



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

**ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

Εργαστήριο Θαλασσίων Μεταφορών

**ΜΕΛΕΤΗ ΥΓΙΕΙΝΗΣ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΤΟ ΚΥΚΛΟ
ΖΩΗΣ ΥΠΕΡΑΚΤΙΟΥ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΜΕ ΤΗ
ΧΡΗΣΗ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ BOW-TIE**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΒΕΡΓΟΠΟΥΛΟΥ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ

Επιβλέπων: ΝΙΚΟΛΑΟΣ Π. ΒΕΝΤΙΚΟΣ
Επίκουρος Καθηγητής

Αθήνα, 2016

(Υπογραφή)

.....

ΒΕΡΓΟΠΟΥΛΟΥ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ

Διπλωματούχος Ναυπηγός Μηχανολόγος Μηχανικός Ε.Μ.Π.

© 2016 – All rights reserved

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία δεν θα ήταν δυνατό να ολοκληρωθεί χωρίς την στήριξη συγκεκριμένων ανθρώπων. Κυρίαρχο ρόλο διαδραμάτισε ο επιβλέπων καθηγητής Νικόλαος Βεντικός και ο υποψήφιος διδάκτορας Κωνσταντίνος Λούζης. Η σωστή καθοδήγηση τους και οι γνώσεις τους αυτόν τον ένα χρόνο με βοήθησαν για να παραχθεί αυτό το αποτέλεσμα. Επίσης, ευχαριστώ θερμά τους κοντινούς μου ανθρώπους που με στήριξαν σε όλη τη διάρκεια εκπόνησης αυτής της διπλωματικής.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	10
ABSTRACT	11
1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ	12
1.1 ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	12
1.2 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	12
1.3 Η ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ ΚΑΙ ΤΗΝ ΚΟΙΝΩΝΙΑ.....	13
1.4 ΥΠΕΡΑΚΤΙΑ ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ.....	14
1.5 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΥΠΕΡΑΚΤΙΑΣ ΚΑΙ ΕΝΔΟΧΩΡΙΑΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	15
1.6 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΥΠΕΡΑΚΤΙΩΝ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ	16
1.7 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ	19
1.7.1 ΤΥΠΟΙ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ	19
1.7.2 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	19
1.7.3 ΕΙΔΗ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ ΥΠΕΡΑΚΤΙΩΝ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ.....	21
1.8 ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΥΠΕΡΑΚΤΙΩΝ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ	24
1.9 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ	24
2. ΥΓΙΕΙΝΗ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ	27
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	27
2.2 ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΓΙΕΙΝΗ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ	28
2.2.1 ΤΟ ΔΙΚΑΙΟ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ	28
2.2.2 ΕΥΡΩΠΑΪΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΓΙΕΙΝΗ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΤΗΝ ΕΡΓΑΣΙΑ ...	28
2.2.3 ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΥΓΕΙΑ ΣΤΑ ΥΠΕΡΑΚΤΙΑ ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ	32
3. ΚΥΚΛΟΣ ΖΩΗΣ ΕΝΟΣ ΥΠΕΡΑΚΤΙΟΥ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ	34
3.1 ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ	34
3.2 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΣΤΟ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ	35
3.3 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΠΡΟΣ ΤΟ ΧΩΡΟ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ	36
3.3.1 ΟΔΙΚΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑ.....	36
3.3.2 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΜΕΣΩ ΘΑΛΑΣΣΑΣ.....	38
3.4 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΚΑΙ ΕΝΑΡΞΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	39
3.5 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΥΠΕΡΑΚΤΙΟΥ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ	41

3.6 ΠΑΡΟΠΛΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	43
3.7 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ.....	44
4.ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ, ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΦΥΛΑΞΗΣ....	46
4.1 ΑΝΥΨΩΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ.....	47
4.2 ΔΟΝΗΣΗ	49
4.3 ΔΥΣΚΟΛΕΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ.....	50
4.4 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΠΟΥ ΔΕΝ ΕΧΕΙ ΕΚΡΑΓΕΙ.....	51
4.5 ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΕΣ ΟΥΣΙΕΣ.....	52
4.6 ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΑΚΡΙΑ ΑΠΟ ΤΗ ΣΤΕΡΙΑ.....	53
4.7 ΕΡΓΑΣΙΑ ΣΕ ΜΕΓΑΛΟ ΥΨΟΣ.....	54
4.8 ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΣΕ ΛΙΜΑΝΙΑ.....	56
4.9 ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ.....	57
4.10 ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ.....	58
4.11 ΘΟΡΥΒΟΣ.....	59
4.12 ΚΑΛΩΔΙΩΣΗ.....	61
4.13 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ ΜΕΣΩ ΘΑΛΑΣΣΑΣ.....	62
4.14 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΟΙ ΧΩΡΟΙ.....	62
4.15 ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΩΝ.....	64
4.16 ΣΥΝΘΗΚΕΣ και ΧΡΟΝΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	67
4.17 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΠΟΥ ΕΠΙΚΡΑΤΟΥΝ ΣΤΟΝ ΩΚΕΑΝΟ.....	68
4.18 ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ.....	69
4.19 ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ.....	70
4.20 ΦΩΤΙΑ.....	72
5. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΟΥ ΡΙΣΚΟΥ ΣΕ ΕΝΑ ΥΠΕΡΑΚΤΙΟ ΑΙΟΛΙΚΟ ΠΑΡΚΟ	75
5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΡΙΣΚΟΥ.....	75
5.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΟΥ ΡΙΣΚΟΥ.....	75
5.3 ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΥΓΙΕΙΝΗΣ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΕ ΥΠΕΡΑΚΤΙΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ.....	77
6. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΥΠΟΥ «ΠΑΠΙΓΙΟΝ» (BOW-TIE ΑΝΑΛΥΣΗ)	79
6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	79
6.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ «BOW-TIE» ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ.....	80
6.3 ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	83
7. ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΤΩΝ ΣΥΧΝΟΤΕΡΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ	84
7.1 ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ.....	84

7.2 ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΤΑΓΕΓΡΑΜΜΕΝΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ	85
8.ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ BOW-TIE	88
8.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ.....	88
8.2 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Νο1- ΠΤΩΣΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ ΑΠΟ ΓΕΡΑΝΟ ΕΝΩ ΕΚΤΕΛΕΙΤΑΙ ΑΝΥΨΩΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΥΠΕΡΑΚΤΙΑ	92
8.3 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Νο2- ΣΥΓΚΡΟΥΣΗ ΣΚΑΦΟΥΣ ΜΕ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ.....	103
8.4 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Νο3- ΑΤΥΧΗΜΑ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΥ ΕΝΩ ΕΚΤΕΛΟΥΣΕ ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΑ ΕΠΙΒΙΒΑΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ ΑΠΟ ΣΚΑΦΟΣ.....	111
9. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ BOW-TIE ΠΟΥ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΚΑΝ	119
9.1 ΑΤΥΧΗΜΑ ΝΟ1-ΚΑΤΑΡΡΕΥΣΗ ΓΕΡΑΝΟΥ ΕΝΩ ΕΚΤΕΛΟΥΣΕ ΑΝΥΨΩΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΥΠΕΡΑΚΤΙΑ	119
9.2 ΑΤΥΧΗΜΑ ΝΟ2- ΣΥΓΚΡΟΥΣΗ ΣΚΑΦΟΥΣ ΜΕ ΠΥΛΩΝΑ	124
10. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΔΕΝΤΡΩΝ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ ΜΕ MINIMAL CUT SETS.....	130
10.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ	130
10.2 ΥΠΕΡΑΚΤΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑ ΑΝΥΨΩΣΗΣ	131
10.3 ΣΥΓΚΡΟΥΣΗ ΣΚΑΦΟΥΣ ΜΕ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ	137
10.4 ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΥ ΑΠΟ ΤΟ ΣΚΑΦΟΣ ΣΤΗΝ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ	141
11. ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΔΕΝΤΡΩΝ ΓΕΓΟΝΟΤΩΝ	146
11.1 ΥΠΕΡΑΚΤΙΑ ΑΝΥΨΩΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ.....	146
11.2 ΣΥΓΚΡΟΥΣΗ ΣΚΑΦΟΥΣ ΜΕ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ.....	149
11.3 ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΥ ΑΠΟ ΣΚΑΦΟΣ ΣΕ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ.....	153
11.4 ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΛΗΨΗΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΦΥΓΗ ΘΑΝΑΤΗΦΟΡΟΥ ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΟΥ	155
12. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	158
12.1 ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	158
12.2 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	158
12.3 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΤΗΚΑΝ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ.....	164
12.4 ΕΠΙΛΟΓΟΣ	164
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	165
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β	168
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	176

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1 Υπεράκτια αιολικά πάρκα σε κάθε χώρα της Ευρώπη	17
Πίνακας 2 Τα μεγαλύτερα υπεράκτια αιολικά πάρκα	17
Πίνακας 3 Τυπικές δραστηριότητες σε κάθε φάση του κύκλου ζωής	35
Πίνακας 4 Σφάλματα και πιθανές αιτίες κατά τη λειτουργία των ανεμογεννητριών	42
Πίνακας 5 Παραδείγματα των σημαντικότερων κινδύνων σε αντιστοιχία με τις φάσεις του κύκλου ζωής στις οποίες εμφανίζονται	45
Πίνακας 6 Οι επιπτώσεις της υποθερμίας του ανθρώπινου σώματος στην υγεία	115
Πίνακας 7 Βασικές λεπτομέρειες ατυχήματος Νο1	120
Πίνακας 8 Βασικές λεπτομέρειες ατυχήματος Νο2	124
Πίνακας 9 Βασικά στοιχεία εργαζομένου που τραυματίστηκε (Ατύχημα Νο2)	125
Πίνακας 10 Ελάχιστα Μ.Α.Π. που απαιτούνται για το πλήρωμα του σκάφους	157
Πίνακας 11 Συγκεντρωτικά στοιχεία της παρουσίασης δύο ατυχημάτων	160

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1 Χερσαίο αιολικό πάρκο	13
Σχήμα 2 Υπεράκτιο αιολικό πάρκο	14
Σχήμα 3 Περιοχές της Ελλάδας προτεινόμενες για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών	18
Σχήμα 4 Ανεμογεννήτρια οριζοντίου άξονα	19
Σχήμα 5 Βασικά χαρακτηριστικά ανεμογεννήτριας	19
Σχήμα 6 Βασικά μηχανολογικά μέρη ανεμογεννήτριας	20
Σχήμα 7 Είδη θεμελίωσης	21
Σχήμα 8 Βασικά χαρακτηριστικά μονοπάσσαλου συστήματος	22
Σχήμα 9 Πλωτά συστήματα ανεμογεννητριών	23
Σχήμα 10 Υπεράκτια σκάφη πρόσβασης	25
Σχήμα 11 Μικρό σκάφος καταμαράν	26
Σχήμα 12 Σκάφος Jack-up	26
Σχήμα 13 Φορητό μεταφέρει εξάρτημα με όχημα συνοδείας	38
Σχήμα 14 Εγκατάσταση ανεμογεννήτριας σε αιολικό πάρκο στην Αγγλία	39
Σχήμα 15 Εργασίες συντήρησης σε ανεμογεννήτρια	42
Σχήμα 16 Εργαζόμενοι στο εσωτερικό της ανεμογεννήτριας	55
Σχήμα 17 Μεταφορά εργαζομένου με ελικόπτερο	66
Σχήμα 18 Χαρακτηριστικό σχέδιο ανάλυσης με Bow-tie	79
Σχήμα 19 Λεπτομερής μορφή διαγράμματος Bow-tie	81
Σχήμα 20 Σχηματική αναπαράσταση του μοντέλου «Swiss Cheese»	83
Σχήμα 21 Jack-up σκάφος το οποίο συμμετέχει στην συναρμολόγηση ανεμογεννήτριας	92
Σχήμα 22 Διάφοροι τύποι σκάφων που χρησιμοποιούνται για ανυψωτικές εργασίες	93
Σχήμα 23 Πρόσωση και κάτοψη πλοίου Jack-up	99
Σχήμα 24 (α) Μικρό σκάφος μεταφοράς εργαζομένων (β) Μεγάλο σκάφος πρόσβασης εργαζομένων (Offshore Access Vessel)	103
Σχήμα 25 Μηχανισμός πρόσβασης “Walk to work”	111
Σχήμα 26 Πρόσβαση εργαζομένου με τη μέθοδο “Bump and jump”	111
Σχήμα 27 Παράδειγμα δέντρου σφαλμάτων	130

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1 Εγκατεστημένη ισχύς σε υπεράκτια αιολικά πάρκα(1993-2014).....	16
Διάγραμμα 2 Ποσοστό χρήσης μονοπάσσαλου συστήματος εδραίωσης στην Ευρώπη	22
Διάγραμμα 3 Οι επαγγελματικοί κίνδυνοι οι οποίοι εμφανίζονται σε ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο αλλά και σε άλλες βιομηχανίες	46
Διάγραμμα 4 Οι επαγγελματικοί κίνδυνοι που οφείλονται στην ιδιαίτερη μορφή ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου.....	47
Διάγραμμα 5 Διαδικασία Αξιολόγησης του κινδύνου	76
Διάγραμμα 6 Μέθοδοι αξιολόγησης ρίσκου	77
Διάγραμμα 7 Ατυχήματα σε υπεράκτια αιολικά πάρκα από το 2005 έως το 2014 σύμφωνα με τη λίστα από το Caithness Windfarms Information Forum.....	86
Διάγραμμα 8 Ατυχήματα σε υπεράκτια αιολικά πάρκα για το έτος 2014 από τα στατιστικά στοιχεία του Ομίλου G9	87
Διάγραμμα 9 Ομαδοποίηση των βασικών γεγονότων στα δέντρα σφαλμάτων	89
Διάγραμμα 10 Bow-tie για ατύχημα κατά τη διάρκεια εργασίας ανύψωσης για την κατασκευή ή τη συντήρηση ανεμογεννήτριας υπεράκτια	95
Διάγραμμα 11 Κατηγοριοποίηση των βασικών γεγονότων στο δέντρο σφαλμάτων (Εργασία Ανύψωσης).....	96
Διάγραμμα 12 Κατανομή των επιπέδων επικινδυνότητας σε κλίμακα επί τοις εκατό (Εργασία ανύψωσης)	100
Διάγραμμα 13 Μέτρα πρόληψης του κινδύνου για το ατύχημα κατά τη διάρκεια εργασίας ανύψωσης	102
Διάγραμμα 14 Bow-tie διάγραμμα για το ατύχημα της σύγκρουσης σκάφους με ανεμογεννήτρια	105
Διάγραμμα 15 Κατηγοριοποίηση των βασικών γεγονότων στο δέντρο σφαλμάτων	106
Διάγραμμα 16 Κατανομή των επιπέδων επικινδυνότητας, σε κλίμακα επί τοις εκατό (Σύγκρουση σκάφους-ανεμογεννήτριας).....	108
Διάγραμμα 17 Μέτρα πρόληψης του κινδύνου για το ατύχημα της σύγκρουσης σκάφους με ανεμογεννήτρια	110
Διάγραμμα 18 Bow-tie διάγραμμα για το ατύχημα που αφορά πρόσβαση εργαζομένου από το σκάφος στην ανεμογεννήτρια	113
Διάγραμμα 19 Κατηγοριοποίηση των βασικών γεγονότων στο δέντρο σφαλμάτων	114
Διάγραμμα 20 Κατανομή των επιπέδων επικινδυνότητας, σε κλίμακα επί τοις εκατό (Πρόσβαση εργαζομένου).....	116
Διάγραμμα 21 Μέτρα πρόληψης του κινδύνου για το ατύχημα που αφορά πρόσβαση εργαζομένου από το σκάφος στην ανεμογεννήτρια	118
Διάγραμμα 22 Παρουσίαση της πορείας του ατυχήματος No1 στο διάγραμμα Bow-tie για την υπεράκτια ανυψωτική εργασία.....	121
Διάγραμμα 23 Η πορεία του ατυχήματος No1 στο δέντρο σφαλμάτων	122
Διάγραμμα 24 Παρουσίαση της πορείας του ατυχήματος No2 στο διάγραμμα Bow-tie της σύγκρουσης σκάφους-ανεμογεννήτριας.....	126
Διάγραμμα 25 Πορεία του ατυχήματος No2 στο δέντρο σφαλμάτων του Bow-tie της σύγκρουσης σκάφους-ανεμογεννήτριας.....	127

Διάγραμμα 26 Πορεία του ατυχήματος Νο2 στο δέντρο γεγονότων του Bow-tie για τη σύγκρουση σκάφους-ανεμογεννήτριας.....	129
Διάγραμμα 27 Αντιστοίχιση των βασικών γεγονότων με γράμματα (Ατύχημα Νο1)	132
Διάγραμμα 28 Μεταβολή του δέντρου σφαλμάτων με 100% αποτελεσματική συντήρηση (Ατύχημα Νο1).....	133
Διάγραμμα 29 Μεταβολή του δέντρου σφαλμάτων με 100% αποτελεσματική εκπαίδευση των εργαζομένων (Ατύχημα Νο1)	134
Διάγραμμα 30 Μεταβολή του δέντρου σφαλμάτων με 100% αποτελεσματικό έλεγχο των καιρικών συνθηκών (Ατύχημα Νο1)	135
Διάγραμμα 31 Μεταβολή του δέντρου σφαλμάτων με 100% αποτελεσματικά και των τριών μέτρων πρόληψης (Ατύχημα Νο1).....	136
Διάγραμμα 32 Αντιστοίχιση των βασικών γεγονότων με γράμματα (Ατύχημα Νο2)	137
Διάγραμμα 33 Μεταβολή του δέντρου σφαλμάτων με 100% αποτελεσματική συντήρηση (Ατύχημα Νο2).....	138
Διάγραμμα 34 Μεταβολή του δέντρου σφαλμάτων με 100% αποτελεσματική εκπαίδευση (Ατύχημα Νο2).....	139
Διάγραμμα 35 Μεταβολή του δέντρου σφαλμάτων με 100% αποτελεσματικό έλεγχο των καιρικών συνθηκών (Ατύχημα Νο2)	140
Διάγραμμα 36 Μεταβολή του δέντρου σφαλμάτων με 100% αποτελεσματικά και των τριών μέτρων πρόληψης (Ατύχημα Νο2).....	141
Διάγραμμα 37 Αντιστοίχιση των βασικών γεγονότων με γράμματα (Ατύχημα Νο3)	142
Διάγραμμα 38 Μεταβολή του δέντρου σφαλμάτων με 100% αποτελεσματική συντήρηση (Ατύχημα Νο3).....	143
Διάγραμμα 39 Μεταβολή του δέντρου σφαλμάτων με 100% αποτελεσματική εκπαίδευση (Ατύχημα Νο3).....	143
Διάγραμμα 40 Μεταβολή του δέντρου σφαλμάτων με 100% αποτελεσματικό έλεγχο των καιρικών συνθηκών (Ατύχημα Νο3)	144
Διάγραμμα 41 Μεταβολή του δέντρου σφαλμάτων με 100% αποτελεσματικά και των τριών μέτρων πρόληψης (Ατύχημα Νο3).....	145
Διάγραμμα 42 Δέντρο γεγονότων με επισήμανση στις διαδρομές που οδηγούν σε επίπεδο τραυματισμού 3 (Ανυψωτική εργασία)	147
Διάγραμμα 43 Δέντρο γεγονότων με κλάδους που δεν οδηγούν σε θανατηφόρο ατύχημα και οι σχετικές παραδοχές (Ανυψωτική εργασία)	148
Διάγραμμα 44 Δέντρο γεγονότων με επισήμανση στις διαδρομές που οδηγούν σε επίπεδο τραυματισμού 3 (Σύγκρουση σκάφους-ανεμογεννήτριας)	150
Διάγραμμα 45 Δέντρο γεγονότων με κλάδους που δεν οδηγούν σε θανατηφόρο ατύχημα και οι σχετικές παραδοχές (Σύγκρουση σκάφους-ανεμογεννήτριας)	151
Διάγραμμα 46 Δέντρο γεγονότων με επισήμανση στις διαδρομές που οδηγούν σε επίπεδο τραυματισμού 3 (Πρόσβαση από σκάφος σε ανεμογεννήτρια).....	152
Διάγραμμα 47 Δέντρο γεγονότων με κλάδους που δεν οδηγούν σε θανατηφόρο ατύχημα και οι σχετικές παραδοχές (Μετάβαση από σκάφος σε ανεμογεννήτρια)	154
Διάγραμμα 48 Κατανομή των επιπέδων της επικινδυνότητας συγκεντρωτικά για τα τρία ατυχήματα.....	159
Διάγραμμα 49 Τα κοινά μέτρα πρόληψης του κινδύνου των τριών ατυχημάτων	161

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα υπεράκτια αιολικά πάρκα αποτελούν μια συνεχώς αναπτυσσόμενη βιομηχανία, η οποία παρουσιάζει όμως υψηλά ποσοστά επικινδυνότητας. Η διπλωματική εργασία έχει ως σκοπό να πραγματοποιήσει μια μελέτη της επικινδυνότητας των εργασιών για την υγεία και την ασφάλεια των εργαζομένων που εμφανίζονται σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου. Αρχικά, αναπτύσσεται το θεωρητικό υπόβαθρο που αφορά τα υπεράκτια αιολικά πάρκα και παρουσιάζεται το νομικό πλαίσιο που ισχύει για την υγιεινή και ασφάλεια των υπεράκτιων εργασιών στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Έπειτα, αναλύεται ο κύκλος ζωής ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου και επισημαίνονται οι δραστηριότητες και οι κίνδυνοι που μπορεί να βλάψουν τους εργαζόμενους σε κάθε στάδιο ξεχωριστά. Τα στάδια τα οποία μελετούνται είναι «ο Σχεδιασμός», «η Παρασκευή», «η Μεταφορά», «η Κατασκευή», «η Λειτουργία και Συντήρηση», «η Απεγκατάσταση» και «η Ανακύκλωση». Στην επόμενη ενότητα, κάθε κίνδυνος αναλύεται ως προς τον τρόπο που μπορεί να επηρεάσει άμεσα τους εργαζόμενους αλλά και ως προς τον τρόπο που μπορεί να αντιμετωπιστεί αποτελεσματικά, σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς.

Στη συνέχεια, συγκεντρώνονται αναφορές ατυχημάτων που έχουν πραγματοποιηθεί σε υπεράκτια αιολικά πάρκα και τα στατιστικά τους στοιχεία, ώστε να αναγνωριστούν τα ατυχήματα που πραγματοποιούνται πιο συχνά. Από τη μελέτη αυτή προκύπτουν οι τρεις πιο συχνές δραστηριότητες πρόκλησης ατυχημάτων, οι οποίες επιλέγονται να μελετηθούν με τη χρήση διαγραμμάτων Bow-tie. Συνολικά κατασκευάζονται τρία διαγράμματα Bow-tie, για τρία σενάρια ατυχημάτων, για τις τρεις πιο συχνά εμφανιζόμενες επικίνδυνες δραστηριότητες, όπως προέκυψαν στο προηγούμενο βήμα. Κάθε διάγραμμα είναι διαμορφωμένο με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να καλύψει το συγκεκριμένο ατύχημα σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής. Έπειτα, αναλύονται δύο πραγματικά ατυχήματα χρησιμοποιώντας τα διαγράμματα που κατασκευάστηκαν με σκοπό να παρουσιαστεί ο τρόπος λειτουργίας των διαγραμμάτων. Στη συνέχεια, εφαρμόζεται ανάλυση με minimal cut sets στα δέντρα σφαλμάτων των διαγραμμάτων Bow-tie και μελετούνται ποιοτικά ώστε να αξιολογηθούν τα ήδη υπάρχον μέτρα πρόληψης του κινδύνου. Τέλος, ποιοτική ανάλυση εφαρμόζεται και στα δέντρα γεγονότων, ώστε να προσδιοριστούν τα γεγονότα που είναι πιθανόν να προκαλέσουν απώλεια της ζωής των εργαζομένων.

Τα αποτελέσματα, που προέκυψαν συνολικά από τη μελέτη, αφορούν τις αιτίες που οδηγούν στα τρία πιο συχνά ατυχήματα και στις συνέπειες που μπορεί να έχουν για την υγεία και την ασφάλεια των εργαζομένων. Επιπλέον, προσδιορίζονται τα μέτρα πρόληψης του κινδύνου στα οποία πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή, ώστε να εφαρμόζονται όσο το δυνατόν πιο αποτελεσματικά, για τον περιορισμό των ατυχημάτων και της επίδρασης των συνεπειών τους.

ABSTRACT

The following senior thesis with the title “Study on health and safety at the life cycle of an offshore wind farm using Bow-tie diagrams” was created in detail during the academic year of 2015-2016 at the National Technical University of Athens, by the department of Naval Architecture and Marine Engineering.

Offshore wind farms, are considered to be a constantly developing industry with complex and innovative installations. Consequently, they introduce a high level of health and safety occupational hazards. This senior thesis aims foremost to present a research on health and safety risks as they may appear during all the different phases of a life cycle of an offshore wind farm. In the beginning, the theoretical framework concerning offshore wind farms and the legal applicable framework of health and safety, in offshore industries of the European Union, are presented. Moreover, the life cycle of an offshore wind farm is analyzed and the hazardous activities and risks that may harm the employees in each different phase are pointed out. The phases being studied are “Project design”, “Transportation”, “Construction”, “Operation and Maintenance”, “Decommissioning” and finally “Recycling”. After that, the way the workers are affected directly by every single risk is presented, followed by suggestions on how risks can be effectively taken under control, according to regulations.

To continue, the ways to make a health and safety risk assessment as well as a description of all the different models that can be used are precisely described. The first step is to identify the more frequent accidents using accident reports that have happened at offshore wind farms and their statistic data. From the study of the accidents mentioned, the three more frequent accident cases have aroused. Then, the main study is chosen to be done using Bow-tie Diagrams and the main methodology is presented. In general, three Bow-tie diagrams are constructed for three activities based on the accident cases that aroused on the first step. Due to that, the study is focused on the most critical risks. Each diagram is formed in a way to cover the specific accident at all the phases of the life cycle. After that, two real accidents are analysed with the Bow-tie Diagrams which were constructed in order to present the way they can be used. Moreover, Minimal Cut Set analysis is used for the fault trees of Bow-ties so as to reveal the most effective risk control options. In the end, event trees are analysed in order to determine the events which can possibly lead to fatality.

The results of this senior thesis are all about the causes that led to these frequent accidents and their consequences to the health and safety of the workers. Furthermore, the most effective risk control options, which have to get special attention so as to be effective in order to lead to the restriction of the accidents and their effects, are defined.

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Τις τελευταίες δύο δεκαετίες οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.) απασχολούν όλο και περισσότερο τους ερευνητές οι οποίοι προσπαθούν να τις αξιοποιήσουν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Οι πιο διαδεδομένες μορφές είναι η αιολική ενέργεια, η ηλιακή ενέργεια, η γεωθερμική ενέργεια, η υδροδυναμική ενέργεια και η ενέργεια που παράγεται από τη βιομάζα. Από τις παραπάνω μορφές ενέργειας οι δύο πρώτες είναι οι πιο διαδεδομένες σήμερα.

Υπάρχει η αίσθηση ότι στο κοντινό μέλλον οι Α.Π.Ε. θα έχουν κυριαρχήσει στην παραγωγή ενέργειας, αφού υπερτερούν των συμβατικών μεθόδων λόγω δύο βασικών χαρακτηριστικών τους (Κορωναίος, 2012). Καταρχάς πρόκειται για ανεξάντλητες πηγές ενέργειας χωρίς κανένα περιορισμό στη χρήση τους. Δεύτερον, είναι «καθαρές» μορφές ενέργειας που είναι πολύ «φιλικές» ως προς το περιβάλλον.

Στις Α.Π.Ε. βασίζεται και ο στόχος της Ευρωπαϊκής Ένωσης να μειώσει τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου στο 80% μέχρι το 2050 (ECF, 2010). Σύμφωνα με την μελέτη που έχει πραγματοποιήσει το European Climate Foundation (ECF) οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θα συμβάλλουν στη μείωση αυτή με ποσοστό πάνω από το 40% (ECF, 2010). Όμως, για να πραγματοποιηθεί αυτός ο στόχος δεν επαρκούν τα σημερινά οικονομικά και τεχνολογικά δεδομένα και απαιτείται βελτιστοποίηση σε όλους τους τομείς.

1.2 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Όπως αναφέραμε η αιολική ενέργεια αποτελεί ανανεώσιμη μορφή ενέργειας. Ο άνεμος είναι μια από τις πλέον άφθονες πηγές ενέργειας του πλανήτη μας και η αιολική ισχύς (δύναμη του ανέμου) είναι γνωστή από αρχαιοτάτων χρόνων. Η αιολική ενέργεια δημιουργείται έμμεσα από την ηλιακή ακτινοβολία, γιατί η ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης προκαλεί τη μετακίνηση μεγάλων μαζών αέρα από τη μια περιοχή στην άλλη, δημιουργώντας έτσι τους ανέμους (Κορωναίος, 2012). Είναι μια ήπια μορφή ενέργειας, φιλική προς το περιβάλλον, πρακτικά ανεξάντλητη, γι' αυτό και είναι ανανεώσιμη. Το διαθέσιμο υπεράκτιο αιολικό δυναμικό σε συνδυασμό με τις υπάρχουσες τεχνολογίες μπορεί να καλύψει μέχρι και τα 2/3 της εκτιμώμενης ζήτησης ηλεκτρισμού στη ΕΕ το 2020 (Χατζημπίρος, 2014).

Η μέχρι τώρα πρακτική εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο είναι η δημιουργία αιολικών πάρκων σε διάφορες περιοχές στη ξηρά και στη θάλασσα.

Το Αιολικό πάρκο ή Αιολικός Σταθμός Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΑΣΠΗΕ) είναι μια ομάδα ανεμογεννητριών οι οποίες έχουν εγκατασταθεί σε χερσαία (Σχήμα1) ή θαλάσσια έκταση και μετατρέπουν την ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική.



Σχήμα 1 Χερσαίο αιολικό πάρκο
Πηγή:wind-energy-facts.com

1.3 Η ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ ΚΑΙ ΤΗΝ ΚΟΙΝΩΝΙΑ

Η χρήση των αιολικών πάρκων επηρεάζει πολλούς τομείς της ζωής των ανθρώπων όπως οικονομία, κοινωνία, περιβάλλον. Τα πλεονεκτήματα της χρήσης τους είναι πολλά για αυτό και η εξέλιξη τους είναι τόσο μεγάλη. Αρχικά, ο άνεμος είναι μια καθαρή ανεξάντλητη πηγή ενέργειας η οποία μας παρέχεται δωρεάν. Επιπλέον, όπως και οι υπόλοιπες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι φιλική προς το περιβάλλον καθώς κάθε μία κιλοβατώρα που παράγεται από τον άνεμο αντικαθιστά μία κιλοβατώρα που παράγεται από συμβατικούς σταθμούς ηλεκτρική ενέργειας που ρυπαίνουν την ατμόσφαιρα με αέρια του θερμοκηπίου (π.χ. μονοξείδιο του άνθρακα, διοξείδιο του θείου). Ακόμα, όσον αφορά την κοινωνία συμβάλλει στην δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και στην ενίσχυση ακριτικών περιοχών και οικονομιών, παρέχοντας ενεργειακή ανεξαρτησία και ανάπτυξη (π.χ. νησιά).

Παρόλα αυτά όμως δεν παύει να είναι μια βιομηχανική εγκατάσταση η οποία προκαλεί διάφορα προβλήματα όπως έντονο θόρυβο, έκθεση σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές και αισθητικά προβλήματα με προσβολή του φυσικού τοπίου.

1.4 ΥΠΕΡΑΚΤΙΑ ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ

Τις τελευταίες δύο δεκαετίες εφαρμόζεται νέα πρακτική αυτή των υπεράκτιων αιολικών πάρκων όπου εγκαθίστανται ανεμογεννήτριες σε θαλάσσιες περιοχές αυξάνοντας έτσι κατά πολύ τις κατάλληλες περιοχές δημιουργίας αιολικών πάρκων (Σχήμα 2). Τα θαλάσσια αιολικά πάρκα παράγουν ρεύμα από τον άνεμο που φυσά στη θάλασσα. Τα θεμέλια των ανεμογεννητριών κατασκευάζονται στο βυθό της θάλασσας και ο πύργος της ανεμογεννήτριας έξω από την επιφάνεια του νερού.

Μέχρι στιγμής ο αριθμός τους είναι αρκετά περιορισμένος γιατί απαιτούν εξειδικευμένες τεχνολογίες και έχουν τεράστιο κόστος κατασκευής, μεγαλύτερο από ένα επίγειο αιολικό πάρκο (Χατζημίρος, 2014). Οι τουρμπίνες αποτελούν το 30% του συνολικού κόστους ενώ το υπόλοιπο προέρχεται από την υποδομή, τη συντήρηση και την εποπτεία. Ωστόσο πρέπει να αναφέρουμε ότι ο άνεμος και η κατάσταση της θάλασσας είναι δύο απρόβλεπτες μεταβλητές οι οποίες δυσκολεύουν την ακριβή εκτίμηση της απόδοσης και δημιουργούν ένα σοβαρό κενό στη χρηματοδότηση.



Σχήμα 2 Υπεράκτιο αιολικό πάρκο
Πηγή: <http://ecocitynews.blogspot.gr>

Τα υπεράκτια αιολικά πάρκα (offshore wind farms) παρέχουν την δυνατότητα παραγωγής ενέργειας «φιλικής» προς το περιβάλλον από χώρες μικρές, όπως η Ελλάδα, όπου οι κατάλληλες περιοχές στη ξηρά για δημιουργία αιολικών πάρκων είναι περιορισμένες ενώ από την άλλη πλευρά διαθέτει εκτεταμένες θαλάσσιες περιοχές που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για αυτό το σκοπό.

Αξίζει να αναφέρουμε ότι υπάρχει όμως μεγάλη αβεβαιότητα για την επίδραση της λειτουργίας των πάρκων στη θαλάσσια ζωή και το θαλάσσιο περιβάλλον. Η πιο σημαντική επίδραση είναι αυτή που προκαλούν στην τροφική αλυσίδα του οικοσυστήματος καθώς οι διάφορες εγκαταστάσεις επηρεάζουν τη διαμόρφωση του βυθού και προκαλούν αλλαγές στο φυσικό περιβάλλον. Σε αυτό συμβάλλει και

ο δυνατός θόρυβος που προκαλείται από τις εργασίες και τη λειτουργία των ανεμογεννητριών. Τέλος, τα πουλιά συχνά συγκρούονται με τα διάφορα μέρη των ανεμογεννητριών και αποπροσανατολίζονται από τα φώτα κατά τη διάρκεια της νύχτας (Helmera).

1.5 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΥΠΕΡΑΚΤΙΑΣ ΚΑΙ ΕΝΔΟΧΩΡΙΑΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Τα τελευταία χρόνια οι υπεράκτιες ανεμογεννήτριες κερδίζουν διαρκώς έδαφος έναντι των ανεμογεννητριών ξηράς εξαιτίας των σημαντικών πλεονεκτημάτων τους. Πρώτον, στην θαλάσσια επικράτεια υπάρχουν μεγάλες ελεύθερες εκτάσεις για εκμετάλλευση ενώ στην στεριά είναι αισθητά περιορισμένες, ειδικότερα κοντά στα μεγάλα αστικά κέντρα όπου η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας είναι αυξημένη. Δεύτερο σημαντικό πλεονέκτημα των θαλάσσιων ανεμογεννητριών είναι οι ισχυρότεροι άνεμοι που επικρατούν στην ανοιχτή θάλασσα. Έχει βρεθεί ότι η ταχύτητα του ανέμου στην επιφάνεια της θάλασσας είναι συνήθως μεγαλύτερη από αυτή στην ξηρά γεγονός που κάνει αποδοτικότερη τη λειτουργία μιας ανεμογεννήτριας στη θάλασσα (Κορωνάιος, 2012). Αντίθετα στις ηπειρωτικές περιοχές το πεδίο ροής του ανέμου επηρεάζεται σημαντικά από το ανάγλυφο της περιοχής. Η ύπαρξη βουνών ή κτιρίων μειώνει σημαντικά την μέση ταχύτητα του ανέμου και μεταβάλλει διαρκώς την ροή του, περιορίζοντας έτσι την αποδοτικότητα της επένδυσης. Επίσης η εγκατάσταση μακριά από την ακτή εξαλείφει προβλήματα αισθητικής και ενόχλησης λόγω του θορύβου στις αστικές περιοχές, γεγονός που οδηγεί στην ανάπτυξη ανεμογεννητριών αυξημένης αποδοτικότητας και μειωμένου κόστους. Τέλος, εφόσον η εγκατάσταση και η μεταφορά γίνονται στη θάλασσα δεν τίθενται περιορισμοί μεγέθους των εξαρτημάτων των ανεμογεννητριών για την διέλευση τους από δρόμους, όπως συμβαίνει με τις χερσαίες.

Στον αντίποδα, οι υπεράκτιες ανεμογεννήτριες έχουν σημαντικά υψηλότερο κόστος (2 με 3 φορές) σε σχέση με τις ανεμογεννήτριες στη στεριά. Αυτό μερικώς οφείλεται στην δομή της εγκατάστασης, η οποία χαρακτηρίζεται καθοριστικά από το σύστημα θεμελίωσης τους, το οποίο αυξάνει σημαντικά το κόστος της επένδυσης. Πρέπει να ληφθούν ακόμα υπόψη οι δυσμενείς καιρικές συνθήκες που επικρατούν στις υπεράκτιες περιοχές οι οποίες ασκούν σημαντικές επιδράσεις στην κατασκευή όπως τα φορτία κυματισμού, τα φορτία θαλασσίων ρευμάτων και η σημαντική διάβρωση λόγω του αλμυρού νερού. Επιπλέον, η μεταφορά και η συναρμολόγηση γίνεται με πλωτά μέσα, τα οποία αυξάνουν σημαντικά το κόστος. Οι ανεμογεννήτριες στη θάλασσα είναι λιγότερο προσπελάσιμες σε σχέση με αυτές που βρίσκονται στη στεριά γιατί απαιτούν τη χρήση ενός σκάφους εξυπηρέτησης ή ενός ελικοπτέρου για συστηματική πρόσβαση. Έτσι η αξιοπιστία τους και η σωστή σχεδίαση τους από την αρχή είναι βασικά στοιχεία. Επιπλέον, λόγω της απομακρυσμένης φύσης τους, η πρόγνωση και η παρακολούθηση της υγείας των συστημάτων στις υπεράκτιες ανεμογεννήτριες είναι ακόμα πιο αναγκαία. Επίσης,

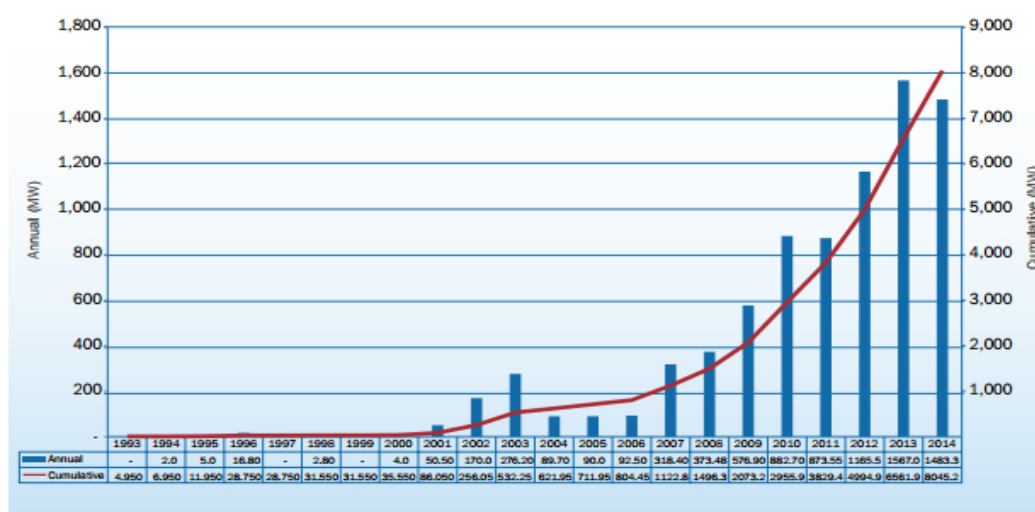
το κόστος συντήρησης είναι αρκετά μεγαλύτερο σε σχέση με τις χερσαίες. Μια απλή βλάβη η οποία επισκευάζεται μέσα σε λίγες ώρες στην στεριά, η αποκατάστασή της μπορεί να γίνει μια χρονοβόρα διαδικασία για μια θαλάσσια ανεμογεννήτρια, η οποία εξαρτάται και από τις καιρικές συνθήκες.

1.6 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΥΠΕΡΑΚΤΙΩΝ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ

Η υπεράκτια αιολική ενέργεια, δηλαδή η ενέργεια που παράγεται από αιολικά πάρκα τοποθετημένα στη θάλασσα, μετρά σχεδόν 25 χρόνια. Η Ευρώπη αποτελεί πρωτοπόρο στο συγκεκριμένο τομέα και πιο συγκεκριμένα το 1991 στην Δανία κατασκευάστηκε το πρώτο υπεράκτιο αιολικό πάρκο. Τα χρόνια που ακολούθησαν σημειώθηκε ραγδαία ανάπτυξη της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος.

Σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία από τον ευρωπαϊκό οργανισμό αιολικής ενέργειας μέχρι τον Ιανουάριο του 2015 υπήρχαν στην Ευρώπη συνολικά 2.488 αιολικές τουρμπίνες σε 74 υπεράκτια αιολικά πάρκα σε 11 χώρες (EWEA, 2015). Η συνολική αποδοτικότητα έφτασε τα 8.045,3 MW, ικανά να καλύψουν το 1% της συνολικής κατανάλωσης ρεύματος στην Ευρώπη (EWEA, 2015).

Στο Διάγραμμα 1 παρουσιάζεται η εγκατεστημένη ισχύς από το 1993 μέχρι το 2014. Συγκεκριμένα, στον αριστερό άξονα είναι η ετήσια εγκατεστημένη ισχύς (MW) των υπεράκτιων ανεμογεννητριών και στον δεξιό η συνολική εγκατεστημένη ισχύς (MW) μέχρι το 2014.



Διάγραμμα 1 Εγκατεστημένη ισχύς σε υπεράκτια αιολικά πάρκα(1993-2014)

Πηγή: (EWEA, 2015)

Στον Πίνακα 1 (EWEA, 2015) φαίνεται ο αριθμός των υπεράκτιων αιολικών πάρκων, ο αριθμός των ανεμογεννητριών και η συνολική ισχύς (MW) που έχει εγκατασταθεί σε κάθε χώρα. Το Ηνωμένο Βασίλειο έχει το μεγαλύτερο μέγεθος της εγκατεστημένης υπεράκτιας αιολικής δυναμικότητας στην Ευρώπη (4,494.4 MW) - 55,9% του συνόλου των εγκαταστάσεων. Η Δανία ακολουθεί με 1.271 MW (15,8%).

Με 1,048.9 MW (13% του συνόλου των ευρωπαϊκών εγκαταστάσεων) η Γερμανία είναι τρίτη, ακολουθούμενη από το Βέλγιο (712 MW: 8,8%), την Ολλανδία (247 MW: 3,1%), τη Σουηδία (212 MW: 2,6%), τη Φινλανδία (26MW: 0,3%), την Ιρλανδία (25 MW), την Ισπανία (5 MW), τη Νορβηγία (2 MW) και την Πορτογαλία (2 MW).

Πίνακας 1 Υπεράκτια αιολικά πάρκα σε κάθε χώρα της Ευρώπης (αρ. ανεμογεννητριών, ισχύς)

Country	BE	DE	DK	ES	FI	IE	NL	NO	PT	SE	UK	Total
No. of farms	5	16	12	1	2	1	5	1	1	6	24	74
No. of turbines	182	258	513	1	9	7	124	1	1	91	1301	2488
Capacity installed(MW)	712	1048.9	1271	5	26	25	247	2	2	212	4495	8045.3

Πηγή: (EWEA, 2015)

Το μεγαλύτερο υπεράκτιο αιολικό πάρκο βρίσκεται στην Αγγλία, London Array, με δυνατότητα 630 MW. Ακολουθεί το Greater Gabbard (504 MW), επίσης στην Αγγλία, το Anholt (400 MW) στη Δανία και το Bard Offshore (400MW) στη Γερμανία (EWEA, 2015). Αναλυτικότερα τα μεγαλύτερα υπεράκτια αιολικά πάρκα από όλο τον κόσμο παρουσιάζονται στον Πίνακα 2. Στην Κίνα υπάρχουν δύο πάρκα σε λειτουργία με συνολική απόδοση 232 MW (EWEA, 2015).

Πίνακας 2 Τα μεγαλύτερα υπεράκτια αιολικά πάρκα

Υπεράκτιο Αιολικό Πάρκο	Ικανότητα παραγωγής (MW)	Χώρα
London Array	630	United Kingdom
Greater Gabbard	504	United Kingdom
Anholt	400	Denmark
Bard Offshore 1	400	Germany
Walney	367	United Kingdom
Thorntonbank	325	Belgium
Sheringham	317	United Kingdom
Thanet	300	United Kingdom
Meerwind	288	Germany
Lincs	270	United Kingdom
Horns Rev	209	Denmark

Πηγή: EWEA

Στην **Ελλάδα** δεν έχουν ακόμα εγκατασταθεί υπεράκτια αιολικά πάρκα. Ωστόσο, πρόσφατα το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικών Αλλαγών επέλεξε 12 θαλάσσιες περιοχές στη χώρα για εγκατάσταση ανεμογεννητριών από το 2017. Αυτές οι περιοχές, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 3, είναι σε Άγιο Ευστράτιο, Αλεξανδρούπολη, Κάρπαθο, Κέρκυρα, Θάσο, Κρυονέρι, Κύμη, Λήμνο, Λευκάδα, Πεταλιούς, Σαμοθράκη και Φανάρι Ροδόπης, συνολικής παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας 1,2 GW (Helpera). Αξίζει να αναφέρουμε ότι το Αιγαίο είναι πολύ ελκυστική θάλασσα για την κατασκευή υπεράκτιων αιολικών πάρκων, και πιο συγκεκριμένα πλωτών αιολικών πάρκων καθώς ο άνεμος είναι ισχυρός αλλά το κύμα δεν είναι μεγάλο με άμεσο αποτέλεσμα οι πλωτήρες να μπορούν να είναι ελαφρύτεροι και άρα πιο οικονομικοί ως προς την κατασκευή τους (Δασκαλάκης, 2012).



Σχήμα 3 Περιοχές της Ελλάδας που έχουν προταθεί για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών
 Πηγή: <http://www.tovima.gr>

Αυξητική τάση παρουσιάζουν επίσης η απόσταση από την ακτή και το βάθος της θάλασσας στα οποία τοποθετούνται τα αιολικά πάρκα. Το μέσο βάθος του νερού όπου κατασκευάζονται τα υπεράκτια αιολικά πάρκα το 2014 είναι 22.4 μέτρα, λίγο πιο πάνω από το μέσο βάθος το 2013 (20 μέτρα). Η μέση απόσταση από την ακτή για αυτά τα έργα είναι 32.9 χιλιόμετρα, μεγαλύτερη από το 2013 (30 χιλιόμετρα). Μέχρι στιγμής, η Γερμανία είναι η χώρα η οποία έχει εγκαταστήσει τα υπεράκτια αιολικά πάρκα της στη μεγαλύτερη απόσταση από τη στεριά αλλά και στο μεγαλύτερο βάθος νερού. Το πιο απομακρυσμένο πάρκο βρίσκεται σε απόσταση 90km από την ακτή και έχει εγκατασταθεί σε βάθος 40m (EWEA, 2015).

1.7 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

1.7.1 ΤΥΠΟΙ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ



Σχήμα 4 Ανεμογεννήτρια οριζοντίου άξονα
Πηγή: wind-energy.com

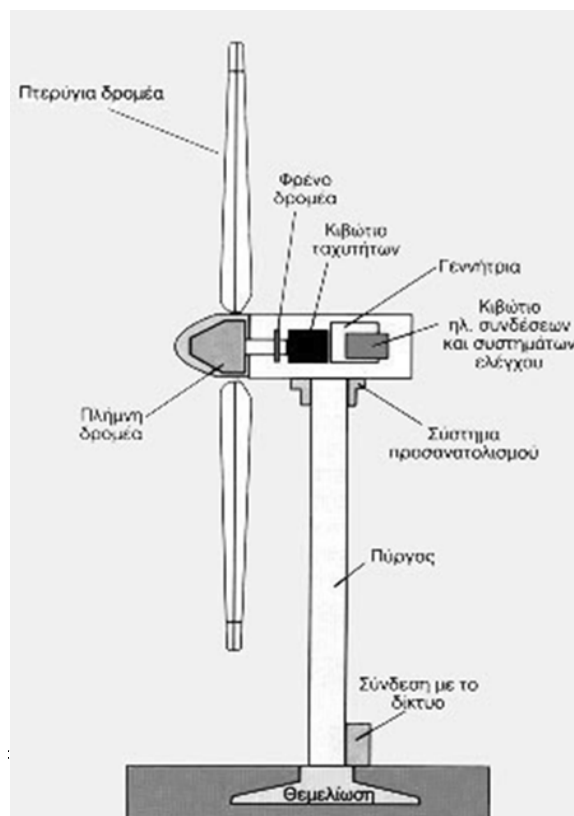
Οι ανεμογεννήτριες σύμφωνα με τη διεύθυνση των αξόνων τους σε σχέση με τη ροή του ανέμου κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες. Υπάρχουν οι ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα, στις οποίες ο άξονας περιστροφής του δρομέα είναι παράλληλος προς την κατεύθυνση του ανέμου αλλά και οριζοντίου άξονα, στις οποίες ο άξονας περιστροφής είναι παράλληλος προς την επιφάνεια της γης αλλά κάθετος στη κατεύθυνση του ανέμου (Σχήμα 4).

Τέλος, υπάρχουν και οι ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα, στις οποίες ο άξονας περιστροφής είναι κατακόρυφος και κάθετος στη κατεύθυνση του ανέμου. Οι θαλάσσιες ανεμογεννήτριες είναι αποκλειστικά οριζοντίου άξονα και έχουν συνήθως τρία πτερύγια. Το ύψος τους φτάνει τα 80 μέτρα (Leanwind, 2014).

1.7.2 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

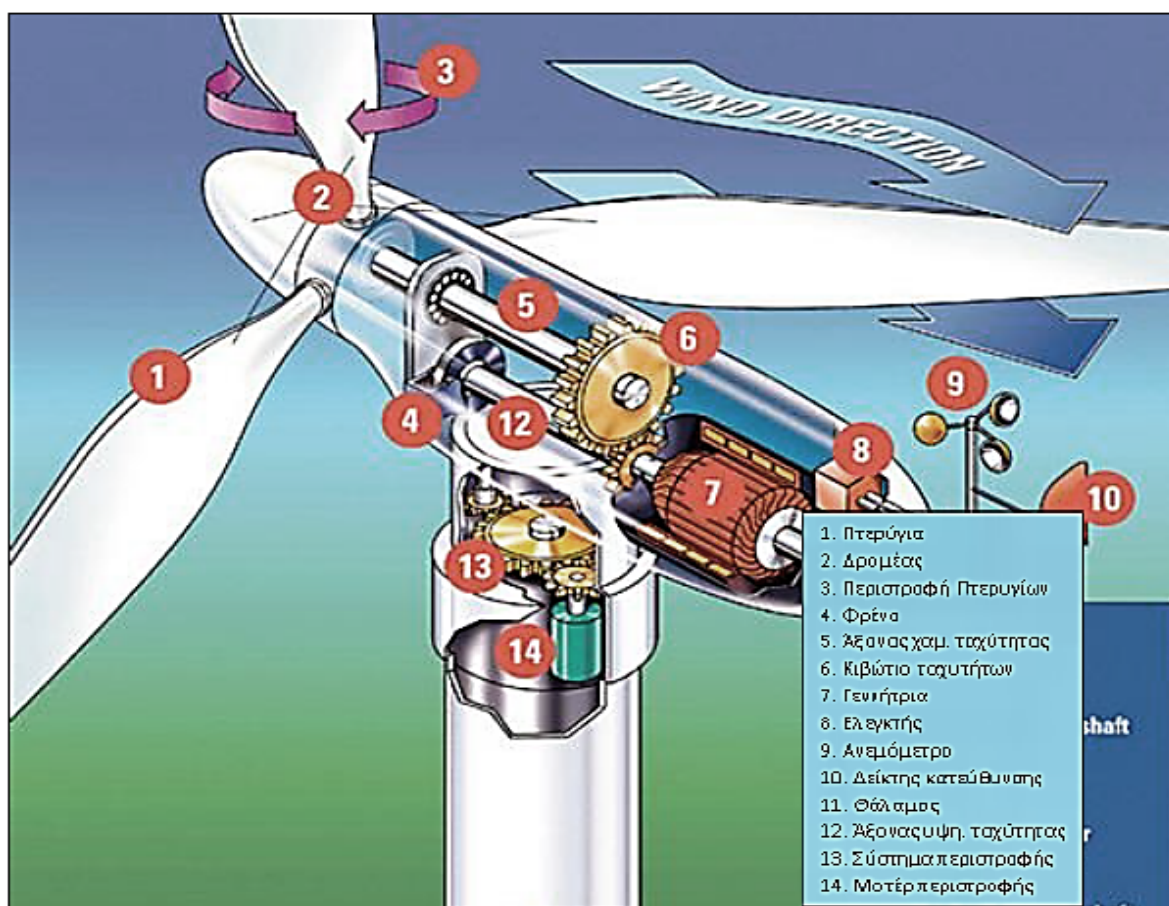
Μια ανεμογεννήτρια αποτελείται από μηχανολογικά και κατασκευαστικά μέρη, όπως φαίνεται στο Σχήμα 5. Τα μηχανολογικά μέρη βρίσκονται κυρίως στην άτρακτο και περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων την γεννήτρια, το κιβώτιο ταχυτήτων, το κιβώτιο ηλεκτρικών συνδέσεων και το φρένο (Σχήμα 6). Στα κατασκευαστικά μέρη ανήκουν η πλήμνη του δρομέα, ο πύργος, τα πτερύγια και η θεμελίωση της ανεμογεννήτριας.

Σχήμα 5 Βασικά χαρακτηριστικά ανεμογεννήτριας
Πηγή: <http://www.cie.org.cy/>



Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας προκύπτει από την κίνηση των πτερυγίων, λόγω του αέρα και ουσιαστικά τη μετατροπή της κινητικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Οι περισσότερες ανεμογεννήτριες, υπεράκτιες και παράκτιες, αρχίζουν να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια όταν η μέση ταχύτητα του ανέμου είναι 3-4 m/s και μεγιστοποιούν την απόδοσή τους για ταχύτητα ανέμου 15 m/s (Κορωναίος, 2012).

Στην αρχή η κινητική ενέργεια είναι ενέργεια χαμηλής ταχύτητας. Στη συνέχεια ο άξονας χαμηλής ταχύτητας συνδέεται με το κιβώτιο ταχυτήτων το οποίο αυξάνει την στροφική ταχύτητα της κινητικής ενέργειας και στη συνέχεια συνδέεται μέσω του άξονα υψηλής ταχύτητας με την ηλεκτρική γεννήτρια, η οποία μετατρέπει την κινητική ενέργεια του άξονα υψηλής ταχύτητας σε ηλεκτρική με τη βοήθεια μαγνητικού πεδίου (Κορωναίος, 2012).



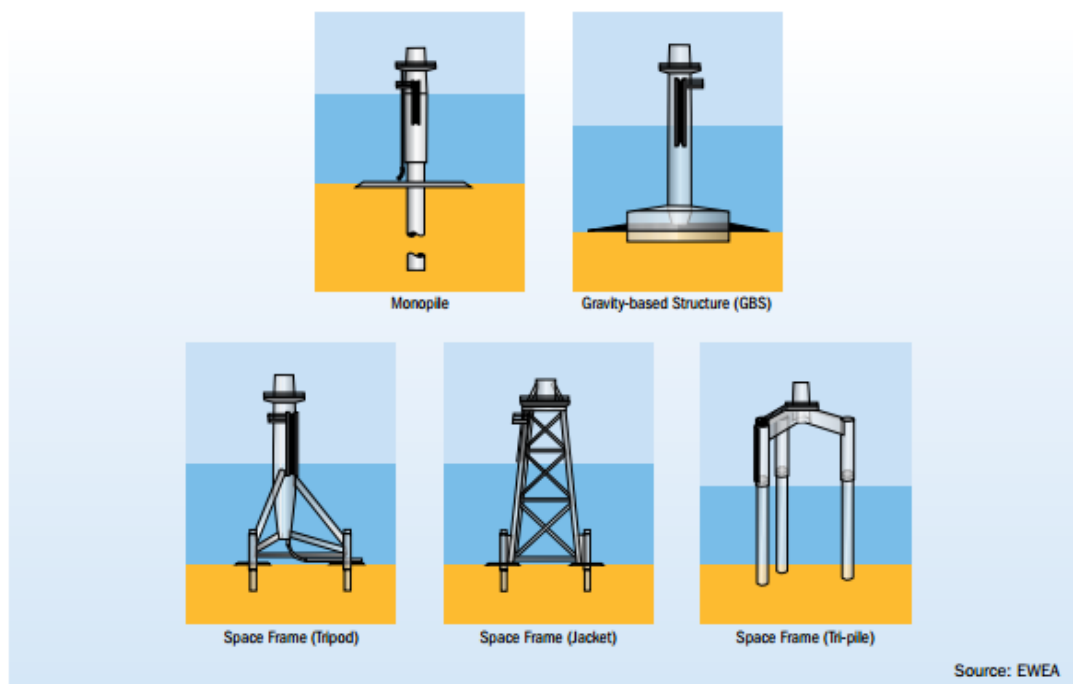
Σχήμα 6 Βασικά μηχανολογικά μέρη ανεμογεννήτριας
Πηγή: <http://www.energy365.gr>

1.7.3 ΕΙΔΗ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ ΥΠΕΡΑΚΤΙΩΝ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

Ένας πολύ σημαντικός παράγοντας στην σχεδίαση ενός αιολικού πάρκου είναι το είδος θεμελίωσης που θα χρησιμοποιηθεί και η μορφή του φορέα στήριξης της ανεμογεννήτριας. Η επιλογή αυτή γίνεται ανάλογα με τις ιδιότητες του βυθού (π.χ. γεωμορφολογία, βάθος) και την απαιτούμενη αντοχή της κατασκευής. Υπάρχουν δύο βασικά είδη υποστήριξης των θαλάσσιων ανεμογεννητριών: τα θεμελιωμένα και τα πλωτά συστήματα.

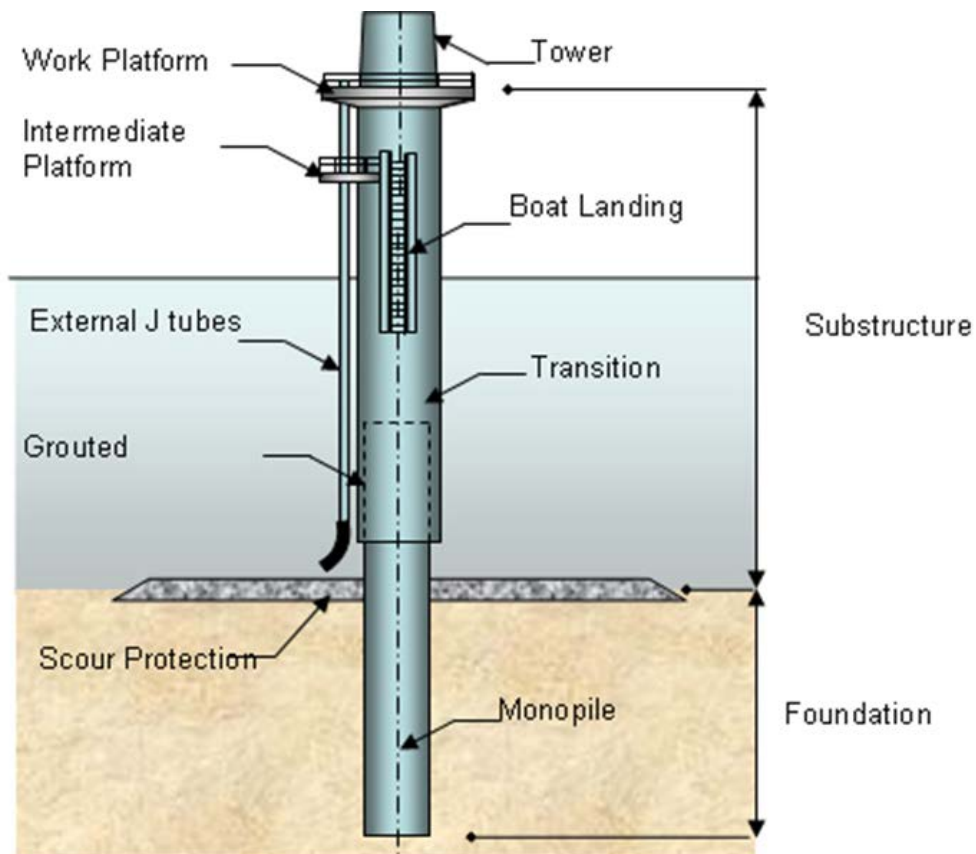
1.7.3.1 ΣΤΑΘΕΡΑ-ΘΕΜΕΛΙΩΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα θεμελιωμένα συστήματα είναι αυτά που χρησιμοποιούνται συνήθως για την εγκατάσταση ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου. Για μικρά βάθη (έως 15m) προτιμώνται θεμελιώσεις βαρύτητας (gravity base), ενώ για μεσαία βάθη (15-50 m) χρησιμοποιούνται κυρίως μονοπάσσαλος (monopile), τρίποδο (tripod) ή δικτυωτός πύργος (jacket) (Σχήμα 7).

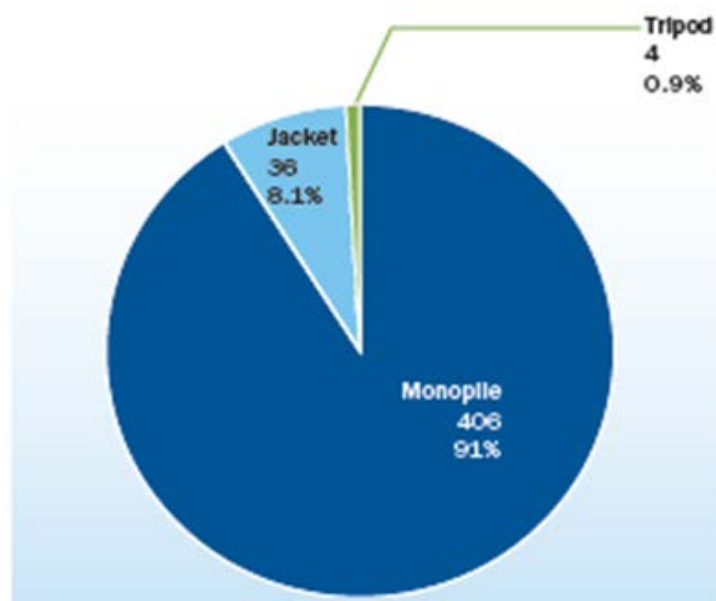


Σχήμα 7 Είδη θεμελίωσης κατά σειρά Monopile, Gravity based structure, Space frame (Tripod), Space frame (Jacket), Space frame (T pile)
Πηγή: EWEA

Το μονοπάσσαλο σύστημα (Σχήμα 8), το οποίο αποτελείται από έναν μεταλλικό πάσσαλο κοίλης κυκλικής διατομής, αποτελεί το πιο διαδεδομένο είδος σταθερής θεμελίωσης. Σύμφωνα με στοιχεία του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Αιολικής Ενέργειας (E.W.E.A) (EWEA, 2015), το 91% του συνόλου των εγκατεστημένων ανεμογεννητριών μέχρι το 2014 θεμελιώθηκαν με μονοπάσσαλο (Διάγραμμα 2).



Σχήμα 8 Βασικά χαρακτηριστικά μονοπάσσαλου συστήματος
 Πηγή: <http://www.imeche.org/>

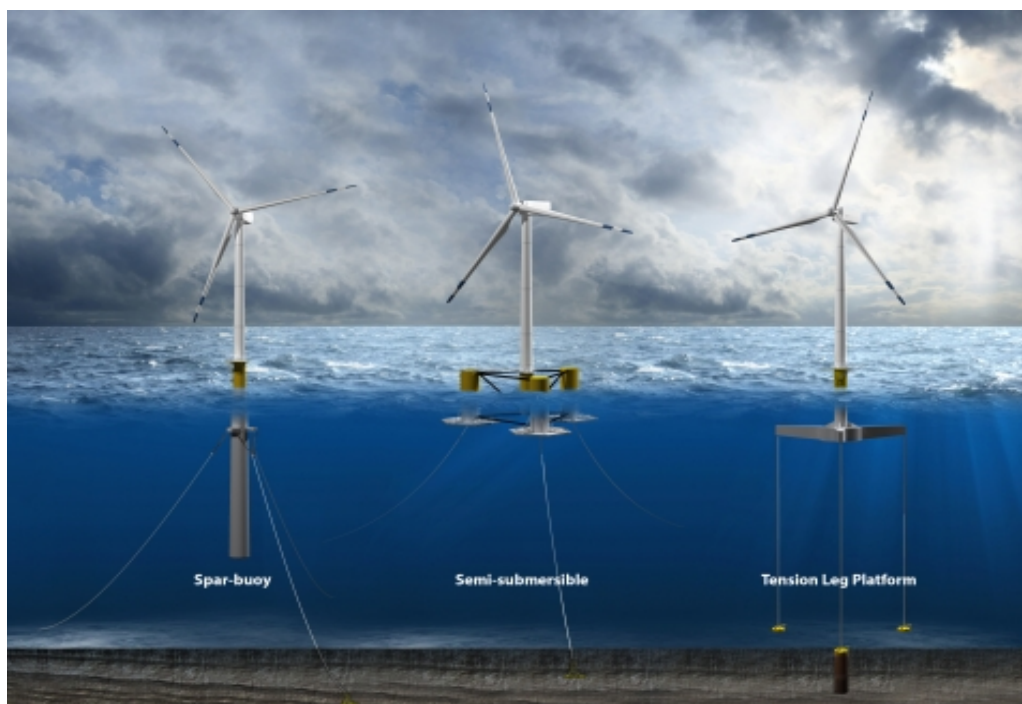


Διάγραμμα 2 Ποσοστό χρήσης μονοπάσσαλου συστήματος εδραίωσης στην Ευρώπη
 Πηγή: (EWEA, 2015)

Η συχνή χρήση του εν λόγω συστήματος οφείλεται κυρίως στην απλότητα του σχεδιασμού και της κατασκευής ενός τέτοιου συστήματος καθώς και στην σημαντική τεχνογνωσία και εμπειρία που υπάρχει παγκοσμίως πάνω σε τέτοιου είδους συστήματα. Χρησιμοποιείται για βάθη μόνο έως 25 μέτρων γιατί σε μεγαλύτερα βάθη η κατασκευή γίνεται πιο ασταθής εξαιτίας των σημαντικών υδροδυναμικών φορτίων που της ασκούνται (Κορωναίος, 2012).

1.7.3.2 ΠΛΩΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα πλωτά συστήματα αποτελούν μια καινούργια τεχνολογία η οποία αναμένεται να αναπτυχθεί τα επόμενα χρόνια ώστε να εγκατασταθούν υπεράκτια αιολικά πάρκα σε βάθη μεγαλύτερα από τα 50m (Χατζημπίρος, 2014). Τα πλωτά συστήματα (floating structure) έχουν μερικά σημαντικά πλεονεκτήματα όπως μεγαλύτερη ευελιξία κατά την κατασκευή και την εγκατάστασή τους καθώς επίσης και την ικανότητα να μεταβιβάζουν τεράστια καμπτικά φορτία στο νερό. Μέχρι στιγμής έχουν σχεδιαστεί τρεις βασικοί τύποι πλωτών συστημάτων (Εικόνα 9) το σύστημα τύπου σημαντήρα (spar), το σύστημα με σκέλη υπό ένταση (tensioned-leg platform TLP) και το σύστημα τύπου φορτηγίδα (floating jacket).



Σχήμα 9 Πλωτά συστήματα ανεμογεννητριών (Spar-buoy, Semi-Submersible, Tension Leg Platform)
Πηγή: www.dnvgl.com

1.8 ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΥΠΕΡΑΚΤΙΩΝ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

Δεν μπορούμε να προσεγγίσουμε την καθαρή παραγωγή ενέργειας ή το κατά προσέγγιση κόστος αυτής, αν δεν είναι γνωστή η ακριβής θέση της ανεμογεννήτριας. Η συμπεριφορά του ανέμου σε μία θέση είναι αυτή που καθορίζει και τη λειτουργική συμπεριφορά της ανεμογεννήτριας. Έτσι, η οικονομική βιωσιμότητα μιας συγκεκριμένης ανεμογεννήτριας σ' ένα συγκεκριμένο τόπο δεν μπορεί να προβλεφθεί χωρίς την ακριβή γνώση της συμπεριφοράς του ανέμου. Επομένως, η ένταση του ανέμου και οι διακυμάνσεις στο μέτρο και τη διεύθυνσή του είναι οι βασικές παράμετροι για την επιλογή της θέσης της ανεμογεννήτριας.

Για να γίνει η επιλογή θέσης εγκατάστασης της ανεμογεννήτριας δεν λαμβάνεται υπόψη μόνο ο άνεμος. Παρακάτω παρουσιάζονται και άλλοι παράγοντες που υπολογίζονται στην επιλογή της θέσης.

1. Η παραγωγή ενέργειας να είναι συμφέρουσα οικονομική (το κόστος της παραγόμενης KWh να είναι μικρό).
2. Η εγκατάσταση να μην έχει αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον.
3. Η λειτουργία της ανεμογεννήτριας να είναι συμβατή με τη λειτουργία του ηλεκτρικού δικτύου για να μπορεί να συνδεθεί με το κεντρικό δίκτυο ηλεκτροδότησης.
4. Να υπάρχει κοντά στη ξηρά υποσταθμός του κεντρικού δικτύου ηλεκτροδότησης
5. Να έχουν ληφθεί υπόψη κατά το σχεδιασμό της ανεμογεννήτριας οι πιθανές ακραίες μετεωρολογικές συνθήκες της συγκεκριμένης θέσης (παγετοί, εξαιρετικά ισχυροί άνεμοι, κύματα κλπ.).
6. Η επιλεγμένη θέση να είναι αποδεκτή από το κοινό.
7. Η επιλεγμένη θέση να είναι σύμφωνη με την εκάστοτε νομοθεσία κάθε χώρας (ΛΑΓΗΕ). Για παράδειγμα, στη Δανία τα offshore πάρκα πρέπει να τοποθετηθούν περίπου 1 με 1,5 Km από την ακτή (ΛΑΓΗΕ).

1.9 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

Ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο δεν μπορεί να λειτουργήσει χωρίς τα κατάλληλα συστήματα μεταφοράς. Για τις διάφορες εργασίες του πάρκου και για τη μεταφορά των εργαζομένων χρησιμοποιούνται διάφορα είδη σκαφών και ελικόπτερα.

Όταν πρέπει να πραγματοποιηθούν εργασίες κατασκευής και μεγάλες εργασίες συντήρησης, το προσωπικό και τα εξαρτήματα μεταφέρονται τις περισσότερες φορές με υπεράκτια σκάφη πρόσβασης (Offshore Assistance Vessel OAVs) (Σχήμα 10), jack-up σκάφη (Σχήμα 12), με σταθεροποιημένα πόδια, και σκάφη ανύψωσης βαρέων φορτίων (heavy lift vessels). Για μικρότερες εργασίες συντήρησης η μεταφορά των εργαζομένων γίνεται με μικρά σκάφη εργασίας όπως σκάφη μονού κύτους, μικρά καταμαράν (Σχήμα 11) και σκάφη Swath (Dalgic, Lazakis, Dinwoodie, McMilan, & Revie, 2014).

Σχήμα 10 Υπεράκτια σκάφη πρόσβασης
Πηγή: gcaptain.com



Υπεράκτια σκάφη πρόσβασης: Έχουν μήκος από 25 έως 70 μέτρα (Leanwind, 2014). Διαθέτουν καλύτερη επιχειρησιακή ικανότητα από τα συμβατικά πλοία μεταφοράς πληρώματος και είναι γενικά εξοπλισμένα με δυναμικά συστήματα διατήρησης θέσης. Επιπλέον, ένας διάδρομος αντιστάθμισης κίνησης συνήθως εγκαθίστανται στα υπεράκτια σκάφη πρόσβασης προκειμένου να μεταφέρουν τους τεχνικούς στην ανεμογεννήτρια σε κακοκαιρία, κάτι το οποίο στα πλοία μεταφοράς πληρώματος δεν μπορεί να λειτουργήσει. Οι γερανοί σε αυτά τα σκάφη παρέχουν την ικανότητα να μεταφέρουν συστατικά μέσου βάρους. Επίσης, έχουν σχεδιαστεί για να μένουν στα υπεράκτια αιολικά πάρκα μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα και ως εκ τούτου τα ταξίδια μεταξύ των τόπων και των λιμένων ελαχιστοποιούνται. Τα πλεονεκτήματα αυτά καθιστούν τα OAVs πιο κατάλληλα για τις δραστηριότητες λειτουργίας και συντήρησης. Ωστόσο, το κόστος ναύλωσης των σκαφών αυτών είναι υψηλότερο σε σχέση με τα συμβατικά σκάφη μεταφοράς πληρώματος. Ως εκ τούτου, τα OAVs δεν θεωρούνται ως μόνιμη λύση, όπως τα συμβατικά σκάφη μεταφοράς πληρώματος, αντ' αυτού ναυλώνονται για μικρότερα χρονικά διαστήματα.

Μικρά σκάφη πρόσβασης: Λόγο του μικρού μεγέθους τους ($L < 30m$) αναγκάζονται να κάνουν περισσότερα ταξίδια με αποτέλεσμα σημαντική σπατάλη χρόνου για εργασία και είναι πιο ευάλωτα στις δυσμενείς καιρικές συνθήκες (Leanwind, 2014). Οι καταμαράν διαμορφώσεις είναι συχνά η προτιμώμενη επιλογή, αλλά οι εργασίες περιορίζονται σε σχετικά χαμηλά ύψη κύματος.



Σχήμα 11 Μικρό σκάφος καταμαράν
Πηγή: www.offcon24.de

Σκάφη ανύψωσης βαρέων φορτίων: Μπορούν να σηκώσουν πολύ μεγάλα φορτία, τα οποία σίγουρα συναντάμε στην υπεράκτια αιολική βιομηχανία. Από την άλλη πλευρά, οι τιμές ναύλωσης των σκαφών ανύψωσης βαρέων φορτίων είναι υψηλότερες σε σχέση με τα Jack-up σκάφη. Το συνολικό τους μήκος φτάνει τα 200 μέτρα (Leanwind, 2014).

Jack-up σκάφη: Τα Jack-up σκάφη μπορούν να ανυψώνουν τη γάστρα τους πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας, χρησιμοποιώντας σταθμούς-πόδια που ακουμπούν στο βυθό, και έτσι παρέχουν πολύ σταθερό περιβάλλον για τη λειτουργία του γερανού ακόμα και κάτω από συνθήκες θαλασσοταραχής. Τα σκάφη με σταθεροποιημένα πόδια (leg-stabilised) είναι πολύ παρόμοια με τα σκάφη jack-up. Αντί της άρσης της γάστρας πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας, χρησιμοποιούν απλά τα «πόδια» για να σταθεροποιήσουν τη γάστρα και επιλέγονται κυρίως για χρήση σε ρηχά νερά. Το μήκος του κυμαίνεται από 80 έως 130 μέτρα (Leanwind, 2014).



Σχήμα 12 Σκάφος Jack-up
Πηγή: www.heavyliftspecialist.com

Ελικόπτερο: Τα ελικόπτερα χρησιμοποιούνται όταν τα πλοία μεταφοράς πληρώματος (Crew Transfer Vessel CTV) δεν είναι σε θέση να πλεύσουν λόγω δυσμενών καιρικών συνθηκών στον ωκεανό και όταν θέλουμε οι εργαζόμενοι να μεταφερθούν απευθείας στην κορυφή της ανεμογεννήτριας.

2. ΥΓΙΕΙΝΗ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, ο τομέας των υπεράκτιων αιολικών πάρκων αποτελεί μια καινούργια βιομηχανία με νέα εξελιγμένη τεχνολογία η οποία είναι άγνωστη ως προς τη χρήση και τη συμπεριφορά της. Το γεγονός αυτό θέτει σε μεγάλο κίνδυνο το προσωπικό του πάρκου και καθιστά επιτακτική ανάγκη την εφαρμογή κανονισμών υγιεινής και ασφάλειας για την προστασία τους. Αναφορικά, τα τελευταία 25 χρόνια και μόνο στην Μεγάλη Βρετανία καταγράφηκαν 1771 εργατικά ατυχήματα σε υπεράκτια αιολικά πάρκα, από τα οποία τα 116 ήταν θανατηφόρα (CWIF, 2015).

Ο τομέας της υγιεινής και ασφάλειας, που υπάρχει σε όλες τις σύγχρονες βιομηχανίες, έχει ως στόχο την μείωση της έκθεσης των εργαζομένων σε κινδύνους και την αποφυγή ατυχημάτων. Με τον όρο ασφάλεια αναφερόμαστε στην εκτέλεση της εργασίας με τέτοιο τρόπο ώστε να μην υπάρχει κανένας κίνδυνος ατυχήματος για τον εργαζόμενο και με τον όρο υγιεινή αναφερόμαστε στις συνθήκες που πρέπει να επικρατούν στο χώρο εργασίας ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος για την υγεία των εργαζομένων.

Η ασφάλεια μπορεί να οριστεί και αλλιώς ως «Η κατάσταση στην οποία το επίπεδο διακινδύνευσης ευρίσκεται σε αποδεκτά επίπεδα» (Σπύρου, 2010). Η διακινδύνευση στην αγγλική γλώσσα μεταφράζεται ως «risk» και για αυτό συχνά χρησιμοποιείται ο όρος «ρίσκο» στην ελληνική γλώσσα για να αναφερθούμε σε αυτή (Σπύρου, 2010).

Σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία ως εργατικό ατύχημα ορίζεται «ένα βίαιο γεγονός που λαμβάνει χώρα κατά την εκτέλεση της εργασίας ή με αφορμή την εργασία, με συνέπεια τραυματισμού του σώματος, βλάβη της υγείας ή απώλεια ζωής του εργαζομένου» (Ν. 1846/51, Νομοθεσία ΙΚΑ). Επιπλέον, υπάρχει και η έννοια του παραλίγο ατυχήματος το οποίο είναι ένα γεγονός που μολονότι δεν προκάλεσε κανένα τραυματισμό ή ζημιά τη στιγμή που προκλήθηκε, δημιούργησε τις προϋποθέσεις για πραγματικό ατύχημα.

Για να μπορέσει να ελεγχθεί η ασφάλεια, απαιτείται η θέσπιση ειδικών κανονισμών και κανόνων και η συμμόρφωση σε αυτούς. Οι εργοδότες έχουν υποχρέωση να τηρούνται οι κανόνες υγιεινής και ασφάλειας στο χώρο εργασίας και να εφαρμόζουν την νομοθεσία της εκάστοτε χώρας όσον αφορά την υγιεινή και ασφάλεια στην εργασία. Σε αυτό συμβάλλουν και οι εργαζόμενοι οι οποίοι έχουν δικαίωμα στην ασφαλή εργασία και υποχρέωση να τηρούν τους κανονισμούς.

Πίσω από την πραγματοποίηση κάθε ατυχήματος υπάρχουν διάφοροι παράγοντες που μπορεί να οδήγησαν σε αυτό. Κάνοντας μία έρευνα για τα ατυχήματα, μπορούμε να ανακαλύψουμε γιατί γίνονται ατυχήματα και πως μπορούν να

προληφθούν στο μέλλον. Για να πραγματοποιηθεί μια μελέτη ασφάλειας αρχικά, αναγνωρίζονται οι πιθανοί κίνδυνοι σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου και στη συνέχεια σχεδιάζονται και εφαρμόζονται μέτρα για την πρόληψή τους. Τέλος, πραγματοποιούνται έλεγχοι ασφάλειας καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του πάρκου για να βεβαιωθεί ότι τα μέτρα αυτά είναι επαρκή και εφαρμόζονται σωστά.

2.2 ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΓΙΕΙΝΗ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ

2.2.1 ΤΟ ΔΙΚΑΙΟ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ

Το δίκαιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης διακρίνεται σε δύο κατηγορίες, το πρωτογενές και το παράγωγο. Το πρωτογενές δίκαιο καλύπτουν οι Συνθήκες οι οποίες αποτελούν τη νομική βάση για όλες τις μορφές δράσης που αναπτύσσει η ΕΕ. Όλες οι ενέργειες της ΕΕ βασίζονται στις Συνθήκες, τις οποίες όλα τα κράτη μέλη της Ένωσης ενέκριναν εκούσια και δημοκρατικά (Ευρωπαϊκός Οργανισμός για την Υγεία και την Ασφάλεια στην Εργασία).

Το παράγωγο δίκαιο, περιλαμβάνει τους κανονισμούς, τις οδηγίες και τις αποφάσεις, και απορρέει από τις αρχές και τους στόχους που καθορίζονται στις Συνθήκες. Οι κανονισμοί έχουν άμεση επίδραση στην εθνική νομοθεσία και εφαρμόζονται πλήρως από τα κράτη μέλη. Αυτό σημαίνει ότι δεν χρειάζεται να μεταφερθούν στην εθνική νομοθεσία, αλλά παρέχουν δικαιώματα και υποχρεώσεις για τους πολίτες της ΕΕ απευθείας παρόμοια με την εθνική νομοθεσία. Εκτός από τους κανονισμούς, οι οδηγίες είναι ένα σημαντικό μέσο στη νομοθεσία της ΕΕ. Ο στόχος των οδηγιών είναι να εναρμονίσει την εθνική νομοθεσία στα κράτη μέλη. Μια οδηγία είναι δεσμευτική για τα κράτη μέλη σχετικά με την επίτευξη των στόχων που ορίζονται στην οδηγία, αλλά τα κράτη Μέλη πρέπει να αποφασίσουν σχετικά με το πώς θα εφαρμόσουν την οδηγία στο εθνικό τους νομικό σύστημα και για αυτό κάθε χώρα αποκτά στο τέλος διαφορετική νομοθεσία από τις υπόλοιπες.

2.2.2 ΕΥΡΩΠΑΪΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΓΙΕΙΝΗ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΤΗΝ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μία από τις βασικές Συνθήκες που εφαρμόζονται στην Ευρωπαϊκή Ένωση είναι η Συνθήκη για τη λειτουργία της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Σε αυτή και συγκεκριμένα στο άρθρο 153 ορίζεται ότι η ΕΕ έχει την αρμοδιότητα να εγκρίνει οδηγίες στον τομέα της ασφάλειας και της υγείας στην εργασία. Σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό οργανισμό για την υγιεινή και ασφάλεια στην εργασία (European Agency for Safety & Health at Work), μια από τις σημαντικότερες οδηγίες για την ασφάλεια και την υγεία αποτελεί η *οδηγία-πλαίσιο*.

Η οδηγία-πλαίσιο της ΕΕ για την ασφάλεια και την υγεία κατά την εργασία (οδηγία 1989/391/ΕΟΚ) αποτέλεσε τη βάση για τη βελτίωση της ασφάλειας και της υγείας στην εργασία (Ευρωπαϊκός Οργανισμός για την Υγεία και την Ασφάλεια στην Εργασία). Σε αυτή, μεταξύ άλλων, περιλαμβάνονται διατάξεις που αφορούν τη διαμόρφωση του εργασιακού περιβάλλοντος, τις υποχρεώσεις των εργοδοτών, την εκτίμηση των κινδύνων και την εφαρμογή προληπτικών μέτρων όλα με στόχο τη διασφάλιση της υγείας και της ασφάλειας των εργαζομένων.

Εκτός από την οδηγία-πλαίσιο, εγκρίθηκε και μια σειρά από επιμέρους οδηγίες οι οποίες αφορούν ειδικές πτυχές της υγείας και της ασφάλειας στην εργασία. Οι οδηγίες αυτές περιέχουν αυστηρότερες και ειδικότερες διατάξεις για συγκεκριμένους τομείς όπως συγκεκριμένους χώρους (π.χ. προσωρινά εργοτάξια), συγκεκριμένες κατηγορίες εργαζομένων (π.χ. έγκυες γυναίκες, νεαρούς) και συγκεκριμένους κινδύνους στην εργασία (π.χ. έκθεση σε επικίνδυνες ουσίες).

Γενικά πάντως τα κράτη μέλη έχουν το δικαίωμα να θεσπίζουν αυστηρότερους κανόνες για την προστασία των εργαζομένων κατά τη μεταφορά των οδηγιών της ΕΕ στα εθνικά τους δίκαια. Συνεπώς, οι νομοθετικές επιταγές στον τομέα της ασφάλειας και της υγείας στην εργασία μπορεί να διαφέρουν μεταξύ των διαφόρων κρατών μελών της ΕΕ. Στη συνέχεια παραθέτονται παραδείγματα διαφορετικών οδηγιών που ισχύουν σε διαφορετικές χώρες της Ευρώπης.

Ηνωμένο Βασίλειο και Βόρεια Ιρλανδία

Νομικό πλαίσιο	Health & Safety at Work etc. Act 1974 (HSWA)/Health and Safety at Work (Northern Ireland) Order 1978 (Government UK, 1974)
-----------------------	--

Ρυθμιστής	Health & Safety Executive
------------------	---------------------------

Το συγκεκριμένο νομικό πλαίσιο είναι το κύριο κομμάτι της νομοθεσίας που καλύπτει την υγεία και την ασφάλεια στη Μεγάλη Βρετανία. Ενδεικτικά περιλαμβάνει τις υποχρεώσεις των εργοδοτών, των εργαζομένων και των υπεύθυνων ασφάλεια, τις οδηγίες ασφαλείας απέναντι σε φωτιά και επικίνδυνες ουσίες, συμβουλευτικές οδηγίες για την υγεία των εργαζομένων και διατάξεις σχετικά με τα αδικήματα.

Το Health & Safety Executive (HSE) είναι ρυθμιστής της Μεγάλης Βρετανίας για όλα τα θέματα υγείας, ασφάλειας, και τα θέματα ασθένειας που σχετίζονται με την εργασία και χρησιμοποιεί το HSWA για τον έλεγχο και τη διαχείριση των κινδύνων στον χώρο εργασίας. Το HSE ρυθμίζει μόνο την υγεία και την ασφάλεια. Δεν αναπτύσσει ή διευθύνει τους ενεργειακούς πόρους.

Δανία

Νομικό πλαίσιο Working Environment Act (Danish Working Environment Authority, 2010)

Ρυθμιστής Working Environment Authority (Arbejdstilsynet)

Η Δανία εφάρμοσε τους πρώτους νόμους για την υγιεινή και ασφάλεια του εργαζομένου το 1873 και συνέχισε ώσπου το 1975, οι κανόνες για το εργασιακό περιβάλλον ενοποιήθηκαν σε μια ενιαία πράξη, η οποία εφαρμόζεται σε όλες τις εργασίες.

Η πράξη αυτή περιλαμβάνει νόμους, εκτελεστικές εντολές και οδηγίες.

Συγκεκριμένα περιλαμβάνει το Working Environment Act που ισχύει για όλες τις εργασίες, το Offshore Safety Act (Danish Working Environment Authority, 2013) για τις υπεράκτιες και το Consolidation Act concerning posting of workers που αναφέρεται σε εργαζόμενους που έχουν έρθει από το εξωτερικό.

Οι βασικοί τομείς της νομοθεσίας είναι η εκτέλεση του έργου, ο σχεδιασμός του χώρου εργασίας, ο τεχνικός εξοπλισμός, ουσίες και υλικά, οι περίοδοι ανάπαυσης και η προφύλαξη των νεαρών ατόμων κάτω των 18 ετών.

Οι εκτελεστικές εντολές (Executive Orders) αποτελούν κανόνες δικαίου και είναι νομικά δεσμευτικές για τις επιχειρήσεις και οι οποίες συνήθως περιέχουν κανόνες σχετικά με ποινικές κυρώσεις.

Γερμανία

Νομικό πλαίσιο Occupational Safety and Health Act (ArbSchG) (Ministry of Labor and Social Affairs, 1996)
Industrial Safety Ordinance (BetrSichV)

Ρυθμιστής German Social Accident Insurance
Professional Associations (BG)

Το γερμανικό σύστημα περί επαγγελματικής υγιεινής και ασφάλειας χρονολογείται από το ξεκίνημά της βιομηχανικής επανάστασης. Έχει προσαρμοστεί στις οικονομικές και πολιτικές αλλαγές πολλές φορές σύμφωνα πάντα με τον κανονισμό του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου. Ο συγκεκριμένος τομέας εξετάζεται υπό την εποπτεία του Υπουργείου Εργασίας και Κοινωνικών Υποθέσεων. Τον τελευταίο καιρό δίνεται ιδιαίτερο ενδιαφέρον στην αύξηση των μυοσκελετικών παθήσεων και το άγχος λόγω των συνθηκών εργασίας, καθώς και τη γενική κατάσταση της αγοράς εργασίας, όλα σε συνδυασμό με μια σταθερή γήρανση του πληθυσμού. Γενικά το συγκεκριμένο πλαίσιο περιλαμβάνει συμβουλές για την εποπτεία της εργασίας και συμβουλές σχετικά με τα συστήματα διαχείρισης της υγείας και ασφάλειας στην εργασία και την εξέταση της αποτελεσματικότητάς τους.

Νορβηγία	
Νομικό πλαίσιο	Working Environment Act (Labour Inspection, 2012)
Ρυθμιστής	Norwegian Labour Inspection (Arbeidstilsynet)
<p>Αξίζει να αναφέρουμε ότι η Νορβηγία δεν αποτελεί χώρα της Ευρωπαϊκής ένωσης, παρόλα αυτά έχει υιοθετήσει αρκετούς κανονισμούς και οδηγίες στη νομοθεσία της. Το συγκεκριμένο πλαίσιο αναφέρεται σε δραστηριότητες πετρελαίου και υδρογονανθράκων στη νορβηγική θάλασσα και δεν εφαρμόζεται στη ναυτιλία.</p> <p>Ο σκοπός αυτού του νόμου είναι να εξασφαλίσει ένα εργασιακό περιβάλλον που παρέχει τη βάση για μια υγιή και ουσιαστική κατάσταση εργασίας χωρίς σωματικές και ψυχικές βλάβες. Αναφορικά περιλαμβάνει τις υποχρεώσεις των εργοδοτών και των εργαζομένων, τη διαμόρφωση του εργασιακού χώρου, το ωράριο εργασίας, την εκπαίδευση των εργαζομένων και τις υποχρεώσεις των υπευθύνων ασφαλείας να δηλώνουν τα εργατικά ατυχήματα.</p> <p>Η Νορβηγική Αρχή Επιθεώρησης της Εργασίας (νορβηγικά: Arbeidstilsynet) είναι μια νορβηγική κυβερνητική υπηρεσία που υπάγεται στο Υπουργείο Εργασίας. Είναι υπεύθυνη για την εποπτεία της εφαρμογής του νόμου για το περιβάλλον εργασίας.</p>	

Ολλανδία	
Νομικό πλαίσιο	Working Conditions Act, Decree, Regulations, Annexes (Ministry of Social Affairs and Employment)
Ρυθμιστής	Inspectorate SZW
<p>Ο Ολλανδικός νόμος για τις συνθήκες εργασίας ορίζεται κυρίως σε μία πράξη (νόμος για τις συνθήκες εργασίας), ένα διάταγμα (διάταγμα για τις συνθήκες εργασίας) και ένα λεγόμενο «υπουργικό» σύνολο κανονισμών (για τις συνθήκες εργασίας). Ο νόμος για τις συνθήκες εργασίας περιλαμβάνει διατάξεις, μεταξύ άλλων, όπως τις γενικές υποχρεώσεις του εργοδότη και των υπαλλήλων και οδηγίες για την επιθεώρηση της εργασίας. Οι περισσότερες ειδικές διατάξεις προβλέπονται στο διάταγμα για τις συνθήκες εργασίας, το λεγόμενο «διατάγματος εφαρμογής». Εκτός από το Working Conditions Act, υπάρχει το Working Conditions Decree και το Working Conditions Regulations, που και αυτά διαθέτουν εγκεκριμένες από το νόμο οδηγίες.</p>	

Γαλλία	
Νομικό πλαίσιο	Code of Work (Ministry of Labour, 2016)
Ρυθμιστής	Ministry of Labour
<p>Ο Εργατικός Κώδικας (Code du Travail) είναι η πρωταρχική βάση για το εργατικό δίκαιο. Εκτός άλλων περιλαμβάνει οδηγίες για την προστασία των εργαζομένων, την πυρασφάλεια, την εργονομία και τα δικαιώματα των εργαζομένων.</p>	

Συγκεκριμένα για την **Ελλάδα**, οι διεθνείς συμβάσεις της Διεθνούς Οργάνωσης Εργασίας (ΔΟΕ), οι Οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) και οι κανονιστικές/νομοθετικές διατάξεις υποχρεώνουν τους εργοδότες και τους εργαζομένους να λαμβάνουν τα κατάλληλα μέτρα ασφάλειας και υγιεινής. Συγκεκριμένα, στον Ελληνικό χώρο ισχύει ο Νόμος-πλαίσιο 3850/2010 για τη υγιεινή και ασφάλεια στο χώρο εργασίας (Ελληνικό ινστιτούτο υγιεινής και ασφάλειας). Η παρούσα νομοθεσία περιέχει γενικές αρχές σχετικά με την πρόληψη των επαγγελματικών κινδύνων και την προστασία των εργαζομένων, την εξάλειψη των συντελεστών κινδύνου των εργατικών ατυχημάτων και των επαγγελματικών ασθενειών, την ενημέρωση, τη διαβούλευση, την ισόρροπη συμμετοχή, την κατάρτιση των εργαζομένων καθώς και τους κανόνες για την εφαρμογή αυτών των αρχών.

Στις αρχές του 20ου αιώνα, η Ελλάδα ξεκίνησε να εκδίδει νομοθεσία για την επαγγελματική ασφάλεια και υγεία. Σήμερα στο εθνικό μας δίκαιο, καταγράφονται πάνω από 100 νομοθετήματα για την ασφάλεια και υγεία των εργαζομένων, στα οποία περιλαμβάνονται νόμοι, διατάγματα και αποφάσεις.

2.2.3 ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΥΓΕΙΑ ΣΤΑ ΥΠΕΡΑΚΤΙΑ ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ

Όσον αφορά τον τομέα της υγιεινής και ασφάλειας στα υπεράκτια αιολικά πάρκα, για να αναλύσουμε το νομικό πλαίσιο, είναι καλύτερα να το χωρίσουμε σε δυο βασικές ενότητες. Η πρώτη ενότητα περιλαμβάνει τις ανεμογεννήτριες ως ανεξάρτητες κατασκευές και η δεύτερη ενότητα περιλαμβάνει τα σκάφη τα οποία χρησιμοποιούνται για τις διάφορες εργασίες μεταφοράς και λειτουργίας. Δεν υπάρχει ειδική νομοθεσία που να προσδιορίζει ειδικούς κανόνες υγιεινής και ασφάλειας για τις υπεράκτιες εγκαταστάσεις.

Στην πρώτη ενότητα εφαρμόζεται το νομικό πλαίσιο που ισχύει στην εκάστοτε χώρα για την υγιεινή και ασφάλεια στην εργασία και εφαρμόζεται σε όλες τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η νομοθεσία της Μεγάλης Βρετανίας, η οποία διαθέτει τον μεγαλύτερο αριθμό υπεράκτιων

αιολικών πάρκων στην Ευρώπη μεταξύ αυτών και το μεγαλύτερο αιολικό πάρκο της Ευρώπης. Όπως αναφέραμε και παραπάνω στην Αγγλία εφαρμόζεται το Health and Safety at Work Etc. Act 1974 (HSWA). Το συγκεκριμένο έγγραφο έχει διαμορφωθεί ώστε να μην αφορά βιομηχανικούς τομείς αλλά γενικά δραστηριότητες και κινδύνους και με αυτό τον τρόπο μπορεί να εφαρμόζεται σε μεγάλο φάσμα βιομηχανικών ενεργειών. (RenewableUK, 2014). Το Health and Safety Executive (HSE) λειτουργεί ως ρυθμιστής και προσδιορίζει το πως να λαμβάνονται οι αποφάσεις ώστε να μειώνεται το ρίσκο. Το συγκεκριμένο νομικό πλαίσιο περιλαμβάνει παραρτήματα όπως το Approved Codes Of Practice (ACOPS) με το οποίο εξηγείται πρακτικά το πως μπορούν να εφαρμοστούν οι κανονισμοί και παραρτήματα που επικεντρώνονται σε ξεχωριστούς τομείς, το CDM (construction design management), το RIDDOR (reporting of industrial diseases and dangerous occurrences regulations) και το POWER (provision and use of equipment).

Στη δεύτερη ενότητα, εφόσον αναφερόμαστε στη χρήση σκαφών, οι κανονισμοί επικεντρώνονται στους ναυτικούς κανονισμούς για την υγιεινή και ασφάλεια στη θάλασσα που ισχύουν σε κάθε χώρα. Οι κανονισμοί για την εργασία σε σκάφη διαφέρουν σε σχέση με τους κανονισμούς που είναι γενικά για τη βιομηχανία, για αυτό προσδιορίζονται σε ειδική νομοθεσία. Συγκεκριμένα, στο Ηνωμένο Βασίλειο ισχύει το «Health and Safety Regulations for Ships: Merchant Shipping and Fishing Vessel (Health and Safety at Work)» το οποίο αναφορικά περιλαμβάνει τις γενικές υποχρεώσεις των εργαζομένων και της εταιρίας, ειδικές αρμοδιότητες που ισχύουν στα σκάφη, απαγορεύσεις και οδηγίες για τις επιθεωρήσεις (UK legislation).

Βέβαια, υπάρχουν και κανονισμοί για την υγιεινή και ασφάλεια των εργαζομένων στη θάλασσα που προτείνονται από διεθνείς οργανισμούς όπως ο Διεθνής Οργανισμός Ναυτιλίας (IMO) και η Διεθνής Οργάνωση Εργασίας (International Labour Organization)

Ο IMO, σαν μια εξειδικευμένη υπηρεσία του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών, είναι το παγκόσμιο πρότυπο-αρχή καθορισμού της ασφάλειας και των περιβαλλοντικών επιδόσεων της διεθνούς ναυτιλίας. Ο κύριος ρόλος του είναι να δημιουργήσει ένα ίσο επίπεδο ανταγωνισμού, έτσι ώστε οι φορείς εκμετάλλευσης των πλοίων όταν αντιμετωπίζουν οικονομικά θέματα να μην κάνουν περικοπές και συμβιβασμούς στην ασφάλεια και τις περιβαλλοντικές επιδόσεις (IMO, 2015).

Η Διεθνής Οργάνωση Εργασίας σε συνδυασμό με την Διεθνή Ομοσπονδία Εργαζομένων στις Μεταφορές (International Transport Workers' Federation ITF) έχει εκδώσει οδηγίες για την πρόληψη των ατυχημάτων που πραγματοποιούνται σε σκάφη. Οι οδηγίες αυτές ενσωματώνονται στις διατάξεις της Σύμβασης Ναυτικής Εργασίας (Maritime Labour Convention MLO), που έχει οριστεί από την ΕΕ (ILO,MLO,ITF).

3. ΚΥΚΛΟΣ ΖΩΗΣ ΕΝΟΣ ΥΠΕΡΑΚΤΙΟΥ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ

Η ανάπτυξη ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου εγκυμονεί σοβαρούς κινδύνους για την υγεία και την ασφάλεια των εργαζομένων. Οι κίνδυνοι αυτοί εμφανίζονται από την αρχή μέχρι το τέλος της ζωής του και επαναλαμβάνονται στα περισσότερα στάδια. Σε αυτό το κεφάλαιο θα εξετάσουμε ποιοι κίνδυνοι για την υγεία και ασφάλεια στην εργασία εμφανίζονται σε κάθε στάδιο του κύκλου ζωής ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου ανάλογα με τις εργασίες που εκτελούνται σε κάθε στάδιο. Αναλυτικά ο τρόπος με τον οποίο ο κάθε κίνδυνος και η κάθε επικίνδυνη δραστηριότητα μπορεί να βλάψει τους εργαζόμενους παρουσιάζονται στο επόμενο κεφάλαιο μαζί με τον τρόπο που πρέπει να αντιμετωπίζονται.

Το μοντέλο του κύκλου ζωής θα περιλαμβάνει επτά στάδια. Πρώτο στάδιο είναι η σχεδίαση δηλαδή η μελέτη ασφαλούς κατασκευής, για παράδειγμα μηχανικές αντοχές, εξέταση πρόσβασης στην κατασκευή σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, εύκολη συντήρηση. Ακολουθεί το στάδιο της κατασκευής των διαφόρων εξαρτημάτων και το στάδιο της μεταφοράς από τη μονάδα παραγωγής στη θέση εγκατάστασης. Στη συνέχεια, είναι το στάδιο της εγκατάστασης, με μερική συγκρότηση στο λιμάνι, κατασκευή της θεμελίωσης υπεράκτια και ενοποίηση με το ηλεκτρικό δίκτυο. Εφόσον οι ανεμογεννήτριες τεθούν σε λειτουργία και ξεκινήσει η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος τότε βρισκόμαστε στο στάδιο λειτουργίας και συντήρησης του πάρκου, το οποίο έχει και τη μεγαλύτερη διάρκεια. Τέλος, πραγματοποιείται ο παροπλισμός της εγκατάστασης όπου διαλύεται η κατασκευή και απομακρύνονται οι εγκαταστάσεις από την περιοχή λειτουργίας, οι οποίες είτε καταστρέφονται είτε ανακυκλώνονται.

Αναλυτικότερα στον Πίνακα 3, καταγράφονται οι σημαντικότερες τυπικές δραστηριότητες εργασίας που πραγματοποιούνται στα παραπάνω στάδια του κύκλου ζωής.

3.1 ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ

Η φάση της σχεδίασης ενός αιολικού πάρκου όσον αφορά τον τομέα υγιεινής και ασφάλειας είναι αυτή κατά την οποία θα ελαχιστοποιηθεί το ρίσκο και θα μειωθούν οι κίνδυνοι για τους εργαζόμενους. Η μελέτη αυτή πρέπει να πραγματοποιηθεί από εξειδικευμένο προσωπικό με γνώσεις και εμπειρία στον τομέα της επαγγελματικής υγιεινής και ασφάλειας.

Κατά το στάδιο του σχεδιασμού αρχικά συγκεντρώνονται όλες οι απαραίτητες πληροφορίες (π.χ. γενική ιδέα, μορφολογία βυθού) και στη συνέχεια προσδιορίζεται με ακρίβεια το πως θα εκτελεστεί κάθε εργασία και τα μέτρα που θα πρέπει να ληφθούν ώστε οι εργαζόμενοι να μην κινδυνέψουν.

Τα υπεράκτια αιολικά πάρκα, αποτελούν μια καινούργια βιομηχανία και για αυτό δεν υπάρχουν συγκεκριμένες οδηγίες σχεδίασης. Αυτό το γεγονός σε συνδυασμό και με την πολυπλοκότητα των εγκαταστάσεων δυσκολεύει τη μελέτη που πρέπει να πραγματοποιηθεί.

Πίνακας 3 Τυπικές δραστηριότητες σε κάθε φάση του κύκλου ζωής
Πηγή: (RenewableUK, 2014)

Σχεδίαση	Παρασκευή Μεταφορά	Κατασκευή	Λειτουργία- Συντήρηση	Απεγκατάσταση- Ανακύκλωση
Λεπτομερής σχεδιασμός για όλο το αιολικό πάρκο	Εύρεση κατάλληλου εργοστασίου παρασκευής	Ετοιμότητα για επείγον περιστατικά	Εκπαίδευση εργαζομένων	Απομάκρυνση, διάλυση εξοπλισμού
Σχεδιασμός για συντήρηση	Έλεγχος προϊόντων	Λιμενικές δραστηριότητες –Logistics	Στρατηγικές συντήρησης	Ανακύκλωση εξοπλισμού
Στρατηγική εγκατάστασης	Χρήση οδικού δικτύου για μεταφορά μέχρι το λιμάνι	Εγκατάσταση θεμελίων	Παρακολούθηση εργασιών	
Λεπτομερής σχεδιασμός για κατασκευή	Χρήση σκαφών για μεταφορά στη θέση εγκατάστασης	Εγκατάσταση ανεμογεννητριών	Επιθεωρήσεις	
Στρατηγική θέσης		Υπεράκτια εγκατάσταση υποσταθμού	Ασφαλή συστήματα εργασίας	
Επιλογή σκαφών και συστημάτων πρόσβασης		Εγκατάσταση καλωδίων	Επιχειρησιακός έλεγχος	
Διαμόρφωση λιμανιών		Εκκίνηση λειτουργίας- παράδοση	Λήξη της εγγύησης καλής λειτουργίας	

3.2 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΣΤΟ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ

Οι ανεμογεννήτριες είναι μεγάλα και πολύπλοκα μηχανήματα και η Διεθνής Οργάνωση Εργασίας αναγνωρίζει ότι η κατασκευή τους παρουσιάζει κινδύνους που είναι παρόμοιοι με εκείνους στην αεροδιαστημική βιομηχανία και στη βιομηχανία αυτοκινήτων. Όπως και με κάθε παρόμοια βαριά βιομηχανία, οι εργαζόμενοι εκτίθενται σε μια σειρά από κινδύνους που σχετίζονται με την κατασκευή των εξαρτημάτων της τουρμπίνας, για παράδειγμα χειροκίνητη εργασία, χρήση μηχανημάτων και εξοπλισμού, ηλεκτρικούς κινδύνους και τον θόρυβο. Η υγιεινή και ασφάλεια κατά το στάδιο της κατασκευής είναι ευθύνη του εργοστασίου στο οποίο έχει ανατεθεί η παραγωγή των εξαρτημάτων.

3.3 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΠΡΟΣ ΤΟ ΧΩΡΟ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ

Η κίνηση των τεράστιων εξαρτημάτων των ανεμογεννητριών για εκατοντάδες χιλιόμετρα είναι μια σημαντική πρόκληση για τον τομέα της αιολικής ενέργειας. Η μεταφορά αρχικά γίνεται οδικώς μέχρι το λιμάνι και στη συνέχεια γίνεται με θαλάσσια σκάφη μέχρι το σημείο εγκατάστασης. Η μεταφορά των μεγάλων κατασκευαστικών στοιχείων είναι πιο δύσκολη στους δρόμους σε σχέση με τη θάλασσα καθώς ο χώρος στα μεταφορικά οχήματα είναι περιορισμένος και υπάρχουν και άλλοι άνθρωποι που κινούνται στο δρόμο.

Τα περισσότερα ατυχήματα αφορούν τμήματα της τουρμπίνας που πέφτουν από τους μεταφορείς, αν και τμήματα τουρμπίνας έχουν επίσης χαθεί στη θάλασσα (OSHA, 2013).

3.3.1 ΟΔΙΚΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑ

Τα περισσότερα εξαρτήματα των ανεμογεννητριών μπορούν να μεταφέρονται σε τμήματα, αλλά τείνουν να είναι πολύ μεγάλα και σε πολλές περιπτώσεις έχουν χαρακτηριστεί ως μη ομαλά φορτία για τα οδικά οχήματα. Η Ιρλανδική Ένωση Αιολικής Ενέργειας (IWEA, 2011) ορίζει μη ομαλό φορτίο ως «ένα όχημα ή το συνδυασμό οχημάτων που έχουν αδιαίρετο φορτίο, το οποίο μπορεί να μεταφερθεί μόνο υπερβαίνοντας τουλάχιστον μία από τις διαστάσεις ή συνολικό βάρος που επιτρέπεται από την οδηγία EC 96/53 (οδηγία για τον καθορισμό, για ορισμένα οδικά οχήματα που κυκλοφορούν στην Κοινότητα, των μέγιστων επιτρεπόμενων διαστάσεων στις εθνικές και διεθνείς μεταφορές και των μέγιστων επιτρεπόμενων βαρών στις διεθνείς μεταφορές) και την εθνική νομοθεσία». Στον τομέα της αιολικής ενέργειας πρόκειται για εξαρτήματα ανεμογεννητριών και για μετασχηματιστές που πληρούν αυτά τα κριτήρια.

Επιπλέον, οι τυπικοί κίνδυνοι οδικής μεταφοράς αυξάνονται λόγω της ιδιαίτερης φύσης των συστατικών μίας ανεμογεννήτριας. Συγκεκριμένα, οι έλικες είναι μεγαλύτερες από 50m και είναι σχετικά εύθραυστες. Οι άτρακτοι περιέχουν πολλά ευαίσθητα μέρη (π.χ. γεννήτρια) και έχουν μεγάλο βάρος. Τέλος, υπάρχουν και τα τμήματα του πύργου που είναι αρκετά ογκώδη.

Σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό για την Ασφάλεια και την Υγεία στην Εργασία (OSHA, 2013) «Οι κίνδυνοι που συνδέονται με τη μεταφορά των εξαρτημάτων των ανεμογεννητριών περιλαμβάνουν:

- Πτώση φορτίου και εργαζομένων - ένα ακάλυπτο φορτίο που μετατοπίζεται είναι πιο δύσκολο να ξεφορτωθεί. Στέλνοντας κάποιον επάνω στο φορτηγό για να χειριστεί ένα φορτίο που έχει μετατοπιστεί, τίθεται σε κίνδυνο πτώσης.
- Ρολάρισμα οχημάτων - σε σοβαρές περιπτώσεις μετατόπισης φορτίου, το όχημα μπορεί να χάσει την ισορροπία του και να ανατραπεί.

- Μετατόπιση φορτίου προς τα εμπρός - αν υπάρχει ένα χάσμα μεταξύ του φορτίου και του κυρίως οχήματος, το φορτίο μπορεί να μετατοπιστεί προς τα εμπρός κατά το φρενάρισμα, διακινδυνεύοντας τη ζωή του οδηγού και των άλλων χρηστών του οδικού δικτύου.
- Σύγκρουση με άλλα οχήματα – επειδή τα λιμάνια των υπεράκτιων αιολικών πάρκων βρίσκονται σε απομακρυσμένες περιοχές απαιτείται η χρήση των δευτερευόντων δρόμων για τη μεταφορά των εξαρτημάτων των ανεμογεννητριών. Λόγω του μεγέθους των οχημάτων και της διάρκειας της μεταφοράς θα υπάρχουν περιπτώσεις που θα πρέπει να διασχίσουν την κεντρική γραμμή του δρόμου ή ακόμη και να κινούνται κατά μήκος της λάθος πλευρά ενός κυκλικού κόμβου, και αυτό μπορεί να βάλει άλλους χρήστες του οδικού δικτύου σε κίνδυνο.
- Περιορισμένοι δρόμοι - οι διαστάσεις των μεταφερόμενων εξαρτημάτων θα δημιουργήσουν κινδύνους που συνδέονται με το ύψος και το βάρος τους όταν ταξιδεύουν κατά μήκος σε γέφυρες, σήραγγες, κ.α.
- Κούραση που προκαλείται από την οδήγηση για υπερβολικές αποστάσεις χωρίς τα κατάλληλα διαλείμματα. Σχετιζόμενα με τον ύπνο ατυχήματα είναι πιο πιθανό να συμβούν δύο-έξι πμ. και δυο με τέσσερις μμ, που είναι και οι ώρες κατά τις οποίες τα μη ομαλά φορτία μεταφέρονται.»

Για την αντιμετώπιση των παραπάνω κινδύνων, πρέπει πρώτα από όλα να επιλεγεί το ασφαλέστερο και γρηγορότερο οδικό δίκτυο. Για τη μελέτη αυτή θα ληφθούν υπόψη βασικά στοιχεία επικινδυνότητας όπως η αναγνώριση και η δυνατότητα αποφυγής κλειστών δρόμων πρόσβασης, απότομες κλίσεις των δρόμων, την οδική συμφόρηση και περιορισμένα σημεία καμπής ή σημεία επικοινωνίας.

Δεδομένου ότι χρησιμοποιούνται κύριοι δρόμοι για τη μεταφορά, η μελέτη ασφαλείας θα πρέπει να περιλαμβάνει και τους άλλους χρήστες του οδικού δικτύου. Για να αποφευχθεί η οδική συμφόρηση, η πλειοψηφία των μεταφορών γίνεται τη νύχτα, αν και αυτό δεν είναι πάντα εφικτό. Ένα παράδειγμα της μεταφοράς των εξαρτημάτων της ανεμογεννήτριας, που επηρεάζουν την ασφάλεια των άλλων χρηστών του οδικού δικτύου, είναι όταν η μεταφορά γίνεται σε φάλαγγες. Σε περιπτώσεις όπως αυτή, η χρήση των οχημάτων συνοδείας είναι απαραίτητη (Σχήμα 13). Τα οχήματα συνοδείας ελέγχουν την κίνηση των άλλων χρηστών και τους ενημερώνουν σχετικά με την πομπή.



Σχήμα 13 Φορτηγό μεταφέρει εξάρτημα με όχημα συνοδείας
Πηγή: European Agency for Safety and Health at Work

Παρόλο όμως τα μέτρα προφύλαξης τα ατυχήματα σε αυτό το στάδιο του κύκλου ζωής συνεχίζουν να συμβαίνουν. Έτσι, σε διάφορα κράτη, όπως είναι η Δανία και η Γερμανία, έχουν αρχίσει να κατασκευάζονται οι ανεμογεννήτριες σε εργοστάσια τα οποία βρίσκονται ακριβώς δίπλα στο λιμάνι. Με αυτό τον τρόπο εξαλείφονται εντελώς οι μεταφορές και συνεπώς και οι κίνδυνοι που εγκυμονούν.

3.3.2 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΜΕΣΩ ΘΑΛΑΣΣΑΣ

Σε σύγκριση με τις οδικές μεταφορές, οι θαλάσσιες μεταφορές είναι πιο εύκολες για πολύ μεγάλα, βαριά εξαρτήματα όπως αυτά που απαιτούνται για τα υπεράκτια αιολικά πάρκα. Μερικές φορές πάλι μεταφέρονται πλήρως κατασκευασμένες οι ανεμογεννήτριες αφού συναρμολογηθούν στην ακτή, κυρίως οι πλωτές.

Η μεταφορά των εξαρτημάτων της ανεμογεννήτριας υπεράκτια περιλαμβάνει πρόσθετους κινδύνους από εκείνους που έχουν ήδη εξεταστεί στην ξηρά. Τα ταξίδια είναι πολύ μεγαλύτερα και το σκάφος είναι εκτεθειμένο σε πιθανούς κινδύνους, όπως δυσμενείς καιρικές συνθήκες, σύγκρουση και φωτιά. Η αντιμετώπιση αυτών των κινδύνων προτείνεται στο κεφάλαιο 4 στους αντίστοιχους τομείς.

Επιπλέον, τα σκάφη υπόκεινται σε έξι διαφορετικές κινήσεις στη θάλασσα: rolling, pitching, yawing, surging, heaving and swaying. Αυτές οι κινήσεις προκαλούν μετατόπιση του φορτίου και μπορεί να μεγεθυνθούν πάρα πολύ σε έντονες καιρικές συνθήκες. Αυτή η μετατόπιση του φορτίου μπορεί να αποβεί μοιραία για τους εργαζόμενους πάνω στο σκάφος. Για αυτό το λόγο πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στη στοιβαγία του φορτίου και στα μέσα πρόσδεσης.

Ελικόπτερα μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθούν για τη μεταφορά του εξοπλισμού σε υπεράκτιες περιοχές. Ωστόσο, το βάρος του εξοπλισμού που μπορεί να μεταφερθεί είναι αρκετά περιορισμένο. Στο μέλλον θα είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν μεγαλύτερα ελικόπτερα με περισσότερο χώρο και μεγαλύτερη μεταφορική ικανότητα.

3.4 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΚΑΙ ΕΝΑΡΞΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Η κατασκευή ενός αιολικού πάρκου αποτελεί την πιο επικίνδυνη και περίπλοκη φάση στο κύκλο ζωής ενός αιολικού πάρκου. Περιλαμβάνει την θεμελίωση της γεννήτριας και την συναρμολόγηση της σε μία περιοχή με έντονους ανέμους, χρησιμοποιώντας σκάφη και ένα μεγάλο αριθμό εργαζομένων.



Σχήμα 14 Εγκατάσταση ανεμογεννήτριας σε αιολικό πάρκο στην Αγγλία
Πηγή: <http://www.progressive-charlestown.com>

Αναλυτικότερα, το στάδιο της κατασκευής περιλαμβάνει, αρχικά, προετοιμασία των θεμελίων της ανεμογεννήτριας. Ο τρόπος εδραίωσης έχει καθοριστεί και συναρμολογηθεί από τα λιμάνια και σε αυτό το στάδιο γίνεται η σύνδεση τους με το βυθό. Αν δεν γίνει με επιτυχία τότε κινδυνεύει να καταρρεύσει ολόκληρη η κατασκευή. Στη συνέχεια, συναρμολογούνται τα διάφορα εξαρτήματα της ανεμογεννήτριας. Κάθε εξάρτημα μεταφέρεται με γερανό από το κατάστρωμα του σκάφους στο σημείο σύνδεσης (Σχήμα 4).

Οι δραστηριότητες εγκατάστασης περιλαμβάνουν την κίνηση βαρέων, περίεργα σε σχήμα και σχετικά εύθραυστα φορτία, σε ένα δύσκολο περιβάλλον, και συχνά κοντά σε ανθρώπους. Οποιοδήποτε λάθος ή παράλειψη θα μπορούσε να οδηγήσει σε πτώση του φορτίου και να θέσει σε κίνδυνο ανθρώπους και σκάφη. Αυτό ισχύει τόσο για τις μεγάλες ανυψώσεις, όπως άτρακτοι και τμήματα πύργου, όσο και σε μικρότερες "ρουτίνας" ανελκύσεις των ελαφρύτερων συστατικών και του εξοπλισμού. Όταν εκτελούνται υπεράκτιες εργασίες ανύψωσης πρέπει να ληφθούν υπόψη οι ακραίες καιρικές συνθήκες που θα οδηγήσουν σε μεγαλύτερα φορτία ανέμου, η κίνηση του πλοίου κατά τη διάρκεια της ανύψωσης, ο περιορισμένος χώρος εργασίας επί του σκάφους, η κίνηση της τουρμπίνας (στην περίπτωση των πλωτών ανεμογεννητριών), το γεγονός ότι η ανέλκυση μπορεί να γίνεται πάνω από το κατάστρωμα του πλοίου και, τέλος, ότι θα υπάρξουν άλλα σκάφη στην περιοχή που εμπλέκονται στη διαδικασία κατασκευής.

Επιπλέον, ένας ακόμα σημαντικός κίνδυνος είναι η πτώση από ύψος, και για αυτό πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τη φάση της κατασκευής. Οι εργαζόμενοι

κινδυνεύουν από πτώση σε όλη τη διάρκεια της κατασκευής του πάρκου. Χρειάζεται να αιωρούνται στον αέρα για ώρες, να ανεβαίνουν σκάλες και να σηκώνουν βαριά υλικά.

Οι εργαζόμενοι πρέπει επίσης να φέρουν μαζί τους όλα τα εργαλεία και τον εξοπλισμό που χρειάζονται, τα οποία μπορεί να επηρεάσουν την ισορροπία και την ικανότητα τους να αποτρέψουν μια ενδεχόμενη πτώση τους, καθώς και να πέσουν από μεγάλο ύψος κατά λάθος. Αφού συναρμολογηθεί η ανεμογεννήτρια, τότε ξεκινάνε οι εργασίες σύνδεσης της με τα καλώδια και τον υποσταθμό.

Συγκεντρωτικά, σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό για την Ασφάλεια και την Υγεία στην Εργασία (OSHA, 2013), «Οι κίνδυνοι που προκύπτουν κατά την εγκατάσταση του αιολικού πάρκου είναι:

- Πτώση φορτίων ή αντικειμένων κατά τη διάρκεια της ανύψωσης.
- Πτώση εργαζομένων από μεγάλο ύψος
- Μηχανικοί κίνδυνοι, όπως η επαφή με κινούμενα μέρη.
- Υπεράκτιες θαλάσσιες επιχειρήσεις και μεταφορές, για παράδειγμα συγκρούσεις πλοίων ή πτώση ανθρώπων στη θάλασσα.
- Ηλεκτρικά - βραχυκυκλώματα, υπερφόρτιση, ηλεκτροστατικά φαινόμενα.
- Πυρκαγιά ή έκρηξη της τουρμπίνας (χρήση καύσιμων υλικών) ή στο σκάφος.
- Χειρωνακτική διακίνηση φορτίων.
- Εργονομία - φυσιολογικές επιδράσεις, ως αποτέλεσμα της βαριάς ανύψωσης και επαναλαμβανόμενες κινήσεις, κόπωση από αναρρίχηση σκάλες ή εργασία σε κλειστούς χώρους.
- Εργασία με επικίνδυνες ουσίες.
- Εργασία σε κλειστούς χώρους - η διαμόρφωση όλων των ατράκτων.
- Περιβαλλοντικές επιπτώσεις - άνεμος, κύματα και θαλάσσια ρεύματα, αστραπές.
- Οργανωτικά προβλήματα - πίεση χρόνου, έλλειψη εξοπλισμού ασφαλείας, έλλειψη δεξιοτήτων για τον τομέα της αιολικής ενέργειας.
- Η έκθεση σε θόρυβο και δόνηση.
- Εκκένωση των εργαζομένων από τις ανεμογεννήτριες, λόγω της αλλαγής των καιρικών συνθηκών.»

ΕΝΑΡΞΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Σε αυτό το στάδιο τα συστήματα θα λειτουργήσουν για πρώτη φορά και θα βρεθούν τυχόν λάθη που προέκυψαν κατά την κατασκευή. Επειδή τα λάθη αυτά μπορεί να είναι και στα συστήματα ασφαλείας που διαφυλάσσουν την ασφάλεια και την υγεία των εργαζομένων, θα πρέπει οι εργαζόμενοι να είναι ιδιαίτερα προσεκτικοί.

Σε περίπτωση που διαπιστωθούν ελαττώματα κατά τη διάρκεια έναρξης της λειτουργίας, πρέπει να ληφθούν άμεσα αποφάσεις. Ανάλογα με τα ελαττώματα, υπάρχουν κυρίως τρεις πιθανές επιλογές:

- Σταματούν οριστικά οι εργασίες γιατί υπάρχει μεγάλος κίνδυνος ασφάλειας.
- Σταματούν οι λειτουργίες των ελαττωματικών εξοπλισμών σε μια συγκεκριμένη θέση ενώ το υπόλοιπο σύστημα λειτουργεί κανονικά.
- Συνεχίζουν κανονικά οι λειτουργίες του συστήματος και το πρόβλημα διορθώνεται σε μικρό χρονικό διάστημα.

Η αποτελεσματική διαχείριση των εν λόγω όρων παράδοσης είναι ζωτικής σημασίας ώστε να δοθεί η δυνατότητα ασφαλούς λειτουργίας στις επόμενες φάσεις.

3.5 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΥΠΕΡΑΚΤΙΟΥ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ

Το στάδιο της λειτουργίας και συντήρησης θα έχει τη μεγαλύτερη διάρκεια από κάθε φάση του κύκλου ζωής ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου και περιλαμβάνει τις περισσότερες δραστηριότητες.

Καθημερινά, πραγματοποιούνται έλεγχοι της απόδοσης των μηχανών, της σωστής λειτουργίας των σκαφών και των καιρικών συνθηκών που επικρατούν στο πάρκο. Οι έλεγχοι για συγκεκριμένα μηχανήματα (π.χ. εξοπλισμός ανύψωσης, ανελκυστήρες) απαιτούν συγκεκριμένο χρονοδιάγραμμα όπως αυτό ορίζεται από τους κανονισμούς.

Οι εργασίες συντήρησης πραγματοποιούνται συγκεκριμένες εποχές του χρόνου, ώστε να έχουμε την καλύτερη δυνατή εκμετάλλευση των καλύτερων καιρικών συνθηκών.

Οι μεγαλύτεροι κίνδυνοι για την ασφάλεια των εργαζομένων εμφανίζονται κατά τη διάρκεια των λειτουργιών συντήρησης. Όταν πραγματοποιείται μια εργασία συντήρησης, οι άνθρωποι έρχονται αντιμέτωποι με όλους τους πιθανούς κινδύνους όπως φωτιά, εργασία σε ύψος (Σχήμα 15), απρόβλεπτες καιρικές συνθήκες, επικίνδυνες ουσίες, μεταφορά με σκάφη και ηλεκτρισμό.

Όσον αφορά τους εργονομικούς κινδύνους, οι εργαζόμενοι αναγκάζονται να δουλεύουν συνεχόμενα για μεγάλα χρονικά διαστήματα και να εκτελούν την ίδια εργασία για πολλά μηχανήματα. Αυτή η επαναλαμβανόμενη έκθεση σε ένα συγκεκριμένο κίνδυνο (π.χ. δόνηση) μπορεί να προκαλέσει σοβαρά προβλήματα υγείας. Τέλος, οι εργασίες συντήρησης περιλαμβάνουν και υποθαλάσσιες εργασίες.

Ο Πίνακας 4 που ακολουθεί παρουσιάζει τα πιο κοινά σφάλματα κατά τη διάρκεια λειτουργίας των αιολικών ανεμογεννητριών και τις πιθανές αιτίες που τα προκάλεσαν, όπως παρουσιάζονται στη σχετική αναφορά του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Υγιεινής και Ασφάλειας (OSHA, 2013).



Σχήμα 15 Εργασίες συντήρησης σε ανεμογεννήτρια
Πηγή: Siemens

Πίνακας 4 Σφάλματα και πιθανές αιτίες κατά τη λειτουργία των ανεμογεννητριών

ΠΙΘΑΝΑ ΣΦΑΛΜΑΤΑ	ΜΕΣΑ ΠΟΥ ΟΔΗΓΗΣΑΝ ΣΤΗΝ ΑΠΟΤΥΧΙΑ
Κατάρρευση πύργου	<p>Κίνδυνος μπορεί να προκύψει από εσφαλμένη εγκατάσταση του συστήματος πύργου- θεμελίων, βλάβη σε ένα από αυτά τα υποσυστήματα ή καταστροφική αποτυχία. Ο πύργος μπορεί επίσης να καταρρεύσει ως αποτέλεσμα του λυγισμού σε κάποιο σημείο πάνω από τη μέση του πύργου, εφόσον αναπτυχθούν δυνάμεις που ξεπερνούν τις δυνάμεις ανατροπής που έχουν υπολογιστεί στη φάση του σχεδιασμού. Επίσης, η φόρτιση από τα κύματα αποτελεί μια πρόσθετη πηγή δυναμικής διέγερσης και καταπόνησης για τις υπεράκτιες εγκαταστάσεις. Ομοίως, τα ρεύματα προσθέτουν μια επιπλέον στατική φόρτιση. Αυτές οι δυναμικές ενισχύσεις, μαζί με το εξαιρετικά διαβρωτικό περιβάλλον, θα έχει μια επίδραση στα θεμέλια του στροβίλου και τη δομική ακεραιότητα του πύργου.</p>
Κεραυνοί	<p>Οι κεραυνοί και οι καταιγίδες μπορεί να είναι τρομακτικά και επικίνδυνα φαινόμενα για τους εργαζόμενους σε ένα αιολικό πάρκο, ειδικά αν εργάζονται μέσα στην ίδια την άτρακτο. Ένα χτύπημα κεραυνού είναι ικανό να προκαλέσει πυρκαγιά στην ανεμογεννήτρια. Για παράδειγμα, το 14% του συνόλου των ζημιών σε ανεμογεννήτριες στη Γερμανία προκαλούνται από κεραυμούς.</p>

Πίνακας 4 Σφάλματα και πιθανές αιτίες κατά τη λειτουργία των ανεμογεννητριών
Συνέχεια

ΠΙΘΑΝΑ ΣΦΑΛΜΑΤΑ	ΜΕΣΑ ΠΟΥ ΟΔΗΓΗΣΑΝ ΣΤΗΝ ΑΠΟΤΥΧΙΑ
Αποτυχία λεπίδων	<p>Οι λεπίδες μπορεί να υπερφορτωθούν ως αποτέλεσμα της έντονης λειτουργίας, της φθοράς, των υπερβολικών κραδασμών ή των εξωτερικών φορτίων και να καταρρεύσουν. Μια μελέτη που εκπονήθηκε από το MMI Engineering Ltd για την Υγεία και την Ασφάλεια αναφέρει ότι μια ολόκληρη λεπίδα θα μπορούσε να φθάσει σε απόσταση βολής μεταξύ 155 m και 198 m, ενώ για ένα θραύσμα λεπίδας (10% μεγέθους της) η απόσταση θα είναι μεταξύ 312m και 1.462m, ανάλογα με το συντελεστή οπισθέλκουσας (Health and Safety Executive, 2013).</p> <p>Το 2010, ένα πάρκο με 140 ανεμογεννήτριες κοντά στη Γλασκόβη, έκλεισε προσωρινά μετά από μια λεπίδα 14-τόνων που έσπασε σε ακραίες συνθήκες ανέμου και προσγειώθηκε στη βάση του πύργου.</p>
Φωτιά	<p>Έχουν καταγραφεί αρκετές πυρκαγιές τουρμπίνας, οι οποίες προκλήθηκαν από κεραυνό ή από ένα σφάλμα στο τροφοδοτικό ή από ισχυρούς ανέμους (π.χ. ανεμογεννήτρια έπιασε φωτιά κατά ριπές ανέμου έως 250 χλμ/ώρα σε περιοχή της Σκοτίας).</p> <p>Έχουν καταγραφεί περιπτώσεις να πιάνουν φωτιά τα περιβλήματα των ανεμογεννητριών. Καθώς τα περιβλήματα είναι συνήθως πέρα από τον συνηθισμένο εξοπλισμό κατάσβεσης πυρκαγιάς, και στην περίπτωση των παλαιότερων μονάδων στροβίλων χωρίς κανένα σύστημα πυρόσβεσης, είναι σχεδόν αδύνατη η κατάσβεση τους. Σε τέτοιες περιπτώσεις, η φωτιά αποτελεί έναν κίνδυνο για τους εργαζομένους οι οποίοι μπορεί να είναι μέσα στην άτρακτο και τον πύργο και για τους ανθρώπους ακριβώς κάτω από την άτρακτο.</p>

Πηγή: (OSHA, 2013)

3.6 ΠΑΡΟΠΛΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Μία ανεμογεννήτρια κατασκευάζεται για να λειτουργεί 20 χρόνια (OSHA, 2013). Αφού περάσει αυτό το διάστημα πρέπει είτε να αναδιαμορφωθεί ώστε να γίνει σαν καινούργια είτε να απομακρυνθεί από το αιολικό πάρκο και να ανακυκλωθεί.

Μέχρι στιγμής, λόγω της μικρής διάρκειας λειτουργίας των αιολικών πάρκων, λίγες ανεμογεννήτριες έχουν παροπλιστεί. Για αυτό το λόγο και οι γνώσεις πάνω σε αυτό τον τομέα είναι περιορισμένες. Οι κίνδυνοι για την υγιεινή και την ασφάλεια που συνδέονται με τα τελικά στάδια ενός εξαρτήματος ή τη ζωή της τουρμπίνας είναι αρκετά κρίσιμοι, αλλά μπορεί να υποθεθεί ότι οι επαγγελματικοί κίνδυνοι στο

στάδιο του παροπλισμού, θα είναι ίδιοι με τους κινδύνους κατά το στάδιο κατασκευής και εγκατάστασης. Κατά το στάδιο του παροπλισμού, πρέπει να λάβουμε σοβαρά υπόψη μας τη διάβρωση που έχουν υποστεί οι ανεμογεννήτριες. Επιπλέον, αξίζει να αναφέρουμε ότι η ίδια λειτουργία μπορεί να είναι πιο επικίνδυνη σε σχέση με την αρχική συναρμολόγηση (π.χ. κατά τη συναρμολόγηση-αποσυναρμολόγηση κοχλιοσυνδέσεων).

3.7 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ

Η επεξεργασία των αποβλήτων και η ανακύκλωση εδώ και τρεις δεκαετίες απασχολεί ενεργά τις βιομηχανίες γιατί όχι μόνο συμβάλλει στην προστασία του περιβάλλοντος αλλά τους προφέρει και οικονομικά οφέλη από την αξιοποίηση των διαφόρων εξαρτημάτων.

Όταν μια ανεμογεννήτρια παροπλιστεί τότε τις πιο πολλές φορές ο πύργος και η άτρακτος θα μεταφερθούν σε εργοστάσιο ανακύκλωσης και οι λεπίδες θα σταλούν σε χώρους υγειονομικής ταφής.

Τα κύρια υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή ανεμογεννητριών είναι ρητίνη, fiberglass, σίδηρος, χάλυβας, χαλκός και σκυρόδεμα. Από αυτά τα υλικά, ο σίδηρος, ο χάλυβας και ο χαλκός είναι ανακυκλώσιμα μόνο με 5-10% απώλειες.

Κατά τη διάρκεια την ανακύκλωσης, η οποία πραγματοποιείται σε ειδικά εργοστάσια, πραγματοποιούνται διάφορες εργασίες που μπορεί να θέσουν σε κίνδυνο την υγεία των εργαζομένων. Για παράδειγμα, η εργασία μηχανικού διαχωρισμού και τήξης σε χυτήριο εκθέτει τους εργαζόμενους σε επικίνδυνες χημικές ουσίες.

Επιπλέον, τα πτερύγια εκτός από την υγειονομική ταφή μπορούν και να αποτεφρωθούν. Ωστόσο, η τέφρα που απομένει μετά την αποτέφρωση μπορεί να θεωρείται ως ρύπος λόγω της παρουσίας των ανόργανων υλικών στα σύνθετα υλικά, και επιπλέον, τα καυσαέρια είναι επικίνδυνα για την υγεία των ανθρώπων.

Οι σημαντικότεροι κίνδυνοι για την ασφάλεια και την υγεία των εργαζομένων παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον Πίνακα 5, που ακολουθεί, σε αντιστοιχία με τις φάσεις του κύκλου ζωής στις οποίες εμφανίζονται.

Πίνακας 5 Παραδείγματα των σημαντικότερων κινδύνων σε αντιστοιχία με τις φάσεις του κύκλου ζωής στις οποίες εμφανίζονται

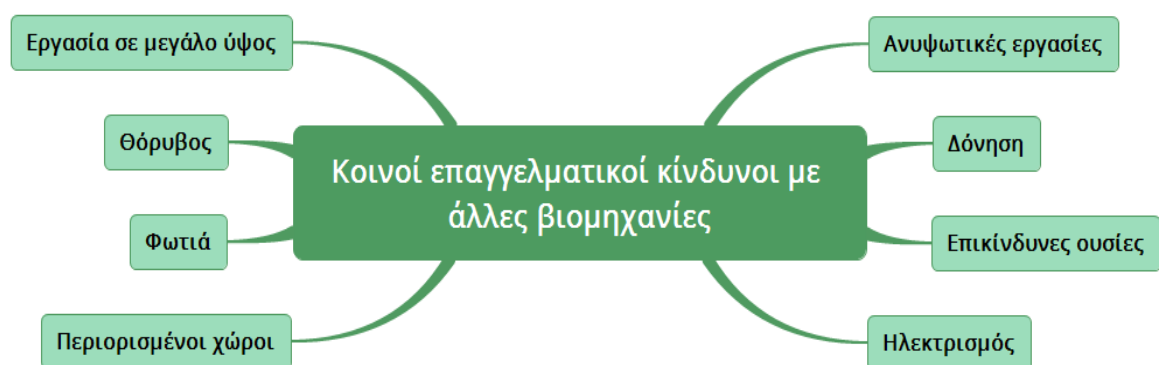
	Μεταφορά	Κατασκευή	Λειτουργία και Συντήρηση	Παροπλισμός	Ανακύκλωση
Ανυψωτικές εργασίες	●	●	●	●	
Δόνηση	●	●	●	●	
Επικίνδυνες ουσίες		●	●	●	●
Εργασία μακριά από τη στεριά	●	●	●	●	
Εργασία σε μεγάλο ύψος		●	●	●	
Ηλεκτρισμός	●	●	●	●	●
Θαλάσσιες εργασίες	●	●	●	●	
Θόρυβος	●	●	●	●	●
Περιορισμένοι χώροι			●	●	
Πρόσβαση-Απομάκρυνση από τις WTG		●	●	●	
Συνθήκες ωκεανού	●	●	●	●	
Υποθαλάσσιες εργασίες		●	●	●	
Φωτιά	●	●	●	●	●

4.ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ, ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΦΥΛΑΞΗΣ

Όλες οι δραστηριότητες που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη ενότητα εγκυμονούν σοβαρούς κινδύνους για τους εργαζομένους. Στο παρών κεφάλαιο παρουσιάζονται οι άμεσες συνέπειες που μπορούν να προκαλέσουν στην υγεία και την ασφάλεια του προσωπικού και ο τρόπος με τον οποίο πρέπει να αντιμετωπίζονται. Συγκεκριμένα, συγκεντρώνονται 20 επαγγελματικοί κίνδυνοι ή επικίνδυνες δραστηριότητες. Οι πληροφορίες αντλήθηκαν από σχετική αναφορά του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Ασφαλείας (OSHA, 2013), τον Οργανισμό Ανανεώσιμης Ενέργειας του Ηνωμένου Βασιλείου (RenewableUK, 2014) και τους σχετικούς κανονισμούς.

Στο Παράρτημα Α, συγκεντρώνονται όλοι οι κίνδυνοι και οι επικίνδυνες δραστηριότητες σε συνδυασμό με τους αντίστοιχους κανονισμούς που ισχύουν για την αντιμετώπιση τους. Επειδή κάθε χώρα εφαρμόζει τους δικούς της κανονισμούς-οδηγίες παρουσιάζονται παραδειγματικά οι κανονισμοί-οδηγίες που ισχύουν στη Μεγάλη Βρετανία.

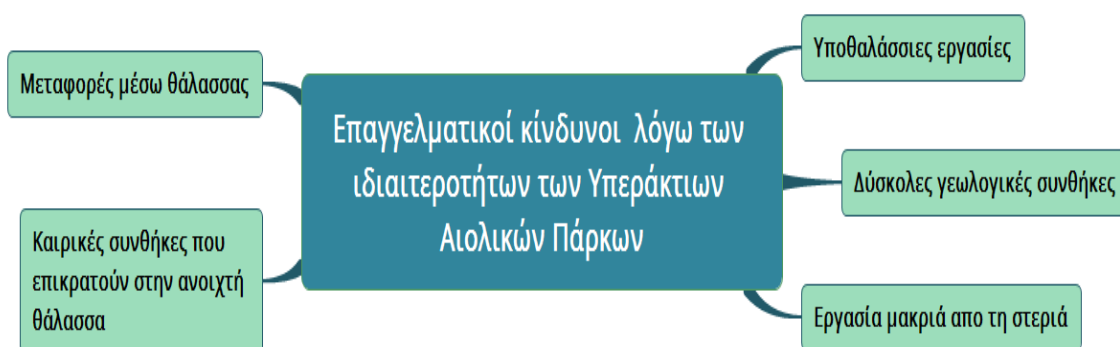
Αξίζει να αναφέρουμε ότι οι επαγγελματικοί κίνδυνοι μπορούν να διαχωριστούν σε δύο βασικές κατηγορίες, στους κινδύνους που εγκυμονούν και σε παρόμοιες βιομηχανικές μονάδες (π.χ. χερσαίο αιολικό πάρκο) (Διάγραμμα 3) και στους κινδύνους που οφείλονται στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου (Διάγραμμα 4). Οι κοινοί κίνδυνοι που υπερισχύουν και σε ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο περιλαμβάνουν κίνδυνο από φωτιά, δόνηση, ηλεκτρισμό, θόρυβο, επικίνδυνες ουσίες, περιορισμένους χώρους, ανυψωτικές εργασίες και εργασίες που πραγματοποιούνται σε μεγάλο ύψος.



Διάγραμμα 3 Οι επαγγελματικοί κίνδυνοι οι οποίοι εμφανίζονται σε ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο αλλά και σε άλλες βιομηχανίες

Ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο εξαιτίας της εγκατάστασης του στην ανοιχτή θάλασσα επηρεάζεται άμεσα από τις ιδιαιτερότητες του θαλάσσιου περιβάλλοντος, όπως τις γεωλογικές συνθήκες του βυθού και τις επικίνδυνες καιρικές συνθήκες που

επικρατούν. Επιπλέον, οι εγκαταστάσεις βρίσκονται μακριά από τη στεριά και απαιτείται η χρήση σκαφών για την εγκατάστασή τους και για τη μεταφορά του προσωπικού. Οι κίνδυνοι αυτοί καθιστούν τα υπεράκτια αιολικά πάρκα πιο επικίνδυνα για την υγεία και την ασφάλεια των εργαζομένων σε σχέση με τα χερσαία.



Διάγραμμα 4 Οι επαγγελματικοί κίνδυνοι που οφείλονται στην ιδιαίτερη μορφή ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου.

4.1 ΑΝΥΨΩΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

Οι δραστηριότητες κατασκευής και συντήρησης κατά τη διάρκεια ζωής ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου γενικά περιλαμβάνουν ένα ευρύ φάσμα ανυψωτικών εργασιών. Οι ανυψωτικές εργασίες περιλαμβάνουν τη χρήση γερανών οι οποίοι είναι τοποθετημένοι σε δομές και γερανούς οι οποίοι είναι τοποθετημένοι πάνω στα σκάφη.

Οι τυπικοί κίνδυνοι από τους οποίους πρέπει να προφυλαχτούν οι εργαζόμενοι σε ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο

Σε κάθε λειτουργία ανύψωσης, οι κύριοι κίνδυνοι για τους ανθρώπους μπορούν να προκύψουν από την πτώση αντικειμένων, οι οποίες μπορεί να προκληθούν από κάποιο σφάλμα στα ανυψωτικά μηχανήματα ή σφάλμα στα σημεία σύνδεσης στο ίδιο το φορτίο. Οι εργασίες σε ένα υπεράκτιο περιβάλλον αυξάνουν σημαντικά την τεχνική και οργανωτική πολυπλοκότητα της ανύψωσης. Συγκεκριμένα, το θαλάσσιο περιβάλλον θα επιταχύνει την αλλοίωση της δομής και των μηχανικών εξαρτημάτων των ανυψωτικών μηχανημάτων ή των σημείων προσάρτησης των φορτίων, με αποτέλεσμα να μειωθεί η αντοχή τους. Ακόμα, οι συνθήκες στον ωκεανό μπορεί να αλλάξουν γρήγορα και απροσδόκητα, επηρεάζοντας τόσο τον εξοπλισμό όσο και το προσωπικό.

Οι ανυψωτικές εργασίες που αφορούν πλωτά σκάφη επηρεάζονται από τις κινήσεις του πλοίου λόγω των κυματισμών. Με κάθε κίνηση του σκάφους επηρεάζεται η ισορροπία του γερανού και συνεπώς και του φορτίου που

ανυψώνεται με αποτέλεσμα να αναπτύσσονται δυνάμεις που μπορεί να οδηγήσουν σε ανατροπή του φορτίου αλλά και του ίδιου του γερανού.

Αντιμετώπιση των παραπάνω κινδύνων

Όταν πραγματοποιούνται ανυψωτικές εργασίες θα πρέπει να μεριμνήσουμε για τους κινδύνους και την πολυπλοκότητα της προτεινόμενης λειτουργίας και να προσαρμόσουμε τα μέτρα ασφάλειας στις ιδιαιτερότητες του κάθε γερανού και του κάθε σκάφους.

Ο κίνδυνος μπορεί να ελαχιστοποιηθεί, αρχικά, δίνοντας προσοχή κατά το σχεδιασμό, έτσι ώστε ο εξοπλισμός να ταιριάζει με τις ικανότητες των προβλεπόμενων πλοίων και να υιοθετεί τις βέλτιστες πρακτικές στη λειτουργία ανύψωσης. Ένας λεπτομερής σχεδιασμός μπορεί να καταστήσει δυνατή την ανύψωση του φορτίου στην τελική του θέση, χωρίς να χρειάζεται ανθρώπους για να καθοδηγήσουν το φορτίο, αποφεύγοντας έτσι την τοποθέτηση ατόμων κάτω από το αιωρούμενο φορτίο ή γενικά πολύ κοντά στην περιοχή τοποθέτησης. Επιπλέον, πρέπει να γίνει σωστή επιλογή του κατάλληλου σκάφους και του κατάλληλου γερανού για το έργο. Για παράδειγμα, αν πρέπει να γίνει ανύψωση ηλεκτρολογικού εξοπλισμού η χρήση ενός μεγάλου γερανού μπορεί να οδηγήσει σε δυσκολία ελέγχου του φορτίου ενώ η χρήση ενός βοηθητικού γερανού, που είναι πιο κατάλληλος για το ελαφρύ φορτίο, θα αποφύγει τα προβλήματα. Όλοι οι γερανοί πρέπει να εξασφαλιστεί ότι είναι πιστοποιημένοι για υπεράκτια χρήση. Ακόμα, βασική διασφάλιση πρέπει να γίνει έτσι ώστε το αιωρούμενο φορτίο να μην περάσει πάνω από περιοχές όπου οι άνθρωποι θα είναι παρόντες κατά τη διάρκεια της λειτουργίας ανύψωσης. Φυσικά, το προσωπικό που συμμετέχει στις εργασίες πρέπει να είναι κατάλληλα εκπαιδευμένο.

Ακόμη και όταν διεξάγεται προσεκτικός σχεδιασμός, διάφορα απρόσμενα προβλήματα μπορούν να εμφανιστούν, όπως για παράδειγμα διακοπή της παροχής ηλεκτρισμού στα συστήματα επικοινωνίας, για αυτό είναι απαραίτητος ο εκ των προτέρων σχεδιασμός έκτακτης ανάγκης.

Σε περίπτωση που συμμετέχουν πλωτά μέσα στην ανύψωση, είτε στη μεταφορά του φορτίου ή του γερανού, τότε απαιτούνται τεχνικά μέτρα που επιτρέπουν ασφαλείς υπεράκτιες ανυψώσεις όπως η χρήση Dynamic Positioning ¹(DP).

Τέλος, ο κίνδυνος μπορεί να περιοριστεί περαιτέρω πραγματοποιώντας δοκιμές ανύψωσης στο λιμάνι, για να εξασφαλίζεται ότι η συμπεριφορά του φορτίου και

¹ Η **δυναμική τοποθέτηση (DP)** είναι ένα σύστημα που ελέγχεται από υπολογιστή για να διατηρεί αυτόματα τη θέση του σκάφους και την κατεύθυνση χρησιμοποιώντας τις προπέλες και τους προωθητές του. Αισθητήρες αναφοράς θέσης, ανέμου και κίνησης παρέχουν πληροφορίες στον υπολογιστή σχετικά με τη θέση, το μέγεθος και την κατεύθυνση των περιβαλλοντικών δυνάμεων που επηρεάζουν τη θέση του πλοίου. (IMCA)

του σκάφους είναι πλήρως κατανοητή σε πρακτική βάση, πριν από την έναρξη του έργου στο πάρκο.

4.2 ΔΟΝΗΣΗ

Οι άνθρωποι μπορεί να εκτεθούν σε διάφορες μορφές δόνησης κατά τη διάρκεια των υπεράκτιων εργασιών. Συγκεκριμένα αντιμετωπίζουν δονήσεις στα χέρια (Hand Arm Vibration), που προκύπτουν από τη χρήση ορισμένων εργαλείων και δόνηση σε ολόκληρο το σώμα τους (Whole Body Vibration), η οποία μπορεί να προκύψει από τους κραδασμούς και τις δονήσεις κατά τη διάρκεια της μεταφοράς σε πλοία σε συνθήκες θαλασσοταραχής.

Οι τυπικοί κίνδυνοι από τους οποίους πρέπει να προφυλαχτούν οι εργαζόμενοι σε ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο

Η δόνηση στα χέρια μπορεί να προκαλέσει βλάβη στα αιμοφόρα αγγεία, τα νεύρα και τις αρθρώσεις, με αποτέλεσμα το μόνιμο πόνο και την αναπηρία. Συγκεκριμένα, ο εργαζόμενος μπορεί να μην είναι σε θέση να πραγματοποιήσει έργο με μικρά εξαρτήματα, να αποκτήσει ευαισθησία στις κρύες/ υγρές συνθήκες ή ακόμα και να μην μπορεί να ασκήσει δύναμη στη λαβή του χεριού του. Ο βαθμός στον οποίο θα επηρεάσει η δόνηση τον εργαζόμενο εξαρτάται από το μέγεθος, τη διάρκεια και την συχνότητα έκθεσης. Επιπλέον, ο κίνδυνος εμφάνισης προβλημάτων υγείας διαφέρει ανάμεσα στους ανθρώπους. Γενετικοί παράγοντες, προϋπάρχουσες καταστάσεις που επηρεάζουν την κυκλοφορία και προβλήματα στους μύες από άλλες εργασίες μπορούν να αυξήσουν σημαντικά την ευαισθησία.

Η δόνηση σε ολόκληρο το σώμα μπορεί να οδηγήσει σε πόνο στην πλάτη, είτε λόγω των ασυνήθιστα υψηλών επιπέδων έκθεσης ή πιο συχνά σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες κινδύνου, όπως τα προβλήματα που προκαλούνται από τη βαριά σωματική δραστηριότητα. Οι εργαζόμενοι εκτίθενται σε ολόσωμη δόνηση όταν βρίσκονται μέσα σε σκάφος, σε συνθήκες θαλασσοταραχής, και όταν μεταφέρονται με ελικόπτερο.

Αντιμετώπιση των παραπάνω κινδύνων

Κάθε εργοδότης, του οποίου οι δραστηριότητες είναι δυνατόν να εκθέσουν τους εργαζόμενους σε κίνδυνο από κραδασμούς, πρέπει σύμφωνα με τους κανονισμούς να προβεί σε κατάλληλη και επαρκή αξιολόγηση του κινδύνου προκειμένου να αποφασίσει για τα τυχόν αναγκαία μέτρα προστασίας των εργαζομένων από τις επιδράσεις της δόνησης. Το πρώτο βήμα είναι να αξιολογηθεί το επίπεδο της έκθεσης, κατά μέσο όρο για μια περίοδο οκτώ ωρών, η οποία στη συνέχεια συγκρίνεται με την οριακή τιμή έκθεσης. Εάν η αξιολόγηση δείξει υπέρβαση των ορίων, τότε πρέπει να ληφθούν μέτρα για να μειωθεί η έκθεση κάτω από αυτό το όριο, όσο πιο χαμηλά γίνεται.

Δονήσεις στο χέρι

Η έκθεση μπορεί να περιοριστεί από μέτρα, όπως είναι η χρήση βελτιωμένων εργαλείων, κατάλληλα για τη συγκεκριμένη εργασία και σωστά συντηρημένα και με μείωση της διάρκειας της έκθεσης, αλλάζοντας τις μεθόδους εργασίας ή εναλλάσσοντας το έργο μεταξύ των μελών της ομάδας. Επιπλέον, θα πρέπει να σημειωθεί ότι ενώ υπάρχουν μέτρα ατομικής προστασίας, όπως αντικραδασμικά γάντια, δεν κρίνεται από την HSE να είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικά και μπορεί να αυξηθεί ακόμη η δόνηση σε ορισμένες συχνότητες. Ωστόσο, τα μέτρα ατομικής προστασίας που προστατεύουν τον εργαζόμενο από τις ψυχρές συνθήκες, και ως εκ τούτου διατηρούν την κυκλοφορία στα χέρια, μειώνουν την ευαισθησία στη δόνηση.

Ολόσωμη δόνηση

Ο κίνδυνος μπορεί να περιοριστεί εάν επιλεγούν σκάφη με ειδική σχεδίαση ώστε να μετριάζονται οι δονήσεις και να ελαχιστοποιούνται οι δυνάμεις πρόσκρουσης σε περίπτωση σύγκρουσης του σκάφους.

4.3 ΔΥΣΚΟΛΕΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Ο σχεδιασμός των θεμελίων και η εγκατάσταση τους πρέπει να γίνονται σύμφωνα με τις γεωλογικές συνθήκες του βυθού, σε μια συγκεκριμένη θέση. Όμως ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο καλύπτει χιλιάδες τετραγωνικά χιλιόμετρα βυθού, τα οποία παρουσιάζουν διαφορετικές και δύσκολες γεωλογικές συνθήκες μεταξύ τους. Για αυτό το λόγο πρέπει να μελετηθεί κατά τμήματα. Κατά τη διάρκεια αυτής της μελέτης οι εργαζόμενοι έρχονται αντιμέτωποι με ένα πολύ ευρύ φάσμα γεωλογικών συνθηκών, μερικές από τις οποίες ενδέχεται να παρουσιάζουν σοβαρούς κινδύνους.

Οι τυπικοί κίνδυνοι από τους οποίους πρέπει να προφυλαχτούν οι εργαζόμενοι σε ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο

Οι γεωτεχνικές έρευνες, επειδή πραγματοποιούνται με γεωτρήσεις ή εισαγωγή ανιχνευτών στο βυθό της θάλασσας, μπορεί να προκαλέσουν αναταράξεις και την διάχυση τοξικών και εύφλεκτων αερίων.

Κατά τη διάρκεια των υπεράκτιων ερευνών δεν μπορούμε να αποφύγουμε τις δύσκολες καιρικές συνθήκες καθώς πρέπει να μελετηθεί η συμπεριφορά του βυθού και υπό αυτές τις συνθήκες και τα σκάφη ρυμούλκησης μπορεί να περιορίζουν την ικανότητά των πλοίων σε ελιγμούς. Οι περιορισμοί αυτοί αυξάνουν τους κινδύνους για τα σκάφη, σε σύγκριση με τις κανονικές διαδρομές.

Αντιμετώπιση των παραπάνω κινδύνων

Οι έρευνες διεξάγονται με μια συγκεκριμένη διαδικασία, η οποία έχει προσδιοριστεί στο στάδιο της ανάπτυξης. Για να ξεκινήσει η διαδικασία πρέπει

πρώτα να συγκεντρωθούν οι απαραίτητες πληροφορίες. Οι πληροφορίες αυτές συμπεριλαμβάνουν τη βαθυμετρία, τα γεωλογικά χαρακτηριστικά, την ύπαρξη ναυαγίων ή αγωγών και τη σεισμική δραστηριότητα. Στη συνέχεια, οι γεωφυσικές έρευνες χρησιμοποιούν μια σειρά απομακρυσμένων μέσων ανίχνευσης, για παράδειγμα για τον προσδιορισμό της φυσικής μορφής του βυθού, και μια σειρά γεωτρήσεων, δειγματοληψίες και συσκευές ελέγχου, για να μελετήσουν τις ιδιότητες κάτω από την επιφάνεια του βυθού. Όλα αυτά ελαχιστοποιούν τον κίνδυνο κατά τη διάρκεια τοποθέτησης των πασσάλων ή σε άλλες κατασκευαστικές εργασίες.

Οι γεωφυσικές έρευνες μπορούν να πραγματοποιηθούν είτε με ειδικά σκάφη που κατασκευάζονται για αυτό το σκοπό είτε από μικρά σκάφη που ήδη ανήκουν στο δυναμικό του πάρκου. Πριν επιλεγεί ένα σκάφος πρέπει να ελεγχθεί η καταλληλότητά του, ιδίως λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα της ρυμούλκησης για τη σταθερότητα και το χειρισμό, κατά την κανονική λειτουργία αλλά και σε απρόβλεπτες καταστάσεις.

Καθώς ορισμένα χαρακτηριστικά του θαλάσσιου βυθού είναι κινητά, τα στοιχεία των ερευνών καλό θα είναι να ενημερώνονται συνεχώς σε βασικούς τομείς, όπως κατά μήκος των οδών των καλωδίων και δίπλα σε δομές.

4.4 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΠΟΥ ΔΕΝ ΕΧΕΙ ΕΚΡΑΓΕΙ

Μια μικρή ενότητα αλλά εξίσου σημαντική είναι αυτή που μελετάει την πιθανότητα ύπαρξης πολεμικού εξοπλισμού ο οποίος όμως δεν έχει εκραγεί. Ενώ μερικά από αυτά δεν θα είναι πλέον βιώσιμα, πολλά στοιχεία διατηρούν την πλήρη εκρηκτική τους ικανότητα, και μπορεί να είναι πολύ ασταθή, λόγω της επιδείνωσης της κατάστασής τους στα χρόνια που ακολούθησαν.

Οι τυπικοί κίνδυνοι από τους οποίους πρέπει να προφυλαχτούν οι εργαζόμενοι σε ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο

Αν διαταραχθούν αυτά τα εκρηκτικά μπορεί να οδηγήσουν σε έκρηξη, η οποία μπορεί να προκαλέσει βλάβη στα σκάφη, συμπεριλαμβάνοντας ενδεχομένως και βύθιση. Ακόμη και αν η εκपुरσοκρότηση είναι σχετικά μακριά από το σκάφος, ο αντίκτυπος επί του σκάφους, του κρουστικού κύματος που προκύπτει από την έκρηξη, μπορεί να προκαλέσει τραυματισμό σε άτομα στο εξωτερικό.

Αντιμετώπιση των παραπάνω κινδύνων

Οι κίνδυνοι για UXO θα πρέπει να αξιολογηθούν κατά το στάδιο της μελέτης της γεωμορφίας του βυθού και να ληφθούν σοβαρά υπόψη δείγματα ύπαρξης τέτοιου εξοπλισμού.

4.5 ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΕΣ ΟΥΣΙΕΣ

Οι επικίνδυνες ουσίες μπορούν να είναι σε στερεά, υγρή ή αέρια μορφή και μπορεί να βρίσκονται μέσα σε μια συσκευή (ψυκτικά ή λιπαντικά), να εισαχθούν κατά τη διάρκεια συγκεκριμένων λειτουργιών (υγρά καθαρισμού) ή να προκύψουν ως υποπροϊόν των δραστηριοτήτων εργασίας (καπνοί από τη συγκόλληση). Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι επικίνδυνες ουσίες μπορεί να μην είναι άμεσα ορατές, όπως σκόνης και ατμοί στον αέρα. Η ίδια ουσία μπορεί να παρουσιάσει διαφορετικούς κινδύνους σε διαφορετικά στάδια του κύκλου ζωής: για παράδειγμα, μία επικάλυψη μπορεί να απελευθερώσει διαλύτες κατά την εφαρμογή, αλλά να σχηματίσει σκόνη αν γίνουν μηχανικές εκδορές κατά τη διάρκεια της αφαίρεσης.

Οι ουσίες αυτές μπορεί να είναι επικίνδυνες ως προς τη φυσική ή χημική τους σύνθεση ή να έχουν εύφλεκτες ιδιότητες. Όμως μπορεί να είναι συνδυασμός και των δύο.

Οι τυπικοί κίνδυνοι από τους οποίους πρέπει να προφυλαχτούν οι εργαζόμενοι σε ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο

Οι άνθρωποι μπορούν να υποστούν ζημιά από οποιαδήποτε μορφή επαφής με επικίνδυνες ουσίες, όπως επαφή με το δέρμα, κατάποση, απορρόφηση και εισπνοή. Από αυτή την επαφή μπορεί να προκληθεί μικρή μόλυνση ή μεγαλύτερη που θα προκαλέσει χρόνια ασθένεια και θάνατο. Επίσης, η έναρξη των συμπτωμάτων μπορεί να εμφανιστεί ξαφνικά ακόμα και χρόνια μετά την έκθεση.

Αντιμετώπιση των παραπάνω κινδύνων

Όλες οι εργασίες στις οποίες υπάρχει ο κίνδυνος για την ύπαρξη τέτοιων ουσιών πρέπει να πραγματοποιούνται σύμφωνα με τους κανονισμούς για την αντιμετώπιση επικίνδυνων ουσιών όπως ορίζονται σε κάθε χώρα.

Για την αντιμετώπιση των επικίνδυνων ουσιών πρέπει να εφαρμόζονται τα απαραίτητα μέτρα ελέγχου. Συγκεκριμένα, πρέπει να υπάρχει έλεγχος της έκθεσης και χρήση των κατάλληλων μέτρων ατομικής προστασίας ανάλογα με τον κίνδυνο που παρουσιάζει η κάθε εργασία. Τα μέτρα ελέγχου πρέπει να είναι συμβατά μεταξύ τους. Για παράδειγμα, αν απαιτείται εξοπλισμός προστασίας του αναπνευστικού συστήματος και η προστασία των ματιών, τότε θα πρέπει να είναι συμβατά σχέδια. Επιπλέον, τα μέτρα ελέγχου πρέπει να συντηρούνται και να παρακολουθείται συνεχώς η κατάσταση της υγείας των εργαζομένων. Το προσωπικό που εκτελεί αυτές τις εργασίες πρέπει να είναι άρτια εκπαιδευμένο.

Όλες οι επικίνδυνες ουσίες πρέπει να διαθέτουν κατάλληλη σήμανση και να προφυλάσσονται σε κατάλληλα δοχεία και σε κατάλληλα διαμορφωμένους χώρους.

4.6 ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΑΚΡΙΑ ΑΠΟ ΤΗ ΣΤΕΡΙΑ

Στη συγκεκριμένη ενότητα εξετάζονται οι κίνδυνοι που προκύπτουν καθώς το υπεράκτιο πάρκο βρίσκεται μακριά από μια βάση-ασφαλές μέρος (ξηρά).

Η συντήρηση των υπεράκτιων ανεμογεννητριών κατά κανόνα συνεπάγεται την ανάπτυξη μικρών ομάδων των εργαζομένων που δρουν σε όλο το υπεράκτιο αιολικό πάρκο ταυτόχρονα χρησιμοποιώντας σκάφη πρόσβασης. Κάθε ομάδα είναι, επομένως, μακριά από την άμεση υποστήριξη και την εποπτεία, και το ίδιο το πάρκο είναι απομακρυσμένο από την πλήρη υποστήριξη που είναι διαθέσιμη στην ξηρά βάση.

Αυτή η μεγάλη απόσταση από την ακτή θα επηρεάσει τις ρυθμίσεις έκτακτης ανάγκης και τις ρυθμίσεις διαχείρισης της ασφάλειας για την εργασία. Αξίζει επίσης να αναφέρουμε ότι ο βαθμός της απομόνωσης μπορεί να αλλάξει σημαντικά, αν υπάρχουν δυσμενείς καιρικές συνθήκες με αποτέλεσμα τον αποκλεισμό των εργαζομένων στην υπεράκτια δομή.

Οι τυπικοί κίνδυνοι από τους οποίους πρέπει να προφυλαχτούν οι εργαζόμενοι σε ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο

Σε περίπτωση που συμβεί κάποιο ατύχημα σε ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο, επειδή βρίσκεται μακριά από την ακτή, ο χρόνος άφιξης της βοήθειας θα είναι μεγάλος και αυτή η καθυστέρηση θα κλιμακώσει τη σοβαρότητα της κατάστασης.

Επιπλέον, αυτή η απομακρυσμένη φύση της εργασίας δημιουργεί προβλήματα στην παροχή εποπτείας και ελέγχου. Επομένως, οι εργαζόμενοι δεν ελέγχονται συνέχεια από κάποιον υπεύθυνο και είναι από μόνοι τους υπεύθυνοι για την εκτέλεση της εργασίας με ασφαλή τρόπο.

Αντιμετώπιση των παραπάνω κινδύνων

Όλες οι εργασίες, που πρέπει να πραγματοποιηθούν υπεράκτια, απαιτούν σωστό προγραμματισμό, ο οποίος να διασφαλίζει ότι υπάρχει υπεράκτια στη διάθεση των εργαζομένων όλος ο απαραίτητος εξοπλισμός εργασίας, αναλώσιμα και μέσα διαχείρισης των αποβλήτων, με τα κατάλληλα ανταλλακτικά, όπως είναι απαραίτητο. Σε περίπτωση που σημειώνονται ελλείψεις, μπορεί οι εργαζόμενοι να αυτοσχεδιάσουν, χρησιμοποιώντας ακατάλληλο εξοπλισμό που μπορεί να βοηθήσει να ολοκληρωθεί η εργασία, παρά ανεπαρκούς προετοιμασίας, αλλά θα εκθέσει τους ανθρώπους που εμπλέκονται στο έργο σε πρόσθετους κινδύνους.

Επιπλέον είναι ζωτικής σημασίας για την ασφάλεια, ένα καλό σύστημα επικοινωνίας να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παροχή τεχνικής υποστήριξης και για τον έλεγχο στο προσωπικό που ασκεί τα καθήκοντα του υπεράκτια. Άμεση επικοινωνία πρέπει να είναι δυνατή μεταξύ των ανεμογεννητριών και των σκαφών, των ανεμογεννητριών και της ξηράς, των σκαφών με τη ξηρά και των σκαφών μεταξύ τους.

Δεδομένου ότι, η ικανότητα επικοινωνίας είναι κρίσιμη για την ασφάλεια, τουλάχιστον δύο ανεξάρτητα συστήματα θα πρέπει να είναι διαθέσιμα σε κάθε θέση, σε περίπτωση που ένα από αυτά εμφανίσει κάποια βλάβη.

Επιπλέον, είναι σημαντικό να γνωρίζουμε τη θέση όλου του προσωπικού και των πλοίων ανά πάσα στιγμή.

Κάθε άτομο που συμμετέχει σε υπεράκτιες εργασίες θα πρέπει να έχει επαρκή κατάρτιση σε δεξιότητες όπως η παροχή πρώτων βοηθειών και διάσωσης, προκειμένου να μπορεί να προσφέρει βοήθεια σε κάποιον συνάδελφο του σε περίπτωση ατυχήματος, μέχρι να φτάσει στο σημείο το αρμόδιο προσωπικό.

4.7 ΕΡΓΑΣΙΑ ΣΕ ΜΕΓΑΛΟ ΥΨΟΣ

Ένα μέρος λέγεται ότι είναι "σε μεγάλο ύψος", εάν ένα άτομο θα μπορούσε να τραυματιστεί όταν θα πέσει από αυτό. Αυτό σημαίνει ότι, οι εργαζόμενοι πραγματοποιούν εργασίες σε μεγάλο ύψος, σε πολλές περιπτώσεις κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου. Η πιο προφανής δραστηριότητα είναι κατά την αναρρίχηση σκάλας αλλά και σε ότι εργασίες γίνονται στην ανεμογεννήτρια. Παρόλα αυτά εργασία σε μεγάλο ύψος μπορεί να πραγματοποιηθεί και σε ένα σκάφος ή και στο λιμάνι. Η συχνότητα της έκθεσης και η πολυπλοκότητα αυξάνονται και τα δύο κατά την υπεράκτια εργασία.

Οι τυπικοί κίνδυνοι από τους οποίους πρέπει να προφυλαχτούν οι εργαζόμενοι σε ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο

Οι εργασίες σε ύψος μπορούν να εκθέσουν τους ανθρώπους σε μια σειρά από κινδύνους καθώς οι πτώσεις από ύψος μπορεί να οδηγήσουν σε σοβαρό τραυματισμό ή θάνατο. Οι πτώσεις από ύψος αποτελούν μια από τις μεγαλύτερες αιτίες των θανάτων στο χώρο εργασίας και αντιμετωπίζονται ιδιαίτερα δύσκολα σε ένα θαλάσσιο περιβάλλον. Όμως, δεν κινδυνεύουν μόνο οι άνθρωποι που εκτελούν μια εργασία σε μεγάλο ύψος αλλά και οι εργαζόμενοι που μπορεί να βρίσκονται από κάτω. Για παράδειγμα, αν λόγω αστοχίας πέσουν εξαρτήματα ή εργαλεία κατά την εργασία, μπορούν να τους τραυματίσουν σοβαρά.

Αντιμετώπιση των παραπάνω κινδύνων

Ο καλύτερος τρόπος για να μειωθεί ο κίνδυνος από την εργασία σε μεγάλο ύψος είναι να πραγματοποιηθούν οι συγκεκριμένες εργασίες με άλλο τρόπο. Αν όμως αυτό δεν μπορεί να συμβεί και είναι αναπόφευκτη η ανάγκη για εργασία σε ύψος, θα πρέπει να πραγματοποιηθεί λεπτομερής σχεδιασμός της εργασίας ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι κίνδυνοι.

Όπου οι εργασίες σε μεγάλο ύψος είναι απαραίτητες, τότε θα πρέπει να εφαρμόζονται τα κατάλληλα μέτρα ελέγχου, όπως αυτά έχουν οριστεί κατά το

στάδιο της σχεδίασης. Συγκεκριμένα, οι εργασίες θα πρέπει να πραγματοποιούνται από μια κατάλληλη ομάδα με φυσικές ικανότητες, γνώσεις, κατάλληλο εξοπλισμό για την εργασία και κατάλληλη εποπτεία.

Όταν εργάζονται έξω από την τουρμπίνα, κατά την εγκατάσταση της ατράκτου και των πτερυγίων του στροβίλου, πιστοποιημένα σημεία αγκύρωσης και κατάλληλα σχοινιά απαιτούνται για χρήση. Στο εσωτερικό του πύργου, η αναρρίχηση στις σταθερές σκάλες, στο εσωτερικό της ανεμογεννήτριας, στην άτρακτο πρέπει να γίνεται με προσοχή. Αυτές οι σκάλες απαιτούν είτε ένα κλουβί ασφαλείας ή μια συσκευή ασφάλειας. Κάθετα συστήματα αναχαίτισης των πτώσεων πρέπει να εκτείνονται σε όλο το ύψος της σκάλας και μπορεί να περιλαμβάνουν ένα ανοξειδωτο ή γαλβανισμένο καλώδιο από χάλυβα ή αλουμίνιο ή από ανοξειδωτο χάλυβα σιδηροτροχιάς (Σχήμα 16).

Οι εργαζόμενοι πρέπει να φορούν ολόσωμες φόρμες που συνδέονται με τα κάθετα συστήματα προστασίας από πτώση.

Οι εργαζόμενοι πρέπει επίσης να φέρουν μαζί τους όλα τα εργαλεία και τον εξοπλισμό που χρειάζονται. Για αυτό το λόγο το σύστημα καλωδίωσης θα πρέπει να επιλέγεται προσεκτικά έτσι ώστε να μην είναι κατάλληλο μόνο για ένα σκοπό, για παράδειγμα να είναι ελαφρύ και πολύ ανθεκτικό για να αντέχει



Σχήμα 16 Εργαζόμενοι στο εσωτερικό της ανεμογεννήτριας

Πηγή: www.renewableenergyfocus.com

σκληρές συνθήκες, αλλά επίσης να έχει σχεδιαστεί για να ενσωματώσει μεταφορά εργαλείων. Για να αποφύγουν την αφυδάτωση, ενώ εργάζονται σε ύψος, τα πληρώματα θα πρέπει επίσης να έχουν μαζί τους κατάλληλο εξοπλισμό με νερό. Η αφυδάτωση μπορεί να προκαλέσει μια σειρά από αρνητικές συνέπειες για την υγεία, όπως κόπωση, λιποθυμία, αυξημένη αρτηριακή πίεση και, μακροπρόθεσμα, προβλήματα με τα νεφρά και το ουροποιητικό σύστημα.

Φυσικά, όλες οι εργασίες θα πρέπει να πραγματοποιούνται σε κατάλληλες καιρικές συνθήκες και να έχει προγραμματιστεί από πριν το σχέδιο έκτακτης ανάγκης σε περίπτωση ατυχήματος.

Ανελκυστήρες

Για να μειωθεί ο κίνδυνος που συνδέεται με την επαναλαμβανόμενη αναρρίχηση μεγάλης σκάλας, μέσα στον πύργο της ανεμογεννήτριας, συνιστάται η χρήση ανελκυστήρων (OSHA, 2013). Οι ανελκυστήρες αποτελούν μια νέα εξέλιξη για τις

καινούργιες ανεμογεννήτριες που θα κατασκευαστούν ενώ είναι δύσκολη η προσθήκη τους στις ήδη υπάρχουσες εγκαταστάσεις.

Ωστόσο, η χρήση των ανελκυστήρων εισάγει νέους κινδύνους για το προσωπικό, όπως πτώση κατά τη διάρκεια πρόσβασης στον ανελκυστήρα, παγίδευση μεταξύ των κινούμενων μερών του ανελκυστήρα και των παρακείμενων δομών και δυσλειτουργία ή βλάβη του ανελκυστήρα. Για αυτό το λόγο, η χρήση τους πρέπει να γίνεται σύμφωνα με τις οδηγίες που εφαρμόζονται για τα μηχανήματα. Επίσης, κατά τον σχεδιασμό πρέπει να οριστεί σχέδιο έκτακτης ανάγκης για την αντιμετώπιση ατυχημάτων που σχετίζονται με αυτούς.

4.8 ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΣΕ ΛΙΜΑΝΙΑ

Η υπεράκτια ανάπτυξη των αιολικών πάρκων θα ήταν αδύνατη χωρίς την υποστήριξη από ένα σωστά οργανωμένο λιμάνι. Στο λιμάνι αυτό εκτελούνται καθημερινά εργασίες συναρμολόγησης και δρομολόγια μικρών και μεγάλων σκαφών προς το αιολικό πάρκο, αλλά χρησιμοποιείται και από άλλα σκάφη, που δεν έχουν σχέση με το πάρκο.

Οι τυπικοί κίνδυνοι από τους οποίους πρέπει να προφυλαχτούν οι εργαζόμενοι σε ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο

Τα λιμάνια αποτελούν ένα χώρο εργασίας που χρησιμοποιείται ταυτόχρονα από πολλούς εργαζόμενους και για διαφορετικές εργασίες, με αποτέλεσμα να είναι δύσκολο να επιβλεφθεί, και εγκυμονεί διάφορους κινδύνους για το προσωπικό.

Συγκεκριμένα, η κυκλοφοριακή συμφόρηση, των πλοίων αλλά και των οχημάτων, μπορεί να οδηγήσει σε σύγκρουση μεταξύ τους και να τραυματίσει τους εργαζόμενους που επιβαίνουν σε αυτά. Επιπλέον, εκτελούνται εργασίες που είναι από τη φύση τους επικίνδυνες, όπως ανυψωτικές εργασίες (π.χ. πτώση αντικειμένων), εργασίες εγκατάστασης (π.χ. φωτιά) και εργασίες κοντά στην προβλήτα (π.χ. πτώση εργαζομένου στη θάλασσα). Ακόμα, είναι πιθανό κάποιος εξοπλισμός ή υποδομή να αποτύχει και κάποιος εργαζόμενος να χτυπήσει από πτώση ή γλίστρημα.

Αντιμετώπιση των παραπάνω κινδύνων

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω οι εργασίες σε ένα λιμάνι εγκυμονούν ένα μεγάλο αριθμό κινδύνων οι οποίοι είναι παρόμοιοι με τους κινδύνους σε μια βιομηχανική εγκατάσταση. Οπότε ισχύουν και στα λιμάνια περίπου ότι ακριβώς ισχύει και σε όλο το πάρκο.

Αναλυτικότερα, για την καλύτερη και ασφαλέστερη λειτουργία του λιμανιού πρέπει να ρυθμιστούν από την αρχή διάφορα ζητήματα λειτουργίας όπως η παρακολούθηση του προσωπικού, βάρδιες εργασίας, καθαριότητα του χώρου και αποθήκευση υλικών. Επιπλέον, πρέπει να υπάρχουν προφυλάξεις σε περίπτωση έκρηξης ή πυρκαγιάς αλλά και να έχει προσδιοριστεί το σχέδιο έκτακτης ανάγκης.

Οι καθημερινές εργασίες θα απαιτήσουν κατάλληλες εγκαταστάσεις για τη φόρτωση/ εκφόρτωση, τον ανεφοδιασμό και τη συντήρηση των πλοίων. Όταν προτείνεται να χρησιμοποιηθούν υπάρχουσες λιμενικές εγκαταστάσεις για τέτοιους σκοπούς, πρέπει να διαμορφωθούν κατάλληλα οι εγκαταστάσεις ώστε να καλύψουν αυτές τις απαιτήσεις.

Επειδή τα λιμάνια θα πρέπει να είναι σε θέση να υποστηρίξουν τη λειτουργία του πάρκου 24ώρες κάθε μέρα θα πρέπει να διαθέτουν κατάλληλο φωτισμό για εργασίες που εκτελούνται κατά τη διάρκεια της νύχτας και κατάλληλα μέτρα προστασίας για τις μέρες που επικρατούν επικίνδυνες καιρικές συνθήκες.

4.9 ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ

Η εργονομία έχει ως στόχο να παρέχει ένα ασφαλές περιβάλλον εργασίας λαμβάνοντας υπόψη τη φύση της εργασίας, τον εξοπλισμό και τις ικανότητες των εργαζομένων. Με αυτό το τρόπο μειώνονται οι κίνδυνοι τραυματισμού, λάθη από τους εργαζόμενους και η αναποτελεσματικότητα. Για παράδειγμα, με μια εργονομική μελέτη εξασφαλίζεται επαρκής χώρος για την κίνηση των μερών του σώματος του χειριστή και ρυθμίζεται η σωστή σύνδεση του μηχανήματος με τον άνθρωπο, ανάλογα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και των δύο. Επίσης, η εργονομία συμβάλλει και στη βελτίωση της φυσικής και ψυχολογικής κατάστασης του εργαζόμενου.

Οι τυπικοί κίνδυνοι από τους οποίους πρέπει να προφυλαχτούν οι εργαζόμενοι σε ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο

Η κακή εργονομία σε ένα χώρο εργασίας μπορεί να προκαλέσει άμεση βλάβη στον εργαζόμενο ή να οδηγήσει στην ανάπτυξη μυοσκελετικών προβλημάτων πιο μακροχρόνια. Συγκεκριμένα, οι βλάβες θα μπορούσαν να προκληθούν από την εργασία σε περιορισμένο χώρο, η οποία θα ανάγκαζε τον εργαζόμενο να υιοθετήσει μια άβολη στάση εργασίας, ή από τη συχνή αναρρίχηση σε σκάλες. Σε αυτό τον τομέα εντάσσονται και τα προβλήματα που προκαλούνται από την έκθεση σε δόνηση.

Αντιμετώπιση των παραπάνω κινδύνων

Η διαμόρφωση του χώρου εργασίας ώστε να είναι εργονομικά σωστός πρέπει να μελετάται κατά το στάδιο της σχεδίασης στην αρχική φάση του κύκλου ζωής ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου. Σε αυτό λοιπόν το στάδιο πρέπει να προσδιορίζεται η κατάλληλη για τον εργαζόμενο διάταξη του εργασιακού περιβάλλοντος, όσον αφορά το χώρο και τις συνθήκες εργασίας, το φωτισμό, την παρακολούθηση και την μετακίνηση του. Επιπλέον, οι εργαζόμενοι πρέπει να φροντίζουν ότι το προσωπικό θα έχει στη διάθεση του τα απαραίτητα εργαλεία και τα κατάλληλα μέτρα ατομικής προστασίας. Όλα τα παραπάνω κριτήρια αναλύονται στις αντίστοιχες ενότητες.

Αξίζει να αναφέρουμε ότι η εργονομία είναι σε άμεση αλληλεπίδραση με τον άνθρωπο, τον εξοπλισμό και τα συστήματα. Έτσι θα πρέπει να εξετάζεται το φάσμα των φυσικών και ψυχολογικών χαρακτηριστικών των διαφορετικών ανθρώπων, καθώς μια εργασία ή ένας χώρος εργασίας που ταιριάζει σε ένα άτομο μπορεί να προκαλέσει προβλήματα για έναν άλλο.

4.10 ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

Ο ηλεκτρισμός είναι αρκετά επικίνδυνος για τον άνθρωπο και μπορεί να θέσει σε μεγάλο κίνδυνο τους εργαζόμενους εάν δεν ληφθούν τα σωστά μέτρα. Τα υπεράκτια αιολικά πάρκα χρησιμοποιούν συστήματα υψηλού δυναμικού(HV) για την συλλογή ενέργειας (μετασχηματιστές, καλωδίωση) και συστήματα χαμηλού δυναμικού(LV) για τις συσκευές. Επιπλέον, υπάρχουν προσωρινές εγκατάστασης, όπως γεννήτριες για τις εργασίες συντήρησης και φορητός εξοπλισμός. Αυτά τα διαφορετικά συστήματα παρουσιάζουν μια διαφορετική σειρά από κινδύνους για τους ανθρώπους.

Οι τυπικοί κίνδυνοι από τους οποίους πρέπει να προφυλαχτούν οι εργαζόμενοι σε ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο

Ο πιο γνωστός κίνδυνος από την παρουσία ηλεκτρικού ρεύματος είναι ο κίνδυνος της ηλεκτροπληξίας. Εάν κάποιος εργαζόμενος πάθει ηλεκτροπληξία τότε μπορεί να του προκληθεί μυϊκή παράλυση, αναπνευστική ανεπάρκεια, καρδιακή ανακοπή ακόμα και θάνατος. Επίσης, το ρεύμα μπορεί να του προκαλέσει εσωτερικά εγκαύματα. Ακόμη και όταν όλες οι ηλεκτρικές παροχές του εξοπλισμού έχουν απομονωθεί, η αποθηκευμένη ενέργεια μπορεί ακόμα να παρουσιάζει κίνδυνο για τους ανθρώπους. Τέλος, μπορεί να προκληθεί φωτιά, τόσο λάμψης ακόμα και έκρηξη.

Όσον αφορά τις έμμεσες συνέπειες του ηλεκτρισμού, σε περίπτωση βλάβης των ηλεκτρικών συστημάτων, το υπεράκτιο αιολικό πάρκο είναι πιθανόν να μην μπορεί να προσφέρει λειτουργική βοήθεια στα σκάφη ή στα ελικόπτερα, δημιουργώντας κίνδυνο για το πλήρωμα των πλοίων και των αεροσκαφών. Επιπλέον, η απώλεια ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να επηρεάσει την αποδοτικότητα των συστημάτων, όπως οι επικοινωνίες, οι ανελκυστήρες και ο εσωτερικός φωτισμός που χρειάζονται για να μπορέσει το έργο να πραγματοποιηθεί εντός της ανεμογεννήτριας, και επίσης να σημαίνει ότι η ανεμογεννήτρια αποτελεί πλέον μη κατάλληλο καταφύγιο για το προσωπικό.

Αντιμετώπιση των παραπάνω κινδύνων

Ο κίνδυνος από τον ηλεκτρισμό εγκυμονεί σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής ενός αιολικού πάρκου για αυτό πρέπει να σχεδιαστούν διαφορετικά μέτρα ασφαλείας ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες της κάθε εργασίας.

Στο στάδιο του σχεδιασμού, θα πρέπει να πραγματοποιηθούν μελέτες που θα διασφαλίσουν ότι οι προδιαγραφές όλου του εξοπλισμού είναι κατάλληλες για το καθήκον του, μεταξύ άλλων και υπό συνθήκες βλάβης, όπως βραχυκυκλώματα. Επιπλέον, πρέπει να ληφθούν υπόψη μελλοντικές απαιτήσεις επιθεώρησης και συντήρησης.

Θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στη σήμανση για την ύπαρξη ηλεκτρικού ρεύματος σε όλο τον ηλεκτρικό εξοπλισμό παραγωγής, στα κουτιά διακλάδωσης, στους πίνακες διακοπών και τις πόρτες για να προειδοποιούνται άμεσα οι εργαζόμενοι. Όλα τα καλύμματα, οι πόρτες και τα πάνελ θα πρέπει να κλειδώνονται ή αλλιώς να είναι δύσκολο να ανοιχτούν χωρίς τη χρήση εργαλείων. Η χρήση σύμπλεξης στις πόρτες μπορεί να εξασφαλίσει ότι οι πίνακες δεν ανοίγουν παρά μόνο σε ασφαλή κατάσταση.

Το προσωπικό θα πρέπει να χρησιμοποιεί τα κατάλληλα μέτρα ατομικής προστασίας και να είναι κατάλληλα εκπαιδευμένο ώστε να αντιμετωπίσει καταστάσεις ηλεκτροπληξίας ή εγκαυμάτων και να παρέχει τις πρώτες βοήθειες στους εργαζομένους που κινδυνεύουν.

Τέλος, πρέπει να εκτελούνται συχνές εργασίες συντήρησης του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού.

4.11 ΘΟΡΥΒΟΣ

Ως θόρυβος ορίζεται ο κάθε ανεπιθύμητος ήχος ο οποίος μπορεί να δημιουργηθεί από τα μηχανήματα και τις διάφορες εργασίες και επηρεάζει αρνητικά τους εργαζόμενους.

Οι τυπικοί κίνδυνοι από τους οποίους πρέπει να προφυλαχτούν οι εργαζόμενοι σε ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο

Όταν ένας εργαζόμενος υπόκειται σε παρατεταμένη έκθεση σε υψηλά επίπεδα θορύβου τότε κινδυνεύει από μόνιμη απώλεια της ακοής του, κάτι το οποίο θα αρχίσει να φαίνεται σταδιακά. Αυτή η έκθεση είναι ακόμα πιο σοβαρή όταν γίνεται μέσα σε περιορισμένους χώρους, όπως στον πύργο της ανεμογεννήτριας.

Βλάβες στην ακοή μπορεί επίσης να προκύψουν από ξαφνικά δυνατούς θορύβους. Τέτοια περιστατικά μπορεί να προκαλέσουν προσωρινή απώλεια ακοής, αλλά θα μπορούσαν επίσης να προκαλέσουν μεγαλύτερης διάρκειας ή μόνιμη βλάβη της ακοής. Οι δύτες μπορούν επίσης να εκτεθούν σε επίπεδα θορύβου που προκύπτουν από υποθαλάσσιες εργασίες.

Ο θόρυβος όμως μπορεί να προκαλέσει και άλλου είδους προβλήματα, όπως είναι προβλήματα συγκέντρωσης και διαταραχής των εργαζομένων αλλά και προβλήματα στην επικοινωνία. Ένα θορυβώδες περιβάλλον εργασίας μειώνει την επικοινωνία, και η ασφάλεια των εργασιών μπορεί να επηρεαστεί εάν το προσωπικό που εμπλέκεται δεν είναι σε θέση να επικοινωνήσει μεταξύ του ή να ακούσει τους συναγερμούς ασφαλείας.

Αντιμετώπιση των παραπάνω κινδύνων

Η HSE σημειώνει ότι η απώλεια ακοής είναι δυνατόν να προληφθεί εντελώς εάν:

«(Α) οι εργοδότες αναλάβουν δράση για τη μείωση της έκθεσης στο θόρυβο και παρέχουν ατομική προστασία ακοής και επιτήρησης της υγείας για τους εργαζομένους

(Β) οι κατασκευαστές σχεδιάζουν εργαλεία και μηχανήματα που λειτουργούν πιο αθόρυβα

(Γ) οι εργαζόμενοι κάνουν χρήση της ατομικής προστασίας ακοής ή άλλα μέτρα ελέγχου που παρέχονται. » (RenewableUK, 2014)

Αν η αρχική αξιολόγηση δείξει ότι απαιτείται εκτίμηση του κινδύνου του θορύβου, τότε ένα αρμόδιο πρόσωπο θα πρέπει να εντοπίσει πού μπορεί να υπάρχει κίνδυνος από το θόρυβο, ποιούς είναι πιθανό να επηρεάσει και πως μπορεί να αντιμετωπιστεί.

Οι εργοδότες έχουν τη γενική υποχρέωση, βάσει των κανονισμών για το θόρυβο στην εργασία, να λαμβάνουν μέτρα για τη μείωση της έκθεσης των εργαζομένων στο θόρυβο. Συγκεκριμένα, ο κανονισμός απαιτεί από τους εργοδότες να εξαλείψουν την πηγή δυνατού θορύβου και αν αυτό δεν είναι εφικτό τότε να τροποποιήσουν κατάλληλα τον εξοπλισμό για να μειωθεί ο θόρυβος που προκαλεί (π.χ. τοποθέτηση σιγαστήρων στις εξόδους της εξάτμισης των εργαλείων αέρα). Επιπλέον, πρέπει οι εργαζόμενοι να χρησιμοποιούν κατάλληλα μέτρα ατομικής προστασίας ανάλογα με το επίπεδο θορύβου στο οποίο εκτίθενται και να εναλλάσσουν συνεχώς θέσεις εργασίας μεταξύ τους ώστε να μειώνεται ο χρόνος έκθεσης.

Αξίζει να αναφέρουμε ότι πρέπει να λαμβάνονται και μέτρα πρόληψης για τους εργαζόμενους που δεν πραγματοποιούν μια εργασία που έχει οριστεί ως πηγή υψηλού θορύβου αλλά απλά βρίσκονται σε τέτοιο χώρο (π.χ. εργαζόμενοι που είναι εκτός υπηρεσίας και μένουν στα σκάφη και στις πλατφόρμες).

Τα διάφορα εργαλεία και εξαρτήματα θα πρέπει να συντηρούνται και να υπάρχει έλεγχος της χρήσης του από κάποιον υπεύθυνο. Όσον αφορά την παρακολούθηση της υγείας των εργαζομένων, θα πρέπει να κάνουν συχνές εξετάσεις (ακοομετρίες).

4.12 ΚΑΛΩΔΙΩΣΗ

Ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας απαιτεί υποθαλάσσια καλώδια υψηλής τάσης εντός της συστοιχίας του δικτύου για τη συλλογή της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας και για να τη διαβιβάζει σε έναν υποσταθμό.

Οι τυπικοί κίνδυνοι από τους οποίους πρέπει να προφυλαχτούν οι εργαζόμενοι σε ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο

Τα υποθαλάσσια καλώδια είναι βαριά και δύσκολα στο χειρισμό. Ενδεικτικά έχουν διάμετρο περίπου 200 mm, βάρος περίπου 80 κιλά ανά μέτρο μήκους και μπορεί εύκολα να υποστούν βλάβη, αν δεν χειριστούν σωστά (RenewableUK, 2014).

Καθώς τα καλώδια τραβιούνται για να τοποθετηθούν αναπτύσσουν υψηλές δυνάμεις εφελκυσμού. Σε περίπτωση που οποιοδήποτε κομμάτι σπάσει, η αποθηκευμένη ενέργεια θα κυκλοφορήσει ξαφνικά κάτι που είναι πολύ επικίνδυνο για τα άτομα που βρίσκονται κοντά στο σημείο. Ειδικά αν αυτό το ατύχημα πραγματοποιηθεί μέσα σε περιορισμένο χώρο (π.χ. πυλώνας ανεμογεννήτριας) τότε οι εργαζόμενοι θα είναι άμεσα ευάλωτοι (π.χ. επαφή με ηλεκτρισμό).

Επειδή οι περισσότερες εργασίες καλωδίωσης πραγματοποιούνται υποθαλάσσια, οι εργαζόμενοι αντιμετωπίζουν τους κινδύνους που αναλύονται στην ενότητα Υποθαλάσσιες Εργασίες.

Αντιμετώπιση των παραπάνω κινδύνων

Όσον αφορά τη διαχείριση των καλωδίων, από το στάδιο της σχεδίασης και πριν την έναρξη των εργασιών, πρέπει να γίνει προσεκτική μελέτη ώστε να καθοριστούν οι απαιτήσεις για την προστασία των καλωδίων, να επιλεγούν τα συστήματα συναρμολόγησης, οι περιοχές τοποθέτησης και ο τρόπος εγκατάστασης. Επιπλέον, λαμβάνονται αποφάσεις για το αν τα καλώδια θα πρέπει να τοποθετηθούν προς τις ανεμογεννήτριες πριν ή μετά την κατασκευή του πύργου. Η πρόσβαση είναι πιο εύκολη πριν από την ανέγερση πύργου, ωστόσο, αυτό σημαίνει ότι τα καλώδια υπάρχουν στο βυθό ενώ τα σκάφη εκτελούν εργασίες εγκατάστασης (RenewableUK, 2014).

Στη συνέχεια, η τοποθέτηση των καλωδίων θα πραγματοποιηθεί από εξειδικευμένο προσωπικό, ανάλογα με την μελέτη και τις αποφάσεις που έχουν ληφθεί στο προηγούμενο στάδιο. Για παράδειγμα, η χρήση ρομποτικών υποβρύχιων συστημάτων, για να παρακολουθείται η καλωδίωση και για την επικάλυψη τους με σκυρόδεμα, εξαλείφει την ανάγκη να υπάρχουν δύτες παρόντες για το έργο αυτό.

Όσον αφορά τα σκάφη που ασχολούνται με την τοποθέτηση των καλωδίων, ο θαλάσσιος συντονιστής θα πρέπει να λάβει υπόψη του ότι δεν θα μπορούν να

κάνουν εύκολα ελιγμούς γιατί πρέπει να τοποθετήσουν τα καλώδια σε συγκεκριμένες θέσεις. Επιπλέον, εφαρμόζουν υψηλές τάσεις για τη ρυμούλκηση οι οποίες τα δυσκολεύουν να πλεύσουν γρήγορα και εύκολα.

4.13 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ ΜΕΣΩ ΘΑΛΑΣΣΑΣ

Σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής οι εργαζόμενοι πρέπει να μεταφέρονται από την ξηρά στις εγκαταστάσεις του πάρκου με κατάλληλα σκάφη.

Οι τυπικοί κίνδυνοι από τους οποίους πρέπει να προφυλαχτούν οι εργαζόμενοι σε ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο

Ο πιο προφανής κίνδυνος για τους εργαζόμενους που βρίσκονται σε ένα σκάφος είναι η σύγκρουση του με μία ανεμογεννήτρια. Αυτό μπορεί να συμβεί όταν έχουμε λάθος χειρισμό του σκάφους ή όταν το σκάφος παρουσιάσει κάποια βλάβη (π.χ. σφάλμα στο πηδάλιο) και παρασυρθεί από τα κύματα ή τον άνεμο. Επιπλέον, η παρουσία πολλών ψηλών κατασκευών, όπως οι πύργοι των ανεμογεννητριών, μπορεί να επηρεάσουν τη λειτουργία του ραντάρ, παρεμποδίζοντας την παρακολούθηση και τον έλεγχο της κίνησης του σκάφους.

Οι παραπάνω λόγοι μπορεί να είναι και η αιτία σύγκρουσης μεταξύ δύο σκαφών του πάρκου ή μεταξύ του σκάφους και άλλων χρηστών της θάλασσας, όπως ιστιοφόρα σκάφη και kite surfers.

Αντιμετώπιση των παραπάνω κινδύνων

Αρχικά, θα πρέπει να διαμορφωθούν ζώνες ασφαλείας, από τις οποίες και μόνο θα διέρχονται συγκεκριμένα σκάφη, ανάλογα με τον προορισμό τους. Στη συνέχεια, θα πρέπει να δημοσιευτούν πληροφορίες για την τοποθεσία του πάρκου και των ζωνών ασφαλείας, έτσι ώστε να ενημερωθούν τα σκάφη που ταξιδεύουν στην περιοχή. Γενικά, η περιοχή ενός αιολικού πάρκου θα πρέπει να θεωρείται ως μια περιοχή που πρέπει να αποφεύγεται από άλλους χρήστες.

Επιπλέον, πρέπει να υπάρχει συνεχής παρακολούθηση της κινητικότητας μέσα στο πάρκο και να ενημερώνονται οι υπεύθυνοι για τυχών παραβάσεις ή ατυχήματα. Σε αυτό θα μπορούσε να βοηθήσει και η ύπαρξη σκαφών μέσα στο πάρκο που θα έχουν ως σκοπό την παρακολούθηση και την παροχή πρώτων βοηθειών. Τα σκάφη αυτά θα πρέπει να είναι κατάλληλα διαμορφωμένα ώστε να λειτουργούν για μεγάλο χρονικό διάστημα και να έχουν συχνή επικοινωνία με το κέντρο θαλάσσιου συντονισμού.

4.14 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΟΙ ΧΩΡΟΙ

Ο περιορισμένος χώρος ορίζεται ως «ένα μέρος το οποίο είναι ουσιαστικά (αν και όχι πάντα εντελώς) κλεισμένο γύρω γύρω με αποτέλεσμα να υπάρχει λογικά

μεγάλη πιθανότητα σοβαρού τραυματισμού από επικίνδυνες ουσίες ή λόγω των συνθηκών εργασίας μέσα στο χώρο αυτό ή εκεί κοντά» (RenewableUK, 2014), σημειώνοντας ότι ορισμένα μέρη τα οποία εμπίπτουν στον ορισμό του περιορισμένου χώρου μπορεί να είναι μόνο περιστασιακά, ίσως λόγω του είδους της εργασίας που πραγματοποιείται.

Η συνέπεια αυτού είναι ότι, ενώ ορισμένα μέρη θα είναι πάντα περιορισμένοι χώροι, με μόνιμα μέτρα που να περιορίζουν την είσοδο, για άλλα μέρη θα απαιτείται να διαχειρίζονται ως κλειστοί χώροι όταν ορισμένες λειτουργίες πρόκειται να πραγματοποιηθούν, όπως η χρήση διαλυτών μέσα στην άτρακτο της ανεμογεννήτριας.

Οι τυπικοί κίνδυνοι από τους οποίους πρέπει να προφυλαχτούν οι εργαζόμενοι σε ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο

Όταν κάποιος εργαζόμενος βρίσκεται μέσα σε ένα κλειστό χώρο στον οποίο δεν υπάρχει αρκετό οξυγόνο ή υπάρχουν επικίνδυνες ουσίες στον αέρα, τότε μπορεί να χάσει τις αισθήσεις του για μεγάλο χρονικό διάστημα. Η εξάντληση του οξυγόνου μπορεί να συμβεί λόγω διάβρωσης, λόγω εργασιακών δραστηριοτήτων (π.χ. λείανση) ή με την αναπνοή των εργαζομένων που χρησιμοποιούν το διαθέσιμο οξυγόνο σε ένα περιορισμένο χώρο με ανεπαρκή ανταλλαγή αέρα. Αξίζει να αναφέρουμε, ότι επειδή ο χώρος είναι περιορισμένος μια μικρή ποσότητα επικίνδυνης ουσίας που θα διαρρεύσει είναι ικανή να προκαλέσει σοβαρό κίνδυνο. Ακόμα, κάποιος εργαζόμενος μπορεί να χάσει τις αισθήσεις του αν υπάρχει πολύ υψηλή θερμοκρασία και καθόλου ροή δροσερού αέρα.

Επιπλέον, εάν ο περιορισμένος χώρος βρίσκεται σε υπόγεια δομή, τότε μπορεί να έχουμε εισροή νερού και ο εργαζόμενος να κινδυνέψει από πνιγμό.

Αντιμετώπιση των παραπάνω κινδύνων

Πρώτα απ' όλα πρέπει να καθοριστεί εάν υπάρχει εφικτή εναλλακτική λύση ώστε να αποφύγουμε την είσοδο σε περιορισμένους χώρους, και αν όχι, τότε να διαχειριστούμε τους κινδύνους μιας τέτοιας εισόδου.

Στις περιπτώσεις όπου, στο στάδιο του σχεδιασμού, αναγνωρίζεται ότι δεν θα είναι εφικτό να αποφύγουμε εργασίες που πρέπει να πραγματοποιηθούν σε ένα περιορισμένο χώρο, και ειδικά σε περιπτώσεις όπου επαναλαμβανόμενες εισοδοί σε περιορισμένους χώρους θα είναι αναγκαίες, τότε θα πρέπει να εξεταστεί το ενδεχόμενο να σχεδιάσουν μέτρα που μπορούν να μειώσουν τον κίνδυνο που αυτοί οι χώροι προκαλούν.

Τα σχεδιαστικά μέτρα θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν παροχή συστημάτων παρακολούθησης για την ανίχνευση επικίνδυνων συνθηκών πριν από την είσοδο, αλλά και ενώ το έργο βρίσκεται σε πρόοδο. Επίσης, θα μπορούσαν να διαχωριστούν τα διαμερίσματα που μπορεί να περιέχουν κινδύνους, όπως φτωχές σε οξυγόνο

ατμόσφαιρες, από εκείνους στους οποίους θα πρέπει να εκτελεστεί το έργο. Ακόμα, είναι αναγκαία η υψηλή ακεραιότητα των τοιχωμάτων, για να αποφευχθεί η είσοδος νερού σε διαμερίσματα κάτω από την ίσαλο γραμμή και παροχή εσωτερικού φωτισμού. Τέλος, οι διαδρομές πρόσβασης και εξόδου πρέπει να έχουν τις κατάλληλες διαστάσεις και τα κατάλληλα χαρακτηριστικά για να μπορούν να χρησιμοποιηθούν από εργαζόμενους που φοράνε όλα τα απαραίτητα Μέσα Ατομικής Προστασίας (ΜΑΠ) και για τη διάσωση τους όταν συμβεί κάποιο ατύχημα.

Παρακολούθηση και Αναθεώρηση

Οποιαδήποτε εργασία πραγματοποιείται σε περιορισμένο χώρο απαιτεί συνεχή παρακολούθηση κατά τη διάρκεια της. Εάν υπάρχει οποιαδήποτε αλλαγή στις συνθήκες εργασίες τότε θα πρέπει να αξιολογηθούν και μετά αν το επιτρέπουν οι κανονισμοί να συνεχιστεί η εργασία.

Όσον αφορά το σχέδιο έκτακτης ανάγκης, η παροχή πρώτων βοηθειών από έναν εργαζόμενο σε έναν άλλο, μέσα σε ένα τέτοιο χώρο, πρέπει να γίνει αφού πρώτα εξετασθεί η κατάσταση και παρθούν τα απαραίτητα μέτρα ατομικής προστασίας. Για αυτό το λόγο το προσωπικό θα πρέπει να είναι εκπαιδευμένο και για τέτοιες περιπτώσεις.

4.15 ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΩΝ

Η ανάπτυξη της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας παρουσιάζει μια σημαντική πρόκληση όσον αφορά την πρόσβαση από τα μέσα μεταφοράς στις ανεμογεννήτριες, και το αντίστροφο, μαζί με τη μεταφορά μικρών αντικειμένων. Τα μέσα μεταφοράς που χρησιμοποιούνται είναι σκάφη και ελικόπτερα. Κάθε μεταφορά εκθέτει τους ανθρώπους που εμπλέκονται σε μια σειρά από σημαντικούς κινδύνους.

Μεταφορά εργαζομένων με πλοία

Οι τυπικοί κίνδυνοι από τους οποίους πρέπει να προφυλαχτούν οι εργαζόμενοι σε ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο

Όταν ένας εργαζόμενος μεταβιβάζεται από ή προς ένα σκάφος τότε κινδυνεύει από πτώση στη θάλασσα και εγκλωβισμό μεταξύ του σκάφους και της σκάλας. Κατά τη διάρκεια της μεταφοράς ισχύουν οι κίνδυνοι που αναφέρονται στο κεφάλαιο της μεταφοράς εργαζομένων μέσω θάλασσας (π.χ. δόνηση). Επιπλέον, υπάρχουν περιπτώσεις όπου δεν είναι εφικτή η πρόσβαση με άμεσο βήμα από το σκάφος σε μια σκάλα ή το αντίστροφο. Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιούνται μηχανοκίνητα συστήματα πρόσβασης.

Αντιμετώπιση των παραπάνω κινδύνων

Για να περιοριστούν οι κίνδυνοι που αφορούν τη μεταφορά των εργαζομένων από ή προς τα σκάφη, αρχικά, τα πλοία πρέπει να έχουν σχεδιαστεί ώστε να ελαχιστοποιούν τον κίνδυνο μιας πτώσης και να εξαλείφουν τη δυνατότητα για ένα άτομο να παγιδευτεί μεταξύ του σκάφους και της αποβάθρας. Για όλα τα παραπάνω φροντίζουν οι εταιρίες που παρέχουν τα σκάφη στο δυναμικό του αιολικού πάρκου.

Ακόμα, πρέπει να υπάρχει κατάλληλος φωτισμός για την ασφαλή μεταφορά στη διάρκεια της νύχτας και να έχουν εγκατασταθεί συστήματα για τη σύλληψη πτώσης τα οποία πρέπει να είναι συμβατά με τις προβλεπόμενες απαιτήσεις μεταφοράς και συμβατά με άλλα μέτρα ατομικής προστασίας σε χρήση, όπως ζώνες και σωσίβια. Επιπλέον, πρέπει να χρησιμοποιείται κατάλληλος εξοπλισμός για να είναι δυνατή η αποτελεσματική επικοινωνία μεταξύ της γέφυρας, του πληρώματος και του προσωπικού καταστρώματος. Τα εν λόγω συστήματα θα πρέπει να παρέχουν επικοινωνία ανεξάρτητα από το θόρυβο που δημιουργεί το σκάφος, η θάλασσα και ο καιρός, να αφήνουν τα χέρια ελεύθερα για αναρρίχηση ή γενικά για εκμετάλλευση και να είναι αξιόπιστα στο δυσμενές υπεράκτιο περιβάλλον, συμπεριλαμβανομένης της διαθεσιμότητας εναλλακτικών συστημάτων σε περίπτωση που έχουμε κάποιο σφάλμα.

Ο σχεδιασμός και τα υλικά που χρησιμοποιούνται για τις δομές πρόσβασης και τον εξοπλισμό που βρίσκεται υπεράκτια πρέπει να ελαχιστοποιούν τις απαιτήσεις συντήρησης και να διευκολύνουν την απομάκρυνση της θαλάσσιας ρύπανσης.

Πριν ξεκινήσει μια οποιαδήποτε μεταφορά εργαζομένου, ο πλοίαρχος του σκάφους αξιολογεί τις συνθήκες και επιτρέπει τη μεταφορά. Επίσης, ο ίδιος ο εργαζόμενος πρέπει να κάνει τη δική του εκτίμηση της κατάστασης. Τα ακριβή κριτήρια, για τις αποφάσεις μεταφοράς και τα συστήματα διαχείρισης της ασφάλειας, θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των συστημάτων πρόσβασης και τα σκάφη που χρησιμοποιούνται.

Κάθε μέλος του προσωπικού θα πρέπει να είναι εκπαιδευμένο και ικανό σωματικά και ψυχολογικά για τη συγκεκριμένη εργασία. Η ολοκλήρωση ενός κύκλου μαθημάτων βασικής εκπαίδευσης δεν εγγυάται αυτές τις ικανότητές. Η ναυτία ή η κούραση μπορεί να κάνει ένα άτομο ακατάλληλο να μεταφερθεί με ασφάλεια.

Μέτρα ατομικής προστασίας (ΜΑΠ)

Τα μέτρα ατομικής προστασίας ανάλογα με την περίσταση μπορεί να περιλαμβάνουν ιμάντες, κράνη, σχοινιά, μπότες, γάντια, στολή βύθισης, θερμικά είδη ένδυσης και σωσίβιο γιλέκο.

Ο συνδυασμός των ΜΑΠ πρέπει να είναι συμβατός. Για παράδειγμα, το σωσίβιο και η καλωδίωση δεν πρέπει να παρεμποδίζουν τη σωστή λειτουργία του κάθε στοιχείου. Τα ΜΑΠ που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά είναι πιθανό να

αφαιρεθούν από τους εργαζομένους κατά την άφιξή του στην υπεράκτια δομή. Για αυτό το λόγο πρέπει να υπάρχουν κατάλληλοι χώροι αποθήκευσης έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος πρόκλησης βλάβης σε αυτά.

Μεταφορά εργαζομένων με ελικόπτερο

Οι τυπικοί κίνδυνοι από τους οποίους πρέπει να προφυλαχτούν οι εργαζόμενοι σε ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο

Η πρόσβαση με τη χρήση ελικοπτέρων (Σχήμα 17) παρουσιάζει ένα διαφορετικό σύνολο κινδύνων για τους ανθρώπους σε σχέση με τη χρήση των πλοίων. Οι κίνδυνοι μεταφοράς μεταξύ του σκάφους και της πλατφόρμας αντικαθίστανται από τους κινδύνους που προκύπτουν μεταξύ του ελικοπτέρου και της πλατφόρμας του ελικοπτέρου στην κορυφή της ατράκτου. Οι κίνδυνοι αυτοί περιλαμβάνουν μικροτραυματισμούς, εάν για παράδειγμα ο εργαζόμενος σκοντάψει κατά την προσγείωση ή τη δημιουργία στατικού ηλεκτρισμού, εάν το ελικόπτερο δεν έχει γειωθεί καλά. Επιπλέον, δημιουργούνται σημαντικά επίπεδα θορύβου και κραδασμών που προκαλούν διαταραχές στην επικοινωνία, προβλήματα ακοής και δόνηση σε ολόκληρο το σώμα των εργαζομένων.

Εκτός από αυτούς τους κινδύνους που σχετίζονται με την πραγματική μεταφορά του προσωπικού, η όλη διαδικασία μπορεί να αποτύχει εάν έχουμε καταστροφική απώλεια του ελικοπτέρου. Αυτό μπορεί να συμβεί είτε εξαιτίας τεχνικής βλάβης είτε ανθρώπινου λάθους.



Σχήμα 17 Μεταφορά εργαζομένου με ελικόπτερο
Πηγή: <http://www.fassmer.de/>

Αντιμετώπιση των παραπάνω κινδύνων

Οι πλατφόρμες για την μεταφορά των εργαζομένων με τα ελικόπτερα θα πρέπει να σχεδιαστούν ώστε να παρέχουν επαρκή ασφάλεια στο προσωπικό. Αναφορικά,

οι επιφάνειες πρέπει να σχεδιάζονται και να συντηρούνται ώστε να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος γλιστρημάτων και πτώσεων και να υπάρχει επαρκής φωτισμός.

Επιπλέον, θα πρέπει να οριστούν οριακές τιμές για τις καιρικές συνθήκες με τις οποίες μπορούμε να έχουμε πρόσβαση με ελικόπτερο. Ακόμη και αν η ορατότητα είναι κατάλληλη, εξακολουθεί να είναι απαραίτητο να κατανοήσουμε την πίεση του αέρα και της θερμοκρασίας, καθώς αυτό μπορεί να επηρεάσει τις επιδόσεις του ελικοπτερού, όπως την ικανότητα αιώρησης. Ως εκ τούτου, εφόσον εργάζεται το πλήρωμα υπεράκτια τότε έτσι κι αλλιώς ελέγχονται οι μετεωρολογικές συνθήκες στην περιοχή.

Οι εργαζόμενοι πρέπει να κάνουν χρήση των κατάλληλων ΜΑΠ για ελικόπτερα, συμπεριλαμβανομένων των στολών κατάδυσης, σωσίβια και ωτοασπίδες. Επιπλέον, απαιτούνται συστήματα και πρωτόκολλα επικοινωνίας μεταξύ του προσωπικού στην ανεμογεννήτρια και του πληρώματος του ελικοπτερού.

4.16 ΣΥΝΘΗΚΕΣ και ΧΡΟΝΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ένας πολύ σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την αποδοτικότητα των εργαζομένων και την ευαισθησία τους σε ατυχήματα και προβλήματα υγείας είναι οι συνθήκες εργασίας που επικρατούν. Αναφορικά, τα θέματα που εξετάζει αυτός ο τομέας είναι ο εξερισμός, η θερμοκρασία, ο φωτισμός, η καθαριότητα και η παροχή των κατάλληλων εγκαταστάσεων υγιεινής και φαγητού, το άγχος και η σωματική καταπόνηση. Επιπλέον, στην συγκεκριμένη ενότητα αναλύονται και τα θέματα που αφορούν το χρόνο εργασίας και το άγχος.

ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Οι τυπικοί κίνδυνοι από τους οποίους πρέπει να προφυλαχτούν οι εργαζόμενοι σε ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο

Ο χώρος εργασίας όταν δεν έχει επαρκή φωτισμό, είναι βρώμικος και δεν έχει καθαρό αέρα τότε αυξάνει τις πιθανότητες να συμβεί κάποιο ατύχημα. Η έλλειψη εξερισμού ή έλεγχου της θερμοκρασίας οδηγεί σε δυσφορία, απώλεια συγκέντρωσης και προκαλεί τους εργαζόμενους να επιταχύνουν τις διαδικασίες ώστε να απομακρυνθούν από εκεί. Επιπλέον, αν δεν εφαρμόζονται τα κατάλληλα πρότυπα υγιεινής, οι εργαζόμενοι κινδυνεύουν από την ανάπτυξη λοιμώξεων.

Αντιμετώπιση των παραπάνω κινδύνων

Οι ανεμογεννήτριες αποτελούν ένα προσωρινό χώρο εργασίας και για αυτό θα πρέπει να διαμορφωθούν κατάλληλα. Οι κανονισμοί υποχρεώνουν τους εργοδότες να παρέχουν σε ένα χώρο εργασίας εγκαταστάσεις υγιεινής, καθαριότητας, ξεκούρασης και φαγητού όπου αυτό είναι εύλογα εφικτό. Η συγκεκριμένη

προσέγγιση που θα υιοθετηθεί θα εξαρτηθεί από τις συνθήκες ενός συγκεκριμένου αιολικού πάρκου. Οι ρυθμίσεις μπορεί να περιλαμβάνουν ένα ξηρό σύστημα υγείας, μέσα καθαρισμού χεριών και έναν άλλο τομέα όπου οι τεχνικοί μπορούν να φάνε και ενδεχομένως να ζεσταθούν σε ψυχρές καιρικές συνθήκες. Σε ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο, αυτές οι διαδικασίες πραγματοποιούνται στα σκάφη που βρίσκονται κοντά στην ανεμογεννήτρια ή σε κατάλληλη πλατφόρμα επί του πάρκου.

ΩΡΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΑΓΧΟΣ

Η υπεράκτια εργασία είναι πιθανό να απαιτεί μακρές εργάσιμες ημέρες με εκτεταμένες βάρδιες που μερικές φορές να ξεπερνούν τις 12 ώρες εργασίας καθημερινά.

Οι τυπικοί κίνδυνοι από τους οποίους πρέπει να προφυλαχτούν οι εργαζόμενοι σε ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο

Οι κουρασμένοι εργαζόμενοι είναι πιο πιθανό να κάνουν λάθη, αυξάνοντας τον κίνδυνο σφαλμάτων που επηρεάζουν δυσμενώς τη λειτουργία. Επιπλέον, οι πολλές ώρες εργασίας κάτω από έντονους ρυθμούς μπορεί να οδηγήσουν σε χρόνια προβλήματα υγείας όπως καρδιοαγγειακές νόσους.

Αντιμετώπιση των παραπάνω κινδύνων

Κάθε εργαζόμενος έχει διαφορετικές ψυχοσωματικές απαιτήσεις και αυτό πρέπει να λαμβάνεται υπόψη όταν γίνεται μια μελέτη πρόνοιας (π.χ. βάρδιες). Πριν από την έναρξη μίας εργασίας, πρέπει να λαμβάνονται όλα τα απαραίτητα μέτρα υγιεινής και να ορίζονται οι βάρδιες εργασίες σύμφωνα με τους κανονισμούς.

Ο σχεδιασμός των υπεράκτιων καταλυμάτων, καθώς και ο προγραμματισμός των εργασιών, θα πρέπει να εξασφαλίζουν ότι οι εργαζόμενοι που είναι εκτός υπηρεσίας είναι σε θέση να μπορούν να ξεκουραστούν επαρκώς, διασφαλίζοντας έτσι την ευημερία του υπεράκτιου εργατικού δυναμικού. Οι θορυβώδεις εργασίες μπορεί να διαταράξουν τον ύπνο και να αυξήσουν την κόπωση.

Οι εργοδότες έχουν την υποχρέωση να ορίσουν κάποιον υπεύθυνο, ο οποίος θα παρακολουθεί την πορεία των εργαζομένων και θα διασφαλίζει ότι οι εργαζόμενοι είναι σε θέση να φέρουν εις πέρας την εργασία που τους έχει ανατεθεί με ασφάλεια.

4.17 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΠΟΥ ΕΠΙΚΡΑΤΟΥΝ ΣΤΟΝ ΩΚΕΑΝΟ

Οι συνθήκες που επικρατούν στον ωκεανό περιλαμβάνουν τον συνδυασμό των συνθηκών καιρού και θάλασσας. Γενικά, είναι πολύ απρόβλεπτες και πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψιν κατά τη μελέτη ασφαλείας μιας εργασίας, καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής.

Οι τυπικοί κίνδυνοι από τους οποίους πρέπει να προφυλαχτούν οι εργαζόμενοι σε ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο

Οι σημαντικότερες καιρικές συνθήκες που δυσχεραίνουν τις υπεράκτιες εργασίες είναι η δύναμη της θάλασσας και η επίδραση του ανέμου. Για παράδειγμα, μπορεί να οδηγήσουν σε τραυματισμό των εργαζομένων κατά τις εργασίες σε μεγάλο ύψος και να συμβάλλουν στην προσάραξη και τη σύγκρουση ενός σκάφους.

Οι αντίξοες συνθήκες μπορούν τόσο να αυξήσουν την πιθανότητα επεισοδίων και των ατυχημάτων όσο και να αυξήσουν τη σοβαρότητα, εμποδίζοντας τις δράσεις αποκατάστασης ή αντιμετώπισης.

Εκτός όμως από τον άνεμο, τα κύματα και την παλίρροια, που είναι τα προφανή, υπάρχουν και άλλα στοιχεία που είναι επικίνδυνα για την υγεία και την ασφάλεια των εργαζομένων. Συγκεκριμένα, ο έντονος ήλιος, οι χαμηλές θερμοκρασίες, η βροχή, το χιόνι και η ομίχλη αποτελούν επίσης κινδύνους για τον άνθρωπο.

Τέλος, σημαντικός παράγοντας είναι ότι οι συνθήκες μπορεί να αλλάξουν γρήγορα και ξαφνικά μέσα στη διάρκεια της ημέρας, για αυτό οι εργαζόμενοι θα πρέπει να είναι σε θέση να αντιμετωπίσουν τις προβλεπόμενες αλλαγές.

Αντιμετώπιση των παραπάνω κινδύνων

Πριν από τον προγραμματισμό των εργασιών πρέπει να γίνει μια πρόβλεψη για τις καιρικές συνθήκες που θα επικρατούν στο πάρκο, εκείνη την στιγμή. Η πρόβλεψη πρέπει να γίνει για διάστημα μέχρι 5 ημερών και όχι για μεγαλύτερο γιατί τότε αυξάνεται το επίπεδο αβεβαιότητας. Βέβαια, πρέπει να ληφθεί υπόψιν κατά το σχεδιασμό και ένα επίπεδο αβεβαιότητας για να είναι πιο έγκυρος.

Επιπλέον, καθημερινά πρέπει να λειτουργούν στο πάρκο όργανα μέτρησης και να ενημερώνεται ο υπεύθυνος εργασιών για τις μετρήσεις που πραγματοποιούν. Σε περίπτωση που έχουμε ξαφνική αλλαγή των συνθηκών πρέπει να ενημερώνεται ο υπεύθυνος που συντονίζει τις εργασίες υπεράκτια και να δίνεται άδεια για να συνεχίσουν οι εργασίες.

Για να έχουν αποτέλεσμα όλα τα παραπάνω πρέπει να οριστούν αυστηρά κριτήρια για τις καιρικές συνθήκες ανάλογα πάντα με το είδος της εργασίας.

4.18 ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

Η ανάπτυξη ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου τυπικά περιλαμβάνει μεγάλο αριθμό ανθρώπων και σκαφών, που εργάζονται ταυτόχρονα σε μικρές ομάδες, σε διάφορες τοποθεσίες, για μεγάλο χρονικό διάστημα. Όλες αυτές οι ταυτόχρονες δραστηριότητες ώστε να μην προκληθεί κάποιο ατύχημα, ελέγχονται και προγραμματίζονται και η διαδικασία αυτή ονομάζεται θαλάσσιος συντονισμός (RenewableUK, 2014). Υπεύθυνος του έργου είναι ο θαλάσσιος συντονιστής, ο οποίος δίνει την έγκριση για να πραγματοποιηθεί μια δραστηριότητα.

Οι τυπικοί κίνδυνοι από τους οποίους πρέπει να προφυλαχτούν οι εργαζόμενοι σε ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο

Σε περίπτωση που δεν οργανωθούν σωστά οι διάφορες εργασίες και αποτύχει ο θαλάσσιος συντονισμός τότε τα διάφορα σκάφη μπορεί να συγκρουστούν μεταξύ τους ή να βρίσκονται ταυτόχρονα πολλά στο ίδιο σημείο με αποτέλεσμα να έχουν περιορισμένη ευελιξία.

Υπάρχουν επίσης κίνδυνοι που συνδέονται με τις αλληλεπιδράσεις με άλλους χρήστες της θάλασσας. Τέτοιοι κίνδυνοι για παράδειγμα είναι ο περιορισμός της ασφαλούς κυκλοφορίας των άλλων σκαφών, συμπεριλαμβανομένων των σκαφών αναψυχής, ιδιαίτερα σε περιόδους αιχμής και οι εκπομπές θορύβου από τις υπεράκτιες δραστηριότητες που μπορεί να διαταράξουν ή να είναι επικίνδυνες για τους χρήστες της θάλασσας, ιδιαίτερα τους δύτες.

Αντιμετώπιση των παραπάνω κινδύνων

Σε πρώτο πλάνο, οι υπεύθυνοι για το θαλάσσιο συντονισμό πρέπει να προγραμματίσουν τις μελλοντικές δραστηριότητες. Συγκεκριμένα, πρέπει να γίνει σχεδιασμός της ακριβής πορείας που θα ακολουθήσει το κάθε σκάφος και να ενημερωθούν για αυτήν οι άλλοι χρήστες της θάλασσας (εμπορικά πλοία, αλιευτικά).

Στη συνέχεια, κατά τη διάρκεια εκτέλεσης των δραστηριοτήτων σε όλο το πάρκο, ο θαλάσσιος συντονισμός θα είναι υπεύθυνος για την παροχή πληροφοριών και προειδοποιήσεων στα σκάφη (π.χ. καιρικές συνθήκες, πορεία άλλων σκαφών) και θα ελέγχει την πορεία τους, παρακολουθώντας για τυχών προβλήματα. Επίσης, θα ελέγχει την πρόσβαση των εργαζομένων στις διάφορες εγκαταστάσεις και θα συντονίζει το σχέδιο έκτακτης ανάγκης σε περίπτωση ατυχήματος.

Για να επιτύχει η ασφαλής πραγματοποίηση όλων των λειτουργιών ταυτόχρονα θα πρέπει όλο το προσωπικό του πάρκου να βρίσκεται σε συνεχή επικοινωνία με τον υπεύθυνο συντονισμού των εργασιών. Το ίδιο πρέπει να συμβαίνει και για τις εργασίες που πραγματοποιούνται στα λιμάνια.

4.19 ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

Η κατάδυση είναι μια δραστηριότητα υψηλής επικινδυνότητας που γίνεται από εξειδικευμένο προσωπικό με υψηλό επίπεδο κατάρτισης και εμπειρίας στο σχεδιασμό, την υποστήριξη και την εκτέλεση υποθαλάσσιων εργασιών με ασφαλή τρόπο.

Οι τυπικοί κίνδυνοι από τους οποίους πρέπει να προφυλαχτούν οι εργαζόμενοι σε ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο

Ο μεγαλύτερος κίνδυνος που αντιμετωπίζουν οι δύτες είναι ότι εκτελούν εργασίες σε πίεση πολύ μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική. Η πίεση αυτή τους προκαλεί έντονη σωματική καταπόνηση και τους αναγκάζει να εισπνέουν ένα μείγμα αερίων πολύ επιβλαβές για την υγεία τους.

Επιπλέον, οι δύτες έρχονται αντιμέτωποι και με άλλους κινδύνους. Συγκεκριμένα, εκτελούν εργασίες κοντά σε σκάφη τα οποία κινούνται και μπορεί να τους παρασύρουν ή να πέσουν αντικείμενα από αυτά στη θάλασσα. Επιπλέον, έχουν περιορισμένη ορατότητα, χρησιμοποιούν επικίνδυνο εξοπλισμό και είναι εύκολο να μπερδευτούν στα καλώδια τροφοδοσίας οξυγόνου. Ακόμα, δεν πρέπει να ξεχνάμε τον υποβρύχιο θόρυβο, ο οποίος μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα στην ακοή και στην επικοινωνία τους.

Απλές καταδύσεις, όπως αυτές που γίνονται σε ρηχά νερά, μπορεί να οδηγήσουν σε εφησυχασμό και να μην παρθούν τα κατάλληλα μέτρα προστασίας. Τέλος, οι δυσμενείς καιρικές συνθήκες και η απότομη αλλαγή τους μπορεί να δυσκολέψουν ακόμα περισσότερο τις εργασίες τους.

Αντιμετώπιση των παραπάνω κινδύνων

Λόγω των σοβαρών κινδύνων, ένας βασικός στόχος στη φάση του σχεδιασμού της ανάπτυξης κάθε υπεράκτιου αιολικού πάρκου είναι να ελαχιστοποιηθεί η ανάγκη για εργασίες καταδύσεις. Αν δεν είναι εφικτό να αποφευχθούν τέτοιες εργασίες τότε πρέπει πρώτα από όλα να ελεγχθεί αν μπορούν να πραγματοποιηθούν με κάποια εναλλακτική μέθοδο, όπως τηλεχειριζόμενο όχημα (ROVs) ή Αυτόνομα Υποβρύχια Οχήματα (AUVs). Ωστόσο, τα περισσότερα υπεράκτια έργα θα εξακολουθούν να απαιτούν ορισμένες δραστηριότητες καταδύσεων, για αυτό πρέπει να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα σχεδιασμού.

Πριν από την έναρξη μιας εργασίας κατάδυσης, πρέπει να επιλεγεί η κατάλληλη ομάδα δυτών και ένας υπεύθυνος κατάδυσης. Οι δύτες που θα επιλεγούν πρέπει να έχουν εμπειρία, εκπαίδευση, δεξιότητες, καλή κατάσταση υγείας και να γνωρίζουν τους κανόνες ασφαλείας. Στη συνέχεια, πρέπει να συγκεντρωθούν οι απαραίτητες πληροφορίες για το έργο, όπως φόρτο εργασίας, διαθέσιμα εργαλεία, όρια κατάδυσης, ιστορικά στοιχεία (τεχνικές και ασφάλεια) και πληροφορίες για τις περιβαλλοντικές συνθήκες, δηλαδή βάθος νερού, κατάσταση βυθού, μετεωρολογικές συνθήκες, δεδομένα για την παλίρροια και ορατότητα.

Τα σημεία που πρέπει να ληφθούν υπόψη στο σχεδιασμό και τη διαχείριση ενός έργου κατάδυσης περιλαμβάνουν την επιλογή του κατάλληλου εξοπλισμού, πρόσθετο εξοπλισμό για την αντιμετώπιση έκτακτων καταστάσεων, τον αριθμό των εργαζομένων και τον έλεγχο των εγκαταστάσεων. Επιπλέον, ο υπεύθυνος

κατάδυσης πρέπει να συνεργαστεί με τον θαλάσσιο συντονιστή ώστε να διασφαλιστεί ότι άλλες δραστηριότητες δεν παρουσιάζουν κίνδυνο για το έργο.

Αξίζει να αναφέρουμε ότι οι διαφορετικές μορφές καταδύσεων επηρεάζουν το προφίλ του κινδύνου. Παρακάτω παρουσιάζονται παραδείγματα διαφορετικών καταδύσεων.

Κατάδυση με κορεσμό (Saturation diving): είναι μια τεχνική που χρησιμοποιείται για να μειώσουν τον κίνδυνο της νόσου αποσυμπίεσης, όταν εργάζονται σε μεγάλα βάθη για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Η συγκεκριμένη τεχνική χρησιμοποιείται γενικά για την εργασία σε βάθη άνω των 50m. Οι δύτες παραμένουν υπό την πίεση που θα αντιμετωπίσουν κατά τη διάρκεια της κατάδυσης (και ως εκ τούτου, να συνεχίσουν να χρησιμοποιούν το μείγμα αναπνοής) και όταν είναι έξω από το νερό.

Παρόλο που εργάζονται σε βάθος έξω από την καμπάνα, οι δύτες εξακολουθούν να συνδέονται με αυτό μέσω ενός καλωδίου τροφοδοσίας, το οποίο προβλέπει την παροχή αναπνοής του φυσικού αερίου, ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό και την επικοινωνία με τον επιβλέποντα στην επιφάνεια. Επιτρέπει έτσι τη συνεχή παρακολούθηση της κατάστασης του δύτε και συχνά περιλαμβάνουν ζωντανή μετάδοση βίντεο.

Εφοδιασμός από την επιφάνεια (μίγμα αερίου / αέρα Nitrox): οι δύτες που συνδέονται με το πλοίο υποστήριξης από ένα καλώδιο τροφοδοσίας, με τις ίδιες λειτουργίες όπως και στην κατάδυση κορεσμού, αλλά καθώς οι δύτες επιστρέφουν στην επιφάνεια μετά την ολοκλήρωση κάθε κατάδυσης, εσωτερικά απαιτείται αποσυμπίεση του νερού. Χρησιμοποιούνται πίνακες κατάδυσης για να καθορίσουν τις απαιτήσεις αποσυμπίεσης, η οποία εξαρτάται από το βάθος, τη διάρκεια της κατάδυσης και το μίγμα του αερίου της αναπνοής που χρησιμοποιείται.

Η αυτόνομη υποβρύχια αναπνευστική συσκευή (SCUBA) θεωρείται, από τις ρυθμιστικές αρχές και τους επαγγελματικούς οργανισμούς, ως ακατάλληλη για τις υπεράκτιες καταδύσεις (RenewableUK, 2014).

4.20 ΦΩΤΙΑ

Ως φωτιά ορίζεται ουσιαστικά η καύση που συνοδεύεται από φλόγα και προκαλεί έντονη θερμότητα. Η φωτιά θα προκληθεί όταν έχουμε ένα εύφλεκτο καύσιμο, υψηλή θερμοκρασία και οξυγόνο. Οι πυρκαγιές εισάγουν μια σειρά από κινδύνους για τους ανθρώπους και τα περιουσιακά στοιχεία, οι οποίοι είναι ιδιαίτερα προκλητικοί για τις υπεράκτιες κατασκευές. Ο κίνδυνος φωτιάς εγκυμονεί σε διάφορες περιοχές της υπεράκτιας εγκατάστασης, στα σκάφη, στα ελικόπτερα και σε διάφορες δραστηριότητες κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής.

Οι τυπικοί κίνδυνοι από τους οποίους πρέπει να προφυλαχτούν οι εργαζόμενοι σε ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο

Οι εργαζόμενοι όταν έρθουν αντιμέτωποι με μία πυρκαγιά κινδυνεύουν από εγκαύματα, εισπνοή καπνού, εισπνοή μονοξειδίου του άνθρακα και από σοβαρό τραυματισμό λόγω της έκρηξης. Η εισπνοή καπνού μπορεί να προκαλέσει στους ανθρώπους ασφυξία ακόμα και θάνατο.

Ακόμη και οι μικρότερες πυρκαγιές μπορούν γρήγορα να κλιμακωθούν, εάν οξυγόνο και εύφλεκτα υλικά είναι παρόντες. Το φαινόμενο της καμινάδας, που δημιουργείται στον πύργο, βοηθάει τον καπνό να εξαπλωθεί ταχύτατα σε όλη την ανεμογεννήτρια.

Κίνδυνοι με έμμεσες συνέπειες

Όταν εκδηλωθεί πυρκαγιά μπορεί να κλείσουν οι κανονικές διαδρομές εξόδου και οι εργαζόμενοι είτε να παγιδευτούν είτε να πρέπει να χρησιμοποιήσουν τις οδούς έκτακτης ανάγκης. Επιπλέον, η φωτιά μπορεί να προκαλέσει σφάλμα στο φωτισμό της εγκατάστασης.

Ακόμα και στην περίπτωση που μια πυρκαγιά αντιμετωπιστεί αποτελεσματικά, πάλι εγκυμονούν κίνδυνοι για τους εργαζόμενους. Συγκεκριμένα, η φωτιά μπορεί να προκάλεσε δομική βλάβη σε εγκαταστάσεις (π.χ. σκάλες, δάπεδα) και να κατέστρεψε τις μονώσεις καλωδίων, προκαλώντας κινδύνους πτώσης και ηλεκτροπληξίας, αντίστοιχα. Επίσης, μπορεί να έχουν μείνει στην ατμόσφαιρα τα προϊόντα της καύσης, τα οποία εάν τα εισπνεύσουν οι εργαζόμενοι είναι επικίνδυνα για την υγεία τους.

Αντιμετώπιση των παραπάνω κινδύνων

Για την αντιμετώπιση των παραπάνω κινδύνων πρέπει πρώτα από όλα να εξαιρεθούν οι πηγές που μπορεί να προκαλέσουν την έκρηξη πυρκαγιάς. Οι πυρκαγιές μπορεί να ξεκινήσουν από δυσλειτουργία του εξοπλισμού, όπως βλάβες σε εξοπλισμό μεταγωγής και καλωδιακές απολήξεις, θερμές επιφάνειες στα φρένα, και από αποτυχίες στα συστήματα ψύξης για τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα.

Αρχικά, ο σχεδιασμός θα πρέπει να μεριμνά ώστε να υπάρχουν συναγερμοί σε όλη την εγκατάσταση, οι οποίοι θα ειδοποιούν για την ύπαρξη υψηλών θερμοκρασιών και θα πρέπει να παρακολουθείται η κατάσταση του εξοπλισμού εργασίας. Επιπλέον, πρέπει να αποφευχθεί η συσσώρευση εύφλεκτων υλικών και να διασφαλιστεί ότι τυχόν διαρροές επισκευάζονται εγκαίρως.

Σε περίπτωση που τα παραπάνω μέτρα αποτύχουν και εκδηλωθεί πυρκαγιά τότε πρέπει το προσωπικό να είναι εκπαιδευμένο κατάλληλα για να μπορέσει να την αντιμετωπίσει. Συγκεκριμένα, οι εργαζόμενοι πρέπει να γνωρίζουν τα συστήματα πυροπροστασίας, τις θέσεις και τον τρόπο με τον οποίο λειτουργούν οι

πυροσβεστήρες και τις εξόδου έκτακτης ανάγκης. Μόνο το εξειδικευμένο προσωπικό μπορεί να αντιμετωπίσει μια πυρκαγιά με σκοπό να την σβήσει.

Οι οδοί διαφυγής έκτακτης ανάγκης θα πρέπει να διατηρούνται καθαροί ανά πάσα στιγμή και θα πρέπει να προστατεύονται αναλόγως όταν έχουν δίπλα τους γειτονικά διαμερίσματα με εύφλεκτα υλικά.

Σε περίπτωση που είναι αναγκαία η εκκένωση της ατράκτου τότε θα πρέπει να έχει προγραμματιστεί σωστά γιατί είναι πιθανόν να προκαλέσει επιπρόσθετους κινδύνους στους εργαζόμενους. Για παράδειγμα, οι άνθρωποι θα πρέπει να πέσουν στο νερό, χωρίς σωσίβια και ειδικές στολές αν δεν υπάρχουν διαθέσιμα στο πάνω μέρος της ατράκτου και τα σκάφη μπορεί να μην μπορούν να πλησιάσουν την άτρακτο εάν πέφτουν συντρίμια από την καύση.

5. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΟΥ ΡΙΣΚΟΥ ΣΕ ΕΝΑ ΥΠΕΡΑΚΤΙΟ ΑΙΟΛΙΚΟ ΠΑΡΚΟ

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΡΙΣΚΟΥ

Ο έλεγχος του επιπέδου ασφάλειας και η διαχείριση του σε μία εργασία πραγματοποιείται με την εφαρμογή της μεθόδου «Ανάλυση διακινδύνευσης» (risk analysis), ή όπως αλλιώς ονομάζεται μελέτη ρίσκου (Σπύρου, 2010).

Γενικά, η μελέτη ρίσκου περιλαμβάνει τρεις βασικές μεθοδολογίες: (Det Norske Veritas, 2001)

- Ανάλυση ρίσκου (Risk Analysis): Εκτίμηση του κινδύνου στις βασικές δραστηριότητες.
- Εκτίμηση ρίσκου (Risk Assessment): Επανεξέταση του κινδύνου σε σύγκριση με τα πρότυπα κινδύνου και η δοκιμή διαφόρων μέτρων προστασίας.
- Διαχείριση ρίσκου (Risk Management): Η διαδικασία επιλογής των κατάλληλων μέτρων προστασίας και η εφαρμογή τους στο χώρο εργασίας.

Σε μια μελέτη υγιεινής και ασφάλειας σκοπός είναι να μελετηθούν οι κίνδυνοι που αντιμετωπίζουν οι εργαζόμενοι στο περιβάλλον εργασίας τους. Για να πραγματοποιηθεί αυτό πρέπει πρώτα να αναγνωριστούν οι κίνδυνοι και στη συνέχεια να επιλεχθούν τα κατάλληλα μέτρα προστασίας για την αντιμετώπιση τους (HSE, 2014). Η διαδικασία αυτή ονομάζεται Εκτίμηση του Ρίσκου (Risk Assessment). Σε περίπτωση που έχουν ληφθεί ήδη μέτρα προστασίας μια αξιολόγηση του ρίσκου θα επιβεβαιώσει εάν είναι επαρκή ή όχι.

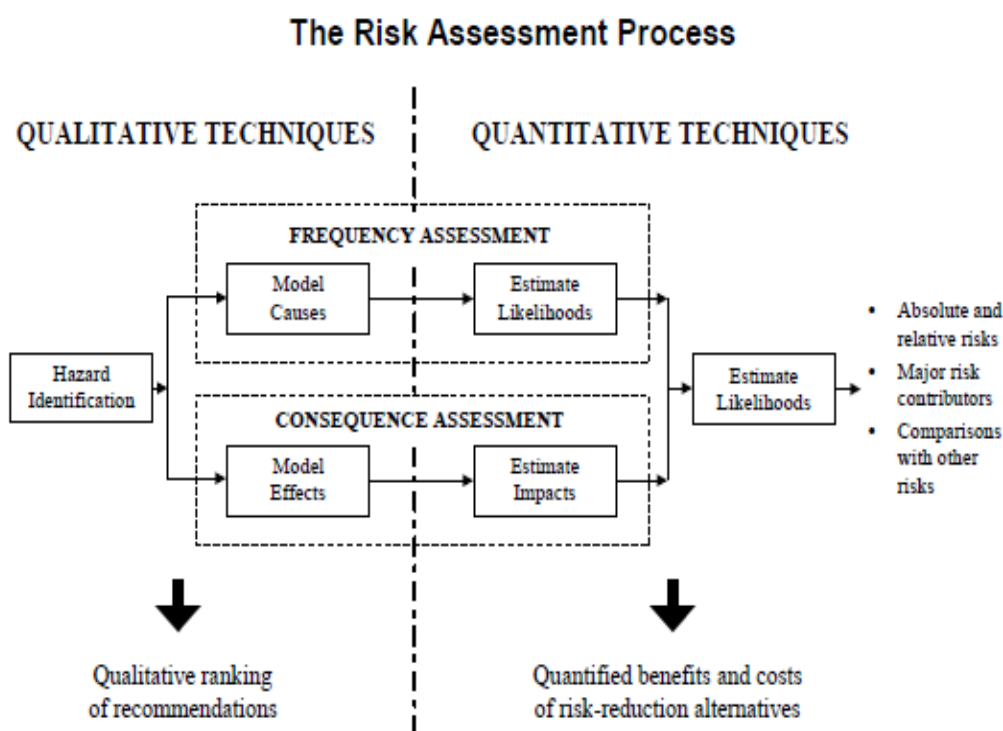
5.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΟΥ ΡΙΣΚΟΥ

Σύμφωνα με τις σχετικές αναφορές του HSE (HSE, 2006) και τις οδηγίες που εξέδωσε το Αμερικανικό Γραφείο Ναυτιλίας (American Bureau of Shipping), η διαδικασία Εκτίμησης του Ρίσκου πραγματοποιείται σε τέσσερα στάδια.

1. Αναγνώριση των κινδύνων
2. Εκτίμηση της συχνότητας
3. Εκτίμηση των συνεπειών
4. Υπολογισμός- Αξιολόγηση ρίσκου

Η αναγνώριση των κινδύνων περιλαμβάνει τη συγκέντρωση όλων των πιθανών κινδύνων που έχουν τη δυνατότητα να βλάψουν την υγεία των εργαζομένων σε ένα χώρο εργασίας. Στη συνέχεια, υπολογίζεται πόσο συχνά προκύπτει ο κάθε κίνδυνος και ποιές είναι οι επιπτώσεις του στην υγεία των εργαζομένων ανάλογα με τις διάφορες συνθήκες που επικρατούν. Τέλος, υπολογίζεται μια τιμή ρίσκου για κάθε περίπτωση, η οποία συγκρίνεται με τα αποδεκτά όρια ασφάλειας. Το ρίσκο υπολογίζεται από την σχέση: $Risk = Frequency \times Consequence$

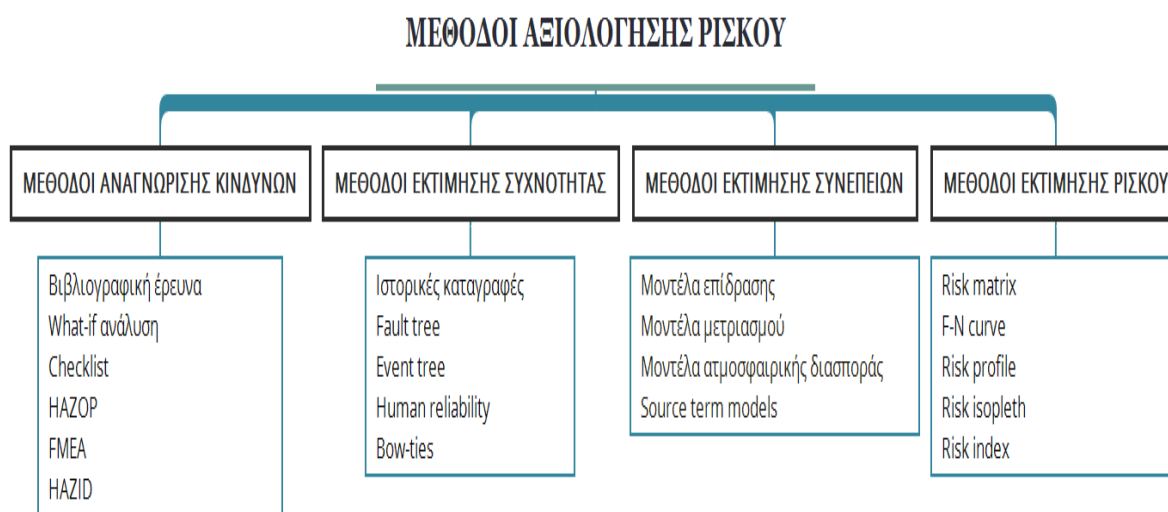
Η εκτίμηση του ρίσκου μπορεί να πραγματοποιηθεί με τρεις διαφορετικές προσεγγίσεις ως Ποιοτική, Ποσοτική και Ημι-ποσοτική (HSE, 2006). Σε γενικές γραμμές οι ποιοτικές προσεγγίσεις είναι πιο εύκολες να εφαρμοστούν, καθώς απαιτούν λιγότερα δεδομένα. Αντίθετα, οι ποσοτικές προσεγγίσεις απαιτούν περισσότερα δεδομένα αλλά παρέχουν πιο λεπτομερή κατανόηση. Οι Ημι-ποσοτικές προσεγγίσεις βρίσκονται κάπου ανάμεσα και στις δύο. Το διάγραμμα που ακολουθεί (Διάγραμμα 5), όπως παρουσιάζεται στη μελέτη του Αμερικανικού Γραφείου Ναυτιλίας (American Bureau of Shipping) (ABS, 2001), αναλύει με γραφικό τρόπο πως πραγματοποιείται γενικά μια μελέτη αξιολόγησης του κινδύνου.



Διάγραμμα 5 Διαδικασία Αξιολόγησης του κινδύνου
 Πηγή: (ABS, 2001)

Για να πραγματοποιηθεί μια εκτίμηση του ρίσκου έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνικές. Οι σημαντικότερες τεχνικές αναγνώρισης των κινδύνων είναι η FMEA – Failure Modes and Effects Analysis, η SWIFT – Structured What-If, η Checklist Technique και η HAZOP – Hazard and Operability Study (Van, 2012). Για την εκτίμηση της συχνότητας και των συνεπειών χρησιμοποιούνται πιο συχνά οι τεχνικές FTA-Fault Tree Analysis, ETA-Event Tree Analysis και η ανάλυση με διαγράμματα Bow-tie. Οι τελευταίες τρεις μεθοδολογίες ανήκουν στις Ημι-ποσοτικές προσεγγίσεις (Det Norske Veritas, 2001).

Στο Διάγραμμα 6 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι μέθοδοι αξιολόγησης ρίσκου που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε κάθε στάδιο της ανάλυσης.



Διάγραμμα 6 Μέθοδοι αξιολόγησης ρίσκου
Πηγή: (ABS, 2001)

5.3 ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΥΓΙΕΙΝΗΣ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΕ ΥΠΕΡΑΚΤΙΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

Η υπεράκτια αιολική βιομηχανία αποτελεί νέο κλάδο και για αυτό οι μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί για την υγιεινή και ασφάλεια σε υπεράκτια αιολικά πάρκα είναι πολύ περιορισμένες. Παρόλα αυτά, έπειτα από βιβλιογραφική έρευνα προέκυψαν κάποιες αξιοσημείωτες μελέτες.

Αρχικά, ο Van (2012) συγκέντρωσε τις πιο γνωστές μεθόδους ανάλυσης ρίσκου και αφού τις σύγκρινε μεταξύ τους προσδιόρισε ποιές είναι κατάλληλες για τη μελέτη διαφόρων ατυχημάτων που μπορεί να συμβούν σε ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο. Στη συνέχεια εφάρμοσε τη μέθοδο Human Reliability Analysis(HRA) για δύο ατυχήματα, σύγκρουση σκάφους με ανεμογεννήτρια και επιβίβαση-αποβίβαση εργαζομένου απο το σκάφος στην ανεμογεννήτρια. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν αφορούσαν τα πιο κοινά ανθρώπινα λάθη, τις πιθανότητες τους να συμβούν και τρόπους για να μειωθεί η πρόκληση αυτών των ατυχημάτων.

Ενώ ο Van μελέτησε την ανθρώπινη αξιοπιστία, οι Kougioumtzoglou & Lazakis (2014) επικεντρώθηκαν στα σφάλματα στο μηχανολογικό εξοπλισμό, για τα στάδια της εγκατάστασης και της λειτουργίας και συντήρησης ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου, σε συνδιασμό με την ανθρώπινη ασφάλεια, το περιβάλλον, τα περυσιακά στοιχεία και τη λειτουργία. Η μελέτη πραγματοποιήθηκε με τις μεθόδους FMECA (Failure Mode, Effects and Criticality Analysis) and HAZID (Hazard Identification).

Επιπροσθέτως, πραγματοποιήθηκε και μια μελέτη ανάλυσης κόστους με τη χρήση BBN (Bayesian Belief Networks) με σκοπό να βοηθήσει την ανάπτυξη μιας διαδικασίας λήψης αποφάσεων για τα συγκεκριμένα στάδια του κύκλου ζωής.

Επιπλέον, οι Christensen, Andersen, & Pedersen παρουσίασαν μια μελέτη ανάλυσης ρίσκου όσον αφορά τη σύγκρουση σκαφών που διέρχονται απο υπεράκτια αιολικά πάρκα. Η μελέτη υπολόγισε το πόσο συχνά πραγματοποιείται μια σύγκρουση σε ένα συγκεκριμένο υπεράκτιο αιολικό πάρκο στο Roodsand χρησιμοποιώντας δεδομένα για τις διαδρομές των πλοίων, τη γεωμετρία του πάρκου και τη βαθυμετρία. Στη συνέχεια, θεωρήθηκαν τρία πιθανά σενάρια που μπορεί να οδήγησαν στη σύγκρουση, ανθρώπινος λάθος, σφάλμα στο σύστημα πρόωσης και σφάλμα στο πηδάλιο, και υπολογίστηκαν οι πιθανότητες να προκύψει κάποιο απο αυτά.

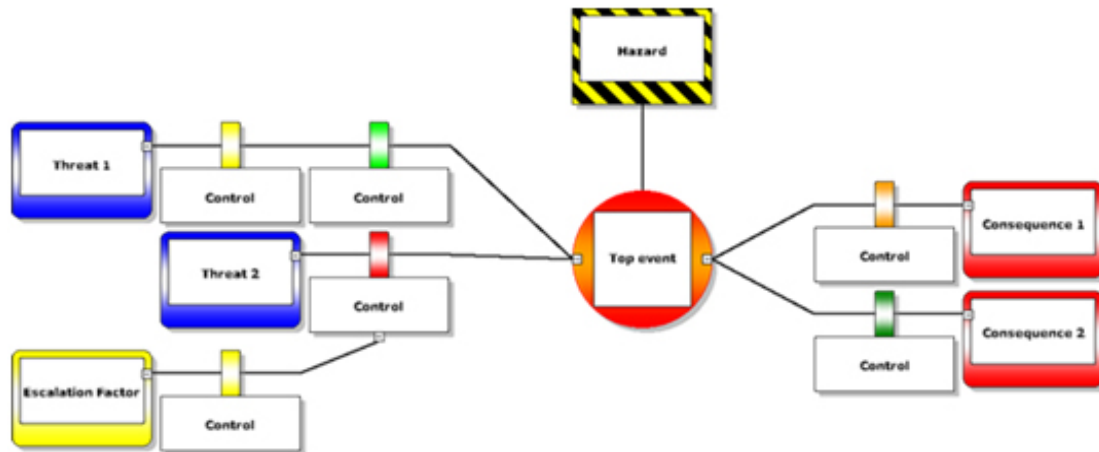
Τέλος, αξίζει να αναφέρουμε μια μελέτη η οποία δεν πραγματοποιήθηκε σε υπεράκτιο αιολικό πάρκο αλλά σε υπεράκτια πλατφόρμα εξόρυξης πετρελαίου. Οι Elsayed, Leheta, Shehadeh, & Shered (2008) τόνισαν την επικινδυνότητα των υπεράκτιων εγκαταστάσεων και πόσο σημαντική είναι η μελέτη ατυχημάτων γιατί αναγνωρίζονται οι κίνδυνοι και περιορίζονται με τα κατάλληλα μέσα. Στη συνέχεια, υπολόγησαν τρεις δείκτες, το δείκτη FAR (Fatality Risk), το δείκτη PLL (Potential Loss of Life) και το δείκτη AIR (Average Individual Risk). Ο δείκτης FAR υπολογίστηκε για έξι επικίνδυνες δραστηριότητες ξεχωριστά. Τέλος, τα αποτελέσματα συγκρίθηκαν με τα αποδεκτά κριτήρια ασφάλειας για τις υπεράκτιες εγκαταστάσεις και οι συγγραφείς πρότειναν τρόπους ώστε να αυξηθεί το επίπεδο ασφάλειας.

6. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΥΠΟΥ «ΠΑΠΙΓΙΟΝ» (BOW-TIE ΑΝΑΛΥΣΗ)

Έπειτα από τη σύγκριση των διαφόρων μεθόδων, οι οποίες αναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο 5 (Διάγραμμα 6), για την συνέχεια της διπλωματικής εργασίας, επιλέγεται να χρησιμοποιηθεί ανάλυση με διαγράμματα Bow-tie. Σκοπός είναι μέσα από τα διαγράμματα να προσδιοριστούν οι αιτίες που οδηγούν στην πραγματοποίηση ατυχημάτων, οι συνέπειες που μπορούν να προκαλέσουν στην υγεία των εργαζομένων καθώς και τα μέσα προφύλαξης για τον περιορισμό του κινδύνου.

6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μέθοδος Bow-tie είναι μια μέθοδος αξιολόγησης του ρίσκου για ατυχήματα που εγκυμονούν σε ένα εργατικό χώρο και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αναλύσει σενάρια υψηλού κινδύνου. Σε αυτήν την προσέγγιση, ο κίνδυνος αντιπροσωπεύεται με την πραγματοποίηση ενός κύριου γεγονότος, το οποίο μπορεί να προκληθεί από μία ή περισσότερες απειλές και να οδηγήσει σε κάποιες συνέπειες (Σχήμα 18). Οι φραγμοί (barriers) παρέχονται για την προστασία του συστήματος από αυτές τις απειλές (HSE, 2008).



Σχήμα 18 Χαρακτηριστικό σχέδιο ανάλυσης με Bow-tie
(HSE,2008)

Τα διαγράμματα αυτά αποτελούν ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για να απεικονίσουν σε πραγματικό χρόνο ένα σύστημα διαχείρισης των κινδύνων που ενσωματώνονται σε καθημερινές λειτουργίες και είναι μια δοκιμασμένη φιλοσοφία στην παγκόσμια υπεράκτια βιομηχανία (Saud, Israni, & Goddard, 2012). Λόγω των απaráμιλλων πλεονεκτημάτων τους χρησιμοποιούνται ευρέως στην Ευρώπη και την Αυστραλία για να υποστηρίξουν εκθέσεις για την υγεία, την ασφάλεια και το περιβάλλον (HSE, 2008) (Saud, Israni, & Goddard, 2012).

Χαρακτηριστικό στοιχείο της συγκεκριμένης μεθόδου είναι ότι μπορεί να αναπαραστήσει ταυτόχρονα, σε ένα μόνο διάγραμμα, διάφορα σενάρια

ατυχήματος με αντίστοιχα διάφορες συνέπειες. Η ανάλυση Bow-tie παρέχει μια οπτική αναπαράσταση των αιτιών σε συνδυασμό με τις πιθανές συνέπειες και είναι εύκολα κατανοητή από όλα τα επίπεδα λειτουργίας και διαχείρισης (Ouache & Adham, 2014).

Ένα διάγραμμα Bow-tie, όπως φαίνεται στο Σχήμα 18, αποτελείται από πέντε βασικά στοιχεία. Σύμφωνα με την αναφορά του HSE (HSE, 2008) τα στοιχεία αυτά αναλύονται ως εξής:

Κίνδυνος (Hazard) είναι μια σωματική κατάσταση, συγκυρία ή ιδιότητα των υλικών που έχει τη δυνατότητα να προκαλέσει ασθένεια, τραυματισμό ή θάνατο σε ανθρώπους, βλάβη σε υλικές ζημίες στις εγκαταστάσεις, περιβαλλοντική ζημία, διακοπή επιχειρηματικών δραστηριοτήτων και απώλεια φήμης.

Απειλή (Threat) αναφέρεται στα μέσα με τα οποία ένας κίνδυνος μπορεί να πραγματοποιηθεί. Για παράδειγμα, η ρωγμή σε ένα σημείο της γάστρας του πλοίου αποτελεί κίνδυνο, ο οποίος μπορεί να προκληθεί από διάβρωση (απειλή).

Ατύχημα (Accident) (κύριο γεγονός) είναι το αρχικό συμβάν που θα πραγματοποιηθεί ξαφνικά κατά τη διάρκεια μίας εργασίας και θα οδηγήσει σε απώλεια ελέγχου της κατάστασης με σοβαρές συνέπειες. Για παράδειγμα, η διαρροή υδρογονανθράκων από ένα κατακόρυφο αγωγό ή η σύγκρουση δύο σκαφών αποτελούν ένα κύριο γεγονός.

Συνέπεια (Consequence) είναι το αποτέλεσμα που ακολουθεί μετά την πραγματοποίηση του κυρίου γεγονότος (ατύχημα). Η συνέπεια μπορεί να είναι σωματική για τους εργαζόμενους, κάποια υλική βλάβη για τις εγκαταστάσεις ή περιβαλλοντική καταστροφή.

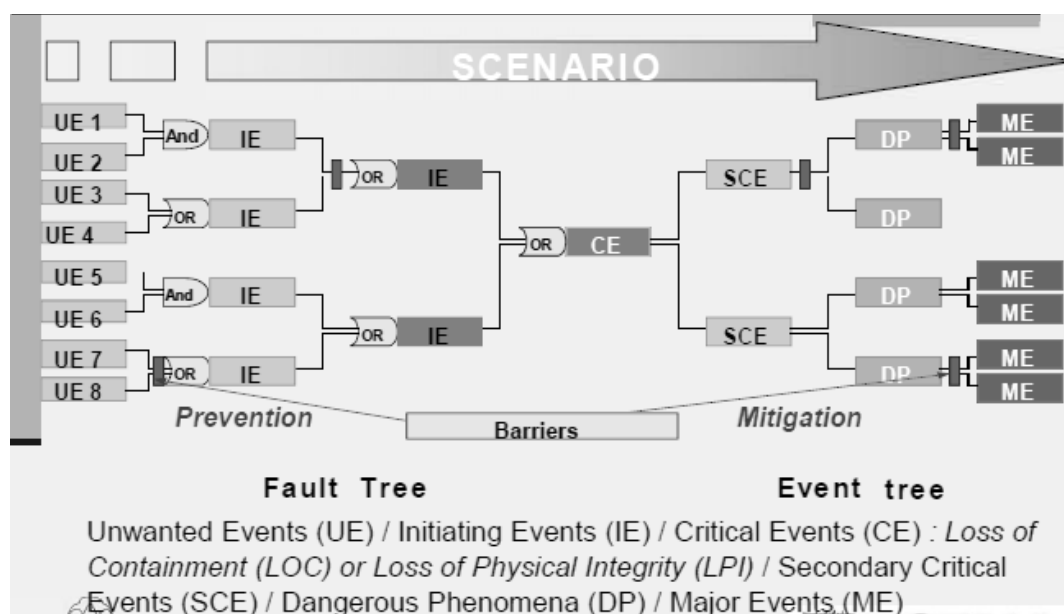
Φράγμα (Barrier), όσον αφορά τον τομέα της μελέτης ασφαλείας, είναι μία χαρακτηριστική ενέργεια που πραγματοποιείται πριν ή κατά τη διάρκεια μίας εργασίας ώστε να ελέγξει και να περιορίσει τα ατυχήματα ή τα ανεπιθύμητα γεγονότα που μπορεί αυτή να προκαλέσει. Λειτουργεί ουσιαστικά ως ένα φυσικό ή μη φυσικό εμπόδιο ή ένας συνδυασμός.

6.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ «BOW-TIE» ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Ένα διάγραμμα Bow-tie παρουσιάζει δύο πράγματα. Πρώτα απ' όλα, συνοψίζει γραφικά όλα τα πιθανά σενάρια ατυχήματος (αιτίες-συνέπειες) που θα μπορούσαν να προκληθούν γύρω από ένα συγκεκριμένο κίνδυνο. Δεύτερον, παρουσιάζει όλα τα μέτρα που έχουν ληφθεί για τον έλεγχο-μετριασμό αυτών των σεναρίων. Μόλις

προσδιοριστούν τα μέτρα ελέγχου, η μέθοδος Bow-tie προχωράει ένα βήμα παραπέρα και προσδιορίζει τους τρόπους (παράγοντες) με τους οποίους αποτυγχάνουν αυτά τα μέτρα ελέγχου. Αυτοί οι παράγοντες ή οι συνθήκες ονομάζονται παράγοντες κλιμάκωσης (Escalation factors) (CGE, 2015).

Η μέθοδος Bow-tie, για να πραγματοποιήσει τα παραπάνω, συνδυάζει δύο γνωστές μεθόδους ανάλυσης ρίσκου με διαφορετική όμως μορφή από τη συνηθισμένη. Η πρώτη μέθοδος είναι το **δέντρο σφαλμάτων** (Fault Tree) το οποίο καλύπτει την αριστερή πλευρά του Bow-tie (Αιτίες-Πρόληψη). Δεύτερη μέθοδος, είναι το **δέντρο γεγονότων** (Event Tree) που βρίσκεται στην δεξιά πλευρά (Συνέπειες-Περιορισμός). Ο διαχωρισμός των δύο δέντρων γίνεται εμφανής στο Σχήμα 19. Επιπλέον, για να προσδιοριστούν τα μέτρα μετριασμού του κινδύνου, η προσέγγιση με Bow-tie βασίζεται στο μοντέλο «ελβετικό τυρί» (Swiss cheese) που αναπτύχθηκε από τον Βρετανό ψυχολόγος James T.Reason το 1990.



Σχήμα 19 Λεπτομερής μορφή διαγράμματος Bow-tie
 Πηγή: <http://ecena.rec.org/>

Δέντρο σφαλμάτων (Fault Tree)

Η ανάλυση με δέντρο σφαλμάτων είναι μια τεχνική ανάλυσης που επιτρέπει την αξιολόγηση ενός ανεπιθύμητου συμβάντος ή ατυχήματος, υπολογίζοντας συχνότητες και πιθανότητες. Το δέντρο ξεκινά από ένα κύριο γεγονός (ατύχημα) και συνεχίζει προς τα πίσω με διακλαδώσεις, οι οποίες αντιπροσωπεύουν πιθανά γεγονότα. Προσπαθεί με αυτό τον τρόπο να διερευνήσει και να εντοπίσει πιθανούς συνδυασμούς παραγόντων που μπορεί να οδηγήσουν στην εμφάνιση του συμβάντος. Επιπλέον, χρησιμοποιείται για να βρεθούν οι βαθύτερες αιτίες ενός ανεπιθύμητου συμβάντος (Andrawus, 2008) (Huggett, Labouchere, & Whitmore, 2003).

Η δομή αυτής της μεθόδου επιτρέπει στο μοντέλο να περιλαμβάνει πραγματικούς αριθμούς σχετικά με τις πιθανότητες εμφάνισης ενός γεγονότος και τον υπολογισμό μιας συνολικής πιθανότητας πραγματοποίησης του ατυχήματος. Βέβαια η πληροφορία αυτή είναι σπάνια διαθέσιμα λόγω της έλλειψης δεδομένων και της ανθρώπινης επίδρασης στο σύστημα, η οποία είναι απρόβλεπτη και μη υπολογίσιμη. Η μέθοδος Bow-tie απλοποιεί τα δέντρα σφαλμάτων με την κατάργηση της δυνατότητας αυτής, καθώς την ενδιαφέρει να επικεντρωθεί στις αδυναμίες που παρουσιάζει το σύστημα ασφαλείας και στην αναγνώριση των πιθανών αιτιών οδηγώντας σε συνολικά καλύτερη αναγνωσιμότητα της ανάλυσης (CGE, 2015).

Δέντρο γεγονότων (Event Tree)

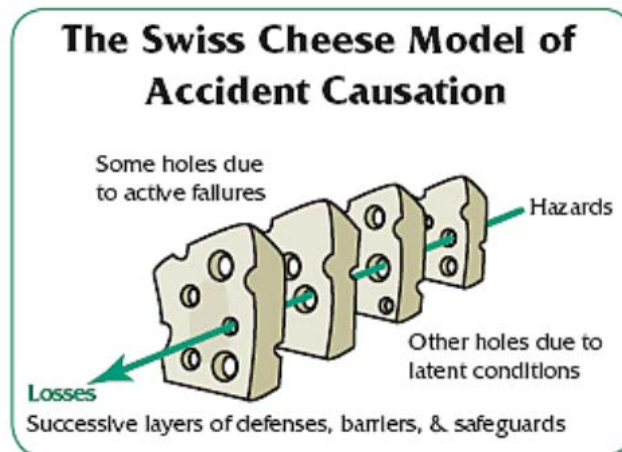
Η ανάλυση με δέντρο γεγονότων είναι μια τεχνική που επιτρέπει τη διαδοχική αξιολόγηση ενός αρχικού γεγονότος-ατύχημα για να προσδιοριστούν και να ποσοτικοποιηθούν όλες τις πιθανές συνέπειες που μπορεί να προκαλέσει. Προσδιορίζει τα διορθωτικά μέτρα για την ελαχιστοποίηση των συνεπειών του συμβάντος. Χρησιμοποιείται συχνά κατά τη φάση σχεδιασμού μίας εργασίας και για τον έλεγχο της επάρκειας των υφιστάμενων χαρακτηριστικών ασφαλείας (Andrawus, 2008), (Huggett, Labouchere, & Whitmore, 2003).

Ωστόσο, η μέθοδος Bow-tie δεν ψάχνει για την πιθανότητα ή πληροφορίες συχνότητας, αλλά αναλύει το ατύχημα με σκοπό να βεβαιωθεί ότι οι έλεγχοι λειτουργούν σωστά και θέτει το ερώτημα εάν θα πρέπει να ληφθούν επιπλέον μέτρα προστασίας (CGE, 2015).

Μοντέλο “Swiss Cheese”

Το συγκεκριμένο μοντέλο χρησιμοποιείται για να δείξει ότι τα σφάλματα ή τα ατυχήματα προκύπτουν έπειτα από ένα συνδυασμό γεγονότων, τα οποία βρίσκονται σε διαφορετικά επίπεδα ενός συστήματος. Ένα σύστημα είναι παρόμοιο με ένα κομμάτι Ελβετικό τυρί. Υπάρχουν οπές οι οποίες αντιπροσωπεύουν τις ευκαιρίες για την αποτυχία και κάθε φέτα είναι ένα στρώμα του συστήματος.

Όταν οι τρύπες στα διάφορα στρώματα ενωθούν σε μια ευθεία γραμμή μια απώλεια (ή ατύχημα) συμβαίνει. Κάθε στρώμα του συστήματος είναι μια ευκαιρία για να σταματήσει ένα λάθος. Στο Σχήμα 20 που ακολουθεί περιγράφεται σχηματικά η παραπάνω διαδικασία. Όσα περισσότερα τα στρώματα τόσο λιγότερες πιθανότητες έχει ένα ατύχημα να συμβεί.



Σχήμα 20 Σχηματική αναπαράσταση του μοντέλου «Swiss Cheese»
 Πηγή:qualitesafety.com

6.3 ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω, τα διαγράμματα Bow-tie σχεδιάστηκαν αρχικά για να παρέχουν ποιοτική εκτίμηση του κινδύνου και βοηθούν να εξακριβωθεί ότι το σύστημα παρέχει ασφάλεια σε όλους τους τομείς εργασίας με τον καλύτερο και αποτελεσματικότερο τρόπο. Η συγκεκριμένη μεθοδολογία είναι χρήσιμη και αποτελεσματική όταν μια ποσοτική προσέγγιση δεν είναι δυνατή ή επιθυμητή (Ouache & Adham, 2014).

Ωστόσο, επειδή το διάγραμμα Bow-tie περιγράφεται «ως ένα δέντρο σφαλμάτων στην αριστερή πλευρά και ως ένα δέντρο γεγονότων στην δεξιά» πολλοί ερευνητές ρίσκου προσπάθησαν να ποσοτικοποιήσουν το επίπεδο ρίσκου. Συγκεκριμένα, στο κείμενο των Rachid Ouache και Ali A.J Adham, 2014 αναφέρεται ότι ναι μεν τα Bow-tie εκτελούνται ως ποιοτική μέθοδο για την αξιολόγηση των συμβάντων και των ατυχημάτων, αλλά μπορούν να εκτελεστούν και ως ποσοτική μέθοδος όπου είναι αναγκαίο. Ακόμα έχει βρεθεί ότι σε εφαρμογές όπου η ποσοτική ανάλυση είναι απαραίτητη μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για να έχουμε μια καλύτερη εικόνα στις συνέπειες και τη συχνότητα των ανεπιθύμητων αποτελεσμάτων (Saud, Israni, & Goddard, 2012) (Philly, 2006).

Αξίζει να αναφέρουμε ότι πάνω σε αυτή την προσπάθεια ποσοτικοποίησης των Bow-tie υπήρξαν και ερευνητές που εξέφρασαν αντίθετη γνώμη. Συγκεκριμένα, οι Lewis & Smith (2010) τονίζουν ότι οι περισσότερες προσπάθειες ποσοτικοποίησης οδήγησαν στο να χαθεί το κυρίως νόημα της όλης διαδικασίας και σύμφωνα με τη μελέτη των Costa Neto, Ribeiro, Ugulino, & Mingrone (2014) υπάρχουν άλλες τεχνικές που είναι πιο κατάλληλες για το σκοπό αυτό.

7. ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΤΩΝ ΣΥΧΝΟΤΕΡΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ

Όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 5, το πρώτο στάδιο για την εκτίμηση του ρίσκου, σε ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο, είναι η αναγνώριση όλων των πιθανών κινδύνων. Ουσιαστικά, όλοι οι κίνδυνοι που εντοπίζονται στη συγκεκριμένη βιομηχανία έχουν συγκεντρωθεί προηγουμένως στο Κεφάλαιο 3 και στο Κεφάλαιο 4. Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα προσδιοριστούν οι συχνότεροι τρόποι εκδήλωσης αυτών των κινδύνων μέσω της πρόκλησης ατυχήματος. Για να πραγματοποιηθεί αυτό θα αντληθούν στοιχεία από καταγεγραμμένα ατυχήματα που έχουν συμβεί σε υπεράκτια αιολικά πάρκα τα τελευταία δέκα χρόνια.

7.1 ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ

Όταν πραγματοποιηθεί ένα ατύχημα, γενικά σε οποιοδήποτε χώρο εργασίας, πρέπει να καταγραφεί λεπτομερώς και στη συνέχεια να μελετηθεί από τον υπεύθυνο ασφάλειας.

Η καταγραφή ενός ατυχήματος συντάσσεται αμέσως μετά την εκδήλωση του και περιλαμβάνει συγκεκριμένα στοιχεία. Αρχικά, αναφέρει βασικές λεπτομέρειες όπως τον χώρο, την ώρα, τον τύπο εργασίας, τις καιρικές συνθήκες που επικρατούσαν και τους εργαζόμενους που ενεπλάκησαν. Επιπλέον, αναφέρονται στοιχεία για την σωματική και ψυχική κατάσταση των εργαζομένων καθώς και λεπτομέρειες για την κατάσταση του μηχανολογικού εξοπλισμού. Στη συνέχεια, παρουσιάζει αναλυτικά πώς συνέβη το ατύχημα και τονίζει σημεία που μπορεί να οδήγησαν στην πραγματοποίησή του. Τέλος, δηλώνει ποιές ήταν οι συνέπειες (π.χ. τραυματισμός εργαζομένου, υλικές ζημιές) και αν ήταν αποτελεσματικά τα μέτρα ασφαλείας.

Η HSE έχει εκδώσει ειδικούς κανονισμούς για τη σύνταξη της αναφοράς ενός ατυχήματος, το RIDDOR (Reporting of Injuries, Diseases and Dangerous Occurrences Regulations) (HSE, 2016). Το συγκεκριμένο έγγραφο περιλαμβάνει λεπτομερείς οδηγίες ανάλογα με το είδος του ατυχήματος και πρέπει να συνταχθεί σε διάστημα 10 ημερών. Στη συνέχεια, η αναφορά στέλνεται στην HSE για να μελετηθεί και να καταγραφεί (HSE, 2016).

Οι πληροφορίες που περιλαμβάνει μια τέτοια αναφορά είναι πολύ σημαντικές τόσο για το ίδιο το αιολικό πάρκο όπου συνέβη το περιστατικό όσο και γενικά για τον τομέα της υγιεινής και ασφάλειας στα υπεράκτια αιολικά πάρκα. Συγκεκριμένα, μια μελέτη από τον υπεύθυνο ασφαλείας θα αναγνωρίσει τις αιτίες που οδήγησαν στο ατύχημα και τον τρόπο με τον οποίο απέτυχαν τα μέτρα προστασίας που είχαν ληφθεί. Έτσι, θα προσδιοριστούν τα μέτρα ασφαλείας που χρειάζονται βελτίωση ή αν χρειάζεται να εφαρμοστούν καινούργια πιο αποτελεσματικά. Επιπλέον, όταν συγκριθούν πολλές αναφορές μεταξύ τους, από διάφορα αιολικά πάρκα, θα

αποκαλυφθούν οι διάφοροι τύποι εργασίας (π.χ. εργασία σε ύψος, καταδύσεις) και οι τύποι ατυχημάτων που θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στο σχεδιασμό της ασφάλειας. Συνεπώς, σταδιακά τα μέτρα προστασίας θα βελτιώνονται και θα αυξάνεται το επίπεδο ασφάλειας.

7.2 ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΤΑΓΕΓΡΑΜΜΕΝΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ

Στη συνέχεια της παρούσας εργασίας, στόχος είναι να μελετηθούν καταγεγραμμένα ατυχήματα που έχουν συμβεί σε υπεράκτια αιολικά πάρκα και να προσδιοριστούν με τη χρήση στατιστικών στοιχείων οι πιο επικίνδυνες εργασίες, οι κυριότερες αιτίες τους και οι πιθανές συνέπειες τους στους εργαζόμενους. Όμως, οι πληροφορίες που συγκεντρώνει κάθε εταιρία όσον αφορά τα ατυχήματα που έχουν συμβεί είναι προσωπικές και δεν δημοσιοποιούνται.

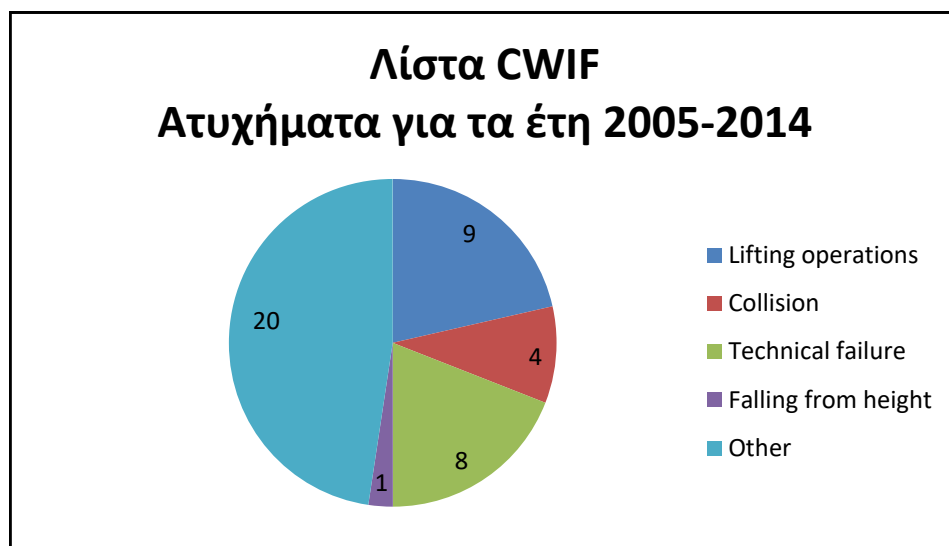
Η πιο ολοκληρωμένη λίστα με ατυχήματα που έχουν συμβεί σε υπεράκτια αιολικά πάρκα βρέθηκε στο διαδίκτυο και συγκεκριμένα στο *Caithness Windfarms Information Forum's database* (CWIF, 2015). Η λίστα περιλαμβάνει για τα τελευταία 10 χρόνια (2005-2015) συνολικά 1751 ατυχήματα σε αιολικά πάρκα στην Ευρώπη, από τα οποία 44 ατυχήματα πραγματοποιήθηκαν σε υπεράκτια αιολικά πάρκα. Τα ατυχήματα αυτά συγκεντρώνονται στο Παράρτημα Β.

Δυστυχώς, η λίστα αυτή περιλαμβάνει ένα πολύ μικρό αριθμό ατυχημάτων όπως προκύπτει συγκριτικά με άλλες αναφορές (HSE, 2014) (G9, 2014) οι οποίες αναφέρουν ότι μόνο μέσα στο έτος 2014 καταγράφηκαν 959 ατυχήματα. Επιπλέον, οι αναφορές για τα ατυχήματα είναι από δημοσιοποιήσεις τους σε διάφορες εφημερίδες ή ιστοσελίδες στο διαδίκτυο, με αποτέλεσμα να μην υπάρχουν επαρκής πληροφορίες (π.χ. αιτία ατυχήματος, ακριβή περιγραφή των γεγονότων). Για αυτούς τους λόγους δεν μπορούσαν να προκύψουν κάποια αριθμητικά στοιχεία για τα ατυχήματα (π.χ. πιθανότητες) παρά μόνο στοιχεία για το ποιες εργασίες θέτουν συχνότερα σε κίνδυνο τους εργαζόμενους.

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την προαναφερόμενη λίστα (CWIF, 2015) όσον αφορά τις εργασίες με την μεγαλύτερη επικινδυνότητα για την υγεία και την ασφάλεια των εργαζομένων παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 7.

Σύμφωνα με τη λίστα, παρατηρούμε ότι ένα μεγάλο ποσοστό ατυχημάτων πραγματοποιήθηκε ενώ εκτελούνταν εργασίες ανύψωσης για την κατασκευή ή τη συντήρηση των ανεμογεννητριών. Ακολουθούν ατυχήματα τα οποία αφορούν τεχνικά σφάλματα στις ανεμογεννήτριες (π.χ. εκδήλωση πυρκαγιάς, κατάρρευση πύργου) και σύγκρουση σκάφους με ανεμογεννήτρια. Επίσης, σε ένα ατύχημα κάποιος εργαζόμενος έπεσε ενώ εκτελούσε εργασία σε μεγάλο ύψος πάνω στην ανεμογεννήτρια. Τα υπόλοιπα ατυχήματα που συμπεριλαμβάνονται, είτε δεν προσδιορίζεται ούτε η αιτία ούτε η εκτελούμενη εργασία είτε αφορούν θαλάσσιες

δραστηριότητες, υποθαλάσσιες εργασίες είτε οφείλονται σε άσχημες καιρικές συνθήκες.

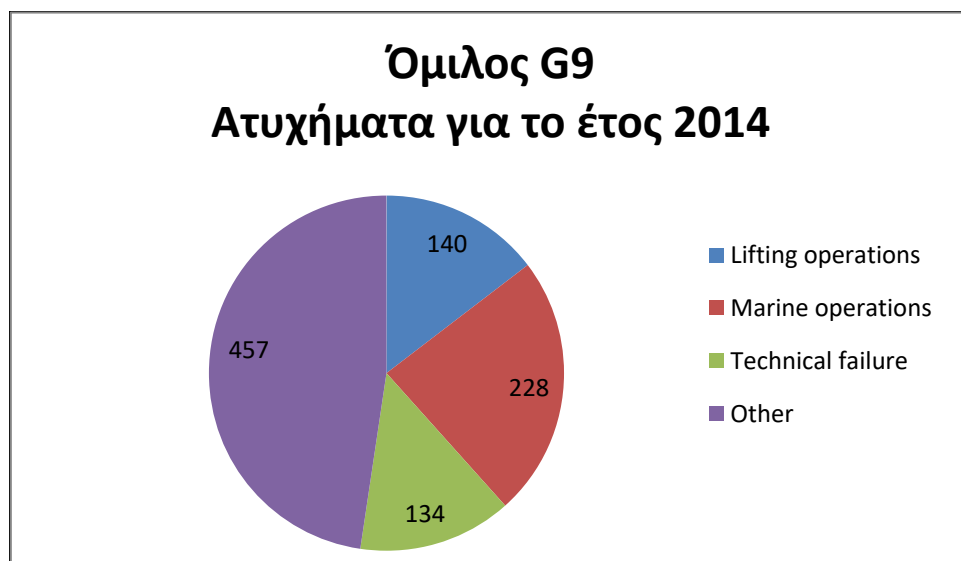


Διάγραμμα 7 Ατυχήματα σε υπεράκτια αιολικά πάρκα από το 2005 έως το 2014 σύμφωνα με τη λίστα από το Caithness Windfarms Information Forum

Επιπλέον, δεδομένα για ατυχήματα που έχουν πραγματοποιηθεί σε υπεράκτια αιολικά πάρκα αντλήθηκαν και από τις σχετικές αναφορές του Ομίλου G9 (G9 , 2014). Ο Όμιλος G9 περιλαμβάνει 9 ιδρυτικά μέλη, τα οποία έχουν στην κατοχή τους υπεράκτια αιολικά πάρκα, και έχει ως στόχο να προωθήσει και να διατηρήσει υψηλά επίπεδα υγιεινής και ασφάλειας κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου. Οι αναφορές αυτές δεν περιγράφουν λεπτομερώς τα ατυχήματα απλά παραθέτουν τα στατιστικά δεδομένα που προέκυψαν από τη μελέτη τους. Συγκεκριμένα, το 2014 καταγράφηκαν 960 ατυχήματα, από τα οποία 228 συνέβησαν ενώ εκτελούνταν θαλάσσιες εργασίες (μεταφορά προσωπικού, εργασίες σε σκάφος), 140 ατυχήματα σε ανυψωτικές εργασίες και 134 ατυχήματα προκλήθηκαν κατά τη διάρκεια λειτουργίας μηχανολογικού εξοπλισμού. Στο Διάγραμμα 8 παρουσιάζεται το πως κατανέμεται η συχνότητα των ατυχημάτων σύμφωνα με τα στοιχεία του Ομίλου G9.

Τέλος, πληροφορίες για ατυχήματα που έχουν συμβεί σε υπεράκτια αιολικά πάρκα διαθέτει και η σχετική αναφορά της Sintef (Tveiten, et al., 2011). Η συγκεκριμένη αναφορά αντλεί πληροφορίες από τη λίστα CWIF για το χρονικό διάστημα 2006-2010 και την σχετική Αμερικανική αναφορά Sharples (2010). Ως αποτέλεσμα της μελέτης προκύπτει ότι οι σημαντικότεροι κίνδυνοι για την υγεία και την ασφάλεια των εργαζομένων είναι η πτώση αντικειμένων ενώ εκτελούνται εργασίες με γερανό, η σύγκρουση σκάφους με ανεμογεννήτρια, η πτώση εργαζομένου στη θάλασσα κατά την επιβίβαση του στην ανεμογεννήτρια, η πτώση

εργαζομένου όταν εργάζεται σε μεγάλο ύψος και τέλος προκλήσεις σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης (π.χ. έκρηξη, πυρκαγιά).



Διάγραμμα 8 Ατυχήματα σε υπεράκτια αιολικά πάρκα για το έτος 2014 από τα στατιστικά στοιχεία του Ομίλου G9

Σύμφωνα με την παραπάνω μελέτη, συγκρίνοντας τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν από κάθε πηγή, σε όλο τον κύκλο ζωής ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου τα περισσότερα ατυχήματα τα οποία θέτουν σε κίνδυνο την υγεία και την ασφάλεια των εργαζομένων πραγματοποιούνται όταν εκτελούνται:

1. Ανυψωτικές εργασίες
2. Δραστηριότητες που εκτελούνται από σκάφη (π.χ. μεταφορά προσωπικού)
3. Τεχνικά σφάλματα στις ανεμογεννήτριες (π.χ. πυρκαγιά, κατάρρευση πύργου)

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν στη συγκεκριμένη ενότητα θα χρησιμοποιηθούν για να επιλεγούν τα ατυχήματα που θα μελετηθούν με τα διαγράμματα Bow-tie στην επόμενη ενότητα. Με αυτό τον τρόπο θα μελετηθούν τα ατυχήματα με τη μεγαλύτερη συχνότητα και οι κρισιμότεροι κίνδυνοι για την υγεία και την ασφάλεια των εργαζομένων.

8.ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ BOW-TIE

8.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ

Κάθε διάγραμμα Bow-tie που θα κατασκευαστεί θα αναφέρεται σε ένα συγκεκριμένο ατύχημα το οποίο μπορεί να προκληθεί σε διάφορες φάσεις του κύκλου ζωής. Η επιλογή των ατυχημάτων, όπως αναφέρθηκε, είναι σύμφωνη με τα στοιχεία που προέκυψαν από το Κεφάλαιο 7. Συγκεκριμένα, θα κατασκευαστούν τρία διαγράμματα Bow-tie για τα παρακάτω πιθανά ατυχήματα:

1. Πτώση αντικειμένου από το γερανό ενώ εκτελείται ανυψωτική εργασία για την κατασκευή ή τη συντήρηση της ανεμογεννήτριας υπεράκτια.
2. Σύγκρουση σκάφους, από το στόλο του πάρκου, με ανεμογεννήτρια ενώ μετέφερε εργαζόμενους από το λιμάνι σε κάποια ανεμογεννήτρια υπεράκτια κατά τις φάσεις κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης.
3. Ατύχημα κατά τη διάρκεια πρόσβασης εργαζομένου από το σκάφος στην ανεμογεννήτρια για την συντήρηση της ανεμογεννήτριας.

Το πρώτο ατύχημα που θα μελετηθεί αναφέρεται σε εργασία ανύψωσης αντικειμένου ενώ τα άλλα δύο σε θαλάσσιες δραστηριότητες. Δεν θα μελετηθεί κάποιο ατύχημα που να αφορά τεχνικό σφάλμα στην ανεμογεννήτρια. Και τα τρία ατυχήματα που επιλέχθηκαν να μελετηθούν προκύπτουν εξαιτίας της ιδιαίτερης μορφής ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου.

Αξίζει να αναφέρουμε ότι σε κάθε διάγραμμα συμπεριλαμβάνονται όλα τα πιθανά πραγματοποιήσιμα γεγονότα γύρω από το ατύχημα. Συνεπώς, κάθε διάγραμμα περιλαμβάνει διάφορα σενάρια ατυχημάτων και μπορεί να αναπαραστήσει οποιοδήποτε πραγματικό ατύχημα πραγματοποιηθεί. Εάν ένα πραγματικό ατύχημα αναλυθεί με τα διαγράμματα Bow-tie τότε θα προσδιοριστούν οι αιτίες που προκάλεσαν το ατύχημα και τα μέτρα πρόληψης του κινδύνου που απέτυχαν στο σκοπό τους. Στην επόμενη ενότητα της μελέτης, παρουσιάζεται έμπρακτα αυτή η λειτουργία των διαγραμμάτων καθώς μελετώνται δύο ατυχήματα που έχουν πραγματοποιηθεί σε υπεράκτια αιολικά πάρκα χρησιμοποιώντας τα διαγράμματα Bow-tie που θα κατασκευαστούν σε αυτή την ενότητα.

Η εκτίμηση του κινδύνου και στα τρία διαγράμματα Bow-tie θα πραγματοποιηθεί σε ποιοτικό επίπεδο λόγω έλλειψης δεδομένων. Συγκεκριμένα, για να πραγματοποιηθεί ποσοτική εκτίμηση του κινδύνου είναι αναγκαίο να υπάρχουν πληροφορίες σχετικά με τη συχνότητα των αιτιών που οδηγούν σε κάθε ατύχημα και τη συχνότητα πραγματοποίησης του κάθε κλάδου στα δέντρα γεγονότων. Οι

αναφορές των ατυχημάτων που συλλέχθηκαν δεν περιελάμβαναν τέτοιου είδους πληροφορίες και για αυτό δεν ήταν δυνατός ο υπολογισμός κάποιας τιμής ρίσκου.

Για την κατασκευή του κάθε δέντρου σφαλμάτων (Fault Tree) θα χρησιμοποιηθούν τέσσερις κατηγοριοποιήσεις για τα κυρίως γεγονότα όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 9. Οι ομάδες αυτές αφορούν σφάλματα που οφείλονται στον ανθρώπινο παράγοντα, το μηχανολογικό εξοπλισμό, την διοίκηση του πάρκου και το περιβάλλον εργασίας. Ο ανθρώπινος παράγοντας περιλαμβάνει σφάλματα που οφείλονται στην κούραση, την ελλιπή εκπαίδευση, την εμπειρία και τη συνεργασία μεταξύ των εργαζομένων. Τα σφάλματα του μηχανολογικού εξοπλισμού αφορούν σφάλματα σε εξοπλισμούς, μηχανήματα, ηλεκτρικά συστήματα και συστήματα ασφαλείας τα οποία θα προκύψουν είτε από κόπωση λόγω χρήσης ή λόγω κάποιου εργοστασιακού ελαττώματος. Όσον αφορά τη διοίκηση, κάποιο σφάλμα στην εξέλιξη της εργασίας μπορεί να εμφανιστεί λόγω λανθασμένου αρχικού σχεδιασμού, επιλογής εξοπλισμού, επιλογής προμηθευτή, ελλιπούς επίβλεψης και παράβλεψης των εργασιών συντήρησης. Τέλος, το περιβάλλον εργασίας περιλαμβάνει τη διάταξη του εργασιακού χώρου, τις καιρικές συνθήκες (άνεμος, βροχή, ομίχλη) και το θαλάσσιο περιβάλλον το οποίο προκαλεί έντονη διάβρωση στον εξοπλισμό.

Οι κατηγοριοποιήσεις των βασικών γεγονότων σε κάθε δέντρο θα προσδιορίζονται σε ξεχωριστό διάγραμμα στην ανάλυση του κάθε ατυχήματος. Κάθε ομάδα προσδιορίζεται με διαφορετικό χρώμα για να προκύπτει άμεσα η σύνδεση της με τα αντίστοιχα γεγονότα πάνω στα αντίστοιχα διαγράμματα (Διάγραμμα 11, 15, 19).



Διάγραμμα 9 Ομαδοποίηση των βασικών γεγονότων στα δέντρα σφαλμάτων

Για την κατασκευή των δέντρων γεγονότων (Event Tree) λαμβάνονται υπόψιν όλα τα πιθανά γεγονότα που μπορεί να προκύψουν από τη στιγμή που θα συμβεί το ατύχημα και τα μέτρα προστασίας που μπορεί να επηρεάσουν την εξέλιξη τους. Με αυτό τον τρόπο δημιουργούνται όλα τα πιθανά σενάρια του ατυχήματος.

Για την αξιολόγηση των συνεπειών που θα έχει κάθε σενάριο στην υγεία των εργαζομένων χρησιμοποιούνται τέσσερα επίπεδα τραυματισμού τα οποία ορίζονται ως εξής:

Επίπεδο 0

Το ατύχημα δεν προκαλεί κάποιο τραυματισμό στον εργαζόμενο αλλά το γεγονός ήταν κοντά στο να προκαλέσει κάποιο σοβαρό πρόβλημα στην υγεία του εργαζομένου.

Επίπεδο 1

Το ατύχημα προκάλεσε μικρές σωματικές βλάβες στον εργαζόμενο, όπως γρατζουνιές, μελανιές, μυοσκελετικούς πόνους, μυϊκή αδυναμία ή ακόμα ζάλη και αίσθημα λιποθυμίας.

Επίπεδο 2

Το ατύχημα ήταν η αιτία για να τραυματιστεί σοβαρά ο εργαζόμενος. Για παράδειγμα μπορεί να παρουσίασε απώλεια αισθήσεων, κατάγματα, δυσκολία στην αναπνοή, βραδυκαρδία, εξωτερική ή εσωτερική αιμορραγία και παράλυση.

Επίπεδο 3

Είναι το πιο σοβαρό επίπεδο επικινδυνότητας. Στο συγκεκριμένο σενάριο, ο εργαζόμενος κινδυνεύει άμεσα από θάνατο (π.χ. πνιγμό, ανακοπή καρδιάς).

Η αντιστοίχιση των παραπάνω επιπέδων σε κάθε σενάριο ατυχήματος βασίζεται σε λογικές υποθέσεις. Επίσης, κάθε σενάριο αντιστοιχίζεται με το χειρότερο δυνατό επίπεδο τραυματισμού που είναι πιο πιθανόν να προκαλέσει.

Τέλος, όπως αναφέρθηκε στην Ενότητα 6, χαρακτηριστικό στοιχείο των διαγραμμάτων Bow-tie είναι ότι προσδιορίζουν τους φραγμούς, δηλαδή τα μέτρα που λαμβάνονται για να προλάβουν ή να περιορίσουν την εμφάνιση των αιτιών που οδηγούν στην εκδήλωση του ατυχήματος. Με αυτό τον τρόπο εάν συμβεί κάποιο ατύχημα προσδιορίζονται άμεσα τα μέτρα πρόληψης που απέτυχαν και είτε αναβαθμίζονται, ή αντικαθίστανται με πιο αποτελεσματικά. Έτσι, για κάθε διάγραμμα προσδιορίζονται και τα μέτρα πρόληψης του κινδύνου (Risk Control Options) που μπορεί να εφαρμοστούν για να περιορίσουν την εμφάνιση του ατυχήματος και τις συνέπειες του (Διάγραμμα 13, 17, 21). Για τον προσδιορισμό των μέτρων πρόληψης του κινδύνου, που λαμβάνονται σε ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο, αντλήθηκαν πληροφορίες από τη μελέτη των αντίστοιχων κανονισμών και οδηγιών για κάθε ατύχημα.

Σύμφωνα με σχετική μελέτη της HSE (HSE, 2008), τα μέτρα πρόληψης (Barriers) μπορούν να χωριστούν στις εξής τρεις κατηγορίες:

- **«Τεχνικά (Technical barrier)** (Υψηλή αποτελεσματικότητα) είναι τα μέτρα που μπορούν να αποτρέψουν την εξάπλωση του κινδύνου, την κλιμάκωση του, να περιορίσουν τις συνέπειες ή να μειώσουν την πιθανότητα εμφάνισης του. Επίσης, τα τεχνικά μέτρα εκτελούνται κατά απαίτηση, σε όλη τη διάρκεια των εργασιών ή ενεργοποιούν άλλα μέτρα πρόληψης. Παραδείγματα τεχνικών μέτρων είναι η βαλβίδα ασφαλείας, μια πόρτα, ένας ανιχνευτής καπνού και ένας ραδιοεντοπιστής.
- **Ανθρώπινα/Οργανωτικά (Human/Organizational)** (Μεσαία αποτελεσματικότητα) είναι τα μέτρα που συνεισφέρουν στον έλεγχο της διαδικασίας. Συνήθως, τα μέτρα αυτά μπορούν να μειώσουν την πιθανότητα να εμφανιστεί η αιτία του ατυχήματος ή να περιορίσουν την εμφάνιση του κινδύνου αλλά από τη στιγμή που πραγματοποιηθεί η αιτία δεν μπορούν να περιορίσουν την εξάπλωση της. Παραδείγματα τέτοιων μέτρων είναι η συντήρηση των εξοπλισμών, η επίβλεψη της διαδικασίας και η εκπαίδευση των εργαζομένων.
- **Θεμελιώδη (Fundamental)** (Χαμηλή αποτελεσματικότητα) είναι τα μέτρα που πραγματοποιούνται ξεχωριστά από τη χρονική στιγμή πραγματοποίησης του ατυχήματος όπως ο σχεδιασμός της εργασίας και η υγεία του ανθρώπινου δυναμικού.»

Στη συγκεκριμένη διπλωματική, θα χρησιμοποιηθούν οι δύο πρώτοι τύποι μέτρων πρόληψης. Ωστόσο, επειδή οι πληροφορίες που έχουμε για την πραγματοποίηση των εργασιών σε ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο είναι πολύ περιορισμένες, τα τεχνικά μέτρα είναι δύσκολο να προσδιοριστούν. Για αυτό θα χρησιμοποιηθούν κυρίως μέτρα από τη δεύτερη κατηγορία.

Επίσης, τα μέτρα πρόληψης κατηγοριοποιούνται και σε άλλες δύο κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τα μέτρα που από τη στιγμή που εκδηλωθεί η αιτία/κύριο γεγονός μπορούν να σταματήσουν την εξάπλωση του κινδύνου. Για παράδειγμα, σε περίπτωση πυρκαγιάς ο ανιχνευτής καπνού ενεργοποιεί το αυτόματο σύστημα κατάσβεσης. Τόσο ο ανιχνευτής καπνού όσο και το σύστημα κατάσβεσης είναι μέτρα αυτής της κατηγορίας. Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει τα μέτρα που έχουν εφαρμοστεί πριν την έναρξη της εργασίας και συνεισφέρουν στο να μειωθεί η πιθανότητα να εμφανιστεί η κύρια αιτία/γεγονός. Για παράδειγμα, οι συστηματικές εργασίες συντήρησης μειώνουν την πιθανότητα να χρησιμοποιηθεί ελαττωματικός εξοπλισμός. Οι δύο αυτές κατηγορίες ταιριάζουν αντίστοιχα με τους τύπους Τεχνικά και Ανθρώπινα/Οργανωτικά-Θεμελιώδη αλλά με κάποιες διαφοροποιήσεις. Στα διαγράμματα 13, 17 και 21 με κόκκινο χρώμα προσδιορίζονται τα μέτρα της κατηγορίας No1 και με πράσινο χρώμα τα μέτρα της κατηγορίας No2.

8.2 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Νο1- ΠΤΩΣΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ ΑΠΟ ΓΕΡΑΝΟ ΕΝΩ ΕΚΤΕΛΕΙΤΑΙ ΑΝΥΨΩΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΥΠΕΡΑΚΤΙΑ

Το πρώτο ατύχημα που μελετάται αφορά σφάλμα κατά τη διάρκεια εκτέλεσης ανυψωτικής εργασίας. Το συγκεκριμένο ατύχημα μπορεί να πραγματοποιηθεί κατά τη φάση κατασκευής ή συντήρησης του αιολικού πάρκου. Ένα κομμάτι της ανεμογεννήτριας (π.χ. τμήμα του πυλώνα ή πτερύγιο ή μηχανολογικός εξοπλισμός) το οποίο μεταφέρεται με γερανό από το κατάστρωμα του σκάφους στην ανεμογεννήτρια, για να συναρμολογηθεί με αυτή, πέφτει απρόσμενα και θέτει σε κίνδυνο τους εργαζόμενους. Ο κίνδυνος των ανυψωτικών εργασιών αναλύθηκε στην ενότητα 4.1.

Το Σχήμα 21, που ακολουθεί, παρουσιάζει ένα πλοίο jack-up, το οποίο συναρμολογεί τα πτερύγια της ανεμογεννήτριας με τον δρομέα, χρησιμοποιώντας το γερανό του καταστρώματος.

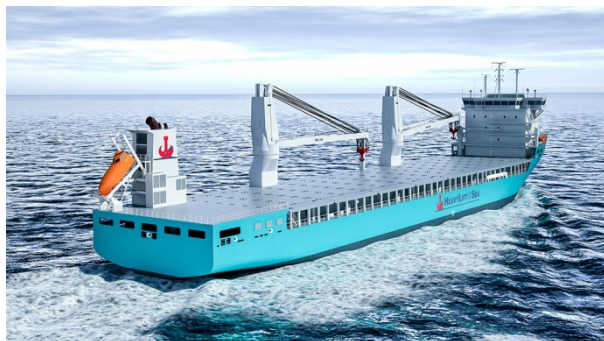


Σχήμα 21 Jack-up σκάφος το οποίο συμμετέχει στην συναρμολόγηση ανεμογεννήτριας

Πηγή: jandenu.com

Τα σκάφη που χρησιμοποιούνται για τη συγκεκριμένη εργασία επιλέγονται ανάλογα με το μέγεθος του αντικειμένου που πρόκειται να συναρμολογηθεί. Τα αντικείμενα που μεταφέρονται με τους γερανούς έχουν βάρος κατά μέσο όρο από 100 κιλά έως 200 τόνους. Αναφορικά, ένα πτερύγιο ζυγίζει 82 τόνους και ο πυλώνας της ανεμογεννήτριας 160 τόνους (Leanwind, 2014). Το ύψος ανύψωσης, ανάλογα με το σημείο συναρμολόγησης και το ύψος της ανεμογεννήτριας, μπορεί να φτάσει μέχρι τα 80 μέτρα (Leanwind, 2014). Συγκεκριμένα, για εργασίες κατασκευής και μεγάλες εργασίες συντήρησης χρησιμοποιούνται jack-up σκάφη με αναδυόμενα

πόδια (Σχήμα 12, 21), Heavy Lift σκάφη (Σχήμα 22α) και υπεράκτια σκάφη πρόσβασης (Σχήμα 10, Σχήμα 22β) (Leanwind, 2014). Για μικρότερες εργασίες συντήρησης επιλέγονται μικρότερα σκάφη εργασιών (Σχήμα 22γ). Το διάγραμμα θα κατασκευαστεί ώστε να μπορεί χρησιμοποιηθεί για όλους τους τύπους σκαφών που αναφέρθηκαν.



(α) Heavy Lift Vessel



(β) Offshore Access Vessel



(γ) Μικρότερο σκάφος εργασιών

Σχήμα 22 Διάφοροι τύποι σκάφων που χρησιμοποιούνται για ανυψωτικές εργασίες σε ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο
Πηγή: (α) heavyliftatsea.de (β) royalihc.com (γ) offshorewind.biz

Δέντρο Σφαλμάτων (Fault tree)

Η απρόσμενη πτώση του αντικειμένου από το γερανό οφείλεται στους παρακάτω τρεις παράγοντες και παρουσιάζονται γραφικά στο Διάγραμμα 10.

Σφάλμα στο χειρισμό του γερανού

Όταν εκτελείται μια εργασία ανύψωσης με τη χρήση γερανού, σύμφωνα με τον κανονισμό της HSE για τις ανυψωτικές εργασίες (HSE, 2008), συμμετέχουν τρεις κυρίως εργαζόμενοι. Ο χειριστής του γερανού, κάποιος εργαζόμενος που τον καθοδηγεί, γιατί ο χειριστής δεν έχει πλήρη ορατότητα, και ο υπεύθυνος ασφάλειας, ο οποίος επιβλέπει την όλη διαδικασία.

Κάποιο σφάλμα στην εκτέλεση της εργασίας μπορεί να προκύψει από ανθρώπινο λάθος είτε γιατί ο χειριστής του γερανού δεν έχει την απαραίτητη εμπειρία για τη συγκεκριμένη εργασία είτε γιατί λόγω έντονης κόπωσης, ίσως μετά από εκτεταμένη βάρδια, δεν είναι αρκετά συγκεντρωμένος με αποτέλεσμα να καθοδηγήσει λάθος το γερανό. Επιπλέον, η αστοχία μπορεί να προκύψει λόγω σφάλματος στην επικοινωνία των εργαζομένων μεταξύ τους, είτε λόγω τεχνικού προβλήματος στις συσκευές επικοινωνίας είτε λόγω των συνθηκών εργασίας (π.χ. έντονος θόρυβος).

Αστοχία γερανού ή συρματόσχοινο

Αστοχία στο γερανό ή στο συρματόσχοινο, που χρησιμοποιείται για τη σύνδεση του αντικειμένου με το γερανό, θα έχουμε εάν σπάσει το σχοινί ή αν σπάσει ένα εξάρτημα του γερανού, με αποτέλεσμα το αντικείμενο να αφεθεί ξαφνικά ελεύθερο. Το σφάλμα αυτό μπορεί να προκύψει εάν οι εξοπλισμοί είναι ελαττωματικοί ή εάν υπερφορτώθηκαν κατά λάθος.

Η χρήση ελαττωματικού εξοπλισμού συνεπάγεται τη χρήση εξοπλισμού ο οποίος δεν έχει επαρκή αντοχή και είναι πολύ πιθανό λόγω των μεγάλων δυνάμεων που ασκούνται να αστοχήσει. Η μειωμένη αντοχή οφείλεται στη φθορά που έχει υποστεί σε συνδυασμό με το γεγονός ότι δεν είχε συντηρηθεί ώστε να διορθωθεί το σφάλμα. Η φθορά στον εξοπλισμό μπορεί να προέλθει λόγω διάβρωσης από το θαλάσσιο περιβάλλον ή λόγω κόπωσης εξαιτίας της συχνής χρήσης τους.

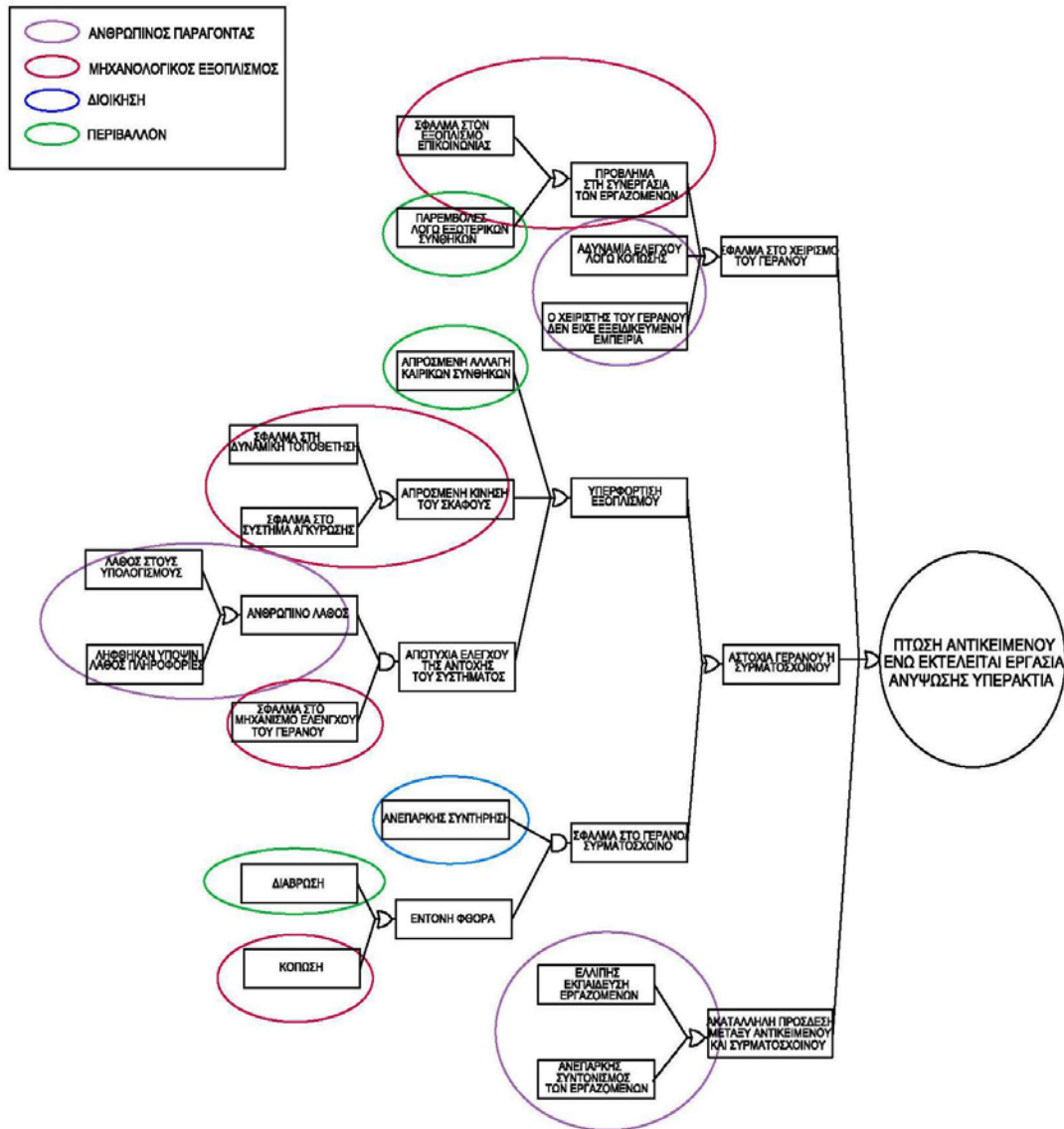
Όσον αφορά την περίπτωση όπου ο γερανός ή η αρτάνη δεν έχουν κάποιο σφάλμα αλλά έχουμε αστοχία τους λόγω υπερφόρτωσης, τότε προσδιορίζονται τρία πιθανά σενάρια.

Αρχικά, μια απρόσμενη αλλαγή στην καιρικές συνθήκες, για παράδειγμα ένας έντονος άνεμος ή μια απρόσμενη κίνηση του σκάφους, έχει τη δυνατότητα να διαταράξει την ισορροπία του αντικειμένου και να υπερφορτίσει το σύστημα. Οι γερανοί που χρησιμοποιούνται από jack-up σκάφη για υπεράκτιες εργασίες έχουν όριο αντοχής σε 20m/sec ταχύτητα ανέμου (Leanwind, 2014). Η απρόσμενη κίνηση του σκάφους μπορεί να προκληθεί είτε λόγω σφάλματος στο σύστημα αγκύρωσης είτε λόγω σφάλματος στο σύστημα δυναμικής τοποθέτησης, ανάλογα με το τύπο τους σκάφους. Επιπλέον, εάν δεν υπάρχουν εξωτερικές διαταραχές, το φορτίο μπορεί να έχει μεγαλύτερο βάρος από αυτό που μπορεί να σηκώσει ο γερανός για τις συγκεκριμένες συνθήκες και τον εξοπλισμό (κατασκευαστικά όρια του γερανού). Ένα τέτοιο λάθος οφείλεται στον αρχικό σχεδιασμό της εργασίας, όπου δεν υπολογίστηκαν σωστά οι αναπτυσσόμενες δυνάμεις, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι τα όργανα μέτρησης για την αντοχή, που διαθέτει ο γερανός, έχουν κάποιο σφάλμα. Σε περίπτωση που τα όργανα λειτουργούσαν κανονικά, χωρίς σφάλμα, τότε θα προειδοποιούσαν το χειριστή ότι υπάρχει υπερφόρτιση στο γερανό και θα σταματούσε η διαδικασία με ασφάλεια.

Ακατάλληλη πρόσδεση του αντικειμένου με το συρματόσχοινο

Τέλος, η ακατάλληλη πρόσδεση του αντικειμένου με το συρματόσχοινο μπορεί να οδηγήσει σε αστοχία της σύνδεσης και πτώση του αντικειμένου από το γερανό. Το σφάλμα αυτό οφείλεται σε ανθρώπινο λάθος. Συγκεκριμένα, είτε το προσωπικό δεν είχε τις απαραίτητες γνώσεις, λόγω ελλιπούς εκπαίδευσης, είτε δεν υπήρχε επαρκής συντονισμός μεταξύ των εργαζομένων (π.χ. τους δόθηκαν ελλιπείς οδηγίες συναρμολόγησης).

Όπως αναφέρθηκε, τα κυρίως γεγονότα των Δέντρων Σφαλμάτων κατηγοριοποιούνται σε τέσσερις ομάδες. Στο Διάγραμμα 11, παρατίθεται το δέντρο σφαλμάτων, για το συγκεκριμένο ατύχημα, προσδιορίζοντας σε αυτό σε ποιές ομάδες αντιστοιχούν τα βασικά γεγονότα που το αποτελούν.



Διάγραμμα 11 Κατηγοριοποίηση των βασικών γεγονότων στο δέντρο σφαλμάτων (Εργασία Ανύψωσης)

Δέντρο γεγονότων (Event tree)

Από τη στιγμή που συμβεί κάτι από τα παραπάνω και το αντικείμενο πέσει από το γερανό ελεύθερα τότε υπάρχουν τρεις περιπτώσεις για το σημείο στο οποίο θα προσγειωθεί. Συγκεκριμένα, το αντικείμενο είτε θα πέσει απευθείας πάνω στο

κατάστρωμα του σκάφους, είτε απευθείας στη θάλασσα, είτε θα χτυπήσει πρώτα την ανεμογεννήτρια και στη συνέχεια θα προσγειωθεί επί του σκάφους ή στη θάλασσα.

Σημαντικός παράγοντας στην εξέλιξη του ατυχήματος αποτελεί το μέγεθος του αντικειμένου και το ύψος της πτώσης. Ο συνδυασμός αυτών των δύο στοιχείων θα καθορίσει τη δύναμη που θα ασκηθεί στην ανεμογεννήτρια, στο σκάφος και στη επιφάνεια της θάλασσας. Η δύναμη αυτή σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες όπως η αντοχή των κατασκευών, το ακριβές σημείο πτώσης, η γεωμετρία του αντικειμένου θα καθορίσουν την βλάβη που θα προκληθεί στις κατασκευές. Το δέντρο γεγονότων κατασκευάζεται ώστε να περιλαμβάνει όλες τις πιθανές επιπτώσεις, από το πιο επιβλαβές σενάριο μέχρι το πιο ήπιο.

Στη συνέχεια, αναλύονται τα πιθανά σενάρια του ατυχήματος ανάλογα με το σημείο πτώσης του αντικειμένου.

Πτώση στη θάλασσα

Στην περίπτωση που το αντικείμενο πέσει απευθείας στη θάλασσα τότε μπορεί να προκαλέσει απρόσμενη κίνηση του σκάφους, η οποία να διαταράξει την ισορροπία των εργαζομένων. Ως αποτέλεσμα, είναι πιθανό κάποιος εργαζόμενος, που βρίσκεται στο κατάστρωμα, να πέσει στη θάλασσα. Σε αυτή την περίπτωση, ο βαθμός τραυματισμού του θα εξαρτηθεί από τη βοήθεια που θα του παρέχει το πλήρωμα και από το σωσίβιο με το οποίο είναι εξοπλισμένος. Αναλυτικότερα, το πλήρωμα πρέπει να δράσει έγκαιρα και να απομακρύνει τον εργαζόμενο από τη θάλασσα. Όσο περισσότερο παραμένει μέσα στο νερό κινδυνεύει από υποθερμία, η οποία μπορεί να του προκαλέσει μυϊκή αδυναμία, απώλεια αισθήσεων και απώλεια ζωής. Όσον αφορά το σωσίβιο, όλοι οι εργαζόμενοι, σύμφωνα με τους κανονισμούς, πρέπει ενώ βρίσκονται στο κατάστρωμα του σκάφους να είναι εξοπλισμένοι με ατομικό σωσίβιο (OSHA, 2013). Ωστόσο, για να μπορέσει το σωσίβιο να είναι αποτελεσματικό πρέπει να διαθέτει καλή κατάσταση και να πληροί όλες τις προδιαγραφές.

Πτώση στο κατάστρωμα του σκάφους

Η πτώση ενός αντικειμένου στο κατάστρωμα του σκάφους μπορεί να θέσει σε σοβαρό κίνδυνο την υγεία των εργαζομένων.

Αρχικά, εάν βρίσκονται εργαζόμενοι κοντά στο σημείο πτώσης, το αντικείμενο είναι πιθανόν να χτυπήσει απευθείας τους εργαζόμενους. Εξαιτίας του βάρους των αντικειμένων, το χτύπημα αυτό θα τραυματίσει σοβαρά τον εργαζόμενο και είναι πιθανόν να του στοιχίσει την ίδια του τη ζωή.

Επίσης, οι εργαζόμενοι στην προσπάθειά τους να απομακρυνθούν από το αντικείμενο ή αφού χτυπηθούν από αυτό είναι πιθανόν να πέσουν στη θάλασσα. Στην περίπτωση αυτή, η ασφάλεια τους θα εξαρτηθεί από τα μέσα ατομικής

προστασίας με τα οποία είναι εξοπλισμένοι και την έγκαιρη βοήθεια που θα τους παρέχει το πλήρωμα.

Επιπλέον, μόλις το αντικείμενο πέσει πάνω στο κατάστρωμα, μπορεί να προκαλέσει έντονη κίνηση του σκάφους. Όπως περιγράφηκε και στην περίπτωση της πτώσης του αντικειμένου στη θάλασσα, η έντονη κίνηση του σκάφους μπορεί να προκαλέσει και σε αυτή την περίπτωση πτώση ενός εργαζομένου από το κατάστρωμα στη θάλασσα.

Τέλος, το ατύχημα είναι ικανό να προκαλέσει σοβαρή ζημιά στο σκάφος (π.χ. εισροή υδάτων με συνεχή κατακλυσμό διαμερισμάτων) με αποτέλεσμα να δοθεί οδηγία εγκατάλειψης του σκάφους από τον καπετάνιο. Αφού δοθεί η οδηγία, το πλήρωμα πρέπει να επιβιβαστεί στις σωστικές λέμβους που διαθέτει το σκάφος ώστε να απομακρυνθεί με ασφάλεια. Στη περίπτωση όπου οι εργαζόμενοι δεν προλάβουν να επιβιβαστούν έγκαιρα στις σωστικές λέμβους, τότε έχουμε πτώση των εργαζομένων στη θάλασσα. Η ασφάλεια τους θα εξαρτηθεί από την έγκαιρη ή όχι βοήθεια που θα τους παρέχει άλλο σκάφος του πάγκου.

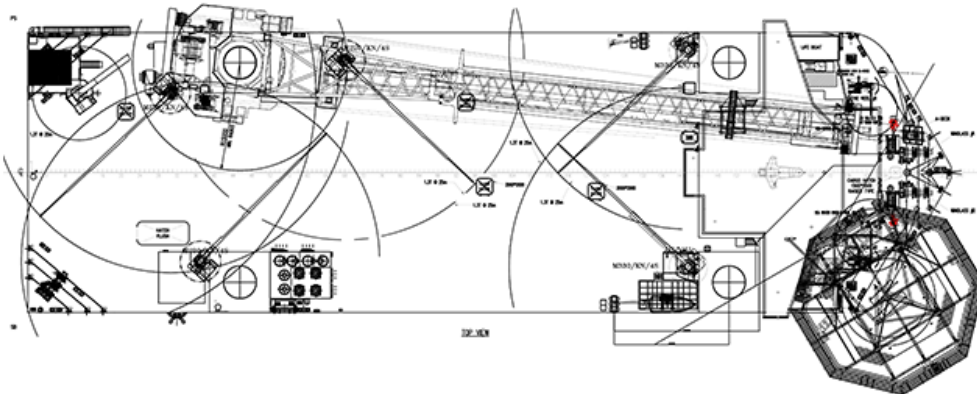
Πτώση επί της ανεμογεννήτριας

Εάν το αντικείμενο χτυπήσει πρώτα στην ανεμογεννήτρια και στη συνέχεια προσγειωθεί στο κατάστρωμα του σκάφους ή στη θάλασσα τότε, εκτός από το πλήρωμα του σκάφους, κινδυνεύουν και οι εργαζόμενοι που βρίσκονται επί της ανεμογεννήτριας. Ο κίνδυνος που αντιμετωπίζουν είναι παρόμοιος με την περίπτωση που έχουμε πτώση στο σκάφος. Συγκεκριμένα, οι εργαζόμενοι πιθανόν να χτυπηθούν απευθείας με το αντικείμενο ή να πέσουν στη θάλασσα. Η βασική διαφορά με το σκάφος είναι ότι οι εργαζόμενοι βρίσκονται σε ακόμα πιο περιορισμένο χώρο και είναι πιο εκτεθειμένοι. Η εξέδρα που βρίσκονται οι εργαζόμενοι πάνω στην ανεμογεννήτρια έχει ύψος από την επιφάνεια της θάλασσας 9 μέτρα (Leanwind, 2014). Όταν πραγματοποιούνται ανυψωτικές εργασίες, οι εργαζόμενοι απαγορεύεται από τον κανονισμό να βρίσκονται εντός του πυλώνα (OSHA, 2013), συνεπώς δεν υπάρχει κίνδυνος να παγιδευτούν.

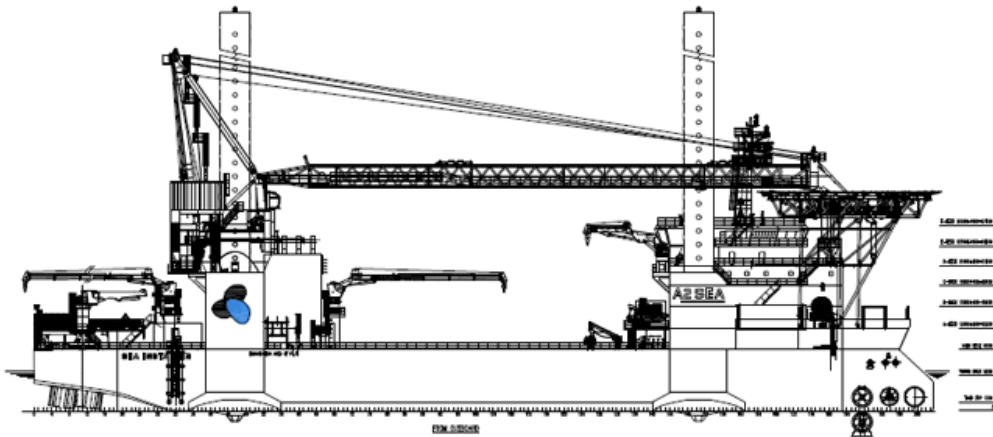
Σύμφωνα με τα παραπάνω, κατασκευάζεται το δέντρο γεγονότων του διαγράμματος Bow-tie (Διάγραμμα 10) αποτελούμενο από τα εξής διαδοχικά γεγονότα:

1. Ύπαρξη εργαζομένων κοντά στο σημείο πτώσης (Ναι ή όχι)
2. Έντονη κίνηση σκάφους (Ναι ή όχι)
3. Πτώση εργαζομένων στη θάλασσα (Ναι ή όχι)
4. Εξοπλισμένοι με σωσίβιο (Ναι ή όχι)
5. Έγκαιρη περισυλλογή (Ναι ή όχι)
6. Βύθιση σκάφους (Ναι ή όχι)
7. Επιβίβαση σε σωστικές λέμβους (Ναι ή όχι)
8. Βοήθεια από άλλο σκάφος (Ναι ή όχι)

Topview



From Outboard



Σχήμα 23 Πρόσωση και κάτοψη πλοίου Jack-up
Πηγή: a2sea.gif

Υποθέσεις-Παραδοχές

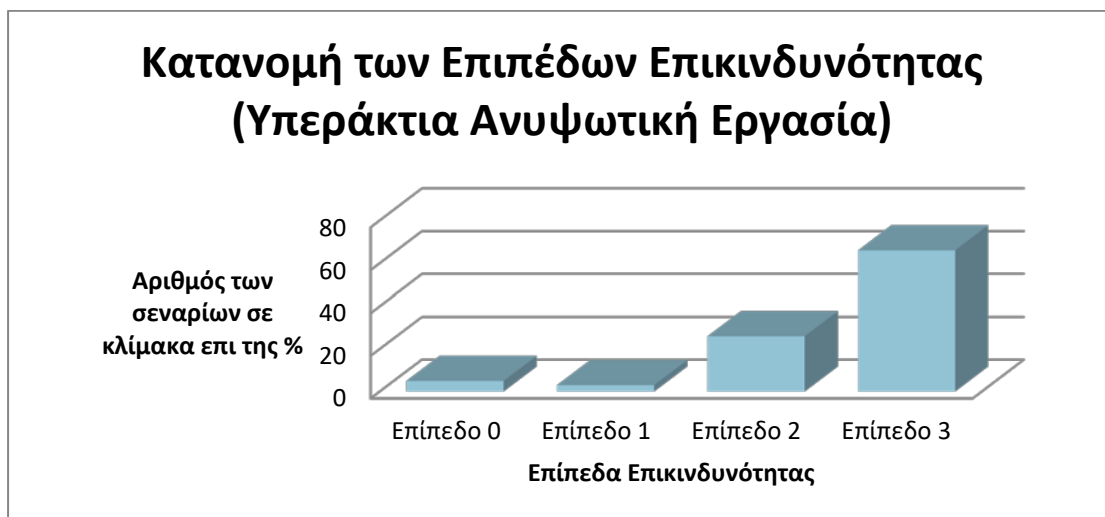
- Η πτώση του αντικειμένου δεν είναι πιθανόν να προκαλέσει κάποια μικρότερη βλάβη στο σκάφος, από τη βύθιση του, με την οποία να κινδυνέψουν έμμεσα οι εργαζόμενοι (π.χ. εκδήλωση πυρκαγιάς).
- Οι γερανοί έχουν ακτίνα λειτουργίας η οποία δεν διέρχεται πάνω από τις υπερκατασκευές (Σχήμα 23) οπότε κίνδυνο αντιμετωπίζουν οι εργαζόμενοι οι οποίοι βρίσκονται στο κατάστρωμα του σκάφους.
- Οι εργαζόμενοι υποχρεώνονται από τον κανονισμό να φορούν ατομικό σωσίβιο. Για αυτό το λόγο το γεγονός «εξοπλισμένοι με σωσίβιο» αναφέρεται κυρίως στη χρήση ενός σωσιβίου που πληροί όλες τις προδιαγραφές και λειτουργεί αποτελεσματικά.
- Η «Άμεση περισυλλογή» πραγματοποιείται από το πλήρωμα του σκάφους και συνεπάγεται την επαναφορά στο κατάστρωμα. Επίσης, ο χαρακτηρισμός

«άμεση» αναφέρεται σε ένα χρονικό περιθώριο ώσπου ο εργαζόμενος να μην κινδυνέψει από πνιγμό.

- Η μη επιβίβαση στις σωστικές λέμβους ισοδυναμεί με πτώση των εργαζομένων στη θάλασσα

Ανάλογα με τις περιπτώσεις που αναφέρθηκαν παραπάνω ακολουθώντας την κάθε πορεία γεγονότων στο δέντρο και αξιολογώντας τις πιθανές επιπτώσεις προκύπτει το επίπεδο του ατυχήματος για κάθε διαδρομή-σενάριο. Συνολικά, προσδιορίστηκαν 77 διαδρομές. Τα αποτελέσματα που αφορούν την κατανομή των επιπέδων στις διάφορες διαδρομές περιγράφονται στο Διάγραμμα 12 που ακολουθεί. Οι περισσότερες διαδρομές οδηγούν στο χειρότερο δυνατό τύπο ατυχήματος (Επίπεδο 3: 65%). Το Επίπεδο 2 καλύπτει το 27% των σεναρίων, το Επίπεδο 1 το 3% των σεναρίων και το Επίπεδο 0 το 5%.

Όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα αλλά και όπως τονίστηκε στην ενότητα 4.1 οι υπεράκτιες εργασίες με τη χρήση γερανού είναι πολύ επικίνδυνες για την υγεία των εργαζομένων.



Διάγραμμα 12 Κατανομή των επιπέδων επικινδυνότητας σε κλίμακα επί τοις εκατό (Εργασία ανύψωσης)

Μέτρα πρόληψης του κινδύνου- Risk Control Options (RCO)

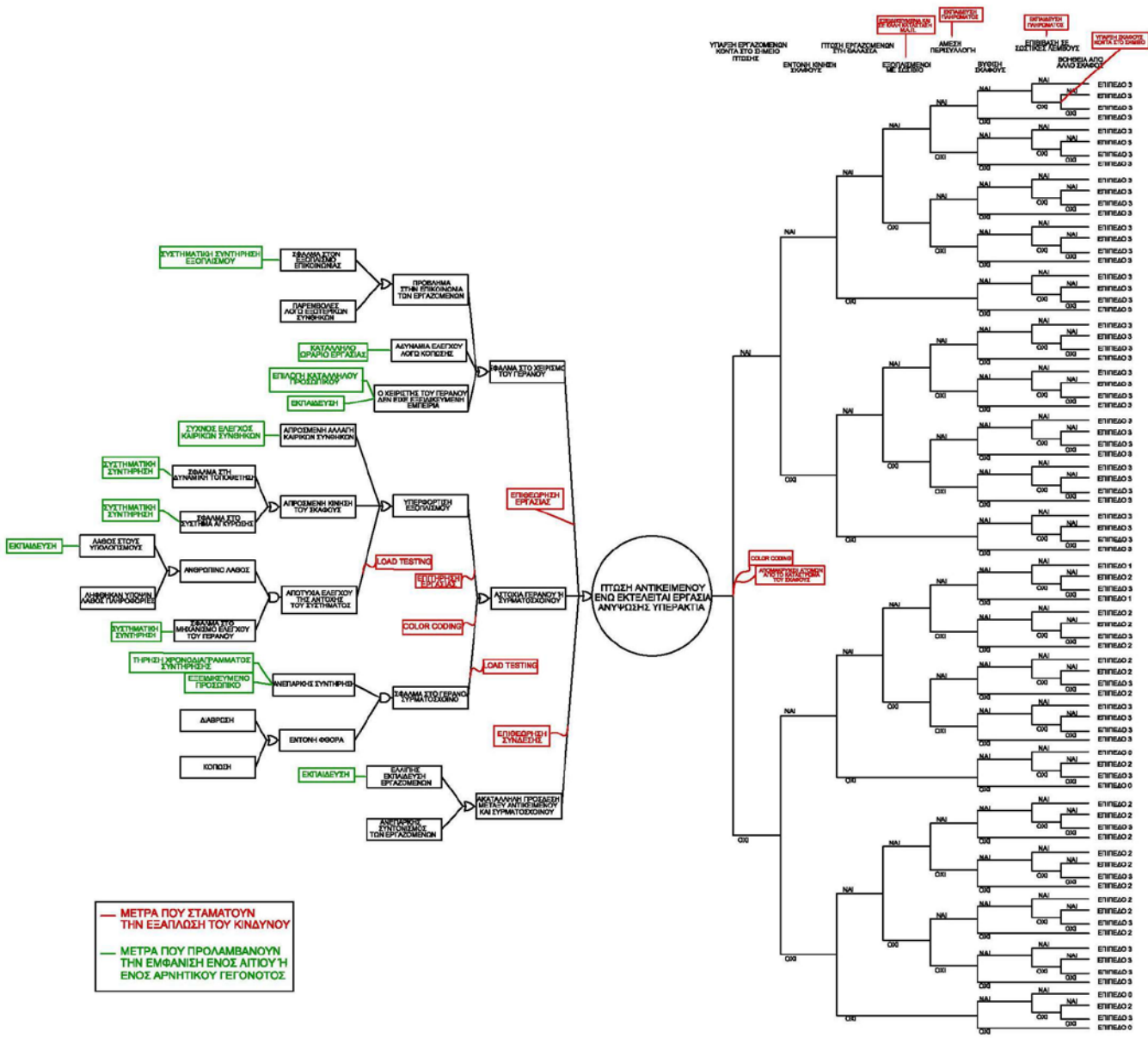
Συγκεκριμένα, για το ατύχημα Νο1 προσδιορίζονται τα παρακάτω μέτρα πρόληψης του κινδύνου, τα οποία παρουσιάζονται και γραφικά στο διάγραμμα Bow-tie που ακολουθεί (Διάγραμμα 13). Για τον προσδιορισμό τους αντλήθηκαν πληροφορίες από τον κανονισμό περί ανυψωτικών εργασιών (Lifting Operations and Lifting Equipment Regulations LOLER) (HSE, 2008), τις οδηγίες του οργανισμού International Marine Constructors Association (IMCA, 2007) και την μελέτη του πανεπιστημίου Aalborg της Δανίας (Rogers, Burlacu, HassanJama, & Asmundsson, 2014).

Μέτρα που σταματούν την εξάπλωση του κινδύνου:

- Προσδιορισμός των μηχανημάτων που δεν έχουν συντηρηθεί ή έχουν κάποιο ελάττωμα με χρωματική επισήμανση (color coding). Με αυτό τον τρόπο στην περίπτωση που κάποιο εξάρτημα είναι ελαττωματικό αναγνωρίζεται στην επιθεώρηση και δεν χρησιμοποιείται στις εργασίες.
- Επιτήρηση της εξέλιξης της εργασίας και επιθεώρηση των ενεργειών των εργαζομένων (π.χ. ο τρόπος συναρμολόγησης του κομματιού με το γερανό).
- Πραγματοποίηση ελέγχου αντοχής των συστημάτων (π.χ. γερανός)(load test)
- Απομάκρυνση εργαζομένων από το κατάστρωμα (όποτε είναι εφικτό) κατά τη διάρκεια εκτέλεσης της ανύψωσης.
- Προσδιορισμός στο κατάστρωμα των επιτρεπόμενων οδών κίνησης των εργαζομένων, με χρωματική επισήμανση. Οι επιτρεπόμενοι οδοί καθορίζονται ώστε να μην συμπίπτουν με την τροχιά του γερανού.
- Ύπαρξη σκάφους κοντά στο σημείο εκτέλεσης της εργασίας το οποίο σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης θα είναι σε θέση να προσφέρει άμεσα βοήθεια.
- Εκπαίδευση προσωπικού για την αντιμετώπιση καταστάσεων έκτακτης ανάγκης (π.χ. διάσωση ανθρώπου από την θάλασσα, εγκατάλειψη σκάφους).
- Χρήση μέσων ατομικής προστασίας τα οποία θα είναι κατάλληλα για τη συγκεκριμένη εργασία και θα βρίσκονται σε καλή κατάσταση ώστε να είναι αποτελεσματικά. Τα μέτρα ατομικής προστασίας (π.χ. κράνος, φόρμα εργασίας, σωσίβιο, υποδήματα) πρέπει να φυλάσσονται σε ειδικό χώρο ώστε να προστατεύονται από υψηλές θερμοκρασίες και σκόνη. Επιπλέον, πρέπει να αντικαθίστανται με καινούργια μετά από συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.

Μέτρα που προλαμβάνουν την εμφάνιση ενός αίτιου ή ενός αρνητικού γεγονότος:

- Εκπαίδευση προσωπικού για την σωστή πραγματοποίηση των εργασιών.
- Εκπαίδευση προσωπικού για την εκτέλεση των εργασιών σύμφωνα με τους κανονισμούς ασφαλείας.
- Επιλογή του κατάλληλου προσωπικού για κάθε εργασία ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες της (π.χ. εμπειρία, ηλικία, μυϊκή δύναμη).
- Συντήρηση μηχανημάτων και εξοπλισμού από εξειδικευμένο προσωπικό και με τήρηση του προγραμματισμένου χρονοδιαγράμματος.
- Συχνός έλεγχος καιρικών συνθηκών.
- Κατάλληλο ωράριο εργασίας ώστε οι εργαζόμενοι να ξεκουράζονται επαρκώς και να εκτελούν την εργασία τους με απόλυτη συγκέντρωση και προσοχή.



Διάγραμμα 13 Μέτρα πρόληψης του κινδύνου για το ατύχημα κατά τη διάρκεια εργασίας ανύψωσης

8.3 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Νο2- ΣΥΓΚΡΟΥΣΗ ΣΚΑΦΟΥΣ ΜΕ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ

Το δεύτερο ατύχημα που μελετάται προκύπτει όταν σκάφος, από το στόλο του πάρκου, το οποίο μεταφέρει εργαζόμενους από το λιμάνι σε μια ανεμογεννήτρια στο υπεράκτιο αιολικό πάρκο, συγκρούεται με ανεμογεννήτρια του πάρκου (Διάγραμμα 14). Στην ενότητα 4.13 αναλύεται η εργασία που αφορά τη μεταφορά του προσωπικού μέσω θάλασσας και τους κινδύνους που εγκυμονεί. Η συγκεκριμένη εργασία πραγματοποιείται με μικρά σκάφη ($L < 30\text{m}$) για τη μεταφορά προσωπικού (Σχήμα 24α) αλλά και μεγαλύτερα σκάφη ($L > 30\text{m}$) (Σχήμα 24β) για διάφορες εργασίες κατασκευής ή συντήρησης (Leanwind, 2014).



Σχήμα 24 (α) Μικρό σκάφος μεταφοράς εργαζομένων (β) Μεγάλο σκάφος πρόσβασης εργαζομένων (Offshore Access Vessel) Πηγή: (α) windpowermonthly (β) searenergy

Δέντρο Σφαλμάτων (Fault tree)

Τα στατιστικά για τα θαλάσσια ατυχήματα δείχνουν ότι τα ανθρώπινα λάθη και τα σφάλματα στο μηχανολογικό εξοπλισμό του σκάφους είναι οι κύριες αιτίες για την σύγκρουση σκαφών (Pietrzykowski, 2007). Βασιζόμενοι σε αυτό το στοιχείο θεωρούμε ότι η σύγκρουση μεταξύ του σκάφους και μίας ανεμογεννήτριας μέσα στο υπεράκτιο αιολικό πάρκο θα πραγματοποιηθεί εφόσον το σκάφος κινείται με λάθος πορεία πλεύσης ή εφόσον το σκάφος κινείται ακυβέρνητο μέσα στο πάρκο.

Λάθος πορεία πλεύσης

Ο λάθος χειρισμός του σκάφους οφείλεται κυρίως σε ανθρώπινο σφάλμα, καθώς ο ίδιος ο καπετάνιος έθεσε το σκάφος σε λάθος πορεία. Ωστόσο, στο γεγονός της σύγκρουσης συνεισέφεραν και άλλοι παράγοντες. Συγκεκριμένα, στην περίπτωση που το σφάλμα έγινε αντιληπτό από τον καπετάνιο, και προσπάθησε να πραγματοποιήσει κάποιο ελιγμό για να αποφύγει τη σύγκρουση, η σύγκρουση μπορεί να προήλθε γιατί δεν υπήρχε επαρκής χρόνος για να αλλάξει το σκάφος πορεία. Εάν το σκάφος κινούνταν με μεγάλη ταχύτητα και βρισκόταν σε μικρή απόσταση από την ανεμογεννήτρια τότε ήταν αδύνατο να καταφέρει να

απομακρυνθεί από αυτή, όσο μικρό και ευέλικτο να ήταν το σκάφος. Επιπλέον, σε ένα ανεπιτυχή ελιγμό του σκάφους μπορεί να συμβάλουν οι δυσμενείς καιρικές συνθήκες που μπορεί να επικρατούσαν στην περιοχή (π.χ. έντονος άνεμος) σε συνδυασμό με το γεγονός ότι το σκάφος μπορεί να μην είχε επαρκή ισχύ για να αντιμετωπίσει τις έντονες δυνάμεις. Τέλος, κάποιο σφάλμα στα συστήματα ναυσιπλοΐας (π.χ. Radar) μπορεί είτε να οδήγησε τον καπετάνιο να ορίσει λάθος πορεία πλεύσης είτε να μην τον προειδοποίησε για την λάθος πορεία που ακολουθεί το σκάφος.

Όσον αφορά το ανθρώπινο σφάλμα αυτό μπορεί να προκλήθηκε λόγω ελλιπούς προσοχής του καπετάνιου. Συγκεκριμένα, ο καπετάνιος είναι πιθανόν να μην παρατηρούσε το σύστημα ραντάρ, να μην επίβλεψε την διαδικασία ή να συνέβη κάποιο ατύχημα. Επιπλέον, το ανθρώπινο σφάλμα μπορεί να οφείλεται σε λάθος εκτίμηση της κατάστασης (πχ. λάθος χάραγμα πορείας, λάθος ταχύτητα σκάφους). Σε μια λανθασμένη απόφαση του καπετάνιου μπορεί να συνέβαλε το γεγονός ότι ο καπετάνιος είτε δεν είχε την απαραίτητη εμπειρία για να χειριστεί το σκάφος μέσα σε ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο είτε λόγω έντονης κόπωσης.

Ανεξέλεγκτη κίνηση του σκάφους

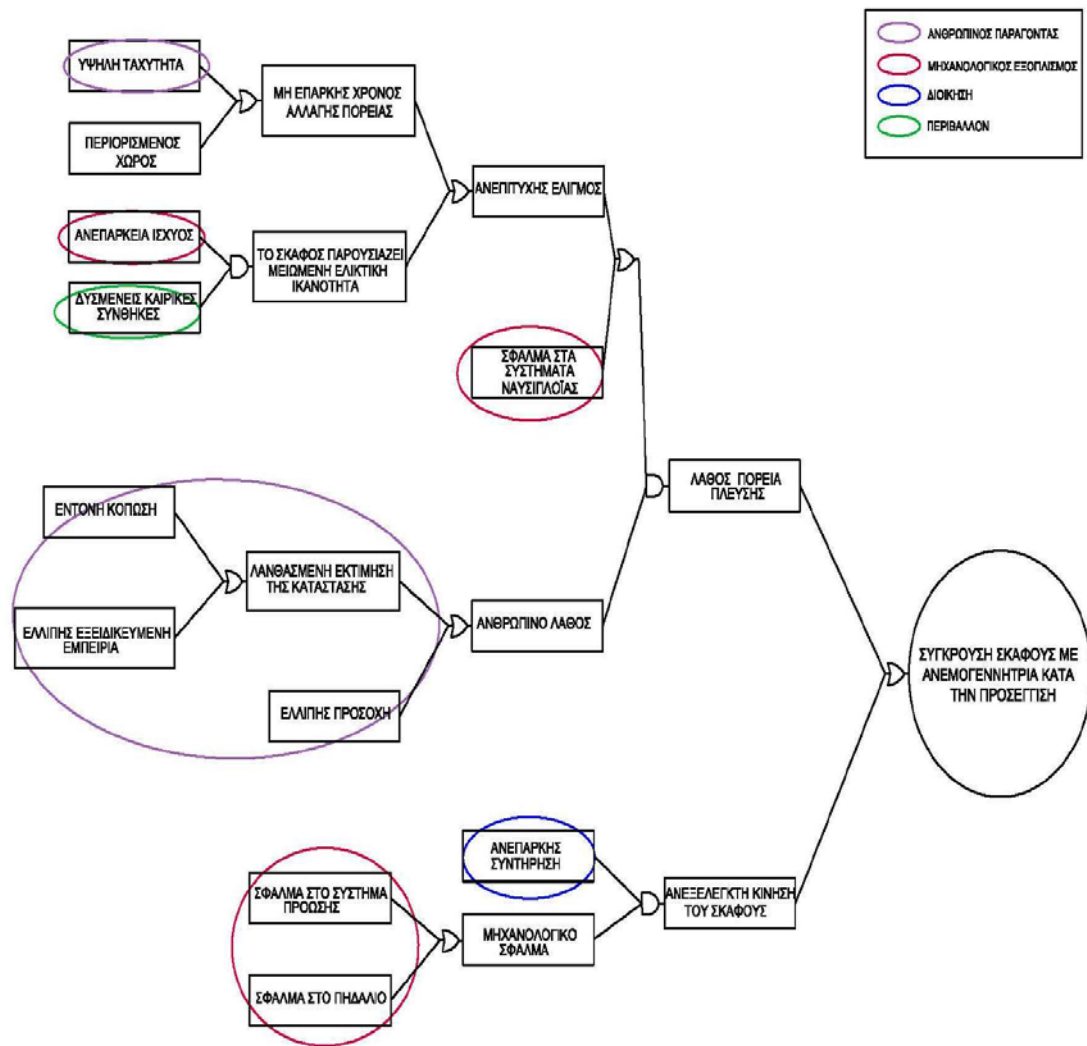
Στην περίπτωση που το σκάφος δεν παρουσιάσει λάθος πορεία προσέγγισης λόγω λανθασμένης εκτίμησης, τότε υπάρχει περίπτωση η λάθος πορεία να οφείλεται σε κάποιο μηχανολογικό σφάλμα στο σκάφος. Ένα σφάλμα στο σύστημα πρόωσης ή στο πηδάλιο είναι ικανό να προκαλέσει αδυναμία ελέγχου της κίνησης του σκάφους και να οδηγήσει στη σύγκρουση του με την ανεμογεννήτρια.

Στο Διάγραμμα 15 παρατίθεται το Δέντρο Σφαλμάτων του Bow-tie για τη σύγκρουση σκάφους με ανεμογεννήτρια, προσδιορίζοντας σε αυτό πως κατηγοριοποιούνται τα βασικά γεγονότα.

Δέντρο γεγονότων (Event tree)

Εφόσον προκληθεί σύγκρουση του σκάφους με την ανεμογεννήτρια τότε κοντά στο σημείο σύγκρουσης θα προκληθεί έντονος κραδασμός. Με τη δόνηση αυτή είναι πιθανόν κάποιος εργαζόμενος στο σκάφος ή στην ανεμογεννήτρια να γλιστρήσει και να πέσει, να χτυπήσει σε κάποιο αντικείμενο που βρίσκεται κοντά του ή να τον χτυπήσει κάποιο αντικείμενο, το οποίο, λόγω του κραδασμού, έπεσε πάνω του, από ένα ψηλό σημείο στο οποίο ήταν τοποθετημένο.

Ακόμα, εάν κάποιος εργαζόμενος βρίσκεται στο κατάστρωμα του σκάφους ή στην άτρακτο της ανεμογεννήτριας τότε η έντονη δόνηση, που προκλήθηκε από τη σύγκρουση, μπορεί να τον ρίξει στη θάλασσα. Όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο ατύχημα, η ασφάλεια ενός ατόμου που βρίσκεται στη θάλασσα εξαρτάται από το σωσίβιο με το οποίο είναι εξοπλισμένος και τη βοήθεια που θα του δοθεί από το υπόλοιπο πλήρωμα.



Διάγραμμα 15 Κατηγοριοποίηση των βασικών γεγονότων στο δέντρο σφαλμάτων (Σύγκρουση σκάφους-ανεμογεννήτριας)

Τέλος, η σύγκρουση σκάφους από το στόλο του πάρκου με μία ανεμογεννήτρια, ανάλογα με την ένταση της σύγκρουσης και το σημείο πρόσκρουσης μπορεί να προκαλέσει σοβαρή ζημιά στο σκάφος με αποτέλεσμα να αναγκαστεί το πλήρωμα να το εγκαταλείψει. Σε αυτή την περίπτωση, το σκάφος βρίσκεται σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης και τίθεται σε εφαρμογή το σχέδιο εκκένωσης του. Τότε, όλοι οι εργαζόμενοι πρέπει να συγκεντρωθούν έγκαιρα στους σταθμούς συγκέντρωσης που βρίσκονται στο κατάστρωμα του σκάφους και να επιβιβαστούν στις σωστικές λέμβους. Στην περίπτωση που δεν προλάβουν να κατελκύσουν τις σωστικές λέμβους τότε έχουμε πτώση των εργαζομένων στη θάλασσα. Όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο ατύχημα, η ασφάλεια τους θα εξαρτηθεί από την έγκαιρη ή όχι διάσωση τους από άλλο σκάφος του πάρκου.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, το δέντρο γεγονότων είναι δομημένο με την παρακάτω χρονική σειρά γεγονότων:

1. Ύπαρξη εργαζομένων κοντά στο σημείο σύγκρουσης (Ναι ή όχι)
2. Πτώση εργαζομένων στη θάλασσα (Ναι ή όχι)
3. Εξοπλισμένοι με σωσίβιο (Ναι ή όχι)
4. Άμεση περισυλλογή (Ναι ή όχι)
5. Βύθιση σκάφους (Ναι ή όχι)
6. Επιβίβαση σε σωστικές λέμβους (Ναι ή όχι)
7. Βοήθεια από άλλο σκάφος (Ναι ή όχι)

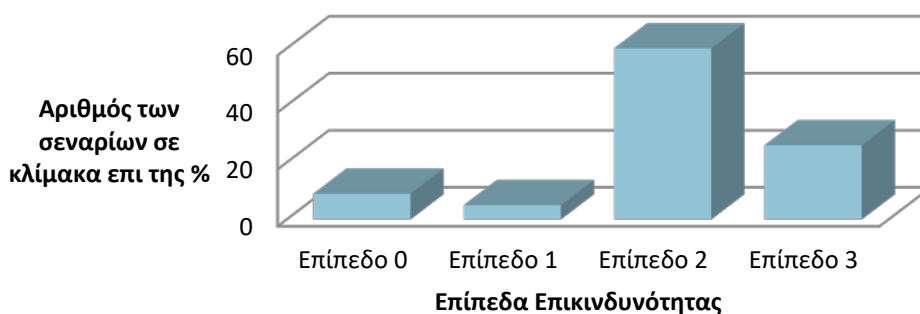
Υποθέσεις-Παραδοχές

- Εφόσον δεν υπάρχουν εργαζόμενοι κοντά στο σημείο της σύγκρουσης τότε δεν αντιμετωπίζουν κάποιον κίνδυνο ο οποίος θα μπορούσε να προκληθεί από την κρούση (π.χ. γλίστρημα)
- Οι εργαζόμενοι υποχρεώνονται από τον κανονισμό να φορούν ατομικό σωσίβιο. Για αυτό το λόγο το γεγονός «εξοπλισμένοι με σωσίβιο» αναφέρεται κυρίως στη χρήση ενός σωσιβίου που πληροί όλες τις προδιαγραφές και λειτουργεί αποτελεσματικά.
- Η «Άμεση περισυλλογή» πραγματοποιείται από το πλήρωμα του σκάφους και συνεπάγεται την επαναφορά στο κατάστρωμα. Επίσης, ο χαρακτηρισμός «άμεση» αναφέρεται σε ένα χρονικό περιθώριο ώσπου ο εργαζόμενος να μην κινδυνέψει από πνιγμό.
- Η μη επιβίβαση στις σωστικές λέμβους ισοδυναμεί με πτώση των εργαζομένων στη θάλασσα
- Η σύγκρουση δεν θα προκαλέσει κάποια βλάβη στην ανεμογεννήτρια η οποία να θέσει σε κίνδυνο τους εργαζόμενους (π.χ. εκδήλωση πυρκαγιάς)

Τα παραπάνω γεγονότα δομούν τις διάφορες εκδοχές σεναρίων που θα πραγματοποιηθούν μόλις εκδηλωθεί το ατύχημα. Ανάλογα, με τα γεγονότα που πραγματοποιούνται σε κάθε σενάριο προσδιορίζεται για κάθε σενάριο το επίπεδο της επικινδυνότητας που θα προκαλέσει. Τα αποτελέσματα που αφορούν την κατανομή των επιπέδων στις διάφορες διαδρομές περιγράφονται στο Διάγραμμα 16.

Συνολικά προσδιορίστηκαν 42 διαφορετικά σενάρια τα περισσότερα από τα οποία (60%) οδηγούν σε επίπεδο ατυχήματος 2. Το 26% των σεναρίων οδηγούν σε ατυχήματα με επίπεδο επικινδυνότητας 3, το 9% σε επίπεδο 0 και το μικρότερο ποσοστό 5% σε επίπεδο 1. Συγκρίνοντας τα στοιχεία με τα αποτελέσματα από το ατύχημα της ανυψωτικής εργασίας παρατηρούμε ότι τα περισσότερα σενάρια στη σύγκρουση σκάφους έχουν μικρότερο επίπεδο τραυματισμού. Συνεπώς, το ατύχημα είναι επικίνδυνο για τον εργαζόμενο αλλά τα περισσότερα σενάρια δεν οδηγούν σε απώλεια της ζωής των εργαζομένων.

Κατανομή των Επιπέδων Επικινδυνότητας (Σύγκριση Σκάφους με Ανεμογεννήτρια)



Διάγραμμα 16 Κατανομή των επιπέδων επικινδυνότητας, σε κλίμακα επί τοις εκατό (Σύγκριση σκάφους-ανεμογεννήτριας)

Μέτρα πρόληψης του κινδύνου - Risk Control Options (RCO)

Τα μέτρα πρόληψης του κινδύνου για το ατύχημα No2 προσδιορίζονται στη συνέχεια και παρουσιάζονται γραφικά στο διάγραμμα Bow-tie που ακολουθεί (Διάγραμμα 17). Οι οδηγίες αντλήθηκαν από τον όμιλο G9 (G9, 2014) και τον οργανισμό RenewableUK (RenewableUK, 2012).

Μέτρα που σταματούν την εξάπλωση του κινδύνου:

- Απομάκρυνση εργαζόμενων από το κατάστρωμα του σκάφους.
- Ύπαρξη σκάφους στο χώρο του πάρκου το οποίο σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης θα είναι σε θέση να προσφέρει άμεσα βοήθεια.
- Άδεια εισόδου από το κέντρο ελέγχου στο λιμάνι για εισαγωγή στη ζώνη των 500m γύρω από την ανεμογεννήτρια εάν το επιτρέπουν οι καιρικές συνθήκες
- Επιθεώρηση πορείας του σκάφους από το κέντρο ελέγχου στη στεριά και ενημέρωση του καπετάνιου στην περίπτωση που αντιληφθεί κάποιο σφάλμα
- Ύπαρξη εφεδρικού εξοπλισμού ναυσιπλοΐας στο σκάφος, ο οποίος θα είναι σε θέση να αντικαταστήσει τον βασικό εξοπλισμό σε περίπτωση σφάλματος ή να επιβεβαιώσει την ομαλή λειτουργία του.
- Εκπαίδευση προσωπικού για την αντιμετώπιση καταστάσεων έκτακτης ανάγκης (π.χ. διάσωση ανθρώπου στην θάλασσα, εγκατάλειψη σκάφους).
- Χρήση μέσων ατομικής προστασίας τα οποία θα είναι κατάλληλα για τη συγκεκριμένη εργασία και θα βρίσκονται σε καλή κατάσταση ώστε να είναι αποτελεσματικά. Τα μέτρα ατομικής προστασίας (π.χ. κράνος, φόρμα εργασίας, σωσίβιο, υποδήματα) πρέπει να φυλάσσονται σε ειδικό χώρο ώστε να προστατεύονται από υψηλές θερμοκρασίες και σκόνη. Επιπλέον,

πρέπει να αντικαθίστανται με καινούργια μετά από συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.

Μέτρα που προλαμβάνουν την εμφάνιση ενός αίτιου ή ενός αρνητικού γεγονότος:

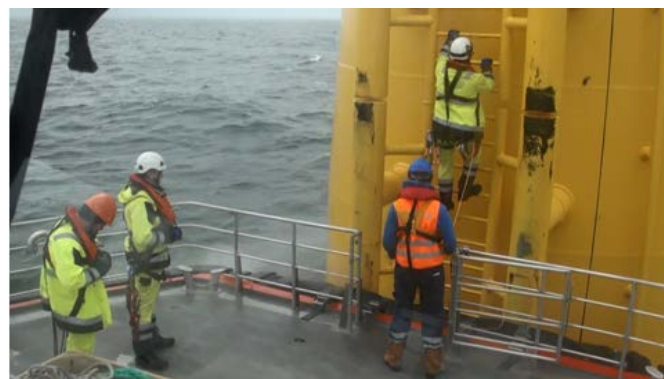
- Εκπαίδευση προσωπικού για την σωστή πραγματοποίηση των εργασιών.
- Εκπαίδευση προσωπικού για την εκτέλεση των εργασιών σύμφωνα με του κανονισμούς ασφαλείας.
- Επιλογή του κατάλληλου προσωπικού για κάθε εργασία (π.χ. εμπειρία).
- Συχνός έλεγχος των καιρικών συνθηκών.
- Κατάλληλο ωράριο εργασίας ώστε οι εργαζόμενοι να ξεκουράζονται επαρκώς και να μπορούν να είναι αποδοτικοί στην εργασία τους.
- Μείωση της ταχύτητας των σκαφών καθώς αυτά εισέρχονται στο χώρο του πάρκου όπου βρίσκονται εγκατεστημένες οι ανεμογεννήτριες.
- Συντήρηση εξοπλισμού από εξειδικευμένο προσωπικό και με τήρηση του προγραμματισμένου χρονοδιαγράμματος.

8.4 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Νο3- ΑΤΥΧΗΜΑ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΥ ΕΝΩ ΕΚΤΕΛΟΥΣΕ ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΑ ΕΠΙΒΙΒΑΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ ΑΠΟ ΣΚΑΦΟΣ

Το πιθανό ατύχημα το οποίο μελετάται αφορά έναν εργαζόμενο ο οποίος έχασε την ισορροπία του, ενώ εκτελούσε προσπάθεια επιβίβασης στην ανεμογεννήτρια από το σκάφος μεταφοράς (Διάγραμμα 18). Το ατύχημα αυτό μπορεί να προκληθεί κατά τη φάση κατασκευής, συντήρησης ή παροπλισμού της ανεμογεννήτριας. Το διάγραμμα είναι διαμορφωμένο ώστε να καλύπτει δύο διαφορετικούς τρόπους μετάβασης, «walk to work» και «bump and jump». Στα σχήματα που ακολουθούν (Σχήμα 25 και 26) παρουσιάζονται οι δύο τρόποι μετάβασης για τους οποίους θα κατασκευαστεί το διάγραμμα. Στην Ενότητα 4.15 παρουσιάστηκαν οι κίνδυνοι που εγκυμονούν γύρω από την πρόσβαση και απομάκρυνση των εργαζομένων προς και από μια υπεράκτια ανεμογεννήτρια αντίστοιχα.



Σχήμα 25 Μηχανισμός πρόσβασης “Walk to work”
Πηγή: seaenergy



Σχήμα 26 Πρόσβαση εργαζομένου με τη μέθοδο “Bump and jump”
Πηγή: International Journal of Marine Design

Δέντρο Σφαλμάτων (Fault tree)

Ο εργαζόμενος, ενώ εκτελεί προσπάθεια για επιβίβαση στην ανεμογεννήτρια από το σκάφος, είναι πιθανόν να χάσει την ισορροπία του και να γλιστρήσει εξαιτίας των παρακάτω γεγονότων.

Χρήση ακατάλληλου εξοπλισμού

Ο εξοπλισμός της εργασίας περιλαμβάνει τόσο τα μέτρα ατομικής προστασίας (π.χ. φόρμα εργασίας) όσο και τα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται για να πραγματοποιηθεί η εργασία (π.χ. σκάλα, συστήματα πρόσδεσης εργαζομένου).

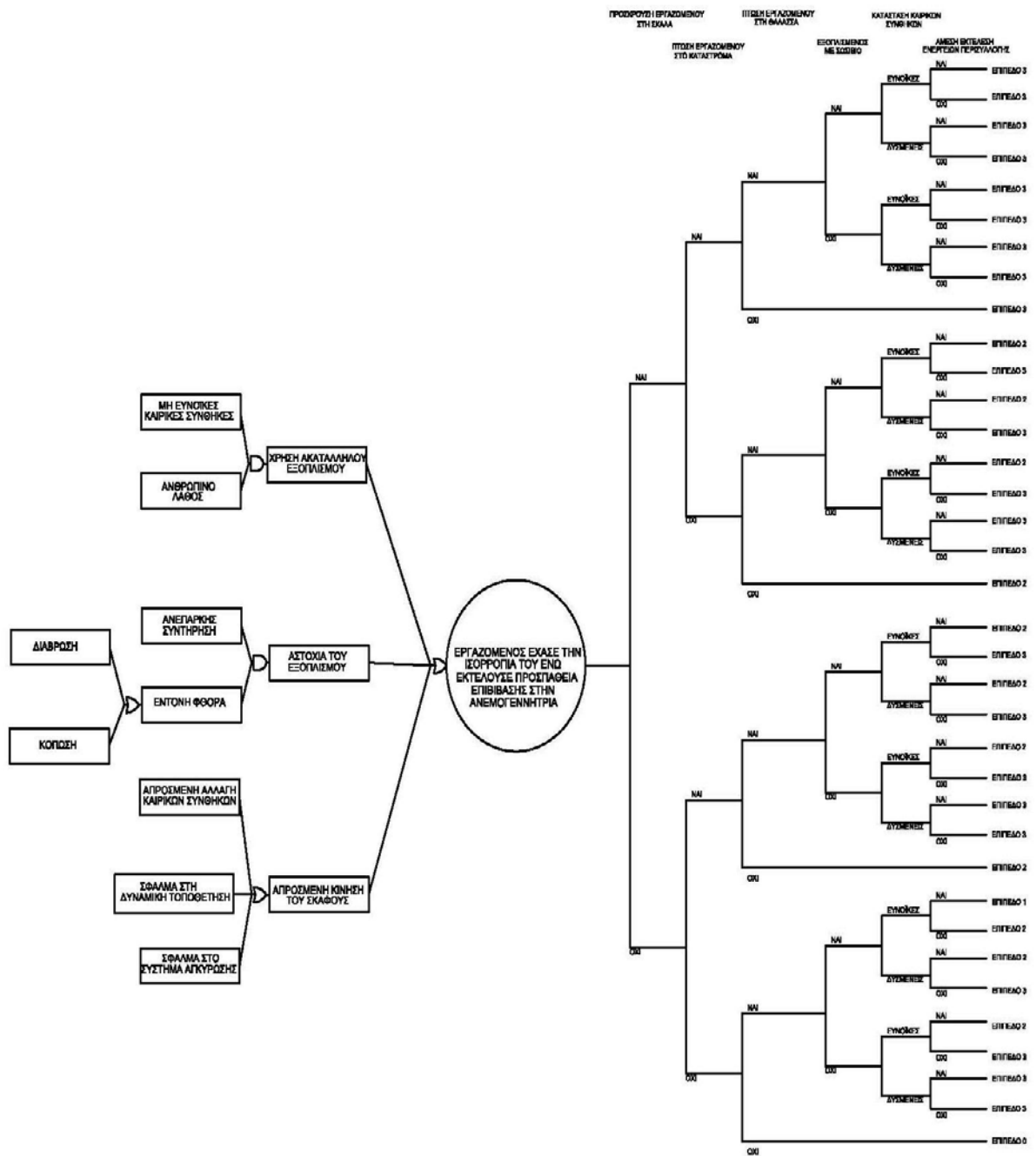
Η επιλογή του εξοπλισμού γίνεται από τον ίδιο τον εργαζόμενο, από τον υπεύθυνο ασφάλειας και τον υπεύθυνο εργασιών. Η σωστή επιλογή του εξοπλισμού επηρεάζεται σημαντικά από τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή. Οι δυσμενείς καιρικές συνθήκες που μπορεί να επικρατούν στην περιοχή σε συνδυασμό με τη επιλογή λάθος εξοπλισμού για αυτές τις καιρικές συνθήκες μπορεί να θέσουν σε κίνδυνο την ασφαλή μετάβαση του εργαζομένου. Συγκεκριμένα, ο έντονος άνεμος έχει τη δυνατότητα να αναταράξει την ισορροπία της σκάλας εάν αυτή δεν είναι σωστά τοποθετημένη ή δεν είναι η κατάλληλη για τη συγκεκριμένη εργασία με αποτέλεσμα να χάσει ο εργαζόμενος την ισορροπία του. Επιπλέον, εάν η επιφάνεια της σκάλας είναι βρεγμένη, είτε λόγω βροχής ή μεγάλων κυμάτων, και ο εργαζόμενος δεν φοράει τον κατάλληλο εξοπλισμό (π.χ. αντιολισθητικά υποδήματα) τότε είναι πιθανόν να γλιστρήσει και να χάσει την ισορροπία του.

Αστοχία του εξοπλισμού

Αστοχία στον εξοπλισμό μεταφοράς (ειδική σκάλα) θα υπάρξει εάν σπάσει ολόκληρος ο εξοπλισμός ή κάποιο εξαρτήματα του λόγω ανεπαρκούς αντοχής. Το μηχανολογικό αυτό σφάλμα θα προκύψει από φθορά, που θα έχει υποστεί ο εξοπλισμός, και την έλλειψη συντήρησης, η οποία θα μπορούσε να την είχε διορθώσει. Η φθορά του εξοπλισμού οφείλεται στην κόπωση λόγω χρήσης ή στη διάβρωση που μπορεί να έχει υποστεί λόγω του θαλάσσιου περιβάλλοντος.

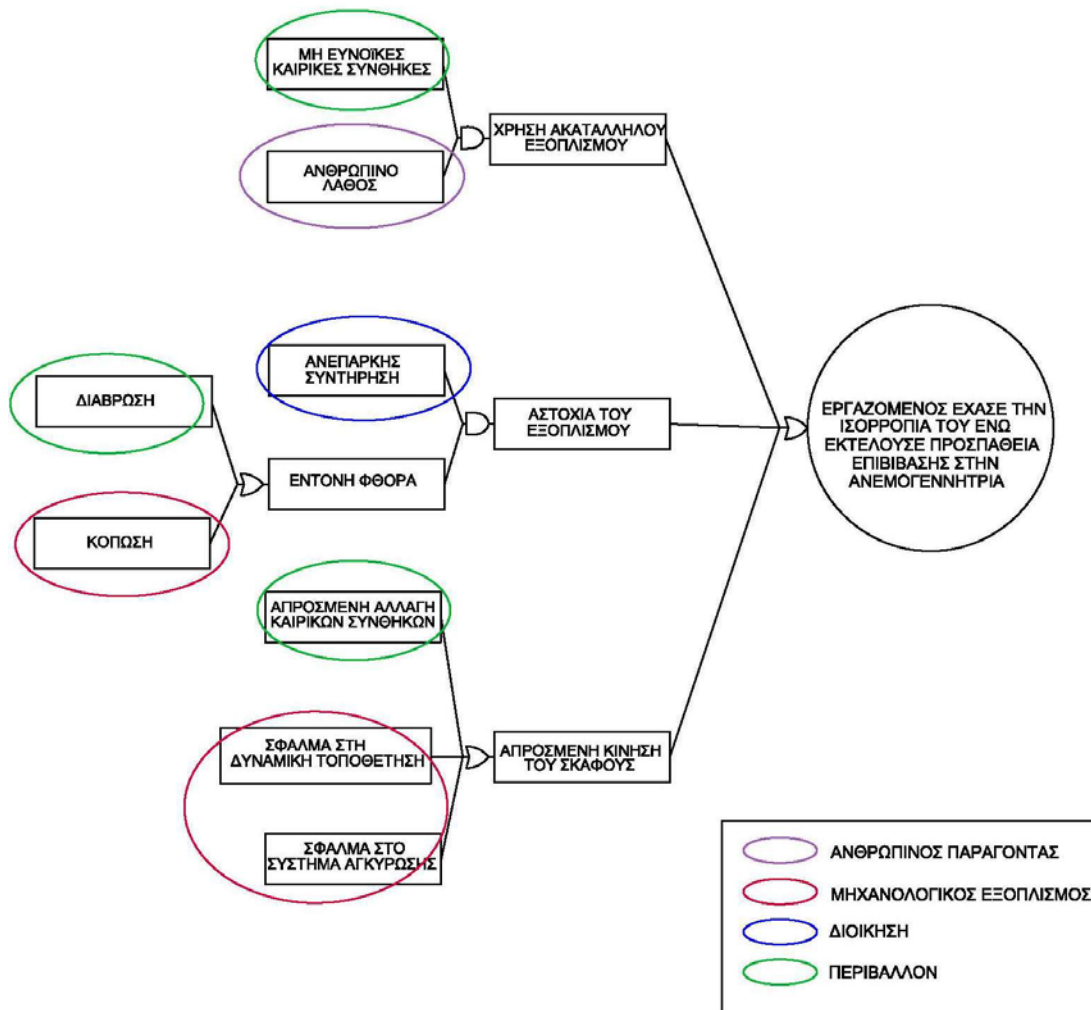
Απρόσμενη κίνηση του σκάφους

Μία απρόσμενη κίνηση του σκάφους θα οδηγήσει άμεσα σε μία απρόσμενη κίνηση του εξοπλισμού μεταφοράς (σκάλα) με αποτέλεσμα ο εργαζόμενος να χάσει την ισορροπία του. Αυτό μπορεί να συμβεί είτε εάν υπάρχει κάποιο μηχανολογικό σφάλμα στο σύστημα δυναμικής τοποθέτησης ή στο σύστημα αγκύρωσης. Επιπλέον, μια απρόσμενη αλλαγή στις καιρικές συνθήκες, όπως μια ριπή ανέμου ή ένας έντονος κυματισμός, μπορεί να διαταράξουν την ισορροπία του σκάφους.



Διάγραμμα 18 Bow-tie διάγραμμα για το ατύχημα που αφορά πρόσβαση εργαζομένου από το σκάφος στην ανεμογεννήτρια

Όπως προηγήθηκε για τα άλλα ατυχήματα, στη συνέχεια παρατίθεται το Δέντρο Σφαλμάτων του Bow-tie προσδιορίζοντας σε αυτό σε ποιες κατηγορίες γεγονότων αντιστοιχούν τα βασικά γεγονότα του δέντρου (Διάγραμμα 19).



Διάγραμμα 19 Κατηγοριοποίηση των βασικών γεγονότων στο δέντρο σφαλμάτων (Πρόσβαση εργαζομένου από το σκάφος στην ανεμογεννήτρια)

Δέντρο γεγονότων (Event tree)

Αρχικά, μόλις ο εργαζόμενος χάσει την ισορροπία του είναι πιθανό να χτυπήσει στη σκάλα με αποτέλεσμα να τραυματιστεί σοβαρά. Επίσης, υπάρχει περίπτωση να πέσει στο κατάστρωμα του σκάφους και έπειτα είτε να πέσει στη θάλασσα ή να παραμείνει στο κατάστρωμα. Ο εργαζόμενος κινδυνεύει από σοβαρό τραυματισμό και από την πτώση του στο κατάστρωμα. Επίσης, υπάρχει και η πιθανότητα να πέσει κατευθείαν στη θάλασσα. Όπως αναφέρθηκε και στα προηγούμενα ατυχήματα, από τη στιγμή που ο εργαζόμενος βρεθεί στη θάλασσα η υγεία του θα εξαρτηθεί από το σωσίβιο με το οποίο είναι εξοπλισμένος και από την έγκαιρη βοήθεια που θα του παρέχει το πλήρωμα.

Ένας επιπλέον σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την ασφάλεια του εργαζόμενου που έχει πέσει στη θάλασσα είναι ο καιρός που επικρατεί στην περιοχή. Οι καιρικές συνθήκες είναι ικανές να δυσκολέψουν την προσπάθεια του πληρώματος για περισυλλογή και την επιβίωση του εργαζομένου μέσα στο νερό. Οι χαμηλές θερμοκρασίες της θάλασσας προκαλούν υποθερμία στο ανθρώπινο σώμα με αποτέλεσμα να αντιμετωπίζει μια σειρά από σοβαρές επιπτώσεις, όπως ταχυκαρδία, λιποθυμία, μυϊκή αδυναμία, καρδιακή προσβολή (Παυλίδης, 2005). Στον Πίνακα 6 παρουσιάζονται οι επιπτώσεις στην υγεία αντίστοιχα με τη θερμοκρασία του σώματος. Η φυσιολογική θερμοκρασία του ανθρώπου είναι 37°C ενώ στη Μεσόγειο η θερμοκρασία της θάλασσας κυμαίνεται από 15°C-24°C και στη Βόρεια θάλασσα μεταξύ 10°C-18°C (meteoproog). Από τη στιγμή που ο άνθρωπος βρεθεί μέσα σε νερό χαμηλότερης θερμοκρασίας αρχίζει να μειώνεται η θερμοκρασία του σώματος του με ρυθμό μείωσης που εξαρτάται από την θερμοκρασία του νερού, την ηλικία, τη σωματική διάπλαση, τη φυσική κατάσταση και τον ρουχισμό (Παυλίδης, 2005).

Πίνακας 6 Οι επιπτώσεις της υποθερμίας του ανθρώπινου σώματος στην υγεία

Θερμοκρασία ανθρώπινου σώματος	Επιπτώσεις στην υγεία
32°C - 35°C	Ταχυκαρδία, υπέρταση
28°C - 32°C	Βραδυκαρδία, μυδρίαση, μυϊκή αδυναμία, λιποθυμία
<28°C	Άπνοια, καρδιακή προσβολή

Το δέντρο γεγονότων, που κατασκευάστηκε, αποτελείται από τα παρακάτω πιθανά γεγονότα ταξινομημένα σε χρονική σειρά:

1. Πρόσκρουση εργαζομένου στη σκάλα (Ναι ή όχι)
2. Πτώση εργαζομένου στο κατάστρωμα (Ναι ή όχι)
3. Πτώση εργαζομένου στη θάλασσα (Ναι ή όχι)
4. Εξοπλισμένος με σωσίβιο (Ναι ή όχι)
5. Κατάσταση καιρικών συνθηκών (Ευνοϊκές ή δυσμενείς)
6. Άμεση εκτέλεση ενεργειών περισυλλογής (Ναι ή όχι)

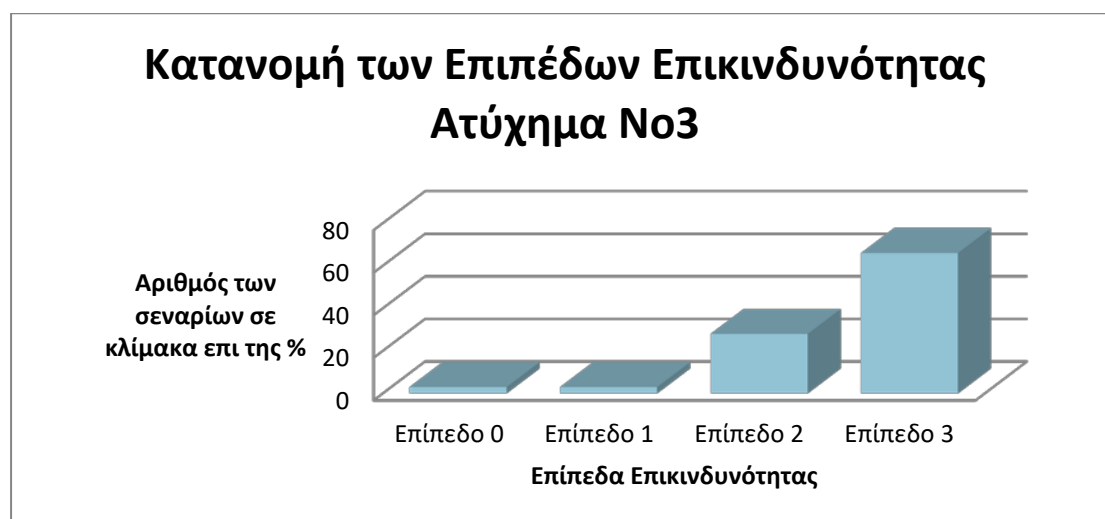
Στο συγκεκριμένο δέντρο γεγονότων φαίνεται μόνο σε δύο σημεία πως οι καιρικές συνθήκες επηρεάζουν τις συνέπειες στην υγεία των εργαζομένων. Παρόλα αυτά οι καιρικές συνθήκες επηρεάζουν σημαντικά όλα τα ατυχήματα. Με την προσθήκη τους σε αυτό το δέντρο, το οποίο περιλαμβάνει λιγότερα βασικά γεγονότα, μπορεί να γίνει κατανοητή αυτή η επίδραση και δίνεται η δυνατότητα να αναφερθούμε σε αυτό τον παράγοντα και να τονίσουμε την επίδραση του.

Επίσης, οι καιρικές συνθήκες δεν έχουν προστεθεί στα άλλα δύο διαγράμματα γιατί οι συνέπειες επηρεάζονται από άλλους παράγοντες. Αν λαμβάναμε υπόψιν μας τις καιρικές συνθήκες τότε δεν θα υπήρχε διαφοροποίηση στα επίπεδα

επικινδυνότητας. Επιπλέον, θα είχαμε κατασκευάσει πιο περίπλοκα δέντρα γεγονότων. Σκοπός ήταν να κατασκευαστούν δέντρα γεγονότων τα οποία να είναι απλά, κατανοητά με την πρώτη ματιά, με βασικά γεγονότα που να επηρεάζουν τα επίπεδα επικινδυνότητας και χωρίς λεπτομέρειες που δεν φαίνεται να επηρεάζουν σημαντικά την εξέλιξη του ατυχήματος.

Υποθέσεις-Παραδοχές

- Οι εργαζόμενοι υποχρεώνονται από τον κανονισμό να φορούν ατομικό σωσίβιο. Για αυτό το λόγο το γεγονός «εξοπλισμένοι με σωσίβιο» αναφέρεται κυρίως στη χρήση ενός σωσιβίου που πληροί όλες τις προδιαγραφές και λειτουργεί αποτελεσματικά.
- Οι Δυσμενείς καιρικές συνθήκες περιλαμβάνουν χαμηλές θερμοκρασίες ή έντονη αναταραχή της θάλασσας. Στην πρώτη περίπτωση, ο εργαζόμενος αντιμετωπίζει τα στάδια της υποθερμίας και τις συνέπειες τους. Στη δεύτερη περίπτωση, η έντονη αναταραχή δυσκολεύει την προσπάθεια του ανθρώπου να επιπλεύσει στο νερό και συμβάλει σε μυϊκή αδυναμία και πνιγμό.
- Η «Άμεση περισυλλογή» πραγματοποιείται από το πλήρωμα του σκάφους και συνεπάγεται την επαναφορά στο κατάστρωμα. Επίσης, ο χαρακτηρισμός «άμεση» αναφέρεται στο χρονικό περιθώριο ώσπου ο εργαζόμενος να μην κινδυνέψει από πνιγμό.



Διάγραμμα 20 Κατανομή των επιπέδων επικινδυνότητας, σε κλίμακα επί τοις εκατό (Πρόσβαση εργαζομένου)

Ανάλογα με τα γεγονότα, που αναφέρθηκαν παραπάνω, ακολουθώντας κάθε πιθανή πορεία γεγονότων στο δέντρο και αξιολογώντας τις πιθανές επιπτώσεις προκύπτει το επίπεδο του ατυχήματος για κάθε σενάριο. Συνολικά, προσδιορίστηκαν 36 σενάρια ατυχήματος. Τα αποτελέσματα που αφορούν την κατανομή των επιπέδων επικινδυνότητας περιγράφονται στο Διάγραμμα 20 που

ακολουθεί. Το 28% των σεναρίων οδηγούν σε ατύχημα με βαθμό επικινδυνότητας 2 ενώ το 66% σε βαθμό επικινδυνότητας 3. Επιπλέον, τα επίπεδα 0 και 1 καλύπτουν το 3% των σεναρίων.

Μέτρα πρόληψης του κινδύνου - Risk Control Options (RCO)

Τα μέτρα πρόληψης του κινδύνου για το ατύχημα No3 προσδιορίζονται στη συνέχεια και παρουσιάζονται γραφικά στο διάγραμμα Bow-tie που ακολουθεί (Διάγραμμα 21). Για τον προσδιορισμό των μέτρων πρόληψης λήφθηκαν πληροφορίες από τις οδηγίες του οργανισμού International Marine Constructors Association (IMCA, 2014), του Ευρωπαϊκού οργανισμού για την ασφάλεια στην εργασία (OSHA, 2013) και του ερευνητικού προγράμματος Leanwind (Leanwind, 2014).

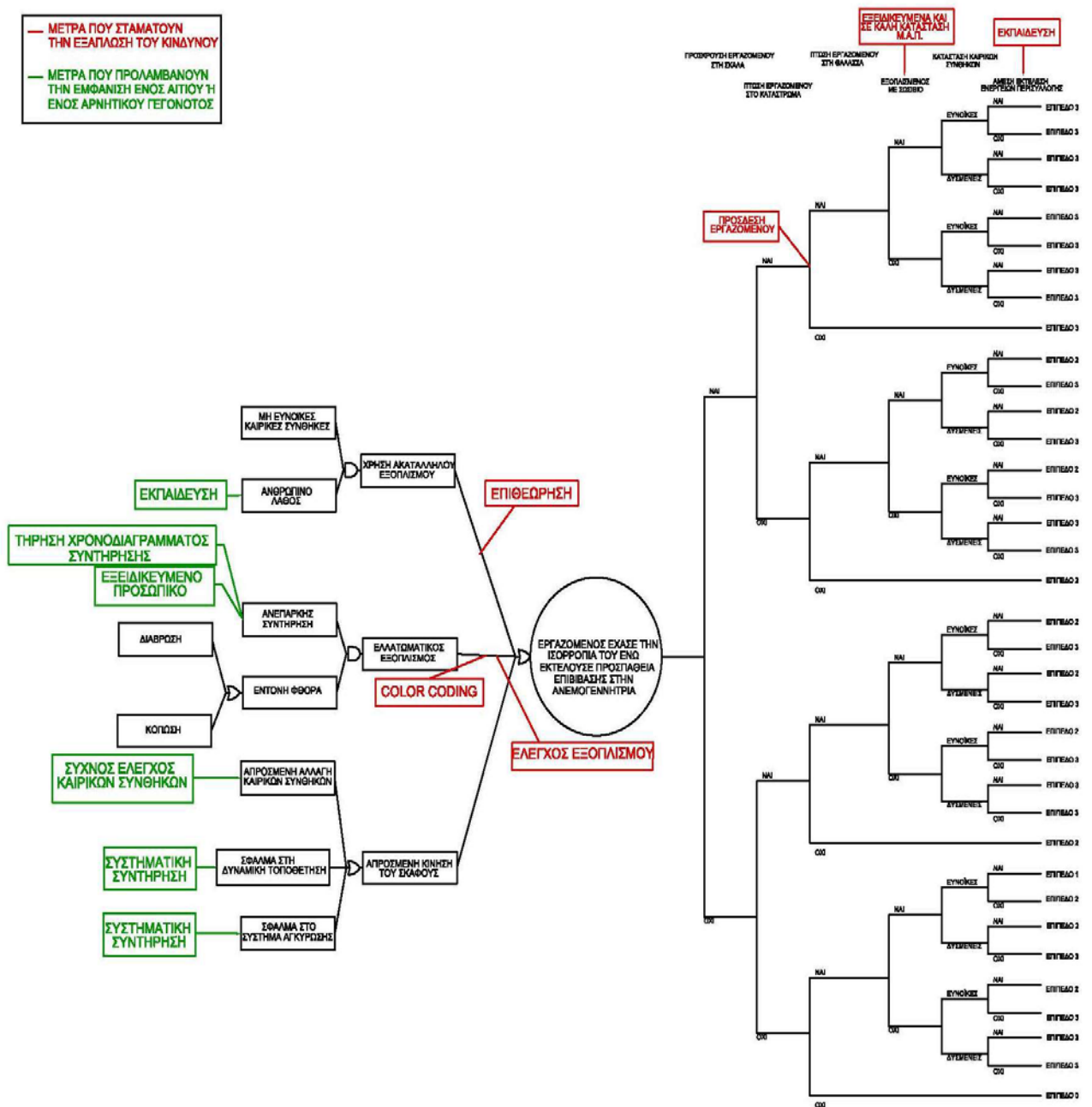
Μέτρα που σταματούν την εξάπλωση του κινδύνου:

- Επιθεώρηση και μηχανολογικός έλεγχος του εξοπλισμού εφόσον στηθεί και λίγο πριν ξεκινήσει η μετάβαση από το σκάφος στην ανεμογεννήτρια. Με αυτό τον τρόπο σε περίπτωση χρήσης ελαττωματικού ή ακατάλληλου εξοπλισμού αναγνωρίζεται το λάθος, διορθώνεται και αποτρέπεται η εκδήλωση του κύριου γεγονότος.
- Πρόσδεση του εργαζομένου με κατάλληλο εξοπλισμό (π.χ. σχοινιά) ώστε να προληφθεί η πτώση του στη θάλασσα ή στο κατάστρωμα του σκάφους.
- Προσδιορισμός των μηχανημάτων που δεν έχουν συντηρηθεί ή έχουν κάποιο ελάττωμα με χρωματική επισήμανση (color coding). Με αυτό τον τρόπο στην περίπτωση που κάποιο εξάρτημα είναι ελαττωματικό αναγνωρίζεται στην επιθεώρηση και δεν χρησιμοποιείται στις εργασίες.
- Εκπαίδευση πληρώματος για τον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιείται η διάσωση ατόμων που έχουν πέσει στη θάλασσα.
- Χρήση μέσων ατομικής προστασίας τα οποία θα είναι κατάλληλα για τη συγκεκριμένη εργασία και θα βρίσκονται σε καλή κατάσταση ώστε να είναι αποτελεσματικά. Τα σωσίβια πρέπει να συντηρούνται και να αποθηκεύονται σωστά, όπως ορίζει ο κατασκευαστής.

Μέτρα που προλαμβάνουν την εμφάνιση ενός αίτιου ή ενός αρνητικού γεγονότος:

- Ανάθεση κύριων εργασιών σε εξειδικευμένο και εκπαιδευμένο προσωπικό.
- Συχνός έλεγχος των καιρικών συνθηκών.
- Συστηματική συντήρηση του εξοπλισμού από εξειδικευμένο προσωπικό και με τήρηση του χρονοδιαγράμματος συντήρησης.

— ΜΕΤΡΑ ΠΟΥ ΣΤΑΜΑΤΟΥΝ ΤΗΝ ΕΞΑΠΛΩΣΗ ΤΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ
 — ΜΕΤΡΑ ΠΟΥ ΠΡΟΛΑΜΒΑΝΟΥΝ ΤΗΝ ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΕΝΟΣ ΑΙΤΙΟΥ Ή ΕΝΟΣ ΑΡΝΗΤΙΚΟΥ ΓΕΓΟΝΟΣΤΟΣ



Διάγραμμα 21 Μέτρα πρόληψης του κινδύνου για το ατύχημα που αφορά πρόσβαση εργαζομένου από το σκάφος στην ανεμογεννήτρια

9. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ BOW-TIE ΠΟΥ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΚΑΝ

Τα διαγράμματα Bow-tie, όπως αναφέρθηκε στην ενότητα 6, χρησιμοποιούνται για να αναλύσουν εργατικά ατυχήματα με κύριο σκοπό να βελτιωθεί το επίπεδο ασφάλειας στο χώρο εργασίας. Στη συγκεκριμένη ενότητα, θα χρησιμοποιηθούν τα διαγράμματα που κατασκευάστηκαν για να μελετηθούν ατυχήματα που πραγματοποιήθηκαν σε υπεράκτια αιολικά πάρκα. Από τη μελέτη αυτή, θα παρουσιαστεί η συνάφεια των διαγραμμάτων με πραγματικά ατυχήματα. Συγκεκριμένα, θα προκύψουν στοιχεία για τις αιτίες που οδήγησαν στο ατύχημα και τον τρόπο με τον οποίο απέτυχαν τα μέτρα ασφαλείας. Τέλος, θα προταθούν μέτρα πρόληψης του κινδύνου για την αποφυγή παρόμοιων ατυχημάτων και τον περιορισμό των συνεπειών τους.

Συνολικά, θα παρουσιαστούν δύο ατυχήματα. Το πρώτο ατύχημα αφορά την πτώση αντικειμένου από γερανό κατά την εκτέλεση ανυψωτικής εργασίας υπεράκτια και το δεύτερο την σύγκρουση σκάφους του πάρκου με μια υπεράκτια ανεμογεννήτρια. Για την αποδοτικότερη ανάλυση των ατυχημάτων θεωρούμε ότι οι περιγραφές των ατυχημάτων περιλαμβάνουν όλες τις απαραίτητες πληροφορίες και δεν παραλείπονται γεγονότα.

Τα ατυχήματα δημοσιεύθηκαν από το Βρετανικό υπουργείο μεταφορών και συγκεκριμένα από το τμήμα ερευνών θαλασσίων ατυχημάτων (Marine Accident Investigation Branch, MAIB). Το τμήμα παρέχει στην ιστοσελίδα του στο διαδίκτυο (www.maib.gov.uk) πληροφορίες για όλα τα θαλάσσια ατυχήματα που έχουν πραγματοποιηθεί στα Βρετανικά ύδατα τα τελευταία 20 χρόνια. Συγκεκριμένα, οι πληροφορίες για τα ατυχήματα, που παρουσιάζονται στη συνέχεια, αντλήθηκαν από την αναφορά που έστειλε το τμήμα σε αγγλικό πανεπιστήμιο συγκεντρώνοντας πέντε ατυχήματα που έχουν συμβεί σε υπεράκτια αιολικά πάρκα (MAIB, 2010). Από τα ατυχήματα αυτά επιλέχθηκαν τα δύο γεγονότα που σχετίζονται με τα ατυχήματα που μελετήθηκαν στις Ενότητες 8.2 και 8.3. Ούτε στη συγκεκριμένη πηγή αλλά ούτε και σε άλλες αναλυτικές περιγραφές ατυχημάτων βρέθηκε κάποιο ατύχημα που να σχετίζεται με το διάγραμμα Bow-tie της Ενότητας 8.4.

9.1 ΑΤΥΧΗΜΑ ΝΟ1-ΚΑΤΑΡΡΕΥΣΗ ΓΕΡΑΝΟΥ ΕΝΩ ΕΚΤΕΛΟΥΣΕ ΑΝΥΨΩΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΥΠΕΡΑΚΤΙΑ

Το πρώτο ατύχημα που θα παρουσιαστεί προκλήθηκε κατά τη διάρκεια εκτέλεσης ανυψωτικής εργασίας σε ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο στη Βόρεια Θάλασσα. Συγκεκριμένα, ο γερανός ενός σκάφους τύπου Jack-up αστόχησε ενώ συναρμολογούσε μια ανεμογεννήτρια με αποτέλεσμα το συναρμολογούμενο κομμάτι να πέσει απρόσμενα στη θάλασσα. Αυτός ο τύπος ατυχήματος μελετήθηκε στην ενότητα 8.2 (Διάγραμμα 10).

Στον Πίνακα 7 που ακολουθεί, συγκεντρώνονται τα βασικά στοιχεία του ατυχήματος όπως το βασικό συμβάν, οι συνέπειες του, η ημερομηνία και ο χώρος διεξαγωγής. Επιπλέον, περιλαμβάνει λεπτομέρειες για τις καιρικές συνθήκες που επικρατούσαν στην περιοχή όπως η ύπαρξη ή όχι φυσικού φωτός, η κατάσταση της θάλασσας και η δύναμη του ανέμου.

Πίνακας 7 Βασικές λεπτομέρειες ατυχήματος Νο1

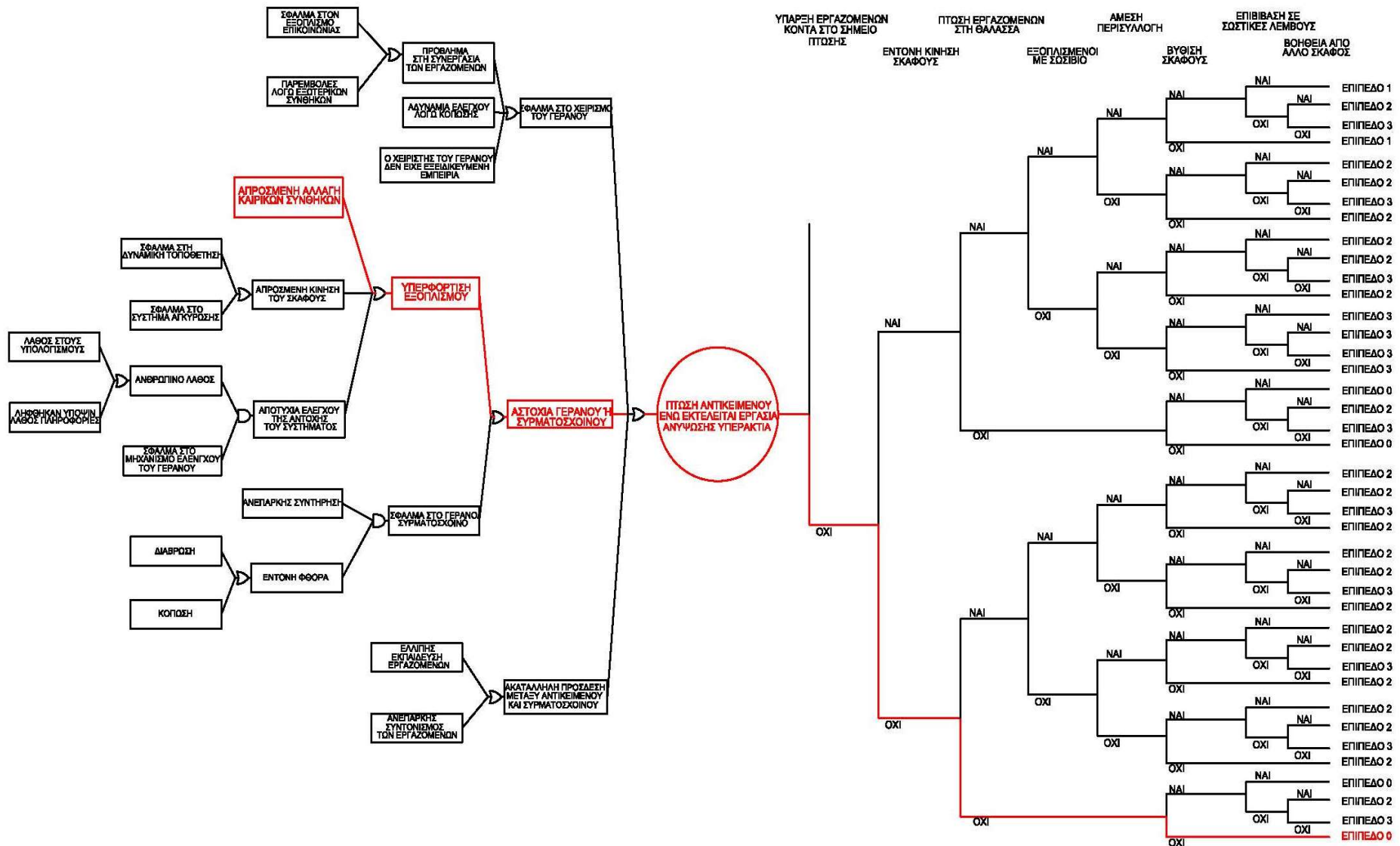
Βασικά στοιχεία ατυχήματος	
Τύπος ατυχήματος	Αστοχία γερανού σε Jack-up σκάφος ενώ εκτελούσε ανυψωτική εργασία
Συνέπεια ατυχήματος	Κανένας τραυματισμός εργαζομένων
Ημερομηνία	14/11/2003
Τοποθεσία	Υπεράκτιο αιολικό πάρκο, Αγγλία
Φυσικό φώς	Όχι
Κατάσταση θάλασσας	Τρικυμιώδης (3m < Ύψος κύματος < 9m)
Δύναμη ανέμου	7-9 Μποφόρ

Περιγραφή ατυχήματος

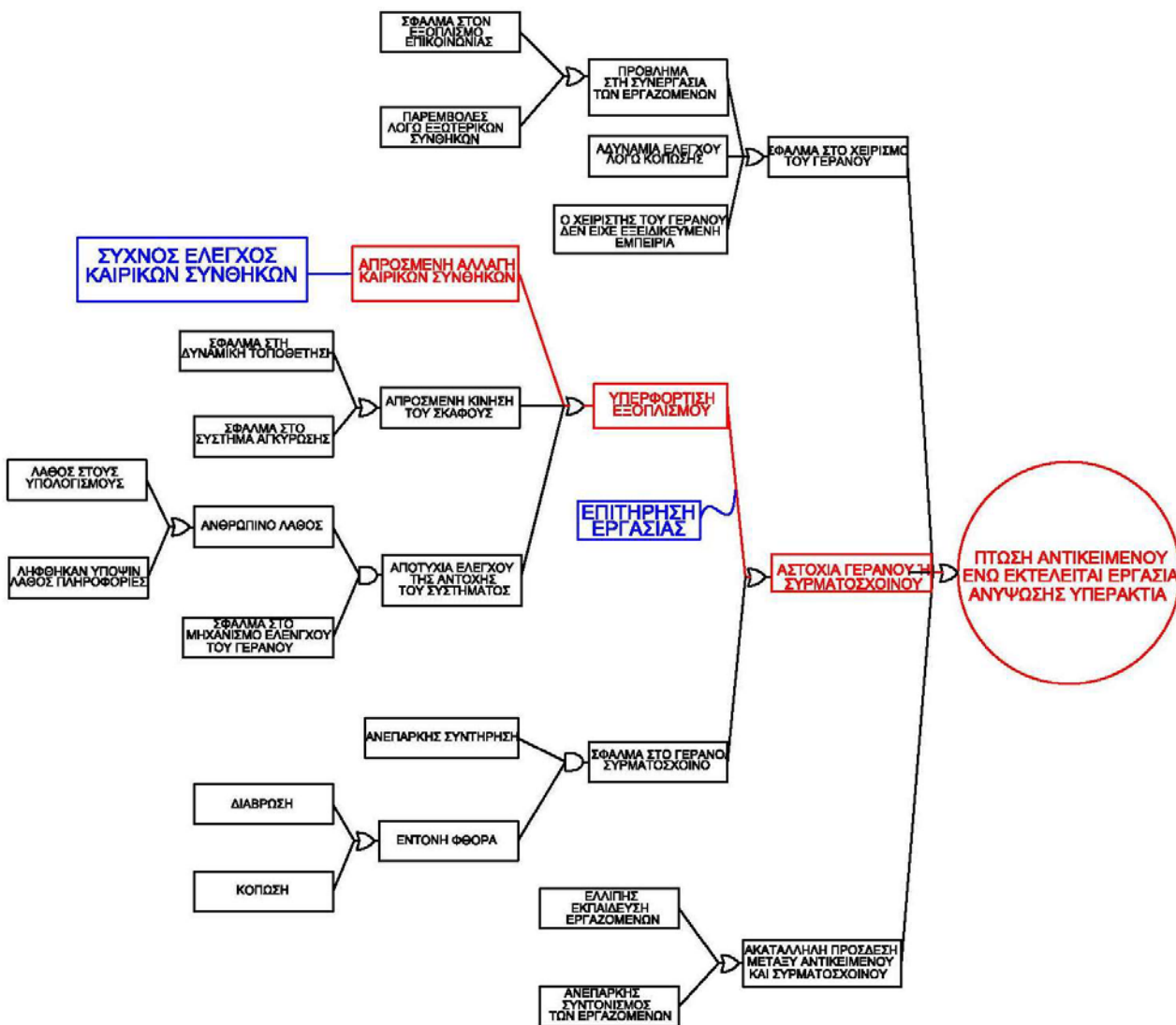
Σκάφος τύπου Jack-up βρισκόταν αγκυροβολημένο και σηκωμένο έξω από το νερό σε υπεράκτιο αιολικό πάρκο με σκοπό να πραγματοποιήσει ανυψωτική εργασία για τη συναρμολόγηση ανεμογεννήτριας. Αρχικά, ο γερανός ασφαλίστηκε σύμφωνα με την κατεύθυνση του ανέμου και ξεκίνησε η συναρμολόγηση. Στη συνέχεια όμως η δύναμη του ανέμου αυξήθηκε σε 30m/s (Δύναμη 11-12 Μποφόρ) και άλλαξε κατεύθυνση κατά 90 μοίρες. Ο γερανός, μη έχοντας τη δυνατότητα να αντέξει τέτοιες δυνάμεις, έσπασε και το αντικείμενο που μετέφερε έπεσε στη θάλασσα. Δεν τραυματίστηκε κανένας εργαζόμενος.

Σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία, είναι δυνατόν να παρουσιαστεί η ροή του ατυχήματος στο διάγραμμα Bow-tie της ενότητας 8.2 (Διάγραμμα 10). Η διαδρομή του ατυχήματος προσδιορίζεται στο Διάγραμμα 22 με κόκκινο χρώμα.

Αναλυτικότερα, όσον αφορά το δέντρο σφαλμάτων (Διάγραμμα 23), το αντικείμενο έπεσε απρόσμενα στη θάλασσα γιατί αστόχησε ο γερανός που πραγματοποιούσε την συναρμολόγηση της ανεμογεννήτριας. Η αστοχία προήλθε λόγω υπερφόρτισης του εξοπλισμού. Ο γερανός υπερφορτίστηκε λόγω της αύξησης της δύναμης του ανέμου περίπου κατά 4 μονάδες.



Διάγραμμα 22 Παρουσίαση της πορείας του ατυχήματος Νο1 στο διάγραμμα Bow-tie για την υπεράκτια ανυψωτική εργασία



Διάγραμμα 23 Η πορεία του ατυχήματος Νο1 στο δέντρο σφαλμάτων του Bow-tie για την υπεράκτια ανυψωτική εργασία

Όπως προκύπτει από τις πληροφορίες, ήδη στην περιοχή επικρατούσαν άσχημες καιρικές συνθήκες αλλά ο γερμανός ασφαλίστηκε και λειτουργούσε χωρίς κάποιο πρόβλημα. Δεν αναφέρεται κάποια άλλη αιτία στην περιγραφή του ατυχήματος (π.χ. μηχανολογικό σφάλμα στο γερανό), οπότε η απρόσμενη αλλαγή των καιρικών συνθηκών είναι η μοναδική.

Όσον αφορά τις συνέπειες του ατυχήματος στην υγεία των εργαζομένων, το ατύχημα είχε ως αποτέλεσμα να μην τραυματιστεί κανένας εργαζόμενος καθώς το αντικείμενο έπεσε στη θάλασσα. Επιπλέον, επειδή το σκάφος ήταν τύπου Jack-up και ανυψωμένο έξω από το νερό δεν προκλήθηκε κάποια διαταραχή στην ισορροπία του σκάφους. Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 24, δεν υπήρχαν εργαζόμενοι κοντά στο σημείο, δεν προκλήθηκε έντονη κίνηση του σκάφους, δεν έπεσε κάποιος εργαζόμενος στη θάλασσα και το σκάφος δεν βυθίστηκε. Το αποτέλεσμα αυτής της σειράς γεγονότων

ήταν να προκύψει ατύχημα με επίπεδο επικινδυνότητας 0 καθώς κανένας εργαζόμενος δεν τραυματίστηκε.

Εφόσον εξακριβώθηκε η αιτία που οδήγησε στην εκδήλωση του ατυχήματος, επόμενος στόχος είναι να προσδιοριστούν τα μέτρα πρόληψης του κινδύνου που απέτυχαν να σταματήσουν την εκδήλωση του ατυχήματος. Όπως αναφέρθηκε στην Ενότητα 8, τα μέτρα πρόληψης του κινδύνου που έχουν προστεθεί στα διαγράμματα Bow-tie, είναι μέτρα που προέκυψαν από τη μελέτη οδηγιών.

Σύμφωνα με το Διάγραμμα 23, έχει οριστεί να πραγματοποιείται συχνός έλεγχος των καιρικών συνθηκών κατά τη διάρκεια εκτέλεσης μια εργασίας. Με αυτό τον τρόπο, σε περίπτωση πρόβλεψης επιδείνωσης του καιρού η εργασία σταματάει και το αντικείμενο επιστρέφει με ασφάλεια στο κατάστρωμα του σκάφους. Επιπλέον, κατά την διάρκεια εκτέλεσης της εργασίας, ο υπεύθυνος ασφάλειας και ο υπεύθυνος εργασιών πρέπει να παρέχουν συνεχή επιτήρηση της εργασίας και να διακόπτουν τη διαδικασία μόλις αντιληφθούν κάποιο πρόβλημα. Στη συγκεκριμένη περίπτωση το πρόβλημα αφορά υπερφόρτιση του γερανού. Τα δύο αυτά μέτρα ανήκουν σε διαφορετικές κατηγορίες. Ο συχνός έλεγχος των καιρικών συνθηκών είναι μέτρο πρόληψης εμφάνισης της αιτίας και η επιτήρηση της εργασίας μέτρο διακοπής της εξάπλωσης του κινδύνου.

Από τη στιγμή που το ατύχημα πραγματοποιήθηκε, τα δύο μέτρα απέτυχαν στο ρόλο τους είτε γιατί δεν εφαρμόστηκαν αποτελεσματικά είτε γιατί δεν ήταν επαρκή. Από τις πληροφορίες που διαθέτουμε για το ατύχημα δεν προκύπτει ποια ήταν η αιτία της αποτυχίας τους. Για αυτό το λόγο θεωρούμε ότι ισχύουν και οι δύο περιπτώσεις.

Για να μην επαναληφθεί το ατύχημα πρέπει να δοθεί προσοχή στα δύο αυτά στοιχεία ώστε να πραγματοποιούνται όπως ακριβώς ορίζουν οι κανονισμοί. Για να συμβεί αυτό, αρχικά, πρέπει το προσωπικό να παρακολουθήσει επιπλέον μαθήματα ασφαλείας και διαχείρισης επικίνδυνων καταστάσεων, έτσι ώστε να ευαισθητοποιηθεί σε θέματα ασφάλειας. Ειδικά, όσον αφορά την επιτήρηση της εργασίας πρέπει να πραγματοποιείται από εκπαιδευμένους εργαζόμενους με εμπειρία στην συγκεκριμένο είδος εργασίας. Επίσης, όσον αφορά τις καιρικές συνθήκες, επειδή οι συνθήκες εργασίας ήταν ήδη δύσκολες από την έναρξη της εργασίας, το υπεράκτιο αιολικό πάρκο θα πρέπει να επιβάλλει πρόσθετα μέτρα ασφαλείας για τέτοιες περιπτώσεις. Συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια εκτέλεσης της εργασίας σε δύσκολες καιρικές συνθήκες θα είναι αποτελεσματικό να υπάρχει συνεχή επικοινωνία με το κέντρο ελέγχου στο λιμάνι ώστε να ειδοποιηθεί χωρίς καθυστέρηση το σκάφος για πιθανή επιδείνωση των καιρικών συνθηκών. Επιπλέον, τόσο στο σκάφος όσο και στο κέντρο ελέγχου στο λιμάνι θα πρέπει να παρακολουθούνται συνεχώς τα μετεωρολογικά συστήματα από εκπαιδευμένο προσωπικό. Τέλος, τα μηχανήματα πρόβλεψης των καιρικών συνθηκών θα πρέπει να λειτουργούν αποτελεσματικά και να έχουν πραγματοποιηθεί όλες οι υποχρεωτικές εργασίες συντήρησης. Οι εργασίες συντήρησης είναι διαδικασίες οι οποίες ορίζονται υποχρεωτικά από τους κανονισμούς. Ωστόσο, στη συγκεκριμένη περίπτωση που

κυριαρχούν ήδη δύσκολες καιρικές συνθήκες, θα ήταν συνετό να ελεγχόταν η αξιοπιστία των μηχανημάτων πρόβλεψης καιρού πριν από την έναρξη της εργασίας.

Συνεπώς, το υπεράκτιο αιολικό πάρκο θα πρέπει να ορίσει έμπειρο προσωπικό το οποίο θα αναλάβει την επιτήρηση των εργασιών και θα ανιχνεύει πιθανά σφάλματα και επικίνδυνες ενέργειες. Επίσης, θα πρέπει να διαμορφώσει τους κανονισμούς ασφαλείας του ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν τη στιγμή εκτέλεσης της εργασίας. Σε περίπτωση μη ευνοϊκών καιρικών συνθηκών θα πρέπει να εφαρμόζονται αυστηρότερα μέτρα ασφάλειας. Όπως παρουσιάζεται στην Ενότητα 4.17, ο καιρός είναι ένας παράγοντας που επηρεάζει σημαντικά την εξέλιξη των εργασιών και θέτει σε κίνδυνο την ασφάλεια των εργαζομένων. Ωστόσο, αποτελεί και έναν απρόβλεπτο παράγοντα, ο οποίος δεν μπορεί να ελεγχθεί. Για αυτό το λόγο πρέπει να τεθούν μέτρα τα οποία να περιορίζουν όσο το δυνατόν την επίδραση του. Επειδή κάθε υπεράκτιο αιολικό πάρκο αντιμετωπίζει διαφορετικές καιρικές συνθήκες, ανάλογα με την τοποθεσία του, κάθε πάρκο θα πρέπει να διαμορφώνει αυτά τα μέτρα ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες του.

9.2 ΑΤΥΧΗΜΑ Νο2- ΣΥΓΚΡΟΥΣΗ ΣΚΑΦΟΥΣ ΜΕ ΠΥΛΩΝΑ

Το δεύτερο ατύχημα αφορά την σύγκρουση σκάφους εργασιών με δοκιμαστικό πυλώνα ανεμογεννήτριας². Στην ενότητα 8.3 αναλύθηκε η περίπτωση σύγκρουσης σκάφους, από το στόλο του πάρκου, με ανεμογεννήτρια. Τα δύο ατυχήματα είναι παρεμφερή και για αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί το διάγραμμα Bow-tie της ενότητας 8.3 (Διάγραμμα 14).

Στον Πίνακα 8, όπως και στον Πίνακα 7, συγκεντρώνονται βασικές πληροφορίες για το ατύχημα (τύπος, συνέπειες, ημερομηνία πραγματοποίησης) και για τις καιρικές συνθήκες που επικρατούσαν στην περιοχή (φυσικό φώς, κατάσταση θάλασσας, δύναμη ανέμου, ορατότητα). Επιπλέον, στον Πίνακα 9 παρουσιάζονται βασικές πληροφορίες για τον εργαζόμενο που τραυματίστηκε όπως η ηλικία, το φύλο, οι ώρες εργασίας και το είδος του τραυματισμού του.

Πίνακας 8 Βασικές λεπτομέρειες ατυχήματος Νο2

Βασικά στοιχεία ατυχήματος	
Τύπος ατυχήματος	Σύγκρουση υπεράκτιου σκάφους εργασιών (L _{OA} = 18m) με ανεμογεννήτρια
Συνέπεια ατυχήματος	Τραυματισμός εργαζομένου
Ημερομηνία	08/02/2010

² Ο δοκιμαστικός πυλώνας (test pile) τοποθετούνταν κοντά στις ανεμογεννήτριες αλλά πλέον δεν χρησιμοποιείται (MAIB, 2010).

Πίνακας 8 Βασικές λεπτομέρειες ατυχήματος Νο2 (Συνέχεια)

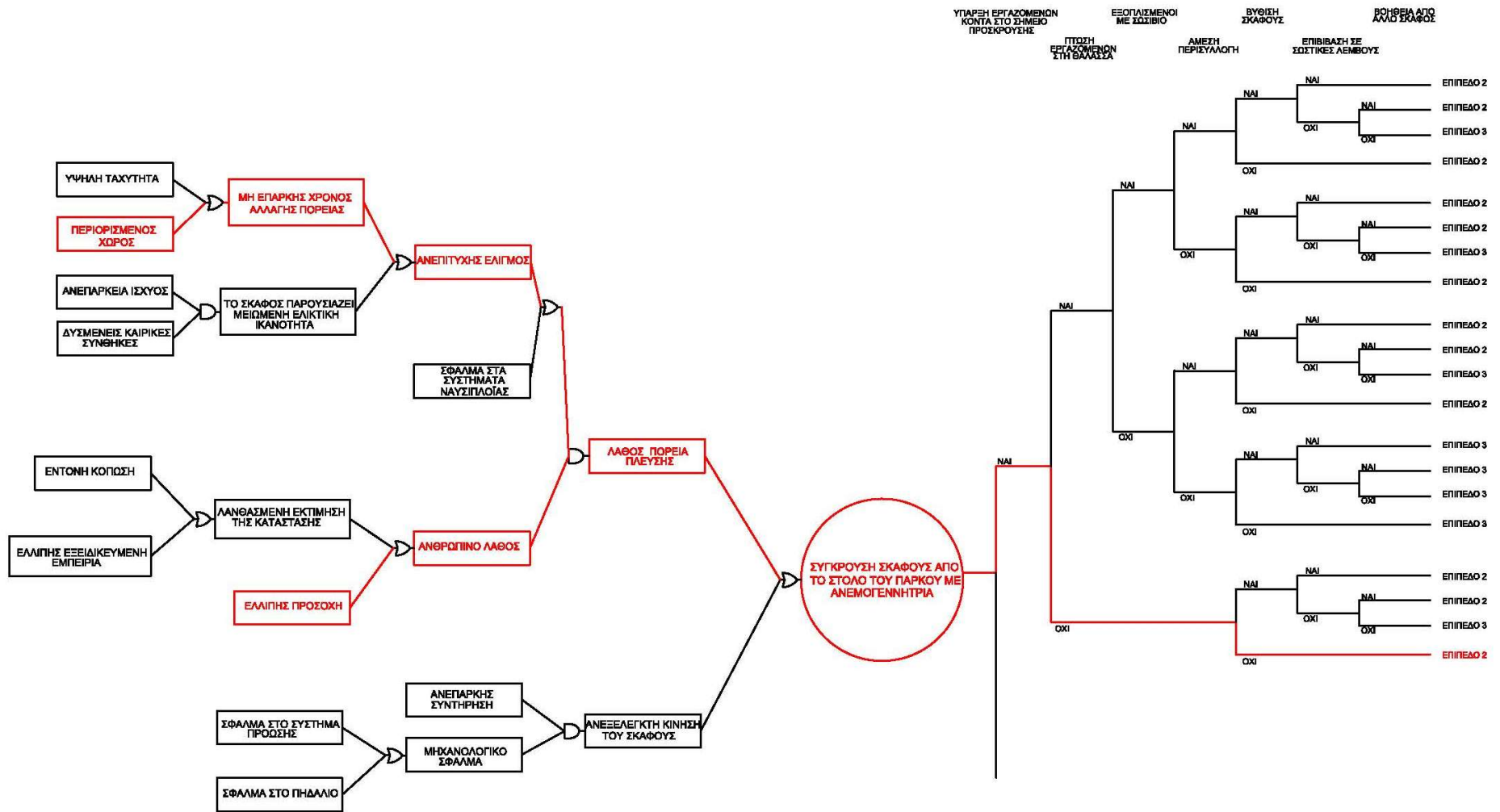
Βασικά στοιχεία ατυχήματος	
Τοποθεσία	Υπεράκτιο αιολικό πάρκο, Αγγλία
Φυσικό φώς	Ναι
Κατάσταση θάλασσας	Ήρεμη
Ορατότητα	Καλή
Δύναμη Ανέμου	0-3 Μποφόρ

Πίνακας 9 Βασικά στοιχεία εργαζομένου που τραυματίστηκε (Ατύχημα Νο2)

Βασικά στοιχεία εργαζομένου που τραυματίστηκε	
Ηλικία	35-39
Φύλο	Άντρας
Ώρες εργασίας	3 ώρες
Υπηρεσία (Ναι/Όχι)	Σε υπηρεσία
Ημέρες στη θάλασσα	1 ημέρα
Είδος τραυματισμού	Θλάση οσφυϊκής μοίρας

Περιγραφή ατυχήματος

Ένα υπεράκτιο σκάφος εργασιών, μήκους 18 μέτρων, βρισκόταν στο υπεράκτιο αιολικό πάρκο, με κατεύθυνση μια ανεμογεννήτρια. Πίσω από το σκάφος και σε απόσταση 3 μέτρων βρισκόταν ένας δοκιμαστικός πυλώνας, το ακριβές σημείο του οποίου ήταν γνωστό στο χειριστή του σκάφους. Καθώς το σκάφος έπλεε προς την ανεμογεννήτρια, το χέρι του καπετάνιου γλίστρησε προς το μηχανισμό ελέγχου της μηχανής και έθεσε το σκάφος σε όπισθεν πορεία. Ο καπετάνιος αμέσως αντιλήφθηκε το πρόβλημα και προσπάθησε να σταματήσει το σκάφος, αλλά καθώς ο πυλώνας ήταν τόσο κοντά, δεν υπήρχε διαθέσιμος χώρος. Το σκάφος συγκρούστηκε με την ανεμογεννήτρια προκαλώντας μικρές ζημιές στην πρύμνη και στο κατάστρωμα. Η πρόσκρουση προκάλεσε έναν επιβάτη, ο οποίος περπατούσε στο εσωτερικό του σκάφους, να γλιστρήσει και να χτυπήσει σε ένα έπιπλο με αποτέλεσμα να τραυματιστεί ελαφρά. Αρχικά ο εργαζόμενος δεν ένιωσε καμία ενόχληση, στη συνέχεια όμως δήλωσε άρρωστος και μεταφέρθηκε στο νοσοκομείο όπου του διαγνώστηκε θλάση στην οσφυϊκή μοίρα. Το σκάφος απομακρύνθηκε με ασφάλεια από τον πυλώνα και ελέγχτηκε για επιπλέον ζημιές. Δεν προέκυψε εισροή υδάτων στο σκάφος από τη σύγκρουση.



Διάγραμμα 24 Παρουσίαση της πορείας του ατυχήματος Νο2 στο διάγραμμα Bow-tie της σύγκρουσης σκάφους-ανεμογεννήτριας

Τα παραπάνω στοιχεία του ατυχήματος είναι επαρκή για να προσδιοριστεί η διαδρομή του ατυχήματος στο διάγραμμα Bow-tie της ενότητας 8.3 (Διάγραμμα 14). Στο Διάγραμμα 24 που προηγήθηκε προσδιορίζονται με κόκκινο χρώμα τα γεγονότα που οδήγησαν στην εκδήλωση του ατυχήματος και τα γεγονότα που επηρέασαν τις συνέπειες στην υγεία των εργαζομένων.

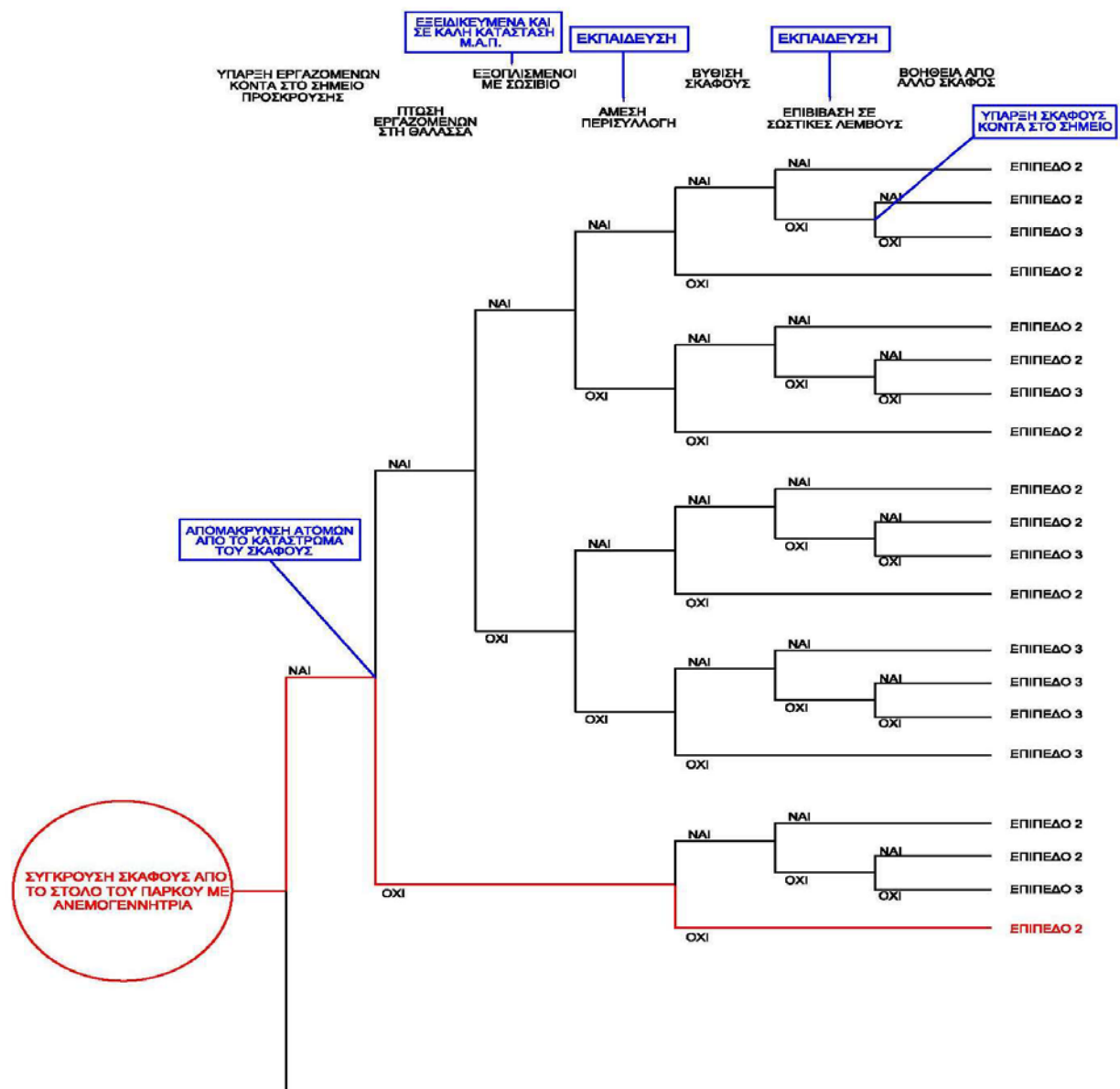
Συγκεκριμένα, όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 25, η σύγκρουση του σκάφους του πάρκου με τον πυλώνα προκλήθηκε γιατί δόθηκε στο σκάφος λάθος πορεία πλεύσης. Η λάθος πορεία οφείλεται στο συνδιασμό δύο γεγονότων. Το ένα γεγονός αφορά ανθρώπινο σφάλμα το οποίο προκλήθηκε λόγω ατυχήματος, καθώς ο χειριστής του σκάφους πάτησε κατά λάθος τον μοχλό και έθεσε το σκάφος σε όπισθεν πορεία. Το άλλο γεγονός αφορά τον μη επαρκή χρόνο που είχε το σκάφος, από τη στιγμή που αντιλήφθηκε ο χειριστής το λάθος του, για να αλλάξει πορεία και να μην οδηγηθεί πάνω στον πυλώνα. Όπως παρουσιάζεται στην περιγραφή του ατυχήματος, το σκάφος βρισκόταν σε μικρή απόσταση από τον πυλώνα με αποτέλεσμα να μην προλάβει να πραγματοποιήσει κάποιο ελιγμό. Όπως και στο προηγούμενο ατύχημα, καθώς στην περιγραφή δεν αναφέρονται άλλα στοιχεία (π.χ. σφάλμα στα συστήματα ναυσιπλοΐας) θεωρούμε ότι δεν υπάρχει κάποια επιπλέον αιτία που να οδήγησε στη σύγκρουση. Επιπλέον, σύμφωνα με τον Πίνακα 7 οι καιρικές συνθήκες που επικρατούσαν στην περιοχή δεν ήταν σε θέση να προκαλέσουν κάποιο πρόβλημα στην ομαλή πορεία του σκάφους (π.χ. ομίχλη). Συνεπώς, η μόνη αιτία που οδήγησε στην σύγκρουση του σκάφους με την ανεμογεννήτρια είναι το ανθρώπινο σφάλμα του καπετάνιου και η έλλειψη αρκετού χρόνου ώστε να πραγματοποιήσει κάποιο ελιγμό και να αποφύγει την ανεμογεννήτρια.

Από τη στιγμή που το σκάφος συγκρούστηκε με τον πυλώνα ακολούθησε μια σειρά γεγονότων η οποία επηρέασε τις συνέπειες στην υγεία του πληρώματος. Αναλυτικότερα, όπως παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 26, υπήρχαν εργαζόμενοι κοντά στο σημείο σύγκρουσης (ο εργαζόμενος που τραυματίστηκε), δεν υπήρξε πτώση εργαζομένων στη θάλασσα και δεν βυθίστηκε το σκάφος. Σύμφωνα με την Ενότητα 8.3, όταν υπάρχουν εργαζόμενοι μέσα σε σκάφος το οποίο συγκρούεται τότε από την κρούση είναι πιθανόν να τραυματιστούν και αντιμετωπίζουν τραυματισμό επιπέδου 2. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, ο εργαζόμενος γλίστρησε, χτύπησε σε κάποιο αντικείμενο και τραυματίστηκε στην οσφυϊκή μοίρα.

Εφόσον προσδιορίστηκε η αιτία του ατυχήματος και το γεγονός που επηρέασε τον τραυματισμό του εργαζομένου, επόμενος στόχος της μελέτης είναι να προσδιοριστούν τα μέτρα πρόληψης του κινδύνου που απέτυχαν στο ρόλο τους.

Σύμφωνα με το Διάγραμμα 25, το ανθρώπινο λάθος εφόσον προκλήθηκε από ελλιπή προσοχή δεν μπορεί να προληφθεί με κάποιο μέτρο προφύλαξης. Σε περίπτωση, για παράδειγμα, λανθασμένης απόφασης η ενέργεια του καπετάνιου θα μπορούσε να είχε αποφευχθεί με κάποιο μέτρο πρόληψης του κινδύνου όπως η εκπαίδευση. Επίσης, ούτε για τον μη επαρκή χρόνο για πραγματοποίηση ελιγμού λόγω περιορισμένου χώρου ορίζεται από τους κανονισμούς κάποιο μέτρο πρόληψης.

Όσον αφορά τις συνέπειες του ατυχήματος, σύμφωνα με το Διάγραμμα 26, δεν έχει οριστεί κάποιο μέτρο ώστε να αποτρεπόταν ο τραυματισμός του εργαζομένου. Ωστόσο, ο τραυματισμός του εργαζομένου θα μπορούσε να αποφευχθεί εάν κατά τη διάρκεια μετακίνησης του σκάφους ο εργαζόμενος βρισκόταν καθισμένος σε ασφαλές σημείο. Σε οδηγίες που αφορούν την ασφαλή μεταφορά του πληρώματος (π.χ. (G9, 2014) (IMCA, 2014)) αναφέρεται ότι από την αποχώρηση του σκάφους από το λιμάνι και μέχρι την ασφαλή αγκυροβόληση του, όλοι οι επιβάτες θα πρέπει να παραμένουν καθισμένοι στις θέσεις τους. Ωστόσο, το μέτρο αυτό δεν έχει συμπεριληφθεί ακόμη στους υποχρεωτικούς κανονισμούς ασφαλείας (Leanwind, 2014). Για την αποτελεσματικότερη εφαρμογή της οδηγίας, σε όλα τα σκάφη πρόσβασης θα μπορούσαν να υπάρχουν προειδοποιητικές πινακίδες και το πλήρωμα να φροντίζει για την αποτελεσματική εφαρμογή του μέτρου.



Διάγραμμα 26 Πορεία του ατυχήματος Νο2 στο δέντρο γεγονότων του Bow-tie για τη σύγκρουση σκάφους- ανεμογεννήτριας

10. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΔΕΝΤΡΩΝ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ ΜΕ MINIMAL CUT SETS

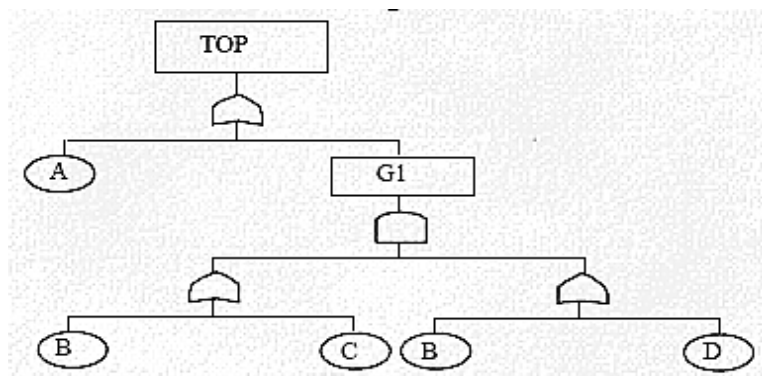
10.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Τα minimal cut sets ή αλλιώς σύνολα ελάχιστης τομής αποτελούν το ελάχιστο πλήθος συνδυασμών από βασικά γεγονότα τα οποία απαρτίζουν ένα δέντρο σφαλμάτων. Ο κάθε συνδυασμός (cut set) αποτελείται από γεγονότα τα οποία όταν πραγματοποιηθούν οδηγούν στην εκδήλωση ατυχήματος και συνεπώς σε αστοχία του συστήματος ασφάλειας. Χαρακτηριστικό στοιχείο των συνδυασμών είναι ότι αν αφαιρεθεί ένα βασικό γεγονός τότε ο συνδυασμός παύει να προκαλεί αστοχία. Συνεπώς, με την ανάλυση με minimal cut sets προσδιορίζονται τα βασικά γεγονότα που επηρεάζουν περισσότερο την πραγματοποίηση του ατυχήματος. Οι Sangaalofa & Wynand (2012) τονίζουν ότι τα Minimal cut sets δρουν με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να απλοποιούν ουσιαστικά τα δέντρα σφαλμάτων.

Επίσης, η συγκεκριμένη ανάλυση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αξιολογήσει την αξιοπιστία των δέντρων (Kohda, 2006). Όσο μεγαλύτερο είναι ένα σύνολο ελάχιστης τιμής, τόσο λιγότερο ευάλωτο είναι το βασικό γεγονός στο δέντρο σφαλμάτων. Επιπλέον, ο μεγάλος αριθμός σε cut set δηλώνει υψηλή ευαισθησία στην αστοχία του συστήματος (Kececioglu, 1991).

Για να προσδιοριστούν τα minimal cut sets πρέπει πρώτα να προσδιοριστούν όλα τα cut sets, δηλαδή όλοι οι συνδυασμοί των γεγονότων που εάν συμβούν οδηγούν σε αστοχία του συστήματος. Στη συνέχεια, από τη λίστα αυτή προσδιορίζονται τα σενάρια που περιλαμβάνουν το μικρότερο αριθμό γεγονότων. Τα minimal cut sets που θα προκύψουν στο τέλος θα πρέπει να εμπεριέχουν συνολικά όλα τα γεγονότα.

Ένα παράδειγμα της μεθόδου όπως παρουσίασε ο Andrews το 1998 παρατίθεται στη συνέχεια.



Σχήμα 27 Παράδειγμα δέντρου σφαλμάτων
Πηγή: Andrews, 1998

Στο παραπάνω δέντρο σφαλμάτων (Σχήμα 27) προκύπτουν 16 πιθανοί συνδυασμοί γεγονότων από τους οποίους οι 14 οδηγούν στο κυρίως γεγονός (TOP). Οι συνδυασμοί αυτοί είναι A, B, AB, AC, AD, BC, BD, CD, ABC, ABD, ACD, ABD, ACD,

BCD, ABCD. Από τους συνδυασμούς αυτούς minimal cut sets αποτελούν οι συνδυασμοί A, B και CD.

Στη συνέχεια της έρευνας, εφαρμόστηκε η ανάλυση με minimal cut sets που περιγράφηκε, για το κάθε δέντρο σφαλμάτων στα τρία Bow-tie που κατασκευάστηκαν. Αφού προσδιορίστηκαν όλα τα πιθανά σενάρια με τον ελάχιστο αριθμό γεγονότων (minimal cut sets), η μελέτη προχώρησε ένα βήμα παρακάτω και προσδιόρισε τα Risk Control Options που μπορούν να περιορίσουν όσο το δυνατό περισσότερο αυτά τα σενάρια. Με αυτό τον τρόπο ανιχνεύτηκαν τα μέτρα πρόληψης που εάν εφαρμοστούν με πλήρη αποτελεσματικότητα (θεωρητικό σενάριο) τότε μειώνονται σημαντικά τα πιθανά σενάρια που οδηγούν στην εκδήλωση του ατυχήματος.

Έπειτα από δοκιμές, οι οποίες συμπεριέλαβαν όλα τα μέτρα πρόληψης και τους πιθανούς συνδυασμούς τους, παρατηρήθηκε ότι υπάρχει ένας συνδυασμός τριών μέτρων πρόληψης του κινδύνου, ο οποίος είναι κοινός και για τα τρία Bow-tie, για να μειωθεί όσο τον δυνατόν περισσότερο ο αριθμός των Minimal cut sets κάθε δέντρου σφαλμάτων. Τα μέτρα πρόληψης που συντάσσουν τον πιο αποτελεσματικό συνδυασμό είναι η συστηματική συντήρηση του μηχανολογικού εξοπλισμού, η εκπαίδευση του προσωπικού και ο συχνός έλεγχος των καιρικών συνθηκών, πριν και κατά τη διάρκεια της εργασίας.

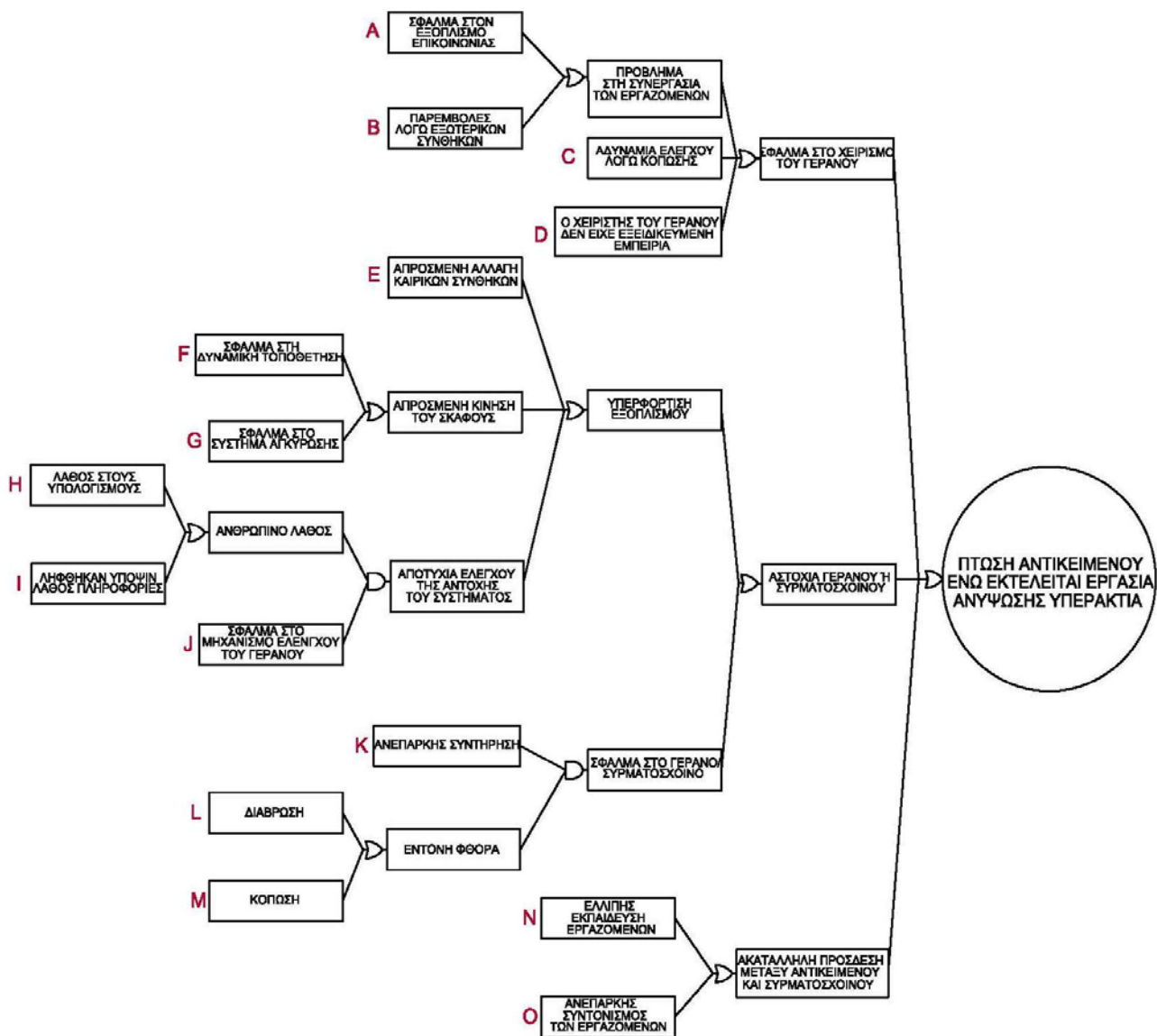
Μια εργασία συντήρησης του μηχανολογικού εξοπλισμού για να είναι 100% αποτελεσματική πρέπει να πραγματοποιείται στο χρονικό διάστημα που ορίζεται από την κατασκευαστή και σύμφωνα με το προγραμματισμένο χρονοδιάγραμμα που έχει προσδιοριστεί κατά τη φάση της σχεδίασης του πάρκου. Επιπλέον, επειδή οι εργασίες συντήρησης είναι αρκετά απαιτητικές πρέπει να πραγματοποιούνται από εξειδικευμένο προσωπικό. Όσον αφορά την εκπαίδευση του προσωπικού, οι εργαζόμενοι πρέπει να εκπαιδευτούν συγκεκριμένα για τις εγκαταστάσεις του κάθε πάρκου και το μηχανολογικό εξοπλισμό του καθώς και να ευαισθητοποιηθούν σε θέματα ασφάλειας. Τέλος, ο έλεγχος των καιρικών συνθηκών για να είναι πλήρως αποτελεσματικός θα πρέπει να πραγματοποιείται ανά μικρά χρονικά διαστήματα και να εφαρμόζονται αυστηρά κριτήρια για το πότε επικρατούν ακατάλληλες καιρικές συνθήκες. Ωστόσο, ο καιρός είναι ένας απρόβλεπτος παράγοντας οπότε ο πλήρης αποτελεσματικός έλεγχος αποτελεί ένα θεωρητικό σενάριο.

Στη συνέχεια για κάθε διάγραμμα Bow-tie παρατίθενται τα αντίστοιχα διαγράμματα της μελέτης στα οποία αποδεικνύεται η αποτελεσματικότητα αυτών των μέτρων πρόληψης στην ελαχιστοποίηση των Minimal cut sets.

10.2 ΥΠΕΡΑΚΤΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑ ΑΝΥΨΩΣΗΣ

Αρχικά, κάθε βασικό γεγονός αντιστοιχήθηκε με ένα γράμμα από το αγγλικό αλφάβητο, όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 27 που ακολουθεί, για να είναι πιο εύκολη η παρουσίαση των minimal cut sets. Το συγκεκριμένο δέντρο σφαλμάτων αποτελείται από 15 βασικά γεγονότα. Στη συνέχεια, προσδιορίστηκαν όλοι οι πιθανοί συνδυασμοί γεγονότων που μπορεί να οδηγήσουν στην πραγματοποίηση

του ατυχήματος και επιλέχτηκαν οι συνδυασμοί με το μικρότερο αριθμό γεγονότων. Τα minimal cut sets για το συγκεκριμένο δέντρο είναι τα εξής: **A, B, C, D, E, F, G, N, O, HJ, IJ, KL, KM.**

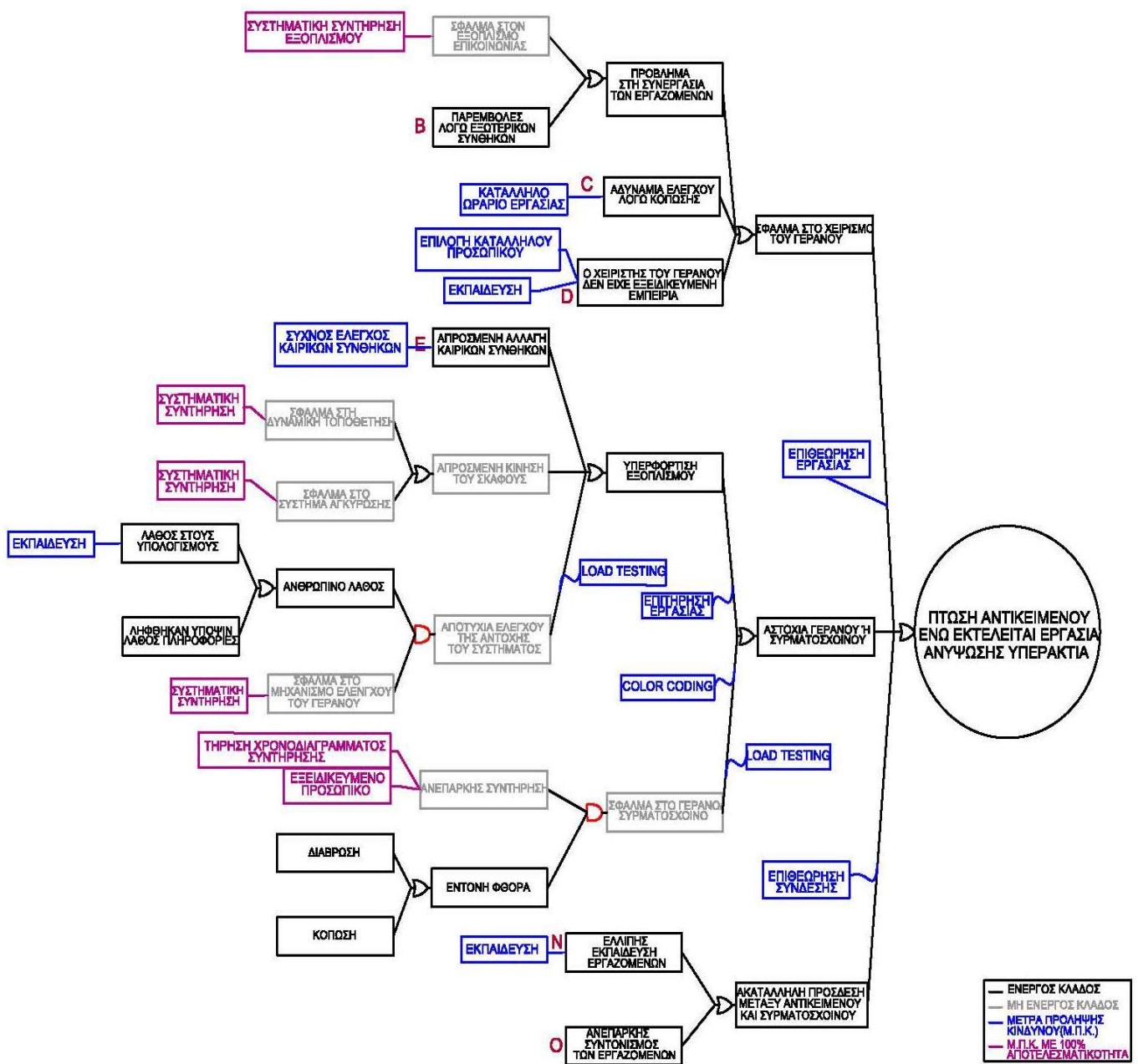


Διάγραμμα 27 Αντιστοίχιση των βασικών γεγονότων με γράμματα (ατύχημα Νο1)

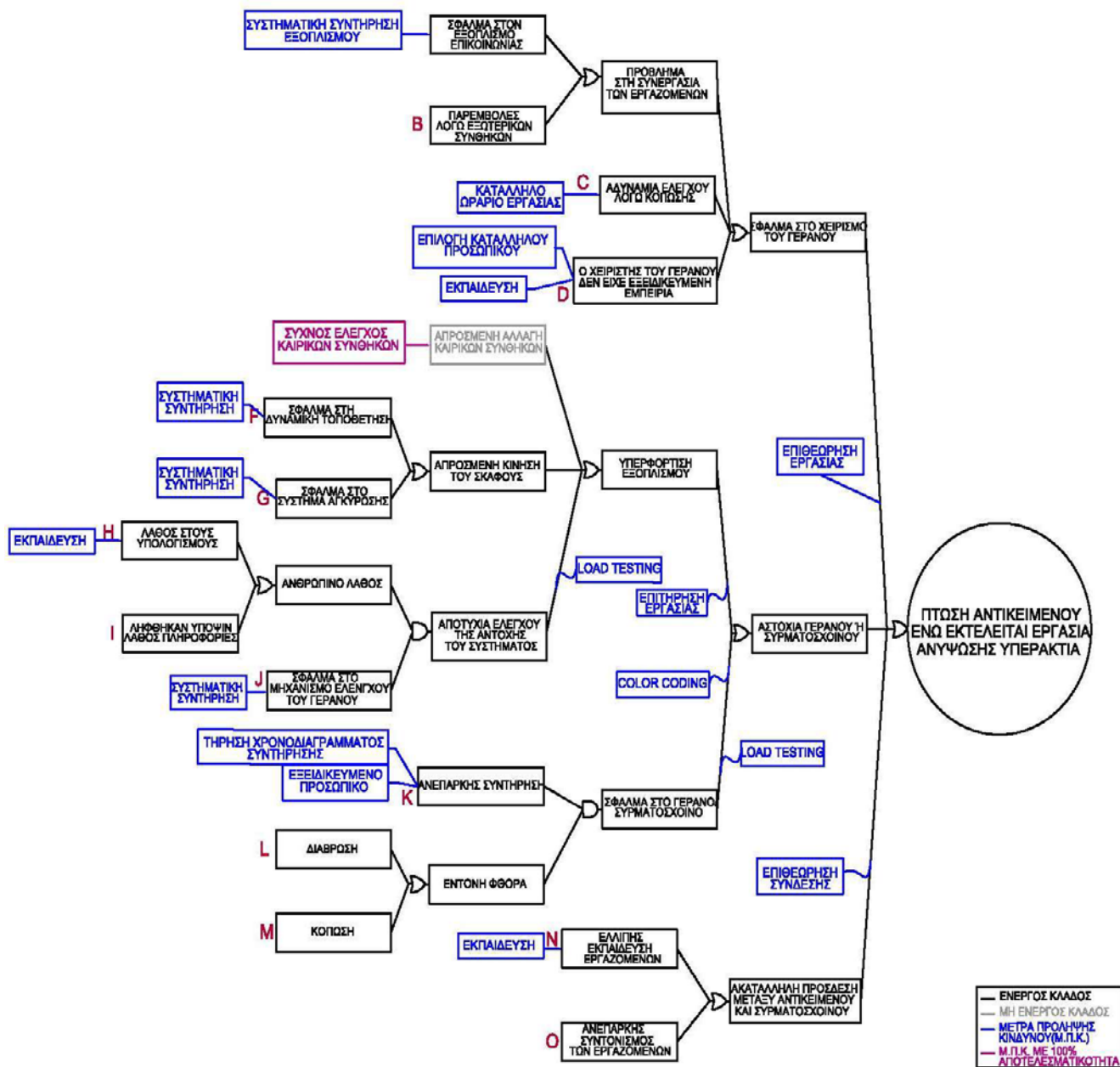
Κάθε ένας από αυτούς τους συνδυασμούς μπορεί να οδηγήσει σε πτώση του αντικειμένου από τον γερανό όταν εκτελείται κάποια αντίστοιχη εργασία υπεράκτια. Παρατηρούμε ότι τα περισσότερα cut sets αποτελούνται από ένα μεμονωμένο γεγονός. Συνεπώς, η συγκεκριμένη διαδικασία είναι πολύ ευάλωτη στο να οδηγήσει σε αστοχία του συστήματος και πραγματοποίηση του βασικού γεγονότος.

Τα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζουν τον τρόπο με τον οποίο μεταβάλλονται τα minimal cut sets εάν εφαρμοστεί με απόλυτη αποτελεσματικότητα συστηματική συντήρηση του μηχανολογικού εξοπλισμού (Διάγραμμα 28), εκπαίδευση του προσωπικού (Διάγραμμα 29) και έλεγχος των

καιρικών συνθηκών (Διάγραμμα 30). Με μπλε χρώμα φαίνονται όλα τα μέτρα πρόληψης του κινδύνου όπως προσδιορίστηκαν στην ενότητα 8.2. Με μωβ χρώμα προσδιορίζονται τα μέτρα πρόληψης του κινδύνου που θεωρητικά λειτουργούν με 100% αποτελεσματικότητα. Με γκρι χρώμα προσδιορίζονται οι κλάδοι του δέντρου που από τη στιγμή που εφαρμοστούν τα μέτρα πρόληψης με την 100% αποτελεσματικότητα τότε το βασικό γεγονός δεν θα πραγματοποιηθεί και συνεπώς δεν συνεισφέρουν στην εκδήλωση του ατυχήματος (μη ενεργός κλάδος του δέντρου). Σε περίπτωση που εφαρμοστεί κάποιο μέτρο πρόληψης για ένα βασικό γεγονός και το γεγονός αυτό συνδέεται με πύλη «ΚΑΙ» με κάποιο άλλο γεγονός τότε αυτόματα όλος ο κλάδος δεν συνεισφέρει στην πραγματοποίηση του ατυχήματος.



Διάγραμμα 28 Μεταβολή του δέντρου σφαλμάτων με 100% αποτελεσματική συντήρηση (ατύχημα Νο1)



Διάγραμμα 30 Μεταβολή του δέντρου σφαλμάτων με 100% αποτελεσματικό έλεγχο των καιρικών συνθηκών (ατύχημα Νο1)

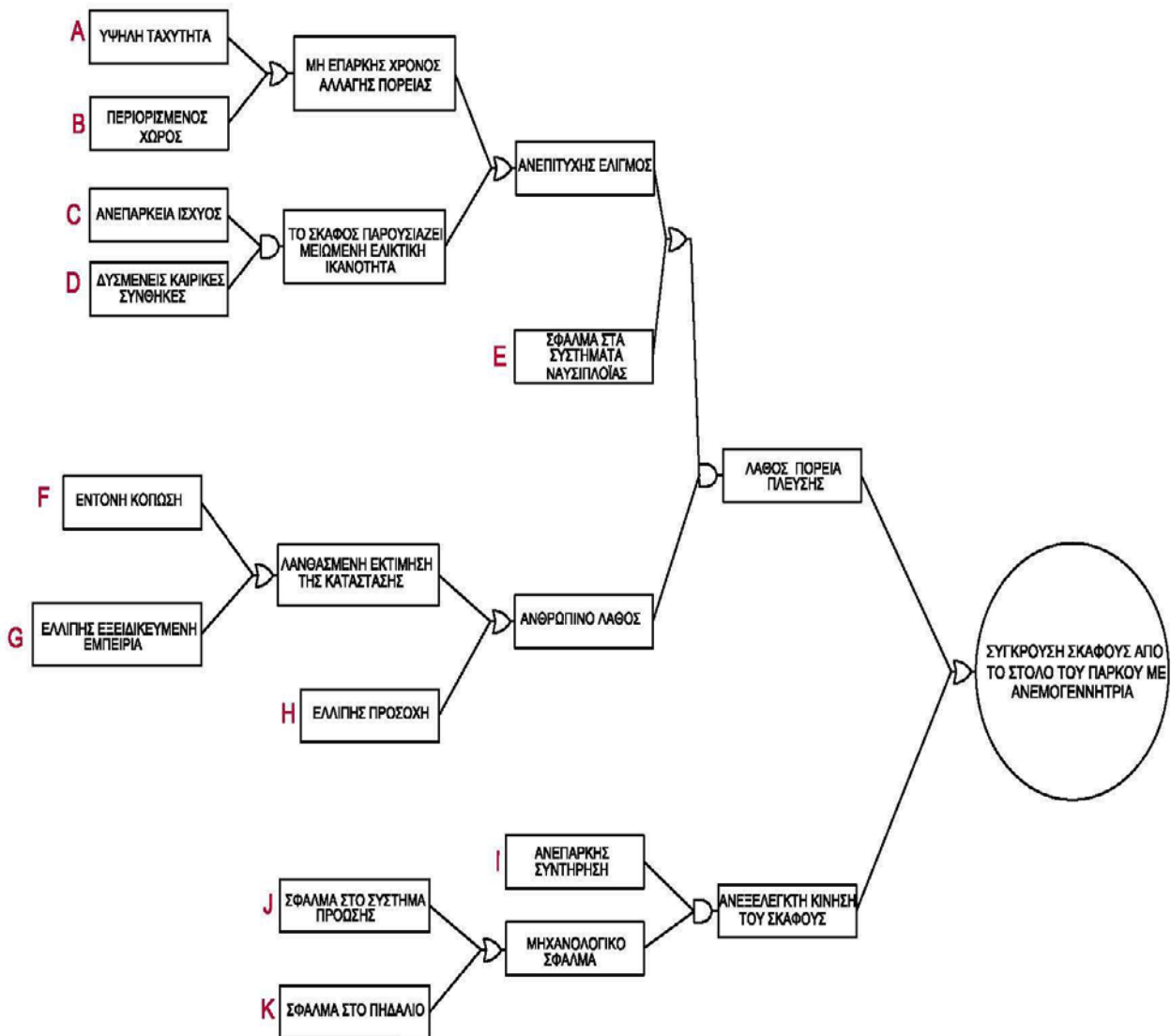
Το παραπάνω Διάγραμμα 30 παρουσιάζει τη μεταβολή του δέντρου σφαλμάτων εάν εφαρμοστεί πλήρης έλεγχος των καιρικών συνθηκών. Τότε τα minimal cut set που παραμένουν είναι τα **A, B, C, D, F, G, N, O, HJ, IJ, KL, KM**. Σε σχέση με τα άλλα δύο μέτρα πρόληψης αυτό το μέτρο έχει τη μικρότερη επίδραση στα minimal cut sets.

Προσθέτοντας τα τρία παραπάνω διαγράμματα μεταξύ τους (Διάγραμμα 31) και θεωρώντας το σενάριο όπου εφαρμόζονται και τα τρία μέτρα πρόληψης του κίνδυνου με 100% αποτελεσματικότητα παρατηρούμε ότι παραμένουν μόνο τρία minimal cut sets τα **B, C, O**. Συνεπώς, ενώ αρχικά είχαμε 13 πιθανά σενάρια που

10.3 ΣΥΓΚΡΟΥΣΗ ΣΚΑΦΟΥΣ ΜΕ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ

Όπως πραγματοποιήθηκε και προηγουμένως, αρχικά κάθε βασικό γεγονός στο δέντρο σφαλμάτων αντιστοιχίζεται με ένα γράμμα, όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 32 που ακολουθεί. Το δέντρο σφαλμάτων αποτελείται από 11 βασικά γεγονότα. Τα minimal cut sets για το συγκεκριμένο δέντρο είναι τα εξής: **AH, AF, AG, BH, BF, BG, CDF, CDG, CDH, EF, EG, EH, IJ, IK.**

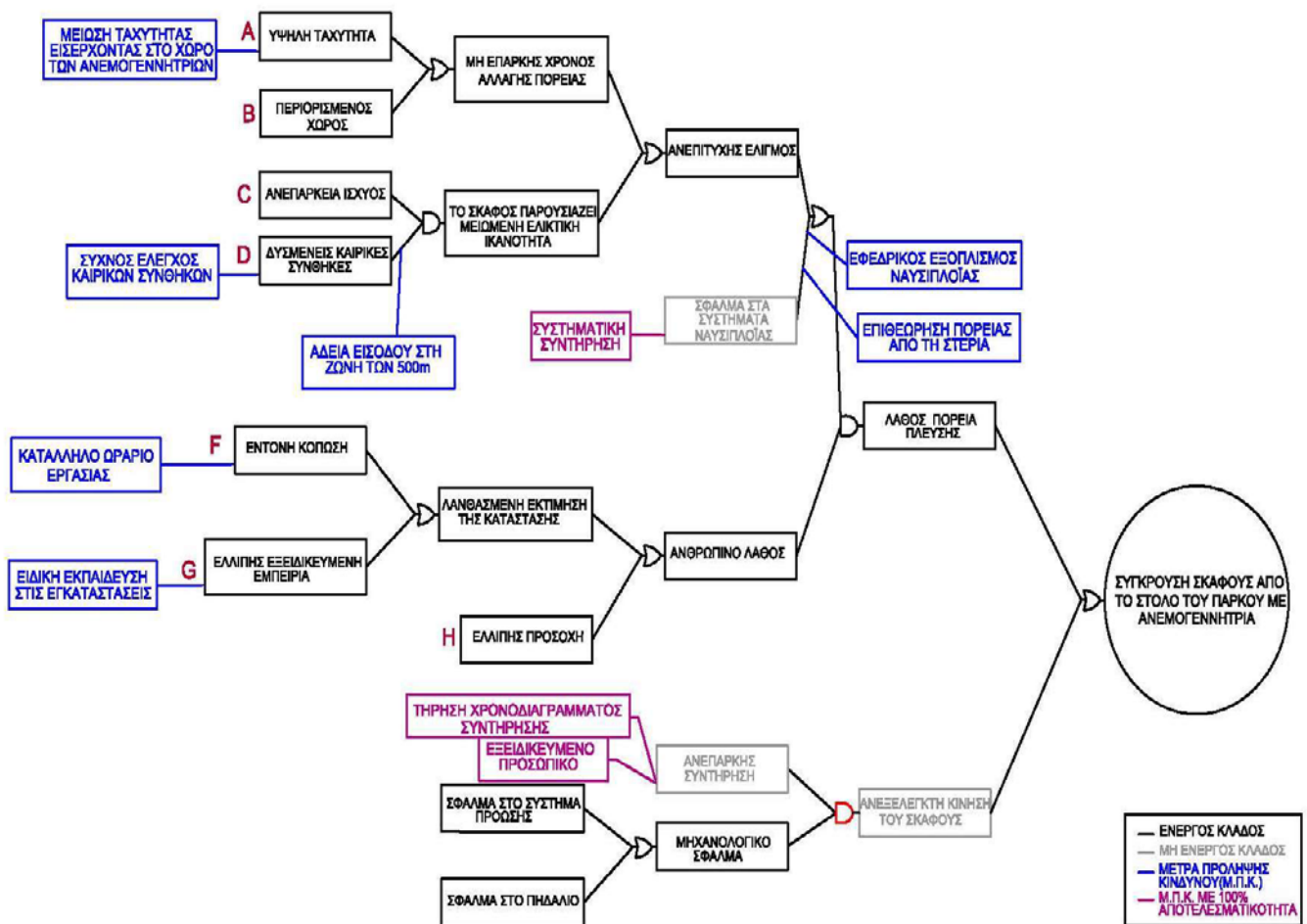
Παρατηρούμε ότι όλα τα minimal cut sets αποτελούν ένα συνδιασμό δύο ή τριών γεγονότων. Συνεπώς, για να πραγματοποιηθεί το ατύχημα απαιτείται να πραγματοποιηθεί πάνω από ένα γεγονός. Το στοιχείο αυτό δηλώνει την πολυπλοκότητα των διαδικασιών για την εκδήλωση του ατυχήματος.



Διάγραμμα 32 Αντιστοίχιση των βασικών γεγονότων με γράμματα (ατύχημα Νο2)

Στα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο μεταβάλλονται τα minimal cut sets εάν εφαρμοστεί με απόλυτη αποτελεσματικότητα συστηματική συντήρηση του μηχανολογικού εξοπλισμού (Διάγραμμα 33), εκπαίδευση του προσωπικού (Διάγραμμα 34) και συχνός έλεγχος των καιρικών συνθηκών (Διάγραμμα 35), όπως πραγματοποιήθηκε και για το προηγούμενο ατύχημα. Με μπλε χρώμα φαίνονται όλα τα μέτρα πρόληψης του κινδύνου που μπορεί να εφαρμόζονται ενώ με μωβ χρώμα προσδιορίζονται τα μέτρα πρόληψης του κινδύνου που θεωρητικά έχουν 100% αποτελεσματικότητα. Με γκρι χρώμα προσδιορίζονται οι κλάδοι του δέντρου που από τη στιγμή που εφαρμοστούν τα μέτρα πρόληψης με 100% αποτελεσματικότητα δεν συνεισφέρουν στην εκδήλωση του ατυχήματος.

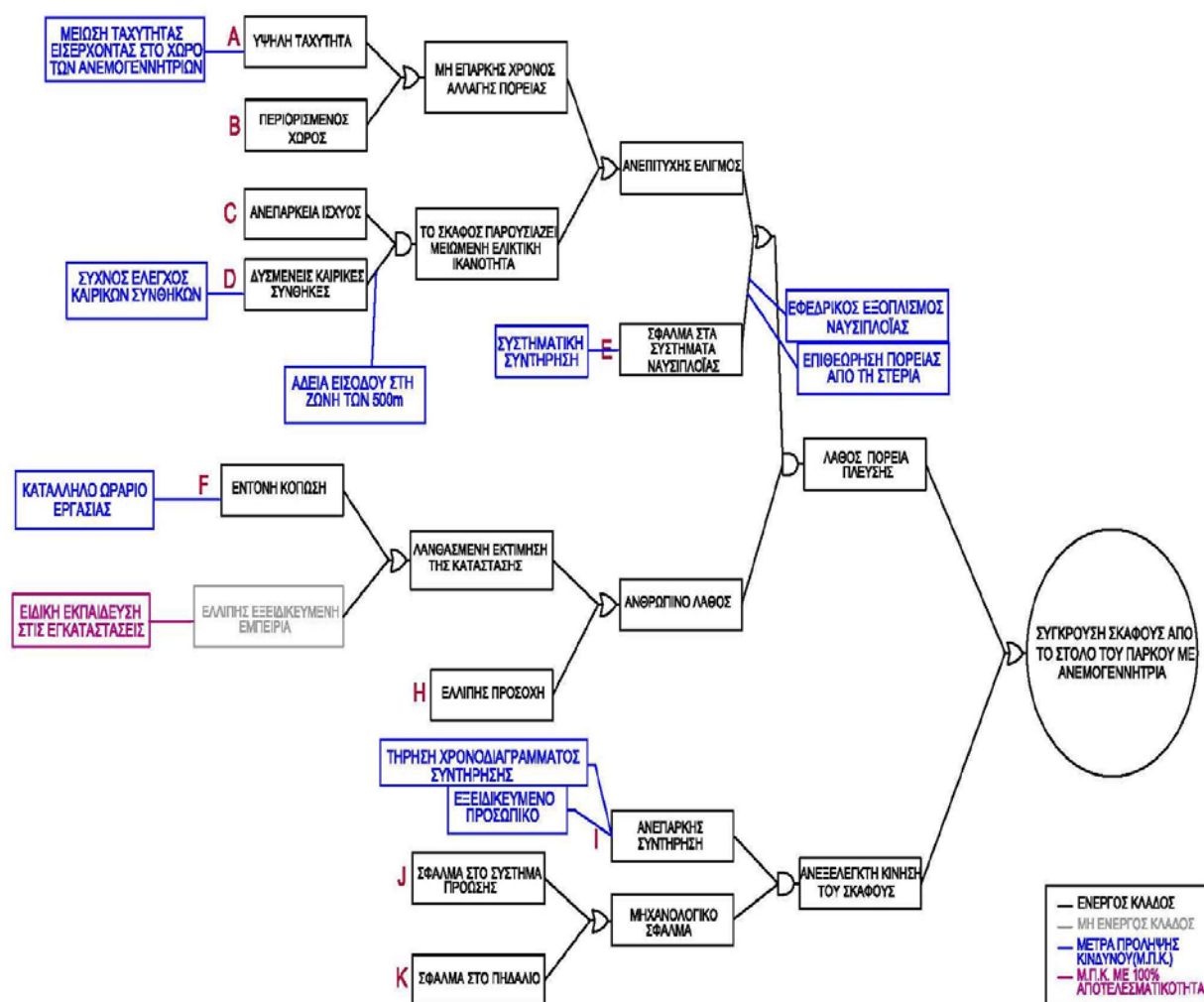
Το Διάγραμμα 33 παρουσιάζει τη μεταβολή των κλάδων στο δέντρο σφαλμάτων εάν στο υπεράκτιο αιολικό πάρκο εφαρμόζεται 100% αποτελεσματική συντήρηση των εξοπλισμών. Σε αυτή την περίπτωση τα Minimal cut sets είναι τα **AH, AF, AG, BH, BF, BG, CDF, CDG, CDH**.



Διάγραμμα 33 Μεταβολή του δέντρου σφαλμάτων με 100% αποτελεσματική συντήρηση (ατύχημα Νο2)

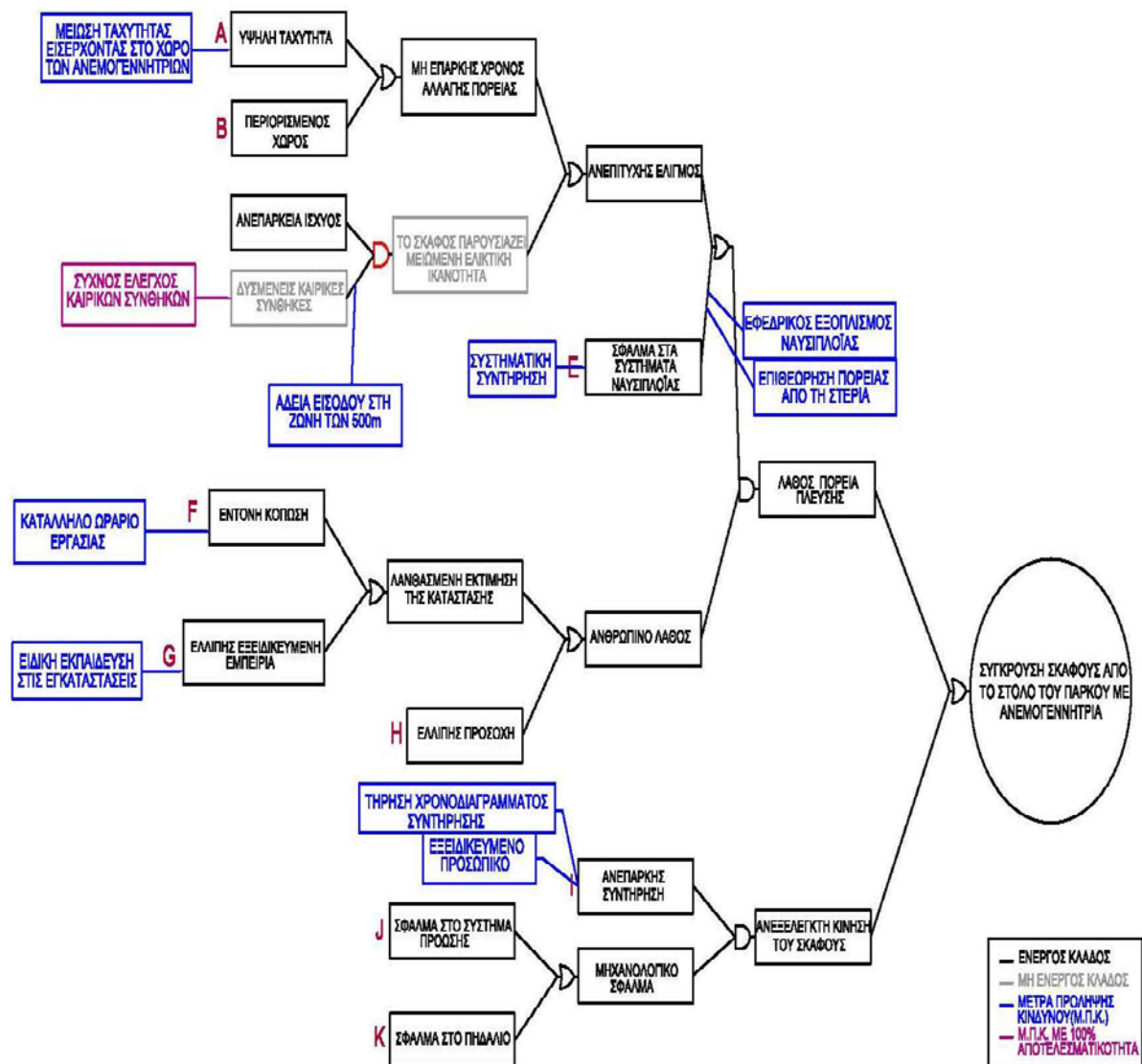
Παρατηρούμε ότι τα minimal cut sets με την εφαρμογή αυτού του μέτρου μειωθήκαν κατά 36%. Επιπλέον, οι συνδυασμοί που παρέμειναν περιλαμβάνουν όλοι το ανθρώπινο σφάλμα.

Στο Διάγραμμα 34 παρουσιάζεται η μεταβολή στα minimal cut sets όταν παρέχεται στους εργαζόμενους ειδική εκπαίδευση για τις υπεράκτιες εργασίες. Τα minimal cut sets που παραμένουν μετά την εφαρμογή του μέτρου είναι τα **AH, AF, BH, BF, CDF, CDH, EF, EH, IJ, IK**.



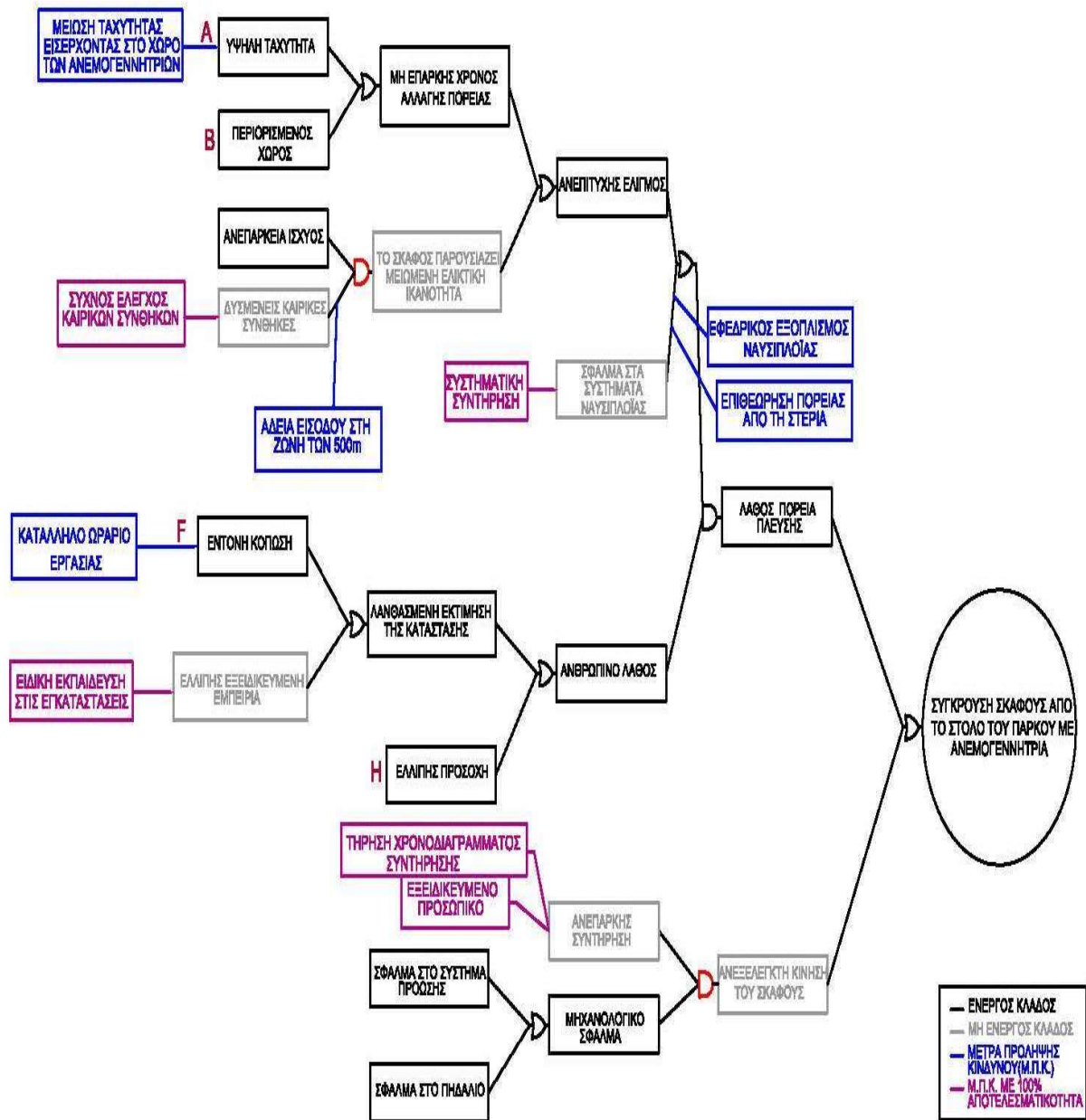
Διάγραμμα 34 Μεταβολή του δέντρου σφαλμάτων με 100% αποτελεσματική εκπαίδευση (ατύχημα Νο2)

Στο Διάγραμμα 35 παρουσιάζεται η μεταβολή του δέντρου σφαλμάτων εάν εφαρμοστεί πλήρης έλεγχος των καιρικών συνθηκών. Τότε τα minimal cut set που παραμένουν είναι τα **AH, AF, AG, BH, BF, BG, EF, EG, EH, IJ, IK**.



Διάγραμμα 35 Μεταβολή του δέντρου σφαλμάτων με 100% αποτελεσματικό έλεγχο των καιρικών συνθηκών (ατύχημα Νο2)

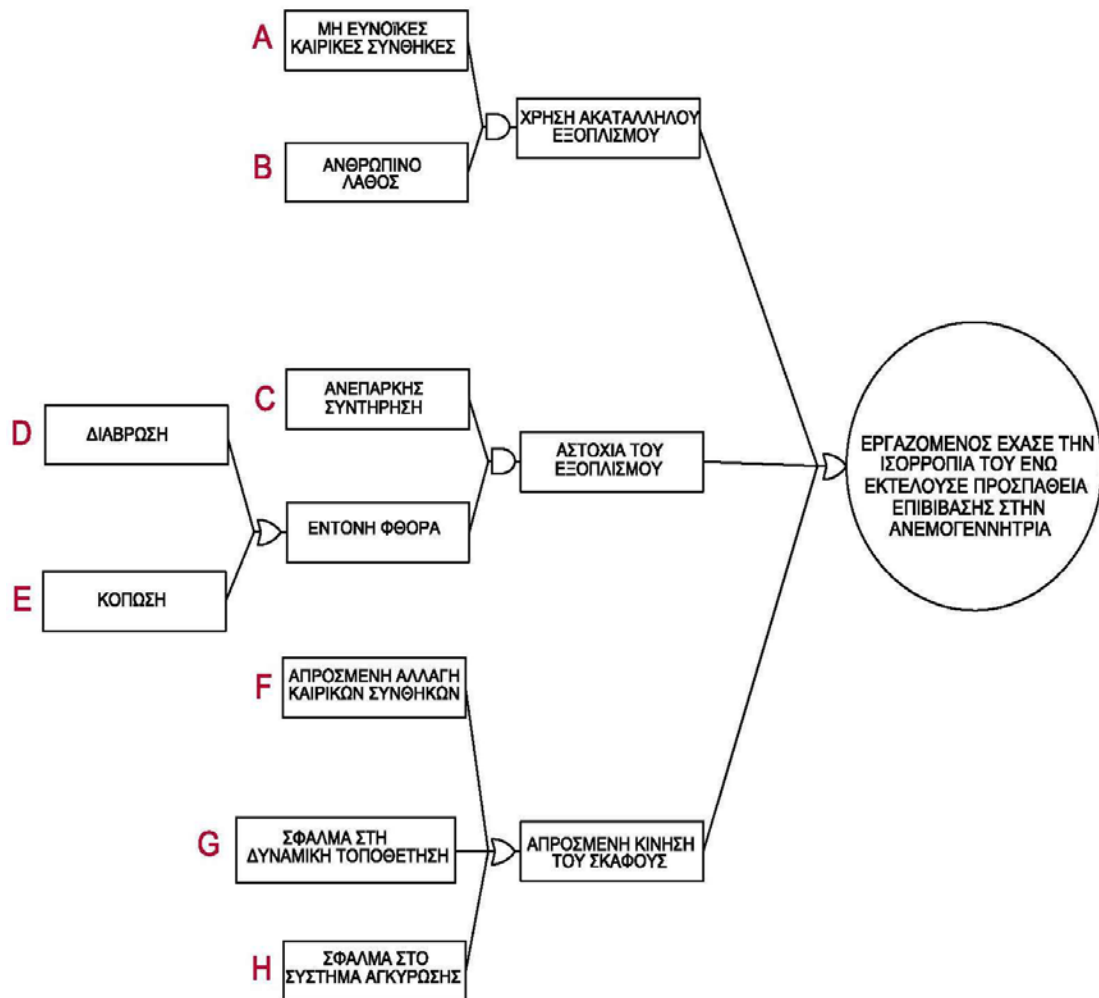
Προσθέτοντας τα τρία παραπάνω διαγράμματα μεταξύ τους και θεωρώντας το σενάριο όπου εφαρμόζονται και τα τρία μέτρα πρόληψης του κίνδυνου με 100% αποτελεσματικότητα παρατηρούμε ότι παραμένουν μόνο τέσσερα minimal cut sets τα **AH, AF, BH, BF** (Διάγραμμα 36). Αυτοί οι συνδυασμοί γεγονότων περιλαμβάνουν δύο γεγονότα, **A** ή **B**, και τον απρόβλεπτο παράγοντα του ανθρώπινου λάθους.



Διάγραμμα 36 Μεταβολή του δέντρου σφαλμάτων με 100% αποτελεσματικά και των τριών μέτρων πρόληψης (ατύχημα Νο2)

10.4 ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΥ ΑΠΟ ΤΟ ΣΚΑΦΟΣ ΣΤΗΝ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ

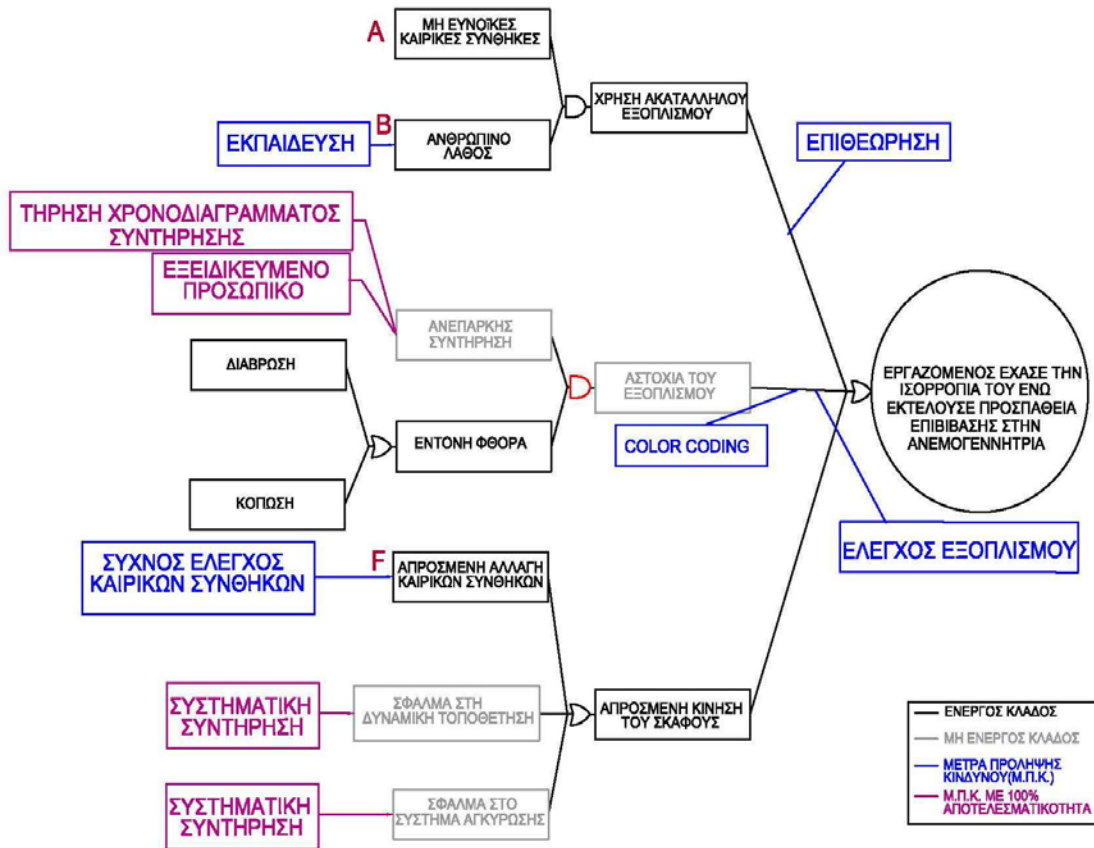
Τέλος, παρουσιάζονται τα διαγράμματα για το ατύχημα που αφορά την πρόσβαση εργαζομένου από το σκάφος μεταφοράς σε υπεράκτια ανεμογεννήτρια. Όπως φαίνεται στο παρακάτω Διάγραμμα 37, το δέντρο σφαλμάτων αποτελείται από 8 βασικά γεγονότα. Τα minimal cut sets για το συγκεκριμένο δέντρο είναι τα εξής: **AB**, **CD**, **CE**, **F**, **G**, **H**.



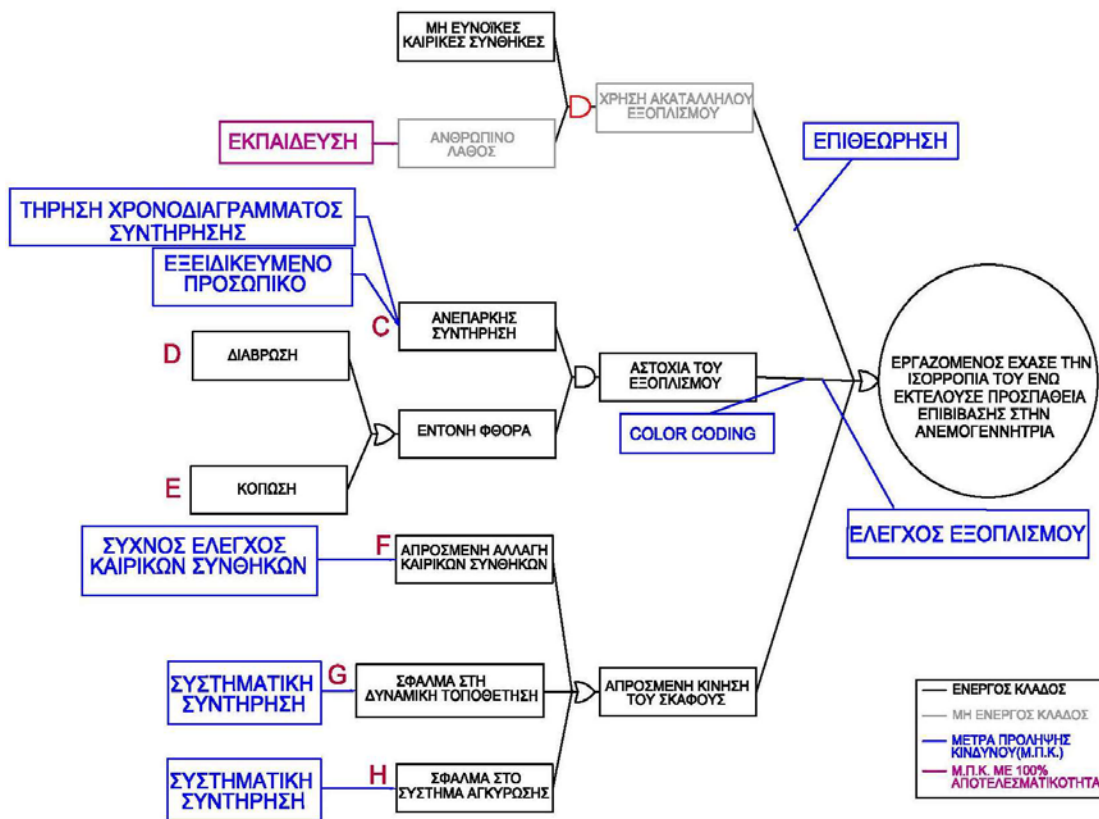
Διάγραμμα 37 Αντιστοίχιση των βασικών γεγονότων με γράμματα (ατύχημα Νο3)

Τα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζουν τον τρόπο με τον οποίο μεταβάλλονται τα minimal cut sets εάν εφαρμοστεί με απόλυτη αποτελεσματικότητα συστηματική συντήρηση του μηχανολογικού εξοπλισμού (Διάγραμμα 38), εκπαίδευση του προσωπικού (Διάγραμμα 39) και συχνός έλεγχος των καιρικών συνθηκών (Διάγραμμα 40). Με μπλε χρώμα φαίνονται όλα τα μέτρα πρόληψης του κινδύνου που μπορεί να εφαρμόζονται ενώ με μωβ χρώμα προσδιορίζονται τα μέτρα πρόληψης του κινδύνου που έχουν 100% αποτελεσματικότητα. Με γκρι χρώμα προσδιορίζονται οι κλάδοι του δέντρου που από τη στιγμή που εφαρμοστούν τα μέτρα πρόληψης με την 100% αποτελεσματικότητα δεν συνεισφέρουν στην εκδήλωση του ατυχήματος.

Στο Διάγραμμα 38 μελετάται η περίπτωση όπου έχουμε 100% αποτελεσματική συντήρηση των εξοπλισμών. Τα minimal cut sets για το συγκεκριμένο δέντρο σφαλμάτων είναι τα **AB** και **F**. Παρατηρούμε ότι μόνο με την εφαρμογή ενός μέτρου παρέμειναν μόνο δύο συνδυασμοί γεγονότων οι οποίοι μπορούν να προκαλέσουν το ατύχημα.

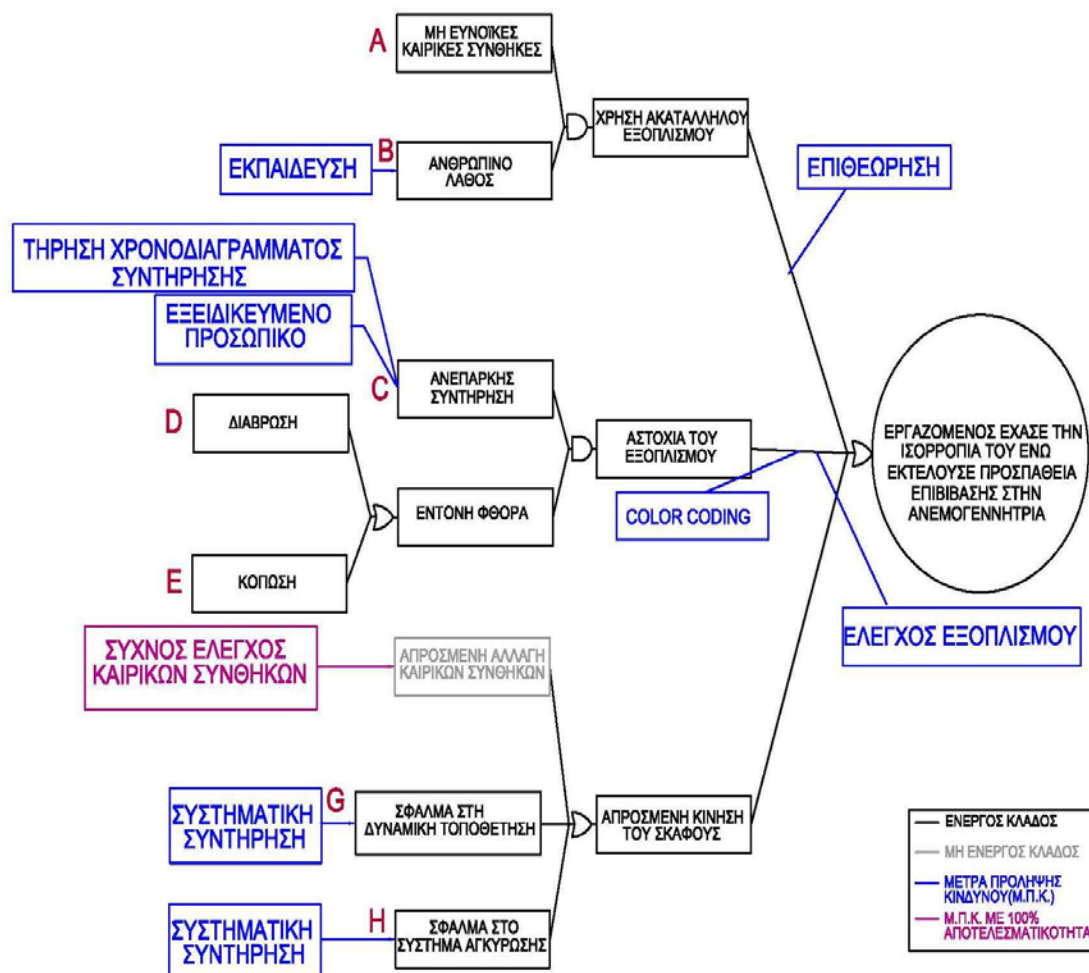


Διάγραμμα 38 Μεταβολή του δέντρου σφαλμάτων με 100% αποτελεσματική συντήρηση (Ατύχημα Νο3)



Διάγραμμα 39 Μεταβολή του δέντρου σφαλμάτων με 100% αποτελεσματική εκπαίδευση (Ατύχημα Νο3)

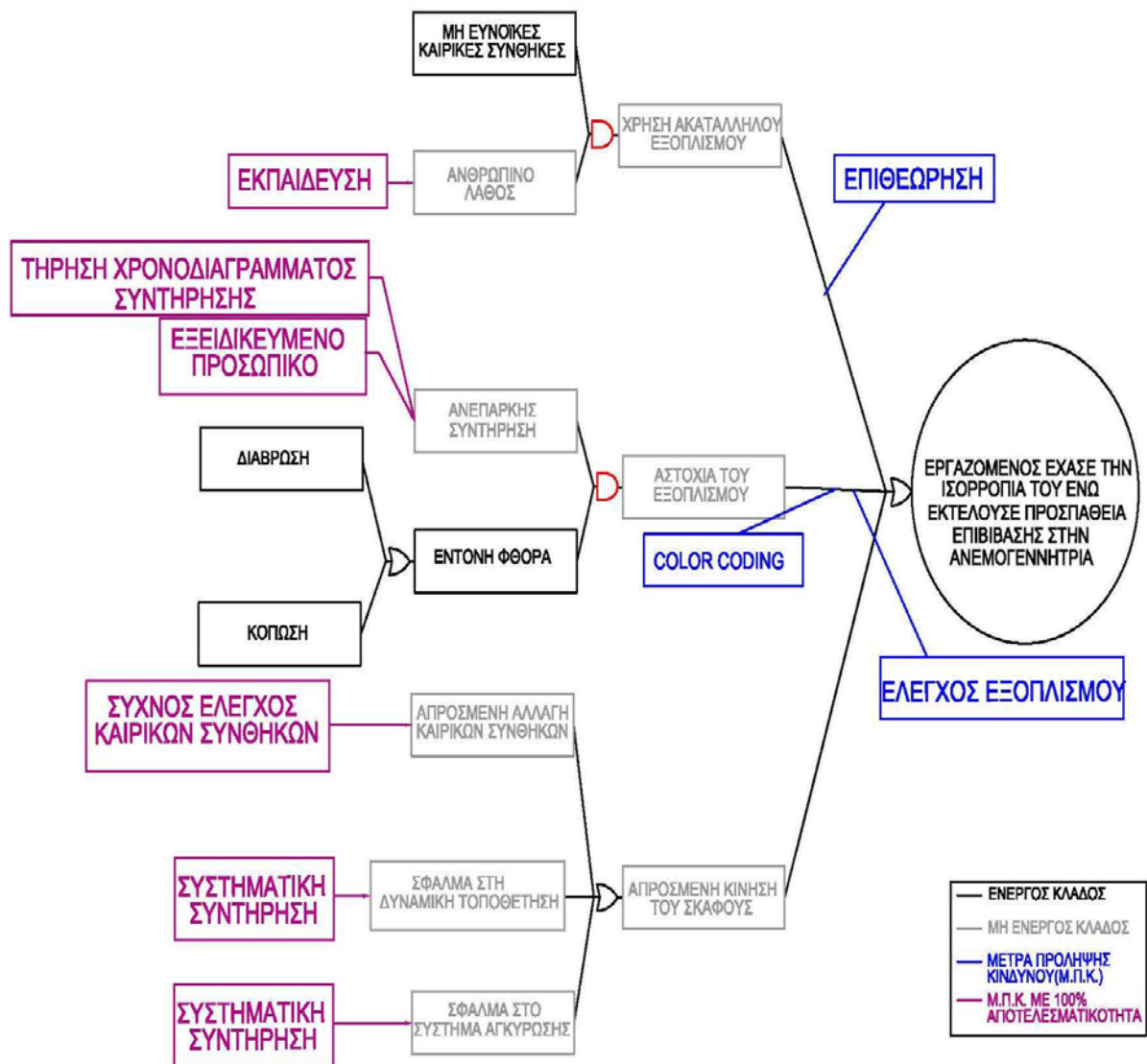
Στην περίπτωση που έχουμε 100% αποτελεσματική εκπαίδευση του προσωπικού τα minimal cut sets για το συγκεκριμένο ατύχημα είναι τα **CD, CE, F, G, H**. Η παρουσίαση τους γίνεται στο Διάγραμμα 39 που προηγήθηκε.



Διάγραμμα 40 Μεταβολή του δέντρου σφαλμάτων με 100% αποτελεσματικό έλεγχο των καιρικών συνθηκών (Ατύχημα Νο3)

Στην περίπτωση που έχουμε 100% αποτελεσματικό έλεγχο των καιρικών συνθηκών που επικρατούν στο πάρκο τα minimal cut sets για το συγκεκριμένο ατύχημα είναι **AB, CD, CE, G, H** (Διάγραμμα 40).

Προσθέτοντας τα τρία παραπάνω διαγράμματα μεταξύ τους και θεωρώντας το σενάριο όπου εφαρμόζονται και τα τρία μέτρα πρόληψης του κίνδυνου με 100% αποτελεσματικότητα παρατηρούμε ότι δεν παραμένει κανένα minimal cut set (Διάγραμμα 41). Συνεπώς, με την θεωρητική 100% αποτελεσματική εφαρμογή αυτών των μέτρων παρατηρείται εξάλειψη του ατυχήματος.



Διάγραμμα 41 Μεταβολή του δέντρου σφαλμάτων με 100% αποτελεσματικά και των τριών μέτρων πρόληψης (ατύχημα Νο3)

11. ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΔΕΝΤΡΩΝ ΓΕΓΟΝΟΤΩΝ

Εφόσον πραγματοποιήθηκε ποιοτική ανάλυση στα δέντρα σφαλμάτων, στη συνέχεια ακολουθεί ποιοτική ανάλυση των δέντρων γεγονότων. Στη συγκεκριμένη πτυχή της διπλωματικής εργασίας, στόχος είναι να προσδιοριστούν τα πιο κρίσιμα γεγονότα για την ασφάλεια των εργαζομένων, τα οποία είναι πιθανόν να οδηγήσουν σε απώλεια της ζωής τους. Επιπλέον, ανάλογα με τα γεγονότα που θα προκύψουν, θα προσδιοριστούν τα μέτρα πρόληψης του κινδύνου που μπορούν να συμβάλλουν στον έλεγχο και την αποφυγή αυτών των γεγονότων. Κάθε ατύχημα – διάγραμμα Bow-tie θα μελετηθεί ξεχωριστά και στο τέλος θα πραγματοποιηθεί σύγκριση των αποτελεσμάτων.

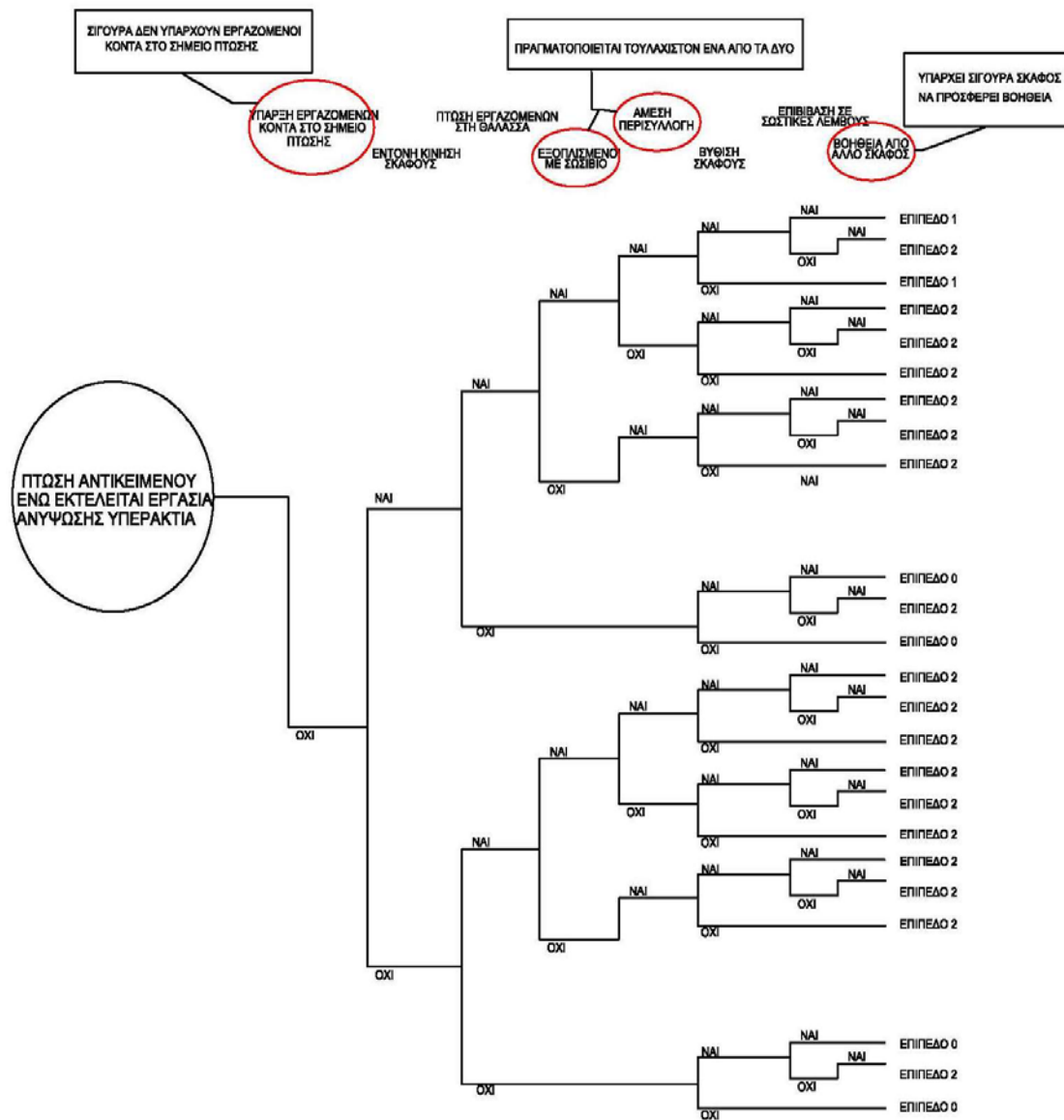
11.1 ΥΠΕΡΑΚΤΙΑ ΑΝΥΨΩΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Στο Διάγραμμα 42 παρουσιάζεται το δέντρο γεγονότων του ατυχήματος που αφορά την υπεράκτια εργασία με γερανό και προσδιορίζονται σε αυτό με κόκκινο χρώμα οι διαδρομές του δέντρου που καταλήγουν σε ατύχημα με επίπεδο τραυματισμού 3. Αναλύοντας το διάγραμμα παρατηρείται ότι το επίπεδο τραυματισμού 3 καθορίζουν τρία βασικά γεγονότα:

- *Υπαρξη εργαζομένων κοντά στο σημείο πτώσης*
- *Εξοπλισμός με σωσίβιο - Άμεση περισυλλογή*
- *Βοήθεια από άλλο σκάφος*

Συγκεκριμένα, στην περίπτωση όπου υπάρχουν εργαζόμενοι κοντά στο σημείο πτώσης του αντικειμένου, όπως τονίστηκε στην Ενότητα 8.2, υπάρχει περίπτωση να έχουμε απώλεια της ζωής των εργαζομένων. Η συνέπεια αυτή οφείλεται κυρίως στο ότι τα αντικείμενα έχουν πολύ μεγάλο βάρος (100Kg-200t) (Leanwind, 2014). Από τη στιγμή που το αντικείμενο πέσει κοντά σε εργαζόμενο τότε, ανεξάρτητα από τα γεγονότα που θα πραγματοποιηθούν στη συνέχεια, ο εργαζόμενος έχει έρθει ήδη αντιμέτωπος με το χειρότερο σενάριο τραυματισμού. Το γεγονός αυτό προσδιορίζεται στο πάνω μέρος του Διαγράμματος 42.

Επίσης, στην περίπτωση που δεν έχουμε ύπαρξη εργαζομένων στο σημείο προσγείωσης τότε ο τραυματισμός του εργαζομένου θα εξαρτηθεί από το αν θα πραγματοποιηθεί πτώση στη θάλασσα. Εφόσον έχουμε πτώση ανθρώπου στη θάλασσα τότε η ασφάλεια του θα εξαρτηθεί από δύο ασφαλιστικές δικλείδες, το σωσίβιο με το οποίο είναι εξοπλισμένος και την βοήθεια που θα του παρέχει το πλήρωμα. Σύμφωνα με το Διάγραμμα 42, ο εργαζόμενος αντιμετωπίζει επίπεδο τραυματισμού 3 εάν δεν είναι εξοπλισμένος με το κατάλληλο σωσίβιο και το πλήρωμα του σκάφους δεν τον βοηθήσει άμεσα να απομακρυνθεί από το νερό.



Διάγραμμα 43 Δέντρο γεγονότων με κλάδους που δεν οδηγούν σε θανατηφόρο ατύχημα και οι σχετικές παραδοχές (Ανυψωτική εργασία)

Εάν ο εργαζόμενος δεν είναι εξοπλισμένος με κατάλληλο σωσίβιο αλλά διασωθεί άμεσα και επιστρέψει στο κατάστρωμα σε σχετικά μικρό χρονικό διάστημα τότε έχουμε σενάριο με επίπεδο τραυματισμού 2. Δηλαδή, ο εργαζόμενος πιθανόν να αντιμετωπίσει έντονη ταχυκαρδία ή δυσκολία στην αναπνοή αλλά επειδή η διάσωση είναι άμεση δεν θα επιδεινωθεί η κατάσταση της υγείας του. Επιπλέον, εάν είναι εξοπλισμένος με το κατάλληλο σωσίβιο και καθυστερήσει η επαναφορά του στο κατάστρωμα τότε πάλι αντιμετωπίζει τραυματισμό επιπέδου 2. Σε αυτή την περίπτωση ο εργαζόμενος παραμένει περισσότερη ώρα στη θάλασσα με αποτέλεσμα να αντιμετωπίσει τα πρώτα στάδια της υποθερμίας. Ωστόσο, επειδή είναι εξοπλισμένος με σωσίβιο και επαναφέρεται τελικά στο κατάστρωμα δεν κινδυνεύει από πνιγμό. Συνεπώς, για να οδηγήσει η πτώση του εργαζομένου στη θάλασσα σε τραυματισμό επιπέδου 3 πρέπει να αποτύχουν και οι δύο ασφαλιστικές δικλείδες στο ρόλο τους.

Επίσης, εάν πραγματοποιηθεί μόνο βύθιση του σκάφους τότε το επίπεδο τραυματισμού θα εξαρτηθεί κυρίως από τη βοήθεια που θα παρέχει στους εργαζόμενους κάποιο άλλο σκάφος. Η βοήθεια από άλλο σκάφος θα είναι καθοριστική στην περίπτωση που οι εργαζόμενοι δεν έχουν επιβιβαστεί έγκαιρα στις σωστικές λέμβους και έχουν πέσει στη θάλασσα.

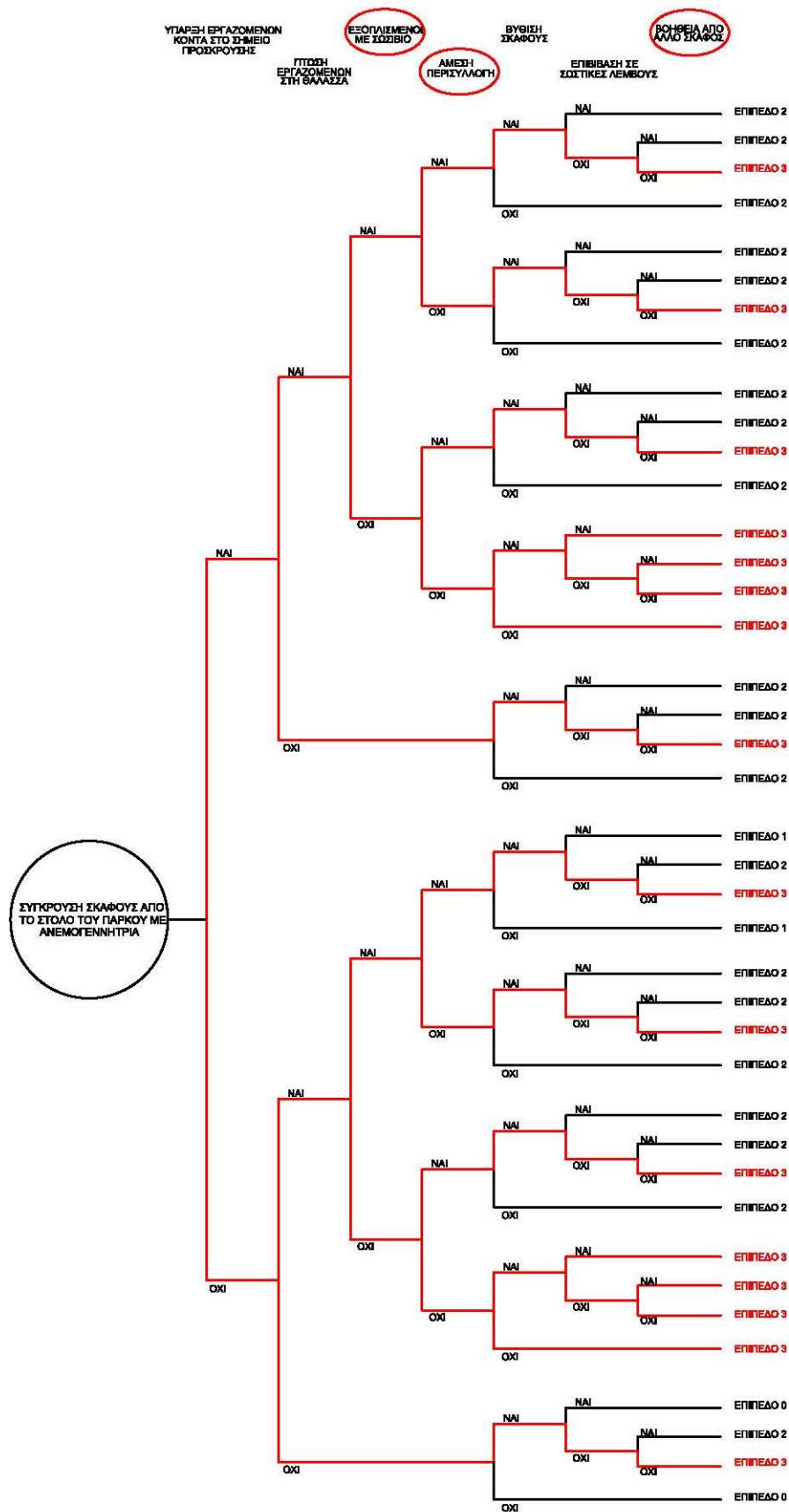
Στο Διάγραμμα 43 παρουσιάζεται το δέντρο γεγονότων εάν αφαιρεθούν όλες οι διαδρομές οι οποίες καταλήγουν σε επίπεδο τραυματισμού 3. Επίσης, προσδιορίζονται οι παραδοχές που πρέπει να ισχύουν έτσι ώστε να μην οδηγούν οι διάφοροι συνδυασμοί γεγονότων σε θανατηφόρο ατύχημα.

11.2 ΣΥΓΚΡΟΥΣΗ ΣΚΑΦΟΥΣ ΜΕ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ

Όπως πραγματοποιήθηκε για το πρώτο ατύχημα με τον ίδιο τρόπο θα αναλυθεί και το ατύχημα που αφορά σύγκρουση σκάφους με ανεμογεννήτρια. Στο Διάγραμμα 45 παρουσιάζεται το δέντρο γεγονότων του ατυχήματος για τη σύγκρουση σκάφους με ανεμογεννήτρια και τονίζονται με κόκκινο χρώμα οι διαδρομές που οδηγούν σε τραυματισμό επιπέδου 3. Στο συγκεκριμένο ατύχημα, τα γεγονότα που καθορίζουν το επίπεδο τραυματισμού σε βαθμό 3 είναι το «*Εξοπλισμός με σωσίβιο - Άμεση περισυλλογή*» και η «*Παροχή βοήθειας από άλλο σκάφος*».

Παρατηρείται ότι τα δύο αυτά γεγονότα ταυτίζονται με τα γεγονότα που προέκυψαν από την ανάλυση της προηγούμενης περίπτωσης. Το γεγονός αυτό οφείλεται στα κοινά βασικά γεγονότα που απαρτίζουν τα δύο διαγράμματα και στον κοινό τρόπο αντιστοίχισης των επιπέδων τραυματισμού. Τα δύο ατυχήματα ταιριάζουν μεταξύ τους καθώς περιλαμβάνουν ένα κοινό χαρακτηριστικό, το σκάφος, και τον τρόπο με τον οποίο μπορεί να τραυματιστούν οι εργαζόμενοι που επιβαίνουν σε αυτό. Επίσης, τα επίπεδα στα διάφορα σενάρια βασίζονται στις ίδιες υποθέσεις. Για παράδειγμα, και στα δύο δέντρα, η μη παροχή βοήθειας από άλλο σκάφος ενώ οι εργαζόμενοι βρίσκονται στη θάλασσα είναι πιθανόν να οδηγήσει σε πνιγμό ή ανακοπή καρδιάς (Επίπεδο 3). Συνεπώς, τα δύο αυτά γεγονότα επηρεάζουν τον βαθμό τραυματισμού όπως ακριβώς αναλύθηκε για το προηγούμενο ατύχημα.

Στο Διάγραμμα 45 παρουσιάζεται η μορφή του δέντρου γεγονότων, για το συγκεκριμένο ατύχημα, εάν αφαιρεθούν οι κλάδοι που καταλήγουν σε επίπεδο τραυματισμού 3.



Διάγραμμα 44 Δέντρο γεγονότων με επισήμανση στις διαδρομές που οδηγούν σε επίπεδο τραυματισμού 3 (Σύγκρουση σκάφους-ανεμογεννήτριας)

11.3 ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΥ ΑΠΟ ΣΚΑΦΟΣ ΣΕ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ

Στο Διάγραμμα 46 παρουσιάζονται με κόκκινο χρώμα οι διαδρομές στο δέντρο γεγονότων του ατυχήματος της πρόσβασης που είναι πιθανόν να προκαλέσουν απώλεια της ζωής των εργαζομένων (Επίπεδο τραυματισμού 3). Το δέντρο γεγονότων, για το τελευταίο ατύχημα που μελετάται, περιλαμβάνει κάποια διαφορετικά γεγονότα σε σχέση με τα ατυχήματα Νο1 και Νο2. Για αυτό το λόγο διαφοροποιούνται τα γεγονότα που καθορίζουν το επίπεδο τραυματισμού των εργαζομένων σε επίπεδο 3.

Αρχικά, παρατηρείται ότι ο εργαζόμενος κινδυνεύει να χάσει τη ζωή του εάν γλιστρήσει και προσκρούσει στη μεταλλική σκάλα και στη συνέχεια προσκρούσει στο κατάστρωμα του σκάφους. Σε αυτή την περίπτωση το χτύπημα ουσιαστικά είναι διπλό και μπορεί να τραυματίσει τον εργαζόμενο στο κεφάλι και για αυτό εκτιμάται τόσο επικίνδυνο.

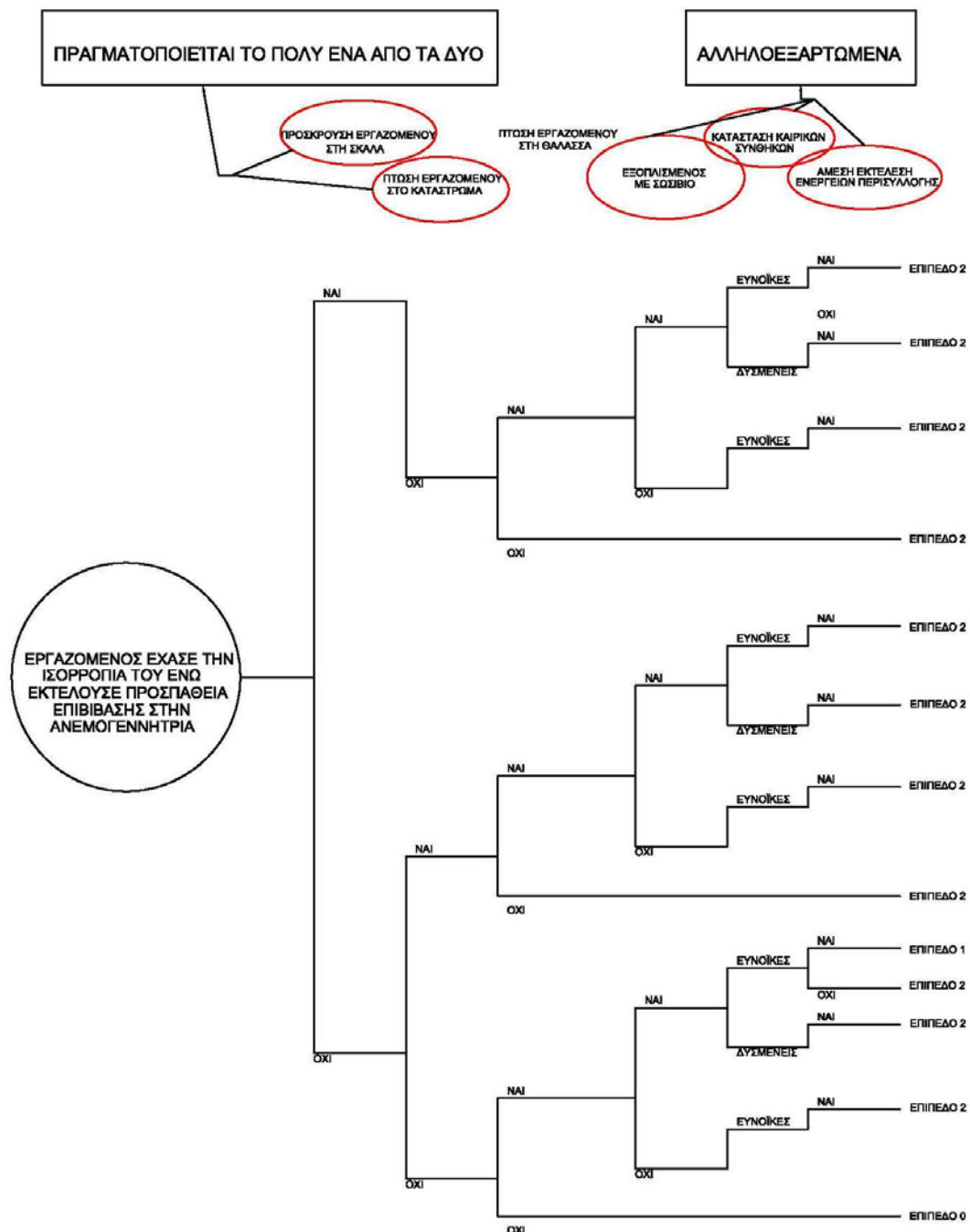
Στη συνέχεια του δέντρου αναλύεται το γεγονός της πτώσης του εργαζόμενου στη θάλασσα. Όπως και στα προηγούμενα δύο ατυχήματα, χρησιμοποιούνται τα ίδια βασικά γεγονότα με την διαφοροποίηση της προσθήκης «*Κατάσταση των καιρικών συνθηκών*». Η ομοιότητα αυτή βασίζεται πάλι στον κοινό παρανομαστή που είναι το σκάφος και οι εργασίες στη θάλασσα. Στην περίπτωση που ο εργαζόμενος δεν είναι εξοπλισμένος με σωσίβιο και δεν έχουμε άμεση περισυλλογή τότε αντιμετωπίζει επίπεδο επικινδυνότητας 3, ανεξάρτητα από την κατάσταση των καιρικών συνθηκών. Όμως, εάν δεν είναι εξοπλισμένος με το κατάλληλο σωσίβιο αλλά έχουμε άμεση περισυλλογή τότε αντιμετωπίζει επίπεδο επικινδυνότητας 3 μόνο εάν επικρατούν δυσμενείς καιρικές συνθήκες. Το ίδιο ισχύει και στην περίπτωση που ο εργαζόμενος είναι εξοπλισμένος με σωσίβιο αλλά δεν πραγματοποιηθεί άμεση περισυλλογή. Ωστόσο, σε αυτή την περίπτωση, που ισχύει το ακριβώς προηγούμενο σενάριο, αν ο εργαζόμενος έχει χτυπηθεί προηγουμένως, λόγω πρόσκρουσης είτε στη σκάλα είτε στο κατάστρωμα, τότε κινδυνεύει να χάσει τη ζωή του ακόμα και εάν επικρατούν ευνοϊκές καιρικές συνθήκες. Το γεγονός αυτό βασίζεται στην υπόθεση ότι ο εργαζόμενος λόγω της πρόσκρουσης είναι πιθανόν να χάσει τις αισθήσεις του ή να τραυματιστεί σοβαρά (Επίπεδο επικινδυνότητας 2) με αποτέλεσμα να μην μπορεί να βοηθήσει τον εαυτό του.

Συνεπώς, σύμφωνα με όλα τα παραπάνω, για το συγκεκριμένο ατύχημα, υπάρχουν δύο συνδυασμοί γεγονότων που καθορίζουν το επίπεδο επικινδυνότητας 3. Οι συνδυασμοί αυτοί είναι:

- *Πρόσκρουση στη σκάλα και Πτώση στο κατάστρωμα*
- *Εξοπλισμός με σωσίβιο - Κατάσταση καιρικών συνθηκών – Άμεση περισυλλογή*

Στο Διάγραμμα 47 παρουσιάζεται το δέντρο γεγονότων εάν αφαιρεθούν οι κλάδοι που καταλήγουν σε επίπεδο τραυματισμού 3. Για τα γεγονότα «*Εξοπλισμός με σωσίβιο - Κατάσταση καιρικών συνθηκών – Άμεση περισυλλογή*» δεν υπάρχει

σαφής παραδοχή η οποία να προσδιορίζει πότε ο συνδυασμός τους δεν θα οδηγήσει σε πιθανή απώλεια της ζωής των εργαζομένων. Αντίθετα, όπως περιγράφηκε, τα γεγονότα είναι αλληλοεξαρτώμενα και το τελικό αποτέλεσμα επηρεάζεται ακόμα και από το αν θα είναι ήδη τραυματισμένος ο εργαζόμενος.



Διάγραμμα 47 Δέντρο γεγονότων με κλάδους που δεν οδηγούν σε θανατηφόρο ατύχημα και οι σχετικές παραδοχές (Μετάβαση από σκάφος σε ανεμογεννήτρια)

11.4 ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΛΗΨΗΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΦΥΓΗ ΘΑΝΑΤΗΦΟΡΟΥ ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΟΥ

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση των δέντρων γεγονότων παρατηρούμε ότι καθώς τα δέντρα γεγονότων είναι παρεμφερή κάποια κρίσιμα γεγονότα ταυτίζονται. Όλα τα παραπάνω ατυχήματα περιλαμβάνουν ως κρίσιμο γεγονός την άμεση περισυλλογή και τον εξοπλισμό με σωσίβιο ενώ τα δύο πρώτα ατυχήματα έχουν κοινό γεγονός τη βοήθεια από άλλο σκάφος του πάρκου.

Στη συνέχεια, θα παρουσιαστούν για αυτά τα κρίσιμα γεγονότα τα μέτρα πρόληψης του κινδύνου τα οποία μπορούν είτε να αποτρέψουν είτε να βοηθήσουν την πραγματοποίησή τους, ανάλογα με το επιθυμητό αποτέλεσμα.

Συγκεκριμένα, η άμεση περισυλλογή, σε συνδιασμό είτε με το κατάλληλο σωσίβιο είτε με την κατάσταση των καιρικών συνθηκών, αποτελεί κρίσιμο γεγονός για όλα τα ατυχήματα. Όπως παρουσιάζεται στα Διαγράμματα 13, 17 και 21, η άμεση περισυλλογή ατόμου που βρίσκεται στη θάλασσα μπορεί να εξασφαλιστεί με κατάλληλη εκπαίδευση του προσωπικού. Το πλήρωμα του σκάφους είναι απαραίτητο να έχει εκπαιδευτεί στην αντιμετώπιση επικίνδυνων καταστάσεων ώστε να είναι σε θέση να δράσει οργανωμένα, γρήγορα και συνεπώς αποτελεσματικά. Η σπουδαιότητα της εκπαίδευσης του πληρώματος, όχι μόνο σε θέματα ασφάλειας αλλά και σε θέματα εκτέλεσης εργασιών, παρουσιάστηκε στην Ενότητα 9 και στην Ενότητα 10.

Το γεγονός της άμεσης περισυλλογής αλληλοεπηρεάζεται είτε με την κατάσταση των καιρικών συνθηκών (Ευνοϊκές ή Δυσμενείς) που επικρατούν στο χώρο εργασίας είτε με το σωσίβιο που είναι εξοπλισμένος ο εργαζόμενος είτε και με τα δύο. Η κρισιμότητα των καιρικών συνθηκών και τα μέσα αντιμετώπισης τους παρουσιάστηκαν προηγουμένως στις Ενότητες 9 και 10. Ωστόσο, η σπουδαιότητα του εξοπλισμού των εργαζομένων με το κατάλληλο σωσίβιο δεν έχει ξανά παρουσιαστεί. Το σωσίβιο ανήκει στα Μέσα Ατομικής Προστασίας (Μ.Α.Π.). Με τον όρο μέσα ατομικής προστασίας αναφερόμαστε σε εξοπλισμό όπως κράνος, φόρμα εργασίας, υπόδηση, γάντια. Στον πίνακα 10 συγκεντρώνονται τα ελάχιστα μέσα ατομικής προστασίας με τα οποία πρέπει να είναι εξοπλισμένοι οι εργαζόμενοι σε ένα σκάφος. Οι εργαζόμενοι είναι υποχρεωμένοι από τους κανονισμούς να χρησιμοποιούν τον κατάλληλο ατομικό εξοπλισμό προστασίας ανάλογα με το είδος της εργασίας που εκτελούν. Σύμφωνα με την Ενότητα 4, κάθε εργασία έχει τα δικά της μέσα ατομικής προστασίας τα οποία συνεισφέρουν σε σημαντικό βαθμό στην ασφάλεια των εργαζομένων. Όμως, για να είναι αποτελεσματικά τα μέσα ατομικής προστασίας πρέπει να αποθηκεύονται σε κατάλληλο μέρος, να συντηρούνται και να αντικαθίστανται σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή τους. Στην περίπτωση που δεν τηρούνται αυτές οι οδηγίες τότε μειώνεται η αποδοτικότητα τους και παύουν να συνεισφέρουν στην διατήρηση της ασφάλειας.

Επιπλέον, όπως προέκυψε από την ανάλυση των δέντρων γεγονότων, η παροχή βοήθειας από άλλο σκάφος είναι σημαντική για την ασφάλεια των εργαζομένων.

Ένα σκάφος, το οποίο βρίσκεται στο χώρο του πάρκου, είναι σε θέση να προσφέρει έγκαιρη βοήθεια στους εργαζομένους σε περίπτωση που συμβεί κάποιο ατύχημα. Το σκάφος πρέπει να βρίσκεται στο χώρο των ανεμογεννητριών αποκλειστικά για να προσφέρει βοήθεια και να είναι εφοδιασμένο με κατάλληλο εξοπλισμό και εκπαιδευμένο προσωπικό.

Ωστόσο, αξίζει να αναφέρουμε, ότι το σκάφος αυτό θα ήταν καλό να μην βρίσκεται πολύ κοντά στο σημείο εκτέλεσης κάποιας εργασίας γιατί μπορεί να τεθεί σε άμεσο κίνδυνο. Για παράδειγμα, όταν εκτελείται μια εργασία συναρμολόγησης της ανεμογεννήτριας με τη χρήση γερανού και το κομμάτι για κάποιο λόγο πέσει από το γερανό τότε μπορεί εάν το σκάφος διάσωσης βρίσκεται πολύ κοντά στο σημείο το αντικείμενο να πέσει επί του σκάφους και να θέσει σε κίνδυνο το πλήρωμα του.

Εκτός όμως από τα κοινά σημεία των διαγραμμάτων, προέκυψαν κρίσιμα γεγονότα ξεχωριστά για κάθε διάγραμμα. Συγκεκριμένα, στο ατύχημα που πραγματοποιείται κατά τη διάρκεια ανυψωτικής εργασίας, σε τραυματισμό επιπέδου 3 οδηγεί το γεγονός «Υπαρξη εργαζομένων κοντά στο σημείο πτώσης». Σύμφωνα με το Διάγραμμα 13, οι εργαζόμενοι πρέπει να απομακρύνονται από το κατάστρωμα του σκάφους, όποτε αυτό είναι εφικτό, ή να κινούνται σε συγκεκριμένους χώρους. Οι κανονισμοί ορίζουν ότι στο κατάστρωμα πρέπει να οριοθετούνται με έντονο χρώμα συγκεκριμένοι διάδρομοι μετακίνησης του προσωπικού ενώ εκτελείται ανυψωτική εργασία (HSE, 2008), (IMCA, 2007). Η οριοθέτηση αυτή ονομάζεται «color coding». Οι διάδρομοι τοποθετούνται εκτός της τροχιάς κίνησης του γερανού για να προληφθούν τέτοια γεγονότα. Ωστόσο, στην περίπτωση που μεταφέρονται μεγάλα αντικείμενα (π.χ. πυλώνας ανεμογεννήτριας) η οριοθέτηση δεν είναι αποδοτική καθώς το αντικείμενο καταλαμβάνει μεγάλη επιφάνεια πάνω από το κατάστρωμα.

Τέλος, για το ατύχημα που πραγματοποιείται κατά τη διάρκεια πρόσβασης εργαζομένου από το σκάφος στην ανεμογεννήτρια, υπάρχει ο συνδυασμός των γεγονότων «Πρόσκρουση στη σκάλα και Πτώση στο κατάστρωμα». Σύμφωνα με το Διάγραμμα 21, δεν έχει οριστεί κάποιο μέτρο πρόληψης που να προλαμβάνει την πραγματοποίησή τους.

Πίνακας 10 Ελάχιστα Μ.Α.Π. που απαιτούνται για το πλήρωμα του σκάφους

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΧΡΗΣΗΣ	ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ
Υπόδηση ασφαλείας	Σε όλη τη διάρκεια της εργασίας	EN ISO 20345 <i>Personal Protective equipment. Safety footwear, minimum toe cap and protrusion protection sole</i>
Κράνος ασφαλείας	Σε ανοιχτά καταστρώματα	EN 397 <i>Industrial safety helmets, chinstrap required;</i> or EN 12492 <i>Mountaineering Equipment. Helmets for Mountaineers. Safety requirements and test methods/</i> EN 14052 <i>High performance Industrial helmets;</i> headlight for night operations.
Ζώνη ασφαλείας	Σε ανοιχτά καταστρώματα σε εκτεθειμένες περιοχές	EN 361 <i>Personal protective equipment against falls from height. Full body harnesses/</i> EN 358 <i>Personal protective equipment for work positioning and prevention of falls from a height. Belts for work positioning and restraint and work positioning lanyards, two lanyards required.</i>
Γυαλιά ασφαλείας	Σε ανοιχτά καταστρώματα και σε έκθεση σε σκόνη, χημικά και αέρια	EN 166 <i>Personal eye protection. Specifications compatible with safety helmet</i>
Γάντια ασφαλείας	Σε ανοιχτά καταστρώματα και σε έκθεση σε εκδορές, λεπίδες, κοψίματα	EN 420 <i>Protective gloves. General requirements and test methods/</i> EN 388 <i>Protective gloves against mechanical risks.</i>
Σωσίβιο	Σε ανοιχτά καταστρώματα και να είναι σε άμεση διαθεσιμότητα	EN ISO 12402-3 <i>Personal flotation devices. Lifejackets, performance level 150. Safety requirements;</i> or EN ISO 12402-2 <i>Personal flotation devices. Lifejackets, performance level 275. Safety requirements;</i> Fitted with crotch strap
Στολή επιβίωσης	Σε ανοιχτά καταστρώματα όταν η θερμοκρασία του νερού είναι μικρότερη από 10°C, απαιτείται από την εργασία, απαιτείται από τον καπετάνιο	SOLAS/MED approved constant wear immersion suit (CE) airtight seals, well fitting, compatible with lifejacket, reflective and visible.

Πηγή: (G9, 2014)

12. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

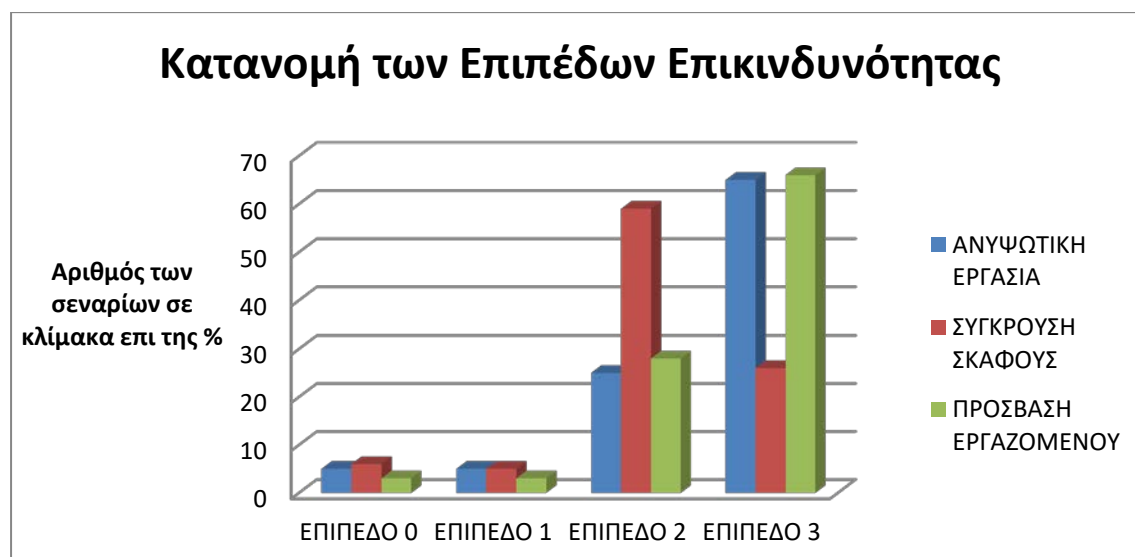
12.1 ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Στόχος της διπλωματικής εργασίας ήταν να πραγματοποιηθεί μια έρευνα για τους κινδύνους που αντιμετωπίζουν οι εργαζόμενοι, όσον αφορά την υγεία και την ασφάλεια τους, σε ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο. Αρχικά, προσδιορίστηκαν όλοι οι κίνδυνοι και οι σχετικές επικίνδυνες δραστηριότητες που εκδηλώνονται σε κάθε στάδιο του κύκλου ζωής ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου και παρουσιάστηκε συνοπτικά ο τρόπος με τον οποίο επηρεάζουν άμεσα την υγεία των εργαζομένων και πως συνίσταται να αντιμετωπίζονται σύμφωνα με τους κανονισμούς. Στη συνέχεια, προσδιορίστηκαν τα συχνότερα ατυχήματα που πραγματοποιούνται σε υπεράκτια αιολικά πάρκα, αντλώντας πληροφορίες από αναφορές ατυχημάτων που έχουν δημοσιευθεί στο διαδίκτυο. Το επόμενο βήμα, ήταν να μελετηθούν τα ατυχήματα αυτά ως προς τις αιτίες που οδηγούν στην εμφάνιση τους και τις συνέπειες που έχουν στην υγεία των εργαζομένων. Για να πραγματοποιηθεί αυτό, κατασκευάστηκαν τρία διαγράμματα Bow-tie, τα οποία αναλύθηκαν σε ποιοτικό επίπεδο. Έπειτα, τα διαγράμματα χρησιμοποιήθηκαν για να παρουσιαστούν δύο πραγματικά ατυχήματα ώστε να αναδειχθεί έμπρακτα ο τρόπος λειτουργίας τους. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε ανάλυση με Minimal Cut Sets στα δέντρα σφαλμάτων των διαγραμμάτων Bow-tie. Με αυτό τον τρόπο αξιολογήθηκαν τα μέτρα πρόληψης του κινδύνου που μπορεί να εφαρμοστούν για να ελαχιστοποιηθεί η εμφάνιση των ατυχημάτων και να αυξηθεί η ασφάλεια στο υπεράκτιο αιολικό πάρκο. Τέλος, μελετήθηκαν ποιοτικά τα δέντρα γεγονότων ώστε να προσδιοριστούν τα γεγονότα που είναι πιθανόν να οδηγήσουν σε απώλεια της ζωής των εργαζομένων.

12.2 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα υπεράκτια αιολικά πάρκα, όπως αποδείχτηκε από όλη τη μελέτη, αποτελούν ένα επικίνδυνο περιβάλλον εργασίας. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνεται συγκεντρώνοντας τα επίπεδα επικινδυνότητας με τα οποία αντιστοιχήσαμε τα σενάρια των ατυχημάτων στα δέντρα γεγονότων. Σύμφωνα με το Διάγραμμα 48, τα επίπεδα επικινδυνότητας 0 και 1 βρίσκονται σε πολύ χαμηλά επίπεδα (3%-6%) και για τα τρία ατυχήματα. Αντίθετα, το επίπεδο 2 και το επίπεδο 3 καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος των σεναρίων (25% έως 66%). Συγκρίνοντας τα ατυχήματα μεταξύ τους, η ανυψωτική εργασία (65%) και η πρόσβαση εργαζομένου (66%) περιλαμβάνουν τα περισσότερα σενάρια με επίπεδο τραυματισμού 3. Στο ατύχημα της σύγκρουση σκάφους με ανεμογεννήτρια το μεγαλύτερο ποσοστό των σεναρίων αντιστοιχούν σε επίπεδο 2 (60%). Συνεπώς, και τα τρία ατυχήματα που μελετήθηκαν θέτουν σε σοβαρό κίνδυνο την υγεία των εργαζομένων. Ωστόσο, πιο κρίσιμα για την

ασφάλεια των εργαζομένων είναι η υπεράκτια ανυψωτική εργασία και η πρόσβαση εργαζομένου από σκάφος στην ανεμογεννήτρια.



Διάγραμμα 48 Κατανομή των επιπέδων της επικινδυνότητας συγκεντρωτικά για τα τρία ατυχήματα

Στην μεγάλη επικινδυνότητα των υπεράκτιων αιολικών πάρκων συμβάλλει κυρίως η άμεση επαφή των εργαζομένων με το θαλάσσιο περιβάλλον και η πολυπλοκότητα των διαδικασιών. Κατά τη διάρκεια όλου του κύκλου ζωής οι εργαζόμενοι έρχονται αντιμέτωποι με ένα ευρύ φάσμα κινδύνων, όπως παρουσιάστηκαν αναλυτικά στην Ενότητα 4. Οι περισσότεροι από αυτούς τους κινδύνους είναι κοινί για όλες τις βιομηχανίες αλλά υπάρχουν και κίνδυνοι που οφείλονται στην ιδιομορφία ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου. Συνεπώς, έχουμε την εμφάνιση νέων κινδύνων που προκύπτουν μέσα από το συνδιασμό των πλωτών μέσων και των ανεμογεννητριών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιας εργασίας είναι η μεταφορά των εργαζομένων με σκάφος στο χώρο του αιολικού πάρκου και η επιβίβαση του προς και από τις ανεμογεννήτριες.

Οι νέοι κίνδυνοι που προκύπτουν από τον ιδιαίτερο τρόπο λειτουργίας ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου δεν συμπεριλαμβάνονται σε καμία νομοθεσία που να αφορά την ασφάλεια των εργαζομένων. Μέχρι στιγμής, εφαρμόζονται οι κανονισμοί που ισχύουν για όλες τις βιομηχανίες και αφορούν τις ανεμογεννήτριες και οι κανονισμοί που ισχύουν για τα πλοία. Δεν υπάρχει ειδική νομοθεσία που να λαμβάνει υπόψιν της το συνδιασμό αυτών των δύο στοιχείων και η ήδη υπάρχον νομοθεσία δεν επαρκεί για να καλύψει τις ιδιαιτερότητες ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου. Ως άμεσο αποτέλεσμα, οι εργαζόμενοι παραμένουν εκτεθειμένοι στους νέους κινδύνους θέτοντας σε κίνδυνο την υγεία και την ασφάλεια τους. Ωστόσο, διάφοροι οργανισμοί έχουν εκδώσει οδηγίες-προτάσεις για την ασφάλεια στα υπεράκτια αιολικά πάρκα αλλά οι οδηγίες αυτές δεν έχουν υποχρεωτικό χαρακτήρα εάν δεν συμπεριληφθούν στην εθνική νομοθεσία. Για αυτό το λόγο είναι αναγκαία

η θέσπιση ειδικής νομοθεσίας που να λαμβάνει υπόψη την αλληλεπίδραση των ανεμογεννητριών με το θαλάσσιο περιβάλλον και την αλληλεπίδραση των ανεμογεννητριών με τα σκάφη.

Η νομοθεσία θα περιλαμβάνει όλες τις εργασίες που πραγματοποιούνται σε ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο και τις ιδιαιτερότητες τους. Επίσης, για κάθε μια θα προσδιοριστούν τα μέτρα πρόληψης του κινδύνου που πρέπει να εφαρμόζονται από τα πάρκα. Για να οριστούν αποτελεσματικοί κανόνες, που θα περιλαμβάνουν όλα τα κρίσιμα σημεία ασφάλειας, απαιτείται να πραγματοποιηθούν ανάλογες μελέτες υγιεινής και ασφάλειας. Για παράδειγμα, μέσα από τη μελέτη ατυχημάτων θα προσδιοριστούν οι τομείς στην ασφάλεια που υστερούν και πρέπει να αναβαθμιστούν στη νέα νομοθεσία.

Μέσα από την Ενότητα 9, παρουσιάστηκε ο τρόπος παρουσίασης ενός ατυχήματος, αξιοποιώντας τα διαγράμματα Bow-tie που κατασκευάστηκαν. Από την παρουσίαση προέκυψαν συμπεράσματα σχετικά με τα μέτρα πρόληψης του κινδύνου που απέτυχαν στο ρόλο τους και προτάθηκαν μέτρα για την ενίσχυση της ασφάλειας. Στον Πίνακα 11 παρουσιάζονται συγκριτικά τα αποτελέσματα που προέκυψαν από αυτά τα σενάρια ατυχημάτων.

Πίνακας 11 Συγκεντρωτικά στοιχεία της παρουσίασης δύο ατυχημάτων

	Ατύχημα Νο1	Ατύχημα Νο2
Αιτία ατυχήματος	Απρόσμενη αλλαγή καιρικών συνθηκών	Ανθρώπινο λάθος και Μη επαρκής χρόνος αλλαγής πορείας
Συνέπεια ατυχήματος	Κανένας τραυματισμός	Τραυματισμός εργαζομένου
Μέτρα πρόληψης κινδύνου που δεν λειτούργησαν αποτελεσματικά	<ul style="list-style-type: none"> • Συχνός έλεγχος καιρικών συνθηκών • Επιτήρηση εργασίας 	
Προτεινόμενα μέτρα αύξησης ασφάλειας	Αναδιαμόρφωση μέτρων ασφαλείας για έναρξη εργασιών σε δύσκολες καιρικές συνθήκες	Οι εργαζόμενοι να παραμένουν καθισμένοι κατά τη διάρκεια μετακίνησης τους με σκάφη πρόσβασης

- Αναδιαμόρφωση μέτρων ασφαλείας για έναρξη εργασιών σε δύσκολες καιρικές συνθήκες

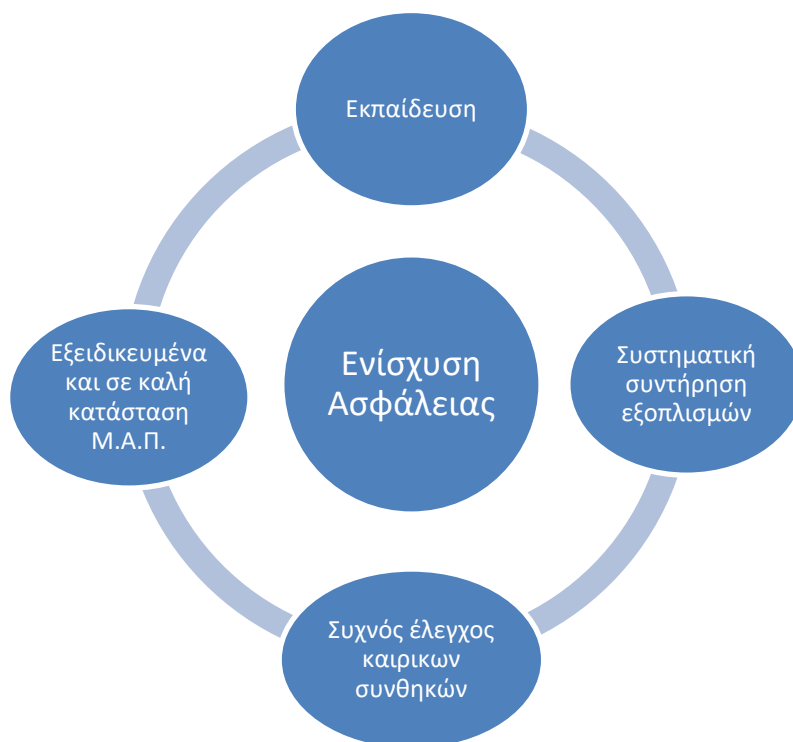
Σύμφωνα με τη συγκεκριμένη μελέτη και τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την Ενότητα 9, κρίσιμος παράγοντας για τη διατήρηση της ασφάλειας στην εργασία είναι οι καιρικές συνθήκες που επικρατούν στην ανοιχτή θάλασσα, όπως τονίστηκε στην Ενότητα 4.17. Στα υπεράκτια αιολικά πάρκα επικρατούν συχνά δύσκολες καιρικές συνθήκες με αποτέλεσμα πολλές φορές οι εργασίες να πραγματοποιούνται κατά τη διάρκεια μη ευνοϊκών συνθηκών καθώς δεν υπάρχει το χρονικό περιθώριο

αναβολής τους. Σε αυτές τις περιπτώσεις, όπου γίνεται έναρξη των εργασιών ενώ επικρατούν ήδη δύσκολες καιρικές συνθήκες, όπως περιγράφηκε στην Ενότητα 9.1, πρέπει να εφαρμόζονται αυστηρότερα κριτήρια ασφάλειας.

➤ Παραμονή εργαζομένων σε καθιστή θέση κατά τη μεταφορά με σκάφη

Σύμφωνα με την Ενότητα 9.2, προτεινόμενο μέτρο ασφάλειας είναι η παραμονή των εργαζομένων σε καθιστή θέση κατά τη μεταφορά τους με σκάφη στους χώρους του πάρκου. Σύμφωνα με οδηγία, οι εργαζόμενοι που μεταφέρονται με σκάφος πρέπει να παραμένουν καθιστοί κατά τη διάρκεια του ταξιδιού (IMCA, 2014) (Leanwind, 2014). Η οδηγία αυτή αναμένεται να ενταχθεί στους υποχρεωτικούς κανονισμούς ασφαλείας (MAIB, 2010)

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα μέτρα πρόληψης του κινδύνου στα οποία πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή, ώστε να ενισχυθεί η ασφάλεια σε ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο, όπως προέκυψαν από την ποιοτική μελέτη των διαγραμμάτων Bow-tie στις Ενότητες 10 και 11. Τα περισσότερα από αυτά τα μέτρα είναι κοινά και για τους τρεις τύπους ατυχημάτων που μελετήθηκαν. Το γεγονός αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για την ενίσχυση της ασφάλειας γιατί δίνοντας προσοχή σε ένα μέτρο αυξάνεται ταυτόχρονα το επίπεδο ασφάλειας στις τρεις πιο συχνά πραγματοποιησιμες επικίνδυνες εργασίες. Στο Διάγραμμα 49 παρουσιάζονται τα μέτρα πρόληψης του κινδύνου που συνεισφέρουν σημαντικά σε όλα τα ατυχήματα που μελετήθηκαν και προέκυψαν από την ανάλυση τόσο των δέντρων σφαλμάτων όσο και των δέντρων γεγονότων.



Διάγραμμα 49 Τα κοινά μέτρα πρόληψης του κινδύνου των τριών ατυχημάτων

Συγκεκριμένα, από την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στην Ενότητα 10, έπειτα από τη μελέτη των δέντρων σφαλμάτων με minimal cut sets και αξιολογώντας τα διάφορα μέτρα πρόληψης προέκυψαν τα τρία πιο αποδοτικά μέτρα πρόληψης του κινδύνου, τα οποία είναι κοινά και για τα τρία ατυχήματα που μελετήθηκαν. Αν λοιπόν κατά τη λειτουργία του πάρκου εφαρμοστούν αποτελεσματικά ένα ή περισσότερα από αυτά τα τρία μέτρα τότε εξαλείφονται κάποιες αιτίες που οδηγούν στην εκδήλωση των τριών ατυχημάτων και συνεπώς αυξάνεται το επίπεδο ασφάλειας του πάρκου. Τα κρίσιμα μέτρα είναι ο συχνός έλεγχος των καιρικών συνθηκών, η εκπαίδευση του προσωπικού και η συστηματική συντήρηση του μηχανολογικού εξοπλισμού.

➤ Συχνός έλεγχος καιρικών συνθηκών

Η σπουδαιότητα των καιρικών συνθηκών και η αναγκαιότητα για πρόβλεψη του καιρού και εκτίμηση της κατάστασης πριν από την έναρξη της εργασίας, προέκυψε και από την μελέτη στις Ενότητες 4.17 και 9.1. Η πρόβλεψη των καιρικών συνθηκών περιλαμβάνει πάντα ένα ποσοστό αβεβαιότητας και για αυτό δεν μπορεί να τεθεί υπό έλεγχο. Ωστόσο, θα ήταν ωφέλιμο να πραγματοποιείται συχνά εκτίμηση των καιρικών συνθηκών και να οριστούν αυστηρά κριτήρια για το πότε επικρατούν ακατάλληλες καιρικές συνθήκες για την εκτέλεση των εργασιών. Συγκεκριμένα, πρέπει να υπάρχει παρακολούθηση του καιρού καθ' όλη τη διάρκεια εκτέλεσης της εργασίας και άμεση ενημέρωση των υπεύθυνων για πιθανή επιδείνωση. Στην οριοθέτηση των επιτρεπόμενων ορίων πρέπει να ληφθούν υπόψιν παράγοντες όπως το είδος της εργασίας, η τοποθεσία του πάρκου και ο τύπος του σκάφους. Επίσης, πρέπει να χρησιμοποιείται ο κατάλληλος εξοπλισμός για την πρόβλεψη του καιρού και πλήρως εκπαιδευμένο προσωπικό.

➤ Εκπαίδευση εργαζομένων

Το ανθρώπινο λάθος είναι ένας σημαντικός και απρόβλεπτος παράγοντας στην πρόκληση ατυχημάτων. Ο υπεύθυνος ασφαλείας πρέπει να λάβει υπόψιν του ότι δεν επαρκούν οι καλύτερες τεχνολογίες και ο σωστός συντονισμός για την ασφαλή εκτέλεση της εργασίας από τη στιγμή που εμπλέκεται ο ανθρώπινος παράγοντας. Αντίθετα, η συνεχής εκπαίδευση των εργαζομένων και η εξοικείωση με τους εξοπλισμούς του πάρκου ελαχιστοποιεί τα ανθρώπινα ατυχήματα. Επίσης, απαιτείται η ευαισθητοποίηση των εργαζομένων σε θέματα ασφάλειας και η εκπαίδευση τους στον τρόπο που πρέπει να εκτελούνται οι εργασίες χωρίς να θέτουν σε κίνδυνο την ζωή τους. Ακόμα, το προσωπικό πρέπει να παρακολουθεί ειδικά σεμινάρια αντιμετώπισης καταστάσεων έκτακτης ανάγκης (π.χ. εγκατάλειψη σκάφους). Η εκπαίδευση των εργαζομένων πρέπει να αναλαμβάνεται από εξειδικευμένο προσωπικό και να προσαρμόζεται ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες κάθε υπεράκτιου αιολικού πάρκου.

➤ Συστηματική συντήρηση μηχανολογικού εξοπλισμού

Οι εργασίες συντήρησης είναι πολύ σημαντικές για τους μηχανολογικούς εξοπλισμούς καθώς διατηρούν υψηλά την μηχανική αντοχή και την αξιοπιστία τους. Για αυτό το λόγο θα ήταν χρήσιμο κάθε πάρκο να διαθέτει ένα ειδικό πρόγραμμα εργασιών συντήρησης ανάλογα με τις εγκαταστάσεις του, το οποίο να περιλαμβάνει όλο τον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται στο πάρκο. Επιπλέον, το χρονοδιάγραμμα πρέπει να τηρείται και να ελέγχεται η τήρηση του από τον υπεύθυνο εργασιών. Ακόμα, οι εργασίες συντήρησης πρέπει να εκτελούνται από εξειδικευμένο προσωπικό ώστε να διασφαλίζεται η ασφάλεια κατά την εκτέλεση των εργασιών αλλά και μετά το πέρας της συντήρησης. Αξίζει επίσης να αναφέρουμε ότι εξαιτίας του θαλάσσιου περιβάλλοντος, τα μηχανήματα φθείρονται πιο γρήγορα γεγονός το οποίο πρέπει να ληφθεί υπόψιν στο προγραμματισμό των εργασιών συντήρησης.

Όσον αφορά τη ποιοτική μελέτη των δέντρων γεγονότων, τα μέτρα πρόληψης του κινδύνου που προέκυψαν ως κρισιμότερα και ταυτίζονται για δύο ή όλα τα ατυχήματα είναι η εκπαίδευση του προσωπικού στη αντιμετώπιση επικίνδυνων καταστάσεων, η χρήση εξειδικευμένων και σε καλή κατάσταση μέτρων ατομικής προστασίας και η ύπαρξη σκάφους διάσωσης στο χώρο λειτουργίας των ανεμογεννητριών. Στη συνέχεια παρουσιάζονται συνοπτικά μόνο δύο τελευταία μέτρα πρόληψης καθώς η εκπαίδευση των εργαζομένων και ο ρόλος της στον έλεγχο του ανθρώπινου παράγοντα παρουσιάστηκε προηγουμένως.

➤ Χρήση κατάλληλου σωσίβιου και γενικά Μέτρων Πρόληψης Κινδύνου

Το σωσίβιο, όπως αναφέρθηκε στη Ενότητα 11.4, συμπεριλαμβάνεται στα μέσα ατομικής προστασίας τα οποία πρέπει να χρησιμοποιούν οι εργαζόμενοι για να ενισχύουν την ασφάλεια τους κατά τη διάρκεια της εργασίας τους. Με τον όρο μέσα ατομικής προστασίας αναφερόμαστε εκτός από το σωσίβιο σε εξοπλισμό όπως κράνος, φόρμα εργασίας, υπόδηση, γάντια (Πίνακας 10). Για να είναι αποτελεσματικά τα μέτρα ατομικής προστασίας πρέπει να επιλέγονται ειδικά για κάθε ξεχωριστή εργασία, να αποθηκεύονται σωστά και να συντηρούνται.

➤ Σκάφος διάσωσης στο χώρο λειτουργίας των ανεμογεννητριών

Όπως προέκυψε από τη μελέτη των δέντρων γεγονότων, ένα σκάφος διάσωσης, το οποίο είναι σε θέση να προσφέρει έγκαιρα βοήθεια στους εργαζόμενους, συνεισφέρει σημαντικά στην ενίσχυση της ασφάλειας. Για να μπορέσει να δράσει αποτελεσματικά πρέπει να βρίσκεται στο χώρο του πάρκου καθ'όλη τη διάρκεια εκτέλεσης εργασιών και να είναι εφοδιασμένο με κατάλληλο εξοπλισμό (π.χ. σχοινιά, σωσίβια) και εξειδικευμένο προσωπικό.

12.3 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΤΗΚΑΝ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ

Αρχικά, για τη μελέτη ατυχημάτων που έχουν συμβεί σε υπεράκτια αιολικά πάρκα χρειαζόμασταν συγκεκριμένα δεδομένα από διάφορες καταγραφές αλλά οι πληροφορίες που βρέθηκαν ήταν πολύ περιορισμένες. Συγκεκριμένα, δεν είχαμε πρόσβαση στα αρχεία της HSE όπου καταγράφονται λεπτομερώς το μεγαλύτερο μέρος των ατυχημάτων και τα καταγεγραμμένα ατυχήματα που βρέθηκαν (CWIF List) ήταν σχετικά πολύ λίγα. Επιπλέον, δεν περιελάμβαναν σαφείς αναφορές για τις αιτίες που οδήγησαν στην εκδήλωση του κάθε ατυχήματος ούτε λεπτομερή περιγραφή τους ώστε να καταλήξουμε σε συμπεράσματα. Για αυτό το λόγο δεν μπορούσαμε να υπολογίσουμε πιθανότητες για τα ατυχήματα, τις οποίες θα χρησιμοποιούσαμε στη συνέχεια για την ποσοτική εκτίμηση των διαγραμμάτων Bow-tie.

Επίσης, δεν υπήρχαν σαφής αναφορές που να περιγράφουν με λεπτομέρεια πως ακριβώς πραγματοποιείται μια υπεράκτια εργασία, για παράδειγμα η επιβίβαση του προσωπικού στην ανεμογεννήτρια. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να ληφθούν κάποιες παραδοχές για την κατασκευή των διαγραμμάτων, οι οποίες έγιναν με την απαραίτητη διασταύρωση και βασίστηκαν σε πληροφορίες που αντλήθηκαν από τις οδηγίες ασφάλειας (Παράρτημα Α). Για παράδειγμα, και για τα τρία ατυχήματα θεωρήθηκε ότι δεν πραγματοποιείται κάποιος έλεγχος της αξιοπιστίας των μηχανολογικών εξοπλισμών πριν από την έναρξη της εργασίας.

12.4 ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Η ραγδαία ανάπτυξη των υπεράκτιων αιολικών πάρκων και η πολλά υποσχόμενη μελλοντική τους πορεία έχει καταστήσει αναγκαία την εστίαση των ερευνητών στον τομέα της υγιεινής και ασφάλειας με στόχο την προστασία των εργαζομένων. Οι εργαζόμενοι σε ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο εκτίθενται καθημερινά σε υψηλά επίπεδα κινδύνου και για αυτό το λόγο απαιτείται εκτίμηση των επικίνδυνων εργασιών και διαμόρφωση των συνθηκών εργασίας ώστε να περιοριστεί η πρόκληση ατυχημάτων. Ωστόσο, ο στόχος αυτός αποτελεί μια δύσκολη διαδικασία καθώς οι μελετητές έρχονται αντιμέτωποι με κινδύνους οι οποίοι συνδυάζουν τη χερσαία βιομηχανία με το θαλάσσιο περιβάλλον και τις καινοτόμες τεχνολογίες. Για αυτό το λόγο, ο τομέας της υγιεινής και ασφάλειας για τα υπεράκτια αιολικά πάρκα συνεχίζει μέχρι σήμερα να αποτελεί μια πρόκληση για τους ερευνητές καθώς τα επίπεδα επικινδυνότητας παραμένουν υψηλά και εφαρμόζονται συνεχώς νέες τεχνολογίες, οι οποίες απαιτούν περαιτέρω μελέτη.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΚΙΝΔΥΝΟΙ- ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ	ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ-ΟΔΗΓΙΕΣ	
ΑΓΝΩΣΤΕΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	Managing HSE in a geophysical contract	<i>International Association of Oil & Gas Producers (2009)</i>
ΑΕΡΟΠΟΡΙΚΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ	CAA Policy and Guidelines on Wind Turbines	<i>Civil Aviation Authority (2016)</i>
ΑΝΥΨΩΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	LOLER Lifting Operations and Lifting Equipment Regulations	<i>HSE (1998)</i>
	Safe use of work equipment Provision and Use of Work Equipment Regulations 1998	<i>HSE (1998)</i>
	Ships and cargoes-Marine Notices	<i>Maritime and Coastguard Agency (2014)</i>
	Technical guidance on the safe use of lifting equipment offshore	<i>HSE (2007)</i>
ΔΟΝΗΣΗ	Hand-arm vibration The Control of Vibration at Work Regulations 2005 Guidance on Regulations	<i>HSE (2005)</i>
	Whole-body vibration The Control of Vibration at Work Regulations 2005 Guidance on Regulations	<i>HSE (2005)</i>
	The Merchant Shipping and Fishing Vessels (Control of Vibration at Work) Regulations 2007	<i>Maritime and Coastguard Agency (2007)</i>
ΕΡΓΑΣΙΑ ΣΕ ΜΕΓΑΛΟ ΥΨΟΣ	The Work at Height Regulations 2005	<i>Government UK (2005)</i>
	Working at height, A brief guide	<i>HSE (2014)</i>
ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΠΑΣΣΑΛΩΝ	Managing health and safety in construction (Design and Management) Regulations 2007 Approved Code of Practice	<i>HSE (2007)</i>

	Οδηγίες για την ασφαλή χρήση τσιμεντοκονιάματος στην κατασκευή	<i>HSE (2012)</i>
	Εργασίες που χρησιμοποιούν επικίνδυνα υλικά, συγκεκριμένη αναφορά για τις κατασκευές με τσιμέντο	<i>HSE (2011)</i>
ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ	Memorandum of guidance on the Electricity at Work Regulations 1989	<i>HSE (1989)</i>
ΘΟΡΥΒΟΣ	Controlling noise at work , The Control of Noise at Work Regulations 2005	<i>HSE (2005)</i>
	Ships and cargoes Marine Notices	<i>Maritime and Coastguard Agency (2014)</i>
	Noise at work, A brief guide to controlling the risks	<i>HSE (2011)</i>
ΚΑΛΩΔΙΩΣΗ	DNV-RP-F401 - Electrical Power Cables in Subsea Applications obtainable from ISO 13628-5:2002 Petroleum and natural gas industries -- Design and operation of subsea production systems -- Part 5: Subsea umbilicals.	DNV
ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΩΝ ΜΕΣΩ ΘΑΛΑΣΣΑΣ	Marine and Coastal Access Act 2009	<i>Maritime and Coastguard Agency (2014)</i>
ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΟΙ ΧΩΡΟΙ	Safe work in confined spaces Confined Spaces Regulations 1997	<i>HSE (1997)</i>
ΠΡΟΝΟΙΑ- ΕΥΗΜΕΡΙΑ	Workplace health, safety and welfare Workplace (Health, Safety and Welfare) Regulations 1992	<i>HSE (1992)</i>
	Managing the causes of work-related stress, A step-by-step approach using the Management Standards	<i>HSE (2007)</i>

	Managing shiftwork Health and safety guidance	<i>HSE (2006)</i>
	The development of a fatigue / risk index for shift workers	<i>HSE (2006)</i>
ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΩΝ	Safe use of work equipment Provision and Use of Work Equipment Regulations 1998	<i>HSE (1998)</i>
	Safety during Transfers of Persons to and from Ships	<i>Maritime and Coastguard Agency (2011)</i>
	Technical guidance on the safe use of lifting equipment offshore	<i>HSE (2006)</i>
	The Work at Height Regulations 2005	<i>Government UK (2005)</i>
	CAP 437 Standards for Offshore Helicopter Landing Areas	<i>Civil Aviation Authority (2016)</i>
ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΠΟΥ ΕΠΙΚΡΑΤΟΥΝ ΣΤΟΝ ΩΚΕΑΝΟ	DNV-OS-J-101 - Design of Offshore Wind Turbine Structures, obtainable from DNV Offshore Standards webpage: Section 3, Parts B-E give a detailed description of Met ocean data required for design purposes	DNV
ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	The Management of Health and Safety at Work Regulations 1999	<i>Government UK (1999)</i>
	Managing health and safety in construction (Design and Management) Regulations 2007 Approved Code of Practice	<i>HSE (2007)</i>
ΦΩΤΙΑ	Controlling fire and explosion risks in the workplace, A brief guide to the Dangerous Substances and Explosive Atmospheres Regulations	<i>HSE (2013)</i>
	The Regulatory Reform (Fire Safety) Order 2005	<i>Government UK (2005)</i>
	Dangerous substances and explosive atmospheres Dangerous Substances and Explosive Atmospheres Regulations 2002 Approved Code of Practice and guidance	<i>HSE (2002)</i>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β (Πηγή: (CWIF, 2015))

Hazards involved	Time, Place	Phase	Incident description	Personnel	Environment	Material	
Technical failure	29/01/2014 Saeby wind farm, Jutland Denmark	operation	"Vestas blades break in Denmark". Two 44m blades broken at a V90 turbine at a Danish windfarm, only one month after it had been commissioned. The two blades broke from the same turbine. Winds were not high at the time.	-	-	Blade destroyed	http://www.windaction.org/posts/39657-vestas-blades-break-in-Denmark
Collision	31/03/2014 Redcar offshore wind farm, Teesside, England	operation	Yacht's crew run aground after trying to avoid Teesside wind farm. Two lifeboats had to be launched after a yacht ran aground on rocks at Redcar after trying to avoid a wind farm. No mention of any injuries.	-	-	-	https://www.windwatch.org/news/2014/03/31/yachts-crew-runaground-after-trying-to-avoid-teesside-windfarm/
Collision	04/04/2014 Offshore, Great Yarmouth, England		RIDDOR reportable accident - three Crewmen injured following collision between crew transfer vessel and wind turbine. The incident occurred aboard Crew Transfer Vessel (CTV) Kinmel Bay on 04 May 2014. 3 x techs were working on the rotor lock task and whilst approaching WTG H19F to conduct lock out activities, one of the technicians, who was sitting at the front of the vessel, noticed through the window that the vessel was travelling at too great a speed to avoid collision with the turbine and called out to the other techs to brace for impact. The vessel then struck the wind turbine at speed. All three technicians received injuries to varying extents and following initial First Aid treatment. It was decided that the techs were fit enough to return to port on the CTV. On their return	3 minor injuries	-	-	

			to Port of Mostyn, all three technicians stated that they did not wish to attend A&E so the techs were de-briefed and statements were taken. Later the following day (05/05/2014), the techs were again asked if they wanted to have further medical treatment to which they agreed and were sent to Glan Clwyd Accident & Emergency Department for further examination, at which time the following injuries were identified for two of the techs: (1) Raymond Taylor – Impact injuries to his chest and left arm; (2) Lee Jennings – Impact injuries to his neck, left arm.				
Marine operation	04/04/2014 Offshore, Great Yarmouth, England		Not reported above - As the CTV was returning to the Port of Mostyn, the skipper came out of the channel and the CTV became beached on a sand bank, which resulted in a further 2 hour (approx) delay whilst the tide changed enough to re-float the vessel.	-	-	-	
Falling from height	16/05/2014 Walney offshore wind farm, Barrow coast, north west England	operation	"Barrow coast windfarm ship worker plunged five decks to death". 26 year old Latvian Aleksejs Kuznecovs died after falling 20 metres. The incident took place on 1 March. The deceased should have been on the engine room at the time of his death and why he fell remains a mystery. An open verdict was declared.	1 fatal	-	-	http://www.nwemail.co.uk/news/barrowcoast-windfarm-ship-worker-plunged-fivedecks-to-death-1.1135724
Vibration	04/07/2014 Teesside offshore wind farm, England	operation	"Vibrations shut down EDF turbines". Turbines reported to have been shut down in January 2014 then switched on/off to determine issues with vibration on the transformer housings	-	-	-	http://www.windaction.org/posts/40757-vibrations-strike-down-edf-turbines

Marine operation	07/07/2014 Mediterranean Sea, off Sardinia Italy	installation	"Prysmian loses EUR 28m cables at sea". A vessel carrying the cables for two German offshore Windfarms has capsized off the coast of Sardinia, losing its cargo. The crew was uninjured.	-		-	http://www.windaction.org/posts/40771-prysmian-loses-eur-28m-cables-atsea#.VC6SSfldV8E
	09/07/2014 Barrow offshore wind farm, England UK	operation	"Man flown to hospital after suffering head injury at Barrow offshore wind farm". Man suffered head injuries on the Neptune barge in the Irish Sea, six miles west of Barrow. He required immediate evacuation to hospital. Vattenfall later confirmed that the man had been carrying out routine maintenance	1 injury	-	-	http://www.nwemail.co.uk/news/man-flown-to-hospital-after-suffering-head-injury-at-barrow-offshore-wind-farm-
slip	14/07/2014 London Array wind farm, North Sea, England	operation	RIDDOR reportable accident - operator sprained ankle while working on offshore turbine. Teams of rope access technicians are carrying out work to replace lightning conductors on the wind turbines. On 14 July 2014 the injured person Mr. Jose Perez was standing on the entry hatch to the nacelle (which was closed), and was getting into position to pull the ropes up from outside the turbine. The surface was slightly greasy and he slipped and twisted as he landed, resulting in a sprained ankle.	1 injury	-	-	
Collision	14/08/2014 Walney coast, NW England	operation	"Barrow lifeboat called out after vessel collides with wind turbine off Walney coast". 450 tone, 40m long support and survey vessel 'OMS Pollux' swung into a wind turbine pile, damaging the vessel and causing it to leak oil.	-	Leak oil	Vessel damage	https://www.windwatch.org/news/2014/08/15/barrow-lifeboat-called-out-after-vessel-collides-with-wind-turbine-off-walney-coast/
Technical failure	26/12/2014 Mebemblik, Netherlands		turbine lost both blades. The hub and rotors are below the water surface. The cause is presently unknown.	-	-	Blade destroyed	https://www.windwatch.org

Diving	15/07/2013 Riffgat offshore wind farm, north of Borkum		Diver killed during performing offshore wind work in North Sea". British diver reported to have been killed while working at the 108WM, He dies between July 12 and 13. The 26-year old was buried in 20-meter water depth by a concrete mat.	1 Fatal	-	-	North American Wind power on 15 July 2013. Original source reported to be Die Wel
Technical failure	11/10/2013 Belfast Harbour, Belfast, Ireland	transportation	"Workers escape as wind turbine collapses at Belfast Harbour" Wind turbine tower "collapsed" onto a digger when being moved. The tower was 140 feet high.	-	-	-	http://www.windaction.org/posts/38770-workers-escape-as-wind-turbine-collapses-at-belfast
Fire	2012 Transformer platform for offshore wind farm, Rotterdam Netherlands		No details of incident. Provision of analysis, advice and restoration of fire damaged components.	-	-	-	http://www.arepa.com/Products%20&%20Solutions/Wind%20turbines/index.html
Collision	23/11/2012 Sheringham Shoal offshore wind farm, Sheringham, England	operation	"Seamen hurt after collision with turbine; lifeboat to rescue". Five seamen reported injured after their vessel collided with a wind turbine. The men were working on the wind farm off Sheringham. All five crew sustained injuries and a doctor was transferred to the vessel by lifeboat	5 injuries	-	-	http://www.edp24.co.uk/news/update_windfarm_boat_in_collision_with_turbine_support_at_sheringham_shoal_returns_to_sea_1_1702800
	20/11/2012 Greater Gabbard offshore wind farm, England		"SSE beats Fluor in £300m wind farm legal fight". The claim is in regard to structural integrity of 52 of the 140 turbines				http://www.windaction.org/news/36556
Technical failure	11/08/2012 Redcar offshore wind farm, England	operation	"Redcar wind farm halted as officials free rig" The leg on a construction support jack up barge became stuck in mud	-	-	-	http://www.windaction.org/news/35759
	22/04/2012 Bard Offshore wind farm, near Emden Germany	construction	"Three killed constructing offshore wind Farms". Three separate drowning fatalities reported of construction workers working on German projects in the North Sea.	3 fatal	-	-	http://www.windwatch.org/news/2012/04/22/three-killed-constructing-offshore-wind-farms/

Extreme weather	01/12/2011 Offshore test site, near Bergen, Norway		Extreme weather causes floating wind turbine prototype to sink" 1/6th scale model reported sunk. No details available of any environmental damage	-	-	Turbine destroyed	http://www.windaction.org/news/33756
	14/11/2011 Greater Gabbard offshore wind site, England	operation	Wind farm worker airlifted to hospital". Engineer airlifted to hospital from the top of a turbine at Greater Gabbard offshore wind site. He suffered "minor injuries".	1 injury	-	-	http://www.windaction.org/news/33614
Technical failure	22/10/2011 Kentish Flats offshore wind farm, Herne Bay, England		Drilling rig crippled in accident at wind farm" Leg reported to have sheared off drilling rig at the Kentish Flats offshore windfarm. The 850 tone rig was left crippled after one of its four legs sheared through. The leg remains stuck in the seabed	-	-		http://www.windaction.org/news/33387
	15/08/2011 Skegness, Lincolnshire, England		Skegness lifeboat rescues injured windfarm worker". Lifeboat crew rescued an injured wind farm worker. He had suffered a head injury and required hospital treatment.	1 injury	-	-	http://www.windwatch.org/news/2011/08/15/skegnesslifeboat-rescues-injured-windfarm-worker/
Lifting operation	10/06/2011 Mostyn Port, North Wales	construction	Lifting incident at Mostyn Port". Part of one of the turbines for the Walney II offshore wind farm was dropped at the port. No-one was hurt but equipment was damaged. The part dropped was an 80-tonne, 25m turbine top tower	-	-	Damaged equipment	http://www.windwatch.org/news/2011/06/10/lifting-incidentat-mostyn-port/
Technical failure	10/01/2011 Walney offshore wind farm, England		Investigation into turbine blade fall". Construction accident - 18 tonne blade broke free from hoist during lifting at Walney offshore wind farm. Two workers were badly shaken by the accident and later quit.	2 injuries	-	Blade destroyed	http://www.nwemail.co.uk/news/investigation-into-turbine-blade-fall-1.797860?referrerPath=home/2.3320
Environmental effect – internal: corrosion	August 2010 UK		Siemens are repairing corroded turbine bearings offshore. Routine maintenance discovered that the "protection" (gaskets?) had failed for the hub bearings.	-	-	Corroded turbine	

Lifting operation	21 May 2010	Transportation	While loading cargo a cradle collapsed from a crane at a port in Harwich, Essex. A 45-ton turbine blade hit two workers.	1 fatality 1 serious injury	-	-	
Lifting operation	May 2010 Bard Offshore 1, Germany	Installation	A 90-metre foundation tube fell back onto the deck of an installation vessel while installing the sixth of 80 tri-pile foundations to be sunk into the seabed.	-	-	-	
Structural failure, seabed	April 2010, Horns rev	operation	After examining 20 turbines at Horns Rev 1 and another five at Kentish Flats, Vatten fall concluded that it was necessary to repair the transition pieces connecting the towers to the monopile foundations sunk into the seabed. The same problem was experienced at a Dutch offshore wind farm	-	-	-	
Lifting operation	13 Nov 2009 Gabbard, UK	Installation	During construction of a wind farm, an accident occurred when a chain snapped and struck two workers on board the tugboat 'Typhoon'.	1 fatality 1 minor injury	-	-	
Weather	Robin Rig, UK. January 2009	installation	Severe sea conditions made an installation vessel lose three anchor lines. All personnel were evacuated. There were 48 knot winds and sea swell of between 4 and 5 m (13 – 16 ft.) in the area at the time.	-	-	-	
Lifting operation	21 February 2008, Barrow, UK	operation	When a technician was descending the ladder from the transition piece, the platform hatch dropped down and hit him on the head. The procedure is to be changed so that the hatch is left open when you leave the transition piece.	1 minor injury	-	-	Barrow Annual Report 2007-8
Lifting operation	2007, two incidents at Kentish Flats, UK		During the mounting of a ballast block there was a misunderstanding between the operator and signalmen (no radio was in use). The block was dropped some five metres away from three Vestas engineers working on the gangway. Radios are now to be used for all lifting operations and no	-	-	-	

			<p>personnel are allowed on deck or near the working area when lifts are underway.</p> <p>Another severe incident occurred during a gearbox change. Crane operations were being undertaken on the deck of the 'Sea Energy' when the boom outrigger cylinder hit and damaged a blade on the WTG.</p>				
Technical failure	September 2007		<p>"Danish wind turbine manufacturer Vestas Wind Systems AS is developing a new offshore wind turbine model following recent gear box problems at several of its currently operating turbines, the Swedish magazine Ny Teknik said. Peter Wenzel Kruse said gear boxes are a problem for the entire wind power industry, because strains on the boxes increase as ever bigger windmills are built".</p>	-	-	Gear box	
Marine operation	16 Sep 2007 Robin Rigg offshore wind farm, Scotland	Installation	<p>Thirty-eight wind farm workers were rescued from a jack-up barge, in the Solway Firth last night after it began to capsize. The spokesman said the legs of the jack-up barge appeared to have punctured the sea bed, causing them to bend and the vessel to list badly.</p>	-	-	-	
Lifting Operation	29 July 2007, Ijmuiden port, Netherlands	Installation	<p>The operator of a 60-metre high crane aboard the jack-up barge Sea Jack ran out of wire rope. The crane's huge steel boom crashed down onto the quayside. The incident happened at the supply port for the Q7 project.</p>	-	-	-	
Weather	30 April 2007 Scorby Sands, UK	operation	<p>A blade was destroyed due to a lightning strike</p>	-	-	Blade destroyed	

Lifting Operation	24 January 2007 Barrow, UK		Whilst using the davit on the transition piece the shackle pin (50g) on the lifting gear came loose and fell approximately 10m on to the vessel	-	-	-	
Lifting Operation	13 October 2006 Barrow, UK		While lifting hoses for a generator gearbox oil change from the vessel Amstelestroom up to the nacelle on WTG D5, the deck winch blocked. The chain failed and dropped, 80% landed in the sea and 20% landed on the deck of the vessel.	-	-	-	
	May 2005 North Hoyle offshore wind farm, UK		Lost Time Accident - cut head on an open window	1 injury	-	-	http://www.decc.gov.uk/en/content/cms/what_we_do/lc_uk/lc_business/lc_economy/env_trans_fund/wind_grants/wind_grants.aspx
	April 2005 North Hoyle offshore wind farm UK		Lost Time Accident - twisted ankle	1 injury	-	-	http://www.decc.gov.uk/en/content/cms/what_we_do/lc_uk/lc_business/lc_economy/env
	January 2005 North Hoyle offshore wind farm UK		Lost Time Accident - twisted ankle	1 injury	-	-	http://www.decc.gov.uk/en/content/cms/what_we_do/lc_uk/lc_business/lc_economy/env_trans_fund/wind_grants/wind_grants.aspx

Βιβλιογραφία

- ABS. (2001). *Guidance notes on risk assessment applications for the marine and offshore oil and*
- Andrawus, J. (2008). *Maintenance optimization for wind turbines*. The Robert Gordon University.
- Andrews, J. (1998). *Fault Tree Analysis*. UK.
- CGE. (2015). *Bow-Tie method*. Ανάκτηση από CGE Risk Management Solutions:
<http://www.cgerisk.com/knowledge-base/risk-assessment/thebowtiemethod>
- Christensen, C., Andersen, L. W., & Pedersen, P. H. (n.d.). *Ship Collision Risk for an Offshore Wind Farm*.
- Costa Neto, F. P., Ribeiro, J. L., Ugulino, K. L., & Mingrone, S. M. (2014). *Safety Barriers Integrity Management System*. Brazil: The Italian Association of Chemical Engineering.
- CWIF. (2015). *Caithness Windfarm Information Forum*. Ανάκτηση από Summary of Wind Turbine Accident data to 30 September 2015: <http://www.caithnesswindfarms.co.uk/>
- Dalgic, Y., Lazakis, I., Dinwoodie, I., McMilan, D., & Revie, M. (2014). Advanced logistics planning for offshore windfarm operation. *Elsevier*.
- Danish Working Environment Authority. (2010). *Working Environment Act*. Ανάκτηση από
<http://engelsk.arbejdstilsynet.dk/en/Regulations/acts/Working-Environment-Act/arbejdsmiljoeloven1.aspx>
- Danish Working Environment Authority. (2013). *Consolidated Act on Safety, etc. for Offshore Installations for Exploration, Extraction and Transport of Hydrocarbons (Offshore Safety Act)*.
- Det Norske Veritas. (2001). *Marine Risk Assessment*. Prepared for the HSE.
- ECF. (2010). *Roadmap 2050, A PRACTICAL GUIDE TO A PROSPEROUS, LOW-CARBON EUROPE*.
- Elsayed, T., Leheta, H., Shehadeh, M., & Sherede, M. (2008). *Assessment of operational risks to personnel on board fixed offshore structures*. Egypt.
- EWEA. (2015). *The European Wind Energy Association*. Ανάκτηση από The European offshore wind industry- key trends and statistics 2014:
<http://www.ewea.org/fileadmin/files/library/publications/statistics/EWEA-European-Offshore-Statistics-2014.pdf>
- G9 . (2014). *Incident data report*. G9, Offshore Wind Health and Safety Association.
- G9. (2014). *The safe management of small service vessels used in the offshore wind industry*. G9 Offshore Wind Hands Association, ENERGY INSTITUTE, LONDON.

- Government UK. (1974). *HSWA*. Ανάκτηση από <http://www.legislation.gov.uk/ukpga/1974/37/contents>
- Helmera. (n.d.). *Υπεράκτια Αιολικά Πάρκα*.
- HSE. (2006). *Guidance on Risk Assessment for Offshore Installations*.
- HSE. (2008). *LOLER 1998*.
- HSE. (2008). *Optimising hazard management by workforce engagement and supervision*.
- HSE. (2014). *Annual offshore statistics and regulatory activity report*.
- HSE. (2014). *Risk assessment: A brief guide to controlling risks in the workplace*.
- HSE. (2016). Ανάκτηση από <http://www.hse.gov.uk/offshore/>
- HSE. (2016). *RIDDOR*. Ανάκτηση από <http://www.hse.gov.uk/riddor/index.htm>
- Huggett, J., Labouchere, C., & Whitmore, D. (2003). *Asset management's tools and techniques*. Institute of Asset Management.
- ILO,MLO,ITF. (n.d.). *ILO, MARITIME LABOUR CONVENTION AND ITF GUIDANCE ABOUT THE HEALTH AND SAFETY ON BOARD SHIPS*. <http://www.itfseafarers.org>
- IMCA. (n.d.). Ανάκτηση από Dynamic Positioning: <http://www.imca-int.com/marine-division/dynamic-positioning.aspx>
- IMCA. (2007). *Guidelines for Lifting Operations*.
- IMCA. (2014). *Guidance on the Transfer of Personnel to and from Offshore Vessels and Structures*.
- IMO. (2015). *International Marine Organization*. Ανάκτηση από <http://www.imo.org>
- Inspection, L. (2012). *Act relating to working environment, working hours and employment protection, etc*. Ανάκτηση από <http://www.arbeidstilsynet.no/binfil/download2.php?tid=92156>
- IWEA. (2011). *Transport of abnormal loads to windfarms*. Draft Consultation on Safety Excellence Standards.
- Kececioglu. (1991). *Reliability Engineering Handbook*.
- Kohda, T. (2006). A Simple Method to Derive Minimal Cut Sets for a Non-coherent Fault Tree. *International Journal of Automation and Computing 2*.
- Kougioumtzoglou, M., & Lazakis, I. (2014). *Developing a Risk Analysis and Decision Making Strategy for an Offshore Wind Farm*.
- Leanwind. (2014). *Collaborative project, Logistic Efficiencies And Naval architecture for Wind Installations with Novel Developments, Novel vessels and equipment*.

- Leanwind. (2014). *Collaborative project, Logistic Efficiencies And Naval architecture for Wind Installations with Novel Developments, WP Framework/Industry Challenges Report – construction, deployment and installation.*
- Lewis, S., & Smith, K. (2010). *Lessons Learned from Real World Application of the Bow-tie Method.* San Antonio, Texas.
- MAIB. (2010). Marine Accident Investigation Branch, Incidents reported to MAIB involving operational windfarms and access to them. *Offshore wind farm statistics.*
- meteoprogr. (n.d.). *Ιστοσελίδα για την πρόγνωση του καιρού.* Ανάκτηση από Θερμοκρασία επιφάνειες θάλασσας: <http://www.meteoprogr.gr/el/water/AllSeas/>
- Ministry of Labor and Social Affaires. (1996). Ανάκτηση από http://www.gesetze-im-internet.de/englisch_arbschg/
- Ministry of Labour. (2016). *Code du travail* . Ανάκτηση από <http://www.legifrance.gouv.fr>
- Ministry of Social Affairs and Employment. (n.d.). *Working Conditions Act.*
- OSHA. (2013). *Occupational safety and health in the wind energy sector.* European Agency for Safety and Health at Work.
- Ouache, R., & Adham, A. (2014). *Reliability Quantitative Risk Assessment in Engineering System using Fuzzy Bow-tie.* Malaysia: University Malaysia Pahang.
- Philly, J. (2006). *Collar hazards with a bow-tie.*
- Pietrzykowski. (2007). Assessment of Navigational Safety in Vessel Traffic in an Open Area. *International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation.*
- RenewableUK. (2012). *Vessel Safety Guide, Guidance for Offshore Renewable Energy Developers.*
- RenewableUK. (2014). *Offshore Wind and Marine Energy.* Ανάκτηση από www.RenewableUK.com
- Rogers, A., Ásmundsson, E., Jama, I., Hansen, K., & Burlacu, V. (2014). *Safety Legislations and Standards for Offshore Lifting and Transportation of Wind Turbine Components.* Aalborg University.
- Rogers, Burlacu, HassanJama, & Asmundsson. (2014). *Safety Legislations and Standards for Offshore Lifting and Transportation of Wind Turbine Components.* Denmark: Aalborg University.
- Sangaalofa , C., & Wynand , V. S. (2012). *Minimal Cut Sets and the Use of Failure Modes in Metabolic Networks.*
- Saud, Y., Israni, K., & Goddard, J. (2012). *Bow-tie Diagrams in Downstream Hazard Identification and Risk Assessment.*

- Silvianita, Khamidi, M., & Kurian V. John. (2011). *Critical Review of a Risk Assessment Method and its Applications*. Singapore: IACSIT Press.
- Transportation Research Board. (2013). *Worker Health and Safety on Offshore Wind Farms, Special Report 310*. Washington, D.C.
- Tveiten, C., Albrechtsen, E., Heggset, J., Hofmann, M., Jersin, E., Leira, B., και συν. (2011). *HSE challenges related to offshore*. Sintef.
- UK legislation. (n.d.). *The Merchant Shipping and Fishing Vessels (Health and Safety at Work) Regulations 1997*. Ανάκτηση από [legislation.gov.uk](http://www.legislation.gov.uk):
<http://www.legislation.gov.uk/ukxi/1997/2962/contents/made>
- Van, L. U. (2012). *Risk analysis methods within offshore*. Norwegian University of Science and Technology.
- Δασκαλάκης, Α. (2012). *Πλωτά Υπεράκτια Αιολικά Πάρκα σε Βαθιά Νερά και Υβριδικά Συστήματα Προσωρινής Αποθήκευσης και Ανάκτησης της Ενέργειας*.
- Ευρωπαϊκός Οργανισμός για την Υγεία και την Ασφάλεια στην Εργασία. (n.d.). *Η οδηγία-πλαίσιο για την ασφάλεια και την υγεία κατά την εργασία*. Ανάκτηση από
<https://osha.europa.eu/el/legislation/directives/the-osh-framework-directive/the-osh-framework-directive-introduction>
- Κορωνάιος, Χ. (2012). *Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας*. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- ΛΑΓΗΕ. (n.d.). *Λειτουργός Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας*. Ανάκτηση από Αιολικά Πάρκα στη θάλασσα: <http://www.lagie.gr/systema-eggyimenon-timon/ape-sithya/adeiodotiki-diadikasia-kodikopoiisi-nomothesias-ape/periechomena/aiolika-stin-xira/aiolika-parka-sti-thalassa/>
- Παυλίδης, Π. (2005). *Ιατροδικαστική θεωρεία και εφαρμογές*. Πανεπιστημιακές εκδόσεις Θράκης.
- Σπύρου, Κ. (2010). *Σχεδίαση πλοίων για ασφάλεια και περιβαλλοντική προστασία*. ΕΜΠ.
- Χατζημπίρος. (2014). *Υπεράκτια αιολικά πάρκα στην προοπτική του 2050*.