

## ΜΠΚΕ 10: ΑΠΡΟΟΠΤΑ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΑ ΚΑΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΓΙΑ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΤΟΥΣ ΑΝΘΡΩΠΟΥΣ

---

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

|   |              |
|---|--------------|
| <b>10 ΕΠΕΙΓΟΝΤΑ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΑ ΚΑΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΓΙΑ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΤΟΥΣ ΑΝΘΡΩΠΟΥΣ- ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ (ΠΕΚ)</b> | <b>10-4</b>  |
| <b>10.1 ΣΚΟΠΟΣ, ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ</b>   | <b>10-4</b>  |
| <b>10.2 ΟΡΙΣΜΟΣ ΣΟΒΑΡΟΥ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ</b>  | <b>10-6</b>  |
| <b>10.3 ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ</b>  | <b>10-6</b>  |
| <b>10.4 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ</b>   | <b>10-7</b>  |
| <b>10.5 ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΣΟΒΑΡΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ</b>  | <b>10-8</b>  |
| <b>10.6 ΣΕΝΑΡΙΑ ΣΟΒΑΡΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ</b>  | <b>10-9</b>  |
| <b>10.7 ΦΥΣΗ ΤΩΝ ΣΥΝΕΠΕΙΩΝ</b>  | <b>10-16</b> |
| <b>10.8 ΣΕΝΑΡΙΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΗΛΙΔΑΣ</b>  | <b>10-17</b> |
| 10.8.1 ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ & ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ  | 10-17        |
| 10.8.2 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΗΛΙΔΑΣ   | 10-1         |
| <b>10.9 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΣΟΒΑΡΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ</b>  | <b>10-31</b> |
| 10.9.1 ΣΕΝΑΡΙΑ ΑΠΕΛΕΥΘΕΡΩΣΗΣ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ  | 10-31        |
| 10.9.2 ΣΕΝΑΡΙΑ ΑΠΕΛΕΥΘΕΡΩΣΗΣ ΜΗ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ   | 10-32        |
| <b>10.10 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΣΟΒΑΡΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ</b>   | <b>10-33</b> |
| 10.10.1 ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ  | 10-33        |
| 10.10.2 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΡΡΟΩΝ   | 10-33        |
| 10.10.3 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ   | 10-35        |
| <b>10.11 ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΡΑ ΚΙΝΔΥΝΟΥ</b>   | <b>10-36</b> |
| <b>10.12 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ</b>  | <b>10-37</b> |
| <b>10.13 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ</b>  | <b>10-39</b> |
| 10.13.1 ΑΤΟΜΙΚΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΑΝΑ ΕΤΟΣ (IRPA)   | 10-39        |
| 10.13.2 ΠΙΘΑΝΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΖΩΗΣ (PLL)   | 10-40        |
| <b>10.14 ΣΥΖΗΤΗΣΗ</b>   | <b>10-41</b> |
| 10.14.1 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ   | 10-41        |
| 10.14.2 ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΠΕΚ ΚΑΙ ΜΕΙΩΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ  | 10-42        |
| 10.14.3 ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΚΙΝΔΥΝΩΝ - ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ  | 10-43        |
| 10.14.4 ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΚΙΝΔΥΝΩΝ - ΝΕΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ   | 10-44        |

## ΠΙΝΑΚΕΣ

|  |       |
|--|-------|
| Πίνακας 10-1: Περίληψη σοβαρών ατυχημάτων .....  | 10-11 |
| Πίνακας10-2: Συνέπειες σοβαρών ατυχημάτων .....  | 10-16 |
| Πίνακας10-3: Σενάρια πετρελαιοκηλίδας .....  | 10-19 |
| Πίνακας10-4: Αποτελέσματα προσομοίωσης για τις τρεις περιπτώσεις διαρροής .....  | 10-20 |
| Πίνακας10-5: Σενάρια Απελευθέρωσης Υδρογονανθράκων: Περίληψη Πηγών Δεδομένων Συχνότητας .....  | 10-31 |
| Πίνακας10-6: Σενάρια απελευθέρωσης μη υδρογονανθράκων: Περίληψη Πηγών Δεδομένων Συχνότητας .....   | 10-33 |
| Πίνακας10-7: Κριτήρια Ζημιάς .....   | 10-35 |
| Πίνακας10-8: Μέτρα Κινδύνου .....  | 10-36 |
| Πίνακας10-9: Κριτήρια ανεκτικότητας ατομικού κινδύνου .....  | 10-38 |
| Πίνακας10-10: Ατομικός κίνδυνος ανά έτος .....   | 10-40 |
| Πίνακας10-11: Σχέση κινδύνου-οφέλους σε ομάδες εργαζομένων από την προστασία της τουαλέτας ανώτερου καταστρώματος .....                        | 10-44 |
| Πίνακας10-12: Σχέση κινδύνου-οφέλους σε ομάδες εργαζομένων από τη συγκόλληση χειροκίνητων βαλβίδων σε κεφαλές που περιέχουν τοξικά υλικά ..... | 10-45 |

## ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

|   |      |
|---|------|
| Διάγραμμα 10-1: Διαδικασία Αξιολόγησης Κινδύνων ..... | 10-8 |
|---|------|

## ΧΑΡΤΕΣ

|   |       |
|---|-------|
| Χάρτης 10-1: Πιθανά σημεία διαρροής ..... | 10-12 |
|---|-------|

## ΕΙΚΟΝΕΣ

|   |
|---|
| Εικόνα 10-1: Σενάριο αγωγού 1B. Ντετερμινιστικά αποτελέσματα 3 ώρες μετά την απελευθέρωση (μέγιστος χρόνος απόκρισης), 7 ώρες μετά την απελευθέρωση (ελαχ. ώρα άφιξης μέχρι το ξέβρασμα) και 30 ώρες μετά την απελευθέρωση (τέλος της προσομοίωσης) 10-23     |
| Εικόνα10-2: Σενάριο αγωγού 1D. Ντετερμινιστικά αποτελέσματα 3 ώρες μετά την απελευθέρωση (μέγιστος χρόνος απόκρισης), 9 ώρες μετά την απελευθέρωση (ελαχ. ώρα άφιξης μέχρι το ξέβρασμα) και 25 ώρες μετά την απελευθέρωση (τέλος της προσομοίωσης) 10-24      |
| Εικόνα10-3: Σενάριο πλωτήρα φόρτωσης Ντετερμινιστικά αποτελέσματα 3 ώρες μετά την απελευθέρωση (μέγιστος χρόνος απόκρισης), 10 ώρες μετά την απελευθέρωση (ελαχ. ώρα άφιξης μέχρι το ξέβρασμα) και 11 ώρες μετά την απελευθέρωση (τέλος της προσομοίωσης) 10- |

25

|   |       |
|---|-------|
| Εικόνα10-4: Σενάριο εκτόνωσης πηγαδιού 1F Ντετερμινιστικά αποτελέσματα 3 ώρες μετά την απελευθέρωση (μέγιστος χρόνος απόκρισης), 71 ώρες μετά την απελευθέρωση (ελαχ. ώρα άφιξης μέχρι το ξέβρασμα) και 129 ώρες μετά την απελευθέρωση (τέλος της προσομοίωσης) ..... | 10-26 |
| Εικόνα10-5: Εικονογράφιση της υποθαλάσσιας απελευθέρωσης (κώνος φυσαλίδων) .....  | 10-34 |
| Εικόνα10-6: Κριτήρια ανεκτικότητας κινδύνου (UK HSE) .....  | 10-38 |

## 10 ΕΠΕΙΓΟΝΤΑ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΑ ΚΑΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΓΙΑ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΤΟΥΣ ΑΝΘΡΩΠΟΥΣ- ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ (ΠΕΚ)

### 10.1 ΣΚΟΠΟΣ, ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ

Το παρόν τμήμα της Μελέτης Περιβαλλοντικών και Κοινωνικών Επιπτώσεων (ΜΠΚΕ) περιγράφει τις μελέτες Ποσοτικής Εκτίμησης Κινδύνου (ΠΕΚ) που έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι σήμερα, προκειμένου να προσδιοριστεί το επίπεδο κινδύνου (για ομάδες ατόμων) που συνδέεται με τις υφιστάμενες και προτεινόμενες νέες εγκαταστάσεις.

Ενώ η τρέχουσα εργασία ΠΕΚ αναλήφθηκε για να αποδείξει ότι τα επίπεδα ατομικών κινδύνων και συνολικών εγκαταστάσεων έχουν φτάσει σε επίπεδο ALARP (κατά το δυνατό χαμηλότερο) ως μέρος της εργασίας της Energean να προετοιμάσει Φάκελο Ασφάλειας για τις νέες και τις υφιστάμενες εγκαταστάσεις (σύμφωνα με την ευρωπαϊκή και την ελληνική νομοθεσία), χρησίμευσε επίσης για να καθοριστεί μια σειρά από σενάρια πετρελαιοκηλίδας που στη συνέχεια προσομοιώθηκαν ντετερμινιστικά ώστε να αξιολογηθούν πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Η εργασία αυτή περιγράφεται αναλυτικά παρακάτω (βλ. παράγραφο 10.8.2 Προσομοίωση Διασποράς Κηλίδων) και το πλήρες κείμενο της έκθεσης Προσομοίωσης Κηλίδας περιλαμβάνεται ως Παράρτημα 7. Για λόγους πληρότητας, παρουσιάζονται και συζητούνται στην παρούσα έκθεση τα υπολογιζόμενα επίπεδα IRPA (ατομικού κινδύνου ανά έτος) για τις ομάδες εργαζομένων, ακόμη και αν δεν έχουν άμεση σχέση με τις πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις των περιγραφόμενων εγκαταστάσεων. Η ασφάλεια του υπεράκτιου προσωπικού της Energean σαφώς επηρεάζει την κοινωνικο-οικονομική ευημερία της ευρύτερης περιοχής του έργου.

Ο σκοπός της ΠΕΚ είναι να παράσχει μια αριθμητική εκτίμηση του επιπέδου του κινδύνου για τους ανθρώπους, που συνδέονται με συγκεκριμένα και καθορισμένα Σοβαρά Ατυχήματα. Ο κίνδυνος συνήθως εκφράζεται σε IRPA (Ατομικός Κίνδυνος Ανά Έτος - η πιθανότητα που έχει κάθε εργαζόμενος να υποστεί θανατηφόρο ατύχημα ανά έτος εργασίας) και PLL (Πιθανές Απώλειες Ζωής: ο αριθμός του προσωπικού που θα μπορούσε να σκοτωθεί σε ένα καθορισμένο χρονικό διάστημα). Η ΠΕΚ παρέχει έναν τρόπο σύγκρισης των επιπέδων κινδύνου που προκύπτουν έναντι των αποδεκτών κριτηρίων ανεκτικότητας της βιομηχανίας καθώς και μία βάση με την οποία μπορούν να αξιολογηθούν τα πιθανά μέτρα περιορισμού του κινδύνου. Για τις νέες εγκαταστάσεις, μπορούν να εφαρμοστούν πιθανές τροποποιήσεις στο σχεδιασμό για να μειωθούν τα επίπεδα κινδύνου σε αποδεδογμένο επίπεδο ALARP (κατά το

δυνατό χαμηλότερο). Για τις εγκαταστάσεις που ήδη λειτουργούν (όπως το συγκρότημα Πρίνου το οποίο επίσης καλύπτει η παρούσα ΜΠΚΕ), είναι σαφώς πιο δύσκολο να εφαρμοστούν αλλαγές στο σχεδιασμό. Ωστόσο, τα επίπεδα κινδύνου μπορούν να μειωθούν, κυρίως με την εισαγωγή βελτιώσεων στον τρόπο λειτουργίας της εγκατάστασης ή/και μέτρων πρόβλεψης αποφυγής της κλιμάκωσης βλαβών.

Το πεδίο εφαρμογής της ΠΕΚ αναφερόταν σε ένα ολοκληρωμένο προφίλ κινδύνου, το οποίο λαμβάνει υπόψη το επίπεδο κινδύνου που συνδέεται με τις υπάρχουσες εγκαταστάσεις παραγωγής του Πρίνου και τις νέες Αυτοεγκαθιστώμενες Εξέδρες (SIPs). Εντός της ΠΕΚ περιλαμβάνεται επίσης η γεώτρηση και συντήρηση γεώτρησης/παρέμβαση, χρησιμοποιώντας τον υποβοηθούμενο από φορητήδα εξοπλισμό «Energean Force». Ωστόσο, τα μεγάλα ατυχήματα που σχετίζονται με το ίδιο το Energean Force (π.χ. απώλεια σταθερότητας) δεν συμπεριλαμβάνονται στο πεδίο εφαρμογής της εκτίμησης κινδύνου. Οι κίνδυνοι που συνδέονται με την εξέδρα Κάππα, που βρίσκεται στο κοίτασμα της Νότιας Καβάλας, και τους συναφείς αγωγούς, δεν έχουν αξιολογηθεί επίσης. Το μέλλον του εν λόγω κοιτάσματος είναι προς το παρόν αβέβαιο. Προς το παρόν, λειτουργεί για περίπου μία εβδομάδα κάθε μήνα, με ολιγόωρη παρουσία προσωπικού στην εκκίνηση και στο τέλος κάθε κύκλου παραγωγής. Η εξέδρα επεξεργάζεται γλυκό φυσικό αέριο σε πολύ χαμηλή πίεση (έως 12 bar) με ελάχιστο απόθεμα υγρών και επομένως τα επίπεδα κινδύνου είναι χαμηλότερου μεγέθους από εκείνους που συνδέονται με την παραγωγή όξινου αργού πετρελαίου στον Πρίνο και το Έψιλον (για τους εργάτες και το περιβάλλον).

Καμία εργασία ΠΕΚ δεν έχει ολοκληρωθεί για τις χερσαίες εγκαταστάσεις ως μέρος αυτού του πεδίου εφαρμογής. Προς το παρόν, δεν απαιτούνται αναλύσεις ΠΕΚ για τις χερσαίες εγκαταστάσεις βάσει της ισχύουσας νομοθεσίας (Οδηγία Seveso). Στο παρελθόν, οι κίνδυνοι και έλεγχοι που εφαρμόζονταν σε χερσαίες εγκαταστάσεις, συμπεριλαμβανομένων των εγκαταστάσεων φόρτωσης πετρελαίου, καθορίζονταν Ποιοτικά βασιζόμενοι σε μια ολοκληρωμένη άσκηση Αναγνώρισης Κινδύνου (HAZID).

Ενώ ο πρωταρχικός στόχος της ΠΕΚ είναι να εκτιμηθεί το επίπεδο του κινδύνου για το προσωπικό, ορίζει επίσης, με συστηματικό και ελεγχόμενο τρόπο, τα σενάρια, τα οποία θα μπορούσαν να επηρεάσουν δυσμενώς το περιβάλλον. Είναι σαφές ότι ένας από τους βασικούς κινδύνους στους οποίους εκτίθεται το προσωπικό που εργάζεται σε υπεράκτιες εγκαταστάσεις πετρελαίου και φυσικού αερίου είναι η απρογραμμάτιστη και ανεξέλεγκτη απελευθέρωση υδρογονανθράκων, ιδιαίτερα αν οι υδρογονάνθρακες περιέχουν δηλητηριώδη συστατικά, όπως υδρόθειο ή αν το κυκλοφορούν ρεύμα υδρογονανθράκων στη συνέχεια αναφλεγεί προκαλώντας πυρκαγιές και εκρήξεις. Είναι σαφές ότι η ανεξέλεγκτη απελευθέρωση ενός ρεύματος υδρογονανθράκων έχει το δυνατότητα να επηρεάσει όχι μόνο την ασφάλεια του προσωπικού της εγκατάστασης αλλά και το περιβάλλον στο οποίο βρίσκεται η εγκατάσταση. Είναι επίσης σαφές ότι οι μη αναφλεγείς πετρελαιοκηλίδες παρουσιάζουν τον πιο σημαντικό κίνδυνο για το περιβάλλον οποιασδήποτε δραστηριότητας εξερεύνησης επιχείρησης πετρελαίου και φυσικού αερίου. Το μέγεθος και η συχνότητα των πιθανών διαρροών υδρογονανθράκων πρέπει να υπολογιστούν για τον καθορισμό του κινδύνου για τον άνθρωπο. Αυτά τα δεδομένα μπορούν στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν για να καθορίσουν τις βασικές

απειλές για το περιβάλλον.

## 10.2 ΟΡΙΣΜΟΣ ΣΟΒΑΡΟΥ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ

Η ΠΕΚ επικεντρώνεται στην εκτίμηση σε αριθμητικό επίπεδο του κινδύνου που συνδέεται με τα σοβαρά ατυχήματα. Σύμφωνα με το άρθρο 2 της οδηγίας της ΕΕ 2013/30 σχετικά με την ασφάλεια των υπεράκτιων δραστηριοτήτων πετρελαίου και φυσικού αερίου (η οποία μεταφέρεται στην νομοθεσία των κρατών μελών), τα Σοβαρά Ατυχήματα ορίζονται ως εξής:

- a. περιστατικό που περιλαμβάνει έκρηξη, πυρκαγιά, απώλεια ελέγχου της γεώτρησης ή απελευθέρωση πετρελαίου, φυσικού αερίου ή επικίνδυνων ουσιών που συνοδεύεται από ή είναι πολύ πιθανόν να προκαλέσει βίαιο θάνατο ή σοβαρό τραυματισμό ανθρώπων,
- b. περιστατικό που έχει ως αποτέλεσμα σοβαρή ζημία στην εγκατάσταση ή τη συνδεδεμένη υποδομή και συνοδεύεται από ή είναι πολύ πιθανόν να προκαλέσει βίαιο θάνατο ή σοβαρό τραυματισμό ανθρώπων,
- c. οιοδήποτε άλλο περιστατικό επιφέρει βίαιο θάνατο ή σοβαρό τραυματισμό πέντε ή περισσότερων προσώπων τα οποία βρίσκονται επί της υπεράκτιας εγκατάστασης από την οποία πηγάζει η πηγή του κινδύνου ή τα οποία ασχολούνται με υπεράκτια εργασία πετρελαίου και φυσικού αερίου σε σχέση με την εγκατάσταση ή τη συνδεδεμένη υποδομή, ή
- d. οποιοδήποτε σοβαρό περιβαλλοντικό περιστατικό προκύπτει από τα περιστατικά που αναφέρονται στα στοιχεία α), β) και γ).
- e. Για τους σκοπούς διαπίστωσης εάν ένα περιστατικό συνιστά σοβαρό ατύχημα κατά τα στοιχεία α), β) ή δ), εγκατάσταση που υπό φυσιολογικές συνθήκες δεν είναι επανδρωμένη αντιμετωπίζεται σαν να ήταν επανδρωμένη.

## 10.3 ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ

Η τρέχουσα και η προγραμματισμένη υποδομή παραγωγής υδρογονανθράκων στην υπεράκτια περιοχή του Πρίνου περιγράφεται πλήρως στις προηγούμενες ενότητες. Για το ίδιο το συγκρότημα του Πρίνου το μοντέλο ΠΕΚ βασίστηκε στην κατάσταση μετά την σύνδεση με την υπάρχουσα εγκατάσταση στις εξέδρες Λάμδα και Όμικρον, δηλαδή όλες οι προγραμματισμένες τροποποιήσεις συμπεριλαμβανομένων των νέων σωληνώσεων, κατακόρυφων αγωγών σύνδεσης, φλαντζών, δεξαμενών αποθήκευσης κ.λπ. συμπεριλήφθηκαν στο μοντέλο. Η σύνθεση των ρευστών στις οριζόμενες επιφάνειες και στο υποθαλάσσιο δίκτυο σωληνώσεων αλλάζουν με το χρόνο, καθώς νέα πηγάδια και κοιτάσματα τίθενται σε λειτουργία και οι τιμές εισπίεσης αερίου αυξάνονται ή μειώνονται. Χρησιμοποιήθηκε το σενάριο που προσομοιώνει την πρώιμη

περίοδο παραγωγής από το Έψιλον καθώς συνδυάζει υψηλό ποσοστό καθαρής παραγωγής με χαμηλές εισπίεσης φυσικού αερίου, με αποτέλεσμα συγκεντρώσεις υδρόθειου που θεωρούνται σχετικά στα «υψηλά» επίπεδα του μέσου όρου. Όπως θα αποδειχθεί, τα επίπεδα υδρόθειου είναι οι βασικοί παράγοντες για τον κίνδυνο προσωπικού (IRPA) ενώ τα καθαρά ποσοστά παραγωγής πετρελαίου (και οι συναφείς πιέσεις) έχουν τη μεγαλύτερη συμβολή στον περιβαλλοντικό κίνδυνο.

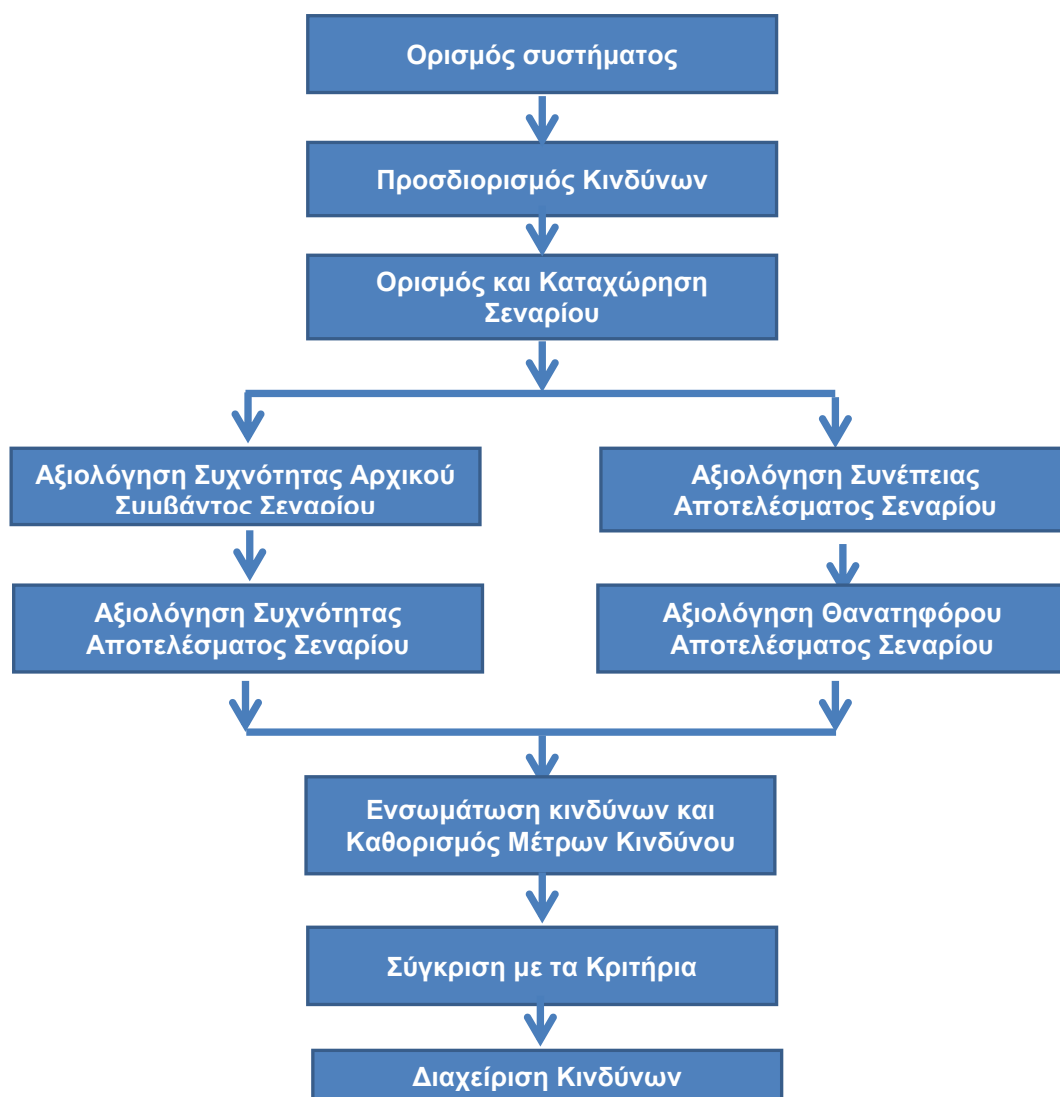
Οι νέες εγκαταστάσεις προσομοιώθηκαν «όπως είναι σχεδιασμένες σήμερα». Κατ' ανάγκη η παρούσα ΜΠΕ συντάχθηκε στις αρχές της φάσης λεπτομερούς σχεδιασμού και, επομένως, οι κίνδυνοι που υπολογίζονται θα είναι υψηλότεροι απ' ό,τι τα τελικά επίπεδα κινδύνου. Θα έχουμε την ευκαιρία να εφαρμόσουμε περαιτέρω μέτρα μείωσης του κινδύνου κατά τη διάρκεια του λεπτομερούς σχεδιασμού και με αυτό τον τρόπο χρησιμοποιούνται τα ALARP (κατά το δυνατό χαμηλότερο) που αποδεικνύονται πριν από την ανάθεση των συμβάσεων κατασκευής. Ορισμένα από αυτά τα πιθανά μέτρα μείωσης του κινδύνου συζητούνται παρακάτω.

## 10.4 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

Η διαδικασία αξιολόγησης κινδύνων συνοψίζεται στο παρακάτω διάγραμμα και αποτελείται από τις ακόλουθες δραστηριότητες βασικών σταδίων:

- Συστηματική και δομημένη αναγνώρισης και καθορισμός των σεναρίων που δημιουργούν Σοβαρά Ατυχήματα
- Αξιολόγηση της πιθανότητας ή της συχνότητας των καθορισμένων σεναρίων
- Εκτίμηση των συνεπειών, για τους ανθρώπους, που συνδέονται με τα προκαθορισμένα σενάρια
- Συνδυασμός συχνότητας και συνεπειών για την εξαγωγή αριθμητικών εκτιμήσεων επίπεδων κινδύνου
- Σύγκριση των εκτιμήσεων του κινδύνου με βάση τα κριτήρια ανεκτικότητας κινδύνου.

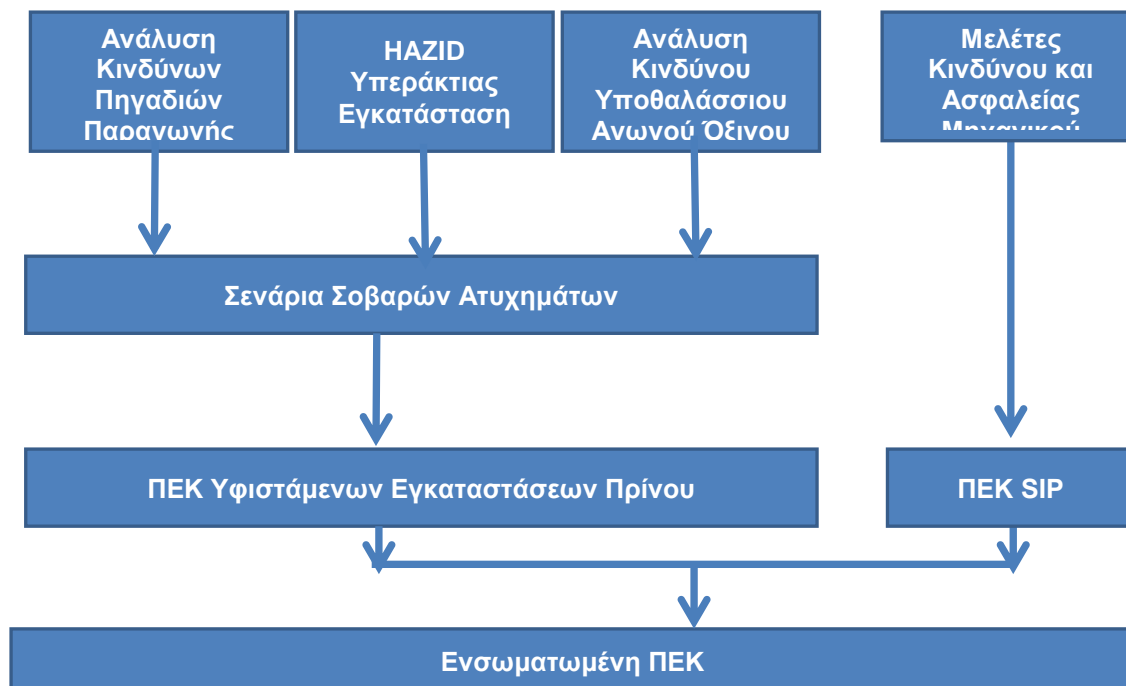




Διάγραμμα 10-1: Διαδικασία Αξιολόγησης Κινδύνων

## 10.5 ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΣΟΒΑΡΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ

Τα Σοβαρά Ατυχήματα για την ΠΕΚ Πρίνου προέκυψαν με βάση την εξέταση της υφιστάμενης Αναγνώρισης Κινδύνου (HAZID) και των μελετών αξιολόγησης κινδύνων, λαμβάνοντας υπόψη της διεργασίες και δραστηριότητες. Τα Σοβαρά Ατυχήματα που σχετίζονται με τις νέες εγκαταστάσεις SIP βασίζονται στις μελέτες ασφάλειας που διεξήχθησαν κατά τη φάση μηχανικού σχεδιασμού. Το παρακάτω διάγραμμα συνοψίζει την προσέγγιση που υιοθετήθηκε για τον εντοπισμό των σοβαρών ατυχημάτων.



Διάγραμμα 1: Αναγνώριση σεναρίων σοβαρών ατυχημάτων

## 10.6 ΣΕΝΑΡΙΑ ΣΟΒΑΡΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ

Τα σενάρια Σοβαρών Ατυχημάτων που μελετούνται την ΠΕΚ Πρίνου και Λάμδα/Όμικρον συνοψίζονται σε γενικές γραμμές ως εξής:

- Απελευθέρωση ρευστών γεώτρησης, από τα πηγάδια, κατά τη διάρκεια δραστηριοτήτων γεώτρησης, συντήρησης γεώτρησης/παρέμβασης, παραγωγής. Οι πηγές συμπεριλαμβάνουν τις εξέδρες Άλφα, Βήτα, Λάμδα και Όμικρον. Μπορεί να επιφέρουν επιπτώσεις πυρκαγιάς/έκρηξης/τοξικών αερίων ή/και περιβαλλοντικές επιπτώσεις λόγω της διαρροής πετρελαίου.
- Απελευθέρωση ρευστών γεώτρησης, όξινου ή γλυκού αερίου από τις υποδομές υποθαλάσσιων αγωγών παραγωγής, εξαγωγής και εισπίεσης αερίου. Οι παραπάνω απελευθερώσεις μπορούν να επιφέρουν επιπτώσεις πυρκαγιάς/έκρηξης/τοξικών αερίων (ανάλογα με τη θέση της απελευθέρωσης και της εγγύτητας στις εξέδρες). Οι αγωγοί που περιέχουν υγρούς υδρογονάνθρακες μπορεί να επιφέρουν περιβαλλοντικές επιπτώσεις.
- Δομική αδυναμία/κατάρρευση, η οποία εκτός από τις άμεσες επιπτώσεις τραυματισμού/θανάτου, θα μπορούσε επίσης να οδηγήσει σε απώλεια του περιορισμού υδρογονανθράκων και, ως εκ τούτου σε περιβαλλοντικές επιπτώσεις.
- Σύγκρουση πλοίων Σύγκρουση με συνοδευτικά ή περαστικά σκάφη μπορεί να προκαλέσουν άμεσες επιπτώσεις τραυματισμού/θανάτου και επίσης να οδηγήσουν σε απώλεια του περιορισμού υδρογονανθράκων

- Απώλεια ελέγχου κατά τη διάρκεια εργασιών σκαφών του πληρώματος. Μια σημαντική απώλεια του ελέγχου (π.χ. ανατροπή) θα μπορούσε να οδηγήσει σε τραυματισμό/θανάτους. Σημειώνεται ότι οι δραστηριότητες ανεφοδιασμού προσωπικού διεξάγονται από σκάφος πληρώματος, τα ελικόπτερα δεν χρησιμοποιούνται για τη στήριξη των υπεράκτιων δραστηριοτήτων.

Στον παρακάτω πίνακα, παρουσιάζονται συνοπτικά τα μεγάλα ατυχήματα που σχετίζονται με υπεράκτιες δραστηριότητες του Πρίνου.

Πίνακας 10-1: Περίληψη σοβαρών ατυχημάτων

| Τοποθεσία                   | Πηγή κινδύνου       | Σοβαρά ατυχήματα Πρίνου |   |   |
|-----------------------------|---------------------|-------------------------|---|---|
|                             |                     | Αναφ.                   | Συμβάν  | Πιθανές συνέπειες   |
| Εξέδρες Κεφαλής<br>Πηγαδιού | Εξέδρες Άλφα/Βήτα   | AB-01                   | Απώλεια Περιορισμού: Ρευστά γεώτρησης                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Τραυματισμός/θάνατος από επιπτώσεις φωτιάς/έκρηξης/τοξικών αερίων</li> <li>Πετρελαιοκηλίδα/Περιβαλλοντικές επιπτώσεις</li> </ul>   |
|                             |                     | AB-02                   | Απώλεια Περιορισμού: Γλυκό Φυσικό Αέριο (Εισπίεση αερίου) | <ul style="list-style-type: none"> <li>Τραυματισμός/θάνατος από επιπτώσεις φωτιάς/έκρηξης</li> </ul>  |
|                             |                     | AB-03                   | Εκτόνωση: Ρευστά γεώτρησης (Γεώτρηση/Παρέμβαση)           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Τραυματισμός/θάνατος από επιπτώσεις φωτιάς/έκρηξης/τοξικών αερίων</li> <li>Πετρελαιοκηλίδα/Περιβαλλοντικές επιπτώσεις</li> </ul>   |
|                             |                     | AB-04                   | Δομική βλάβη  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Τραυματισμός/θάνατος από επιπτώσεις δομικής κατάρρευσης</li> <li>Τραυματισμός/θάνατος από επιπτώσεις φωτιάς/έκρηξης/τοξικών αερίων (σε περίπτωση παρελκομένης απώλειας περιορισμού)</li> <li>Πετρελαιοκηλίδα/Περιβαλλοντικές επιπτώσεις</li> </ul> |
|                             |                     | AB-05                   | Σύγκρουση πλοίου  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Τραυματισμός/θάνατος από επιπτώσεις δομικής κατάρρευσης</li> <li>Τραυματισμός/θάνατος από επιπτώσεις φωτιάς/έκρηξης/τοξικών αερίων (σε περίπτωση παρελκομένης απώλειας περιορισμού)</li> <li>Πετρελαιοκηλίδα/Περιβαλλοντικές επιπτώσεις</li> </ul> |
|                             | SIP (Λάμδα/Όμικρον) | LO-01                   | Απώλεια Περιορισμού: Ρευστά γεώτρησης                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Τραυματισμός/θάνατος από επιπτώσεις φωτιάς/έκρηξης/τοξικών αερίων</li> </ul>   |

| Τοποθεσία        | Πηγή κινδύνου          | Σοβαρά ατυχήματα Πρίνου |   |   |
|------------------|------------------------|-------------------------|---|---|
|                  |                        | Αναφ.                   | Συμβάν  | Πιθανές συνέπειες   |
|                  |                        |                         |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Πετρελαιοκηλίδα/Περιβαλλοντικές επιπτώσεις</li> </ul>  |
|                  |                        | LO-02                   | Απώλεια Περιορισμού: Γλυκό Φυσικό Αέριο (Εισπίεση αερίου) | <ul style="list-style-type: none"> <li>Τραυματισμός/θάνατος από επιπτώσεις φωτιάς/έκρηξης</li> </ul>  |
|                  |                        | LO-03                   | Εκτόνωση: Ρευστά γεώτρησης (Γεώτρηση/Παρέμβαση)           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Τραυματισμός/θάνατος από επιπτώσεις φωτιάς/έκρηξης/τοξικών αερίων</li> <li>Πετρελαιοκηλίδα/Περιβαλλοντικές επιπτώσεις</li> </ul>   |
|                  |                        | LO-04                   | Δομική βλάβη  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Τραυματισμός/θάνατος από επιπτώσεις δομικής κατάρρευσης</li> <li>Τραυματισμός/θάνατος από επιπτώσεις φωτιάς/έκρηξης/τοξικών αερίων (σε περίπτωση παρελκομένης απώλειας περιορισμού)</li> <li>Πετρελαιοκηλίδα/Περιβαλλοντικές επιπτώσεις</li> </ul> |
|                  |                        | LO-05                   | Σύγκρουση πλοίου  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Τραυματισμός/θάνατος από επιπτώσεις δομικής κατάρρευσης</li> <li>Τραυματισμός/θάνατος από επιπτώσεις φωτιάς/έκρηξης/τοξικών αερίων (σε περίπτωση παρελκομένης απώλειας περιορισμού)</li> <li>Πετρελαιοκηλίδα/Περιβαλλοντικές επιπτώσεις</li> </ul> |
| Εξέδρα παραγωγής | Εξέδρα παραγωγής Δέλτα | D-01                    | Απώλεια Περιορισμού: Όξινο Αργό                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Τραυματισμός/θάνατος από επιπτώσεις φωτιάς/τοξικών</li> <li>Πετρελαιοκηλίδα/Περιβαλλοντικές επιπτώσεις</li> </ul>  |
|                  |                        | D-02                    | Απώλεια Περιορισμού: Όξινο αέριο                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Τραυματισμός/θάνατος από επιπτώσεις φωτιάς/έκρηξης/τοξικών αερίων</li> </ul>   |

| Τοποθεσία | Πηγή κινδύνου   | Σοβαρά ατυχήματα Πρίνου |  |   |
|-----------|---|-------------------------|--|---|
|           |   | Αναφ.                   | Συμβάν                                     | Πιθανές συνέπειες   |
|           |   | D-03                    | Απώλεια Περιορισμού: Γλυκού φυσικού αερίου | <ul style="list-style-type: none"> <li>Τραυματισμός/θάνατος από επιπτώσεις φωτιάς/έκρηξης</li> </ul>  |
|           |   | D-04                    | Δομική βλάβη                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>Τραυματισμός/θάνατος από επιπτώσεις δομικής κατάρρευσης</li> <li>Τραυματισμός/θάνατος από επιπτώσεις φωτιάς/έκρηξης/τοξικών αερίων (σε περίπτωση παρελκομένης απώλειας περιορισμού)</li> <li>Πετρελαιοκηλίδα/Περιβαλλοντικές επιπτώσεις</li> </ul>                 |
|           |   | D-05                    | Σύγκρουση πλοίου                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Τραυματισμός/θάνατος από επιπτώσεις δομικής κατάρρευσης</li> <li>Τραυματισμός/θάνατος από επιπτώσεις φωτιάς/έκρηξης/τοξικών αερίων (σε περίπτωση παρελκομένης απώλειας περιορισμού)</li> <li>Πετρελαιοκηλίδα/Περιβαλλοντικές επιπτώσεις</li> </ul>                 |
| Αγωγοί    | 12" Ρευστά γεώτρησης από την Άλφα, Βήτα προς Δέλτα    | PL-01                   | Απώλεια Περιορισμού: Ρευστά γεώτρησης      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Τραυματισμός/θάνατος από επιπτώσεις φωτιάς/έκρηξης/τοξικών αερίων</li> <li>Πετρελαιοκηλίδα/Περιβαλλοντικές επιπτώσεις</li> </ul>   |
|           | 10" Ρευστά γεώτρησης από τη Δέλτα, Όμικρον προς Λάμδα | PL-02                   | Απώλεια Περιορισμού: Ρευστά γεώτρησης      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Τραυματισμός/θάνατος λόγω επιπτώσεων φωτιάς/έκρηξης/τοξικών αερίων (σε περίπτωση που οι επιπτώσεις υποθαλάσσιας απελευθέρωσης επηρεάσουν τις περιοχές της εξέδρας Δέλτα, SIP/επανδρωμένες περιοχές)</li> <li>Πετρελαιοκηλίδα/Περιβαλλοντικές επιπτώσεις</li> </ul> |

| Τοποθεσία | Πηγή κινδύνου                                       | Σοβαρά ατυχήματα Πρίνου |  |  |
|-----------|---|-------------------------|--|--|
|           |   | Αναφ.                   | Συμβάν                                     | Πιθανές συνέπειες  |
|           | 6" Εισπίεσης αερίου από Δέλτα προς Άλφα, Βήτα       | PL-03                   | Απώλεια Περιορισμού: Γλυκού φυσικού αερίου | <ul style="list-style-type: none"> <li>Τραυματισμός/θάνατος λόγω επιπτώσεων φωτιάς/έκρηξης (σε περίπτωση που οι επιπτώσεις υποθαλάσσιας απελευθέρωσης επηρεάσουν τις περιοχές της εξέδρας Δέλτα, SIP/επανδρωμένες περιοχές)</li> </ul>           |
|           | 6" Εισπίεσης αερίου από Δέλτα προς Λάμδα, Όμικρον   | PL-04                   | Απώλεια Περιορισμού: Γλυκού φυσικού αερίου | <ul style="list-style-type: none"> <li>Τραυματισμός/θάνατος λόγω επιπτώσεων φωτιάς/έκρηξης (σε περίπτωση που οι επιπτώσεις υποθαλάσσιας απελευθέρωσης επηρεάσουν τις περιοχές της εξέδρας Δέλτα, SIP/επανδρωμένες περιοχές)</li> </ul>           |
|           | 8" Όξινου αργού προς Ακτή.                          | PL-05                   | Απώλεια Περιορισμού: Όξινο Αργό            | <ul style="list-style-type: none"> <li>Τραυματισμός/θάνατος εξαιτίας φωτιάς (φωτιά λίμνης σε θαλάσσια επιφάνεια)/τοξικών επιδράσεων</li> <li>Πετρελαιοκηλίδα/Περιβαλλοντικές επιπτώσεις</li> </ul>   |
|           | 12" Όξινου αερίου προς Ακτή.                        | PL-06                   | Απώλεια Περιορισμού: Όξινο αέριο           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Τραυματισμός/θάνατος λόγω επιπτώσεων φωτιάς/έκρηξης/τοξικών αερίων (σε περίπτωση που οι επιπτώσεις υποθαλάσσιας απελευθέρωσης επηρεάσουν τις περιοχές της εξέδρας Δέλτα/επανδρωμένες περιοχές)</li> </ul> |
|           | 5.3" Ανακύκλωσης γλυκού φυσικού αερίου από την Ακτή | PL-07                   | Απώλεια Περιορισμού: Γλυκού φυσικού αερίου | <ul style="list-style-type: none"> <li>Τραυματισμός/θάνατος λόγω επιπτώσεων φωτιάς/έκρηξης (σε περίπτωση που οι επιπτώσεις υποθαλάσσιας απελευθέρωσης επηρεάσουν τις περιοχές της εξέδρας)</li> </ul>  |

| Τοποθεσία       | Πηγή κινδύνου             | Σοβαρά ατυχήματα Πρίνου |                                     |   |
|-----------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------------------|---|
|                 |                           | Αναφ.                   | Συμβάν                              | Πιθανές συνέπειες   |
|                 |                           |                         |                                     | Δέλτα/επανδρωμένες περιοχές)  |
| Κοίτασμα Πρίνου | Δραστηριότητες Εφοδιασμού | CB-01                   | Απώλεια ελέγχου (Σκάφος πληρώματος) | <ul style="list-style-type: none"> <li>Τραυματισμός/ θάνατος που οφείλεται σε απώλεια ελέγχου του σκάφους πληρώματος (π.χ. ανατροπή)</li> </ul> |



## 10.7 ΦΥΣΗ ΤΩΝ ΣΥΝΕΠΕΙΩΝ

Σε γενικές γραμμές, τα σοβαρά ατυχήματα σχετίζονται με την απώλεια του περιορισμού από τα πρωτογενή συστήματα υδρογονανθράκων. Η απελευθέρωση των ρευστών υδρογονανθράκων υπό πίεση μπορεί να οδηγήσει σε μια σειρά από φυσικά φαινόμενα (συνέπειες) που μπορούν να επηρεάσουν το προσωπικό. Ο παρακάτω πίνακας συνοψίζει τη φύση των συνεπειών που συνδέονται με τα σοβαρά ατυχήματα.

Πίνακας10-2: Συνέπειες σοβαρών ατυχημάτων

| Σοβαρότητα       | Σύνοψη  | Πιθανές επιπτώσεις για τα Άτομα  |
|------------------|---|--|
| Εκτόξευση φωτιάς | Μετά την απελευθέρωση, το αέριο μπορεί να σχηματίσει εκτοξεύσεις πολλών μέτρων μήκους λόγω ροπής. Σε περίπτωση ανάφλεξης, μπορεί να δημιουργηθούν υψηλά επίπεδα θερμότητας σε ορισμένη απόσταση από την πηγή.<br>Παρατεταμένη προσβολή εκτόξευσης φωτιάς μπορεί να δημιουργήσει δομικές βλάβες και κλιμάκωση. | Τραυματισμός/θάνατος λόγω της έκθεσης σε υψηλά επίπεδα ακτινοβολίας θερμότητας.  |
| Φωτιά λίμνης     | Η ανάφλεξη μεγάλων ποσοτήτων απελευθερωμένων εύφλεκτων υγρών μπορεί να σχηματίσει φωτιά λίμνης. Ο εξοπλισμός και οι κατασκευές που εκτίθενται σε επιπτώσεις φωτιών λίμνης μπορεί στη συνέχεια να εμφανίσουν βλάβες, με αποτέλεσμα την κλιμάκωση.  | Τραυματισμός/θάνατος λόγω της έκθεσης σε υψηλά επίπεδα ακτινοβολίας θερμότητας.  |
| Φωτιά ανάφλεξης  | Οι φωτιές ανάφλεξης εμφανίζονται γενικά ως αποτέλεσμα της καθυστερημένης ανάφλεξης νεφών εύφλεκτων αερίων. Η ανάφλεξη νεφών έχει ως αποτέλεσμα την επιστροφή στην πηγή και την πρόκληση νέας φωτιάς.  | Τραυματισμός/θάνατος λόγω κάλυψης από νέφος εύφλεκτου αερίου.  |
| Έκρηξη           | Συνήθως υπάρχει περίπτωση έκρηξης στις περιοχές του εργοστασίου όπου υπάρχει υψηλός βαθμός συμφόρησης και περιορισμού.<br>Τα αυξημένα επίπεδα συμφόρησης και περιορισμού προκαλούν τη μείωση των ποσοστών εξαερισμού, και επομένως  | Οι εκρήξεις μπορεί να οδηγήσουν σε τραυματισμό/θάνατο μέσω των ακόλουθων μηχανισμών: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Άμεσες φυσικές επιδράσεις της</li> </ul> |

| Σοβαρότητα                  | Σύνοψη  | Πιθανές επιπτώσεις για τα Άτομα   |
|-----------------------------|---|---|
|                             | δημιουργούν συνθήκες που ευνοούν τη συσσώρευση εύφλεκτων μιγμάτων. Η συμφόρηση και ο περιορισμός αυξάνουν επίσης το επίπεδο της υπερπίεσης που σχετίζεται με την ταχεία καύση του νέφους εύφλεκτου αερίου.                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>υπερπίεσης</li> <li>Φυσική μετακίνηση ενός ατόμου λόγω υπερπίεσης</li> <li>Η υπερπίεση προκαλεί εκτοξεύσεις/δομική κατάρρευση</li> </ul> |
| Υδρόθειο (H <sub>2</sub> S) | Υπάρχει μια σειρά από τομείς της διεργασίας όπου το ρεύμα υδρογονανθράκων περιέχει H <sub>2</sub> S. Η απώλεια περιορισμού του περιβλήματος υδρογονανθράκων μπορεί να οδηγήσει στο σχηματισμό και τη διασπορά τοξικού νέφους. | Θάνατος λόγω έκθεσης σε τοξικές επιδράσεις του H <sub>2</sub> S   |

## 10.8 ΣΕΝΑΡΙΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΗΛΙΔΑΣ

### 10.8.1 Αναγνώριση & περιγραφή σεναρίων

Εκτός από τις πιθανές επιπτώσεις στο προσωπικό, οι οποίες, όπως προαναφέρθηκε, είναι ο πρωταρχικός στόχος της ΠΕΚ, τα σοβαρά ατυχήματα μπορούν επίσης να επηρεάσουν το περιβάλλον μέσω της απελευθέρωσης των ποσοτήτων υγρών υδρογονανθράκων στη θάλασσα. Η διαδικασία ΠΕΚ χρησίμευσε επίσης στην ενημέρωση μιας σειράς από αξιόπιστες περιπτώσεις διαρροής πετρελαίου για τις οποίες έχει εκτελεστεί προσομοίωση τροχιάς και εκτίμηση των επιπτώσεων (άρθρο 10.8.2).

Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει συνοπτικά τα σενάρια πετρελαιοκηλίδας. Καλύπτουν όλα τα σχετικά τμήματα της υποδομής παραγωγής, δηλαδή:

- Εξέδρες Κεφαλής Πηγαδιού (καινούριες και υφιστάμενες) και απελευθέρωση ρευστών γεώτρησης,
- Απελευθέρωση ρευστών γεώτρηση κατά τη διάρκεια δραστηριοτήτων γεώτρησης και συντήρησης/παρέμβασης,
- Απελευθέρωση από διεργασίες επιφανειακών σωληνώσεων και
- Απελευθερώσεις από τα συστήματα αγωγών.

Οι εκτιμήσεις των αξιόπιστων μεγεθών πετρελαιοκηλίδων προέρχονται από σχέδιο αντιμετώπισης πετρελαιοκηλίδων του Συγκροτήματος Πρίνου και έχουν υιοθετηθεί και συμπληρωθεί με εκτιμήσεις μεγεθών πετρελαιοκηλίδων για τις νέες προγραμματισμένες εγκαταστάσεις.

Έχει πραγματοποιηθεί προσομοίωση πετρελαιοκηλίδων για τα σενάρια κηλίδας που θεωρείται ότι είναι πιο απειλητικά για το θαλάσσιο και παράκτιο περιβάλλον. Αυτό το έργο, τα αποτελέσματα και οι επιπτώσεις συζητούνται παρακάτω. Η πλήρης έκθεση προσομοίωσης πετρελαιοκηλίδας επισυνάπτεται ως Παράρτημα 8.

Πίνακας 10-3: Σενάρια πετρελαιοκηλίδας

| Ανα φ. | Σενάριο  | Μέγεθος απελευθέρωσης                                 | Τοποθεσίες απελευθέρωσης                       | Υπο Σενάριο  | Σημειώσεις/Αιτιολόγηση   |
|--------|----------|---|--|--|--|
| P1     | Εκτόνωση | 475 m <sup>3</sup><br>(μεγαλύτερη αξιόπιστη εκτόνωση) | 1. Συγκρότημα Πρίνου<br>2. Λάμδα<br>3. Όμικρον | Εκτόνωση- Άλφα, Βήτα κατά τη γεώτρηση, τη συντήρηση μέσω Energean Force.<br>Απελευθέρωση ρευστών γεώτρησης | <p>Το Σχέδιο Αντιμετώπισης Πετρελαιοκηλίδων του Πρίνου προτείνει τα 120 m<sup>3</sup> ως αντιπροσωπευτικό μέγεθος πηγαδιών για τον ταμιευτήρα Πρίνου. Το κοίτασμα του Πρίνου έχει εξαντληθεί σε μεγάλο βαθμό και τα πηγάδια δεν ρέουν με τη δική τους πίεση και επιπλέον τα παραγόμενα υγρά του κοιτάσματος έχουν υψηλά ποσοστά νερού.</p> <p>Το σχέδιο αντιμετώπισης πετρελαιοκηλίδας προτείνει ένα χρόνο ανταπόκρισης 24 ωρών, που υποτίθεται ότι αντιπροσωπεύει το χρόνο που χρειάζεται για την αρχική αντιμετώπιση, την πρόσβαση στην κεφαλή, την απενεργοποίηση του πηγαδιού και την έναρξη αντιμετώπισης της πετρελαιοκηλίδας. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου θεωρείται ότι ο όγκος διαρροής αντιστοιχεί στο σενάριο του σχεδίου αντιμετώπισης πετρελαιοκηλίδων (δηλαδή, 120 m<sup>3</sup>).</p> <p>Η διάρκεια 24 ωρών είναι της τάξης των διαρκειών εκτονώσεως που έχουν υπάρξει στο παρελθόν. Η αξιολόγηση των επιπτώσεων που εκπονήθηκε για τη νέα Οδηγία της ΕΕ σχετικά με την ασφάλεια των υπεράκτιων εγκαταστάσεων, η οποία βασίζεται σε προηγούμενα δεδομένα εκτονώσεως, υποδεικνύει πιθανότητα 56% ότι μια εκτόνωση θα διαρκέσει για &lt;2 ημέρες πριν να ελεγχθεί/γεφυρωθεί φυσικά. Η αξιολόγηση αυτή υποδεικνύει ότι μόνο ένα μικρό ποσοστό των εκτονώσεων θα οδηγούσε σε σημαντικές διαρροές (π.χ. 15% πιθανότητα εκτόνωσης διάρκειας &gt; 2 εβδομάδες).</p> |
| Λ1     |          |   |  | Εκτόνωση- Λάμδα κατά τη γεώτρηση, τη   | Τα πηγάδια προς διάτρηση και ολοκλήρωση από την εξέδρα Λάμδα χρησιμεύουν για την ανάπτυξη του ταμιευτήρα Έψιλον. Η πίεση των ρευστών   |

| Ανα φ. | Σενάριο             | Μέγεθος απελευθέρωσης  | Τοποθεσίες απελευθέρωσης                       | Υπο Σενάριο   | Σημειώσεις/Αιτιολόγηση  |
|--------|---------------------|--|--|---|---|
| Ο1     |                     |  |  | συντήρηση μέσω Energean Force.<br>Απελευθέρωση ρευστών γεώτρησης  | γεώτρησης στο πεδίο Έψιλον είναι περίπου 2.000 έως 3.000 psi υψηλότερη απ' ό,τι στον ταμιευτήρα Πρίνου/Βόρειου Πρίνου. Τα ποσοστά νερού είναι επίσης πολύ χαμηλά.<br>Υποτίθεται ότι ο χρόνος ανταπόκρισης 24 ωρών (βλέπε την παραπάνω συζήτηση) είναι αντιπροσωπευτικός του χρόνου που απαιτείται για την αποκατάσταση της ασφάλειας σε ένα πηγάδι. Η Βάση Σχεδιασμού (Αν. Β) ορίζει το μέγιστο ποσοστό της παραγωγής στα 3.000 bbls/ημέρα. Ως εκ τούτου, το σενάριο πετρελαιοκηλίδας είναι 3.000 bbl (περίπου 475 <sup>3</sup> ) |
|        |                     |  |  | Εκτόνωση- Όμικρον κατά τη γεώτρηση, τη συντήρηση μέσω Energean Force.<br>Απελευθέρωση ρευστών γεώτρησης       | Τα πηγάδια προς διάτρηση και ολοκλήρωση από την εξέδρα Όμικρον χρησιμεύουν στην ανάπτυξη του ταμιευτήρα Βόρειου Πρίνου, ο οποίος έχει παρόμοια χαρακτηριστικά με τον ταμιευτήρα Πρίνου και ως εκ τούτου (σύμφωνα με τον Πρίνο) υιοθετούνται τα 120 m <sup>3</sup> ως αντιπροσωπευτικό σενάριο πετρελαιοκηλίδας.   |
| P2     | Επιφανειακή Διαρροή | 150m <sup>3</sup><br>(χειρότερη περίπτωση επιφανειακής διαρροής) | 1. Συγκρότημα Πρίνου<br>2. Λάμδα<br>3. Όμικρον | Απελευθέρωση διεργασίας - απελευθέρωση των υγρών υδρογονανθράκων από το επιφανειακό περίβλημα υδρογονανθράκων | Από το Σχέδιο Αντιμετώπισης Πετρελαιοκηλίδας - Εκτίμηση μεγαλύτερου αξιόπιστου μεγέθους διαρροής. Αυτό το σενάριο θεωρείται ότι αντιπροσωπεύει/δεσμεύει τα σενάρια απελευθέρωσης επιφανειακής διεργασίας Πρίνου   |

| Ανα φ. | Σενάριο                              | Μέγεθος απελευθέρωσης | Τοποθεσίες απελευθέρωσης          | Υπο Σενάριο   | Σημειώσεις/Αιτιολόγηση  |
|--------|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|---|---|
| L2     |                                      |                       |                                   | Απελευθέρωση διεργασίας - απελευθέρωση των υγρών υδρογονανθράκων από το επιφανειακό περίβλημα υδρογονανθράκων | Λαμβάνεται υπόψη πλήρης απελευθέρωση γεώτρησης από το συλλέκτη παραγωγής (η απελευθέρωση κατακόρυφου αγωγού σύνδεσης παραγωγής περιγράφεται στην περίπτωση LO1 παρακάτω).<br>Μεγ. αναμενόμενη ταχύτητα ροής υγρού HC: 90m <sup>3</sup> /ώρα. Η Ανίχνευση/Απομόνωση θεωρούνται ότι συμβαίνουν εντός 60 δευτερολέπτων. Το μέγεθος αποθεμάτων του συλλέκτη παραγωγής υπολογίζεται περίπου στα 3 m <sup>3</sup> . |
| O2     |                                      |                       |                                   | Απελευθέρωση διεργασίας - απελευθέρωση των υγρών υδρογονανθράκων από το επιφανειακό περίβλημα υδρογονανθράκων | Ας υποθέσουμε ότι το απόθεμα του επιφανειακού συστήματος παραγωγής είναι ίσο με τη Λάμδα.   |
| LO1    | Απελευθέρωση από τον Αγωγό Παραγωγής | 205 m <sup>3</sup>    | Πλησίον της υποθαλάσσιας σύνδεσης | Απελευθέρωση των ρευστών γεώτρησης από τους αγωγούς παραγωγής - Λάμδα/Ομικρον προς Δέλτα                      | Η εκτίμηση βασίζεται στον όγκο του αγωγού και το μέγιστο ρυθμό παραγωγής (12.150 stdbpd, σύμφωνα με τη Βάση Σχεδιασμού SIP) και υπολογίζεται να συνεχιστεί για 30 λεπτά πριν τον τερματισμό λειτουργίας.<br>Υποθέτοντας ότι: <ul style="list-style-type: none"> <li>12.150 stdbpd (Βάση Σχεδιασμού SIP, Av. B)</li> <li>Απόδοση περίπου 80m<sup>3</sup>/ώρα</li> </ul>  |

| Ανα φ. | Σενάριο                             | Μέγεθος απελευθέρωσης | Τοποθεσίες απελευθέρωσης  | Υπο Σενάριο  | Σημειώσεις/Αιτιολόγηση  |
|--------|-------------------------------------|-----------------------|---|--|---|
|        |                                     |                       |   |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Υποθέτοντας ότι 30 λεπτά πριν τον τερματισμό λειτουργίας = απελευθέρωση <math>40 \text{ m}^3</math>, προσθέτοντας και τον απελευθερωμένο όγκο λόγω αντίστροφης ροής/αποστράγγισης από τη μεριά Δέλτα του αγωγού που υπολογίζεται στα <math>40 \text{ m}^3</math>, η ποσότητα που απελευθερώνεται πριν τον τερματισμό είναι <math>80 \text{ m}^3</math>.</li> <li>Τα αποθέματα του αγωγού είναι περίπου <math>250 \text{ m}^3</math> (υποθέτοντας αγωγό 5 χμ)</li> <li>Ας υποθέσουμε ότι το 50% των αποθεμάτων αγωγού απελευθερώνεται = <math>125 \text{ m}^3</math></li> <li>Ο συνολικός όγκος που απελευθερώνεται ως εκ τούτου, υπολογίζεται στα <math>125 \text{ m}^3 + 80 \text{ m}^3 = 205 \text{ m}^3</math></li> </ul> |
| PL1    | Απελευθέρωση από τον Αγωγό Εξαγωγής | $410 \text{ m}^3$     | Περιοχή του Πρίνου Μεσαίο σημείο μεταξύ Πρίνου και Χερσαίου Σίγμα Κοντά στο Χερσαίο Σίγμα | Απελευθέρωση όξινου αργού πετρελαίου από τον αγωγό εξαγωγής Δέλτα προς Σίγμα | <p>Υποθέτοντας ότι:<br/>Ο όγκος του αγωγού είναι <math>580 \text{ m}^3</math><br/>Ας υποθέσουμε ότι το 50% των αποθεμάτων αγωγού απελευθερώνεται = <math>290 \text{ m}^3</math><br/>Ας υποθέσουμε ότι στα 30 λεπτά μέχρι τον τερματισμό λειτουργίας, επιφέρουν επιπλέον <math>60 \text{ m}^3</math> (με απόδοση στα 17.000 bopd). Επιπλέον, ο όγκος που απελευθερώνεται από την αντίστροφη ροή/αποστράγγιση από τη μεριά Σίγμα του αγωγού πριν από τη διακοπή λειτουργίας υπολογίζεται στα <math>60 \text{ m}^3</math>, ως εκ τούτου, η συνολική απελευθέρωση πριν από τον τερματισμό λειτουργίας είναι <math>120 \text{ m}^3</math>.<br/>Ο συνολικός όγκος που απελευθερώνεται ως εκ τούτου, υπολογίζεται στα</p>  |

| Ανα<br>φ. | Σενάριο | Μέγεθος<br>απελευθέρ<br>ωσης | Τοποθεσίες<br>απελευθέρ<br>ωσης | Υπο Σενάριο | Σημειώσεις/Αιτιολόγηση   |
|-----------|---------|------------------------------|---------------------------------|-------------|--|
|           |         |                              |                                 |             | $290 \text{ m}^3 + 120 \text{ m}^3 = 410 \text{ m}^3$<br>Ο παραπάνω υπολογισμός περιλαμβάνει την μελλοντική προβλεπόμενη έξοδο και στις εξέδρες Λάμδα και Όμικρον. |



## 10.8.2 Προσομοίωση Διασποράς Πετρελαιοκηλίδας

### 10.8.2.1 Εισαγωγή

Οι υπεράκτιες εγκαταστάσεις πετρελαίου και φυσικού αερίου που καλύπτονται στην τρέχουσα ΜΠΚΕ (τόσο των υφιστάμενων όσο και των προγραμματισμένων και πιθανών νέων εγκαταστάσεων) βρίσκονται σε κοντινή απόσταση από την ακτογραμμή της ελληνικής ηπειρωτικής χώρας και το ελληνικό νησί της Θάσου. Οι υδρογονανθράκων παράγονται σήμερα σε 3 περιοχές γεώτρησης (Άλφα, Βήτα και Κάππα) που περιέχουν 26 πηγάδια συνολικά. Αυτά τα ρευστά κατεργάζονται αρχικά στην εξέδρα Δέλτα. Από εκεί μερικώς σταθεροποιημένο πετρέλαιο με περίπου 1% BS&W (βασικά ιζήματα και νερό) και ξηρό όξινο αέριο αποστέλλονται από δύο ανεξάρτητους αγωγούς στις χερσαίες εγκαταστάσεις (Σίγμα). Πλήρως επεξεργασμένο αργό πετρέλαιο αποθηκεύεται στη Σίγμα και περιοδικά φορτώνεται σε παρτίδες 250.000 bbl σε δεξαμενόπλοια αργού μέσω ενός πλωτήρα φόρτωσης που βρίσκεται 3 χιλιόμετρα από την ακτή. Τα προγραμματισμένα και πιθανά σχέδια επέκτασης θα προσθέσουν δύο ακόμη κέντρα γεώτρησης (Λάμδα και Όμικρον) που θα περιέχουν το καθένα έως και 15 πηγάδια. Αυτές οι νέες εγκαταστάσεις θα είναι συνδεδεμένες στις υπάρχουσες εγκαταστάσεις με πολυφασικούς αγωγούς μικρού μήκους και μικρού διαμετρήματος.

Οι διαρροές πετρελαίου από αυτή την υπεράκτια υποδομή (συμπεριλαμβανομένου του θαλάσσιου πλωτήρα φόρτωσης) παρουσιάζουν σαφώς ένα σημαντικό κίνδυνο για την άμεση περιβαλλοντική και κοινωνικοοικονομική ευημερία της περιοχής γύρω από αυτήν. Το πετρέλαιο που θα εισαχθεί στη θάλασσα λόγω απώλειας της ακεραιότητας των υφιστάμενων ή επεκταμένων εγκαταστάσεων θα σχηματίσει μια κηλίδα στην επιφάνεια η οποία στη συνέχεια θα μετακινηθεί από τον άνεμο, τα κύματα και το ρεύμα έως ότου:

- Ανακτηθεί από την Energean μέσω των υποδομών αντιμετώπισης πετρελαιοκηλίδας, ή
- Ξεβραστεί στην ακτογραμμή, ή
- Διαλυθεί λόγω των συνδυασμένων επιπτώσεων της εξάτμισης και της βιοαποικοδόμησης.

Στην παρούσα ενότητα συζητείται το έργο προσομοίωσης που ανατέθηκε από την Energean για τον υπολογισμό των κινδύνων για τους πλέον ευάλωτους δέκτες στις γύρω ακτές.

### 10.8.2.2 Ορισμός των πηγών διαρροής και σενάρια διαρροής

Έχουμε διενεργήσει έρευνα ΠΕΚ που μας επέτρεψε να προσομοιώσουμε δυνητικά, μη συνήθη συμβάντα (βλάβης). Η εργασία αυτή περιγράφεται παραπάνω. Με βάση αυτή την ανάλυση, ορίσαμε τρία σενάρια χειρότερης περίπτωσης και με βάση αυτά αναπτύξαμε τα αντίστοιχα σενάρια προσομοίωσης πετρελαιοκηλίδας και στη συνέχεια χρησιμοποιήσαμε ως εισόδους δεδομένων την εργασία προσομοίωσης πετρελαιοκηλίδας που περιγράφεται στην παρούσα ενότητα.

Οι τρεις χειρότερες περιπτώσεις διαρροών που εξετάστηκαν ήταν:

- **Εκτόνωση ενός από τα νέα πηγάδια που δημιουργούνται στην εξέδρα Λάμδα:** η ανάλυση έδειξε ότι η εκτόνωση θα δημιουργούσε τη μεγαλύτερη δυνατή απελευθέρωση απ' ό,τι οποιοδήποτε άλλο σενάριο που θα μπορούσε να λάβει χώρα στις υπάρχουσες ή νέες εγκαταστάσεις. Αν και μια εκτόνωση απελευθερώνει αργό πετρέλαιο από ένα μόνο πηγάδι (αντίθετα με άλλα επιφανειακά σενάρια που θα μπορούσαν να απελευθερώσουν παραγωγή από όλα τα πηγάδια ταυτόχρονα), χρειάζεται περισσότερος χρόνος για να αποκατασταθεί ένα τέτοιο περιστατικό. Η εργασία προσομοίωσης έδειξε είναι πιθανή μια ροή χωρίς περιορισμούς για μια περίοδο 24 ωρών σε ποσοστό έως και 3.000 bbl/ημέρα. Η εξέδρα Λάμδα επιλέχθηκε ως περιοχή εκτονώσεως. Μια εκτόνωση κατά τη διάρκεια γεώτρησης σε παρθένο ταμιευτήρα είναι περισσότερο πιθανή (και επίσης πιο σημαντικές συνέπειες) απ' ό,τι σε περίπτωση πλευρικής όρυξης σε υπάρχον πηγάδι σε ένα εξαντλημένο κοίτασμα. Επιλέχθηκε η Λάμδα και όχι η Όμικρον καθώς το κοίτασμα Έψιλον έχει την υψηλότερη πίεση πυθμένα ταμιευτήρα και είναι ελάχιστα πιο κοντά στο νησί της Θάσου από την περιοχή αυτή.
- **Μια διαρροή από την κύρια γραμμή μεταφοράς ημι-σταθεροποιημένου αργού πετρελαίου από τη Δέλτα προς τη Σίγμα:** μια διαρροή σε αυτή την υπάρχουσα γραμμή μπορεί να παράξει μια μεγαλύτερη κηλίδα λόγω του μεγάλου μήκους της και της υψηλότερης απόδοσης, απ' ό,τι οποιαδήποτε από τις νέες πολυφασικές γραμμές που εγκαθίσταται στα έργα επέκτασης. Οι νέες γραμμές έχουν χαμηλή πιθανότητα βλάβης, δεδομένου ότι θα θαφτούν σε όλο το μήκος τους (προστατεύοντάς τες έτσι από εξωτερικές ζημιές) και θα σχεδιαστούν για πλήρεις πιέσεις κλεισίματος κεφαλής πηγαδιού (δίνοντάς τους μια πολύ μεγάλη ανοχή διάβρωσης σε σύγκριση με τις γραμμές κανονικών ονομαστικών προδιαγραφών). Η κύρια γραμμή εξαγωγής περνάει στον πυθμένα της θάλασσας για τα πρώτα 4,2 ναυτικά μίλια (περίπου 7 χιλιόμετρα) μετά τη Δέλτα. Παρά το γεγονός ότι η αλιεία απαγορεύεται πάνω από τη γραμμή, οι επιθεωρήσεις του αγωγού έχουν δείξει ότι γίνεται αλιεία με τράτες. Στα άταφα τμήματα έχουν σημειωθεί φθορές από τράτες στην εξωτερική επίστρωση σκυροδέματος. Στα θαμμένα τμήματα έχει σημειωθεί υποσκαφή του πυθμένα από τράτες - αλλά ποτέ σε βάθος που να επηρεάζει τον αγωγό. Είναι πιο πιθανό να προκληθούν διαρροές στο θαμμένο τμήμα από εσωτερική διάβρωση παρά από εξωτερικές επιδράσεις. Τα εσωτερικά περιστατικά κανονικά οδηγούν σε διαρροές μικροσκοπικών οπών οι οποίες δημιουργούν μια γυαλάδα στην επιφάνεια της θάλασσας πάνω ή κοντά στη διαδρομή του αγωγού. Οι ανταύγειες είναι εύκολο να εντοπιστούν στον Κόλπο της Καβάλας καθώς το 40 έως 50% του έτους, η επιφάνεια του νερού είναι ήρεμη. Επίσης, η Energean στέλνει τακτικά τους δύτες της στις διαδρομές των αγωγών για να ελέγχουν αν υπάρχουν τυχόν εμφανείς διαρροές πετρελαίου στο βυθό της θάλασσας. Οι διαρροές αυτού του είδους έχουν μικρή πιθανότητα να προκαλέσουν περιβαλλοντική καταστροφή. Σημαντική διαρροή μπορεί να προκληθεί μόνο από μια εξωτερική πρόσκρουση και ως εκ τούτου σε ένα απροστάτευτο τμήμα της γραμμής. Επομένως, το δεύτερο σενάριο διαρροής εφαρμόζει μια προσομοίωση διαρροής στον αγωγό

εξαγωγών (410 m<sup>3</sup> που απελευθερώνονται κατά τη διάρκεια μιας περιόδου 8,5 ωρών) και το τοποθετεί στο σημείο όπου θάβεται αρχικά ο αγωγός, δηλαδή όσο το δυνατόν πιο κοντά στην ακτή.

- **Μια διαρροή κατά τη φόρτωση επεξεργασμένου αργού πετρελαίου σε δεξαμενόπλοιο:** οι διαρροές σε αυτό το σύστημα δεν αξιολογήθηκαν κατά την ΠΕΚ καθώς οι χερσαίες εγκαταστάσεις δεν συμπεριλήφθηκαν σε αυτή την αναθεώρηση. Οι χερσαίες εγκαταστάσεις δεν τροποποιούνται από τις προγραμματισμένες ή πιθανές επεκτάσεις και καλύπτονται ήδη από έγκυρες περιβαλλοντικές άδειες. Ωστόσο, καθώς οι δραστηριότητες φόρτωσης αντιπροσωπεύουν την πλησιέστερη τοποθεσία στην ακτή, όπου μια μεγάλη διαρροή θα μπορούσε ενδεχομένως να συμβεί, ήταν δέον να προσομοιώσουμε τη χειρότερη δυνατή διαρροή σε αυτήν την περιοχή. Το πετρέλαιο φορτώνεται σε δεξαμενόπλοια με ρυθμό περίπου 12.000 bbls/ώρα. Όλες οι υποθαλάσσιες συνδέσεις ελέγχονται από δύτες πριν από την έναρξη της φόρτωσης και κάθε 4 ώρες μετά την έναρξη της φόρτωσης, ως εκ τούτου, υπάρχουν λίγες έως καμία πιθανότητα ολικής υποθαλάσσιας ρήξης. Η φόρτωση δεν πραγματοποιείται σε συνθήκες ισχυρών ανέμων, όπου το δεξαμενόπλοιο θα μπορούσε να κινηθεί. Σε κάθε περίπτωση, χρησιμοποιούνται τρία σημεία αγκύρωσης ώστε να αποφεύγεται οποιαδήποτε μετακίνηση κατά τη φόρτωση. Το μόνο εφικτό (αλλά απίθανο) περιστατικό είναι ο σωλήνας να μην είναι επαρκώς στερεωμένος στο σύστημα σκληρών σωληνώσεων στο δεξαμενόπλοιο και ξαφνικά να σπάσει. Ανά πάσα στιγμή υπάρχουν 2 υπάλληλοι δεξαμενόπλοιου που ελέγχουν το συγκεκριμένο σημείο. Βρίσκονται σε μόνιμη επικοινωνία μέσω ασυρμάτου με την αίθουσα ελέγχου Σίγμα, απ' όπου η εργασία φορτώσεως μπορεί να διακοπεί εξ αποστάσεως. Μια ρήξη σε αυτό το σημείο δεν θα μπορούσε να ανιχνευθεί από το εγκατεστημένο σύστημα διακοπής χαμηλής πίεσης, καθώς η πίεση κοντά στις δεξαμενές πλοίων είναι πολύ χαμηλή ούτως ή άλλως υπό κανονικές συνθήκες. Το περιστατικό αυτό αποτελεί μέρος ενός σεναρίου που χρησιμοποιείται κατά τη διάρκεια ελέγχου των συστημάτων ανταπόκρισης. Χρειάζονται συνήθως 2 λεπτά για τη διακοπή λειτουργίας των αντλιών του πλοίου και για τη διάχυση της ενέργειας πίεσης στη γραμμή φόρτωσης. Σε αυτό το χρονικό διάστημα διαρρέουν 400 bbls. Επομένως υποθέτουμε μια διαρροή 400 bbls σε χρονικό διάστημα 2 λεπτών, σε απόσταση τριών χιλιομέτρων από την ακτή για αυτό το σενάριο.

Τα σενάρια διαρροής αναπτύχθηκαν ως εξής για μια σειρά από σενάρια πετρελαιοκηλίδας:

### **10.8.2.3 Ανάπτυξη σεναρίων προσομοίωσης πετρελαιοκηλίδας**

#### **10.8.2.3.1 Εισαγωγή**

Η ποσότητα του πετρελαίου που απελευθερώνεται στη θάλασσα και το διάστημα κατά το οποίο λαμβάνει χώρα η απελευθέρωση είναι δύο κρίσιμες παράμετροι για τον καθορισμό σεναρίων πετρελαιοκηλίδας που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το μοντέλο προσομοίωσης που αντιπροσωπεύει τον Κόλπο της Καβάλας. Η προσομοίωση πετρελαιοκηλίδας μπορεί να γίνει είτε σε ντετερμινιστική βάση είτε σε στοχαστική (πιθανοτική) βάση. Είναι σαφές ότι η

τελική θέση της διαρροής πετρελαίου και ο χρόνος που χρειάζεται για να φτάσει σε αυτή τη θέση εξαρτώνται από παράγοντες όπως η κατεύθυνση του ανέμου, τη δύναμη του ανέμου, το ύψος κύματος, η ένταση και η κατεύθυνση ρεύματος, η θερμοκρασία νερού και αέρα, ο τύπος του αργού πετρελαίου κ.λπ. Αυτές οι παράμετροι ποικίλουν από λεπτό σε λεπτό, μέρα με τη μέρα, μήνα με το μήνα, κλπ.. Με στοχαστική προσομοίωση η πιθανότητα μιας καθορισμένης ποσότητας πετρελαίου να φθάσει στην ακτή υπολογίζεται με βάση τη γνώση του πώς αυτές οι ιδιότητες αλλάζουν με το χρόνο. Συνήθως χρησιμοποιούμε 100 εκτελέσεις για κάθε διαρροή και με τον μέσο όρο τους εξάγουμε τα ελάχιστα και μέγιστα δεδομένα. Η στοχαστική προσομοίωση μπορεί να προσομοιώσει τα περιστατικά σε μια συγκεκριμένη ημέρα, για ένα συγκεκριμένο μήνα ή για τις μέσες ιδιότητες σε ένα συγκεκριμένο έτος. Αυτό το είδος της προσομοίωσης δίνει μια καλή εικόνα για το πού μπορεί να εμφανιστεί το πετρέλαιο και για το πώς η πιθανότητα του να εμφανιστεί σε μια συγκεκριμένη καθορισμένη περιοχή αλλάζει με το μήνα, την εποχή κ.λπ. Εντούτοις, δεν επιτρέπει τη μελέτη συγκεκριμένων χειρότερων περιπτώσεων (ή καλύτερων περιπτώσεων) και ως εκ τούτου η αποτελεσματικότητα των προβλεπόμενων μέτρων αντίδρασης σε τέτοιες χειρότερες περιπτώσεις δεν μπορεί να καθοριστεί.

Η ντετερμινιστική προσομοίωση χρησιμοποιείται όταν χρειάζεται να διερευνηθούν συγκεκριμένοι συνδυασμοί, συνήθως των «χειρότερων» και «καλύτερων» περιπτώσεων. Κατόπιν αιτήματος της ΕΤΑΑ η Energean ανέπτυξε μια σειρά από ντετερμινιστικά σενάρια αντί να εκτελέσει στοχαστική ανάλυση. Τα σενάρια αυτά προβλέπουν πόσο γρήγορα οι άνεμοι που φυσούν σε μια συγκεκριμένη κατεύθυνση, με συγκεκριμένη ταχύτητα, θα μετέφεραν το πετρέλαιο στα πιο ευάλωτα σημεία της ακτογραμμής σε διαφορετικά χρονικά σημεία ενός τυπικού έτους. Η βάση των δεδομένων που χρησιμοποιείται σε αυτά τα σενάρια περιγράφεται παρακάτω.

#### **10.8.2.3.2 Επιλογή των ευάλωτων δεκτών**

Κατά την εκτέλεση ντετερμινιστικών μοντέλων δεν είναι δυνατόν να μελετηθούν όλες οι χερσαίες περιοχές με την ίδια λεπτομέρεια. Για να διατηρηθεί ο αριθμός των πιθανών σεναρίων σε ένα διαχειρίσιμο επίπεδο πρέπει να προσδιοριστούν οι ιδιαίτερα ευάλωτες περιοχές καθώς και τα σενάρια για το πώς αυτές οι περιοχές μπορεί να επηρεαστούν. Σχετικά με την τρέχουσα εργασία ορίζουμε τις ακόλουθες θέσεις:

- **Η ακτή μεταξύ της Καβάλας και της Νέας Καρβάλης** - αυτή η ακτογραμμή περιέχει το ιστορικό λιμάνι της Καβάλας, μια σειρά από τουριστικές παραλίες (στα δυτικά και ανατολικά της Καβάλας), το εμπορικό λιμάνι Φίλιππος Β', μικρές θαλάσσιες εγκαταστάσεις των υπαρχουσών βιομηχανιών (Το λιμάνι του εργοστασίου λιπασμάτων, Πλωτήρες πρόσληψης και φόρτωσης νερού του εργοστασίου Σίγμα, Πλωτήρες πρόσληψης διυλισμένων προϊόντων). Οι πετρελαιοκηλίδες στην περιοχή αυτή θα είχαν αντίκτυπο στην τουριστική βιομηχανία - ιδιαίτερα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, καθώς και σε μια σειρά από σημαντικές κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες (αλιεία, οχηματαγωγό προς Θάσο, εμπορικές λιμενικές δραστηριότητες, κλπ) όλο το χρόνο. Οι άνεμοι από το νότο θα μεταφέρουν το

πετρέλαιο που διέρρευσε προς αυτή την ακτογραμμή και από τα τρία σημεία διαρροής που ορίστηκαν.

- **Η ακτή μεταξύ του εργοστασίου Σίγμα και των εκβολών του δέλτα του ποταμού Νέστου** - αυτή η ακτή εμπίπτει σε πολυάριθμες διατάξεις προστασίας (μέρος του δικτύου Natura 2000, SPA, Εθνικό πάρκο, υγρότοπος Ramsar, IBA). Επιπλέον, διαθέτει μια σειρά από μικρές επιχειρήσεις ιχθυοκαλλιέργειας. Οι επιπτώσεις σε αυτή την ακτογραμμή θα είναι πιο σημαντικές από τα τέλη της άνοιξης μέχρι το τέλος του καλοκαιριού. Ο τουρισμός θα διαταραχθεί ιδιαίτερα το καλοκαίρι, ενώ η πανίδα θα επηρεαστεί από τα τέλη της άνοιξης. Η ιχθυοκαλλιέργεια θα διαταραχθεί όλο το χρόνο. Οι άνεμοι που πνέουν από τα νοτιοδυτικά θα μεταφέρουν το πετρέλαιο προς αυτό το τμήμα της ακτής από τα σημεία διαρροής 1 και 2. Σαφώς το σημείο διαρροής 2 είναι πιο κοντά σε αυτή την ακτογραμμή από το σημείο διαρροής 1. Οι διαρροές από το σημείο διαρροής 1 έχουν περισσότερες πιθανότητες να μεταφερθούν στο βόρειο τμήμα της Θάσου.
- **Η βόρεια και βορειοδυτική ακτή του νησιού της Θάσου** - η Θάσος αποτελεί ένα σημαντικό τουριστικό προορισμό. Παρότι πολλές από τις βασικές παραλίες βρίσκονται στην ανατολική και νότια πλευρά του νησιού, υπάρχουν πολλές δημοφιλείς τουριστικές περιοχές στην ακτή που γειτνιάζει άμεσα με τις υπεράκτιες εγκαταστάσεις της Energean (Ραχώνι, Πρίνος, Καλλιράχη κλπ). Είναι σαφές ότι οι πετρελαιοκηλίδες κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού θα είναι μεγαλύτερης σημασίας από το χειμώνα λόγω των επιπτώσεων στην κυρίαρχη τουριστική βιομηχανία. Το πετρέλαιο θα μεταφερθεί σε αυτή την ακτή από διαρροές στα σημεία 1 και 2. Το σημείο 1 είναι σαφώς πιο κοντά από ό,τι το σημείο 2

#### **10.8.2.3.3 Ωκεανογραφικά Δεδομένα**

Η Energean έχει συλλέξει λεπτομερή ωκεανογραφικά δεδομένα για την περιοχή του Κόλπου της Καβάλας, ώστε να μπορέσει να σχεδιάσει τις νέες εγκαταστάσεις. Αυτά τα δεδομένα περιγράφονται στο κεφάλαιο 8. Τα ίδια δεδομένα χρησιμοποιήθηκαν για να καθοριστεί μια σειρά κατάλληλων ντετερμινιστικών σεναρίων προσομοίωσης πετρελαιοκηλίδας. Η κίνηση πετρελαιοκηλίδας σε περιβάλλον με ρηχά νερά οδηγείται σε μεγάλο βαθμό από την κατεύθυνση του ανέμου. Σε βαθιά υδάτινα περιβάλλοντα, οι διαρροές κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας μπορούν να κινηθούν για σημαντική απόσταση από τα ρεύματα, πριν βγουν στην επιφάνεια. Σε ρηχά νερά, όπως στον Κόλπο της Καβάλας αυτό δεν είναι πρόβλημα. Το πετρέλαιο από την διαρροή κύριας γραμμής πετρελαίου φθάνει στην επιφάνεια σε λιγότερο από 20 λεπτά από τη στιγμή της διαρροής, ενώ σε δύο άλλα περιστατικά το πετρέλαιο χύνεται πάνω στη θάλασσα. Η κατανόηση της κατεύθυνσης και της δύναμης του ανέμου είναι, επομένως η πιο κρίσιμη παράμετρος για τον καθορισμό ντετερμινιστικών σεναρίων.

Όπως μπορεί να φανεί από τα ετήσια στοιχεία ανέμων που παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα, οι συνθήκες στον Κόλπο της Καβάλας μπορούν να χωριστούν σε δύο βασικές εποχές, δηλαδή το καλοκαίρι (από Μάιο έως Σεπτέμβριο) και το χειμώνα (από Οκτώβριο έως Απρίλιο). Οι δυνάμεις του ανέμου είναι σχετικά χαμηλές όλο το χρόνο. Η πιο πιθανή καιρική συνθήκη το

χειμώνα είναι η νηνεμία, με ταχύτητες ανέμου «απαλής αύρας» ή και χαμηλότερες για περίπου 60% του χρονικού διαστήματος. Το καλοκαίρι υπάρχουν λιγότερες ημέρες νηνεμίας, αλλά κατά μέσο όρο, οι άνεμοι ταξινομούνται ως απαλή αύρα ή και πιο ασθενείς για περίπου 72% του χρόνου. Ως εκ τούτου, για το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου οι διαρροές στον Κόλπο της Καβάλας θα κινούνται σχετικά αργά από τα σημεία εκκίνησής τους.

#### Υπόμνημα

#### Συχνά περιστατικά

κόκκινο - τα 12 πιο συχνά

|    |    | Jan    | Feb    | Mar    | Apr    | May    | Jun    | Jul    | Aug    | Sep    | Oct    | Nov    | Dec    | All    |
|----|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 29 | 30 | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 28 | 29 | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0,018  | 0      | 0,002  |
| 27 | 28 | 0,018  | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0,002  |
| 26 | 27 | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 25 | 26 | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 24 | 25 | 0      | 0      | 0,018  | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0,018  | 0      | 0,003  |
| 23 | 24 | 0      | 0,077  | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0,018  | 0      | 0      | 0,007  |
| 22 | 23 | 0,018  | 0,039  | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0,018  | 0,035  | 0,009  |
| 21 | 22 | 0,035  | 0,058  | 0,018  | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0,035  | 0,036  | 0,053  | 0,019  |
| 20 | 21 | 0,070  | 0,077  | 0,035  | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0,018  | 0,036  | 0,018  | 0,021  |
| 19 | 20 | 0,140  | 0,077  | 0,105  | 0,036  | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0,035  | 0,073  | 0,175  | 0,054  |
| 18 | 19 | 0,193  | 0,231  | 0,245  | 0,036  | 0,018  | 0      | 0      | 0,018  | 0      | 0,035  | 0,181  | 0,193  | 0,095  |
| 17 | 18 | 0,351  | 0,173  | 0,386  | 0,018  | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0,193  | 0,217  | 0,281  | 0,135  |
| 16 | 17 | 0,456  | 0,269  | 0,298  | 0,054  | 0,018  | 0      | 0      | 0      | 0,018  | 0,158  | 0,254  | 0,684  | 0,185  |
| 15 | 16 | 0,684  | 0,673  | 0,579  | 0,109  | 0,053  | 0      | 0      | 0      | 0      | 0,263  | 0,471  | 0,947  | 0,314  |
| 14 | 15 | 1,157  | 0,865  | 0,579  | 0,163  | 0,053  | 0      | 0,018  | 0      | 0,163  | 0,403  | 0,652  | 1,368  | 0,451  |
| 13 | 14 | 1,192  | 1,519  | 0,947  | 0,236  | 0,140  | 0,036  | 0,123  | 0,018  | 0,236  | 0,561  | 0,707  | 1,666  | 0,612  |
| 12 | 13 | 1,736  | 2,192  | 1,262  | 0,670  | 0,456  | 0,127  | 0,123  | 0,158  | 0,598  | 1,280  | 1,721  | 2,139  | 1,033  |
| 11 | 12 | 2,332  | 2,558  | 1,841  | 1,069  | 0,754  | 0,127  | 0,210  | 0,421  | 0,978  | 2,367  | 2,681  | 2,753  | 1,503  |
| 10 | 11 | 3,471  | 3,385  | 3,103  | 1,540  | 1,069  | 0,417  | 0,544  | 0,912  | 1,775  | 3,471  | 3,333  | 3,138  | 2,175  |
| 9  | 10 | 4,453  | 4,673  | 3,401  | 1,938  | 1,911  | 1,178  | 1,280  | 1,964  | 2,518  | 4,453  | 3,986  | 5,137  | 3,070  |
| 8  | 9  | 6,434  | 5,673  | 4,628  | 3,388  | 2,980  | 1,685  | 2,279  | 2,770  | 4,130  | 5,645  | 5,036  | 6,101  | 4,226  |
| 7  | 8  | 7,433  | 6,500  | 6,364  | 4,783  | 3,594  | 3,116  | 5,645  | 5,242  | 5,634  | 6,311  | 5,797  | 7,100  | 5,629  |
| 6  | 7  | 8,555  | 7,077  | 6,452  | 5,924  | 5,908  | 5,580  | 8,275  | 8,240  | 6,902  | 6,925  | 7,138  | 7,749  | 7,068  |
| 5  | 6  | 7,714  | 7,404  | 7,696  | 8,116  | 8,310  | 8,859  | 11,799 | 11,729 | 9,801  | 8,012  | 7,917  | 8,310  | 8,817  |
| 4  | 5  | 7,889  | 8,115  | 9,537  | 10,815 | 11,606 | 13,279 | 15,305 | 14,919 | 12,428 | 8,994  | 8,351  | 8,292  | 10,810 |
| 3  | 4  | 9,081  | 9,135  | 11,325 | 13,696 | 14,008 | 16,069 | 15,761 | 15,077 | 14,294 | 10,256 | 9,746  | 9,274  | 12,321 |
| 2  | 3  | 9,730  | 11,865 | 11,553 | 14,348 | 14,884 | 16,522 | 14,043 | 13,517 | 14,004 | 12,272 | 10,996 | 10,063 | 12,811 |
| 1  | 2  | 11,957 | 12,154 | 13,377 | 14,819 | 16,567 | 16,033 | 12,290 | 12,062 | 13,297 | 12,658 | 12,663 | 11,325 | 13,265 |
| 0  | 1  | 14,902 | 15,212 | 16,252 | 18,243 | 17,672 | 16,975 | 12,307 | 12,956 | 13,225 | 15,638 | 17,953 | 13,201 | 15,366 |
|    |    | 100    | 100    | 100    | 100    | 100    | 100    | 100    | 100    | 100    | 100    | 100    | 100    | 100    |

κίτρινο - τα επόμενα 24 πιο συχνά

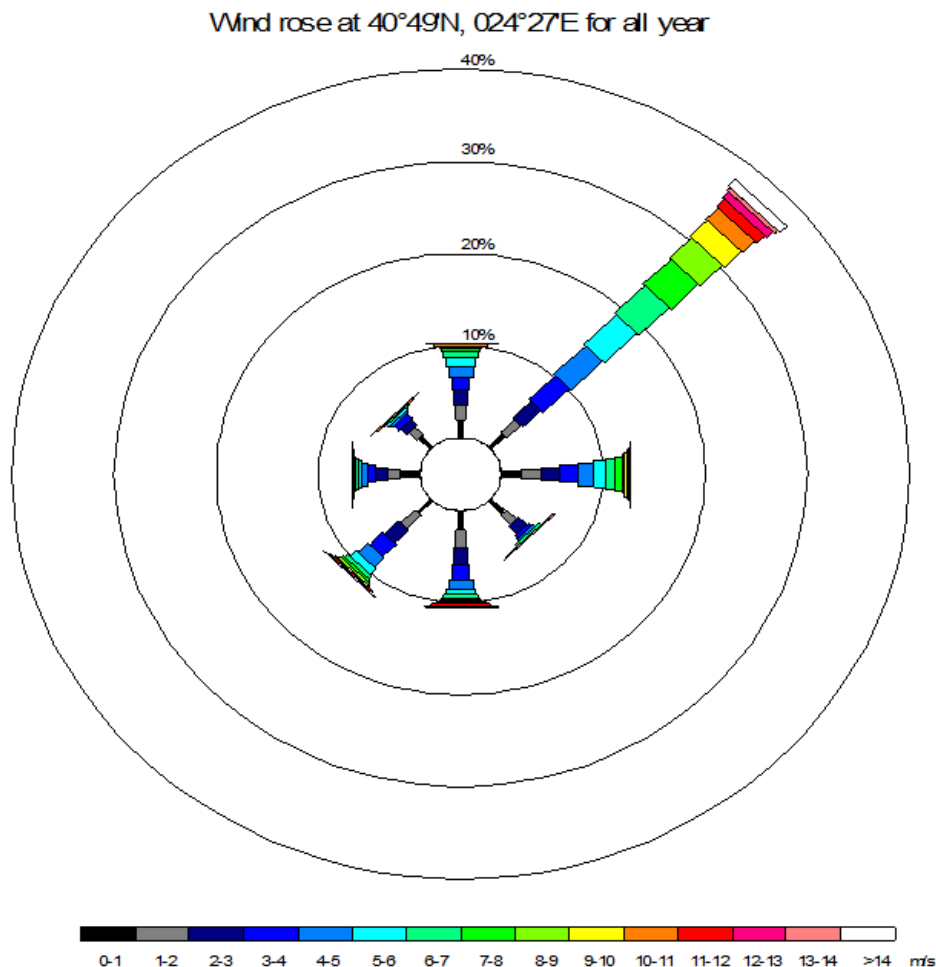
πορτοκαλί - τα επόμενα 24 πιο συχνά

μπλε - όλα τα υπόλοιπα

#### Διάγραμμα 2: Κατανομή της ταχύτητας του ανέμου σε ένα τυπικό έτος

Το παρακάτω «ανεμολόγιο» παρουσιάζει τις ταχύτητες ανέμου ανά κατεύθυνση και δύναμη κατά τη διάρκεια ενός έτους. Όπως μπορεί να δει κανείς η κυρίαρχη κατεύθυνση ανέμου είναι από τα βορειοανατολικά. Αυτοί οι άνεμοι κυριαρχούν περίπου το 40% του χρόνου. Είναι επίσης διαθέσιμα ανεμολόγια που παρουσιάζουν μηνιαίες διακυμάνσεις. Αυτά δείχνουν ότι οι βορειοανατολικά άνεμοι κυριαρχούν όλους τους μήνες. Μαζί με ανέμους από ανατολικά και βόρεια, οι οποίοι εντοπίστηκαν ως άνεμοι που θα μετέφεραν γενικά πετρελαιοκηλίδες μακριά από τις κρίσιμες ακτογραμμές, κυριαρχούν για πάνω από το 60% του έτους. Κανονικά, οι πετρελαιοκηλίδες θα παρασύρονταν επομένως προς τα ανοιχτά, προς την εξέδρα Κάππα και στη συνέχεια προς την ανοιχτή θάλασσα.





Διάγραμμα 3: Ανεμολόγιο με τις κυρίαρχες κατευθύνσεις ανέμων

Οι άνεμοι πνέουν περίπου 10% του χρόνου από το νότο. Αυτοί οι άνεμοι μπορεί να είναι σχετικά ισχυροί το χειμώνα, αλλά είναι σπάνιοι και συνήθως βραχύβιοι. Οι άνεμοι που ταξινομούνται ως ισχυρές αύρες ή και πιο δυνατοί διαρκούν για περίπου 7 ώρες το μήνα το χειμώνα και δεν εμφανίζονται το καλοκαίρι. Επομένως, αυτές οι βραχύβιες νότιες θύελλες αντιπροσωπεύουν το χειρότερο σενάριο για τη μεταφορά του πετρελαίου πάνω στην ακτογραμμή μεταξύ Καβάλας και Νέα Καρβάλης.

Οι άνεμοι από τα νοτιοδυτικά, που ενδεχομένως να μεταφέρουν αργό πετρέλαιο στους υγρότοπους του Δέλτα του Νέστου, πνέουν περίπου 12% του έτους. Ισχυροί άνεμοι πνέουν για μέγιστο χρονικό διάστημα 3 ωρών ανά μήνα το χειμώνα και δεν πνέουν καθόλου το καλοκαίρι.

Οι άνεμοι από τα βορειοδυτικά, οι οποίοι θα μετέφεραν το απελευθερωμένο αργό πετρέλαιο προς τις ακτές της Θάσου είναι οι λιγότερο συχνόι και εμφανίζονται μόνο το 5% του χρόνου και ποτέ με ισχυρές συνθήκες. Η μέση ταχύτητα του ανέμου προς αυτή την κατεύθυνση το χειμώνα είναι 2,1 m/s (ελαφριά αύρα) και το καλοκαίρι είναι ελαφρώς πιο δροσερός στα 2,4 m/s. Οι ισχυροί άνεμοι δεν εμφανίζονται σχεδόν ποτέ.

Τα ύψη κυμάτων στον Κόλπο της Καβάλας είναι κάτω από το 1 m το 95% του έτους. Οι μόνες περιπτώσεις όπου μπορεί να δημιουργηθούν σημαντικά κύματα είναι όταν οι άνεμοι πνέουν από το νότο (από την ανοιχτή θάλασσα), όπου πολύ σπάνια τα κύματα μπορεί να φτάσουν τα 6 m σε ύψος. Σχεδόν το 50% των κυμάτων που είναι μεγαλύτερα από 1 m συνδέονται με νοτιάδες. Ως αποτέλεσμα της χαμηλής κυματικής δραστηριότητας, οι διαρροές δεν διασκορπίζονται σε μεγάλες περιοχές καθώς μεταφέρονται από τον άνεμο. Τα κύματα, επίσης, δεν εμποδίζουν τις προσπάθειες ανάκτησης της πετρελαιοκηλίδας. Τα πλοία της Energean είναι ικανά να ανταποκριθούν για πάνω από 99% του έτους. Είναι σαφές ότι σε περίπτωση αντιμετώπισης πετρελαιοκηλίδας που μεταφέρεται από ισχυρούς νοτιάδες προς την ακτογραμμή της Καβάλας, οι επιχειρήσεις αντιμετώπισης της διαρροής θα μπορούσαν να παρεμποδιστούν, αλλά οι πετρελαιοκηλίδες τείνουν να διασπώνται γρήγορα από αυτά τα σημαντικά κύματα. Αυτό έχει μεγαλύτερη σημασία για διαρροές από την περιοχή 3 (σημείο φόρτωσης), η οποία απέχει μόλις 3 χιλιόμετρα από την ακτή. Δεν γίνεται απόπειρα εργασιών φόρτωσης κατά τις περιόδους ισχυρών ανέμων από το νότο, καθώς οι δύτες δεν μπορούν να επιχειρήσουν κατάδυση με αυτόν τον καιρό για να εκτελέσουν τους απαιτούμενους ελέγχους ασφαλείας. Αυτοί οι άνεμοι είναι τόσο σπάνιοι και διαρκούν για ένα τόσο σύντομο χρονικό διάστημα που αυτό δεν θεωρείται σημαντικό πρόβλημα. Ως αποτέλεσμα, η διαρροή που συμπίπτει στην περιοχή 3 με μια μεγάλη θύελλα από τα νότια δεν θεωρείται έγκυρο σενάριο.

|       |     | 337,5 | 22,5   | 67,5   | 112,5 | 157,5  | 202,5 | 247,5 | 292,5 | Total   |
|-------|-----|-------|--------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|---------|
|       |     | 22,5  | 67,5   | 112,5  | 157,5 | 202,5  | 247,5 | 292,5 | 337,5 |         |
| 6,5   | 7,0 | 0     | 0      | 0      | 0     | 0      | 0     | 0     | 0     | 0       |
| 6,0   | 6,5 | 0     | 0      | 0      | 0     | 0,001  | 0     | 0     | 0     | 0,001   |
| 5,5   | 6,0 | 0     | 0      | 0      | 0     | 0,001  | 0     | 0     | 0     | 0,001   |
| 5,0   | 5,5 | 0     | 0      | 0      | 0     | 0      | 0     | 0     | 0     | 0       |
| 4,5   | 5,0 | 0     | 0      | 0      | 0     | 0,006  | 0     | 0     | 0     | 0,006   |
| 4,0   | 4,5 | 0     | 0      | 0,001  | 0     | 0,025  | 0     | 0     | 0     | 0,027   |
| 3,5   | 4,0 | 0     | 0      | 0,001  | 0     | 0,043  | 0     | 0     | 0     | 0,045   |
| 3,0   | 3,5 | 0     | 0      | 0      | 0     | 0,079  | 0     | 0     | 0     | 0,079   |
| 2,5   | 3,0 | 0     | 0      | 0,001  | 0     | 0,104  | 0,006 | 0     | 0     | 0,112   |
| 2,0   | 2,5 | 0     | 0,010  | 0,010  | 0,003 | 0,222  | 0,025 | 0     | 0     | 0,271   |
| 1,5   | 2,0 | 0     | 0,164  | 0,065  | 0,016 | 0,475  | 0,158 | 0,001 | 0     | 0,879   |
| 1,0   | 1,5 | 0,077 | 1,890  | 0,382  | 0,109 | 1,085  | 0,439 | 0,024 | 0     | 4,005   |
| 0,5   | 1,0 | 0,894 | 13,574 | 3,108  | 0,394 | 4,310  | 1,806 | 0,354 | 0,095 | 24,537  |
| 0,0   | 0,5 | 5,032 | 15,891 | 17,746 | 3,397 | 18,940 | 4,440 | 2,467 | 2,123 | 70,036  |
| Total |     | 6,004 | 31,529 | 21,317 | 3,919 | 25,292 | 6,874 | 2,846 | 2,218 | 100,000 |

#### Υπόμνημα

##### Συχνά περιστατικά

κόκκινο - τα 12 πιο συχνά

κίτρινο - τα επόμενα 24 πιο συχνά

πορτοκαλί - τα επόμενα 24 πιο συχνά

μπλε - όλα τα υπόλοιπα

Διάγραμμα 4: Τα ύψη και η διανομή κυμάτων ανά κατεύθυνση

#### 10.8.2.3.4 Δεδομένα φυσικών ιδιοτήτων

Όπως συζητήθηκε παραπάνω, τα σενάρια πετρελαιοκηλίδας έχουν αναπτυχθεί για ένα τυπικό χειμερινό μήνα (Φεβρουάριος) και ένα τυπικό καλοκαιρινό μήνα (Ιούλιος). Χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό HYSIS για τον προσδιορισμό των φυσικών ιδιοτήτων του αργού πετρελαίου που διαρρέει. Οι ιδιότητες του αργού πετρελαίου στο σημείο διαρροής 1 βασίζονται στα δεδομένα



PVT Έψιλον. Οι ιδιότητες του αργού πετρελαίου για τα σημεία διαρροής 2 και 3 αντιπροσωπεύουν ένα σημείο όπου ίσοι όγκοι ρf αργού πετρελαίου παράγονται από τον Πρίνο και το Έψιλον.

Τα δεδομένα θερμοκρασίας νερού και αέρα έχουν ληφθεί από την ίδια πηγή με τα δεδομένα ταχύτητας ανέμου κύματος για την περιοχή:

- Ιδιότητες αργού πετρελαίου: Έψιλον
  - ⇒ Ιξώδες πετρελαίου 9 cP
  - ⇒ Βαρύτητα πετρελαίου 36 API
  - ⇒ Περιεκτικότητα σε κερί πετρελαίου 3,9%
  - ⇒ Σημείο ροής πετρελαίου: -36°C
- Ιδιότητες αργού πετρελαίου: Μικτό μείγμα
  - ⇒ Ιξώδες πετρελαίου: 8 cP
  - ⇒ Βαρύτητα πετρελαίου: 34,5 API
  - ⇒ Περιεκτικότητα σε κερί πετρελαίου: 1,7%
  - ⇒ Σημείο ροής πετρελαίου: -24°C
- Καλοκαιρινές ιδιότητες
  - ⇒ Θερμοκρασία αέρα: 25,2°C
  - ⇒ Θερμοκρασία νερού: 24,0°C
- Χειμερινές ιδιότητες
  - ⇒ Θερμοκρασία αέρα: 7,5°C
  - ⇒ Θερμοκρασία νερού: 12,0°C

#### 10.8.2.3.5 Σενάρια πετρελαιοκηλίδας

Με βάση την ανωτέρω ανάλυση, ορίσθηκαν τα ακόλουθα σενάρια.

- **Χειμώνας - βασίζεται στο Φεβρουάριο, ως τυπικό μήνα**
  - ⇒ **1A:** Άνεμος από Ν με μέση ταχύτητα 3,95 m/s. Αυτό αντιπροσωπεύει το 8,3% των πιθανών αποτελεσμάτων σε ένα τυπικό χειμερινό μήνα. Αυτό μεταφέρει το πετρέλαιο προς Καβάλα/Νέα Καρβάλη
  - ⇒ **1B:** Άνεμος από Ν στα 10 m/s για 7,5 ώρες και κατόπιν στα 3,95 m/s. Αυτό αντιπροσωπεύει το 1,0% των πιθανών αποτελεσμάτων σε ένα τυπικό χειμερινό μήνα. Προσομοιώνει την χειρότερη περίπτωση μιας ενιαίας συνεχούς θύελλας που φυσά κατευθείαν προς Καβάλα/Νέα Καρβάλη. Αναμένεται ότι για διαρροές στην περιοχή 1 και 2 αυτό να αποτελούσε ενδεχομένως το «χειρότερο» σενάριο.
  - ⇒ **1C:** Άνεμος από ΝΔ με μέση ταχύτητα 3,38 m/s. Αυτό αντιπροσωπεύει το 12,2% των πιθανών αποτελεσμάτων σε ένα τυπικό χειμερινό μήνα. Ένας τέτοιος άνεμος μεταφέρει το πετρέλαιο προς τους προστατευμένους υγρότοπους ανατολικά της Νέας Καρβάλης.
  - ⇒ **1D:** Άνεμος από ΝΔ με 10 m/s για 3,5 ώρες ακολουθούμενος από 3,38 m/s. Προσομοιώνει μια χειρότερη περίπτωση θύελλας την ίδια στιγμή που ξεκινά η διαρροή. Αυτό αντιπροσωπεύει το 0,5% των πιθανών αποτελεσμάτων σε ένα

τυπικό χειμερινό μήνα. Μεταφέρει το πετρέλαιο προς τους προστατευόμενους υγρότοπους ανατολικά από τη Νέα Καρβάλη. Είναι πιθανό ότι για το σημείο διαρροής 2 αυτό θα αποτελούσε το «χειρότερο» σενάριο.

⇒ **1E:** Άνεμος από ΒΔ με μέση ταχύτητα 2,1 m/s. Δεν υπάρχουν καταγεγραμμένες συνθήκες θύελλας με ανέμους από αυτή την κατεύθυνση. Αυτό αντιπροσωπεύει το 6,3% των πιθανών αποτελεσμάτων για ένα τυπικό χειμερινό μήνα. Σε αυτό το σενάριο το πετρέλαιο θα μεταφερθεί προς τη νήσο Θάσο.

⇒ **1F:** Άνεμος από ΒΑ με μέση ταχύτητα 7,5 m/s. Αυτό αντιπροσωπεύει το 33,1% των πιθανών αποτελεσμάτων σε ένα τυπικό χειμερινό μήνα. Αυτή είναι η κυρίαρχη κατεύθυνση του ανέμου, η οποία μεταφέρει γενικά το πετρέλαιο υπεράκτια. Αυτό και το επακόλουθο σενάριο αντιπροσωπεύουν το «πιο πιθανό σενάριο» που εφαρμόζεται σε όλες τις διαρροές.

⇒ **1G:** Άνεμος από ΒΑ με ταχύτητα 13 m/s για 48 ώρες ακολουθούμενος από 7,52 m/s. Αυτό το σενάριο προσομοιώνει μια τυπική θύελλα με ανέμους από την κυρίαρχη κατεύθυνση. Αντιπροσωπεύει το 6,6% των πιθανών αποτελεσμάτων. Γενικά, θα μετέφερε το πετρέλαιο υπεράκτια.

- **Καλοκαίρι - βασίζεται στον Ιούλιο, ως τυπικό μήνα**

⇒ **2A:** Άνεμος από τον Ν με μέση ταχύτητα 2,7 m/s. Αντιπροσωπεύει το 7,3% των αποτελεσμάτων. Δεν υπάρχουν άνεμοι πιο ισχυροί από ισχυρή αύρα και ως εκ τούτου δεν προβλέπεται σενάριο θύελλας για το καλοκαίρι. Θα μετέφερε το πετρέλαιο προς Καβάλα/Νέα Καρβάλη. Όταν εφαρμόζεται στο σημείο διαρροής 3, γίνεται η πιο πιθανή «χειρότερη περίπτωση».

⇒ **2B:** Άνεμος από ΝΔ με μέση ταχύτητα 3,4 m/s. Αυτό αντιπροσωπεύει το 10,9% των πιθανών αποτελεσμάτων σε ένα τυπικό καλοκαιρινό μήνα. Δεν υπάρχουν άνεμοι πιο ισχυροί από ισχυρή αύρα το καλοκαίρι σε αυτή την κατεύθυνση και ως εκ τούτου δεν προβλέπεται σενάριο θύελλας. Ένας τέτοιος άνεμος μεταφέρει το πετρέλαιο προς τους προστατευμένους υγρότοπους ανατολικά της Νέας Καρβάλης.

⇒ **2C:** Άνεμος από ΒΔ με μέση ταχύτητα 2,4 m/s. Αυτό αντιπροσωπεύει το 6,8% των πιθανών αποτελεσμάτων σε ένα τυπικό καλοκαιρινό μήνα. Και πάλι δεν υπάρχουν θύελλες προς αυτή την κατεύθυνση το καλοκαίρι. Ένα τέτοιο σενάριο μεταφέρει το πετρέλαιο προς τη Θάσο. Είναι πιθανό ότι το σενάριο αυτό αποτελεί τη «χειρότερη περίπτωση» για πετρελαιοκηλίδες που φθάνουν στη Θάσο, όταν εφαρμόζεται σε διαρροές στην θέση 1.

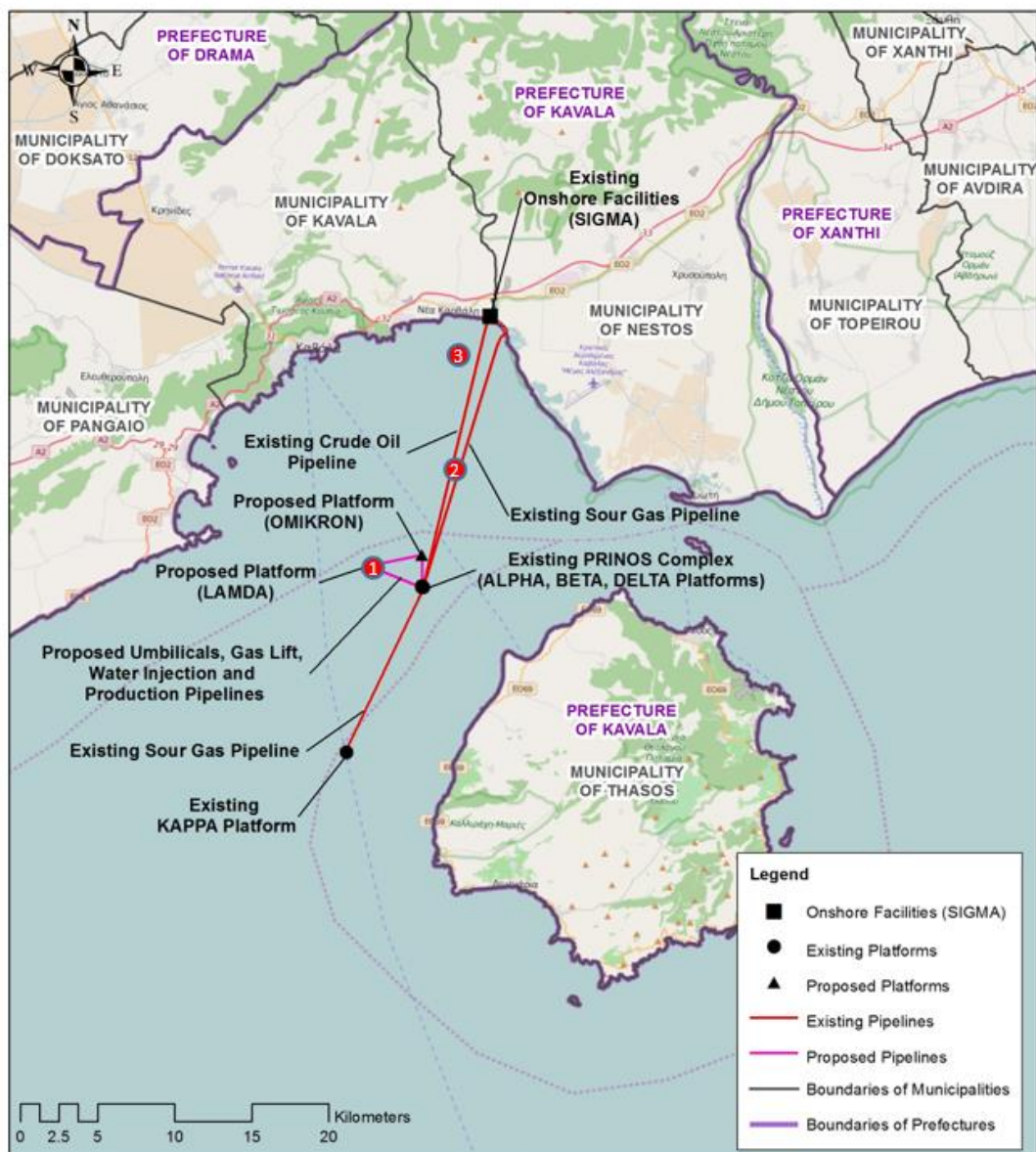
⇒ **2D:** Άνεμος από ΒΑ με μέση ταχύτητα 5,0 m/s. Αυτό αντιπροσωπεύει το 37% των πιθανών αποτελεσμάτων σε ένα τυπικό καλοκαιρινό μήνα. Αυτή είναι η κυρίαρχη κατεύθυνση του ανέμου, η οποία μεταφέρει γενικά το πετρέλαιο υπεράκτια. Μια τέτοια κατάσταση σε συνδυασμό με το σενάριο θύελλας παρακάτω, αντιπροσωπεύουν το «πιο πιθανό» αποτέλεσμα

⇒ **2E:** Άνεμος από ΒΑ με 10 m/s για 7 ώρες ακολουθούμενος από 5,0 m/s. Αυτό προσομοιώνει μια τυπική καλοκαιρινή θύελλα από την κυρίαρχη κατεύθυνση του

ανέμου. Εμφανίζεται περίπου 2% του χρόνου.

Τα δώδεκα παραπάνω σενάρια θα εφαρμοστούν σε καθένα από τα σημεία διαρροής 1 και 2. Το σενάριο 2Α θα εφαρμοστεί επίσης στο σημείο διαρροής 3. Η προσομοίωση αυτού του σημείου διαρροής για άλλες κατευθύνσεις ανέμου ή για το χειμώνα δεν έχει καμία αξία. Όπως συζητήθηκε παραπάνω, δεν αναλαμβάνονται φορτώσεις το χειμώνα όταν οι άνεμοι πνέουν από το Νότο, καθώς τα υψηλά κύματα διαταράσσουν τις διαδικασίες ασφάλειας. Ο μέσος όρος ανέμων το καλοκαίρι και το χειμώνα (αν αγνοήσουμε τις θύελλες) είναι παρόμοιος. Δεδομένου ότι αυτό το σημείο είναι τόσο κοντά στην ακτή η επίδραση των ανέμων από τα νοτιοδυτικά είναι πολύ παρόμοια με εκείνη των ανέμων από το νότο.

Παραθέτουμε τα σημεία διαρροής στον παρακάτω χάρτη για λόγους σαφήνειας.



Χάρτης 10-1: Πιθανά σημεία διαρροής

#### 10.8.2.4 Προσομοίωση

Η Energean προσέλαβε την BMT Cordah (Aberdeen, HB) για να αναπτύξει ένα μοντέλο πετρελαιοκηλίδας για τον Κόλπο της Καβάλας και να το χρησιμοποιήσει για να προσομοιώσει τις 25 ντετερμινιστικές εκτελέσεις που ορίζονται ανωτέρω. Η BMT Cordah έχει πραγματοποιήσει πολλές παρόμοιες μελέτες για επιχειρήσεις και κοιτάσματα που βρίσκονται στη Βόρεια Θάλασσα στο Ηνωμένο Βασίλειο, καθώς και σε άλλα μέρη του κόσμου. Χρησιμοποίησε το λογισμικό προσομοίωσης OSIS. Το OSIS μπορεί να προσομοιώσει την κατάληξη και τη διασπορά των πετρελαιοκηλίδων επιφάνειας σε 2D. Η προσομοίωση 3D δεν κρίθηκε αναγκαία λόγω των χαμηλών βαθών νερού και των μικρών μεγεθών κυμάτων που

επικρατούν στην περιοχή. Το OSIS αναπτύχθηκε από κοινού από την BMT και την AEA Technology plc και είναι ένα μοντέλο παρακολούθησης σωματιδίων που αναπαριστά μια πετρελαιοκηλίδα ως μια συλλογή από σωματίδια που κινούνται ελεύθερα που προσομοιώνουν την κηλίδα που εξαπλώνεται. Το μοντέλο καιρικών συνθηκών και οι συναφείς αλγόριθμοι του OSIS έχουν επικυρωθεί σε σχέση με ελεγχόμενες πραγματικές διαρροές στη θάλασσα και πραγματικά περιστατικά διαρροής και υποστηρίζεται από εργαστηριακή βαθμονόμηση. Το μοντέλο συνδυάζει:

- Αλγόριθμους καιρικών συνθηκών που καθορίζουν τη φυσική αλλαγή στην κηλίδα καθώς εξαπλώνεται,
- Διαδικασίες μεταφοράς που επιδρούν στο πετρέλαιο λόγω του ρεύματος, του ανέμου, των κυμάτων, της διάδοσης και της άνωσης στην επιφάνεια του ωκεανού και
- Αλλαγή λόγω της εξάτμισης, της γαλακτωματοποίησης και της φυσικής διασποράς, και πρόβλεψη των φυσικών ιδιοτήτων (αλλαγές σε πυκνότητα, ιξώδες και σημείο ανάφλεξης)

Τα υδροδυναμικά και βαθυμετρικά δεδομένα είναι διαθέσιμα στο πακέτο OSIS για τις περισσότερες περιοχές του κόσμου, συμπεριλαμβανομένου και του Βορείου Αιγαίου. Η εγκυρότητα αυτών των τυπικών εισόδων έχει ελεγχθεί και τα δεδομένα έχουν διατηρηθεί. Η BMT ετοίμασε ξεχωριστά ωκεανογραφικά δεδομένα (ανέμων και κυμάτων) για το έργο και αυτές οι έρευνες χρησιμοποιήθηκαν στο πλαίσιο των εργασιών προσομοίωσης πετρελαιοκηλίδας. Ως εκ τούτου, τα ωκεανογραφικά δεδομένα που χρησιμοποιούνται σε ολόκληρο το έργο είναι συνεπή.

Όπως σε όλα τα ντετερμινιστικά μοντέλα τα αποτελέσματα είναι σχετικά απλοϊκά. Το πετρέλαιο κινείται γενικά σε ευθείες γραμμές (στην κατεύθυνση των προσομοιωμένων ανέμων). Μόνο όταν τα ρεύματα είναι ισχυρά οι τροχιές αλλάζουν από την κατεύθυνση του ανέμου. Η πλευρική εξάπλωση του πετρελαίου είναι επίσης περιορισμένη. Για την καλύτερη αναπαραγωγή πλευρικής διάδοσης χρησιμοποιούνται δεδομένων χρονοσειρών. Σε αυτά τα μοντέλα οι ταχύτητες ανέμου μεταβάλλονται γύρω από μια καθορισμένη μέση τιμή που βασίζεται σε πραγματικά καταγεγραμμένα καιρικά δεδομένα. Μολονότι αυτός ο τύπος προσομοίωσης είναι πιο ρεαλιστικός, είναι ίσως πιο δύσκολο να ερμηνευτούν τα αποτελέσματά του από μια πιο απλοϊκή ντετερμινιστική προσέγγιση. Σε ένα ντετερμινιστικό μοντέλο, το OSIS τείνει να δίνει περισσότερο βάρος στον άνεμο παρά στις συνθήκες ρευμάτων. Τα αποτελέσματα διαφέρουν ανάλογα τη γεωγραφική θέση στον πλανήτη και είναι συνάρτηση των σημερινών διαθέσιμων δεδομένων στην περιοχή ενδιαφέροντος. Το OSIS φέρεται σε μελέτες να παρέχει εκτιμήσεις ελαφρώς υψηλότερες για τον όγκο του πετρελαίου που ξεβράζεται στην ακτή. Με τον τρόπο αυτό δίνει ένα όγκο ξεβράσματος πετρελαίου της χειρότερης περίπτωσης κάτω από συγκεκριμένες και σταθερές συνθήκες ανέμου.

Για κάθε σενάριο που ορίζεται παραπάνω η BMT Cordah έχει τρέξει το αντίστοιχο μοντέλο έως ότου να μην υπάρχει σημαντική ποσότητα πετρελαίου στην επιφάνεια της θάλασσας (σημαντική στο πλαίσιο αυτό σημαίνει ότι το 99% του πετρελαίου που διαρρέει είτε έχει καταλήξει σε μια ακτογραμμή, είτε έχει αφαιρεθεί από τις επιδράσεις καιρικών συνθηκών-εξάτμιση και/ή βιοαποικοδόμηση). Η μελέτη αυτή έδωσε τα παρακάτω αποτελέσματα σε

μορφή αρχείων εικόνας που παρουσιάζουν:

- Το μέγεθος και τον προσανατολισμό της πετρελαιοκηλίδας περίπου 3 ώρες μετά την εμφάνιση της διαρροής. Σε περίπου 99% των συνθηκών ανέμου και των καιρικών συνθηκών η Energean θα είναι σε θέση να κινητοποιήσει τις υποδομές αντιμετώπισης πετρελαιοκηλίδας της στην περιοχή και να τοποθετήσει φράγματα στο σημείο. Μια εκτίμηση του μεγέθους διαρροής στο σημείο αυτό επαληθεύει ότι το μήκος των φραγμάτων που διατίθενται σήμερα είναι επαρκές για να συγκρατήσει την προβλεπόμενη κηλίδα.
- Το μέγεθος και ο προσανατολισμός της κηλίδας στο χρονικό σημείο όπου το πετρέλαιο φθάνει για πρώτη φορά σε μια παραλιακή τοποθεσία. Στο μοντέλο γίνεται η παραδοχή ότι δεν αφαιρείται πετρέλαιο από το σύστημα αντιμετώπισης καταστάσεων έκτακτης ανάγκης που κινητοποιείται, δηλαδή το σύστημα είναι είτε 100% αναποτελεσματικό, ή δεν έχει πραγματικά κινητοποιηθεί.

Εκτός από αυτά τα παραστατικά αποτελέσματα το μοντέλο OSIS παράγει επίσης τα ακόλουθα στοιχεία:

- Το χρόνο που απαιτείται από την αρχή της διαρροής έως ότου η πρώτη σταγόνα πετρελαίου να φτάσει στην ακτή.
- Τις συντεταγμένες της προβλεπόμενης θέσης ξεβράσματος σύμφωνα με τις ντετερμινιστικές παραμέτρους που εφαρμόζονται.
- Το χρόνο κατά τον οποίο δεν παραμένει πια σημαντική ποσότητα κηλίδας στην επιφάνεια της θάλασσας.
- Τον όγκο του πετρελαίου που έχει φτάσει στην ακτή μεταξύ αυτών των δύο χρονικών σημείων.

Καθώς τα μοντέλα είναι ντετερμινιστικά, δεν υπάρχει αποτέλεσμα που να προσδιορίζει την πιθανότητα εμφάνισης του συμβάντος. Τα δεδομένα ανέμου και κύματος που χρησιμοποιούνται συνοψίζονται στην κατεύθυνση της πυξίδας (δηλαδή Βόρεια, Βορειοανατολικά κ.λπ.) και αντιπροσωπεύουν γωνίες 0°, 45°, κλπ, από βόρεια. Κάθε σημείο δεδομένων αντιπροσωπεύει τα δεδομένα που συλλέγονται σε ένα εύρος από -22,5' σε +22,5' από το επιλεγμένο σημείο της πυξίδας. Ως εκ τούτου, όταν ορίζονται συγκεκριμένες παράκτιες συντεταγμένες (π.χ. από έναν άνεμο που πνέει απευθείας από το νότο) η πραγματική έκταση της ακτής που δυνητικά θα επηρεαστεί θα μπορούσε να είναι οπουδήποτε μεταξύ -22,5' και +22,5' από το προσομοιωμένο σημείο. Τα ντετερμινιστικά μοντέλα δεν επιχειρούν να προβλέψουν πραγματικά σημεία άφιξης βασιζόμενα σε πραγματικά δεδομένα, αλλά προσομοιώνουν το χρόνο αντιμετώπισης σε μια δεδομένη σταθερή κατεύθυνση καιρού. Όπως συζητήθηκε παραπάνω αυτό το είδος μοντέλου τείνει προς υπερεκτίμηση της ποσότητας του πετρελαίου που ξεβράζεται και υποτιμά το χρονικό διάστημα που χρειάζεται για το περιστατικό ξεβράσματος (στην πραγματικότητα η πετρελαιοκηλίδα ελίσσεται στην ακτή και δεν φθάνει εκεί απευθείας).

#### 10.8.2.5 Αποτελέσματα Προσομοίωσης



Τα αποτελέσματα των εργασιών προσομοίωσης πετρελαιοκηλίδας που ανέλαβε η BMT Cordah συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα. Στα δεδομένα που παρήχθησαν από την ντετερμινιστική προσομοίωση προστέθηκε το ενδεχόμενο η οριζόμενη περίπτωση να αντιπροσωπεύει τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες, όταν εμφανίζεται η πετρελαιοκηλίδα. Όπως μπορεί να δει κανείς για τα σημεία διαρροής 1 και 2, το 67% περίπου των πιθανών καιρικών φαινομένων έχουν προσομοιωθεί (με ανέμους προσανατολισμένους σε 4 από τις 8 πιθανές κατευθύνσεις της πυξίδας). Με τον καιρό από τις μη προσομοιωμένες κατευθύνσεις οι κηλίδες θα έτειναν να απομακρύνονται από την ακτή (δηλαδή να δρουν όπως στα σενάρια που προσομοιώνουν τις καιρικές συνθήκες από την κυρίαρχη κατεύθυνση ανέμου, βορειοανατολικά).

Για το σημείο διαρροής 3, μόνο το 7,3% των πιθανών αποτελεσμάτων έχουν προσομοιωθεί. Όπως αναφέραμε παραπάνω, μόνο οι άνεμοι από την νότια κατεύθυνση έχουν εξεταστεί για αυτό το σημείο διαρροής, θεωρώντας τη σχετική εγγύτητα του στην ακτή. Οι άνεμοι σε όλες τις άλλες κατευθύνσεις θα χρειάζονταν σημαντικά μεγαλύτερη διάρκεια, πριν να ξεβράσουν το πετρέλαιο στην ακτή.

Τα δεδομένα που αντιπροσωπεύουν τα σενάρια «χειρότερης περίπτωσης» για κάθε μία από τις ευάλωτες ακτές είναι υπογεγραμμένα. Για αυτά τα σενάρια -περίπτωση 1B (για την ακτογραμμή μεταξύ Καβάλας και Νέας Καρβάλης) -περίπτωση 1D (για την ακτή κατά μήκος των υδροτόπων του Δέλτα Νέστου) και περίπτωση 2C (για τη βορειοδυτική ακτή του νησιού της Θάσου), περιλαμβάνονται οι εικόνες που δείχνουν τις θέσεις της κηλίδας μετά από 3 ώρες και το σχήμα και τον προσανατολισμό της τη στιγμή που αγγίζουν την ακτή. Επίσης παρουσιάζονται και συζητούνται τα στοιχεία για την επικρατούσα κατάσταση του ανέμου.

Τα σενάρια χειρότερων περιπτώσεων φαίνεται να είναι:

- **Ακτή μεταξύ Καβάλας και Νέας Καρβάλης:** Περίπτωση 1B, το πετρέλαιο προβλέπεται να φθάσει στην παραλία μετά από 7 ώρες
- **Ακτή μεταξύ Νέας Καρβάλης και εκβολών του ποταμού Νέστου:** Περίπτωση 1D, το πετρέλαιο προβλέπεται να φθάσει στην παραλία μετά από 9 ώρες
- **Βορειοδυτική Ακτή της Θάσου:** Περίπτωση 2C, το πετρέλαιο προβλέπεται να φθάσει στην παραλία μετά από 48 ώρες

Τα σενάρια χειρότερων περιπτώσεων για τις χερσαίες περιοχές, είναι εκείνα που προσομοιώνουν τους χειμερινούς μήνες, όταν μπορεί να προκύψουν βραχύβιες θύελλες. Επίσης, και τα δύο συνδέονται με μια διαρροή στον κεντρικό αγωγό εξαγωγής πετρελαίου. Αν και αυτή η διαρροή είναι μικρότερη από το σενάριο εκτόνωσης που προσομοιώθηκε, το γεγονός ότι το σημείο διαρροής είναι πιο κοντά στην ακτή δίνει μια υψηλότερη πιθανότητα να φθάσουν σημαντικές ποσότητες πετρελαίου στην ακτή.

Το χειρότερο σενάριο για την Θάσο είναι το καλοκαιρινό σενάριο μετά από εκτόνωση στη Λάμδα. Άνεμοι ισχύος θύελλας δεν φυσούν προς τη Θάσο το χειμώνα και το καλοκαίρι οι άνεμοι είναι ελαφρώς πιο δροσεροί.

Τα τρία σενάρια χειρότερων περιπτώσεων που αναγνωρίστηκαν συζητούνται με περισσότερες λεπτομέρειες παρακάτω. Σαφώς, το σενάριο 1B που εφαρμόζεται στο διαρροή αγωγού είναι το

πιο κρίσιμο. Το μόνο σενάριο που εφαρμόζεται στη διαρροή γραμμής φόρτωσης επίσης συζητείται. Με συνθήκες μέτρων ανέμων στον Κόλπο της Καβάλας, το πετρέλαιο ξεβράζεται στην ακτή 10 ώρες μετά το περιστατικό.

#### **10.8.2.5.1 Χειρότερο σενάριο για την ακτογραμμή Καβάλα-Νέα Καρβάλη**

Όπως στην προσομοίωση, το πετρέλαιο φθάνει στην ακτή μετά από μια σημαντική διαρροή από τον αγωγό εξαγωγής πετρελαίου κάπου μεταξύ Καβάλας και εργοστασίου Σίγμα, μετά από περίπου 7 ώρες. Όλο το πετρέλαιο που διέρρευσε φθάνει στην ακτή μετά από 30 ώρες. Ο χρόνος για την άφιξη στην ακτή είναι μικρός σε σχέση με άλλα σενάρια, διότι το 1B υποθέτει ότι μια θύελλα αρχίζει ακριβώς την ίδια στιγμή που εμφανίζεται η διαρροή και πνέει σταθερά στα 13 /s από το νότο επί 7,5 ώρες πριν να υποχωρήσει σε μέσες συνθήκες ανέμου για το χειμώνα. Αυτοί οι ισχυροί νότιοι άνεμοι μεταφέρουν την πετρελαιοκηλίδα γρήγορα στην ακτή. Οι νότιοι άνεμοι φέρνουν μαζί τους μεγάλα κύματα. Αυτά τα υψηλά κύματα είναι σημαντικά. Πρώτον, διασπούν την πετρελαιοκηλίδα και δημιουργούν ένα γαλάκτωμα. Ως εκ τούτου, ο όγκος του «γαλακτωματοποιημένου πετρελαίου» που φθάνει στην ακτή είναι μεγαλύτερος από τον όγκο του πετρελαίου που διέρρευσε (1042 m<sup>3</sup> αντί για 410 m<sup>3</sup>). Δεύτερον, τα υψηλά κύματα αποτρέπουν την Energean από την κινητοποίηση του συστήματος αντιμετώπισης πετρελαιοκηλίδας. Κανονικά αυτό το σύστημα χρειάζεται το πολύ 3 ώρες για να κινητοποιηθεί και μπορεί να αποτρέψει την κηλίδα από το να κινηθεί προς την ακτή, ενώ το πετρέλαιο ξαφρίζεται από την επιφάνεια.

Ενώ οι πιθανές επιπτώσεις του σεναρίου 1B είναι σημαντικές, κυρίως επειδή τα υφιστάμενα μέτρα για την αντιμετώπιση διαρροών πετρελαίου δεν μπορούν να αποτρέψουν μια τέτοια κλιμάκωση της διαρροής σε ρύπανση των ακτών, η πιθανότητα να συμβεί κάτι τέτοιο είναι ελάχιστη. Οι νότιες θύελλες, όπως αυτή που προσομοιώθηκε, συμβαίνουν μόλις το 0,6% του έτους. Το σενάριο 1B υποθέτει ότι όλοι οι άνεμοι πάνω από 10 m/s σε ένα χειμερινό μήνα πνέουν ως ενιαία θύελλα διάρκειας 7,5 ωρών. Συχνά ισχυροί άνεμοι πνέουν πολλές φορές μέσα σε ένα μήνα για μικρότερη διάρκεια. Οποιαδήποτε θύελλα διάρκειας μέχρι 5 ωρών, θα έχει σημαντικά μικρότερο αντίκτυπο καθώς μετά το τέλος της τα επίπεδα κύματος γρήγορα διαλύονται και ο εξοπλισμός αντιμετώπισης πετρελαιοκηλίδας θα κινητοποιηθεί πριν το πετρέλαιο να φτάσει στην ακτή. Δεν είναι διαθέσιμα στατιστικά στοιχεία για να καθορίσουμε πόσο συχνά εμφανίζεται μια τέτοια «μέγιστη» θύελλα, αλλά σύμφωνα με την τοπική εμπειρία εμφανίζεται ίσως δύο φορές το χειμώνα. Αυτό θα μειώσει την πιθανότητα αυτού του σεναρίου στο 0,2% (δηλαδή κατά ένα συντελεστή 3).

Η άλλη πτυχή που πρέπει να εξεταστεί, όταν κρίνουμε τη σημασία, είναι η πιθανότητα της διαρροής να συμβεί την ίδια στιγμή όπου εμφανίζεται μια μεγάλη θύελλα. Είναι σαφές ότι αν η προσομοιωμένη βλάβη προκαλείται από ισχυρούς ανέμους ή κύματα τότε η πιθανότητα των δύο γεγονότων δεν μπορεί να πολλαπλασιαστεί καθώς είναι αλληλοεξαρτώμενα. Ως έχουν τα πράγματα στην περίπτωση αυτή, υπάρχει σημαντικός βαθμός ανεξαρτησίας, δηλαδή, κατά τη διάρκεια μιας θύελλας μια τέτοια βλάβη είναι πιο απίθανη να συμβεί απ' ό,τι σε οποιαδήποτε άλλη στιγμή του έτους. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, μια μεγάλη βλάβη του αγωγού εξαγωγής πιθανότατα να προκληθεί από πρόσκρουση τράτας ενός αλιευτικού σκάφους. Οι



νότιες θύελλες αυτού του μεγέθους προβλέπονται με ακρίβεια μερικές ημέρες εκ των προτέρων. Κατά τη διάρκεια τέτοιων καιρικών συνθηκών τα μικρά αλιευτικά σκάφη που λειτουργούν στον Κόλπο της Καβάλας δεν βγαίνουν για ψάρεμα. Ως εκ τούτου, η πιθανότητα μιας τέτοιας διαρροής να συμβεί κατά τη διάρκεια μιας θύελλας είναι σημαντικά χαμηλότερη απ' ό,τι σε ήρεμο καιρό.

Αν πάρουμε την πιθανότητα μια τέτοια σημαντική διαρροή να συμβεί ως σχετικά πιθανή περίπτωση, ως πούμε  $1 \times 10^{-2}$  (μία φορά ανά εκατό έτη) και, στη συνέχεια, την πολλαπλασιάσουμε με την πιθανότητα του σεναρίου 1B να συμβεί ( $2 \times 10^{-3}$ ) και αφαιρέσουμε την πιθανότητα και τα δύο γεγονότα να συμβούν ταυτόχρονα με ένα μέτριο συντελεστή 10, τότε έχουμε μια πιθανότητα μια πετρελαιοκηλίδα να φθάσει στην ακτή της τάξης του  $2 \times 10^{-6}$ . Πρόκειται λοιπόν σαφώς για περιστατικό πολύ χαμηλής συχνότητας. Ενώ τα υπάρχοντα μέτρα αντιμετώπισης δεν επιτρέπουν να μειωθεί περαιτέρω αυτό το επίπεδο, το γεγονός ότι η πιθανότητα είναι έτσι κι αλλιώς τόσο χαμηλή πιθανότατα να μην δικαιολογούσε να ληφθούν περαιτέρω μέτρα μετριασμού. Δεδομένου ότι οι επιχειρήσεις ξαφρίσματος πετρελαίου δεν μπορούν να γίνουν αποτελεσματικά στην ανοικτή θάλασσα η μόνη εναλλακτική λύση για την περαιτέρω μείωση των επιπέδων κινδύνου θα είναι να μειωθεί το μέγεθος και η πιθανότητα βλάβης. Αυτό θα μπορούσε να επιτευχθεί με την ταφή των τμημάτων του αγωγού που είναι σήμερα εκτεθειμένα.

#### **10.8.2.5.2 Χειρότερο σενάριο για την ακτογραμμή μεταξύ Νέας Καρβάλης και Δέλτα του ποταμού Νέστου**

Το σενάριο 1D αντιπροσωπεύει το χειρότερο σενάριο μιας πετρελαιοκηλίδας που φθάνει σε αυτό το ευάλωτο τμήμα της ακτής. Σύμφωνα με τις προσομοιωμένες συνθήκες θύελλας για το χειμώνα χρειάζονται 9 ώρες για το πετρέλαιο από διαρροή στη γραμμή των εξαγωγών πετρελαίου να φθάσει στην ακτή. Ενώ αυτό είναι μόλις 2 ώρες περισσότερο από ό,τι το χειρότερο σενάριο για τη βόρεια ακτή (που συζητείται ανωτέρω), η πιθανή βαρύτητας αυτών των δύο περιστατικών είναι πολύ διαφορετική.

Τα διαθέσιμα στοιχεία δείχνουν σαφώς ότι ισχυροί άνεμοι από τα νοτιοδυτικά είναι λιγότερο συχνό απ' ό,τι εκείνοι που προέρχονται από το Νότο, και δεν συνοδεύονται από σημαντικά κύματα. Αν και η προσομοιωμένη διαρροή αγωγού είναι πιο κοντά στην εν λόγω ακτή απ' ό,τι στην βόρεια ακτή, χρειάζονται 2 ώρες περισσότερο για να διανύσει αυτή τη μικρότερη απόσταση, επειδή άνεμοι εντάσεως θύελλας διαρκούν μόνο για 3 έως 4 ώρες κατ' ανώτατο όριο ανά χειμερινό μήνα. Καθώς τα υψηλά κύματα δεν συνδέονται με ανέμους από αυτή την κατεύθυνση, το σκάφος αντιμετώπισης πετρελαιοκηλίδας της Energean μπορεί να κινητοποιηθεί χωρίς πρόβλημα, να τοποθετήσει φράγματα και να ξεκινήσει διαδικασίες ξαφρίσματος τουλάχιστον 6 ώρες πριν το πετρέλαιο να φθάσει στην ακτή. Ενώ οι διαδικασίες αυτές δεν είναι 100% αποτελεσματικές, θα μειώσουν δραματικά τον υπολογισμένο όγκο του «γαλακτωματοποιημένου πετρελαίου» ( $567 \text{ m}^3$ ) που θα φθάσει στην ακτή. Οι διαδικασίες αυτές θα επιβραδύνουν επίσης το περαιτέρω πέρασμα του πετρελαίου στην ακτή. Οι νοτιοδυτικοί άνεμοι είναι ασυνήθιστοι και βραχύβιοι. Εφόσον το πέρασμα μιας πετρελαιοκηλίδας μπορεί να επιβραδυνθεί, κερδίζεται χρόνος μέχρι ο άνεμος να επιστρέψει

στην κυρίαρχη βορειοδυτική κατεύθυνση, που θα φυσήξει την κηλίδα πίσω στη θάλασσα, ή μέχρι ο άνεμος να πέσει σε ήρεμες συνθήκες, που είναι η πιο κοινή κατάσταση το χειμώνα.

Τα ωκεανογραφικά δεδομένα δείχνουν ότι οι θύελλες από τα νοτιοδυτικά συμβαίνουν περίπου 0,3% του έτους. Αν πάλι υποθέσουμε ότι η συχνότητα βλάβης του αγωγού από πρόσκρουση σκάφους είναι  $1 \times 10^{-2}$ , μπορεί να υπολογιστεί η συχνότητα της διαρροής που θα φθάσει στην ακτή. Σε αυτή την περίπτωση είναι πιθανό ότι μια θύελλα από τα νοτιοδυτικά, αυτής της διάρκειας και αυτού του μεγέθους θα μπορούσε να λάβει χώρα κάθε μήνα και ως εκ τούτου, η πιθανότητα δεν μειώνεται όπως στο σενάριο 1B. Επίσης, σε αυτή την περίπτωση είναι λιγότερο βέβαιο ότι η αλιεία θα σταματήσει και επομένως, η συχνότητα θα μειωθεί κατά 2 αντί για 10 όπως ίσχυε προηγουμένως. Καθώς οι συνθήκες κύματος επιτρέπουν την αποτελεσματική χρήση του εξοπλισμού αντιμετώπισης πετρελαιοκηλίδας 99% του έτους στον Κόλπο της Καβάλας, τότε υπάρχει μόνο μια πιθανότητα 1% ή  $1 \times 10^{-2}$  να μην καταφέρουν να περιορίσουν τη διαρροή. Ως εκ τούτου, η πιθανότητα διαρροής του υπολογιζόμενου μεγέθους να φθάσει στην ακτή είναι  $1,5 \times 10^{-7}$ . Αυτή είναι μια μικρότερη πιθανότητα από ό, τι για το σενάριο 1B, διότι σε αυτή την περίπτωση υπάρχει χρόνος και ικανότητα για την εφαρμογή μέτρων σχεδιασμού για την αντιμετώπιση διαρροών πετρελαίου.

#### **10.8.2.5.3 Σενάριο χειρότερης περίπτωσης το πετρέλαιο να φθάσει στη βόρεια δυτική ακτή της Θάσου**

Καθώς οι άνεμοι θύελλας δεν φυσούν ποτέ από τα βορειοδυτικά προς την ακτή της Θάσου και τα ύψη κυμάτων είναι πάντα μέτρια, οι πετρελαιοκηλίδες που επιπλέουν σε αυτή την κατεύθυνση κινούνται αργά. Η χειρότερη περίπτωση που προσομοιώθηκε (σενάριο 2C) προβλέπει ότι το πετρέλαιο από εκτόνωση στη Λάμδα χρειάζεται περίπου 48 ώρες για να φθάσει στην ακτή. Σε ένα μέσο μήνα οι άνεμοι πνέουν σε αυτή την κατεύθυνση για μόνο 36 ώρες συνολικά. Ως εκ τούτου, η πιθανότητα να φυσούν συνεχώς για 48 έως 81 συνεχόμενες ώρες (όπως στην προσομοίωση) προς την κατεύθυνση αυτή είναι εξαιρετικά απίθανη. Στην πραγματικότητα, η κηλίδα είναι πιθανό να κινηθεί για λίγο προς την ακτή, πριν οι άνεμοι να ηρεμήσουν ή να την φυσήξουν από τα βορειοανατολικά προς την ανοιχτή θάλασσα (βλέπε παράγραφο 10.8.2.5.5 παρακάτω για την περιγραφή των επιπτώσεων των ανέμων από βορειοανατολικά). Ένα ντετερμινιστικό μοντέλο δεν μπορεί να προσομοιώσει αυτού του είδους τη συμπεριφορά. Είναι προφανές ότι όπου η διάρκεια ταξιδιού είναι μεγαλύτερη από μερικές ώρες οι πιθανότητες ότι οι καιρικές συνθήκες θα αλλάξουν στην κυρίαρχη ισχύ (δηλαδή ηρεμία) και κατεύθυνση (βορειοανατολικά) αυξάνονται επίσης.

Σύμφωνα με τα στοιχεία της Βόρειας Θάλασσας OGP η πιθανότητα μιας εκτόνωσης κατά τη διάρκεια γεώτρησης σε ένα πηγάδι ανάπτυξης υπό κανονικές συνθήκες πίεσης είναι  $4,8 \times 10^{-5}$ /πηγάδι. Η πλευρική όρυξη έχει ακόμα μικρότερη πιθανότητα. Ωστόσο, αν παραδεχθούμε πως και τα 17 πηγάδια έχουν αυτή την πιθανότητα, τότε η πιθανότητα μιας εκτόνωσης κατά τη διάρκεια του προγραμματισμένου έργου επέκτασης είναι  $8 \times 10^{-4}$ . Η πιθανότητα στο χειρότερο σενάριο προσομοίωσης είναι 2,8% ή  $2,8 \times 10^{-2}$ . Δεν υπάρχει καμία εξάρτηση ή ανεξαρτησία μεταξύ του περιστατικού και των καιρικών συνθηκών που χρησιμοποιούνται στο σενάριο. Οι καιρικές συνθήκες είναι ιδανικές για εργασίες ανάκτησης πετρελαίου χρησιμοποιώντας

φράγματα και διαρροές. Παρά το γεγονός ότι τα κύματα από αυτή την κατεύθυνση είναι ελάχιστα θα υποθέσουμε ότι οι προσπάθειες απόκρισης αποτυγχάνουν 1 στις 100. Ως εκ τούτου, η πιθανότητα μιας κηλίδας του υπολογιζόμενου μεγέθους να φθάσει στη Θάσο είναι  $2,3 \times 10^{-7}$ .

#### **10.8.2.5.4 Διαρροή πετρελαίου από τον πλωτήρα φόρτωσης**

Όπως συζητήθηκε νωρίτερα σε αυτήν την ενότητα, οι εργασίες φόρτωσης δεν δύναται να λάβουν χώρα όταν επικρατούν συνθήκες θύελλας. Αν προβλέπεται θύελλα, οι έναρξη φόρτωσης λαμβάνει χώρα αφού περάσει. Αν μια θύελλα εμφανιστεί απρόσμενα η φόρτωση διακόπτεται. Επομένως, η χειρότερη περίπτωση για μια διαρροή από το σύστημα φόρτωσης είναι κατά τη διάρκεια φυσιολογικών ανέμων μέσου όρου από το νότο. Ενώ αυτές οι ταχύτητες ανέμου είναι μέτριες (3 m/s) η πετρελαιοκηλίδα φθάνει στην ακτή περίπου 10 ώρες μετά από το συμβάν. Όλο το πετρέλαιο φθάνει στην ακτή μετά από 11 ώρες. Παρά το γεγονός ότι υπάρχει αρκετός χρόνος για το σύστημα αντιμετώπισης πετρελαιοκηλίδας της Energean να κινητοποιηθούν σε αυτό το χρονικό διάστημα, η επιχείρηση απαιτεί την τοποθέτηση φράγματος γύρω από το μπροστινό μέρος του σκάφους πριν από την έναρξη φόρτωσης. Εάν παρουσιαστεί διαρροή πετρελαίου, περιορίζεται από το φράγμα και εμποδίζεται από το να κατευθυνθεί προς την ακτή. Αυτή η τεχνική είναι αποτελεσματική καθώς τα μεγέθη παράκτιων κυμάτων είναι ακόμα μικρότερα από τα ήδη μικρά μεγέθη που απαντώνται γενικότερα και ο μέγιστος όγκος μια τέτοιας διαρροής είναι σχετικά μικρός. Επειδή μια τέτοια διαρροή θα μπορούσε να έχει σοβαρές συνέπειες, πριν από κάθε επιχείρηση ελέγχεται η ακεραιότητα του συστήματος και παρακολουθείται κατά τη διάρκεια ολόκληρης της επιχείρησης. Είναι σαφές ότι αν το πετρέλαιο περάσει το σταθερό φράγμα, θα πρέπει να κινητοποιηθεί το σκάφος για την αντιμετώπιση διαρροών πετρελαίου. Θα πρέπει να κινητοποιηθεί σε κάθε περίπτωση για το ξάφρισμα του πετρελαίου από την επιφάνεια.

#### **10.8.2.5.5 Επιπτώσεις των ανέμων που πνέουν από την κυρίαρχη βορειοανατολική κατεύθυνση**

Όπως συζητήθηκε παραπάνω, οι άνεμοι πνέουν κυρίως από τα βορειοανατολικά. Οι άνεμοι από αυτή την κατεύθυνση έχουν προσομοιωθεί ακόμη κι αν δεν θα αποτελούσαν τη χειρότερη περίπτωση για οποιαδήποτε από τις προσδιοριζόμενες ευάλωτες παράκτιες περιοχές στον Κόλπο της Καβάλας. Λαμβάνοντας υπόψη το σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα που απαιτείται για μια πετρελαιοκηλίδα να φτάσει στην ξηρά (γενικά, μόνο σε δύο από τις προσομοιωμένες περιπτώσεις χρειάζονται πάνω από 10 ώρες), είναι λογικό να συμπεράνουμε ότι σχεδόν όλο το πετρέλαιο που μπορεί να διαρρεύσει στον Κόλπο της Καβάλας θα καταλήξει να μεταφερθεί στην κατεύθυνση του κυρίαρχου ανέμου.

Ως εκ τούτου, η ανάλυση των περιπτώσεων αυτών (1F, 1G, 2D και 2E για οποιοδήποτε σημείο διαρροής) είναι σημαντική. Όπως μπορεί να φανεί από τα συνημμένα σχέδια το πετρέλαιο που μεταφέρεται προς την κατεύθυνση αυτή θα κατέληγε στην ακτή, αν δεν αφαιρούνταν χρησιμοποιώντας τους μηχανισμούς για την αντιμετώπιση διαρροών πετρελαίου, στον Κόλπο Ιερισσού, στη χερσόνησο Ακτής, στη Χαλκιδική. Αυτό το τμήμα της ακτής έχει παρόμοια

χαρακτηριστικά και ευαισθησία με την βορειοδυτική ακτή της Θάσου. Περιέχει τμήματα με απόκρημνα βράχια και αμμουδερές παραλίες με πολλά τουριστικά θέρετρα.

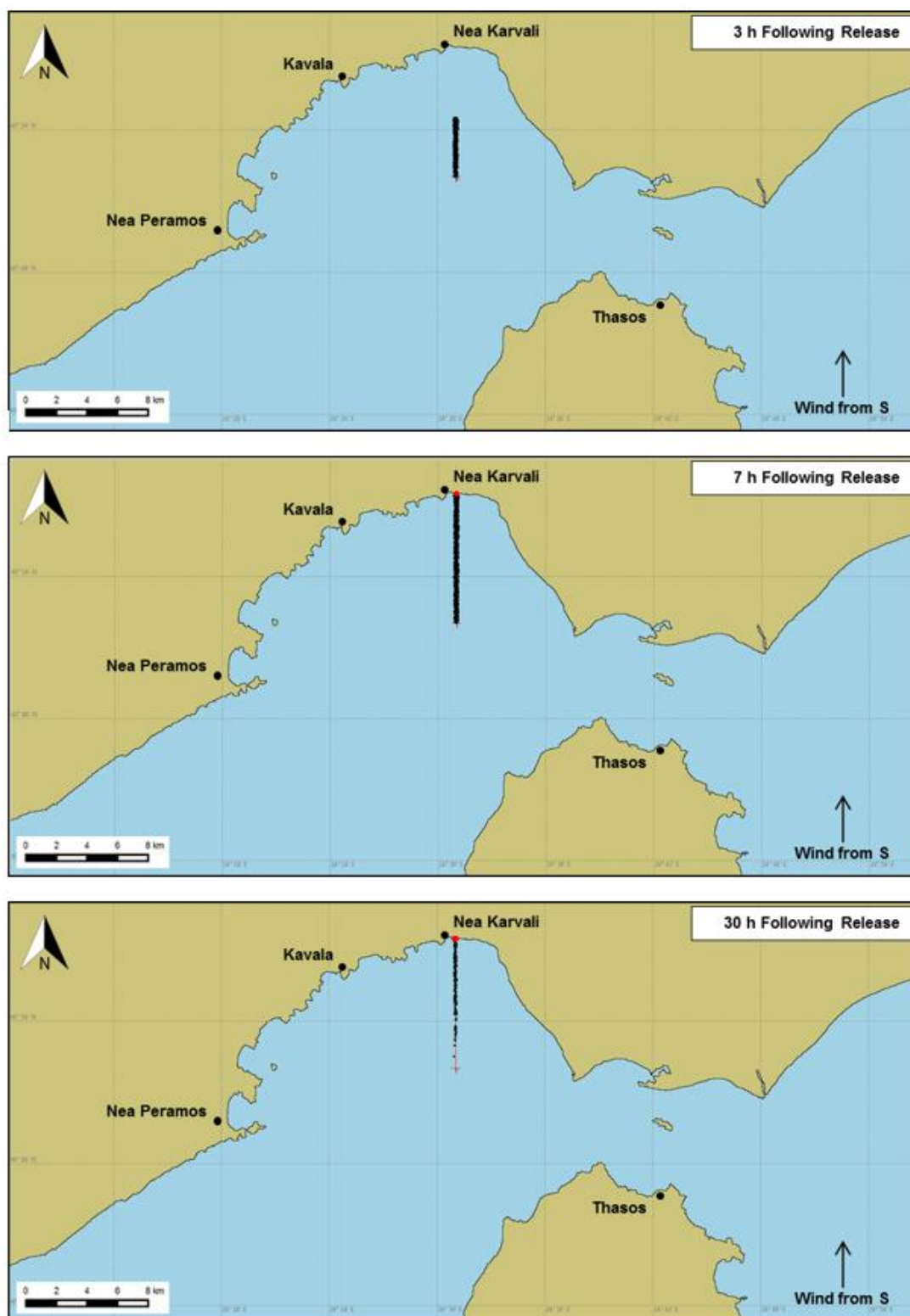
Ο ελάχιστος χρόνος για να φθάσει το πετρέλαιο στην ακτή θα συνέβαινε μετά από μια εκτόνωση το χειμώνα. Το χρονικό διάστημα θα ήταν μεταξύ 34 και 71 ωρών, με μικρότερο αν η έκρηξη συνέβαινε κατά τη διάρκεια του πρώτου μέρους μιας σημαντικής χειμερινής θύελλας. Ενώ μια θύελλα από το νότο προκαλεί ισχυρούς ανέμους και μεγάλα κύματα, μια θύελλα από τα βορειοανατολικά προκαλεί μόνο ισχυρούς ανέμους. Τα κύματα δεν αναπτύσσονται εξαιτίας της πολύ περιορισμένης ζώνης ελεύθερης διαδρομής. Το σκάφος για την αντιμετώπιση διαρροών πετρελαίου της Energean μπορεί να επιχειρήσει εύκολα σε αυτές τις συνθήκες και ως εκ τούτου με τέτοιους μεγάλους χρόνους διέλευσης το περισσότερο πετρέλαιο θα μπορούσε να αφαιρεθεί από τη θάλασσα πριν φτάσει στην ακτή. Σε καλοκαιρινές συνθήκες οι χρόνοι διέλευσης είναι πάνω από 4 ημέρες σε αυτή τη θέση. Η πιθανότητα για μια σημαντική διαρροή θα είναι μεγαλύτερη από ό,τι στη Θάσο γιατί για ένα μεγάλο μέρος του έτους οι κηλίδες θα κινηθούν προς αυτή την κατεύθυνση.

Πίνακας10-4: Αποτελέσματα προσομοίωσης για τις τρεις περιπτώσεις διαρροής

| Διαρροή<br>Σημείο | Σενάριο<br># | Άνεμος<br>Κατεύθυνση<br>(από) | Θύελλα<br>(ναι/όχι) | Επίπτωση<br>Τοποθεσία<br>(θέση) | Χρόνος<br>έως<br>Ακτή<br>(ώρες) | Χρόνος<br>έως<br>Τέλος<br>κηλίδας<br>(ώρες) | Όγκος<br>Ξεβρασμένο<br>(m <sup>3</sup> ) | Ετησίως<br>Πιθανότητα<br>(%) |
|-------------------|--------------|-------------------------------|---------------------|---------------------------------|---------------------------------|---|--|------------------------------|
| 1                 | 1A           | S                             | Όχι                 | Καβάλα                          | 32                              | 63  | 319                                      | 4,8                          |
| 1                 | 1B           | S                             | Ναι                 | Καβάλα                          | 16                              | 64  | 546                                      | 0,6                          |
| 1                 | 1C           | NΔ                            | Όχι                 | Προστατευόμενη περιοχή          | 36                              | 65  | 228                                      | 7,1                          |
| 1                 | 1Δ           | NΔ                            | Ναι                 | Προστατευόμενη περιοχή          | 28                              | 66  | 322                                      | 0,3                          |
| 1                 | 1E           | NA                            | Όχι                 | Θάσος                           | 53                              | 83  | 214                                      | 3,7                          |
| 1                 | 1ΣΤ          | BA                            | Όχι                 | Ανοιχτή Θάλασσα                 | 71                              | 129   | 469                                      | 19,3                         |
| 1                 | 1Ζ           | BA                            | Ναι                 | Ανοιχτή Θάλασσα                 | 34                              | 106   | 809                                      | 4,4                          |
| 1                 | 2A           | S                             | Όχι                 | Καβάλα                          | 56                              | 85  | 128                                      | 3,0                          |
| 1                 | 2B           | NΔ                            | Όχι                 | Προστατευόμενη περιοχή          | 36                              | 66  | 237                                      | 4,5                          |
| 1                 | 2Γ           | ΒΔ                            | Όχι                 | Θάσος                           | 48                              | 81  | 215                                      | 2,8                          |

| Διαρροή<br>Σημείο   | Σενάριο<br># | Άνεμος<br>Κατεύθυνση<br>(από) | Θύελλα<br>(ναι/όχι) | Επίπτωση<br>Τοποθεσία<br>(θέση) | Χρόνος<br>έως<br>Ακτή<br>(ώρες) | Χρόνος<br>έως<br>Τέλος<br>κηλίδας<br>(ώρες) | Όγκος<br>Ξεβρασμένο<br>(m <sup>3</sup> ) | Ετησίως<br>Πιθανότητα<br>(%) |
|---|--------------|-------------------------------|---------------------|---------------------------------|---------------------------------|---|--|------------------------------|
| 1   | 2Δ           | BA                            | Όχι                 | Ανοιχτή<br>Θάλασσα              | 111                             | 183   | 503                                      | 15,4                         |
| 1   | 2Ε           | BA                            | Ναι                 | Ανοιχτή<br>Θάλασσα              | 99                              | 184   | 540                                      | 0,8                          |
| <b>Σύνολο ντετερμινιστικών σεναρίων για το σημείο διαρροής 1 (εκτόνωση Λάμδα)</b>                     |              |                               |                     |                                 |                                 |   |  | <b>66,7 %</b>                |
| 2   | 1Α           | B                             | Όχι                 | Καβάλα                          | 22                              | 30  | 291                                      | 4,8                          |
| 2   | 1Β           | B                             | Ναι                 | Καβάλα                          | 7                               | 30  | 1.042                                    | 0,6                          |
| 2   | 1C           | ΝΔ                            | Όχι                 | Προστατευόμενη<br>περιοχή       | 17                              | 25  | 257                                      | 7,1                          |
| 2   | 1Δ           | ΝΔ                            | Ναι                 | Προστατευόμενη<br>περιοχή       | 9                               | 25  | 567                                      | 0,3                          |
| 2   | 1Ε           | ΝΑ                            | Όχι                 | Θάσος                           | 59                              | 67  | 185                                      | 3,7                          |
| 2   | 1ΣΤ          | BA                            | Όχι                 | Ανοιχτή<br>Θάλασσα              | 81                              | 89  | 498                                      | 19,3                         |
| 2   | 1Ζ           | BA                            | Ναι                 | Ανοιχτή<br>Θάλασσα              | 38                              | 46  | 812                                      | 4,4                          |
| 2   | 2Α           | B                             | Όχι                 | Καβάλα                          | 38                              | 46  | 162                                      | 3,0                          |
| 2   | 2Β           | ΝΔ                            | Όχι                 | Προστατευόμενη<br>περιοχή       | 17                              | 26  | 246                                      | 4,5                          |
| 2   | 2Γ           | ΒΔ                            | Όχι                 | Θάσος                           | 57                              | 65  | 193                                      | 2,8                          |
| 2   | 2Δ           | BA                            | Όχι                 | Ανοιχτή<br>Θάλασσα              | 126                             | 134   | 488                                      | 15,4                         |
| 2   | 2Ε           | BA                            | Ναι                 | Ανοιχτή<br>Θάλασσα              | 114                             | 134   | 562                                      | 0,8                          |
| <b>Σύνολο ντετερμινιστικών σεναρίων για το σημείο διαρροής 2 (κεντρικός αγωγός)</b>                   |              |                               |                     |                                 |                                 |   |  | <b>66,7 %</b>                |
| 3   | 2Α           | B                             | Όχι                 | Καβάλα                          | 10                              | 11  | 36                                       | 7,3                          |
| <b>Σύνολο ντετερμινιστικών σεναρίων για το σημείο διαρροής 3 (Σημείο φόρτωσης<br/>δεξαμενόπλοιου)</b> |              |                               |                     |                                 |                                 |   |  | <b>7,3 %</b>                 |

Επιλεγμένα αποτελέσματα παρουσιάζονται γραφικά στα παρακάτω σχήματα. Η πλήρης Έκθεση Προσομοίωσης Πετρελαιοκηλίδας επισυνάπτεται ως παράρτημα:

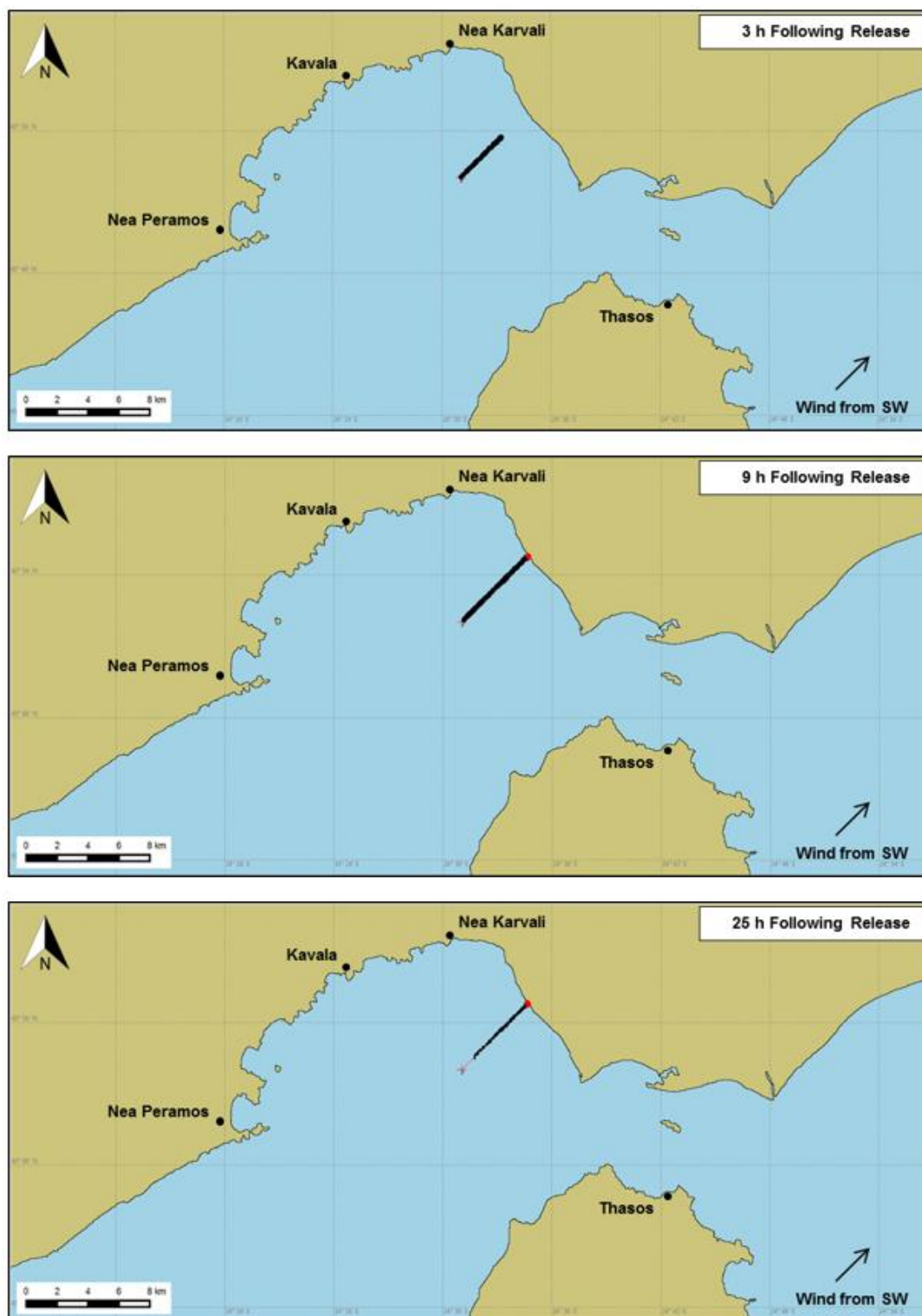


Εικόνα 10-1: Σενάριο αγωγού 1B. Ντετερμινιστικά αποτελέσματα 3 ώρες μετά την απελευθέρωση (μέγιστος χρόνος απόκρισης), 7 ώρες μετά την απελευθέρωση (ελαχ. ώρα άφιξης μέχρι το ξέβρασμα) και 30 ώρες μετά την απελευθέρωση (τέλος της προσομοίωσης)

Λεζάντα: Κόκκινος σταυρός για το σημείο απελευθέρωσης, τις περιοχές διαδρομής και ξεβράσματος



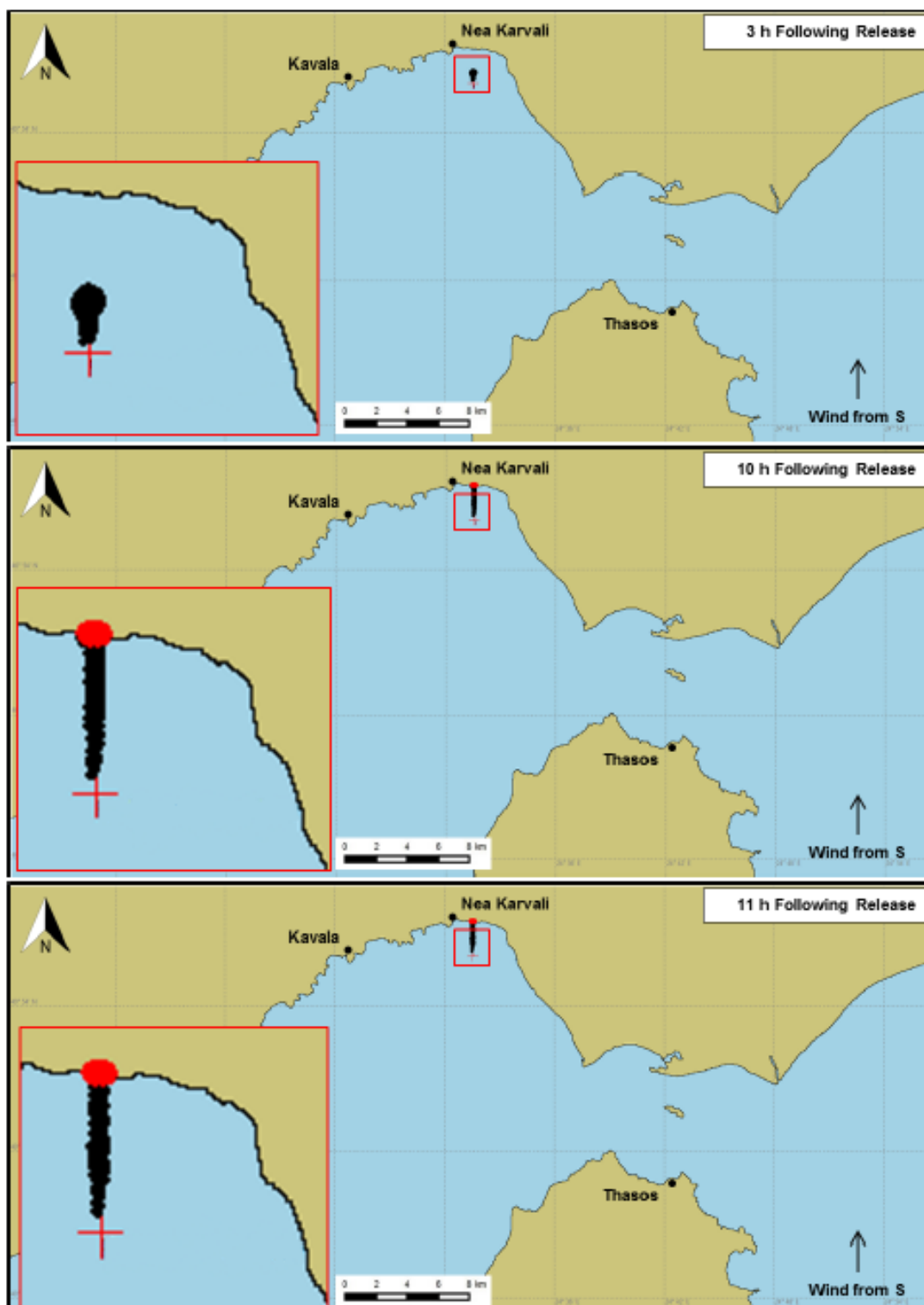
(κόκκινο), τελικές θέσεις σωματιδίων (μαύρο)



Εικόνα10-2: Σενάριο αγωγού 1D. Ντετερμινιστικά αποτελέσματα 3 ώρες μετά την απελευθέρωση (μέγιστος χρόνος απόκρισης), 9 ώρες μετά την απελευθέρωση (ελαχ. ώρα άφιξης μέχρι το ξέβρασμα) και 25 ώρες μετά την απελευθέρωση (τέλος της προσομοίωσης)

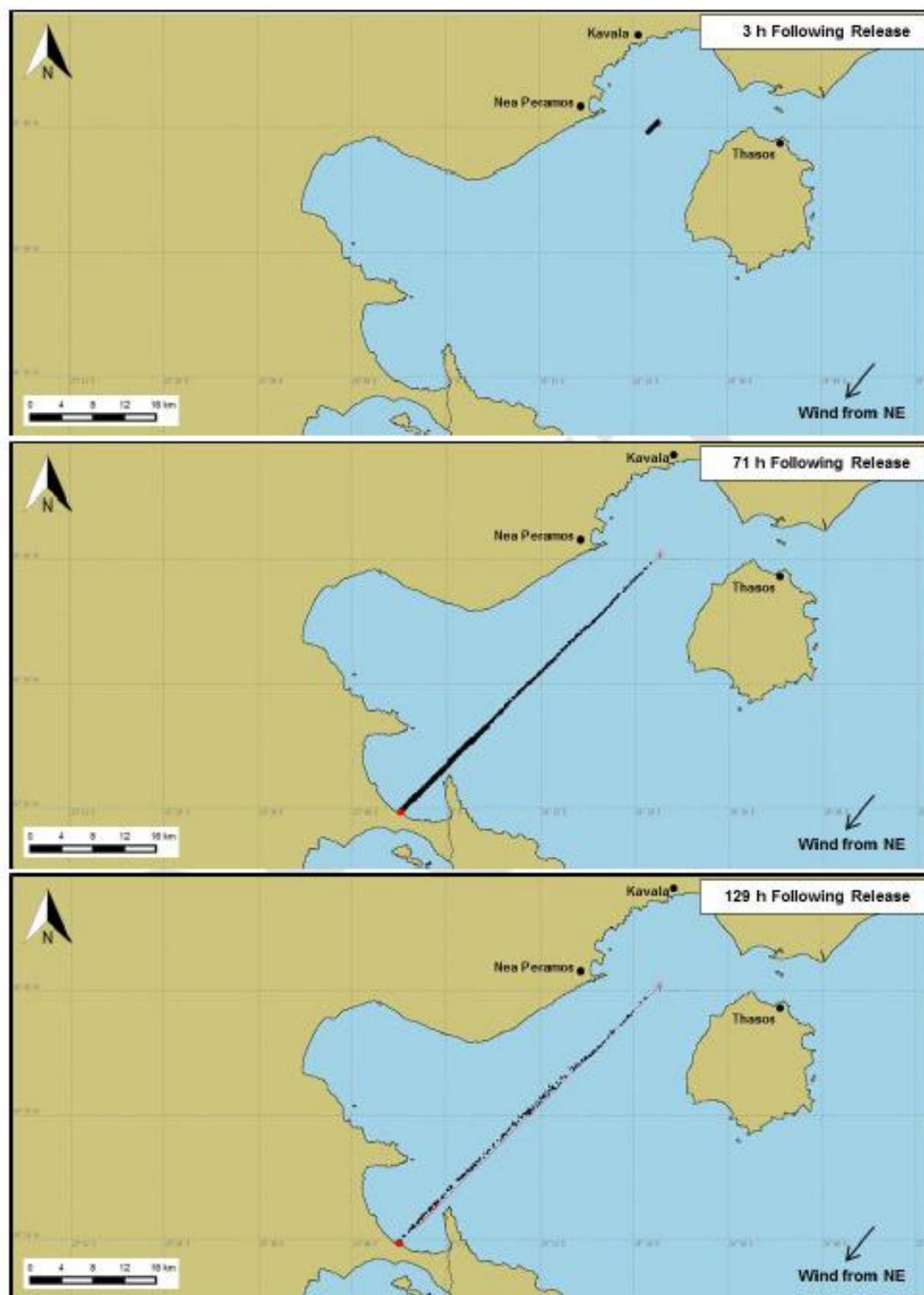


Λεζάντα: Κόκκινος σταυρός για το σημείο απελευθέρωσης, τις περιοχές διαδρομής και ξεβράσματος (κόκκινο), τελικές θέσεις σωματιδίων (μαύρο)



Εικόνα10-3: Σενάριο πλωτήρα φόρτωσης Ντετερμινιστικά αποτελέσματα 3 ώρες μετά την απελευθέρωση (μέγιστος χρόνος απόκρισης), 10 ώρες μετά την απελευθέρωση (ελαχ. ώρα άφιξης μέχρι το ξεβράσμα) και 11 ώρες μετά την απελευθέρωση (τέλος της προσομοίωσης)

Λεζάντα: Κόκκινος σταυρός για το σημείο απελευθέρωσης, κόκκινο τετράγωνο: μεγέθυνση, περιοχές διαδρομής και ξεβράσματος (κόκκινο), τελικές θέσεις σωματιδίων (μαύρο)



Εικόνα10-4: Σενάριο εκτόνωσης πηγαδιού 1F Ντετερμινιστικά αποτελέσματα 3 ώρες μετά την απελευθέρωση (μέγιστος χρόνος απόκρισης), 71 ώρες μετά την απελευθέρωση (ελαχ. ώρα άφιξης μέχρι το ξέβρασμα) και 129 ώρες μετά την απελευθέρωση (τέλος της προσομοίωσης)

Λεζάντα: Κόκκινος σταυρός για το σημείο απελευθέρωσης, τις περιοχές διαδρομής και ξεβράσματος,

τελικές θέσεις σωματιδίων (μαύρο)

#### **10.8.2.6 Συμπέρασμα και συζήτηση**

##### **10.8.2.6.1 Εισαγωγή**

Εκτελέστηκε μία ντετερμινιστική ανάλυση των πιθανών επιπτώσεων της χειρότερης περίπτωσης πετρελαιοκηλίδας στις υφιστάμενες και τις μελλοντικές υπεράκτιες εγκαταστάσεις πετρελαίου που λειτουργεί η Energean στον Κόλπο της Καβάλας. Αυτά τα σενάρια προσομοίωσαν μια διαρροή 475 m<sup>3</sup> σε μια περίοδο 24 ωρών προερχόμενη από εκτόνωση πηγαδιού στη σχεδιαζόμενη νέα εξέδρα Λάμδα, μια διαρροή 410 m<sup>3</sup> σε μια περίοδο 8,5 ωρών προερχόμενη από την πρόσκρουση σκάφους αλιείας με τράτα και τη ρήξη της κύρια γραμμή εξαγωγής στο σημείο λίγο πριν η γραμμή γραμμή να θαφτεί και διαρροή 64 m<sup>3</sup> σε μια περίοδο 2 λεπτών λόγω βλάβης της σύνδεσης σωλήνα σε ένα δεξαμενόπλοιο που φορτώνεται με αργό πετρέλαιο στο σημείο φόρτωσης δεξαμενόπλοιου.

Τα ντετερμινιστικά σενάρια που αναπτύχθηκαν χρησιμοποιήθηκαν για τη προσομοίωση κατευθύνσεων του ανέμου κατά τους καλοκαιρινούς και χειμερινούς μήνες, κάτω από φυσιολογικές (μέσες) και ακραίες (θύελλα) συνθήκες, που θα ωθούσαν την επιφανειακή κηλίδα προς τις πιο ευάλωτες ακτές της περιοχής μελέτης (η εμπορικά ευάλωτη ακτογραμμή μεταξύ Καβάλας και Νέα Καρβάλης, η περιβαλλοντικά ευάλωτη ακτογραμμή των υγροτόπων Δέλτα του ποταμού Νέστου και το οι τουριστικά ευάλωτες ακτές της βορειοδυτικής Θάσου).

Τα ωκεανογραφικά δεδομένα συλλέχθηκαν και αναλύθηκαν για να εκτιμήσουμε την πιθανότητα των προσομοιωμένων κατευθύνσεων ανέμου να κυριαρχούν όταν συμβεί μια διαρροή.

Τα ντετερμινιστικά μοντέλα τείνουν στην υπερεκτίμηση της ποσότητας του πετρελαίου που φθάνει στην ακτή καθώς παραδέχονται ότι η πετρελαιοκηλίδα κινείται ομοιόμορφα στην επιλεγμένη κατεύθυνση ανέμων. Στην πραγματικότητα το πετρέλαιο θα περνά περισσότερο χρόνο παρασυρόμενο σε πολλαπλές κατευθύνσεις πριν να φθάσει στην ακτή. Στον Κόλπο της Καβάλας όπου οι ταχύτητες του ανέμου είναι γενικά χαμηλές ή μηδενικές και κυριαρχείται από τους ισχυρότερους ανέμους που πνέουν υπεράκτια, είναι πιθανό ότι οι άνεμοι που θα μετέφεραν αργό πετρέλαιο στην ξηρά δεν θα έπνεαν ποτέ για αρκετό καιρό ώστε να ικανοποιούσαν πραγματικά το χρόνο που προβλέπεται σύμφωνα με τα ντετερμινιστικά μοντέλα.

##### **10.8.2.6.2 Λεπτομερής συζήτηση**

Το χειρότερο σενάριο είναι αποτέλεσμα μιας χειμερινής θύελλας που μεταφέρει το πετρέλαιο στην ακτή μεταξύ του εργοστασίου Σίγμα και του λιμανιού της Καβάλας μετά από μια μεγάλη ρήξη της κύριας γραμμής εξαγωγής πετρελαίου. Υπό αυτές τις συνθήκες το πετρέλαιο θα φτάσει στην ακτή περίπου 7 ώρες μετά την απελευθέρωση και θα συνεχίσει για ακόμη 23 ώρες. Κακές καιρικές συνθήκες στο νότο θα παράξουν σημαντικά κύματα. Αυτά θα εμποδίσουν την άμεση αξιοποίηση του σκάφους για την αντιμετώπιση διαρροών πετρελαίου της Energean. Πριν να καταφέρει το πλοίο να φθάσει επί τόπου, το πετρέλαιο θα φθάσει στην ακτή. Ως

αποτέλεσμα των υψηλών κυμάτων το πετρέλαιο που διέρρευσε θα γαλακτωματοποιηθεί. Ο όγκος του γαλακτωματοποιημένου πετρελαίου που θα φθάσει στην ακτή θα είναι σχεδόν τρεις φορές ο όγκος του πετρελαίου που διέρρευσε.

Ενώ ένα τέτοιο σενάριο θα έχει σημαντική επίπτωση στις εμπορικές και τουριστικές δραστηριότητες της περιοχής η πιθανότητα να συμβεί ένα τέτοιο περιστατικό είναι ελάχιστη. Υποθέτοντας ότι τα σκάφη για την αντιμετώπιση πετρελαιοκηλίδων δεν κινητοποιηθούν, η πιθανότητα μιας τέτοιας σοβαρής περίπτωσης υπολογίζεται στα  $2 \times 10^{-6}$  (δηλαδή δύο φορές ανά εκατομμύριο χρόνια). Σε 20 χρόνια διάρκεια ζωής του έργου η πιθανότητα θα είναι  $4 \times 10^{-5}$ . Στην πραγματικότητα, ο όγκος του πετρελαίου δεν θα μπορούσε ποτέ να φτάσει το επίπεδο που υπολογίζεται. Παρά το γεγονός ότι το σύστημα αντιμετώπισης πετρελαιοκηλίδων δεν θα μπορούσε να εμποδίσει μια ποσότητα πετρελαίου να φθάσει στην ακτή, θα έχει τεθεί σε λειτουργία 4 ώρες μετά την αρχή του ξεβράσματος. Ως εκ τούτου, εάν το πετρέλαιο φθάσει σε ένα ενιαίο ποσοστό, περίπου το 83% του όγκου που διέρρευσε θα πρέπει να ανακτηθεί. Επίσης, είναι εξαιρετικά απίθανο οι νότιοι άνεμοι να πνέουν συνεχώς για 30 ώρες. Κατά μέσο όρο οι νότιοι άνεμοι κυριαρχούν για περίπου το 10% του έτους, με το χειρότερο μήνα να είναι ο Απρίλιος (20%). Έτσι, το 40% των νότιων ανέμων θα πρέπει να πνέουν για ένα συνεχές χρονικό διάστημα για να ξεβραστεί το σύνολο του πετρελαίου. Στην πραγματικότητα, κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, επέρχεται είτε ήρεμος καιρός ή άνεμοι από τα βορειοανατολικά.

Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις υπάρχει επαρκής χρόνος για να μπορέσουν τα σκάφη για την αντιμετώπιση της πετρελαιοκηλίδας να κινητοποιηθούν. Ο Κόλπος της Καβάλας χαρακτηρίζεται από χαμηλά ύψη κυμάτων (για το 95% των περιπτώσεων το ύψος κύματος είναι μικρότερο από 1 μ) και ως εκ τούτου οι λειτουργίες ξαφρίσματος είναι πολύ αποτελεσματικές. Λαμβάνοντας υπόψη τη διαθεσιμότητα του συστήματος αυτού, η πιθανότητα του πετρελαίου να φθάσει στις δύο άλλες ευάλωτες ακτές που εξετάζονται είναι μιας τάξης μεγέθους χαμηλότερη.

Συνάγεται επομένως το συμπέρασμα ότι η παράταση της παραγωγής πετρελαίου από τις υπάρχουσες και σχεδιαζόμενες υποδομές πετρελαίου δεν παρουσιάζει σημαντικό κίνδυνο σε σχέση με μη προβλεπόμενα συμβάντα/βλάβες.

#### **10.8.2.6.3 Υφιστάμενα μέτρα μετριασμού που εφαρμόζονται**

Όπως συζητήθηκε παραπάνω, υπάρχει μια σχετικά χαμηλή πιθανότητα το πετρέλαιο που διαρρέει στη θάλασσα από τις εγκαταστάσεις της Energean να καταλήξει στην ακτογραμμή του Κόλπου της Καβάλας. Η τοποθεσία που έχει την υψηλότερη πιθανότητα να δει χυθεί πετρέλαιο είναι στον Κόλπο της Ιερισσού στη χερσόνησο Ακτής. Οι κυρίαρχοι άνεμοι είναι πιθανό να μεταφέρουν τις περισσότερες κηλίδες που διαμορφώνονται προς αυτή την ακτογραμμή, εκτός εάν η διαρροή σημειωθεί κατά τη διάρκεια έντονων νότιων ανέμων που πνέουν για περιορισμένο χρονικό διάστημα κατά τους χειμερινούς μήνες.

Η υπολογιζόμενη πιθανότητα υποθέτει ότι:

- Μια διαρροή συμβαίνει στην πραγματικότητα και
- Δεν λαμβάνονται μέτρα αντιμετώπισης για να αφαιρεθεί η λίμνη πετρελαίου πριν

φτάσει στην ακτή.

Στην πραγματικότητα η Energean έχει αναπτύξει δομημένους ελέγχους που δημιουργούν «εμπόδια» για την πρόληψη ατυχημάτων όπως αυτά και αν συμβαίνουν τέτοια περιστατικά, για να εμποδίσει την κλιμάκωση τους σε ένα σημείο όπου εμφανίζεται σημαντική ζημιά. Σαφώς, οι πετρελαιοκηλίδες πρέπει να αποφεύγονται, αλλά όταν συμβαίνουν, η συνέπειές τους είναι σχετικά περιορισμένες, αν το πετρέλαιο περιοριστεί υπεράκτια και ανακτηθεί πριν παρασυρθεί στην ακτή.

Τα ακόλουθα «εμπόδια» ορίστηκαν από την Energean και εφαρμόζονται αποτελεσματικά τα τελευταία 35 χρόνια λειτουργίας. Οι πρόσθετες εγκαταστάσεις που πρόκειται να κατασκευαστούν δεν αλλάζουν σημαντικά το μέγεθος και την πολυπλοκότητα των υπεράκτιων εγκαταστάσεων, ούτε αυξάνουν την πιθανότητα διαρροής ή το πιθανό μέγεθος μιας τέτοιας διαρροής. Οι μεγαλύτερες συνέπειες σχετίζονται με εργασίες φόρτωσης πετρελαίου και η συχνότητα των περιστατικών αυτών θα αυξηθεί με την αυξανόμενη παραγωγή.

#### **Εμπόδια για την πρόληψη διαρροών:**

Πρόληψη εκτόνωσης - Καθώς οι επιπτώσεις εκτόνωσης πηγαδιού είναι σημαντικές, εφαρμόζονται αυστηροί έλεγχοι κατά τη διαδικασία της γεώτρησης για να εξασφαλίσουμε ότι ένα τέτοιο γεγονός συμβαίνει παρά μόνο πολύ σπάνια. Όπως και όλοι οι φορείς εκμετάλλευσης πετρελαίου και φυσικού αερίου η Energean κατέχει μια σειρά από εγχειρίδια σχεδιασμού και λειτουργίας πηγαδιών που υπαγορεύουν τις προφυλάξεις που πρέπει να ληφθούν για να αποφευχθεί η απώλεια ελέγχου του πηγαδιού. Τα πηγάδια χτίζονται σύμφωνα με τα διαθέσιμα διεθνή πρότυπα και ακολουθούν τις ορθές πρακτικές κοιτασμάτων πετρελαίου. Ανά πάσα στιγμή διατηρούνται τα πολλαπλά εμπόδια μεταξύ του ενεργού ταμειυτήρα και της ατμόσφαιρας. Τα εμπόδια αυτά αλλάζουν καθώς μια επιχείρηση γεώτρησης εξελίσσεται και περιλαμβάνουν στοιχεία όπως: γεώτρηση «λάσπης» και «άλμης» για την παροχή μεγαλύτερων υδροστατικών πιέσεων από τις πιέσεις ταμειυτήρα, τσιμέντο, βύσματα και φυσικά μηχανισμούς πρόληψης εκτόνωσης τοποθετημένους στην επιφάνεια. Αυτή η κρίσιμη συσκευή υπόκειται σε λεπτομερή πιστοποίηση σε πεντάκις ανά έτος και η λειτουργία και πίεσή της ελέγχονται κάθε 28 ημέρες. Τα δεδομένα που συλλέγονται από το OGP για πηγάδια ανάπτυξης πετρελαίου κανονικής πίεσης που δημιουργούνται στα πρότυπα της Βόρειας Θάλασσας επισημαίνουν ότι η πιθανότητα τυχαίας απελευθέρωσης πηγαδιού είναι  $3,9 \times 10^{-4}$ /πηγάδι που δημιουργείται. Μια τέτοια απελευθέρωση θα απαιτούσε τη χρήση μιας συσκευής ελέγχου πηγαδιού. Τέτοια γεγονότα οδηγούν σε εκτόνωση  $4,8 \times 10^{-5}$ /πηγάδι που δημιουργείται. Εξ ου και η πιθανότητα εκτόνωσης καθώς η Energean ολοκληρώνει γεώτρηση και πλευρική όρυξη στα 17 πηγάδια της εταιρείας που καλύπτονται από το παρόν έργο είναι  $8 \times 10^{-4}$ . Αυτό είναι σαφώς εντός του εύρους ALARP.

Διαχείριση της ακεραιότητας του αγωγού - Οι προφυλάξεις για να διασφαλιστεί ότι οι αγωγοί πετρελαίου δεν έχουν διαρροές ξεκινούν με την επιλογή των σωστών υλικών, έτσι ώστε να αποφευχθεί η υπερβολική διάβρωση, στη φάση του σχεδιασμού. Η γραμμή που αντιπροσωπεύει το μεγαλύτερο κίνδυνο είναι εκείνη που έχει σχεδιαστεί για περισσότερα από 35 χρόνια και της οποίας η επιθεώρηση απέδειξε ότι κατά το ενδιάμεσο χρονικό διάστημα δεν

έχει υποστεί υπερβολική διάβρωση. Η εσωτερική επιθεώρηση με τη χρήση έξυπνων ξέστρων είναι η βασική μέθοδος αξιολόγησης της κατάστασης του αγωγού και επαλήθευσης της ακεραιότητάς του. Τα ποσοστά διάβρωσης δεν αναμένεται να αυξηθούν λόγω της εφαρμογής της προγραμματισμένη επέκτασης κοιτάσματος. Οι ιδιότητες του αργού πετρελαίου δεν θα αλλάξουν και η κύρια γραμμή πετρελαίου θα παραμείνει ουσιαστικά χωρίς νερό. Ως εκ τούτου, η πιθανότητα εσωτερικών βλαβών που να οδηγούν σε σημαντική διαρροή θα παραμείνει σε χαμηλά επίπεδα. Οι εξωτερικές προσκρούσεις έχουν τη δυνατότητα να προκαλέσουν βλάβες. Αυτός είναι ο λόγος που οι γραμμές προστατεύονται με μια συγκεκριμένη επένδυση και σε μεγάλο βαθμό θάβονται. Οι αλιευτικές δραστηριότητες απαγορεύονται κατά μήκος των διαδρόμων του αγωγού. Η εξωτερική διάβρωση αποφεύγεται με τη χρήση συστημάτων καθοδικής προστασίας. Η μόνη περιοχή πιθανής έκθεσης είναι στο τμήμα της κύριας γραμμής εξαγωγής πετρελαίου που δεν είναι θαμμένο σε περίπτωση που οι δραστηριότητες των αλιευτικών σκαφών δεν ελεγχθούν επαρκώς. Πρόκειται να εξετάσουμε την ταφή αυτής τη γραμμής, όταν γίνει ταφή των νέων αγωγών. Αυτό θα έχει βραχυπρόθεσμα αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον (διατάραξη του θαλάσσιου βυθού), αλλά θα μειώσει περαιτέρω την πιθανότητα μιας μεγάλης διαρροής αγωγού.

Επιχειρήσεις Φόρτωσης - ειδικές προφυλάξεις που λαμβάνονται όταν αναλαμβάνονται εργασίες φόρτωσης δεξαμενόπλοιων. Το σύστημα φόρτωσης δεξαμενόπλοιου αποτελείται από ένα σταθερό αγωγό περίπου 3 χιλιομέτρων (θαμμένα) που συνδέεται με 200m εύκαμπτου σωλήνα βαρέως τύπου. Αυτός ο σωλήνας μπορεί να συνδεθεί σε ένα δεξαμενόπλοιο αργού πετρελαίου. Μια τυφλή φλάντζα αφαιρείται και στη συνέχεια συνδέεται με το διανομέα εισόδου του σκάφους. Πριν από κάθε φόρτωση όλα τα υποθαλάσσια στοιχεία επιθεωρούνται από δύτες της Energean. Οι δύτες παραμένουν επί τόπου και επιθεωρούν εκ νέου το σωλήνα κάθε 4 ώρες. Τυχόν μικρές διαρροές, επομένως, εντοπίζονται γρήγορα. Ο σωλήνας αντικαθίσταται εντελώς κάθε 5 χρόνια. Σε επιφάνεια 2 μέλη του προσωπικού απασχολούνται για την παρακολούθηση της σύνδεσης μεταξύ του σωλήνα και του πλοίου ανά πάσα στιγμή. Αυτά τα μέλη του προσωπικού μπορούν να επικοινωνήσουμε μέσω ασυρμάτου με την αίθουσα ελέγχου Σίγμα και να ζητήσουν διακοπή της άντλησης. Η φόρτωση δεν λαμβάνει χώρα κατά τους χειμερινούς μήνες, όταν οι ισχυροί άνεμοι πνέουν από το νότο φέρνοντας σημαντικά κύματα στην ακτή.

Μέτρα ανάκαμψης - όπως περιγράφεται σε άλλο σημείο της ΜΠΚΕ, η Energean έχει αναπτύξει ένα σύστημα για την αντιμετώπιση διαρροών πετρελαίου που περιλαμβάνει φράγματα και διατάξεις ξαφρίσματος για τον περιορισμό επιφανειακών κηλίδων και την ανάκτηση τους σε ειδική φορηγίδα. Το σύστημα αυτό μπορεί να κινητοποιηθεί υπεράκτια κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας κατά το μέγιστο σε 3 ώρες. Η κινητοποίηση αυτή εξασκείται τακτικά. Οι καταστάσεις της θάλασσας είναι ευνοϊκές για την άμεση κινητοποίηση το 99% του έτους. Όταν οι άνεμοι ισχύος θύελλας φυσούν από το νότο η κινητοποίηση θα μπορούσε να καθυστερήσει έως και 7 ώρες. Τα αποτελέσματα των εργασιών προσομοίωσης πετρελαιοκηλίδας που εκτελέστηκαν για την υποστήριξη της ΜΠΚΕ δείχνουν ότι το μέγεθος και ο χρόνος κινητοποίησης που επιτυγχάνεται είναι κατάλληλος. Κατά τη φόρτωση δεξαμενόπλοιων ένα φράγμα είναι συνεχώς εγκατεστημένο γύρω από το σημείο φόρτωσης. Για μια τοποθεσία τόσο



κοντά στην ακτή 3 ώρες θεωρούνται πολλές για κινητοποιηθεί φράγμα μετά από διαρροή.

## 10.9 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΣΟΒΑΡΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ

### 10.9.1 Σενάρια απελευθέρωσης υδρογονανθράκων

Το τμήμα αξιολόγησης συχνότητας της ΠΕΚ χρησιμεύει για την αριθμητική εκτίμηση της πιθανότητας ορισμένου σοβαρού ατυχήματος να συμβεί σε πρώτο βαθμό (π.χ. απελευθέρωση υδρογονανθράκων) και τη συχνότητας αποτελέσματος (π.χ. εκτόξευση φωτιάς). Η αξιολόγηση της συχνότητας απελευθέρωσης υδρογονανθράκων αποτελείται από δύο βασικά στοιχεία:

- Παραγωγή της συχνότητας εκδήλωσης αρχικού περιστατικού και
- Παραγωγή της συχνότητας αποτελέσματος

Η συχνότητα εκδήλωσης αρχικού περιστατικού παράγεται από το συνδυασμό «απαιτούμενων τμημάτων» με γενικά στοιχεία διαρροής εξοπλισμού, αναγνωρισμένα από τη βιομηχανία. Αυτή η προσέγγιση αποδίδει μια στατιστική συχνότητα διαρροής για ορισμένα απομονωμένα τμήματα της επεξεργασίας. Οι εν λόγω συχνότητες διαρροής τροποποιούνται περαιτέρω με την εφαρμογή μιας κατανομή μεγέθους οπής για να οριστούν συχνότητες «μικρών», «μεσαίων» και «μεγάλων» απελευθερώσεων.

Για την προσομοίωση της ανάπτυξης του σεναρίου μετά την απελευθέρωση, προετοιμάζονται δέντρα συμβάντων για κάθε απομονωμένο τμήμα και για κάθε μέγεθος οπής. Το δέντρο συμβάντων παρέχει ένα πλαίσιο για τις συχνότητες των πιθανών αποτελεσμάτων που σχετίζονται με την απελευθέρωση των υδρογονανθράκων (π.χ. εκτόξευση φωτιάς, φωτιά λίμνης, φωτιά ανάφλεξης, έκρηξη, απελευθέρωση τοξικών χωρίς ανάφλεξη). Οι κόμβοι στο δέντρο συμβάντων θεωρούν παράγοντες όπως:

- Η απελευθέρωση αναφλέγεται αμέσως;
- Η απελευθέρωση αναφλέγεται με καθυστέρηση;
- Είναι η ανίχνευση και η απομόνωση αποτελεσματικές;
- Τα ενεργητικά και παθητικά μέτρα μετριασμού είναι αποτελεσματικά;

Η επιτυχία ή αποτυχία αυτών των παραγόντων υπαγορεύει τα αποτελέσματα.

Το τμήμα αξιολόγησης της συχνότητας της ΠΕΚ βασίζεται στη χρήση μιας σειράς πηγών δεδομένων, βάσεων δεδομένων και υποθέσεων. Αυτά αναλύονται περαιτέρω στις εκθέσεις ΠΕΚ (Παράρτημα 07). Ο παρακάτω πίνακας παρέχει μια σύνοψη των κύριων πηγών δεδομένων αξιολόγησης συχνότητας.

Πίνακας 10-5: Σενάρια Απελευθέρωσης Υδρογονανθράκων: Περίληψη Πηγών Δεδομένων Συχνότητας

| Διάσταση | Περιγραφή | Πηγή δεδομένων |
|----------|-----------|----------------|
|----------|-----------|----------------|

| Διάσταση                                    | Περιγραφή   | Πηγή δεδομένων   |
|---|---|--|
| Διαρροή Εξοπλισμού/Συχνότητες Απελευθέρωσης | Οι γενικές συχνότητες απελευθέρωσης για τα είδη εξοπλισμού, όπως οι αντλίες, βαλβίδες, φλάντζες, σκάφη κ.α.   | OGP, βάσει της βάσης δεδομένων Απελευθέρωσης Υδρογονανθράκων του Ηνωμένου Βασιλείου. |
| Συχνότητες Απελευθέρωσης Αγωγού             | Γενικές συχνότητες απελευθέρωσης για αγωγούς και κατακόρυφους αγωγούς σύνδεσης.   | OGP, σύμφωνα με «PARLOC»   |
| Συχνότητες Απελευθέρωσης Πηγαδιού/Εκτόνωσης | Η γενική συχνότητα απελευθερώσεων πηγαδιών/εκτονώσεων και κατά τη διάρκεια δραστηριοτήτων γεώτρησης ή συντήρησης/παρέμβασης.  | OGP, σύμφωνα με «SINTEF»   |
| Πιθανότητες Μεγέθους Απελευθέρωσης/Οπής     | Η κατανομή του μεγέθους των οπών, η πιθανότητα «μικρής», «μεσαίας» ή «πλήρους» απελευθέρωσης.   | OGP, βάσει της βάσης δεδομένων Απελευθέρωσης Υδρογονανθράκων του Ηνωμένου Βασιλείου. |
| Πιθανότητες Ανάφλεξης                       | Η πιθανότητα ανάφλεξης της απελευθέρωσης σε πρώιμο στάδιο (δημιουργώντας εκτόξευση φωτιάς ή φωτιά λίμνης) ή καθυστέρησης της ανάφλεξης (με αποτέλεσμα να προκληθεί φωτιά ανάφλεξης/έκρηξη). | OGP, με βάση την Επισκόπηση του Ινστιτούτου Ενέργειας                                |
| Πιθανότητες Ανίχνευσης/Απομόνωσης/Διακοπής  | Η πιθανότητα η απελευθέρωση να ανιχνευθεί και να απομονωθεί   | CMPT   |

### 10.9.2 Σενάρια απελευθέρωσης μη υδρογονανθράκων

Εκτός από την αξιολόγηση του κινδύνου για τους ανθρώπους που σχετίζονται με σοβαρά ατυχήματα με απελευθέρωση υδρογονανθράκων, η ΠΕΚ μελετά επίσης τα επίπεδα κινδύνου σε σενάρια σοβαρών ατυχημάτων με απελευθέρωση μη-υδρογονανθράκων.

Συνήθως για τις υπεράκτιες εγκαταστάσεις, τα σοβαρά ατυχήματα με απελευθέρωση περιλαμβάνουν:

- Απώλεια ελέγχου κατά τη διάρκεια μεταφοράς εφοδιασμού προσωπικού ακτοπλοϊκά ή αεροπορικά (τα ελικόπτερα δεν χρησιμοποιούνται για τη στήριξη ενεργειών του Πρίνου, η μεταφορά του προσωπικού γίνεται με πλοίο πληρώματος),



- Δομική βλάβη,
- Απώλεια σταθερότητας (δεν ισχύει για το συγκρότημα του Πρίνου, καθώς οι εξέδρες είναι σχεδιασμού τύπου δικτυώματος/πύργου), ούτε για τους προτεινόμενους δορυφόρους,
- Απώλεια στάθμευσης/θέσης
- Πρόσκρουση πλοίου (επιπτώσεις από σύγκρουση με συνοδευτικά ή περαστικά σκάφη)

Η αξιολόγηση της συχνότητας σοβαρών ατυχημάτων με απελευθέρωση μη-υδρογονανθράκων για τον Πρίνο και τη Λάμδα χρησιμοποιεί επίσης πηγές δεδομένων βιομηχανίας ως βάση για την αξιολόγηση της συχνότητας εμφάνισης.

Πίνακας 10-6: Σενάρια απελευθέρωσης μη υδρογονανθράκων: Περίληψη Πηγών Δεδομένων Συχνότητας

| Διάσταση                                      | Περιγραφή  | Πηγή δεδομένων                  |
|---|--|---------------------------------|
| Συχνότητα Απώλειας Ελέγχου Σκάφους Πληρώματος | Η συχνότητα Σοβαρού Ατυχήματος που να σχετίζεται με τη θαλάσσια μεταφορά εφοδίων/προσωπικού από σκάφος πληρώματος. | OGP, με βάση παγκόσμια δεδομένα |
| Συχνότητα Σύγκρουσης πλοίου                   | Η συχνότητα που συνδέεται με ένα πλοίο που προσκρούει στις υπεράκτιες δομές  | OGP                             |
| Συχνότητα δομικής βλάβης                      | Η συχνότητα των σοβαρών δομικών βλαβών.  | OGP                             |

## 10.10 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΣΟΒΑΡΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ

### 10.10.1 Επισκόπηση

Η διαδικασία αξιολόγησης επιπτώσεων της ΠΕΚ χρησιμεύει για να εκτιμηθεί το μέγεθος των φυσικών φαινομένων που σχετίζονται με τα σοβαρά ατυχήματα (π.χ. εύρος κινδύνου λόγω των εκτοξεύσεως φωτιάς, διασπορά θύσανου τοξικού αερίου). Μετά την προσδιορισμό των επιπέδων των φυσικών φαινομένων, η αξιολόγηση της τρωτότητας μεταφράζει τα επίπεδα των επιβλαβών συνεπειών, σε ανθρώπους, σε πιθανότητες θνησιμότητας.

### 10.10.2 Αξιολόγηση φυσικών επιρροών

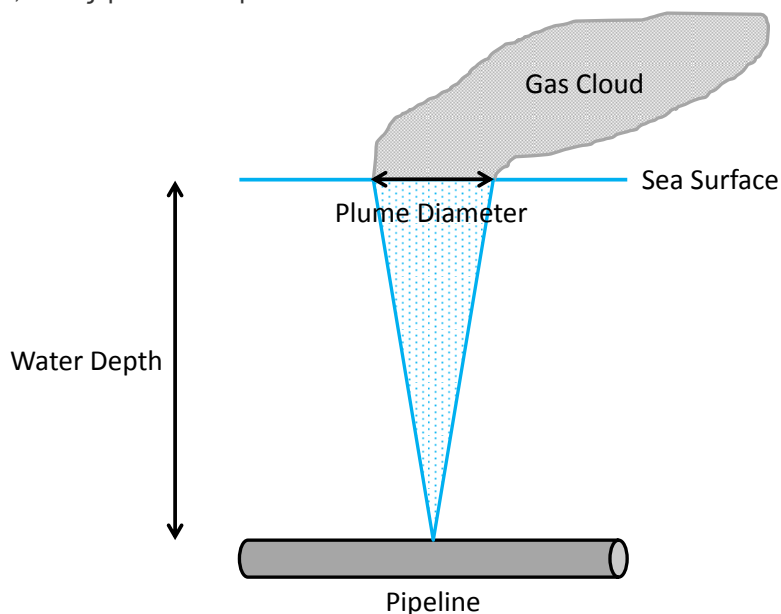
Η αξιολόγηση φυσικών επιρροών χρησιμεύει για τον υπολογισμό παραμέτρων όπως:

- Ποσοστά αρχικής απελευθέρωσης, για τα καθορισμένα μεγέθη οπών,

- Θερμική ακτινοβολία και χαρακτηριστικά που συνδέονται με τις εκτοξεύσεις φωτιάς και τις φωτιές λίμνης,
- Υπερπτήσεις που σχετίζονται με εκρήξεις,
- Έκταση εύρους κινδύνου από διασπορά εύφλεκτων και τοξικών αερίων.

Μια σειρά από πακέτα λογισμικού (που περιγράφεται παρακάτω) έχουν χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση αυτή.

Συγκεκριμένα, υποθαλάσσιες απελευθερώσεις έχουν προσομοιωθεί χρησιμοποιώντας οδηγίες που περιγράφονται από το CMPT [1999]. Η οδηγία CMPT [1999] δείχνει ότι οι υποθαλάσσιες απελευθερώσεις μπορούν να προσομοιωθούν ως κώνος φουσαλίδων που φτάνει στην επιφάνεια, όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα10-5: Εικονογράφηση της υποθαλάσσιας απελευθέρωσης (κώνος φουσαλίδων)

Η οδηγία CMPT [1999] περιγράφει μια παραδοχή βιομηχανικών προτύπων ότι η διάμετρος του θύσανου στην επιφάνεια μπορεί να προσεγγιστεί ως το 20% του βάθους στο σημείο απελευθέρωσης, ανεξάρτητα από το ποσοστό του υλικού που απελευθερώνεται. Το μέσο βάθος θάλασσας στον Πρίνο είναι περίπου 40 μ., μια διάμετρος επιφανειακού θύσανου 8 μ. χρησιμοποιήθηκε για τη προσομοίωση υποθαλάσσιας απελευθέρωσης. Οι αγωγοί που φθάνουν στην ακτή έχουν επίσης προσομοιωθεί σε βάθος 20 μέτρων και στην επιφάνεια της θάλασσας για να συνυπολογιστούν οι διακυμάνσεις σε βάθος νερού στη διαδρομή αυτών των αγωγών.

Η προσομοίωση επιπτώσεων πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας DNV Phast (κορυφαίο πακέτο λογισμικού προσομοίωσης επιπτώσεων).

Η ανάλυση ρυθμού της απελευθέρωσης πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας το DNV Phast. Οι πολυφασικές ροές χρησιμοποιούν ένα αντιπροσωπευτικό υλικό για την προσέγγιση του ρυθμού απελευθέρωσης μάζας με βάση το μοριακό βάρος του μείγματος. Αυτό γίνεται για να συνυπολογιστούν τα λάθη που μπορεί να προκύψουν στη προσομοίωση πολλαπλών φάσεων

ρευστών λόγω της απλούστευσης των μειγμάτων από τη προσομοίωση DNV Phast. Ωστόσο, για τις ροές φυσικού αερίου, χρησιμοποιείται καθαρό μεθάνιο ή ένα αντιπροσωπευτικό μείγμα.

Το κλάσμα του αερίου τη ροής υπολογίστηκε με βάση τους Ισολογισμούς Θερμότητας και Υλικού. Ο υπολογιζόμενος ρυθμός απελευθέρωσης συνυπολογίζεται σύμφωνα με το κλάσμα μάζας του αερίου. Παραδεχόμαστε ότι το αέριο θα φθάσει στην επιφάνεια ομοιόμορφα και θα σχηματίσει μια «λίμνη» με τη σύνθεση του αερίου στην επιφάνεια να λαμβάνεται ως ίδια όπως στον αγωγό (δηλαδή δεν λήφθηκε κανένα όφελος για την απορρόφηση του αερίου μέσα στη θάλασσα ενώ οι φυσαλίδες ανεβαίνουν μέχρι την επιφάνεια).

Η προκαταρκτική προσομοίωση έδειξε ότι τα αποτελέσματα επιπτώσεων χειρότερης περίπτωσης διαπιστώθηκαν με βάση το μέσο ρυθμό απελευθέρωσης του αερίου πάνω από τα 2 πρώτα λεπτά της απελευθέρωσης, επομένως αυτό χρησιμοποιήθηκε ως βάση της ανάλυσης.

Τα εύφλεκτα αποτελέσματα δίνονται για LFL και μισό LFL, αντιστοιχώντας σε 44.000 ppm και 22.000 ppm για το μεθάνιο. Τα τοξικά αποτελέσματα δίνονται ανάλογα με το UK HSE SLOT (Καθορισμένο Επίπεδο Τοξικότητας) και SLOD (Σημαντική Πιθανότητα Θανάτου) για έκθεση 10 λεπτών, δηλαδή σε 669 και 1.107 ppm. Οι συγκεντρώσεις είναι σύμφωνες με την ανάλυση που διενεργήθηκε για την ΠΕΚ.

### 10.10.3 Εκτίμηση της τρωτότητας

Για να μεταφράσουμε τις φυσικές επιπτώσεις σε αριθμητική εκτίμηση της ζημιάς για τους ανθρώπους, διενεργούμε αξιολόγηση της τρωτότητας. Υπάρχει μια σειρά από πηγές δεδομένων και προσεγγίσεων αναγνωρισμένες από τη βιομηχανία που διατίθενται για τη μετάφραση διαφορετικών επιπέδων φωτιάς, έκρηξης και τοξικών συνεπειών φυσικού αερίου σε εκτιμήσεις των πιθανοτήτων θανάτου που απαιτούνται για την ΠΕΚ.

Ο παρακάτω πίνακας συνοψίζει τα κριτήρια ζημιάς που εγκρίθηκαν για την ΠΕΚ.

Πίνακας10-7: Κριτήρια Ζημιάς

| Σοβαρότητα       | Κριτήρια - Επίπεδο ζημιάς σε ανθρώπους   | Αναφορά |
|------------------|--|---------|
| Εκτόξευση φωτιάς | 100% θανατηφόρα ατυχήματα - 35 kW/m <sup>2</sup><br>70% θανατηφόρα ατυχήματα - 12,5 kW/m <sup>2</sup><br>Παραμποδίζεται η οδός διαφυγής - 6 kW/m <sup>2</sup><br>Απρόσιτη Περιοχή Συγκέντρωσης - 4 kW/m <sup>2</sup> | OGP     |
| Φωτιά λίμνης     | Παραμποδίζεται η οδός διαφυγής - 6 kW/m <sup>2</sup><br>Απρόσιτη Περιοχή Συγκέντρωσης - 4  |         |

| Σοβαρότητα                  | Κριτήρια - Επίπεδο ζημιάς σε ανθρώπους  | Αναφορά  |
|-----------------------------|---|--|
|                             | kW/m <sup>2</sup>   |  |
| Φωτιά ανάφλεξης             | 100% θανατηφόρα ατυχήματα - μέσα στο περίβλημα νέφους αερίου με Κατώτερο Όριο Ευφλεκτότητας (LFL) | OGP  |
| Έκρηξη                      | 100% θανατηφόρα ατυχήματα - 0,3 bar   | OGP  |
| Υδρόθειο (H <sub>2</sub> S) | 100% θανατηφόρα ατυχήματα - 1107 ppm<br>50% θανατηφόρα ατυχήματα - 669 ppm                        | HSE Αξιολόγηση των Επικίνδυνων Τοξικών Φορτίων (DTL) |

## 10.11 ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΡΑ ΚΙΝΔΥΝΟΥ

Τα δεδομένα συχνότητας, συνεπειών και τρωτότητας, για κάθε σενάριο, συνδυάζονται για τη δημιουργία των αριθμητικών μέτρων κινδύνου, τα οποία μπορούν στη συνέχεια να συγκριθούν με τα κατάλληλα κριτήρια ανεκτικότητας κινδύνου. Ο παρακάτω πίνακας συνοψίζει τα μέτρα κινδύνου που προέρχονται από την ΠΕΚ.

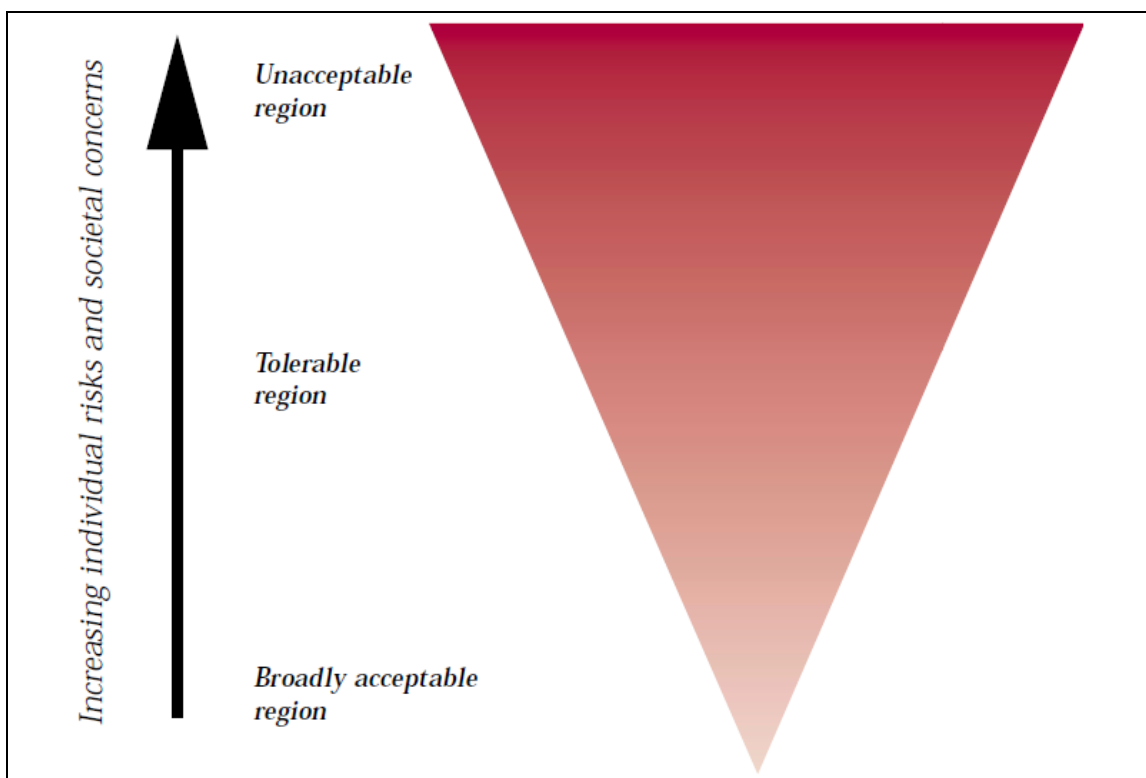
Πίνακας 10-8: Μέτρα Κινδύνου

| Μέτρα Κινδύνου                                  | Περιγραφή   | Παρουσίαση   |
|---|---|--|
| Ατομικοί Κίνδυνοι Συγκεκριμένων Περιοχών (LSIR) | Ο κίνδυνος σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία για ένα υποθετικό άτομο που είναι τοποθετημένο εκεί για 24 ώρες την ημέρα, 365 ημέρες το χρόνο.  | Για τις υπεράκτιες εγκαταστάσεις οι LSIR αντιπροσωπεύουν ουσιαστικά τις ζώνες κινδύνου και μπορούν να αναπαρασταθούν σε μορφή πίνακα.  |
| Ατομικός Κίνδυνος Ανά Έτος (IRPA)               | Το επίπεδο κινδύνου (θανάτου), που βιώνει ένα μεμονωμένο άτομο. Αυτό το μέτρο του κινδύνου λαμβάνει υπόψη το χρονικό διάστημα κατά το οποίο ένα άτομο εκτίθεται σε σοβαρούς κινδύνους. Ως εκ τούτου, ο ατομικός κίνδυνος περιλαμβάνει τόσο το ποσοστό του χρόνου επί τόπου όσο και το ποσοστό του χρόνου σε συγκεκριμένες θέσεις στην | Συνήθως παρουσιάζεται σε μορφή πίνακα, που παρουσιάζει τον IRPA για μια σειρά από ομάδες εργαζομένων. Αυτό επιτρέπει να γίνεται διάκριση μεταξύ των πιο εκτεθειμένων μελών προσωπικού (π.χ. χειριστές, συντήρηση) και λιγότερο εκτεθειμένων (π.χ. καταλύματα). Για τον Πρίνο, ο IRPA θα εξετάσει το ποσοστό του χρόνου τον οποίο |

| Μέτρα<br>Κινδύνου           | Περιγραφή   | Παρουσίαση   |
|-----------------------------|---|--|
|                             | εγκατάσταση όπου μπορεί να εκτεθεί στις επιπτώσεις πιθανών κινδύνων. Ο IRPA είναι ανεξάρτητος από τον αριθμό των ατόμων που εκτίθενται.   | περνά κάποιο άτομο σε διάφορους τομείς της εξέδρας και τον χρόνο που περνά παράκτια.   |
| Πιθανές Απώλειες Ζωής (PLL) | Το επίπεδο κινδύνου (θανάτου) που βιώνει όλη την ομάδα των ατόμων που εκτίθενται στα σοβαρά ατυχήματα. Δεδομένου ότι αυτό το μέτρο κινδύνου που σχετίζεται με τη συνολική εκτεθειμένη ομάδα, εξαρτάται, επομένως, από τον συνολικό αριθμό των ανθρώπων επί τόπου και σε κάθε ομάδα εργαζομένων. | Γενική μορφή πίνακα που συνοψίζει τις PLL για κάθε ομάδα εργαζομένων. Οι συνολικές PLL μπορούν επίσης να υπολογιστούν, πράγμα το οποίο είναι χρήσιμο επειδή παρουσιάζει ένα ενιαίο «συνοπτικό» μέτρο κινδύνου. Για το λόγο αυτό οι PLL χρησιμοποιούνται ως βάση για την Ανάλυση Κόστους-Οφέλους (CBA). |

## 10.12 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ

Ο υπεράκτιος τομέας πετρελαίου και φυσικού αερίου και οι βιομηχανίες Σοβαρού Κινδύνου σε γενικές γραμμές τείνουν να υιοθετήσουν το πλαίσιο ανεκτικότητας κινδύνου που προτάθηκε από την Εκτελεστική Αρχή για την Υγεία και την Ασφάλεια του Ηνωμένου Βασιλείου (UK HSE). Αυτό το πλαίσιο παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα και χρησιμοποιεί το IPRA ως πρωταρχικό μέτρο κινδύνου.



Εικόνα10-6: Κριτήρια ανεκτικότητας κινδύνου (UK HSE)

Τα κριτήρια ανεκτικότητας κινδύνου που έχουν εγκριθεί για την ΠΕΚ ευθυγραμμίζονται με και στηρίζεται από τα κριτήρια UK HSE (ανατρέξτε στον πίνακα παρακάτω).

Πίνακας10-9: Κριτήρια ανεκτικότητας ατομικού κινδύνου

| IRPA (Ιέτος)                              | Περιγραφή                 | Πρόβλεψη   |
|---|---------------------------|--|
| $>1 \times 10^{-3}$                       | Μη ανεκτό                 | Θεμελιώδεις βελτιώσεις που απαιτούνται για τη μείωση του κινδύνου                              |
| $1 \times 10^{-4}$                        | Στόχος για τον Εργαζόμενο | Ο «στόχος» της Energean για έναν εργαζόμενο. Στόχος για τη μείωση κινδύνων σε αυτό το επίπεδο, |
| $1 \times 10^{-6}$ έως $1 \times 10^{-3}$ | Περιοχής ALARP            | Αναζητούνται ευκαιρίες για να μειωθεί σε επίπεδο κατά το δυνατό χαμηλότερο (ALARP)             |

Σημειώστε ότι δεν υπάρχουν κριτήρια ανεκτικότητας για πιθανές απώλειες ζωής (PLL), δεδομένου ότι οι PLL συνδέονται με το συνολικό αριθμό των εκτιθέμενων μελών προσωπικού. Μια εξέδρα με μεγάλο Αριθμό Επιβαινόντων (Α.Ε.) θα έχει υψηλότερες PLL από μια εξέδρα με μικρότερες PLL και ως εκ τούτου δεν μπορούν να προσδιοριστούν αριθμητικά κριτήρια ανεκτικότητας PLL. Οι PLL είναι ένα χρήσιμο συνοπτικό μέτρο του επιπέδου των κινδύνων ομάδων και βοηθά στην κατανόηση των συντελεστών κινδύνου και στην Αξιολόγηση Κόστους-Οφέλους (CBA) με βάση τον κίνδυνο.

Δεν υπάρχει κανένα μέτρο που ισοδυναμεί με IRPA ή PLL και να εκπροσωπεί την πιθανότητα

ζημιάς στο περιβάλλον, λόγω της βλάβης μιας εγκατάστασης πετρελαίου και φυσικού αερίου. Ως εκ τούτου, δεν έχουν οριστεί κριτήρια ανεκτικότητας και επομένως μια άσκηση που να ισοδυναμεί σε ALARP δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί για τους περιβαλλοντικούς κινδύνους, όπως γίνεται για κινδύνους για την ασφάλεια του προσωπικού.

## 10.13 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

### 10.13.1 Ατομικός κίνδυνος ανά έτος (IRPA)

Ο Ατομικός Κίνδυνος Ανά Έτος για τους εργαζόμενους της εγκατάστασης παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα.

Οι ομάδες των εργαζομένων που αναφέρονται είναι εκείνες που ορίζονται για το υπάρχον συγκρότημα του Πρίνου. Ξεχωριστές ομάδες εργαζομένων ορίστηκαν για την εξέδρα Λάμδα και τα επίπεδα IRPA για τις ομάδες αυτές επίσης υπολογίστηκαν. Η Energean, ωστόσο, δεν προτίθεται να απασχολήσει διαφορετικό προσωπικό στη Λάμδα. Το προσωπικό στην Λάμδα θα επιλεγεί από το υπάρχον πλήρωμα του Πρίνου και, ως εκ τούτου, ενώ θα βρίσκονται την Λάμδα δεν θα προσελκύουν κίνδυνο στον Πρίνο.

Το προσωπικό του Πρίνου που θα εκτεθεί σε κινδύνους στη Λάμδα είναι:

1. Χειριστής Άλφα
2. Χειριστής Βήτα
3. Εκπρόσωπος Ασφαλείας
4. Συντήρηση Κατώτερου Καταστρώματος (χειριστής γερανού)
5. Συντήρηση οργάνων και
6. Συντήρηση Ηλεκτρικών

Ο χειριστής Άλφα ή Βήτα θα επισκέπτεται τη Λάμδα κάθε μήνα για να θέσει σε εκκίνηση ξέστρο στη Δέλτα. Αυτός θα συνοδεύεται από τον οδηγό του γερανού και έναν τεχνικό ηλεκτρικών και οργάνων που θα αναλάβει οποιοσδήποτε συνήθεις δραστηριότητες συντήρησης απαιτούνται. Κάθε δύο εβδομάδες, ο χειριστής της εξέδρας Άλφα και Βήτα θα επισκέπτονται μαζί τις εγκαταστάσεις για μία βόλτα ελέγχου. Κατά τη διάρκεια των παρεμβάσεων Ελικοειδούς Σωλήνωσης ένας Χειριστής θα παρευρίσκεται στις επισκέψεις του χειριστή του γερανού και του υπεύθυνου ασφαλείας.

Τα επίπεδα Ατομικών Κινδύνων Συγκεκριμένων Περιοχών (LSIR) για τη Λάμδα (με βάση την πληρότητα όλου του έτους) είναι χαμηλότερα από ό, τι στις εξέδρες Άλφα και Βήτα. Ωστόσο, το προσωπικό που απασχολείται στη Λάμδα βιώνει μια μικρή αύξηση του IRPA του, καθώς στη δορυφορική περνούν όλο το χρόνο τους στο κατάστρωμα επεξεργασίας, δηλαδή ο χειριστής Άλφα προσελκύει μικρότερο κίνδυνο, ενώ βρίσκεται στη Λάμδα σε σχέση με την Άλφα, αλλά επειδή περνά περισσότερο χρόνο στην τουαλέτα ή την αίθουσα ελέγχου Δέλτα το επίπεδο κινδύνου του αυξάνεται ελαφρώς. Το επίπεδο του κινδύνου παραμένει κάτω από

$1 \times 10^{-3}$ .

Οι τιμές που παρουσιάζονται για τους εργαζόμενους του Πρίνου/της εξέδρας Λάμδα είναι αντιπροσωπευτικές ενός έτους κανονικής λειτουργίας. Επίσης, εμφανίζονται οι τιμές για ένα χρόνο ταυτόχρονων εργασιών κατά τη διάρκεια μιας εκστρατείας γεωτρήσεων ώστε να εξασφαλιστεί ότι εξετάστηκε η χειρότερη περίπτωση συνθηκών λειτουργίας.

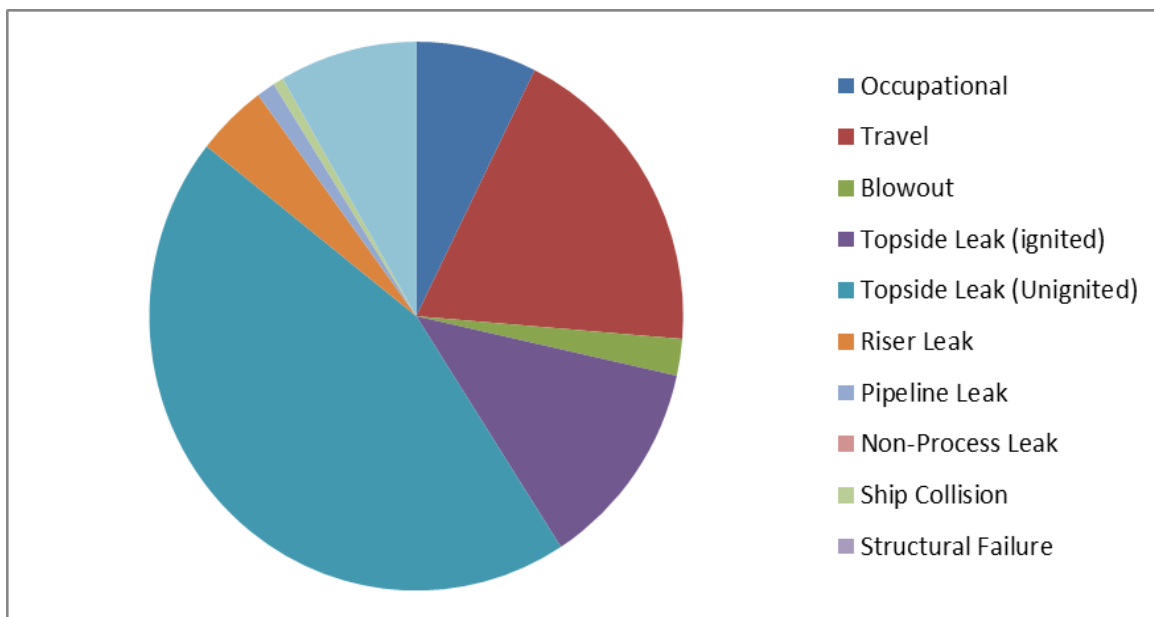
Πίνακας 10-10: Ατομικός κίνδυνος ανά έτος

| Ομάδα εργαζομένων                   | IRPA ανά έτος<br>(κανονικές λειτουργίες) | IRPA ανά έτος<br>(καμπάνια γεώτρησης) |
|-------------------------------------|--|---------------------------------------|
| Όργανα                              | 4.49E-04                                 | 4.72E-04                              |
| Χειριστής Αίθουσας Ελέγχου          | 2.29E-04                                 | 2.49E-04                              |
| /Εκπρόσωπος Ασφαλείας               | 5.48E-04                                 | 5.74E-04                              |
| Χειριστής Άλφα                      | 5.73E-04                                 | 6.29E-04                              |
| Χειριστής Βήτα                      | 5.40E-04                                 | 5.96E-04                              |
| Χειριστής Ανώτερου<br>Καταστώματος  | 8.02E-04                                 | 8.13E-04                              |
| Χειριστής Κατώτερου<br>Καταστώματος | 5.51E-04                                 | 5.62E-04                              |
| Συντήρηση Ανώτερου<br>Καταστώματος  | 6.95E-04                                 | 7.06E-04                              |
| Συντήρηση Κατώτερου<br>Καταστώματος | 4.73E-04                                 | 4.84E-04                              |
| Συντήρηση Ηλεκτρικών                | 2.73E-04                                 | 2.87E-04                              |
| Συντήρηση Οργάνων                   | 3.99E-04                                 | 4.18E-04                              |

### 10.13.2 Πιθανές απώλειες ζωής (PLL)

Η συνολική πιθανή απώλεια ζωής για τον Πρίνο είναι  $4.86 \times 10^{-2}$  ετησίως. Τα διάφορα είδη κινδύνου παρουσιάζονται στο ακόλουθο διάγραμμα. Αυτό το επίπεδο κινδύνου στατιστικά σημαίνει ότι θα υπάρχει ένας θάνατος κάθε 20 χρόνια στο σύμπλεγμα του Πρίνου. Η εισαγωγή της δορυφορικής εξέδρας Λάμδα δεν προκαλεί κάποια ουσιαστική μεταβολή στις PLL ενώ δεν θα προστεθούν επιπλέον εργαζόμενοι.





Διάγραμμα 5: Ανάλυση παραγόντων κινδύνου στις εξέδρες Πρίνου και Λάμδα

## 10.14 ΣΥΖΗΤΗΣΗ

### 10.14.1 Σύγκριση με βάση τα κριτήρια ανεκτικότητας κινδύνου

Ο Ατομικός Κίνδυνος ανά Έτος (IRPA), για τις υπάρχουσες εγκαταστάσεις, μπορεί να θεωρηθεί ότι βρίσκεται εντός ενός ανεκτού επιπέδου αν εφαρμόζεται ALARP στο πλαίσιο διαχείρισης κινδύνων. Τα επίπεδα κινδύνου καθορίζονται κυρίως από την όξινη/τοξική φύση των γεωτρητικών ρευστών και, ως εκ τούτου, από τις ροές επεξεργασίας που κυλούν στο σύμπλεγμα. Η κύρια εξέδρα επεξεργασίας Δέλτα είναι παλαιότερου σχεδιασμού και διάταξης, με μικρότερο διαχωρισμό μεταξύ των υψηλότερων και χαμηλότερων περιοχών κινδύνου, σε σύγκριση με αυτόν που υπάρχει σε μια πιο σύγχρονη μονάδα επεξεργασίας.

Αυτή η έλλειψη διαχωρισμού τείνει να θέτει το προσωπικό σε κινδύνους που συνδέονται με τα όξινα/τοξικά αέρια κάθε φορά που βρίσκονται στις υπεράκτιες εγκαταστάσεις, εκτός και αν βρίσκονται σε κλειστούς χώρους με ατμόσφαιρα υπό πίεση. Η ENERGEAN μετριάζει σε μεγάλο βαθμό τους τοξικούς κινδύνους που συνδέονται με τα υψηλά επίπεδα  $H_2S$ , με την προληπτική χρήση διαδικαστικών ελέγχων και κυρίως με τον έλεγχο του εγκατεστημένου συστήματος εισπνεόμενου αέρα στο οποίο μπορεί κανείς να έχει πρόσβαση από όλες τις θέσεις της εξέδρας. Χωρίς τη χρήση του συστήματος αυτού τα επίπεδα κινδύνου για τα άτομα θα ήταν απαράδεκτα.

Σε αντίθεση με τον κίνδυνο που συνδέεται με τα τοξικά αέρια, οι εκτιμημένοι κίνδυνοι που σχετίζονται με τη φωτιά και τις εκρήξεις είναι ίσοι ή χαμηλότεροι σε σύγκριση με τα επίπεδα παρόμοιων εγκαταστάσεων. Αν και ο σχεδιασμός των υφιστάμενων εγκαταστάσεων είναι κάπως παλιός, ωστόσο το μικρό μέγεθος της εγκατάστασης, οι χαμηλές πιέσεις λειτουργίας

σε συνδυασμό με την υψηλή περιεκτικότητα των περισσότερων ροών σε νερό, ελαχιστοποιεί τη συμβολή της φωτιάς και των εκρήξεων στον IRPA. Πράγματι, η πιθανότητα σημαντικής διαρροής είναι χαμηλή λόγω του μικρού μεγέθους του συμπλέγματος και οι συνέπειες είναι περιορισμένες λόγω των χαμηλών πιέσεων και της υψηλής περιεκτικότητας σε νερό. Οι τοξικοί κίνδυνοι, αντίθετα, είναι σημαντικοί διότι, αν και οι διαρροές προβλέπεται να συμβούν με χαμηλή συχνότητα, η παρουσία πολύ υψηλών επιπέδων  $H_2S$  σημαίνει ότι επηρεάζονται σημαντικές περιοχές της εξέδρας ακόμα και όταν υπάρχουν μέτριες διαρροές.

Ενώ τα συνολικά επίπεδα IRPA είναι πιο κάτω από τα απαράδεκτα, ωστόσο παραμένουν σε υψηλά επίπεδα. Γι' αυτόν τον λόγο, οι δράσεις για τον εντοπισμό επιλογών για τη μείωση των ατομικών κινδύνων βρίσκονται σε στάδιο ταυτοποίησης. Είναι σαφές ότι οι δράσεις αυτές θα επικεντρωθούν στις απειλές που έχουν τη μεγαλύτερη συμβολή στον κίνδυνο, δηλαδή στις εύφλεκτες διαρροές τοξικού αερίου. Δεδομένου ότι οι συχνότητες διαρροής είναι χαμηλές, η εστίαση θα πρέπει σαφώς να γίνει στον εντοπισμό πρόσθετων εμποδίων για την πρόληψη διαρροής τοξικού αερίου που μπορεί να βλάψει το εργατικό δυναμικό στις υπεράκτιες εγκαταστάσεις.

Αναγνωρίζεται ότι έχει ήδη επιτευχθεί σημαντική μείωση του κινδύνου με το να μην χρησιμοποιούνται ελικόπτερα για τη μεταφορά του προσωπικού. Η μεταφορά με ελικόπτερο είναι συνήθως ένας από τους κύριους παράγοντες κινδύνου στις εξέδρες. Επιπλέον, το προσωπικό δεν διαμένει στην εξέδρα/στο κοίτασμα (δεν υπάρχουν καταλύματα στη Δέλτα), αντ' αυτού μεταβαίνουν καθημερινά στην υπεράκτια εγκατάσταση από την Καβάλα.

Παρά το γεγονός ότι ο IRPA δεν ισοδυναμεί άμεσα με περιβαλλοντικό κίνδυνο, ωστόσο η κατανόηση της πηγής του κινδύνου για τον άνθρωπο μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να αξιολογήσει την πιθανή απειλή για το περιβάλλον. Όπως έχει απεικονισθεί και συζητηθεί, η συχνότητα των διαρροών που είναι δυνατόν να έχουν επιπτώσεις στο περιβάλλον είναι χαμηλή. Τα μέτρα για τη μείωση των κινδύνων θα επικεντρωθούν στη μείωση των συνεπειών που προκαλούνται από τις διαρροές τοξικών αερίων παρά στις πετρελαιοκηλίδες, καθώς οι πετρελαιοκηλίδες φαίνεται να έχουν αμελητέα συνεισφορά στον κίνδυνο των εργαζομένων. Επομένως, οι δραστηριότητες για τη μείωση των κινδύνων είναι μάλλον απίθανο να αλλάξουν σημαντικά τα επίπεδα περιβαλλοντικού κινδύνου.

#### 10.14.2 Ανασκόπηση ΠΕΚ και μείωση κινδύνου

Λαμβάνοντας υπόψη τα επίπεδα κινδύνου που εκτιμήθηκαν από την ΠΕΚ, ξεκίνησε μια διαδικασία ανασκόπησης για τη μείωση του κινδύνου. Η διαδικασία ανασκόπησης για τη μείωση του κινδύνου αποτελείται από τα ακόλουθα στοιχεία:

- Προσδιορισμό και κατανόηση των βασικών συντελεστών κινδύνου
- Λεπτομερή επανεξέταση των αποτελεσμάτων, των κανόνων και των εκτιμήσεων της ΠΕΚ για να επιβεβαιωθεί πως αυτά τα στοιχεία είναι αντιπροσωπευτικά και όχι συντηρητικά.
- Προσδιορισμό των πιθανών στρατηγικών μείωσης του κινδύνου που μπορεί να

προωθηθεί για μια πιο λεπτομερή αξιολόγηση και εκτίμηση σκοπιμότητας ως μέρος του σχεδίου της Energean για τη μείωση του κινδύνου.

Μετά από αυτή τη διαδικασία, η ΠΕΚ αναθεωρήθηκε για να εξασφαλιστεί ότι ήταν αντιπροσωπευτική των πραγματικών λειτουργικών ρυθμίσεων σε μια σειρά από βασικούς τομείς όπως:

- Ρύθμιση βάρδιας, επάνδρωση περιοχών και περίοδοι πληρότητας: αυτά τα δεδομένα αναπτύχθηκαν και αναθεωρήθηκαν σε συνδυασμό με τις λειτουργίες.
- Ορθή κατανόηση του τρόπου διαχείρισης των κινδύνων που προκύπτουν από τα όξινα/τοξικά αέρια σε καθημερινή βάση, μέσω στρατηγικών όπως:
  - ⇒ Παρέχεται ένα σετ εισπνεόμενου αέρα σε όλο το προσωπικό κατά τη διαφυγή και προσφέρεται η απαιτούμενη εκπαίδευση.
  - ⇒ Οι εργασίες συντήρησης, π.χ. εισβολή στο περίβλημα υδρογονανθράκων, εκτελούνται με όλο το προσωπικό να βρίσκεται υπό συνθήκες αέρα και το προσωπικό που δεν είναι απαραίτητο για την εργασία να γνωρίζει και να φυλάσσεται μακριά από αυτές τις περιοχές εργασίας.
- Κατάλληλη αναγνώριση του επιπέδου προστασίας που παρέχεται στους χρήστες του δωματίου ελέγχου.
- Κατάλληλη αναγνώριση της σύνθεσης και τη φύσης των ροών επεξεργασίας, ιδίως εκείνων με υψηλή περιεκτικότητα σε όξινο/τοξικό αέριο.

### 10.14.3 Στρατηγικές για τη μείωση των κινδύνων - υφιστάμενες εγκαταστάσεις

Η διαδικασία αναθεώρησης της ΠΕΚ και μείωσης των κινδύνων μας βοήθησε να προσδιορίσουμε μια σειρά από πρόσθετες πιθανές στρατηγικές για τη μείωση των κινδύνων που θα προχωρήσει σε περαιτέρω, πιο λεπτομερή αξιολόγηση, περιλαμβάνει:

- Αναβάθμιση την περιορισμένη περιοχής της τουαλέτας ανώτερου καταστρώματος. Προτείνεται να αναβαθμιστούν η περιοχή αυτή και οι δομές έτσι ώστε οι επιβάτες να προστατεύονται από τις συνέπειες της φωτιάς, του καπνού, των τοξικών αερίων, την υπερπίεση λόγω έκρηξης, για επαρκή χρόνο που θα τους επιτρέψει να σχεδιάσουν και να πραγματοποιήσουν τη διαφυγή τους προς ένα ασφαλές μέρος. Τα οφέλη από την εφαρμογή της παρούσας μείωσης κινδύνου φαίνονται στον παρακάτω πίνακα. Το έργο αυτό έχει ήδη γίνει αποδεκτό από τη διοίκηση και περιλαμβάνεται στον προϋπολογισμό του 2016.
- Επανεξέταση του έργου αναβάθμισης της αίθουσας ελέγχου για να διαπιστωθεί αν υπάρχουν ευκαιρίες μείωσης του χρόνου που το προσωπικό περνάει στις περιοχές επεξεργασίας. Για παράδειγμα να εξεταστεί αν οι πληροφορίες θα μπορούσαν να μεταδίδονται στην αίθουσα ελέγχου, καταργώντας έτσι την ανάγκη επί τόπου μετρήσεων στις περιοχές επεξεργασίας. Αυτό το έργο είχε ήδη προγραμματιστεί για εφαρμογή το 2016. Το πεδίο εφαρμογής βρίσκεται σε επανεξέταση για να διασφαλιστεί

ότι έχουν επιτευχθεί τα μέγιστα οφέλη σε επίπεδα IRPA.

- Αναβάθμιση της κύριας οδού διαφυγής από την τουαλέτα του ανώτερου καταστώματος προς την αποβάθρα της Δέλτα ή διαφυγή με σωσίβιες λέμβους, έτσι ώστε το προσωπικό να προστατεύεται κατά την εκκένωση από μια κλιμακωτή έκτακτη ανάγκη. Αυτή η ευκαιρία δεν έχει ακόμη ποσοτικοποιηθεί ώστε να διαπιστωθεί αν με βάση το κόστος ώστε να αποτραπούν θάνατοι μπορεί να δικαιολογηθεί.

Πίνακας 10-11: Σχέση κινδύνου-οφέλους σε ομάδες εργαζομένων από την προστασία της τουαλέτας ανώτερου καταστώματος

| Ομάδα εργαζομένων                      | IRPA ανά έτος<br>(Προστατευμένη<br>Τουαλέτα ανώτερου<br>καταστώματος) | Μείωση Κινδύνου |
|--|---|-----------------|
| Όργανα                                 | 3.59E-04  | 9.05E-05        |
| Χειριστής Αίθουσας Ελέγχου             | 2.29E-04  | Αμελητέος       |
| Επιβλέπων βάρδιας/Εκπρόσωπος Ασφαλείας | 4.35E-04  | 1.14E-04        |
| Χειριστής Άλφα                         | 4.56E-04  | 1.18E-04        |
| Χειριστής Βήτα                         | 4.23E-04  | 1.18E-04        |
| Χειριστής Ανώτερου Καταστώματος        | 6.79E-04  | 1.23E-04        |
| Χειριστής Κατώτερου Καταστώματος       | 4.28E-04  | 1.23E-04        |
| Συντήρηση Ανώτερου Καταστώματος        | 6.17E-04  | 7.76E-05        |
| Συντήρηση Κατώτερου Καταστώματος       | 3.96E-04  | 7.69E-05        |
| Συντήρηση Ηλεκτρικών                   | 2.25E-04  | 4.79E-05        |
| Συντήρηση Οργάνων                      | 3.27E-04  | 7.18E-05        |

#### 10.14.4 Στρατηγικές για τη μείωση των κινδύνων - νέες εγκαταστάσεις

Μια ολοκληρωμένη διαδικασία σχεδιασμού με βάση τους κινδύνους θα πρέπει να ακολουθηθεί για να δοθεί προτεραιότητα σε εγγενώς ασφαλείς αρχές σχεδιασμού. Αυτό περιλαμβάνει εργαστήρια μείωσης των κινδύνων που θα πραγματοποιηθούν για τον εντοπισμό μέτρων για την περαιτέρω μείωση των κινδύνων για το προσωπικό. Τα τρέχοντα μέτρα που εξετάζονται περιλαμβάνουν:

- Μείωση των πηγών διαρροής (η οποία διερευνάται ως υπόθεση ιδιαίτερης ευαισθησίας της ΠΕΚ, όπου θα πρέπει να είναι συγκολλημένες χειροκίνητες βαλβίδες

στις κεφαλές που περιέχουν τοξικά υγρά). Η σχέση κινδύνου-οφέλους κατά την εφαρμογή της παρούσας μείωσης του κινδύνου παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα.

- Πλήρης διακοπή λειτουργίας της διαδικασίας κατά τη συντήρηση και την εκστρατεία επιθεώρησης - που έχει ήδη επιβεβαιωθεί ως αποδεκτή.
- Προστασία των οδών διαφυγής.

Πίνακας 10-12: Σχέση κινδύνου-οφέλους σε ομάδες εργαζομένων από τη συγκόλληση χειροκίνητων βαλβίδων σε κεφαλές που περιέχουν τοξικά υλικά

| Ομάδα εργαζομένων                         | IRPA ανά έτος<br>(Προστατευμένη Τουαλέτα ανώτερου καταστρώματος) | Μείωση Κινδύνου |
|---|--|-----------------|
| Όργανα                                    | 4.49E-04   | Αμελητέο<br>ς   |
| Χειριστής Αίθουσας Ελέγχου                | 2.29E-04   | Αμελητέο<br>ς   |
| Επιβλέπων<br>βάρδιας/Εκπρόσωπος Ασφαλείας | 5.48E-04   | 3.80E-10        |
| Χειριστής Άλφα                            | 5.70E-04   | 3.61E-06        |
| Χειριστής Βήτα                            | 5.37E-04   | 3.61E-06        |
| Χειριστής Ανώτερου Καταστρώματος          | 8.02E-04   | Αμελητέο<br>ς   |
| Χειριστής Κατώτερου Καταστρώματος         | 5.51E-04   | Αμελητέο<br>ς   |
| Συντήρηση Ανώτερου Καταστρώματος          | 6.95E-04   | 5.68E-10        |
| Συντήρηση Κατώτερου Καταστρώματος         | 4.73E-04   | 2.43E-09        |
| Συντήρηση Ηλεκτρικών                      | 2.71E-04   | 1.74E-06        |
| Συντήρηση Οργάνων                         | 3.98E-04   | 1.74E-06        |