



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΠΙΣΤΗΜΗ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ»
Ειδικευση Γ': Διαχείριση Παράκτιας Ζώνης & Λιμένων

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία με Τίτλο:

**Παρακολούθηση Τρωτότητας Παράκτιων Περιοχών
με Χρήση Συστημάτων μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών**



Μπενάκης Γ. Νικόλαος

Επιβλέπουσες: Καθηγήτρια ΕΜΠ, Τσουκαλά Βασιλική
Υπ. Διδάκτωρ ΕΜΠ, Τσάιμου Χριστίνα

Αθήνα, Ιούλιος 2024

**«ΕΠΙΣΤΗΜΗ &
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
ΥΔΑΤΙΚΩΝ
ΠΟΡΩΝ»**





Copyright © Νικόλαος Μπενάκης, 2024

Με επιφύλαξη κάθε δικαιώματος. All rights reserved.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα αποκλειστικά και δεν αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Δηλώνεται υπεύθυνα ότι ο συγγραφέας είναι κάτοχος των πνευματικών δικαιωμάτων της παρούσας εργασίας, η οποία δεν συκοφαντεί πρόσωπα, ούτε προσβάλλει πνευματικά δικαιώματα τρίτων.

The opinions and conclusions contained in this document are solely those of the author and do not represent the official positions of the National Technical University of Athens. It is responsibly declared that the author owns the copyright of this diploma thesis, which does not defame persons, nor does it infringe the copyright of third parties.



*Στη σύζυγό μου και
στις κόρες μου...*

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία εκπονήθηκε κατά τη φοίτησή μου στο Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Επιστήμη & Τεχνολογία Υδατικών Πόρων», Σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, κατά το ακαδημαϊκό έτος 2023-2024.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την Καθηγήτρια Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ και Διευθύντρια του Εργαστηρίου Λιμενικών Έργων ΕΜΠ, πολιτικό μηχανικό - λιμενολόγο, κυρία Τσουκαλά Βασιλική για την ανάθεση του θέματος, την εμπιστοσύνη της στο πρόσωπό μου και την αμέριστη βοήθεια και καθοδήγηση που μου παρείχε καθ'όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω θερμά την υποψήφια Διδάκτορα Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, πολιτικό μηχανικό, κυρία Τσάιμου Χριστίνα για την πολύτιμη βοήθεια και τις ωφέλιμες συμβουλές σε όλα τα στάδια έρευνας και συγγραφής, καθώς επίσης και για τη συνολική επιστημονική, τεχνική αλλά και ηθική υποστήριξη που μου παρείχε.

Επιπλέον, θα ήθελα να συμπεριλάβω στις ευχαριστίες μου τον τοπογράφο μηχανικό, κύριο Σαρταμπάκο Παναγιώτη, για τις χρήσιμες συμβουλές του σχετικά με τις δυνατότητες και τα χαρακτηριστικά των Συστημάτων μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών και την εκτέλεση αυτόνομων πτήσεων.

Τίποτα όμως δεν θα είχα καταφέρει χωρίς την υποστήριξη, την υπομονή και την ανοχή της συζύγου μου Κωνσταντίνας και των παιδιών μου, Μιχαέλας και Στέλλας, τις οποίες ευχαριστώ ολόψυχα. Υπόσχομαι να αναπληρώσω όλες τις στιγμές που στερηθήκαμε ώστε να καταφέρω να ολοκληρώσω το παρόν πόνημα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι παράκτιες περιοχές αποτελούσαν ανέκαθεν πόλο έλξης για τον άνθρωπο ως πρώτη επιλογή εγκατάστασης, επιτυγχάνοντας κοινωνική και οικονομική ανάπτυξη μέσω των εμπορικών συναλλαγών και της πολιτιστικής διασύνδεσης με άλλα μέρη του κόσμου. Η αστικοποίηση μεγάλου μέρους των ακτών, οδήγησε στην ανάπτυξη πλήθους δραστηριοτήτων, συμπεριλαμβάνοντας την βιομηχανία, τον τουρισμό, τις μονάδες παραγωγής ενέργειας, τη ναυτιλία, την ακτοπλοΐα, οι οποίες εξυπηρετούνται από τις λιμενικές υποδομές που κατασκευάζονται στην ακτογραμμή. Ακτές και λιμένες είναι παράκτια συστήματα που αλληλοεξαρτώνται και αλληλοεπηρεάζονται, καθώς υποβάλλονται σε φυσικές και ανθρωπογενείς πιέσεις σε ένα εξελισσόμενο περιβαλλοντικό πλαίσιο λόγω της κλιματικής αλλαγής, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η τρωτότητά τους και η ευαισθησία τους σε επικείμενες απειλές.

Η εκτίμηση της τρωτότητας ακτών και λιμένων έχει απασχολήσει την ερευνητική κοινότητα, διερευνώντας φυσικές, τεχνικές, περιβαλλοντικές και κοινωνικοοικονομικές παραμέτρους που επηρεάζουν την κατάσταση και τη λειτουργία τους. Ωστόσο, παρατηρήθηκε εστίαση και κατεύθυνση της έρευνας χωριστά για την παράκτια τρωτότητα και την τρωτότητα λιμένων αντίστοιχα και όχι ταυτόχρονη εξέταση και των δυο συστημάτων, σε παράκτιους χώρους που περιλαμβάνουν και τα δυο. Επίσης, λαμβάνοντας υπόψη ότι ο παράκτιος χώρος μεταβάλλεται δυναμικά, δημιουργείται η ανάγκη εφαρμογής μεθόδων παρακολούθησης της τρωτότητας, καταγράφοντας και αποτυπώνοντας την κατάσταση ακτών και λιμένων. Η παρακολούθηση περιλαμβάνει διάφορες μεθόδους, από τις κλασικές όπως η οπτική επισκόπηση, η χρήση σταθερών επίγειων καμερών κ.α., έως και σύγχρονες μεθόδους τηλεπισκόπησης, όπως η χρήση Συστημάτων μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών (ΣμηΕΑ), η οποία συμβάλλει στην περιοδική αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης μέσω διεξαγωγής προγραμματισμένων επιτόπιων καταγραφών.

Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, διερευνάται η αξιοποίηση σύγχρονων μεθόδων παρακολούθησης και συγκεκριμένα η χρήση ΣμηΕΑ, για την παρακολούθηση της τρωτότητας παράκτιων περιοχών. Ειδικότερα, εξετάστηκαν έξι (6) περιοχές, που βρίσκονται επί της ακτογραμμής Δήμου Θηβαίων στον Κορινθιακό Κόλπο (Παραλία Σαράντη, Άγιος Νικόλαος, Αλυκή, Παραλία Λιβαδόστρας, Καλαμάκι, Άγιος Βασίλειος), εκ των οποίων οι τέσσερις (4) διαθέτουν αλιευτικά καταφύγια (Παραλία Σαράντη, Άγιος Νικόλαος, Αλυκή, Άγιος Βασίλειος), όπου πραγματοποιήθηκε συλλογή στοιχείων με χρήση ΣμηΕΑ. Ακολούθως, τα στοιχεία αυτά επεξεργάστηκαν και αναλύθηκαν περαιτέρω, προκειμένου να προκύψουν οι κατάλληλες πληροφορίες για την κατάσταση των ακτών και των αλιευτικών καταφυγίων. Τέλος, πραγματοποιήθηκε συγκριτική ανάλυση με αποτελέσματα



προγενέστερων ερευνών στις υπό εξέταση ακτές και λιμένες. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της συνολικής διερεύνησης, αναφορικά με την τρωτότητα των ακτών, παρατηρήθηκαν μεταβολές κυρίως στις φυσικές παραμέτρους και αναφορικά με την τρωτότητα των λιμένων, παρατηρήθηκαν μεταβολές στην δομική κατάσταση της υποδομής.

Λέξεις κλειδιά: Ακτές, Λιμένες, Παρακολούθηση τρωτότητας, Παράκτια τρωτότητα, Τρωτότητα λιμένων, Συστήματα μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών (ΣμηΕΑ), Δήμος Θηβαίων

ABSTRACT

Coastal areas have always been an attraction for people as a first choice of settlement, achieving social and economic development through trade and cultural interconnection with other parts of the world. The urbanization of coastlines has led to the development of various activities, including industry, tourism, power plants, shipping and coastal navigation, all of which are served by the port infrastructure built along the coastline.

Coasts and ports are multidimensional systems that are interdependent and mutually affected since they are subject to natural and anthropogenic pressures in an evolving environmental context due to climate change, increasing their vulnerability and susceptibility to imminent threats. The assessment of coastal and port vulnerability has been a major concern of the research community, investigating physical, technical, environmental and socio-economic parameters that influence their current state. However, coastal vulnerability and port vulnerability have been separately investigated without simultaneously examining vulnerability variations on both systems in coastal areas.

Moreover, taking into account that coastal areas are dynamically changing, there is a need to implement vulnerability monitoring methods to identify and map the condition of coasts and ports. Monitoring includes various methods, ranging from classical methods such as visual survey, the use of fixed ground-based cameras, etc., to modern remote sensing methods such as the use of Unmanned Aircraft Systems (UAS), which may contribute to the periodic assessment of the current condition by conducting scheduled field surveys.

In the context of this master thesis, the use of modern monitoring methods and specifically the use of UAS for monitoring the vulnerability of coastal areas is investigated. In particular, six (6) areas located on the coastline of the Municipality of Thebes in the Corinthian Gulf (Saranti Beach, Agios Nikolaos, Aliko, Livadostras Beach, Kalamaki, Agios Vasilios) were examined, four (4) of which have fishing shelters (Saranti Beach, Agios Nikolaos, Aliko, Agios Vasilios). Data collection was carried out using UAS. This data was processed and further analyzed to obtain the required information regarding the condition of the coasts and fishing shelters. Finally, a comparative analysis with results from previous surveys on the coasts and ports under consideration was carried out. According to the results of the overall investigation, with regard to the vulnerability of the coasts, changes were observed mainly in the physical parameters and with regard to the vulnerability of the ports, changes were observed in the structural condition of the infrastructure.

Key words: Coasts, Seaports, Monitoring vulnerability, Coastal vulnerability, Port vulnerability, Unmanned Aircraft Systems (UAS), Municipality of Thebes

EXTENDED ABSTRACT

Background and Objectives

Coastal areas have always been an attraction for humans, who have long used them as a first choice of settlement, achieving social and economic development through trade and cultural links with other parts of the world. More than 30% of the world's largest cities in terms of population are coastal (Evelpidou, 2020), while in Europe, half of the population lives less than 50 km from the sea (European Environment Agency, 2017). The urbanization of much of the coastline has led to the development of a wide range of activities, including industry, tourism, power plants, shipping, and coastal navigation, all of which are served by port infrastructure built along the coastline. Coasts and ports are coastal systems that are interdependent and mutually influenced as they are subjected to natural and anthropogenic pressures in an evolving environmental context due to climate change, resulting in increased vulnerability and susceptibility to imminent threats.

Following an extensive literature review in Scopus and Google Scholar search engines, it was observed that coastal and port vulnerability assessment has been of interest to the research community, with an increase in the number of entries in recent years. The investigation of the vulnerability index of coasts and ports includes the examination of physical, technical, environmental and socio-economic parameters that affect their condition and operation.

However, the research community has been focused on studying coastal vulnerability and port vulnerability separately, rather than simultaneously examining both systems. Moreover, considering that the coastal areas are dynamically changing, there is a need to implement methods to monitor vulnerability by capturing and mapping the current condition of coasts and ports. Monitoring includes various techniques such as typical visual survey, fixed ground-based cameras, or modern remote sensing methods based on the employment of Unmanned Aircraft Systems (UAS). UAS-based sensing contributes to the periodic assessment of the current condition by conducting scheduled field surveys.

Case Study

In the context of this thesis, the use of modern monitoring techniques and specifically the use of UAS for monitoring the vulnerability of coastal and port systems is investigated. In particular, six (6) areas located on the coastline of the Municipality of Thebes in the Corinthian Gulf (Saranti Beach, Agios Nikolaos, Aliko, Livadostra Beach, Kalamaki, Agios

Vasilios) were examined, four (4) of which include fishing shelters (Saranti Beach, Agios Nikolaos, Aliko, Agios Vasilios). Figure 1 shows the area of the Municipality of Thebes and Figure 2 shows the areas of interest.

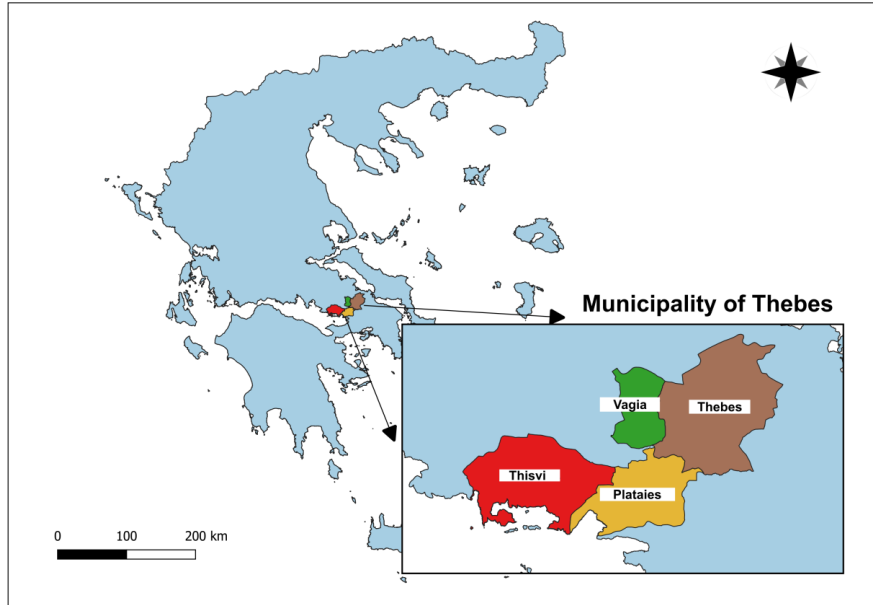


Figure 1. Municipality of Thebes with the four (4) municipal units (Thebes, Vagia, Plataies, and Thisvi).

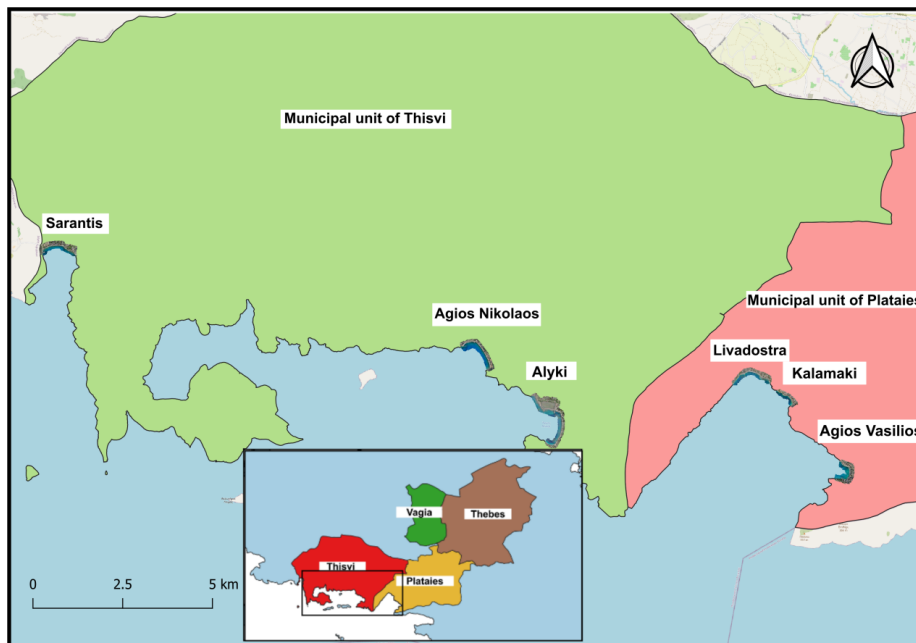


Figure 2. Areas of interest (Saranti Beach, Agios Nikolaos, Alyki, Livadostra Beach, Kalamaki, and Agios Vasilios).

Research Methodology and Results

The UAS-based monitoring methodology developed to identify changes in coastal and port vulnerability in the areas of interest is briefly presented in Figure 3.

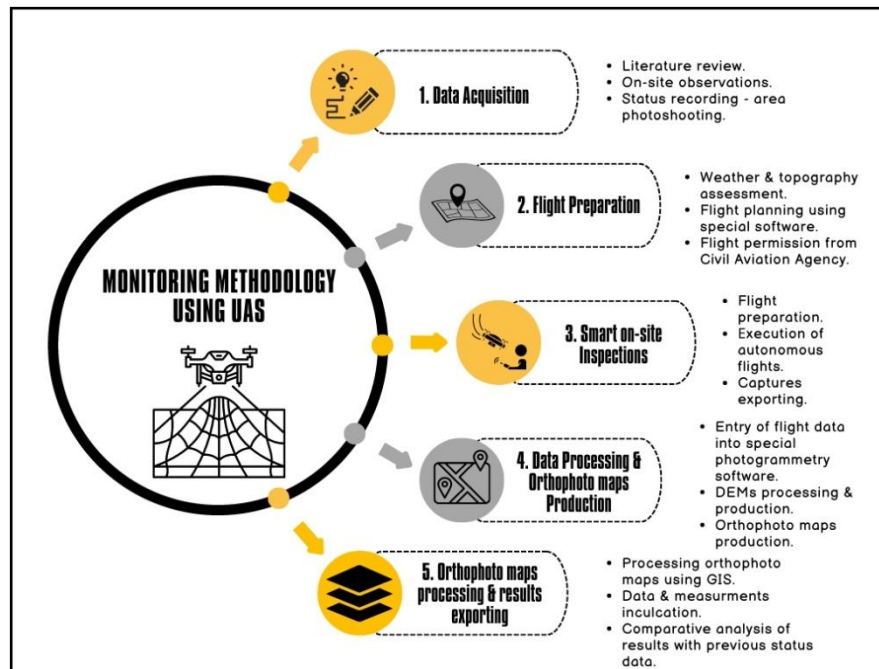


Figure 3. The UAS-based methodology for monitoring coastal and port vulnerability.

Autonomous flights were conducted in these areas and the data collected were processed with photogrammetry software to produce orthophoto maps and Digital Elevation Models (DEMs). The generated orthophoto maps of the entire coastal areas of interest as well as the detailed orthophoto maps of the examined fishing shelters are presented in Figure 4.

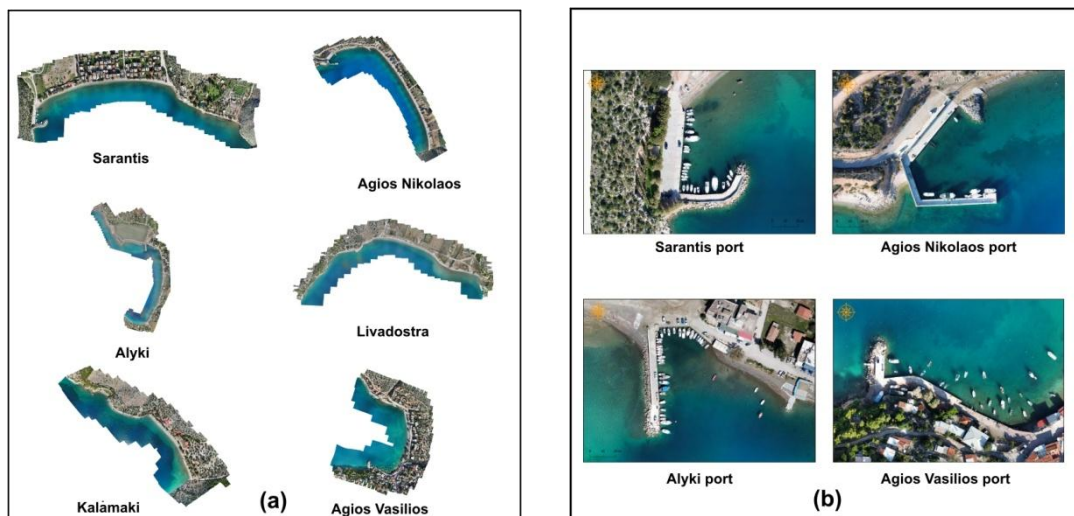


Figure 4. a) Orthophoto maps of the entire coastal areas of interest, b) Detailed orthophoto maps of the fishing shelters.

Once generated the orthophoto maps were processed with GIS software followed by a comparative analysis with the results of the Technical Report of Laboratory of Harbour Works, National Technical University of Athens carried out in 2021 and the research of Tsaimou et al., 2023 entitled “Enhanced port vulnerability assessment using Unmanned-Aerial-Vehicle-Based Structural Health Monitoring”.

Considering the parameters for coastal and port vulnerability included in the two previously mentioned studies the final choice of the parameters was made according to the capabilities of UAS (Table 1 and Table 2). The parameter numbering was maintained the same as the two studies.

Table 1. Coastal vulnerability parameters of the case study of the coastal areas of interest.

Category	No.	Parameter
Physical	P.2	Shoreline evolution
	P.3.1	Land slope
	P.8	Beach width
	P.9	Distance from vegetation
Technical	T.1	Distance from structure
	T.2	Distance from coastal road
	T.3	Coastal protection works
Environmental	E.1	NATURA 2000 network
Socio-Economic	SE.2	Distance from settlement
	SE.4	Distance from municipality capital
	SE.5	Land use

Table 2. Port vulnerability parameters of the case study of the four fishing shelters.

Category	No.	Parameter
Technical	T.1	Port size
	T.2	Distance from main roads
	T.3	Distance from other ports
	T.4	Vessel capacity
	T.5	Occupancy rate
	T.6	Surface concrete cracks
	T.7	Chemical attack on concrete surface

T.8

Concrete scaling

T.9

Armor layer displacement

Figure 5 shows coastal vulnerability changes regarding the parameter of shoreline evolution. Figure 6 shows coastal vulnerability changes regarding the parameter of beach width, and Figure 7 shows coastal vulnerability changes regarding the parameter of distance from vegetation.

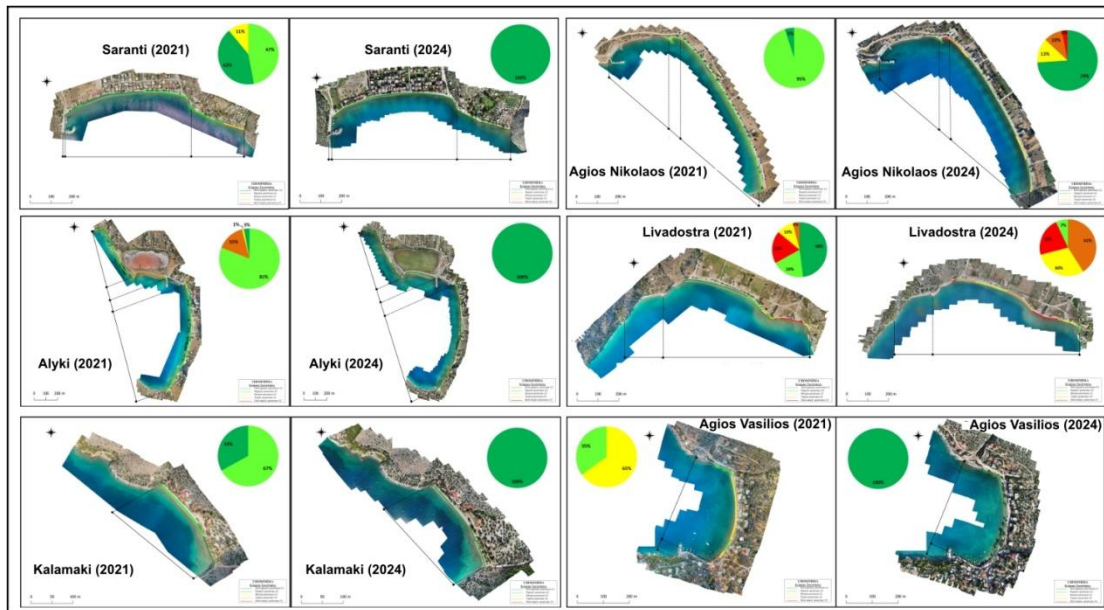


Figure 5. Coastal vulnerability changes regarding the parameter of shoreline evolution.

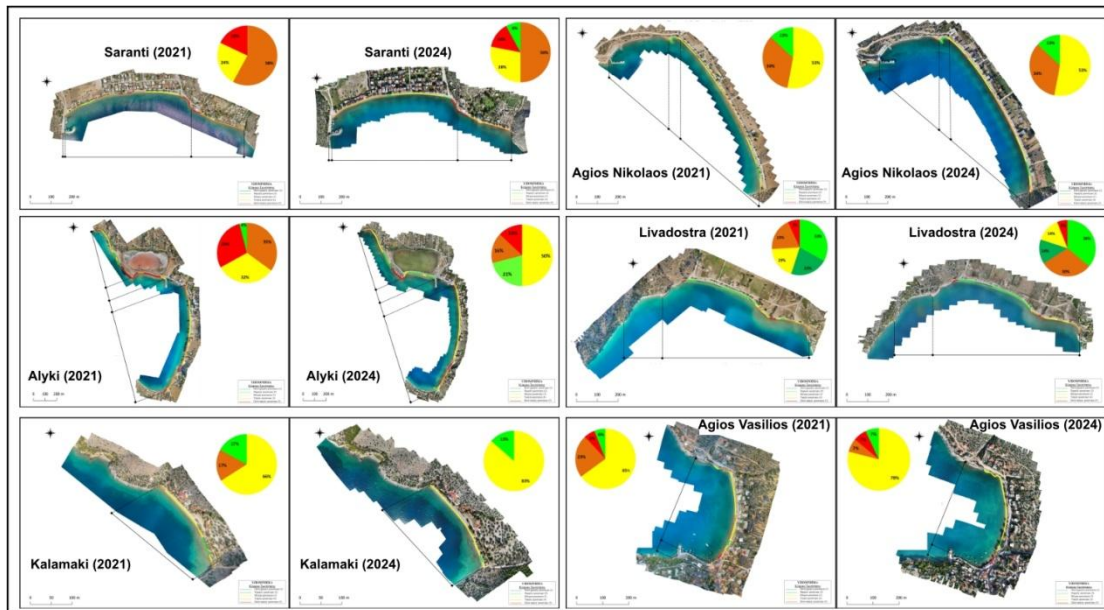


Figure 6. Coastal vulnerability changes regarding the parameter of beach width.

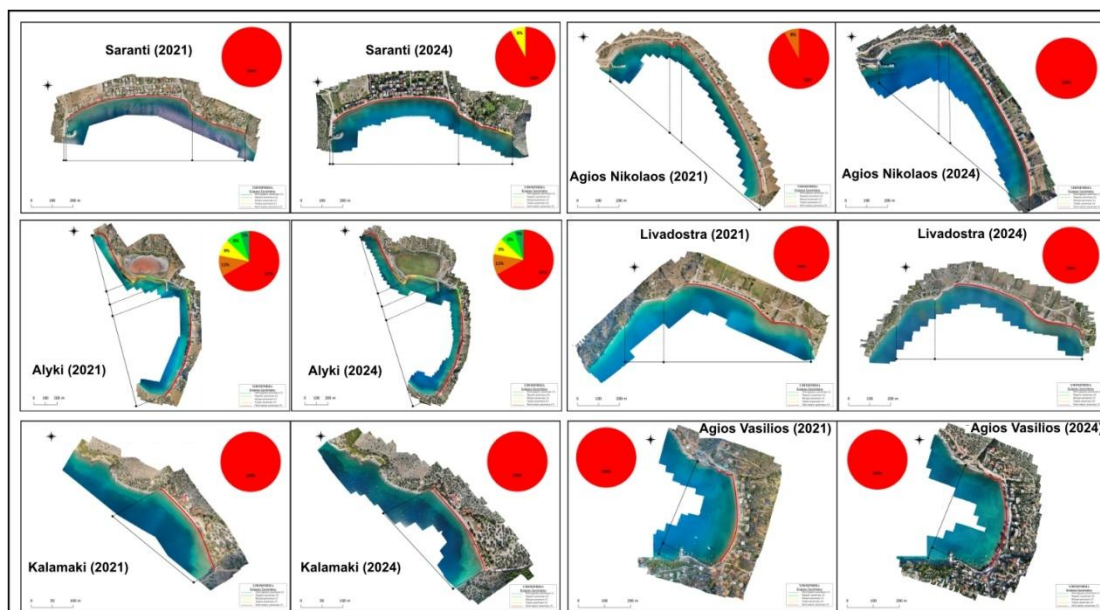


Figure 7. Coastal vulnerability changes regarding the parameter of distance of vegetation.

Table 3 shows port vulnerability changes regarding the parameters of surface concrete cracks, chemical attack on concrete surface, concrete scaling, and armor layer displacement. Figure 8 includes indicative example of the port vulnerability changes for the examined fishing shelters regarding the parameter armor layer displacement.

Table 3. Port vulnerability changes regarding the parameters of the Structural Health of the four fishing shelters.

Fishing shelters	Surface concrete cracks (%)		Chemical attack on concrete surface (%)		Concrete scaling (%)		Armor layer displacement (%)	
	Tsaimou et al., (2023)	Results (2024)	Tsaimou et al., (2023)	Results (2024)	Tsaimou et al., (2023)	Results (2024)	Tsaimou et al., (2023)	Results (2024)
Saranti	0.00	0.00	1.07	1.21	0.00	0.00	6.85	7.65
Agios Nikolaos	0.30	0.35	2.87	2.89	0.00	0.00	4.40	4.85
Alyki	0.00	0.00	0.00	0.00	59.58	61.12	14.80	15.21
Agios Vasilios	0.00	0.20	0.00	0.00	100.00	100.00	5.17	5.40



Figure 8. Port vulnerability changes regarding the parameter of armor layer displacement.

Conclusions and further research

According to the results of the overall investigation, regarding the vulnerability of the coasts, The coastal vulnerability parameters where changes were identified during the investigation are:

- Shoreline evolution
- Beach width
- Distance from vegetation

All areas of interest in terms of shoreline evolution and beach width are favorably affected except for Livadostra Beach and Agios Nikolaos which are adversely affected. Sarantis Beach and Agios Nikolaos are affected in terms of distance from vegetation, the former favorably and the latter unfavorably.

According to the port vulnerability investigation, parameters where changes were identified are:

- Surface concrete cracks

- Chemical attack on concrete surface
- Concrete scaling
- Armor layer displacement

All fishing shelters are adversely affected by changes in these vulnerability parameters.

Finally, the most important conclusion is that it is possible to successfully record and map changes in coastal and port conditions simultaneously, using UAVs as a tool.

For further investigation, it is mainly proposed:

- Development of digital databases with feedback through systematic monitoring with UAVs, with easy data search and comparison with previous surveys.
- Combination of UAVs with other remote sensing methods (satellites, fixed cameras, etc.), as well as combination of UAVs with different types of unmanned vehicles (maritime, underwater, ground).
- Reinforcing the periodicity of monitoring with scheduled inspections at specific intervals, contributing to the continuous updating of databases and the mapping of changes in space and time.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	Εισαγωγή.....	1
1.1	Γενικά.....	1
1.2	Σκοπός Εργασίας.....	3
1.3	Διάρθρωση της εργασίας.....	3
2	Βιβλιογραφική Ανασκόπηση Τρωτότητας Ακτών & Λιμένων.....	5
2.1	Σημασία Παράκτιων Περιοχών & Λιμένων.....	5
2.2	Ορισμοί, Γενικά στοιχεία.....	6
2.3	Παράκτια Τρωτότητα.....	9
2.3.1	Φυσικές Παράμετροι Παράκτιας Τρωτότητας.....	15
2.3.2	Τεχνικές Παράμετροι Παράκτιας Τρωτότητας.....	18
2.3.3	Κοινωνικοοικονομικές Παράμετροι Παράκτιας Τρωτότητας.....	19
2.3.4	Περιβαλλοντικές Παράμετροι Παράκτιας Τρωτότητας.....	20
2.4	Τρωτότητα Λιμένων.....	21
2.4.1	Φυσικές Παράμετροι Τρωτότητας Λιμένων.....	26
2.4.2	Τεχνικές Παράμετροι Τρωτότητας Λιμένων.....	27
2.4.3	Κοινωνικοοικονομικές Παράμετροι Τρωτότητας Λιμένων.....	28
2.4.4	Περιβαλλοντικές Παράμετροι Τρωτότητας Λιμένων.....	29
3	Παρακολούθηση (Monitoring) Τρωτότητας Ακτών & Λιμένων.....	31
3.1	Γενικά.....	31
3.2	Παρακολούθηση ακτών.....	32
3.3	Παρακολούθηση Λιμένων.....	36
3.4	Παρακολούθηση ακτών και λιμένων με χρήση ΣμηΕΑ.....	40
4	Μελέτη Περίπτωσης.....	47
4.1	Γενικά Στοιχεία.....	47
4.1.1	Δημογραφικά στοιχεία.....	48
4.1.2	Χρήσεις γης, Έργα Υποδομής.....	49
4.1.3	Ευαίσθητες – Προστατευόμενες Περιοχές.....	52
4.1.4	Θερμοκρασία, Υγρασία, Υετός, Άνεμος.....	52
4.1.5	Παλίρροια και Θαλάσσια ρεύματα.....	55
4.1.6	Κυματικό Κλίμα.....	55
4.1.7	Βαθυμετρία.....	56
4.1.8	Γεωλογία & Τεκτονική.....	58
4.1.9	Γεωμορφολογία.....	60

4.2	Παράκτιες περιοχές μελέτης.....	62
4.2.1	Παραλία Σαράντη.....	62
4.2.2	Άγιος Νικόλαος.....	69
4.2.3	Αλυκή.....	72
4.2.4	Λιβαδόστρα.....	77
4.2.5	Καλαμάκι.....	82
4.2.6	Άγιος Βασίλειος.....	85
5	Μεθοδολογία.....	92
5.1	Γενικά.....	92
5.2	Συλλογή Δεδομένων-Εξοπλισμός.....	93
5.3	Προετοιμασία πτήσεων.....	100
5.4	Έξυπνες επιτόπιες επιθεωρήσεις.....	102
5.5	Επεξεργασία δεδομένων και κατασκευή χαρτών.....	104
5.6	Επεξεργασία χαρτών και εξαγωγή αποτελεσμάτων.....	109
6	Εκτίμηση τρωτότητας ακτών& λιμένων μελέτης.....	111
6.1	Αποτελέσματα φωτογραμμετρίας.....	111
6.2	Εκτίμηση Παράκτιας Τρωτότητας.....	118
6.2.1	Υπολογισμός φυσικών παραμέτρων τρωτότητας.....	125
6.2.2	Υπολογισμός τεχνικών παραμέτρων τρωτότητας.....	157
6.2.3	Υπολογισμός περιβαλλοντικών παραμέτρων παράκτιας τρωτότητας.....	173
6.2.4	Υπολογισμός κοινωνικοοικονομικών παραμέτρων παράκτιας τρωτότητας.....	174
6.3	Εκτίμηση τρωτότητας λιμένων ενδιαφέροντος.....	192
6.3.1	Γενικά.....	192
6.3.2	Υπολογισμός τεχνικών παραμέτρων τρωτότητας λιμένα.....	198
7	Συμπεράσματα & Προτάσεις.....	216
7.1	Γενικά.....	216
7.2	Συμπεράσματα από την εκτίμηση της παράκτιας τρωτότητας και της τρωτότητας λιμένων με ΣμηΕΑ.....	216
7.3	Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.....	218
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	220

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2-1. Δείκτης Τρωτότητας VI (Vulnerability Index)	8
Εικόνα 2-2. Σχέση Τρωτότητας-Ανθεκτικότητας. (Πηγή: IPCC, AR6, WGII, 2022).	9
Εικόνα 3-1. Μέθοδοι παρακολούθησης ακτών, ιδία σχεδίαση με εφαρμογή τεχνητής νοημοσύνης.	36
Εικόνα 3-2. Παρακολούθηση μέσω ΣμηΕΑ ακτής Molise, Κεντρική Ιταλία για την εκτίμηση παράκτιας τρωτότητας. (Πηγή: DiPaola et al., 2022).....	43
Εικόνα 3-3. Καταγραφή πορείας διάβρωσης στην ακτή Brseč, Κροατίας μέσω ΣμηΕΑ (Pikelj et al., 2018, με ιδία επεξεργασία)	44
Εικόνα 3-4. Καταγραφή πορείας θωράκισης λιμένα μέσω ΣμηΕΑ. (Tsaimou et al., 2022). .	45
Εικόνα 3-5. Εφαρμογές τηλεπισκόπησης με χρήση ΣμηΕΑ, ιδία επεξεργασία.	46
Εικόνα 4-1. Κυριότερα χερσαία και υποθαλάσσια ρήγματα Κορινθιακού Κόλπου, (Πηγή: Koukouvelas et al., 2008, με ιδία επεξεργασία).	59
Εικόνα 4-2. Σεισμικότητα στην περιοχή της Θήβας 11/2021 – 10/2021, (Πηγή: Kaviris et al., 2022).....	60
Εικόνα 4-3. Θέση ακτών μελέτης, ιδία επεξεργασία.	63
Εικόνα 4-4. Παραλία Σαράντη, ιδία φωτογράφιση με ΣμηΕΑ.....	63
Εικόνα 4-5. Beach cusps στο κεντρικό τμήμα Παραλίας Σαράντη, ιδία φωτογράφιση.	64
Εικόνα 4-6. Βραχώδες τμήμα Παραλίας Σαράντη, ιδία φωτογράφιση.	64
Εικόνα 4-7. Τμήμα διακεκαυμένης έκτασης βόρεια του οικισμού Παραλίας Σαράντη, ιδία φωτογράφιση.....	65
Εικόνα 4-8. Άποψη παραλίας Σκέρφι-Καταστροφή του camping στο ανατολικό τμήμα της ακτογραμμής, φωτογράφιση με ΣμηΕΑ, ιδία φωτογράφιση & επεξεργασία.....	66
Εικόνα 4-9. Φθορές τμήματος της παραλιακής οδού και μεταφορά υλικών στην ακτογραμμή, ιδία φωτογράφιση.	66
Εικόνα 4-10. Εμφάνιση του ριζικού συστήματος των δέντρων, ιδία φωτογράφιση.	67
Εικόνα 4-11. Διάβρωση οδοστρώματος από ασύνδετα υλικά, ιδία φωτογράφιση.....	67
Εικόνα 4-12. Άποψη Αλιευτικού Καταφυγίου Παραλίας Σαράντη, ιδία φωτογράφιση με ΣμηΕΑ.	68
Εικόνα 4-13. Φθορές αποβάθρας Λιμένα Παραλίας Σαράντη, ιδία φωτογράφιση.	68
Εικόνα 4-14. Φθορές προφυλακτήριου τοίχου-εμφάνιση οπλισμού, λιμένας Παραλίας Σαράντη, ιδία φωτογράφιση.....	69
Εικόνα 4-15. Άποψη παραλίας Αγίου Νικολάου Βοιωτίας, ιδία φωτογράφιση με ΣμηΕΑ. 69	
Εικόνα 4-16. Τμήμα ακτογραμμής Αγίου Νικολάου, ιδία φωτογράφιση.....	70
Εικόνα 4-17. Φθορές διαχωριστικού τοίχου παραλιακής οδού-ακτής, ιδία φωτογράφιση. .	71
Εικόνα 4-18. Λιμένας Αγίου Νικολάου, ιδία φωτογράφιση με ΣμηΕΑ.....	71
Εικόνα 4-19. Κάτοψη λιμένα Αγίου Νικολάου, ιδία φωτογράφιση με ΣμηΕΑ.	72
Εικόνα 4-20. Προβλήτας Λιμένα Αγίου Νικολάου, ιδία φωτογράφιση.....	72
Εικόνα 4-21. Αλυκή Βοιωτίας, ιδία φωτογράφιση με ΣμηΕΑ.	73
Εικόνα 4-22. Σχηματισμός αλυκής στο βόρειο τμήμα της ακτογραμμής, ιδία φωτογράφιση με ΣμηΕΑ.	74
Εικόνα 4-23. Πάγκοι ακτόλιθων στο κεντρικό και νότιο τμήμα της ακτογραμμής, ιδία φωτογράφιση.....	74
Εικόνα 4-24. Κάτοψη αλιευτικού καταφυγίου Αλυκής, ιδία φωτογράφιση με ΣμηΕΑ.	75

Εικόνα 4-25. Προβλήτας αλιευτικού καταφυγίου Αλυκής, ίδια φωτογράφιση.....	75
Εικόνα 4-26. Ενίσχυση προφυλακτήριου τοίχου με φυσικούς ογκολίθους, ίδια φωτογράφιση.....	76
Εικόνα 4-27. Τείχη ακρόπολης αρχαίας πόλης Τίφα ή Σίφα, ίδια φωτογράφιση με ΣμηΕΑ.	76
Εικόνα 4-28. Παραλία Λιβαδόστρας Βοιωτίας, ίδια φωτογράφιση.	77
Εικόνα 4-29. Εκβολή του χείμαρρου Λιβαδόστρα, ίδια φωτογράφιση με ΣμηΕΑ.	78
Εικόνα 4-30. Εκβολή του χείμαρρου Λιβαδόστρα, ίδια φωτογράφιση.....	78
Εικόνα 4-31. Ελώδεις περιοχές στο βορειοδυτικό τμήμα του οικισμού Λιβαδόστρας, ίδια φωτογράφιση.....	79
Εικόνα 4-32. Πρόβολοι στο ανατολικό άκρο της ακτής, ίδια φωτογράφιση με ΣμηΕΑ.....	80
Εικόνα 4-33. Σύστημα προβόλων στο δυτικό άκρο της ακτογραμμής, ίδια φωτογράφιση με ΣμηΕΑ.....	80
Εικόνα 4-34. Οχρωματικό τείχος ακρόπολης Κρεύσιδος, ίδια φωτογράφιση.....	81
Εικόνα 4-35. Μεσαιωνικός πύργος 14 ^{ου} αιώνα στο λόφο Σίζι ανατολικά του οικισμού Λιβαδόστρας, ίδια φωτογράφιση.	81
Εικόνα 4-36. Τμήμα ακτής Καλαμακίου Βοιωτίας, ίδια φωτογράφιση.	82
Εικόνα 4-37. Κλίση ακτής Καλαμακίου Βοιωτίας, ίδια φωτογράφιση.....	83
Εικόνα 4-38. Φθορές τοίχου και υποσκαφή αντιστήριξης οδού, ίδια φωτογράφιση.....	83
Εικόνα 4-39. Εκφόρτιση-πηγή στο ανατολικότερο άκρο της ακτής, ίδια φωτογράφιση.	84
Εικόνα 4-40. Πρόβολος και κεκλιμένο επίπεδο ανέλκυσης-καθέλκυσης σκαφών στο ανατολικό τμήμα της ακτής, ίδια φωτογράφιση.....	84
Εικόνα 4-41. Φθορές κεκλιμένου επιπέδου ανέλκυσης-καθέλκυσης σκαφών στο ανατολικό τμήμα της ακτής, ίδια φωτογράφιση.	85
Εικόνα 4-42. Άγιος Βασίλειος Βοιωτίας, ίδια φωτογράφιση.	85
Εικόνα 4-43. Παραλία Αγίου Βασιλείου Βοιωτίας, ίδια φωτογράφιση.	86
Εικόνα 4-44. Μικρός ξύλινος προβλήτας στο βορειότερο τμήμα της ακτογραμμής Αγίου Βασιλείου, ίδια φωτογράφιση.	87
Εικόνα 4-45. Φθορές στον κατακόρυφο τοίχο κατά μήκος της ακτογραμμής, ίδια φωτογράφιση.....	87
Εικόνα 4-46. Διάβρωση τμήματος της ακτογραμμής Αγίου Βασιλείου, ίδια φωτογράφιση.....	88
Εικόνα 4-47. Φθορές σε κατασκευές στο νότιο τμήμα της ακτογραμμής Αγίου Βασιλείου, ίδια φωτογράφιση.....	88
Εικόνα 4-48. Εντοπισμός πηγών στο νότιο τμήμα της ακτογραμμής Αγίου Βασιλείου, ίδια φωτογράφιση.....	89
Εικόνα 4-49. Λιμένας Αγίου Βασιλείου, ίδια φωτογράφιση με ΣμηΕΑ.	90
Εικόνα 4-50. Λιθορριπή φυσικών ογκολίθων και προφυλακτήριος τοίχος λιμένα Αγίου Βασιλείου, ίδια φωτογράφιση.	90
Εικόνα 4-51. Προβλήτας λιμένα Αγίου Βασιλείου, ίδια φωτογράφιση.	91
Εικόνα 4-52. Κεκλιμένο επίπεδο ανέλκυσης-καθέλκυσης σκαφών (ράμπα) λιμένα Αγίου Βασιλείου, ίδια φωτογράφιση.	91
Εικόνα 5-1. Διαδικασία Παρακολούθησης με χρήση ΣμηΕΑ, ίδια επεξεργασία.....	93
Εικόνα 5-2. ΣμηΕΑ εργασίας κατά την προσγείωση, ίδια φωτογράφιση.	94
Εικόνα 5-3. Ενσωματωμένη κάμερα <i>DjiMini 3</i> , Πηγή: (https://www.dpreview.com/reviews/dji-mini-3-review-a-pricey-sophisticated-entry-level-drone).....	95

Εικόνα 5-4. Σχέδια Πτήσεων στο λογισμικό πλοήγησης Dronelink v.4.9.2 (291), ίδια επεξεργασία.....	101
Εικόνα 5-5. Ρυθμίσεις κάθετης λήψης και επικάλυψης φωτογραφιών ~80%, ίδια επεξεργασία.....	101
Εικόνα 5-6. Σημείο Ελέγχου Εδάφους – Λιμένας Παραλίας Σαράντη, ίδια φωτογράφιση.	103
Εικόνα 5-7. Προσδιορισμός κλίμακας φωτογραφίας για αντικείμενο με σημεία στο επίπεδο αναφοράς. (Πηγή: Philipson & Philpot, 2012).....	105
Εικόνα 5-8. Προσδιορισμός κλίμακας φωτογραφίας για σημεία εκτός επιπέδου αναφοράς. (Πηγή: Philipson & Philpot, 2012).....	106
Εικόνα 5-9. Προβολή τρισδιάστατου αντικειμένου σε δισδιάστατη εικόνα. (Πηγή: Liu et al., 2012).....	107
Εικόνα 5-10. Διαδικασία παραγωγής ορθοφωτοχάρτων με λογισμικά φωτογραμμετρίας, ίδια επεξεργασία.....	108
Εικόνα 6-1. Επικαλύψεις εικόνων μη επανδρωμένου αεροσκάφους στις περιοχές μελέτης.	112
Εικόνα 6-2. Ορθοφωτοχάρτης Περιοχής 1 – Παραλία Σαράντη και υποδιαίρεση σε υποπεριοχές.....	113
Εικόνα 6-3. Ορθοφωτοχάρτης Περιοχής 2 – Άγιος Νικόλαος και υποδιαίρεση σε υποπεριοχές.....	114
Εικόνα 6-4. Ορθοφωτοχάρτης Περιοχής 3 – Αλυκή και υποδιαίρεση σε υποπεριοχές.....	115
Εικόνα 6-5. Ορθοφωτοχάρτης Περιοχής 4 – Παραλία Λιβαδόστρας και υποδιαίρεση σε υποπεριοχές.....	116
Εικόνα 6-6. Ορθοφωτοχάρτης Περιοχής 5 – Καλαμάκι.....	117
Εικόνα 6-7. Ορθοφωτοχάρτης Περιοχής 6 – Άγιος Βασίλειος και υποδιαίρεση σε υποπεριοχές.....	118
Εικόνα 6-8. Απόθεση σε τμήμα παραλίας Υποπεριοχής 1-3 της Περιοχής 1-Παραλία Σαράντη.....	124
Εικόνα 6-9. Μεταβολές λόγω πυρκαγιάς στο χώρο οργανωμένης κατασκήνωσης (camping) Υποπεριοχής 1-3 της Περιοχής 1-Παραλία Σαράντη.....	124
Εικόνα 6-10. Μεταβολή κοίτης ποταμού Λιβαδόστρας, στην εκβολή του στον Κορινθιακό Κόλπο. Υποπεριοχή 4-2 Περιοχής 4-Παραλία Λιβαδόστρας.....	125
Εικόνα 6-11. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 1-Παραλίας Σαράντη, ως προς την παράμετρο Φ.2: Εξέλιξη ακτογραμμής, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).....	127
Εικόνα 6-12. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 1-Παραλίας Σαράντη, ως προς την παράμετρο Φ.2: Εξέλιξη ακτογραμμής, μετρήσεις 2024.....	127
Εικόνα 6-13. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 2-Άγιος Νικόλαος, ως προς την παράμετρο Φ.2: Εξέλιξη ακτογραμμής, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).....	128
Εικόνα 6-14. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 2-Άγιος Νικόλαος, ως προς την παράμετρο Φ.2: Εξέλιξη ακτογραμμής, μετρήσεις 2024.....	128
Εικόνα 6-15. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 3-Αλυκή, ως προς την παράμετρο Φ.2: Εξέλιξη ακτογραμμής, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).....	129
Εικόνα 6-16. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 3-Αλυκή, ως προς την παράμετρο Φ.2: Εξέλιξη ακτογραμμής, μετρήσεις 2024.....	129

Εικόνα 6-17. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 4-Παραλία Λιβαδόστρας, ως προς την παράμετρο Φ.2: Εξέλιξη ακτογραμμής, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).	130
Εικόνα 6-18. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 4-Παραλία Λιβαδόστρας, ως προς την παράμετρο Φ.2: Εξέλιξη ακτογραμμής, μετρήσεις 2024.	130
Εικόνα 6-19. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 5-Καλαμάκι, ως προς την παράμετρο Φ.2: Εξέλιξη ακτογραμμής, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).	131
Εικόνα 6-20. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 5-Καλαμάκι, ως προς την παράμετρο Φ.2: Εξέλιξη ακτογραμμής, μετρήσεις 2024.	131
Εικόνα 6-21. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 6-Άγιος Βασίλειος, ως προς την παράμετρο Φ.2: Εξέλιξη ακτογραμμής, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).....	132
Εικόνα 6-22. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 6-Άγιος Βασίλειος, ως προς την παράμετρο Φ.2: Εξέλιξη ακτογραμμής, μετρήσεις 2024.....	132
Εικόνα 6-23. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 1-Παραλία Σαράντη, ως προς την παράμετρο Φ.3.1: Χερσαία κλίση, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).....	135
Εικόνα 6-24. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 1-Παραλία Σαράντη, ως προς την παράμετρο Φ.3.1: Χερσαία κλίση, μετρήσεις 2024.....	135
Εικόνα 6-25. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 2-Άγιος Νικόλαος, ως προς την παράμετρο Φ.3.1: Χερσαία κλίση, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).....	136
Εικόνα 6-26. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 2-Άγιος Νικόλαος, ως προς την παράμετρο Φ.3.1: Χερσαία κλίση, μετρήσεις 2024.....	136
Εικόνα 6-27. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 3-Αλυκή, ως προς την παράμετρο Φ.3.1: Χερσαία κλίση, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).	137
Εικόνα 6-28. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 3-Αλυκή, ως προς την παράμετρο Φ.3.1: Χερσαία κλίση, μετρήσεις 2024.	137
Εικόνα 6-29. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 4-Παραλία Λιβαδόστρας, ως προς την παράμετρο Φ.3.1: Χερσαία κλίση, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).	138
Εικόνα 6-30. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 4-Παραλία Λιβαδόστρας, ως προς την παράμετρο Φ.3.1: Χερσαία κλίση, μετρήσεις 2024.	138
Εικόνα 6-31. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 5-Παραλία Καλαμάκι, ως προς την παράμετρο Φ.3.1: Χερσαία κλίση, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).	139
Εικόνα 6-32. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 5-Καλαμάκι, ως προς την παράμετρο Φ.3.1: Χερσαία κλίση, μετρήσεις 2024.	139
Εικόνα 6-33. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 6-Άγιος Βασίλειος, ως προς την παράμετρο Φ.3.1: Χερσαία κλίση, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).....	140
Εικόνα 6-34. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 6-Άγιος Βασίλειος, ως προς την παράμετρο Φ.3.1: Χερσαία κλίση, μετρήσεις 2024.....	140
Εικόνα 6-35. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 1-Παραλία Σαράντη, ως προς την παράμετρο Φ.8: Πλάτος ακτής, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).	143
Εικόνα 6-36. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 1-Παραλία Σαράντη, ως προς την παράμετρο Φ.8: Πλάτος ακτής, μετρήσεις 2024.	143
Εικόνα 6-37. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 2-Άγιος Νικόλαος, ως προς την παράμετρο Φ.8: Πλάτος ακτής, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).	144
Εικόνα 6-38. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 2-Άγιος Νικόλαος, ως προς την παράμετρο Φ.8: Πλάτος ακτής, μετρήσεις 2024.	144

Εικόνα 6-39. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 3-Αλυκή, ως προς την παράμετρο Φ.8: Πλάτος ακτής, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).....	145
Εικόνα 6-40. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 3-Άγιος Αλυκή, ως προς την παράμετρο Φ.8: Πλάτος ακτής, μετρήσεις 2024.	145
Εικόνα 6-41. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 4-Παραλία Λιβαδόστρας, ως προς την παράμετρο Φ.8: Πλάτος ακτής, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).....	146
Εικόνα 6-42. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 4-Παραλία Λιβαδόστρας, ως προς την παράμετρο Φ.8: Πλάτος ακτής, μετρήσεις 2024.	146
Εικόνα 6-43. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 5-Καλαμάκι, ως προς την παράμετρο Φ.8: Πλάτος ακτής, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).....	147
Εικόνα 6-44. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 5-Παραλία Καλαμάκι, ως προς την παράμετρο Φ.8: Πλάτος ακτής, μετρήσεις 2024.	147
Εικόνα 6-45. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 6-Άγιος Βασίλειος, ως προς την παράμετρο Φ.8: Πλάτος ακτής, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).	148
Εικόνα 6-46. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 6-Άγιος Βασίλειος, ως προς την παράμετρο Φ.8: Πλάτος ακτής, μετρήσεις 2024.	148
Εικόνα 6-47. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 1-Παραλία Σαράντη, ως προς την παράμετρο Φ.9: Απόσταση από φυτεύσεις, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).151	
Εικόνα 6-48. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 1-Παραλία Σαράντη, ως προς την παράμετρο Φ.9: Απόσταση από φυτεύσεις, μετρήσεις 2024.	151
Εικόνα 6-49. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 2-Άγιος Νικόλαος, ως προς την παράμετρο Φ.9: Απόσταση από φυτεύσεις, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).152	
Εικόνα 6-50. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 2-Άγιος Νικόλαος, ως προς την παράμετρο Φ.9: Απόσταση από φυτεύσεις, μετρήσεις 2024.	152
Εικόνα 6-51. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 3-Αλυκή, ως προς την παράμετρο Φ.9: Απόσταση από φυτεύσεις, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).	153
Εικόνα 6-52. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 3-Αλυκή, ως προς την παράμετρο Φ.9: Απόσταση από φυτεύσεις, μετρήσεις 2024.	153
Εικόνα 6-53. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 4-Παραλία Λιβαδόστρας, ως προς την παράμετρο Φ.9: Απόσταση από φυτεύσεις, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).....	154
Εικόνα 6-54. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 4-Παραλία Λιβαδόστρας, ως προς την παράμετρο Φ.9: Απόσταση από φυτεύσεις, μετρήσεις 2024.	154
Εικόνα 6-55. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 5-Καλαμάκι, ως προς την παράμετρο Φ.9: Απόσταση από φυτεύσεις, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).	155
Εικόνα 6-56. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 5-Καλαμάκι, ως προς την παράμετρο Φ.9: Απόσταση από φυτεύσεις, μετρήσεις 2024.	155
Εικόνα 6-57. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 6-Άγιος Βασίλειος, ως προς την παράμετρο Φ.9: Απόσταση από φυτεύσεις, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).156	
Εικόνα 6-58. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 5-Καλαμάκι, ως προς την παράμετρο Φ.9: Απόσταση από φυτεύσεις, μετρήσεις 2024.	156
Εικόνα 6-59. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 1-Παραλία Σαράντη, ως προς την παράμετρο Τ.1: Απόσταση από δόμηση, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021)...	159
Εικόνα 6-60. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 1-Παραλία Σαράντη, ως προς την παράμετρο Τ.1: Απόσταση από δόμηση, μετρήσεις 2024.	159

Εικόνα 6-61. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 2-Άγιος Νικόλαος, ως προς την παράμετρο T.1: Απόσταση από δόμηση, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021)....	160
Εικόνα 6-62. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 2-Άγιος Νικόλαος, ως προς την παράμετρο T.1: Απόσταση από δόμηση, μετρήσεις 2024.	160
Εικόνα 6-63. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 3-Άγιος Αλυκή, ως προς την παράμετρο T.1: Απόσταση από δόμηση, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).	161
Εικόνα 6-64. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 3-Αλυκή, ως προς την παράμετρο T.1: Απόσταση από δόμηση, μετρήσεις 2024.....	161
Εικόνα 6-65. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 4-Παραλία Λιβαδόστρας, ως προς την παράμετρο T.1: Απόσταση από δόμηση, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).	162
Εικόνα 6-66. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 4-Παραλία Λιβαδόστρας, ως προς την παράμετρο T.1: Απόσταση από δόμηση, μετρήσεις 2024.	162
Εικόνα 6-67. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 5-Καλαμάκι, ως προς την παράμετρο T.1: Απόσταση από δόμηση, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).	163
Εικόνα 6-68. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 5-Καλαμάκι, ως προς την παράμετρο T.1: Απόσταση από δόμηση, μετρήσεις 2024.....	163
Εικόνα 6-69. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 6-Άγιος Βασίλειος, ως προς την παράμετρο T.1: Απόσταση από δόμηση, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021)....	164
Εικόνα 6-70. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 6-Άγιος Βασίλειος, ως προς την παράμετρο T.1: Απόσταση από δόμηση, μετρήσεις 2024.	164
Εικόνα 6-71. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 1-Παραλία Σαράντη, ως προς την παράμετρο T.2: Απόσταση από παράκτια δρόμο, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).....	167
Εικόνα 6-72. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 1-Παραλία Σαράντη, ως προς την παράμετρο T.2: Απόσταση από παράκτιο δρόμο, μετρήσεις 2024.....	167
Εικόνα 6-73. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 2-Άγιος Νικόλαος, ως προς την παράμετρο T.2: Απόσταση από παράκτια δρόμο, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).....	168
Εικόνα 6-74. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 2-Άγιος Νικόλαος, ως προς την παράμετρο T.2: Απόσταση από παράκτιο δρόμο, μετρήσεις 2024.....	168
Εικόνα 6-75. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 3-Αλυκή, ως προς την παράμετρο T.2: Απόσταση από παράκτια δρόμο, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).	169
Εικόνα 6-76. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 3-Αλυκή, ως προς την παράμετρο T.2: Απόσταση από παράκτιο δρόμο, μετρήσεις 2024.	169
Εικόνα 6-77. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 4-Παραλία Λιβαδόστρας, ως προς την παράμετρο T.2: Απόσταση από παράκτια δρόμο, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).....	170
Εικόνα 6-78. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 4-Παραλία Λιβαδόστρας, ως προς την παράμετρο T.2: Απόσταση από παράκτιο δρόμο, μετρήσεις 2024.....	170
Εικόνα 6-79. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 5-Καλαμάκι, ως προς την παράμετρο T.2: Απόσταση από παράκτια δρόμο, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).	171
Εικόνα 6-80. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 5-Καλαμάκι, ως προς την παράμετρο T.2: Απόσταση από παράκτιο δρόμο, μετρήσεις 2024.	171

Εικόνα 6-81. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 6-Άγιος Βασίλειος, ως προς την παράμετρο T.2: Απόσταση από παράκτια δρόμο, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).....	172
Εικόνα 6-82. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 6-Άγιος Βασίλειος, ως προς την παράμετρο T.2: Απόσταση από παράκτιο δρόμο, μετρήσεις 2024.....	172
Εικόνα 6-83. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 1-Παραλία Σαράντη, ως προς την παράμετρο ΚΟ.2: Απόσταση από οικισμό, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).	176
Εικόνα 6-84. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 1-Παραλία Σαράντη, ως προς την παράμετρο ΚΟ.2: Απόσταση από οικισμό, μετρήσεις 2024.....	176
Εικόνα 6-85. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 2-Άγιος Νικόλαος, ως προς την παράμετρο ΚΟ.2: Απόσταση από οικισμό, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).	177
Εικόνα 6-86. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 2-Άγιος Νικόλαος, ως προς την παράμετρο ΚΟ.2: Απόσταση από οικισμό, μετρήσεις 2024.....	177
Εικόνα 6-87. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 3-Αλυκή, ως προς την παράμετρο ΚΟ.2: Απόσταση από οικισμό, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).	178
Εικόνα 6-88. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 3-Αλυκή, ως προς την παράμετρο ΚΟ.2: Απόσταση από οικισμό, μετρήσεις 2024.	178
Εικόνα 6-89. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 4-Παραλία Λιβαδόστρας, ως προς την παράμετρο ΚΟ.2: Απόσταση από οικισμό, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).....	179
Εικόνα 6-90. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 4-Παραλία Λιβαδόστρας, ως προς την παράμετρο ΚΟ.2: Απόσταση από οικισμό, μετρήσεις 2024.	179
Εικόνα 6-91. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 5-Καλαμάκι, ως προς την παράμετρο ΚΟ.2: Απόσταση από οικισμό, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).	180
Εικόνα 6-92. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 5-Καλαμάκι, ως προς την παράμετρο ΚΟ.2: Απόσταση από οικισμό, μετρήσεις 2024.	180
Εικόνα 6-93. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 6-Άγιος Βασίλειος, ως προς την παράμετρο ΚΟ.2: Απόσταση από οικισμό, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).	181
Εικόνα 6-94. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 6-Άγιος Βασίλειος, ως προς την παράμετρο ΚΟ.2: Απόσταση από οικισμό, μετρήσεις 2024.....	181
Εικόνα 6-95. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 1-Παραλία Σαράντη, ως προς την παράμετρο ΚΟ.4: Χρήσεις γης, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).	186
Εικόνα 6-96. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 1-Παραλία Σαράντη, ως προς την παράμετρο ΚΟ.4: Χρήσεις γης, μετρήσεις 2024.	186
Εικόνα 6-97. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 2-Άγιος Νικόλαος, ως προς την παράμετρο ΚΟ.4: Χρήσεις γης, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).	187
Εικόνα 6-98. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής, Περιοχής 2-Άγιος Νικόλαος ως προς την παράμετρο ΚΟ.4: Χρήσεις γης, μετρήσεις 2024.	187
Εικόνα 6-99. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 3-Αλυκή, ως προς την παράμετρο ΚΟ.4: Χρήσεις γης, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).....	188
Εικόνα 6-100. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής, Περιοχής 3-Αλυκή, ως προς την παράμετρο ΚΟ.4: Χρήσεις γης, μετρήσεις 2024.....	188
Εικόνα 6-101. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 4-Παραλία Λιβαδόστρας, ως προς την παράμετρο ΚΟ.4: Χρήσεις γης, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).....	189
Εικόνα 6-102. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής, Περιοχής 4-Παραλία Λιβαδόστρας, ως προς την παράμετρο ΚΟ.4: Χρήσεις γης, μετρήσεις 2024.....	189

Εικόνα 6-103. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 5-Παραλία Καλαμάκι, ως προς την παράμετρο ΚΟ.4: Χρήσεις γης, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).....	190
Εικόνα 6-104. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής, Περιοχής 5-Καλαμάκι, ως προς την παράμετρο ΚΟ.4: Χρήσεις γης, μετρήσεις 2024.....	190
Εικόνα 6-105. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 6-Άγιος Βασίλειος, ως προς την παράμετρο ΚΟ.4: Χρήσεις γης, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).	191
Εικόνα 6-106. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής, Περιοχής 6-Άγιος Βασίλειος, ως προς την παράμετρο ΚΟ.4: Χρήσεις γης, μετρήσεις 2024.	191
Εικόνα 6-107. Λιμένας 1 - Αλιευτικό καταφύγιο Παραλίας Σαράντη.	193
Εικόνα 6-108. Λιμένας 2 - Αλιευτικό καταφύγιο Αγίου Νικολάου.	194
Εικόνα 6-109. Λιμένας 3 - Αλιευτικό καταφύγιο Αλυκής.	194
Εικόνα 6-110. Λιμένας 4 - Αλιευτικό καταφύγιο Αγίου Βασιλείου.....	195
Εικόνα 6-111. Αποτύπωση Λιμένα 2-Άγιος Νικόλαος έτους 2021 ως προς την παράμετρο Τ.6: Ρωγμές στην επιφάνεια προβλήτα. (Πηγή: Tsaimou et al., 2023).	203
Εικόνα 6-112. Αποτύπωση Λιμένα 2-Άγιος Νικόλαος έτους 2024 ως προς την παράμετρο Τ.6: Ρωγμές στην επιφάνεια προβλήτα.	203
Εικόνα 6-113. Αποτύπωση Λιμένα 4-Άγιος Βασίλειος έτους 2021 ως προς την παράμετρο Τ.6: Ρωγμές στην επιφάνεια προβλήτα. (Πηγή: Tsaimou et al. 2023).	204
Εικόνα 6-114. Αποτύπωση Λιμένα 4-Άγιος Βασίλειος έτους 2024 ως προς την παράμετρο Τ.6: Ρωγμές στην επιφάνεια προβλήτα.	204
Εικόνα 6-115. Αποτύπωση Λιμένα 1-Παραλία Σαράντη έτους 2021 ως προς την παράμετρο Τ.7: Χημική διάβρωση ανωδομής. (Πηγή: Tsaimou et al., 2023).....	206
Εικόνα 6-116. Αποτύπωση Λιμένα 1-Παραλία Σαράντη έτους 2024 ως προς την παράμετρο Τ.7: Χημική διάβρωση ανωδομής.	206
Εικόνα 6-117. Αποτύπωση Λιμένα 2-Άγιος Νικόλαος έτους 2021 ως προς την παράμετρο Τ.7: Χημική διάβρωση ανωδομής. (Πηγή: Tsaimou et al., 2023).....	207
Εικόνα 6-118. Αποτύπωση Λιμένα 3-Άγιος Νικόλαος έτους 2024 ως προς την παράμετρο Τ.7: Χημική διάβρωση ανωδομής, ίδια επεξεργασία.	207
Εικόνα 6-119. Αποτύπωση Λιμένα 3-Αλυκή έτους 2021 ως προς την παράμετρο Τ.8: Απολέπιση σκυροδέματος. (Πηγή: Tsaimou et al., 2023).....	209
Εικόνα 6-120. Αποτύπωση Λιμένα 3-Αλυκή έτους 2024 ως προς την παράμετρο Τ.8: Απολέπιση σκυροδέματος.	209
Εικόνα 6-121. Αποτύπωση Λιμένα 4-Άγιος Βασίλειος έτους 2021 ως προς την παράμετρο Τ.8: Απολέπιση σκυροδέματος. (Πηγή: Tsaimou et al., 2023).	210
Εικόνα 6-122. Αποτύπωση Λιμένα 4-Άγιος Βασίλειος έτους 2024 ως προς την παράμετρο Τ.8: Απολέπιση σκυροδέματος.....	210
Εικόνα 6-123. Αποτύπωση Λιμένα 1-Παραλία Σαράντη έτους 2021 ως προς την παράμετρο Τ.9:Μετακίνηση ογκολίθων θωράκισης έργου προστασίας. (Πηγή: Tsaimou et al., 2023).	212
Εικόνα 6-124. Αποτύπωση Λιμένα 1-Παραλία Σαράντη έτους 2024 ως προς την παράμετρο Τ.9: Μετακίνηση ογκολίθων θωράκισης έργου προστασίας.....	212
Εικόνα 6-125. Αποτύπωση Λιμένα 2-Άγιος Νικόλαος έτους 2021 ως προς την παράμετρο Τ.9:Μετακίνηση ογκολίθων θωράκισης έργου προστασίας. (Πηγή: Tsaimou et al., 2023).	213
Εικόνα 6-126. Αποτύπωση Λιμένα 2-Άγιος Νικόλαος έτους 2024 ως προς την παράμετρο Τ.9: Μετακίνηση ογκολίθων θωράκισης έργου προστασίας.....	213
Εικόνα 6-127. Αποτύπωση Λιμένα 3-Αλυκή έτους 2021 ως προς την παράμετρο Τ.9:Μετακίνηση ογκολίθων θωράκισης έργου προστασίας. (Πηγή: Tsaimou et al., 2023).	214



Εικόνα 6-128. Αποτύπωση Λιμένα 3-Αλυκή έτους 2024 ως προς την παράμετρο T.9: Μετακίνηση ογκολίθων θωράκισης έργου προστασίας.	214
Εικόνα 6-129. Αποτύπωση Λιμένα 4-Άγιος Βασίλειος έτους 2021 ως προς την παράμετρο T.9:Μετακίνηση ογκολίθων θωράκισης έργου προστασίας. (Πηγή: Tsaimou et al., 2023).	215
Εικόνα 6-130. Αποτύπωση Λιμένα 4-Άγιος Βασίλειος έτους 2024 ως προς την παράμετρο T.9: Μετακίνηση ογκολίθων θωράκισης έργου προστασίας.....	215

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2-1. Αποτελέσματα αναζήτησης με βάση λέξεις- κλειδιά (CVI) σε Scopus & Google Scholar, τελευταία αναζήτηση 03/2024.....	10
Πίνακας 2-2. Τρόποι υπολογισμού Δείκτη Παράκτιας Τρωτότητας μέσα από τη βιβλιογραφική αναζήτηση.....	12
Πίνακας 2-3. Αποτελέσματα αναζήτησης με βάση λέξεις- κλειδιά (PVI) σε Scopus & Google Scholar, τελευταία αναζήτηση 03/2024.....	23
Πίνακας 2-4. Παράμετροι τρωτότητας λιμένων & βιβλιογραφικές αναφορές.....	24
Πίνακας 3-1. Πολυετείς παρακολουθήσεις ακτών ανά τον κόσμο. (Πηγή: Harley et al, 2011).....	34
Πίνακας 3-2. Μέθοδοι παρακολούθησης λιμενικών υποδομών. (Πηγή: ASCE, 2015).	38
Πίνακας 3-3. Τύποι μη Επανδρωμένων Οχημάτων. (Πηγή: Shojaei et al., 2020).	40
Πίνακας 4-1. Κατανομή πληθυσμού Δήμου Θηβαίων σύμφωνα με στοιχεία απογραφής ΕΛΣΤΑΤ 2011-2021, ίδια επεξεργασία.	48
Πίνακας 4-2. Χρήσεις γης και Χωροταξική Οργάνωση Δημοτικών Ενοτήτων Θίσβης και Πλαταιών, (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).....	50
Πίνακας 4-3. Μηνιαία μεταβολή Θερμοκρασίας ($^{\circ}\text{C}$), ΜΣ Βέλου Κορινθίας, (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).....	54
Πίνακας 4-4. Μέση Μηνιαία Υγρασία (%), ΜΣ Βέλου Κορινθίας, (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).....	54
Πίνακας 4-5. Μηνιαία Μεταβολή Υετού (mm), ΜΣ Βέλου Κορινθίας, (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).....	54
Πίνακας 4-6. Επικρατούσα Διεύθυνση και Μέση Μηνιαία Ένταση Ανέμου (BF), ΜΣ Βέλου Κορινθίας, (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).	54
Πίνακας 4-7. Μέσες Ετήσιες Συχνότητες Εμφάνισης και Έντασης Ανέμου, ΜΣ Βέλου Κορινθίας, (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).	55
Πίνακας 4-8. Μετρήσεις παλιρροιογράφων της Υδρογραφικής Υπηρεσίας ΠΝ Πάτρας και Ποσειδωνίας, (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).	55
Πίνακας 4-9. Διευθύνσεις ανέμου που επηρεάζουν την κάθε περιοχή. Με χρώμα αποτυπώνονται τα μέγιστα ύψη κύματος (H_{smax}), περιόδων (T_{Pmax}) και μέγιστου αναπτύγματος (Fetchmax) με την αντίστοιχη διεύθυνση ανέμου κατά τη μέγιστη έντασή του (≥ 7 BF), ανά ακτή ενδιαφέροντος, (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021, με ίδια επεξεργασία).	56
Πίνακας 5-1. Χαρακτηριστικά ενσωματωμένης κάμερας ΣμηΕΑ εργασίας.....	95
Πίνακας 5-2. Παράμετροι υπολογισμού παράκτιας τρωτότητας. (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).	96
Πίνακας 5-3. Παράμετροι υπολογισμού τρωτότητας λιμένων. (Πηγή: Tsaimou et al., 2023).	98
Πίνακας 5-4. Κλίμακα βαθμολόγησης παραμέτρων δείκτη CVI, ίδια επεξεργασία.	110
Πίνακας 5-5. Κλίμακα βαθμολόγησης παραμέτρων δείκτη PVI, ίδια επεξεργασία.	110
Πίνακας 6-1. Διαχωρισμός ακτών μελέτης σε τμήματα μήκους 25 m. (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).....	119
Πίνακας 6-2. Επιλογή παραμέτρων για την εκτίμηση της παράκτιας τρωτότητας. (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021, με ίδια επεξεργασία).	120
Πίνακας 6-3. Βαθμολόγηση παραμέτρου τρωτότητας Φ.2: Εξέλιξη ακτογραμμής.	126

Πίνακας 6-4. Βαθμολόγηση παραμέτρου τρωτότητας Φ.3.1: Χερσαία κλίση.(Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021, με ίδια επεξεργασία).	134
Πίνακας 6-5. Βαθμολόγηση παραμέτρου τρωτότητας Φ.8: Πλάτος ακτής.....	142
Πίνακας 6-6. Βαθμολόγηση παραμέτρου τρωτότητας Φ.9: Απόσταση από φυτεύσεις.	150
Πίνακας 6-7. Βαθμολόγηση παραμέτρου τρωτότητας Γ.1: Απόσταση από δόμηση.	158
Πίνακας 6-8. Βαθμολόγηση παραμέτρου τρωτότητας Γ.2: Απόσταση από παράκτιο δρόμο.	166
Πίνακας 6-9. Βαθμολόγηση παραμέτρου τρωτότητας ΚΟ.2: Απόσταση από οικισμό.....	175
Πίνακας 6-10. Βαθμολόγηση παραμέτρου τρωτότητας ΚΟ.3: Απόσταση από πρωτεύουσα Δήμου.	183
Πίνακας 6-11. Βαθμολόγηση παραμέτρου τρωτότητας ΚΟ.4: Χρήσεις γης.	185
Πίνακας 6-12. Παράμετροι υπολογισμού τρωτότητας λιμένων. (Πηγή: Tsaimou et al., 2023, με ίδια επεξεργασία).....	196
Πίνακας 6-13. Έκταση λιμένα για κάθε αλιευτικό καταφύγιο ενδιαφέροντος. (Πηγή Tsaimou et al., 2023 με ίδια επεξεργασία).	198
Πίνακας 6-14. Απόσταση από κύριους δρόμους για κάθε αλιευτικό καταφύγιο ενδιαφέροντος, ίδια επεξεργασία.	199
Πίνακας 6-15. Απόσταση από κοντινότερο λιμένα για κάθε αλιευτικό καταφύγιο ενδιαφέροντος. (Πηγή: Tsaimou et al., 2023 με ίδια επεξεργασία).	199
Πίνακας 6-16. Χωρητικότητα λιμένα για κάθε αλιευτικό καταφύγιο ενδιαφέροντος. (Πηγή: Tsaimou et al., 2023 με ίδια επεξεργασία).	200
Πίνακας 6-17. Πληρότητα λιμένα για κάθε αλιευτικό καταφύγιο ενδιαφέροντος. (Πηγή: Tsaimou et al., 2023 με ίδια επεξεργασία).	201
Πίνακας 6-18. Ρωγμές στην επιφάνεια προβλήτα, για κάθε αλιευτικό καταφύγιο ενδιαφέροντος. (Πηγή Tsaimou et al., 2023 με ίδια επεξεργασία).....	202
Πίνακας 6-19. Διάβρωση ανωδομής, για κάθε αλιευτικό καταφύγιο ενδιαφέροντος. (Πηγή: Tsaimou et al., 2023 με ίδια επεξεργασία).	205
Πίνακας 6-20. Απολέπιση σκυροδέματος, για κάθε αλιευτικό καταφύγιο ενδιαφέροντος. (Πηγή: Tsaimou et al., 2023 με ίδια επεξεργασία).	208
Πίνακας 6-21. Μετακίνηση τμημάτων θωράκισης, για κάθε αλιευτικό καταφύγιο ενδιαφέροντος. (Πηγή: Tsaimou et al., 2023 με ίδια επεξεργασία).	211

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΧΑΡΤΩΝ

Χάρτης 4-1. Δημοτικές Ενότητες Δήμου Θηβαίων, ίδια επεξεργασία.....	48
Χάρτης 4-2. Απόσπασμα Χάρτη (ΣΧΟΟΑΠ ΔΕ Θίσβης, ΦΕΚ 244/19-10-2017) Χρήσεων γης και Προστασίας Περιβάλλοντος. (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021)	51
Χάρτης 4-3. Απόσπασμα Χάρτη (ΣΧΟΟΑΠ ΔΕ Πλαταιών, ΦΕΚ 272/12-12-2017) Χρήσεων γης και Προστασίας Περιβάλλοντος, (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).....	52
Χάρτης 4-4. Βυθομετρικός Χάρτης για την Παραλία Σαράντη (Πηγή: http://webapp.navionics.com/).	57
Χάρτης 4-5. Βυθομετρικός Χάρτης για τις περιοχές Άγιος Νικόλαος και Αλυκή (Πηγή: http://webapp.navionics.com/).	57
Χάρτης 4-6. Βυθομετρικός Χάρτης για τις περιοχές Λιβαδόστρα, Καλαμάκι και Άγιο Βασίλειο. (Πηγή: http://webapp.navionics.com/).....	58

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

Γράφημα 2-1. Αριθμός βιβλιογραφικών αναφορών για τις φυσικές παραμέτρους τρωτότητας ακτών.	18
Γράφημα 2-2. Αριθμός βιβλιογραφικών αναφορών για τις τεχνικές παραμέτρους τρωτότητας ακτών.	19
Γράφημα 2-3. Αριθμός βιβλιογραφικών αναφορών για τις κοινωνικοοικονομικές παραμέτρους τρωτότητας ακτών.	20
Γράφημα 2-4. Αριθμός βιβλιογραφικών αναφορών για τις περιβαλλοντικές παραμέτρους τρωτότητας ακτών.	21
Γράφημα 2-5. Αριθμός βιβλιογραφικών αναφορών για τις φυσικές παραμέτρους τρωτότητας λιμένων.	27
Γράφημα 2-6. Αριθμός βιβλιογραφικών αναφορών για τις τεχνικές παραμέτρους τρωτότητας λιμένων.	28
Γράφημα 2-7. Αριθμός βιβλιογραφικών αναφορών για τις κοινωνικοοικονομικές παραμέτρους τρωτότητας λιμένων.	29
Γράφημα 2-8. Αριθμός βιβλιογραφικών αναφορών για τις περιβαλλοντικές παραμέτρους τρωτότητας λιμένων.	30
Γράφημα 4-1. Σύγκριση αποτελεσμάτων απογραφής ΕΛΣΤΑΤ 2011-2021 Δήμου Θηβαίων ανά Δημοτική Ενότητα, ίδια επεξεργασία.	49
Γράφημα 4-2. Κατανομή πληθυσμού (%) Δήμου Θηβαίων ανά Δημοτική Ενότητα, ίδια επεξεργασία.	49

1 Εισαγωγή

1.1 Γενικά

Οι παράκτιες περιοχές αποτελούν πολύπλοκα, πολυδιάστατα συστήματα, με ετερογενή στοιχεία διαφορετικής φύσης και λειτουργίας. Η παράκτια πολυπλοκότητα οφείλεται στη συνεχή αλληλεπίδραση φυσικών, περιβαλλοντικών και ανθρωπογενών παραγόντων, που εντείνεται από τις επιπτώσεις του διαρκώς μεταβαλλόμενου κλίματος.

Ένα πλήθος φυσικών διεργασιών, όπως η μεταβολή της θαλάσσιας στάθμης, η επίδραση των κυμάτων και των ρευμάτων, η παλιρροιακή διακύμανση, οι καθιζήσεις και οι μετακινήσεις των ιζημάτων, επηρεάζουν τοπία μικρής κλίσης, όπως είναι οι παράκτιες περιοχές (Doukakis et al., 2021). Σε συνδυασμό με τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, την αύξηση της έντασης και της συχνότητας ακραίων καιρικών φαινομένων και φυσικών καταστροφών, όπως π.χ οι καταγίδες και τα πλημμυρικά φαινόμενα, ευνοείται η διεργασία της διάβρωσης των ακτών, απομειώνοντας το εύρος της ακτογραμμής και προκαλώντας σημαντικές βλάβες στην παράκτια ζώνη. Ταυτόχρονα, η συνεχής ανάπτυξη των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στον παράκτιο χώρο με τη διαρκή εκμετάλλευση των πόρων και της θέσης του, ενισχύει τις πιέσεις στο παράκτιο σύστημα, επηρεάζοντας τα βιοφυσικά του χαρακτηριστικά.

Η επίδραση των διαφόρων φυσικών, ανθρωπογενών, περιβαλλοντικών και κοινωνικοοικονομικών παραγόντων έχει ως αποτέλεσμα τα παράκτια συστήματα να είναι τρωτά. Η τρωτότητα ενός παράκτιου συστήματος, εκφράζεται ως η τάση ή η προδιάθεσή του να επηρεαστεί αρνητικά, απειλώντας την ικανότητά του να αντιμετωπίσει και να προσαρμοστεί στις προκλήσεις που υφίσταται (IPCC, 2022). Η βαθειά κατανόηση και ο σωστός προσδιορισμός των παραμέτρων τρωτότητας των παράκτιων περιοχών είναι απαραίτητα στοιχεία ώστε να εφαρμοστούν διαδικασίες για την αύξηση της ανθεκτικότητας και τον μετριασμό των αδυναμιών του συστήματος. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητη η βραχυπρόθεσμη και μακροπρόθεσμη παρακολούθηση της τρωτότητας των παράκτιων περιοχών με στόχο την καταγραφή των δυνατικών μεταβολών στον παράκτιο χώρο.

Η εκτίμηση της παράκτιας τρωτότητας, η οποία συχνά ερμηνεύεται ως τρωτότητα των ακτών, εντοπίζεται σε ένα μεγάλο αριθμό ερευνών που χρονολογούνται από τη δεκαετία του 1990, όταν οι Gornitz et al (1992), παρουσίασαν το Δείκτη Παράκτιας Τρωτότητας (CVI), για τον υπολογισμό του οποίου λήφθηκε υπόψη μια σειρά από φυσικές παραμέτρους. Σε μεταγενέστερες μελέτες, ο Δείκτης CVI ενισχύθηκε, τροποποιήθηκε ή προσαρμόστηκε ανάλογα με το ερευνητικό ενδιαφέρον. Νέες πρακτικές περιλαμβάνουν την ενσωμάτωση διαφορετικών φυσικών, περιβαλλοντικών ή κοινωνικοοικονομικών διαστάσεων, σε μια προσπάθεια ενίσχυσης της εκτίμησης της τρωτότητας των ακτών, ώστε να δημιουργηθεί το

πλαίσιο ορθότερης και ολοκληρωμένης διαχείρισης των παράκτιων ζωνών. Πρόσφατες μελέτες (Kantamaneni et al., 2019, Vandarakis et al., 2021, Tsaimou et al., 2023) για την αξιολόγηση της παράκτιας τρωτότητας, περιλαμβάνουν την κατάτμηση των εξεταζόμενων περιοχών σε μικρότερα τμήματα, σε μια προσπάθεια καλύτερης απόδοσης των πιθανών αλλαγών και αποτύπωσης της υφιστάμενης κατάστασης με μεγαλύτερη ακρίβεια.

Η κατεύθυνση της έρευνας για την παράκτια τρωτότητα, δεν περιορίζεται μόνο στις ακτές αλλά και σε άλλα συστήματα που συναντώνται εντός αυτών και δέχονται σημαντικές πιέσεις, όπως οι λιμένες. Οι παράκτιοι λιμένες εντάσσονται στο ευρύτερο πλαίσιο των παράκτιων συστημάτων, λόγω της θέσης τους στην ακτογραμμή. Πρόσφατες έρευνες εξετάζουν τους λιμένες ως αυτόνομα συστήματα, επικεντρώνοντας στη διακριτοποίηση της τρωτότητας των λιμένων από την παράκτια τρωτότητα. Οι λιμένες είναι κατασκευές που σχεδιάζονται για συγκεκριμένη χρονική περίοδο (συνήθως πενήντα έτη). Ωστόσο, η έκθεση σε ακραία καιρικά φαινόμενα έχει ως αποτέλεσμα τη φθορά ή/και την αστοχία των λιμενικών υποδομών, ενώ οι συνεχείς φορτίσεις (π.χ. κινήσεις πλοίων, διακίνηση αγαθών κλπ), η γήρανση των υποδομών, η απουσία ενεργειών αποκατάστασης και συντήρησής τους καθώς επίσης και οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, αποτελούν ανασταλτικούς παράγοντες στην προσπάθεια αντιμετώπισης των πιθανών κινδύνων, απειλώντας τη λειτουργική και δομική ακεραιότητα των λιμένων, με αποτέλεσμα να είναι τρωτοί όπως και οι ακτές, σε παρόμοιους κινδύνους. Η τρωτότητα των λιμένων μπορεί να εκτιμηθεί σε τοπικό (π.χ. Tsaimou et al., 2023) ή διεθνές επίπεδο (π.χ. Izaguirre et al., 2020) λαμβάνοντας παράλληλα υπόψη τον τύπο των λιμένων (π.χ. εμπορικοί λιμένες, λιμένες πολλαπλών χρήσεων, αλιευτικά καταφύγια κ.ά.).

Σύμφωνα με την διεθνή βιβλιογραφία παρατηρείται μεγάλο πλήθος ερευνών σχετικά με την τρωτότητα των ακτών (π.χ. Kantamaneni et al., 2019, Vandarakis et al., 2021, Tsaimou et al., 2023) σε αντίθεση με την τρωτότητα των λιμένων για την οποία το ερευνητικό ενδιαφέρον είναι πιο περιορισμένο (Kontogianni et al., 2018, Izaguirre et al., 2020, McIntosh et al., 2020). Ωστόσο κοινό χαρακτηριστικό και των δύο τύπων τρωτότητας αποτελεί η απουσία ενός πλαισίου παρακολούθησης των μεταβολών των παραμέτρων που καθιστούν τις ακτές και τους λιμένες τρωτά συστήματα. Η παρακολούθηση ακτών και λιμένων με περιοδικό τρόπο δίνει τη δυνατότητα να αποτυπώνονται οι χρονικές περίοδοι και τα αίτια που προκαλούν τις ενδεχόμενες μεταβολές και να δημιουργείται μια βάση δεδομένων που να εμπεριέχει ενημερωμένα στοιχεία του παράκτιου χώρου που διεξάγεται η έρευνα. Ταυτόχρονα, συνεκτιμώντας ότι ακτές και λιμένες αλληλοσυνδέονται, αλληλοεπηρεάζονται και δέχονται ένα σημαντικό αριθμό κοινών πιέσεων, εντοπίζεται ερευνητικό κενό στην προσπάθεια εκτίμησης της τρωτότητας και των δυο συστημάτων ταυτόχρονα, επιτυγχάνοντας μια πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση της κατάστασης στον ευρύτερο παράκτιο χώρο και

αποκτώντας χρήσιμα δεδομένα για τη λήψη μελλοντικών αποφάσεων προς την αντιμετώπιση κοινών κινδύνων.

1.2 Σκοπός Εργασίας

Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, διερευνάται η αξιοποίηση σύγχρονων μεθόδων παρακολούθησης και συγκεκριμένα η εφαρμογή Συστημάτων μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών εξοπλισμένων με κάμερες υψηλής ευκρίνειας σε παράκτιες περιοχές, οι οποίες διαθέτουν ακτές και λιμένες, με σκοπό την εκτίμηση και την παρακολούθηση της μεταβλητότητας της τρωτότητας ακτών και λιμένων. Με την αξιοποίηση των δυνατοτήτων των μη επανδρωμένων αεροσκαφών, λαμβάνοντας δεδομένα υψηλής ανάλυσης με ταυτόχρονη εξοικονόμηση πόρων και χρόνου, γίνεται μια προσπάθεια ενίσχυσης των πρακτικών εκτίμησης της τρωτότητας. Παράλληλα, επιτυγχάνεται η περιοδική αξιολόγηση της κατάστασης παράκτιων περιοχών και λιμενικών υποδομών, μέσω επαναληπτικής διεξαγωγής επιτόπιων καταγραφών.

Η διερεύνηση πραγματοποιείται σε έξι (6) παράκτιες περιοχές του Δήμου Θηβαίων στον Κορινθιακό Κόλπο, την Παραλία Σαράντη, τον Άγιο Νικόλαο, την Αλυκή, την Παραλία Λιβαδόστρας, το Καλαμάκι και τον Άγιο Βασίλειο. Από αυτές, οι τέσσερις (4) συνδυάζουν την παρουσία ακτών και αλιευτικών καταφυγίων ή λιμενικών υποδομών και πρόκειται για την Παραλία Σαράντη, τον Άγιο Νικόλαο, την Αλυκή και τον Άγιο Βασίλειο.

1.3 Διάρθρωση της εργασίας

Η δομή της παρούσας διπλωματικής εργασίας ορίζεται ως εξής:

- Στο δεύτερο κεφάλαιο, πραγματοποιείται εκτενής βιβλιογραφική ανασκόπηση της παράκτιας τρωτότητας και της τρωτότητας των λιμένων, καθώς και ανάλυση των παραμέτρων που λαμβάνονται υπόψη για την εκτίμησή τους.
- Στο τρίτο κεφάλαιο, γίνεται διερεύνηση των μεθόδων παρακολούθησης ακτών και λιμένων και των πρακτικών που ακολουθούνται, εξετάζοντας ειδικά τις μεθόδους της τηλεπισκόπησης και αναλύοντας τη χρήση των Συστημάτων μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών (ΣμηΕΑ).
- Στο τέταρτο κεφάλαιο, περιγράφεται η μελέτη περίπτωσης και παρουσιάζονται όλα τα στοιχεία και τα χαρακτηριστικά των έξι (6) παράκτιων περιοχών Δήμου Θηβαίων, που συλλέχθηκαν από βιβλιογραφική αναζήτηση, από ψηφιακή ανάλυση και κυρίως από επιτόπια έρευνα και παρατήρηση.
- Στο πέμπτο κεφάλαιο, παρουσιάζεται η ανάλυση της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε, ώστε με την εφαρμογή των ΣμηΕΑ και τη χρήση ειδικών



λογισμικών, να γίνει η αποτύπωση και η αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης ακτών και λιμένων μελέτης.

- Στο έκτο κεφάλαιο, παρουσιάζεται η ανάλυση των συλλεχθέντων στοιχείων και τα σχετικά παραγόμενα αποτελέσματα. Παράλληλα, πραγματοποιείται συγκριτική ανάλυση και αξιολόγηση των παραμέτρων και των δεικτών τρωτότητας των ακτών και των λιμένων της παράκτιας ζώνης του Δήμου Θηβαίων για δύο διαφορετικές χρονικές περιόδους.
- Το έβδομο κεφάλαιο, περιλαμβάνει τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την ανάλυση των στοιχείων συλλογής, επεξεργασίας και αξιολόγησης, αλλά και από τη συνολική διερεύνηση που πραγματοποιήθηκε. Τέλος, περιλαμβάνονται και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

2 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση Τρωτότητας Ακτών & Λιμένων

2.1 Σημασία Παράκτιων Περιοχών & Λιμένων

Οι ακτές είναι τα όρια μεταξύ του χερσαίου και του υδάτινου τμήματος του πλανήτη μας (CEM, Coastal Diversity, 2002). Οι παράκτιες περιοχές, αποτέλεσαν πόλο έλξης για τον άνθρωπο, που από πολύ παλιά τις χρησιμοποίησε για να επιτύχει κοινωνική και οικονομική ανάπτυξη. Η συγκέντρωση πληθυσμού στις περιοχές αυτές οδήγησε στην ίδρυση πόλεων, οι οποίες άκμασαν μέσω της ανάπτυξης των εμπορικών συναλλαγών και της πολιτιστικής διασύνδεσης με άλλα μέρη του κόσμου.

Στις αρχές του 21^{ου} αιώνα οι Small & Nicholls (2003) και Syvitski et al. (2005) εκτίμησαν ότι σχεδόν το 40% του παγκόσμιου πληθυσμού ζει κατά μήκος των ακτών σε απόσταση έως 100 km, ενώ τα 2/3 των μεγαλύτερων πληθυσμιακά πόλεων ανά τον κόσμο είναι παράκτιες (Ευελπίδου, 2020). Στην Ευρώπη, σύμφωνα με European Environment Agency (2017), σχεδόν ο μισός πληθυσμός της ζει σε απόσταση μικρότερη των 50 km από τη θάλασσα.

Οι μεταφορές αγαθών και ανθρώπων μέσω ακτοπλοΐας και ποντοπόρου ναυτιλίας, η αλιεία, οι υδατοκαλλιέργειες, η βιομηχανία και οι μονάδες παραγωγής ενέργειας, αποτελούν πλουτοπαραγωγικούς παράγοντες για τις παράκτιες περιοχές. Παράλληλα οι ακτές λόγω της θέσης τους αποτελούν προορισμό αναψυχής με μεγάλο αριθμό τουριστικών δραστηριοτήτων να αναπτύσσεται είτε κατά μήκος της ακτογραμμής είτε σε περιοχές πλησίον αυτής (Solich & Zwick, 2015). Επίσης, ένας μεγάλος αριθμός οικοσυστημάτων συγκεντρώνεται στις παράκτιες περιοχές. Λιμνοθάλασσες, δέλτα ποταμών, υγροβιότοποι, βραχώδεις και αμμώδεις ακτές, κοραλλιογενείς σχηματισμοί, αβαθείς κόλποι, αποτελούν οικοσυστήματα με μεγάλη περιβαλλοντική και οικολογική σημασία.

Ιδιαίτερη σημασία για την εμπορική και οικονομική ανάπτυξη των παράκτιων περιοχών, έχουν οι λιμενικές υποδομές, οι οποίες εξυπηρετούν ένα ευρύ φάσμα δραστηριοτήτων. Οι παράκτιοι λιμένες είναι πολύ σημαντικοί, καθώς το μεγαλύτερο μέρος μεταφοράς αγαθών γίνεται με θαλάσσια μέσα. Είναι οι χώροι στους οποίους γίνεται διαμετακόμιση, διακίνηση και διανομή εμπορευμάτων όπως επίσης και επιβίβαση/αποβίβαση ανθρώπων, προς και από τα πλοία (Παρδάλη, 2007). Λειτουργούν ως κόμβοι θαλάσσιων και χερσαίων μεταφορών λόγω της άμεσης σύνδεσής τους με την ενδοχώρα και αποτελούν τον σημαντικότερο κρίκο στις συνδυασμένες μεταφορές. Είναι πολυδιάστατα συστήματα και ο ρόλος τους στην τοπική αλλά και την παγκόσμια οικονομία, είναι καταλυτικός. Στην Ευρώπη, οι εμπορικές εξαγωγές σε ποσοστό 90% καθώς και το εσωτερικό εμπόριο σε ποσοστό 40% γίνεται μέσω θαλάσσης. Παράλληλα 3.5 δισεκατομμύρια τόνοι εμπορεύματος καθώς και 350 εκατομμύρια επιβάτες

περνάνε από ευρωπαϊκά λιμάνια (European Parliament, 2006). Στην Αμερική, τα περίπου 300 παράκτια και ενδοχώρια λιμάνια της, προσφέρουν 30,8 εκατομμύρια θέσεις εργασίας (μέτρηση 2018), κατέχοντας το 26% του ΑΕΠ της (ASCE, 2021).

Ακτές και λιμάνια αποτελούν για τα κράτη στα οποία ανήκουν, περιουσιακό στοιχείο μεγάλης αξίας, όπως επίσης θεωρούνται και περιοχές ιδιαίτερης γεωπολιτικής και γεωστρατηγικής σημασίας.

2.2 Ορισμοί, Γενικά στοιχεία

Τον Ιούνιο του 1992, τα κράτη-μέλη του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών υπογράφουν την Σύμβαση-Πλαίσιο (UNFCCC-United Nations Framework Convention on Climate Change), που αποτελεί την πρώτη διεθνή συμφωνία για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και τέθηκε σε εφαρμογή τον Μάρτιο του 1994. Την βάση της Σύμβασης-Πλαίσιο, αποτέλεσε η πρώτη έκθεση της IPCC (International Panel on Climate Change), που ολοκληρώθηκε το 1990 και όρισε την υποχρέωση των κρατών του οργανισμού στην ανάπτυξη στρατηγικών για τη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου. Σύμφωνα με την UNFCCC (1992), *κλιματική αλλαγή, ορίζεται η αλλαγή του κλίματος που προέρχεται ευθέως ή εμμέσως από τις ανθρώπινες δραστηριότητες και προστίθεται στη φυσική μεταβολή του κλίματος*. Η IPCC προχώρησε στην έκδοση 6 εκθέσεων αξιολόγησης (1990, 1995, 2001, 2007, 2014, 2022). Βάσει της αναφοράς του 2014, χρησιμοποιείται ο όρος *επίπτωση (impact)* για να περιγράψει την επίδραση μιας παραμέτρου ή διεργασίας που σχετίζεται με το κλίμα στο ανθρώπινο ή φυσικό περιβάλλον. Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, όπως η άνοδος της θαλάσσιας στάθμης, η ένταση των ακραίων καιρικών φαινομένων, η ξηρασία και η αύξηση της θερμοκρασίας, η αύξηση των πυρκαγιών και οι συνέπειες όλων των ανωτέρω στον άνθρωπο και στο σύνολο της χλωρίδας και της πανίδας της γης, επηρεάζουν πολλά συστήματα, μετατρέποντάς τα περισσότερο ευαίσθητα, περισσότερο τρωτά.

Τρωτότητα (Vulnerability), ορίζεται ως η τάση ή η προδιάθεση ενός συστήματος να επηρεαστεί αρνητικά. Η τρωτότητα περιλαμβάνει ένα πλήθος εννοιών και στοιχείων συμπεριλαμβανόμενης και της ευαισθησίας σε βλάβες, της έλλειψης ικανότητας αντιμετώπισης και της προσαρμογής (IPCC, AR6, WGII, 2022). Κατά την Ελληνική Επιτροπή Μελέτης Επιπτώσεων Κλιματικής Αλλαγής, τρωτότητα ορίζεται *ο βαθμός ευαισθησίας και αδυναμίας ενός συστήματος να αντιμετωπίσει την κλιματική αλλαγή, συμπεριλαμβανομένης της μεταβλητότητας και των ακραίων συνθηκών* (ΕΜΕΚΑ, 2011). Η τρωτότητα είναι σε συνάρτηση με τον χαρακτήρα, το μέγεθος και τον ρυθμό εξέλιξης της κλιματικής αλλαγής, αλλά και της διακύμανσης της έκθεσης ενός περιουσιακού στοιχείου,

λειτουργίας ή συστήματος και επηρεάζει την ευαισθησία και την προσαρμοστική του ικανότητα (PIANC, 2020). Εξαρτάται από την έκθεση (exposure) του συστήματος σε κινδύνους, την ευαισθησία (sensitivity) του να υποστεί λειτουργικές βλάβες και την ικανότητά του να προσαρμόζεται (adaptive capacity) στις νέες συνθήκες.

Έκθεση (Exposure), είναι η ικανότητα πρόκλησης αρνητικών αποτελεσμάτων που σχετίζεται με την εμφάνιση συγκεκριμένου γεγονότος, τον τύπο του, τον τρόπο δράσης του, την εμπέλειά του και την έντασή του (IPCC, 2022).

Ευαισθησία (Sensitivity), είναι η τάση του συστήματος να υποστεί λειτουργική βλάβη. Η ευαισθησία σαν χαρακτηριστικό αναφέρεται στην ικανότητα του συστήματος να αντιστέκεται στις αναμενόμενες αρνητικές επιπτώσεις με τις δικές του δυνάμεις (Havko et al., 2017). Σύμφωνα με την PIANC, η ευαισθησία είναι ο βαθμός που επηρεάζεται ένα σύστημα είτε θετικά είτε αρνητικά λόγω της μεταβλητότητας ή της αλλαγής του κλίματος, με άμεσα αποτελέσματα π.χ. η μη αποδοτικότητα ενός καλλιεργήσιμου αγροτεμαχίου λόγω της μεταβλητότητας της θερμοκρασίας ή με έμμεσα αποτελέσματα π.χ. ζημιές που προκαλούνται από την αύξηση της συχνότητας πρόκλησης παράκτιων πλημμυρών λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας (IPCC, AR6, WGII, 2022).

Προσαρμοστική Ικανότητα (Adaptive Capacity), ορίζεται ως η ικανότητα των συστημάτων, των ανθρώπων και των θεσμών να προσαρμοστούν σε μια επιζήμια κατάσταση, να ανταποκριθούν στις αρνητικές συνέπειες και να εκμεταλλευτούν τις ευκαιρίες που μπορεί ενδεχομένως να προκύψουν (IPCC, AR6, WGII, 2022).

Οπότε για την Αξιολόγηση της Τρωτότητας του εκάστοτε συστήματος ή περιοχής, είναι απαραίτητο να υπολογιστούν-εκτιμηθούν οι ανωτέρω συνιστώσες.

Αξιολόγηση Τρωτότητας (Vulnerability Assessment), ορίζεται ως η σύγκριση πιθανών μελλοντικών απειλών με τις υπάρχουσες ικανότητες και τα επιθυμητά επίπεδα προστασίας (Pursiainen, 2018, Silvast et al., 2021). Ο Δείκτης Τρωτότητας VI (Vulnerability Index) (Σχέση 2.1), είναι η συνάρτηση έκθεσης, ευαισθησίας και προσαρμοστικής ικανότητας. (Zio, 2016).

$$VI = f(E, S, AC) \quad (2.1)$$

Όπου:

VI = Vulnerability Index (Δείκτης Τρωτότητας)

E = Exposure (Έκθεση)

S = Sensitivity (Ευαισθησία)

AC = Adaptive Capacity (Προσαρμοστική Ικανότητα)



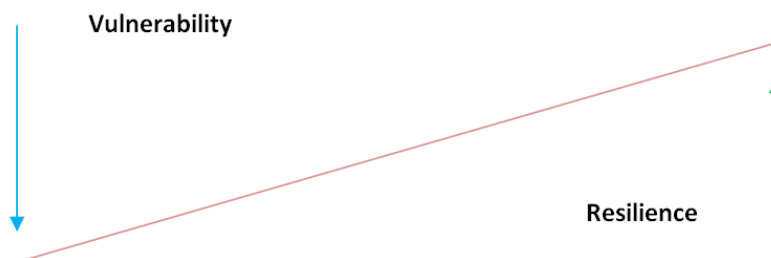
Εικόνα 2-1. Δείκτης Τρωτότητας VI (Vulnerability Index)

Για να αντιμετωπιστούν οι οποιοσδήποτε αρνητικές συνέπειες από τους κινδύνους (hazards) που καθιστούν ένα σύστημα τρωτό, πρέπει το ίδιο το σύστημα να είναι ανθεκτικό ώστε να μπορεί να αντιμετωπίσει οποιαδήποτε επικίνδυνη τάση και διαταραχή που μπορεί να αλλάξει τη δομή και τη λειτουργία του.

Ανθεκτικότητα (Resilience), είναι μια έννοια που απασχολεί πλήθος επιστημόνων και ερευνητών και ορίζεται ως η ικανότητα των διασυνδεδεμένων κοινωνικών, οικονομικών και οικολογικών συστημάτων να αντιμετωπίζουν ένα επικίνδυνο συμβάν, τάση ή διαταραχή και να ανταποκρίνονται ή να αναδιοργανώνονται με τρόπους που διατηρούν τη βασική τους δομή, λειτουργία και ταυτότητα. Η ανθεκτικότητα είναι ένα θετικό χαρακτηριστικό, όταν διατηρεί την ικανότητα προσαρμογής, μάθησης ή/και μετασχηματισμού (IPCC, 2022).

Η αύξηση της ανθεκτικότητας ενός συστήματος ως δράση παρουσιάζει πολλές προκλήσεις και αυτό γιατί δημιουργούνται σημαντικές αβεβαιότητες για τον καλύτερο τρόπο ενίσχυσής της. Όσον αφορά στην κλιματική αλλαγή, η ανθεκτικότητα των φυσικών συστημάτων είναι ένας συνδυασμός αντίστασης στις ολοένα και συχνότερες διαταραχές, ανάκαμψης αλλά και προσαρμογής στις νέες συνθήκες (Bernhardt et al., 2013). Με την αύξηση της ανθεκτικότητας απομειώνονται οι δυσμενείς συνέπειες της τρωτότητας σε ένα σύστημα

υψηλής τρωτότητας. Τρωτότητα και ανθεκτικότητα είναι καταστάσεις που πρέπει να βρίσκονται σε δυναμική ισορροπία, ώστε να αποφευχθεί η υποβάθμιση του συστήματος.



Εικόνα 2-2. Σχέση Τρωτότητας-Ανθεκτικότητας. (Πηγή: IPCC, AR6, WGII, 2022).

2.3 Παράκτια Τρωτότητα

Πραγματοποιήθηκε εκτενής βιβλιογραφική αναζήτηση για δημοσιεύσεις εργασιών, άρθρων και συνεδρίων γύρω από την εκτίμηση και υπολογισμό του Δείκτη Παράκτιας Τρωτότητας στη μηχανή αναζήτησης Scopus, που αποτελεί διεθνή βιβλιογραφική βάση δεδομένων, καλύπτοντας τίτλους από εγκεκριμένα περιοδικά της ευρύτερης επιστημονικής κοινότητας. Επίσης, πραγματοποιήθηκε ανάλογη αναζήτηση στη μηχανή αναζήτησης Google Scholar, η οποία παρέχει μεγαλύτερη κάλυψη και συμπεριλαμβάνει διατριβές και μη δημοσιευμένο σε παγκόσμιο επιστημονικά περιοδικά υλικό. Συνολικά για την Παράκτια Τρωτότητα, μελετήθηκαν 128 βιβλιογραφίες, που περιλαμβάνουν δημοσιεύσεις, άρθρα και βιβλία. Η διερεύνηση τους ολοκληρώθηκε τον Μάρτιο του 2024.

Για την εύρεση δημοσιεύσεων σχετικά με την παράκτια τρωτότητα χρησιμοποιήθηκαν οι λέξεις κλειδιά: *παράκτια τρωτότητα (coastal vulnerability)* και *δείκτης παράκτιας τρωτότητας (coastal vulnerability index)* και όπως φαίνεται στον Πίνακα 2-1, παρατηρείται μεγάλο επιστημονικό ενδιαφέρον.

Πίνακας 2-1. Αποτελέσματα αναζήτησης με βάση λέξεις- κλειδιά (CVI) σε Scopus & Google Scholar, τελευταία αναζήτηση 03/2024.

<u>Λέξεις – Κλειδιά</u>	<u>Αριθμός αναφορών</u>	
	Scopus	Google Scholar
<i>Coastal Vulnerability</i>	8673	16200
<i>Coastal Vulnerability Index</i>	1639	3110

Η πρώτη αναζήτηση καταλήγει σε ένα πλήθος 8673 αποτελεσμάτων στη μηχανή αναζήτησης Scopus, ενώ στην Google Scholar αριθμούνται 16200 αποτελέσματα (χρησιμοποιώντας ως φίλτρο την επιλογή *ταξινόμηση κατά συνάφεια*). Προσθέτοντας τη λέξη δείκτης (index), τα αποτελέσματα στην Scopus μειώνονται στα 1639 και στην Google Scholar στα 3110 (χρησιμοποιώντας το ίδιο φίλτρο ως ανωτέρω).

Πολλοί ερευνητές έχουν ασχοληθεί από την δεκαετία του 1990, με την εκτίμηση της παράκτιας τρωτότητας. Ο Δείκτης Παράκτιας Τρωτότητας-CVI (Coastal Vulnerability Index) επικράτησε στις σύγχρονες πρακτικές, ως μια σχετικά απλή μέθοδος αξιολόγησης τρωτότητας των ακτών, ιδίως λόγω της διάβρωσης ή/και των πλημμυρικών φαινομένων (Gornitz et al, 1991). Για τον λόγο αυτό, στη βιβλιογραφία, παρατηρείται ότι αρχικά ο Δείκτης Παράκτιας τρωτότητας αναπτύχθηκε μελετώντας τη διάβρωση των ακτών κάτω από την επίδραση κυρίως φυσικών φαινομένων.

Ως διάβρωση των ακτών, ορίζεται η σταδιακή οπισθοχώρηση της ακτογραμμής και της μείωσης της στερεοπαροχής υπό την επίρεια της θάλασσας μετρούμενη σε χρονικό ορίζοντα ικανό να απομονώσει μια μέτρηση από τις επιδράσεις του καιρού, των κυματικών καταγίδων και της δυναμικής των ιζημάτων (Doody et al., 2004).

Ήδη κατά το παρελθόν έρευνες έδειξαν ότι για την Ευρώπη έχει εκτιμηθεί ότι το 1/5 των ακτών της υποχωρούν με ρυθμούς που ανέρχονται μεταξύ 0,5 και 2 m/έτος και μόλις το 8% των ακτών βρίσκεται σε φάση εναπόθεσης-προέλασης (European Commission, 2004). Σχετικά με την Ελλάδα, το ποσοστό των διαβρωμένων ακτών φτάνει το 32% (Καρύμπαλης, 2010, European Commission, 2004), αυξάνοντας σημαντικά τον Δείκτη Παράκτιας Τρωτότητας.

Οι παράκτιες διεργασίες, όπως οι κυματισμοί, τα παράκτια ρεύματα, η αστρονομική και η μετεωρολογική παλίρροια σε συνδυασμό με την αύξηση της στάθμης της θάλασσας και της

συχνότητας των πλημμυρικών φαινομένων αλλά και την ανθρώπινη παρέμβαση (οικιστικές, τουριστικές, αλιευτικές, γεωργικές δραστηριότητες), επιταχύνουν το φαινόμενο της διάβρωσης των ακτών.

Η ανταπόκριση των παράκτιων περιοχών στα σενάρια της κλιματικής αλλαγής, δεν είναι πάντα δυνατόν να υπολογιστεί επακριβώς και η πρόβλεψη σχετικά με την εξέλιξη της ακτογραμμής συχνά εμπεριέχει υψηλά ποσοστά αβεβαιότητας. Για τον λόγο αυτό, ήδη από πολύ νωρίς, άρχισε μια προσπάθεια αποτύπωσης της παράκτιας τρωτότητας με μαθηματικές εκφράσεις, με εισαγωγή δεικτών, ώστε να είναι δυνατή η εκτίμηση των συνεπειών της κλιματικής μεταβλητότητας σε επιμέρους τμήματα των ακτογραμμών. Η παραπάνω εκτίμηση ξεκίνησε λαμβάνοντας υπόψη δεδομένα που σχετίζονται με φυσικές παραμέτρους που παίζουν ρόλο στην εξέλιξη και την διαμόρφωση των ακτών (Gornitz et al., 1992, Thielier and Hammar – Klose, 1999). Από τις αρχές περίπου του 21^{ου} αιώνα, εκτός από τις φυσικές παραμέτρους οι ερευνητές, άρχισαν να συνεκτιμούν στην τρωτότητα, παραμέτρους που αφορούν στις ανθρωπογενείς παρεμβάσεις (Turner et al., 2003), στα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά μιας περιοχής (Snoussi, 2007), στις συνέπειες από την αύξηση της συχνότητας των πλημμύρων (Kienberger et al., 2014), στην τεχνολογική επέκταση και την διαχείριση προγραμμάτων εκπαίδευσης και εκμάθησης ως μέτρα μείωσης ή προσαρμογής στις αρνητικές συνέπειες της κλιματικής αλλαγής (Iorhen, 2021). Η αναγνώριση της εξέλιξης της παράκτιας ζώνης και αλλά και της τρωτότητας ακολούθως, επιτρέπει την δυνατότητα ενός προληπτικού σχεδιασμού, ο οποίος προσαρμόζεται από τις σχετικές αρχές και τους διαχειριστές και παρέχει τη δυνατότητα επέκτασης της ανθεκτικότητας στην κλιματική αλλαγή και στη βιωσιμότητα των παράκτιων περιοχών (Tsaimou et al, 2022).

Στη βιβλιογραφία, μπορούμε να εντοπίσουμε διάφορους τρόπους εκτίμησης του CVI, χρησιμοποιώντας μαθηματικούς τύπους (Πίνακας 2-2). Οι περισσότεροι εξ'αυτών βασίζονται σε μεγάλο βαθμό στους Gornitz et al. (1991), υπολογίζοντας την τετραγωνική ρίζα του γεωμετρικού μέσου των κατηγοριοποιημένων μεταβλητών παράκτιας επικινδυνότητας. Η χρησιμοποίηση του μέσου όρου των μεταβλητών, εντοπίζεται σε δυο περιπτώσεις (Gornitz et al., 1991 και Hedge & Reju, 2007), ενώ σε άλλες δυο περιπτώσεις, χρησιμοποιείται και το άθροισμα και η τετραγωνική ρίζα του μέσου όρου των παραμέτρων (Diez et al., 2007, Rao et al., 2008). Σε έξι περιπτώσεις αξιολόγησης παράκτιας τρωτότητας, χρησιμοποιήθηκε ένας παράγοντας κλιμάκωσης ή βάρους για κάθε εξεταζόμενη μεταβλητή (McLaughlin et al., 2002, McLaughlin and Cooper 2010, Sterr 2007, Ozyurt and Ergin 2010, Yin et al. 2012, Bahinipati, 2014), ενώ σε άλλες τρεις έρευνες χρησιμοποιήθηκε η κανονικοποίηση (Balica et al., 2012, Bahinipati, 2014, Sahoo and Bhaskaran, 2018). Οι Arkema et al. (2013), χρησιμοποίησαν τον υπολογισμό του γεωμετρικού μέσου των ταξινομημένων μεταβλητών και στη συνέχεια εισήγαγαν τα αποτελέσματα σε δυο πλατφόρμες οπτικοποίησης.

Πίνακας 2-2. Τρόποι υπολογισμού Δείκτη Παράκτιας Τρωτότητας μέσα από τη βιβλιογραφική αναζήτηση.

Βιβλιογραφικές Αναφορές	Αντικείμενο Μελέτης	Περιοχή Έρευνας	Εξισώσεις Υπολογισμού Παράκτιας Τρωτότητας
Gornitz, 1990, 1991, Gornitz and White 1992, Gornitz et al. 1991, 1997	Αύξηση Θαλάσσιας Στάθμης	Νοτιοανατολικές ΗΠΑ	$CVI = \sqrt{\frac{(X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot \dots \cdot X_n)}{n}}$ $CVI = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n}$ $CVI = 4 \cdot X_1 + 4 \cdot X_2 + 2 \cdot (X_3 + X_4) + 4 \cdot X_5 + 2 \cdot (X_6 + X_7)$
Theilerand Hammar-Klose 1999, 2000	Αύξηση Θαλάσσιας Στάθμης	Ακτές ΗΠΑ (Ατλαντικός-Ειρηνικός Ωκεανός, Κόλπος Μεξικού)	$CVI = \sqrt{\frac{(X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot \dots \cdot X_n)}{n}}$
McLaughlin et al. 2002, McLaughlin & Cooper, 2010, 2020.	Διάβρωση	Βόρεια Ιρλανδία	$CVI = \frac{X_1 + X_2 + X_3}{3}$
Doukakis, 2005	Διάβρωση	Πελοπόννησος, Ελλάδα	$CVI = \sqrt{\frac{(X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot \dots \cdot X_n)}{n}}$
Boruff et al., 2005	Διάβρωση	Παράκτιες Περιοχές, ΗΠΑ	$CVI = \sqrt{\frac{(X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot \dots \cdot X_n)}{n}}$
Hedge and Reju, 2007	Διάβρωση	Mangalore, Ινδία	$CVI = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n}$
Szlafztein and Sterr, 2007	Διάβρωση	Para, Βραζιλία	$CVI = \frac{1 \cdot X_1 + 0,5 \cdot X_2 + 0,25 \cdot X_3 + X_n}{n} + \frac{1 \cdot Y_1 + 0,5 \cdot Y_2 + 0,25 \cdot Y_3 + Y_n}{n}$
Diez et al., 2007	Αύξηση Θαλάσσιας Στάθμης	Buenos Aires, Αργεντινή	$CVI = \sqrt{\frac{(X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot \dots \cdot X_n)}{n}}$ $CVI = 4 \cdot X_1 + 4 \cdot X_2 + 2 \cdot (X_3 + X_4) + 4 \cdot X_5 + 2 \cdot (X_6 + X_7)$
Rao et al., 2008	Αύξηση Θαλάσσιας Στάθμης	Andhra Pradesh Coast, Ινδία	$CVI = \sqrt{\frac{(X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot \dots \cdot X_n)}{n}}$ $CVI = 4 \cdot X_1 + 4 \cdot X_2 + 2 \cdot X_3 + X_4 + X_5$
Kumar et al., 2010	Διάβρωση	Orissa, Ινδία	$CVI = \sqrt{\frac{(X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot \dots \cdot X_n)}{n}}$
Gaki-Papanastassiou et al., 2010	Αύξηση Θαλάσσιας Στάθμης	Πελοπόννησος, Ελλάδα	$CVI = \sqrt{\frac{(X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot \dots \cdot X_n)}{n}}$
Pendleton et al., 2010	Αύξηση Θαλάσσιας Στάθμης	Θαλάσσια Πάρκα και Μεγάλες Λίμνες, ΗΠΑ	$CVI = \sqrt{\frac{(X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot \dots \cdot X_n)}{n}}$
Ozyurt and Ergin, 2010	Αύξηση Θαλάσσιας Στάθμης	Δέλτα Goksu, Τουρκία	$CVI = 0,5 \cdot \text{sum}(X \cdot R) + 0,5 \cdot \text{sum}(Y \cdot R)$

	Στάθμης		
Di Paola et al., 2011	Παλίρροια	San Agustin, Κανάριοι Νήσοι	$CVI = \sqrt{\frac{(X_1 * X_2 * X_3 * \dots * X_n)}{n}}$
Balica et al., 2012	Πλημμύρες	Αργεντινή, Ινδία, Μαρόκο, Μπαγκλαντές, Φιλιππίνες, Γαλλία, Ιαπωνία, Κίνα, Ολλανδία	$CVI = \frac{Exposure * Susceptibility}{Resilience}$
Kumar and Kunte, 2012	Διάβρωση/Αύξηση Θαλάσσιας Στάθμης	Tamil Sadu, Ινδία	$CVI = \sqrt{\frac{(X_1 * X_2 * X_3 * \dots * X_n)}{n}}$
Yin et al., 2012	Αύξηση Θαλάσσιας Στάθμης	Κινεζικές Ακτές	$CVI = (X_1 * R_1) + (X_2 * R_2) + \dots + (X_n * R_n)$
Thatcher et al., 2013	Αύξηση Θαλάσσιας Στάθμης	Βόρειες Ακτές, Κόλπος Μεξικού	$CVI = \sqrt{\frac{(X_1 * X_2 * X_3 * \dots * X_n)}{n}}$
Arkema et al., 2013	Αύξηση Θαλάσσιας Στάθμης	Ακτογραμμή ΗΠΑ	$CVI = (X_1 * X_2 * X_3 * \dots * X_n)^{1/n}$
Bahinipati, 2014	Κυκλώνες, Πλημμύρες	Odisha, Ινδία	$CVI = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n}$
Rani et al., 2015	Αύξηση Θαλάσσιας Στάθμης	Ακτογραμμή Ινδίας	$CVI = \sqrt{\frac{(X_1 * X_2 * X_3 * \dots * X_n)}{n}}$
Sahoo and Bhaskaran, 2018	Κυκλώνες	Odisha, Ινδία	$CVI = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n}$

Όπως παρατηρείται, οι περισσότεροι ερευνητές στηρίχθηκαν στο μαθηματικό τύπο των Gornitz et al. (1991), χρησιμοποιώντας έξι φυσικές παραμέτρους και υπολογίζοντας την τετραγωνική ρίζα του γεωμετρικού μέσου αυτών. Η εξίσωση και η επεξήγηση των παραμέτρων αναφέρονται στη Σχέση 2.2:

$$CVI = \sqrt{\frac{(a * b * c * d * e * f)}{6}} \quad (2.2)$$

Όπου:

- a: Γεωμορφολογία της ακτής.
- b: Παράκτια κλίση.
- c: Ρυθμός μεταβολής θαλάσσιας στάθμης.
- d: Ιστορική μετατόπιση της ακτογραμμής
- e: Σημαντικό μέσο ύψος κύματος.
- f: Μέσο εύρος παλίρροιας.

Στη συνέχεια για κάθε μεταβλητή (a,b,c,d,e,f) αποδίδεται μία τιμή στη κλίμακα από το ένα (01) έως το πέντε (05) με σειρά αυξανόμενης τρωτότητας: πολύ χαμηλή (very low), χαμηλή (low), μέτρια (moderate), υψηλή (high) και πολύ υψηλή (very high) τρωτότητα. Όλες οι μεταβλητές λαμβάνουν αριθμητικές τιμές, εκτός της παραμέτρου που αφορά στη γεωμορφολογία της ακτής, η οποία εκτιμάται ποιοτικά. Για τη συγκεκριμένη παράμετρο, η κατηγοριοποίηση των ακτών γίνεται σύμφωνα με το είδος τους (βραχώδεις, αμμώδεις, ήπιες, μεγάλης κλίσης κ.ο.κ) και την αντοχή τους στην παράκτια διάβρωση (Gornitz & White, 1992).

Άλλοι ερευνητές χρησιμοποίησαν το ίδιο σύστημα βαθμολόγησης, βασισμένο στις υπάρχουσες παρατηρήσεις, μετρήσεις, δεδομένα και γνώσεις, για να εκτιμήσουν συνδυαστικά την τρωτότητα που επηρεάζεται από τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής με κοινωνικοοικονομικούς και τεχνικούς παράγοντες που επηρεάζουν τις παράκτιες περιοχές (Moreno & Becken, 2009). Κατά τη διάρκεια της αξιολόγησης, καταρτίζεται ένας αριθμός σεναρίων, από το πιο αισιόδοξο έως το πιο απαισιόδοξο, που δίνει τη δυνατότητα εκτίμησης των μελλοντικών επιπτώσεων στο σύστημα έρευνας και παράλληλα προτείνονται ενέργειες και σχέδια προστασίας. Επισημαίνεται πάντως ότι το μεγαλύτερο τμήμα των δημοσιεύσεων κινείται γύρω από την ευαισθησία των παράκτιων περιοχών της χέρσου και των νησιωτικών περιοχών στις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής με την αύξηση της θαλάσσιας στάθμης και τα ακραία καιρικά φαινόμενα-απρόσμενα καιρικά μοτίβα (Bennet et al., 2015). Οι περιοχές αυτές είναι άμεσα εξαρτημένες χωρικά, κοινωνικά και οικονομικά με το θαλάσσιο περιβάλλον.

Μετά την ανάλυση της βιβλιογραφίας έγινε κατηγοριοποίηση των αναφορών στα Υποκεφάλαια 2.3.1, 2.3.2 & 2.3.3, σύμφωνα με τις κατηγορίες παραμέτρων τρωτότητας που εξετάζονται αντίστοιχα. Οι κατηγορίες των παραμέτρων για την παράκτια τρωτότητα είναι οι φυσικές, οι τεχνικές, οι κοινωνικοοικονομικές & οι περιβαλλοντικές και αναλόγως κατασκευάστηκαν τα Γραφήματα 2-1, 2-2, 2-3, 2-4.

2.3.1 Φυσικές Παράμετροι Παράκτιας Τρωτότητας

Οι φυσικές παράμετροι εξετάστηκαν πρωταρχικώς ως δείκτες για την Παράκτια Τρωτότητα. Η γεωμορφολογία των ακτών, ο ρυθμός εξέλιξής τους, η παράκτια κλίση, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, το ύψος κύματος και το εύρος της παλίρροιας είναι οι παράμετροι (indicators) που εκλαμβάνονται από την πλειονότητα των ερευνητών (Gornitz et al., 1991, Hammar – Klose and Thielier, 1999, Pethick et al., 2000, McLaughlin et al., 2010, Kantamaneni et al., 2019). Στη βιβλιογραφία κάποιες φορές παρατηρείται διαχωρισμός των φυσικών παραμέτρων (Pendleton et al., 2004) ως εξής:

-Χαρακτηριστικά χερσαίας κατάστασης, περιλαμβάνοντας την γεωμορφολογία, την εξέλιξη και την κλίση της ακτής, ως άμεσα υπεύθυνες για την αντίσταση ή όχι στην διάβρωση, την μακροχρόνια διάβρωση ή προέλαση της ακτής και την ευαισθησία της ακτής σε πλημμυρικά φαινόμενα, εξετάζοντας το σύνολο της ακτογραμμής μιας συγκεκριμένης περιοχής.

-Χαρακτηριστικά θαλάσσιας κατάστασης, περιλαμβάνοντας το ύψος κύματος, την παλίρροια και την άνοδο της στάθμης της θάλασσας, που συμβάλλουν στους κινδύνους πλημμύρας ενός συγκεκριμένου τμήματος της ακτογραμμής, σε μικρή μέχρι πολύ μεγάλη χρονική κλίμακα

Ο δείκτης που αφορά στη γεωμορφολογία κατέχει τη μεγαλύτερη θέση στη βιβλιογραφία. Η ύπαρξη λιμνών, ποταμών, χειμάρρων καθώς και το συνολικό υδρογραφικό δίκτυο μιας περιοχής τροφοδοτεί με ίζημα τον παράκτιο χώρο. Επίσης, η διαμόρφωση των παράκτιων γεωμορφών (coastal landforms), όπως οι θίνες (dunes), οι αμμώδεις συγκεντρικές παράκτιες ζώνες (berms), οι ημισελήνοειδείς αμμώδεις σχηματισμοί (beach cups), οι ακτόλιθοι (beach rocks) κ.ά., οφείλεται στην επεξεργασία και ανακατανομή των ιζημάτων της παράκτιας ζώνης από τις διάφορες μορφές ενέργειας που δρουν στην ακτή (Ευελπίδου, 2020). Οι παράκτιες γεωμορφές αποτελούν τη φυσική απάντηση-αντίδραση των ακτών στη διάβρωση και την άνοδο της στάθμης της θάλασσας, που κυρίως με τους βραχώδεις κρημνούς ως φυσικούς κυματοθραύστες προσφέρουν σημαντική αντίσταση στα διαβρωτικά φαινόμενα (DeSerio et al., 2018). Οι παράκτιες γεωμορφές επίσης, διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στον προσδιορισμό του αντίκτυπου της ανόδου της θαλάσσιας στάθμης (Nageswara et al., 2008) και στην εκτίμηση της τρωτότητας διαφορετικών εδαφών και μορφών (Kumar et al., 2016), ιδιαίτερα στις αμμώδεις και χαμηλού ανάγλυφου ακτές.

Το είδος των πετρωμάτων μελέτησαν οι Ružić et al. (2019) και το χρησιμοποίησαν σαν παράμετρο για να υπολογίσουν την παράκτια τρωτότητα, σε μία έντονα καρστικοποιημένη περιοχή στη νήσο Krk (Κροατία), που βρίσκεται βορειοανατολικά στην Αδριατική Θάλασσα.

Η παράκτια κλίση αποτελεί μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους προσδιορισμού της επικινδυνότητας μιας παράκτιας περιοχής και αυτό παρατηρήθηκε και στο πλήθος των βιβλιογραφικών αναφορών. Η κλίση των ακτών συνδέεται με τη φυσική αντοχή της ακτών και την ταχύτητα με την οποία η ακτογραμμή θα υποχωρήσει έναντι κατάκλισης (Sartabakou, 2013). Οι παράκτιες περιοχές με μικρή κλίση μπορούν να υποχωρήσουν ταχύτερα (Yin et al., 2012), καθώς με μια μικρή κατακόρυφη άνοδο της στάθμης της θάλασσας, δύναται να προκληθεί σημαντική μετατόπιση των υδάτων προς την ξηρά. Αντίθετα, παράκτιες περιοχές με μεγάλη κλίση αποτελούν φυσικό εμπόδιο απέναντι στην ισχυρή ενέργεια που έρχεται από το θαλάσσιο περιβάλλον, κυρίως μέσω των κυματισμών.

Σημαντική θέση στην βιβλιογραφία έχει το φαινόμενο του ευστατισμού (Rignot et al., 2008), χαρακτηρίζοντας το ως την πιο διαδεδομένη παγκόσμια προειδοποίηση για την αύξηση της παράκτιας τρωτότητας (Allan and Komar, 2006, Nageswara et al., 2009), που οφείλεται κυρίως στην αύξηση της θερμοκρασίας του θαλασσινού νερού και στο λιώσιμο των πάγων (Meehl et al., 2006). Η άνοδος της θαλάσσιας στάθμης παρουσιάζει πολλές προεκτάσεις. Εκτός από τις πλημμύρες, μπορεί να προκύψει και η βύθιση της ακτής (sinking). Η παραπάνω συνθήκη μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική παράκτια διάβρωση, καθώς η ανύψωση της θαλάσσιας στάθμης έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του βάθους του θαλάσσιου τμήματος της παραλίας, επιτρέποντας σε κύματα μεγαλύτερου ύψους να φτάσουν πιο εύκολα στην ακτή και να διαβρώσουν το παράκτιο μέτωπο, απομακρύνοντας ταυτόχρονα ίζημα προς το θαλάσσιο πυθμένα (Ευελπίδου, 2020). Μακροπρόθεσμο αποτέλεσμα είναι η αποσάθρωση του εδάφους και υποβάθμιση των υπόγειων υδάτων (Jana et al., 2016). Σημαντικές είναι και οι κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις, καθώς με την άνοδο της θαλάσσιας στάθμης, μπορούν να χαθούν μεγάλες εκτάσεις γης (Lewsey et al., 2004).

Υψηλά στις βιβλιογραφικές καταχωρήσεις είναι και το Σημαντικό Μέσο Ύψος Κύματος (SMWH-Significant Mean Wave Height). Η αύξηση του ύψους των κυμάτων οδηγεί σε αυξημένη διάβρωση, αυξάνοντας ταυτόχρονα την πιθανότητα πλημμύρας κατά μήκος της ακτογραμμής και τελικώς απώλεια μεγάλων εκτάσεων γης (Murali et al., 2013). Σημαντικό ρόλο επίσης διαδραματίζει στην ανακατανομή των ιζημάτων (Kumar et al., 2012).

Πέρα από την στάθμη της θάλασσας και το ύψος κύματος, μελετάται και το παλίρροιακό εύρος. Η αστρονομική παλίρροια είναι ένα περιοδικό φαινόμενο που δημιουργείται από τη βαρυτική έλξη της Σελήνης και το εύρος της υπολογίζεται από την κατακόρυφη διαφορά μεταξύ υψηλότερης πλημμυρίδας και χαμηλότερης άμπωτης (Jana et al., 2016). Μεγάλο εύρος παλίρροιας προσδιορίζει μια χωρική επέκταση της ακτής όταν υπάρχει και μεγάλο ύψος κυμάτων. Περιοχές με υψηλό εύρος παλίρροιας είναι ευαίσθητες σε μόνιμες πλημμύρες,

καθώς αυξάνεται η θαλάσσια στάθμη (Doukakis, 2005) και πλήττονται περαιτέρω με την εκδήλωση μετεωρολογικών παλιρροιών κατά τη διάρκεια ισχυρών καταγίδων.

Άλλοι ερευνητές εστιάζουν στους κινδύνους από έντονα καιρικά φαινόμενα, τις καταγίδες και τους κυκλώνες που δημιουργούν πλημμύρες, όπως οι Mahendra et al. (2011), μελετώντας ακτογραμμές του κόλπου της Βεγγάλης, οι οποίες χαρακτηρίζονται από υψηλή τρωτότητα. Συχνά οι πλημμύρες και οι ξηρασίες προκαλούνται από έναν συνδυασμό ακραίων καιρικών φαινομένων και ανθρωπογενών δραστηριοτήτων (Shah et al., 2020).

Το υψόμετρο των ακτών είναι μια παράμετρος που παρατηρήθηκε σε αρκετές βιβλιογραφικές αναφορές. Σε βραχώδεις ακτές με μεγάλο υψόμετρο και ανάγλυφο, η ευαισθησία στη διάβρωση θεωρείται μικρή, αν και είναι δύσκολο να εξαχθούν συστηματικά αποτελέσματα με υποθέσεις σχετικά με τον τρόπο και τον ρυθμό ανάπτυξης αυτών των ακτών. Από την άλλη μεριά, οι βυθισμένοι βράχοι λειτουργούν σαν φυσικοί κυματοθραύστες, τροποποιώντας την υδροδυναμική της παραλίας και επηρεάζοντας την μεταφορά των ιζημάτων (Vousdoukas et al., 2007).

Η σεισμικότητα είναι ακόμη μια παράμετρος που εντοπίστηκε σε σχετικές έρευνες παράκτιας τρωτότητας, καθώς πολλές παράκτιες περιοχές πλήττονται από δυνατούς σεισμούς, οι οποίοι εν δυνάμει μπορούν να προκαλέσουν τσουνάμι (Kumar et al., 2010).

Οι καθιζήσεις της ξηράς σε παράκτιες περιοχές, παρατηρείται επίσης στη βιβλιογραφία, λόγω κυρίως υπεράντλησης των υπόγειων υδάτων, όπως στις δελταϊκές ακτές του ποταμού Πάδου, στην Αδριατική Θάλασσα (Pirazzoli & Tomasin, 2003) που φτάνει ~ 2,7 m και των ποταμών Αξιού, Αλιάκμονα και Λουδία, στο Θερμαϊκό Κόλπο που φτάνει ~ 3,0 m (Stiros, 2001).

Τέλος, παράμετροι όπως η αύξηση της θερμοκρασίας θάλασσας και ανέμου (Chalastani et al., 2023), η ταχύτητα και η κατεύθυνση των ανέμων (Chalastani et al., 2023), η περίοδος των κυμάτων και η βαθυμετρία (Tsoukala et al., 2015), παρατηρήθηκαν στην βιβλιογραφία αλλά σε μικρό πλήθος αναφορών.

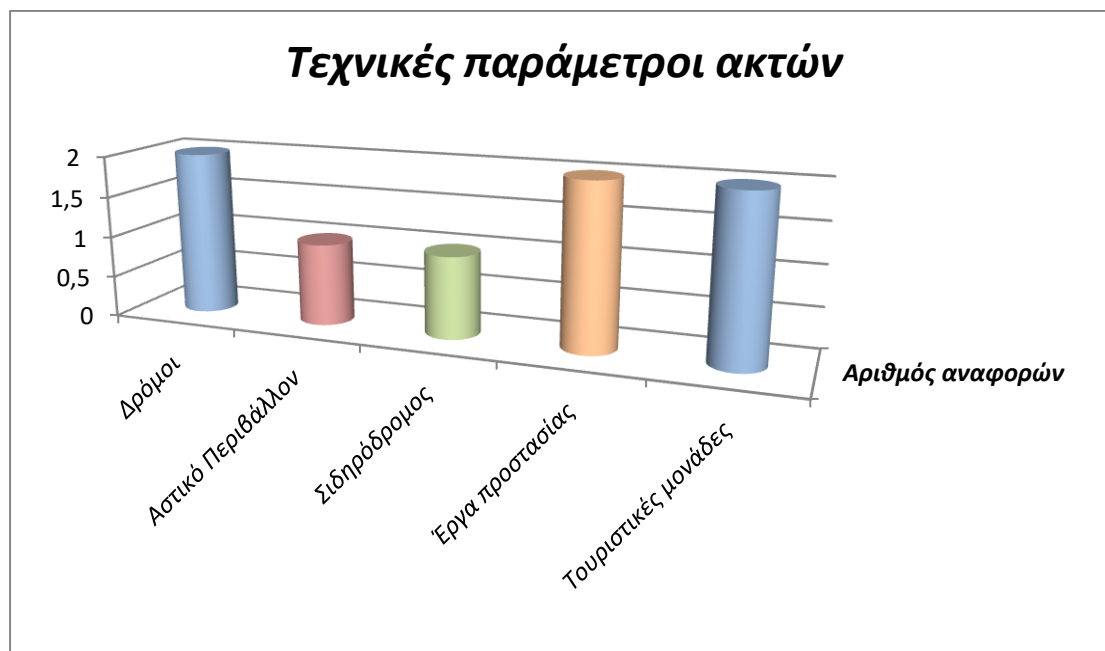
Ακολούθως, συγκεντρώνοντας το σύνολο των σημαντικών φυσικών παραμέτρων και των δεδομένων που συλλέχθηκαν από τη βιβλιογραφία, κατασκευάστηκε το Γράφημα 2-1.



Γράφημα 2-1. Αριθμός βιβλιογραφικών αναφορών για τις φυσικές παραμέτρους τρωτότητας ακτών.

2.3.2 Τεχνικές Παράμετροι Παράκτιας Τρωτότητας

Η αξιολόγηση των τεχνικών παραμέτρων στην εκτίμηση της τρωτότητας είναι σχετικά περιορισμένη. Η ύπαρξη οδικού δικτύου, σιδηροδρόμου, η απόσταση από οικιστική-αστική ζώνη (Kantamaneni et al., 2018) καθώς και τα έργα προστασίας ξεχωρίζουν στις βιβλιογραφικές αναφορές. Σε κάποιες αναφορές, υπάρχει και η κατασκευή τουριστικών μονάδων ως παράμετρος (Murali et al., 2013). Στα έργα προστασίας εντάσσεται το σύνολο των λιμενικών υποδομών και λιμενικών έργων, ως έργα που μπορούν να περιορίσουν τις καταστροφικές συνέπειες των πλημμυρών από την έντονη υδροδυναμική δράση της θάλασσας. Επισημαίνεται ότι κάποιοι ερευνητές (McLaughlin and Cooper, 2010, Hamid et al., 2019) χαρακτηρίζουν κάποιες τεχνικές παραμέτρους, όπως η ύπαρξη οδικού δικτύου ή σιδηροδρόμου, ως κοινωνικοοικονομικές παραμέτρους για την εκτίμηση του CVI.



Γράφημα 2-2. Αριθμός βιβλιογραφικών αναφορών για τις τεχνικές παραμέτρους τρωτότητας ακτών.

2.3.3 Κοινωνικοοικονομικές Παράμετροι Παράκτιας Τρωτότητας

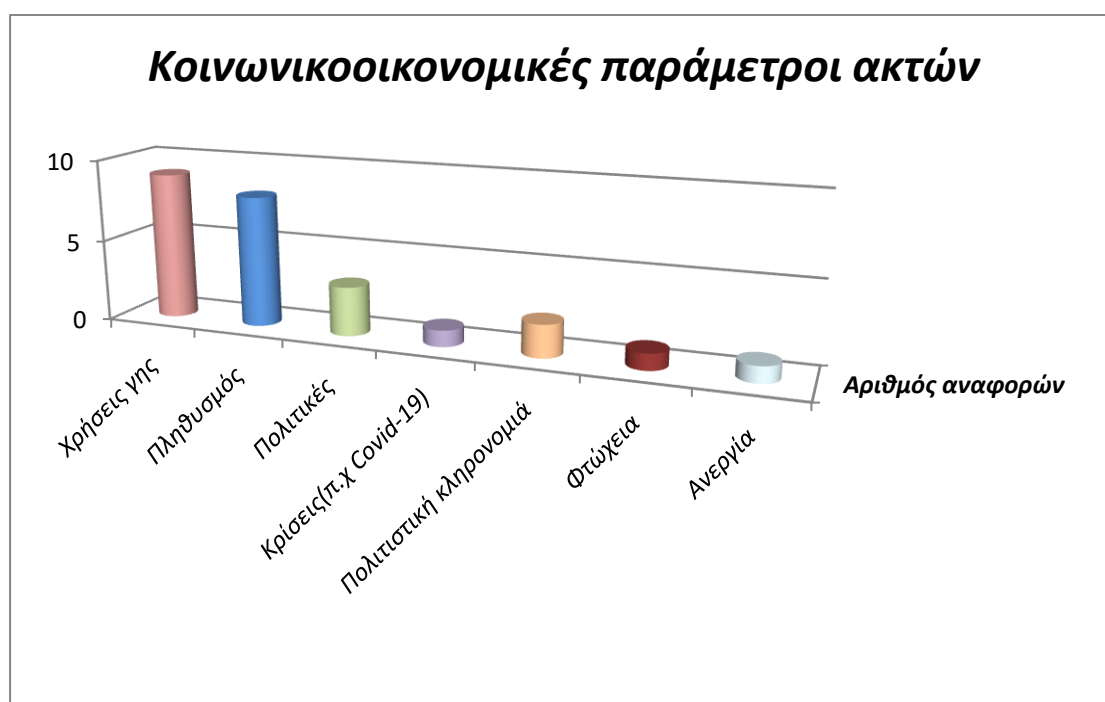
Οι πλημμύρες και η διάβρωση των ακτών, σε συνδυασμό με τις κατασκευές κατά μήκος της ακτογραμμής, αυξάνουν την τρωτότητα, αυξάνουν τις πιέσεις και οδηγούν σε μεγαλύτερες οικονομικές απώλειες (Kantamaneni et al., 2015). Οι χρήσεις γης, ταξινομούνται κυρίως σε εμπορικές, συμπεριλαμβάνοντας και τις ξενοδοχειακές μονάδες-τουριστικά καταλύματα και σε κατοικίες (Balica et al., 2012). Οι μεγάλες εκτάσεις του ανοιχτού παράκτιου χώρου, που ήταν σχετικά εύκολα εκμεταλλεύσιμες, έχουν καλυφθεί με βαριές κατασκευές, συμβάλλοντας στην υποβάθμιση εύλωτων και ευαίσθητων περιοχών (Lewsey et al., 2004). Η αγροτική, κτηνοτροφική και βιομηχανική εκμετάλλευση των παράκτιων περιοχών επίσης επηρεάζει την ευαισθησία τους σε κοινωνικοοικονομικές και περιβαλλοντικές μεταβολές. Οι χρήσεις γης, αποτυπώνονται με αξιοποίηση δορυφορικών εικόνων, δημιουργώντας χωρικές βάσεις δεδομένων με την χρήση γεωπληροφορικών λογισμικών (Yin et al., 2012, Mullick et al., 2019), αλλά και με τη χρήση Συστημάτων μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών (ΣμηΕΑ), που επιτρέπουν την κατά τόπους αναγνώριση σημαντικών στοιχείων και παραμέτρων σε μια παράκτια περιοχή (Vandarakis et al., 2021).

Το στοιχείο του πληθυσμού επικρατεί επίσης στις βιβλιογραφικές αναφορές. Η υπερσυγκέντρωση ανθρώπων σε συνδυασμό με την μεγάλη ανάπτυξη του μεγαλύτερου μέρους των παράκτιων περιοχών και ταυτόχρονα την αύξηση της συχνότητας των ακραίων καιρικών φαινομένων και των πλημμυρών, καθιστούν τις περιοχές αυτές ιδιαίτερα εύλωτες (Jana et al., 2016). Η αύξηση των παράκτιων καταστροφών, οι οποίες επιφέρουν και μεγάλο

κοινωνικοοικονομικό κόστος, παρατηρούνται κυρίως σε παράκτιες αστικές περιοχές και νησιά ή σε πυκνοκατοικημένες περιοχές σε εκβολές ποταμών, περιοχές που χαρακτηρίζονται κρίσιμες όσον αφορά την ευπάθειά τους σε κινδύνους (Hinkel et al., 2010).

Βιβλιογραφικές αναφορές επίσης αναφέρονται στην παράμετρο των πολιτικών αποφάσεων και διαχείρισης της τρωτότητας. Η πολιτικό-διοικητική συνιστώσα, περιλαμβάνει το διοικητικό και θεσμικό σύστημα που εφαρμόζεται σε κάθε περιοχή, τόσο σε εθνικό όσο και σε περιφερειακό και τοπικό επίπεδο. Το σύστημα πρέπει είναι ικανό να αναπτύσσει και να εφαρμόζει με συντονισμένο τρόπο δράσεις που να προστατεύουν τις παράκτιες ζώνες και να αυξάνουν την ανθεκτικότητά τους (Balica et al., 2012).

Τέλος, εντοπίστηκαν αναφορές (σε μικρό πλήθος) που αφορούν σε παραμέτρους που αφορούν σε κοινωνικές κρίσεις, όπως στην πανδημία COVID-19 (Armenio et al., 2021, Silvast et al., 2021), στην πολιτισμική κληρονομιά (αρχαιολογικοί χώροι) (DiLuccio et al., 2018), στην οικονομική αξία του τοπίου (Balica et al., 2012, Kantamaneni et al., 2018) και σε κοινωνικές παραμέτρους όπως η φτώχεια και η ανεργία (Iorhen, 2021).

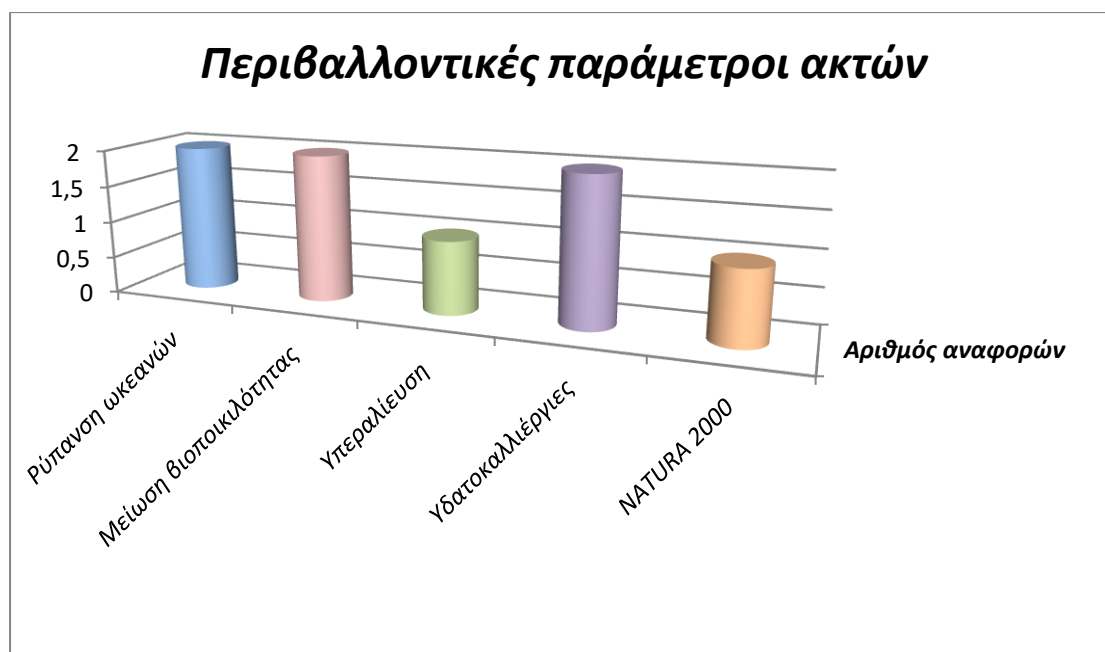


Γράφημα 2-3. Αριθμός βιβλιογραφικών αναφορών για τις κοινωνικοοικονομικές παραμέτρους τρωτότητας ακτών.

2.3.4 Περιβαλλοντικές Παράμετροι Παράκτιας Τρωτότητας

Παρατηρήθηκε σημαντικός αριθμός βιβλιογραφικών αναφορών για τις περιβαλλοντικές παραμέτρους στο Δείκτη Παράκτιας Τρωτότητας. Η παράκτια ζώνη, είναι μια ζώνη

συνέργειας και άγνωστης ή δύσκολα προβλέψιμης αλληλεπίδρασης δυο συγχωνευμένων οικοσυστημάτων, αυτό της ενδοχώρας και της θάλασσας (Tsoukala et al., 2015), Η μόλυνση και ρύπανση των ωκεανών (Bennet et al., 2014), η μείωση της βιοποικιλότητας (Dryden et al., 2022), η υπεραλίευση των θαλασσών και η απόσταση από υδατοκαλλιέργειες (Περιφερειακό Σχέδιο για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή-ΠΕΣΠΚΑ Δυτικής Ελλάδος, 2023) και η απόσταση από προστατευόμενες θαλάσσιες περιοχές, όπως το δίκτυο NATURA 2000, (Περιφερειακό Σχέδιο για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή-ΠΕΣΠΚΑ Δυτικής Ελλάδος, 2023) είναι οι σημαντικότεροι περιβαλλοντικοί-οικολογικοί δείκτες που επηρεάζουν την εκτίμηση του CVI.



Γράφημα 2-4. Αριθμός βιβλιογραφικών αναφορών για τις περιβαλλοντικές παραμέτρους τρωτότητας ακτών.

2.4 Τρωτότητα Λιμένων

Αντίστοιχα, για τους λιμένες έχει επικρατήσει ο Δείκτης Τρωτότητας Λιμένων ή Λιμενικών Υποδομών-PVI (Port Vulnerability Index). Η τρωτότητα των λιμένων γνωρίζει μικρότερη ερευνητική δραστηριότητα σε σχέση με την τρωτότητα των ακτών. Η μελέτη του Δείκτη Τρωτότητας των Λιμένων (PVI) είναι ένα μεταγενέστερο αντικείμενο επιστημονικής και ερευνητικής μελέτης, καθώς οι βιβλιογραφικές αναφορές αρχίζουν από το τέλος της δεκαετίας του 1990. Οι λιμενικές υποδομές αλληλεπιδρούν με τις ακτές και το αντίστροφο, είναι όμως διαφορετικά συστήματα με διαφορετικά χαρακτηριστικά και δέχονται διαφορετικού τύπου πιέσεις. Ζητήματα λειτουργικότητας των λιμένων υπό το πρίσμα της κλιματικής αλλαγής, έχοντας ως βάση τη μεγάλη κυρίως οικονομική τους σημασία, επέβαλε τη μελέτη των λιμένων ως ξεχωριστά συστήματα, σε σχέση με την ευρύτερη παράκτια ζώνη.

Όμως είναι οι δυο συστήματα που αλληλοσυνδέονται, αλληλοεξαρτώνται και αλληλοεπηρεάζονται. Μεγάλη συζήτηση ξεκίνησε από τις αρχές της δεκαετίας του 2010 γιατί, αν και η κατασκευή λιμανιών έχει σκοπό να αναπτύξει τις μεταφορές και την οικονομία, πολύ συχνά οδηγεί σε περιβαλλοντική αποτυχία με κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις, όπως η πλήρης εξαφάνιση της αμμώδους παραλίας ή η σοβαρή αλλαγή της μορφολογίας της παραλίας (Tsoukala et al., 2015).

Όπως αναφέρεται στη βιβλιογραφία, ο ορισμός της τρωτότητας θαλάσσιων λιμένων, είναι ο βαθμός κατά τον οποίο οι λιμένες είναι ευαίσθητοι ή μη ικανοί να αντιμετωπίσουν τις δυσμενείς επιπτώσεις από διάφορους κινδύνους, συμπεριλαμβάνοντας αυτούς που απορρέουν από την κλιματική αλλαγή. Το επίπεδο έκθεσης, ευαισθησίας και προσαρμοστικής ικανότητας των λιμένων, καθορίζουν το βαθμό της τρωτότητάς τους (IPCC, 2014).

Σημαντικός αριθμός πιέσεων που επηρεάζουν το Δείκτη Τρωτότητας Λιμένων είναι κοινός με την Παράκτια Τρωτότητα, κάτι που μαρτυρά την αλληλοσύνδεση ακτών και λιμένων. Η κατασκευή και η λειτουργία οποιασδήποτε παράκτιας δομής αναμένεται να προκαλέσει περιβαλλοντικές και κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις. Ο διαχωρισμός αυτών των επιπτώσεων που προκαλούνται από τη διάβρωση και τις αλλαγές στα υδροδυναμικά χαρακτηριστικά στις παρακείμενες ακτές είναι ένα έργο αρκετά δύσκολο και απαιτητικό (Tsoukala et al., 2015).

Μεγάλοι κίνδυνοι και πιέσεις στις θαλάσσιες μεταφορές έχουν ερευνηθεί και αποτυπωθεί από διάφορες επιστημονικές ομάδες και πεδία, όπου το κάθε πεδίο χρησιμοποιεί τις δικές του έννοιες, μεθόδους, σκελετό και μοντέλα υπολογισμού ρίσκου (Lam et al., 2016). Κοινός συντελεστής όμως αποτελεί η κλιματική αλλαγή, με τις επιπτώσεις της στους λιμένες να είναι μεγάλες.

Επίσης, το μεγαλύτερο μέρος της βιβλιογραφίας εστιάζει κυρίως στους μεγάλους λιμένες, αν και πρόσφατα μελετήθηκαν και μικρά ή πολύ μικρά λιμάνια (τουριστικά ή αλιευτικά καταφύγια) (Kontogianni et al., 2018, Chalastani et al., 2023, Tsaimou et al., 2023), ωστόσο μπορεί να υπάρξουν περιορισμοί στην έρευνα, που αφορούν στην έλλειψη ή τη χαμηλή ακρίβεια των πληροφοριών (Izaguirre et al., 2020).

Αντίστοιχα, για την περίπτωση των λιμένων πραγματοποιήθηκε εκτενής βιβλιογραφική αναζήτηση για δημοσιεύσεις εργασιών, άρθρων και συνεδρίων γύρω από την εκτίμηση και υπολογισμό της Τρωτότητας των Λιμένων στη μηχανή αναζήτησης Scopus και Google Scholar. Συνολικά για την Παράκτια Τρωτότητα μελετήθηκαν 31 βιβλιογραφίες και η διερεύνηση αυτών ολοκληρώθηκε το Μάρτιο του 2024, από τις οποίες μόλις μια (01)

αναφερόταν και στην παρακολούθηση της τρωτότητας με χρήση ΣμηΕΑ (Tsaimou et al., 2023).

Για την εύρεση δημοσιεύσεων σχετικά με την παράκτια τρωτότητα χρησιμοποιήθηκαν οι λέξεις κλειδιά: *τρωτότητα λιμένων (port vulnerability)* και *δείκτης τρωτότητας λιμένων (port vulnerability index)*, όπως φαίνεται στον Πίνακα 2-3.

Πίνακας 2-3. Αποτελέσματα αναζήτησης με βάση λέξεις- κλειδιά (PVI) σε Scopus & Google Scholar, τελευταία αναζήτηση 03/2024.

<u>Λέξεις - Κλειδιά</u>	<u>Αριθμός αναφορών</u>	
	Scopus	Google Scholar
<i>Port Vulnerability</i>	1009	544
<i>Port Vulnerability Index</i>	121	6

Η πρώτη αναζήτηση καταλήγει σε ένα πλήθος 1009 αποτελεσμάτων στη μηχανή αναζήτησης Scopus (μην λαμβάνοντας υπόψη τις αναφορές στο πεδίο *Computer Science*), ενώ στην Google Scholar αριθμούνται 544 αποτελέσματα (χρησιμοποιώντας ως φίλτρο την επιλογή *ταξινόμηση κατά συνάφεια*). Προσθέτοντας τη λέξη δείκτης (*index*), τα αποτελέσματα στην Scopus μειώνονται στα 121 και στην Google Scholar μόλις 6 αποτελέσματα (χρησιμοποιώντας το ίδιο φίλτρο ως ανωτέρω).

Μετά την ανάλυση της βιβλιογραφίας, η οποία παρουσιάζεται συνοπτικά στον Πίνακα 2-4, έγινε κατηγοριοποίηση των αναφορών στα Υποκεφάλαια 2.4.1, 2.4.2 & 2.4.3, σύμφωνα με τις κατηγορίες παραμέτρων τρωτότητας που εξετάζονται αντίστοιχα. Οι κατηγορίες των παραμέτρων για την Τρωτότητα Λιμένων είναι *οι φυσικές, οι τεχνικές, οι κοινωνικοοικονομικές & οι περιβαλλοντικές* και αναλόγως κατασκευάστηκαν τα Γραφήματα 2-5, 2-6, 2-7, 2-8.

Πίνακας 2-4. Παράμετροι τρωτότητας λιμένων & βιβλιογραφικές αναφορές.

	Παράμετροι	Βιβλιογραφικές αναφορές
Φυσικές	Ύψος κύματος	ART, 2012, Kontogianni et al., 2018, Izaguirre et al., 2020, Chalastani et al., 2023, Tsaimou et al., 2023
	Μήκος κύματος	Kontogianni et al., 2018
	Ταχύτητα ανέμου	ART, 2012, Chhetri et al., 2015, Lam et al., 2016, Izaguirre et al., 2020, Chalastani et al., 2023, Tsaimou et al., 2023
	Κλίση ακτής	Messner et al., 2013, Kontogianni et al., 2018
	Εύρος παλίρροιας	Wood et al., 2004, ART, 2012, Christodoulou et al., 2018, McIntosh et al., 2019, McIntosh et al., 2020, Chalastani et al., 2023, Tsaimou et al., 2023
	Στάθμη της θάλασσας	Hallegate et al., 2010, McLaughin et al., 2011, ART, 2012, Messner et al., 2013, Christodoulou et al., 2018, McIntosh et al., 2019, McIntosh et al., 2020, Chalastani et al., 2023, Tsaimou et al., 2023
	Υψόμετρο	Kontogianni et al., 2018, McIntosh et al., 2019,
	Θερμοκρασία ατμόσφαιρας	McLaughin et al., 2011, Chhetri et al., 2015, McIntosh et al., 2019, Chalastani et al., 2023, Tsaimou et al., 2023
	Έντονα καιρικά φαινόμενα	Wood et al., 2004, Hallegate et al., 2010, Raged et al., 2011, McLaughin et al., 2011, ART, 2012, Messner et al., 2013, Chhetri et al., 2015, Lam et al., 2016, Kontogianni et al., 2018, Izaguirre et al., 2020, McIntosh et al., 2020, Sarpanto et al., 2021
	Βροχή	McLaughin et al., 2011, Chhetri et al., 2015, Izaguirre et al., 2020, McIntosh et al., 2020.
	Πλημμυρικά φαινόμενα	Wood et al., 2004, ART, 2012, Lam et al., 2016, McIntosh et al., 2019, Izaguirre et al., 2020, Chalastani et al., 2023, Tsaimou et al., 2023
	Αριθμός καταστροφών	Wood et al., 2004, ART, 2012, Lam et al., 2016, McIntosh et al., 2019, Izaguirre et al., 2020 Chalastani et al., 2023, Tsaimou et al., 2023
	Καθιζήσεις	Wood et al., 2004, Lam et al., 2016, McIntosh et al., 2017, Chalastani et al., 2023, Tsaimou et al., 2023
	Σεισμοί	Raged et al., 2011, Lam et al., 2016, Chalastani et al., 2023, Tsaimou et al., 2023
Τεχνηκές	Χωρητικότητα λιμένα	ART, 2012, Kontogianni et al., 2018, McIntosh et al., 2019, Chalastani et al., 2023, Tsaimou et al., 2023
	Χρήση λιμένα	Chalastani et al., 2023, Tsaimou et al., 2023
	Έργα προστασίας	Kantamaneni et al., 2018, Izaguirre et al., 2020
	Ύψος προβλήτας	Kontogianni et al., 2018
	Ποσοστό πληρότητας λιμένα	Hsieh et al., 2014, Kontogianni et al., 2018, McIntosh et al., 2019
	Προσβασιμότητα	Chalastani et al., 2023, Tsaimou et al., 2023
	Οδικό δίκτυο	Wood et al., 2004, Messner et al., 2013,

		Jian et al., 2019, Izaguirre et al., 2020, Sarpanto et al., 2021 Chalastani et al., 2023, Tsaimou et al., 2023
	Διαστάσεις πλοίων που ελλιμενίζονται	Wood et al., 2004
	Turnaround	Tsaimou et al., 2023
	Χρόνος περιστροφής	Hsieh et al., 2014
	Χρόνος ταξιδιού	Hsieh et al., 2014
	Καιρικές συνθήκες κατά τη λειτουργία	Leon-Mateos et al., 2021
	Πυκνότητα δρομολογίων	Hsieh et al., 2014, Chalastani et al., 2023, Tsaimou et al., 2023
	Απόδοση γερανογεφυρών	Jian et al., 2019
	Παραγωγικότητα αποβάθρας	Hsieh et al., 2014, Izaguirre et al., 2020, Leon-Mateos et al., 2021
	Ηλεκτρονική επικοινωνία	Hsieh et al., 2014, Tsaimou et al., 2023
	Υποστηρικτικότητα δομών	Hsieh et al., 2014, Izaguirre et al., 2020, Chalastani et al., 2023
	Απόσταση από άλλο λιμάνι	Chalastani et al., 2023, Tsaimou et al., 2023
	Παροχή ηλεκτρικού ρεύματος	Hsieh et al., 2014, Tsaimou et al., 2023
	Παροχή αερίου	Hsieh et al., 2014., Tsaimou et al., 2023
	Κατάσταση αποβάθρας	Kontogianni et al., 2018
	Υλικό αποβάθρας	Ragued et al., 2011, Kontogianni et al., 2018, Tsaimou et al., 2023
	Βάθος αποβάθρας	Kontogianni et al., 2018, Tsaimou et al., 2023
	Βάθος καναλιού	McIntosh et al., 2019, Izaguirre et al., 2020, Tsaimou et al., 2023
	Έτος κατασκευής	Wood et al., 2004, Ragued et al., 2011, Chalastani et al., 2023
Κοινωνικοοικονομικές	Χαρακτηριστικά πληθυσμού	Wood et al., 2004, ART, 2012, McIntosh et al., 2017, Sarpanto et al., 2017, Kontogianni et al., 2018 McIntosh et al., 2019, McIntosh et al., 2020, Tsaimou et al., 2023
	Εργασιακή απασχόληση	Wood et al., 2004, ART, 2012, Lam et al., 2016, McIntosh et al., 2019, Sarpanto et al., 2021, Tsaimou et al., 2023
	Παραγωγικότητα εργασίας	Hsieh et al., 2014
	Χρήση γης	Wood et al., 2004, Chalastani et al., 2023, Tsaimou et al., 2023
	Αξία γης	Wood et al., 2004, McIntosh et al., 2017
	Πολιτισμική κληρονομιά	Kantamaneni et al., 2018, Tsaimou et al., 2023
	Επαγγελματική χρήση	Kontogianni et al., 2018, Sarpanto et al., 2021, Chalastani et al., 2023, Tsaimou et al., 2023
	Κόστος ανά καταστροφή	Wood et al., 2004, ART, 2012, Lam et al., 2016, McIntosh et al., 2019, Sarpanto et al., 2021, Tsaimou et al., 2023
	Αύξηση επενδύσεων	Hsieh et al., 2014
	Λειτουργικό κόστος	Chalastani et al., 2023
Περιβαλλοντικές	Ελεύθερη εμπορική ζώνη	Hsieh et al., 2014, Tsaimou et al., 2023
	Ατμοσφαιρική ρύπανση	McIntosh et al., 2019, Chalastani et al., 2023, Tsaimou et al., 2023
	Δείκτης περιβαλλοντικής ευαισθησίας	McIntosh et al., 2019, McIntosh et al., 2020, Chalastani et al., 2023, Tsaimou et al., 2023
	Απειλούμενα είδη	McIntosh et al., 2019, Chalastani et al., 2023, Tsaimou et al., 2023
	Προστατευόμενο οικοσύστημα	Wood et al., 2004, McIntosh et al., 2019, McIntosh et al., 2020, Chalastani et al., 2023
	Απόσταση από οικιστική ζώνη	Chalastani et al., 2023

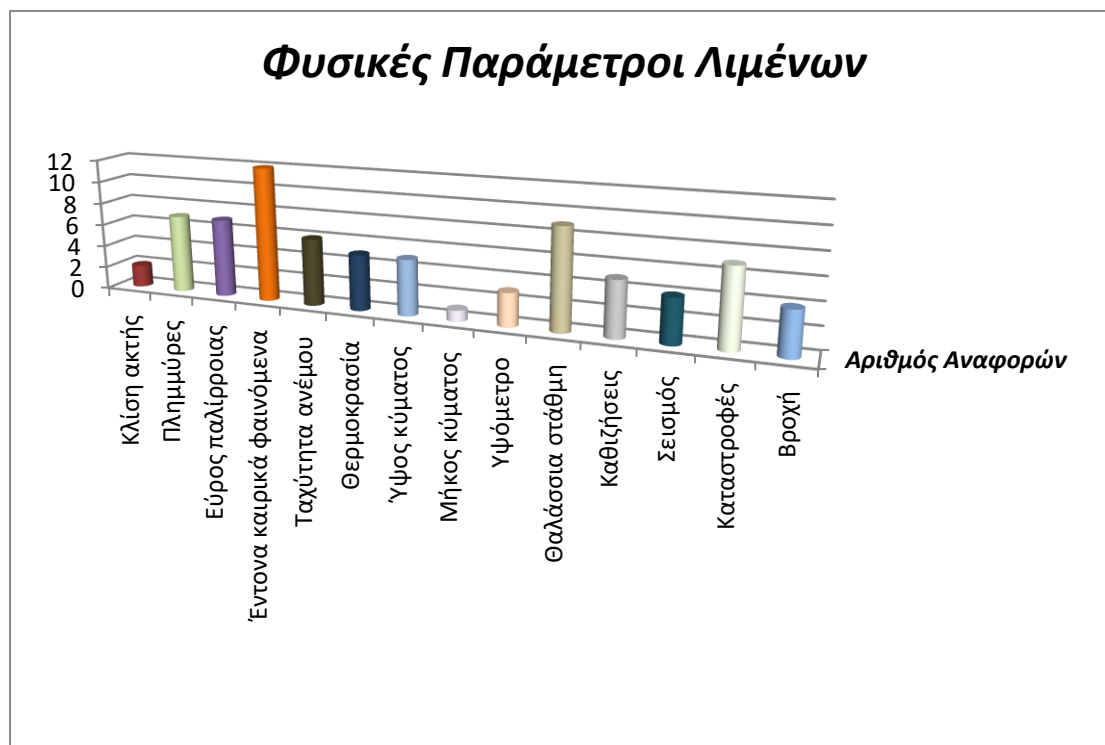
2.4.1 Φυσικές Παράμετροι Τρωτότητας Λιμένων

Στις περισσότερες βιβλιογραφικές αναφορές εντοπίζεται η παράμετρος των έντονων καιρικών φαινομένων, εξετάζοντας τη συχνότητα εμφάνισης στην εκάστοτε περιοχή μελέτης (Wood et al., 2004, Hallegate et al., 2010, Raguéd et al., 2011, McLaughin et al., 2011, ART, 2012, Messner et al., 2013, Chhetri et al., 2015, Lam et al., 2016, Kontogianni et al., 2018, Izaguirre et al., 2020, McIntosh et al., 2020, Sarpanto et al., 2021). Η θαλάσσια στάθμη ακολούθως εξετάζεται σε αρκετές βιβλιογραφίες και σχετίζεται κυρίως με την αύξηση λόγω κλιματικής αλλαγής (Hallegate, 2010, McLaughin et al., 2011, ART, 2012, Messner et al., 2013, Christodoulou et al., 2018, McIntosh et al., 2019, McIntosh et al., 2020, Chalastani et al., 2023., Tsaimou et al., 2023).

Το ύψος κύματος και τα πλημμυρικά φαινόμενα, που παρατηρούνται μετά από ακραία καιρικά φαινόμενα, που δυνητικά μπορούν να προκαλέσουν μεγάλα προβλήματα στις λιμενικές εγκαταστάσεις και στους περιβάλλοντες χώρους σε περίπτωση υπερχειλίσης, εντοπίζονται σε σημαντικό αριθμό βιβλιογραφικών αναφορών (Wood et al., 2004, ART, 2012, Lam et al., 2016, McIntosh et al., 2019, Izaguirre et al., 2020, Chalastani et al., 2023, Tsaimou et al., 2023). Η παλίρροια, ειδικά σε περιοχές που παρατηρείται μεγάλο εύρος, είναι μια σημαντική παράμετρος (Wood et al., 2004, ART, 2012, Christodoulou et al., 2018).

Το υψόμετρο, η κλίση της ακτής, η ταχύτητα του ανέμου και οι καθιζήσεις απασχολούν αρκετούς ερευνητές (Wood et al., 2004, Lam et al., 2016, McIntosh et al., 2017, Kontogianni et al., 2018, Chalastani et al., 2023, Tsaimou et al., 2023). Η θερμοκρασία, που επηρεάζει κτιριακές υποδομές και οδοστρώματα, εκφράζεται από το σύνολο των ημερών με τις υψηλότερες θερμοκρασίες ή τον μέσο όρο (McLaughin et al., 2011, Chhetri et al., 2015, McIntosh et al., 2019), ενώ οι έντονες κατακρημνίσεις επηρεάζουν τη λειτουργία του λιμένα συνολικά (McLaughin et al., 2011, Chhetri et al., 2015, Izaguirre et al., 2020, McIntosh et al., 2020).

Στον αριθμό των καταστροφών, συνυπολογίζονται οι καταστροφές από φυσικά αίτια (καιρικά φαινόμενα, σεισμοί) αλλά και λόγω ατυχημάτων. Όσον αφορά τους σεισμούς, συνεκτιμάται το κατά πόσο σεισμογενής είναι η ευρύτερη περιοχή του λιμένα, η συχνότητα των σεισμών και η αντοχή των υποδομών στους σεισμούς, που σχετίζεται με την ηλικία και την κατάσταση της αποβάθρας αλλά και τις αντισεισμικές προδιαγραφές που έχει κατασκευαστεί (Raguéd et al., 2011, ART, 2012).



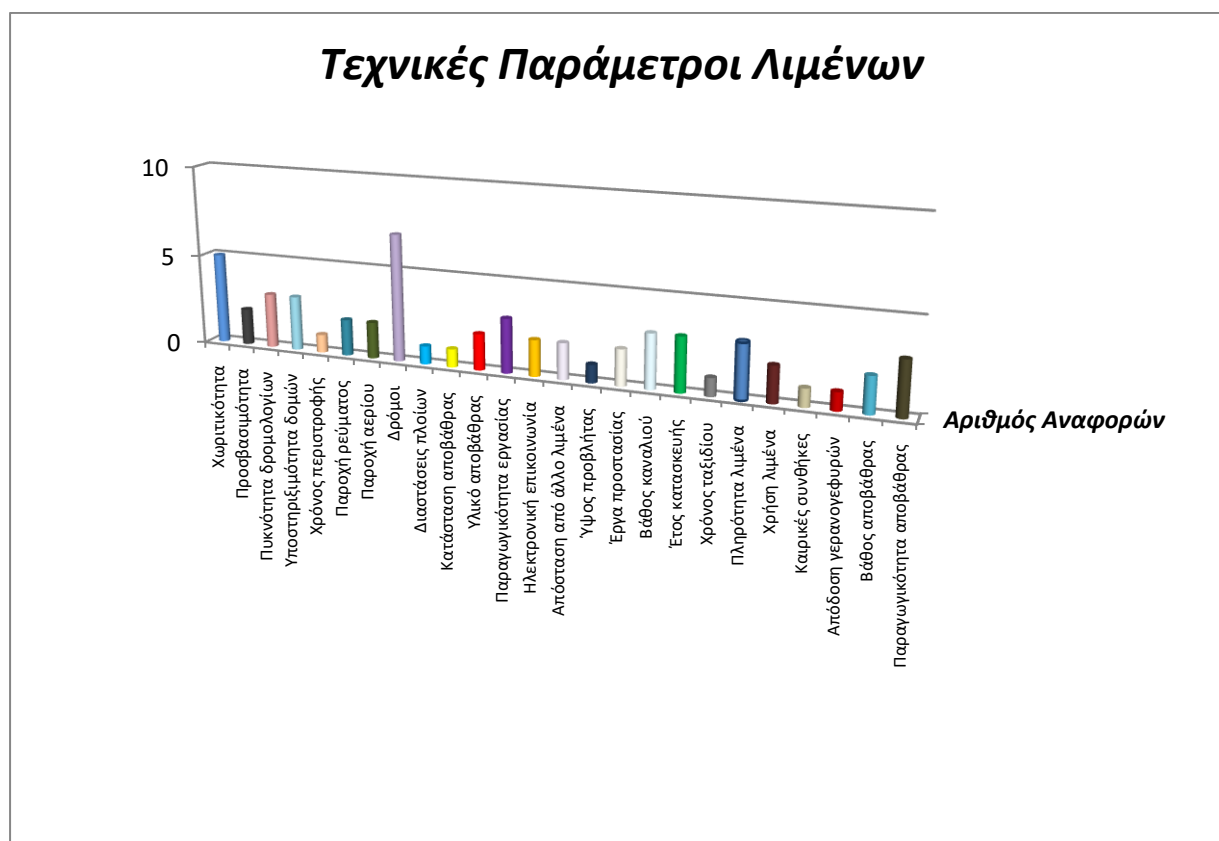
Γράφημα 2-5. Αριθμός βιβλιογραφικών αναφορών για τις φυσικές παραμέτρους τρωτότητας λιμένων.

2.4.2 Τεχνικές Παράμετροι Τρωτότητας Λιμένων

Στις τεχνικές παραμέτρους, το οδικό δίκτυο, δηλαδή οι δρόμοι από και προς τον λιμένα, ως μέσο επικοινωνίας αλλά και διαφυγής, εντοπίζεται στην πλειοψηφία των βιβλιογραφικών αναφορών (Wood et al., 2004, Messner et al., 2013, Jian et al., 2019, Izaguirre et al., 2020, Sarpanto et al., 2021 Chalastani et al., 2023, Tsaimou et al., 2023). Ακολουθούν οι κατασκευαστικές παράμετροι, όπως το ύψος αποβάθρας, το υλικό κατασκευής αποβάθρας, το βάθος της αποβάθρας, τα έργα προστασίας, το βάθος του καναλιού και η χωρητικότητα του λιμένα (ART, 2012, Kontogianni et al., 2018, McIntosh et al., 2019, Chalastani et al., 2023, Tsaimou et al., 2023), καθώς επίσης και για ποια χρήση κατασκευάζεται ο λιμένας (Chalastani et al., 2023, Tsaimou et al., 2023).

Παράμετροι που αφορούν στα πλοία που εξυπηρετούν οι λιμένες, όπως οι διαστάσεις των πλοίων, ο χρόνος ταξιδιού και η πυκνότητα των δρομολογίων, εντοπίζονται στη βιβλιογραφία (Hsieh et al., 2014).

Ακολούθως, εντοπίζονται παράμετροι που αφορούν στη λειτουργία του λιμένα όπως η παραγωγικότητα αποβάθρας (Hsieh et al., 2014, Izaguirre et al., 2020, Leon-Mateos et al., 2021), η απόδοση των γερανογεφυρών (Jian et al., 2019), ο χρόνος περιστροφής (Hsieh et al., 2014), καθώς επίσης η παροχή ηλεκτρικού ρεύματος και αερίου και η ηλεκτρονική επικοινωνία (Hsieh et al., 2014).



Γράφημα 2-6. Αριθμός βιβλιογραφικών αναφορών για τις τεχνικές παραμέτρους τρωτότητας λιμένων.

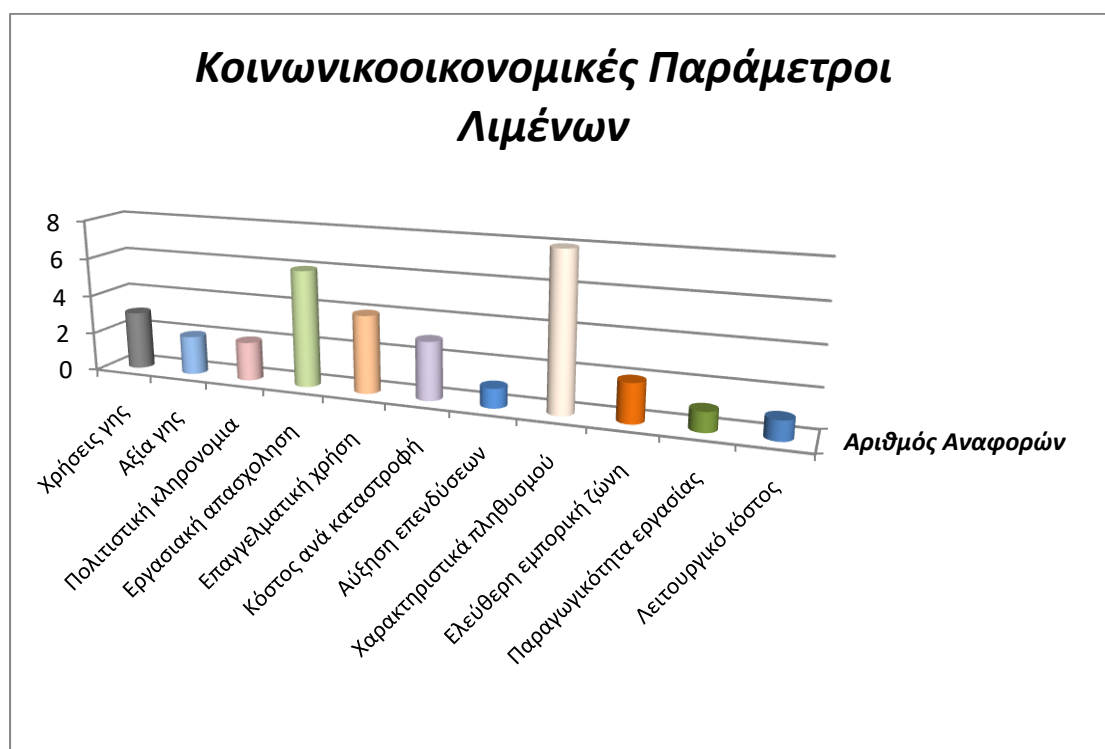
2.4.3 Κοινωνικοοικονομικές Παράμετροι Τρωτότητας Λιμένων

Η έκθεση του πληθυσμού και των περιουσιακών στοιχείων (επιχειρήσεις, κατοικίες) που θα επηρεαστούν από τις επιπτώσεις πλημμυρών σε περίπτωση απουσίας ικανών αντιπλημμυρικών έργων, αποτελούν σημαντικές παραμέτρους (Wood et al., 2004, ART, 2012, McIntosh et al., 2017, Sarpanto et al., 2017, Kontogianni et al., 2018 McIntosh et al., 2019, McIntosh et al., 2020, Tsaimou et al., 2023). Σημαντική είναι και η εργασιακή απασχόληση, με επαγγέλματα που αφορούν στο λιμένα και γύρω από αυτόν, καθώς σε περίπτωση οποιοσδήποτε καταστροφής, δημιουργούνται κοινωνικοοικονομικά προβλήματα (Wood et al., 2004, ART, 2012, Lam et al., 2016, McIntosh et al., 2019, Sarpanto et al., 2021, Tsaimou et al., 2023).

Στη βιβλιογραφία εντοπίζεται επίσης το κόστος ανά καταστροφή (φυσικά φαινόμενα, ατυχήματα, εκρήξεις, τρομοκρατικές ενέργειες) και η πολιτισμική κληρονομιά (Wood et al., 2004, ART, 2012, Lam et al., 2016, McIntosh et al., 2019, Sarpanto et al., 2021, Tsaimou et al., 2023).

Επίσης, οι χρήσεις γης είναι μια παράμετρος που εντοπίστηκε και στην παράκτια τρωτότητα (Wood et al., 2004, Chalastani et al., 2023, Tsaimou et al., 2023). Η αξία της γης βρέθηκε σε δυο βιβλιογραφίες (Wood et al., 2004, McIntosh et al., 2017).

Τέλος, παράμετροι όπως η παραγωγικότητα εργασίας, η αύξηση επενδύσεων και η ελεύθερη εμπορική ζώνη (Hsieh et al., 2014, Tsaimou et al., 2023), αφορούν μεγάλους εμπορικούς λιμένες.

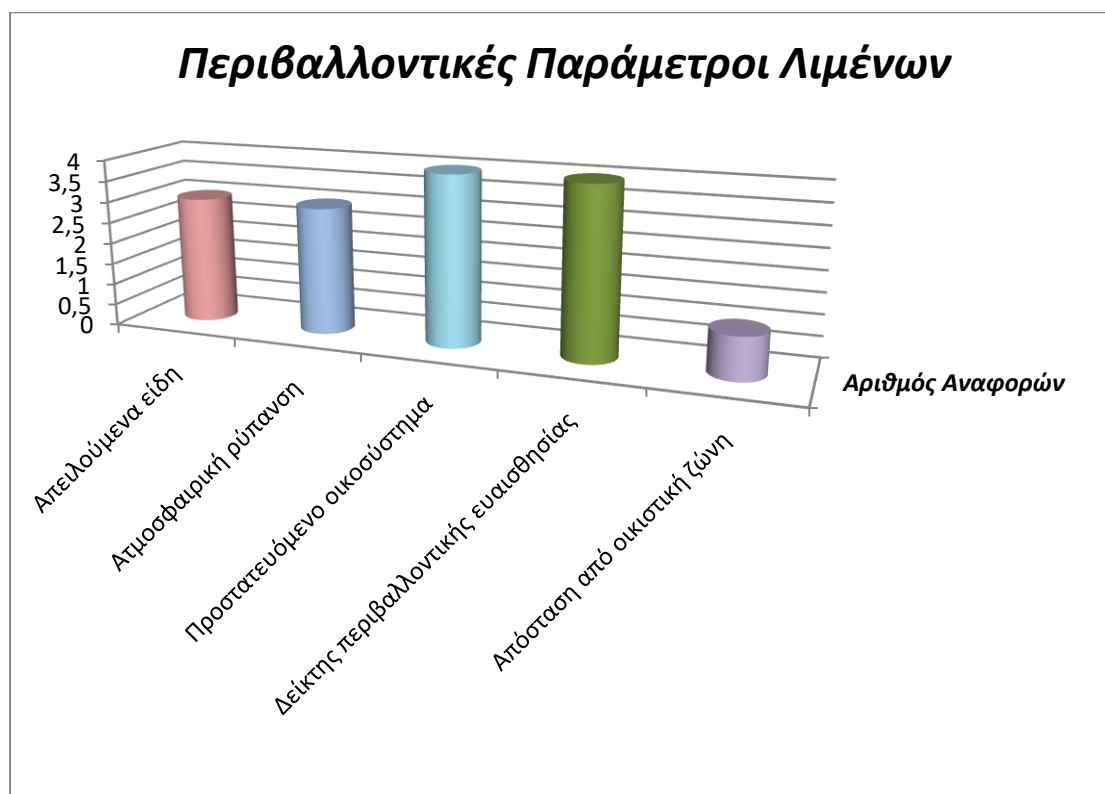


Γράφημα 2-7. Αριθμός βιβλιογραφικών αναφορών για τις κοινωνικοοικονομικές παραμέτρους τρωτότητας λιμένων.

2.4.4 Περιβαλλοντικές Παράμετροι Τρωτότητας Λιμένων

Στις περιβαλλοντικές παραμέτρους, ο δείκτης περιβαλλοντικής ευαισθησίας και το προστατευόμενο οικοσύστημα (χλωρίδα & πανίδα), βρέθηκαν στις περισσότερες βιβλιογραφικές αναφορές (McIntosh et al., 2019, McIntosh et al., 2020, Chalastani et al., 2023, Tsaimou et al., 2023). Η ατμοσφαιρική ρύπανση αναφέρεται στο σύνολο των ημερών που οι ρύποι στην ατμόσφαιρα στην συγκεκριμένη περιοχή είναι πάνω από τα φυσιολογικά όρια (McIntosh et al., 2019, Chalastani et al., 2023, Tsaimou et al., 2023).

Τέλος, η παράμετρος των απειλούμενων ειδών βρέθηκε σε τρεις αναφορές (McIntosh et al., 2019, Chalastani et al., 2023, Tsaimou et al., 2023), ενώ οι Chalastani et al., (2023) χρησιμοποιούν την απόσταση από οικιστική περιοχή ως περιβαλλοντική παράμετρο.



Γράφημα 2-8. Αριθμός βιβλιογραφικών αναφορών για τις περιβαλλοντικές παραμέτρους τρωτότητας λιμένων.

3 Παρακολούθηση (Monitoring) Τρωτότητας Ακτών & Λιμένων

3.1 Γενικά

Η παράκτια ζώνη είναι μια δυναμική, συνεχώς μεταβαλλόμενη περιοχή, η οποία δέχεται πολλαπλές πιέσεις (Arkema et al., 2013). Η μεταβολή στην παράκτια μορφολογία είναι μια φυσική, συνεχής διαδικασία που συμβαίνει διαχρονικά στον πλανήτη μας λόγω διάφορων παραγόντων, όπως το ιζηματολογικό ισοζύγιο, το τοπικό κυματικό και παλιρροιακό κλίμα, τα έντονα καιρικά φαινόμενα και οι αλλαγές στη στάθμη της θάλασσας, προκαλώντας αλλαγές στην ακτογραμμή και αυξάνοντας τον κίνδυνο πλημμύρας, ιδιαίτερα σε περιοχές με χαμηλό υψόμετρο (Linham & Nicholls, 2012). Ταυτόχρονα, είναι μια ζώνη πολύ σημαντική για τον άνθρωπο, καθώς λόγω των γεωγραφικών της χαρακτηριστικών, συγκεντρώνει μεγάλη ανάπτυξη του εμπορίου και άλλων δραστηριοτήτων και συνεισφέρει σε μεγάλο βαθμό στις οικονομίες των χωρών (Kantamaneni, 2016). Οι φυσικοί παράγοντες σε συνδυασμό με τις ανθρωπογενείς παρεμβάσεις, όπως η αστικοποίηση, η εκβιομηχάνιση και η ανάπτυξη των μεταφορών (Armenio et al., 2019), καθιστούν τις παράκτιες περιοχές ιδιαίτερα ευάλωτες. Στο πλαίσιο της κλιματικής αλλαγής, ειδικά σε πυκνοκατοικημένες παράκτιες περιοχές, οι μεταβολές μπορεί να είναι τόσο μεγάλες, που μπορούν να περιορίσουν δραματικά ή ακόμη και εμποδίσουν τις φυσικές προσαρμοστικές διαδικασίες (European Environment Information and Observation Network -ETCCA, 2011). Οι μεταβολές της παράκτιας ζώνης αποτελούν κίνδυνο, που μπορεί να προκαλέσει σημαντικές ζημιές και διαταραχές λόγω διάβρωσης και πλημμύρας (Linham & Nicholls, 2012). Η ύπαρξη λιμένων ακόμη και σε σημαντική απόσταση από την ακτή, υπάρχει περίπτωση να συμβάλει στην αύξηση της παράκτιας διάβρωσης (Foti et al., 2023).

Οι λιμένες υπόκεινται και αυτοί σε περιβαλλοντικές και εξωτερικές δυνάμεις (ASCE, 2015), καθώς και σε διεργασίες γήρανσης, που επηρεάζουν λειτουργικά και δομικά την υποδομή και μεταβάλλουν την συνολική τους κατάσταση. Η αλληλεπίδραση φυσικών, ανθρωπογενών, κοινωνικοοικονομικών και περιβαλλοντικών παραγόντων, επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό ένα σύστημα λιμενικών υποδομών (Tsaimou et al., 2023). Φυσικές καταστροφές, όπως κυκλώνες, σεισμοί και τσουνάμι (Wood et al., 2012, Jian et al., 2019), ανθρωπογενείς καταστροφές, όπως εκρήξεις (Cao & Lam, 2019) και οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής (Kontogianni et al., 2019, McIntosh & Becker, 2020), μπορούν δυνητικά να προκαλέσουν σημαντικές αλλοιώσεις και βλάβες στις λιμενικές υποδομές και γενικά να επηρεάσουν τη λειτουργικότητα και τις υπηρεσίες που προσφέρουν.

Η ανάγκη καταγραφής, αποτύπωσης και μελέτης της μεταβλητότητας και των αλλαγών που συμβαίνουν στις ακτές και στους λιμένες, οδήγησε την ερευνητική κοινότητα στην

αναζήτηση λύσεων ανάπτυξης μεθόδων παρακολούθησης, ώστε να μπορέσει να απεικονιστεί η υφιστάμενη κατάσταση με μεγαλύτερη ακρίβεια και η διαχείριση της παράκτιων περιοχών να είναι πιο αποτελεσματική (Laporte-Fauret et al., 2019). Στην 3^η Έκθεση της IPCC, η παρακολούθηση των ακτών ως μέθοδος, αναγνωρίστηκε ως το «κλειδί» για την καλύτερη κατανόηση των πιθανών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στον παράκτιο χώρο. Αποτελεί την βάση για τις μελέτες σχεδιασμού και διαχείρισης των ακτών, της εκτίμησης των ανθρωπογενών επιπτώσεων και της πρόβλεψης της μελλοντικής κατάστασης των παραλιών (Archetti et al., 2020). Όσον αφορά τους λιμένες, η συστηματική παρακολούθηση και καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης των υποδομών είναι αναγκαία, προκειμένου να διερευνηθεί η λειτουργική τους επάρκεια και η μελλοντική χρήση τους σε συνθήκες διαφορετικές από τις αντίστοιχες του σχεδιασμού τους (Tsoukala et al., 2015).

Η αξιοποίηση της παρακολούθησης συνοδεύεται από μια πληθώρα μεθόδων ή συνδυασμό μεθόδων, που ανάλογα με το πεδίο που εφαρμόζεται δίνει τα απαραίτητα ή επιθυμητά αποτελέσματα. Στην συνέχεια περιγράφονται οι δημοφιλέστερες μέθοδοι παρακολούθησης ακτών και λιμένων με έμφαση στις μεθόδους τηλεανίχνευσης.

3.2 Παρακολούθηση ακτών

Η παρακολούθηση των παράκτιων περιοχών είναι ένας όρος που χρησιμοποιείται ευρέως για να περιγράψει τη συλλογή, ανάλυση και αποθήκευση πληροφοριών σχετικά με τις μεταβολές στην παράκτια ζώνη καθώς και την ανταπόκριση προς αυτές. Σε μια κρίσιμη περιοχή, όπως ο παράκτιος χώρος, που αποτελεί την διεπαφή μεταξύ θαλάσσιων, γήινων και ανθρωπογενών δυνάμεων (Vitousek et al., 2022), η παρακολούθηση των ακτών προσφέρει τη δυνατότητα παροχής τόσο ποιοτικών όσο και ποσοτικών πληροφοριών σχετικά με τις αλλαγές που συντελούνται, τον ρυθμό μεταβλητότητας και τις τάσεις εξέλιξης των μεταβλητών που λαμβάνονται υπόψη.

Καθώς οι ακτές αποτελούν πολυδιάστατα συστήματα με ποικίλα χαρακτηριστικά, ένα ευρύ φάσμα παραγόντων μπορεί να παρακολουθηθεί και να αξιολογηθεί. Στην βιβλιογραφική αναζήτηση εντοπίστηκαν φυσικοί παράγοντες, όπως το χαρακτηριστικό ύψος κύματος (Thieler & Hammar Klose, 1999), οι αλλαγές στο πλάτος ακτής (Ruzic et al., 2019), η μεταβολή της θαλάσσιας στάθμης (Vandarakis et al., 2021), ο ρυθμός εξέλιξης της ακτογραμμής (Thieler & Hammar Klose, 1999, Vasilakis et al., 2016), η παλίρροια (DiPaola et al., 2011), η επίδραση των φυσικών καταστροφών στις παράκτιες γεωμορφές (Evelpidou et al., 2021). Παράγοντες που οφείλονται σε ανθρωπογενείς παρεμβάσεις επίσης καταγράφονται, όπως η ύπαρξη δόμησης κοντά στην ακτογραμμή και η κατασκευή παράκτιων έργων προστασίας (Kantamaneni et al., 2019), οι πιέσεις από τη δημογραφική

αύξηση και τα χαρακτηριστικά του πληθυσμού που ζει κοντά στις παράκτιες περιοχές (Boruff et al., 2005), οι χρήσεις γης (Ruzic et al., 2019), καθώς επίσης και περιβαλλοντικοί παράγοντες που επηρεάζουν το παράκτιο σύστημα, όπως η ύπαρξη απειλούμενων και προστατευόμενων ειδών και περιοχών (Zhang et al., 2020).

Οι ακριβείς και επαναλαμβανόμενες παρακολουθήσεις είναι διαδικασίες απαραίτητες ως προς την πιθανή λήψη έγκαιρων και τεκμηριωμένων αποφάσεων. Οι συστηματικές παρακολουθήσεις είναι ζωτικής σημασίας για την κατανόηση των περίπλοκων παράκτιων διαδικασιών και της απόκρισης των ακτών στη διάβρωση από την κυματική ενέργεια και τις παράκτιες υποδομές (Madipally et al., 2023). Σχετικές μελέτες στρατηγικού σχεδιασμού, όπως τα Σχέδια Διαχείρισης Ακτογραμμών (SMPs-Shoreline Management Plans), εξαρτώνται από αξιόπιστα ιστορικά δεδομένα καθώς και ενημερωμένες πληροφορίες, που σχετίζονται με τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και την δυνητική αύξηση της θαλάσσιας στάθμης. Η παρακολούθηση των ακτών είναι απαραίτητη για τους μελετητές και τις διαχειριστικές αρχές, για την καλύτερη κατανόηση και αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης στον παράκτιο χώρο, αλλά και τη δυνατότητα μιας ασφαλέστερης «πρόβλεψης» για την μελλοντική κατάσταση στο χώρο αυτό (UK Environment Agency, 2010). Οι ερευνητικές και διαχειριστικές δραστηριότητες που σχετίζονται με τις παράκτιες ζώνες, χρειάζονται γεωχωρικές αναλύσεις και ακριβή δεδομένα ώστε να καταλήξουν σε ορθούς τρόπους διαχείρισης των ακτών και του θαλάσσιου χώρου, έχοντας παράλληλα ως υπόβαθρο περιβαλλοντικές πολιτικές.

Ιστορικά, η συλλογή δεδομένων στις παράκτιες περιοχές, πραγματοποιήθηκε για τις ανάγκες εκπόνησης ερευνών, αναλύοντας τις παράκτιες διεργασίες. Τα μέσα παρακολούθησης όμως ήταν περιορισμένα και συχνά τα δεδομένα των παρατηρήσεων δεν αποθηκεύονταν ή δεν αξιοποιούνταν με σωστό τρόπο (UK Environment Agency, 2010).

Πριν τη δεκαετία του 1970, οι αναλογικοί τοπογραφικοί χάρτες, από *in situ* έρευνα, αποτέλεσαν την κύρια πηγή πληροφοριών σε μελέτες που αναπτύχθηκαν, καθώς στις περισσότερες περιπτώσεις δεν υπήρχαν διαθέσιμα δεδομένα (Apostolopoulos & Nikolakopoulos, 2021). Οι μετρήσεις πεδίου, αποτέλεσαν την πρωταρχική μέθοδο παρακολούθησης του παράκτιου χώρου. Σύμφωνα με τους Thom & Hall (1991), οι επαναλαμβανόμενες τοπογραφικές έρευνες είναι απαραίτητες για την παρακολούθηση των γεωμορφολογικών αλλαγών στις παραλίες. Οι τοπογραφικές μετρήσεις πραγματοποιούνται παραδοσιακά με επίγειες τεχνικές όπως GPS (Global Positioning System)- GNSS (Global Navigation Satellite System) ή TS (Total Stations) (LeMauff et al., 2018). Η περιοδικότητα των μετρήσεων και των παρατηρήσεων σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα στις παράκτιες περιοχές μελέτης, παρέχουν δεδομένα, σχετικά με τις αλλαγές που συμβαίνουν σε αυτές.

Όμως, απαιτείται ειδικά εξοπλισμένο προσωπικό και ικανός αριθμός ατόμων που διεξάγουν τις μετρήσεις ή ειδικά προσαρμοσμένα οχήματα και εκτιμώντας το υψηλό κόστος καθώς και το χρόνο διεξαγωγής της έρευνας, η μέθοδος αυτή είναι αποτελεσματική μόνο σε μικρές και εύκολα προσβάσιμες ακτές (Bartista et al., 2008). Επίσης, παρατηρήσεις παράκτιων αλλαγών με υψηλή χωροχρονική ανάλυση, υπάρχουν μόνο σε έναν μικρό αριθμό επαρκώς παρακολουθούμενων περιοχών (Vitousek et al., 2023).

Πολλοί ερευνητές εκπόνησαν μελέτες παρακολούθησης των ακτών, βασισμένοι στη μέθοδο των επιτόπιων περιοδικών ερευνών και στη συνέχεια, με την τεχνολογική ανάπτυξη με την εισαγωγή RTK-GPS (Real-Time Kinematic) και συστημάτων καμερών υψηλής ανάλυσης, όπως π.χ το σύστημα ARGUS (Holman & Stanley, 2007), τους δόθηκε η δυνατότητα να εμπλουτίσουν την έρευνά τους και να την συνεχίσουν μέχρι και σήμερα. Στον Πίνακα 3-1, καταγράφεται μια σειρά ως άνω ερευνών.

Πίνακας 3-1. Πολυετείς παρακολουθήσεις ακτών ανά τον κόσμο. (Πηγή: Harley et al, 2011).

Ερευνητές	Περιοχή Έρευνας	Συχνότητα Παρακολούθησης
Lippmann and Holman, 1990, Larson and Kraus, 1994, Birkemeier et al., 1999	Duck, Βόρεια Καρολίνα (ΗΠΑ)	Δεκαπενθήμερη
Lacey and Peck (1998)	Rhode Island (ΗΠΑ)	Μηνιαία
Wijnberg and Terwindt, 1995, Kroon et al., 2008, Quartel et al., 2008	Noordwijk, (Ολλανδία)	Ετήσια
Rozynski et al., 2001, Rozynski, 2005	Lubiatowo (Πολωνία)	Μηνιαία
Wright and Short, 1984, Short and Trembanis, 2004, Ranasinghe et al., 2004, Callaghan et al., 2008	Collaroy-Narrabeen (Αυστραλία)	Μηνιαία
Thom and Hall, 1991, McLean and Shen, 2006	Moruya (Αυστραλία)	Μηνιαία
Kuriyama, 2002, Kuriyama et al., 2008	Hasaki (Ιαπωνία)	Ημερήσια

Με το πέρας των ετών, για την παρακολούθηση των ακτών, η ερευνητική κοινότητα επικεντρώθηκε στις μεθόδους τηλεπισκόπησης (Zanutta et al., 2020), εντοπίζοντας σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις συμβατικές επί του πεδίου τεχνικές, όπως η γρήγορη και συχνότερη απόκτηση δεδομένων, η ταχύτερη και πιο αυτοματοποιημένη επεξεργασία και το μεγαλύτερο εύρος δειγματοληψίας (Malthus & Mumby, 2001).

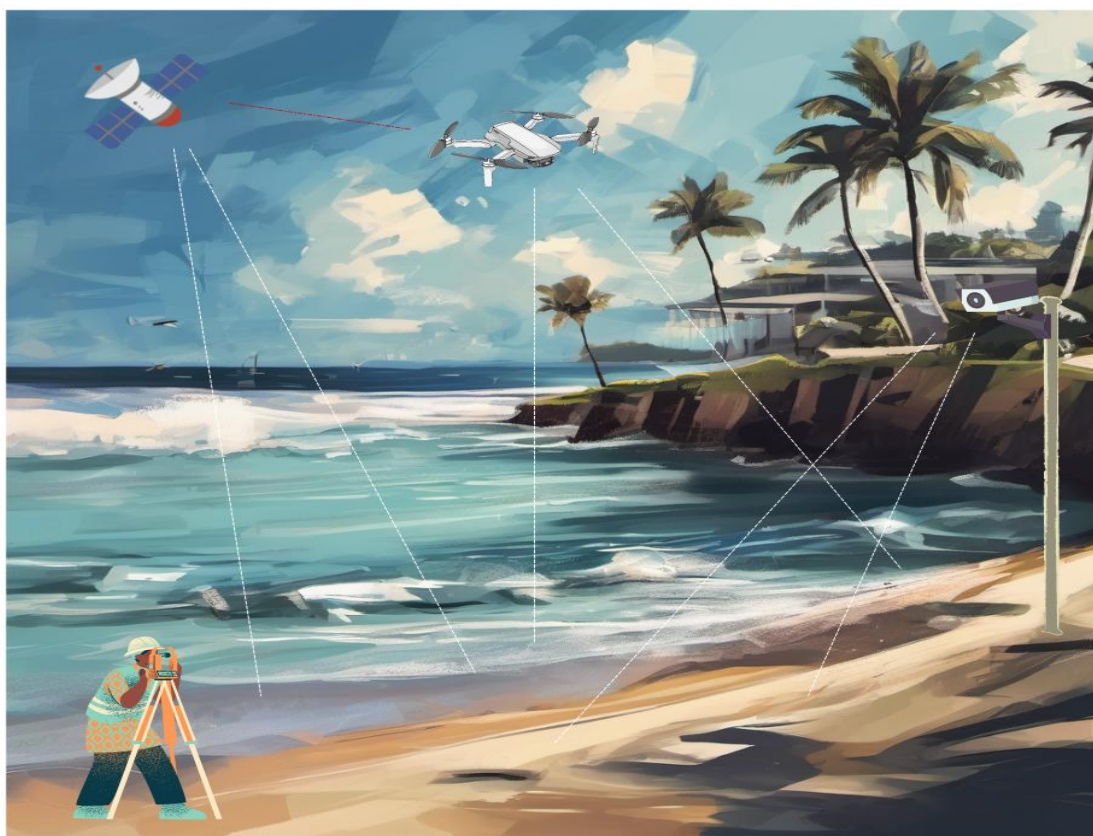
Η δορυφορική τηλεπισκόπηση είναι πολύ σημαντική μέθοδος για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων στον παράκτιο χώρο, καθώς μπορούν να μελετηθούν τα χαρακτηριστικά του, τόσο χρονικά όσο και χωρικά (Belezza et al., 2014). Οι δορυφορικές εικόνες παρέχουν πληροφορίες σχετικά με την ποιότητα των αιωρούμενων ιζημάτων που εισέρχονται, εξέρχονται ή μένουν σε ένα δεδομένο σύστημα. Επίσης η δορυφορική παρακολούθηση των παράκτιων ιζημάτων παίζει σημαντικό ρόλο στη διαχείριση του ελέγχου των πλημμυρών και της παράκτιας διάβρωσης, όπως επίσης και στη διασφάλιση της διατήρησης των φυσικών πόρων που αθροούνται στην παράκτια ζώνη (Chavez, 2007). Οι Ferrentino et al., 2023, πρόσφατα χρησιμοποίησαν μετρήσεις ραντάρ SAR (Synthetic Aperture Radar), οι οποίες στέλνονται απομακρυσμένα από ευρωπαϊκό δορυφόρο Copernicus, για την παρακολούθηση ακτών της νότιας Ιταλίας.

Η χρήση σταθερών επίγειων καμερών, αποτελεί μια απομακρυσμένη μέθοδο παρακολούθησης και μέτρησης παράκτιων διεργασιών. Τα δεδομένα λαμβάνονται αυτόματα και περιοδικά με ψηφιακές εικόνες υψηλής ανάλυσης, ενώ σαν μέθοδος παρέχει τη δυνατότητα μελέτης μιας σειράς χωρικών και χρονικών κλιμάκων από συγκριμένα διαδοχικά προφίλ ακτών σε αρκετά μεγάλη έκταση (Niето et al., 2010). Ενώ το κόστος εγκατάστασης και διαχείρισης του εξοπλισμού είναι μικρό, υπάρχει όμως περιορισμός στην αποθήκευση των δεδομένων, η οποία θα μπορούσε να είναι κοστοβόρα για απομακρυσμένους ιστότοπους (Valentini et al., 2017). Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας των επικοινωνιών και των πληροφοριών, δίνεται η δυνατότητα χειρισμού των καμερών από απόσταση διαδικτυακά (Ahn et al., 2017).

Σε παράκτιες μελέτες, το αερομεταφερόμενο ραντάρ LiDAR που συνδέεται με GPS-RTK, παρέχει γρήγορες, ακριβείς, συνεχείς και υψηλής ανάλυσης τοπογραφικά δεδομένα για μεγάλης έκτασης περιοχές (Krabill, 2000). Σε σύγκριση με έρευνες παρακολούθησης ακτών που παρέχουν διακριτή δειγματοληψία δεδομένων σε δυο διαστάσεις, οι έρευνες με LiDAR, παρέχουν συνοπτικά τοπογραφικά δεδομένα σε τρεις διαστάσεις (Pye & Blott, 2016). Καθώς η τεχνολογία των ΣμηΕΑ και των αισθητήρων συνεχώς αναπτύσσεται και το κόστος τους μειώνεται, συσκευές LiDAR και συσκευές που μπορούν να κάνουν υπερφασματικές λήψεις, εφαρμόζονται εύκολα και λειτουργούν σωστά σε μικρά μη επανδρωμένα αεροσκάφη (Lewis et al., 2020).

Η τεχνολογία των Συστημάτων μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών στην παρακολούθηση της παράκτιας ζώνης, παρέχει σημαντικά πλεονεκτήματα που αφορούν στην ακρίβεια των μετρήσεων και στην ανάλυση πολλαπλής κλίμακας. Η τηλεπισκόπηση με UAVs δίνει στο χρήστη τον έλεγχο της εικόνας και ξεπερνάει το χάσμα στην ποιότητα των αποτελεσμάτων μεταξύ των επίγειων παρατηρήσεων και εικόνων που λαμβάνονται από τους συμβατικούς δορυφορικούς αισθητήρες (d'Oleire-Oltmanns et al., 2012). Παράλληλα, τα ΣμηΕΑ

αποτελούν ένα πανίσχυρο εργαλείο για την παρακολούθηση των αλλαγών στην γεωμορφολογία της περιοχής έρευνας με σημαντικά χαμηλό κόστος (Cook, 2017). Η χρήση της μεθόδου της φωτογραμμετρίας με δεδομένα πτήσεων από ΣμηΕΑ (Turner et al., 2016) και παράλληλα χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) για ανάλυση δεδομένων, είναι τεχνικές που καλύπτουν μεγαλύτερο εύρος έρευνας με πιο ακριβή αποτελέσματα. (Charapria et al., 2022).



Εικόνα 3-1. Μέθοδοι παρακολούθησης ακτών, ιδία σχεδίαση με εφαρμογή τεχνητής νοημοσύνης.

3.3 Παρακολούθηση Λιμένων

Οι λιμένες, είτε πρόκειται για μεγάλων διαστάσεων εμπορικά λιμάνια, που αποτελούν καθοριστικό παράγοντα της ομαλής λειτουργίας του κλάδου της ναυτιλίας και βασικό τομέα της παγκόσμιας οικονομίας, είτε για αλιευτικά καταφύγια και λιμάνια αναψυχής, δέχονται τις πιέσεις που ασκούνται και στις ακτές, καθώς αποτελούν τμήμα της παράκτιας ζώνης. Η θέση του λιμένα στην ακτογραμμή και η έκθεσή του στους διάφορους μηχανισμούς διάβρωσης και ακραίων καιρικών φαινομένων, αυξάνουν την ευαισθησία του, και για τον λόγο αυτό οι λιμένες σχεδιάζονται με διαφορετικές προδιαγραφές από άλλες υποδομές που σχεδιάζονται για πιο «φιλικά» περιβάλλοντα. Εκτός των φυσικών πιέσεων, οι λιμενικές υποδομές δέχονται μια σειρά κοινωνικοοικονομικών και περιβαλλοντικών πιέσεων, που μπορούν να επηρεάσουν τη λειτουργία του και κατ' επέκταση την βιωσιμότητά του (Bocchini et al., 2014). Για την

ενίσχυση της ανθεκτικότητας των λιμένων, η οποία συνδέεται με πιθανές βλάβες και αστοχίες ή την ικανότητα απόκρισης της υποδομής (Tsaimou et al., 2023), είναι απαραίτητη η παρακολούθηση και η συνεχής αξιολόγηση των λιμένων, παρέχοντας ποσοτικές και ποιοτικές πληροφορίες σχετικά με τις μεταβολές που συντελούνται.

Καθώς και οι λιμένες είναι πολύπλοκα συστήματα και λειτουργούν ως πολύπλευρα δίκτυα που περιλαμβάνουν διαφορετικά στοιχεία (φυσικά, δομικά, περιβαλλοντικά), ένα εκτεταμένο φάσμα παραγόντων καταγράφονται και αξιολογούνται. Στην βιβλιογραφική αναζήτηση εντοπίστηκαν φυσικοί παράγοντες, όπως οι επιδράσεις της κυματικής ενέργειας (Smith, 1991), η θερμοκρασία, η συχνότητα βροχοπτώσεων και η ταχύτητα ανέμου (Chhetri et al., 2014), οι επιδράσεις των φυσικών καταστροφών (Achilroulou et al., 2020). Τεχνικοί-δομικοί παράγοντες παρακολουθούνται, όπως οι ρωγμές σε τμήματα της υποδομής (Santos et al., 2012), η διάβρωση του σκυροδέματος από την επίδραση του θαλάσσιου περιβάλλοντος καθώς και η απολέπιση του σκυροδέματος με την εμφάνιση των αδρανών υλικών (Tsaimou et al., 2023), η μετακίνηση τμημάτων θωράκισης κυματοθραύστη (Melchers, 2020), το μέγεθος της λιμενολεκάνης (Cho et al., 2017). Κοινωνικοοικονομικοί παράγοντες επίσης παρακολουθούνται, όπως ο πληθυσμός και τα χαρακτηριστικά του, η απόσταση από αστική περιοχή καθώς επίσης και περιβαλλοντικοί παράγοντες, όπως η απόσταση από υδατοκαλλιέργειες και αρχαιολογικούς χώρους (Tsaimou et al., 2023).

Σημαντικός παράγοντας που πρέπει να παρακολουθείται είναι η συσσώρευση φερτών υλικών στη λιμενολεκάνη ή στο διάυλο ναυσιπλοΐας, εμποδίζοντας την ασφαλή διέλευση πλοίων μεγάλου βυθίσματος. Το φαινόμενο συναντάται στις περιπτώσεις, όπου στην ευρύτερη παράκτια περιοχή εκβάλλουν ποτάμια ή ακόμη και μικρότερα ρέματα ή χείμαρροι και στις περιπτώσεις ανάπτυξης ισχυρών παράκτιων ρευμάτων. Μεγάλοι όγκοι φερτών υλικών μπορούν να φράξουν λειτουργικά μέρη του λιμένα, απαιτώντας βυθοκορήσεις ανά τακτά χρονικά διαστήματα και συνεχή έλεγχο με εκσκαφή, μεταφορά και απόθεση των βυθοκορημάτων (Μέμος, 2013). Επίσης, η συσσώρευση των φερτών μπορεί να επέλθει και λόγω έντονης απορροής όμβριων υδάτων, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια έντονων καταιγίδων που είναι πιθανή η δημιουργία πλημμυρικών φαινομένων κατά μήκος των κρηπιδωμάτων, με αποτέλεσμα ο λιμένας να καθίσταται μη λειτουργικός. Οι παράκτιες απορροές, μετά από έντονες καταιγίδες, συντελούν στη ρύπανση του εσωτερικού του λιμένα με βαρέα μέταλλα και άλλες ουσίες. Η παρακολούθηση, η συστηματική και συνεχόμενη εκτίμηση των άμεσων και έμμεσων αποτελεσμάτων της ανθρώπινης δραστηριότητας στο περιβάλλον (όπως π.χ. η ρύπανση), μπορεί να παίξει κομβικό ρόλο στην υλοποίηση των πολιτικών του λιμένα και στην αξιολόγηση των επιλογών διαχείρισης (Wooldridge et al., 1999).

Η καταγραφή, ο έλεγχος και η έγκαιρη επίλυση των προβλημάτων στη λειτουργία των λιμανιών, που αφορούν στην αποδοτικότητα των συστημάτων φορτω-εκφόρτωσης, στην

επάρκεια των συστημάτων επικοινωνίας, στην ύπαρξη χώρων αποθήκευσης των εμπορευμάτων, στην ασφάλεια της ναυσιπλοΐας, είναι διαδικασίες απαραίτητες που αναβαθμίζουν την ποιότητα του λιμένα και μειώνουν την τρωτότητά του.

Ωστόσο, ιδιαίτερη σημασία έχει και η παρακολούθηση των μεταβολών στη δομική κατάσταση της λιμενικής υποδομής, οι οποίες επηρεάζουν την ευαισθησία του λιμένα. Η έγκαιρη ανίχνευση πιθανών δομικών παθολογιών των στοιχείων υποδομής και η σωστή εκτέλεση των εργασιών συντήρησης, διασφαλίζουν τη λειτουργικότητα και την ασφάλεια των χρηστών (Jofre-Briceno et al., 2021). Οι συσσωρευμένες βλάβες θα μπορούσαν να είναι αποτέλεσμα γήρανσης, έκθεσης των υποδομών σε δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες ή κόπωση. Η καλή κατάσταση των δομικών στοιχείων του λιμένα και η απουσία φθορών, όπως π.χ. αποκολλήσεις ή ρηγματώσεις του σκυροδέματος, διαβρωτικά φαινόμενα στην αποβάθρα ή/και αστοχίες στην θωράκιση, μπορούν να επιμηκύνουν τη διάρκεια ζωής του. Απότομη απώλεια της δυνατότητας ή της λειτουργικότητας πιθανότατα είναι απόρροια φυσικών ή ανθρωπογενών καταστροφών, όπως οι πυρκαγιές ή οι εκρήξεις (Achilopoulou et al., 2020).

Οι απαραίτητες υποδομές για τη λειτουργία του λιμένα (σύμφωνα με ASCE, 2015) που εφαρμόζεται η παρακολούθηση και η συστηματική αξιολόγηση, ταξινομούνται σε:

- Εσωτερικά, όπως προβλήτες και κρηπιδότοιχοι.
- Εξωτερικά, όπως προφυλακτήριοι τοίχοι, λιθορριπές και κυματοθραύστες.

Οι μέθοδοι παρακολούθησης υποδομών ταξινομούνται (σύμφωνα με ASCE, 2015) όπως στον Πίνακα 3-2.

Πίνακας 3-2. Μέθοδοι παρακολούθησης λιμενικών υποδομών. (Πηγή: ASCE, 2015).

ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΥΠΟΔΟΜΗΣ			
Οπτικές μέθοδοι	Μη καταστρεπτικές μέθοδοι (NDT)	Καταστρεπτικές μέθοδοι (DT)	Μόνιμοι αισθητήρες
Οπτικές επιθεωρήσεις	Θερμογραφία	Λήψη πυρήνων	Μετρητές καταπόνησης
Λήψη φωτογραφιών	Σύστημα γεωραντάρ (GRP)	Λήψη υλικού	Κλινόμετρα
	Ακουστική εκπομπή	Τεστ ιόντων Cl ⁻	Μετρητές επιταχύνσεως
	Τεχνικές δόνησης		
	Σφυρί του Schmidt		
	Τηλεπισκόπηση (Remote Sensing)		
	Μη επανδρωμένα οχήματα (UAV)		

Η δυσκολία στην αποτελεσματική απογραφή στοιχείων, η έλλειψη υφιστάμενων πληροφοριών, η καθυστέρηση στην ψηφιοποίηση πληροφοριών και η μικρή έως ανύπαρκτη χρήση εργαλείων διαχείρισης περιουσιακών στοιχείων, καθιστούν την παρακολούθηση των λιμενικών εγκαταστάσεων αναγκαία διαδικασία (Jofre-Briceno et al., 2021). Σε αστικές περιοχές, η ανάγκη παρακολούθησης των λιμενικών υποδομών συνεχώς γίνεται και μεγαλύτερη, ειδικά όταν παρατηρείται μειωμένη ικανότητα σχεδιασμού των λιμένων, κυρίως λόγω βλαβών ή υποβάθμισης των υποδομών καθώς και αύξηση των απαιτήσεων εξυπηρέτησης των πλοίων με μεγάλα φορτία όπου απαιτείται αναβάθμιση των εγκαταστάσεων και υπηρεσιών. Τέτοιες συνθήκες αποτελούν πρόκληση για τους διαχειριστές των λιμένων, ώστε να αναπροσαρμόζουν τις πρακτικές παρακολούθησης, ώστε να διασφαλίσουν τις απρόσκοπτες λειτουργίες και τη δημόσια ασφάλεια (Tsaimou et al., 2013).

Βασικό στοιχείο της αξιολόγησης της υποδομής για τη λήψη αποφάσεων και τη διαχείριση ενός λιμένα, αποτελούν οι επιθεωρήσεις. Η παρακολούθηση μέσω των επιθεωρήσεων, είναι μια συγκεκριμένη μεθοδολογία που αποτυπώνει την υφιστάμενη κατάσταση (ASCE, 2015). Έχουν αναπτυχθεί τεχνικοί οδηγοί που ορίζουν μια σειρά προτύπων για τις λιμενικές υποδομές, λόγω της πολυπλοκότητας του θαλασσιού περιβάλλοντος. Τα πρότυπα αυτά, σχετίζονται με τις κατασκευαστικές πρακτικές, το υλικό που κατασκευάζονται οι υποδομές, το οποίο είναι συνήθως οπλισμένο σκυρόδεμα, τα τεχνικά χαρακτηριστικά των υλικών και άλλα ζητήματα συντήρησης (Jofre-Briceno et al., 2021).

Με την πρόοδο της επιστήμης και τη ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας, η παρακολούθηση των λιμενικών υποδομών διενεργείται με μεγαλύτερη ταχύτητα και απομακρυσμένα, χρησιμοποιώντας μεθόδους τηλεπισκόπησης. Η μεθοδολογία αυτή περιλαμβάνει δεδομένα από δορυφόρους (satellite data), αεροφωτογραφίες, θερμικές απεικονίσεις και απεικονίσεις με Lidar (Campbell & Wynne, 2011). Βασικός στόχος είναι η λήψη και η επεξεργασία φωτογραφιών ώστε να αντληθούν πληροφορίες για την περιοχή ή το αντικείμενο μελέτης και ακολούθως να γίνει η επεξεργασία των δεδομένων από ειδικά λογισμικά γεωπληροφορικής.

Μια πολύ καλή μέθοδος τηλεπισκόπησης είναι η χρήση μη επανδρωμένων οχημάτων που με ειδικά προσαρμοσμένες κάμερες, μπορούν να αποτυπώσουν την υφιστάμενη κατάσταση στο περιβάλλον λειτουργίας τους (Tsaimou et al. 2023, UAV-driven approach for assisting structural health monitoring of port infrastructure). Η ταξινόμησή τους, σύμφωνα με Shojaei et al. (2018), περιγράφεται στον Πίνακα 3-3.

Η χρήση των μη επανδρωμένων αεροσκαφών ως νέα μέθοδος τηλεπισκόπησης, μπορεί να δώσει ώθηση στην έρευνα, καθώς μπορούν να πετάξουν σχεδόν παντού και να αλλάξουν εύκολα και γρήγορα παρατηρούμενη θέση και γωνία (Koeva et al., 2016). Τα ΣμηΕΑ παρέχουν τη δυνατότητα λήψης εικόνων και καταγραφής πληροφοριών των εγκαταστάσεων

σε όλο τους το εύρος, ενώ μπορούν να εξοπλιστούν με διάφορων ειδών καμερών και συσκευών. Είναι συστήματα που μπορούν να εκτελούν επιθεωρήσεις στις υποδομές και να δώσουν έγκαιρες προειδοποιήσεις για πιθανές αλλοιώσεις της υποδομής είτε λόγω συσσωρευμένης βλάβης είτε λόγω ακραίων γεγονότων (Achilloroulou et al., 2020).

Πίνακας 3-3. Τύποι μη Επανδρωμένων Οχημάτων. (Πηγή: Shojaei et al., 2020).

Τύπος	Περιβάλλον λειτουργίας
Μη Επανδρωμένο Όχημα Εδάφους (Unmanned Ground Vehicle, UGV)	Έδαφος και στερεές επιφάνειες
Μη Επανδρωμένο Αερόχημα (UAV)	Άνωθεν του εδάφους
Μη Επανδρωμένο Υποβρύχιο Όχημα (Unmanned Underwater Vehicle, UUV)	Υποθαλάσσιο περιβάλλον
Μη Επανδρωμένο Όχημα Επιφανείας (Unmanned Surface Vehicle, USV)	Επιφάνεια νερού/θάλασσας
Μη Επανδρωμένο Θαλάσσιο Όχημα (Unmanned Marine Vehicle, UMV)	Υποθαλάσσιο περιβάλλον-Επιφάνεια νερού/θάλασσας

3.4 Παρακολούθηση ακτών και λιμένων με χρήση ΣμηΕΑ

Όπως αναφέρθηκε και στο Υποκεφάλαιο 3.3, τα μη επανδρωμένα αεροχήματα αποτελούν ένα ιδιαίτερα ωφέλιμο εργαλείο για την παρακολούθηση και την χαρτογράφηση περιοχών (Drummond et al., 2015). Η τεχνολογία των ΣμηΕΑ αποδεικνύεται ότι είναι μια ανταγωνιστική τεχνική απόκτησης δεδομένων που λειτουργεί χωρίς άνθρωπο-πιλότο πάνω στο σκάφος (Koeva et al., 2016). Τεχνικά, τα μη επανδρωμένα αεροχήματα μπορούν να πετάξουν παντού, με μεγάλη ευελιξία, καλύπτοντας την περιοχή παρακολούθησης σε μικρό χρονικό διάστημα (Watts et al., 2012).

Κατά το μεγαλύτερο ποσοστό χρησιμοποιούνται αεροχήματα, που είναι πολυκόπτερα ή σταθερής πτέρυγας (fixed-wing) (Turner et al., 2016), ενώ τα τελευταία χρόνια στα αεροχήματα σταθερής πτέρυγας εφαρμόζονται και ρότορες-VTOL (Vertical Take Off and Landing), ώστε να μπορούν να απογειωθούν και να προσγειωθούν κάθετα (Ricaud et al., 2023). Πρόκειται για πλατφόρμες μικρού μεγέθους RTF (Ready-To-Fly). Διαθέτοντας ψηφιακές κάμερες υψηλής ευκρίνειας και ταυτόχρονα χαμηλού κόστους, GPS και αποθηκευτικούς χώρους δεδομένων, λογισμικά επεξεργασίας εικόνας, πολυφασματικούς-υπερφασματικούς και θερμικούς αισθητήρες και LiDAR, προσφέρουν εξελιγμένα μέσα για την απόκτηση μεγάλου αριθμού εικόνων και βιντεοσκοπήσεων ανάλυσης 4K ή και 8K.

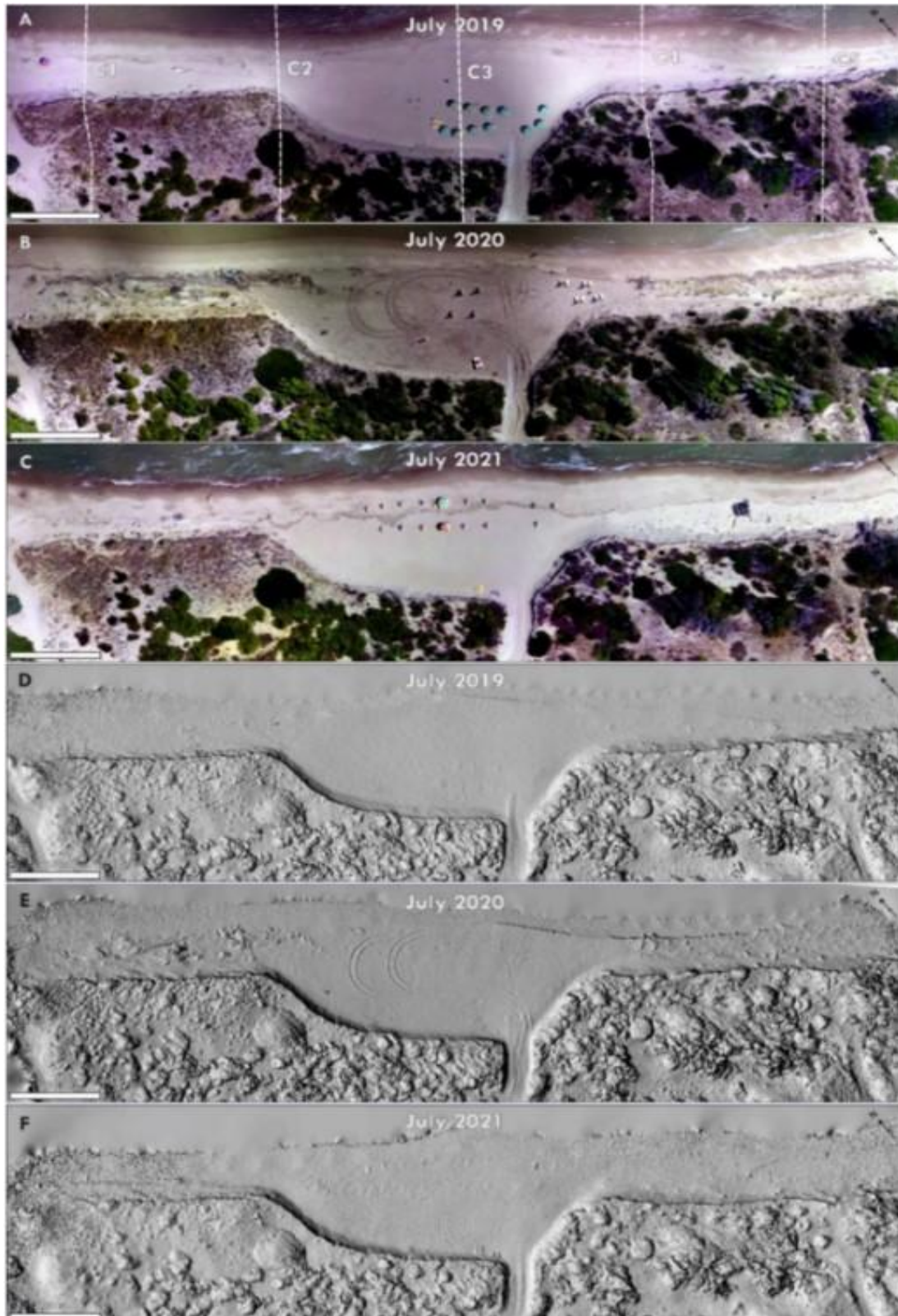
Για τη χρήση των ΣμηΕΑ στην παρακολούθηση των ακτών και λιμένων, απαιτείται ως ωφέλιμο φορτίο στο σκάφος μια υψηλής ευκρίνειας κάμερα, το σύστημα GNSS και η IMU (Inertial Measurement Unit) (Colomina & Molina, 2014), ενώ χρησιμοποιούνται μέθοδοι φωτογραμμετρίας. Το σκάφος, κατά την πτήση στην περιοχή μελέτης, εκτελεί επικαλυπτόμενες γεωαναφερμένες λήψεις. Στη συνέχεια, οι εικόνες επεξεργάζονται μέσω λογισμικών φωτογραμμετρίας και αναπαράγονται νέφη σημείων (point clouds), DEMs (Digital Elevation Models), ορθοφωτοχάρτες ή τρισδιάστατα μοντέλα. Στους ορθοφωτοχάρτες, όταν η ακρίβεια των συστημάτων GNSS είναι περιορισμένη, λαμβάνονται με εργασία πεδίου σταθερά σημεία γεωαναφοράς στο έδαφος-GCPs (Ground Control Points) και ενσωματώνονται κατά τη διάρκεια κατασκευής του χάρτη, ώστε να διατηρείται ο προσανατολισμός και η ακριβή θέση των εικόνων και να γίνεται η ορθή ενσωμάτωση του ορθοφωτοχάρτη σε άλλα χωρικά δεδομένα (Koeva et al., 2016). Έπειτα, τα δεδομένα εισάγονται στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών-GIS (Geographic Information Systems), όπου επεξεργάζονται, αναλύονται και τελικώς εξάγονται συμπεράσματα, που βοηθούν στη λήψη αποφάσεων (Parthasarathy & Deka, 2019).

Η χρησιμοποίηση των μη επανδρωμένων αεροχημάτων στην παρακολούθηση των ακτών και λιμένων αυξάνεται σημαντικά τα τελευταία χρόνια, απλοποιώντας τις διαδικασίες έρευνας και προσφέροντας γρήγορους και οικονομικούς τρόπους συλλογής δεδομένων. Η ερευνητική κοινότητα, στο πλαίσιο παρακολούθησης των ακτών με χρήση ΣμηΕΑ, επικεντρώθηκε στη γεωμορφολογία των ακτών (Papakonstantinou et al., 2016), στην εκτίμηση της διάβρωσης μετά από καταιγίδες και πλημμυρικά φαινόμενα (Turner et al., 2016, Laporte-Fauret et al., 2019), στην εξέλιξη της ακτογραμμής (Zanutta et al., 2020), στην εκτίμηση της παράκτιας τρωτότητας (Armodio et al., 2022, Tsaimou et al., 2022). Η εφαρμογή των ΣμηΕΑ στην παρακολούθηση των λιμένων, εντοπίζεται στην κατάσταση των λιμενικών εγκαταστάσεων (Jofré-Briceño et al., 2021, Tsaimou et al., 2023), στην εκτίμηση τρωτότητας των λιμένων (Tsaimou et al., 2023), στην κατάσταση των έργων προστασίας του λιμένα (Tsaimou et al., 2023), στην κατάσταση των γερανογεφυρών, στα μεγάλα εμπορικά λιμάνια (Tang et al., 2020). Τελευταία, για την καλύτερη συντήρηση και διαχείριση των λιμενικών υποδομών αναπτύσσονται συστήματα επιθεώρησης και διάγνωσης των κατασκευών, που στηρίζονται στο συνδυασμό συστημάτων μη επανδρωμένων αεροσκαφών και τεχνητής νοημοσύνης (AI). Για την ανίχνευση αλλαγών στην κατάσταση των εγκαταστάσεων, όπως ρωγμές, καθιζήσεις ποδιών, καθιζήσεις των μπλοκ, τα ποσοστά ακρίβειας στις εκτιμήσεις είναι 79% ή και υψηλότερα (Daiki, 2023).

Ακολουθούν κάποια χαρακτηριστικά παραδείγματα ερευνών παρακολούθησης ακτών και λιμένων, που βασίζονται στη χρήση Συστημάτων μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών.



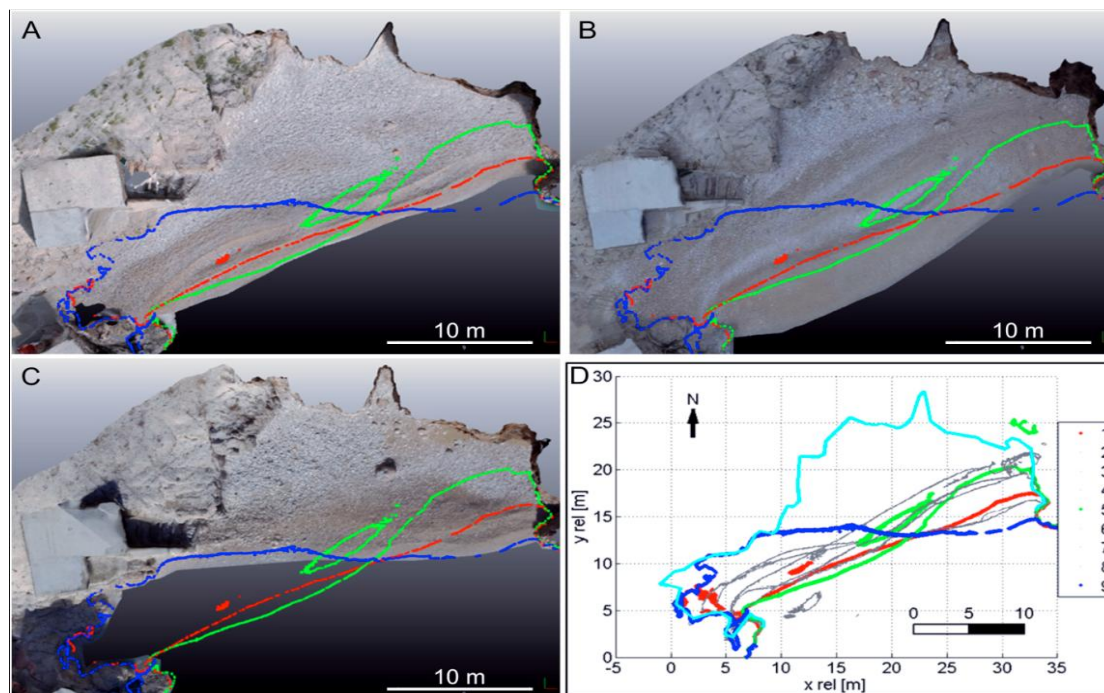
Οι DiPaola G, Amodio A.M, Dilauro G, Rodriguez-Gand Rosskopf C.M (2022), χρησιμοποίησαν μη επανδρωμένα οχήματα για την παρακολούθηση και τον υπολογισμό δεικτών παράκτιας τρωτότητας σε ακτές της περιοχής Molise (Κεντρική Ιταλία) που βρέχεται από την Αδριατική Θάλασσα. Για την παρακολούθηση των αλλαγών στην ακτή, πραγματοποιήθηκαν τρεις μετρήσεις (07/2019, 07/2020, 07/2021) και κατασκευάστηκαν οι ανάλογοι ορθοφωτοχάρτες και DEMs (Εικόνα 3-2).



Εικόνα 3-2. Παρακολούθηση μέσω ΣμηΕΑ ακτής Molise, Κεντρική Ιταλία για την εκτίμηση παράκτιας τρωτότητας. (Πηγή: DiPaola et al., 2022).

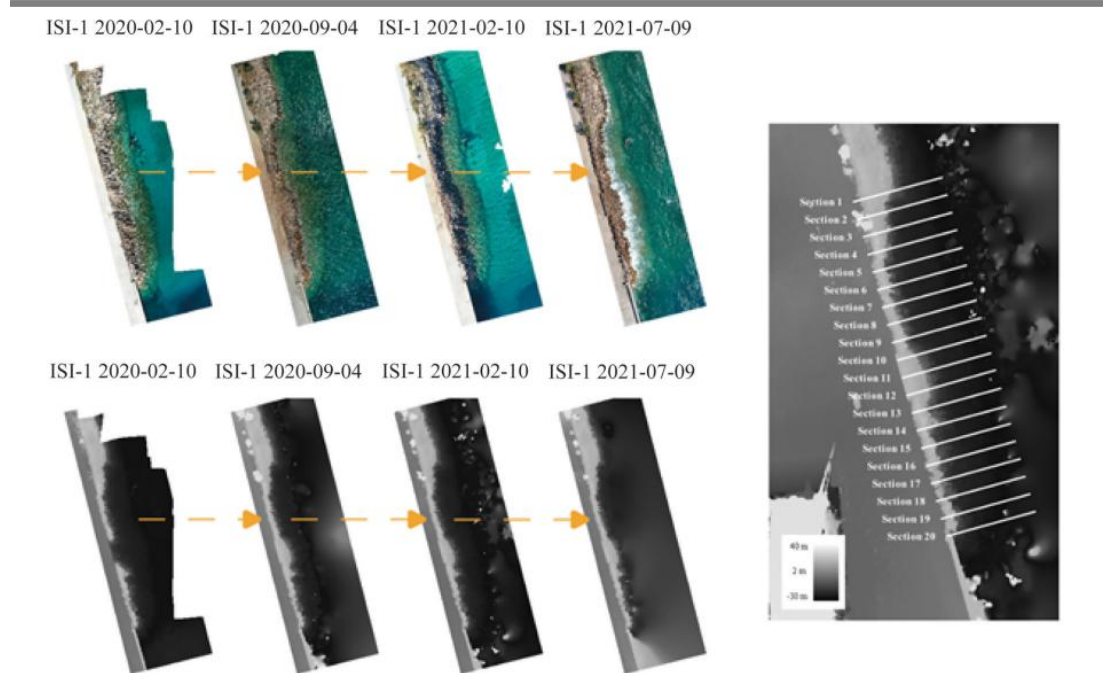
Στο πλαίσιο μελέτης για την παρακολούθηση των ακτών από διαβρωτικά φαινόμενα, οι Pikelj, Ružić, Ilić, James και Kordić, (2018), χρησιμοποίησαν χαμηλού κόστους ΣμηΕΑ και τη μέθοδο της φωτογραμμετρίας για να κατασκευάσουν υψηλής ανάλυσης 3-D παράκτια

μοντέλα για να ανιχνεύσουν μορφολογικές αλλαγές. Οι περιοχές μελέτης ήταν η φυσική ακτή Brseč και η τεχνητή ακτή Dugi Rat της Κροατίας, στις ανατολικές ακτές της Αδριατικής, και το χρονικό διάστημα παρακολούθησης ήταν μεταξύ 4 Οκτωβρίου 2013 και 27 Δεκεμβρίου 2013. Παρατηρούνται χαρακτηριστικά, οι μεταβολές κατά μήκος της ακτογραμμής, απεικονίζοντας την υφιστάμενη κατάσταση με την κατασκευή ορθοφωτοχαρτών σε διαφορετικές χρονικές περιόδους (Εικόνα 3-3).



Εικόνα 3-3. Καταγραφή πορείας διάβρωσης στην ακτή Brseč, Κροατίας μέσω ΣμηΕΑ (Pikeli et al., 2018, με ιδία επεξεργασία)

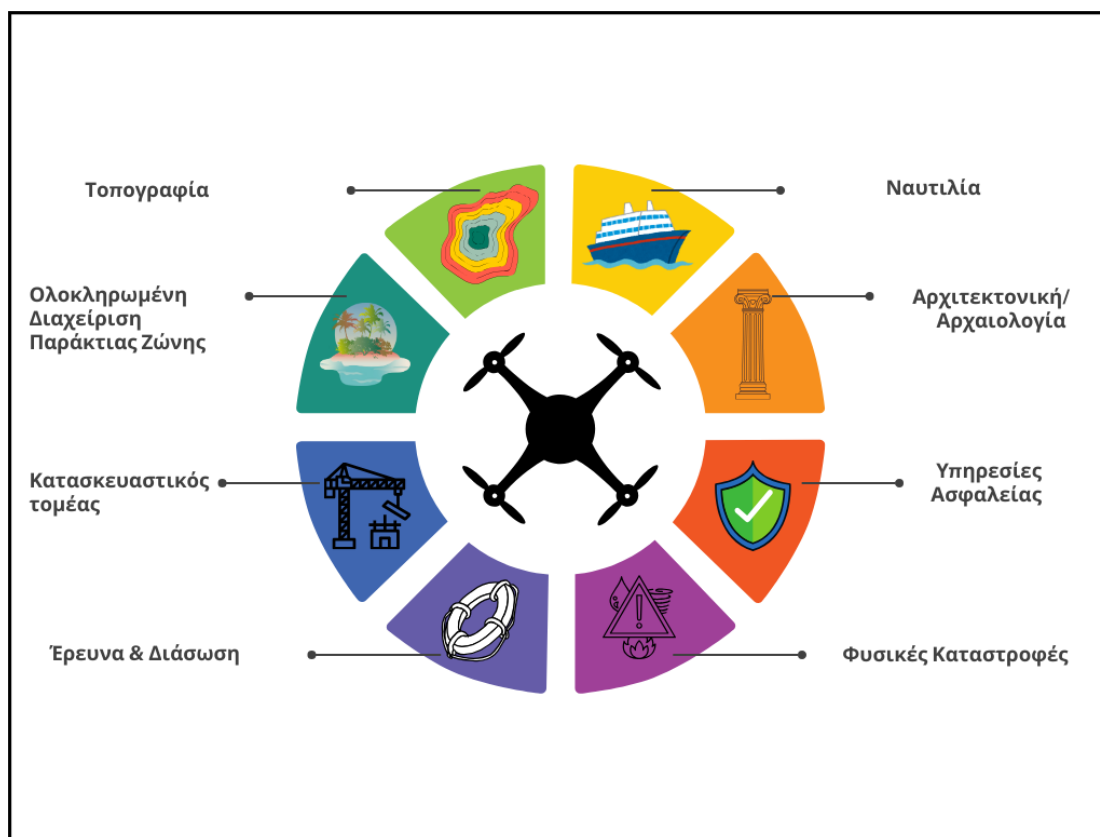
Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα των νέων δυνατοτήτων παρακολούθησης των λιμενικών υποδομών με χρήση ΣμηΕΑ, παρουσιάζεται στη μελέτη των Tsaimou, Kagkelis, Karantzalos & Tsoukala (2022). Στο πλαίσιο μελέτης λιμένα Λαυρίου (νοτιοανατολική Αττική), πραγματοποιείται περιοδική καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης και αποτυπώνεται η εξέλιξη της διάβρωσης και των ενεργειών αποκατάστασης στο συγκεκριμένο τμήμα της θωράκισης που απεικονίζεται στους ορθοφωτοχάρτες. Γίνεται ποσοτικοποίηση των μεταβολών της ευστάθειας του έργου θωράκισης, υπολογίζοντας την μετατόπιση των ογκολίθων, που έχουν τοποθετηθεί για την προστασία της λιμενικής υποδομής. Το χρονικό διάστημα παρακολούθησης ήταν μεταξύ 19 Φεβρουαρίου 2020 και 7 Ιουλίου 2021 (Εικόνα 3-4).



Εικόνα 3-4. Καταγραφή πορείας θωράκισης λιμένα μέσω ΣμηΕΑ. (Tsaimou et al., 2022).

Όλα τα ανωτέρω χαρακτηριστικά έχουν κάνει τη μέθοδο παρακολούθησης με ΣμηΕΑ ιδιαίτερα ελκυστική, αντικαθιστώντας τις παραδοσιακές τοπογραφικές τεχνικές με εφαρμογή σε πολλούς τομείς (Drummond et al, 2015). Κάποια πεδία στα οποία τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη χρησιμοποιούνται εντατικά, παράγοντας ακριβή αποτελέσματα είναι:

- Στη ναυτιλία (Krystosik-Gromadzińska, 2022)
- Στην αρχαιολογία και την αρχιτεκτονική (Chiabrando et al., 2011)
- Στην Ολοκληρωμένη Διαχείριση Παράκτιας Ζώνης (Tsaimou et al., 2023)
- Στη χαρτογράφηση καταστροφών (Vetrivel et al., 2015)
- Στην τοπογραφία (Goncalves & Henriques, 2015).
- Στη συστηματική παρακολούθηση των λιμενικών και παράκτιων έργων (Tsaimou et al., 2021)
- Στην έρευνα και διάσωση (SAR – Search And Rescue) (Burke et al., 2019)
- Στον κατασκευαστικό τομέα και στην διαχείριση ακινήτων (Hee-Wook et al., 2023).



Εικόνα 3-5. Εφαρμογές τηλεπισκόπησης με χρήση ΣμηΕΑ, ίδια επεξεργασία.

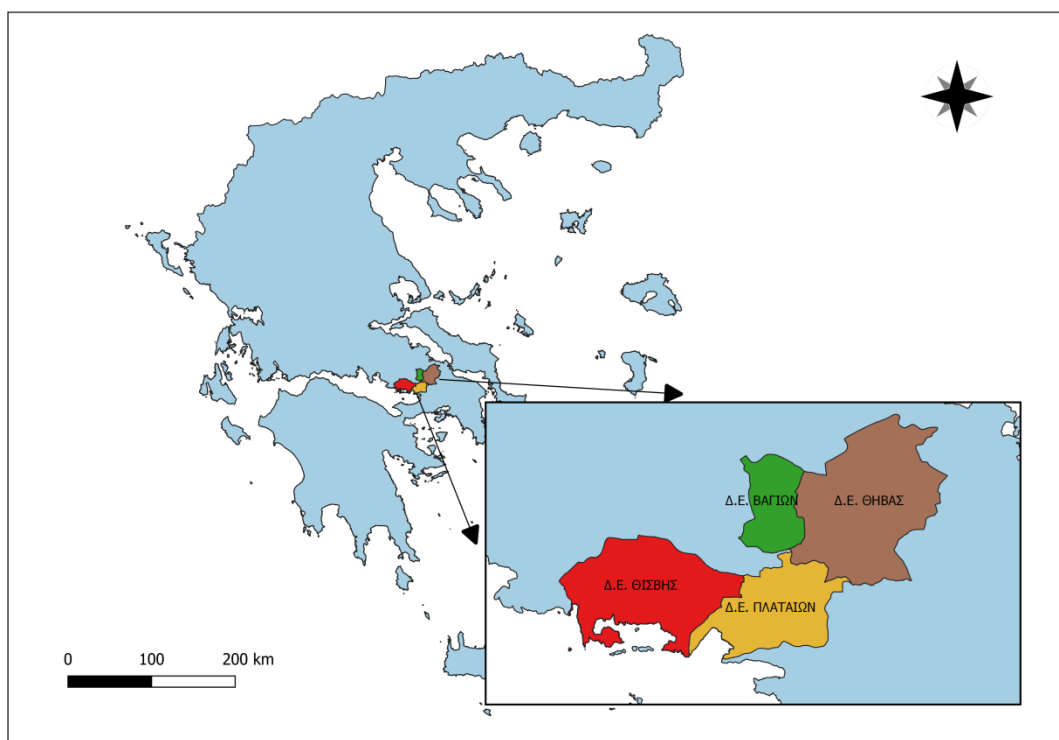
4 Μελέτη Περίπτωσης

4.1 Γενικά Στοιχεία

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στην Περιφερειακή Ενότητα Βοιωτίας και συγκεκριμένα στο Δήμο Θηβαίων, με πρωτεύουσα την Θήβα, όπως ορίστηκε κατά την εφαρμογή του προγράμματος Καλλικράτης και Κλεισθένης Ι (Ν.3852/2010 ΦΕΚ 87/τ.Α'/2010, Ν. 4555/2018 ΦΕΚ Α 133/19.07.2018). Ο Δήμος Θηβαίων περιλαμβάνει τις Δημοτικές Ενότητες Θηβαίων, Βαγίων, Θίσβης και Πλαταιών. Οι δυο τελευταίες βρέχονται από τη θάλασσα του Κορινθιακού Κόλπου. Ο Κορινθιακός Κόλπος αποτελεί έναν ημίκλειστο, επιμήκη, μεγάλου βάθους κόλπο μεταξύ Στερεάς Ελλάδας και Πελοποννήσου, ο οποίος επικοινωνεί με το Ιόνιο Πέλαγος στα δυτικά και με το Σαρωνικό Κόλπο μέσω του Ισθμού της Κορίνθου στα ανατολικά.

Ο Δήμος Θηβαίων συνορεύει με τους Δήμους Τανάγρας, Αλιάρτου, Ορχομενού και Λεβαδέων της Περιφερειακής Ενότητας Βοιωτίας, με το Δήμο Χαλκιδέων της Περιφερειακής Ενότητας Ευβοίας και με το Δήμο Μάνδρας-Ευδυλλίας της Περιφερειακής Ενότητας Αττικής.

Το μήκος της ακτογραμμής να προσεγγίζει τα 62km και το μεγαλύτερο τμήμα της αποτελείται από βραχώδεις σχηματισμούς. Στο Δήμο Θηβαίων επίσης ανήκουν οι νησίδες Γρομπολούρα, Φονιάς, Μακρονήσος, Αλατονήσι, Βρώμα, Κουβέλι και Ταμπούρλο.



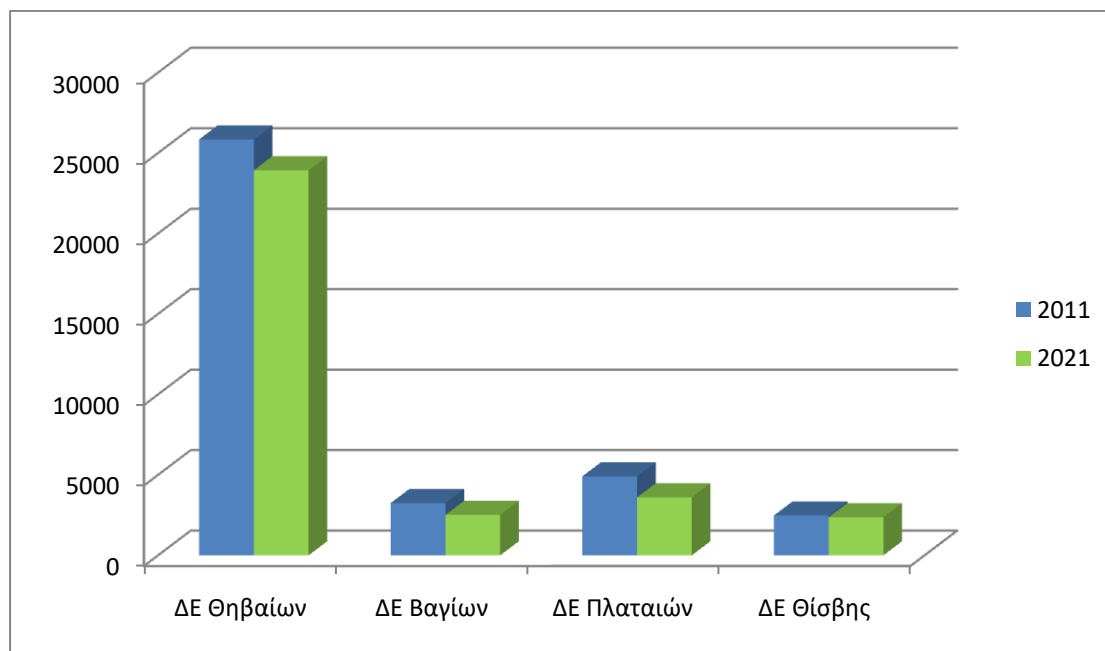
Χάρτης 4-1. Δημοτικές Ενότητες Δήμου Θηβαίων, ίδια επεξεργασία.

4.1.1 Δημογραφικά στοιχεία

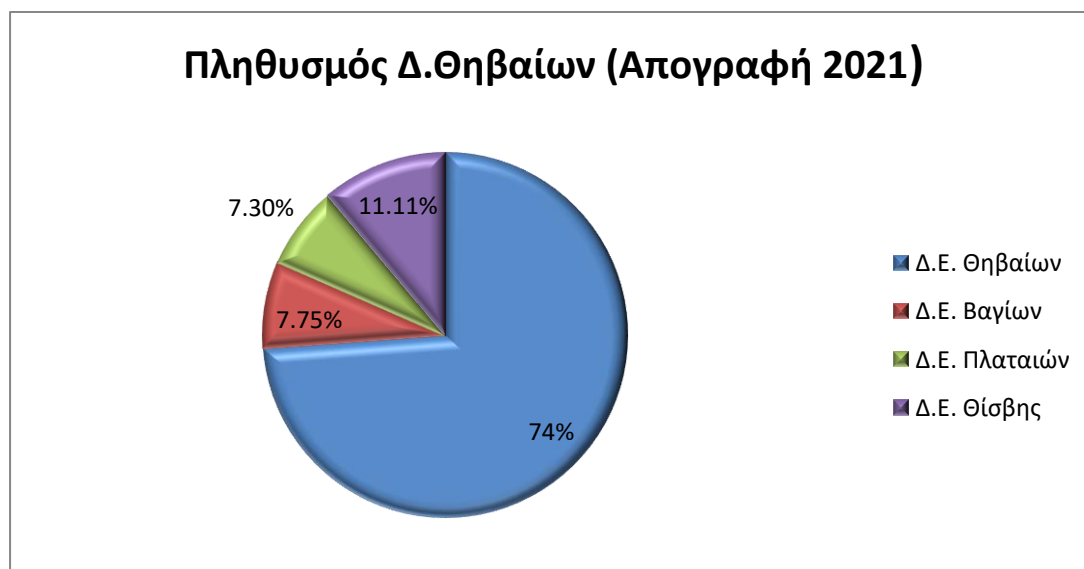
Η συνολική έκταση του Δήμου είναι 822,95 km² και ο συνολικός πληθυσμός του Δήμου είναι 32410 κάτοικοι, σύμφωνα με την απογραφή της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής (ΕΛΣΤΑΤ) του 2021. Η κατανομή του πληθυσμού είναι 23930 (73.83%) στην Δημοτική Ενότητα Θηβαίων, 2511 (7.75%) στην Δημοτική Ενότητα Βαγίων, 2367 (7.30%) στη Δημοτική Ενότητα Θίσβης και 3602 (11.11%) στη Δημοτική Ενότητα Πλαταιών (https://www.statistics.gr/documents/20181/17286366/ΑΡΟΦ_ΑΡΟΤ_MON_DHM_KOIN.pdf/41ae8e6c-5860-b58e-84f7-b64f9bc53ec4). Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 4-1, σε σχέση με την προηγούμενη απογραφή (2011), παρατηρείται σημαντική μείωση του πληθυσμού της τάξης του 11.15%.

Πίνακας 4-1. Κατανομή πληθυσμού Δήμου Θηβαίων σύμφωνα με στοιχεία απογραφής ΕΛΣΤΑΤ 2011-2021, ίδια επεξεργασία.

Δημοτική Ενότητα	Απογραφή 2011	Απογραφή 2021	Μεταβολή Πληθυσμού (%)
Θηβαίων	25845	23930	-7.41
Βαγίων	3248	2511	-22.69
Πλαταιών	4908	3602	-26.61
Θίσβης	2476	2367	-4.40
Σύνολο	36477	32410	-11.15



Γράφημα 4-1. Σύγκριση αποτελεσμάτων απογραφής ΕΛΣΤΑΤ 2011-2021 Δήμος Θηβαίων ανά Δημοτική Ενότητα, ίδια επεξεργασία.



Γράφημα 4-2. Κατανομή πληθυσμού (%) Δήμος Θηβαίων ανά Δημοτική Ενότητα, ίδια επεξεργασία.

4.1.2 Χρήσεις γης, Έργα Υποδομής

Η έρευνα και η αποτύπωση των χρήσεων γης και των έργων υποδομής, πραγματοποιήθηκε για τις ΔΕ Θίσβης και Πλαταιών, όπου και βρίσκονται οι παράκτιες περιοχές που ερευνώνται και παρουσιάζονται παρακάτω. Τα στοιχεία αντλήθηκαν από Τεχνική Έκθεση του Εργαστηρίου Λιμενικών Έργων Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (Στάδιο Α), από τη βάση δεδομένων «Corine Land Cover (CLS)-Copernicus Land Monitoring Services» και από

στοιχεία που συγκεντρώθηκαν από την επί τόπου καταγραφή κατά τις εργασίες υπαίθρου. Οι χρήσεις γης στις ΔΕ Θίσβης και Πλαταιών αναφέρονται στον Πίνακα 4-2 και αποτυπώνονται στους Χάρτες 4-2 και 4-3.

Πίνακας 4-2. Χρήσεις γης και Χωροταξική Οργάνωση Δημοτικών Ενοτήτων Θίσβης και Πλαταιών, (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021)

ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ ΚΑΙ ΧΩΡΟΤΑΞΙΚΗ ΟΡΓΑΝΩΣΗ	
ΔΕ Θίσβης	ΔΕ Πλαταιών
<u>Πολεοδομημένες και προς Πολεοδόμηση Περιοχές</u>	
Αλυκή Άγιος Νικόλαος Παραλία Σαράντη	Άγιος Βασίλειος Παραλία Λιβαδόστρας
<u>Περιοχές Ελέγχου και Περιορισμού Δόμησης</u>	
Παράκτια Ζώνη Νησίδες	Περιοχές Γεωργικής Γης (Λιβαδόστρα) Περιοχή Τουρισμού (Καλαμάκι)
<u>Περιοχές Ειδικής Προστασίας</u>	
Αρχαιολογικοί Χώροι Μνημεία	Περιοχές Προστασίας Αρχαιολογικών Χώρων και Μνημείων Περιοχές Προστασίας Αγροτικού Χώρου (Όλη η παράκτια ζώνη πλην των οικιστικών περιοχών) Περιοχές Προστασίας Ελαιώνων (Παραλία Λιβαδόστρας, Καλαμάκι, Άγιος Βασίλειος)
<u>Περιοχές Εγκατάστασης Παραγωγικών Δραστηριοτήτων</u>	
Βιομηχανία (Σωληνουργία Κορίνθου) Λατομική Περιοχή	
<u>Τουριστικές Εγκαταστάσεις</u>	
Παραλία Σαράντη Αλυκή	Άγιος Βασίλειος
<u>Λοιπές Χρήσεις</u>	
Κολυμβητικά Ύδατα Υδατοκαλλιέργειες	

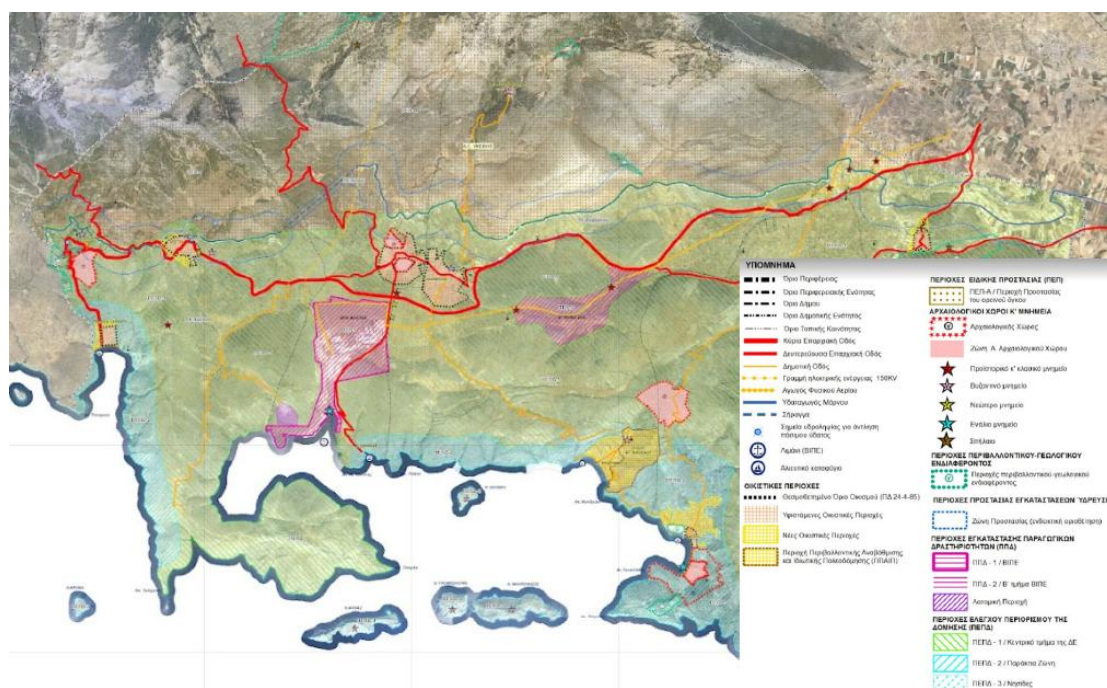
Το οδικό δίκτυο που εξυπηρετεί τις δυο ΔΕ αποτελείται από κύριες επαρχιακές οδούς (21,23,24), καθώς και μικρότερους κλάδους αυτών και είναι ασφαλτοστρωμένες, πλην τμήματος ~2km, που καταλήγει στο Καλαμάκι.

Λιμενικές εγκαταστάσεις, καταφύγια αλιευτικών και μικρών σκαφών υφίστανται στους παραλιακούς οικισμούς του Αγίου Βασιλείου, της Αλυκής, του Αγίου Νικολάου, του Αγίου

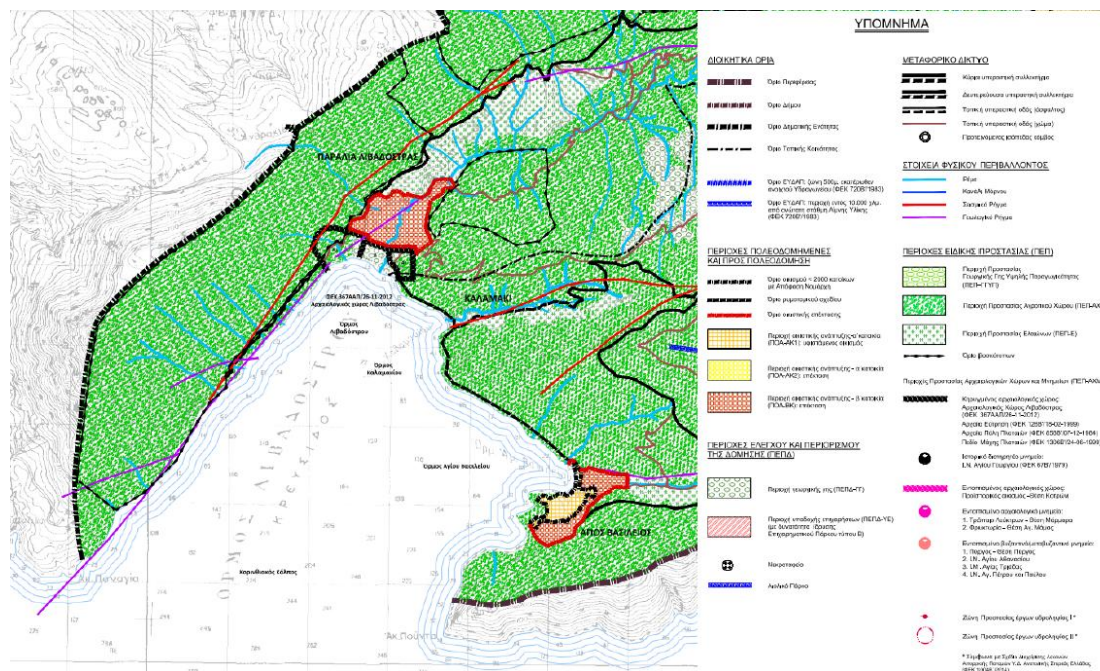
Ιωάννη και της Παραλίας Σαράντη. Επίσης λιμενικές εγκαταστάσεις εντοπίστηκαν στη Βιομηχανική Περιοχή (Σωληνουργία Κορίνθου) και στη Λατομική Περιοχή.

Από τις ΔΕ Θίσβης και Πλαταιών διαπερνά κεντρικός αγωγός (κανάλι) της ΕΥΔΑΠ, που υδροδοτεί την πλειονότητα των οικισμών με τα νερά του Μόρνου.

Η περιοχή ενδιαφέροντος χαρακτηρίζεται από μεγάλο αιολικό δυναμικό, για αυτό και έχουν κατασκευαστεί εγκαταστάσεις αιολικών πάρκων και φωτοβολταϊκών σταθμών. Σημειώνεται ότι υπάρχει έντονο ενδιαφέρον για περαιτέρω ανάπτυξη και κατασκευή στην περιοχή μονάδων ηλεκτροπαραγωγής από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.



Χάρτης 4-2. Απόσπασμα Χάρτη (ΣΧΟΟΑΠ ΔΕ Θίσβης, ΦΕΚ 244/19-10-2017) Χρήσεων γης και Προστασίας Περιβάλλοντος. (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021)



Χάρτης 4-3. Απόσπασμα Χάρτη (ΣΧΟΟΑΠ ΔΕ Πλαταιών, ΦΕΚ 272/12-12-2017) Χρήσεων γης και Προστασίας Περιβάλλοντος, (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).

4.1.3 Ευαίσθητες – Προστατευόμενες Περιοχές

Με την Κοινή Υπουργική Απόφαση 5074/2017 (ΦΕΚ 4432 Β’/15.12.17), όλος ο Κορινθιακός Κόλπος συμπεριλήφθηκε στον Εθνικό Κατάλογο του Ευρωπαϊκού Οικολογικού Δικτύου NATURA 2000 (κωδικός GR2530007). Στο δίκτυο αυτό ανήκουν περιοχές που χαρακτηρίζονται ως περιοχές προστασίας της βιοποικιλότητας που αφορούν σε χερσαίες, υδάτινες, θαλάσσιες ή μικτού χαρακτήρα, φυσικές ή ημιφυσικές περιοχές με καταγεγραμμένη παρουσία τύπων φυσικών οικοτόπων που χρήζουν προστασίας και διατήρησης.

Στους χερσαίους οικοτόπους της περιοχής ενδιαφέροντος καταγράφεται πλήθος ειδών γλωρίδας και πανίδας ενώ στους θαλάσσιους οικοτόπους, εκτός από τα τυπικά είδη Μεσογειακών ψαριών, ασπόνδυλων και θαλάσσιων θηλαστικών, εντοπίζονται λιβάδια Ποσειδωνίας (*Posidonia Oceanica meadows*), που αποτελούν προστατευόμενες περιοχές σε ευρωπαϊκό επίπεδο, ως ενδιαίτημα προτεραιότητας (Οδηγίες 92/42 CEE 21/05/92 & 97/62 CEE 27/10/1997).

4.1.4 Θερμοκρασία, Υγρασία, Υετός, Άνεμος

Τα στοιχεία που αφορούν στην διακύμανση της θερμοκρασίας, της υγρασίας, του νετού και του ανέμου συλλέχθηκαν από το Μετεωρολογικό Σταθμό (ΜΣ) της ΕΜΥ στο Βέλο Κορινθίας που βρίσκεται απέναντι από τη παράκτια ζώνη της Θήβας, στις βόρειες ακτές της Περιφέρειας Πελοποννήσου, λόγω της εγγύτητας με την περιοχή ενδιαφέροντος και της



θέσης του ΜΣ (κοντά σε παράκτια περιοχή του Κορινθιακού Κόλπου). Στον Πίνακα 4-3, παρατίθενται δεδομένα για τη μηνιαία μεταβολή θερμοκρασίας ($^{\circ}\text{C}$), στον Πίνακα 4-4 για τη μέση μηνιαία υγρασία (%) και στον Πίνακα 4-5 για τη μηνιαία μεταβολή του νετού. Στον Πίνακα 4-6 παρατίθενται δεδομένα για την επικρατούσα διεύθυνση και τη μέση μηνιαία ένταση ανέμου ενώ στον Πίνακα 4-7 παρουσιάζονται οι μέσες ετήσιες συχνότητες εμφάνισης και έντασης ανέμου.

Πίνακας 4-3. Μηνιαία μεταβολή Θερμοκρασίας ($^{\circ}\text{C}$), ΜΣ Βέλου Κορινθίας, (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).

Μήνες	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος
Ελάχιστη	5.3	5.0	6.5	9.0	12.9	16.8	19.5	19.8	16.9	13.8	9.9	6.9
Μέγιστη	13.4	13.9	16.5	20.3	25.7	30.7	33.2	32.9	28.4	23.6	18.5	14.4
Μέση	9.1	9.4	11.8	15.7	21.1	26.1	28.7	28.1	23.4	18.8	13.8	10.5

Πίνακας 4-4. Μέση Μηνιαία Υγρασία (%), ΜΣ Βέλου Κορινθίας, (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).

Μήνες	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος
Μέση Μηνιαία Υγρασία (%)	77.1	73.9	71.5	65.7	57.7	48.8	46.4	49.0	58.6	68.5	75.7	77.7

Πίνακας 4-5. Μηνιαία Μεταβολή Υετού (mm), ΜΣ Βέλου Κορινθίας, (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).

Μήνες	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος
Μέσο Μηνιαίο Ύψος Υετού (mm)	72.0	50.9	53.7	26.7	22.3	6.4	5.0	11.9	31.3	40.8	73.5	78.6
Μέσο Μηνιαίος Αριθμός Ημερών Υετού (mm)	7.7	9.0	8.3	6.0	4.1	2.0	1.1	1.7	4.1	5.8	8.0	10.3

Πίνακας 4-6. Επικρατούσα Διεύθυνση και Μέση Μηνιαία Ένταση Ανέμου (BF), ΜΣ Βέλου Κορινθίας, (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).

Μήνες	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος
Επικρατούσα Διεύθυνση Ανέμου	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Μέση Μηνιαία Ένταση Ανέμου (BF)	6.8	7.3	6,8	7.1	6.8	6.9	6.9	6.2	6.5	6.7	5.9	6.5

Πίνακας 4-7. Μέσες Ετήσιες Συχνότητες Εμφάνισης και Έντασης Ανέμου, ΜΣ Βέλου Κορινθίας, (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).

Ένταση Ανέμου	ΑΠΝ/ΜΕΤ	Β	ΒΑ	Α	ΝΑ	Ν	ΝΔ	Δ	ΒΔ
ΑΠΝΟΙΑ	38.15								
1 BF	0	0.07	0.03	0.26	0.15	0.85	0.15	0.14	0.02
2 BF	0	1.91	2.79	4.25	1.48	5.14	1.23	0.8	0.47
3 BF	0	2.64	3.71	4.44	1.62	1.9	0.82	0.6	0.89
4 BF	0	3.58	4.25	4.67	1.05	0.71	0.39	0.53	2.1
5 BF	0	0.67	1.37	1.12	0.14	0.16	0.06	0.13	0.95
6 BF	0	0.3	1.01	0.53	0.04	0.09	0.06	0.12	0.78
7 BF	0	0.05	0.26	0.07	0	0	0.02	0.02	0.14
8 BF	0	0	0.02	0.01	0	0	0	0	0
9 BF	0.01	0.01	0	0	0	0	0	0.01	0

4.1.5 Παλίρροια και Θαλάσσια ρεύματα

Λόγω έλλειψης εγκατεστημένων παλιρροιογράφων κοντά στις παράκτιες περιοχές Δήμου Θηβαίων, συλλέχθηκαν στοιχεία από τους παλιρροιογράφους της Υδρογραφικής Υπηρεσίας του Πολεμικού Ναυτικού που βρίσκονται στην Πάτρα και στην Ποσειδωνία Κορίνθου. Τα στοιχεία αποτυπώνονται στον Πίνακα 4-8.

Στο στενό του Ρίου-Αντιρρίου εντοπίζονται οι μεγαλύτερες επιφανειακές ταχύτητες ρευμάτων (που δύναται να ξεπεράσουν το 1 m/s), λόγω της μορφολογικής στένωσης και της εισόδου υδάτινης μάζας από τον Πατραϊκό (Poulos et al., 1996). Οι ταχύτητες ρευμάτων στον πυθμένα σε όλο το εύρος του Κορινθιακού σε μετρήσεις διάρκειας 15 ημερών μεταξύ Μαΐου 1983 και Ιουνίου 1983 μετρήθηκαν ιδιαίτερα χαμηλές σε μέτρο, με μέγιστη ταχύτητα ~0,07 m/s (Poulos et al., 1996).

Πίνακας 4-8. Μετρήσεις παλιρροιογράφων της Υδρογραφικής Υπηρεσίας ΠΝ Πάτρας και Ποσειδωνίας, (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).

Στοιχεία Παλίρροιας	Ός προς το μήκην του παλιρροιογράφου	Μέγιστη Πλήμμη	Μέση Πλήμμη	Μέση Στάθμη (ΜΣΘ)	Μέση Ρηχία	Κατωτάτη Ρηχία (ΚΡ)	Μη εξαρτώμενα από σημείο αναφοράς	Μέγιστο Εύρος	Μέσο Εύρος	Ελάχιστο Εύρος	Επάλλαξη
Σταθμός Πάτρα		1.48	1.01	0.93	0.85	0.00		0.61	0.18	0.01	1.00
Σταθμός Ποσειδωνία		1.58	0.89	0.71	0.64	0.00		0.72	0.26	0.01	1.58

4.1.6 Κυματικό Κλίμα

Τα δεδομένα για τα κυματικά χαρακτηριστικά των περιοχών μελέτης λήφθηκαν από την Τεχνική Έκθεση του Εργαστηρίου Λιμενικών Έργων ΕΜΠ, στην οποία έγινε ο προσδιορισμός του μέσου ετήσιου κυματικού κλίματος στα «ανοιχτά» της περιοχής μελέτης, υπολογίζοντας το ενεργό ανάπτυγμα πελάγους και τα χαρακτηριστικά ύψη και περιόδους κύματος για κάθε μια από τις έξι περιοχές ενδιαφέροντος. Χρησιμοποιήθηκαν τα

ανεμολογικά δεδομένα από το μετεωρολογικό σταθμό του Βέλου Κορινθίας. Η εκτίμηση των κυματικών χαρακτηριστικών έγινε με τη μέθοδο Smith (1991).

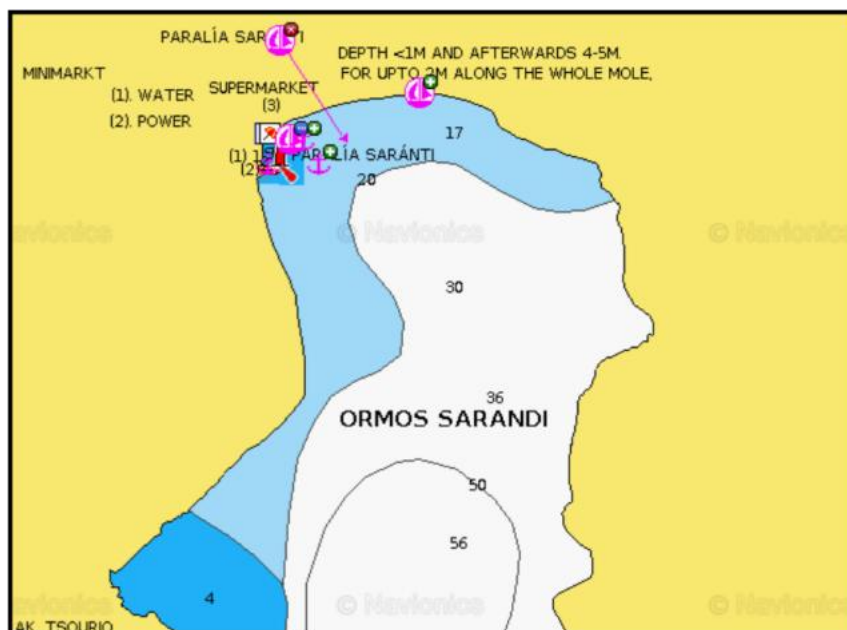
Στον Πίνακα 4-9, αποτυπώνονται οι διευθύνσεις των ανέμων που επηρεάζουν τις περιοχές ενδιαφέροντος, καθώς επίσης και οι μέγιστες υπολογισμένες τιμές των υψών κύματος, των περιόδων κύματος και το μέγιστο υπολογισμένο Fetch στη διεύθυνση ανέμου που επηρεάζει περισσότερο την κάθε περιοχή κατά τη μέγιστη έντασή του (≥ 7 BF). Τα δεδομένα και οι μετρήσεις αντλήθηκαν από την Τεχνική Έκθεση Εργαστηρίου Λιμενικών Έργων ΕΜΠ, Στάδιο Α(2021). Παρατηρείται ότι ο νοτιοδυτικός άνεμος και ο δυτικός στην περίπτωση της Αλυκής, επηρεάζουν το σύνολο των ακτών, δημιουργώντας κυματισμούς έως 1,71 m στην περίπτωση του Αγίου Βασιλείου σε συνθήκες μέγιστης πνοής.

Πίνακας 4-9. Διευθύνσεις ανέμου που επηρεάζουν την κάθε περιοχή. Με χρώμα αποτυπώνονται τα μέγιστα ύψη κύματος ($H_s \max$), περιόδων ($T_p \max$) και μέγιστο αναπτύγματος ($Fetch \max$) με την αντίστοιχη διεύθυνση ανέμου κατά τη μέγιστη έντασή του (≥ 7 BF), ανά ακτή ενδιαφέροντος, (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021, με ίδια επεξεργασία).

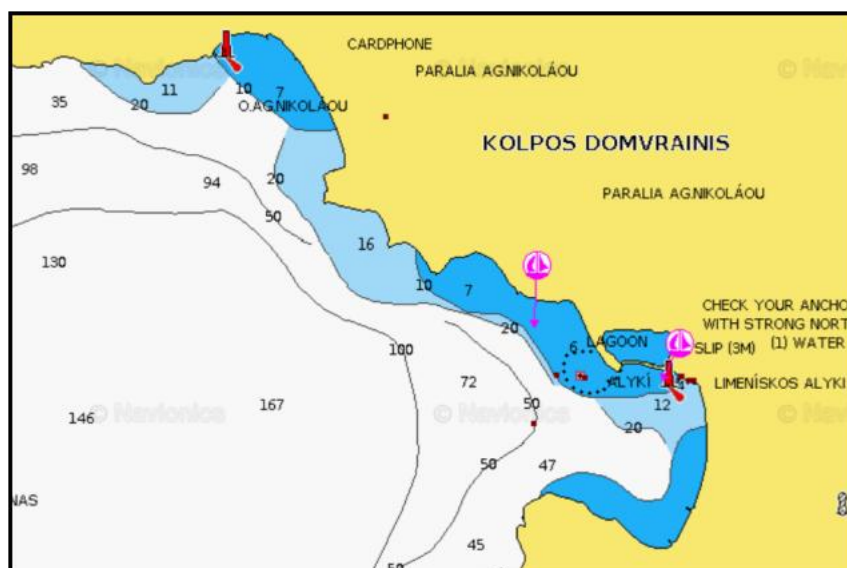
Ακτές Μελέτης						
	Παραλία Σαράντη	Άγιος Νικόλαος	Αλυκή	Λιβαδόστρα	Καλαμάκι	Άγιος Βασίλειος
B						
BA						
A						
NA	✓	✓		✓	✓	
N	✓	✓		✓	✓	
NA	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Δ			✓			✓
BΔ			✓			✓
$H_s \max$ (m)	1.49	1.19	1.27	1.15	1.15	1.71
$T_p \max$ (s)	4.63	4.05	4.21	3.98	3.98	5.01
Fetch max (km)	36.48	21.32	24.71	20.68	20.68	50.08

4.1.7 Βαθυμετρία

Τα στοιχεία της βαθυμετρίας των περιοχών ενδιαφέροντος συλλέχτηκαν από την ηλεκτρονική εφαρμογή της ιστοσελίδας της εταιρίας Navionics. Στην Παραλία Σαράντη παρατηρούνται απότομες κλίσεις της τάξης του 20%. Στον Άγιο Νικόλαο και Αλυκή που βρίσκονται εντός του Κόλπου της Δομβραίνας, παρατηρούνται μέσες κλίσεις της τάξης του 4%, ενώ στη Λιβαδόστρα, Καλαμάκι, Άγιο Βασίλειο, παρατηρούνται μεγαλύτερες κλίσεις, της τάξης του 7%, 5% και 11% αντίστοιχα. Το μέσο βάθος των λιμενολεκανών στις περιοχές που έχουν λιμένα είναι ~4 m (ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021). Στις εικόνες 4-4, 4-5, 4-6 παρουσιάζονται οι βυθομετρικοί χάρτες των περιοχών.



Χάρτης 4-4. Βυθομετρικός Χάρτης για την Παραλία Σαράντη (Πηγή: <http://webapp.navionics.com/>).



Χάρτης 4-5. Βυθομετρικός Χάρτης για τις περιοχές Άγιος Νικόλαος και Αλυκή (Πηγή: <http://webapp.navionics.com/>).



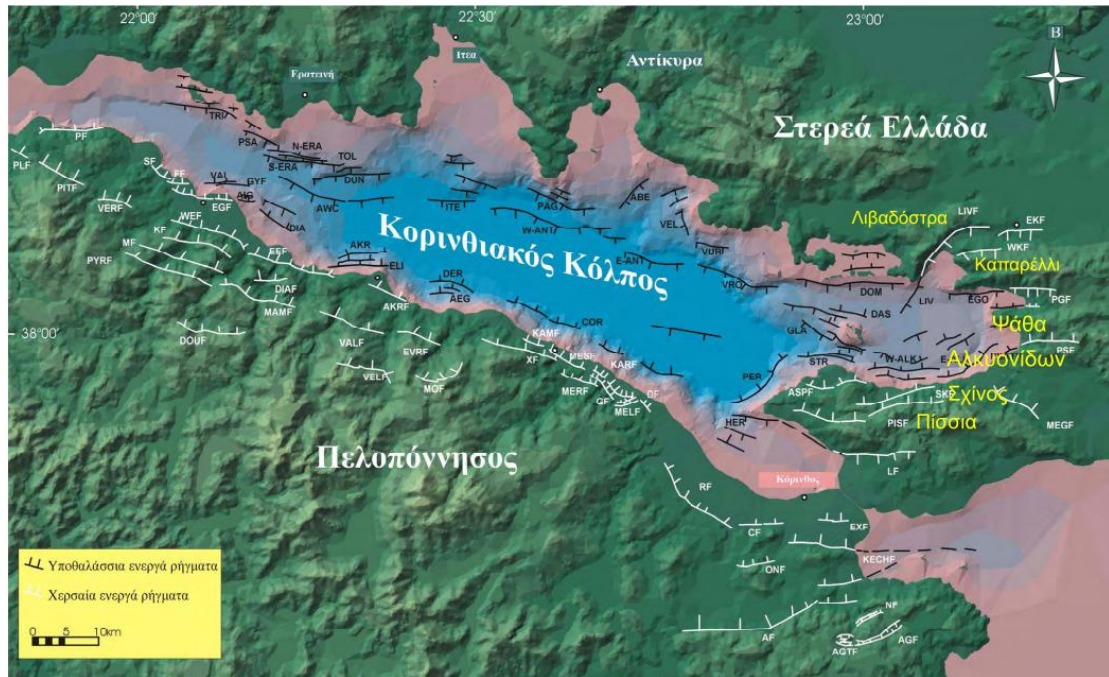
Χάρτης 4-6. Βυθομετρικός Χάρτης για τις περιοχές Λιβαδόστρα, Καλαμάκι και Άγιο Βασίλειο. (Πηγή: <http://webapp.navionics.com/>).

4.1.8 Γεωλογία & Τεκτονική

Γεωλογικά, η επικράτηση των ανθρακικών οριζόντων στους ορεινούς – ημιορεινούς όγκους (κυρίως Τριαδικών ασβεστόλιθων και δολομιτών) μαρτυρά την ύπαρξη έντονα καρστικοποιημένων σχηματισμών σε όλη την έκταση της ευρύτερης περιοχής ενδιαφέροντος, με σημαντικά έγκοιλα και ρηγματώσεις διαφόρων κλίσεων, αποτελέσματα της έντονης τεκτονικής καταπόνησης που υφίστανται. Μια σειρά Ιουρασικών ραδιολαριτών (ενδιαστρώσεις ασβεστόλιθων και κερατόλιθων) υπέρκειται των Τριαδικών ασβεστόλιθων, κατόπιν εμφανίζεται μια παρεμβολή ενός βωξιτικού ορίζοντα του Μαλμίου, η οποία καταλήγει σε ένα φλύσχη, ο οποίος λέγεται χαρακτηριστικά «πρώτος φλύσχη» (Papanikolaou, 2015) ηλικίας Τιθωνίου-Βερριάσιου με τουρβιδίτες, ψαμμίτες, πηλίτες, μάργες και κλαστικούς ασβεστόλιθους με *Calpionelles*. Έπειτα ξαναρχίζει η ανθρακική ιζηματογένεση με *Globotruncanes* (πελαγικό περιβάλλον), με κλαστικούς λατυποπαγείς ασβεστόλιθους, με λατύπες οφιολίθων και κερατολίθων, γνωστούς ως «φάση θυμιάματος» (Aubouin, 1959), μέχρι το Μαιστρίχτιο-Δάνιο, οπότε αρχίζει ο τυπικός τριτογενής φλύσχη. Στις χαμηλού υψομέτρου περιοχές διακρίνονται αλλουβιακά ριπίδια, εκτεταμένοι κώνοι κορημάτων και κροκαλοπαγή καθώς και άμμοι, ιλύς και άργιλοι Πλειστοκαινικής και Ολοκαινικής Ηλικίας.

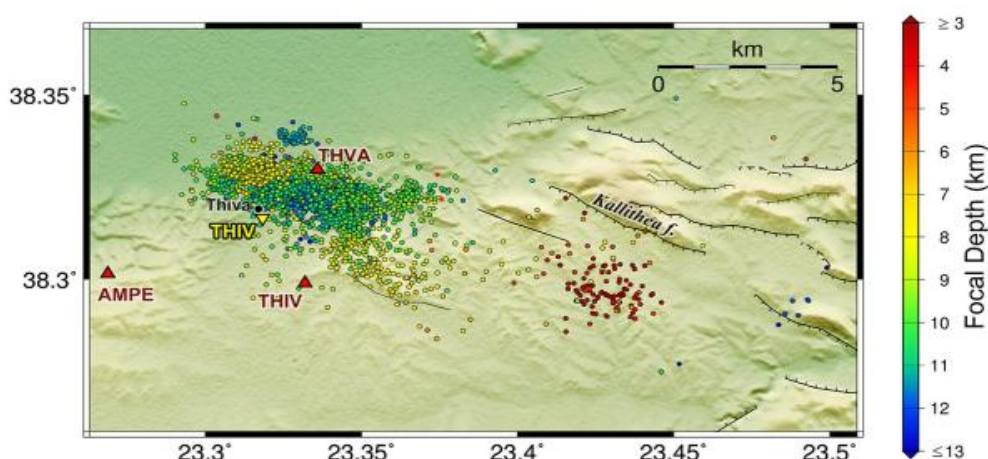
Ο Κορινθιακός Κόλπος είναι μια μεγάλη ρηξιγενής ζώνη. Η βαθιά λεκάνη ιζηματογένεσης του Κορινθιακού Κόλπου άρχισε να δημιουργείται κατά το Μειόκαινο και συνεχίζει και σήμερα να διαστέλλεται και να βυθίζεται. Ένα σύστημα υποθαλάσσιων κανονικών δεξιόστροφων ρηγμάτων με γενική διεύθυνση Α-Δ, είναι υπεύθυνα για το έντονο ανάγλυφο

και τις ανυψώσεις έως και 1000m στην περιοχή της Βόρειας Πελοποννήσου (Droutsos et al., 1992). Τα σημαντικότερα ρήγματα στην περιοχή μελέτης εντοπίζονται στην περιοχή της Λιβαδόστρας με διεύθυνση ΒΒΑ-ΝΝΔ και στην περιοχή του Καπαρελλίου με διεύθυνση ΑΒΑ-ΔΝΔ αντίστοιχα. Πρόκειται για δυο κανονικά ενεργά ρήγματα, η δράση των οποίων είναι υπεύθυνη για τη δημιουργία της παραλίας της Λιβαδόστρας, με διεύρυνση του συγκεκριμένου χώρου και μετέπειτα πλήρωση με Πλειστοκαινικά υλικά.



Εικόνα 4-1. Κυριότερα χερσαία και υποθαλάσσια ρήγματα Κορινθιακού Κόλπου, (Πηγή: Koukouvelas et al., 2008, με ιδία επεξεργασία).

Η ευρύτερη περιοχή ενδιαφέροντος χαρακτηρίζεται ως σημαντικά σεισμογενής. Σημαντικότερα γεγονότα στην πιο πρόσφατη ιστορία σημειώθηκαν το έτος 1853 ($M=6,8$), το έτος 1893 ($M=6,5$), το έτος 1914 ($M=6,3$) και το έτος 1981 με το σεισμό των Αλκυνίδων ($M_{max}=6,7$), που ενεργοποίησε και το ρήγμα του Καπαρελλίου (Hubert et al., 1996). Τέλος, η περιοχή ενεργοποιήθηκε εκ νέου τον Δεκέμβριο του 2020 με σεισμό μεγέθους $M=4,2$ με επίκεντρο 11 km δυτικά της Θήβας, στο ρήγμα της Καλλιθέας. Από τον Νοέμβριο του 2020 έως τον Οκτώβριο του 2021 προσδιορίστηκε σεισμικό σμήνος στην εν λόγω περιοχή από το Εργαστήριο Σεισμολογίας του ΕΚΠΑ, με πλήθος σεισμών μεταξύ $M=3$ και $M=4$ (Kaviris et al., 2022).



Εικόνα 4-2. Σεισμικότητα στην περιοχή της Θήβας 11/2021 – 10/2021, (Πηγή: Kaviris et al., 2022)

4.1.9 Γεωμορφολογία

Γεωμορφολογικά, πρόκειται για μια κυρίως πεδινή-ημιορεινή περιοχή (εξετάζοντας συνολικά την περιοχή του Δήμου Θηβαίων και όχι μεμονωμένα τη λεκάνη της Θήβας) που εκτείνεται ανάμεσα στο όρος Κιθαιρώνας στα ΝΝΑ από τον όρμο της Λιβαδόστρας έως και την περιοχή των Βιλίων με υψόμετρο 1409 m και διεύθυνση Α-Δ, στο όρος Κορομπίλι στα ΔΝΔ με υψόμετρο 842 m και διεύθυνση ΝΔ - ΒΑ με πολύ έντονο ανάγλυφο και απότομες κλιτύες και στο όρος Ελικώνας στα ΔΒΔ, με υψόμετρο 1748 m και διεύθυνση ΔΝΔ - ΑΝΑ, που απλώνεται κατά μήκος των δυτικών ακτών της Βοιωτίας. Η λεκάνη της Θήβας έχει διεύθυνση Α - Δ και μεγάλα τμήματά της καλύπτονται από Μειοκαινικής, Πλειστοκαινικής ηλικίας ιζηματογενή πετρώματα, τα οποία σχηματίστηκαν σε λιμναίο περιβάλλον (Higgins, 1995).

Ο Κορινθιακός κόλπος είναι μια βαθιά και επιμήκης «κλειστή» λεκάνη, διεύθυνσης ΔΒΔ-ΑΝΑ, μήκους 120km και πλάτους 30 km. Το βόρειο τμήμα του Κόλπου παρουσιάζει μεγάλες μεταβολές στο πλάτος του (η διακύμανση είναι μεταξύ 700m και 12km) και συνδέεται με ήπιες κλίσεις της τάξης των 1-2° (Poulos et al., 1996).

Σύμφωνα με την βιβλιογραφική έρευνα αλλά πολύ περισσότερο με την επί του πεδίου παρατήρηση, αναγνωρίστηκαν οι εξής παράκτιες γεωμορφές:

- Αιγιαλοί,

που αποτελούνται κυρίως από αδρομερή ιζήματα (κροκάλων και χαλικιών) αλλά και ανάμεικτων ιζημάτων (κροκάλων και άμμων). Συγκεκριμένα, στην Παραλία Σαράντη, Αλυκή, Άγιο Νικόλαο και Λιβαδόστρα, χαρτογραφήθηκαν κροκαλοαμμώδεις αιγιαλοί και

αιγιαλοί με αδρομερή ιζήματα χαρτογραφήθηκαν σε τμήματα της Παραλίας Σαράντη, Αλυκής, Αγίου Βασιλείου και Λιβαδόστρας.

- *Παράκτιοι κρημνοί (Coastal cliffs),*

χαμηλού ύψους και μικρής εμφάνισης εντοπίστηκαν στην Αλυκή, Άγιο Βασίλειο, Λιβαδόστρα και Άγιο Νικόλαο. Οι παράκτιοι κρημνοί είναι απότομα παράκτια πρηνή (40-90°), που προκύπτουν από τη θαλάσσια διάβρωση (Ευελπίδου, 2020). Στην προκειμένη περίπτωση, οι βραχώδεις κρημνοί που εντοπίστηκαν δομούνται από την ανθρακική πλατφόρμα του Τριαδικού.

- *Παραθαλάσσια τενάγη,*

εντοπίστηκαν στην παραλία Αλυκής και σε μικρές εμφανίσεις στην ακτογραμμή της Λιβαδόστρας.

- *Ακτόλιθοι (beach rocks),*

εντοπίστηκαν σε τμήματα των ακτών Αλυκής και Αγίου Νικολάου. Είναι παράκτιοι ιζηματογενείς σχηματισμοί-κλαστικές παράλιες αποθέσεις που παρουσιάζονται με τη μορφή πάγκων και έχουν συγκολληθεί με ασβεστιτικά-μαγνησιούχα ή αραγωνιτικά ανθρακικά άλατα κοντά στην μεσο-παλιρροιακή ζώνη, συχνά κοντά στη διεπιφάνεια γλυκού-θαλασσινού νερού (Ευελπίδου, 2020). Στην περιοχή ενδιαφέροντος, επικρατούν τα ανθρακικά πετρώματα (ασβεστόλιθοι-δολομίτες), οπότε η σύνθεση των ακτολίθων εκτιμάται ότι είναι κυρίως ανθρακική και η εμφάνισή τους συνδέεται με την υποχώρηση της ακτογραμμής λόγω θαλάσσιας επίκλυσης και τεκτονικής δράσης της ευρύτερης περιοχής του Κορινθιακού.

- *Εξάλοι αναβαθμοί (berms),*

σχηματισμοί που αποτελούνται από άμμους και κροκάλες διαφόρων μεγεθών καθώς και μικρο-θραύσματα της παράκτιας περιοχής. Το υλικό αυτό αποτίθεται στο ανώτερο σημείο της ακτής που μπορεί να φτάσει το ενεργοποιημένο κύμα, σχηματίζοντας έτσι και κατά μήκος της ακτογραμμής μια επιμήκη και τοξοειδή κυρίως αμμώδη ταινία (Ευελπίδου, 2020). Εμφάνιση αναβαθμών εντοπίστηκαν στις παραλίες Αγίου Βασιλείου και Καλαμακίου.

- *Ημισεληνοειδείς αμμώδεις σχηματισμοί (beach cusps),*

ημισεληνοειδείς συγκεντρώσεις ιζήματος στην ακτογραμμή ή λίγο ψηλότερα αυτής και αποτελούνται από ράχες, μεταξύ των οποίων σχηματίζονται κοιλίες. Σχηματίζονται παράλληλα προς την διεύθυνση των κυμάτων (Ευελπίδου, 2020).

Για την αποτύπωση και την εκτίμηση της κατάστασης μιας παράκτιας περιοχής την χρονική περίοδο που διεξάγεται η έρευνα, πρέπει να εξεταστούν οι φυσικοί και οι ανθρωπογενείς παράγοντες που επηρεάζουν τη διαμόρφωση και την εξέλιξη της. Η καταγραφή και η μελέτη των γεωμορφολογικών, γεωλογικών, υδροδυναμικών, κλιματολογικών χαρακτηριστικών αλλά και χαρακτηριστικών ανθρωπογενούς περιβάλλοντος όπως χρήσεις γης, υποδομές, δημογραφικά στοιχεία, ιστορικά-πολιτιστικά-αρχαιολογικά στοιχεία, είναι διαδικασίες απαραίτητες για την ολοκληρωμένη έρευνα των παράκτιων περιοχών προς την εξαγωγή ασφαλέστερων συμπερασμάτων.

Τα υδρογραφικά δίκτυα δενδριτικής μορφής που εκβάλλουν κατά μήκος των παράλιων περιοχών, είναι υπεύθυνα για την άμεση τροφοδοσία τους με ιζήματα. Οι υδρογεωλογικές λεκάνες που σχηματίζονται είναι γενικά μικρής έκτασης, πλην αυτής που σχηματίζεται από τον Λιβαδόστρα ή Στραβοπόταμο χείμαρρο, η οποία ξεπερνά τα 100km² με κλάδους έως και 3^{ης} τάξης κατά Strahler. Στις υδρογεωλογικές αυτές λεκάνες, αναπτύσσονται Νεογενείς σχηματισμοί που περιλαμβάνουν αργίλους, μάργες και ψαμμίτες και κροκαλοπαγή Πλειο-Πλειστοκαινικής ηλικίας που εναλλάσσονται με αργίλους, ψαμμίτες και πηλούς ποταμοχειμάρων αποθέσεων μαζί με θραύσματα τριαδικών ασβεστολίθων.

4.2 Παράκτιες περιοχές μελέτης

Οι παράκτιες περιοχές μελέτης εκτείνονται νότια και νοτιοδυτικά του Δήμου Θηβαίων. Γεωγραφικά και τοπογραφικά, ο Άγιος Βασίλειος είναι η ανατολικότερη ακτή και η πιο κοντινή στην πόλη της Θήβας και με διεύθυνση προς δυτικά ακολουθεί το Καλαμάκι, η Λιβαδόστρα, η Αλυκή, ο Άγιος Νικόλαος και τέλος το Σαράντη, που αποτελεί και το δυτικότερο άκρο του δήμου αλλά και του νομού Βοιωτίας. Όλες οι εν λόγω ακτές βρέχονται από τη θάλασσα του Κορινθιακού κόλπου, με τον Άγιο Νικόλαο και την Αλυκή να βρίσκονται στον Κόλπο της Δομβραϊνας, ο οποίος επικοινωνεί με τον Κορινθιακό.

4.2.1 Παραλία Σαράντη

Ο οικισμός Σαράντη ή Παραλία Σαράντη ή Παραλία, βρίσκεται στο δυτικό άκρο της παράκτιας ζώνης του Δήμου Θηβαίων. Η απόσταση του από την πόλη της Θήβας είναι ~50 km. Αποτελεί ένα στενό όρμο που καταλήγει στον Κορινθιακό Κόλπο. Πρόκειται για μια περιοχή με τουριστικό ενδιαφέρον κατά τους θερινούς μήνες, με επιχειρήσεις εστίασης κατά μήκος της παραλίας καθώς και καταλύματα.

Το μήκος της ακτής της Παραλίας Σαράντη προσεγγίζει το 1 km, αποτελούμενη από κροκαλοαμμώδεις αποθέσεις όλων των κοκκομετρικών διαβαθμίσεων με προοδευτική

μείωση του μεγέθους τους προς την θάλασσα. Το πλάτος της ακτής είναι μεταβαλλόμενο από 4 m έως 10 m, η κλίση της ακτής σε κάποια σημεία ξεπερνά το 1m και η διεύθυνση της ακτής είναι Α – Δ. Χαρακτηριστικές παράκτιες γεωμορφές που παρατηρούνται είναι οι ημισεληνοειδείς αμμόδεις σχηματισμοί (beach cusps).



Εικόνα 4-3. Θέση ακτών μελέτης, ίδια επεξεργασία.

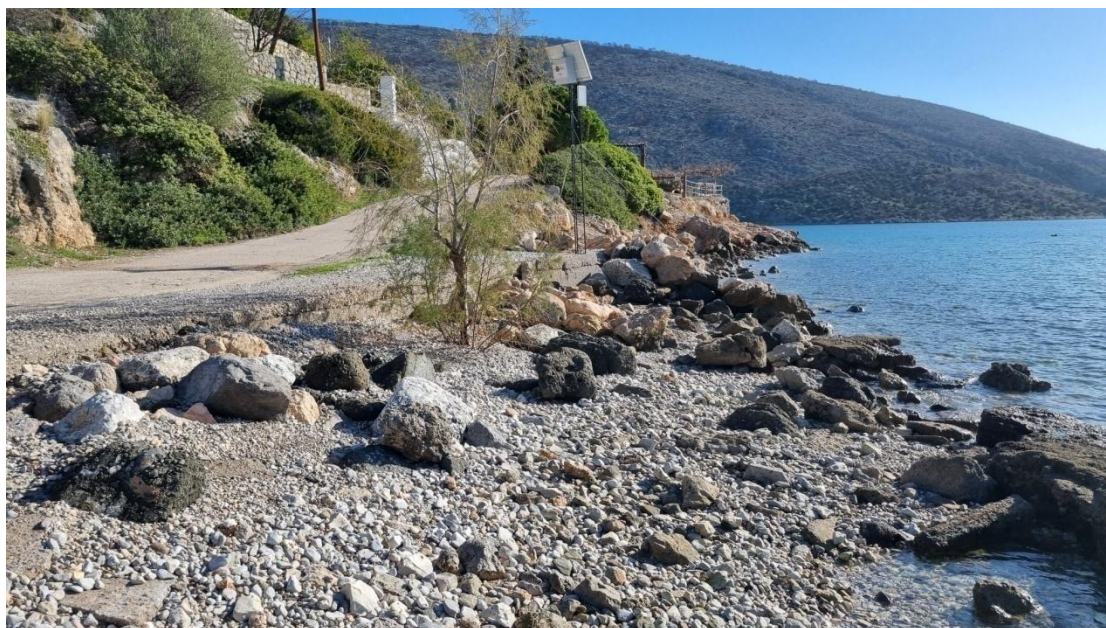


Εικόνα 4-4. Παραλία Σαράντη, ίδια φωτογράφιση με ΣμηΕΑ.



Εικόνα 4-5. Beach cusps στο κεντρικό τμήμα Παραλίας Σαράντη, ίδια φωτογράφιση.

Στα ανατολικά της παράκτιας ζώνης, η ακτογραμμή γίνεται βραχώδης σε ένα τμήμα με μικρή αύξηση του υψομέτρου, όπου έχει κατασκευαστεί και λειτουργεί χώρος εστίασης και στο ανατολικότερο άκρο αυτής, συνεχίζει με κροκαλοαμμώδεις αποθέσεις.



Εικόνα 4-6. Βραχώδες τμήμα Παραλίας Σαράντη, ίδια φωτογράφιση.

Στο ανατολικό τμήμα της ακτογραμμής που ονομάζεται παραλία Σκέρφι, λειτουργεί χώρος οργανωμένης κατασκήνωσης (camping). Μεταξύ οικιών και camping διέρχεται ρέμα το οποίο καταλήγει στη θάλασσα.

Τον Αύγουστο του 2023 εκδηλώθηκε μεγάλης έκτασης πυρκαγιά στην περιοχή της Παραλίας Σαράντη, κατακαίοντας μεγάλη έκταση κυρίως στο βόρειο τμήμα του οικισμού. Ο χώρος της οργανωμένης κατασκήνωσης στην παραλία Σκέρφι καταστράφηκε ολοσχερώς.



Εικόνα 4-7. Τμήμα διακεκαυμένης έκτασης βόρεια του οικισμού Παραλίας Σαράντη, ίδια φωτογράφιση.

Κατά τη διάρκεια της επί τόπου έρευνας στην Παραλία Σαράντη, παρατηρήθηκαν διαβρωτικά φαινόμενα σε μεγάλο μέρος της ακτογραμμής (κυρίως στο δυτικό τμήμα αυτής), που οφείλονται σε μεγάλο βαθμό σε πρόσφατες πλημμύρες. Παρατηρήθηκε καταβύθιση της παραλίας έως και 80 cm από το επίπεδο του εφαπτόμενου δρόμου και φθορές μεγάλων τμημάτων αυτού, εκτεταμένη εμφάνιση του ριζικού συστήματος των δέντρων (αλμυρίκια) της παραλίας, καταστροφές κυρίως περιφράξεων παραλιακών οικιών και μεταφορά υλικών στην ακτογραμμή.



Εικόνα 4-8. Αποψη παραλίας Σκέρφι-Καταστροφή του camping στο ανατολικό τμήμα της ακτογραμμής, φωτογράφιση με ΣμηΕΑ, ίδια φωτογράφιση & επεξεργασία.



Εικόνα 4-9. Φθορές τμήματος της παραλιακής οδού και μεταφορά υλικών στην ακτογραμμή, ίδια φωτογράφιση.



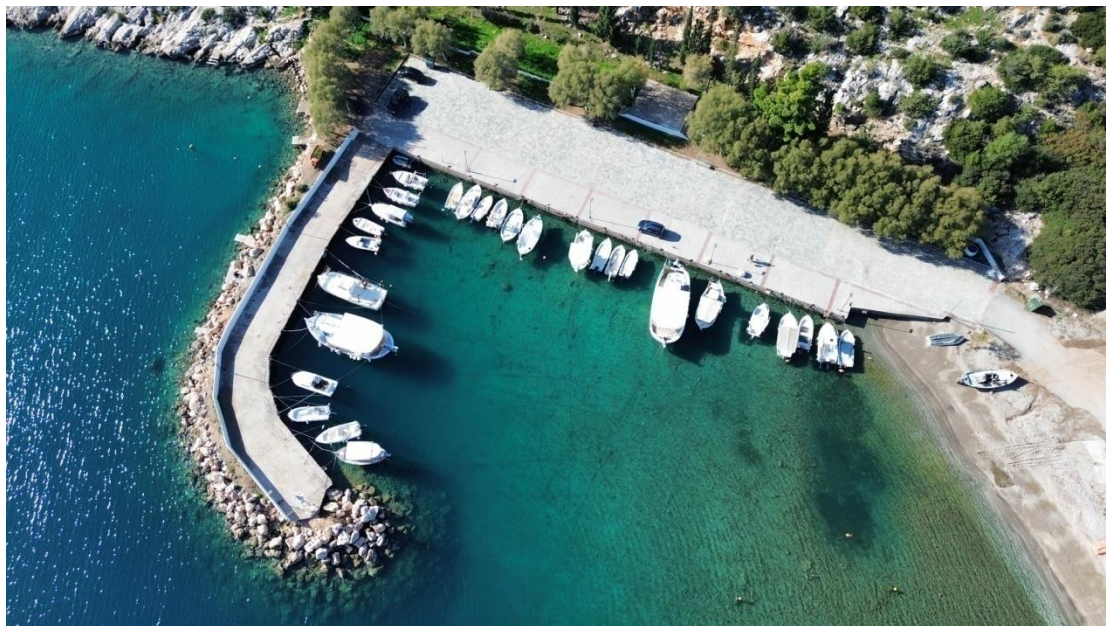
Εικόνα 4-10. Εμφάνιση του ριζικού συστήματος των δέντρων, ίδια φωτογράφιση.



Εικόνα 4-11. Διάβρωση οδοστρώματος από ασύνδετα υλικά, ίδια φωτογράφιση.

Στα δυτικά της παράκτιας ζώνης έχει κατασκευαστεί το αλιευτικό καταφύγιο Παραλίας Σαράντη, με έκταση 740.65 m², στο οποίο μπορούν να ελλιμενιστούν έως και 40 μικρά σκάφη, κυρίως αλιευτικά και αναψυχής, με μήκος έως 15 m (ΕΛΕ, ΕΜΠ, 2021). Τα βάθη εντός της λιμενολεκάνης κυμαίνονται έως και ~5 m, ενώ το συνολικό μήκος των κρηπιδωμάτων είναι ~110 m. Πρόκειται για έναν λιμένα που διαθέτει προσήνεμο μόλο ενισχυμένο με προφυλακτήριο τοίχο οπλισμένου σκυροδέματος με λιθορριπή από φυσικούς ογκόλιθους. Στην απόληξη του μόλου, υπάρχει μεταλλικός φάρος σε λειτουργία και κατά μήκος του λιμένα υπάρχουν κολώνες ηλεκτροφωτισμού, μέσα από τις οποίες είναι δυνατή και η παροχή ρεύματος για τις ανάγκες των ελλιμενισμένων σκαφών (δεν υπάρχουν pillars).

Επίσης παρατηρήθηκε μικρός αριθμός αυτοσχέδιων προσκρουστήρων που διευκολύνουν την πρόσδεση των σκαφών. Ο λιμένας περικλείεται από την παραλία όπου έχει κατασκευαστεί ένα πρόχειρο κεκλιμένο επίπεδο ανέλκυσης-καθέλκυσης σκαφών (ράμπα). Το σκυρόδεμα του λιμένα, τόσο στην αποβάθρα όσο και εσωτερικά του προφυλακτήριου τοίχου έχει υποστεί φθορές.



Εικόνα 4-12. Άποψη Αλιευτικού Καταφυγίου Παραλίας Σαράντη, ίδια φωτογράφιση με ΣμηΕΑ.



Εικόνα 4-13. Φθορές αποβάθρας Λιμένα Παραλίας Σαράντη, ίδια φωτογράφιση.



Εικόνα 4-14. Φθорές προφυλακτήριου τοίχου-εμφάνιση οπλισμού, λιμένας Παραλίας Σαράντη, ίδια φωτογράφιση.

4.2.2 Άγιος Νικόλαος

Ανατολικότερα της Παραλίας Σαράντη, εντός του κόλπου της Δομβραΐνας βρίσκεται ο οικισμός του Αγίου Νικόλαου. Πρόκειται για έναν μικρό παραθαλάσσιο οικισμό με πληθυσμό 63 κατοίκων. Ανήκει στη ΔΕ Θίσβης και βρίσκεται νοτιοδυτικά της κοντινής κομόπολης Δομβραΐνα. (ΕΛΣΤΑΤ, Στοιχεία απογραφής 2011).

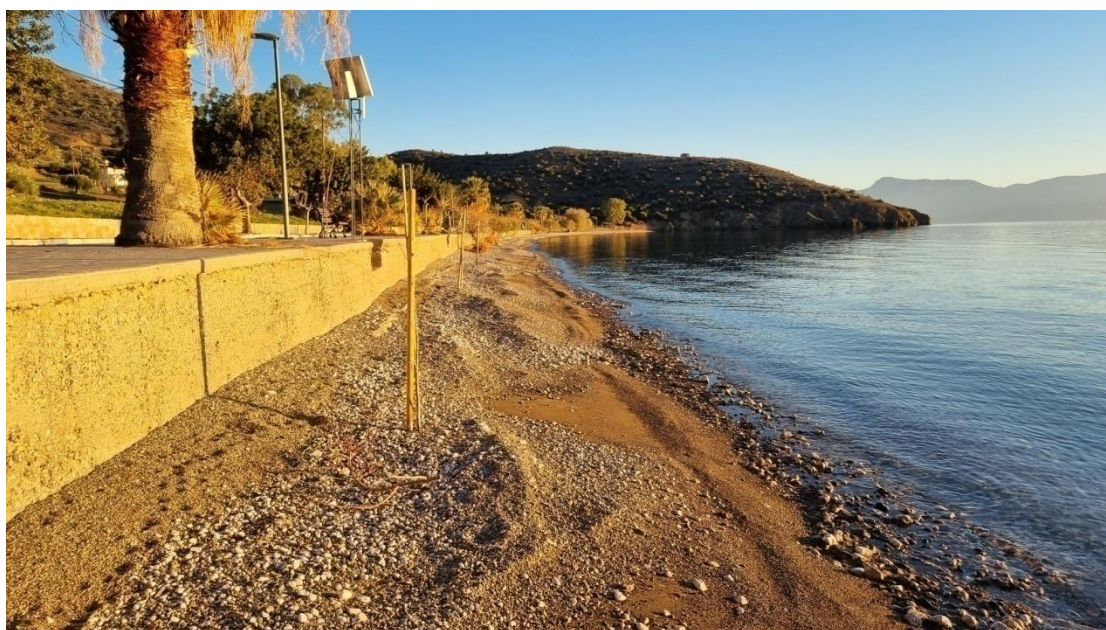


Εικόνα 4-15. Αποψη παραλίας Αγίου Νικολάου Βοιωτίας, ίδια φωτογράφιση με ΣμηΕΑ.

Η περιοχή έχει τουριστικό ενδιαφέρον κατά τους θερινούς μήνες, καθώς βρίσκεται σε πολύ κοντινή απόσταση από την Αλυκή που αποτελεί τουριστικό θέρετρο. Στην περιοχή εντοπίζονται καταστήματα εστίασης αλλά όχι καταλύματα.

Το μήκος της ακτής είναι ~1 km και αποτελείται κυρίως από αποθέσεις κροκάλων-άμμου διάφορων κοκκομετρικών διαβαθμίσεων. Η κλίση της ακτής προσεγγίζει τα 50 cm ενώ υπάρχει σημαντική υψομετρική διαφορά μεταξύ παραλίας και παραλιακού δρόμου (≥ 1 m). Η διεύθυνση της ακτής είναι ΒΔ-ΝΑ ενώ το πλάτος της παραλίας είναι μικρό ~4 m.

Χαρακτηριστικές παράκτιες γεωμορφές που παρατηρούνται είναι οι ημισελήνοειδείς αμμώδεις σχηματισμοί (beach cusps) κατά μήκος της ακτογραμμής και οι παράκτιοι κρημνοί στο βρειότερο και νοτιότερο άκρο αυτής.



Εικόνα 4-16. Τμήμα ακτογραμμής Αγίου Νικολάου, ίδια φωτογράφιση.

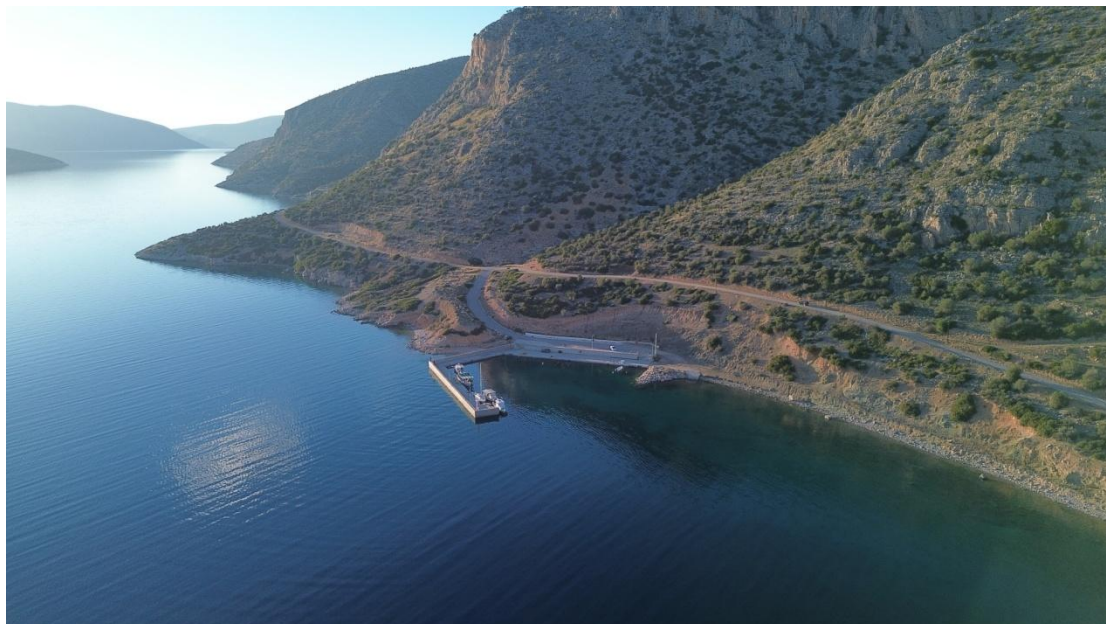
Παραλία και παραλιακός δρόμος διαχωρίζονται με κατακόρυφο τοίχο από οπλισμένο σκυρόδεμα ύψους ~ 1m, ο οποίος έχει υποστεί σημαντικές φθορές σε όλο το μήκος του, με τον οπλισμό να είναι εμφανής σε πολλά σημεία.

Στο βόρειο τμήμα της ακτής βρίσκεται ο λιμένας του Αγίου Νικολάου, ο οποίος είναι και ο μόνος από τους λιμένες που εξετάζονται με αδειοδοτημένη λιμενική υποδομή. Έχει έκταση 1029.75 m² και αποτελείται από προσήνεμο και υπήνεμο μόλο. Ο προσήνεμος μόλος διαθέτει προφυλακτήριο τοίχο από οπλισμένο σκυρόδεμα, χωρίς θωράκιση, ενώ ο υπήνεμος μόλος διαθέτει θωράκιση (ΕΛΕ, ΕΜΠ, 2021). Διαθέτει χώρο στάθμευσης με διαγράμμιση, ο οποίος διαχωρίζεται με κιγκλιδώματα από το επίπεδο του λιμένα και είναι κατασκευασμένος από

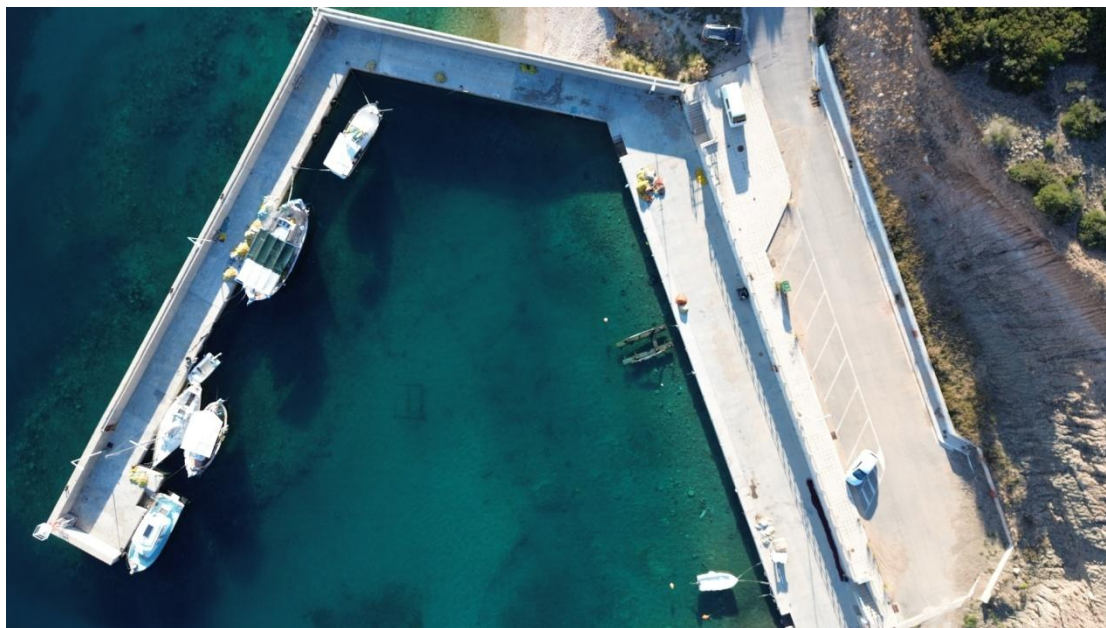
άσφαλτο. Επίσης διαθέτει υποδοχή φωτισμού, παροχή ηλεκτρικού ρεύματος και φάρο στην απόληξη του προβλήτα.



Εικόνα 4-17. Φθορές διαχωριστικού τοίχου παραλιακής οδού-ακτή, ίδια φωτογράφιση.



Εικόνα 4-18. Λιμένας Αγίου Νικολάου, ίδια φωτογράφιση με ΣμηΕΑ.



Εικόνα 4-19. Κάτοψη λιμένα Αγίου Νικολάου, ίδια φωτογράφιση με ΣμηΕΑ.



Εικόνα 4-20. Προβλήτας Λιμένα Αγίου Νικολάου, ίδια φωτογράφιση.

4.2.3 Αλυκή

Σε απόσταση μόλις 2 km ανατολικότερα του Αγίου Νικολάου, στον κόλπο της Δομβραίνης, βρίσκεται ο οικισμός Αλυκή σε απόσταση ~ 27 km από την πόλη της Θήβας. Ανήκει στην δημοτική ενότητα Θίσβης με πληθυσμό 279 κατοίκους (ΕΛΣΤΑΤ, Στοιχεία απογραφής 2011). Πρόκειται για τουριστικό θέρετρο, με μονάδες καταλυμάτων και καταστήματα εστίασης κατά μήκος της ακτογραμμής.



Εικόνα 4-21. Αλυκή Βοιωτίας, ιδία φωτογράφιση με ΣμηΕΑ.

Το μήκος της ακτής της Αλυκής προσεγγίζει τα 2 km, αποτελούμενη κυρίως από αμμόδεις και σε κάποια σημεία κροκαλοαμμόδεις αποθέσεις όλων των κοκκομετρικών διαβαθμίσεων. Η κλίση της ακτής γενικά είναι μικρή έως 50 cm και η διεύθυνση της ακτής είναι Β – Ν.

Παρατηρήθηκαν χαρακτηριστικές γεωμορφές και συγκεκριμένα η ύπαρξη αλυκής στο βόρειο τμήμα της ακτής και οι πάγκοι ακτολίθων στο κεντρικό και νότιο τμήμα της.

Η αλυκή της περιοχής είναι μια παράκτια μικρού βάθους και φυσικά διαμορφωμένη έκτασης περίπου 63000 m² (τρέχουσα μέτρηση), στην οποία διοχετεύεται θαλασσινό νερό και κατά τους θερινούς μήνες, με την αύξηση της θερμοκρασίας σε συνδυασμό με αυξημένο αιολικό δυναμικό, σχηματίζεται άλας. Από την επί τόπου παρατήρηση της στρωματογραφίας του χαμηλού υψώματος που συνορεύει με την αλυκή, όπου εντοπίστηκε φλύσχος με ψαμμίτες, μάργες και αργίλους, εκτιμάται και η αργιλική σύσταση του πυθμένα της αλυκής που τον καθιστά υδατοστεγή. Η λιμνοθάλασσα που έχει σχηματιστεί αποτελεί υδροβιότοπο και βρίσκεται στο μεταναστευτικό δρόμο του Κορινθιακού κόλπου, ιδιαίτερα σημαντικό για είδη αποδημητικών πτηνών.



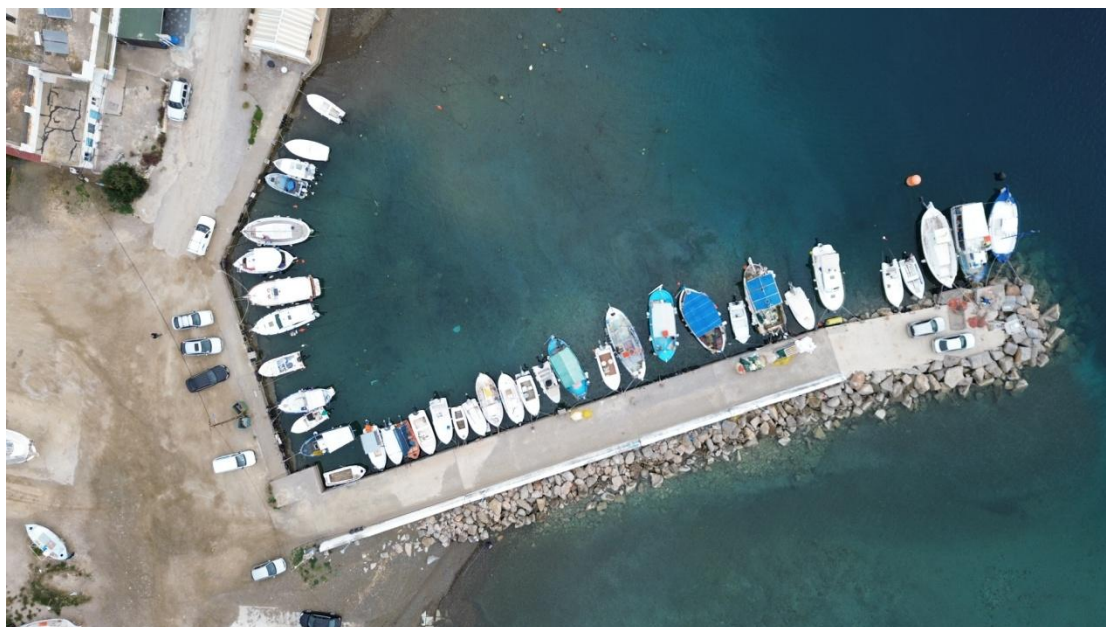
Εικόνα 4-22. Σχηματισμός αλγκής στο βόρειο τμήμα της ακτογραμμής, ιδία φωτογράφιση με ΣμηΕΑ.



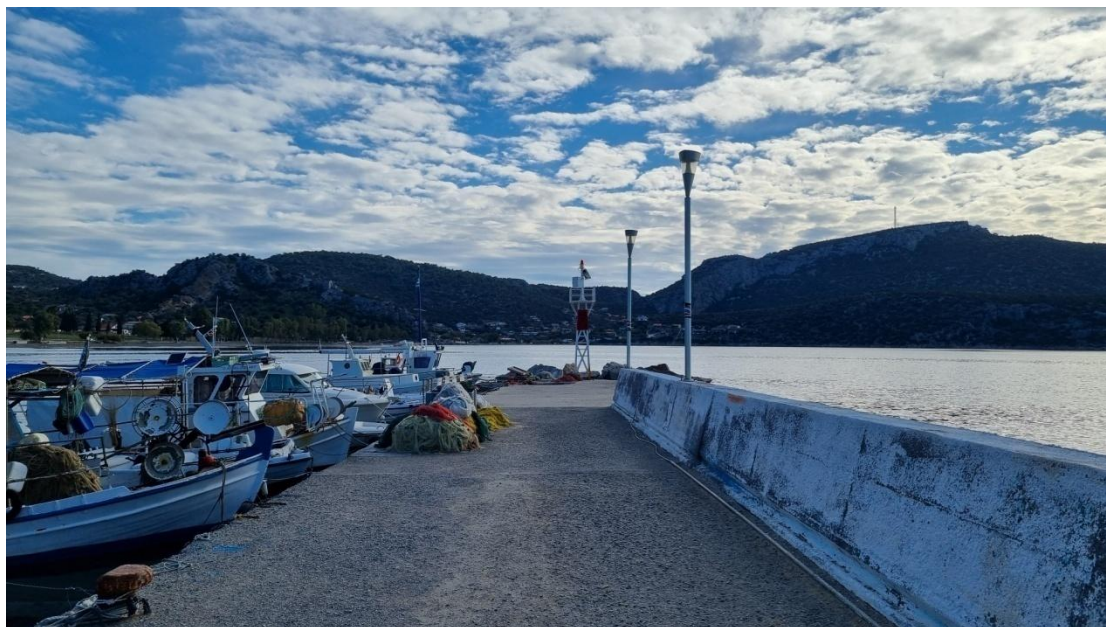
Εικόνα 4-23. Πάγκοι ακτόλιθων στο κεντρικό και νότιο τμήμα της ακτογραμμής, ιδία φωτογράφιση.

Στο κεντρικό τμήμα της παράκτιας ζώνης έχει κατασκευαστεί αλιευτικό καταφύγιο, με έκταση 2250 m², στο οποίο μπορούν να ελλιμενιστούν έως και 45 μικρά σκάφη (αλιευτικά-αναψυχής). Πρόκειται για έναν λιμένα έχοντας προσήνεμο μόλο ενισχυμένο με προφυλακτήριο τοίχο οπλισμένου σκυροδέματος με λιθορριπή από φυσικούς ογκόλιθους (ΕΛΕ, ΕΜΠ, 2021). Στην απόληξη του μόλου, υπάρχει φάρος σε λειτουργία και κατά μήκος του λιμένα υπάρχουν κολώνες ηλεκτροφωτισμού, μέσα από τις οποίες είναι δυνατή και η

παροχή ρεύματος για τις ανάγκες των ελλιμενισμένων σκαφών (δεν υπάρχουν pillars). Στο βόρειο τμήμα του λιμένα έχει κατασκευαστεί κεκλιμένο επίπεδο ανέλκυσης-καθέλκυσης σκαφών (ράμπα). Το σκυρόδεμα του λιμένα, τόσο στην αποβάθρα όσο και εσωτερικά του προφυλακτήριου τοίχου έχει υποστεί φθορές.



Εικόνα 4-24. Κάτοψη αλιευτικού καταφυγίου Αλυκής, ίδια φωτογράφιση με ΣμηΕΑ.



Εικόνα 4-25. Προβλήτας αλιευτικού καταφυγίου Αλυκής, ίδια φωτογράφιση.



Εικόνα 4-26. Ενίσχυση προφυλακτήριου τοίχου με φυσικούς ογκόλιθους, ίδια φωτογράφιση.



Εικόνα 4-27. Τείχη ακρόπολης αρχαίας πόλης Τίφα ή Σίφα, ίδια φωτογράφιση με ΣμηΕΑ.

Τέλος, η περιοχή της Αλυκής έχει σημαντικό αρχαιολογικό ενδιαφέρον. Σύμφωνα με τον Πausanias, η περιοχή κατοικείται από τον 2ο μ.Χ. αιώνα. Από τα χρόνια εκείνα υπήρχε στην περιοχή της Αλυκής μικρή πόλη που ονομάζονταν Τίφα ή Σίφα, η οποία αποτελούσε το

επίγειο των Θεσπιών και γνώρισε μακρά περίοδο ακμής, αναπτύσσοντας την ναυτική τέχνη (<https://el.wikipedia.org/>). Τμήματα της οχύρωσης της ακρόπολης της αρχαίας αυτής πόλης, σώζονται έως σήμερα.

4.2.4 Λιβαδόστρα

Η Παραλία Λιβαδόστρας βρίσκεται στα βορειοανατολικά παράλια του Κορινθιακού Κόλπου, στο άκρο μιας στενής κοιλάδας που οριοθετείται από τις πλαγιές του όρους Κιθαιρώνα στα ανατολικά και τις απότομες πλαγιές του όρους Κορομπίλι στα δυτικά. Ανήκει στη Δημοτική Ενότητα Πλαταιών με πληθυσμό 72 κατοίκους (ΕΛΣΤΑΤ, Στοιχεία απογραφής, 2011) και απέχει ~30 km από την πόλη της Θήβας.



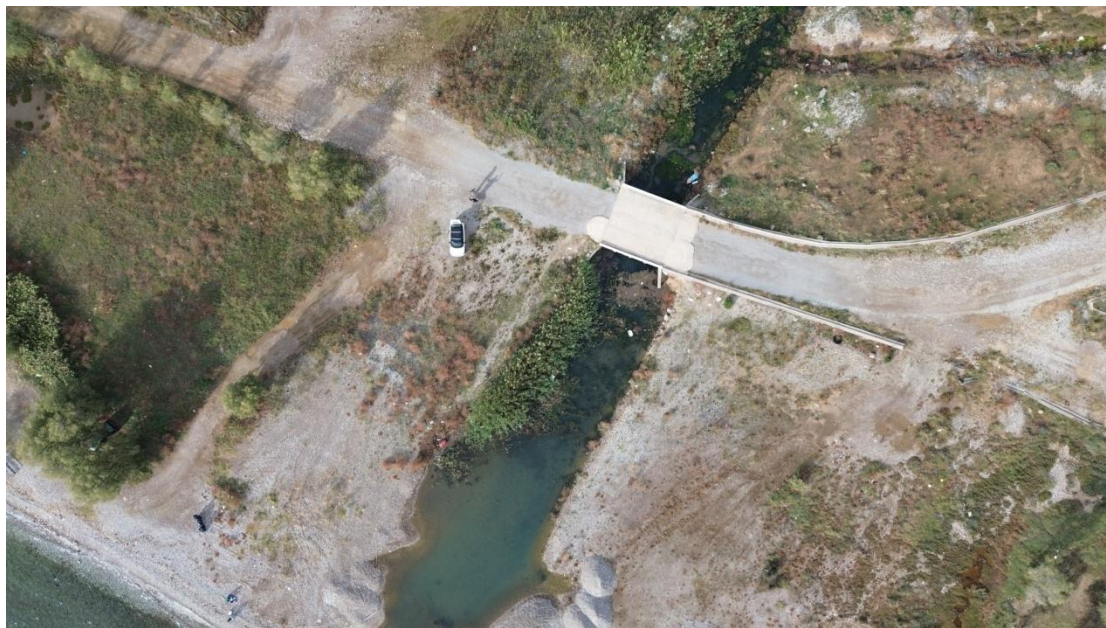
Εικόνα 4-28. Παραλία Λιβαδόστρας Βοιωτίας, ίδια φωτογράφιση.

Είναι μια περιοχή με σημαντική επισκεψιμότητα κατά τους θερινούς μήνες, με ελάχιστες όμως επιχειρήσεις εστίασης. Καταλύματα δεν αναφέρονται.

Το μήκος της ακτής της Λιβαδόστρας προσεγγίζει το ~1 km, αποτελούμενη από κροκαλοαμμώδεις αποθέσεις όλων των κοκκομετρικών διαβαθμίσεων με προοδευτική μείωση του μεγέθους τους προς την θάλασσα. Η κλίση της ακτής είναι ομαλή (έως 50 cm σχεδόν σε όλο το μήκος της ακτογραμμής) με σημαντικό πλάτος, που σε κάποια σημεία ξεπερνά τα 15 m. Η διεύθυνση της ακτής είναι ΔΒΔ-ΑΝΑ.

Το σημαντικότερο γεωμορφολογικό χαρακτηριστικό είναι η εκβολή του χείμαρρου Λιβαδόστρα ή Στραβοπόταμου ή Ωερόη στην ανατολικό τμήμα της ακτής, οποίος

σχηματίζεται μέσα από ένα πολύπλοκο υδρογραφικό δίκτυο και τροφοδοτείται κυρίως από τις ανατολικές πλαγιές του όρους Κιθαιρώνα και τις βορειοδυτικές ακτές του όρους Κορομπίλι. Το πλάτος του χείμαρρου διπλασιάζεται λίγο πριν την εκβολή του, όπου παρατηρούνται παρεμβάσεις με επιχώσεις, ελέγχοντας τη διατομή της επικοινωνίας με τη θάλασσα.



Εικόνα 4-29. Εκβολή του χείμαρρου Λιβαδόστρα, ίδια φωτογράφιση με ΣμηΕΑ.



Εικόνα 4-30. Εκβολή του χείμαρρου Λιβαδόστρα, ίδια φωτογράφιση.

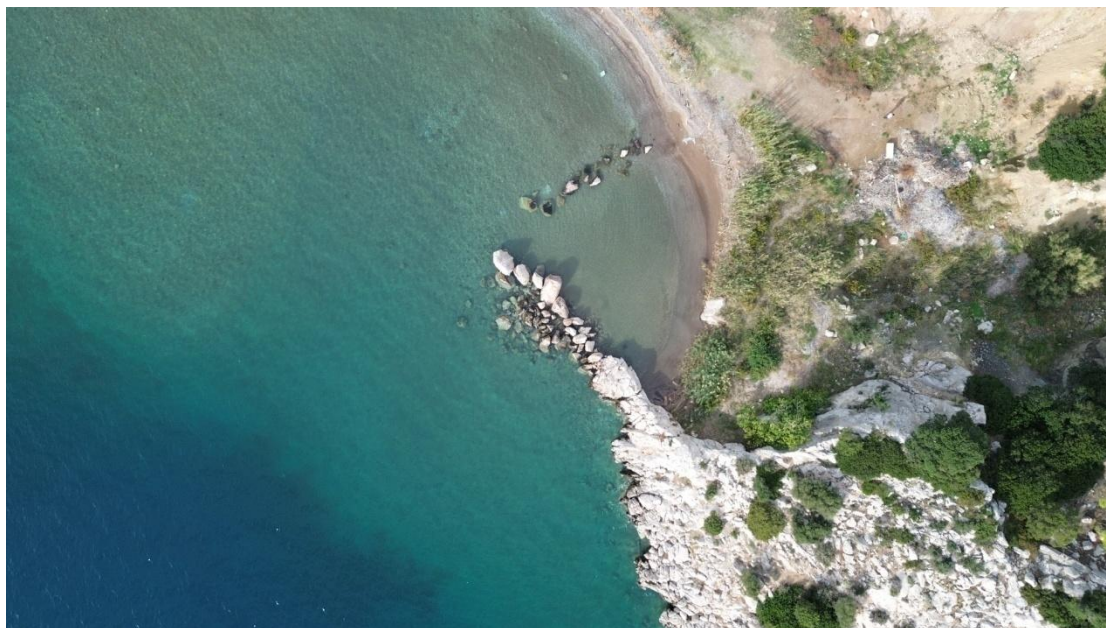
Πολλές εκτάσεις, κυρίως στο βορειοδυτικό τμήμα του οικισμού είναι ελώδεις, γεγονός που μαρτυρά τροφοδοσία από εκφορτίσεις (πηγές) σε επαφές στρωμάτων αλλά και από συγκέντρωση υδάτων λόγω απορροής, εκτιμώντας τις μεγάλες κλίσεις των πλαγιών του όρους Κορομπιλίου.



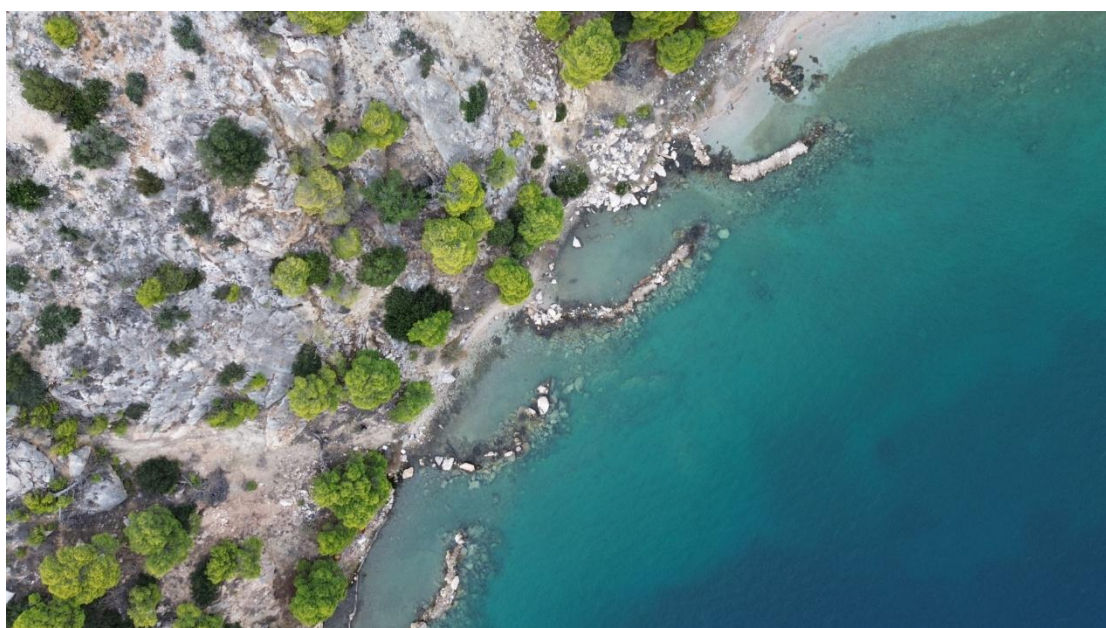
Εικόνα 4-31. Ελώδεις περιοχές στο βορειοδυτικό τμήμα του οικισμού Λιβαδόστρας, ίδια φωτογράφιση.

Στην ακτή της Λιβαδόστρας δεν έχει κατασκευαστεί λιμένας. Ωστόσο, στο ανατολικό άκρο παρατηρείται η ύπαρξη δυο προβόλων κάθετων μεταξύ τους από φυσικούς ογκολίθους, που πιθανότατα στο παρελθόν χρησιμοποιήθηκαν για το σχηματισμό προστατευμένης από τους κυματισμούς περιοχής για τον ελλιμενισμό μικρών σκαφών. Κατά την περίοδο της Τουρκοκρατίας υπάρχει αναφορά ότι η περιοχή της Λιβαδόστρας διέθετε λιμάνι (<https://el.wikipedia.org/>).

Επίσης, στο δυτικό άκρο της ακτογραμμής παρατηρείται ένα σύστημα τεσσάρων προβόλων εν σειρά από φυσικούς ογκολίθους, οι οποίοι πιθανότατα χρησιμοποιήθηκαν κατά το παρελθόν για προστασία της ακτής από τους κυματισμούς ώστε να διευκολυνθεί ο ελλιμενισμός μικρών σκαφών ή χρησιμοποιούνται ακόμη και τώρα για να εξυπηρετούν σκάφη κατοίκων.



Εικόνα 4-32. Πρόβολοι στο ανατολικό άκρο της ακτής, ίδια φωτογράφιση με ΣμηΕΑ.



Εικόνα 4-33. Σύστημα προβόλων στο δυτικό άκρο της ακτογραμμής, ίδια φωτογράφιση με ΣμηΕΑ.

Η περιοχή της Λιβαδόστρας έχει σημαντικό αρχαιολογικό ενδιαφέρον. Υπάρχουν αναφορές ότι η περιοχή αποτέλεσε νεώριο για ναυπήγηση πολεμικών πλοίων (τριήρεις) από τον Επαμεινώνδα, με σκοπό την κατάκτηση των θαλάσσιων οδών του Ιόνιου πελάγους μετά την Μάχη των Λευκτρών το 371 π.Χ. Το αρχαίο όνομα της Λιβαδόστρας κατά τον Στράβωνα ήταν Κρέουσα, με πληθυσμό σε περίοδο ακμής που ξεπερνούσε τους 3.000 κατοίκους. Στα

δυτικά του οικισμού, στην ακρόπολη της Κρευσίδος, διασώζεται σε καλή κατάσταση οχυρωματικό τείχος μήκους 300 m, μαζί με πύργους του 4^{ου} αιώνα π.Χ. Επίσης, στα ανατολικά του οικισμού, στο λόφο Σίζι, διασώζονται τμήματα μεσαιωνικού πύργου 14^{ου} αιώνα (<https://el.wikipedia.org/>).



Εικόνα 4-34. Οχυρωματικό τείχος ακρόπολης Κρευσίδος, ίδια φωτογράφιση.



Εικόνα 4-35. Μεσαιωνικός πύργος 14^{ου} αιώνα στο λόφο Σίζι ανατολικά του οικισμού Λιβαδόστρας, ίδια φωτογράφιση.

4.2.5 Καλαμάκι

Το Καλαμάκι είναι ένας μικρός παραθαλάσσιος οικισμός με πληθυσμό μόλις 7 κατοίκους (ΕΛΣΤΑΤ, Στοιχεία απογραφής 2011). Βρίσκεται 28 km ΝΔ της πόλης της Θήβας αμέσως μετά τον Άγιο Βασίλειο στα δυτικά. Υπάγεται στην Δημοτική Ενότητα Πλαταιών και απέχει 11 km ΝΔ από το Καπαρέλλι που αποτελεί την έδρα της ενότητας αυτής.



Εικόνα 4-36. Τμήμα ακτής Καλαμακίου Βοιωτίας, ίδια φωτογράφιση.

Πρόκειται για μια περιοχή χωρίς σημαντικό τουριστικό ενδιαφέρον στην οποία δεν υπάρχουν καταστήματα εστίασης ή καταλύματα παρά μόνο κάποιες λίγες οικίες κατά μήκος του παραλιακού μετώπου. Η πρόσβαση επίσης δεν είναι εύκολη καθώς σε ένα τμήμα (~2 km) της σύνδεσης Καλαμακίου με την επαρχιακή οδό Αγίου Βασιλείου-Καπαρελλίου, δεν έχει γίνει ασφαλτόστρωση, με αποτέλεσμα ο δρόμος λόγω της σημαντικής κλίσης και των φθορών που έχει υποστεί να είναι επικίνδυνος. Το μήκος της ακτογραμμής προσεγγίζει τα ~300 m, έχει διεύθυνση ΝΑ - ΒΔ και αποτελείται κυρίως από αποθέσεις κροκάλων - άμμου διάφορων κοκκομετρικών διαβαθμίσεων. Η κλίση της ακτής προσεγγίζει σε κάποια σημεία το 1 m και μεταξύ παραλίας και παραλιακής οδού έχει κατασκευαστεί κατακόρυφο τοίχιο από σκυρόδεμα, με ύψος 50 cm, το οποίο σχεδόν σε όλο το μήκος του έχει υποστεί φθορές. Χαρακτηριστική γεωμορφή που παρατηρείται κατά μήκος της ακτής είναι η εμφάνιση έξαλου αναβαθμού (berm).



Εικόνα 4-37. Κλίση ακτής Καλαμακίου Βοιωτίας, ίδια φωτογράφιση.



Εικόνα 4-38. Φθорές τοίχου και υποσκαφή αντιστήριξης οδού, ίδια φωτογράφιση.

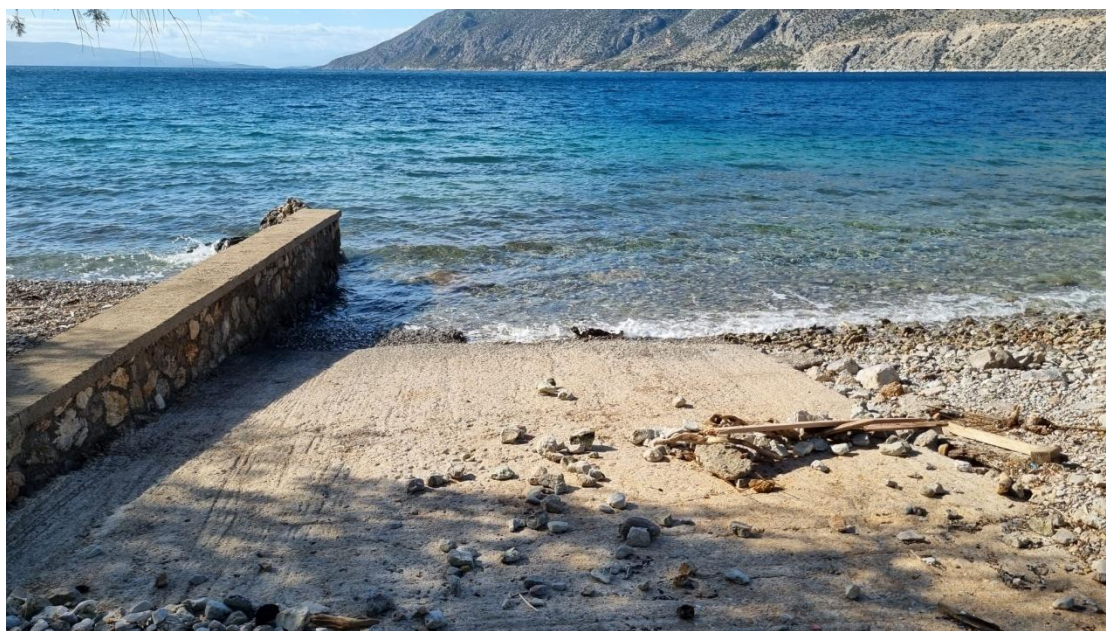
Στο ανατολικότερο άκρο της ακτής εντοπίστηκε ύπαρξη εκφόρτισης-πηγής, σε επαφή υπερκείμενου αβεστολίθου και υποκείμενου αδιαπέρατου υποβάθρου.

Στην ακτή του Καλαμακίου Βοιωτίας δεν υπάρχει λιμένας ή άλλα λιμενικά έργα, παρά μόνο ένας κάθετος προς την ακτογραμμή πρόβολος από σκυρόδεμα, μήκους ~5 m, στο ανατολικό

τμήμα της ακτής και εφαιπτόμενα σε αυτόν ένα κεκλιμένο επίπεδο ανέλκυσης-καθέλκυσης σκαφών (ράμπα), στο οποίο εντοπίστηκαν εκτεταμένες φθορές.



Εικόνα 4-39. Εκφόρτιση-πηγή στο ανατολικότερο άκρο της ακτής, ίδια φωτογράφιση.



Εικόνα 4-40. Πρόβολος και κεκλιμένο επίπεδο ανέλκυσης-καθέλκυσης σκαφών στο ανατολικό τμήμα της ακτής, ίδια φωτογράφιση.



Εικόνα 4-41. Φθορές κεκλιμένου επίπεδου ανέλκυσης-καθέλκυσης σκαφών στο ανατολικό τμήμα της ακτής, ίδια φωτογράφιση.

4.2.6 Άγιος Βασίλειος

Ο Άγιος Βασίλειος είναι παραθαλάσσιος οικισμός και βρίσκεται 27 km ΝΔ της πόλης της Θήβας και 14 km από το χωριό Καπαρέλλι . Υπάγεται στην ΔΕ Πλαταιών και βρίσκεται στα όρια του Νομού Βοιωτίας και Αττικής στα νότια.



Εικόνα 4-42. Άγιος Βασίλειος Βοιωτίας, ίδια φωτογράφιση.

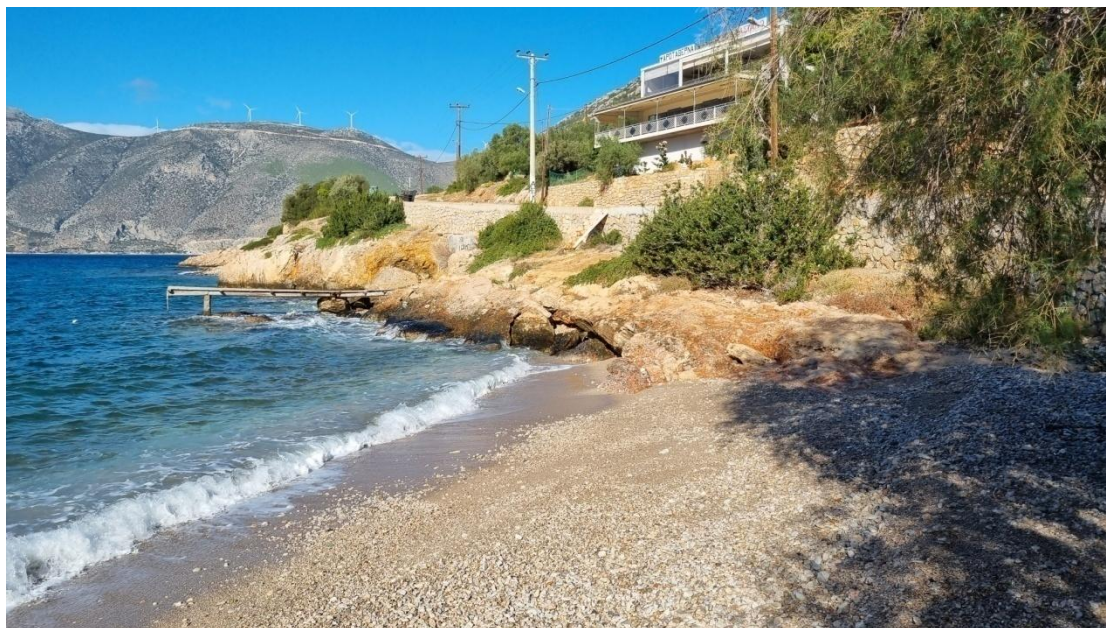
Πρόκειται για μια περιοχή με τουριστικό ενδιαφέρον λόγω της εγγύτητά της με τη Θήβα αλλά και με άλλες τουριστικές και παραθεριστικές περιοχές του Νομού Αττικής (π.χ Πόρτο Γερμενό). Για τον λόγο αυτό υπάρχουν καταστήματα εστίασης και καταλύματα. Το μήκος της ακτογραμμής προσεγγίζει τα ~400 m και αποτελείται κυρίως από αποθέσεις κροκάλων, άμμου και χαλικιών διάφορων κοκκομετρικών διαβαθμίσεων με γενική διεύθυνση Β-Ν. Η κλίση της ακτής προσεγγίζει τα 50 έως 70 cm σε κάποια σημεία και το πλάτος είναι μεταβαλλόμενο από 1 m στο νότιο τμήμα της ακτογραμμής έως και 10 m βορειότερα. Η υψομετρική διαφορά από την παραλιακή οδό προσεγγίζει το ~1,5 m και έχει κατασκευαστεί κατακόρυφος ανακλαστικός τοίχος αντιστήριξης από οπλισμένο σκυρόδεμα και ανοίγματα με σκαλοπάτια για την διευκόλυνση της πρόσβασης στην ακτή. Σε συγκεκριμένες θέσεις, ο τοίχος έχει πέτρινη επένδυση.

Χαρακτηριστική γεωμορφή που παρατηρείται κατά μήκος της ακτής είναι η εμφάνιση έξαλου αναβαθμού (berm).



Εικόνα 4-43. Παραλία Αγίου Βασιλείου Βοιωτίας, ίδια φωτογράφιση.

Στο βορειότερο τμήμα, η ακτή μεταβαίνει σε βραχώδη ορίζοντα με αύξηση του υψομέτρου, στο οποίο έχει κατασκευαστεί μικρός ξύλινος προβλήτας που εξυπηρετεί τους λουόμενους αλλά και την πρόσδεση ενός μικρού σκάφους.



Εικόνα 4-44. Μικρός ξύλινος προβλήτας στο βορειότερο τμήμα της ακτογραμμής Αγίου Βασιλείου, ίδια φωτογράφιση.

Κατά τη διάρκεια της επί τόπου έρευνας στην περιοχή του Αγίου Βασιλείου, παρατηρήθηκε εκτεταμένη διάβρωση σε μεγάλο μέρος της ακτογραμμής, τόσο στον τοίχο μεταξύ παραλίας και παραλιακής οδού όσο και σε τμήματα της ακτογραμμής, που οφείλονται κυρίως στην κυματική ενέργεια και στα πλημμυρικά φαινόμενα.



Εικόνα 4-45. Φθορές στον κατακόρυφο τοίχο κατά μήκος της ακτογραμμής, ίδια φωτογράφιση.



Εικόνα 4-46. Διάβρωση τμήματος της ακτογραμμής Αγίου Βασιλείου, ίδια φωτογράφιση.

Διάβρωση επίσης εντοπίστηκε και στο νότιο τμήμα της ακτογραμμής, πριν τον προβλήτα του λιμένα, με κατάρρευση κατασκευών και μεταφορά υλικών στην ακτογραμμή και παράσυρση αυτών στην θάλασσα. Να σημειωθεί ότι στο σημείο αυτό της παραλίας, εντοπίστηκε πλήθος εκφορτίσεων (πηγές), λόγω της επαφής των υπερκείμενων ασβεστόλιθων με το υποκείμενο αδιαπέρατο υπόβαθρο.

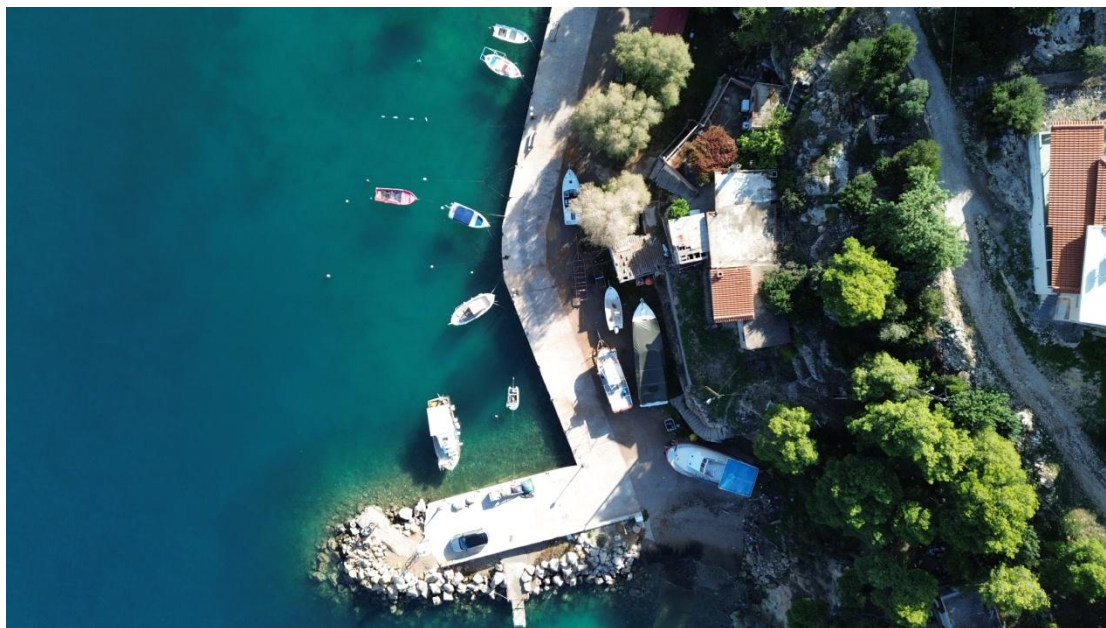


Εικόνα 4-47. Φθορές σε κατασκευές στο νότιο τμήμα της ακτογραμμής Αγίου Βασιλείου, ίδια φωτογράφιση.



Εικόνα 4-48. Εντοπισμός πηγών στο νότιο τμήμα της ακτογραμμής Αγίου Βασιλείου, ίδια φωτογράφιση.

Στο νοτιότερο άκρο της παράκτιας ζώνης έχει κατασκευαστεί λιμένας του Αγίου Βασιλείου, με έκταση 646.54 m^2 , που εξυπηρετεί μικρά αλιευτικά σκάφη και σκάφη αναψυχής. Πρόκειται για ένα αλιευτικό καταφύγιο που διαθέτει προσήνεμο μόλο ενισχυμένο με προφυλακτήριο τοίχο ενισχυμένο με φυσικούς ογκόλιθους (ΕΛΕ, ΕΜΠ, 2021). Στην απόληξη του μόλου, υπάρχει φάρος σε λειτουργία και κατά μήκος του λιμένα υπάρχουν κολώνες ηλεκτροφωτισμού, μέσα από τις οποίες είναι δυνατή και η παροχή ρεύματος για τις ανάγκες των ελλιμενισμένων σκαφών (δεν υπάρχουν pillars). Ο χώρος του λιμένα εκτείνεται εις μήκος και επί της ουσίας δεν διαχωρίζεται από την παραλιακή οδό του οικισμού και δεν υπάρχει σαφής διαχωρισμός από την λιμενολεκάνη. Στην περιοχή της θωράκισης, έχει κατασκευαστεί ξύλινος βατήρας για τους λουόμενους ενώ εμφανείς είναι οι φθορές στον οπλισμό, όπου έχουν γίνει ενέργειες συντήρησης μικρής κλίμακας αυτού. Επίσης ο λιμένας διαθέτει κεκλιμένο επίπεδο ανέλκυσης-καθέλκυσης σκαφών (ράμπα).



Εικόνα 4-49. Λιμένας Αγίου Βασιλείου, ίδια φωτογράφιση με ΣμηΕΑ.



Εικόνα 4-50. Λιθορριπή φυσικών ογκολίθων και προφυλακτήριος τοίχος λιμένα Αγίου Βασιλείου, ίδια φωτογράφιση.



Εικόνα 4-51. Προβλήτας λιμένα Αγίου Βασιλείου, ίδια φωτογράφιση.



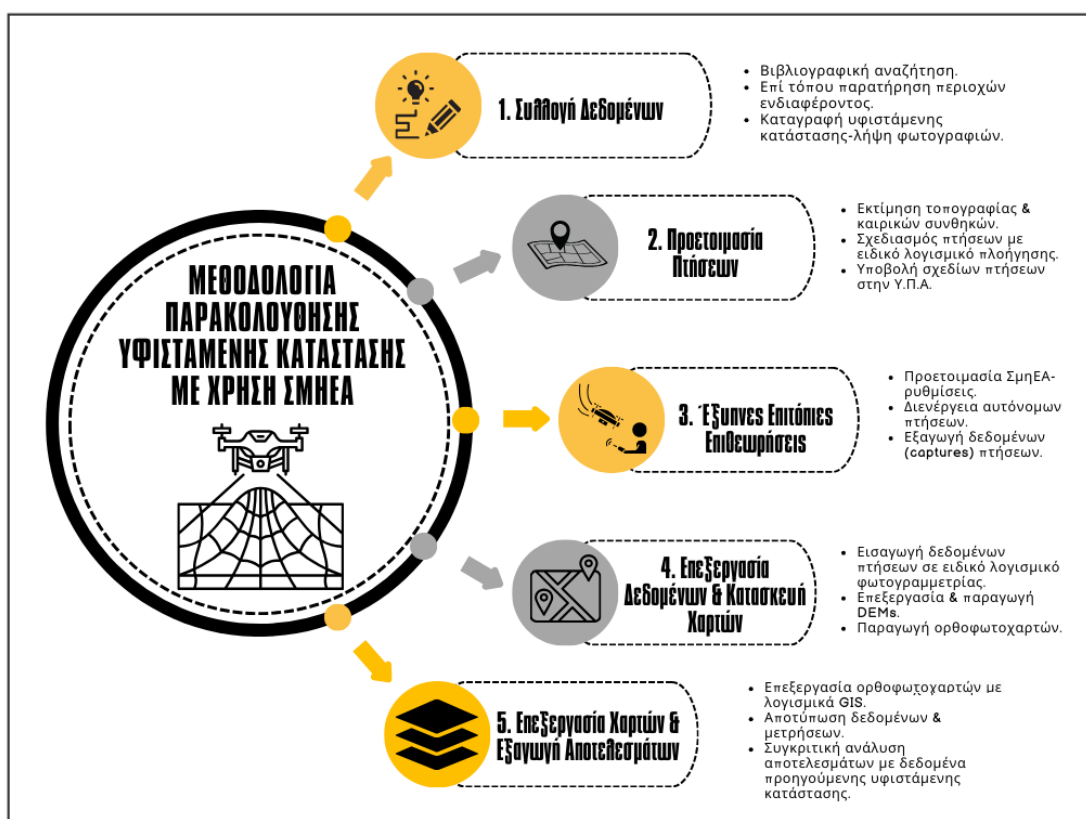
Εικόνα 4-52. Κεκλιμένο επίπεδο ανέλκωσης-καθέλκωσης σκαφών (ράμπα) λιμένα Αγίου Βασιλείου, ίδια φωτογράφιση.

5 Μεθοδολογία

5.1 Γενικά

Στα πλαίσια της αποτύπωσης της υφιστάμενης κατάστασης των παράκτιων περιοχών Παραλία Σαράντη, Άγιος Νικόλαος, Αλυκή, Λιβαδόστρα, Καλαμάκι και Άγιος Βασίλειος Δήμου Θηβαίων, εφαρμόστηκε η πρακτική της τηλεπισκόπησης με χρήση Συστημάτων μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών (Εικόνα 5.1). Με τη μέθοδο αυτή, γίνεται προσπάθεια καταγραφής και αποτύπωσης των επιπτώσεων των φυσικών, ανθρωπογενών και κοινωνικοοικονομικών πιέσεων, που υφίστανται οι ακτές και οι λιμένες των περιοχών ενδιαφέροντος και στη συνέχεια γίνεται προσπάθεια εκτίμησης της παράκτιας τρωτότητας και της τρωτότητας των λιμένων. Τα αποτελέσματα των επιθεωρήσεων που πραγματοποιήθηκαν για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας, συγκρίθηκαν με αποτελέσματα Τεχνικής Έκθεσης (Στάδιο Β) που διεξήγαγε το Εργαστήριο Λιμενικών Έργων Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (LHW-National Technical University of Athens, 2021), για τις εν λόγω ακτές και με αποτελέσματα έρευνας των Tsaimou et al., 2023 (Enhanced Port Vulnerability Assessment Using Unmanned-Aerial-Vehicle-Based Structural Health Monitoring), για τους λιμένες που εντοπίζονται στις περιοχές Παραλίας Σαράντη, Αγίου Νικολάου, Αλυκής και Αγίου Βασιλείου.

Αρχικά, πραγματοποιήθηκε συλλογή όλων των απαραίτητων δεδομένων από εκτενή βιβλιογραφική αναζήτηση, από δεδομένα Τεχνικής Έκθεσης (Στάδιο Α) ΕΛΕ ΕΜΠ, από επιτόπιες επισκέψεις σε όλο το μήκος της παράκτιας ζώνης των περιοχών μελέτης και από απόψεις θεσμικών φορέων. Στη συνέχεια, εκτελέστηκαν πτήσεις με αυτόματο σύστημα πλοήγησης στις παράκτιες περιοχές, αφού πρώτα πραγματοποιήθηκε η ανάλογη προετοιμασία και τηρήθηκαν όλοι οι κανονισμοί που προβλέπει η Ελληνική Νομοθεσία. Έπειτα, τα δεδομένα των πτήσεων επεξεργάστηκαν με ειδικό λογισμικό φωτογραμμετρίας και κατασκευάστηκαν οι ορθοφωτοχάρτες και τα DEMs που απεικονίζουν την υφιστάμενη κατάσταση τις ακτογραμμής και των λιμένων.



Εικόνα 5-1. Διαδικασία Παρακολούθησης με χρήση ΣμηΕΑ, ίδια επεξεργασία.

5.2 Συλλογή Δεδομένων-Εξοπλισμός

Στο πλαίσιο συλλογής δεδομένων για την πραγματοποίηση της παρούσας έρευνας, αξιοποιήθηκαν στοιχεία που συλλέχθηκαν μετά από εκτενή βιβλιογραφική αναζήτηση ως προς τη διαδικασία και τη μεθοδολογία παρακολούθησης των ακτών και των λιμένων με χρήση μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών. Δόθηκε ιδιαίτερη βάση στις μελέτες των Ruzic et al. (2019), Vandarakis et al. (2021), Pantusa et al. (2022), Tsaimou et al. (2023), οι οποίες εξετάζουν την τρωτότητα ακτών και λιμένων, έχοντας ως εργαλείο έρευνας τα ΣμηΕΑ, καθώς επίσης και τα Στάδια Α & Β της Τεχνικής Έκθεσης ΕΛΕ ΕΜΠ, (2021), από όπου αντλήθηκε το μεγαλύτερο μέρος στοιχείων για τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της συνολικής περιοχής που εξετάστηκε, αεροφωτογραφίες, ανεμολογικά δεδομένα, κυματικά χαρακτηριστικά και βεβαίως οι αποτυπώσεις, που αποτέλεσαν τη βάση της συγκριτικής ανάλυσης. Επίσης, κατά τη διεξαγωγή των επιτόπιων επιθεωρήσεων σε όλο το μήκος της ακτογραμμής και τους λιμένες, έγινε λήψη φωτογραφιών και πραγματοποιήθηκαν επίγειες εκτιμήσεις και παρατηρήσεις που συνέβαλαν στην καλύτερη κατανόηση των πιέσεων που υφίσταται το παράκτιο μέτωπο. Για την απόκτηση πληροφοριών, σχετικά με τη λειτουργία των μη επανδρωμένων αεροσκαφών και της πρακτικής των αυτόνομων πτήσεων, σημαντική ήταν η συνεισφορά εκπαιδευτή μη επανδρωμένων και χειριστή αεροσκαφών Υ.Π.Α.

(Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας) Σκαμνάκη Ιωάννη (μέλος ICAO-International Civil Aviation Organization) και διπλωματούχου τοπογράφου μηχανικού Σαρταμπάκου Παναγιώτη, ο οποίος ειδικεύεται στις μελέτες λιμενικών έργων. Λαμβάνοντας υπόψη την καθοδήγηση αμφοτέρων, πραγματοποιήθηκαν οι πτήσεις με επιτυχία.

Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας εφαρμόστηκε η πρακτική της οπτικής επισκόπησης με χρήση Συστήματος μη Επανδρωμένου Αεροσκάφους (ΣμηΕΑ) κατηγορίας πολυκόπτερου (multi-rotor) και συγκεκριμένα τετρακόπτερου, τύπου DJI Mavic Mini 3 (Εικόνα 5-2). Το εν λόγω ΣμηΕΑ διαθέτει οπτικό σύστημα που λαμβάνει σήματα από όλες τις κατευθύνσεις, η λειτουργία του βασίζεται σε αισθητήρες υπέρυθρης ακτινοβολίας και υποστηρίζει εφαρμογή «Έξυπνων Πτήσεων» (DJI, 2019). Η επικοινωνία με το χειριστή γίνεται με τηλεμετρία μέσω τηλεχειριστηρίου (Remote Controller) τύπου DJI RC-N1 στις συχνότητες 2.4 GHz και 5.8 GHz. Επιλέχθηκε η έκδοση Fly More Combo, η οποία περιλαμβάνει τρεις ηλεκτρικούς συσσωρευτές με συνολική πραγματική διάρκεια πτήσης ~ 90 min, ώστε να μπορέσει να εξασφαλιστεί η αυτονομία για τις ανάγκες της κάθε πτήσης.



Εικόνα 5-2. ΣμηΕΑ εργασίας κατά την προσγείωση, ίδια φωτογράφιση.

Το αεροσκάφος είναι εξοπλισμένο με ενσωματωμένη κάμερα υψηλής ευκρίνειας τοποθετημένη σε επίσης ενσωματωμένο τηλεχειριζόμενο gimbal, με δυνατότητα λήψης βίντεο ποιότητας 4K και φωτογραφιών 48 ή 12 megapixel (Εικόνα 5-3). Ο Πίνακας 5-1, περιέχει τα χαρακτηριστικά της κάμερας του ΣμηΕΑ που χρησιμοποιήθηκε για τις πτήσεις.



Εικόνα 5-3. Ενσωματωμένη κάμερα *DjiMini 3*, Πηγή: (<https://www.dpreview.com/reviews/dji-mini-3-review-a-pricey-sophisticated-entry-level-drone>).

Πίνακας 5-1. Χαρακτηριστικά ενσωματωμένης κάμερας ΣμηΕΑ εργασίας.

Τύπος κάμερας	Ανάλυση	Μήκος εστίασης	Μέγεθος εικονοστοιχείου (pixel)
FC3682 (6.72 mm)	4000 x 2250	6.72 mm	2.64 x 2.64 μm

Για την μετάδοση της εικόνας από την κάμερα του μη επανδρωμένου αεροσκάφους και την παρακολούθηση, επίτευξη και παρέμβαση όταν χρειάστηκε αλλάζοντας τη λειτουργία από αυτόματη σε μηχανική, επιλέχθηκε συσκευή κινητού τηλεφώνου, τύπου Samsung S21+, μέγεθος οθόνης 6,7 inch, το οποίο εφαρμόστηκε και συνδέθηκε στο τηλεχειριστήριο RC-N1.

Η επιλογή της χρήσης των ΣμηΕΑ ως εργαλείο μελέτης, είναι ενδεδειγμένη όταν απαιτείται η λήψη εικόνων υψηλής ακρίβειας από συγκεκριμένες αποστάσεις και γωνίες, σε μικρό σχετικά χρόνο και με μικρό σχετικά κόστος. Επίσης υποστηρίζουν την λειτουργία μερικών υποβοηθούμενων ή πλήρως αυτόνομων πτήσεων, καθώς με αυτόν τον τρόπο δίνεται η δυνατότητα δημιουργίας πλέγματος σημείων (waypoints), από τα οποία πραγματοποιούνται οι λήψεις, διατηρώντας τις προεπιλεγμένες αποστάσεις μεταξύ των σημείων και το ύψος πτήσης σταθερά. Επίσης δίνεται η δυνατότητα ρύθμισης της επικάλυψης των λήψεων, ώστε

να εξαχθούν ορθότερα αποτελέσματα κατά το στάδιο της επεξεργασίας με ειδικό λογισμικό που αναφέρεται στο επόμενο υποκεφάλαιο. Επίσης, τα ΣμηΕΑ αποτελούν φιλικά προς το περιβάλλον μέσα, καθώς στην πλειονότητά τους είναι ηλεκτρικά και έχουν μηδενικές τιμές ρύπων αλλά και θορύβου.

Για την επιλογή των παραμέτρων που εκτιμήθηκαν προς την αξιολόγηση της παράκτιας τρωτότητας και της τρωτότητας λιμένων, εξετάστηκαν οι παράμετροι που αναλύθηκαν και ερευνήθηκαν στο Στάδιο Β Τεχνικής Έκθεσης ΕΛΕ ΕΜΠ, (2021) για τις ακτές (Πίνακας 5-2) και στην έρευνα των Tsaimou et al., 2023 για τους λιμένες παράκτιων περιοχών Δήμου Θηβαίων, όπου και χρησιμοποιήθηκαν τα ίδια παραγόμενα αποτελέσματα επισκόπησης (Πίνακας 5-3). Ωστόσο, η τελική επιλογή των παραμέτρων για την εκτίμηση της τρωτότητας στην παρούσα εργασία έγινε σύμφωνα με τον αριθμό των παραμέτρων που μπορούν να υπολογιστούν-εκτιμηθούν με την εφαρμογή τηλεπισκόπησης με χρήση ΣμηΕΑ, αποτυπώνοντας τις μεταβολές που εντοπίστηκαν στις εν λόγω περιοχές με χρονική διαφορά τριών (3) ετών από τις παραπάνω εργασίες.

Πίνακας 5-2. Παράμετροι υπολογισμού παράκτιας τρωτότητας. (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).

Κατηγορία	Κωδικός	Παράμετρος	Υπο-παράμετροι	Κίνδυνος	Ενδεικτική Βιβλιογραφία
Φυσικές	Φ.1	Γεωμορφολογία			
	Φ.1.1		Πάχος ιζημάτων	Διαβρωσιμότητα εδαφικών σχηματισμών	ΕΛΕ ΕΜΠ
	Φ.1.2		Ίζημα παραλίας	Διαβρωσιμότητα εδαφικών σχηματισμών	Thieler & Hammar-Klose (1999)
	Φ.1.3		Απόσταση από κύρια ρήγματα	Σεισμικότητα	ΕΛΕ ΕΜΠ
	Φ.2	Ρυθμός εξέλιξης ακτογραμμής		Διάβρωση	Thieler & Hammar-Klose (1999)
	Φ.3	Παράκτια κλίση			

	Φ.3.1	Χερσαία κλίση	Αύξηση της θαλάσσιας στάθμης επί του μετώπου της ακτής λόγω κυματικής δράσης (αναρρίχηση) ή μετεωρολογικής παλίρροιας	Thieler & Hammar-Klose (1999)
	Φ.3.2	Θαλάσσια κλίση	Αύξηση της θαλάσσιας στάθμης επί του μετώπου της ακτής λόγω κυματικής δράσης (αναρρίχηση) ή μετεωρολογικής παλίρροιας	ΕΛΕ ΕΜΠ
	Φ.4	Μεταβολή θαλάσσιας στάθμης λόγω κλιματικής αλλαγής	Παράκτια κατάκλυση	Vandarakis et al. (2021)
	Φ.5	Παλίρροια		
	Φ.5.1	Μέσο εύρος αστρονομικής παλίρροιας	Διάβρωση	Thieler & Hammar-Klose (1999)
	Φ.5.2	Άνοδος θαλάσσιας στάθμης λόγω μετεωρολογικής παλίρροιας	Παράκτια κατάκλυση	Thieler & Hammar-Klose (1999)
	Φ.6	Χαρακτηριστικά κύματος		
	Φ.6.1	Χαρακτηριστικό ύψος κύματος	Διάβρωση/Παράκτια κατάκλυση	Thieler & Hammar-Klose (1999)
	Φ.6.2	Ακραιο χαρακτηριστικό ύψος κύματος	Διάβρωση/Παράκτια κατάκλυση	ΕΛΕ ΕΜΠ
	Φ.7	Επεισοδιακή διάβρωση εγκάρσιου προφίλ ακτής	Υποχώρηση ακτογραμμής	ΕΛΕ ΕΜΠ
	Φ.8	Πλάτος ακτής	Παράκτια κατάκλυση λόγω αναρρίχησης	Ruzic e tal. (2019)
	Φ.9	Απόσταση από φυτεύσεις	Αλλοίωση φυσικού τοπίου	Kantamaneni et al. (2019)
Τεχνικές	T.1	Απόσταση από δόμηση	Διάβρωση/Παράκτια κατάκλυση	Kantamaneni et al. (2019)
	T.2	Απόσταση από παράκτιο δρόμο	Υποσκαφή θεμελίωσης/Παράκτ. κατάκλυση (λόγω κυματικής υπερπήδησης)	ΕΛΕ ΕΜΠ

	T.3	Παράκτια έργα προστασίας		Διάβρωση	Kantamaneni et al. (2019)
Περιβαλλοντικές	Π.1	Απόσταση από NATURA 2000		Απειλή προστατευόμενων ειδών	ΕΛΕ ΕΜΠ
	Π.2	Ποσοστό ύπαρξης κρίσιμων ειδών		Απειλή κρίσιμων ειδών	Zhang et al. (2020)
	Π.3	Απόσταση από υδατοκαλλιέργειες		Σύγκρουση με θαλάσσιες χρήσεις/Οικονομικός αντίκτυπος	ΕΛΕ ΕΜΠ
Κοινωνικό-οικονομικές	ΚΟ.1	Χαρακτηριστικά πληθυσμού			
	ΚΟ.1.1		Πληθυσμός οικισμού	Ανθρωπογενείς πιέσεις	Boruff et al. (2005)
	ΚΟ.1.2		Ποσοστό κατοίκων με ηλικία > 65 έτη	Ανθρωπογενείς πιέσεις	Boruff et al. (2005)
	ΚΟ.1.3		Ποσοστό ανεργίας	Ανθρωπογενείς πιέσεις	Boruff et al. (2005)
	ΚΟ.1.4		Μέσος αριθμός μελών ανά νοικοκυριό	Ανθρωπογενείς πιέσεις	Boruff et al. (2005)
	ΚΟ.2	Απόσταση από οικισμό		Χρόνος απόκρισης	ΕΛΕ ΕΜΠ
	ΚΟ.3	Απόσταση από πρωτεύουσα Δήμου		Χρόνος απόκρισης	ΕΛΕ ΕΜΠ
	ΚΟ.4	Χρήσεις γης		Ανθρωπογενείς πιέσεις	Ruzic et al. (2019)
	ΚΟ.5	Απόσταση από αρχαία μνημεία		Καταστροφή πολιτιστικής κληρονομιάς	ΕΛΕ ΕΜΠ

Πίνακας 5-3. Παράμετροι υπολογισμού τρωτότητας λιμένων. (Πηγή: Tsaitou et al., 2023).

Κατηγορία	Υποκατηγορία	Κωδικός	Παράμετρος
Φυσικές	Κλιματικοί Παράγοντες	Φ.1	Ετήσια βροχόπτωση
		Φ.2	Ταχύτητα ανέμου
		Φ.3	Ετήσια θερμοκρασία



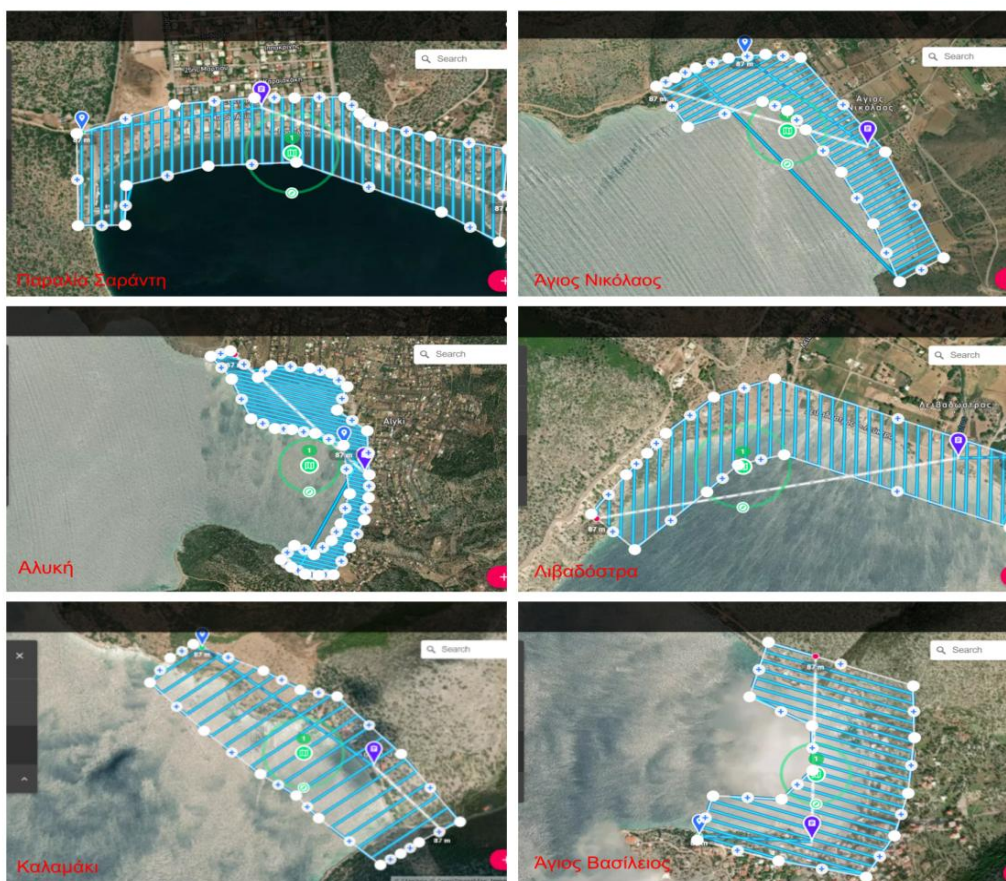
	Σεισμικότητα	Φ.4	Απόσταση από κύρια ρήγματα
	Κυματικά χαρακτηριστικά	Φ.5	Σημαντικό ύψος κύματος
Τεχνικές	Διάταξη λιμένα	T.1	Μέγεθος λιμένα
	Συνδεσιμότητα	T.2	Απόσταση από κύριους δρόμους
		T.3	Απόσταση από άλλα λιμάνια
	Λειτουργικότητα	T.4	Χωρητικότητα λιμένα
		T.5	Ρυθμός πληρότητας λιμένα
	Δομική κατάσταση	T.6	Ρωγμές στην επιφάνεια του σκυροδέματος
		T.7	Διάβρωση υποδομών από το θαλάσσιο περιβάλλον
		T.8	Απολέπιση σκυροδέματος
		T.9	Μετακίνηση θωράκισης κυματοθραύστη
Περιβαλλοντικές	Δίκτυο NATURA 2000	Π.1	Αριθμός ειδών υπό εξαφάνιση
		Π.2	Αριθμός βιοτόπων
	Υδατοκαλλιέργειες	Π.3	Απόσταση από υδατοκαλλιέργειες
Κοινωνικό-οικονομικές	Πολιτιστική κληρονομιά	ΚΟ.1	Απόσταση από αρχαία μνημεία
	Αστικοποίηση	ΚΟ.2	Απόσταση από αστική περιοχή

Χαρακτηριστικά πληθυσμού	ΚΟ.3	Πληθυσμός
	ΚΟ.4	Ποσοστό κατοίκων με ηλικία > 65 έτη
	ΚΟ.5	Ποσοστό ανεργίας
	ΚΟ.6	Μέσος αριθμός μελών ανά νοικοκυριό

5.3 Προετοιμασία πτήσεων

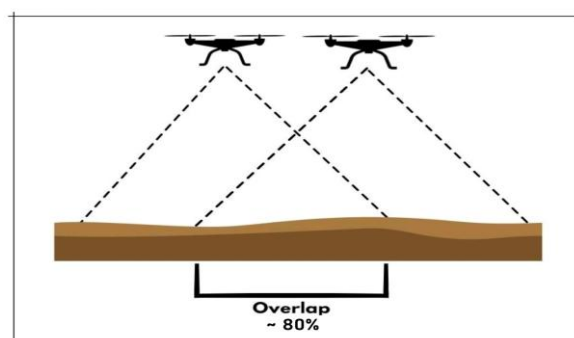
Στο στάδιο αυτό, αρχικά έγινε συλλογή και εκτίμηση όλων των δεδομένων που αφορούν στην τοπογραφία, στο ανάγλυφο και στις καιρικές συνθήκες της περιοχής μελέτης. Επειδή, οι περιοχές μελέτης έχουν έντονο ανάγλυφο, με πρανή σχεδόν κάθετα σημαντικού υψομέτρου, πραγματοποιήθηκε έλεγχος σε βάσεις γεωχωρικών δεδομένων από τις Διαδικτυακές Πύλες Γεωχωρικών Πληροφοριών Open Street Map και Google Earth αλλά και επιτόπια εκτίμηση υψομέτρου με χρήση του ΣμηΕΑ, ώστε να εξασφαλιστεί ότι το ορισθέν ύψος των πτήσεων είναι μεγαλύτερο από οποιοδήποτε εμπόδιο. Έπειτα, πραγματοποιήθηκε έλεγχος των καιρικών συνθηκών από την Διαδικτυακή Πλατφόρμα Πρόγνωσης Καιρού Meteo, ως προς την πιθανότητα βροχής, το ποσοστό νεφοκάλυψης και την ταχύτητα και διεύθυνση των ανέμων για το χρονικό διάστημα που θα εκτελούνταν οι πτήσεις. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι λόγω του αυξημένου αιολικού δυναμικού της ευρύτερης περιοχής μελέτης, αποφασίστηκε οι πτήσεις να εκτελεστούν κυρίως πρωινές ώρες, κατά τις οποίες επικρατεί σχετική νηνεμία.

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε ο σχεδιασμός των αυτόνομων πτήσεων. Η διαδικασία αυτή μπορεί να γίνει με διάφορα διαθέσιμα λογισμικά αυτόνομων πτήσεων ανάλογα με τις προδιαγραφές του ΣμηΕΑ που χρησιμοποιείται. Στην παρούσα εργασία επιλέχθηκε ειδικό λογισμικό πλοήγησης Dronelink v.4.9.2 (291), το οποίο είναι συμβατό με το ΣμηΕΑ Dji mini 3. Οριοθετήθηκαν οι περιοχές πτήσης με αυτόματο ορισμό των σημείων από τα οποία λαμβάνονται οι εικόνες, όπως με φαίνεται στην Εικόνα 5-4, για κάθε περιοχή μελέτης και στη συνέχεια αποθηκεύτηκαν στο λογισμικό ώστε να είναι διαθέσιμα προς εκτέλεση. Ακολουθώντας, ορίστηκε το ύψος πτήσης του αεροσκάφους κοντά στα 90m [κάτω από τα 120m που είναι το μέγιστο ύψος πτήσης κατά EASA (European Aviation Safety Agency) και Υ.Π.Α. για την ανοιχτή κατηγορία χειρισμού μη επανδρωμένων αεροσκαφών]. Η φορά της κάμερας (gimbal pitch) κατά την λήψη των φωτογραφιών ορίστηκε να είναι απολύτως κάθετη στην επιφάνεια μέτρησης (-90°). Η ταχύτητα πτήσης ρυθμίστηκε στα 21,1 m/sec.



Εικόνα 5-4. Σχέδια Πτήσεων στο λογισμικό πλοήγησης Dronelink v.4.9.2 (291), ίδια επεξεργασία.

Για την καλύτερη απόδοση των χαρακτηριστικών των περιοχών μελέτης με τη μέγιστη δυνατή ευκρίνεια, η επικάλυψη των εικόνων πρέπει να ορίζεται σε ποσοστό 80% κατά μήκος (front overlapping) και 60% -80% κατά πλάτος (side overlapping) (Colomina & Molina, 2014). Στην παρούσα εργασία, κάνοντας τις ανάλογες παραμετροποιήσεις στο προαναφερθέν λογισμικό αυτόνομων πτήσεων, η επικάλυψη των αεροφωτογραφιών ορίστηκε κοντά στο 80% όπως φαίνεται στην Εικόνα 5-5.



Εικόνα 5-5. Ρυθμίσεις κάθετης λήψης και επικάλυψης φωτογραφιών ~80%, ίδια επεξεργασία.

5.4 Έξυπνες επιτόπιες επιθεωρήσεις

Λίγο πριν την έναρξη των πτήσεων, έγινε εκ νέου έλεγχος τόσο του εξοπλισμού (έλεγχος τυχόν σφαλμάτων προγράμματος πλοήγησης, έλεγχος κατάστασης του αεροσκάφους, έλεγχος ηλεκτρικών συσσωρευτών), όσο και των καιρικών συνθηκών (ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου, υγρασία, νεφοκάλυψη). Εκτιμήθηκε η γωνία του ηλιακού φωτός με την κάθετο λήψης των εικόνων, ώστε να αποτυπωθούν όσο το δυνατόν καλύτερα οι περιοχές μελέτης, αποφεύγοντας την ύπαρξη σκιών από κτίρια, δέντρα, λόφους και οποιουδήποτε άλλου εμποδίου με σημαντικό υψόμετρο. Επίσης, έγινε έλεγχος του περιβάλλοντα χώρου απογείωσης και προσγείωσης και έλεγχος ύπαρξης συγκεντρώσεων ανθρώπων στις περιοχές μελέτης κατά την εκτέλεση των πτήσεων.

Καθ' όλη την διάρκεια των πτήσεων, πραγματοποιήθηκε επόπτευση της ομαλής λειτουργίας του συστήματος. Όπου απαιτήθηκε ρύθμιση ή παραμετροποίηση, επιλέχθηκε η χειροκίνητη (μηχανική) λειτουργία και έγιναν οι απαραίτητες ενέργειες. Σε μεγάλης έκτασης περιοχές, όπως η Αλυκή και η Παραλία Σαράντη, η διάρκεια πτήσης διήρκησε περισσότερο της μιας (1) ώρας, οπότε απαιτήθηκαν αντικαταστάσεις μπαταριών, τηρώντας τους κανόνες ασφαλείας. Επίσης, στην περιοχή της Αλυκής, πραγματοποιήθηκε επαναληπτική πτήση, καθώς τα αποτελέσματα των λήψεων της πρώτης δεν ήταν ικανοποιητικά, λόγω κακών συνθηκών φωτισμού. Με το πέρας των εργασιών συλλέχθηκαν οι εικόνες-λήψεις γεωαναφοράς, οι οποίες αποθηκεύτηκαν σε συσκευή αποθήκευσης (κάρτα μνήμης τύπου microSDXD, SanDisk extreme pro A2 V30), που είχε τοποθετηθεί εξ' αρχής στο αεροσκάφος. Στην Αλυκή εντοπίζεται ο μεγαλύτερος αριθμός λήψεων, ενώ στο Καλαμάκι ο μικρότερος, όπως φαίνεται στο Κεφάλαιο 6.

Σε συγκεκριμένα σημεία στην επιφάνεια του εδάφους, τα οποία είχαν προηγουμένως μετρηθεί και στις τρεις διαστάσεις (x,y,z), επισημάνθηκαν με κόκκινο χρώμα και λήφθηκαν υπόψη ως Σημεία Ελέγχου Εδάφους (Ground Control Points), τα οποία χρησιμοποιήθηκαν μετέπειτα στη φωτογραμμετρική αποτύπωση (Εικόνα 5-6).



Εικόνα 5-6. Σημείο Ελέγχου Εδάφους – Λιμένας Παραλίας Σαράντη, ίδια φωτογράφιση.

Για την εκτέλεση των πτήσεων, τηρήθηκε το πρωτόκολλο της Υπηρεσίας Πολιτικής Αεροπορίας για τα ΣμηΕΑ, που με την Απόφαση Αριθμ: 21860/1422/2016, προβλέπονται οι εξής άδειες και πιστοποιητικά:

- Άδεια εκμετάλλευσης ΣμηΕΑ
- Άδεια πτητικής ικανότητας ΣμηΕΑ
- Πιστοποιητικό ειδικού μητρώου ΣμηΕΑ
- Ασφαλιστήριο συμβόλαιο
- Σχέδιο πτήσης, το οποίο κατατίθεται στην ηλεκτρονική διεύθυνση <http://dagr.hcaa.gr/> και εγκρίνεται από την Υ.Π.Α.

Επιπρόσθετα, οι πτήσεις εκτελέστηκαν σύμφωνα με τους Κανόνες Ασφαλείας που ορίζονται από την Υ.Π.Α, σύμφωνα με το ΦΕΚ Β-3152/30-09-2016 και άρθρο 19.

Οι μετρήσεις στις περιοχές μελέτης πραγματοποιήθηκαν τμηματικά, από τον Νοέμβριο του 2023 έως τον Απρίλιο του 2024, λόγω της μεγάλης έκτασης των εν λόγω περιοχών αλλά και των υφιστάμενων καιρικών συνθηκών, οι οποίες επέτρεπαν την εκτέλεση των πτήσεων σε συγκεκριμένες χρονικές περιόδους.

5.5 Επεξεργασία δεδομένων και κατασκευή χαρτών

Οι εικόνες που συλλέχθηκαν μετά την ολοκλήρωση των πτήσεων των ΣμηΕΑ αναλύθηκαν ακόμη περισσότερο προκειμένου να επιτευχθεί η ορθότερη και η ακριβέστερη αποτύπωση της υφιστάμενης κατάστασης μέσω της μεθόδου της φωτογραμμετρίας.

Πρόκειται για μια τέχνη, επιστήμη και τεχνολογία της οποίας η χρησιμότητα βασίζεται στη συλλογή αξιόπιστων πληροφοριών σχετικά με φυσικά αντικείμενα και το περιβάλλον μέσω διαδικασιών καταγραφής, μέτρησης και ερμηνείας φωτογραφικών εικόνων και μοτίβων που δημιουργούνται από ανακλώμενη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ή άλλα φαινόμενα (Aber et al., 2019). Ουσιαστικά, έχοντας ως βάση δισδιάστατες φωτογραφίες, πραγματοποιούνται ακριβείς μετρήσεις σε τρισδιάστατα αντικείμενα και εδαφικά χαρακτηριστικά.

Ένα σύστημα απεικόνισης που βασίζεται στη μέθοδο της φωτογραμμετρίας, χαρακτηρίζεται από δύο βασικά στοιχεία: α) την κλίμακα των εικόνων και β) τη χωρική ανάλυση, δηλαδή η ικανότητα ενός οπτικού συστήματος να διαχωρίζει δύο διακριτά σημεία (Philipson & Philpot, 2012). Η κλίμακα μια εικόνας που απεικονίζει ένα αντικείμενο στο χώρο όταν τα σημεία του βρίσκονται στο επίπεδο αναφοράς, υπολογίζεται από τη Σχέση 5-1 και όταν τα σημεία του αντικειμένου δεν βρίσκονται πάνω στο σημείο αναφοράς αλλά άνωθεν ή κάτωθεν αυτού, υπολογίζεται από τη Σχέση 5-2 :

$$S = \frac{f}{H} \quad (5-1)$$

$$S = \frac{f}{H-h} \quad (5-2)$$

Όπου:

S : η κλίμακα της φωτογραφίας

f : το μήκος εστίασης

H : το υψόμετρο της κάμερας από το επίπεδο αναφοράς

h : το υψόμετρο του σημείου από το επίπεδο αναφοράς

Για να υπάρχει επικάλυψη των φωτογραφιών κατά μήκος και κατά πλάτος της πτήσης, ώστε να καλύπτεται επαρκώς η υπό εξέταση περιοχή, εφαρμόζονται οι Σχέσεις 5-3 και 5-4 αντίστοιχα ως εξής:

$$o_{forward} = \left(1 - \frac{d_{forward} f}{Hw}\right) * 100 \quad (5-3) \quad o_{side} = \left(1 - \frac{d_{side} f}{Hw}\right) * 100 \quad (5-4)$$

Όπου:

$o_{forward}$: η κατά μήκος επικάλυψη (%)

o_{side} : η κατά πλάτος επικάλυψη (%)

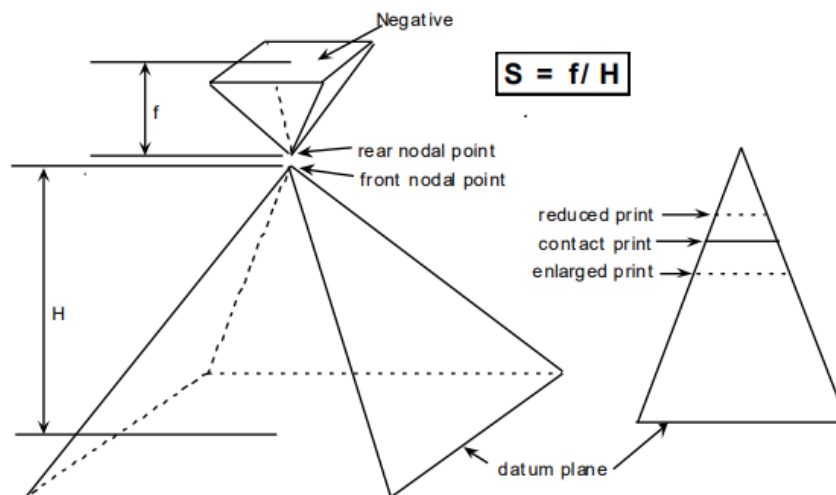
$d_{forward}$: η απόσταση μεταξύ των σημείων λήψης (m)

d_{side} : η απόσταση μεταξύ των γραμμών πτήσης (m)

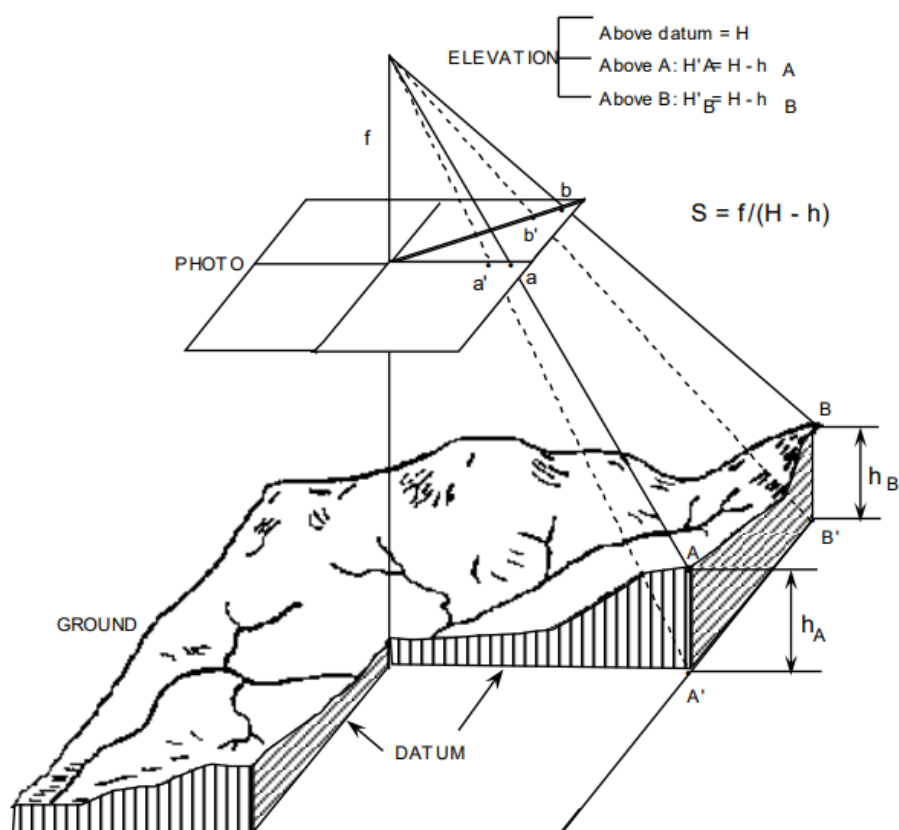
f : το μήκος εστίασης (mm)

H : η απόσταση από την προβολή του κέντρου της κάμερας στο έδαφος (m)

w : το πλάτος του αισθητήρα (mm)

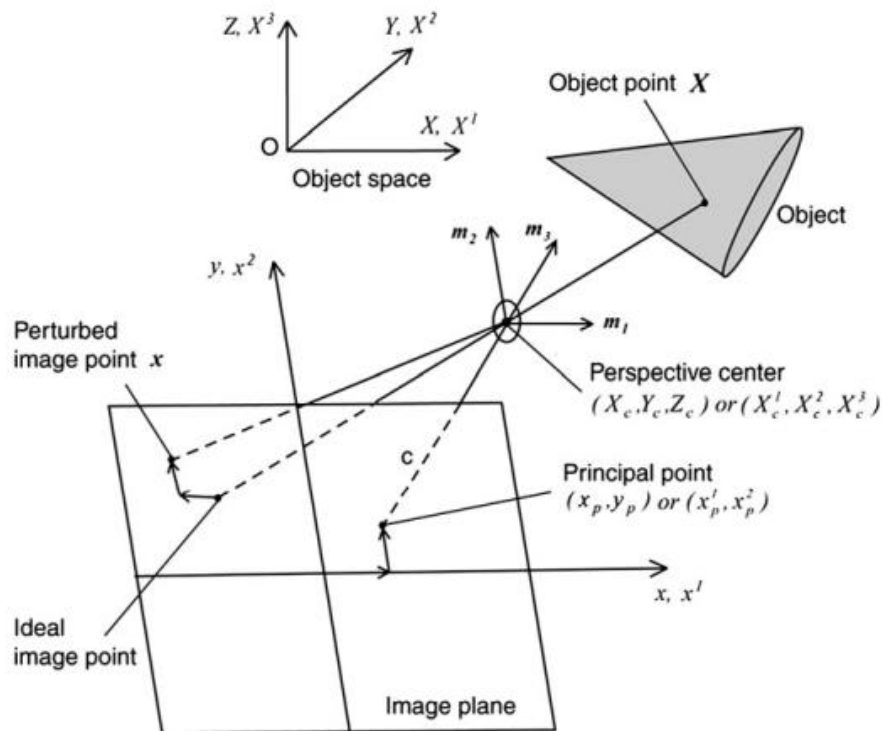


Εικόνα 5-7. Προσδιορισμός κλίμακας φωτογραφίας για αντικείμενο με σημεία στο επίπεδο αναφοράς. (Πηγή: Philipson & Philpot, 2012).



Εικόνα 5-8. Προσδιορισμός κλίμακας φωτογραφίας για σημεία εκτός επιπέδου αναφοράς. (Πηγή: Philipson & Philpot, 2012).

Οι θεμελιώδεις εξισώσεις για την εφαρμογή της μεθόδου της φωτογραμμετρίας αφορούν σε ένα ζεύγος συγγραμμικών εξισώσεων (collinearity equations), οι οποίες δίνουν τη δυνατότητα προβολής και συσχέτισης των συντεταγμένων (σε τρισδιάστατο χώρο) ενός αντικειμένου και των συντεταγμένων (σε δισδιάστατο χώρο) μίας εικόνας (Liu et al., 2012). Για την ορθότητα και την ποσοτικοποίηση των μετρήσεων που πραγματοποιούνται μέσω της λήψης των εικόνων, είναι απαραίτητη η βαθμονόμηση της κάμερας που είναι τοποθετημένη στο ΣμηΕΑ, εκτός αν υπάρχει επιλογή αυτόματης βαθμονόμησης. Στην Εικόνα 5-9 αποτυπώνεται η προβολή των συντεταγμένων (3 διαστάσεις: X, Y, Z) ενός αντικειμένου στο χώρο σε συντεταγμένες στο επίπεδο (2 διαστάσεις: x, y) της εικόνας.



Εικόνα 5-9. Προβολή τρισδιάστατου αντικειμένου σε δισδιάστατη εικόνα. (Πηγή: Liu et al., 2012).

Οι συγγραμμικές εξισώσεις που αποτυπώνουν την προβολή του τρισδιάστατου αντικειμένου σε δισδιάστατη εικόνα (Εικόνα 5-3) δίνονται από τις Σχέσεις 5-5 και 5-6 ως ακολούθως:

$$x - x_p - \delta x = -c \frac{m_{11}(X-X_c) + m_{12}(Y-Y_c) + m_{13}(Z-Z_c)}{m_{31}(X-X_c) + m_{32}(Y-Y_c) + m_{33}(Z-Z_c)} \quad (5-5)$$

$$y - y_p - \delta y = -c \frac{m_{21}(X-X_c) + m_{22}(Y-Y_c) + m_{23}(Z-Z_c)}{m_{31}(X-X_c) + m_{32}(Y-Y_c) + m_{33}(Z-Z_c)} \quad (5-6)$$

Όπου:

(x, y) : το ζεύγος των συντεταγμένων σε ένα επίπεδο (δύο διαστάσεων)

(x_p, y_p) : το ζεύγος των συντεταγμένων του αρχικού σημείου για την εφαρμογή της φωτογραμμετρίας

$(\delta x, \delta y)$: η αναγωγή του ζεύγους συντεταγμένων από την «ιδανική» θέση του σημείου στο επίπεδο της εικόνας

c : η απόσταση αναφοράς της κάμερας

(X_c, Y_c, Z_c) : οι συντεταγμένες του κέντρου προοπτικής

m_{ij} ($i, j = 1, 2, 3$): τα στοιχεία του πίνακα $M = M(\kappa)M(\varphi)M(\omega) = [m_{ij}]$ και τα οποία αποτελούν συναρτήσεις των γωνιών προσανατολισμού (ω, φ, κ) κατά Euler.

Μετά το πέρας των πτήσεων, οι γεωναφερμένες εικόνες επεξεργάστηκαν με ειδικά σχεδιασμένο λογισμικό φωτογραμμετρικής επεξεργασίας για την παραγωγή τρισδιάστατων χωρικών δεδομένων. Το λογισμικό που επιλέχθηκε είναι το Agisoft Photoscan v.1.4.3, με στόχο την παραγωγή των ορθοφωτοχαρτών και των ψηφιακών μοντέλων εδάφους (DEMs). Η γενική λειτουργία του λογισμικού φαίνεται στην Εικόνα 5-10 και περιγράφεται παρακάτω.



Εικόνα 5-10. Διαδικασία παραγωγής ορθοφωτοχαρτών με λογισμικά φωτογραμμετρίας, ίδια επεξεργασία.

Οι επιμέρους διαδικασίες που πραγματοποιούνται από το λογισμικό είναι:

- i. Αυτόματος προσανατολισμός των εικόνων μέσω εντοπισμού ομόλογων χαρακτηριστικών σημείων σε όλες τις εικόνες με συνταύτιση των περιγραφέν τους (descriptors).
- ii. Επίλυση τριγωνισμού με εξαίρεση χονδροειδών σφαλμάτων στις μετρήσεις και ταυτόχρονη βαθμονόμηση (self-calibration).
- iii. Αυτόματη συλλογή νέφους σημείων της περιοχής μέσω αλγόριθμων πολυεικονικής συνταύτισης (local/global matching).
- iv. Απαλοιφή θορύβου και δημιουργία DEMs.
- v. Δημιουργία αληθούς ορθοφωτοχάρτη με αυτόματο έλεγχο αποκρύψεων και συνδυασμό υψής από άλλες εικόνες (ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).

Τα βήματα επεξεργασίας των αεροφωτογραφιών μέσω του συγκεκριμένου λογισμικού είναι τα εξής:

- Η ευθυγράμμιση των αεροφωτογραφιών.
- Ο εντοπισμός των επίγειων σημείων με γνωστές συντεταγμένες (σε σύστημα ΕΣΓΑ' 87) που τοποθετήθηκαν στο χώρο κατά τη φάση της εργασίας υπαίθρου.
- Η δημιουργία πυκνού νέφους σημείων στο χώρο.

- Η δημιουργία του τρισδιάστατου πλέγματος πολυγώνων (polygon mesh) το οποίο προσομοιώνει την επιφάνεια του αντικειμένου.
- Η αποτύπωση της υψής των εικόνων στην επιφάνεια.
- Η δημιουργία του τελικού χάρτη σε σύστημα συντεταγμένων ΕΣΓΑ' 87 (ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).

5.6 Επεξεργασία χαρτών και εξαγωγή αποτελεσμάτων

Οι παραγόμενοι ορθοφωτοχάρτες εισήχθησαν σε ειδικό λογισμικό Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών που επιτρέπει την ανάλυση, την οπτικοποίηση και την ψηφιακή αποτύπωση δεδομένων γεωγραφικών θέσεων στην επιφάνεια της Γης. Τα GIS είναι εργαλεία, μέσω των οποίων, εξετάζονται χωρικές σχέσεις, μοτίβα και τάσεις, παρέχοντας τη δυνατότητα ανάλυσης δεδομένων πάνω σε ένα γεωγραφικό πλαίσιο συσχέτισής τους (GIS Geography, 2020). Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό ανοιχτού κώδικα QGIS και συγκεκριμένα η έκδοση 3.22.5 (Bialowieza).

Αρχικά, επιλέχθηκε σύστημα συντεταγμένων κοινό με αυτό των παραγόμενων ορθοφωτοχαρτών (ΕΣΓΑ' 87). Έπειτα, κατασκευάστηκαν επίπεδα (layers) διανυσματικού τύπου (vector), πολυγωνικά, γραμμικά και σημειακά, για να αποτυπωθούν τα διάφορα χαρακτηριστικά μελέτης (π.χ. χάραξη ακτογραμμής, επιφάνειες διάβρωσης, σημεία αναφοράς) και έγιναν οι απαραίτητες μετρήσεις με την επιλογή MEASURE. Έπειτα, έγινε εισαγωγή ορθοφωτοχαρτών Τεχνικής Έκθεσης ΕΛΕ ΕΜΠ (2021), οι οποίοι ταυτίστηκαν με τους ορθοφωτοχάρτες της παρούσας εργασίας (σε διαφορετικά layers) και δόθηκε η δυνατότητα σύγκρισης και επισήμανσης των μεταβολών στις ακτές και τους λιμένες στις περιοχές μελέτης. Ακολούθως, έγινε εισαγωγή layer Τεχνικής Έκθεσης ΕΛΕ ΕΜΠ (2021) με υποδιαίρεση της ακτογραμμής των περιοχών ενδιαφέροντος, σε επιμέρους τμήματα μήκους 25 m. Στην υποδιαίρεση αυτή στηρίχθηκε και η παρούσα εργασία, αναφορικά με τις ακτές. Στη συνέχεια, σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων που έγιναν, πραγματοποιήθηκαν οι ανάλογες σχεδιάσεις διανυσματικά επί των ορθοφωτοχαρτών, αποτυπώνοντας τη βαθμολόγηση των παραμέτρων της τρωτότητας. Για τα λιμάνια, δεν πραγματοποιήθηκε υποδιαίρεση τμημάτων αυτών, αλλά λαμβάνονται υπόψη στο σύνολό τους.

Για να επιτευχθεί μια ορθή και ολοκληρωμένη προσέγγιση για την εκτίμηση του δείκτη παράκτιας τρωτότητας, πρέπει να γίνει ο ανάλογος προσδιορισμός φυσικών, τεχνικών, περιβαλλοντικών και κοινωνικοοικονομικών παραμέτρων που καθορίζουν τις πιέσεις που ασκούνται στον παράκτιο χώρο. Οι παράμετροι του δείκτη CVI είναι ποιοτικές και ποσοτικές. Για να εφαρμοστεί μια ενιαία προσέγγιση αξιολόγησης και βαθμολόγησης του βαθμού τρωτότητας των περιοχών μελέτης, γίνεται αρχικά ποσοτικοποίηση για την κάθε παράμετρο

ξεχωριστά και έπειτα γίνεται η αναγωγή τους στην κλίμακα τρωτότητας. Χρησιμοποιήθηκε η κλίμακα βαθμολόγησης 1-5 με διακριτές τιμές. Αναλυτικότερα, οι τιμές των παραμέτρων ταξινομούνται στις 5 κατηγορίες του Πίνακα 5-4. Η τιμή 1 (πολύ χαμηλή τρωτότητα) υποδηλώνει ότι η εξεταζόμενη παράμετρος έχει πολύ μικρή ή σχεδόν καθόλου επίπτωση στην περιοχή μελέτης, ενώ αντίθετα η τιμή 5 υποδηλώνει ότι η παράμετρος έχει σημαντική επίπτωση στην τρωτότητα της περιοχής.

Πίνακας 5-4. Κλίμακα βαθμολόγησης παραμέτρων δείκτη CVI, ίδια επεξεργασία.

Σειρά κατάταξης τρωτότητας για κάθε επιμέρους παράμετρο του δείκτη CVI				
Πολύ χαμηλή	Χαμηλή	Μέτρια	Υψηλή	Πολύ υψηλή
1	2	3	4	5

Για την βαθμολόγηση της κατάστασης των λιμενικών υποδομών ελήφθη υπόψη η έρευνα των Tsaimou et al., (2023). Όπως και στην περίπτωση υπολογισμού της παράκτιας τρωτότητας, για να εφαρμοστεί μια ενιαία προσέγγιση αξιολόγησης και βαθμολόγησης του βαθμού τρωτότητας των λιμένων ενδιαφέροντος για την κάθε παράμετρο ξεχωριστά, χρησιμοποιήθηκε η κλίμακα βαθμολόγησης 1-5 με διακριτές τιμές. Αναλυτικότερα, οι τιμές των παραμέτρων ταξινομούνται στις 5 κατηγορίες του Πίνακα 5-5. Η τιμή 1 (πολύ χαμηλή τρωτότητα) υποδηλώνει ότι η εξεταζόμενη παράμετρος έχει πολύ μικρή ή σχεδόν καθόλου επίπτωση στην περιοχή μελέτης, ενώ αντίθετα η τιμή 5 υποδηλώνει ότι η παράμετρος έχει σημαντική επίπτωση στην τρωτότητα του λιμένα.

Πίνακας 5-5. Κλίμακα βαθμολόγησης παραμέτρων δείκτη PVI, ίδια επεξεργασία.

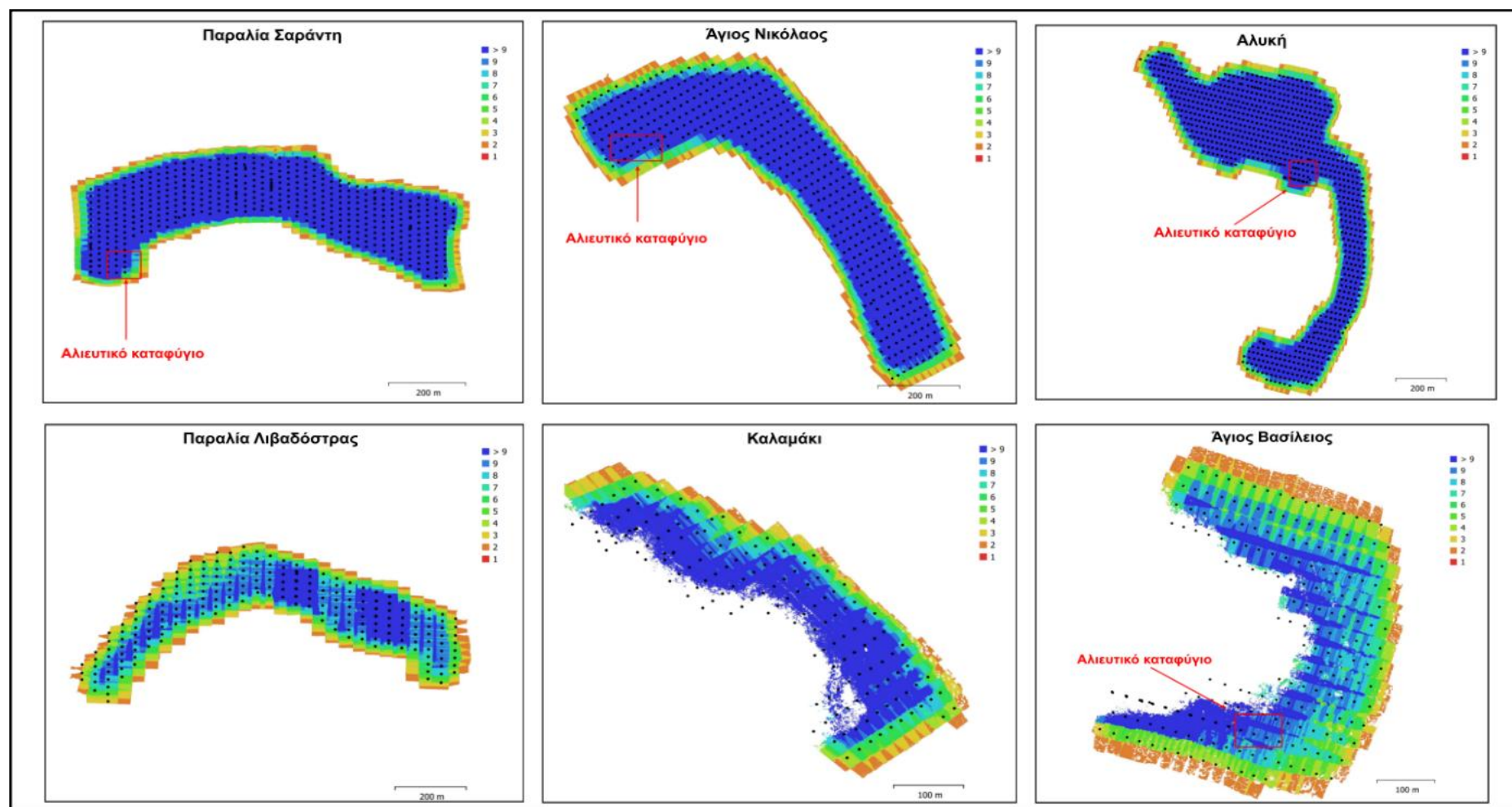
Σειρά κατάταξης τρωτότητας για κάθε επιμέρους παράμετρο του δείκτη PVI				
Πολύ χαμηλή	Χαμηλή	Μέτρια	Υψηλή	Πολύ υψηλή
1	2	3	4	5

6 Εκτίμηση τρωτότητας ακτών & λιμένων μελέτης

6.1 Αποτελέσματα φωτογραμμετρίας

Κατά μήκος της ακτογραμμής του Δήμου Θηβαίων εντοπίστηκαν έξι (6) περιοχές ενδιαφέροντος, στις οποίες πραγματοποιήθηκαν οι πτήσεις με μη επανδρωμένο αεροσκάφος, καθώς επίσης και επιτόπιες επιθεωρήσεις και εκτιμήσεις. Στη συνέχεια, έγινε εισαγωγή των δεδομένων σε ειδικό λογισμικό φωτογραμμετρίας Agisoft Photoscan v.1.4.3 για την παραγωγή των ορθοφωτοχαρτών για κάθε περιοχή.

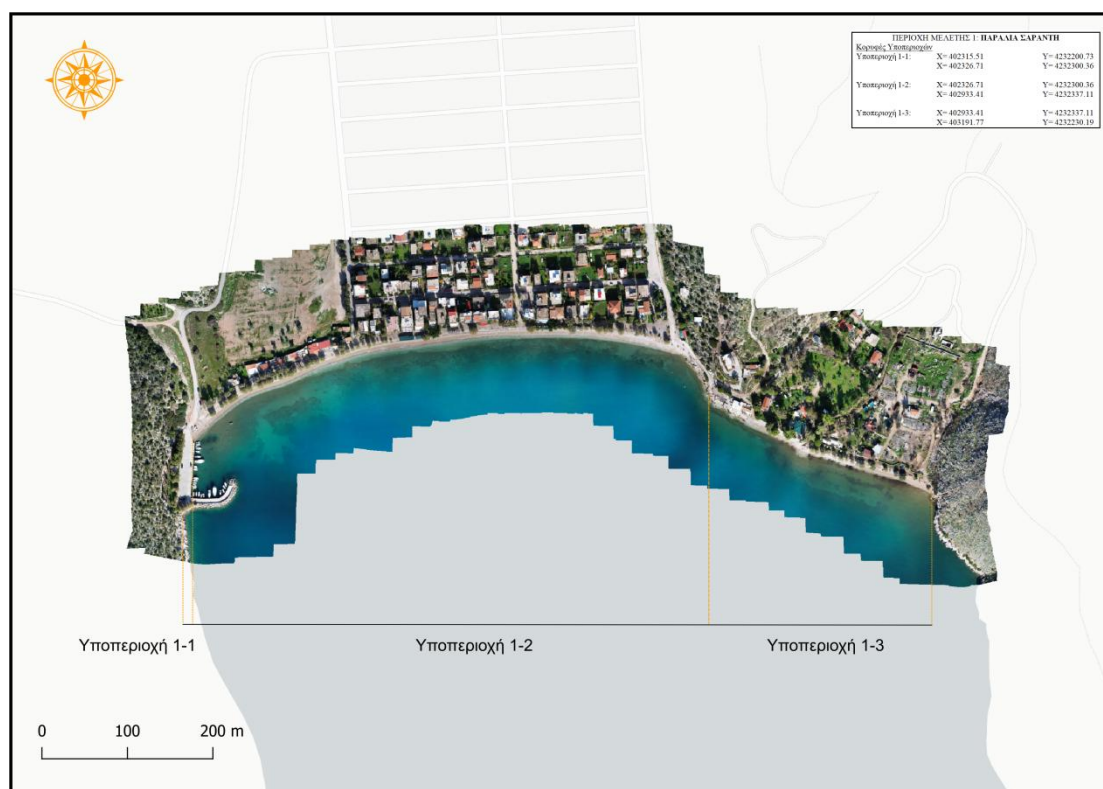
Πριν την εξαγωγή των ορθοφωτοχαρτών, πραγματοποιήθηκε έλεγχος για την επικάλυψη των εικόνων που λήφθηκαν από την κάμερα του μη επανδρωμένου αεροσκάφους. Παρακάτω στην Εικόνα 6-1, φαίνονται οι επικαλύψεις εικόνων για κάθε περιοχή μελέτης. Ο στόχος ήταν να αποτυπωθεί η μεγαλύτερη δυνατή επιφάνεια της εκάστοτε παράκτια περιοχής και να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή επικάλυψη, ανάλογα και με τις ισχύουσες καιρικές συνθήκες (ένταση ανέμου), κατά το χρονικό διάστημα που πραγματοποιούνται οι πτήσεις. Με κόκκινο ορθογώνιο αποτυπώνεται η θέση των λιμένων, στις περιοχές που υπάρχουν. Το σκούρο χρώμα >9, υποδηλώνει τη μέγιστη δυνατή επικάλυψη των εικόνων. Το σύστημα συντεταγμένων που χρησιμοποιήθηκε είναι το ελληνικό σύστημα συντεταγμένων ΕΣΓΑ 87' (GGRS87/Greek Grid EPSG:2100).



Εικόνα 6-1. Επικάλυψεις εικόνων μη επανδρωμένου αεροσκάφους στις περιοχές μελέτης.

Στους παραγόμενους ορθοφωτοχάρτες των περιοχών μελέτης, έγινε υποδιαίρεση σε επιμέρους υποπεριοχές μελέτης, λαμβάνοντας υπόψη την ομοιογένεια στα χαρακτηριστικά που αντιστοιχούν σε κάθε υποπεριοχή. Η επιλογή των υποπεριοχών πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με την Τεχνική Έκθεση του ΕΛΕ ΕΜΠ, Στάδιο Β (2021), ώστε να γίνει η ορθότερη αντιπαραβολή των ευρημάτων και να αποτυπωθούν με σχετική ακρίβεια οι μεταβολές σε σχέση με τις μετρήσεις της παρούσας εργασίας. Τα ευρήματα που αποκτήθηκαν χρησιμοποιήθηκαν στη συνέχεια για την εκτίμηση των μεταβολών της παράκτιας τρωτότητας και της τρωτότητας των λιμένων, καθώς επίσης και στην αξιολόγηση των προβλημάτων που εντοπίζονται στην παράκτια ζώνη.

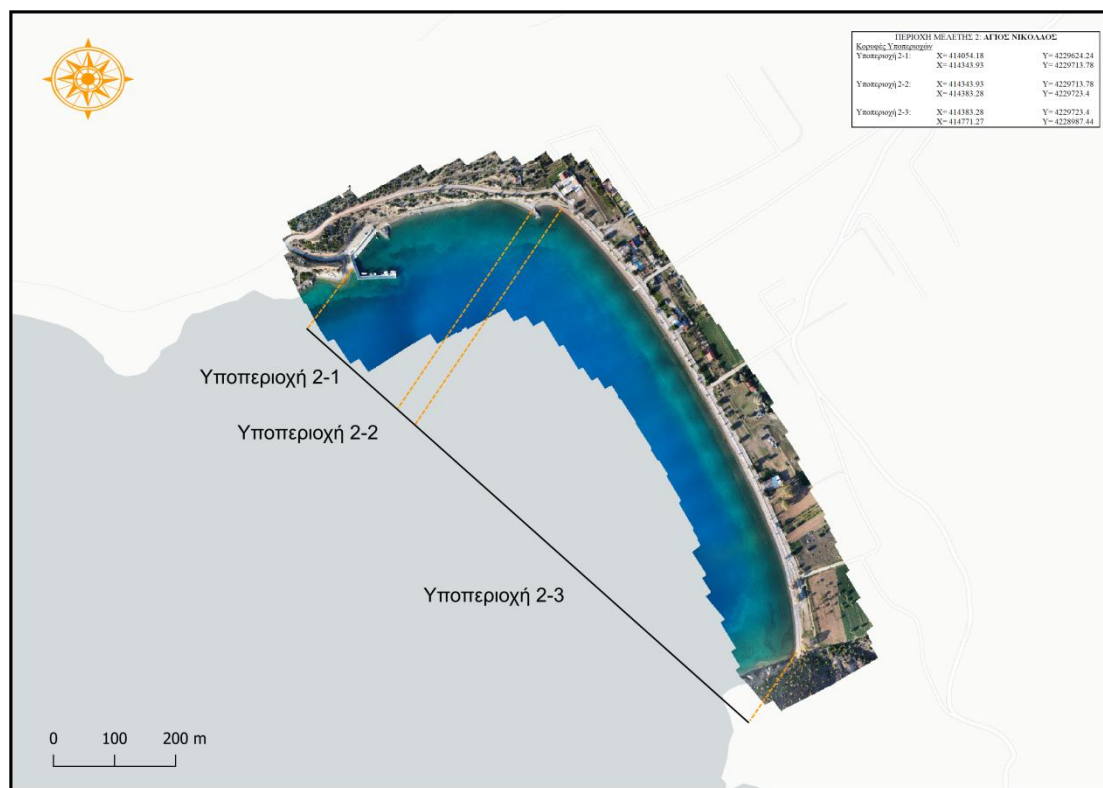
Οι ορθοφωτοχάρτες που κατασκευάστηκαν και υποδιαιρέθηκαν σε επιμέρους υποπεριοχές, απεικονίζονται στις Εικόνες 6-2, 6-3, 6-4, 6-5, 6-6 και 6-7.



Εικόνα 6-2. Ορθοφωτοχάρτης Περιοχής 1 – Παραλία Σαράντη και υποδιαίρεση σε υποπεριοχές.

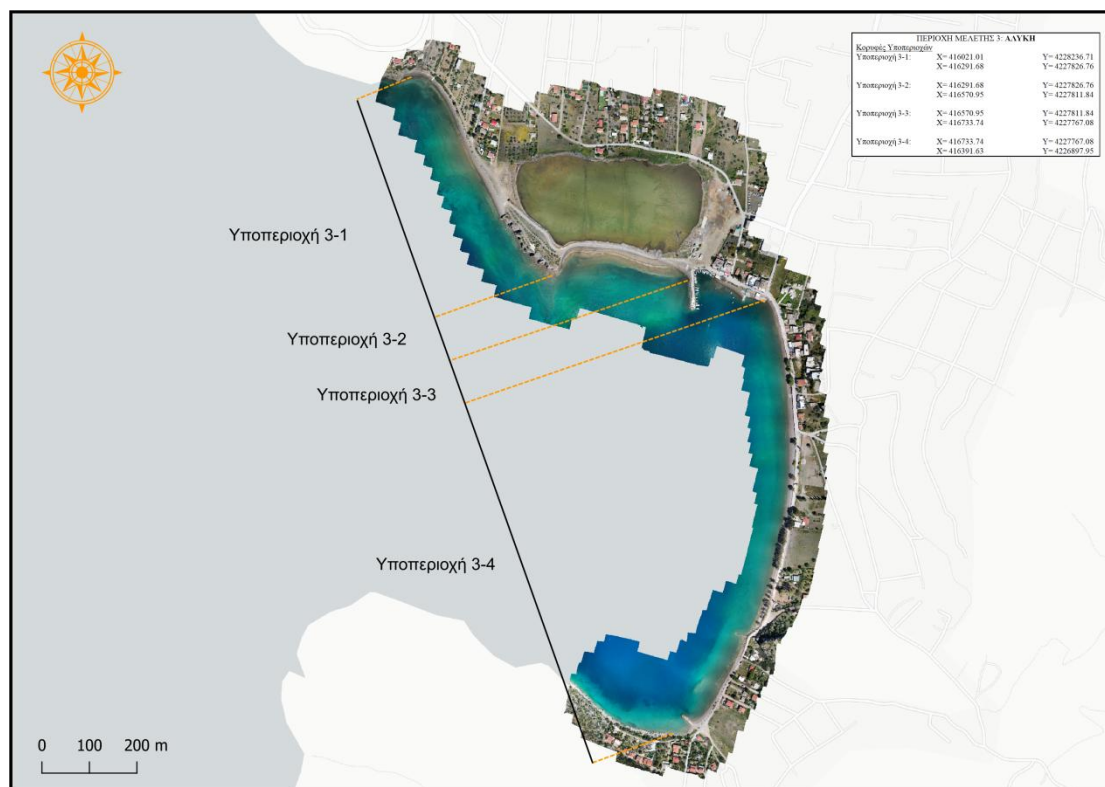
Η επιφάνεια που καλύφθηκε από την αυτόνομη πτήση στην Περιοχή 1-Παραλία Σαράντη ήταν 0.268 km², το ύψος πτήσης 89.3 m και ο συνολικός αριθμός των λήψεων 563. Η ανάλυση στους ορθοφωτοχάρτες είναι 2.85 cm/pixel, ενώ η πυκνότητα των σημείων είναι

5.46 points/pixel και το σύνολο των σημείων που προβλήθηκαν επί του χάρτη ανέρχονται στα 359652.



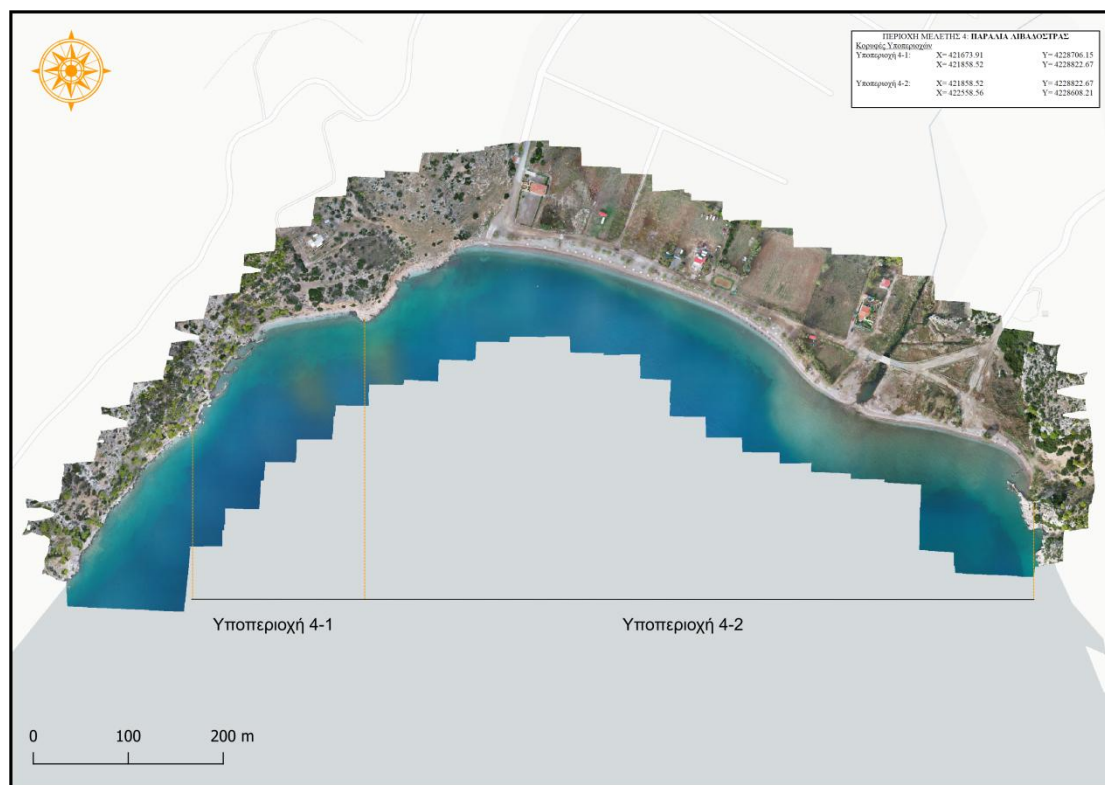
Εικόνα 6-3. Ορθοφωτοχάρτης Περιοχής 2 – Άγιος Νικόλαος και υποδιαίρεση σε υποπεριοχές.

Η επιφάνεια που καλύφθηκε από την αυτόνομη πτήση στην Περιοχή 2-Άγιος Νικόλαος ήταν 0.298 km², το ύψος πτήσης 96.2 m και ο συνολικός αριθμός των λήψεων 473. Η ανάλυση στους ορθοφωτοχάρτες είναι 2.95 cm/pixel, ενώ η πυκνότητα των σημείων είναι 5.45 points/pixel και το σύνολο των σημείων που προβλήθηκαν επί του χάρτη ανέρχονται στα 270584.



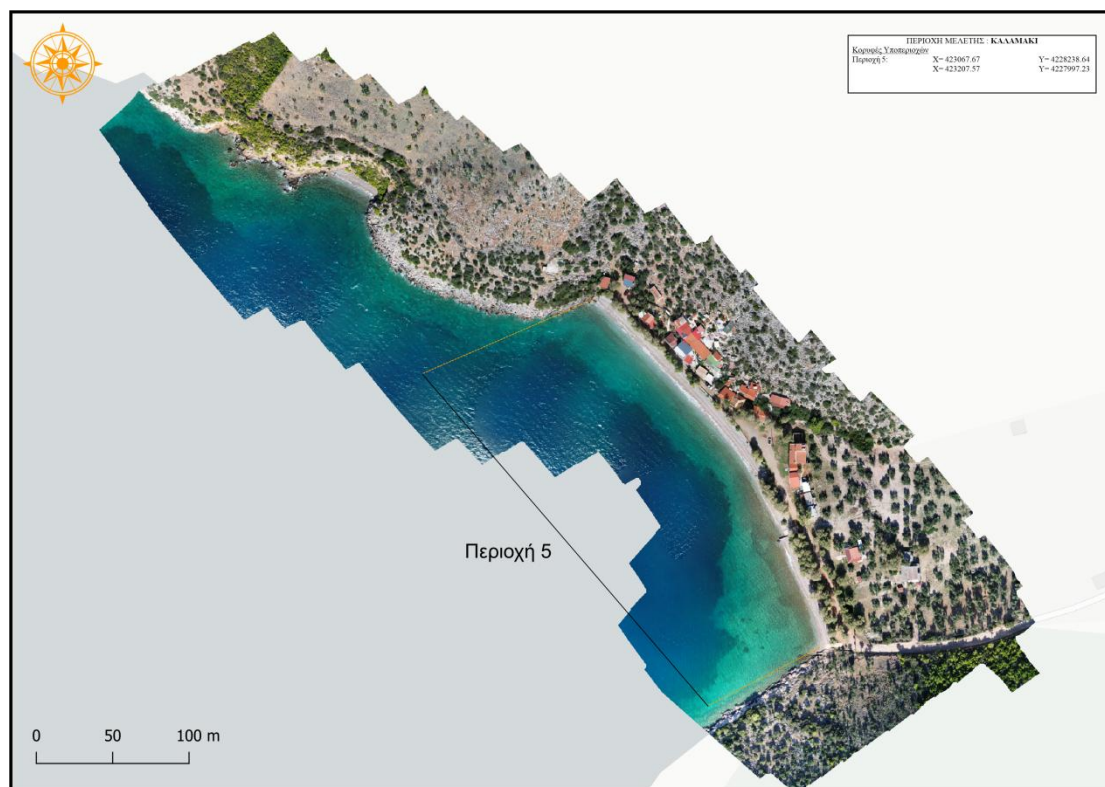
Εικόνα 6-4. Ορθοφωτοχάρτης Περιοχής 3 – Αλυκή και υποδιαίρεση σε υποπεριοχές.

Η επιφάνεια που καλύφθηκε από την αυτόνομη πτήση στην Περιοχή 3-Αλυκή ήταν 0.562 km², το ύψος πτήσης 96.7 m και ο συνολικός αριθμός των λήψεων 947. Η ανάλυση στους ορθοφωτοχάρτες είναι 2.99 cm/pixel, ενώ η πυκνότητα των σημείων είναι 5.12 points/pixel και το σύνολο των σημείων που προβλήθηκαν επί του χάρτη ανέρχονται στα 605303.



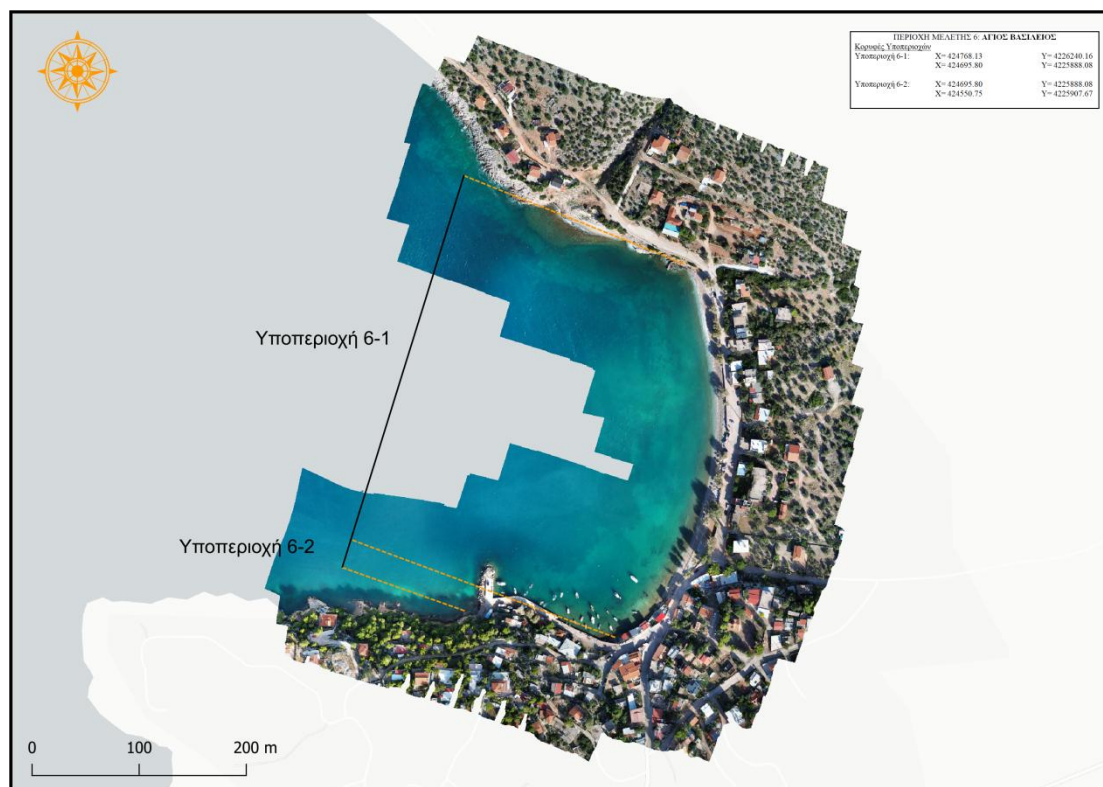
Εικόνα 6-5. Ορθοφωτοχάρτης Περιοχής 4 – Παραλία Λιβαδόστρας και υποδιαίρεση σε υποπεριοχές.

Η επιφάνεια που καλύφθηκε από την αυτόνομη πτήση στην Περιοχή 4-Παραλία Λιβαδόστρας ήταν 0.247 km^2 , το ύψος πτήσης 94.4 m και ο συνολικός αριθμός των λήψεων 288. Η ανάλυση στους ορθοφωτοχάρτες είναι 2.88 cm/pixel , ενώ η πυκνότητα των σημείων είναι $5.03 \text{ points/pixel}$ και το σύνολο των σημείων που προβλήθηκαν επί του χάρτη ανέρχονται στα 208673.



Εικόνα 6-6. Ορθοφωτοχάρτης Περιοχής 5 – Καλαμάκι.

Η επιφάνεια που καλύφθηκε από την αυτόνομη πτήση στην Περιοχή 5-Καλαμάκι ήταν 0.08 km², το ύψος πτήσης 89.1 m και ο συνολικός αριθμός των λήψεων 206. Η ανάλυση στους ορθοφωτοχάρτες είναι 2.68 cm/pixel, ενώ η πυκνότητα των σημείων είναι 3.83 points/pixel και το σύνολο των σημείων που προβλήθηκαν επί του χάρτη ανέρχονται στα 152431.



Εικόνα 6-7. Ορθοφωτοχάρτης Περιοχής 6 – Άγιος Βασίλειος και υποδιαίρεση σε υποπεριοχές.

Η επιφάνεια που καλύφθηκε από την αυτόνομη πτήση στην Περιοχή 6-Άγιος Βασίλειος ήταν 0.161 km², το ύψος πτήσης 89.8 m και ο συνολικός αριθμός των λήψεων 238. Η ανάλυση στους ορθοφωτοχάρτες είναι 2.79 cm/pixel, ενώ η πυκνότητα των σημείων είναι 3.85 points/pixel και το σύνολο των σημείων που προβλήθηκαν επί του χάρτη ανέρχονται στα 189181.

6.2 Εκτίμηση Παράκτιας Τρωτότητας

Σύμφωνα με την διεθνή βιβλιογραφία, η εκτίμηση της παράκτιας τρωτότητας των υπό εξέταση ακτών πραγματοποιείται με υποδιαίρεση του συνολικού τους μήκους σε επιμέρους τμήματα (Kantamaneni et al., 2019, Ruzic et al., 2019, Vandarakis et al., 2021). Στην παρούσα εργασία, όπως ακριβώς και στην Τεχνική Έκθεση του Εργαστηρίου Λιμενικών Έργων ΕΜΠ (2021), η υποδιαίρεση της ακτογραμμής των περιοχών ενδιαφέροντος, πραγματοποιήθηκε λαμβάνοντας υπόψη επιμέρους τμήματα μήκους 25 m (Πίνακας 6-1), επιδιώκοντας να αποτυπωθεί με μεγαλύτερη ακρίβεια η υφιστάμενη κατάσταση και ταυτόχρονα να καλυφθούν με επάρκεια και περιεκτικότητα οι ακτές ενδιαφέροντος.

Στο μέσο κάθε τμήματος 25 m, ορίστηκε ένα σημείο, ένα κεντροειδές, το οποίο αποτελεί σημείο αναφοράς για όλους τους υπολογισμούς. Η βαθμολόγηση των παραμέτρων στην

κλίμακα αναφοράς 1-5 (Πίνακας 5-4) πραγματοποιείται λαμβάνοντας υπόψη το εύρος των τιμών κάθε παραμέτρου στο σύνολο της περιοχής μελέτης, το οποίο αναλογεί σε 5 ίσες κλάσεις.

Πίνακας 6-1. Διαχωρισμός ακτών μελέτης σε τμήματα μήκους 25 m. (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).

Περιοχή	Συνολικό μήκος (km)	Σύνολο τμημάτων μήκους 25m
1. Παραλία Σαράντη	0.95	38
2. Άγιος Νικόλαος	0.95	38
3. Αλυκή	1.88	75
4. Παραλία Λιβαδόστρας	0.68	27
5. Καλαμάκι	0.30	12
6. Άγιος Βασίλειος	0.43	17

Από το σύνολο των παραμέτρων για την εκτίμηση της παράκτιας τρωτότητας που περιλαμβάνονται στον Πίνακα 5-2 του Κεφαλαίου 5 και λήφθηκαν υπόψη στην Τεχνική Έκθεση ΕΛΕ ΕΜΠ (2021), η χρήση Συστημάτων μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών, βοηθάει στην παρακολούθηση και καταγραφή των εξής παραμέτρων (Πίνακας 6-2):

Πίνακας 6-2. Επιλογή παραμέτρων για την εκτίμηση της παράκτιας τρωτότητας. (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021, με ιδία επεξεργασία).

Κατηγορία	Κωδικός	Παράμετρος	Κίνδυνος	Ενδεικτική Βιβλιογραφία
Φυσικές	Φ.2	Ρυθμός εξέλιξης ακτογραμμής	Διάβρωση	Thieler & Hammar-Klose (1999)
	Φ.3.1	Χερσαία κλίση	Αύξηση της θαλάσσιας στάθμης επί του μετώπου της ακτής λόγω κυματικής δράσης (αναρρίχηση) ή μετεωρολογικής παλίρροιας	Thieler & Hammar-Klose (1999)
	Φ.8	Πλάτος ακτής	Παράκτια κατάκλυση λόγω αναρρίχησης	Ruzic et al. (2019)
	Φ.9	Απόσταση από φυτεύσεις	Αλλοίωση φυσικού τοπίου	Kantamaneni et al. (2019)
Τεχνικές	Τ.1	Απόσταση από δόμηση	Διάβρωση/Παράκτια κατάκλυση	Kantamaneni et al. (2019)
	Τ.2	Απόσταση από παράκτιο δρόμο	Υποσκαφή θεμελίωσης/Παράκτια κατάκλυση	ΕΛΕ ΕΜΠ
	Τ.3	Παράκτια έργα προστασίας	Διάβρωση	Kantamaneni et al. (2019)
Περιβαλλοντικές	Π.1	Απόσταση από NATURA 2000	Απειλή προστατευόμενων ειδών	ΕΛΕ ΕΜΠ
Κοινωνικό-οικονομικές	ΚΟ.2	Απόσταση από οικισμό	Χρόνος απόκρισης	ΕΛΕ ΕΜΠ
	ΚΟ.4	Απόσταση από πρωτεύουσα Δήμου	Χρόνος απόκρισης	ΕΛΕ ΕΜΠ
	ΚΟ.5	Χρήσεις γης	Ανθρωπογενείς πιέσεις	Ruzic et al. (2019)

Φυσικές Παράμετροι

- Ρυθμός εξέλιξης ακτογραμμής. Αφορά στον ρυθμό διάβρωσης ή απόθεσης ιζήματος στην ακτή, δηλαδή στον ρυθμό μεταβλητότητας της ακτογραμμής. Θετικές τιμές στον ρυθμό εξέλιξης υποδηλώνουν μεγαλύτερη ανθεκτικότητα στη διάβρωση και

αντιστοιχούν στην τιμή 1, ενώ αρνητικές τιμές υποδηλώνουν μεγαλύτερη τρωτότητα και αντιστοιχούν στην τιμή 5 (Πίνακας 5-4).

- Χερσαία κλίση. Η χερσαία και η θαλάσσια κλίση αποτελούν υποκατηγορίες της παράκτιας κλίσης, η οποία σχετίζεται με την επίδραση των πιθανών πλημμυρικών φαινομένων στις ακτές μελέτης και στην ταχύτητα υποχώρησης της ακτογραμμής. Η χερσαία κλίση αφορά στη χερσαία μορφολογία των περιοχών ενδιαφέροντος. Οι περιοχές με μικρότερες τιμές της χερσαίας κλίσης (ήπια κλίση), επηρεάζονται περισσότερο από φαινόμενα αύξησης της θαλάσσιας κλίσης επί του μετώπου της ακτής, είτε λόγω κυματικής δράσης (αναρρίχηση) είτε λόγω μετεωρολογικής παλίρροιας. Η τιμή 1 στην κλίμακα βαθμολόγησης, περιλαμβάνει μεγαλύτερες τιμές χερσαίας κλίσης (απότομες απότομες), ενώ η τιμή 5 περιλαμβάνει τις μικρότερες τιμές της παραμέτρου (ήπιες ακτές) (Πίνακας 5-4).
- Πλάτος ακτής. Αφορά στο ελεύθερο πλάτος μεταξύ ακτογραμμής και φυσικών και τεχνητών εμποδίων (π.χ. πλούσια βλάστηση, βραχώδεις σχηματισμοί, παράκτιος δρόμος, παράκτιο κατακόρυφο μέτωπο, καταλύματα κ.α.). Μικρότερο πλάτος ακτής υποδηλώνει αυξημένο κίνδυνο παράκτιας κατάκλυσης ή/και αναρρίχησης σχετικά ήπιων κυματισμών, που μπορεί να οδηγήσει σε πλήρη κατάληψη της ακτής. Η τιμή 1 της κλίμακας βαθμολόγησης, περιλαμβάνει τις μεγαλύτερες τιμές του πλάτους ακτής, ενώ η τιμή 5 περιλαμβάνει μικρότερες τιμές της παραμέτρου (Πίνακας 5-4).
- Απόσταση από φυτεύσεις. Η απόσταση από τις φυτεύσεις επηρεάζει την τρωτότητα των ακτών μελέτης, καθώς σε περίπτωση ακραίων καιρικών φαινομένων, υπάρχει αυξημένος κίνδυνος αλλοίωσης του φυσικού τοπίου. Η τιμή 1 στην κλίμακα βαθμολόγησης, περιλαμβάνει τις μεγαλύτερες τιμές της απόστασης από τις φυτεύσεις, ενώ η τιμή 5 περιλαμβάνει τις μικρότερες τιμές της παραμέτρου (Πίνακας 5-4).

Τεχνικές Παράμετροι

- Απόσταση από δόμηση. Είναι μια τεχνική παράμετρος που αφορά στον κίνδυνο παράκτιας κατάκλυσης. Μικρότερη απόσταση από οικίες, καταλύματα, χώρους εστίασης και σταθερές υποδομές, υποδηλώνει αυξημένο κίνδυνο για τις κατασκευές λόγω παράκτιας κατάκλυσης (π.χ. λόγω ακραίων κυματισμών ή αύξησης θαλάσσιας στάθμης), καθώς και φαινομένων επεισοδιακής διάβρωσης του παράκτιου μετώπου. Η τιμή 1 στην κλίμακα βαθμολόγησης, περιλαμβάνει τις μεγαλύτερες τιμές της απόστασης από δόμηση, ενώ η τιμή 5 περιλαμβάνει τις μικρότερες τιμές της παραμέτρου (Πίνακας 5-4).

- Απόσταση από παράκτιο δρόμο. Σε περίπτωση που ο παράκτιος δρόμος βρίσκεται κοντά στην ακτογραμμή, υπάρχει αυξημένος κίνδυνος υποσκαφής της θεμελίωσης (λόγω φαινομένων επεισοδιακής διάβρωσης) καθώς και παράκτιας κατάκλυσης (λόγω κυματικής υπερπήδησης). Η τιμή 1 στην κλίμακα βαθμολόγησης, περιλαμβάνει τις μεγαλύτερες τιμές της απόστασης από τον παράκτιο δρόμο, ενώ η τιμή 5 περιλαμβάνει τις μικρότερες τιμές της παραμέτρου (Πίνακας 5-4).
- Παράκτια έργα προστασίας. Η ύπαρξη παράκτιων έργων προστασίας όπως πρόβολοι και κυματοθραύστες, επηρεάζει την τρωτότητα των ακτών μελέτης λόγω παράκτιας διάβρωσης. Επίσης, πιθανός εσφαλμένος σχεδιασμός των έργων αυτών, ενδέχεται να επιδρά αρνητικά στην στερεομεταφορά. Η τιμή 1 στην κλίμακα βαθμολόγησης, περιλαμβάνει τα έργα προστασίας των οποίων η λειτουργία εμποδίζει τη διάβρωση της ακτής, ενώ η τιμή 5 περιλαμβάνει τα έργα προστασίας των οποίων η λειτουργία επιδρά αρνητικά στην στερεομεταφορά (Πίνακας 5-4).

Περιβαλλοντικές Παράμετροι

- Απόσταση από NATURA 2000. Όσο πλησιέστερα βρίσκεται η υπό εξέταση ακτή σε περιοχή που ανήκει σε Δίκτυο Προστασίας Περιοχών NATURA 2000, τόσο περισσότερο περιβαλλοντικά τρωτή είναι. Κατά συνέπεια, η τιμή 1 περιλαμβάνει τις μεγαλύτερες τιμές της απόστασης από τις περιοχές NATURA 2000, ενώ η τιμή 5 περιλαμβάνει τις μικρότερες της παραμέτρου (Πίνακας 5-4).

Κοινωνικοοικονομικές Παράμετροι

- Απόσταση από οικισμό. Η μεγαλύτερη απόσταση από τον οικισμό αντιστοιχεί σε μεγαλύτερη παράκτια τρωτότητα, λαμβάνοντας υπόψη ότι σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης ο χρόνος απόκρισης θα είναι αυξημένος. Η τιμή 1 στην κλίμακα βαθμολόγησης, περιλαμβάνει τις μικρότερες τιμές της απόστασης από τον οικισμό, ενώ η τιμή 5 περιλαμβάνει τις μεγαλύτερες τιμές της παραμέτρου (Πίνακας 5-4).
- Απόσταση από πρωτεύουσα Δήμου. Η απόσταση από την πρωτεύουσα του Δήμου, την Θήβα, επηρεάζει την παράκτια τρωτότητα. Όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση, τόσο αυξημένος θα είναι ο χρόνος απόκρισης και κατά συνέπεια αυξάνεται η τρωτότητα, ενώ ταυτόχρονα θα γίνεται προσπάθεια βέλτιστης κατανομής των πόρων στις πληγείσες περιοχές. Η τιμή 1 στην κλίμακα βαθμολόγησης, περιλαμβάνει τις μικρότερες τιμές απόστασης από τη Θήβα, ενώ η τιμή 5 περιλαμβάνει τις μεγαλύτερες τιμές της παραμέτρου (Πίνακας 5-4).
- Χρήσεις γης. Ο προσδιορισμός των χρήσεων γης στις περιοχές ενδιαφέροντος είναι ιδιαίτερα σημαντικός. Όσο μικρότερη αλλοίωση έχει υποστεί στο φυσικό περιβάλλον

τόσο μικρότερη είναι η τρωτότητα, ενώ αντίθετα, η μεγαλύτερη ανθρώπινη παρέμβαση οδηγεί σε μεγαλύτερη παράκτια τρωτότητα. Η τιμή 1 στην κλίμακα βαθμολόγησης, περιλαμβάνει χρήσεις γης που αφορούν σε φυσικά και αναλλοίωτα περιβάλλοντα (π.χ. σκληροφυλλική βλάστηση), ενώ η τιμή 5 περιλαμβάνει τις χρήσεις γης που σχετίζονται με την ανάπτυξη έντονων ανθρώπινων δραστηριοτήτων (π.χ. ανάπτυξη αστικού ιστού) (Πίνακας 5-4).

Σημαντικές μεταβολές, που επηρέασαν και τα αποτελέσματα του υπολογισμού των παραμέτρων για την εκτίμηση της παράκτιας τρωτότητας στις περιοχές μελέτης, εντοπίστηκαν κατά μήκος της ακτογραμμής της Περιοχής 1-Παραλίας Σαράντη και της Περιοχής 4-Παραλίας Λιβαδόστρας.

Συγκεκριμένα, στην Υποπεριοχή 1-3 (Παραλία Σκέρφι) της Περιοχής 1-Παραλία Σαράντη, εντοπίστηκε απόθεση σε τμήμα της παραλίας, σε σημείο που καταλήγει ρέμα, διερχόμενο μεταξύ καταλυμάτων-οικιών και χώρου οργανωμένης κατασκήνωσης (camping) (Εικόνα 6-8). Στην ίδια Υποπεριοχή, εντοπίστηκαν μεταβολές στο χώρο οργανωμένης κατασκήνωσης (camping) και περίξ αυτού, αποτέλεσμα της πυρκαγιάς που εκδηλώθηκε στην ευρύτερη περιοχή Παραλίας Σαράντη τον Αύγουστο του 2023 (Εικόνα 6-9). Στην Υποπεριοχή 4-2 της Περιοχής 4-Παραλία Λιβαδόστρας, εντοπίστηκε μεταβολή της κοίτης του ποταμού Λιβαδόστρα, στο σημείο εκβολής του στον Κορινθιακό Κόλπο. Από επίτοπια παρατήρηση στην εν λόγω περιοχή και όπως εμφανώς αποτυπώνεται στην Εικόνα 6-10, καταγράφηκαν σωροί αδρανών υλικών, γεγονός που δείχνει ότι η μεταβολή επήλθε από ανθρωπογενή παρέμβαση.



Εικόνα 6-8. Απόθεση σε τμήμα παραλίας Υποπεριοχής 1-3 της Περιοχής 1-Παραλία Σαράντη.



Εικόνα 6-9. Μεταβολές λόγω πυρκαγιάς στο χώρο οργανωμένης κατασκήνωσης (camping) Υποπεριοχής 1-3 της Περιοχής 1-Παραλία Σαράντη.



Εικόνα 6-10. Μεταβολή κοίτης ποταμού Λιβαδόστρα, στην εκβολή του στον Κορινθιακό Κόλπο. Υποπεριοχή 4-2 Περιοχής 4-Παραλία Λιβαδόστρας.

6.2.1 Υπολογισμός φυσικών παραμέτρων τρωτότητας

6.2.1.1 Ρυθμός εξέλιξης της ακτογραμμής (Φ.2)

Ο ρυθμός εξέλιξης ακτογραμμής (Φ.2) υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη τους ορθοφωτοχάρτες Τεχνικής Έκθεσης ΕΛΕ (2021) για τις περιοχές ενδιαφέροντος και τους αντίστοιχους της παρούσας εργασίας (2024), συγκρίνοντας την μεταβολή της ακτογραμμής. Ο ρυθμός μεταβολής της ακτογραμμής υπολογίζεται από τη Σχέση 6-1 ως εξής:

$$R = \frac{d}{T} \quad (6-1)$$

όπου:

d (m) : η απόσταση μεταξύ των εξεταζόμενων ακτογραμμών

T (έτη) : το χρονικό διάστημα μεταξύ των εξεταζόμενων ακτογραμμών

Στη συνέχεια, πραγματοποιείται κατηγοριοποίηση των δεδομένων και προκύπτει ο Πίνακας 6-3, όπου περιλαμβάνεται η βαθμολόγηση της παραμέτρου Φ.2 σύμφωνα με την κλίμακα 1-5 (Πίνακας 5-4), καθώς επίσης και το μήκος των περιοχών ενδιαφέροντος που λαμβάνουν τις

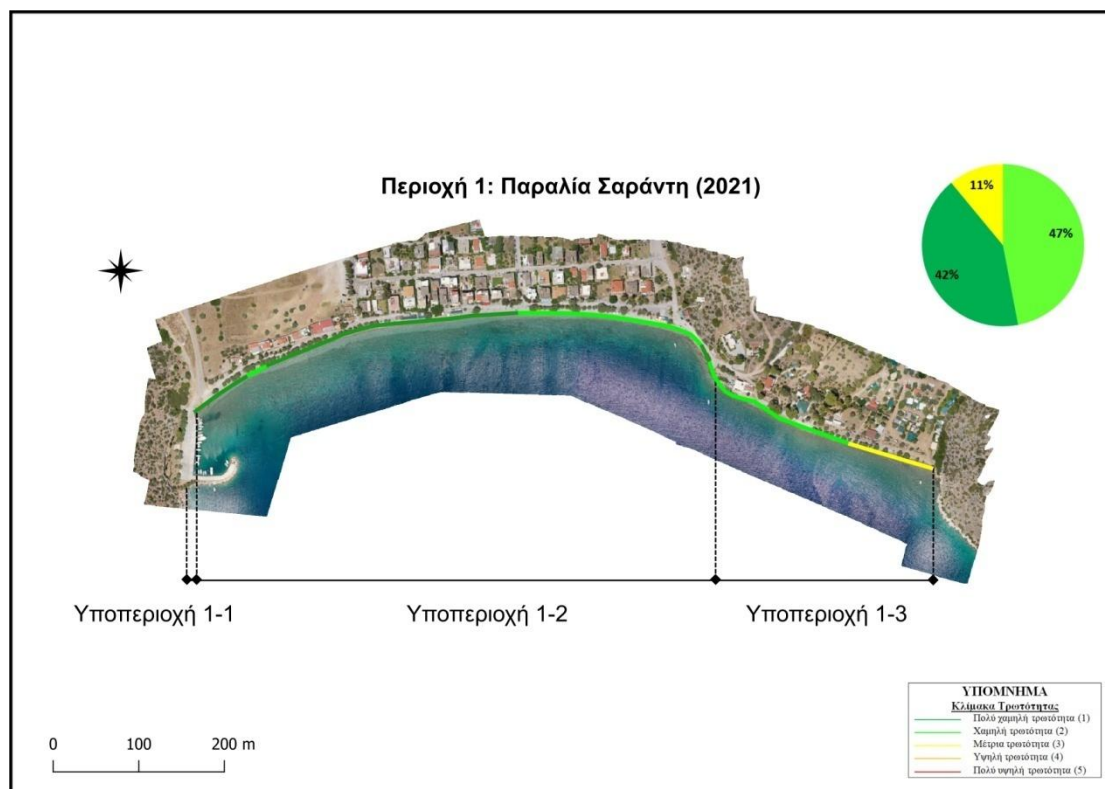
αντίστοιχες τιμές. Στις Εικόνες 6-11 έως και 6-22, αποτυπώνεται γραφικά η τρωτότητα κατά μήκος των 6 περιοχών ενδιαφέροντος ως προς την παράμετρο Φ.2 και γίνεται σύγκριση των αποτυπώσεων της παρούσας εργασίας (2024) με αυτές της Τεχνικής Έκθεσης ΕΛΕ ΕΜΠ (2021).

Για την βαθμολόγηση της παραμέτρου Φ.2, ορίζονται οι παρακάτω πέντε (5) κλάσεις (Πίνακας 6-3):

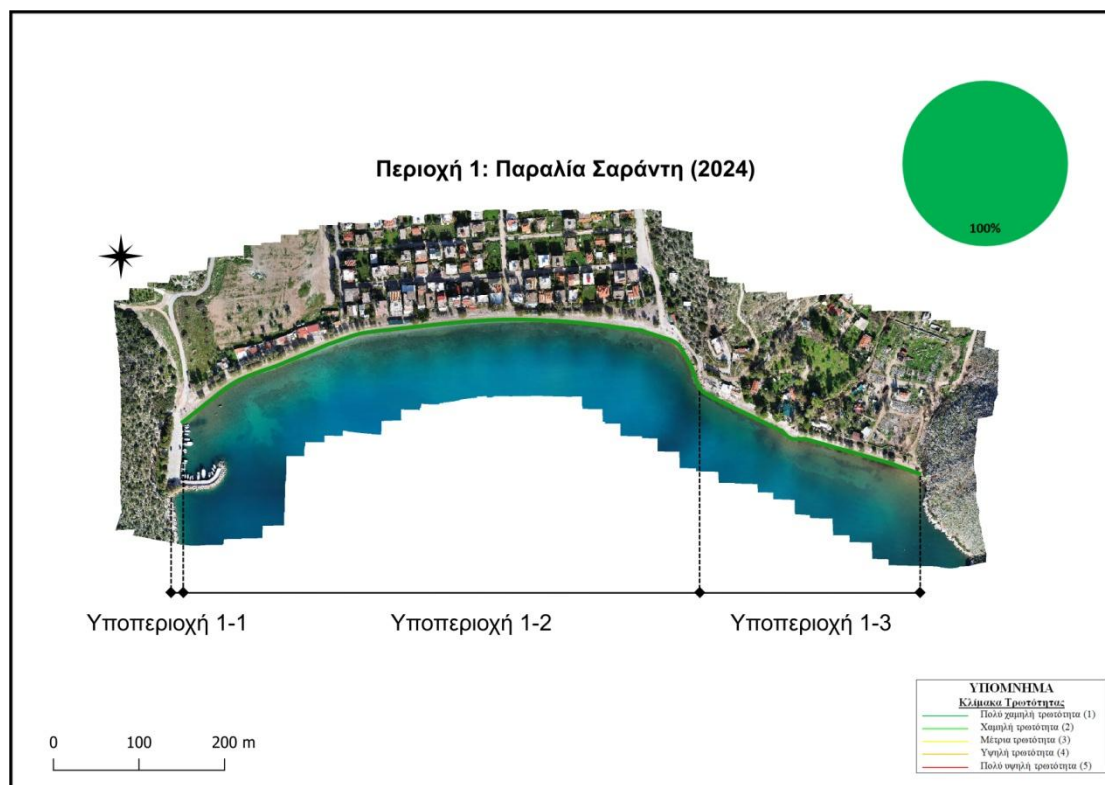
- Πολύ χαμηλή τρωτότητα (1): Εύρος τιμών 0.00 – 0.11 m/yr.
- Χαμηλή τρωτότητα (2): Εύρος τιμών -0.11 – 0.00 m/yr.
- Μέτρια τρωτότητα (3): Εύρος τιμών -0.22 – -0.11 m/yr.
- Υψηλή τρωτότητα (4): Εύρος τιμών -0.33 – -0.22 m/yr.
- Πολύ υψηλή τρωτότητα (5): Εύρος τιμών -0.45 – -0.33 m/yr.

Πίνακας 6-3. Βαθμολόγηση παραμέτρου τρωτότητας Φ.2: Εξέλιξη ακτογραμμής.

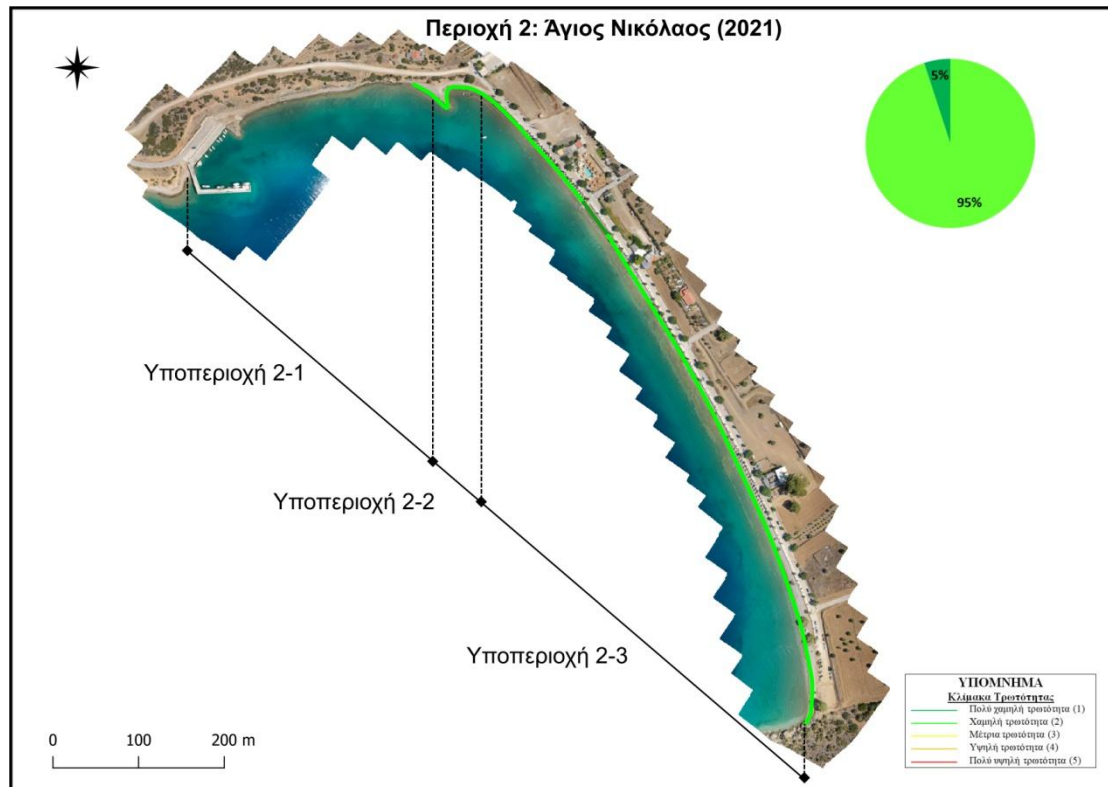
Κλίμακα τρωτότητας		Πολύ χαμηλή (1)	Χαμηλή (2)	Μέτρια (3)	Υψηλή (4)	Πολύ υψηλή (5)
Εύρος τιμών (m)		0.00 – 0.11	-0.11 – 0.00	-0.22 – -0.11	-0.33 – -0.22	-0.45 – -0.33
Περιοχές	Υποπεριοχές	Μήκος ακτής (m)				
Παραλία Σαράντη	1-2	675	0	0	0	0
	1-3	275	0	0	0	0
Άγιος Νικόλαος	2-1	50	0	0	0	0
	2-2	25	0	0	0	25
	2-3	625	0	125	100	0
Αλυκή	3-1	550	0	0	0	0
	3-2	325	0	0	0	0
	3-4	1000	0	0	0	0
Παραλία Λιβαδόστρας	4-2	275	0	200	150	50
Καλαμάκι	5	300	0	0	0	0
Άγιος Βασίλειος	6-1	425	0	0	0	0



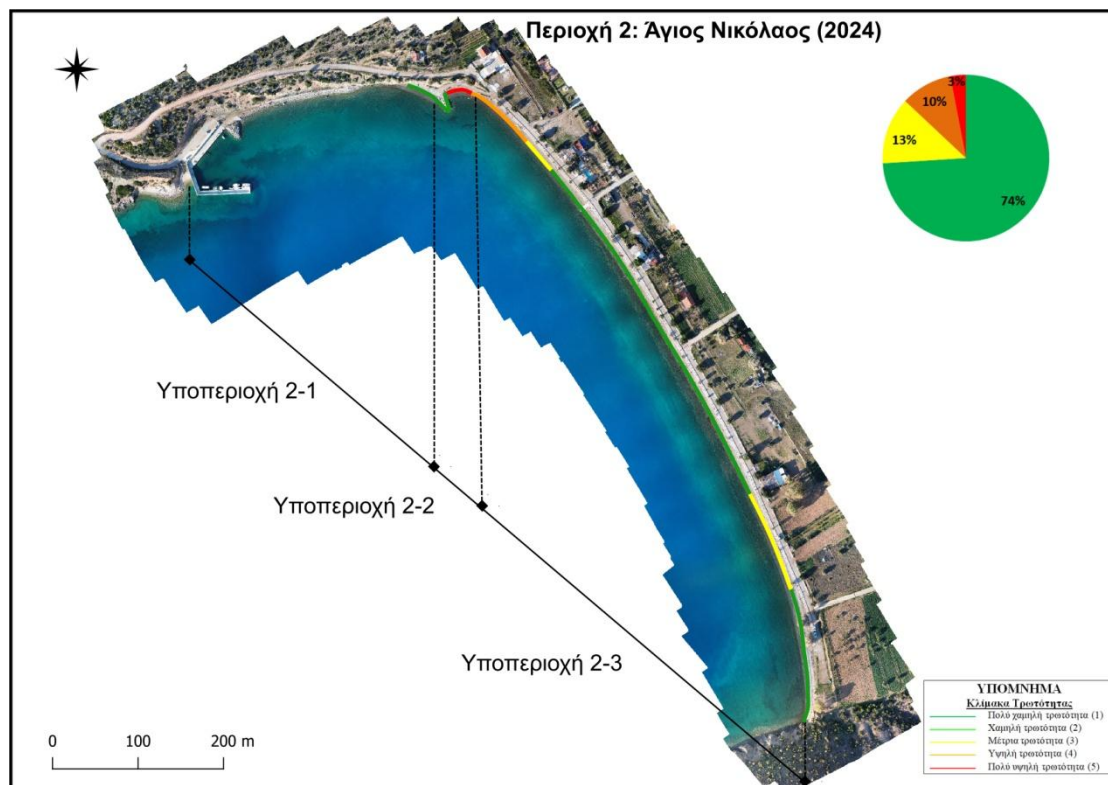
Εικόνα 6-11. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 1-Παραλίας Σαράντη, ως προς την παράμετρο Φ.2: Εξέλιξη ακτογραμμής, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).



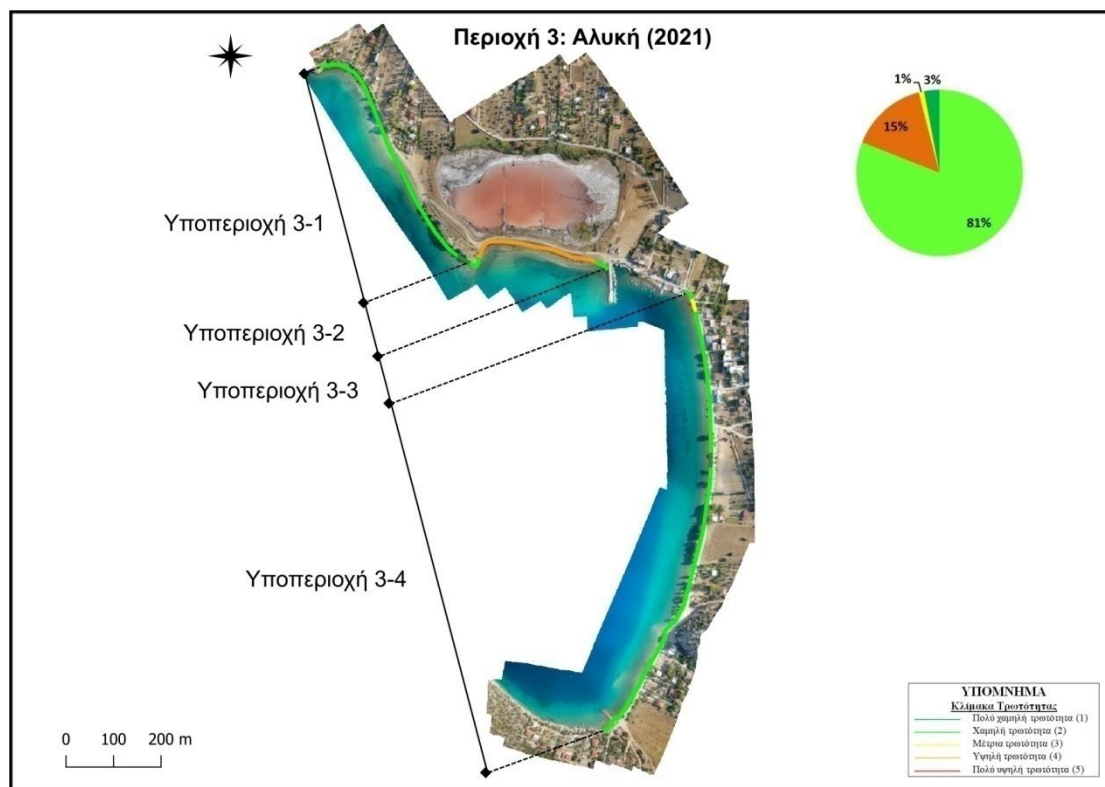
Εικόνα 6-12. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 1-Παραλίας Σαράντη, ως προς την παράμετρο Φ.2: Εξέλιξη ακτογραμμής, μετρήσεις 2024.



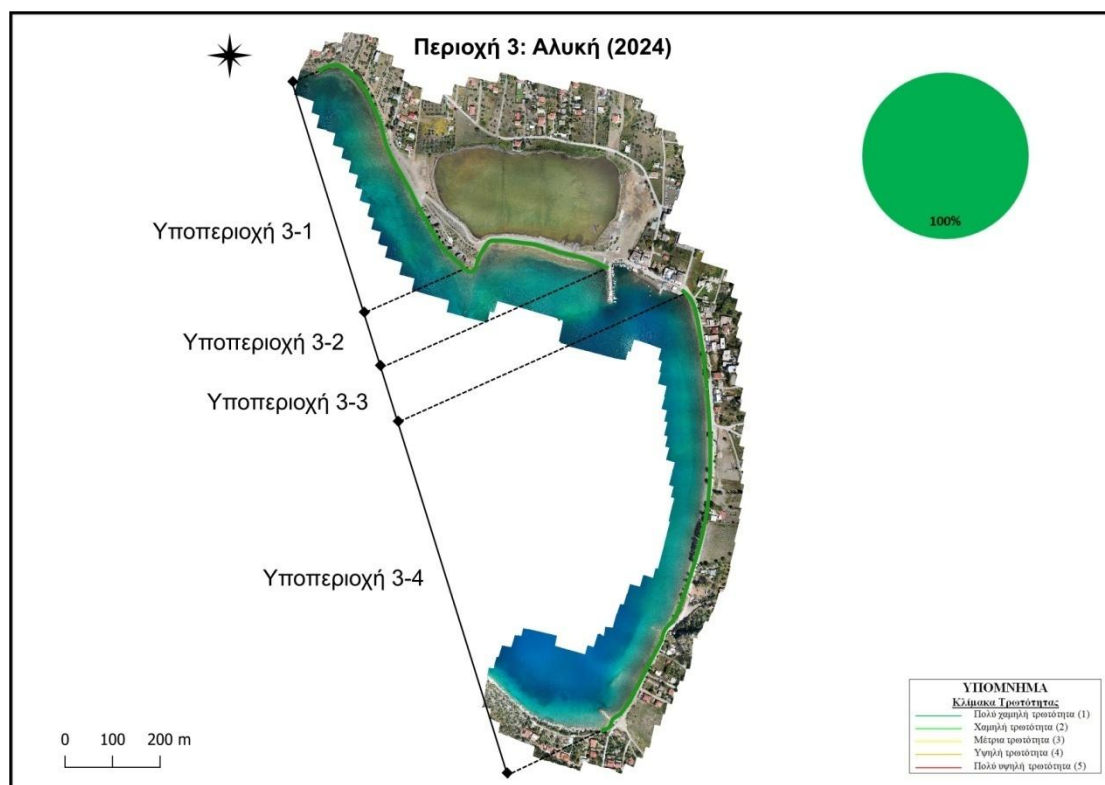
Εικόνα 6-13. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 2-Άγιος Νικόλαος, ως προς την παράμετρο Φ.2: Εξέλιξη ακτογραμμής, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).



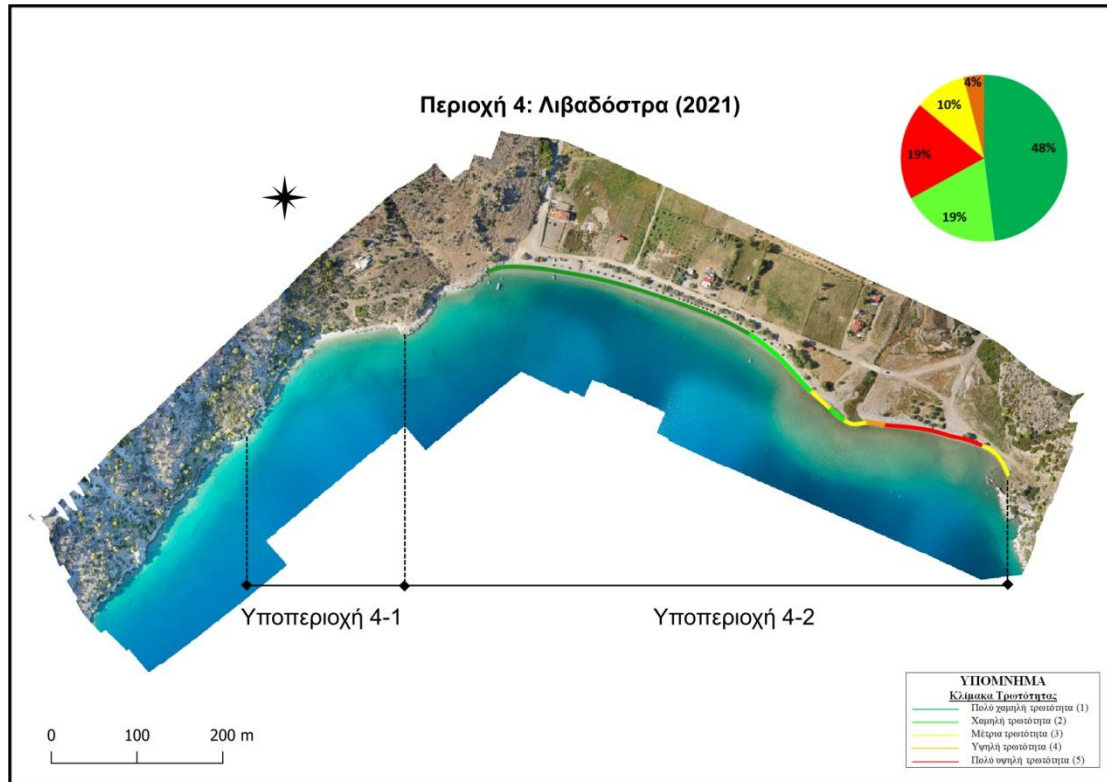
Εικόνα 6-14. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 2-Άγιος Νικόλαος, ως προς την παράμετρο Φ.2: Εξέλιξη ακτογραμμής, μετρήσεις 2024.



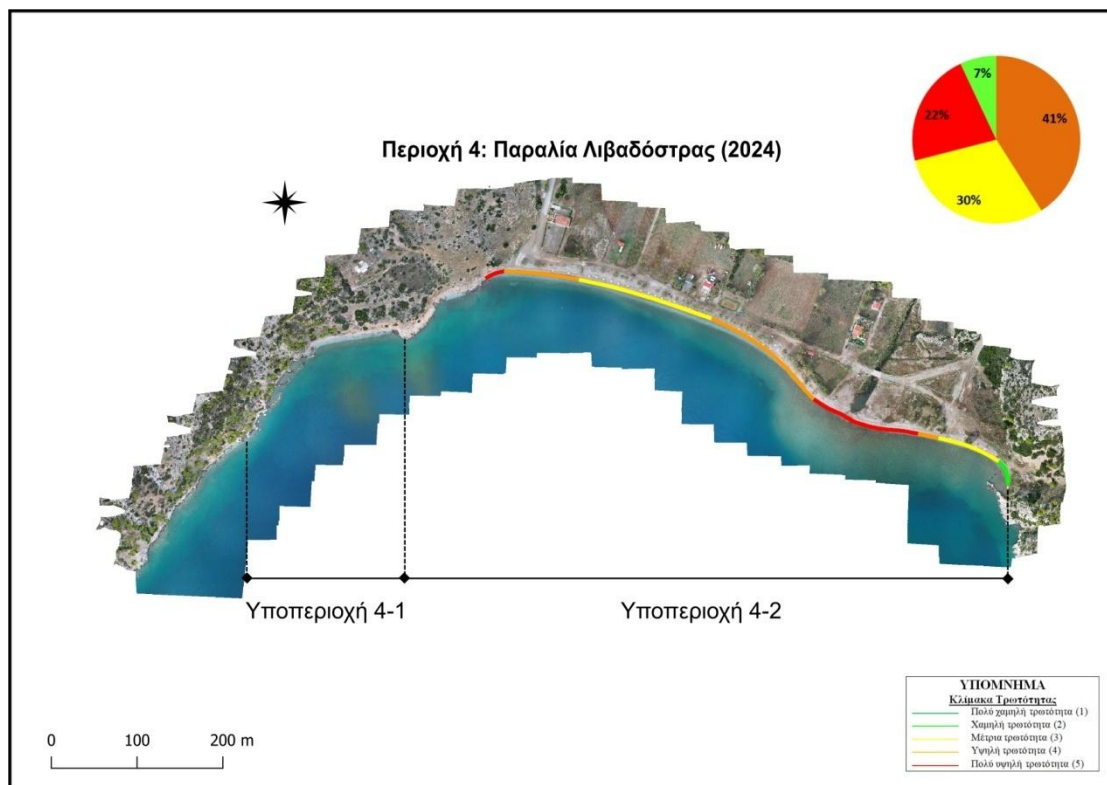
Εικόνα 6-15. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 3-Αλυκή, ως προς την παράμετρο Φ.2: Εξέλιξη ακτογραμμής, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).



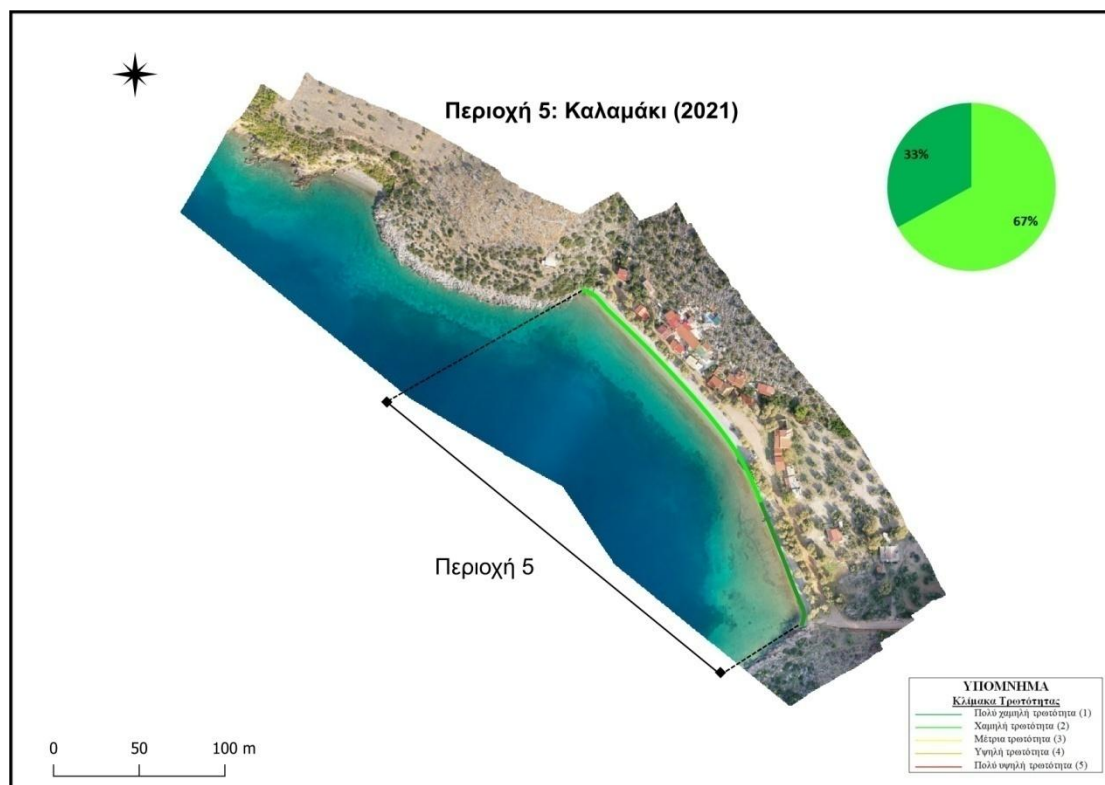
Εικόνα 6-16. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 3-Αλυκή, ως προς την παράμετρο Φ.2: Εξέλιξη ακτογραμμής, μετρήσεις 2024.



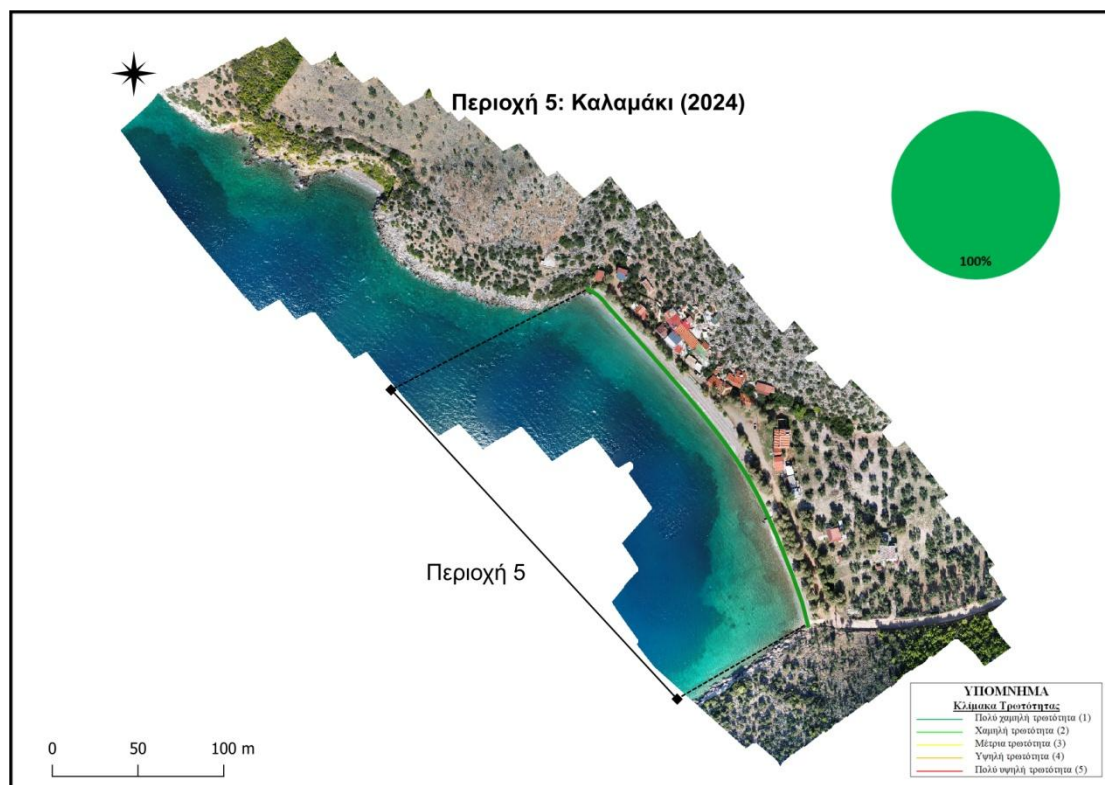
Εικόνα 6-17. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 4-Παραλία Λιβαδόστρας, ως προς την παράμετρο Φ.2: Εξέλιξη ακτογραμμής, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).



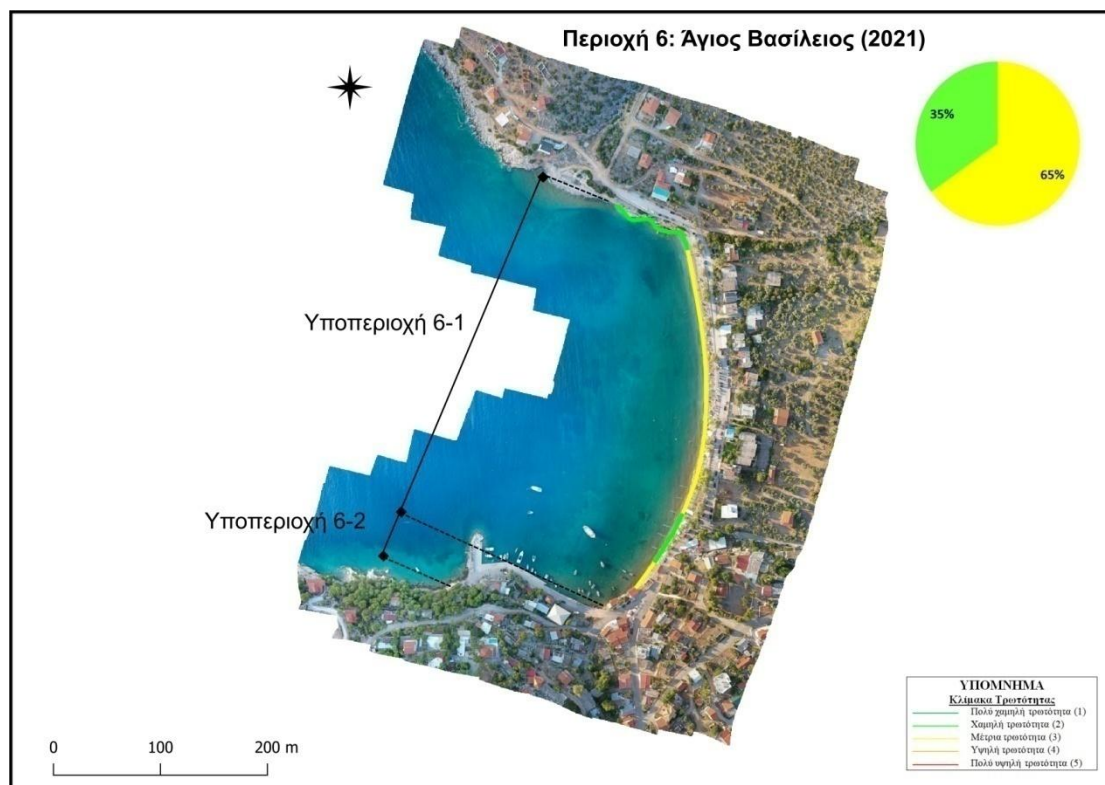
Εικόνα 6-18. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 4-Παραλία Λιβαδόστρας, ως προς την παράμετρο Φ.2: Εξέλιξη ακτογραμμής, μετρήσεις 2024.



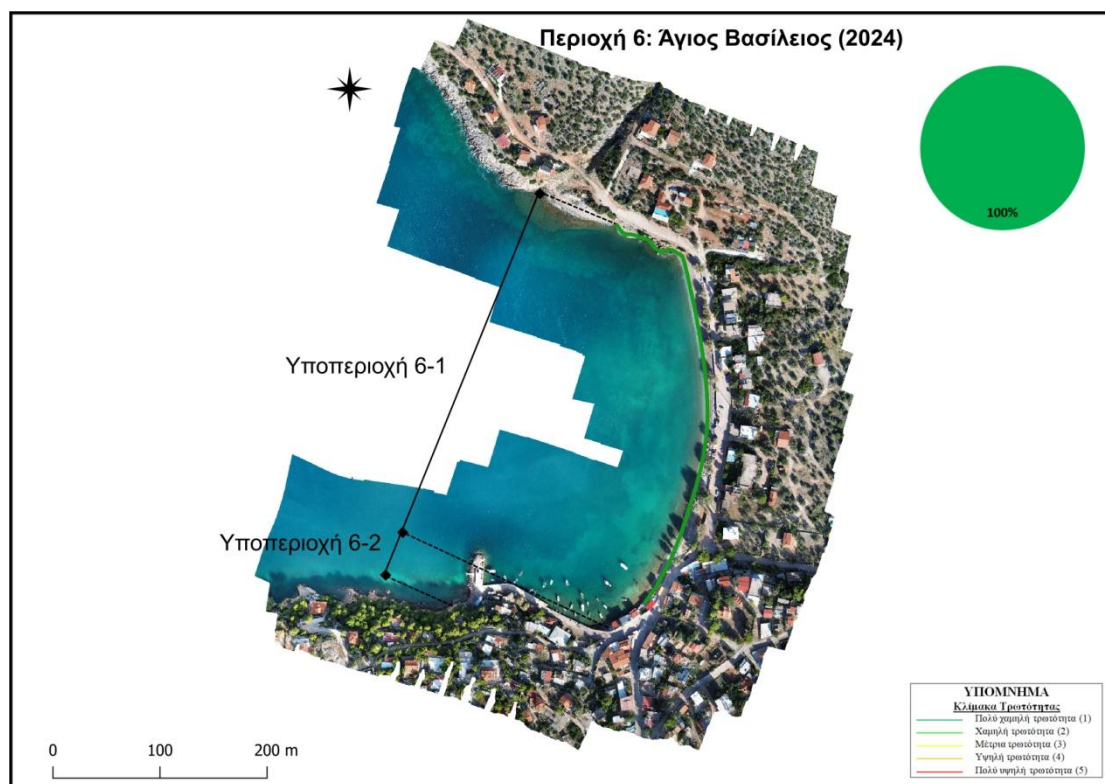
Εικόνα 6-19. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 5-Καλαμάκι, ως προς την παράμετρο Φ.2: Εξέλιξη ακτογραμμής, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).



Εικόνα 6-20. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 5-Καλαμάκι, ως προς την παράμετρο Φ.2: Εξέλιξη ακτογραμμής, μετρήσεις 2024.



Εικόνα 6-21. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 6-Άγιος Βασίλειος, ως προς την παράμετρο Φ.2: Εξέλιξη ακτογραμμής, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).



Εικόνα 6-22. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 6-Άγιος Βασίλειος, ως προς την παράμετρο Φ.2: Εξέλιξη ακτογραμμής, μετρήσεις 2024.

Αποτελέσματα:

- Στις περιοχές ενδιαφέροντος, όπου παρατηρείται πολύ χαμηλή τιμή στην κλίμακα τρωτότητας, εντοπίστηκε μηδενική ή εξαιρετικά μικρή μεταβολή της ακτογραμμής, συμπέρασμα που ενισχύεται από το σχετικά μικρό χρονικό διάστημα μεταξύ της έρευνας ΕΛΕ ΕΜΠ (2021) και της παρούσας έρευνας (2024).

Συγκεκριμένα για κάθε περιοχή ενδιαφέροντος παρατηρείται:

- Παραλία Σαράντη: Χαρακτηρίζεται από πολύ χαμηλή τρωτότητα σε όλο το μήκος της ακτογραμμής.
- Άγιος Νικόλαος: Χαρακτηρίζεται από πολύ χαμηλή τρωτότητα στο μεγαλύτερο μήκος της ακτογραμμής. Δύο τμήματα συνολικού μήκους 150 m, χαρακτηρίζονται από μέτρια τρωτότητα, ένα τμήμα μήκους 100 m, χαρακτηρίζεται από υψηλή τρωτότητα και ένα μικρό τμήμα 25 m, στο βορειοδυτικό άκρο της ακτογραμμής, χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλή τρωτότητα.
- Αλυκή: Χαρακτηρίζεται από πολύ χαμηλή τρωτότητα σε όλο το μήκος της ακτογραμμής.
- Παραλία Λιβαδόστρας: Χαρακτηρίζεται από υψηλή και μέτρια τρωτότητα στο μεγαλύτερο μήκος της ακτογραμμής (τμήμα μήκους 275 m και τμήμα μήκους 200 m αντίστοιχα), ένα τμήμα μήκους 150 m χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλή τρωτότητα και ένα τμήμα 50 m χαρακτηρίζεται από χαμηλή τρωτότητα.
- Καλαμάκι: Χαρακτηρίζεται από πολύ χαμηλή τρωτότητα σε όλο το μήκος της ακτογραμμής.
- Άγιος Βασίλειος: Χαρακτηρίζεται από πολύ χαμηλή τρωτότητα σε όλο το μήκος της ακτογραμμής.

6.2.1.2 Χερσαία κλίση (Φ.3.1)

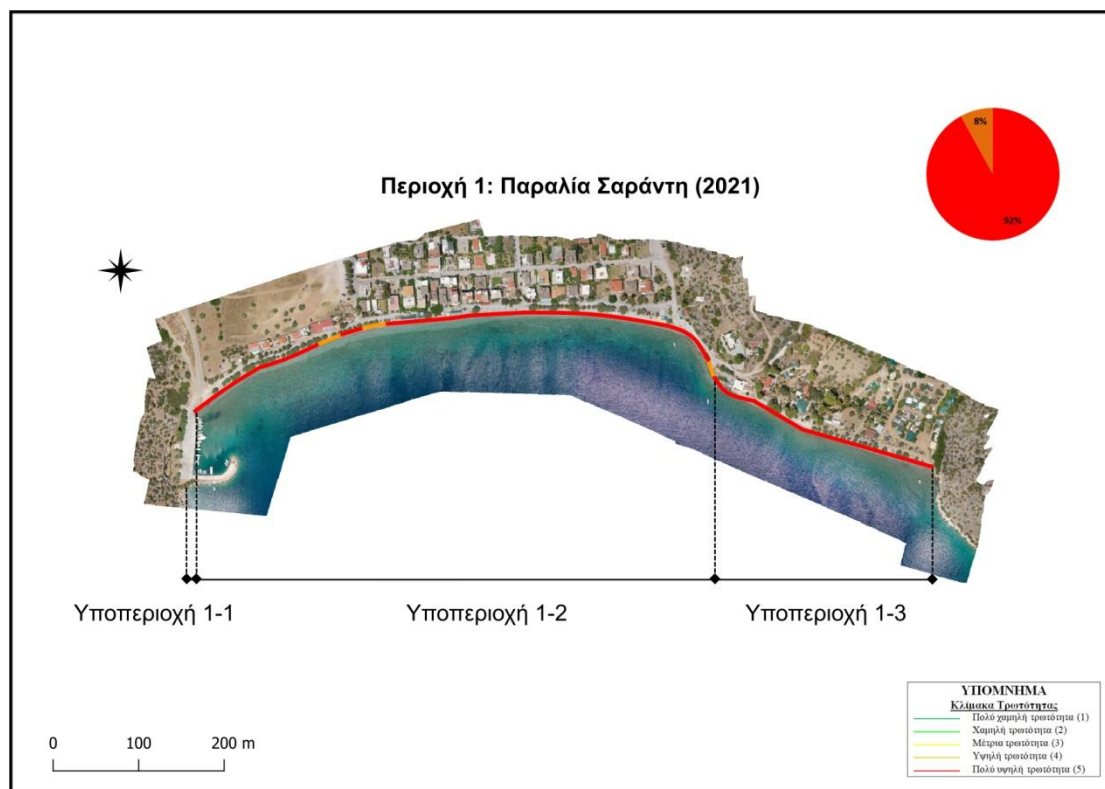
Η χερσαία κλίση (Φ.3.1) υπολογίζεται αξιοποιώντας τα δεδομένα που αποκτήθηκαν από τις αυτόνομες πτήσεις, ώστε να κατασκευαστούν Ψηφιακά Μοντέλα Εδάφους (Digital Elevation Models, DEMs) και με χρήση GIS να εκτιμηθούν οι κλίσεις. Στη συνέχεια πραγματοποιείται η βαθμολόγηση της παραμέτρου τρωτότητας Φ.3.1 σύμφωνα με την κλίμακα 1-5 (Πίνακας 5-4), καθώς επίσης και το μήκος των ακτών ενδιαφέροντος που λαμβάνουν τις αντίστοιχες τιμές. Στις Εικόνες 6-23 έως και 6-34, αποτυπώνεται γραφικά η τρωτότητα κατά μήκος των 6 περιοχών ενδιαφέροντος ως προς την παράμετρο Φ.3.1 και γίνεται σύγκριση των αποτυπώσεων της παρούσας εργασίας (2024) με αυτές της Τεχνικής Έκθεσης ΕΛΕ ΕΜΠ (2021).

Για τη βαθμολόγηση της παραμέτρου Φ.3.1, ορίζονται οι παρακάτω πέντε (5) κλάσεις (Πίνακας 6-4):

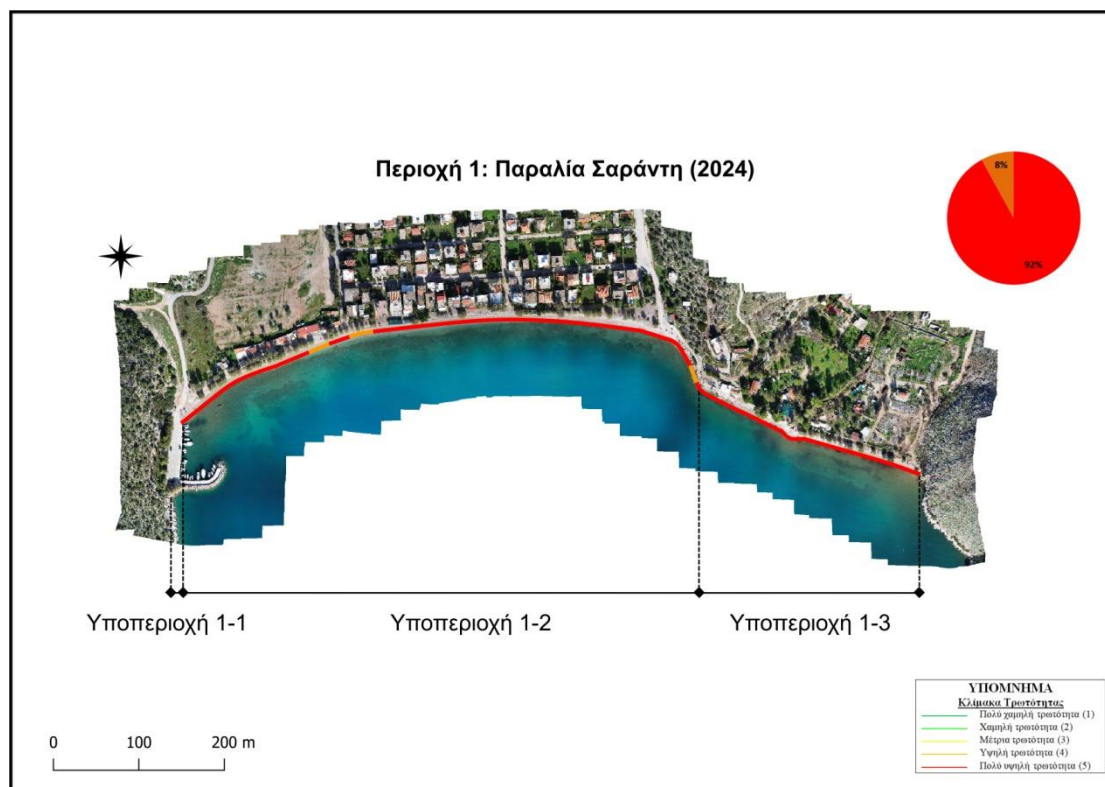
- Πολύ χαμηλή τρωτότητα (1): Εύρος τιμών 136 – 170%.
- Χαμηλή τρωτότητα (2): Εύρος τιμών 102 – 136%.
- Μέτρια τρωτότητα (3): Εύρος τιμών 68 – 102%.
- Υψηλή τρωτότητα (4): Εύρος τιμών 34 – 68%.
- Πολύ υψηλή τρωτότητα (5): Εύρος τιμών 0 – 34%.

Πίνακας 6-4. Βαθμολόγηση παραμέτρου τρωτότητας Φ.3.1: Χερσαία κλίση. (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021, με ιδία επεξεργασία).

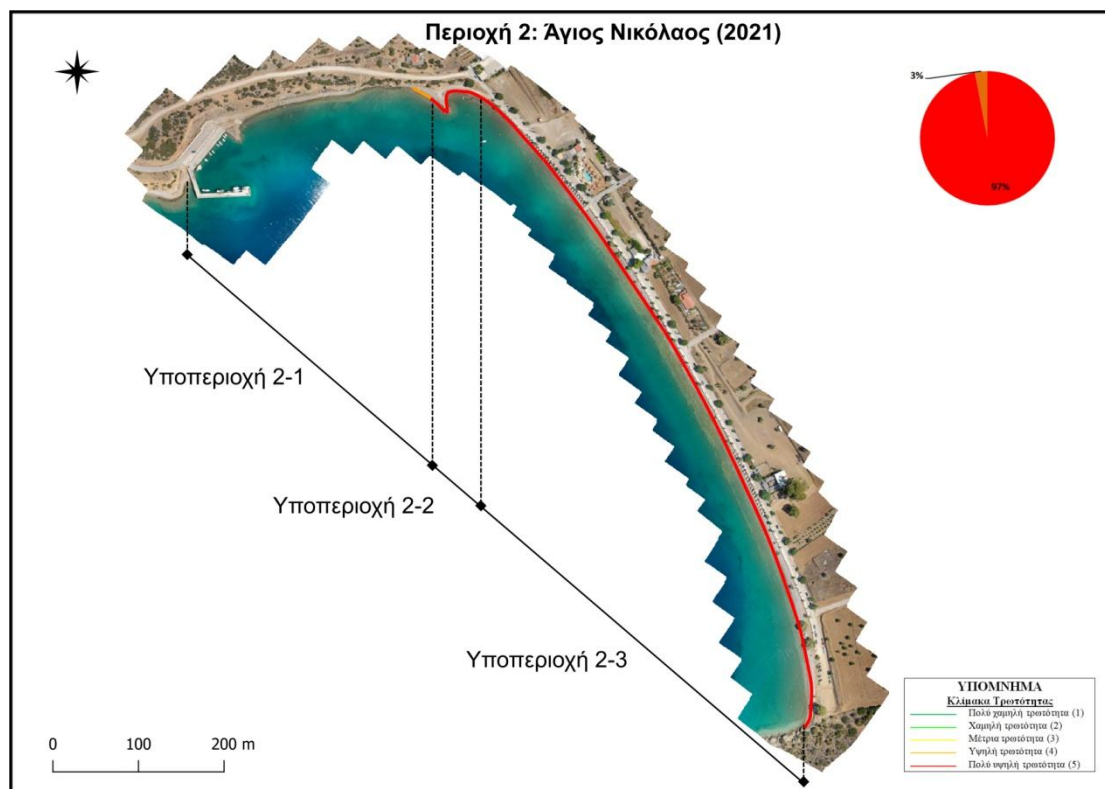
Κλίμακα τρωτότητας		Πολύ χαμηλή (1)	Χαμηλή (2)	Μέτρια (3)	Υψηλή (4)	Πολύ υψηλή (5)
Εύρος τιμών (%)		136 - 170	102 - 136	68 - 102	34 - 68	0 - 34
Περιοχές	Υποπεριοχές	Μήκος ακτής (m)				
Παραλία Σαράντη	1-2	0	0	0	75	600
	1-3	0	0	0	0	275
Άγιος Νικόλαος	2-1	0	0	0	25	25
	2-2	0	0	0	0	50
	2-3	0	0	0	0	850
Αλυκή	3-1	50	50	75	100	275
	3-2	0	25	0	25	275
	3-4	0	0	0	100	900
Παραλία Λιβαδόστρας	4-2	0	0	0	50	625
Καλαμάκι	5	0	0	0	25	275
Άγιος Βασίλειος	6-1	0	0	25	50	350



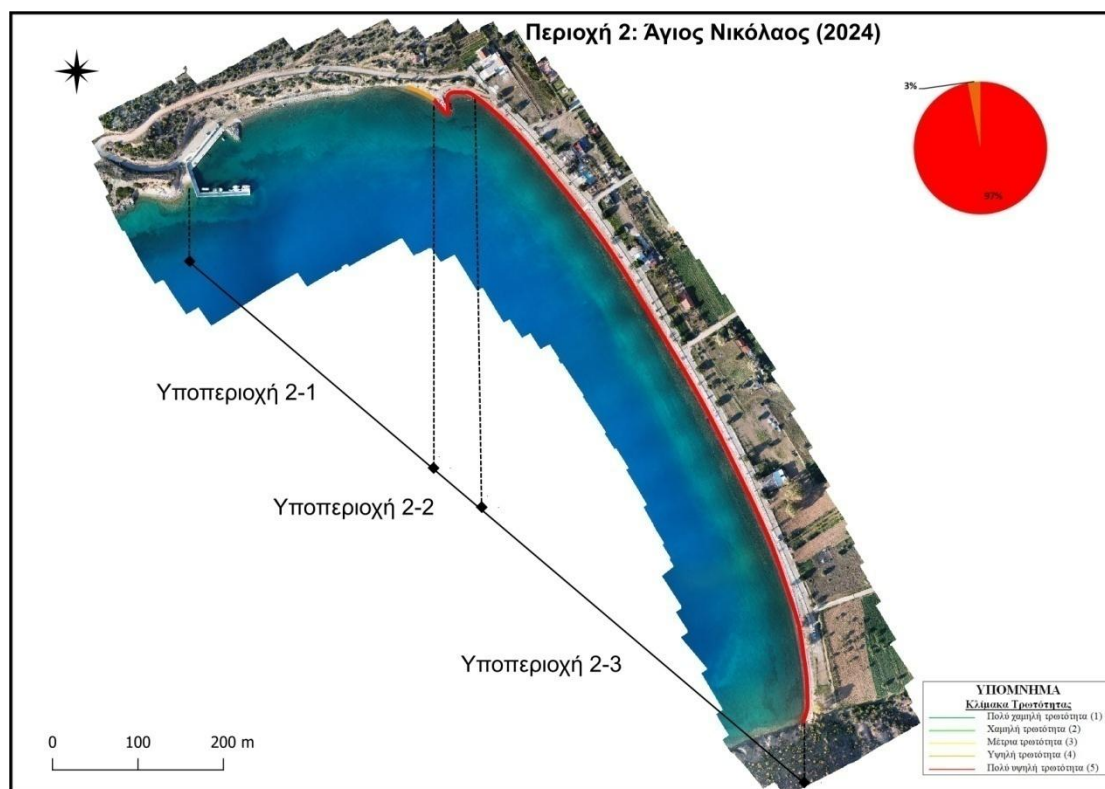
Εικόνα 6-23. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 1-Παραλία Σαράντη, ως προς την παράμετρο Φ.3.1: Χερσαία κλίση, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).



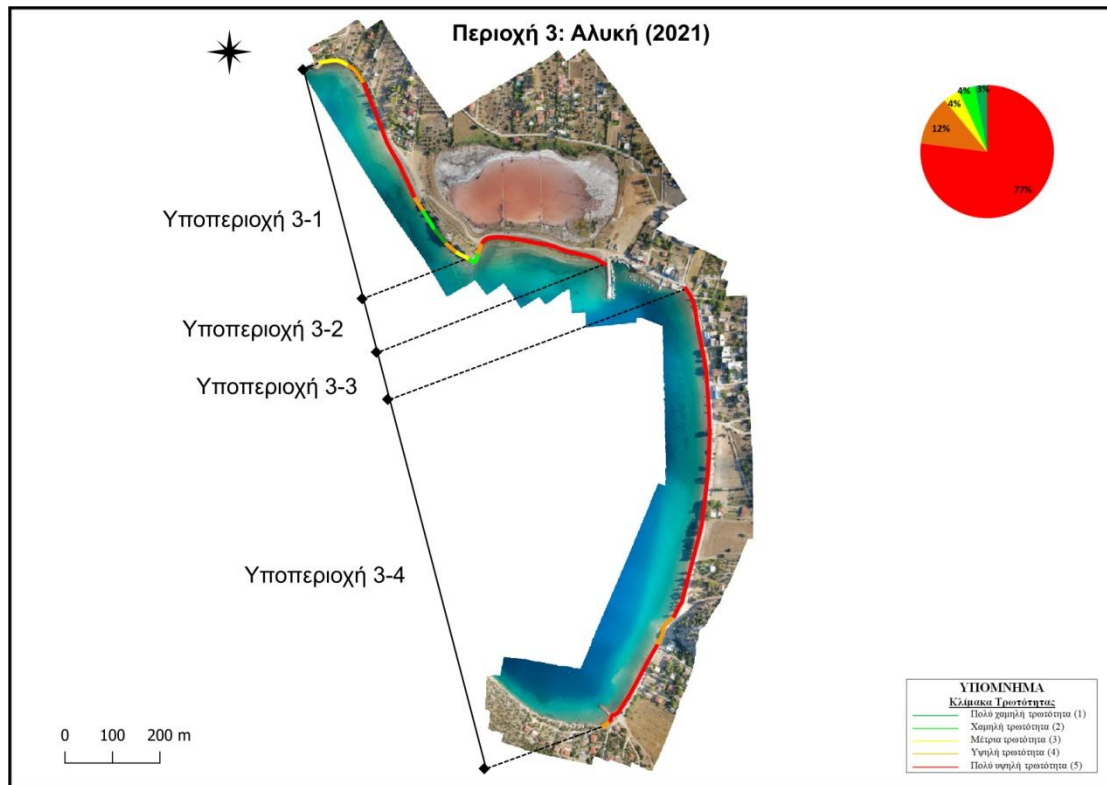
Εικόνα 6-24. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 1-Παραλία Σαράντη, ως προς την παράμετρο Φ.3.1: Χερσαία κλίση, μετρήσεις 2024.



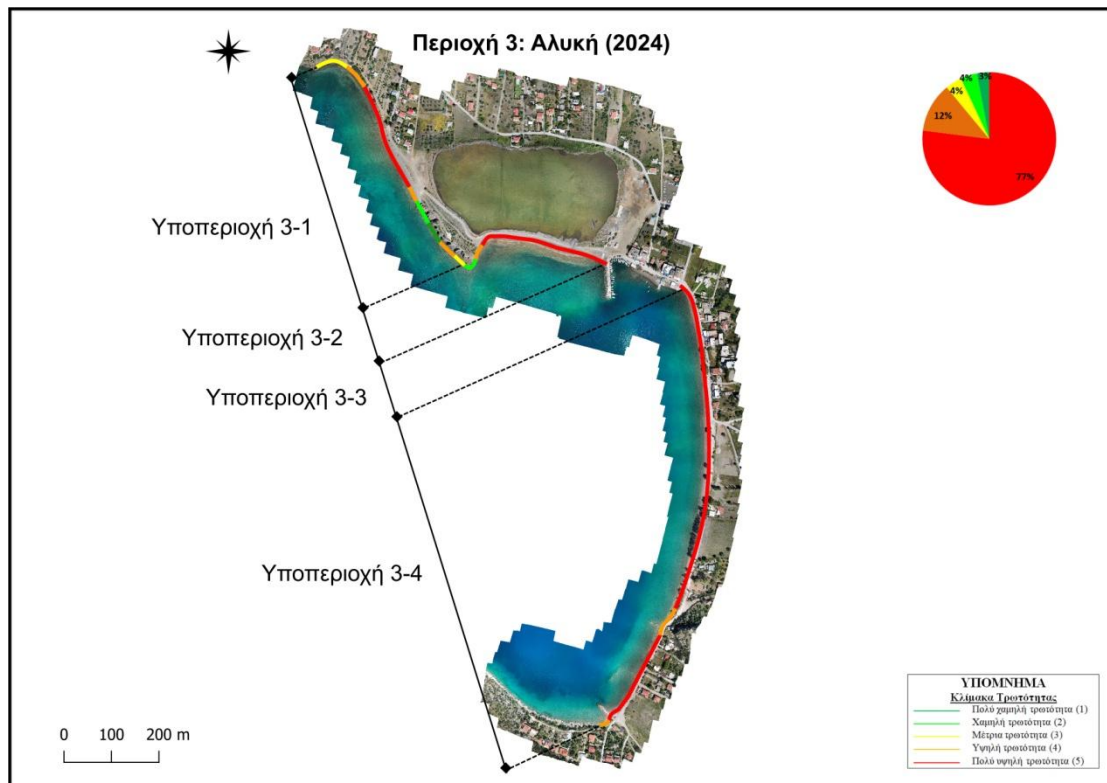
Εικόνα 6-25. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 2-Άγιος Νικόλαος, ως προς την παράμετρο Φ.3.1: Χερσαία κλίση, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).



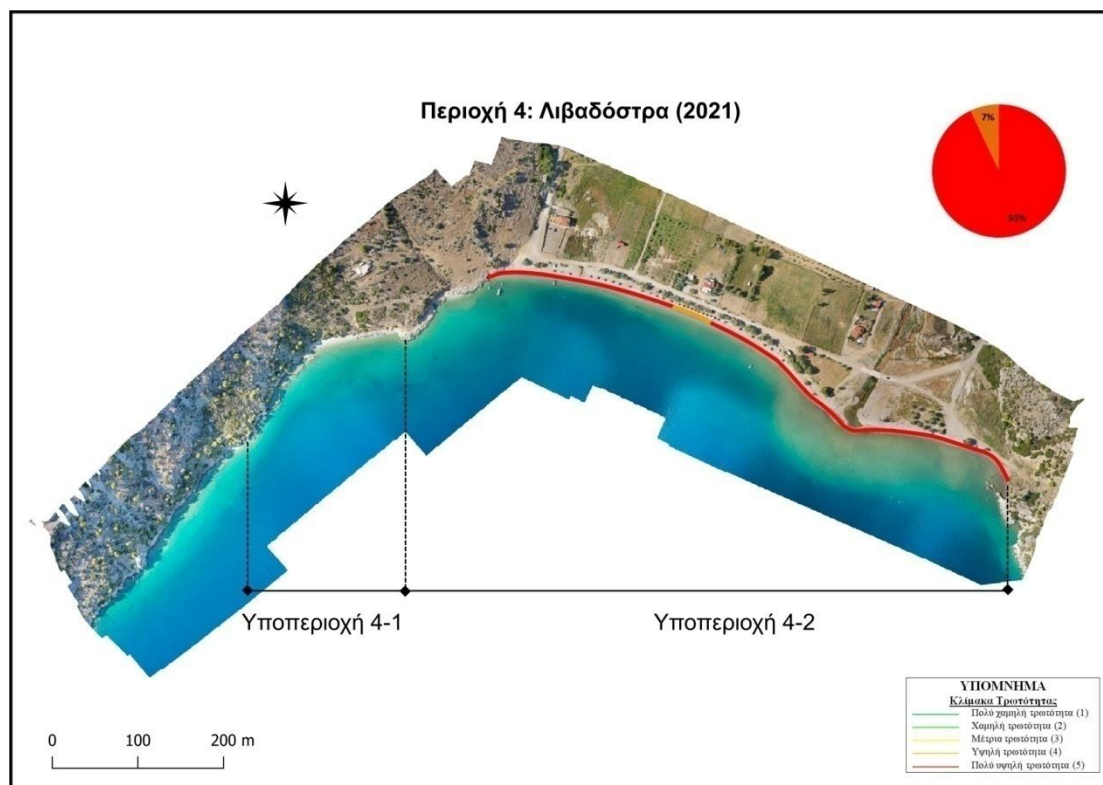
Εικόνα 6-26. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 2-Άγιος Νικόλαος, ως προς την παράμετρο Φ.3.1: Χερσαία κλίση, μετρήσεις 2024.



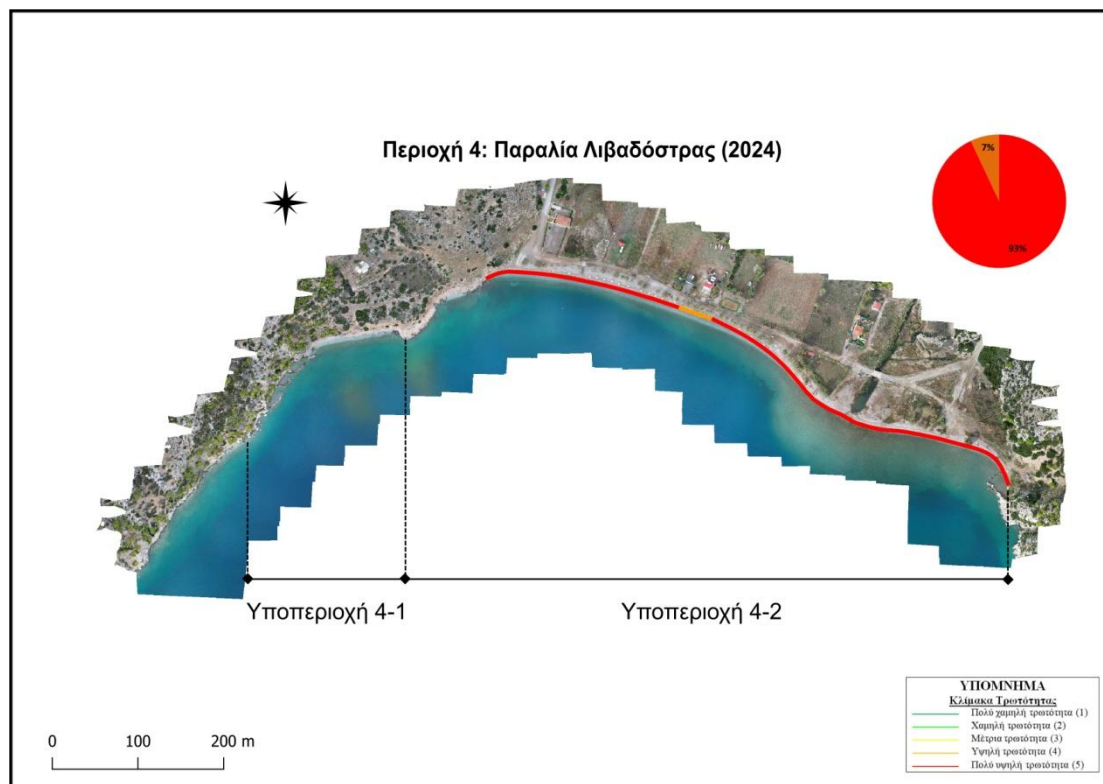
Εικόνα 6-27. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 3-Αλυκή, ως προς την παράμετρο Φ.3.1: Χερσαία κλίση, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).



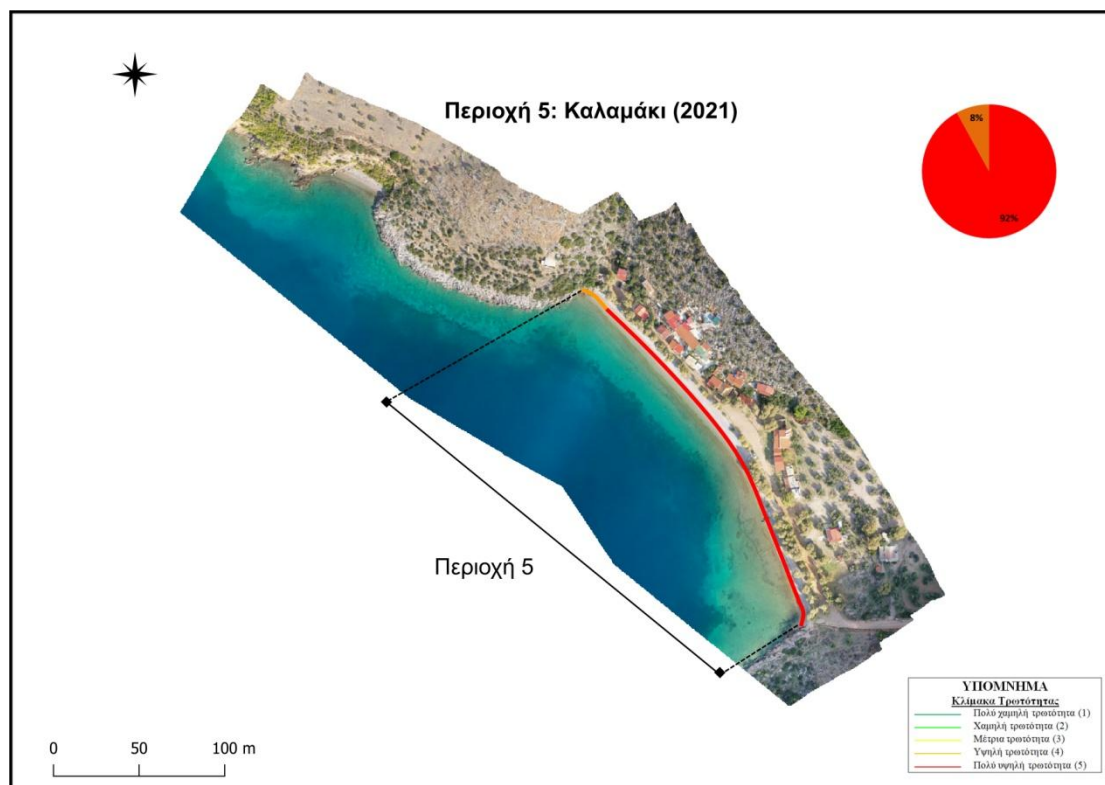
Εικόνα 6-28. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 3-Αλυκή, ως προς την παράμετρο Φ.3.1: Χερσαία κλίση, μετρήσεις 2024.



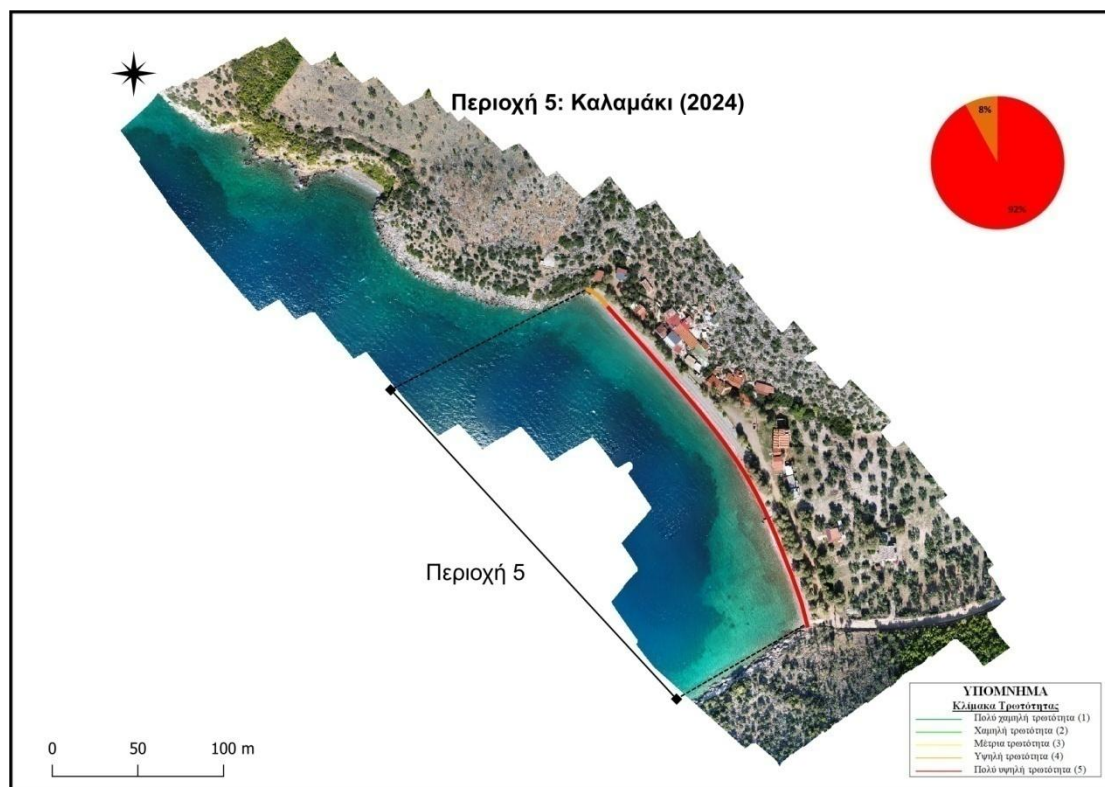
Εικόνα 6-29. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 4-Παραλία Λιβαδόστρας, ως προς την παράμετρο Φ.3.1: Χερσαία κλίση, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).



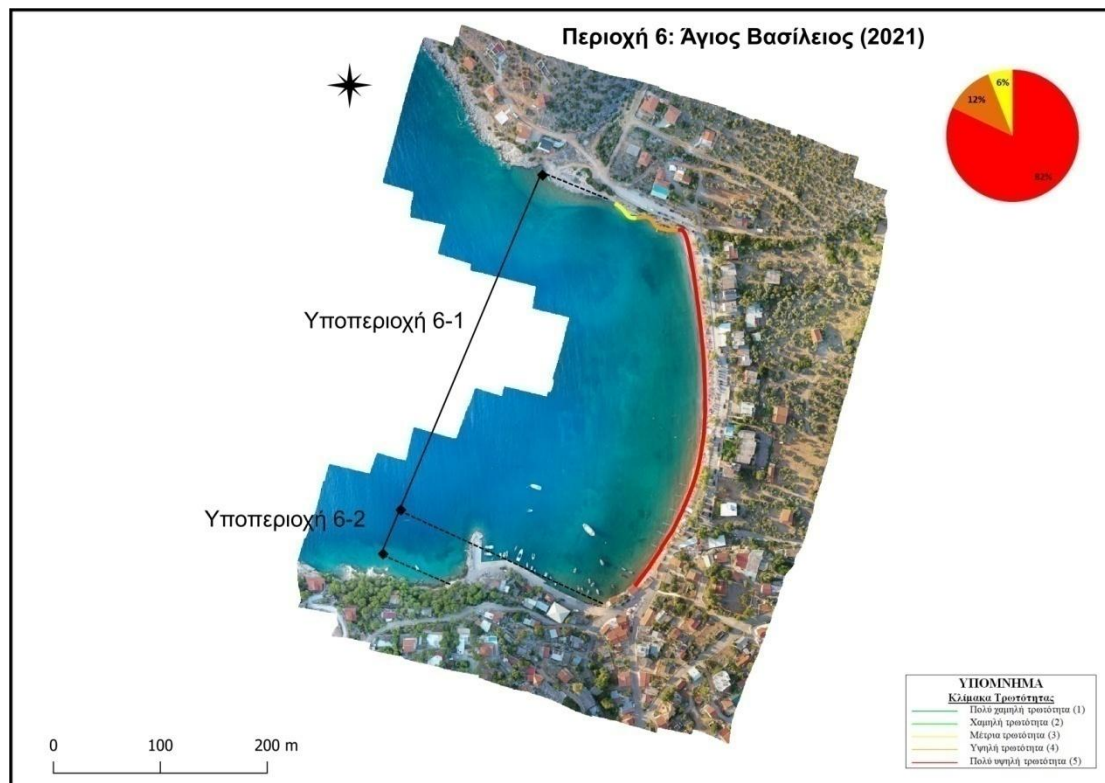
Εικόνα 6-30. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 4-Παραλία Λιβαδόστρας, ως προς την παράμετρο Φ.3.1: Χερσαία κλίση, μετρήσεις 2024.



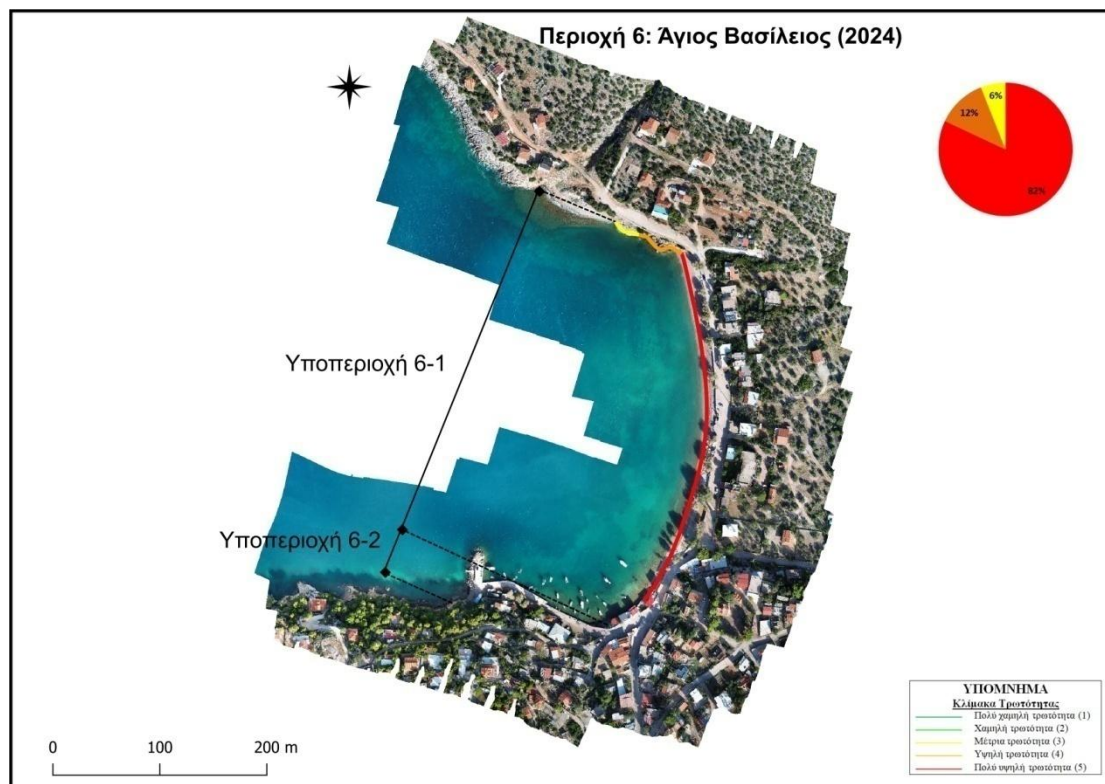
Εικόνα 6-31. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 5-Παραλία Καλαμάκι, ως προς την παράμετρο Φ.3.1: Χερσαία κλίση, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).



Εικόνα 6-32. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 5-Καλαμάκι, ως προς την παράμετρο Φ.3.1: Χερσαία κλίση, μετρήσεις 2024.



Εικόνα 6-33. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 6-Άγιος Βασίλειος, ως προς την παράμετρο Φ.3.1: Χερσαία κλίση, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).



Εικόνα 6-34. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 6-Άγιος Βασίλειος, ως προς την παράμετρο Φ.3.1: Χερσαία κλίση, μετρήσεις 2024.

Αποτελέσματα:

- Σε όλες τις περιοχές ενδιαφέροντος, δεν παρατηρούνται μεταβολές στις μετρήσεις της χερσαίας κλίσεις, σε σύγκριση με την έρευνα ΕΛΕ ΕΜΠ (2021).

Συγκεκριμένα για κάθε περιοχή ενδιαφέροντος παρατηρείται:

- Παραλία Σαράντη: Χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλή τρωτότητα στο μεγαλύτερο μήκος της ακτογραμμής. Τρία τμήματα συνολικού μήκους 75 m χαρακτηρίζονται από υψηλή τρωτότητα.
- Άγιος Νικόλαος: Χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλή τρωτότητα στο μεγαλύτερο μήκος της ακτογραμμής. Ένα μικρό τμήμα 25 m στο βορειοδυτικό άκρο της ακτογραμμής, χαρακτηρίζεται από υψηλή τρωτότητα.
- Αλυκή: Χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλή τρωτότητα στο μεγαλύτερο μήκος της ακτογραμμής. Τρία τμήματα συνολικού μήκους 225 m χαρακτηρίζονται από υψηλή τρωτότητα, δυο τμήματα συνολικού μήκους 75 m χαρακτηρίζονται από χαμηλή τρωτότητα, ένα τμήμα μήκους 75 m χαρακτηρίζεται από μέτρια τρωτότητα και ένα τμήμα μήκους 50 m χαρακτηρίζεται από πολύ χαμηλή τρωτότητα.
- Παραλία Λιβαδόστρας: Χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλή τρωτότητα στο μεγαλύτερο μήκος της ακτογραμμής. Ένα τμήμα μήκους 50 m χαρακτηρίζεται από υψηλή τρωτότητα.
- Καλαμάκι: Χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλή τρωτότητα στο μεγαλύτερο μήκος της ακτογραμμής. Ένα τμήμα μήκους 25 m χαρακτηρίζεται από υψηλή τρωτότητα.
- Άγιος Βασίλειος: Χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλή τρωτότητα στο μεγαλύτερο μήκος της ακτογραμμής. Ένα τμήμα μήκους 50 m χαρακτηρίζεται από υψηλή τρωτότητα και ένα τμήμα μήκους 25 m χαρακτηρίζεται από μέτρια τρωτότητα.

6.2.1.3 Πλάτος ακτής (Φ.8)

Το πλάτος ακτής (Φ.8) υπολογίζεται αξιοποιώντας τα αποτελέσματα ανάλυσης των δεδομένων συλλογής με χρήση Συστημάτων μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών και συγκεκριμένα τους ορθοφωτοχάρτες που κατασκευάστηκαν για τις απαιτήσεις της παρούσας έρευνας. Πραγματοποιείται φωτοερμηνεία για το άνω όριο του πλάτους που ορίζεται από την παρουσία σταθερών φυσικών ή τεχνητών εμποδίων, χρησιμοποιώντας το ίδιο όριο που χρησιμοποιήθηκε και στην Τεχνική Έκθεση ΕΛΕ ΕΜΠ (2021), ενώ ταυτόχρονα έγινε χάραξη ακτογραμμής. Το πλάτος ακτής εκτιμάται από την απόσταση μεταξύ του άνω ορίου και της ακτογραμμής του 2024. Στη συνέχεια πραγματοποιείται η βαθμολόγηση της παραμέτρου τρωτότητας Φ.8 σύμφωνα με την κλίμακα 1-5 (Πίνακας 5-4), καθώς επίσης και το μήκος των

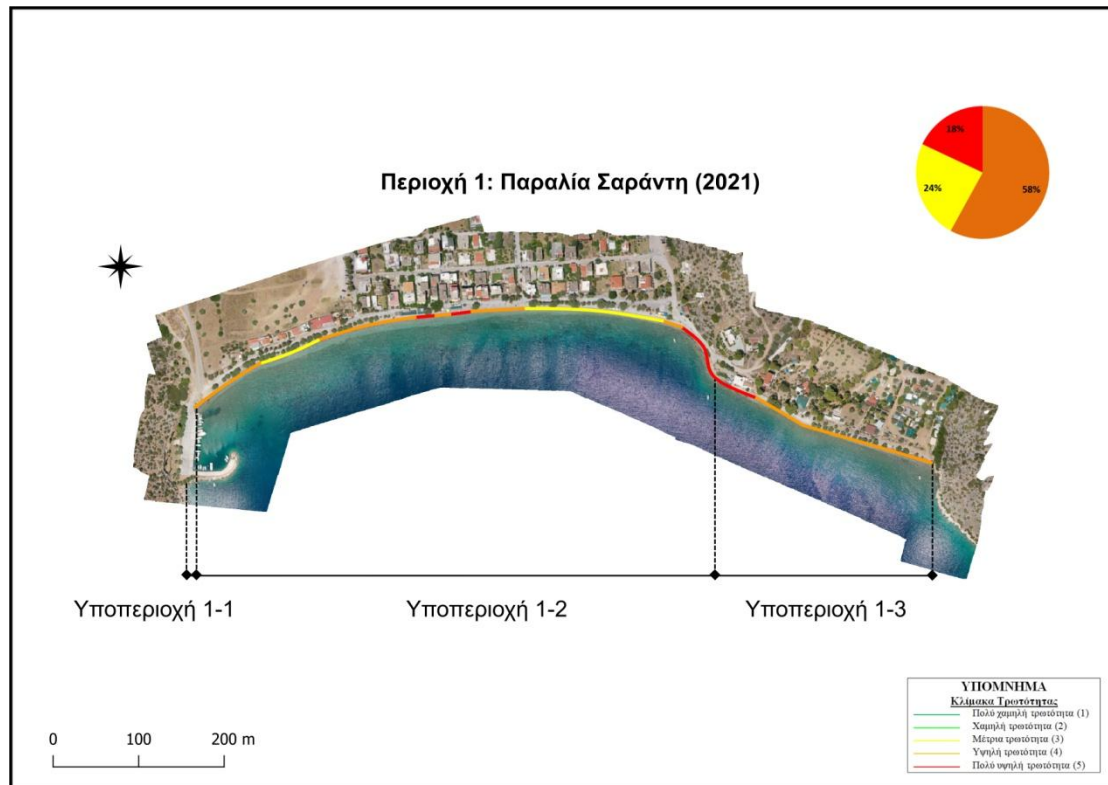
ακτών ενδιαφέροντος που λαμβάνουν τις αντίστοιχες τιμές. Στις Εικόνες 6-35 έως και 6-46, αποτυπώνεται γραφικά η τρωτότητα κατά μήκος των 6 περιοχών ενδιαφέροντος ως προς την παράμετρο Φ.8 και γίνεται σύγκριση των αποτυπώσεων της παρούσας εργασίας (2024) με αυτές της Τεχνικής Έκθεσης ΕΛΕ ΕΜΠ (2021).

Για την βαθμολόγηση της παραμέτρου Φ.8, ορίζονται οι παρακάτω πέντε (5) κλάσεις (Πίνακας 6-5):

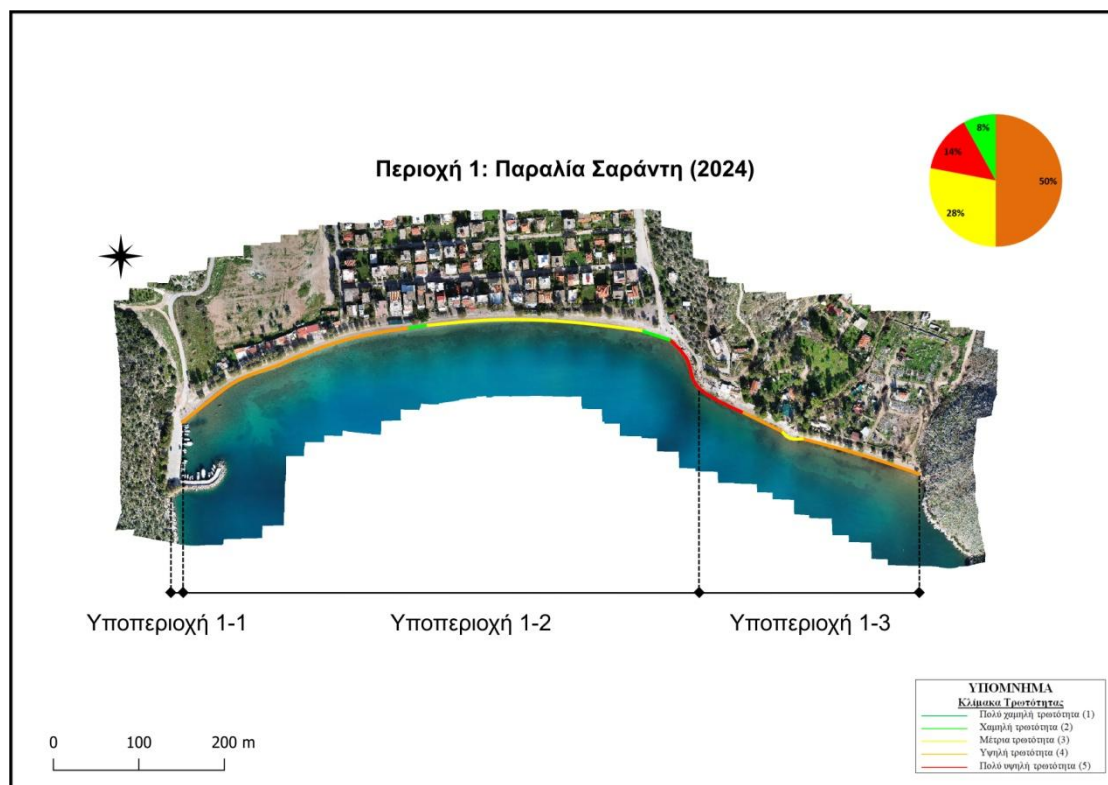
- Πολύ χαμηλή τρωτότητα (1): Εύρος τιμών 15.36 – 19.2 m.
- Χαμηλή τρωτότητα (2): Εύρος τιμών 11.52 – 15.36 m.
- Μέτρια τρωτότητα (3): Εύρος τιμών 7.68 – 11.52 m.
- Υψηλή τρωτότητα (4): Εύρος τιμών 3.84 – 7.68 m.
- Πολύ υψηλή τρωτότητα (5): Εύρος τιμών 0 – 3.84 m.

Πίνακας 6-5. Βαθμολόγηση παραμέτρου τρωτότητας Φ.8: Πλάτος ακτής.

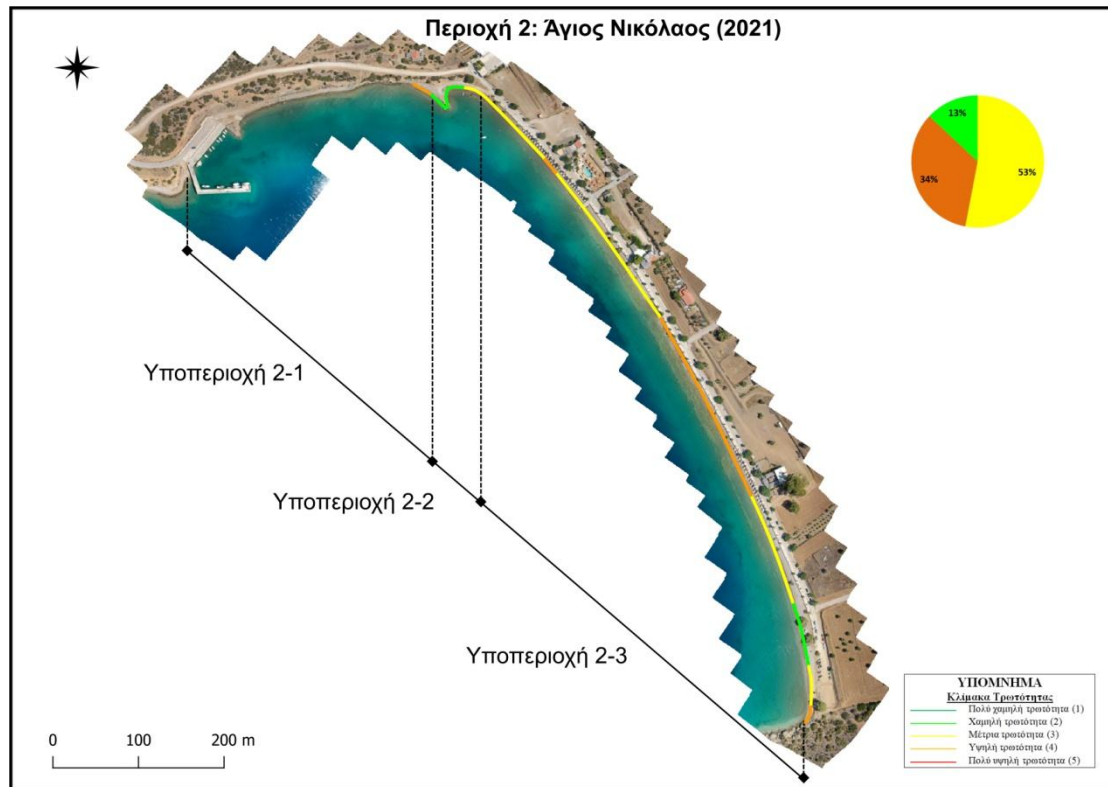
Κλίμακα τρωτότητας		Πολύ χαμηλή (1)	Χαμηλή (2)	Μέτρια (3)	Υψηλή (4)	Πολύ υψηλή (5)
Εύρος τιμών (m)		15.36-19.2	11.52-15.36	7.68-11.52	3.84-7.68	0-3.84
Περιοχές	Υποπεριοχές	Μήκος ακτής (m)				
Παραλία Σαράντη	1-2	0	75	250	275	75
	1-3	0	0	25	200	50
Άγιος Νικόλαος	2-1	0	0	0	50	0
	2-2	0	25	25	0	0
	2-3	0	100	475	275	0
Αλυκή	3-1	0	150	200	50	150
	3-2	0	200	100	0	25
	3-4	0	50	625	250	75
Παραλία Λιβαδόστρας	4-2	100	250	100	200	25
Καλαμάκι	5	0	50	250	0	0
Άγιος Βασίλειος	6-1	0	25	350	25	25



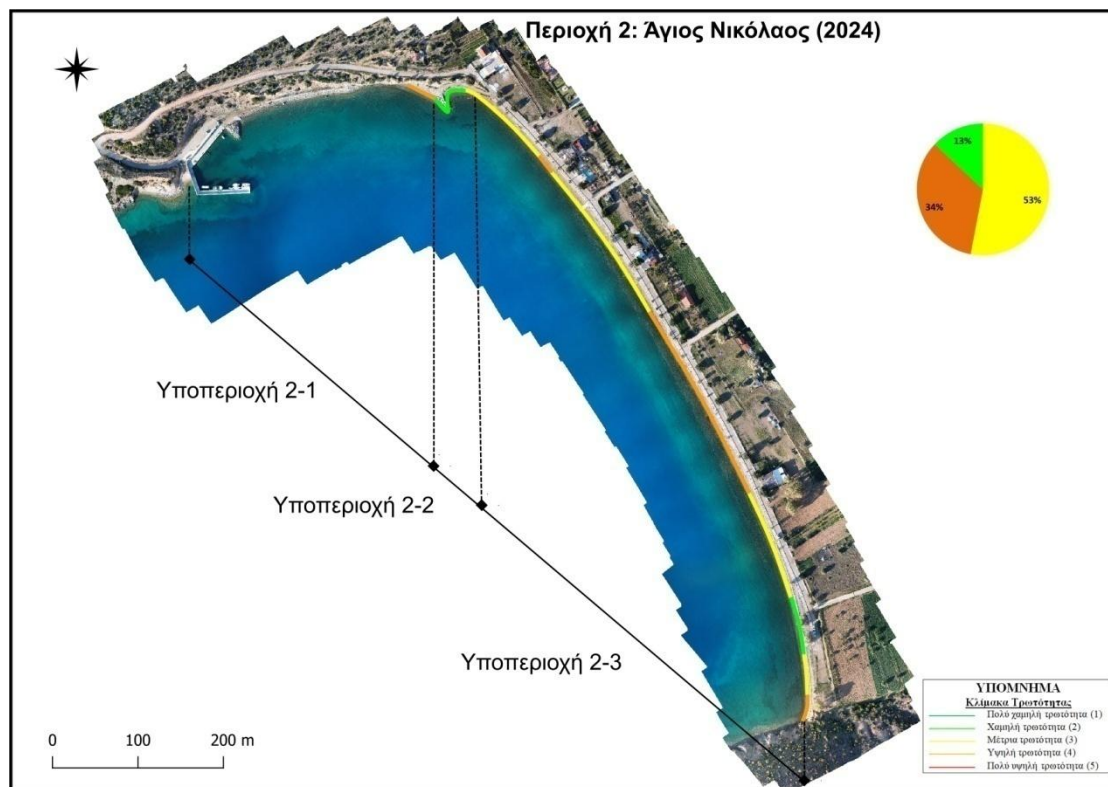
Εικόνα 6-35. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 1-Παραλία Σαράντη, ως προς την παράμετρο Φ.δ: Πλάτος ακτής, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).



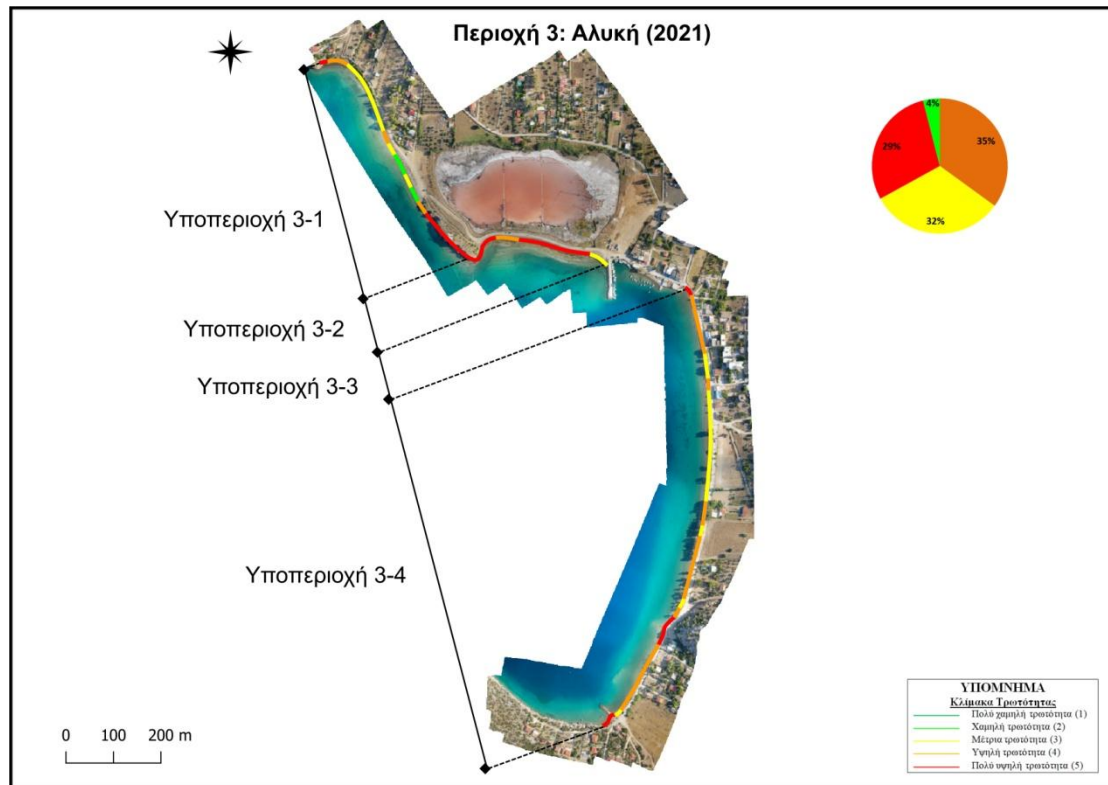
Εικόνα 6-36. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 1-Παραλία Σαράντη, ως προς την παράμετρο Φ.δ: Πλάτος ακτής, μετρήσεις 2024.



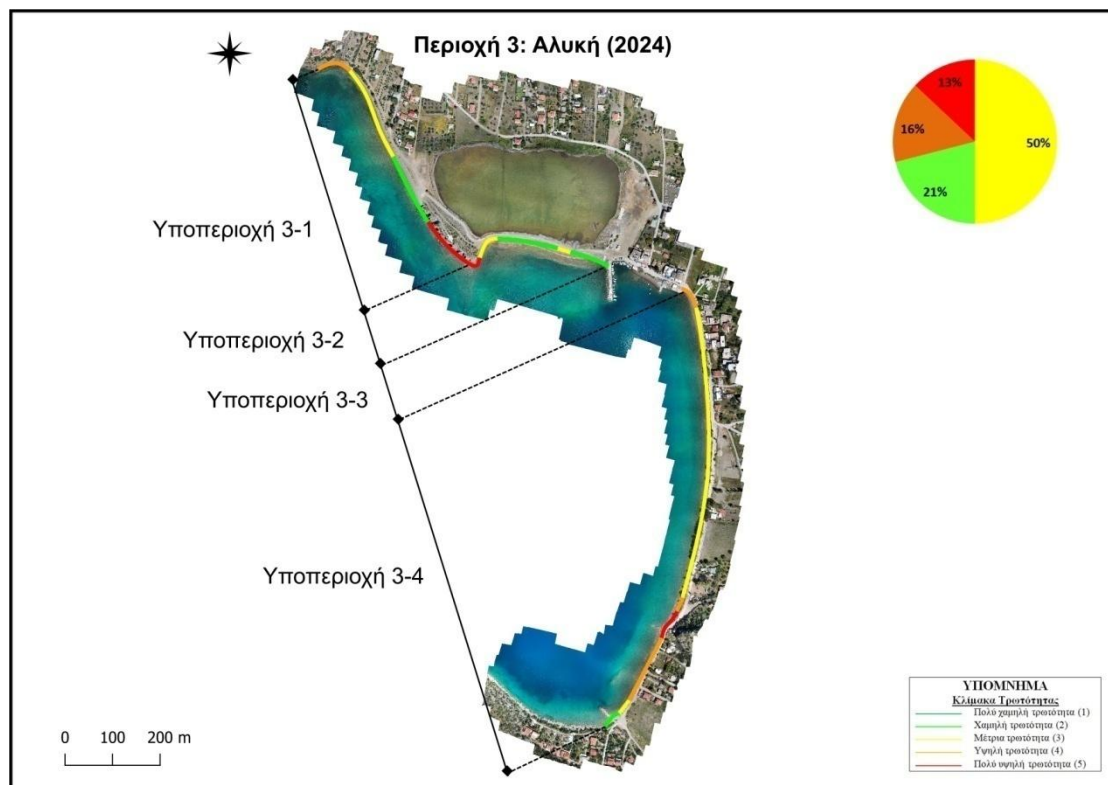
Εικόνα 6-37. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 2-Άγιος Νικόλαος, ως προς την παράμετρο Φ.8: Πλάτος ακτής, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).



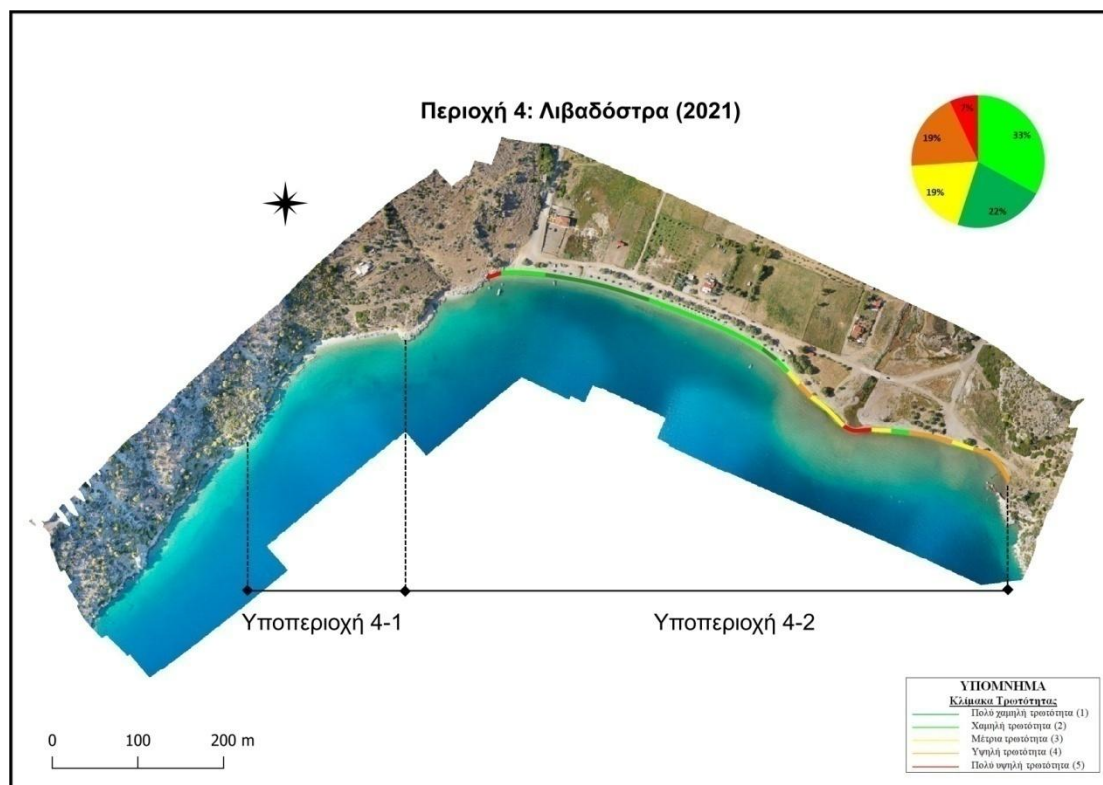
Εικόνα 6-38. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 2-Άγιος Νικόλαος, ως προς την παράμετρο Φ.8: Πλάτος ακτής, μετρήσεις 2024.



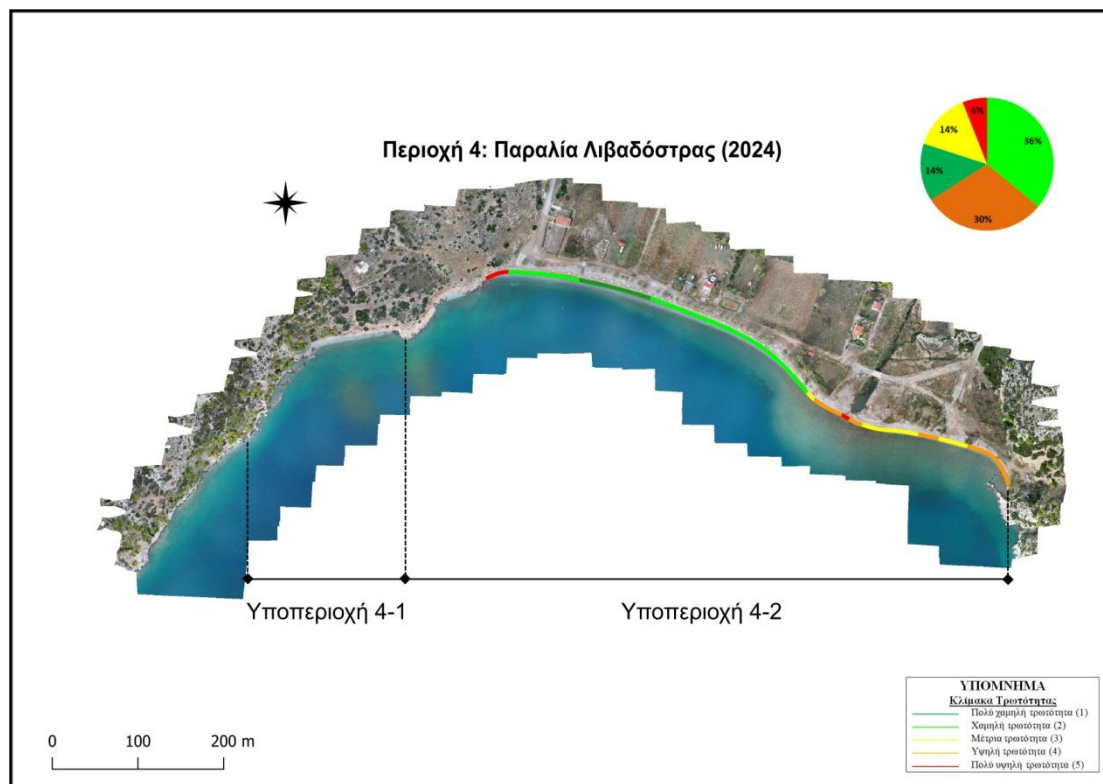
Εικόνα 6-39. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 3-Αλυκή, ως προς την παράμετρο Φ.8: Πλάτος ακτής, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).



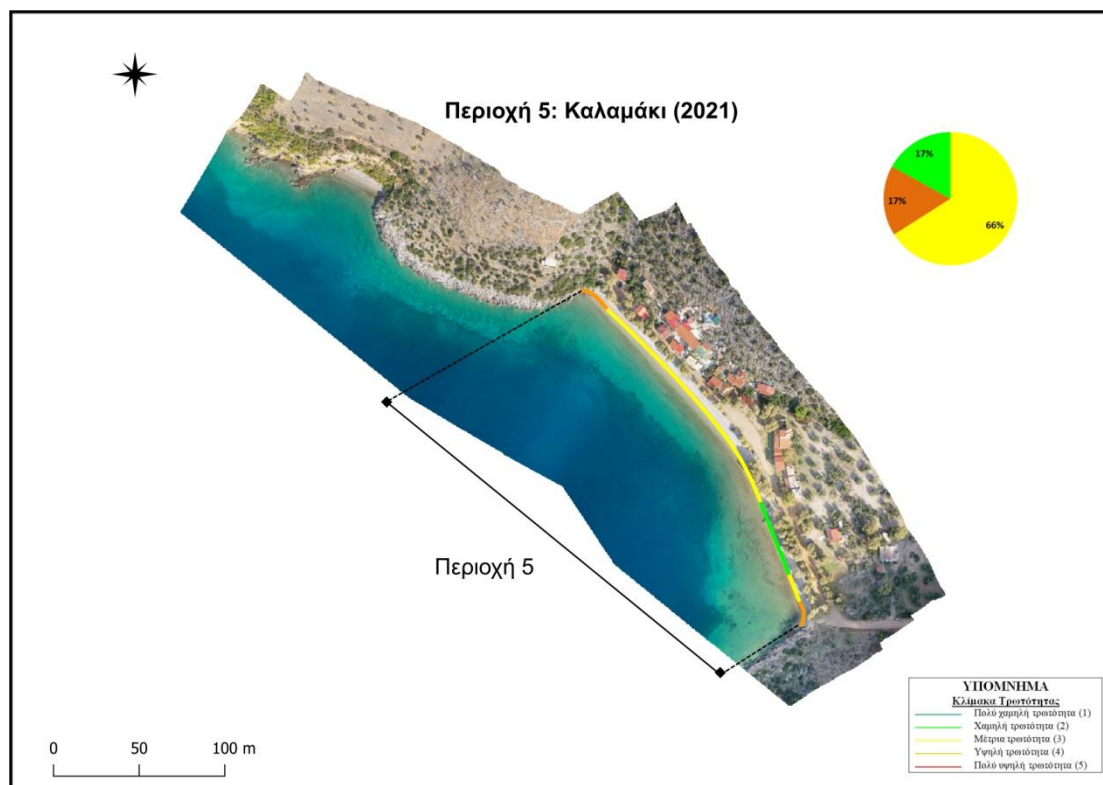
Εικόνα 6-40. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 3-Άγιος Αλυκή, ως προς την παράμετρο Φ.8: Πλάτος ακτής, μετρήσεις 2024.



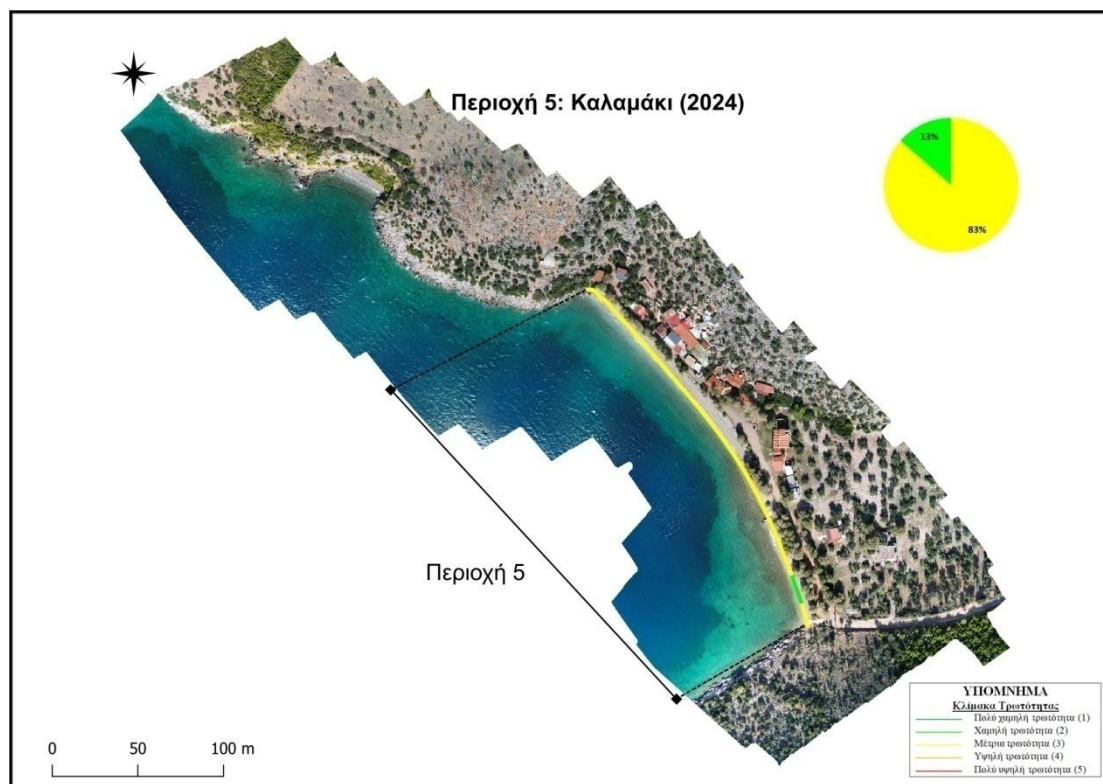
Εικόνα 6-41. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 4-Παραλία Λιβαδόστρας, ως προς την παράμετρο Φ.8: Πλάτος ακτής, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).



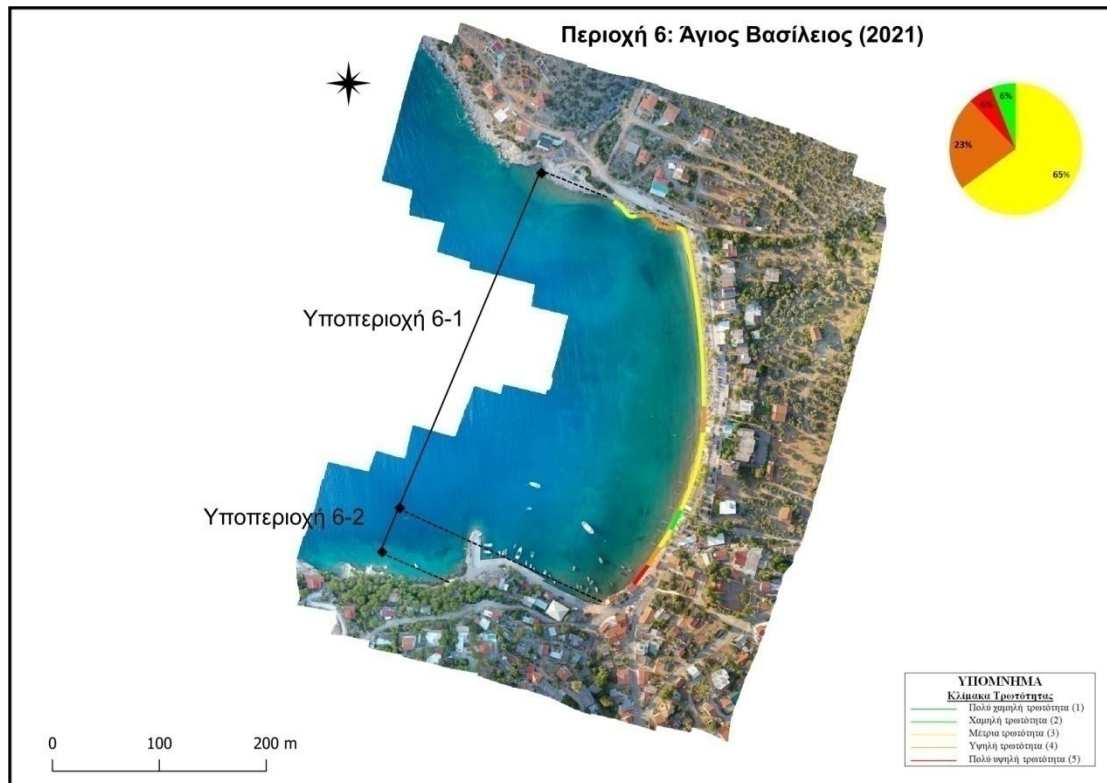
Εικόνα 6-42. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 4-Παραλία Λιβαδόστρας, ως προς την παράμετρο Φ.8: Πλάτος ακτής, μετρήσεις 2024.



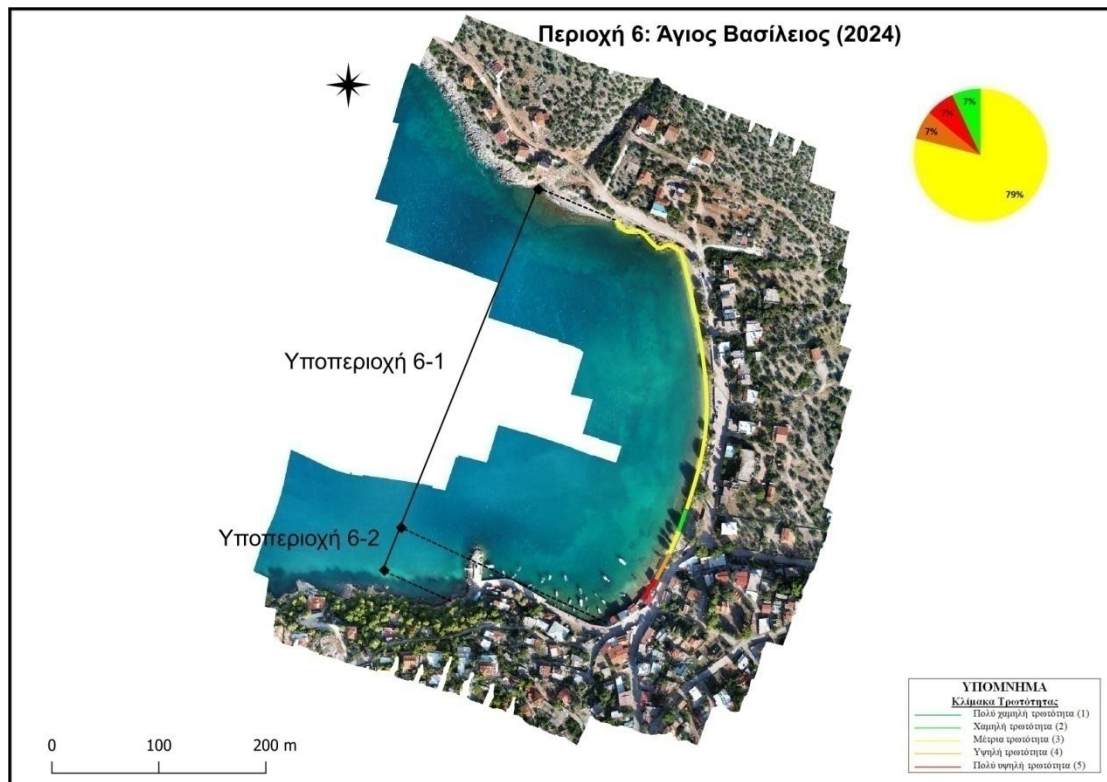
Εικόνα 6-43. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 5-Καλαμάκι, ως προς την παράμετρο Φ.8: Πλάτος ακτής, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).



Εικόνα 6-44. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 5-Παραλία Καλαμάκι, ως προς την παράμετρο Φ.8: Πλάτος ακτής, μετρήσεις 2024.



Εικόνα 6-45. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 6-Άγιος Βασίλειος, ως προς την παράμετρο Φ.8: Πλάτος ακτής, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).



Εικόνα 6-46. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 6-Άγιος Βασίλειος, ως προς την παράμετρο Φ.8: Πλάτος ακτής, μετρήσεις 2024.

Αποτελέσματα:

- Παρατηρήθηκαν μεταβολές στις μετρήσεις του πλάτους ακτής σε όλες τις περιοχές ενδιαφέροντος, σε σύγκριση με την έρευνα ΕΛΕ ΕΜΠ (2021). Οι μεταβολές οφείλονται σε φυσικές διεργασίες, όπως την απόθεση υλικών που παρατηρήθηκε στην Παραλία Σκέρφι (Παραλία Σαράντη) λόγω του ρέματος, σε ανθρωπογενείς παρεμβάσεις, όπως η εκτροπή της εκβολής του χειμάρρου Λιβαδόστρα αλλά και στην εποχικότητα που διεξάγεται η έρευνα.

Συγκεκριμένα για κάθε περιοχή ενδιαφέροντος παρατηρείται:

- Παραλία Σαράντη: Χαρακτηρίζεται από υψηλή τρωτότητα στο μεγαλύτερο μήκος της ακτογραμμής. Δυο τμήματα συνολικού μήκους 225 m χαρακτηρίζονται από μέτρια τρωτότητα, δυο τμήματα συνολικού μήκους 125 m χαρακτηρίζονται από πολύ υψηλή τρωτότητα και ένα τμήμα 75 m χαρακτηρίζεται από χαμηλή τρωτότητα.
- Άγιος Νικόλαος: Χαρακτηρίζεται από μέτρια και υψηλή τρωτότητα στο μεγαλύτερο μήκος της ακτογραμμής. Δυο τμήματα συνολικού μήκους 125 m χαρακτηρίζονται από χαμηλή τρωτότητα.
- Αλυκί: Χαρακτηρίζεται από μέτρια τρωτότητα στο μεγαλύτερο μήκος της ακτογραμμής. Τρία τμήματα συνολικού μήκους 400 m χαρακτηρίζονται από χαμηλή τρωτότητα, τρία τμήματα συνολικού μήκους 300 m χαρακτηρίζονται από υψηλή τρωτότητα και τρία τμήματα συνολικού μήκους 250 m χαρακτηρίζονται από πολύ υψηλή τρωτότητα.
- Παραλία Λιβαδόστρας: Χαρακτηρίζεται από χαμηλή και υψηλή τρωτότητα στο μεγαλύτερο μήκος της ακτογραμμής. Ένα τμήμα μήκους 100 m χαρακτηρίζεται από μέτρια τρωτότητα, ένα τμήμα μήκους 100 m χαρακτηρίζεται από πολύ χαμηλή τρωτότητα και ένα μικρό τμήμα 25 m χαρακτηρίζεται από πού υψηλή τρωτότητα.
- Καλαμάκι: Χαρακτηρίζεται από μέτρια τρωτότητα στο μεγαλύτερο μήκος της ακτογραμμής. Ένα τμήμα μήκους 50 m χαρακτηρίζεται από χαμηλή τρωτότητα.
- Άγιος Βασίλειος: Χαρακτηρίζεται από μέτρια τρωτότητα στο μεγαλύτερο μήκος της ακτογραμμής. Ένα τμήμα μήκους 25 m χαρακτηρίζεται από χαμηλή τρωτότητα, ένα τμήμα μήκους 25 m χαρακτηρίζεται από υψηλή τρωτότητα και ένα τμήμα μήκους 25 m χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλή τρωτότητα.

6.2.1.4 Απόσταση από φυτεύσεις (Φ.9)

Η απόσταση από τις φυτεύσεις (Φ.9) υπολογίζεται αξιοποιώντας τα αποτελέσματα ανάλυσης των δεδομένων συλλογής με χρήση Συστημάτων μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών και συγκεκριμένα τους ορθοφωτοχάρτες που κατασκευάστηκαν για τις απαιτήσεις της παρούσας έρευνας. Πραγματοποιείται φωτοερμηνεία του ορθοφωτοχάρτη και ψηφιοποίηση των

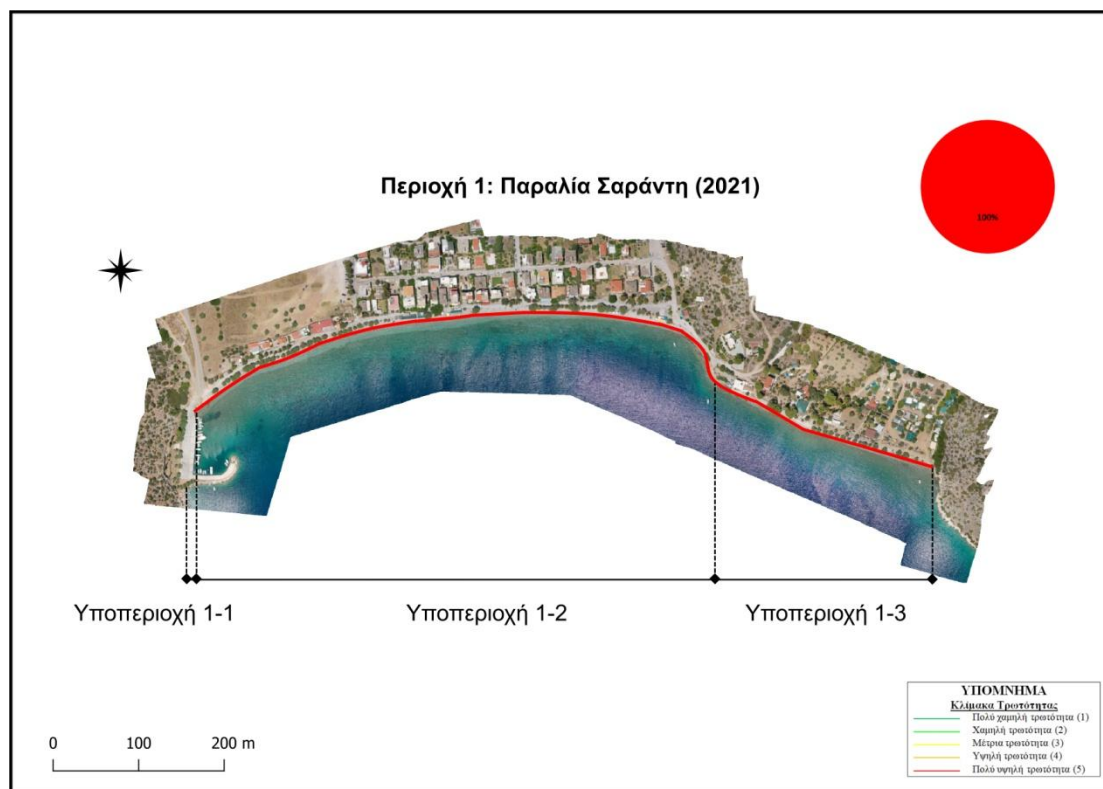
φυτεύσεων ή/και δένδρων προκειμένου να εκτιμηθούν οι μικρότερες αποστάσεις από τα κεντροειδή των επιμέρους τμημάτων. Στη συνέχεια πραγματοποιείται η βαθμολόγηση της παραμέτρου τρωτότητας Φ.3, σύμφωνα με την κλίμακα 1-5 (Πίνακας 5-4), καθώς επίσης και το μήκος των ακτών ενδιαφέροντος που λαμβάνουν τις αντίστοιχες τιμές. Στις Εικόνες 6-47 έως και 6-58 αποτυπώνεται γραφικά η υφιστάμενη τρωτότητα κατά μήκος των 6 περιοχών ενδιαφέροντος ως προς την παράμετρο Φ.9 και γίνεται σύγκριση των αποτυπώσεων της παρούσας εργασίας (2024) με αυτές της Τεχνικής Έκθεσης ΕΛΕ ΕΜΠ (2021).

Για την βαθμολόγηση της παραμέτρου Φ.3, ορίζονται οι παρακάτω πέντε (5) κλάσεις (Πίνακας 6-6):

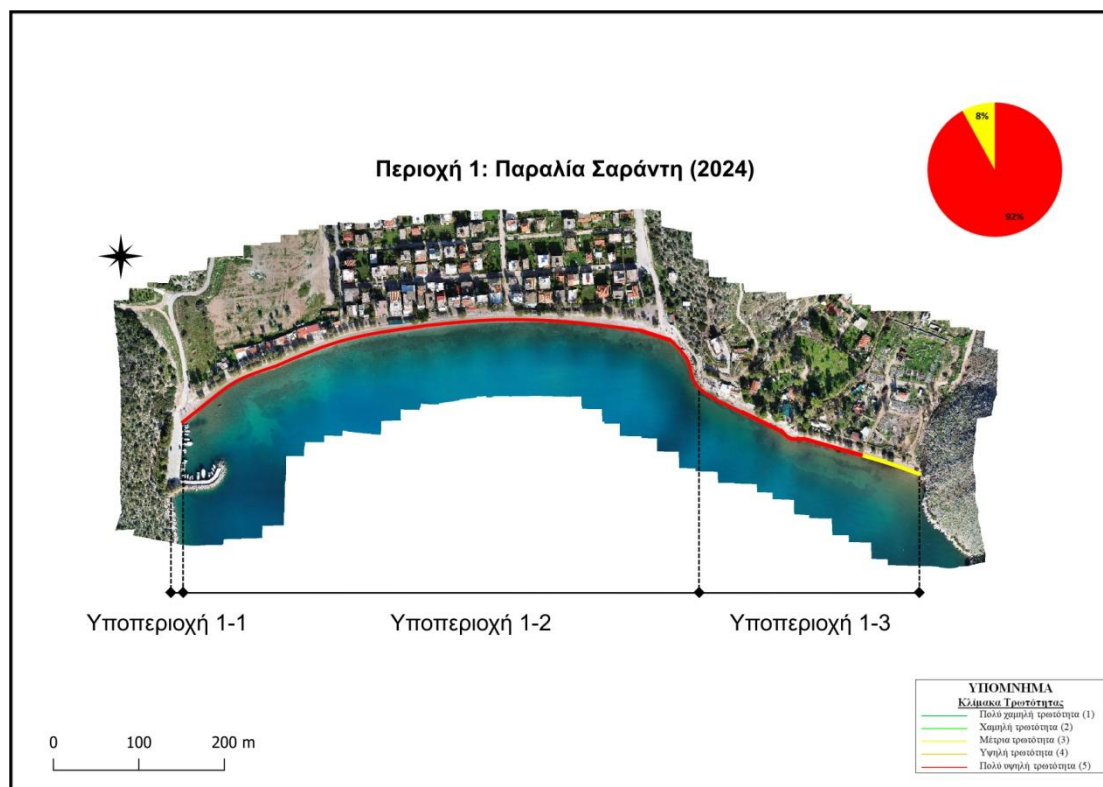
- Πολύ χαμηλή τρωτότητα (1): Εύρος τιμών 319 – 398 m.
- Χαμηλή τρωτότητα (2): Εύρος τιμών 239 – 319 m.
- Μέτρια τρωτότητα (3): Εύρος τιμών 160 – 239 m.
- Υψηλή τρωτότητα (4): Εύρος τιμών 80 – 160 m.
- Πολύ υψηλή τρωτότητα (5): Εύρος τιμών 0 – 80 m.

Πίνακας 6-6. Βαθμολόγηση παραμέτρου τρωτότητας Φ.9: Απόσταση από φυτεύσεις.

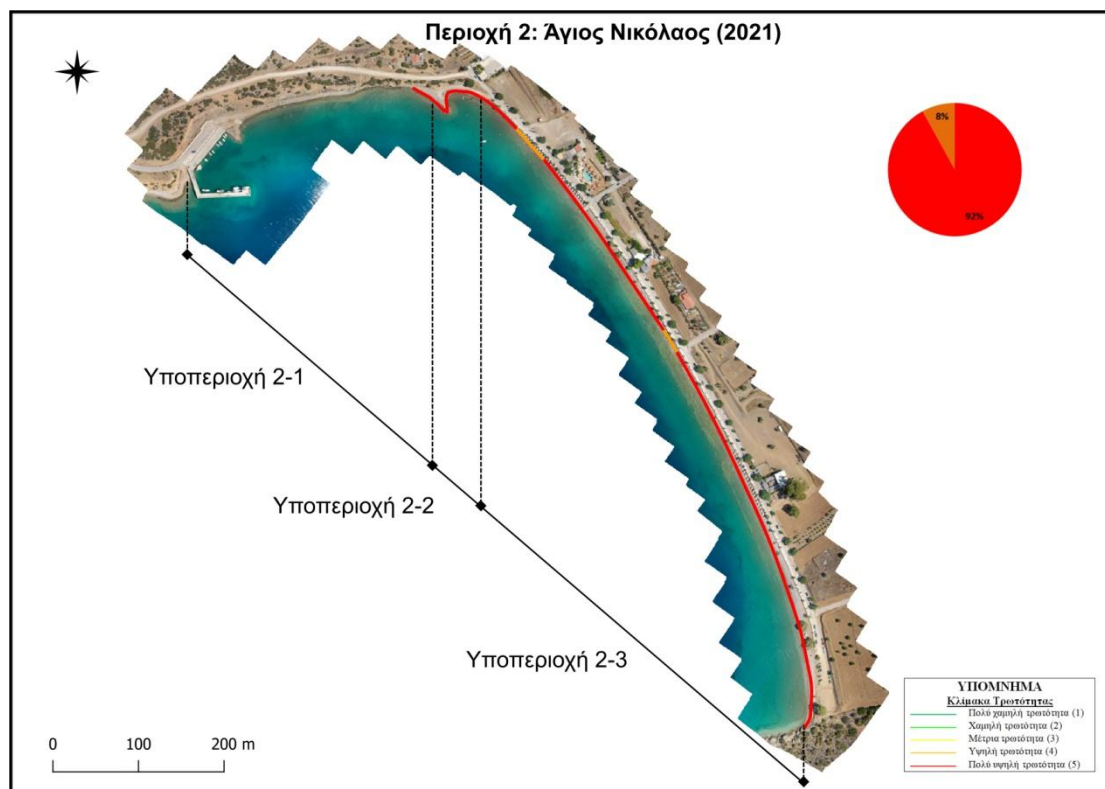
Κλίμακα τρωτότητας		Πολύ χαμηλή (1)	Χαμηλή (2)	Μέτρια (3)	Υψηλή (4)	Πολύ υψηλή (5)
Εύρος τιμών (m)		319-398	239-319	160-239	80-160	0-80
Περιοχές	Υποπεριοχές	Μήκος ακτής (m)				
Παραλία Σαράντη	1-2	0	0	0	0	675
	1-3	0	0	75	0	200
Άγιος Νικόλαος	2-1	0	0	0	0	50
	2-2	0	0	0	0	50
	2-3	0	0	0	75	850
Αλυκή	3-1	0	0	0	75	475
	3-2	100	75	100	50	0
	3-4	0	75	75	75	775
Παραλία Λιβαδόστρας	4-2	0	0	0	0	675
Καλαμάκι	5	0	0	0	0	300
Άγιος Βασίλειος	6-1	0	0	0	0	425



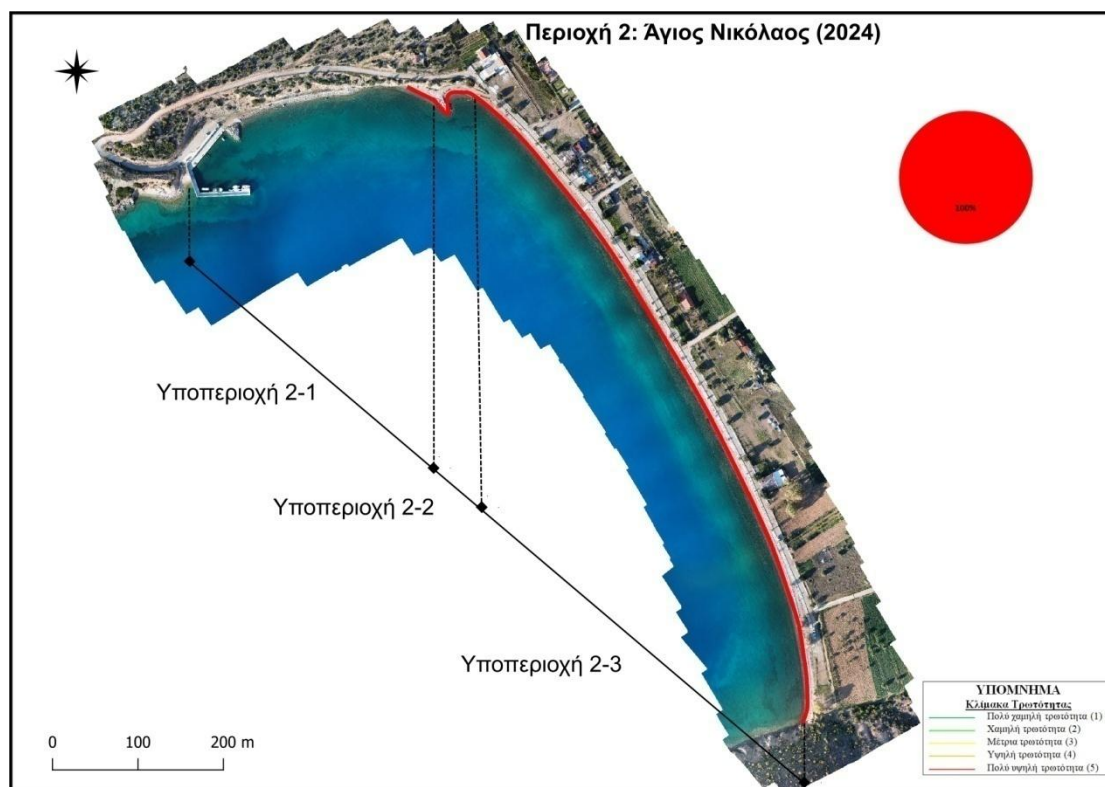
Εικόνα 6-47. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 1-Παραλία Σαράντη, ως προς την παράμετρο Φ.9: Απόσταση από φυτεύσεις, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).



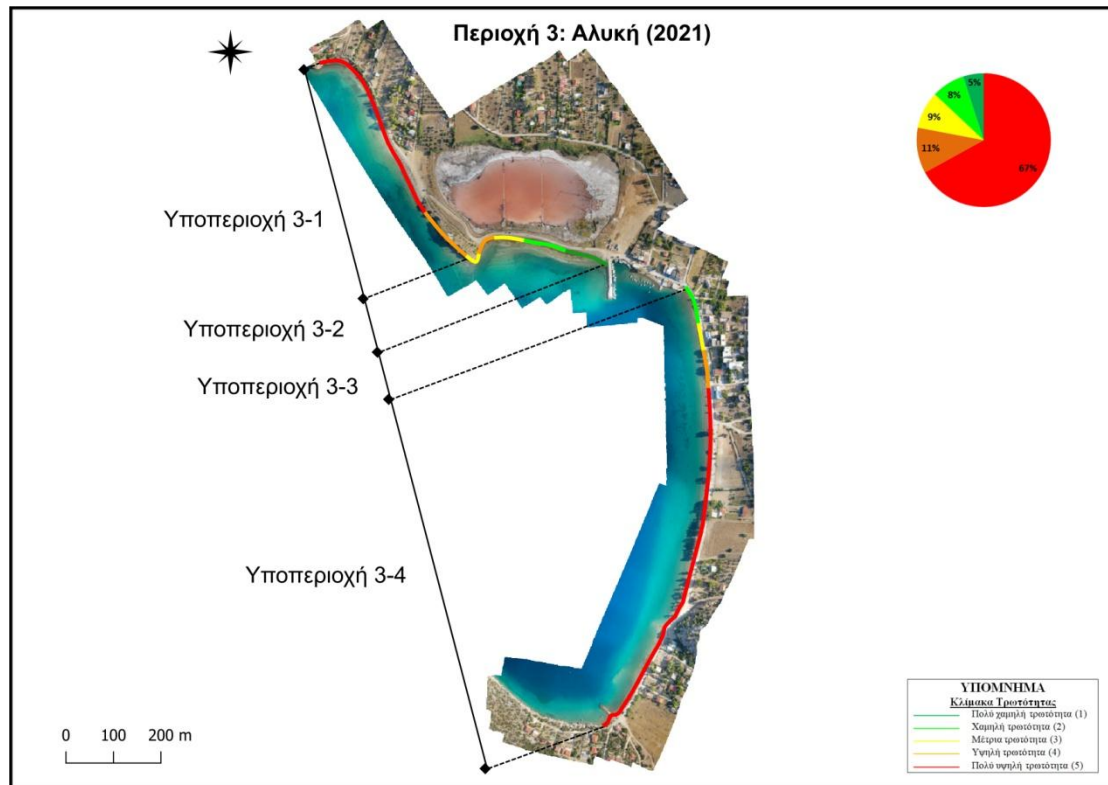
Εικόνα 6-48. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 1-Παραλία Σαράντη, ως προς την παράμετρο Φ.9: Απόσταση από φυτεύσεις, μετρήσεις 2024.



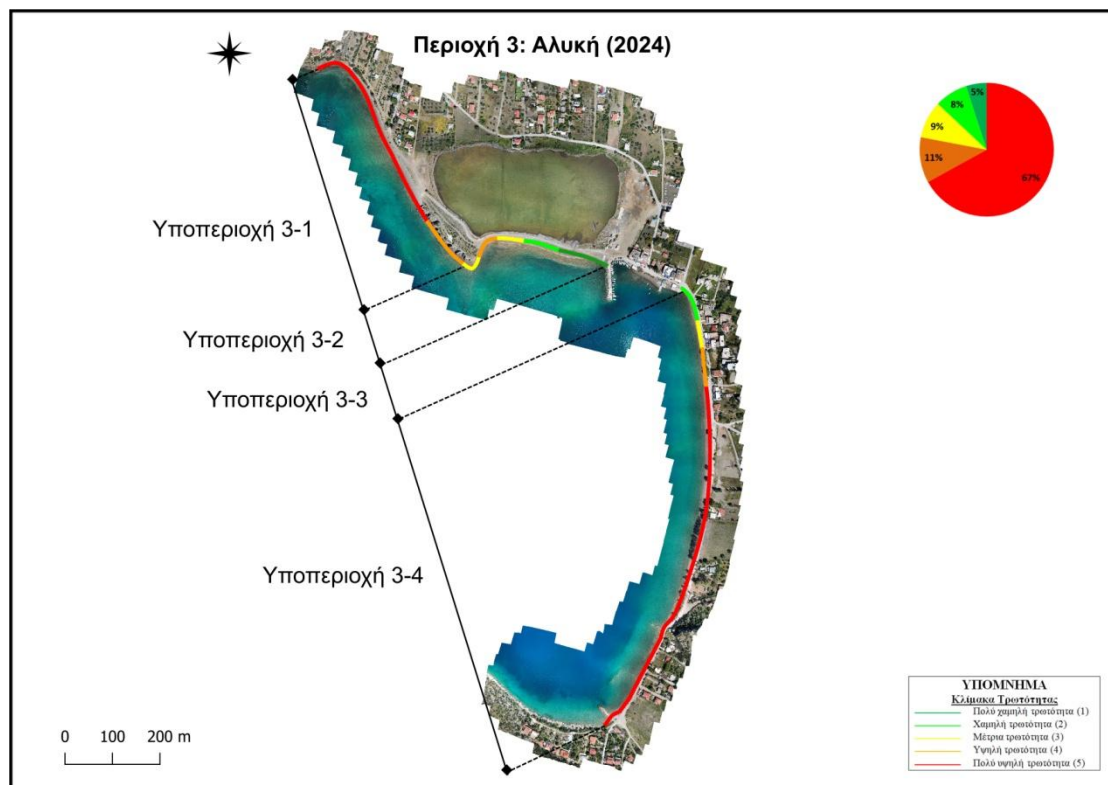
Εικόνα 6-49. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 2-Άγιος Νικόλαος, ως προς την παράμετρο Φ.9: Απόσταση από φυτεύσεις, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).



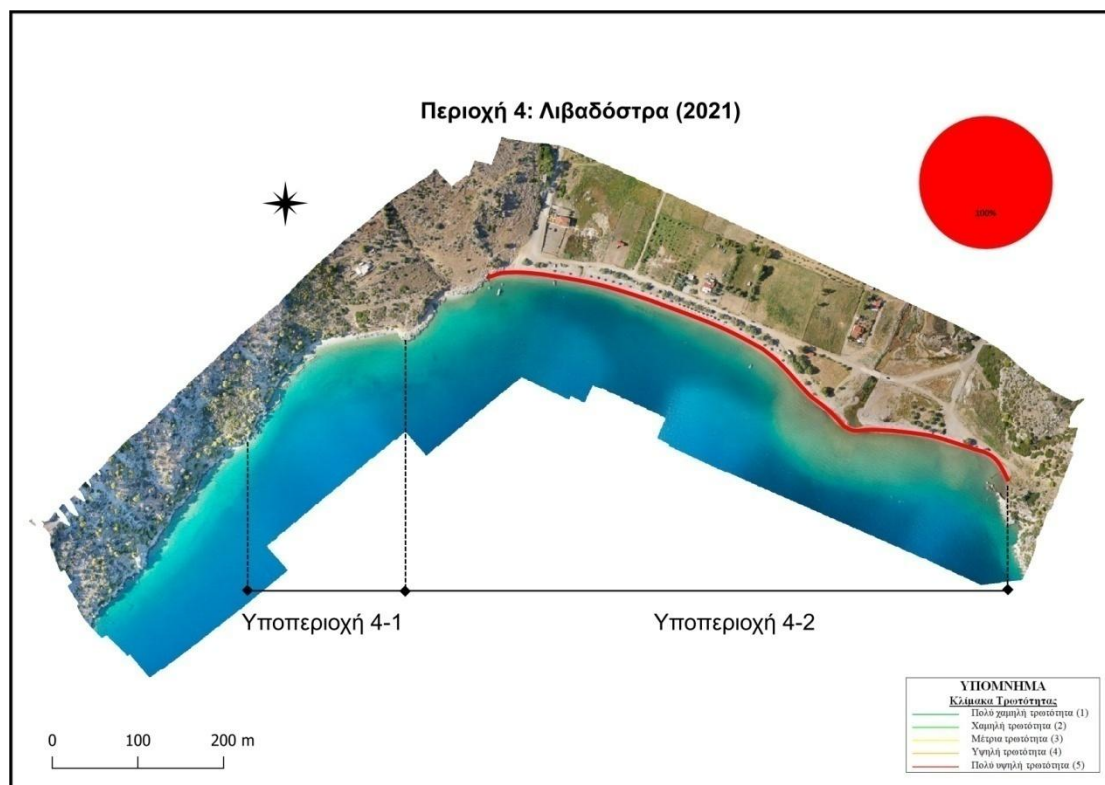
Εικόνα 6-50. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 2-Άγιος Νικόλαος, ως προς την παράμετρο Φ.9: Απόσταση από φυτεύσεις, μετρήσεις 2024.



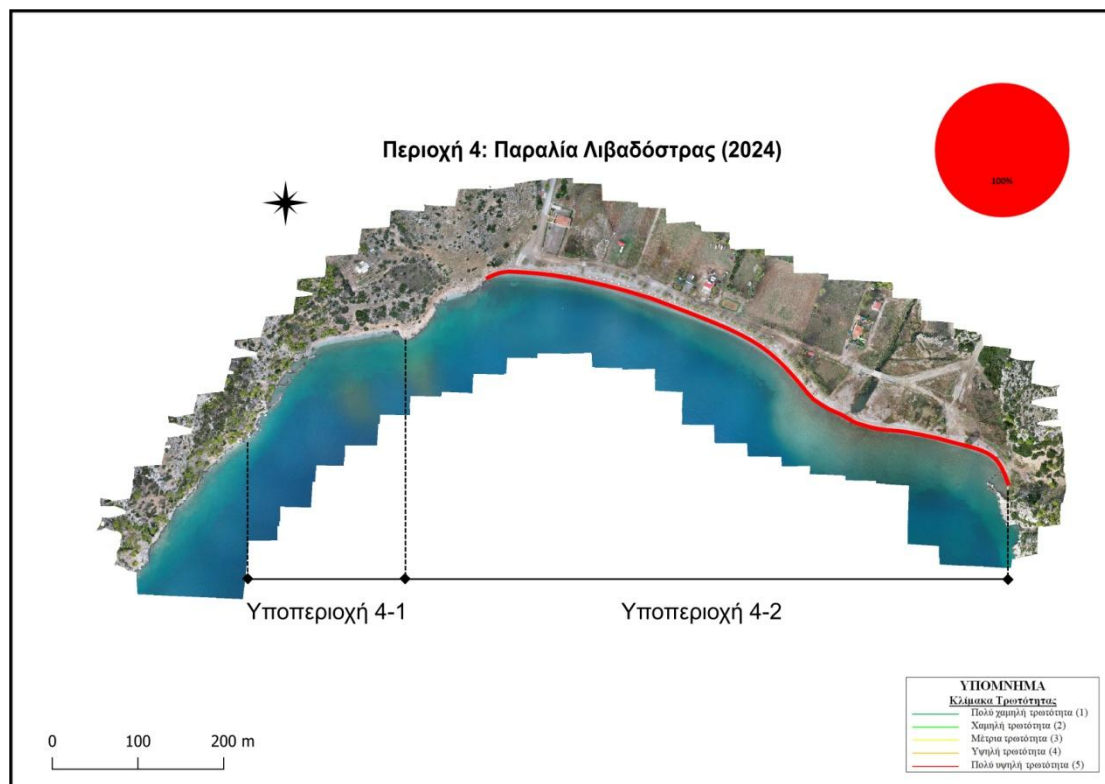
Εικόνα 6-51. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 3-Αλυκή, ως προς την παράμετρο Φ.9: Απόσταση από φυτεύσεις, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).



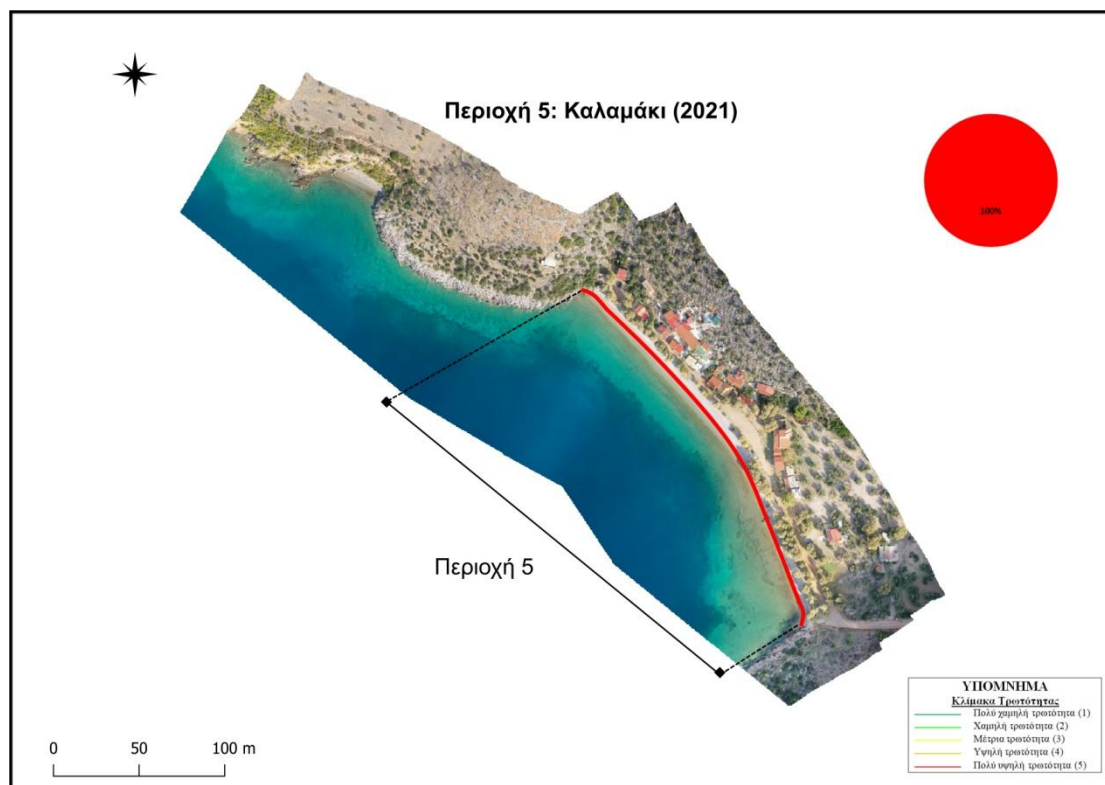
Εικόνα 6-52. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 3-Αλυκή, ως προς την παράμετρο Φ.9: Απόσταση από φυτεύσεις, μετρήσεις 2024.



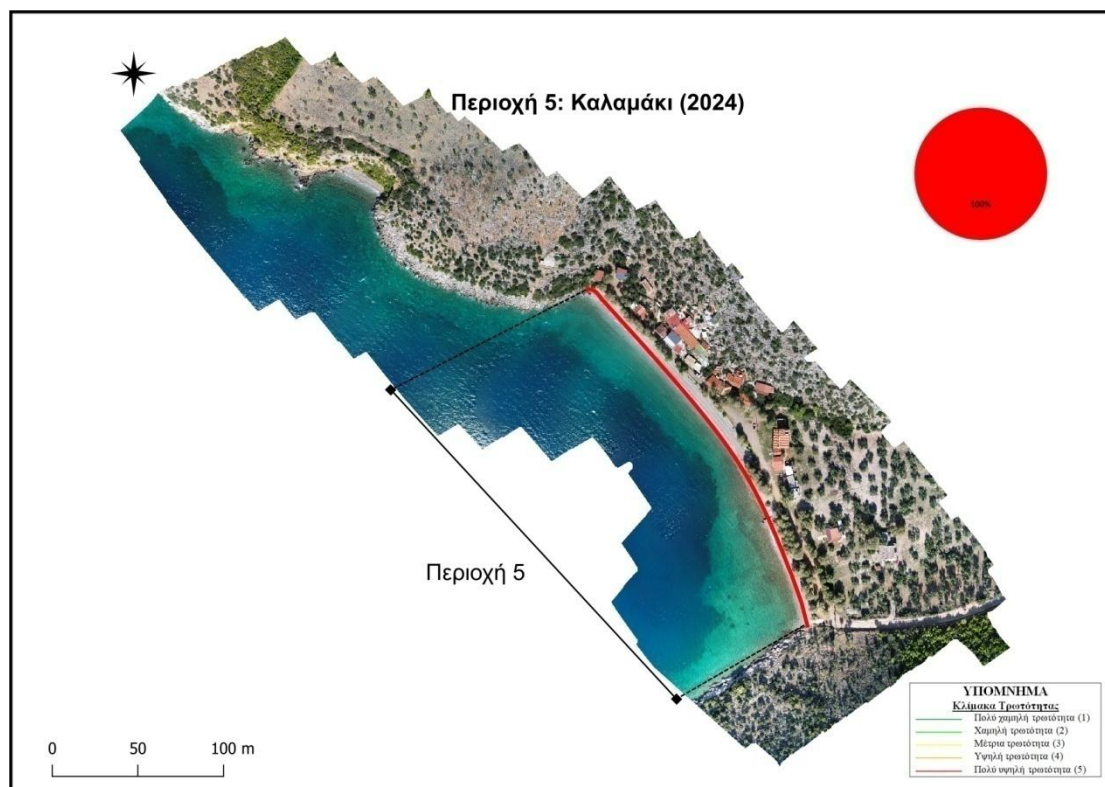
Εικόνα 6-53. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 4-Παραλία Λιβαδόστρας, ως προς την παράμετρο Φ.9: Απόσταση από φυτεύσεις, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).



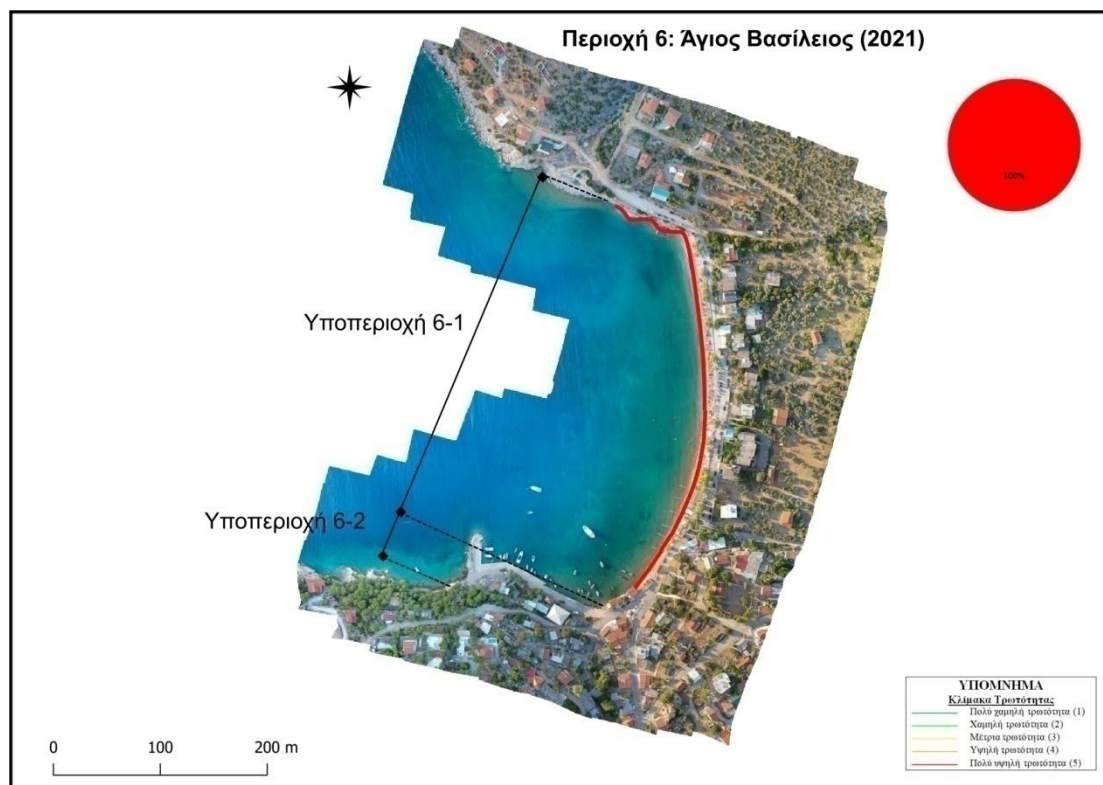
Εικόνα 6-54. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 4-Παραλία Λιβαδόστρας, ως προς την παράμετρο Φ.9: Απόσταση από φυτεύσεις, μετρήσεις 2024.



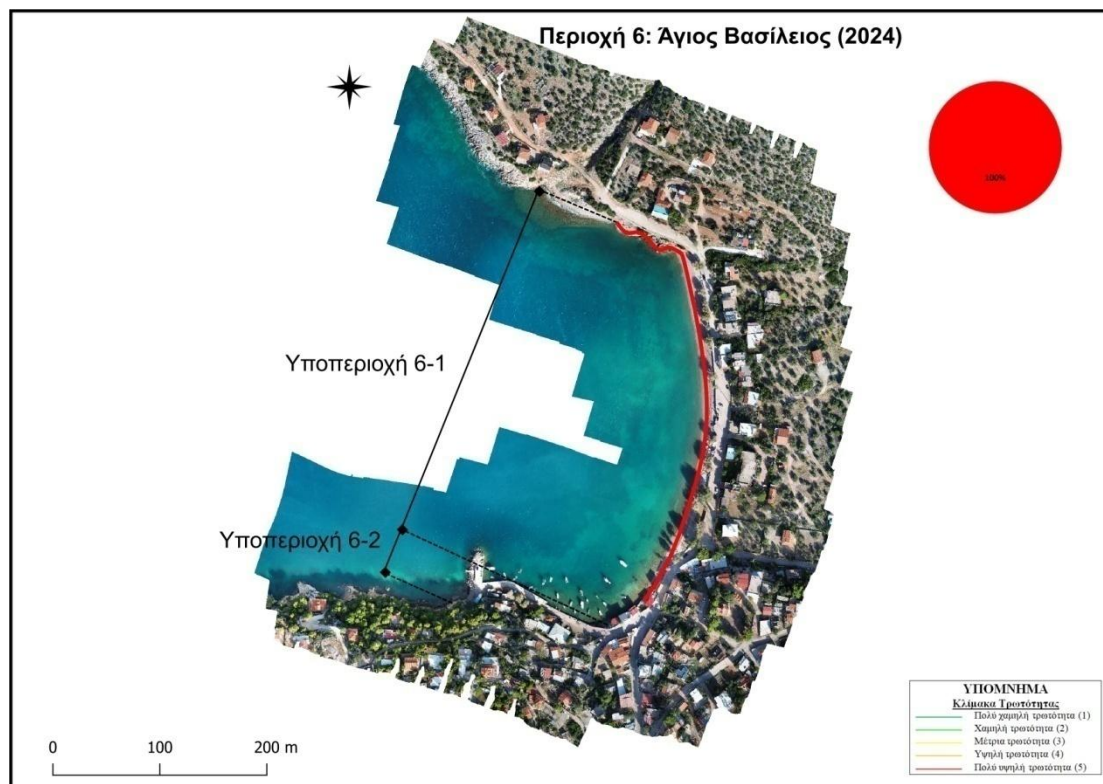
Εικόνα 6-55. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 5-Καλαμάκι, ως προς την παράμετρο Φ.9: Απόσταση από φυτεύσεις, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).



Εικόνα 6-56. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 5-Καλαμάκι, ως προς την παράμετρο Φ.9: Απόσταση από φυτεύσεις, μετρήσεις 2024.



Εικόνα 6-57. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 6-Άγιος Βασίλειος, ως προς την παράμετρο Φ.9: Απόσταση από φυτεύσεις, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).



Εικόνα 6-58. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 5-Καλαμάκι, ως προς την παράμετρο Φ.9: Απόσταση από φυτεύσεις, μετρήσεις 2024.

Αποτελέσματα:

- Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές μεταβολές στις μετρήσεις της απόστασης από φυτεύσεις σε όλες τις περιοχές ενδιαφέροντος, σε σύγκριση με την έρευνα ΕΛΕ ΕΜΠ (2021). Παρατηρήθηκε μεταβολή στο ανατολικό άκρο της ακτογραμμής της Παραλίας Σαράντη, αποτέλεσμα της πυρκαγιάς που σημειώθηκε στην περιοχή τον Αύγουστο του 2023 και μεταβολή σε τμήμα της ακτογραμμής Αγίου Νικολάου, όπου πραγματοποιήθηκε δενδροφύτευση.

Συγκεκριμένα για κάθε περιοχή ενδιαφέροντος παρατηρείται:

- Παραλία Σαράντη: Χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλή τρωτότητα στο μεγαλύτερο μήκος της ακτογραμμής. Ένα τμήμα μήκους 75 m χαρακτηρίζεται από μέτρια τρωτότητα.
- Άγιος Νικόλαος: Χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλή τρωτότητα σε όλο μήκος της ακτογραμμής.
- Αλυκή: Χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλή τρωτότητα στο μεγαλύτερο μήκος της ακτογραμμής. Τρία τμήματα συνολικού μήκους 200 m χαρακτηρίζονται από υψηλή τρωτότητα, τρία τμήματα συνολικού μήκους 175 m χαρακτηρίζονται από μέτρια τρωτότητα και δυο τμήματα συνολικού μήκους 150 m χαρακτηρίζονται από χαμηλή τρωτότητα και ένα τμήμα μήκους 100 m χαρακτηρίζεται από πολύ χαμηλή τρωτότητα.
- Παραλία Λιβαδόστρας: Χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλή τρωτότητα σε όλο μήκος της ακτογραμμής.
- Καλαμάκι: Χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλή τρωτότητα σε όλο μήκος της ακτογραμμής.
- Άγιος Βασίλειος: Χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλή τρωτότητα σε όλο μήκος της ακτογραμμής.

6.2.2 Υπολογισμός τεχνικών παραμέτρων τρωτότητας

6.2.2.1 Απόσταση από δόμηση (T.1)

Η απόσταση από δόμηση (T.1) υπολογίζεται αξιοποιώντας τα αποτελέσματα ανάλυσης των δεδομένων συλλογής με χρήση Συστημάτων μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών και συγκεκριμένα τους ορθοφωτοχάρτες που κατασκευάστηκαν για τις απαιτήσεις της παρούσας έρευνας. Πραγματοποιείται φωτοερμηνεία του ορθοφωτοχάρτη και ψηφιοποίηση σχετικών υποδομών προκειμένου να εκτιμηθούν οι μικρότερες αποστάσεις από τα κεντροειδή των

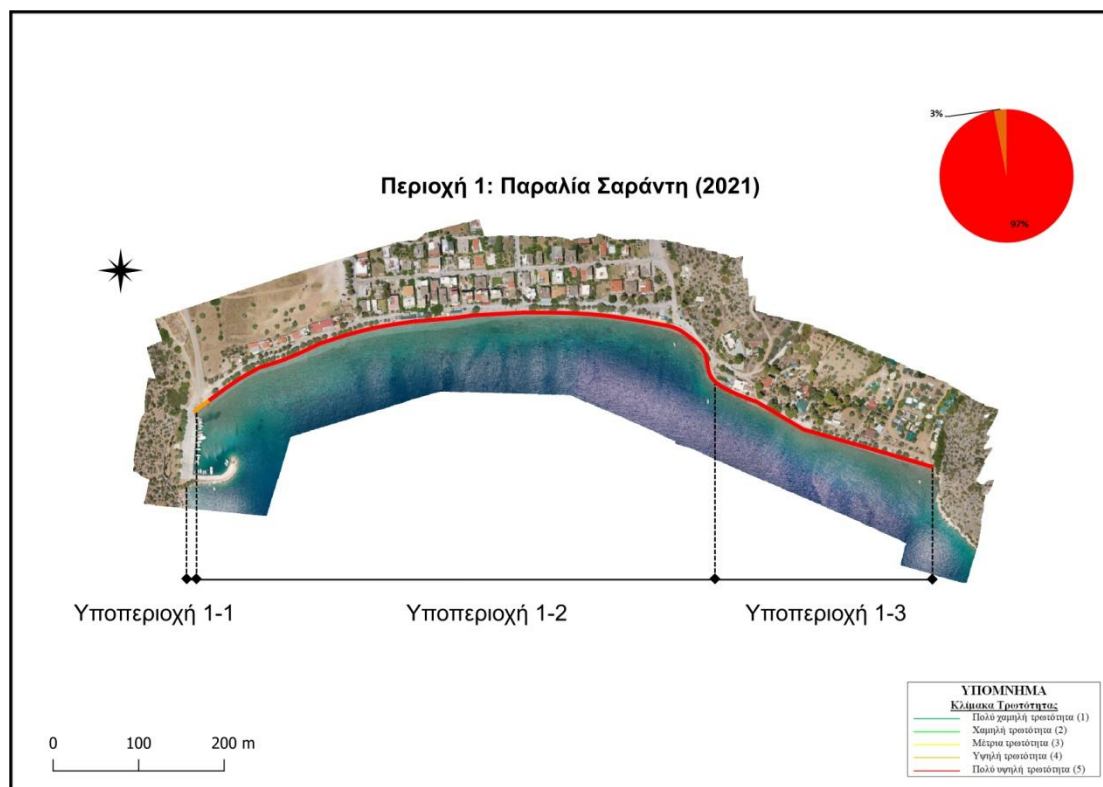
επιμέρους τμημάτων. Στη συνέχεια πραγματοποιείται η βαθμολόγηση της παραμέτρου τρωτότητας T.1 σύμφωνα με την κλίμακα 1-5 (Πίνακας 5-4), καθώς επίσης και το μήκος των ακτών ενδιαφέροντος που λαμβάνουν τις αντίστοιχες τιμές. Στις Εικόνες 6-59 έως και 6-70, αποτυπώνεται γραφικά η τρωτότητα κατά μήκος των 6 περιοχών ενδιαφέροντος ως προς την παράμετρο T.1 και γίνεται σύγκριση των αποτυπώσεων της παρούσας εργασίας (2024) με αυτές της Τεχνικής Έκθεσης ΕΛΕ ΕΜΠ (2021).

Για την βαθμολόγηση της παραμέτρου T.1, ορίζονται οι παρακάτω πέντε (5) κλάσεις (Πίνακας 6-7):

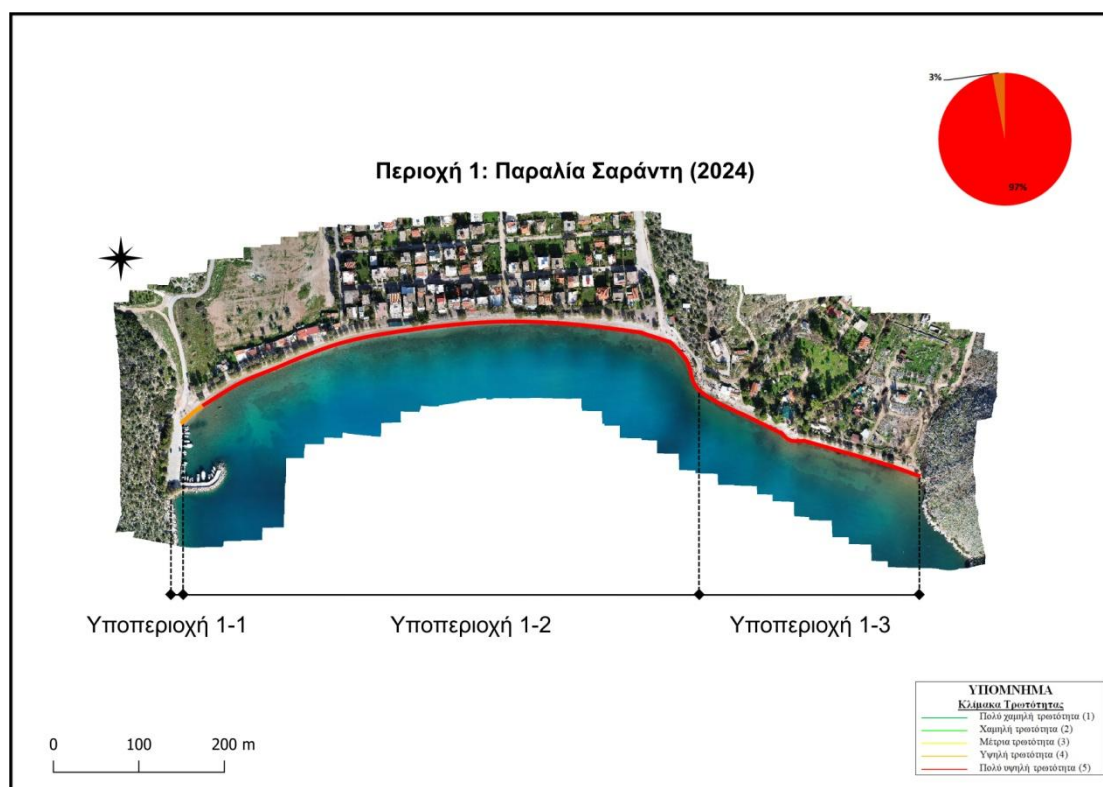
- Πολύ χαμηλή τρωτότητα (1): Εύρος τιμών 222 – 278 m.
- Χαμηλή τρωτότητα (2): Εύρος τιμών 167 – 222 m.
- Μέτρια τρωτότητα (3): Εύρος τιμών 111 – 167 m.
- Υψηλή τρωτότητα (4): Εύρος τιμών 56 – 111 m.
- Πολύ υψηλή τρωτότητα (5): Εύρος τιμών 0 – 56 m.

Πίνακας 6-7. Βαθμολόγηση παραμέτρου τρωτότητας T.1: Απόσταση από δόμηση.

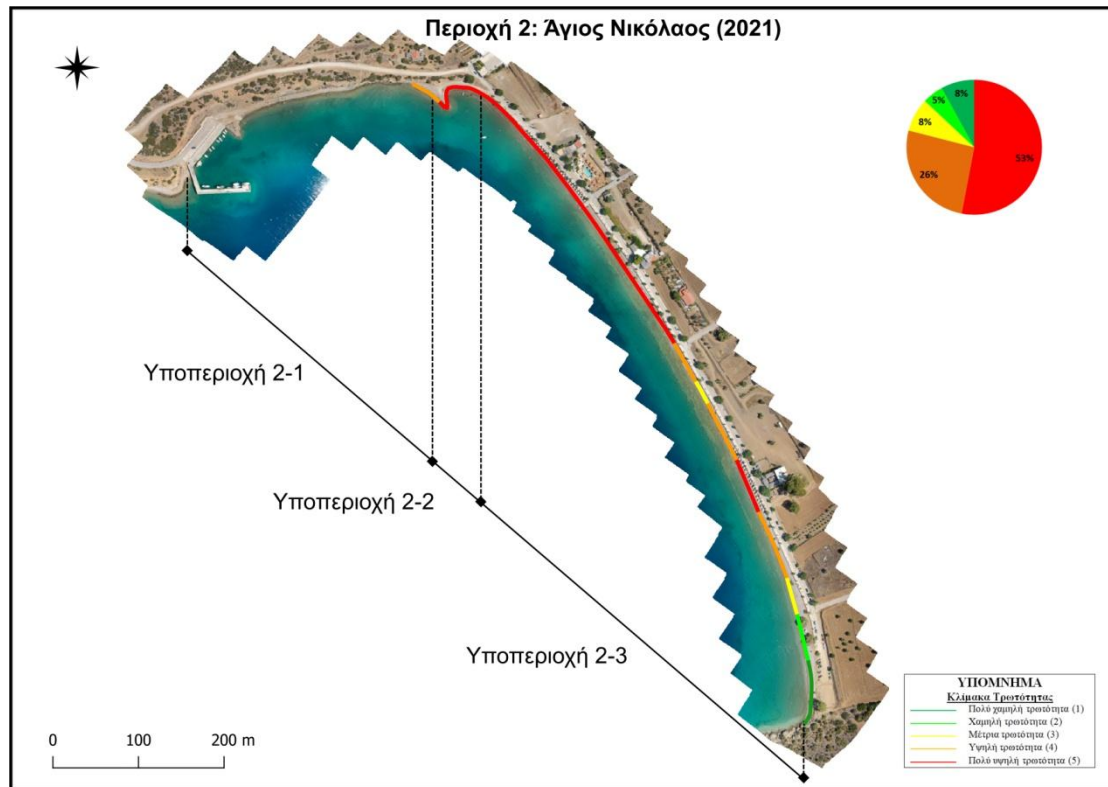
Κλίμακα τρωτότητας		Πολύ χαμηλή (1)	Χαμηλή (2)	Μέτρια (3)	Υψηλή (4)	Πολύ υψηλή (5)
Εύρος τιμών (m)		222-278	167-222	111-167	56-111	0-56
Περιοχές	Υποπεριοχές	Μήκος ακτής (m)				
Παραλία Σαράντη	1-2	0	0	0	25	650
	1-3	0	0	0	0	275
Άγιος Νικόλαος	2-1	0	0	0	50	0
	2-2	0	0	0	0	50
	2-3	75	50	75	200	450
Αλυκή	3-1	50	75	50	75	300
	3-2	150	50	75	50	0
	3-4	0	0	0	125	875
Παραλία Λιβαδόστρας	4-2	25	50	100	250	250
Καλαμάκι	5	0	0	0	25	275
Άγιος Βασίλειος	6-1	0	0	0	0	425



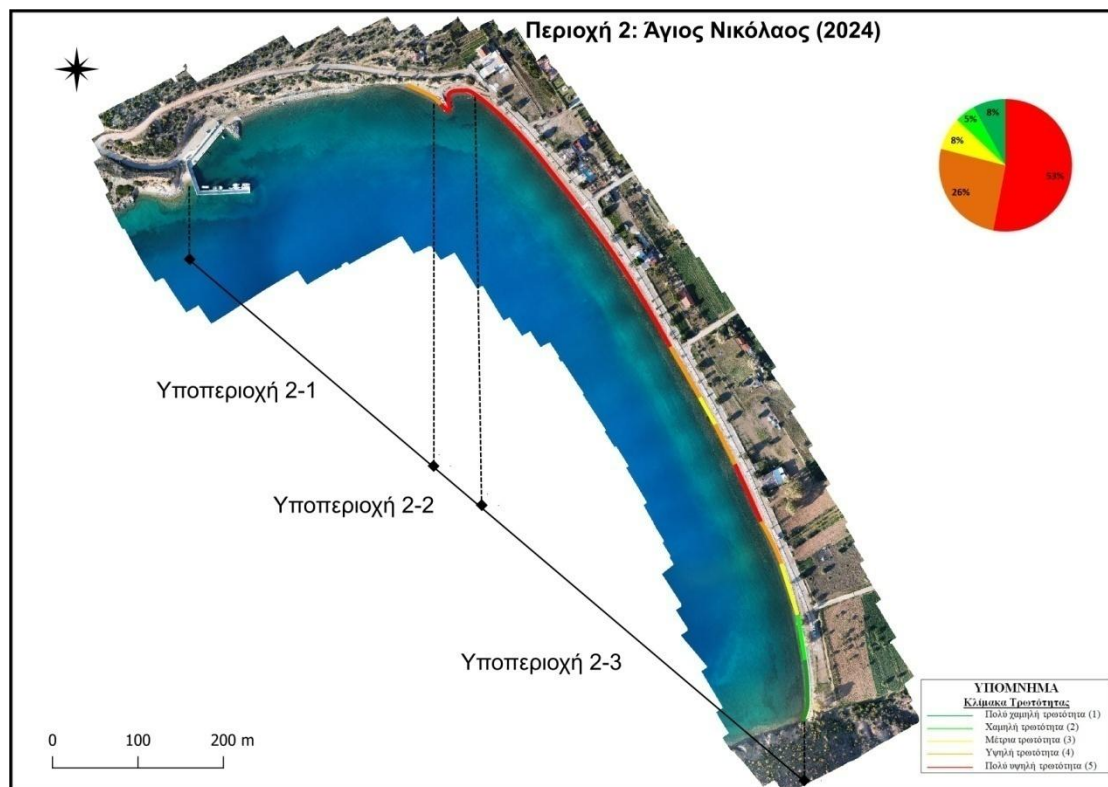
Εικόνα 6-59. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 1-Παραλία Σαράντη, ως προς την παράμετρο T.1: Απόσταση από δόμηση, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).



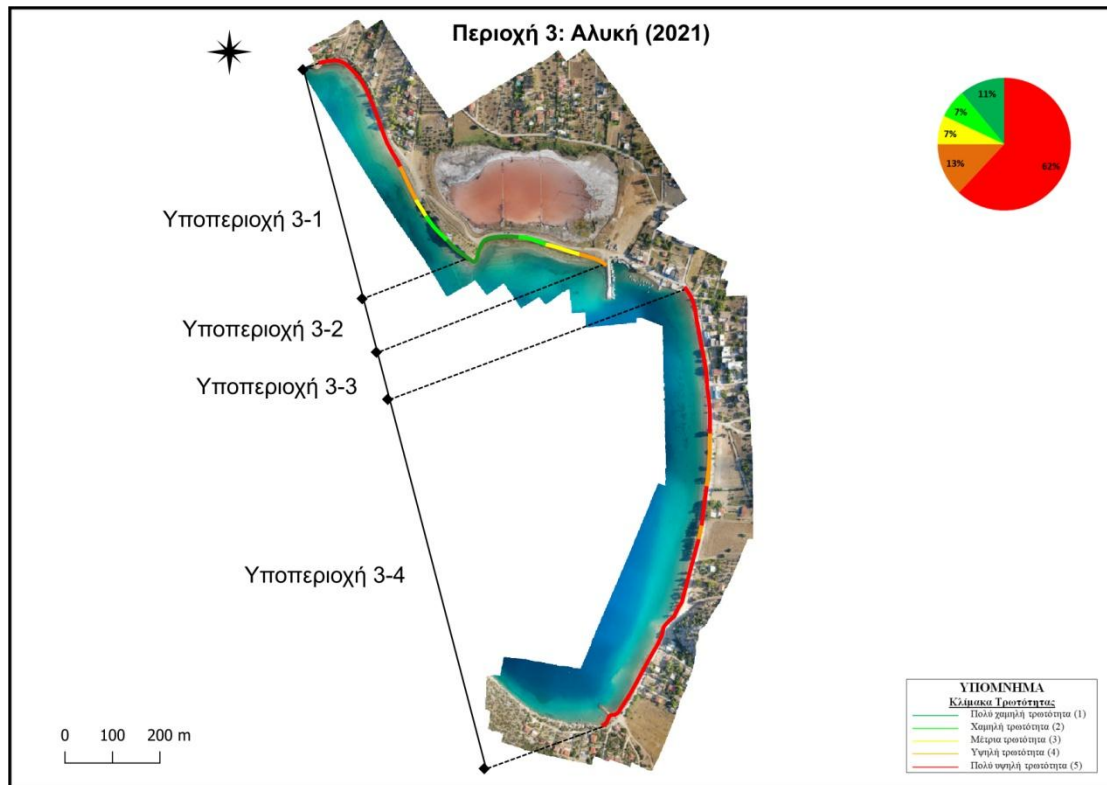
Εικόνα 6-60. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 1-Παραλία Σαράντη, ως προς την παράμετρο T.1: Απόσταση από δόμηση, μετρήσεις 2024.



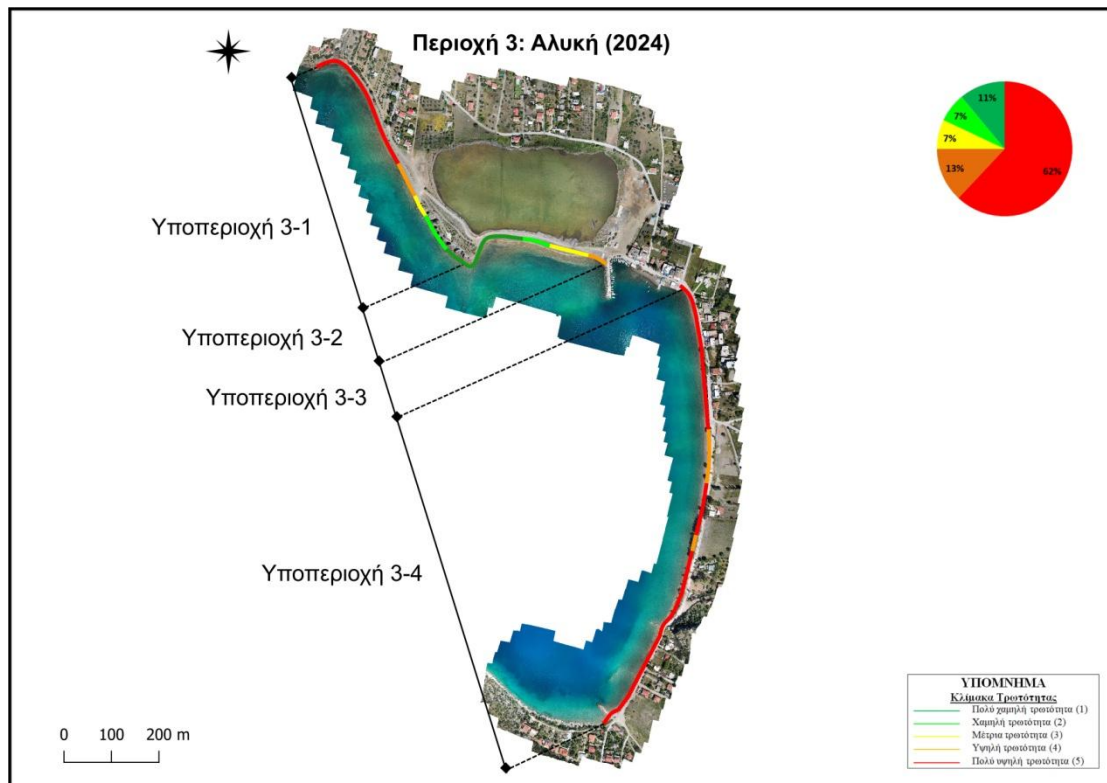
Εικόνα 6-61. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 2-Άγιος Νικόλαος, ως προς την παράμετρο T.1: Απόσταση από δόμηση, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).



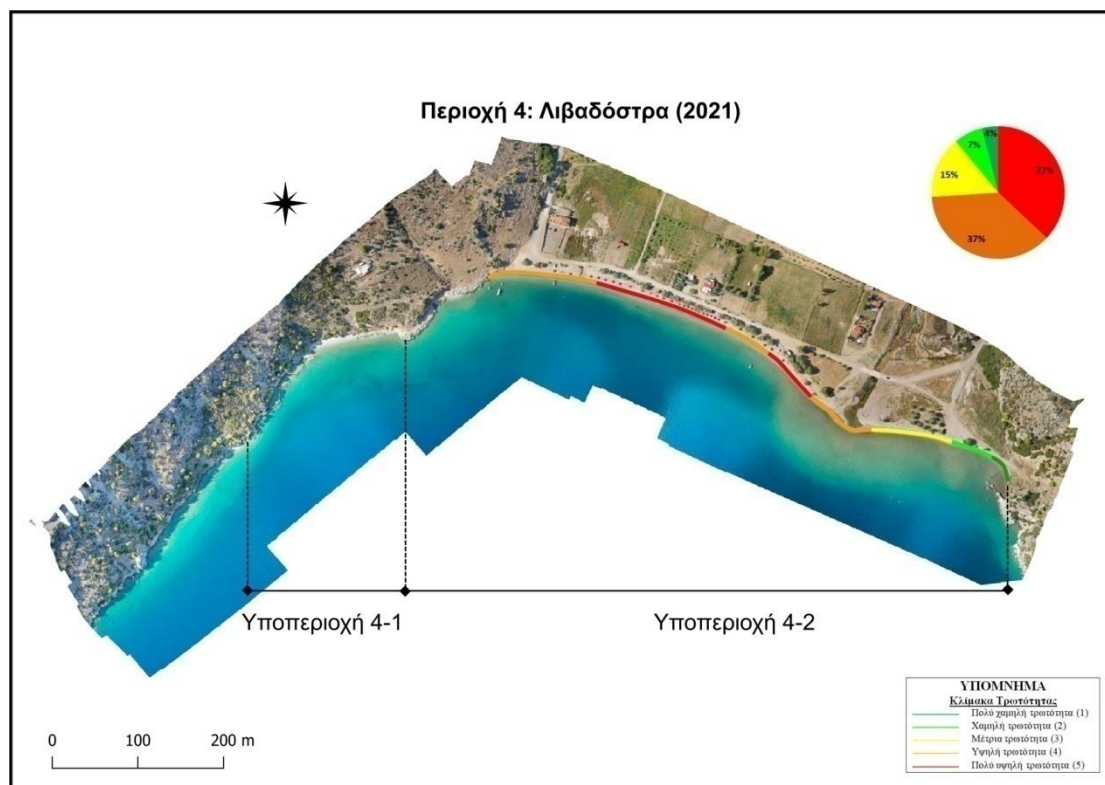
Εικόνα 6-62. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 2-Άγιος Νικόλαος, ως προς την παράμετρο T.1: Απόσταση από δόμηση, μετρήσεις 2024.



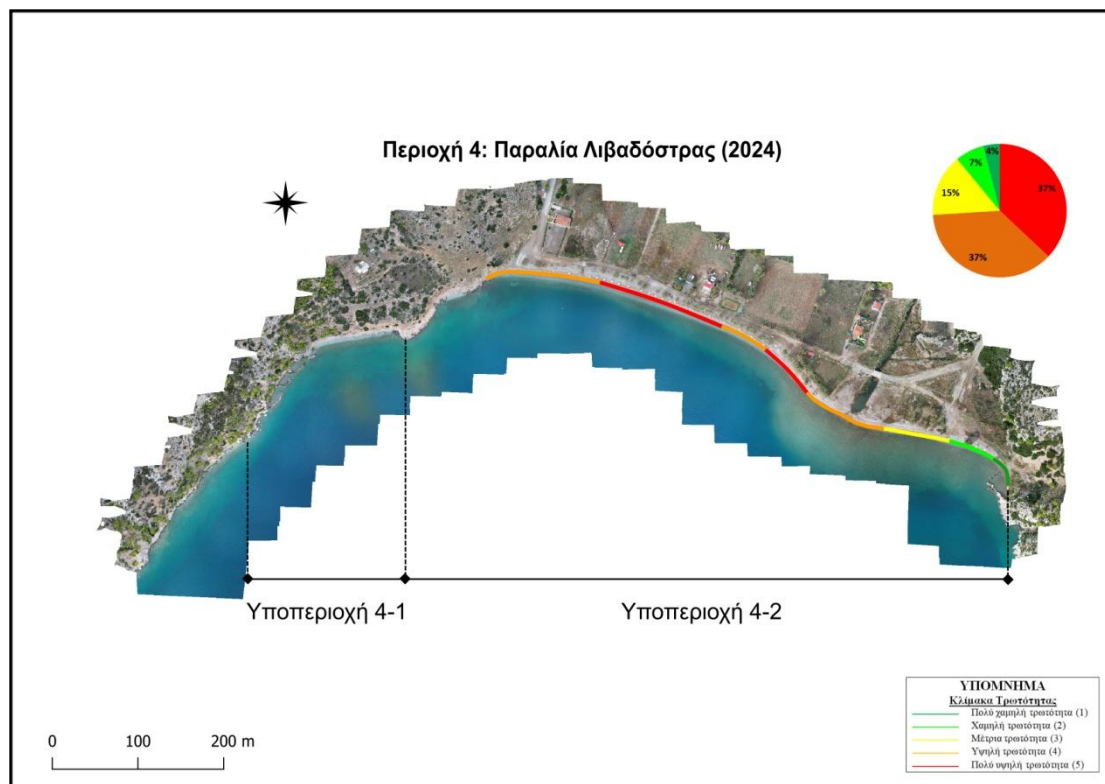
Εικόνα 6-63. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 3-Άγιος Αλυκή, ως προς την παράμετρο T.1: Απόσταση από δόμηση, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).



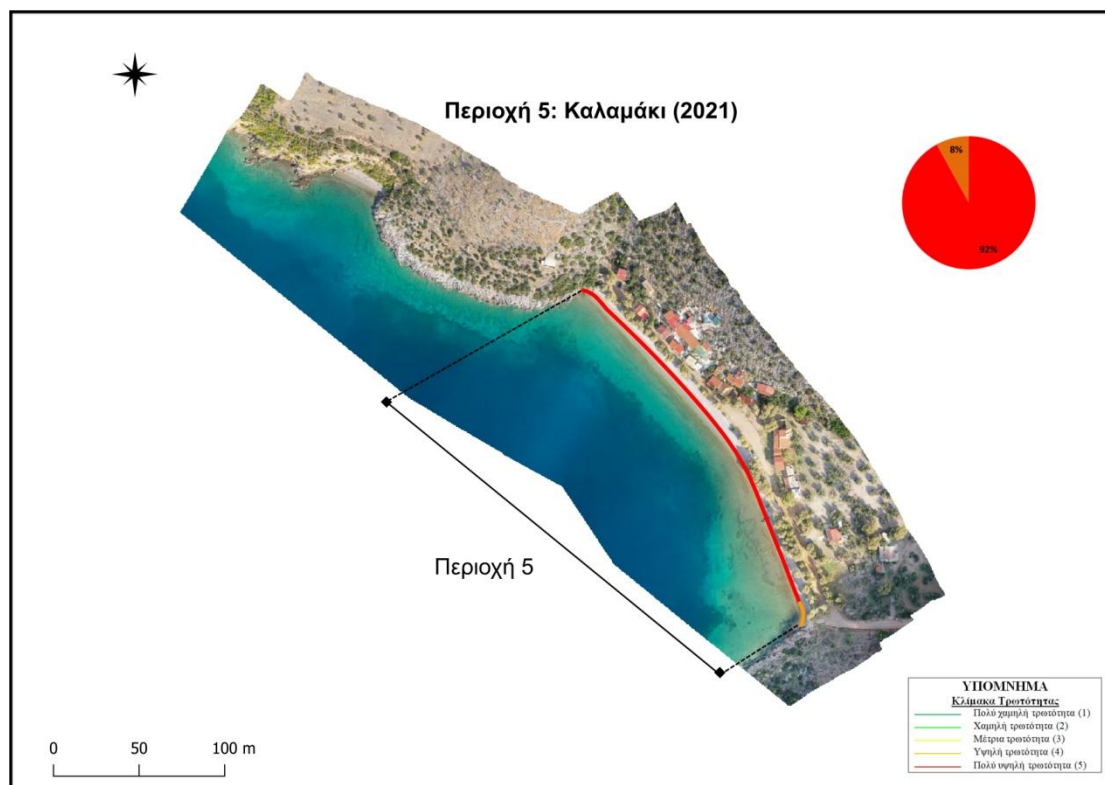
Εικόνα 6-64. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 3-Αλυκή, ως προς την παράμετρο T.1: Απόσταση από δόμηση, μετρήσεις 2024.



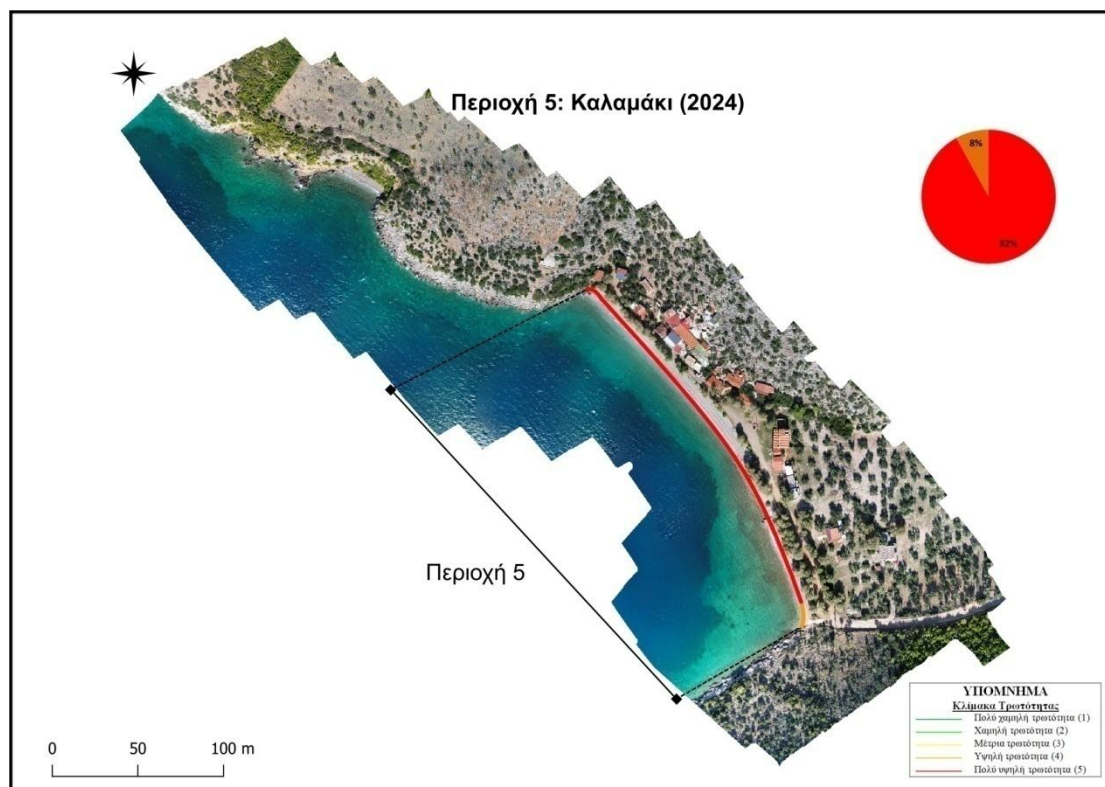
Εικόνα 6-65. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 4-Παραλία Λιβαδόστρας, ως προς την παράμετρο T.1: Απόσταση από δόμηση, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).



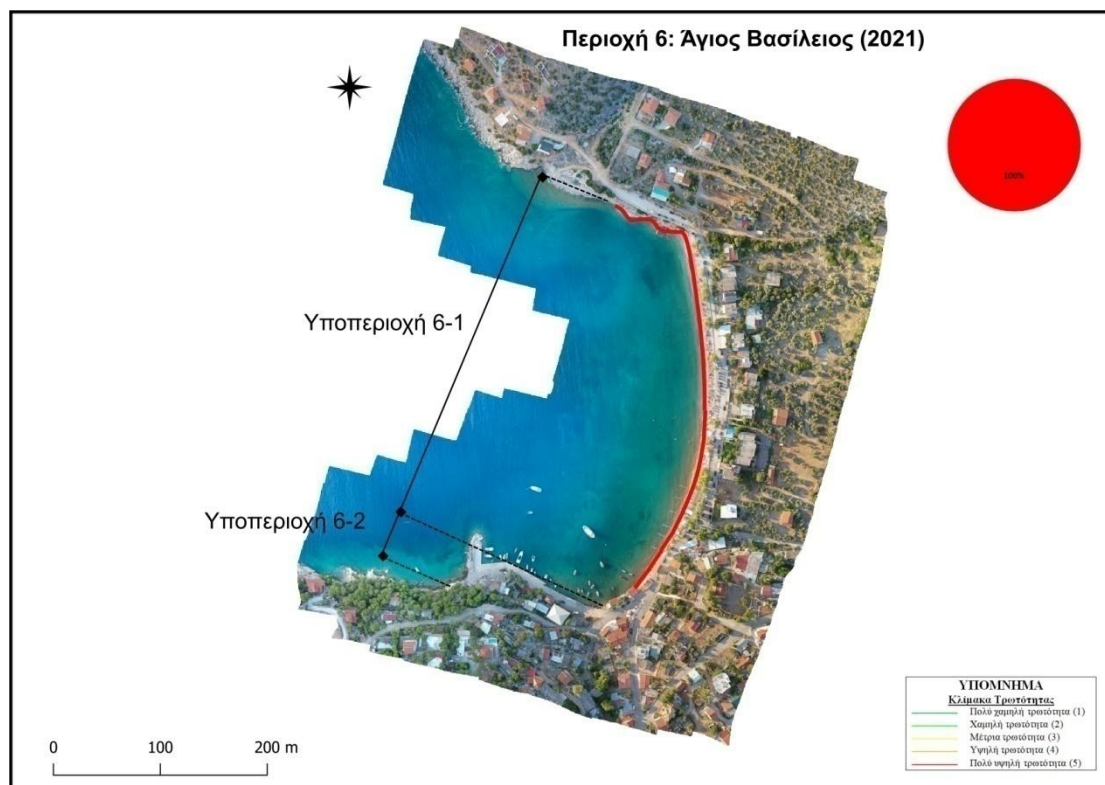
Εικόνα 6-66. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 4-Παραλία Λιβαδόστρας, ως προς την παράμετρο T.1: Απόσταση από δόμηση, μετρήσεις 2024.



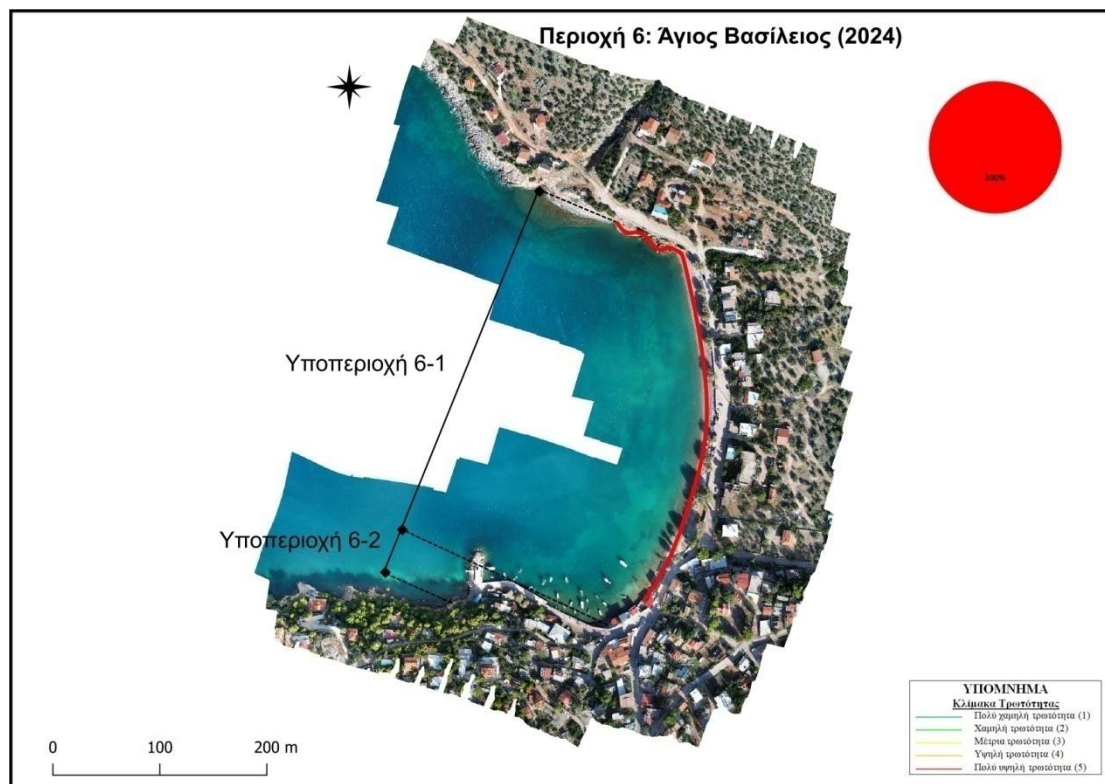
Εικόνα 6-67. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 5-Καλαμάκι, ως προς την παράμετρο T.1: Απόσταση από δόμηση, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).



Εικόνα 6-68. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 5-Καλαμάκι, ως προς την παράμετρο T.1: Απόσταση από δόμηση, μετρήσεις 2024.



Εικόνα 6-69. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 6-Άγιος Βασίλειος, ως προς την παράμετρο T.1: Απόσταση από δόμηση, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).



Εικόνα 6-70. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 6-Άγιος Βασίλειος, ως προς την παράμετρο T.1: Απόσταση από δόμηση, μετρήσεις 2024.

Αποτελέσματα:

- Δεν παρατηρήθηκαν μεταβολές στις μετρήσεις της απόστασης από δόμηση σε όλες τις περιοχές ενδιαφέροντος, σε σύγκριση με την έρευνα ΕΛΕ ΕΜΠ (2021), καθώς δεν εντοπίστηκαν νέες κατασκευές κοντά στην ακτογραμμή.

Συγκεκριμένα για κάθε περιοχή ενδιαφέροντος παρατηρείται:

- Παραλία Σαράντη: Χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλή τρωτότητα στο μεγαλύτερο μήκος της ακτογραμμής. Ένα τμήμα μήκους 25 m στο δυτικό άκρο της ακτογραμμής χαρακτηρίζεται από υψηλή τρωτότητα.
- Άγιος Νικόλαος: Χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλή τρωτότητα στο μεγαλύτερο μήκος της ακτογραμμής. Δυο τμήματα συνολικού μήκους 250 m χαρακτηρίζονται από υψηλή τρωτότητα, ένα τμήμα μήκους 75 m χαρακτηρίζεται από μέτρια τρωτότητα, ένα τμήμα μήκους 50 m χαρακτηρίζεται από χαμηλή τρωτότητα και ένα τμήμα μήκους 75 m χαρακτηρίζεται από πολύ χαμηλή τρωτότητα.
- Αλυκή: Χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλή τρωτότητα στο μεγαλύτερο μήκος της ακτογραμμής. Τρία τμήματα συνολικού μήκους 250 m χαρακτηρίζονται από υψηλή τρωτότητα, δυο τμήματα συνολικού μήκους 125 m χαρακτηρίζονται από μέτρια τρωτότητα, δυο τμήματα συνολικού μήκους 125 m χαρακτηρίζονται από χαμηλή τρωτότητα και δυο τμήματα συνολικού μήκους 200 m χαρακτηρίζονται από πολύ χαμηλή τρωτότητα.
- Παραλία Λιβαδόστρας: Χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλή και υψηλή τρωτότητα στο μεγαλύτερο μήκος της ακτογραμμής. Ένα τμήμα μήκους 100 m χαρακτηρίζεται από μέτρια τρωτότητα, ένα τμήμα μήκους 50 m χαρακτηρίζεται από χαμηλή τρωτότητα και ένα μικρό τμήμα μήκους 25 m χαρακτηρίζεται από πολύ χαμηλή τρωτότητα.
- Καλαμάκι: Χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλή τρωτότητα στο μεγαλύτερο μήκος της ακτογραμμής. Ένα μικρό τμήμα μήκους 25 m χαρακτηρίζεται από υψηλή τρωτότητα.
- Άγιος Βασίλειος: Χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλή τρωτότητα σε όλο μήκος της ακτογραμμής.

6.2.2.2 Απόσταση από παράκτιο δρόμο (T.2)

Η απόσταση από παράκτιο δρόμο (T.2) υπολογίζεται αξιοποιώντας τα αποτελέσματα ανάλυσης των δεδομένων συλλογής με χρήση Συστημάτων μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών και συγκεκριμένα τους ορθοφωτοχάρτες που κατασκευάστηκαν για τις απαιτήσεις της παρούσας έρευνας. Πραγματοποιείται φωτοερμηνεία του ορθοφωτοχάρτη και ψηφιοποίηση του άξονα του παράκτιου δρόμου προκειμένου να εκτιμηθούν οι μικρότερες αποστάσεις από

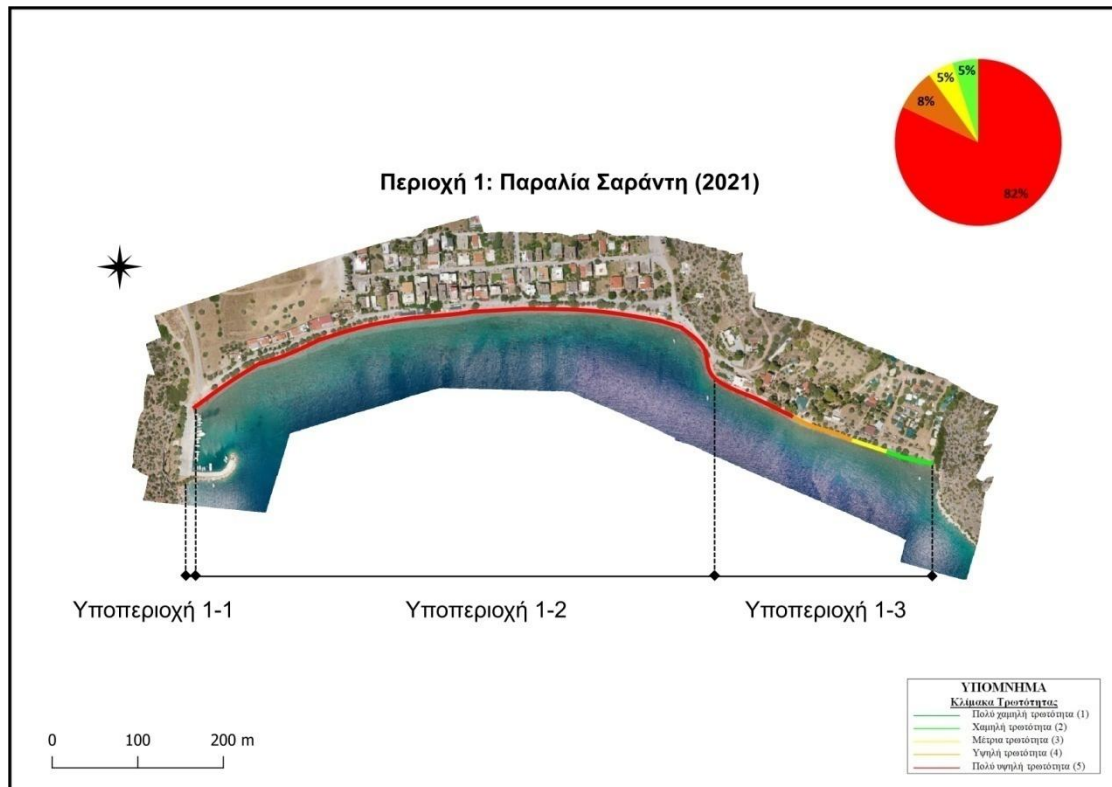
τα κεντροειδή των επιμέρους τμημάτων. Στη συνέχεια πραγματοποιείται η βαθμολόγηση της παραμέτρου τρωτότητας T.2 σύμφωνα με την κλίμακα 1-5 (Πίνακας 5-4), καθώς επίσης και το μήκος των ακτών ενδιαφέροντος που λαμβάνουν τις αντίστοιχες τιμές. Στις Εικόνες 6-71 έως και 6-82 αποτυπώνονται γραφικά η τρωτότητα κατά μήκος των 6 περιοχών ενδιαφέροντος ως προς την παράμετρο T.2 και γίνεται σύγκριση των αποτυπώσεων της παρούσας εργασίας (2024) με αυτές της Τεχνικής Έκθεσης ΕΛΕ ΕΜΠ (2021).

Για την βαθμολόγηση της παραμέτρου T.2, ορίζονται οι παρακάτω πέντε (5) κλάσεις (Πίνακας 6-8):

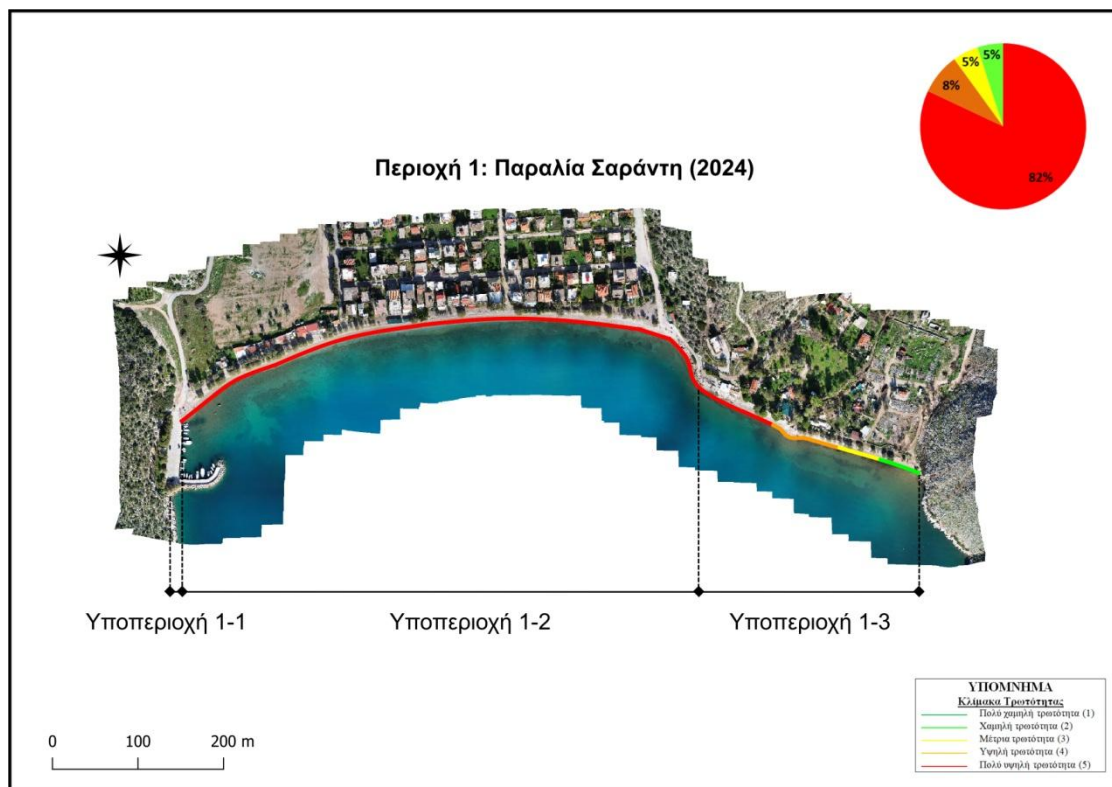
- Πολύ χαμηλή τρωτότητα (1): Εύρος τιμών 169 – 211 m.
- Χαμηλή τρωτότητα (2): Εύρος τιμών 126 – 169 m.
- Μέτρια τρωτότητα (3): Εύρος τιμών 84 – 126 m.
- Υψηλή τρωτότητα (4): Εύρος τιμών 42 – 84 m.
- Πολύ υψηλή τρωτότητα (5): Εύρος τιμών 0 – 42 m.

Πίνακας 6-8. Βαθμολόγηση παραμέτρου τρωτότητας T.2: Απόσταση από παράκτιο δρόμο.

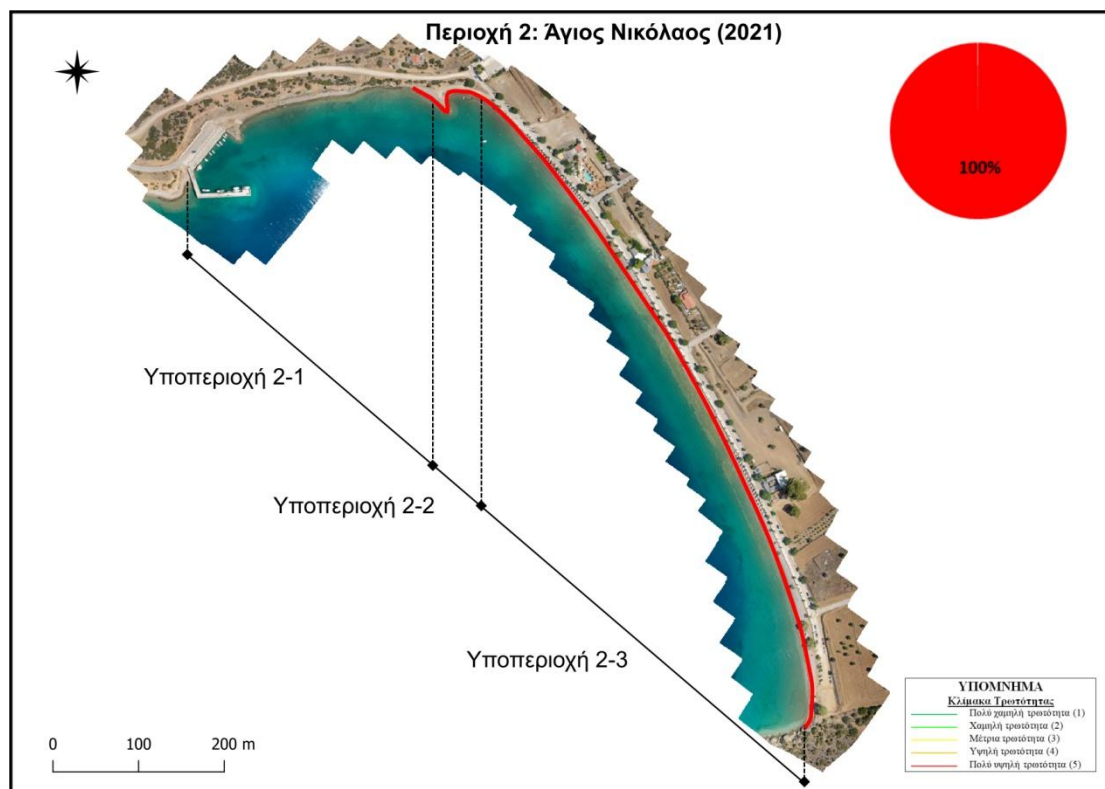
Κλίμακα τρωτότητας		Πολύ χαμηλή (1)	Χαμηλή (2)	Μέτρια (3)	Υψηλή (4)	Πολύ υψηλή (5)
Εύρος τιμών (m)		169-211	126-169	84-126	42-84	0-42
Περιοχές	Υποπεριοχές	Μήκος ακτής (m)				
Παραλία Σαράντη	1-2	0	0	0	0	675
	1-3	0	50	50	75	100
Άγιος Νικόλαος	2-1	0	0	0	0	50
	2-2	0	0	0	0	50
	2-3	0	0	0	0	850
Αλυκή	3-1	0	0	0	150	400
	3-2	0	0	0	0	325
	3-4	0	0	0	0	1000
Παραλία Λιβαδόστρας	4-2	0	0	0	175	500
Καλαμάκι	5	0	0	0	0	300
Άγιος Βασίλειος	6-1	0	0	0	0	425



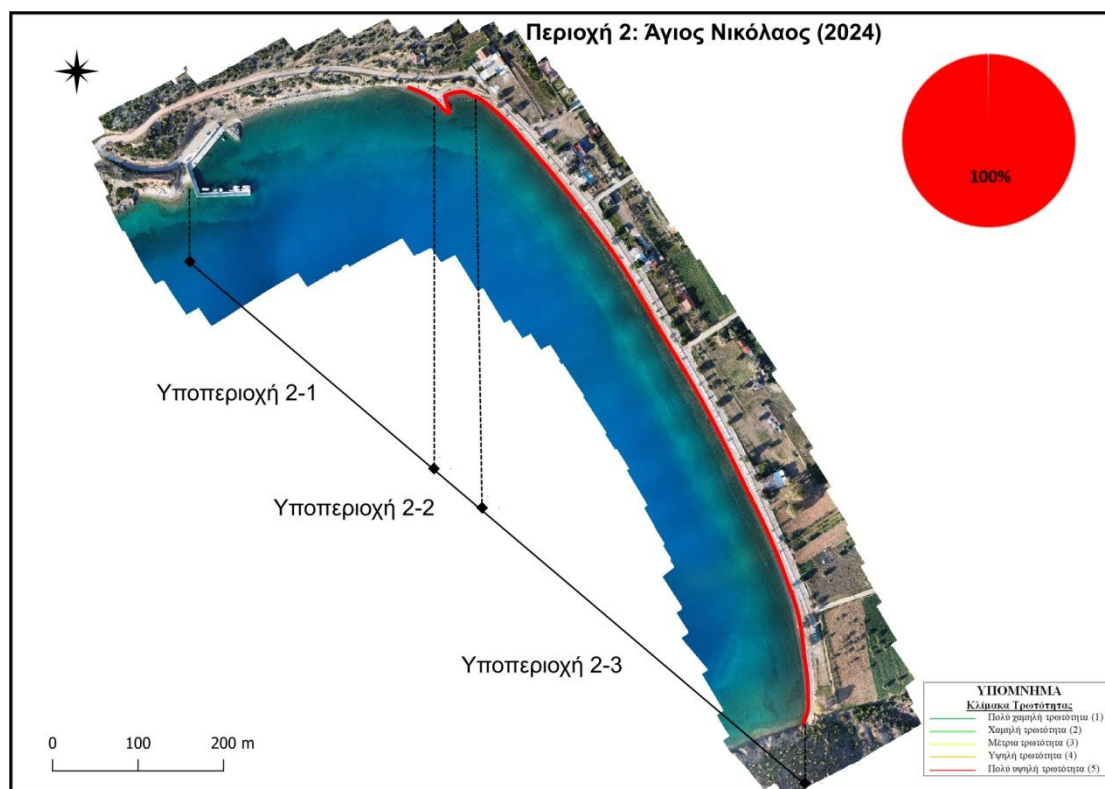
Εικόνα 6-71. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 1-Παραλία Σαράντη, ως προς την παράμετρο T.2: Απόσταση από παράκτιο δρόμο, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).



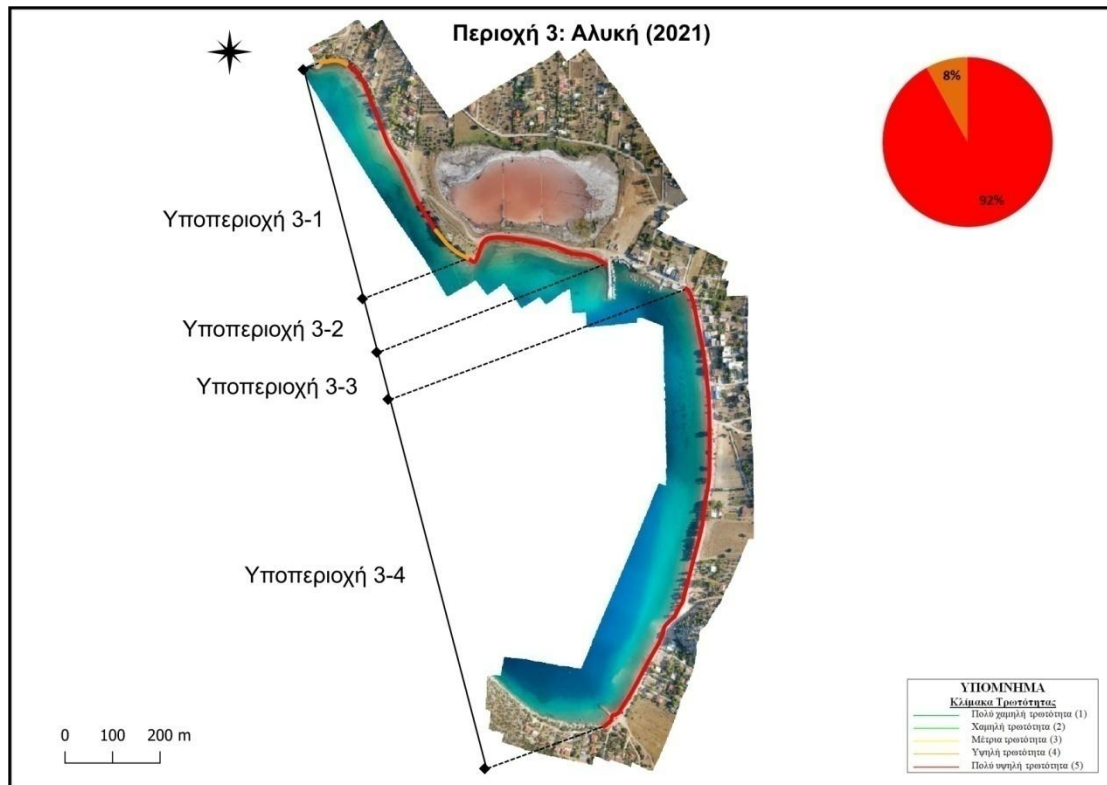
Εικόνα 6-72. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 1-Παραλία Σαράντη, ως προς την παράμετρο T.2: Απόσταση από παράκτιο δρόμο, μετρήσεις 2024.



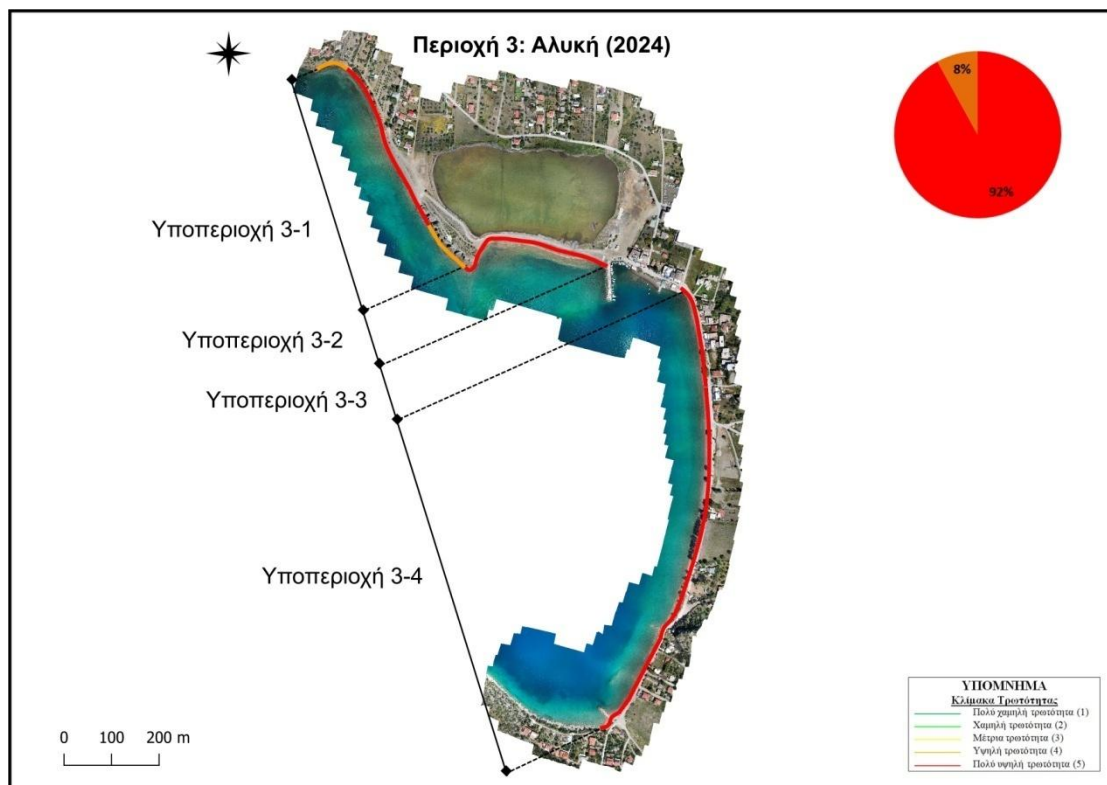
Εικόνα 6-73. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 2-Άγιος Νικόλαος, ως προς την παράμετρο T.2: Απόσταση από παράκτιο δρόμο, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).



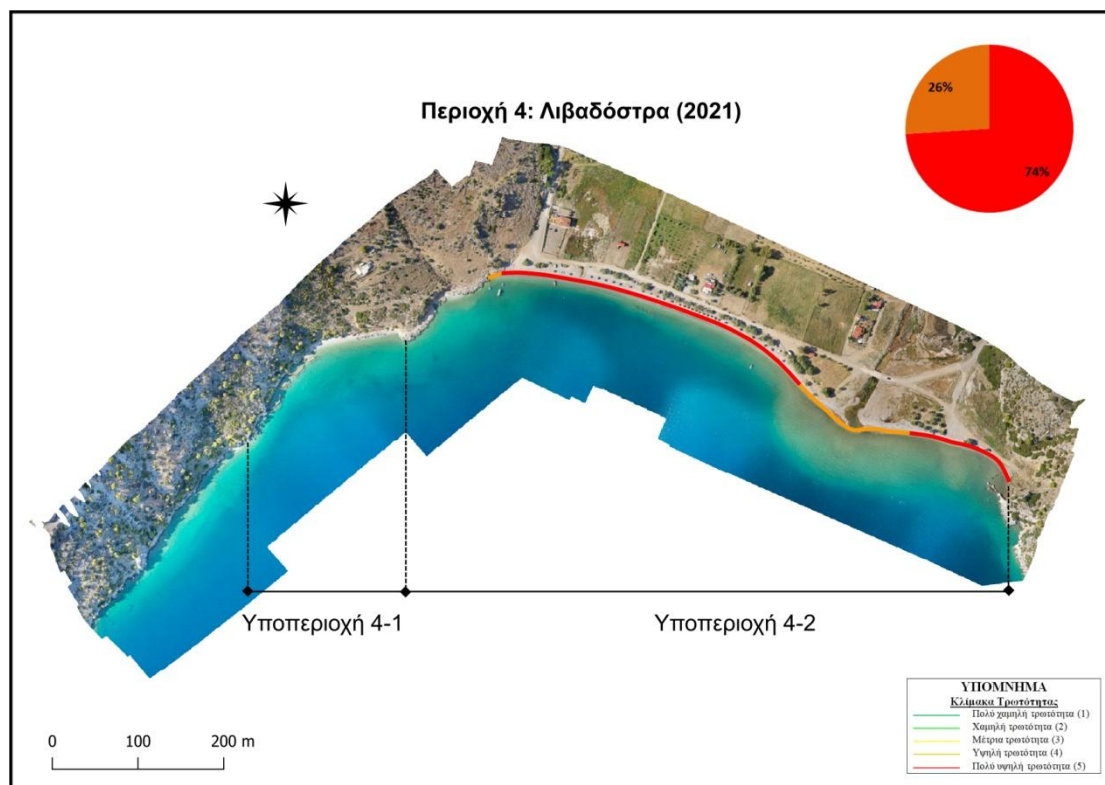
Εικόνα 6-74. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 2-Άγιος Νικόλαος, ως προς την παράμετρο T.2: Απόσταση από παράκτιο δρόμο, μετρήσεις 2024.



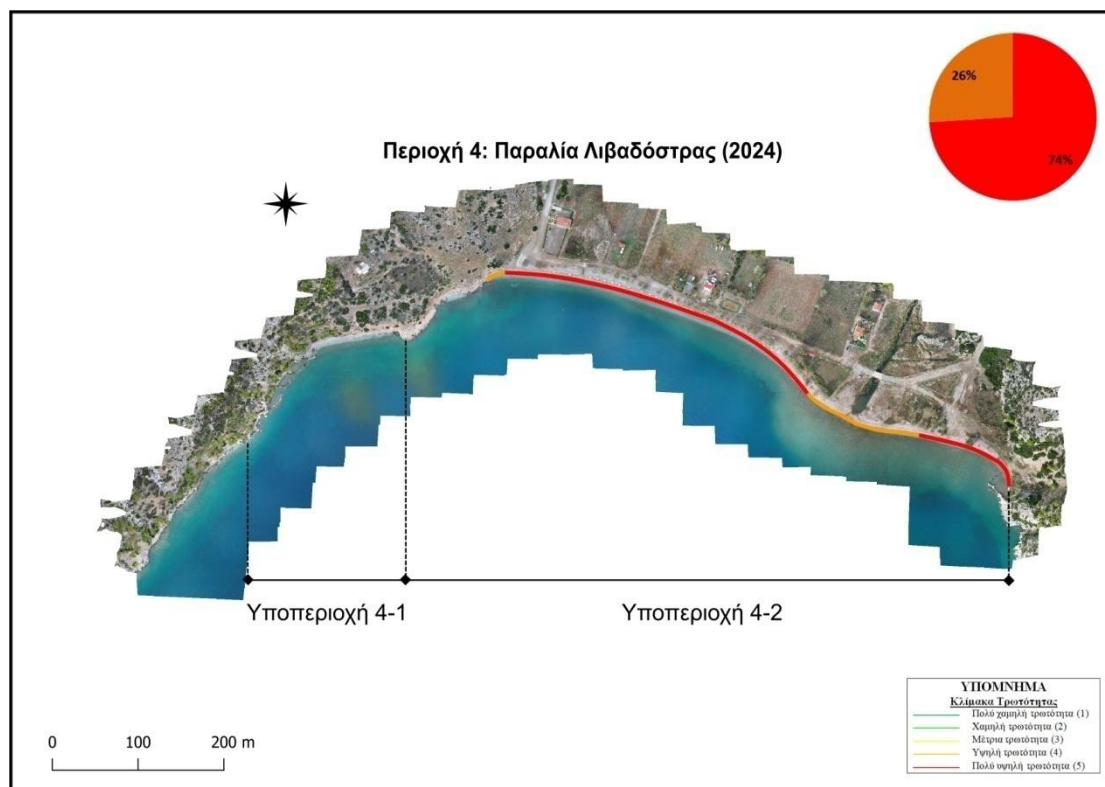
Εικόνα 6-75. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 3-Αλυκή, ως προς την παράμετρο T.2: Απόσταση από παράκτια δρόμο, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).



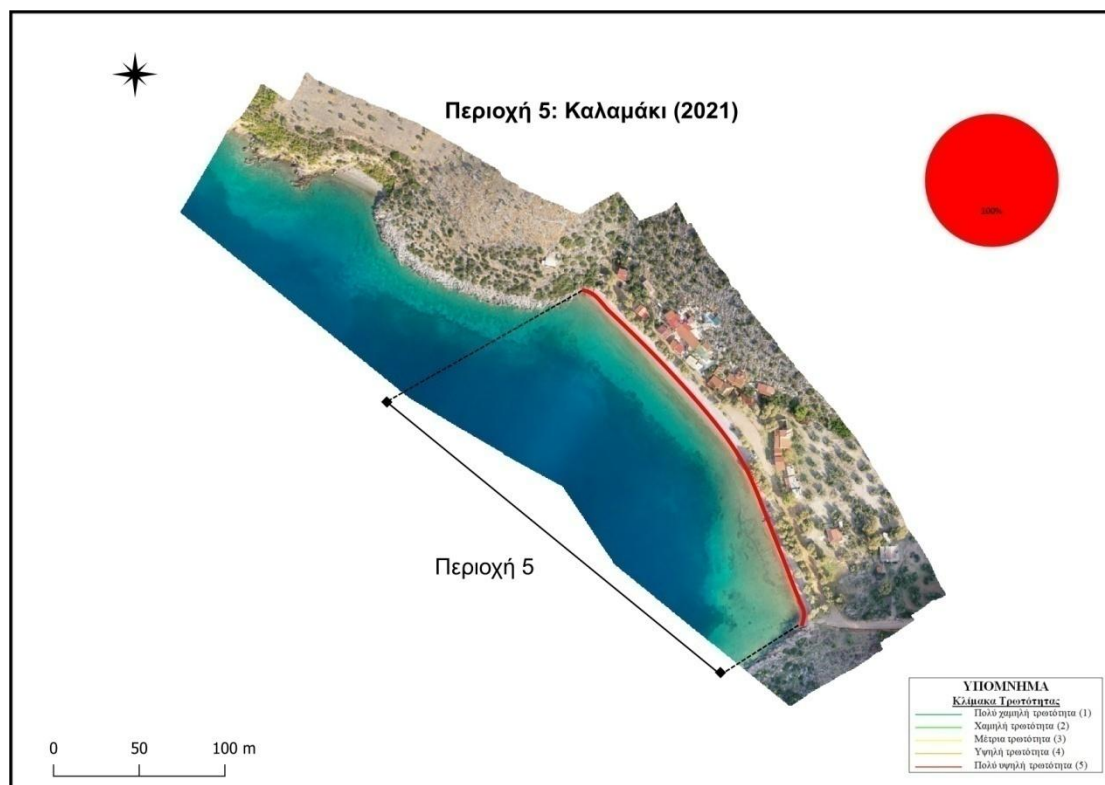
Εικόνα 6-76. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 3-Αλυκή, ως προς την παράμετρο T.2: Απόσταση από παράκτιο δρόμο, μετρήσεις 2024.



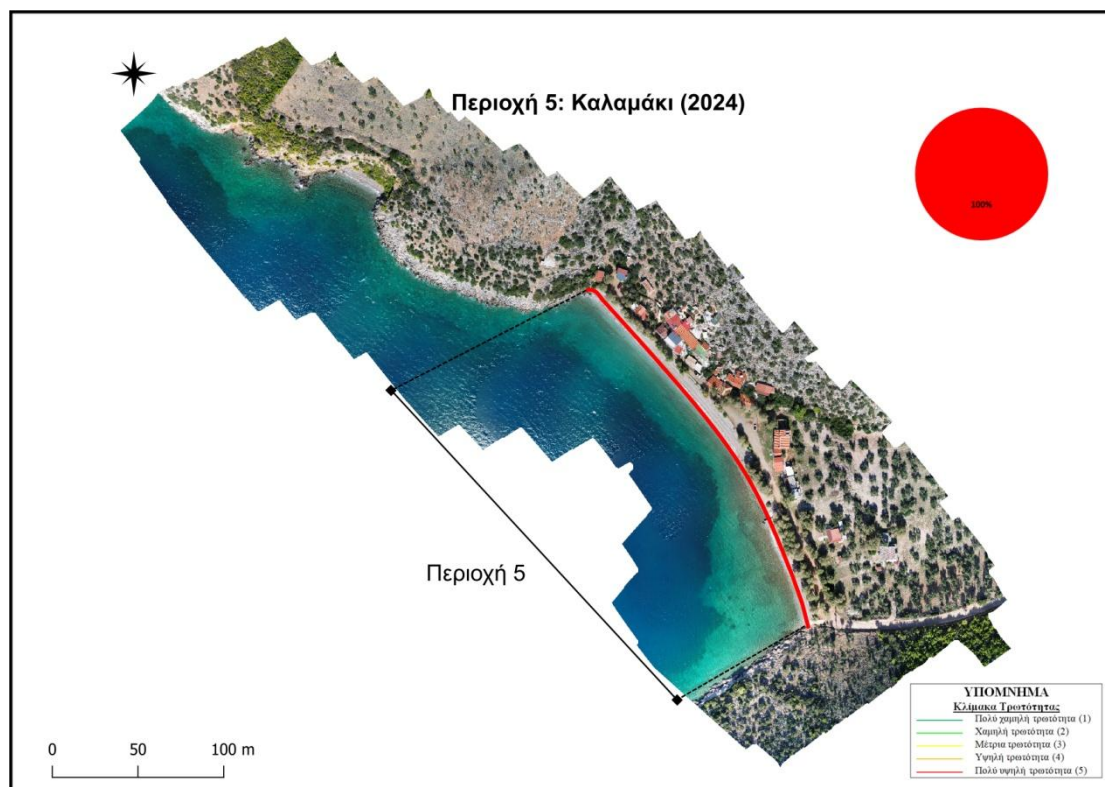
Εικόνα 6-77. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 4-Παραλία Λιβαδόστρας, ως προς την παράμετρο Τ.2: Απόσταση από παράκτιο δρόμο, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).



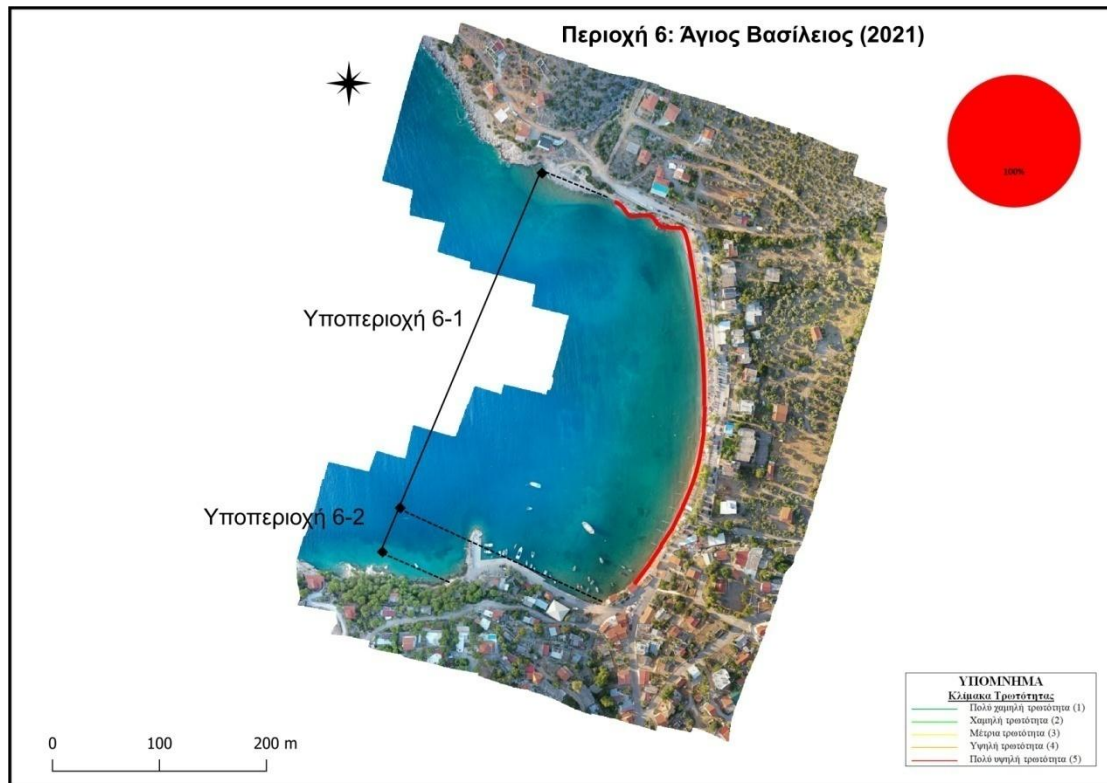
Εικόνα 6-78. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 4-Παραλία Λιβαδόστρας, ως προς την παράμετρο Τ.2: Απόσταση από παράκτιο δρόμο, μετρήσεις 2024.



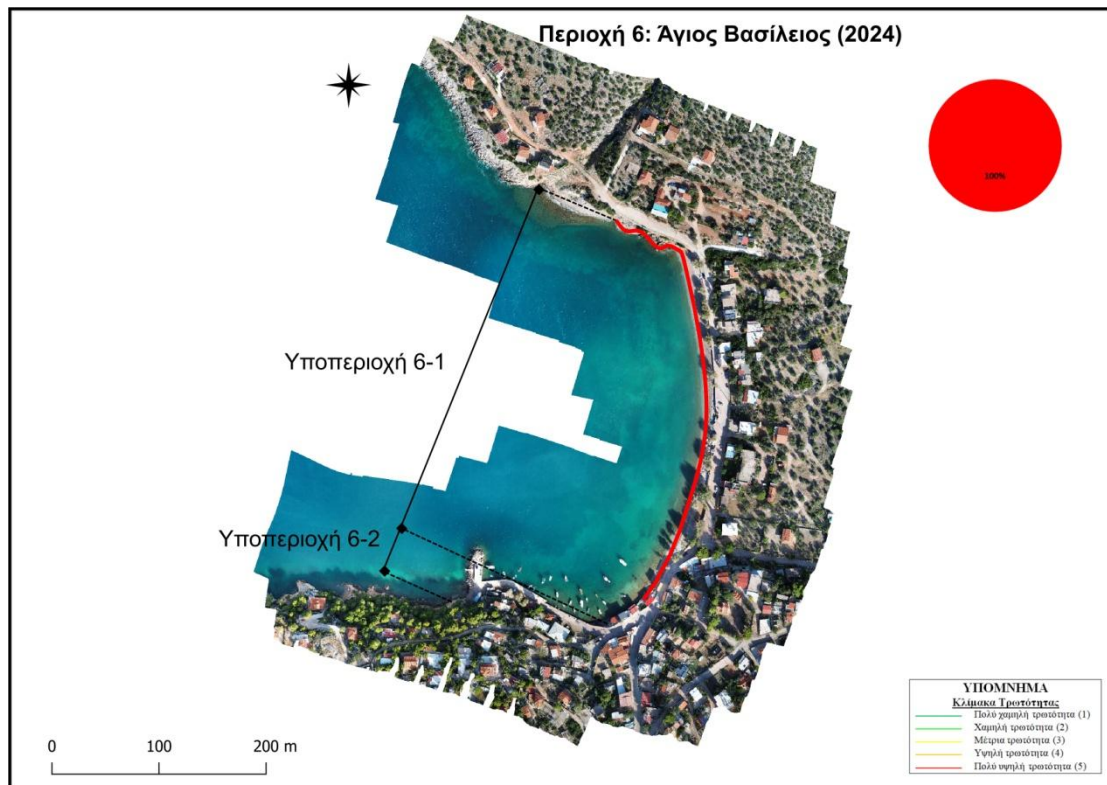
Εικόνα 6-79. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 5-Καλαμάκι, ως προς την παράμετρο T.2: Απόσταση από παράκτια δρόμο, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).



Εικόνα 6-80. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 5-Καλαμάκι, ως προς την παράμετρο T.2: Απόσταση από παράκτιο δρόμο, μετρήσεις 2024.



Εικόνα 6-81. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 6-Άγιος Βασίλειος, ως προς την παράμετρο T.2: Απόσταση από παράκτιο δρόμο, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).



Εικόνα 6-82. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 6-Άγιος Βασίλειος, ως προς την παράμετρο T.2: Απόσταση από παράκτιο δρόμο, μετρήσεις 2024.

Αποτελέσματα:

- Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές μεταβολές στις μετρήσεις της απόστασης από δόμηση σε όλες τις περιοχές ενδιαφέροντος, σε σύγκριση με την έρευνα ΕΛΕ ΕΜΠ (2021), καθώς δεν εντοπίστηκε να έχουν κατασκευαστεί νέοι παράκτιοι δρόμοι.

Συγκεκριμένα για κάθε περιοχή ενδιαφέροντος παρατηρείται:

- Παραλία Σαράντη: Χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλή τρωτότητα στο μεγαλύτερο μήκος της ακτογραμμής. Ένα τμήμα μήκους 75 m χαρακτηρίζεται από υψηλή τρωτότητα, ένα τμήμα μήκους 50 m χαρακτηρίζεται από μέτρια τρωτότητα και ένα τμήμα μήκους 50 m χαρακτηρίζεται από χαμηλή τρωτότητα.
- Άγιος Νικόλαος: Χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλή τρωτότητα σε όλο μήκος της ακτογραμμής.
- Αλυκή: Χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλή τρωτότητα στο μεγαλύτερο μήκος της ακτογραμμής. Δυο τμήματα συνολικού μήκους 150 m χαρακτηρίζονται από υψηλή τρωτότητα.
- Παραλία Λιβαδόστρας: Χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλή και υψηλή τρωτότητα στο μεγαλύτερο μήκος της ακτογραμμής. Δυο τμήματα συνολικού μήκους 175 m χαρακτηρίζονται από υψηλή τρωτότητα.
- Καλαμάκι: Χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλή τρωτότητα σε όλο μήκος της ακτογραμμής.
- Άγιος Βασίλειος: Χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλή τρωτότητα σε όλο μήκος της ακτογραμμής.

6.2.2.3 Παράκτια έργα προστασίας (T.3)

Η παράμετρος T.3 λαμβάνει τιμές ανάλογα με την παρουσία και τη χρησιμότητα των παράκτιων έργων προστασίας στις ακτές μελέτης. Λαμβάνοντας υπόψη ότι στις περιοχές ενδιαφέροντος δεν έχουν κατασκευαστεί σχετικά έργα, η παράμετρος αυτή λαμβάνει ενιαία βαθμολόγηση για όλες τις περιοχές μελέτης. Κατά συνέπεια, ο βαθμός τρωτότητας είναι ίδιος για όλες τις περιοχές μελέτης.

6.2.3 Υπολογισμός περιβαλλοντικών παραμέτρων παράκτιας τρωτότητας

Απόσταση από NATURA 2000 (Π.1)

Ο Κορινθιακός Κόλπος, στο σύνολό του, είναι περιοχή ενταγμένη στο Δίκτυο NATURA 2000 (κωδικός: GR2530007). Οπότε, προφανώς δεν υπάρχει κάποια μεταβολή, οι περιοχές

που βρίσκονται εντός των χερσαίων ή θαλάσσιων ορίων των προστατευόμενων περιοχών του Δικτύου, βαθμολογούνται με το μέγιστο βαθμό τρωτότητας (πολύ υψηλή -5-), ως προς την παράμετρο Απόσταση από NATURA 2000 (Π.1) και για τον λόγο αυτό, όλες οι παράκτιες περιοχές του Δήμου Θηβαίων λαμβάνουν τον δυσμενέστερο βαθμό τρωτότητας.

6.2.4 Υπολογισμός κοινωνικοοικονομικών παραμέτρων παράκτιας τρωτότητας

6.2.4.1 Απόσταση από οικισμό (ΚΟ.2)

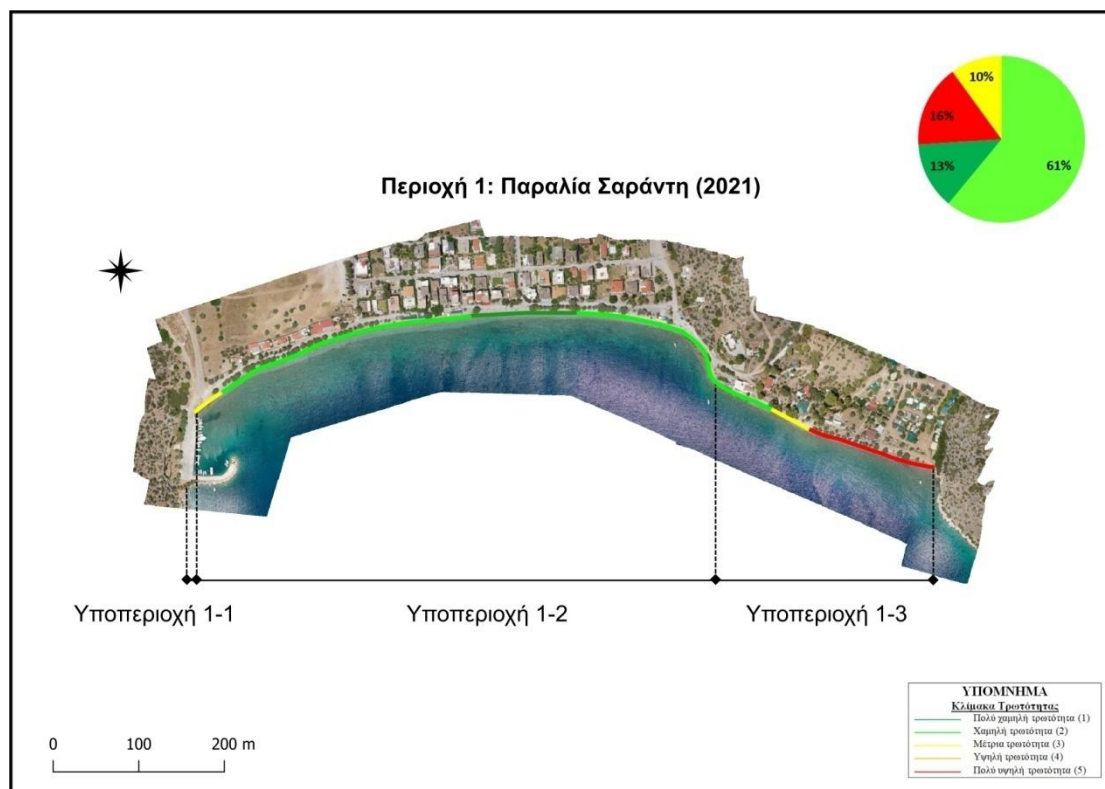
Η απόσταση από οικισμό (ΚΟ.2) υπολογίζεται αξιοποιώντας γεωχωρικά δεδομένα από τις διαδικτυακές πύλες γεωχωρικών πληροφοριών του OSM (OpenStreetMap) της ευρύτερης περιοχής και τα αποτελέσματα ανάλυσης των δεδομένων συλλογής με χρήση Συστημάτων μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών και συγκεκριμένα τους ορθοφωτοχάρτες που κατασκευάστηκαν για τις απαιτήσεις της παρούσας έρευνας. Για κάθε κεντροειδές των επιμέρους τμημάτων υπολογίζεται η απόσταση από τον εκάστοτε οικισμό, λαμβάνοντας υπόψη το υφιστάμενο οδικό δίκτυο. Στη συνέχεια πραγματοποιείται η βαθμολόγηση της παραμέτρου τρωτότητας ΚΟ.2 σύμφωνα με την κλίμακα 1-5 (Πίνακας 5-4), καθώς επίσης και το μήκος των ακτών ενδιαφέροντος που λαμβάνουν τις αντίστοιχες τιμές. Στις Εικόνες 6-83 έως και 6-94, αποτυπώνεται γραφικά και συγκεντρωτικά η υφιστάμενη τρωτότητα κατά μήκος των 6 περιοχών ενδιαφέροντος ως προς την παράμετρο ΚΟ.2 και γίνεται σύγκριση των αποτυπώσεων της παρούσας εργασίας (2024) με αυτές της Τεχνικής Έκθεσης ΕΛΕ ΕΜΠ (2021).

Για την βαθμολόγηση της παραμέτρου ΚΟ.2, ορίζονται οι παρακάτω πέντε (5) κλάσεις (Πίνακας 6-9):

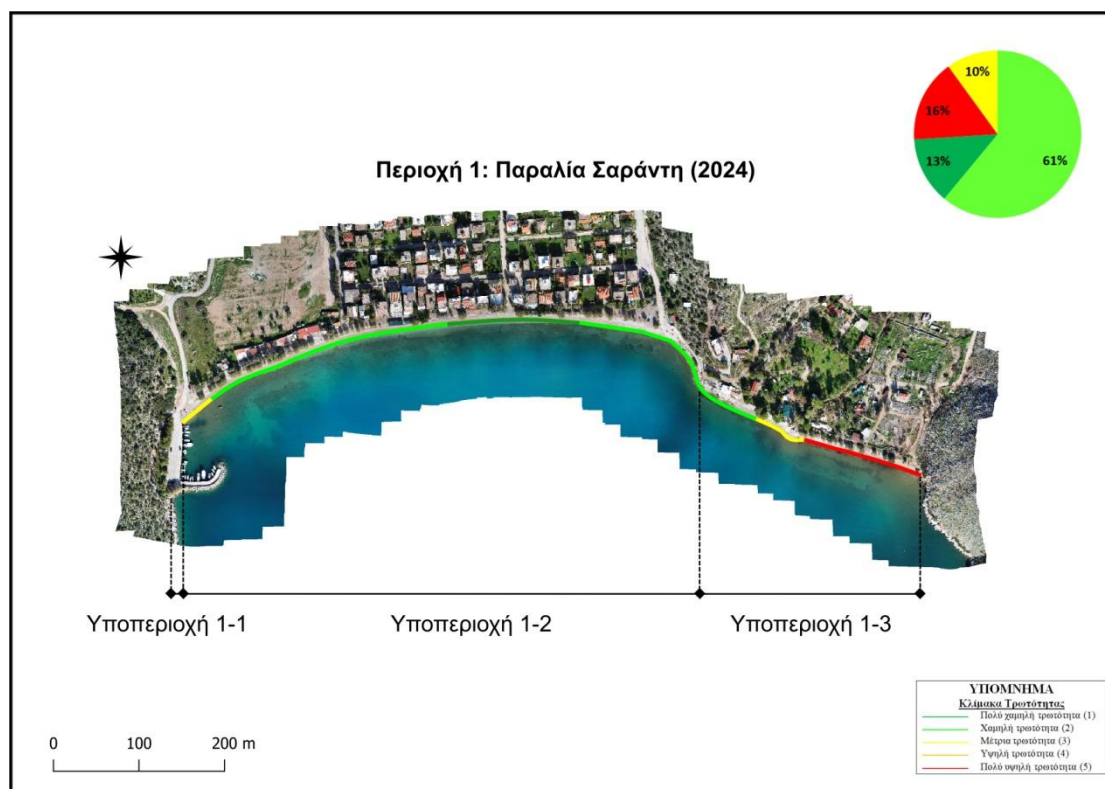
- Πολύ χαμηλή τρωτότητα (1): Εύρος τιμών 33 – 310 m.
- Χαμηλή τρωτότητα (2): Εύρος τιμών 310 – 586 m.
- Μέτρια τρωτότητα (3): Εύρος τιμών 586 – 863 m.
- Υψηλή τρωτότητα (4): Εύρος τιμών 863 – 1139 m.
- Πολύ υψηλή τρωτότητα (5): Εύρος τιμών 1139 – 1416 m.

Πίνακας 6-9. Βαθμολόγηση παραμέτρων τρωτότητας ΚΟ.2: Απόσταση από οικισμό.

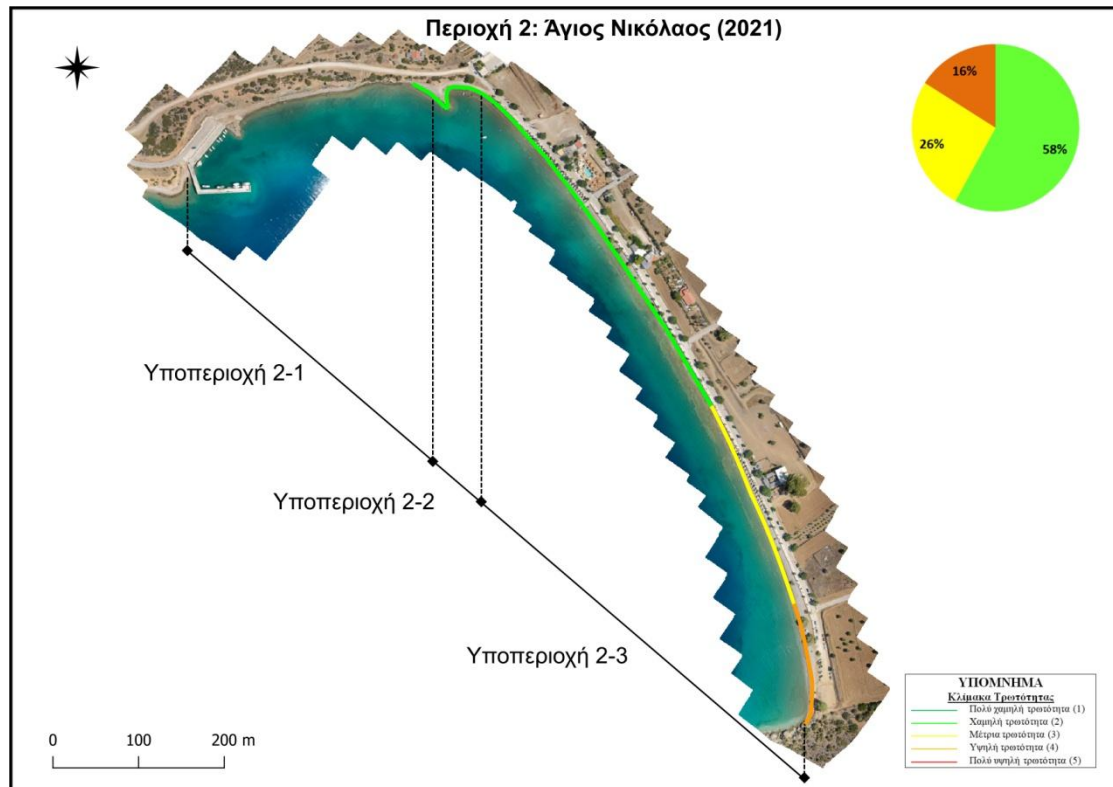
Κλίμακα τρωτότητας		Πολύ χαμηλή (1)	Χαμηλή (2)	Μέτρια (3)	Υψηλή (4)	Πολύ υψηλή (5)
Εύρος τιμών (m)		33-310	310-586	586-863	863-1139	1139-1416
Περιοχές	Υποπεριοχές	Μήκος ακτής (m)				
Παραλία Σαράντη	1-2	125	500	50	0	0
	1-3	0	75	50	0	150
Άγιος Νικόλαος	2-1	0	50	0	0	0
	2-2	0	50	0	0	0
	2-3	0	450	250	150	0
Αλυκή	3-1	0	0	0	325	225
	3-2	0	50	275	0	0
	3-4	0	150	275	275	300
Παραλία Λιβαδόστρας	4-2	0	0	225	250	200
Καλαμάκι	5	300	0	0	0	0
Άγιος Βασίλειος	6-1	50	275	100	0	0



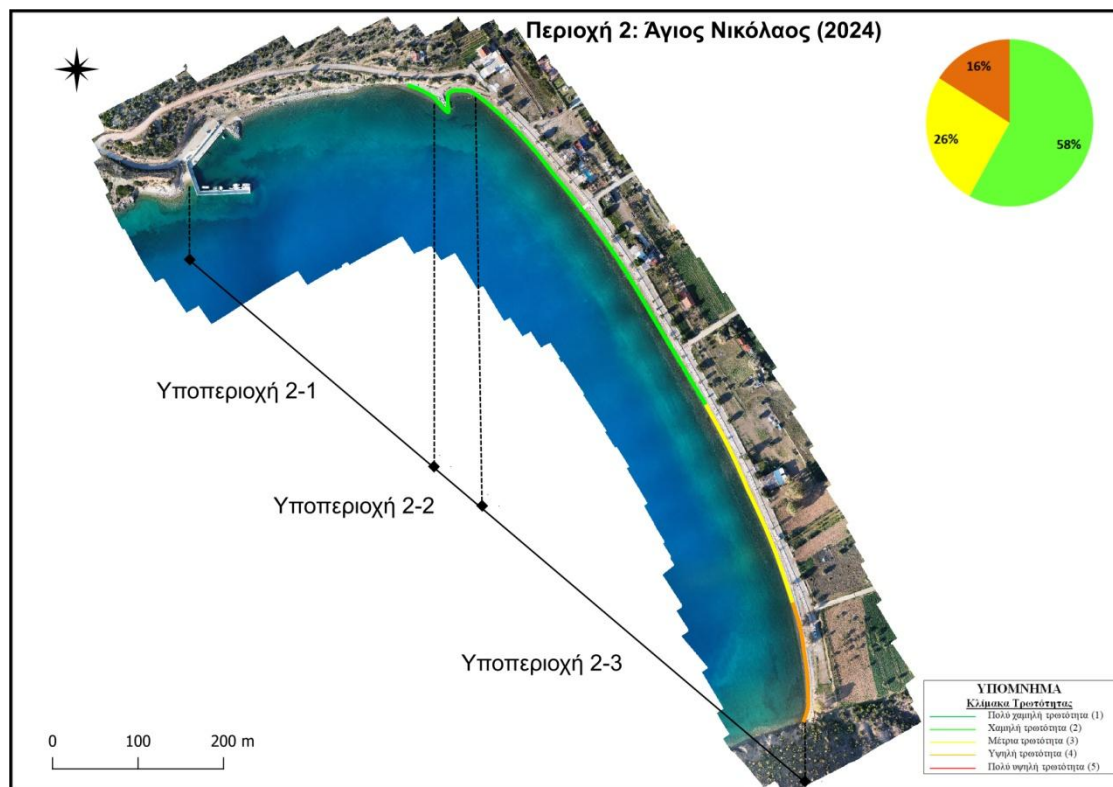
Εικόνα 6-83. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 1-Παραλία Σαράντη, ως προς την παράμετρο ΚΟ.2: Απόσταση από οικισμό, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).



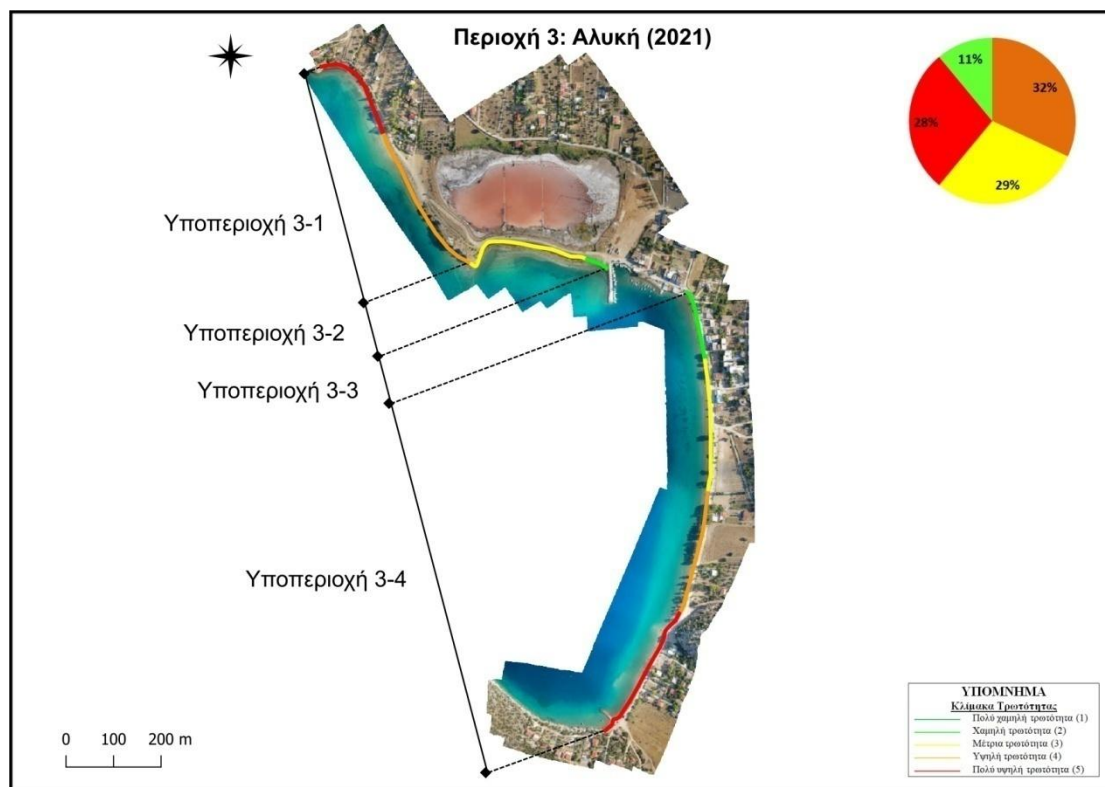
Εικόνα 6-84. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 1-Παραλία Σαράντη, ως προς την παράμετρο ΚΟ.2: Απόσταση από οικισμό, μετρήσεις 2024.



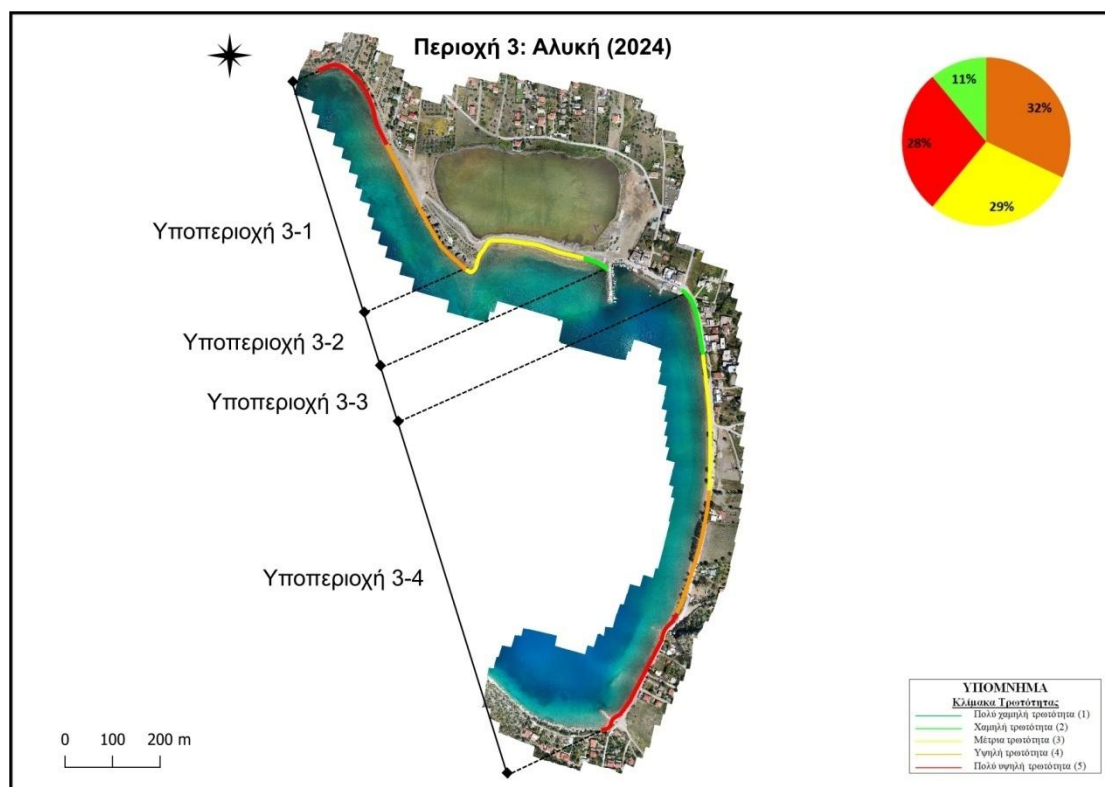
Εικόνα 6-85. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 2-Άγιος Νικόλαος, ως προς την παράμετρο ΚΟ.2: Απόσταση από οικισμό, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).



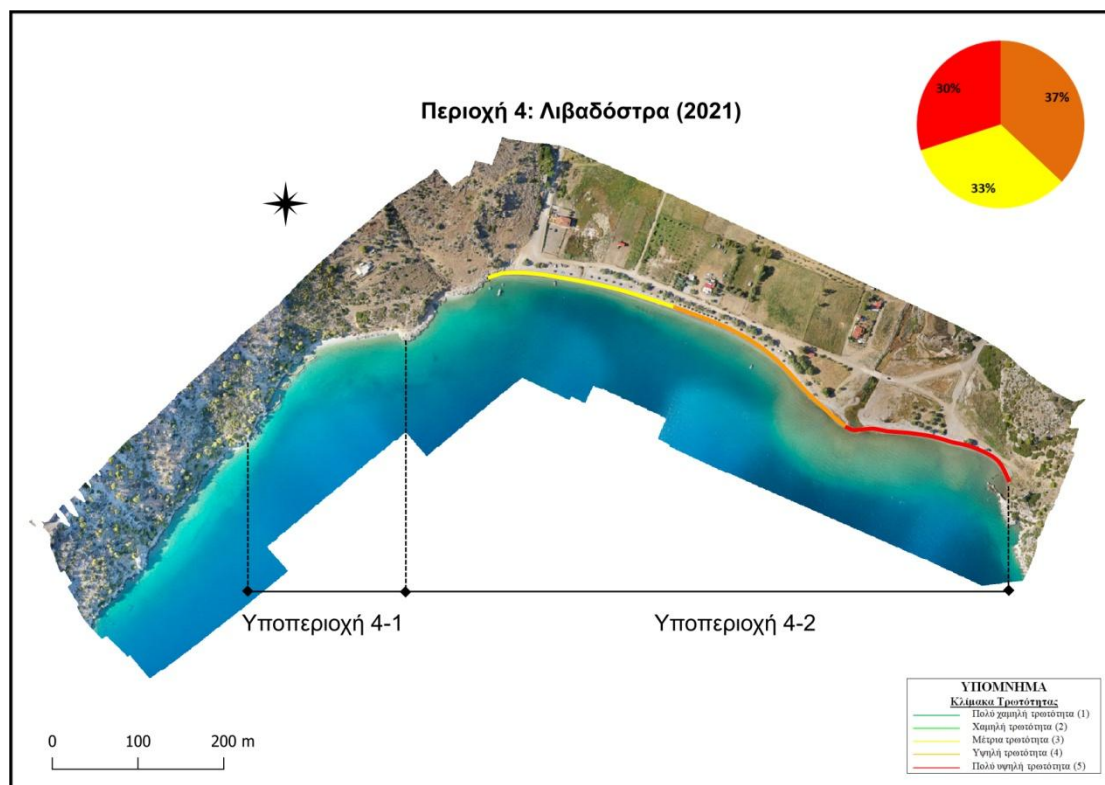
Εικόνα 6-86. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 2-Άγιος Νικόλαος, ως προς την παράμετρο ΚΟ.2: Απόσταση από οικισμό, μετρήσεις 2024.



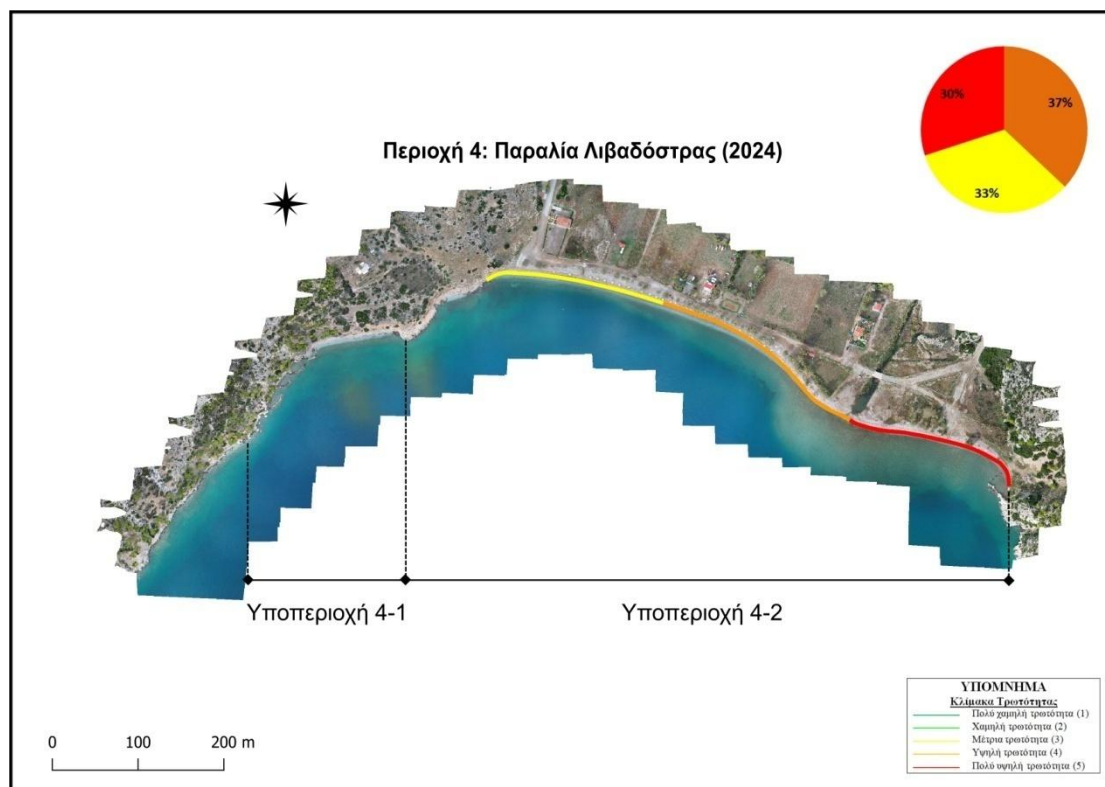
Εικόνα 6-87. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 3-Αλυκή, ως προς την παράμετρο ΚΟ.2: Απόσταση από οικισμό, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).



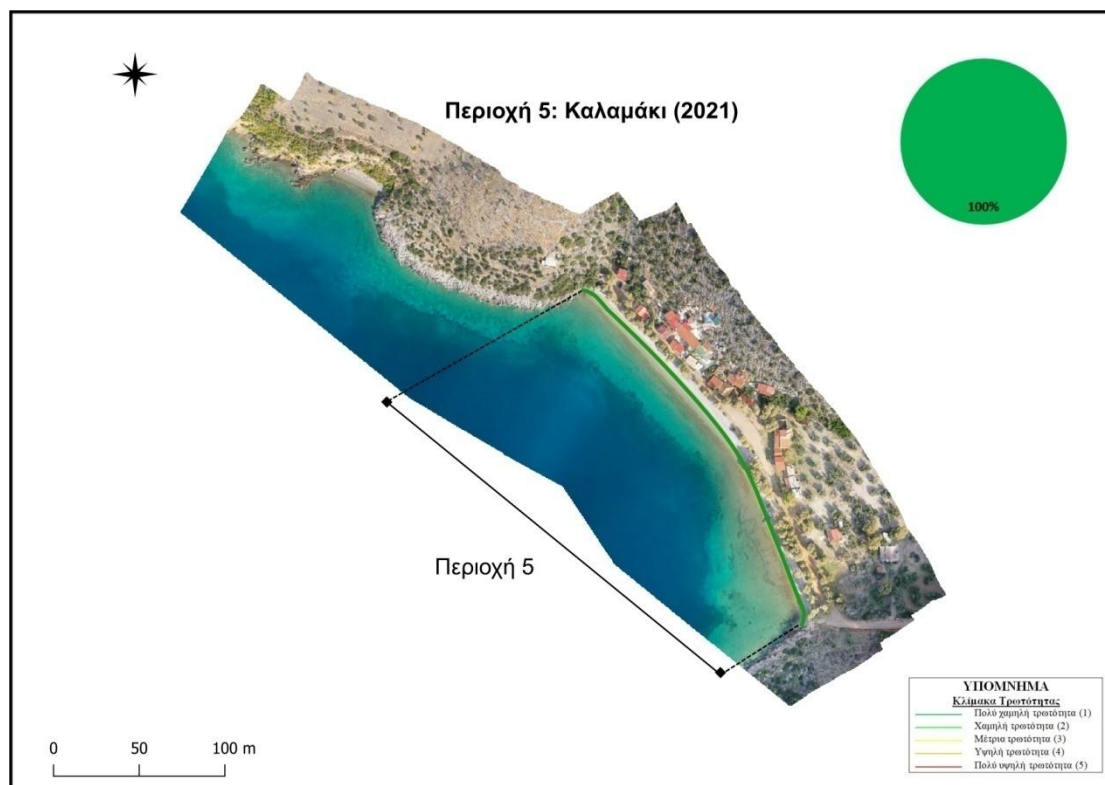
Εικόνα 6-88. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 3-Αλυκή, ως προς την παράμετρο ΚΟ.2: Απόσταση από οικισμό, μετρήσεις 2024.



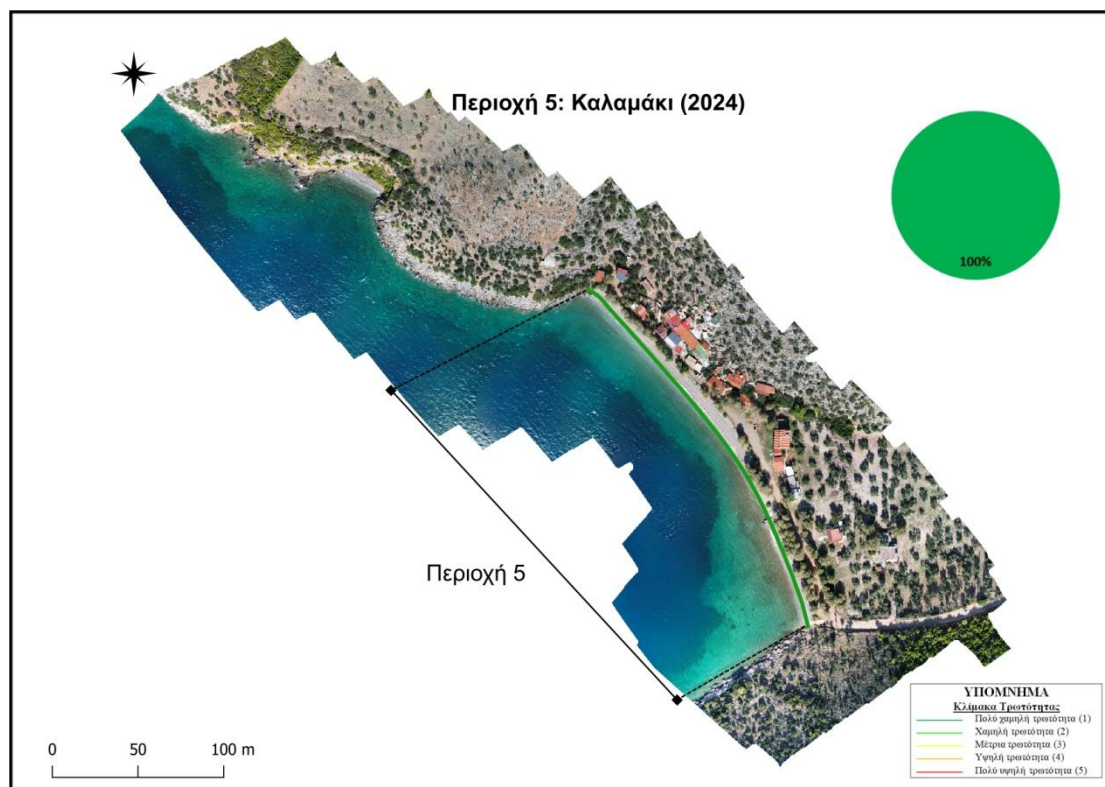
Εικόνα 6-89. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 4-Παραλία Λιβαδόστρας, ως προς την παράμετρο ΚΟ.2: Απόσταση από οικισμό, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).



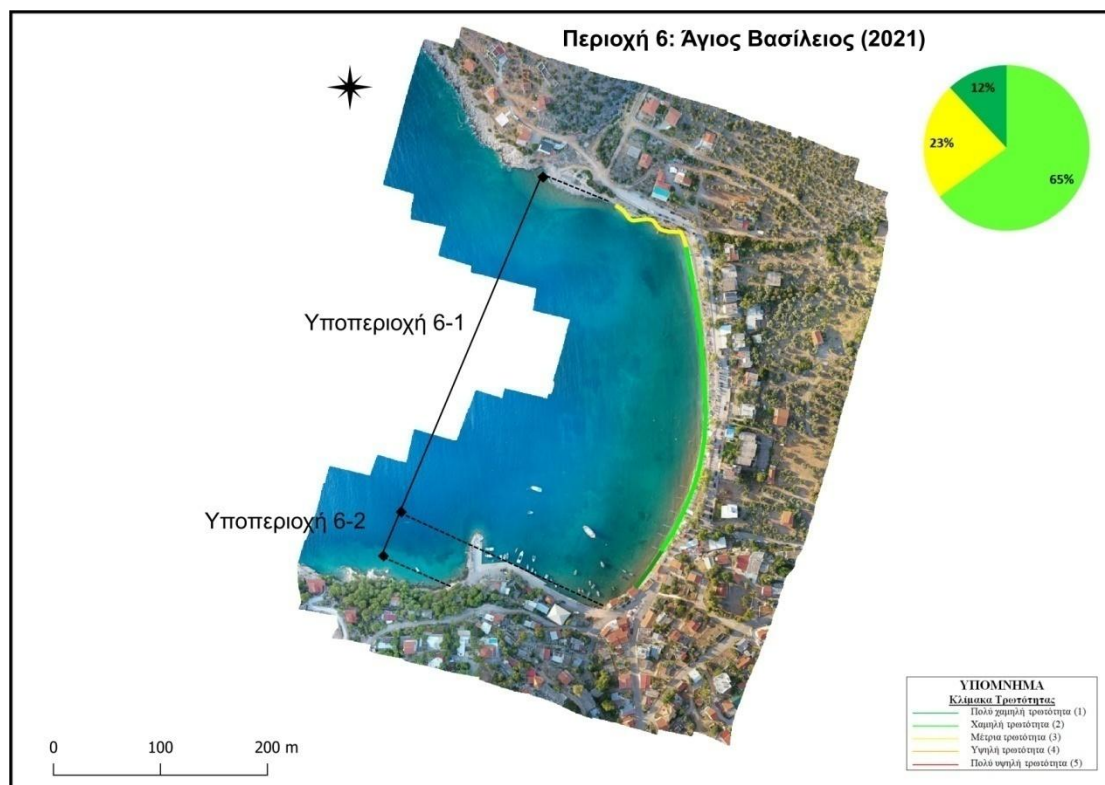
Εικόνα 6-90. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 4-Παραλία Λιβαδόστρας, ως προς την παράμετρο ΚΟ.2: Απόσταση από οικισμό, μετρήσεις 2024.



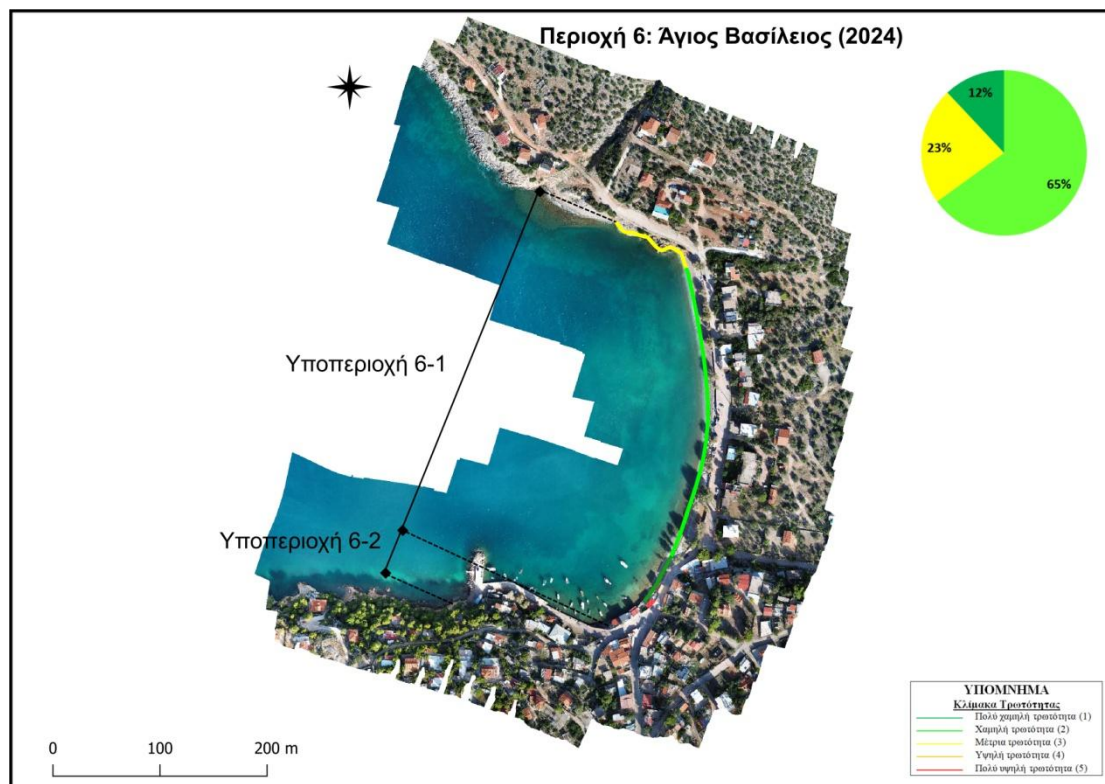
Εικόνα 6-91. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 5-Καλαμάκι, ως προς την παράμετρο ΚΟ.2: Απόσταση από οικισμό, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).



Εικόνα 6-92. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 5-Καλαμάκι, ως προς την παράμετρο ΚΟ.2: Απόσταση από οικισμό, μετρήσεις 2024.



Εικόνα 6-93. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 6-Άγιος Βασίλειος, ως προς την παράμετρο ΚΟ.2: Απόσταση από οικισμό, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).



Εικόνα 6-94. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 6-Άγιος Βασίλειος, ως προς την παράμετρο ΚΟ.2: Απόσταση από οικισμό, μετρήσεις 2024.

Αποτελέσματα:

- Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές μεταβολές στις μετρήσεις της απόστασης από οικισμό σε όλες τις περιοχές ενδιαφέροντος, σε σύγκριση με την έρευνα ΕΛΕ ΕΜΠ (2021), καθώς δεν εντοπίστηκε κάποια επέκταση υφιστάμενου οικισμού ή η δημιουργία νέου.

Συγκεκριμένα για κάθε περιοχή ενδιαφέροντος παρατηρείται:

- Παραλία Σαράντη: Χαρακτηρίζεται από χαμηλή τρωτότητα στο μεγαλύτερο μήκος της ακτογραμμής. Ένα τμήμα μήκους 125 m χαρακτηρίζεται από πολύ χαμηλή τρωτότητα και δυο τμήματα συνολικού μήκους 100 m χαρακτηρίζονται από μέτρια τρωτότητα.
- Άγιος Νικόλαος: Χαρακτηρίζεται από χαμηλή τρωτότητα στο μεγαλύτερο μήκος της ακτογραμμής. Ένα τμήμα μήκους 250 m χαρακτηρίζεται από μέτρια τρωτότητα και ένα τμήμα μήκους 150 m χαρακτηρίζεται από υψηλή τρωτότητα.
- Αλυκή: Δυο τμήματα συνολικού μήκους 600 m χαρακτηρίζονται από υψηλή τρωτότητα, δυο τμήματα συνολικού μήκους 525 m χαρακτηρίζονται από πολύ υψηλή τρωτότητα, δυο τμήματα συνολικού μήκους 550 m χαρακτηρίζονται από μέτρια τρωτότητα και δυο τμήματα συνολικού μήκους 200 m χαρακτηρίζονται από χαμηλή τρωτότητα.
- Παραλία Λιβαδόστρας: Ένα τμήμα μήκους 250 m χαρακτηρίζεται από υψηλή τρωτότητα, ένα τμήμα μήκους 225 m χαρακτηρίζεται από μέτρια τρωτότητα και ένα τμήμα μήκους 200 m χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλή τρωτότητα.
- Καλαμάκι: Χαρακτηρίζεται από πολύ χαμηλή τρωτότητα σε όλο μήκος της ακτογραμμής.
- Άγιος Βασίλειος: Ένα τμήμα μήκους 275 m χαρακτηρίζεται από χαμηλή τρωτότητα, ένα τμήμα μήκους 100 m χαρακτηρίζεται από μέτρια τρωτότητα και ένα τμήμα μήκους 50 m χαρακτηρίζεται από πολύ χαμηλή τρωτότητα.

6.2.4.2 Απόσταση από πρωτεύουσα Δήμου (ΚΟ.3)

Η απόσταση από πρωτεύουσα του Δήμου (ΚΟ.3), την πόλη της Θήβας, υπολογίζεται αξιοποιώντας γεωχωρικά δεδομένα από τις διαδικτυακές πύλες γεωχωρικών πληροφοριών του OSM (OpenStreetMap) της ευρύτερης περιοχής και τα αποτελέσματα ανάλυσης των δεδομένων συλλογής με χρήση Συστημάτων μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών και συγκεκριμένα τους ορθοφωτοχάρτες που κατασκευάστηκαν για τις απαιτήσεις της παρούσας έρευνας. Για κάθε κεντροειδές των επιμέρους τμημάτων υπολογίζεται η απόσταση από την

πόλη της Θήβας, λαμβάνοντας υπόψη το υφιστάμενο οδικό δίκτυο. Στη συνέχεια πραγματοποιείται η βαθμολόγηση της παραμέτρου υφιστάμενης τρωτότητας ΚΟ.3 σύμφωνα με την κλίμακα 1-5 (Πίνακας 5-4), καθώς επίσης και το μήκος των ακτών ενδιαφέροντος που λαμβάνουν τις αντίστοιχες τιμές. Δεν εντοπίστηκαν μεταβολές στο οδικό δίκτυο, όποτε η υφιστάμενη κατάσταση κατά το έτος 2024 είναι όμοια με την κατάσταση κατά το έτος 2021.

Για την βαθμολόγηση της παραμέτρου ΚΟ.3, ορίζονται οι παρακάτω πέντε (5) κλάσεις (Πίνακας 6-10):

- Πολύ χαμηλή τρωτότητα (1): Εύρος τιμών 25651 – 30303m.
- Χαμηλή τρωτότητα (2): Εύρος τιμών 30303 – 34955m.
- Μέτρια τρωτότητα (3): Εύρος τιμών 34955 – 39608m.
- Υψηλή τρωτότητα (4): Εύρος τιμών 39608 – 44260m.
- Πολύ υψηλή τρωτότητα (5): Εύρος τιμών 44260 – 48912m.

Πίνακας 6-10. Βαθμολόγηση παραμέτρου τρωτότητας ΚΟ.3: Απόσταση από πρωτεύουσα Δήμου.

Κλίμακα τρωτότητας	Πολύ χαμηλή (1)	Χαμηλή (2)	Μέτρια (3)	Υψηλή (4)	Πολύ υψηλή (5)
Εύρος τιμών (m)	25651- 30303	30303- 34955	34955- 39608	39608- 44260	44260- 48912
Περιοχές					
Παραλία Σαράντη					✓
Άγιος Νικόλαος			✓		
Αλυκή			✓		
Παραλία Λιβαδόστρας	✓				
Καλαμάκι	✓				
Άγιος Βασίλειος	✓				

Αποτελέσματα:

- Περιοχή 1 (Παραλία Σαράντη) χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλή υφιστάμενη τρωτότητα καθώς αποτελεί την πιο απομακρυσμένη περιοχή του Δήμου Θηβαίων στα δυτικά.
- Περιοχή 2 (Άγιος Νικόλαος) και Περιοχή 3 (Αλυκή), χαρακτηρίζονται από μέτρια υφιστάμενη τρωτότητα.

- Περιοχή 4 (Παραλία Λιβαδόστρας), Περιοχή 5 (Καλαμάκι) και Περιοχή 6 (Άγιος Βασίλειος), χαρακτηρίζονται από πολύ χαμηλή καθώς βρίσκονται εγγύτερα στην πρωτεύουσα του Δήμου.

6.2.4.3 Χρήσεις γης

Η παράμετρος ΚΟ.4 υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη τη βάση δεδομένων «CorineLandCover (CLC)-CopernicusLandMonitoringService» (<https://land.copernicus.eu/>) και τα αποτελέσματα ανάλυσης των δεδομένων συλλογής με χρήση Συστημάτων μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών και συγκεκριμένα τους ορθοφωτοχάρτες που κατασκευάστηκαν για τις απαιτήσεις της παρούσας έρευνας. Οι χρήσεις γης που εντοπίστηκαν στις περιοχές ενδιαφέροντος είναι οι εξής:

- Ασυνεχής αστικός ιστός
- Ελαιώνες
- Γη που χρησιμοποιείται για αγροτικές δραστηριότητες μαζί με τα σημαντικά τμήματα φυσικής βλάστησης
- Φυσικοί βοσκότοποι
- Σκληροφυλλική βλάστηση
- Φυσικοί βοσκότοποι

Στη συνέχεια, πραγματοποιείται κατηγοριοποίηση των ανωτέρω χρήσεων γης και προκύπτει ο Πίνακας 6-11, όπου περιλαμβάνεται η βαθμολόγηση της παραμέτρου τρωτότητας ΚΟ.4, σύμφωνα με την κλίμακα 1-5 (Πίνακας 5-4), καθώς επίσης και το μήκος των περιοχών ενδιαφέροντος που λαμβάνουν τις αντίστοιχες τιμές. Στις Εικόνες 6-95 έως και 6-106, αποτυπώνεται γραφικά και συγκεντρωτικά η υφιστάμενη τρωτότητα κατά μήκος των 6 περιοχών ενδιαφέροντος ως προς την παράμετρο ΚΟ.4, και γίνεται σύγκριση των αποτυπώσεων της παρούσας εργασίας (2024) με αυτές της Τεχνικής Έκθεσης ΕΛΕ ΕΜΠ (2021).

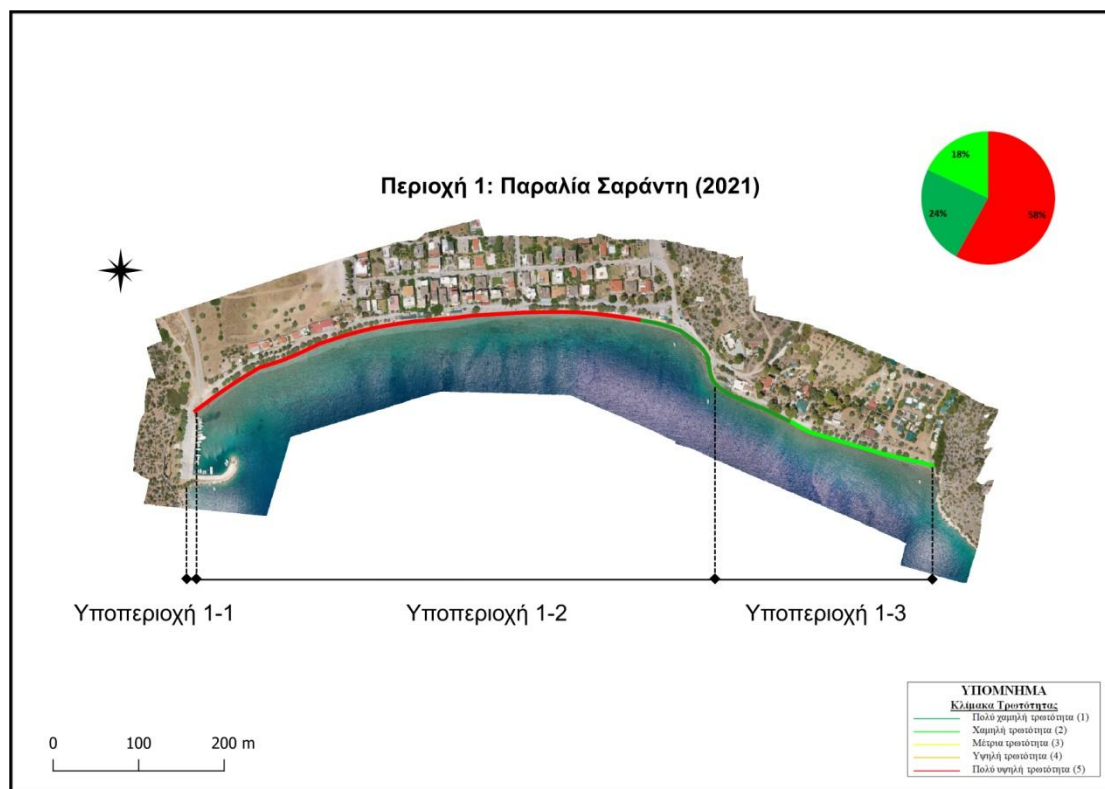
Για την βαθμολόγηση της παραμέτρου ΚΟ.4, ορίζονται οι πέντε (5) κλάσεις παρακάτω (Πίνακας 6-11):

- Πολύ χαμηλή τρωτότητα (1): Φυσικοί βοσκότοποι
- Χαμηλή τρωτότητα (2): Σκληροφυλλική βλάστηση
- Μέτρια τρωτότητα (3): Γη που χρησιμοποιούνται για αγροτικές δραστηριότητες μαζί με σημαντικά τμήματα φυσικής βλάστησης και σύνθετες καλλιέργειες

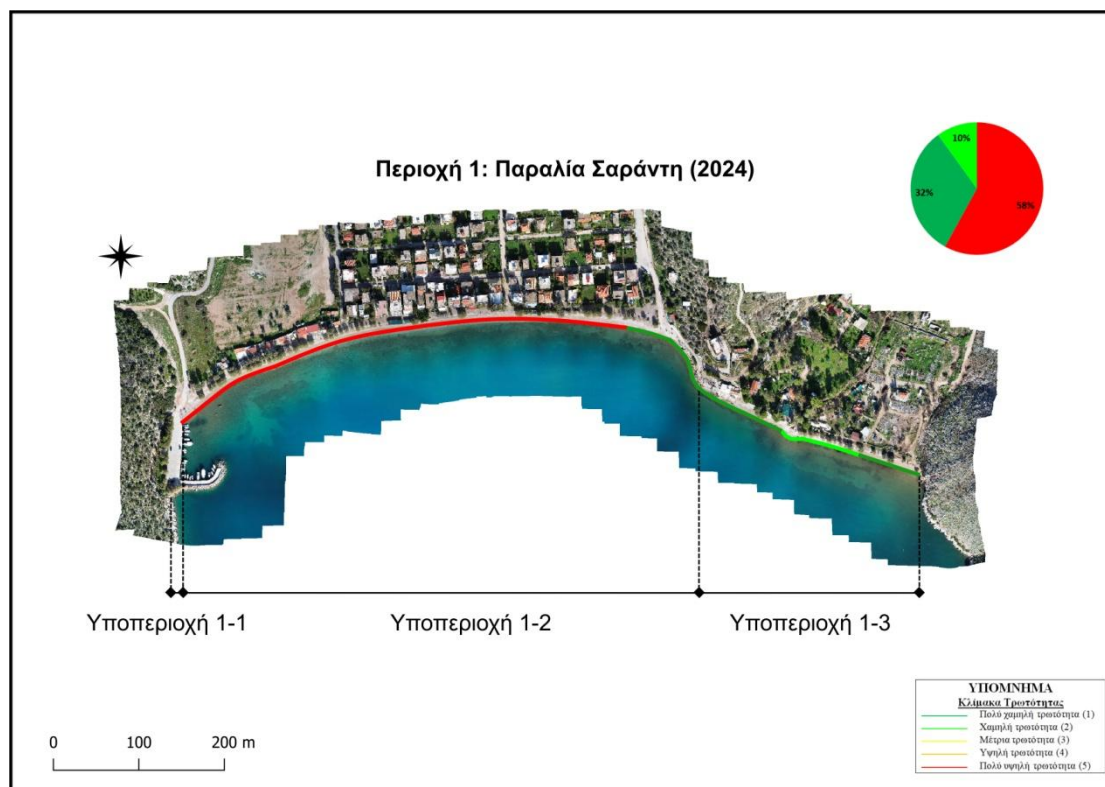
- Υψηλή τρωτότητα (4): Ελαιώνες (Περιοχές Προστασίας Ελαιώνων (ΠΕΠ-Ε, ΣΧΟΑΠ Πλαταιών)
- Πολύ υψηλή τρωτότητα (5): Ασυνεχής αστικός ιστός

Πίνακας 6-11. Βαθμολόγηση παραμέτρων τρωτότητας ΚΟ.4: Χρήσεις γης.

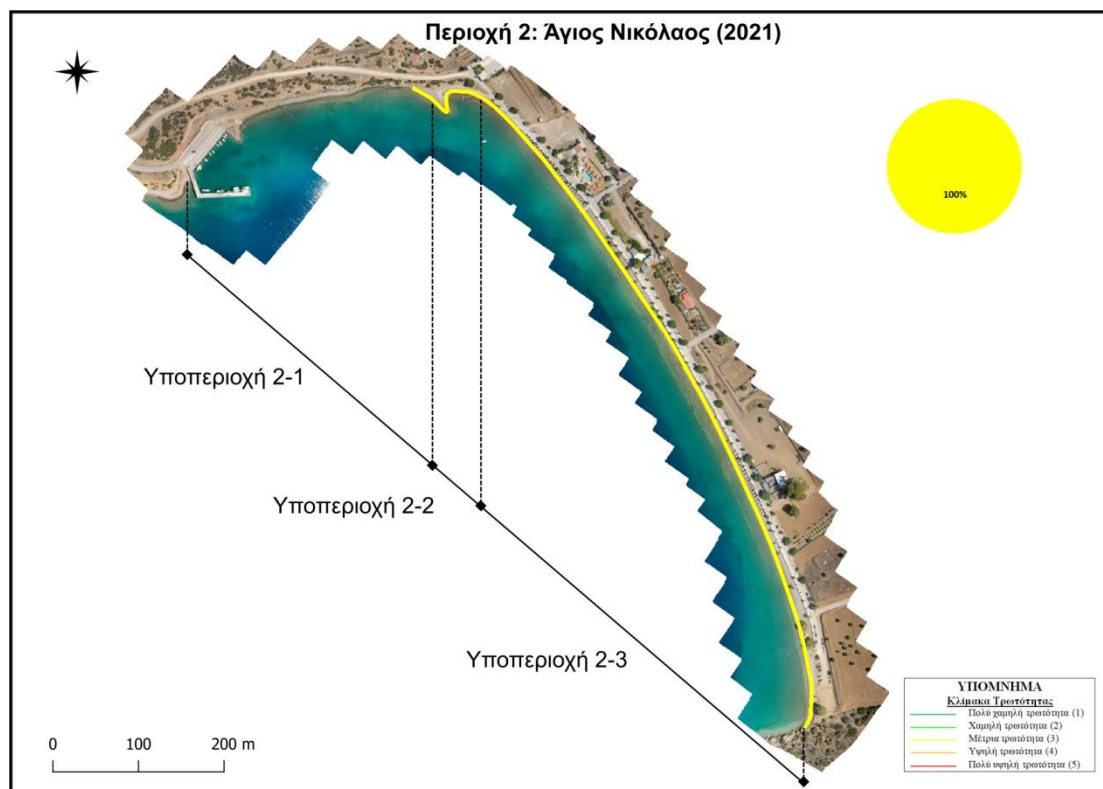
Κλίμακα τρωτότητας		Πολύ χαμηλή (1)	Χαμηλή (2)	Μέτρια (3)	Υψηλή (4)	Πολύ υψηλή (5)
Χρήσεις γης		Φυσικοί βοσκότοποι	Σκληροφυλλική βλάστηση	Γεωργία-Φυσική βλάστηση-Σύνθετες καλλιέργειες	Ελαιώνες	Ασυνεχής αστικός ιστός
Περιοχές	Υποπεριοχές	Μήκος ακτής (m)				
Παραλία Σαράντη	1-2	125	0	0	0	550
	1-3	225	50	0	0	0
Άγιος Νικόλαος	2-1	0	0	50	0	0
	2-2	0	0	50	0	0
	2-3	0	0	850	0	0
Αλυκή	3-1	0	0	0	0	550
	3-2	0	0	0	0	325
	3-4	0	0	0	0	1000
Παραλία Λιβαδόστρας	4-2	0	0	675	0	0
Καλαμάκι	5	0	175	0	125	0
Άγιος Βασίλειος	6-1	0	150	0	0	275



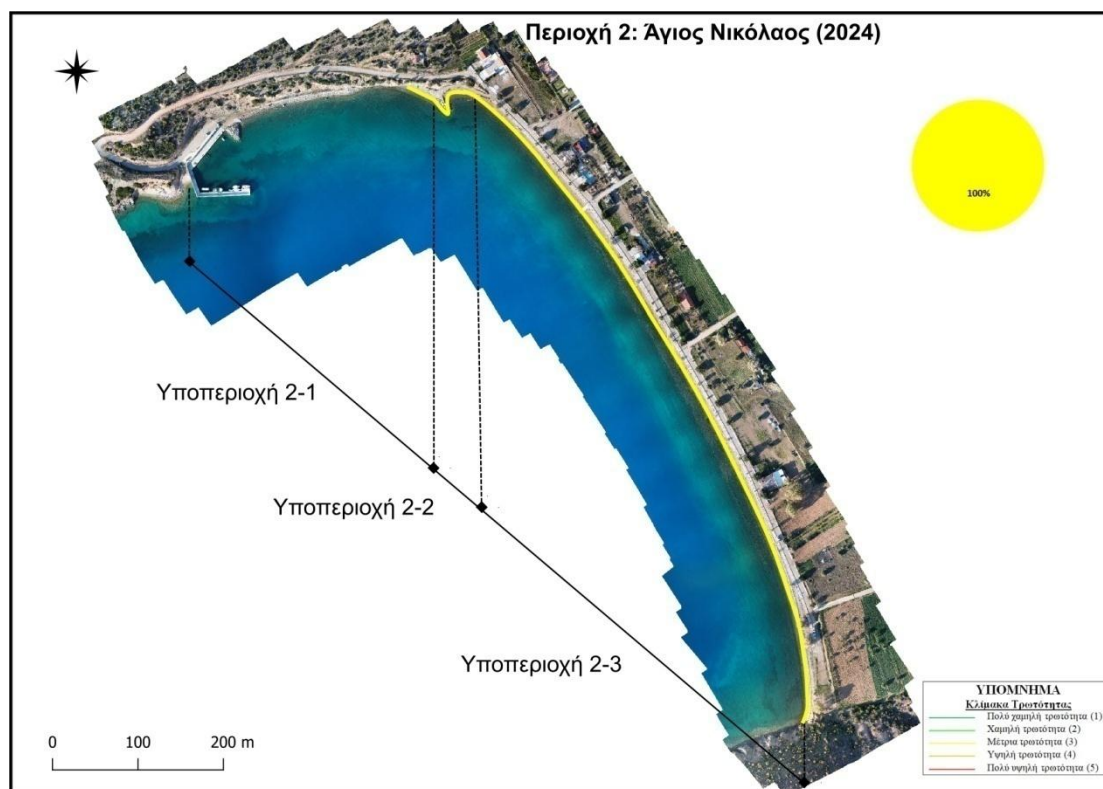
Εικόνα 6-95. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 1-Παραλία Σαράντη, ως προς την παράμετρο ΚΟ.4: Χρήσεις γης, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).



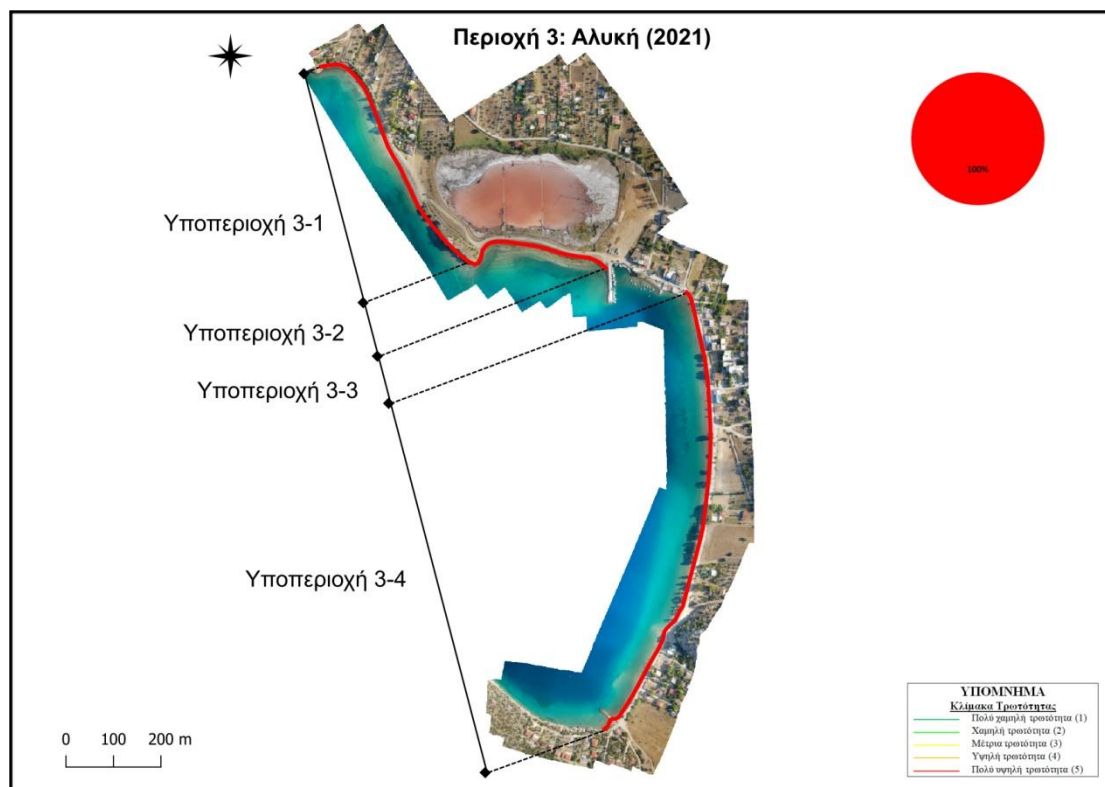
Εικόνα 6-96. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 1-Παραλία Σαράντη, ως προς την παράμετρο ΚΟ.4: Χρήσεις γης, μετρήσεις 2024.



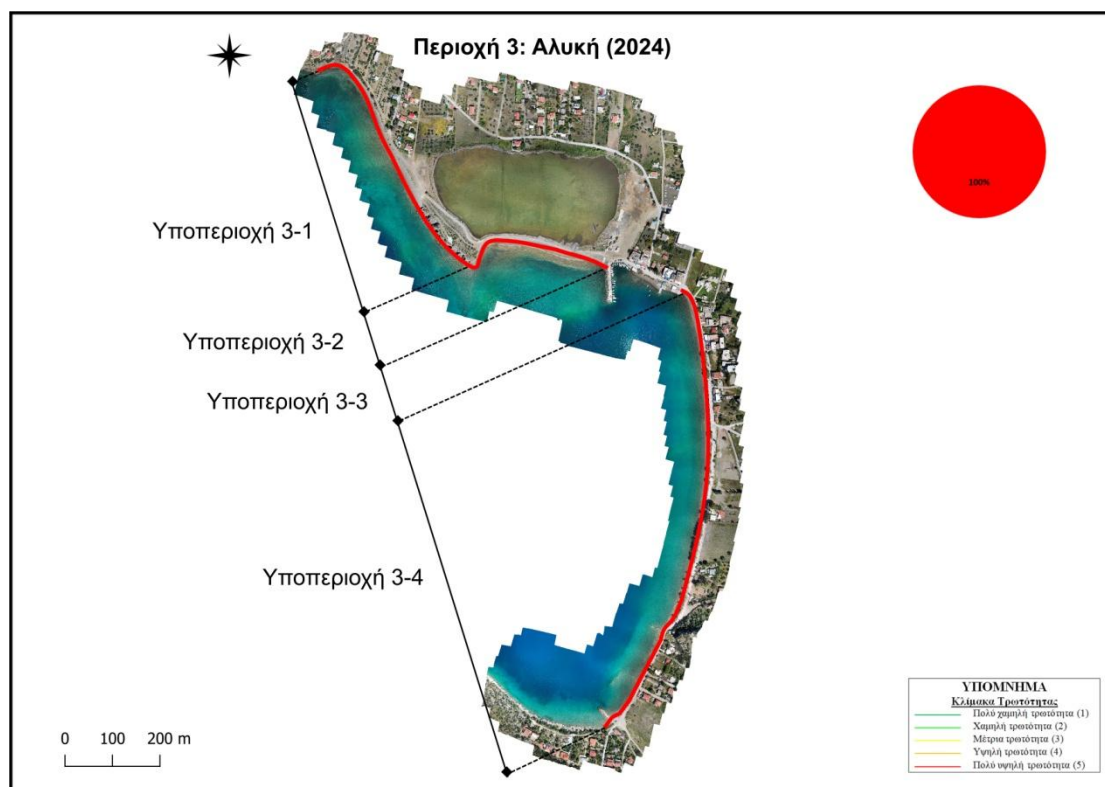
Εικόνα 6-97. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 2-Άγιος Νικόλαος, ως προς την παράμετρο ΚΟ.4: Χρήσεις γης, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).



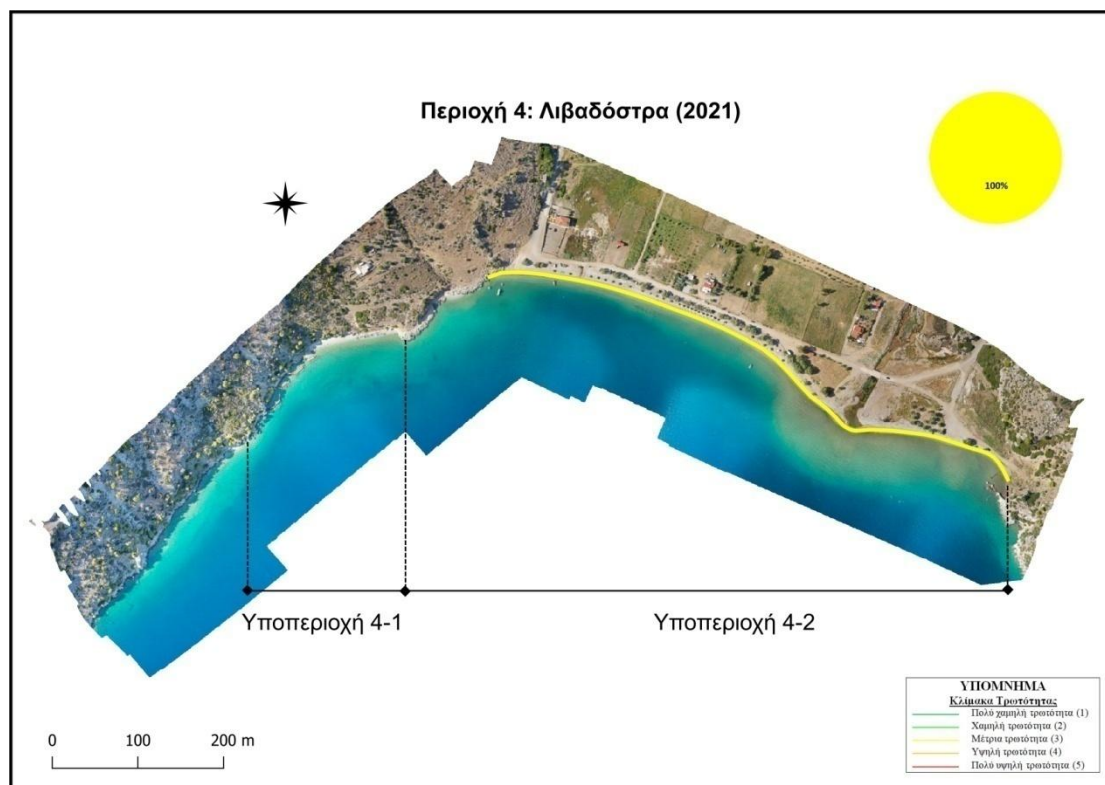
Εικόνα 6-98. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής, Περιοχής 2-Άγιος Νικόλαος ως προς την παράμετρο ΚΟ.4: Χρήσεις γης, μετρήσεις 2024.



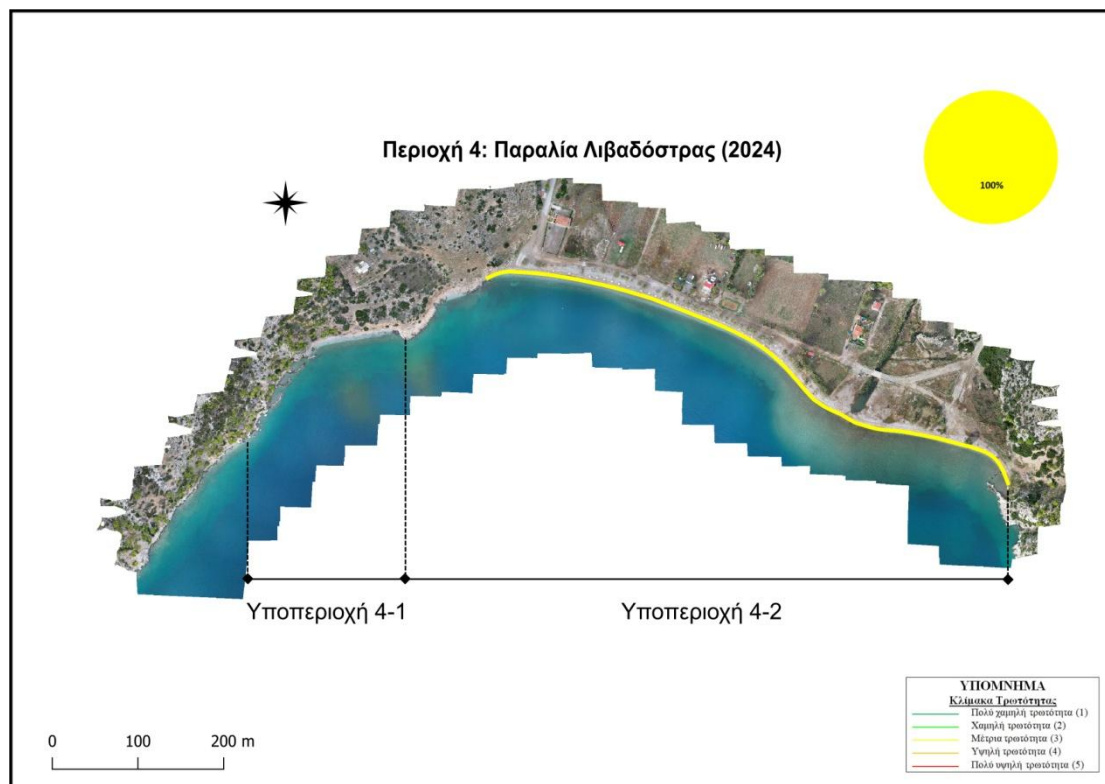
Εικόνα 6-99. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 3-Αλυκή, ως προς την παράμετρο ΚΟ.4: Χρήσεις γης, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).



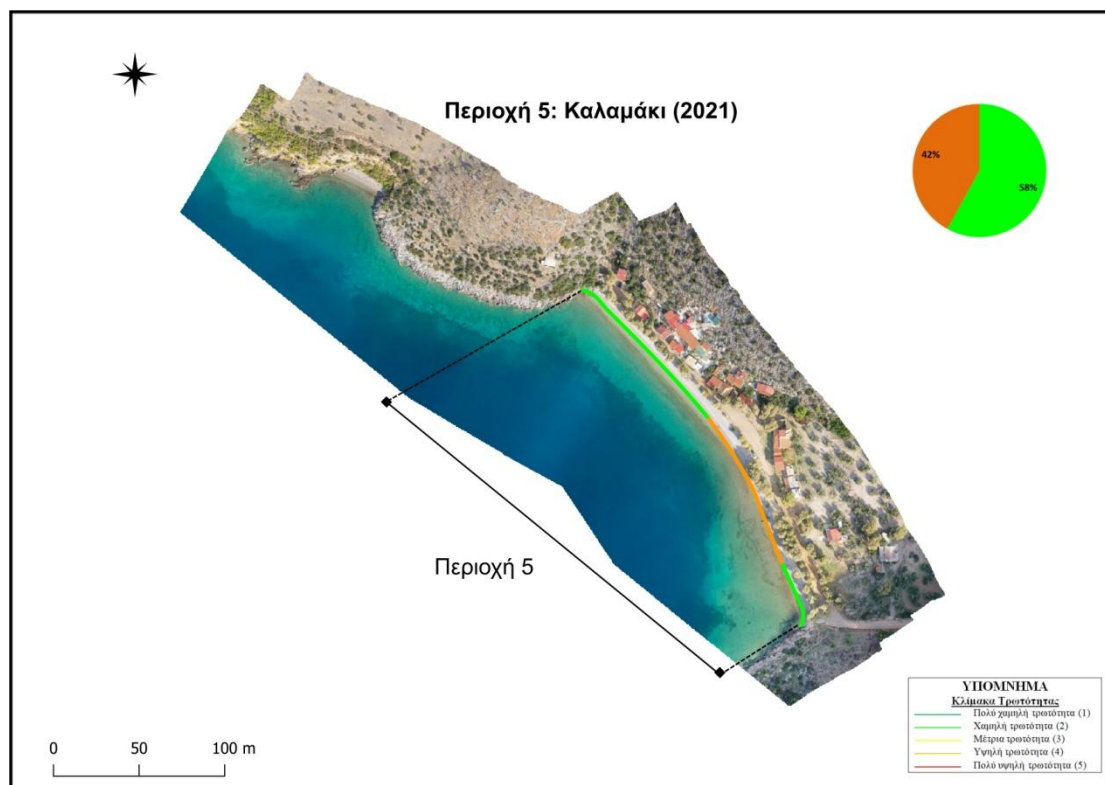
Εικόνα 6-100. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής, Περιοχής 3-Αλυκή, ως προς την παράμετρο ΚΟ.4: Χρήσεις γης, μετρήσεις 2024.



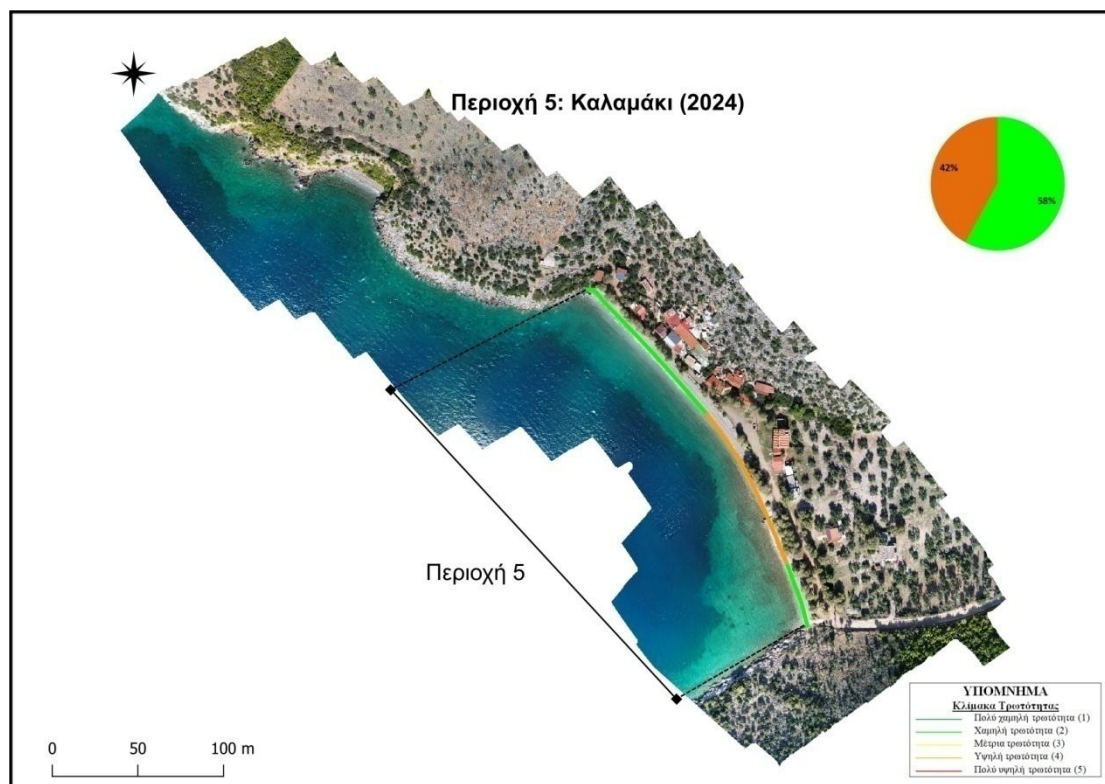
Εικόνα 6-101. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 4-Παραλία Λιβαδόστρας, ως προς την παράμετρο ΚΟ.4: Χρήσεις γης, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).



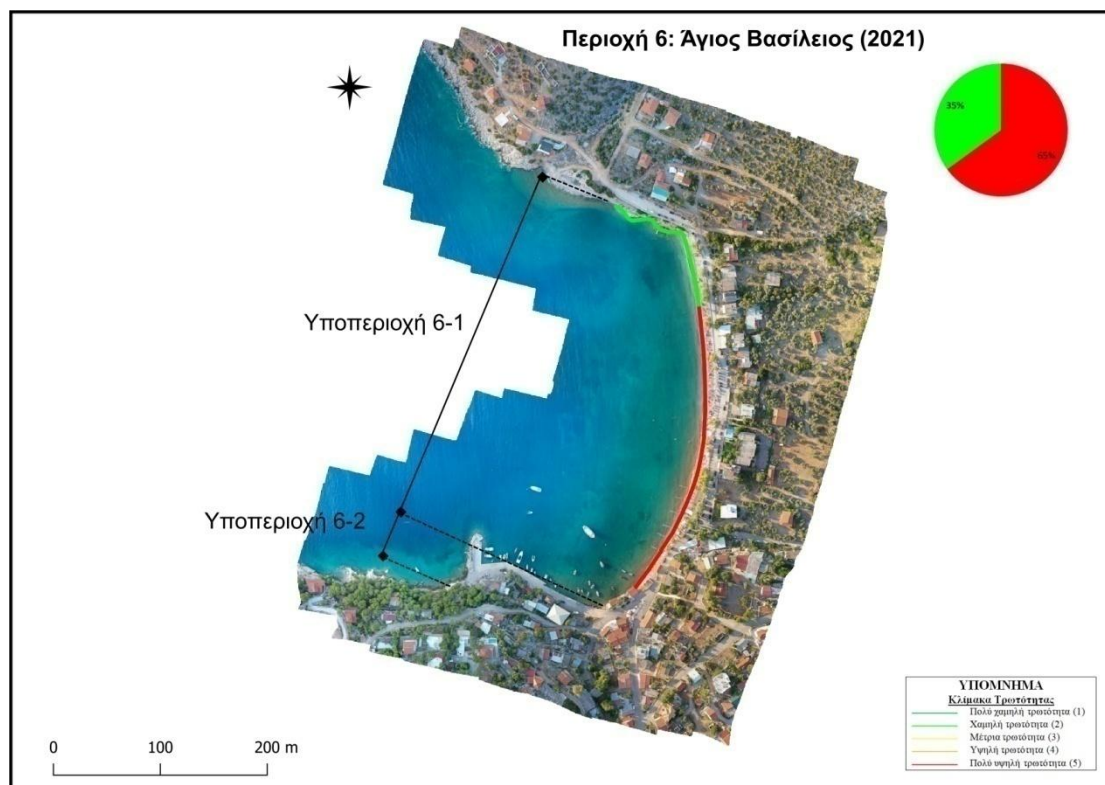
Εικόνα 6-102. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής, Περιοχής 4-Παραλία Λιβαδόστρας, ως προς την παράμετρο ΚΟ.4: Χρήσεις γης, μετρήσεις 2024.



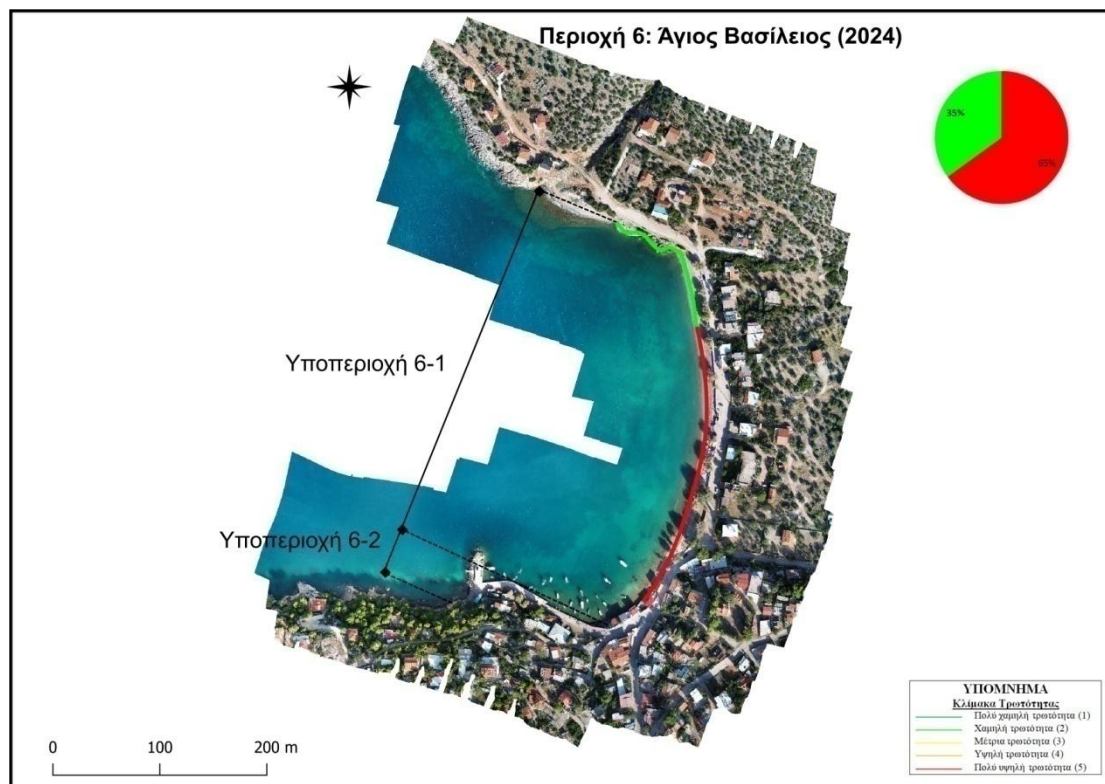
Εικόνα 6-103. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 5-Παραλία Καλαμάκι, ως προς την παράμετρο ΚΟ.4: Χρήσεις γης, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).



Εικόνα 6-104. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής, Περιοχής 5-Καλαμάκι, ως προς την παράμετρο ΚΟ.4: Χρήσεις γης, μετρήσεις 2024.



Εικόνα 6-105. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής Περιοχής 6-Άγιος Βασίλειος, ως προς την παράμετρο ΚΟ.4: Χρήσεις γης, μετρήσεις 2021 (Πηγή: ΕΛΕ ΕΜΠ, 2021).



Εικόνα 6-106. Τρωτότητα κατά μήκος ακτογραμμής, Περιοχής 6-Άγιος Βασίλειος, ως προς την παράμετρο ΚΟ.4: Χρήσεις γης, μετρήσεις 2024.

Αποτελέσματα:

- Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές μεταβολές στις μετρήσεις των χρήσεων γης σε όλες τις περιοχές ενδιαφέροντος, σε σύγκριση με την έρευνα ΕΛΕ ΕΜΠ (2021).

Συγκεκριμένα για κάθε περιοχή ενδιαφέροντος παρατηρείται:

- Παραλία Σαράντη: Χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλή τρωτότητα στο μεγαλύτερο μήκος της ακτογραμμής. Ένα τμήμα μήκους 350 m χαρακτηρίζεται από πολύ χαμηλή τρωτότητα και ένα τμήμα μήκους 50 m χαρακτηρίζεται από χαμηλή τρωτότητα.
- Άγιος Νικόλαος: Χαρακτηρίζεται από μέτρια τρωτότητα σε όλο μήκος της ακτογραμμής.
- Αλυκή: Χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλή τρωτότητα σε όλο το μήκος της ακτογραμμής.
- Παραλία Λιβαδόστρας: Χαρακτηρίζεται από μέτρια τρωτότητα σε όλο μήκος της ακτογραμμής.
- Καλαμάκι: Χαρακτηρίζεται από χαμηλή τρωτότητα στο μεγαλύτερο μήκος της ακτογραμμής και ένα τμήμα μήκους 125 m χαρακτηρίζεται από υψηλή τρωτότητα.
- Άγιος Βασίλειος: Χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλή τρωτότητα στο μεγαλύτερο μήκος της ακτογραμμής και ένα τμήμα μήκους 150 m χαρακτηρίζεται από χαμηλή τρωτότητα.

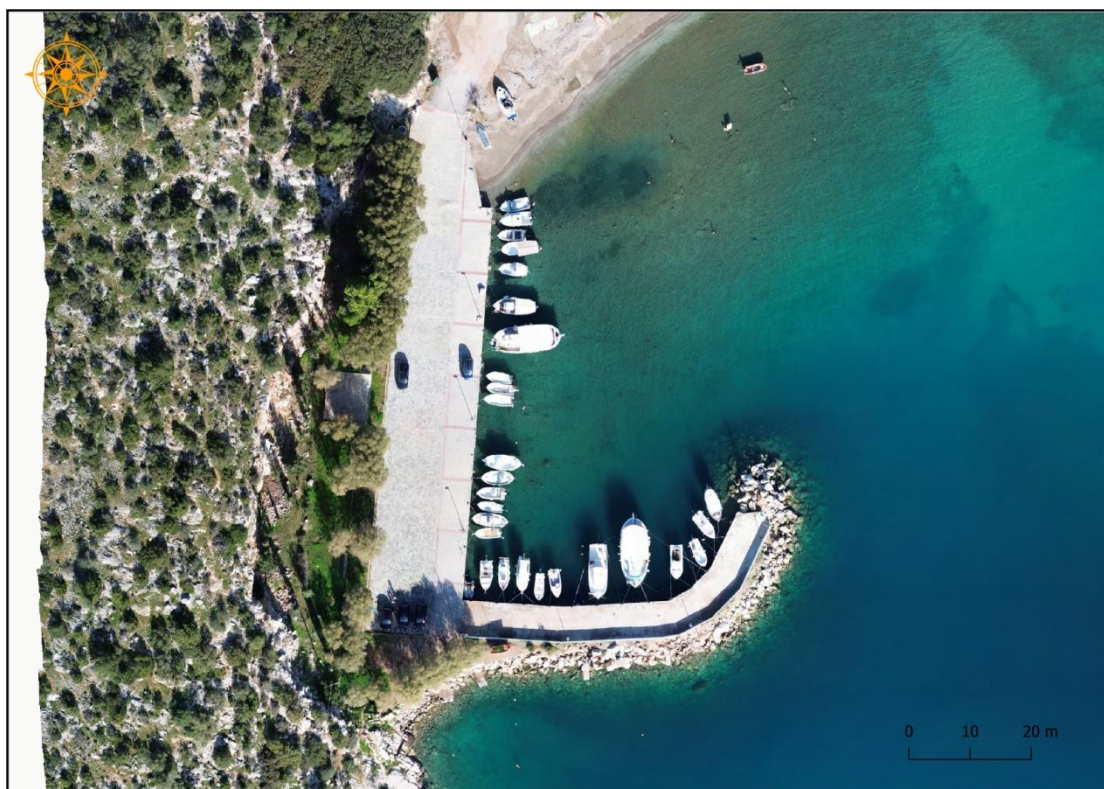
6.3 Εκτίμηση τρωτότητας λιμένων ενδιαφέροντος

6.3.1 Γενικά

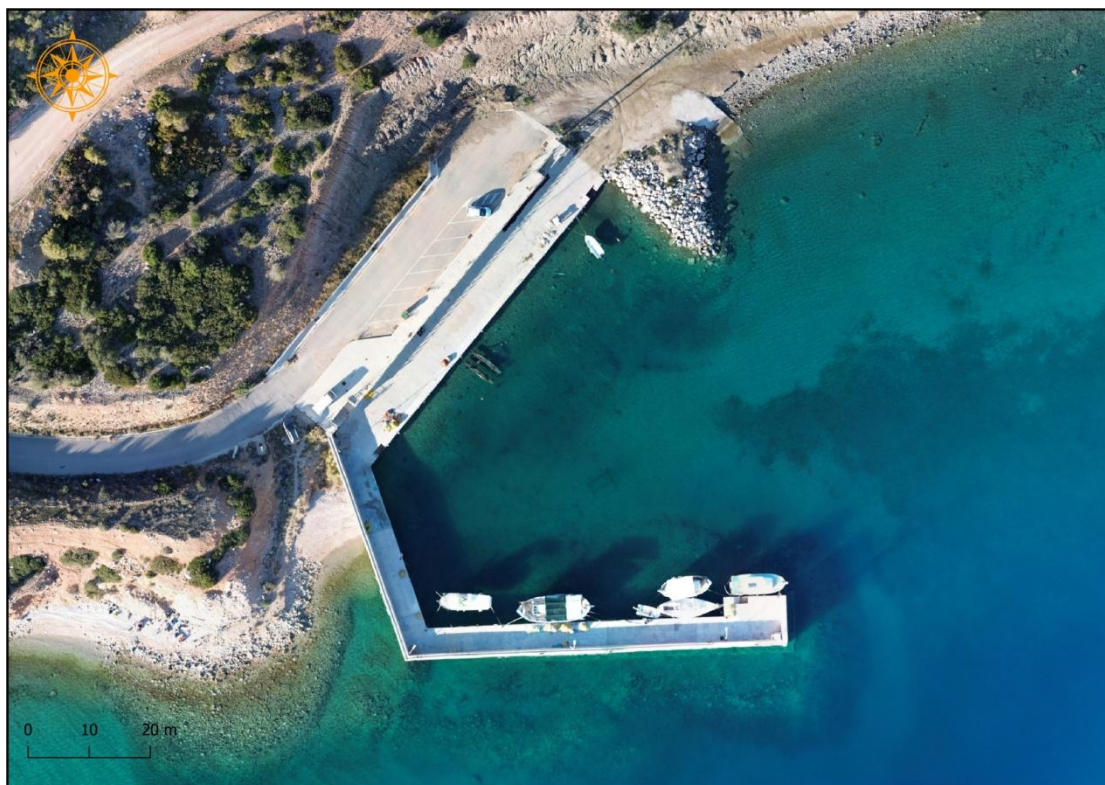
Στις ανωτέρω έξι (06) περιοχές του Δήμου Θηβαίων, για τις οποίες έγινε προσπάθεια εκτίμησης της παράκτιας τρωτότητας, εντοπίζονται κατά μήκος της ακτογραμμής τους και εξετάζονται τέσσερις (4) λιμένες. Οι λιμένες που εξετάζονται ανήκουν στην κατηγορία «Αλιευτικοί Λιμένες-Καταφύγια» (σύμφωνα με Κ.Υ.Α, αρ. 8315.2/02/07, Φ.Ε.Κ. Β 202/16-2-2007) και εντοπίζονται στις περιοχές ενδιαφέροντος: Παραλία Σαράντη, Άγιος Νικόλαος, Αλυκή, Άγιος Βασίλειος.

Για τους εν λόγω λιμένες γίνεται προσπάθεια εκτίμησης της τρωτότητας, χρησιμοποιώντας δεδομένα που συλλέχθηκαν με τη μέθοδο της τηλεπισκόπησης με χρήση ΣμηΕΑ καθώς επίσης και με επιτόπιες επιθεωρήσεις και μετρήσεις.

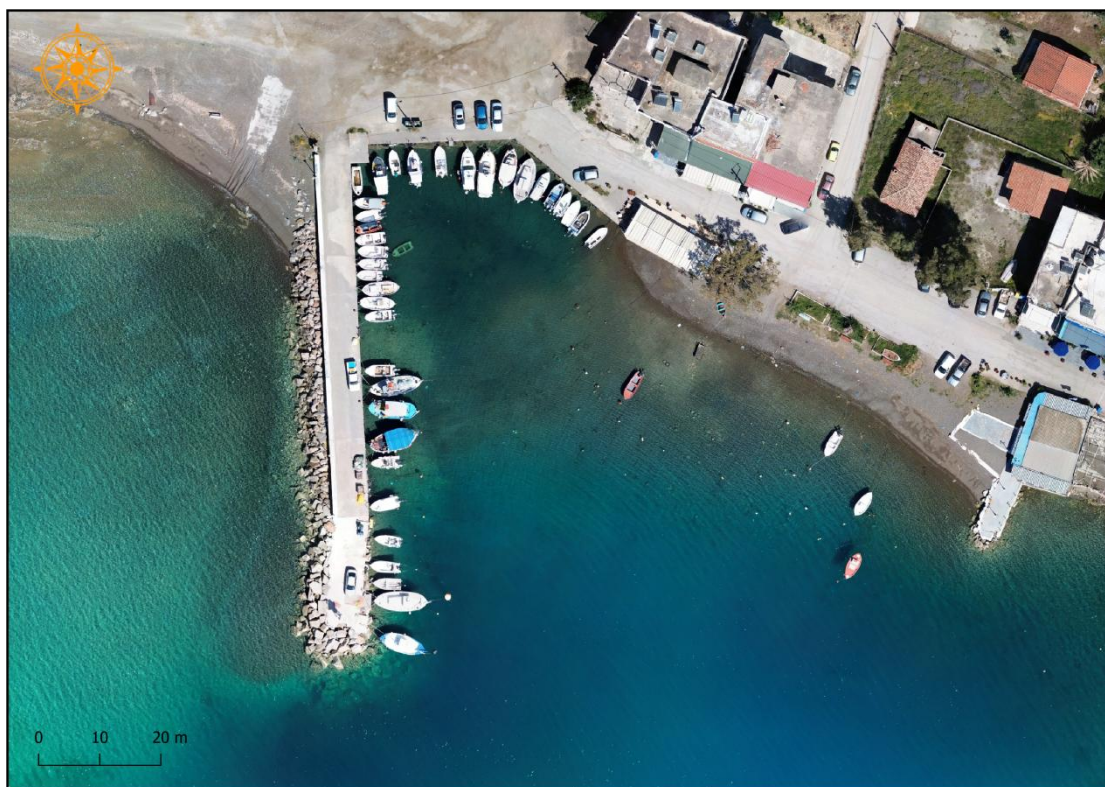
Από τους παραγόμενους ορθοφωτοχάρτες που απεικονίζουν τις έξι περιοχές ενδιαφέροντος, έγινε αποκοπή των τμημάτων αυτών που διαθέτουν αλιευτικά καταφύγια και παρουσιάζονται στις Εικόνες 6-107 έως και 6-110.



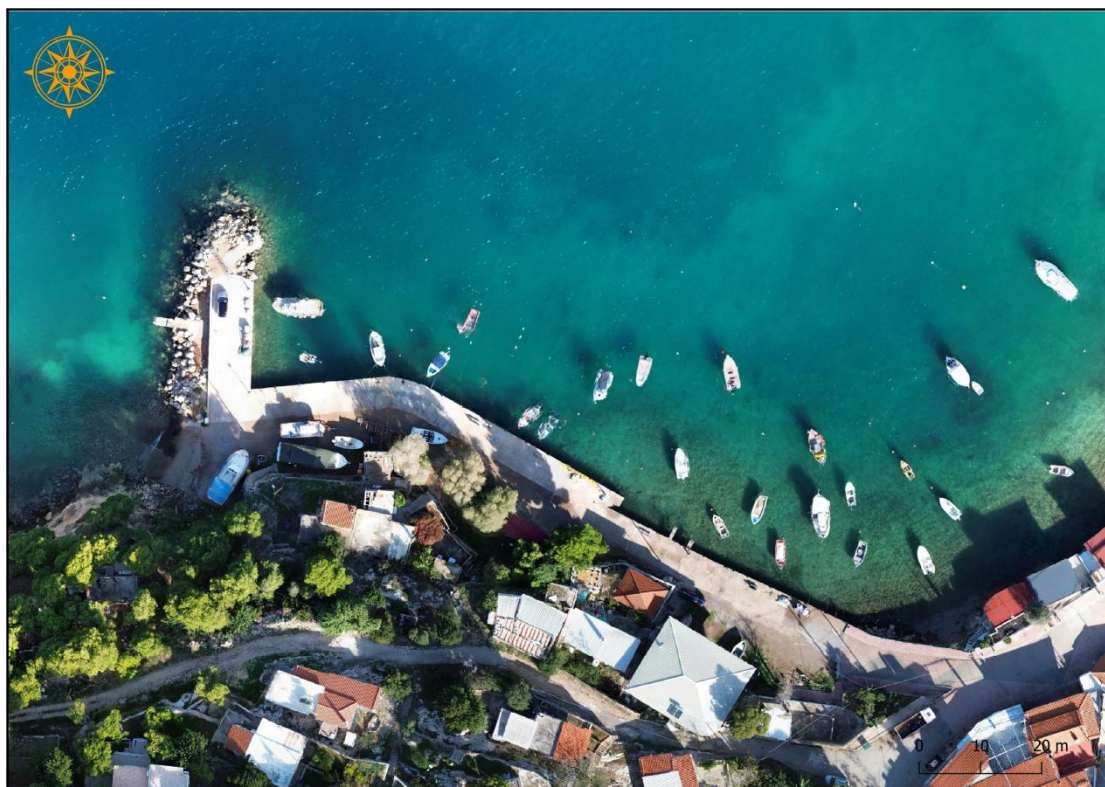
Εικόνα 6-107. Λιμένας 1 - Αλιευτικό καταφύγιο Παραλίας Σαράντη.



Εικόνα 6-108. Λιμένας 2 - Αλιευτικό καταφύγιο Αγίου Νικολάου.



Εικόνα 6-109. Λιμένας 3 - Αλιευτικό καταφύγιο Αλυκής.



Εικόνα 6-110. Λιμένας 4 - Αλιευτικό καταφύγιο Αγίου Βασιλείου.

Οι παράμετροι και των τεσσάρων κατηγοριών-υποδεικτών (φυσικών, τεχνικών, περιβαλλοντικών και κοινωνικοοικονομικών) πρέπει να υπολογιστούν επιμέρους, ωστόσο μόνο οι τεχνικές-δομικές (structural) παράμετροι μπορούν να υπολογιστούν-εκτιμηθούν κυρίως σύμφωνα με τις δυνατότητες της τεχνικής της τηλεπισκόπησης με χρήση Συστημάτων μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών αλλά και επί τόπου παρατηρήσεων (Jofre-Briceno et al., 2021, Al Hamaydeh & Ghazal Aswad, 2022, Tsaimou et al., 2023). Τα δεδομένα συλλέγονται κυρίως από τους ορθοφωτοχάρτες που κατασκευάστηκαν, εκτελώντας αυτόνομες πτήσεις αλλά και από επιτόπιες εκτιμήσεις και μετρήσεις στους λιμένες ενδιαφέροντος. Στη συνέχεια, πραγματοποιείται συγκριτική ανάλυση με δεδομένα που αποκτήθηκαν από τους ορθοφωτοχάρτες που κατασκευάστηκαν για τις ανάγκες της Τεχνικής Έκθεσης Εργαστηρίου Λιμενικών Έργων ΕΜΠ κατά το έτος 2021 και χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη των Tsaimou, C.N., Brouziouti, S., Sartampakos, P. & Tsoukala V.K. (Enhanced Port Vulnerability Assessment Using Unmanned Aerial-Vehicle-Based Structural Health Monitoring, 2023).

Οι παράμετροι που διερευνώνται αναφέρονται στον Πίνακα 6-12 ως εξής:

Πίνακας 6-12. Παράμετροι υπολογισμού τρωτότητας λιμένων. (Πηγή: Tsaimou et al., 2023, με ιδία επεξεργασία)

Κατηγορία	Υποκατηγορία	Κωδικός	Παράμετρος
Τεχνικές	Διάταξη λιμένα	T.1	Μέγεθος λιμένα
		T.2	Απόσταση από κύριους δρόμους
			T.3
	Λειτουργικότητα	T.4	Χωρητικότητα λιμένα
		T.5	Πληρότητα λιμένα
		Δομική κατάσταση	T.6
	T.7		Διάβρωση υποδομών από το θαλάσσιο περιβάλλον
	T.8		Απολέπιση σκυροδέματος
	T.9	Μετακίνηση θωράκισης κυματοθραύστη	

Στη συνέχεια οι παράμετροι αναλύονται με βάση την ερμηνεία και τον τρόπο υπολογισμού.

- Μέγεθος λιμένα T.1. Εξετάζεται ως προς την επιφάνεια του λιμένα. Εισάγονται οι ορθοφωτοχάρτες στο λογισμικό QGIS. Υπολογίζεται το μέγεθος σε m² με τη βοήθεια της εντολής MEASURE AREA.
- Απόσταση από κύριους δρόμους T.2. Εξετάζεται η απόσταση με βάση το οδικό δίκτυο μέχρι τους κεντρικούς δρόμους του οικισμού. Από το κέντρο βάρους του λιμένα, υπολογίζεται στο λογισμικό QGIS η απόσταση από τους κεντρικούς δρόμους των οικισμών.
- Απόσταση από κοντινότερο λιμένα T.3. Η απόσταση μετρείται με βάση την πορεία σκάφους. Από το κέντρο βάρους του λιμένα, υπολογίζεται στο λογισμικό QGIS η απόσταση μέχρι τον κοντινότερο λιμένα.
- Χωρητικότητα λιμένα T.4. Γίνεται εκτίμηση χωρητικότητας με βάση το είδος και το μέγεθος των σκαφών και τη σχεδίαση στο λογισμικό AutoCAD.

- Πληρότητα λιμένα T.5. Γίνεται εκτίμηση κάλυψης λιμένα μελέτης δορυφορικών εικόνων διαφορετικών χρονικών περιόδων.
- Ρωγμές στην επιφάνεια του προβλήτα T.6. Ως ρωγμές στην επιφάνεια του προβλήτα, προσμετρούνται οριζόντιες, εγκάρσιες και διαμήκειες ρωγμές. Μέσω των ορθοφωτοχαρτών εντοπίζονται οι ρωγμές και υπολογίζεται η επιφάνεια που καταλαμβάνουν (με χρήση QGIS). Στη συνέχεια, γίνεται εκτίμηση του ποσοστού ρηγμάτωσης επί της συνολικής επιφανείας του λιμένα. Με βάση το ποσοστό, ταξινομείται στην κλίμακα του Πίνακα 5-6. Οι λιμένες, που στους προβλήτες τους εντοπίζονται λιγότερες ρωγμές, είναι λιγότερο τρωτοί.
- Διάβρωση ανωδομής T.7. Περιλαμβάνει την διάβρωση που δημιουργείται από το επιθετικό περιβάλλον του θαλασσινού νερού (λόγω επιθέσεων-επίδρασης των χλωριόντων) (Tsaimou et al., 2023). Γίνεται εκτίμηση του ποσοστού διάβρωσης ανωδομής επί της επιφανείας του προβλήτα. Μέσω των ορθοφωτοχαρτών εντοπίζονται οι διαβρωμένες επιφάνειες και υπολογίζονται (με χρήση QGIS). Στη συνέχεια γίνεται εκτίμηση του ποσοστού διάβρωσης επί της συνολικής επιφανείας του λιμένα. Με βάση το ποσοστό, ταξινομείται στην κλίμακα του Πίνακα 5-6. Οι λιμένες, που στους προβλήτες τους δεν εντοπίζονται διαβρώσεις, είναι λιγότερο τρωτοί.
- Απολέπιση σκυροδέματος T.8. Γίνεται εκτίμηση του ποσοστού απολέπισης σκυροδέματος, με την εμφάνιση των αδρανών υλικών επί της επιφανείας του προβλήτα. Μέσω των ορθοφωτοχαρτών εντοπίζονται οι αποκολλήσεις, υπολογίζεται η επιφάνεια που καταλαμβάνουν (με χρήση QGIS) και διαιρείται με την έκταση του λιμένα. Με βάση το ποσοστό, ταξινομείται στην κλίμακα του Πίνακα 5-6. Οι λιμένες, που στους προβλήτες τους δεν εντοπίζεται απολέπιση σκυροδέματος, είναι λιγότερο τρωτοί.
- Μετακίνηση ογκολίθων θωράκισης έργου προστασίας T.9. Ως μετακίνηση θωράκισης, λαμβάνεται υπόψη οποιαδήποτε αλλαγή στην μορφή του σχεδιασμένου έργου προστασίας των προσήνεμων και υπήνεμων μώλων. Μέσω των ορθοφωτοχαρτών εντοπίζονται οι μετακινήσεις, υπολογίζεται η επιφάνεια που καταλαμβάνουν (με χρήση QGIS) και διαιρείται με την έκταση του λιμένα. Με βάση το ποσοστό, ταξινομείται στην κλίμακα του Πίνακα 5-6. Οι λιμένες χωρίς μετακίνηση τμημάτων θωράκισης, είναι λιγότερο τρωτοί.

6.3.2 Υπολογισμός τεχνικών παραμέτρων τρωτότητας λιμένα

Παράμετρος T.1: Μέγεθος λιμένα

Αφού πραγματοποιήθηκαν οι ανάλογες μετρήσεις στο λογισμικό QGIS, προέκυψαν τα αποτελέσματα που αναφέρονται στον Πίνακα 6-13.

Πίνακας 6-13. Έκταση λιμένα για κάθε αλιευτικό καταφύγιο ενδιαφέροντος. (Πηγή Tsaimou et al., 2023 με ιδία επεξεργασία).

<u>Λιμένας</u>	<u>Έκταση (m²)</u>	
	Tsaimou et al., (2023)	Μετρήσεις (2024)
1. Παραλία Σαράντη	740.65	740.78
2. Άγιος Νικόλαος	1029.75	1029.55
3. Αλυκή	759.99	760.05
4. Άγιος Βασίλειος	646.54	646.02

Αποτελέσματα

Δεν εντοπίστηκαν σημαντικές μεταβολές συγκριτικά με τα αποτελέσματα της έρευνας των Tsaimou et al., (2023), ως προς την παράμετρο T.1: Μέγεθος λιμένα.

Παράμετρος T.2: Απόσταση από κύριους δρόμους

Αφού πραγματοποιήθηκαν οι ανάλογες μετρήσεις στο λογισμικό QGIS, προέκυψαν τα αποτελέσματα που αναφέρονται στο Πίνακα 6-14.

Πίνακας 6-14. Απόσταση από κύριους δρόμους για κάθε αλιευτικό καταφύγιο ενδιαφέροντος, ίδια επεξεργασία.

<u>Λιμένας</u>	<u>Απόσταση από κύριους δρόμους (m)</u>	
	Tsaimou et al., (2023)	Μετρήσεις (2024)
1. Παραλία Σαράντη	287.71	288.25
2. Άγιος Νικόλαος	667.45	668.05
3. Αλυκή	204.53	203.83
4. Άγιος Βασίλειος	200.17	199.41

Αποτελέσματα

Δεν εντοπίστηκαν σημαντικές μεταβολές συγκριτικά με τα αποτελέσματα της έρευνας των Tsaimou et al., (2023), ως προς την παράμετρο: Απόσταση από κύριους δρόμους T.2.

Παράμετρος T.3: Απόσταση από κοντινότερο λιμένα

Αφού πραγματοποιήθηκαν οι ανάλογες μετρήσεις στο λογισμικό QGIS, προέκυψαν τα αποτελέσματα που αναφέρονται στο Πίνακα 6-15.

Πίνακας 6-15. Απόσταση από κοντινότερο λιμένα για κάθε αλιευτικό καταφύγιο ενδιαφέροντος. (Πηγή: Tsaimou et al., 2023 με ίδια επεξεργασία).

<u>Λιμένας</u>	<u>Απόσταση από κοντινότερο λιμένα (m)</u>	
	Tsaimou et al., (2023)	Μετρήσεις (2024)
1. Παραλία Σαράντη	19,215.2	19,214.8
2. Άγιος Νικόλαος	3746.14	3748.82
3. Αλυκή	3681.37	3681.97
4. Άγιος Βασίλειος	12,688.72	12,689.86

Αποτελέσματα

Δεν εντοπίστηκαν σημαντικές μεταβολές συγκριτικά με τα αποτελέσματα της έρευνας των Tsaimou et al., (2023), ως προς την παράμετρο: Απόσταση από κοντινότερο λιμένα T.3.

Παράμετρος T.4: Χωρητικότητα λιμένα

Αφού πραγματοποιήθηκαν οι ανάλογες μετρήσεις στο λογισμικό AutoCAD, προέκυψαν τα αποτελέσματα που αναφέρονται στο Πίνακα 6-16.

Πίνακας 6-16. Χωρητικότητα λιμένα για κάθε ολιευτικό καταφύγιο ενδιαφέροντος. (Πηγή: Tsaimou et al., 2023 με ίδια επεξεργασία).

<u>Λιμένας</u>	<u>Χωρητικότητα λιμένα</u>	
	Tsaimou et al., (2023)	Μετρήσεις (2024)
1. Παραλία Σαράντη	37	37
2. Άγιος Νικόλαος	30	30
3. Αλυκή	45	45
4. Άγιος Βασίλειος	35	35

Αποτελέσματα

Δεν εντοπίστηκαν σημαντικές μεταβολές συγκριτικά με τα αποτελέσματα της έρευνας των Tsaimou et al., (2023), ως προς την παράμετρο: Χωρητικότητα λιμένα T.4.

Παράμετρος T.5: Πληρότητα λιμένα

Αφού πραγματοποιήθηκαν οι ανάλογες με τη βοήθεια δορυφορικών απεικονίσεων αλλά και των ορθοφωτοχαρτών, προέκυψαν τα αποτελέσματα που αναφέρονται στο Πίνακα 6-17.

Πίνακας 6-17. Πληρότητα λιμένα για κάθε αλιευτικό καταφύγιο ενδιαφέροντος. (Πηγή: Tsaimou et al., 2023 με ίδια επεξεργασία).

Λιμένας	Πληρότητα λιμένα (%)	
	Tsaimou et al., (2023)	Μετρήσεις (2024)
1. Παραλία Σαράντη	86	86
2. Άγιος Νικόλαος	37	37
3. Αλυκή	100	100
4. Άγιος Βασίλειος	43	43

Αποτελέσματα

Δεν εντοπίστηκαν σημαντικές μεταβολές συγκριτικά με τα αποτελέσματα της έρευνας των Tsaimou et al., (2023), ως προς την παράμετρο: Πληρότητα λιμένα T.5.

Παράμετρος T.6: Ρωγμές στην επιφάνεια του προβλήτα.

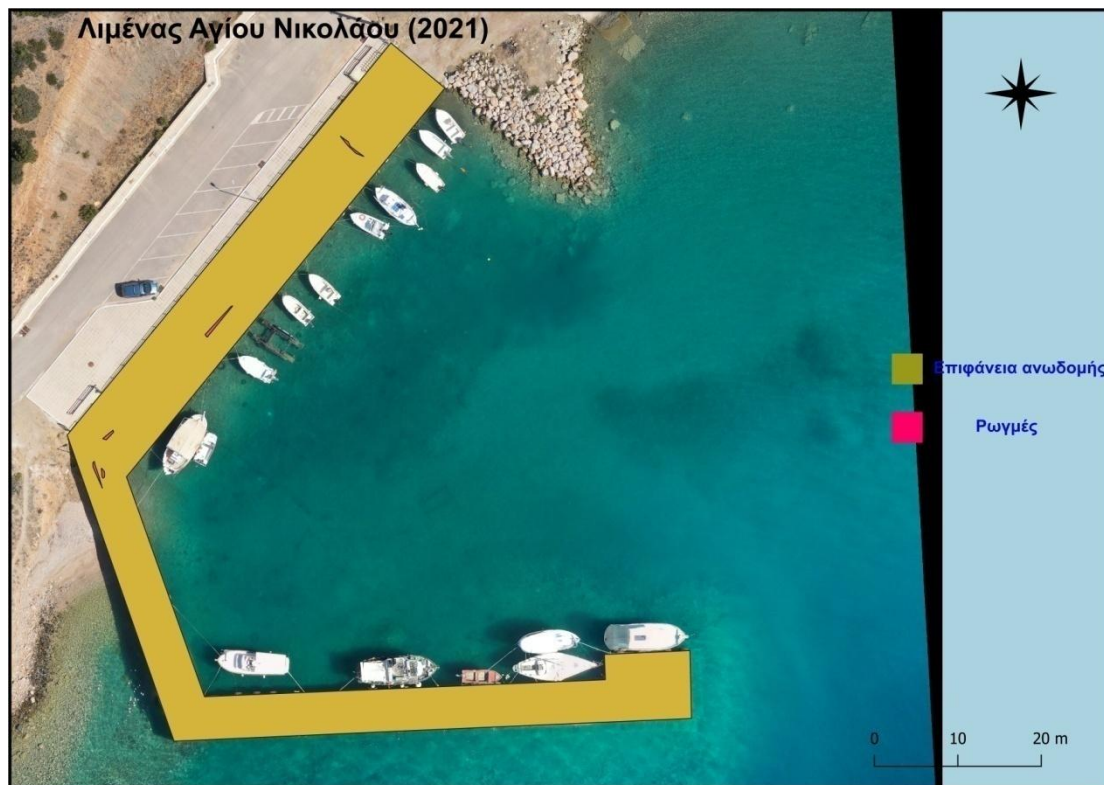
Οι ρωγμές στην επιφάνεια του προβλήτα (T.6) υπολογίζεται αξιοποιώντας τα αποτελέσματα ανάλυσης των δεδομένων συλλογής με χρήση Συστημάτων μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών και συγκεκριμένα τους ορθοφωτοχάρτες που κατασκευάστηκαν για τις απαιτήσεις της παρούσας μελέτης. Πραγματοποιείται φωτοερμηνεία του ορθοφωτοχάρτη και ψηφιοποίηση των ρωγμών που παρατηρήθηκαν με χρήση λογισμικού QGIS. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν αναφέρονται στον Πίνακα 6-18.

Πίνακας 6-18. Ρωγμές στην επιφάνεια προβλήτα, για κάθε αλιευτικό καταφύγιο ενδιαφέροντος. (Πηγή Tsaimou et al., 2023 με ίδια επεξεργασία).

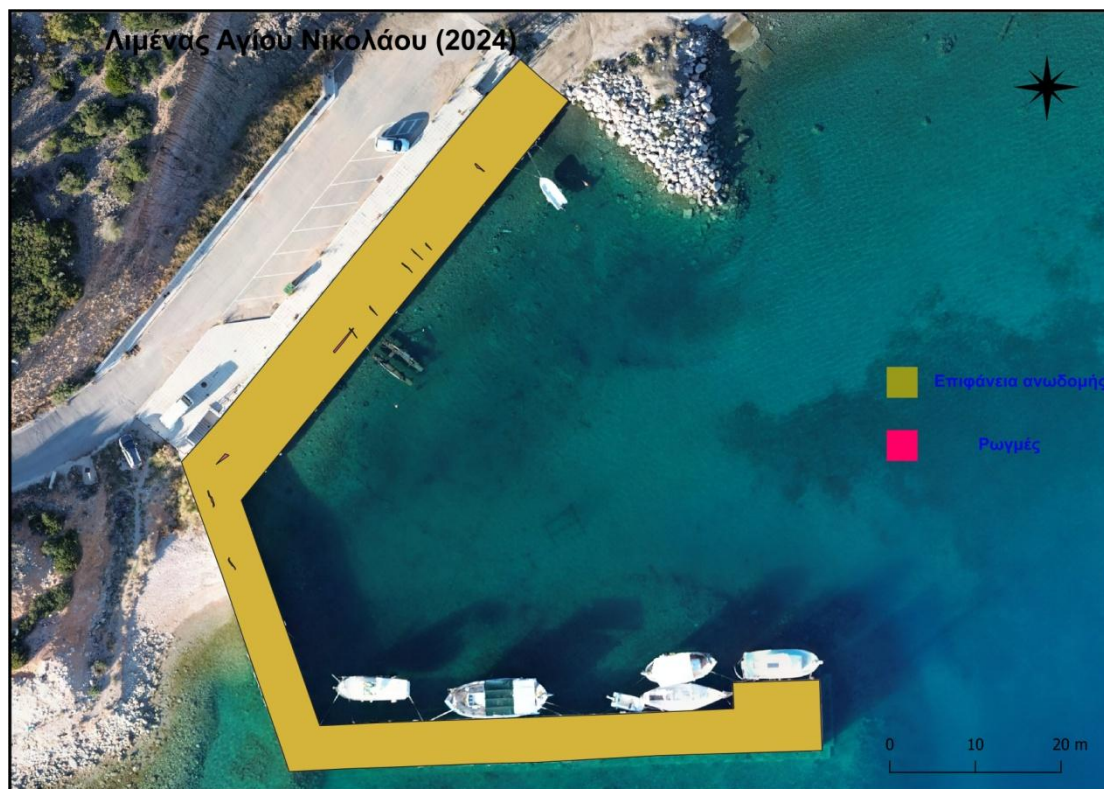
Λιμένας	Ρωγμές στην επιφάνεια προβλήτα (%)	
	Tsaimou et al., (2023)	Μετρήσεις (2024)
1. Παραλία Σαράντη	0.00	0.00
2. Άγιος Νικόλαος	0.30	0.35
3. Αλυκή	0.00	0.00
4. Άγιος Βασίλειος	0.00	0.20

Αποτελέσματα

- Στο Λιμένα 1-Παραλία Σαράντη και Λιμένα 3-Αλυκή, δεν εντοπίστηκαν ρωγμές επί της επιφάνειας του προβλήτα, άρα η τιμές της παραμέτρου T.6: Ρωγμές στην επιφάνεια προβλήτα είναι μηδενικές. Δεν σημειώθηκαν επίσης μεταβολές σε σύγκριση με τα αποτελέσματα της έρευνας των Tsaimou et al., (2023).
- Στο Λιμένα 2-Άγιος Νικόλαος και στο Λιμένα 4-Άγιος Βασίλειος, εντοπίστηκαν ρωγμές και σημειώθηκαν μεταβολές σε σύγκριση με τα αποτελέσματα της έρευνας των Tsaimou et al., (2023), όπως αποτυπώνονται γραφικά στις Εικόνες 6-111 έως και 6-114.



Εικόνα 6-111. Αποτύπωση Λιμένα 2-Αγιος Νικόλαος έτους 2021 ως προς την παράμετρο T.6: Ρωγμές στην επιφάνεια προβλήτα. (Πηγή: Tsaimou et al., 2023).



Εικόνα 6-112. Αποτύπωση Λιμένα 2-Αγιος Νικόλαος έτους 2024 ως προς την παράμετρο T.6: Ρωγμές στην επιφάνεια προβλήτα.



Εικόνα 6-113. Αποτύπωση Λιμένα 4-Αγιος Βασίλειος έτους 2021 ως προς την παράμετρο T.6: Ρωγμές στην επιφάνεια προβλήτα. (Πηγή: Tsaimou et al. 2023).



Εικόνα 6-114. Αποτύπωση Λιμένα 4-Αγιος Βασίλειος έτους 2024 ως προς την παράμετρο T.6: Ρωγμές στην επιφάνεια προβλήτα.

Παράμετρος T.7: Χημική διάβρωση ανωδομής.

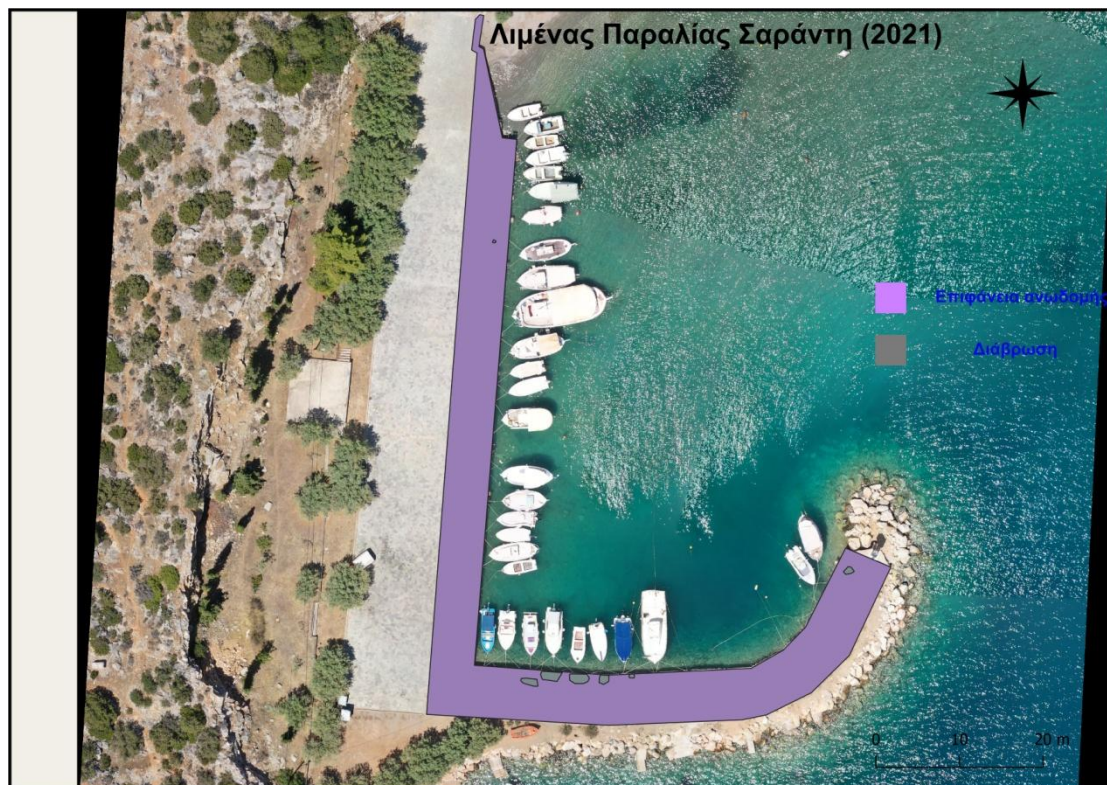
Η διάβρωση της ανωδομής του λιμένα (T.7) υπολογίζεται αξιοποιώντας τα αποτελέσματα ανάλυσης των δεδομένων συλλογής με χρήση Συστημάτων μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών και συγκεκριμένα τους ορθοφωτοχάρτες που κατασκευάστηκαν για τις απαιτήσεις της παρούσας έρευνας. Πραγματοποιείται φωτοερμηνεία του ορθοφωτοχάρτη και ψηφιοποίηση των περιοχών διάβρωσης που παρατηρήθηκαν με χρήση λογισμικού QGIS. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν αναφέρονται στον Πίνακα 6-19.

Πίνακας 6-19. Διάβρωση ανωδομής, για κάθε αλιευτικό καταφύγιο ενδιαφέροντος. (Πηγή: Tsaimou et al., 2023 με ίδια επεξεργασία).

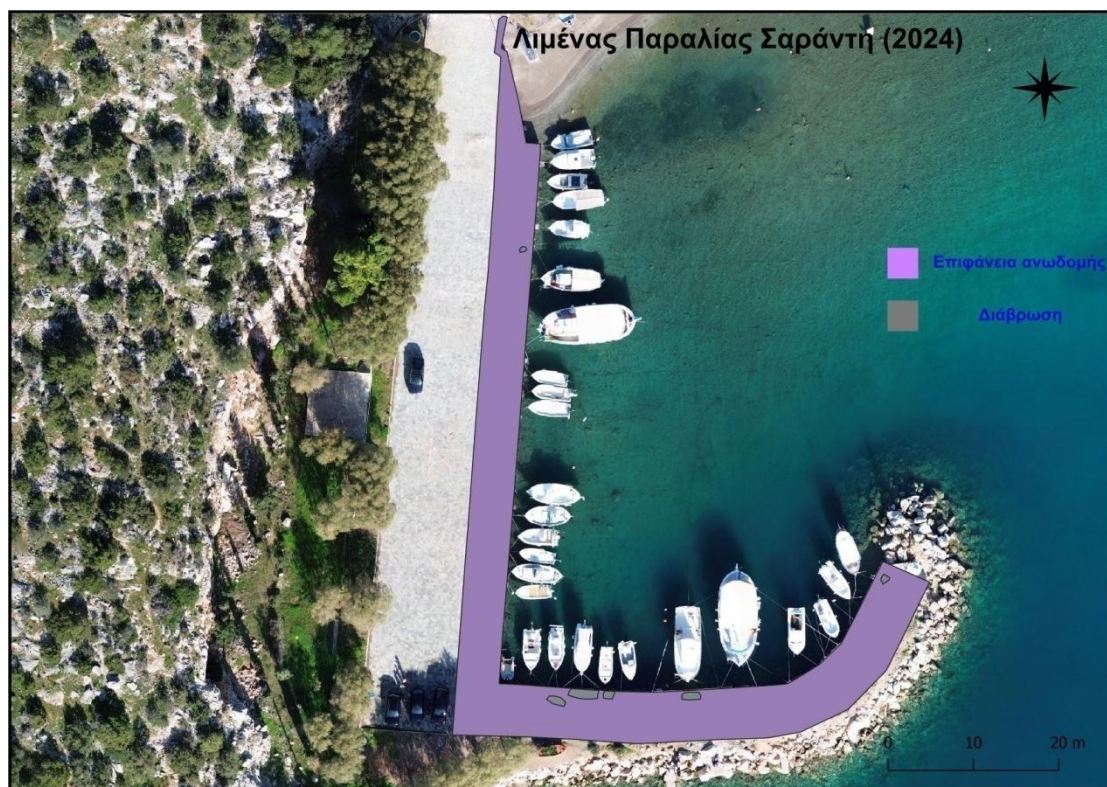
Λιμένας	Διάβρωση ανωδομής (%)	
	Tsaimou et al., (2023)	Μετρήσεις (2024)
1. Παραλία Σαράντη	1.07	1.21
2. Άγιος Νικόλαος	2.87	2.89
3. Αλυκή	0.00	0.00
4. Άγιος Βασίλειος	0.00	0.00

Αποτελέσματα

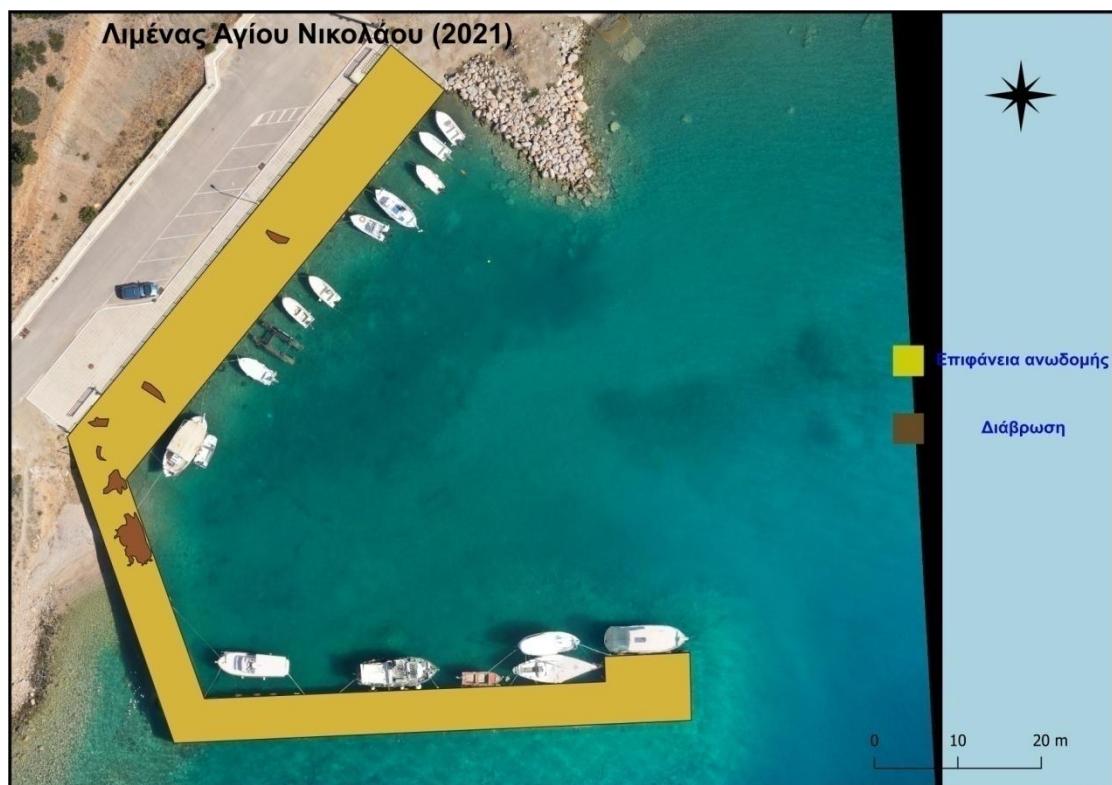
- Στο Λιμένα 3-Αλυκή και Λιμένα 4-Άγιος Βασίλειος, δεν εντοπίστηκε διάβρωση στην ανωδομή, άρα η τιμές της παραμέτρου T.7: Χημική διάβρωση ανωδομής, είναι μηδενικές. Δεν σημειώθηκαν επίσης μεταβολές σε σύγκριση με τα αποτελέσματα της έρευνας των Tsaimou et al., (2023).
- Στο Λιμένα 1-Παραλία Σαράντη και στο Λιμένα 2-Άγιος Νικόλαος, εντοπίστηκαν τμήματα στην επιφάνεια της ανωδομής που έχουν υποστεί διάβρωση και σημειώθηκαν μεταβολές σε σύγκριση με τα αποτελέσματα της έρευνας των Tsaimou et al., (2023), όπως αποτυπώνονται γραφικά στις Εικόνες 6-115 έως και 6-118.



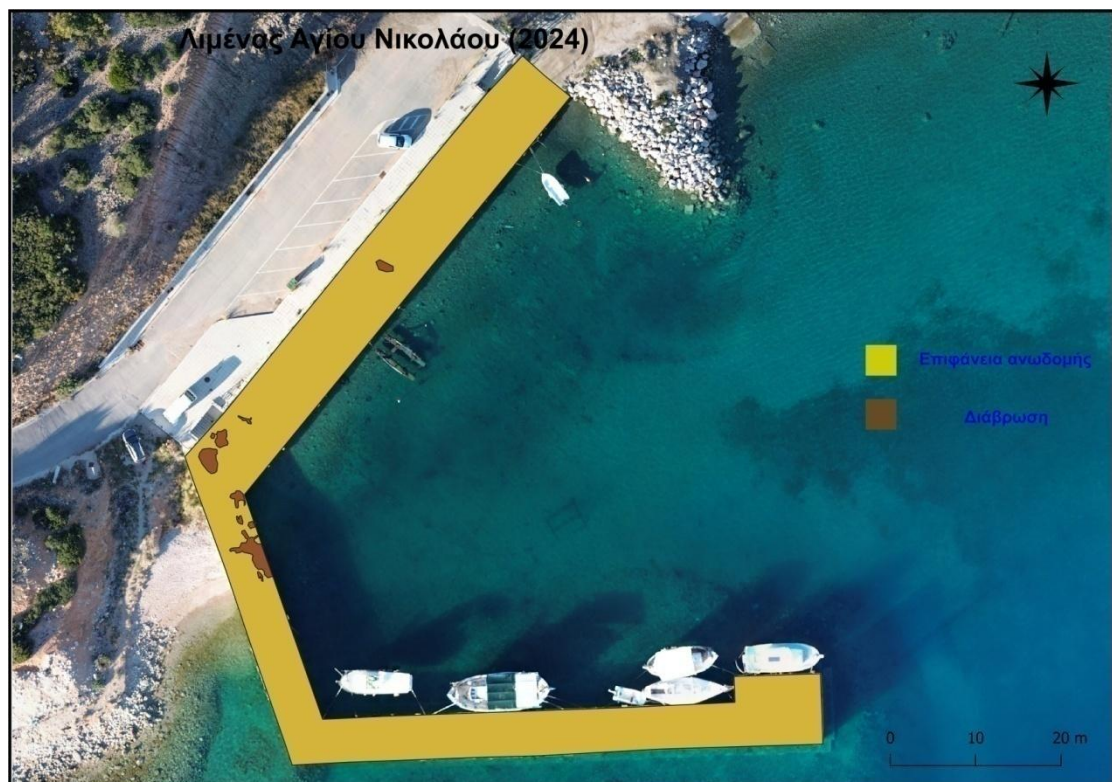
Εικόνα 6-115. Αποτύπωση Λιμένα 1-Παραλία Σαράντη έτους 2021 ως προς την παράμετρο T.7: Χημική διάβρωση ανωδομής. (Πηγή: Tsaimou et al., 2023).



Εικόνα 6-116. Αποτύπωση Λιμένα 1-Παραλία Σαράντη έτους 2024 ως προς την παράμετρο T.7: Χημική διάβρωση ανωδομής.



Εικόνα 6-117. Αποτύπωση Λιμένα 2-Άγιος Νικόλαος έτους 2021 ως προς την παράμετρο T.7: Χημική διάβρωση ανωδομής. (Πηγή: Tsaimou et al., 2023).



Εικόνα 6-118. Αποτύπωση Λιμένα 3-Άγιος Νικόλαος έτους 2024 ως προς την παράμετρο T.7: Χημική διάβρωση ανωδομής, ίδια επεξεργασία.

Παράμετρος T.8: Απολέπιση σκυροδέματος

Η επιφάνεια απολέπισης στο σκυρόδεμα του προβλήτα (T.8) υπολογίζεται αξιοποιώντας τα αποτελέσματα ανάλυσης των δεδομένων συλλογής με χρήση Συστημάτων μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών και συγκεκριμένα τους ορθοφωτοχάρτες που κατασκευάστηκαν για τις απαιτήσεις της παρούσας μελέτης. Πραγματοποιείται φωτοερμηνεία του ορθοφωτοχάρτη και ψηφιοποίηση των εκτάσεων απολέπισης που παρατηρήθηκαν με χρήση λογισμικού QGIS. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν αναφέρονται στον Πίνακα 6-20.

Πίνακας 6-20. Απολέπιση σκυροδέματος, για κάθε αλιευτικό καταφύγιο ενδιαφέροντος. (Πηγή: Tsaimou et al., 2023 με ίδια επεξεργασία).

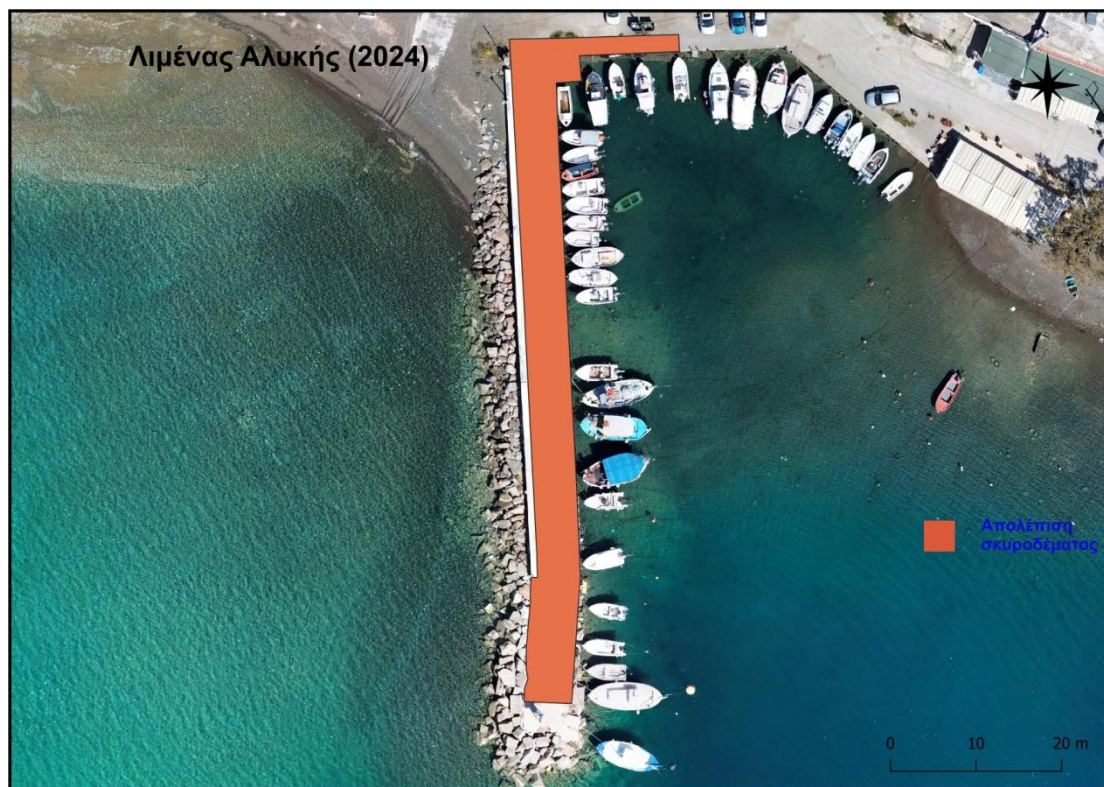
<u>Λιμένας</u>	<u>Απολέπιση σκυροδέματος (%)</u>	
	Tsaimou et al., (2023)	Μετρήσεις (2024)
1. Παραλία Σαράντη	0.00	0.00
2. Άγιος Νικόλαος	0.00	0.00
3. Αλυκή	59.58	61.12
4. Άγιος Βασίλειος	100.00	100.00

Αποτελέσματα

- Στο Λιμένα 1-Παραλία Σαράντη και στο Λιμένα 2-Άγιος Νικόλαος, δεν εντοπίστηκε απολέπιση στο σκυρόδεμα, άρα η τιμές της παραμέτρου T.7: Διάβρωση ανωδομής, είναι μηδενικές. Δεν σημειώθηκαν επίσης μεταβολές σε σύγκριση με τα αποτελέσματα της έρευνας των Tsaimou et al., (2023).
- Εντοπίστηκε εκτεταμένη απολέπιση στο σκυρόδεμα σε επιφάνεια 61.12 % για τον Λιμένα 3-Αλυκή και σε όλη την επιφάνεια του Λιμένα 4-Άγιος Βασίλειος. Σημειώθηκαν μεταβολές σε σύγκριση με τα αποτελέσματα της έρευνας των Tsaimou et al., (2023), όπως αποτυπώνονται γραφικά στις Εικόνες 6-119 έως και 6-122.



Εικόνα 6-119. Αποτύπωση Λιμένα 3-Αλυκή έτους 2021 ως προς την παράμετρο T.8: Απολέπιση σκυροδέματος.
(Πηγή: Tsaimou et al., 2023).



Εικόνα 6-120. Αποτύπωση Λιμένα 3-Αλυκή έτους 2024 ως προς την παράμετρο T.8: Απολέπιση σκυροδέματος.



Εικόνα 6-121. Αποτύπωση Λιμένα 4-Άγιος Βασίλειος έτους 2021 ως προς την παράμετρο T.8: Απολέπιση σκυροδέματος. (Πηγή: Tsaitou et al., 2023).



Εικόνα 6-122. Αποτύπωση Λιμένα 4-Άγιος Βασίλειος έτους 2024 ως προς την παράμετρο T.8: Απολέπιση σκυροδέματος.

Παράμετρος T.9: Μετακίνηση ογκολίθων θωράκισης έργου προστασίας

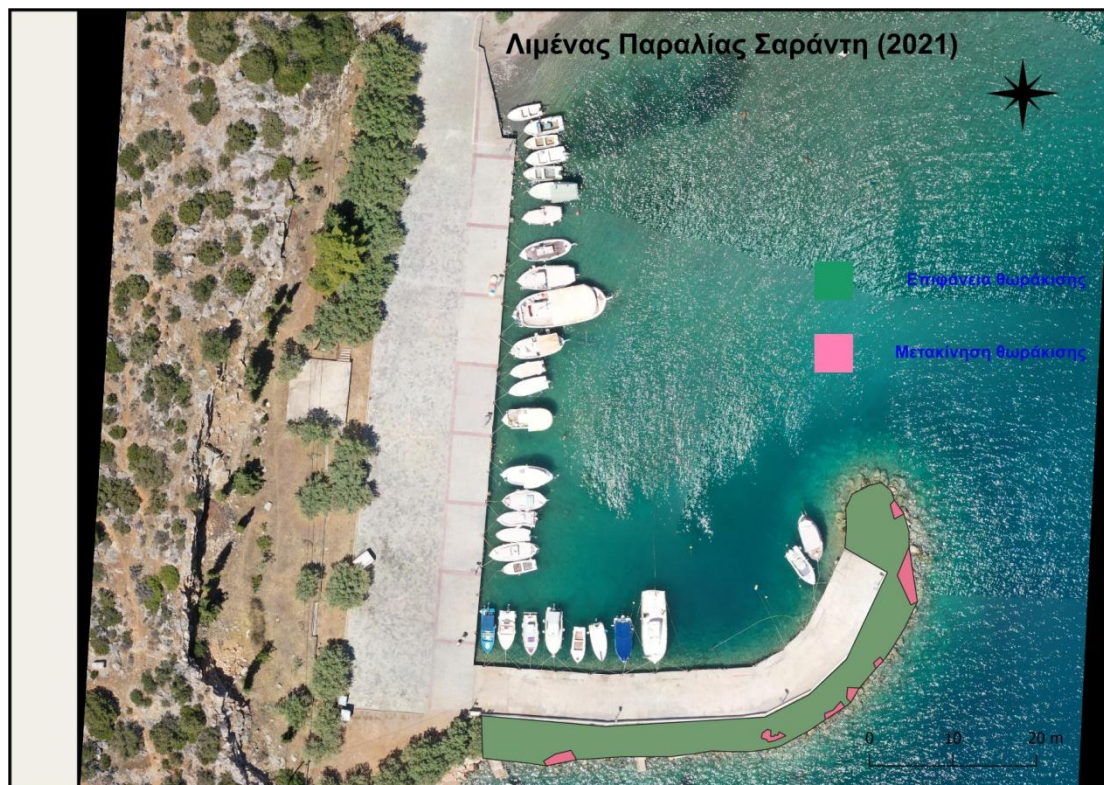
Η επιφάνεια τμημάτων θωράκισης των έργων προστασίας (T.9) που έχουν μετακινηθεί υπολογίζεται αξιοποιώντας τα αποτελέσματα ανάλυσης των δεδομένων συλλογής με χρήση Συστημάτων μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών και συγκεκριμένα τους ορθοφωτοχάρτες που κατασκευάστηκαν για τις απαιτήσεις της παρούσας έρευνας. Πραγματοποιείται φωτοερμηνεία του ορθοφωτοχάρτη και ψηφιοποίηση της επιφάνειας των τμημάτων θωράκισης που έχουν μετακινηθεί που παρατηρήθηκαν, με χρήση λογισμικού QGIS. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν αναφέρονται στον Πίνακα 6-21.

Πίνακας 6-21. Μετακίνηση τμημάτων θωράκισης, για κάθε αλιευτικό καταφύγιο ενδιαφέροντος. (Πηγή: Tsaimou et al., 2023 με ίδια επεξεργασία).

Λιμένας	Μετακίνηση ογκολίθων θωράκισης (%)	
	Tsaimou et al., (2023)	Μετρήσεις (2024)
1. Παραλία Σαράντη	6.85	7.65
2. Άγιος Νικόλαος	4.40	4.85
3. Αλυκή	14.80	15.21
4. Άγιος Βασίλειος	5.17	5.40

Αποτελέσματα

- Σε όλους τους λιμένες ενδιαφέροντος εντοπίστηκε μετατόπιση της θωράκισης του κυματοθραύστη. Στον Λιμένα 1-Παραλία Σαράντη δεν παρατηρήθηκε μεταβολή στο ποσοστό μετακίνησης ογκολίθων συγκριτικά με το έτος 2021, στον Λιμένα 2-Άγιος Νικόλαος μετρήθηκε 4.85%, στο Λιμένα 3-Αλυκή μετρήθηκε 15,21%, που είναι και υψηλότερη τιμή και στο Λιμένα 4- Άγιος Βασίλειος. Σημειώθηκαν μεταβολές σε σύγκριση με τα αποτελέσματα της έρευνας των Tsaimou et al., (2023), όπως αποτυπώνονται γραφικά στις Εικόνες 6-123 έως και 6-130.



Εικόνα 6-123. Αποτύπωση Λιμένα 1-Παραλία Σαράντη έτους 2021 ως προς την παράμετρο T.9: Μετακίνηση ογκολίθων θωράκισης έργου προστασίας. (Πηγή: Tsaitou et al., 2023).



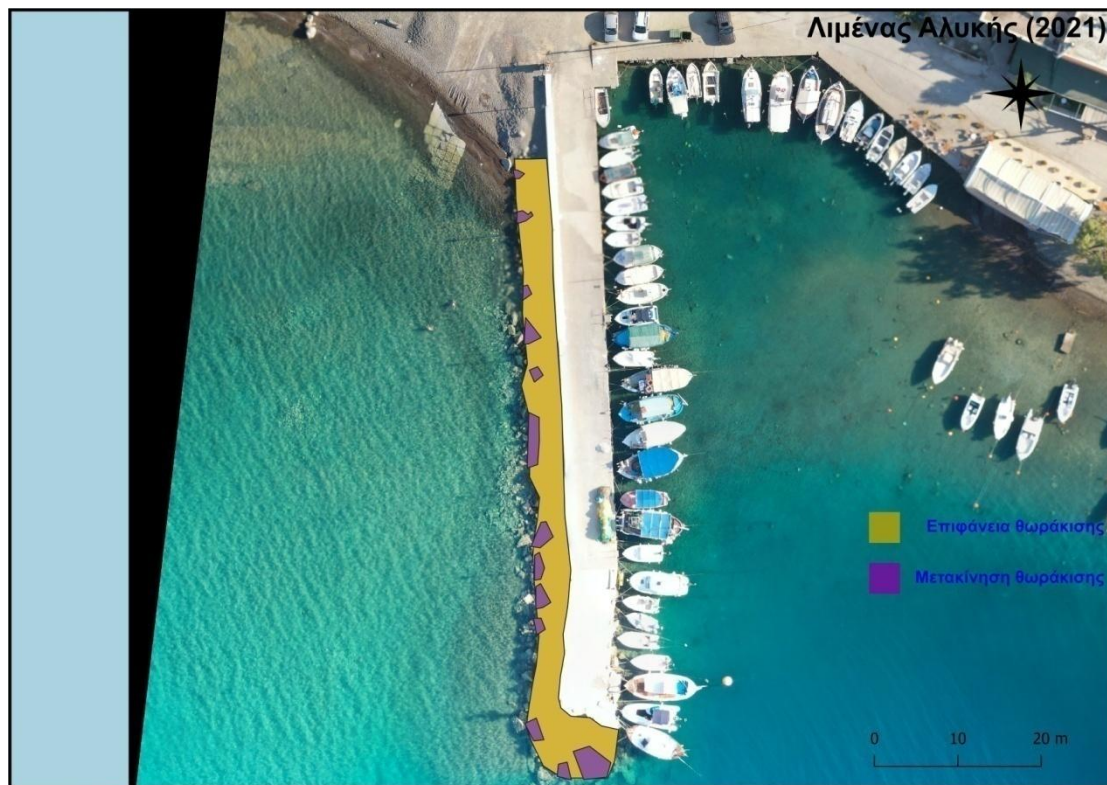
Εικόνα 6-124. Αποτύπωση Λιμένα 1-Παραλία Σαράντη έτους 2024 ως προς την παράμετρο T.9: Μετακίνηση ογκολίθων θωράκισης έργου προστασίας.



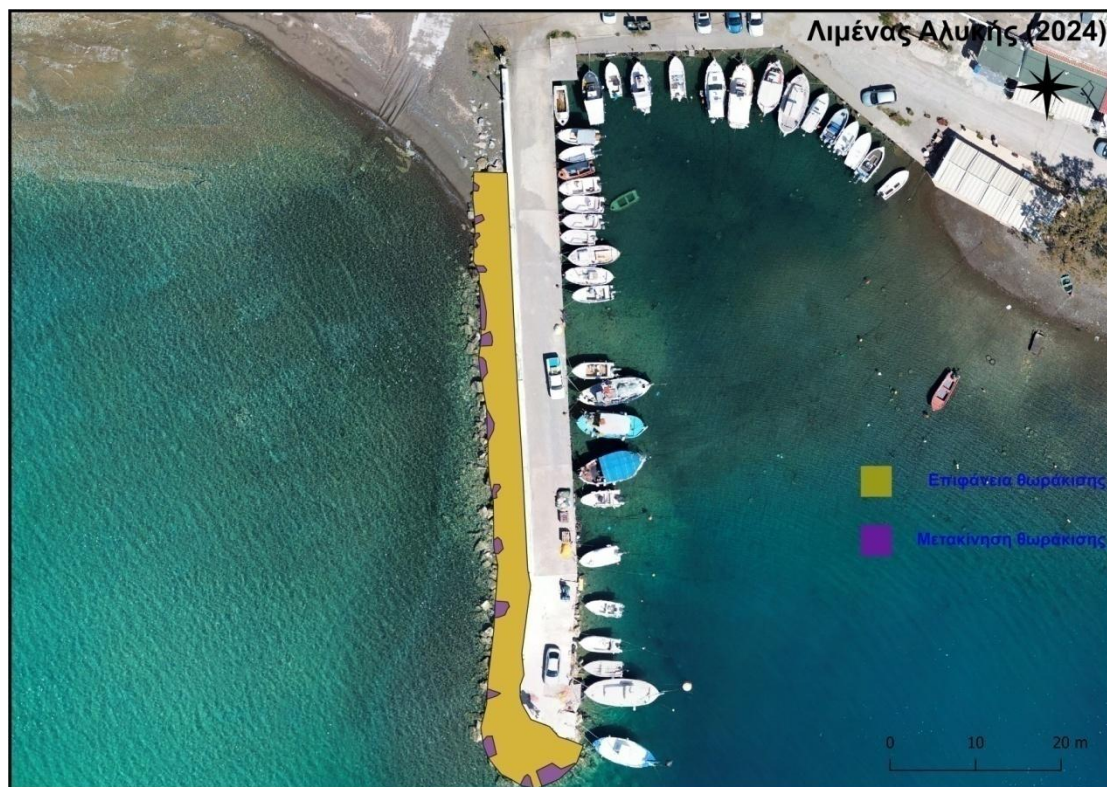
Εικόνα 6-125. Αποτύπωση Λιμένα 2-Άγιος Νικόλαος έτους 2021 ως προς την παράμετρο T.9: Μετακίνηση ογκολίθων θωράκισης έργου προστασίας. (Πηγή: Tsaimou et al., 2023).



Εικόνα 6-126. Αποτύπωση Λιμένα 2-Άγιος Νικόλαος έτους 2024 ως προς την παράμετρο T.9: Μετακίνηση ογκολίθων θωράκισης έργου προστασίας.



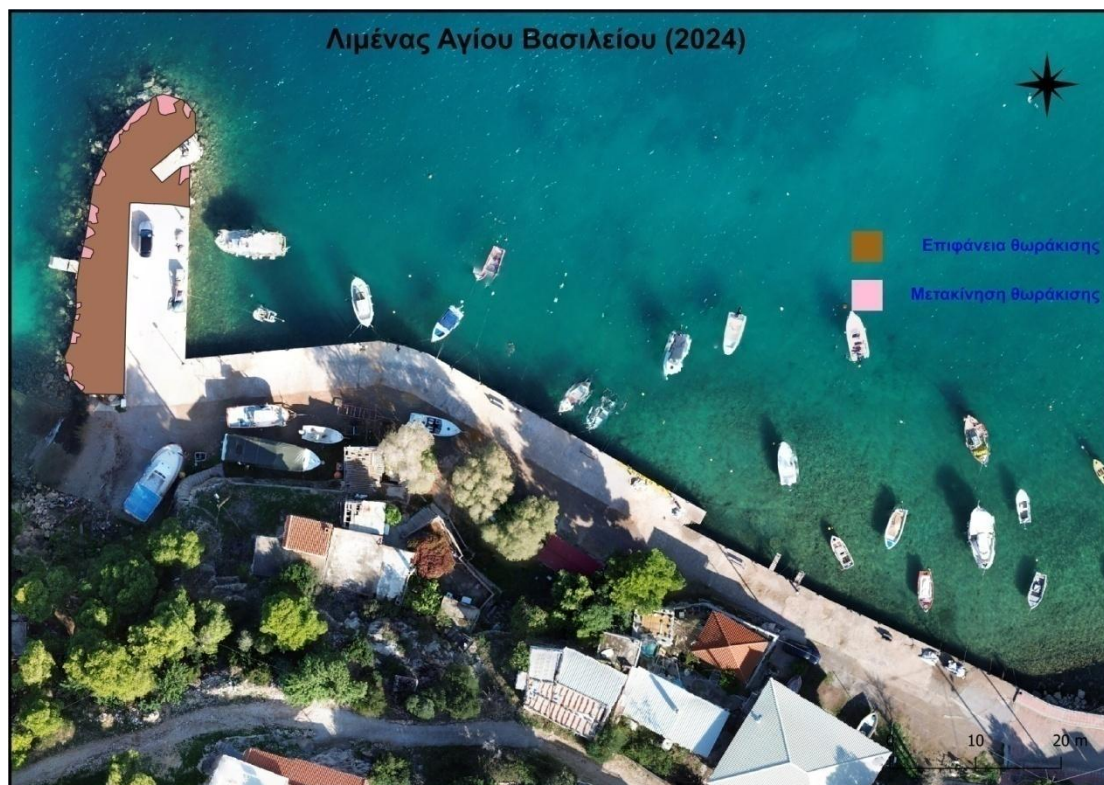
Εικόνα 6-127. Αποτύπωση Λιμένα 3-Αλυκή έτους 2021 ως προς την παράμετρο T.9: Μετακίνηση ογκολίθων θωράκισης έργου προστασίας. (Πηγή: Tsaimou et al., 2023).



Εικόνα 6-128. Αποτύπωση Λιμένα 3-Αλυκή έτους 2024 ως προς την παράμετρο T.9: Μετακίνηση ογκολίθων θωράκισης έργου προστασίας.



Εικόνα 6-129. Αποτύπωση Λιμένα 4-Άγιος Βασίλειος έτους 2021 ως προς την παράμετρο T.9: Μετακίνηση ογκολίθων θωράκισης έργου προστασίας. (Πηγή: Tsaimou et al., 2023).



Εικόνα 6-130. Αποτύπωση Λιμένα 4-Άγιος Βασίλειος έτους 2024 ως προς την παράμετρο T.9: Μετακίνηση ογκολίθων θωράκισης έργου προστασίας.

7 Συμπεράσματα & Προτάσεις

7.1 Γενικά

Στην παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε διερεύνηση των αλλαγών στις παραμέτρους τρωτότητας των έξι προαναφερθεισών παράκτιων περιοχών του Δήμου Θηβαίων στον Κορινθιακό Κόλπο και των τεσσάρων αλιευτικών καταφυγίων που συναντώνται στην ακτογραμμή τους. Τα δεδομένα που αποκτήθηκαν για την αποτύπωση και την ανάλυση των μεταβολών, συλλέχθηκαν από γεωαναφερμένες εικόνες, με τις οποίες κατασκευάστηκαν ορθοφωτοχάρτες, κατά το έτος 2021 (Τεχνική Έκθεση ΕΛΕ ΕΜΠ, Tsaimou et al., 2023) και κατά το έτος 2024, για τις ανάγκες της συγκεκριμένης έρευνας. Πραγματοποιήθηκε παρακολούθηση φυσικών, τεχνικών, περιβαλλοντικών και κοινωνικοοικονομικών παραμέτρων που επηρεάζουν την παράκτια τρωτότητα και τεχνικών παραμέτρων που επηρεάζουν την τρωτότητα των λιμένων. Η επιλογή των παραμέτρων, έγινε με βάση τη δυνατότητα αναγνώρισης των μεταβολών που συντελούνται σε ακτές και λιμένες καθώς επίσης και των φθορών που παρατηρούνται στις λιμενικές υποδομές, με διεξαγωγή πτήσεων, χρησιμοποιώντας μη επανδρωμένα αεροσκάφη.

7.2 Συμπεράσματα από την εκτίμηση της παράκτιας τρωτότητας και της τρωτότητας λιμένων με ΣμηΕΑ

Η χρήση μη επανδρωμένων αεροσκαφών αναβαθμίζει τη μεθοδολογία παρακολούθησης ακτών και λιμένων. Η λήψη και η επεξεργασία φωτογραφιών από τις κάμερες υψηλής ευκρίνειας που διαθέτουν, συμβάλουν στην απόδοση της συνολικής εικόνας της παράκτιας ζώνης και των περιοχών εκατέρωθεν αυτής, συμπεριλαμβανομένων και των λιμένων. Ο γεωεντοπισμός και η επεξεργασία σε γεωπληροφοριακό λογισμικό, δίνουν τη δυνατότητα σωστής διαχείρισης των πληροφοριών, τον υπολογισμό διαφόρων χαρακτηριστικών σε όλο το μήκος της διερευνώμενης ακτογραμμής και τείνει να χρησιμοποιείται από μεγάλο αριθμό ερευνητών.

Οι κυριότερες μεταβολές που καταγράφηκαν από τη διενέργεια αυτόνομων πτήσεων, οι οποίες επηρέασαν τις παραμέτρους που λήφθηκαν υπόψη, είναι αποτελέσματα φυσικών παραγόντων, όπως η απόθεση κροκαλοαμμώδων υλικών σε τμήμα ακτογραμμής της παραλίας Σκέρφι (Παραλία Σαράντη), λόγω πιθανώς αυξημένης ροής του ρέματος που εντοπίζεται στην συγκεκριμένη περιοχή. Η διεργασία αυτή, καθώς επίσης και τα διαβρωτικά φαινόμενα κατά μήκος του παράκτιου δρόμου, καταδεικνύουν την εκδήλωση έντονων

καταιγίδων που προκαλούν πλημμύρες, με φερτά υλικά να καταλήγουν στον παράκτιο χώρο. Στην ίδια περιοχή παρατηρήθηκαν αλλαγές στις φυτεύσεις και στη δόμηση, αποτέλεσμα της πυρκαγιάς που ξέσπασε στην περιοχή της Παραλίας Σαράντη τον Αύγουστο του 2023, μετά από μια παρατεταμένη περίοδο ιδιαίτερος υψηλών θερμοκρασιών που καταγράφηκαν στην εν λόγω περιοχή το συγκεκριμένο διάστημα, σε συνδυασμό με το έντονο αιολικό δυναμικό της ευρύτερης περιοχής του Δήμου Θηβαίων.

Επιπρόσθετα, μεταβολές καταγράφηκαν στην παραλία Λιβαδόστρας, με σημαντικότερη την εκτροπή της εκβολής του χειμάρρου Λιβαδόστρα, στην ομώνυμη περιοχή, χρησιμοποιώντας αδρανή υλικά, επηρεάζοντας τη ροή του χειμάρρου και το πλάτος της ακτής στη συγκεκριμένη περιοχή αλλά και επιβαρύνοντας την όψη του τοπίου.

Από την παρακολούθηση της τρωτότητας στις παράκτιες περιοχές ενδιαφέροντος, εξάγονται τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- ✓ Κατά τη διερεύνηση των φυσικών παραμέτρων για την τρωτότητα των ακτών, παρατηρούνται σημαντικές μεταβολές ως προς τις παραμέτρους Φ.2: Εξέλιξη της ακτογραμμής και Φ.8: Πλάτος ακτής. Ως προς την πρώτη παράμετρο, όλες οι παράκτιες περιοχές επηρεάζονται ευνοϊκά εκτός από τον Άγιο Νικόλαο και συγκεκριμένα το βορειοδυτικό άκρο της ακτογραμμής του και η Παραλία Λιβαδόστρας, όπου παρατηρείται αύξηση της τρωτότητας. Ως προς την δεύτερη παράμετρο, παρατηρήθηκαν μεταβολές σε όλες τις παράκτιες περιοχές αλλά μόνο στην Παραλία Λιβαδόστρας παρατηρείται αύξηση της τρωτότητας. Ως προς την διεύρυνση της παραμέτρου Φ.3.1: Χερσαία κλίση, δεν παρατηρούνται μεταβολές, ενώ ως προς την παράμετρο Φ.9: Απόσταση από φυτεύσεις, επηρεάζεται ευνοϊκά η Παραλία Σαράντη και συγκριμένα το τμήμα της ακτής κατά μήκος της διακεκαυμένης έκτασης, παρόλο που γενικά αυξάνεται ο κίνδυνος παράκτιας διάβρωσης κατά την εκδήλωση καταιγίδων λόγω επιφανειακής απορροής. Ο Άγιος Νικόλαος επηρεάζεται δυσμενώς, λόγω της δενδροφύτευσης κατά μήκος της ακτογραμμής που εντοπίστηκε.
- ✓ Κατά τη διερεύνηση των τεχνικών παραμέτρων για την τρωτότητα των ακτών, δεν παρατηρούνται μεταβολές, καθώς δεν εντοπίστηκαν αλλαγές στη δόμηση και δεν κατασκευάστηκαν νέοι παράκτιοι δρόμοι ή παράκτια έργα προστασίας.
- ✓ Όλες οι υπό εξέταση περιοχές συνεχίζουν να εντάσσονται στο Δίκτυο NATURA 2000, οπότε εξακολουθούν να λαμβάνουν το δυσμενέστερο βαθμό τρωτότητας,
- ✓ Κατά την διερεύνηση των κοινωνικοοικονομικών παραμέτρων για την τρωτότητα των ακτών, δεν παρατηρούνται μεταβολές, καθώς δεν εντοπίστηκαν αλλαγές ή

επεκτάσεις στους οικισμούς, ώστε να επηρεάζουν την απόσταση από τις ακτές, μεταβολές στο οδικό δίκτυο ή αλλαγές στις χρήσεις γης.

Παρακολουθώντας την τρωτότητα των λιμένων και συγκεκριμένα τις τεχνικές παραμέτρους, εξάγονται τα εξής:

- ✓ Ως προς τις παραμέτρους T.1: Μέγεθος Λιμένα, T.2: Απόσταση από κύριους δρόμους, T.3: Απόσταση από κοντινότερο λιμένα, T.4: Χωρητικότητα λιμένα και T.5: Πληρότητα λιμένα, δεν εντοπίζονται μεταβολές.
- ✓ Παρατηρούνται μεταβολές στις παραμέτρους T.6: Ρωγμές στην επιφάνεια του προβλήτα, T.7: Χημική διάβρωση ανωδομής, T.8: Απολέπιση σκυροδέματος και T.9: Μετακίνηση θωράκισης κυματοθραύστη. Συγκεκριμένα, παρατηρούνται ρωγμές στο αλιευτικό καταφύγιο του Αγίου Βασιλείου, που δεν είχαν εντοπιστεί στην προγενέστερη αναφερόμενη ως άνω έρευνα και γενικά παρατηρείται μια μικρή αύξηση στις υπόλοιπες τρεις παραμέτρους. Σημαντικές φθορές παρατηρούνται στην κατάσταση του σκυροδέματος των αλιευτικών καταφυγίων Αγίου Βασιλείου και Αλυκής, όπου στο μεν πρώτο, παρατηρείται απολέπιση στο σύνολο της έκτασης του, στο δε δεύτερο σε ποσοστό άνω του 60%, γεγονός που τα καθιστά πολύ τρωτά ως προς τη συγκεκριμένη παράμετρο.

Από τη συνολική διερεύνηση της παράκτιας τρωτότητας και της τρωτότητας των λιμένων στην παρούσα διπλωματική εργασία, συμπεραίνεται ότι μπορεί να πραγματοποιηθεί επιτυχώς η καταγραφή και η αποτύπωση των μεταβολών της κατάστασης ακτών και λιμένων ταυτόχρονα, χρησιμοποιώντας ως μέσο τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη.

Θα πρέπει να σημειωθεί, ότι τα αποτελέσματα από την παρακολούθηση της παράκτιας τρωτότητας και της τρωτότητας λιμένων, αφορούν στις μετρήσεις των παραμέτρων που επιλέχθηκαν βάσει των δυνατοτήτων της χρήσης μη επανδρωμένων αεροσκαφών.

7.3 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Από την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής έρευνας και την προσπάθεια παρακολούθησης της τρωτότητας στον παράκτιο χώρο, συμπεραίνεται ότι τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη αποτελούν ένα πολύ καλό εργαλείο καταγραφής και αποτύπωσης της κατάστασης σε ακτές και λιμένες. Για την περαιτέρω αναβάθμιση και ενίσχυση της έρευνας με τη χρησιμοποίηση αυτής της μεθοδολογίας, προτείνονται τα εξής:

- ✓ Διαμόρφωση ψηφιακών βάσεων δεδομένων με ανατροφοδότηση μέσα από συστηματικές παρακολουθήσεις με ΣμηΕΑ για κάθε ακτή και λιμένα, ώστε να

υπάρχει η δυνατότητα αναζήτησης στοιχείων και σύγκρισης με μεταγενέστερες έρευνες.

- ✓ Συνδυασμός της τηλεπισκόπησης με χρήση ΣμηΕΑ, με άλλες μεθόδους τηλεπισκόπησης (δορυφόρους, συστήματα επίγειων σταθερών καμερών κ.α.), αλλά και ο συνδυασμός με διαφορετικού τύπου μη επανδρωμένα οχήματα (θαλάσσια, υποβρύχια, εδάφους), μπορεί να αποτελέσει ενδιαφέρουσα πρακτική για την πληρέστερη και πιο λεπτομερειακή εκτίμηση των μεταβολών της τρωτότητας.
- ✓ Ενίσχυση της περιοδικότητας της παρακολούθησης με προγραμματισμένες πτήσεις ανά συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα, ώστε να επιτυγχάνεται συνεχής ροή δεδομένων, ώστε να ενημερώνονται οι βάσεις δεδομένων και να αποτυπώνονται οι μεταβολές χωρικά και χρονικά.
- ✓ Εφαρμογή της μεθόδου μετά από την εκδήλωση έκτακτων γεγονότων (ακραία καιρικά φαινόμενα, σεισμοί κ.α.), ώστε γίνει άμεσα η καταγραφή των μεταβολών και να υπάρχει δυνατότητα έγκαιρης επέμβασης όπου κριθεί απαραίτητο, ώστε να μετριαστούν οι δυσμενείς επιπτώσεις.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Aber, J. S., Marzloff, I., Ries, J. B., & Aber S., E. W. (2019). Chapter 3 - Principles of Photogrammetry. In *Small-Format Aerial Photography and UAS Imagery* (2nd ed.). Academic Press.
- Achillopoulou, D. V., Mitoulis, S. A., Argyroudis, S. A., & Wang, Y. (2020). Monitoring of transport infrastructure exposed to multiple hazards: A roadmap for building resilience. *Science of The Total Environment*. Vol. 746. 141001.
- Adapting to Rising Tides (ART), (2012). Vulnerability & Risk Assessment Report. *San Francisco Bay Conservation and Development Commission*.
- Ahn, M.-S., Kim, D., Sperber, K. R., Kang, I.-S., Maloney, E., Waliser, D. & Hendon, H. (2017). MJO simulation in CMIP5 climate models: MJO skill metrics and process-oriented diagnosis. *Climate Dynamics*. Vol. 49(11-12). 4023–4045.
- Allan, J. C., & Komar, P. D. (2006). Climate Controls on US West Coast Erosion Processes. *Journal of Coastal Research*, Vol. 223, 511–529. American Society of Civil Engineers (ASCE). (2021). 2021 Report card for America’s Infrastructure. *asce.org*.
- Apostolopoulos, D. & Nikolakopoulos, K. (2023). A review and meta-analysis of remote sensing data, GIS methods, materials and indices used for monitoring the coastline evolution over the last twenty years. *European Journal of Remote Sensing*. Vol. 54. Issue. 1. 240-265.
- Arkema K.K., Greg Guannel, G., Verutes, G., Wood, S.A., Guerry, A., Ruckelshaus, M., Kareiva, P., Lacayo, M. & Silver M.J. (2013). Coastal habitats shield people and property from sea-level rise and storms. *Nature Climate Change*. Vol. 3. 913-918.
- Armenio, E., Mossa, M., & Petrillo, A. F. (2021). Coastal vulnerability analysis to support strategies for tackling COVID-19 infection. *Ocean & Coastal Management*. Vol. 211. 105731.
- Arun Kumar, A., & Kunte, P. D. (2012). Coastal vulnerability assessment for Chennai, east coast of India using geospatial techniques. *Natural Hazards*. Vol. 64(1), 853–872.
- ASCE. (2015). Waterfront Facilities Inspection and Assessment. Reston, Virginia: American Society of Civil Commission. *ASCE library*.
- Aubouin, J. (1959) Contribution à l’ étude géologique de la Grèce septentrionale: Le confins de l’ Epire et de la Thessalie. *Annales Géologiques des Pays Helléniques*. Vol. 10, 525.
- Bahinipati, C. S. (2014). Assessment of vulnerability to cyclones and floods in Odisha, India: a district-level analysis. *Current Science Association*. Vol. 107. No. 12. 1997-2007.
- Balica, S.F., Wright, N.G. & van der Meylen, F. (2012). A flood vulnerability index for coastal cities and its use in assessing climate change impacts. *Springer. Natural Hazards*. Vol. 64. 73-105.
- Baptista, P., Coelho, C., Pereira, C., Bernardes, C., & Veloso-Gomes, F. (2014). Beach morphology and shoreline evolution: Monitoring and modelling medium-term responses (Portuguese NW coast study site). *Coastal Engineering*. Vol. 34. 23-37.
- Bennett, E. M., Cramer, W., Begossi, A., Cundill, G., Díaz, S., Egoh, B. N., Woodward, G. (2015). Linking biodiversity, ecosystem services, and human well-

- being: three challenges for designing research for sustainability. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. Vol. 14. 76-85.
- Bennett, N.J., Dearden, P., Murray, G. & Kadfak, A. (2014). The capacity to adapt?. Communities in a changing climate, environment, and economy on the northern Andaman coast of Thailand. *Ecology and Society*. Vol. 19, Issue. 2.
 - Bernhardt, J. & Leslie, H.M. (2013). Resilience to climate change in coastal marine ecosystems. *Annual Review of Marine Science*. 2013. 5:371-392.
 - Boruff, B. J., Emrich, C., & Cutter, S. L. (2005). Erosion Hazard Vulnerability of US Coastal Counties. *Journal of Coastal Research*. Vol. 215, 932–942.
 - Bocchini, P., Frangopol, D. M., Ummenhofer, T., & Zinke, T. (2014). Resilience and Sustainability of Civil Infrastructure: Toward a Unified Approach. *Journal of Infrastructure Systems*, 20(2), 04014004.
 - Burke, C., Longmore, S. N., Rashman, M., McAree, O., Piel, A., Wich, S. A., & Hambrecht, L. (2018). Addressing environmental and atmospheric challenges for capturing high-precision thermal infrared data in the field of astro-ecology. *SPIE Digital Library*.
 - Campell, J.B. & Wynne, R.H. (2011). Introduction to Remote Sensing. *Remote Sensing*. Sixth edition.
 - Cao, X. & Lam J.S.L. (2019). A fast reaction-based port vulnerability assessment: Case of Tianjin Port explosion. *Transportation Research Part A: Policy and Practise*. Vol. 128, 11-33.
 - Chalastani, V., Pantelidis, A., Feloni, E., Papadimitriou, A., Tsaimou, C., Nisiforou, O. & Tsoukala, V.K. Development of a Complex Vulnerability Index for Fishing Shelters—The Case of Cyprus. *Journal of Marine Science and Engineering*. Vol. 10. Issue. 10.
 - Chapapria, V. E., Peris, J. S., & González-Escrivá, J. A. (2022). Coastal Monitoring Using Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) for the Management of the Spanish Mediterranean Coast: The Case of Almenara-Sagunto. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. Vol. 19(9). 5457.
 - Chavez, F., Pennington, J. T., Michisaki, R., Blum, M., Chavez, G., Friederich, J., Jones, B., Herlien, R., Kieft, B., Hobson, B., Ren, A.S., Ryan, J., Sevadjan, J.C., Wahl, C., Walz, K.R., Yamahara, K., Friederich, G.E. & Messié, M. (2017). Climate Variability and Change: Response of a Coastal Ocean Ecosystem. *Oceanography*, Vol. 30. Issue. 4. 128–145.
 - Chhetri, P., Corcoran, J., Gekara, V., Maddox, C., & McEvoy, D. (2014). Seaport resilience to climate change: mapping vulnerability to sea-level rise. *Journal of Spatial Science*. Vol. 60. Issue. 1. 65–78.
 - Chiabrande, F., Nex, F., Piatti, D., & Rinaudo, F. (2011). UAV and RPV systems for photogrammetric surveys in archaeological areas: two tests in the Piedmont region (Italy). *Journal of Archaeological Science*. Vol. 38(3). 697–710.
 - Cho, H.; Park, H. (2017). Constructing Resilience Model of Port Infrastructure based on System Dynamics. *Int. J. Saf. Secur. Eng.*, 7, 352–360.
 - Choi, H. W., Kim, H.J. & Na, W.S. (2013). An Overview of Drone Applications in the Construction Industry. *Drones*. MDPI. Vol. 7(8).
 - Christodoulou, A., Christidis, P., & Demirel, H. (2018). Sea-level rise in ports: a wider focus on impacts. *Maritime Economics & Logistics*. Vol. 21. 482–496.

- Colomina, I., & Molina, P. (2014). Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. Vol. 92. 79–97.
- Cook, K. L. (2017). An evaluation of the effectiveness of low-cost UAVs and structure from motion for geomorphic change detection. *Geomorphology*. Vol. 278. 195–208.
- Cooper, J. A. G., & Pilkey, O. H. (2004). Sea-level rise and shoreline retreat: time to abandon the Bruun Rule. *Global and Planetary Change*. Vol. 43. Issue. 3-4. 157–171.
- D' Oleire-Oltmanns, S., Marzloff, I., Peter, K., & Ries, J. (2012). Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for Monitoring Soil Erosion in Morocco. *Remote Sensing*. Vol. 4(11), 3390–3416.
- Daiki Satomura, (2023). Improvement of Efficiency of Infrastructure Maintenance of Port and Harbor Facilities by Using UAVs. *The 33rd International Ocean and Polar Engineering Conference, Ottawa, Canada*.
- De Serio, F., Armenio, E., Mossa, M., & Petrillo, A. F. (2018). How to Define Priorities in Coastal Vulnerability Assessment. *MDPI. Geosciences*, Vol.8. Issue. 11.
- Diez, P.G., Perillo, G.M.E. & Piccolo, M.C. (2007). Vulnerability to Sea-Level Rise on the Coast of the Buenos Aires Province. *Journal of Coastal Research*. Vol. 23, N. 1 (231).
- Di Luccio, D., Benassai, G., Di Paola, G., Roskopf, C., Mucerino, L., Montella, R., & Contestabile, P. (2018). Monitoring and Modelling Coastal Vulnerability and Mitigation Proposal for an Archaeological Site (Kaulonia, Southern Italy). *Sustainability*, 10(6), 2017.
- Doody, J.P. (2004). Coastal squeeze – an historical perspective. *Journal of Coastal Conservation*, Vol. 10, 129-138.
- Doukakis, E. (2005). Coastal Vulnerability and Risk Parameters. *EWRA. European Water*. 11/12: 3-7.
- Drummond, C.D., Harley, M.D., Turner, I.L., Matheen, A.M.A. & Glamore, W.C. (2015). UAV applications to coastal engineering. *Australian Coasts and Ports 2015 Conference*. 267-272.
- Dryden, H., & Duncan, D. (2022). Climate Disruption Caused by a Decline in Marine Biodiversity and Pollution. *International Journal of Environment and Climate Change*, Vol. 12. Issue. 11. 3414-3436.
- European Commission. (2004). 2004 Communication from the Commission-European Neighborhood Policy- Strategy Paper.
- European Environment Agency, (2017), Air Quality in Europe-2017 Report, European Union, <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2017>.
- European Environment Information and Observation Network, (2011). Methods for assessing coastal vulnerability to climate change - ETC/CCA Technical Paper 1/2011.
- Ferrentino, E., Famiglietti, N.A., Nunziata, F. & Inserra, G. The Use of Satellite Synthetic Aperture Radar Imagery to Assist in the Monitoring of the Time Evolution of Challenging Coastal Environments: A Case Study of the Basilicata Coast. *Environments*. Vol. 10. Issue. 12.
- Foti, R., Ramirez, J. A., & Brown, T. C. (2014). A probabilistic framework for assessing vulnerability to climate variability and change: the case of the US water supply system. *Climatic Change*. Vol. 125. Issue. 3-4. 413–427.

- Gaki-Papanastassiou, K., Karymbalis, E., Poulos, S., Seni, A. & Zouva, C. Coastal vulnerability assessment to sea-level rise based on geomorphological and oceanographical parameters: the case of Argolikos Gulf, Peloponnese, Greece. *Hellenic Journal of Geosciences*. Vol. 45. 109-122.
- Gonçalves, J. A., & Henriques, R. (2015). UAV photogrammetry for topographic monitoring of coastal areas. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 104, 101–111.
- Gornitz, V., (1991). Global coastal hazards from future sea level rise. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. Vol. 89, Issue 4, 379-398.
- Gornitz, V., White, T.W. & Daniels, R.C. (1992). A coastal hazards data base for the US East Coast. *U.S. Department of Energy Office of Scientific and Technical Information*.
- Gornitz, V., Rosenzweig, C., & Hillel, D. (1997). Effects of anthropogenic intervention in the land hydrologic cycle on global sea level rise. *Global and Planetary Change*. Vol. 14(3-4), 147–161.
- Grenzdorffer, G.J. (2014). Crop height determination with UAS point clouds. *The International Archives of the Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences XL-1(1)*.
- Hallegatte, S., Patmore, N., Mestre, O., Dumas, P., Corfee-Morlot, J., Herweijer, C., & Muir-Wood, R. (2009). Assessing climate change impacts, sea level rise and storm surge risk in port cities: A case study on Copenhagen. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Vol. 6. Issue. 33. 332021.
- Hamid, A.I.A., Din, H.M., Yusof, N., Abdullah, N. M., Omar, A.H. and Khanan, M.F.A. (2019). Coastal Vulnerability Index Development: A Review. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. Vol. XLII-4/W16.
- Harley, M. D., Turner, I. L., Short, A. D., & Ranasinghe, R. (2011). Assessment and integration of conventional, RTK-GPS and image-derived beach survey methods for daily to decadal coastal monitoring. *Coastal Engineering*. Vol. 58. Issue. 2. 194–205.
- Havko, J., Titko, M. & Kovacova, J., (2017). Vulnerability of the city infrastructure as a part of the resilient city concept. *Procedia Engineering*. Hegde, A.V. & Reju, V.A. (2007). Development of Coastal Vulnerability Index for Mangalore Coast, India. *Journal of Coastal Research*. Vol. 23, N. 5 (235).
- Hinkel, J., Nicholls, R. J., Vafeidis, A. T., Tol, R. S. J., & Avagianou, T. (2010). Assessing risk of and adaptation to sea-level rise in the European Union: an application of DIVA. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. Vol. 15. Issue. 7. 703–719.
- Holman, R. A., & Stanley, J. (2007). The history and technical capabilities of Argus. *Coastal Engineering*. Vol. 54. Issue. 6-7. 477–491.
- Hsieh, C.-H., Tai, H.-H., & Lee, Y.-N. (2014). Port vulnerability assessment from the perspective of critical infrastructure interdependency. *Maritime Policy & Management*. Vol. 41. Issue. 6. 589–606.
- Hubert, A., King, G., Armijo, R., Meyer, B. & Papanastasiou, D. (1996). Fault re-activation, stress interaction and rupture propagation of the 1981 Corinth earthquake sequence. *Earth and Planetary Science Letters*, 142, 573-585.

- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (1990-1992). IPCC First Assessment Report. <https://www.ipcc.ch/report/climate-change-the-ipcc-1990-and-1992-assessments/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (1995). SAR Climate Change 1995: Synthesis Report. <https://www.ipcc.ch/report/ar2/syr/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2001). TAR Climate Change 2001: The Scientific Basis. <https://www.ipcc.ch/report/ar2/wg1/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2007). AR4 Climate Change 2007: Synthesis Report. <https://www.ipcc.ch/report/ar4/syr/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2014). AR5 Synthesis Report: Climate Change 2014. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. <https://www.ipcc.ch/report/ar2/wg2/>
- Iorhen, P.T. (2021). Vulnerability: Types, causes, and coping mechanisms. *International Journal of Science and Management Studies (IJSMS)*. Vol. 4. Issue. 3.
- Izaguirre, C., Losada, I. J., Camus, P., Vigh, J. L., & Stenek, V. (2020). Climate change risk to global port operations. *Nature Climate Change*. Vol. 11. Issue. 1. 14–20.
- Jana, A., Maiti, S. & Biswas, A. (2016). Analysis of short-term shoreline oscillations along Midnapur-Balasore Coast, Bay of Bengal, India: a study based on geospatial technology. *Springer. Modeling Earth Systems and Environment*. Vol. 2. Issue 64.
- Jian, W., Yong Kui, Z. & Xin, Y. (2019). Study on vibration reduction of crane monitoring system. *Journal of Physics Conference Series* 1187. Issue. 3. 032057.
- Jofré-Briceño, C., Muñoz-La Rivera, F., Atencio, E. & Herrera F.R. (2021). Implementation of Facility Management for Port Infrastructure through the Use of UAVs, Photogrammetry and BIM. *Sensors. MDPI*. <https://www.mdpi.com/1424-8220/21/19/6686>.
- Kantamaneni, K., Oakley, J.A., Jenkins, R.E. & Ibeabouchi, K.O. (2015). Could the UK Economy Be Impacted by an Increase in Tornado Occurrence?. *The International Journal of Climate Change Impacts and Responses*. Vol. 6. Issue. 2. 29-39.
- Kantamaneni, K., Phillips, M., Thomas, T., & Jenkins, R. (2018). Assessing coastal vulnerability: Development of a combined physical and economic index. *Ocean & Coastal Management*. Vol. 158. 164–175.
- Kantamaneni, K., Sudha Rani, N. N. V., Rice, L., Sur, K., Thayaparan, M., Kulatunga, U., Rege, R., Yenneti, K., Campos, L. (2019). A Systematic Review of Coastal Vulnerability Assessment Studies along Andhra Pradesh, India: A Critical Evaluation of Data Gathering, Risk Levels and Mitigation Strategies. *MDPI. Water* 2019. Vol.11. Issue. 2.
- Kaviris, G., Kapetanidis, V., Spingos, I., Sakellariou, N., Karakonstantis, A., Kouskouna, V., Elias, P., Karavias, A., Sakkas, V., Gatsios, T., Kassaras, I., Alexopoulos, J., Papadimitriou, P., Voulgaris, N. & Parcharidis, I. (2022). Investigation of the Thiva 2020–2021 Earthquake Sequence Using Seismological Data and Space Techniques. *Appl. Sci.* 2022, 12(5).
- Kienberger, S. (2014). Participatory mapping of flood hazard risk in Munamicua, district of Buzi, Mozambique. *Journal of Maps*. Vol. 10, Issue 2.

- Koeva, M., Muneza, M., Gevaert, C., Gerke, M., & Nex, F. (2016). Using UAVs for map creation and updating. A case study in Rwanda. *Survey Review*. Vol. 50(361), 312–325.
- Kontogianni, A., Damigos, D., Kyrtzoglou, T., Tourkolias, C., & Skourtos, M. (2018). Development of a composite climate change vulnerability index for small craft harbours. *Environmental Hazards*. Vol. 1. Issue. 18.
- Krabill, W. (2000). Greenland Ice Sheet: High-Elevation Balance and Peripheral Thinning. *Science*. Vol. 289(5478), 428–430.
- Krystosik-Gromadzińska, A.M. (2022). The use of drones in the maritime sector – areas and benefits. https://www.researchgate.net/publication/360053361_The_use_of_drones_in_the_maritime_sector_-_areas_and_benefits.
- Kumar, S., Mahendra, R.S., Nayak, S., Radhakrishnan, K. & Sahu, K.C. (2010). Coastal Vulnerability Assessment for Orissa State, East Coast of India. *Journal of Coastal Research*. Vol. 26(3), 523-534.
- Kumar, S., Jha, P., Baier, K., Jha, R., & Azzam, R. (2012). Pollution of Ganga River Due to Urbanization of Varanasi. *Environment and Urbanization ASIA*, Vol. 3. Issue. 2. 343–352.
- Kumar, S., Raizada, A., Biswas, H., Srinivas, S., & Mondal, B. (2016). Application of indicators for identifying climate change vulnerable areas in semi-arid regions of India. *Ecological Indicators*, 70, 507–517.
- Lam, J. S. L., & Lassa, J. A. (2016). Risk assessment framework for exposure of cargo and ports to natural hazards and climate extremes. *Maritime Policy & Management*. Vol. 44. Issue. 1. 1–15.
- Laporte-Fauret, Q., Marieu, V., Castelle, B., Michalet, R., Bujan, S., & Rosebery, D. (2019). Low-Cost UAV for High-Resolution and Large-Scale Coastal Dune Change Monitoring Using Photogrammetry. *Journal of Marine Science and Engineering*. Vol. 6.
- Le Mauff, B., Juigner, M., Ba, A., Robin, M., Launeau, P., & Fattal, P. (2018). Coastal monitoring solutions of the geomorphological response of beach-dune systems using multi-temporal LiDAR datasets (Vendée coast, France). *Geomorphology*. Vol. 304. 121–140.
- Lee, G., Nicholls, R. J., & Birkemeier, W. A. (1998). Storm-driven variability of the beach-nearshore profile at Duck, North Carolina, USA, 1981–1991. *Marine Geology*. Vol. 148. Issue. 3-4. 163–177.
- León-Mateos, F., Sartal, A., López-Manuel, L., & Quintás, M. A. (2021). Adapting our sea ports to the challenges of climate change: Development and validation of a Port Resilience Index. *Marine Policy*. Vol. 130. 104573.
- Lewis, Q. W., Edmonds, D. A., & Yanites, B. J. (2020). Integrated UAS and Lidar Reveals the Importance of Land Cover and Flood Magnitude on the Formation of Incipient Chute Holes and Chute Cutoff Development. *Earth Surface Processes and Landforms*. Vol. 45. 1441-1455.
- Lewsey, C., Cid, G., & Kruse, E. (2004). Assessing climate change impacts on coastal infrastructure in the Eastern Caribbean. *Marine Policy*. Vol. 28. Issue. 5. 393–409.

- Linham, M. M., & Nicholls, R. J. (2012). Adaptation technologies for coastal erosion and flooding: a review. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Maritime Engineering*. Vol. 165. Issue. 3. 95–112.
- Liu, P.-L., & Yeh, P.-L. (2012). Imaging Methods of Concrete Structure Based on Impact-Echo Test. *Nondestructive Testing Methods and New Applications*. Croatia InTech.
- LHW. Sustainable Development Plan and Integrated Coastal Zone Management for the Municipality of Thiva through Consideration of Coastal Vulnerability and Potential Effects of Climate Change—Stage A, Stage B. *Laboratory of Harbour Works, National Technical University of Athens: Athens, Greece, 2021*.
- Madipally, R., Nair, L.S., Raj, V.A. & Serunkumar, S.G. (2013). Advanced Remote Sensing Methods for High-Resolution, Cost-Effective Monitoring of the Coastal Morphology Using Video Beach Monitoring System (VBMS), CoastSnap, and CoastSat Techniques. *Coasts, Estuaries and Lakes* (pp.427-444).
- Mahendra, R. S., Mohanty, P. C., Bisoyi, H., Kumar, T. S., & Nayak, S. (2011). Assessment and management of coastal multi-hazard vulnerability along the Cuddalore–Villupuram, east coast of India using geospatial techniques. *Ocean & Coastal Management*, Vol. 54. Issue. 4. 302–311.
- Malthus, T. J., & Mumby, P. J. (2003). Remote sensing of the coastal zone: An overview and priorities for future research. *International Journal of Remote Sensing*. Vol. 24. Issue. 13. 2805–2815.
- Mani Murali, R., Ankita, M., Amrita, S., & Vethamony, P. (2013). Coastal vulnerability assessment of Puducherry coast, India, using the analytical hierarchical process. *Natural Hazards and Earth System Sciences*. Vol. 13. Issue. 12. 3291–3311.
- McIntosh, R. D., & Becker, A. (2019). Expert evaluation of open-data indicators of seaport vulnerability to climate and extreme weather impacts for U.S. North Atlantic ports. *Ocean & Coastal Management*. Vol. 180. 104911.
- McIntosh, R. D., & Becker, A. (2020). Applying MCDA to weight indicators of seaport vulnerability to climate and extreme weather impacts for U.S. North Atlantic ports. *Environment Systems and Decisions*. Vol. 40.
- McLaughlin, S., McKenna, J., & Cooper, J. A. G. (2002). Socio-economic data in coastal vulnerability indices: constraints and opportunities. *Journal of Coastal Research*. Vol. 36, 487–497.
- McLaughlin, S. & Cooper, J.A.G. (2010). A multi-scale coastal vulnerability index: A tool for coastal managers? *Environmental Hazards*, Vol. 9. Issue 3.
- McLaughlin, J. F., Hellmann, J. J., Boggs, C. L., & Ehrlich, P. R. (2002). Climate change hastens population extinctions. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*., 99(9), 6070–6074.
- Meehl, G. A., Washington, W. M., Santer, B. D., Collins, W. D., Arblaster, J. M., Hu, A., Lawrence, D.M., Teng, H., Buja, L.E. & Strand, W. G. (2006). Climate Change Projections for the Twenty-First Century and Climate Change Commitment in the CCSM3. *Journal of Climate*, 19(11), 2597–2616.
- Melchers, R. E. (2020). Long-Term Durability of Marine Reinforced Concrete Structures. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(4), 290.
- Messner, S., Moran, L., Reub G., & J. Campbell (2013). Climate change and sea level rise impacts at ports and a consistent methodology to evaluate vulnerability and risk. *WIT. Transaction on Ecology and the Environment*. Vol. 169. 141-153.

- Moreno, A. & Becken, S. (2009). A climate change vulnerability assessment methodology for coastal tourism. *Journal of Sustainable Tourism*. Vol. 17. Issue 4.
- Mullick, M. R. A., Tanim, A. H., & Islam, S. M. S. (2019). Coastal vulnerability analysis of Bangladesh coast using fuzzy logic based geospatial techniques. *Ocean & Coastal Management*. Vol. 174. 154–169.
- Nageswara Rao, K., Subraelu, P., Venkateswara Rao, T., Hema Malini, B., Ratheesh, R., Bhattacharya, S., Rajawat, A.S. & Ajai. Sea-level rise and coastal vulnerability: an assessment of Andhra Pradesh coast, India through remote sensing and GIS. *Journal of Coastal Conservation*. Vol. 12. 195-207.
- Nieto, M. A., Garau, B., Balle, S., Simarro, G., Zarruk, G. A., Ortiz, A., Tintore, J., Alvares-Ellacuria, A., Gomez-Pujol, L. & Orfila, A. (2010). An open source, low cost video-based coastal monitoring system. *Earth Surface Processes and Landforms*. Vol. 35(14), 1712–1719.
- Ozyurt, G., Ergin, A. (2010). Improving Coastal Vulnerability Assessments to Sea-Level Rise: A New Indicator-Based Methodology for Decision Makers. *Journal of Coastal Research*. Vol. 26, N. 2 (262).
- Pantusa, D., D' Alessandro, F., Frega, F., Francone, A. & Tomasicchio, (2022). Improvemet of a coastal vulnerability index and its application along the Calabria Coastline, Italy. *Scientific Reports*, 12, 21959.
- Papakonstantinou, A., Topouzelis, K., & Pavlogeorgatos, G. (2016). Coastline Zones Identification and 3D Coastal Mapping Using UAV Spatial Data. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. Vol. 5(6), 75.
- Parthasarathy, K. S. S., & Deka, P. C. (2019). Remote sensing and GIS application in assessment of coastal vulnerability and shoreline changes: a review. *ISH Journal of Hydraulic Engineering*. Vol. 1–13.
- Pendleton, E.A., Thieler, E.R. & Williams, S.J.(2004). Coastal Vulnerability Assessment of Cumberland Island National Seashore (CUIS) to sea-level rise. *U.S. Geological Survey (USGS) Publication, Open-File report, 2004-1196*.
- Permanent International Association of Navigation (PIANC). (2008). Life Cycle Management of Port Structures Recommended Practice for Implementation - Report n° 103. Bruxelles.
- Permanent International Association of Navigation Congresses (PIANC). (2020). Climate change adaptation planning for ports and inland waterways. *The World Association for Waterborne Transport Infrastructure*.
- Pethick, J.S., Crooks, S. (2000). Development of a coastal vulnerability index: a geomorphological perspective. *Environmental Conservation*. Vol. 27. Issue. 4.
- Pi Paola, G., Amodio, A.M., Dilauro, G., Rodriguez. G. % Roskopf, C. M. (2022). Shoreline Evolution and Erosion Vulnerability Assessment along the Central Adriatic Coast with the Contribution of UAV Beach Monitoring. *Geosciences. MDPI*. Vol. 12(10).
- Pirazzoli, P. A., & Tomasin, A. (2003). Recent near-surface wind changes in the central Mediterranean and Adriatic areas. *International Journal of Climatology*. Vol. 23. Issue 8. 963–973.
- Poulos, S.E., Collins, M.B., Shaw, H., 1996. Deltaic sedimentation, including clay mineral distribution patterns associated with small mountainous rivers and shallow marine embayments of Greece (SE Alpine Europe). *Journal of Coastal Research*. Vol. 12, 940–952.

- Pursiainen, C., (2018). Critical infrastructure resilience: A Nordic model in the making. *International Journal of Disaster Risk Reduction*.
- Pye, K., & Blott, S. J. (2016). Assessment of beach and dune erosion and accretion using LiDAR: Impact of the stormy 2013–14 winter and longer term trends on the Sefton Coast, UK. *Geomorphology*. Vol. 266, 146–167.
- Raged, B., Wotherspoon, L. M., & Ingham, J. M. (2011). A Review of New Zealand Port Infrastructure and Their Vulnerability to Natural Hazards. *The University of Auckland*.
- Ricaud, P., Durand, P., Grigioni, P., Del Guasta, M., Camporeale, G., Roy, A., Attié, J.L. & Bogner, J. (2023). In Situ VTOL Drone-Borne Observations of Temperature and Relative Humidity over Dome C, Antarctica. *Drones*. MDPI. Vol. 7(8).
- Rignot, E., Box, J. E., Burgess, E., & Hanna, E. (2008). Mass balance of the Greenland ice sheet from 1958 to 2007. *Geophysical Research Letters*. Vol. 35. Issue. 20.
- Ružić, I., Dugonjić Jovančević, S., Benac, Č., & Krvavica, N. (2019). Assessment of the Coastal Vulnerability Index in an Area of Complex Geological Conditions on the Krk Island, Northeast Adriatic Sea. *Geosciences*, Vol.9. Issue. 5.
- Sahoo, B., & Bhaskaran, P. K. (2018). Multi-hazard risk assessment of coastal vulnerability from tropical cyclones – A GIS based approach for the Odisha coast. *Journal of Environmental Management*, Vol. 206. 1166–1178.
- Santos, C.A., Costa, C.O. & Batista JP. (2012). Calibration methodology of a vision system for measuring the displacements of long-deck suspension bridges. *Structure Control Health Monitoring*. 19(3):385-404.
- Sarpanto, S., Boer, M., Sulistiono, & Taryono. (2021). Vulnerability analysis for demersal fisheries in the Banten Region (A case study of Karangantu Port). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*.
- Shah, M. A. R., Renaud, F. G., Anderson, C. C., Wild, A., Domeneghetti, A., Polderman, A., Votsis, A., Pulvirenti, B., Basu, B., Thomson, G., Panga, G., Pouta, E., Toth, E., Pilla, F., Sahani, J., Ommer, J., El Zohbi, J., Munro, K., Stefanopoulou, M., Loupis, M., Pangas, N., Kumar, P., Debele, S., Preuschmann, S. & Zixuan, W. (2020). A review of hydro-meteorological hazard, vulnerability, and risk assessment frameworks and indicators in the context of nature-based solutions. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. Vol. 50. 2020. 101728.
- Shojaei, A., Moud, H. I., & Flood, I. (2018). Proof of Concept for the Use of Small Unmanned Surface Vehicle in Built Environment Management. *Construction Research Congress 2018*.
- Silvast, A., Kongsager, R., Lehtonen, T.K., Lundgren, M. & Virtanen, M. (2021). Critical infrastructure vulnerability: a research note on adaptation to climate change in the Nordic countries. *Geografisk Tidsskrift-Danish Journal of Geography*.
- Silvast, A., Kongsager, R., Lehtonen, T.-K., Lundgren, M., & Virtanen, M. (2021). Critical infrastructure vulnerability: a research note on adaptation to climate change in the Nordic countries. *Geografisk Tidsskrift-Danish Journal of Geography*. Vol. 1. Issue. 12.
- Small, C. & Nicholls, R.J., (2003). A global analysis of human settlement in coastal zones. *Journal of Coastal Research*.
- Smith, J.M. (1991). Wind-Wave Generation on Restricted Fetches, Misc. Paper CERC-91-2. *U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station*.

- Snoussi, M., Kitheka, J., Shaghude, Y., Kane, A., Arthurton, R., Le Tissier, M. & Virji, H. (2007). Downstream and coastal impacts of Damming and water abstraction in Africa. *Environmental Management*. Vol. 39. 587-600.
- Solich, B., & Zwick, S. (2015). Coastal Zones and Urbanization. https://futureearth.org/sites/default/files/files/IHDP%20SDM%20costalzones_and_urbanization-1.
- Stiros, S. C. (2001). Subsidence of the Thessaloniki (northern Greece) coastal plain, 1960–1999. *Engineering Geology*. Vol. 61. Issue 4. 243–256.
- Sudha Rani, N. N. V., Satyanarayana, A. N. V., & Bhaskaran, P. K. (2015). Coastal vulnerability assessment studies over India: a review. *Natural Hazards*. Vol. 77(1), 405–428.
- Syvitski, J.P.M., Vorosmarty, C.J., Kettner, A.J. & Green, P., (2005). Impact of humans on the flux of terrestrial sediment to the global coastal ocean. *science.org*.
- Szlafsztein, C. & Sterr, H. (2007). A GIS-based vulnerability assessment of coastal natural hazards, state of Pará, Brazil. *Journal of Coastal Conservation*. Vol. 11. 53-66.
- Tang, L., Ramacher, M. O. P., Moldanová, J., Matthias, V., Karl, M., Johansson, L., Jalkanen, J.P., Yaramenka, K., Aulinger, A. & Gustafsson, M. (2020). The impact of ship emissions on air quality and human health in the Gothenburg area – Part 1: 2012 emissions. *Atmospheric Chemistry and Physics*. Vol. 20(12). 7509–7530.
- Thatcher, C. A., Brock, J. C., & Pendleton, E. A. (2013). Economic Vulnerability to Sea-Level Rise Along the Northern U.S. Gulf Coast. *Journal of Coastal Research*. Vol. 63, 234–243.
- The European Parliament and the Council of the EU. (2006). Recommendation of the European Parliament and the Council. <https://eur-lex.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32006H0962>
- Thieler, E.R. & Hammar-Klose, E.S., (1999). National assessment of coastal vulnerability to sea-level rise: Preliminary results for the U.S. Atlantic Coast. *U.S. Geological Survey (USGS) Publication, Open-File report, 99-593*.
- Thom, B. G., & Hall, W. (1991). Behaviour of beach profiles during accretion and erosion dominated periods. *Earth Surface Processes and Landforms*. Vol. 16. Issue. 2. 113–127.
- Tsaimou, C. N., Sartampakos, P. & Tsoukala, V. K., (2022). UAV-based Remote Sensing Practices for Assessing Coastal Vulnerability. *39th IAHR World Congress*.
- Tsaimou, C. N., Sartampakos, P. & Tsoukala, V. K., (2023). UAV-driven approach for assisting structural health monitoring of port infrastructure. *Structure and Infrastructure Engineering*.
- Tsaimou, C., Chalastani, V., Sartampakos, P., & Tsoukala, V. (2021, September 1-4). Integrating seaport infrastructure monitoring approaches to improve smartness and climate adaptive capacity. *17th International Conference on Environmental Science and Technology (CEST2021)*.
- Tsaimou, C., Kagkellis, G., Papadimitriou, A., Chalastani, V., Sartampakos, P., Chondros, M., et al. (2022). Advanced Multi-Area Approach for Coastal Vulnerability Assessment. *7th IAHR Europe Congress*.
- Tsaimou, C.N., Brouziouti, S., Sartampakos, P. & Tsoukala, V.K. (2023). Enhanced Port Vulnerability Assessment Using Unmanned-Aerial-Vehicle-Based Structural Health Monitoring. *MDPI. Sustainability 2023*. Vol.15. Issue. 18.

- Tsaimou, C.N., Kagkelis, D.G., Karantzalos, K. & Tsoukala, V.K. Remote Sensing Synergies for Port Infrastructure Monitoring and Condition Assessment. *In Proceedings of the 12th International Conference on Engineering, Project, and Production Management, Athens, Greece, 12–14 October 2022.*
- Tsoukala, V. K., Katsardi, V., Hadjibiros, K., & Moutzouris, C. I. (2015). Beach Erosion and Consequential Impacts Due to the Presence of Harbours in Sandy Beaches in Greece and Cyprus. *Environmental Processes. Vol. 2. Issue. 1. 55–71.*
- Turner, B.L., Karperson, R.E., Matson, P.A. & Schiller, A. A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *Proceedings of the National Academy of the National Academy of Sciences (PNAS). Vol. 100. No.14.*
- Turner, I. L., Harley, M. D., Short, A. D., Simmons, J. A., Bracs, M. A., Phillips, M. S., & Splinter, K. D. (2016). A multi-decade dataset of monthly beach profile surveys and inshore wave forcing at Narrabeen, Australia. *Scientific Data. Vol. 3. 160024.* U.K. Environment Agency. The Coastal Book: A guide for all those working on the coast.(2010). *GEHO0610BSUE-E-E.*
- U.S. Army Corps of Engineers (2002). Coastal Engineering Manual (CEM), Chapter 2.
- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). (1992). <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>
- Valentini, A., Visini, F., & Pace, B. (2017). *Integrating faults and past earthquakes into a probabilistic seismic hazard model for peninsular Italy. Natural Hazards and Earth System Sciences. Vol. 17(11). 2017–2039.*
- Vandarakis, D., Panagiotopoulos, I.P., Loukaidi, V., Hatiris, G.-A., Drakopoulou, P., Kikaki, A., Gad, F.-K., Petrakis, S., Malliouri, D.I., Chatzinaki, M.,. Assessment of the Coastal Vulnerability to the Ongoing Sea Level Rise for the Exquisite Rhodes Island (SE Aegean Sea, Greece). *Water 2021. MDPI. Vol. 13. 2169.*
- Vetrivel, A., Gerke, M., Kerle, N., & Vosselman, G. (2015). Identification of damage in buildings based on gaps in 3D point clouds from very high resolution oblique airborne images. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. Vol. 105. 61–78.*
- Vitousek, S., Vos, K., Splinter, K.D., Erikson, L. & Barnard, P.L. (2023). A Model Integrating Satellite-Derived Shoreline Observations for Predicting Fine-Scale Shoreline Response to Waves and Sea-Level Rise Across Large Coastal Regions. *JGR Earth Surface. Vol. 128. Issue. 7.*
- Vousdoukas, M. I., Velegrakis, A. F., & Plomaritis, T. A. (2007). Beachrock occurrence, characteristics, formation mechanisms and impacts. *Earth-Science Reviews. Vol. 85. Issue. 1-2. 23–46.*
- Watts, A. C., Ambrosia, V. G., & Hinkley, E. A. (2012). Unmanned Aircraft Systems in Remote Sensing and Scientific Research: Classification and Considerations of Use. *Remote Sensing. Vol. 4(6). 1671–1692.*
- Wood, N. J., & Good, J. W. (2004). Vulnerability of Port and Harbor Communities to Earthquake and Tsunami Hazards: The Use of GIS in Community Hazard Planning. *Coastal Management. Vol. 32. Issue. 3. 243–269.*
- Wooldridge, C. F., McMullen, C., & Howe, V. (1999). Environmental management of ports and harbours — implementation of policy through scientific monitoring. *Marine Policy. Vol. 23(4-5). 413–425.*

- Yin, J., Yin, Z., Wang, J., & Xu, S. (2012). National assessment of coastal vulnerability to sea-level rise for the Chinese coast. *Journal of Coastal Conservation*. Vol. 16. Issue. 1. 123–133.
- Zanutta, A., Lambertini, A., & Vittuari, L. (2020). UAV Photogrammetry and Ground Surveys as a Mapping Tool for Quickly Monitoring Shoreline and Beach Changes. *Journal of Marine Science and Engineering*. Vol. 8. Issue. 1. 52.
- Zhang, Y., Kim, C.-W., Tee, K. F., & Lam, J. S. L. (2017). Optimal sustainable life cycle maintenance strategies for port infrastructures. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 142. 1693–1709.
- Zio, E. (2016). Challenges in the vulnerability and risk analysis of critical infrastructures. *Reliability Engineering & System Safety*.
- Ελληνική Στατιστική Αρχή. Απογραφή Πληθυσμού-Κατοικιών 2011. <https://www.statistics.gr/2011-census-pop-hous>.
- Ελληνική Στατιστική Αρχή. Απογραφή Πληθυσμού-Κατοικιών 2021. <https://www.statistics.gr/2021-census-pop-hous>.
- Επιτροπή Μελέτης Επιπτώσεων Κλιματικής Αλλαγής (ΕΜΕΚΑ) (2011). Οι περιβαλλοντικές, οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις αλλαγής στην Ελλάδα. *Τράπεζα της Ελλάδας*.
- Ευελπίδου, Ν. (2021). ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ. Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών. *Εκδόσεις Τζιόλα*.
- Καρύμπαλης Ε., (2010). ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ. *Εκδόσεις Ίων*.
- ΚΥΑ Αριθμ.8315.2/02/07. (2007). ΦΕΚ Β – Φύλλο 202/16-02-2007 – Κατάταξη Λιμένων. *Εφημερίς της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας*
- Μπρουζιούτη Σ. (2022). Εφαρμογή μεθόδων παρακολούθησης για την εκτίμηση της τρωτότητας των λιμενικών υποδομών. *Διπλωματική εργασία. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο*.
- ΝΟΜΟΣ ΥΠ' ΑΡΙΘΜ. 3852 ΦΕΚ Α' 87/7.6.2010. Πρόγραμμα «ΚΑΛΛΙΚΡΑΤΗΣ». *Εφημερίς της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας*.
- ΝΟΜΟΣ ΥΠ' ΑΡΙΘΜ. 4555 ΦΕΚ Α' 133/19.07.2018. Πρόγραμμα «ΚΛΕΙΣΘΕΝΗΣ Ι». *Εφημερίς της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας*.
- Παρδάλη Α. (2007). Οικονομική & Πολιτική Λιμένων. *Εκδόσεις Σταμούλης*.
- Σαρταμπάκου Ε. (2013). Δείκτης Παράκτιας Επικινδυνότητας: Διερεύνηση της Αξιολόγησης των Παραμέτρων του Δείκτη Παράκτιας Επικινδυνότητας. *Διπλωματική εργασία. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο*.