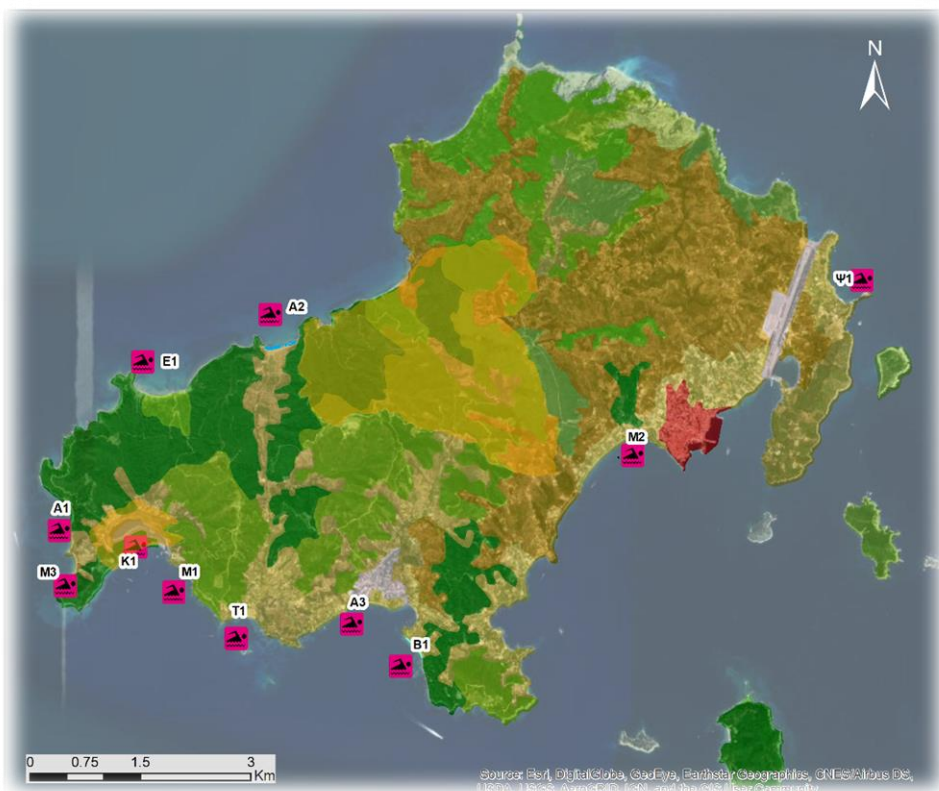




ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΜΗΜΑ ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΑΣ & ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΒΙΟΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΠΜΣ «ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΙΚΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ & ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΔΙΑΒΡΩΣΗ: Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΩΝ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΩΝ ΠΑΡΑΛΙΩΝ ΤΗΣ ΣΚΙΑΘΟΥ



Παπασταματίου Γεώργιος
Επιβλέπων Καθηγητής: Θωμάς Χασιώτης

Μυτιλήνη, Φεβρουάριος 2022

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΜΗΜΑ ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΑΣ & ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΒΙΟΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Παπασταματίου Γεώργιου

***ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΙΚΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ & ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΔΙΑΒΡΩΣΗ: Η
ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΩΝ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΩΝ ΠΑΡΑΛΙΩΝ ΤΗΣ ΣΚΙΑΘΟΥ***

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Θωμάς Χασιώτης, Αναπλ. Καθηγητής (επιβλέπων)

Αντώνης Βελεγράκης, Καθηγητής

Δρ. Πολίνα Τουρλιώτη, ΕΔΙΠ

*Ολοκληρώνοντας την μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία,
νοιώθω την ανάγκη να ευχαριστήσω
τον επιβλέποντα καθηγητή μου Χασιώτη Θωμά,
για τη στήριξη και την καθοδήγηση
καθώς και τους Αντώνη Χατζηπαυλή και Ισαβέλα Μονιούδη.
Επίσης, θέλω να ευχαριστήσω τον Λάμπρο Κίσοα, υπεύθυνο
εργαστηρίου της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Θεσσαλίας & Στ. Ελλάδας,
Τμήμα Ελέγχου Υλικών & Ποιότητας Δημοσίων Έργων Θεσσαλίας,
ο οποίος συνετέλεσε στην αποπεράτωση της κοκκομετρικής ανάλυσης,
τους φίλους Ανδρέα Ζογκάκη και Σταύρο Ντίσο.
Τέλος, ευχαριστώ την οικογένειά μου και δη τον αδερφό μου για τη στήριξή του.*

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Εισαγωγή στην έννοια της ταξινόμησης των Οικοσυστημικών Υπηρεσιών.....	2
1.2 Παράκτια οικοσυστήματα & Οικοσυστημικές Υπηρεσίες Ακτών κολύμβησης – αναψυχής.....	2
1.3 Σχέση μεταξύ κλιματικής αλλαγής και επιπτώσεων στον τομέα των υπηρεσιών ακτών και παράκτιων ζωνών.....	4
1.4 Οι μηχανισμοί υποχώρησης της ακτογραμμής	7
1.4.1 Τάσεις παράκτιας διάβρωσης από ΑΣΘ.....	8
1.4.2 Μεταβολή της στάθμης της θάλασσας και παράκτια διάβρωση σε εθνικό επίπεδο.....	9
1.5 Μοντέλα οπισθοχώρησης της ακτογραμμής - Γενικά	11
1.5.1 Στατικά μοντέλα	12
1.5.2 Δυναμικά μοντέλα	14
2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	17
2.1 Μορφολογικά χαρακτηριστικά του νησιού.....	17
2.1.1 Υδρογραφικό δίκτυο.....	18
2.1.2 Κλιματολογικά δεδομένα	20
2.2 Δημογραφικά στοιχεία & παραγωγική διάρθρωση της τοπικής οικονομίας	21
2.3 Φυσικό περιβάλλον	22
2.4 Τουριστική ανάπτυξη	23
2.5 Ακτές - Μητρώο Ταυτότητας Υδάτων Κολύμβησης.....	23
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	27
3.1 Κοκκομετρική ανάλυση	27
3.2 Ανάλυση Ανεμολογικών δεδομένων.....	30
3.3 Τοπογραφικά - Βυθομετρικά Δεδομένα.....	30
3.4 Ενεργό ανάπτυγμα κύματος και χαρακτηριστικά κυμάτων	37
3.5 Πρόγνωση του κινδύνου διάβρωσης των παραλιών	40
3.6 Μεθοδολογία υπολογισμού αξίας Οικοσυστημικών Υπηρεσιών στο νησί της Σκιάθου	41
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	44
4.1 Οικοσυστημικές υπηρεσίες ακτών κολύμβησης παράκτιας ζώνης Σκιάθου	44

4.2 Κοκκομετρικά χαρακτηριστικά των ιζημάτων	48
4.3 Ανεμολογικά δεδομένα	50
4.4 Διάβρωση παραλιών.....	53
4.4.1 Στατικά μοντέλα	53
4.4.2 Δυναμικά μοντέλα	61
4.5 Εκτίμηση απώλειας οικοσυστημικών υπηρεσιών παράκτιας ζώνης νήσου Σκιάθου	68
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	74
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	77

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ένα από τα μεγαλύτερα θέματα που αντιμετωπίζει η Ευρώπη, αλλά και η υφήλιος, το οποίο όλο και οξύνεται λαμβάνοντας υπόψη τα μελλοντικά σενάρια κλιματικής αλλαγής και κατ' επέκταση το αποτέλεσμα ανόδου της θαλάσσιας στάθμης, είναι η παράκτια διάβρωση. Τα παράκτια και θαλάσσια οικοσυστήματα παρέχουν μια σειρά αγαθών και υπηρεσιών τις λεγόμενες οικοσυστημικές υπηρεσίες, με ιδιαίτερο ενδιαφέρον όχι μόνο από οικολογικής άποψης, αλλά και λόγων που σχετίζονται με την οικονομία και την κοινωνική ευημερία. Ως εκ τούτου, η παράκτια διάβρωση θα επηρεάσει και θα προκαλέσει την απώλεια ορισμένων οικοσυστημικών υπηρεσιών, με σοβαρότερες επιπτώσεις στις νησιωτικές περιοχές. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι σε πρώτη φάση να εξετάσει, υπό συγκεκριμένα κλιματικά σενάρια ανόδου της θαλάσσιας στάθμης (μακροχρόνια & βραχυχρόνια) την εξέλιξη της ακτογραμμής στις σημαντικότερες ακτές της νήσου Σκιάθου. Η πρόβλεψη πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια στατικών (Bruun, Dean, Edelman) και δυναμικών (Leont'yev, SBEACH) μοντέλων, τα αποτελέσματα των οποίων σε δεύτερη φάση χρησιμοποιήθηκαν στην οικονομική αποτίμηση των απωλειών, από την παράκτια διάβρωση, των οικοσυστημικών υπηρεσιών της παράκτιας ζώνης της Σκιάθου.

Λέξεις κλειδιά: οικοσυστημικές υπηρεσίες, παράκτια διάβρωση, ακτές Σκιάθου, οικονομική αποτίμηση απωλειών παράκτιων οικοσυστημικών υπηρεσιών

ABSTRACT

One of the biggest issues facing Europe and the world, which is becoming increasingly acute in view of future climate change scenarios and thus the effect of rising sea levels, is coastal erosion. Coastal and marine ecosystems provide a range of goods and services known as ecosystem services, of particular interest not only from an ecological point of view, but also for reasons related to the economy and social well-being. Coastal erosion will therefore affect and cause the loss of certain ecosystem services, with more severe impacts in island regions. The aim of this study is, in the first instance, to examine, under specific climatic scenarios of sea level rise (long & short term), the coastlines' evolution of the major importance coasts of Skiathos Island. The prediction was carried out with the help of static (Bruun, Dean, Edelman) and dynamic (Leont'yev, SBEACH) models, the results of which were used in a second phase in the economic valuation of the losses, due to coastal erosion, of the ecosystem services of the coastal zone of Skiathos.

Key words: ecosystem services, coastal erosion, coast of Skiathos, economic valuation of ecosystem service losses

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΚΑΙ ΑΓΑΘΩΝ ΠΟΥ ΠΑΡΕΧΟΝΤΑΙ ΑΠΟ ΤΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ/ΘΑΛΑΣΣΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ (GARPE, 2008 & ΜΕΑ, 2005. ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΜΕΝΟΣ ΑΠΟ ΕΜΕΚΑ, 2011).....	4
ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΤΗΣ ΝΗΣΙΩΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ (EUROSION, 2004).....	10
ΠΙΝΑΚΑΣ 3: ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΣΚΙΑΘΟΥ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ, 2017 ΚΑΙ 2016 (ΠΗΓΗ ΞΕΕ).....	23
ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΑΚΤΕΣ ΚΟΛΥΜΒΗΣΗΣ ΔΗΜΟΥ ΣΚΙΑΘΟΥ ΒΑΣΕΙ ΤΟΥ ΜΗΤΡΩΟΥ ΤΑΥΤΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΩΝ ΚΟΛΥΜΒΗΣΗΣ (ΥΠΕΚΑ).	24
ΠΙΝΑΚΑΣ 5: ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΑΚΤΩΝ ΚΟΛΥΜΒΗΣΗΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ (ΜΗΤΡΩΟ ΤΑΥΤΟΤΗΤΩΝ ΑΚΤΩΝ ΚΟΛΥΜΒΗΣΗΣ, ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ).....	26
ΠΙΝΑΚΑΣ 6: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΝΕΡΓΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΑΝΑΠΤΥΓΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΤΑ ΕΝΤΕΚΑ ΠΑΡΑΛΙΑΚΑ ΠΡΟΦΙΛ ΒΑΣΕΙ ΤΗΣ ΚΥΡΙΑΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ.	39
ΠΙΝΑΚΑΣ 7: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΑΝΕΜΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΕΝΤΕΚΑ ΠΑΡΑΛΙΑΚΑ ΠΡΟΦΙΛ.....	39
ΠΙΝΑΚΑΣ 8: ΑΞΙΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ (2018) ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑ ΕΠΙΠΕΔΟ ΧΩΡΙΚΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ. ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ ΤΩΝ ΑΚΤΩΝ ΤΗΣ ΣΚΙΑΘΟΥ ΣΤΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ.	43
ΠΙΝΑΚΑΣ 9: ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΑΝΑ ΑΚΤΗ, ΚΩΔΙΚΟΣ ΒΑΣΕΙ CORINE 2018 ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΗ ΕΚΤΑΣΗ (HA)	47
ΠΙΝΑΚΑΣ 10: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕ ΤΑ % ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ ΚΑΘΕ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΤΑΞΗΣ (ΨΗΦΙΔΕΣ, ΑΜΜΟΣ, ΙΛΥΣ). .	48
ΠΙΝΑΚΑΣ 11: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΙ ΤΩΝ ΙΖΗΜΑΤΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΜΕΓΕΘΟΣ, ΤΗΝ ΚΥΡΤΩΣΗ, ΤΗ ΛΟΞΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ (ΚΑΤΑ FOLK AND WARD).....	49
ΠΙΝΑΚΑΣ 12: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ D_{50}	50
ΠΙΝΑΚΑΣ 13: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΑΝΕΜΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΠΑΡΑΛΙΑΚΑ ΠΡΟΦΙΛ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	51
ΠΙΝΑΚΑΣ 14: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΥΜΑΤΟΣ ΜΕ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ JONSWAP-PM ΓΙΑ ΤΑ ΠΑΡΑΛΙΑΚΑ ΠΡΟΦΙΛ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.	53
ΠΙΝΑΚΑΣ 15: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΟΠΙΣΘΟΧΩΡΗΣΗΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ (ΣΕ Μ) ΤΩΝ ΤΡΙΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΒΑΣΕΙ ΤΡΙΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΑΝΟΔΟΥ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΣΤΑΘΜΗΣ.	54
ΠΙΝΑΚΑΣ 16: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΟΠΙΣΘΟΧΩΡΗΣΗΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ (ΣΕ Μ) ΒΑΣΕΙ ΣΥΣΤΟΙΧΙΑΣ ΤΩΝ ΤΡΙΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΓΙΑ ΜΑΚΡΟΧΡΟΝΙΑ ΑΝΟΔΟ ΤΗΣ Μ.Σ.Θ. ΓΙΑ ΤΡΙΑ ΣΕΝΑΡΙΑ.	55
ΠΙΝΑΚΑΣ 17: ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΩΝ ΣΤΑΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ.....	56
ΠΙΝΑΚΑΣ 18: ΤΕΛΙΚΑ ΠΛΑΤΗ ΔΙΑΤΟΜΩΝ.	57
ΠΙΝΑΚΑΣ 19: ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟ ΤΗ ΜΑΚΡΟΧΡΟΝΙΑ ΥΠΟΧΩΡΗΣΗ ΤΗΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ.....	60
ΠΙΝΑΚΑΣ 20: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗΣ ΤΗΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ (ΣΕ Μ) ΤΩΝ ΠΑΡΑΛΙΑΚΩΝ ΠΡΟΦΙΛ ΒΑΣΕΙ ΤΩΝ ΔΥΟ ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΧΩΡΙΣ ΣΕΝΑΡΙΟ ΑΝΟΔΟΥ ΤΗΣ Μ.Σ.Θ.	61
ΠΙΝΑΚΑΣ 21: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗΣ ΤΗΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ (ΣΕ Μ) ΤΩΝ ΠΑΡΑΛΙΑΚΩΝ ΠΡΟΦΙΛ ΒΑΣΕΙ ΤΩΝ ΔΥΟ ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΛΑΜΒΑΝΟΝΤΑΣ ΥΠΟΨΗ ΤΡΙΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΑΝΟΔΟΥ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΣΤΑΘΜΗΣ.	63

ΠΙΝΑΚΑΣ 22: ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΥΠΟΧΩΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ (ΣΕ Μ) ΤΩΝ ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΜΕ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ ΑΝΟΔΟΥ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΣΤΑΘΜΗΣ.....	64
ΠΙΝΑΚΑΣ 23: ΤΕΛΙΚΑ ΠΛΑΤΗ ΔΙΑΤΟΜΩΝ (Μ):	65
ΠΙΝΑΚΑΣ 24: ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΠΕΙΣΟΔΙΑΚΗ ΥΠΟΧΩΡΗΣΗ ΤΗΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ	68
ΠΙΝΑΚΑΣ 25: ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΙΚΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΣΕ ΑΜΜΩΔΕΙΣ ΑΚΤΕΣ ΒΑΣΕΙ ΧΡΗΣΤΙΚΗΣ ΑΞΙΑΣ	72
ΠΙΝΑΚΑΣ 26: ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΑΚΤΩΝ ΚΟΛΥΜΒΗΣΗΣ ΒΑΣΕΙ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ CICES.....	87
ΠΙΝΑΚΑΣ 27: ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΔΙΑΤΟΜΕΣ (ΑΚΤΕΣ) ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΩΛΕΙΑΣ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ, ΩΣ % ΤΗΣ ΕΚΤΑΣΗΣ ΒΑΣΕΙ CORINE 2018, ΚΑΙ ΣΕ ΧΙΛ. € ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑ ΣΕΝΑΡΙΟ ΜΑΚΡΟΧΡΟΝΙΑΣ ΑΝΟΔΟΥ ΤΗΣ ΜΣΘ.....	88
ΠΙΝΑΚΑΣ 28: ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΔΙΑΤΟΜΕΣ (ΑΚΤΕΣ) ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΩΛΕΙΑΣ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ, ΩΣ % ΤΗΣ ΕΚΤΑΣΗΣ ΒΑΣΕΙ CORINE 2018, ΚΑΙ ΣΕ ΧΙΛ. € ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑ ΣΕΝΑΡΙΟ ΕΠΕΙΣΟΔΙΑΚΗΣ ΑΣΘ.....	89
ΠΙΝΑΚΑΣ 29: ΑΞΙΑ ΕΤΗΣΙΩΝ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΖΩΝΗ, ΣΕ ΔΙΣ € (ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ 2018), ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΗ (2050 ΚΑΙ 2100) ΜΕΤΑΒΟΛΗ.....	92

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΕΙΚ. 1: ΠΡΟΒΛΕΨΗ (2100) ΤΗΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΑΠΩΛΕΙΑΣ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΩΣ % ΑΕΠ (ΣΤΟΙΧΕΙΑ 2018 Η ΝΕΟΤΕΡΑ ΟΠΟΥ ΗΤΑΝ ΔΙΑΘΕΣΙΜΑ) ΑΝΑ ΧΩΡΑ (ΕΠΙΠΕΔΟ NUTS-3), ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ (95% ΔΙΑΣΤ. ΕΜΠΙΣΤ. ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΥΠΟ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ RCP8.5) (ΡΑΡΟΤΝΥ ΕΤ ΑΛ., 2021).....	6
ΕΙΚ. 2: ΠΑΡΑΚΤΙΕΣ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΙΚΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΑΝΑ ΕΤΟΣ ΒΑΣΕΙ ΤΟΥ CLC 2018, ΣΕ ΔΙΣ € ΚΑΙ ΩΣ % ΑΕΠ (2018) ΑΝΑ ΧΩΡΑ (ΡΑΡΟΤΝΥ ΕΤ ΑΛ., 2021).....	6
ΕΙΚ. 3: ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΑ ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.	7
ΕΙΚ. 4: ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΣΤΑΘΜΗ..	9
ΕΙΚ. 5: ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΗΣ ΥΠΟ ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ ΣΤΙΣ ΝΗΣΙΩΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ.	10
ΕΙΚ. 6: ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΓΙΑ ΤΡΙΑ (3) ΣΕΝΑΡΙΑ	11
ΕΙΚ. 7: ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΛΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΥΞΗΣΗ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΣΤΑΘΜΗΣ.....	12
ΕΙΚ. 8: ΠΑΡΑΛΙΑΚΗ ΟΠΙΣΘΟΧΩΡΗΣΗ ΚΑΤΑ ΒRUIJN..	13
ΕΙΚ. 9: ΠΑΡΑΛΙΑΚΗ ΟΠΙΣΘΟΧΩΡΗΣΗ ΚΑΤΑ EDELMAN.....	14
ΕΙΚ. 10: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΠΟΥ ΒΑΣΙΖΕΤΑΙ ΣΤΙΣ ΣΧΕΣΕΙΣ ΤΟΥ ΛΕΟΝΤ' ΥΕΥ).....	15
ΕΙΚ. 11: ΧΑΡΤΗΣ ΚΑΛΥΨΕΩΝ ΓΗΣ ΝΗΣΟΥ ΣΚΙΑΘΟΥ ΒΑΣΕΙ ΤΟΥ CLC 2018.	17
ΕΙΚ. 12: ΧΑΡΤΗΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΚΛΙΣΕΩΝ ΝΗΣΟΥ ΣΚΙΑΘΟΥ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) & ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΣΚΙΑΘΟΥ (ΔΕΞΙΑ).18	
ΕΙΚ. 13: ΘΕΣΕΙΣ ΥΓΡΟΤΟΠΩΝ ΣΤΗ ΣΚΙΑΘΟ.....	19
ΕΙΚ. 14: ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΜΕΣΗ (ΜΕΓΙΣΤΗ & ΕΛΑΧΙΣΤΗ) ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C) ΑΝΑ ΜΗΝΑ ΣΤΗ ΣΚΙΑΘΟ (1991 -2021) – ΕΠΑΝΩ. ΜΕΣΟ ΗΜΕΡΗΣΙΟ ΥΨΟΣ ΥΕΤΟΥ ΑΝΑ ΜΗΝΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ (1991-2021) –ΚΑΤΩ.	20

ΕΙΚ. 15: ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΥΕΤΟΥ ΣΤΗ ΣΚΙΑΘΟ (1991-2021).....	21
ΕΙΚ. 16: ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΟΜΕΝΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΣΤΟ ΝΗΣΙ ΤΗΣ ΣΚΙΑΘΟΥ.....	22
ΕΙΚ. 17: ΔΙΑΤΑΞΗ ΚΟΣΚΙΝΩΝ ΣΕ ΣΤΗΛΗ.	28
ΕΙΚ. 18: ΠΡΟΤΥΠΟ ΦΥΛΛΟ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΔΟΚΙΜΗΣ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΑΔΡΑΝΩΝ – ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕ ΚΟΣΚΙΝΑ.....	29
ΕΙΚ. 19: ΤΡΙΓΩΝΙΚΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ ΧΟΝΔΡΟΚΟΚΚΩΝ ΙΖΗΜΑΤΩΝ ΚΑΤΑ FOLK.	30
ΕΙΚ. 20: ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΞΑΓΩΓΗΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΠΡΟΦΙΛ ΤΩΝ ΑΚΤΩΝ	31
ΕΙΚ. 21: ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΟ ΠΡΟΦΙΛ ΑΚΤΗΣ ΚΟΥΚΟΥΝΑΡΙΕΣ.....	32
ΕΙΚ. 22: ΣΤΑΘΕΡΑ ΣΗΜΕΙΑ ΙΣΟΒΑΘΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ. ΑΚΤΗ ΚΟΥΚΟΥΝΑΡΙΕΣ.	32
ΕΙΚ. 23: ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ ΝΑΥΙΟΝΙΣ ΣΕ ΑΥΤΟ ΤΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ. ΠΗΓΗ: ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ	33
ΕΙΚ. 24: ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑΟΚΤΩ (18) ΣΤΑΘΕΡΩΝ ΒΥΘΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΚΤΗ ΚΟΥΚΟΥΝΑΡΙΕΣ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΒΥΘΟΜΕΤΡΙΚΟΥ ΠΡΟΦΙΛ ΤΗΣ ΑΚΤΗΣ (ΔΕΞΙΑ).	34
ΕΙΚ. 25: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΧΩΡΙΚΗΣ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗΣ (IDW) ΓΙΑ ΤΑ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑ ΤΗΣ ΑΚΤΗΣ ΚΟΥΚΟΥΝΑΡΙΕΣ. ...	36
ΕΙΚ. 26: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΧΩΡΙΚΗΣ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗΣ (SPLINES) ΓΙΑ ΤΑ ΒΥΘΟΜΕΤΡΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑ ΤΗΣ ΑΚΤΗΣ ΚΟΥΚΟΥΝΑΡΙΕΣ.	37
ΕΙΚ. 27: ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΤΑΤΙΚΩΝ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) & ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ (ΔΕΞΙΑ) ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΠΡΟΦΙΛ – ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΕΞΑΓΩΓΗΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΟΣ.	40
ΕΙΚ. 28: ΧΑΡΤΗΣ ΚΑΛΥΨΕΩΝ ΓΗΣ ΝΗΣΟΥ ΣΚΙΑΘΟΥ ΒΑΣΕΙ ΤΟΥ CORINE 2018 ΚΑΙ ΠΑΡΕΧΟΜΕΝΕΣ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΙΚΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ.....	42
ΕΙΚ. 29: ΔΙΑΔΡΟΜΗ -ΓΛΥΚΟ ΚΑΙ ΑΛΜΥΡΟ ΝΕΡΟ-ΥΓΡΟΤΟΠΟΣ ΣΤΡΟΦΥΛΙΑΣ.....	45
ΕΙΚ. 30: ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΣΥΝΘΕΣΗ ΙΖΗΜΑΤΟΣ ΑΝΑ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΟ ΜΕΓΕΘΟΣ (ΨΗΦΙΔΕΣ, ΑΜΜΟΣ, ΙΛΥΣ).....	49
ΕΙΚ. 31: ΡΟΔΟΓΡΑΜΜΑ ΑΝΕΜΟΥ. ΤΟ ΡΟΔΟΓΡΑΜΜΑ ΑΦΟΡΑ ΣΕ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ ΑΝΕΜΟΥ (0-360°) ΠΟΥ ΠΡΟΣΒΑΛΕΙ ΤΑ ΠΑΡΑΛΙΑΚΑ ΠΡΟΦΙΛ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.	51
ΕΙΚ. 32: ΕΠΙΚΡΑΤΟΥΝΤΕΣ ΑΝΕΜΟΙ (% ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ) ΣΤΗ ΣΚΙΑΘΟ (2008-2021).....	52
ΕΙΚ. 33: ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΕΝΤΑΣΕΩΣ ΕΠΙΚΡΑΤΟΥΝΤΩΝ ΑΝΕΜΩΝ ΣΤΗ ΣΚΙΑΘΟ (2008-2021) (Β.ΒΔ-ΚΑΤΩ ΑΡΙΣΤΕΡΑ, Β- ΔΕΞΙΑ) & ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΕΝΤΑΣΗΣ ΑΝΕΜΩΝ ΣΤΗ ΣΚΙΑΘΟ (2008-2021) (ΕΠΑΝΩ ΑΡΙΣΤΕΡΑ).....	52
ΕΙΚ. 34: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΜΑΚΡΟΧΡΟΝΙΑΣ ΟΠΙΣΘΟΧΩΡΗΣΗΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ ΒΑΣΕΙ ΤΩΝ ΤΡΙΩΝ ΣΤΑΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ (ΞΕΧΩΡΙΣΤΑ).....	55
ΕΙΚ. 35: ΟΙ ΟΠΙΣΘΟΧΩΡΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ, ΜΑΚΡΟΧΡΟΝΙΑΣ ΑΝΟΔΟΥ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΣΤΑΘΜΗ, ΤΩΝ ΤΡΙΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ (ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ) ΚΑΘΩΣ ΚΑΙ Η ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ (ΜΕΑΝ) ΑΥΤΩΝ.	56
ΕΙΚ. 36: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΜΑΚΡΟΧΡΟΝΙΑΣ ΟΠΙΣΘΟΧΩΡΗΣΗΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ ΒΑΣΕΙ ΣΥΣΤΟΙΧΙΑΣ ΤΩΝ ΤΡΙΩΝ ΣΤΑΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΚΑΙ ΤΡΙΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΔΙΑΤΟΜΕΣ.....	57

ΕΙΚ. 37: ΥΠΟΧΩΡΗΣΗ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ ΒΑΣΕΙ ΤΩΝ ΤΡΙΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΑΝΟΔΟΥ ΜΣΘ ΚΑΙ ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΠΟΥ ΘΑ ΕΠΗΡΕΑΣΤΟΥΝ (ΔΙΑΤΟΜΗ Ε1- ΑΚΤΗ ΕΛΙΑΣ).....	58
ΕΙΚ. 38: ΥΠΟΧΩΡΗΣΗ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ ΒΑΣΕΙ ΤΩΝ ΤΡΙΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΑΝΟΔΟΥ ΜΣΘ ΚΑΙ ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΠΟΥ ΘΑ ΕΠΗΡΕΑΣΤΟΥΝ (ΔΙΑΤΟΜΗ Τ1- ΑΚΤΗ ΤΡΟΥΛΛΟΣ).....	58
ΕΙΚ. 39: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΤΟΥ ΠΛΑΤΟΥΣ ΤΩΝ ΔΙΑΤΟΜΩΝ ΒΑΣΕΙ ΤΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΑΝΟΔΟΥ ΤΗΣ ΜΣΘ (ΣΤΑΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ) ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ.....	59
ΕΙΚ. 40: ΕΞΕΛΙΞΗ ΠΑΡΑΛΙΑΚΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΛΕΟΝΤ΄ΥΕΝ ΣΤΗ ΔΙΑΤΟΜΗ Κ1 (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ SBEACH ΣΤΗ ΔΙΑΤΟΜΗ Μ2 (ΔΕΞΙΑ).....	62
ΕΙΚ. 41: ΕΞΕΛΙΞΗ ΠΑΡΑΛΙΑΚΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΛΕΟΝΤ' ΥΕΝ ΣΤΗ ΔΙΑΤΟΜΗ Κ1 ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ RCP4.5 (ESL=1.35), ΕΤΟΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ 2100 ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΔΟ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ T=100.....	62
ΕΙΚ. 42: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΒΡΑΧΥΧΡΟΝΙΑΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ ΣΕ ΜΕΤΡΑ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΑ ΔΥΝΑΜΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ (ΛΕΟΝΤ΄ΥΕΝ ΕΠΑΝΩ, SBEACH ΚΑΤΩ) ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΔΙΑΤΟΜΕΣ.....	64
ΕΙΚ. 43: ΑΚΤΗ ΒΡΩΜΟΛΙΜΝΟΣ. Η ΕΠΕΙΣΟΔΙΑΚΗ ΑΝΟΔΟΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΘΑ ΕΠΙΦΕΡΕΙ ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΦΘΟΡΕΣ ΣΤΙΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΕΣ ΥΠΟΔΟΜΕΣ, ΣΕ ΤΜΗΜΑ ΤΟΥ ΥΓΡΟΤΟΠΟΥ ΚΑΙ ΣΕ ΜΕΡΟΣ ΤΗΣ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ.....	65
ΕΙΚ. 44: ΑΚΤΗ Μ. ΑΣΕΛΗΝΟΣ. Η ΕΠΕΙΣΟΔΙΑΚΗ ΑΝΟΔΟΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΔΕΝ ΘΑ ΕΠΗΡΕΑΣΕΙ ΤΙΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΕΣ ΥΠΟΔΟΜΕΣ, ΩΣΤΟΣΟ ΘΑ ΧΑΘΕΙ ΤΜΗΜΑ ΤΗΣ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ.....	66
ΕΙΚ. 45: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΤΟΥ ΠΛΑΤΟΥΣ ΤΩΝ ΔΙΑΤΟΜΩΝ ΒΑΣΕΙ ΕΠΕΙΣΟΔΙΑΚΗΣ ΑΣΘ (ΔΥΝΑΜΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ).....	67
ΕΙΚ. 46: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΑΠΩΛΕΙΩΝ Ρ.Ο.Υ – Π.Ο.Υ, ΣΕ ΧΙΛ. €, ΒΑΣΕΙ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΩΝ ΣΤΑΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ (ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ) ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΔΙΑΤΟΜΕΣ (ΕΚΤΟΣ Ψ1) ΥΠΟ ΤΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΜΑΚΡΟΧΡΟΝΙΑΣ ΑΝΟΔΟΥ ΤΗΣ ΜΣΘ.....	69
ΕΙΚ. 47: ΑΠΩΛΕΙΑ ΑΞΙΑΣ (ΕΚ. €) ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΞΙΑ ΕΤΟΥΣ ΒΑΣΗΣ ΤΟ 2018 (INITIAL) ΛΟΓΩ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΜΑΚΡΟΧΡΟΝΙΑ ΑΝΟΔΟ ΤΗΣ ΜΣΘ (FINAL).....	70
ΕΙΚ. 48: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΑΠΩΛΕΙΩΝ Ρ.Ο.Υ – Π.Ο.Υ, ΣΕ ΧΙΛ. €.	70
ΕΙΚ. 49: ΑΠΩΛΕΙΑ ΑΞΙΑΣ (ΕΚ. €) ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΞΙΑ ΕΤΟΥΣ ΒΑΣΗΣ ΤΟ 2018 (INITIAL) ΛΟΓΩ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΕΠΕΙΣΟΔΙΑΚΗ ΑΣΘ (FINAL).....	71

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι γεγονός, ότι η παράκτια διάβρωση αποτελεί από τις πιο σοβαρές επιπτώσεις που υφίστανται, παγκοσμίως, τα παράκτια συστήματα λόγω της κλιματικής αλλαγής και της ανόδου της μέσης στάθμης της θάλασσας. Η κατανόηση των διαδικασιών, τόσο της διάβρωσης όσο και της πρόσχωσης σε μια παράκτια περιοχή, καθώς και η ακριβής πρόβλεψη της εξέλιξης της ακτογραμμής είναι απαραίτητα δεδομένα προκειμένου αφενός, να παρθούν στρατηγικά μέτρα μετριασμού και αφετέρου να συνταχθεί ένα διαχειριστικό σχέδιο με αποφάσεις και μελλοντικές παρεμβάσεις όσον αφορά στην προστασία του παράκτιου περιβάλλοντος και της βιώσιμης ανάπτυξης αυτού. Πρόσθετα, τα παράκτια και θαλάσσια οικοσυστήματα παρέχουν μια σειρά αγαθών και υπηρεσιών – οικοσυστημικές υπηρεσίες– με ιδιαίτερο ενδιαφέρον, όχι μόνο από οικολογικής άποψης, αλλά και λόγων που σχετίζονται με την οικονομία και την κοινωνική ευημερία. Η ποικιλία των εν λόγω παρεχόμενων οικοσυστημικών υπηρεσιών περιλαμβάνουν υπηρεσίες από τη ρύθμιση του κλίματος, την παράκτια προστασία, τη διατήρηση της βιοποικιλότητας μέχρι και ευκαιρίες αναψυχής και ευζωίας.

Το 20% της επιφάνειας του Ελλαδικού χώρου αντιστοιχεί σε νησιωτικές περιοχές, με το συνολικό μήκος της ακτογραμμής της να αποτελεί περίπου το 50%¹ της συνολικής ακτογραμμής της Μεσογείου (Μπεριάτος & Παπαγεωργίου, 2013). Επιπλέον, όπως επισημαίνουν οι Γαβαλάς (2017, από Αποστολάκης, 2012) και Καϊμπαλή (2017 από Δίκτυο Μεσόγειος SOS, 2015), «...η ζώνη που βρίσκεται σε απόσταση μέχρι 50 χιλιόμετρα εσωτερικά της ακτογραμμής, φιλοξενεί το 85% του πληθυσμού, το 80% της βιομηχανίας, το 90% του τουρισμού, μεγάλο μέρος της γεωργίας και το σύνολο σχεδόν της αλιείας και της ιχθυοκαλλιέργειας καθώς και σημαντικό μέρος των υποδομών και εγκαταστάσεων μεταφορών και επικοινωνιών (λιμάνια, αεροδρόμια, δίκτυο παροχής ηλεκτρισμού, και οδικό δίκτυο)...» γεγονός που καθιστά προφανές ότι η παράκτια ζώνη είναι εξαιρετικά σημαντική τόσο από οικονομική – αναπτυξιακή σκοπιά, όσο και από περιβαλλοντική- πολιτιστική, κάνοντας αντιληπτό ότι η αποτελεσματική και βιώσιμη διαχείριση της θα πρέπει να αποτελεί βασικό στόχο μιας ευρύτερης ολοκληρωμένης πολιτικής προστασίας. Ιδιαίτερα οι ακτές αποτελούν ευάλωτα παράκτια περιβάλλοντα όμως ταυτόχρονα είναι και ο βασικός πυλώνας του τουριστικού προϊόντος και εν γένει της εγχώριας οικονομίας (UNEP, 2008). Επιπλέον, η σημασία και η αξία των παραλιών και των παράκτιων πόρων αναδεικνύεται μέσω των οικοσυστημικών υπηρεσιών που προσφέρουν, οι οποίες υποστηρίζουν σε σημαντικό βαθμό τη ζωή και τις δραστηριότητες του ανθρώπου.

Στο πλαίσιο αυτό, η παρούσα εργασία επικεντρώνεται (α) στον προσδιορισμό των οικοσυστημικών υπηρεσιών των παραλιών αναψυχής της νήσου Σκιάθου, (β) στο βαθμό που θα επηρεαστούν από την επικείμενη παράκτια διάβρωση βάσει σεναρίων ανόδου της θαλάσσιας στάθμης λόγω κλιματικής αλλαγής και (γ) σε μια απλοποιημένη προσέγγιση προσδιορισμού του οικονομικού κόστους που θα επιφέρει η

¹ Το 40% της ακτογραμμής ανήκει στα νησιά.

οπισθοχώρηση της ακτογραμμής σύμφωνα με την ολιστική προσέγγιση των Paprotny et al. (2021).

1.1 Εισαγωγή στην έννοια της ταξινόμησης των Οικοσυστημικών Υπηρεσιών

Τα τελευταία πενήντα χρόνια, οι άνθρωποι έχουν «τροποποιήσει» τη δομή των οικοσυστημάτων σε τέτοιο βαθμό, όσο ποτέ άλλοτε στην περίοδο της ανθρώπινης ιστορίας, κυρίως για να ανταπεξέλθουν στις ταχέως αυξανόμενες απαιτήσεις σε τρόφιμα, νερό, ξυλεία, καύσιμα, ίνες κ.α., δηλαδή σε ωφέλειες που δυνητικά έχει η τοπική κοινωνία από τα οικοσυστήματα, οι οποίες ορίζονται ως υπηρεσίες των οικοσυστημάτων ή οικοσυστημικές υπηρεσίες (Ecosystem Services). Με άλλα λόγια, η έννοια των οικοσυστημικών υπηρεσιών αφορούν στη “*συμβολή των δομών και των λειτουργιών των οικοσυστημάτων στη διατήρηση και βελτίωση της ποιότητας ζωής του ανθρώπου*” (Burkhard & Maes, 2017). Το γεγονός αυτό, έχει ως αποτέλεσμα τη μη αναστρέψιμη απώλεια της ποικιλομορφίας της ζωής στον πλανήτη (UNEP, 2005). Σημειώνεται, ότι οι εν λόγω υπηρεσίες συνιστούν ισχυρό εργαλείο λήψης πολιτικών αποφάσεων σε τοπικό, εθνικό και διεθνές επίπεδο σχετικά με τη διαχείριση των φυσικών πόρων, την προστασία του περιβάλλοντος, τη συμβολή στην περιβαλλοντική έρευνα & εκπαίδευση κ.α. (Maes et al. 2013).

Στην αρχή της νέας χιλιετίας (2000), ο Ο.Η.Ε. ξεκίνησε μια πρωτοβουλία αποτίμησης των υπηρεσιών των οικοσυστημάτων σε παγκόσμιο επίπεδο, τα συμπεράσματα της οποίας καταγράφηκαν έπειτα από πέντε χρόνια σε αντίστοιχη έκθεση², ταξινομώντας τις οικοσυστημικές υπηρεσίες σε τέσσερις κύριες ομάδες: Προμηθευτικές, Πολιτισμικές, Ρυθμιστικές και Υποστηρικτικές. Όπως επισημαίνεται από τον Κάλφα (2019), πέραν της προαναφερθείσας ταξινόμησης αναπτύχθηκαν κι άλλα συστήματα ταξινόμησης, όπως το TEEB³, του Costanza (2010), και ακόμα περισσότερα εθνικά συστήματα, όλα με παρόμοια, σχεδόν, κατηγοριοποίηση και μικρές, αλλά όχι ουσιαστικές, διαφορές. Εντούτοις, λόγω των διαφορετικών ορισμών, τρόπων ταξινόμησης και κλιμάκων που χρησιμοποιούν δεν είναι πάντα εύκολο να συγκριθούν, και προκειμένου να αρθεί το εμπόδιο αυτό το 2018 θεσπίστηκε η Κοινή Διεθνής Ταξινόμηση Υπηρεσιών Οικοσυστημάτων (CICES⁴). Οι τρεις γενικές κατηγορίες οικοσυστημικών υπηρεσιών, σύμφωνα με την τελευταία είναι: α) Υπηρεσίες Παροχής (Provisioning services), β) Υπηρεσίες Ρύθμισης και Διατήρησης (Regulating and Maintenance Services) και γ) Πολιτισμικές Υπηρεσίες (Cultural Services) (Maes et al., 2013).

1.2 Παράκτια οικοσυστήματα & Οικοσυστημικές Υπηρεσίες Ακτών κολύμβησης – αναψυχής

Τα παράκτια οικοσύστημα και κατ’ επέκταση το θαλάσσιο περιβάλλον παρέχουν μια σειρά αγαθών και υπηρεσιών με ιδιαίτερο ενδιαφέρον, όχι μόνο από οικολογικής απόψεως, αλλά και λόγων που σχετίζονται με την οικονομία και την κοινωνική

² Έκθεση Αξιολόγησης Χιλιετίας [The Millennium Ecosystem Assessment (MA, 2005)]

³ The Economics of Ecosystems and Biodiversity, 2010

⁴ Common International Classification of Ecosystem Services

ευημερία (Castaño-Izasa et al., 2015 από Enriquez et al., 2018). Η ποικιλία των εν λόγω παρεχόμενων οικοσυστημικών υπηρεσιών περιλαμβάνουν υπηρεσίες από φυσικές ρυθμιστικές λειτουργίες που συμβάλλουν στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής ή στην επιβράδυνση της διάβρωσης των ακτών, τη ρύθμιση αποβλήτων μέχρι και ευκαιρίες αναψυχής (E.E, 2011; Remoundou et al., 2009; Schuhmann and Mahon, 2015 από Enriquez et al., 2018). Πρόσθετα, οι παράκτιες περιοχές βοηθούν στη δημιουργία και διατήρηση μικροκλιμάτων. Η ύπαρξη παράκτιων δασών και υγροτόπων διασφαλίζει την ελαχιστοποίηση των πλημμυρών, της διάβρωσης και άλλων φυσικών καταστροφών, προσφέροντας πολύτιμες ρυθμιστικές και υποστηρικτικές οικοσυστημικές υπηρεσίες (ΕΜΕΚΑ, 2011).

Στις ρυθμιστικές οικοσυστημικές υπηρεσίες περιλαμβάνονται, με άλλα λόγια, όλοι οι τρόποι με τους οποίους τα οικοσυστήματα ελέγχουν ή τροποποιούν της βιοτικές ή αβιοτικές παραμέτρους που καθορίζουν το περιβάλλον στο οποίο ζει και δραστηριοποιείται ο άνθρωπος, δηλαδή τις πτυχές του περιβάλλοντος. Για παράδειγμα, είναι οι εκροές του οικοσυστήματος που δεν καταναλώνονται, αλλά επηρεάζουν την απόδοση των ατόμων, των κοινοτήτων, των πληθυσμών και των δραστηριοτήτων της (Haines-Young & Potschin, 2013; Braat & de Groot, 2012 από Δημόπουλος κ.α., 2017).

Η σημασία των παράκτιων πόρων για την ευημερία των παράκτιων περιοχών έγκειται ακριβώς της οικοσυστημικές υπηρεσίες και τα αγαθά που υποστηρίζουν την ανθρώπινη ζωή. Της χαρακτηριστικά επισημαίνεται στο Πλουμή κ.α. (2017), η αλιεία, η ναυσιπλοΐα, η ιχθυοκαλλιέργεια, το εμπόριο καθώς και δραστηριότητες που αναπτύχθηκαν εν συνεχεία, της η παραγωγή ανανεώσιμων μορφών ενέργειας και πόσιμου νερού, η αρχαιολογική, ωκεανογραφική και πολιτιστική έρευνα, η αναψυχή (κολύμβηση, ψάρεμα) καθώς και δραστηριότητες εναλλακτικού τουρισμού (κατάδυση, θαλάσσια σπορ, αισθητική/πνευματική αξία περιοχών φυσικού κάλλους), συνιστούν και καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό την ποιότητα ζωής (human well-being) της παράκτιες περιοχές, ο πληθυσμός των οποίων αποτελεί το 50% του συνολικού πληθυσμού της Γης. Ειδικότερα τονίζεται το ευρύ φάσμα υπηρεσιών που παρέχονται από τις αμμώδεις ακτές (Barbier et al., 2011; Beck et al., 2017; NRC, 2007; Martínez et al., 2007; Defeo et al., 2009; Nelsen, 2012; Ekow, 2014 από Enriquez et al., 2018), όπως **υπηρεσίες ρύθμισης/διατήρησης** (αποθήκευση και μεταφορά ιζήματος, ρύθμιση κλίματος, έλεγχος εδαφικής διάβρωσης, γενετική βιοποικιλότητα, αντιπλημμυρική προστασία), **υπηρεσίες παροχής** (παραγωγή τροφής, περιοχές νηπιτροφείων για νεαρά ψάρια/ενέργειας/νερού/αλατιού/αλγών), καθώς και **πολιτισμικές υπηρεσίες** (δραστηριότητες αναψυχής, καταδυτικός τουρισμός, εκπαίδευση/έρευνα, καλλιτεχνική έμπνευση, ψυχική/πνευματική ανάταση). Η προστασία των ακτών είναι αδιαμφισβήτητα μια από της πιο πολύτιμες υπηρεσίες ειδικά όταν εμφανίζονται ακραία καιρικά φαινόμενα ή άνοδος της θαλάσσιας στάθμης, ώστε να παρέχεται προστασία από της κυματισμούς και τη διάβρωση των ακτών. Η καταγραφή των παρεχόμενων θαλάσσιων οικοσυστημικών υπηρεσιών βάσει της Κοινής Διεθνούς Ταξινόμησης Υπηρεσιών Οικοσυστημάτων (CICES), δίνεται στον Πίνακα 1. Συνεπώς, οι παράκτιες οικοσυστημικές υπηρεσίες στηρίζουν και τροφοδοτούν, σε φυσικούς και

πολιτιστικούς όρους, το κοινωνικό κεφάλαιο διαγενεακά, σε κλίμακα που ξεπερνά το τοπικό επίπεδο και ανάγεται ιστορικά σε ευρωπαϊκό και παγκόσμιο επίπεδο.

1.3 Σχέση μεταξύ κλιματικής αλλαγής και επιπτώσεων στον τομέα των υπηρεσιών ακτών και παράκτιων ζωνών

Τα τελευταία είκοσι χρόνια, σε παγκόσμιο επίπεδο, οι μεγαλύτερες μητροπόλεις είναι παράκτιες πόλεις και αυξάνουν συνεχώς το μέγεθός τους, καθώς όλο και περισσότεροι άνθρωποι μεταναστεύουν προς αυτές. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες επαναχωροθετούνται από την ηπειρωτική στην παράκτια ζώνη με ταχύτατο ρυθμό, ώστε να γίνεται σήμερα λόγος ως “*one of the greatest human migrations of modern times*” (Tibbetts, 2002 από ΕΜΕΚΑ, 2011). Όπως χαρακτηριστικά επισημαίνεται από τον Πετρέλη (2012 από Rousseeuw & Leroy, 1987; Pethick, 1984), το 66% του παγκόσμιου πληθυσμού κατοικεί λίγα μόνο χιλιόμετρα από τη θάλασσα, γεγονός που συνεπάγεται την άμεση και δραστική επιρροή των ανθρώπινων δραστηριοτήτων από την άνοδο της θαλάσσιας στάθμης. Το 33% του ελληνικού πληθυσμού κατοικεί σε περιοχές που απέχουν 1-2 χλ. από την ακτή, ενώ, αν ως παράκτιος πληθυσμός θεωρηθεί αυτός που κατοικεί σε απόσταση έως και 50 χλμ. από την ακτή, τότε το εν λόγω ποσοστό αυξάνεται και εκτιμάται στο 85%.

Πίνακας 1: Ταξινόμηση οικοσυστημικών υπηρεσιών και αγαθών που παρέχονται από το παράκτιο/ θαλάσσιο περιβάλλον (Garpe, 2008 & MEA, 2005. Προσαρμοσμένος από ΕΜΕΚΑ, 2011)

A. Υπηρεσίες παροχής	B. Υπηρεσίες Ρύθμισης & Διατήρησης
1. Τροφή	1. Ρύθμιση αερίων της ατμόσφαιρας
2. Μη βρώσιμοι πόροι	2. Ρύθμιση τοπικού κλίματος
3. Γενετικοί πόροι	3. Συγκράτηση ιζημάτων
4. Χημικοί πόροι	4. Ρύθμιση βιολογικών παραγόντων
5. Πόροι διακοσμητικού χαρακτήρα	5. Ρύθμιση ρύπανσης
6. Ενεργειακοί πόροι	6. Μετριασμός ευτροφισμού
7. Θαλάσσιες οδοί	7. Βιο-γεωχημικοί κύκλοι
	8. Πρωτογενής παραγωγή
Γ. Πολιτισμικές υπηρεσίες	9. Δυναμική τροφικής αλυσίδας
1. Αναψυχή	10. Βιοποικιλότητα
2. Αισθητικές αξίες	11. Βιότοποι
3. Επιστήμη και εκπαίδευση	12. Προσαρμοστικότητα-ισορροπία
4. Πολιτισμική κληρονομιά	
5. Έμπνευση	

Το όλο και περισσότερο αναδυόμενο πρότυπο της βιομηχανοποίησης και οικονομικής μεγέθυνσης, της τουριστικής πίεσης, της εντατικοποίησης δραστηριοτήτων του πρωτογενούς τομέα, καθιστούν τα παράκτια συστήματα ευάλωτα σε μια σειρά έντονων πιέσεων από ανθρωπογενείς δραστηριότητες με την κλιματική αλλαγή να οξύνει τις

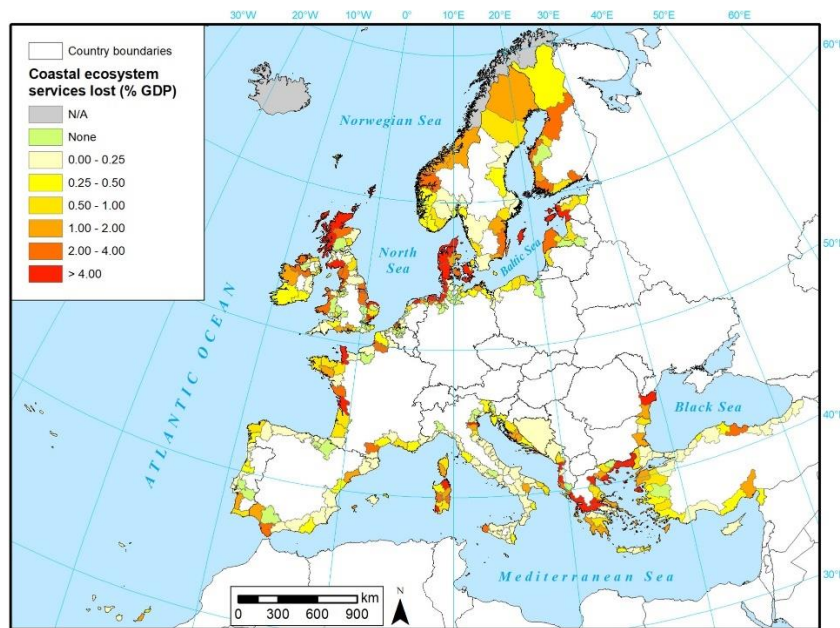
μέχρι τώρα πιέσεις, στο βαθμό που μια από της πλέον βέβαιες επιπτώσεις της είναι η μέση παγκόσμια άνοδος της στάθμης της θάλασσας (Daily, 1997; Turner et al., 2001; Church et al., 2001 από ΕΜΕΚΑ, 2011). Ο συνδυασμός των παραπάνω παραγόντων επιτείνουν ή ακόμη και προκαλούν συχνά το φαινόμενο της παράκτιας διάβρωσης. Εξάλλου, όπως υπογραμμίζεται και στο Velegrakis et al. (2005), η διάβρωση αποτελεί φαινόμενο αλληλεπίδρασης και συνύπαρξης τόσο φυσικών όσο και ανθρωπογενών παραγόντων, με άλλα λόγια επεμβάσεων στο περιβάλλον με διάφορους τρόπους και σε διάφορες χωρο-χρονικές κλίμακες. Δημιουργεί έντονο προβληματισμό η διαπίστωση του OECD (2006), ότι ακόμα και εάν εφαρμοστούν, παγκοσμίως, δραστικές πολιτικές μετριασμού και σταθεροποίησης του κλίματος, η ΑΣΘ και τα συνοδά φαινόμενα της παράκτιας διάβρωσης και θυελλογενών παλιρροιών θα συνεχίσουν να υφίστανται για αιώνες (Meehl et al., 2005; Wigley, 2005 από ΕΜΕΚΑ, 2011). Ένα από τα μεγαλύτερα θέματα που αντιμετωπίζει η Ευρώπη, αλλά και ο πλανήτης γενικότερα, το οποίο όλο και οξύνεται λαμβάνοντας υπόψη τα μελλοντικά σενάρια κλιματικής αλλαγής και κατ' επέκταση το αποτέλεσμα ανόδου της θαλάσσιας στάθμης, είναι η παράκτια διάβρωση.

Ένα από τα αποτελέσματα της τελευταίας είναι η απώλεια των οικοσυστημικών υπηρεσιών που προσφέρουν τα συστήματα αυτά. Τα παράκτια οικοσυστήματα παράγουν δυσανάλογα περισσότερες οικοσυστημικές υπηρεσίες που βελτιώνουν την ανθρώπινη ευημερία συγκριτικά με το πλήθος των υπόλοιπων συστημάτων, ακόμα και αυτών που καλύπτουν μεγαλύτερες συνολικά περιοχές (ΜΕΑ, 2005). Η πρόσφατη έρευνα των Paprotny et al., (2021), αναφέρει ότι το έτος 2018 εκτιμήθηκε ότι η παράκτια ζώνη (αποκλείοντας την ανοιχτή θάλασσα) περιλαμβάνει 579.700 km² οικοτόπων που παράγουν 494 δις € υπηρεσιών ετησίως. Ωστόσο, τα δεδομένα που υπάρχουν, τόσο από έρευνες πεδίου όσο και από δεδομένα τηλεπισκόπησης, αποκαλύπτουν ότι η παγκόσμια στάθμη της θάλασσας αυξάνεται με ταχύτερους ρυθμούς από τις προηγούμενες δεκαετίες. Η άνοδος αυτή έχει επιταχυνθεί τα τελευταία χρόνια, ταυτόχρονα με τη αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας (Veermer & Rahmstorf, 2009; Church et al., 2011; Kemp et al., 2011; Lambeck et al., 2010; Kopp et al., 2016; Le Cozannet et al., 2015, από Anzidei et al., 2016). Η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC) αναμένει μια αύξηση περίπου ενός (1) μέτρου της παγκόσμιας μέσης στάθμης της θάλασσας, η οποία θα επιφέρει σημαντικές πιέσεις στην παράκτια ζώνη αποτελώντας, όπως προαναφέρθηκε, το σημαντικότερο ίσως περιβαλλοντικό πρόβλημα της Μεσογείου αλλά και της Ευρώπης σύμφωνα με την ευρωπαϊκή βάση δεδομένων για την παράκτια διάβρωση EUROSION (Eurosion, 2004).

Στην ίδια μελέτη του 2021, υπογραμμίζεται ότι η μελλοντική αύξηση της θαλάσσιας στάθμης δύναται να καταστρέψει το 1%⁵ αυτών των περιοχών και κατά 4.2% [3.0 – 6.1%] όσον αφορά στις παρεχόμενες υπηρεσίες (RCP4.5). Αντίστοιχα, για το σενάριο RCP8.5 θα είναι 1.2% [0.7 – 2.2%] και 5.1% [3.3 – 8.5%] (Εικ. 1). Σε απόλυτες τιμές αυτό μεταφράζεται σε ζημία έως και 42 δις € το χρόνο. Περίπου το μισό (48-50%) των περιοχών που θα υποστούν διάβρωση θα είναι δάση και ημι-φυσικές περιοχές (έχει

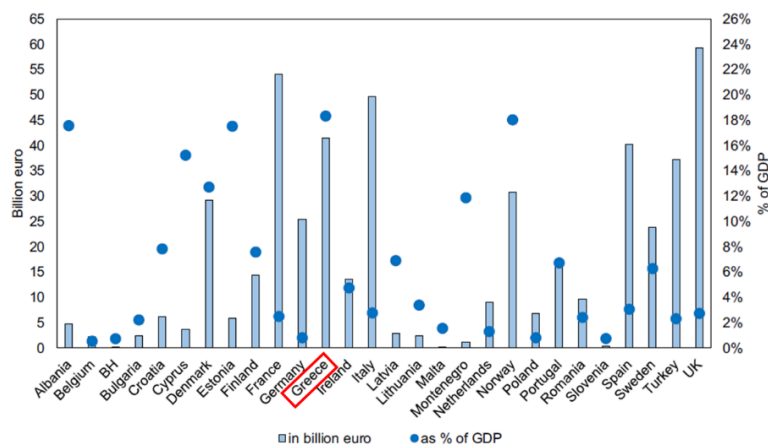
⁵ Στις αγκύλες τιμές για διάστημα εμπιστοσύνης 90% [0.7 – 1.5%].

παρέμβει ο άνθρωπος, ωστόσο παραμένει το φυσικό στοιχείο), αλλά αναφορικά με τις παρεχόμενες υπηρεσίες των υγροβιότοπων, εκεί η απώλεια φτάνει και ξεπερνάει το 70% ή πάνω από 30 δις € (ή περίπου το ¼ της αξίας του 2018). Εικάζεται, ότι το μοτίβο των συνεπειών της παράκτιας διάβρωσης στις οικοσυστημικές υπηρεσίες θα είναι αρκετά ανομοιόμορφο μεταξύ των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης λόγω της μη ομοιόμορφης έκτασης της ακτογραμμής που θα υποχωρήσει, αλλά τοπικά, αυτές οι συνέπειες θα επηρεάσουν σημαντικά το κοινωνικο-οικονομικό περιβάλλον.



Εικ. 1: Πρόβλεψη (2100) της ετήσιας απώλειας παράκτιων οικοσυστημικών υπηρεσιών ως % ΑΕΠ (στοιχεία 2018 ή νεότερα όπου ήταν διαθέσιμα) ανά χώρα (επίπεδο NUTS-3), μέγιστη εκτίμηση (95% διαστ. εμπιστ. παράκτιας διάβρωσης υπό το σενάριο RCP8.5) (Paprotny et al., 2021).

Για παράδειγμα, η Ελλάδα, παρόλο που βρίσκεται στην 4^η θέση, διαθέτει υπηρεσίες με συνολική αξία 42 δις €, αντιπροσωπεύοντας περισσότερο από το 18% του ΑΕΠ αυτής (Εικ. 2). Σημειώνεται, ότι η Ελλάδα, ήταν η δεύτερη χώρα με τις μεγαλύτερες απώλειες μέχρι τα μέσα του αιώνα, αλλά η Αλβανία την ξεπέρασε στο δεύτερο μισό αυτού.



Εικ. 2: Παράκτιες οικοσυστημικές υπηρεσίες ανά έτος βάσει του CLC 2018, σε δις € και ως % ΑΕΠ (2018) ανά χώρα (Paprotny et al., 2021)

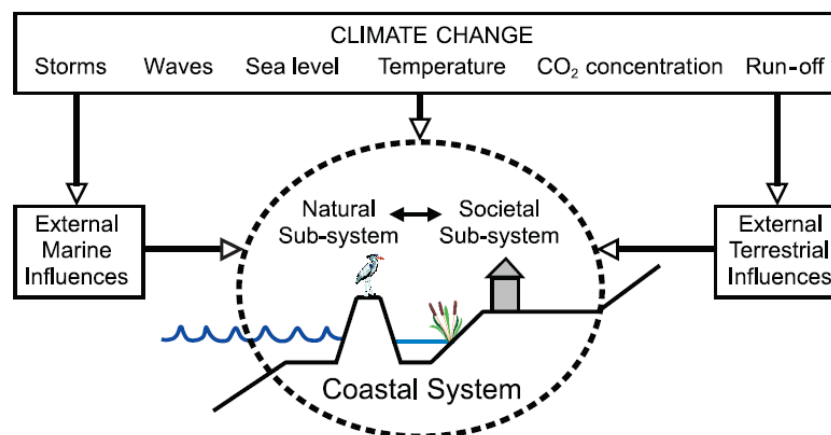
Τέλος, στην ίδια μελέτη γίνεται λόγος για υψηλό κίνδυνο, σε απόλυτες τιμές και αναλόγως το κλιματικό σενάριο, των κωνοφόρων δασών και των αμμωδών ακτών - θινών. Με άλλα λόγια, το 17-18% [10-33%] θα βρίσκεται υπό κίνδυνο το 2050 και 28-34% [21-48%] το 2100, το οποίο μεταφράζεται στη δεύτερη υψηλότερη απώλεια υπηρεσιών ετησίως και πάνω από 3.6 δις € από τα 7.5 δις € που παρήχθησαν το 2018. Οι ρυθμιστικές και υπηρεσίες παροχής, που προσφέρουν κυρίως τα οφέλη, με τις πρώτες να επηρεάζονται πολύ περισσότερο με απώλειες 7-9% [5-15%] έως το 2100, συγκριτικά με τις δεύτερες, όπου οι απώλειες θα είναι της τάξεως του 1% [0.7-2.2%] (Paprotny et al., 2021).

1.4 Οι μηχανισμοί υποχώρησης της ακτογραμμής

Η σημασία των παράκτιων πόρων για την ευημερία των παράκτιων περιοχών έγκειται ακριβώς στις οικοσυστημικές υπηρεσίες και τα αγαθά που υποστηρίζουν την ανθρώπινη ζωή (Daily, 1997; Turner et al., 2001 από ΕΜΕΚΑ, 2011). Για το λόγο αυτό, η συμπεριφορά και οι τρόποι αντίδρασης των ακτών και οι εν γένει διαδικασίες υποχώρησης των ακτών θα πρέπει να μελετηθούν διεξοδικά για μια σειρά από λόγους. Ενδεικτικά αναφέρονται (Zhang et al., 2002, από Πετρέλης, 2012):

- η παράκτια ζώνη λειτουργεί ως «ζώνη προστασίας» των παράκτιων περιοχών, καθώς προφυλάσσει τα οικοσυστήματα, τις παράκτιες καλλιέργειες κ.α. από τη κυματική δράση,
- η ισορροπία κάθε παραλίας επηρεάζεται από την ανθρώπινη δραστηριότητα,
- οι εν λόγω περιοχές αποτελούν αφενός μέρος κατοικίας πολλών ανθρώπων και αφετέρου, είναι ιδιαίτερα δημοφιλείς προορισμοί.

Οι κυριότεροι παράγοντες της κλιματικής αλλαγής που επηρεάζουν ένα παράκτιο σύστημα είναι οι καταιγίδες, τα κύματα, η θάλασσα στάθμη, η θερμοκρασία, η συγκέντρωση CO₂ καθώς και οι απορροές. Πρόσθετα, εξωτερικές θαλάσσιες και χερσογενείς επιδράσεις επιδρούν και στο φυσικο-κοινωνικό υποσύστημα (Εικ. 3).



Εικ. 3: Παράγοντες που επηρεάζουν τα παράκτια συστήματα (Nicholls et al., 2007 από Μονιούδη, 2011).

Η εργασία αυτή επικεντρώνεται στις παραλίες (beaches), δηλαδή «τις χαμηλές ακτές που κτίζονται από χαλαρά (μη συνεκτικά) ιζήματα όπως π.χ. άμμους, αμμοχάλικες, χαλίκια, βότσαλα, και των οποίων η μορφολογική εξέλιξη (μορφοδυναμική) ελέγχεται κυρίως από την υδροδυναμική και ιζηματοδυναμική» (Μονιούδη, 2011). Το σύγχρονο αυτό περιβαλλοντικό πρόβλημα, της παράκτιας διάβρωσης, διακρίνεται σε i) μακροχρόνια⁶ και ii) βραχυχρόνια⁷. Στην πρώτη περίπτωση γίνεται λόγος για μη αναστρέψιμη μακροχρόνια οπισθοχώρηση της ακτογραμμής, ενώ στην άλλη μπορεί να μην υποστεί η ακτογραμμή μόνιμη οπισθοχώρηση (List et al., 2006), αλλά προκαλούνται μεγάλης κλίμακας καταστροφές (Niedoroda et al., 2009; Mosumder et al., 2010; Lynett et al., 2010 από Μονιούδη, 2011).

1.4.1 Τάσεις παράκτιας διάβρωσης από ΑΣΘ

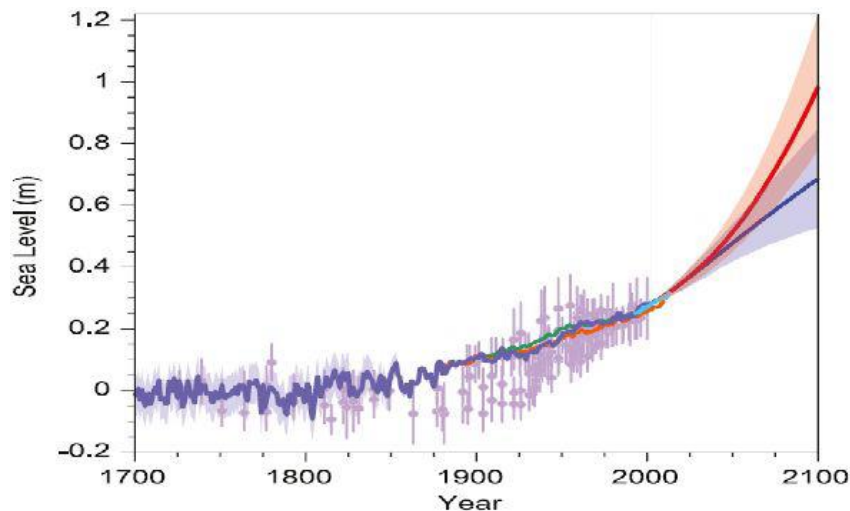
Οι παραλίες τείνουν να αλλάζουν συνεχώς μορφολογία, είτε υποχωρώντας ή προσχώνοντας, ως απόκριση στις δυνάμεις που ελέγχουν/οδηγούν την ιζηματοδυναμική (όπως οι κυματισμοί, τα παράκτια ρεύματα και ο άνεμος) και την ιζηματοπαροχή, καθώς επίσης και στις αλλαγές της βραχυχρόνιας και μακροχρόνιας θαλάσσιας στάθμης. Τις τελευταίες δεκαετίες εκτιμάται ότι έχει οπισθοχωρήσει περίπου το 60% των ιζηματογενών ακτογραμμών (παραλιών), παγκοσμίως, περίπου 20-30% έχουν παραμείνει σταθερές και περίπου 10% παρουσιάζουν πρόσχωση (Burkett et al., 2001 από Μονιούδη, 2011). Γενικότερα, όπως σημειώνει ο Nicholls et al. (2007 από Μονιούδη, 2011), οι παραλίες δύνανται να αποκριθούν τόσο στις μεταβαλλόμενες 'εξωτερικές συνθήκες' (ακραία φαινόμενα) όσο και σε μεταβολές που ελέγχονται από εσωτερικές διεργασίες που όμως δεν μπορούν να προβλεφθούν εύκολα. Συνεπώς, αν και η πληθώρα των παραλιών βρίσκονται υπό καθεστώς διάβρωσης εντούτοις η μακροχρόνια άνοδος της μέσης στάθμης της θάλασσας δε καταλογίζεται πάντοτε ως η πρώτιστη αιτία (RiVAMP, 2010). Επομένως, η διάβρωση μπορεί να οφείλεται τόσο σε φυσικά όσο και σε ανθρωπογενή αίτια. Εν περιλήψει, στην πρώτη περίπτωση εμπίπτει η άνοδος της θαλάσσιας στάθμης, η μακροχρόνια αύξηση του κυματικού ύψους και οι μεταβολές της έντασης/συχνότητας των θυελλών και μετεωρολογικών παλιρροιών, η μείωση των κατακρημνίσεων καθώς και η μεταφορά των παράκτιων ιζημάτων σε μεγάλα βάθη⁸.

Η παγκόσμια μέση θαλάσσια στάθμη, κατά τη διάρκεια του 20^{ου} αι., έχει αυξηθεί περίπου 0,2 m (IPCC, 2013 - Εικ. 4). Για τη δεκαετία του '90, ο παγκόσμιος ρυθμός αύξησης υπολογίσθηκε από 2.4 – 3.8 mm ανά έτος (IPCC, 2007), ωστόσο νεότερες μελέτες καταδεικνύουν ότι ο εν λόγω ρυθμός εμφανίζει μεγάλη χωρο-χρονική μεταβλητότητα ευρισκόμενος στο ανώτερο όριο του προαναφερθέντος εύρους (Church & White, 2011).

⁶ Λόγω της άνοδου της μέσης θαλάσσιας στάθμης-Mean Sea Level- και/ή αρνητικών παράκτιων ιζηματικών ισοζυγίων (Basco, 1999· Nicholls et al, 2007 από Μονιούδη, 2011) που προκαλούν είτε τη μετανάστευση των παραλιών προς την ξηρά ή τον κατακλυσμό τους.

⁷ Λόγω ακραίων φαινομένων όπως μετεωρολογικών παλιρροιών (storm surges) και θυελλωδών κυματισμών

⁸ Αναλυτικότερα βλ. στο Μονιούδη, 2011: 12-20



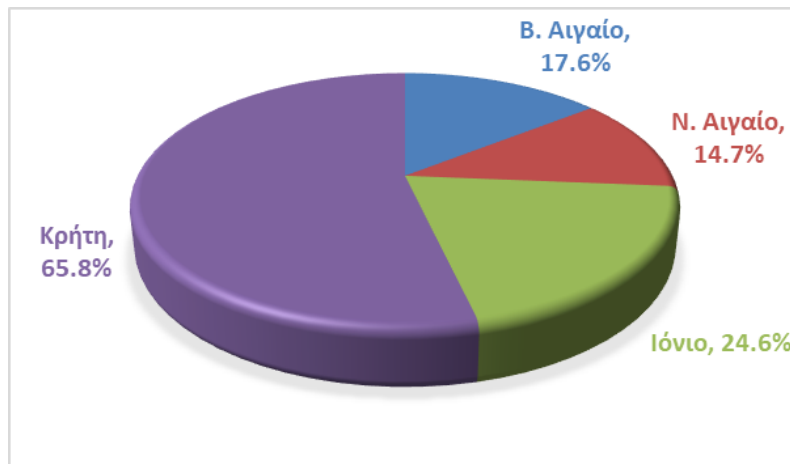
Εικ. 4: Ιστορική και μελλοντική θαλάσσια στάθμη. Με μοβ απεικονίζονται τα Proxy data⁹, ενώ με μπλε τα δεδομένα από παλιρροιογράφους. Οι μελλοντικές προβλέψεις παρουσιάζονται για δύο (2) σενάρια (RCP8.5: πολύ υψηλές εκπομπές και RCP2.6: πολύ χαμηλές) με κόκκινη και μπλε γραμμή, αντίστοιχα (IPCC, 2013).

1.4.2 Μεταβολή της στάθμης της θάλασσας και παράκτια διάβρωση σε εθνικό επίπεδο

Όσον αφορά στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας στη λεκάνη της Μεσογείου, οι επιστημονικές προβλέψεις περιγράφουν μια άνοδο της τάξης του ενός (1) μέτρου ή ακόμα και παραπάνω μέχρι το έτος 2100 (IPCC, 2010; IPCC, 2007 από Πετρέλης, 2012).

Τα αποτελέσματα, που εξήχθησαν στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος «Θαλής» για τη μακροχρόνια μεταβλητότητα της ΜΣΘ των ελληνικών θαλασσών καθώς και τη μελλοντική εξέλιξη της ΜΣΘ μέχρι τα τέλη του 21^{ου} αιώνα μέσω ωκεάνιου κλιματικού μοντέλου υψηλής διακριτικής ικανότητας για το σύνολο της Μεσογείου, έδειξαν ότι το σημαντικότερο μέρος της μεταβλητότητας και των τάσεων προκύπτει από τη στερική μεταβολή αλλά και τη δυναμική τοπογραφία. Πρόσθετα, για τις τελικές προβλέψεις της ΑΣΘ λήφθηκε υπόψη και η προσθήκη μάζας νερού από το λιώσιμο των ηπειρωτικών πάγων (σταθερή τιμή 2.5 mm/yr) δίνοντας άνοδο της στάθμης στα τέλη του 21^{ου} αιώνα κατά 20cm (Κεσανίδου, 2017). Όσον αφορά σε ευρωπαϊκό επίπεδο και συγκεκριμένα στην Ελλάδα, το περίπου 32% της ακτογραμμής (το περίπου 25.2% της νησιωτικής ακτογραμμής) βρίσκεται υπό καθεστώς διάβρωσης (Αλεξανδράκης κ.α., 2009; EuroSION, 2004; Maroukian et al. από Μονιούδη, 2011) (Εικ. 5 & Πίνακας 2).

⁹ Στην παλαιοκλιματολογία, τα Proxy data είναι φυσικά περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά διατηρημένα σε φυσικούς ‘καταγραφείς’ κλιματικής μεταβλητότητας όπως οι δακτύλιοι των κορμών των δέντρων, τα οργανικά απολιθώματα, οι πυρήνες πάγου, τα κοράλλια και τα θαλάσσια ιζήματα. Χρησιμοποιούνται για την κατανόηση και ανακατασκευή του κλίματος παλιών γεωλογικών περιόδων (Καϊμπαλή, 2017).



Εικ. 5: Ποσοστιαία σύνθεση της υπό διάβρωση ακτογραμμής στις νησιωτικές περιοχές της Ελλάδας (EuroSION, 2004).

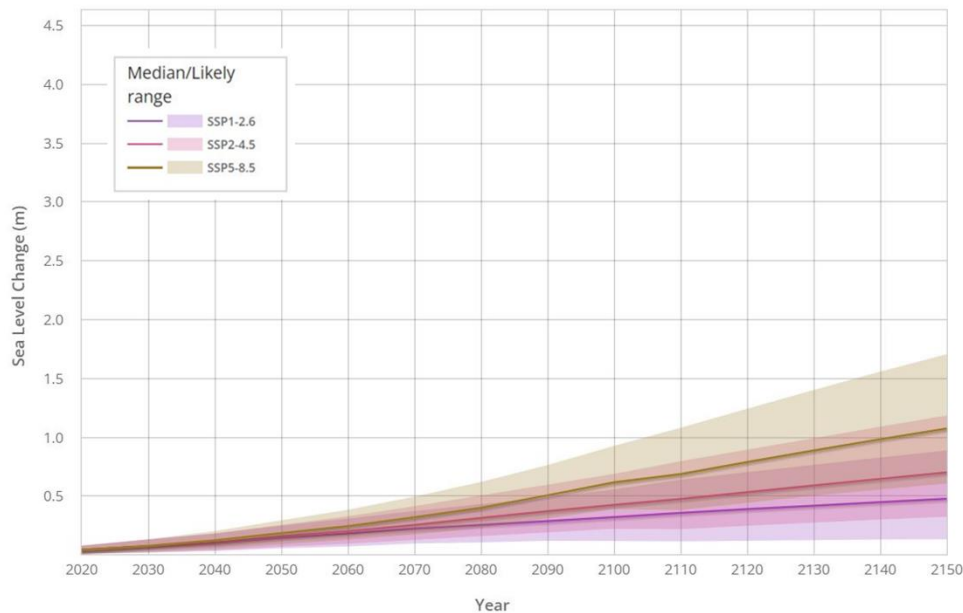
Ο σημερινός ρυθμός διάβρωσης των ακτών είναι της τάξεως του 1.2 mm ανά έτος και αναμένεται να αυξηθεί ταχύτατα σε συνδυασμό με την αύξηση των πλημμυρικών φαινομένων σε περιοχές χαμηλού υψόμετρου λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας (ΠεΣΠΚΑ Θεσσαλίας, 2020).

Πίνακας 2: Παράκτια διάβρωση της νησιωτικής Ελλάδας (EUROSION, 2004).

Νησιωτική Περιοχή	Ακτογραμμή (Km)	Έκταση (km ²)	Ακτογραμμή υπό διάβρωση (Km)	Περιοχή με απειλούμενα οικοσυστήματα (km ²)
Β. Αιγαίο	1311	3854	231 (17.6%)	349
Ν. Αιγαίο	3423	5329	503 (14.7%)	929
Ιόνιο	1056	2304	260 (24.6%)	356
Κρήτη	1148	8365	756 (65.8%)	355
Σύνολο	6938	19852	1750 (25.2%)	1989

Βάσει των σεναρίων¹⁰ που όρισε η Διακυβερνητική Επιτροπή το 2013, παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα (Εικ. 6) η πρόβλεψη της μεταβολής της θαλάσσιας στάθμης για την περιοχή μελέτης (Σκιάθος).

¹⁰ Αναλυτικότερα βλ. Καϊμπαλή, 2017: 12-13.

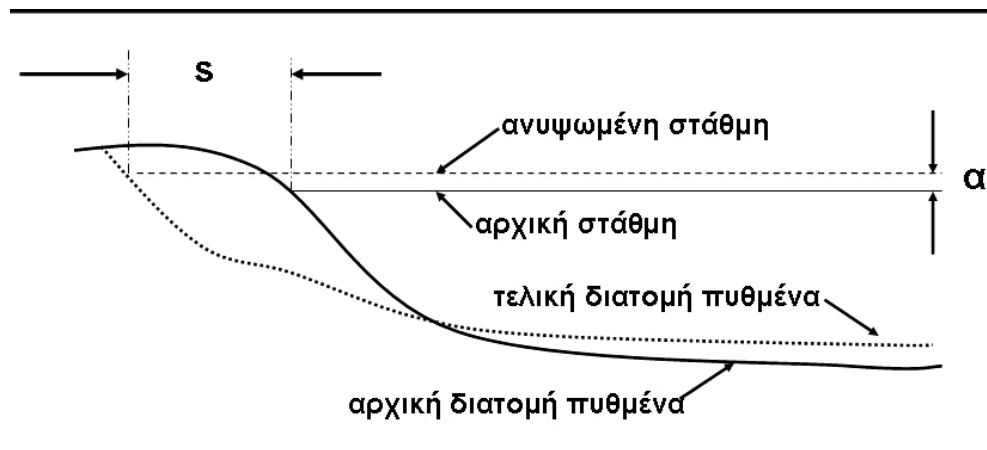


Εικ. 6: Πρόβλεψη της μεταβολής της θαλάσσιας στάθμης για τρία (3) σενάρια RCP2.6, RCP4.5 και RCP8.5 (γραμμή: διάμεσος (Median), χρώμα: πιθανό εύρος (likely range)). Τα αποτελέσματα της πρόβλεψης βασίζονται σε δεδομένα από το 1995-2014. Ορίζεται μέτριο διάστημα εμπιστοσύνης (medium confidence), δηλαδή 65-75% πιθανότητα η πρόβλεψη να είναι σωστή (<https://sealevel.nasa.gov/ipcc-ar6-sea-level-projection-tool>).

Τα σενάρια χαμηλής – μέτριας (RCP2.6 & RCP4.5) εκπομπής αερίων, εκτιμούν ότι μέχρι το 2050 θα υπάρξει αύξηση της θαλάσσιας στάθμης κατά 0.15m (\pm 0.1 m) και 0.18m (\pm 0.11 m), αντίστοιχα. Για το έτος 2100 εκτιμάται (χαμηλό σενάριο) μια αύξηση κατά 0.32m (\pm 0.24 m), ενώ το ακραίο προβλέπει αύξηση κατά 0.62m (\pm 0.31 m).

1.5 Μοντέλα οπισθοχώρησης της ακτογραμμής - Γενικά

Η άνοδος της θαλάσσιας στάθμης θα προκαλέσει την οπισθοχώρηση της ακτογραμμής (Εικ. 7) με τις χαμηλές ακτές που συνίστανται από χαλαρά ιζήματα (παραλίες) μικρής κοκκομετρίας και ήπιων κλίσεων να υφίσταται τη μεγαλύτερη. Έχουν αναπτυχθεί διάφορα μοντέλα εκτίμησης οπισθοχώρησης ακτογραμμής, η βασική αρχή των οποίων είναι ότι καθώς η θαλάσσια στάθμη ή/και οι κυματικές συνθήκες αλλάζουν, η παραλιακή διατομή μεταβάλλεται, οδηγούμενη σε νέα μορφολογία (Μονιούδη κ.α, 2019). Τα εν λόγω μοντέλα προσομοιώνουν μεταβολές στο χωρο-χρόνο και διακρίνονται σε δύο (2) τύπους: τα στατικά/ αναλυτικά και τα δυναμικά/ αριθμητικά. Στην πρώτη περίπτωση η οπισθοχώρηση προκύπτει από την επίλυση μιας ή συστήματος εξισώσεων χωρίς να λαμβάνονται υπ' όψη υδροδυναμικές και ιζηματοδυναμικές διεργασίες, ενώ στην περίπτωση των δυναμικών μοντέλων, η προσομοίωση στηρίζεται στη σύζευξη των παραπάνω διεργασιών που υπολογίζουν τη στερεομεταφορά σε διαφορετικά σημεία της διατομής χρησιμοποιώντας αλγορίθμους που μετατρέπουν τα χωρο-χρονικά διαφορικά της σε μεταβολές παραλιακής μορφολογίας.



Εικ. 7: Αποτύπωση απόκρισης της παραλίας στην αύξηση της θαλάσσιας στάθμης. Η αύξηση αυτής κατά α , προκαλεί τη διάβρωση του ιζήματος του παραλιακού μετώπου με παράλληλη μεταφορά αυτού στον παρακείμενο πυθμένα και ως εκ τούτου η ακτογραμμή υποχωρεί κατά s (Μονιούδη κ.α., 2019).

1.5.1 Στατικά μοντέλα

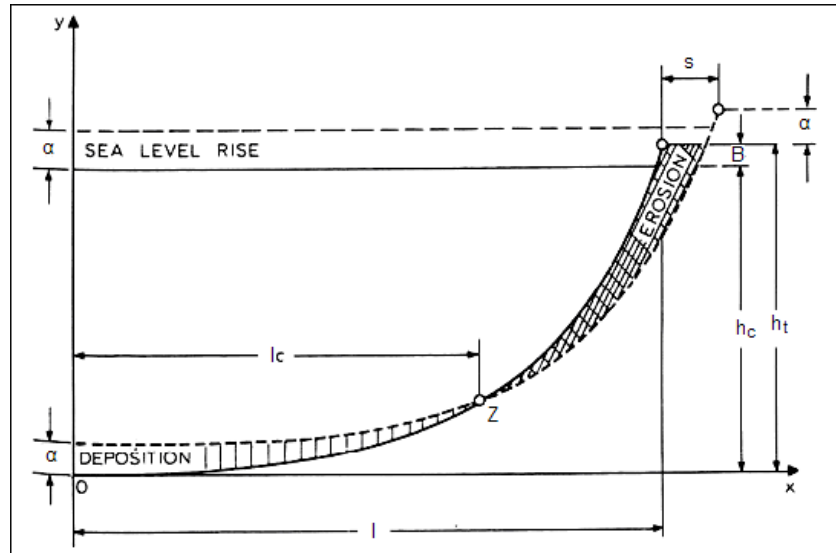
Για τον υπολογισμό της **μακροχρόνιας** οπισθοχώρησης της ακτογραμμής λόγω ανόδου της ΜΣΘ, γίνεται χρήση *στατικών/αναλυτικών μοντέλων*, τα οποία βασίζονται στην επίλυση μιας ή συστήματος εξισώσεων, χωρίς να λαμβάνουν υπόψη υδροδυναμικές και ιζηματοδυναμικές διεργασίες.

Η πρώτη προσπάθεια έγινε από τον **Brunn** (1962), το μοντέλο του οποίου αφορά στο μακροπρόθεσμο ισοζύγιο των κινήσεων παραλιακών ιζημάτων και ακτογραμμής και βασίζεται στην αρχή της ύπαρξης για κάθε παραλία μιας διατομής (προφίλ) ισορροπίας. Το εν λόγω μοντέλο δέχτηκε κριτική για μια σειρά από λόγους¹¹. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το εν λόγω μοντέλο αγνοούσε την ύπαρξη χαρακτηριστικών γεωμορφών των φυσικών παραλιών – έξαλων (berms) και ύφαλων (bars) αναβαθμίδων– και θεωρούσε ότι όλες οι παραλιακές διατομές έχουν κοίλο σχήμα. Η παραλιακή οπισθοχώρηση δίνεται (Brunn, 1962· 1983· 1988) από τη σχέση:

$$s = \frac{l \cdot \alpha}{h_c + B_h}$$

όπου, s η οπισθοχώρηση της ακτογραμμής, l η οριζόντια απόσταση μέχρι το βάθος κλεισίματος του ιζήματος, h_c το βάθος κλεισίματος, α η άνοδος της θαλάσσιας στάθμης και B_h το ύψος του μετώπου της ακτής (η κατακόρυφη απόσταση από τη μέση στάθμη έως την κορυφή του 1^{ου} χερσαίου αναβαθμού) (Εικ. 8).

¹¹ Αναλυτικότερα βλ. στο Μονιούδη, 2011: 48



Εικ. 8: Παραλιακή οπισθοχώρηση κατά Bruun. Το ανώτερο παραλιακό τμήμα διαβρώνεται με συνέπεια την οπισθοχώρηση της ακτογραμμής κατά s , ενώ το ίζημα αποτίθεται στον παρακείμενο πυθμένα, ως απόκριση στην άνοδο της θαλάσσιας στάθμης (sea level rise) κατά a (h_c : βάθος κλεισίματος, B : ύψος του αναβαθμού, $ht = hc + B$, erosion: διάβρωση, deposition: απόθεση) (Μονιούδη, 2011, τροποποιημένο από Slott J., 2003).

Μετά από μια δεκαετία περίπου, προτάθηκε ένα νεότερο μοντέλο για περισσότερο ρεαλιστικές παραλιακές διατομές και μεγαλύτερες χρονικά ποικίλες ανόδους της θαλάσσιας στάθμης¹², αυτό του **Edelman** (1972). Σύμφωνα με αυτό η παραλιακή διατομή διατηρεί την ίδια βασική μορφολογία κατά την άνοδο της θαλάσσιας στάθμης, και ισχύει:

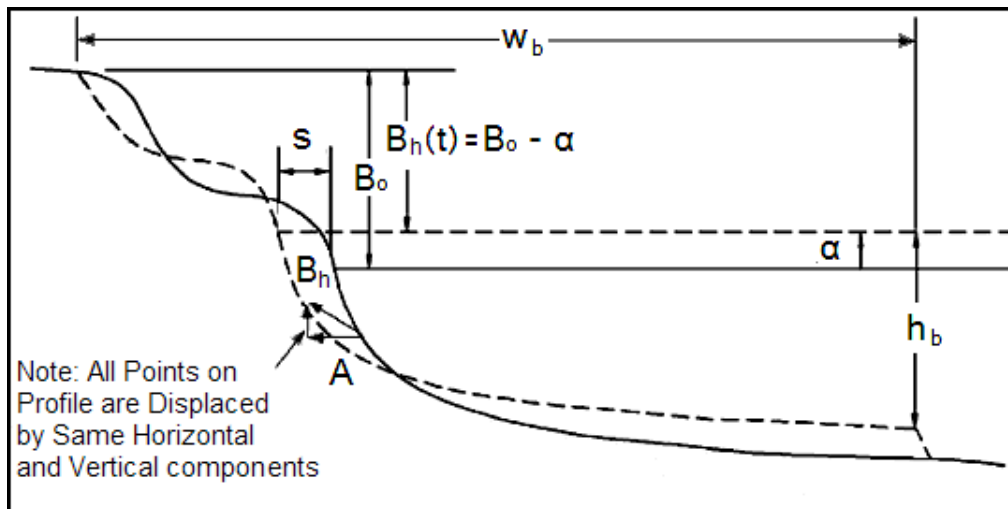
$$\frac{ds}{dt} = \frac{da}{dt} \left[\frac{w_b}{h_b + B_h(t)} \right]$$

όπου, s η παραλιακή οπισθοχώρηση, a η άνοδος της θαλάσσιας στάθμης, $B(t)$ το στιγμιαίο συνολικό ύψος της συνολικής διατομής πάνω από την τρέχουσα στάθμη και h_b και w_b το βάθος θραύσης και το πλάτος της ζώνης απόσβεσης (surf), αντίστοιχα (Εικ. 9**Σφάλμα!** Το αρχείο προέλευσης της αναφοράς δεν βρέθηκε.). Αντικαθιστώντας και ολοκληρώνοντας προκύπτει:

$$s(t) = w_b \ln \left[\frac{h_b + B_o}{h_b + B_h - \alpha(t)} \right]$$

όπου B_o το αρχικό ύψος του έξαλου αναβαθμού (berm).

¹² Για παράδειγμα, λόγω ακραίων συμβάντων-μετεωρολογικών παλιρροιών (storm surges)



Εικ. 9: Παραλιακή οπισθοχώρηση κατά Edelman. Διαφαιίνεται η παραλιακή οπισθοχώρηση s του μετώπου της παραλίας λόγω ανόδου της θαλάσσιας στάθμης κατά α (όπου w_b και h_b το πλάτος και βάθος θραύσης, B_o το αρχικό ύψος του έξαλλου αναβαθμού και $B(t)$ το στιγμιαίο συνολικό ύψος της συνολικής διατομής πάνω από την τρέχουσα στάθμη (Μονιούδη, 2011, τροποποιημένο από CEM, 2008).

Τέλος, το μοντέλο το **Dean** (1991) λαμβάνει υπόψη την αυξημένη κυματική ενέργεια στην πρόβλεψη της παραλιακής οπισθοχώρησης υποθέτει, όπως και το μοντέλο του Bruun, ότι η διατομή έχει κοίλο σχήμα με κλίση που είναι μεγαλύτερη προς την ακτή και μικρότερη προς την κατεύθυνση της ανοικτής θάλασσας, κάνοντας χρήση τη διατομή ισορροπίας η οποία δίνεται από τη σχέση $h = A \cdot x^m$, όπου A παράμετρος που ελέγχει τη συνολική κλίση της διατομής και εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του ιζήματος, ενώ ο εκθέτης m καθορίζει το σχήμα της. Η παραλιακή οπισθοχώρηση/διάβρωση δίνεται από τη σχέση:

$$s = (\alpha + 0,068H_b) \frac{w_b}{B_h + h_b}$$

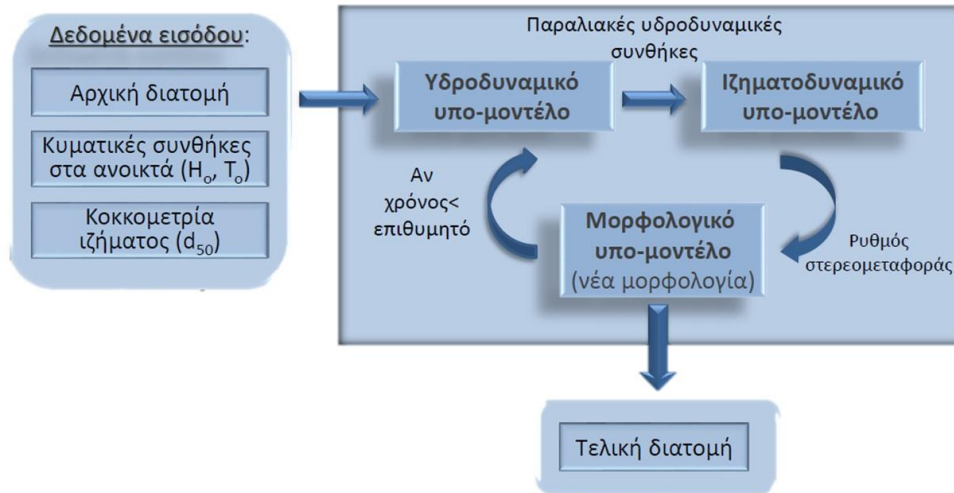
όπου, h_b το βάθος θραύσης, H_b το κυματικό ύψος στην θραύση, w_b το πλάτος της ζώνης απόσβεσης, που καθορίζεται για την διατομή ισορροπίας ως $w_b = (h_b/A)^{3/2}$ και A η παράμετρος κλίμακας ($A = 2.25 (w_s^2/g)^{1/3}$) που ελέγχεται από την κοκκομετρία (w_s , η ταχύτητα καθίζησης του ιζήματος).

1.5.2 Δυναμικά μοντέλα

Τα δυναμικά μοντέλα είναι πιο σύνθετα από τα στατικά, αποτελούνται από τρία υπο-μοντέλα¹³ και βασίζονται στη σύζευξη υδροδυναμικών και ιζηματοδυναμικών μοντέλων, υπολογίζοντας την εξέλιξη της παραλιακής μορφολογίας σε κάθε σημείο της διατομής και σε κάθε χρονική στιγμή. Το υδροδυναμικό υπο-μοντέλο υπολογίζει την εξέλιξη του ύψους του κύματος από την ανοιχτή θάλασσα μέχρι την ακτή, τις τροχιακές κινήσεις των μορίων του νερού, καθώς και τις ταχύτητες των ρευμάτων. Τα

¹³ Αναλυτικότερα για τα υπο-μοντέλα, βλ. στο Μονιούδη, 2011: 52-60

αποτελέσματα του εν λόγω υπο-μοντέλου χρησιμοποιούνται ως δεδομένα εισόδου στο αντίστοιχο του ιζηματοδυναμικού, το οποίο υπολογίζει το ρυθμό ιζηματοφοράς (στερεοπαροχής)¹⁴. Τα αποτελέσματα αυτού χρησιμοποιούνται στο μορφολογικό υπο-μοντέλο, ώστε να υπολογιστεί η νέα μορφολογία, δηλαδή ένα νέο προφίλ της παραλίας. Η παραπάνω διαδικασία (Εικ. 10) επαναλαμβάνεται έως ότου ο χρόνος προσομοίωσης του μοντέλου γίνει ίσος με τον επιθυμητό, οπότε προκύπτει και η τελική παραλιακή διατομή (Μονιούδη κ.α., 2019).



Εικ. 10: Διάγραμμα ροής Δυναμικών Μοντέλων που βασίζεται στις σχέσεις του Leont' yev. Σε κάθε χρονικό βήμα τα εν λόγω μοντέλα υπολογίζουν: (i) τις παραλιακές υδροδυναμικές συνθήκες με κύρια δεδομένα εισόδου την βαθυμετρία και τις κυματικές συνθήκες στην ζώνη της ανοικτής θάλασσας (offshore zone)· (ii) την ιζηματομεταφορά από τους κυματισμούς και τα κυματογενή ρεύματα· και (iii) την μεταβολή της μορφολογίας (βαθυμετρίας) (Βουσδούκας, 2006 από Μονιούδη κ.α., 2019).

Αξίζει να επισημανθεί, ότι τα υδροδυναμικά μοντέλα κατηγοριοποιούνται ανάλογα με τις διαστάσεις τους σε: α) μονοδιάστατα μοντέλα (1-D), β) διδιάστατα-εγκάρσια/κάθετα στην ακτή μοντέλα (2-DV), γ) διδιάστατα-οριζόντια υδροδυναμικά μοντέλα (2-DH), δ) ψευδο-τριδιάστατα μοντέλα (Quasi-3-Dmodels) και ε) τριδιάστατα (3-D) μοντέλα. Όσον αφορά στα μονοδιάστατα μοντέλα, αυτά πραγματοποιούν υπολογισμούς στην κάθετη -εγκάρσια- στην ακτογραμμή διεύθυνση. Γενικότερα, η παραδοχή των μοντέλων που βασίζονται στην ενεργητική προσέγγιση έγκειται στο ότι η ροή κυματικής ενέργειας εγκάρσια στην ακτή ισούται με την απώλεια ενέργειας λόγω θραύσης και απόσβεσης των κυματισμών. Ευρέως χρησιμοποιούμενα μοντέλα που βασίζονται στην ενεργητική προσέγγιση είναι τα μοντέλα των Battjes and Janssen (1978) και του Leont'yev (1997), το οποίο ενσωματώνει μη γραμμικούς κυματισμούς. (Μονιούδη, 2011).

¹⁴ Η ιζηματομεταφορά μπορεί να λαμβάνει χώρα ως φορτίο πυθμένα (bedload), ως φορτίο σε αιώρηση (suspended load) και, κάτω από ειδικές συνθήκες, ως στρώμα μεταφερόμενου ιζήματος πλησίον του πυθμένα (sheet flow) (Μονιούδη κ.α., 2019).

Μοντέλο SBEACH: Τα δυναμικά μοντέλα οπισθοχώρησης της ακτογραμμής χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες (Roelvink and Brøker, 1993), (i) τα μοντέλα εξέλιξης της διατομής και (ii) τα μοντέλα που βασίζονται στη φυσική περιγραφή των διεργασιών. Όσον αφορά την πρώτη κατηγορία, παράδειγμα τέτοιου μοντέλου είναι το *SBEACH*, το οποίο προσδιορίζει τη μορφοδυναμική της παραλιακής διατομής με κριτήριο τη διατομή ισορροπίας, μιας και θεωρεί ότι ο ρυθμός της εγκάρσιας ιζηματομεταφοράς εξαρτάται από την απόκλιση της διατομής από τη διατομή ισορροπίας για δεδομένες κυματικές συνθήκες (Larson and Kraus, 1989)¹⁵. Το εν λόγω μοντέλο περιγράφει με λεπτομέρεια το μετασχηματισμό του κύματος χρησιμοποιώντας τη Θεωρία του Airy και το μοντέλο του Dally (1980) – *υδροδυναμικό υπό-μοντέλο*-. Υπολογίζει τη στερεομεταφορά από τη διάχυση της κυματικής ενέργειας και από την παραλιακή κλίση, προσομοιώνοντας το σχηματισμό/εξέλιξη ύφαλων αναβαθμών στην περιοχή της κυματικής θραύσης – *ιζηματοδυναμικό υπό-μοντέλο*- και προσεγγίζει την εξίσωση διατήρησης του ιζήματος με πεπερασμένες διαφορές και διαφορικά κλιμακωτό πλέγμα διακριτοποίησης – *μορφοδυναμικό υπό-μοντέλο*-.

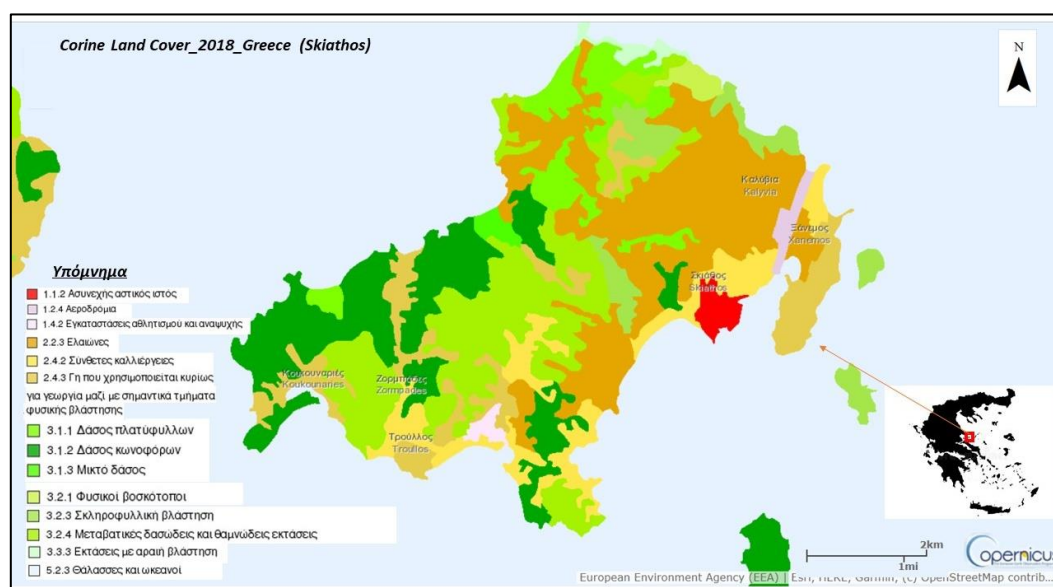
Μοντέλο Leont'yev: Το μοντέλο αυτό και συγκεκριμένα το *υδροδυναμικό υπό-μοντέλο*, βασίζεται στην ενεργητική προσέγγιση των Battjes and Janssen (1978) βάσει της οποίας οι εγκάρσιες διακυμάνσεις στη ροή της κυματικής ενέργειας, σε κάθε σημείο, ισούνται με την απώλεια ενέργειας λόγω θραύσης. Η εκτίμηση της ιζηματομεταφοράς κάθετα στην ακτογραμμή υπολογίζεται ξεχωριστά για τις ζώνες διάθλασης, απόσβεσης και αναρρίχησης και γίνεται σύμφωνα με το μοντέλο Leont'yev (1996)¹⁶ –*ιζηματοδυναμικό υπό-μοντέλο*-. Τέλος, η μεταβολή της μορφολογίας του πυθμένα προσδιορίζεται τόσο από την εξίσωση διατήρησης του ιζήματος όσο και από την επίδραση του πορώδους του ιζήματος – *μορφοδυναμικό υπό-μοντέλο*-.

¹⁵ Αναλυτικότερα (περιγραφή και τις εξισώσεις του μοντέλου), βλ. στο Μονιούδη, 2011: 62-64.

¹⁶ Αναλυτικότερα βλ. στο Μονιούδη, 2011: 87-90.

2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η εν λόγω εργασία έχει ως χωρική κλίμακα τις ακτές της νήσου Σκιάθου, η οποία ανήκει στο νησιωτικό σύμπλεγμα των νησιών των Βορείων Σποράδων που βρίσκονται στο Αιγαίο Πέλαγος, στα ανατολικά της Κεντρικής Ελλάδας. Έχει έκταση περίπου 49,89 km², μήκος από Α.ΒΑ προς Δ.ΝΑ 11 km και μέγιστο πλάτος 6 km. συμμετέχοντας με ποσοστό 1,90% στη συνολική έκταση της Περιφερειακής Ενότητας Μαγνησίας της Περιφέρειας Θεσσαλίας¹⁷. Διαθέτει ακτογραμμή μήκους περίπου 56 km. Ο πληθυσμός του νησιού ανέρχεται σε 6.610 κατοίκους (ΕΛΣΤΑΤ, 2011). Βάσει του *Corine Land Cover 2018*, ένα μεγάλο μέρος του νησιού καλύπτεται από δασικές εκτάσεις¹⁸, ενώ το υπόλοιπο καλύπτεται από ελαιόδεντρα (Εικ. 11). Ωστόσο, το συγκριτικό πλεονέκτημα του εν λόγω νησιού εστιάζεται στις περίπου εβδομήντα παραλίες¹⁹ που απλώνονται περιμετρικά αυτού, αλλά και στο αξιόλογο φυσικό και πολιτιστικό περιβάλλον που διαθέτει (Bee Group, 2018).



Εικ. 11: Χάρτης καλύψεων γης νήσου Σκιάθου βάσει του CLC 2018 (από <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018>).

2.1 Μορφολογικά χαρακτηριστικά του νησιού

Ο Δήμος Σκιάθου, από μορφολογικής απόψεως, είναι ένα νησί λοφώδες με έντονο ανάγλυφο. Αν εξαιρεθεί η παράκτια περιοχή, όπου παρατηρείται μια ιδιαίτερη μορφολογική ζώνη με αρκετές πεδινές εκτάσεις, ο υπόλοιπος Δήμος χαρακτηρίζεται

¹⁷ Γενικό Πολεοδομικό Σχέδιο Δήμου Σκιάθου, Στάδιο Α' 2008

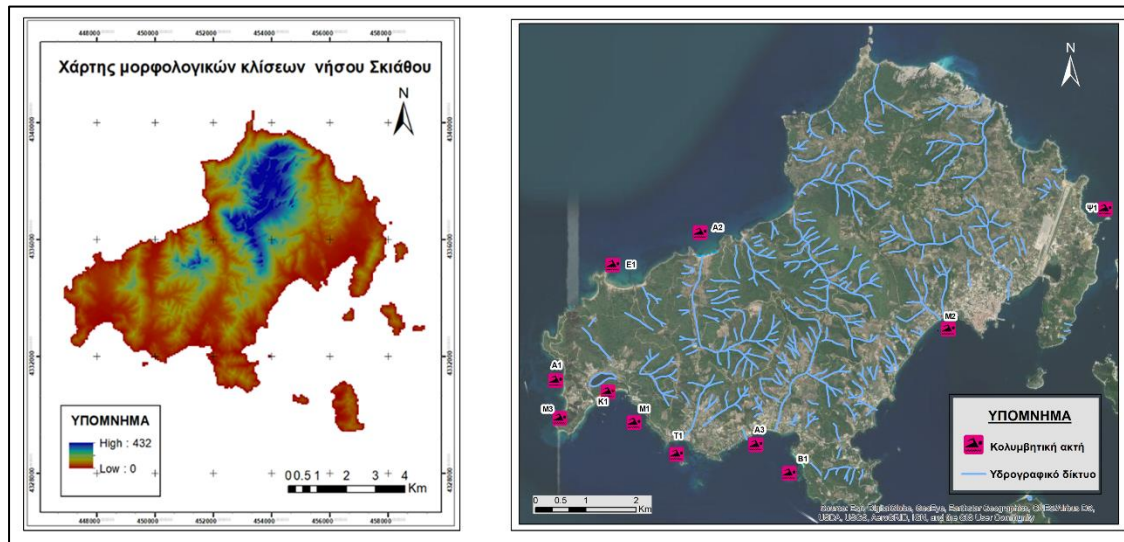
¹⁸ Στη Σκιάθο οι δασικές εκτάσεις καλύπτουν το 47,97% της συνολικής έκτασης του νησιού και είναι το δεύτερο μεγαλύτερο ποσοστό μετά τις καλλιεργούμενες εκτάσεις.

¹⁹ Σύμφωνα με το «Μητρώο ταυτοτήτων υδάτων κολύμβησης της Ελλάδας» της Ειδικής Γραμματείας Υδάτων του ΥΠΕΚΑ, οι κύριες ακτές κολύμβησης της Σκιάθου είναι οι εξής: Καναπίτσα, Μεγάλη Άμμος, Αγλαδιές, Μάραθα, Ασέληνος, Ελιάς (περιοχή Μανδράκι), Σκλίθρι, Κουκουναριές, Τρούλλος, Βρωμόλιμνος και Αγ. Παρασκευή-Πλατανιάς, Τζανεριά, Βασιλιάς (Δήμος Σκιάθου, 2011 · ΕΟΤ, 2015 όπ. αναφ. στο Σαμαρά, 2016).

ως ημιορεινός και παρουσιάζει σχετικά έντονες κλίσεις. Το υψηλότερο σημείο της Σκιάθου είναι η κορυφή του ασβεστολιθικού λόφου Καμπιά (429 μ.). Τα ψηλότερα σημεία του νησιού βρίσκονται στο Β-ΒΑ τμήμα του, ενώ τα χαμηλότερα απαντώνται στο Α και ΝΔ άκρο (Εικ. 12). Αξίζει να σημειωθεί, ότι στο Α-ΒΑ τμήμα της Σκιάθου οι κλίσεις είναι αρκετά ομαλές και τα εδάφη προσφέρονται για καλλιέργεια, ενώ στο κεντρικό και δυτικό τμήμα έχουμε μεγαλύτερες κλίσεις, της τάξης του 15-20%, με εναλλαγή λόφων και μισγαγγείων που σχηματίζονται ανάμεσα στις λοφοσειρές (Σαμαρά, 2016). Η κλίση του ανάγλυφου, αποτελεί μια από τις μείζονες παραμέτρους, που καθορίζει τόσο το υδρολογικό ισοζύγιο όσο και την παραγωγή και μεταφορά στερεών υλικών (στερεοπαροχών) στις λεκάνες. Σε κάθε σημείο της περιοχής η κλίση ρυθμίζεται από τη φύση του γεωλογικού σχηματισμού, από την αντίσταση του στην αποσάθρωση και τη διάβρωση, από το κλίμα, από την ένταση των βροχοπτώσεων, καθώς και από την φυτοκάλυψη. Η ποιοτική αυτή προσέγγιση των σχηματισμών, είναι σε θέση να προσδιορίσει και να εκτιμήσει στοχαστικά και παραμετρικά μια σειρά από φαινόμενα, όπως (α) του κινδύνου διάβρωσης, (β) της τεκτονικής δραστηριότητας και (γ) του πλημμυρικού κινδύνου.

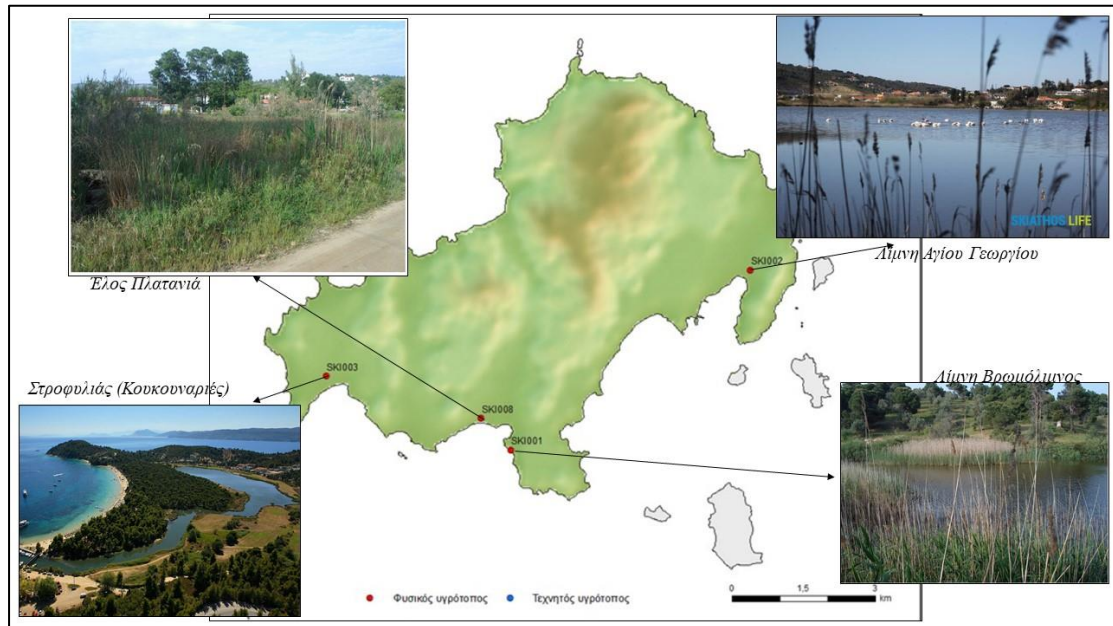
2.1.1 Υδρογραφικό δίκτυο

Ο γεωγραφικός χώρος της Σκιάθου δε φέρει υδρολογικό πλέγμα, παρά μόνο μερικούς χείμαρρους. Το υδρογραφικό δίκτυο είναι μικρού γενικά μήκους αλλά σημαντικής επιφανειακής απορροής σε περιόδους έντονων βροχοπτώσεων (Bee Group, 2018) (Εικ. 12). Το νησί διακρίνεται σε πολλές επί μέρους λεκάνες απορροής, οι οποίες παρουσιάζουν διδυμία με αντίθετους άξονες απορροής, από τους οποίους ο ένας κατευθύνεται προς το βορρά και ο άλλος προς το νότο.



Εικ. 12: Χάρτης υψομετρικών κλίσεων νήσου Σκιάθου (αριστερά) & Υδρογραφικό δίκτυο Σκιάθου (δεξιά). Ιδία επεξεργασία (Υπόβαθρο: Word Imagery ArcGIS Map Service -WMS).

Στη Σκιάθο απαντώνται τρεις (3) φυσικές λίμνες αποτελώντας σημαντικούς βιότοπους - υγρότοπους για τη χλωρίδα και την πανίδα της περιοχής, αν και με ελάχιστες δράσεις αξιοποίησης και ανάδειξης, με εμφανή σημάδια υποβάθμισης και αλλοίωσης σε ορισμένους εξ αυτών (Εικ. 13). Συγκεκριμένα, ο υγροβιότοπος της λίμνης Αγίου Γεωργίου που βρίσκεται στην περιοχή του Όρμου Σκιάθου, στα ανατολικά του νησιού και της πόλης της Σκιάθου, ο υγροβιότοπος Βρωμόλιμνου – Αργυρόλιμνου, που βρίσκεται στο νότιο τμήμα του νησιού, στην περιοχή του όρμου Πλατανιά και πρόκειται για έναν περιοδικά αποξηραίνόμενο υδροβιότοπο μικρής έκτασης.



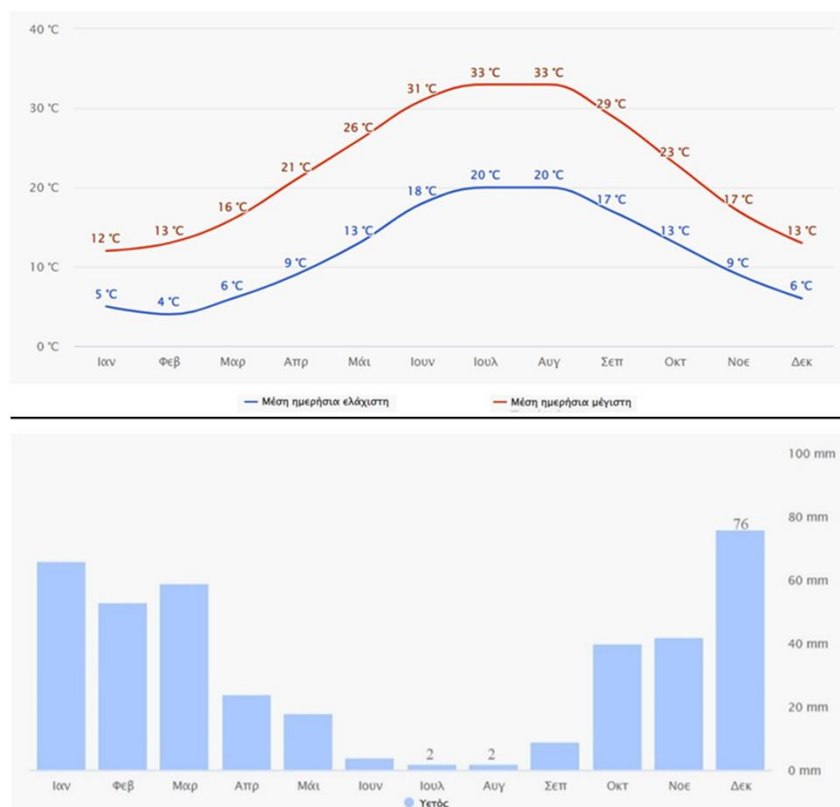
Εικ. 13: Θέσεις υγροτόπων στη Σκιάθο

Η λιμνοθάλασσα της Στροφυλιάς (Κουκουναριές) με επιφάνεια 9,5 στρ. που προστατεύεται στο πλαίσιο Ευρωπαϊκών Συμβάσεων. Ο σχηματισμός αυτών οφείλεται στην επίκλυση της θάλασσας (Ολόκαινο) και στη μετέπειτα απόσυρσή της, κυρίως σε θέσεις μεγάλων κοιλάδων (Σαμαρά, 2016). Επίσης, νοτιοδυτικά του οικισμού της Σκιάθου βρίσκεται το Έλος Πλατανιά. Πρόκειται για παράκτιο εποχιακό έλος που σχηματίζεται γύρω από την εκβολή του ομώνυμου μικρού εποχιακού ρυακιού, διατηρώντας επιφανειακό νερό μόνο τους χειμερινούς μήνες. Παλαιότερα ήταν αρκετά μεγαλύτερο σε έκταση, αλλά με το χρόνο κατελήφθη από την οικιστική ανάπτυξη όσο και δρόμων. Το καλοκαίρι μεγάλο μέρος του καταπατείται από λουόμενους και χρησιμοποιείται ως χώρος στάθμευσης οχημάτων.

Η λεκάνη απορροής του καλύπτεται κυρίως από αραιή δόμηση παραθεριστικών κατοικιών, ελαιώνες και φρυγανική βλάστηση (WWF, 2013). Σημειώνεται, ότι είναι σε εξέλιξη Μελέτη Αντιπλημμυρικής Προστασίας η οποία περιλαμβάνει τις απαιτούμενες αντιπλημμυρικές παρεμβάσεις και έργα οριοθέτησης και διευθέτησης των χειμάρρων.

2.1.2 Κλιματολογικά δεδομένα

Το κλίμα της περιοχής μελέτης χαρακτηρίζεται ως εύκρατο μεσογειακό. Τους θερινούς μήνες χαρακτηρίζεται από μεγάλη ηλιοφάνεια, υψηλές θερμοκρασίες και αραιές βροχοπτώσεις, συνθήκες οι οποίες ευνοούν τη δημιουργία φαινομένων ξηρασίας. Τους χειμερινούς μήνες, επικρατούν σχετικά ήπιες θερμοκρασίες, με συχνή εμφάνιση βροχοπτώσεων. Ψυχρότεροι μήνες του έτους είναι ο Ιανουάριος και ο Φεβρουάριος, ενώ θερμότεροι μήνες είναι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος²⁰. Δεδομένα της τελευταίας τριακονταετίας²¹, σχετικά με τη θερμοκρασία, δείχνουν ότι η μέση ετήσια τιμή είναι 17,33°C, με τη μέση ημερήσια μέγιστη (33°C) να εμφανίζεται τους μήνες Ιούλιο - Αύγουστο και την αντίστοιχη ελάχιστη (4°C) το μήνα Φεβρουάριο (Εικ. 14).



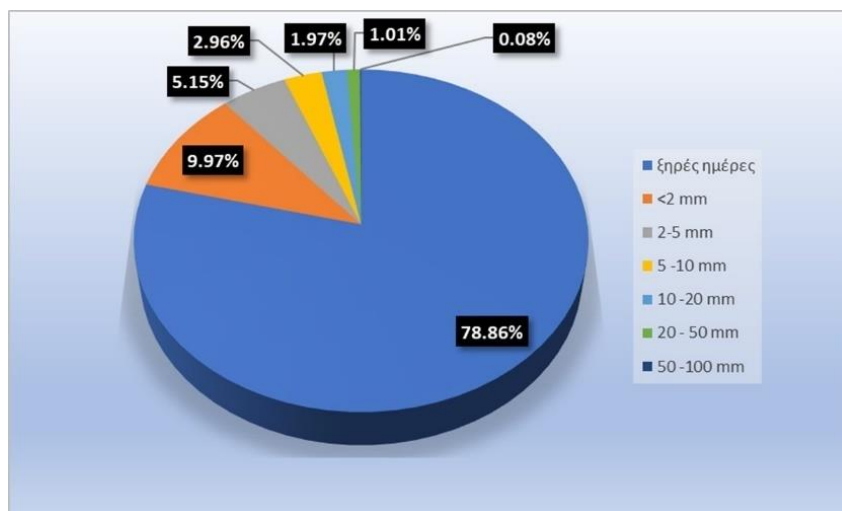
Εικ. 14: Ημερήσια μέση (μέγιστη & ελάχιστη) θερμοκρασία (°C) ανά μήνα στη Σκιάθο (1991 - 2021) –επάνω. Μέσο ημερήσιο ύψος νετού ανά μήνα για την περίοδο (1991-2021) –κάτω (Πηγή: *meteoblue.com*).

Αναφορικά με τις βροχοπτώσεις, δεδομένα της τελευταίας τριακονταετίας, δείχνουν ότι ο μήνας με το μέγιστο ημερήσιο ύψος νετού είναι ο Δεκέμβριος με 76 mm, ενώ με το μικρότερο είναι ο Ιούλιος- Αύγουστος με 2 mm. Το μέσος ετήσιο ύψος νετού, για την προαναφερθείσα χρονική περίοδο, ανέρχεται στα 32.92 mm (Εικ. 14).

²⁰ Συγκεκριμένα για την περίοδο 1990-2004, πιο θερμός μήνας ήταν ο Ιούλιος, ενώ πιο ψυχρός ο Ιανουάριος με μέσες τιμές 26.45°C και 8.86°C αντίστοιχα. **Η ετήσια μέση τιμή της θερμοκρασίας είναι 17.05°C.** Σημειώνεται, επίσης, ότι η μέση μέγιστη θερμοκρασία κυμαίνεται από 11.76°C για τον Ιανουάριο έως 29.2°C για τον Ιούλιο, με μέση ετήσια τιμή 19.97°C, ενώ η μέγιστη ελάχιστη από 6.02°C για τον Ιανουάριο έως 21.98°C για τον Αύγουστο, με μέση ετήσια 13.43°C (Σαμαρά, 2016).

²¹ Πηγή: *meteoblue.com* (Ιδία επεξεργασία)

Ο πιο υγρός μήνας του έτους είναι ο Δεκέμβριος με σχετική υγρασία 76.92%, ενώ ο πιο ξηρός είναι ο Ιούλιος με σχετική υγρασία 60.64%²² (Σαμαρά, 2016). Στο παρακάτω διάγραμμα (Εικ. 15) παρουσιάζεται η ετήσια ποσοστιαία κατανομή του νετού για την προαναφερθείσα χρονική περίοδο.



Εικ. 15: Ποσοστιαία ετήσια κατανομή νετού στη Σκιάθο (1991-2021).

Το 78.86% των ημερών στη Σκιάθο είναι «ξηρές» ημέρες, ενώ μόνο το 0.08% των ημερών ξεπερνάει τα 50 mm νετού. Συνήθως, οι βροχοπτώσεις είναι της τάξης <2 mm νετού (9.97%).

2.2 Δημογραφικά στοιχεία & παραγωγική διάρθρωση της τοπικής οικονομίας

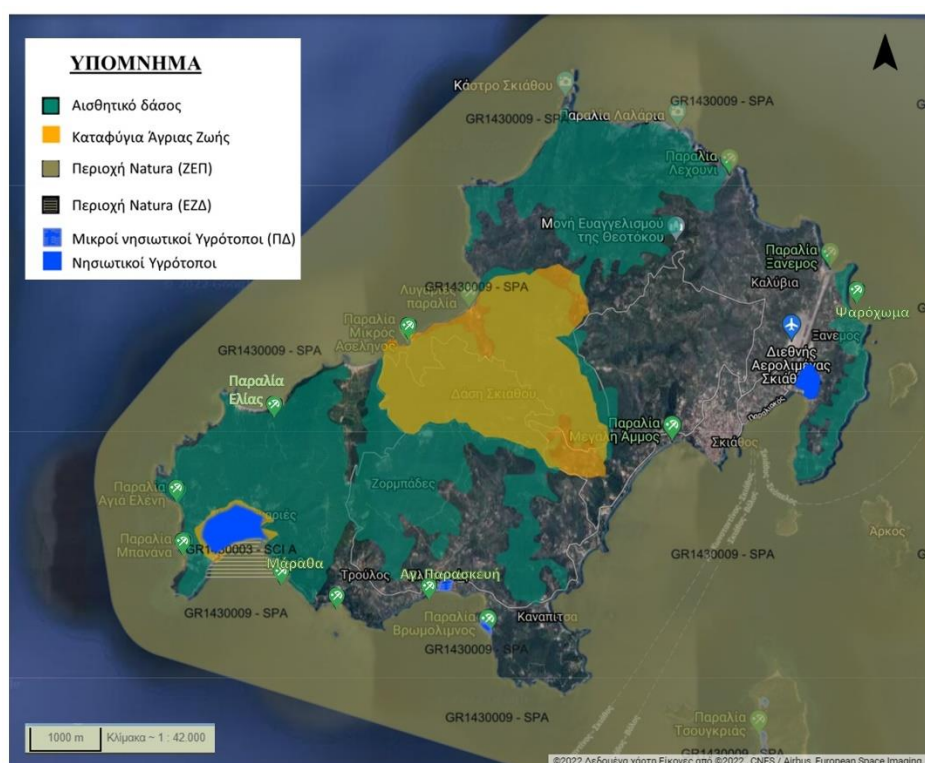
Το νησί της Σκιάθου (Δήμος Σκιάθου), αποτελείται από δώδεκα (12) οικισμούς, ωστόσο ο μόνος θεσμοθετημένος οικιστικός υποδοχέας είναι αυτός του οικισμού της Σκιάθου όπως θεσμοθετήθηκε με το εγκεκριμένο Γενικό Πολεοδομικό Σχέδιο του Δήμου Σκιάθου (ΦΕΚ 58/Δ/14.2.1986).

Σύμφωνα με δεδομένα της Ελληνικής Στατιστικής Υπηρεσίας (ΕΛ.ΣΤΑΤ.), ο μόνιμος πληθυσμός για το Δήμο Σκιάθου για το 2011, είναι 6.088 κάτοικοι, που αντιστοιχεί στο 44% του συνολικού πληθυσμού της Περιφερειακής Ενότητας Σποράδων και χαρακτηρίζεται ως η πολυπληθέστερη έναντι των υπολοίπων. Η πυκνότητα του πληθυσμού είναι 130.60 κατ./τχλμ., η οποία παραμένει σχεδόν σταθερή στις δύο τελευταίες απογραφές. Το μεγαλύτερο ποσοστό του πληθυσμού της Σκιάθου εμπίπτει εντός της ηλικιακής κλάσεως 25 – 35 χρονών. Με βάση τα στοιχεία της τελευταίας απογραφής του 2011 και αναφορικά με την παραγωγική διάρθρωση της τοπικής οικονομίας, το 83% του οικονομικώς ενεργού πληθυσμού του νησιού απασχολείται στον τριτογενή τομέα, οποίος είναι ιδιαίτερα αναπτυγμένος, με μεγάλες ξενοδοχειακές μονάδες και πολλές χιλιάδες επισκεπτών ετησίως, ακολουθεί ο δευτερογενής (14%) και τέλος, ο πρωτογενής (3%).

²² Δεδομένα από ΕΜΥ για διάστημα 1990-2004

2.3 Φυσικό περιβάλλον

Το νησί της Σκιάθου χαρακτηρίζεται στο σύνολό του ως βιότοπος CORINE²³, με κωδικό A00030009 και περιγραφή: “Δασώδες νησί με μερικούς μικρούς υγρότοπους”. Στην υπό μελέτη περιοχή (Εικ. 16) καθορισμένη περιοχή NATURA 2000 είναι η περιοχή με ονομασία «Σκιάθος: Κουκουναριές και ευρύτερη θαλασσιά περιοχή» με κωδικό GR 1430003. Επίσης, εντοπίζονται δύο (2) Καταφύγια Άγριας ζωής (ΚΑΖ): i) ΚΑΖ «Κουκουναριές Δήμου Σκιάθου» με κωδικό Κ890 [ΦΕΚ 994/Β/2001] ii) ΚΑΖ «Κεχριά Δήμου Σκιάθου» με κωδικό Κ711 [ΦΕΚ 994/Β/2001]. Άλλες σημαντικές φυσικές περιοχές που εντάσσονται στην κατηγορία «Προστατευόμενα Τοπία και Φυσικοί Σχηματισμοί» βάσει της παρ. 5α, 5β του άρθ. 5 του Ν. 3937/2011, είναι το Νησί Μπούρτζι στη Σκιάθο [ΦΕΚ 237/Β/1983] χαρακτηρισμένο ως Τοπίο Ιδιαιτέρου Φυσικού Κάλλους (ΤΙΦΚ), η Ι.Μ Εναγγελίστριας Σκιάθου με κωδικό ΑΤ5011124 και τέλος, ο Όρμος Κουκουναριές Σκιάθου [ΦΕΚ 352/Β/1967] με κωδικό ΑΤ5080113.



Εικ. 16: Προστατευόμενες περιοχές στο νησί της Σκιάθου (Πηγή: <http://www.oikoskopio.gr/map/>, Ιδία επεξεργασία).

Στην τελευταία περίπτωση, η περιοχή εκτός από ΤΙΦΚ αποτελεί μέρος του δικτύου Natura 2000 GR1430003, καθώς περιλαμβάνει αμμώδη παραλία (Κουκουναριές) και παραθαλάσσιο δάσος κουκουναριάς, πολλά πεύκα μικρό έλος και αιθαλείς θάμνους που έχει χαρακτηριστεί ως *Αισθητικό Δάσος* (ΦΕΚ 248/Δ/20.7.1977), ένα από τα τρία αντίστοιχα που υπάρχουν στον ελλαδικό χώρο (Εικ. 16). Βάσει του αναθεωρημένου Περιφερειακού Πλαισίου Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης

²³ Βάσει των στοιχείων που αναφέρει η Τράπεζα στοιχείων για την Ελληνική Φύση «ΦΙΛΟΤΗΣ» του Ε.Μ.Π.

Περιφέρειας Θεσσαλίας (ΥΠΕΝ/ΔΧΩΡΣ/69722/1108, ΦΕΚ 269/ΑΑΠ/2018), στο Αρθ. 9 «Φυσικοί και πολιτιστικοί πόροι εθνικής και περιφερειακής εμβέλειας και προτεινόμενα Δίκτυα φυσικών και πολιτιστικών πόρων» γίνεται αναφορά στο δίκτυο της Θεσσαλίας, το οποίο αποτελείται από Ζώνες Τοπίου. Η Σκιάθος εντάσσεται στη **Ζώνη Τοπίου 2: Βόρειες Σποράδες** και χαρακτηρίζεται ως Τοπίο Εθνικής Αξίας διότι «διαθέτει αξιόλογες παραλίες, πλούσια βλάστηση, παραδοσιακά μονοπάτια, ιστορικά μνημεία και παραδοσιακή αρχιτεκτονική».

2.4 Τουριστική ανάπτυξη

Σύμφωνα με τα στοιχεία της ΕΛ.ΣΤΑΤ. και του Ξενοδοχειακού Επιμελητηρίου Ελλάδας (ΞΕΕ), η μεγάλη πλειοψηφία των ξενοδοχειακών καταλυμάτων είναι εγκατεστημένη στους νησιωτικούς προορισμούς. Το ξενοδοχειακό δυναμικό του Δήμου Σκιάθου σε σχέση και με αυτό της Π.Ε. Σποράδων αποτυπώνεται στον Πίνακας 3, βάσει των στοιχείων του ΞΕΕ.

Πίνακας 3: Ξενοδοχειακό δυναμικό Σκιάθου ανά κατηγορία, 2017 και 2016 (Πηγή ΞΕΕ).

	Μονάδες			Δομάτια			Κλίνες		
	Δ.	ΠΕ	%	Δ.	ΠΕ	%	Δ.	ΠΕ	%
5*	4	7	57,1	556	688	80,81	1.127	1.429	78,8
4*	15	24	58,3	852	1.239	68,76	1.678	2.418	69,3
3*	13	26	50	555	1.176	47,1	1.096	2.330	47
2*	40	68	58,8	1.154	1.865	61,87	2.240	3.584	62,5
1*	17	26	65,3	344	498	69	676	986	68,5
Σύνολο	89	151	58,9	3.461	5.466	63,3	6.817	10.747	63,4
Σύνολο	89	152	58,5	3.452	5.457	63,2	6.781	10.705	63,3

Η Σκιάθος, αποτελώντας έναν υψηλής εμπορικότητας τουριστικό προορισμό, μπορεί να συνεισφέρει στην αναβάθμιση της τουριστικής πολιτικής της περιφέρειας και στη διεύρυνση της σε ξένες τουριστικές αγορές. Όπως αναφέρεται ρητά και στο Γενικό Πολεοδομικό Σχέδιο του Δήμου, η Σκιάθος αποτελεί ώριμη και δυναμική περιοχή, με συγκριτικά πλεονεκτήματα και δυνατότητες να αναλάβει ιδιαίτερο ρόλο και να απευθυνθεί και στο διεθνή τουρισμό (Χαλκίδης & Δερβένης, 2019). Βάσει των παραπάνω, γίνεται αντιληπτό ότι, τόσο σε επίπεδο μονάδων όσο και σε επίπεδο κλινών η συνεισφορά του νησιού στο ξενοδοχειακό δυναμικό των Σποράδων είναι μεγάλη για τις κατηγορίες πολυτελείας (έως κατηγορία 4* και 5*).

2.5 Ακτές - Μητρώο Ταυτότητας Υδάτων Κολύμβησης

Η θέσπιση του Μητρώου Ταυτοτήτων Υδάτων Κολύμβησης, υπαγορεύεται αρχικώς από την Οδηγία 76/160/ΕΟΚ «περί της ποιότητας υδάτων κολύμβησης» και εν συνέχεια σύμφωνα με τις απαιτήσεις της Οδηγίας 2006/7/ΕΚ «σχετικά με τη διαχείριση της ποιότητας των υδάτων κολύμβησης», με την οποία εναρμονίστηκε η Ελληνική

νομοθεσία βάσει της ΚΥΑ 8600/416/Ε103/2009 (ΦΕΚ 356/Β/26-2-2009). Οι ακτές κολύμβησης στο νησί της Σκιάθου που χαρακτηρίζονται, βάσει του υπομνήματος κατάταξης του Υπουργείου, από “*Εξαιρετικής ποιότητας ύδατα– 3 Αστέρια*”, παρατίθενται παρακάτω (Πίνακας 4).

Πίνακας 4: Ακτές κολύμβησης Δήμου Σκιάθου βάσει του Μητρώου Ταυτότητας Υδάτων Κολύμβησης (ΥΠΕΚΑ)²⁴.

Κωδικός Ταυτότητας	Όνομα Ακτής	Κατάταξη Ποιότητας 2013-2019
GRBW079110104	Αγία Παρασκευή - Πλατανιάς	★★★
GRBW079110100	Ασέληνος	★★★
GRBW079110107	Αχλαδιές	★★★
GRBW079110101	Βασιλιάς	★★★
GRBW079110108	Βρωμόλιμνος	★★★
GRBW079110103	Γούρνες - Ελιάς	★★★
GRBW079110105	Καναπίτσα	★★★
GRBW079110102	Κουκουναριές	★★★
GRBW079110098	Μάραθα	★★★
GRBW079110106	Μεγάλη Άμμος	★★★
GRBW079110099	Τζανεριά	★★★
GRBW079110097	Τρούλλος	★★★

Με την Οδηγία του 2006, υιοθετήθηκαν νέοι μικροβιολογικοί δείκτες σχετικά με τη διαχείριση της ποιότητας των υδάτων κολύμβησης, συνιστώντας μια καινοτόμο προσέγγιση με βασικό στόχο την ενημέρωση των πολιτών, την παροχή χρήσιμων στοιχείων για τη σύγκριση και την επιλογή ακτών κολύμβησης. Η ταυτότητα των υδάτων κολύμβησης παρέχει πληροφορίες για τις φυσικές και γεωγραφικές συνθήκες της περιοχής της ακτής, για τα υδρολογικά χαρακτηριστικά των υδάτων κολύμβησης, καθώς και για την αξιολόγηση των πιθανών κινδύνων ρύπανσης στην περιοχή. Στην εν λόγω εργασία, η περιγραφή (και επιλογή) των ακτών της περιοχής μελέτης στηρίζεται στο Μητρώο Ταυτοτήτων Υδάτων Κολύμβησης της Ελλάδας, που καταρτίστηκε από την Ειδική Γραμματεία Υδάτων του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας και αποδίδει τον επίσημο χαρακτηρισμό των κολυμβητικών υδάτων σε εθνικό επίπεδο. Ωστόσο, από τις έντεκα (11) ακτές της περιοχής μελέτης, οι οκτώ (8) εμπίπτουν στον παραπάνω πίνακα, με τις υπόλοιπες τρεις (3) να είναι η ακτή της Αγ. Ελένης, του Ψαροχώματος (περιοχή ΔΕΗ) και της Μπανάνας (όρμος Κρασιά). Η μορφολογία των περισσότερων ακτών ακολουθούν το ίδιο μοτίβο, δηλαδή η παράκτια ζώνη και ο θαλάσσιος πυθμένας χαρακτηρίζονται από αμμώδη σύσταση, ήπιας κλίσεως πυθμένας, ωστόσο απαντώνται και αυτές με απότομη κλίση. Οι περισσότερες ακτές είναι οργανωμένες, έστω και τμηματικά, προσφέροντας ποικιλία υπηρεσιών αναψυχής (θαλάσσια αθλήματα, διασκέδαση, φαγητό, μουσική, φυσικό τοπίο). Όσον αφορά στην προσβασιμότητα, αυτή είναι σχετικά εύκολη και γίνεται κυρίως οδικώς, ενώ ορισμένες

²⁴ Όπως δημοσιεύτηκε στο: <http://www.bathingwaterprofiles.gr>

παραλίες προσεγγίζονται και πεζή μέσω του δικτύου μονοπατιών του Δήμου. Βάσει μορφολογίας και προσανατολισμού, οι ακτές προστατεύονται από τους επικρατούντες ανέμους, εκτός της ακτής Ψαρόχωμα η οποία προσβάλλεται από ανέμους έντασης 6–8 Beaufort κυρίως ανέμων Β - ΒΑ διευθύνσεων. Πρόκειται για ακτή με μεγάλο ανάπτυγμα πελάγους με το μεγάλο ανάπτυγμα θαλάσσιας έκτασης να συμβάλλει στη δημιουργία μεγάλης έντασης κυματικού πεδίου. Αξίζει να σημειωθεί η περίπτωση της ακτής στην περιοχή Κουκουναριές, όπου στην άμεση περιοχή χωροθετούνται ξενοδοχειακές μονάδες (Ξενία Σκιάθου, Skiathos Palace), ενοικιαζόμενα δωμάτια και διάσπαρτες παραθεριστικές κατοικίες, ενώ σε λιγότερο από 40μ. από την ακτογραμμή και εντός περιοχής ιδιαίτερης οικολογικής αξίας και σπάνιας βιοποικιλότητας σημασίας (Natura 2000) χωροθετείται και λειτουργεί από το 2018 ξενοδοχειακό συγκρότημα (θέση πρώην Ξενία), το οποίο έχει προβεί σε αυθαίρετες ενέργειες προκαλώντας περιβαλλοντικά προβλήματα. Στον Πίνακα 5 παρατίθενται συγκεντρωτικά τα στοιχεία των ακτών της περιοχής μελέτης όσον αφορά στο είδος της παραλίας, στην οργάνωση, στην προσβασιμότητα, τη μορφολογία του βυθού και την προστασία ή μη βάσει του προσανατολισμού αυτών.

Πίνακας 5: Συγκεντρωτικά χαρακτηριστικά των ακτών κολύμβησης της περιοχής μελέτης (Μητρώο ταυτοτήτων ακτών κολύμβησης, ιδία επεξεργασία)

Ακτές	Κουκουναριές	Βρωμόλιμνος	Τρούλλος	Μπανάνα	Αγ. Ελένη	Ελιάς	Ασέλιγος	Μάραθα	Αγ. Παρασκευή	Μεγάλη Άμμος	Ψαρόχωμα
Είδος παραλίας	Αμμώδης (μερικώς τροποποιημένη - Ανατολικά: αλιευτικό καταφύγιο)	Αμμώδης με εμφάνιση χονδρόκοκκου υλικού (βότσαλο) στο νότιο τμήμα	Αμμώδης [εκβολή ρέματος συνεχούς ροής] - [αγκυροβολούν μικρά σκάφη]	Αμμώδης	Αμμώδης	Αμμώδης	Χοντρή άμμος και βότσαλα	Αμμώδης	Αμμώδης με ελάχιστες βραχώδεις εξάρσεις [μερικώς τροποποιημένη - εστιατόριο]	Αμμώδης με εμφάνιση χονδρόκοκκου υλικού στο νοτιοδυτικό άκρο	Χοντρή άμμος και βότσαλα
Προσβασιμότητα	Οδικός, μέσω θαλάσσης και πεζή (μονοπάτι)	Εύκολη - οδικός και πεζή (μονοπάτι)	Οδικός	Πεζή- μέσω χωματόδρομου -	Εύκολη / Μέτρια	Μέτρια [και πεζή (μονοπάτι)]	Μέτρια - Οδικός [και πεζή (μονοπάτι)]	Εύκολη - οδικός	Εύκολη - οδικός	Οδικός (Εύκολη / Μέτρια)	Εύκολη
Οργάνωση	Τμήμα της παραλίας	Στο ΒΔ τμήμα	Οργανωμένη	Οργανωμένη	Οργανωμένη	Τμήμα της παραλίας (ομπρέλες με ξαπλώστρες)	Οργανωμένη (ομπρέλες με ξαπλώστρες, φαγητό)	Τμήμα της παραλίας	Τμήμα της παραλίας	Οργανωμένη (ομπρέλες με ξαπλώστρες ή καφέ)	Μη Οργανωμένη
Μορφολογία βυθού	Αβαθής στα πρώτα μέτρα απότομη κλίση	Ήπια προς μέτρια κλίση	Πρώτα 20μ. αβαθής ήπια κλίση	Πρώτα 25μ. σχεδόν αβαθής ήπια κλίση βυθού	Μέτρια κλίση (βαθαίνει ήπια και κλιμακωτά)	Πρώτα 20μ. σχεδόν αβαθής μέτρια προς απότομη κλίση	Μέτρια -απότομη κλίση (βαθαίνει ήπια και κλιμακωτά)	Απότομη κλίση	Ρηχή στα πρώτα μέτρα μέτρια προς ήπια κλίση	Σχεδόν αβαθής πρώτα μέτρα απότομη κλίση	Σχετικά ήπια κλίση (βαθαίνει ήπια και κλιμακωτά)
Προσανατολισμός - προστασία	NA [προστατευμένη από τους επικρατέστερους ανέμους] => Όρμος Κουκουναριές	NΔ [προστατευμένη από τους επικρατέστερους ανέμους]	N [προστατευμένη από τους επικρατέστερους ανέμους]	Δ [προστατευμένη από τους επικρατέστερους ανέμους]	Δ [προστατευμένη από τους επικρατέστερους ανέμους]	B [δεν προστατεύεται από τους επικρατέστερους ανέμους]	B [δεν προστατεύεται από τους επικρατέστερους ανέμους]	NΔ [δεν προστατεύεται από τους επικρατέστερους ανέμους]	N [προστατευμένη από τους επικρατέστερους ανέμους]	NA [προστατευμένη από τους επικρατέστερους ανέμους]	BA [δεν προστατεύεται από τους επικρατέστερους ανέμους]

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1 Κοκκομετρική ανάλυση

Η κοκκομετρική ανάλυση αποτελεί σημαντικό εργαλείο ταξινόμησης των διαφορετικών ιζηματογενών περιβαλλόντων. Εφαρμόζονται διάφορες τεχνικές ανάλυσης με τις περισσότερες από αυτές να επηρεάζονται, σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό, από τις διακυμάνσεις στο μέγεθος και την πυκνότητα του κόκκου καθώς και σε οπτικές ιδιότητες. Πάντως, όλες οι τεχνικές περιλαμβάνουν τη διαίρεση του δείγματος σε διάφορα κλάσματα μεγέθους επιτρέποντας την κατανομή της ανάλυσης να βασιστεί στο ποσοστό βάρους η όγκου του ιζήματος σε κάθε κλάσμα μεγέθους (Pye, 1994 από Blott & Pye, 2001). Για τον σκοπό της σύγκρισης διαφορετικών ιζημάτων, οι κατανομές του μεγέθους του κόκκου συνήθως περιγράφονται από την απόκλιση αυτών από μία προσχεδιασμένη πρότυπη κατανομή. Οι υπολογισμοί που γίνονται θεωρώντας την κανονική ή γκαουσιανή κατανομή (normal distribution) ως πρότυπη κατανομή, δίνουν έμφαση στα αδρά και λιγότερη στα λεπτόκοκκα ιζήματα – αριθμητική κλίμακα μεγέθους κόκκου – (McManus, 1988 από Blott & Pye, 2001). Ως εκ τούτου, εφαρμόζεται η γεωμετρική κλίμακα ώστε να δοθεί ίση έμφαση στις μικρές διαφορές των λεπτόκοκκων ιζημάτων και στις μεγαλύτερες διαφορές των αδρών. Οι περισσότεροι ιζηματολόγοι έχουν υιοθετήσει τη λογαριθμική κλίμακα των Udden – Wentworth, όπου τα όρια μεταξύ δύο διαδοχικών κλάσεων διαφέρουν κατά δύο μονάδες (Udden, 1914; Wentworth, 1922 από Blott & Pye, 2001). Εν συνεχεία, ο Krumbein (1934) πρότεινε περαιτέρω τη μετατροπή των ορίων σε τιμές (ϕ), κάνοντας χρήση της παρακάτω εξίσωσης $\phi = -\log_2 d$, όπου d η διάμετρος του κόκκου σε χιλιοστά (mm). Η δοκιμή της κοκκομετρικής ανάλυσης μπορεί να διενεργηθεί με πολλές διαφορετικές πρότυπες μεθόδους. Οι πιο συχνά εφαρμοζόμενες στην Ελλάδα είναι δύο (Καρώνης, 2020) και στην προκειμένη περίπτωση έγινε χρήση της (ii):

i) Η σειρά των αμερικανικών κόσκινων ή **αμερικάνικα κόσκινα** όπως αυτά περιγράφονται στο Αμερικανικό πρότυπο ASTM E11 για τις προδιαγραφές των κοσκίων και ASTM C136 για την κοκκομετρική ανάλυση.

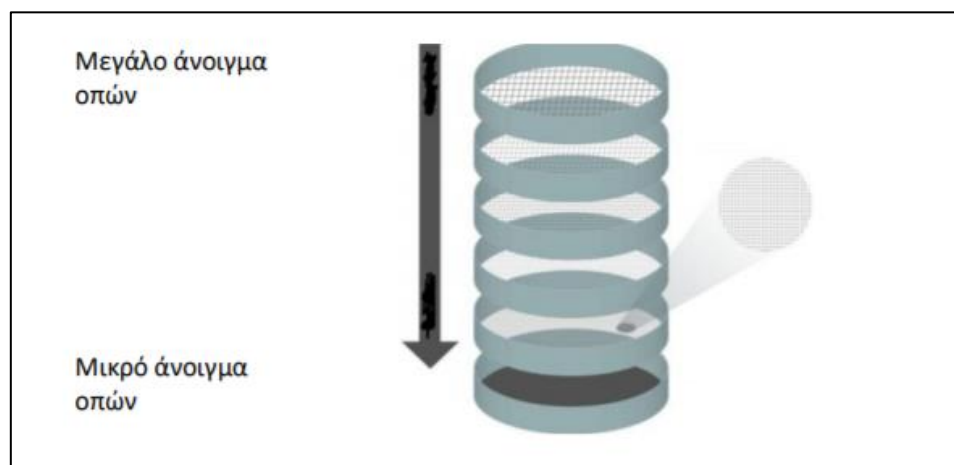
ii) Η σειρά των γερμανικών κόσκινων ή **γερμανικά κόσκινα** όπως αυτά περιγράφονται στα Ευρωπαϊκά πρότυπα (ΕΛΟΤ EN 933-1:2012 & EN 933-2:2012 για την κοκκομετρική ανάλυση και ISO 3310.01 για τις προδιαγραφές των κοσκίων από μεταλλικό πλέγμα). Τα γερμανικά κόσκινα που χρησιμοποιούνται έχουν το εξής άνοιγμα κόσκινου (mm): 0.063, 0.125, 0.25, 0.50, 1, 2, 4, 8, 10, 12.5, 16, 20, 31.5, 40, 63.

Τα δείγματα ιζήματος, κατά μέσο όρο βάρους μάζας 75gr²⁵, από τις έντεκα (11) ακτές της περιοχής μελέτης συλλέχθηκαν με το χέρι. Η αρχική ποσότητα ιζήματος κάθε ακτής, στέγνωσε με φυσικό τρόπο στο εργαστήριο²⁶ και στη συνέχεια ζυγίστηκε και κατόπιν τοποθετήθηκε στη δονητική συσκευή κοσκινίσματος (sieve shaker).

²⁵ Εκτός των ακτών: Μπανάνα, Ασέληνος, Ψαρόχωμα, που έχουν κατά μ.ο βάρος μάζας 138gr.

²⁶ Εργαστήριο της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Θεσσαλίας & Στ. Ελλάδας, Δ/ση Τεχνικού Ελέγχου, Τμήμα Ελέγχου Υλικών & Ποιότητας Δημοσίων Έργων Θεσσαλίας.

Η διαδικασία εκτέλεσης αφορά στην τοποθέτηση του υπό εξέταση δείγματος στο κόσκινο της κορυφής – μια πλήρης σειρά προτύπων κοσκίνων διατάσσεται κατά μέγεθος (Εικ. 17) ανοιγμάτων σε στήλη με το μικρότερο άνοιγμα στη βάση και το μεγαλύτερο στην κορυφή, ενώ το εμβαδόν των ανοιγμάτων σε κάθε κόσκινο της σειράς είναι ακριβώς διπλάσιο του εμβαδού των ανοιγμάτων του αμέσως επόμενου μικρότερου κόσκινου – και τη μηχανική ανακίνηση της στήλης περίπου για χρονικό διάστημα 10 λεπτών. Μετά το πέρας του κοσκινίσματος η ποσότητα του ιζήματος που παρέμεινε σε κάθε κόσκινο και καλείται συγκρατούμενο υλικό (αυτή που πέρασε διερχόμενο), ζυγίζεται με ζυγαριά ακριβείας και το βάρος του καταγράφεται στο φύλλο κοκκομετρικής ανάλυσης του δείγματος, όπως φαίνεται παρακάτω (Εικ. 18). Συνεπώς, τα δείγματα ιζήματος διαχωρίστηκαν με τη βοήθεια δονούμενου κόσκινου σε κοκκομετρικές τάξεις ανά τέταρτα του ρηί (ϕ), ξεκινώντας από -3 ρηί (8.0 mm) μέχρι 4 ρηί (0.063 mm), και υπολογίστηκαν τα ποσοστά βάρους για κάθε τάξη.



Εικ. 17: Διατάξη κοσκίνων σε στήλη.

Η εξαγωγή των κοκκομετρικών δεδομένων και ο υπολογισμός των σχετικών στατιστικών παραμέτρων έγινε με τη βοήθεια του λογισμικού GRADISTATv8, το οποίο αν και συγκριτικά με άλλα λογισμικά δίνει πιο μέτριας συσχέτισης αποτελέσματα, ωστόσο εξασφαλίζει τιμές για όλα τα δείγματα που αναλύονται. Το GRADISTAT²⁷ είναι ένα αρχείο τύπου .xlsm²⁸ που αν και λειτουργεί σε περιβάλλον του EXCEL, οι στατιστικοί υπολογισμοί του δείγματος βασίζονται στη μέθοδο των ροπών που παρέχεται από τη γλώσσα προγραμματισμού Microsoft Visual Basic. Ο τρόπος λειτουργίας του είναι πολύπλοκος, εντούτοις η μέθοδος για τη χρήση του (εισαγωγή δεδομένων, εξαγωγή αποτελεσμάτων) είναι απλή. Τα δεδομένα που εισάγονται αφορούν στο ποσοστιαίο συγκρατούμενο βάρος του ιζήματος στα κόσκινα. Με αυτό τον τρόπο υπολογίζεται ο μέσος όρος μεγέθους κόκκων – η επικρατούσα τιμή – η ταξινόμηση (τυπική απόκλιση) – η λοξότητα – η κύρτωση – το D10, D50, D90,

²⁷ Χρησιμοποιεί συνδυαστικά τη μαθηματική ‘μέθοδο των στιγμών’ (πιο ακριβής καθότι λαμβάνεται υπόψη όλος ο πληθυσμός), αλλά επηρεάζεται έντονα από τις ακραίες τιμές (outliers) της κατανομής, καθώς και τον τύπο που προτάθηκε από τους Folk & Ward (1957), ο οποίος είναι κατάλληλος για ‘ανοιχτές’ κατανομές μιας και δε λαμβάνει υπόψη τις ακραίες τιμές.

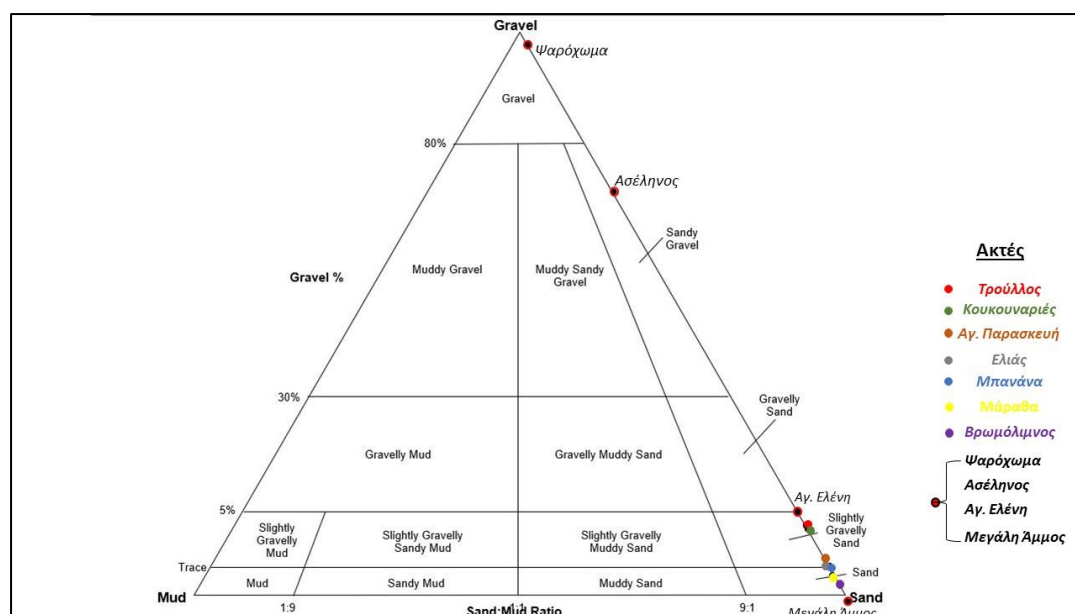
²⁸ Λογιστικό φύλλο Excel που υποστηρίζει και μακροεντολές.

D90/D10, D90-D10, D75/D25, D75-D25. Επιπλέον, παρέχεται η δυνατότητα της φυσικής περιγραφής του δείγματος σχετικά με την υφή (textural group), δίνοντας πιο περιγραφική ονομασία στο ίζημα κατά Folk (π.χ. λεπτή χαλικώδης χοντρή άμμος).

ΤΜΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ				
ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΔΟΚΙΜΗΣ Κοκκομετρική ανάλυση αδρανών - Μέθοδος με κόσκινα ΕΛΟΤ EN 933-1: 2012			Κωδικός/Έκδοση: ΟΕ101-ΦΕ1/3	
			Ημερ. Έκδοσης: 25/06/2018	
			Σελίδα 1 από 1	
Αριθμός εντολής εκτέλεσης δοκιμών:		Α/Α Δείγματος:		
Κοσκίνιση με πλύση <input type="checkbox"/>		Ξηρή κοσκίνιση <input type="checkbox"/>		
Ολική ξηρή μάζα gr, M_1 (Ζύγιση 1 ^η)= M_1 (Ζύγιση 2 ^η)=.....				
Ολική ξηρή μάζα μετά την πλύση gr, M_2 (Ζύγιση 1 ^η) = M_2 (Ζύγιση 2 ^η)=				
$Zύγιση\ 1^η - Ζύγιση\ 2^η / Ζύγιση\ 1^η \leq 0,1\%$				
Παιτάλη από την πλύση στο κόσκινο 0,063 mm, $M_1 - M_2 =$				
Άνοιγμα κοσκίνου mm	Μάζα συγκρατούμενου υλικού (R _i) g	Αθροιστικά συγκρατούμενη μάζα (ΣR _i) g	Συγκρατούμενο $100 * \Sigma R_i / M_1$ %	Αθροιστικά διερχόμενο $100 - (100 * \Sigma R_i / M_1)$ %
63				
40				
31,5				
20				
16				
12,5				
10				
8				
4				
2				
1				
0,5				
0,25				
0,125				
0,063				
Παιτάλη στο ταψί, P=				
Ποσοστό παιτάλης (διερχόμενο από το κόσκινο 0,063 mm) $f = (M_1 - M_2 + P) * 100 / M_1$				
Για ξηρή κοσκίνιση $f = 100 * P / M_1$				
ΣR _i + P =			Παρατηρήσεις:	
$(M_2 - (\Sigma R_i + P)) * 100 / M_2 =$			% Παιτάλη εκφράζεται στο 0,1%	
Απαιτήση: < 1 %			Υπόλοιπα % διερχόμενα εκφράζονται στο 1%	
Ημερομηνία: Ο Υπεύθυνος Δοκιμών			Ημερομηνία: Ο Υπεύθυνος Τομέα	
Υπεύθυνος Σύνταξης: Γ. Λεκαράκος			Υπεύθυνος Έγκρισης: Κ. Φλέγκας	

Εικ. 18: Πρότυπο φύλλο καταγραφής εργασίας δοκιμής κοκκομετρικής ανάλυσης αδρανών – Μέθοδος με κόσκινα.

Ο lithολογικός τύπος των δειγμάτων ορίστηκε βάσει του τριγωνικού συστήματος ταξινόμησης κατά Folk (1980) για χονδρόκοκκα ιζήματα, τις κορυφές του οποίου κατέχουν οι τάξεις Ψηφίδες (Gravel) -Άμμος (Sand) -Υλός (Mud) (Εικ. 19).



Εικ. 19: Τριγωνικά διαγράμματα ταξινόμησης χονδρόκοκκων ιζημάτων κατά Folk, οι κορυφές του οποίου κατέχουν τις τάξεις Ψηφίδες (Gravel) - Άμμος (Sand) - Υλός (Mud).

3.2 Ανάλυση Ανεμολογικών δεδομένων

Όσον αφορά στα **ανεμολογικά** δεδομένα της περιοχής μελέτης, αυτά ελήφθησαν από το σταθμό της Σκιάθου με συντεταγμένες 23° 49' 86'' και 39° 17' 18'' γεωγραφικού μήκους και πλάτους, αντίστοιχα. Το υψόμετρο του σταθμού είναι 10μ..

Η ανάλυση ανεμολογικών δεδομένων πραγματοποιείται με τη βοήθεια των *GUI Wind Analysis*. Γίνεται χρήση της Εξειδικευμένης Ανάλυσης (*Specified Analysis*), παρέχοντας πληροφορίες σχετικά με τα χαρακτηριστικά του ανέμου που επηρεάζουν τις παραλίες της περιοχής μελέτης με συγκεκριμένο προσανατολισμό, επιτρέποντας τον υπολογισμό της **συχνότητας εμφάνισης**, της **μέσης ταχύτητας** και της **μέσης διάρκειας πνοής** του ανέμου, για ένα συγκεκριμένο εύρος διευθύνσεων και ταχυτήτων του ανέμου. Η συχνότητα πνοής του ανέμου ανά διεύθυνση μπορεί να παρασταθεί γραφικά με το **ροδόγραμμα ανέμου** (wind rose). Το Ροδόγραμμα είναι ένα διανυσματικό διάγραμμα που χρησιμοποιείται για να απεικονίσει, τη διανυσματική κατανομή της ταχύτητας και της διεύθυνσης του ανέμου, για μια συγκεκριμένη θέση και για μια καθορισμένη χρονική περίοδο. Αποτελεί ένα, αρκετά, εποπτικό διάγραμμα και εμφανίζεται ως ένα πολύγωνο, το οποίο διαιρείται σε τμήματα διαφορετικού πάχους, μήκους και χρώματος. Το μήκος του κάθε τμήματος σε ένα πολύγωνο είναι ανάλογο της συχνότητας εμφάνισης των ανέμων που φυσάει σε συγκεκριμένο εύρος ταχύτητας από τη συγκεκριμένη διεύθυνση.

3.3 Τοπογραφικά - Βυθομετρικά Δεδομένα

Για την εξεύρεση των δεδομένων της τοπογραφίας και της βαθυμετρίας των ακτών της περιοχής μελέτης, ακολουθήθηκε ένας συνδυασμός μεθοδολογικών βημάτων διότι δεν υπήρχαν δεδομένα από μετρήσεις πεδίου, αλλά και κανένας φορέας (δημόσιος και ιδιωτικός), υπηρεσία, Ερευνητικό Κέντρο ή/και Ινστιτούτο έρευνας δεν διαθέτε

στοιχεία παράκτιας βαθυμετρίας ή/και τοπογραφίας της περιοχής. Τα δεδομένα αφορούν στο τομεακό προφίλ κάθε ακτής εύρους, ενδεικτικά, από το ύψος περίπου των αμμοθινών έως και τα 8.5 - 9.0μ. βάθος. Αναφορικά με τα υψομετρικά δεδομένα – υψομετρικά προφίλ, αυτά αντλήθηκαν με τη βοήθεια των ορθοφωτοχαρτών του Ελληνικού Κτηματολογίου²⁹. Αξίζει να σημειωθεί, ότι σύμφωνα με τη Μαριού (2013) το ΨΜΕ του Ελληνικού Κτηματολογίου μπορεί να θεωρηθεί ως το πιο ακριβές³⁰, συγκριτικά με άλλα ΨΜΕ, όπως για παράδειγμα του ΟΚΧΕ, καθώς παρέχει περισσότερα και αξιόπιστα υψομετρικά δεδομένα, αφού πέρα από τη μεγάλη χωρική ανάλυση που προσφέρει, επιπλέον έχει αξιολογηθεί και πιστοποιηθεί η ακρίβεια και η ποιότητά του. Δημιουργήθηκαν έντεκα (11) τομές, μία για κάθε ακτή – ενδεικτικά παρακάτω (Εικ. 20) παρουσιάζεται η γραμμική εγκάρσια τομή της ακτής Κουκουναριές–, και αντιστοιχήθηκε κάθε (x,y) στην αντίστοιχη υψομετρική πληροφορία του ΨΜΕ.



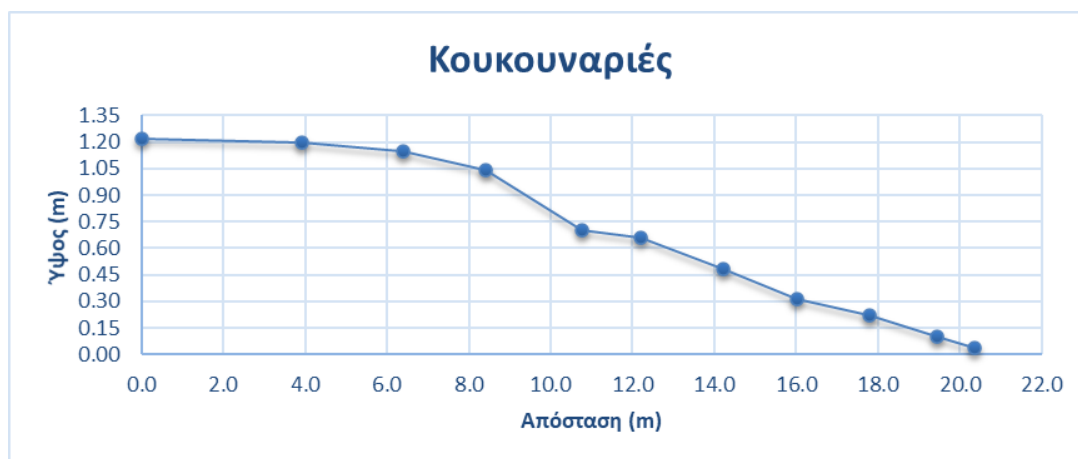
Εικ. 20: Διαδικασία εξαγωγής υψομετρικών σημείων για τη δημιουργία των υψομετρικών προφίλ των ακτών. Εδώ η γραμμική εγκάρσια τομή στην ακτή Κουκουναριές.

Στη συνέχεια, τα σημεία αυτά εισήχθησαν στο ArcGis 10.3 όπου μέσω γραμμικής παρεμβολής δημιουργήθηκαν τα υψομετρικά προφίλ των έντεκα (11) ακτών – ενδεικτικά στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται το υψομετρικό προφίλ της ακτής Κουκουναριές (Εικ. 21). Για την εξαγωγή βυθομετρικών σημείων, έγινε χρήση σε πρώτη φάση, της εφαρμογής *Navionics*. Το *Navionics Nautical Chart* διαθέτει ηλεκτρονικούς χάρτες πλοήγησης που βασίζονται σε ένα συνδυασμό δεδομένων, τόσο από την Υδρογραφική Υπηρεσία Πολεμικού Ναυτικού όσο και από την ιδιωτική εταιρεία *Eagle Ray*³¹.

²⁹ <https://maps.gov.gr/>

³⁰ Η πληροφορία που περιέχει είναι η πιο πυκνή σε σχέση με όλα τα υπόλοιπα ΨΜΕ, όπως του ΟΚΧΕ, το μοντέλο SRTM, το ASTER v2), λόγω του μεγέθους φατινίου, το οποίο είναι 5m (χωρική ανάλυση). Επίσης, ένας ακόμη λόγος είναι ότι έχει παραχθεί με εφαρμογή φωτογραμμετρικών μεθόδων, οι οποίες θεωρούνται ιδιαίτερα ακριβείς.

³¹ Η εταιρία εξειδικεύεται στην κατασκευή χαρτών και πλοηγών για τις ελληνικές θάλασσες, οι οποίοι



Εικ. 21: Υψομετρικό προφίλ ακτής Κουκουναριές.

Επιπλέον, μέσω της επεξεργασίας του *Sonar Chart*, που αντλεί δεδομένα τόσο από το *Nautical Chart* όσο και από άλλες περιφερειακές και τοπικές πηγές, από απλούς βαρκάρηδες καθώς και από σκάφη αναυγής, το παραγόμενο προϊόν είναι ένας βυθομετρικός χάρτης υψηλής ευκρίνειας -χωρική ανάλυση 0,5m – περιλαμβάνοντας εξαιρετική λεπτομέρεια ισοβαθών καμπυλών. Τα δεδομένα από την καταγραφή των sonars επικυρώνονται και ενσωματώνονται, με παράλληλη ενημέρωση και αναβάθμιση, στα ήδη υπάρχοντα δεδομένα. Βάσει των ισοβαθών καμπυλών από την εφαρμογή εξήχθησαν για όλες τις ακτές δεκαοχτώ (18) σταθερά σημεία μεταξύ των ισοβαθών 0 – 8.5μ., όπως φαίνεται ενδεικτικά για την ακτή στις Κουκουναριές (Εικ. 22).

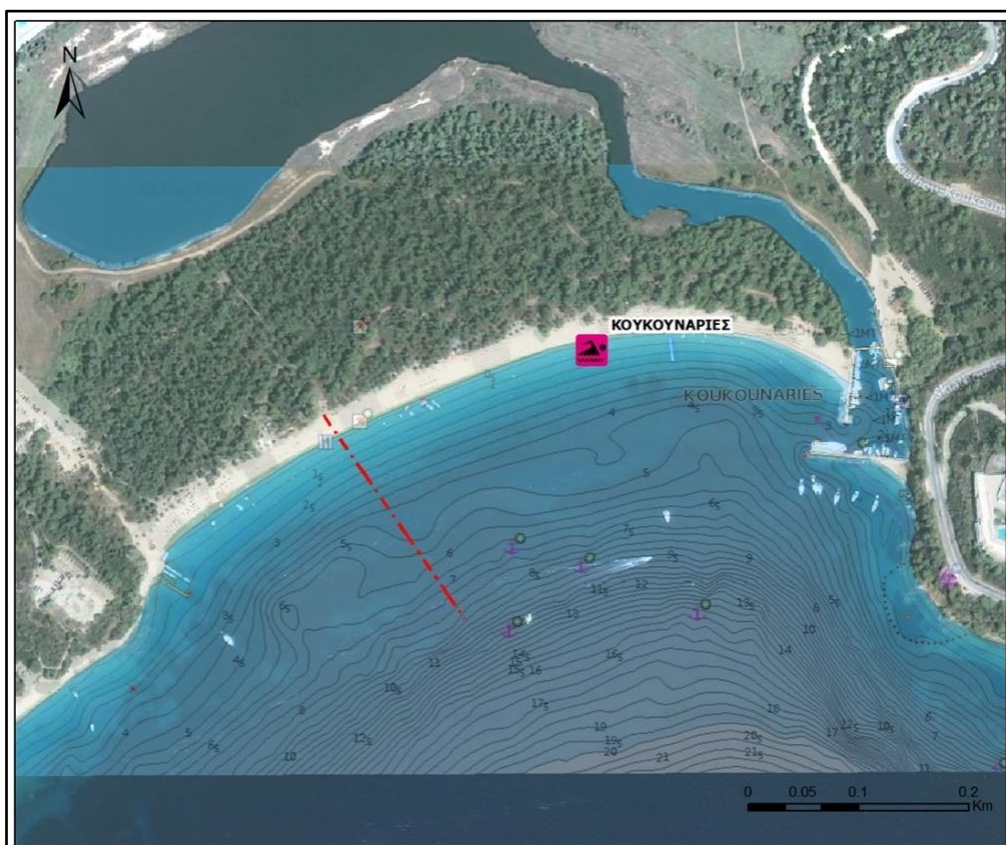


Εικ. 22: Σταθερά σημεία ισοβαθών καμπυλών. Ακτή Κουκουναριές (Πηγή: <https://webapp.navionics.com/>).

φτιάχνονται με την ίδια φιλοσοφία: «παντρεύουν» τις τεχνικές πληροφορίες που απαιτούνται για την πλεύση του σκάφους με τις τοπικές γνώσεις.

Οι ναυτικές εκδόσεις βασίζονται στις γνώσεις των τοπικών κοινοτήτων των ψαράδων, σε πληροφορίες σκαφών αναυγής και σε ιδίες βυθομετρήσεις (<https://eagleray.gr>).

Η εξαγωγή και αποθήκευση των σημείων από το Navionics γίνεται σε μορφή *.gpx* (GPS eXchange Format), επιτρέποντας την περαιτέρω επεξεργασία αυτών σε ανάλογα υπολογιστικά περιβάλλοντα (π.χ. ArcMap, QGIS). Η διαχείριση αυτών των σημείων έγινε με το λογισμικό χαρτογράφησης και επεξεργασίας γεωχωρικών δεδομένων ArcGis 10.3 μετατρέποντας τα εν λόγω αρχεία σε σημειακές οντότητες (feature points)³². Λόγω του ότι το σύστημα αναφοράς του χαρτογραφικού υποβάθρου και των σημείων από το Navionics είναι μη προσδιορισμένο (undefined), χρειάστηκε να γίνει γεωαναφορά αυτών στο υπόβαθρο του κτηματολογίου (Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα – WGS '84) (Εικ. 23).



Εικ. 23: Γεωαναφορά υποβάθρου Navionics σε αυτό του Ελληνικού Κτηματολογίου. Πηγή: Υπόβαθρο κτηματολογίου (WMS service στο ArcGis) & <https://webapp.navionics.com/>.

Στη συνέχεια, και για τη δημιουργία του βαθυμετρικού προφίλ των ακτών, με το ίδιο λογισμικό υπολογίστηκε η αθροιστική απόσταση των σημείων από τα 0 – 8.5μ.³³ (1^η στήλη) και η 2^η στήλη τα δεκαοχτώ (18) σταθερά ισοβαθή σημεία, όπως ενδεικτικά παρουσιάζεται παρακάτω για την ακτή των Κουκουναριών (Εικ. 24, αριστερά). Η γραφική απεικόνιση των παραπάνω δεδομένων φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα (Εικ. 24, δεξιά).

Για τη «συμπλήρωση των κενών σημείων» μεταξύ των δεκαοχτώ (18) σταθερών σημείων, εφαρμόστηκε η μέθοδος της χωρικής παρεμβολής μέσω του λογισμικού

³² Conversion tools ⇒ From GPS ⇒ GPX to Features

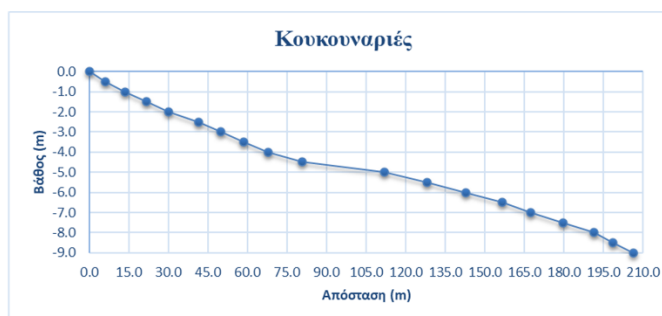
³³ Analysis tools ⇒ Proximity ⇒ Generate Near Table

ArcGis βάσει των γνωστών βυθομετρικών σημείων. Οι μέθοδοι χωρικής παρεμβολής διακρίνονται σε Γενικές (global) και Τοπικές (Local), με τις δεύτερες να βασίζονται στην υπόθεση ότι κάθε διακριτό σημείο επηρεάζει τις τιμές των γειτονικών του σημείων μέχρι μία ορισμένη απόσταση μεταξύ τους.

Η διαδικασία που ακολουθείται, σε γενικές γραμμές, είναι η εξής (Ποϊζαρίδης, 2010):

1. Προσδιορίζεται η περιοχή (neighbourhood) γύρω από το υπό εκτίμηση σημείο
2. Εντοπίζονται τα σημεία δειγματοληψίας
3. Επιλέγεται η κατάλληλη μαθηματική συνάρτηση που εκφράζει τη μεταβολή μεταξύ αυτού του μικρού αριθμού των σημείων
4. Επιλύεται η εξίσωση για το προβλεπόμενο σημείο σε ένα κανονικό πλέγμα
5. Επαναλαμβάνεται η εφαρμογή των ανωτέρων σταδίων μέχρι να υπολογιστούν όλα τα σημεία της μελετώμενης περιοχής

Απόσταση	Βάθος
0.0	0.0
6.0	-0.5
13.4	-1.0
21.7	-1.5
30.1	-2.0
41.3	-2.5
49.6	-3.0
58.5	-3.5
67.8	-4.0
80.7	-4.5
111.9	-5.0
128.1	-5.5
142.9	-6.0
156.7	-6.5
167.3	-7.0
179.7	-7.5
191.4	-8.0
198.5	-8.5



Εικ. 24: Αθροιστική απόσταση των δεκαοκτώ (18) σταθερών βυθομετρικών σημείων για την ακτή Κουκουναριές (αριστερά) και διάγραμμα βυθομετρικού προφίλ της ακτής (δεξιά).

Οι ευρύτερα διαδεδομένες μέθοδοι που ανήκουν στην κατηγορία τοπικής εκτίμησης (local estimation), η οποία βασίζεται στην υπόθεση ότι κάθε διακριτό σημείο επηρεάζει τις τιμές των γειτονικών του σημείων μέχρι μία ορισμένη απόσταση μεταξύ τους, είναι τρεις³⁴ και στην προκειμένη περίπτωση γίνεται αναφορά και χρήση σε δύο (2): στη μέθοδο *Splines* και στη μέθοδο της παρεμβολή *Σταθμισμένης Αντίστροφης Απόστασης (IDW)*. Η πρώτη μέθοδος παρέχει τη δυνατότητα διαφορετικές περιοχές να περιγράφονται από διαφορετικές πολυωνυμικές συναρτήσεις. Οι συναρτήσεις *splines* εφαρμόζονται τμηματικά σε μικρό αριθμό σημείων, ωστόσο η ένωση μεταξύ δύο τμημάτων της καμπύλης είναι συνεχής.

³⁴ Παρεμβολή φυσικής γειτνίασης -Nearest Neighbours-, Σταθμισμένη παρεμβολή αντίστροφης απόστασης - Inverse Distance Weighting (IDW) & Splines

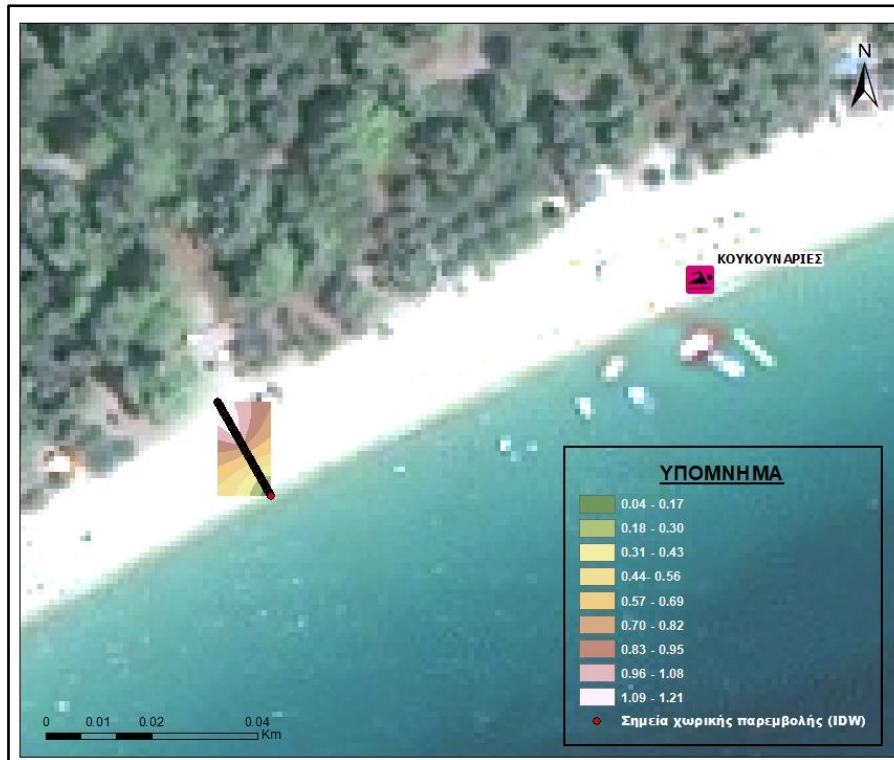
Με άλλα λόγια, παρέχεται η δυνατότητα διόρθωσης ενός μέρους της καμπύλης χωρίς να απαιτείται ο εκ νέου υπολογισμός ολόκληρης, όπως συμβαίνει με άλλες μεθόδους. Επιπλέον, το αποτέλεσμα που προκύπτει είναι μια εξομαλυσμένη επιφάνεια λαμβάνοντας υπόψη και «περνώντας» ακριβώς από τα γνωστά σημεία. Πρόσθετα, δύναται να προβλέψει τυχόν κορυφογραμμές, κοιλάδες για το χερσαίο έδαφος καθώς και υφάλους ή υβώματα για το (υπο)θαλάσσιο. Υπάρχουν δύο τύποι τμηματικών πολυωνυμικών συναρτήσεων (Splines), η κανονικοποιημένη (regularized) και αυτής της τάσης (tension), με τον πρώτο να περιλαμβάνει την 1^η παράγωγο της συνάρτησης (κλίση), τη 2^η παράγωγο (ρυθμός μεταβολής κλίσης) και την 3^η παράγωγο (ρυθμός μεταβολής της 2^{ης} παραγώγου) με υπολογισμούς ελαχιστοποίησης αυτών. Αν και ο τύπος τάσης χρησιμοποιεί μόνο τις δύο πρώτες παραγώγους, εντούτοις περιλαμβάνει περισσότερα σημεία στους υπολογισμούς παράγοντας, συνήθως, περισσότερο ομαλές επιφάνειες με παράλληλη, όμως, αύξηση του χρόνου υπολογισμού.

Η δεύτερη μέθοδος (IDW) – η οποία πρέπει να σημειωθεί ότι χρησιμοποιήθηκε για τη χωρική παρεμβολή των υψομετρικών δεδομένων, αντιθέτως για τα βυθομετρικά δεδομένα έγινε χρήση της μεθόδου *splines* που εμφάνιζε πιο αντιπροσωπευτικά αποτελέσματα– υποστηρίζει ότι όσο πιο απομακρυσμένες είναι οι παρατηρήσεις από το σημείο για το οποίο ζητείται η εκτίμηση της τιμής κάποιου μεγέθους, τόσο λιγότερο πρέπει να συνεισφέρουν στην εκτίμηση της τιμής αυτή (Κάβουρας κ.α., 2016). Κατά τη διαδικασία παρεμβολής αποδίδονται βάρη στα γειτονικά γνωστά σημεία του κάθε εκτιμώμενου άγνωστου σημείου για την πρόβλεψη της τιμής της παραμέτρου σε αυτά. Τα γνωστά σημεία σταθμίζονται βάσει της αντίστροφης απόστασης από τα άγνωστα προς τα γνωστά σημεία. Η βαρύτητα που αποδίδεται στα γνωστά σημεία εκφράζεται με την παρακάτω σχέση:

$$w_i = \left(\frac{1}{d_i^p}\right) / \left(\sum_1^n \frac{1}{d_i^p}\right)$$

όπου, n ο αριθμός των γνωστών σημείων που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση, d_i η απόσταση του γνωστού σημείου από το άγνωστο και p η δύναμη στην οποία υψώνεται η απόσταση. Ο κυριότερος παράγοντας που επηρεάζει την ακρίβεια της εκτίμησης που επιτυγχάνεται με την παρεμβολή της IDW, είναι η τιμή της δύναμης p (*power*) στην παραπάνω εξίσωση. Παρακάτω εικονίζεται το αποτέλεσμα χωρικής παρεμβολής με τη μέθοδο IDW για την ακτή Κουκουναριές (Εικ. 25). Επισημαίνεται, ότι τα βάρη μικραίνουν καθώς η απόσταση αυξάνεται, ειδικά όταν αυξάνεται η τιμή της δύναμης, έτσι τα γειτονικά γνωστά σημεία αποκτούν μεγαλύτερο βάρος και έχουν περισσότερη επιρροή στην εκτίμηση (Παπαδοπούλου, 2014). Μεγαλύτερη τιμή δύναμης έχει ως αποτέλεσμα μικρότερη επιρροή από τα σημεία που είναι σε απόσταση (πιο μακριά). Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθεί, ότι το λογισμικό του ArcGis παρέχει μέσω της εργαλειοθήκης χωρικής ανάλυσης (Spatial Analyst Toolbox) ένα ευρύ φάσμα εργαλείων χωρικής μοντελοποίησης και ανάλυσης.

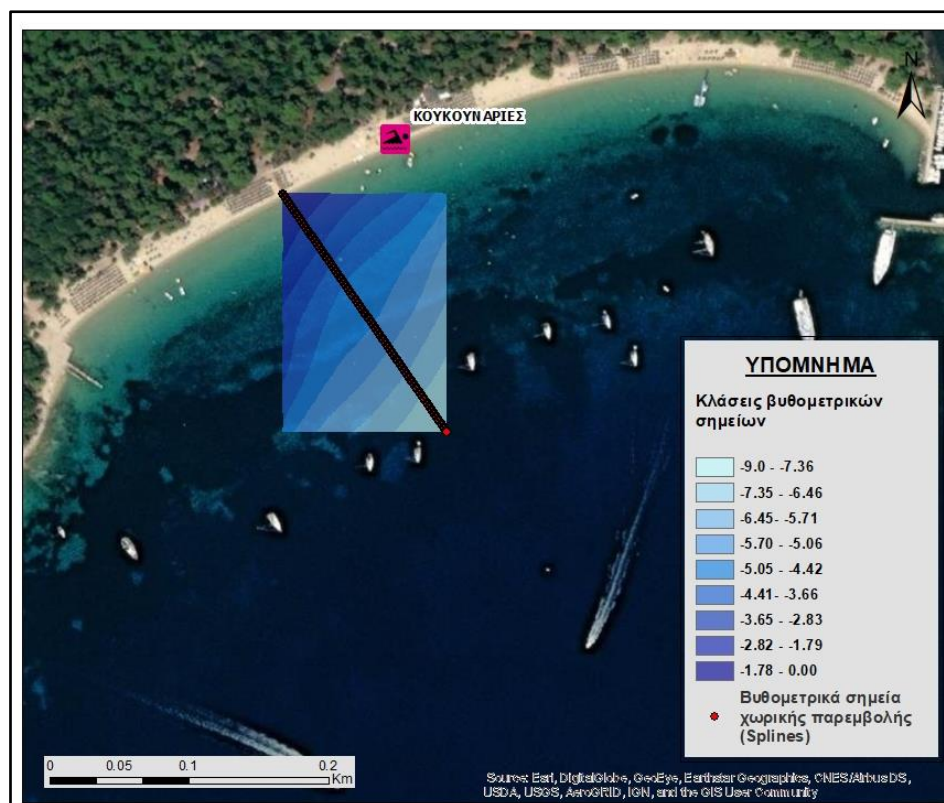
Συγκεκριμένα, μεταξύ άλλων υποστηρίζει α) τη μετατροπή διανυσματικών δεδομένων (vector data) σε πλεγματού τύπου δεδομένα (raster data) και αντίστροφα β) εργαλεία παρεμβολής επιφανειών μέσω διαφόρων μεθόδων όπως η IDW, η μέθοδος Kriging, η μέθοδος Splines κ.α. καθώς και γ) υπολογισμό κλίσεων, επιφανειών σκιαγράφησης ανάγλυφου, ισοϋψών καμπυλών και καμπυλότητας από ψηφιακά μοντέλα εδάφους (DEM).



Εικ. 25: Αποτέλεσμα χωρικής παρεμβολής (IDW) για τα υψομετρικά σημεία της ακτής Κουκουναριές.

Συνδυαστικά με την παραπάνω εργαλειοθήκη, υποστηρίζεται και το *ArcGIS 3D Analyst* προσφέροντας εργαλεία τριδιάστατης ανάλυσης βοηθώντας στον προσδιορισμό περιγραμμάτων, κλίσεων, ανυψώσεων μιας επιφάνειας μέσω του υπολογισμού ισομετρικών καμπυλών. Μετά τη γραμμική παρεμβολή των σημείων και την μετατροπή αυτών σε πλεγματού -raster- δεδομένα (διαδικασία που εξηγήθηκε παραπάνω), γίνεται η χρήση του εργαλείου *Interpolate line* από την εργαλειοθήκη του *3D Analyst*, δημιουργώντας μια τριδιάστατη γραμμή παρεμβάλλοντας τα σημεία της στήλης του Πίνακα Περιεχομένου (Attribute Table) που αφορούν στα σταθερά σημεία βάθους (έχουν υψομετρική – βυθομετρική πληροφορία), με αποτέλεσμα να προκύψουν επαρκή σημεία για τις παραλιακές διατομές –βυθομετρικό προφίλ– για το μοντέλο.

Παρακάτω εικονίζεται το αποτέλεσμα χωρικής παρεμβολής των βυθομετρικών σημείων με τη μέθοδο *splines* για την ακτή Κουκουναριές (Εικ. 26).



Εικ. 26: Αποτέλεσμα χωρικής παρεμβολής (splines) για τα βυθομετρικά σημεία της ακτής Κουκουναριές.

3.4 Ενεργό ανάπτυγμα κύματος και χαρακτηριστικά κυμάτων

Εκτός από την ένταση του ανέμου, τα τοπο-βυθομετρικά δεδομένα κ.α., στα κυματικά μοντέλα, είναι αναγκαίος και ο υπολογισμός του αναπτύγματος πελάγους. Το ενεργό ανάπτυγμα πελάγους εξαρτάται από την περιοχή στην οποία πνέει σταθερά ο άνεμος (ένταση και ταχύτητα) και στη γεωμετρική απόσταση της θαλάσσιας επιφάνειας μεταξύ δύο διαδοχικών στερεών ορίων. Το εν λόγω ανάπτυγμα χρησιμοποιείται στον προσδιορισμό των κυματικών χαρακτηριστικών όπως σημαντικό ύψος (H_s) και περίοδος κύματος (T). Για τον υπολογισμό, χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα της *TechnoLogismiki Works*, το οποίο κάνει χρήση της μεθόδου SMB (Sverdrup – Munk – Bretschneider). Το μοντέλο SMB είναι το πλέον διαδεδομένο μοντέλο βραχυπρόθεσμης περιγραφής της κατάστασης διαταραχής της θάλασσας. Σύμφωνα με το μοντέλο SMB, τα κύματα διαιρούνται σε τρεις κατηγορίες:

- 1) Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν τα κύματα πλήρως ανεπτυγμένης θάλασσας, τα οποία δημιουργούνται από πνοή ανέμου μακράς διάρκειας κατά μήκος μεγάλου αναπτύγματος πελάγους
- 2) Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν τα κύματα που δημιουργούνται από τη μακρά πνοή ανέμου κατά μήκος περιορισμένου αναπτύγματος πελάγους
- 3) Στην τρίτη κατηγορία ανήκουν τα κύματα που δημιουργούνται από την πνοή ανέμου σύντομης διάρκειας κατά μήκος μεγάλου αναπτύγματος πελάγους.

Η βασική παραδοχή του μοντέλου είναι πως υπάρχει ένα κύμα, το οποίο αντιπροσωπεύει τη διαταραχή της θαλάσσιας επιφάνειας και το οποίο ονομάζεται σημαντικό. Αντιστοιχεί προσεγγιστικά με το φυσικό κύμα, του οποίου το ύψος είναι δυνατό να εκτιμηθεί από την ακτή. Το ύψος του ισούται με το μέσο ύψος του 1/3 των υψηλότερων κυμάτων³⁵. Με το μοντέλο SMB υπολογίζονται το ύψος H_s και η περίοδος T_s του σημαντικού κύματος ως μονοσήμαντες συναρτήσεις της ταχύτητας U_{10} του ανέμου, του αναπτύγματος πελάγους (F_{fetch}), και της διάρκειας πνοής του ανέμου t_D . Ωστόσο, μόνο οι υπολογισμοί του αναπτύγματος πελάγους χρησιμοποιούνται μιας και τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά θα υπολογιστούν μέσω άλλου λογισμικού. Το μοντέλο χρησιμοποιεί τις παρακάτω αδιάστατες συναρτήσεις:

$$\frac{gH_s}{U^2} = 0.283 \tanh(0.0125\Phi^{0.42})$$

$$\frac{gT_s}{U} = 7.540 \tanh(0.077\Phi^{0.25})$$

$$\frac{gD}{U} = 6.588 \exp\left(\left(0.0161(\ln(\Phi))^2 - 0.369\ln(\Phi) + 2.2024\right)^{0.5} + 0.8798\ln(\Phi)\right)$$

Όπου $\Phi = gF/U^2$ είναι ο συντελεστής αναπτύγματος πελάγους.

Το επιθυμητό εύρος του κάθε υπό εξέταση τομέα είναι $\pm 45^\circ$ από την κύρια διεύθυνση του ανέμου. Τα αποτελέσματα υπολογισμού του ενεργού αναπτύγματος για τα έντεκα (11) παραλιακά προφίλ παρουσιάζονται παρακάτω (Πίνακας 6). Όπως αναφέρθηκε και στην ανάλυση των ανεμολογικών δεδομένων, οι επικρατούντες άνεμοι στην περιοχή μελέτης είναι οι ΒΑ άνεμοι και ως εκ τούτου παρατηρείται και μέγιστο ενεργό – γεωγραφικό ανάπτυγμα πελάγους με αποτέλεσμα η μεταφερόμενη από τον άνεμο ενέργεια να είναι μεγαλύτερη και να οδηγεί σε μμεγαλύτερους κυματισμούς. Έχοντας υπολογίσει το ενεργό ανάπτυγμα πελάγους, στη συνέχεια και με τη βοήθεια του Wind Data Analysis GUI (*Graphical User Interface*) πραγματοποιείται ανάλυση των ανεμολογικών δεδομένων – γίνεται χρήση της Εξειδικευμένης Ανάλυσης (*Specified Analysis*) – παρέχοντας πληροφορίες σχετικά με τα χαρακτηριστικά του ανέμου που επηρεάζουν τις ακτές της περιοχής μελέτης με συγκεκριμένο προσανατολισμό, επιτρέποντας τον υπολογισμό της **συχνότητας εμφάνισης**, της **μέσης ταχύτητας** και της **μέσης διάρκειας πνοής** του ανέμου, για ένα συγκεκριμένο εύρος διευθύνσεων και ταχυτήτων του ανέμου. Λόγου του ότι μελετάται η παράκτια διάβρωση της ακτογραμμής της περιοχής μελέτης, μας ενδιαφέρουν οι ισχυροί κυματισμοί οι οποίοι δημιουργούνται κάτω από δυνατούς ανέμους, δηλαδή ταχύτητες άνω των έξι (6) Beaufort. Τα αποτελέσματα και για τα έντεκα (11) παραλιακά προφίλ δίνονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 7).

³⁵ Το H_s δεν αποτελεί και το σύννηθες μέγιστο χειμέριο κύμα

Πίνακας 6: Αποτελέσματα ενεργού μήκους αναπτύγματος για τα έντεκα παραλιακά προφίλ βάσει της κύριας διεύθυνσης του ανέμου.

Περιοχή	Διατομή	Διεύθυνση ανέμου	F_{eff} (m)
Βρωμόλιμνος	B1	NΔ	20.774
Μάραθα	M1	NΔ	20.774
Κουκουναριές	K1	NA	91.606
Μεγάλη Άμμος	M2	NA	79.449
Μπανάνα	M3	Δ	13.609
Αγ. Ελένη	A1	Δ	13.609
Ελιάς	E1	B	111.631
Ασέληνος	A2	B	111.631
Αγ Παρασκευή	A3	N	30.229
Τρούλλος	T1	N	30.229
Ψαρόχωμα	Ψ1	BA	112.636

Εν συνεχεία, για την εκτίμηση των χαρακτηριστικών κύματος (Wave Estimation) απαιτούνται, η ταχύτητα του ανέμου (U_{10}), η διάρκεια πνοή του ανέμου (t_D) καθώς και το ενεργό ανάπτυγμα της παραλίας (F).

Πίνακας 7: Αποτελέσματα ανάλυσης ανεμολογικών δεδομένων για τα έντεκα παραλιακά προφίλ.

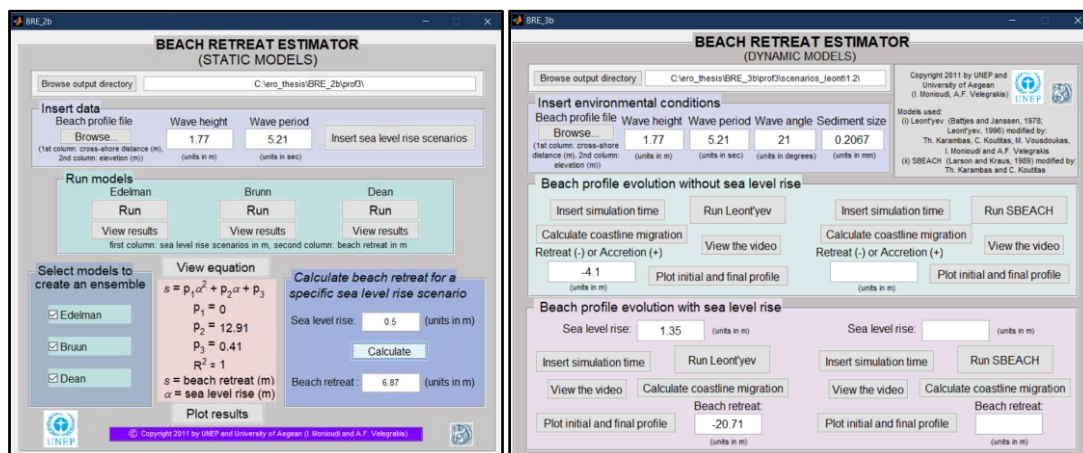
Περιοχή	Διατομή	Συχνότητα	Μέση ταχύτητα (m/s)	Διάρκεια πνοής ανέμου (sec)
Βρωμόλιμνος	B1	0.2457	12.02	19700
Μάραθα	M1			
Κουκουναριές	K1	0.2360	11.97	18369
Μεγάλη Άμμος	M2			
Μπανάνα	M3	0.4361	12.63	20893
Αγ. Ελένη	A1			
Ελιάς	E1	4.3465	12.64	36047
Ασέληνος	A2			
Αγ Παρασκευή	A3	0.3597	11.94	23688
Τρούλλος	T1			
Ψαρόχωμα	Ψ1	1.9495	12.57	44881

Το μοντέλο εκτίμησης μπορεί να είναι είτε ένα εμπειρικό μοντέλο ή ένα δυναμικό υπολογιστικό μοντέλο, υπολογίζοντας το σημαντικό ύψος κύματος (H_s) και την περίοδο αυτού (T), για εντάσεις ανέμου, εν προκειμένω, 10.8 – 32.7 m/s (6-12 Beaufort). Ένα από τα συχνότερα εφαρμοζόμενα εμπειρικά μοντέλα εκτίμησης κυματισμών, είναι αυτό του **JONSWAP-PM**, το οποίο χρησιμοποιεί ενεργειακά φάσματα.

3.5 Πρόγνωση του κινδύνου διάβρωσης των παραλιών

Για τον υπολογισμό της **μακροχρόνιας** οπισθοχώρησης της ακτογραμμής λόγω ανόδου της ΜΣΘ, γίνεται χρήση **στατικών/αναλυτικών μοντέλων**, τα οποία βασίζονται στην επίλυση μιας ή συστήματος εξισώσεων, χωρίς να λαμβάνουν υπόψη υδροδυναμικές και ιζηματοδυναμικές διεργασίες.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, γίνεται χρήση **στατικών μοντέλων για φυσικές διατομές**, διότι υπάρχουν δεδομένα τοπο-βαθυμετρίας της περιοχής μελέτης. Τα δεδομένα εισόδου είναι η περίοδος (sec) του κύματος (T_0), το σημαντικό ύψος (m) του κύματος (H_0) και η τοπο-βαθυμετρία (σε μορφή .txt) (1η στήλη: εγκάρσια προς την ακτή απόσταση (m), 2^η στήλη: η ανύψωση του πυθμένα). Επιπλέον, δίνοντας διάφορα σενάρια ανόδου της στάθμης της θάλασσας (SLR) σε μέτρα (m), υπολογίζεται η αντίστοιχη οπισθοχώρηση της ακτογραμμής (m) βάσει των τριών (3) μοντέλων *Brunn*, *Dean* και *Edelman*, ενώ παράλληλα προσδιορίζεται και η πολυωνυμική εξίσωση που προσεγγίζει τη μέση οπισθοχώρηση που δίνει η συστοιχία και των τριών μοντέλων για τα δοθέντα σενάρια (Εικ. 27). Τα στατικά μοντέλα εφαρμόστηκαν για τα σενάρια (i) 0,30 m για το έτος 2065 σύμφωνα με το σενάριο RCP 8.5 (ii) 0,5 m για το έτος 2100 σύμφωνα με το σενάριο RCP 6.0 και (iii) 0,7 m για το έτος 2100 σύμφωνα με το σενάριο RCP 8.5 (IPCC, 2013).



Εικ. 27: Λογισμικό εφαρμογής στατικών (αριστερά) & δυναμικών (δεξιά) μοντέλων για διατομές φυσικού προφίλ – παράδειγμα εισαγωγής δεδομένων και εξαγωγής αποτελέσματος.

Τα εν λόγω μοντέλα είναι προγραμματισμένα σε λογισμικό GUI (Graphical User Interface), και τρέχουν με γλώσσα προγραμματισμού MATLAB (Velegrakis and Monioudi, 2014). Αναφορικά με τα στατικά μοντέλα και τη δυνατότητα συνεκτίμησης των αποτελεσμάτων των τριών μοντέλων (συστοιχία), προτιμήθηκε ώστε να καλυφθούν, όσο το δυνατό, οι αδυναμίες του ενός από κάποιο άλλο, μιας και τα μοντέλα ενέχουν διαφορετική ευαισθησία στις διάφορες παραμέτρους, ώστε οι προβλέψεις να είναι «ισορροπημένες» (Monioudi et al., 2015 από Παπάζογλου, 2020). Σε πρώτη φάση έτρεξαν και τα τρία μοντέλα (Brunn, Edelman, Dean) για τιμές ανόδου της ΜΣΘ και στη συνέχεια, για τη συστοιχία των τριών μοντέλων και για συγκεκριμένη τιμή ανόδου της ΜΣΘ, που εισήχθη με πληκτρολόγηση υπολογίστηκε η υποχώρηση της ακτογραμμής.

Σχετικά με τα δυναμικά μοντέλα, έτρεξαν πρώτα χωρίς να ληφθεί υπόψη η άνοδος της Μ.Σ.Θ, τα αποτελέσματα των οποίων χρησιμοποιήθηκαν για την με άνοδο πρόβλεψη οπισθοχώρησης βάσει δοθέντων σεναρίων.

Τα **δυναμικά/αριθμητικά μοντέλα**, χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό της **βραχυχρόνιας** οπισθοχώρησης της ακτογραμμής λόγω ακραίων καιρικών φαινομένων, όπως οι μετεωρολογικές παλίρροιες. Πρόκειται για προσωρινή άνοδο της στάθμης της θάλασσας, καθώς και για προσωρινή διάβρωση. Ωστόσο, λόγω του ότι τα εν λόγω φαινόμενα δύνανται να επιφέρουν σημαντικές ζημιές στις παραλίες, καθίσταται πλέον σημαντικός ο υπολογισμός αυτής της προσωρινής οπισθοχώρησης της ακτογραμμής. Τα δυναμικά μοντέλα που χρησιμοποιούνται είναι αυτά των *Leont'yeu* και *SBEACH*, χρησιμοποιώντας ως δεδομένα εισόδου την αρχική τοπο-βαθυμετρία, την κοκκομετρία, τη γωνία πρόσπτωσης, την περίοδο του κύματος, καθώς και το σημαντικό ύψος κύματος, ώστε να υπολογιστεί η μετατόπιση (πρόσχωση/διάβρωση) της ακτογραμμής. Ο προεπιλεγμένος χρόνος προσομοίωσης (*simulation time*) ήταν τα 8000sec (ή 2.22 ώρες)³⁶. Σε πρώτη φάση τα μοντέλα εφαρμόζονται χωρίς να ληφθεί υπόψη η άνοδος της Μ.Σ.Θ., οπότε μπορεί υπάρξει πρόσχωση (θετικό πρόσημο) της ακτογραμμής υπό ήπιες κυματικές συνθήκες, όπως και εν προκειμένω συνέβη. Τα αποτελέσματα και των έντεκα (11) παραλιακών προφίλ δίνονται στο επόμενο κεφάλαιο. Στο σημείο αυτό αξίζει να υπογραμμιστεί (Monioudi et al., 2017, από Παπάζογλου, 2020), ότι το μοντέλο *SBEACH*, αναπαριστά καλύτερα το σχηματισμό υποθαλάσσιου υβώματος (*longshore bar*) και υποθαλάσσιας κοιλότητας (*longshore trough*), ενώ αυτό του *Leont'yeu* δίνει καλύτερες εκτιμήσεις της οπισθοχώρησης της ακτογραμμής. Στην προκειμένη περίπτωση, μας ενδιαφέρει περισσότερο η εκτίμηση της παράκτιας υποχώρησης παρά η εν γένει μεταβολή του παραλιακού προφίλ, συνεπώς κρίνεται ως καταλληλότερο μοντέλο το δεύτερο.

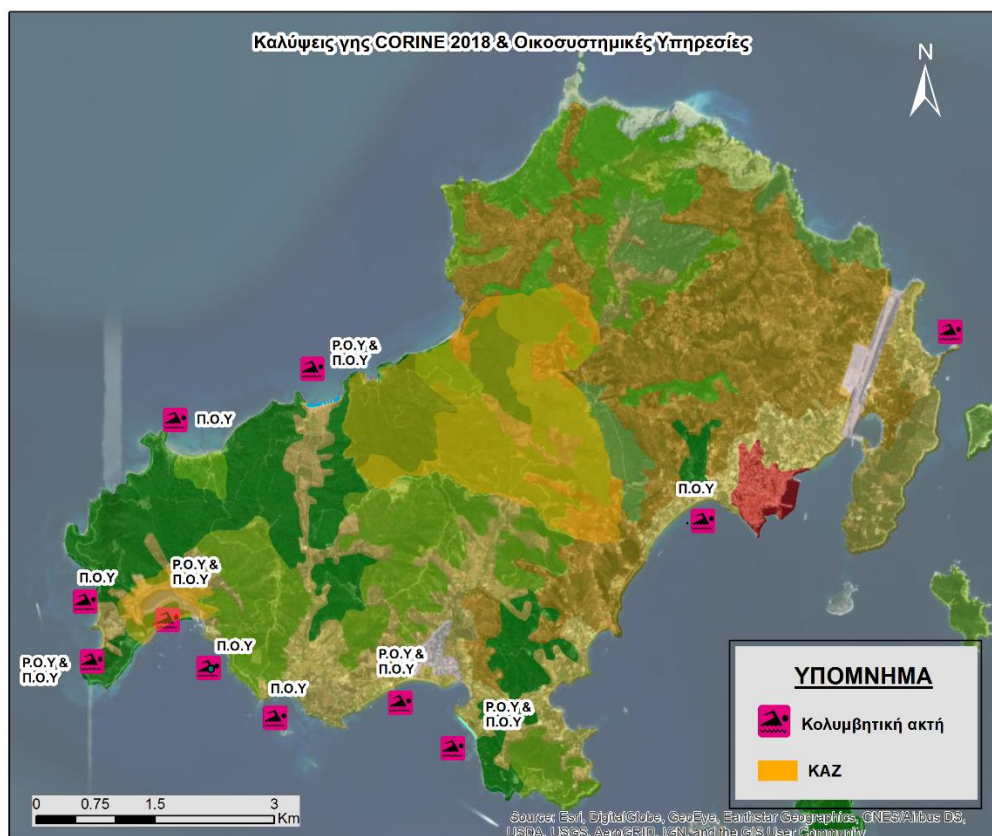
3.6 Μεθοδολογία υπολογισμού αξίας Οικοσυστημικών Υπηρεσιών στο νησί της Σκιάθου

Η εκτίμηση της αξίας των οικοσυστημικών υπηρεσιών βασίστηκε στα αποτελέσματα της έρευνας των Paprotny et al. (2021), η οποία είχε ως χωρική κλίμακα την παράκτια ζώνη των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης (επίπεδο NUTS-3), κατ' επέκταση και της Ελλάδας. Ο υπολογισμός της αξίας των εν λόγω υπηρεσιών έγινε βάσει του υποβάθρου καλύψεων γης του Corine Land Cover (CLC) για το 2018. Η παράκτια ζώνη της παραπάνω έρευνας (10 km buffer zone της ακτογραμμής που μελετήθηκε), εξαιρώντας τα διαπαλιρροιακά επίπεδα και το ανοιχτό πέλαγος, κάλυπτε μια έκταση περίπου 578.000 km² οικοτόπων (περιοχές Natura). Στην Ελλάδα η αντίστοιχη έκταση³⁷ ανέρχεται συνολικά (χερσαίο & θαλάσσιο τμήμα) σε περίπου 50.000 km². Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, η αξία των οικοσυστημικών υπηρεσιών στην Ελλάδα, ετησίως, ανέρχεται σε 42 δις € (18% του ΑΕΠ) βάσει της αγοραστικής αξίας το 2018 στην ΕΕ.

³⁶ Όσο μεγαλύτερη είναι η διάρκεια του φαινομένου, τόσο δυσμενέστερο είναι το αποτέλεσμα της υποχώρησης της ακτογραμμής.

³⁷ <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/dashboards/natura-2000-barometer>

Η αντίστοιχη αξία βάσει των παραπάνω δεδομένων για τη Σκιάθο ανέρχεται σε 33.4³⁸ εκ. € σε μια έκταση οικοτόπων περίπου 39.2 km²³⁹. Οι οικοσυστημικές υπηρεσίες που μελετήθηκαν ήταν οι Ρυθμιστικές & Διατήρησης (Ρ.Ο.Υ) και οι Πολιτισμικές (Π.Ο.Υ). Επίσης, και στις δύο κατηγορίες υπήρχε μια μορφή βαθμονόμησης ως προς το βάρος των ακτών της περιοχής μελέτης αναφορικά με τις παρεχόμενες οικοσυστημικές υπηρεσίες. Με άλλα λόγια, δε λήφθησαν υπόψη στην τελική αξία των εν λόγω υπηρεσιών οι ακτές όπου δεν υπήρχε σε σημαντικό βαθμό το στοιχείο που δίνει αξία και χαρακτηρίζει την εκάστοτε υπηρεσία (Εικ. 28).



Εικ. 28: Χάρτης καλύψεων γης νήσου Σκιάθου βάσει του Corine 2018 και παρεχόμενες Οικοσυστημικές Υπηρεσίες, ανά κατηγορία και ανά ακτή (Ρ.Ο.Υ – Ρυθμιστικές & Διατήρησης Οικοσυστημικές Υπηρεσίες | Π.Ο.Υ – Πολιτισμικές Οικοσυστημικές Υπηρεσίες)

Στην περίπτωση των ρυθμιστικών υπηρεσιών δεν χρησιμοποιήθηκε η συνολική αξία αυτών, αλλά προσαρμόστηκε στα δεδομένα των οικοσυστημάτων της Σκιάθου⁴⁰. Συνεπώς, για την κατηγορία Π.Ο.Υ η συνολική αξία ανέρχεται στα περίπου 2.8 εκ. € και 8.3 εκ. € για την Ρ.Ο.Υ (Πίνακας 8).

³⁸ Προκύπτει λαμβάνοντας υπόψη και τις Υπηρεσίες Παροχής (11.27 εκ. €). Ωστόσο, στην τελική αξία των οικοσυστημικών υπηρεσιών της παρούσας εργασίας δεν έχει ληφθεί υπόψη.

³⁹ Προκύπτει από την εφαρμογή ζώνης πλάτους 500m εκατέρωθεν της ακτογραμμής, η οποία πρώτη φορά αναφέρθηκε στα αρθ. 23& 24 του Ν. 1337/1983 [ΦΕΚ 33/Α/14-3-1983] και στη συνέχεια στο ΕΠΧΣΑΑ για τον Παράκτιο Χώρο, το οποίο όμως δεν έχει θεσμοθετηθεί.

⁴⁰ Για παράδειγμα δεν συνυπολογίστηκε στην τελική αξία η υποκατηγορία «Disturbance moderation», «Pollination» της κατηγορίας Ρυθμιστικές Υπηρεσίες (βλ. Papatny et al., 2021 - Table 3).

Εδώ πρέπει να σημειωθεί, ότι στην έρευνα των Paprotny et al. (2021), οι ετήσιες αξίες των οικοσυστημικών υπηρεσιών βάσει των καλύψεων του CLC, ακολουθούν την ταξινόμηση κατά TEEB, η οποία αναγνωρίζει ως ξεχωριστή ομάδα τις υπηρεσίες οικοτόπων (Habitat services) στη κύρια κατηγορία των Ρ.Ο.Υ, ενώ στην παρούσα μελέτη ακολουθήθηκε το γενικό πλαίσιο που αναπτύχθηκε από το CICES⁴¹ όπου νοούνται ως μια ομάδα που περιλαμβάνει κατηγορίες που περιέχουν διάφορες πτυχές του φυσικού κεφαλαίου, σημαντικές για τη ρύθμιση και τη διατήρηση των «βιοτικών» συνθηκών στα οικοσυστήματα (όπως π.χ. ο έλεγχος παρασίτων και ασθενειών, η επικονίαση, η προστασία της τράπεζας γονιδίων κλπ.) και είναι ισοδύναμες με άλλους βιοφυσικούς παράγοντες που ρυθμίζουν τις περιβαλλοντικές συνθήκες όπως π.χ. η ρύθμιση του κλίματος (Δημόπουλος κ.α., 2017). Στο Παράρτημα 2 (Πίνακας 26) παρατίθεται το Πρωτόκολλο Οικοσυστημικών Υπηρεσιών Ακτών Κολύμβησης βάσει του συστήματος ταξινόμησης CICES.

Χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα (επόμενο κεφάλαιο) υποχώρησης της ακτογραμμής υπό σενάρια ανόδου θαλάσσιας στάθμης, τόσο μακροχρόνιας όσο και βραχυχρόνιας – επεισοδιακή ΑΣΘ – παράκτιας διάβρωσης, εκτιμήθηκε η οικονομική απώλεια των εν λόγω υπηρεσιών. Αναλυτικά στο Παράρτημα 2 (Πίνακες 26 & 27) δίνονται αναλυτικά ανά ακτή και ανά σενάριο ανόδου θαλάσσιας στάθμης (μακροχρόνια και βραχυχρόνια άνοδος, αντίστοιχα στους πίνακες), το ποσοστό απώλειας της έκτασης κάλυψης γης βάσει των κωδικών του CLC που αφορά σε κάθε ακτή και εν συνεχεία, το κόστος απώλειας υπό την επίδραση των κλιματικών σεναρίων (σε χιλ. €). Τέλος, στην περίπτωση των ρυθμιστικών υπηρεσιών δεν χρησιμοποιήθηκε η συνολική αξία αυτών, αλλά προσαρμόστηκε στα δεδομένα των οικοσυστημάτων της Σκιάθου⁴² (Πίνακας 29– Παράρτημα 2). Συνεπώς, για την κατηγορία Π.Ο.Υ η συνολική αξία ανέρχεται στα περίπου 2,8 εκ. € και 8,3 εκ. € για την Ρ.Ο.Υ .

Πίνακας 8: Αξία Οικοσυστημικών Υπηρεσιών (2018) ανά κατηγορία και ανά επίπεδο χωρικής κλίμακας. Ποσοστό συμμετοχής των ακτών της Σκιάθου στη συνολική αποτίμηση των υπηρεσιών.

	Έκταση (km ²)	Αξία Οικοσυστημικών Υπηρεσιών (2018)			
		Ρ.Ο.Υ	Π.Ο.Υ	Ο.Υ.ΠΑ	Ο.Υ.Ο
Paprotny et al. 2021	580000	217.3 bn €	57.3 bn €	166.8	52.6 bn €
Ελλάδα	48000	18.0 bn €	4.7 bn €	13.8 bn €	4.4 bn €
Σκιάθος	39.2	14.7 m. €	3.87 m. €	11.27 m. €	3.56 m. €
	(45%)	Ρ.Ο.Υ + Ο.Υ.Ο			
% συμμετοχής ακτών Σκιάθου		18.2 (8.3 m. €)			
	(73%)	Π.Ο.Υ			
		3.9 (2.8 m. €)			

Ρ.Ο.Υ = Ρυθμιστικές Οικοσυστημικές Υπηρεσίες, Π.Ο.Υ= Πολιτισμικές Οικοσυστημικές Υπηρεσίες, Ο.Υ.ΠΑ = Οικοσυστημικές Υπηρεσίες Παροχής, Ο.Υ.Ο = Οικοσυστημικές Υπηρεσίες Οικοτόπων. bn = δις €, m.= εκ. €

⁴¹ Κοινή Διεθνής Ταξινόμηση Υπηρεσιών Οικοσυστημάτων (CICES - Common International Classification of Ecosystem)

⁴² Για παράδειγμα δεν συνυπολογίστηκε στην τελική αξία η υποκατηγορία «Disturbance moderation», «Pollination» της κατηγορίας Ρυθμιστικές Υπηρεσίες (βλ. Paprotny et al., 2021 - Table 3)

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1 Οικοσυστημικές υπηρεσίες ακτών κολύμβησης παράκτιας ζώνης Σκιάθου

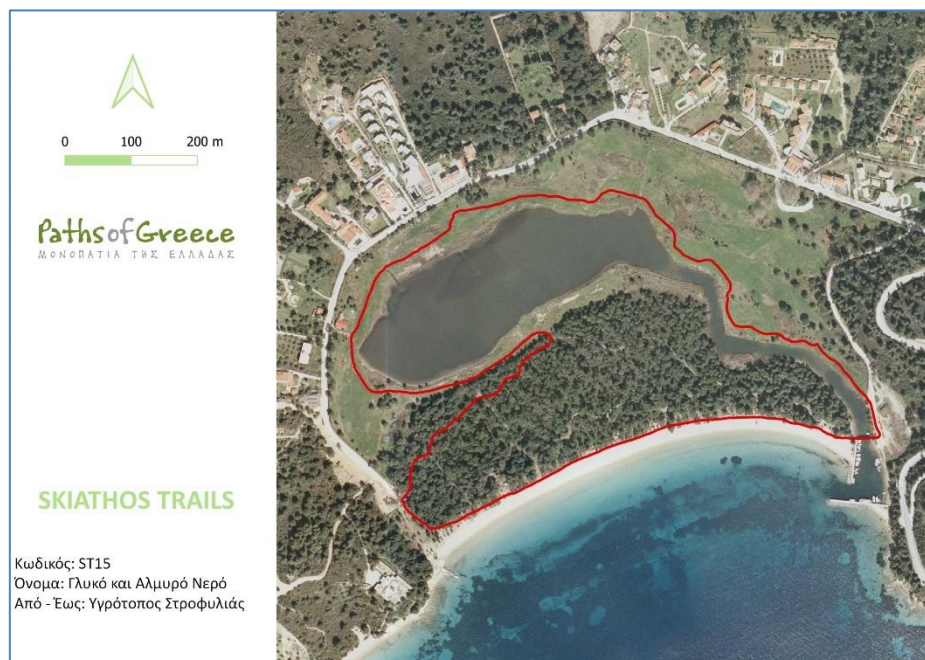
Η Σκιάθος είναι ένα νησί του οποίου τα δάση (67%) έχουν χαρακτηριστεί ως Αισθητικά Δάση ιδιαίτερου φυσικού κάλλους (Π.Δ. 13-6-1977, ΦΕΚ 248/1977) και σε συνδυασμό με τις περίπου εβδομήντα παραλίες συνθέτουν ένα τουριστικό πόλο με πολλά θέλγητρα. Η Σκιάθος, όπως αναφέρθηκε και σε άλλο σημείο, έχει χαρακτηριστεί ως Τοπίο Εθνικής Αξίας μιας και διαθέτει αξιόλογες παραλίες, πλούσια βλάστηση, παραδοσιακά μονοπάτια, ιστορικά μνημεία και παραδοσιακή αρχιτεκτονική. Το φυσικό και πολιτιστικό περιβάλλον, αποτελούν μορφές του ενιαίου έννομου αγαθού του περιβάλλοντος και οι υπηρεσίες που προσφέρονται στον άνθρωπο από αυτά έχουν ως αποτέλεσμα, πέρα από τα αισθητικά οφέλη να συμβάλλουν στην ψυχολογική ισορροπία και ευημερία (well-being) (Korpela & Hartig 1996; Takano et al. 2002; Wolch et al. 2014 από Κάλφας, 2019). Επίσης, υπηρεσίες που σχετίζονται με τις προστατευόμενες περιοχές του δικτύου Natura 2000 συγκαταλέγονται στις πιο σημαντικές αξίες (F.A.O., 2022⁴³) μιας και οι εν λόγω περιοχές βοηθούν στον προσδιορισμό και την υποστήριξη της ταυτότητας των περιοχών, ενισχύοντας την ελκυστικότητα αυτών, ώστε να επιλεγούν ως τόπος διαμονής, εργασίας, επενδύσεων και τουρισμού. Το δάσος κωνοφόρων και η λιμνοθάλασσα των Κουκουναριών (ή Στροφυλιάς) έχουν κηρυχθεί Καταφύγιο Άγριας Ζωής και εντάσσονται στο δίκτυο Natura 2000 ως «Σκιάθος: Κουκουναριές και ευρύτερη θαλάσσια περιοχή» (GR1430003).

Επίσης, η περιοχή ως πυρήνας υγροβιοτόπου⁴⁴ έχει χαρακτηριστεί και ως ΤΙΦΚ με τουριστικό και φυσιολατρικό ενδιαφέρον, αποτελώντας μέρος υψηλής οικολογικής σημασίας και αισθητικής. Πρόσθετα, είναι ζωτικής σημασίας για τα είδη αποδημητικών πτηνών, ως τόπος ενδιαίτηματος και αναπαραγωγής, ωστόσο επιτρέπονται ήπιες δραστηριότητες αναψυχής όπως περπάτημα, παρατήρηση πουλιών (bird-watching) καθώς και η διεξαγωγή επιστημονικών ερευνών των βιοτικών και αβιοτικών παραγόντων του οικοσυστήματος, επιδιώκοντας την αποτελεσματικότερη προστασία, διατήρηση και διαχείριση της φύσης και του σπάνιου αυτού τύπου τοπίου. Άλλες αξίες του υγροτόπου – *Οικοσ. Υπηρεσίες ρύθμισης & διατήρησης*– σημειώνεται η εκφόρτιση υπόγειων υδάτων, η κατακράτηση ιζημάτων/τοξικών, σταθεροποίηση της ακτογραμμής (Πίνακας 6). Επιπλέον, η αμμώδης ακτή κολύμβησης Κουκουναριές προσφέρει πληθώρα υπηρεσιών αναψυχής (θαλάσσια αθλήματα, ηλιοθεραπεία, διασκέδαση κ.α.), σε συνδυασμό με το θεματικό περιπατητικό μονοπάτι αναψυχής (γύρος Στροφυλιάς -Εικ. 29), που προτείνεται από την ομάδα *Paths of Greece* (Τσαραβόπουλος κ.α., 2020). Αξίζει να επισημανθεί, η πρωτοβουλία της παραπάνω ομάδας μελέτης για τις πολιτιστικές διαδρομές στο νησί, στο να έχουν πρόσβαση, όπου είναι δυνατόν και άτομα με ειδικές ανάγκες (ΑμΕΑ) και σε συνδυασμό με τη φιλική

⁴³ Διαθέσιμο στο: <http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/background/cultural-services/en/> [Τελευταία πρόσβαση: 28/2/2022].

⁴⁴ Απαντώνται περίπου 60 είδη πτηνών, 5 είδη θηλαστικών και 7 είδη αμφίβιων ερπετών.

προς το περιβάλλον – λειτουργεί με φωτοβολταϊκή επιφάνεια– ράμπα θαλάσσης για τα εν λόγω άτομα, που έχει εγκαταστήσει στην ακτή ο Δήμος, πολλαπλασιάζεται ο αριθμός των ωφελούμενων από τις παρεχόμενες οικοσυστημικές υπηρεσίες του ευρύτερου περιβάλλοντος.



Εικ. 29: Διαδρομή -Γλυκό και Αλμυρό νερό-Υγρότοπος Στροφυλιάς, Paths of Greece, 2020.

Ένα ακόμα σημείο ενδιαφέροντος αποτελεί η ακτή Βρωμόλιμνος⁴⁵ με το βόρεια αυτής, ομώνυμο μικρό νησιωτικό υγρότοπο που περιλαμβάνεται στον Κατάλογο των Μικρών Νησιωτικών Υγροτόπων που προστατεύονται με Προεδρικό Διάταγμα⁴⁶. Η κάλυψη γης αποτελείται κυρίως από τη γεωργία με σημαντικές εκτάσεις φυσικής βλάστησης, δάση κωνοφόρων και δάση πλατύφυλλων προσφέροντας τόσο ρυθμιστικές όσο και υπηρεσίες παροχής. Επίσης, προτείνεται κυκλική διαδρομή που διέρχεται από τις παραλίες και τα σημεία θέας της χερσονήσου του Καλαμακίου, ενώ μέσω μικρών τμημάτων μονοπατιών προσεγγίζονται οι ακτές Καναπίτσα και Κολιός, συνδυάζοντας τη σωματική άσκηση –είναι ιδανική και για τρέξιμο – με τις αισθητικές αξίες του περιβάλλοντος. Ωστόσο, στην περιφέρεια της λίμνης έχουν παρατηρηθεί οικοδομικές ενέργειες ανεγέρσεως οικιστικών αποθεμάτων (κατοικίες), ενώ λειτουργεί εποχιακά και καντίνα στην παραλία για να εξυπηρετεί τους λουόμενους, γεγονός που έχει προκαλέσει τόσο περιβαλλοντικές – μάλλον ακατάλληλη για διατροφή υδρόβιων

⁴⁵ Ο Βρωμόλιμνος αποτελεί παλαιό κόλπο που μετατράπηκε σε χέρσο πριν μερικές εκατοντάδες χρόνια. Μετά τη σταθεροποίηση της ακτογραμμής και τη δημιουργία με την επίδραση κυρίως των ανέμων αναχώματος από άμμο σε τόση απόσταση από την ακτογραμμή, όση ακριβώς επιτρέπει η επίδραση της συνήθους μέγιστης αναβάσεως του κύματος, στα όρια του σημερινού αιγιαλού, ο παλιός κόλπος μετατράπηκε σταδιακά σε λίμνη και αποτελεί τη σημερινή παράκτια λίμνη «Βρωμόλιμνος» [ΦΕΚ 2/Δ/2012 & Απόφαση ΣΤΕ στην αριθ. 3958/1995].

⁴⁶ ΦΕΚ 229 ΑΑΠ/19-6-2012: “Έγκριση καταλόγου μικρών νησιωτικών υγροτόπων και καθορισμός όρων και περιορισμών για την προστασία και ανάδειξη των μικρών παράκτιων υγροτόπων που περιλαμβάνονται σε αυτόν”.

πτηνών, διότι στερείται ρηχών τμημάτων– και γεωμορφολογικές – στένωση ζώνης αμμοθινών, το αδρόκοκκο αμμώδους σύστασης υλικό αλλοιώνεται προς αμμώδη ιλύ ή ιλυώδη άμμο, εξαιτίας του περιορισμού της δράσης του κυματισμού και του περιορισμού της τροφοδοσίας σε κλαστικά υλικά από τη μικρή λεκάνη απορροής (Πεχλιβάνογλου, 2003) – αλλοιώσεις. Συν τοις άλλοις, έχουν ήδη γίνει ορισμένες επιχωματώσεις για τη δημιουργία δρόμων πρόσβασης σε σπίτια και στην παραλία καθώς και φύτευση ξενικών ειδών δέντρων (ΦΕΚ 229/ΑΑΠ/2012³²). Η υποβάθμιση αυτή έχει ως αποτέλεσμα την υπονόμηση των παρεχόμενων οικοσυστημικών υπηρεσιών επηρεάζοντας και οδηγώντας στη μείωση της πανίδας/χλωρίδας, των ενδιαιτημάτων και εν γένει του οικοσυστήματος. Τέλος, και αναφορικά με το Έλος Πλατανιά⁴⁷ στην περιοχή της Αγ. Παρασκευής, πρόκειται για παράκτιο εποχιακό έλος που σχηματίζεται γύρω από την εκβολή του ομώνυμου μικρού εποχιακού ρύακα. Η λεκάνη απορροής του καλύπτεται κυρίως από αραιή δόμηση παραθεριστικών κατοικιών, ελαιώνες και φρυγανική βλάστηση και οι βασικοί οικότοποι προσφέρουν ρυθμιστικές υπηρεσίες και διατήρησης, όπως σταθεροποίηση ακτογραμμής (υπερυδατική βλάστηση και δενδρώδης-θαμνώδης με αρμυρίκια) και ενδιαίτημα άγριων ειδών ζώων και φυτών (WWF, 2013). Στον πίνακα που ακολουθεί, δίνονται οι οικοσυστημικές υπηρεσίες που παρέχονται από την παράκτια ζώνη της περιοχής μελέτης (Πίνακας 9). Γίνεται ακόμα, καταγραφή των κωδικών καλύψεων γης βάσει του Corine 2018⁴⁸ στη χρήση του οποίου βασίστηκε ο υπολογισμός απώλειας οικοσυστημικών υπηρεσιών υπό την επίδραση παράκτιας διάβρωσης.

⁴⁷ Συγκαταλέγεται και αυτό στον κατάλογο με τους μικρούς νησιωτικούς υγροτόπους.

⁴⁸ Ευρωπαϊκή βάση δεδομένων πληροφοριών σχετικά με τη φυσική και βιολογική κάλυψη της γήινης επιφάνειας σε 44 κλάσεις

Πίνακας 9: Συγκεντρωτικός πίνακας οικοσυστημικών υπηρεσιών ανά ακτή, κωδικός βάσει CORINE 2018 και αντίστοιχη έκταση (ha)

Ακτές	Κοκκουναριές	Βριοκόλιμος	Τρούλλος	Μπανάνα	Αγ. Ελένη	Ελιάς	Ασέλιμος	Μάραθα	Αγ. Παρασκευή	Μεγάλη Άμμος	Ψαρόχομα
CORINE 2018	312 (δάση κοινοφόρων)	242 (σύνθετες καλλιέργειες)	242 (σύνθετες καλλιέργειες)	243 (γεωργική γη με φυσική βλάστηση)	312 (δάση κοινοφόρων)	311 (δάσος πλατανύλων +312 (δάση κοινοφόρων)	243 (γεωργική γη με φυσική βλάστηση)	243 (γεωργική γη με φυσική βλάστηση)	242 (σύνθετες καλλιέργειες)	242 (σύνθετες καλλιέργειες)	242 (σύνθετες καλλιέργειες)
Κωδικός Βάση											
Έκταση (Ha)	45.00	32.75	93.75	81.37	347.63	374.59	87.15	81.37	93.75	122.54	33.20
Οικοσυστημική Υπηρεσία	Υπηρεσίες ανανοχής, αισθητικές, επιστήμη & εκπαίδευση, θεατικό μονοπάτι, ευεξία, ορνιθοπαράτηρησι) - βιοποικιλότητα (υγροβιότοπος) - Εκφόρτιση υπόγειων υδάτων - Κατακράτηση ιζημάτων/τοξικών - Κατακράτηση θρεπτικών - Σταθεροποίηση	Εκφόρτιση υπόγειων νερών - Σταθεροποίηση ακτογραμμής - Υποστήριξη τροφικών αλυσίδων - Ενδιαιτήρια άγριων ειδών ζώων και φυτών - Υπηρεσίες Ανανοχής - Θεματική πεξοπορία	Αλιευτικό καταφύγιο - Υπηρεσίες ανανοχής (κολύμβηση, θαλάσσια σπορ)	Υπηρεσίες ανανοχής - Κολύμβηση - Διασκέδαση σπορ)	Ανανοχή, Ηλιοθεραπεία, Αθλητικές δραστηριότητες (θαλάσσια σπορ)	Ανανοχή, Κολύμβηση, Θεματική πεξοπορία	Ενδιαιτήρια ειδών ζώων και φυτών (ΚΑΖ) - Ηρεμία, ψυχική γαλήνη, έμπνευση (Αισθητικό δάσος) - Ανανοχή - Θεματική πεξοπορία	Ανανοχή, Κολύμβηση	Σταθεροποίηση ακτογραμμής - Ενδιαιτήρια άγριων ειδών ζώων και φυτών - Υπηρεσίες ανανοχής	Υπηρεσίες ανανοχής - Κολύμβηση - Αθλητικές δραστηριότητες (θαλάσσια σπόρ)	Κολύμβηση (καθαρά νερά) - Ηρεμία - Εξέρευνηση

4.2 Κοκκομετρικά χαρακτηριστικά των ιζημάτων

Στον Πίνακα 10 παρατίθενται τα αποτελέσματα της ποσοστιαίας αναλογίας των κοκκομετρικών μεγεθών (ψηφίδες, άμμος, ιλύς) καθώς και ο λιθολογικός χαρακτήρας των δειγμάτων που αναλύθηκαν.

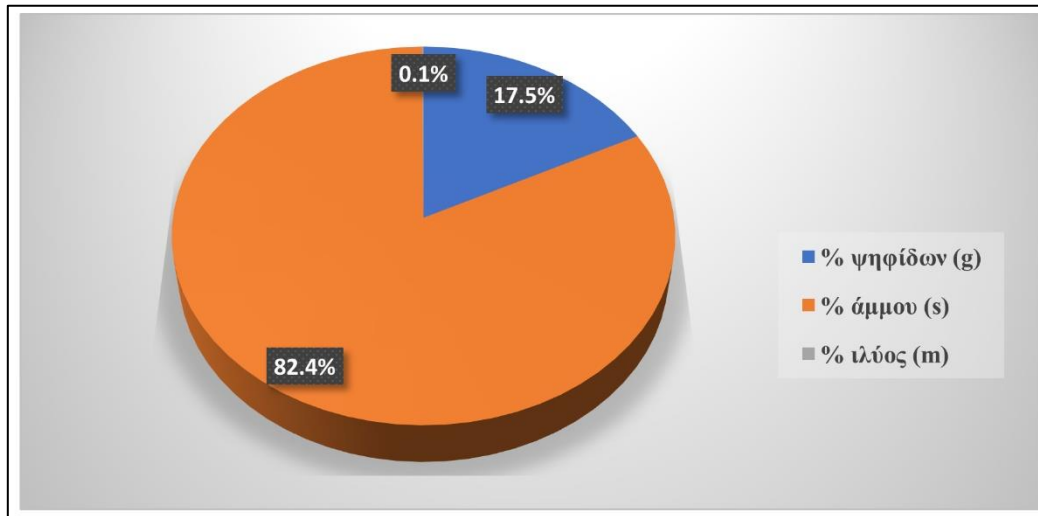
Πίνακας 10: Αποτελέσματα με τα % συμμετοχής κάθε κοκκομετρικής τάξης (ψηφίδες, άμμος, ιλύς).

Ακτές	% ψηφίδων (g)	% άμμου (s)	% ιλύος (m)	Λιθολογικός χαρακτηρισμός
Κουκουναριές	4.1%	95.9%	0.0%	ελαφριά ψηφιδούχος άμμος (g)S
Μπανάνα	1.1%	98.9%	0.0%	ελαφριά ψηφιδούχος άμμος (g)S
Αγ. Ελένη	6.4%	93.6%	0.1%	ψηφιδούχος άμμος gS
Ελιάς	1.1%	98.7%	0.1%	ελαφριά ψηφιδούχος άμμος (g)S
Ασέληνος	72.7%	27.3%	0.0%	αμμούχες ψηφίδες sG
Ψαρόχωμα	99.9%	0.1%	0.0%	ψηφίδες g
Μεγάλη Άμμος	0.0%	99.7%	0.3%	άμμος S
Αγ. Παρασκευή	1.8%	98.2%	0.0%	ελαφριά ψηφιδούχος άμμος (g)S
Βρωμόλιμος	0.3%	99.7%	0.0%	ελαφριά ψηφιδούχος άμμος (g)S
Τρούλος	4.4%	95.6%	0.0%	ελαφριά ψηφιδούχος άμμος (g)S
Μάραθα	0.5%	99.2%	0.3%	ελαφριά ψηφιδούχος άμμος (g)S

Από τα παραπάνω αποτελέσματα φαίνεται ότι μεγαλύτερη συμμετοχή συνολικά στα εξεταζόμενα δείγματα έχει η άμμος (s) με μέση τιμή 82.40%, ακολουθούν οι ψηφίδες (g) με 17.50% και τέλος η ιλύς με 0.10% (Εικ. 30). Ως επί το πλείστον, οι ακτές τις περιοχής μελέτης χαρακτηρίζονται ως “ελαφριά ψηφιδούχος άμμος”, ενώ μόνο οι ακτές Μεγάλη Άμμος και Ψαρόχωμα έχουν τον «καθαρό» χαρακτηρισμό άμμος και ψηφίδες, αντίστοιχα. Όσον αφορά στις υπόλοιπες κοκκομετρικές (στατιστικές) παραμέτρους (Πίνακας 11) και συγκεκριμένα για το μέσο μέγεθος⁴⁹, το περίπου 55% των δειγμάτων χαρακτηρίζεται ως μεσόκοκκη άμμος διαμέτρου 0.25 - 0.50 mm, το περίπου 18% ως λεπτόκοκκη άμμος διαμέτρου 0.10 - 0.25 mm, το υπόλοιπο περίπου 18% (ακτές

⁴⁹ Δίνει τη γενική και αντιπροσωπευτική εικόνα του ιζήματος ως προς το μέγεθος των κόκκων, χαρακτηρίζοντας το δείγμα ως λεπτομερέστερο ή αδρομερέστερο σε σχέση με κάποιο άλλο.

Ασέληνος και Ψαρόχωμα) ως πολύ λεπτόκοκκη άμμος και μικρές ψηφίδες διαμέτρου από 2 - 4 mm και 4 - 8 mm, αντίστοιχα, και μόνο η ακτή Ελιάς ως χονδρόκοκκη άμμος.



Εικ. 30: Ποσοστιαία σύνθεση ιζήματος ανά κοκκομετρικό μέγεθος (ψηφίδες, άμμος, ιλύς).

Πίνακας 11: Χαρακτηρισμοί των ιζημάτων σύμφωνα με το μέγεθος, την κύρτωση, τη λοξότητα και την ταξινόμηση (κατά Folk and Ward).

Ακτές	Μέσο μέγεθος (mean size)	Λοξότητα (Skewness)	Κύρτωση (Kurtosis)	Ταξινόμηση (Sorting)
Κουκουναριές	Fine Sand	Very Coarse Skewed	Leptokurtic	Moderately Sorted
Μπανάνα	Fine Sand	Coarse Skewed	Platykurtic	Moderately Well Sorted
Αγ. Ελένη	Medium Sand	Very Coarse Skewed	Very Leptokurtic	Poorly Sorted
Ελιάς	Coarse Sand	Symmetrical	Platykurtic	Moderately Well Sorted
Ασέληνος	Very Fine Gravel	Fine Skewed	Mesokurtic	Moderately Well Sorted
Ψαρόχωμα	Fine Gravel	Very Coarse Skewed	Mesokurtic	Very Well Sorted
Μεγάλη Άμμος	Medium Sand	Fine Skewed	Mesokurtic	Moderately Well Sorted
Αγ. Παρασκευή	Medium Sand	Symmetrical	Mesokurtic	Moderately Well Sorted
Βρωμόλιμνος	Medium Sand	Symmetrical	Mesokurtic	Moderately Sorted
Τρούλος	Medium Sand	Symmetrical	Mesokurtic	Moderately Sorted
Μάραθα	Medium Sand	Symmetrical	Mesokurtic	Moderately Sorted

Αναφορικά με τη *λοξότητα* (*skewness*), αυτή χρησιμοποιείται κυρίως ως δείκτης ανάμιξης δύο πληθυσμών ιζημάτων και ως δείκτης περιβαλλόντων. Με άλλα λόγια, ιζήματα με ομοιότυπες κατανομές (συμμετρική καμπύλη - *symmetrical*) χαρακτηρίζονται από τιμές λοξότητας σχεδόν μηδενικές (περίπου 45.4% των ακτών). Το περίπου 18% του ιζήματος των ακτών (Ασέληνος και Μεγάλη Άμμος) χαρακτηρίζεται ως “*Fine Skewed – λεπτο-λοξεμένα*” γεγονός που δείχνει ότι τα ιζήματα οικοδομούνται από ανάμιξη δύο υπο-πληθυσμών με τον λεπτομερέστερο πληθυσμό να έχει μεγαλύτερο ποσοστό συμμετοχής. Το υπόλοιπο περίπου 27% (ακτές: Ψαρόχωμα, Αγ. Ελένη και Κουκουναριές) χαρακτηρίζεται ως “*Very Coarse Skewed – Ισχυρά λεπτο-λοξεμένα*” γεγονός που δείχνει ότι αδρομερέστερος υπο-πληθυσμός παρουσιάζει μεγαλύτερο ποσοστό.

Η κύρτωση (*Kurtosis*) εκφράζει το λόγο διαβάθμισης (*sorting*) των άκρων (*tails*) της κατανομής του μεγέθους των κόκκων προς τη διαβάθμιση του κεντρικού τμήματός της, δηλαδή αναφέρεται στο βαθμό συγκέντρωσης των τιμών της μεταβλητής γύρω από το μέσον και τα άκρα της κατανομής. Στην περίπτωση των ιζημάτων στις ακτές Κουκουναριές και Αγ. Ελένη, όπου το μέσον έχει καλύτερη διασπορά τιμών σε σχέση με τα άκρα, η καμπύλη είναι λεπτόκυρτη (*Leptokurtic*). Αντιθέτως, στα ιζήματα των ακτών Μπανάνα και Ελιάς όπου τα άκρα έχουν καλύτερη διασπορά τιμών σε σχέση με την κεντρική περιοχή, η καμπύλη είναι πλατύκυρτη (*Platykurtic*). Οι καμπύλες των υπόλοιπων ιζημάτων χαρακτηρίζονται ως μεσόκυρτες (*Mesokurtic*).

Η τυπική απόκλιση (*sorting*) εκφράζει την κοκκομετρική ομοιογένεια ή ταξιθέτηση των ιζημάτων. Τα ιζήματα των περισσότερων ακτών είναι “*Μετρίως καλά διαβαθμισμένα*” (*Moderately Well Sorted*) και “*Μετρίως διαβαθμισμένα*” (*Moderately Sorted*), γεγονός που φανερώνει ότι οι κόκκοι βρίσκονται εντός σχετικά στενού εύρους μεγέθους. Αξίζει να σημειωθεί, ότι το δείγμα για την ακτή Αγ. Ελένη δεν έχει μόνο μία (1) επικρατούσα τιμή (*Unimodal sample*) αλλά δύο (*Bimodal*) γεγονός που καθιστά τις στατιστικές παραμέτρους μη αξιόπιστες και την ταξινόμηση “*Φτωχά διαβαθμισμένη*” (*Poorly sorted*), δηλαδή το δείγμα των κόκκων είναι αρκετά ανομοιογενές. Τα αποτελέσματα της κοκκομετρικής ανάλυσης σχετικά με την κεντρική διάμετρο ή διάμετρο του μέσου βάρους (D_{50}), η οποία αντιστοιχεί στο 50% του συνολικού βάρους του μίγματος, παρατίθενται παρακάτω (Πίνακας 12).

Πίνακας 12: Αποτελέσματα της κεντρικής διαμέτρου D_{50} .

Διατομή	K1	M3	A1	E1	A2	Ψ1	M2	A3	B1	T1	M1
D_{50} (mm)	0.207	0.206	0.366	0.533	2.498	7.288	0.318	0.463	0.302	0.423	0.279

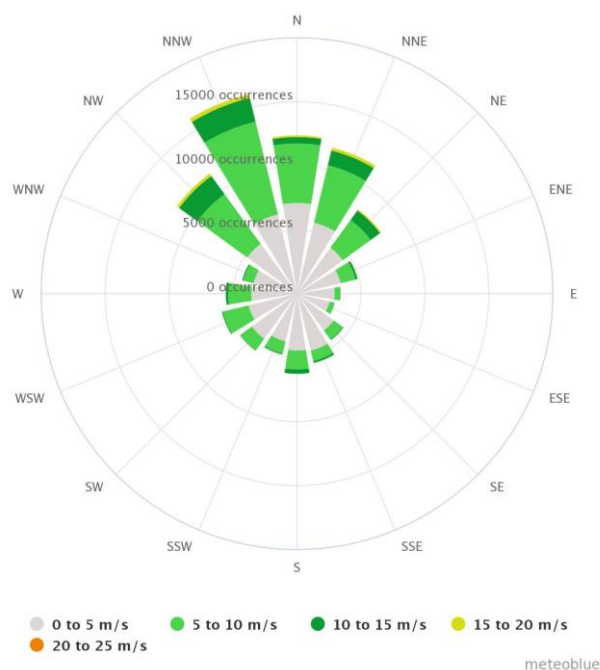
4.3 Ανεμολογικά δεδομένα

Λόγου του ότι μελετάται η παράκτια διάβρωση ορισμένων ακτών της περιοχής μελέτης, μας ενδιαφέρουν οι ισχυροί κυματισμοί οι οποίοι δημιουργούνται κάτω από δυνατούς ανέμους, δηλαδή ταχύτητες άνω των έξι (6) Beaufort ή 10.8 m/s. Τα αποτελέσματα για τα έντεκα (11) παραλιακά προφίλ δίνονται παρακάτω (Πίνακας 13).

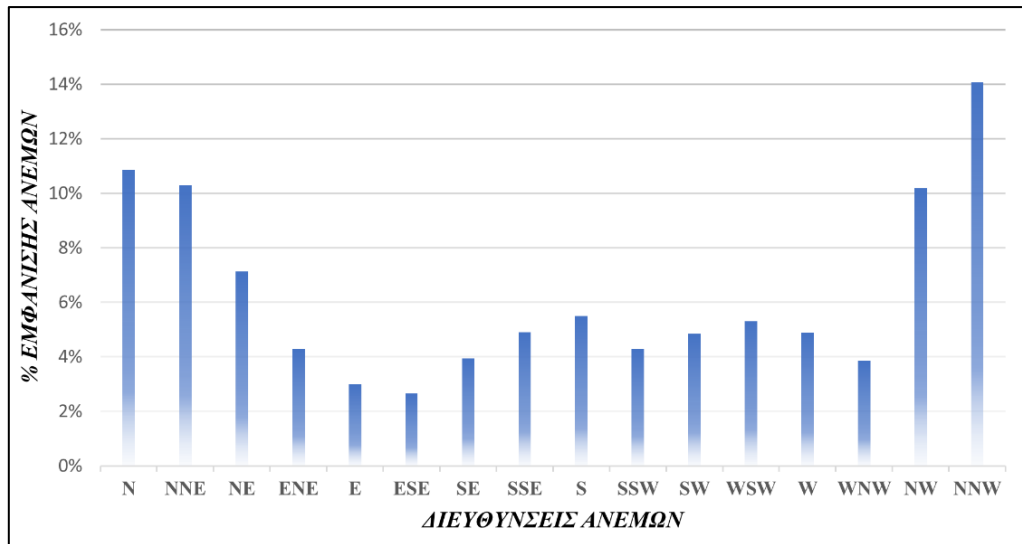
Πίνακας 13: Αποτελέσματα ανάλυσης ανεμολογικών δεδομένων για τα παραλιακά προφίλ της περιοχής μελέτης.

Ακτές	Συχνότητα	Μέση ταχύτητα (m/s)	Διάρκεια πνοής ανέμου (sec)
Βρωμόλιμνος	0.2457	12.02	19700
Μάραθα			
Κουκουναριές	0.2360	11.97	18369
Μεγάλη Άμμος			
Μπανάνα	0.4361	12.63	20893
Αγ. Ελένη			
Ελιάς	4.3465	12.64	36047
Ασέλινος			
Αγ Παρασκευή	0.3597	11.94	23688
Τρούλλος			
Ψαρόχωμα	1.9495	12.57	44881

Η συχνότητα πνοής του ανέμου ανά διεύθυνση φαίνεται στο ροδόγραμμα ανέμου (Εικ. 31). Οι επικρατέστεροι άνεμοι στην περιοχή μελέτης είναι Β.ΒΔ (14.1%), ακολουθούν οι Β (10.9%), και έπονται οι Β.ΒΑ και ΒΔ με ποσοστό 10.3% και 10.2%, αντίστοιχα (Εικ. 32).

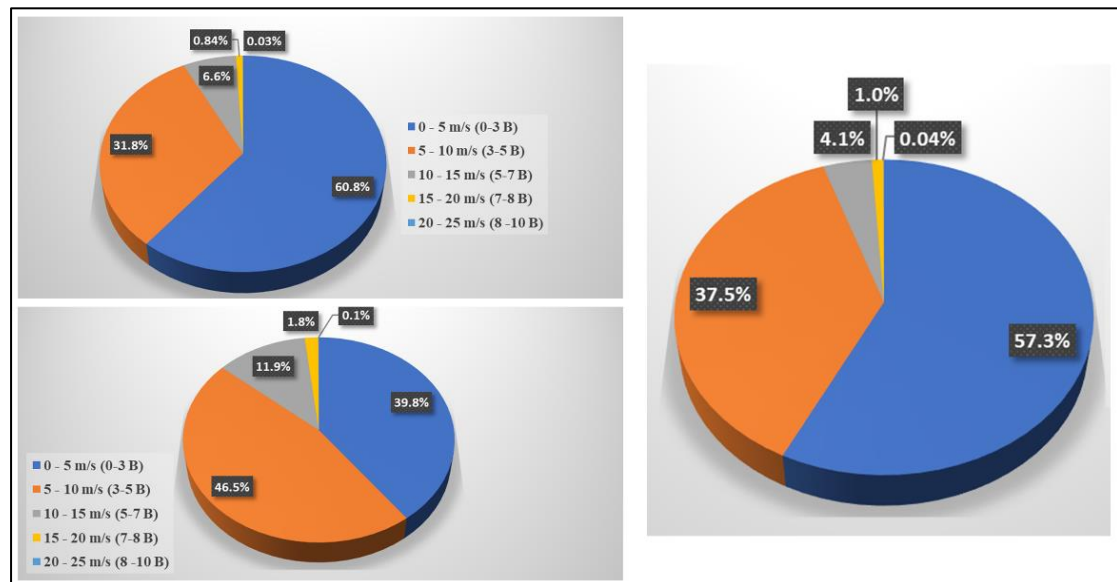


Εικ. 31: Ροδόγραμμα ανέμου. Το ροδόγραμμα αφορά σε όλες τις διευθύνσεις ανέμου (0-360°) που προσβάλλει τα παραλιακά προφίλ της περιοχής μελέτης. Πηγή: meteoblue.com.



Εικ. 32: Επικρατούντες άνεμοι (% εμφάνισης) στη Σκιάθο (2008-2021). Πηγή: meteoblue.com.

Όπως υπογραμμίζεται στο Σαμαρά (2016), η εμφάνιση των εν λόγω ανέμων οφείλεται τη χειμερινή περίοδο στους αντικυκλώνες της Σιβηρίας και της Κεντρικής Ευρώπης και το καλοκαίρι στους ετήσιους αντικυκλώνες γνωστά ως μελέμια. Σπανιότεροι είναι οι Α.ΝΑ και Α άνεμοι με ποσοστό 2.7% και 3.0%, αντίστοιχα. Η συχνότερη ένταση των επικρατούντων ανέμων είναι 3 έως 5 Beaufort (B) με ποσοστό 46.5%, ενώ το 12% περίπου αντιστοιχεί σε ανέμους από 5-7 B (10-15 m/s). Άνεμοι έντασεως μεγαλύτερη των >7 Beaufort έχουν συχνότητα εμφάνισης μικρότερη του 1% (0.87%). Τα παραπάνω απεικονίζονται στα διαγράμματα που ακολουθούν (Εικ. 33).



Εικ. 33: Ποσοστιαία κατανομή έντασεως επικρατούντων ανέμων στη Σκιάθο (2008-2021) (B, BΔ-κάτω αριστερά, B- δεξιά) & ποσοστιαία κατανομή έντασης ανέμων στη Σκιάθο (2008-2021) (επάνω αριστερά). Πηγή: meteoblue.com.

Σύμφωνα με την μεθοδολογική προσέγγιση του υπο-κεφαλαίου 3.4 και βάση των εμπειρικών μοντέλων εκτίμησης κυματισμών (κατά JONSWAP-PM) τα κυματικά χαρακτηριστικά για τις παραλίες της περιοχής μελέτης δίνονται παρακάτω (Πίνακας 14).

Πίνακας 14: Αποτελέσματα υπολογισμού χαρακτηριστικών κύματος με το μοντέλο JONSWAP-PM για τα παραλιακά προφίλ της περιοχής μελέτης.

Ακτές	Σημαντικό ύψος κύματος (m)	Περίοδος κύματος (sec)
Βρωμόλιμνος	1.11	3.82
Μάραθα		
Κουκουναριές	1.77	5.21
Μεγάλη Άμμος		
Μπανάνα	0.96	3.38
Αγ. Ελένη		
Ελιάς	2.75	6.83
Ασέληνος		
Αγ. Παρασκευή	1.33	4.31
Τρούλλος		
Ψαρόχωμα	2.74	6.83

4.4 Διάβρωση παραλιών

Βάσει των φυσικών διατομών (προφίλ) (Εικ. 50– Παράρτημα 2) που προέκυψαν από τα δεδομένα που εξήχθησαν με τη βοήθεια του Κτηματολογίου και της εφαρμογής *Nanionics* και τις αναλύσεις κοκκομετρίας, εφαρμόστηκε το στατικό και δυναμικό μοντέλο, το οποίο αφορά στην εκτίμηση της επεισοδιακής ανόδου της θαλάσσιας στάθμης. Για κάθε διατομή μετρήθηκε το αρχικό (μέγιστο) πλάτος του χερσαίου τμήματος αυτής, δηλαδή το αρχικό πλάτος της παραλίας. Επίσης, εξετάστηκε η ύπαρξη υποδομών και μετρήθηκε η απόστασή τους από την ακτογραμμή, ώστε να εντοπιστούν οι διατομές στις οποίες η μακροχρόνια ή βραχυχρόνια υποχώρηση της ακτογραμμής δύναται να προκαλέσει φθορά σε δημόσια ή ιδιωτική περιουσία.

4.4.1 Στατικά μοντέλα

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 15) παρατίθενται τα αποτελέσματα από την εφαρμογή των τριών στατικών μοντέλων (ξεχωριστά) για SLR (m): 0.3 0.5 και 0.7 . Οι τιμές του πίνακα είναι θετικές, αφού τα στατικά μοντέλα υπολογίζουν μόνο υποχώρηση ακτογραμμής, σε αντίθεση με τα δυναμικά μοντέλα που μπορεί να δώσουν είτε υποχώρηση ή πρόσκωση, με αρνητικό ή θετικό πρόσημο, αντίστοιχα.

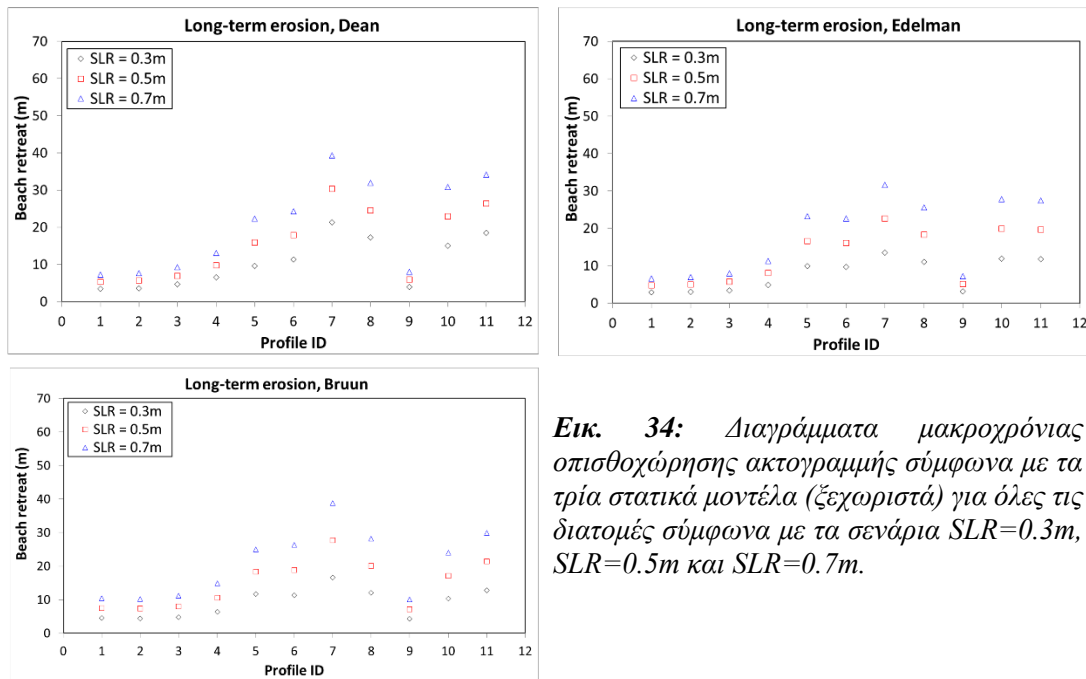
Βάσει των αποτελεσμάτων προκύπτει ότι η μέγιστη οπισθοχώρηση ακτογραμμής εμφανίζεται στη διατομή E1 (Ελιάς) και στα τρία μοντέλα και για όλα τα σενάρια. Η μικρότερη εμφανίζεται στη διατομή B1 (Βρωμόλιμνος) για το μοντέλο Edelman και Dean και στη διατομή A3 (Αγ. Παρασκευή) για το μοντέλο Bruun, ακολουθώντας, για το ίδιο μοντέλο, η διατομή M1 (Μάραθα) και έπεται ο Βρωμόλιμνος.

Πίνακας 15: Αποτελέσματα οπισθοχώρησης ακτογραμμής (σε m) των τριών μοντέλων βάσει τριών σεναρίων ανέμου της θαλάσσιας στάθμης.

SLR Διατομή	Bruun			Edelman			Dean		
	0.30	0.50	0.70	0.30	0.50	0.70	0.30	0.50	0.70
B1	4.48	7.47	10.46	2.85	4.75	6.65	3.45	5.35	7.25
M1	4.40	7.33	10.26	3.00	5.00	7.00	3.63	5.63	7.63
K1	4.80	8.00	11.20	3.41	5.69	7.96	4.65	6.92	9.20
M2	6.37	10.62	14.86	4.83	8.04	11.26	6.58	9.79	13.01
M3	11.70	18.32	24.95	9.95	16.58	23.21	9.56	15.93	22.30
A1	11.29	18.82	26.34	9.68	16.14	22.60	11.39	17.84	24.29
E1	16.61	27.69	38.76	13.55	22.59	31.63	21.30	30.33	39.37
A2	12.07	20.12	28.16	10.98	18.30	25.62	17.25	24.57	31.89
A3	4.29	7.16	10.02	3.09	5.16	7.22	3.90	5.96	8.02
T1	10.27	17.11	23.96	11.91	19.86	27.80	15.00	22.94	30.88
Ψ1	12.82	21.36	29.90	11.77	19.62	27.47	18.49	26.34	34.18

Συγκεκριμένα, για τη διατομή E1 υπολογίστηκε ότι η μέγιστη υποχώρηση κυμαίνεται από 21.30 m (SLR=0.3m) έως 39.37m (SLR=0.7 m), ενώ η ελάχιστη υποχώρηση για τη διατομή B1 από 2.85m (SLR=0.3m) έως 6.65m (SLR=0.7 m) και 3.45 έως 7.25 για τα μοντέλα Edelman και Dean, αντίστοιχα. Για τη διατομή A3 και το μοντέλο Bruun, οι τιμές κυμαίνονται από 4.29 (SLR=0.3m) έως 10.02 (SLR=0.7 m). Οι εκτιμήσεις οπισθοχώρησης που προαναφέρθηκαν απεικονίζονται και στα παρακάτω σχήματα (Εικ. 34).

Στη συνέχεια, βάσει της συστοιχίας των εν λόγω μοντέλων για μακροχρόνια άνοδο της θαλάσσιας στάθμης για τρία σενάρια, υπολογίστηκε η αντίστοιχη οπισθοχώρηση και τα αποτελέσματα δίνονται στον Πίνακα 16.

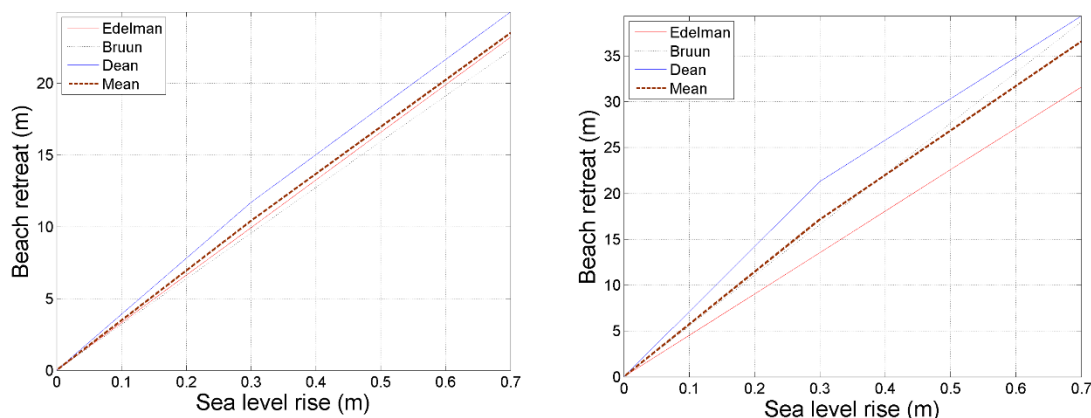


Εικ. 34: Διαγράμματα μακροχρόνιας οπισθοχώρησης ακτογραμμής σύμφωνα με τα τρία στατικά μοντέλα (ξεχωριστά) για όλες τις διατομές σύμφωνα με τα σενάρια $SLR=0.3m$, $SLR=0.5m$ και $SLR=0.7m$.

Πίνακας 16: Αποτελέσματα οπισθοχώρησης ακτογραμμής (σε m) βάσει συστοιχίας των τριών μοντέλων για μακροχρόνια άνοδο της Μ.Σ.Θ. για τρία σενάρια.

Ακτή	Διατομή	0.3 m (RCP8.5 2065)	0.5 m (RCP6.0 2100)	0.7 m (RCP8.5 2100)
Βρωμόλιμνος	B1	3.59	5.86	8.12
Μάραθα	M1	3.68	5.99	8.30
Κουκουναριές	K1	4.29	6.87	9.45
Μεγάλη Άμμος	M2	5.92	9.48	13.04
Μπανάνα	M3	10.40	16.94	23.49
Αγ. Ελένη	A1	10.79	17.60	24.41
Ελιάς	E1	17.15	26.87	36.58
Ασέληνος	A2	13.43	20.99	28.56
Αγ Παρασκευή	A3	3.76	6.09	8.42
Τρούλλος	T1	12.39	19.97	27.54
Ψαρόχωμα	Ψ1	14.36	22.44	30.52

Ενδεικτικά, τα αποτελέσματα των μοντέλων μακροχρόνιας συστοιχίας δίνονται γραφικά για τη διατομή που παρουσιάζει τη μικρότερη (αριστερά) και τη μεγαλύτερη (δεξιά) απόκλιση από τη μέση τιμή όλων των προβλέψεων (Εικ. 35).



Εικ. 35: Οι οπισθοχωρήσεις της ακτογραμμής, μακροχρόνιας ανόδου της θαλάσσιας στάθμης, των τριών μοντέλων (συστοιχία) καθώς και η μέση τιμή (mean) αυτών, αριστερά: διατομή M3, δεξιά: διατομή E1 (beach retreat: παραλιακή οπισθοχώρηση, sea level rise: άνοδος της θαλάσσιας στάθμης).

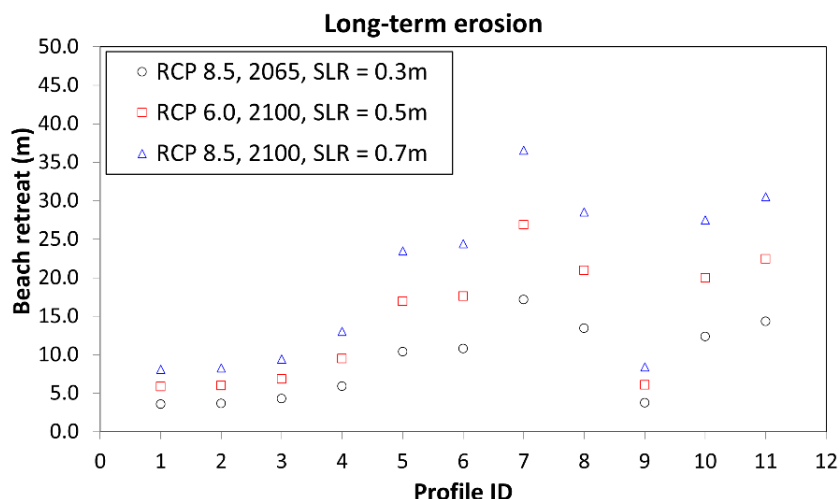
Από την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων οπισθοχώρησης ακτογραμμής βάσει της συστοιχίας στατικών μοντέλων, προκύπτει ότι η μέση τιμή υποχώρησης για όλες τις διατομές που εξετάστηκαν για το σενάριο RCP8.5 (2065) είναι 9.07m, για το 2100 (RCP 6.0) φτάνει στα 14.46m και τέλος για το 2100 (RCP8.5) τα 19.86m. Επίσης, περίπου το 55% των ακτών⁵⁰ (και για τα τρία σενάρια) παρουσιάζουν οπισθοχώρηση ακτογραμμής μεγαλύτερη της μέσης τιμής του εκάστοτε σεναρίου, ενώ το υπόλοιπο 45% των ακτών παρουσιάζουν αντίστοιχα μικρότερη αυτής (Πίνακας 17) .

Πίνακας 17: Στατιστικά μεγέθη των αποτελεσμάτων των στατικών μοντέλων.

Στατιστικό μέγεθος	0.3 m (RCP8.5 2065)	0.5 m (RCP6.0 2100)	0.7 m (RCP8.5 2100)
Μέση τιμή	9.07	14.46	19.86
Διάμεσος	10.40	16.94	23.49
Μέγιστο	17.15	26.87	36.58
Ελάχιστο	3.59	5.86	8.12
% >Μέσης τιμής	55%	55%	55%
% <Μέσης τιμής	45%	45%	45%

Τα αποτελέσματα υποχώρησης (Πίνακας 16) απεικονίζονται ευδιάκριτα και στο σχετικό διάγραμμα διασποράς (Εικ. 36) ξεχωριστά για κάθε σενάριο.

⁵⁰ Διατομές: M3, A1, E1, A2, T1, Ψ1



Εικ. 36: Διάγραμμα μακροχρόνιας οπισθοχώρησης ακτογραμμής βάσει συστοιχίας των τριών στατικών μοντέλων και τριών σεναρίων για όλες τις διατομές σύμφωνα με τα σεναρία (i) RCP 8.5 -2065- (ii) RCP 6.0 -2100- και (iii) RCP 8.5-2100-. Στον οριζόντιο άξονα η αρίθμηση των διατομών ακολουθεί τη σειρά που εμφανίζεται στον Πίνακα 16 (αύξοντες αριθμοί από 1 έως 11 αντιστοιχούν στις διατομές B1, M1 ... Ψ1).

Οι τιμές οπισθοχώρησης που υπολογίσθηκαν συγκρίθηκαν με το αρχικό πλάτος των ακτών και την απόσταση που εντοπίζονται υποδομές στο παρακείμενο εύρος ζώνης όπισθεν του ορίου της ακτογραμμής (Πίνακας 18). Αξίζει να αναφερθεί η περίπτωση της ακτής Ελιάς (Εικ. 37), Τρούλλος (Εικ. 38) και Μ. Άμμος, όπου θα επηρεαστούν υποδομές με χρήση εστιατορίου, μπαρ, ταβέρνα, εγκαταστάσεις αθλητικών θαλάσσιων αθλημάτων και κατοικία/ δωμάτια βάσει των σεναρίων RCP6.0 και RCP8.5 για έτος αναφοράς το 2100.

Πίνακας 18: Τελικά πλάτη διατομών (m): θετικός αριθμός όπου η υποχώρηση είναι μικρότερη του αρχικού πλάτους (δεν επηρεάζεται η υποδομή), αρνητικός όπου η υποχώρηση υπερβαίνει το αρχικό πλάτος της παραλίας και επηρεάζει τις υφιστάμενες υποδομές και μηδέν (0) όπου υπάρχει δυνατότητα υποχώρησης (δεν υπάρχουν υποδομές).

Διατομή	Αρχικό πλάτος	Απόσταση υποδομών από ακτογραμμή (m)	τελικό πλάτος		
			0.3m (2065: RCP8.5)	0.5m (2100: RCP6.0)	0.7m (2100: RCP8.5)
B1	20.88	15.00	23.29	21.02	18.76
M1	13.76	12.00	10.08	7.77	5.46
K1	26.36	19.85	22.07	19.49	16.91
M2	13.75	15.00	7.83	4.27	0.71
M3	30.37	34.92	19.97	13.43	6.88
A1	23.58	19.00	19.01	12.20	5.39
E1	19.21	20.00	2.06	-7.66	-17.37
A2	30.24	45.75	16.81	9.25	1.68
A3	19.27	23.21	24.51	22.18	19.85
T1	17.25	17.84	4.86	-2.72	-10.29
Ψ1	21.51	-	0	0	0

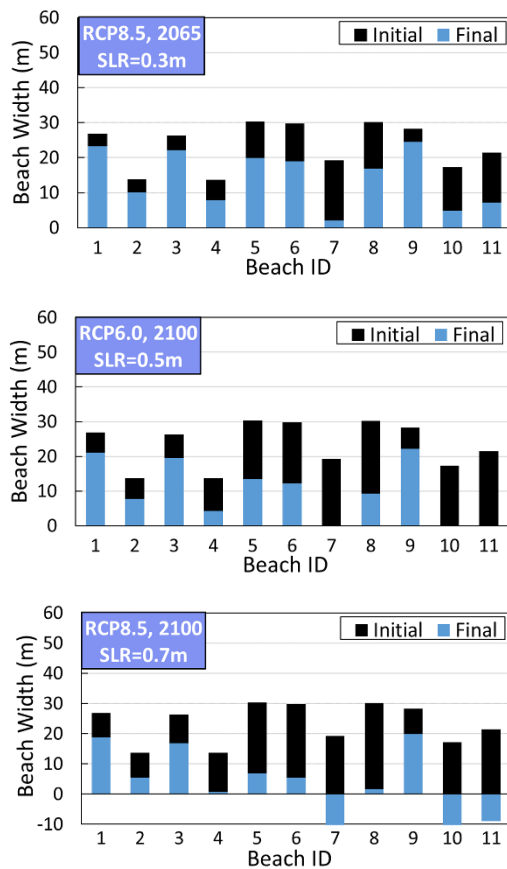


Εικ. 37: Υποχώρηση ακτογραμμής βάσει των τριών σεναρίων ανόδου ΜΣΘ και υποδομές που θα επηρεαστούν (Διατομή Ε1- ακτή Ελιάς).



Εικ. 38: Υποχώρηση ακτογραμμής βάσει των τριών σεναρίων ανόδου ΜΣΘ και υποδομές που θα επηρεαστούν (Διατομή Τ1- ακτή Τρούλλος).

Στα παρακάτω διαγράμματα (Εικ. 39) απεικονίζονται οι μεταβολές και τα τελικά πλάτη των διατομών λόγω της μακροχρόνιας ανόδου της θαλάσσιας στάθμης.



Εικ. 39: Διαγράμματα εξέλιξης του πλάτους των διατομών βάσει των σεναρίων ανόδου της ΜΣΘ (στατικά μοντέλα) που χρησιμοποιήθηκαν. Στον οριζόντιο άξονα η αρίθμηση των διατομών ακολουθεί τη σειρά που εμφανίζεται στον Πίνακα 16 (αύξοντες αριθμοί από 1 έως 11 αντιστοιχούν στις διατομές Β1, Μ1...Ψ1). Συγκεκριμένα απεικονίζονται τα εξής: (i) το αρχικό (Initial) μέγιστο πλάτος των παραλιών όλων των διατομών (από $Y=0$ μέχρι τη μέγιστη τιμή που φτάνει το μαύρο χρώμα (συνολικό ύψος μπάρας), (ii) το τελικό (Final) πλάτος των παραλιών εξαιτίας της παραλιακής οπισθοχώρησης (από $Y=0$ μέχρι και το μπλε χρώμα). Οι τιμές των τελικών πλατών < 0 υποδηλώνουν παραλίες οι οποίες θα οπισθοχωρήσουν (θα χαθούν ή θα μετατοπιστούν προς την ξηρά) ή θα κατακλυστούν όσο είναι το μέγιστο πλάτος τους.

Οι ακτές στις οποίες εμφανίζεται το μεγαλύτερο ποσοστό διάβρωσης είναι η ακτή Ελιάς (διατομή Ε1) και ακολουθεί η ακτή Τρούλλος (διατομή Τ1) και Ψαρόχωμα (διατομή Ψ1). Ειδικότερα, για το σενάριο RCP8.5 με έτος αναφοράς το 2100, οι εν λόγω ακτές θα υποχωρούν πέραν του αρχικού τους πλάτους, με άλλα λόγια θα χαθούν ή θα μετατοπιστούν προς το χερσαίο τμήμα ή θα κατακλυστούν όσο είναι το μέγιστο πλάτος τους. Οι ακτές που θα υποστούν το μικρότερο ποσοστό παράκτιας διάβρωσης και για τα τρία σενάρια είναι η ακτής της Αγ. Παρασκευής (διατομή Α3) και ακολουθεί η ακτή Βρωμόλιμνος (διατομή Β1).

Στον Πίνακα 19 παρατίθενται ορισμένα συγκεντρωτικά στοιχεία της ανάλυσης των στατικών μοντέλων. Για κάθε σενάριο και έτος αναφοράς αναγράφεται η τιμή ανόδου της ΜΣΘ, το εύρος της μακροχρόνιας υποχώρησης όπως υπολογίστηκε από τη συστοιχία των στατικών μοντέλων, το ποσοστό διατομών που εκτιμάται ότι θα υποχωρήσουν έως και το 50% του αρχικού τους πλάτους, το ποσοστό των διατομών με υποχώρηση ίση ή μεγαλύτερη από το αρχικό τους πλάτος καθώς και το αντίστοιχο ποσοστό των διατομών με υποδομές που επηρεάζονται από την υποχώρηση.

Πίνακας 19: Συγκεντρωτικά στοιχεία από τη μακροχρόνια υποχώρηση της ακτογραμμής: Άνοδος της θαλάσσιας στάθμης για κάθε σενάριο, εύρος υποχώρησης ακτής όπως υπολογίστηκε από τη συστοιχία των στατικών μοντέλων, ποσοστό διατομών που εκτιμάται να εμφανίσουν υποχώρηση έως και το 50% του αρχικού τους πλάτους, ποσοστό των διατομών με υποχώρηση ίση ή μεγαλύτερη από το αρχικό τους πλάτος καθώς και οι διατομές (πλήθος -%) με υποδομές που επηρεάζονται από την υποχώρηση.

Στάθμη Θάλασσας			Εύρος Υποχώρησης (m)	Υποχώρηση έως το 50% του αρχικού πλάτους (%)	Υποχώρηση κατά 100% της παραλίας	Διατομές με επηρεαζόμενες υποδομές	
Σενάριο RCP	Έτος αναφοράς	ΑΣΘ (m)				Πλήθος	%
8.5	2065	0.3	3.59 - 17.15	73%	0%	0	0
6.0	2100	0.5	5.86 - 26.87	36%	27%	2	18%
8.5	2100	0.7	8.12 - 36.58	27%	27%	3	27%

Βάσει των προβλέψεων των στατικών μοντέλων για τη μακροχρόνια υποχώρηση της ακτογραμμής και τα τρία σενάρια (Πίνακας 16), άνοδος της θαλάσσιας στάθμης κατά 0.3m (2065) δίνει παραλιακές οπισθοχωρήσεις εύρους 3.59 – 17.15m, άνοδος κατά 0.5m (2100) θα προκαλέσει οπισθοχωρήσεις από 5.85 έως 26.87 m και άνοδος κατά 0.7m (2100) θα επιφέρει οπισθοχωρήσεις εύρους 8.12 – 36.58m. Αξίζει να επισημανθεί, ότι μεγάλη σημασία στην όλη διαδικασία της παράκτιας διάβρωσης και τη μεταφορά των ιζημάτων προς μεγαλύτερα βάθη, έχει η κλίση του βυθού της θάλασσας. Μια μικρή κλίση δύναται να επιβραδύνει την εγκάρσια μετακίνηση υλικού, διαχωρίζοντας κατ' αυτόν τον τρόπο την άνοδο της θαλάσσιας στάθμης από τη διάβρωση των ακτών, ως φαινόμενα. Αντιθέτως, μια μεγάλη και απότομη κλίση επιφέρει συχνά την επιτάχυνση του φαινομένου της διάβρωσης αλλά και της ανόδου της στάθμης της θάλασσας (Πετρέλης, 2012: 34).

Αναφορικά με την υποχώρηση των εξεταζόμενων διατομών υπό το RCP8.5, το 2065 εκτιμήθηκε ότι το 73% των ακτών θα έχουν υποχωρήσει έως και 50% του αρχικού τους πλάτους, αλλά καμία δεν θα έχει υποχωρήσει στο 100%. Επίσης, δεν επηρεάζονται καθόλου οι υποδομές όπισθεν των παραλιών. Το 2100 (RCP6.0), τα αντίστοιχα ποσοστά διαμορφώνονται στο 36%, 27% και 18%, με άλλα λόγια το ποσοστό της υποχώρησης έως 50% μειώνεται, αλλά το 27% (3/11) υφίσταται απώλεια του αρχικού τους πλάτους, ενώ εντοπίζονται υποδομές που θα επηρεαστούν από τη διάβρωση της παραλίας (18%). Όσον αφορά στο τελευταίο σενάριο (RCP8.5, 2100), το ποσοστό των παραλιών θα υποστούν πλήρη αφανισμό παραμένει σταθερό, εμφανίζεται περαιτέρω μείωση του ποσοστού υποχώρησης έως και 50% και σε ένα ποσοστό περίπου 27% η υποχώρηση εγγίζει τις υποδομές όπισθεν του ορίου της ακτογραμμής. Συγκεκριμένα, το πρόβλημα εμφανίζεται στις ακτές Ελιάς, Τρούλλος και Μ. Άμμος.

4.4.2 Δυναμικά μοντέλα

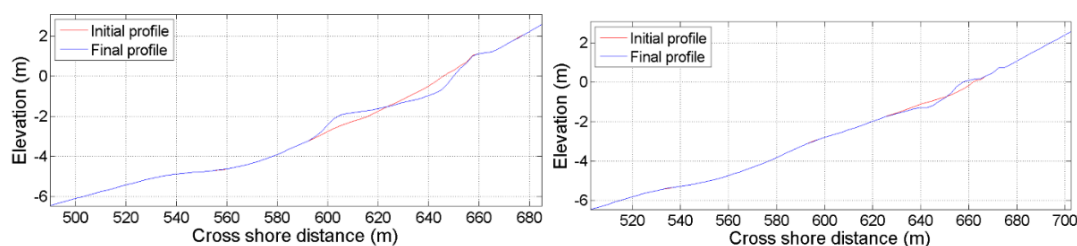
Τα μοντέλα Leont'yeu & SBEACH εφαρμόστηκαν και για τις έντεκα (11) διατομές αφού για όλες υπήρχαν δεδομένα κοκκομετρίας και τοπο-βαθυμετρίας. Σε πρώτη φάση τα μοντέλα «έτρεξαν» χωρίς κάποιο σενάριο ανόδου της ΜΣΘ και ως εκ τούτου προέκυψαν και θετικές τιμές, δηλαδή πρόσχωση της παραλίας (Πίνακας 20).

Πίνακας 20: Αποτελέσματα μετατόπισης της ακτογραμμής (σε m) των παραλιακών προφίλ βάσει των δύο δυναμικών μοντέλων χωρίς σενάριο ανόδου της Μ.Σ.Θ.

Διατομή	Ακτή	Leont'yeu*	SBEACH**	% μεταβολής*	% μεταβολής**
B1	Βρωμόλιμνος	-2.39	-2.24	-8.9%	-8.3%
M1	Μάραθα	-2.14	-2.51	-15.6%	-18.2%
K1	Κουκουναριές	-4.10	-2.13	-15.6%	-8.1%
M2	Μεγάλη Άμμος	-4.45	4.45	-32.4%	32.4%
M3	Μπανάνα	1.12	0.00	3.7%	0.0%
A1	Αγ. Ελένη	0.01	0.00	0.3%	0.0%
E1	Ελιάς	0.17	0.05	0.9%	0.3%
A2	Ασέληνος	0.80	0.48	2.6%	1.6%
A3	Αγ Παρασκευή	-0.42	-2.15	-1.5%	-7.6%
T1	Τρούλλος	-0.64	5.72	-3.7%	33.2%
Ψ1	Ψαρόχωμα	2.02	0.45	9.4%	2.1%

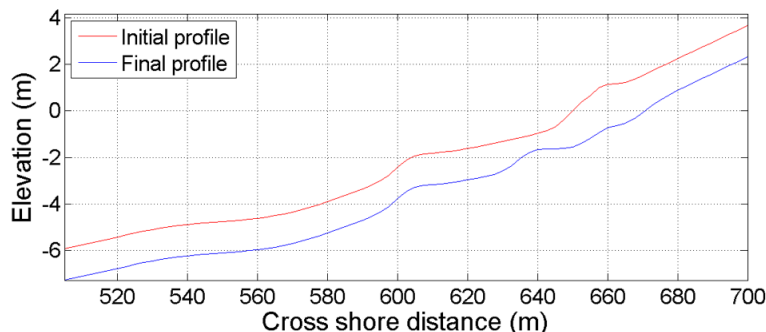
Το μεγαλύτερο ποσοστό μεταβολής (υποχώρηση) της παραλιακής διατομής, εμφανίζεται στη διατομή M1 (Μάραθα) με ποσοστό 15.6% που δίνει το μοντέλο Leont'yeu και 18.2% που δίνει το SBEACH, ακολουθεί η διατομή K1 (Κουκουναριές) με ποσοστό 15.6% και 8.1%, αντίστοιχα. Η διατομή που εμφανίζει το μεγαλύτερο ποσοστό πρόσχωσης είναι η T1 (Τρούλλος) και M2 (Μ. Άμμος) με ποσοστό 33.2% και 32.4%, αντίστοιχα, για τα μοντέλα SBEACH. Αμελητέα εξέλιξη παραλιακής διατομής εμφανίζεται στις διατομές A1 (Αγ. Ελένη) και E1 (Ελιάς) και στη M3 (Μπανάνα) μόνο στην εφαρμογή του μοντέλου SBEACH. Επίσης, αξίζει να αναφερθεί η περίπτωση της διατομής M2 (Μάραθα) όπου εμφανίζεται το ίδιο ποσοστό μεταβολής (14,8%) της διατομής, αλλά με διαφορετικό πρόσημο (πρόσχωση: SBEACH, υποχώρηση: Leont'yeu). Ενδεικτικά παραδείγματα γραφικής απεικόνισης των αποτελεσμάτων εξέλιξης της παραλιακής διατομής από την εφαρμογή των δύο μοντέλων, παρατίθενται στα παρακάτω σχήματα (Εικ. 40). Στην περίπτωση του μοντέλου Leont'yeu στη διατομή K1, όπου υπάρχει υποχώρηση της ακτογραμμής, το ιζηματογενές υλικό από το χερσαίο τμήμα διαβρώνεται με τον παράλληλο σχηματισμό ιζηματογενούς κοιλάτης (longshore trough) και εν συνεχεία επιμήκους ιζηματογενούς υφάλου (longshore bar).

Αντίθετα, στην περίπτωση της διατομής M2 (SBEACH κάτω) η εξέλιξη της διατομής παρουσιάζει πρόσχωση με την ανάπτυξη επιμήκους ιζηματογενούς υφάλου (longshore bar) με μέρος αυτού να φτάνει στο χερσαίο τμήμα της ακτής και το σχηματισμό ιζηματογενούς υβώματος (berm).



Εικ. 40: Εξέλιξη παραλιακής διατομής από την εφαρμογή του μοντέλου Leont'gen στη διατομή K1 (αριστερά) και από την εφαρμογή του μοντέλου SBEACH στη διατομή M2 (δεξιά).

Σε δεύτερη φάση, λαμβάνοντας υπόψη την επεισοδιακή ΑΣΘ⁵¹ υπολογίζεται η μετατόπιση (διάβρωση) της ακτογραμμής, τα αποτελέσματα της οποίας δίνονται σε σχέση με τη διατομή που προέκυψε από την πρώτη εφαρμογή των εκάστοτε μοντέλων (Πίνακας 21). Τα μοντέλα για όλες τις διατομές «έτρεξαν» πλήρως δίχως την εμφάνιση αστάθειας. Ενδεικτικά, η γραφική απεικόνιση (Εικ. 41) της εξέλιξης της παραλιακής διατομής από την εφαρμογή του μοντέλου Leont'gen για τη διατομή K1.



Εικ. 41: Εξέλιξη παραλιακής διατομής από την εφαρμογή του μοντέλου Leont'gen στη διατομή K1 για το σενάριο RCP4.5 (ESL=1.35), έτος αναφοράς 2100 και περίοδο επαναφοράς $T=100$.

⁵¹ Για επεισοδιακή (συνδυασμένη δράση μετεωρολογικής παλίρροιας, αστρονομικής παλίρροιας και κυματικής ανύψωσης) άνοδο της θαλάσσιας στάθμης κατά (i) ESL_{100} (ακραία θαλάσσια στάθμη με περίοδο επαναφοράς $Tr=1/100$) = 1.2m με βάση το RCP4.5 θεωρώντας υψηλό σενάριο για την τήξη ηπειρωτικών πάγων και για το έτος 2050. Επίσης, ίδια τιμή προκύπτει και για το σενάριο RCP8.5 θεωρώντας μέτριο σενάριο για την τήξη ηπειρωτικών πάγων και για το έτος 2050 (ii) ESL_{100} (ακραία θαλάσσια στάθμη με περίοδο επαναφοράς $Tr=1/100$) = 1.35m με βάση το RCP4.5 θεωρώντας μέτριο σενάριο για την τήξη ηπειρωτικών πάγων και για το έτος 2100 και (iii) ESL_{100} (δηλ. ακραία θαλάσσια στάθμη με περίοδο επαναφοράς $Tr=1/100$) = 1.5m με βάση το RCP4.5 θεωρώντας υψηλό σενάριο για την τήξη ηπειρωτικών πάγων και για το έτος 2100. Επίσης, ίδια τιμή προκύπτει και για το σενάριο RCP8.5 θεωρώντας μέτριο σενάριο για την τήξη ηπειρωτικών πάγων και για το έτος 2100 (Vousdoukas et al., 2018).

Πίνακας 21: Αποτελέσματα μετατόπισης της ακτογραμμής (σε m) των παραλιακών προφίλ βάσει των δύο δυναμικών μοντέλων λαμβάνοντας υπόψη τρία σενάρια ανόδου της θαλάσσιας στάθμης.

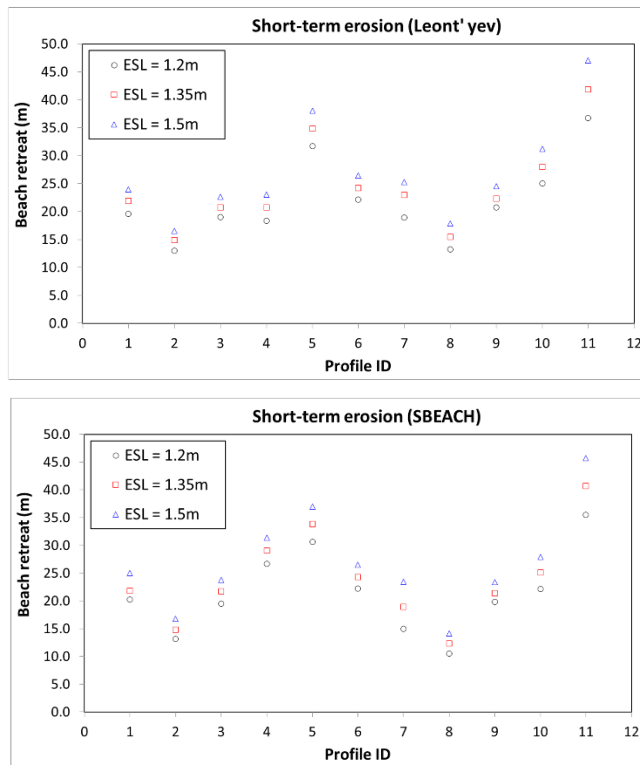
Διατομή	Ακτή	Leont'yeu			SBEACH		
		ESL=1.2	ESL=1.35	ESL=1.5	ESL=1.2	ESL=1.35	ESL=1.5
B1	Βρωμόλιμνος	-19.60	-21.88	-23.94	-20.23	-21.84	-25.02
M1	Μάραθα	-13.00	-14.87	-16.52	-13.16	-14.83	-16.78
K1	Κουκουναριές	-18.97	-20.71	-22.66	-19.46	-21.71	-23.77
M2	Μεγάλη Άμμος	-18.36	-20.71	-23.04	-26.68	-29.06	-31.40
M3	Μπανάνα	-31.68	-34.87	-38.03	-30.66	-33.82	-36.98
A1	Αγ. Ελένη	-22.12	-24.24	-26.39	-22.18	-24.29	-26.50
E1	Ελιάς	-18.94	-22.99	-25.29	-14.95	-18.92	-23.43
A2	Ασέληνος	-13.21	-15.44	-17.89	-10.52	-12.30	-14.17
A3	Αγ Παρασκευή	-20.70	-22.28	-24.55	-19.81	-21.41	-23.34
T1	Τρούλλος	-25.05	-27.98	-31.17	-22.11	-25.13	-27.92
Ψ1	Ψαρόχωμα	-36.74	-41.87	-47.08	-35.49	-40.68	-45.74

Η μέγιστη υποχώρηση σε όλες τις περιπτώσεις που εξετάστηκαν προέκυψε στη διατομή Ψ1 (από 36.74 m υπό το σενάριο RCP4.5 και RCP8.5 για το έτος 2050 έως και 47.08 m υπό το σενάριο RCP4.5 και RCP8.5, το έτος 2100). Όσον αφορά στην ελάχιστη υποχώρηση, αυτή προέκυψε στη διατομή M1 από την εφαρμογή του μοντέλου Leont'yeu με εύρος από 13.00 m για ESL=1.2 έως 16.52 m για ESL=1.5. Από την εφαρμογή του μοντέλου SBEACH, η ελάχιστη υποχώρηση προέκυψε στη διατομή A2 (από 10.52 m για ESL=1.2 έως και 14.17 m για ESL=1.5).

Από την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των δυναμικών μοντέλων Leont' yeu & SBEACH (Πίνακας 22) προκύπτει ότι η μέση βραχυχρόνια οπισθοχώρηση συνολικά για τις έντεκα (11) διατομές που εξετάστηκαν για το σενάριο με επεισοδιακή άνοδο ESL=1.2 m είναι 21.67 m και 21.39 m, για ESL=1.35 m είναι 24.35 m και 24.00 m και για ESL=1.5 m είναι 26.96 m και 26.82 m, αντίστοιχα. Το 73% των ακτών παρουσιάζουν υποχώρηση μικρότερη αυτής της μέσης τιμής για το μοντέλο Leont' yeu και σενάριο ανόδου ESL=1.35 m και ESL=1.5 m. Για το μοντέλο SBEACH τα αντίστοιχα ποσοστά διαμορφώνονται σε 55% και 64%. Στα διαγράμματα παρακάτω (Εικ. 42) παρουσιάζεται η διασπορά οπισθοχώρησης της ακτογραμμής των παραλιών σε σχέση με τα σενάρια της επεισοδιακής ανόδου της θαλάσσιας στάθμης. Αξίζει να αναφερθούν οι περιπτώσεις των διατομών E1 (Ελιάς) και A2 (Ασέληνος) των οποίων οι τιμές υποχώρησης είναι μικρότερες στις προβλέψεις των εν λόγω μοντέλων από αυτές των στατικών μοντέλων.

Πίνακας 22: Στατιστικά μεγέθη των αποτελεσμάτων υποχώρησης της ακτογραμμής (σε m) των δυναμικών μοντέλων με υπολογισμό της ανόδου της θάλασσας στάθμης.

	Leont' yev			SBEACH		
	1.2	1.35	1.5	1.2	1.35	1.5
Μέση τιμή	21.67	24.35	26.96	21.39	24.00	26.82
Διάμεσος	19.60	22.28	24.55	20.23	21.84	25.02
Μέγιστο	36.74	41.87	47.08	35.49	40.68	45.74
Ελάχιστο	13.00	14.87	16.52	10.52	12.30	14.17
% >Μέσης τιμής	36%	27%	27%	45%	45%	36%
% <Μέσης τιμής	64%	73%	73%	55%	55%	64%



Εικ. 42: Διαγράμματα βραχυχρόνιας υποχώρησης της ακτογραμμής σε μέτρα σύμφωνα με τα δυναμικά μοντέλα (Leont' yev επάνω, SBEACH κάτω) για όλες τις διατομές σύμφωνα με τα σενάρια για επεισοδιακή ανύψωση θάλασσας στάθμης (ESL=1.2m, ESL=1.35m και ESL=1.5m). Στον οριζόντιο άξονα η αρίθμηση των διατομών ακολουθεί τη σειρά που εμφανίζεται στον Πίνακα 20 (αύξοντες αριθμοί από 1 έως 11 αντιστοιχούν στις διατομές B1, M1... Ψ1).

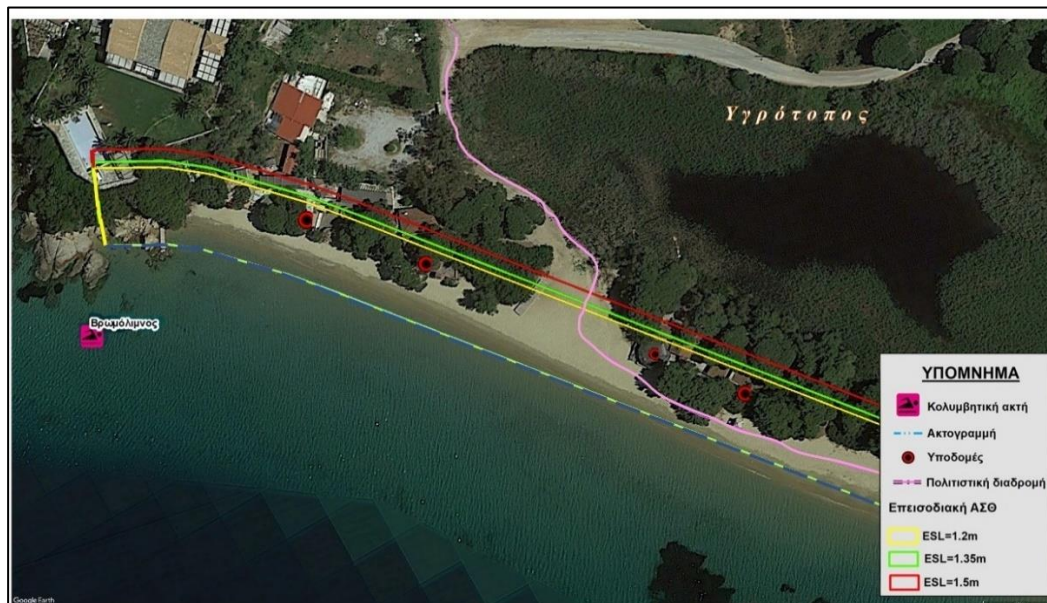
Οι τιμές οπισθοχώρησης που υπολογίσθηκαν συγκρίθηκαν με το αρχικό πλάτος των ακτών και την απόσταση που εντοπίζονται υποδομές στο παρακείμενο εύρος ζώνης όπισθεν του ορίου της ακτογραμμής (Πίνακας 23). Αξίζει να αναφερθεί ότι σε όλες τις διατομές, οι υποδομές που υφίστανται όπισθεν της ακτογραμμής θα επηρεαστούν, αν όχι από το σενάριο με επεισοδιακή άνοδο της θάλασσας στάθμης ESL=1.2 m (διατομή K1, E1, M3) αλλά στα υπόλοιπα. Η μόνη διατομή στην οποία δε θα επηρεαστεί η υφιστάμενη υποδομή είναι η A2 (ακτή Ασέληνος) και επίσης δε θα μειωθεί πέραν του αρχικού της πλάτους, όπως το ίδιο συμβαίνει στη διατομή K1, αλλά και σε ορισμένες

περιπτώσεις για το σενάριο $ESL=1.2$ m και στα δύο μοντέλα (διατομή B1, M1, A1, E1).

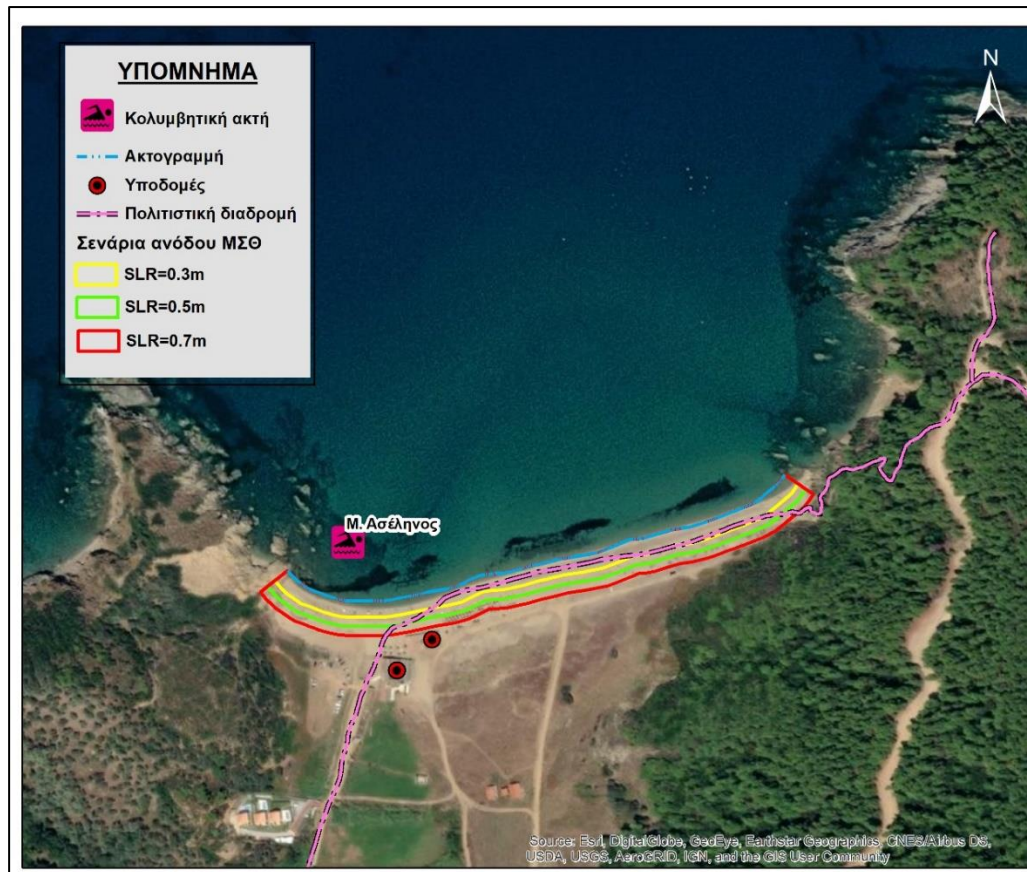
Πίνακας 23: Τελικά πλάτη διατομών (m): θετικός αριθμός όπου η υποχώρηση είναι μικρότερη του αρχικού πλάτους (δεν επηρεάζεται η υποδομή), αρνητικός όπου η υποχώρηση υπερβαίνει το αρχικό πλάτος της παραλίας και επηρεάζει τις υφιστάμενες υποδομές

Διατομή	Αρχικό πλάτος	Απόσταση υποδομών από ακτογραμμή (m)	τελικό πλάτος - ESL					
			Leont'yeu			SBEACH		
			1.2	1.35	1.5	1.2	1.35	1.5
B1	20.88	15.0	1.3	-1.0	-3.1	0.6	-1.0	-4.1
M1	13.76	12.0	0.8	-1.1	-2.8	0.6	-1.1	-3.0
K1	26.36	19.9	7.4	5.7	3.7	6.9	4.7	2.6
M2	13.75	15.0	-4.6	-7.0	-9.3	-12.9	-15.3	-17.7
M3	30.37	34.9	-1.3	-4.5	-7.7	-0.3	-3.5	-6.6
A1	23.58	19.0	1.5	-0.7	-2.8	1.4	-0.7	-2.9
E1	19.21	20.0	0.3	-3.8	-6.1	4.3	0.3	-4.2
A2	30.24	45.8	17.0	14.8	12.4	19.7	17.9	16.1
A3	19.27	23.2	-1.4	-3.0	-5.3	-0.5	-2.1	-4.1
T1	17.25	17.8	-7.8	-10.7	-13.9	-4.9	-7.9	-10.7
Ψ1	21.51	-	-15.2	-20.4	-25.6	-14.0	-19.2	-24.2

Παρακάτω απεικονίζονται και χαρτογραφικά ορισμένες από τις παραπάνω περιπτώσεις διατομών που είτε επηρεάζονται οι υφιστάμενες υποδομές (Εικ. 43) είτε όχι (Εικ. 44).



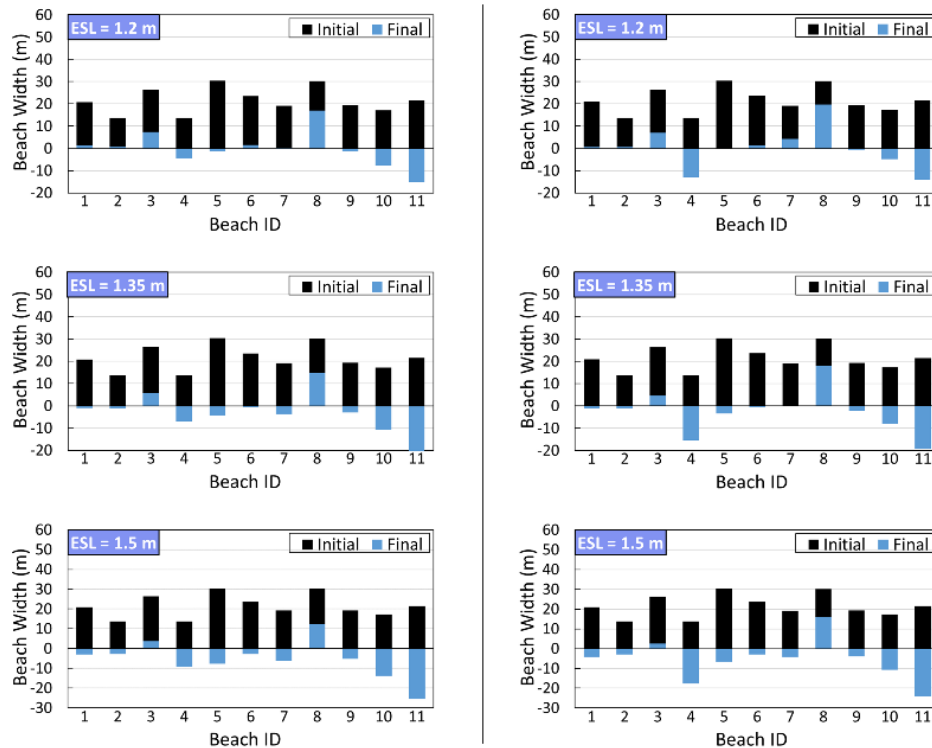
Εικ. 43: Ακτή Βρωμόλιμος. Η επεισοδιακή άνοδος της θάλασσας στάθμης θα επιφέρει σημαντικές φθορές στις υφιστάμενες υποδομές, σε τμήμα του υγροτόπου και σε μέρος της πολιτιστικής διαδρομής (Υπόβαθρο Google earth).



Εικ. 44: Ακτή Μ. Ασέλλινος. Η επεισοδιακή άνοδος της θάλασσας στάθμης δεν θα επηρεάσει τις υφιστάμενες υποδομές, ωστόσο θα χαθεί τμήμα της πολιτιστικής διαδρομής (Υπόβαθρο: Word Imagery ArcGIS Map Service -WMS).

Σημαντικές θα είναι οι επιπτώσεις και στην περίπτωση της διατομής M2 (Μεγάλη Άμμος), όπου αρκετά εποχιακά καταστήματα αλλά και δωμάτια διαμονής θα πληγούν, ενώ θα υπάρξουν φθορές και σε τμήμα του δευτερεύοντος οδικού δικτύου (Εικ. 51–Παράρτημα 2). Στα παρακάτω διαγράμματα (Εικ. 45) απεικονίζονται οι μεταβολές και τα τελικά πλάτη των διατομών λόγω της βραχυχρόνιας επεισοδιακής ανόδου της θάλασσας στάθμης. Οι ακτές στις οποίες εμφανίζεται το μεγαλύτερο ποσοστό διάβρωσης, χωρίς όμως να χαθεί εντελώς η αρχική παραλία, είναι η ακτή Ελιάς (διατομή E1) για ESL=1.2m υπό το μοντέλο Leont’gen, ενώ για την αντίστοιχη περίπτωση του μοντέλου SBEACH είναι η διατομή B1 (Βρωμόλιμνος). Η διατομή A2 (Ασέλλινος) υπό κανένα μοντέλο και σενάριο θα ξεπεράσει το 59% του αρχικού του πλάτους. Αμφότερα τα μοντέλα δίνουν τις διατομές M2, T1 και Ψ1 ότι θα υποστούν πλήρη αφανισμό, υπό το σενάριο (ESL=1.2m – RCP4.5 & RCP8.5, 2050), ενώ το μοντέλο Leont’gen δίνει και τις διατομές A3 (Αγ. Παρασκευή), M3 (Μπανάνα.). Για το δεύτερο σενάριο (ESL=1,35m – RCP4.5, 2100) στις προαναφερθέντες διατομές προστίθενται οι B1, M1 και A1 (μικρότερο ποσοστό απώλειας συγκριτικά με τις M2, M3, T1 και Ψ1), ενώ το μοντέλο Leont’gen δίνει και τη διατομή E1 (Ελιάς). Για το τελευταίο σενάριο (ESL=1.5m – RCP4.5 & RCP8.5, 2100) μόνο οι διατομές K1 (Κουκουναριές) και A2 (Ασέλλινος) δε θα χαθούν πλήρως.

Οι ακτές που θα υποστούν το μικρότερο ποσοστό παράκτια διάβρωσης και για τα τρία σενάρια είναι η ακτή Μεγάλος Ασέληνος (διατομή A2) και ακολουθεί η ακτή Κουκουναριές (διατομή K1). Αξίζει να σημειωθεί, ότι ενώ το μοντέλο Leont'yen δίνει τις διατομές Ψ1 και T1 ότι θα υποστούν τη σοβαρότερη παράκτια διάβρωση, το μοντέλο SBEACH δίνει πάλι την Ψ1 και ως δεύτερη υψηλότερη τη διατομή M2 (Μεγάλη Αμμος).



Εικ. 45: Διαγράμματα εξέλιξης του πλάτους των διατομών βάσει επεισοδιακής ΑΣΘ (δυναμικά μοντέλα) Στον οριζόντιο άξονα η αρίθμηση των διατομών ακολουθεί τη σειρά που εμφανίζεται στον Πίνακα 20 (αύξοντες αριθμοί από 1 έως 11 αντιστοιχούν στις διατομές B1, M1...Ψ1). Συγκεκριμένα απεικονίζονται τα εξής: (i) το αρχικό (Initial) μέγιστο πλάτος των παραλιών όλων των διατομών (από $Y=0$ μέχρι τη μέγιστη τιμή που φτάνει το μαύρο χρώμα (συνολικό ύψος μπάρας), (ii) το τελικό (Final) πλάτος των παραλιών εξαιτίας της παραλιακής οπισθοχώρησης (από $Y=0$ μέχρι και το μπλε χρώμα). Οι τιμές των τελικών πλατών < 0 υποδηλώνουν παραλίες οι οποίες θα οπισθοχωρήσουν (θα χαθούν ή θα μετατοπιστούν προς την ξηρά) ή θα κατακλυστούν όσο είναι το μέγιστο πλάτος τους. Μοντέλο Leont'yen (αριστερά), SBEACH (δεξιά).

Στον Πίνακα 24 παρατίθενται ορισμένα συγκεντρωτικά στοιχεία της ανάλυσης των δυναμικών μοντέλων. Για κάθε σενάριο επεισοδιακής ΑΣΘ (ESL) αναγράφεται η αντίστοιχη τιμή και η περίοδος επαναφοράς, το εύρος υποχώρησης όπως υπολογίστηκε και από τα δύο μοντέλα, το ποσοστό διατομών που εκτιμάται ότι θα υποχωρήσουν έως και το 50% του αρχικού τους πλάτους, το ποσοστό των διατομών με υποχώρηση ίση ή μεγαλύτερη από το αρχικό τους πλάτος καθώς και το αντίστοιχο ποσοστό των διατομών με υποδομές που επηρεάζονται από την υποχώρηση. Βάσει των προβλέψεων υπό τα τρία σενάρια του δυναμικού μοντέλου Leont'yen για επεισοδιακή ΑΣΘ, άνοδος

κατά 1.2 m (RCP4.5 & RCP8.5, 2050) δίνει παραλιακές οπισθοχωρήσεις εύρους 13.0 – 36.7 m, άνοδος κατά 1.35 m (RCP4.5, 2100) θα προκαλέσει οπισθοχωρήσεις από 14.9 – 41.9 m και άνοδος κατά 1.5m (RCP4.5 & RCP8.5, 2100) θα επιφέρει οπισθοχωρήσεις εύρους 16.5– 41.1 m. Οι αντίστοιχες τιμές για το μοντέλο SBEACH θα είναι 10.5 –35.5 m, 12.3 – 40.7 m και 14.2 – 45.7 m. Αναφορικά με την υποχώρηση των εξεταζόμενων διατομών υπό το πρώτο σενάριο (2050) για αμφότερα τα μοντέλα, εκτιμήθηκε ότι το 9% των ακτών θα έχουν υποχωρήσει έως και 50% του αρχικού τους πλάτους, και το 45% θα έχει υποχωρήσει στο 100% αυτού. Για τα άλλα δύο σενάρια και υπό το μοντέλο του Leont'γεν το 82% των διατομών υφίσταται υποχώρηση κατά 100%, ενώ στο μοντέλο SBEACH οι τιμές διαμορφώνονται ως 73% και 82%, για τα αντίστοιχα σενάρια. Οι διατομές με επηρεαζόμενες υποδομές κυμαίνεται από 55% - 82% για το μοντέλο Leont'γεν και τα τρία σενάρια, ενώ στο μοντέλο SBEACH από 45% - 82%.

Πίνακας 24: Συγκεντρωτικά στοιχεία από την επεισοδιακή υποχώρηση της ακτογραμμής: Άνοδος της θαλάσσιας στάθμης για κάθε σενάριο, εύρος υποχώρησης ακτής όπως υπολογίστηκε από τα δύο δυναμικά μοντέλα, ποσοστό διατομών που εκτιμάται να εμφανίσουν υποχώρηση έως και το 50% του αρχικού τους πλάτους, ποσοστό των διατομών με υποχώρηση ίση ή μεγαλύτερη από το αρχικό τους πλάτος καθώς και οι διατομές (πλήθος -%) με υποδομές που επηρεάζονται από την υποχώρηση

			Εύρος Υποχώρησης (m)	Υποχώρηση έως το 50% του αρχικού πλάτους (%)	Υποχώρηση κατά 100%	Διατομές με επηρεαζόμενες υποδομές	
	ESL (m)	Περίοδος επαναφοράς				Πλήθος	%
Leont' γεν	1.2	100	13.0 - 36.7	9%	45%	6	55%
	1.35	100	14.9 - 41.9	0%	82%	7	64%
	1.5	100	16.5 - 47.1	0%	82%	9	82%
SBEACH	1.2	100	10.5 - 35.5	9%	45%	5	45%
	1.35	100	12.3 - 40.7	9%	73%	6	55%
	1.5	100	14.2 - 45.7	9%	82%	9	82%

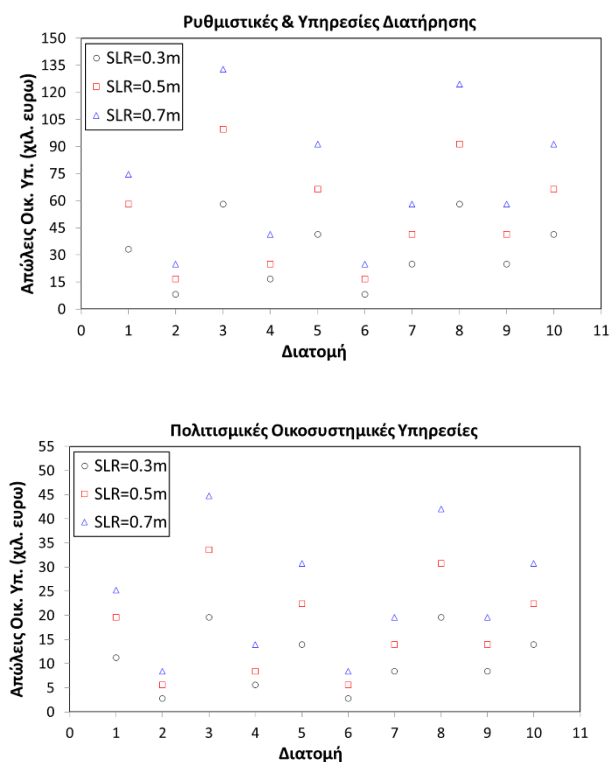
4.5 Εκτίμηση απώλειας οικοσυστημικών υπηρεσιών παράκτιας ζώνης νήσου Σκιάθου

Η εκτίμηση της αξίας των οικοσυστημικών υπηρεσιών, όπως αναφέρθηκε στη μεθοδολογική προσέγγιση, βασίστηκε στα αποτελέσματα της έρευνας των Paprotny et al. (2021). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, η αξία των οικοσυστημικών υπηρεσιών στην Ελλάδα, ετησίως, ανέρχεται σε 42 δις € (18% του ΑΕΠ) βάσει της αγοραστικής αξίας στην ΕΕ το 2018. Η αντίστοιχη αξία βάσει των παραπάνω δεδομένων για τη Σκιάθο ανέρχεται σε 33.4 εκ. € σε μια έκταση οικοτόπων περίπου 39.2 km². Ωστόσο, βάσει των υποθέσεων εργασίας (δεν λήφθηκαν υπόψη οι Υπηρεσίες Παροχής και όλες οι υποκατηγορίες των Ρυθμιστικών & Διατήρησης Οικοσυστημικών Υπηρεσιών-P.O.Y⁵²) η τελική αξία διαμορφώνεται σε 8.3 εκ. € που αφορούν σε P.O.Y, ενώ τα 2.8

⁵² Βλ. Paprotny et al., 2021, Table 3.

εκ. € σε Πολιτισμικές Οικοσυστημικές Υπηρεσίες (Π.Ο.Υ), δηλαδή συνολική αξία 11.1 εκ. €. Σημειώνεται ότι χωρίς τη «βαθμονόμηση» που έγινε μεταξύ των ακτών σχετικά με τις παρεχόμενες υπηρεσίες, η συνολική αξία θα ήταν σχεδόν διπλάσια (22.1 εκ. €).

Στα παρακάτω σχήματα (Εικ. 46), απεικονίζονται οι απώλειες (χιλ. €) των Ρ.Ο.Υ και Π.Ο.Υ για μακροχρόνια άνοδο της θαλάσσιας στάθμης. Αμφότερες στις εν λόγω κατηγορίες υπηρεσιών, η διατομή Κ1 εμφανίζει για όλα τα σενάρια τη μεγαλύτερη απώλεια (περίπου 133 χιλ. €) και ακολουθεί η διατομή Α2 (Ασέληνος), ενώ η μικρότερη εμφανίζεται στη διατομή Μ1 (Μάραθα) και Α1 (Αγ. Ελένη), 8 και 3 χιλ. €, αντίστοιχα.

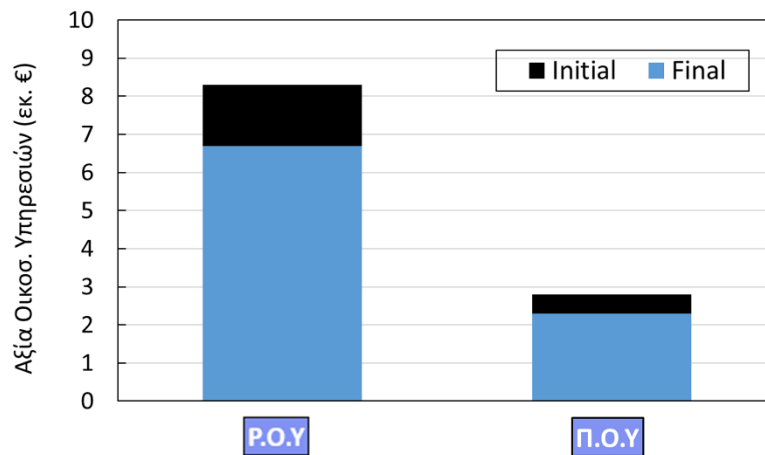


Εικ. 46: Διαγράμματα απωλειών Ρ.Ο.Υ – Π.Ο.Υ, σε χιλ. €, βάσει των αποτελεσμάτων των στατικών μοντέλων (συστοιχία) για όλες τις διατομές (εκτός Ψ1) υπό των σεναρίων μακροχρόνιας ανόδου της ΜΣΘ (SLR=0.3m, SLR=0.5m και SLR=0.7m). Στον οριζόντιο άξονα η αρίθμηση των διατομών ακολουθεί τη σειρά που εμφανίζεται στον Πίνακα 20 (αύξοντες αριθμοί από 1 έως 10 αντιστοιχούν στις διατομές Β1, Μ1...Τ1).

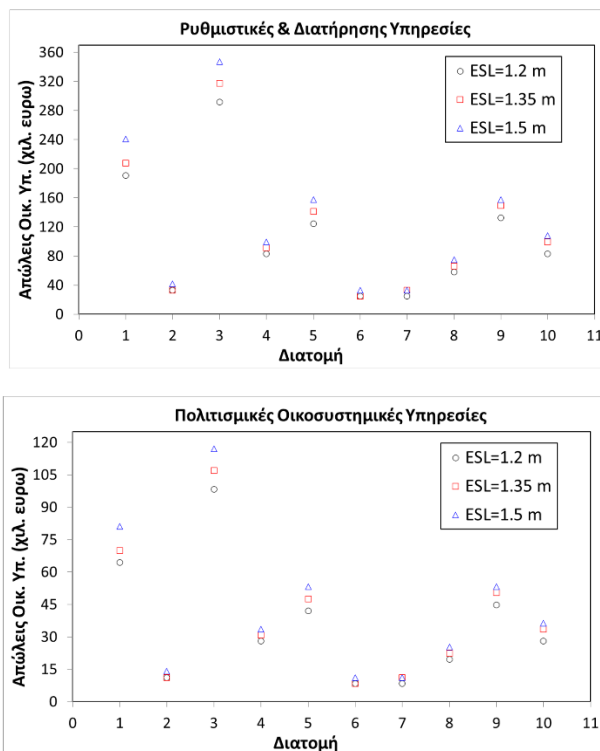
Η μεταβολή μεταξύ αρχικής αξίας των δύο κατηγοριών οικοσυστημικών υπηρεσιών για το έτος 2018 και αυτής που θα έχουν έπειτα από την επίδραση της παράκτιας διάβρωσης (μακροχρόνια άνοδος ΜΣΘ), παρουσιάζεται παρακάτω (Εικ. 47). Σε απόλυτες τιμές οι απώλειες για τις Ρ.Ο.Υ είναι περίπου 1.6 εκ. € (18.8 %), ενώ για τις Π.Ο.Υ περίπου 526 χιλ. €.

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι απώλειες (χιλ. €) των Ρ.Ο.Υ και Π.Ο.Υ για επεισοδιακή ΑΣΘ (Εικ. 48). Όσον αφορά στις Ρ.Ο.Υ, η διατομή Κ1 εμφανίζει για όλα τα σενάρια τη μεγαλύτερη απώλεια (εύρος 291 –347 χιλ. €) και ακολουθεί η διατομή Β1 (Βρωμόλιμνος) με απώλεια εύρους 191 – 241 χιλ. €. Η μικρότερη εμφανίζεται στις διατομές Ε1 (Ελιάς) και Α1 (Αγ. Ελένη), 25– 33 χιλ. €, αμφότερες.

Για τις Π.Ο.Υ οι ίδιες διατομές εμφανίζουν τις μεγαλύτερες απώλειες εύρους 98 – 117 χιλ. € και 64 – 81 χιλ. €, αντίστοιχα. Η μικρότερη εμφανίζεται στις ίδιες διατομές όπως στις Ρ.Ο.Υ με απώλειες από 8 – 11 χιλ. €.

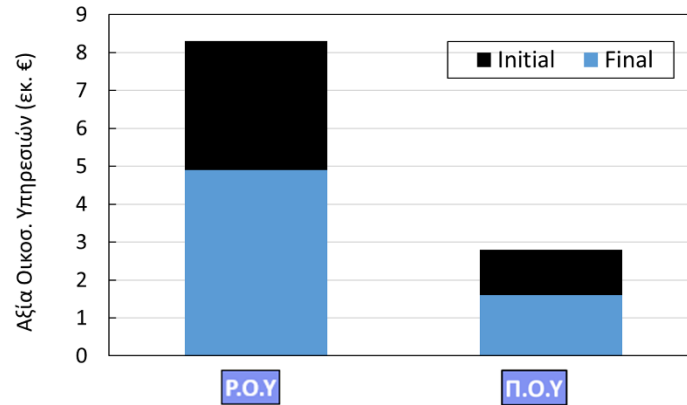


Εικ. 47: Απώλεια αξίας (εκ. €) οικοσυστημικών υπηρεσιών από την αξία έτους βάσης το 2018 (Initial) λόγω επίδρασης παράκτιας διάβρωσης σύμφωνα με μακροχρόνια άνοδο της ΜΣΘ (Final).



Εικ. 48: Διαγράμματα απωλειών Ρ.Ο.Υ – Π.Ο.Υ, σε χιλ. €, βάσει των αποτελεσμάτων των δυναμικών μοντέλων για όλες τις διατομές (εκτός Ψ1) υπό των σεναρίων επεισοδιακής ανόδου της θαλάσσιας στάθμης ($ESL=1.2m$, $ESL=1.35m$ και $ESL=1.5m$). Στον οριζόντιο άξονα η αρίθμηση των διατομών ακολουθεί τη σειρά που εμφανίζεται στον Πίνακα 20 (αύξοντες αριθμοί από 1 έως 10 αντιστοιχούν στις διατομές B1, M1...T1).

Η μεταβολή μεταξύ αρχικής αξίας των δύο κατηγοριών οικοσυστημικών υπηρεσιών για το έτος 2018 και αυτής που θα έχουν έπειτα από την επίδραση της παράκτιας διάβρωσης (επεισοδιακή ΑΣΘ), παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα (Εικ. 49). Σε απόλυτες τιμές οι απώλειες για τις Ρ.Ο.Υ είναι περίπου 3.5 εκ. € (42.3%), ενώ για τις Π.Ο.Υ περίπου 1.2 εκ. €.



Εικ. 49: Απώλεια αξίας (εκ. €) οικοσυστημικών υπηρεσιών από την αξία έτους βάσης το 2018 (Initial) λόγω επίδρασης παράκτιας διάβρωσης σύμφωνα με επεισοδιακή ΑΣΘ (Final).

Στο σημείο αυτό, αξίζει να επισημανθεί ότι ανάλογα με το μεθοδολογικό πλαίσιο που ακολουθείται, όσον αφορά στις διαδικασίες λήψεως αποφάσεων, συχνά αγνοείται ή/και υποτιμάται η αξία ορισμένων οικοσυστημικών υπηρεσιών (ΜΕΑ, 2005). Ορισμένες εξ αυτών αναγνωρίζονται εύκολα και έχουν άμεση χρηστική αξία για τον άνθρωπο (τροφή, ξυλεία, φάρμακα) ακόμα και μη καταναλωτικά αγαθά (περίπατος, ξεκούραση στη φύση, ψάρεμα, camping), ωστόσο δεν είναι πάντα εύκολο να ποσοτικοποιηθεί η χρηστική αξία τους. Υπάρχει και η έμμεση χρηστική αξία αυτών, περιλαμβανομένου ποικίλων υπηρεσιών από την επικονίαση έως τον έλεγχο των ασθενειών και τη ρύθμιση του κλίματος (Lakshmi, 2021). Στο πλαίσιο αυτής της χρηστικής έννοιας της αξίας (utilitarian value), δίνονται επίσης τιμές και στις υπηρεσίες οικοσυστήματος που δεν υφίσταται άμεση αξιοποίηση του πόρου (non-use values). Συνήθως, νοούνται οι ιστορικές, εθνικές, ηθικές, θρησκευτικές και πνευματικές αξίες, οι οποίες συνιστούν τις πολιτισμικές οικοσυστημικές υπηρεσίες (ΜΕΑ, 2005). Στο Δημόπουλος κ.α. (2017), επισημαίνεται ότι πολλές πολιτισμικές υπηρεσίες είναι δύσκολο να ποσοτικοποιηθούν ή/και η αξία τους είναι αρκετά περίπλοκη, ώστε να υπάρξει ασφαλής αποτίμηση, γεγονός που οδηγεί στην επιλογή δεικτών αξιολόγησης κατά κύριο λόγο που αφορούν στην αναψυχή και στον τουρισμό. Ταυτόχρονα όμως, “παραγκωνίζονται” πολιτισμικές υπηρεσίες εξέχουσας σημασίας για τους ανθρώπους όπως οι πνευματικές υπηρεσίες, που σαφώς είναι δύσκολο να μετρηθούν. Επομένως, γίνεται αντιληπτό πως μια λεπτομερής και ακριβής αξιολόγηση απαιτεί και τη συμμετοχή τοπικών φορέων, πολιτιστικών συλλόγων, κοινωνικών συλλόγων, των κατοίκων της περιοχής μελέτης, γεγονός που αποδεικνύει την εγγενώς συμμετοχική διαδικασία που χρειάζεται να ακολουθηθεί. Συνδυαστικά, απαραίτητη είναι και η χρήση μεταβλητών που συλλέγονται από τηλεπισκοπικά δεδομένα καθώς και άλλες πηγές περιβαλλοντικών πληροφοριών ώστε να προκύψει μια επαρκώς αντιπροσωπευτική αξιολόγηση (Schröter et al., 2015; Turner et al., 2015; Vihervaara et al., 2017 από Κάλφας, 2019). Στο Paprotny et al. (2021), υποστηρίζεται ότι οι οικοσυστημικές υπηρεσίες έχουν συγκεκριμένη χρηματική αξία και είναι μετρήσιμες, ωστόσο λόγω της ποικιλομορφίας στις μεθόδους ταξινόμησης που χρησιμοποιούνται

καθίσταται δύσκολο, τη στιγμή κιάλας που κάθε οικοσύστημα μπορεί να παρέχει ορισμένες υπηρεσίες σε τοπικό επίπεδο και άλλες σε παγκόσμιο.

Αν και έχουν γίνει εκκλήσεις για την ενσωμάτωση οικολογικών, κοινωνικο-πολιτιστικών και οικονομικών μεθόδων, εντούτοις σε περιπτώσεις που γίνεται χρήση μικτών μεθόδων, τα αποτελέσματα αφορούν συγκεκριμένους οικοτόπους ή μεμονωμένες πληροφορίες και όχι συγκριτικά αποτελέσματα για όλες τις οικοσυστημικές υπηρεσίες, μιας και τα δεδομένα είναι μη οργανικά με απλουστεύσεις και πολλούς περιορισμούς (Hattam et al., 2015a; Atkins et al., 2015; Kenter et al., 2013; Lopes & Videira, 2013; De Groot et al., 2012; Szabó, 2011 από Paprotny et al., 2021). Ακόμα και εάν οι μικτές προσεγγίσεις είναι τεχνικά εφικτές, μπορεί να είναι οικονομικά μη αποδοτικές, λόγω του δαπανηρού κόστους τέτοιων σύνθετων μελετών (βιολογικές, οικονομικές, γεωχωρικές), ιδίως για τις μικρότερες περιοχές (King et al., 2018). Πρόσθετα, στο De Groot et al. (2002 από King et al., 2018), απαριθμείται ένας αριθμός οικοσυστημικών υπηρεσιών που δεν μπορεί να αποτιμηθεί με τις συνήθεις μεθόδους ή με την κοστολόγηση παραπλήσιων υπηρεσιών. Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 25) παρατίθενται ορισμένες υπηρεσίες (επικονίαση, ρύθμιση διαταραχών, διατήρηση βιοποικιλότητας) που δύνανται να αποτιμηθούν με τη μέθοδο κόστους αντικατάστασης (willingness to change).

Πίνακας 25: Οικοσυστημικές υπηρεσίες σε αμμώδεις ακτές βάσει χρηστικής αξίας (Defeo et al., 2009 από King et al., 2018)

ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΙΚΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΣΕ ΑΜΜΩΔΕΙΣ ΠΑΡΑΛΙΕΣ	ΑΜΕΣΗ ΧΡΗΣΤΙΚΗ ΑΞΙΑ	ΕΜΜΕΣΗ ΧΡΗΣΤΙΚΗ ΑΞΙΑ
Αποθήκευση και μεταφορά ιζήματος	X	
Απορρόφηση κυματισμού και ζώνη προστασίας από ακραία φαινόμενα (καταιγίδες, τσουνάμι).		X
Δυναμική απόκριση στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας (εντός ορίων)		X
Διάσπαση οργανικών υλικών και ρύπων		X
Διήθηση και καθαρισμός του νερού		X
Ορυκτοποίηση και ανακύκλωση θρεπτικών ουσιών		X
Αποθήκευση νερού σε υδροφορείς αμμοθινών και απόρριψη θαλασσινού νερού μέσω παραλιών παραλίες μόνο με αμμόλοφους		X
Διατήρηση της βιοποικιλότητας και των γενετικών πόρων	X	
Περιοχές αναπαραγωγής νεαρών ψαριών	X	
Θέσεις φωλεοποίησης χελωνών και παράκτιων πτηνών	X	
Πόροι θηραμάτων για πουλιά, ψάρια και χερσαία άγρια ζώα	X	
Γραφικά τοπία και ευκαιρίες αναψυχής	X	
Οργανισμοί για δολώματα και τροφή	X	
Λειτουργικοί δεσμοί μεταξύ χερσαίου και θαλάσσιου περιβάλλοντος στην παράκτια ζώνη	X	

Για υπηρεσίες, όμως, όπως η διατήρηση της βιοποικιλότητας και των γενετικών πόρων, καταφύγιο για ζώα προτείνεται η αποτίμηση μέσω άμεσων αγοραίων τιμών. Ωστόσο,

είναι δύσκολο να εφαρμοστεί σε ακτές μιας και είναι δύσκολό για παράδειγμα να εκτιμηθεί η ακριβής συμβολή των παραλιών στο βιότοπο των ψαριών όταν δεν υπάρχει συμφωνηθείσα αγοραία αξία για σημαντικά είδη χλωρίδας και πανίδας στις παραλίες. Επιπλέον, η σχέση μεταξύ ποιότητας και μεγέθους του ενδιαιτήματος της παραλίας και της αφθονίας αυτών των ειδών είναι εξαιρετικά μεταβλητή λόγω της δυναμικής που χαρακτηρίζει ένα οικοσύστημα. Συνεπώς, καθίσταται δύσκολη η αποτίμηση όλων των οικοσυστημικών υπηρεσιών που παρέχονται από τις παραλίες και συνήθως, οι οικονομικές αναλύσεις των ακτών επικεντρώνονται στην αναψυχή ή στις ζημιές από καταγίδες (King et al., 2018).

Υπό το πρίσμα των παραπάνω προσεγγίσεων, οι πόροι της παράκτιας ζώνης συνιστούν τον παράκτιο τουρισμό, ο οποίος αποτελεί έναν από τους πυλώνες της Γαλάζιας Ανάπτυξης⁵³. Ωστόσο, τα κλιματικά σενάρια βαίνουν δυσοίωνα για το σύνολο όχι μόνο των ευρωπαϊκών ακτών, αλλά και παγκοσμίως. Επομένως, επιβάλλεται η συνετή και με βιώσιμο τρόπο διαχείριση των ακτών. Αν και υπάρχουν μέθοδοι και μαθηματικά μοντέλα, που χρησιμοποιούνται ευρέως στον υπολογισμό του ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής, η αξιοπιστία των εκτιμήσεων αυτών εξαρτάται άμεσα από την ποσότητα και την ποιότητα των πρωτογενών δεδομένων, που συχνά εμφανίζουν ακρίβεια μικρότερη από την απαιτούμενη. Πρόσθετα, όπως επισημαίνεται στο Παπάζογλου (2020), στα στατικά και δυναμικά μοντέλα, δεν υπάρχει η δυνατότητα να συνεκτιμηθούν παράγοντες της γεωμορφολογίας του περιβάλλοντος χώρου, όπως κόλποι ή χερσόνησοι, που μπορεί να αποτελέσουν περιοχές συγκέντρωσης ιζήματος ή αντίθετα σημεία εκτόνωσης της κυματικής ενέργειας και απομάκρυνσης του λεπτόκοκκου υλικού. Επίσης, η τροφοδοσία των ακτών σε ιζήμα από την ξηρά, δηλαδή από χειμάρρους που εκβάλλουν στην περιοχή, δε λαμβάνονται υπόψη. Κατά την εφαρμογή των εν λόγω μοντέλων λαμβάνεται υπόψη μόνο το κυματικό κλίμα και η γεωμετρία της εξεταζόμενης διατομής. Ακόμα, τα τεχνικά έργα που έχουν κατασκευαστεί στον περιβάλλοντα χώρο ή/και έργα ελλιμενισμού σκαφών που επηρεάζουν την ιζηματομεταφορά και κατ' επέκταση την εξέλιξη της ακτογραμμής, δεν είναι δυνατόν να συνεκτιμηθούν παρά μόνο με χρήση μοντέλων δύο ή τριών διαστάσεων (2-D ή quasi 3-D) στα οποία θα εισαχθούν λεπτομερή και ακριβή τοπογραφικά και βυθομετρικά δεδομένα, τα οποία δεν ήταν διαθέσιμα στην παρούσα μελέτη.

Συνεπώς, για την προστασία των ακτών και την περαιτέρω ανάπτυξη του τουρισμού, είναι αναγκαία η χρήση καινοτόμων εργαλείων παρακολούθησης⁵⁴, που χρησιμοποιούν νέες μεθόδους και τεχνολογίες για τη βελτίωση της ποιότητας και της ακρίβειας των διαθέσιμων γεω-πληροφοριών, παρέχοντας κατ' αυτόν τον τρόπο υψηλής ποιότητας μετρήσεις της θέσης της ακτογραμμής.

⁵³ Η «Γαλάζια Ανάπτυξη» αποτελεί μια μακροπρόθεσμη στρατηγική βιώσιμης ανάπτυξης του θαλάσσιου και ναυτιλιακού τομέα, συνιστώντας μια ολοκληρωμένη Θαλάσσια Πολιτική για την επίτευξη των στόχων της στρατηγικής «Ευρώπη 2020» για έξυπνη, διατηρήσιμη και χωρίς αποκλεισμούς ανάπτυξη.

⁵⁴ <https://maritime-spatial-planning.ec.europa.eu/projects/compi-coastal-and-shallow-water-monitoring-through-innovative-low-cost-technologies>

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα εργασία είχε ως στόχο να εκτιμήσει με οικονομικούς όρους τις απώλειες των Οικοσυστημικών Υπηρεσιών των παραλιών κολύμβησης στο νησί της Σκιάθου λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα οπισθοχώρησης της ακτογραμμής λόγω της παράκτιας διάβρωσης υπό συγκεκριμένα σενάρια ανόδου της θαλάσσιας στάθμης, τόσο σε μακροχρόνιο όσο και σε βραχυπρόθεσμο – επεισοδιακή ανύψωση– επίπεδο. Η οπισθοχώρηση της ακτογραμμής προσδιορίζεται με τη χρήση στατικών και δυναμικών μορφοδυναμικών μοντέλων, ενώ το οικονομικό κόστος που θα επιφέρει η εν λόγω μετατόπιση υπολογίζεται προσεγγιστικά σύμφωνα με την προσέγγιση των Parrottny et al. (2021). Το νησί της Σκιάθου αποτελεί έναν τουριστικό προορισμό για το οποίο όμως δεν έχει πραγματοποιηθεί μέχρι σήμερα καμία συστηματική έρευνα για την τρωτότητα των παραλιών του λόγω της αναμενόμενης ανόδου της θαλάσσιας στάθμης, υπό διαφορετικά σενάρια κλιματικής αλλαγής. Η σημασία των παράκτιων πόρων για την ευημερία των παράκτιων περιοχών έγκειται ακριβώς στις οικοσυστημικές υπηρεσίες και τα αγαθά που υποστηρίζουν την ανθρώπινη ζωή. Ωστόσο, η παράκτια διάβρωση που ελλοχεύει θα επιφέρει σημαντικές απώλειες που θα επηρεάσουν όχι μόνο την οικονομία της περιοχής αλλά θα οδηγήσουν σε αλλοιώσεις που αφορούν τόσο περιβαλλοντικά όσο και κοινωνικά χαρακτηριστικά.

Οι οικοσυστημικές υπηρεσίες ακτών κολύμβησης παρόλο που δεν έχουν καταγραφεί και αποτιμηθεί πλήρως, παρέχουν πολλαπλασιαστικά οφέλη προωθώντας την οικονομική ανάπτυξη, προσφέρουν νέες ευκαιρίες για επενδύσεις και απασχόληση, ενώ παράλληλα βελτιώνουν το βιοτικό επίπεδο και την ποιότητα ζωής των τοπικών κοινωνιών (Πλουμή κ.α., 2017), πόσο μάλλον όταν μιλάμε για μια νησιωτική περιοχή. Η ανάλυση που προηγήθηκε αποδεικνύει το ζωτικό ρόλο των εν λόγω υπηρεσιών σχετικά με τη γενικότερη ρύθμιση και προστασία της παράκτιας ζώνης αναψυχής καθώς και την ανακύκλωση θρεπτικών ουσιών, το φιλτράρισμα νερού, την παραγωγή οξυγόνου κ.α. (Kreitler et al., 2013).

Σύμφωνα με τα σενάρια μακροχρόνιας οπισθοχώρησης της ακτογραμμής το 2065 (RCP8.5) εκτιμήθηκε ότι το 73% των ακτών θα έχουν υποχωρήσει έως και 50% του αρχικού τους πλάτους χωρίς να επηρεαστούν οι υποδομές στην οπισθοπαραλία. Για το 2100 (RCP6.0) προβλέπεται ότι το 27% των παραλιών θα χάσει όλο τους το πλάτος και στο 18% θα υπάρξει πρόβλημα στις υποδομές. Στην περίπτωση του RCP8.5 για το 2100 οι επιπτώσεις της οπισθοχώρησης φαίνεται να είναι σημαντικές και να επηρεάζουν και τις υποδομές στις ακτές Ελιάς, Τρούλλος και Μ. Άμμος. Αξίζει να αναφερθεί, η περίπτωση των ακτών Ελιάς και Ασέληνος, όπου τα σενάρια μακροχρόνιας οπισθοχώρησης της ακτογραμμής δίνουν μεγαλύτερη απώλεια απ' ό,τι τα αντίστοιχα βραχυχρόνιας.

Σε σχέση με τα σενάρια βραχυχρόνιας οπισθοχώρησης τα δυναμικά μοντέλα δείχνουν έως το 2050 το 9% των ακτών θα έχουν υποχωρήσει έως και 50% του αρχικού τους πλάτους, και το 45% θα έχει υποχωρήσει στο 100% αυτού. Για το 2100 και για τα δύο

εξεταζόμενα σενάρια φαίνεται ότι η υποχώρηση διογκώνεται και για το 82% των παραλιών (9 στις 11) η οπισθοχώρηση μπορεί να προσεγγίσει το 82%. Επιπλέον, και ανάλογα με το εξεταζόμενο σενάριο, οι επιπτώσεις στις υποδομές θα είναι εμφανείς 45% -82%. Οι μόνες υποδομές που δε θα επηρεαστούν από την οπισθοχώρηση της παραλίας είναι η ακτή Ασέληνος. Αντιθέτως, οι ακτές που θα πληγούν περισσότερο όσον αφορά στην απώλεια του αρχικού τους μήκους είναι η ακτή Ελιάς και Ψαρόχωμα με ποσοστό που κυμαίνεται από 69% έως 190%, για μακροχρόνια άνοδο της ΜΣΘ. Παρόλο που έχουν διαφορετικό προσανατολισμό οι προαναφερθείσες δύο ακτές λόγω του ότι η πρώτη δεν προστατεύεται από του επικρατούντες ανέμους, ενώ η δεύτερη είναι εκτεθειμένη σε μεγάλο ανάπτυγμα πελάγους, τα αποτελέσματα των μοντέλων δίνουν τις υψηλές τιμές οπισθοχώρησης της ακτογραμμής. Για βραχυχρόνια επεισοδιακή άνοδος της θαλάσσιας στάθμης οι ακτές με το υψηλότερο ποσοστό διάβρωσης είναι η ακτή Ψαρόχωμα, Τρούλλος και Μ. Άμμος ακολουθώντας η ακτή Μπανάνα. Οι δύο τελευταίες αν και εξαιτίας της μορφολογίας και του προσανατολισμού τους είναι προστατευμένες από τους επικρατούντες ανέμους, εντούτοις παρουσιάζουν υψηλή τρωτότητα.

Αναφορικά με την εκτίμηση της αξίας των οικοσυστημικών υπηρεσιών, λαμβάνοντας υπόψη τις υποθέσεις εργασίας που υιοθετήθηκαν, φαίνεται ότι για αμφότερες τις κατηγορίες οικοσυστημικών υπηρεσιών (Ρ.Ο.Υ & Π.Ο.Υ), η ακτή Κουκουναριές εμφανίζει για όλα τα σενάρια τη μεγαλύτερη απώλεια (περίπου 137 χιλ. €) και ακολουθεί η διατομή Α2 (Ασέληνος), ενώ η μικρότερη εμφανίζεται στη διατομή Μ1 (Μάραθα) και Α1 (Αγ. Ελένη), 8 και 3 χιλ. €, αντίστοιχα. Αυτά αφορούν τη μακροχρόνια άνοδο της ΜΣΘ. Σχετικά με τη βραχυχρόνια, η ακτή Κουκουναριές εμφανίζει πάλι για όλα τα σενάρια τη μεγαλύτερη απώλεια (εύρος 291 –347 χιλ. €) και ακολουθεί η διατομή Β1 (Βρωμόλιμος) με απώλεια εύρους 191 – 241 χιλ. €. Οι εν λόγω απώλειες, τόσο για την ακτή Βρωμόλιμος, αλλά πολύ περισσότερο για την ακτή Κουκουναριές, θα επηρεάσουν και θα υποβαθμίσουν την αξία των υγροβιότοπων που εκτείνονται στην παρακείμενη ζώνη, επιφέροντας μεγάλο πλήγμα τόσο στον τουρισμό όσο και στη λειτουργία των οικοσυστημάτων. Όσον αφορά στις μικρότερες απώλειες, αυτές εμφανίζεται στις διατομές Ε1 (Ελιάς) και Α1 (Αγ. Ελένη), 25– 33 χιλ. €, αμφότερες. Για τις Π.Ο.Υ οι ίδιες διατομές εμφανίζουν τις μεγαλύτερες απώλειες εύρους 98 – 117 χιλ. € και 64 – 81 χιλ. €, αντίστοιχα. Η μικρότερη εμφανίζεται στις ίδιες διατομές όπως στις Ρ.Ο.Υ με απώλειες από 8 – 11 χιλ. €. Τέλος, η μεταβολή μεταξύ αρχικής αξίας των δύο κατηγοριών οικοσυστημικών υπηρεσιών για το έτος 2018 και αυτής που θα έχουν έπειτα από την επίδραση της παράκτιας διάβρωσης (μακροχρόνια άνοδος ΜΣΘ), σε απόλυτες τιμές ανέρχεται σε 1.6 εκ. € για τις Ρ.Ο.Υ, ενώ για τις Π.Ο.Υ περίπου 526 χιλ. €. Οι αντίστοιχες τιμές (απώλειες) για επεισοδιακή ΑΣΘ είναι 3.5 εκ. € και περίπου 1.2 εκ. €.

Παρά τους περιορισμούς και τις απλοποιήσεις (επισημάνθηκαν στη μεθοδολογική προσέγγιση και στη συζήτηση) στη μέθοδο εφαρμογής αποτίμησης τόσο της αξίας όσο και των απωλειών των οικοσυστημικών υπηρεσιών υπό τα σενάρια ανόδου της θαλάσσιας στάθμης, η τάση είναι σαφής και οι απώλειες είναι σχεδόν βέβαιο ότι θα

ανέλθουν σε εκατομμύρια ευρώ, εάν δεν υπάρξει άμεση εφαρμογή στρατηγικών μέτρων μετριασμού και προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή. Η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι ανθρώπινες δραστηριότητες επηρεάζουν τις εν λόγω υπηρεσίες δύναται να οδηγήσει στη χάραξη πολιτικής και τη βελτίωση των διαδικασιών λήψης περιβαλλοντικών αποφάσεων, ώστε να μεγιστοποιηθούν τα οφέλη της τοπικής κοινωνίας, και όχι μόνο. Η παράκτια ζώνη αποτελεί «φυσική υποδομή» για μια πραγματικά ζωντανή οικονομία και ένα περιβαλλοντικά ασφαλές μέλλον. Σε κάθε περίπτωση, η αξία των οικοσυστημικών υπηρεσιών είναι τεράστια, ειδικά εάν λάβει κανείς υπόψη του τη συμβολή της παράκτιας ζώνης στον τουριστικό τομέα όσο και σε λειτουργίες-υπηρεσίες όπως είναι η πρόληψη της διάβρωσης και η αντιμετώπιση ακραίων καιρικών φαινομένων (Νάντσου, 2018).

Προφανώς, η ορθολογική αξιολόγηση των προβλημάτων που μπορεί να προκύψουν από την οπισθοχώρηση της ακτογραμμής στις παραλίες της Σκιάθου, απαιτεί λεπτομερείς μελέτες στις παραλίες ώστε να εκτιμηθεί ο βαθμός τρωτότητας τους. Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας μπορούν να ληφθούν υπόψη στη χάραξη των πολιτικών προστασίας από τους αρμόδιους φορείς, ώστε συνεκτιμώντας τις υποδομές των παραλιών και της παράκτιας ζώνης αλλά και τις θέσεις αυξημένου ενδιαφέροντος για τουριστική εκμετάλλευση να συμβάλλουν στην προτεραιοποίηση των περιοχών όπου απαιτείται παρέμβαση. Ωστόσο, είναι ανάγκη να τονιστεί και πάλι ότι η προσπάθεια που έγινε για την αποτίμηση των απωλειών, σε οικονομικούς όρους, των οικοσυστημικών υπηρεσιών των ακτών της Σκιάθου εξαιτίας της οπισθοχώρησης της ακτογραμμής σε αυτές, είναι υποεκτιμημένη. Χρειάζεται να γίνουν περαιτέρω μελέτες χαρτογράφησης και αποτίμησης των εν λόγω υπηρεσιών, ώστε η αξία αυτών να ανταποκρίνεται σε μεγαλύτερο βαθμό στα δεδομένα της περιοχής μελέτης λαμβάνοντας υπόψη και τον παράγοντα του υψηλού ποσοστού απασχόλησης του οικονομικά ενεργού πληθυσμού του νησιού στον τριτογενή τομέα.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

- Anzidei, M., Bosman, A., Carluccio, R., Casalbore, D., D'Ajello Caracciolo, F., Esposito, A., Nicolosi, I., Pietrantonio, G., Vecchio, A., Carmisciano, C., Chiappini, M., Chiocci, F.L., Muccini, F., Sepe, V., 2016. Flooding scenarios incoastal volcanic areas due to land subsidence and sea level rise: a case study forLipari Island (Italy). *Terra Nova*. <http://dx.doi.org/10.1111/ter.12246>.
- Barbier. E., Hacker, S., Kennedy, C., Koch, E., Stier, A. and Silliman, B., 2011. The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecological Monographs*, 81(2), 169- 193.
- Blott, S. J., & Pye, K. (2001). GRADISTAT: A grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sedi-ments. *Earth Surface Processes and Landforms*, 26, 1237–1248. <https://doi.org/10.1002/esp.261> [Πρόσβαση 08/1/2021].
- Bruun, P., 1962. Sea level rise as a cause of shore erosion, *Journal of Waterway, Harbors Division*. ASCE88, 117-130.
- Bruun, P., 1983. Review of conditions for uses of the Bruun rule of erosion, *Coastal Engineering* 7(1), 77-89.
- Bruun, P., 1988. The Bruun Rule of erosion by sea level rise: A discussion on largescale two-and three-dimensional usages, *Journal of Coastal Research* (4):622-648.
- Burkhard B. & J. Maes (Eds.), 2017, Mapping Ecosystem Services. *Pensoft Publishers*. Sofia. 374 pp.
- Church J.A. & White N. J., 2011. Sea-Level Rise from the Late 19th to the Early 21st Century, *Surveys in Geophysics*, 32(4-5), 585–602 (DOI: 10.1007/s10712-011-9119-1).
- Guisado-Pintado, E., Navas, F., and Malvárez, G., 2016. Ecosystem services andtheir benefits as coastal protection in highly urbanized environments. *J. Coast.Res.* 1, 1097–1101. doi: 10.2112/SI75-220.1.
- Dean, R. G., 1991. Equilibrium beach profiles: characteristics and applications, *J. Coastal Research* 7(1), 53–84.
- Edelman, T., 1972. Dune erosion during storm conditions, in: Proceedings of the 13th International Conference on Coastal Engineering ASCE, pp. 1305-1312.
- Enriquez, A., Camilo, M., Cantero, R., Pertuz, A., Suarez, A., 2018, Willingness to pay for Beach Ecosystem Services: The case study of three Colombian beaches, *Ocean & Coastal Management*, 161: 96-104. [DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2018.04.025].
- EUROSION, 2004. Living with coastal erosion in Europe. Final report of the project ‘Coastal erosion – Evaluation of the need for action’, Directorate General Environment, European Commission.
- IPCC, Climate Change 2007, Synthesis Report, “The 4th Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change”, November 2007.
- IPCC, 2013. Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G. K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., ... & Midgley, B. M., 2013. IPCC, 2013: climate change 2013: the physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change.
- King, P.G.; Nelson, C.; Dugan, J.E.; Hubbard, D.; Martin, K.L., and Battalio, R.T., 2018. Valuing beach ecosystems in an age of retreat. *Shore & Beach*, 86(4), 45–59.
- Kreitler, J., Papenfus, M., Byrd, K., Labiosa, W., 2013, Interacting coastal based ecosystem services: recreation and water quality in Puget Sound, WA. *PloS one*. 2013;8(2):e56670, doi: 10.1371/journal.pone.0056670.
- Lakshmi A., 2021. Coastal ecosystem services & human wellbeing, *Indian Journal of Medical Research: March 2021 - Volume 153 - Issue 3 - p 382-387*. doi: 10.4103/ijmr.IJMR_695_21.
- List, J. H., Farris, A. S., and Sullivan, C., 2006, Reversing storm hotspots on sandy beaches: Spatial and temporal characteristics, *Marine Geology* 226 (3-4):261-279.
- MEA, 2005. Millennium Ecosystem Assessment. Chapter 1: MA Conceptual Framework, Island Press, Washington, DC. Διαθέσιμο στο <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.765.aspx.pdf> [Τελευταία πρόσβαση: 28/3/2020].
- MEA., 2005a. Millennium Ecosystem Assessment. Chapter 19: Coastal systems. Island Press, Washington, D.C., USA. Διαθέσιμο στο <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.765.aspx.pdf> [Τελευταία πρόσβαση: 24/1/2022].
- Maes J., Teller A., Erhard M. et al., 2013. Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services. An analytical framework for ecosystem assessments under action 5 of the EU biodiversity strategy to 2020. *Publication’s office of the European Union, Luxembourg*.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- OECD, 2006. "Metrics for assessing the economic benefits of climate change policies: Sea level rise", ENV/EPOC/GSP (2006) 3/ FINAL, Paris.
- Paprotny D., Terefenko P., Giza A., Czaplinski P., Vousdoukas M.I., 2021. Future losses of ecosystem services due to coastal erosion in Europe. *Sci. Total Environ.*, 760 (2021), p. 144310, 10.1016/j.scitotenv.2020.144310.
- RiVAMP, 2010. Linking Ecosystems to Risk and Vulnerability Reduction: The Case of Jamaica. Risk and Vulnerability Assessment Methodology Development Project (RiVAMP). United Nations Environment Programme, <http://postconflict.unep.ch/publications/RiVAMP.pdf>.
- UNEP, 2005. Findings from the Millennium Ecosystem Assessment: Prepared for the 9th Global Meeting of the Regional Seas Conventions and Action Plans, Anantha Kumar Duraiappah, *Ecosystem Services Economics (ESE) Unit*, Διαθέσιμο στο: <https://www.unenvironment.org/resources/report/findings-millennium-ecosystem-assessment> [Τελευταία πρόσβαση 27.3.2021].
- UNEP, 2008. Climate change adaptation and mitigation in the tourism sector: framework, tools and practices. Διαθέσιμο στο: [http://whc.unesco.org/sustainabletourismtoolkit/sites/default/files/4.%20UNEP%20\(2008\)%20Climate%20Change.%20Adaptation%20and%20Mitigation%20in%20the%20Tourism%20Sector.pdf](http://whc.unesco.org/sustainabletourismtoolkit/sites/default/files/4.%20UNEP%20(2008)%20Climate%20Change.%20Adaptation%20and%20Mitigation%20in%20the%20Tourism%20Sector.pdf) [Τελευταία πρόσβαση: 24-1-2022].
- Velegrakis A.F., Vousdoukas M. and Meligonitis R., 2005. Beach Erosion: Phenomenology and causes of the degradation of the island beaches. Greek Islands in the 21st century. Sideris Publications, 243-262.
- Velegrakis A.F., Monioudi I., 2014. Formation zones d' Erosion. UNEP(DEPI)MED WG 396/2 Tunis 5 /06/2014 53 pp. http://jadran.izor.hr/~vucic/Istanbul/Beach%20morphodynamic%20training%20material/pdf/Some%20theory_final.pdf
- Vousdoukas MI, Mentaschi L, Voukouvalas E, Verlaan M, Jevrejeva S, Jackson L and Feyen L, 2018. Global probabilistic projections of extreme sea levels. *Nature Communications* 9 (1), 1-12.
- WWF Ελλάς, 2013. Υγροτόπιο νήσων – Βάση δεδομένων των νησιωτικών υγροτόπων της Ελλάδας. Διαθέσιμο στο: <https://www.ygrotopio.gr/general/report.php?id=787&lang=el> [Τελευταία ενημέρωση: 02.2022].

Ελληνόγλωσση βιβλιογραφία

- Αλεξανδράκης Γ., Καρδitsά Α., Πούλος Σ., Γκιώνης Γ., Καμπάνης Ν. (2009) Εκτίμηση της τρωτότητας των ακτών του Αιγαίου στην αύξηση της θαλάσσιας στάθμης, Εισήγηση, 9^ο Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας & Αλιείας, Πρακτικά, Τόμος Ι, Πάτρα.
- Bee Group, 2018. Επιχειρησιακό Σχέδιο Ολοκληρωμένης Χωρικής Επένδυσης (Ο.Χ.Ε.) των Νήσων Βορείων Σποράδων. Παραδοτέο Α' Σταδίου. Π.Ε.Π Θεσσαλίας 2014-2020.
- Γαβαλάς Μ., 2017, *Ακραία Καιρικά Φαινόμενα: Το νέο διακόβευμα για το σχεδιασμό του Ελληνικού νησιωτικού χώρου*, Διπλωματική εργασία στο ΠΜΣ «ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ», ΤΜΧΠΠΑ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.
- Δημόπουλος Π., Κόκκορης Ι. & Ε. Δράκου, 2017, Τεχνικός οδηγός χαρτογράφησης και αξιολόγησης των οικοσυστημάτων και των υπηρεσιών τους. Εθνικό Κέντρο Περιβάλλοντος & Αειφόρου Ανάπτυξης, Αθήνα.
- Επιτροπή Μελέτης Επιπτώσεων Κλιματικής Αλλαγής (ΕΜΕΚΑ) (2011), «Οι περιβαλλοντικές, οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην Ελλάδα», Τράπεζα της Ελλάδος, Διαθέσιμο στο: http://www.bankofgreece.gr/BogEkdoseis/%CE%A0%CE%BB%CE%B7%CF%81%CE%B7%CF%82_%CE%95%CE%BA%CE%B8%CE%B5%CF%83%CE%B7.pdf [Τελευταία πρόσβαση: 31-1-2022].
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή (Ε.Ε), 2011. Ανακοίνωση της Επιτροπής Στο Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, το Συμβούλιο, την Ευρωπαϊκή Οικονομική & Κοινωνική Επιτροπή και την Επιτροπή των Περιφερειών: Χάρτης πορείας για μια αποδοτική, από πλευράς πόρων, Ευρώπη. COM/2011/0571, Αριθμός CELEX: 52011DC0571.
- Κάβουρας, Μ., Λάρρα, Α., Κονταζάκη, Σ., Τομαή, Ε. 2016. *Επιστήμη Γεωγραφικής Πληροφορίας - Αρχές και Τεχνολογίες*. [Προπτυχιακό εγχειρίδιο]. Αθήνα: Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις. Διαθέσιμο στο: <http://hdl.handle.net/11419/6392>.
- Καϊμπαλή Ζ., 2017. Εκτίμηση των μορφοδυναμικών και κοινωνικο-οικονομικών επιπτώσεων της επικείμενης μεταβολής της θαλάσσιας στάθμης, λόγω κλιματικής αλλαγής, στις παραλίες του Κεντρικού και Βορείου Αιγαίου Πελάγους. Διπλωματική εργασία Ειδικευσης. Διατμηματικό

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

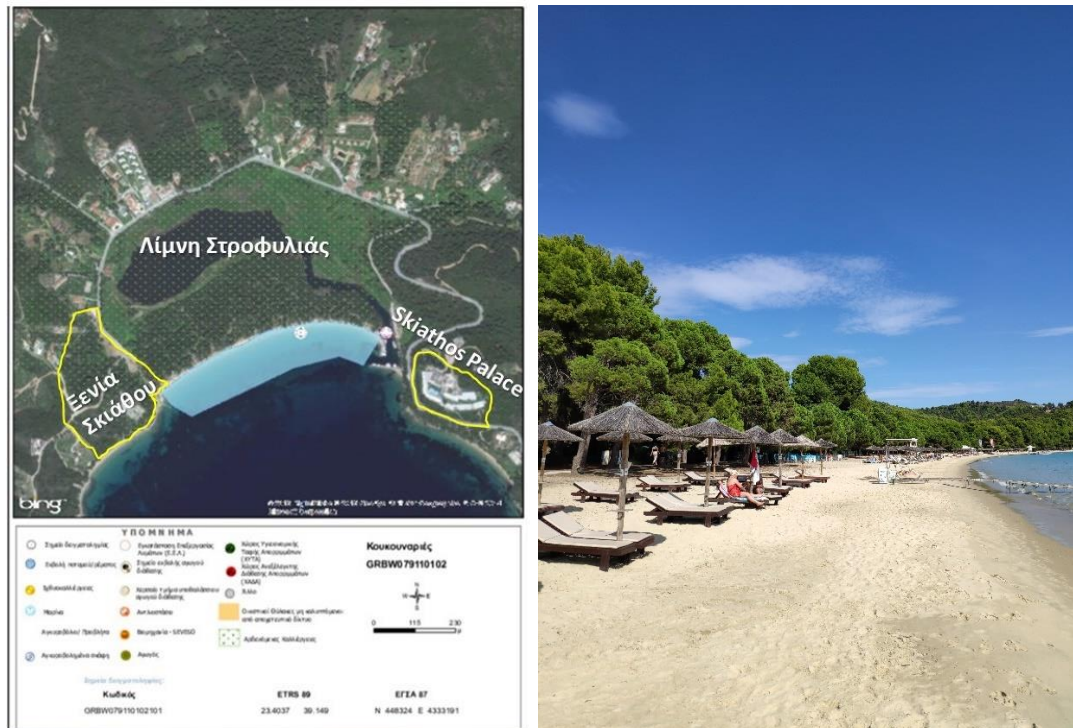
- Μεταπτυχιακό Ωκεανογραφίας & Διαχείρισης του Θαλασσιού Περιβάλλοντος, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών [Διαθέσιμο στο: <https://pergamos.lib.uoa.gr/uoa/dl/frontend/file/lib/default/data/1704426/theFile>].
- Καρώνης Δ., 2020. Σημειώσεις μαθήματος – Εργαστηριακές Ασκήσεις «Αέρια και Στερεά Καύσιμα – Δειγματοληψία και Κοκκομετρία» 9^ο εξαμ. (εργαστηριακό μάθημα). Τομέας Σύνθεσης και Ανάπτυξης Βιομηχανικών Διαδικασιών, Σχολή Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π., Αθήνα. Διαθέσιμο στο: <https://courses.chemeng.ntua.gr/download/4580> [Τελευταία πρόσβαση 03.02.2022].
- Κενανίδου, Χ., 2017. Διαχείριση των κινδύνων της θαλάσσιας πλημμύρας στην παράκτια ζώνη. Μεταπτυχιακή ΠΜΣ Διοίκησης Και Διαχείρισης Τεχνικών Έργων, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πολυτεχνική Σχολή ΑΠΘ.
- Μαριού Μ., 2013. Έλεγχος ακρίβειας και ποιότητας ελεύθερης πρόσβασης Ψηφιακών Μοντέλων Εδάφους – Εφαρμογή στην περιοχή Μεσογείων Αττικής, Διπλωματική εργασία. Σχολή αγρονόμων και τοπογράφων μηχανικών, Τομέας τοπογραφίας. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Αθήνα. Διαθέσιμο στο: https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/38418/Mariou_Marina_diploma_thesis.pdf?sequence=1 [Τελευταία πρόσβαση: 26/9/2021].
- Μονιούδη Ι., 2011. Ολοκληρωμένη εκτίμηση της διάβρωσης των ακτών λόγω της ανύψωσης της στάθμης της θάλασσας. Διδακτορική διατριβή, Σχολή Περιβάλλοντος. Τμήμα Επιστήμης της Θάλασσας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου [DOI: 10.12681/eadd/31650].
- Μονιούδη Ι., Χασιώτης Θ. & Τζωράκη Ο., 2019. Σημειώσεις μαθήματος «Παράκτιες Γεωεπικινδυνότητες», ΠΜΣ Ολοκληρωμένη Διαχείριση Παράκτιων Περιοχών, Τμήμα Επιστήμων της Θάλασσας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Μυτιλήνη.
- Μπεριάτος Η. & Παπαγεωργίου Μ., 2013. Χωροταξικός Σχεδιασμός σε Ευαίσθητες και Κρίσιμες Περιοχές, Πανεπιστημιακές σημειώσεις μαθήματος Στούντιο Χωροταξίας Ιβ, Βόλος: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας. Διαθέσιμο στο <http://ikee.lib.auth.gr/record/329339> [Τελευταία πρόσβαση 3/3/2022].
- Νάντσου, Θ., 2018, Επιστολή υφυπουργού οικονομικών με θέμα: Νομοσχέδιο για τον αιγιαλό και την παραλία (WWF), [Διαθέσιμο στο http://www.wwf.gr/images/pdfs/WWF_Epistoli_Yfyπουργo_Oikonomikwn_Aigialo.pdf, τελευταία πρόσβαση 3/3/2022]
- Παπαδοπούλου Ε., 2014. Χρήση ντετερμινιστικών και γεω-στατιστικών μεθόδων παρεμβολής για τη δημιουργία ψηφιακών ισόσειστων καμπύλων σε περιβάλλον GIS: Εφαρμογή σε δεδομένα ισχυρών σεισμών του ελλαδικού χώρου, Μεταπτυχιακή διατριβή. ΠΜΣ Τεχνικές & μέθοδοι στην ανάλυση, σχεδίαση & διαχείριση του χώρου, Τμήμα Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών, Πολυτεχνική σχολή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Παπάζογλου Κ., 2020. Εκτίμηση υποχώρησης της ακτογραμμής σε περιοχές της δυτικής και νότιας Κύπρου λόγω κλιματικής αλλαγής. ΠΜΣ «Ολοκληρωμένη διαχείριση παράκτιων περιοχών», Σχολή Περιβάλλοντος, Τμήμα Ωκεανογραφίας και θαλάσσιων Βιοεπιστημών. Πανεπιστήμιο Αιγαίου.
- Πεχλιβάνογλου Κ. & Καραμήτρου Ζ., 2003. Ανθρωπογενείς επιδράσεις στη γεωμορφολογική εξέλιξη της περιοχής Βρωμόλιμο νήσου Σκιάθου. 7^ο Πανελλ. Συμπ. Ωκεαν. & Αλιείας, Πρακτ., Κρήτη. σελ. 286, 2003.
- Πετρέλης Ν., 2012. Διερεύνηση των μοντέλων εκτίμησης της μετακίνησης της ακτογραμμής. Διδακτορική διατριβή, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ) [DOI: 10.12681/eadd/28329].
- Πλουμή, Τ., Γεωργοπούλου, Ε., Κυριακοπούλου, Ν., 2017, Ενημερωτικός Οδηγός για τις Υπηρεσίες των Οικοσυστημάτων εντός του Δικτύου NATURA 2000 στις Παράκτιες Περιοχές της Κρήτης, Πανεπιστήμιο Κρήτης -Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Κρήτης, Ηράκλειο, 56 σελ.
- Ποϊζαρίδης Κ., 2010. Διάλεξη μαθήματος “ Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS) – Θεωρία – Θέμα: Χωρική Παρεμβολή” 3^ο εξαμ., Τμήμα Περιβάλλοντος, Ιόνιο Πανεπιστήμιο. Διαθέσιμο στο <https://opencourses.ionio.gr/modules/document/?course=DENI07> [Πρόσβαση: 06.2.2022].
- Σαμαρά Φ., 2016. Αειφορικό χωρικό πρότυπο ανάπτυξης σε νησιωτικές περιοχές: Η περίπτωση της Σκιάθου, Διδακτορική διατριβή. Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας Πολεοδομίας & Περιφερειακής Ανάπτυξης, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.
- Τσαραβόπουλος Φ., Δήμος Σ., Καραντζούλης Κ. & Chabrol A., 2020. Πρόταση Ανάπτυξης Δικτύου Πεζοπορικών διαδρομών στο Δήμο Σκιάθου, Κοινωνική Συνεταιριστική Επιχείρηση: Μονοπάτια της Ελλάδας (Paths of Greece).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Χαλκίδης Ι. & Δερβένης Α., 2019. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΝΕΩΣΗ/ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΛΕΠΟ ΤΗΣ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ «ΣΚΙΑΤΟΣ PALACE», ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΚΟΥΚΟΥΝΑΡΙΕΣ, Δ. ΣΚΙΑΘΟΥ, Π.Ε. ΣΠΟΡΑΔΩΝ. ΝΟΤΙΕΣ ΣΠΟΡΑΔΕΣ Α.Ε., Αθήνα

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

Φωτογραφίες παραλιών μελέτης



Εικ. ΠΙ.1: Κολυμβητική ακτή Κουκουναριές/ Ανατολικά αυτής (θέση Μάραθα) λειτουργεί ξενοδοχειακή μονάδα 5* (Skiathos Palace) συνολικής έκτασης περίπου 35 στρ., ενώ δυτικά αυτής ξενοδοχειακό συγκρότημα (Ξενία Σκιάθου) έκτασης περίπου 2,5 στρ. (μόνο κλειστοί χώροι).

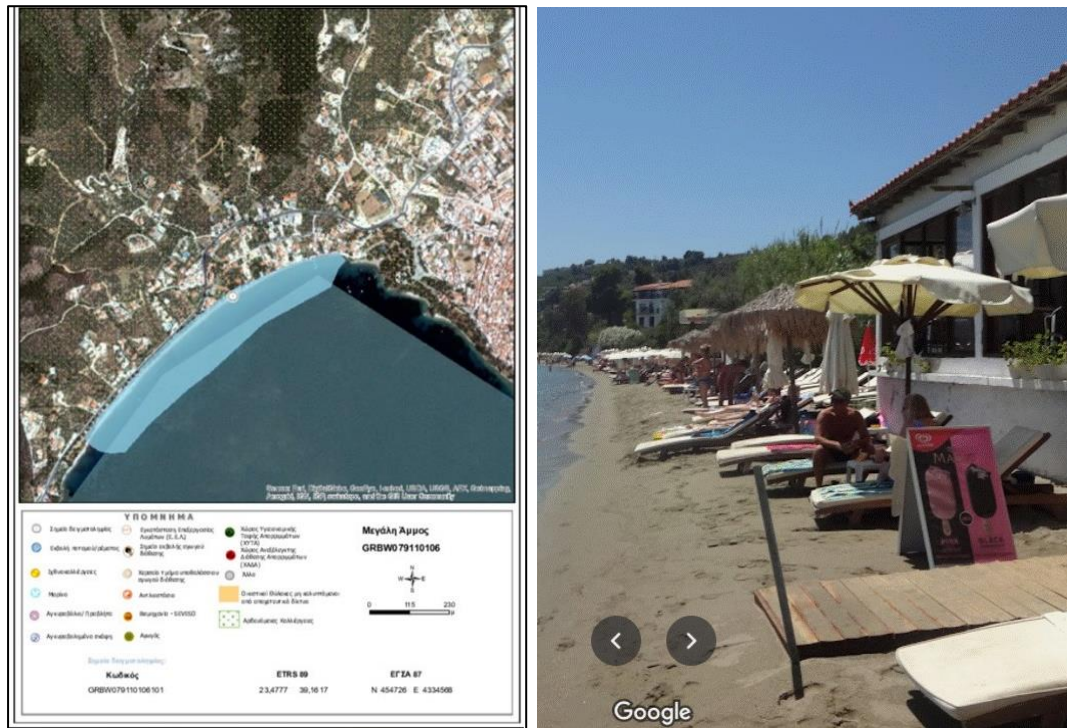


Εικ. ΠΙ.2: Κολυμβητική ακτή Αγ. Ελένη.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



Εικ. ΠΙ.5: Κολυμβητική ακτή Ψαρόχωμα (θέση ΔΕΗ).



Εικ. ΠΙ.6: Κολυμβητική ακτή Μεγάλη Αμμος.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



Εικ. ΠΙ.7: Κολυμβητική ακτή Τρούλλος.



Εικ. ΠΙ.8: Κολυμβητική ακτή Μάραθα.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



Εικ. ΠΙ.9: Κολυμβητική ακτή Αγ. Παρασκευή.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



Εικ. ΠΙ.10: Κολυμβητική ακτή Βρωμόλιμος.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

Πίνακας 26: Πρωτόκολλο Οικοσυστημικών Υπηρεσιών Ακτών Κολύμβησης βάσει του συστήματος ταξινόμησης CICES (Ιδία επεξεργασία)

Κατηγορίες	Υπο-κατηγορία	Ομάδα	Κλάση
Υπηρεσίες Παροχής	Παροχή τροφής & παραγωγή από υδατοκαλλιέργειες (ψάρια, οστρακοειδή, μαλάκια κ.ά.)	Αλιευτικές δραστηριότητες	Εκφορτώσεις (ton) / CPUE (ton)
	Παραγωγή αλατιού	Είδη από υδατοκαλλιέργειες	Συγκομιδή (ton/ha)
	Μετριασμός επιπτώσεων αποβλήτων, τοξικών υλικών και άλλων οχλήσεων	Παραγόμενο προϊόν	Συγκομιδή (ton/ha)
Υπηρεσίες Ρύθμισης/Διατήρησης	Έλεγχος της διάβρωσης του εδάφους	Φιλτράρισμα/δέσμευση/ αποθήκευση/συσσώρευση από οικοσυστήματα	Εναπόθεση βαρέων μετάλλων και επίμονων οργανικών ρυπαντών (ton/ha) Απόσταση απόρριψης αποβλήτων (km)
	Έλεγχος ποιότητας παράκτιων υδάτων	Ύπαρξη λιβαδιών Ποσειδωνίας	πυκνότητα εμφάνισης (kg/m ²) α) Ευρωπαϊκή Οδηγία β) Οδηγίες του Π.Ο.Υ γ) Εθνικά πρότυπα για την ποιότητα των υδάτων κολύμβησης
	Παραγωγή οξυγόνου	Βακτηριολογικοί δείκτες ποιότητας νερού (EU 2006)	α) Εναπόθεση βαρέων μετάλλων και επίμονων οργανικών ρυπαντών (ton/ha) β) Δείκτης Oxyrisk (Κίνδυνος Εξάντλησης Οξυγόνου)
Υπηρεσίες Ρύθμισης/Διατήρησης	Παροχή ενδιατημάτων για ζώα/φυτά	Χημική κατάσταση αλμυρών υδάτων	α) Αφθονία και πλούτος ανά ηλικία (ton/ha) β) Έκταση προστατευόμενων θαλάσσιων περιοχών (km ² /ha) γ) Περιοχές διαβίωσης γόνου (km ² /ha)
	Ανακύλωση θρεπτικών συστατικών	Διαδικασίες αποδόμησης, αποσάθρωσης και σταθεροποίησης	α) Χρόνος παραμονής/ανακύκλωσης υδάτων (months) β) Χρόνος παραμονής βάρους/ νερού (m ³ /yr)
	Φυσικές και εμπειρικές αλληλεπιδράσεις	Μορφές εναλλακτικού τουρισμού Θαλάσσια αθλήματα	Αριθμός συμμετεχόντων σε εναλλακτικές δραστηριότητες (καταδύσεις) (no.) Θαλάσσιες δραστηριότητες (no.)
Πολιτιστικές Υπηρεσίες	Φυσικές και εμπειρικές αλληλεπιδράσεις	Ποιότητα παρεχόμενων παράκτιων υπηρεσιών	Βαθμός οργάνωσης βάσει των απαιτήσεων των Μητρώων Ταυτότητας Ακτών Κολύμβησης
	Διανοητικές/πνευματικές/εμβληματικές αλληλεπιδράσεις	Δραστηριότητες Αναψυχής Καλλιτεχνική έμπνευση Ψυχική/πνευματική ανάταση	Ταξίδια και δράσεις αναψυχής (no./year)
		Εκπαίδευση / Έρευνα Γνωστικές / Αισθητικές / Συμβολικές αξίες	α) Επιστημονικές μελέτες (no.) β) Ντοκιμαντέρ, εκπαιδευτικές δημοσιεύσεις (no.) γ) Επισκέψεις επιστημονικού και καλλιτεχνικού ενδιαφέροντος (no.)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας 27: Αναλυτικά για όλες τις διατομές (ακτές) τα αποτελέσματα απώλειας οικοσυστημικών υπηρεσιών, ως % της έκτασης βάσει Corine 2018, και σε χιλ. € ανά κατηγορία και ανά σενάριο μακροχρόνιας ανόδου της ΜΣΘ.

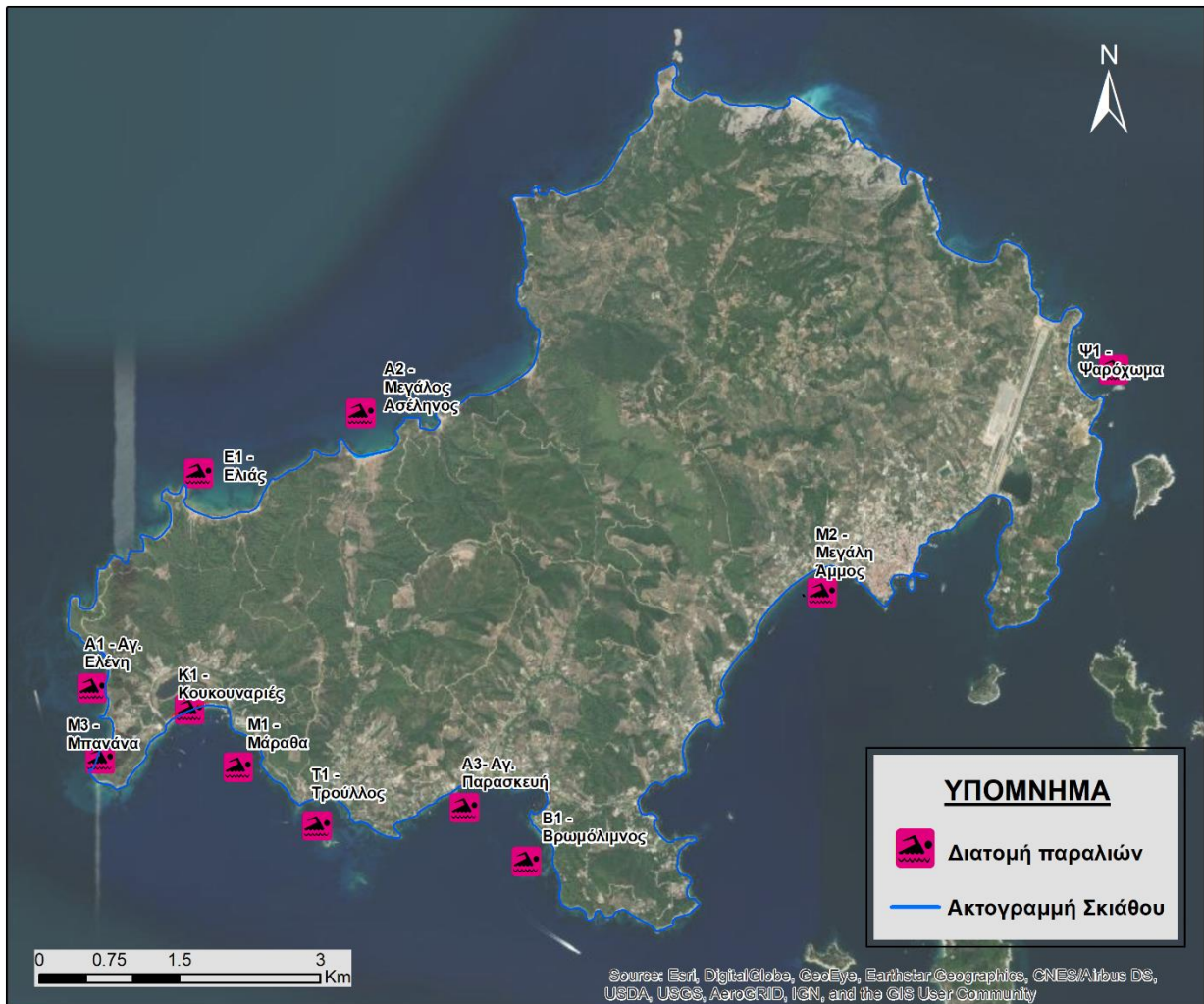
	Ακτές	Βρομόλιμος	Μάραθα	Κουκουναριές	Μεγάλη Άμμος	Μπανάνα	Αγ. Ελένη	Ελιάς	Ασέληνος	Αγ. Παρασκευή	Τρούλλος
τυπος βάσει CORINE 2018		242 (σύνθετες καλλιέργειες)	243 (γεωργική γη με φυσική βλάστηση)	312 (δάση κονωφόρων)	242 (σύνθετες καλλιέργειες)	243 (γεωργική γη με φυσική βλάστηση)	312 (δάση κονωφόρων)	311 (δάσος πλατύφυλλων) +312	243 (γεωργική γη με φυσική βλάστηση)	242 (σύνθετες καλλιέργειες)	242 (σύνθετες καλλιέργειες)
έκταση (Ha)		32.8	81.4	45.0	122.5	81.4	347.6	374.6	87.2	93.8	93.8
% απώλειας	SLR=0.3m	0.4%	0.1%	0.7%	0.2%	0.5%	0.1%	0.3%	0.7%	0.3%	0.5%
	SLR=0.5m	0.7%	0.2%	1.2%	0.3%	0.8%	0.2%	0.5%	1.1%	0.5%	0.8%
	SLR=0.7m	0.9%	0.3%	1.6%	0.5%	1.1%	0.3%	0.7%	1.5%	0.7%	1.1%
Απώλεια (χιλ. €) / Ρυθμιστικές & Διατήρησης	SLR=0.3m	33.2	8.3	58.1	16.6	41.5	8.3	24.9	58.1	24.9	41.5
	SLR=0.5m	58.1	16.6	99.6	24.9	66.4	16.6	41.5	91.3	41.5	66.4
	SLR=0.7m	74.7	24.9	132.8	41.5	91.3	24.9	58.1	124.5	58.1	91.3
Απώλεια (χιλ. €) / Πολιτισμικές	SLR=0.3m	11.2	2.8	19.6	5.6	14.0	2.8	8.4	19.6	8.4	14.0
	SLR=0.5m	19.6	5.6	33.6	8.4	22.4	5.6	14.0	30.8	14.0	22.4
	SLR=0.7m	25.2	8.4	44.8	14.0	30.8	8.4	19.6	42.0	19.6	30.8

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας 28: Αναλυτικά για όλες τις διατομές (ακτές) τα αποτελέσματα απώλειας οικοσυστημικών υπηρεσιών, ως % της έκτασης βάσει Corine 2018, και σε χιλ. € ανά κατηγορία και ανά σενάριο επεισοδιακής ΑΣΘ.

	Ακτές	Βρωμόλιμνος	Μάραθα	Κουκουναριές	Μεγάλη Άμμος	Μπανάνα	Αγ. Ελένη	Ελιάς	Ασέληνος	Αγ. Παρασκευή	Τρούλλος
τυπος βάσει CORINE 2018	242 (σύνθετες καλλιέργειες)	243 (γεωργική γη με φυσική βλάστηση)	312 (δάση κονοφόρων)	242 (σύνθετες καλλιέργειες)	243 (γεωργική γη με φυσική βλάστηση)	312 (δάση κονοφόρων)	311 (δάσος πλατύφυλλων) +312	243 (γεωργική γη με φυσική βλάστηση)	242 (σύνθετες καλλιέργειες)	242 (σύνθετες καλλιέργειες)	
έκταση (Ha)	32.8	81.4	45.0	122.5	81.4	347.6	374.6	87.2	93.8	93.8	
% απώλειας	ESL=1.2m	2.3%	0.4%	3.5%	1.0%	1.5%	0.3%	0.3%	0.7%	1.6%	1.0%
	ESL=1.35m	2.5%	0.4%	3.8%	1.1%	1.7%	0.3%	0.4%	0.8%	1.8%	1.2%
	ESL=1.5m	2.9%	0.5%	4.2%	1.2%	1.9%	0.4%	0.4%	0.9%	1.9%	1.3%
Απώλεια (χιλ. €) / Ρυθμιστικές & Διατήρησης	ESL=1.2m	190.9	33.2	291.3	83.0	124.5	24.9	24.9	58.1	132.8	83.0
	ESL=1.35m	207.5	33.2	317.1	91.3	141.1	24.9	33.2	66.4	149.4	99.6
	ESL=1.5m	240.7	41.5	346.9	99.6	157.7	33.2	33.2	74.7	157.7	107.9
Απώλεια (χιλ. €) / Πολιτισμικές	ESL=1.2m	64.4	11.2	98.3	28.0	42.0	8.4	8.4	19.6	44.8	28.0
	ESL=1.35m	70.0	11.2	107.0	30.8	47.6	8.4	11.2	22.4	50.4	33.6
	ESL=1.5m	81.2	14.0	117.0	33.6	53.2	11.2	11.2	25.2	53.2	36.4

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



Εικ. 50: Χάρτης διατομών παραλιών Σκιάθου (περιοχή μελέτης). B1 Βρωμόλιμος, M1 Μάραθα, K1 Κουκουναριές, M2 Μεγάλη Άμμος, M3 Μπανάνα, A1 Αγ. Ελένη, E1 Ελιάς, A2 Μεγάλος Ασέληνος, A3 Αγ. Παρασκευή, T1 Τρούλλος, Ψ1 Ψαρόχωμα



Εικ. 51: Ακτή Μεγάλη Άμμος. Η επεισοδιακή άνοδος της θαλάσσιας στάθμης θα επιφέρει σημαντικές φθορές στις υφιστάμενες υποδομές και στο τοίχιο αντιστήριξης τμήματος του 2οντος οδικού δικτύου (Υπόβαθρο: Word Imagery ArcGIS Map Service -WMS).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας 29: Αξία ετήσιων οικοσυστημικών υπηρεσιών στην παράκτια ζώνη, σε δις € (τιμές του 2018), και προβλεπόμενη (2050 και 2100) μεταβολή σε ποσοστό επί τοις εκατό των υπηρεσιών του 2018. Οι τιμές για το 2050 και το 2100 είναι οι μέσες προβλέψεις για τα σενάρια RCP4.5 και RCP8.5 (πρώτη σειρά) και (σε παρένθεση) οι τιμές και για τα δύο σενάρια εκπομπών με 90% διάστημα εμπιστοσύνης. Με χρώμα η ομάδα οικοσυστημικών υπηρεσιών που λήφθηκε υπόψη για τον υπολογισμό της συνολικής αξίας των εν λόγω υπηρεσιών στη Σκιάθο.

Type of ecosystem service	Value in 2018 (bn euro)	% lost by 2050	% lost by 2100
Regulating services	217.3	3.9–4.3 [2.4–8.5]	7.4–9.1 [5.4–14.8]
Air quality regulation	0.2	0.6–0.7 [0.4–1.4]	1.1–1.4 [0.8–2.4]
Climate regulation	19.2	0.5–0.6 [0.3–1.1]	0.9–1.2 [0.6–2.2]
Disturbance moderation	5.4	7.0–7.7 [4.4–15.0]	13.0–15.8 [9.6–24.7]
Water regulation	11.5	2.7–3.0 [1.7–5.7]	4.9–6.0 [3.6–9.1]
Erosion control	41.8	1.6–1.7 [0.9–4.1]	3.3–4.1 [2.3–7.8]
Soil formation	13.8	0.3 [0.1–0.6]	0.5–0.7 [0.3–1.4]
Nutrient cycling	2.8	3.5–3.9 [2.2–7.5]	6.3–7.7 [4.6–11.9]
Waste treatment	115.4	5.9–6.5 [3.7–12.7]	11.2–13.6 [8.2–21.9]
Pollination	1.2	0.4–0.5 [0.2–1.0]	0.8–1.0 [0.5–1.8]
Biological control	6.1	1.2–1.4 [0.7–2.6]	2.1–2.7 [1.5–4.5]
Habitat services	52.6	2.0–2.2 [1.2–4.3]	3.7–4.5 [2.7–7.4]
Nursery service and genetic diversity	52.6	2.0–2.2 [1.2–4.3]	3.7–4.5 [2.7–7.4]
Provisioning services	166.8	0.5–0.6 [0.3–1.2]	1.0–1.2 [0.7–2.2]
Food production	90.0	0.5 [0.3–1.1]	0.9–1.1 [0.6–2.1]
Water supply	17.3	0.7–0.8 [0.4–1.6]	1.3–1.7 [0.9–2.9]
Raw materials (incl. ornamental resources)	10.9	0.7–0.8 [0.4–1.6]	1.3–1.7 [0.9–3.0]
Genetic and medicinal resources	48.6	0.5 [0.3–1.0]	0.9–1.1 [0.6–2.0]
Cultural services	57.3	0.9–1.1 [0.5–2.0]	1.7–2.1 [1.2–3.5]
Recreation	52.9	0.8–0.9 [0.4–1.7]	1.4–1.8 [1.0–3.0]
Spiritual, aesthetic, and other cultural	4.4	2.8–3.1 [1.7–6.0]	5.0–6.1 [3.7–9.4]
Total	494.1	2.2–2.4 [1.4–4.8]	4.2–5.1 [3.0–8.5]