



Χρηματοδοτικό πρόγραμμα
«ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ 2022»
Άξονας Προτεραιότητας 3
«ΕΡΕΥΝΑ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ»

Τίτλος Έργου
Στρατηγική δράση για τον Μετριασμό και την Προσαρμογή της
Κλιματικής Αλλαγής στα Λιμάνια



ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Π5.2: Σχέδιο Δράσης για την αντιμετώπιση του αντίκτυπου της κλιματικής αλλαγής στα λιμάνια μελέτης

Ενότητα Εργασίας 5.2: Εργαλεία προσαρμογής λιμένων στην κλιματική αλλαγή

Περιεχόμενα

Περιγραφή Παραδοτέου.....	3
Σύνθεση Ομάδας Έργου Παραδοτέου	3
1 Εισαγωγή	4
2 Εργαλεία Πολιτικής για την Προσαρμογή των Λιμένων στην Κλιματική Αλλαγή	5
3 Μέτρα προσαρμογής & βέλτιστες πρακτικές.....	8
4 Μεθοδολογική προσέγγιση.....	12
4.1 Επιλογή μέτρων	12
4.2 Οι αναλύσεις BOWTIE & Layers Of Protection Analysis/ LOPA	15
5 Χαρτοφυλάκιο μέτρων προσαρμογής των λιμένων στην Κλιματική Αλλαγή	18
5.1: Λιμάνια Επικράτειας	18
5.2: Λιμάνια Μελέτης.....	26
5.2.1. Λιμάνι Ηρακλείου	28
5.2.2: Λιμάνι Χαλκίδας.....	34
6 Βιβλιογραφία	40

Περιγραφή Παραδοτέου

Το παρόν έγγραφο αποτελεί το Παραδοτέο Π5.2: Σχέδιο Δράσης για την αντιμετώπιση του αντίκτυπου της κλιματικής αλλαγής στα λιμάνια μελέτης της Ενότητας Εργασίας ΕΕ5: Εργαλεία προσαρμογής λιμένων στην κλιματική αλλαγή.

Η δόμηση ενός Σχεδίου Δράσης για την αντιμετώπιση του αντίκτυπου της Κλιματικής Αλλαγής στα λιμάνια μελέτης αποτελεί τελικό στόχο του έργου. Τα διαφορετικά φυσικογεωγραφικά, κλιματικά και κοινωνικο-οικονομικά χαρακτηριστικά του κάθε λιμανιού διαμορφώνουν τις διάφορες προκλήσεις. Η ανάπτυξη του Σχεδίου Δράσης επιδιώκει:

- τη διαχείριση της επικινδυνότητας
- την αντιμετώπιση του αντίκτυπου της κλιματικής αλλαγής
- την πρόταση και ιεράρχηση μέτρων προσαρμογής
- την ενσωμάτωση προσαρμοστικών πολιτικών στα λιμάνια

Στο παρόν παραδοτέο περιγράφονται οι στρατηγικές και το θεσμικό πλαίσιο για τη διαχείριση της επικινδυνότητας και την προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή με στόχευση την υποστήριξη της αειφορίας των λιμανιών.

Η ανάπτυξη του Σχεδίου Δράσης έλαβε υπόψη πολιτικές σχετικές με την Κλιματική Αλλαγή και τα λιμάνια και στρατηγικές προσαρμογής, καθώς και μέτρα προσαρμογής όπως προκύπτουν στη βιβλιογραφία και βέλτιστες πρακτικές από τον διεθνή χώρο. Επιπλέον, το Σχέδιο Δράσης βασίστηκε στα αποτελέσματα αξιολόγησης της επικινδυνότητας στα λιμάνια περίπτωσης όπως προέκυψαν από την Ενότητα Εργασίας 4, καθώς και τα αποτελέσματα εκτίμησης των οικονομικών επιπτώσεων (απώλεια λιμενικών υπηρεσιών, δυσλειτουργίες/καθυστερήσεις στην αλυσίδα μεταφορών, απαξίωση υλικοτεχνικών υποδομών κ.α.) όπως προέκυψαν από την Ενότητα Εργασίας 5.

Εφαρμόστηκε το εργαλείο Bow Tie προκειμένου να προταθούν μέτρα προσαρμογής για την διαχείριση της επικινδυνότητας [Κίνδυνος (Κ), Τρωτότητα (Τ) - ευαισθησία & ικανότητα προσαρμογής - Έκθεση (Ε)] και την αντιμετώπιση του αντίκτυπου της κλιματικής αλλαγής. Εκτιμήθηκαν τα μέτρα προσαρμογής και με την ιεράρχησή τους συντάχθηκε χαρτοφυλάκιο δομικών, επιχειρησιακών και θεσμικών μέτρων.

Σύνθεση Ομάδας Έργου Παραδοτέου

Η ομάδα έργου του παρόντος παραδοτέου αποτελείται από τα ακόλουθα μέλη:

Θεοδώρα Παραμάνη, Δρ.

Μαρία Χατζάκη, Αναπλ. Καθηγήτρια

Γιώργο Βαγγέλα, Αναπλ. Καθηγητής

Κατερίνα Καρδισιά, Επίκ. Καθηγήτρια

1 Εισαγωγή

Τα λιμάνια αποτελούν κρίσιμες υποδομές που δρουν ως καταλύτες οικονομικής ανάπτυξης και αποτελούν βασικούς κόμβους στο δίκτυο των παγκόσμιων αλυσίδων εφοδιασμού. Παράλληλα, τα λιμάνια και άλλες υποδομές παράκτιων μεταφορών, εξαιτίας της θέσης τους στην παράκτια ζώνη - κατά κύριο λόγο σε περιοχές χαμηλού υψομέτρου και δέλτα - είναι εκτεθειμένα στους κινδύνους που απορρέουν από την κλιματική αλλαγή (United Nations, 2020).

Εκτός από την πρόκληση μεγαλύτερων και συχνότερων φυσικών ζημιών στα λιμάνια, η κλιματική αλλαγή πιθανότατα θα επηρεάζει ολόένα και περισσότερο την ικανότητα λειτουργίας των λιμένων. Οι καταγίδες σε συνδυασμό με την άνοδο της στάθμης της θάλασσας θα αυξήσουν την πιθανότητα, το μέγεθος και τη διάρκεια του κλεισίματος των λιμένων και θα μειώσουν την αποτελεσματικότητα και την ικανότητα των λιμένων να επεξεργάζονται πλοία και φορτία επιφέροντας όλο και μεγαλύτερο οικονομικό κόστος, στον λιμενικό τομέα, τη ναυτιλιακή βιομηχανία και τις ευρύτερες αλυσίδες εφοδιασμού (Van Houtven, et al., 2022).

Η αποφυγή των καθυστερήσεων και διαταραχών στις παγκόσμιες αλυσίδες εφοδιασμού που μπορεί να προκληθούν από τις επιπτώσεις της ΚΑ και η συνολική ενίσχυση της ανθεκτικότητας των λιμένων στην κλιματική αλλαγή, αποτελεί ζήτημα στρατηγικής οικονομικής σημασίας δεδομένου του ρόλου τους λιμένων στο παγκόσμιο εμπόριο (United Nations, 2020).

Η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC et al., 2022; Fernandez-Perez, 2024) τονίζει την ανάγκη εφαρμογής πλαισίων αξιολόγησης της προσαρμογής τα οποία να λαμβάνουν υπόψη ολοκληρωμένες, ολιστικές, μακροπρόθεσμες λύσεις σχεδιασμού για την αύξηση της αποτελεσματικότητας της προσαρμογής και την αποφυγή της «δυσπροσαρμογής».

Οι προσεγγίσεις με κέντρο την ανθεκτικότητα εστιάζουν στη μείωση της επανάληψης και των συνεπειών των επιπτώσεων και στην αύξηση της ταχύτητας ανάκαμψης ενός συστήματος μέσω της εφαρμογής (στις περισσότερες περιπτώσεις) διαρθρωτικών μέτρων (Bocchini et al., 2014), και συνήθως σχετίζονται με πλαίσια μείωσης του κινδύνου καταστροφών (Sendai Framework). Οι προσεγγίσεις που στηρίζονται στην ευρωστία αναλύουν έναν τεράστιο αριθμό πιθανών μελλοντικών εξελίξεων και προετοιμάζουν υποδομές μέσω λύσεων ικανών να αντιμετωπίσουν όλες ή τις περισσότερες εξεταζόμενες περιπτώσεις (Lempert et al., 2013), και είναι πιο κοντά στην προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή. Είναι σημαντικό να οριστεί ένα πλαίσιο προσαρμογής για τα υπάρχοντα συστήματα λιμενικών υποδομών μέσω (1) της ανίχνευσης κρίσιμων σύνθετων κινδύνων ΚΑ που επηρεάζουν την απόδοση του λιμένα (2) του χαρακτηρισμού αποδεκτών επιπέδων απόδοσης και τον καθορισμό των απαιτήσεων ή αναγκών για προσαρμογή (3) τον εντοπισμό των κύριων περιορισμών (περιβαλλοντικών, κοινωνικών και οικονομικών) για την προσαρμογή των υποδομών (4) τον καθορισμό και τη βελτιστοποίηση ενός συνόλου εφικτών μέτρων προσαρμογής (5) της διερεύνησης της αποτελεσματικότητάς τους στη μείωση του κινδύνου για διαφορετικά σενάρια ΚΑ, χρονικούς ορίζοντες και χρόνους υλοποίησης (Fernandez-Perez, 2024).

2 Εργαλεία Πολιτικής για την Προσαρμογή των Λιμένων στην Κλιματική Αλλαγή

Οι μεταβολές στην ένταση/εμφάνιση ακραίων φαινομένων κατά τις επόμενες δεκαετίες θα αυξήσουν σημαντικά τον κίνδυνο επιπτώσεων, όπως πλημμύρες και λειτουργικές διαταραχές στις λιμενικές εγκαταστάσεις, οδηγώντας σε εκτεταμένο κόστος και οικονομικές απώλειες, με δυνητικά σημαντικές επιπτώσεις στο εμπόριο και στη βιώσιμη ανάπτυξη (Asariotis, R. et al., 2024).

Για την εξασφάλιση υποστηρικτικού πλαισίου για δράσεις προσαρμογής και τη διευκόλυνση αποτελεσματικών αξιολογήσεων κινδύνου, οι νομικές και κανονιστικές προσεγγίσεις, καθώς και οι πολιτικές είναι καθοριστικής σημασίας. Για την υποστήριξη της προσαρμογής απαιτούνται καθοδήγηση, πρότυπα, βέλτιστες πρακτικές, μεθοδολογίες και άλλα εργαλεία.

Τα υποστηρικτικά πολιτικά και νομικά πλαίσια έχουν έναν ιδιαίτερα κρίσιμο ρόλο να διαδραματίσουν στην προώθηση και τη διευκόλυνση της προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή και της οικοδόμησης ανθεκτικότητας επί τόπου (UNCTAD 2020a).

Οι πολιτικές, οι στρατηγικές και τα σχέδια καθορίζουν και διατυπώνουν φιλοδοξίες, στόχους και δεσμεύσεις, ενώ τα νομικά μέσα θεσπίζουν νομικά δεσμευτικές υποχρεώσεις και αποτελούν ισχυρά - και ζωτικά - εργαλεία για την εφαρμογή των συμφωνημένων πολιτικών στόχων. Τα νομικά μέσα περιλαμβάνουν εθνικούς νόμους, καθώς και διεθνείς συμβάσεις και συμφωνίες που απαιτούν έναν ορισμένο αριθμό επικυρώσεων για την έναρξη ισχύος τους και είναι νομικά δεσμευτικά για όλα τα κράτη που έχουν επικυρώσει ή προσχωρήσει. Η προσαρμογή των λιμένων βασίζεται σε ένα πολυεπίπεδο σύστημα εργαλείων πολιτικής και κανονιστικών εργαλείων, τα οποία λειτουργούν συμπληρωματικά και καλύπτουν τόσο τον στρατηγικό σχεδιασμό όσο και την πρακτική εφαρμογή των μέτρων (Asariotis, R. et al., 2024):

i. Διεθνή Πλαίσια Πολιτικής και Συμφωνίες

Σε διεθνές επίπεδο, τα βασικά εργαλεία πολιτικής λειτουργούν ως κατευθυντήριες πολιτικές (soft policy instruments) και περιλαμβάνουν:

- Τη Σύμβαση των Ηνωμένων Εθνών για το Δίκαιο της Θάλασσας/ UNCLOS του 1982, η οποία ορίζει διατάξεις για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος
- Τη Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή / United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) του 1992, σε ισχύ για 198 συμβαλλόμενα μέρη και παρέχει το γενικό νομικό πλαίσιο για τη δράση για την κλιματική αλλαγή σε διεθνές επίπεδο
- Το Πρωτόκολλο του Κιότο / the Kyoto Protocol του 1997
- Την Συμφωνία των Παρισίων/ Paris Agreement του 2015, της οποίας τα 195 Συμβαλλόμενα Μέρη καθορίζουν «τον παγκόσμιο στόχο για την προσαρμογή, την ενίσχυση της προσαρμοστικής ικανότητας, την ενίσχυση της ανθεκτικότητας και

τη μείωση της ευπάθειας στην κλιματική αλλαγή», και δεσμεύονται για σχετική δράση και συνεργασία, καθώς και για τακτικές διαδικασίες υποβολής εκθέσεων και αξιολόγησης (Άρθρο 7).

- Το Πλαίσιο Σεντάι για τη Μείωση του Κινδύνου Καταστροφών/ Sendai Framework for Disaster Risk Reduction (2015–2030), το παγκόσμιο πλαίσιο πολιτικής που ορίζει 7 παγκόσμιους στόχους και τομείς προτεραιότητας και υιοθετεί μια προσέγγιση πολλαπλών κινδύνων και συστημάτων για την κατανόηση του κινδύνου καταστροφών σε όλες τις διαστάσεις του, ενισχύοντας τη διακυβέρνηση και τη διαχείριση του κινδύνου καταστροφών, επενδύοντας στη μείωση του κινδύνου καταστροφών για ανθεκτικότητα και ενισχύοντας την ετοιμότητα για καταστροφές για αποτελεσματική αντίδραση και για «καλύτερη ανοικοδόμηση».
- Την Ατζέντα 2030 για τη Βιώσιμη Ανάπτυξη/ 2030 Agenda for Sustainable Development, που αποτελείται από 17 στόχους και 169 επιμέρους στόχους που είναι «ολοκληρωμένοι και αδιαίρετοι, παγκόσμιοι στη φύση τους και καθολικά εφαρμόσιμοι»
- Την Σύμβαση του Aarhus/ Aarhus Convention on Access to Information, Public Participation in Decision-making and Access to Justice in Environmental, του 1998, για την πρόσβαση σε πληροφορίες, τη συμμετοχή του κοινού στη λήψη αποφάσεων και την πρόσβαση στη δικαιοσύνη σε περιβαλλοντικά θέματα (UNECE 1998), τα 47 συμβαλλόμενα κράτη της οποίας αναλαμβάνουν την υποχρέωση να εγγυηθούν τα σχετικά δικαιώματα σύμφωνα με τις λεπτομερείς διατάξεις που ορίζονται στη Σύμβαση.

Τα εργαλεία αυτά θέτουν γενικούς στόχους προσαρμογής και ανθεκτικότητας, προωθούν την ενσωμάτωση της κλιματικής διάστασης σε εθνικές πολιτικές, καθώς και ενισχύουν τη συνεργασία και τη χρηματοδότηση.

ii. Νομοθετικά εργαλεία σε επίπεδο ΕΕ

Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, τα βασικά νομοθετικά εργαλεία αφορούν:

- Το Ευρωπαϊκό νομοθέτημα για το κλίμα / European Climate Law (ΕΕ 2021/1119), το οποίο προβλέπει ισχυρή δράση για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή και την ενίσχυση της ανθεκτικότητας. Ο κανονισμός, ο οποίος τέθηκε σε ισχύ στις 29 Ιουλίου 2021 για όλα τα 27 κράτη μέλη της ΕΕ, αναμένεται να έχει σαφή και σημαντικά οφέλη για τις προσπάθειες οικοδόμησης ανθεκτικότητας στην κλιματική αλλαγή και προσαρμογής στις παράκτιες ζώνες της ΕΕ, συμπεριλαμβανομένων των λιμένων.
- Την Οδηγία για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων/ the Environmental Impact Assessment Directive 2011/92 και την Οδηγία Στρατηγικής Περιβαλλοντικής Εκτίμησης/ Strategic Environmental Assessment Directive 2001/42, οι οποίες καθιστούν τις αξιολογήσεις κινδύνου και τρωτότητας και την ανάπτυξη επιλογών προσαρμογής αναπόσπαστο μέρος του σχεδιασμού, της ανάπτυξης και της χρηματοδότησης του έργου.
- Τον Κανονισμό (ΕΕ) 2024/1679 προσαρμοσμένων της Ένωσης για την ανάπτυξη του διευρωπαϊκού δικτύου μεταφορών/ Regulation (EU) 2024/1679 Union

guidelines for the development of the trans-European transport network, ο οποίος αφορά την ανάπτυξη νέων λιμενικών υποδομών σύμφωνα με το δίκαιο της ΕΕ.

- Την Οδηγία για την Ανθεκτικότητα των Κρίσιμων Οντοτήτων / Directive on Resilience of Critical Entities 2022/2557, η οποία στοχεύει στη διασφάλιση της ανθεκτικότητας των δημόσιων και ιδιωτικών «κρίσιμων οντοτήτων» σε όλους τους τομείς, συμπεριλαμβανομένων των μεταφορών, έναντι ενός ευρέος φάσματος κινδύνων που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε διαταραχές.

Τα εργαλεία πολιτικής για την προσαρμογή των λιμένων στην κλιματική αλλαγή συνιστούν ένα πολυδιάστατο πλαίσιο που συνδυάζει κανονιστικά, στρατηγικά, οικονομικά και τεχνικά μέσα. Η αποτελεσματικότητά τους εξαρτάται από την ενσωμάτωση επιστημονικών δεδομένων, τη διαθεσιμότητα χρηματοδότησης και τον βαθμό θεσμικής συνεργασίας, ενώ η έγκαιρη εφαρμογή τους είναι κρίσιμη λόγω του μακροχρόνιου κύκλου ζωής των λιμενικών υποδομών.

Τόσο οι πολιτικές όσο και η νομοθεσία μπορούν να παρέχουν οικονομικά κίνητρα για την υποστήριξη των προσπαθειών προσαρμογής, οικοδόμησης ανθεκτικότητας και Μείωσης του Κινδύνου Καταστροφών/ Disaster Risk Reduction (DRR), να προωθήσουν τη συνεργασία και τη μεταφορά σχετικών «σκληρών» και «ήπιων» τεχνολογιών, και να συμβάλουν στη συλλογή, τη διαθεσιμότητα και την προσβασιμότητα ακριβών (και απαραίτητων) κλιματικών δεδομένων σε διαφορετικές χωροχρονικές κλίμακες (Asariotis, R. et al., 2024).

3 Μέτρα προσαρμογής & βέλτιστες πρακτικές

Για την αντιμετώπιση του αντίκτυπου της κλιματικής αλλαγής στα λιμάνια απαιτούνται καινοτόμα και μικτά μέτρα προσαρμογής (ρυθμιστικά, διαχειριστικά, τεχνικά), καθώς και «ήπια» και «σκληρά» μέτρα. Για τα λιμάνια που είναι ευάλωτα στις επιπτώσεις ισχυρότερων καταιγίδων/ ανόδου της στάθμης της θάλασσας, οι προσεγγίσεις προσαρμογής μπορούν να οργανωθούν σε δύο κύριες κατηγορίες (Van Houtven et al., 2022):

- i. «Ήπιες» στρατηγικές προσαρμογής, οι οποίες απαιτούν ο σχεδιασμός για τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής να περιλαμβάνει στοιχεία διοικητικά και λήψη αποφάσεων, όπως η διαχείριση της χρήσης γης, τα οικονομικά κίνητρα, τα προγράμματα εκκένωσης και οι θεσμικές αλλαγές (Becker et al., 2013; Ng et al., 2013).
- ii. «Σκληρές» στρατηγικές, οι οποίες αντίθετα, περιλαμβάνουν διαρθρωτικές αλλαγές στα λιμάνια. Οι τρεις κύριες προσεγγίσεις σκληρής στρατηγικής είναι οι ανύψωση, υπεράσπιση και υποχώρηση (Becker et al., 2016; Skourti et al., 2020).

i. Ήπια προσαρμογή

Οι ήπιες στρατηγικές στοχεύουν στη μείωση της αβεβαιότητας στη λήψη αποφάσεων κατά τον σχεδιασμό για τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στα λιμάνια και περιλαμβάνουν εργαλεία θεσμικά, σχεδιασμού και διακυβέρνησης. Οι ήπιες στρατηγικές χρησιμοποιούν χρηματοοικονομικά μέσα, εργαλεία υποστήριξης λήψης αποφάσεων, πρότυπα και κανονισμούς κατασκευής λιμένων, και αυξημένη χρηματοδότηση για την προσαρμογή και τη διαχείριση κινδύνων, που βοηθούν τα λιμάνια να διαχειρίζονται τους κινδύνους που σχετίζονται με το κλίμα, να μειώνουν την ευπάθεια και να αυξάνουν την ανθεκτικότητα. Το κόστος εφαρμογής στρατηγικών ήπιας προσαρμογής είναι χαμηλότερο σε σύγκριση με τα υψηλά πάγια κόστη και τις επενδύσεις που απαιτούνται για παρεμβάσεις σκληρής προσαρμογής περιλαμβάνει τα διοικητικά έξοδα ενός λιμένα που σχετίζονται με την ασφάλιση, τους κανονισμούς, την ανακατανομή του προϋπολογισμού και τον σχεδιασμό νέων εγγράφων). Ως εκ τούτου, η ήπια προσαρμογή λειτουργεί καλύτερα ως πρώτο βήμα στη διαδικασία προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή ή ως συμπληρωματικός μηχανισμός για την υποστήριξη άλλων στρατηγικών προσαρμογής. Για να είναι αποτελεσματικές, οι ήπιες στρατηγικές στην προσαρμογή των λιμένων στην κλιματική αλλαγή πρέπει να ενσωματώσουν τα ενδιαφερόμενα μέρη στη διαδικασία προσαρμογής (Becker et al., 2013; Becker et al., 2016; Van Houtven et al., 2022).

ii. Σκληρή προσαρμογή

Ανύψωση: Αυτή η στρατηγική συνήθως περιλαμβάνει την ανύψωση των λιμενικών επιφανειών και υποδομών (προβλητών, αυλών, δρόμων, αποθηκών και γεφυρών) χρησιμοποιώντας υλικά πλήρωσης και την ανακατασκευή εγκαταστάσεων σε μεγαλύτερο υψόμετρο. Η ανύψωση χρησιμοποιείται κυρίως για την αντιμετώπιση της ανόδου της στάθμης της θάλασσας, αλλά και για την αντιμετώπιση της καθίζησης της γης σε λιμενικές περιοχές (Van Houtven, 2022).

Έργα άμυνας: Περιλαμβάνουν αναχώματα, κυματοθραύστες, πύλες πλημμύρας, και συστήματα αποστράγγισης, μεταξύ άλλων. Τα συστήματα άμυνας του λιμένα στοχεύουν

στα κύματα καταιγίδας που προκαλούνται από τη συνδυασμένη επίδραση ισχυρών καταιγίδων και ανόδου της στάθμης της θάλασσας. Η κατασκευή ορισμένων από αυτές τις αμυντικές υποδομές μπορεί να είναι πολύ απαιτητική σε πόρους, απαιτώντας σημαντικές αρχικές επενδύσεις (Van Houtven, 2022).

Υποχώρηση. Η στρατηγική υποχώρησης περιλαμβάνει τη μετεγκατάσταση λιμένων μακριά από ζώνες επιπτώσεων, προς υψηλότερα υψόμετρα που προστατεύονται καλύτερα από μελλοντική άνοδο της στάθμης της θάλασσας και καταιγίδες (Sullivan, M., 2020). Αν η μελλοντική στάθμη της θάλασσας φτάσει στα υψηλά επίπεδα προβλέψεων για το 2100 πολλά λιμάνια μπορεί να χρειαστεί να εγκαταλειφθούν εντελώς (Monios, J., 2020). Αν και το κόστος κατασκευής ενός νέου λιμένα σε υψηλότερο υψόμετρο είναι γενικά μικρότερο από την ανύψωση ενός υπάρχοντος λιμένα, το συνολικό κόστος της μετεγκατάστασης μπορεί να είναι σχετικά υψηλό σε σύγκριση με άλλες προσεγγίσεις προσαρμογής όταν λαμβάνεται υπόψη το κόστος γης και οι οικονομικές επιπτώσεις στις τοπικές κοινότητες. Ιδιαίτερα στις ταχέως αναπτυσσόμενες παράκτιες περιοχές, η απόκτηση γης για νέες λιμενικές εγκαταστάσεις μπορεί να είναι δύσκολη και απαγορευτικά ακριβή. Επιπλέον, η μετεγκατάσταση λιμένων είναι συχνά η λιγότερο δημοφιλής επιλογή προσαρμογής μεταξύ των τοπικών ενδιαφερόμενων μερών (Van Houtven, 2022).

Σε διεθνές επίπεδο υπάρχουν μια σειρά μέτρων που υιοθετούνται στο πλαίσιο της προσαρμογής των λιμανιών στην κλιματική αλλαγή. Ενδεικτικά αναφέρονται:

(i) Το **Λιμάνι του Ρότερνταμ**, το μεγαλύτερο λιμάνι στην Ευρώπη, με όγκο διακίνησης φορτίου άνω των 460 εκατομμυρίων τόνων το 2022, περίπου το 8% του συνολικού φορτίου που διακινήθηκε στην Ευρώπη.

Το λιμάνι είναι εκτεθειμένο σε αυξανόμενους κινδύνους ανόδου της στάθμης της θάλασσας και πλημμυρών που προκαλούνται από την κλιματική αλλαγή. Η υψηλή οικονομική σημασία του λιμένα του Ρότερνταμ και των κρίσιμων και ευάλωτων επιχειρήσεων που λειτουργούν εντός της λιμενικής περιοχής απαιτούν τη χάραξη μιας σαφούς και αποτελεσματικής στρατηγικής η οποία να λαμβάνει υπόψη τους κινδύνους αυτούς και την προετοιμασία για την έγκαιρη αντιμετώπισή τους.

Η Λιμενική Αρχή, σε συνεργασία με τον δήμο του Ρότερνταμ, άλλους κυβερνητικούς φορείς και τον ιδιωτικό τομέα, ανέπτυξαν από κοινού μια στρατηγική προσαρμογής με στόχο να καταστήσουν το λιμάνι 'αδιάβροχο'. Η στρατηγική βασίζεται στην πρόληψη, τον χωροταξικό σχεδιασμό με γνώμονα την προσαρμογή και τις προσεγγίσεις διαχείρισης κρίσεων και αναμένεται να δημιουργήσει οφέλη που υπερνικούν το κόστος.

Η στρατηγική προσαρμογής στοχεύει κυρίως στη μείωση των οικονομικών ζημιών από τις πλημμύρες των λιμενικών περιοχών, οι οποίες προβλέπεται να αποτελέσουν το μεγαλύτερο μέρος των πιθανών αρνητικών επιπτώσεων. Επιλογές Προσαρμογής που Εφαρμόστηκαν:

- Ανύψωση και προώθηση παράκτιας γης
- Πλωτοί ή υπερυψωμένοι δρόμοι
- Πύλες και φράγματα για την αντιμετώπιση των κυμάτων καταιγίδας
- Συστήματα και σχέδια διαχείρισης κρίσεων και καταστροφών

- Ενίσχυση της επιχειρησιακής ασφάλειας σε υπεράκτιες και παράκτιες επιχειρήσεις (PIANC, 2020; Jorge Alfonso Gómez Prado, 2022, <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/case-studies/rotterdam-port-adaptation-strategy-for-climate-resilient-transport-and-business-activities>).

(ii) Το **Λιμάνι του Λονγκ Μπιτς** συνιστά έναν από τους σημαντικότερους οικονομικούς πυλώνες της Νότιας Καλιφόρνιας, λειτουργώντας παράλληλα ως κομβική πύλη για το διεθνές εμπόριο. Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, και ιδίως η αυξανόμενη συχνότητα και ένταση των ακραίων καιρικών φαινομένων, επηρεάζουν ήδη τις παράκτιες ζώνες της περιοχής. Η προβλεπόμενη άνοδος της στάθμης της θάλασσας, σε συνδυασμό με την αυξανόμενη πιθανότητα εκδήλωσης ισχυρότερων καταιγίδων, αναμένεται να επιβαρύνει σημαντικά τη λειτουργία του λιμένα.

Υπό το πρίσμα αυτό, η συστηματική αξιολόγηση των σχετικών επιπτώσεων καθίσταται αναγκαία, προκειμένου να υποστηριχθεί η λήψη ορθολογικών και επιστημονικά τεκμηριωμένων αποφάσεων αναφορικά με τις επενδύσεις σε λιμενικές και θαλάσσιες υποδομές. Παράλληλα, διευκολύνεται η ιεράρχηση και η αποτελεσματική κατανομή των διαθέσιμων πόρων, λαμβάνοντας υπόψη τόσο τις βραχυπρόθεσμες όσο και τις μακροπρόθεσμες ευπάθειες και τους συναφείς κινδύνους που απορρέουν από την κλιματική μεταβολή.

Στο πλαίσιο αυτό, το λιμάνι του Λονγκ Μπιτς έχει εκπονήσει ένα ολοκληρωμένο Σχέδιο Προσαρμογής στην Κλιματική Αλλαγή και Ανθεκτικότητας του Παράκτιου Χώρου, με στόχο τη συστηματική διαχείριση τόσο των άμεσων όσο και των έμμεσων κινδύνων που συνδέονται με τις εξελισσόμενες κλιματικές συνθήκες. Πέντε στρατηγικές ιεραρχήθηκαν και αναπτύχθηκαν σε λεπτομερείς μελέτες ή σχέδια ιδεών:

- Στρατηγική 1 (Διακυβέρνηση): αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής μέσω πολιτικών, σχεδίων και κατευθυντήριων γραμμών για τα λιμάνια
- Στρατηγική 2 (Διακυβέρνηση): προσθήκη ανόδου της στάθμης της θάλασσας στην Άδεια Ανάπτυξης Λιμένα
- Στρατηγική 3 (Πρωτοβουλία): Μελέτη Προβλήτων A & B – Συνδυασμένες Επιπτώσεις των Παραποτάμιων και Παράκτιων Πλημμυρών
- Στρατηγική 4 (Υποδομές): Προστασία της ακτογραμμής της Προβλήτας S
- Στρατηγική 5 (Υποδομές): Προστασία υποσταθμού της Προβλήτας S – αξιολόγηση πολλαπλών στρατηγικών

(iii) Το **Λιμάνι του San Diego** ενέταξε στο Σχέδιο Δράσης για το Κλίμα (2013) ένα ευρύ σύνολο μέτρων με στόχο τη μείωση εκπομπών αερίων θερμοκηπίου και τη βιώσιμη λειτουργία του λιμένα και της παράκτιας ζώνης. Το σχέδιο περιλαμβάνει περισσότερες από 60 επιμέρους δράσεις σε τομείς όπως μεταφορές, ενέργεια, χρήσεις γης και υποδομές.

1. Εναλλακτικά οχήματα και σκάφη – προχωρημένες τεχνολογίες

Αυτός ο άξονας αφορά κυρίως τον εκσυγχρονισμό των μεταφορών στο λιμάνι με στόχο την μείωση CO₂, NOx και σωματιδίων από τη λιμενική δραστηριότητα

- προώθηση ηλεκτρικών ή υβριδικών οχημάτων (φορτηγά, υπηρεσιακά οχήματα)
- χρήση “clean truck programs” για μείωση εκπομπών με εφαρμογή τεχνολογιών όπως shore power (ηλεκτροδότηση πλοίων στο λιμάνι αντί για καύση καυσίμων) και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (π.χ. φωτοβολταϊκά)

2. Διαχείριση Συστήματος Οδοποιίας (Transportation systems management) με την λογική ότι λιγότερη συμφόρηση σημαίνει λιγότερες εκπομπές και καλύτερη ποιότητα αέρα.

Εστιάζει στη βελτιστοποίηση της κυκλοφορίας:

- μείωση συμφόρησης (traffic congestion)
- καλύτερη διαχείριση logistics (φορτηγά, πρόσβαση στο λιμάνι)
- ενίσχυση εναλλακτικών μετακινήσεων (δημόσια συγκοινωνία, ποδήλατο)

3. Χρήσεις γης (Land use)

Η στρατηγική αυτή μειώνει τη συνολική ζήτηση μετακινήσεων και τις εκπομπές και συνδέεται με τον χωρικό σχεδιασμό:

- ανάπτυξη “compact” περιοχών (μείωση αποστάσεων μετακίνησης)
- συνδυασμός χρήσεων (εργασία-κατοικία-αναψυχή)
- περιορισμός εξάρτησης από αυτοκίνητο

4. Πολιτική στάθμευσης (Parking policy). Στόχος η αποθάρρυνση χρήσης ΙΧ και η ενίσχυση βιώσιμων μεταφορών . Πολύ σημαντικό εργαλείο πολιτικής που ενσωματώνει

- περιορισμό θέσεων στάθμευσης ή αλλαγή κανονισμών
- εφαρμογή “parking districts” και δυναμικής διαχείρισης χώρων
- κατάργηση ελάχιστων απαιτήσεων στάθμευσης σε ορισμένες περιοχές

5. Ενεργειακή χρήση κτηρίων (Energy use in buildings). Αφορά τη μείωση ενεργειακής κατανάλωσης στις λιμενικές εγκαταστάσεις με στόχο την μείωση του λειτουργικού κόστους και τον περιορισμό εκπομπών από τον κτιριακό τομέα

- ενεργειακή αναβάθμιση κτηρίων (μόνωση, φωτισμός LED)
- χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας
- βελτιστοποίηση HVAC (θέρμανση/ψύξη)

Τα μέτρα του λιμένα του Σαν Ντιέγκο αποτελούν ένα ολοκληρωμένο παράδειγμα κλιματικής πολιτικής σε λιμενικό σύστημα, όπου η τεχνολογία (οχήματα, ενέργεια), ο σχεδιασμός (χρήσεις γης) και η πολιτική (στάθμευση, μεταφορές) συνδυάζονται για τη μείωση εκπομπών και την ενίσχυση της ανθεκτικότητας. Το σχέδιο δεν αντιμετωπίζει το λιμάνι απομονωμένα, αλλά ως μέρος μιας ευρύτερης αστικής και παράκτιας περιοχής με παρεμβάσεις σε μεταφορές, ενέργεια, χωροταξία και υποδομές

4 Μεθοδολογική προσέγγιση

4.1 Επιλογή μέτρων

Σύμφωνα με την έκθεση PIANC, Report 178 (2020) τα στάδια του μεθοδολογικού πλαισίου για βελτιωμένη ανθεκτικότητα είναι:

Στάδιο 1: Κατανόηση του τρόπου με τον οποίο θα μπορούσαν να επηρεαστούν τα περιουσιακά στοιχεία, οι λειτουργίες και τα συστήματα και ποιοι θα πρέπει να συμμετέχουν στον προσδιορισμό των απαιτήσεων προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή

Στάδιο 2: προσδιορίζει τον τύπο πληροφοριών που σχετίζονται με το κλίμα που απαιτούνται για την προετοιμασία μιας στρατηγικής προσαρμογής και εξηγεί πώς η αναφορά σε «σενάρια» κλιματικής αλλαγής μπορεί να βοηθήσει στην κατανόηση του εύρους πιθανών μελλοντικών αλλαγών

Στάδιο 3: περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο μπορεί να αξιολογηθεί η ευπάθεια των περιουσιακών στοιχείων, λειτουργιών και συστημάτων υποδομής πλωτών μεταφορών και να πραγματοποιηθεί μια ανάλυση κινδύνου

Στάδιο 4: χαρτοφυλάκιο πιθανών μέτρων (διαρθρωτικών, επιχειρησιακών και θεσμικών) που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την ανάπτυξη μιας διαδρομής προσαρμογής.

Το Στάδιο 4 καθορίζει μια σειρά βημάτων για τον εντοπισμό, την εξέταση και, όπου είναι απαραίτητο, την αξιολόγηση πιθανών επιλογών προσαρμογής και ανθεκτικότητας. Οι επιλογές περιλαμβάνουν μέτρα ή ομάδες μέτρων για την αντιμετώπιση των κινδύνων που εντοπίστηκαν σε προηγούμενα στάδια. Αυτά τα βήματα καταλήγουν στην ανάπτυξη «οδών προσαρμογής». Μια διαδρομή προσαρμογής περιγράφει μια ακολουθία δράσεων (μέτρα, τροποποιήσεις ή άλλες παρεμβάσεις) που εφαρμόζονται σε απόκριση σε αλλαγές στις μετεωρολογικές, υδρογραφικές ή ωκεανογραφικές συνθήκες.

Η παρούσα ανάλυση λαμβάνει υπόψη το «χαρτοφυλάκιο» πιθανών μέτρων που περιλαμβάνονται στο Στάδιο 4 του Μεθοδολογικού Πλαισίου για Βελτιωμένη ανθεκτικότητα (PIANC, 2020) για την ανάπτυξη μιας διαδρομής προσαρμογής. Για τους κινδύνους και τις επιπτώσεις προτείνονται γενικά μέτρα προσαρμογής με βάση τις βέλτιστες πρακτικές της βιβλιογραφίας τα οποία δύνανται να έχουν εφαρμογή σε όλα τα λιμάνια. Τα μέτρα που παρουσιάζονται είναι τεχνικά, κοινωνικά και θεσμικά/ διαρθρωτικά και είτε προσπαθούν να αντιμετωπίσουν τους κινδύνους της Κ.Α. είτε τις συνέπειες που επιφέρει η διακοπή λειτουργίας των λιμανιών:

Τεχνικά μέτρα: Δομές, συστήματα, τεχνολογίες, υπηρεσίες
<ul style="list-style-type: none">▪ Προτεραιοποίηση της συντήρησης για μεγιστοποίηση της επιχειρησιακής ανθεκτικότητας και βελτίωση της προσαρμοστικής ικανότητας▪ Εγκατάσταση υποδομής παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο▪ Χρήση cloud (back-up) για αποθήκευση δεδομένων για τη μείωση των φυσικών κινδύνων για τα συστήματα▪ Εγκατάσταση εξοπλισμού προειδοποίησης

- Επένδυση σε πλεονάζουσα υποδομή, προσωρινή υποδομή ή άλλη φυσική παροχή εφεδρικής υποστήριξης για κρίσιμα περιουσιακά στοιχεία (συμπεριλαμβανομένης της παροχής ηλεκτρικού ρεύματος και νερού)
- Τροποποίηση της επιλογής υλικού ή εξοπλισμού για προσαρμογή στις μεταβαλλόμενες συνθήκες
- Εγκατάσταση ή ανάπτυξη νέας, ευέλικτης ή αποσυναρμολογούμενης υποδομής ή εξοπλισμού
- Ενίσχυση, αναβάθμιση, προστασία ή μετατροπή κρίσιμων περιουσιακών στοιχείων
- Μετεγκατάσταση ευάλωτων περιουσιακών στοιχείων και εξοπλισμού εκτός περιοχών υψηλού κινδύνου
- Εφαρμογή λύσεων βασισμένων στη φύση, ήπια μηχανική

Κοινωνικά μέτρα: Άνθρωποι, συμπεριφορά, λειτουργίες, πληροφορίες

- Διενέργεια εκτίμησης κινδύνου για την κλιματική αλλαγή, προετοιμασία χαρτών κινδύνου
- Προετοιμασία και ευαισθητοποίηση σχετικά με σχέδια αντιμετώπισης έκτακτης ανάγκης, έκτακτης ανάγκης ή καταστροφών
- Εισαγωγή και τακτική αναθεώρηση συστημάτων προειδοποίησης
- Εκπαίδευση εργατικού δυναμικού, ενδιαφερόμενων μερών και τοπικών κοινοτήτων
- Συνεργασία και συντονισμός με επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας και άλλους παρόχους υπηρεσιών· ανάπτυξη πρωτοκόλλων ανταλλαγής πληροφοριών
- Ανάπτυξη αναθεωρημένων επιχειρησιακών πρωτοκόλλων· τροποποίηση πρακτικών εργασίας καθώς αλλάζουν οι συνθήκες
- Εισαγωγή και εφαρμογή προσαρμοστικών διαδικασιών διαχείρισης, θεμελίωση λειτουργιών ή ρυθμίσεων εργασίας σε αποτελέσματα παρακολούθησης
- Προσωρινός ή μόνιμος περιορισμός δραστηριοτήτων σε περιοχές υψηλού κινδύνου
- Εντοπισμός και αξιοποίηση διασυνδεσιμότητας και διατροφικών επιλογών για τη διατήρηση της επιχειρησιακής συνέχειας κατά τη διάρκεια συμβάντων
- Παροχή εκπαίδευσης σε νέα εργαλεία, κώδικες πρακτικής, διαδικασίες ή πρωτόκολλα, διασφάλιση της κατανόησης της σημασίας του πλεονασμού

Θεσμικά μέτρα: Διακυβέρνηση, οικονομία, ρυθμιστικό πλαίσιο, πολιτική

- Προετοιμασία στρατηγικών προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή σε στρατηγικό επίπεδο
- Παροχή επιχορηγήσεων ή κινήτρων, π.χ. για την ανάπτυξη ή τη συντήρηση ανθεκτικών υποδομών
- Δημιουργία ταμείου έκτακτης ανάγκης ή αντιμετώπισης καταστροφών
- Βελτίωση της νομικής προστασίας των ευάλωτων οικοτόπων με ρόλο μείωσης του κινδύνου (π.χ. απορρόφηση της ενέργειας των κυμάτων, παροχή προστασίας από τη διάβρωση)
- Επανεξέταση των απαιτήσεων υγείας και ασφάλειας και αναθεώρηση, εάν χρειάζεται
- Εισαγωγή κυρώσεων για μη συμμόρφωση με τα πρότυπα
- Απαιτήση χωροθέτησης περιουσιακών στοιχείων, λειτουργιών ή δραστηριοτήτων με βάση την επικινδυνότητα

- Χρήση τοπικών κανονισμών για τη μείωση των κινδύνων, ιδίως σε τοποθεσίες πολλαπλής χρήσης
- Πολιτικές για την ενθάρρυνση της μετεγκατάστασης από περιοχές υψηλού κινδύνου
- Εντοπισμός, διασφάλιση και συντονισμός εναλλακτικών οδών ή τρόπων μεταφοράς
- Συνεργασία με συστήματα χωροταξικού σχεδιασμού, π.χ. για την εισαγωγή ζωνών οπισθοδρόμησης ή ζωνών προστασίας
- Ενίσχυση της διεθνούς συνεργασίας και του σχεδιασμού σε επίπεδο λεκάνης απορροής ποταμού

Συνεπώς, τα **Τεχνικά μέτρα** περιλαμβάνουν δομικά, μηχανικά, τεχνολογικά συστήματα και παρεμβάσεις που βασίζονται σε υπηρεσίες. Αυτή η κατηγορία καλύπτει σκληρά και ήπια μέτρα, λύσεις που βασίζονται στη φύση, δραστηριότητες συντήρησης. Αναφορικά με τα **Κοινωνικά μέτρα**, είναι ανθρωποκεντρικά μέτρα, συμπεριλαμβανομένων των λειτουργικών, διαχειριστικών, εκπαιδευτικών, πληροφοριακών και συμπεριφορικών. Η ευαισθητοποίηση, η εκπαίδευση, η έγκαιρη προειδοποίηση, η αντιμετώπιση συμβάντων, ο σχεδιασμός έκτακτης ανάγκης, οι λειτουργικές τροποποιήσεις και η συλλογή δεδομένων είναι παραδείγματα από αυτήν την κατηγορία. Τέλος, τα **Θεσμικά μέτρα** περιλαμβάνουν την διακυβέρνηση, την οικονομία, το δίκαιο, τη ρύθμιση, τις πολιτικές και τα προγράμματα. Αυτή η κατηγορία καλύπτει νομικά και οικονομικά κίνητρα και κυρώσεις, χαρτογράφηση και χωροθέτηση, χωροταξικό σχεδιασμό και τον ρόλο των προτύπων σχεδιασμού ή δόμησης.

Για τον εντοπισμό μέτρων που προτιμώνται και την απόρριψη ή εξάλειψη μέτρων που αποδεικνύονται ακατάλληλα πραγματοποιείται αξιολόγηση των επιλεγμένων μέτρων βάσει κριτηρίων επιλογής:

Κριτήρια επιλογής	Βαθμός στον οποίο το μέτρο πληροί το κριτήριο, μόνο του ή σε συνδυασμό με άλλα μέτρα			
	Πλήρως Χαμηλό Εύκολο	Κυρίως Μεσαίο Μέτριο	Μερικώς Υψηλό Πρόκληση	Μη συμβατό Απαγορευτικό Μη εφικτό Μηδενικό/ Επιφέρει νέο κίνδυνο
Συμβατό με στόχους	Πλήρως Χαμηλό	Κυρίως Μεσαίο	Μερικώς Υψηλό	Μη συμβατό Απαγορευτικό
Σχετικό κόστος	Εύκολο	Μέτριο	Πρόκληση	Μη εφικτό
Τεχνική σκοπιμότητα	Σημαντικό	Μέτριο	Αμελητέο	Μηδενικό/ Επιφέρει νέο κίνδυνο
Επίπεδο μείωσης κινδύνου	Θετικές	Ουδέτερες	Αρνητικές	Απαγορευτικές
Επιπτώσεις σε άλλους χρήστες ή ενδιαφερόμενους φορείς	Θετικές	Ουδέτερες	Αρνητικές	Μη αποδεκτές
Επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον ή την πολιτιστική κληρονομιά	Αμελητέες	Αποδεκτές	Σημαντικές	Απαγορευτικές
Απαιτήσεις συντήρησης ή διαχείρισης				



Κίνδυνος
δυσπροσαρμογής
Έκταση παράλληλων
οφελών

Χαμηλός	Αποδεκτός	Σημαντικός	Μη αποδεκτός
Σημαντική	Μεσαία	-	-

Τα παραπάνω κριτήρια είναι ενδεικτικά και μπορούν να τροποποιούνται κατά περίπτωση. Θα μπορούσαν να γίνουν πιο τοπικά, να χρησιμοποιηθούν πρόσθετα κριτήρια ή να εφαρμοστούν συντελεστές στάθμισης. Κάθε μέτρο θα πρέπει να αξιολογείται με βάση καθένα από τα κριτήρια. Θα πρέπει να χρησιμοποιούνται ποιοτικές ή ποσοτικές πληροφορίες ή συνδυασμός και των δύο για να προσδιοριστούν τα κατάλληλα μέτρα.

4.2 Οι αναλύσεις BOWTIE & Layers Of Protection Analysis/ LOPA

Για την διαμόρφωση του Σχεδίου Δράσης απαιτούνται καλά σχεδιασμένα και αποτελεσματικά μέτρα προσαρμογής που να ελαχιστοποιούν τις δυσμενείς επιπτώσεις των κλιματικών παραγόντων. Συνεπώς, απαιτείται η κατανόηση των κινδύνων και των τρωτών σημείων, μέσω της αξιοποίησης των εξατομικευμένων δεδομένων και πληροφοριών που προκύπτουν από τις στοχευμένες μελέτες περιπτώσεων του έργου. Για την προσδιορισμό αποτελεσματικών μέτρων προσαρμογής, χρησιμοποιήθηκαν οι αναλύσεις Bow Tie και Layers of Protection Analysis/ LOPA (Cormier, et al., 2016 ; Paramana, Th.,2023).

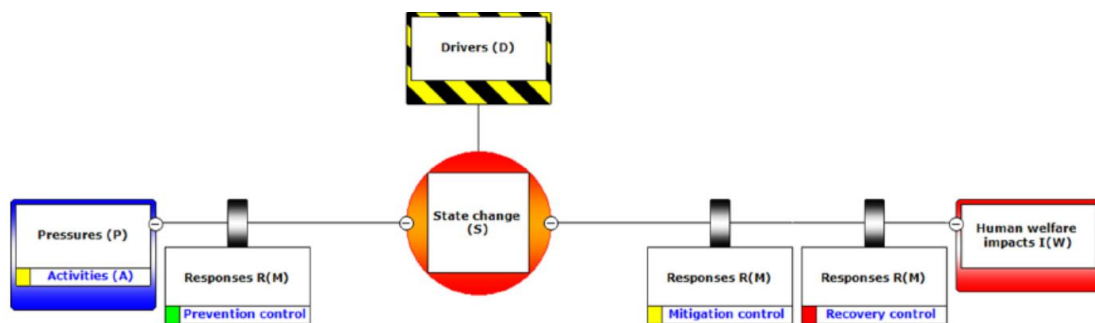
Η ανάλυση Bow-Tie αναπτύχθηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1980 για την αξιολόγηση και τη διαχείριση κινδύνων και χρησιμοποιείται για τη διαχείριση των κινδύνων για την υγεία και την ασφάλεια (Lewis, S., Hurst, S., 2005). Η ανάλυση Bow-Tie, η οποία συμμορφώνεται με το πρότυπο ISO-31010:2019 (IEC/ISO, 2019) είναι μια πλήρως δομημένη προσέγγιση που επιτρέπει την ενσωμάτωση πολιτικών και διοικητικών αποκρίσεων για την αντιμετώπιση οικολογικών, κοινωνικών, πολιτιστικών, οικονομικών και τεχνικών στόχων πολιτικής (Cormier, R., 2019). Σε μια ανάλυση Bow-Tie απεικονίζονται διάφορες οδοί κινδύνου, βασισμένες σε πολλαπλές αιτίες ενός συμβάντος παρουσία μιας πηγής κινδύνου και πολλαπλών συνεπειών ως αποτέλεσμα αυτού του συμβάντος (Cormier R., Elliott M., Rice J., 2019). Επιπλέον, η ανάλυση Bow-Tie αποτελεί ένα εννοιολογικό μοντέλο για την ανάλυση της νομοθεσίας και των πολιτικών για τη διαχείριση των περιβαλλοντικών κινδύνων των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, είτε χερσαίων είτε θαλάσσιων (Smith et al., 2016; Stelzenmüller, et al., 2018), ενώ αποτελεί πολύτιμο εργαλείο για την ενσωμάτωση της αντίληψης και των συμφερόντων των ενδιαφερόμενων μερών για τον κίνδυνο στη διαδικασία διαχείρισης κινδύνων. Καθώς η ανάλυση Bow-Tie τοποθετεί την διαχείριση κινδύνου στο πλαίσιο ενός στόχου πολιτικής, είναι ιδιαίτερα πολύτιμο εργαλείο για τον σχεδιασμό και τη διαχείριση (Cormier R., Elliott M., Rice J., 2019) και έχει τη δυνατότητα να υποστηρίξει τη λήψη αποφάσεων μέσω διαδικασιών διαχείρισης και κανονισμών (Elliott, M., Borja, A., Cormier, R., 2020).

Η ανάλυση Bow Tie δίνει τη δυνατότητα να ενσωματωθούν οι πολλαπλές αιτίες και συνέπειες ενός συγκεκριμένου συμβάντος, στην συγκεκριμένη περίπτωση του αντίκτυπου της Κλιματικής Αλλαγής, να αναλυθούν οι σχέσεις μεταξύ των μέτρων διαχείρισης και των αποκρίσεων πολιτικής, τόσο μεμονωμένα όσο και συλλογικά, για τον

μετριασμό και την ανάκαμψη από τις συνέπειες του συμβάντος Στο Bow-Tie οι απαραίτητες Αποκρίσεις (Μέτρα) για την αντιμετώπιση των πιέσεων που οδηγούν στην αλλαγή της κατάστασης, δηλαδή οι δράσεις μετριασμού, εισάγονται μεταξύ των αιτιών και του κύριου συμβάντος με στόχο τη μείωση της πιθανότητας αλλαγής της κατάστασης, ενώ οι Αποκρίσεις (Μέτρα) ανακούφισης και αποκατάστασης, που λειτουργούν ως αντιδράσεις προσαρμογής, βρίσκονται μεταξύ του συμβάντος και των συνεπειών, με στόχο την ελαχιστοποίηση του βαθμού των συνεπειών ή/και την υποβοήθηση του συστήματος να ανακάμψει από τις επιπτώσεις που δεν μπορούσαν να μετριαστούν. (Εικόνα 4.1).

Σε συνδυασμό με την ανάλυση Bow-Tie, η **ανάλυση Layers of Protection/ LOPA**, μια τεχνική που περιλαμβάνεται στο ISO 31010:2019 (IEC/ISO, 2019), χρησιμοποιείται για να αναλύσει εάν τα μέτρα είναι κατάλληλα, και προσδιορίζει τα μέτρα μεταξύ μιας πηγής κινδύνου και των συνεπειών της για να διερευνήσει την επάρκειά τους. Ως τεχνική

αιτιώδους ανάλυσης, μπορεί επίσης να εφαρμοστεί ως βάση για να προσδιοριστεί ότι κάθε αιτία ελέγχεται. Συνολικά, η LOPA αναλύει τη μείωση του κινδύνου που επιτυγχάνεται μέσω ενός συνόλου ελέγχων.

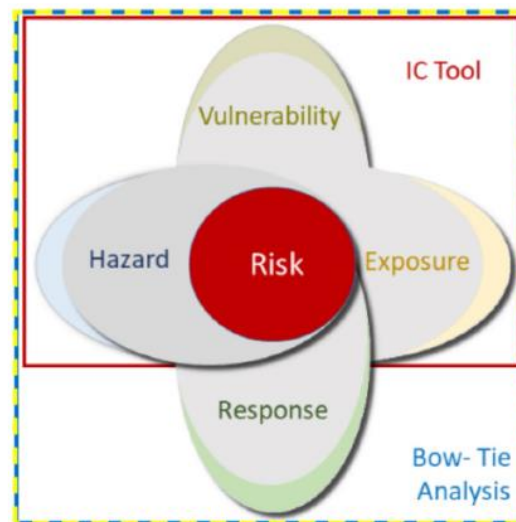


Εικόνα 4.1. Ανάλυση Bow Tie (ISO 31010:2019). Σύστημα διαχείρισης DAPSI(W)R(M). Ενσωμάτωση πολλαπλών αιτιών & συνεπειών ενός συμβάντος και ανάλυση μέτρων μεμονωμένα και συλλογικά

Το Bow-Tie ως κεντρικό εργαλείο οργάνωσης ενημερώνεται από δείκτες που προέρχονται από το ICT tool, οι οποίοι παρέχουν τα αναλυτικά δεδομένα για τους κινδύνους, την έκθεση, την ευπάθεια και τις επιπτώσεις με βάση τις εννοιολογικές αλληλεπιδράσεις που περιγράφονται στο Karditsa et al., 2026. Στο Bow-Tie, όλα τα αναλυτικά στοιχεία χαρακτηρίζονται μέσω ενός συνόλου σχετικών δεικτών και όχι μιας μόνο αντιπροσωπευτικής μεταβλητής. Κάθε στοιχείο (που αντιπροσωπεύεται από κάθε πλαίσιο) λειτουργικοποιείται χρησιμοποιώντας πολλαπλούς δείκτες που περιγράφουν την πολυδιάστατη φύση του υπό αξιολόγηση σχετιζόμενου με το κλίμα κινδύνου. Αυτή η προσέγγιση επιτρέπει στο Bow-Tie να ενσωματώνει ετερογενείς πηγές δεδομένων και να αντικατοπτρίζει την ταυτόχρονη επίδραση διαφορετικών διεργασιών που δρουν στο σύστημα.

Μέσω της διασύνδεσης των κλιματικών κινδύνων, της τρωτότητας και της έκθεσης, το IC Tool παράγει αποτελέσματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να προτείνουν πιθανές ενέργειες απόκρισης (R) για τη διαχείριση διακινδύνευσης στο πλαίσιο της προσέγγισης

Bow-Tie, η οποία με τη σειρά της παρεμβαίνει για να ορίσει τις αιτίες και να διαχειριστεί τις επιπτώσεις, να τις δομήσει με τη μορφή διαγράμματος και να τις ιεραρχήσει κατά προτεραιότητα με την LOPA, προκειμένου να υποδείξει τις ενέργειες που πρέπει να εφαρμοστούν και να υποστηρίξει τη λήψη αποφάσεων. Καθώς το Bow-Tie εφαρμόζεται για να προτείνει ένα σύνολο μέτρων διαχείρισης για έναν συγκεκριμένο κίνδυνο οι υπάρχουσες στρατηγικές και τα μέτρα προσαρμογής ενσωματώνονται για να εντοπίσουν πιθανές ανάγκες για πρόσθετα μέτρα. Επομένως, υπάρχει μια κοινή λογική μεταξύ των δύο προσεγγίσεων που στοχεύουν σε κοινές κατευθύνσεις, η οποία επιτρέπει την ενσωμάτωσή τους (Εικόνα 4.2). Η ενσωμάτωση των ICT tool και Bow-Tie αποδεικνύει πώς η ολοκληρωμένη προσέγγιση υποστηρίζει συνεπείς αλλά και προσαρμοστικές αξιολογήσεις κλιματικού κινδύνου σε όλες τις παράκτιες κλιματικές προκλήσεις (Karditsa et al., 2026).



Εικόνα 4.2. Διεπιφάνεια μεταξύ της ανάλυσης BowTie και του εργαλείου ICT του AR6 (IPCC) (Karditsa et al., 2016).

5 Χαρτοφυλάκιο μέτρων προσαρμογής των λιμένων στην Κλιματική Αλλαγή

Όπως παρουσιάζεται στην Ενότητα Εργασίας 4, υπάρχουν μια σειρά κινδύνων που σχετίζονται με την Κλιματική Αλλαγή και επηρεάζουν την λειτουργία των λιμανιών:

- **Η αύξηση της μέσης και ακραίας θαλάσσιας στάθμης:** θα προκαλέσει μόνιμες ή/και επαναλαμβανόμενες πλημμύρες στους θαλάσσιους λιμένες και τις άλλες υποδομές μεταφορών.
- **Οι ακραίοι άνεμοι:** θα προκαλέσουν διάβρωση των ακτών, υπερφόρτωση των λιμενικών και παράκτιων αμυντικών εγκαταστάσεων και πλημμύρες στις παράκτιες υποδομές μεταφορών. Επίσης, μπορούν να οδηγήσουν σε βλάβες στις υποδομές και διακοπές στις λειτουργίες.
- **Οι ακραίες θερμοκρασίες** και η συχνότητα/διάρκεια των καυσώνων: θέτει σημαντικές προκλήσεις στις υποδομές και λειτουργίες των παράκτιων μεταφορών, συμπεριλαμβανομένης της ασφάλειας/υγείας των επιβατών και του προσωπικού.
- **Οι έντονες βροχοπτώσεις:** θα προκαλέσουν ζημιές στις υποδομές και θα επηρεάσουν τις λιμενικές λειτουργίες λόγω κακής ορατότητας και μειωμένης ευελιξίας των σκαφών. Επίσης, μπορεί να προκαλέσουν ξαφνικές πλημμύρες, να βλάψουν τη δομική ακεραιότητα και να επηρεάσουν τη λειτουργία των συνδετικών δρόμων, σιδηροδρομικών γραμμών και τερματικών σταθμών.

Επιπλέον, το κόστος και οι οικονομικές απώλειες που προκύπτουν από τις ζημιές σε υποδομές, τις διακοπές λειτουργίας και τις καθυστερήσεις σε στενά διασυνδεδεμένες αλυσίδες εφοδιασμού, ενδέχεται να είναι εκτεταμένες.

5.1 Λιμάνια Επικράτειας

Προτείνεται ένα γενικό Σχέδιο Δράσης το οποίο περιλαμβάνει μέτρα προσαρμογής των λιμανιών στον αντίκτυπο της κλιματικής αλλαγής με σκοπό την διατήρηση της λειτουργίας των λιμένων. Το προτεινόμενο Σχέδιο Δράσης μπορεί να έχει εφαρμογή σε όλα τα λιμάνια της Επικράτειας και λαμβάνει υπόψη τους υπό διερεύνηση κινδύνους εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής, όπως περιεγράφηκαν στις προηγούμενες ενότητες εργασίας, και πιο συγκεκριμένα:

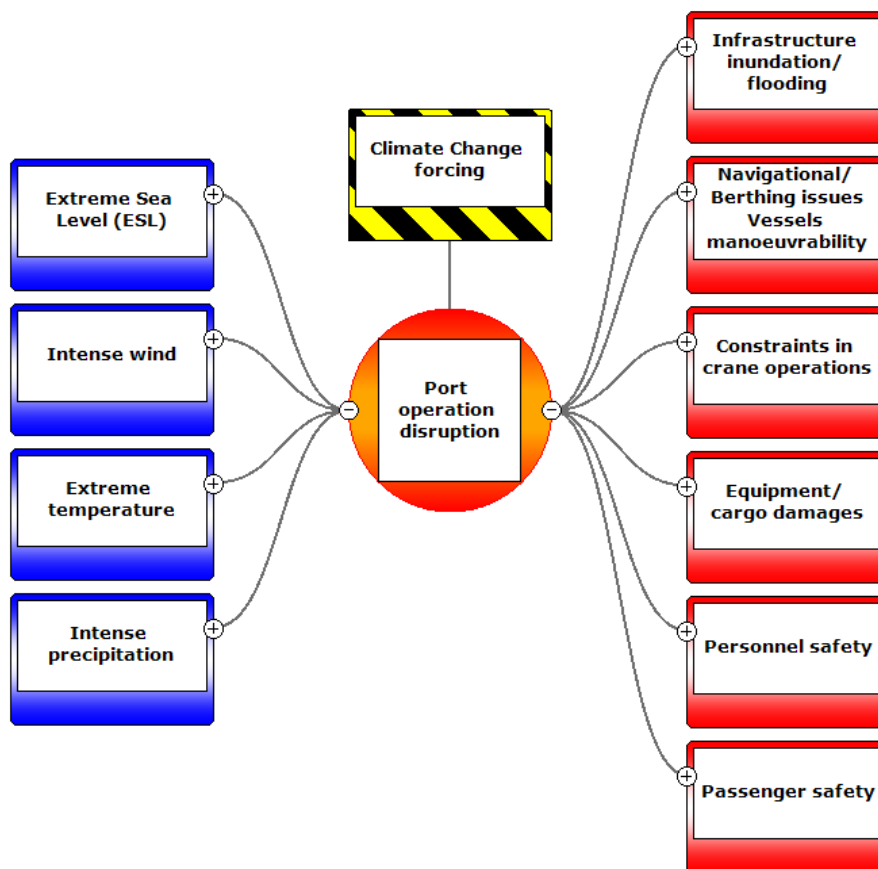
- Αύξηση της Ακραίας Θαλάσσιας Στάθμης_Extreme Sea Level
- Ακραίοι Άνεμοι_Intense Wind
- Ακραίες Θερμοκρασίες_Extreme Temperature
- Έντονες Βροχοπτώσεις_Intense Precipitation

Οι κίνδυνοι αυτοί μπορούν να προκαλέσουν την διακοπή λειτουργίας των λιμανιών και τελικά να επιφέρουν μια σειρά επιπτώσεων. Οι επιπτώσεις που εξετάζονται είναι:

- Πλημμύρες/Καταστροφές σε υποδομές_Infrastructure inundation/ Flooding

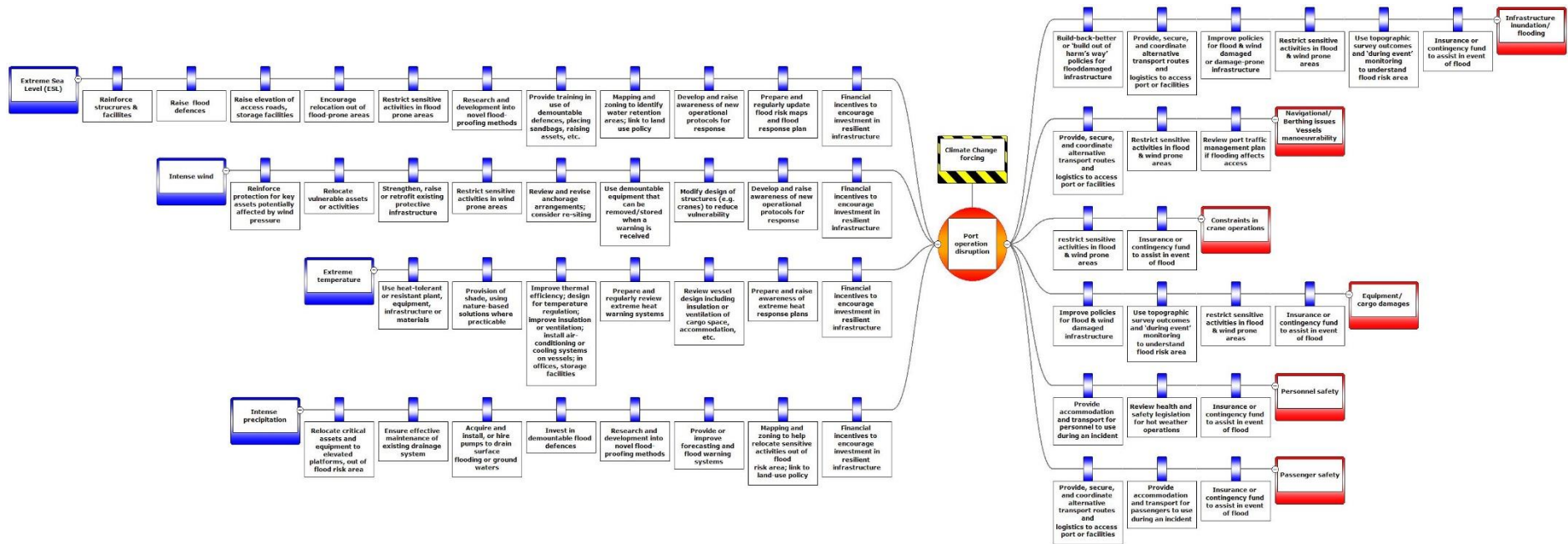
- Θέματα πλοήγησης και ελλιμενισμού/ Ευελιξία σκαφών_Navigational & Berthing issues/ Vessels manoeuvrability
- Περιορισμοί στις λειτουργίες γερανών_Constraints in crane operations
- Ζημιές σε εξοπλισμό/φορτία_Equipment/ cargo damages
- Ασφάλεια προσωπικού_Personnel safety
- Ασφάλεια επιβατών_Passenger safety

Εντάσσοντας τους πιθανούς κίνδυνους της κλιματικής αλλαγής και τις εν δυνάμει επιπτώσεις από την διακοπή της λειτουργίας των λιμανιών σε μια ανάλυση Bow Tie λαμβάνουμε τη γενική δομή που μπορεί να έχει το Σχέδιο Δράσης για την αντιμετώπιση της διακοπής λειτουργίας των λιμένων της Επικράτειας εξαιτίας της Κλιματικής Αλλαγής (Εικόνα 5.1).

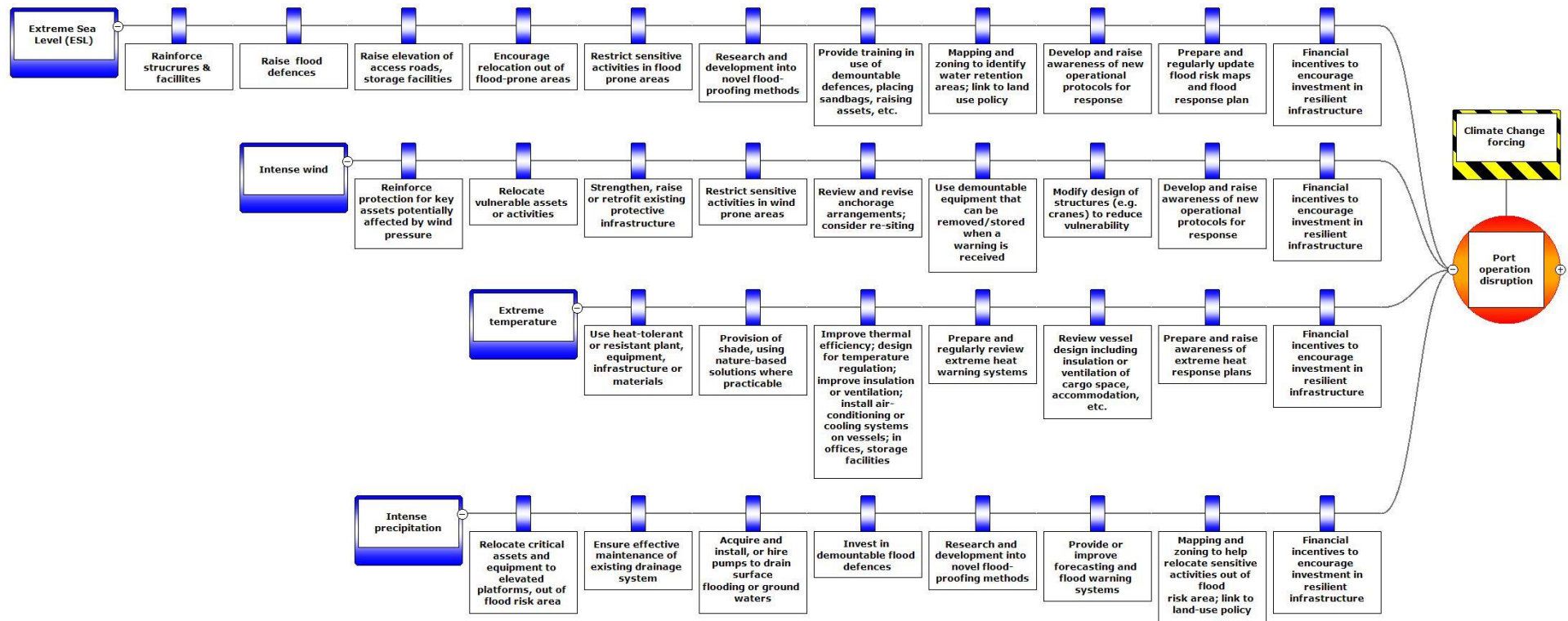


Εικόνα 5.1. Οι κίνδυνοι (hazards) της κλιματικής αλλαγής που δύνανται να οδηγήσουν στην διακοπή της λειτουργίας των λιμανιών. και οι πιθανές επιπτώσεις (impacts).

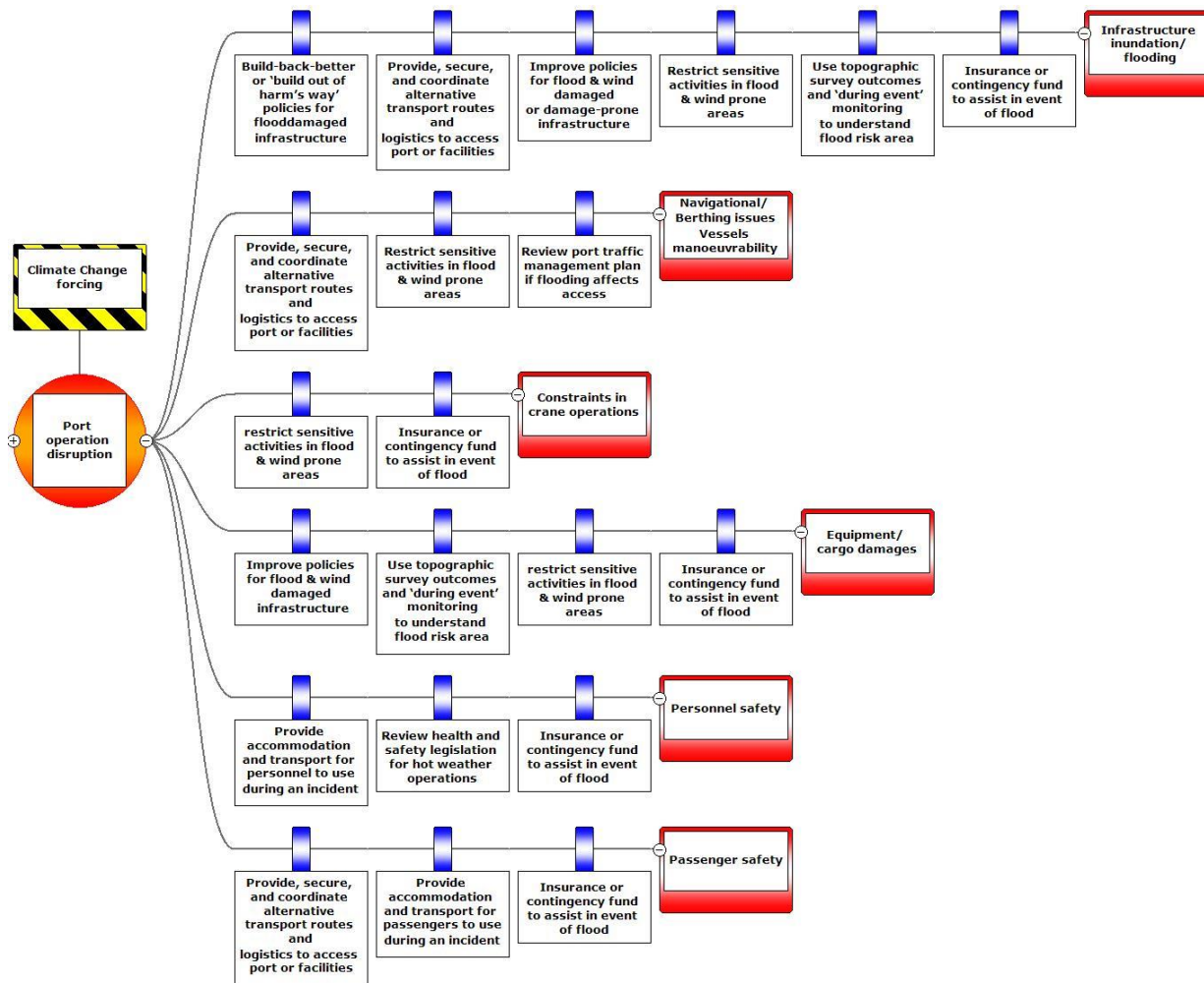
Προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι κίνδυνοι της Κλιματικής Αλλαγής και οι συνέπειες που επιφέρει η διακοπή λειτουργίας των λιμανιών εισάγονται στην ανάλυση Bow Tie τα πιθανά τεχνικά, κοινωνικά και θεσμικά/ διαρθρωτικά μέτρα (Εικόνα 5.2, 5.2α, 5.2β).



Εικόνα 5.2. Ανάλυση BowTie με μέτρα προσαρμογής για την αντιμετώπιση των κινδύνων (hazards) της Κλιματικής Αλλαγής και μετριασμού των συνεπειών (impacts) που επιφέρει η διακοπή λειτουργίας των λιμένων.



Εικόνα 5.2α. Μέτρα προσαρμογής για την αντιμετώπιση των κινδύνων (hazards) της Κλιματικής Αλλαγής που μπορούν να οδηγήσουν στην διακοπή λειτουργίας των λιμένων.



Εικόνα 5.2b. Μέτρα μετριασμού των συνεπειών (impacts) που επιφέρει η διακοπή λειτουργίας των λιμένων εξαιτίας της Κλιματικής Αλλαγής.



Παρακάτω παρουσιάζονται τα 56 Independent Layers of Protection που προκύπτουν κατά την ανάλυση BOW TIE, στην οποία φαίνεται η σκοπιμότητα των προτεινόμενων μέτρων.

(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Tht.) Extreme Sea Level (ESL) // (Br.) Rainforce strucrures & facillites
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Tht.) Extreme Sea Level (ESL) // (Br.) Raise flood defences
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Tht.) Extreme Sea Level (ESL) // (Br.) Raise elevation of access roads, storage facilities
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Tht.) Extreme Sea Level (ESL) // (Br.) Encourage relocation out of flood-prone areas
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Tht.) Extreme Sea Level (ESL) // (Br.) Restrict sensitive activities in flood prone areas
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Tht.) Extreme Sea Level (ESL) // (Br.) Research and development into novel flood-proofing methods
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Tht.) Extreme Sea Level (ESL) // (Br.) Provide training in use of demountable defences, placing sandbags, raising assets, etc.
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Tht.) Extreme Sea Level (ESL) // (Br.) Mapping and zoning to identify water retention areas; link to land use policy
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Tht.) Extreme Sea Level (ESL) // (Br.) Develop and raise awareness of new operational protocols for response
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Tht.) Extreme Sea Level (ESL) // (Br.) Prepare and regularly update flood risk maps and flood response plan
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Tht.) Extreme Sea Level (ESL) // (Br.) Financial incentives to encourage investment in resilient infrastructure
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Tht.) Intense wind // (Br.) Reinforce protection for key assets potentially affected by wind pressure
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Tht.) Intense wind // (Br.) Relocate vulnerable assets or activities
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Tht.) Intense wind // (Br.) Strengthen, raise or retrofit existing protective infrastructure
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Tht.) Intense wind // (Br.) Restrict sensitive activities in wind prone areas
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Tht.) Intense wind // (Br.) Review and revise anchorage arrangements; consider re-siting
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Tht.) Intense wind // (Br.) Use demountable equipment that can be removed/stored when a warning is received
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Tht.) Intense wind // (Br.) Modify design of structures (e.g. cranes) to reduce vulnerability
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Tht.) Intense wind // (Br.) Develop and raise awareness of new operational protocols for response



(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Tht.) Intense wind // (Br.) Financial incentives to encourage investment in resilient infrastructure
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Tht.) Extreme temperature // (Br.) Use heat-tolerant or resistant plant, equipment, infrastructure or materials
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Tht.) Extreme temperature // (Br.) Provision of shade, using nature-based solutions where practicable
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Tht.) Extreme temperature // (Br.) Improve thermal efficiency; design for temperature regulation; improve insulation or ventilation; install air-conditioning or cooling systems on vessels; in offices, storage facilities
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Tht.) Extreme temperature // (Br.) Prepare and regularly review extreme heat warning systems
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Tht.) Extreme temperature // (Br.) Review vessel design including insulation or ventilation of cargo space, accommodation, etc.
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Tht.) Extreme temperature // (Br.) Prepare and raise awareness of extreme heat response plans
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Tht.) Extreme temperature // (Br.) Financial incentives to encourage investment in resilient infrastructure
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Tht.) Intense precipitation // (Br.) Relocate critical assets and equipment to elevated platforms, out of flood risk area
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Tht.) Intense precipitation // (Br.) Ensure effective maintenance of existing drainage system
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Tht.) Intense precipitation // (Br.) Acquire and install, or hire pumps to drain surface flooding or ground waters
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Tht.) Intense precipitation // (Br.) Invest in demountable flood defences
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Tht.) Intense precipitation // (Br.) Research and development into novel flood-proofing methods
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Tht.) Intense precipitation // (Br.) Provide or improve forecasting and flood warning systems
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Tht.) Intense precipitation // (Br.) Mapping and zoning to help relocate sensitive activities out of flood risk area; link to land-use policy
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Tht.) Intense precipitation // (Br.) Financial incentives to encourage investment in resilient infrastructure
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Cons.) Infrastructure inundation/ flooding // (Br.) Build-back-better or 'build out of harm's way' policies for floordamaged infrastructure
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Cons.) Infrastructure inundation/ flooding // (Br.) Provide, secure, and coordinate alternative transport routes and logistics to access port or facilities
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Cons.) Infrastructure inundation/ flooding // (Br.) Improve policies for flood & wind damaged or damage-prone infrastructure
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Cons.) Infrastructure inundation/ flooding // (Br.) Restrict sensitive activities in flood & wind prone areas



(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Cons.) Infrastructure inundation/ flooding // (Br.) Use topographic survey outcomes and 'during event' monitoring to understand flood risk area
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Cons.) Infrastructure inundation/ flooding // (Br.) Insurance or contingency fund to assist in event of flood
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Cons.) Navigational/ Berthing issues Vessels manoeuvrability // (Br.) Provide, secure, and coordinate alternative transport routes and logistics to access port or facilities
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Cons.) Navigational/ Berthing issues Vessels manoeuvrability // (Br.) Restrict sensitive activities in flood & wind prone areas
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Cons.) Navigational/ Berthing issues Vessels manoeuvrability // (Br.) Review port traffic management plan if flooding affects access
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Cons.) Constraints in crane operations // (Br.) restrict sensitive activities in flood & wind prone areas
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Cons.) Constraints in crane operations // (Br.) Insurance or contingency fund to assist in event of flood
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Cons.) Equipment/ cargo damages // (Br.) Improve policies for flood & wind damaged infrastructure
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Cons.) Equipment/ cargo damages // (Br.) Use topographic survey outcomes and 'during event' monitoring to understand flood risk area
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Cons.) Equipment/ cargo damages // (Br.) restrict sensitive activities in flood & wind prone areas
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Cons.) Equipment/ cargo damages // (Br.) Insurance or contingency fund to assist in event of flood
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Cons.) Personnel safety // (Br.) Provide accommodation and transport for personnel to use during an incident
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Cons.) Personnel safety // (Br.) Review health and safety legislation for hot weather operations
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Cons.) Personnel safety // (Br.) Insurance or contingency fund to assist in event of flood
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Cons.) Passenger safety // (Br.) Provide, secure, and coordinate alternative transport routes and logistics to access port or facilities
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Cons.) Passenger safety // (Br.) Provide accommodation and transport for passengers to use during an incident
(Haz.) Climate Change forcing / Port operation disruption // (Cons.) Passenger safety // (Br.) Insurance or contingency fund to assist in event of flood

5.2 Λιμάνια Μελέτης

Αναπτύσσεται Σχέδιο Δράσης για συγκεκριμένα λιμάνια μελέτης στοχευμένο στους κινδύνους που προκύπτουν εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής για κάθε λιμάνι, όπως εντοπίστηκαν στην Ενότητα Εργασίας 4 του Έργου. Το Σχέδιο Δράσης λαμβάνει υπόψη τα κατάλληλα μέτρα προσαρμογής των λιμανιών στον αντίκτυπο της κλιματικής αλλαγής, επιλέγοντας από την ευρεία καταγραφή πιθανών μέτρων που προτάθηκαν στο γενικό Σχέδιο Δράσης (5.1) με βάση τη βιβλιογραφική έρευνα PIANC, 2020. Τα μέτρα αυτά προσεγγίζονται με τις αναλύσεις BOWTIE & LOPA και αξιολογούνται ως προς την σκοπιμότητα και αποτελεσματικότητά τους για μια στρατηγική προσαρμογής.

Το τελικό Σχέδιο Δράσης καθορίζει μια στρατηγική προσαρμογής για την αποφυγή ή την ελαχιστοποίηση των αρνητικών επιπτώσεων και, κατά συνέπεια, την προστασία του εν λόγω λιμανιού για τα επόμενα χρόνια. Δεδομένου ότι η διάρκεια ζωής των λιμενικών υποδομών συνήθως εκτείνεται περίπου 50 χρόνια, το Σχέδιο Δράσης των λιμανιών, βασίζεται στις πιο μακροχρόνιες προβλέψεις. Επιπλέον, στον προτεινόμενο σχεδιασμό, χρησιμοποιείται το σενάριο RCP8.5 ως σενάριο «χειρότερης περίπτωσης» και αντοχής σε ακραίες καταστάσεις.

Ένταση ανέμου

Για το σενάριο RCP8.5, προβλέπεται (Π4.1) σημαντική αύξηση στις μέγιστες εντάσεις ανέμου σε κάποιες από τις μελλοντικές προβολές στην περίοδο 2041-2060 (Πίνακες 5.1, 5.2) που θα μπορούσε να επηρεάσει σημαντικά τις δραστηριότητες των λιμανιών.

Πίνακας 5.1. Κανονικοποίηση του αριθμού των ημερών με ανέμους > 5Bft, στο παρόν και στα μέσα του αιώνα (Π4.1).

Σενάριο	Περίοδος	Αλεξαν- δρούπολη	Ηγουμε- νίτσα	Βόλος	Χαλκίδα	Λαύριο	Ηράκλειο
RCP8.5	Παρόν	0.17	0.13	0.03	0.26	0.97	0.34
	2041-2060	0.19	0.11	0.00	0.30	0.98	0.34

Σε διεθνείς πρακτικές, οι εργασίες φορτοεκφόρτωσης σταματούν όταν οι ταχύτητες ανέμου υπερβαίνουν 7–8 Beaufort (13–20+ m/s), ανάλογα με τον τύπο εξοπλισμού και εκθέσεως. Τα επίπεδα αυτά δεν αποτελούν νομικό όριο, αλλά λειτουργικά όρια ασφαλείας που ορίζονται από τον κάθε λιμένα. Επίσης, σύμφωνα με τον Οδηγό Καλής Πρακτικής για θέματα Ασφάλειας και Υγείας της Εργασίας για τις Λιμενικές Εργασίες του Ελληνικού Ινστιτούτου Υγιεινής και Ασφάλειας της Εργασίας (ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε., 2015), η φορτοεκφόρτωση εμπορευμάτων και εμπορευματοκιβωτίων με ανυψωτικά μέσα, θα πρέπει να σταματά, όταν η ταχύτητα ξεπερνάει τα 10 m/s (περίπου 5 μποφόρ) (Π4.1).

Πίνακας 5.2. Ταξινόμηση κλιματικού κινδύνου (1-5) εξ αιτίας ημερών με ανέμους > 5Bft, στο παρόν και στα μέσα του αιώνα (Π4.1).

Σενάριο	Περίοδος	Αλεξαν- δρούπολη	Ηγουμε- νίτσα	Βόλος	Χαλκίδα	Λαύριο	Ηράκλειο
RCP8.5	Παρόν	1	1	1	2	5	2

	2041-2060	1	1	1	2	5	2
--	-----------	---	---	---	---	---	---

Κίνδυνος ακραίας θερμοκρασίας

Ο κίνδυνος ακραίων θερμοκρασιών καθορίζεται από τη μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία. Οι εξωτερικές εργασίες θα πρέπει να παύουν όταν $T_{max} > 38^{\circ}C$. Από τον αριθμό των ημερών κατ' έτος που ξεπερνούν το κατώφλι των $38^{\circ}C$ μέγιστης θερμοκρασίας, γίνεται η ταξινόμηση του θερμικού κινδύνου (Π4.1) (Πίνακας 5.3).

Πίνακας 5.3. Κανονικοποιημένες τιμές του μέσου αριθμού ημερών κατ' έτος για μέγιστη θερμοκρασία $>38^{\circ}C$ καθώς και ταξινόμηση θερμικού κινδύνου, για τις περιόδους αναφοράς (παρόν) και 2041-2060 (Π4.1).

Λιμάνι	Σενάριο	Παρόν		2041-2060	
		Κανονικοποίηση αριθμού ημερών	Ταξινόμηση Κινδύνου	Κανονικοποίηση αριθμού ημερών	Ταξινόμηση Κινδύνου
Αλεξανδρούπολη	rsp85	0.00	1	0.35	2
Ηγουμενίτσα	rsp85	0.02	1	0.35	2
Βόλος	rsp85	0.11	1	0.64	4
Χαλκίδα	rsp85	0.22	2	1.00	5
Λαύριο	rsp85	0.05	1	0.44	3
Ηράκλειο	rsp85	0.00	1	0.13	1

Άνοδος θαλάσσιας στάθμης

Η διαλιμενική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε (Π4.1) τεκμηριώνει ότι η άνοδος της στάθμης δεν αποτελεί μόνο τοπικό πρόβλημα αλλά οδηγεί σε γενικευμένη κλιμάκωση του λειτουργικού κινδύνου σε διαλιμενικό επίπεδο υποστηρίζοντας και ενισχύοντας την απαίτηση ιεράρχησης μέτρων προσαρμογής (Πίνακας 5.4).

Πίνακας 5.4. Μέσος αριθμός ημερών κατ' έτος για τις υπερβάσεις των κατωφλίων ασφάλειας θαλάσσιας στάθμης. Επικρατούσα κατάσταση

Λιμάνι	Παρόν (Baseline)	2030	2050
Αλεξανδρούπολη	1	5	5
Ηράκλειο	1	2	5
Χαλκίδα	5	5	5
Ηγουμενίτσα	2	4	5

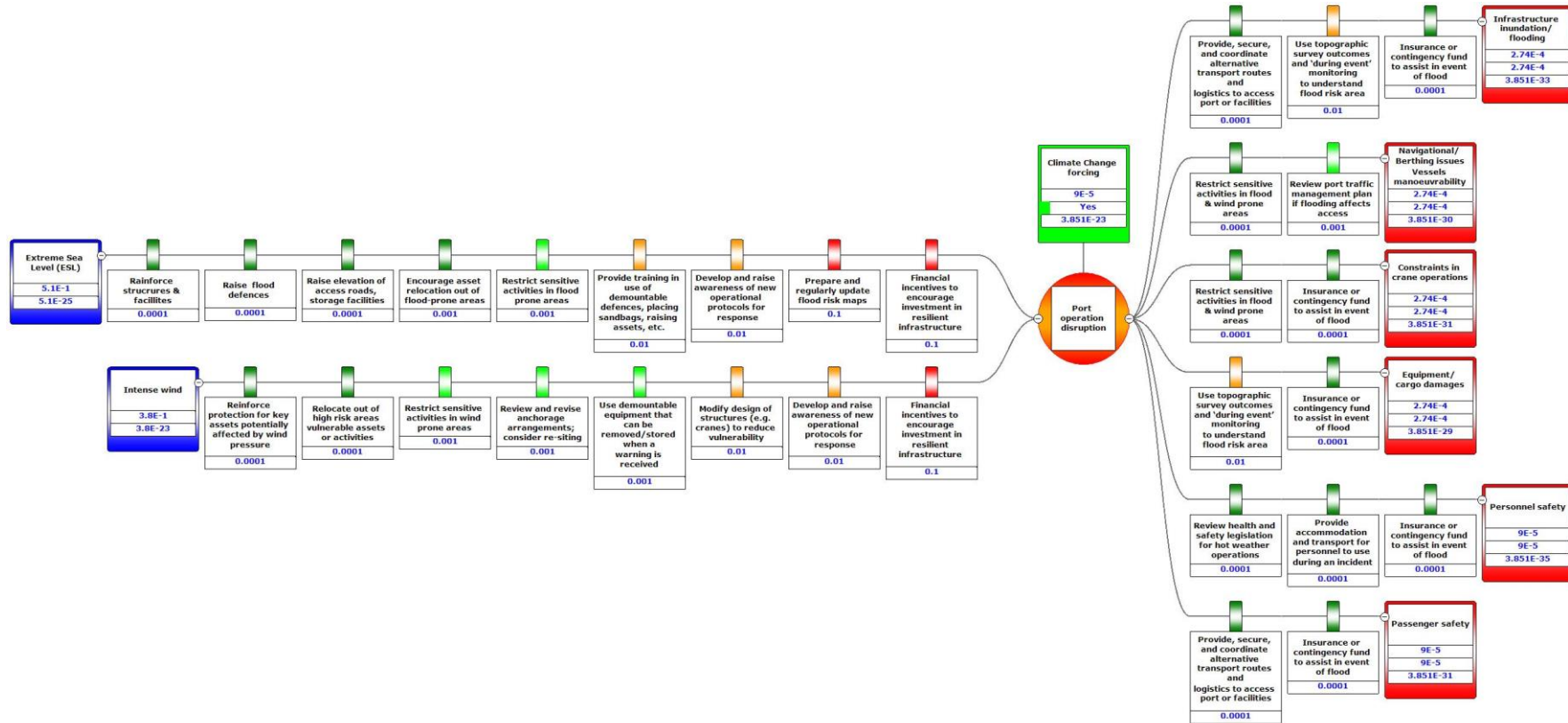
5.2.1. Λιμάνι Ηρακλείου

Για την αξιολόγηση των προτεινόμενων μέτρων εφαρμόζονται τα κριτήρια επιλογής που παρουσιάστηκαν στο 4.1.

MEASURES		Objectives	Cost	Technical feasibility	Level of risk reduction	Implications for other users	Impacts on physical or natural environment or heritage assets	Maintenance or management requirements	Risk of maladaptation	Extent of co-benefits
SLR	Rainforce structures and facilities	Yellow	Red	Orange	Yellow	Orange	Orange	Orange	Yellow	Yellow
	Raise flood defences	Yellow	Red	Orange	Yellow	Red	Red	Orange	Yellow	Yellow
	Raise elevation of access roads, storage facilities	Yellow	Red	Orange	Yellow	Orange	Red	Orange	Yellow	Yellow
	Prepare and regularly update flood risk maps	Yellow	Orange	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Yellow	Yellow
	Encourage relocation of assets out of flood-prone areas	Yellow	Red	Red	Yellow	Red	Red	Orange	Yellow	Yellow
	Develop and raise awareness of new operational protocols for response	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Yellow	Yellow	Orange	Yellow	Yellow
	Financial incentives to encourage investment in resilient infrastructure	Yellow	Red	Yellow	Orange	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
	Provide training in use of demountable defences, placing sandbags, raising assets, etc.	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Orange
WIND	Reinforce protection for key assets potentially affected by wind pressure	Yellow	Red	Orange	Yellow	Orange	Orange	Orange	Yellow	Yellow
	Relocate out of high risk areas vulnerable assets or activities	Yellow	Red	Orange	Yellow	Red	Red	Orange	Yellow	Yellow
	Develop and raise awareness of new operational protocols for response	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Yellow	Yellow	Orange	Yellow	Yellow
	Financial incentives to encourage investment in resilient infrastructure	Yellow	Red	Yellow	Orange	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
	Modify design of structures (e.g. cranes) to reduce vulnerability	Yellow	Orange	Orange	Orange	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Orange
	Review and revise anchorage arrangements; consider re-siting	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Orange	Yellow	Yellow	Yellow
	Use demountable equipment that can be removed/stored when a warning is received	Yellow	Orange	Orange	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Yellow	Yellow

Εικόνα 5.3. Εφαρμογή των κριτηρίων αξιολόγησης των προτεινόμενων μέτρων προσαρμογής για το Λιμάνι Ηρακλείου.

Για την ιεράρχηση των μέτρων αναφορικά με την αποτελεσματικότητα τους στην εμπόδιση της διακοπής της λειτουργίας του Λιμένα του Ηρακλείου εξαιτίας των κλιματικών κινδύνων χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση BOW TIE (Εικόνα 5.).



Εικόνα 5.4. Ανάλυση BowTie και ανάλυση LOPA με μέτρα προσαρμογής για την αντιμετώπιση των κινδύνων (hazards) της Κλιματικής Αλλαγής και μετριασμού των συνεπειών (impacts) που μπορεί να επιφέρει η διακοπή λειτουργίας του Λιμένα του Ηρακλείου.



Η ανάλυση LOPA πραγματοποιήθηκε προκειμένου να εκτιμήσουμε την αποτελεσματικότητα των επιλεγμένων μέτρων τόσο αναφορικά με την πρόληψη της διακοπής της λειτουργίας του λιμένα λόγω των κινδύνων της Κλιματικής Αλλαγής, όσο και για τις επιπτώσεις που θα μπορούσαν να προκύψουν από την διακοπή αυτή

Threats to Top event										
Threat	Initial Frequency	Enabling Factor	Proactive Barrier/IPL	PFD	PFD for all IPLs	Top Event Frequency	Top event	Total Top event Target Frequency	Total Top event Frequency	Target met
Extreme Sea Level (ESL)	0.51	1	Rainforce structures & facilities	0.0001	1E-24	5.1E-25	Port operation disruption	0.00009	3.851E-23	YES
			Raise flood defences	0.0001						
			Raise elevation of access roads, storage facilities	0.0001						
			Encourage asset relocation out of flood-prone areas	0.001						
			Restrict sensitive activities in flood prone areas	0.001						
			Provide training in use of demountable defences, placing sandbags, raising assets, etc.	0.01						
			Develop and raise awareness of new operational protocols for response	0.01						
			Prepare and regularly update flood risk maps	0.1						
Financial incentives to encourage investment in resilient infrastructure	0.1									
Intense wind	0.38	1	Reinforce protection for key assets potentially affected by wind pressure	0.0001	1E-22	3.8E-23				
			Relocate out of high risk areas vulnerable assets or activities	0.0001						
			Restrict sensitive activities in wind prone areas	0.001						
			Review and revise anchorage arrangements; consider re-siting	0.001						
			Use demountable equipment that can be removed/stored when a warning is received	0.001						
			Modify design of structures (e.g. cranes) to reduce vulnerability	0.01						
			Develop and raise awareness of new operational protocols for response	0.01						
			Financial incentives to encourage investment in resilient infrastructure	0.1						

Top event to Consequences										
Top event	Total Top event Frequency	Reactive Barrier/IPL	PF	PF for all IPLs	Consequence	Conditional Modifier	Consequence Target Frequency	Consequence Frequency	Target met	
Port operation disruption	3.851E-23	Provide, secure, and coordinate alternative transport routes and logistics to access port or facilities	0.0001	1E-10	Infrastructure inundation/ flooding	1	0.000274	3.851E-33	YES	
		Use topographic survey outcomes and 'during event' monitoring to understand flood risk area	0.01							
		Insurance or contingency fund to assist in event of flood	0.0001							
		Restrict sensitive activities in flood & wind prone areas	0.0001	1E-07	Navigational/ Berthing issues Vessels manoeuvrability	1	0.000274	3.851E-30	YES	
		Review port traffic management plan if flooding affects acc	0.001							
		Restrict sensitive activities in flood & wind prone areas	0.0001	1E-08	Constraints in crane operations	1	0.000274	3.851E-31	YES	
		Insurance or contingency fund to assist in event of flood	0.0001							
		Use topographic survey outcomes and 'during event' monitoring to understand flood risk area	0.01	0.000001	Equipment/ cargo damages	1	0.000274	3.851E-29	YES	
		Insurance or contingency fund to assist in event of flood	0.0001							
		Review health and safety legislation for hot weather operati	0.0001	1E-12	Personnel safety	1	0.00009	3.851E-35	YES	
Provide accommodation and transport for personnel to use during an incident	0.0001									
Insurance or contingency fund to assist in event of flood	0.0001									
Provide, secure, and coordinate alternative transport routes and logistics to access port or facilities	0.0001	1E-08	Passenger safety	1	0.00009	3.851E-31	YES			
Insurance or contingency fund to assist in event of flood	0.0001									

Η ανάλυση LOPA έδειξε ότι τα επιλεγμένα μέτρα μπορεί να είναι αποτελεσματικά στο να αντιμετωπίσουν τους κλιματικούς κινδύνους **Αύξηση της Ακραίας Θαλάσσιας Στάθμης_Extreme Sea Level και Ακραίοι Άνεμοι_Intense Wind** στο σύνολό τους και μεμονωμένα και να αποτρέψουν την διακοπή των λιμενικών λειτουργιών που δύνανται να προκαλέσουν. Επίσης, η εφαρμογή των επιλεγμένων μέτρων φαίνεται ότι είναι δυνατό να μετριάσει τις επιπτώσεις από την διακοπή λειτουργίας του λιμανιού

Αναφορικά με το Λιμάνι του Ηρακλείου τα χαρτοφυλάκιο των μέτρων του Σχεδίου Δράσης περιλαμβάνει μέτρα προσαρμογής στη Κλιματική Αλλαγή και ανάκαμψης από τις όποιες επιπτώσεις. Στους πίνακες που ακολουθούν φαίνονται τα μέτρα με τους υπεύθυνους φορείς και τον χρονικό ορίζοντα εφαρμογής τους.

ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ	Υπεύθυνος φορέας εφαρμογής	Χρονικός ορίζοντας εφαρμογής
Ενίσχυση ή αναβάθμιση υφιστάμενων προστατευτικών υποδομών	Οργανισμός Λιμένων Ηρακλείου (ΟΛΗ/ Υπουργείο Ναυτιλίας και Νησιωτικής Πολιτικής (ΥΝΑΝΠ)/ ΤΑΙΠΕΔ	2030
Αύξηση αντιπλημμυρικής άμυνας	ΟΛΗ/ ΥΝΑΝΠ/ ΤΑΙΠΕΔ	2035
Αύξηση ύψους των δρόμων πρόσβασης και εγκαταστάσεων αποθήκευσης	ΟΛΗ/ ΥΝΑΝΠ/ ΤΑΙΠΕΔ	2035
Ενίσχυση της προστασίας βασικών περιουσιακών στοιχείων που ενδεχομένως επηρεάζονται από την πίεση του ανέμου	ΟΛΗ/ ΥΝΑΝΠ/ ΤΑΙΠΕΔ	2030
Μετεγκατάσταση περιουσιακών στοιχείων η δραστηριοτήτων εκτός περιοχών που είναι επιρρεπείς σε πλημμύρες και ανέμους	ΟΛΗ/ ΥΝΑΝΠ/ ΤΑΙΠΕΔ	2035
Περιορισμός ευαίσθητων δραστηριοτήτων σε περιοχές επιρρεπείς σε πλημμύρες & ανέμους	ΟΛΗ	2028
Χρήση αποσπώμενου εξοπλισμού που μπορεί να αφαιρεθεί/αποθηκευτεί όταν ληφθεί προειδοποίηση	ΟΛΗ	2030
Επανεξέταση και αναθεώρηση των διατάξεων αγκυροβόλησης· εξέταση της δυνατότητας αλλαγής θέσης	ΟΛΗ	2028
Τροποποίηση σχεδιασμού κατασκευών (π.χ. γερανοί) για τη μείωση της τρωτότητας	ΟΛΗ	2028
Παροχή εκπαίδευσης στη χρήση αποσπώμενων αμυντικών μέσων, στην τοποθέτηση σάκων άμμου, στην ύψωση των περιουσιακών στοιχείων κ.λπ	ΟΛΗ	2028
Ανάπτυξη νέων επιχειρησιακών πρωτόκολλων αντιμετώπισης και ενημέρωση σχετικά	ΟΛΗ	2028
Προετοιμασία και τακτική ενημέρωση των χαρτών κινδύνου πλημμύρας και του σχεδίου αντιμετώπισης πλημμυρών	ΥΠΕΝ/ ΟΛΗ	2028/2030/2035
Οικονομικά κίνητρα για την ενθάρρυνση των επενδύσεων σε ανθεκτικές υποδομές	ΥΝΑΝΠ/ ΥΕΟΟ Υπουργείο Εθνικής Οικονομίας και Οικονομικών	2028

ΜΕΤΡΑ ΑΝΑΚΑΜΨΗΣ	Υπεύθυνος φορέας	Χρονικός ορίζοντας εφαρμογής
Περιορισμός ευαίσθητων δραστηριοτήτων σε περιοχές επιρρεπείς σε πλημμύρες και ανέμους	ΟΛΗ	Κατά το συμβάν
Παροχή στέγασης και μεταφοράς για το προσωπικό κατά τη διάρκεια ενός συμβάντος	ΟΛΗ	Κατά το συμβάν
Παροχή, διασφάλιση και συντονισμός εναλλακτικών οδών μεταφοράς και εφοδιαστικής για την πρόσβαση στο λιμάνι ή τις εγκαταστάσεις	ΟΛΗ	Κατά το συμβάν
Επανεξέταση της νομοθεσίας για την υγεία και την ασφάλεια σε περιπτώσεις λειτουργίας σε θερμές καιρικές συνθήκες	Υπουργείο Εργασίας και Κοινωνικής Ασφάλισης / ΥΝΑΝΠ	2030
Ταμείο ασφάλισης ή έκτακτης ανάγκης για βοήθεια σε περίπτωση πλημμύρας	Υπουργείο Κλιματικής Κρίσης και Πολιτικής Προστασίας	2030
Αναθεώρηση του σχεδίου διαχείρισης για την κυκλοφορία στο λιμάνι εάν οι πλημμύρες επηρεάσουν την πρόσβαση	ΟΛΗ	Μετά το συμβάν
Χρήση των αποτελεσμάτων της τοπογραφικής έρευνας και παρακολούθηση «κατά τη διάρκεια του συμβάντος» για την κατανόηση της περιοχής κινδύνου πλημμύρας	ΟΛΗ	Κατά το συμβάν



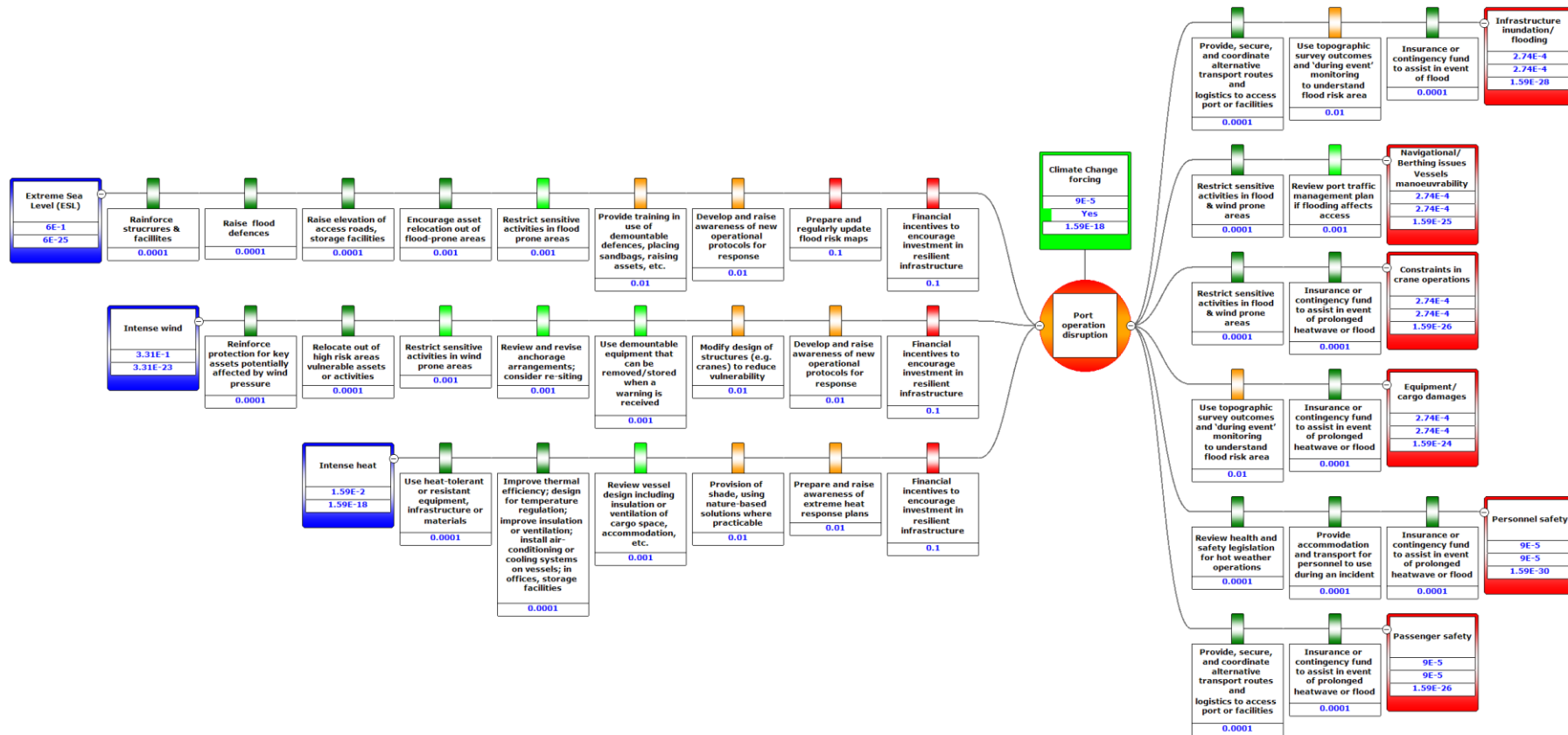
5.2.2. Λιμάνι Χαλκίδας

Για την αξιολόγηση των προτεινόμενων μέτρων εφαρμόζονται τα κριτήρια επιλογής που παρουσιάστηκαν στο 4.1.

	MEASURES	Objectives	Cost	Technical feasibility	Level of risk reduction	Implications for other users	Impacts on physical or natural environment or heritage assets	Maintenance or management requirements	Risk of maladaptation	Extent of co-benefits
SUR	Rainforce structures and facilities									
	Raise flood defences									
	Raise elevation of access roads, storage facilities									
	Prepare and regularly update flood risk maps									
	Encourage relocation of assets out of flood-prone areas									
	Develop and raise awareness of new operational protocols for response									
	Financial incentives to encourage investment in resilient infrastructure									
	Provide training in use of demountable defences, placing sandbags, raising assets, etc.									
WIND	Reinforce protection for key assets potentially affected by wind pressure									
	Relocate out of high risk areas vulnerable assets or activities									
	Develop and raise awareness of new operational protocols for response									
	Financial incentives to encourage investment in resilient infrastructure									
	Modify design of structures (e.g. cranes) to reduce vulnerability									
	Review and revise anchorage arrangements; consider re-siting									
	Use demountable equipment that can be removed/stored when a warning is received									
HEAT	Use heat-tolerant or resistant equipment, infrastructure or materials									
	Provision of shade, using nature-based solutions where practicable									
	Improve thermal efficiency; design for temperature regulation; improve insulation or ventilation; install air-conditioning or cooling systems on vessels; in offices, storage facilities, etc.									
	Prepare and raise awareness of extreme heat response plans									
	Provide grants/financial incentives to encourage investment in resilient infrastructure									
	Review vessel design including insulation or ventilation of cargo space, accommodation, etc.									

Εικόνα 5.3. Εφαρμογή των κριτηρίων αξιολόγησης των προτεινόμενων μέτρων προσαρμογής για το Λιμάνι Χαλκίδας.

Η ανάλυση BOW TIE χρησιμοποιήθηκε για την ιεράρχηση των μέτρων αναφορικά με την αποτελεσματικότητα τους στην εμπόδιση της διακοπής της λειτουργίας του Λιμένα της Χαλκίδας εξαιτίας των κλιματικών κινδύνων (Εικόνα 5.).



Εικόνα 5.5. Ανάλυση BowTie και ανάλυση LOPA με μέτρα προσαρμογής για την αντιμετώπιση των κινδύνων (hazards) της Κλιματικής Αλλαγής και μετριασμού των συνεπειών (impacts) που μπορεί να επιφέρει η διακοπή λειτουργίας του Λιμανιού της Χαλκίδας.

Η ανάλυση LOPA πραγματοποιήθηκε προκειμένου να εκτιμήσουμε την αποτελεσματικότητα των επιλεγμένων μέτρων τόσο αναφορικά με την πρόληψη της διακοπής της λειτουργίας του λιμένα λόγω των κινδύνων της Κλιματικής Αλλαγής, όσο και για τις επιπτώσεις που θα μπορούσαν να προκύψουν από την διακοπή αυτή.

Threats to Top event										
Threat	Initial Frequency	Enabling Factor	Proactive Barrier/IPL	PFD	PFD for all IPLs	Top Event Frequency	Top event	Total Top event Target Frequency	Total Top event Frequency	Target met
Extreme Sea Level (ESL)	0.6	1	Reinforce structures & facilities	0.0001	1E-24	6E-25	Port operation disruption	0.00009	1.59003E-18	YES
			Raise flood defences	0.0001						
			Raise elevation of access roads, storage facilities	0.0001						
			Encourage asset relocation out of flood-prone areas	0.001						
			Restrict sensitive activities in flood prone areas	0.001						
			Provide training in use of demountable defences, placing sandbags, raising assets, etc.	0.01						
			Develop and raise awareness of new operational protocols for response	0.01						
			Prepare and regularly update flood risk maps	0.1						
			Financial incentives to encourage investment in resilient infrastructure	0.1						
Intense wind	0.331	1	Reinforce protection for key assets potentially affected by wind pressure	0.0001	1E-22	3.31E-23				
			Relocate out of high risk areas vulnerable assets or activities	0.0001						
			Restrict sensitive activities in wind prone areas	0.001						
			Review and revise anchorage arrangements; consider re-siting	0.001						
			Use demountable equipment that can be removed/stored when a warning is received	0.001						
			Modify design of structures (e.g. cranes) to reduce vulnerability	0.01						
			Develop and raise awareness of new operational protocols for response	0.01						
			Financial incentives to encourage investment in resilient infrastructure	0.1						
Intense heat	0.0159	1	Use heat-tolerant or resistant equipment, infrastructure or materials	0.0001	1E-16	1.59E-18				
			Improve thermal efficiency; design for temperature regulation; improve insulation or ventilation; install air-conditioning or cooling systems on vessels; in offices, storage facilities	0.0001						
			Review vessel design including insulation or ventilation of cargo	0.001						
			Provision of shade, using nature-based solutions where practical	0.01						
			Prepare and raise awareness of extreme heat response plans	0.01						
			Financial incentives to encourage investment in resilient infrastructure	0.1						

Top event to Consequences									
Top event	Total Top event Frequency	Reactive Barrier/IPL	PFD	PFD for all IPLs	Consequence	Conditional Modifier	Consequence Target Frequency	Consequence Frequency	Target met
Port operation disruption	1.59003E-18	Provide, secure, and coordinate alternative transport routes and logistics to access port or facilities	0.0001	1E-10	Infrastructure inundation/ flood	1	0.000274	1.59003E-28	YES
		Use topographic survey outcomes and 'during event' monitoring to understand flood risk area	0.01						
		Insurance or contingency fund to assist in event of flood	0.0001						
		Restrict sensitive activities in flood & wind prone areas	0.0001	0.0000001	Navigational/ Berthing issues Vessels manoeuvrability	1	0.000274	1.59003E-25	YES
		Review port traffic management plan if flooding affects access	0.001						
		Restrict sensitive activities in flood & wind prone areas	0.0001	0.00000001	Constraints in crane operation	1	0.000274	1.59003E-26	YES
		Insurance or contingency fund to assist in event of prolonged heatwave or flood	0.0001						
		Use topographic survey outcomes and 'during event' monitoring to understand flood risk area	0.01						
		Insurance or contingency fund to assist in event of prolonged heatwave or flood	0.0001	0.0000001	Equipment/ cargo damages	1	0.000274	1.59003E-24	YES
		Review health and safety legislation for hot weather operation	0.0001						
		Provide accommodation and transport for personnel to use during an incident	0.0001	1E-12	Personnel safety	1	0.00009	1.59003E-30	YES
		Insurance or contingency fund to assist in event of prolonged heatwave or flood	0.0001						
		Provide, secure, and coordinate alternative transport routes and logistics to access port or facilities	0.0001						
		Insurance or contingency fund to assist in event of prolonged heatwave or flood	0.0001	0.00000001	Passenger safety	1	0.00009	1.59003E-26	YES

Η ανάλυση LOPA έδειξε ότι τα επιλεγμένα μέτρα μπορεί να είναι αποτελεσματικά στο να αντιμετωπίσουν τους κλιματικούς κινδύνους **Αύξηση της Ακραίας Θαλάσσιας Στάθμης_Extreme Sea Level, Ακραίοι Άνεμοι_Intense Wind** και **Ακραίες Θερμοκρασίες_Extreme Temperature** στο σύνολό τους και μεμονωμένα και να αποτρέψουν την διακοπή των λιμενικών λειτουργιών που δύνανται να προκαλέσουν. Επίσης, η εφαρμογή των επιλεγμένων μέτρων φαίνεται ότι είναι δυνατό να μετριάσει τις επιπτώσεις από την διακοπή λειτουργίας του λιμανιού.

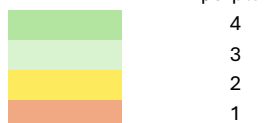
Συνεπώς, για το Λιμάνι της Χαλκίδας τα χαρτοφυλάκιο των μέτρων του Σχεδίου Δράσης περιλαμβάνει μέτρα προσαρμογής στη Κλιματική Αλλαγή και ανάκαμψης από τις όποιες επιπτώσεις. Στους πίνακες που ακολουθούν φαίνονται τα μέτρα με τους υπεύθυνους φορείς και τον χρονικό ορίζοντα εφαρμογής τους.

ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ	Υπεύθυνος φορέας εφαρμογής	Χρονικός ορίζοντας εφαρμογής
Ενίσχυση ή αναβάθμιση υφιστάμενων προστατευτικών υποδομών	Οργανισμός Λιμένων Ν. Ευβοίας (ΟΛΝΕ)/ Υπουργείο Ναυτιλίας και Νησιωτικής Πολιτικής (ΥΝΑΝΠ)/ ΤΑΙΠΕΔ	2030
Αύξηση αντιπλημμυρικής άμυνας	ΟΛΝΕ/ ΥΝΑΝΠ/ ΤΑΙΠΕΔ	2035
Αύξηση ύψους των δρόμων πρόσβασης και εγκαταστάσεων αποθήκευσης	ΟΛΝΕ/ ΥΝΑΝΠ/ ΤΑΙΠΕΔ	2035
Ενίσχυση της προστασίας βασικών περιουσιακών στοιχείων που ενδεχομένως επηρεάζονται από την πίεση του ανέμου	ΟΛΝΕ/ ΥΝΑΝΠ / ΤΑΙΠΕΔ	2030
Μετεγκατάσταση περιουσιακών στοιχείων η δραστηριοτήτων εκτός περιοχών που είναι επιρρεπείς σε πλημμύρες και ανέμους	ΟΛΝΕ/ ΥΝΑΝΠ / ΤΑΙΠΕΔ	2035
Χρήση εξοπλισμού, υποδομών ή υλικών ανθεκτικών στη θερμότητα	ΟΛΝΕ	2030
Βελτίωση της θερμικής απόδοσης· σχεδιασμός για ρύθμιση της θερμοκρασίας· βελτίωση της μόνωσης ή του αερισμού· εγκατάσταση συστημάτων κλιματισμού ή ψύξης σε πλοία· σε γραφεία, σε εγκαταστάσεις αποθήκευσης	ΟΛΝΕ	2028
Περιορισμός ευαίσθητων δραστηριοτήτων σε περιοχές επιρρεπείς σε πλημμύρες & ανέμους	ΟΛΝΕ	2028
Χρήση αποσπώμενου εξοπλισμού που μπορεί να αφαιρεθεί/αποθηκευτεί όταν ληφθεί προειδοποίηση	ΟΛΝΕ	2030
Επανεξέταση και αναθεώρηση των διατάξεων αγκυροβόλησης· εξέταση της δυνατότητας αλλαγής θέσης	ΟΛΝΕ	2028
Αναθεώρηση του σχεδιασμού των πλοίων, συμπεριλαμβανομένης της μόνωσης ή του αερισμού του χώρου φορτίου, των χώρων ενδιαίτησης κ.λπ.	ΥΝΑΝΠ	2035
Τροποποίηση σχεδιασμού κατασκευών (π.χ. γερανοί) για τη μείωση της τρωτότητας	ΟΛΝΕ	2028
Παροχή εκπαίδευσης στη χρήση αποσπώμενων αμυντικών μέσων, στην τοποθέτηση σάκων άμμου, στην ύψωση των περιουσιακών στοιχείων κ.λπ	ΟΛΝΕ	2028
Ανάπτυξη νέων επιχειρησιακών πρωτόκολλων αντιμετώπισης και ενημέρωση σχετικά	ΟΛΝΕ	2028
Παροχή σκιάς, χρησιμοποιώντας λύσεις βασισμένες στη φύση, όπου είναι εφικτό	ΟΛΝΕ	2028

Προετοιμασία και τακτική ενημέρωση των χαρτών κινδύνου πλημμύρας και του σχεδίου αντιμετώπισης πλημμυρών	ΥΠΕΝ/ ΟΛΝΕ	2028/2030/2035
Οικονομικά κίνητρα για την ενθάρρυνση των επενδύσεων σε ανθεκτικές υποδομές	ΥΝΑΝΠ/ ΥΕΟΟ Υπουργείο Εθνικής Οικονομίας και Οικονομικών	2028

ΜΕΤΡΑ ΑΝΑΚΑΜΨΗΣ	Υπεύθυνος φορέας	Χρονικός ορίζοντας εφαρμογής
Περιορισμός ευαίσθητων δραστηριοτήτων σε περιοχές επιρρεπείς σε πλημμύρες και ανέμους	ΟΛΝΕ	Κατά το συμβάν
Παροχή στέγασης και μεταφοράς για το προσωπικό κατά τη διάρκεια ενός συμβάντος	ΟΛΝΕ	Κατά το συμβάν
Παροχή, διασφάλιση και συντονισμός εναλλακτικών οδών μεταφοράς και εφοδιαστικής για την πρόσβαση στο λιμάνι ή τις εγκαταστάσεις	ΟΛΝΕ	2028
Επανεξέταση της νομοθεσίας για την υγεία και την ασφάλεια σε περιπτώσεις λειτουργίας σε θερμές καιρικές συνθήκες	Υπουργείο Εργασίας και Κοινωνικής Ασφάλισης / ΥΝΑΝΠ	2030
Ταμείο ασφάλισης ή έκτακτης ανάγκης για βοήθεια σε περίπτωση πλημμύρας	Υπουργείο Κλιματικής Κρίσης και Πολιτικής Προστασίας	2030
Αναθεώρηση του σχεδίου διαχείρισης για την κυκλοφορία στο λιμάνι εάν οι πλημμύρες επηρεάσουν την πρόσβαση	ΟΛΝΕ	Μετά το συμβάν
Χρήση των αποτελεσμάτων της τοπογραφικής έρευνας και παρακολούθηση «κατά τη διάρκεια του συμβάντος» για την κατανόηση της περιοχής κινδύνου πλημμύρας	ΟΛΝΕ	Κατά το συμβάν

Κλίμακα αποτελεσματικότητας μέτρων



6 Βιβλιογραφία

Aerts, J. C. J. H., Botzen, W. J. W., van der Veen, A., Krywkow, J., & Werners, S. E. (2008). Dealing with uncertainty in flood management through diversification. *Ecology and Society*, 13(1), 41.

Asariotis, R., Monioudi, I.N., Mohos Naray, V. et al. Climate change and seaports: hazards, impacts and policies and legislation for adaptation. *Anthropocene Coasts* 7, 14 (2024). <https://doi.org/10.1007/s44218-024-00047-9>

Becker, A.H., Acciaro, M., Asariotis, R., Cabrera, E., Cretegy, L., Crist, P., Esteban, M., Mather, A., Messner, S., Naruse, S., Ng, A.K.Y., Rahmstorf, S., Savonis, M., Song, D.-W., Stenek, V. and Velegakis, A.F. (2013). A note on climate change adaptation for seaports: A challenge for global ports, a challenge for global society. *Climatic Change*, 120(4), 683–695.

Becker, A., Chase, N.T.L., Fischer, M., Schwegler, B. and Mosher, K. (2016). A method to estimate climate-critical construction materials applied to seaport protection. *Global Environmental Change*, 40, 125–136.

Bocchini, P., Frangopol, D.M., Ummenhofer, T., Zinke, T., (2014). Resilience and sustainability of civil infrastructure: toward a unified approach. *J. Infrastruct. Syst.* 20 (2), 04014004 [https://doi.org/10.1061/\(asce\)is.1943-555x.0000177](https://doi.org/10.1061/(asce)is.1943-555x.0000177)

Cormier, R., Savoie, J. F., Godin, C., Robichaud, G., (2016). Bowtie analysis of avoidance and mitigation measures within the legislative and policy context of the Fisheries Protection Program. *Can. Manuscr.Rep. Fish. Aquat. Sci.* 3093. 29 pp

Cormier, R., (2019). Marine Environmental Risk Assessment and Management: Putting into practice an ecosystem-based management approach. <https://www.semanticscholar.org/paper/Marine-environmental-risk-assessment-and-management-Cormier/aea070f86a236360bd0c5bcd1ed03478d91b2cd8>

Cormier R., Elliott M., Rice J., (2019). Putting on a Bow-Tie to sort out who does what and why in the complex arena of marine policy and management. - *Science of the Total Environment*, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.168>

Cutter, S. L., Burton, C. G., & Emrich, C. T. (2008). *Disaster resilience indicators for benchmarking baseline conditions*. *Journal of Homeland Security and Emergency Management*, 5(1).

Elliott, M., Borja, A., Cormier, R., (2020). Managing marine resources sustainably: A proposed integrated systems analysis approach, *Ocean & Coastal Management*, 197. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105315>

Fernandez-Perez, A., Losada, I. J., & Lara, J. L. (2024). A framework for climate change adaptation of port infrastructures. *Coastal Engineering*, 191, 104538. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2024.104538>



González, A., et al. (2016). *A framework for assessing port resilience to climate change*. Maritime Policy & Management.

IEC/ISO, (2019). IEC/ISO 31010:2019. International Standard, Risk Management-Risk Assessment techniques. English version. CENELEC. Brussels.

IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Cambridge University Press.

IPCC, (2022). In: Portner, H.-O., Roberts, D.C., Tignor, M., Poloczanska, E.S., Mintenbeck, K., Alegría, A., Craig, M., Langsdorf, S., Loschke, S., Moller, V., Okem, A., Rama, B. (Eds.), *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, p. 3056. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>

Jorge Alfonso Gómez Prado, (2022). Climate change implementation and level of compliance with the Paris agreement. toward a climate change resilience port: a case study of port Corinto, Nicaragua. World Maritime University. The Maritime Commons: Digital Repository of the World Maritime University.

Karditsa, A., Roumpis, E., Markozanes, F., Lesioti, M., Monioudi, I., Poulos, S., Hatzaki, M., & Vaggelas, G. (2024). The Impact of Sea Level Rise on the Port of Heraklio: Operational Risk Assessment and Economic Implications. *Technical Annals*, 1(7). <https://doi.org/10.12681/ta.40810>

Karditsa, A., Paramana, T., Hatzaki, M. et al. (2026). Plugging climate-risk tool into an integrated management model for coastal adaptation. *Anthropocene Coasts* 9, 20 <https://doi.org/10.1007/s44218-026-00133-0>

Lempert, R.J., Groves, D.G., Fischbach, J.R., (2013). Is it ethical to use a single probability density function? RAND Working Paper. <https://doi.org/10.7249/WR992>.

Lewis, S., Hurst, S., (2005). Lessons learned from real world application of the Bow-Tie method. 7th Professional Development Conference and Exhibition, p. 9.

Meerow, S., Newell, J. P., & Stults, M. (2016). Defining urban resilience: A review. *Landscape and Urban Planning*, 147, 38–49.

Monios, J. and Wilmsmeier, G. (2020). Deep adaptation to climate change in the maritime transport sector – a new paradigm for maritime economics? *Maritime Policy & Management*, 1–20.

Ng, A. K.Y, Chen, S. L., Cahoon, S., Brooks, B., and Yang, Z. (2013). Climate change and the adaptation strategies of ports: The Australian experiences. *Research in Transportation Business & Management*, 8(4), 186-194.

OECD. (2008). *Handbook on Constructing Composite Indicators*. OECD Publishing.

Paramana Theodora, (2023). Integrated Marine Policy in view of Good Environmental Status (GES). Effective Management and Sustainability of the Marine Environment based on biogeochemical indicators.

PIANC, (2020). PIANC Report N° 178 Environmental Commission. Climate Change Adaptation Planning for Ports and Inland Waterways.

Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill.

Skourti, O.-M.A., Papadakis, M.I., Martzikos, N.T., Chondros, M.K. and Tsoukala, V.K. (2020). Adapting Ports to Climate Change – The Case of Evdilos Port, Ikaria Island, Greece.

Smith, C., Papadopoulou, K., Barnard, St., Mazik, K., Elliott, M., Patrício, J., Solaun, O., Little, S., Bhatia, N., Borja, A., (2016). Managing the Marine Environment, Conceptual Models and Assessment Considerations for the European Marine Strategy Framework Directive. *Frontiers in Marine Science*, 3, <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2016.00144>

Stelzenmüller, V., Coll, M., Mazaris, A., Giakoumi, S., Katsanevakis, S., Portman, M., Degen, R., Mackelworth, P., Gimpel, A., Albano, P., Almpanidou, V., Claudet, J., Essl, F., Evagelopoulos, Th., Heymans, J., Genov, T., Kark, S., Micheli, F., Pennino, M.G, Rilov, G., Rumes, B., Steenbeek, J., Ojaveer, H., (2018). A risk-based approach to cumulative effect assessments for marine management, *Science of The Total Environment*, 612, pp 1132-1140

Sullivan, M. (2020). A rising tide floats all boats, but drowns infrastructure: The impact of sea-level rise on America's maritime infrastructure. Master's thesis.

UNCTAD, (2020). Climate Change impacts and adaptation for coastal transport infrastructure: A Compilation of Policies and Practices. Transport and Trade Facilitation Series No 12. United Nations Publications, New York, USA. https://unctad.org/system/files/official-document/dtltlb2019d1_en.pdf

UNDRR (United Nations Office for Disaster Risk Reduction). (2015). *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030*.

UNDRR. (2017). *Technical Guidance for Monitoring and Reporting on Progress in Achieving the Global Targets of the Sendai Framework*.

United Nations, (2020). Climate Change impacts and adaptation for coastal transport infrastructure: a compilation of policies and practices. Van Houtven, G., Gallaher, M., Woollacott, J., Decker, E., (2022). Act Now or Pay Later: The Costs of Climate Inaction for Ports and Shipping, RTI International.

<https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/case-studies/rotterdam-port-adaptation-strategy-for-climate-resilient-transport-and-business-activities>