

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 Π5.1: *Εργαλείο Λήψης Αποφάσεων για την προσαρμογή των
λιμένων στην Κλιματική Αλλαγή (Decision Support Toolkit)*

Υποενότητα Εργασίας: *Η εκτίμηση των οικονομικών επιπτώσεων της
Κλιματικής Αλλαγής στα λιμάνια μελέτης*

Περιεχόμενα

Περιγραφή Παραδοτέου	3
1. Εισαγωγή	4
2. Μεθοδολογικό πλαίσιο	7
2.1. Μεθοδολογικό Πλαίσιο Αξιολόγησης και Υποστήριξης Λήψης Αποφάσεων για την Κλιματική Αλλαγή σε Λιμένες	7
2.2. Συλλογή και Ανάλυση Δεδομένων	9
2.3. Ορισμός επιπτώσεων κλιματικού κινδύνου (Impacts)	12
2.4. Ανάλυση Λειτουργικών Ορίων	13
2.5. Αξιολόγηση Οικονομικών Επιπτώσεων	14
2.6. Ανάλυση Κόστους Οφέλους	16
3. Αποτελέσματα	20
3.1. Λειτουργική (Ενδιάμεση) Επίπτωση Κλιματικής Αλλαγής στα λιμάνια	20
3.1.1. Λιμένας Αλεξανδρούπολης	20
3.1.2. Λιμένας Ηρακλείου	22
3.1.3. Λιμένας Ηγουμενίτσας	25
3.1.4. Λιμένας Χαλκίδας	28
3.1.5. Λιμένας Βόλου	31
3.1.6. Λιμένας Λαυρίου	32
3.2. Οικονομική Επίπτωση Κλιματικής Αλλαγής στα λιμάνια	33
3.2.1. Λιμένας Αλεξανδρούπολης	33
3.2.2. Λιμένας Ηρακλείου	37
3.2.3. Λιμένας Ηγουμενίτσας	42
3.2.4. Λιμένας Χαλκίδας	46
3.2.5. Λιμένας Βόλου	49
3.2.6. Λιμένας Λαυρίου	53
4. Προτεινόμενα μέτρα προσαρμογής	58
4.1. Δομικά Μέτρα	58
4.2. Μη δομικά μέτρα	59
Βιβλιογραφία	64

Περιγραφή Παραδοτέου

Η εκτίμηση των οικονομικών επιπτώσεων της Κ.Α στα λιμάνια αφορά στο κόστος αποκατάστασης των ζημιών στις υποδομές και στις οικονομικές απώλειες από τη διακοπή των εμπορικών δραστηριοτήτων. Οι μεθοδολογικές προσεγγίσεις που θα αναπτυχθούν για τα δυνητικά σενάρια προσαρμογής και την εκτίμηση των οικονομικών επιπτώσεων της Κ.Α στα λιμάνια είναι:

- **Οικονομικής ανάλυση:** Οι εκτιμήσεις για το κόστος της προσαρμογής στην Κ.Α που υπολογίστηκαν με τη μέθοδο της Ανάλυσης Κόστους-Οφέλους, θα αξιοποιηθούν ώστε να εκτιμηθούν οι δυνητικές επιπτώσεις της Κ.Α σε βασικά μεγέθη της οικονομίας όπως το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (ΑΕΠ), τα Δημόσια Έσοδα και η Ανεργία. Η προβολή του κόστους από τον κλάδο των λιμενικών υπηρεσιών, σε ευρέως κατανοητούς οικονομικούς δείκτες θα συμβάλει στην καλύτερη κατανόηση του κινδύνου και του δυνητικού κόστους που θα επιφέρει η Κ.Α.
- **Ανάλυση Κόστους- Οφέλους:** παρέχει ένα ενιαίο πλαίσιο για την αξιολόγηση των ωφελειών και του κόστους από την προώθηση επενδυτικών επιλογών, ή στην περίπτωση της κλιματικής αλλαγής, τις επιπτώσεις που προκαλεί η απόφαση για τη μη προσαρμογή. Καθιστά σαφή τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα μιας απόφασης σε σχέση με τον αντίκτυπο που έχει στην κοινωνία, προτείνοντας έργα που μεγιστοποιούν την κοινωνική ευημερία με το ελάχιστο δυνατό κόστος. Η ανάλυση Κόστους-Οφέλους θα λάβει υπόψη τις εκφράσεις της κλιματικής αλλαγής, όπου για κάθε δυνητικό κλιματικό σενάριο, η επίπτωση της Κ.Α θα εξετάζεται μέσα από την σύγκριση του οικονομικού αποτελέσματος, με ή χωρίς την προσαρμογή.

Σύνθεση Ομάδας Έργου Παραδοτέου

Ευθύμιος Ρουμπής, Επικ. Καθηγητής

Γεώργιος Βαγγέλας, Επικ. Καθηγητής

1. Εισαγωγή

Στο παρόν Πακέτο Εργασίας (ΠΕ) αναπτύσσονται οι ποσοτικές μέθοδοι για την οικονομική ανάλυση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στους λιμένες. Στο πλαίσιο αυτό, αξιοποιούνται τα οικονομικά στοιχεία και δεδομένα για την εμπορική δραστηριότητα των λιμένων που συγκεντρώθηκαν στο Παραδοτέο 4.3 και διατυπώνονται προβλέψεις για το οικονομικό αποτύπωμα των κλιματικών κινδύνων, κάτω από συγκεκριμένα σενάρια της κλιματικής αλλαγής.

Η λειτουργία των λιμένων επηρεάζεται σε σημαντικό βαθμό από τις καιρικές συνθήκες, οι οποίες αποτελούν κρίσιμο παράγοντα για την ομαλή διεξαγωγή των θαλάσσιων μεταφορών. Η κλιματική αλλαγή, μέσω της αύξησης της συχνότητας και της έντασης ακραίων φαινομένων, δημιουργεί σημαντικούς κινδύνους για τις λιμενικές υποδομές και τη λειτουργία των λιμένων. Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες κινδύνου, καθώς οδηγεί σε συχνότερα φαινόμενα πλημμυρών και υπερχειλίσης, επηρεάζοντας άμεσα τη λειτουργικότητα των λιμενικών εγκαταστάσεων.

Η εκτίμηση των οικονομικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στους λιμένες αφορά τις οικονομικές απώλειες που προκύπτουν από τη διακοπή των εμπορικών δραστηριοτήτων. Το παρόν Παραδοτέο εστιάζει κυρίως στις απώλειες εσόδων που σχετίζονται με τη μειωμένη ή διακοπτόμενη λειτουργία των λιμένων, ως αποτέλεσμα της εκδήλωσης ακραίων κλιματικών φαινομένων και, ειδικότερα, της ακραίας άνοδου της στάθμης της θάλασσας, όπως αυτή υπολογίστηκε στο Παραδοτέο 4.1. και των επιπτώσεων της στη λειτουργικότητα του λιμένα.

Οι επιπτώσεις αυτές δεν περιορίζονται μόνο σε άμεσες υλικές ζημιές, αλλά επεκτείνονται σε απώλειες εσόδων, αύξηση λειτουργικού κόστους και ανάγκη για επενδύσεις προσαρμογής. Οι διαταραχές στη λειτουργία των λιμένων, όπως η αναστολή δραστηριοτήτων φορτοεκφόρτωσης ή ο περιορισμός της εξυπηρέτησης πλοίων, συνεπάγονται άμεσες οικονομικές απώλειες και ενδέχεται να επηρεάσουν τη μακροπρόθεσμη ανταγωνιστικότητά τους.

Η αποτίμηση των οικονομικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής προϋποθέτει την προηγούμενη ανάλυση των φυσικών επιπτώσεων, όπως αυτές εκφράζονται μέσω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας και της επίδρασής της στη λειτουργικότητα των λιμενικών υποδομών. Στο πλαίσιο αυτό, η παρούσα μελέτη στηρίζεται στον, καταρχήν, υπολογισμό των ενδιάμεσων επιπτώσεων, όπως αυτές περιγράφονται μέσω της εφαρμογής του εργαλείου Impact Chain, προκειμένου να διασυνδέσει τις κλιματικές μεταβολές με τις επιπτώσεις στη λειτουργία των λιμένων. Με βάση τα αποτελέσματα αυτά, πραγματοποιείται η σύνδεση των φυσικών επιπτώσεων με την εκτίμηση των οικονομικών συνεπειών, επιτρέποντας την ποσοτικοποίηση των απωλειών σε όρους εσόδων.

Η μεθοδολογική προσέγγιση που αναπτύσσεται στο παρόν Παραδοτέο αποσκοπεί όχι μόνο στην αποτίμηση των οικονομικών επιπτώσεων, αλλά και στη λειτουργία της ως εργαλείο λήψης αποφάσεων για την προσαρμογή των λιμένων στην κλιματική αλλαγή. Μέσω της σύγκρισης εναλλακτικών σεναρίων (με και χωρίς μέτρα προσαρμογής), παρέχεται η δυνατότητα αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας των παρεμβάσεων και ιεράρχησης των αναγκαίων επενδύσεων.

Στο πλαίσιο αυτό, εφαρμόζεται Ανάλυση Κόστους– Οφέλους, η οποία επιτρέπει τη σύγκριση του κόστους προσαρμογής με τις αναμενόμενες απώλειες σε περίπτωση μη δράσης, καθώς και ευρύτερη οικονομική ανάλυση, μέσω της οποίας τα αποτελέσματα αποτυπώνονται σε βασικούς οικονομικούς δείκτες. Με τον τρόπο αυτό, ενισχύεται η κατανόηση του μεγέθους του κινδύνου και υποστηρίζεται ο στρατηγικός σχεδιασμός για την ενίσχυση της ανθεκτικότητας των λιμένων.

Η ανάλυση βασίζεται σε διαθέσιμα οικονομικά στοιχεία των λιμένων, δεδομένα διακίνησης φορτίων και επιβατών, καθώς και σε εκτιμήσεις από τη διεθνή βιβλιογραφία και συγκρίσιμες μελέτες περίπτωσης. Παράλληλα, αξιοποιούνται εργαλεία πρόβλεψης και εκτίμησης χρηματοοικονομικών επιπτώσεων, τα οποία εφαρμόζονται σε επιλεγμένους λιμένες.



Adapt
Ports



Ports
Management &
Shipping
Department
NKUA

Συνολικά, το παρόν ΠΕ συμβάλλει στην ανάπτυξη μιας ολοκληρωμένης προσέγγισης για την ποσοτικοποίηση των οικονομικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στους λιμένες, παρέχοντας ένα συνεκτικό πλαίσιο υποστήριξης αποφάσεων για τον σχεδιασμό μέτρων προσαρμογής και την ενίσχυση της ανθεκτικότητας του λιμενικού συστήματος.

2. Μεθοδολογικό πλαίσιο

Ο δυνητικός κίνδυνος σε σχέση με την άνοδο της στάθμης της θάλασσας (SLR) που εξετάζεται στο παρόν ΠΕ περιλαμβάνει την αξιολόγηση των φυσικών και οικονομικών επιπτώσεων στα λιμάνια μελέτης, λόγω διαταραχών στους ελιγμούς, την πρόσδεση και τις εργασίες φόρτωσης/εκφόρτωσης εντός της λιμενικής ζώνης, οι οποίες προκαλούνται από υψηλά επίπεδα στάθμης νερού (Πίνακας 1). Η προσέγγιση αυτή αναδεικνύει τον ρόλο της κλιματικής αλλαγής στην αύξηση των κινδύνων για τη λειτουργία των λιμένων. Για τον σκοπό αυτό, εφαρμόζεται το δυσμενέστερο σενάριο κλιματικής αλλαγής, προκειμένου οι λιμένες να αναπτύξουν και να εφαρμόσουν στρατηγικές προσαρμογής με την πάροδο του χρόνου ώστε να παραμείνουν ανταγωνιστικοί στο παγκόσμιο εμπορικό δίκτυο. Στην ενότητα 2.1. παρουσιάζεται το μεθοδολογικό πλαίσιο που αναπτύσσεται στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης για την αξιολόγηση των επιπτώσεων και τη λήψη αποφάσεων για τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στα λιμάνια.

2.1. Μεθοδολογικό Πλαίσιο Αξιολόγησης και Υποστήριξης Λήψης Αποφάσεων για την Κλιματική Αλλαγή σε Λιμένες

Η μεθοδολογία αξιολόγησης των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στα λιμάνια και τη λήψης αποφάσεων για τις επιπτώσεις αναπτύσσεται ως ένα πολυεπίπεδο εργαλείο υποστήριξης λήψης αποφάσεων για τη διαχείριση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής σε λιμενικά συστήματα. Η δομή της βασίζεται σε μια διαδοχική τριφασική προσέγγιση, η οποία περιλαμβάνει: (α) την αξιολόγηση του κλιματικού κινδύνου, (β) την εκτίμηση των επιπτώσεων και (γ) τον σχεδιασμό μέτρων προσαρμογής (Εικόνα 1).

Στο πρώτο στάδιο, πραγματοποιείται η αξιολόγηση του κλιματικού κινδύνου, η οποία θεμελιώνεται στην εκτίμηση της επικινδυνότητας όπως αυτή προκύπτει από τον συνδυασμό των τριών βασικών συνιστωσών: του κινδύνου, της τρωτότητας και της έκθεσης (Π4.1, Π4.2, Π4.3, Π4.4). Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει την

ποσοτικοποίηση και τον εντοπισμό των σημαντικότερων παραγόντων, οι οποίοι καθορίζουν το επίπεδο επικινδυνότητας λειτουργικότητας του λιμένα.

Στο δεύτερο στάδιο, η ανάλυση εστιάζει στην εκτίμηση των επιπτώσεων που απορρέουν από τους προσδιορισμένους κινδύνους. Οι επιπτώσεις διακρίνονται σε λειτουργικές και οικονομικές (Πίνακας 1). Οι λειτουργικές επιπτώσεις αφορούν τη διατάραξη ή τον περιορισμό της λειτουργίας των βασικών συνιστωσών του λιμένα, συμπεριλαμβανομένων των υποδομών (π.χ. κρηπιδώματα, δίκτυα) και των επιχειρησιακών διαδικασιών (π.χ. φορτοεκφορτώσεις, εφοδιαστική αλυσίδα). Οι οικονομικές επιπτώσεις αποτιμώνται μέσω της εκτίμησης άμεσων και έμμεσων απωλειών, όπως η απώλεια εσόδων και το κόστος διακοπής λειτουργίας. Η ανάλυση αυτή συμπληρώνεται από εργαλεία οικονομικής αξιολόγησης με στόχο τη συστηματική αποτίμηση των συνεπειών.

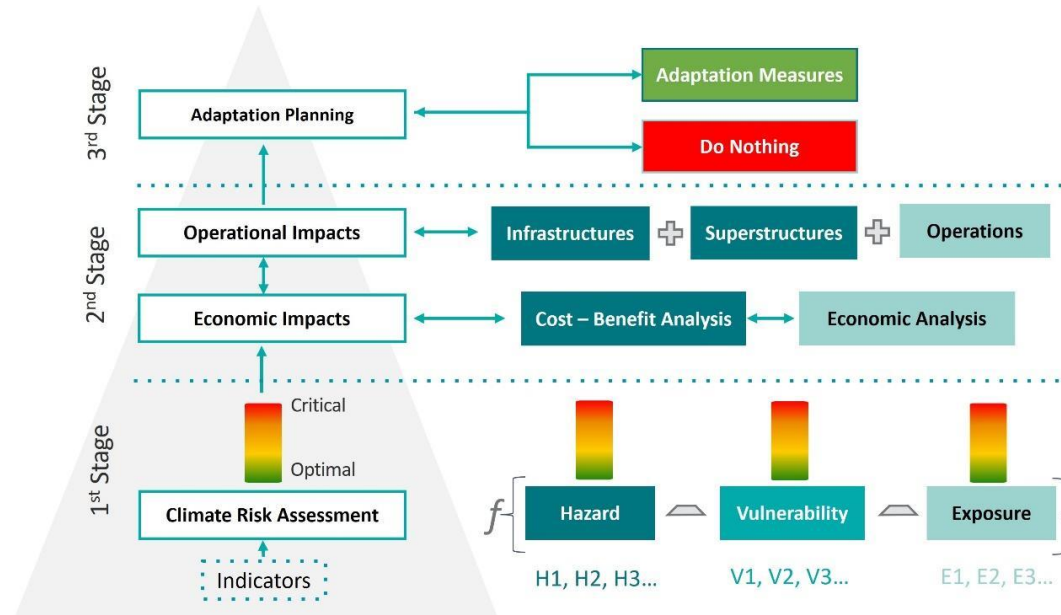
Πίνακας 1. Εξεταζόμενες επιπτώσεις και σχετικοί παράγοντες.

Επίπτωση	Παράγοντας	Περιγραφή
Φυσική	Επιχειρησιακό Όριο	Ύψος στέψης υποδομής (ύψος ελεύθερου χώρου)
Οικονομική	Εμπορική Δραστηριότητα	Απώλεια εσόδων λόγω διακοπής της δραστηριότητας

Στο τρίτο στάδιο, τα αποτελέσματα των προηγούμενων αναλύσεων αξιοποιούνται για τον σχεδιασμό και την αξιολόγηση εναλλακτικών μέτρων προσαρμογής. Τα μέτρα αυτά μπορεί να περιλαμβάνουν τεχνικές παρεμβάσεις στις υποδομές, επιχειρησιακές προσαρμογές ή συνδυασμούς αυτών. Για κάθε εναλλακτική εξετάζεται η αποτελεσματικότητα ως προς τη μείωση του κινδύνου και των επιπτώσεων, καθώς και η οικονομική της βιωσιμότητα, κυρίως μέσω ανάλυσης κόστους-οφέλους. Παράλληλα, εξετάζεται και το σενάριο μη παρέμβασης (“do nothing”), το οποίο λειτουργεί ως βάση σύγκρισης για την αξιολόγηση της αναγκαιότητας και της αποδοτικότητας των προτεινόμενων μέτρων.

Η μεθοδολογία παρέχει ένα συνεκτικό πλαίσιο που συνδέει την επιστημονική εκτίμηση του κλιματικού κινδύνου με την επιχειρησιακή και οικονομική διάσταση

της λειτουργίας των λιμένων, υποστηρίζοντας τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων για την ενίσχυση της ανθεκτικότητας και τη βιώσιμη ανάπτυξη των λιμενικών συστημάτων.



Εικόνα 1. Μεθοδολογία αξιολόγησης των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στα λιμάνια και τη λήψης αποφάσεων.

2.2. Συλλογή και Ανάλυση Δεδομένων

Στο πλαίσιο του έργου AdaptPorts πραγματοποιείται εκτίμηση των οικονομικών επιπτώσεων που προέρχονται από την κλιματική αλλαγή στην λειτουργία έξι ελληνικών λιμένων και συγκεκριμένα των λιμένων:

1. Αλεξανδρούπολης με εταιρεία διαχείρισης τον Οργανισμό Λιμένος Αλεξανδρούπολης Α.Ε.
2. Βόλου με εταιρεία διαχείρισης τον Οργανισμό Λιμένος Βόλου Α.Ε.
3. Ηρακλείου, με εταιρεία διαχείρισης τον Οργανισμό Λιμένος Ηρακλείου Α.Ε.
4. Ηγουμενίτσας με εταιρεία διαχείρισης τον Οργανισμό Λιμένος Ηγουμενίτσας Α.Ε.
5. Λαυρίου με εταιρεία διαχείρισης τον Οργανισμό Λιμένος Λαυρίου Α.Ε.
6. Χαλκίδος με εταιρεία διαχείρισης τον Οργανισμό Λιμένων Νομού Ευβοίας Α.Ε.

Η επιλογή των λιμένων – μελετών περίπτωσης στηρίχθηκαν σε κριτήρια που στοχεύουν στην μεγαλύτερη δυνατή διαφοροποίηση του προφίλ των λιμένων ώστε να υπάρχει μεγαλύτερη δυνατή αντιπροσωπευτικότητα του δείγματος σε σχέση με το ελληνικό λιμενικό σύστημα. Τα κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν αφορούν:

- Το ιδιοκτησιακό καθεστώς της διαχειρίστριας εταιρείας. Δύο από τους λιμένες του δείγματος διαχειρίζονται από ιδιωτικές εταιρείες (λιμένες Ηρακλείου και Ηγουμενίτσας), ενώ οι υπόλοιποι λιμένες διαχειρίζονται από εταιρείες που ανήκουν στο δημόσιο (μέσω του ΥΠΕΡΤΑΜΕΙΟΥ).
- Το είδος της κίνησης που εξυπηρετούν. Στο δείγμα υπάρχει ένας λιμένας που εξυπηρετεί αποκλειστικά επιβατική κίνηση (λιμένας Ηγουμενίτσας), ένας λιμένας που εξυπηρετεί αποκλειστικά εμπορευματική κίνηση (Χαλκίδα) ενώ οι υπόλοιποι λιμένες εξυπηρετούν τόσο επιβατική όσο και εμπορευματική διακίνηση.
- Τη σημασία του στο εθνικό στρατηγικό σχέδιο λιμένων της χώρας. Το δείγμα περιλαμβάνει λιμένες Διεθνούς Ενδιαφέροντος (Κατηγορία Κ1), Βόλος, Αλεξανδρούπολη, Ηράκλειο, Λαύριο και Ηγουμενίτσα και λιμένες Εθνικής Σημασίας (κατηγορία Κ2) που είναι ο λιμένας της Χαλκίδας.
- Τη σημασία του στα Διευρωπαϊκά Δίκτυα Μεταφορών (Trans European Transport Networks). Το δείγμα περιλαμβάνει λιμένες του βασικού Δικτύου Διευρωπαϊκών Μεταφορών (Ηράκλειο, Ηγουμενίτσα) και λιμένες του συμπληρωματικού Δικτύου Διευρωπαϊκών Μεταφορών (Λαύριο, Αλεξανδρούπολη, Χαλκίδα και Βόλος).

Για την αξιολόγηση των φυσικών και οικονομικών επιπτώσεων της ανόδου της στάθμης της θάλασσας στις λειτουργικές δραστηριότητες των λιμένων, συλλέχθηκαν και αναλύθηκαν τα ακόλουθα δεδομένα:

- Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (Digital Elevation Model - DEM) με χωρική ανάλυση 0.5×0.5 m της λιμενικής περιοχής, σε συνδυασμό με εναέριες εικόνες από drone (ανάλυση 0.25×0.25 m) (Ελληνικό Κτηματολόγιο Α.Ε.). Ο

συνδυασμός αυτών, μέσω του ArcMapPro, οδήγησε στη δημιουργία τρισδιάστατου χάρτη των λιμένων.

- Ωριαίες τιμές στάθμης θάλασσας από παλιρροιογράφο της Υδρογραφικής Υπηρεσίας του Πολεμικού Ναυτικού, εγκατεστημένο στα λιμάνια μελέτης, για την περίοδο 1998–2023. Με βάση την εγκατάσταση του σταθμού, το μηδενικό επίπεδο αντιστοιχεί στη χαμηλότερη χαμηλή στάθμη νερού της περιοχής. Οι καταγραφές χρησιμοποιήθηκαν ως βασική πληροφορία και θεωρήθηκαν ως Συνολική Στάθμη Θάλασσας (Total Sea Level - TSL), δηλαδή το άθροισμα της μέσης στάθμης θάλασσας, της αστρονομικής παλίρροιας και των επεισοδιακών κυματισμών καταιγίδας.

Δεδομένου ότι τα υψόμετρα στο DEM αναφέρονται στη μέση στάθμη θάλασσας, ενώ το μηδενικό επίπεδο του παλιρροιογράφου αντιστοιχεί στη χαμηλότερη χαμηλή στάθμη, πραγματοποιήθηκε τυποποιημένη προσαρμογή ώστε να ευθυγραμμιστούν τα δύο αυτά συστήματα αναφοράς. Για τον σκοπό αυτό, οι τιμές ταλάντωσης της στάθμης θάλασσας υπολογίστηκαν μετατοπίζοντας τη μέση στάθμη προς το μηδενικό επίπεδο του παλιρροιογράφου. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση της γλώσσας προγραμματισμού R.

Οι μελλοντικές συνθήκες συνολικής στάθμης θάλασσας προέκυψαν από τον συνδυασμό προβλέψεων ανόδου της στάθμης (SLR) με τις υφιστάμενες συνθήκες, όπως αυτές προέκυψαν από τη χρονοσειρά 1997–2023. Δεδομένου ότι ο χρονικός ορίζοντας σχεδιασμού των λιμενικών υποδομών είναι περίπου 50 έτη, εξετάστηκε το σενάριο υψηλών εκπομπών SSP5-8.5 για τις περιόδους 2020–2040 (περίπου 2030) και 2040–2060 (περίπου 2050), με αντίστοιχη άνοδο 0.15 m (0.09–0.22 m) και 0.32 m (0.22–0.49 m) για την περιοχή των λιμένων.

Η οικονομική επίπτωση της ανόδου της στάθμης της θάλασσας και των ακραίων καιρικών φαινομένων αξιολογήθηκε μέσω δεδομένων διακίνησης φορτίων, πλοίων και επιβατών, σε συνδυασμό με οικονομικά στοιχεία, ώστε να εκτιμηθούν τα έσοδα ανά δραστηριότητα για συγκεκριμένες χρονικές περιόδους. Οι βασικές

πηγές δεδομένων περιλαμβάνουν τις ετήσιες εκθέσεις του λιμένα, τον Σύνδεσμο Ελληνικών Λιμένων (GrePorts, 2024) και την ιστοσελίδα των Ελληνικών Λιμένων.

2.3. Ορισμός επιπτώσεων κλιματικού κινδύνου (Impacts)

Στις εκθέσεις της IPCC, ο όρος επιπτώσεις (impacts) χρησιμοποιείται κυρίως για να αναφερθεί στις επιδράσεις των ακραίων καιρικών και κλιματικών φαινομένων και της κλιματικής αλλαγής στα φυσικά και ανθρώπινα συστήματα. Οι επιπτώσεις γενικά αναφέρονται σε επιδράσεις στις ζωές, τα μέσα βιοπορισμού, την υγεία, τα οικοσυστήματα, τις οικονομίες, τις κοινωνίες, τους πολιτισμούς, τις υπηρεσίες και τις υποδομές, που προκύπτουν από την αλληλεπίδραση των κλιματικών μεταβολών ή των επικίνδυνων κλιματικών γεγονότων που λαμβάνουν χώρα σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο και της ευαλωτότητας μιας εκτεθειμένης κοινωνίας ή ενός συστήματος. Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στα γεωφυσικά συστήματα, συμπεριλαμβανομένων των πλημμυρών, των ξηρασιών και της ανόδου της στάθμης της θάλασσας, αποτελούν υποσύνολο των επιπτώσεων και ονομάζονται φυσικές επιπτώσεις» (βλ. IPCC 2014a, σ. 39).

Συνοψίζοντας, ο όρος «επίπτωση» αποτελεί τον γενικότερο όρο για την περιγραφή των συνεπειών, οι οποίες εκτείνονται από τις άμεσες φυσικές επιπτώσεις ενός κινδύνου έως τις έμμεσες συνέπειες για την κοινωνία (οι λεγόμενες κοινωνικές επιπτώσεις).

Οι επιπτώσεις αποτελούν βασικά δομικά στοιχεία των αλυσίδων επιπτώσεων (impact chains), τις οποίες θα εφαρμόσουμε για την αποτίμηση της κλιματικής διακινδύνευσης των λιμένων.

2.4. Ανάλυση Λειτουργικών Ορίων

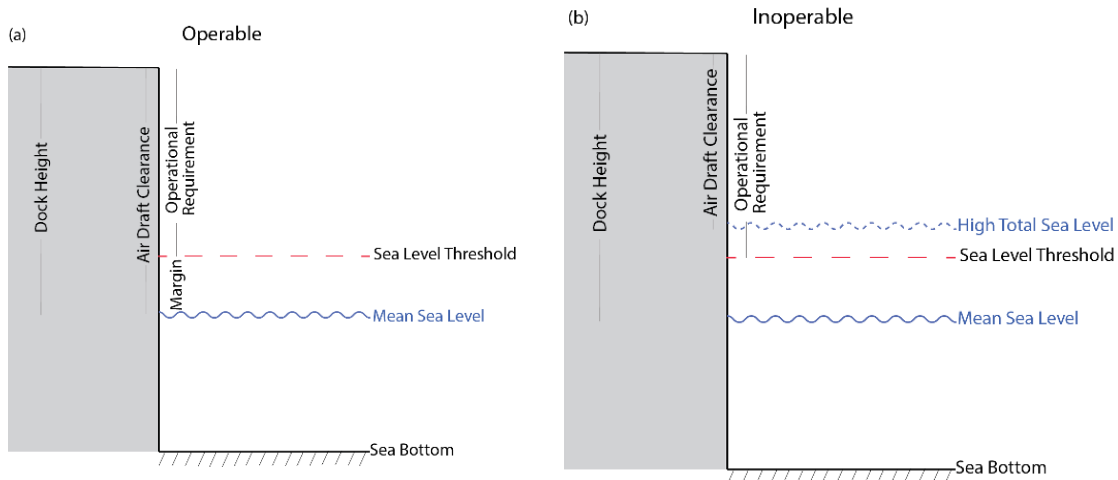
Η μεθοδολογία βασίζεται στη χρήση λειτουργικών ορίων (operational thresholds), τα οποία καθορίζουν τις κλιματικές συνθήκες υπό τις οποίες οι λιμενικές δραστηριότητες ενδέχεται να διαταραχθούν.

Για την ασφαλή εκτέλεση των λιμενικών λειτουργιών και τη διασφάλιση της ακεραιότητας των πλοίων και της υποδομής, είναι κρίσιμο να διατηρείται η ελεύθερη απόσταση (air draft clearance), δηλαδή η κατακόρυφη απόσταση μεταξύ της κορυφής του κρηπιδώματος και της στάθμης του νερού, εντός συγκεκριμένων ορίων ασφαλείας. Τα όρια αυτά καθορίζονται με βάση τον σχεδιασμό των πλοίων, τα χαρακτηριστικά του λιμένα και τον τύπο δραστηριότητας, σύμφωνα με τις Οδηγίες Σχεδιασμού Λιμενικών Έργων (ROM 2.0-11) (Εικόνα 2).

Σύμφωνα με αυτές, το ελάχιστο συνιστώμενο ύψος ελεύθερης απόστασης σε ακραίες συνθήκες δεν πρέπει να είναι μικρότερο από 1.5 m, ώστε να αποφεύγονται υπερχειλίσεις κατά τη διάρκεια εμπορικών δραστηριοτήτων.

Επιπλέον, εφαρμόζεται ένα περιθώριο ασφαλείας για την αποφυγή ατυχημάτων λόγω παλιρροϊκών μεταβολών, κινήσεων πλοίων ή δομικών μεταβολών. Έτσι, ένα λιμάνι θεωρείται λειτουργικό όταν:

- **Λειτουργικό (Operable):** Ελεύθερη απόσταση \geq Μέση TSL (+SLR) + λειτουργική απαίτηση
- **Μη λειτουργικό (Inoperable):** Ελεύθερη απόσταση $<$ Μέση TSL (+SLR) + λειτουργική απαίτηση



Εικόνα 2. Παρουσίαση της περίπτωσης όπου ο λιμένας (α) είναι λειτουργικός και (β) δεν είναι λειτουργικός.

2.5. Αξιολόγηση Οικονομικών Επιπτώσεων

Για την αξιολόγηση των οικονομικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στα λιμάνια μελέτης, εξετάζονται οι διαταραχές στις λειτουργίες και η επακόλουθη απώλεια εσόδων. Η μεθοδολογία αναπτύσσεται σε έξι βήματα, τα οποία περιλαμβάνουν την ανάλυση της εμπορικής δραστηριότητας των λιμανιών, την πρόβλεψη για την μελλοντική διακίνηση εμπορευμάτων και επιβατών, την ανάλυση της τιμολόγησης των λιμενικών υπηρεσιών για τον υπολογισμό των εσόδων ανά εμπορική δραστηριότητα, τις προβλέψεις για τις μελλοντικές ροές εσόδων και την εκτίμηση για την απώλεια εσόδων που θα προκαλέσει η κλιματική αλλαγή από την μείωση της λειτουργικότητας των λιμένων λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας.

Αρχικά συγκεντρώθηκαν και αναλύθηκαν τα ιστορικά στοιχεία διακίνησης για κάθε λιμένα σε ετήσια βάση για την περίοδο 2010–2023. Η ανάλυση κάλυψε τις βασικές κατηγορίες λιμενικής δραστηριότητας, δηλαδή τη διακίνηση χύδην φορτίων (ξηρά και υγρά), εμπορευματοκιβωτίων, γενικού φορτίου, καθώς και την επιβατική κίνηση ακτοπλοΐας και κρουαζιέρας. Στόχος της ανάλυσης διακίνησης είναι να αποτυπωθεί το λειτουργικό προφίλ κάθε λιμένα, να προσδιοριστούν οι βασικές εμπορικές δραστηριότητες από τις οποίες προέρχονται τα έσοδά του και να συγκεντρωθούν ιστορικά στοιχεία διακίνησης τα οποία θα χρησιμοποιηθούν για

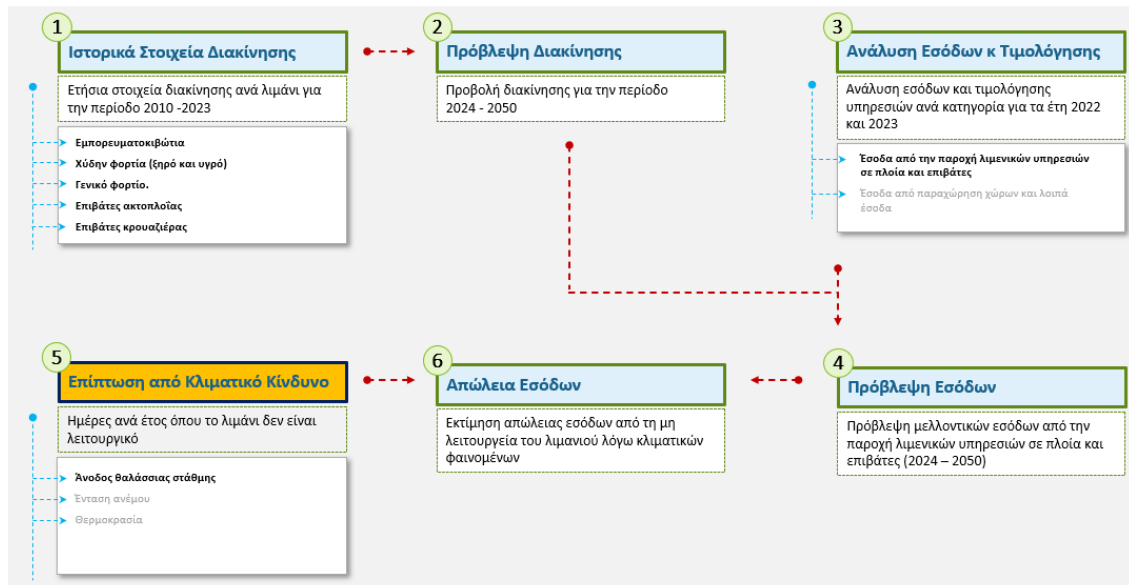
την πρόβλεψη της μελλοντικής διακίνησης εμπορευμάτων και επιβατών των λιμένων. Στο δεύτερο βήμα πραγματοποιείται η πρόβλεψη της μελλοντικής διακίνησης για την περίοδο 2024–2050. Με βάση τις ιστορικές χρονοσειρές για την διακίνηση επιβατών και εμπορευμάτων, υπολογίστηκαν οι προβλέψεις για την μελλοντική ζήτηση λιμενικών υπηρεσιών, η οποία αποτελεί τη βάση για την εκτίμηση των μελλοντικών εσόδων.

Στην συνέχεια αναλύονται τα οικονομικά στοιχεία και η τιμολόγηση των λιμενικών υπηρεσιών για τον υπολογισμό των λιμενικών τελών και άλλων χρεώσεων ανά μονάδα προϊόντος/υπηρεσίας (τόνο, κοντέινερ, επιβάτη, πλοίο). Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε ανά κατηγορία υπηρεσίας και εστιάζει κυρίως στα έσοδα που συνδέονται άμεσα με τη διακίνηση πλοίων, φορτίων και επιβατών, όπως φορτοεκφορτώσεις, αποθήκευση, πρόσδεση, παροχή ενέργειας και νερού, διαχείριση αποβλήτων, καθώς και τέλη επιβατών και οχημάτων. Τα αποτελέσματα των προβλέψεων διακίνησης συνδυάστηκαν με τα στοιχεία τιμολόγησης και εσόδων, ώστε να εκτιμηθούν τα μελλοντικά έσοδα για την περίοδο 2024–2050. Το στάδιο αυτό της ανάλυσης παράγαγε ένα σενάριο αναφοράς για την εξέλιξη των εσόδων κάθε λιμένα υπό συνθήκες κανονικής λειτουργίας, δηλαδή χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής.

Ακολούθως εξετάζεται ο ρόλος του κλιματικού κινδύνου στη λειτουργικότητα των λιμένων. Η επίδραση αποτυπώνεται ως ο αριθμός των ημερών ανά έτος κατά τις οποίες το λιμάνι δεν είναι λειτουργικό ή λειτουργεί με σοβαρούς περιορισμούς. Ο κλιματικός κίνδυνος που εξετάζεται είναι η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, δηλαδή οι περιπτώσεις κατά τις οποίες η θαλάσσια στάθμη υπερβαίνει κρίσιμα λειτουργικά όρια και επηρεάζει τη δυνατότητα εξυπηρέτησης των πλοίων. Έτσι, ο κλιματικός κίνδυνος μετατρέπεται σε μετρήσιμη απώλεια διαθέσιμου χρόνου λειτουργίας του λιμένα και κατά συνέπεια απώλεια εσόδων.

Συγκεκριμένα, η απώλεια εσόδων από τη μη λειτουργία των λιμένων λόγω κλιματικών φαινομένων υπολογίζεται αρχικά ως το ημερήσιο οικονομικό κόστος από την διακοπή παροχής των λιμενικών υπηρεσιών και, στη συνέχεια, η ετήσια

και σωρευτική απώλεια εσόδων για κάθε λιμένα έως το 2050. Το αποτέλεσμα του σταδίου αυτού αποτελούν την ποσοτικοποίηση της οικονομικής επίπτωσης της κλιματικής αλλαγής στα λιμάνια μελέτης (Εικόνα 3).



Εικόνα 3. Πλαίσιο Ανάλυσης των Οικονομικών Επιπτώσεων της Κλιματικής Αλλαγής.

2.6. Ανάλυση Κόστους Οφέλους

Η αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής απαιτεί από τους λιμένες την ανάληψη πρωτοβουλιών για την εφαρμογή δομικών και μη δομικών μέτρων. Τα πρώτα περιλαμβάνουν επενδύσεις σε λιμενικές υποδομές που στοχεύουν στην μείωση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής και στην βελτίωση της ανθεκτικότητας των λιμένων. Τα μη δομικά μέτρα περιλαμβάνουν επενδύσεις σε ενέργειες που βελτιώνουν τον έλεγχο, την παρατήρηση και τη συγκέντρωση και ανάλυση δεδομένων για την κλιματική αλλαγή στο επίπεδο των λιμένων.

Γίνεται αντιληπτό ότι σχετικές πρωτοβουλίες οδηγούν στην δημιουργία ωφελειών για τους λιμένες οι οποίες εντοπίζονται:

- Στην μείωση των ζημιών σε λιμενικές υποδομές,

- Στον αντίκτυπο που έχουν οι λιμενικές επενδύσεις σε μία οικονομία (δημιουργία προστιθέμενης αξίας, θέσεις εργασίας κ.α.).
- Στην ταχύτερη αποκατάσταση της λειτουργία του λιμένα έπειτα από ένα συμβάν που σχετίζεται με την κλιματική αλλαγή. Ταχύτερη αποκατάσταση λειτουργίας σημαίνει και ταχύτερη αποκατάσταση των ροών εσόδων του λιμένα (μείωση απώλειας εισοδήματος).

Μία ολιστική προσέγγιση στο θέμα της αντιμετώπισης των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής θα μπορούσε να συμπεριλάβει την εφαρμογή της μεθόδου Ανάλυσης Κόστους-Ωφελειών (Cost Benefit Analysis). Η συγκεκριμένη μέθοδος μπορεί να ποσοτικοποιήσει και να αποτιμήσει χρηματικά τόσο τα κόστη των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής όσο και τα οφέλη που μπορούν να προκύψουν από την λήψη μέτρων αντιμετώπισης αυτών των επιπτώσεων.

Σο πλαίσιο της μελέτης έχει γίνει η εκτίμηση του κόστους, μέσω της αποτίμησης της απώλειας εισοδήματος για τους λιμένες ως αποτέλεσμα της παύσης των λιμενικών λειτουργιών εξαιτίας των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Μία ολιστική προσέγγιση θα μπορούσε να προχωρήσει και στην εξέταση των αναγκαίων μέτρων που θα πρέπει να ληφθούν προκειμένου να μειωθούν οι συγκεκριμένες επιπτώσεις και στην αποτίμηση των ωφελειών που θα δημιουργήσουν (ενδεικτικά, μείωση απώλειας εσόδων για το λιμένα, βελτίωση χρόνου αποκατάστασης λιμενικής λειτουργίας κ.α.).

Η Ανάλυση Κόστους-Οφέλους (Cost-Benefit Analysis, CBA) αποτελεί ένα συστηματικό εργαλείο αξιολόγησης που χρησιμοποιείται για να εκτιμηθεί αν μια απόφαση, ένα έργο ή μια πολιτική αξίζει να υλοποιηθεί. Η βασική της λογική είναι απλή: συγκρίνει τα συνολικά αναμενόμενα οφέλη με το συνολικό κόστος, ώστε να διαπιστωθεί αν τα πρώτα υπερβαίνουν τα δεύτερα.

Στην πράξη, η διαδικασία ξεκινά με τον σαφή προσδιορισμό του έργου ή της απόφασης που εξετάζεται, στην περίπτωση μας, στα μέτρα αντιμετώπισης των

επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής σε κάθε ένα από τους λιμένες-μελέτες περίπτωσης. Στη συνέχεια, καταγράφονται όλα τα πιθανά κόστη και οφέλη.

Ένα κρίσιμο στάδιο είναι η αποτίμηση αυτών των στοιχείων σε χρηματικές μονάδες, ακόμη και όταν πρόκειται για μη απτά μεγέθη. Για παράδειγμα, η αξία του καθαρού περιβάλλοντος ή της ανθρώπινης ζωής επιχειρείται να εκφραστεί μέσω οικονομικών προσεγγίσεων.

Στη συνέχεια, εφαρμόζεται συχνά η προεξόφληση (discounting) και ο υπολογισμός της Καθαρής Παρούσας Αξίας, καθώς τα κόστη και τα οφέλη εμφανίζονται σε διαφορετικές χρονικές στιγμές. Με τη χρήση ενός προεξοφλητικού επιτοκίου, οι μελλοντικές αξίες μετατρέπονται σε παρούσες, ώστε να είναι συγκρίσιμες. Έτσι, λαμβάνεται υπόψη η χρονική αξία του χρήματος. Το τελικό αποτέλεσμα της ανάλυσης εκφράζεται συνήθως μέσω δεικτών, όπως η καθαρή παρούσα αξία (Net Present Value) ή ο λόγος οφέλους προς κόστος.

Παρά τη χρησιμότητά της, η μέθοδος έχει και περιορισμούς. Η δυσκολία αποτίμησης άυλων παραγόντων, η πιθανή υποκειμενικότητα στις εκτιμήσεις και η εξάρτηση από παραδοχές (όπως το προεξοφλητικό επιτόκιο) μπορούν να επηρεάσουν το αποτέλεσμα. Επομένως, τα συμπεράσματά της πρέπει να ερμηνεύονται με προσοχή.

Στην περίπτωση του έργου AdaptPorts μία Ανάλυση Κόστους - Οφέλους θα προχωρούσε σε ποσοτικοποίηση:

- Του Κόστους των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής τα οποία περιλαμβάνουν:
 - Το κόστος των επενδύσεων για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής
 - Το κόστος της απώλειας εισοδήματος του λιμένα από τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής μετά την λήψη των αναγκαίων μέτρων και την πραγματοποίηση των επενδύσεων

- Το κόστος συντήρησης και λειτουργίας των υποδομών αλλά και των συστημάτων καταγραφής και ελέγχου κλιματικών συνθηκών
- Του οφέλους που προκύπτει από την εφαρμογή των μέτρων αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής που περιλαμβάνουν:
 - Την μείωση των απωλειών εισοδήματος για τους λιμένες
 - Την δημιουργία θέσεων εργασίας κατά την διάρκεια κατασκευής των αναγκαίων έργων υποδομής. Ενδεικτικά σύμφωνα με στοιχεία του Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης, κάθε €1.000.000 στην ελληνική οικονομία οδηγεί στην δημιουργία 19,88 θέσεων εργασίας πλήρους απασχόλησης.
 - Την δημιουργία θέσεων εργασιών για την λειτουργία και συντήρηση των έργων υποδομών και των μέτρων παρακολούθησης των κλιματικών συνθηκών.
 - Τις έμμεσες και συνεπαγόμενες οικονομικές επιπτώσεις στην οικονομία ως αποτέλεσμα της άμεσης δαπάνης για την κατασκευή έργων υποδομών (επανακυκλοφορία χρήματος σε μία οικονομία).
 - Την αύξηση της ανταγωνιστικότητας του λιμένα μέσω της μείωσης του ρίσκου και των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στην λειτουργία του λιμένα αλλά και της βελτίωσης της ποιότητας του παραγόμενου λιμενικού προϊόντος.

3. Αποτελέσματα

3.1. Λειτουργική (Ενδιάμεση) Επίπτωση Κλιματικής Αλλαγής στα λιμάνια

Στην ενότητα αυτή αναλύονται οι λειτουργικές επιπτώσεις που αφορούν στον περιορισμό της λειτουργίας των βασικών συνιστωσών του λιμένα, εξαιτίας της επίδρασης του κινδύνου της ανόδου της θαλάσσιας στάθμης (όπως αυτή παρουσιάζεται στο Π3.1 και Π4.1).

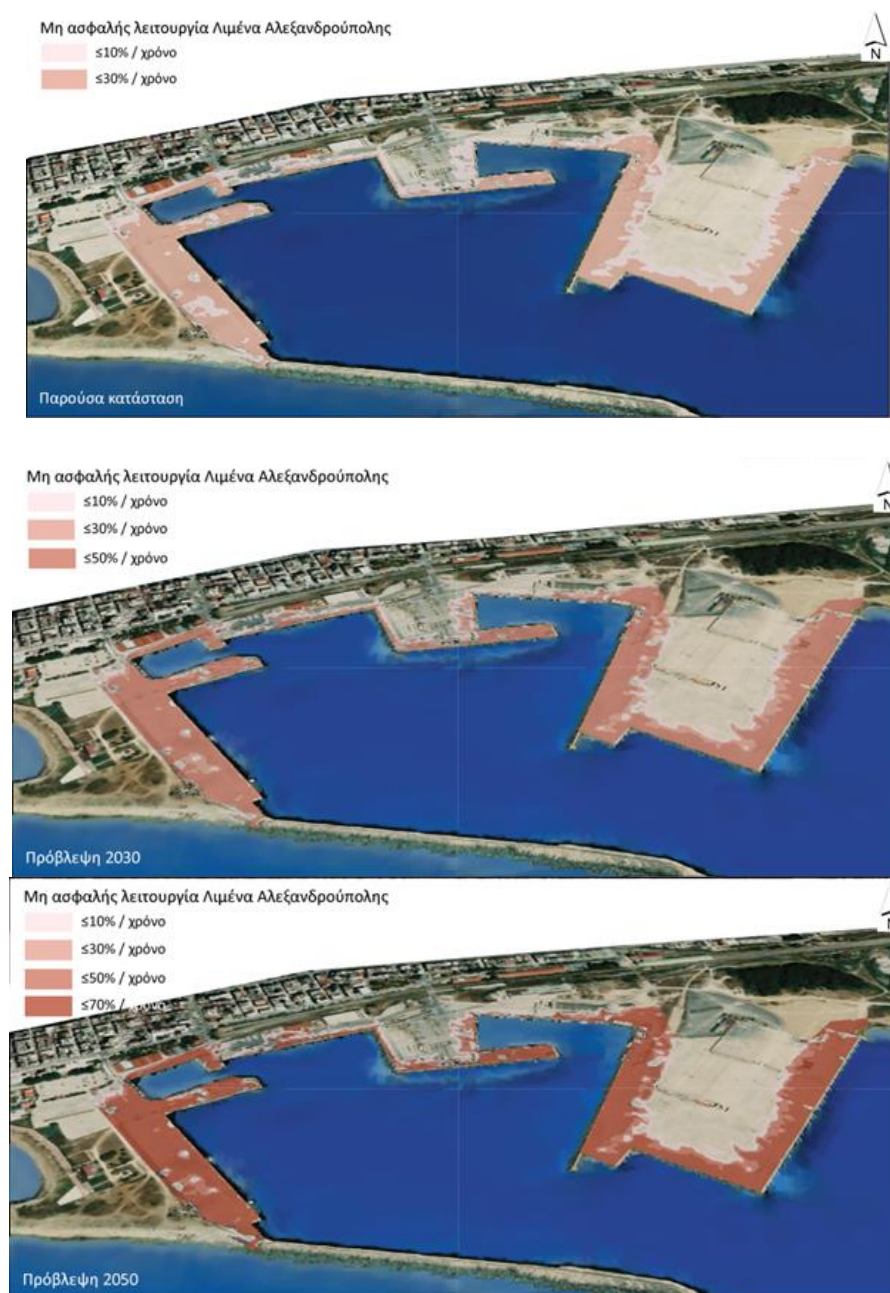
3.1.1. Λιμένας Αλεξανδρούπολης

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά του λιμένα της Αλεξανδρούπολης σε συνδυασμό με τα χρονικά διαστήματα υπέρβασης των λειτουργικών ορίων του.

Πίνακας 2. Χρονικά διαστήματα υπέρβασης των λειτουργικών ορίων λιμένα Αλεξανδρούπολης, αναφορικά με το ύψος στέψης των προβλητών.

ΥΨΟΣ ΠΡΟΒΛΗΤ Α	Κωδ. Προβλήτα	ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ		2030		2050	
		Μ.Ο. Συνολικ ών Ωρών	Μ.Ο. Συνολικ ών Ημερών	Μ.Ο. Συνολικ ών Ωρών	Μ.Ο. Συνολικώ ν Ημερών	Μ.Ο. Συνολικών Ωρών	Μ.Ο. Συνολικών Ημερών
1,8	A1	187,3	7,8	614,6	25,6	1.798,6	74,9
1,6	A2	1.798,6	74,9	3.904,2	162,7	5.879,3	245,0
1,2	A3	0,1	0,0	2,2	0,1	12,3	0,5
1,1	A4	2,2	0,1	12,3	0,5	51,1	2,1
0,8	A5	187,3	7,8	614,6	25,6	1.798,6	74,9
1,4	A6	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0
1,4	A7	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0
1,6	A8	1.798,6	74,9	3.904,2	162,7	5.879,3	245,0
1,7	B1	614,6	25,6	3.904,2	162,7	3.904,2	162,7
1,6	B2	1.798,6	74,9	3.904,2	162,7	5.879,3	245,0
1,6	B3	1.798,6	74,9	5.879,3	245,0	5.879,3	245,0
1,5	B4	3.904,2	162,7	3.904,2	162,7	6.970,6	290,4
1,6	B5	1.798,6	74,9	1.798,6	74,9	5.879,3	245,0
1,7	B6	614,6	25,6	1.798,6	74,9	3.904,2	162,7
1,7	B7	614,6	25,6	614,6	25,6	3.904,2	162,7
1,8	Γ1	187,3	7,8	1.798,6	74,9	1.798,6	74,9
1,7	Γ2	614,6	25,6	1.798,6	74,9	3.904,2	162,7
1,7	Γ3	614,6	25,6	1.798,6	74,9	3.904,2	162,7
1,7	Γ4	614,6	25,6	1.798,6	74,9	3.904,2	162,7

Για την αξιολόγηση των συνθηκών της στάθμης της θάλασσας που ενδέχεται να διαταράξουν τις λιμενικές δραστηριότητες και για τον καθορισμό της στάθμης του νερού, η υπέρβαση της οποίας θα μπορούσε να οδηγήσει σε αρνητικές επιπτώσεις (υπέρβαση του ορίου στάθμης της θάλασσας) εφαρμόστηκαν οι λειτουργικές απαιτήσεις. Η εφαρμογή του απαιτούμενου λειτουργικού ορίου (δηλ. ελεύθερο ύψος 1,5 m) σε κάθε πλευρά των προβλήτων/αποβαθρών παρουσιάζεται στην *Εικόνα 4*.



Εικόνα 4. Χάρτες λειτουργικότητας του λιμένα της Αλεξανδρούπολης.

Για το λιμάνι της Αλεξανδρούπολης οι επιχειρησιακοί χάρτες δείχνουν μια προοδευτική αύξηση μη ασφαλούς λειτουργίας από την παρούσα φάση έως το 2030 και το 2050 και αφορά τα εμπορικά κρηπιδώματα.

Για την υφιστάμενη κατάσταση οι ευάλωτες θέσεις ελλιμενισμού περιορίζονται κυρίως στις κατηγορίες <10%/έτος έως και <30%/έτος. Όσον αφορά τη διάρκεια υπέρβασης, η υψηλότερη τιμή εντός του λιμένα φτάνει τις 162,7 ημέρες/έτος κατά την περίοδο αναφοράς.

Για την περίοδο του 2030 οι θέσεις ελλιμενισμού οι οποίες θα πληγούν επεκτείνονται χωρικά ενώ εμφανίζεται και η κατηγορία <50%/έτος. Ταυτόχρονα, η μέγιστη υπέρβαση αυξάνεται σε 245,0 ημέρες/έτος.

Για το σενάριο του 2050 οι συνθήκες επιδεινώνονται περαιτέρω με την εμφάνιση της κατηγορίας <70%/έτος ενώ η μέγιστη υπέρβαση αυξάνεται σε 290,4 ημέρες/έτος, επιβεβαιώνοντας την επίδραση της αύξησης ανόδου της θαλάσσιας στάθμης στη λειτουργικότητα του λιμένα.

Συνολικά, η Αλεξανδρούπολη παρουσιάζει σαφή επιδείνωση των λειτουργικών συνθηκών έως το 2050. Παράλληλα ο αριθμός των θέσεων ελλιμενισμού που υπερβαίνουν τις 100 ημέρες/έτος αυξάνεται από 1 κατά την περίοδο αναφοράς σε 6 το 2030 και 12 το 2050.

3.1.2. Λιμένας Ηρακλείου

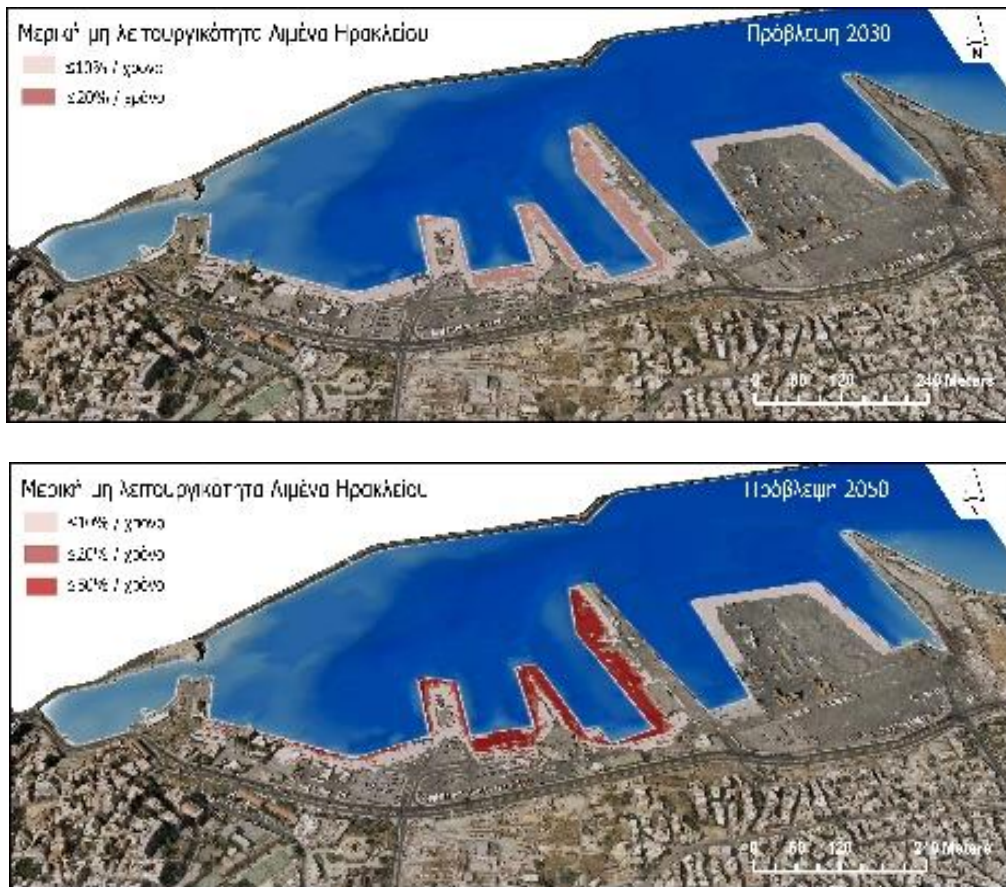
Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά του λιμένα του Ηρακλείου σε συνδυασμό με τα χρονικά διαστήματα υπέρβασης των λειτουργικών ορίων του.

Πίνακας 3. Χρονικά διαστήματα υπέρβασης των λειτουργικών ορίων λιμένα Ηρακλείου, αναφορικά με το ύψος στέψης των προβλητών

ΥΨΟΣ ΠΡΟΒΛΗΤΑ	Κωδ. Προβλήτα	ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ		2030		2050	
		Μ.Ο. Συνολικών Ωρών	Μ.Ο. Συνολικών Ημερών	Μ.Ο. Συνολικών Ωρών	Μ.Ο. Συνολικών Ημερών	Μ.Ο. Συνολικών Ωρών	Μ.Ο. Συνολικών Ημερών
1,8	I - 1	56,0	2,3	1.073,3	44,7	4.468,5	186,2
1,8	I - 2	56,0	2,3	1.073,3	44,7	4.468,5	186,2
1,8	I - 3	56,0	2,3	1.073,3	44,7	4.468,5	186,2
1,8	I - 4	56,0	2,3	1.073,3	44,7	4.468,5	186,2
1,8	I - 5	56,0	2,3	1.073,3	44,7	4.468,5	186,2
1,9	II - 1	5,0	0,2	161,7	6,7	2.494,3	103,9
1,8	II - 2	56,0	2,3	1.073,3	44,7	4.468,5	186,2
1,8	II - 3	56,0	2,3	1.073,3	44,7	4.468,5	186,2
1,8	II - 4	56,0	2,3	1.073,3	44,7	4.468,5	186,2
1,9	III - 1	5,0	0,2	161,7	6,7	2.494,3	103,9
1,8	III - 2	56,0	2,3	1.073,3	44,7	4.468,5	186,2
1,8	III - 3	56,0	2,3	1.073,3	44,7	4.468,5	186,2
1,8	III - 4	56,0	2,3	1.073,3	44,7	4.468,5	186,2
2,2	III - 5	0,0	0,0	0,0	0,0	9,4	0,4
2,1	III - 6	0,0	0,0	1,0	0,0	86,3	3,6
2,2	IV/V - 1	0,0	0,0	0,0	0,0	9,4	0,4
2,2	IV/V - 2	0,0	0,0	0,0	0,0	9,4	0,4
2,2	IV/V - 3	0,0	0,0	0,0	0,0	9,4	0,4
1,8	IV/V - 4	56,0	2,3	1.073,3	44,7	4.468,5	186,2
2,1	IV/V - 5	0,0	0,0	1,0	0,0	86,3	3,6

Η εφαρμογή του απαιτούμενου λειτουργικού ορίου (δηλ. ελεύθερο ύψος 1,5 m) σε κάθε πλευρά των προβλήτων/αποβαθρών παρουσιάζεται στην Εικόνα 5.





Εικόνα 5. Χάρτες λειτουργικότητας του λιμανιού του Ηρακλείου.

Για το λιμάνι του Ηρακλείου οι επιχειρησιακοί χάρτες δείχνουν μια προοδευτική αύξηση των ευπαθών περιοχών και της λειτουργικής ασφάλειας έως το 2030 και το 2050.

Υπό την παρούσα συνθήκη οι ευάλωτες θέσεις ελλειμνισμού περιορίζονται στην κατηγορία $\leq 10\%$ /έτος ενώ όσον αφορά τη διάρκεια υπέρβασης η υψηλότερη τιμή εντός του λιμένα φτάνει τις 2,3 ημέρες/έτος κατά την περίοδο αναφοράς.

Για το σενάριο του 2030 υπάρχει χωρική επέκταση των ευάλωτων θέσεων ελλειμνισμού και εμφανίζεται και η κατηγορία $\leq 20\%$ /έτος ενώ ταυτόχρονα η μέγιστη υπέρβαση αυξάνεται σε 44,7 ημέρες/έτος δηλώνοντας μια μη γραμμική αύξηση της ευπάθειας του λιμένα.

Στο σενάριο του 2050 οι συνθήκες επιδεινώνονται περαιτέρω με την εμφάνιση της κατηγορίας $\leq 50\%$ /έτος ενώ η μέγιστη υπέρβαση αυξάνεται τότε σε 186,2

ημέρες/έτος, δείχνοντας την ισχυρή επίδραση της αύξησης ανόδου της θαλάσσιας στάθμης στη λειτουργικότητα του λιμανιού. Συνολικά, το Ηράκλειο παρουσιάζει σαφή επιδείνωση των λειτουργικών συνθηκών έως το 2050.

3.1.3. Λιμένας Ηγουμενίτσας

Στον Πίνακα 4 παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά του λιμένα της Ηγουμενίτσας σε συνδυασμό με τα χρονικά διαστήματα υπέρβασης των λειτουργικών ορίων του.

Πίνακας 4. Χρονικά διαστήματα υπέρβασης των λειτουργικών ορίων λιμένα Ηγουμενίτσας, αναφορικά με το ύψος στέψης των προβλητών.

ΥΨΟΣ ΠΡΟΒΛ ΗΤΑ	ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ			2030		2050	
	Κωδ. Προβλήτ α	Μ.Ο. Συνολικών Ωρών	Μ.Ο. Συνολικών Ημερών	Μ.Ο. Συνολικώ ν Ωρών	Μ.Ο. Συνολικών Ημερών	Μ.Ο. Συνολικώ ν Ωρών	Μ.Ο. Συνολικών Ημερών
1,8	H1-2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1,8	H1-3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1,6	H1-4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1,7	H1-5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1,7	H1-6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1,8	H1-7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1,7	H1-8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1,7	H1-11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1,6	H2-1	796,0	33,2	2.937,4	122,4	5.955, 8	248,2
1,7	H2-2	135,7	5,7	919,5	38,3	3.723, 7	155,2
1,6	H2-3	796,0	33,2	2.937,4	122,4	5.955, 8	248,2
1,9	H2-4	0,1	0,0	16,5	0,7	299,4	12,5
1,6	H3-1	796,0	33,2	2.937,4	122,4	5.955, 8	248,2
1,8	H4	11,9	0,5	167,2	7,0	1.389, 5	57,9

Η εφαρμογή του απαιτούμενου λειτουργικού ορίου (δηλ. ελεύθερο ύψος 1,5 m) σε κάθε πλευρά των προβλήτων/αποβαθρών παρουσιάζεται στην Εικόνα 6.



Εικόνα 6. Χάρτες λειτουργικότητας του λιμανιού της Ηγουμενίτσας.

Για το λιμάνι της Ηγουμενίτσας οι επιχειρησιακοί χάρτες δείχνουν μια προοδευτική αύξηση των ευπαθών περιοχών και της λειτουργικής ασφάλειας έως το 2030 και το 2050.

Κατά την υφιστάμενη κατάσταση, οι ευάλωτες θέσεις ελλιμενισμού είναι πολύ περιορισμένες και ανήκουν μόνο στην κατηγορία $\leq 10\%$ /έτος.

Ο πίνακας ημερών υπέρβασης επιβεβαιώνει αυτή την τάση με μέγιστο αριθμό 33,2 ημέρες/έτος κατά την περίοδο αναφοράς ενώ στο σενάριο του 2030 οι επηρεαζόμενες θέσεις αυξάνονται χωρικά ενώ εμφανίζεται επίσης και η κατηγορία $\leq 40\%$ /έτος. Ταυτόχρονα, το μέγιστο όριο υπέρβασης αυξάνεται σε 122,4 ημέρες/έτος.

Στο σενάριο του 2050 οι συνθήκες επιδεινώνονται περαιτέρω με την εμφάνιση των κατηγοριών $\leq 20\%$ /έτος, $\leq 50\%$ /έτος και $< 70\%$ /έτος ενώ ο μέγιστος αριθμός ημερών υπέρβασης αυξάνεται σε 248,2 ημέρες/έτος. Συνολικά, η Ηγουμενίτσα παρουσιάζει σαφή επιδείνωση της λειτουργικότητας του λιμανιού έως το 2050 ωστόσο η εικόνα του δηλώνει υψηλή ανθεκτικότητα.

3.1.4. Λιμένας Χαλκίδας

Στον Πίνακα 5 παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά του λιμένα της Χαλκίδας σε συνδυασμό με τα χρονικά διαστήματα υπέρβασης των λειτουργικών ορίων του.

Πίνακας 5. Χρονικά διαστήματα υπέρβασης των λειτουργικών ορίων λιμένα Χαλκίδας, αναφορικά με το ύψος στέψης των προβλητών.

ΥΨΟΣ ΠΡΟΒΛΗΤΑ	Κωδ. Προβλήτα	ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ		2030		2050	
		Μ.Ο. Συνολικών Ωρών	Μ.Ο. Συνολικών Ημερών	Μ.Ο. Συνολικών Ωρών	Μ.Ο. Συνολικών Ημερών	Μ.Ο. Συνολικών Ωρών	Μ.Ο. Συνολικών Ημερών
1,3	A3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1,3	A4	0,2	0,0	0,9	0,0	3,7	0,2
1	A5	0,2	0,0	0,9	0,0	3,7	0,2
0,7	A6	51,7	2,2	131,1	5,5	455,1	19,0
0,7	A7	1.403,7	58,5	1.968,9	82,0	3.093,2	128,9
1,6	A11	1403,7	58,5	1.968,9	82,0	3.093,2	128,9
0,8	B1	671,3	28,0	1.078,2	44,9	1.968,9	82,0
0,8	B2	671,3	28,0	1.078,2	44,9	1.968,9	82,0
1,2	B4	1,7	0,1	3,7	0,2	24,9	1,0
1,3	B5	0,2	0,0	0,9	0,0	3,7	0,2
1,3	B6	0,2	0,0	0,9	0,0	3,7	0,2
1	B7	51,7	2,2	131,1	5,5	455,1	19,0
1,2	B9	1,7	0,1	3,7	0,2	24,9	1,0
0,8	Γ1	671,3	28,0	1.078,2	44,9	1.968,9	82,0
1,5	Γ2	3.568,7	148,7	4.252,6	177,2	5.286,5	220,3
1,5	Γ3	3.568,7	148,7	4.252,6	177,2	5.286,5	220,3
1,5	Γ4	3.568,7	148,7	4.252,6	177,2	5.286,5	220,3
1,7	Δ1	1.403,7	58,5	1.968,9	82,0	3.093,2	128,9
1,7	Δ2	1.403,7	58,5	1.968,9	82,0	3.093,2	128,9
1,8	Δ3	671,3	28,0	1.078,2	44,9	1.968,9	82,0
0,7	Δ5	1.403,7	58,5	1.968,9	82,0	3.093,2	128,9
0,8	Δ6	671,3	28,0	1.078,2	44,9	1.968,9	82,0
0,8	Δ7	671,3	28,0	1.078,2	44,9	1.968,9	82,0
0,9	Δ8	228,1	9,5	455,1	19,0	1.078,2	44,9
0,8	Δ9	671,3	28,0	1.078,2	44,9	1.968,9	82,0

Η εφαρμογή του απαιτούμενου λειτουργικού ορίου (δηλ. ελεύθερο ύψος 1,5 m) σε κάθε πλευρά των προβλήτων/αποβαθρών παρουσιάζεται στην *Εικόνα 7*.



Εικόνα 7. Χάρτες λειτουργικότητας του λιμανιού της Χαλκίδας.

Για το λιμάνι της Χαλκίδας οι επιχειρησιακοί χάρτες δείχνουν μια προοδευτική αύξηση των ευπαθών θέσεων ελλιμενισμού και της λειτουργικής ασφάλειας έως το 2030 και το 2050.

Για την υφιστάμενη κατάσταση οι ευάλωτες θέσεις ελλιμενισμού φτάνου στις κατηγορίες <10%/έτος, <20%/έτος και <50%/έτος γεγονός που υποδηλώνει αυξημένη ευπάθεια σε μεταβολές της στάθμης της θάλασσας αφού ακόμη και οι



υψηλότερες αποβάθρες πληρούν μόλις το ελάχιστο λειτουργικό όριο υπό τις τρέχουσες συνθήκες. Όσον αφορά στη διάρκεια υπέρβασης η υψηλότερη τιμή εντός του λιμένα φτάνει τις 58,5 ημέρες/έτος κατά την περίοδο αναφοράς.

Για το σενάριο του 2030 αυτές οι θέσεις επεκτείνονται χωρικά και εμφανίζεται επίσης η κατηγορία <30%/έτος. Ταυτόχρονα, η μέγιστη υπέρβαση αυξάνεται σε 82,0 ημέρες/έτος.

Για το σενάριο του 2050 οι συνθήκες επιδεινώνονται περαιτέρω με την εμφάνιση των κατηγοριών <40%/έτος και <70%/έτος ενώ η μέγιστη υπέρβαση αυξάνεται τότε σε 128,9 ημέρες/έτος, δείχνοντας την ισχυρότερη επίδραση της ανόδου της στάθμης της θάλασσας στη λειτουργικότητα του λιμένα. Συνολικά, η Χαλκίδα παρουσιάζει σαφή επιδείνωση των λειτουργικών συνθηκών έως το 2050.

3.1.5. Λιμένας Βόλου

Η εφαρμογή του απαιτούμενου λειτουργικού ορίου (δηλ. ελεύθερο ύψος 1,5 m) σε κάθε πλευρά των προβλήτων/αποβαθρών παρουσιάζεται στην *Εικόνα 8*.

Μέγιστη Πλήμμη



Μέση Θαλάσσια Στάθμη



Εικόνα 8. Χάρτες λειτουργικότητας του λιμανιού του Βόλου

3.1.6. Λιμένας Λαυρίου

Η εφαρμογή του απαιτούμενου λειτουργικού ορίου (δηλ. ελεύθερο ύψος 1,5 m) σε κάθε πλευρά των προβλήτων/αποβαθρών παρουσιάζεται στην *Εικόνα 9*.

Μέγιστη Πλήμμη



Μέση Θαλάσσια Στάθμη



Εικόνα 9. Χάρτες λειτουργικότητας του λιμανιού του Λαυρίου.

3.2. Οικονομική Επίπτωση Κλιματικής Αλλαγής στα λιμάνια

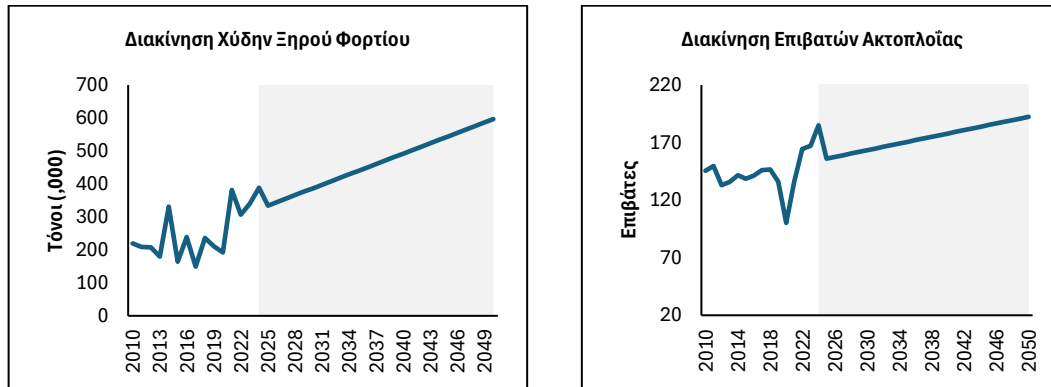
3.2.1. Λιμένας Αλεξανδρούπολης

i. Ανάλυση Διακίνησης

Ο Λιμένας Αλεξανδρούπολης εξυπηρετεί αφενός τη διακίνηση φορτίων, με κύρια κατηγορία το χύδην ξηρό και γενικό φορτίο, και αφετέρου την επιβατική ακτοπλοϊκή σύνδεση Αλεξανδρούπολη–Σαμοθράκη και Αλεξανδρούπολη–Λήμνος. Ο πίνακας παρουσιάζει τα μεγέθη διακίνησης για το έτος 2024 και τις αντίστοιχες προβολές έως το 2050, με βάση παραδοχές μέσης ετήσιας αύξησης για κάθε κατηγορία δραστηριότητας. Οι προβλέψεις υποδηλώνουν συνολικά θετική εξέλιξη της λιμενικής δραστηριότητας σε μακροχρόνιο ορίζοντα, με διαφοροποίηση όμως ως προς τη δυναμική των επιμέρους κατηγοριών. Στη διακίνηση φορτίων από και προς το λιμάνι της Αλεξανδρούπολης, το χύδην ξηρό φορτίο αποτελεί τη σημαντικότερη κατηγορία σε όρους όγκου διακίνησης. Ο συνολικός όγκος των 388.000 τόνων που διακινήθηκαν το 2024, εκτιμάται ότι θα αυξηθεί σε 596.782 τόνους έως το 2050, με μέση ετήσια αύξηση 2,3%. Στην επιβατική κίνηση, οι επιβάτες ακτοπλοΐας ανέρχονται σε 185.043 το 2024 και προβλέπεται να φθάσουν τους 192.435 έως το 2050, με μέση ετήσια αύξηση 1,5%.

Πίνακας 6. Πρόβλεψη για τη διακίνηση φορτίων και επιβατών.

Χρήση λιμένος	2024	Μέση ετήσια αύξηση: 2024 - 2050
Χύδην ξηρό φορτίο	388,000	2,3% ανά έτος σε 596,782 τόνοι το 2050
Επιβάτες ακτοπλοΐας	185,043	1,5% ανά έτος σε 192,435 επιβάτες το 2050
Αυτοκίνητα	26,065	1.4% ανά έτος σε 37,226 αυτοκίνητα το 2050
Φορτηγά	5,071	1.5% ανά έτος σε 7,307 φορτηγά το 2050
Λεωφορεία	160	0,0% ανά έτος σε 160 λεωφορεία το 2050
Δίκυκλα	5,014	1.5% ανά έτος σε 6,092 δίκυκλα το 2050
Διακίνηση επιβατικών πλοίων	363	1.5% ανά έτος σε 491 πλοία το 2050



Εικόνα 10. Πρόβλεψη για τη διακίνηση φορτίων και επιβατικών πλοίων.

ii. Ανάλυση Εσόδων

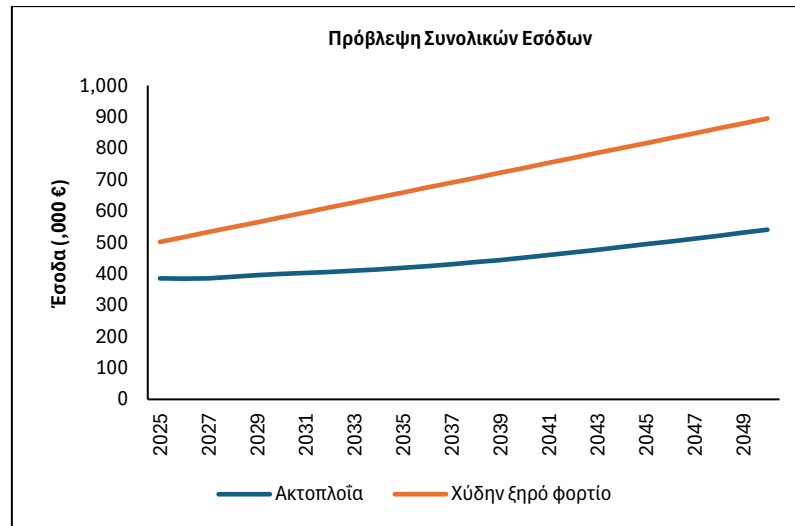
Ο πίνακας παρουσιάζει βασικές πληροφορίες για τα λιμενικά τέλη και τις άλλες χρεώσεις παροχής λιμενικών υπηρεσιών ανά κατηγορία προϊόντος/υπηρεσίας στον Λιμένα του Ηρακλείου. Η χρέωση για την φορτοεκφόρτωση και διακίνηση στο λιμάνι του χύδην ξηρού φορτίου είναι 1,41 €/τόνο, ενώ για την επιβατική δραστηριότητα οι αντίστοιχες μοναδιαίες χρεώσεις διαμορφώνονται σε 1,5 €/επιβάτη, 1,95 €/αυτοκίνητο, 2,63 €/φορτηγό, 2,63 €/λεωφορείο και 0,575 €/δίκυκλο. Παράλληλα, τα λιμενικά τέλη για τα ακτοπλοϊκά πλοία ανέρχονται σε 236 €/πλοίο.

Πίνακας 7. Έσοδο ανά μονάδα προϊόντος/υπηρεσίας.

Προϊόν/Υπηρεσία	Έσοδο (€)
Χύδην ξηρό φορτίο	1.41 ανά τόνο
Επιβάτης	1.5 ανά επιβάτη
Αυτοκίνητα	1.95 ανά αυτοκίνητο
Φορτηγά	2.63 ανά φορτηγό
Λεωφορεία	2.63 ανά λεωφορείο
Δίκυκλα	0.575 ανά δίκυκλο
Λιμενικά τέλη πλοίων	236 ανά πλοίο

Το διάγραμμα αποτυπώνει την πρόβλεψη των συνολικών εσόδων από τις δύο βασικές δραστηριότητες του λιμένα κατά την περίοδο 2025–2050, δηλαδή από το

χύδην ξηρό φορτίο και την ακτοπλοΐα. Η εκτίμηση ότι η διακίνηση φορτίων και επιβατών θα ακολουθήσει αυξητική τάση τα επόμενα χρόνια υποδηλώνει θετικές προοπτικές για τα συνολικά έσοδα του λιμένα.



Εικόνα 11. Πρόβλεψη Συνολικών Εσόδων.

iii. Ανάλυση Οικονομικών Επιπτώσεων

Η ανάλυση των οικονομικών επιπτώσεων που προκύπτουν από την κλιματική αλλαγή για το Λιμάνι της Αλεξανδρούπολης βασίζεται στην εκτίμηση για την απώλεια εσόδων από τη διακοπή των εργασιών λόγω της ακραίας ανόδου της στάθμης της θάλασσας που δεν επιτρέπουν την κανονική εξυπηρέτηση της εμπορευματικής και επιβατικής κίνησης του λιμανιού. Αρχικά προσδιορίζεται ο αριθμός των ημερών ανά έτος κατά τις οποίες αναμένεται αναστολή των εργασιών λόγω ακραίων φαινομένων. Οι ημέρες αυτές πολλαπλασιάζονται με το μέσο ημερήσιο έσοδο για κάθε λιμενική υπηρεσία, επιτρέποντας την εκτίμηση της ετήσιας απώλειας δυνητικών εσόδων από τη διακίνηση φορτίων και επιβατών. Στη συνέχεια, οι ετήσιες αυτές απώλειες εσόδων αθροίστηκαν για να προκύψουν οι σωρευτικές απώλειες για τις από το 2024 έως το 2030, έως το 2040 και έως το 2050. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται τόσο χωρίς προεξόφληση, δηλαδή ως

ονομαστικές σωρευτικές απώλειες εσόδων, όσο και με προεξόφληση, δηλαδή ως παρούσα αξία των μελλοντικών απωλειών εσόδων.

Τα εμπειρικά αποτελέσματα υποδεικνύουν μια σαφή και κλιμακούμενη επιβάρυνση στα οικονομικά αποτελέσματα του λιμένα, η οποία εντείνεται κυρίως μετά το 2030. Σύμφωνα με τα προεξοφλημένα ποσά, οι συνολικές απώλειες ξεκινούν από το επίπεδο των 314 χιλ. ευρώ έως το 2030 και αυξάνονται σημαντικά στα 1,7 εκ. ευρώ έως το 2040 και στο ποσό των 3, 7 εκ. ευρώ μέχρι το τέλος της περιόδου ανάλυσης το 2050. Η κατηγορία του χύδην ξηρού φορτίου αποτελεί την πλέον ευάλωτη δραστηριότητα, αντιπροσωπεύοντας το μεγαλύτερο μέρος της οικονομικής ζημίας, καθώς αποτελεί σημαντική πηγή εσόδων για το λιμένα.

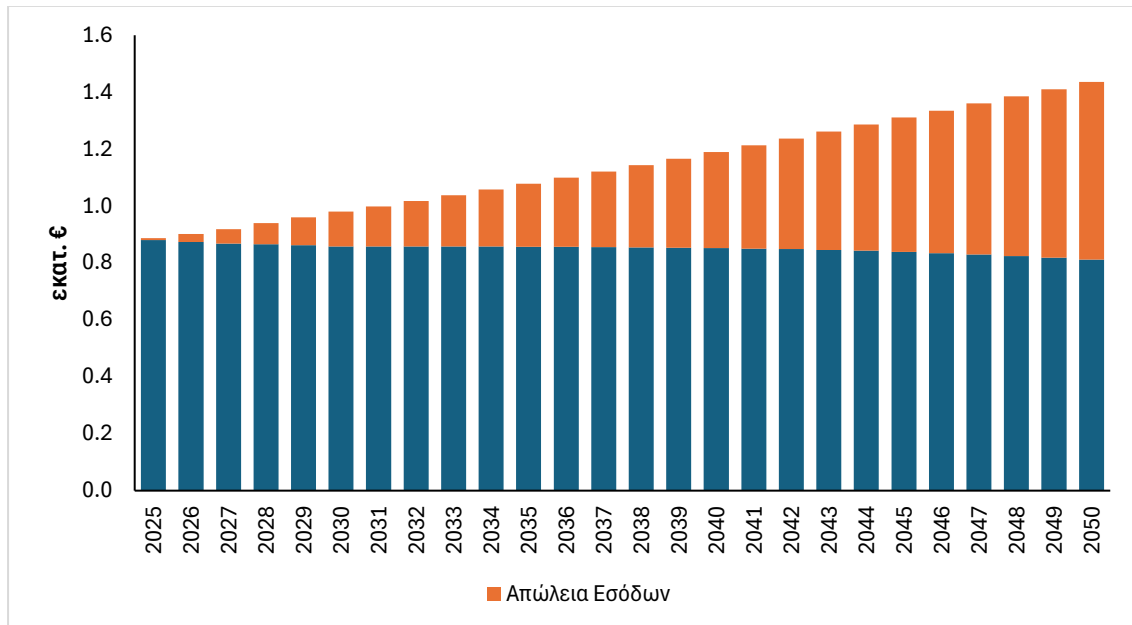
Πίνακας 8. Σωρευτικές αναμενόμενες απώλειες εσόδων.

Σωρευτικές αναμενόμενες απώλειες εσόδων - Χωρίς προεξόφληση

Προϊόν/Υπηρεσία	Μέχρι το 2030	Μέχρι το 2040	Μέχρι το 2050
Χύδην ξηρό φορτίο	221,651	1,658,130	4,748,664
Επιβάτες	101,489	695,827	1,935,045
Αυτοκίνητα	22,318	153,448	428,032
Φορτηγά	5,619	38,407	106,493
Λεωφορεία	125	848	2,346
Δίκυκλα	1,059	7,253	20,185
Λιμενικά τέλη πλοίων	33,287	226,913	627,708
Σύνολο	385,548	2,780,827	7,868,472

Σωρευτικές αναμενόμενες απώλειες εσόδων - Με προεξόφληση

Προϊόν/Υπηρεσία	Μέχρι το 2030	Μέχρι το 2040	Μέχρι το 2050
Χύδην ξηρό φορτίο	184,203	1,036,982	2,247,381
Επιβάτες	84,446	438,395	923,789
Αυτοκίνητα	18,569	96,650	204,187
Φορτηγά	4,676	24,205	50,878
Λεωφορεία	104	535	1,122
Δίκυκλα	881	4,570	9,635
Λιμενικά τέλη πλοίων	21,383	143,045	300,074
Σύνολο	314,263	1,744,383	3,737,065



Εικόνα 12. Εκτίμηση ετήσιας απώλειας εσόδων.

3.2.2. Λιμένας Ηρακλείου

i. Ανάλυση Διακίνησης

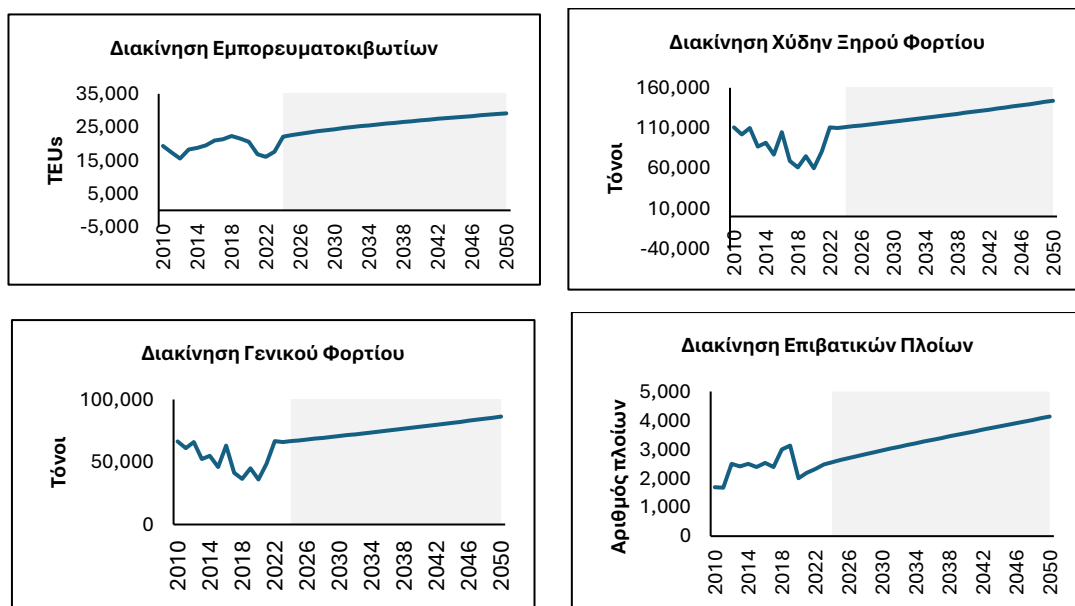
Ο Λιμένας του Ηρακλείου παρέχει ένα ευρύ φάσμα λιμενικών λειτουργιών, εξυπηρετώντας τόσο τη διακίνηση φορτίων όσο και την επιβατική κίνηση. Ειδικότερα, παρέχει υπηρεσίες διακίνησης εμπορευματοκιβωτίων, χύδην ξηρού και γενικού φορτίου, ενώ παράλληλα εξυπηρετεί ακτοπλοϊκά πλοία και κρουαζιερόπλοια. Ο πίνακας παρουσιάζει τα μεγέθη διακίνησης για το 2024, καθώς και τις προβλέψεις έως το 2050, με βάση τις παραδοχές που υιοθετήθηκαν για την μέση ετήσια αύξηση της διακίνησης ανά κατηγορία προϊόντος και επιβάτη. Οι εκτιμήσεις δείχνουν μια ήπια αλλά σταθερή ενίσχυση τόσο της εμπορευματικής όσο και της επιβατικής δραστηριότητας του Λιμένα Ηρακλείου, επιβεβαιώνοντας τον σημαντικό του ρόλο ως βασικού μεταφορικού κόμβου της Κρήτης.

Πίνακας 9. Πρόβλεψη για τη διακίνηση φορτίων και επιβατών.

Χρήση λιμένος	2024	Μέση ετήσια αύξηση: 2024 - 2050
Εμπορευματοκιβώτια	22,153	1.1% ανά έτος σε 29,127 TEU το 2050
Χύδην ξηρό φορτίο	111,100	1.0% ανά έτος σε 143,903 τόνοι το 2050
Γενικό φορτίο	66,660	1.0% ανά έτος σε 86,342 τόνοι το 2050
Επιβάτες ακτοπλοΐας	1,606,567	1.4% ανά έτος σε 2,366,007 επιβάτες το 2050
Επιβάτες κρουαζιέρας	397,028	1.5% ανά έτος σε 552,012 επιβάτες το 2050
Διακίνηση επιβατικών πλοίων	2,557	1.9% ανά έτος σε 4,133 πλοία το 2050

Αναφορικά με την εμπορευματική κίνηση του λιμένα, η διακίνηση εμπορευματοκιβωτίων προβλέπεται ότι θα αυξηθούν από 22.153 TEU το 2024 σε 29.127 TEU έως το 2050, με μέση ετήσια αύξηση 1,1%. Αντίστοιχα, η διακίνηση χύδην ξηρού φορτίου εκτιμάται ότι θα αυξηθεί από 111.100 τόνους σε 143.903 τόνους, ενώ το γενικό φορτίο από 66.660 τόνους σε 86.342 τόνους, με μέση ετήσια αύξηση 1,0% και στις δύο κατηγορίες.

Οι επιβάτες ακτοπλοΐας προβλέπεται ότι θα αυξηθούν από 1.6 εκ. το 2024 σε 2.4 εκ. επιβάτες το 2050, με μέση ετήσια αύξηση 1,4%. Η κίνηση επιβατών κρουαζιέρας εκτιμάται ότι θα αυξηθεί από 397 χιλ. σε 552 χιλ. επιβάτες, με ετήσιο ρυθμό αύξησης 1,5%.



Εικόνα 13. Πρόβλεψη για τη διακίνηση φορτίων και επιβατικών πλοίων.

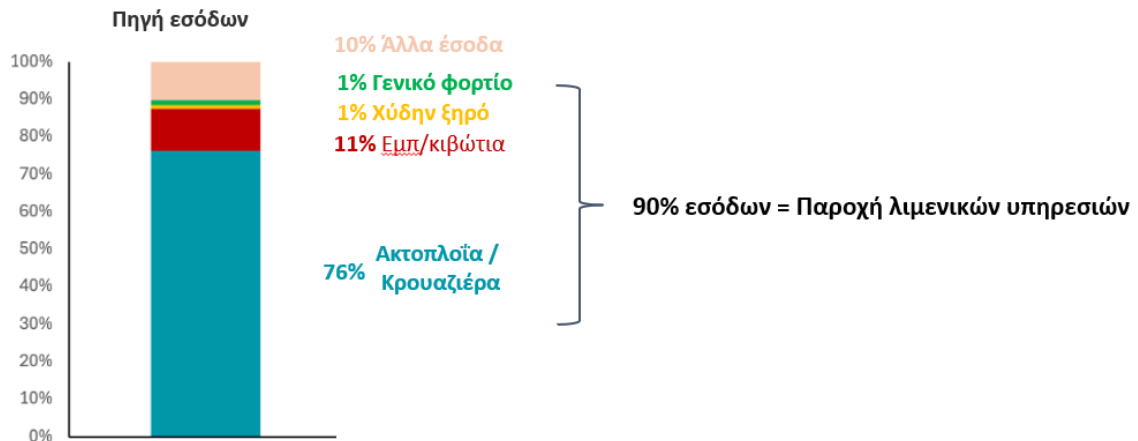
ii. Ανάλυση Εσόδων

Ο πίνακας παρουσιάζει βασικές πληροφορίες για τα λιμενικά τέλη και τις άλλες χρεώσεις παροχής λιμενικών υπηρεσιών ανά κατηγορία προϊόντος/υπηρεσίας στον Λιμένα του Ηρακλείου. Ειδικότερα, το κόστος για την φορτοεκφόρτωση και διακίνηση εμπορευματοκιβωτίων είναι 38.5 € ανά εμπορευματοκιβώτιο, 0,85 €/τόνο για το χύδην ξηρό φορτίο και 1,02 €/τόνο για το γενικό φορτίο. Για τον υπολογισμό των εσόδων από την διακίνηση επιβατών και οχημάτων έχει υπολογιστεί το ισοδύναμο μέγεθος εσόδου “Επιβάτη και Οχήματος” (passenger and car unit, PCU) εκφρασμένο σε ευρώ ανά προσέγγιση πλοίου, το οποίο αποτυπώνει το συνολικό οικονομικό αποτέλεσμα της διακίνησης και οχημάτων. Επομένως, για την επιβατική κίνηση καταγράφονται έσοδα 1,532€/προσέγγιση πλοίου για την κατηγορία επιβάτης και όχημα, 1,53 €/επιβάτη για την κρουαζιέρα και 699 €/ προσέγγιση πλοίου από λιμενικά τέλη.

Πίνακας 10. Έσοδο ανά μονάδα προϊόντος/υπηρεσίας.

Προϊόν/Υπηρεσία	Έσοδο (€)
Εμπορευματοκιβώτια	38.5 ανά ε/κ
Χύδην ξηρό φορτίο	0.85 ανά τόνο
Γενικό φορτίο	1.02 ανά τόνο
Επιβάτης και όχημα	1,532 ανά προσέγγιση πλοίου
Επιβάτης κρουαζιέρας	1.53 ανά επιβάτη
Λιμενικά τέλη πλοίων	699 ανά πλοίο

Το διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζει τη συνεισφορά των βασικών λιμενικών δραστηριοτήτων στα συνολικά έσοδα του λιμένα. Σύμφωνα με την κατανομή αυτή, η ακτοπλοΐα και η κρουαζιέρα αποτελούν τη σημαντικότερη πηγή εσόδων, αντιπροσωπεύοντας περίπου 76% του συνόλου. Ακολουθούν τα εμπορευματοκιβώτια με 11%, ενώ το χύδην ξηρό φορτίο και το γενικό φορτίο συμμετέχουν με μικρότερα ποσοστά, της τάξης του 1% έκαστο. Το υπόλοιπο 10% προέρχεται από άλλες πηγές εσόδων. Συνολικά, προκύπτει ότι περίπου 90% των εσόδων του λιμένα συνδέεται άμεσα με την παροχή λιμενικών υπηρεσιών.



Εικόνα 14. Ανάλυση εσόδων του λιμένα ανά κατηγορία λιμενικών υπηρεσιών.

iii. Ανάλυση Οικονομικών Επιπτώσεων

Για την αξιολόγηση των δυνητικών οικονομικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στη λειτουργία του Λιμένα Ηρακλείου, εκτιμήθηκαν οι αναμενόμενες απώλειες εσόδων ανά κατηγορία υπηρεσίας, από τη διακοπή των εργασιών λόγω της ακραίας ανόδου της στάθμης της θάλασσας που επιτρέπουν την κανονική εξυπηρέτηση της εμπορευματικής και επιβατικής κίνησης του λιμανιού. Η εκτίμηση της απώλειας εσόδων βασίστηκε στον υπολογισμό των ημερών αναστολής λειτουργίας του λιμανιού για κάθε έτος της περιόδου ανάλυσης και στον πολλαπλασιασμό τους με το αντίστοιχο μέσο ημερήσιο έσοδο ανά κατηγορία δραστηριότητας. Οι ετήσιες απώλειες που προέκυψαν αθροίστηκαν στη συνέχεια, ώστε να υπολογιστούν οι σωρευτικές απώλειες εσόδων μεταξύ 2025 έως το 2030, έως το 2040 και έως το 2050. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται τόσο χωρίς προεξόφληση, δηλαδή ως ονομαστικές σωρευτικές απώλειες εσόδων, όσο και με προεξόφληση, δηλαδή ως παρούσα αξία των μελλοντικών απωλειών εσόδων.

Οι συνολικές σωρευτικές απώλειες εσόδων (με προεξόφληση) του λιμένα εκτιμώνται σε 2.6 εκ ευρώ έως το 2030, αυξάνονται σε 14.9 εκ ευρώ έως το 2040 και φθάνουν τα 32.2 εκ ευρώ έως το 2050. Η κατανομή των απωλειών μεταξύ των επιμέρους δραστηριοτήτων δείχνει ότι η κατηγορία «Επιβάτης και όχημα» εμφανίζει τη μεγαλύτερη έκθεση, με σωρευτικές απώλειες 1.2 εκ ευρώ έως το

2030, 7.3 εκ. ευρώ έως το 2040 και 16.1 εκ. ευρώ έως το 2050. Ακολουθούν τα λιμενικά τέλη επιβατικών πλοίων, με απώλειες που διαμορφώνονται σε 663 χιλ., 3.9 εκ. και 8.4 εκ. ευρώ αντίστοιχα, ενώ σημαντική είναι και η συμβολή των εμπορευματοκιβωτίων, με σωρευτική απώλεια 4.3 εκ. ευρώ έως το 2050. Αντιθέτως, οι κατηγορίες του χύδην ξηρού φορτίου και του γενικού φορτίου εμφανίζουν σαφώς μικρότερες σωρευτικές απώλειες. Τα ευρήματα αυτά υποδηλώνουν ότι η οικονομική ευπάθεια του Λιμένα Ηρακλείου απέναντι στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής είναι εντονότερη στις δραστηριότητες που συνδέονται με την επιβατική κίνηση και την εξυπηρέτηση επιβατικών πλοίων, και δευτερευόντως στη διακίνηση εμπορευματοκιβωτίων.

Πίνακας 11. Σωρευτικές αναμενόμενες απώλειες εσόδων.

Σωρευτικές αναμενόμενες απώλειες εσόδων - Χωρίς προεξόφληση

Προϊόν/Υπηρεσία	Μέχρι το 2030	Μέχρι το 2040	Μέχρι το 2050
Εμπορευματοκιβώτια	452,476	3,336,613	9,110,725
Χύδην ξηρό φορτίο	39,314	287,081	790,674
Γενικό φορτίο	28,306	206,699	569,285
Επιβάτης και όχημα	1,503,303	11,767,163	34,177,832
Επιβάτης κρουαζιέρας	269,291	2,022,658	5,539,369
Λιμενικά τέλη επιβατικών πλοίων	797,232	6,216,645	17,901,832
Σύνολο	3,089,922	23,836,860	68,089,717

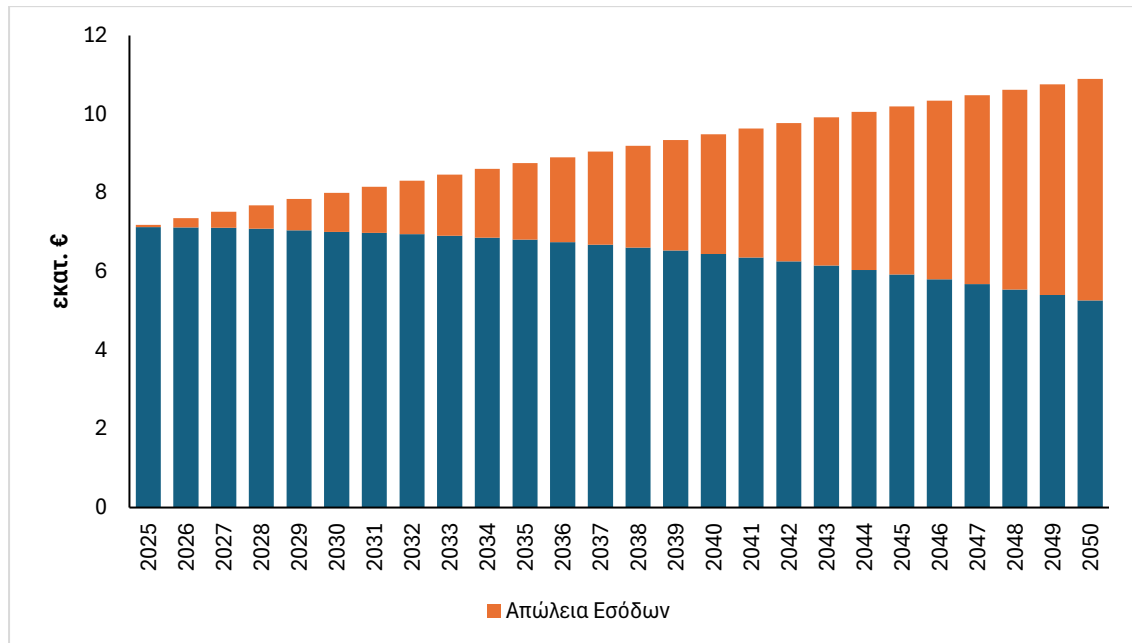
Σωρευτικές αναμενόμενες απώλειες εσόδων - Με προεξόφληση *

Προϊόν/Υπηρεσία	Μέχρι το 2030	Μέχρι το 2040	Μέχρι το 2050
Εμπορευματοκιβώτια	376,444	2,091,017	4,358,950
Χύδην ξηρό φορτίο	32,720	180,012	377,644
Γενικό φορτίο	23,558	129,609	271,904
Επιβάτης και όχημα	1,249,934	7,331,885	16,109,379
Επιβάτης κρουαζιέρας	223,940	1,265,766	2,647,311
Λιμενικά τέλη επιβατικών πλοίων	662,828	3,875,334	8,454,122
Σύνολο	2,569,426	14,873,624	32,219,309

* Προεξόφληση με την καμπύλη επιτοκίων Euribor με ημερομηνία αναφοράς 31 Δεκ 2024

Το διάγραμμα επιβεβαιώνει την παραπάνω εικόνα, παρουσιάζοντας την εξέλιξη των συνολικών ετήσιων απωλειών εσόδων κατά την περίοδο 2025–2050. Η

πορεία είναι διαρκώς ανοδική, γεγονός που αντανακλά την δυνητική οικονομική επίπτωση της αύξησης της στάθμης της θάλασσας στο λιμάνι του Ηρακλείου.



Εικόνα 15. Εκτίμηση ετήσιας απώλειας εσόδων.

3.2.3. Λιμένας Ηγουμενίτσας

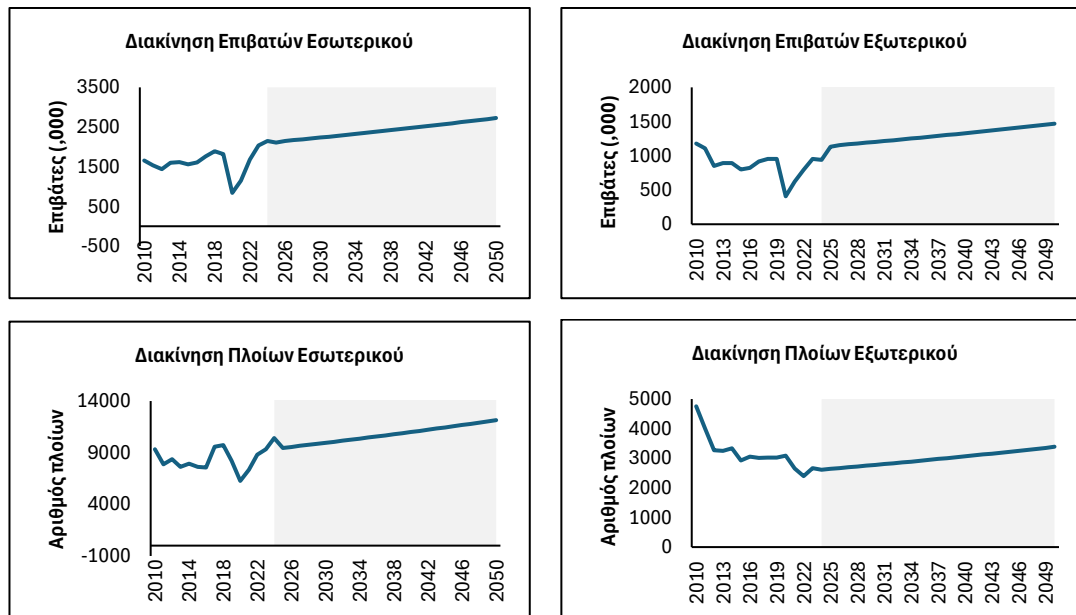
ι. Ανάλυση Διακίνησης

Στο λιμένα Ηγουμενίτσας, οι προβλέψεις πραγματοποιήθηκαν για δύο κατηγορίες διακίνησης επιβατών. Η πρώτη αφορά τους επιβάτες που διακινούνται στις ακτοπλοϊκές γραμμές εσωτερικού και η δεύτερη τους επιβάτες που διακινούνται στις ακτοπλοϊκές γραμμές εξωτερικού που συνδέουν Ελλάδα-Ιταλία. Το παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζει τις προβλέψεις διακίνησης επιβατών μέχρι το έτος 2050 στις γραμμές εσωτερικού και εξωτερικού.

Πίνακας 12. Πρόβλεψη για τη διακίνηση φορτίων και επιβατών.

Χρήση λιμένος	2024	Μέση ετήσια αύξηση: 2024 - 2050
Επιβάτες γραμμών εσωτερικού	2,145,945	1,0% ανά έτος σε 2,728,393 επιβάτες to 2050
Επιβάτες γραμμών εξωτερικού	939,568	1,0% ανά έτος σε 1,469,135 επιβάτες to 2050
Διακίνηση πλοίων εσωτερικών γραμμών	10,424	1,0% ανά έτος σε 12,146 πλοία to 2050
Διακίνηση πλοίων εξωτερικών γραμμών	2,614	1,0% ανά έτος σε 3,386 πλοία to 2050

Έως το 2050, η επιβατική κίνηση εσωτερικού εκτιμάται ότι θα φθάσει τους 2.72 εκ. επιβάτες, ενώ η επιβατική κίνηση εξωτερικού προβλέπεται να ανέλθει σε 1.46 εκ. επιβάτες. Αντίστοιχα, η διακίνηση πλοίων αναμένεται να αυξηθεί σε 12.1 χιλ. πλοία για τις γραμμές εσωτερικού και σε 3.4 χιλ. πλοία για τις γραμμές εξωτερικού.



Εικόνα 16. Πρόβλεψη για τη διακίνηση επιβατών και πλοίων.

ii. Ανάλυση Εσόδων

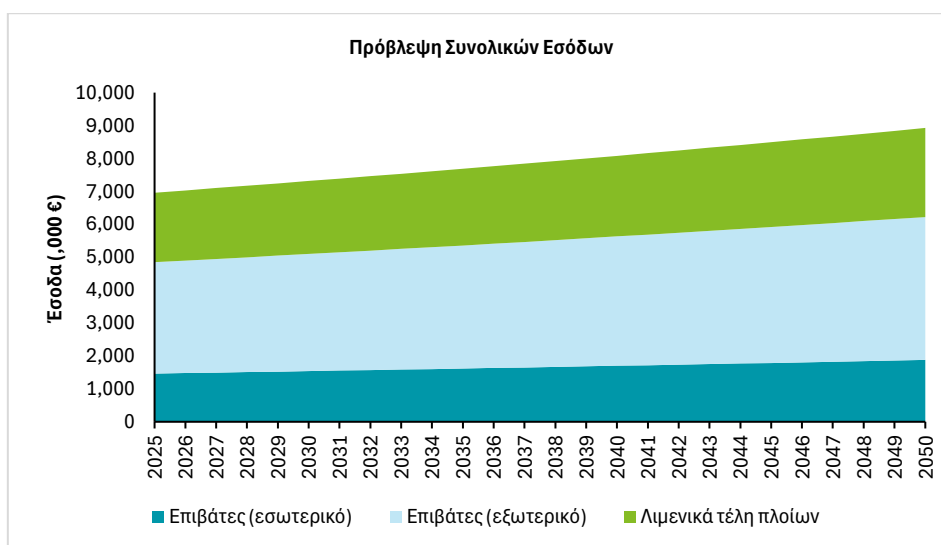
Τα έσοδα του λιμένα της Ηγουμενίτσας προέρχονται κυρίως από λιμενικές υπηρεσίες που συνδέονται με την επιβατική κίνηση. Για τον υπολογισμό των

εσόδων από την διακίνηση επιβατών και οχημάτων έχει υπολογιστεί το ισοδύναμο μέγεθος εσόδου “Επιβάτη και Οχήματος” (passenger and car unit, PCU) εκφρασμένο σε ευρώ ανά προσέγγιση πλοίου, το οποίο αποτυπώνει το συνολικό οικονομικό αποτέλεσμα της διακίνησης και οχημάτων. Το έσοδο για την επιβατική κίνηση στις εγχώριες γραμμές υπολογίζεται σε 155€ ανά προσέγγιση πλοίου και 1,282€ ανά προσέγγιση πλοίου για τις διεθνείς γραμμές. Παράλληλα, στα παραπάνω προστίθενται τα λιμενικά τέλη ύψους 174 € ανά προσέγγιση πλοίου.

Πίνακας 13. Έσοδο ανά μονάδα προϊόντος/υπηρεσίας.

Προϊόν/Υπηρεσία	Έσοδο (€)
Επιβάτης και όχημα (Εσωτερικό)	155 ανά πλοίο
Επιβάτης και όχημα (Εξωτερικό)	1,282 ανά πλοίο
Λιμενικά τέλη πλοίων	174 ανά πλοίο

Η *Εικόνα 17* παρουσιάζει την εκτιμώμενη εξέλιξη των συνολικών εσόδων κατά την περίοδο 2025–2050, καθώς και την επιμέρους συμβολή κάθε δραστηριότητας. Η συμμετοχή των εσόδων από την επιβατική κίνηση στις γραμμές του εξωτερικού αναμένεται ότι θα είναι η σημαντικότερη σε όλη την περίοδο αναφοράς.



Εικόνα 17. Πρόβλεψη Συνολικών Εσόδων.

iii. Ανάλυση Οικονομικών Επιπτώσεων

Η εκτίμηση των αναμενόμενων απωλειών εσόδων για τον λιμένα της Ηγουμενίτσας βασίζεται στη σύνδεση των κλιματικών επιπτώσεων που προκαλεί με τη λειτουργική διαθεσιμότητα του λιμένα.

Ειδικότερα, για κάθε έτος της περιόδου ανάλυσης εκτιμήθηκε ο αριθμός των ημερών κατά τις οποίες η παροχή λιμενικών υπηρεσιών διακόπτονται λόγω της αύξησης της στάθμης της θάλασσας, και ο αριθμός αυτός πολλαπλασιάστηκε με το αντίστοιχο μέσο ημερήσιο έσοδο ανά κατηγορία υπηρεσίας. Σε όρους προεξοφλημένων χρηματοροών, οι συνολικές σωρευτικές απώλειες εσόδων εκτιμώνται σε 1,87 εκ. € έως το 2030, αυξάνονται σε 10,71 εκ. € έως το 2040 και ανέρχονται σε 48,54 εκ. € έως το 2050.

Πίνακας 14. Σωρευτικές αναμενόμενες απώλειες εσόδων.

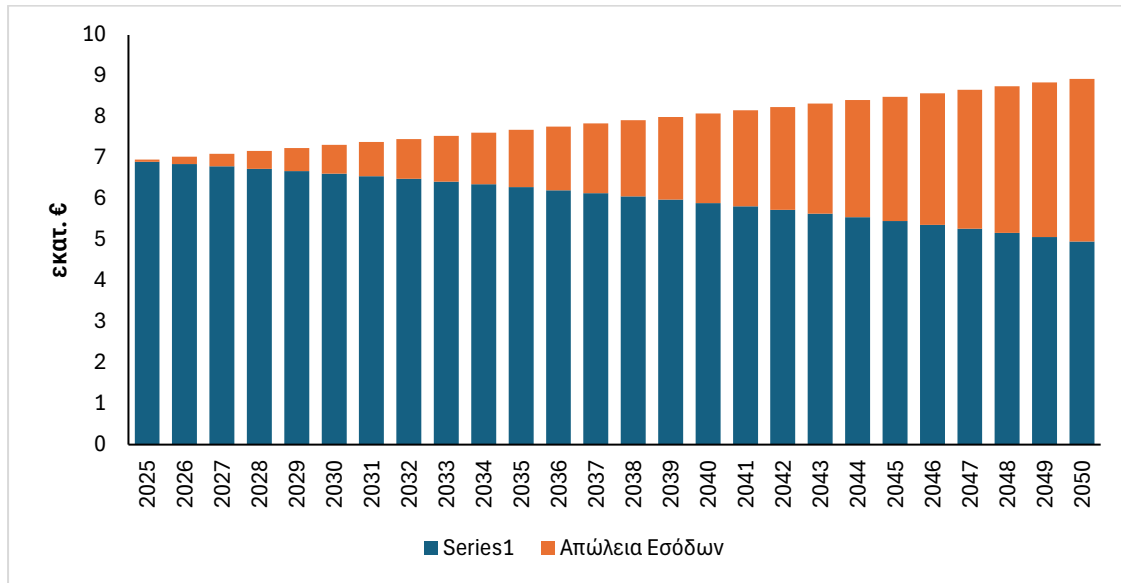
Σωρευτικές αναμενόμενες απώλειες εσόδων - Χωρίς προεξόφληση

Προϊόν/Υπηρεσία	Μέχρι το 2030	Μέχρι το 2040	Μέχρι το 2050
Επιβάτης και όχημα (Εσωτερικό)	473,669	3,615,630	10,223,257
Επιβάτης και όχημα (Εξωτερικό)	1,093,878	8,346,819	23,600,667
Λιμενικά τέλη πλοίων	681,872	5,204,477	14,715,738
Σύνολο	2,249,419	17,166,926	48,539,662

Σωρευτικές αναμενόμενες απώλειες εσόδων - Με προεξόφληση

Προϊόν/Υπηρεσία	Μέχρι το 2030	Μέχρι το 2040	Μέχρι το 2050
Επιβάτης και όχημα (Εσωτερικό)	394,896	2,258,116	4,849,661
Επιβάτης και όχημα (Εξωτερικό)	911,968	5,213,121	11,195,688
Λιμενικά τέλη πλοίων	568,474	3,250,443	6,980,799
Σύνολο	1,875,338	10,721,680	23,026,148

Το γράφημα που ακολουθεί παρουσιάζει την εξέλιξη των συνολικών ετήσιων απωλειών εσόδων κατά την περίοδο 2025–2050.



Εικόνα 18. Εκτίμηση ετήσιας απώλειας εσόδων

3.2.4 Λιμένας Χαλκίδας

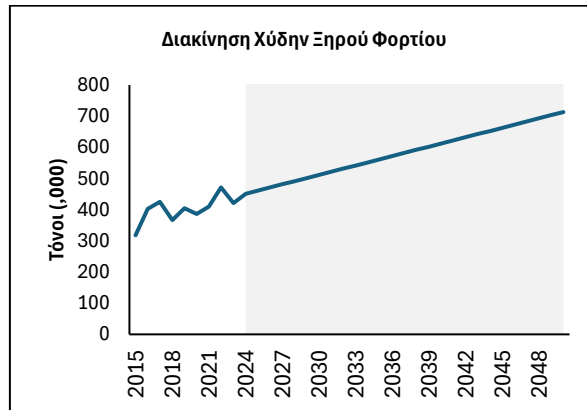
ι. Ανάλυση Διακίνησης

Ο Πίνακας 15 παρουσιάζει την διακίνηση ξηρού φορτίου στον λιμένα Χαλκίδας για το 2024 και την εκτίμηση ότι θα ανέλθει σε 713,250 τόνους το 2050, με την παραδοχή ότι θα αυξάνεται με ετήσιο ρυθμό 1,8% για την περίοδο 2024–2050.

Πίνακας 15. Πρόβλεψη για τη διακίνηση φορτίων και επιβατών

Χρήση λιμένος	2024	Μέση ετήσια αύξηση: 2024 - 2050
Χύδην ξηρό φορτίο	451,083	1,8% ανά έτος σε 713,250 τόνους το 2050

Το διάγραμμα που ακολουθεί αποτυπώνει τη διαχρονική εξέλιξη της διακίνησης χύδην ξηρού φορτίου κατά την περίοδο 2010–2050, συνδυάζοντας τα ιστορικά στοιχεία με την πρόβλεψη για την μελλοντική διαμόρφωση της διακίνησης.



Εικόνα 19. Πρόβλεψη για τη διακίνηση φορτίων.

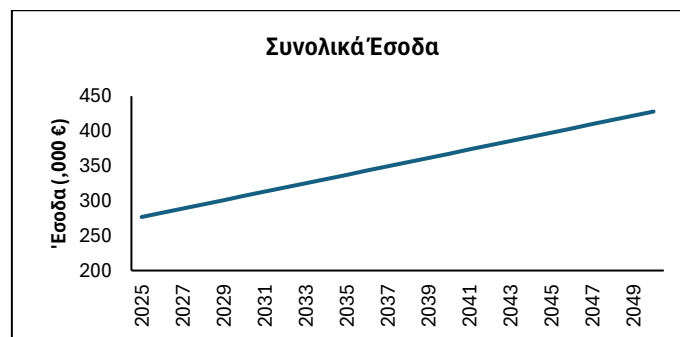
ii. Ανάλυση Εσόδων

Η χρέωση για την φορτοεκφόρτωση και διακίνηση στο λιμάνι του χύδην ξηρού φορτίου είναι 1,41 €/τόνο.

Πίνακας 16. Έσοδο ανά μονάδα προϊόντος/υπηρεσίας

Προϊόν/Υπηρεσία	Έσοδο (€)
Χύδην ξηρό φορτίο	0.6 ανά τόνο

Η εκτίμηση ότι η διακίνηση χύδην ξηρού φορτίου, που εξυπηρετεί την ευρύτερη περιοχή της Εύβοιας και Βοιωτίας, θα ακολουθήσει αυξητική τάση τα επόμενα χρόνια υποδηλώνει θετικές προοπτικές για τα συνολικά έσοδα του λιμένα.



Εικόνα 20. Πρόβλεψη Συνολικών Εσόδων

iii. Ανάλυση Οικονομικών Επιπτώσεων

Ο Πίνακας 17 παρουσιάζει την εκτίμηση των σωρευτικών αναμενόμενων απωλειών εσόδων του λιμένα Χαλκίδας λόγω των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Οι σωρευτικές απώλειες εσόδων από τη διακίνηση χύδην ξηρού φορτίου εκτιμώνται σε 119 χιλ. € έως το 2030, αυξάνονται σε 849 χιλ. € έως το 2040 και διαμορφώνονται σε 2.35 εκ. € έως το 2050.

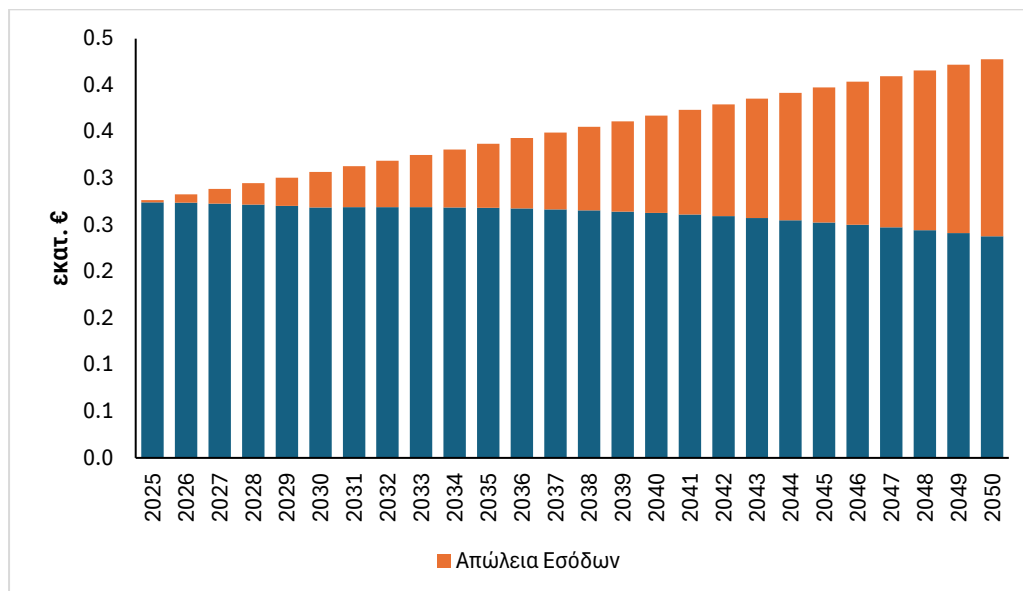
Πίνακας 17. Σωρευτικές αναμενόμενες απώλειες εσόδων

Σωρευτικές αναμενόμενες απώλειες εσόδων - Χωρίς προεξόφληση

Προϊόν/Υπηρεσία	Μέχρι το 2030	Μέχρι το 2040	Μέχρι το 2050
Χύδην ξηρό φορτίο	118,590	848,830	2,349,102
Σύνολο	118,590	848,830	2,349,102

Σωρευτικές αναμενόμενες απώλειες εσόδων - Με προεξόφληση

Προϊόν/Υπηρεσία	Μέχρι το 2030	Μέχρι το 2040	Μέχρι το 2050
Χύδην ξηρό φορτίο	108,397	682,099	1,654,522
Σύνολο	108,397	682,099	1,654,522



Εικόνα 21. Εκτίμηση ετήσιας απώλειας εσόδων.

3.2.5 Λιμένας Βόλου

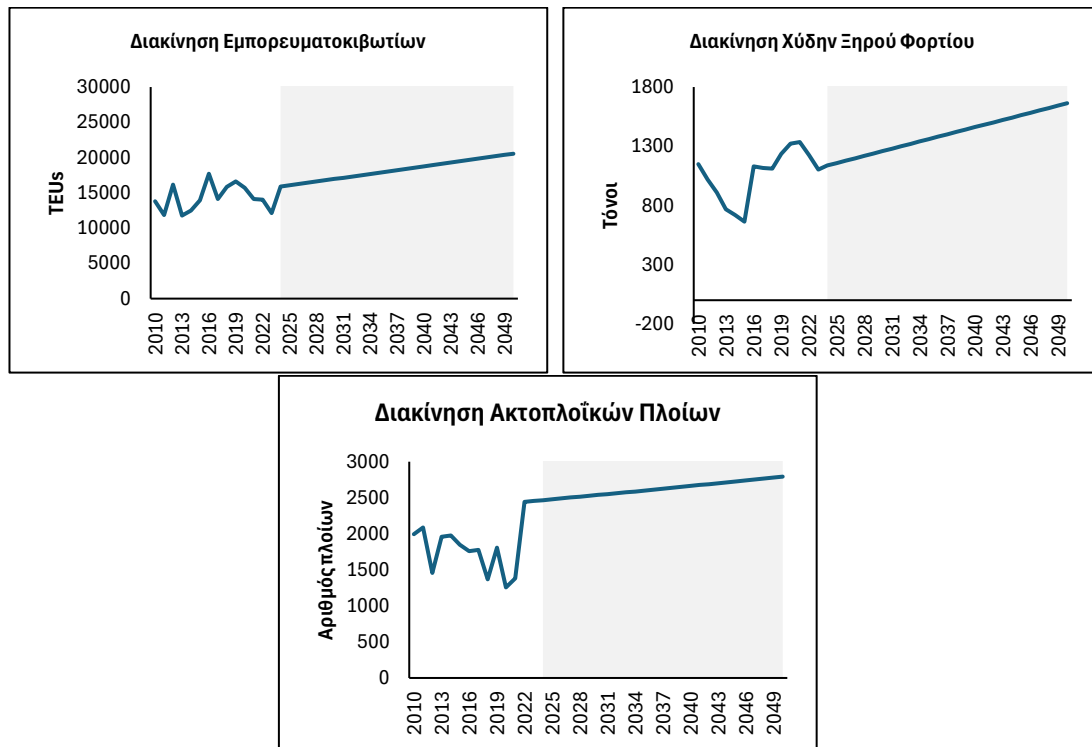
i. Ανάλυση Διακίνησης

Ο πίνακας παρουσιάζει τη διακίνηση εμπορευμάτων, επιβατών και πλοίων για το έτος 2024 και τις αντίστοιχες προβολές έως το 2050 για τις βασικές κατηγορίες δραστηριότητας του Λιμένα Βόλου, με βάση συγκεκριμένες παραδοχές μέσης ετήσιας αύξησης για την περίοδο 2024–2050. Η διακίνηση εμπορευματοκιβωτίων ανέρχεται σε 15.885 TEU το 2024 και προβλέπεται να αυξηθεί σε 20.541 TEU έως το 2050, με μέση ετήσια αύξηση 1,1%. Παράλληλα, το χύδην ξηρό φορτίο, που αποτελεί τη σημαντικότερη κατηγορία σε όρους όγκου, εκτιμάται ότι θα αυξηθεί από 1.138.024 τόνους το 2024 σε 1.663.394 τόνους έως το 2050, με μέση ετήσια αύξηση 1,0%. Οι προβλέψεις αυτές αντανακλούν την εκτίμηση για μια ήπια αλλά σταθερή ενίσχυση της εμπορευματικής δραστηριότητας του λιμένα, με το χύδην ξηρό φορτίο να διατηρεί σημαντική θέση στη συνολική διακίνηση που εξυπηρετεί το λιμάνι.

Η διακίνηση των πλοίων της ακτοπλοΐας εκτιμάται ότι θα αυξηθούν από τα 2.467 πλοία το 2024 σε 2.793 πλοία έως το 2050, με μέση ετήσια αύξηση 1,9%. Ιδιαίτερα έντονη δυναμική παρουσιάζουν οι λιμενικές δραστηριότητες που συνδέονται με την κρουαζιέρα. Οι επιβάτες κρουαζιέρας εκτιμάται ότι θα αυξηθούν από 26.254 επιβάτες το 2024 σε 61.772 επιβάτες έως το 2050, ενώ η διακίνηση κρουαζιερόπλοιων προβλέπεται να αυξηθεί από 35 πλοία σε 73 πλοία κατά την ίδια περίοδο.

Πίνακας 18. Πρόβλεψη για τη διακίνηση φορτίων και επιβατών

Χρήση λιμένος	2024	Μέση ετήσια αύξηση: 2024 - 2050
Εμπορευματοκιβώτια	15,885	1,1% ανά έτος σε 20,541 TEU το 2050
Χύδην ξηρό φορτίο	1,138,024	1,0% ανά έτος σε 1,663,394 τόνους το 2050
Διακίνηση ακτοπλοϊκών πλοίων	2,467	1,9% ανά έτος σε 2,793 πλοία το 2050
Διακίνηση επιβατών κρουαζιέρας	26,254	3,1% ανά έτος σε 61,772 επιβάτες το 2050
Διακίνηση κρουαζιερόπλοιων	35	3,1% ανά έτος σε 73 πλοία το 2050



Εικόνα 22. Πρόβλεψη Διακίνησης Φορτίου.

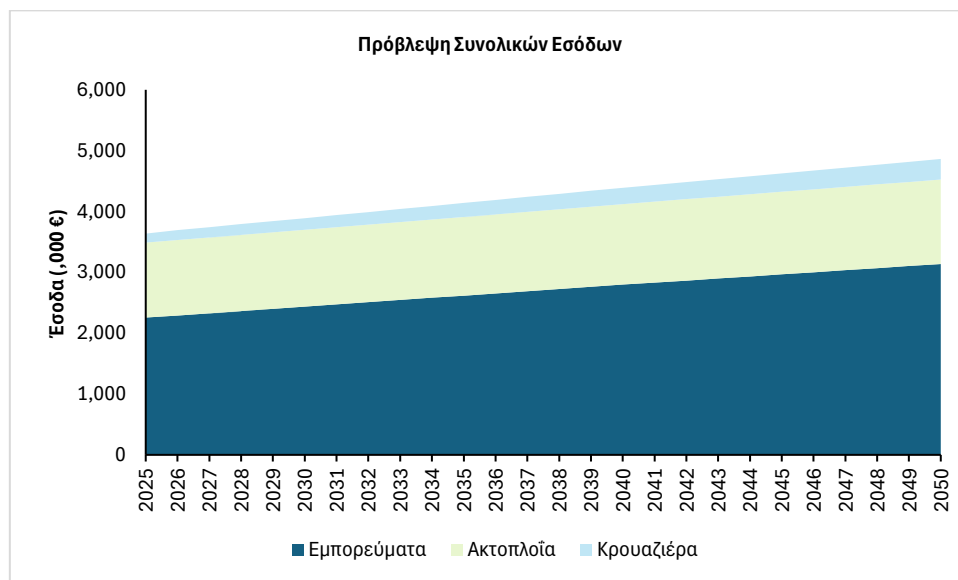
ii. Ανάλυση Εσόδων

Ο πίνακας που ακολουθεί συνοψίζει τα λιμενικά τέλη και τις χρεώσεις ανά μονάδα προϊόντος ή υπηρεσίας για το λιμάνι του Βόλου. Ειδικότερα, για τα εμπορευματοκιβώτια εφαρμόζεται χρέωση 35,0 € ανά μονάδα, ενώ για το χύδην ξηρό φορτίο η αντίστοιχη χρέωση ανέρχεται σε 1,36 € ανά τόνο. Παράλληλα, επιβάλλονται λιμενικά τέλη ύψους 182 € ανά πλοίο για τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων (containerships) και 191 € ανά πλοίο για τα πλοία μεταφοράς χύδην ξηρού φορτίου (dry bulk carriers). Οι σχετικές χρεώσεις περιλαμβάνουν τη συλλογή υγρών και στερεών αποβλήτων, την παροχή γλυκού νερού, καθώς και υπηρεσίες πρόσδεσης και παραβολής.

Πίνακας 19. Έσοδο ανά μονάδα προϊόντος/υπηρεσίας.

Προϊόν/Υπηρεσία	Έσοδο (€)
Εμπορευματοκιβώτια	35.0 ανά ε/κ
Χύδην ξηρό φορτίο	1.36 ανά τόνο
Λιμενικά τέλη containership	182 ανά πλοίο
Λιμενικά τέλη dry bulk carrier	191 ανά πλοίο
Επιβάτης και όχημα	147 ανά πλοίο
Επιβάτης κρουαζιέρας	4.32 ανά επιβάτη
Λιμενικά τέλη ακτοπλοϊκών πλοίων	350 ανά πλοίο
Λιμενικά τέλη κρουαζιερόπλοιων	589 ανά πλοίο

Ως προς τη διάρθρωση των εσόδων, αναμένεται ότι η διακίνηση εμπορευμάτων θα συνεχίσει να αποτελεί τη σημαντικότερη πηγή εσόδων για το λιμάνι. Η ακτοπλοΐα συνιστά τη δεύτερη σημαντικότερη πηγή εσόδων, παρουσιάζοντας επίσης σταθερή αύξηση, η οποία αντανακλά την προβλεπόμενη ενίσχυση της επιβατικής κίνησης, των οχημάτων και των προσεγγίσεων ακτοπλοϊκών πλοίων.



Εικόνα 23. Πρόβλεψη Συνολικών Εσόδων.

iii. Ανάλυση Οικονομικών Επιπτώσεων

Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται οι σωρευτικές αναμενόμενες απώλειες εσόδων του Λιμένα Βόλου ανά κατηγορία προϊόντος και υπηρεσίας έως

το 2030, το 2040 και το 2050, τόσο χωρίς προεξόφληση όσο και με προεξόφληση. Το διάγραμμα συμπληρώνει την ανάλυση, αποτυπώνοντας τη διαχρονική εξέλιξη των σωρευτικών απωλειών κατά την περίοδο 2025–2050. Σε όρους προεξοφλημένων μεγεθών, οι συνολικές σωρευτικές απώλειες εσόδων του Λιμένα Βόλου εκτιμώνται σε 1.1 εκ. ευρώ έως το 2030, αυξάνονται σε 6.1 ευρώ έως το 2040 και διαμορφώνονται σε 13.2 εκ. ευρώ έως το 2050. Η εξέλιξη αυτή αποτυπώνει τη σημαντική οικονομική επιβάρυνση που δύναται να προκύψει σε μακροχρόνιο ορίζοντα λόγω των διακοπών λειτουργίας που συνδέονται με τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, ακόμη και όταν οι μελλοντικές απώλειες αποτιμώνται σε παρούσα αξία. Αναλύοντας τις επιμέρους εμπορικές δραστηριότητες του λιμανιού, οι λιμενικές υπηρεσίες που συνδέονται με το χύδην ξηρό φορτίο εμφανίζουν τη μεγαλύτερη οικονομική έκθεση, με σωρευτικές προεξοφλημένες απώλειες εσόδων που ανέρχονται σε 457 χιλ. έως το 2030, 2.7 εκ. έως το 2040 και 5.99 εκ. ευρώ έως το 2050.

Πίνακας 20. Σωρευτικές αναμενόμενες απώλειες εσόδων.

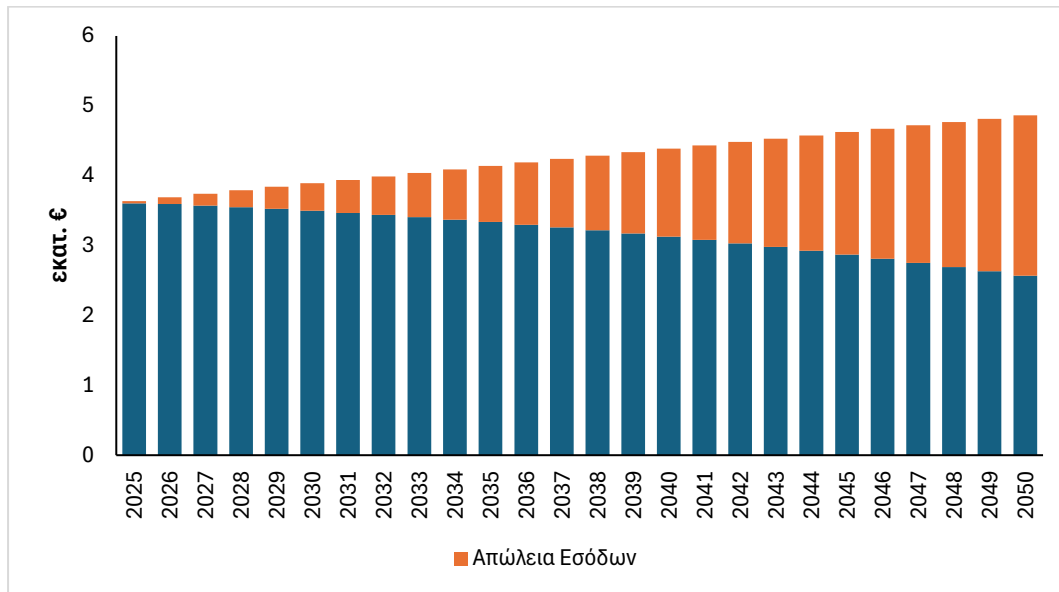
Σωρευτικές αναμενόμενες απώλειες εσόδων - Χωρίς προεξόφληση

Προϊόν/Υπηρεσία	Μέχρι το 2030	Μέχρι το 2040	Μέχρι το 2050
Εμπορευματοκιβώτια	195,383	1,503,387	4,244,371
Χύδην ξηρό φορτίο	549,541	4,379,169	12,734,634
Λιμενικά τέλη containership	4,178	22,333	59,234
Λιμενικά τέλη dry bulk carrier	47,717	289,272	806,532
Επιβάτης και όχημα	122,015	904,282	2,471,749
Επιβάτης κρουαζιέρας	47,001	428,673	1,374,259
Λιμενικά τέλη ακτοπλοϊκών πλοίων	290,156	2,150,415	5,877,911
Λιμενικά τέλη κρουαζιερόπλοιων	12,682	115,121	369,630
Σύνολο	1,268,673	9,792,650	27,938,319

Σωρευτικές αναμενόμενες απώλειες εσόδων - Με προεξόφληση *

Προϊόν/Υπηρεσία	Μέχρι το 2030	Μέχρι το 2040	Μέχρι το 2050
Εμπορευματοκιβώτια	162,814	938,412	2,013,723
Χύδην ξηρό φορτίο	457,720	2,724,769	5,998,675
Λιμενικά τέλη containership	3,377	14,006	28,525
Λιμενικά τέλη dry bulk carrier	38,478	179,142	382,667
Επιβάτης και όχημα	101,726	566,429	1,182,224
Επιβάτης κρουαζιέρας	39,061	263,711	632,901

Λιμενικά τέλη ακτοπλοϊκών πλοίων	241,908	1,346,989	2,811,372
Λιμενικά τέλη κρουαζιερόπλοιων	10,544	70,731	170,100
Σύνολο	1,055,627	6,104,188	13,220,188



Εικόνα 24. Εκτίμηση ετήσιας απώλειας εσόδων.

3.2.6 Λιμένας Λαυρίου

i. Ανάλυση Διακίνησης

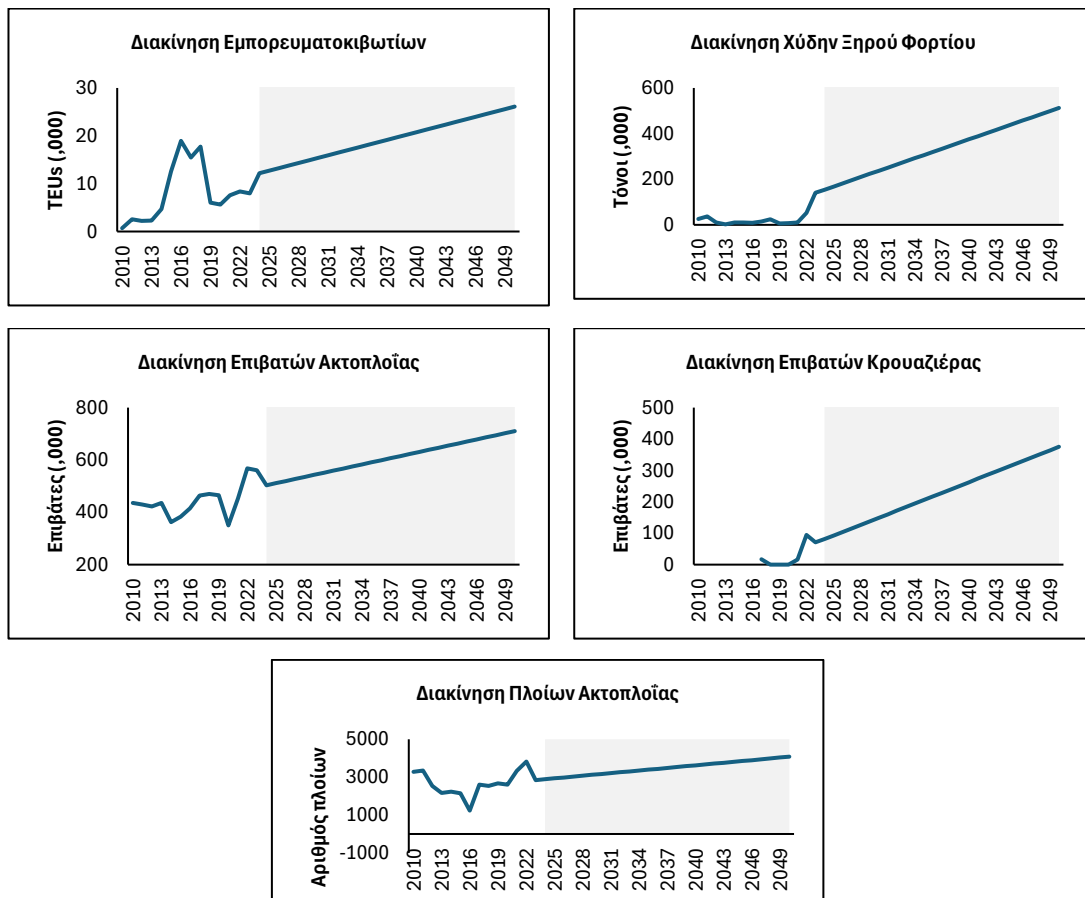
Ο λιμένας Λαυρίου εξυπηρετεί τόσο τη διακίνηση φορτίων όσο και την επιβατική κίνηση. Ειδικότερα, ο λιμένας διαχειρίζεται εμπορευματοκιβώτια και χύδην ξηρό φορτίο, ενώ παράλληλα εξυπηρετεί επιβάτες ακτοπλοΐας και κρουαζιέρας. Η διακίνηση εμπορευματοκιβωτίων ανέρχεται το 2024 σε 12.165 TEU και, με βάση υπόθεση μέσης ετήσιας αύξησης 3,0%, εκτιμάται ότι θα διαμορφωθεί σε 26.108 TEU έως το 2050. Αντίστοιχα, η διακίνηση χύδην ξηρού φορτίου εκτιμάται ότι θα αυξηθεί από 153.956 τόνους το 2024 σε 512.356 τόνους το 2050, δηλαδή με ετήσιο ρυθμό αύξησης 4,5%. Η επιβατική κίνηση ακτοπλοΐας από 503.462 επιβάτες το 2024 προβλέπεται ότι θα φθάσει τους 710.900 επιβάτες έως το 2050. Ιδιαίτερα ανοδική εκτιμάται ότι θα είναι η πορεία του κλάδου της κρουαζιέρας τα απόμεινα χρόνια με το λιμάνι του Λαυρίου να σημειώσει σημαντική αύξηση των επιβατών

κρουαζιέρες που εξυπηρετεί. Ο αριθμός των 81.000 επιβατών κρουαζιέρας που διακινήθηκαν το 2024, υπολογίζεται ότι θα διαμορφωθεί σε 375.357 επιβάτες το 2050, το οποίο υποδηλώνει ετήσια αύξηση 5,8%.

Πίνακας 21. Πρόβλεψη για τη διακίνηση φορτίων και επιβατών.

Χρήση λιμένος	2024	Μέση ετήσια αύξηση: 2024 - 2050
Εμπορευματοκιβώτια	12,165	3,0% ανά έτος σε 26,108 TEU το 2050
Χύδην ξηρό φορτίο	153,956	4,5% ανά έτος σε 512,356 τόνοι το 2050
Επιβάτες ακτοπλοΐας	503,462	4,5% ανά έτος σε 710,090 τόνοι το 2050
Επιβάτες κρουαζιέρας	81,000	5,8% ανά έτος σε 375,357 τόνοι το 2050
Διακίνηση πλοίων	2,893	1,3% ανά έτος σε 4,081 πλοία το 2050

Τα διαγράμματα που ακολουθούν αποτυπώνουν τη διαχρονική εξέλιξη των παραπάνω μεγεθών για την περίοδο 2010–2050.



Εικόνα 25. Πρόβλεψη Διακίνησης φορτίου.

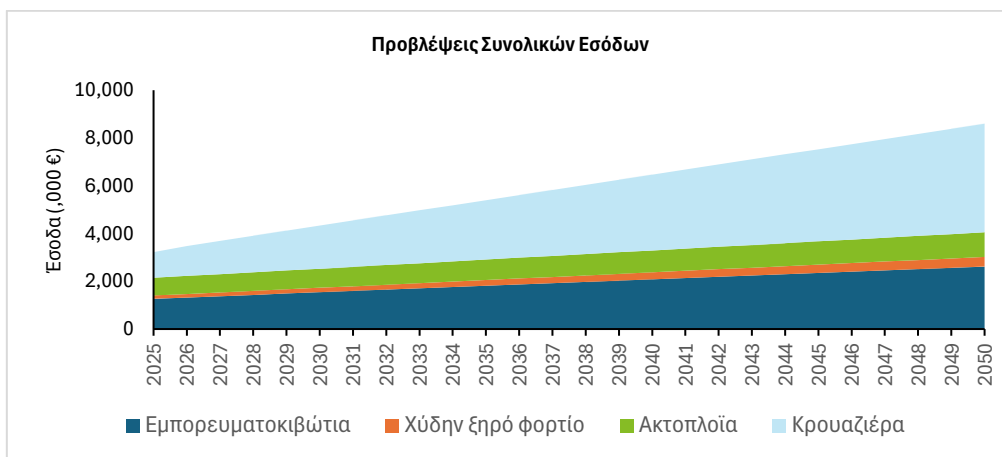
ii. Ανάλυση Εσόδων

Ο πίνακας παρουσιάζει πληροφορίες για τα λιμενικά τέλη και τις άλλες χρεώσεις παροχής λιμενικών υπηρεσιών ανά κατηγορία προϊόντος/υπηρεσίας στο Λιμάνι του Λαυρίου. Το έσοδο από τη διακίνηση εμπορευματοκιβωτίων ανέρχεται σε 100 € ανά μονάδα και από το χύδην ξηρό φορτίο σε 0,8 € ανά τόνο. Για την επιβατική δραστηριότητα, η χρέωση είναι 1,19 € ανά επιβάτη για την τους επιβάτες της ακτοπλοΐας και 12,1 € ανά επιβάτη για τους επιβάτες της κρουαζιέρας.

Πίνακας 22. Έσοδο ανά μονάδα προϊόντος/υπηρεσίας.

Προϊόν/Υπηρεσία	Έσοδο (€)
Εμπορευματοκιβώτια	100 ανά ε/κ
Χύδην ξηρό φορτίο	0.8 ανά τόνο
Επιβάτης ακτοπλοΐας	1.19 ανά επιβάτη
Επιβάτης κρουαζιέρας	12.1 ανά επιβάτη
Λιμενικά τέλη πλοίων	45.92 ανά πλοίο

Το διάγραμμα παρουσιάζει την πρόβλεψη για τα συνολικά έσοδα του λιμένα καθώς και τη συνεισφορά των επιμέρους λιμενικών δραστηριοτήτων στη διαμόρφωση των συνολικών εσόδων. Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις, σημαντικό ρόλο για την ανάπτυξη του λιμένα αναμένεται να έχει η κρουαζιέρα η οποία θα συμβάλει σημαντικά στην αύξηση των εσόδων.



Εικόνα 26. Πρόβλεψη Συνολικών Εσόδων.

iii. Ανάλυση Οικονομικών Επιπτώσεων

Ο Πίνακας 23 παρουσιάζει το αποτέλεσμα της ανάλυσης για τις εκτιμώμενες σωρευτικές απώλειες εσόδων του λιμένα Λαυρίου λόγω των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν μια σημαντική επιβάρυνση στα οικονομικά αποτελέσματα του λιμένα, η οποία εντείνεται κυρίως μετά το 2030. Οι συνολικές σωρευτικές απώλειες εσόδων εκτιμώνται σε 1,46 εκ. € έως το 2030, 10,82 εκ. € έως το 2040 και διαμορφώνονται σε 29,40 εκ. € έως το 2050.

Οι λιμενικές υπηρεσίες που συνδέονται με την κρουαζιέρα αποτελούν την πλέον ευάλωτη δραστηριότητα, αντιπροσωπεύοντας το μεγαλύτερο μέρος της οικονομικής ζημίας, καθώς αναμένεται ότι θα αποτελέσει την σημαντικότερη πηγή εσόδων για το λιμένα τα απόμεινα χρόνια.

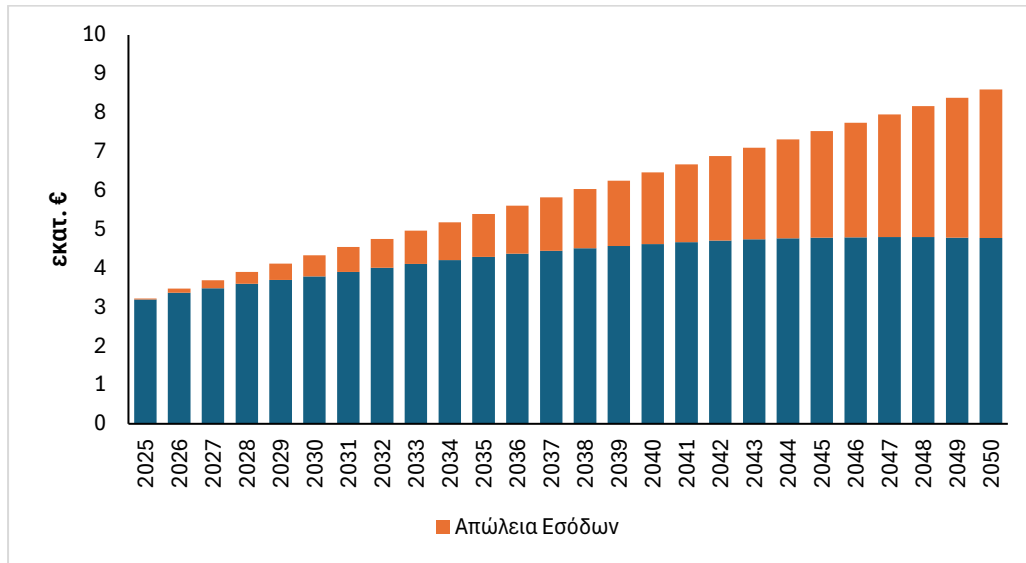
Πίνακας 23. Σωρευτικές αναμενόμενες απώλειες εσόδων.

Σωρευτικές αναμενόμενες απώλειες εσόδων - Χωρίς προεξόφληση

Προϊόν/Υπηρεσία	Μέχρι το 2030	Μέχρι το 2040	Μέχρι το 2050
Εμπορευματοκιβώτια	580,555	4,542,983	13,437,538
Χύδην ξηρό φορτίο	68,846	614,091	1,970,249
Επιβάτες ακτοπλοΐας	255,438	1,770,652	4,771,428
Επιβάτες κρουαζιέρας	636,054	6,241,914	21,040,750
Διακίνηση πλοίων	56,649	392,680	1,058,167
Σύνολο	1,597,542	13,562,321	42,278,132

Σωρευτικές αναμενόμενες απώλειες εσόδων - Με προεξόφληση

Προϊόν/Υπηρεσία	Μέχρι το 2030	Μέχρι το 2040	Μέχρι το 2050
Εμπορευματοκιβώτια	530,330	3,637,897	9,396,090
Χύδην ξηρό φορτίο	62,826	489,483	1,366,324
Επιβάτες ακτοπλοΐας	233,533	1,424,749	3,370,777
Επιβάτες κρουαζιέρας	579,936	4,960,355	14,522,227
Λιμενικά τέλη πλοίων	51,791	315,969	747,542
Σύνολο	1,458,416	10,828,452	29,402,960



Εικόνα 27. Εκτίμηση ετήσιας απώλειας εσόδων.

4. Προτεινόμενα μέτρα προσαρμογής

Πρέπει να θεσπιστούν ορισμένα μέτρα, τόσο δομικά όσο και μη, για την ενίσχυση, τη συντήρηση, την παρακολούθηση και την προστασία των λιμενικών περιουσιακών στοιχείων, των λειτουργιών και της ανθρώπινης ζωής από τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής.

4.1. Δομικά Μέτρα

Τα σημαντικότερα δομικά μέτρα που θα μπορούσαν να εφαρμοστούν στο λιμάνι για την ενίσχυση του αποτελεσματικού σχεδιασμού προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή παρατίθενται παρακάτω:

- I. Δομικά μέτρα για κρίσιμα περιουσιακά στοιχεία εντός των λιμενικών εγκαταστάσεων:
 - Εξέταση της μείωσης του υψομέτρου του εδάφους λόγω φαινομένων καθίζησης και της αναμενόμενης αύξησης της στάθμης του θαλασσινού νερού, κατά τον σχεδιασμό νέων ή τη βελτίωση υφιστάμενων υποδομών. Ανύψωση της κορυφής της θωράκισης, των προστατευτικών τοίχων και των τοιχωμάτων αποβάθρας για προστασία από την υπερχειλίση των κυμάτων και τις πλημμύρες
 - Αύξηση της πυκνότητας του συστήματος αποστράγγισης του λιμένα επιτρέποντας την ταχύτερη εκκένωση των όμβριων υδάτων.
- II. Ενσωμάτωση ευελιξίας στον νέο ή αντικαταστάσιμο σχεδιασμό υποδομών, ώστε να επιτρέπονται τροποποιήσεις καθώς αλλάζουν οι κλιματικές συνθήκες.
- III. IV. Κατάλληλη επιλογή υλικών ή/και εξοπλισμού για την προσαρμογή στις μεταβαλλόμενες κλιματικές συνθήκες.

Τα προτεινόμενα δομικά μέτρα απαιτούν εξειδικευμένη μελέτη από πολιτικούς μηχανικούς με ειδικευση στα λιμενικά έργα, που είναι του σκοπού του παρόντος έργου. Τα δομικά μέτρα μπορούν να έχουν διαφορετικό εύρος εφαρμογής και συνεπώς κόστους για κάθε έναν από τους λιμένες του δείγματος.

4.2. Μη δομικά μέτρα

Τα μη δομικά μέτρα που θα μπορούσαν να εφαρμοστούν σε κάθε λιμένα του δείγματος αναφέρονται παρακάτω:

- I. Αναθεώρηση του «Σχεδίου Λειτουργίας και Συντήρησης» και του «Σχεδίου Υγείας και Ασφάλειας» του λιμένα για την εξέταση πιθανών κλιματικών κινδύνων και των επιπτώσεών τους.
- II. Προετοιμασία ενός «Σχεδίου Διαχείρισης Καταστροφών και Αντιμετώπισης Έκτακτης Ανάγκης» που περιλαμβάνει την αντιμετώπιση των κλιματικών κινδύνων. Για παράδειγμα, αυτό θα μπορούσε να περιλαμβάνει:
 - Μερικό ή πλήρες περιορισμό της δραστηριότητας σε περιοχές υψηλού κινδύνου
 - Απομάκρυνση ευάλωτων περιουσιακών στοιχείων και εξοπλισμού από τοποθεσίες υψηλού κινδύνου
 - Πρόβλεψη εφεδρικής παροχής ενέργειας
 - Διερεύνηση της ανάγκης για προσωρινούς περιορισμούς στο ύψος της στοιβάσιας εμπορευματοκιβωτίων (στους λιμένες που εξυπηρετούν διακίνηση εμπορευματοκιβωτίων) και πρόβλεψη για εναλλακτικές ρυθμίσεις ελλιμενισμού κατά τη διάρκεια ακραίων καιρικών φαινομένων
 - Περιορισμό του ύψους αποθήκευσης χύδην φορτίου που εκτίθεται στις καιρικές συνθήκες για καλύτερο έλεγχο λόγω έντονων ή πιο έντονων βροχοπτώσεων
 - Ορισμό ασφαλών διαδρομών και περιοχών και καταγραφή εκτροπών

III. Προσδιορισμός και αξιοποίηση διασυνδεσιμότητας και επιλογών συνδυασμένων μεταφορών για τη διατήρηση της επιχειρησιακής συνέχειας κατά τη διάρκεια συμβάντων

IV. Εγκατάσταση παρακολούθησης της υποδομής σε πραγματικό χρόνο:

- Συνιστάται η εγκατάσταση δύο ή τριών παλιρροιακών μετρητών, ικανών να παρέχουν ακριβείς μετρήσεις στάθμης νερού εντός του λιμένα
- Θα πρέπει επίσης να εγκατασταθεί εξοπλισμός για μέτρηση κυμάτων και ρευμάτων, καθώς και υπερπήδησης κυμάτων
- Ασύρματοι αισθητήρες ικανοί να μετρούν και να μεταδίδουν μετρήσεις για διάφορες παραμέτρους που επηρεάζουν την δομική απόδοση σε πραγματικό χρόνο.

V. Εγκατάσταση εξοπλισμού έγκαιρης προειδοποίησης:

- Συνιστάται η εγκατάσταση συστημάτων ηχητικών σημάτων προειδοποίησης και ανταλλαγής μηνυμάτων μέσω κινητού σε συνεργασία με την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (ΕΜΥ), για τον σκοπό της μαζικής ειδοποίησης και της μετάδοσης κρίσιμων πληροφοριών σχετικά με σοβαρά καιρικά φαινόμενα

VI. Ευαισθητοποίηση ή/και παροχή ειδικής εκπαίδευσης για νέα πρωτόκολλα λειτουργίας/συντήρησης και σχέδια αντιμετώπισης έκτακτης ανάγκης, π.χ. προκαταρκτική προετοιμασία, εκπαίδευση και κατάρτιση προσωπικού, διαδικασίες εκκένωσης

VII. Συνεργασία και συντονισμός με τα σχετικά ενδιαφερόμενα μέρη (π.χ. παρόχους υπηρεσιών κοινής ωφέλειας, περιφερειακές και τοπικές αρχές) και ανάπτυξη πρωτοκόλλων ανταλλαγής πληροφοριών.

VIII. Δημιουργία μητρώου κλιματικών συμβάντων.

- Τήρηση πληροφοριών σχετικά με τα κλιματικά συμβάντα που επηρέασαν το λιμάνι, συμπεριλαμβανομένων των χαρακτηριστικών τους και των επιπτώσεων στην υποδομή του λιμένα και τη λειτουργία του.

ΙΧ. Αναθεώρηση και περιοδική ενημέρωση της εκτίμησης κινδύνου κλιματικής αλλαγής:

- Λαμβάνοντας υπόψη τα πιο πρόσφατα κλιματικά δεδομένα (π.χ. προβλέψεις και χάρτες κινδύνου πλημμύρας) και τα κλιματικά συμβάντα.

Χ. Παροχή ενημερωτικού/εκπαιδευτικού υλικού για τα ενδιαφερόμενα μέρη και τις τοπικές κοινότητες.

ΧΙ. Λόγω της αναμενόμενης αύξησης της εναπόθεσης ιζημάτων εντός της λεκάνης του λιμένα, θα πρέπει να διενεργείται συχνότερη επιθεώρηση των βάθους και στη συνέχεια να εφαρμόζονται συχνότερες βυθοκορήσεις.

Ο παρακάτω πίνακας περιλαμβάνει ενδεικτικά κόστη μη δομικών μέτρων που θα μπορούσαν να εφαρμοστούν στους λιμένες του δείγματος για τον περιορισμό των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής και την αύξηση της ανθεκτικότητάς τους.

Πίνακας 24. Μη δομικά μέτρα εντός λιμένα.

Προτεινόμενο μέτρο	Παράμετροι μέτρησης	Συχνότητα μέτρησης	Υπεύθυνη Αρχή λειτουργίας	Ενδεικτικό κόστος (€)
Εγκατάσταση μετεωρολογικών σταθμών και άμεση αποστολή δεδομένων	Μέτρηση έντασης και κατεύθυνσης ανέμου, ένταση και ύψος βροχής, θερμοκρασία, υγρασία, ατμοσφαιρική πίεση,	Ανά ένα λεπτό	Λιμενική Αρχή	30.000
Εγκατάσταση δικτύου αισθητήρων	Στάθμη θάλασσας	Ανά ένα λεπτό	Λιμενική Αρχή	50.000
Ανάπτυξη και εγκατάσταση μοντέλου απορροής όμβριων υδάτων	Βραχυπρόθεσμη δυνατότητα πρόβλεψης πλημμυρικών φαινομένων		Λιμενική Αρχή	30.000
Ανάπτυξη και εγκατάσταση ολοκληρωμένης πλατφόρμας επιχειρησιακής παρακολούθησης	Αύξηση θερμοκρασίας, έντονοι άνεμοι, κύματα, πλημμύρες		Λιμενική Αρχή	60.000
Υποβρύχιες επιθεωρήσεις εγκαταστάσεων	Κατάσταση υποδομών λιμένα	Ετήσια και μετά από έντονα καιρικά φαινόμενα	Λιμενική Αρχή	30.000 (ετησίως)
Επιθεώρηση εξοπλισμού	Εξοπλισμός λιμένα (fenders κ.α.)	Ετήσια και μετά από έντονα καιρικά φαινόμενα	Λιμενική Αρχή	20.000 (ετησίως)

Τα ανωτέρω μέτρα παρακολούθησης δημιουργούν ένα κόστος προσαρμογής του λιμένα το οποίο παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 25. Μη δομικά μέτρα εντός λιμένα

Έτος	Μετεωρολογικός σταθμός	Δίκτυο αισθητήρων	Μοντέλο απορροής	Πλατφόρμα παρακολούθησης	Υποβρύχιες επιθεωρήσεις	Επιθεωρήσεις εξοπλισμού	Σύνολο
2026							0
2027	30.000	50.000	30.000	60.000	30.000	20.000	220.000
2028					30.000	20.000	50.000
2029					30.000	20.000	50.000
2030					30.000	20.000	50.000
2031					30.000	20.000	50.000
2032					30.000	20.000	50.000
2033					30.000	20.000	50.000
2034					30.000	20.000	50.000
2035					30.000	20.000	50.000
2036					30.000	20.000	50.000
2037					30.000	20.000	50.000
2038					30.000	20.000	50.000
2039					30.000	20.000	50.000
2040					30.000	20.000	50.000
2041					30.000	20.000	50.000
2042					30.000	20.000	50.000
2043					30.000	20.000	50.000
2044					30.000	20.000	50.000
2045					30.000	20.000	50.000
2046					30.000	20.000	50.000
2047					30.000	20.000	50.000
2048					30.000	20.000	50.000
2049					30.000	20.000	50.000
2050					30.000	20.000	50.000
TOTAL	30.000	50.000	30.000	60.000	720.000	480.000	1.370.000



ΠΡΑΣΙΝΟ ΤΑΜΕΙΟ



Ports
Management &
Shipping
Department
NKUA

Adapt
Ports

Βιβλιογραφία

Ένωση Λιμένων Ελλάδος (ΕΛΙΜΕ) (2024), Στατιστικά στοιχεία ελληνικών λιμένων: 2014-2014.

Ετήσιες Εκθέσεις από τις ιστοσελίδες των Οργανισμών Λιμένων: 2014-2014.

GREPORT - Report on Greek Ports, 2024.