

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 Π4.2: *Εκτίμηση τρωτότητας στα λιμάνια μελέτης (Vulnerability Assessment)*

Υποενότητα Εργασίας: *Εκτίμηση τρωτότητας στα λιμάνια μελέτης (Vulnerability Assessment)*

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περιγραφή Παραδοτέου.....	4
1 Εισαγωγή	5
1.1 Η έννοια της τρωτότητας	5
2 Μεθοδολογία.....	7
2.1 Καθορισμός Τρωτότητας.....	7
2.2 Κανονικοποίηση δεδομένων	8
3 Τρωτότητα λιμενικών υποδομών έναντι ανόδου στάθμης θάλασσας	11
3.1 Καταγραφή χαρακτηριστικών λιμένων.....	11
3.1.1 Γεωαναφορά Εικόνων	11
3.1.2 Ψηφιοποίηση Λιμένων	12
3.2 Ταξινόμηση τρωτότητας λιμενικών υποδομών	13
3.2.1 Αλεξανδρούπολη	13
3.2.2 Ηγουμενίτσα	15
3.2.3 Χαλκίδα.....	16
3.2.4 Βόλος.....	19
3.2.5 Λαύριο	21
3.2.6 Ηράκλειο	23
3.3 Κανονικοποίηση ταξινόμησης τρωτότητας υποδομών	24
3.3.1 Αλεξανδρούπολη	25
3.3.2 Ηγουμενίτσα	27
3.3.3 Χαλκίδα.....	28
3.3.4 Βόλος.....	29
3.3.5 Λαύριο	30
3.3.6 Ηράκλειο	31
4 Τρωτότητα λιμενικών λειτουργιών έναντι κλιματικών κινδύνων	33
4.1 Τρωτότητα λιμενικών λειτουργιών έναντι ισχυρών ανέμων	33
4.1.1 Εννοιολογικό πλαίσιο και ενδεικτικοί δείκτες τρωτότητας.....	33



4.1.2	Εφαρμογή δεικτών για την εκτίμηση τρωτότητας	37
4.2	Τρωτότητα λιμενικών λειτουργιών έναντι υψηλών θερμοκρασιών	39
4.2.1	Εννοιολογικό πλαίσιο και ενδεικτικοί δείκτες τρωτότητας.....	39
4.2.2	Εφαρμογή δεικτών για την εκτίμηση τρωτότητας	43

Περιγραφή Παραδοτέου

Ο βαθμός κρίσιμης σημασίας των υποδομών καθορίζεται από την αξιολόγηση των υποδομών/υπηρεσιών των οποίων η διακοπή ή η καταστροφή θα έχει αρνητικές επιπτώσεις στη λειτουργικότητα του λιμανιού. Σκοπός του Παραδοτέου είναι η αξιολόγηση και η κατάταξη των τρωτών σημείων που καθιστούν τα περιουσιακά στοιχεία του λιμανιού, τα συστήματα μεταφοράς και τα επιχειρησιακά συστήματα ευάλωτα σε ζημιές και συνέπειες από κλιματικούς κινδύνους. Η αξιολόγηση ευπάθειας θα βασιστεί στα φυσικά χαρακτηριστικά και την ικανότητα προσαρμογής σε σχέση με τις τεχνητές αμυντικές εγκαταστάσεις του λιμανιού (αμυντικά έργα ακτογραμμής).

Σύνθεση Ομάδας Έργου Παραδοτέου

Φραγκίσκος Μαρκοζανές

Ματίνα Λεσιώτη, MSc

Γιώργος Βαγγέλας

Κατερίνα Καρδισιά, Επίκ. Καθηγήτρια

1 Εισαγωγή

1.1 Η έννοια της τρωτότητας

Η τρωτότητα αποτελεί έναν βασικό πυλώνα στις αξιολογήσεις των κινδύνων που συνδέονται με την κλιματική αλλαγή και περιγράφει το πώς ένα σύστημα, είτε φυσικό είτε ανθρωπογενές, είναι επιρρεπές ή ανεπαρκές στο να αντιμετωπίσει τις δυσμενείς συνέπειες της αλλαγής του κλίματος. Η τρωτότητα ορίζεται ως η «*Η τάση ή προδιάθεση να επηρεάζεται κανείς αρνητικά. Η τρωτότητα περιλαμβάνει μια ποικιλία εννοιών και στοιχείων, όπως η ευαισθησία ή η επιδεκτικότητα σε βλάβη και η έλλειψη ικανότητας αντιμετώπισης και προσαρμογής*».

Η τρωτότητα αφορά τα σχετικά χαρακτηριστικά των εκτεθειμένων στοιχείων και του συστήματος στο οποίο αυτά εντάσσονται (π.χ. η τρωτότητα του πληθυσμού και του άμεσου περιβάλλοντός του σε ένα χωριό που βρίσκεται σε περιοχή επιρρεπή στην ξηρασία), τα οποία μπορεί να αυξάνουν (ή να μειώνουν) τις δυνητικές συνέπειες ενός συγκεκριμένου κλιματικού κινδύνου.

Η τρωτότητα περιγράφεται από δύο βασικά στοιχεία:

Ευαισθησία (Sensitivity):

Καθορίζεται από εκείνους τους παράγοντες που επηρεάζουν άμεσα τις συνέπειες ενός κινδύνου. Η ευαισθησία μπορεί να περιλαμβάνει φυσικά χαρακτηριστικά ενός συστήματος (π.χ. δομικά υλικά κατοικιών, τύπος εδάφους στις γεωργικές εκτάσεις), καθώς και κοινωνικά, οικονομικά και πολιτισμικά χαρακτηριστικά (π.χ. ηλικιακή διάρθρωση, εισοδηματική δομή). Έτσι, η κατανόηση της ευαισθησίας παραμένει σε μεγάλο βαθμό αμετάβλητη σε σχέση με την έννοια της AR4.

Ικανότητα (Capacity):

Στο πλαίσιο των αξιολογήσεων κλιματικού κινδύνου, η ικανότητα αναφέρεται στη δυνατότητα των κοινωνιών και των κοινοτήτων να προετοιμάζονται και να ανταποκρίνονται στις τρέχουσες και μελλοντικές κλιματικές επιπτώσεις. Περιλαμβάνει:

- **Ικανότητα αντιμετώπισης (Coping capacity):**

Η ικανότητα των ανθρώπων, των θεσμών, των οργανισμών και των συστημάτων, αξιοποιώντας διαθέσιμες δεξιότητες, αξίες, πεποιθήσεις, πόρους και ευκαιρίες, να αντιμετωπίζουν, να διαχειρίζονται και να υπερβαίνουν δυσμενείς συνθήκες σε βραχυπρόθεσμο έως μεσοπρόθεσμο ορίζοντα» (π.χ. ύπαρξη συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης).

- **Ικανότητα προσαρμογής (Adaptive capacity):**

Η ικανότητα των συστημάτων, των θεσμών, των ανθρώπων και άλλων οργανισμών να προσαρμόζονται σε ενδεχόμενες ζημιές, να αξιοποιούν ευκαιρίες ή να ανταποκρίνονται στις συνέπειες» (π.χ. γνώση για την εισαγωγή νέων γεωργικών μεθόδων).

Στην κλιματική επιστήμη, η τρωτότητα αποτελεί κεντρικό στοιχείο των αξιολογήσεων κινδύνου, καθώς συνδέει τις προβλεπόμενες φυσικές αλλαγές με τις κοινωνικές, οικονομικές και τεχνολογικές δυνατότητες ενός συστήματος να αντιμετωπίσει αυτές τις αλλαγές. Όσο χαμηλότερη είναι η ικανότητα ενός συστήματος να προσαρμοστεί, τόσο υψηλότερη η τρωτότητά του. Αντιθέτως, η ύπαρξη ισχυρών θεσμών, τεχνολογικής υποδομής και σχεδιασμένων στρατηγικών προσαρμογής μπορεί να μειώσει συνολικά την τρωτότητα και να ενισχύσει την ανθεκτικότητα. Η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC), ορίζει την τρωτότητα ως τον βαθμό στον οποίο ένα σύστημα είναι ευάλωτο ή δεν μπορεί να ανταποκριθεί στις αρνητικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, συμπεριλαμβανομένων και των ακραίων φαινομένων.

Η κατανόηση της τρωτότητας είναι ιδιαίτερα κρίσιμη για παραθαλάσσιες υποδομές όπως οι λιμένες, οι οποίες αποτελούν ζωτικά σημεία για το διεθνές εμπόριο, την οικονομική ανάπτυξη και την κοινωνική συνοχή. Οι λιμένες λειτουργούν ως κρίσιμοι κόμβοι μεταφορών και logistics, αλλά βρίσκονται ταυτόχρονα σε άμεση επαφή με τις θάλασσες και επομένως εκτίθενται στους κινδύνους που απορρέουν από το απευθείας αποτέλεσμα της κλιματικής αλλαγής, την άνοδο της μέσης θαλάσσιας στάθμης και την ένταση των ακραίων θαλάσσιων γεγονότων.

2 Μεθοδολογία

2.1 Καθορισμός Τρωτότητας

Οι παράγοντες που κατανέμονται στη συνιστώσα της τρωτότητας θα πρέπει να αντιπροσωπεύουν τις δύο πτυχές της ευαισθησίας και της ικανότητας, όπου η ικανότητα περιλαμβάνει τόσο την ικανότητα αντιμετώπισης όσο και την προσαρμοστική ικανότητα. Ωστόσο, συχνά δεν είναι εφικτός ο σαφής διαχωρισμός και η κατανομή των επιμέρους παραγόντων είτε στην υπο-συνιστώσα της ευαισθησίας (sensitivity) είτε σε εκείνη της ικανότητας αντιμετώπισης/προσαρμογής (coping/adaptive capacity). Σε κάθε περίπτωση, οι παράγοντες και των δύο υπο-συνιστωσών συγκεντρώνονται στη συνέχεια στη συνιστώσα της τρωτότητας. Για τους παράγοντες της τρωτότητας συνιστάται η χρήση διατύπωσης που υποδηλώνει μια κρίσιμη κατάσταση, π.χ. «δυσμενείς εδαφικές συνθήκες» αντί για «τύπος εδάφους» ή «ανεπαρκής τεχνογνωσία σχετικά με τα αρδευτικά συστήματα» αντί για «γνώση σχετικά με την άρδευση» (GIZ 2017).

Ο καθορισμός της ευαισθησίας περιλαμβάνει τόσο το φυσικό περιβάλλον όσο και τις κοινωνικοοικονομικές ή πολιτισμικές πτυχές, όπως οι εδαφικές συνθήκες, τα αρδευτικά συστήματα ή τα πρότυπα χρήσεων γης. Για παράδειγμα, κατά την εξέταση της έλλειψης νερού στη γεωργία, μπορούν να τεθούν ερωτήματα όπως: *αποτελεί η υδατική απαίτηση των καλλιεργούμενων τύπων καλλιεργειών σημαντικό παράγοντα σε αυτή την περίπτωση;*

Οι παράγοντες ικανότητας αντιμετώπισης/προσαρμογής περιλαμβάνουν εκείνες τις πτυχές που χαρακτηρίζουν τη δυνατότητα (ή την έλλειψη δυνατότητας) αντιμετώπισης μιας δυσμενούς κατάστασης, καθώς και εκείνες τις πτυχές που καθορίζουν τη δυνατότητα (ή την έλλειψη δυνατότητας) προσαρμογής σε μελλοντικές καταστάσεις. Για τον εντοπισμό των (ελλειπουσών) ικανοτήτων, θα πρέπει να εξετάζονται τόσο πτυχές που συνδέονται άμεσα με τον κίνδυνο όσο και πιο γενικά ζητήματα.

Είναι βοηθητικό να λαμβάνονται υπόψη οι τέσσερις διαστάσεις της ικανότητας αντιμετώπισης/προσαρμογής:

- **Γνώση:** υπάρχει διαθέσιμη γνώση ή τεχνογνωσία, ή απουσιάζει, που θα μπορούσε να υποστηρίξει την προσαρμογή;
- **Τεχνολογία:** υπάρχουν διαθέσιμες τεχνικές επιλογές ή απουσιάζουν, οι οποίες θα μπορούσαν να ενισχύσουν την ικανότητα;
- **Θεσμοί:** πώς συμβάλλει το θεσμικό περιβάλλον στην ενίσχυση της ικανότητας;

- **Οικονομία:** ποιοι οικονομικοί και χρηματοδοτικοί πόροι είναι διαθέσιμοι ή απουσιάζουν για την ενίσχυση της ικανότητας ή την εφαρμογή μέτρων προσαρμογής;

Ο εντοπισμός παραγόντων ως έλλειψη ικανότητας βοηθά στη διερεύνηση ιδεών και πιθανών σημείων παρέμβασης για την ενίσχυση των ικανοτήτων αντιμετώπισης/προσαρμογής. Η *Εικόνα 1* δείχνει πώς η ικανότητα μπορεί να ενσωματωθεί στην αλυσίδα επιπτώσεων. Οι παράγοντες που περιγράφουν την (έλλειψη) ικανότητας αντιμετώπισης/προσαρμογής απεικονίζονται ως πράσινα πλαίσια με πορτοκαλί περίγραμμα.

2.2 Κανονικοποίηση δεδομένων

Για την εφαρμογή τους στις αλυσίδες επιπτώσεων, οι κλιματικοί δείκτες που επιλέγονται για τον προσδιορισμό του κλιματικού κινδύνου, θα πρέπει πρώτα να περάσουν μία διαδικασία κανονικοποίησης. Οι τιμές των δεικτών μπορούν να κανονικοποιηθούν με δύο διαφορετικές προσεγγίσεις, ανάλογα με την κλίμακα μέτρησης. Στην περίπτωση αριθμητικών τιμών, απαιτείται ο έλεγχος της «κατεύθυνσης» του εύρους των τιμών και ο καθορισμός κατώφλιων.

Οι δείκτες που μετρώνται σε μετρική κλίμακα μετασχηματίζονται σε τιμές μεταξύ 0 και 1, όπου το «0» αντιπροσωπεύει βέλτιστη κατάσταση και το «1» κρίσιμη κατάσταση. Τα καθορισμένα κατώφλια ορίζουν το εύρος των τιμών του δείκτη που αντιστοιχούν στα επίπεδα κρισιμότητας. Πρέπει να διασφαλίζεται ότι η αύξηση ή η μείωση της τιμής του δείκτη αντανakλά αντίστοιχη μεταβολή της κρισιμότητας σε σχέση με τον κίνδυνο.

Το τμήμα των τιμών μεταξύ του κατώτερου και του ανώτερου κατώφλιου ακολουθεί την *Εξίσωση 1*.

$$x_{norm} = \frac{x_i - x_{min}}{x_{max} - x_{min}}$$

- x_{norm} : κανονικοποιημένη τιμή
- x_i : τιμή δείκτη
- x_{min} : κατώτερο κατώφλι
- x_{max} : ανώτερο κατώφλι

Ισχύει ότι, τιμές μικρότερες από x_{min} αντιστοιχίζονται στο x_{max} , ενώ τιμές μεγαλύτερες από x_{max} στο x_{min} , δηλαδή:

- αν $x_i \leq x_{min} \rightarrow x_{norm} = x_{min}$
- αν $x_i \geq x_{max} \rightarrow x_{norm} = x_{max}$
- αν $x_{min} < x_i < x_{max}$, τότε εφαρμόζεται η εξίσωση

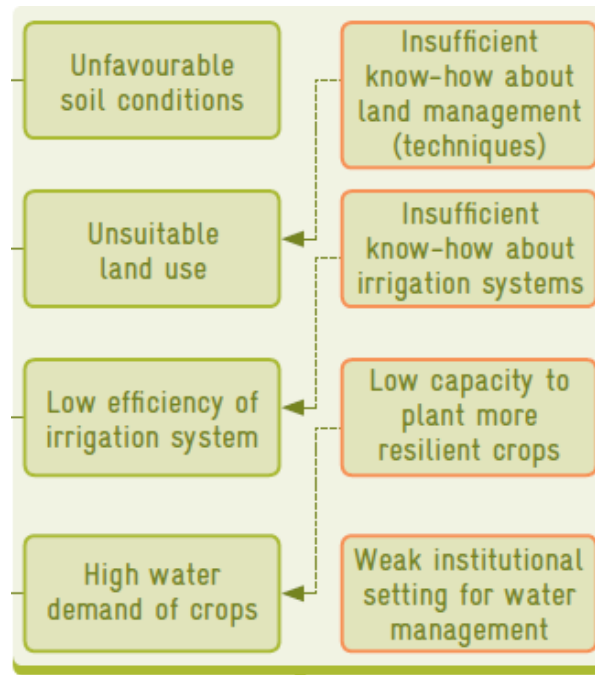
Οι δείκτες που προσδιορίζονται με κατηγορικές τιμές και διατακτική κλίμακα κανονικοποιούνται με τη χρήση ενός σχήματος πέντε κλάσεων. Το σχήμα αυτό ορίζει επίπεδα από: **1 = βέλτιστη κατάσταση έως 5 = κρίσιμη κατάσταση**.

Οι ειδικοί του εκάστοτε πεδίου κατανέμουν τα χαρακτηριστικά κάθε δείκτη στις αντίστοιχες κλάσεις (π.χ. «δάσος», «δομημένη περιοχή» για την κάλυψη γης). Δείκτες για τους οποίους δεν υπάρχουν μετρημένα ή παρατηρησιακά δεδομένα (π.χ. «ποιότητα λειτουργίας Επιτροπών Διαχείρισης Λεκανών Απορροής») μπορούν να λαμβάνουν τιμές βάσει εμπειρογνωμοσύνης, επίσης σε πέντε κλάσεις. Για να καταστεί δυνατή η ενοποίηση όλων των δεικτών, το σχήμα των πέντε κλάσεων μετασχηματίζεται επίσης στο εύρος 0–1, όπως φαίνεται στον Πίνακα 2.1.

Πίνακας 2.1. Σχηματική ταξινόμηση ταξινομικών μεταβλητών

Τιμή κλάσης (1–5)	Κανονικοποιημένη τιμή (0–1)	Περιγραφή
1	0.1	Βέλτιστη (δεν απαιτείται ή δεν είναι δυνατή βελτίωση)
2	0.3	Μάλλον θετική
3	0.5	Ουδέτερη
4	0.7	Μάλλον αρνητική
5	0.9	Κρίσιμη (μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρές συνέπειες)

Στη συνέχεια, η ανάλυση της τρωτότητας πραγματοποιείται τόσο σε διαλιμενικό επίπεδο, επιτρέποντας τη σύγκριση μεταξύ διαφορετικών λιμένων, όσο και σε ενδολιμενικό επίπεδο, αποτυπώνοντας τις χωρικές διαφοροποιήσεις του κινδύνου εντός των επιμέρους λιμενικών εγκαταστάσεων, ανάλογα με τις ανάγκες της υπό μελέτη κλιματικής διακινδύνευσης.



Εικόνα 1. Απεικόνιση σε σχήμα των παραγόντων ευαισθησίας για τον κίνδυνο «Κίνδυνος έλλειψης νερού για μικροκαλλιεργητές» (πράσινο περίγραμμα) και παράγοντες ικανότητας (πορτοκαλί περίγραμμα) για τον κίνδυνο «Κίνδυνος έλλειψης νερού για μικροκαλλιεργητές»

3 Τρωτότητα λιμενικών υποδομών έναντι ανόδου στάθμης θάλασσας

3.1 Καταγραφή χαρακτηριστικών λιμένων

Για την υλοποίηση του παρόντος παραδοτέου και την σαφή αποτύπωση της σημερινής εικόνας των λιμανιών που βρίσκονται υπό μελέτη, χρησιμοποιήθηκαν πλήθος εικόνων, όπως απλές εικόνες και φωτογραφίες, δορυφορικές εικόνες, κατόψεις και εικόνες από Προγραμματικά Σχέδια (Master Plans) του κάθε λιμένα.

Πιο συγκεκριμένα, οι δορυφορικές εικόνες λήφθηκαν από το εργαλείο Google Earth, ενώ χρησιμοποιήθηκαν και ορθοφωτογραφίες του Ελληνικού Κτηματολογίου, ενώ μεγάλη βοήθεια αποτέλεσε η λειτουργία street view για την σαφή εικόνα των υποδομών καθώς τα περισσότερα λιμάνια βρίσκονται μακριά από τη βάση του Πανεπιστημίου Αθηνών. Επιπλέον, οι δορυφορικοί χάρτες και οι χάρτες Open Street του προγράμματος ArcGIS Pro (basemaps) αποτέλεσαν τα κύρια εργαλεία για την ψηφιοποίηση των λιμανιών και τη δημιουργία χαρτών.

3.1.1 Γεωαναφορά Εικόνων

Η απεικόνιση των λιμανιών πραγματοποιήθηκε κατά κύριο λόγο με δορυφορικές εικόνες από Google Earth και ορθοφωτογραφίες του Ελληνικού Κτηματολογίου, η επεξεργασία των οποίων έγινε με το πρόγραμμα ArcGIS Pro. Βασικό βήμα στην επεξεργασία απλών δορυφορικών εικόνων στο ArcGIS Pro είναι η γεωαναφορά τους. Η γεωαναφορά είναι μια διαδικασία με την οποία ένα σύνολο δεδομένων raster (εικόνα) χωρίς χωρική αναφορά μπορεί να αντιστοιχιστεί με ένα επίπεδο που έχει χωρική αναφορά. Μπορεί να γίνει είτε σε ένα άλλο επίπεδο raster είτε σε μια τάξη χαρακτηριστικών, δηλαδή καλά καθορισμένα αντικείμενα στις εικόνες, όπως διασταυρώσεις δρόμων ή χαρακτηριστικά γης. Αυτά τα αντικείμενα πρέπει να βρίσκονται στο έδαφος και δεν πρέπει να είναι υπερυψωμένα χαρακτηριστικά. Με αυτόν τον τρόπο, υπάρχει μια βεβαιότητα ότι η γεωαναφορά αναφέρεται στην ίδια τοποθεσία τόσο στο επίπεδο raster όσο και στο ευθυγραμμισμένο επίπεδο.

Πριν τη γεωαναφορά μιας δορυφορικής εικόνας, είναι απαραίτητη η επιλογή του προβολικού συστήματος στο οποίο θα γίνει η γεωαναφορά. Οι συντεταγμένες που δίνονται στο συγκεκριμένο χάρτη καθορίζονται από το προβολικό σύστημα. Ακολουθεί η δημιουργία

πυραμίδων, όπου γίνεται καταμερισμός του αρχείου σε πολλά μικρά τμήματα και με αυτή την ενέργεια, το GIS έχει τη δυνατότητα να απομονώνει το τμήμα του raster που δεν εμφανίζεται στο παράθυρο του χάρτη και να διαβάζει μόνο το ορατό τμήμα αυτού, με αποτέλεσμα το σύστημα να κινείται ταχύτερα.

Επόμενο βήμα, είναι η γεωαναφορά του ψηφιδωτού αρχείου ώστε να τοποθετηθεί η δορυφορική εικόνα στην πραγματική της θέση στο χώρο. Αυτό πραγματοποιείται από Control Points, δηλαδή σημεία ελέγχου, που προστίθενται στην εικόνα. Κάθε φορά που τοποθετείται ένα σημείο ελέγχου στην δορυφορική εικόνα τοποθετείται και ένα αντίστοιχο σημείο στο επίπεδο – στόχος του χάρτη, στην προκειμένη περίπτωση το basemap. Τα σημεία που χρησιμοποιούνται είναι σταυροδρόμια, κτίρια, γεωμορφές ή δέντρα που φαίνονται αναλλοίωτα στο βάθος του χρόνου. Ο αριθμός των σημείων ελέγχου πρέπει να είναι μεγάλος και να καταλαμβάνουν όλο το εύρος της εικόνας, κυρίως το περίγραμμά της, ώστε να γίνει καλό άνοιγμα αυτής άρα και σωστή τοποθέτηση στο χώρο.

Μια άλλη μέθοδος γεωαναφοράς εικόνων Google Earth είναι η δημιουργία ενός πλαισίου με τη λειτουργία new path (Εικόνα) το οποίο αποθηκεύεται σε kml αρχείο και την αποθήκευση της εικόνας που βρίσκεται εντός του πλαισίου. Με αυτόν τον τρόπο εισάγεται το αρχείο kml στο ArcGIS Pro, το οποίο είναι γεωαναφερμένο, και στη συνέχεια εισάγεται η εικόνα και γεωαναφέρεται πάνω στο αρχείο kml. Η μέθοδος αυτή είναι πιο γρήγορη αλλά και πάλι για μεγαλύτερη ακρίβεια χρειάζονται να προστεθούν σημεία (control points) όπως αναλύθηκε προηγουμένως.

3.1.2 Ψηφιοποίηση Λιμένων

Μετά το πέρας των εργασιών γεωαναφοράς, ακολουθεί η ψηφιοποίηση των χωρικών δεδομένων. Το επίπεδο πληροφορίας μπορεί να περιλαμβάνει σημεία (points), γραμμές (polylines) ή πολύγωνα (polygon). Στο παρόν παραδοτέο πραγματοποιήθηκε ψηφιοποίηση της ακτογραμμής και των προβλητών του κάθε λιμανιού, των κτιρίων, των δρόμων, των σιδηροδρομικών γραμμών (όπου υπάρχουν) και των ανοιχτών χώρων (πάρκα, δασικές περιοχές, χώροι στάθμευσης, χώροι απόθεσης/αποθήκευσης εμπορεύματος κλπ) που βρίσκονται μέσα στα όρια διοίκησης του λιμένα.

Η ψηφιοποίηση έγινε κατά κύριο λόγο χρησιμοποιώντας το Open Street basemap του ArcGIS Pro καθώς ήταν ευδιάκριτα και σαφή τα όρια των προβλητών και των δρόμων. Οι δορυφορικές εικόνες βοήθησαν περισσότερο στην καταγραφή των κτιρίων και των ανοιχτών χώρων. Η διαδικασία αυτή ήταν χρονοβόρα, αφού πρόκειται για μία λεπτομερή επιλογή διαδοχικών σημείων σε πολύ κοντινή απόσταση.

3.2 Ταξινόμηση τρωτότητας λιμενικών υποδομών

Στις ακόλουθες ενότητες πραγματοποιείται η ανάλυση/ ποσοτικοποίηση της τρωτότητας των λιμενικών υποδομών, τόσο σε ενδολιμενικό επίπεδο, αποτυπώνοντας τις χωρικές διαφοροποιήσεις του κινδύνου εντός των επιμέρους λιμενικών εγκαταστάσεων όσο και σε διαλιμενικό επίπεδο, επιτρέποντας τη σύγκριση μεταξύ διαφορετικών λιμένων.

3.2.1 Αλεξανδρούπολη

Το λιμάνι της Αλεξανδρούπολης αποτελείται από τρεις κύριους προβλήτες. Ο τομέας Α αποτελείται από την αποβάθρα/ζώνη επιβατηγών πλοίων (μήκους περίπου 295 m) και πλησίον αυτής υπάρχει καταφύγιο για ερασιτεχνικά/αναψυχής σκάφη (μήκους 150 m). Ο Τομέας Β αποτελείται από προβλήτες γενικού φορτίου καθώς παρέχει θέσεις ελλιμενισμού για ρυμουλκά, αλιευτικά και εμπορικά πλοία (συνολικό μήκος περίπου 1350 m) ενώ ο Τομέας Γ περιλαμβάνει τον τερματικό σταθμό εμπορευματοκιβωτίων (μήκος περίπου 730 m).

Στο λιμάνι της Αλεξανδρούπολης η πλειονότητα των αποβάθρων έχει γενικά ύψη κρηπιδωμάτων μεταξύ 1.4 – 1.8 m. Για τις αποβάθρες του Τομέα Α (ζώνη επιβατικών πλοίων και ερασιτεχνικών/αναψυχής σκαφών) οι θέσεις ελλιμενισμού Α1-Α3 έχουν ύψη περίπου 1.8 m ενώ μικρότερες προβλήτες για τα σκάφη αναψυχής φτάνουν έως 1.1 m χαμηλότερα. Ο Τομέας Β στο σύνολο του έχει υψηλότερα κρηπιδώματα με τα Β1-Β7 να κυμαίνονται σε ύψη από 1.5 - 1.7 m. Όσον αφορά τον Τομέα Γ οι θέσεις ελλιμενισμού Γ1 – Γ4 βρίσκονται στα 1.7 m με 1.8 m. Αυτές οι αποβάθρες χρησιμοποιούνται κυρίως για επιβατικά πλοία, κρουαζιερόπλοια και μεταφορές ξηρού χύδην φορτίου.

Για τον λιμένα της Αλεξανδρούπολης, τα υφιστάμενα ελεύθερα ύψη κρηπιδώματος, με συνέπεια στο κατώτατο λειτουργικό όριο ασφαλείας για εμπορικές δραστηριότητες (1.5 m), κυμαίνονται μεταξύ 0.7 -1.1 m. Αυτό το εύρος υψών αποτελεί τη βάση για την αξιολόγηση των περιοχών ελλιμενισμού που είναι πιο ευάλωτες στη μελλοντική άνοδο της στάθμης της θάλασσας.

Συνολικότερα, η τυπολογία του Λιμένα Αλεξανδρούπολης αποτελείται από σχετικά χαμηλά ύψη κρηπιδωμάτων, δημιουργώντας μια βασική ευπάθεια. Σχεδόν ολόκληρο το λιμάνι έχει περιορισμένα ελεύθερα ύψη (air draft) καθιστώντας τους περισσότερους τομείς δραστηριοτήτων ευαίσθητους στις διακυμάνσεις της στάθμης της θάλασσας και στη μελλοντική άνοδο της. Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγει και το γεγονός ότι δεν παρατηρείται καμία αποβάθρα να υπερβαίνει τα 2.0 m σε ύψος, γεγονός που συνεπάγεται αυτόματα, σε σχετικά περιορισμένο περιθώριο ελεύθερου ύψους κρηπίδας σε ολόκληρο το λιμάνι.

Σημειώνεται ακόμη ότι και οι υψηλότερες αποβάθρες στον Τομέα Γ (1.7 – 1.8 m) πληρούν μόλις το ελάχιστο συνιστάμενο ελεύθερο ύψος υπό τις τρέχουσες συνθήκες ενώ ότι αφορά τα υφιστάμενα ελεύθερα ύψη για τις αλιευτικές ή ψυχαγωγικές δραστηριότητες φαίνεται να πληρούν τα κριτήρια ασφάλειας στο σύνολο των υπό εξέταση περιόδων. Συναφώς η εργασία επικεντρώνεται στις εμπορικές/ακτοπλοϊκές δραστηριότητες του λιμένα και κατά επέκταση στις αντίστοιχες προβλήτες.

Η χωρική κατανομή των υψών των αποβάθρων και των χρήσεων τους (επιβάτες, φορτία κ.λπ.) συνοψίζεται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2. Χαρακτηριστικά – Τυπολογία Λιμένα Αλεξανδρούπολης.

Αποβάθρες	Είδος δραστηριότητας	Ύψος αποβάθρας	Μήκος αποβάθρας (km)	
A	A1	Ακτοπλοΐα	1.8	0.31
	A2	Πολλαπλών χρήσεων	1.6	0.15
	A3	Σκαφη ερασιτεχνικά/αναψυχής	1.2	0.03
	A4		1.1	0.23
	A5		0.8	0.07
	A6		1.4	0.11
	A7	1.4	0.05	
	A8	Ρυμουλκά λιμένος (LoLo)	1.6	0.08
B	B1	1.7	0.22	
	B2	Εμπορικά πλοία (LoLo)	1.6	0.15
	B3		1.6	0.26
	B4	Αλιευτικά	1.5	0.04
	B5		1.6	0.12
	B6		1.7	0.13
	B7		1.7	0.28
Γ	Γ1	Αλιευτικά ή Εμπορικά	1.8	0.49
	Γ2	Εμπορικά πλοία (RoRo, LoLo)	1.7	0.10
	Γ3		1.7	0.18
	Γ4		1.7	0.51

3.2.2 Ηγουμενίτσα

Το λιμάνι της Ηγουμενίτσας αποτελείται από τρεις κύριους προβλήτες. Η πλειονότητα των αποβάθρων έχει γενικά ύψη κρηπιδωμάτων μεταξύ 1.6 – 1.9 m. Ο προβλήτας «Παλιός Λιμένας» στεγάζει υπηρεσίες (Τελωνείο, Λιμεναρχείο κ.λπ.) καθώς και σκάφη ψυχαγωγίας ενώ Νότια του παλαιού λιμένα βρίσκεται το Πορθμείο εσωτερικών γραμμών (μήκος ~370 m, ωφέλιμο βάθος ~5 m). Για τις αποβάθρες του προβλήτα Παλιό Λιμάνι (ζώνη ερασιτεχνικών/αναψυχής σκαφών), που αντιστοιχούν στις θέσεις ελλιμενισμού H12 - H13, το ύψος είναι περίπου 1.8 m. Όσον αφορά στη Ζώνη Ακτοπλοΐας τα ύψη των κρηπιδωμάτων (H21 – H24) κυμαίνονται από 1.6 – 1.9 m ενώ ο Επιβατικός προβλήτας αφορά στις θέσεις ελλιμενισμού H31 - H4 με ύψη μεταξύ 1.6 – 1.8 m.

Τα επιχειρησιακά όρια λειτουργίας για την ασφάλεια των λιμενικών δραστηριοτήτων, με συνέπεια στο κατώτατο λειτουργικό όριο ασφαλείας, ορίζονται ως το ελάχιστο ελεύθερο ύψος του κρηπιδώματος από τη ΜΣΘ για τις εμπορικές δραστηριότητες στο 1.5 m από την θαλάσσια στάθμη και 0.5 m για τα σκάφη αναψυχής και αλιείας. Συνεπώς μια λειτουργική κατώτατη θαλάσσια στάθμη μπορεί να οριστεί για κάθε πλευρά αποβάθρας ως το ελεύθερο ύψος του κρηπιδώματος (κρηπίδα) αφαιρώντας το αντίστοιχο επιχειρησιακό όριο (π.χ. 1.5 m).

Για τον λιμένα της Ηγουμενίτσας τα υφιστάμενα ελεύθερα ύψη κρηπιδώματος, με συνέπεια στο κατώτατο λειτουργικό όριο ασφαλείας για εμπορικές δραστηριότητες (1.5 m), κυμαίνονται μεταξύ 0.1 -1.3 m. Αυτό το εύρος υψών αποτελεί τη βάση για την αξιολόγηση των περιοχών ελλιμενισμού που είναι πιο ευάλωτες στη μελλοντική άνοδο της στάθμης της θάλασσας.

Γενικά, η τυπολογία του Λιμένα Ηγουμενίτσας αποτελείται από μεικτά ύψη κρηπιδωμάτων με ελάχιστο ύψος τα 1.6 m ενώ το υψηλότερο στα 1.9 m με το μεγαλύτερο μέρος του λιμένα να έχει ικανά υφιστάμενα περιθώρια. Για τις θέσεις ελλιμενισμού προκύπτουν δυο καθεστώτα ελεύθερου ύψους (air draft) (0.1-0.4 m και 1.1 – 1.3 m) αντίστοιχα των λιμενικών δραστηριοτήτων τους. Η προβλήτα Παλιός Λιμένας αφορά αλιευτικές/ψυχαγωγικές δραστηριότητες και παραμένει αποτελεσματικά λειτουργική, όπως αναμενόταν, σε όλα τα σενάρια καθώς τα λειτουργικά όρια για αυτές τις χρήσεις είναι ηπιότερα σε σχέση με αυτά των εμπορικών απαιτήσεων.

Εστιάζοντας στις εμπορικές/ακτοπλοϊκές προβλήτες, η Ηγουμενίτσα παρουσιάζει μια σαφής κλίση και κλιμάκωση ως προς την ευπάθεια για τις θέσεις ελλιμενισμού με εύρος υψών μεταξύ 1.6 – 1.7 m (H2-1, H2-2, H2-3, H3-1) δημιουργώντας χρόνιους “οδηγούς” μη λειτουργικότητας ενώ ύψη μεταξύ 1.8 – 1.9 m παρουσιάζουν ηπιότερη κλιμάκωση. Αναλυτικότερα ύψη 1.9 m παρουσιάζουν τις ανθεκτικότερες συμπεριφορές μέχρι και το

2050, ωστόσο σημειώνεται ότι από το 2050 και ύστερα τα εν λόγω ύψη αρχίζουν να εμφανίζονται, περιορισμένες μεν αλλά μη μηδενικές υπερβάσεις, επηρεάζοντας μελλοντικά περισσότερους τομείς δραστηριοτήτων καθιστώντας τους ευαίσθητους στις διακυμάνσεις της στάθμης της θάλασσας και στη μελλοντική άνοδο της.

Η κατανομή των υψών των αποβάθρων και των χρήσεων τους (επιβάτες, φορτία κ.λπ.) συνοψίζεται στον Πίνακα 3.

Πίνακας 3. Χαρακτηριστικά – Τυπολογία Λιμένα Ηγουμενίτσας

Αποβάθρες		Είδος δραστηριότητας	Ύψος αποβάθρας	Μήκος αποβάθρας (km)
H1	H1 – 2	Παλιό Λιμάνι - Περιοχή σκαφών αναψυχής	1.8	0.04
	H1 – 3		1.8	0.05
	H1 – 4		1.6	0.15
	H1 – 5		1.7	0.02
	H1 – 6		1.7	0.12
	H1 – 7		1.8	0.03
	H1 – 8		1.7	0.10
	H1 – 11		1.7	0.06
H2	H2 – 1	Πορθμείο - Ακτοπλοία Νότιος Παλιός Λιμένας	1.6	0.11
	H2 – 2		1.7	0.20
	H2 – 3		1.6	0.12
	H2 – 4		1.9	0.06
H3/ H4	H3	Επιβατικός Λιμένας	1.6	0.45
	H4		1.8	0.80

3.2.3 Χαλκίδα

Το λιμάνι της Χαλκίδας αποτελείται από έναν σημαντικό αριθμό αποβαθρών μεικτής χρήσης, με ύψη κρηπιδωμάτων που κυμαίνονται από 0.7 m έως 1.9 m σε σχέση με την υφιστάμενη μέση θαλάσσια στάθμη. Το λιμάνι εκτείνεται και στις πλευρές του Στενού του Ευρίπου με ποικίλλες χρήσεις εξυπηρετώντας εμπορικές, ψυχαγωγικές και αλιευτικές δραστηριότητες. Ωστόσο περίπου το 85% ο λιμένας εξυπηρετεί κυρίως σκάφη αναψυχής και αλιείας με βάση την υφιστάμενη χρήση τους, το υπόλοιπο αφορά στην ακτοπλοϊκή δραστηριότητα μαζί με εμπορικές δραστηριότητες μικρής κλίμακας όπως διακίνηση δημητριακών, σιδήρου, σωλήνων και λιπασμάτων κ.α. Όσον αφορά στις εμπορικές δραστηριότητες, αυτές πραγματοποιούνται στην Περιοχή Δ με τις προβλήτες C2 - C4 και

D1 - D4 να έχουν ύψη που κυμαίνονται από 1.5 – 1.8 m. Το εύρος των υψών τους αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για την αξιολόγηση της τρωτότητας στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας.

Για να διασφαλιστεί η εύρυθμη και ασφαλής λειτουργία η ελεύθερη κατακόρυφη απόσταση μεταξύ στάθμης της θάλασσας και αποβάθρας πρέπει να παραμένει εντός καθορισμένων ορίων ασφαλείας: τουλάχιστον 0.5 m (κατώτατο επιχειρησιακό όριο) για σκάφη αναψυχής και αλιείας και 1.5 m για σκάφη εμπορικής χρήσης. Συνεπώς, η λειτουργική ελεύθερη απόσταση στέψης κρηπιδώματος και αποβάθρας θεωρείται επαρκής όταν βρίσκεται μεταξύ 0.5–1.0 m για τα σκάφη αναψυχής και 1.5–2.5 m για εμπορική χρήση. Όταν η στάθμη των υδάτων υπερβεί αυτό το εύρος, οι λιμενικές δραστηριότητες στο συγκεκριμένο κρηπίδωμα μπορούν να παρεμποδιστούν ή να διακοπούν.

Στο λιμάνι της Χαλκίδας η πλειονότητα των αποβάθρων έχει ύψος μεταξύ 0.7–1.8 m. Για τις απόβάθρες της Περιοχής Α και Β (ζώνη σκαφών ψυχαγωγίας και αλιείας) οι προβλήτες έχουν ύψη μεταξύ 0.7–1.6 m ενώ η Περιοχή Γ διαθέτει μια προβλήτα για μεικτή χρήση, όπως ρυμουλκά, με ύψη 1.5 m. Όσον αφορά στην Περιοχή Δ περιλαμβάνει μια εμπορική προβλήτα η οποία χρησιμοποιείται κυρίως για μεταφορές ξηρού χύδην φορτίου ή/και τουριστικές δραστηριότητες ενώ στο οπίσθιο μέρος διατηρεί εγκαταστάσεις αλιευτικού/ψυχαγωγικού τομέα με ύψη που κυμαίνονται από 0.8 έως 1.1 m. Γενικά καμία προβλήτα δεν ξεπερνά τα 2.0 m συνεπώς το ελεύθερο ύψος των κρηπιδωμάτων είναι σχετικά περιορισμένο. Συγκεκριμένα, η προβλήτα Γ (D1- D4) διαθέτει τις υψηλότερες προβλήτες με ύψη μεταξύ 1.5 - 1.8 m.

Συνολικότερα, η τυπολογία του Λιμένα Χαλκίδας χαρακτηρίζεται επίσης από σχετικά χαμηλά ύψη κρηπιδωμάτων, γεγονός που υποδηλώνει αυξημένη ευπάθεια σε μεταβολές της στάθμης της θάλασσας. Η πλειονότητα των προβλητών παρουσιάζει ύψη μεταξύ 0.7 και 1.8 m, τιμές που υποδεικνύουν περιορισμένο περιθώριο ελεύθερου ύψους (air draft) καθώς καμία προβλήτα δεν ξεπερνάει τα 2 m σε ύψος

Αξίζει να σημειωθεί ότι ακόμη και οι υψηλότερες αποβάθρες στην Περιοχή Δ (1.7 – 1.8 m) πληρούν μόλις το ελάχιστο συνιστώμενο ελεύθερο ύψος υπό τις τρέχουσες συνθήκες, ενώ οι χαμηλότερες προβλήτες των Περιοχών Α και Β παραμένουν λειτουργικές μόνο για αλιευτικές ή ψυχαγωγικές χρήσεις. Κατά συνέπεια, η παρούσα ανάλυση επικεντρώνεται κυρίως στις εμπορικές και τουριστικές προβλήτες της Περιοχής Δ.

Η κατανομή των υψών των αποβάθρων και των χρήσεών τους (επιβάτες, φορτία κ.λπ.) συνοψίζεται στον Πίνακα 4.

Πίνακας 4. Χαρακτηριστικά – Τυπολογία Λιμένα Χαλκίδας.

Αποβάθρες		Είδος δραστηριότητας	Ύψος αποβάθρας	Μήκος αποβάθρας (km)
A	A3	Αλιευτικό Καταφύγιο	1.3	0.03
	A4		1.3	0.16
	A5		1.0	0.07
	A6		0.7	0.03
	A7		0.7	0.02
B	B1	Παραλιακό κρηπίδωμα	0.8	0.09
	B2		0.8	0.07
	B4		1.2	0.08
	B5		1.3	0.16
	B6		1.3	0.18
	B7		1.0	0.03
	B9		1.2	0.18
Γ	Γ1	Μεικτής χρήσης – Προβλήτα ΟΥΛΕΝ	0.8	0.10
	Γ2		1.5	0.03
	Γ3		1.5	0.07
	Γ4		1.5	0.02
Δ	Δ1	Εμπορικό Τουριστικό κρηπίδωμα	1.7	0.15
	Δ2		1.7	0.44
	Δ3		1.8	0.06
	Δ5	Σκάφη ερασιτεχνικά/αναψυχής	0.8	0.04
	Δ6		0.8	0.22
	Δ7		0.8	0.09
	Δ8		0.9	0.10
	Δ9		0.8	0.15

3.2.4 Βόλος

Οι εμπορικές δραστηριότητες στο Λιμένα του Βόλου πραγματοποιούνται από μια σειρά προβλητών με μεικτά ύψη κρηπιδωμάτων. Ο Προβλήτας ΣΙΛΟ Νο1 παρουσιάζει ύψη μεταξύ 1.6–1.9 m, η Ζώνη Εμπορίου και Αναψυχής μεταξύ 1.6–1.9 m ενώ ο Προβλήτας Νο3 παρουσιάζει τα υψηλότερα ύψη κρηπιδωμάτων που κυμαίνονται μεταξύ 1.5–2.0 m. Οι χαμηλότερες προβλήτες παρουσιάζονται στον Κεντρικό προβλήτα και στις θέσεις τη Μαρίνας με εύρος υψών 1.5–1.7 m γεγονός που μεταφράζεται σε χαμηλά επιχειρησιακά όρια σε όλα τα σενάρια άρα και πιο επιρρεπείς στις θαλάσσιες διακυμάνσεις.

Συνολικά η τυπολογία του Λιμένα Βόλου, όσον αφορά τις επιβατικές/εμπορικές δραστηριότητες, παρουσιάζει μέτρια ύψη κρηπιδωμάτων με λιγότερες θέσεις κοντά στα 2.0 m, γεγονός που οδηγεί σε στενά περιθώρια ελεύθερου ύψους και αυξημένη ευπάθεια στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας.

Η σύγκριση των ορίων λειτουργίας με τη μέγιστη στάθμη δείχνει ότι τα περισσότερα κρηπιδώματα σίγουρα θα παρουσιάζουν υπερβάσεις αφού ήδη για την περίοδο αναφοράς υπάρχουν θέσεις (Κεντρικός Προβλήτας) με μηδενικό περιθώριο. Η εφαρμογή των ορίων που έχουν καθοριστεί στις στάθμες της θάλασσας δείχνει μια προοδευτική μείωση της λειτουργικότητας του λιμένα κατά τη διάρκεια του 21ου αιώνα λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας (SLR), με τη σοβαρότητα των επιπτώσεων να ποικίλλει ανάλογα με το ύψος των αποβαθρών.

Ειδικά τα κρηπιδώματα με εύρη υψών 1.5–1.7 m υποβαθμίζονται περαιτέρω στο 2030–2050 ενώ οι υψηλότερες θέσεις (Προβλήτας Νο3) διατηρούν επάρκεια κατά την περίοδο αναφοράς μέχρι το 2030. Ωστόσο το 2050 φαίνεται ότι η σχεδόν καμία προβλήτα δεν θα εξασφαλίζει ασφαλή λειτουργικά όρια. Μόνο σε σχέση με τη Μέση θαλάσσια Στάθμη του 2050, ο Προβλήτας Νο3 διατηρεί ένα μικρό θετικό περιθώριο.

Όσον αφορά τις μελλοντικές επιπτώσεις, η εφαρμογή υποθέτει ότι δεν θα ληφθούν μέτρα προσαρμογής από τον οργανισμό του λιμένα, με αποτέλεσμα ο λιμένας να διατηρήσει την τρέχουσα τοπογραφία και τυπολογία του. Η εφαρμογή των ορίων που έχουν καθοριστεί στις στάθμες της θάλασσας δείχνει μια προοδευτική μείωση της λειτουργικότητας του λιμένα κατά τη διάρκεια του 21ου αιώνα λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας (SLR), με τη σοβαρότητα των επιπτώσεων να ποικίλλει ανάλογα με το ύψος των αποβαθρών.

Τα επιχειρησιακά όρια λειτουργίας για την ασφάλεια των λιμενικών δραστηριοτήτων ορίζονται ως το ελάχιστο ελεύθερο ύψος του κρηπιδώματος από τη ΜΣΘ με 1.5 m από την θαλάσσια στάθμη για τις εμπορικές δραστηριότητες και 0.5 m για τα σκάφη αναψυχής και αλιείας. Συνεπώς μια λειτουργική κατώτατη θαλάσσια στάθμη μπορεί να οριστεί για κάθε

πλευρά αποβάθρας ως το ελεύθερο ύψος του κρηπιδώματος (κρηπίδα) αφαιρώντας το αντίστοιχο επιχειρησιακό όριο (π.χ. 1.5 m).

Η κατανομή των υψών των αποβάθρων και των χρήσεων τους (επιβάτες, φορτία κ.λπ.) συνοψίζεται στον Πίνακα 5.

Πίνακας 5. Χαρακτηριστικά – Τυπολογία Λιμένα Βόλου.

Αποβάθρες	Είδος δραστηριότητας	Ύψος αποβάθρας	Μήκος αποβάθρας (km)
2	Προβλήτα Σιδηροδρομικού Πορθμείου	2-2	0.9
		2-3	0.9
		2-4	0.9
3	Προβλήτα Ιχθυόσκαλας	3-2	1.9
		3-3	2.0
4	Προβλήτας Νο3	4-4	2.0
		4-5	1.8
		4-6	1.7
5	Προβλήτας Νο2	5-2	1.9
		5-3	1.6
		5-4	1.9
		5-5	1.8
		5-6	1.7
		5-7	2.0
6	Προβλήτας ΣΙΛΟ Νο1	6-1	1.6
		6-2	1.7
		6-3	1.6
		6-4	1.9
7	Ζώνη Εμπορίου και αναψυχής	7-1	1.6
		7-2	1.8
		7-4	1.9
		7-9	1.6
		7-10	1.6
		7-11	1.7
8	Κεντρικός Προβλήτας	8-1	1.5
		8-2	1.5
		8-3	1.6
9	Μαρίνα Αγ. Κωνσταντίνου	9-1	1.7
		9-2	1.7
		9-3	1.7

3.2.5 Λαύριο

Οι εμπορικές δραστηριότητες στον Λιμένα του Λαυρίου πραγματοποιούνται από δυο κύριους προβλήτες με μεικτά ύψη κρηπιδωμάτων. Ο Εμπορικός Τομέας (Α-1, Α-2, Α-3, Α-4, Β-1, Β-2, Ε) και ο Τομέας Ακτοπλοΐας-Κρουαζιερόπλοιων (Γ-1 έως Γ-5) παρουσιάζουν ύψη από 1.5 m έως 2.3 m ενώ ο Τομέας Ακτοπλοΐας στο σύνολο του έχει υψηλότερα κρηπιδώματα με τα Γ4-Γ5 να κυμαίνονται σε ύψη από 1.9-2.3 m.

Συνολικότερα, η τυπολογία του Λιμένα Λαυρίου χαρακτηρίζεται από σχετικά χαμηλά έως μέτρια ύψη κρηπιδωμάτων, με αποτέλεσμα περιορισμένα ελεύθερα ύψη (air draft) και αυξημένη ευαλωτότητα στις διακυμάνσεις της στάθμης και στη μελλοντική άνοδο. Ενώ υπάρχουν κάποιες υψηλότερες αποβάθρες >2.0 m (π.χ. Α-2 στα 2.20 m, Γ-4 στα 2.30 m), η πλειονότητα των θέσεων βρίσκεται μεταξύ 1.5-1.9 m, γεγονός που μεταφράζεται σε χαμηλά επιχειρησιακά όρια σε όλα τα σενάρια. Η εφαρμογή των ορίων που έχουν καθοριστεί στις στάθμες της θάλασσας δείχνει μια προοδευτική μείωση της λειτουργικότητας του λιμένα κατά τη διάρκεια του 21ου αιώνα λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας (SLR), με τη σοβαρότητα των επιπτώσεων να ποικίλλει ανάλογα με το ύψος των αποβαθρών.

Η σύγκριση των ορίων λειτουργίας με τη μέγιστη στάθμη δείχνει ότι τα περισσότερα κρηπιδώματα σίγουρα παρουσιάζουν υπερβάσεις αφού ήδη για την περίοδο αναφοράς υπάρχουν θέσεις με μηδενικό όριο ασφαλείας. Ειδικά τα κρηπιδώματα με εύρη υψών 1.5-1.7 m υποβαθμίζονται περαιτέρω στο 2030-2050, ενώ οι υψηλότερες θέσεις Α-2 και Γ-4 διατηρούν επάρκεια κατά την περίοδο αναφοράς και στο 2030. Μέχρι το 2050 φαίνεται να αρχίζουν να παρουσιάζουν υπερβάσεις και πιέσεις αφού όριο ασφαλείας είναι μηδενικό.

Όσον αφορά στις μελλοντικές επιπτώσεις, η εφαρμογή υποθέτει ότι δεν θα ληφθούν μέτρα προσαρμογής από τον οργανισμό του λιμένα, με αποτέλεσμα ο λιμένας να διατηρήσει την τρέχουσα τοπογραφία και τυπολογία του. Η εφαρμογή των ορίων που έχουν καθοριστεί στις στάθμες της θάλασσας δείχνει μια προοδευτική μείωση της λειτουργικότητας του λιμένα κατά τη διάρκεια του 21ου αιώνα λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας (SLR), με τη σοβαρότητα των επιπτώσεων να ποικίλλει ανάλογα με το ύψος των αποβαθρών.

Τα επιχειρησιακά όρια λειτουργίας για την ασφάλεια των λιμενικών δραστηριοτήτων ορίζονται ως το ελάχιστο ελεύθερο ύψος του κρηπιδώματος από τη ΜΣΘ με 1.5 m από την θαλάσσια στάθμη για τις εμπορικές δραστηριότητες και 0.5 m για τα σκάφη αναψυχής και αλιείας. Συνεπώς μια λειτουργική κατώτατη θαλάσσια στάθμη μπορεί να οριστεί για κάθε

πλευρά αποβάθρας ως το ελεύθερο ύψος του κρηπιδώματος (κρηπίδα) αφαιρώντας το αντίστοιχο επιχειρησιακό όριο (π.χ. 1.5 m).

Η κατανομή των υψών των αποβάθρων και των χρήσεων τους (επιβάτες, φορτία κ.λπ.) συνοψίζεται στον Πίνακα 6.

Πίνακας 6. Χαρακτηριστικά – Τυπολογία Λιμένα Λαυρίου.

Αποβάθρες		Είδος δραστηριότητας	Ύψος αποβάθρας	Μήκος αποβάθρας (km)
A / B	A-1	Εμπορικός Τομέας	1.7	0.17
	A-2		2.2	0.68
	A-3		1.9	0.05
	A-4		1.5	0.10
	B-1		1.5	0.13
	B-2		1.5	0.07
Θ / Η	Θ-1	Τομέας Σκαφών Αναψυχής	1.0	0.10
	Θ-2		1.2	0.04
	Θ-3		0.9	0.03
	Θ-4		1.3	0.06
	Θ-5		0.7	0.04
	H-1		0.9	0.03
	H-2		0.9	0.01
	H-3		0.9	0.08
	H-4		0.9	0.10
	H-5		1.0	0.02
	H-6		1.0	0.03
	H-7		0.9	0.12
	H-8		0.7	0.29
	H-9		0.7	0.10
H-10	1.2	0.14		
H-11	1.2	0.02		
Z	Z-1	Τομέας Αλιευτικών Σκαφών + Απόρριψη υγρών/στερεών αποβλήτων	1.3	0.13
	Z-2		1.2	0.06
	Z-3		1.2	0.23
	Z-4		0.7	0.09
Γ / Ε	E	Τομέας Ακτοπλοΐας - Κρουαζιερόπλοιων	1.8	0.23
	Γ-1		1.6	0.06
	Γ-2		1.8	0.07
	Γ-3		1.8	0.04
	Γ-4		2.3	0.14

	Γ-5		1.9	0.04
--	-----	--	-----	------

3.2.6 Ηράκλειο

Οι εμπορικές δραστηριότητες στον Λιμένα του Ηρακλείου πραγματοποιούνται από μια σειρά προβλητών με μεικτά ύψη κρηπιδωμάτων που κυμαίνονται μεταξύ 1.8 – 2.2 m. Τα μεγαλύτερα ύψη εντοπίζονται στους προβλήτες III και IV/V, με τον IV/V να έχει στο μεγαλύτερο μήκος του ύψος 2.2 m, καθώς είναι οι προβλήτες στους οποίους ελλιμενίζονται κρουαζιερόπλοια και εμπορικά πλοία. Τα χαμηλότερα ύψη εντοπίζονται στις θέσεις που ελλιμενίζονται επιβατικά πλοία, ferries και μικρότερα κρουαζιερόπλοια. Γενικότερα, ο Λιμένας Ηρακλείου αποτελεί ένα λιμάνι ιδιαίτερα ανθεκτικό στις θαλάσσιες διακυμάνσεις λόγω του μεγάλου ύψους του κρηπιδώματός.

Συνολικά, η τυπολογία του Ηρακλείου, όσον αφορά στις επιβατικές/εμπορικές δραστηριότητες, παρουσιάζει μεγάλα ύψη κρηπιδωμάτων με αρκετές θέσεις πάνω από τα 2.0m, γεγονός που τον καθιστά ιδιαίτερα ανθεκτικό στις θαλάσσιες διακυμάνσεις λόγω του μεγάλου ύψους του κρηπιδώματός.

Η σύγκριση των ορίων λειτουργίας με τη μέγιστη στάθμη δείχνει ότι όλα τα κρηπιδώματα σίγουρα δεν θα παρουσιάζουν υπερβάσεις. Η εφαρμογή των ορίων που έχουν καθοριστεί στις στάθμες της θάλασσας δείχνει μια σταθερότητα στη λειτουργικότητα του λιμένα κατά τη διάρκεια του 21ου αιώνα ανεξάρτητα της ανόδου της στάθμης της θάλασσας (SLR).

Όσον αφορά στις μελλοντικές επιπτώσεις, η εφαρμογή υποθέτει ότι δεν θα ληφθούν μέτρα προσαρμογής από τον οργανισμό του λιμένα, με αποτέλεσμα ο λιμένας να διατηρήσει την τρέχουσα τοπογραφία και τυπολογία του. Η εφαρμογή των ορίων που έχουν καθοριστεί στις στάθμες της θάλασσας δείχνει μια σταθερότητα όσον αφορά τη λειτουργικότητά του κατά τη διάρκεια του 21ου αιώνα λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας (SLR).

Τα επιχειρησιακά όρια λειτουργίας για την ασφάλεια των λιμενικών δραστηριοτήτων ορίζονται ως το ελάχιστο ελεύθερο ύψος του κρηπιδώματος από τη ΜΣΘ με 1.5 m από την θαλάσσια στάθμη για τις εμπορικές δραστηριότητες και 0.5 m για τα σκάφη αναψυχής και αλιείας. Συνεπώς, μια λειτουργική κατώτατη θαλάσσια στάθμη μπορεί να οριστεί για κάθε πλευρά αποβάθρας ως το ελεύθερο ύψος του κρηπιδώματος (κρηπίδα) αφαιρώντας το αντίστοιχο επιχειρησιακό όριο (π.χ. 1.5 m).

Η κατανομή των υψών των αποβάθρων και των χρήσεων τους (επιβάτες, φορτία κ.λπ.) συνοψίζεται στον Πίνακα 7.

Πίνακας 7. Χαρακτηριστικά – Τυπολογία Λιμένα Ηρακλείου.

Αποβάθρες	Είδος δραστηριότητας	Ύψος αποβάθρας	Μήκος αποβάθρας (km)	
I	Προβλήτας Ferries / Passenger	I – 1	1.8	0.30
		I – 2	1.8	0.14
		I – 3	1.8	0.16
		I – 4	1.8	0.07
		I – 5	1.8	0.15
II	Προβλήτας Ferries / Passenger & Cruises	II – 1	1.9	0.12
		II – 2	1.8	0.17
		II – 3	1.8	0.04
		II – 4	1.8	0.20
III	Προβλήτας Commercial Cargo & Ferries	III – 1	1.9	0.08
		III – 2	1.8	0.09
		III – 3	1.8	0.31
		III – 4	1.8	0.15
		III – 5	2.2	0.05
		III – 6	2.1	0.45
IV / V	Προβλήτας Commercial Cargo & Cruises	IV/V – 1	2.2	0.10
		IV/V – 2	2.2	0.31
		IV/V – 3	2.2	0.29
		IV/V – 4	1.8	0.25
		IV/V – 5	2.1	0.13

3.3 Κανονικοποίηση ταξινόμησης τρωτότητας υποδομών

Για τη μελέτη της τρωτότητας (Vulnerability) των λιμένων λήφθηκαν υπόψη τα ύψη των κρηπιδωμάτων του κάθε προβλήτα και κατηγοριοποιήθηκαν σε μία κλίμακα τρωτότητας από το 1 έως 5 (λιγότερο έως περισσότερο ευάλωτο) (Πίνακας 8). Το εύρος του ύψους των προβλητών κυμαίνεται από 1.5 έως 2.3 m. Στις εικόνες που παρατίθενται στη συνέχεια, οι αποχρώσεις του κόκκινου υποδηλώνουν τη διαβάθμιση της τρωτότητας, όπου οι υψηλότερες κατηγορίες αντιστοιχούν σε μεγαλύτερη ευπάθεια των υποδομών.

Η χαρτογραφική απεικόνιση επιτρέπει την οπτική σύγκριση του επιπέδου τρωτότητας μεταξύ των διαφορετικών προβλητών και λιμενικών υποδομών, συμβάλλοντας στον

εντοπισμό περιοχών που ενδέχεται να απαιτούν προτεραιότητα σε μέτρα διαχείρισης κινδύνου και ενίσχυσης της ανθεκτικότητας του λιμένα.

Πίνακας 8. Κλίμακα τρωτότητας.

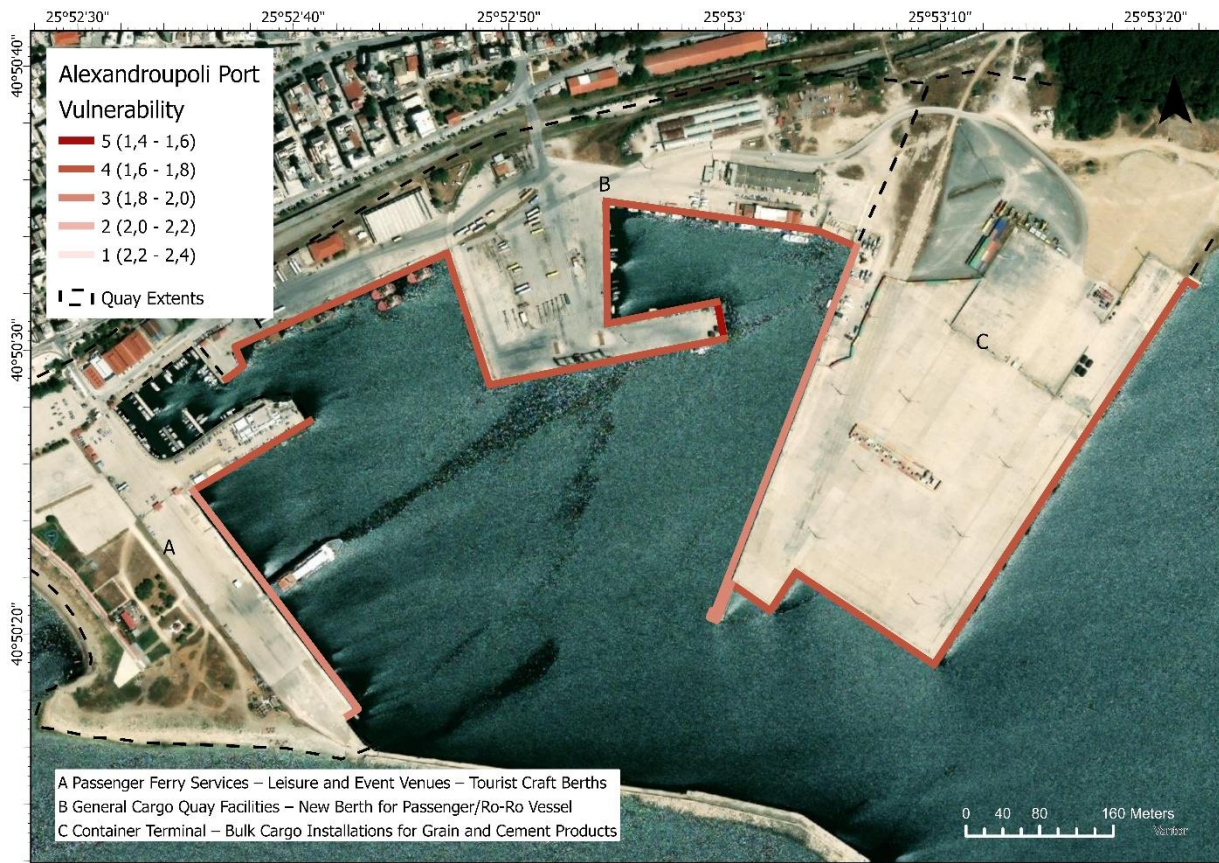
Κλίμακα Τρωτότητας	Εύρος υψών κρηπιδωμάτων
1	2.2 – 2.4
2	2.0 – 2.2
3	1.8 – 2.0
4	1.6 – 1.8
5	1.4 – 1.6

Πίνακας 9. Συγκεντρωτικός πίνακας για την ακραία και επικρατούσα κατάσταση της Τρωτότητας (Vulnerability) για όλους τους λιμένες μελέτης βάση της κατάταξης κινδύνου.

Λιμάνι	Ακραία κατάσταση	Επικρατούσα κατάσταση
Αλεξανδρούπολη	5	4
Ηγουμενίτσα	4	4
Βόλος	5	4
Χαλκίδα	5	5
Λαύριο	5	3
Ηράκλειο	3	3

3.3.1 Αλεξανδρούπολη

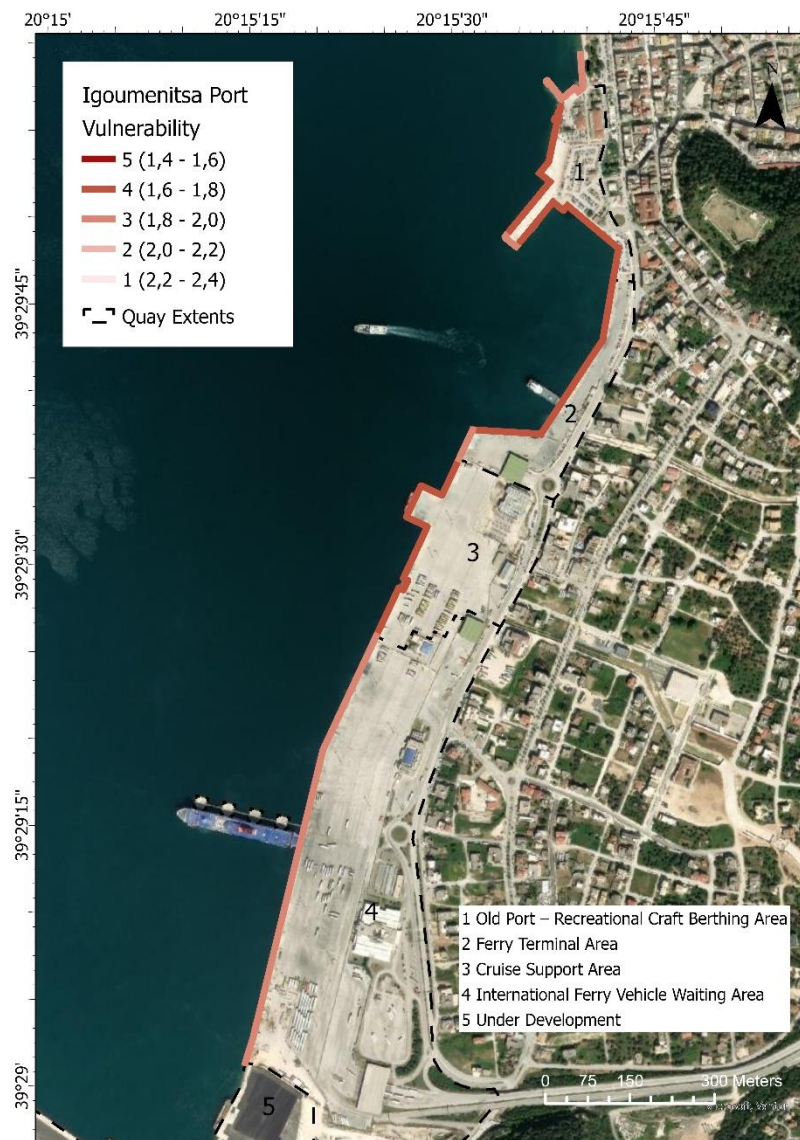
Στο λιμάνι της Αλεξανδρούπολης, η Προβλήτα Β (Γενικό Φορτίο & Ro-Ro) παρουσιάζει τη μέγιστη τρωτότητα με βαθμό 5 (τιμές 1.4–1.6), γεγονός που την καθιστά το πιο ευάλωτο σημείο του λιμένα. Η Προβλήτα Γ (Container & Χύδην Φορτίο) εμφανίζει επίσης υψηλή τρωτότητα, με τις περισσότερες πλευρές της να βαθμολογούνται με 4 (τιμές 1.6–1.8). Τέλος, η Προβλήτα Α (Επιβατικό Λιμάνι) παρουσιάζει μια διακύμανση στην επικινδυνότητα, με τμήματα που κυμαίνονται μεταξύ του βαθμού 3 (τιμές 1.8–2.0) και του βαθμού 4, αναδεικνύοντας μια συνολικά κρίσιμη κατάσταση για το μεγαλύτερο μέρος των κρηπιδωμάτων του λιμένα απέναντι σε εξωτερικούς κινδύνους.



Εικόνα 1. Κανονικοποίηση της Τρωτότητας (Vulnerability) του Λιμένα Αλεξανδρούπολης.

3.3.2 Ηγουμενίτσα

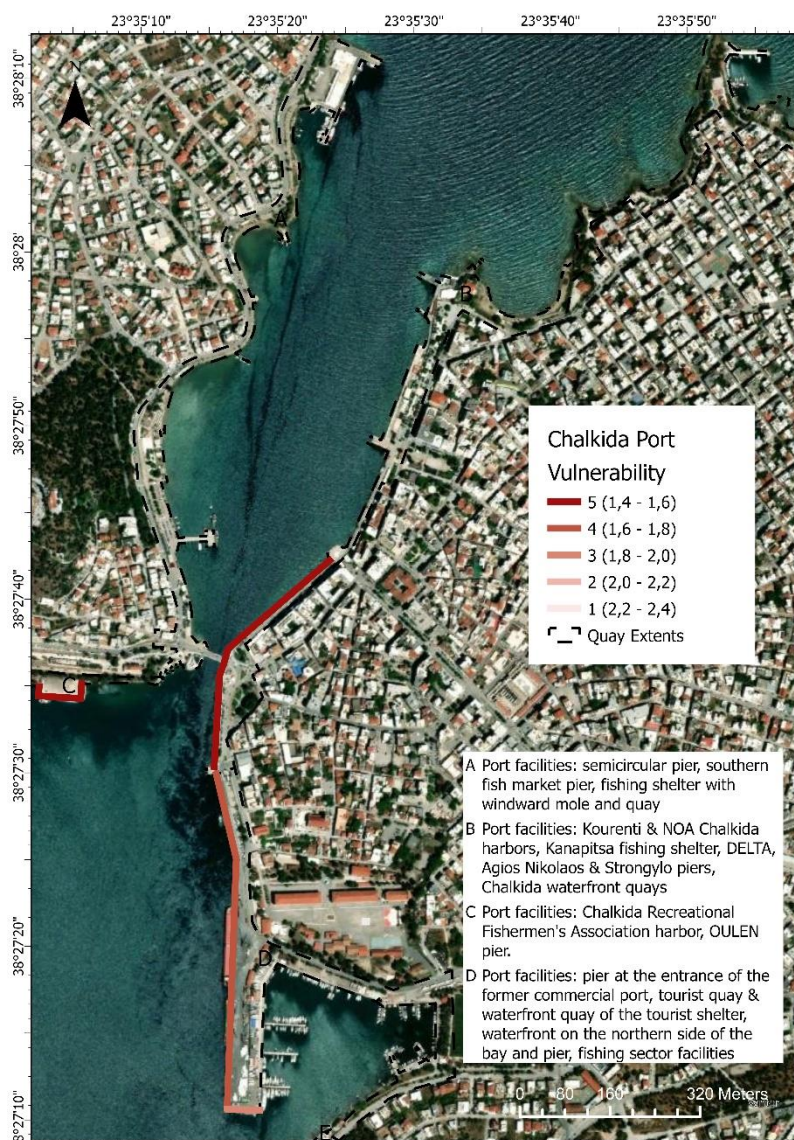
Στο λιμάνι της Ηγουμενίτσας, η τρωτότητα παρουσιάζει μια κλιμάκωση κατά μήκος του παραλιακού μετώπου. Οι προβλήτες στις περιοχές 2 (Ferry Terminal) και 3 (Cruise Support) εμφανίζουν υψηλή τρωτότητα με βαθμό 4 (τιμές 1.6 – 1.8). Αντίθετα, η περιοχή 1 (Παλιό Λιμάνι) και η νότια ζώνη 4 (International Ferry) δείχνουν ελαφρώς χαμηλότερη ευπάθεια, κυμαινόμενη στον βαθμό 3 (τιμές 1.8 – 2.0) (Εικόνα 3).



Εικόνα 2. Κανονικοποίηση της Τρωτότητας (Vulnerability) του Λιμένα Ηγουμενίτσας.

3.3.3 Χαλκίδα

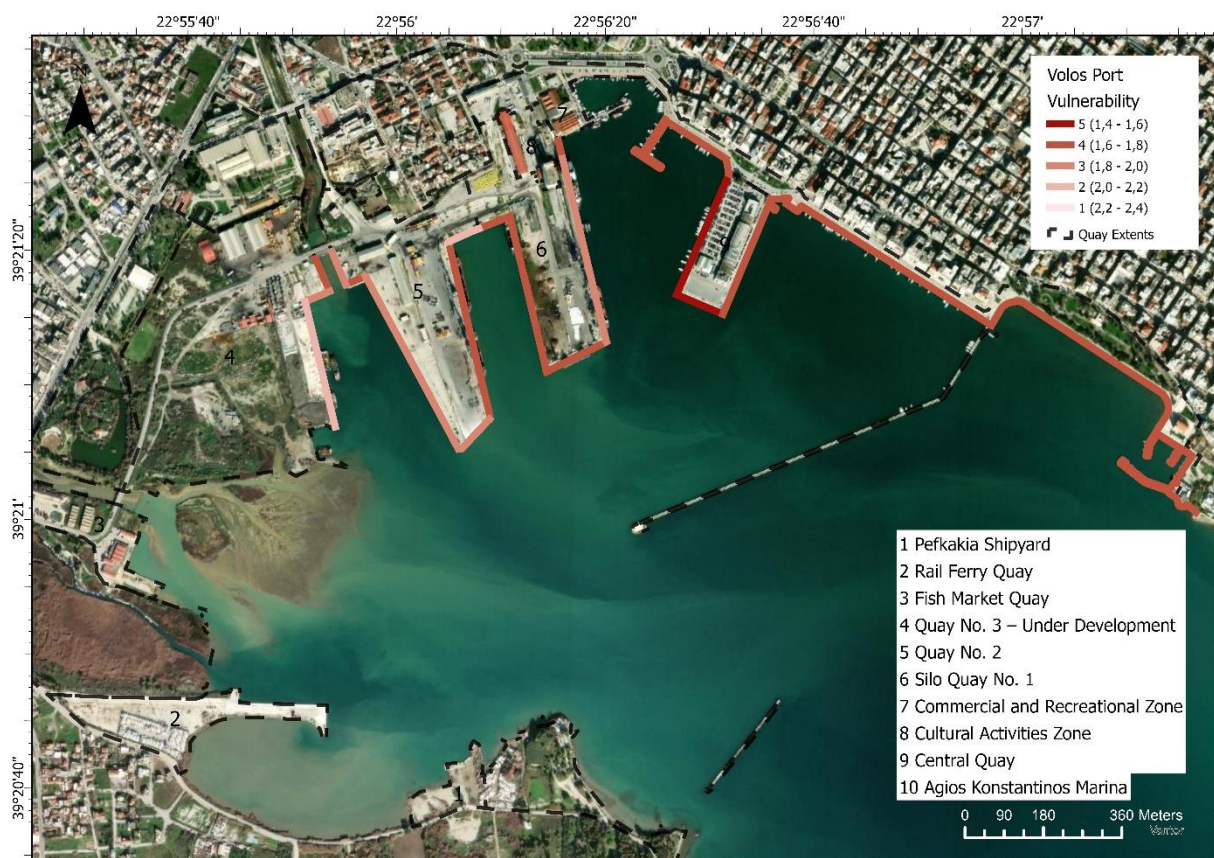
Ο λιμένας της Χαλκίδας χαρακτηρίζεται από εξαιρετικά υψηλή τρωτότητα σε συγκεκριμένα σημεία στρατηγικής σημασίας. Η περιοχή C και τμήματα της περιοχής D (είσοδος εμπορικού λιμένα) σημειώνονται με το μέγιστο επίπεδο 5 (τιμές 1.4–1.6). Το υπόλοιπο μέτωπο της περιοχής D και οι προβλήτες στην περιοχή A κυμαίνονται στον βαθμό 4 (τιμές 1.6–1.8), καθιστώντας το λιμενικό συγκρότημα συνολικά πολύ ευάλωτο (Εικόνα 4).



Εικόνα 3. Κανονικοποίηση της Τρωτότητας (Vulnerability) του Λιμένα Χαλκίδος.

3.3.4 Βόλος

Στον Βόλο παρατηρείται μεγάλη διαφοροποίηση ανάλογα με την έκθεση της κάθε προβλήτας. Η Προβλήτα Σίλο και η Κεντρική Προβλήτα εμφανίζουν την υψηλότερη τρωτότητα με βαθμό 4 (τιμές 1.6–1.8). Η Προβλήτα Νο. 2 παρουσιάζει ενδιάμεση κατάσταση με βαθμό 3 (τιμές 1.8–2.0), ενώ οι εσωτερικές ζώνες και οι υπό ανάπτυξη περιοχές (όπως η 4) εμφανίζουν τη χαμηλότερη τρωτότητα, με τιμές που φτάνουν έως τον βαθμό 1 (2.2–2.4) (Εικόνα 5).



Εικόνα 4. Κανονικοποίηση της Τρωτότητας (Vulnerability) του Λιμένα Βόλου.

3.3.5 Λαύριο

Στο Λαύριο, η εμπορική ζώνη (A/B Commercial Zone) παρουσιάζει την εντονότερη τρωτότητα, με τμήματα να αγγίζουν τον βαθμό 5 (τιμές 1.4–1.6). Οι ζώνες των επιβατηγών και κρουαζιερόπλοιων (C/D Ferry and Cruise) σημειώνονται κυρίως με βαθμό 3 (τιμές 1.8–2.0) (Εικόνα 6).



Εικόνα 5. Κανονικοποίηση της Τρωτότητας (Vulnerability) του Λιμένα Λαυρίου.

3.3.6 Ηράκλειο

Στο Ηράκλειο, οι προβλήτες I (Επιβατικό) και II (Κρουαζιέρα) εμφανίζουν ομοιόμορφη υψηλή τρωτότητα με βαθμό 3 (τιμές 1.8–2.0). Η περιοχή III (Εμπορικό & Ferry) παρουσιάζει παρόμοια εικόνα, ενώ οι μεγάλες προβλήτες IV-V (Εμπορικό & Κρουαζιέρα) στο ανατολικό τμήμα δείχνουν χαμηλότερη τρωτότητα, σημειωμένες με βαθμό 2 (τιμές 2.0–2.2), πιθανότατα λόγω διαφορετικών κατασκευαστικών χαρακτηριστικών (Εικόνα 7).



Εικόνα 6. Κανονικοποίηση της Τρωτότητας (Vulnerability) του Λιμένα Ηρακλείου.

Η συγκριτική ανάλυση των έξι λιμένων, εστιάζοντας αποκλειστικά στις εμπορικές ζώνες αναδεικνύει τον Λιμένα Χαλκίδας και τον Λιμένα Αλεξανδρούπολης ως τα πλέον ευάλωτα σημεία του δικτύου. Στη Χαλκίδα, οι εμπορικές υποδομές στην είσοδο του λιμένα (Περιοχή D) και το αλιευτικό καταφύγιο (Περιοχή C) καταγράφουν τη μέγιστη τρωτότητα με βαθμό 5 (τιμές 1.4–1.6). Παρομοίως, στην Αλεξανδρούπολη, η Προβλήτα Β (Γενικό Φορτίο & Ro-Ro) παρουσιάζει την ίδια ακραία τιμή τρωτότητας 5, ενώ η Προβλήτα Γ (Container & Χύδην Φορτίο) ακολουθεί με βαθμό 4 (τιμές 1.6–1.8), καθιστώντας το εμπορικό σκέλος του λιμένα εξαιρετικά εκτεθειμένο.

Σε υψηλά επίπεδα επικινδυνότητας παραμένουν οι εμπορικές ζώνες του Λαυρίου και του Βόλου, όπου οι δείκτες τρωτότητας συγκεντρώνονται στις κύριες προβλήτες διακίνησης. Στο Λαύριο, η Εμπορική Ζώνη A/B σημειώνεται με τον μέγιστο βαθμό 5, ενώ στον Βόλο, οι προβλήτες Σιλό και η Κεντρική εμφανίζουν υψηλή τρωτότητα με βαθμό 4. Αξίζει να σημειωθεί ότι και στα δύο αυτά λιμάνια, οι ζώνες αναψυχής ή οι υπό ανάπτυξη περιοχές (διακεκομμένες γραμμές) εξαιρούνται από αυτή την υψηλή διαβάθμιση κινδύνου, εστιάζοντας την τρωτότητα αποκλειστικά στα σημεία βαριάς χρήσης.

Τέλος, οι λιμένες Ηγουμενίτσας και Ηρακλείου εμφανίζουν μια σχετικά πιο ισορροπημένη εικόνα στις εμπορικές τους κρηπίδες, χωρίς να αγγίζουν το ανώτατο επίπεδο επικινδυνότητας. Στην Ηγουμενίτσα, οι ζώνες των Ferry και Cruise κυμαίνονται στον βαθμό 4, ενώ στο Ηράκλειο, οι εμπορικές προβλήτες III και IV-V διατηρούν χαμηλότερους δείκτες τρωτότητας, μεταξύ των βαθμών 3 (τιμές 1.8–2.0) και 2 (τιμές 2.0–2.2).

4 Τρωτότητα λιμενικών λειτουργιών έναντι κλιματικών κινδύνων

Η τρωτότητα των λιμενικών λειτουργιών, όπως προαναφέρθηκε, εκτιμάται μέσω τριών υπο-συνιστώσων: της ευαισθησίας (sensitivity), της ικανότητας αντιμετώπισης (coping capacity) και της ικανότητας προσαρμογής (adaptive capacity). Η ικανότητα αντιμετώπισης αναφέρεται στα διαθέσιμα μέτρα και διαδικασίες που περιορίζουν τις επιπτώσεις κατά την εκδήλωση ενός επεισοδίου, ενώ η ικανότητα προσαρμογής αφορά κυρίως δομικά, οργανωτικά και μακροπρόθεσμα χαρακτηριστικά που ενισχύουν τη συνολική ανθεκτικότητα των λειτουργιών.

Σε συμφωνία με το πλαίσιο της IPCC (2014), για τις ανάγκες της εκτίμησης της τρωτότητας και της κατασκευής των αλυσίδων επιπτώσεων (impact chains) στο πλαίσιο της ανάλυσης διακινδύνευσης, η ικανότητα αντιμετώπισης και η ικανότητα προσαρμογής συνεκτιμώνται από κοινού ως παράγοντες μείωσης της τρωτότητας. Ωστόσο, σε εννοιολογικό επίπεδο, οι δύο συνιστώσες διακρίνονται, ώστε να αποτυπώνεται σαφώς η διαφοροποίηση μεταξύ βραχυπρόθεσμης απόκρισης και μακροπρόθεσμης προσαρμογής. Κάθε δείκτης αντιστοιχίζεται σε μία από τις δύο υπο-συνιστώσες, σύμφωνα με τη σχετική μεθοδολογική προσέγγιση.

Η τρωτότητα των λιμενικών λειτουργιών έναντι κλιματικών κινδύνων αξιολογείται, σε θεωρητικό επίπεδο, μέσω δεικτών που αποτυπώνουν αφενός την ευαισθησία των δραστηριοτήτων στις εξεταζόμενες κλιματικές καταπονήσεις και αφετέρου την ικανότητα αντιμετώπισης και προσαρμογής. Οι δείκτες αυτοί περιλαμβάνουν παραμέτρους που σχετίζονται με τα χαρακτηριστικά των λειτουργιών, την έκθεση σε υπαίθριες συνθήκες, τη φύση της εργασίας, καθώς και την ύπαρξη διαδικασιών και μέτρων Υγείας και Ασφάλειας στην Εργασία (ΥΑΕ). Ωστόσο, λόγω περιορισμένης διαθεσιμότητας πρωτογενών δεδομένων σε επίπεδο λιμένα, οι δείκτες αυτοί χρησιμοποιούνται κυρίως ως εννοιολογικό πλαίσιο αναφοράς και όχι για πλήρη ποσοτική αποτίμηση της τρωτότητας..

4.1 Τρωτότητα λιμενικών λειτουργιών έναντι ισχυρών ανέμων

4.1.1 Εννοιολογικό πλαίσιο και ενδεικτικοί δείκτες τρωτότητας

Η εκτίμηση της τρωτότητας των λιμενικών λειτουργιών έναντι ισχυρών ανέμων βασίζεται σε δείκτες που αποτυπώνουν τον βαθμό στον οποίο οι δραστηριότητες επηρεάζονται από ανεμολογικές συνθήκες, καθώς και την ικανότητα των λιμένων να διαχειρίζονται τέτοιου είδους φαινόμενα. Οι σχετικοί δείκτες αφορούν κυρίως την εξάρτηση των λειτουργιών από υπαίθριες και εκτεθειμένες δραστηριότητες, τη χρήση εξοπλισμού ευαίσθητου στον άνεμο

και τη δυνατότητα εφαρμογής διαδικασιών ασφαλούς διακοπής ή προσαρμογής της λειτουργίας. Στη συνέχεια παρουσιάζεται το σύνολο των ενδεικτικών δεικτών που δύνανται να χρησιμοποιηθούν για την αποτύπωση της τρωτότητας έναντι ανεμολογικών κινδύνων.

Πίνακας 10. Ενδεικτικοί δείκτες ευαισθησίας λιμενικών λειτουργιών έναντι ισχυρών ανέμων και περιγραφή της κλίμακας αξιολόγησης και των απαιτούμενων δεδομένων.

Δείκτης	Περιγραφή	Δεδομένα / Εναλλακτικά δεδομένα
Ποσοστό υπαίθριων λειτουργιών	Εκτιμά το ποσοστό των λειτουργιών που εκτελούνται σε ανοικτό χώρο. 1: οι περισσότερες λειτουργίες εκτελούνται σε προστατευμένους ή εσωτερικούς χώρους. 3: συνυπάρχουν προστατευμένες και υπαίθριες δραστηριότητες. 5: η πλειονότητα των κρίσιμων λειτουργιών εκτελείται σε ανοικτές προβλήτες ή άλλους εκτεθειμένους χώρους.	Λειτουργικά στοιχεία λιμένα. Εναλλακτικά: περιγραφή βασικών δραστηριοτήτων του λιμένα και επιτόπια/χαρτογραφική αποτύπωση των χώρων εργασίας.
Έκθεση λιμένα στον άνεμο	Αποτυπώνει τον βαθμό φυσικής έκθεσης του λιμένα στις κυρίαρχες διευθύνσεις ανέμου. 1: λιμένας προστατευμένος από μορφολογία ή έργα προστασίας. 3: μερικώς εκτεθειμένος. 5: άμεσα εκτεθειμένος, χωρίς ουσιαστική προστασία από τους επικρατούντες ανέμους.	Ανεμολογικά δεδομένα, γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά, διάταξη λιμενολεκάνης. Εναλλακτικά: προσανατολισμός προβλητών, ύπαρξη/απουσία κυματοθραυστών.
Εξάρτηση από ανυψωτικές εργασίες	Εκτιμά τον βαθμό στον οποίο η λειτουργία εξαρτάται από γερανούς, ανυψώσεις και συναφείς χειρισμούς. 1: περιορισμένη χρήση. 3: μέτρια εξάρτηση. 5: οι κρίσιμες λειτουργίες βασίζονται συστηματικά σε ανυψωτικές εργασίες.	Στοιχεία εξοπλισμού και τύπου terminal. Εναλλακτικά: περιγραφή λειτουργιών και φορτίων που διακινούνται.
Ευαισθησία φορτίων στον άνεμο	Αξιολογεί κατά πόσο τα φορτία ή οι μονάδες διακίνησης επηρεάζονται από ισχυρό άνεμο. 1: βαριά και σταθερά φορτία με μικρή ευαισθησία. 3: μέτρια ευαισθησία. 5: φορτία ή μονάδες ιδιαίτερα ευαίσθητες	Στοιχεία για το είδος φορτίων. Εναλλακτικά: γενική κατηγορία διακίνησης, όπως εμπορευματοκιβώτια, χύδην φορτία, γενικό φορτίο.

	σε μετακινήσεις, ταλαντώσεις ή αστάθεια λόγω ανέμου.	
Ένταση λειτουργιών	Αποτυπώνει πόσο συνεχείς και χρονικά πιεσμένες είναι οι λιμενικές δραστηριότητες. 1: χαμηλή ένταση και μεγάλα περιθώρια καθυστέρησης. 3: μέτρια ένταση. 5: συνεχείς, πυκνές ή χρονικά κρίσιμες λειτουργίες με μικρά περιθώρια διακοπής.	Στατιστικά κίνησης, ώρες λειτουργίας, throughput. Εναλλακτικά: μέγεθος λιμένα και επιχειρησιακό προφίλ.
Εξάρτηση από χειρωνακτική εργασία	Αποτυπώνει σε ποιο βαθμό απαιτείται άμεση ανθρώπινη παρουσία σε εκτεθειμένα σημεία. 1: κυρίως αυτοματοποιημένες ή προστατευμένες λειτουργίες. 3: μικτό σύστημα. 5: έντονη εξάρτηση από χειρωνακτικές ή επιτόπιες παρεμβάσεις προσωπικού.	Στοιχεία προσωπικού και οργάνωσης εργασίας. Εναλλακτικά: περιγραφή των βασικών επιχειρησιακών διαδικασιών.

Πίνακας 11. Ενδεικτικοί δείκτες ικανότητας προσαρμογής λιμενικών λειτουργιών έναντι ισχυρών ανέμων και περιγραφή της κλίμακας αξιολόγησης και των απαιτούμενων δεδομένων.

Δείκτες	Περιγραφή	Δεδομένα / Εναλλακτικά δεδομένα
Ύπαρξη τυποποιημένων διαδικασιών λειτουργίας για ισχυρούς ανέμους	Εκτιμά την ύπαρξη και σαφήνεια διαδικασιών για περιορισμό ή διακοπή εργασιών λόγω ανέμου. 1: απουσία διαδικασιών. 3: μερικές ή ανεπίσημες διαδικασίες. 5: σαφώς καθορισμένα και εφαρμόσιμα SOP.	Κανονισμοί λειτουργίας, εγχειρίδια ασφάλειας. Εναλλακτικά: τεκμηριωμένες επιχειρησιακές πρακτικές.
Σύστημα πρόγνωσης/προοιδοποίησης	Αξιολογεί τη χρήση μετεωρολογικής πληροφορίας για έγκαιρη απόφαση. 1: χωρίς συστηματική χρήση πρόγνωσης. 3: περιστασιακή χρήση. 5: επιχειρησιακή ενσωμάτωση forecasts/alerts.	Επιχειρησιακά συστήματα λιμένα. Εναλλακτικά: χρήση δημόσιων μετεωρολογικών υπηρεσιών.
Δυνατότητα άμεσης παύσης εργασιών	Εκτιμά πόσο γρήγορα και οργανωμένα μπορούν να ανασταλούν οι λειτουργίες όταν απαιτείται. 1: δύσκολη ή καθυστερημένη παύση. 3: μέτρια	Διαδικασίες λειτουργίας και οργανωτική δομή. Εναλλακτικά: συνεντεύξεις/εκτιμήσεις διαχειριστών.

	δυνατότητα. 5: άμεση και οργανωμένη παύση.	
Διαδικασίες ασφαλούς διακοπής	Αξιολογεί αν υπάρχουν πρακτικές για ασφαλή παύση εξοπλισμού και φορτίων. 1: ανεπαρκείς. 3: μερικώς τεκμηριωμένες. 5: πλήρως τεκμηριωμένες και εφαρμόσιμες.	SOP, τεχνικά εγχειρίδια, διαδικασίες ΥΑΕ. Εναλλακτικά: οδηγίες κατασκευαστών εξοπλισμού.
Εκπαίδευση προσωπικού	Εκτιμά την ετοιμότητα του προσωπικού να ανταποκριθεί σε συνθήκες ισχυρού ανέμου. 1: ανύπαρκτη εκπαίδευση. 3: περιορισμένη ή μη συστηματική. 5: συστηματική και επαναλαμβανόμενη εκπαίδευση.	Προγράμματα εκπαίδευσης, πολιτικές ΥΑΕ. Εναλλακτικά: γενικό επίπεδο οργάνωσης και πιστοποιήσεις.

Πίνακας 12. Ενδεικτικοί δείκτες ικανότητας αντιμετώπισης λιμενικών λειτουργιών έναντι ισχυρών ανέμων και περιγραφή της κλίμακας αξιολόγησης και των απαιτούμενων δεδομένων.

Δείκτης	Περιγραφή	Δεδομένα / Εναλλακτικά δεδομένα
Ευελιξία προγραμματισμού	Εκτιμά τη δυνατότητα αναπρογραμματισμού εργασιών ώστε να μειώνονται οι επιπτώσεις από ισχυρούς ανέμους. 1: πολύ περιορισμένη ευελιξία. 3: μέτρια ευελιξία. 5: υψηλή δυνατότητα αναδιάταξης ή μετατόπισης δραστηριοτήτων.	Διαχείριση operations, χρονοπρογραμματισμός. Εναλλακτικά: μέγεθος και πολυπλοκότητα λειτουργιών.
Υποδομές προστασίας	Αποτυπώνει την ύπαρξη προστατευμένων χώρων ή εναλλακτικών θέσεων εργασίας. 1: ανύπαρκτες ή ελάχιστες υποδομές. 3: μερικές υποδομές. 5: επαρκείς και λειτουργικές υποδομές προστασίας.	Σχέδια υποδομών, τεχνικά χαρακτηριστικά λιμένα. Εναλλακτικά: χαρτογραφική/οπτική αποτύπωση εγκαταστάσεων.
Προστασία εξοπλισμού	Εκτιμά τη δυνατότητα ασφαλούς αποθήκευσης, αγκύρωσης ή προστασίας εξοπλισμού και φορτίων. 1: πολύ περιορισμένη. 3: μέτρια. 5: υψηλή και οργανωμένη δυνατότητα προστασίας.	Τεχνικές προδιαγραφές, διαδικασίες maintenance/safety. Εναλλακτικά: επίπεδο εκσυγχρονισμού εξοπλισμού.

Ενσωμάτωση κινδύνου στον σχεδιασμό	Αξιολογεί αν ο ανεμολογικός κίνδυνος λαμβάνεται υπόψη στον επιχειρησιακό και τεχνικό σχεδιασμό. 1: δεν λαμβάνεται υπόψη. 3: λαμβάνεται αποσπασματικά. 5: ενσωματώνεται συστηματικά.	Στρατηγικά σχέδια, risk assessments, σχέδια ανθεκτικότητας. Εναλλακτικά: ύπαρξη διαδικασιών risk management.
Μακροπρόθεσμη εκπαίδευση	Εκτιμά την ύπαρξη συστηματικής εκπαίδευσης και βελτίωσης πρακτικών σε βάθος χρόνου. 1: αποσπασματική ή ανύπαρκτη. 3: περιορισμένη. 5: συστηματική και θεσμοθετημένη.	Σχέδια εκπαίδευσης. Εναλλακτικά: πιστοποιήσεις και οργανωτική ωριμότητα φορέα.

Με βάση το προαναφερθέν εννοιολογικό πλαίσιο και τους ενδεικτικούς δείκτες, η παρούσα μελέτη υιοθετεί ένα απλοποιημένο σχήμα εκτίμησης της τρωτότητας, προσαρμοσμένο στη διαθεσιμότητα των δεδομένων, το οποίο παρουσιάζεται στη συνέχεια.

4.1.2 Εφαρμογή δεικτών για την εκτίμηση τρωτότητας

Η τρωτότητα των λιμενικών λειτουργιών έναντι ισχυρών ανέμων εκτιμάται με βάση έναν περιορισμένο αριθμό δεικτών που αποτυπώνουν βασικά χαρακτηριστικά της λειτουργίας των λιμένων. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιείται ένας σύνθετος δείκτης ευαισθησίας, ο οποίος εκφράζει τον βαθμό στον οποίο οι λειτουργίες εξαρτώνται από υπαίθριες και εκτεθειμένες δραστηριότητες, καθώς και από εξοπλισμό και διαδικασίες που επηρεάζονται από τον άνεμο. Παράλληλα, η ικανότητα αντιμετώπισης και προσαρμογής θεωρείται συγκρίσιμη μεταξύ των λιμένων, δεδομένης της ύπαρξης κοινού θεσμικού πλαισίου και βασικών κανονισμών Υγείας και Ασφάλειας στην Εργασία. Ως εκ τούτου, η διαφοροποίηση της τρωτότητας μεταξύ των λιμένων είναι περιορισμένη, ενώ η συνολική διαφοροποίηση της διακινδύνευσης προκύπτει κυρίως από τις διαφορές στην ένταση του φαινομένου και στο επίπεδο έκθεσης.

Πίνακας 13. Δείκτες που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της τρωτότητας λιμενικών λειτουργιών έναντι ισχυρών ανέμων, σύμφωνα με το απλοποιημένο σχήμα της παρούσας μελέτης.

Δείκτης	Συνιστώσα	Περιγραφή	Δεδομένα / Εναλλακτικά δεδομένα
Ευαισθησία λειτουργιών σε ανεμολογικές συνθήκες	Ευαισθησία	Σύνθετος δείκτης που αποτυπώνει τον βαθμό στον οποίο οι λιμενικές λειτουργίες εξαρτώνται από υπαίθριες δραστηριότητες, εκτεθειμένες θέσεις εργασίας και διαδικασίες όπως ανυψώσεις φορτίων. Χαμηλές τιμές αντιστοιχούν σε προστατευμένες ή περιορισμένα εκτεθειμένες λειτουργίες, ενώ υψηλές σε έντονα υπαίθριες και ευαίσθητες στον άνεμο δραστηριότητες.	Περιγραφή δραστηριοτήτων λιμένα, τύπος διακινούμενου φορτίου, διάταξη χώρων εργασίας
Θεσμική και επιχειρησιακή ικανότητα διαχείρισης ανέμου	Ικανότητα αντιμετώπισης και προσαρμογής	Δείκτης που αποτυπώνει τη γενική ικανότητα διαχείρισης κινδύνων μέσω κανονισμών λειτουργίας, διαδικασιών ΥΑΕ και βασικής οργανωτικής επάρκειας. Λόγω απουσίας εξειδικευμένων στοιχείων ανά λιμένα, θεωρείται συγκρίσιμος μεταξύ των περιπτώσεων.	Θεσμικό πλαίσιο, κανονισμοί λειτουργίας λιμένων, γενικές οδηγίες ΥΑΕ

Στη συνέχεια, οι επιλεγμένοι δείκτες εφαρμόζονται για την εκτίμηση της τρωτότητας των λιμενικών λειτουργιών ανά λιμένα. Η βαθμολόγηση βασίζεται σε συνδυασμό διαθέσιμων στοιχείων και τεκμηριωμένων παραδοχών, ενώ η συνολική τρωτότητα προκύπτει από τη συνεκτίμηση της ευαισθησίας και της ικανότητας αντιμετώπισης και προσαρμογής.

Πίνακας 14. Αποτελέσματα εκτίμησης της τρωτότητας λιμενικών λειτουργιών έναντι ισχυρών ανέμων, σύμφωνα με το απλοποιημένο σχήμα αξιολόγησης της παρούσας μελέτης.

Λιμένας	Ευαισθησία λειτουργιών σε ανεμολογικές συνθήκες	Ικανότητα διαχείρισης ανέμου	Συνολική τρωτότητα
Αλεξανδρούπολη	4	3	3.5
Ηγουμενίτσα	3	3	3.0
Βόλος	3	3	3.0
Χαλκίδα	3	3	3.0
Λαύριο	5	3	4.0
Ηράκλειο	5	3	4.0

Από τα ανωτέρω προκύπτει ότι η τρωτότητα των λιμενικών λειτουργιών έναντι ισχυρών ανέμων παρουσιάζει περιορισμένη διαφοροποίηση μεταξύ των εξεταζόμενων λιμένων, καθώς οι βασικές παράμετροι λειτουργίας και το θεσμικό πλαίσιο είναι σε μεγάλο βαθμό κοινά. Ως εκ τούτου, η συνολική διακινδύνευση καθορίζεται κυρίως από τη διαφοροποίηση της έντασης του φαινομένου και του επιπέδου έκθεσης.

4.2 Τρωτότητα λιμενικών λειτουργιών έναντι υψηλών θερμοκρασιών

4.2.1 Εννοιολογικό πλαίσιο και ενδεικτικοί δείκτες τρωτότητας

Η εκτίμηση της τρωτότητας των λιμενικών λειτουργιών έναντι υψηλών θερμοκρασιών και θερμικής καταπόνησης βασίζεται σε δείκτες που αποτυπώνουν τον βαθμό έκθεσης των δραστηριοτήτων σε θερμικά επιβαρυμένες συνθήκες, καθώς και την ικανότητα των λιμένων να διαχειρίζονται τέτοιου είδους καταπονήσεις. Οι σχετικοί δείκτες αφορούν κυρίως την έκταση της υπαίθριας εργασίας, τη διάρκεια και την ένταση της έκθεσης των εργαζομένων, καθώς και τη δυνατότητα εφαρμογής μέτρων προστασίας. Οι δείκτες αυτοί αποτυπώνουν τόσο την ευαισθησία των δραστηριοτήτων στη θερμότητα όσο και τη δυνατότητα αντιμετώπισης και προσαρμογής μέσω οργανωτικών και λειτουργικών πρακτικών. Στη συνέχεια παρουσιάζεται το σύνολο των ενδεικτικών δεικτών που δύνανται να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση της τρωτότητας έναντι θερμικής καταπόνησης.

Πίνακας 15. Ενδεικτικοί δείκτες ευαισθησίας λιμενικών λειτουργιών έναντι υψηλών θερμοκρασιών και περιγραφή της κλίμακας αξιολόγησης και των απαιτούμενων δεδομένων.

Δείκτης	Περιγραφή	Δεδομένα / Εναλλακτικά δεδομένα
Ένταση φυσικής εργασίας	Αποτυπώνει τον βαθμό σωματικής καταπόνησης των βασικών εργασιών. 1: χαμηλή φυσική ένταση. 3: μέτρια ένταση. 5: ιδιαίτερα απαιτητική χειρωνακτική εργασία.	Περιγραφή καθηκόντων, στοιχεία εργασιακής οργάνωσης. Εναλλακτικά: είδος εργασιών ανά τερματικό σταθμό ή δραστηριότητα.
Διάρκεια έκθεσης	Εκτιμά τη διάρκεια παραμονής των εργαζομένων σε εξωτερικό θερμικά επιβαρυμένο περιβάλλον. 1: περιορισμένη έκθεση. 3: μέτρια διάρκεια. 5: πολύωρη έκθεση σε εξωτερικούς χώρους.	Στοιχεία βαρδιών και ωραρίων. Εναλλακτικά: διάρκεια καθημερινής λειτουργίας και χαρακτήρας εργασιών.
Έλλειψη σκίασης	Αξιολογεί τον βαθμό προστασίας από άμεση ηλιακή ακτινοβολία. 1: εκτεταμένη σκίαση. 3: μερική σκίαση. 5: σχεδόν πλήρης απουσία σκίασης.	Υποδομές, σχέδια χώρου. Εναλλακτικά: αεροφωτογραφίες, δορυφορική εικόνα, επιτόπια παρατήρηση.
Θερμικό περιβάλλον	Εκτιμά την πρόσθετη θερμική επιβάρυνση από σκληρές επιφάνειες, ακτινοβολία και περιορισμένο αερισμό. 1: περιορισμένη θερμική επιβάρυνση. 3: μέτρια. 5: ισχυρά θερμικά επιβαρυμένο περιβάλλον.	Τεχνικά στοιχεία χώρου. Εναλλακτικά: παρουσία ασφάλτου, σκυροδέματος, μεταλλικών επιφανειών και περιορισμένου φυσικού αερισμού.
Εξάρτηση από ανθρώπινη απόδοση	Αποτυπώνει πόσο επηρεάζεται η λειτουργία από μείωση της απόδοσης, της συγκέντρωσης ή της αντοχής του προσωπικού. 1: χαμηλή εξάρτηση. 3: μέτρια. 5: πολύ υψηλή εξάρτηση από συνεχή και ακριβή ανθρώπινη απόδοση.	Στοιχεία λειτουργίας λιμένος, περιγραφή κρίσιμων λειτουργιών. Εναλλακτικά: φύση εργασιών και βαθμός ανθρώπινης παρέμβασης.

Πίνακας 16. Ενδεικτικοί δείκτες ικανότητας προσαρμογής λιμενικών λειτουργιών έναντι υψηλών θερμοκρασιών και περιγραφή της κλίμακας αξιολόγησης και των απαιτούμενων δεδομένων.

Δείκτης	Περιγραφή	Δεδομένα / Εναλλακτικά δεδομένα
Παροχή πόσιμου νερού	Εκτιμά τη διαθεσιμότητα και επάρκεια νερού για τους εργαζομένους σε θερμικές συνθήκες. 1: ανεπαρκής ή μη εξασφαλισμένη. 3: βασική επάρκεια. 5: πλήρης και άμεσα προσβάσιμη παροχή.	Πολιτικές υγείας και ασφάλειας στην εργασία (ΥΑΕ), λειτουργικές πρακτικές. Εναλλακτικά: τυπικές συνθήκες εργοταξιακής/λιμενικής λειτουργίας.
Διαλείμματα εργασίας	Αξιολογεί την οργάνωση διαλειμμάτων κατά τη διάρκεια επεισοδίων υψηλής θερμικής καταπόνησης. 1: ανύπαρκτα ή ανεπαρκή. 3: περιορισμένα. 5: επαρκή, οργανωμένα και εφαρμοζόμενα.	Κανονισμοί εργασίας, εσωτερικές οδηγίες. Εναλλακτικά: συνήθειες πρακτικές διαχείρισης βαρδιών.
Σκίαση (προσωρινή)	Εκτιμά τη διαθεσιμότητα προσωρινών μέσων σκίασης ή άμεσης προστασίας. 1: ανύπαρκτα. 3: περιορισμένα. 5: επαρκή και άμεσα διαθέσιμα.	Υποδομές και προσωρινός εξοπλισμός. Εναλλακτικά: πρόβλεψη για τέντες, κινητά σκίαστρα ή προσωρινά στέγαστρα.
Διαθεσιμότητα δροσερών χώρων	Αξιολογεί την πρόσβαση σε κλιματιζόμενους ή θερμικά ασφαλείς χώρους ανάπαυσης. 1: ανύπαρκτοι. 3: περιορισμένοι. 5: επαρκείς και εύκολα προσβάσιμοι.	Κτιριακές υποδομές, terminal buildings. Εναλλακτικά: ύπαρξη γραφείων ή χώρων ανάπαυσης με ψύξη.
Διαδικασίες διακοπής εργασιών	Αποτυπώνει αν υπάρχουν διαδικασίες παύσης ή περιορισμού εργασιών σε ακραία θερμότητα. 1: ανύπαρκτες. 3: μερικές. 5: σαφείς, τεκμηριωμένες και εφαρμόσιμες.	Οδηγίες Υγείας και Ασφάλειας στην Εργασία (ΥΑΕ), κανονισμοί λειτουργίας. Εναλλακτικά: εσωτερικές πρακτικές ή οδηγίες διοίκησης.

Πίνακας 17. Ενδεικτικοί δείκτες ικανότητας αντιμετώπισης λιμενικών λειτουργιών έναντι υψηλών θερμοκρασιών και περιγραφή της κλίμακας αξιολόγησης και των απαιτούμενων δεδομένων.

Δείκτης	Περιγραφή	Δεδομένα / Εναλλακτικά δεδομένα
Προσαρμογή ωραρίου	Εκτιμά τη δυνατότητα αλλαγής βαρδιών ή μετατόπισης εργασιών εκτός θερμικά δυσμενών ωρών. 1: καμία δυνατότητα. 3: περιορισμένη δυνατότητα. 5: υψηλή ευελιξία ωραρίου.	Διαχείριση εργασίας, HR policies. Εναλλακτικά: οργανωτική ευελιξία λιμένα.
Μόνιμη σκίαση	Αξιολογεί την ύπαρξη μόνιμων κατασκευών σκίασης στους χώρους εργασίας. 1: ανύπαρκτες. 3: μερικές. 5: εκτεταμένες και λειτουργικές.	Σχέδια υποδομών, τεχνικά χαρακτηριστικά. Εναλλακτικά: οπτική/χαρτογραφική αποτύπωση χώρων.
Heat stress plan	Εκτιμά αν υπάρχει ολοκληρωμένο σχέδιο διαχείρισης θερμικής καταπόνησης. 1: δεν υπάρχει. 3: αποσπασματική προσέγγιση. 5: πλήρως οργανωμένο και εφαρμοζόμενο σχέδιο.	Πολιτικές ΥΑΕ, σχέδια λειτουργίας, risk management.
Εκπαίδευση προσωπικού	Εκτιμά τη συστηματική ενημέρωση και εκπαίδευση προσωπικού σε θέματα θερμικής καταπόνησης. 1: ανύπαρκτη. 3: περιορισμένη. 5: συστηματική και επαναλαμβανόμενη.	Training programs, HR records. Εναλλακτικά: γενικό επίπεδο οργάνωσης φορέα.
Παρακολούθηση συνθηκών	Αξιολογεί τη δυνατότητα παρακολούθησης θερμοκρασίας, heat index ή άλλων δεικτών για υποστήριξη αποφάσεων. 1: δεν υπάρχει παρακολούθηση. 3: περιορισμένη χρήση δεδομένων. 5: συστηματική παρακολούθηση και ενσωμάτωση στις λειτουργίες.	Τεχνικά συστήματα, μετεωρολογική υποστήριξη. Εναλλακτικά: χρήση δημόσιων δεδομένων και επιχειρησιακών οδηγιών.

Με βάση το προαναφερθέν εννοιολογικό πλαίσιο και τους ενδεικτικούς δείκτες, η παρούσα μελέτη υιοθετεί ένα απλοποιημένο σχήμα εκτίμησης της τρωτότητας, προσαρμοσμένο στη διαθεσιμότητα των δεδομένων, το οποίο παρουσιάζεται στη συνέχεια.

4.2.2 Εφαρμογή δεικτών για την εκτίμηση τρωτότητας

Η τρωτότητα των λιμενικών λειτουργιών έναντι υψηλών θερμοκρασιών και θερμικής καταπόνησης εκτιμάται με ανάλογη προσέγγιση. Η ευαισθησία των λειτουργιών σχετίζεται κυρίως με την έκταση των υπαίθριων δραστηριοτήτων, τη διάρκεια έκθεσης των εργαζομένων σε θερμικά επιβαρυμένες συνθήκες και τη φύση της εργασίας. Παράλληλα, η ικανότητα αντιμετώπισης και προσαρμογής συνδέεται με την ύπαρξη βασικών μέτρων προστασίας, όπως προβλέπονται από το πλαίσιο Υγείας και Ασφάλειας στην Εργασία, καθώς και με τη γενική οργανωτική ικανότητα των λιμένων.

Δεδομένης της περιορισμένης διαθεσιμότητας αναλυτικών στοιχείων, οι παράγοντες αυτοί θεωρούνται κατά προσέγγιση κοινοί μεταξύ των λιμένων, με αποτέλεσμα η τρωτότητα να παρουσιάζει περιορισμένη διαφοροποίηση μεταξύ των εξεταζόμενων περιπτώσεων, ενώ η συνολική διαφοροποίηση της διακινδύνευσης προκύπτει κυρίως από τις διαφορές στην ένταση του φαινομένου και στο επίπεδο έκθεσης.

Πίνακας 18. Δείκτες που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της τρωτότητας λιμενικών λειτουργιών έναντι υψηλών θερμοκρασιών, σύμφωνα με το απλοποιημένο σχήμα της παρούσας μελέτης.

Δείκτης	Υπο-συνιστώσα	Περιγραφή	Δεδομένα/ Εναλλακτικά δεδομένα
Ευαισθησία λειτουργιών σε θερμική καταπόνηση	Ευαισθησία	Σύνθετος δείκτης που αποτυπώνει τον βαθμό έκθεσης των λιμενικών δραστηριοτήτων σε υψηλές θερμοκρασίες, λαμβάνοντας υπόψη την έκταση των υπαίθριων εργασιών, τη διάρκεια έκθεσης και τη φυσική καταπόνηση των εργαζομένων. Χαμηλές τιμές αντιστοιχούν σε περιορισμένη έκθεση, ενώ υψηλές σε έντονα υπαίθριες και θερμικά επιβαρυμένες συνθήκες εργασίας.	Περιγραφή δραστηριοτήτων, τύπος εργασιών, οργάνωση βαρδιών
Ικανότητα αντιμετώπισης θερμικής καταπόνησης	Ικανότητα αντιμετώπισης και προσαρμογής	Δείκτης που αποτυπώνει τη γενική ικανότητα εφαρμογής μέτρων προστασίας (π.χ. διαλείμματα, ενυδάτωση, βασικές οδηγίες ΥΑΕ) και την οργανωτική επάρκεια για τη διαχείριση θερμικών	Θεσμικό πλαίσιο ΥΑΕ, γενικές πρακτικές διαχείρισης εργασίας

		συνθηκών. Ελλείπει εξειδικευμένων δεδομένων, θεωρείται συγκρίσιμος μεταξύ των λιμένων.	
--	--	---	--

Η συνολική τρωτότητα προκύπτει ως ο μέσος όρος των επιμέρους δεικτών, με την ικανότητα αντιμετώπισης και προσαρμογής να θεωρείται συγκρίσιμη μεταξύ των λιμένων, λόγω του υπάρχοντος θεσμικού πλαισίου Υγείας και Ασφάλειας στην Εργασία.

Πίνακας 19. Αποτελέσματα εκτίμησης της τρωτότητας λιμενικών λειτουργιών έναντι ισχυρών ανέμων, σύμφωνα με το απλοποιημένο σχήμα αξιολόγησης της παρούσας μελέτης.

Λιμένας	Ευαισθησία λειτουργιών σε θερμική καταπόνηση	Ικανότητα αντιμετώπισης θερμικής καταπόνησης	Συνολική τρωτότητα
Αλεξανδρούπολη	4	3	3.5
Ηγουμενίτσα	4	3	3.5
Βόλος	4	3	3.5
Χαλκίδα	4	3	3.5
Λαύριο	4	3	3.5
Ηράκλειο	4	3	3.5

Συνολικά, η τρωτότητα των λιμενικών λειτουργιών έναντι υψηλών θερμοκρασιών εκτιμάται ως συγκρίσιμη μεταξύ των εξεταζόμενων λιμένων, χωρίς να προκύπτει ουσιαστική διαφοροποίηση. Το αποτέλεσμα αυτό αντανακλά τόσο τα κοινά χαρακτηριστικά των λιμενικών λειτουργιών όσο και την εφαρμογή ενιαίων παραδοχών, λόγω περιορισμένης διαθεσιμότητας αναλυτικών δεδομένων. Ως εκ τούτου, η συνολική διακινδύνευση καθορίζεται κυρίως από τη διαφοροποίηση της έντασης του φαινομένου και του επιπέδου έκθεσης.

Βιβλιογραφία

- Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (2017). *Vulnerability Sourcebook: Concept and Guidelines for Standardised Vulnerability Assessments*. Bonn/Eschborn.
- ESPO, 2023. Environmental Report 2023 – EcoPortsinSights 2023
- European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (Copernicus Climate Change Service – C3S). *ERA5 Reanalysis Dataset*.
- GIZ; EURAC, 2017. Risk Supplement to the Vulnerability Sourcebook. In Guidance on How to Apply the Vulnerability Sourcebook’s Approach with the New IPCC AR5 Concept of Climate Risk; GIZ: Bonn, Germany.
- Hersbach et al. (2020). *The ERA5 global reanalysis*. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 146, 1999–2049.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Cambridge University Press.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge University Press.
- International Labour Organization (2019). *Working on a Warmer Planet: The Impact of Heat Stress on Labour Productivity and Decent Work*. Geneva.
- World Health Organization (2018). *Heat and Health in the Workplace*. Geneva.
- PIANC (2019). *Climate Change Adaptation Planning for Ports and Inland Waterways*. Brussels.