

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Τμήμα Γεωγραφίας

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

«Εφαρμοσμένη Γεωγραφία και Διαχείριση Του Χώρου»

Κατεύθυνση Γεωπληροφορικής

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΤΩΝ ΑΙΓΙΑΛΩΝ ΤΗΣ ΝΗΣΟΥ
ΣΑΜΟΥ ΑΠΟ ΤΟ 1945 ΕΩΣ ΣΗΜΕΡΑ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ**

Πτυχιακή εργασία της Παπαδογάμβρου Αγγελικής

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2014

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Τμήμα Γεωγραφίας

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

«Εφαρμοσμένη Γεωγραφία και Διαχείριση Του Χώρου»

Κατεύθυνση Γεωπληροφορικής

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΤΩΝ ΑΙΓΙΑΛΩΝ ΤΗΣ ΝΗΣΟΥ
ΣΑΜΟΥ ΑΠΟ ΤΟ 1945 ΕΩΣ ΣΗΜΕΡΑ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ**

Πτυχιακή εργασία της Παπαδογάμβρου Αγγελικής

Επιβλέπων Καθηγητής: Καρύμπαλης Ευθύμιος

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2014

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα.....	2
Ευρετήριο Εικόνων.....	4
Ευρετήριο Πινάκων.....	5
Ευρετήριο Διαγραμμάτων.....	5
Πρόλογος.....	6
Περίληψη.....	7
Abstract.....	7
Εισαγωγή	8
Κεφάλαιο 1 ^ο – Ορισμοί.....	11
1.2 Δημιουργία Παραλιών	11
1.3 Παράκτιες μορφές θαλάσσιας απόθεσης.....	15
1.3.1 Αιγιαλοί.....	15
1.3.2 Συγκεντρικές αμμόδεις και παράκτιες ζώνες (berms).....	16
1.3.3 Ακτόλιθοι (beach – rocks)	16
1.4 Μηχανισμοί λειτουργίας παραλιών	18
1.4.1 Καλοκαίρι	19
1.4.2 Χειμώνας.....	20
1.4.3 Κυματικές καταιγίδες.....	21
1.4.4 Σύγκριση καλοκαιρινού και χειμερινού προφίλ.....	23
Κεφάλαιο 2 ^ο – Διάβρωση των ακτογραμμών στην Ελλάδα.....	24
2.1 Το πρόβλημα	24
2.2 Μεταβολές της Στάθμης της Θάλασσας στην Μεσόγειο.....	25
2.3 Υφιστάμενη κατάσταση.....	26
2.4 Παράκτια διάβρωση.....	29
2.4.1 Παράγοντες που επιδρούν στην παράκτια διάβρωση.....	31
2.4.2 Υφιστάμενη Κατάσταση στις Ευρωπαϊκές Ακτές	34

Κεφάλαιο 3^ο – Φυσική γεωγραφία της περιοχής μελέτης.....	37
3.1 Γεωγραφική θέση της Σάμου.....	37
3.1.1 Γεωλογία της Σάμου.....	39
3.1.2 Κλιματικά στοιχεία της Σάμου.....	42
3.2 Γεωγραφική θέση της περιοχής μελέτης: Κοκκάρι.....	43
3.3 Γεωγραφική θέση της περιοχής μελέτης: Ποσειδώνιο.....	44
Κεφάλαιο 4^ο – Μεθοδολογία.....	45
4.1 Δημιουργία ψηφιακής βάσης δεδομένων σε περιβάλλον ΣΓΠ.....	45
4.2 Μεθοδολογία περίπτωσης μελέτης.....	46
Κεφάλαιο 5^ο – Περίπτωση μελέτης: Κοκκάρι και Ποσειδώνιο.....	48
5.1. Περίπτωση μελέτης: Κοκκάρι.....	49
5.2 Περίπτωση μελέτης: Ποσειδώνιο.....	57
Κεφάλαιο 6^ο – Συζήτηση – Συμπεράσματα.....	65
6.1 Διάβρωση των παραλιών της Σάμου.....	65
6.1.1 Ανθρωπογενείς παρεμβάσεις στις παραλίες της Σάμου.....	67
6.2 Αντιμετώπιση της Διάβρωσης των ακτών.....	68
Βιβλιογραφία.....	70
Πηγές από το Internet.....	72

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1: Μεταφορά ιζημάτων στους αιγιαλούς.....	14
Εικόνα 2: Πάγκοι Beach-Rocks.....	18
Εικόνα 3: Καλοκαιρινή μορφολογία της παραλίας	20
Εικόνα 4: Χειμερινή μορφολογία της παραλίας	21
Εικόνα 5: Σύγκριση ήπιου και έντονου κυματισμού	22
Εικόνα 6: Σύγκριση καλοκαιρινού και χειμερινού προφίλ παραλίας.....	23
Εικόνα 7: Μηχανισμός Μεταφοράς Ιζήματος	34
Εικόνα 8: Χάρτης της ΕΕ με τις διαβρωμένες ακτές	35
Εικόνα 9: Η Σάμος στον Ελλαδικό χώρο.....	38
Εικόνα 10: Χάρτης της Σάμου.....	39
Εικόνα 11. Γεωτεκτονικό σχήμα των Ελληνίδων ζωνών.....	40
Εικόνα 12. Χάρτης του χώρου της Αττικοκυκλαδικής ζώνης στον οποίο φαίνονται οι περιοχές εξάπλωσης των τριών τύπων μεταμόρφωσης.....	41
Εικόνα 13. Παραλία Κοκκάρι.....	43
Εικόνα 14. Παραλία Ποσειδώνιου.....	44
Εικόνα 15. Χάρτης μέσου σημαντικού ύψους κύματος για την θαλάσσια περιοχή που περιβάλλει την νήσο Σάμο.....	48
Εικόνα 16. Αεροφωτογραφία της περιοχής του Κοκκαρίου 1945.....	49
Εικόνα 17. Αεροφωτογραφία της περιοχής του Κοκκαρίου 1960.....	50
Εικόνα 18. Αεροφωτογραφία της περιοχής του Κοκκαρίου 1991.....	50
Εικόνα 19. Ακτογραμμή της περιοχής Κοκκάρι κατά τα έτη 1945 - 1960 – 1991.....	52
Εικόνα 20. Ακτογραμμή της περιοχής Κοκκάρι κατά τα έτη 1945 – 1960.....	53
Εικόνα 21. Ακτογραμμή της περιοχής Κοκκάρι κατά τα έτη 1960 – 1991.....	54
Εικόνα 22. Αεροφωτογραφία της περιοχής Ποσειδώνιο 1945.....	57
Εικόνα 23. Αεροφωτογραφία της περιοχής Ποσειδώνιο 1960.....	57
Εικόνα 24. Αεροφωτογραφία της περιοχής Ποσειδώνιο 1991.....	58
Εικόνα 25. ακτογραμμή της περιοχής Ποσειδώνιο κατά τα έτη 1945 - 1960 - 1991.....	59
Εικόνα 26. ακτογραμμή της περιοχής Ποσειδώνιο κατά τα έτη 1945 – 1960.....	60
Εικόνα 27. ακτογραμμή της περιοχής Ποσειδώνιο κατά τα έτη 1960 – 1991.....	61

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1: Ονοματολογία κόκκων ιζημάτων.....	32
Πίνακας 2: Διάβρωση Ελληνικών Νησιωτικών Περιοχών.....	36
Πίνακας 3. Τα κυριότερα μετεωρολογικά στοιχεία του μετεωρολογικού σταθμού της Σάμου.....	42
Πίνακας 4: Πίνακας παράμετρων του κυματικού καθεστώτος για βόρειο (Β), βόρειο-ανατολικό (ΒΑ), βόρειο-δυτικό (ΒΔ) και ανατολικό.....	67

Ευρετήριο Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1. Μέσος ρυθμός μεταβολής της περιοχής Κοκκάρι τα έτη 1945-1960.....	55
Διάγραμμα 2. Μέσος ρυθμός μεταβολής της περιοχής Κοκκάρι τα έτη 1960-1991.....	55
Διάγραμμα 3. Μέσος ρυθμός μεταβολής της περιοχής Ποσειδώνιου τα έτη 1960-1991.....	62
Διάγραμμα 4. Μέσος ρυθμός μεταβολής της περιοχής Ποσειδώνιου τα έτη 1960-1991.....	63

Πρόλογος

Για την ολοκλήρωση της διπλωματικής αυτής εργασίας με θέμα «Μελέτη της διάβρωσης των αιγιαλών της νήσου Σάμου από το 1945 έως σήμερα με τη χρήση των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών», θα ήθελα να ευχαριστήσω καταρχάς τον κύριο Ευθύμιο Καρύμπαλη ο οποίος ήταν ο επιβλέπων της εργασίας αυτής. Επίσης, ανεκτίμητη ήταν η βοήθεια των παρακάτω συναδέλφων και φίλων όπου χωρίς αυτούς, δεν θα μπορούσε να υλοποιηθεί.

Σημαντική ήταν η βοήθεια της Νικολέττας Πασπαλτζή για το υλικό που μου παραχώρησε για το νησί της Σάμου, καθώς επίσης ευχαριστώ την Αφροδίτη Στρίγκου και τον Νίκο Τσουλουχά για τη βοήθεια στη βιβλιογραφία και στη μεθοδολογία.

Περίληψη

Η Σάμος, είναι ελληνικό νησί του ανατολικού Αιγαίου, βρίσκεται ανατολικά του Ικάριου πελάγους, και ανήκει στον ομώνυμο νομό Σάμου. Η διπλωματική εργασία αυτή, έχει ως αντικείμενο τη μελέτη των παραγόντων που σχετίζονται με τη σημερινή εικόνα διάβρωσης της ευρύτερης περιοχής των ακτών της Σάμου και οι οποίοι συμπεριλαμβάνουν γεωμορφολογικά και ιζηματολογικά χαρακτηριστικά. Το φαινόμενο της διάβρωσης το οποίο είναι ιδιαίτερα έντονο τις τελευταίες δεκαετίες, αποδίδεται στη σχετική ανύψωση της θαλάσσιας στάθμης η οποία ενισχύοντας την κυματική δράση διευκολύνει την απομάκρυνση των ιζημάτων, ενώ παράλληλα οι διάφορες ανθρωπογενείς κατασκευές είτε εμποδίζουν την προσέλευση του χερσογενούς υλικού είτε συμβάλλουν στην απόπλυση της παραλιακής ζώνης. Η μελέτη αυτή, έγινε με βάση τα δεδομένα και των αεροφωτογραφιών που έχουμε συλλέξει στο χρονικό εύρος από το 1945 μέχρι και σήμερα.

Abstract

Samos, is Greek island of Eastern Aegean, it is found easterly the Ikarian seas, and belongs in the homonym prefecture Samos. This diplomatic work, has as object the study of factors that is related with the current picture of erosion of wider region of coasts of Samos and which includes geomorphologic and sedimentology characteristics.

The phenomenon of erosion which is particularly intense the last decades, is attributed in the relative elevation of marine level which increasing wave action facilitates the removal of sediments, while at the same time the various human manufactures prevent the attendance of chersogenous material or contribute in the washing of coastal area. This study, became with base of data and photomaps that we have collected in the time breadth from 1945 until today.

Εισαγωγή

Η Ελλάδα, είναι χώρα της Νοτιοανατολικής Ευρώπης, στο νοτιότερο άκρο της Βαλκανικής χερσονήσου, στην Ανατολική Μεσόγειο. Συνορεύει στα βορειοδυτικά με την Αλβανία, στα βόρεια με τη Βουλγαρία και την πρώην Γιουγκοσλαβική Δημοκρατία της Μακεδονίας (Π.Γ.Δ.Μ.) και στα βορειοανατολικά με την Τουρκία. Βρέχεται στα ανατολικά από το Αιγαίο Πέλαγος, στα δυτικά από το Ιόνιο και νότια από τη Μεσόγειο Θάλασσα. Έχει χερσαία έκταση περίπου 132.000 km² και είναι η χώρα με την πλέον εκτεταμένη ακτογραμμή μεταξύ των χωρών της Μεσογείου. Η χώρα μας, διαθέτει ακτογραμμή περίπου 16.000 χιλιομέτρων και πάνω από 2.500 νησιά εκ των οποίων τα 167 περίπου κατοικούνται, συμπεριλαμβανομένων της Κρήτης, των Δωδεκανήσων, των Κυκλάδων, των Επτανήσων και πολλών άλλων.(www.wikipedia.org)

Είναι κατανοητό λοιπόν πως οι παράκτιες περιοχές νησιωτικές και μη, έχουν αποκτήσει μεγάλο ενδιαφέρον για την χώρα μας καθώς η παράκτια ζώνη αποτελεί τμήμα του χώρου με αναπτυξιακές δυνατότητες . Η παράκτια ζώνη αποτελεί φυσικό πλουτοπαραγωγικό πόρο, αλλά και πόλο έλξης για ποικίλες δραστηριότητες. Ο τουρισμός και η αναψυχή στις παράκτιες περιοχές είναι μια πολύ μεγάλη οικονομική και όχι μόνο δραστηριότητα και ίσως αποτελεί το βασικότερο παράγοντα αλλαγών στην παράκτια ζώνη. Εξάλλου, λόγω του ιδιαίτερου χαρακτήρα που έχουν οι παράκτιες περιοχές και των πλεονεκτημάτων που αυτές προσφέρουν σε αναπτυξιακές δραστηριότητες και έργα κοινωνικό οικονομικού χαρακτήρα, είναι επόμενο να έχουν επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον. Η παράκτια ζώνη είναι ευάλωτη σε διάφορες φυσικές καταστροφές αλλά κυρίως από τις ανθρωπογενείς δράσεις.

Η παράκτια διάβρωση είναι μια από τις φυσικές διεργασίες που απειλούν τις παράκτιες περιοχές. Την δυναμική των ακτών καθορίζουν δυο κύριοι μηχανισμοί, ο μηχανισμός τροφοδοσίας των ακτών της περιοχής με φερτές ύλες και ο μηχανισμός διευθέτησης αυτών των ιζημάτων στις ακτές. Ο μηχανισμός διευθέτησης των φερτών υλών εξαρτάται από το ανεμολογικό/κυματικό καθεστώς της περιοχής. Ο μηχανισμός τροφοδοσίας εξαρτάται από το γεωλογικό υπόστρωμα της ευρύτερης περιοχής, από τη γεωμορφολογία, από το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής, από τη φυτοκάλυψη της.

Η μεταβολή στην μορφή και στην έκταση των παράκτιων περιοχών έχει ως συνέπεια την αλλαγή στο περιβάλλον και τον χώρο γενικότερα.

Ο παράκτιος χώρος είναι ιδιαίτερα ευαίσθητος και ευάλωτος, εφόσον είναι υποκείμενο πολλαπλών ανθρωπογενών παρεμβάσεων με όλες τις δυσμενείς επιπτώσεις που μπορεί αυτό να έχει στο γενικότερο περιβάλλον του.

Τα προβλήματα που αντιμετωπίζει ο παράκτιος χώρος από τη μία πλευρά δεν είναι συγκυριακής φύσης και από την άλλη, σε καμία περίπτωση δεν μπορούν να επιλυθούν χωρίς ουσιαστικές παρεμβάσεις, οι οποίες θα πρέπει να είναι συντονισμένες ώστε να είναι και αποτελεσματικές. Όλες αυτές οι διαπιστώσεις οδηγούν στην επιτακτική ανάγκη για λήψη μέτρων για να αντιμετωπιστούν τα διαρκώς διογκούμενα προβλήματα του παράκτιου χώρου.

Σκοπός της παρούσης εργασίας είναι η εξέταση της παράκτιας διάβρωσης στην Σάμο και συγκεκριμένα στους αιγιαλούς των περιοχών Κοκκαρίου και Ποσειδώνιου με τη διαχρονική παρατήρηση των μεταβολών της ακτογραμμής από το έτος 1945 μέχρι σήμερα, χρησιμοποιώντας αεροφωτογραφίες των ετών 1945, 1960 και 1991 και αξιοποιώντας τεχνικές του συστήματος γεωγραφικών πληροφοριών.

Η εργασία έχει την ακόλουθη δομή:

Στο πρώτο κεφάλαιο δίνονται οι ορισμοί του λιμένα, του αιγιαλού και άλλων ορολογιών σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία.

Στην συνέχεια περιγράφονται η μηχανισμοί απόθεσης ιζημάτων και όχι μόνο, στους αιγιαλούς και οι μηχανισμοί δημιουργίας και λειτουργίας των αιγιαλών τον χειμώνα και το καλοκαίρι.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται το πρόβλημα της παράκτιας διάβρωσης, αναλύοντας την υφιστάμενη κατάσταση σε Ελλάδα και Ευρώπη και παρουσιάζοντας αναλυτικά τους λόγους για τους οποίους εμφανίζεται η παράκτια διάβρωση.

Στο τρίτο κεφάλαιο διατυπώνεται η γεωγραφική θέση της περιοχής μελέτης, και αναλύονται τα γεωλογικά στοιχεία του νησιού.

Στο τέταρτο κεφάλαιο βρίσκεται η μεθοδολογία στην οποία αναλύονται τα βήματα και οι τεχνικές ανάλυσης των αεροφωτογραφιών κατά τα έτη 1945, 1960 και 1991. Επίσης, στο ίδιο κεφάλαιο, γίνεται η δημιουργία των πινάκων και των διαγραμμάτων για την αποτύπωση των αποτελεσμάτων είτε της προέλασης, είτε της υποχώρησης της ακτής του νησιού.

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται η παρουσίαση των αεροφωτογραφιών και των διαγραμμάτων σε πιο αναλυτικό επίπεδο και για τις συγκεκριμένες περιοχές όπου έγινε η ανάλυση.

Και τέλος, στο έκτο και τελευταίο κεφάλαιο, καταγράφονται τα συμπεράσματα και τα αποτελέσματα έπειτα από την ανάλυση των παραπάνω διαγραμμάτων. Στη συνέχεια γίνεται μια εισαγωγή στην παράκτια διάβρωση που εμφανίζουν οι αιγιαλοί της Σάμου και προτείνονται κάποιες λύσεις για την αντιμετώπιση του προβλήματος της παράκτιας διάβρωσης.

Κεφάλαιο 1^ο – Ορισμοί

1.1 Ορισμοί εννοιών του παράκτιου χώρου σύμφωνα με την νομοθεσία

Σύμφωνα με την πρόσφατη Ελληνική νομοθεσία και τον νόμο 2971 της 19.12.2001, ΦΕΚ 285 Α' που αφορά την παράκτια ζώνη, ορίζεται ως:

- «Αιγιαλός» είναι η ζώνη της ξηράς, που βρέχεται από τη θάλασσα από τις μεγαλύτερες και συνήθεις αναβάσεις των κυμάτων της.
- «Παραλία» είναι η ζώνη ξηράς που προστίθεται στον αιγιαλό, καθορίζεται δε σε πλάτος μέχρι και πενήντα (50) μέτρα από την οριογραμμή του αιγιαλού, προς εξυπηρέτηση της επικοινωνίας της ξηράς με τη θάλασσα και αντίστροφα.
- «Παλαιός αιγιαλός» είναι η ζώνη της ξηράς, που προέκυψε από τη μετακίνηση της ακτογραμμής προς τη θάλασσα, οφείλεται σε φυσικές προσχώσεις ή τεχνικά έργα και προσδιορίζεται από τη νέα γραμμή αιγιαλού και το όριο του παλαιότερα υφιστάμενου αιγιαλού.
- «Λιμένας» είναι ζώνη ξηράς και θάλασσας μαζί με έργα και εξοπλισμό, που επιτρέπουν κυρίως την υποδοχή κάθε είδους πλωτών μέσων και σκαφών αναψυχής, τη φορτοεκφόρτωση, αποθήκευση, παραλαβή και προώθηση των φορτίων τους, την εξυπηρέτηση επιβατών και οχημάτων και την ανάπτυξη επιχειρηματικών δραστηριοτήτων, που συνδέονται άμεσα ή έμμεσα με τις θαλάσσιες μεταφορές.
- «Λιμενικά έργα» είναι εκείνα, που εκτελούνται ολικώς ή μερικώς στον αιγιαλό, την όχθη, την παραλία ή την παρόχθια ζώνη, μέσα στη θάλασσα, στον πυθμένα της θάλασσας και στο υπέδαφος του βυθού, καθώς και εκείνα που επιφέρουν διαμόρφωση ή αλλοίωση των χώρων αυτών ή που προβλέπονται από τις διατάξεις περί Λιμενικών Ταμείων.

Έχει επικρατήσει όμως στην κοινή γνώμη και στην καθημερινότητα να ορίζουμε ως ακτογραμμή τη γραμμή εκείνη που συναντιούνται η θάλασσα με την ξηρά. Η ακτογραμμή αυτή δεν είναι σταθερή αλλά μεταβάλλεται από τη δράση του

κυματισμού που μεταβάλλει την θέση της ακτογραμμής και απο τις μεταβολές της μέσης στάθμης της θάλασσας αλλά και απο την διάβρωση και την απόθεση των ιζημάτων. Με την πάροδο του χρόνου οι ακτογραμμές διαβρώνονται απο την κυματική ενέργεια και ταυτόχρονα εμπλουτίζονται απο ίζημα το οποίο προέρχεται από τα υδρογραφικά δίκτυα.

Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να σχηματίζεται το σύστημα παραλίας – αιγιαλού – θάλασσας το οποίο αποκαλείται παραλία. (Φωτεινής 2012)

Εαν θέλαμε να δώσουμε τον ορισμό της παραλίας, θα λέγαμε πως παραλία είναι γεωμορφές που έχουν ομαλή κλίση και αποτελούνται απο ιζηματογενές υλικό το οποίο συνήθως είναι άμμος ή βότσαλα και παραμένουν σχετικά σταθερές σε βάθος χρόνου.

Οι παραλίες απορροφούν την κυματική ενέργεια και προστατεύουν την παράκτια ζώνη, ενώ παράλληλα χρησιμοποιούνται και ως χώροι αναψυχής που αποφέρουν σημαντικά οικονομικά οφέλη σε τοπικό και εθνικό επίπεδο.

1.2 Δημιουργία Παραλιών

Οι παραλίες αποτελούνται από υλικό (ιζήματα) το οποίο προέρχεται κυρίως απο τρεις πηγές:

- Αποσάθρωση των υπαρχόντων γεωλογικών σχηματισμών της ακτής.
- Αποσαθρωμένους βιολογικούς παράγοντες, όπως κομμάτια και θρύψαλα κελυφών θαλασσίων οργανισμών, κοράλλια κλπ.
- Διάβρωση γεωλογικών σχηματισμών της ενδοχώρας και μεταφοράς των προϊόντων της διάβρωσης από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, κλπ.

Το ίζημα κάθε παραλίας συνήθως διαφέρει από περιοχή σε περιοχή. Για την κατάταξη και ταξινόμηση του μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι παρακάτω ιδιότητες σύμφωνα και με το βιβλίο ιζηματολογίας που είναι διαθέσιμο στην ηλεκτρονική διεύθυνση (www.geo.auth.gr/647)

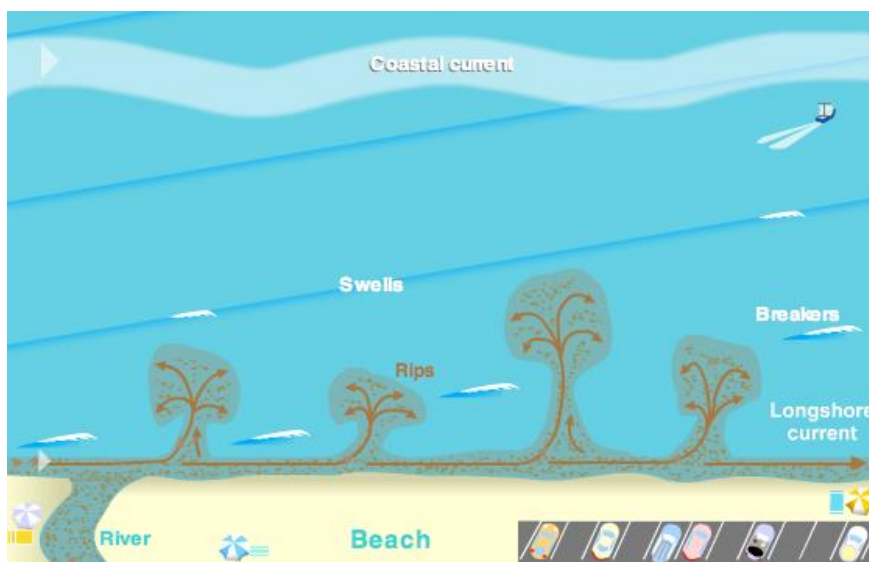
- Το μέγεθος φ (καθαρός αριθμός, χρησιμοποιείται κυρίως απο γεωλόγους).
- Η σύσταση, δηλαδή η κατανομή μεγέθους κόκκων ανά μονάδα βάρους.
- Το χαρακτηριστικό μέγεθος των κόκκων (mm).
- Η ειδική βαρύτητα.
- Το χρώμα.
- Η ταχύτητα καθίζησης.

Κάθε παραλία αποτελείται από ίζημα συγκεκριμένης σύστασης, τα χαρακτηριστικά των οποίων εξαρτώνται απο τους γεωλογικούς σχηματισμούς που βρίσκονται στην περιοχή (Coastal Engineer Manual (CEM), διαθέσιμο στο <http://chl.erdc.usace.army.mil/cemtoc>).

Αφού το ίζημα φτάσει στην παραλία, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του (διάμετρος, ειδικό βάρος κ.α.) και τις συνθήκες που επικρατούν (κύματα, ρεύματα, άνεμοι κ.α.) αυτό θα αποτεθεί σε διάφορα σημεία της. Ως αποτέλεσμα μπορεί να αποτεθεί στην παραλία και να αυξήσει το πλάτος της, να σχηματίσει αμμοθίνες, να αναπληρώσει χαμένο ίζημα ή μπορεί να παρασυρθεί μακριά απο την παραλία και να αποτεθεί σε περιοχή η οποία καλείται βαθιά νερά. Αυτή η περιοχή βρίσκεται μετά απο ένα συγκεκριμένο σημείο, το οποίο διαφέρει απο παραλία σε παραλία, και ονομάζεται κρίσιμο βάθος. Στην περιοχή αυτή, το ίζημα (άμμος) δεν μπορεί πλέον να μεταφερθεί πίσω στην παραλία, καθώς η δύναμη της βαρύτητας στο σημείο αυτό είναι μεγαλύτερη απο την δύναμη των ρευμάτων που επικρατούν στην παραλία. (Φωτεινής 2012)

Σύμφωνα με τον (Σπυρόπουλο 2010) όταν τα κύματα ταξιδεύουν προς την ακτή προωθούν και μια μικρή μάζα ύδατος προς αυτή. Το ρεύμα αυτό κινείται κατά μήκος των ακτών μεταξύ της ακτογραμμής από τη μια και της ζώνης θραύσης του κυματισμού από την άλλη, καλούνται δε «κατά μήκος της ακτής ρεύματα» ή επιμήκη παράκτια ρεύματα (longshore currents). Δρουν ως ένα είδος ποτάμιου ρεύματος που οριοθετείται από τη μια από την ακτογραμμή και από την άλλη από τη ζώνη θραύσης του κυματισμού. Η ταχύτητα ενός «κατά μήκος της ακτής κινούμενου ρεύματος» κυμαίνεται συνήθως από 10 έως 20cm/s μπορεί όμως να φτάσει με ένα δυνατό άνεμο και ταχύτητα των 100cm/s. Η συνέργεια κυματισμού με τα «επιμήκη παράκτια

ρεύματα» έχει ως αποτέλεσμα τη μετακίνηση των αμμοδών υλικών μιας παραλίας. Τα «επιμήκη παράκτια ρεύματα» λοιπόν συνεργούν στην παράκτια μετακίνηση των υλικών με τα οποία έχει τροφοδοτηθεί μια παραλία και συντελούν στη διαμόρφωση της ακτής αυτής.



Εικόνα 1: Μεταφορά ιζημάτων στις παραλίες

Πηγή: http://coastalchange.ucsd.edu/st3_basics/waves.html

Οι ακτές τροφοδοτούνται με ψαθυρά υλικά από τα κύματα αλλά όχι μόνο καθώς αυτή η εναπόθεση υλικών εξαρτάται από την γεωμορφολογία του παράκτιου χώρου, το υδρογραφικό δίκτυο, τις κλιματολογικές συνθήκες αλλά και την φυτοκάλυψη της περιοχής (Σπυρόπουλος, 2010).

Σύμφωνα με τους (Χρόνη και Αναγνώστου 1997) το γεωλογικό υπόβαθρο παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην μορφή και στην ισορροπία των ακτών.

Το γεωλογικό υπόβαθρο της ευρύτερης περιοχής είναι σημαντικό ως χώρος που τροφοδοτεί τις ακτές με υλικά που παράγονται με την διαδικασία της αποσάθρωσης και της διάβρωσης. Τα υλικά αυτά μπορούν να μεταφερθούν με τη δράση του υδρογραφικού δικτύου προς τις ακτές. Το υδρογραφικό δίκτυο αποτελεί το μεταφορικό μέσο που οδηγεί τις φερτές ύλες στις ακτές και εξαρτάται τόσο από το ανάγλυφο όσο και από τις υδρολογικές συνθήκες της περιοχής.

Η γεωμορφολογία χαρακτηρίζεται από τις υψομετρικές διαφορές της περιοχής αλλά και από το ανάγλυφο της. Ένα απότομο και πολυσχιδές ανάγλυφο μπορεί να

τροφοδοτήσει σε προϊόντα διάβρωσης γιατί τόσο η βαρύτητα που συντελεί στην πτώση και τον τεμαχισμό όγκων των πετρωμάτων όσο και κυρίως το υδρογραφικό δίκτυο με την έντονη ροή από τα υψηλότερα στα χαμηλότερα συντελούν στη σημαντική τροφοδοσία του παράκτιου χώρου με φερτά υλικά.

Από τις μετεωρολογικές παραμέτρους που καθορίζουν το κλίμα της περιοχής σημαντικές είναι οι βροχοπτώσεις και οι άνεμοι. Τόσο ο ρυθμός των βροχοπτώσεων όσο και η κατανομή τους στο χρόνο είναι καθοριστικές για την δυναμική του υδρογραφικού δικτύου. Αυξημένες βροχοπτώσεις αυξάνουν τις απορρέουσες μέσω του υδρογραφικού δικτύου υδάτινες μάζες και συνεπώς αυξάνουν και την ικανότητα μεταφοράς του σε φερτές ύλες (Χρόνης και Αναγνώστου 1997).

1.3 Παράκτιες μορφές θαλάσσιας απόθεσης

1.3.1 Αιγιαλοί

Οι αιγιαλοί δημιουργούνται από την απόθεση στερεών υλικών και ιζημάτων που μεταφέρονται στις παραλίες από τα κύματα, τις παλίρροιες και τα παράκτια ρεύματα. Ως αιγιαλός θεωρείται η μορφή που οφείλεται στην θαλάσσια απόθεση και αποτελείται από χαλαρά ιζήματα τα οποία βρίσκονται μεταξύ μιας ζώνης που ξεκινάει από την μέση χαμηλή στάθμη της θάλασσας και εκτείνεται ως εκεί που παρατηρείται μια αλλαγή στην μορφολογία ή βλάστηση προς την πλευρά της ξηράς (Καρύμπαλης 2004).

Το φάσμα του μεγέθους των υλικών του αιγιαλού, κυμαίνεται από ευμεγέθεις κροκάλες, χάλικες, άμμο, ιλύ και άργιλο έως λεπτόκοκκη άμμο. Ομως συχνά παρατηρείται μόνο ένα μέρος του φάσματος αυτού σε έναν αιγιαλό. Το 90% των θαλάσσιων ιζημάτων, προέρχονται από τη χερσαία διάβρωση. Επειδή οι αιγιαλοί αποτελούνται από χαλαρά υλικά, χαρακτηρίζονται από την ιδιότητα της προσαρμογής στις αλλαγές της κυματικής ενέργειας που προσπίπτει στην ακτή. Έτσι τα χερσαία υλικά υφίστανται τις θαλάσσιες διεργασίες και στη συνέχεια επανααποτίθενται. Ο αιγιαλός μπορεί να διατηρείται, δηλαδή να μην καταστρέφεται ποτέ, ακόμα και στις σκληρότερες συνθήκες κυμματισμού, χάρη σε μια δυναμική ισορροπία με το περιβάλλον, η οποία επιτυγχάνεται με την κινητικότητα των ιζημάτων του.

Η μορφή και η κλίση ενός αιγιαλού προσαρμόζεται ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των κυμάτων που τον πλήττουν (Pethic J 1984).

Σε αίθριες συνθήκες και κυρίως κατά τους καλοκαιρινούς μήνες η κλίση του αιγιαλού φτάνει μέχρι και τις 10° γιατί το νερό του κύματος που ταξιδεύει στην παραλία είναι ήπιο. Στην συνέχεια το νερό του κύματος επιστρέφει στην θάλασσα με την επίδραση της βαρύτητας σαν κυματισμός επιστροφής. Η ποσότητα ιζήματος που μεταφέρεται από το κύμα είναι μεγαλύτερη από αυτή που απομακρύνεται με το κύμα επιστροφής. Έτσι λοιπόν τα κύματα παίρνουν στερεό υλικό και ιζήματα από το κάτω μέρος του αιγιαλού και το αποθέτουν πιο πάνω κτίζοντας τον.

Τα κύματα του αίθριου καιρού ονομάζονται και κύματα εποικοδόμησης. Συνήθως στο πάνω μέρος του αιγιαλού που σηματοδοτεί το όριο του παφλασμού του κύματος υπάρχει μια berm.

Όταν οι καιρικές συνθήκες είναι πιο βίαιες, η κυματική ενέργεια είναι υψηλή και οι αιγιαλοί αποκτούν μια πιο ήπια κλίση (περίπου $0,50$), γιατί ο παφλασμός αλληλεπιδρά με το κύμα επιστροφής. Δηλαδή το προσπίπτον κύμα προλαμβάνει αυτό που αποχωρεί. Συνεπώς αυτό μειώνει την ικανότητα του παφλασμού να μεταφέρει το ίζημα οδηγώντας σε καθαρή μεταφορά ιζήματος από το πάνω μέρος του αιγιαλού στη θάλασσα. Πρόκειται για το χειμερινό προφίλ ή αλλιώς το προφίλ καταιγίδας που παίρνει ο αιγιαλός. (Καρύμπαλης Ε 2004)

1.3.2 Συγκεντρικές αμμώδεις και παράκτιες ζώνες (berms)

Σύμφωνα με τον (Καρύμπαλη 2004), τα berms ή αλλιώς οι συγκεντρικές αμμώδεις και παράκτιες ζώνες είναι επιμήκεις τοξοειδούς μορφής ζώνες που αναπτύσσονται κατά μήκος της ακτογραμμής και αποτελούνται από κροκάλες, άμμους όλων των κοκκομετρικών διαβαθμίσεων και άλλα μικροθραύσματα της παράκτιας περιοχής. Αποτελούν το ανώτερο, το μέσο και το κατώτερο σημείο των δυναμικών και κινητικών διεργασιών επάνω στην ακτή σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο κατά τη διάρκεια της οποίας τα χαρακτηριστικά στοιχεία του κυματισμού (ενέργεια, ύψος και μήκος κύματος) παραμένουν αμετάβλητα. Κάθε φορά που μεταβάλλεται η ενέργεια των κυμάτων, σχηματίζεται μια νέα berm και πιθανόν καταστρέφεται μια παλιά.

Επομένως η δημιουργία, η θέση και ο αριθμός των berms βρίσκεται σε άμεση σχέση με τις μεταβολές της ενέργειας των κυμάτων. Σε μια σειρά berm η ανώτερη βρίσκεται στο ψηλότερο σημείο και ο σχηματισμός της προϋποθέτει αρκετά μεγάλη ενεργειακή δράση του κύματος ενώ η μεσαία απαιτεί μικρότερη. Σε ότι αναφορά την κοκκομετρική διαβάθμιση του υλικού αυτό γίνεται περισσότερο χονδρόκοκκο όσο ανεβαίνουμε προς την ανώτερη berm ενώ προς τη θάλασσα γίνεται προοδευτικά λεπτόκοκκο.

1.3.3 Ακτόλιθοι (beach – rocks)

Οι ακτόλιθοι (beach-rocks) είναι μορφές θαλάσσιας απόθεσης και αποτελούν χαρακτηριστικές μορφές πάγκων που εμφανίζονται κατά μήκος της παραλίας και έχουν μια μικρή κλίση προς την θάλασσα της τάξης των 15 μοιρών (Καρύμπαλης 2004). Τα υλικά που αποτελούν τα beach-rocks προέρχονται από τις αποθέσεις του αιγιαλού που στην συνέχεια συνεκτικοποιήθηκαν. Τα beach-rocks που συναντάμε σήμερα στις παραλίες δεν είναι από υλικά του σήμερα αλλά από παλιές αποθέσεις υλικών.

Τα beach-rocks είναι συνεκτικά, η αντοχή τους κυμαίνεται και είναι ψαμμιτικά κυρίως πετρώματα που αποτελούνται από υλικά διαφόρων διαστάσεων (άμμοι, κροκάλες, τρόχμαλοι, σπασμένα αρχαιολογικά όστρακα), τα οποία έχουν συγκολληθεί μεταξύ τους με ανθρακικό ασβέστιο ως συνδετικό υλικό που εμφανίζεται είτε σαν αραγωνίτης είτε σαν ασβεστίτης. Έχει αποδειχτεί πως η συγκολλητική ύλη είναι το ανθρακικό ασβέστιο ανεξάρτητα από την ύλη από την οποία αποτελούνται τα beach rocks.

Επίσης, σχηματίζονται στη μεσοπαλιρροιακή ζώνη και το πάχος τους συνήθως είναι 40-50cm, ενώ το μήκος τους ανέρχεται από μερικά μέτρα έως μερικά χιλιόμετρα. Τα beach-rocks είναι νεώτατοι γεωλογικοί σχηματισμοί και αυτό φαίνεται από τα αρχαιολογικά όστρακα που περί έχουν, όπως νομίσματα θραύσματα αγγείων και λοιπά, και έτσι αποτελούν τους καλύτερους δείκτες για τις γραμμές των αμμωδών ακτών όπως εξελίσσονται κατά τα τελευταία 6000 χρόνια.

Λόγω επίκλυσης της θάλασσας, οι ακτές υποχωρούν και νέα beach-rocks σχηματίζονται πριν από τα προϋπάρχοντα, προς την πλευρά της ξηράς. Τα

παλαιότερα τώρα beach-rocks κατακλύζονται από τη θάλασσα και τα παρατηρούμε πια υποθαλάσσια. (Καρύμπαλης,2004)



Εικόνα 2: Πάγκοι Beach-Rocks (Στεργίου 2008)

1.4 Μηχανισμοί λειτουργίας παραλιών

Μια παραλία είναι ένα ενεργό σύστημα μέσα στο οποίο συμβαίνει μεταφορά μάζας όπως είναι η άμμος και άλλα ιζήματα σε εποχιακή βάση. Για παράδειγμα, το χειμώνα που τα καιρικά φαινόμενα όπως η κυματική και η αιολική ενέργεια είναι εντονότερα η παραλία δέχεται μεγαλύτερη ποσότητα ενέργειας και μάζας σε σχέση με το καλοκαίρι. Η μεγαλύτερη αυτή ενέργεια του χειμώνα που δέχεται η παραλία προκαλεί εντονότερη διάβρωση της παραλίας. Η κλίση και το πλάτος της παραλίας λοιπόν παρουσιάζει εποχιακή διακύμανση. Την εποχιακή διακύμανση θα την αναλύσουμε παρακάτω πιο αναλυτικά.

1.4.1 Καλοκαίρι

Σύμφωνα με τον (Φωτείνη 2012) το καλοκαίρι η παραλία δέχεται λιγότερη κυματική ενέργεια σε σχέση με τον χειμώνα. Τα κύματα που παράγονται χωρίζονται σε 2 κατηγορίες:

- Τα ανεμογενή κύματα και
- Τα βουβά κύματα

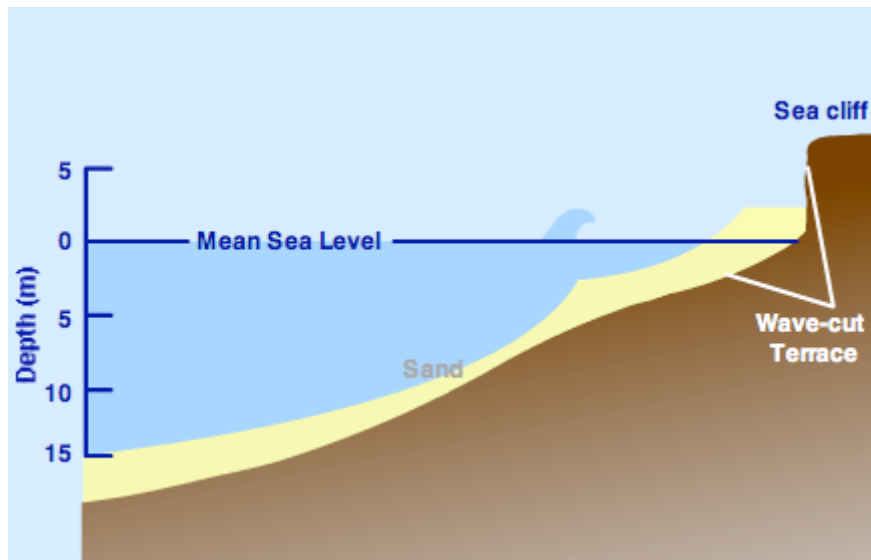
Τα ανεμογενή κύματα όπως μαρτυράει και η ονομασία τους παράγονται από τον άνεμο και παράγονται κοντά στην παραλία ενώ τα βουβά κύματα ή ρέστια παράγονται μακριά από την παραλία και παράγονται εξαιτίας των καιρικών φαινομένων όπως έντονες θαλασσοταραχές, καταιγίδες κτλ.

Οι κυματισμοί που δημιουργούνται διασπείρονται μέσα στην θάλασσα και έτσι όταν αυτά φτάσουν στην παραλία έχουν διαχωριστεί σε ομάδες με κοντή περίοδο. Για αυτό τον λόγο τα βουβά κύματα είναι πιο ομοιόμορφα και έχουν ηπιότερα χαρακτηριστικά από τα ανεμογενή κύματα.

Το καλοκαίρι οι άνεμοι που πνέουν στην ευρύτερη περιοχή της Σάμου και του Βορείου Αιγαίου είναι ήπιοι και έχουν πολύ μικρή ένταση σε σχέση με τον χειμώνα. Έτσι επικρατούν τα βουβά κύματα τα οποία παρασέρνουν ιζήματα από τον θαλάσσιο χώρο που βρίσκεται κοντά στην παραλία πριν από το κρίσιμο βάθος και το εναποθέτουν στην στεριά.

Με αυτό τον μηχανισμό η παραλία αποκτά μεγαλύτερο πλάτος και ηπιότερες κλίσεις σε σχέση με τον χειμώνα.

Σύμφωνα με το Ινστιτούτο Ωκεανογραφίας το προφίλ μιας παραλίας το καλοκαίρι είναι αυτό που φαίνεται στην εικόνα 3 (βλ. εικόνα 3 σελ.20)

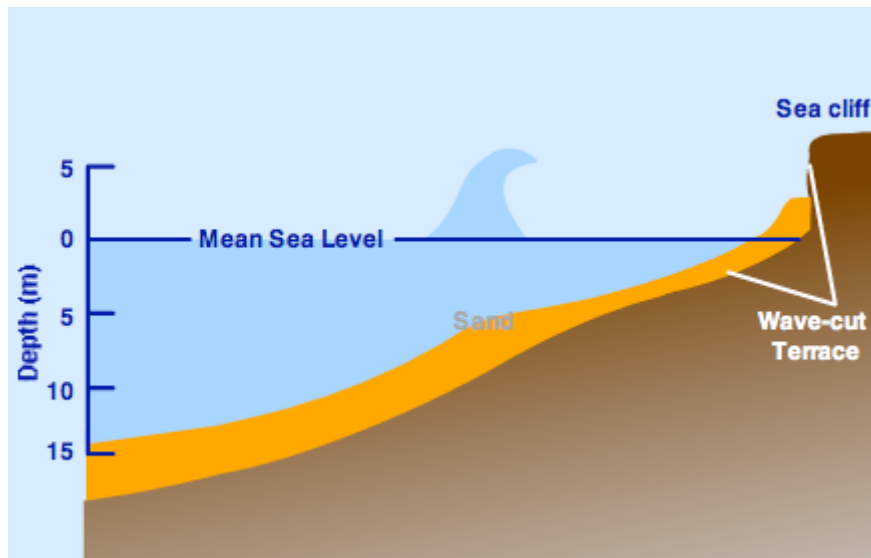


Εικόνα 3: Καλοκαιρινή μορφολογία παραλίας

Πηγή: http://coastalchange.ucsd.edu/st3_basics/waves.html

1.4.2 Χειμώνας

Το χειμώνα, η παραλία δέχεται και ανεμογενή κύματα. Τα ανεμογενή κύματα, είναι ανομοιόμορφα και ψηλά. Έτσι η παραλία πλημμυρίζει και παρασέρνει μεγάλες ποσότητες ιζήματος. Αυτές οι ποσότητες οδηγούνται στη θάλασσα, όπου και κατακάθονται και δημιουργούν έναν ή περισσότερους αναβαθμούς. Αυτοί οι αναβαθμοί βρίσκονται πριν από την περιοχή βαθιών νερών και «μεταφράζονται» από τα κύματα ως απότομες αλλαγές του βάθους του πυθμένα. Τα κύματα, αν συναντήσουν κάποιον αναβαθμό ο οποίος βρίσκεται σε μικρό βάθος σε σχέση με το ύψος κύματος θραύονται, (ένας γενικός κανόνας είναι ότι η θραύση συμβαίνει όταν το ύψος κύματος προς το βάθος είναι περίπου 0,78 δηλ. όταν $H/d \sim 0,78$) και «απελευθερώνουν» μεγάλο μέρος της ενέργειάς τους. Έτσι εξαιτίας της ύπαρξης αναβαθμών, η ενέργεια που δέχεται στην παραλία είναι πολύ μικρότερη από την ενέργεια που είχε το κύμα πριν τον αναβαθμό. Με τον τρόπο αυτό τα κύματα πλέον δεν πλημμυρίζουν την παραλία και η περαιτέρω διάβρωση αποτρέπεται (Φωτεινής 2012).



Εικόνα 4: Χειμερινή μορφολογία της παραλίας

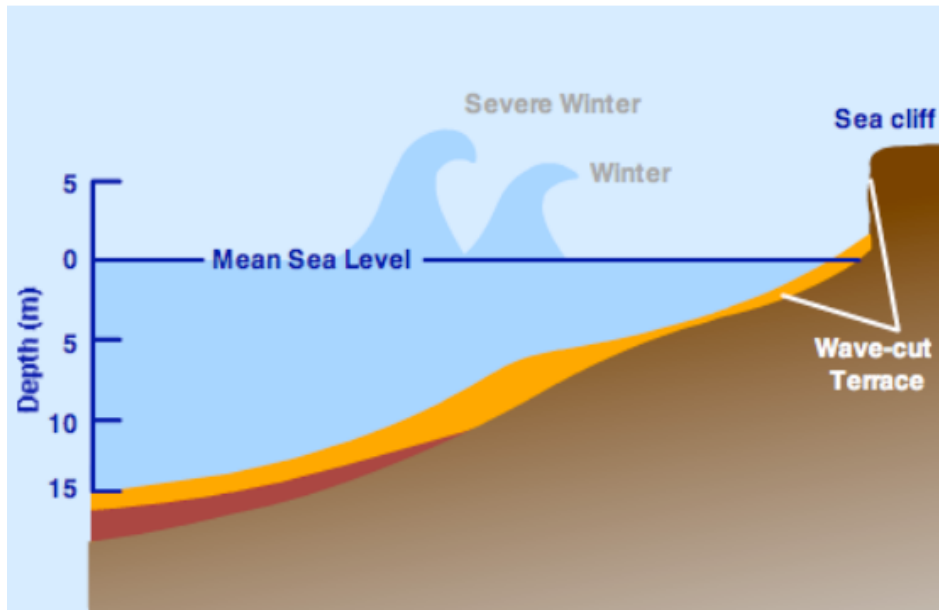
Πηγή: http://coastalchange.ucsd.edu/st3_basics/waves.html

1.4.3 Κυματικές καταγίδες

Την χειμερινή περίοδο λαμβάνουν χώρα και πολλές κυματικές καταγίδες στην διάρκεια των οποίων τα ιζήματα μεταφέρονται μετά τους αναβαθμούς και εναποτίθενται σε περιοχές μεγάλων βαθών όπου δεν μπορούν να ξαναγυρίσουν στην παραλία κατά την καλοκαιρινή περίοδο.

Αυτός ο μηχανισμός προκαλεί την φυσική διάβρωση σε μια παραλία η οποία δεν είναι κάθε χειμώνα ίδια αλλά εξαρτάται από την ένταση των καιρικών φαινομένων. Μια παραλία μπορεί να διαβρωθεί και από ανθρωπογενείς παράγοντες. Οι ανθρωπογενείς παράγοντες και οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες μπορούν να προκαλέσουν εκτεταμένη διάβρωση. Σε μια τέτοια περίπτωση δεν μπορούν να δημιουργηθούν αναβαθμοί με αποτέλεσμα τα κύματα που φτάνουν στην παραλία να μην υπόκεινται θραύση και έτσι να μεταφέρεται ολοκληρή η ενέργεια στην παραλία με αποτέλεσμα την μεγαλύτερη διάβρωση αυτής.

Σύμφωνα με το ινστιτούτο Ωκεανογραφίας, στην εικόνα 5 παρουσιάζεται μια σύγκριση μεταξύ του κυματισμού μεταξύ ενός έντονου κυματισμού και ενός ήπιου κυματισμού.



Εικόνα 5: Σύγκριση ήπιου και έντονου κυματισμού

Πηγή: http://coastalchange.ucsd.edu/st3_basics/waves.html

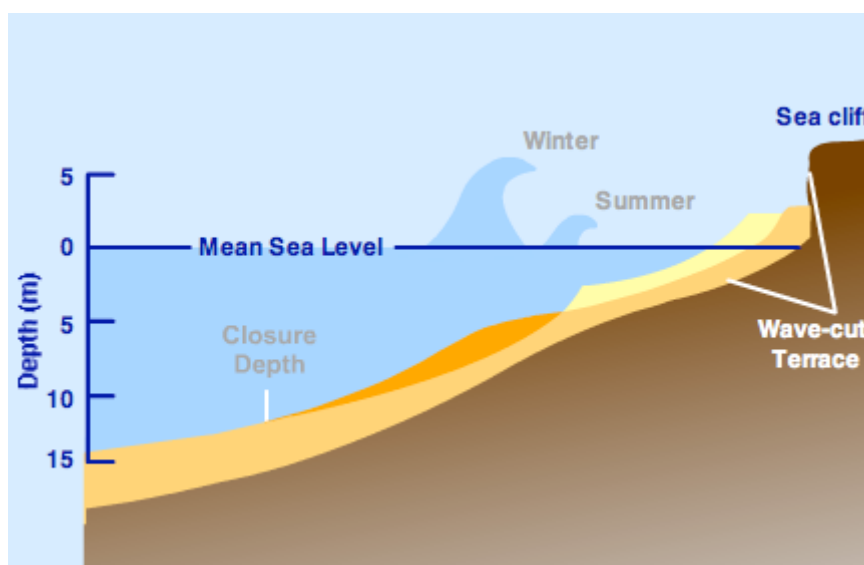
Όταν οι απώλειες ιζήματος αντισταθμίζονται από φυσικούς παράγοντες και ο μηχανισμός που περιγράφηκε παραπάνω (δημιουργία αναβαθμών) λειτουργεί φυσιολογικά, και η παραλία βρίσκεται σε ισορροπία (equilibrium beach profile) και δεν αναμένεται να παρουσιάσει διάβρωση. Σε αντίθεση όταν υπάρχουν ανθρωπογενείς παρεμβάσεις στην παράκτια ζώνη, τότε η παραλία είναι πιθανόν να δεχτεί μεγαλύτερη κυματική ενέργεια, εξαιτίας διαφόρων παραγόντων που θα εξεταστούν παρακάτω, από αυτήν που δύναται να αφομοιώσει και έτσι είναι πιθανόν να παρουσιαστεί διάβρωση.

Ανθρωπογενείς παρεμβάσεις όπως είναι οι κατασκευές παράκτιων έργων, χωρίς τις κατάλληλες ακτομηχανικές μελέτες, οι αμμοληψίες από παραλίες, τον αιγιαλό και από ποτάμια, η καταστροφή των αμμοθινών, η κατασκευή δρόμων ή κτηρίων πάνω στον αιγιαλό, μπορεί να αλλάξουν τις τοπικές ανεμολογικές και κυματικές συνθήκες και τα θαλάσσια ρεύματα. Αυτές οι επεμβάσεις μπορεί να μειώσουν το ενεργό πλάτος της παραλίας, μειώνοντας έτσι το ύψος του χειμερινού αναβαθμού με τελικό αποτέλεσμα να παρουσιαστεί διάβρωση στην παραλία. (Φωτεινής 2012)

1.4.4 Σύγκριση καλοκαιρινού και χειμερινού προφίλ

Το πλάτος της παραλίας τον χειμώνα είναι μικρότερο σε σχέση με αυτό του καλοκαιριού αφού ένα μεγάλο μέρος της παραλίας εξαιτίας των έντονων κυματικών καταγίδων έχει μετακινηθεί στην θάλασσα δημιουργώντας έναν ή περισσότερους αναβαθμούς.

Το καλοκαίρι που επικρατούν τα βουβά κύματα και επικρατεί ηρεμία στην θάλασσα τα ιζήματα επιστρέφουν στην παραλία και αυξάνεται το πλάτος της παραλίας. Στην εικόνα 6 φαίνεται η σύγκριση του χειμερινού με το καλοκαιρινό προφίλ, ενώ παρουσιάζεται σχηματικά ένας αναβαθμός, ο οποίος εμφανίζεται με καφέ χρώμα. Με ανοικτό κίτρινο παρουσιάζεται το ίζημα του αναβαθμού, το οποίο έχει επιστρέψει πίσω στην στεριά και έχει μεγαλώσει το πλάτος της. (Coastal Engineer Manual (CEM) <http://chl.erdc.usace.army.mil/cemtoc>)



Εικόνα 6: Σύγκριση καλοκαιρινού και χειμερινού προφίλ παραλίας

Πηγή: http://coastalchange.ucsd.edu/st3_basics/waves.html

Κεφάλαιο 2^ο – Διάβρωση των ακτογραμμών στην Ελλάδα

2.1 Το πρόβλημα

Οι ακτογραμμές της Ελλάδας, έχουν αρχίσει να διαβρώνονται με αυξανόμενο και ανησυχητικό ρυθμό τα τελευταία 20 χρόνια. Κύριοι παράγοντες της διάβρωσης των ακτογραμμών είναι οι ανθρωπογενείς παράγοντες και οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

Η διάβρωση των ακτογραμμών είναι αναμενόμενη, καθώς ο πλανήτης διανύει μία μεσοπαγετώδη περίοδο, ενώ τον προηγούμενο αιώνα η ετήσια άνοδος της Μέσης Στάθμης Θαλάσσης (ΜΣΘ) ήταν 1,8 mm. Όμως ο ρυθμός ανόδου της ΜΣΘ επιταχύνεται από το φαινόμενο του θερμοκηπίου έτσι επιταχύνεται και ο ρυθμός διάβρωσης πολλών ακτογραμμών.

Όσον αφορά τη περιοχή μελέτης της παρούσας εργασίας η οποία είναι η Σάμος, η έντονη διάβρωση που παρατηρείται στην ακτογραμμή του εν λόγω νησιού τις τελευταίες δεκαετίες δεν δικαιολογείται από την άνοδο της ΜΣΘ, αλλά από άλλους ανθρωπογενείς παράγοντες όπως:

- Ο κακός σχεδιασμός και οι παράκτιες κατασκευές που οδηγούν σε διάθλαση, ανάκλαση των κυματισμών, διακοπή ιζηματομεταφοράς κ.α
- Οι έντονες αμμοληψίες από τις ακτές
- Η κατασκευή έργων υποδομής κοντά ή πάνω στην ακτογραμμή, όπως οδικοί άξονες (τα οποία είτε καταστρέφουν είτε επηρεάζουν αρνητικά το ευαίσθητο σύστημα τους. Η κατασκευή οικημάτων και ξενοδοχειακών μονάδων πάνω στον αιγιαλό ή σε μικρή απόσταση από την ακτή (μείωση του ενεργού πλάτους της παραλίας).

Το πρόβλημα γίνεται εντονότερο από την έλλειψη μιας ενοποιημένης αρχής διαχείρισης της παράκτιας ζώνης, όχι μόνο της Σάμου αλλά και των υπόλοιπων ακτογραμμών της Ελλάδος.

Σε πολλές Ευρωπαϊκές χώρες υπάρχει μια αρχή που είναι η αποκλειστικά υπεύθυνη για την διαχείριση, αξιολόγηση και τον έλεγχο των παράκτιων ζωνών.

Αυτή η έλλειψη, μιας ενιαίας και αποκλειστικά υπεύθυνης αρχής, έχει ως αποτέλεσμα είτε την αδυναμία κατασκευής αναγκαίων έργων ή εμπλουτισμού

παραλιών λόγω γραφειοκρατίας είτε τον κακό ή ελλειπή σχεδιασμό των παράκτιων έργων, όταν αυτά εκτελούνται.

2.2 Μεταβολές της Στάθμης της Θάλασσας στην Μεσόγειο

Οι ευστατικές μεταβολές της στάθμης της θάλασσας διαδραματίζουν έναν ιδιαίτερα καθοριστικό ρόλο στην δημιουργία παράκτιων γεωμορφών και παίζουν σημαντικό ρόλο στην διάβρωση των ακτών.

Στην αρχή της περιόδου του Ολόκαινου ξεκίνησε μια καινούρια μεσοπαγετώδης περίοδος αποτέλεσμα της οποίας ήταν και είναι οι μεταβολές της στάθμης της θάλασσας στην περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου.

Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία, τα τελευταία 18.000 χρόνια, η στάθμη της θάλασσας μεταβλήθηκε περισσότερο από 100m, πράγμα το οποίο είχε σημαντικές επιδράσεις στις ακτές. Περίπου 120m τα τελευταία 18.000 έτη με την υποχώρηση των παγετώνων συνέβη στην αρχή μια ανύψωση της θαλάσσιας στάθμης με ρυθμό περίπου 1 cm/χρόνο. Ο ρυθμός αυτός διατηρήθηκε μέχρι περίπου 6.000 ως 7.000 χρόνια πριν από σήμερα. Στη συνέχεια ο ρυθμός ανύψωσης της θαλάσσιας στάθμης επιβραδύνθηκε και έφτασε σύμφωνα με ορισμένους ερευνητές τα 2mm/χρόνο.

Χρονολογώντας βυθισμένα στρώματα τύρφης, σχηματισμούς beachrocks, και απολιθωμένους οργανισμούς της μεσοπαλιρροιακής ζώνης, μπορεί να επιτευχθεί ο προσδιορισμός της ηλικίας των μεταβολών της στάθμης της θάλασσας. Οι χρονολογήσεις όμως αυτές, αναφέρονται φυσικά σε μια ορισμένη περιοχή δεν οφείλονται οι παρατηρούμενες στάθμες της θάλασσας μόνο σε ευστατισμό, αλλά επηρεάζονται και από τεκτονικές κινήσεις.

Ειδικότερα η ανύψωση της στάθμης της θάλασσας κατά τις τελευταίες χιλιετηρίδες είναι σημαντική για την ανάπτυξη και διαμόρφωση των σημερινών ακτών. Στην περίπτωση που οι ακτές αποτελούνται από ανθεκτικά πετρώματα (μάρμαρα, γρανίτες), η προέλαση της θάλασσας έχει σαν αποτέλεσμα να κατακλύζεται το προϋπάρχον ανάγλυφο (ακτές RIA). Αντίθετα στην περίπτωση που η παράκτια ζώνη αποτελείται από χαλαρούς σχηματισμούς (Τεταρτογενείς αποθέσεις, μάργες), τότε με την προέλαση της θάλασσας, οι ακτές οπισθοχωρούν διαβρούμενες,

σχηματίζοντας υψηλούς κρημνούς. Υπάρχουν ερευνητές οι οποίοι υποστηρίζουν ότι η στάθμη της θάλασσας σταθεροποιήθηκε πριν από 3.600 χρόνια (Godwin H, ed 1958), ενώ άλλοι υποστηρίζουν ότι η στάθμη της έχει ξεπεράσει τη σημερινή, κατά τη διάρκεια του Ολόκαινου.

Σύμφωνα με τον (Mörner 1973) η υψηλότερη στάθμη της θάλασσας σε σχέση με σήμερα σημειώθηκε το 3000 π.χ. Γενικά, τόσο στη δυτική Μεσόγειο, όσο και στην ανατολική, έχει διαπιστωθεί ότι γύρω στο 4.000 π.Χ. με 5.000 π.Χ. έχουμε το μέγιστο της στάθμης της θάλασσας ως προς τη σημερινή, δηλαδή +2m.

Σχετικά με τις σύγχρονες μεταβολές της στάθμης της θάλασσας, έχουμε να παρατηρήσουμε ότι τα τελευταία 200 με 3000 χρόνια, αναφέρονται σημαντικές αυξομειώσεις αυτής, λόγω ευστατισμού. Κατά τον (Goudie A. 1983), στη διάρκεια του προηγούμενου αιώνα συνέβη μια μέση ανύψωση της στάθμης της θάλασσας λόγω ευστατισμού, της τάξης των 0,25mm το χρόνο. Στις σύγχρονες μεταβολές της στάθμης τη θάλασσας, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη και ο παλιρροιακός κύκλος, ο οποίος δίνει ένα μέγιστο κάθε 18,3 χρόνια, με αντίστοιχες συνέπειες στο παλιρροιακό εύρος και στη διάβρωση των ακτών. Στη γεωμορφολογία όμως, όταν μελετάμε μία παράκτια περιοχή δεν μας ενδιαφέρει μόνο η μεταβολή της στάθμης της θάλασσας λόγω ευστατισμού, αλλά η σχετική μεταβολή ακτής στη συγκεκριμένη περιοχή.

Τρεις κυρίως παράγοντες που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους καθορίζουν τη σχετική στάθμη της θάλασσας:

- Οι κατακόρυφες τεκτονικές κινήσεις της ξηράς
- Οι ευστατικές κινήσεις
- Η απόθεση ή απομάκρυνση των ιζημάτων από τις παράκτιες περιοχές

Από τα παραπάνω συνάγεται λοιπόν, ότι για να καθοριστεί ακριβώς ποιος ή ποιοι από τους κύριους αλληλοεπιδρώμενους παράγοντες ευθύνεται ή ευθύνονται για τις σχετικές μεταβολές της στάθμης της θάλασσας σε μια συγκεκριμένη περιοχή, απαιτούνται εκτεταμένες παλαιογεωγραφικές έρευνες σ' αυτήν.

Με βάση το νέο mid-range σενάριο της IPCC RCP4.5 - περίπου 650 ppm CO₂ και ισοδύναμα παράγωγα προκαλούν μία ισχύ περίπου 4,5 watt /m² - η πιο πιθανή άνοδο της στάθμης της θάλασσας από το 2100 είναι μεταξύ 80cm και 1m.

Μακροπρόθεσμα, η στάθμη της θάλασσας θα συνεχίσει να αυξάνεται, ακόμη και εάν μετά οι εκπομπές έχουν μειωθεί ή εξαλειφθεί.

2.3 Υφιστάμενη κατάσταση

Η Ελλάδα έχει την μεγαλύτερη έκταση ακτογραμμών σε όλη την Μεσόγειο που αγγίζει σε μήκος τα 16.000 χιλιόμετρα. Η διάβρωση των ακτογραμμών της έχει πάρει ανησυχητικές διαστάσεις τα τελευταία 20 χρόνια ενώ η διάβρωση άρχισε να γίνεται εμφανής από το 1950.

Το πρόβλημα της διάβρωσης των ακτογραμμών δεν αποτελεί μια ελληνική ιδιαιτερότητα αλλά επηρεάζει παγκοσμίως, αρνητικά, ένα πολύ μεγάλο ποσοστό των ακτογραμμών.

Σύμφωνα με την έρευνα του Eurosion, στην Ευρώπη ετησίως οι ακτές υποχωρούν κατά 15 km² ενώ περίπου το 20% των ακτογραμμών της Ευρώπης αντιμετώπισαν σημαντικά προβλήματα μέχρι το 2010, Αυτό το ποσοστό αντιστοιχεί σε 20.000 km περίπου. Ακόμα 15.100 km ακτογραμμών υποχωρούν ενεργά, ενώ 2.900 km συνεχίζουν να υποχωρούν, παρά τα παράκτια έργα προστασίας που έχουν κατασκευαστεί σε αυτές, ενώ άλλα 4.700 km έχουν σταθεροποιηθεί τεχνητά, προσωρινά.

Η επιταχυνόμενη άνοδος της στάθμης της θάλασσας εξαιτίας των σημαντικών κλιματικών αλλαγών όπως είναι το φαινόμενο του θερμοκηπίου που οδηγεί στο λιώσιμο των πάγων στους πόλους θα δημιουργήσει πλήθος προβλημάτων σε πολλές παράκτιες περιοχές της Ευρώπης αλλά και της Ελλάδος ασφαλώς.

Ο κίνδυνος από φαινόμενα διάβρωσης και πλημμύρες θα αυξηθεί στις περιοχές αυτές, ενώ οι ποταμοί και οι παράκτιοι ταμιευτήρες γλυκού νερού θα υποβαθμιστούν από την διείσδυση υφάλμυρου ύδατος. Τα ήδη υπάρχοντα προβλήματα των παράκτιων περιοχών της χώρας μας, όπως είναι η ρύπανση του περιβάλλοντος, η πολεοδομική υποβάθμιση, η καταστροφή των οικοσυστημάτων και φυσικών τοπίων κ.α., θα διογκωθούν ακόμη περισσότερο από τις μεταβολές του κλίματος και την εμφάνιση ακραίων καιρικών φαινομένων. Έτσι θα απειληθούν άμεσα οι φυσικές ισορροπίες όλων των παράκτιων συστημάτων της χώρας μας, τα οποία θα πρέπει να προσαρμοστούν στις νέες συνθήκες.

Στα πλαίσια παράκτιας μελέτης (Δουκάκης 2007) που έγινε για έναν μεγάλο αριθμό παράκτιων περιοχών της Ελλάδας, προέκυψαν μια σειρά χρήσιμων συμπερασμάτων για τις διαβρωτικές/προσχωτικές τάσεις που αναπτύσσονται στις ελληνικές ακτές. Οι περιοχές μελέτης περιλάμβαναν πλήθος νησιών (Κω, Ρόδο, Λήμνο, Κρήτη, Λέσβο, Κέρκυρα, Σάμο), παράκτιες περιοχές της Πελοποννήσου (Νομό Ηλείας, Βαρθολομιό, Νότιο Κορινθιακό κόλπο, την ευρύτερη περιοχή του Ναυπλίου, την λιμνοθάλασσα Κοτύχι στο νομό Ηλείας, την Κορώνη στη Μεσσηνία, το Δερβένι στο νότιο Κορινθιακό κόλπο, το Περιγιάλι Κορινθίας, το Κιάτο, το Μετόχι Αχαΐας, το Κατάκολο Πύργου, την Κυπαρισσία/Στροφάδες στη Μεσσηνία, τις εκβολές του Αλφειού ποταμού, την λίμνη Μουριά στον Πύργο κ.α.) και παράκτιες περιοχές της κεντρικής και βορείου Ελλάδος (τις παράκτιες περιοχές της πεδιάδας της Θεσσαλονίκης, την Κεραμωτή στο νομό Καβάλας, τα δέλτα των ποταμών Νέστου και Αχελώου, τις Αλυκές Κίτρους στην Πιερία, το Μεσολόγγι, το Πόρτο Λάγος, την Αλεξανδρούπολη, τμήμα της ακτογραμμής της Κατερίνης στην Πιερία, τα Άβδυρα της Μακεδονίας κ.α.). (Δουκάκης 2007).

Το συνολικό μήκος των ακτογραμμών μελέτης προσέγγιζε τα 2000 km, το βάθος εναπόθεσης που χρησιμοποιήθηκε στις υπολογιστικές διαδικασίες ήταν κυρίως στην ισοβαθή των 10m και τα σενάρια των κλιματικών αλλαγών που χρησιμοποιήθηκαν στις περισσότερες εφαρμογές ήταν αυτά που προέβλεπαν άνοδο της μέσης στάθμης της θάλασσας κατά 0,5m έως το 2050 και 1m μέχρι το 2100 (τα βασικά σενάρια κλιματικών αλλαγών της IPCC). Το διαθέσιμο υλικό που χρησιμοποιήθηκε, ποίκιλε κατά περίπτωση (στις περισσότερες εφαρμογές χρησιμοποιήθηκαν αεροφωτογραφίες διαφόρων χρονολογιών και ποικίλης κλίμακας, όπου αυτές ήταν διαθέσιμες, όπως επίσης και τοπογραφικά διαγράμματα του αιγιαλού και της παραλίας συγκεκριμένων χρονολογιών για τον ελλαδικό χώρο). Οι ιστορικές ακτογραμμές οι οποίες προέκυψαν από όλες τις διαθέσιμες πηγές υλικού, χρησιμοποιήθηκαν σε όλες τις εφαρμογές έτσι ώστε να υπολογιστούν επιμέρους ρυθμοί μεταβολής της ακτογραμμής για συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα μελέτης «ιστορική οπισθοχώρηση». Άλλωστε, ο υπολογισμός της ιστορικής οπισθοχώρησης για μια παράκτια περιοχή αποτελεί βασικό εργαλείο κατανόησης και περιγραφής της τάσης μεταβολής και της συμπεριφοράς της κάθε ακτής. Στην συγκεκριμένη μελέτη χρησιμοποιήθηκε έτσι ώστε σε συνδυασμό με τα προβλεπόμενα σενάρια κλιματικών αλλαγών, να υπολογιστεί ένας τελικός προβλεπόμενος (μελλοντικός) ρυθμός

μεταβολής της ακτογραμμής για κάθε μία παράκτια περιοχή της Ελλάδος που συμπεριλήφθηκε στη μελέτη.

Μέσα από αυτή τη μελέτη τα συμπεράσματα που προέκυψαν για τον υπολογισμό του ρυθμού μεταβολής των ακτών, της διάβρωσης των ακτών εξαιτίας της ανόδου της μέσης στάθμης της θάλασσας και των κυματικών καταιγίδων στις παράκτιες περιοχές είναι τα ακόλουθα:

- Σε 30 παράκτιες περιοχές της χώρας μας, ο μέσος ετήσιος ρυθμός μεταβολής της ακτογραμμής, προσμετρώντας αποκλειστικά την ιστορική οπισθοχώρηση της ακτογραμμής σε κάθε εφαρμογή, υπολογίστηκε σε $-0,14 \text{ m/yr}$ (μικρή διαβρωτική τάση).
- Σε 38 παράκτιες περιοχές της χώρας μας, προσμετρώντας την ιστορική οπισθοχώρηση σε συνδυασμό με τα σενάρια κλιματικών αλλαγών για άνοδο της μέσης στάθμης της θάλασσας κατά 1m έως το 2100, υπολογίστηκε ένας μέσος ετήσιος ρυθμός μεταβολής της ακτογραμμής (ως μελλοντική πρόβλεψη) της τάξης των $-1,76 \text{ m/yr}$ (έντονη διαβρωτική τάση).
- Από τα παραπάνω προκύπτει πως για έναν μεγάλο αριθμό παράκτιων περιοχών στην Ελλάδα, υπολογίζεται ένας μέσος ετήσιος ρυθμός μεταβολής της ακτογραμμής λίγο μεγαλύτερος από το $-1,0 \text{ m/yr}$, κάτι που σημαίνει ότι σε γενικές γραμμές οι συγκεκριμένες ακτές της μελέτης παρουσιάζουν τάσεις έντονης διάβρωσης που θα έχει σαν αποτέλεσμα την απώλεια εδαφών, εγκαταστάσεων και περιουσιών που βρίσκονται κοντά στην ακτογραμμή, για ένα χρονικό ορίζοντα πρόβλεψης των 50 (2050) ή των 100 χρόνων (2100) (Παπαδοπούλου 2003).

2.4 Παράκτια διάβρωση

Σύμφωνα με τον ιστότοπο του προγράμματος EuroSION «Ως παράκτια διάβρωση ορίζεται η σταδιακή οπισθοχώρηση της ακτογραμμής υπό την επήρεια της θάλασσας σε ικανοποιητικό χρονικό ορίζοντα, συνήθως ετήσιο, ώστε η μέτρηση να μην επηρεάζεται από τις επιδράσεις του καιρού, τις κυματικές καταιγίδες και την τοπική δυναμική των ιζημάτων».

Ο (Αντωνιάδης 2001) δίνει έναν ορισμό για την διάβρωση σύμφωνα με τον οποίο « η διάβρωση, μεταφορά και απόθεση φερτών υλικών είναι φυσικές διεργασίες που έχουν ενεργοποιηθεί από τη γεωλογική εποχή και έχουν σχηματίσει το σημερινό

τοπίο του πλανήτη». Η πιο γνωστή μορφή διάβρωσης είναι εκείνη του εδάφους, η οποία μάλιστα διαφέρει σημαντικά από την παράκτια διάβρωση τόσο ως προς τους μηχανισμούς όσο και ως προς τα αποτελέσματα. Η βασική διαφορά μεταξύ της διάβρωσης του εδάφους και της παράκτιας διάβρωσης είναι η εξάρτηση της πρώτης από το ύψος και την ένταση των βροχοπτώσεων.

Ως διάβρωση των ακτών ορίζεται η καταπάτηση τμήματος γης από τη θάλασσα και μετράται από το βαθμό επίδρασης των καιρικών φαινομένων και της δυναμικής των τοπικών ιζημάτων κατά τη διάρκεια μιας περιόδου, η οποία μπορεί να αναφέρεται σε ένα αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα (Αντωνιάδης 2001).

Η παράκτια διάβρωση είναι μία φυσική διεργασία και αποτελεί έκφραση της παράκτιας δυναμικής, καθώς σε συνδυασμό με την ποτάμια δράση, δηλαδή τη στερεοπαροχή στις εκβολές του υδρολογικού συστήματος στη θάλασσα, συμβάλλει στην ανακατανομή του ισοζυγίου του ιζήματος κατά μήκος της ακτής (Τζανετάκου, 2010). Αξίζει να σημειωθεί ότι αν και η παράκτια διάβρωση δρούσε ανέκαθεν στο παράκτιο σύστημα συμβάλλοντας στη διαμόρφωση των διαφόρων παράκτιων τοπίων (κρημνώδεις ακτές, πλημμυρικά επίπεδα, παραλίες, δέλτα κλπ.), οι ανθρωπογενείς επεμβάσεις στην παράκτια ζώνη, ιδίως η αστικοποίηση και οι οικονομικές δραστηριότητες (βιομηχανίες, τουρισμός κλπ.), μετέτρεψαν τη διάβρωση των ακτών από ένα φυσικό φαινόμενο σε πρόβλημα με αυξανόμενη ένταση.

Σημαντική ιδιαιτερότητα της παράκτιας διάβρωσης, αποτελεί το γεγονός ότι αν και πρόκειται για φυσικό φαινόμενο, είναι αποτέλεσμα του συνδυασμού φυσικών και ανθρωπογενών παραγόντων, οι οποίοι, επιπλέον, έχουν διαφορετικά χρονικά και χωρικά χαρακτηριστικά εμφάνισης, ενώ μπορεί να είναι συνεχείς ή στιγμιαίοι, αντιστρέψιμοι ή μη-αντιστρέψιμοι. Επίσης, τα αίτια που προκαλούν την παράκτια διάβρωση ενδέχεται να διαφέρουν σημαντικά από περιοχή σε περιοχή. Επισημαίνεται ότι όσον αφορά στην κλίμακα της περιοχής μελέτης, το φαινόμενο της διάβρωσης θα πρέπει να εξετάζεται στα πλαίσια μεμονωμένης περιοχής, δηλαδή σε ένα παράκτιο τμήμα με συγκεκριμένα γεωμορφολογικά ή ακόμη και ανθρωπογενούς προέλευσης όρια, το οποίο αποτελεί ένα κλειστό σύστημα με την παράκτια δυναμική συμπεριφορά εντός αυτού να μην επηρεάζει τις περιοχές εκτός των ορίων του (Τζανετάκου 2010).

2.4.1 Παράγοντες που επιδρούν στην παράκτια διάβρωση

Η διάβρωση των ακτών είναι συνήθως αποτέλεσμα συνδυασμού παραγόντων, τόσο φυσικών όσο και ανθρωπογενών, που λειτουργούν σε διαφορετικές κλίμακες. Οι πιο σημαντικοί φυσικοί παράγοντες είναι οι άνεμοι και οι καταιγίδες, τα ρεύματα κοντά στην ακτή, η σχετική άνοδος της στάθμης της θάλασσας και η κλίση του εδάφους. Οι ανθρωπογενείς παράγοντες της παράκτιας διάβρωσης περιλαμβάνουν όλες τις δραστηριότητες που αναπτύσσονται στο παράκτιο περιβάλλον καθώς και τα τεχνικά έργα που εκτελούνται στην περιοχή αυτή. Η παράκτια διάβρωση επιδρά στο περιβάλλον σε τρεις διαφορετικούς τύπους επιπτώσεων (ή κινδύνους):

- Καταστροφή της παραλίας ως αποτέλεσμα ενός πλημμυρικού επεισοδίου.
- Απώλεια γης με οικονομική, κοινωνική και οικολογική αξία.
- Υπονόμευση των τεχνητών έργων προστασίας των ακτών που οδηγεί σε κίνδυνο πλημμυρών.

Η ένταση και η μορφή των κυματισμών παίζουν πολύ μεγάλο ρόλο στην διαδικασία της διάβρωσης. Υπάρχουν μια σειρά από παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα της διαβρωτικής διαδικασίας. Σύμφωνα με τον (Σιάφακα 2003) αυτοί οι παράγοντες είναι:

- Τα τεκτονικά χαρακτηριστικά της περιοχής
- Η κλίση και το βάθος του πυθμένα
- Το είδος και η συνεκτικότητα των πετρωμάτων της ακτής
- Η παλιρροιακή διακύμανση
- Η παρουσία τεχνικών έργων προστασίας

Οι παραπάνω παράγοντες παίζουν πολύ μεγάλο ρόλο στον δείκτη της παράκτιας τρωτότητας. Η εποχή που λαμβάνει χώρα η διαβρωτική διεργασία είναι άλλος ένας παράγοντας που παίζει πολύ μεγάλο ρόλο. Όπως εξηγήσαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο την χειμερινή περίοδο παρουσιάζονται εντονότερα φαινόμενα καταιγίδων και ανέμων καθώς και ισχυρών κυματισμών. Τα φαινόμενα αυτά οδηγούν σε διάβρωση με ταχύτερους ρυθμούς εν αντιθέσει με την καλοκαιρινή περίοδο όπου

οι κυματισμοί είναι πιο ήπιοι και σε πολλές περιπτώσεις συνδράμουν στην απόθεση άμμου στην ακτή και όχι στην εμφάνιση διαβρωτικών εργασιών.

Τα αποτελέσματα της διάβρωσης σε βραχώδεις ακτές είναι η δημιουργία απότομων κρημνών και θαλάσσιων σπηλαίων, ενώ στις αμμώδεις ακτές υπάρχει σημαντική μείωση του πλάτους της ακτής με ταυτόχρονη δημιουργία μιας αβαθούς ζώνης με μικρή κλίση (Μιχαήλογλου 2011).

Ο Καρύμπαλης το 2010 έγραψε πως ο ρυθμός διάβρωσης επηρεάζεται και από τα υλικά της ακτής, την γεωλογία και την μορφολογία της περιοχής.

Παρακάτω θα παραθέσουμε ορισμένα χαρακτηριστικά των ιζημάτων των ακτών τα οποία ρυθμίζουν τους μηχανισμούς διάβρωσης.

Το κυριότερο χαρακτηριστικό των ιζημάτων είναι το μέγεθος των κόκκων. Χαρακτηριστικά αναφέρεται πως ένας κόκκος με διπλάσια διάμετρο από έναν άλλο έχει οκτώ φορές περισσότερη μάζα με συνέπεια την διαφοροποίηση της δυναμικής και κινητικής τους κατάστασης. Στον παρακάτω πίνακα δίνεται η ονοματολογία των κόκκων ανάλογα της διαμέτρου αυτών.

Διάμετρος κόκκου	Ονομασία
>2 mm	Χαλίκια
2-0,0625 mm	Άμμος
0,0625-0,0020 mm	Ιλύς
< 0,0020 mm	Άργιλος

Πίνακας 1: Ονοματολογία κόκκων ιζημάτων (Καρύμπαλης 2010)

Ένα άλλο χαρακτηριστικό των κόκκων των ιζημάτων που παίζει σημαντικό ρόλο στην παράκτια διάβρωση είναι η μορφή αυτών. Οι κόκκοι εξετάζονται για την σφαιρικότητα και τη στρογγυλότητα τους οι οποίες είναι δυνατόν να επηρεάσουν κατά ένα βαθμό την κινητικότητα τους. Το σχήμα ενός κόκκου καθορίζεται από το αρχικό σχήμα του ορυκτού από το οποίο προέκυψε, ενώ η μορφή του αφορά σε μια δυναμική διαδικασία που επηρεάζεται από το συνολικό κύκλο ζωής του κόκκου. Σύμφωνα με τον (Καρύμπαλη 2010) οι επίπεδοι κόκκοι αποτίθενται με πιο αργούς ρυθμούς σε σχέση με τους σφαιρικούς, αφού η κινητική τους ικανότητα είναι μικρότερη. Αντίθετα, ο βαθμός στρογγυλότητας των κόκκων υποδηλώνει εν μέρει την ευπάθεια τους στη χημική αποσάθρωση. Έτσι, οι κόκκοι με μικρό βαθμό

στρογγυλότητας προέρχονται από χημικά ανθεκτικά ορυκτά και χαρακτηρίζονται από τη μικρή μεταφορική τους ικανότητα, η οποία συνδέεται με τη δυνατότητα απόθεσης.

Τα χαρακτηριστικά των κόκκων κατέχουν σημαντικό ρόλο όπως αναφέρθηκε στη διαδικασία της απόθεσης και το βαθμό της διάβρωσης αφού αυτά είναι που επηρεάζουν το ισοζύγιο των ιζημάτων της παράκτιας ζώνης. Το ισοζύγιο των ιζημάτων της παράκτιας ζώνης καθορίζεται από τη δράση δύο διεργασιών, την εισαγωγή ιζήματος στην ακτή και τη μεταφορά ιζήματος στο θαλάσσιο περιβάλλον. Η επικράτηση της πρώτης διεργασίας έχει σαν αποτέλεσμα την εμφάνιση πρόσχωσης στην ακτή, ενώ η επικράτηση της δεύτερης οδηγεί σε διάβρωση. Στην περίπτωση που το ισοζύγιο είναι σταθερό έχει σαν αποτέλεσμα τη σταθερότητα της ακτογραμμής.

Η εισαγωγή ιζήματος στην ακτή μπορεί να προέλθει με τους παρακάτω τρόπους:

- Ποτάμια στερεοπαροχή
- Παράκτια μεταφορά
- Μεταφορά ιζήματος από την θάλασσα
- Διάβρωση παρακτιών κρημνών
- Μεταφορά ιζήματος μέσω αιολικής δράσης
- Τεχνητό εμπλουτισμένο

Για την απομάκρυνση του ιζήματος προς το θαλάσσιο περιβάλλον δρουν μηχανισμοί όπως:

- Παγίδευση ιζήματος σε υποθαλάσσια κανάλια
- Παράκτια μεταφορά
- Αμμοληψία
- Μεταφορά ιζήματος μέσω της αιολικής δράσης

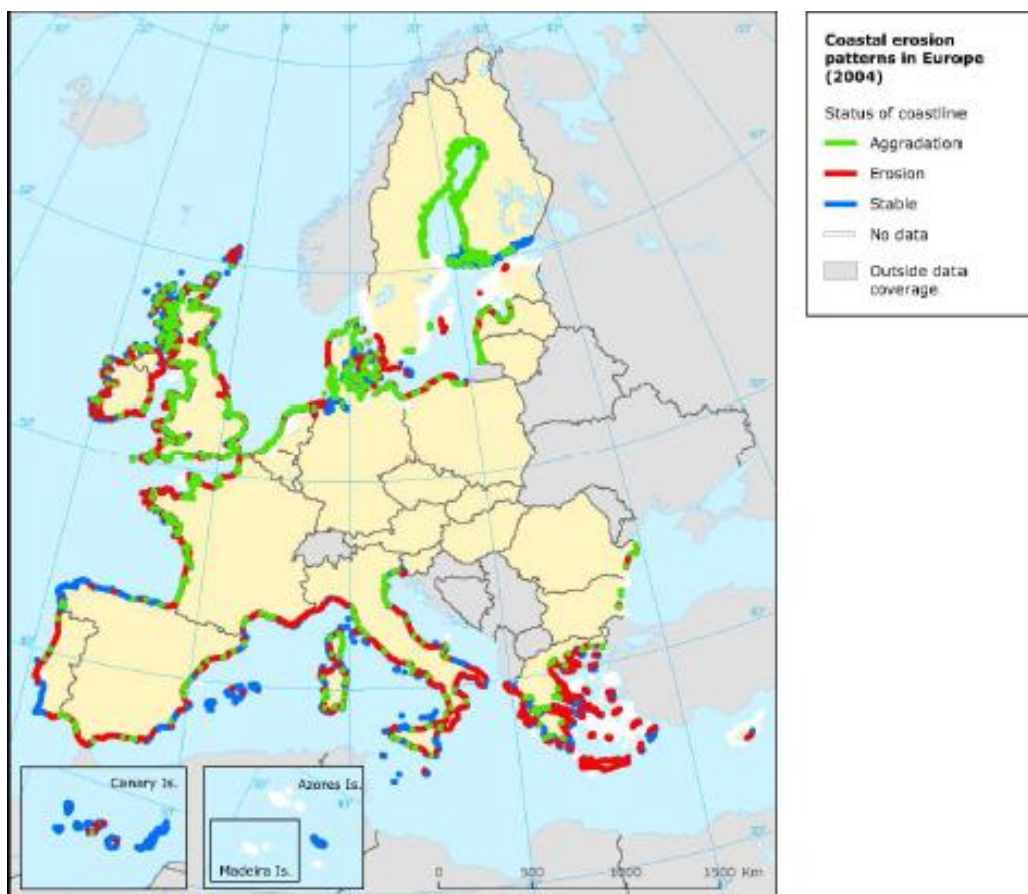
Διαπιστώνεται τελικά ότι η διάβρωση των ακτών, η μη αναστρέψιμη δηλαδή οπισθοχώρηση της ακτογραμμής, είναι μια φυσική διεργασία που μπορεί να αποτελέσει απειλή με πολλές αρνητικές κοινωνικοοικονομικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις για αρκετές παράκτιες περιοχές. (Αντωνιάδης 2001)



Εικόνα 7: Μηχανισμός Μεταφοράς Ιζήματος (Καρύμπαλης 2010)

2.4.2 Υφιστάμενη Κατάσταση στις Ευρωπαϊκές Ακτές

Οι ευρωπαϊκές ακτές είναι εκτεθειμένες στην παράκτια διάβρωση με περίπου 20.000 χλμ να έχουν υποστεί σημαντικές επιπτώσεις. Η ποσότητα αυτή αντιστοιχεί περίπου στο ένα πέμπτο των ακτών της ΕΕ ενώ παρατηρείται στις περισσότερες από αυτές τι περιοχές υποχώρηση της ακτογραμμής κατά 0,5m έως 2m ετησίως και σε μερικές ακραίες περιπτώσεις, κατά 15m (EuroSION, 2004b). Σύμφωνα με έκθεση του προγράμματος EuroSION της Ευρωπαϊκής Επιτροπής διαπιστώνεται ότι οι ακτές της Μεσογείου αλλά και ακτές εντός κλειστών θαλασσών επηρεάζονται περισσότερο από τους μηχανισμούς της διάβρωσης με αποτέλεσμα σημαντικά τους τμήματα να αντιμετωπίζουν ήδη προβλήματα διάβρωσης. Στο χάρτη που ακολουθεί αναπαριστώνται οι διαπιστώσεις αυτές της έκθεσης. Με κόκκινο εμφανίζονται οι ακτές που παρουσιάζουν ζητήματα διάβρωσης, με μπλε σημειώνονται οι ακτές με σταθερή στερεοπαροχή, ενώ με πράσινο οι ακτές στις οποίες εντοπίζεται προέλαση.



Εικόνα 8: Χάρτης της ΕΕ με τις διαβρωμένες ακτές

Πηγή: <http://www.euroasion.org/>

Σύμφωνα με έκθεση του ίδιου προγράμματος που αφορά στη διάβρωση των ελληνικών νησιωτικών ακτών διαπιστώνεται ότι το φαινόμενο αυτό, σημειώνεται σε σημαντικά ποσοστά σε όλα τα νησιά της χώρας.

Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται στοιχεία, εκτός από το σύνολο της διαβρωμένης ακτής, για την έκταση των απειλούμενων παράκτιων οικοσυστημάτων, από τα οποία διαπιστώνεται ότι η αναλογία των απειλούμενων εκτάσεων σε σχέση με τη διαβρωμένη ακτογραμμή διαφέρει ανά νησιωτική περιοχή. Χαρακτηριστικά, η απειλούμενη έκταση στα νησιά του Νοτίου Αιγαίου είναι ιδιαίτερα μεγάλη σε σχέση τόσο με το μήκος της διαβρωμένης ακτογραμμής όσο και με τις υπόλοιπες περιοχές. Ωστόσο, η ιδιαίτερα αυτή μεγάλη έκταση και δυσαναλογία σε σχέση με τις υπόλοιπες οφείλεται κυρίως στο μέγεθος των νησιών. Στο Νότιο Αιγαίο τα νησιά είναι ως επί των πλείστων μικρά με την παράκτια ζώνη τους να περιλαμβάνει μεγάλο τμήμα τους,

αν όχι ολόκληρο, με αποτέλεσμα την επιρροή σημαντικών εκτάσεων υψηλής οικολογικής αξίας.

Σημειώνεται ότι τα στοιχεία από το πρόγραμμα Eurosion είναι από το 2003 καθώς έκτοτε δεν έχει γίνει κάποια επικαιροποίηση των στοιχείων.

Νησιωτική Περιοχή	Ακτογραμμή (Μήκος (km))	Έκταση (km ²)	Ακτογραμμή υπό διάβρωση (Μήκος (km))	Έκταση απειλούμενων παράκτιων οικοσυστημάτων (km ²)
Νήσοι Β. Αιγαίου	1311	3854	231 (17.6%)	349
Νήσοι Ν. Αιγαίου	3423	5329	503 (14.7%)	929
Νήσοι Ιονίου	1056	2304	260 (24.6%)	356
Κρήτη	1148	8365	756 (65.8%)	355
Σύνολο	6938	19852	1750 (25.2%)	1989

Πίνακας 2: Διάβρωση Ελληνικών Νησιωτικών Περιοχών

Κεφάλαιο 3^ο – Φυσική γεωγραφία της περιοχής μελέτης

3.1 Γεωγραφική θέση της Σάμου

Η Σάμος βρίσκεται στο ανατολικό τμήμα του Αιγαίου πελάγους κοντά στα παράλια της Μικράς Ασίας. Είναι το όγδοο σε μέγεθος νησί της Ελλάδας και η έκτασή της είναι 477,395 Km². Από την έκταση αυτή, το 69,6% είναι ορεινή, το 22% ημιορεινή και το 8,4% πεδινή. Έχει 32.977 κατοίκους (απογραφή 2011) και αποτελείται από τέσσερις δήμους. Βαθέος, Καρλοβασίου, Πυθαγορείου και Μαραθοκάμου, με πρωτεύουσα τη Σάμο. Ο νομός της Σάμου, εκτός από το νησί Σάμος περιλαμβάνει την Ικαρία και τους Φούρνους. (www.samosin.gr)

Η Σάμος είναι κυρίως ορεινή περιοχή και έχει δυο βουνά, τον Κέρκη, ύψους 1.443 μέτρα και την Άμπελο (ή Καρβούνης) ύψους 1.160 μέτρα.

Οι πεδινές περιοχές είναι λίγες, με μεγαλύτερη την πεδιάδα της Χώρας, η οποία βρίσκεται στην Νότια πλευρά του νησιού και περικλείεται από τα χωριά Χώρα, Πυθαγόρειο, Μύλοι, Παγώνδας.

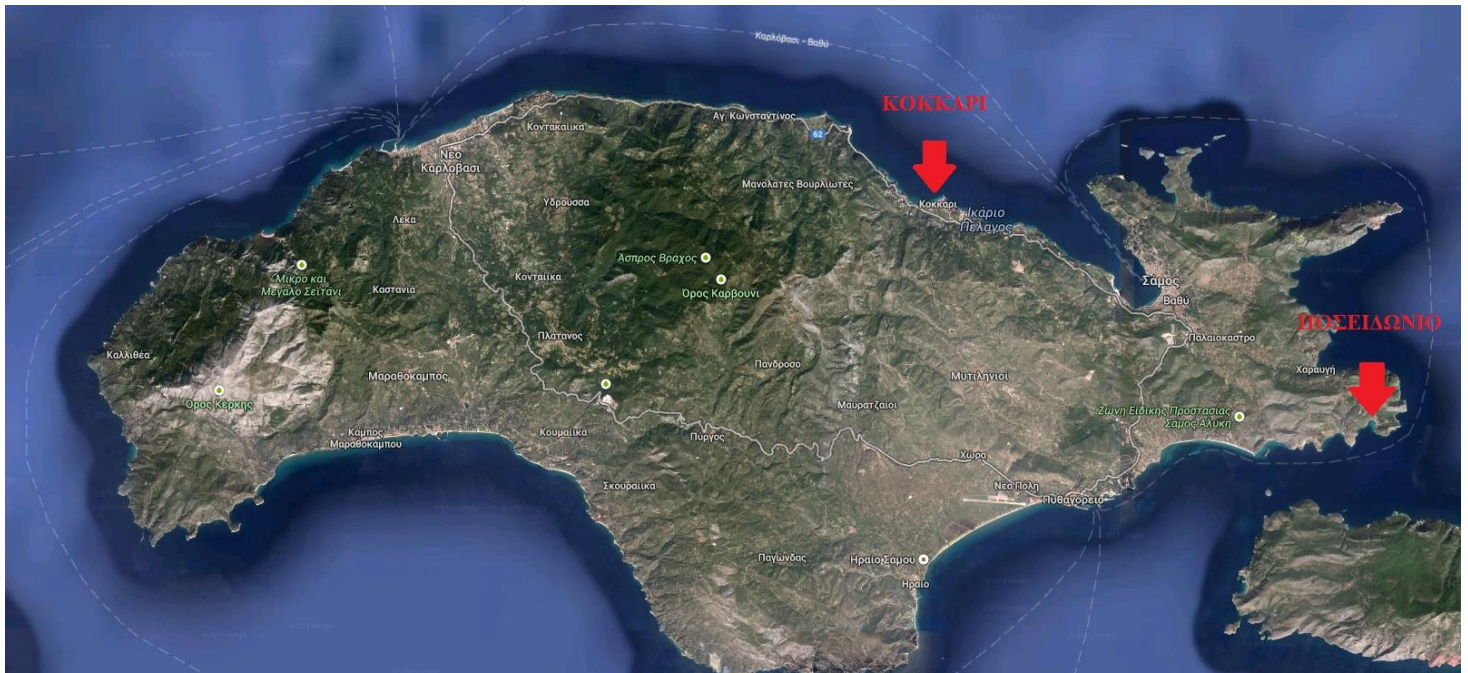
Τα τελευταία χρόνια άρχισε να αναπτύσσεται δυναμικά και ο τουρισμός, κατατάσσοντας την Σάμο σε μία από τις κυριότερες τουριστικές περιοχές της Ελλάδας. (www.samosin.gr)



Εικόνα 9. Η Σάμος στον Ελλαδικό χώρο

Πηγή: <http://hellas.teipir.gr/Thesis/Samos/greek/home.html>

Για τη παρούσα εργασία, επιλέχθηκαν 2 περιοχές του νησιού της Σάμου για να γίνει η μελέτη ως προς τη διάβρωση των αιγιαλών από το έτος 1945 μέχρι σήμερα. Οι περιοχές αυτές είναι το Κοκκάρι και το Ποσειδώνιο. Κριτήριο για την επιλογή των περιοχών ήταν η παρουσία αιγιαλών από χαλαρά ιζήματα, ώστε οι διεργασίες προέλασης και υποχώρησης να πραγματοποιούνται με ρυθμούς σχετικά σημαντικούς για τις περιόδους παρατήρησης. Επίσης, άλλο κριτήριο ήταν τα στοιχεία τα οποία υπάρχουν για τις περιοχές αυτές από το 1945 μέχρι σήμερα.



Εικόνα 10: Χάρτης της Σάμου. Με κόκκινο βέλος σημειώνονται οι περιοχές μελέτης, Κοκκάρι και Ποσειδώνιο

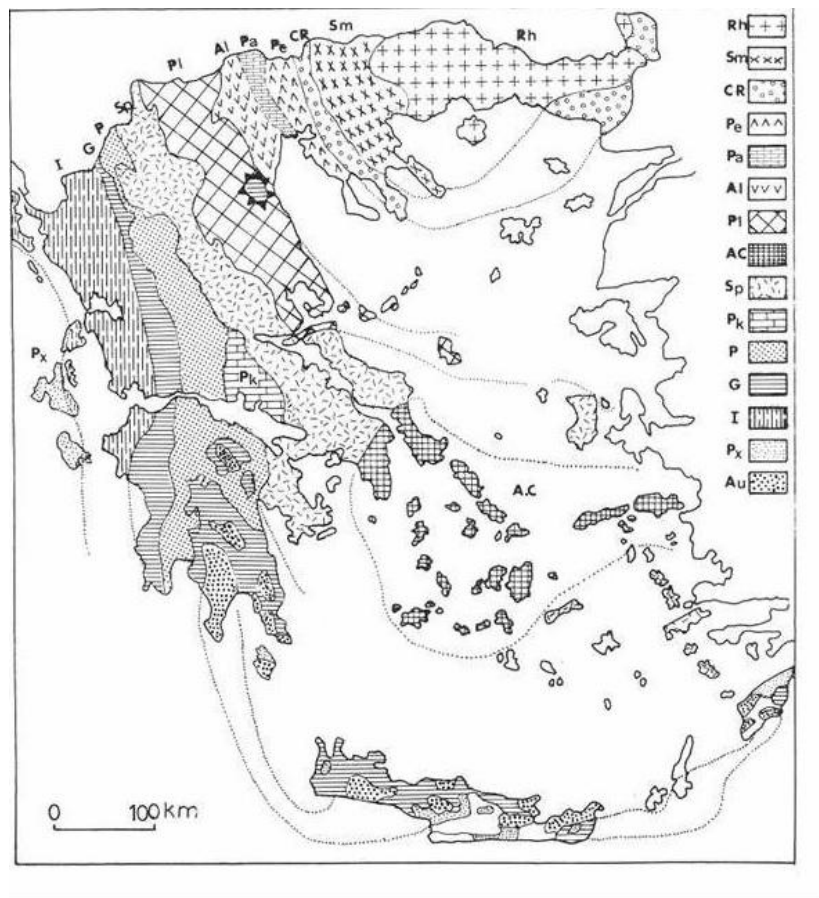
Πηγή: www.googlemaps.com

3.1.1 Γεωλογία της Σάμου

Σύμφωνα με τον Μουντράκη (1985), η Σάμος, από γεωτεκτονική άποψη, ανήκει στην Αττικο-Κυκλαδική ζώνη των Γεωτεκτονικών ζωνών της Ελλάδας. Στη ζώνη αυτή ανήκουν τα νησιά των Κυκλάδων, ένα τμήμα της Αττικής καθώς και της Νότιας Εύβοιας (εικόνα 11). Πρόκειται για μια μάζα ετερογενούς σύστασης που αποτελείται από διάφορες ενότητες σχηματισμών με τεκτονικές μεταξύ τους σχέσεις.

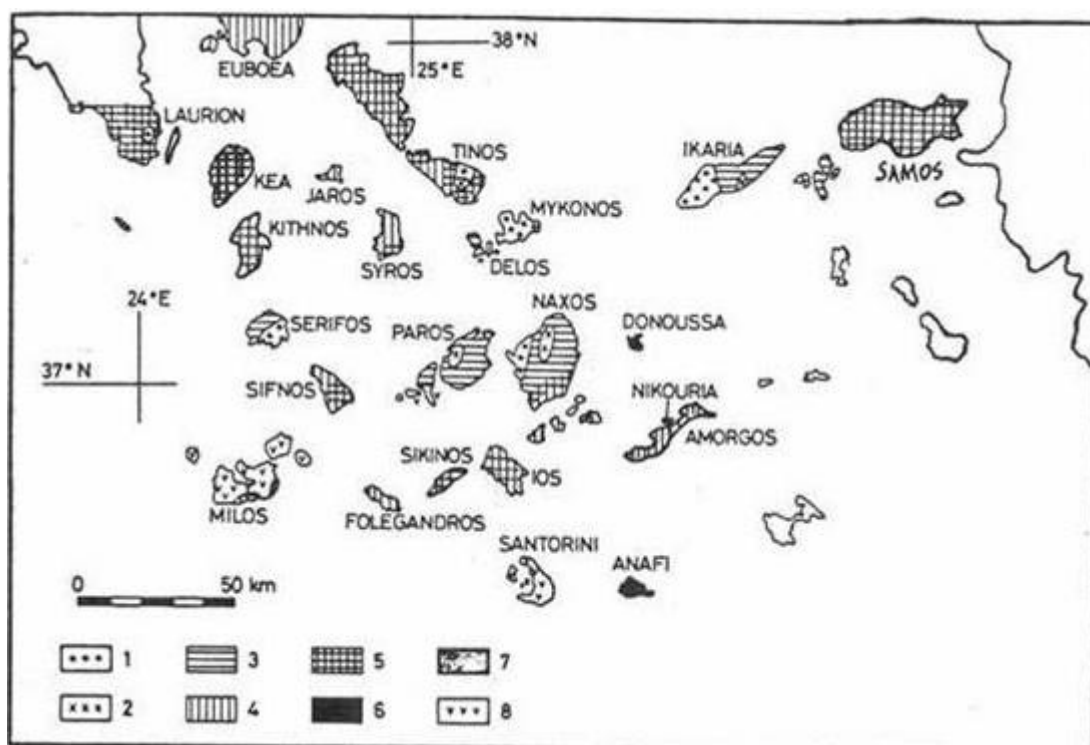
Η Ενότητα της Αττικο-Κυκλαδικής ζώνης αποτελείται από τρεις επιμέρους ενότητες, την Ενότητα της Αττικής, την Ενότητα των Βορείων Κυκλάδων και την Ενότητα των Νότιων Κυκλάδων. Η Σάμος, με βάση την εικόνα 12 (βλ. εικόνα 12 σελ.40), ανήκει στην Ενότητα των Βόρειων Κυκλάδων. Η Ενότητα αυτή, έχει κυρίως εξάπλωση στα νησιά Σύρος, Τήνος, Άνδρος, Γυάρος, Κέα, Κύθνος καθώς και στη Νότια Εύβοια. Περιλαμβάνει μάρμαρα ηλικίας Άνω Τριαδικού - Κάτω Ιουρασικού, μετα-ηφαιστειακά πετρώματα (μετα-τόφρους και μετα-λαβές) και κλαστικά ιζήματα

που συγκροτούν έναν πιθανό σχηματισμό φλύσχη ηλικίας τέλους Κρητιδικού - Ηωκαίνου (Μουντράκης, 1985).



Εικόνα 11. Γεωτεκτονικό σχήμα των Ελληνίδων ζωνών

Rh: Μάζα της Ροδόπης, Sm: Σερβομακεδονική μάζα, CR: Περιοδοπική ζώνη, (Pe: Ζώνη Παιονίας, Pa: Ζώνη Πάικου, Al: Ζώνη Αλμωπίας) = Ζώνη Αξίου, Pl: Πελαγονική Ζώνη, Ac: Αττικό - Κυκλαδική ζώνη, Sp: Υποπελαγονική ζώνη, Pk: Ζώνη Παρνασσού - Γκιώνας, P: Ζώνη Πίνδου, G: Ζώνη Γαβρόβου - Τρίπολης, I: Ιόνιος Ζώνη, Px: Ζώνη Παξών ή Προαπούλια, Au: Ενότητα «Γαλέα όρη – πλακώδεις ασβεστόλιθοι» πιθανόν της Ιονίου ζώνης (Πηγή: Μουντράκης, 1985)



Εικόνα 12. Χάρτης του χώρου της Αττικοκυκλαδικής ζώνης στον οποίο φαίνονται οι περιοχές εξάπλωσης των τριών τύπων μεταμόρφωσης

1: πλουτωνίτες Μειοκαίνου, 2: πλουτωνίτες Ολιγοκαίνου - Μειοκαίνου, 3: μεταμόρφωση πρασινοσχιστολιθική Ολιγοκαίνου - Μειοκαίνου, 4: μεταμόρφωση υψηλής P/T (γλαυκοφανιτική) Ηωκαίνου, 5: (περιοχές όπου διακρίνεται η επίδραση της νεώτερης πρασινοσχιστολιθικής μεταμόρφωσης επί της παλιότερης γλαυκοφανιτικής, 6 και 7: μεταμορφωμένα πετρώματα άγνωστης τοποθέτησης και μεταμόρφωσης, 8: τεταρτογενή ηφαιστειακά πετρώματα (Πηγή: Μουντράκης, 1985).

Κύριο χαρακτηριστικό αυτής της Ενότητας είναι ότι τα πετρώματα της εμφανίζουν δύο μεταμορφώσεις: μία υψηλής πίεσης – χαμηλής θερμοκρασίας, με σχηματισμό γλαυκοφανούς που έχει μεγάλη εξάπλωση σε όλο το χώρο των Β. Κυκλάδων και μία δεύτερη πρασινοσχιστολιθική που θεωρείται ανάδρομη σχετικά με την πρώτη (Μουντράκης, 1985).

3.1.2 Κλιματικά στοιχεία της Σάμου

Το κλίμα της Σάμου είναι ήπιο και υγρό το χειμώνα, ενώ το καλοκαίρι είναι ξηρό. (www.samosin.gr)

ΜΗΝΕΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ			ΥΕΤΟΣ		ΑΝΕΜΟΣ	
	Μέση	Μέση Μέγιστη	Μέση Ελάχιστη	Μέσο ύψος υετού (mm)	Μέγιστο ύψος 24ώρου (mm)	Επικρατούσα Διεύθυνση	Μέση Ταχύτητα (Μποφόρ)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	11	13,7	8,1	204,7	128,4	ΒΔ	2,9
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	11	14,3	8,2	137,5	104,5	ΝΑ	3,1
ΜΑΡΤΙΟΣ	13	16,1	9,3	100,9	110	ΒΔ	3,1
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	16	19,6	12,5	49,8	54,9	ΒΔ	3,1
ΜΑΪΟΣ	20	24	16,3	37,8	85,2	ΒΔ	2,7
ΙΟΥΝΙΟΣ	24	27,8	20,1	4,8	39	ΒΔ	3,1
ΙΟΥΛΙΟΣ	27	30	22,1	0,2	3	ΒΔ	3,5
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	26	30	22,2	0,4	5	ΒΔ	3,3
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	24	27	19,6	9,2	36,2	ΒΔ	2,9
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	20	22,7	16,3	50,5	113,5	ΒΔ	2,5
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	16	19,3	13,3	112,4	165,6	ΒΔ	2,6
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	13	15,6	10,1	210,2	108,5	ΝΑ	3
ΕΤΟΣ	18	21,7	14,8	918,4	165,6		

Πίνακας 3. Τα κυριότερα μετεωρολογικά στοιχεία του μετεωρολογικού σταθμού της Σάμου (Μούρτζιος 2008)

Οι παραπάνω μετρήσεις έχουν ληφθεί από το Μετεωρολογικό Σταθμό Σάμου στο νότιο τμήμα του νησιού και σε υψόμετρο 59 μέτρων. Οι μετρήσεις έγιναν για την θερμοκρασία τα έτη 1931-1940 και 1946-1971. Για την ηλιοφάνεια τα έτη 1959-1996 και για τον άνεμο τα έτη 1951-1977.

Οι άνεμοι που επικρατούν στην Σάμο είναι οι βόρειοι που τους θερινούς μήνες πνέουν σχεδόν συνέχεια. Οι νότιοι που πνέουν ευθύνονται για τις περισσότερες βροχές οι οποίες λαμβάνουν χώρα κυρίως την χειμερινή περίοδο. Οι βόρειοι άνεμοι, το καλοκαίρι (μελτέμια) ανεβαίνουν τις βόρειες πλαγιές του νησιού αργά και σταθερά αφήνοντας υγρασία. Όταν περάσουν τα υψηλότερα σημεία, πνέουν προς τις νότιες πλαγιές και γι αυτό οι νότιες περιοχές είναι ξηρότερες από τις βόρειες και επηρεάζονται περισσότερο από τους ανέμους (Μούρτζιος 2008).

3.2 Γεωγραφική θέση της περιοχής μελέτης: Κοκκάρι

Το Κοκκάρι είναι χωριό της Σάμου. Βρίσκεται 10 χιλιόμετρα βορειοδυτικά της πόλης της Σάμου και σύμφωνα με την απογραφή του 2011 έχει πληθυσμό 1.060 κατοίκους.

Το Κοκκάρι χτίστηκε στις αρχές του 19ου αιώνα και σύμφωνα με την επικρατέστερη εκδοχή το όνομά του αποδίδεται στην εκτεταμένη καλλιέργεια του κοκκαριού, ενός είδους μικρού κρεμμυδιού.

Η κύρια απασχόληση των κατοίκων του Κοκκαριού είναι ο τουρισμός, καθώς πρόκειται για ένα από τα πιο αναπτυγμένα τουριστικά χωριά της Σάμου. Πόλο έλξης στο Κοκκάρι αποτελούν τα καλοδιατηρημένα παλιά σπίτια, το μικρό λιμάνι και οι παραλίες που το περιβάλλουν. (<http://el.wikipedia.org>)

Το μήκος της παραλίας είναι περίπου 2.500 μέτρα και χωρίζεται στην ανατολική πλευρά από ένα τόμπολο (εικόνα 13).



Εικόνα 13. Παραλία Κοκκάρι

3.3 Γεωγραφική θέση της περιοχής μελέτης: Ποσειδώνιο

Σε απόσταση περίπου 10 χλμ. νοτιοανατολικά από τη πρωτεύουσα του νησιού, βρίσκεται η μικρή παραλία Ποσειδώνιο (ή Μουλά Ιμπραήμ). Η παραλία αυτή έχει σύνολο 1000 μέτρα περίπου μήκος και βρίσκεται καλά προστατευμένη μέσα σε έναν ορμίσκο στη νοτιοανατολική μεριά του νησιού.



Εικόνα 14. Παραλία Ποσειδώνιου

Πηγή: <http://my-samos.blogspot.gr/>

Κεφάλαιο 4^ο – Μεθοδολογία

4.1 Δημιουργία ψηφιακής βάσης δεδομένων σε περιβάλλον ΣΓΠ

Τις τελευταίες δεκαετίες έχει παρατηρηθεί μια ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας η οποία έχει συμβάλει αποτελεσματικά στην αντιμετώπιση γεωγραφικών προβλημάτων. Τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ) αποτελούν ένα χρήσιμο εργαλείο για την επίλυση αυτών των προβλημάτων αφού είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε να μπορούν να υποστηρίξουν τη συλλογή, τη διαχείριση, την επεξεργασία, την ανάλυση, τη μοντελοποίηση και την απεικόνιση γεωγραφικών και μη, δεδομένων που αναφέρονται στο χώρο και μεταβάλλονται στον χρόνο (Χαλκιάς Χ. 2003).

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας κρίθηκε απαραίτητη η χρήση των συστημάτων αυτών για την οργάνωση, επεξεργασία και την απεικόνιση των δεδομένων που συλλέχθηκαν και των πληροφοριών που θεωρήθηκαν χρήσιμες για τη γεωμορφολογική μελέτη και κυρίως τη μελέτη της διαχρονικής μετατόπισης της ακτογραμμής αιγιαλών της Σάμου καθώς και τις επιπτώσεις της διάβρωσης στην περιοχή αυτή. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό ArcGIS 10.1. Με τη χρήση του λογισμικού αυτού δημιουργήθηκε και οργανώθηκε μια ψηφιακή βάση δεδομένων.

Για να μπορέσει δημιουργηθεί και οργανωθεί η ψηφιακή βάση δεδομένων για την περιοχή μελέτης σε περιβάλλον ΣΓΠ, απαραίτητη ήταν η χρήση υποβάθρων. Τα υπόβαθρα αυτά, ήταν αεροφωτογραφίες της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού κλίμακας 1:30.000, των ετών 1945, 1960 και 1991 από τις παραλιακές περιοχές Κοκκάρι και Ποσειδώνιο της Σάμου. Βασική προϋπόθεση για τη συγκριτική παρατήρηση των πρωτογενών δεδομένων και την εξαγωγή αξιόπιστων συμπερασμάτων, είναι το κοινό προβολικό σύστημα. Το προβολικό σύστημα που χρησιμοποιήθηκε, ήταν το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς του 1987 (ΕΓΣΑ'87).

Πάντα, κατά τη γεωαναφορά ενός χάρτη εμφανίζεται ένα σφάλμα. Αυτό οφείλεται στην τοποθέτηση του σταυρονήμου πάνω στο σωστό σημείο του χάρτη, δηλαδή στο κατά πόσο το σταυρόνημο και συνεπώς το σημείο που δημιουργείται πάνω στο χάρτη έχει ακριβώς τις ίδιες συντεταγμένες με αυτές του σημείου που

βρίσκεται στον πραγματικό χάρτη. Γίνεται λοιπόν σαφές πως το τετραγωνικό σφάλμα (Total RMS Error) που δημιουργείται είναι λογικό να διαφέρει από χρήστη σε χρήστη. Επιπλέον η μέση τιμή του τετραγωνικού σφάλματος πρέπει να αντιστοιχεί στο $\frac{1}{4}$ της κλίμακας του χάρτη (Χαλκιάς Χ. 2003). Αυτό σημαίνει πως για τους χάρτες με κλίμακα 1:30.000 το σφάλμα πρέπει να είναι μικρότερο από 1. Η διαδικασία της ψηφιοποίησης των ακτογραμμών πραγματοποιήθηκε με τη σημειακή μέθοδο αξιοποιώντας τις αντίστοιχες λειτουργίες και εντολές με σκοπό τον περιορισμό των σφαλμάτων.

Τέλος, θα πρέπει να αναφερθεί πως με την χρήση των αεροφωτογραφιών επιτυγχάνεται, εκτός των άλλων, μεγάλη χωρική διακριτική ικανότητα και ένα ευρύ στιγμιαίο πεδίο λήψης. Συγχρόνως όμως, παρατηρείται μεγάλη απώλεια πληροφόρησης, η οποία εξαρτάται από το ύψος και τη γωνία της λήψης της αεροφωτογραφίας. Επιπλέον παρουσιάζεται απώλεια πληροφορίας κατά τη μετατροπή της αεροφωτογραφίας σε ψηφιακή μορφή (Μιγκίρος 2003).

Οι αεροφωτογραφίες αποτελούν σύγχρονες πηγές πληροφόρησης και παρουσιάζουν μεγάλη χωρική, φασματική, ραδιομετρική και χρονική διακριτική ικανότητα. Παρόλα αυτά και αυτές παρουσιάζουν παραμορφώσεις οι οποίες αν δεν διορθωθούν θα μεγιστοποιηθούν σε επόμενα επίπεδα με αποτέλεσμα τη μείωση της πληροφόρησης από την εικόνα που τελικά θα δημιουργηθεί. Τα σημαντικότερα λάθη που παρουσιάζονται οφείλονται τόσο σε ατμοσφαιρικές επιδράσεις που έχουν σαν αποτέλεσμα τη μείωση της έντασης του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, όσο και σε γεωμετρικές παραμορφώσεις που αφορούν τον ίδιο τον δορυφόρο και τον τρόπο λήψης της εικόνας (Μιγκίρος 2003).

4.2 Μεθοδολογία περίπτωσης μελέτης

Σαν πρώτο βήμα, επιλέχθηκαν δύο (2) περιοχές της Σάμου στις οποίες κατά τα τελευταία χρόνια έχουν παρατηρηθεί σημαντικές μεταβολές κατά μήκος της ακτογραμμής. Κριτήριο για την επιλογή των περιοχών ήταν η παρουσία αιγιαλών από χαλαρά ιζήματα ώστε οι διεργασίες προέλασης και υποχώρησης να πραγματοποιούνται με ρυθμούς σχετικά σημαντικούς για τις περιόδους παρατήρησης. Οι περιοχές αυτές, είναι το Κοκκάρι και το Ποσειδώνιο.

Για τη διαχρονική μελέτη της μετατόπισης των ακτογραμμών των παραλιών

αυτών, έγινε η συλλογή των αεροφωτογραφιών των περιοχών Κοκκαρίου και Ποσειδωνίου που ελήφθησαν κατά τα έτη 1945, 1960 και 1991. Έπειτα, έγινε η γεωαναφορά αυτών μέσω του λογισμικού Arcgis 10.1. με σφάλμα <1. Στη συνέχεια, ψηφιοποιήθηκε η ακτογραμμή των περιοχών μελέτης για τα έτη 1945, 1960 και 1991. Στο επόμενο βήμα, χωρίστηκαν για καθεμία από τις περιοχές αυτές, δύο χρονικές περίοδοι παρατήρησης για μελέτη. Για τη μελέτη της διαχρονικής μετατόπισης και την εκτίμησης των μέσων ρυθμών διάβρωσης ή προέλασης σε όλο το μήκος του αιγιαλού, η ακτογραμμή του 1945 της περιοχής Κοκκάρι διαιρέθηκε σε ίσα διαστήματα των 50 μέτρων ενώ η ακτογραμμή του αιγιαλού της περιοχής Ποσειδώνιο διαιρέθηκε σε ίσα διαστήματα των 20 μέτρων. Σε κάθε κεντροειδές των τμημάτων, αποδόθηκε η τιμή απόστασης της ακτογραμμής του 1945 από την ακτογραμμή του 1960. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται με μορφή διαγράμματος όπου το 0 του κατακόρυφου άξονα που αντιστοιχεί την προέλαση ή διάβρωση, αντιστοιχεί σε περιοχές οι οποίες για τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο δεν παρουσίασαν καθόλου μεταβολές στην ακτογραμμή. Όλα τα διαγράμματα που σχεδιάστηκαν τόσο για τη μία όσο και την άλλη περιοχή αλλά και για τις δύο χρονικές περιόδους παρατήρησης είχαν την ίδια κατακόρυφη κλίμακα ώστε τα αποτελέσματα να είναι συγκρίσιμα.

Έχοντας λοιπόν δημιουργήσει τον πίνακα με τις τιμές μεταβολής της ακτογραμμής, δημιουργήθηκε και ο πίνακας του μέσου ετήσιου ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής (σε m/έτος) διαιρώντας την απόλυτη μεταβολή με το εύρος χρόνου μεταξύ των δύο χρονολογιών, που στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι 15 χρόνια, ($\text{Rate} = \text{Length} / \text{Time range}$). Άρα ο ρυθμός μεταβολής της ακτογραμμής έχει ποσοτικοποιηθεί σε μέτρα ανά έτος. Τέλος, κατασκευάστηκαν τα διαγράμματα της απόλυτης μεταβολής και του ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής.

Αντίστοιχα, όσον αφορά τη δεύτερη χρονική περίοδο παρατήρησης (1960 – 1991), έγινε η διαίρεση σε της ακτογραμμής του 1960 σε ίσα διαστήματα των 50 μέτρων για τη περιοχή Κοκκάρι, και 20 μέτρα για την περιοχή Ποσειδώνιο. Σε κάθε κεντροειδές των τμημάτων, αποδόθηκε η τιμή απόστασης της ακτογραμμής του 1960 από την ακτογραμμή του 1991.

Οπότε, δημιουργήθηκε και ο πίνακας του ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής διαιρώντας την απόλυτη μεταβολή με το εύρος χρόνου μεταξύ των δύο χρονολογιών, που στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι 31 χρόνια, ($\text{Rate} = \text{Length} / \text{Time range}$).

Τέλος, όπως και παραπάνω, κατασκευάστηκαν τα διαγράμματα της απόλυτης

μεταβολής και του ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής.

Κεφάλαιο 5^ο – Περίπτωση μελέτης: Κοκκάρι και Ποσειδώνιο

Όπως αναφέρθηκε και στο παραπάνω κεφάλαιο, για να γίνει η μελέτη αυτή, επιλέχθηκαν δύο (2) περιοχές της Σάμου, το Κοκκάρι και το Ποσειδώνιο στις οποίες κατά τα τελευταία χρόνια έχουν παρατηρηθεί πολλές μεταβολές κατά μήκος της ακτογραμμής.



Εικόνα 15. Χάρτης μέσου σημαντικού ύψους κύματος για την θαλάσσια περιοχή που περιβάλλει την νήσο Σάμο.

Ο χάρτης έχει χρησιμοποιήσει δεδομένα από τον Άτλαντα ανέμων και κύματος των Ελληνικών Θαλασσών (Σουκισιάν κ.α., 2007) που βασίζεται σε μετρήσεις μέσου ύψους κύματος του προγράμματος Poseidon των τελευταίων 7 ετών.

Με βάση την παραπάνω εικόνα 15, παρατηρούμε πως η περιοχή του Κοκκαρίου προσβάλλεται από κύματα μέσου σημαντικού ύψους μικρότερου του μισού μέτρου. Οι βόρειοι άνεμοι επηρεάζουν τη περιοχή, αυξάνοντας το μήκος κύματος.

Η παραλία του Ποσειδώνιου όμως είναι προστατευμένη στον όρμο στη νοτιοανατολική πλευρά του νησιού, παρόλο που το ύψος κύματος είναι μεγαλύτερο από μισό μέτρο.

5.1. Περίπτωση μελέτης: Κοκκάρι



Εικόνα 16. Αεροφωτογραφία της περιοχής του Κοκκαρίου 1945



Εικόνα 17. Αεροφωτογραφία της περιοχής του Κοκκαρίου 1960

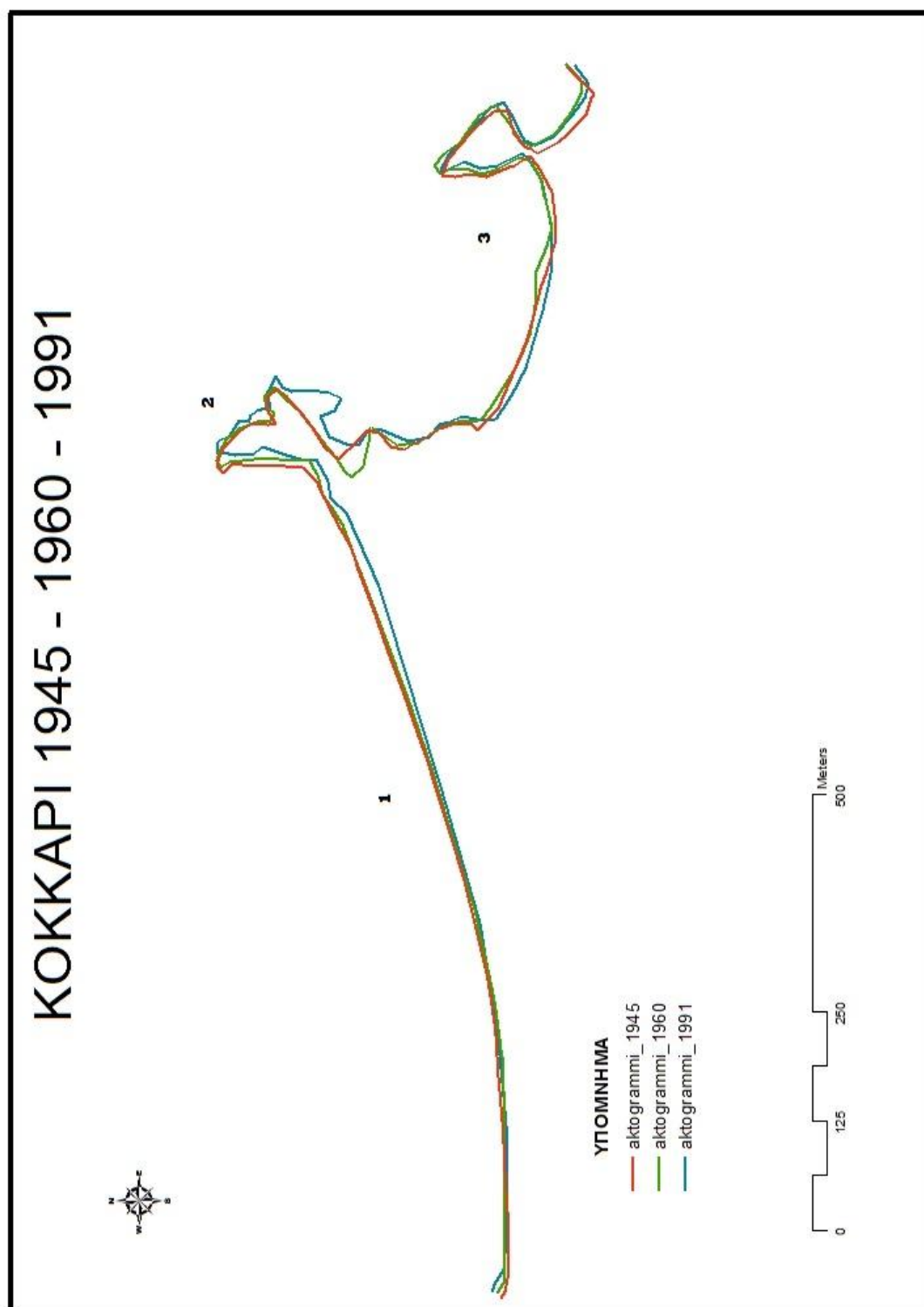


Εικόνα 18. Αεροφωτογραφία της περιοχής του Κοκκαρίου 1991

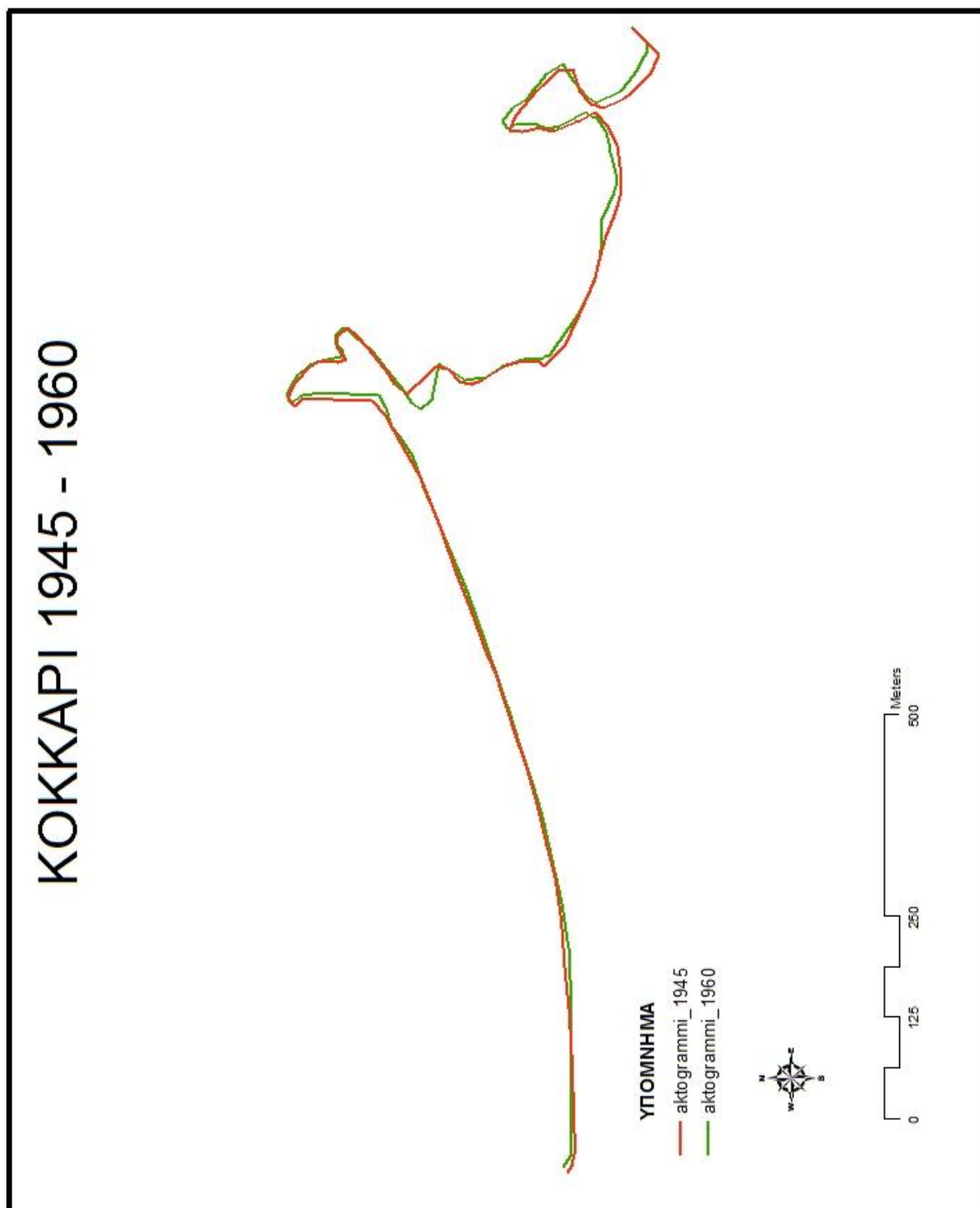
Με μια πρώτη ματιά και πριν γίνει η επεξεργασία των εικόνων και η χάραξη της ακτογραμμής και τα τρία έτη, η συγκριτική παρατήρηση των αεροφωτογραφιών οδηγεί στη διαπίστωση ότι παρατηρούνται αλλαγές τόσο στη παράκτια πεδινή όσο

και στον ίδιο τον αιγιαλό. Με λίγα λόγια φαίνεται η δημιουργία του κεντρικού δρόμου το 1991, ενώ τις προηγούμενες χρονολογίες δεν υπήρχε και οικιστική δραστηριότητα η οποία δημιουργήθηκε σταδιακά με τη κατασκευή κτιρίων και ανάπτυξη καλλιεργειών. Στον άμεσο χώρο της ακτογραμμής η σημαντικότερη ανθρωπογενή έκταση σχετίζεται με τη δημιουργία λιμανιού αλλά και μεταβολές οι οποίες διακρίνονται οπτικά με απλή παρατήρηση των αεροφωτογραφιών.

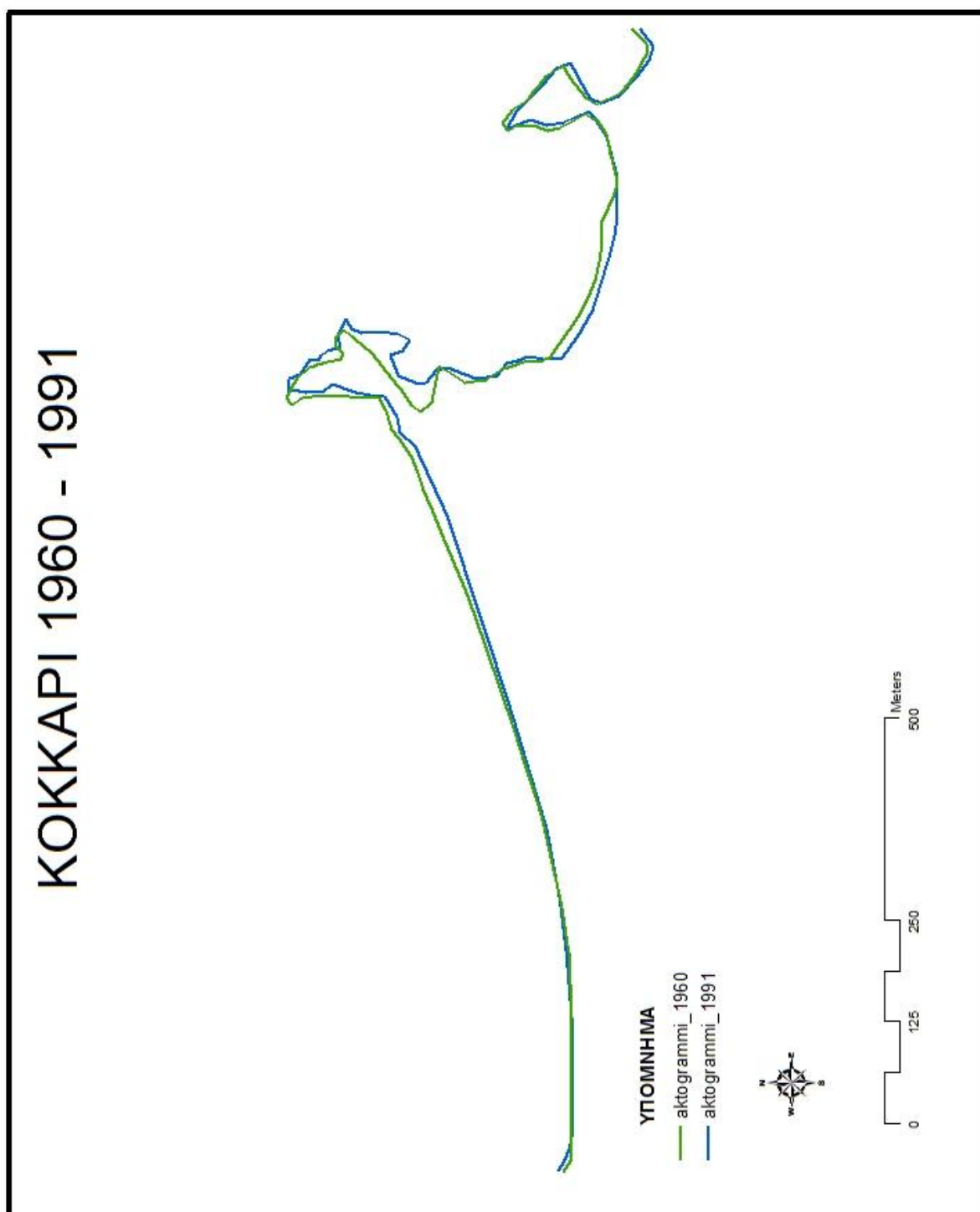
Παρακάτω, προβάλλονται τα διαγράμματα και οι χάρτες οι οποίοι αποτυπώνουν το παράκτιο μέρος της περιοχής του Κοκκαρίου για την συγκριτική παρατήρηση των ακτογραμμών των διαφορετικών ετών ώστε να εξαχθούν συμπεράσματα για τη μεταβολή της ακτογραμμής της περιοχής Κοκκάρι.



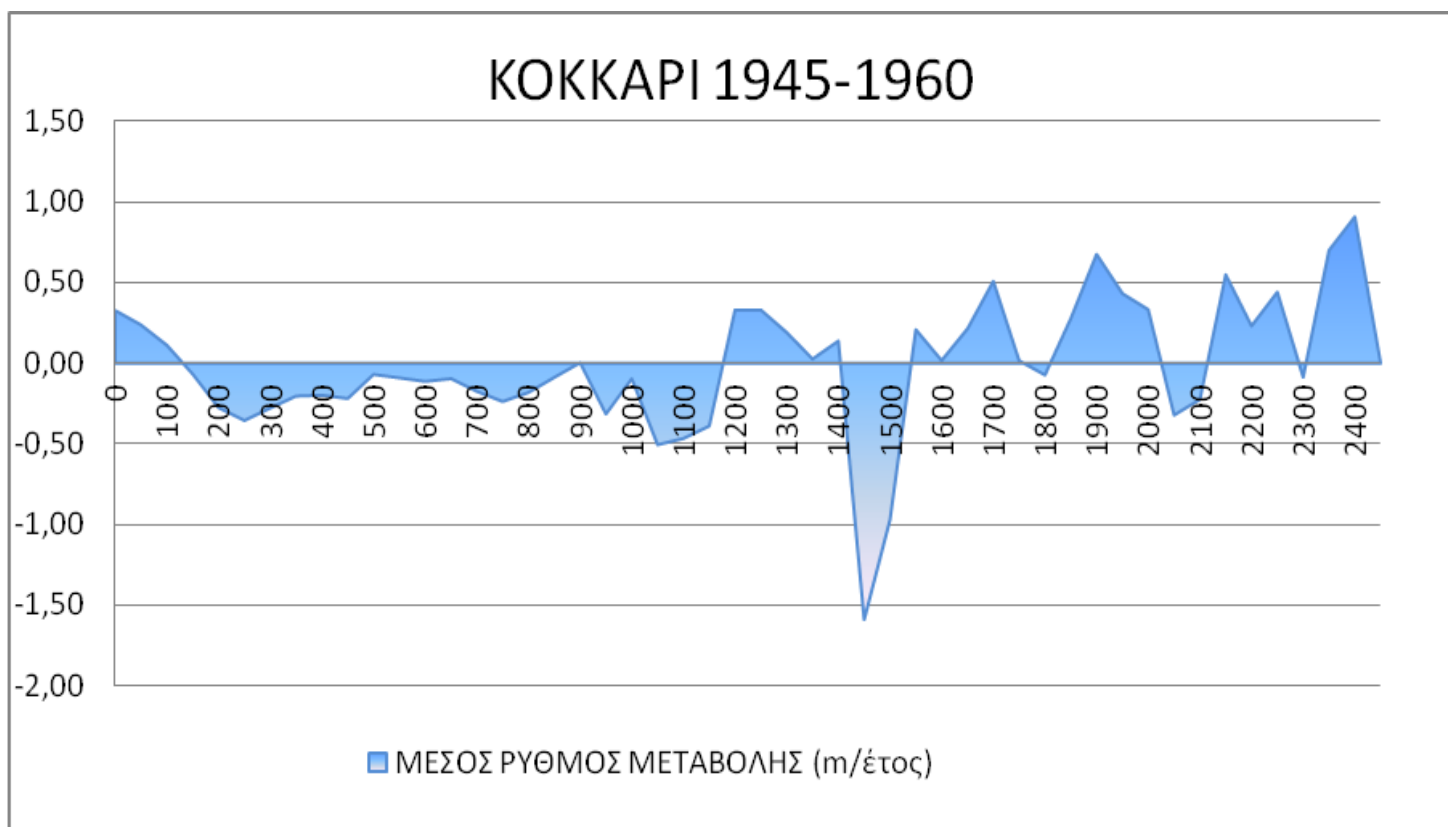
Εικόνα 19. Ακτογραμμή της περιοχής Κοκκάρι κατά τα έτη 1945 - 1960 – 1991



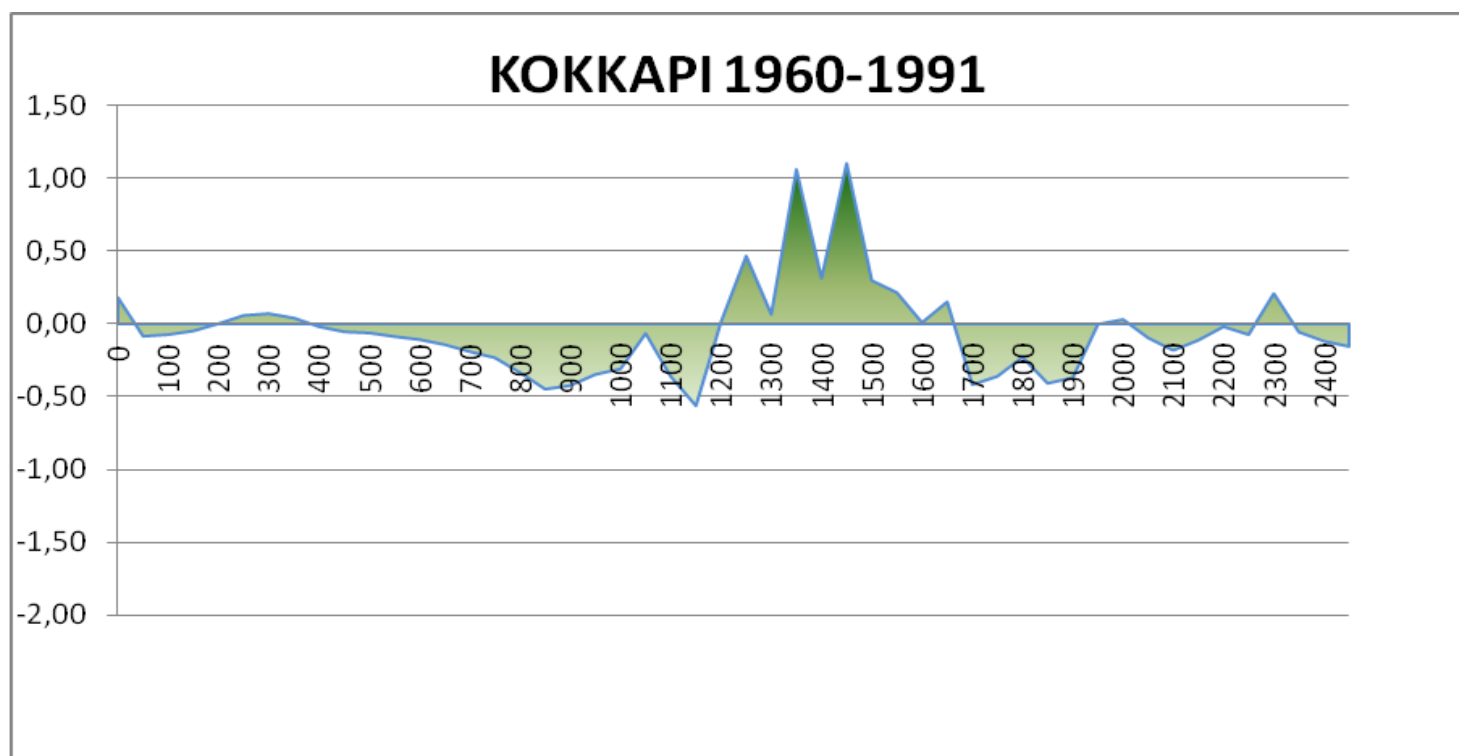
Εικόνα 20. Ακτογραμμή της περιοχής Κοκκάρι κατά τα έτη 1945 – 1960



Εικόνα 21. Ακτογραμμή της περιοχής Κοκκάρι κατά τα έτη 1960 – 1991



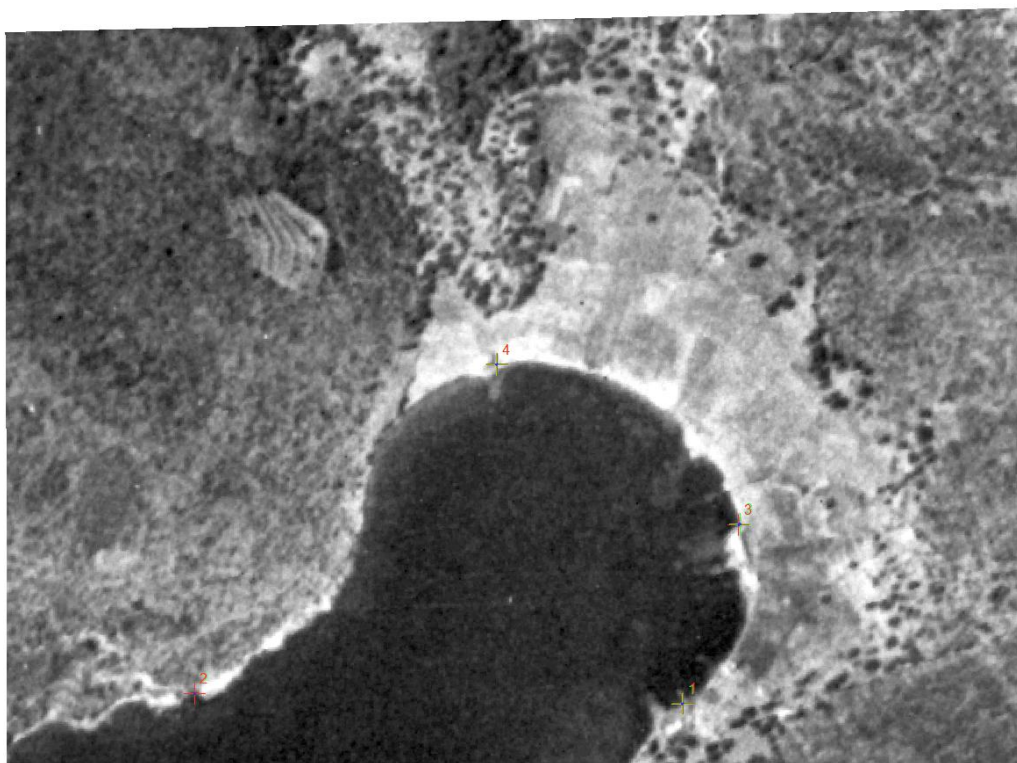
Διάγραμμα 1. Μέσος ρυθμός μεταβολής της περιοχής Κοκκάρι τα έτη 1945-1960



Διάγραμμα 2. Μέσος ρυθμός μεταβολής της περιοχής Κοκκάρι τα έτη 1960-1991

Με βάση τα παραπάνω διαγράμματα αλλά και τις εικόνες, κατά τα έτη 1945-1960 παρατηρείται μια μικρή σταδιακή υποχώρηση της ακτής κατά μήκος της ακτογραμμής. Η υποχώρηση του αιγιαλού (της περιοχής 1) για τη χρονική αυτή περίοδο ήταν μεγαλύτερη προς τα ΒΑ. Το σημείο στο οποίο υπάρχει μεγάλη υποχώρηση είναι η περιοχή (2). Όμως υπάρχει προέλαση της ακτής στην περιοχή (3) και αυτό οφείλεται κυρίως στην ανθρωπογενή δραστηριότητα όπως φαίνεται και από τις εικόνες. Επίσης, η προέλαση αυτή οφείλεται και στην απόθεση των ιζημάτων από τη διάβρωση των γειτονικών κρημνών. Στη συνέχεια, κατά τη χρονική περίοδο μεταξύ των ετών 1960 και 1991 η γενική τάση της ακτογραμμής είναι η διάβρωση με ρυθμούς που κυμαίνονται από $-0,56\text{m}/\text{έτος}$ έως $+1,10\text{m}/\text{έτος}$. Πιο αναλυτικά, η μεγαλύτερη προέλαση σημειώθηκε με τιμή $+34,16$ μέτρα, ενώ η μεγαλύτερη υποχώρηση ήταν αυτή στα $-17,45$ μέτρα. Στην ακτογραμμή της περιοχής (1) εξακολουθεί να υπάρχει υποχώρηση της ακτής με μέσους ετήσιους ρυθμούς μεταξύ $-0,02$ και $-0,45\text{m}/\text{έτος}$. Όμως παρατηρείται πως ανατολικά της περιοχής (2) υπάρχει προέλαση σε μεγάλο βαθμό. Ο λόγος είναι η ανθρωπογενή δραστηριότητα, όπου φαίνεται ξεκάθαρα ότι έχει δημιουργηθεί ένα λιμάνι για την κάλυψη των αναγκών της περιοχής. Αντίθετα, στο δυτικό τμήμα της περιοχής αυτής υπάρχει υποχώρηση της ακτής σε μεγάλο βαθμό σε σχέση με τα προηγούμενα 46 έτη.

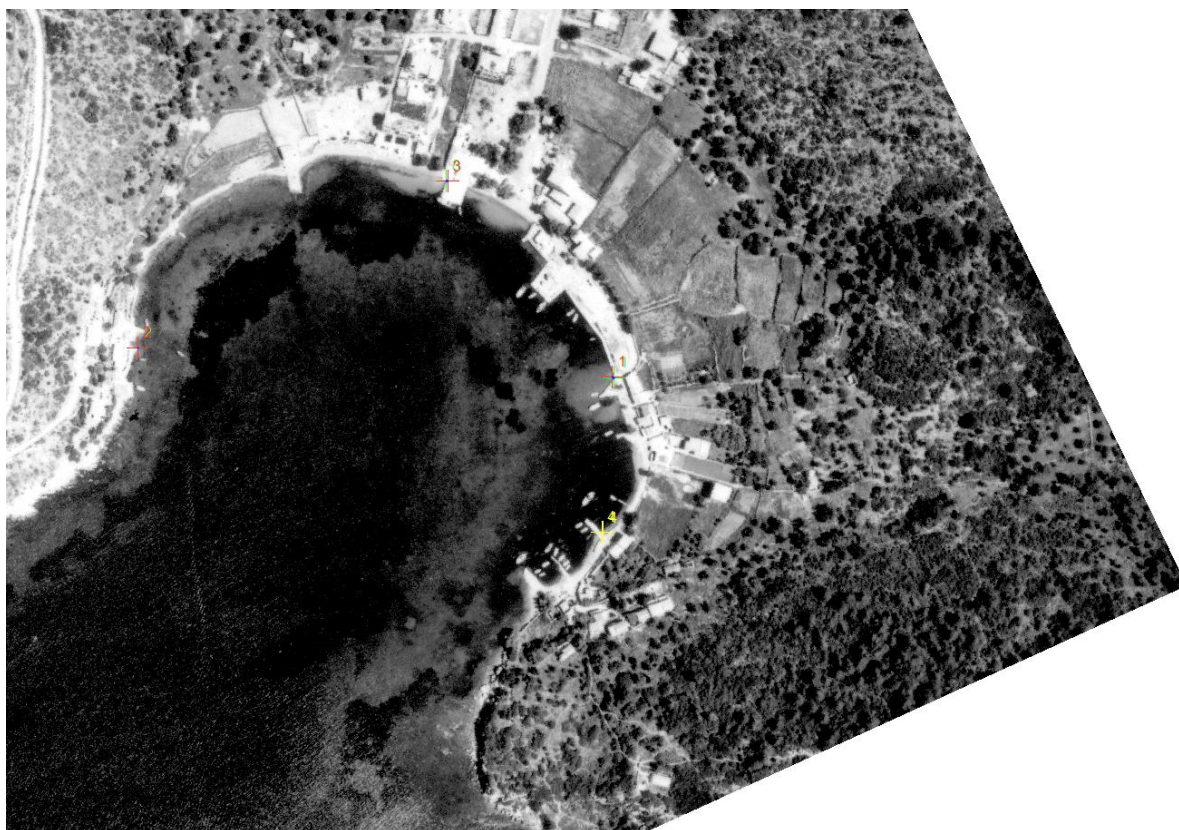
5.2 Περίπτωση μελέτης: Ποσειδώνιο



Εικόνα 22. Αεροφωτογραφία της περιοχής Ποσειδώνιο 1945

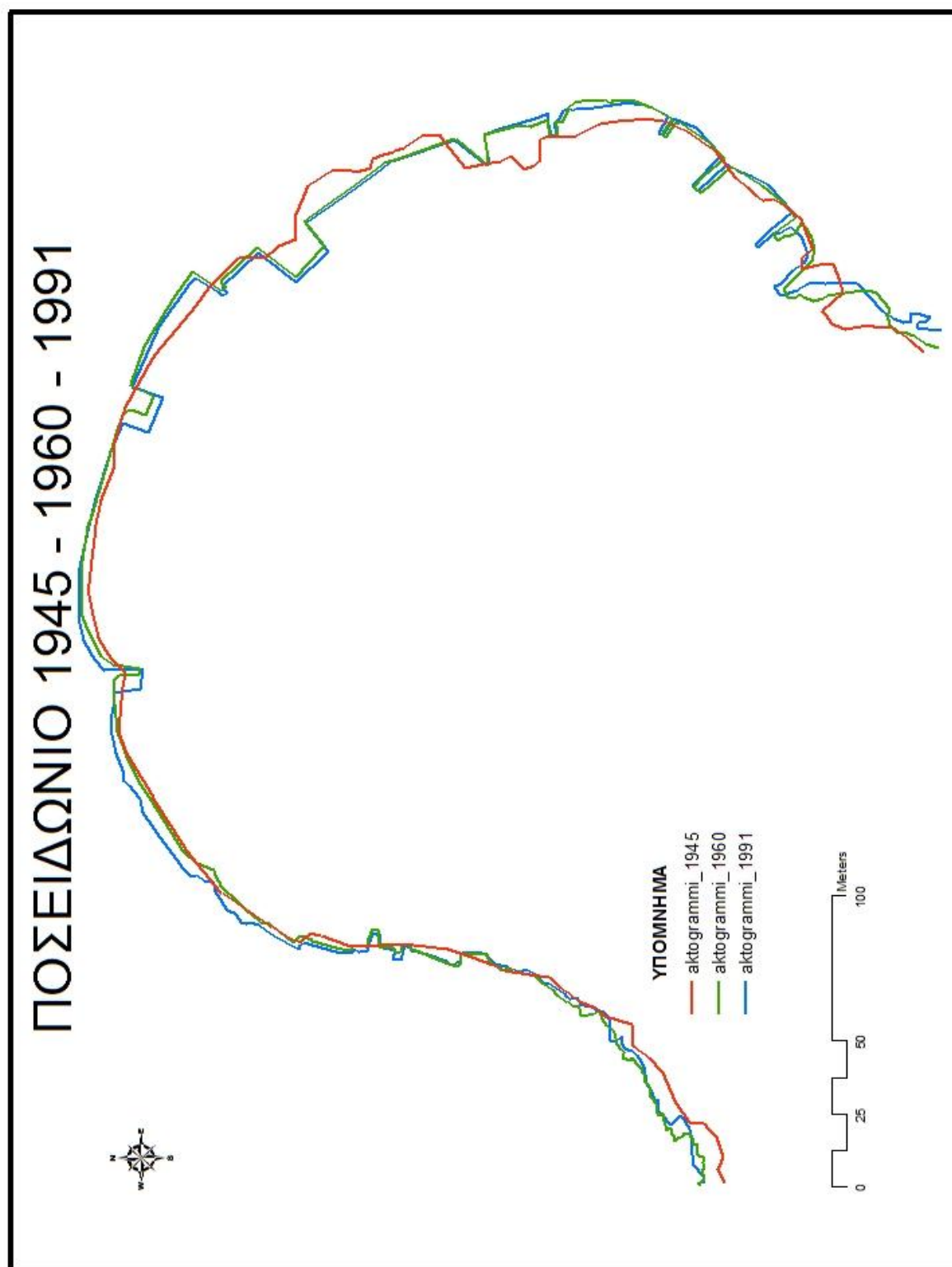


Εικόνα 23. Αεροφωτογραφία της περιοχής Ποσειδώνιο 1960

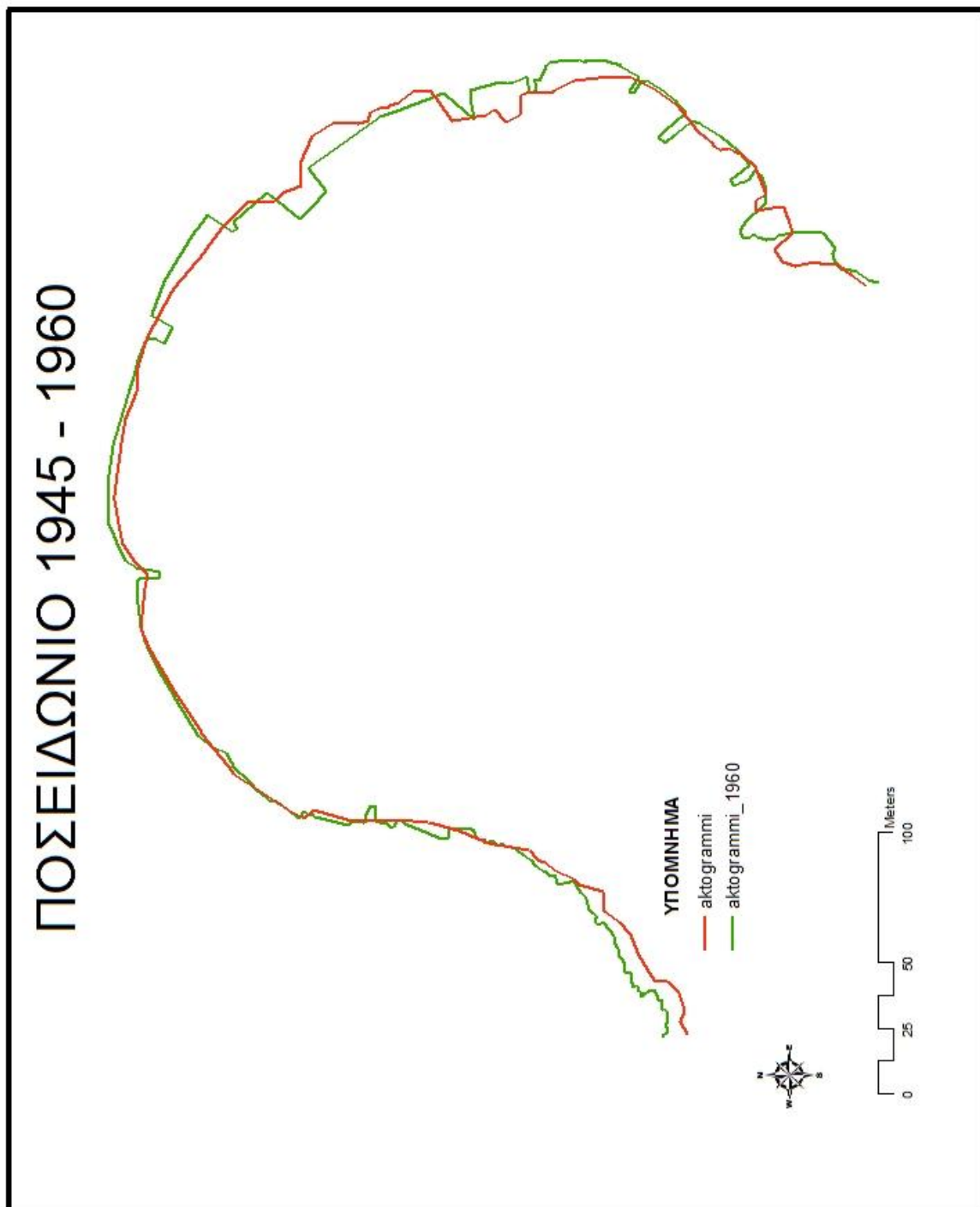


Εικόνα 24. Αεροφωτογραφία της περιοχής Ποσειδώνιο 1991

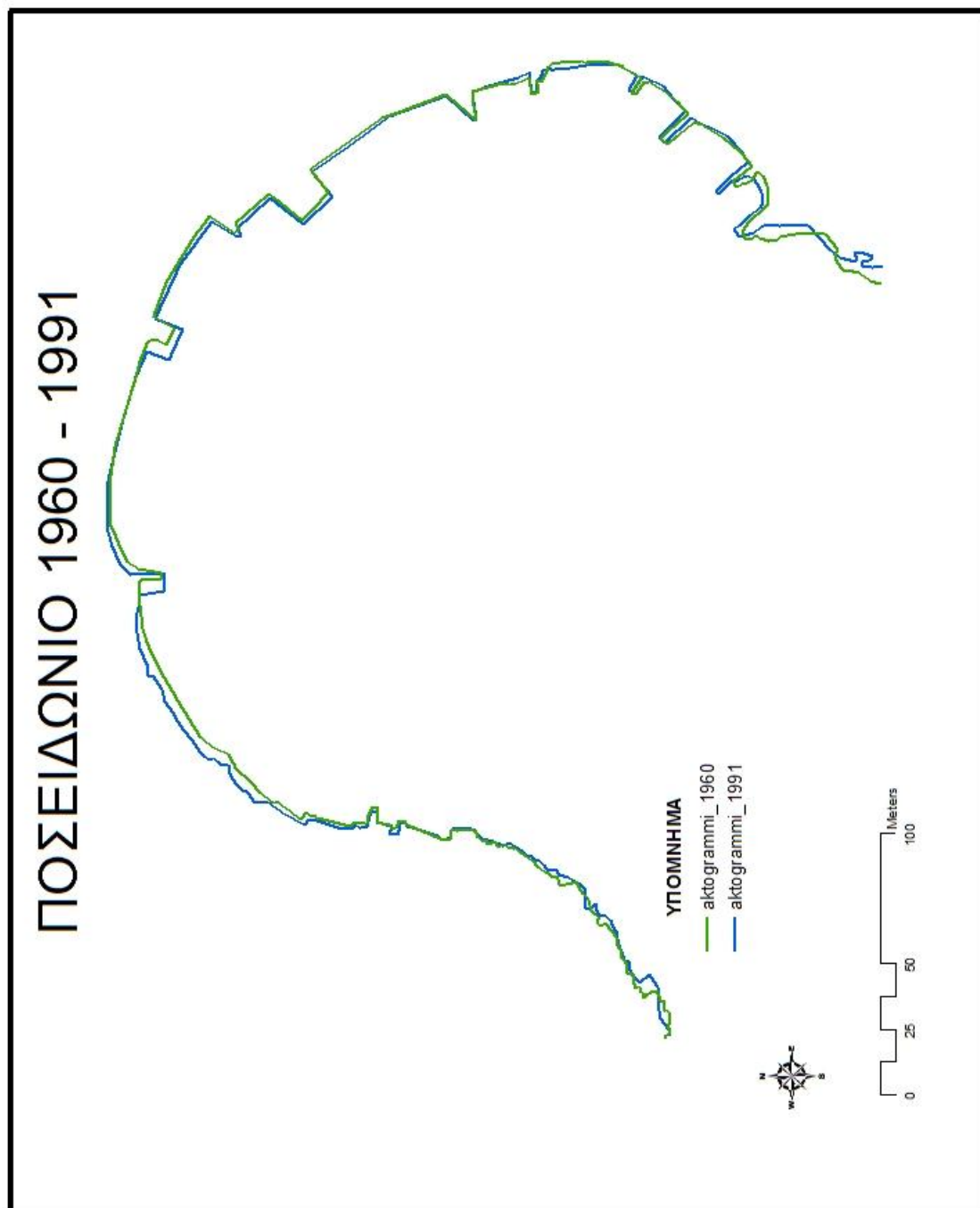
Η περιοχή του Ποσειδωνίου αποτελεί έναν αιγιαλό που αναπτύσσεται στον μυχό ενός κόλπου στο νοτιοανατολικό τμήμα του νησιού. Έχει συνολικό μήκος ακτογραμμής 960m. Από την απλή οπτική παρατήρηση των αεροφωτογραφιών διαφορετικών ετών διακρίνεται η έντονη αλλαγή της περιοχής του Ποσειδωνίου. Με το πέρασμα των δεκαετιών παρατηρούνται πολλές αλλαγές στη παράκτια περιοχή που σχετίζονται προφανώς με την αξιοποίηση της περιοχής. Παράλληλα, η υπόλοιπη περιοχή στο διάστημα των 46 αυτών χρόνων παρατηρούμε πως στην εικόνα 22, από τελείως ανεκμετάλλευτη, στην εικόνα 24, το 1991 η περιοχή έχει οικοδομηθεί στο μεγαλύτερό της μέρος, και γι' αυτό το λόγο είναι λογικό να έχει επηρεαστεί η παράκτια ζώνη και η ακτογραμμή.



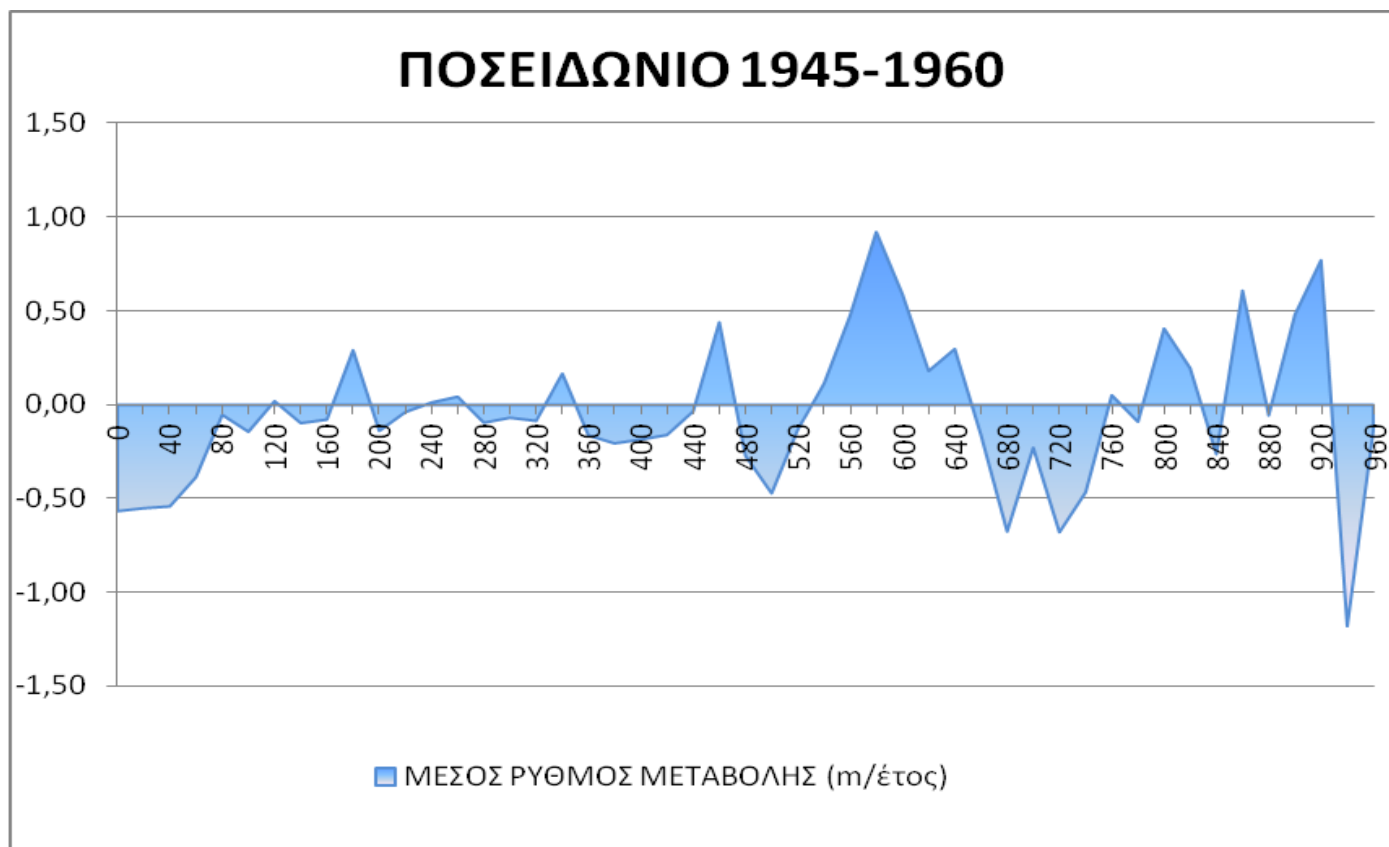
Εικόνα 25. ακτογραμμή της περιοχής Ποσειδώνιο κατά τα έτη 1945 - 1960 - 1991



Εικόνα 26. ακτογραμμή της περιοχής Ποσειδώνιο κατά τα έτη 1945 – 1960

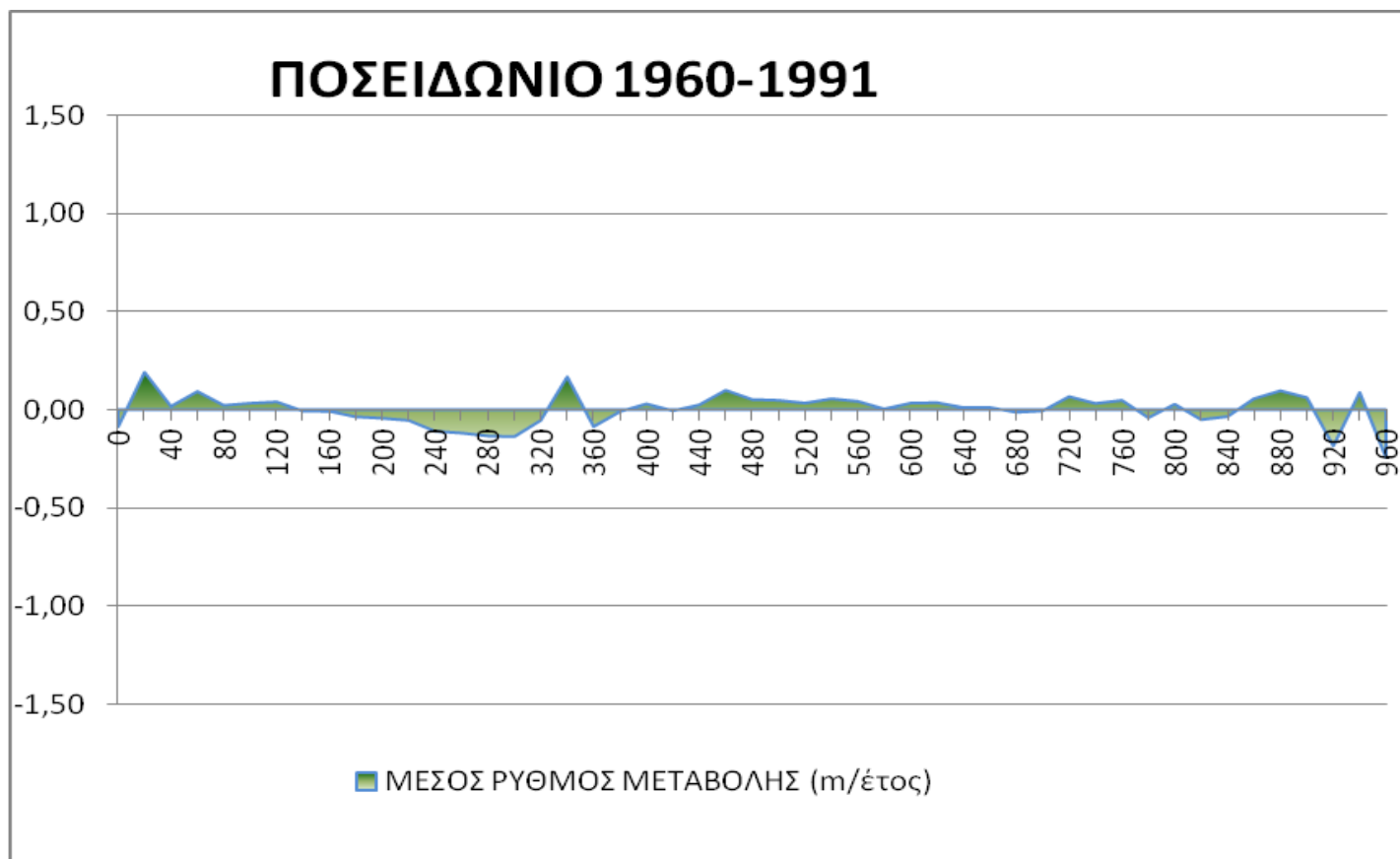


Εικόνα 27. ακτογραμμή της περιοχής Ποσειδώνιο κατά τα έτη 1960 – 1991



Διάγραμμα 3. Μέσος ρυθμός μεταβολής της περιοχής Ποσειδώνιου τα έτη 1945-1960

Όσον αφορά τη περιοχή του Ποσειδώνιου, τα έτη 1945-1960, με βάση το διάγραμμα, υπάρχουν τμήματα της ακτογραμμής που υποχωρούν αλλά και άλλα που προελαύνουν. Τα τμήματα όπου η ακτογραμμή προελαύνει είναι αυτά στα οποία υπάρχει ανθρωπογενή παρέμβαση και οφείλεται κυρίως στην κατασκευή παράκτιων τεχνικών έργων όπως προβλητών αλλά και μικρών λιμένων. Με λίγα λόγια είναι η ανατολική πλευρά του αιγιαλού. Τα σημεία όπου υποχωρούν, τα οποία είναι κατά πλειονηφία στην δυτική πλευρά του αιγιαλού, σε αυτά ευθύνονται οι φυσικές διεργασίες αλλά και σε έναν βαθμό οι ανθρωπογενείς, για τη κατασκευή των προβλητών που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Ο μεγαλύτερος μέσος ρυθμός διάβρωσης είναι $+1,18\text{m/έτος}$ και ο μεγαλύτερος ρυθμός προέλασης είναι $-0,77\text{m/έτος}$. Το σημείο στο οποίο σημειώθηκε η τιμή αυτή, είναι στο νοτιοανατολικό τμήμα του κόλπου και οφείλεται καθαρά στην ανθρωπογενή δραστηριότητα.



Διάγραμμα 4. Μέσος ρυθμός μεταβολής της περιοχής Ποσειδώνιου τα έτη 1960-1991

Τη χρονική περίοδο 1960-1991, με βάση και την εικόνα 27, η ανθρωπογενής παρέμβαση κυριαρχεί σε μεγάλο βαθμό. Οι μεταβολές όμως της ακτογραμμής δεν είναι τόσο έντονες όσο τη προηγούμενη χρονική περίοδο (1945 - 1960). Έτσι ο μέσος ετήσιος ρυθμός προέλασης στο μεγαλύτερο σημείο είναι $+0,19\text{m/έτος}$ και αντίστοιχα ο μεγαλύτερος μέσος ετήσιος ρυθμός υποχώρησης είναι $-0,25\text{m/έτος}$. Τη περίοδο αυτή, ανακατασκευάστηκαν καλύτερες προβλήτες και μεγαλύτερες, ευθυγραμμίστηκαν καλύτερα οι παραλίες, γι αυτό και άλλωστε η προέλαση υπερτερεί της υποχώρησης στη συγκεκριμένη ακτή. Σε ένα σημείο όπου υπάρχει υποχώρηση, είναι στο δυτικό και στο βορειοδυτικό μέρος όπου η ανθρωπογενής παρέμβαση δεν είναι αισθητή.

Μεταξύ των 2 χρονικών περιόδων, οι ρυθμοί μεταβολής της ακτογραμμής έχουν διαφορά. Αυτό οφείλεται στο ότι τη πρώτη χρονική περίοδο δημιουργήθηκαν οι προβλήτες και τα λιμάνια στη περιοχή, γι αυτό και ο ρυθμός μεταβολής είναι τόσο

έντονος, ενώ αντίθετα στη δεύτερη περίοδο παρατηρούμε συντήρηση των κατασκευών αυτών γι αυτό και ο αριθμός αυτός περιορίστηκε. Στο τμήμα όπου υπάρχει διαφορά, είναι βοριοδυτικά του αιγιαλού όπου υπάρχει υποχώρηση της ακτογραμμής.

Κεφάλαιο 6^ο – Συζήτηση – Συμπεράσματα

Σε αυτή τη μελέτη, επιχειρήθηκε η εκτίμηση στις μεταβολές της ακτογραμμής δύο αιγιαλών της νήσου Σάμου χρησιμοποιώντας αεροφωτογραφίες των ετών 1945, 1960 και 1991 και αξιοποιώντας τεχνικές των συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών. Η ακτογραμμής των αιγιαλών των περιοχών Κοκκάρι και Ποσειδώνιο διαιρέθηκαν σε μικρά τμήματα ίσων αποστάσεων και εκτιμήθηκαν οι αλλαγές της ακτογραμμής για τις παραπάνω χρονικές περιόδους ποσοτικοποιώντας τη διάβρωση ή προέλαση. Με βάση τους πίνακες, τα διαγράμματα και τους χάρτες που κατασκευάστηκαν και μελετήθηκαν, έγινε εμφανές ότι για την περιοχή μελέτης κατά την περίοδο των 46 ετών από το 1945 έως το 1991, κυριαρχεί το καθεστώς της διάβρωσης.

6.1 Διάβρωση των παραλιών της Σάμου

Το φαινόμενο της διάβρωσης το οποίο είναι ιδιαίτερα έντονο τις τελευταίες δεκαετίες και στην Σάμο, αποδίδεται στη σχετική ανύψωση της θαλάσσιας στάθμης >10 cm τα τελευταία 100 χρόνια (έκθεση IPCC του 2007) η οποία ενισχύοντας την κυματική δράση διευκολύνει την απομάκρυνση των ιζημάτων, ενώ παράλληλα οι διάφορες ανθρωπογενείς κατασκευές είτε εμποδίζουν την προσέλευση του χερσογενούς υλικού είτε συμβάλλουν υδροδυναμικά στην απόπλυση της παραλιακής ζώνης. Τα διάφορα τεχνικά έργα προστασίας έχουν συμβάλλει στη σταθεροποίηση αλλά όχι και στη φυσική ανάκαμψη των παραλιών του νησιού.

Η παράκτια ζώνη της Β/ΒΔ Σάμου και ειδικότερα η περιοχή από το Καρλόβασι έως την περιοχή του Αγίου Κωνσταντίνου χαρακτηρίζεται από έντονη διάβρωση. Η περιοχή αυτή, όπως άλλωστε και ολόκληρο το νησί της Σάμου. Σύμφωνα και με τον (Παπανικολάου 1986) ανήκει στην Αττικοκυκλαδική κρυσταλλοσχιστώδη ενότητα η οποία κατά τους ιστορικούς χρόνους χαρακτηρίζεται ως σχετικά τεκτονικά σταθερή, ενώ το υδρο-ισοστατικό-ευστατικό μοντέλο του (Lambeck 1996) προσαρμοσμένο στο Αιγαίο Πέλαγος δείχνει ότι η θαλάσσια στάθμη

στη Σάμο ανυψώθηκε περί τα 0,75m τα τελευταία 2000 χρόνια. Επιπροσθέτως, η περιοχή είναι εκτεθειμένη σε κύματα Β/ΒΔ κυρίως διευθύνσεων, με μάλλον περιορισμένη τη προσφορά χερσογενούς υλικού ποτάμιας προέλευσης.

Σύμφωνα με τους (Μπλέτα, κ.α 2009) η παράκτια ζώνη που μελετάται περιλαμβάνει μια σειρά από επιμέρους παραλιακές ζώνες με μήκος ακτογραμμής <200 m με εξαίρεση την παραλία Ποτάμι που φθάνει τα 800m και οι οποίες ξεχωρίζουν μεταξύ τους με την παρεμβολή είτε μικρών ακρωτηρίων που συνίστανται από μάρμαρα ή σχιστολίθους, είτε ριπιδίων αλλουβιακών αποθέσεων.

Παρατηρώντας στο σύνολο τη βορειοδυτική ακτογραμμή της Σάμου μπορεί να επισημανθεί ότι η περιοχή του μετώπου των παραλιών που μελετήθηκαν αποτελούνται από χαλίκια έως μεγάλες κροκάλες (ογκόλιθους), τα οποία σταματούν στο βάθος περίπου των 2m. Όλες οι παραλιακές ζώνες ανεξαρτήτων μήκους ακτογραμμής χαρακτηρίζονται από μικρά πλάτη (<24 m).

Υποθαλάσσια, όλες οι παραλιακές ζώνες παρουσιάζουν μικρές κλίσεις από 1,40 έως 3,80. Ακόμη, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η υποθαλάσσια έξαρση στην παραλία Αγίου Δημητρίου, η οποία και λόγω της σύστασης της (σκληρό πέτρωμα) πιθανότατα να αποτελεί ένδειξη παλαιό-ακτογραμμής. Να σημειωθεί δε ότι και στις άλλες τομές παρουσιάζεται μια μικρή έστω αλλαγή στην υποθαλάσσια μορφολογία περί το βάθος των 2m.

Από κοκκομετρικής πλευράς είναι χαρακτηριστική η έλλειψη λεπτόκοκκου υλικού (άμμου) από το μέτωπο όλων των εξεταζόμενων παραλιών. Υποθαλάσσια ο πυθμένας είναι αμώδης μετά τα 2-3 m βάθος και μόνο για τις δυτικότερες παραλίες, ενώ κροκάλες επικρατούν στις ανατολικότερες παραλίες της Σάμου. Η έλλειψη (απομάκρυνση) του λεπτόκοκκου υλικού με δεδομένο ότι φυσιολογικά θα προϋπήρχε (λόγω και της παράκτιας λιθολογίας) σε συνδυασμό και με το μικρό πλάτος των παραλιών, υποδηλώνει ότι βρίσκονται γενικά σε καθεστώς διάβρωσης. Τέλος η εμφάνιση φυκιών (ποσειδωνίες) σε βάθη >5-6m δείχνει και το βάθος επίδρασης της συχνότερης κυματικής δράσης (Μπλέτας, κ.α 2009).

Στον ακόλουθο πίνακα και σύμφωνα με τους (Μπλέτα κ.α 2009), δίνονται τα βασικά κυματικά χαρακτηριστικά (ύψος και περίοδος) μαζί με το μέγιστο βάθος κινητοποίησης των ιζημάτων, το βάθος θραύσης των κυμάτων και τη δυνατότητα αναρρίχησης των πάνω στην παραλία για τις μέγιστες και τις μέσες (συνήθεις) τιμές των προσερχόμενων κυμάτων ανεμογενούς προέλευσης.

Άνεμος (εμφάνιση %)	Τιμές	T_p (sec)	H_s (m)	h_c (m)	d_b (m)	R (m)
B (22,9%)	Μέγιστη (0,08%)	6,98	4,27	9,7	5,47	2,60
	Σταθμική μέση	4,74	1,32	3,0	1,69	0,98
BA (4,29%)	Μέγιστη (0,04%)	6,04	3,08	7,0	3,95	1,91
	Σταθμική μέση	3,95	0,85	1,9	1,09	0,66
BΔ (26,3%)	Μέγιστη (0,06%)	8,77	6,00	13,7	7,74	3,89
	Σταθμική μέση	5,62	1,57	3,6	2,01	1,27
Α (3,7%)	Μέγιστη (0,01%)	5,50	2,67	6,07	3,42	1,62
	Σταθμική μέση	3,42	0,63	1,44	0,81	0,49

Πίνακας 4: Πίνακας παράμετρων του κυματικού καθεστώτος για βόρειο (B), βόρειο-ανατολικό (BA), βόρειο-δυτικό (BΔ) και ανατολικό(Α) άνεμο.

Υπόμνημα: T_p : περίοδος κύματος, H_s : σημαντικό ύψος κύματος, h_c : μέγιστο βάθος κινητοποίησης ιζημάτων πυθμένα, d_b : βάθος θραύσης κύματος και R: μέγιστο ύψος αναρρίχησης κύματος.

Πηγή: Μπλέτας κ.α 2009

Γενικά βλέπουμε ότι τα συνήθη κύματα δεν ξεπερνούν το 1,5m (περίοδος <5 sec) ενώ τα μέγιστα κύματα αν και σπάνια (συχνότητα εμφάνισης <0,2% ετησίως) κυμαίνονται από 3-6m (περίοδοι 6-9sec). Οι αντίστοιχες ζώνες θραύσης για τα μέσα κύματα (d_b) και τα μέγιστα βάθη κινητοποίησης των ιζημάτων του πυθμένα (h_c) είναι της τάξης των 1-2m και 1,5-3,6m, αντίστοιχα. Τα βάθη αυτά συμπίπτουν με την εμφάνιση των φυκιών και δείχνουν ότι η κυματική δράση επηρεάζει ουσιαστικά το πρώτο 1,5m του πυθμένα. Η δυνατότητα αναρρίχησης των μέσων (συνήθων) κυμάτων δεν ξεπερνά το 1,5m, ενώ τα κύματα θύελλας μπορούν να αναρριχθούν μέχρι και 3,8m συμμετέχοντας ενεργά στη μετακίνηση των ιζημάτων (κυρίως των λεπτόκοκκων) άρα και στη διεργασία της διάβρωσης.

6.1.1 Ανθρωπογενείς παρεμβάσεις στις παραλίες της Σάμου

Και στις δύο περιοχές, σε αρκετά σημεία η ανθρωπογενή παρέμβαση φαίνεται όλο και πιο αισθητή με το πέρασμα των χρόνων. Σχεδόν σε όλα αυτά τα τμήματα ακτογραμμής, υπάρχει προέλαση μόνο στις περιοχές που σχετίζονται και χαρακτηρίζονται από για τη κατασκευή λιμένων, προβλητών και ευθυγράμμιση παραλιών. Αντίθετα, στα τμήματα του αιγιαλού όπου η ανθρωπογενής παρέμβαση

είναι μηδαμινή, και στις δύο περιοχές επικρατεί η υποχώρηση της ακτής κατά κύριο λόγο, λόγω της διάβρωσης.

Σε γενικές γραμμές πάντως, η ανθρωπογενή παρέμβαση είναι εμφανής σε όλη την περιοχή μελέτης της βορειοδυτικής ακτογραμμής της Σάμου. Η κατασκευή του παραλιακού δρόμου Καρλοβάσου – Βαθέως φαίνεται να είναι μια από τις πιο σημαντικές αιτίες διάβρωσης για τις παραλίες που βρίσκονται στη περιοχή αυτή, τις οποίες περιορίζει το πλάτος τους, τις απομονώνει ουσιαστικά από την ενδοχώρα άρα μειώνει το δυνητικά προσερχόμενο χερσογενές υλικό από τον πίσω ορεινό όγκο ενώ περιορίζοντας και την απόσταση απόσβεσης των προσερχόμενων κυμάτων συντείνει στη διαβρωτική δράση των αναρριχόμενων κυμάτων. Επιπλέον η κατασκευή του λιμανιού του Καρλοβάσου, αλλάζοντας τη παράκτια υδροδυναμική, έχει συμβάλλει και αυτό στη διάβρωση των παρακείμενων παραλιακών ζωνών εμποδίζοντας την από δυτικά τροφοδοσία τους ή και συσσωρεύοντας λόγω προσανατολισμού του την κυματική ενέργεια. Η παρουσία των προβόλων φαίνεται να σταθεροποιεί την κατάσταση, ενώ η προκύπτουσα από ανατολικά στερεομεταφορά φαίνεται να μην επαρκεί για τη φυσική ανάκαμψη των οπισθοχωρούντων παραλιακών ζωνών.

Με βάση τα φυσιογραφικά χαρακτηριστικά των βορειοδυτικών παραλιών της Σάμου (πλάτος, μήκος, κοκκομετρία) σε συνδυασμό με το κυματικό καθεστώς προκύπτει ότι βρίσκονται σε έντονο καθεστώς διάβρωσης. Η διάβρωση αυτή, η οποία είναι ιδιαίτερα έντονη και γενικευμένη τις τελευταίες δεκαετίες, θα πρέπει να σχετίζεται με την έντονη ανθρωπογενή παρέμβαση χωρίς να αποκλείεται και η συμβολή της επιταχυνόμενης ανόδου της θαλάσσιας στάθμης κατά τις τελευταίες δεκαετίες (IPCC, 2007).

6.2 Αντιμετώπιση της Διάβρωσης των ακτών

Έχοντας κατά νου πως ο πληθυσμός που ζει σε παράκτιες περιοχές έχει διπλασιαστεί, τουλάχιστον, τα τελευταία 50 χρόνια και η αξία των κατοικιών και καταστημάτων και ξενοδοχείων που βρίσκονται στις παράκτιες περιοχές έχει μεγάλη αξία, είναι εύκολα αντιληπτές οι οικονομικές επιπτώσεις της παράκτιας διάβρωσης, εκτός από τις περιβαλλοντικές.

Σύμφωνα με τον (Κουσουρή 2009) η ΕΕ έχει υιοθετήσει διάφορες δράσεις για την αντιμετώπιση της διάβρωσης των ακτών. Οι δράσεις αυτές, περιληπτικά είναι:

- **Ενίσχυση της προστασίας των ακτών** με την αποκατάσταση του ισοζυγίου των ιζημάτων με ήπιες και κοινωνικά αποδεκτές παρεμβάσεις (μπορούν να μεταφερθούν ιζήματα από περιοχές που διαθέτουν στρατηγικά αποθέματα με πολύ μεγάλη προσοχή και μελέτη και εφόσον δεν τίθεται σε κίνδυνο η φυσική ισορροπία του συστήματος).
- **Έγκαιρος εντοπισμός των κινδύνων**, αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και αποκατάσταση των ζημιών στο πλαίσιο πολιτικών για τη διαχείριση των ακτών (συνεκτίμηση του κόστους διάβρωσης κατά τον προγραμματισμό και τη λήψη επενδυτικών ή και άλλων αποφάσεων).
- **Εφαρμογή βέλτιστων πρακτικών για κάθε περίπτωση ξεχωριστά** και βάση πληρέστερων γνώσεων για τη διαχείριση της διάβρωσης των ακτών (διασφάλιση λήψης ορθών αποφάσεων).
- **Αντιμετώπιση της διάβρωσης των ακτών** δραστικά και προγραμματισμένα (καλύτερος προγραμματισμός σε μακροπρόθεσμη βάση και σε περιφερειακό σχέδιο διαχείρισης των ιζημάτων στις ακτές, αλλά και συνεκτίμηση κινδύνων, κόστους και επιπτώσεων).

Ασφαλώς από μόνες τους αυτές οι δράσεις και οι συστάσεις δεν φτάνουν αλλά είναι μια καλή αρχή σε συνδυασμό με τον περιορισμό των ανθρωπογενών δράσεων (οικοδομές, κτίσματα, κατάληψη παραλιών από τραπεζοκαθίσματα ,κτλ) στον αιγιαλό για να περιοριστεί τουλάχιστον το φαινόμενο της παράκτιας διάβρωσης όχι μόνο στην Σάμο, που είναι το αντικείμενο της παρούσης εργασίας αλλά σε όλες τις παράκτιες περιοχές της Ελλάδας που αντιμετωπίζουν το ίδιο πρόβλημα σύμφωνα και με τον πίνακα 2 (βλ, πίνακα 2 Διάβρωση Ελληνικών Νησιωτικών Περιοχών).

Βιβλιογραφία

- 1) Αντωνιάδης, Β. (2001), *Διάβρωση εδαφών, Σημειώσεις μαθήματος «Εδαφολογία»*, Τμήμα Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
- 2) Δουβετζέμη, Ε. (2006) *Παράκτια Γεωμορφολογική μελέτη της περιοχής Σχίνου, Ψάθας και Αλεποχωρίου*, Αθήνα, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο
- 3) Δουκάκης, (2007) *Πρόληψη - Διαχείριση των φυσικών καταστροφών*, Αθήνα
- 4) Καρύμπαλης, Ε. (2004) *Σημειώσεις Παράκτιας Γεωμορφολογίας*, Αθήνα, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο
- 5) Καρύμπαλης, Ε. (2010) *Παράκτια Γεωμορφολογία*, Αθήνα, Εκδόσεις Ίων
- 6) Κουσουρή, Θ. (2009) *Αμμοθινικά συστήματα στην Ελλάδα*, Αθήνα
- 7) Μιγκίρος, Γ. (2003) *Τηλεπισκόπηση: Εφαρμογές στις γεωεπιστήμες*, Αθήνα
- 8) Μιχαήλογλου, Κ. (2011) *Χωρικές και Περιβαλλοντικές επιπτώσεις της Παράκτιας διάβρωσης: Η περίπτωση του Νομού Δωδεκανήσου*, Θεσσαλονίκη, ΑΠΘ
- 9) Μουντράκης, Δ. (1985) *Γεωλογία της Ελλάδας*, Θεσσαλονίκη, Universal Studio Press
- 10) Μουρτζιος, Π. (2008) *Γεωμορφολογικά και υδρογραφικά χαρακτηριστικά που συνδέονται με την ανάπτυξη των χειμάρρων της νήσου Σάμου*, Θεσσαλονίκη
- 11) Μπλέτας, Α. – Ανδρής, Π. – Καρδitsά, Α. – Ευελπίδου, Ν. – Πούλος, Σ. – Λειβαδίτης, Γ. (2009) *Μελέτη της διάβρωσης των παραλιών της ΒΔ Σάμου*, Αθήνα, πρακτικά συνεδρίου, 9^ο Συνέδριο Ωκεανογραφίας και Αλιείας
- 12) Παπαδοπούλου, Γ (2003) *Επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών στον αιγιαλό και την παραλία*, Αθήνα
- 13) Παπανικολάου, Δ. Ι. (1986) *Γεωλογία της Ελλάδας*, Αθήνα, Πανεπιστήμιο Αθηνών
- 14) Σιάφακας, Β. (2003) *Επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών στην παράκτια ζώνη της νήσου Κω*, Αθήνα, ΕΜΠ
- 15) Σουκισιάν, Τ., Χατζηνάκη, Μ., Κορρές, Γ., Παπαδόπουλος, Α., Κάλλος, Γ., Αναδρανιστάκης, Ε., (2007) *Ατλαντας ανέμου και κύματος των Ελληνικών Θαλασσών, Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών Ινστιτούτο Ωκεανογραφίας*, Αθήνα

- 16) Σπυρόπουλος, Χ. (2010) *Μορφολογική ανάλυση παράκτιας ζώνης με χρήση γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών, Εφαρμογή: Νήσος Μύκονος*, Αθήνα, Τμήμα Αγρονόμων Τοπογράφων
- 17) Στεργίου, Α. (2008) *Παράκτια Γεωμορφολογική μελέτη της ευρύτερης περιοχής της Κινέττας*, Αθήνα, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο
- 18) Τζανετάκου, Β. (2010) *Εφαρμογή της ολοκληρωμένης διαχείρισης παράκτιων ζωνών στις παραλιακές περιοχές πατράϊκού κόλπου και νοτίων ιονίων νησιών*, Βόλος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- 19) Φωτείνης, Σ. (2012) *Η διάβρωση των ακτογραμμών της Κρήτης*, Ηράκλειο, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος
- 20) Χαλκιάς, Χ. (2003) *Σημειώσεις Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών II*, Αθήνα, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο
- 21) Χρόνης, Γ. – Αναγνώστου, Χ. (1997) *Εισαγωγή στην παράκτια γεωλογία*, Μυτιλήνη, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
- 22) EuroSION, (2004) *Living with coastal erosion in Europe: Sediment and Space for Sustainability PART I - Major findings and Policy Recommendations of the EUROSION Project*, Brussels
- 23) Fairbridge, R. (1961), *Eustatic changes in sea – level, Physics and chemistry of the earth 4*, pp 99 – 185
- 24) Godwin, H. (1985), *Radiocarbon dating of the eustatic rise in ocean level*, Nature 181 pp 1518 – 1519
- 25) Goodie, A. (1983), *Environmental change (2nd Edition)*, Oxford, Oxford University Press
- 26) Lambeck, K. (1996) *Sea-level changes and shoreline evolution in Aegean Greece since Upper Paleolithic time*, Athens
- 27) Morner, N. (1973), *Eustatic Change in last 300 years*, *Paleogeogr. Paleoclim. Paleoecol.* 13, pp 1 – 14
- 28) Pethic, J. (2004) *An Introduction to coastal geomorphology* London
- 29) Pirazzoli, P. (2004) *Episodic uplift deduced from Holocene Shorelines in the Perachora Peninsula, Corinth area*, Tectonophysics

Πηγές από το Internet

- 1) <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%95%CE%BB%CE%BB%CE%AC%CE%B4%CE%B1>
- 2) Εφημερίς της Κυβερνήσεως
www.yen.gr/php/download_xitem.php?xitem=29892/ya_fek1393_05.pdf
- 3) Ηλεκτρονική έκδοση βιβλίου ιζηματολογίας www.geo.auth.gr/647/
- 4) Coastal Engineer Manual (CEM) <http://chl.erdc.usace.army.mil/cemtoc>
- 5) Coastal Morphology Group - Scripps Institution of Oceanography
http://coastalchange.ucsd.edu/st3_basics/waves.html
- 6) http://en.wikipedia.org/wiki/Current_sea_level_rise
- 7) <http://www.skepticalscience.com/sea-level-rise-predictions.htm>
- 8) <http://www.eurosion.org/>
- 9) www.googlemaps.com
- 10) <http://www.samosin.gr/topopositiongr.htm>
- 11) <http://hellas.teipir.gr/Thesis/Samos/greek/home.html>
- 12) <http://www.bookableholidays.com/>
- 13) <http://my-samos.blogspot.gr/>