

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ



ΔΠΜΣ: ΝΑΥΤΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ
ΕΠΙΣΤΗΜΗ

ΡΟΗ 3: ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

Εφαρμογή της Θεωρίας Λήψης Αποφάσεων κατά Bayes
για τον Έλεγχο Ναυτικών Ατυχημάτων



Επιβλέπων Καθηγητής: Βεντικός Νικόλαος

Φλωρή Αικατερίνη

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής διατριβής αισθάνομαι την υποχρέωση να εκφράσω τις ιδιαίτερες ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα Καθηγητή κύριο Βεντίκο Νικόλαο για την πολύτιμη συνεργασία, τη σημαντικότερη προσφορά των γνώσεων και της εμπειρίας του καθώς και για την ευκαιρία που μου έδωσε να προχωρήσω στη μελέτη ενός πολύ χρήσιμου εργαλείου σε προβλήματα λήψης αποφάσεων, το οποίο βασίζεται στη στατιστική θεωρία του Bayes.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες πρέπει να δοθούν στο Δρ. Βαρουχάκη Εμμανουήλ για την καθοδήγησή του, τις ιδέες και τις προτάσεις του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της Διπλωματικής Διατριβής, αλλά και για την πολύ χρήσιμη κι αρμονική συνεργασία.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον πολύ καλό μου φίλο και υποψήφιο Διδάκτορα κ. Παλόγο Ιωάννη για την υποστήριξη και πολύτιμη βοήθεια του κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας εργασίας.

*Αφιερώνεται στον «Παναγιώτη Φ.»: στο Ναύαγιο
της 24^{ης} Μαρτίου και στο Ναυπηγείο
Basimakoroi Shipyard.*

Πίνακας Περιεχομένων

Περιεχόμενα εικόνων.....	4
Περιεχόμενα Πινάκων	5
Περίληψη.....	6
Abstract	7
Κίνητρο-Σκοπός της εργασίας.....	7
1. Ναυτικά Ατυχήματα.....	8
1.1 Η έννοια του ατυχήματος.....	8
1.2 Περιπτώσεις Ατυχημάτων	10
1.3 Αίτια Ναυτικών Ατυχημάτων.....	12
1.4 Νομοθεσία θαλάσσιων μεταφορών	15
1.5 Ο ρόλος της σημαίας του πλοίου	19
1.6 Προβλήματα Ναυτικών ατυχημάτων	20
1.7 Σοβαρότητα Ναυτικών Ατυχημάτων.....	21
1.8 Στοιχεία των ατυχημάτων στο Αιγαίο την περίοδο 1999-2009.....	23
2. Επιτήρηση θαλάσσιου χώρου VTMIS.....	24
2.1 Γενικά	24
2.2 Χαρακτηριστικά και λειτουργίες συστήματος VTMIS	27
2.3 Γραμμές δεδομένων – επικοινωνιών εθνικού συστήματος VTMIS	32
2.4 Περιγραφή και εξέλιξη του συστήματος VTS.....	33
2.5 Επέκταση του Εθνικού συστήματος Επιτήρησης στο Αιγαίο	35
2.6 Συνεισφορά συστήματος στην πρόληψη και καταστολή της ρύπανσης.....	36
3. Το λιμάνι της Σούδας-Περιγραφή της Περιοχής Μελέτης	37
3.1 Εισαγωγή.....	37
3.2 Κατάσταση Περιβάλλοντος	40
3.2.1 Κλίμα-θερμοκρασία-Υγρασία-Βροχοπτώσεις	40
3.2.2 Μορφολογικά – Τοπιολογικά - Εδαφολογικά χαρακτηριστικά	42
3.2.3 Υδρογεωλογία.....	43
3.2.4 Κυματικές συνθήκες – Ωκεανογραφικά χαρακτηριστικά -Ακτομηχανικά φαινόμενα.....	43
3.2.5 Ωκεανογραφικά Χαρακτηριστικά.....	46
3.2.6 Ακτομηχανικά φαινόμενα	50
3.3 Ανθρωπογενές περιβάλλον	51
3.3.1 Χρήσεις γης.....	51
3.3.2 Τεχνικές Υποδομές	51
3.3.3 Ανθρωπογενείς πιέσεις στο περιβάλλον.....	52

3.3.4	Ατμοσφαιρικό περιβάλλον.....	53
3.3.5	Θαλάσσιο περιβάλλον.....	53
3.4	Χαρακτηριστικά και Παροχές λιμένα Σούδας.....	54
4	Στατιστική Θεωρία Λήψης Αποφάσεων κατά Bayes για τον Έλεγχο Ναυτικών Ατυχημάτων.....	56
4.1	Εισαγωγή.....	56
4.2	Βασικές έννοιες στη Θεωρία Λήψης Αποφάσεων	56
4.3	Διαδικασία Λήψης Αποφάσεων.....	57
	Θεώρημα Bayes	58
4.4	Η Στατιστική Θεωρία Λήψης Αποφάσεων Κατά Bayes.....	59
4.5	Η Διαδικασία Λήψης Αποφάσεων κατά Bayes.....	59
4.6	Το Πρόβλημα ελέγχου των ναυτικών ατυχημάτων υπό το πρίσμα της Διαδικασίας Λήψης Αποφάσεων κατά Bayes	60
5	Μαθηματική Ανάλυση για γεγονότα ναυτικών ατυχημάτων	61
5.1	Διωνομική Κατανομή.....	61
5.2	Διαμόρφωση της συνάρτησης απώλειας	62
5.3	Συνάρτηση επιδίωξης.....	63
5.4	Συνάρτηση επικινδυνότητας Bayes.....	65
5.4.1	Η πιθανότητα γεγονότος ναυτικού ατυχήματος ως άγνωστη παράμετρος .	65
5.4.2	Δεδομένα Ναυτικών ατυχημάτων.....	65
5.4.3	Η περιγραφή της συνάρτησης πυκνότητας-πιθανότητας της προγενέστερης πληροφορίας	66
5.4.4	Υπολογισμός της Συνάρτησης Επικινδυνότητας του Bayes για το ενδεχόμενο γεγονός ναυτικού ατυχήματος στο Λιμάνι της Σούδας	66
6	Υπολογισμός των παραμέτρων της προγενέστερης κατανομής για ενδεχόμενο γεγονός ναυτικού ατυχήματος στο Λιμάνι της Σούδας	68
6.1	Εφαρμογή της παραμετρικής ανάλυσης του μοντέλου Bayes στην περίπτωση του Λιμανιού της Σούδας.....	68
7.	Συμπεράσματα.....	71
8.	Βιβλιογραφία.....	72

Περιεχόμενα εικόνων

Figure 1:	Ναγόγιο στη Λακωνία. [H.1].....	9
Figure 2:	Περιπτώσεις Ναυτικών Ατυχημάτων.[3]	11

<i>Figure 3: Ναυάγιο στο Γύθειο. [H.1].....</i>	12
<i>Figure 4: Ποσοστά ανθρώπινης και μηχανικής ευθύνης στα ναυτικά ατυχήματα. [6].....</i>	14
<i>Figure 5: Ναυάγιο στη Ζάκυνθο. [H.1].....</i>	15
<i>Figure 6: Ναυάγιο στην Άνδρο. [H.1].....</i>	19
<i>Figure 7: Ναυάγιο στην Καμτσάκ [H.1].....</i>	21
<i>Figure 8: Σοβαρότητα των ατυχημάτων [10].....</i>	23
<i>Figure 9: Τύπος πλοίου – Ποσοστό των ατυχημάτων ως προς τα συνολικά το.....</i>	23
<i>Figure 10: Αιτία ατυχημάτων – Ποσοστό των ατυχημάτων ως προς τα συνολικά το.....</i>	24
<i>Figure 11: Χώροι Εγκατάστασης VTS, RTS και σταθμών RSS. [14].....</i>	31
<i>Figure 12: Τρόπος επικοινωνίας μεταξύ των οντοτήτων του εθνικού συστήματος VTMISS. [14].....</i>	32
<i>Figure 13: Ενσύρματες γραμμές δεδομένων του συστήματος. [14].....</i>	32
<i>Figure 14: Γενική περιοχή κάλυψης της πρώτης φάσης. [14].....</i>	34
<i>Figure 15: Χάρτης προσανατολισμού Λιμανιού Σούδα [18].....</i>	38
<i>Figure 16: Υδρογραφικός χάρτης του κόλπου της Σούδας. [18].....</i>	40
<i>Figure 17: Σχέδιο ισχυρών ρευμάτων. [18].....</i>	46
<i>Figure 18: Ετήσια συχνότητα διεύθυνσης και δύναμης ανέμου Μ.Σ Χανίων (1964-1994). [18].....</i>	49
<i>Figure 19: Γραφική αναπαράσταση των συναρτήσεων επιδίωξης για τις αποφάσεις A(0) και A(1). 19.....</i>	64

Περιεχόμενα Πινάκων

<i>Πίνακας 1: Πίνακας τιμών μέγιστων κυματικών χαρακτηριστικών. [18].....</i>	44
<i>Πίνακας 2: Δυσμενέστερα ως προς τη διαταραχή κυματικά χαρακτηριστικά. [18].....</i>	44
<i>Πίνακας 3: Ετήσια εμφάνιση ανέμου στα Χανιά ανά κατεύθυνση και ένταση (ποσοστά επί τοις εκατό %). [18].....</i>	47
<i>Πίνακας 4: Ετήσια συχνότητα εμφάνισης μέγιστης έντασης ανέμου στα Χανιά, ανά Διεύθυνση.[18].....</i>	48
<i>Πίνακας 5: Επικρατούσες μηνιαίες διευθύνσεις και εντάσεις ανέμων στα Χανιά. [18].....</i>	48
<i>Πίνακας 6: Στοιχεία παλίρροιας Λιμένα Σούδας (τιμές σε μέτρα). [18].....</i>	49
<i>Πίνακας 7: Χαρακτηριστικά και Παροχές λιμένα Σούδας. [18].....</i>	55
<i>Πίνακας 8: Κίνηση φορτηγών εξυπηρέτησης Εμπορικού λιμένα Σούδας το μέσο μήνα του έτους (στοιχεία 10μήνου). [18].....</i>	55
<i>Πίνακας 9: Κατάπλοι και απόπλοι από το 2010 στο Λιμάνι της Σούδας.</i>	60
<i>Πίνακας 10: Θαλάσσια κυκλοφορία και ατυχήματα επιβατηγών πλοίων 2010-2015.....</i>	65
<i>Πίνακας 11: Θαλάσσια κυκλοφορία και ατυχήματα δεξαμενόπλοιων 2010-2015.....</i>	65
<i>Πίνακας 12: Θαλάσσια κυκλοφορία και ατυχήματα φορτηγών πλοίων 2010-2015.....</i>	65
<i>Πίνακας 13: Παραμετρική Ανάλυση πιθανότητας Ναυτικών Ατυχημάτων στο Λιμάνι της Σούδας.</i>	68
<i>Πίνακας 14: Συσχέτιση της βέλτιστης απόφασης και του ελάχιστου κόστους ενός ατομικού ατυχήματος σε κάθε περίπτωση.....</i>	69

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία ασχολείται με την εφαρμογή της θεωρία λήψης αποφάσεων κατά Bayes για τον έλεγχο των ναυτικών ατυχημάτων. Στο πρώτο κεφάλαιο ορίζεται η έννοια του ναυτικού ατυχήματος, περιγράφονται οι αιτίες των ναυτικών ατυχημάτων και η νομοθεσία των θαλασσιών μεταφορών. Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύονται τα χαρακτηριστικά και οι λειτουργίες ενός συστήματος VTMS, η εξέλιξη του και η επέκτασή του στο Αιγαίο. Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται περιγραφή της περιοχής μελέτης του κόλπου της Σούδας όπου βρίσκεται και το υπό μελέτη έργο.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναλύεται η στατιστική θεωρία λήψης αποφάσεων κατά Bayes για τον έλεγχο των ναυτικών ατυχημάτων. Περιγράφεται εκτενώς η μεθοδολογία λήψης αποφάσεων κατά Bayes και τα βασικά στάδια.

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται εκτενής μαθηματική ανάλυση των γεγονότων των ναυτικών ατυχημάτων. Ορίζονται οι αποφάσεις για την εγκατάσταση ενός συστήματος VTS ελέγχου της ροής των καραβιών με σκοπό την πρόληψη των ναυτικών ατυχημάτων (Απόφαση $A(1)$) ή να μην εγκατασταθεί ένα σύστημα VTS (Απόφαση $A(0)$), υπό τον κίνδυνο στο διάστημα αυτό να έχουμε Y γεγονότα ναυτικών ατυχημάτων σε ένα συνολικό αριθμό κατάπλων κι απόπλων των πλοίων ενός τύπου (N). Η μαθηματική έκφραση του προβλήματος περιγράφεται από τη διωνυμική κατανομή. Οι συναρτήσεις απώλειας κάθε απόφασης είναι το κόστος της αγοράς ενός συστήματος VTS για την απόφαση $A(1)$ και το κόστος της αποκατάστασης των ζημιών και των αποζημιώσεων (ευρώ/ατύχημα) ανάλογο με το συνολικό αριθμό γεγονότων ναυτικών ατυχημάτων. Η κατανομή βήτα εκφράζει την κατανομή πιθανότητας. Οι παράμετροι της κατανομής της πιθανότητας προκύπτουν με βάση την προσαρμογή των γεγονότων ναυτικών ατυχημάτων, που χρησιμοποιούνται ως προγενέστερη πληροφορία. Αντίστοιχα εκτιμάται η συνάρτηση επικινδυνότητας για την απόφαση $A(1)$ και $A(0)$. Η μαθηματική ανάλυση για τις δύο συναρτήσεις επικινδυνότητας του Bayes καταλήγει με την επιλογή της προτιμητέας απόφασης, δηλαδή της απόφασης με την μικρότερη διακινδύνευση. Για την

ποσοτικοποίηση της προγενέστερης πληροφορίας χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα που αφορούν ατυχήματα στο Δυτικό Κρητικό Πελάγος από το 2010-2015 για κάθε τύπο πλοίου που εισέρχεται στο λιμάνι της Σούδας.

Στο έκτο κεφάλαιο υπολογίζονται οι παράμετροι της προγενέστερης κατανομής για ενδεχόμενο γεγονός ναυτικού ατυχήματος στο Λιμάνι της Σούδας.

Abstract

In this thesis the installation of VTS system work or its postponement, based on the installation cost, is examined at the port of Souda in Crete. The dilemma is considered and examined as a decision-making problem. The methodology that is followed to provide the optimal decision is known as «Bayesian Statistical Decision Theory». According to this methodology the optimal decision or action is the one that maximizes the expected utility or minimizes the expected loss.

The likelihood of damage related to marine accident events, in the study area, is directly linked to marine accidents that happened in Western Cretan Sea for every kind of ship and the total number of ships that enter in the port of Souda. The Bayesian Statistical Decision Theory is based on prior information and on the loss function that sets the decision dilemma. The prior information impacts significantly on the decision-making process. In the present application the beta distribution is the appropriate form of statistical distribution density function to express prior information. According to methodology, loss function, goal function and Bayes risk were defined. Finally parametric analysis of Bayes risk was applied for the port of Souda. This is called a 'decision uncertainty' table that applies as a decision-making tool for the users.

Κίνητρο-Σκοπός της εργασίας

Η μετακίνηση μεγάλων ποσοτήτων (επικίνδυνων) φορτίων και μεγάλου αριθμού επιβατών διά της θαλάσσιας οδού αποτελεί μια επικίνδυνη δραστηριότητα, ακόμα και όταν χρησιμοποιείται σύγχρονη τεχνολογία. Επί πολλές δεκαετίες, πολίτες υποφέρουν από τις επιπτώσεις της ρύπανσης των ακτών τους ως αποτέλεσμα της ατυχηματικής ή σκόπιμης απόρριψης πετρελαίου από πλοία, ο αριθμός και το μέγεθος των οποίων

αυξάνεται ολοένα. Πέραν όλων αυτών, σημειώνονται εκατοντάδες ναυτικά ατυχήματα μικρότερης σημασίας και χιλιάδες συμβάντα κάθε χρόνο, και το πραγματικό και οικονομικό κόστος όλων αυτών των προβλημάτων είναι τεράστιο, σε ένα περιβάλλον όπου η κυκλοφοριακή πυκνότητα αυξάνεται.

Μία από τις βασικότερες ανησυχίες στο χώρο της ναυτιλίας ήταν, και θα είναι για πάντα, η ασφάλεια των πλοίων στη θάλασσα. Η βελτίωσή της, καθώς για πλήρη εξασφάλισή της δεν δύναται να γίνεται λόγος, αποτελεί πάντοτε στόχο όλων των εμπλεκομένων στο χώρο. Δυσαρέσκεια προκαλεί, όμως, το γεγονός ότι οι ενέργειες αυτές είναι, τις περισσότερες φορές, σπασμωδικές και γίνονται, συνήθως, μετά από κάποιο μεγάλο ατύχημα με κύριο σκοπό να μετριάσουν τις αντιδράσεις της κοινής γνώμης. Η μελέτη και η ενίσχυση της ναυτικής ασφάλειας αποτελεί κρίσιμο ζήτημα για τις θαλάσσιες μεταφορές και την ανταγωνιστικότητά τους.

Στην εποχή της εισαγωγής και της προώθησης για τη συνδυασμένη διακίνηση αγαθών και προσώπων με στόχο την αύξηση του εμπορικού μεριδίου των μεταφορών με πλοία δεν επιτρέπεται καμία παρέκκλιση από την ποιοτική και ασφαλή εφαρμογή αυτών των μεθόδων.

Η απόδοση ενεργού ολοκληρωμένου συστήματος είναι καθοριστική για τη διασφάλιση της ναυτικής ασφάλειας με σκοπό την αποφυγή των ναυτικών ατυχημάτων. Για τους παραπάνω λόγους κρίθηκε ενδιαφέρον να μελετηθεί το θέμα της εγκατάστασης ενός συστήματος VTS ελέγχου της ροής των караβιών για πρόληψη των ναυτικών ατυχημάτων και κατά πόσο αυτή η απόφαση συμφέρει σε ένα λιμάνι. Επιλέχθηκε το λιμάνι της Σούδας.

1. Ναυτικά Ατυχήματα

1.1 Η έννοια του ατυχήματος

Σύμφωνα με το ψήφισμα A 849 της 27^{ης} Νοεμβρίου 1997 του IMO περί της υιοθέτησης του Κώδικα για τη διερεύνηση Ατυχημάτων και Συμβάντων, ως ναυτικό ατύχημα ορίζεται κάθε συμβάν που πραγματοποιείται στη θάλασσα και έχει ως αποτέλεσμα κάποιο από το παρακάτω:

- Το θάνατο ή τον τραυματισμό ατόμου, ο οποίος προκλήθηκε από ή έχει σχέση με τις λειτουργίες του πλοίου.
- Την απώλεια ή τεκμαρτή απώλεια ή εγκατάλειψη του πλοίου.

- Υλική ζημιά στο πλοίο.
- Προσάραξη ή ανικανότητα του πλοίου ή εμπλοκή του σε σύγκρουση.
- Υλική ζημιά, η οποία προκλήθηκε από ή έχει σχέση με τη λειτουργία του πλοίου.
- Περιβαλλοντική ρύπανση, η οποία επήλθε από ζημιά στο πλοίο, που προκλήθηκε ή έχει σχέση με τις λειτουργίες του πλοίου.

Οι παράγοντες που συμβάλλουν στην πρόκληση του ατυχήματος είναι:

- ο άνθρωπος σε ποσοστό 60%.
- οι ζημιές στη δομή του πλοίου σε ποσοστό 12%.
- οι ζημιές στον εξοπλισμό του πλοίου σε ποσοστό 11%.
- η μηχανική βλάβη σε ποσοστό 7%.
- άγνωστη αιτία σε ποσοστό 5%.
- άλλες αιτίες σε ποσοστό 5%.

Πολύ σοβαρό ατύχημα σημαίνει το ατύχημα, που δεν χαρακτηρίζεται ως πολύ σοβαρό και το οποίο περιλαμβάνει: Φωτιά, έκρηξη, πρόσκρουση, επαφή με άλλο πλοίο, σοβαρή ζημιά λόγω καιρού, ζημιά λόγω πάγου, ρήγμα στο κύτος ή υπόνοια ελαττώματος στο κύτος, τα οποία καταλήγουν σε ζημιά, η οποία καθιστά το πλοίο μη αξιόπλοο, όπως εισροή υδάτων στο κύτος, ακινητοποίηση των κύριων μηχανών, εκτεταμένη ζημιά στις καμπίνες, ρύπανση (ανεξάρτητα από την ποσότητα) και ζημιά, η οποία απαιτεί ρυμούλκιση ή βοήθεια από την ξηρά. [1,2]



Figure 1: Ναυάγιο στη Λακωνία. [H.1]

1.2 Περιπτώσεις Ατυχημάτων

Συγκεκριμένα οι περιπτώσεις απωλειών πλοίων ή/και φορτίων που συνήθως οδηγούν σε ρύπανση του θαλάσσιου περιβάλλοντος μπορούν να συνοψιστούν στις εξής:

α) **Βύθιση πλοίου (Foundering or Sinking)** κυρίως στην ανοιχτή θάλασσα λόγω δυσμενών κλιματολογικών συνθηκών ή μετατόπισης φορτίου.

β) **Δυναμική Προσάραξη πλοίου (Power Grounding)**, ή όταν το πλοίο **εξοκείλει (Drift Grounding)**, συνήθως σε παράκτιες περιοχές με πυκνή κυκλοφορία εξαιτίας μηχανικής βλάβης, κακοκαιρίας, λανθασμένης πλοήγησης. Τα μεγάλα πλοία συχνά πέφτουν θύματα προσάραξης όταν βρίσκονται κοντά σε διεθνή στενά, κανάλια κ.λ.π, επειδή υπάρχει ελάχιστος χώρος για ελιγμούς.

γ) **Σύγκρουση ή Επαφή του πλοίου (Collision/Ramming)**. Στην πρώτη περίπτωση με άλλο ή με αλλά πλοία κυρίως στις θαλάσσιες περιοχές με συχνή κυκλοφορία (εσωτερικά ύδατα, αιγιαλίτιδες ζώνες, διεθνή στενά). Οι συγκρούσεις τις περισσότερες φορές είναι αποτέλεσμα ανθρώπινου λάθους. Στη δεύτερη περίπτωση με μια μόνιμη εγκατάσταση π.χ προβλήτες λιμένων, πλατφόρμες εξόρυξης πετρελαίου.

δ) **Πυρκαγιά / Έκρηξη (Fire or Explosion)** στις περιπτώσεις εκείνες που μεταφέρονται επικίνδυνα φορτία και το πλοίο δεν έχει άμεση βοήθεια από την πλησιέστερη ακτή.

ε) **Απώλειες λόγω πολεμικών εχθροπραξιών (War Loss)** ιδιαίτερα όταν τα εμπορικά πλοία έχουν επιταχθεί από την κυβέρνηση ενός κράτους για πολεμικούς σκοπούς και εμπλέκονται σε τέτοιου είδους γεγονότα.

στ) **Ζημιές στη δομή του πλοίου (Structural Failure)** ιδιαίτερα στο εξωτερικό περίβλημα ή στα τοιχώματα των δεξαμενών λόγω κλιματολογικών συνθηκών, μετατόπισης φορτίου, κακής συντήρησης με προφανή συνέπεια τη μη αντοχή των υλικών.

ζ) **Διάφορα** ατυχήματα (**Miscellaneous**) τα οποία περιλαμβάνουν: ι) μικτές μορφές των παραπάνω, π.χ πυρκαγιά και βύθιση, πρόσκρουση και βύθιση ιι) εσκεμμένη βύθιση πλοίου με τη μέθοδο του ανοίγματος οπών στα ύφαλα του πλοίου πιθανότατα για να μην περιέλθει το πλοίο στον έλεγχο του εχθρού η την εξοικονομήσει χρημάτων, π.χ από την ασφάλεια του ιιι) εξαφάνιση του πλοίου χωρίς αιτιολόγηση και ιιι) εγκατάλειψη του πλοίου. [3,4]

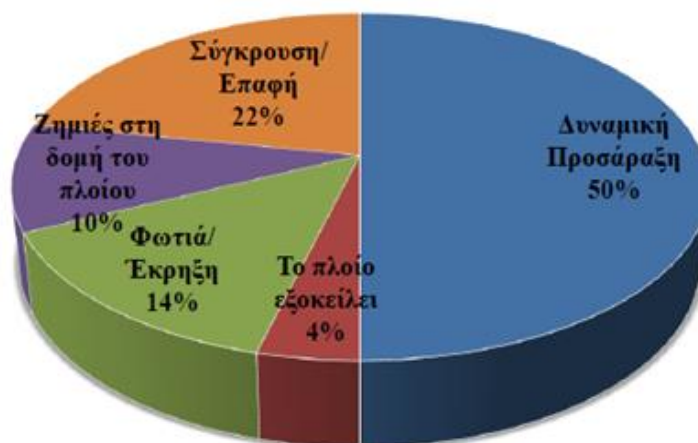


Figure 2: Περιπτώσεις Ναυτικών Ατυχημάτων.[3]

Είναι ευνόητο ότι όσο μεγαλύτερες είναι οι ποσότητες του φορτίου που μεταφέρονται, τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η προκαλούμενη ζημία στο θαλάσσιο περιβάλλον με όλες τις σχετικές συνέπειες.

Ωστόσο δεν είναι μόνο τα ατυχήματα δεξαμενόπλοιων που προκαλούν θαλάσσια ρύπανση. Πολλά αλλά είδη πλοίων όπως containers, bulk carriers είναι πιθανό να μεταφέρουν μεγαλύτερες ποσότητες πετρελαίου στις αποθήκες καύσιμου σε σχέση με μικρά tanker που το μεταφέρουν ως φορτίο. Παρόλο που ατυχήματα και εκλύσεις πετρελαίου (bunker spill) από τέτοιου είδους πλοία είναι σχετικά μικρότερου μεγέθους, τελικά προκαλούν μεγαλύτερα προβλήματα, (συμπεριλαμβανόμενου τις μεγαλύτερες διεκδικήσεις αποζημιώσεων) σε σχέση με ανάλογου μεγέθους πετρελαιοκηλίδων από tankers. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με στατιστικές ,το 28% των πετρελαιοκηλίδων τα τελευταία 15 χρόνια οφείλονται σε ‘bunker spills’ από τα προαναφερθέντα πλοία και όχι από ‘tankers’, ενώ τα τελευταία 2 χρόνια το ποσοστό αυτό έφτασε το 50%. [4,5]

Τα ατυχήματα διακρίνονται σε:

- Τυχαία, που οφείλονται σε αιτία εκτός ανθρώπινου παράγοντος.
- Υπαίτια, που οφείλονται σε δόλο ή αμέλεια ενός ή περισσότερων προσώπων.
- Δόλια, που προκαλούνται εκ προθέσεως με πλήρη γνώση και επιδίωξη των περισσότερων συνεπειών. [1]



Figure 3: Ναυάγιο στο Γύθειο. [Η.1]

1.3 Αίτια Ναυτικών Ατυχημάτων

Τα αίτια που προκάλεσαν τα ναυτικά ατυχήματα, τα ερευνά η χώρα της οποίας φέρει σημαία το πλοίο, ανεξάρτητα σε ποια περιοχή συνέβη το ατύχημα. Για το λόγο αυτό διενεργείται διοικητικός έλεγχος του ναυτικού ατυχήματος που διακρίνεται σε προανάκριση, τακτική ανάκριση και διαβίβαση της δικογραφίας στο Συμβούλιο Ελέγχου Ναυτικών Ατυχημάτων (Σ.Ε.Ν.Α), το οποίο γνωμοδοτεί για τις τυχόν πειθαρχικές ευθύνες, εφόσον δεν υπάρχουν ποινικές ή παράλληλα η υπόθεση οδηγείται στα Ποινικά Δικαστήρια του τόπου νηολόγησης του πλοίου ή της έδρας της εταιρείας που το διαχειρίζεται.

Στην Ελλάδα ως ναυτικό ατύχημα θεωρείται « Παν συμβεβηκός πλήττει το πλοίο και προκαλεί την απώλεια ή τη σοβαρή βλάβη αυτού και έχει ως αποτέλεσμα τη ζημιά

του μεταφερόμενου φορτίου κατά ποσοστό μεγαλύτερο του ¼ ,την απώλεια ζωής ή το σοβαρό μέλος τραυματισμό μέλους του πληρώματος ή επιβάτη. Εφόσον συντρέχουν οι παραπάνω προϋποθέσεις, ξεκινάει η διαδικασία διερεύνησης του ατυχήματος. Αρμόδιο όργανο για τον έλεγχο των ατυχημάτων είναι το Ανακριτικό Συμβούλιο Ναυτικών Ατυχημάτων. Ο έλεγχος αυτός διεξάγεται παράλληλα με τον ποινικό έλεγχο και λαμβάνεται σοβαρά υπόψη από τα δικαστήρια λόγω της εξειδικευμένης γνώσης των μελών του. [3,4]

Κυριότερες αιτίες Ναυτικών ατυχημάτων

Η αντιμετώπιση κάθε προβλήματος ξεκινά με την αναζήτηση της γενεσιουργούς και κύριας αιτίας. Στην περίπτωση των ατυχημάτων των επιβατηγών πλοίων στον Ελλαδικό θαλάσσιο χώρο υπάρχει μία βασική αιτία που ευθύνεται για δύο στα τρία ατυχήματα. Είναι η ίδια στην οποία οφείλονται περίπου το 85% των ατυχημάτων σε κάθε λογής εργασιακό χώρο (Sanders & McCormick, 1987), και η αιτία αυτή είναι ο ανθρώπινος παράγοντας. Ακολουθούν οι τεχνικές/λειτουργικές συμπτώσεις άσχετες με το πλοίο και στη συνέχεια τα καιρικά φαινόμενα.

Έτσι λοιπόν η ανθρώπινη κρίση και αντίδραση είναι πιο σημαντικό αίτιο πρόκλησης ατυχημάτων από ότι η ηλικία του πλοίου. Και αυτό διότι ένα πλοίο που πληρεί τις κατάλληλες προϋποθέσεις (τακτικές/έκτακτες συντηρήσεις, επιθεωρήσεις) και διαθέτει σωστά εκπαιδευμένο πλήρωμα, μπορεί να λειτουργήσει εξίσου σαν μια νέα κατασκευή. Βέβαια έχουν παρατηρηθεί και φαινόμενα για ορισμένα πλοία ιδίως υπό καθεστώς χρονοναύλωσης, με προφανή σκοπό την εξοικονόμηση χρηματικών ωφελειών, να επιμηκύνεται ο μέγιστος χρόνος ζωής τους με άμεση συνέπεια τη ρύπανση του θαλάσσιου περιβάλλοντος ενώ θα έπρεπε να είχαν ήδη αποσυρθεί.

Υπάρχει η τάση να γίνεται ένας διαχωρισμός μεταξύ του όρου ανθρώπινος παράγοντας (human factor) και ανθρώπινο σφάλμα (human error). Μάλιστα, έχουν επικρατήσει δύο διαφορετικοί ορισμοί για τους δύο αυτούς όρους. Έτσι ο ορισμός για τον ανθρώπινο παράγοντα είναι (Health and Safety Executive (HSE), 1999) : *Ο όρος ανθρώπινος παράγοντας καλύπτει ένα μεγάλο εύρος από θέματα: περιβαλλοντικούς, οργανωτικούς και εργασιακούς παράγοντες, τον σχεδιασμό του συστήματος, τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του έργου και του ανθρώπου που επιδρούν στη συμπεριφορά και επηρεάζουν υγεία και ασφάλεια.* Ο ορισμός του ανθρώπινου σφάλματος, είτε αυτό

είναι εκούσιο είτε ακούσιο, καθορίζεται ως εξής (Lorenzo, 1990): Ως ανθρώπινο σφάλμα θεωρείται κάθε ανθρώπινη ενέργεια ή απουσία της, που ξεπερνά ή αποτυγχάνει να φθάσει ένα επίπεδο αποδοχής, όπου τα όρια της ανθρώπινης συμπεριφοράς είναι καθορισμένα από το σύστημα.

Το συμπέρασμα που μπορεί να εξαχθεί από τη σύγκριση των δύο ορισμών είναι ότι ο όρος ανθρώπινος παράγοντας είναι πιο γενικός από τον όρο ανθρώπινο σφάλμα και περιλαμβάνει όλες τις τυχούσες παραλείψεις στο σχεδιασμό και την οργάνωση μιας επιχείρησης ή ενός έργου. Όμως τα όρια ανάμεσά τους δεν είναι πλήρως καθορισμένα και πολλές φορές ο διαχωρισμός τους είναι πολύ δύσκολος. [3,6]

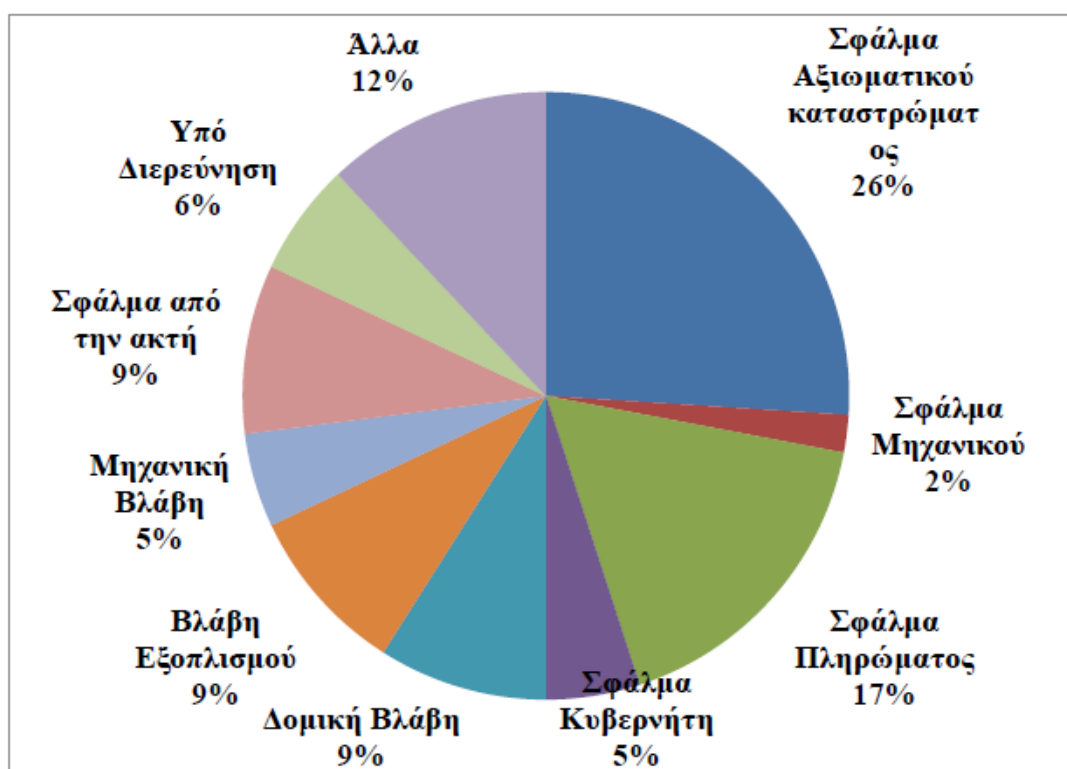


Figure 4: Ποσοστά ανθρώπινης και μηχανικής ευθύνης στα ναυτικά ατυχήματα. [6]

Περιορισμός συνεπειών ανθρώπινου παράγοντα

Τα προβλήματα που προκαλούνται από αυτόν τον παράγοντα είναι συχνά αναπόφευκτα. Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι άνθρωποι θα κάνουν πάντα λάθος, και υπάρχει ένα όριο στο τι μπορούμε να κάνουμε για να αλλάξουμε τη δεδομένη αυτή κατάσταση. Από τη στιγμή που είναι αναπόφευκτο το γεγονός ότι θα υπάρξουν λάθη,

η προσοχή μας εστιάζεται στη μείωση της πιθανότητας εμφάνισης αυτών των λαθών και στην ελαχιστοποίηση των συνεπειών που μπορούν να προκαλέσουν.

Σε εκτεταμένες καταστροφές, η αναφερόμενη αιτία ως “ανθρώπινο σφάλμα” ταυτίζεται συνήθως με λάθος ενέργεια του εκάστοτε εμπλεκόμενου εργαζόμενου, όμως ένα μερίδιο ευθύνης συχνά επιβαρύνει τους σχεδιαστές - κατασκευαστές του συστήματος. Η συνεχής εκπαίδευση, η σωστή κατάρτιση, η άρτια διαχείριση των ωρών και του όγκου της εργασίας είναι κάποιοι από τους παράγοντες που μπορούν να οδηγήσουν στην εξάλειψη μερικών λαθών. Όμως, τα λάθη που έχουν ως πηγή τους τα όρια των ανθρώπινων δυνατοτήτων και/ή το απροσδόκητο του περιβάλλοντος μειώνονται καλύτερα βελτιώνοντας την αλληλεπίδραση του σχεδιασμού του συστήματος (*system design*) με την αγωγή ασφάλειας (*safety culture*).[6]



Figure 5: Ναυάγιο στη Ζάκυνθο. [H.1]

1.4 Νομοθεσία θαλάσσιων μεταφορών

Ο κύριος παίκτης στη διαμόρφωση πολιτικής για τη θαλάσσια ασφάλεια είναι ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO), και ειδικά η Διεθνής Διάσκεψη για την Ασφάλεια της Ζωής στη Θάλασσα (γνωστή ως SOLAS). Εκτός από την SOLAS, ο IMO υιοθετεί και άλλα μέτρα που έχουν σχέση με τη θαλάσσια ασφάλεια, είτε έμμεσα είτε άμεσα. Παραδείγματα είναι η Διάσκεψη STCW για την εκπαίδευση και

πιστοποίηση των ναυτικών και ο κώδικας για πλοία μεγάλων ταχυτήτων (HSC Code). Ο Διεθνής Κώδικας Ασφαλούς Διαχείρισης (πιο γνωστός ως ISM Code) είναι ένα από τα εργαλεία για την αναβάθμιση της ασφάλειας των πλοίων που πιστοποιούνται σύμφωνα μ' αυτόν και είναι ένας από τους βασικούς πυλώνες για τη λεγόμενη ποιοτική ναυτιλία. Ο IMO ούτε υλοποιεί ούτε ελέγχει την εφαρμογή των κανονισμών, αυτό είναι ευθύνη των χωρών μελών του.

Σε ό,τι αφορά την υιοθέτηση του ISM, έγινε ως εξής: ο IMO στην 18η σύνοδό του, 4/11/1993, εγκρίνει το ψήφισμα A.741, το οποίο εν συνεχεία ενσωματώνεται στην συνθήκη SOLAS ως κεφάλαιο IX με τίτλο «*Διαχείριση για την ασφαλή λειτουργία των πλοίων και την πρόληψη θαλάσσιας ρύπανσης*», γνωστό ως ' ' Διεθνής Κώδικας Ασφαλούς Διαχείρισης ' '. Σε ό,τι αφορά τους στόχους του κώδικα αυτοί συνοψίζονται στα εξής σημεία:

- *Παροχή εν πλω ασφάλειας*
- *Πρόληψη ατυχήματος και απώλειας ανθρώπινης ζωής*
- *Αποφυγή ζημιών στο θαλάσσιο αλλά και γενικότερο περιβάλλον*

Ουσιαστικά ο κώδικας αποτελεί έναν οδηγό-μια κατεύθυνση για τις ναυτιλιακές. Παρέχει κάποιους γενικούς κανόνες και αρχές για την ανάπτυξη και συντήρηση ενός συστήματος ασφαλούς διαχείρισης για τα πλοία. Κάθε ναυτιλιακή εταιρεία λοιπόν, αντιλαμβάνεται της κατευθύνσεις του ISM υποκειμενικά. Ωστόσο για να είναι μια εταιρεία συνεπής με της απαιτήσεις του κώδικα θα πρέπει να τον υιοθετήσει αφενός για την ίδια, αλλά και για κάθε πλοίο της ξεχωριστά.

Ένα σημαντικό σημείο του ISM είναι ότι ουσιαστικά προσπαθεί να προωθήσει την αλλαγή νοοτροπίας και κουλτούρας σε ζητήματα εκπαίδευσης και ασφάλειας. Καθορίζει ορθές και ασφαλείς πρακτικές που πρέπει ένα πλοίο να ακολουθεί. Και εδώ ακριβώς είναι το δύσκολο σημείο: να αλλάξει η παραδοσιακή νοοτροπία που υπάρχει στον κλάδο της ναυτιλίας και στην ξηρά και στα πληρώματα των πλοίων.

Οφέλη από την εφαρμογή του ISM CODE

- Μείωση αριθμού ατυχημάτων.
- Μείωση των καθυστερήσεων των πλοίων στα λιμάνια.

- Μείωση κόστους συνέπεια της βελτίωσης των πρακτικών ασφαλούς διαχείρισης και της αποδοτικότητας.
- Αύξηση της εμπιστοσύνης των πελατών.
- Πιο ασφαλή μεταφορά φορτίων.
- Μείωση των ασφαλιστρών.
- Αλλαγή ηθικού της εταιρείας.
- Αλλαγή κουλτούρας (συμπεριφορά και τρόπος σκέψης).
- Εισαγωγή της ποιότητας στα συστήματα διαχείρισης μέσω των προτύπων ασφαλείας.

Πολλοί από τους στόχους του ISM αντικατοπτρίζονται στα πρότυπα ποιότητας της σειράς ISO9000. Άρα με βάση αυτό τα οφέλη από την εφαρμογή του ISM είναι όμοια με τα οφέλη από τα εν λόγω πρότυπα.

Εκτός από τον IMO, και διάφοροι άλλοι παίκτες παίζουν ρόλο στην ανάπτυξη, υλοποίηση και εφαρμογή πολιτικών για τη θαλάσσια ασφάλεια. Οι παίκτες αυτοί περιλαμβάνουν τα κράτη σημαίας (flag states), τα κράτη λιμένος (port states), τους νηογνώμονες και τον IACS, διεθνείς φορείς όπως την Ευρωπαϊκή Ένωση, οργανισμούς εργασίας όπως ο ILO, και γενικά ολόκληρο το φάσμα της ναυτιλιακής κοινότητας, όπως πλοιοκτήτες, ναυλωτές, λιμάνια, ναυπηγεία, ασφαλιστικές εταιρίες (P&I Clubs), περιβαλλοντικές οργανώσεις, κλπ.

Οι πολιτικές για τη θαλάσσια ασφάλεια που προωθούνται από τους παραπάνω φορείς ταξινομούνται σε πολλές κατηγορίες. Αυτές περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, προδιαγραφές εκπαίδευσης και πιστοποίηση των ναυτικών, καταλληλότητα για εργασία, απαγόρευση χρήσης αλκοόλ και ναρκωτικών ουσιών, καταγραφή της κόπωσης του πληρώματος, συνθήκες εργασίας και διαβίωσης επάνω στο σκάφος, και κοινή γλώσσα εργασίας μεταξύ των μελών του πληρώματος. Αντικείμενα επίσης είναι ο εξοπλισμός του πλοίου, το interface μεταξύ ανθρώπου και μηχανής, οι επικοινωνίες πλοίου-πλοίου και πλοίου-ξηράς, τα συστήματα διαχείρισης και ελέγχου θαλάσσιας κυκλοφορίας, τα συστήματα αναφοράς των πλοίων, και οι κανονισμοί ασφαλείας των λιμένων. Υπάρχουν επίσης κανόνες ναυσιπλοΐας, κανονισμοί φορτοεκφόρτωσης, κανονισμοί πυρόσβεσης, διαδικασίες έρευνας και διάσωσης,

περιβαλλοντική προστασία, σχεδίαση, κατασκευή και συντήρηση των πλοίων και διαδικασίες έκτακτης ανάγκης και εγκατάλειψης του πλοίου.

Δεν είναι δύσκολο να συνειδητοποιήσει κανείς ότι αυτός και μόνο ο μεγάλος αριθμός των παικτών καθώς και το τεράστιο εύρος θεμάτων που εμπλέκονται στη διαμόρφωση των πολιτικών για τη θαλάσσια ασφάλεια μπορούν να οδηγήσουν σε κάποιες ή ακόμη και σε όλες από τις ακόλουθες καταστάσεις:

- Υπερβολικός αριθμός κανονισμών.
- Πολύχρωμο μωσαϊκό κανονισμών.
- Επικαλύψεις μεταξύ κανονισμών.
- Αντιφάσεις μεταξύ κανονισμών.
- Κενά μεταξύ κανονισμών.

Τέτοιες καταστάσεις έχουν ευρύτατα επικριθεί από τη ναυτιλιακή κοινότητα ότι συμβάλλουν στη μείωση της ανταγωνιστικότητας της ναυτιλίας λόγω υπερβολικής νομοθεσίας, αλλά και στην έλλειψη ενός ολοκληρωμένου πλαισίου ασφάλειας λόγω των πιθανών κενών που μπορεί να προκαλέσουν τέτοιες ρυθμίσεις.

Ναυτιλιακοί κύκλοι θεωρούν ότι οι υπάρχοντες κανονισμοί ασφάλειας είναι κάτι παραπάνω από επαρκείς, αλλά ότι η έλλειψη αστυνόμευσης και απαραίτητης συμμόρφωσης σ' αυτούς είναι ο κύριος συντελεστής που προκαλεί τα ναυτικά ατυχήματα. Αυτό δημιουργεί ένα περιβάλλον αθέμιτου ανταγωνισμού που ευνοεί εκείνους που δεν συμμορφώνονται με τους κανονισμούς ασφάλειας και είναι σε βάρος εκείνων που είναι συνεπείς. Πολλοί υποστηρίζουν πως η προτεραιότητα πρέπει να δοθεί στην εφαρμογή της υπάρχουσας νομοθεσίας αντί να συζητείται η ανάπτυξη νέας. [7,8]



Figure 6: Ναυάγιο στην Άνδρο. [H.1]

1.5 Ο ρόλος της σημαίας του πλοίου

Όσον αφορά το ρόλο της σημαίας του πλοίου στην πρόκληση ατυχημάτων κανένας δε μπορεί να ισχυριστεί πως η σημαία του πλοίου μπορεί από μόνη της να αποτελέσει ισχυρή αιτία πρόκλησης ατυχημάτων. Γίνεται όμως κατανοητό ότι η σημαία ως παράμετρος «ρίσκου» είναι σημαντική, αφού η σημαία θεωρείται ως βαρόμετρο διαφόρων άλλων μεταβλητών που δεν μπορούν εύκολα να μετρηθούν.

Δεδομένου αυτού ένας αρκετά μεγάλος αριθμός χωρών υπέγραψε το λεγόμενο Μνημόνιο Συνεννόησης του Παρισιού με στόχο μέσω των επιθεωρήσεων των πλοίων από τις λιμενικές αρχές και καταγράφοντας τις όποιες κρατήσεις των πλοίων στα λιμάνια τους, να διακρίνονται και να επισημαίνονται τα πλοία αυτά που δεν συμμορφώνονται με τους διεθνείς κανόνες ασφαλείας και με τις διεθνείς ναυτιλιακές συμβάσεις.

Με τα στοιχεία αυτά που συλλέγονται από τις επιθεωρήσεις αυτές που γίνονται στα λιμάνια και αφορούν τις τυχόν πλημμέλειες που παρουσιάζουν τα πλοία διαμορφώνεται κατ' επέκταση ένας πίνακας αξιολόγησης των σημαιών που τα πλοία αυτά φέρουν. Με αυτό τον τρόπο καταρτίζονται οι λίστες αξιολόγησης-απόδοσης των

σημαιών που φέρουν τα πλοία. Η «μαύρη λίστα» περιλαμβάνει τις πιο επικίνδυνες κατά τα στοιχεία που συλλέγονται σημαίες, η γκρι λίστα τις λιγότερο επικίνδυνες και τέλος η λευκή περιλαμβάνει τις σημαίες εκείνες που πληρούν περισσότερο τις προδιαγραφές ασφαλείας που τίθενται από τις διάφορες διεθνείς συμβάσεις και τις νομοθεσίες των χωρών.

Τα ελληνικά πλοία και η ελληνική σημαία περιλαμβάνονται στη «λευκή λίστα» βάσει του Μνημονίου Συνεννόησης του Παρισιού που αυτό σημαίνει πρακτικά τα ελληνικά πλοία θα αντιμετωπίζουν πολύ λιγότερους ελέγχους και επιθεωρήσεις. Ιστορικά να επισημανθεί ότι το 1996 η χώρα μας βρισκόταν κυριολεκτικώς στη «μαύρη λίστα», το 1999 κατόρθωσε να μπει στη γκρι, στην οποία παρέμεινε για δύο χρόνια και από το 2003 και μετά περνά για πρώτη φορά στη λευκή λίστα όπου παραμένει μέχρι και σήμερα. [1]

1.6 Προβλήματα Ναυτικών ατυχημάτων

Το πρώτο πρόβλημα με τα στοιχεία των ναυτικών ατυχημάτων είναι ότι δεν είναι καταγεγραμμένα. Τις περισσότερες φορές τα πληρώματα δεν εκθέτουν τα προβλήματα στον ιδιοκτήτη τους, εκτός αν αυτά είναι πολύ σοβαρά, επειδή οι περισσότεροι ιδιοκτήτες δεν θέλουν να μπλέξουν με γραφειοκρατικές διαδικασίες και φυσικά οποιοδήποτε πρόβλημα αντιμετωπίζεται ως ψεγάδι. Όταν ο νηογνώμονας ή οι ασφαλιστές μάθουν για το ατύχημα τα δεδομένα αυτά βάσει συμβολαίου είναι εμπιστευτικά. Με αυτό τον τρόπο πολλά κατασκευαστικά προβλήματα παραμένουν κρυμμένα.

Το δεύτερο πρόβλημα με τα στοιχεία των ναυτικών ατυχημάτων είναι ότι τα περισσότερα δεν είναι προσβάσιμα για επεξεργασία. Όλες σχεδόν οι παγκόσμιες βάσεις δεδομένων για ατυχήματα πλοίων είναι ιδιόκτητες, μόνο κάποιες χώρες όπως Αυστραλία, Βραζιλία, ΗΠΑ διατηρούν τις βάσεις δεδομένων και καθιστούν αυτό το στοιχείο διαθέσιμο στο κοινό. Παρολαυτά μόνο ιδιωτικές κερδοσκοπικές ομάδες έχουν παρέμβει, ώστε να συνδυάσουν τα παγκόσμια στοιχεία συμπεριλαμβανομένης της Lloyds Marine Intelligence Unit (LMIU), Aspen Publishers και Environmental Research Corp.

Το τρίτο πρόβλημα είναι ότι η διαδικασία μετατροπής των ελλιπών και μερικές φορές αλληλοσυγκρουόμενων περιγραφών σε ένα σύνολο κωδικών για προγραμματισμό σε υπολογιστές και ειδικά όταν πρόκειται για την αντιστοίχιση των αιτιών με τους κωδικούς ενέχει υποκειμενική κρίση. Παρόλο που το γεγονός αυτό είναι αναπόφευκτο, οι κρίσεις αυτές είναι διαφανείς και αναθεωρήσιμες.

Ένα άλλο πρόβλημα είναι ότι η ύπαρξη περισσότερων από μία αιτιών είναι σύνηθες φαινόμενα στα ναυτικά ατυχήματα. Το 1978 ο κ.Ψαράυτης, καθηγητής στο ΕΜΠ, μαζί με άλλους συνεργάτες ανέλαβαν μια λεπτομερή μελέτη 75 ατυχημάτων μελετώντας την ελληνική βάση δεδομένων του υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας. Η πολλαπλή αιτιολογία είναι ένα πραγματικό φαινόμενο, το οποίο αγνοείται σχεδόν από όλες τις στατιστικές αναλύσεις. [9]



Figure 7: Ναυάγιο στην Καμτσάκ [H.1]

1.7 Σοβαρότητα Ναυτικών Ατυχημάτων

Η σοβαρότητα των ναυτικών ατυχημάτων κρίνεται κυρίως από το μέγεθος της βλάβης στο πλοίο κυρίως, από τη ρύπανση που το πλοίο προκάλεσε και από τον αριθμό των περιστατικών (θάνατοι-τραυμα ό,τι τισμοί) για τα άτομα που επέβαιναν στα πλοία, τα οποία ενεπλάκησαν στα ατυχήματα. Ανάλογα με το πως κρίνονται τα ατυχήματα, αυτά χαρακτηρίζονται ως Serious, Non Serious, και Total Loss.

Με σκοπό την υποβολή εκθέσεων σχετικά με τις λεπτομέρειες των ατυχημάτων στον IMO, τα ναυτικά ατυχήματα των πλοίων είναι ταξινομημένα στις εξής κατηγορίες:

- Very serious casualties
- Serious casualties
- Less serious casualties
- Marine incidents

Οι αντίστοιχοι ορισμοί κατά IMO είναι οι εξής:

1. Είναι τα ατυχήματα που περιλαμβάνουν την ολική απώλεια ή καταστροφή του σκάφους, απώλεια ζωής ή σοβαρή ρύπανση.
2. Είναι τα ατυχήματα πλοίων που δεν είναι κατάλληλα για να θεωρηθούν θανατηφόρα και που περιλαμβάνουν πυρκαγιά, έκρηξη, σύγκρουση, προσάραξη, επαφή, ζημιά λόγω κακοκαιρίας, κατασκευαστική αστοχία στη γάστρα με συνέπεια:
 - Ακινητοποίηση των κύριων μηχανών, εκτενή ζημιά στέγασης, αυστηρή κατασκευαστική ζημιά όπως διείσδυση νερού στη γάστρα κλπ που καθιστούν το σκάφος ακατάλληλο να πλεύσει.
 - Ρύπανση ανεξάρτητα από την ποσότητα.
 - Μια βλάβη που απαιτεί τη ρυμούλκηση ή τη βοήθεια από την ακτή.
3. Είναι ατυχήματα πλοίων που δεν εμπίπτουν στις δύο παραπάνω κατηγορίες και παρουσιάζονται με σκοπό την καταγραφή χρήσιμων πληροφοριών. Περιλαμβάνει επίσης ναυτικά ατυχήματα, τα οποία αυτοαποκαλούνται «επικίνδυνα ατυχήματα» και «παρ' ολίγον ατυχήματα».

Έτσι στο σχήμα παρουσιάζεται ο βαθμός σοβαρότητας για τα συνολικά 822 ατυχήματα που μελετήθηκαν. Όπως παρατηρούμε το 62,4% των ατυχημάτων χαρακτηρίζονται είτε ως Serious, είτε ως Total Loss (513 από τα 822 ατυχήματα). Άρα τα υπόλοιπα 309 ατυχήματα χαρακτηρίζονται ως Non Serious. [10, 11]

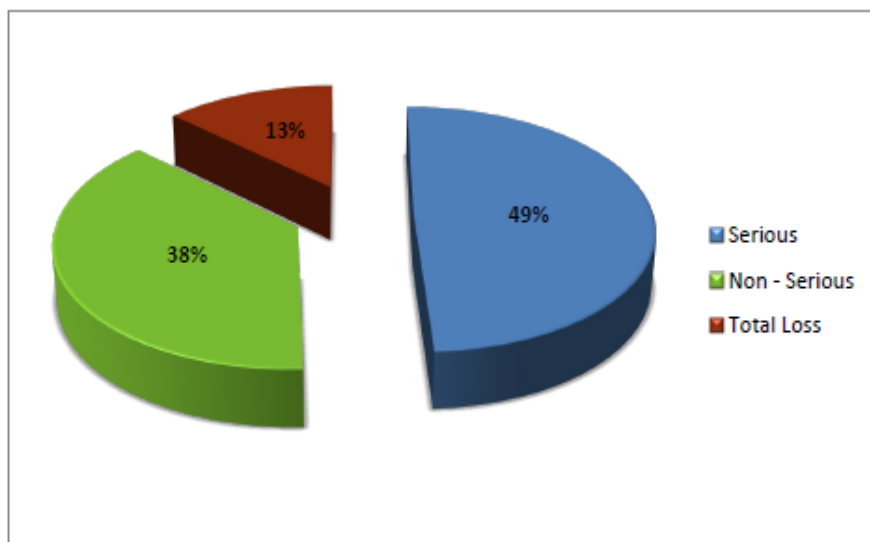


Figure 8: Σοβαρότητα των ατυχημάτων [10]

1.8 Στοιχεία των ατυχημάτων στο Αιγαίο την περίοδο 1999-2009

Εξάγοντας τα χαρακτηριστικά τόσο των εμπλεκομένων σε ατυχήματα πλοίων όσο και των ατυχημάτων από τις βάσεις δεδομένων της sea-web και του Υπουργείου Ναυτιλίας προκύπτουν τα παρακάτω διαγράμματα για το διάστημα 1999-2009:

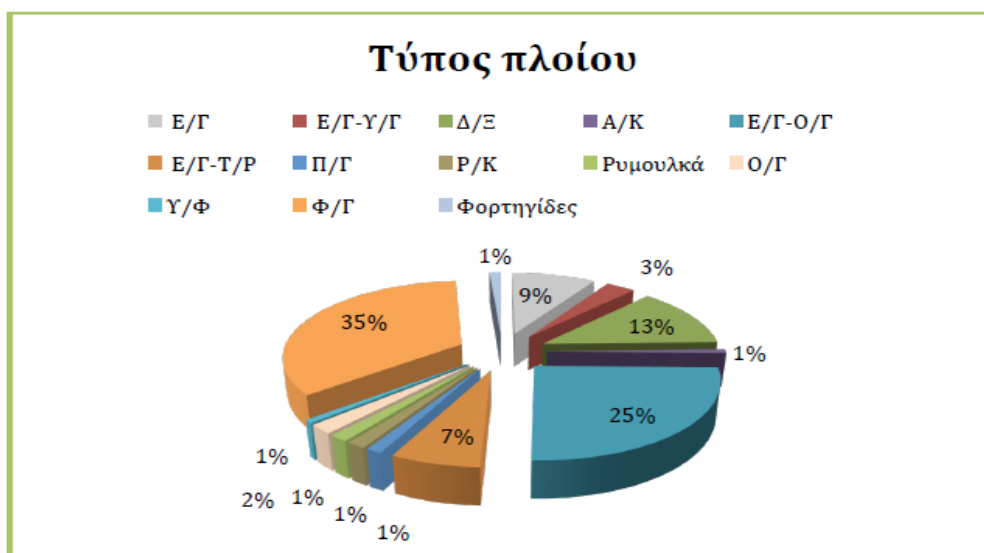


Figure 9: Τύπος πλοίου – Ποσοστό των ατυχημάτων ως προς τα συνολικά το διάστημα 1999-2009.[13]



Figure 10: Αιτία ατυχημάτων – Ποσοστό των ατυχημάτων ως προς τα συνολικά του διάστημα 1999-2009. [13]

2. Επιτήρηση θαλάσσιου χώρου VTMIS

2.1 Γενικά

Ο αριθμός των πλοίων έχει αυξηθεί πάρα πολύ και είναι πολύ μεγαλύτερα σε μέγεθος από ότι παλιότερα, και αυτό κάνει πιο δύσκολους τους ελιγμούς τους. Εξαιτίας της αύξησης των πλοίων κάποια λιμάνια δεν είναι τόσο ευρύχωρα πλέον και δημιουργείται κυκλοφοριακή συμφόρηση. Επιπλέον, η ταχύτητα των πλοίων έχει ανέλθει από τους 15 στους 40 κόμβους. Έχουν ψηφιστεί καινούριοι κανόνες και νομοθεσίες για τα πλοία, οι οποίοι έχουν επίδραση στις επιχειρήσεις.

Οι καινούριες τεχνολογίες έπρεπε να ενσωματωθούν στη ναυτιλία, καθώς και προέκυψαν νέες προκλήσεις με τα συμβατικά πλοία. Οι αλλαγές, που όφειλαν να γίνουν, αφορούσαν επικίνδυνα φορτία, έλλειψη ανθρώπινου δυναμικού στις ναυτιλιακές επιχειρήσεις και τρομοκρατικές ενέργειες. Τα ατυχήματα που προκλήθηκαν ανά τις δεκαετίες στο χώρο της ναυτιλίας οφείλονταν κυρίως σε εξωγενείς παράγοντες (καιρός), περιπτώσεις τεχνικές, ανθρώπινο λάθος (60% με 80%) και σε περιπτώσεις αγγαρείας.

Ο παγκοσμιοποιημένος χαρακτήρας των θαλασσίων μεταφορών σε συνδυασμό με τις απαιτήσεις της αειφόρου ανάπτυξης αναδεικνύει μία σειρά θεμάτων που περιλαμβάνουν:

- Ναυτικά ατυχήματα.
- Ρύπανση του θαλασσίου περιβάλλοντος.
- Κορεσμό των θαλασσίων οδών.
- Ανεπαρκή αξιοποίηση πόρων εξυπηρέτησης των πλοίων.
- Παράνομες δραστηριότητες.
- Τρομοκρατικές ενέργειες. [15]

Σε αυτά τα πλαίσια, η σύγχρονη τεχνολογία δημιουργεί λύσεις που συμβάλλουν στην αποδοτικότητα των Θαλασσίων Μεταφορών, στη βελτίωση της ασφάλειας της Ναυσιπλοΐας και στην προστασία του Θαλασσίου Περιβάλλοντος.

Η υιοθέτηση των τροποποιήσεων της SOLAS 74 και η υιοθέτηση του κώδικα ISPS από την Εθνική Διάσκεψη στις 12 Δεκεμβρίου 2002 υπέδειξαν την ανάγκη σύγχρονων συστημάτων επιτήρησης με σκοπό την ενίσχυση της ασφάλειας για τα πλοία και τις λιμενικές εγκαταστάσεις. Τα συστήματα αυτά αποτελούν πολύτιμο εργαλείο για ένα κράτος, αφού επιτρέπουν την καλύτερη επιτήρηση του θαλάσσιου χώρου αυτού και συμβάλλουν στην αποτροπή παράνομων ενεργειών στην επικράτεια του.

Η έρευνα και διάσωση για τα ναυτικά ατυχήματα, ρυθμίζεται από τη «Διεθνή Σύμβαση (του Αμβούργου) για την θαλάσσια έρευνα και διάσωση του 1979 - International Convention on Marine Search and Rescue», την οποία η Ελλάδα κύρωσε με το Νόμο 1844/1989.

Η Ελλάδα ασκεί τον συντονισμό των ενεργειών έρευνας και διάσωσης εντός του FIR Αθηνών, από τότε που αυτό δημιουργήθηκε, τη δεκαετία του '50. Η ανάληψη αρμοδιοτήτων για έρευνα και διάσωση εντός του FIR Αθηνών αντικατοπτρίζει τη γεωγραφική πραγματικότητα στην περιοχή, δεδομένων των διάσπαρτων ελληνικών νησιών στο Αιγαίο, που επιτρέπουν την πλέον άμεση, ταχεία και αποτελεσματική, από επιχειρησιακής άποψης, παροχή υπηρεσιών για την προστασία της ανθρώπινης ζωής στη θάλασσα.

Τα τελευταία χρόνια οι νέες τεχνολογίες μπήκαν και στην υπηρεσία της ναυτιλίας. Σκοπός τους η βελτίωση της ασφάλειας και της αποτελεσματικότητας της θαλάσσιας κυκλοφορίας, η βελτίωση της ανταπόκρισης των αρμοδίων αρχών σε περιπτώσεις ατυχημάτων ή επικίνδυνων περιστατικών στη θάλασσα, των επιχειρήσεων έρευνας και διάσωσης αλλά της πρόληψης και αντιμετώπισης της θαλάσσιας ρύπανσης.

Ταυτόχρονα, αναπτύχθηκε και το κανονιστικό πλαίσιο που διέπει αυτά. Το 1997 η Επιτροπή Ναυτικής Ασφάλειας MSC (Maritime Safety Committee) του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού IMO (International Maritime Organisation) υιοθέτησε νέα πρότυπα για τις Υπηρεσίες Θαλάσσιας Κυκλοφορίας VTS (Vessel Traffic Services) που περιλαμβάνονται στο Κεφ. 5 της Διεθνούς Σύμβασης για την Προστασία της Ανθρώπινης Ζωής στη Θάλασσα - Safety of Life at Sea (SOLAS) για την καθιέρωση υπηρεσιών VTS σε επιλεγμένες περιοχές ευθύνης τους.

Στη συνέχεια, ο IMO και η Διεθνής Ένωση Φαρικών Υπηρεσιών -International Association of Lighthouses Authorities (IALA) εξέδωσαν συστάσεις για την υλοποίηση, λειτουργία και εκπαίδευση προσωπικού των συστημάτων VTS. Επίσης, η Ευρωπαϊκή Ένωση εξέδωσε την Οδηγία 2002/59/EC για τη δημιουργία Κοινοτικού Συστήματος παρακολούθησης κυκλοφορίας των πλοίων, την οποία η χώρα μας ενσωμάτωσε στο εσωτερικό της δίκαιο με την Απόφαση ΥΕΝ αριθ. 2411.1/07/18-06-2003 «Οδηγίες – διαδικασίες για την αντιμετώπιση περιστατικών πλοίων που βρίσκονται σε κατάσταση ανάγκης ή κίνδυνου» (ΦΕΚ 850 Β/27-6-2003).

Στα πλαίσια αυτά, το ΥΕΝ, δημιούργησε ανάλογες υπηρεσίες και μηχανισμούς για την αντιμετώπιση των ναυτικών και αεροπορικών ατυχημάτων στη θάλασσα. Όπως το Εθνικό Σύστημα Διαχείρισης και Πληροφοριών Κυκλοφορίας Πλοίων - National Vessel Traffic Management and Information System (N/VTMIS).

Το N/VTMIS εδρεύει στις εγκαταστάσεις του Αρχηγείου του Λιμενικού Σώματος – Ελληνικής Ακτοφυλακής, στον Πειραιά και συνδέεται με τα επί μέρους Κέντρα VTS (Vessel Traffic Services) και τα Περιφερειακά Κέντρα RTS (Regional Traffic Services). Εποπτεύει και διαχειρίζεται σε πραγματικό χρόνο τη θαλάσσια κίνηση, παρέχοντας τη δυνατότητα άμεσης επικοινωνίας και αλληλεπίδρασης με τα πλοία, ενώ είναι σε θέση να δίνει λύσεις σε προβλήματα που δημιουργούνται στην περιοχή ευθύνης του.

Το πρώτο Κέντρο Έλεγχου Θαλάσσιας Κυκλοφορίας εγκαινιάστηκε από το Σεπτέμβριο του 2001 στο λιμάνι της Πάτρας.

Μέχρι σήμερα έχουν ιδρυθεί κέντρα VTS στα λιμάνια Πειραιά (για θαλάσσια περιοχή του Σαρωνικού), Πάτρας, Κέρκυρας και Ηγουμενίτσας για τμήμα του Ιονίου Πελάγους όπως τα στενά Κέρκυρας-Ηγουμενίτσας, τη θαλάσσια περιοχή Πατραϊκού κόλπου και Ρίο-Αντίρριο. [14,16]

2.2 Χαρακτηριστικά και λειτουργίες συστήματος VTMIS

Το VTMIS είναι ένα ακρωνύμιο για Vessel Traffic Management Information System (Πληροφοριακό Σύστημα Διαχείρισης Κυκλοφορίας Πλοίων), ένα τύπος συστήματος για την επίβλεψη των ναυτιλιακών κινήσεων. Το VTMIS μπορεί και ενσωματώνει ποικίλα συστήματα πληροφοριών και τηλεματικής, που έχουν δημιουργηθεί για να ενισχύσουν την ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα της θαλάσσιας κυκλοφορίας. Το VTMIS χρησιμοποιείται πλέον σε όλους τους εμπορικούς δρόμους και λιμένες της υφηλίου και η συμβολή του είναι πολύ σημαντική στην ασφάλεια της ναυσιπλοΐας και στην προστασία του περιβάλλοντος.

Το Εθνικό Σύστημα VTMIS δύναται να διαχωριστεί στις παρακάτω οντότητες:

- Κέντρα Ελέγχου και Διαχείρισης Θαλάσσιας Κυκλοφορίας (VTS: **V**essel **T**raffic **S**ervices).
- Υποκέντρο Ελέγχου και Διαχείρισης Θαλάσσιας Κυκλοφορίας (RTS: **R**egional **T**raffic **S**ervices).
- Σταθμός Αισθητήρων (RSS: **R**emote **S**ite **S**ensors).
- Αναμεταδοτικός Σταθμός (Relay Station).
- Εθνικό Κέντρο Ελέγχου και Διαχείρισης Θαλάσσιας Κυκλοφορίας (VTMIS).

Το σύστημα VTMIS εποπτεύει και διαχειρίζεται σε πραγματικό χρόνο τη θαλάσσια κυκλοφορία, παρέχοντας τη δυνατότητα άμεσης επικοινωνίας και αλληλεπίδρασης με τα πλοία, ενώ είναι σε θέση να δίνει λύσεις στα προβλήματα ασφάλειας που δημιουργούνται στην περιοχή ευθύνης του. Οι πληροφορίες συλλέγονται από τα κατά

τόπους κέντρα VTS, επεξεργάζονται κεντρικά και διανέμονται στους ενδιαφερόμενους σε τοπικό, εθνικό και διεθνικό επίπεδο.

Ο ρόλος του Εθνικού κέντρου VTMIS είναι επιτελικός, αποτελώντας πολύτιμο εργαλείο για ανάλυση και επεξεργασία των κυκλοφοριακών δεδομένων. Η επικοινωνία μεταξύ των VTS και του VTMIS πραγματοποιείται μέσω μισθωμένων κυκλωμάτων του ΟΤΕ.

Επί του παρόντος, το Εθνικό Σύστημα VTMIS συγκροτείται από:

- τέσσερα (04) Τοπικά Κέντρα Ελέγχου & Διαχείρισης Θαλάσσιας Κυκλοφορίας VTS.
- τρία (03) υποκέντρα ελέγχου θαλάσσιας κυκλοφορίας RTS.
- δεκατρείς (13) απομακρυσμένους - μη επανδρωμένους - σταθμούς αισθητήρων RSS.
- πέντε (05) σταθμούς αναμετάδοσης.
- ένα (01) Εθνικό Κέντρο Ελέγχου και Διαχείρισης Θαλάσσιας Κυκλοφορίας (VTMIS).
- μία (01) αίθουσα εκπαίδευσης.
- μία (01) αίθουσα τεχνικών υπηρεσιών όπου φιλοξενείται η κεντρική μηχανογραφική υποδομή του VTMIS καθώς και το τηλεφωνικό κέντρο του συστήματος.

Τα χαρακτηριστικά του VTMIS συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- Πλήρης εναρμόνιση με τους Διεθνείς Οργανισμούς (IMO, IALA, ICAO, IEC, CIRM, ITU).
- Δυνατότητα διάχυσης πληροφοριών σε τρίτα ενδιαφερόμενα μέρη (Ναυτιλιακά Πρακτορεία, Πλοηγικές Υπηρεσίες, Τελωνεία, Λιμενικές Αρχές, κλπ).
- Συνδυασμός δύο ή περισσότερων αισθητήρων - πηγών δεδομένων παρακολούθησης πλοίων στην ίδια θέση εργασίας.
- Εθνικά συγχρονισμένη χρονοσήμανση συμβάντων (π.χ. εντοπισμός ύποπτων για ρύπανση πλοίων).
- Τηλεχειριζόμενη διάγνωση και έλεγχος απομακρυσμένων συσκευών των σταθμών αισθητήρων.
- Κατανεμημένη και συγχρονισμένη επεξεργασία πληροφοριών.

- Προδιαγραφές υψηλής αξιοπιστίας και διαθεσιμότητας.
- Ανοικτή Αρχιτεκτονική.

Η συλλογή δεδομένων με τον κύριο στόχο και την εικόνα κυκλοφορίας VTS περιλαμβάνει τη λήψη των πληροφοριών για :

- α) Την κατάσταση στενών διοδίων, συμπεριλαμβανόμενων των μετεωρολογικών και υδρολογικών συνθηκών και της λειτουργικής θέσης των ενισχύσεων στη ναυσιπλοΐα.
- β) Την κατάσταση κυκλοφορίας, συμπεριλαμβανόμενων των μετακινήσεων σκαφών και των όρων σκαφών ειδικότερα όσον αφορά το φορτίο που φέρονται και την κατάσταση της φλούδας και των μηχανημάτων. [14,15]

Το κέντρο VTMIS είναι υπεύθυνο για τις παρακάτω λειτουργίες:

1. Αυτοματοποιημένη επικοινωνία με όλα τα Κέντρα VTS και τους τερματικούς σταθμούς εργασίας VTMIS, συμπεριλαμβανομένης της επικοινωνίας μέσω E-mail.
2. Δυνατότητα λήψης οποιασδήποτε πληροφορίας οποιουδήποτε Κέντρου VTS, λαμβανομένου υπόψη ότι μόνον οι εξαχθείσες απεικονίσεις στόχων (extracted plots) θα διατίθενται στο Κέντρο VTMIS.
3. Επί ποινή απόρριψης:
 - α) θα είναι δυνατός ο έλεγχος της κίνησης, κατά την επιθυμία του χρήστη σε ότι αφορά την επιλογή των υποπεριοχών / περιοχών καθώς και σε ότι αφορά την επιλογή των στόχων, σε οποιαδήποτε υποπεριοχή/ περιοχή οποιουδήποτε VTS, σε συνδυασμό γειτονικών υποπεριοχών / περιοχών οποιουδήποτε VTS μέχρι επιπέδου όλης της θαλάσσιας περιοχής της κάθε χώρας.
 - β) Σε περίπτωση μη κάλυψης κάποιας περιοχής από VTS, η παρακολούθηση της κίνησης θα επιτυγχάνεται μέσω υπολογιστικών μεθόδων (dead reckoning), οι οποίες θα ενεργοποιούνται αυτομάτως μετά την απώλεια κάλυψης του στόχου από VTS καθώς και χειροκίνητα από το χειριστή. Θα είναι δυνατή η αυτόματη επανέναρξη της παρακολούθησης, όταν ο στόχος εισέλθει σε περιοχή που καλύπτεται από VTS.
 - γ) Θα είναι επίσης δυνατός ο έλεγχος σε οποιαδήποτε υποπεριοχή / περιοχή ή συνδυασμό αυτών μέσω συστημάτων μετάδοσης στίγματος (AIS, δορυφορικά κ.λ.π).
 - δ) Ο έλεγχος θα επιτυγχάνεται από οποιονδήποτε σταθμό εργασίας VTMIS (εφόσον υπάρχει σχετική εξουσιοδότηση) ο οποίος θα μπορεί να απεικονίζει σε μία ενιαία οθόνη οποιαδήποτε υποπεριοχή / περιοχή ή συνδυασμό αυτών μέσω λειτουργίας zoom-in / zoom-out. Λύσεις, οι οποίες υποστηρίζουν έλεγχο υποπεριοχών / περιοχών

VTS από ξεχωριστούς ή τον ίδιο σταθμό εργασίας VTMISS χωρίς δυνατότητα οποιουδήποτε συνδυασμού αυτών κατά την επιθυμία του χρήστη, δεν γίνονται αποδεκτές και απορρίπτονται ως απαράδεκτες.

4. Δυνατότητα ελέγχου, μέσω συστήματος αυτόματης ραδιομετάδοσης δεδομένων, της κίνησης πλωτών και εναέριων μέσων της Υπηρεσίας καθώς και των απεικονιζόμενων στις οθόνες radar των μέσων αυτών, στοιχείων ιχνών καθώς και μεταβίβαση των σχετικών στοιχείων στο αντίστοιχο Κέντρο VTS.

5. Οι παραπάνω έλεγχοι από το επίπεδο υποπεριοχής VTS μέχρι όλη την αρμόδια θαλάσσια περιοχή θα πληρούν, όπου αυτό εφαρμόζεται, τις προδιαγραφές του ελέγχου περιοχής VTS, συμπεριλαμβανομένης της δυνατότητας καταγραφής και αναπαραγωγής.

6. Δυνατότητα εισαγωγής / επεξεργασίας / αποθήκευσης / εξαγωγής δεδομένων όπως αυτά της βάσης δεδομένων των Κέντρων VTS, αλλά και σε εθνική κλίμακα.

7. Δυνατότητα συνεργασίας με τη βάση δεδομένων του αλιευτικού στόλου, η οποία είναι εγκατεστημένη και λειτουργεί στο αρμόδιο Υπουργείο κάθε χώρας.

8. Δυνατότητα σύνδεσης με τα άλλα πληροφοριακά συστήματα του αρμόδιου Υπουργείου.

9. Δρομολόγηση προς τα Κέντρα VTS μηνυμάτων, που αφορούν πλοία, τα οποία κινούνται εντός των αντιστοιχών περιοχών.

10. Ανταλλαγή πληροφοριών με τα Κέντρα VTS, που αφορούν νόμιμες ή παράνομες ενέργειες πλοίων ειδικού ενδιαφέροντος, εντός της περιοχής αρμοδιότητας του αντιστοίχου VTS.

11. Δυνατότητα διοίκησης και ελέγχου επιχειρήσεων εναντίον παράνομης εισόδου στις περιοχές που επιτηρούνται.

12. Δυνατότητα διασύνδεσης συστήματος VTMISS με άλλα αντίστοιχα συστήματα μεταξύ κρατών.

13. Δυνατότητα Εισαγωγής / Επεξεργασίας / Εμφάνισης διαβαθμισμένων πληροφοριών για χρήση σε ειδικές επιχειρήσεις.

14. Δυνατότητα Εισαγωγής / Επεξεργασίας / Εμφάνισης / Αναφοράς δεδομένων πλοίων της Υπηρεσίας.

15. Δυνατότητα Εισαγωγής / Επεξεργασίας / Εμφάνισης / Αναφοράς δεδομένων Λιμενικών Αρχών. [16, 17]

Στο Εθνικό Σύστημα VTMIS ανήκουν:

- Το Εθνικό κέντρο VTMIS, η Τεχνική Υπηρεσία και η Αίθουσα Εκπαίδευσης.
- Το VTS Ιονίου το οποίο περιλαμβάνει το VTS Πάτρας με το RTS Αντιρρίου και VTS Κέρκυρας με το RTS Ηγουμενίτσας.
- Το VTS Πειραιά.
- Το VTS Ραφήνας με το RTS Λαυρίου.

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζονται τα σημεία εγκατάστασης του εξοπλισμού (VTS, RTS και RSS) του εθνικού συστήματος VTMIS καθώς και οι αντίστοιχες περιοχές κάλυψης.

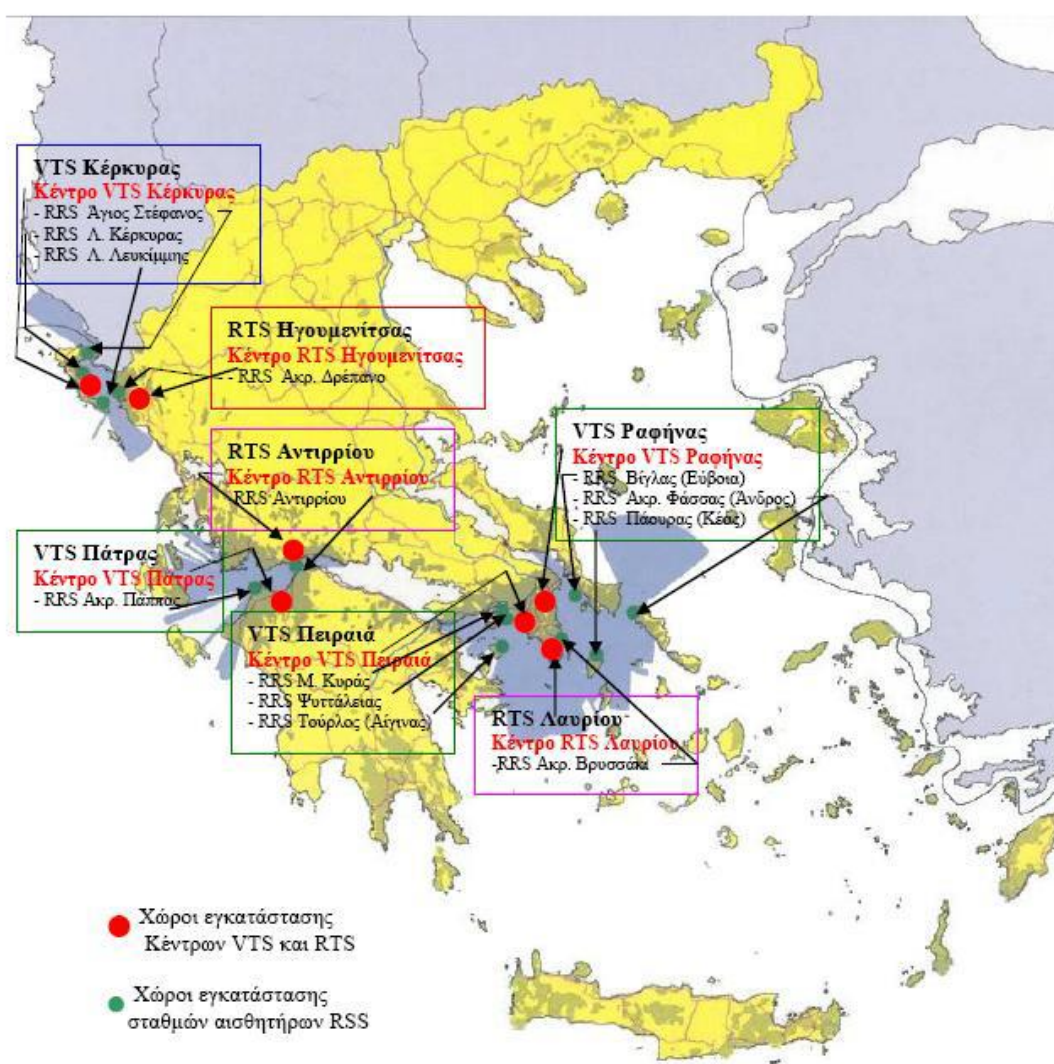


Figure 11: Χώροι Εγκατάστασης VTS, RTS και σταθμών RSS. [14]

2.3 Γραμμές δεδομένων – επικοινωνιών εθνικού συστήματος VTMISS

Η επικοινωνία μεταξύ των σταθμών αισθητήρων (RSS) και των αντίστοιχων κέντρων VTS – RTS διενεργείται για λόγους ασφάλειας με ιδιόκτητες ασύρματες μικροκυματικές ζεύξεις. Όπου απαιτήθηκε, χρησιμοποιήθηκαν ιδιόκτητοι αναμεταδοτικοί σταθμοί (relays). Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται ο υφιστάμενος τρόπος επικοινωνίας μεταξύ των οντοτήτων του εθνικού συστήματος VTMISS:

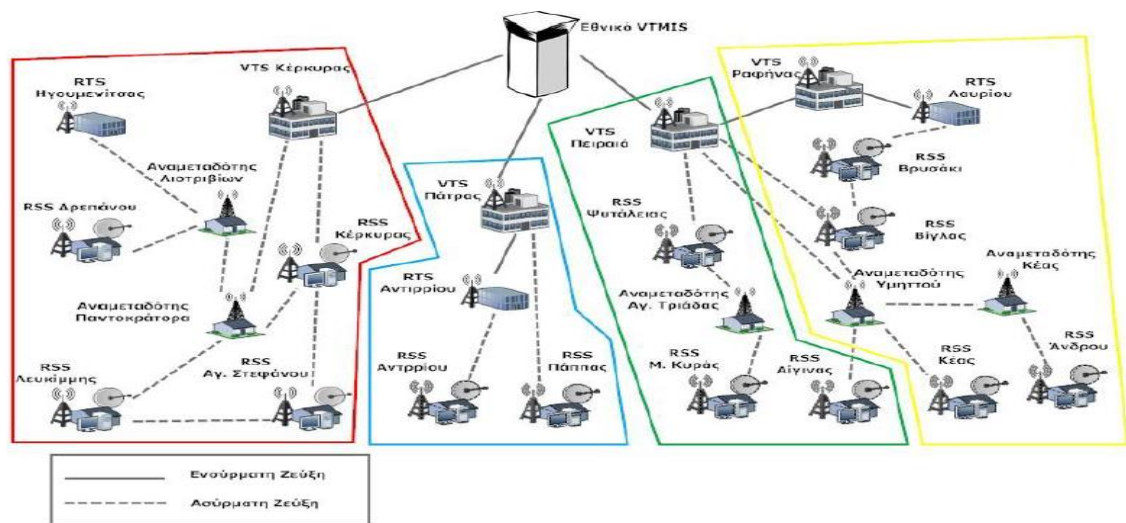


Figure 12: Τρόπος επικοινωνίας μεταξύ των οντοτήτων του εθνικού συστήματος VTMISS. [14]

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζονται οι ενσύρματες γραμμές δεδομένων:

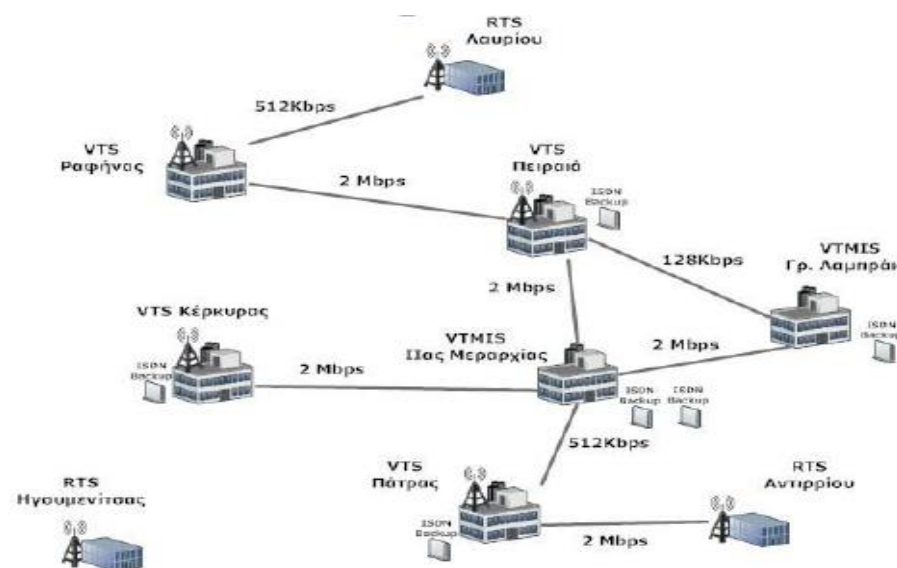


Figure 13: Ενσύρματες γραμμές δεδομένων του συστήματος. [14]

2.4 Περιγραφή και εξέλιξη του συστήματος VTS

Η συγκεκριμένη Υπηρεσία έχει τη δυνατότητα να επικοινωνήσει άμεσα και να αλληλεπιδρά με τη θαλάσσια κυκλοφορία, δίνοντας λύσεις, στα όποια προβλήματα δημιουργούνται στην περιοχή ευθύνης κάθε VTS στο Αιγαίο. Τα VTS θα εγκατασταθούν σε χώρους των κέντρων των Λιμενικών Αρχών της χώρας αποσκοπώντας στον καθορισμό κανόνων διαχείρισης της κυκλοφορίας σύμφωνα με τους διεθνείς κανονισμούς προς αποφυγή συγκρούσεων στη θάλασσα παρόμοιου τύπου με αυτούς της εναέριας κυκλοφορίας.

Το Εθνικό Κεντρικό Σύστημα VTMIS θα λαμβάνει πληροφορίες από όλα τα κέντρα VTS στο Αιγαίο, θα τις επεξεργάζεται κεντρικά και θα τις διανέμει στους ενδιαφερόμενους. Το κέντρο VTMIS θα έχει ένα στρατηγικό ρόλο προσφέροντας ένα πολύτιμο εργαλείο για την ανάλυση των κυκλοφοριακών δεδομένων, στρατηγικό σχεδιασμό για την αντιμετώπιση των εξελίξεων στη ναυτιλία και τέλος θα αποτελεί τον κύριο συνομιλητή με άλλα ομότιμα κέντρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης ή Εθνικά Κέντρα Λήψης και Διαβίβασης Πληροφοριών. Σημαντικό μέρος του συστήματος αποτελούν οι σταθμοί αισθητήρων, οι οποίοι περιλαμβάνουν τον κατάλληλο αριθμό συστημάτων και αισθητήρων συσκευών για τη συλλογή και τοπική επεξεργασία των στοιχείων κυκλοφορίας και περιβάλλοντος της περιοχής τους. Ως κύριος αισθητήρας για κάθε σταθμό λαμβάνεται η συσκευή ραντάρ , ενώ ακόμη θα περιλαμβάνονται τα εξής συστήματα κατά περίπτωση:

- Ραδιογωνιόμετρο
- Συσκευές Επικοινωνίας VHF-MARINE και VHF –AIR BAND
- Κάμερες εικόνας βίντεο ημέρας, χαμηλού φωτισμού και υπέρυθρες κάμερες
- Μετεωρολογικούς αισθητήρες

Οι λειτουργικές περιοχές του VTS χωρίζονται σε τομείς και κάθε χειριστής παρακολουθεί την περιοχή ευθύνης του για την επιτήρηση της θαλάσσιας κυκλοφορίας. Τα δεδομένα που λαμβάνονται οι λεπτομέρειες κίνησης των σκαφών που εξάγονται από το πληροφοριακό σύστημα καθώς και διάφορες άλλες σχετικές πληροφορίες καταχωρούνται στη βάση δεδομένων. Στα κέντρα VTS θα επεξεργάζονται όλες οι πληροφορίες που θα συλλέγονται από τους περιφερειακούς

σταθμούς αισθητήρων σε πραγματικό χρόνο, ενώ ταυτόχρονα θα συνδέονται με τα υπάρχοντα δεδομένα της βάσης δεδομένων. [16,17]

Η υλοποίηση του Εθνικού VTΜIS ξεκίνησε το 1992 με την φάση της έρευνας του πειραματικού και της προετοιμασίας με σκοπό να καλύψει ολόκληρη την περιοχή που περικλείεται από FIR των Αθηνών. Κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης το πρώτο πιλοτικό VTS Πειραιά αναπτύχθηκε καλύπτοντας το λιμάνι του Πειραιά. Στη συνέχεια το 1999 υλοποιήθηκε η πρώτη φάση κατασκευής Ελληνικού VTS που κάλυψε την ευρεία περιοχή των προσβάσεων του καθώς και τρία ακόμα στο Ιόνιο Πέλαγος (Κέρκυρα, Ηγουμενίτσα, Πάτρα). Στο παραπάνω χρονικό διάστημα δημιουργήθηκε στον Πειραιά το εθνικό VTΜIS, αλλά κρίθηκε και αναγκαίο και το VTS Πάτρας προκειμένου να καλυφθούν οι αυξημένες απαιτήσεις της περιοχής. Η γενική περιοχή κάλυψης της πρώτης φάσης του περιγραφόμενου συστήματος απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα:

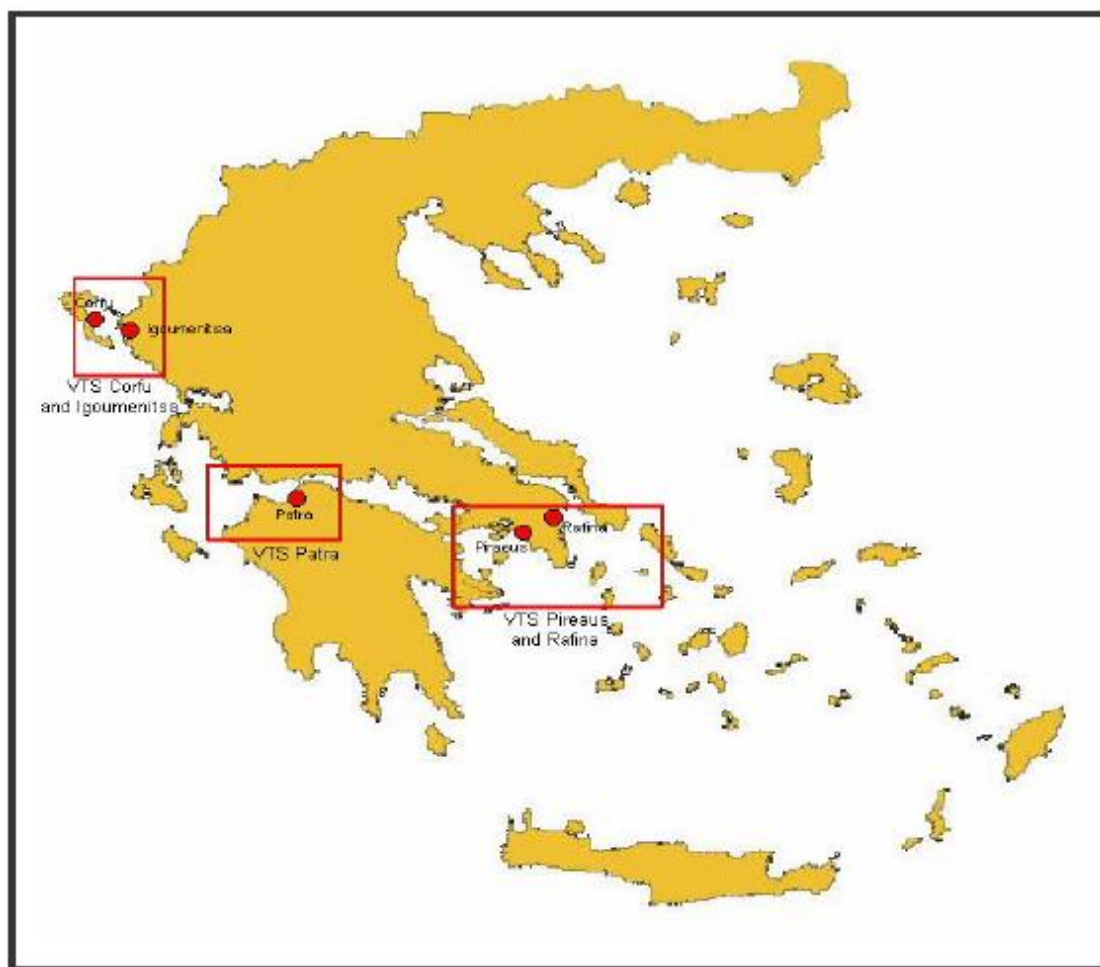


Figure 14: Γενική περιοχή κάλυψης της πρώτης φάσης. [14]

Τα οφέλη που προέκυψαν από αυτή την πρώτη εφαρμογή μπορούν επιγραμματικά να συνοψιστούν παρακάτω:

- Ασφάλεια ναυσιπλοΐας και αντίστοιχη μείωση ναυτικών ατυχημάτων
- Αύξηση του βαθμού ασφάλειας των πολιτών λόγω βελτίωσης των συνθηκών αστυνόμευσης επιχειρησιακά κρίσιμων θαλάσσιων περιοχών.
- Αποτελεσματική προστασία του περιβάλλοντος και περιορισμό φαινομένων θαλάσσιας ρύπανσης από πλωτά μέσα.

Το κεντρικό σύστημα VTΜIS βρίσκεται στο κτίριο του Υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας και συνδέεται με τα κέντρα VTS. Κάθε κέντρο VTS επεξεργάζεται όλα τα στοιχεία κυκλοφορίας πλοίων της περιοχής ευθύνης του που συλλέγονται από τους κατά τόπους σταθμούς αισθητήρων.

2.5 Επέκταση του Εθνικού συστήματος Επιτήρησης στο Αιγαίο

Μετά την εφαρμογή λειτουργίας του συστήματος επιτήρησης του θαλάσσιου χώρου στις περιοχές που αναφέρθηκαν, το εθνικό VTΜIS μέσω των αντίστοιχων κέντρων VTS πέτυχε τον αρχικό στόχο λειτουργίας δηλαδή την ασφάλεια ναυσιπλοΐας με μείωση των ναυτικών ατυχημάτων και τον έλεγχο των κρίσιμων περιοχών. Με την υλοποίηση των ανωτέρω στόχων η χώρα οδηγήθηκε σε μια προσπάθεια επέκτασης του συστήματος στο Αιγαίο. Βέβαια από το 1997 οι εκάστοτε Υπουργοί Εμπορικής Ναυτιλίας εξαγγέλλουν ίδρυση και λειτουργία V.T.S για το Αιγαίο αλλά μέχρι σήμερα δεν έχει γίνει τίποτα.

Με βάση τα παραπάνω οφέλη του συστήματος οι κύριοι στόχοι που προβλέπεται να επιτευχθούν στο διευρυμένο σχεδιασμό του Εθνικού VTΜIS στην περιοχή του Αιγαίου είναι:

- Διευκόλυνση της θαλάσσιας κυκλοφορίας. Το σύστημα θα επεξεργάζεται τις διαθέσιμες πληροφορίες των λιμένων και των πλοίων και θα παρέχεται η δυνατότητα βέλτιστου προγραμματισμού της ροής της κυκλοφορίας των πλοίων.
- Μείωση των Ναυτικών Ατυχημάτων. Θα παρέχεται η δυνατότητα ενεργοποίησης αυτόματων συναγερμών σε περίπτωση εσφαλμένων χειρισμών.

- Βελτίωση Υπηρεσιών Έρευνας και Διάσωσης. Θα παρέχεται η δυνατότητα αποτελεσματικού συντονισμού και διαχείρισης κάθε περιστατικού με ακρίβεια από το θάλαμο επιχειρήσεων του YEN.
- Καλύτερη αστυνόμευση θαλάσσιου χώρου και αύξηση των επιπέδων ασφαλείας των πολιτών. Με αυτό τον τρόπο θα γίνεται βελτίωση των συνθηκών επιτήρησης των θαλάσσιων και παράκτιων περιοχών με αποτέλεσμα την αποφυγή φαινομένων μεταφοράς παράνομων και επικίνδυνων φορτίων , αλλά και την μεγαλύτερη ασφάλεια των πολιτών.
- Συνεργασία με συναφείς υπηρεσίες, επιχειρήσεις λιμένος, υπηρεσίες άμεσης βοήθειας και παρακείμενα VTS. Με τη λήψη της απαιτούμενης πληροφόρησης από τα κέντρα VTS σε συνεργασία με τις αρμόδιες υπηρεσίες άλλων χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης αυξάνονται τα επίπεδα ασφαλείας.
- Προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Οι κινήσεις των πλοίων θα καταγράφονται ηλεκτρονικά. Έτσι σε κάθε περίπτωση ρύπανσης θα παρέχεται η δυνατότητα άμεσου εντοπισμού των πλοίων που έχουν διέλθει από μια περιοχή που παρατηρήθηκε το φαινόμενο της ρύπανσης.
- Εφαρμογή της Εθνικής και Διεθνούς Ναυτιλιακής Νομοθεσίας. Μέσω των υφιστάμενων και προβλεπόμενων νομοθετικών ρυθμίσεων η επέκταση του συστήματος θα συμβάλει στην εφαρμογή και τήρηση των κανόνων. [15, 16]

2.6 Συνεισφορά συστήματος στην πρόληψη και καταστολή της ρύπανσης

Λόγω της λειτουργικής ιδιαιτερότητας και εξειδικευμένης παροχής υπηρεσιών στη ναυτιλία έγινε φανερό ότι τα κέντρα VTS μπορούν να συμβάλλουν καθοριστικά παράλληλα με την αποτελεσματική διαχείριση της θαλάσσιας κυκλοφορίας και την πρόληψη των ναυτικών ατυχημάτων και στην πρόληψη, εντοπισμό και καταστολή των περιστατικών θαλάσσιας ρύπανσης. Αρχικά οι προδιαγραφές εγκατάστασης ενός κέντρου VTS σχετιζόταν με τη διαχείριση της θαλάσσιας κυκλοφορίας και την ασφάλεια ναυσιπλοΐας στοχεύοντας έμμεσα στην πρόληψη θαλασσίου περιβάλλοντος. Η αποτελεσματικότητα λειτουργίας των κέντρων VTS όσον αφορά στο στόχο της προστασίας θαλασσίου περιβάλλοντος από περιστατικά ρύπανσης, στην εφαρμογή μέτρων καταστολής και διαχείρισης των συμβάντων διασφαλίζεται

μέσω των αναφορών που υποχρεούνται να αποστέλλουν τα πλοία σχετικά με τη θέση τους, τον εξοπλισμό και το φορτίο τους. Οι υπεύθυνοι των κέντρων VTS γνωρίζοντας ανά πάσα στιγμή την κατάσταση των πλοίων έχουν τη δυνατότητα να χειριστούν κατάλληλα την κυκλοφορία και να λάβουν τα απαιτούμενα μέτρα σε συνεργασία με τις αρμόδιες λιμενικές αρχές ή άλλες τοπικές ή περιφερειακές αρχές.

Οι αρμόδιοι χειριστές των κέντρων έχουν τις εξής δυνατότητες:

- Να δώσουν άδεια απόπλου - κατάπλου ή να απαγορεύσουν την είσοδο και κυκλοφορία στην περιοχή δικαιοδοσίας τους.
- Να παρέχουν συγκεκριμένες κατευθύνσεις πλεύσης.
- Να παρέχουν συγκεκριμένες οδηγίες χειρισμού ενδεχόμενου προβληματικού εξοπλισμού ώστε να αποφευχθούν φαινόμενα ρύπανσης από ανθρώπινο ή μηχανικό λάθος.
- Να παρέχουν οδηγίες αντιμετώπισης περιστατικών.
- Να ενημερώσουν σχετικά με το περιστατικό ρύπανσης, άλλα πλοία που πλέουν σε κοντινή απόσταση αποσκοπώντας να αποφύγουν ή να επιδιώξουν τη διέλευση από την κρίσιμη περιοχή για λόγους διευκόλυνσης ή ενίσχυσης των ενεργειών καταστολής. [14,16]

3. Το λιμάνι της Σούδας-Περιγραφή της Περιοχής Μελέτης

3.1 Εισαγωγή

Ο κόλπος της Σούδας είναι ένας από τους μεγαλύτερους και ασφαλέστερους φυσικούς κόλπους της Μεσογείου εξαιτίας του γεωγραφικού προσανατολισμού του. Η περίμετρος του κατά τον Basilicata είναι 12 μίλια. Το πλάτος από βορρά προς νότο είναι 1,5 μίλι. Οι απότομες ακτογραμμές που σχηματίζουν τα πετρώματα της επιφανείας τα οποία αποτελούνται κυρίως από ασβεστόλιθους και κρυσταλλικούς σχιστόλιθους, δημιουργούν έντονα τεκτονικά χαρακτηριστικά τα οποία συνεχίζουν και κάτω από την ίσαλο της θάλασσας.

Έτσι τα βάθη αυξάνονται απότομα και έχουν σαν αποτέλεσμα προς το μέσο περίπου του ανατολικού μισού του κόλπου, να φτάνουν τα διακόσια δέκα μέτρα (210) μέτρα

εκτός από τον μυχό που το βάθος φτάνει μόλις τα 1-5m. Το όνομα Σούδα ετυμολογείται από τη λατινική λέξη suda, δηλαδή χαράκωμα, στενή δίοδος.

Σήμερα η Σούδα είναι μια ανεπτυγμένη περιοχή και το λιμάνι της σημειώνει αυξημένη κίνηση καθώς είναι σταυροδρόμι διεθνούς ναυτιλιακής κίνησης στην Μεσόγειο. Για αυτόν τον λόγο άλλωστε πέρα από το επιβατικό και εμπορικό λιμάνι στο κόλπο της Σούδας φιλοξενούνται ο Ναύσταθμος Κρήτης και η Αμερικανική Βάση.

Ο **κόλπος της Σούδας** είναι γνωστός για την ασφάλεια και το καταφύγιο που παρέχει στα πλοία, καθώς είναι πολύ κλειστός και προσφέρει εξαιρετική προστασία από τις καιρικές συνθήκες. Το λιμάνι εξυπηρετεί εμπορικά πλοία, κρουαζιερόπλοια και φέριμποτ, ενώ στον κόλπο της Σούδας βρίσκονται επίσης ο Ναύσταθμος της Σούδας και οι εγκαταστάσεις του Αμερικανικού Ναυτικού.

Η Σούδα έχει καθημερινή σύνδεση με το λιμάνι του Πειραιά και άλλα λιμάνια των ελληνικών νησιών, και εξυπηρετεί πολλά κρουαζιερόπλοια που μεταφέρουν τουρίστες στα ελληνικά νησιά. Το λιμάνι των Χανίων έχει όλες τις απαραίτητες εγκαταστάσεις και προσφέρει όλες τις αναγκαίες υπηρεσίες.

Τα μικρά γιοτ και τα ιστιοπλοϊκά μπορούν να ανεφοδιαστούν νερό και πετρέλαιο, και τα μεγάλα πλοία να κάνουν και επισκευές αν χρειαστεί. Τη νύχτα, η είσοδος στο λιμάνι απαγορεύεται και όλες οι δραστηριότητες ξεκινούν εκ νέου το πρωί. Τα πλοία απαγορεύεται να προσεγγίσουν το βόρειο τμήμα του όρμου, λόγω των ναυτικών και στρατιωτικών βάσεων. [18]

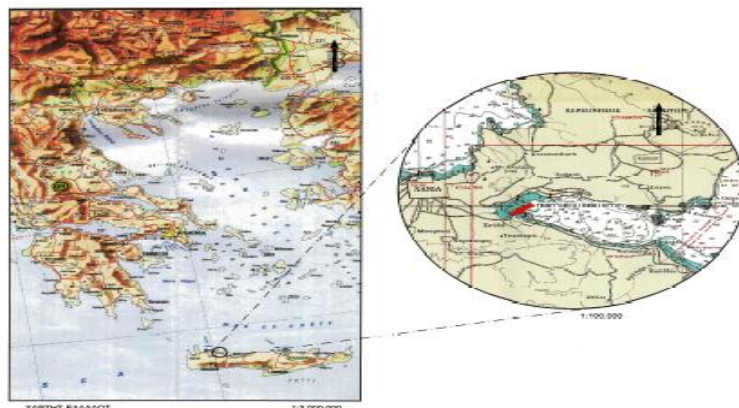


Figure 15: Χάρτης προσανατολισμού Λιμανιού Σούδα [18]

Ο λιμένας της Σούδας αποτελεί τη λιμενική πύλη της Δυτικής Κρήτης και εξυπηρετεί εκτός από το νομό Χανίων και ένα μεγάλο μέρος του νομού Ρεθύμνης.

Οι τρεις βασικές περιοχές του λιμένα είναι :

- α) η περιοχή Επιβατικού Λιμένα
- β) η περιοχή Εμπορικού Λιμένα
- γ) η περιοχή Αναψυχής – Αλιείας – Ναυταθλητισμού.

Πιο αναλυτικά :

- **Ο επιβατικός λιμένας**

Το σύνολο της επιβατικής κίνησης και τμήμα της εμπορευματικής (το μεταφερόμενο από τα Ε/Γ – Ο/Γ πλοία) εξυπηρετείται από τον προβλήτα ΑΔΡΙΑ, όπου βρίσκονται και τα κτίρια Λιμεναρχείου και Τελωνείου. Οι κτιριακές εγκαταστάσεις περιλαμβάνουν και επιβατικό χώρο ο οποίος είναι σε αχρηστία, χώρους στάθμευσης αυτοκινήτων και εκδοτήρια εισιτηρίων της ANEK LINES, πλησίον της Πύλης Α εισόδου-εξόδου στον επιβατικό λιμένα.

- **Ο εμπορικός λιμένας**

Ο εμπορικός λιμένας εξυπηρετεί τη διακίνηση γενικών εμπορευμάτων, ξηρών χύδην εμπορευμάτων (δημητριακά και άλλα προϊόντα (άλευρα, ζωοτροφές) των Κυλινδρόμυλων Κρήτης και της Κεντρικής Ένωσης Χανίων ΣΥΝ.Π.Ε. (πρώην ΚΥΕΠ)), καθώς επίσης υγρών Χύδην (καύσιμα ΔΕΗ) και επικίνδυνων φορτίων. Περιλαμβάνει υπαίθριους χώρους αποθήσεως εμπορευματοκιβωτίων και αποθήσεως εμπορευμάτων και υπαίθριους ταινιόδρομους μεταφοράς τους. Επιπρόσθετα στην εξωτερική βορεινή παρειά του εμπορικού λιμενοβραχίονα πλαγιοδετούν σήμερα τα περισσότερα κρουαζιερόπλοια. Η είσοδος – έξοδος στο χώρο του εμπορικού λιμένα διενεργείται κατά βάση μέσω της Πύλης Γ και δευτερευόντως διαμέσου της Πύλης Β, η οποία χρησιμοποιείται κυρίως για τη μετάβαση στη γεφυροπλάστιγγα από τα φορτηγά που πρόκειται να επιβιβασθούν σε κάποιο Ε/Γ – Ο/Γ πλοίο.

- **Λιμένας αλιείας και μικρών σκαφών**

Εξυπηρετεί τα επαγγελματικά αλιευτικά σκάφη ανοικτής θάλασσας και στο τμήμα αυτό βρίσκονται η ΙΧΘΥΟΣΚΑΛΑ ΔΗΜΟΣΙΟΥ ΧΑΝΙΩΝ και τα Γραφεία του Συλλόγου Ερασιτεχνών Αλιέων Σούδας «ΝΑΥΤΙΛΟΣ». Στα δυτικά του τομέα αλιείας αναπτύσσεται ο χώρος των εγκαταστάσεων του Ναυταθλητικού Κέντρου Σούδας, ο οποίος έχει εκχωρηθεί από το Α.Τ.Ν.Χ. στη Γενική Γραμματεία Αθλητισμού. Το Ναυταθλητικό Κέντρο Σούδας αποτελεί ένα από τα ελάχιστα της

χώρας και το μοναδικό στη Νότια Ελλάδα. Επιπλέον θεωρείται ως ένα από τα πιο σύγχρονα των Βαλκανίων και της Μεσογείου. [18]

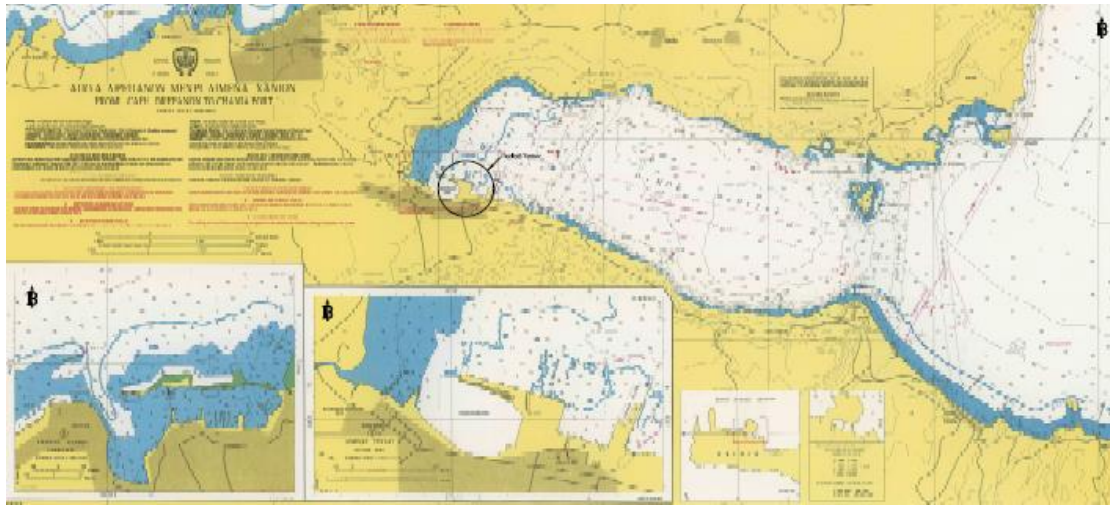


Figure 16: Υδρογραφικός χάρτης του κόλπου της Σούδας. [18]

3.2 Κατάσταση Περιβάλλοντος

3.2.1 Κλίμα-θερμοκρασία-Υγρασία-Βροχοπτώσεις

Το κλίμα της Ελλάδας είναι τυπικά μεσογειακό: ήπιοι και υγροί χειμώνες, σχετικά θερμά και ξηρά καλοκαίρια και, γενικά, μακρές περιόδους ηλιοφάνειας κατά τη μεγαλύτερη διάρκεια του έτους. Από κλιματολογικής πλευράς το έτος μπορεί να χωριστεί κυρίως σε δύο εποχές: την ψυχρή και βροχερή χειμερινή περίοδο που διαρκεί από τα μέσα του Οκτωβρίου και μέχρι το τέλος Μαρτίου και τη θερμή και άνομβρη εποχή που διαρκεί από τον Απρίλιο έως τον Οκτώβριο. Κατά την πρώτη περίοδο οι ψυχρότεροι μήνες είναι ο Ιανουάριος και ο Φεβρουάριος, όπου κατά μέσον όρο η μέση ελάχιστη θερμοκρασία κυμαίνεται από 5-10 °C στις παραθαλάσσιες περιοχές, από 0-5 °C στις ηπειρωτικές περιοχές και με χαμηλότερες τιμές κάτω από το μηδέν στις βόρειες περιοχές.

Θερμοκρασία

Παρουσιάζεται μια διακύμανση της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας μεταξύ 8 °C κατά τους ψυχρότερους χειμερινούς, μέχρι τους 30°C κατά τους θερμούς καλοκαιρινούς μήνες, δηλαδή εντός των φυσιολογικών για τη χώρα μας θερμοκρασιών. Σε απόλυτες τιμές, η μέγιστη θερμοκρασία στα Χανιά είναι 42,5 °C και η ελάχιστη 0 °C. Δηλαδή αν και η μέγιστη θερμοκρασία ανεβαίνει αρκετά υψηλά για τα δεδομένα της χώρας, η θερμοκρασία σπάνια πέφτει υπό των μηδέν, με αποτέλεσμα να μην παρατηρούνται συχνά φαινόμενα παγετού, ιδιαίτερα δε στην ακτογραμμή. Θερμότεροι είναι οι μήνες Ιούλιος και Αύγουστος, ενώ ψυχρότεροι είναι οι μήνες Ιανουάριος – Φεβρουάριος.

Υγρασία

Το ποσοστό υγρασίας κυμαίνεται στα Χανιά από 55% τους μήνες Ιούνιο – Ιούλιο έως 72% τους μήνες Νοέμβριο και Δεκέμβριο. Το φθινόπωρο η υγρασία διατηρείται σε υψηλά σχετικά επίπεδα, ενώ από το Νοέμβριο και μετά, όπου η υγρασία παρουσιάζει τη μέγιστη τιμή της, παρατηρείται σταδιακή μείωση με ελάχιστο τον Ιούλιο.

Βροχοπτώσεις

Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής ανέρχεται στα 621,5mm. Ο ξηρότερος μήνας είναι ο Ιούλιος με 0,5mm μέσης βροχόπτωσης, ενώ ο υγρότερος ο Ιανουάριος με 122,9mm μέσης βροχόπτωσης. Συνεπώς, η περιοχή των Χανίων παρουσιάζει αμιγώς μεσογειακό κλίμα, με ξηρά καλοκαίρια και υγρούς χειμώνες, ενώ ο μέσος αριθμός ημερών βροχής ανά μήνα είναι 7 μέρες.

Για την ευρύτερη περιοχή Μελέτης το κλίμα της περιοχής είναι μεσογειακό με θερμό και ξηρό καλοκαίρι και βροχερό και ήπιο χειμώνα. Αυτό βρίσκεται υπό την επίδραση του Κρητικού Πελάγους όπου πνέουν βόρειοι άνεμοι ισχυροί κατά το χειμώνα και ασθενείς το καλοκαίρι και το φθινόπωρο. Επίσης δέχεται την επίδραση του Ιονίου Πελάγους κυρίως ως προς τις βροχοπτώσεις, δεδομένου ότι από εκεί κύρια προέρχονται τα βροχοφόρα νέφη.

Ο Χειμώνας αρχίζει το δεύτερο δεκαήμερο του Νοεμβρίου με βροχές μέσης εντάσεως και παρατείνεται μέχρι το μήνα Μάρτιο. Η Άνοιξη είναι μικρής διάρκειας. Αρχίζει τον Απρίλιο, διαρκεί μέχρι τις αρχές Μαΐου και χαρακτηρίζεται συνήθως από λίγες βροχοπτώσεις. Το Καλοκαίρι αρχίζει συνήθως τα μέσα Μαΐου και διαρκεί μέχρι το τέλος Σεπτεμβρίου με ελάχιστες ως μηδενικές βροχοπτώσεις. Τέλος το Φθινόπωρο αρχίζει από τα τέλη Σεπτεμβρίου και διαρκεί μέχρι περίπου τα μέσα Νοεμβρίου. Το χιόνι αποτελεί σπάνιο φαινόμενο στην περιοχή. Ολικοί παγετοί ουδέποτε

εμφανίζονται στην περιοχή. Οι μερικοί ή λευκοί παγετοί, αποτελούν πολύ σπάνιο φαινόμενο και δεν υπάρχει κανένας σοβαρός κίνδυνος στην περιοχή απ' αυτούς. [18]

3.2.2 Μορφολογικά – Τοπιολογικά - Εδαφολογικά χαρακτηριστικά

Τα εδάφη στην ευρύτερη περιοχή μελέτης είναι στη μεγαλύτερή τους έκταση αυτόχθονα εδάφη που έχουν προέλθει από εδαφογενετικές διεργασίες στις θέσεις αποθέσεις των αλλουβιακών υλικών, υπό μορφή αναβαθμών στις πεδινές περιοχές, ή σε καρστικά έγκοιλα σε διάφορες ημιορεινές θέσεις της ευρύτερης περιοχής μελέτης. Αλλόχθονα εδάφη που δημιουργήθηκαν από πρόσφατες αλλούβιες αποθέσεις καταλαμβάνουν σχετικά μικρή έκταση. Πάντως το μεγαλύτερο τμήμα των εδαφών της ευρύτερης περιοχής μελέτης βρίσκονται κάτω από την επίδραση διεργασιών διάβρωσης και υποβάθμισής τους. Αυτό σε σχέση με την παραγωγική ικανότητα των εδαφών, τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά. Αποτέλεσμα είναι σημαντική έκταση των εδαφών της περιοχής να έχει υποστεί και να υφίσταται ισχυρή διάβρωση και υποβάθμιση. Για τους λόγους αυτούς είναι αναγκαία για τα εδάφη της περιοχής και την διατήρηση της αειφορίας τους η λήψη συντηρητικών και ενεργών μέτρων αντιδιαβρωτικής προστασίας και βελτίωσης τους.

Στα δυτικά της Σούδας το έδαφος είναι πεδινό έως τα Χανιά με χαμηλά υψόμετρα σε απόσταση έως και τριών χιλιομέτρων από το Κρητικό Πέλαγος. Στα βόρεια συναντάται η χερσόνησος Ακρωτήρι που προστατεύει τον όρμο από όλους τους ανέμους πλην αυτών με ανατολική ή βορειοανατολική διεύθυνση. Ο κόλπος της Σούδας καταλαμβάνει θαλάσσια έκταση είκοσι ενός (21) περίπου τετραγωνικών χιλιομέτρων και έχει μήκος ακτών περίπου 13 ναυτικά μίλια. Ο μυχός του απέχει από την είσοδο 4,6 ναυτικά μίλια και το πλάτος του κυμαίνεται μεταξύ 1,1 και 1,8 ναυτικών μιλίων. Το σχετικά μικρό άνοιγμα της εισόδου του (1,4 ν.μ.), κλείνεται από τη νησίδα «Σούδα» και περιορίζεται στα 0,85 ν.μ. Οι γύρω από τον κόλπο απότομες ακτογραμμές συνεχίζουν με την ίδια κλίση πρσανούς και κάτω από το ίσαλο της θάλασσας. Έτσι τα βάθη αυξάνονται απότομα και έχουν ως αποτέλεσμα προς το μέσο περίπου του ανατολικού μισού του κόλπου, να φτάνουν τα διακόσια δέκα μέτρα (210) μέτρα. [18]

3.2.3 Υδρογεωλογία

Σχετικά με το υδατικό δυναμικό της Δυτικής Κρήτης (Ο.Α.ΔΥ.Κ. 1994, 2004) σημειώνεται ότι τα νερά της βροχής που πέφτουν στο ορεινό συγκρότημα των Λευκών Ορέων, όπως και τα νερά από την τήξη των χιονιών, διηθούνται κατά ποσοστό μεγαλύτερο από 60% στις ασβεστολιθικές μάζες του συγκροτήματος και κινούνται στη συνέχεια προς τη θάλασσα. Ένα μέρος εμφανίζεται υπό μορφή υφάλμυρων πηγών κοντά στη θάλασσα.

Το υπόλοιπο κατά την κίνηση του συναντά αδιαπέραστα στρώματα, μακριά από την ακτή και εμφανίζεται υπό μορφή μεγάλων πηγών γλυκού νερού στην Αγυιά, Στύλο-Αρμένους, λίμνη Κουρνά κλπ. από τις οποίες εκφορτίζεται μέσος ετήσιος όγκος ύδατος της τάξης των $300 \cdot 10^6 \text{ M}^3$.

Για το υδρογραφικό δίκτυο στην περιοχή μελέτης μπορούμε να αναφέρουμε ότι στην περιοχή της παραλιακής ζώνης του Όρμου Σούδας έχουμε τις εκβολές του ποταού Μορώνη.

Σοβαρό πρόβλημα, για τη γεωργική γη, σ' ολόκληρη την περιοχή Ακρωτηρίου και στην παραλιακή ζώνη της Σούδας, είναι η υφαλμύρωση του υπόγειου υδροφορέα με τιμές 1000 ppm Cl^- , λόγω ανεξέλεγκτης άντλησης από τις ιδιωτικές γεωτρήσεις. Ο υπόγειος ορίζοντας βρίσκεται στις περιοχές αυτές στο επίπεδο της θάλασσας. Στις παραπάνω περιοχές ισχύουν απαγορευτικά μέτρα ανόρυξης νέων γεωτρήσεων και πηγαδιών.

Η ευρύτερη περιοχή της νήσου Κρήτης ανήκει στο νότιο τμήμα του Ελληνικού τόξου και παρουσιάζει έντονη σεισμική δραστηριότητα. Αποτελεί το νοτιότερο μέτωπο της Ευρασιατικής πλάκας το οποίο συγκρούεται με την Αφρικανική. Η έντονη ενεργή τεκτονική της περιοχής καθορίζει και τη μελέτη της σεισμικότητας. [18]

3.2.4 Κυματικές συνθήκες – Ωκεανογραφικά χαρακτηριστικά - Ακτομηχανικά φαινόμενα

Ο τομέας ανοιχτού πελάγους που προσβάλλει τον κόλπο της Σούδας είναι μόνο ο ανατολικός. Η περιοχή του λιμένα, πέρα από τους ανατολικούς κυματισμούς από τα ανοιχτά, πλήττεται και από κυματισμούς που αναπτύσσονται στο εσωτερικό του όρμου. Από αυτούς, οι βόρειοι και βορειοανατολικοί έχουν ικανό ανάπτυγμα. Τα

δυσμενέστερα ως προς τη διαταραχή κυματικά χαρακτηριστικά παρουσιάζονται συνοπτικά στον ακόλουθο πίνακα:

Σύνοψη μέγιστων κυματικών χαρακτηριστικών

Κατεύθυνση	Ύψος Κύματος	Περίοδος Κορυφής	Μέση Κατεύθυνση Κυματισμού
	Hs (m)	Tp (sec)	MWD (°)
B	0,55	2,20	357,0
BA	0,57	2,61	44,0

Πίνακας 1: Πίνακας τιμών μέγιστων κυματικών χαρακτηριστικών. [18]

Δυσμενέστερα ως προς τη διαταραχή κυματικά χαρακτηριστικά

Κατεύθυνση	Ύψος Κύματος	Περίοδος Κορυφής	Μέση Κατεύθυνση Κυματισμού
	Hs (m)	Tp (sec)	MWD (°)
A	2,20	5,20	90,0

Πίνακας 2: Δυσμενέστερα ως προς τη διαταραχή κυματικά χαρακτηριστικά. [18]

Η μέση ταχύτητα του ρεύματος (διεύθυνση ρεύματος ανατολική) είναι 0,26 m/sec, ενώ ταχύτητες με τιμή μέχρι 0,46 m/sec εμφανίζονται με συχνότητα 6%. Από την ανάλυση δειγμάτων, για τον προσδιορισμό της σύστασης του επιφανειακού υλικού της παράκτιας ζώνης, προκύπτει ότι η κοκκομετρία των ιζημάτων σε γενικές γραμμές είναι ομοιόμορφη ανεξαρτήτως θέσης και βάθους τυθμένα, γεγονός που αποτελεί ένδειξη ότι η παραλιακή ζώνη βρίσκεται σε ισορροπία.

Η συγκεκριμένη περιοχή είναι ακτομηχανικά ενεργή με μικρό ακτομηχανικό δυναμικό, καθώς σε γενικές γραμμές δεν παρατηρείται σημαντική μετακίνηση ιζήματος. Μικρή τάση προσάμμωσης εντοπίζεται στο στόμιο του ναυταθλητικού λιμένα ενώ ελάχιστη τάση προσάμμωσης παρατηρείται και στην κεφαλή του προβλήτα ΑΔΡΙΑ.

Μέγιστα κυματικά χαρακτηριστικά

Στις παραγράφους που ακολουθούν συνοψίζονται οι μέγιστες κυματικές συνθήκες για κάθε τομέα καθώς και οι κυματικές συνθήκες που είναι οι δυσμενέστερες ως προς την κυματική διαταραχή.

Βόρεια

Από το βόρειο τομέα, τα αναπτύγματα πελάγους κυμαίνονται από 850 έως 1400 μέτρα. Για ένταση ανέμου 11 Beaufort και για διάρκεια πνοής ανέμου 3 ώρες, το μέγιστο χαρακτηριστικό ύψος κύματος H_s στο στόμιο της λιμενολεκάνης είναι 0,72 μέτρα, η περίοδος κορυφής T_p 2,88 δευτ. και η μέση κατεύθυνση κυματισμού (MWD) 36,0°.

Βορειοανατολικά

Από το βορειοανατολικό τομέα, τα αναπτύγματα πελάγους κυμαίνονται από 1400 μέτρα έως 4 χλμ. Για ένταση ανέμου 9 Beaufort και για διάρκεια πνοής ανέμου 12 ώρες, το μέγιστο χαρακτηριστικό ύψος κύματος H_s στο στόμιο της λιμενολεκάνης είναι 0,74 μέτρα, η περίοδος κορυφής T_p 3,24 δευτ. και η μέση κατεύθυνση κυματισμού (MWD) 71,0°.

Ανατολικά

Από τον ανατολικό τομέα, τα αναπτύγματα πελάγους αναπτύσσονται έξω από το κόλπο της Σούδας και φτάνουν έως τα 300 χλμ σε μήκος. Για ένταση ανέμου 8 Beaufort και για διάρκεια πνοής ανέμου 18 ώρες, το μέγιστο χαρακτηριστικό ύψος κύματος H_s στην άκρη του προβλήτα «Αδρία» είναι 2,20 μέτρα, η περίοδος κορυφής T_p 5,20 δευτ. και η μέση κατεύθυνση κυματισμού (MWD) 90,0°.

Ο τομέας ανοιχτού πελάγους που προσβάλλει τον κόλπο της Σούδας είναι μόνο ο ανατολικός. Η περιοχή του λιμένα, πέρα από τους ανατολικούς κυματισμούς από τα ανοιχτά, πλήττεται και από κυματισμούς που αναπτύσσονται στο εσωτερικό του όρμου. [18]



Figure 17: Σχέδιο ισχυρών ρευμάτων. [18]

3.2.5 Ωκεανογραφικά Χαρακτηριστικά

3.2.5.1 Ανεμολογικά στοιχεία θαλάσσης

Τα ετήσια και μηνιαία ανεμολογικά στοιχεία που ελήφθησαν υπόψη στην εκπόνηση της Προμελέτης του ΠΛΣ του λιμένα Σούδας, είναι της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (ΕΜΥ) για το σταθμό της Σούδας (746) και αφορούν την περίοδο 1958-2001. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα ετήσια ανεμολογικά στοιχεία με τη μορφή ποσοστών:

Beaufort	B	BA	A	NA	N	NA	Δ	ΒΔ	Νηνεμία	Σύνολο
0									27.133	27.133
1	.361	.142	.416	.142	.099	.044	.394	.296		1.894
2	3.199	1.566	3.483	2.158	.843	.701	3.231	4.491		19.672
3	4.371	2.804	4.130	1.490	.482	.635	5.028	6.485		25.425
4	3.264	1.764	1.457	.526	.230	.405	4.272	4.557		16.475
5	1.139	.471	.285	.230	.142	.164	2.027	1.479		5.937
6	.416	.153	.088	.099	.066	.077	.953	.526		2.378
7	.120	.044	.022	.066	.033	.022	.307	.153		.767
8	.033	.011	.011	.022	.011	.011	.066	.033		.198
9	.011	.011	.000	.011	.011	.011	.011	.011		.077
10	.000	.000	.000	.011	.011	.000	.011	.000		.033
11	.011	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.011
ΣΥΝΟΛΟ	12.925	6.966	9.892	4.755	1.928	2.070	16.300	18.031	27.133	100.000

Πίνακας 3: Ετήσια εμφάνιση ανέμου στα Χανιά ανά κατεύθυνση και ένταση (ποσοστά επί τοις εκατό %). [18]

Από τα δεδομένα του παραπάνω Πίνακα προκύπτει πως οι επικρατέστεροι άνεμοι της περιοχής, είναι οι βορειοδυτικοί με συχνότητα 18% και οι δυτικοί, με συχνότητα 16%, ενώ ακολουθούν οι βόρειοι με συχνότητα 13%. Ωστόσο, εκτιμάται ότι ο Δυτικός άνεμος έχει περιορισμένη επίδραση στον όρμο, καθώς το ανάγλυφο προς τα Δυτικά υψώνεται στα + 600 m περίπου πλησίον της θάλασσας, όπως έχει ήδη περιγραφεί πιο πάνω και φαίνεται στο απόσπασμα χάρτη. Ο ΒΑ άνεμος, στον οποίο είναι πιο εκτεθειμένος ο όρμος, εμφανίζεται σε μόλις 7% του χρόνου και συνήθως με εντάσεις έως 4 beaufort.

Οι επικρατέστερες εντάσεις ανέμων ανεξαρτήτως κατεύθυνσης πνοής είναι από 2 έως 4 Beaufort με συνολικό ποσοστό 61,572% (225 ημέρες το χρόνο). Εντάσεις ανέμων μεγαλύτερες από 6 Beaufort εμφανίζονται με ποσοστό 3,464% (13 ημέρες το χρόνο). Στον Πίνακα που ακολουθεί εμφανίζονται οι αθροιστικές συχνότητες εμφάνισης μεγίστων εντάσεων ανά διεύθυνση με βάση τα στοιχεία του προαναφερθέντα Πίνακα, όπου παρατηρείται ότι για το 90% του έτους επικρατούν άνεμοι έως 4 beaufort, για το 74% του έτους επικρατούν άνεμοι έντασης έως 3 beaufort, ενώ κατά το 27% του χρόνου επικρατούν συνθήκες νηνεμίας στην περιοχή. [18]

Ένταση (Beaufort)	Διεύθυνση ανέμου								Νηγεμία	Άθροισμα
	Β	ΒΑ	Α	ΝΑ	Ν	ΝΔ	Δ	ΒΔ		
0									27,1%	27.1%
≤1	0.4%	0.1%	0.4%	0.1%	0.1%	0.0%	0.4%	0.3%		29.03%
≤2	3.6%	1.7%	3.9%	2.3%	0.9%	0.7%	3.6%	4.8%		48.7%
≤3	7.9%	4.5%	8.0%	3.8%	1.4%	1.4%	8.7%	11.3%		74.1%
≤4	11.2%	6.3%	9.5%	4.3%	1.7%	1.8%	12.9%	15.8%		90.6%
≤5	12.3%	6.7%	9.8%	4.6%	1.8%	2.0%	15.0%	17.3%		96.6%
≤6	12.8%	6.9%	9.9%	4.7%	1.9%	2.0%	15.9%	17.9%		98.9%
≤7	12.9%	6.9%	9.9%	4.7%	1.9%	2.1%	16.2%	18.0%		99.7%
≤8	12.9%	6.9%	9.9%	4.7%	1.9%	2.1%	16.3%	18.0%		99.9%
≤9	12.9%	7.0%	9.9%	4.8%	1.9%	2.1%	16.3%	18.0%		99.9%
≤10	12.9%	7.0%	9.9%	4.8%	1.9%	2.1%	16.3%	18.0%		100.0%
ΣΥΝΟΛΟ	12.9%	7.0%	9.9%	4.8%	1.9%	2.1%	16.3%	18.0%		100.0%

Πίνακας 4: Ετήσια συχνότητα εμφάνισης μέγιστης έντασης ανέμου στα Χανιά, ανά Διεύθυνση.[18]

	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Μέση Μηνιαία Διεύθυνση Ανέμων	N	N	ΒΔ	ΒΔ	ΒΔ	ΒΔ	ΒΔ	ΒΔ	ΒΔ	ΒΔ	N	N
Μέση Μηνιαία Ένταση Ανέμων (Kt)	6,1	6,0	6,0	5,5	4,9	5,1	4,3	3,8	4,2	4,1	4,4	5.6

Πίνακας 5: Επικρατούσες μηνιαίες διευθύνσεις και εντάσεις ανέμων στα Χανιά. [18]

Έτσι, παρατηρώντας τη μηνιαία διακύμανση των ανέμων προκύπτει ότι, οι επικρατέστεροι άνεμοι της περιοχής είναι οι βορειοδυτικοί, με εντάσεις μικρότερες των 5 κόμβων από τα τέλη της άνοιξης έως τα μέσα φθινοπώρου. Στη συνέχεια επικρατούν οι νότιοι άνεμοι, μέσης έντασης 4,5 κόμβων, μέχρι το τέλος του χειμώνα. Από τις αρχές του έτους έως τις αρχές της άνοιξης παρουσιάζεται η μεγαλύτερη ένταση ανέμων με 6 κόμβους και διεύθυνση Νότια, κατά τους μήνες Ιανουάριο και Φεβρουάριο και Βορειοδυτική το Μάρτιο. Οι υπόλοιπες διευθύνσεις σπανίζουν, με συχνότητα κάτω του 1,5%.

ΕΤΗΣΙΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (%) ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΗΣ ΑΝΕΜΟΥ Μ.Σ. ΧΑΝΙΩΝ (1964-1994)

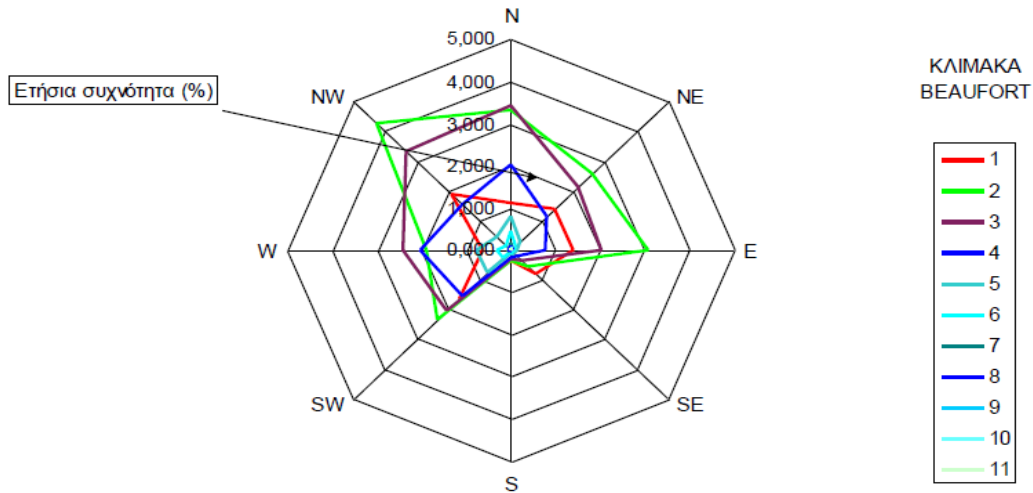


Figure 18: Ετήσια συχνότητα διεύθυνσης και δύναμης ανέμου Μ.Σ Χανίων (1964-1994).

[18]

3.2.5.2 Παλίρροια – Ρεύματα

Τα στοιχεία παλίρροιας της Υδρογραφικής Υπηρεσίας όπως καταγράφηκαν από τον εγκαταστημένο παλιρροιογράφο του Λιμένα Σούδας:

Μέγεθος	Τιμή
Ελάχιστο εύρος	0,01
Μέγιστο εύρος	0,25
Επάλλαξη	0,80
Διαφορά μεταξύ μέσης στάθμης και κατωτάτης ρηχίας	0,44
Διαφορά μεταξύ μέσης στάθμης και μέγιστης πλήμμης	0,80

Πίνακας 6: Στοιχεία παλίρροιας Λιμένα Σούδας (τιμές σε μέτρα). [18]

Με ισχυρούς βόρειους ανέμους δημιουργείται ρεύμα κατά τη φορά των δεικτών του ρολογιού. Με νότιους ανέμους και νοτιοανατολικούς έως ανατολικούς ισχυρούς, δημιουργείται επίσης θαλάσσιο ρεύμα, το οποίο κυκλοφορεί αντίθετα από τη φορά των δεικτών του ρολογιού. Η μέση ταχύτητα του ρεύματος (διεύθυνση ρεύματος ανατολική) είναι 0,26 m/sec, ενώ ταχύτητες με τιμή μέχρι 0,46 m/sec εμφανίζονται με συχνότητα 6%. [18]

3.2.6 Ακτομηχανικά φαινόμενα

3.2.6.1 Γεωμορφολογία θαλάσσιας περιοχής

Η μορφολογία του βυθού της ευρύτερης περιοχής του όρμου της Σούδας δεν είναι ομοιόμορφη. Τόσο τα βάθη όσο και η κλίση του πυθμένα μεταβάλλονται σημαντικά. Η κλίση της ακτής κυμαίνεται από 1:2,5 μέχρι την ισοβαθή των 200 m στην είσοδο του όρμου, έως 1:150 μέχρι την ισοβαθή των 5 m στην παραλία στο μυχό του όρμου. Οι λιμενικές εγκαταστάσεις Σούδας βρίσκονται κοντά στο μυχό του όρμου, με αποτέλεσμα η μορφολογία του πυθμένα να είναι ομαλή.

3.2.6.2 Αναγνώριση ακτογραμμής

Στη φύση της ακτογραμμής (αμμώδης, βραχώδης, κ.λ.π.), καταδεικνύονται οι ανθρώπινες επεμβάσεις σε αυτή και εντοπίζονται οι χείμαρροι που εκβάλλουν στην περιοχή μελέτης. Από το σύνολο των 16,5 km ακτογραμμής που αναγνωρίζονται στο σχήμα αυτό, μόνο τα 1,15 km (περίπου το 7% του συνόλου), αναλογούν σε αμμώδη παραλία, το μεγαλύτερο μέρος της οποίας βρίσκεται στο μυχό του κόλπου. Το υπόλοιπο τμήμα αφορά σε βραχώδη ακτή.

Η κυριότερη πηγή φερτών (χείμαρος Μορώνης) και η παραλία βρίσκονται στην ίδια πλευρά των λιμενικών εγκαταστάσεων. Η τροφοδοσία της παράκτιας ζώνης με ίζημα οφείλεται κυρίως στις ποταμοχειμάρριες εκβολές, οι οποίες μεταφέρουν ίζημα από την ενδοχώρα και το εναποθέτουν στην παράκτια ζώνη όπου εκεί δύναται να παρασυρθεί από τη δράση των κυματισμών. Η κυριότερη πηγή φερτών υλικών εντός της περιοχής μελέτης είναι ο χείμαρρος Μορώνης, ο οποίος εκβάλλει στο νότιο άκρο του μυχού του όρμου της Σούδας και μόλις 300m από την είσοδο της λιμενολεκάνης νότια του ΠΛΣ. [18]

3.3 Ανθρωπογενές περιβάλλον

3.3.1 Χρήσεις γης

Γενικά παρατηρείται ότι οι επικρατούσες χρήσεις γης στην περιοχή μελέτης εκτός από την οικιστική ανάπτυξη είναι οι γεωργικές δραστηριότητες και οι βιοτεχνικές (κυρίως στην ΒΙΟΠΑΧ). Η κατοικία απαντάται γύρω από τον λιμένα ενώ μεμονωμένες κατοικίες βρίσκονται διάσπαρτες σε μεγαλύτερες αποστάσεις νοτιότερα του λιμένα και του αστικού κέντρου της Σούδας.

Η περιοχή Σούδας, αν υπολογιστεί σύμφωνα με την έκταση του παλαιού δήμου Σούδας έχει πυκνότητα πληθυσμού 356,25 κατοίκους/τ.χ. ενώ η μέση πυκνότητα του Καλλικρατικού δήμου Χανίων στον οποίο περιλαμβάνεται σήμερα και η Σούδα είναι 273,4 κάτοικοι/τ.χ. Όσον αφορά στην απασχόληση, η περιοχή μελέτης (παλαιός δήμος Σούδας) παρουσιάζει το μεγαλύτερο ποσοστό στον τριτογενή τομέα (76%) ενώ με μεγάλη διαφορά ακολουθούν ο δευτερογενής (19%) και ο πρωτογενής (6%). Αντίστοιχα η ευρύτερη περιοχή του έργου, ο νομός Χανίων παρουσιάζει μεγαλύτερη απασχόληση επίσης στον τριτογενή τομέα (61%) και ακολουθούν ο πρωτογενής (21%) και ο δευτερογενής (18%). [18]

3.3.2 Τεχνικές Υποδομές

Η ευρύτερη περιοχή της Σούδας αποτελεί την κύρια πύλη εισόδου – εξόδου του Νομού Χανίων. Μέσω της Σούδας πραγματοποιείται η σύνδεση των Χανίων αλλά και των γειτονικών πόλεων και οικισμών, με το λιμάνι, το ναύσταθμο, την αμερικανική βάση, το ναυτικό νοσοκομείο, το νοσοκομείο ψυχικών παθήσεων, τις βιομηχανίες και βιοτεχνίες της περιοχής, την ιχθυόσκαλα, τις ναυταθλητικές και λοιπές αθλητικές εγκαταστάσεις, τη σχολή Ναυτικών Δοκίμων, καθώς και με το αεροδρόμιο «Ιωάννης Δασκαλογιάννης» το οποίο εξυπηρετεί τις εναέριες μετακινήσεις. Οι βασικοί οδικοί άξονες μέσω των οποίων γίνονται οι μετακινήσεις προς όλες τις παραπάνω χρήσεις και δραστηριότητες είναι:

- Ο Βόρειος Οδικός Άξονας Κρήτης (ΒΟΑΚ)
- Η Παλαιά Εθνική Οδός Χανίων - Ρεθύμνης

- Η επαρχιακή οδός Χανίων – Ακρωτηρίου

Ο Λιμένας της Σούδας βρίσκεται στα νοτιοδυτικά του όρμου και σε απόσταση περίπου 13 km από το στόμιο αυτού. Απέχει απόσταση 1km από την Εθνική Οδό 90 (Βόρειος Οδικός Άξονας Κρήτης – ΒΟΑΚ), 7 km από την πόλη των Χανίων, 15 km από το Διεθνές Αεροδρόμιο Ι. Δασκαλογιάννης των Χανίων και 53 km από την πόλη του Ρεθύμνου. Είναι το δεύτερο μεγαλύτερο λιμάνι της Κρήτης, μετά το Ηράκλειο, και εξυπηρετεί πλοία εσωτερικού και εξωτερικού, κυρίως από την Αίγυπτο και την Κύπρο.

Η λειτουργία του πολλαπλών χρήσεων λιμένα Σούδας συμβάλλει καθοριστικά στην εμπορική, τουριστική και οικονομική ανάπτυξη του Νομού Χανίων. Πρόκειται για το δεύτερο μεγαλύτερο λιμάνι της Κρήτης- μετά το λιμάνι του Ηρακλείου - έχει καθημερινή σύνδεση με το λιμάνι του Πειραιά και περιστασιακά και με άλλα λιμάνια, ενώ αποτελεί σταθμό για πολλά κρουαζιερόπλοια. Η Σούδα επιδρά καθοριστικά, εκτός από τον τομέα των μεταφορών, και σε άλλους τομείς ανάπτυξης του Νομού και της Περιφέρειας καθώς στην ευρύτερη περιοχή της είναι χωροθετημένες σημαντικές βιομηχανίες και βιοτεχνικές εγκαταστάσεις. Ειδικότερα στην περιοχή των Τσικαλαριών και σε απόσταση 7 χιλιομέτρων ανατολικά των Χανίων είναι εγκατεστημένο το Βιοτεχνικό Πάρκο Χανίων (ΒΙΟ.ΠΑ.Χ.). [18]

3.3.3 Ανθρωπογενείς πιέσεις στο περιβάλλον

Οι κύριες ανθρωπογενείς πιέσεις της ευρύτερης περιοχής προέρχονται κυρίως από την παρουσία βασικών υποδομών όπως ο εμπορικός λιμένας, ο Ναύσταθμος ο Βόρειος Οδικός Άξονας Κρήτης (ΒΟΑΚ) και το αεροδρόμιο των Χανίων. Επιπρόσθετα η αυξανόμενη τάση του πληθυσμού της περιοχής σε συνδυασμό με την εποχιακή αύξηση της κίνησης στην περιοχή λόγω του έντονου τουριστικού χαρακτήρα του νομού, αποτελούν άλλο ένα βασικό παράγοντα πίεσης στο περιβάλλον.

Άλλος παράγοντας πίεσης στο περιβάλλον αποτελεί η οικιστική ανάπτυξη η οποία είναι εντονότερη στις παραλιακές περιοχές κυρίως ως απόρροια των τουριστικών δραστηριοτήτων. Βιομηχανική δραστηριότητα δεν υπάρχει έντονη στην περιοχή. Παρόλα αυτά οι βιοτεχνικές και αποθηκευτικές δραστηριότητες που εντοπίζονται κυρίως στην περιοχή του Βιοτεχνικού Πάρκου Χανίων κοντά στη θέση «Τσικαλαριά»

συμβάλλουν στις συνολικές πιέσεις που δέχεται το περιβάλλον από τις ανθρώπινες δραστηριότητες.

3.3.4 Ατμοσφαιρικό περιβάλλον

Οι βασικές δραστηριότητες οι οποίες επιβαρύνουν το ατμοσφαιρικό περιβάλλον της περιοχής είναι κυρίως αυτές της λειτουργίας του Λιμένα και του Ναυστάθμου Σούδας καθώς και η οδική κυκλοφορία. Σε πολύ μικρότερο βαθμό σε σχέση με τις προαναφερθείσες ρυπογόνες δραστηριότητες συμμετέχουν η κεντρική θέρμανση και οι εμπορικές/αγροτικές δραστηριότητες. Λόγω των προαναφερόμενων δραστηριοτήτων η επιβάρυνση της ατμόσφαιρας στην περιοχή είναι επιβαρημένη κατά τους πιο δραστήριους μήνες (καλοκαίρι) παρόλα αυτά δεν ξεπερνά τα θεσμοθετημένα όρια ρύπων. [18]

3.3.5 Θαλάσσιο περιβάλλον

Ο όρμος της Σούδας είναι ανοικτός προς τα ανατολικά και χαρακτηρίζεται από βαθιά νερά και από ρεύματα μικρών ταχυτήτων. Η κυκλοφορία του νερού στον όρμο, γίνεται από το Ανατολικό τμήμα του, που είναι ανοικτό στο Κρητικό πέλαγος. Δημιουργούνται δυο μηχανισμοί κυκλοφορίας των νερών:

Ο πρώτος είναι εισροή από το Ακρωτήριο Δράπανο κατά μήκος των νότιων ακτών και εισπνοή από τη χερσόνησο του Ακρωτηρίου. Ο δεύτερος μηχανισμός κυκλοφορίας είναι ακριβώς αντίστροφος του προηγούμενου. Στην ευρύτερη περιοχή του όρμου συνυπάρχουν οι διάφορες χρήσεις των ακτών οι οποίες είναι: στα Ανατολικά ο Ναύσταθμος με τις ναυπηγοεπισκευαστικές χρήσεις, στη συνέχεια το λιμάνι με εμπορευματική και επιβατική χρήση, και στα Δυτικά η αναψυχή και η κολύμβηση. Από μικροβιολογικές αναλύσεις του θαλασσίου νερού στην περιοχή Βλήτε, προκύπτει ότι τα ολικά κωλοβακτηριοειδή και ολικά κωλοβακτηριοειδή κοπρανώδους προελεύσεως ανά 100ml είναι σημαντικά λιγότερα από τα ανώτατα επιτρεπτά όρια της Ε.Ε. για το χαρακτηρισμό των υδάτων για κολύμβηση.

3.4 Χαρακτηριστικά και Παροχές λιμένα Σούδας

Ο Λιμένας της Σούδας αποτελεί τη λιμενική Πύλη της Δυτικής Κρήτης. Βρίσκεται στα νοτιοδυτικά του όρμου και σε απόσταση περίπου 13 km από το στόμιο αυτού. Απέχει απόσταση 1km από την Εθνική Οδό 90 (Βόρειος Οδικός Άξονας Κρήτης ΒΟΑΚ), 7 km από την πόλη των Χανίων, 15 km από το Διεθνές Αεροδρόμιο Ι. Δασκαλογιάννης των Χανίων και 53 km από την πόλη του Ρεθύμνου. Ο λιμένας της Σούδας εξυπηρετεί εκτός από την Περιφερειακή Ενότητα Χανίων και ένα μεγάλο μέρος της Περιφερειακής Ενότητας Ρεθύμνης. Οι λιμενικές εγκαταστάσεις της Σούδας συνορεύουν από ανατολικά με τη Ναυτική Βάση της Σούδας (Ναύσταθμος Σούδας) και από δυτικά με τις Ναυταθλητικές λιμενικές εγκαταστάσεις της δημοτικής ενότητας Σούδας.

Ο λιμένας Σούδας συνδέεται οδικά με το λιμένα Κισσάμου δεδομένου ότι ο τελευταίος βρίσκεται στην επέκταση της κύριας αρτηρίας προς τα ανατολικά. Ο λιμένας Κισσάμου συνδέει επιβατικά την Κρήτη με τα Κύθηρα και την Πελοπόννησο (Γύθειο). Μέσω του ΒΟΑΚ ο λιμένας Σούδας συνδέεται και με τους άλλους λιμένες της βόρειας Κρήτης (Ηράκλειο, Ρέθυμνο, κ.λ.π.). Το λιμάνι στη Σούδα έχει καθημερινή σύνδεση με το λιμάνι του Πειραιά και εξυπηρετεί και κρουαζιερόπλοια που μεταφέρουν επισκέπτες και τουρίστες στα ελληνικά νησιά.

Λόγω της στρατηγικής του θέσης στο δυτικό τμήμα του νησιού, στο θαλάσσιο δρόμο προς το Γιβραλτάρ και τη διώρυγα του Σουέζ, στο μονοπάτι που συνδέει τον Ατλαντικό Ωκεανό με την Ερυθρά Θάλασσα ήταν πάντα εξαιρετικής σπουδαιότητας για το νησί της Κρήτης. Είναι το δεύτερο μεγαλύτερο λιμάνι της Κρήτης, μετά το Ηράκλειο, και εξυπηρετεί πλοία εσωτερικού και εξωτερικού, κυρίως από την Αίγυπτο και την Κύπρο.

Ο κόλπος της Σούδας είναι γνωστός για την ασφάλεια και το καταφύγιο που παρέχει στα φεριμπότ και στα κρουαζιερόπλοια, καθώς είναι πολύ κλειστός και προσφέρει εξαιρετική ασφάλεια από τις καιρικές συνθήκες. Το λιμάνι μπορεί να εξυπηρετεί εμπορικά πλοία, τουριστικά πλοία και φέριμποτ, ενώ στον κόλπο της Σούδας βρίσκεται και ο Ναύσταθμος της Σούδας και οι εγκαταστάσεις του Αμερικανικού Ναυτικού. Έχει όλες τις απαραίτητες εγκαταστάσεις και προσφέρει όλες τις αναγκαίες υπηρεσίες. Τα μικρά γιοτ και τα ιστιοπλοϊκά μπορούν να ανεφοδιαστούν νερό και πετρέλαιο, και τα μεγάλα πλοία να κάνουν και επισκευές αν χρειαστεί.

Τη νύχτα, η είσοδος στο λιμάνι απαγορεύεται και όλες οι δραστηριότητες ξεκινούν εκ νέου το πρωί. Τα πλοία απαγορεύεται να προσεγγίσουν το βόρειο τμήμα του όρμου, λόγω των ναυτικών και στρατιωτικών βάσεων. Σήμερα είναι ένα συνεχώς αναπτυσσόμενο λιμάνι, έχει καθημερινή σύνδεση με το λιμάνι του Πειραιά και άλλα λιμάνια των ελληνικών νησιών, εξυπηρετεί πολλά κρουαζιερόπλοια που μεταφέρουν επισκέπτες και τουρίστες στα ελληνικά νησιά και συμβάλλει καθοριστικά στην εμπορική, τουριστική και οικονομική ανάπτυξη της Π.Ε. Χανίων. Στον ακόλουθο πίνακα δίνονται συνοπτικές συμπληρωματικές πληροφορίες. [18]

ΘΕΣΗ	Φ=35° 29' 5" Λ=24° 04' 7"
ΤΥΠΟΣ ΛΙΜΕΝΑ	Ε/Γ,Φ/Γ,Ο/Γ, Τ/Ρ, Ναυταθλητικά, κλπ.
ΠΑΡΕΧΟΜΕΝΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΜΕΣΑ ΣΤΟ ΛΙΜΑΝΙ	Νερό, Ηλεκτρικό Ρεύμα, Καύσιμα με φορητά μέσα, Υπαιθριοι αποθηκευτικοί χώροι, ζυγοπλάστιγγα, Τελωνείο, Λιμεναρχείο, εργάτες φορτοεκφόρτωσης, Πλοηγός
ΕΙΔΟΣ ΔΙΑΚΙΝΟΥΜΕΝΩΝ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΩΝ	Λάδι, Εσπεριδοειδή, Δομικά Υλικά, Σιτηρά, Γεωργικά Εφόδια
ΆΛΛΕΣ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΕΣ	Λεωφορεία, TAXI, , αεροδρόμιο στα 13χλμ, (Η πόλη των Χανίων απέχει 7 χλμ). Τοπικά τουριστικά δρομολόγια με πλοίο
ΓΕΡΑΝΟΙ	Ένας, 25 Τόνων τηλεσκοπικός. Ένας μέχρι 65 τόνους με γάντζο και αρπάγη, επίσης για container, κ.λ.π.
ΖΥΓΟΠΛΑΣΤΙΓΓΑ	Ζυγίζει φορτηγά μέχρι 80 τόνους.

Πίνακας 7: Χαρακτηριστικά και Παροχές λιμένα Σούδας. [18]

Είδος φορτίου	Σύνολο 10 μηνών (ΤΟΝΟΙ)	Σύνολο μέσου μήνα	Φορτηγά εξυπηρέτησης μέσου μήνα
ΑΜΜΟΣ	6.100,000	610	61
ΒΡΩΜΗ	2.174.610	217	22
ΕΛΑΦΡΟΠΕΤΡΑ	1.926.000	193	19
ΗΛΙΑΛΕΥΡΟ	1.500,000	150	15
ΗΛΙΟΠΙΤΑ	3.218,400	322	32
ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ	26.735,582	2.674	267
ΚΡΙΘΑΡΙ	12.228,852	1.223	122
ΜΑΡΜΑΡΟΣΚΟΝΗ	4.800,000	480	48
ΠΙΤΟΥΡΑ	3.458,100	346	35
ΠΟΡΤΟΚΑΛΟΦΛΟΥΔΑ	808,120	81	8
ΣΙΔΕΡΑ	1.500,000	150	15
ΣΙΚΑΛΗ	500,000	50	5
ΣΙΤΑΡΙ	31.999,602	3.200	320
ΣΟΓΙΑΛΕΥΡΟ	4.502,224	450	45
ΣΩΛΗΝΕΣ	712,650	71	7
ΤΡΙΦΥΛΛΙ	1.100,000	110	11
ΤΡΦΥΛΛΟΚΟΚΟΣ	1.200,000	120	12
ΣΥΝΟΛΟ:	104.464,140	10.446	1.045

Πίνακας 8: Κίνηση φορτηγών εξυπηρέτησης Εμπορικού λιμένα Σούδας το μέσο μήνα του έτους (στοιχεία 10μήνου). [18]

4 Στατιστική Θεωρία Λήψης Αποφάσεων κατά Bayes για τον Έλεγχο Ναυτικών Ατυχημάτων

4.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει μια εκτίμηση για τις αποφάσεις που πρέπει να ληφθούν στο ενδεχόμενο εγκατάστασης ενός συστήματος (VTS) ελέγχου των ναυτικών ατυχημάτων (ατυχήματα που αφορούν συγκρούσεις πλοίων, προσαράξεις, βυθίσεις, κλπ.) ή να μη ληφθούν επιπλέον μέτρα. Η χρήση της στατιστικής θεωρίας λήψης αποφάσεων του Bayes που θα χρησιμοποιηθεί, αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο σε προβλήματα λήψης αποφάσεων. Τα επιμέρους σημεία που θα αναπτυχθούν παρακάτω βασίζονται στην πιο σύνθετη ανάλυση της αβεβαιότητας σε τεχνικά και περιβαλλοντικά προβλήματα, στην επίδραση της συνάρτησης απώλειας στη λήψη αποφάσεων που συσχετίζει την οικονομική αξία της πληροφορίας με το υπό μελέτη πρόβλημα και στην ανάλυση ευαισθησίας (sensitivity analysis) των σχεδιαστικών και κατασκευαστικών επιλογών σε σχέση με τα επιστημονικά και οικονομικά μοντέλα προσομοίωσης της πραγματικότητας.

4.2 Βασικές έννοιες στη Θεωρία Λήψης Αποφάσεων

Η Θεωρία Αποφάσεων (Decision Theory) ασχολείται με το πρόβλημα της λήψης των αποφάσεων. Η Στατιστική Θεωρία Αποφάσεων (Statistical Decision Theory) ασχολείται με την λήψη αποφάσεων, βασισμένη στη στατιστική γνώση που προκύπτει ύστερα από δειγματοληπτική έρευνα και προσδιορίζει ορισμένες αβεβαιότητες που υπεισέρχονται σε ένα, υπό ανάλυση, πρόβλημα της λήψης αποφάσεων [19].

Σημαντικό ρόλο, ιδιαίτερα σε προβλήματα μηχανικού, παίζει η Στατιστική Θεωρία Αποφάσεων κατά Bayes, γιατί χρησιμοποιεί τη ταυτόχρονη χρήση της στατιστικής πληροφορίας και της «ποιοτικής πληροφορίας» για την λήψη αποφάσεων και τις συνδυάζει με το οικονομικό κόστος μέσω της κατασκευής της Συνάρτησης Απώλειας (Loss Function). Ως «ποιοτική πληροφορία», ορίζεται η μη αυστηρά προσδιορισμένη ποσοτική πληροφορία.

Τα βασικά στοιχεία της Θεωρίας Λήψης Αποφάσεων είναι α) η εκτίμηση της κατάστασης πραγματικότητας, β) οι πιθανές αποφάσεις (ενέργειες) και γ) η Συνάρτηση Απώλειας που θα προκύψει. [19]

Η παράμετρος θ , η οποία επηρεάζει τη διαδικασία λήψης αποφάσεων ορίζεται ως η **κατάσταση πραγματικότητας**. Το σύμβολο Θ χρησιμοποιείται για να ορίσει το σύνολο των πιθανών καταστάσεων πραγματικότητας θ_i που είναι δυνατές θ και καλείται παραμετρικός χώρος. Οι αποφάσεις που λαμβάνονται καλούνται ενέργειες ή δράσεις. Συγκεκριμένες ενέργειες συμβολίζονται με a ενώ ο το σύνολο των δυνατών ενεργειών που μπορεί να ληφθούν συμβολίζεται με A [9,13]. Για μια συγκεκριμένη απόφαση, a , η οποία θα ληφθεί με την αντίστοιχη κατάσταση πραγματικότητας θ , η συνάρτηση απώλειας συμβολίζεται ως $L(a,\theta)$. Η Συνάρτηση απώλειας $L(a_i,\theta_i)$ ορίζεται για όλα τα θ_i και a_i που ανήκουν στο διάστημα $\Theta \times A$. Ο όρος «απώλεια», είναι συμβατικός και χρησιμοποιείται κυρίως στη Στατιστική. [19,20]

4.3 Διαδικασία Λήψης Αποφάσεων

Η διαδικασία λήψης αποφάσεων αποτελείται από 2 βασικά στάδια: α) το στάδιο εκτίμησης της κατάστασης πραγματικότητας, όπως περιγράφηκε παραπάνω, και β) το στάδιο λήψης αποφάσεων [16]. Για την εκτίμηση της κατάστασης της πραγματικότητας ακολουθείται η εξής διαδικασία: Αρχικά απαριθμούνται οι πιθανές καταστάσεις πραγματικότητας θ_i και έπειτα καθορίζονται οι αντίστοιχες προγενέστερες πιθανότητες για οποιαδήποτε πληροφορία που υπάρχει για τις θ_i . Αν υπάρχουν είναι δυνατόν να καθορίσουμε τις δειγματοληπτικές πιθανότητες $P(Z_M|\theta_i)$, οι οποίες αντιπροσωπεύουν οποιαδήποτε γνώση υπάρχει σχετικά με το μηχανισμό των μετρήσεων, ο οποίος παράγει τις μετρήσεις Z_M . Το τέλος της διαδικασίας γίνεται με την εφαρμογή του νόμου του Bayes για την εκτίμηση της μεταγενέστερης πιθανότητας $P(Z_M|\theta_i, I)$. Η εκτίμηση της κατάστασης πραγματικότητας μπορεί να γίνει και με την κατασκευή της υποκειμενικής προγενέστερης πληροφορίας (subjective prior pdf) της θ , η οποία συμβολίζεται ως $\pi(\theta)$. [19,21,23]

Θεώρημα Bayes

Η πιθανότητα επαλήθευσης μιας αρχικής παραδοχής M για ένα γεγονός δεδομένου ότι έχουμε μια νέα πληροφορία L για το γεγονός αυτό $[P(M|L)]$, δίνεται από το λόγο(ratio) της άνευ συνθήκης (unconditional) πιθανότητας του να ισχύουν ταυτόχρονα η παραδοχή M και η πληροφορία L $[P(M \cap L)]$, διά της άνευ συνθήκης πιθανότητας μόνον της πληροφορίας $[P(M)]$ [9]. Η παραπάνω περιγραφή του θεωρήματος Bayes δίνεται σε μορφή εξίσωσης ως εξής:

$$P(M | L) = \frac{P(M \cap L)}{P(M)} \quad (1)$$

Η ανάγκη να χρησιμοποιηθεί και να αποδοθεί ποσοτικά η ποιοτική, προγενέστερη της δειγματοληψίας, πληροφορία δεν είναι αφηρημένη. Κάθε εργαζόμενος μηχανικός γνωρίζει τον κίνδυνο να στηριχθούν οι τεχνικές μελέτες αποκλειστικά και μόνο στις δειγματοληπτικές μετρήσεις πεδίου. Στις περιβαλλοντικές μελέτες οι μετρήσεις είναι συνήθως ελάχιστες σε σχέση με τις ανάγκες προσδιορισμού των πολλαπλών παραγόντων που επιδρούν στην απόδοση ενός τεχνικού έργου. [19]

Η αξιοπιστία των μετρήσεων είναι τις περισσότερες φορές αμφίβολη. Οι μετρήσεις δεν αποκαλύπτουν στοιχεία μόνο του υπό εξέταση φυσικού φαινομένου, αλλά και του τρόπου της τεχνικής που χρησιμοποιήθηκε για τη λήψη και ανάλυση των δειγμάτων. Τώρα η πιθανότητα δεν αποτελεί κάποια φυσική ιδιότητα ενός φαινομένου, η οποία μπορεί να αποκαλυφθεί μετά την επανάληψη πολλαπλών πειραμάτων, άλλα ένα μέτρο του βαθμού της γνώσης μας για το φαινόμενο. Οι έννοιες υποκειμενική, προγενέστερη και μεταγενέστερη πιθανότητα (π.χ. γνώμη των ειδικών) δεν αντικατοπτρίζουν τίποτε άλλο παρά διαφορετικά στάδια στη γνώση ενός φαινομένου, η οποία μπορεί να περιέχει μετρήσεις ή όχι, και η οποία ανανεώνεται μετά την πρόσληψη καινούριας πληροφορίας. [19]

4.4 Η Στατιστική Θεωρία Λήψης Αποφάσεων Κατά Bayes

Τα μοντέλα λήψης αποφάσεων εμπεριέχουν πληροφορία (γνώση), σε διάφορες μορφές, μέρος της οποίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί από αυτά για την πραγματοποίηση της λήψης, ή όχι, μιας απόφασης. Ένα μοντέλο λήψης αποφάσεων συνδυάζει την πληροφορία μέσα από στατιστική γνώση και το κατάλληλο σύστημα παραγωγής συμπεράσματος ώστε μέσα από μια διαδικασία που είναι βασισμένη σε συναρτήσεις απώλειας (Loss function), χρησιμότητας (Utility function) ή προτίμησης (preference) να πολιτικοποιήσει κάθε εναλλακτική απόφαση και να τη συγκρίνει με τις υπόλοιπες. Η διαδικασία αυτή ορίζεται ως «Στατιστική Θεωρία Λήψης Αποφάσεων κατά Bayes». Υπό το πρίσμα της συγκεκριμένης προσέγγισης, ως βέλτιστη απόφαση είναι αυτή που μεγιστοποιεί την αναμενόμενη χρησιμότητα ή, αντίστοιχα, ελαχιστοποιεί την αναμενόμενη απώλεια. [20]

4.5 Η Διαδικασία Λήψης Αποφάσεων κατά Bayes

Η διαμόρφωση της δομής του μοντέλου λήψης απόφασης, για την επιλογή της βέλτιστης απόφασης, λαμβάνοντας υπόψη την αβεβαιότητα περιλαμβάνει:

1. Τον ορισμό του προβλήματος λήψης αποφάσεων και τον καθορισμό του χώρου των εναλλακτικών λύσεων ή ενεργειών $A_i \in A$ και των πιθανών καταστάσεων πραγματικότητας κάθε επιλογής $\theta_i \in \Theta$.
2. Δημιουργία κατάλληλων συναρτήσεων απώλειας (ή αντίστοιχα συναρτήσεων χρησιμότητας), $L(A, \Theta)$, για την εκτίμηση των συνεπειών κάθε εναλλακτικής για όλα τα A_i και θ_i που ανήκουν στο διάστημα $\Theta \times A$. Ο όρος «απώλεια» είναι συμβατικός και χρησιμοποιείται στην στατιστική κυρίως.
3. Ανάπτυξη κατανομών πυκνότητας πιθανότητας, ως προγενέστερη πληροφορία, κάνοντας χρήση της εμπεριεχόμενης γνώσης ή πληροφορίας.
4. Συνδυασμό της προγενέστερης πληροφορίας και της συνάρτησης απώλειας μέσα από τη συνάρτηση επικινδυνότητας του Bayes για τη λήψη της βέλτιστης απώλειας. Δηλαδή παίρνουμε την απόφαση η οποία ελαχιστοποιεί, με κατάλληλα κριτήρια, ένα μέτρο της αναμενόμενης απώλειας για όλες τις μεταγενέστερες πιθανότητες του παραμετρικού χώρου Θ .

Το θεώρημα του Bayes χρησιμοποιείται για να ανανεώσει τις προγενέστερες πιθανότητες μετά την καινούρια πληροφορία (τη δειγματοληψία). [19]

4.6 Το Πρόβλημα ελέγχου των ναυτικών ατυχημάτων υπό το πρίσμα της Διαδικασίας Λήψης Αποφάσεων κατά Bayes

Εξετάζουμε το ενδεχόμενο εγκατάστασης ενός συστήματος (VTS) ελέγχου των ατυχημάτων ή να μη ληφούν επιπλέον μέτρα. Η περιοχή μελέτης επικεντρώνεται στο Λιμάνι της Σούδας της πόλης των Χανίων. Το ενδεχόμενο να συμβεί ναυτικό ατύχημα σχετίζεται άμεσα με τα ατυχήματα που έχουν λάβει χώρα στο Δυτικό Κρητικό Πέλαγος για διάφορες κατηγορίες πλοίων και τον αριθμό και τον τύπο των πλοίων που εισέρχονται ετησίως στη συγκεκριμένη περιοχή μελέτης. Τα δεδομένα δόθηκαν από το κεντρικό Λιμεναρχείο Χανίων.

ΕΤΟΣ	Κ/Ζ	Φ/Γ	Δ/Ξ	Ε/Γ
2010	20	113	64	730
2011	74	110	64	730
2012	61	111	46	730
2013	49	148	44	730
2014	36	120	96	730
2015	60	154	96	730

Πίνακας 9: Κατάπλοι και απόπλοι από το 2010 στο Λιμάνι της Σούδας.

Χρησιμοποιώντας τα παραπάνω δεδομένα, τα οποία έχουν καταγραφεί σε ετήσια βάση διαμορφώνεται το εξής πρόβλημα λήψης αποφάσεων: Να γίνονται εργασίες επισκευών και να δίνονται αποζημιώσεις κάθε φορά που έχουμε ένα ναυτικό ατύχημα ή να ενισχύσουμε τα συστήματα πρόληψης ναυτικών ατυχημάτων.

Εφαρμόζεται, λοιπόν, ένα στοχαστικό μοντέλο που μπορεί να βασίζεται στην προγενέστερη πληροφορία που ανακτάται από την κατανομή των ναυτικών ατυχημάτων που συνέβησαν. Ορίζεται η τυχαία μεταβλητή Y που υποδηλώνει τον αριθμό των γεγονότων ναυτικών ατυχημάτων σε ένα σύνολο N κατάπλων κι απόπλων του λιμανιού της Σούδας για κάθε τύπο πλοίου που εισέρχεται σε αυτό και εξετάζεται το ενδεχόμενο να συμφέρει περισσότερο, από πλευράς κόστους η αγορά συστημάτων πρόληψης ναυτικών ατυχημάτων σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση.

Συνοπτικά στο πεδίο της ανάλυσης που θα ακολουθηθεί, οι αποφάσεις που μπορούν να λάβουν οι διαχειριστές της εγκατάστασης ενός συστήματος VTS είναι οι εξής:

Απόφαση $A(0)$: Να μην εγκατασταθεί σύστημα VTS ελέγχου της ροής των πλοίων για πρόληψη των ναυτικών ατυχημάτων.

Απόφαση $A(1)$: Να εγκατασταθεί ένα σύστημα VTS.

5 Μαθηματική Ανάλυση για γεγονότα ναυτικών ατυχημάτων

Οι διαχειριστές της εγκατάστασης ενός συστήματος VTS, όπως αναφέρεται και πιο πάνω, καλούνται να αποφασίσουν αν θα αναβάλλουν την εγκατάσταση του συγκεκριμένου συστήματος. Η τυχαία μεταβλητή Y σημαίνει: Y γεγονότα σε ένα συνολικό αριθμό κατάπλων κι απόπλων ενός τύπου πλοίων, όπου με τον όρο «γεγονός» εννοείται η εμφάνιση ναυτικού ατυχήματος και περιγράφεται μαθηματικά από τη Διωνυμική κατανομή. [19,23,25]

5.1 Διωνυμική Κατανομή

Η Διωνυμική κατανομή είναι μια διακριτή συνάρτηση κατανομής τυχαίας μεταβλητής που περιγράφει τον αριθμό Y εμφανίσεων ενός γεγονότος σε ένα σύνολο N . Σε κάθε κατάπλου κι απόπλου $j, j=1, \dots, N$, ισχύει:

$$X(j) = \begin{cases} 1, & \text{όταν έχω ναυτικό ατύχημα} \\ 0, & \text{όταν δεν έχω ναυτικό ατύχημα} \end{cases} \quad (2)$$

Η εξίσωση (2) είναι ένα πείραμα δοκιμής Bernoulli με πιθανότητα $X(j)=1, \theta$ και $X(j)=0, 1-\theta$. Έτσι, ο συνολικός αριθμός των Y ναυτικών ατυχημάτων είναι:

$$Y = \sum_{j=1}^N X(j=1) \quad (3)$$

Η Διωνυμική κατανομή έχει ως συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας τη μαθηματική έκφραση της σχέσης (4) και παραμέτρους μέσης τιμής και διασποράς, τις εκφράσεις της σχέσης (5).

$$f_Y(Y) = \sum_{Y=0}^N \binom{N}{Y} \theta^Y (1-\theta)^{N-Y} \quad (4)$$

Με

$$\begin{aligned} E[Y] &= N\theta \\ \text{Var}(Y) &= N\theta(1-\theta) \end{aligned} \quad (5)$$

Όπου,

N = κατάπλοι κι απόπλοι ενός τύπου πλοίου

θ = η πιθανότητα να συμβεί ένα ναυτικό ατύχημα

Παρατήρηση:

Στην περίπτωση του Bayes η πιθανότητα είναι άγνωστη παράμετρος και πρέπει να εκτιμηθεί σύμφωνα με την κατανομή που ακολουθεί η προγενέστερη κατανομή που είναι συζυγής της Διωνυμικής κατανομής [25].

5.2 Διαμόρφωση της συνάρτησης απώλειας

Η συνάρτηση απώλειας εκφράζει το κόστος της κάθε απόφασης σε ένα πρόβλημα λήψης αποφάσεων. Η συνάρτηση απώλειας μπορεί να είναι είτε γραμμική, είτε παραβολική ή και να μεταβάλλεται κλιμακωτά με τον αριθμό των γεγονότων. Σε πρώτη φάση εξετάζουμε τη συνάρτηση απώλειας για την αγορά ενός συστήματος VTS, η οποία ισούται με K €. Στην περίπτωση της γραμμικής Συνάρτησης απώλειας, το κόστος είναι ανάλογο των γεγονότων των ναυτικών ατυχημάτων και ισούται με B €/ατύχημα. Οι συναρτήσεις των απωλειών για κάθε απόφαση παρουσιάζονται στην ακόλουθη εξίσωση [19].

$$L(A, Y) = \begin{cases} BY, & A = A(0) \\ K, & A = A(1) \end{cases} \quad (6)$$

Η μεταβλητή Y είναι σε αυτή την περίπτωση μια τυχαία μεταβλητή και εκφράζει το σύνολο των πλοίων όπου είχαμε ένα ναυτικό ατύχημα, επί του συνόλου των κατάπλων κι απόπλων των πλοίων N . Αν η πιθανότητα να συμβεί ατύχημα σε ένα πλοίο j με $j=1,2,\dots,N$ περιγράφεται από την τυχαία μεταβλητή $X(j)$ και είναι θ ($X(j)=1$ με $P(X(j)=\theta)$), η πιθανότητα αντίστοιχα να μη συμβεί ατύχημα είναι $1-\theta$, ($X(j)=0$ με $P(X(j)=0)=1-\theta$). Το X είναι μια τυχαία μεταβλητή Bernoulli. Για το συνολικό αριθμό ατυχημάτων Y ισχύει:

$$Y = \sum_{j=1}^N X(j) = 1$$

Η μεταβλητή Y δηλώνει Y ναυτικά ατυχήματα σε N κατάπλους κι απόπλους συγκεκριμένων πλοίων και περιγράφεται από τη διωνυμική κατανομή.

Με την απαρίθμηση των αποφάσεων $A(0)$ και $A(1)$ και το σχηματισμό των αντίστοιχων συναρτήσεων απώλειας, ολοκληρώνονται τα δύο πρώτα στάδια για τη διαδικασία της λήψης αποφάσεων. Στη συνέχεια λαμβάνει χώρα περαιτέρω ανάλυση ώστε να ληφθεί ως βέλτιστη απόφαση, αυτή για την οποία να ελαχιστοποιείται η αναμενόμενη απώλεια. Η συνάρτηση επικινδυνότητας ή επιδίωξης και η επικινδυνότητα κατά Bayes θα αναπτυχθούν. [19,20]

5.3 Συνάρτηση επιδίωξης

Η αναμενόμενη τιμή της συνάρτησης απώλειας, σε σχέση με την τυχαία μεταβλητή Y , αναφέρεται στην κλασική θεωρία λήψης αποφάσεων ως Συνάρτηση επικινδυνότητας (Risk Function) ή Συνάρτηση επιδίωξης (Goal Function). [9,10]

Για την απόφαση $A(0)$ η συνάρτηση επικινδυνότητας $G(A(0), \theta)$ δίνεται από τη σχέση:

$$G(A(0), \theta) = E[L(A(0), Y)] = E[BY] = BE[Y] = BN\theta \quad (7)$$

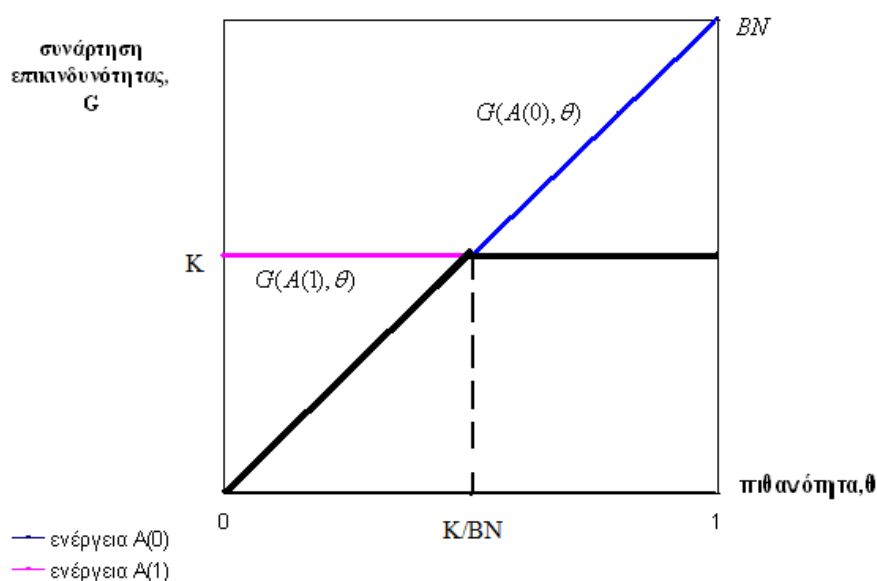
Για την απόφαση $A(1)$ η συνάρτηση επικινδυνότητας $G(A(1), \theta)$ δίνεται από τη σχέση:

$$G(A(1), \theta) = E[L(A(1), Y)] = E[K] = K \quad (8)$$

Οι εξισώσεις (7) και (8) εκφράζουν τι απώλεια υπάρχει, κατά μέσο όρο, εάν ληφθούν οι αποφάσεις $A(0)$ ή $A(1)$ αντίστοιχα.

Η κλασική ανάλυση κόστους-οφέλους υπολογίζει ποια απόφαση ελαχιστοποιεί τη συνάρτηση απώλειας. Αυτό μπορεί να προκύψει εύκολα με τη γραφική απεικόνιση των δυο εκφράσεων $G(A(0), \theta)$ και $G(A(1), \theta)$. Η έκφραση της συνάρτησης επιδίωξης για την απόφαση-ενέργεια $A(0)$ αναπαρίσταται στο δεξιό κατακόρυφο άξονα, ενώ η αντίστοιχη για την $A(1)$ στον αριστερό άξονα. Ο οριζόντιος άξονας αντιπροσωπεύει την πιθανότητα θ . [19]

Figure 19: Γραφική αναπαράσταση των συναρτήσεων επιδίωξης για τις αποφάσεις $A(0)$ και $A(1)$. [19]



Από την ερμηνεία του γραφήματος, έχουμε ότι η τιμή της πιθανότητας, για την οποία είναι αδιάφορο-από άποψη κόστους - ποια από τις δύο ενέργειες θα προτιμηθεί, δίνεται από τον λόγο $\lambda = \frac{K}{BN}$.

- Εάν για την πιθανότητα ατυχήματος, θ ισχύει: $\theta < \lambda \Rightarrow$ Βέλτιστη ενέργεια είναι η $A(0)$
- Εάν για την πιθανότητα ατυχήματος, θ ισχύει: $\theta > \lambda \Rightarrow$ Βέλτιστη ενέργεια είναι η $A(1)$.

Αν γνωρίζουμε την άγνωστη παράμετρο θ θα μπορούσαμε εύκολα να επιλέξουμε την βέλτιστη απόφαση-ενέργεια για το συγκεκριμένο πρόβλημα λήψης αποφάσεων.

5.4 Συνάρτηση επικινδυνότητας Bayes

5.4.1 Η πιθανότητα γεγονότος ναυτικού ατυχήματος ως άγνωστη παράμετρος

Η ανάπτυξη των εξισώσεων (7) και (8) αποτελεί την ολοκλήρωση της κλασικής στατιστικής ανάλυσης κόστους-οφέλους. Η ανάλυση του Bayes αναγνωρίζει ότι η πιθανότητα θ δεν είναι γνωστή με βεβαιότητα και επομένως πρέπει να θεωρηθεί ως τυχαία μεταβλητή. Το πρόβλημα τότε συνίσταται στην εκτίμηση της συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας (probability density function), της θ . [19, 21, 23]

Η ανάλυση του Bayes αναφέρεται στην περίπτωση όπου δεν υπάρχουν δεδομένα, τα οποία να αφορούν ναυτικά ατυχήματα στη συγκεκριμένη περιοχή μελέτης που αφορά το Λιμάνι της Σούδας, επομένως η πιθανότητα ναυτικού ατυχήματος δεν μπορεί να εκτιμηθεί σε αυτή τη φάση. Επομένως, το παράδειγμα της υπό μελέτη εφαρμογής του project εμπεριέχει το δίλημμα για το αν πρέπει να εφαρμοστεί ή όχι. Η εγκατάσταση του συστήματος VTS δεν έχει γίνει ακόμα ώστε να έχουμε την εκτίμηση αν λάβαμε τη σωστή απόφαση ή όχι.[19]

Γενικότερα δεν υπάρχουν δεδομένα για την εκτίμηση της πιθανότητας, ενός γεγονότος ναυτικού ατυχήματος, θ . Υπάρχει όμως πληροφορία η οποία στηρίζεται στην εμπειρία από άλλες περιοχές κοντά στην περιοχή μελέτης (soft information). Για την περίπτωση του ναυτικού ατυχήματος βασιζόμαστε σε δεδομένα που αφορούν την κατανομή των ναυτικών ατυχημάτων ανά τύπο, όπου πρόκειται να εξεταστεί η εφαρμογή του συγκεκριμένου project.

5.4.2 Δεδομένα Ναυτικών ατυχημάτων

Θαλάσσια Περιοχή	Κατάπλοι και Απόπλοι	Ατυχήματα
Δυτικό Κρητικό Πέλαγος	4.380	2

Πίνακας 10: Θαλάσσια κυκλοφορία και ατυχήματα επιβατηγών πλοίων 2010-2015

Θαλάσσια Περιοχή	Κατάπλοι και Απόπλοι	Ατυχήματα
Δυτικό Κρητικό Πέλαγος	410	1

Πίνακας 11: Θαλάσσια κυκλοφορία και ατυχήματα δεξαμενόπλοιων 2010-2015

Θαλάσσια Περιοχή	Κατάπλοι και Απόπλοι	Ατυχήματα
Δυτικό Κρητικό Πέλαγος	756	4

Πίνακας 12: Θαλάσσια κυκλοφορία και ατυχήματα φορτηγών πλοίων 2010-2015

5.4.3 Η περιγραφή της συνάρτησης πυκνότητας-πιθανότητας της προγενέστερης πληροφορίας

Συνεχίζοντας της ανάλυση προχωράμε στην κατασκευή της υποκειμενικής προγενέστερης πληροφορίας (subjective prior pdf) της θ , η οποία συμβολίζεται ως $\pi(\theta)$ [19, 20, 21, 23]. Σύμφωνα με τη θεωρία της στατιστικής και των πιθανοτήτων, ως προγενέστερη, η συζυγής κατανομή που αντιστοιχεί στη διωνυμική κατανομή είναι η κατανομή Βήτα (Beta distribution). Οι συζυγείς κατανομές πρέπει να έχουν τέτοια μορφή, ώστε όταν συνδυαστούν με την κατανομή πιθανότητας να δίνουν ως αποτέλεσμα μια νέα συνάρτηση, η οποία θα πρέπει να πληρεί τα κριτήρια των κατανομών πιθανότητας, δηλαδή να είναι θετική.[25] Η κατανομή βήτα έχει δύο παραμέτρους, r και t , οι οποίες της επιτρέπουν να λάβει πολύ διαφορετικές μορφές και την καθιστούν πολύ ευέλικτη στην προσομοίωση διαφορετικών δεδομένων. Η μαθηματική έκφραση της κατανομής βήτα είναι:

$$B(t, r; \theta) = \frac{(t-1)!}{(r-1)!(t-r-1)!} \theta^{r-1} (1-\theta)^{t-r-1} \quad (9)$$

Η μέση τιμή και η διασπορά της δίνονται ως εξής:

$$m_{\theta} = \frac{r}{t}$$
$$\sigma_{\theta}^2 = \frac{r(t-r)}{t^2(t+1)} \quad (10)$$

5.4.4 Υπολογισμός της Συνάρτησης Επικινδυνότητας του Bayes για το ενδεχόμενο γεγονός ναυτικού ατυχήματος στο Λιμάνι της Σούδας

Η επικινδυνότητα του Bayes (Bayes Risk), R , ορίζεται ως η αναμενόμενη τιμή της συνάρτησης επικινδυνότητας ως προς την άγνωστη παράμετρο θ [9].

$$R(A(i)) = E^{\pi}[G(A(i), \theta)] = \int_0^1 G(A(i), \theta) \pi(\theta) d\theta \quad (11)$$

Η έκφραση $E^{\pi}[G(A(i), \theta)]$ συμβολίζει την αναμενόμενη τιμή της συνάρτησης επικινδυνότητας, και το σύμβολο π δε συμβολίζει κάποιον εκθέτη, αλλά υποδεικνύει

ότι η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας η οποία πρέπει να χρησιμοποιηθεί είναι η προγενέστερη κατανομή $\pi(\theta)$.

Η συνάρτηση επικινδυνότητας που προκύπτει για την $A(0)$ είναι:

$$R(A(0)) = E^\pi [G(A(0), \theta)] \quad (12)$$

Η συνάρτηση επικινδυνότητας που προκύπτει για την $A(1)$ είναι:

$$R(A(1)) = \int_{\Theta} G(A(1), \theta) \pi(\theta) d\theta \quad (13)$$

$$R(A(1)) = E^\pi [K] = K \quad (14)$$

Η βέλτιστη απόφαση του Bayes (optimal Bayes decision) λαμβάνεται για την ενέργεια, η οποία ελαχιστοποιεί τη συνάρτηση επικινδυνότητας του Bayes

Το ουδέτερο σημείο, όπου δεν υπάρχει προτίμηση μεταξύ των ενεργειών $A(0)$ και $A(1)$ είναι το σημείο όπου ισχύει:

$$R(A(1)) = R(A(0)) \quad (15\alpha)$$

Όταν ισχύει:

$$K < \int_0^1 BN \theta \frac{(t-1)!}{(r-1)!(t-r-1)!} \theta^{r-1} (1-\theta)^{t-r-1} d\theta \quad (15\beta)$$

η απόφαση $A(1)$ είναι η βέλτιστη, διαφορετικά ως βέλτιστη απόφαση λαμβάνεται η $A(0)$.

6 Υπολογισμός των παραμέτρων της προγενέστερης κατανομής για ενδεχόμενο γεγονός ναυτικού ατυχήματος στο Λιμάνι της Σούδας

Η προσέγγιση της κατανομής για τα δεδομένα ναυτικών ατυχημάτων χρησιμοποιείται με βάση τα δεδομένα του παρακάτω πίνακα, ο οποίος προέκυψε με τη βοήθεια των πινάκων 10,11,12.

Τύποι πλοίων	(t,r)
Φ/Γ	(756, 4)
Δ/Ξ	(410, 1)
Ε/Γ	(4.380, 2)

Πίνακας 13: Παραμετρική Ανάλυση πιθανότητας Ναυτικών Ατυχημάτων στο Λιμάνι της Σούδας.

Στη συνέχεια γίνεται αντικατάσταση των παραπάνω τιμών στην εξίσωση 9 της κατανομής Βήτα.

6.1 Εφαρμογή της παραμετρικής ανάλυσης του μοντέλου Bayes στην περίπτωση του Λιμανιού της Σούδας

Με την ανάπτυξη της ανισότητας 15β, μπορούμε να αξιοποιήσουμε τα δεδομένα από τη χρήση της προγενέστερης πληροφορίας για ατυχήματα σε διάφορους τύπους πλοίων. Έτσι η 15β γίνεται:

$$K < \int_0^1 BN \theta \frac{(t-1)!}{(r-1)!(t-r-1)!} \theta^{r-1} (1-\theta)^{t-r-1} d\theta \Rightarrow \frac{K \cdot (r-1)!}{BN \prod_{i=k-r+1}^k i} < \int_0^1 (1-u)^r u^{t-r-1} du \quad (16)$$

Με $k=t-1$ και $u=1-\theta$

Τα δεδομένα αυτά περιγράφονται στους πίνακες 9, 10, 11, 12 από τους οποίους προκύπτουν οι κατάπλοι κι απόπλοι για κάθε τύπο πλοίου στο λιμάνι: N και οι παράμετροι t και r της κατανομής Βήτα στην εξίσωση (9) αντίστοιχα.

Η εφαρμογή έγινε ενδεικτικά για τρεις τύπους πλοίων, για Φ/Γ, για Δ/Ξ και για Ε/Γ. Το κόστος αγοράς του συστήματος VTS προσδιορίζεται στα 2.000.000€-3.000.000€. Έγινε λοιπόν μια ανάλυση ευαισθησίας δίνοντας τις εξής τιμές: K=2.000.000€, K=2.500.000€ και K=3.000.000€. Στη συνέχεια δοκιμάστηκε η ανισότητα 16 για διάφορες τιμές του κόστους ατυχήματος, και προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα, για τη συσχέτιση της βέλτιστης απόφασης και του ελάχιστου κόστους ενός ατομικού ατυχήματος σε κάθε περίπτωση.

K=2.000.000€				
Τύπος πλοίου	N	t	r	A(1)
Φ/Γ	756	756	4	$B \geq 510.000€$
Δ/Ξ	410	410	1	$B \geq 2.000.000€$
Ε/Γ	4.380	4.380	2	$B \geq 1.000.000€$
K=2.500.000€				
Τύπος πλοίου	N	t	r	A(1)
Φ/Γ	756	756	4	$B \geq 637.500€$
Δ/Ξ	410	410	1	$B \geq 2.500.000€$
Ε/Γ	4.380	4.380	2	$B \geq 1.250.000€$
K=3.000.000€				
Τύπος πλοίου	N	t	r	A(1)
Φ/Γ	756	756	4	$B \geq 765.000€$
Δ/Ξ	410	410	1	$B \geq 3.000.000€$
Ε/Γ	4380	4380	2	$B \geq 1.500.000€$

Πίνακας 14: Συσχέτιση της βέλτιστης απόφασης και του ελάχιστου κόστους ενός ατομικού ατυχήματος σε κάθε περίπτωση

Μέσω του παραπάνω πίνακα προκύπτουν οι τιμές του κόστους αποκατάστασης B ενός ατυχήματος για κάθε τύπο πλοίου για τις οποίες συμφέρει η απόφαση A(1). Για παράδειγμα στην 1^η περίπτωση προκύπτει ότι όταν το κόστος του VTS είναι 2.000.000€, όσο αφορά τα φορτηγά πλοία, το κόστος αποκατάστασης B ενός ατυχήματος πρέπει να είναι μεγαλύτερο ή ίσο από 510.000€ για να συμφέρει η εγκατάστασή του.

Παρατηρείται ότι όσο αυξάνει το ποσοστό των ατυχημάτων ανά τύπο πλοίου στις περιπτώσεις των Φ/Γ και Δ/Ξ, η A(1) είναι βέλτιστη όταν μειώνεται το κόστος αποκατάστασης B. Γενικά τα αποτελέσματα είναι συνάρτηση του συνολικού αριθμού των κατάπλων κι απόπλων (N), αλλά και της εκτίμησης της πιθανότητας μέσω της προγενέστερης πληροφορίας, όπως προκύπτει από τις παραμέτρους r,t της κατανομής Βήτα. Τέλος, σημειώνεται ότι όσο αυξάνεται το κόστος της αγοράς του VTS, K, τότε αυξάνεται και το κόστος B ενός ατυχήματος που ορίζει το όριο για το πότε η απόφαση A(1) είναι βέλτιστη.

Αν για παράδειγμα λάβουμε υπόψη ότι το μέσο κόστος ενός ατυχήματος υπολογίζεται περίπου σε 1.700.000 €, τότε η απόφαση A(1) είναι βέλτιστη σε κάθε περίπτωση πλην των δεξαμενόπλοιων και για καμιά τιμή του κόστους K αγοράς του VTS. Αυτό μπορεί να αποδοθεί στο μικρό αριθμό των κατάπλων κι απόπλων (N) του συγκεκριμένου τύπου πλοίου στο συγκεκριμένο λιμάνι. Ωστόσο για ένα ατύχημα υψηλότερου κόστους του 1.700.000 € συμφέρει παρολαυτά να εγκατασταθεί το VTS.

7. Συμπεράσματα

Το βασικό συμπέρασμα που προκύπτει από την ανάλυση επικινδυνότητας είναι ότι: η επιλογή για μια απόφαση ή ενέργεια που φαίνεται «χαμηλού κόστους» αρχικά δεν σημαίνει ότι μπορεί να είναι απαραίτητα και η βέλτιστη επιλογή σε ένα πρόβλημα λήψης αποφάσεων. Η γνώση της πληροφορίας, που προκύπτει από προγενέστερες αντίστοιχες περιπτώσεις ή η δειγματοληψία για χρήση δεδομένων, επηρεάζει την ποιοτική πληροφορία που εφαρμόζεται για την «ποσοτικοποίηση» της αβεβαιότητας.

Η ποσοτικοποίηση της αβεβαιότητας προκύπτει από το συνδυασμό της προγενέστερης πληροφορίας με αντίστοιχες στατιστικές κατανομές που ταιριάζουν κατά περίπτωση στο πρόβλημα λήψης αποφάσεων. Για παράδειγμα τόσο η χρήση των εμπλεκομένων σε ατυχήματα πλοίων κάθε κατηγορίας στο Δυτικό Κρητικό Πέλαγος, όσο και ο πίνακας κατάπλου κι απόπλου του λιμανιού της Σούδας συνδέονται έμμεσα με την περίπτωση ναυτικού ατυχήματος. Η συλλογή δεδομένων αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την εκτίμηση μιας κατάστασης αλλά και παράγοντα για ποια απόφαση ή ενέργεια πρέπει να επιλέξουμε.

Τα αποτελέσματα της μεθόδου Bayes μπορούν να αποτελέσουν ένα σημαντικό εργαλείο λήψης αποφάσεων για την εγκατάσταση ή μη συστήματος VTS σε ένα λιμάνι.

Από την εφαρμογή μπορεί να γίνει εύκολα αντιληπτό ότι τα αποτελέσματα είναι συνάρτηση των κατάπλων κι απόπλων (N) και της εκτίμησης της πιθανότητας μέσω των παραμέτρων της προγενέστερης πληροφορίας r και t . Όταν αυξάνεται το κόστος της αγοράς του VTS, πρέπει να αυξάνεται το κόστος αποκατάστασης B ενός ατυχήματος, ώστε να συμφέρει να εγκατασταθεί το σύστημα. Αν θεωρήσουμε ότι το μέσο κόστος ατυχήματος ανέρχεται σε 1.700.000 €, τότε η απόφαση $A(1)$ είναι συμφέρουσα σε κάθε περίπτωση εκτός των δεξαμενόπλοιων και για καμία τιμή του κόστους K αγοράς του VTS. Ωστόσο, για ένα ατύχημα υψηλότερου κόστους του 1.700.000 € συμφέρει παρολαυτά να εγκατασταθεί το VTS.

Βέβαια, η ακριβής εκτίμηση του κόστους αποκατάστασης ενός ατυχήματος δεν είναι τόσο απλή για να εκτιμηθεί με ακρίβεια, καθώς διαφέρει κατά περίπτωση.

Όσον αφορά την εφαρμογή του μοντέλου, αυτό θα μπορούσε να εφαρμοστεί σε συνδυασμό με μια βάση χωρικών δεδομένων των ατυχημάτων που έχουν συμβεί γνωρίζοντας τον αριθμό των πλοίων που εισέρχονται στο λιμάνι για γενικότερη χρήση του και σε άλλα λιμάνια και για διαφορετικά σενάρια εκτίμησης της αποκατάστασης των ζημιών.

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία ασχολήθηκε κυρίως με το εκτιμώμενο οικονομικό κόστος κάθε δυνατής απόφασης που αφορά την εγκατάσταση ή μη ενός συστήματος VTS.

Η εκτίμηση αυτή είναι μια αρκετά πολύπλοκη διαδικασία καθώς επιπλέον των επιπτώσεων στο φυσικό περιβάλλον έχουμε να εκτιμήσουμε και το κοινωνικό κόστος. Η εκτίμηση της θα επηρέαζε σε σημαντικό βαθμό την τελική απόφαση.

Η επιτυχία του μοντέλου του Bayes για την εκτίμηση του πόσο «βέλτιστη» είναι μια απόφαση (ή ενέργεια) έγκειται στο γεγονός ότι η ανάλυση του μοντέλου συνδυάζει το ενδεχόμενο κόστος που θα στοιχήσει η κάθε απόφαση (μέσω της συνάρτησης απώλειας), την ενδεχόμενη επιτυχία ή αποτυχία (χρήση της συνάρτησης επικινδυνότητας του Bayes) και την προγενέστερη υποκειμενική πιθανότητα (συλλογή πληροφοριών-δεδομένων).

Η βέλτιστη απόφαση είναι αυτή που ελαχιστοποιεί την συνάρτηση επικινδυνότητας και αυτό γίνεται συναρτήσει της μορφής της συνάρτησης απώλειας αλλά και της γνώσης που προκύπτει από την προγενέστερη πληροφορία.

8. Βιβλιογραφία

1. Σεβαστοπούλου Χ., Διπλωματική Διατριβή, *Τα Ναυτικά Ατυχήματα που έχουν ως αποτέλεσμα την απώλεια της Ανθρώπινης Ζωής-Το παράδειγμα της Ελληνικής Σημαίας*, MSc Maritime, Πανεπιστήμιο Πειραιώς, Πειραιάς 2007.
2. Γ.Βλάχος, *Διεθνής Ναυτιλιακή Οικονομική και Πολιτική*, εκδόσεις Σταμούλη, 2002.
3. Κραγιοπούλου Ε., Διπλωματική Εργασία, *Εκτίμηση Επικινδυνότητας ατυχημάτων πετρελαιοκηλίδας*, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2014.

4. Αλεξόπουλος Α., 2009, καθηγητής του Τμήματος Ναυτιλιακών Σπουδών, *Διεθνές Θαλάσσιο Περιβαλλοντικό Δίκαιο*, πανεπιστημιακές σημειώσεις, Πανεπιστήμιο Πειραιώς.
5. Διαμάντη Κατερίνα, 2010, *Θαλάσσιες μεταφορές και Θαλάσσια Ρύπανση στη Μεσόγειο*, Διπλωματική Εργασία στο Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών του Πανεπιστημίου Πειραιώς
6. Γέμελος Χ., Διπλωματική εργασία, *Ο ανθρώπινος παράγοντας και η Συμμετοχή του στην Πρόκληση Ναυτικών Ατυχημάτων για Επιβατηγά Πλοία στο Θαλάσσιο Χώρο*, Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Νοέμβριος 2006.
7. Χ.Ν Ψαραύτης, Π. Καρύδη, Ν. Δεσπύρης, Γ. Παναγάκος, Ν.Π Βεντικός, *Ο Ανθρώπινος Παράγοντας ως Παράμετρος των Ναυτικών Ατυχημάτων*, Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
8. Ν. Ψαραύτης, *Θαλάσσια Ασφάλεια για την Ανάκτηση του Χαμένου Prestige*, Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
9. Νομικός Α., Διπλωματική εργασία, *Ανάλυση Ναυτικών Ατυχημάτων σε Δεξαμενόπλοια*, Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 2012.
10. Χρυσανγής Χ., Διπλωματική εργασία, *Μελέτη και Ανάλυση Ναυτικών Ατυχημάτων Πλοίων Γενικού Φορτίου*, Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2011.
11. Eleftheria Elioroulou, Apostolos Papanikolaou, *Casualty Analysis of large Tankers*, Journal of Marine Science and Technology, June 2007
12. IACS FSA Study, General Cargo Safety, MSC87/Inf 3.
13. Ανδριτσόπουλος Α., *Ανάλυση Ατυχημάτων Ναυσιπλοίας στο Αιγαίο Πέλαγος*, Αθήνα 2011.
14. Ευστράτιος Δ., *Πολιτικές Αντιμετώπισης Ατυχηματικής Ρύπανσης από Πετρελαιοειδή στο Αιγαίο*, Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα στην Διαχείριση Παράκτιας Ζώνης, Τμήμα Επιστημών Θάλασσας, Σχολή Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Μυτιλήνη 2006.
15. Μαρλέμπας Μ., Υποναύαρχος Ε.Α. ΛΣ (2003), *Δίκαιο Προστασίας Θαλασσίου Περιβάλλοντος*, Αθήνα.
16. Υπουργείο Εμπορικής Ναυτιλίας (2004), *Εθνικό Σύστημα Διαχείρισης & Ελέγχου Θαλασσίας Κυκλοφορίας*, Πειραιώς.
17. Internako (2002), *Evaluation of Accidental Spills from Bunker Tanks*, IMO DE46/INF.4, London, UK.
18. Μελέτη Ολοκλήρωσης Χερσαίων Έργων, *Πολυχρηστικού Τμήματος Λίμενα Σούδας*, Μάρτιος 2014, Περιβαλλοντική Μελέτη, Ecos Μελετητική Α.Ε-Trademco Μελέτες-Έρευνα-Ανάπτυξη Α.Ε
19. Παλαιολόγος Ε. *Ανάλυση Επικινδυνότητας*. Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης. Χανιά 2007
20. Lerche I. and Paleologos E.K. (2001). *Environmental Risk Analysis*. New York: McGraw-Hill Professional Engineering series: Chemical & Environmental Engineering.
21. Berger J.O. (1985). *Statistical Decision Theory and Bayesian Analysis*, 2nd Ed. New York: Springer series in Statistics. Springer-Verlag.
22. Paleologos E.K. (2008). *The Lost Value of Groundwater and its Influence on Environmental Decision Making*. Risk Analysis. 28(4), 939–950.

23. Wolfson L.J., Kadane, J.B. & Small M.J. (1996). *Bayesian Environmental Policy Decisions: Two case Studies*. *Ecological Applications*, 6(4), 1056-1066.
24. Βαρουχάκης Εμμ. *Πιθανοτική Προσέγγιση Υδρολογικών Μεταβλητών. Προπτυχιακές Σημειώσεις. Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης. Χανιά 2014.*
25. Rice J.A. *Mathematical Statistics and Data Analysis. 3rd edition Thomson Higher Education. Belmont USA 2006.*

Ηλεκτρονική Βιβλιογραφία

H.1:<http://www.e-nautilia.gr/ta-deka-pio-entuposiaka-nauagia-se-olo-ton-kosmo/>