

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΤΟΥ

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ ΠΑΠΑΔΟΓΙΑΝΝΗ

ΤΙΤΛΟΣ: ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΠΛΑΣΗ ΠΑΡΑΛΙΑΣ

(ΠΑΡΑΛΙΑ ΚΟΥΜ-ΚΑΠΙ ΔΗΜΟΥ ΧΑΝΙΩΝ)



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΣΥΝΟΛΑΚΗΣ



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ: ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Φωτογραφίες εξωφύλλου από, προκαταρκτική μελέτη Ανάπτυξης και εξυγίανσης με οργανωμένη δόμηση περιοχής Κούμ-Καπί πόλεως Χανίων , του Τ.Ε.Ε ΤΜΗΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΚΡΗΤΗΣ (Μάρτιος 1976) και προσωπικό αρχείο.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΟΡΙΣΜΟΙ.....	ΣΕΛ 5
1.1 <u>Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΖΩΝΗΣ.....</u>	ΣΕΛ 5-6
1.2 <u>ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΣΤΕΡΕΟΜΕΤΑΦΟΡΑ ΚΑΙ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ</u> <u>ΑΚΤΩΝ.....</u>	ΣΕΛ 7
1.3 <u>ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΤΩΝ</u> <u>ΑΚΤΩΝ.....</u>	ΣΕΛ 8
1.4 <u>ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΟΥ ΙΖΗΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΛΙΑ.....</u>	ΣΕΛ 9
1.4.1 <u>ΑΜΜΟΘΙΝΕΣ.....</u>	ΣΕΛ 10-11
1.5 <u>ΕΠΟΧΙΑΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ</u> <u>ΠΑΡΑΛΙΩΝ.....</u>	ΣΕΛ 11
1.5.1 <u>ΧΕΙΜΕΡΙΝΟ ΠΡΟΦΙΛ.....</u>	ΣΕΛ 11-12
1.5.2 <u>ΘΕΡΙΝΟ ΠΡΟΦΙΛ.....</u>	ΣΕΛ 12
1.6 <u>ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ.....</u>	ΣΕΛ 13-14
2. ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΔΙΑΒΡΩΣΗ.....	ΣΕΛ 15-17
2.1 <u>ΟΙ ΚΥΜΑΤΙΚΕΣ ΚΑΤΑΓΙΓΔΕΣ ΚΑΙ Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥΣ ΣΤΙΣ</u> <u>ΑΚΤΕΣ.....</u>	ΣΕΛ 17-19
2.2 <u>ΟΙ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ ΚΑΙ Η</u> <u>ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΑΚΤΩΝ.....</u>	ΣΕΛ 19
2.2.1 <u>ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ....</u>	ΣΕΛ 20-21
2.2.2 <u>ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΡΥΘΜΟΥ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΗΣ</u> <u>ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ.....</u>	ΣΕΛ 21-23
2.3 <u>ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ</u>	ΣΕΛ 23
2.3.1 <u>ΣΕ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΕΠΙΠΕΔΟ.....</u>	ΣΕΛ 23
2.3.2 <u>Η ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ.....</u>	ΣΕΛ 24-25
2.3.3 <u>Η ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....</u>	ΣΕΛ 26
2.3.4 <u>Η ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΣΤΗΝ ΚΡΗΤΗ.....</u>	ΣΕΛ 26-27

2.4	<u>ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΚΥΜΑΤΑ ΚΑΙ ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥΣ...</u>	ΣΕΛ 28-29
2.5	<u>ΑΙΤΙΑ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΠΑΡΑΛΙΩΝ.....</u>	ΣΕΛ 29-30
2.6	<u>ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΟΠΙΣΗΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ.....</u>	ΣΕΛ 30-35
3.	ΑΝΑΠΛΑΣΗ ΤΩΝ ΑΚΤΩΝ	
3.1	<u>Η ΤΕΧΝΗΤΗ ΑΝΑΠΛΑΣΗ ΑΚΤΩΝ.....</u>	ΣΕΛ 35-36
3.1.1	<u>ΥΛΙΚΟ ΑΝΑΠΛΗΡΩΣΗΣ.....</u>	ΣΕΛ 36-37
3.1.2	<u>ΠΗΓΕΣ ΛΗΨΗΣ ΔΑΝΕΙΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΑΝΑΠΛΗΡΩΣΗΣ ΤΩΝ ΑΚΤΩΝ.....</u>	ΣΕΛ 37
3.2	<u>ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΥΛΙΚΩΝ.....</u>	ΣΕΛ 38
3.3	<u>ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ.....</u>	ΣΕΛ 39
3.4	<u>ΤΡΟΠΟΣ ΕΠΙΜΕΤΡΗΣΗΣ.....</u>	ΣΕΛ 40-41
3.5	<u>ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΝΑΠΛΗΡΩΣΗΣ ΠΑΡΑΛΙΑΣ ΜΕ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟ.....</u>	ΣΕΛ 41-42
4.	ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ (ΧΑΝΙΑ ΚΟΥΜ –ΚΑΠΙ)	
4.1	<u>ΤΑ ΧΑΝΙΑ ΚΑΙ Η ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ.....</u>	ΣΕΛ 42-45
4.2	<u>ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ (ΚΟΥΜ-ΚΑΠΙ) ΚΑΙ ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....</u>	ΣΕΛ 45-55
5.	ΕΡΕΥΝΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΛΙΑΣ ΤΟΥ ΚΟΥΜ-ΚΑΠΙ.....	ΣΕΛ 56
5.1	<u>ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ.....</u>	ΣΕΛ 56-59
5.1.1	<u>ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΟΜΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....</u>	ΣΕΛ 59-67
5.1.2	<u>ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ ΚΑΙ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....</u>	ΣΕΛ 68-76
6.	ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΥ ΟΓΚΟΥ ΑΝΑΠΛΗΡΩΣΗΣ ΤΗΣ ΑΚΤΗΣ.....	ΣΕΛ 77-82
6.1	<u>ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΟΓΚΟΥ ΑΝΑΠΛΗΡΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΛΙΑ ΤΟΥ ΚΟΥΜ-ΚΑΠΙ.....</u>	ΣΕΛ 82-91
	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	ΣΕΛ 92
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	ΣΕΛ 93-97

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παράκτια ζώνη στο σύνολο της αποτελεί ζώνη ελεύθερη στο κοινωνικό σύνολο και αφιερωμένη στην εξυπηρέτηση των αναγκών του. Γι' αυτόν ακριβώς το λόγο οφείλει να προστατεύεται από παρεμβάσεις που οδηγούν στην φθορά και αλλοίωση του φυσικού περιβάλλοντος.

Παρά το γεγονός ότι φυσικές διαδικασίες έχουν διαμορφώσει την ακτογραμμή και την μορφολογία της στο πέρασμα του χρόνου, οι ανθρώπινες και οικονομικές δραστηριότητες στις παράκτιες περιοχές, καθώς και σταδιακή αύξηση της στάθμης της θάλασσας λόγω της κλιματικής αλλαγής αποσπαθώνουν πολλές παραλίες και υποβαθμίζουν την παράκτια ζώνη. Έτσι δημιουργείται ένα πολύ σοβαρό πρόβλημα για το περιβάλλον και κατ' επέκταση τις τοπικές κοινωνίες.



Εικόνα 1:Ενδεικτική εικόνα αστοχιών και εκμετάλλευσης της παραλίας Κολυμβαρίου

Ο εμπλουτισμός των παραλιών με άμμο και ταυτόχρονα η καταπολέμηση του φαινομένου των παράνομων αμμοληπιών, αλλά και η αποφυγή της κατασκευής έργων αποσπασματικά και χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οι περιβαλλοντικές συνέπειες, μπορούν να δώσουν λύση στο πρόβλημα της διάβρωσης εξαιτίας του οποίου εξαφανίζονται οι ακτές.

Οι παραλίες του νομού Χανίων αντιμετωπίζουν ιδιαίτερο πρόβλημα, λόγω της ταχείας τουριστικής ανάπτυξης μετά το 1975. Καθ' όλη την βόρεια πλευρά της περιοχής του Κούμ –Καπί (Τούρκικη ονομασία της Πύλης της Άμμου) εκτεινόταν κατά το παρελθόν θαυμάσια αμμώδης παραλία που με την πάροδο του χρόνου λόγω

της οικιστικής ανάπτυξης και άστοχων παρεμβάσεων (κατασκευή τοιχίου από οπλισμένο σκυρόδεμα), οδηγήθηκε στη σημαντική διάβρωσή που παρουσιάζει. Μία εξαιρετική παραλία, που η ονομασία της παραπέμπει στην φυσική της κατάσταση βρίσκεται στο κέντρο της πόλης των Χανίων και θα μπορούσε να γίνει πόλος έλξης για τους κατοίκους αλλά και επισκέπτες. Αντικείμενο της εργασίας είναι η διερεύνηση της αποκατάστασης της παραλίας.

1. ΟΡΙΣΜΟΙ

Βάση την Ελληνική νομοθεσία και πιο συγκεκριμένα το Νόμο 2971/2001 «Αιγιαλός, παραλία και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ Α' 285/19.12.2001) Άρθρο 1 ορίζονται:

«Αιγιαλός» είναι η ζώνη της ξηράς, που βρέχεται από τη θάλασσα από τις μμεγαλύτερες 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.

«Παλιός 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.

«Λιμένες» 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. [1]

1.1 Η έννοια της παράκτιας ζώνης

Η παράκτια ζώνη(ακτογραμμή) αποτελεί τη μεταβατική ζώνη μεταξύ του χερσαίου και του θαλάσσιου χώρου, όπου συνυπάρχουν και αλληλεπιδρούν τρία στοιχεία : η θάλασσα, η ξηρά και ο αέρας. Αυτός ο συνδυασμός φυσικών στοιχείων δημιουργεί ένα ιδιαίτερο περιβάλλον με μεγάλη διαφοροποίηση στις γεωλογικές και γεωμορφολογικές του δομές. Η παράκτια ζώνη δεν είναι σταθερή καθώς με την πάροδο του χρόνου επέρχονται σημαντικές μεταβολές εξαιτίας της δράσης τόσο των φυσικών διεργασιών όσο και των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Βραχυπρόθεσμα οι κυματισμοί και μακροπρόθεσμα οι μεταβολές της μέσης στάθμης θάλασσας

επιδρούν και την μεταβάλλουν άλλοτε με διάβρωση και άλλοτε με εναπόθεση ιζημάτων.

Οι παράκτιες ζώνες παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον, γιατί σε αυτές είναι συγκεντρωμένος ένας σημαντικός αριθμός οικοσυστημάτων όπως αμμόλοφοι (θίνες), βραχώδεις ακτές, παράκτια δάση και θαμνώνες με μεγάλη περιβαλλοντική σημασία. Η χλωρίδα και η πανίδα τους ποικίλει (κεδροδάση, φοινικοδάση, μαγκρόβια δάση, αλμυρίκια, πουλιά, ψάρια κλπ.) δημιουργώντας ιδανικές συνθήκες αναψυχής και δραστηριοτήτων. Οι θίνες, οι υγρότοποι, οι κοραλιογενείς σχηματισμοί και τα άλλα παράκτια οικοσυστήματα λειτουργούν ως φυσικοί αμυντικοί μηχανισμοί απέναντι σε φυσικούς κινδύνους, όπως η διάβρωση και οι πλημμύρες και σαν μηχανισμοί μείωσης των αρνητικών ανθρωπογενών επιδράσεων από χερσαίες πηγές.

Οι παράκτιες περιοχές είναι σημαντικές και από οικονομική άποψη γιατί συγκεντρώνουν σημαντικούς φυσικούς πόρους και παρέχουν ευνοϊκές συνθήκες για την ανάπτυξη ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Σημαντική είναι όμως και η κοινωνική και ψυχολογική τους αξία ως τόπων αναψυχής κάθε μορφής. Αυτός ο παράγων έχει αποτελέσει σημαντική αιτία για την ανάπτυξη του τουρισμού στις περιοχές αυτές. Η Ελλάδα, με χερσαία έκταση περίπου 132.000km^2 και μία ακτογραμμή που ξεπερνά τα 15.000km , είναι η χώρα με την πλέον εκτεταμένη ακτογραμμή στην Μεσόγειο. Η ελληνική παράκτια ζώνη διαδραματίζει στρατηγικό ρόλο στην οικονομική ανάπτυξη της χώρας, αφού ποσοστό μεγαλύτερο από 57% του πληθυσμού είναι εγκατεστημένο στις παράκτιες περιοχές, όπου αναπτύσσεται αντίστοιχα το 90% του τουρισμού και αναψυχής, πάνω από το 80% των βιομηχανικών δραστηριοτήτων και τέλος το 35% της γεωργίας. Εκτός αυτού ο ελληνικός παράκτιος χώρος παρουσιάζει μεγάλη ιστορική και πολιτισμική ποικιλότητα σε αρχαιολογικούς και ιστορικούς τόπους και μνημεία, αλλά και σε νεώτερους οικισμούς.

Είναι λοιπόν προφανές ότι οι παράκτιες ζώνες έχουν ιδιαίτερη σημασία για τη ζωή και την ανάπτυξη της, γι' αυτό το λόγο απαιτούν τη λήψη μέτρων για την προστασία και διατήρησή τους. [2], [3]. [4]]

1.2 ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΣΤΕΡΕΟΜΕΤΑΦΟΡΑ ΚΑΙ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΑΚΤΩΝ

ΓΕΝΙΚΑ

Οι ακτές και ο πυθμένας των παράκτιων θαλάσσιων ζωνών στις οποίες αναπτύσσεται δράση κυματισμών και ρευμάτων, από γεωλογική άποψη μπορεί να είναι βραχώδεις ή αμμώδεις-γεώδεις.

Στην πρώτη περίπτωση έχει σταθερή μορφή, εξελισσόμενη μακροπρόθεσμα σε χρονικές κλίμακες αιώνων.

Στη δεύτερη περίπτωση ακτών που αποτελούνται από κοκκώδη υλικά με κοκκομετρία που κυμαίνεται από την τάξη του αργίλου (10^{-4}m) ως τις κροκάλες (10^{-1}m), υφίσταται έντονη επίδραση των ρευμάτων και των κυματισμών με επακόλουθο μορφολογικές αλλοιώσεις, σε όλες τις χρονικές κλίμακες.

Μεγάλες ποσότητες κοκκώδους υλικού μεταφέρονται κατά τις οριζόντιες διευθύνσεις, κάτω από την αποσταθεροποιητική δράση των κυματισμών και τη μεταφορική δράση των ρευμάτων. Η ύπαρξη ενός παράκτιου τεχνικού έργου σε ένα τόσο δυναμικό περιβάλλον έχει ως αποτέλεσμα την αναμόρφωση των υδροδυναμικών συνθηκών και κατά συνέπεια και των ρυθμών στερεομεταφοράς με συχνά απρόβλεπτες συνέπειες. Ενδεικτικές είναι η διάβρωση και η προσάμμωση που είναι ανεπιθύμητες, π.χ. η προσάμμωση και αχρήστευση ενός λιμενικού έργου ή η διάβρωση μιας οικιστικά ανεπτυγμένης ακτής.[5]



Εικόνα 2. Ενεργειακή καταιγίδα που δημιουργεί κύματα το χειμώνα σε La Jolla, Καλιφόρνια. Τα κύματα μετακινούν άμμο, μακριά, και κατά μήκος της ακτής, και μπορεί να προκαλέσουν σημαντικές φθορές έως και εξαφάνιση στις αμμώδεις παραλίες κατά τη διάρκεια του χειμώνα. [6]

1.3 ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΤΩΝ ΑΚΤΩΝ

Κατά τον Κουτίτα (1994) [5], οι κοκκώδεις ακτές αποτελούνται από ανόργανα υλικά που χαρακτηρίζονται από διάφορες φυσικές ιδιότητες, οι οποίες είναι καθοριστικές για τις φυσικές διεργασίες στερεομεταφοράς. Οι φυσικές ιδιότητες βάση των οποίων γίνεται η διαφοροποίηση του ιζήματος κάθε παραλίας ανά περιοχή είναι οι εξής:

- Το μέγεθος των κόκκων που βρίσκεται με κοκκομετρική ανάλυση στο εργαστήριο ,με πρότυπα κόσκινα ή πειράματα καθιζήσεως(mm). Με βάση τη χαρακτηριστική διάμετρο κόκκων χωρίζονται σε διάφορες κατηγορίες σύμφωνα με τον ακόλουθο πίνακα.

Ονομασία	Διάμετρος (mm)	Τιμή παραμέτρου φ
Κροκάλες	250-60	-8 έως -6
Χάλικες	32-4	-5 έως -2
Άμμος	2-0.1	1 έως 4
Ίλος	0.03-0.003	5 έως 8
Άργιλος	0.002-0.0002	9 έως 12

- Το μέγεθος φ(καθαρός αριθμός ο οποίος χρησιμοποιείται κυρίως από γεωλόγους).
Η τιμή φ κατά τον Wentworth (1922) ορίζεται ως ο αρνητικός λογάριθμος με βάση 2 της διαμέτρου D σε mm.
 $\phi = -\log_2 (D)$
- Η σύσταση, δηλαδή η κατανομή μεγέθους κόκκων ανά μονάδα βάρους.
- Το χρώμα
- Η ταχύτητα καθιζήσεως w_f των κόκκων, που για φυσικούς (μη σφαιρικούς αλλά γωνιώδεις)ν κόκκους δίνεται από τη σχέση:

$$wf = \left(\left(\frac{\gamma_s}{\gamma} \right) g \right)^{0.7} \frac{D_{50}^{1.1}}{6 \cdot \nu^{0.4}}$$

- Το ειδικό βάρος γ_s όπου συνήθως η κύρια σύσταση των κόκκων των αμμωδών ακτών είναι χαλαζιακή με $\gamma_s=2.65 \text{ t/m}^3$ (ή 26.5 kN/m^3)
- Τη διαπερατότητα των κόκκων
 $K(\text{σε μονάδες Darcy})=760 \cdot (D_{50})^2 \cdot e^{(-1.61\sigma\phi)}$

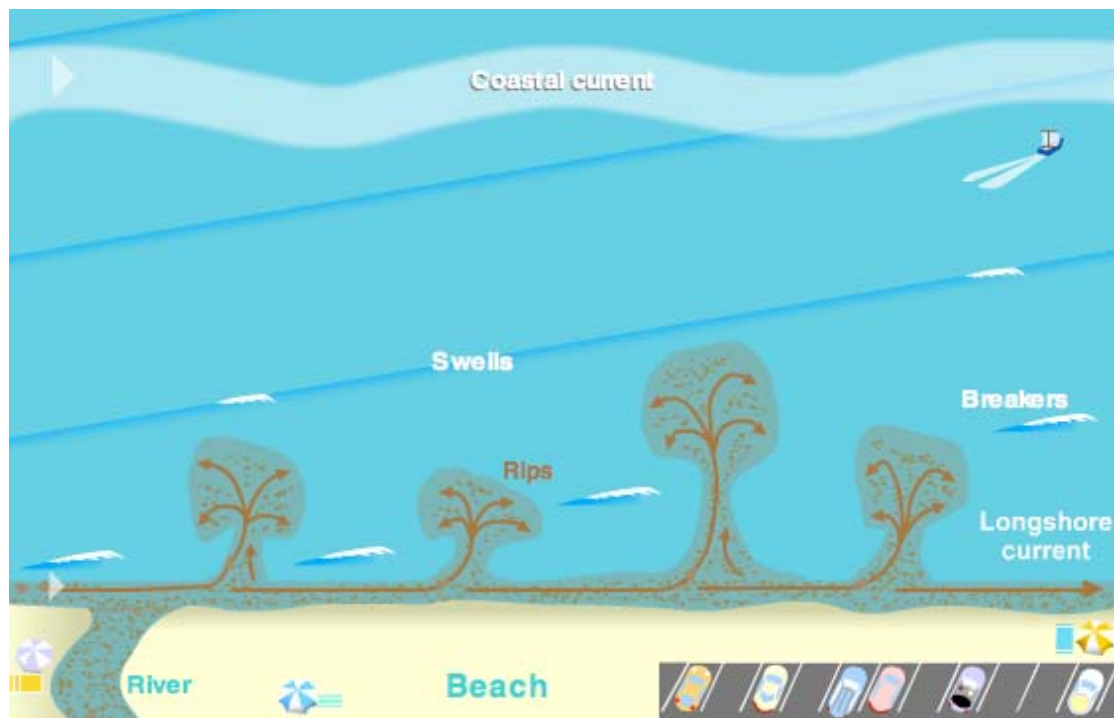
1.4 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΟΥ ΙΖΗΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΛΙΑ

Η παραλία αποτελείται από ίζημα συγκεκριμένης σύστασης με χαρακτηριστικά που εξαρτώνται από τους γεωλογικούς σχηματισμούς της ακτογραμμής, καθώς επίσης και των περιοχών που βρίσκονται πίσω από αυτήν. Η ακτογραμμή και οι γεωλογικοί σχηματισμοί που βρίσκονται πίσω από αυτή σταδιακά διαβρώνονται και οδηγούνται μέσω υδάτινων οδών ή με τον αέρα στις παραλίες. Έπειτα, και αφού το ίζημα φτάσει στην παραλία, ανακατανέμεται και διανέμεται κάθετα και οριζόντια μέσω θαλάσσιων ρευμάτων ή και αιολικών δυνάμεων. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά (διάμετρος, κατανομή και ειδικό βάρος) και τις υπάρχουσες συνθήκες που επικρατούν (κύματα, ρεύματα και άνεμοι) ιζήματα εναποτίθεται σε διάφορα σημεία της και το πλάτος μπορεί να αυξηθεί και να σχηματίσουν αμμοθίνες(1.4.1) και να αναπληρώσει χαμένο ίζημα, όμως είναι πιθανό να παρασυρθεί μακριά από την παραλία και να εναποτεθεί σε βαθύτερα νερά. Το όριο στερεομεταφοράς λέγεται κρίσιμο και διαφέρει από παραλία σε παραλία,. Μετά από αυτό το όριο το ίζημα δεν μπορεί πλέον να μεταφερθεί πίσω στην παραλία.

Η υδροδυναμική κατάσταση κοντά στον πυθμένα, όταν υπάρχουν κυματισμοί ή ρεύματα, αποτελεί τον ουσιαστικό παράγοντα αποσταθεροποίησης των κόκκων των ιζημάτων. Ορθές και διατμητικές τάσεις από τα ρεύματα ατίδρασης στηρίζεως σε άλλους κόκκους, και υδροδυναμικές υποπιέσεις λόγω διηθήσεως και δυνάμεις προσκρούσεως άλλων κόκκων, δημιουργούν τις κατάλληλες δυναμικές συνθήκες αποκόλλησης των επιφανειακών κόκκων. Στην περίπτωση λεπτοκόκκων εδαφών(όπως αργιλικών), μοριακές δυνάμεις συνοχής (συνεκτικά εδάφη) κάνουν πιο δύσκολη την έναρξη της διάβρωσης του πυθμένα, ιδίως σε πυθμένες όπου έχει προχωρήσει η διαδικασία στερεοποίησης (consolidation). Μετά την αποσταθεροποίηση των κόκκων η κίνησή τους γίνεται με δύο τρόπους, με κύλιση στον πυθμένα και διαδοχικά άλματα, που συνεπάγονται περιοδική επαφή με τον πυθμένα ή χωρίς επαφή με τον πυθμένα, σε αιώρηση μέσα στην υδάτινη στήλη. Το φυσικό μέγεθος που παίζει τον πιο σημαντικό ρόλο στην αποσταθεροποίηση των κόκκων είναι η διατμητική τάση πυθμένα.

Οι κυματισμοί είναι οι κύριοι παράγοντες που προκαλούν την αποσταθεροποίηση των κόκκων και στη συνέχεια τα θαλάσσια ρεύματα αναλαμβάνουν τη μεταφορά τους σε μεγάλες οριζόντιες αποστάσεις. Η τυρβώδης ροή του ρεύματος συμβάλλει στην κατακόρυφη διάχυση των φερτών σε αιώρηση, σε συνεργασία με τις περιοδικές τροχιές των κυματισμών που επαυξάνουν την κατακόρυφη διάχυση.

Ένα ποσοστό της κυματικής ενέργειας καταναλώνεται στην αποκόλληση και κατακόρυφη διάχυση των κόκκων και το ρεύμα με την τυρβώδη κινητική του ενέργεια συμπληρώνει τη διάχυση αναλαμβάνοντας το κύριο μέρος της οριζόντιας μεταφοράς. (Η άνω περιγραφή προέρχεται από τις εργασίες [5], [7] και [8])



Εικόνα 3. Ιζηματομεταφορά σε παραλία, και διασπορά από την εργασία [9]

1.4.1 ΑΜΜΟΘΙΝΕΣ

Οι αμμοθίνες ή θίνες, είναι μικροί λόφοι από άμμο που συνήθως βρίσκονται στις παράκτιες περιοχές. Αποτελούν σημαντικό οικότοπο στη μεταβατική ζώνη θάλασσας και ξηράς και δημιουργήθηκαν από τις διεργασίες της διάβρωσης και της απόθεσης της άμμου στην παράκτια ζώνη. Έτσι, η άμμος της ακτής που παρασύρεται από τον άνεμο αντικαθίσταται φυσιολογικά από την άμμο που κύματα και ρεύματα φέρνουν στην παραλία. Η άμμος αυτή προέρχεται και μεταφέρεται από τη λεκάνη απορροής των ποταμών ή και από ιζήματα διαβρωμένων βράχων ή και υποθαλάσσιων συσσωρεύσεων άμμου.

Οι θίνες, εξαιτίας της αμμώδους σύστασής τους, αποτελούν ασταθή γεωμορφολογική ενότητα, της παράκτιας συνήθως ζώνης. Η γένεση και η διατήρησή τους εξαρτάται από τους επικρατούντες ισχυρούς ανέμους της περιοχής, τη δράση του κυματισμού στην παράκτια ζώνη και τη προσφορά-διαλογή των υλικών της διάβρωσης, που γειτονικοί χείμαρροι και ποτάμια φέρνουν στον παράκτιο χώρο.[10]



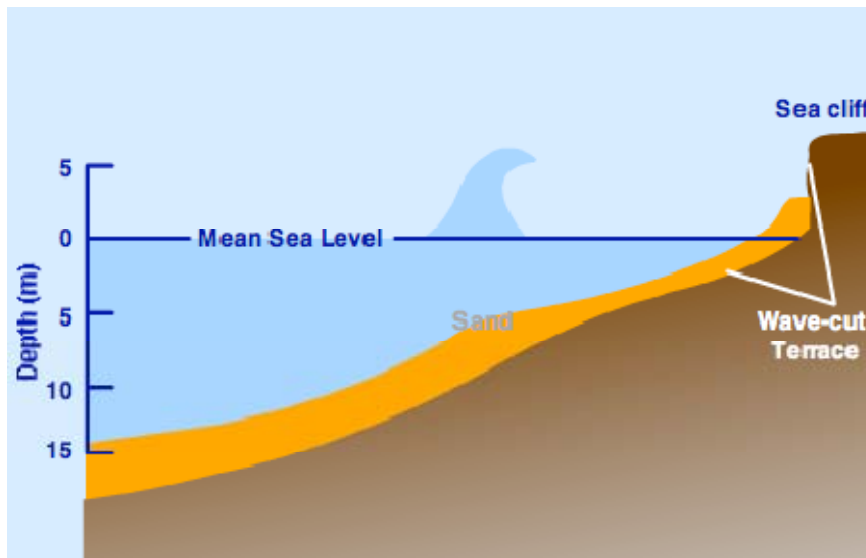
Εικόνα 4. Χαρακτηριστική εικόνα αμμοθινών στο Ελαφονήσι, Χανίων, [11]]

1.5 ΕΠΟΧΙΑΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΠΑΡΑΛΙΩΝ

Αποτέλεσμα της δράσης κυματισμών και κυματογενών ρευμάτων εγκάρσια στην ακτή, είναι η διαμόρφωση δύο διακεκριμένων προφίλ, του χειμερινού και του θερινού. Η παραλία είναι ένα ενεργό σύστημα μέσα στο οποίο λαμβάνει χώρα εποχιακή μεταφορά μάζας. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα, τα καιρικά φαινόμενα όπως η αιολική και η κυματική ενέργεια και τα θαλάσσια ρεύματα, είναι μεγαλύτερα σε ένταση από ότι το καλοκαίρι. Με τα καιρικά φαινόμενα μεταφέρεται ενέργεια, η οποία είναι συνάρτηση της έντασης τους. Μια παραλία δέχεται μεγαλύτερη ποσότητα ενέργειας το χειμώνα και τείνει στην διάβρωση και η κλίση και το πλάτος της, παρουσιάζουν εποχιακή διακύμανση.[5]

1.5.1 ΧΕΙΜΕΡΙΝΟ ΠΡΟΦΙΛ

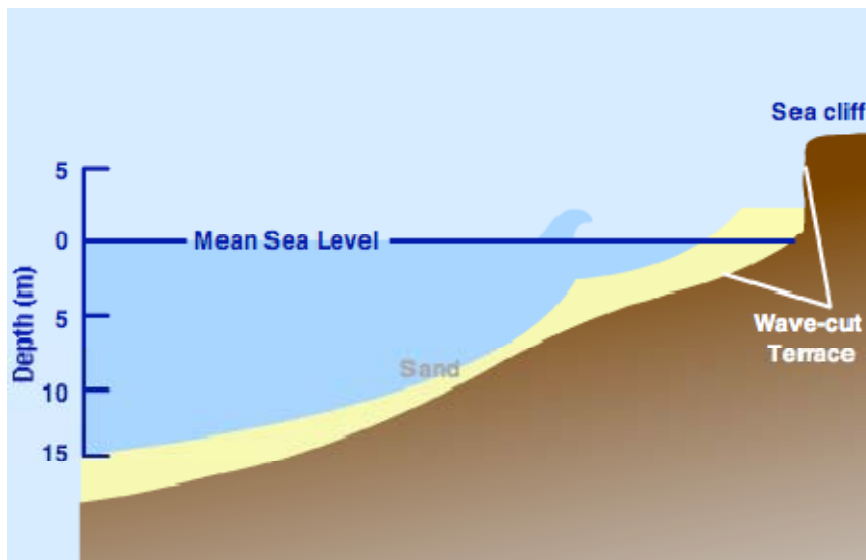
Οι κυματισμοί μεγάλης καμπυλότητας διαβρώνουν μέρος του υλικού του <<μετώπου>> της ακτής και του τμήματος του βυθού μεταξύ γραμμής θραύσεως και ακτογραμμής και το μεταφέρουν στην περιοχή θραύσεως, δημιουργώντας έναν επιμήκη ύφαλο (longshore bar) παράλληλο προς την ακτή, που με την σειρά του προξενεί θραύση των κυματισμών και τη μείωση του ύψους των διαδιδόμενων, πίσω από αυτόν κυμάτων, προσφέροντας προφύλαξη της ακτής.[5]



[Εικόνα 6. Χειμερινό προφίλ παραλίας, [9]]

1.5.2 ΘΕΡΙΝΟ ΠΡΟΦΙΛ

Οι θερινοί κυματισμοί μικρής καμπυλότητας επαναφέρουν υλικό στο μέτωπο της ακτής, μειώνοντας το ύψος του υφάλου και εμπλουτίζοντας σε κοκκώδες υλικό την ακτή. Συγκριτικά, το πλάτος της παραλίας το χειμώνα είναι μικρότερο από το αντίστοιχο του καλοκαιριού, λόγω του ότι ένα μεγάλο μέρος της έχει μεταφερθεί στη θάλασσα δημιουργώντας αναβαθμούς. Το καλοκαίρι το ίζημα επιστρέφει από τους αναβαθμούς στην παραλία αυξάνοντας το πλάτος της. [5]



Εικόνα 7. Καλοκαιρινό προφίλ παραλίας, [9]]

1.6 ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ

Η παράκτια και η εγκάρσια μεταφορά φερτών υλών σε μικρό πλάτος της παράκτιας θαλάσσιας ζώνης έχουν σημαντικά αποτελέσματα για τις ακτές. Η εκτίμηση του ετήσιου ισοζυγίου φερτών υλών σε ένα τμήμα της ακτής είναι πολύπλοκο τεχνικό πρόβλημα, πού είτε είναι από τη φύση του προβληματικό είτε κινδυνεύει από τις αναδράσεις της φύσεως πάνω σε σχεδιαζόμενο τεχνικό έργο.



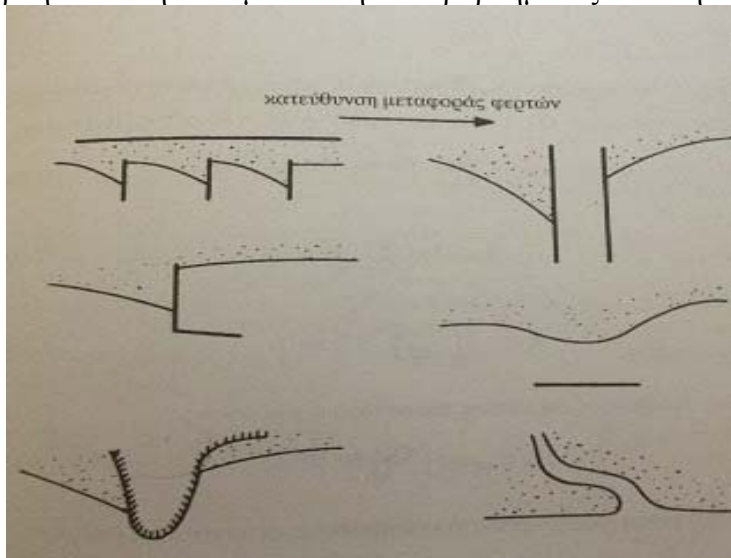
Εικόνα 8. Εκβολή χείμαρρου [13]]

ΠΗΓΕΣ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ: Τα υδατορρέυματα αποτελούν την κυριότερη πηγή φερτών καθώς παγκοσμίως μεταφέρουν περί τα 14 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα φερτών υλών ετησίως. Αυτό το υλικό προέρχεται από τη διάβρωση χερσαίων εκτάσεων γης και το μεγαλύτερο μέρος του είναι αργιλώδες και ιλυώδες, ενώ ένα μικρό ποσοστό είναι άμμος. Τα χονδρόκοκκα παραμένουν στις ακτές, ενώ τα υπόλοιπα καθιζάνουν σε μεγαλύτερα βάθη. Όλα τα έργα που γίνονται για την αντιδιαβρωτική προστασία, όπως τα αντιπλημμυρικά έργα και κατά κύριο λόγο τα φράγματα, στερούν από τις ακτές μεγάλες παροχές φερτών υλών, που προηγουμένως τις εμπλούτιζαν με αποτέλεσμα την εμφάνιση του προβλήματος της συστηματικής διάβρωσης σε πολλές ακτές.

Μία άλλη πηγή φερτών υλών αποτελεί η διάβρωση γαιωδών όγκων στις ακτές. Τέλος, η μεταφορά κόκκων από τους ανέμους, η βιογενής απόθεση από κελύφη νεκρών θαλάσσιων οργανισμών, όπως κοράλια καθώς επίσης και η τεχνητή τροφοδοσία ακτών είναι συμπληρωματικές πηγές φερτών υλών. [5]

ΠΑΓΙΔΕΣ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ: Οι κυριότερες παγίδες φερτών υλών είναι τα παλιρροιακά στόμια, τα υφαλοπρανή και τα υποβρύχια φαράγγια, στα οποία παγιδεύονται, οδηγούμενα προς τα ανοιχτά μεγάλες ποσότητες φερτών υλών.

Η ανεμογενής ή κυματογενής μεταφορά προς την εσωτερική ζώνη των αμμοθινών, η λείανση από τριβή ανθρακικών υλικών της ακτής και οι αμμοληψίες είναι επίσης περιοχές αφαιρέσεως φερτών υλών σε φυσικές συνθήκες. Εξίσου σημαντικές παγίδες φερτών υλών αποτελούν τα παράκτια τεχνικά έργα, τα οποία βρίσκονται μέσα στη ζώνη θραύσεως της κυρίαρχης στερεομεταφοράς, με αποτέλεσμα την κατακράτηση μέρους των κατά μήκος της ακτής κινούμενων μαζών ιζημάτων. [5] Παρά του ότι πολλά "σκληρά" έργα έχουν σκοπό να ενισχύσουν μια διαβρούμενη ακτή σπάνια βοηθούν στην αντιμετώπιση του προβλήματος και στην εξυγίανση της παραλίας



Εικόνα 9. Σχηματική διαμόρφωση της ακτογραμμής όταν υπερέχει η προς τα δεξιά συνιστώσα στερεοπαροχής, παρουσία σειράς τεχνικών έργων ή φυσικών εμποδίων, όπως βραχιόνων, μώλων, κυματοθραυστών, βραχωδών ακρωτηρίων, εκβολής υδατορεύματος]. [5]

2. ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΔΙΑΒΡΩΣΗ

Η διάβρωση αποτελεί μια αέναη επίδραση της θάλασσας στο χερσαίο έδαφος. Επίσης τα ποτάμια, τα υπόγεια νερά, οι βροχοπτώσεις και σε μικρότερο βαθμό ο άνεμος και η θερμοκρασία, διαβρώνουν συνεχώς και ακατάπαυστα το έδαφος, τείνοντας να εξαλείψουν το ανάγλυφο της γης. Συγχρόνως, η θάλασσα, τα ποτάμια με τη συνεχή κίνησή τους αποθέτουν ιζήματα και ενισχύουν τα υπάρχοντα ή δημιουργούν νέα εδάφη. Η μελέτη των φαινομένων διάβρωσης και ιζηματοπόθεσης στις παράκτιες περιοχές αποτελεί αντικείμενο του τομέα της παράκτιας ιζηματολογίας (shore sedimentation) της παράκτιας μηχανικής. [14]



Εικόνα 10. Διάβρωση στην παραλία Gold Coast, [15]]

Η παράκτια διάβρωση είναι ένα φυσικό φαινόμενο του οποίου η ένταση συνήθως αντιμετωπίζεται από άλλες φυσικές διεργασίες, όπως από την εμπλήση, η οποία είναι η αντίθετη διαδικασία της διάβρωσης, και την ιζηματομεταφορά. Οι ιζηματογενείς κόκκοι μένουν σπάνια στην περιοχή γέννησής τους και μέσω διαφόρων οδών καταλήγουν σε άλλες περιοχές. Οι κόκκοι, στις πιο πολλές περιπτώσεις, παρασύρονται από την μητρική πηγή τους και μεταφέρονται, για μικρές ή μεγάλες αποστάσεις, από ρευστά και τελικά εναποτίθενται σε ένα χώρο ιζηματογένεσης. [7]



Εικόνα 11. Διάβρωση στην παραλιακή ζώνη του Κολυμβαρίου, Χανίων [16]]

Στις παραλίες το ίζημα συνήθως καταλήγει μέσω βροχοπτώσεων και άλλων κατακρημνισμάτων στην κοίτη των ποταμών και άλλων πλημμυρικών οδών και τελικά καταλήγει στην θάλασσα. Το ίζημα αυτό, σε συνδυασμό με το ίζημα που προέρχεται από τη διάβρωση της ακτογραμμής, παρέχει το υλικό για την ανάπτυξη των παράκτιων υφάλων, υγροτόπων, αλυκών, αμμωδών παραλίων και αμμόλοφων. Οι παράκτιοι αυτοί βιότοποι έχουν ένα ευρύ φάσμα οφελών, όπως προστασία από πλημμύρες, απορρόφηση της κυματικής ενέργειας κατά τη διάρκεια κυματικών καταιγίδων, μείωση του ευτροφισμού των παράκτιων υδάτων, το κατάλληλο έδαφος για φώλιασμα και εκκόλαψη ειδών πανίδας, καθώς επίσης και το κατάλληλο χώρο για οικονομικές και ψυχαγωγικές δραστηριότητες.

Η παράκτια διάβρωση είναι συνήθως αποτέλεσμα ενός συνδυασμού παραγόντων φυσικών και ανθρωπογενών που αναπτύσσονται σε διαφορετικές κλίμακες.

Οι **φυσικοί παράγοντες** συμπεριλαμβάνουν: ανέμους, θύελλες, ρεύματα κοντά στην ακτή και τη σχετική άνοδο της στάθμης της θάλασσας.

Οι **ανθρωπογενείς παράγοντες** που επηρεάζουν την παράκτια διάβρωση περιλαμβάνουν τις παράκτιες κατασκευές, αμμοληψίες από παραλίες, διευθετήσεις κοίτης ποταμών (ιδιαίτερα η κατασκευή φραγμάτων), βυθοκορήσεις, καθάρισμα και επιδράσεις στην παράκτια βλάστηση και εξορύξεις ύδατος.

[[17] , [18]]



Εικόνα 12 Αμμοληψία από την παράκτια ζώνη [19]

Ο βαθμός διάβρωσης των ακτών δεν είναι παντού ο ίδιος αλλά εξαρτάται από πολλούς τοπικούς παράγοντες [20], όπως:

- Η τοπογραφία της ακτής (ακτή σε κόλπο ή στην ανοιχτή θάλασσα)
- Η γεωλογία της ακτής (αμμώδης ή βραχώδης, τεκτονικές κινήσεις ακτών)
- Η μορφολογία της ακτής (ήπια ή απότομη κλίση)
- Οι επικρατούσες κλιματικές και κυματικές συνθήκες (επιμήκη ρεύματα, άνεμοι, σύνηθες ύψος κυμάτων)
- Η συχνότητα και η ένταση ακραίων καιρικών και κυματικών φαινομένων
- Τα αποθέματα ιζημάτων στην περιοχή (ακτή κοντά σε ποτάμι ή όχι)

2.1 Οι κυματικές καταιγίδες και η επίδρασή τους στις ακτές

Οι περισσότερες εκτεθειμένες ακτές χάνουν έδαφός τους κυρίως ως αποτέλεσμα της διάβρωσης, της φθοράς ή της απομάκρυνσης του εδάφους από μηχανικούς, χημικούς και βιολογικούς παράγοντες. Η οπισθοχώρηση της ακτής είναι συνήθως αποτέλεσμα αυτής της διάβρωσης. Η παράκτια διάβρωση προκαλείται από την κίνηση του νερού υπό μορφή υψηλών κυμάτων και ισχυρών ρευμάτων. Τα κύματα θραύσης διαβρώνουν την ακτή με την αφαίρεση των κόκκων ιζήματος ή την αποκοπή των βράχων. Ο πάγος, η χημική διάβρωση και η μηχανική τριβή βοηθούν επίσης στην διάβρωση μερικών βραχωδών χερσονήσων και απόκρημνων ακτών. Τα βότσαλα και

η άμμος λειτουργούν ως εργαλεία που χτυπούν επανειλημμένα τους βράχους και τους φθείρουν σταδιακά. Ισχυρές καταιγίδες ανυψώνουν γρήγορα τα επίπεδα του νερού και επιταχύνουν τα παράκτια ρεύματα, προκαλώντας τις ταχύτερες απώλειες εδαφών και ίσως τις περισσότερες μόνιμες απώλειες εδαφών, παγκοσμίως. Η απώλεια εδαφών κατά τη διάρκεια των καταιγίδων εξαρτάται από πολλαπλούς παράγοντες [20,21], όπως

- Την απόσταση από το κέντρο της καταιγίδας,
- Τα ύψη των κυμάτων της καταιγίδας,
- Τα χαρακτηριστικά των κυμάτων,
- Την κατεύθυνση μετακίνησης της καταιγίδας,
- Τη γωνία προσέγγισης των κυμάτων στην ακτή,
- Την ταχύτητα μετακίνησης και τη διάρκεια της καταιγίδας και
- Το στάδιο της παλίρροιας στις παράκτιες περιοχές κατά τη στιγμή της καταιγίδας.

Οι πιο καταστρεπτικές παράκτιες θύελλες είναι οι *χειμερινές καταιγίδες* και οι τροπικοί κυκλώνες (τυφώνες), κυκλωνικά συστήματα τα οποία διαμορφώνονται γύρω από κέντρα χαμηλής βαρομετρικής πίεσης. Οι χειμερινές καταιγίδες αντλούν την ενέργειά τους από την ατμόσφαιρα, ενώ ο ωκεανός είναι η κύρια πηγή ενέργειας για τους θερινούς τυφώνες. Αν και τα δύο κυκλωνικά συστήματα είναι αρκετά διαφορετικά, οι επιδράσεις τους στις μάζες νερού και το παράκτιο περιβάλλον είναι παρόμοιες. Και τα δύο παράγουν υψηλά, απότομα κύματα και ισχυρά ρεύματα, τα οποία εισάγουν νέα ιζήματα στο παράκτιο σύστημα και ανακατανέμουν τα υφιστάμενα ιζήματα σε μεγάλες περιοχές κοντά στις ακτές ή και τα βαθιά. Αν και μερικές παράκτιες περιοχές πλήττονται και από τις χειμερινές καταιγίδες και από τους τυφώνες, συνήθως κάθε περιοχή επηρεάζεται περισσότερο από έναν τύπο θύελλας.

Η αμμώδης παραλία είναι σαν ένας ιμάντας μεταφοράς, ο οποίος λειτουργεί μεταξύ των αμμόλοφων και των υποθαλάσσιων αναβαθμών άμμου στα ανοικτά. Αυτές οι δύο μεγάλες δεξαμενές άμμου και η παραλία αποτελούν ένα σύστημα διανομής της άμμου, το οποίο χειρίζονται ο άνεμος και τα κύματα. Τα κύματα καταιγίδας διαβρώνουν την παραλία και μεταφέρουν την άμμο στα ανοικτά. Μια ποσότητα από αυτή την άμμο αποθηκεύεται σε υποθαλάσσιους αναβαθμούς ή κοντά στην παραλία, ενώ η υπόλοιπη μεταφέρεται στα ανοικτά και εναποτίθεται σε σχετικά βαθιά νερά, όπου πλέον έχει χαθεί για πάντα από το παράκτιο σύστημα. Τα κύματα σε ήρεμο καιρό τείνουν να επαναφέρουν την άμμο που βρίσκεται στους αναβαθμούς και κοντά στην παραλία, πίσω και επάνω στην παραλία. Εκεί ο άνεμος μεταφέρει τους ψιλούςκόκκους άμμου για να διαμορφώσει τους αμμόλοφους. Οποιαδήποτε παρέμβαση στη χερσαία και θαλάσσια μετακίνηση της άμμου, όπως η εγκατάσταση παράκτιων κατασκευών μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια εδάφους.[20], [21]



Εικόνα 13. Ο εποχιακός κύκλος μιας παραλίας. Το χειμώνα, τα κύματα καταιγίδας, καθώς και τα συνήθη, υψηλής ενέργειας κύματα μεταφέρουν την άμμο της παραλίας σε υποθαλάσσιους αναβαθμούς. Το καλοκαίρι, όταν η ενέργεια και το μήκος των κυμάτων είναι σαφώς μικρότερα, η άμμος μεταφέρεται σταδιακά και πάλι προς την παραλία. [22]

2.2 Οι μεταβολές της στάθμης της θάλασσας και η αντίδραση των ακτών

Η στάθμη της θάλασσας μεταβάλλεται με δύο τρόπους: με την άνοδο της στάθμης της θάλασσας από την τελευταία παγετώδη περίοδο έως σήμερα και ιδιαίτερα κατά τον τελευταίο αιώνα και με τις κυματικές καταιγίδες. Με την άνοδο της στάθμης της θάλασσας πολλά νησιά προστασίας στις ΗΠΑ έχουν οπισθοχωρήσει και ανυψωθεί. Αυτό σημαίνει, ότι σε αυτές τις περιοχές η προσφορά ιζημάτων ήταν επαρκής ώστε να επιτρέψει στις παραλίες να συμβαδίσουν με την άνοδο της θάλασσας. Αυτό που δεν είναι απόλυτα κατανοητό είναι το πώς οι παραλίες αντιδρούν στις βραχυπρόθεσμες μεταβολές στο επίπεδο της θάλασσας. Παραδείγματα αυτών των μεταβολών σε μικρό χρονικό διάστημα είναι οι μεταβολές στα επίπεδα του νερού των λιμνών Great Lakes (ΗΠΑ) σε περίοδο μερικών ετών, και οι μεταβολές στο επίπεδο της θάλασσας στον Ειρηνικό Ωκεανό κατά τη διάρκεια του φαινομένου El Niño σε περίοδο μερικών μηνών.

Βασισμένος στην πρωτοποριακή έρευνα των παραλιών της νότιας Καλιφόρνιας στη δεκαετία του '40, ο Shepard (1950) ανέπτυξε το κλασικό μοντέλο της εποχιακής ανταλλαγής των ιζημάτων μεταξύ στεριάς και θάλασσας (καλοκαίρι -χειμώνας, χειμώνας – καλοκαίρι). Από τότε, οι μελέτες έχουν δείξει ότι αυτό το μοντέλο ισχύει κυρίως για παραλίες όπου οι κυματικές συνθήκες μεταβάλλονται εποχιακά. Πολλές παραλίες δεν παρουσιάζουν ένα προφανή εποχιακό κύκλο. Αντ' αυτού, διαβρώνονται κατά τη διάρκεια των καταιγίδων σε όλο το χρόνο και ανοικοδομούνται σταδιακά σε επόμενες περιόδους με ήρεμο καιρό.

Έχει αποδειχθεί ότι τα ψυχρά μέτωπα του χειμώνα είναι στην ουσία μικρές καταιγίδες, οι οποίες, αθροιστικά, προκαλούν σημαντική ετήσια υποχώρηση των ακτών. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα των νησιών Dernieres (Louisiana, ΗΠΑ), τα οποία εμφανίζουν ένα από τους μεγαλύτερους ρυθμούς διάβρωσης παγκοσμίως. Το 1988 ένας τυφώνας προκάλεσε σημαντική οπισθοχώρηση της ακτής, αλλά στο αμέσως επόμενο διάστημα ο ρυθμός διάβρωσης από τα ψυχρά χειμερινά μέτωπα μειώθηκε στο μισό.[23], [20]

2.2.1 Κατηγοριοποίηση της διάβρωσης

Η επίδραση μιας καταιγίδας σε μια αμμώδη ακτή εξαρτάται από:

- το μέγεθος των χαρακτηριστικών της καταιγίδας, (ταχύτητα του ανέμου και ύψος των κυμάτων),
- το υψόμετρο των αμμόλοφων της ακτής (ή του αναβαθμού όταν δεν υπάρχουν αμμόλοφοι) και
- την κλίση της ακτής.

Λαμβάνοντας υπόψη το εύρος κυματοαγωγής και το ψηλότερο σημείο που φθάνουν τα κύματα στην παραλία σε σχέση με το υψόμετρό της, αναπτύχθηκε μια νέα κλίμακα η οποία κατηγοριοποιεί σε επίπεδα τη συνολική διάβρωση κατά τη διάρκεια μιας καταιγίδας. [[24], [20]]



Εικόνα 14. Χαρακτηριστική εικόνα από παραλιακή περιοχή στον Θερμαϊκό Κόλπο [[25](#)]

Όπως επισημαίνει ο Ευστράτιος Δουκάκης σε ρεπορτάζ για το ΈΘΝΟΣ(9/6/2007) «Παραλίες και παράκτιες περιοχές, θα καλυφθούν από νερό, μέχρι το τέλος του αιώνα. Απειλούνται πόλεις, οικισμοί, αεροδρόμια και δρόμοι. Περισσότερα από 800 τ.χλμ. ακτογραμμής αναμένεται να χάσει η χώρα μας από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας μέχρι το τέλος του αιώνα. Παραλίες και παράκτιες περιοχές, με έκταση όσο δύο φορές η Σάμος, θα καλυφθούν από νερό και θα εξαφανιστούν από τον χάρτη, εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής. Ο αιγιαλός θα επαναπροσδιοριστεί -κάτι που ήδη συμβαίνει άλλωστε- με αποτέλεσμα ιδιοκτησίες που τοποθετούνται σήμερα εκτός, να βρεθούν εντός της κοινόχρηστης ζώνης.>>

"Όπως δείχνουν οι μετρήσεις πολυετούς έρευνας του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου σε διάφορες περιοχές της ηπειρωτικής και νησιωτικής Ελλάδας, η

υπερθέρμανση του πλανήτη, λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου, βλάπτει σοβαρά τις παραθαλάσσιες περιοχές της χώρας μας: Η ακτογραμμή υποχωρεί με μέσο όρο 1,2 μέτρα τον χρόνο. «Αυτό σημαίνει πως για κάθε μέτρο παραλίας χάνουμε πάνω από ένα τετραγωνικό μέτρο παράκτιας ζώνης κατά έτος. Από τα 16.000 χλμ., στα οποία εκτείνονται οι ελληνικές ακτές, περίπου 7.000 χλμ. είναι αμμώδεις παραλίες, περιοχές με χαμηλή κλίση, δέλτα ποταμών, λιμνοθάλασσες, άλλα παράκτια οικοσυστήματα κ.λπ. Αυτά τα σημεία είναι τα πλέον ευάλωτα στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας». [[20], [25]]"

2.2.2 Υπολογισμός ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής

Η υποχώρηση ή η πρόσχωση μιας ακτογραμμής δεν είναι αποτέλεσμα μόνο της διάβρωσης ή της απόθεσης ιζημάτων, αντίστοιχα. Η ιστορική εξέλιξη μιας ακτογραμμής οφείλεται στους εξής παράγοντες:

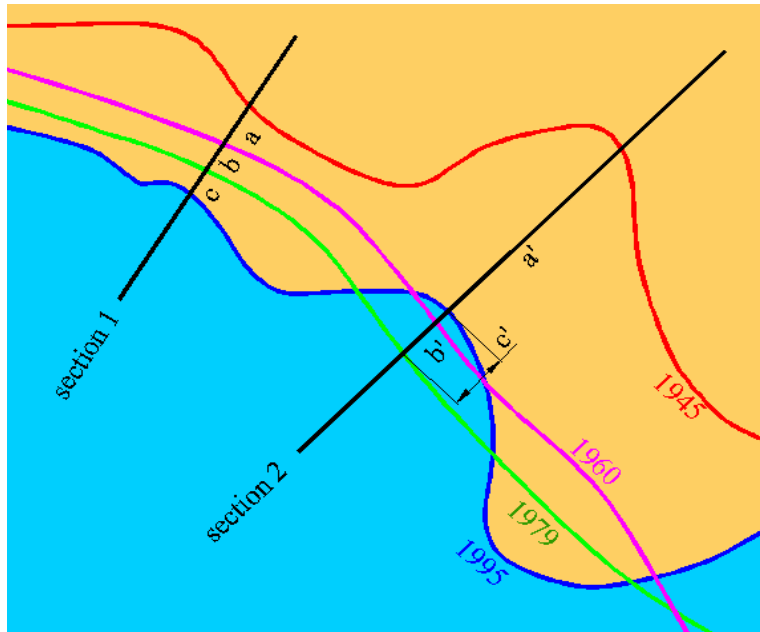
- η άνοδος της στάθμης της θάλασσας από το τελευταίο παγετώδες μέγιστο μέχρι σήμερα και ιδιαίτερα κατά τον τελευταίο αιώνα λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας του πλανήτη.
- στις πιθανές τεκτονικές μετακινήσεις (ανύψωση ή καθίζηση) που χαρακτηρίζουν την ακτογραμμή.
- στη διάβρωση από τη σχετική άνοδο της στάθμης της θάλασσας.
- στη διάβρωση από τις κυματικές καταιγίδες.

Οι ανθρώπινες επεμβάσεις στις ακτές έχουν επηρεάσει σημαντικά την ιστορική εξέλιξή τους. Άμεσες επεμβάσεις, όπως η κατασκευή παράκτιων έργων και η τροφοδότηση με άμμο, και έμμεσες επεμβάσεις, όπως η μείωση της παροχής των ποταμών με φράγματα πρέπει να λαμβάνονται προσεκτικά υπόψη για την εξαγωγή ορθών συμπερασμάτων για την διαχρονική εξέλιξη,

Η γεωγραφική προσαρμογή των αεροφωτογραφιών και η χρήση των υπολογιστών παρέχουν τεράστιες δυνατότητες στην ιστορική χαρτογράφηση ακτών. Οι ψηφιακά διορθωμένες αεροφωτογραφίες έχουν όλα τα στοιχεία μιας φωτογραφίας, αλλά οι παραμορφώσεις τους έχουν διορθωθεί από σφάλματα κεκλιμένης λήψης λόγω κινήσεων του αεροπλάνου, του φακού της μηχανής και της επίδρασης του ανάγλυφου. Επίσης, στις αεροφωτογραφίες μπορούμε να προσδώσουμε γεωγραφική αναφορά και έτσι μπορούν να συνδυαστούν με άλλες μορφές γεωγραφικών δεδομένων σε ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (GIS).

Με χρήση διατομών

Ο ρυθμός μεταβολής ρ της ακτογραμμής μπορεί να υπολογιστεί με διάφορες μεθόδους, η καθεμία εκ των οποίων προσφέρει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Η μεθοδολογία υπολογισμού με διατομές υλοποιείται με τη μέτρηση, πάνω σε κάθε διατομή, αποστάσεων της ακτογραμμής μεταξύ διαφορετικών χρονικών διαστημάτων.



Εικόνα 15. Η μεθοδολογία των διατομών βασίζεται στη μέτρηση αποστάσεων μεταξύ της ακτογραμμής σε διαφορετικές χρονικές στιγμές]

Ο πλέον συνήθης τρόπος υπολογισμού είναι η εύρεση του μέσου όρου με τον τύπο:

$$\rho = \frac{a + b + c + \dots}{\text{χρονικό διάστημα παρατηρήσεων}}$$

όπου $a, b, c, \dots$ οι αποστάσεις της ακτογραμμής κάθε χρονικής στιγμής από την αμέσως προηγούμενή της. Για παράδειγμα, εάν υπάρχουν οι ακτογραμμές των ετών 1945, 1960, 1979, 1995, ως a θεωρείται η απόσταση της ακτογραμμής του έτους 1960 από την ακτογραμμή του έτους 1945, ως b θεωρείται η απόσταση της ακτογραμμής του έτους 1979 από την ακτογραμμή του έτους 1960 κ.ο.κ. Οι αποστάσεις εισέρχονται στον τύπο με το πρόσημό τους δηλαδή εάν μεταξύ δύο χρονικών στιγμών η ακτογραμμή σε μια διατομή προσχώνεται τότε παίρνει θετικό πρόσημο, ενώ εάν οπισθοχωρεί παίρνει αρνητικό πρόσημο. Ο τρόπος αυτός, αν και πολύ απλός και κατανοητός στην έκφρασή του, έχει το μειονέκτημα ότι εάν τα χρονικά διαστήματα μεταξύ των παρατηρήσεων της ακτογραμμής δεν είναι σχετικά όμοια, τότε μπορεί να δώσει εσφαλμένα αποτελέσματα.[20]

Με τη μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων (MET)

Σε αυτή την μέθοδο που προωθεί το ΕΜΠ, οι παραλίες θεωρούνται ευθείες και στον χώρο και θεωρούνται ότι εξελίσσονται γραμμικά, και αναβρίσκεται η ευθεία γραμμή ανάμεσα σε μετρήσεις της ακτογραμμής που ελαχιστοποιούν τα υπόλοιπα (least squares fit). Η μέθοδος είναι ίσως μόνο κατάλληλη για μακρείς παραλίες, και δεν συνίσταται εφόσον υπάρχουν συστήματα GIS που μπορούν να κάνουν τους ίδιους υπολογισμούς με μεγαλύτερη ακρίβεια.

Επίσης, δεν είναι αποδεδειγμένο ότι η ακτογραμμή μεταβάλλεται μόνο γραμμικά. Για παράδειγμα, στις εκβολές ενός ποταμού η ακτογραμμή μπορεί να μεταβάλλεται λογαριθμικά, δηλαδή σταδιακά να μειώνεται ο ρυθμός πρόσχωσης της ακτογραμμής.

Ο μοναδικός τρόπος για την αντιμετώπιση των παραπάνω προβλημάτων είναι η χρήση περισσότερων παρατηρήσεων σε μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, ώστε να

εξάγονται ορθά συμπεράσματα, τόσο για την τάση μεταβολής της ακτογραμμής όσο και για μεγαλύτερα διαστήματα πρόβλεψης.

Με χρήση εμβαδών

Αντί βέβαια της μεθοδολογίας των διατομών, ο ρυθμός μεταβολής της ακτογραμμής μπορεί να υπολογιστεί και με τη χρήση των εμβαδών των περιοχών που είτε έχουν προσχωθεί είτε έχουν διαβρωθεί (**μέθοδος εμβαδών**). Η μέθοδος στηρίζεται σε μια ενιαία αντιμετώπιση της περιοχής μελέτης. Υλοποιείται με τη μέτρηση των εμβαδών των περιοχών που προσχώθηκαν ή διαβρώθηκαν σε μια χρονική περίοδο και του μήκους της ακτογραμμής.

Ο ρυθμός μεταβολής στη συγκεκριμένη περιοχή μπορεί να υπολογιστεί ως εξής:

$$\rho = \frac{\Sigma_E \text{ πρόσχωσης} - \Sigma_E \text{ διάβρωσης}}{L}$$

όπου:

Σ_E πρόσχωσης, το συνολικό εμβαδόν των περιοχών που προσχώθηκαν

Σ_E διάβρωσης, το συνολικό εμβαδόν των περιοχών που προσχώθηκαν

L, το μήκος μιας μέσης ακτογραμμής, ανάμεσα στις δύο χρονικές στιγμές – κατά προσέγγιση, αυτό μπορεί να θεωρηθεί ως το μικρότερο εκ των δύο μηκών της ακτογραμμής στις αντίστοιχες περιόδους.

Πρόκειται για ένα ρυθμό μεταβολής **συνολικό** για την περιοχή μελέτης. Η μέθοδος αυτή συνιστάται για τις ακόλουθες περιπτώσεις

- Τον υπολογισμό ενός γενικού ρυθμού μεταβολής σε μια περιοχή, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη τοπικές ιδιαιτερότητες.
- Σε περιοχές όπου λόγω των μεγάλων μεταβολών, δε μπορεί να εφαρμοστεί η μέθοδος των διατομών. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζεται κατά κάποιο τρόπο η εσωτερική δυναμική της περιοχής.
- Σε περιοχές όπου δεν είναι εμφανής η τάση μεταβολής της ακτογραμμής
- Σε ενιαίες γεωλογικά και γεωγραφικά οντότητες, όπως δέλτα ποταμών, νησιά και κόλπους. [26], [20]

2.3 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ

2.3.1. Σε παγκόσμιο επίπεδο

Σύμφωνα με μελέτες των Ηνωμένων Εθνών, του UN- International Panel for Climate Change ο ετήσιος αριθμός άμεσων θυμάτων της παράκτιας διάβρωσης και πλημμυρών θα ανέλθουν στις 158.000 το 2020, ενώ στην Ευρώπη οι μισοί από τους παράκτιους υδροβιότοπους αναμένεται να εξαφανιστούν ως αποτέλεσμα της ανόδου της μέσης στάθμης της θάλασσας. Βάση διεθνών στοιχείων, κάθε χρόνο πάνω από 100.000.000 τόνοι γης που θα κατέληγαν με φυσικές διαδικασίες σε παράκτια οικοσυστήματα, χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή παράκτιων έργων, ώστε να

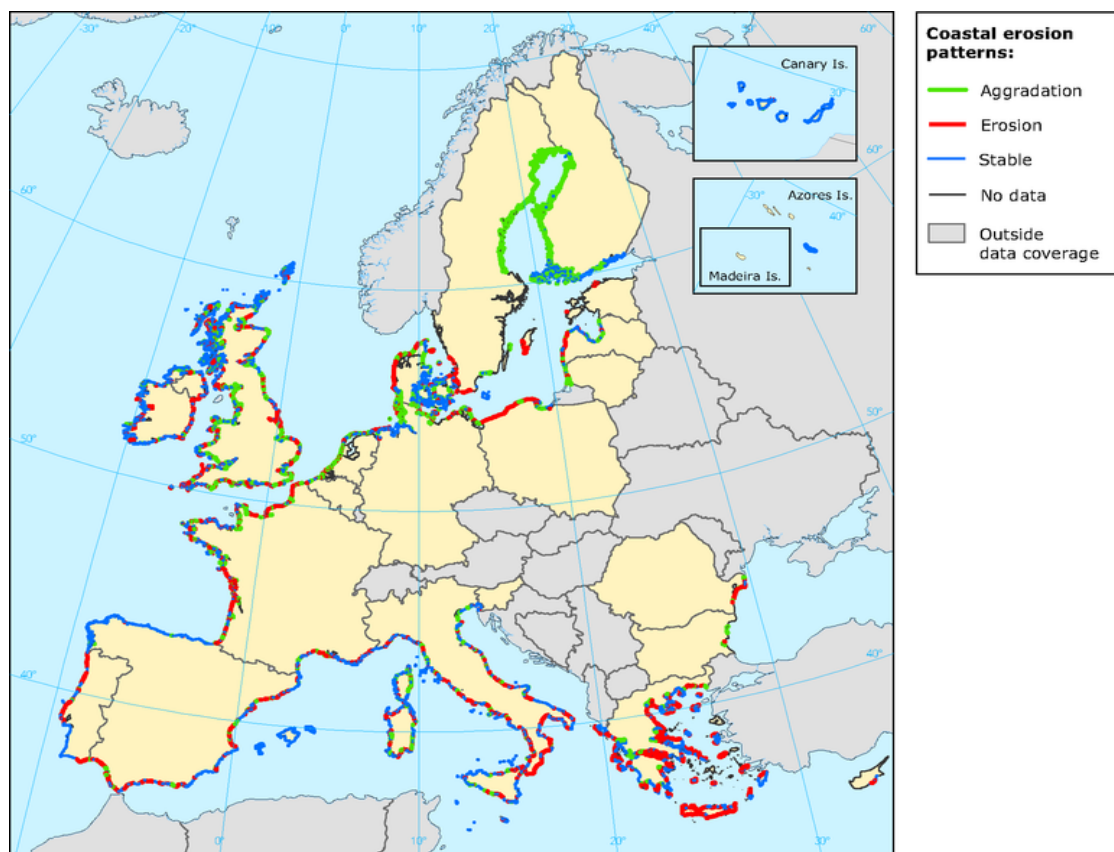
εξυπηρετηθούν οι ανάγκες της πληθυσμιακής πίεσης στις ακτές. Επίσης, συγκεντρώνονται και κατακρατούνται σε φράγματα ποταμών ή δεσμεύονται από άλλα τεχνικά έργα. Οι φυσικές περιοχές, που είναι σημεία εκτόνωσης (buffer) για τη δύναμη της θάλασσας, όπως τα δέλτα και οι λιμνοθάλασσες, μειώνονται ποσοτικά με ταχείς ρυθμούς οδεύοντας αναπόφευκτα προς εξαφάνιση. Σύμφωνα με έρευνά του Εθνικού Ινστιτούτου -διαχείρισης των Ακτών και της Θάλασσας της Ολλανδίας, η ακτογραμμή υποχωρεί κατά 0,5 έως 2 m ανά χρόνο και σε μερικές περιπτώσεις η υποχώρηση της ξηράς φτάνει τα 15 m. Η έρευνα που έγινε για λογαριασμό της Ευρωπαϊκής Ένωσης αναφέρει ότι η άνοδος της στάθμης της θάλασσας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου και η αύξηση των καταιγίδων και των πλημμυρών έχει επιδεινώσει το πρόβλημα. [[27], [28], [29]]

2.3.2 Η διάβρωση στην Ευρώπη

Οι Ευρωπαϊκές ακτές, στο σύνολο τους, έχουν υποστεί σε κάποιο βαθμό τις συνέπειες της παράκτιας διάβρωσης. Περίπου 20.000km ακτής, περίπου το 20% του συνολικού μήκους της ακτογραμμής της Ευρωπαϊκής Ένωσης, αντιμετώπισε σοβαρά προβλήματα μέσα στο 2004. Το μεγαλύτερο τμήμα των ακτών που παρουσιάζουν πρόβλημα (15.100 km) υποχωρούν σε σημαντικό βαθμό, αν και σε κάποιες (2.900 km) έχουν γίνει έργα προστασίας από την διάβρωση. Επίσης 4.700 km έχουν τεχνικά σταθεροποιηθεί.

Μεταξύ των ετών 1999-2002, 250- 300 οικήματα έπρεπε να εγκαταλειφτούν στην Ευρώπη αντιμετωπίζοντας άμεσο κίνδυνο παράκτιας διάβρωσης. Για ακόμη 3.000 οικήματα, η αγοραστική τους αξία μειώθηκε κατά 10%. Όμως αυτές οι απώλειες δεν είναι τόσο σημαντικές συγκρινόμενες με τους κινδύνους πλημμυρών των παράκτιων περιοχών εξαιτίας της υποβάθμισης των αμμοθινών και των παράκτιων μέτρων προστασίας. Αυτή η πιθανότητα απειλεί αρκετές χιλιάδες τετραγωνικών χιλιομέτρων και εκατομμύρια ανθρώπων.

Τα τελευταία πενήντα χρόνια ο πληθυσμός που ζει σε παράκτιες περιοχές έχει διπλασιαστεί αγγίζοντας τα 70,000,000 το 2001, ενώ οι οικονομικές επενδύσεις σε δραστηριότητες στα 500 m από την ακτογραμμή προσεγγίζουν τα 500 με 1000 δισεκατομμύρια ευρώ, υπολογισμένα κατά το έτος 2000. Το κόστος μέτρων αποκατάστασης συνεχώς αυξάνεται. Μέσα στο 2001, οι δημόσιες δαπάνες για την προστασία της ακτής από τον κίνδυνο της διάβρωσης και πλημμύρας έφτασαν τα 3.200 εκατομμύρια ευρώ (ενώ το 1985 ήταν 2.500 χιλιάδες). Ωστόσο οι δαπάνες αυτές αντικατοπτρίζουν την ανάγκη προστασίας περιουσιών από τους άμεσους και ορατούς κινδύνους. Δεν συμπεριλαμβάνουν το κόστος που επιφέρουν μακροπρόθεσμα, οι ανθρώπινες δραστηριότητες. [27], [30], [31]



Εικόνα 16. Μορφές διάβρωσης των ακτών της Ευρώπης, ΕΟΠ 2006,EUROSION 2004 [27], [30]]



Εικόνα 17. Παράδειγμα διάβρωσης. Δύο μόλις ώρες μεσολαβούν ανάμεσα στις δύο φωτογραφίες. Σημείο αναφοράς το βαρέλι που σηματοδοτούν τα κόκκινα βέλη. [32]]

2.3.3 Η διάβρωση στην Ελλάδα

Σχετικά με τα επίπεδα διάβρωσης των ακτών της, η Ελλάδα βρίσκεται στην τέταρτη θέση, μαζί με την Πορτογαλία, μεταξύ των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, με ένα από τα υψηλότερα επίπεδα διάβρωσης, που ανέρχεται στο 28,6%. [20], [29], [33].

Με κυρίαρχο το παραλιακό και νησιωτικό τοπίο, με μήκος ακτών 15.200km περίπου, η χώρα αντιμετωπίζει σημαντικά προβλήματα στη παράκτια ζώνη. Τα προβλήματα οφείλονται στη συνύπαρξη και αλληλεπίδραση φυσικών-περιβαλλοντικών παραγόντων και ανθρωπογενών παραγόντων (κατασκευή αστικών, λιμενικών, τουριστικών εγκαταστάσεων και έργων). Ακόμη και στα δελταϊκά συστήματα ποταμών έχει παρατηρηθεί ότι η κατασκευή μεγάλων φραγμάτων κατακρατούν μεγάλες ποσότητες φερτών υλικών, που σε διαφορετική περίπτωση θα κατέληγαν στο κατάντη τμήμα και τελικά στο δέλτα των ποταμών, δημιουργώντας συνθήκες που ευνοούν την διάβρωση της παράκτιας ζώνης.

Ο ρόλος των παράκτιων περιοχών έχει εξαιρετική σημασία για την ελληνική οικονομία. Το 33% του ελληνικού πληθυσμού ζει σε παράκτιες πόλεις ή χωριά, σε απόσταση μέχρι 2 km από τη θάλασσα, ενώ ο τουρισμός και η ναυτιλία προσφέρουν σε ένα σημαντικό ποσοστό στο Α.Ε.Π.. Αναφορικά με την ναυτιλιακή δραστηριότητα, το 2005 διακινήθηκαν 151 εκατομμύρια τόνοι εμπορευμάτων και 86 εκατομμύρια επιβάτες. Ο τουρισμός συμβάλει πάνω από το 18% του Α.Ε.Π. και δημιουργεί το 20% των θέσεων εργασίας, συμβάλλοντας στην ανάπτυξη της περιφέρειας. Ως τουριστικός προορισμός η Ελλάδα κατατάσσεται στην δέκατη πέμπτη θέση διεθνώς. Σε πολλές περιπτώσεις, η ανάπτυξη αυτή, έγινε χωρίς οργάνωση, τη δημιουργία υποδομών, με τις παρεμβάσεις στο χώρο αυτό να γίνονται ανεξέλεγκτα. Έτσι, σε πολλές περιπτώσεις έγιναν επιχωματώσεις, κτίσματα πάνω στην παραλία, παραθαλάσσια οδικά έργα και αλόγιστη εκμετάλλευση της θαλάσσιας άμμου. Σε κάθε περίπτωση επεμβάσεις βίαιες, που παρεμποδίζουν τη αποκατάσταση της φυσικής ισορροπίας. [20], [29], [33]

2.3.4 Η διάβρωση στην Κρήτη

Η Κρήτη με εμβαδόν 8.336 km² και περίμετρο ακτογραμμών 1.046 km είναι το μεγαλύτερο νησί της Ελλάδας και το πέμπτο μεγαλύτερο νησί της Μεσογείου. Το πλήθος των φυσικών παράλιων, το υποτροπικό κλίμα και η ομοιότητα με τοπία ιδιαίτερου φυσικού κάλους, είναι οι βασικοί λόγοι για τα περίπου 2 εκατομμύρια τουριστών που επισκέπτονται το νησί ετησίως, αριθμός τριπλάσιος του συνολικού πληθυσμού του. Ο τουρισμός έχει αναπτυχθεί ραγδαία τα τελευταία χρόνια. Σαν επακόλουθο, μεγάλες τουριστικές μονάδες έχουν κατασκευαστεί κατά μήκος της βόρειας ακτογραμμής, ενώ αυτή την στιγμή και στην νότια ακτογραμμή του νησιού κατασκευάζονται μεγάλες τουριστικές υποδομές.

Οι παραλίες της Κρήτης είναι ο κύριος πόλος έλξης αυτού του πλήθους τουριστών. Χωρίς να υπάρχουν ακριβής ποσοτικά στοιχεία, υπολογίζεται ότι περίπου ότι το 70% των τουριστών της Κρήτης προσελκύονται από τις παραλίες. Τα θερμά νερά του Αιγαίου σε συνδυασμό με το ήπιο κλίμα της Ελλάδας κάνουν δυνατή τη κολύμβηση, σχεδόν όλη την διάρκεια του έτους, ενώ το πλεονέκτημα της Κρήτης σε σχέση με τα υπόλοιπα νησιά είναι το μήκος των παράλιων της, γι' αυτό και ο κύριος όγκος των τουριστών καταλύουν στις παράκτιες περιοχές της. Επίσης ως αποτέλεσμα της

τουριστικής βιομηχανίας, της εποχιακής απασχόλησης, της εισαγωγής νέων τεχνολογιών και βελτιώσεων στην κτηνοτροφία καθώς και της εισροής οικονομικών μεταναστών, ο παραθαλάσσιος μόνιμος πληθυσμός έχει πολλαπλασιαστεί. Η παραθαλάσσια πόλη των Χανίων το 1975 είχε πληθυσμό περίπου 40.000, ενώ σήμερα (2013) αριθμεί πάνω από 70.000 κάτοικους. Η αύξηση του τοπικού πληθυσμού οδήγησε στην αύξηση της αλιείας. Οι οδικοί άξονες και οι υποδομές, οι οποίες μέχρι το 1970 με δυσκολία ικανοποιούσαν τις τοπικές ανάγκες, αναπτύχθηκαν χωρίς επαρκή ή συνήθως χωρίς καθόλου σχεδιασμό.

Έτσι τις τελευταίες δεκαετίες οι παραλίες της Κρήτης διαβρώνονται, κυρίως λόγω ανθρωπογενών παραγόντων, που σχετίζονται με τον γρήγορο και συνήθως κακό σχεδιασμό παραθαλάσσιων έργων και υποδομών, που υπέβαλε η αλματώδης τουριστική ανάπτυξη. Συγχρόνως, οι αμμοληψίες συνεχίζουν να μειώνουν το φυσικό υλικό των παράλιων. Καμία συστηματική αποτύπωση του πλάτους και άλλων στοιχείων των παράλιων δεν έχει πραγματοποιηθεί. Πλήθος παράλιων της βόρειας Κρήτης έχει πλέον λιγότερο από το μισό πλάτος, συγκρινόμενο με παλαιότερο φωτογραφικό υλικό, ενώ άλλες παραλίες έχουν εξαφανιστεί και αντικατασταθεί από δρόμους και κρηπιδότοιχους. έχουν συστηματικά εξαλειφθεί και αντικατασταθεί από παραθαλάσσιους δρόμους και άλλες κατασκευές. Μικρά λιμάνια έχουν κατασκευαστεί σε λανθασμένες τοποθεσίες και συνήθως χωρίς κάποια ακτομηχανική μελέτη. Ακόμα και οι απλές ακτομηχανικές μελέτες, όταν γίνονται, εκτελούνται χωρίς την ύπαρξη βασικών στοιχείων για τους κυματισμούς.[34], [35], [36]



Εικόνα 18. Παραλία στο Ελαφονήσι, [37]]



Εικόνα 19 Παραλία στα Φαλάσαρνα, [12]]

2.4 ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΚΥΜΑΤΑ ΚΑΙ ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥΣ

Οι κυματισμοί αποτελούν έναν από τους σημαντικότερους γεωμορφολογικούς παράγοντες που δρουν στην παράκτια ζώνη. Τα θαλάσσια κύματα είναι περιοδικές μηχανικές ταλαντώσεις των μορίων του θαλάσσιου νερού με τις οποίες μεταφέρεται ενέργεια η οποία σε μεγάλο ποσοστό καταναλώνεται με τη θραύση τους κατά μήκος της ακτής. Τα κύματα που προσπίπτουν στην ακτή μπορούν να προκαλέσουν διάβρωση, μεταφορά ή και απόθεση ιζήματος κατά μήκος της ακτογραμμής διαμορφώνοντας τα γεωμορφολογικά της χαρακτηριστικά. (Τα κάτωθι στοιχεία είναι από την εργασία [13].)

Τα κύματα που δημιουργούνται και διαδίδονται στο θαλάσσιο νερό αποτελούν μία αλληλουχία κορυφών και κοιλιών και προσδιορίζονται από τα εξής χαρακτηριστικά:

- Μήκος κύματος (L) (wave length): Η οριζόντια απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών κορυφών ή κοιλιών.
- Ύψος κύματος (H) (wave height): Η κάθετη απόσταση μεταξύ του υψηλότερου (κορυφή) και του χαμηλότερου (κοιλία) σημείου ενός κύματος.
- Περίοδος κύματος (T) (wave period): Το χρονικό διάστημα που απαιτείται για τη διέλευση δύο διαδοχικών κορυφών ή κοιλιών του κύματος από το ίδιο σημείο.
- Συχνότητα (F) (wave frequency): Ο αριθμός των κυμάτων που διέρχονται από ένα σημείο στη μονάδα του χρόνου.
- Ταχύτητα κύματος (u) (wave velocity): Στα ρηχά νερά, εξαρτάται από το βάθος των νερών της θάλασσας στην οποία διαδίδεται. Όσο μειώνεται το βάθος της θάλασσας η ταχύτητα των κυμάτων ελαττώνεται.

Μία από τις κύριες φυσικές διεργασίες που δρουν στον παράκτιο χώρο και συμμετέχει σημαντικά στη διαμόρφωση των μορφολογικών του χαρακτηριστικών, είναι ο κυματισμός. Η διαβρωτική ικανότητα των κυμάτων

καθώς και η έκταση στην οποία μπορούν να διαβρώσουν μια ακτογραμμή εξαρτώνται από τους εξής παράγοντες:

- Το κυματικό περιβάλλον της ακτογραμμής
- Τα γεωλογικά χαρακτηριστικά της ακτογραμμής
- Τη μορφολογία της ακτογραμμής

2.5 ΑΙΤΙΑ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΠΑΡΑΛΙΩΝ

Αμμοληψίες από παραλίες

Οι κατασκευές στην Ελλάδα στηρίζονται στο οπλισμένο σκυρόδεμα, του οποίου τα κύρια δομικά υλικά είναι το τσιμέντο και η άμμος. Ένας λόγος της κατασκευαστικής προτίμησης είναι ότι η άμμος πολλών παραλίων αποτελείται από λεπτόκοκκο ίζημα, το οποίο εθεωρήτο κατάλληλο για κατασκευή κτηρίων και έργων καθώς επίσης αποτελεί και πηγή εύκολου και γρήγορου κέρδους για πολλούς εργολάβους. Στην πραγματικότητα η άμμος θαλάσσης είναι διαβρωτική.

Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την προσπάθεια εξεύρεσης πόρων από την τοπική αυτοδιοίκηση, οδήγησε στην εξόρυξη και μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων άμμου από πλειάδα παραλίων. Οι αμμοληψίες κρίθηκαν παράνομες το 1986. Σήμερα αυτός ο νόμος βρίσκει πραγματική ισχύ σε λίγες παραλίες καθώς συνήθως η άγνοια είναι ο κύριος λόγος περιβαλλοντικών καταστροφών σε αυτές.

Ανάπτυξη πάνω στην ενεργή ζώνη της παραλίας

Η ραγδαία τουριστική ανάπτυξη των τελευταίων ετών είχε ως αποτέλεσμα την κατασκευή μεγάλων τουριστικών μονάδων κατά μήκος των παραλίων (της βόρειας ακτογραμμής του νησιού στην περίπτωση της Κρήτης) χωρίς κανένα σχεδόν χωροταξικό σχεδιασμό. Είναι σύνηθες φαινόμενο η ανάπτυξη σε μια παράκτια περιοχή να συμβαίνει εις βάρος της εκατοστέ παραλίας. Πολύ συχνά κατοικίες, ξενοδοχεία, επαγγελματικοί χώροι, και άλλες κατασκευές κτίζονται μέσα στην ενεργή ζώνη μιας παραλίας. Αυτό βέβαια είχε ιδιαίτερα αρνητικές συνέπειες στη λειτουργία της παραλίας. Κάθε υγιής παραλία έχει πλάτος, το οποίο μεταβάλλεται εποχιακά, και ανταλλάζει μάζα (άμμο) με το όλο οίκο-μηχανικό σύστημα της παραλίας.

Όταν αυτό το πλάτος μειωθεί δραστικά από κάποια κατασκευή, τότε στο συγκεκριμένο σημείο, αλλά και γύρω από αυτό θα υπάρξει μια έντονη διαδικασία διάβρωσης. Αυτό συμβαίνει επειδή η κατασκευή εκτός του ότι αλλάζει τις τοπικές ανεμολογικές συνθήκες, επίσης εγκλωβίζει και έναν όγκο άμμου, ο οποίος φυσιολογικά θα ήταν ελεύθερος να μεταφερθεί στην ενεργή ζώνη της παραλίας. .

Διάβρωση από παραλιακούς δρόμους

Ένα άλλο πρόβλημα, που προκαλεί έντονη διάβρωση, είναι η κατασκευή δρόμων πάνω στην παραλία. Οι εκάστοτε τοπικές αρχές θέλοντας να διευκολύνουν την

προσβασιμότητα στις παραλίες συνήθως κατασκευάζουν δρόμους πάνω ή πολύ κοντά σε αυτές.

Επειδή η αξία παραθαλασσίων εκτάσεων κτισμένων ή όχι είναι πολύ υψηλή, δεν αποφασίζεται η απαλλοτρίωση τους ώστε να διατηρηθεί αλώβητη η παραθαλάσσια ζώνη. Αντιθέτως η συνήθης τακτική είναι η κατασκευή δρόμων πάνω στις παραλίες και η καταστροφή του ευαίσθητου συστήματος των αμμοθινών. Η διάβρωση που δημιουργείται έχει μεγάλους ρυθμούς. Μετά από κάποιο, μικρό συνήθως, χρονικό διάστημα η διάβρωση έχει απομακρύνει την προσκείμενη ακτογραμμή και αρχίζει να απειλεί το δρόμο. Για την προστασία του, οι τοπικές αρχές συνήθως επιλέγουν πρόχειρες λύσεις και ενισχύουν την εκτεθειμένη πλευρά του δρόμου με ποίκιλες, αρκετές φορές αυτοσχέδιες, κατασκευές, όπως μεγάλους ογκόλιθους, πέτρες κάθε μεγέθους ακόμα και μπάζα.

Η έντονη τουριστική ανάπτυξη, οι αυξημένες τιμές γης και η δυσκολία προσβασιμότητας στις παραλίες, έχουν οδηγήσει στην κατασκευή εκτεταμένων παραλιακών δρόμων με αποτέλεσμα την σταδιακή διάβρωση των παραλιών.

Διάβρωση προκαλούμενη από ποτάμιες αμμοληψίες

Οι αμμοληψίες από ποταμούς είναι από τις κύριες αιτίες διάβρωσης των κατάντη παράλιων. Οι ποταμοί παρέχουν το ίζημα, άμμο, για την ανάπτυξη και διατήρηση των παράλιων. Οι αμμοληψίες από ποταμούς έχει απαγορευτεί στην Ελλάδα και για το λόγο αυτό οι αμμοληψίες έχουν μετατοπιστεί στην ενδοχώρα. Η ποτάμια άμμος αποτελεί ένα ιδανικό δομικό υλικό γιατί, σε αντίθεση με την θαλάσσια δεν περιέχει αλάτι. Όμως η άμμος από τους ποταμούς αποτελεί κύρια πηγή τροφοδοσίας των παράλιων, και η αμμοληψία από αυτούς μοιραία θα οδηγήσει στην διάβρωση των κατάντη παράλιων.

Διάβρωση προκαλούμενη από μικρές παράκτιες κατασκευές

Αλιευτικά καταφύγια, μικρά λιμάνια και μικρές μαρίνες κτίζονται χωρίς κεντρικό σχέδιο, οργάνωση, χωρίς κυματικά, βαθυμετρικά και άλλα βασικά στοιχεία, και χωρίς συνήθως στοιχειώδεις μελέτες περιβαλλοντικών ή άλλων επιπτώσεων που είναι δυνατόν να προκαλέσουν αυτές οι κατασκευές. Για τους παραπάνω λόγους πολλές από αυτές τις κατασκευές, είτε παρεμπόδισαν τη στερεομεταφορά στις θαλάσσιες κυψέλες που τοποθετήθηκαν, προκαλώντας μοιραία την διάβρωση κοντινών παραλιών, είτε λόγω κακού σχεδιασμού απαιτείται η συχνή εκβάθυνση τους για να παραμείνουν λειτουργικές.[38], [39], [40], [41]

2.6 ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ

Παράκτια μέτρα προστασίας, είναι όλα τα μέτρα προστασίας που λαμβάνονται με σκοπό να προστατευτεί η οικιστική ανάπτυξη από διάβρωση και πλημμύρες. Τα μέτρα αυτά μπορεί να είναι μικρής ή μεγάλης κλίμακας. Συνήθως η επιλογή τεχνικών για την προστασία της ακτής εξαρτάται κατά ένα μέρος στην αξία της γης που έγκειται στον κίνδυνο. Η αξία της γης μπορεί να αναφέρεται σε περιουσίες και

οικονομική δραστηριότητα ή οικολογική και πολιτιστική (αρχαιολογικούς χώρους) σημασία, ανάλογα με την οποία καθορίζεται και η ανάγκη επέμβασης. Η αξία αυτή πρέπει να λαμβάνεται υπόψη για την επιλογή των βέλτιστων, πιθανών λύσεων αντιμετώπισης της παράκτιας διάβρωσης. Οι τεχνικές αυτές μπορούν να διαχωριστούν σε βαριές και ήπιες μορφές.

Βαριές μορφές προστασίας

Όταν υπάρχουν εργοστάσιο ή λιμένες, οι βαριές κατασκευές προστασίας είναι απαραίτητες. Τέτοια έργα προστασίας είναι οι θαλάσσιοι τσιμεντένιοι τοίχοι οι οποίοι χτίζονται παράλληλα στη διεύθυνση της παραλίας. Επίσης, σε αυτή την κατηγορία έργων προστασίας ανήκουν και οι κυματοθραύστες οι οποίοι τοποθετούνται σε νερά κοντά στην ακτή με σκοπό να απορροφούν την ενέργεια των κυμάτων. Συγχρόνως, μπορούν να κατασκευαστούν τσιμεντένιες σφήνες κάθετα στην ακτογραμμή έτσι ώστε να εμποδιστεί η κίνηση των ποσοτήτων άμμου παράλληλα με την ακτή. Το συγκεκριμένο είδος κατασκευής χρησιμοποιείται συνήθως σε συνδυασμό με την μέθοδο τεχνητής «θρέψης» της παραλίας. Ο σκοπός κατασκευής όλων αυτών των έργων είναι η προστασία του μετώπου της παραλίας αλλά και οι περιοχές μεγαλύτερου υψομέτρου. Τα θαλάσσια τείχη κατασκευάζονται σε ακτές που διαβρώνονται και για αυτό το λόγο, παραλίες μπροστά από τα θαλάσσια αυτά τείχη, σταδιακά, εξαφανίζονται. Η συγκεκριμένη μέθοδος προστασίας είναι πιο πολυέξοδη από αυτή της τεχνητής «θρέψης», αλλά ορισμένοι πιστεύουν ότι δεν απαιτούνται συνεχείς, περιοδικές δαπάνες όπως απαιτούνται στην περιοδική τροφοδότηση παραλιών με άμμο. Η παγκόσμια εμπειρία δείχνει ότι εμπλουτισμός ακόμη και σε βάθος δεκαετιών είναι η πιο οικονομική λύση.

Η λανθασμένη κατασκευή ή τοποθέτηση όλων των παραπάνω τεχνιτών κατασκευών έχει συνήθως σαν αποτέλεσμα την πρόσθετη διάβρωση και υποχώρηση της παραλίας. Οι βαριές κατασκευές είναι ιδιαίτερα δημοφιλείς στον ελληνικό χώρο, με κυριότερες αυτές των προβόλων, των θαλάσσιων τειχών, της τοποθέτησης όγκων στη θάλασσα. Οι περισσότερες από αυτές χρησιμοποιήθηκαν για την προστασία λιμανιών, τουριστικών εγκαταστάσεων και οικισμών. Υπάρχουν αρκετά παραδείγματα μεγάλων κατασκευών με σκοπό την προστασία της παραλίας ή των υφιστάμενων σε αυτή περιουσιών. Σε κάποιες περιπτώσεις το αποτέλεσμα ήταν θετικό, αλλά στις περισσότερες η διάβρωση συνεχίστηκε έστω και με χαμηλούς ρυθμούς, ενώ σε άλλες παρατηρήθηκε επιτάχυνση της διάβρωσης. Γενικότερα, μέτρα προστασίας που χρησιμοποιούν βαριές κατασκευές μπορούν να είναι επιτυχή, αν έχει πλήρως εξεταστεί και γίνει κατανοητός ο τρόπος που εξελίσσεται ένα παράκτιο σύστημα. [41], [20]



Εικόνα 19 Κυματοθραύστες [[42](#)]



Εικόνα 20 Πέτρες για προστασία μπροστά από κρηπιδότειχο. [43]



Εικόνα 20, Πρόβολοι , [44]]

Ήπια μέτρα προστασίας

Οι ήπιες μορφές προστασίας έχουν σαν γενικό στόχο την αποκατάσταση του παράκτιου συστήματος χωρίς να προκληθούν ριζικές αλλαγές στην μορφολογία και στα γενικά χαρακτηριστικά της ζώνης στην οποία γίνεται η επέμβαση. Αντιθέτως η γενικότερη προσπάθεια με τα μέτρα αυτά, είναι η προσομοίωση των διεργασιών μεταφοράς ιζημάτων και επεμβάσεις που στοχεύουν στο να αναιρέσουν τη δράση

παραγόντων που οδηγούν σε υψηλούς ρυθμούς διάβρωσης. Ορισμένες περιπτώσεις ήπιων μέτρων προστασίας είναι οι ακόλουθες

- **Δημιουργία τεχνητών υφάλων (*artificial reef creation*)**

Χτίζοντας ένα τεχνητό ύφαλο απορροφάται η ενέργεια των κυμάτων που διαβρώνουν την ακτή και προσφέρεται ένας βιότοπος που ενισχύει την υποθαλάσσια βιοποικιλότητα καθώς και ευκαιρίες δημιουργικών δραστηριοτήτων στο χώρο αυτό. Τέτοια παραδείγματα, αν και λίγα, υπάρχουν στην Ευρώπη δίνοντας μέχρι τώρα θετικά αποτελέσματα.



Εικόνα 21 Τεχνητοί ύφαλοι [45] , [46]

- **Αποστράγγιση παραλίας (*beach drainage*)**

Στραγγίζοντας το νερό της παραλίας μειώνεται ο όγκος του επιφανειακού νερού κατά την απόπλυση. Παράλληλα επιτυγχάνεται η μειωμένη μεταφορά ιζημάτων από την ακτή προς την παραλία. Τα μειονεκτήματα στην τεχνική αυτή είναι η έλλειψη προηγούμενων εμπειριών και αναφορών για το βαθμό επιτυχίας της. Η χρήση της συνιστάται όταν η διάβρωση συμβαίνει κυρίως κάθετα στην ακτή.

- **Τροφοδοσία με άμμο (*sand supply/nourishment*)**

Η τεχνική αυτή περιλαμβάνει την τεχνητή αύξηση του όγκου της άμμου με την εισαγωγή εξωγενούς υλικού, κατά το δυνατόν ίδιου με το ενδογενές. Η προσθήκη αυτή μπορεί να γίνει με απευθείας μεταφορά από τα βαθιά νερά σε ένα σημείο στην παραλία ή με συνεχή παροχή. Μπορεί επίσης να εφαρμοστεί στην παραλία ή υποθαλάσσια. Είναι δημοφιλής στην Ευρώπη, ωστόσο δεν συνιστάται όταν δεν υπάρχουν διαθέσιμες πηγές ιζημάτων στην περιοχή, σημαντικός παράγοντας αποτελούν και τα χαρακτηριστικά της άμμου που εισάγεται σε σχέση με τη σύσταση της παραλίας.



Εικόνα 22 [Ανάπλαση παραλίας, [\[47\]](#)]

- ***Επαναφορά παραλίας (beach scraping)***

Με τον όρο αυτό εννοείται ο επανασχεδιασμός του προφίλ (σχήματος) της παραλίας χρησιμοποιώντας τα ιζήματα που υπάρχουν ήδη στην παραλία. Εφαρμόζεται όταν οι απώλειες φερτών υλικών δεν είναι τόσο σοβαρές που να απαιτείται η προσθήκη μεγάλων όγκων άμμου. Αποτελεί μια από τις πιο φθηνές λύσεις αφού δεν απαιτούνται μεγάλοι όγκοι άμμου, αλλά συχνά απαιτείται η επανάληψη της αρκετές φορές, μέχρι να επιτευχθεί το σωστό σχήμα. Η χρήση της περιορίζεται στις παραλίες που η που οι καταγίδες δεν είναι ισχυρές και υπάρχουν αρκετά αποθέματα άμμου

- ***Δημιουργία σταθερών υδατοφρακτών (creation of stable bays)***

Στοχεύει στη διασπορά της ενέργειας των κυμάτων αυξάνοντας το μήκος της ακτής. Ουσιαστικά μειώνει την ενέργεια που αντιστοιχεί ανά μονάδα μήκους τη ακτής. Έτσι στο σύνολο της ακτογραμμής ενώ κάποια κομμάτια προστατεύονται, σε κάποια άλλα η διάβρωση συνεχίζεται επιδρώντας στα ισχυρά (απέναντι στη διάβρωση) σημεία οδηγώντας στον σχηματισμό υδατοφρακτών. Η τεχνική αυτή δεν έχει χρησιμοποιηθεί στην Ευρώπη και είναι ακόμα πειραματική, ενώ η εφαρμογή της μελετάται σε διάφορες τοποθεσίες της Ολλανδίας.

- ***Επανατροφοδοσία αμμοθινών (dune regeneration)***

Με την μέθοδο αυτή επιδιώκεται να αντιμετωπιστεί η διάβρωση που προκαλεί ο αέρας στις αμμοθίνες. Αυτό γίνεται χρησιμοποιώντας εμπόδια που μειώνουν ή προστατεύουν από τον αέρα, διευκολύνοντας την απόθεση άμμου. Τέτοια εμπόδια είναι ξύλινοι φράκτες, γεωμεμβράνες και βλάστηση.

[[\[41\]](#), [\[40\]](#)]



Εικόνα 23 Επαναφορά αμμοθίνων[[41], [\[40\]](#)]

3. ΑΝΑΠΛΑΣΗ ΤΩΝ ΑΚΤΩΝ

3.1 Η τεχνητή ανάπλαση των ακτών

Το χτίσιμο ζώνης άμυνας η οποία θωρακίζει την ακτογραμμή απέναντι στην εισβολή της θάλασσας, είτε την αντικατάσταση των ποσοτήτων άμμου που διαβρώνονται (περιοδική θρέψη- τροφοδότηση της παραλίας με ποσότητες άμμου) αποτελούν μέτρα προστασίας Σε κάποιες περιπτώσεις μάλιστα η θρέψη της παραλίας μπορεί να συνδυαστεί και με προστατευτικά έργα και κατασκευές. Η περιοδική τροφοδότηση των παραλίων προτιμάται σαν μέθοδος από τις άλλες, ειδικά στις περιπτώσεις περιοχών όπου το τοπίο και οι φυσικές ομορφιές της παραλίας αποτελούν σημαντικό παράγοντα κοινωνικό οικονομικής φύσεως για τις παράκτιες κοινότητες (αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται ευρέως στην πολιτεία της Florida, στο Miami και στις δυτικές ακτές των Η.Π.Α.). Παρόλο που η συγκεκριμένη μέθοδος αποτελεί σημαντικό μέτρο διατήρησης των παραλίων, οι οποίες εκτός των άλλων είναι απαραίτητες και στο να απορροφούν την ενέργεια των κυμάτων, σαν μέθοδος μπορεί να είναι πολυέξοδη, κάτι που εξαρτάται από το κόστος της άμμου. [20]



Εικόνα 24 Διαδικασία συνεχούς αναπλήρωσης παραλίας. [48]



Εικόνα 25 Αναπλήρωση παραλίας στο Ocean City, New Jersey [49]

3.1.1 Υλικό αναπλήρωσης

Απαραίτητη προϋπόθεση για την εφαρμογή της τεχνικής της αναπλήρωσης της ακτής, είναι η διαθεσιμότητα δάνειου υλικού της απαιτούμενης ποιότητας, σε επαρκή ποσότητα και οικονομικά συμφέρουσα απόσταση. Κρίσιμες παράμετροι στο

σχεδιασμό μιας αναπλήρωσης είναι: η γνώση των παράκτιων μηχανισμών και του επιτόπιου ιζήματος, η επιλογή του κατάλληλου δάνειου υλικού, η εκτίμηση του χρόνου ζωής της αναπλήρωσης και η επιλογή και οι επιπτώσεις από την κατασκευή τυχόν απαιτούμενων έργων υποστήριξης. Σε πολλές περιπτώσεις το έργο αναπλήρωσης συνδυάζεται με κατασκευή ύφαλου αναβαθμού στην παράκτια ζώνη, που λειτουργεί ευεργετικά για τη συγκράτηση του δάνειου υλικού στην ακτή ή με άλλα έργα παράκτιας προστασίας.[50]

3.1.2 Πηγές λήψης δάνειου υλικού αναπλήρωσης των ακτών

Το δάνειο εδαφικό υλικό αναπλήρωσης ακτής μπορεί να προέρχεται από τις παρακάτω πηγές:

- Υλικό εκσκαφής θαλάσσιου πυθμένα στα βαθιά.
- Προϊόντα υποθαλάσσιων εκσκαφών που εκτελούνται για τις ανάγκες λιμενικών έργων (δίαυλοι ναυσιπλοΐας, είσοδοι λιμένων, λιμενολεκάνες κλπ.) στην ευρύτερη περιοχή.
- Αμμοχαλικώδη υλικά από ποτάμια ή άλλες αποθέσε
- Αδρανή δευτέρης διαλογής, ακατάλληλα για άλλες χρήσεις.

Η πηγή λήψης εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του υλικού, τον τρόπο και τον εξοπλισμό μεταφοράς και απόθεσης, την απαιτούμενη ποσότητα κλπ. Για μικρές σχετικά απαιτούμενες ποσότητες (μικρότερες από 50.000m³), το δάνειο υλικό μπορεί να προέρχεται από οποιαδήποτε θαλάσσια ή χερσαία πηγή. Για μεγαλύτερες ποσότητες, η χρήση θαλάσσιας πηγής στα ανοιχτά είναι γενικά προτιμότερη (από άποψη μεταφοράς και επάρκειας ποσοτήτων συχνά και από πλευράς όχλησης οικιστικών περιοχών) αλλά οι επικρατούσες καιρικές συνθήκες (άνεμοι, κυματισμός κλπ.) είναι καθοριστικές στην τελική επιλογή. Η θαλάσσια περιοχή στην οποία εκτελείται εκσκαφή πυθμένα πρέπει να οριοθετείται από σχετική άδεια των αρμόδιων αρχών, στην οποία θα καθορίζεται και η μέγιστη επιτρεπόμενη ποσότητα απόληψης υλικού από αυτή. Τα χαρακτηριστικά του δάνειου υλικού αναπλήρωσης της ακτής εξαρτώνται από τις ειδικές απαιτήσεις της αναπλήρωσης (κλίσεις μετώπου ακτής με δάνειο υλικό, χρώμα, σχήμα, μέγεθος και διαβάθμιση, στρογγυλότητα κόκκων κλπ.). [50]



Εικόνα 26 Μεταφορά δάνειου υλικού αναπλήρωσης παραλίας μέσω σωληνώσεων από βαθύτερα νερά. [51]

3.2 Κριτήρια αποδοχής υλικών

Το υλικό που προορίζεται για αναπλήρωση ακτής πρέπει να ελέγχεται ώστε να ικανοποιεί τις απαιτήσεις της μελέτης. Βασική παράμετρος που ελέγχεται σε κάθε περίπτωση είναι η κοκκομετρική σύνθεση. Η κοκκομετρική σύνθεση του δάνειου υλικού πρέπει να συναρτάται με την κοκκομετρική σύνθεση του υλικού που συναντάται στην ακτή η οποία θα αναπληρωθεί. Ειδικότερα θα αποφεύγεται η χρήση δάνειου υλικού με πλέον λεπτόκοκκη σύνθεση από το υλικό της ακτής.

Το δάνειο υλικό πρέπει να ελέγχεται επίσης για συγκεντρώσεις ρύπων, όπως οργανικές ουσίες, πετρελαϊκούς υδρογονάνθρακες, βαριά μέταλλα κλπ., σύμφωνα με τις συμβατικές απαιτήσεις του έργου. Επίσης, ανάλογα με τις ειδικές απαιτήσεις μπορεί να απαιτούνται έλεγχοι άλλων παραμέτρων, όπως πυκνότητα, απορρόφηση υγρασίας, φθορά κλπ. Οι έλεγχοι αυτοί εκτελούνται γενικά μόνο μια φορά, πριν την αποδοχή της πηγής του δάνειου υλικού και επαναλαμβάνονται μόνο όταν υπάρχουν ενδείξεις ότι κατά την πρόοδο του έργου υπάρχει διαφοροποίηση της φύσης του υλικού που προσκομίζεται στην ακτή.

Σημειώνεται ότι σε πολλές περιπτώσεις λήψης δανείων υλικών από θαλάσσιες εκσκαφές, δεν υπάρχει δυνατότητα πλυσίματος για μείωση του ποσοστού των λεπτότερων κλασμάτων. Το πρόβλημα των υψηλών ποσοστών τέτοιων κλασμάτων, που δεν μπορούν να απομακρυνθούν, μπορεί να αντιμετωπιστεί με την τοποθέτηση πρόσθετης ποσότητας που να αντισταθμίζει τα ποσοστά αυτά. Στην πράξη, μια σύντομη διαδικασία για τη διαβάθμιση των δανείων με αφαίρεση του μεγαλύτερου ποσοστού της άμμου είναι η έκθεσή τους στην κυματική δράση σε βάθος περίπου 1μ. σε ακτή με χάλικες.[52]



[Εικόνα 27 Πριν και μετά την αναπλήρωση της παραλίας. [\[53\]](#)]

3.3 Μέθοδος μεταφοράς και τοποθέτησης

Η μεταφορά και τοποθέτηση του δάνειου υλικού στην ακτή μπορεί να γίνει με υδραυλικές μεθόδους ή κοινές μεθόδους ξηρού φορτίου. Οι υδραυλικές μέθοδοι γενικά εφαρμόζονται σε υλικά που προσκομίζονται από θαλάσσιες πηγές, ενώ οι κοινές σε υλικά από πηγές ξηράς. Οι υδραυλικές μέθοδοι ακολουθούν συνήθως μία από τις παρακάτω τεχνικές:

- Μεταφορά βυθοκορησμάτων με πλωτούς αγωγούς από την πηγή στη θέση του έργου. Στην τεχνική αυτή χρησιμοποιείται συνήθως αναρροφητική βυθοκόρος, που αντλεί το υλικό πυθμένα και στη συνέχεια το διοχετεύει μέσω των αγωγών στην ακτή.
- Μεταφορά των προϊόντων πυθμένα με αυτοκινούμενη αναρροφητική βυθοκόρο (trailing suction hopper dredger) από την θέση προέλευσης στη θέση που βρίσκεται η απόληξη πλωτών αγωγών. Το υλικό μεταφέρεται στη συνέχεια στην ακτή μέσω των αγωγών αυτών.
- Μεταφορά των προϊόντων πυθμένα με αυτοκινούμενη βυθοκόρο η φορτηγίδα από τη θέση προέλευσης σε νέα θέση όπου αυτά απορρίπτονται. Τα προϊόντα που συγκεντρώνονται στη θέση αυτή βυθοκορούνται εκ νέου και μεταφέρονται στην ακτή με πλωτούς αγωγούς.
- Μεταφορά των προϊόντων πυθμένα με αυτοκινούμενη βυθοκόρο από τη θέση προέλευσης στην περιοχή ανοιχτά της ακτής που πρόκειται να τροφοδοτηθεί. Η βυθοκόρος πρέπει να έχει μικρό βύθισμα και ειδικό εξοπλισμό για την απόρριψη του υλικού στην παράκτια ζώνη από την πλώρη. [50]



Εικόνα 28 Αναπλήρωση παραλίας Carolina Beach. [54]]

3.4 Τρόπος επιμέτρησης

Η επιμέτρηση γίνεται σε κυβικά μέτρα, του όγκου του υλικού μετρουμένου με εφαρμογή των θεωρητικών διατομών της μελέτης όσον αφορά τις τελικές στάθμες και τα πρανή και με βάση τα βυθόμετρα του πυθμένα πριν από την έναρξη των εργασιών (αρχικά βυθόμετρα). Τυχόν απώλειες υλικών λόγω διείσδυσης στον πυθμένα ή καθίζησης του πυθμένα, καθώς και τυχόν απώλειες υλικών λόγω διασποράς τους για οποιοδήποτε λόγο δεν λαμβάνονται υπόψη στην επιμέτρηση. Δεν επιμετρώνται χωριστά, διότι είναι ενσωματωμένες, όλες οι αναγκαίες εργασίες καθώς και τα πάσης φύσεως υλικά και εξοπλισμός, η εξασφάλιση και η κατανάλωση της ενέργειας, καθώς και κάθε άλλη συμπαρομαρτούσα δράση απαιτούμενη για την πλήρη και έντεχνη κατά τα ανωτέρω εκτέλεση της εργασίας (διάστρωση και μόρφωση εκτελούμενη κατά οριζόντιες στρώσεις και τακτοποίηση στις προβλεπόμενες θέσεις και στάθμες). Ειδικότερα ενδεικτικά αλλά όχι περιοριστικά, δεν επιμετρώνται χωριστά τα παρακάτω:

- Η προμήθεια των απαραίτητων αναλώσιμων ή μη υλικών
- Η μεταφορά και προσωρινή αποθήκευσή τους στο έργο
- Η ενσωμάτωση ή η χρήση τους στο έργο
- Η φθορά και απομείωση των υλικών και η απόσβεση και οι σταλίες του εξοπλισμού.
- Η διάθεση και απασχόληση του απαιτούμενου προσωπικού, εξοπλισμού και μέσων για την εκτέλεση των εργασιών σύμφωνα με τους όρους της παρούσας Προδιαγραφής.
- Η συγκέντρωση των απορριμμάτων πάσης φύσεως που προκύπτουν κατά την εκτέλεση των εργασιών και την μεταφορά τους προς οριστική απόθεση.
- Η πραγματοποίηση όλων των απαιτούμενων δοκιμών, ελέγχων κλπ για την πλήρη και έντεχνη εκτέλεση της εργασίας σύμφωνα με την παρούσα Προδιαγραφή, καθώς και των τυχόν διορθωτικών μέτρων (εργασία και υλικά) εάν διαπιστωθούν μη συμμορφώσεις κατά τις δοκιμές και τους ελέγχους.[52]



Εικόνα 29 Εμπλουτισμός παραλίας στο Miami και Hawaii , πριν και μετά την διαδικασία.[55]

3.5 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΝΑΠΛΗΡΩΣΗΣ ΠΑΡΑΛΙΑΣ ΜΕ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟ

Στα μέσα της δεκαετίας του 1970, η πόλη του Miami, Florida, και το US Army Corps of Engineers ξεκίνησαν ένα φιλόδοξο πρόγραμμα τροφοδοσίας των αιγιαλών για να αναχαιτίσουν τα σοβαρά προβλήματα διάβρωσης που έπλητταν την περιοχή από το 1950. Το πρόγραμμα αυτό σχεδιάστηκε με τέτοιο τρόπο ώστε να δημιουργήσει ένα θετικό ισοζύγιο ιζημάτων που θα προκαλούσε την αύξηση του πλάτους του αιγιαλού, και θα προστάτευε τα παράκτια θέρετρα από ενδεχόμενες καταστροφές που θα προκαλούσαν τα κύματα καταιγίδων. Το κόστος για την ολοκλήρωση του προγράμματος ανήλθε σε περίπου 62 εκατομμύρια δολάρια, ενώ για την αναπλήρωση των απωλειών λόγω της διάβρωσης χρειάστηκαν περίπου 160.000 m³ άμμου ανά έτος. Έως το 1980 περίπου 18 εκατομμύρια m³ άμμου εξορύχθηκαν από το βυθό μιας θαλάσσιας περιοχής μακριά από την ακτή και μεταφέρθηκαν στην παραλία δημιουργώντας έναν αιγιαλό πλάτους 200m. Οι αλλαγές που συντελέστηκαν στην περιοχή μέσα στο χρονικό διάστημα μιας δεκαετίας ήταν εντυπωσιακές.

Μέρος του προγράμματος στο Miami περιελάμβανε επιπλέον την ανάπτυξη παράκτιων αμμωδών θινών σταθεροποιημένων με βλάστηση με σκοπό να λειτουργήσουν προστατευτικά έναντι της διάβρωσης από τη δράση του κυματισμού και την ανύψωση της θαλάσσιας στάθμης λόγω καταιγίδων. Το επιτυχημένο πρόγραμμα τροφοδοσίας της παραλίας του Miami λειτούργησε για πάνω από 20 χρόνια, και επέτυχε να προστατεύσει τον αιγιαλό από μεγάλους τυφώνες που έπληξαν την περιοχή το 1979 και το 1992. Σε σχέση με τις αποσπασματικές μεθόδους ελέγχου

της διάβρωσης που προηγήθηκαν το πρόγραμμα ο εμπλουτισμός αποδείχθηκε σαφώς ως η καλύτερη λύση. Η ήπια αυτή μέθοδος έχει εφαρμοστεί σε πάνω από 600 km μήκος ακτογραμμής των ανατολικών πολιτειών των Η.Π.Α[13]



Εικόνα 30. Φωτογραφία πριν και μετά το πρόγραμμα ανάπλασης της παραλίας του Miami to 1970] [57,58]

4. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ(ΧΑΝΙΑ,ΚΟΥΜ-ΚΑΠΙ)



[Εικόνα 31. Αεροφωτογραφία του παλαιού λιμένος και του Κουμ Καπί Χανίων.

4.1 Τα Χανιά και η προσπάθεια μελέτης και επίλυσης του προβλήματος

Το πρόβλημα της διάβρωσης των ακτών της Κρήτης και συγκεκριμένα του βορείου παραλιακού μετώπου των Χανίων είναι μεγάλο και χρίζει άμεσης αντιμετώπισης. Η τεχνητή ανάπλαση των ακτών είναι μέθοδος αποκατάστασης παραλιών, παρά του ότι

που στο εξωτερικό χρησιμοποιείται εύρυντατα εδώ και αρκετά χρόνια, στην Ελλάδα έχει εφαρμοστεί σπανιότατα, και μέχρι και σήμερα δεν τύχει εφαρμογής στην Κρήτη. Το πρόβλημα συνήθως είναι οι ανθρώπινες παρεμβάσεις με τη δημιουργία λιμανιών και λιμενικών καταφυγίων άκριτα και χωρίς καμία απολύτως οργάνωση και μελέτη. Σύμφωνα με τον καθηγητή του Πολυτεχνείου Κρήτης και Πρόεδρο του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ) κύριο Κώστα Συνολάκη , 20,000m² παραλίας χάνονται κάθε χρόνο στον Νομό Χανίων. Έπειτα από μεγάλη προσπάθεια και ενημέρωση του κοινού και των τοπικών φορέων, ξεκίνησε μία προσπάθεια από το Πολυτεχνείο Κρήτης μελέτης των αιτιών της διάβρωσης των ακτών, καθώς επίσης και τρόποι καταπολέμησης της με σκοπό την ανάπλαση και ανάδειξη των παραλιών που πλήττονται από αυτό το φαινόμενο.

Για τον λόγο αυτόν έχουν ποντιστεί δύο μετρητές στη θαλάσσια περιοχή του Γερανίου και έξω από το Βενετικό λιμάνι των Χανίων, που βρίσκονται σε βάθος 25 μέτρων και συνεχώς στέλνουν ηχητικά σήματα από τον βυθό στην επιφάνεια, Με τους κυματομετρητές δίνεται η δυνατότητα καταγραφής των κυματισμών , και των ρευμάτων σε όλη την υδάτινη στήλη, με σκοπό να εξακριβωθούν τα αίτια της μεταφοράς άμμου και να βρεθούν τρόποι επίλυσης του προβλήματος. [59]



Εικόνα 32. Ο καθηγητής Συνολάκης μιλώντας για την αποκατάσταση παραλιών με εμπλουτισμό σε ημερίδα στο Ηράκλειο, Κρήτης, τον Σεπτέμβριο 2012.

Σε ημερίδα που πραγματοποιήθηκε στην ορθόδοξη ακαδημία Κρήτης στο Κολυμπάρι με θέμα . << Προτάσεις αντιμετώπισης της διάβρωσης των ακτών στη βορειοδυτική Κρήτη >> δόθηκε η δυνατότητα στο κοινό για την ενημέρωση και κατανόηση του προβλήματος της διάβρωσης και πιθανές λύσεις αυτού , μέσα από τη γνώση και εμπειρία καταξιωμένων επιστημόνων.

Ο δρ Κωνσταντίνος Συνολάκης , καθηγητής Φυσικών Καταστροφών και Παράκτιας Μηχανικής του Πολυτεχνείου Κρήτης και τότε Πρόεδρος του Ελληνικού Κέντρου

Θαλάσσιων Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ) τόνισε ότι το πρόβλημα της διάβρωσης των ακτών είναι πολύ έντονο σε όλο το βόρειο παραλιακό μέτωπο των Χανίων ,ενώ υπογράμμισε ότι ιδιαίτερα τα τελευταία δέκα χρόνια έχει επιδεινωθεί.

Υπογράμμισε ότι η ενδεδειγμένη λύση για την αντιμετώπιση του προβλήματος είναι ο εμπλουτισμός των ακτών με άμμο , η οποία, όπως είπε, έχει εξαφανιστεί από τις παραλίες λόγω παράνομων ενεργειών (αμμοληψίες) ή και άστοχων παρεμβάσεων.

<<Χρειάζεται προγραμματισμός και μακρόχρονη διαχείριση της παράκτιας ζώνης και να υπολογίσουμε πόση άμμο μας λείπει και να τη φέρουμε ή από τα βαθιά νερά ή από τα ποτάμια για να ξαναφτιάξουμε τις παραλίες μας>> τόνισε ο κ. Συνολάκης, ενώ για τις αιτίες του προβλήματος ανέφερε: << Η άμμος έχει εξαφανιστεί για διάφορους λόγους . Ένας είναι ότι γίνονται κατασκευές , όπως μικρολιμανάκια , σχεδόν μόνο με το μάτι, και το Κολυμπάρι είναι ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα..Γίνονται αστοχίες και αυτές τις χρεώνεται μακροπρόθεσμα η παράκτια ζώνη. Ένας δεύτερος λόγος είναι η παράνομη αμμοληψία . Ακόμα και αυτή τη στιγμή γίνεται παράνομη αμμοληψία από τα ποτάμια μας Με αυτό τον τρόπο σταμάτησε η τροφοδοσία της παραλίας με άμμο και θα πρέπει πλέον να υπάρξει ένα σύστημα διαχείρισης της άμμου , όπως συμβαίνει και με το νερό καθώς η εξαφάνισή της από τις παραλίες έχει άμεσες συνέπειες στην ποιότητα της καθημερινής ζωής και στην οικονομία.>> Επεσήμανε επίσης ότι οι κατά τόπους παρεμβάσεις δεν μπορούν να λύσουν το πρόβλημα, και υπογράμμισε την ανάγκη να υπάρχουν επιστημονικά δεδομένα που να διασφαλίζουν ότι δεν θα υπάρξουν σοβαρές περιβαλλοντικές συνέπειες, για κάθε είδους παρέμβαση στην παράκτια ζώνη.

Στην ημερίδα συμμετείχε και ο καθηγητής Ακτομηχανικής στο Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου της Νότιας Καλιφόρνιας, δρ Patrick Lynett, αναφέρθηκε στην εμπειρία του από ανάλογα προβλήματα και τον τρόπο αντιμετώπισής τους στις ΗΠΑ. <<Το φαινόμενο που υπάρχει εδώ στα Χανιά το αντιμετωπίσαμε και στις ΗΠΑ και αρχίσαμε να κάνουμε εμπλουτισμό πριν από 100 χρόνια. Αρχικά , ωστόσο, κάναμε τα ίδια λάθη που τώρα γίνονται και εδώ. Δηλαδή εγκαθιστούσαμε μεγάλες "σκληρές">> κατασκευές που όμως δεν ήταν αποτελεσματικές.>>

Ο γεωλόγος- ιζηματολόγος και Διευθυντής Ερευνών του ΕΛΚΕΘΕ ,δρ Χρήστος Αναγνώστου μιλώντας για το ίδιο θέμα τόνισε ότι τα καλά σχεδιασμένα έργα πάντοτε στοιχίζουν πολύ λιγότερο από τα μη καλά. Το κόστος μιας ήπιας παρέμβασης είναι περίπου το 1/10 του κόστους των σκληρών παρεμβάσεων. Σκληρές παρεμβάσεις είναι αυτές με τις πέτρες και τσιμέντο για προστασία είτε κατά μήκος της ακτής είτε εγκάρσια προς την ακτή είτε με κυματοθραύστες. Επεσήμανε τις ήπιες παρεμβάσεις με τεχνητή τροφοδοσία με άμμο για αποκατάσταση των παραλίων σαν τις πιο αποτελεσματικές και οικονομικές λύσεις, [60]

Αυτή τη στιγμή και έπειτα από την κατανόηση του κόσμου και των τοπικών φορέων της σοβαρότητας του προβλήματος της διάβρωσης καθώς επίσης και τις

ενδεδειγμένες λύσεις για την αντιμετώπιση του, στα Χανιά υλοποιούνται δύο μελέτες. Η πρώτη είναι σε συνεργασία με του Πολυτεχνείου Κρήτης και του Δημοτικού Λιμενικού Ταμείου, και η δεύτερη μεταξύ της Περιφέρειας Κρήτης και του ΕΛΚΕΘΕ, σε συνεργασία με το Πολυτεχνείο Κρήτης. Η δεύτερη μελέτη θα έχει διάρκεια 2 χρόνια και με την ολοκλήρωσή της θα υπάρχουν απαντήσεις στα ερωτήματα για το που πάει η άμμος, πως μπορεί ν'ανακτηθεί και από πού δίνεται η δυνατότητα να μεταφερθεί για την ανάγκη των παραλιών.[61]

4.2 Υπάρχουσα κατάσταση στην περιοχή μελέτης (Κουμ- Καπί) και ιστορική αναδρομή.

Η πόλη των Χανίων έχει ευνοηθεί από την φύση με την ύπαρξη περιοχών καταλλήλων για ψυχαγωγία κατά μήκος ολόκληρης της παραθαλασσίας ζώνης. Ολόκληρη η βόρειος ζώνη θα ήταν δυνατό να χρησιμοποιείται από τους κατοίκους για θαλάσσια ψυχαγωγία. Όμως η άρρυθμη επέκταση της πόλεως έχει επιδράσει αρνητικά στη ζώνη αυτή σε μεγάλο βαθμό, αφού έχει καταληφθεί από σπίτια και δρόμους μέχρι την θάλασσα. Στο Κούμ –Καπί κατά μήκος της ακτής έχει κατασκευαστεί κάθετο τοίχιο στο οποίο εδρεύει δρόμος σε όλο το μήκος του. Το τοίχιο κατασκευάστηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1980 πάνω σε αμμώδη παραλία, και προξένησε τη διάβρωσή της. Οποιαδήποτε προσπάθεια πραγματοποιήθηκε για την ανεύρεση της ακτομηχανικής ή κατασκευαστικής μελέτης του συγκεκριμένου έργου απέβη άκαρπη, αφού -όπως δηλώνουν οι αρμόδιοι φορείς- ήταν πρόχειρη και χάθηκε κατά τη διάρκεια της μεταφοράς (μετακόμισης σε καινούργια κτήρια) του αρχείου της πολεοδομίας.

Σήμερα τμήμα παραλίας έχει διατηρηθεί μόνο στο ανατολικό άκρο του τοιχίου της οποίας το μήκος και το πλάτος μεταβάλλονται εποχιακά από την έντονη δράση των κυμάτων.



Εικόνα 33. Η παραλία του Κουμ Καπί στα Χανια Κρήτης.



Εικόνα 34. Φωτογραφίες υπάρχουσας κατάστασης στην περιοχή του Κούμ-Καπί (Ακτή Μιαούλη). [62]]



Εικόνα 35 Εικόνα του google-earth για την παραλία Κουμ-Καπί [[62](#)]

Ιστορικά στοιχεία για την περιοχή είναι σχεδόν αδύνατο να βρεθούν (πρίν την δημιουργία του τοιχίου)μ αφού κατά τη διάρκεια της έρευνάς του συγγραφέα στο Ιστορικό Αρχείο Κρήτης, σε διάφορες υπηρεσίες του Δήμου Χανίων(πολεοδομία και τεχνικές υπηρεσίες), στο Δημοτικό Λιμενικό Ταμείο και στο Λιμενικό Ταμείο δεν ενευρέθη κάποια αντίστοιχη μελέτη. Όλες οι πληροφορίες που περιλαμβάνονται στην παρούσα εργασία προέρχονται από αναφορές σε παλιές μελέτες για το πολεοδομικό των Χανίων και μαρτυρίες κατοίκων

Όπως αναφέρεται στη μελέτη Τρίτση της δεκαετίας 1970, «στην περιοχή επικρατούν ισχυροί βόρειοι άνεμοι(άρα κυματισμοί επίσης) οι οποίοι καθιστούν το βόρειο τμήμα της περιοχής μελέτης ακατάλληλο για θαλάσσιες λιμενικές εγκαταστάσεις».

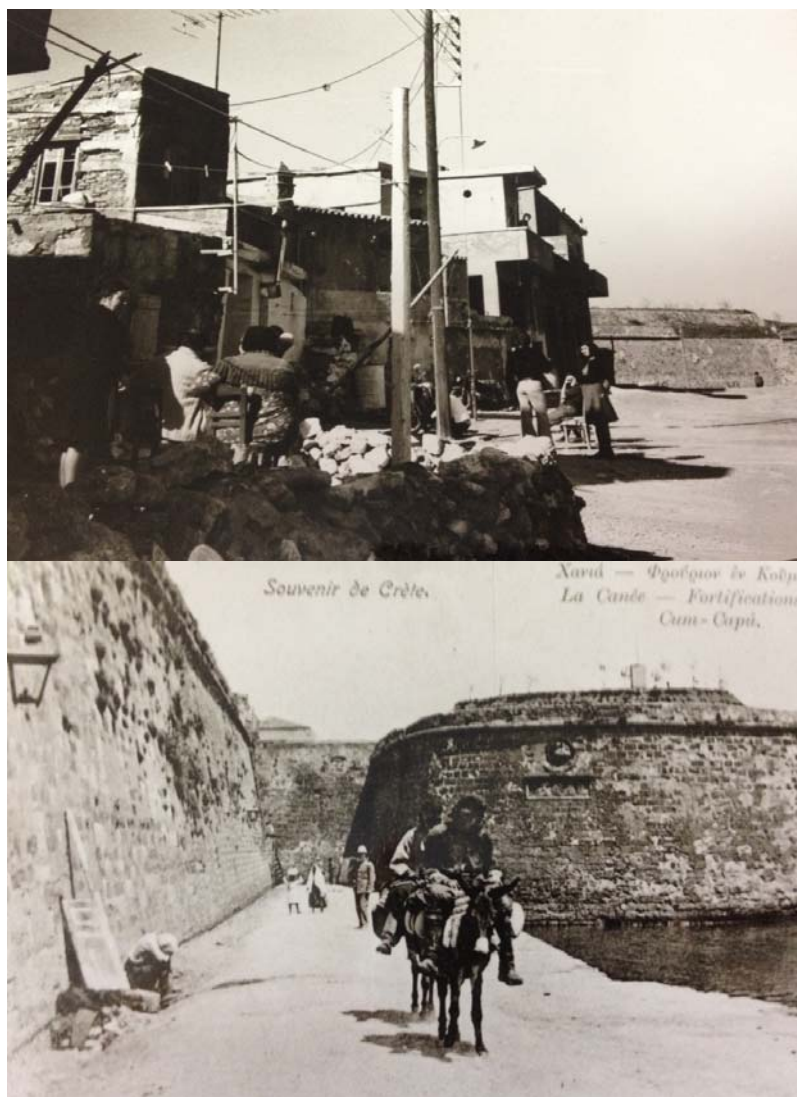
Αναφορές για την ύπαρξη της παραλίας πριν τη δημιουργία του τοιχίου υπάρχουν σε διάφορες μελέτες. «Η περιοχή του Κούμ –Καπί διαθέτει παραθαλάσσια ζώνη με άμμο που με κατάλληλη διαμόρφωση και καθαρισμό μπορεί να οργανωθεί σε αξιόλογη περιοχή αναψυχής, σε άμεση επαφή με τις κατοικίες.».[63]

«Η υπό ανάπτυξη και εξυγίανση περιοχή, ιστορική τοποθέτηση Κούμ-Καπί είναι η Τούρκικη ονομασία της πόρτας της άμμου. Εκεί στην αμμώδη παραλία είχε δημιουργηθεί τον τελευταίο αιώνα της Τουρκοκρατίας κατά την Αιγυπτιακή κατοχή ολόκληρο χωριό Μπεντουίνων». «Καθ' όλη την βόρεια πλευρά της περιοχής εκτείνεται θαυμάσια αμμώδης παραλία την οποία όμως η άρρυθμη επέκταση έχει μολύνει σε μεγάλο βαθμό» «Διαθέτει παραθαλάσσια ζώνη με άμμο που με κατάλληλη διαμόρφωση και καθορισμό μπορεί να οργανωθεί σε περιοχή αναψυχής σε άμεση επαφή με τις κατοικίες».[64]

Από τις παραπάνω αναφορές καθώς επίσης και από τις ιστορικές φωτογραφίες που ακολουθούν φαίνεται ότι το μέγεθος της παραλίας που υπήρχε στο παρελθόν ,πριν τη δημιουργία του τοιχίου καθώς επίσης και την σημερινή κατάσταση που λόγω της διάβρωσης τείνει να εξαφανιστεί.



Εικόνα 36 Η κυματική δραστηριότητα στην παραλία του Κούμ –Καπί κατά τη χειμερινή περίοδο, υπό την επίδραση βόρειων ανέμων.[65] , [66]]



Εικόνα 37 Η Συνοικία Κούμ-Καπί κατά το παρελθόν. Οι κατοικίες βρισκόταν εν επαφή με την παραλία «πάνω σ’ αυτήν». Επίσης ορατή είναι η παραλία όπου υπήρχε στην Πύλη της Άμμου απ’ όπου πήρε άλλωστε και την ονομασία της. [64]



Εικόνα 38. Η σημερινή υπάρχουσα κατάσταση στην Πύλη της Άμμου. [65]]



Εικόνα 38 Παραλία Κούμ- Καπί «Χθές και Σήμερα». Παρατηρείται μεγάλη μείωση σε σχέση με το παρελθόν «σχεδόν εξαφανιστεί» από την άρρυθμη επέκταση και τα τεχνικά έργα(τοιχίο).] [65], [67]



Εικόνα 39 Σύγκριση της παραλίας του Κούμ –Καπί, «σήμερα με το χθες ». Είναι εμφανέστατη η διάβρωση που έχει υποστεί η παραλία αφού έχει σχεδόν εξαφανιστεί σε σχέση με το παρελθόν, έπειτα από τη δημιουργία του τοιχίου. Φωτογραφίες από και προσωπικό αρχείο και [64].]



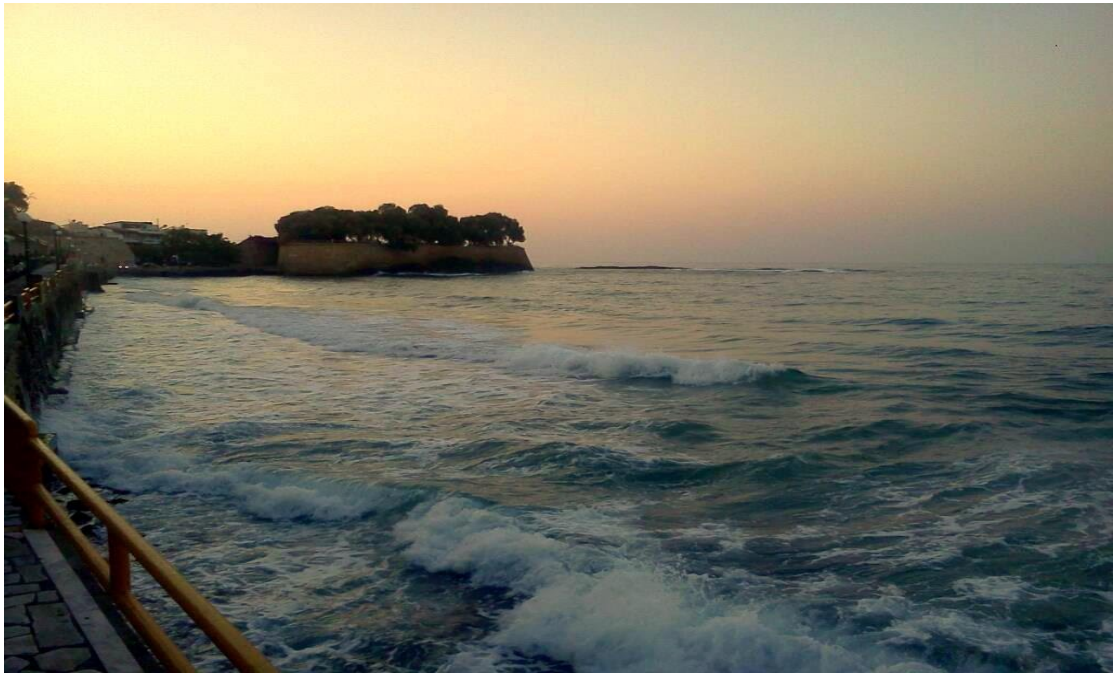
Εικόνα 40. Πρόσωση του παραλιακού μετώπου του Κούμ-Καπί κατά το παρελθόν.
[67]]



Εικόνα 41 Φωτογραφία από το προσωπικό αρχείο του συγγραφέα



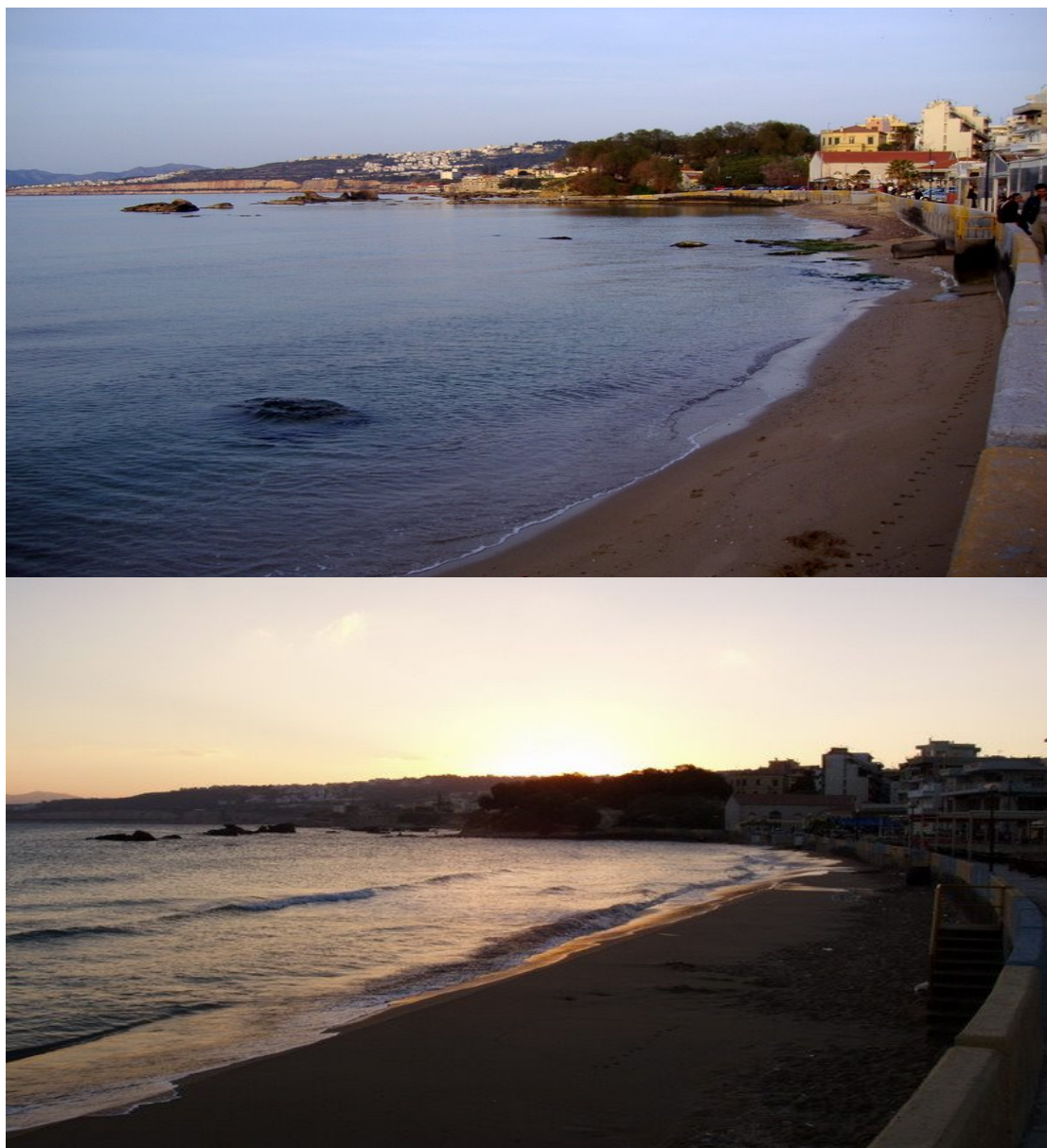
Εικόνα 42. Παρουσίαση της διαφοροποίησης που έχει επέλθει στην παραλία του Κούμ-Καπί σε βάθος χρόνου. [64], [65]]



Εικόνα 43 Κυματική δραστηριότητα στην παραλία του Κούμ –Καπί η οποία απ’ ότι φαίνεται έχει σχεδόν εξαφανιστεί. [65]]



Εικόνα 44. Ιστορικές φωτογραφίες του Κουμ Καπί από το προσωπικό αρχείο του συγγραφέα και από την εργασία [64]]



Εικόνα 45 Σύγκριση παραλίας κατά τη χειμερινή και θερινή περίοδο. Παρατηρείται διαφοροποίηση στο μήκος και στο πλάτος της. [65]]

5. ΕΡΕΥΝΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΛΙΑΣ ΤΟΥ ΚΟΥΜ-ΚΑΠΙ



Εικόνα 46 Δορυφορική φωτογραφία από το google-earth, με ενδείξεις στα σημεία καταδύσεων για αυτοψία.

Κατά την έρευνα της παραλίας (μέσω καταδύσεων του συγγραφέα) του Κουμ-Καπί, ξεκινώντας ανατολικά από το σημείο που παλαιότερα βρίσκονταν οι εγκαταστάσεις των σφαγείων με κατεύθυνση προς τα Δυτικά (Πύλη της Άμμου) , υπάρχει ένα μικρό σύμπλεγμα βραχωδών σχηματισμών σε απόσταση 50m από την ακτή τα οποία επεκτείνονται υποθαλάσσια δυτικά σε απόσταση ~25m. Στη συνέχεια και μέχρι το βάθος των 7m υπάρχει καθαρή άμμος έως την Πύλη της Άμμου. Βόρεια των βραχωδών σχηματισμών παρατηρείται μια εναλλαγή υποθαλάσσιων πλακών και άμμου έως το βάθος των 12m και στη συνέχεια βυθός από κροκάλες. Αναλύοντας την υφιστάμενη κατάσταση του βυθού συμπεραίνεται ότι η ιζηματική μεταφορά συντελείται από ανατολικά της παραλίας προς δυτικά, δηλαδή από το σημείο των πρώην σφαγείων προς την Πύλη της Άμμου.

5.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΟΜΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ RTK GPS ΚΑΙ ΧΩΡΟΒΑΤΗ:

RTK GPS: Για την επισκόπηση, εχρησιμοποιήθηκα ένα σταθερό σύστημα (base station) και ένα κινητό (rover) . Κατά την λειτουργία τους η βάση να μεταδίδει πληροφορίες στο κινητό σύστημα. Η επικοινωνία μπορεί να γίνεται ασύρματα (

GPRS / GSM / UHF) είτε και ενσύρματα. Κατά την υλοποίηση σε αυτήν την μελέτη ένα PDA απεικονίζει τα αποτελέσματα.



Εικόνα 47, Ο εξοπλισμός του RTK GPS

Η αρχή του single base RTK ξεκινά με ένα σταθμό αναφοράς, που παραμένει εγκατεστημένος σε ένα γνωστό / σταθερό σημείο και αποστέλλει διορθώσεις στον rover μέσω μονόδρομης σύνδεσης επικοινωνίας συνήθως (ένα ασύρματο ραδιομόντεμ ή σύνδεση GSM.) Επισημαίνεται

- Τόσο η «βάση» όσο και ο κινητός δέκτης (rover) λαμβάνουν σήμα από κοινούς δορυφόρους.
- Ο δέκτης βάσης στέλνει την θέση του και όλες τις δορυφορικές παρατηρήσεις στον rover.
- Ο rover συνδυάζει αυτές τις παρατηρήσεις του σταθμού αναφοράς με δικές του παρατηρήσεις για να υπολογίσει μια θέση RTK.

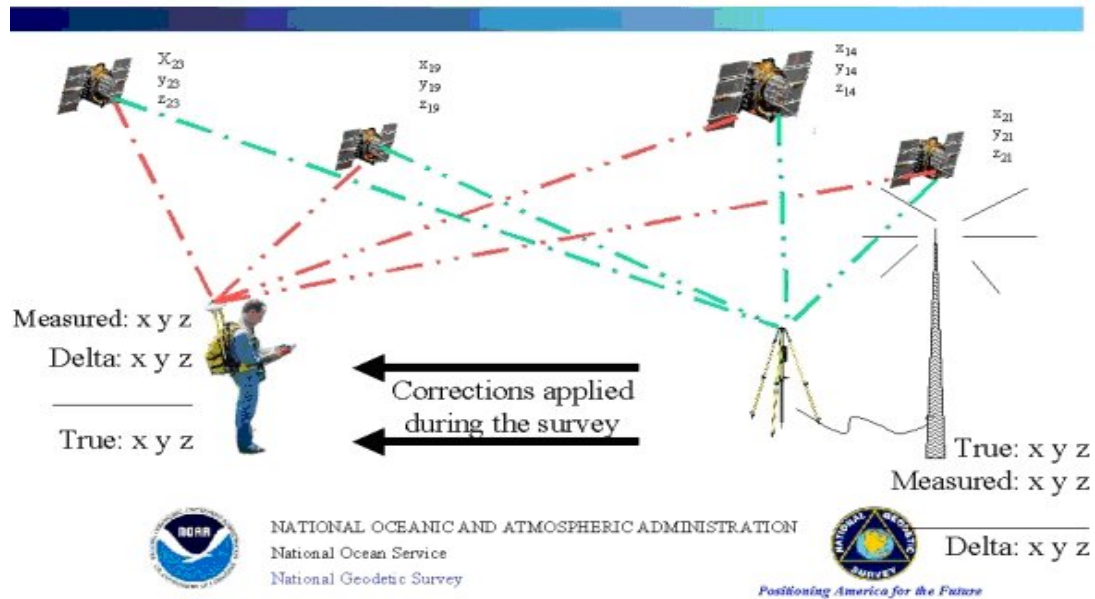
Η θέση υπολογίζεται χρησιμοποιώντας ένα σετ RTK αλγορίθμων.

Πρόσφατες εξελίξεις στους αλγορίθμους RTK επιτρέπουν στον rover να υπολογίζει επανειλημμένα την ακριβή θέση του με επιτυχία σε αποστάσεις έως 50 klm από το σταθμό αναφοράς RTK.

Τα πλεονεκτήματα αυτού του συστήματος είναι η αυτονομία χρήσης, απλή αρχή και κατανοητή λειτουργία και εγκατάσταση του σταθμού βάσης (reference) σε σημείο με γνωστές συντεταγμένες, που επιτρέπει την άμεση επίλυση της θέσης από τον κινητό δέκτη (rover) μπορούν να εξασφαλίσουν την ιχνηλασιμότητα. Τα μειονεκτήματα είναι το κόστος αγοράς του σταθμού βάσης (Reference Station)., ,ο χρόνος που απαιτείται για την εγκατάσταση του σταθμού βάσης (Reference Station). , και το γεγονός ότι όσο αυξάνεται η απόσταση μεταξύ σταθμού βάσης (Reference Station) και κινητού δέκτη (Rover) η ακρίβεια της υπολογιζόμενης θέσης μειώνεται.

[[\[68\]](#), [69]]

Real-Time Differential GPS



Εικόνα 48 Σχηματικό διάγραμμα της αρχής λειτουργίας. [70]



Εικόνα 49. Φωτογραφίες του συγγραφέα κατά την υλοποίηση της μελέτης.



Ο χωροβάτης είναι ένα τοπογραφικό όργανο χωροστάθμησης που χρησιμοποιείται για να επιτευχθεί οριζόντια οπτική γραμμή. Στην μελέτη αυτή χρησιμοποιήθηκε χωροβάτης με τηλεσκόπιο, που αποτελεί και τον πιο διαδεδομένο και ακριβή τύπο, αφού επιτρέπει την παρατήρηση απομακρυσμένων σημείων. Αποτελείται από ένα σταθερό τρίποδα, τον οποίο ρυθμίζουμε με αλφάδι και από ένα κινητό τμήμα που περιλαμβάνει μία φυσαλιδωτή στάθμη και ένα τηλεσκόπιο. Χρησιμοποιείται για τη μέτρηση υψομετρικών διαφορών μεταξύ των διαφόρων σημείων εδαφικής έκτασης.



Εικόνα 50 Ο χωροβάτης που χρησιμοποιήθηκε [[71], [72]]

5.1.1 ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΟΜΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Καταρχάς επιλέγησαν 5 σταθερά σημεία(βίδες) KKPR01,KKPR02-KKPR05, πάνω στο τοιχίο που βρίσκεται περιμετρικά της παραλίας του Κουμ-Καπί. Στη συνέχεια εντοπίστηκαν αυτά με RTK GPS και μετρήθηκε το υψόμετρο. Έπειτα με την

βοήθεια πυξίδας ορίσαμε τον προσανατολισμό των τομών, ετοποθετήθηκαν στην ίδια ευθεία με τον χωροβάτη(αφού πρώτα ρυθμίστηκε) σιδερένιοι κυλίνδροι κάθετα στην ακτογραμμή , σε σημεία που είχε παρατηρηθεί μεταβολή στην μορφολογία της παραλίας. Με τον χωροβάτη και τη σταδίας επιμετρήθηκαν οι υψομετρικές διαφορές από σημείο σε σημείο όπου είχαν τοποθετηθεί κυλίνδροι και συγχρόνως υπολογίστηκε η μεταξύ τους απόσταση με τη βοήθεια μετροταινίας(μέτρου).



Εικόνα 41. Οι τομές KKPR_01 –KKPR_05] σε χάρτη του Google Earth.

Έχοντας δεδομένα μετρήσεων για τις ίδιες τομές από τα έτη 2010, 2011, 2012, ήταν δυνατή σύγκριση για συμπεράσματα για το προφίλ της παραλίας και τον τρόπο που μεταβάλλεται διαχρονικά . Από τις μετρήσεις μας προκύπτουν τα εξής δεδομένα :

ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 20/02/2012

	HPC	DIST(m)		HPC	DIST(m)		HPC	DIST(m)
KKPR_01	1,34	0	KKPR_02	1,636	0	KKPR_03	1,736	0
	0,80	0		1,130	0		1,491	0
	0,52	3,94		0,577	5,3		0,882	6,7
	0,43	6,81		0,476	10,19		0,43	12,68
	0,04	9,01		-0,027	13,09		0,009	15,17
	-0,96	20,9		-0,92	25,29		-0,944	28,37

	HPC	DIST(m)		HPC	DIST(m)
KKPR_04	1,712	0	KKPR_05	1,288	0
	1,136	0		0,555	0
	0,559	6,72		0,528	1,24
	0,422	10,87		0,295	2,36
	-0,034	14,1		0,279	3,17
	-0,878	29,2		0,008	4,87
				-0,908	19,52

HPC είναι το ύψος της παραλίας (υψομετρικές διαφορές) και DIST είναι η απόσταση από το σημείο 0 (τοιχείο).

ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 23/02/2011

	HPC	DIST(m)		HPC	DIST(m)		HPC	DIST(m)
KKPR_01	1,34	0	KKPR_02	1,636	0	KKPR_03	1,736	0
	0,96	0		1,327	0		1,469	0
	0,76	3,05		0,984	3,15		1,104	3,1
	0,82	5,6		0,829	5,95		0,827	5,7
	0,15	9,48		0,919	9,01		0,846	7,03
	-0,73	23,36		0,375	11,25		0,9	8,33
				-0,739	25,95		0,095	13,98
							-0,686	27,38

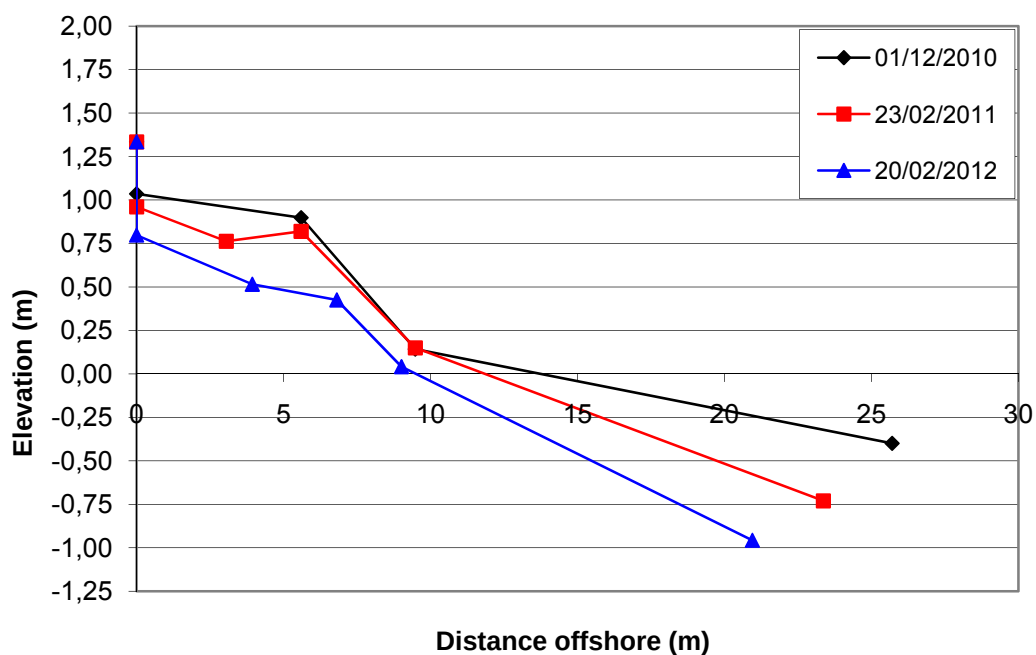
	HPC	DIST(m)		HPC	DIST(m)
KKPR_04	1,712	0	KKPR_05	1,288	0
	1,176	0		0,393	0
	0,777	3,5		0,038	1,14
	0,802	5,9		-0,282	5,2
	0,27	9,12		-0,74	20
	-0,52	23,5			

ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 01/12/2010

	HPC	DIST(m)		HPC	DIST(m)		HPC	DIST(m)
KKPR_01	1,34	0	KKPR_02	1,636	0	KKPR_03	1,736	0
	1,04	0		1,283	0		1,327	0
	0,90	5,6		1,041	3,15		0,985	7
	0,14	9,48		0,992	5,95		-0,103	12,65
	-0,40	25,7		-0,035	11,25		-0,45	27
				-0,48	25,95			

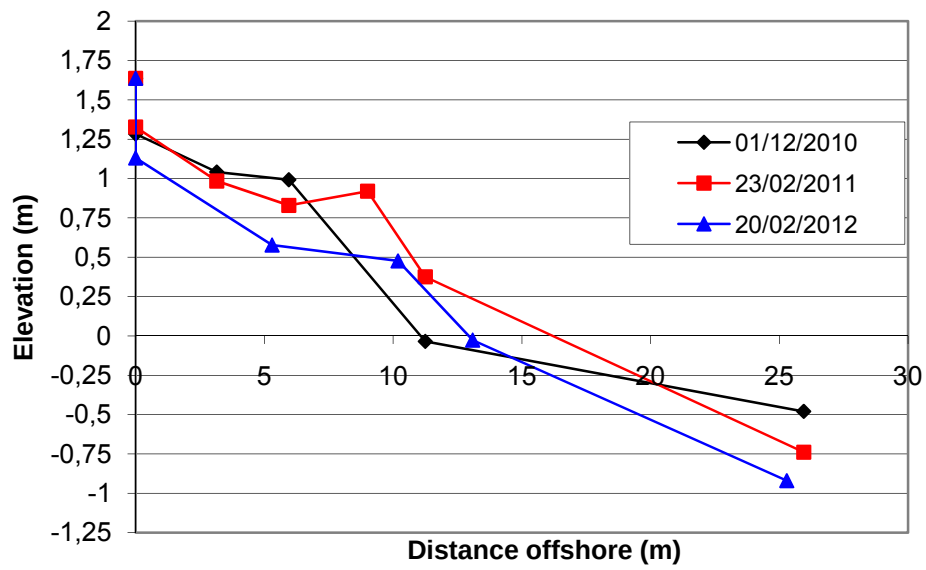
	HPC	DIST(m)		HPC	DIST(m)
KKPR_04	1,712	0	KKPR_05	1,288	0
	1,393	0		1,2475	0
	1,097	3,5		0,2485	5,2
	-0,047	9,12		-0,6975	20
	-0,452	23,5			

KKPR_01

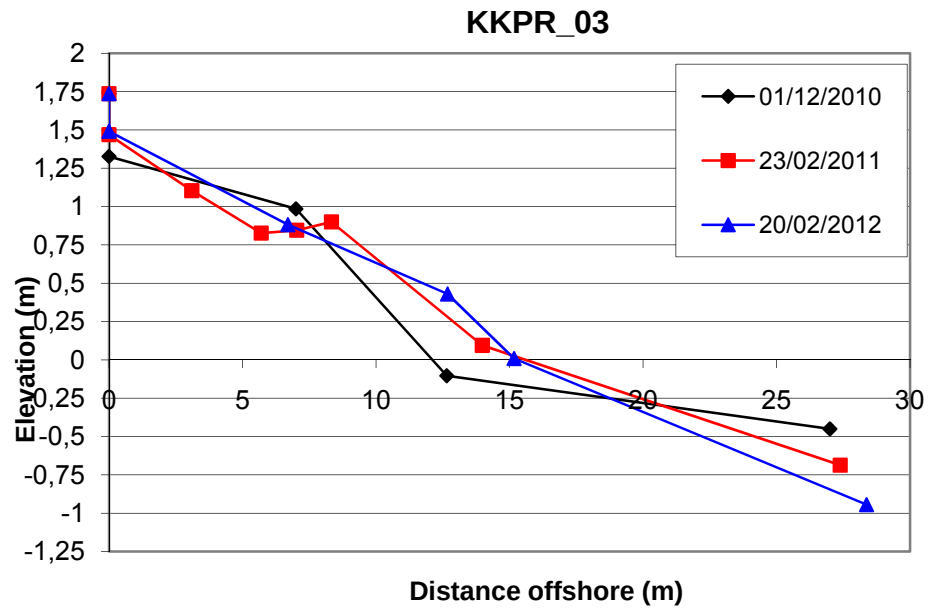


Εικόνα 42. Γράφημα που υποδυκνύει πώς μεταβάλλεται το προφίλ της παραλίας στην τομή 1 KKPR_01 τις τρεις χρονικές περιόδους. Elevation είναι το ύψος της παραλίας και Distance offshore η απόσταση απ όπου ξεκινάει η τομή (m), δηλ. το σημείο 0 που βρίσκεται πάνω στο τοιχίο.

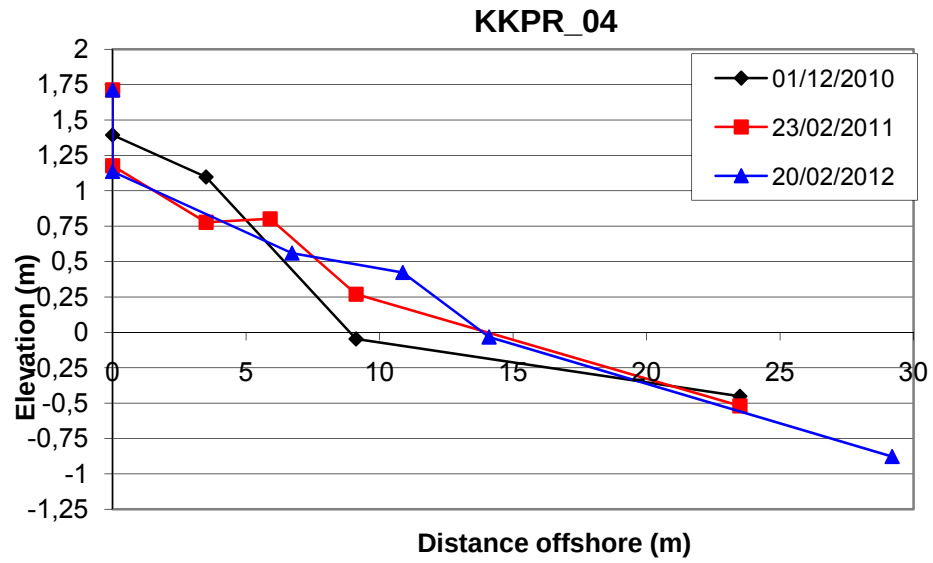
KKPR_02



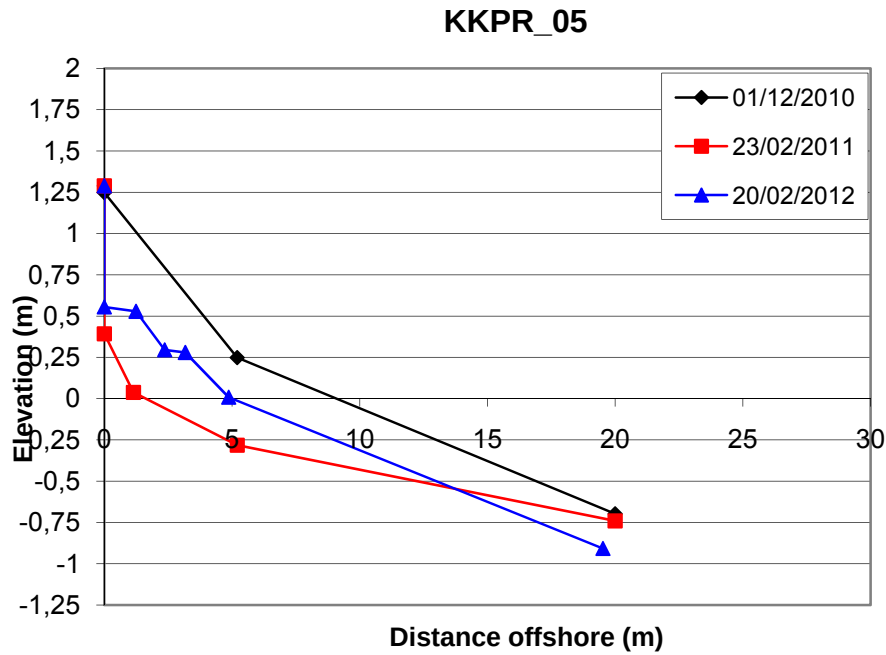
Εικόνα 43. Γράφημα που υποδυκνύσει πώς μεταβάλλεται το προφίλ της παραλίας στην τομή 2 KKPR_02 τις τρεις χρονικές περιόδους.]



Εικόνα 44. Γράφημα που υποδεικνύει πώς μεταβάλλεται το προφίλ της παραλίας στην τομή 3 KKPR_03 τις τρεις χρονικές περιόδους.]



Εικόνα 45. Γράφημα που υποδυκνύει πώς μεταβάλλεται το προφίλ της παραλίας στην τομή 4 KKPR_04 τις τρεις χρονικές περιόδους.]



Εικόνα 46. Γράφημα που υποδυκνεύει πώς μεταβάλλεται το προφίλ της παραλίας στην τομή 5 KKPR_05 τις τρεις χρονικές περιόδους.]

Τα συμπεράσματά από τα παραπάνω αποτελέσματα είναι ότι το προφίλ της παραλίας μεταβάλλεται εποχιακά, και αναλόγως τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή (κυματισμός). Παρατηρείται ιζημεταφορά από τα Ανατολικά προς τα Δυτικά. Παρατηρείται ότι το λεπτόκοκκο υλικό που αποτελείται η παραλία είναι ομοιόμορφα κατανεμημένο. Τέλος ένα μεγάλο μέρος της παραλίας χάνεται κατά τους χειμερινούς μήνες.

5.1.2 ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ ΚΑΙ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Με σκοπό την κατανόηση των παράκτιων διεργασιών που είναι υπεύθυνες για το σχηματισμό συγκεκριμένων γεωμορφών απαιτείται η λήψη δειγμάτων ιζήματος από τα περιβάλλοντα απόθεσης και η κοκκομετρική τους ανάλυση. Κατά την δειγματοληψία, το δείγμα θα πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικό του ιζήματος της περιοχής από την οποία λαμβάνεται. Για την διαδικασία του κοσκινίσματος, όσο μικρότερη είναι η ποσότητα του δείγματος, τόσο πιο ακριβής είναι η τεχνική, λιγότερο όμως αντιπροσωπευτικό το δείγμα. Για ίζημα μεγέθους κόκκων άμμου, θεωρείται επαρκές ένα δείγμα 100 gr ενώ για περισσότερο χονδρόκοκκο υλικό, ειδικά όταν περιλαμβάνει μεγάλο εύρος μεγέθους κόκκων, η κοκκομετρική ανάλυση απαιτεί τη λήψη μεγαλύτερης ποσότητας ιζήματος. Πρίν τη διαδικασία του κοσκινίσματος, είναι απαραίτητη η ξήρανση και ο προσεκτικός διαχωρισμός των κόκκων του ιζήματος. Το δείγμα ξεπλένεται με γλυκό νερό αναδεύεται και στη συνέχεια ξηραίνεται σε φούρνο για να απομακρυνθεί η υγρασία.

Η κοκκομετρική ανάλυση για ίζημα με κόκκους διαμέτρου μεγαλύτερης των 0,063 mm, δηλαδή για το μέρος του δείγματος που ονομάζεται άμμος, πραγματοποιείται με κόσκινα. Τα κόσκινα που χρησιμοποιούνται τοποθετούνται διαδοχικά έτσι ώστε να σχηματίζουν μία κατακόρυφη στήλη των οποίων η διάμετρος των ανοιγμάτων ελαττώνεται, από την κορυφή προς τη βάση κατά γεωμετρική πρόοδο με ορισμένο λόγο. Οι διαστάσεις των ανοιγμάτων στα κόσκινα δεν ακολουθούν αριθμητική, αλλά γεωμετρική πρόοδο, γιατί για την ανάλυση του δείγματος ενδιαφέρουν οι σχετικές διαφορές και όχι οι απόλυτες τιμές των διαμέτρων των κόκκων. Έτσι τα κόσκινα τοποθετούνται κατά σειρά μειούμενου μεγέθους με το κόσκινο μεγαλύτερης διαμέτρου (που κατακρατά το περισσότερο χονδρόκοκκο κλάσμα) στην κορυφή της διάταξης. Το ξηρό δείγμα του ιζήματος ζυγίζεται και τοποθετείται στο πάνω κόσκινο.

Στο κάτω μέρος της στήλης τοποθετείται πιάτο (τάσι) που συλλέγει το λεπτόκοκκο κλάσμα που διέρχεται από το κατώτερο, μικρότερων ανοιγμάτων κόσκινο, που συνήθως έχει διάμετρο ανοίγματος 0,063 mm που αποτελεί το όριο ιλύος –άμμου. Η σειρά των κοσκινών τοποθετείται στη συσκευή δόνησης η οποία τίθεται σε λειτουργία για 10 min. Μετά την παύση της λειτουργίας της συσκευής τα κόσκινα απομακρύνονται προσεκτικά ώστε να περιοριστούν κατά το δυνατόν οι απώλειες σε ίζημα. Το ίζημα που έχει κατακρατηθεί σε κάθε κόσκινο συλλέγεται προσεκτικά και ζυγίζεται με ζυγό ακριβείας και το βάρος του ιζήματος κάθε κόσκινου ανάγεται σε % του βάρους του αρχικού δείγματος. [13]

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ

Πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία από δύο σημεία που είχαν καθοριστεί προηγουμένως στη διαδικασία με τις τομές, το KKPR 02 και το KKPR 04 καθώς

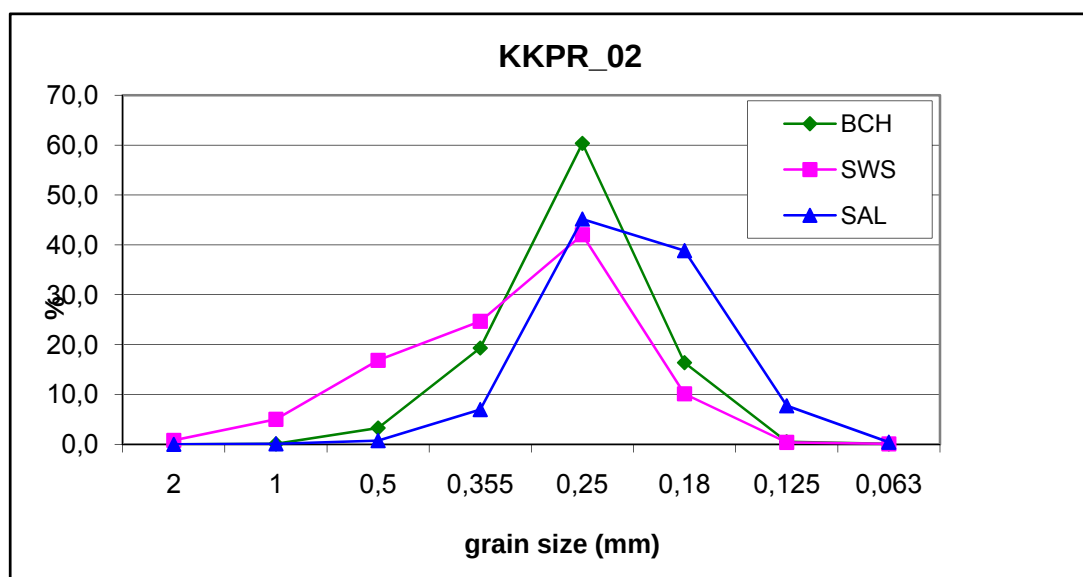
παρατηρήθηκε ότι το υλικό είναι αρκετά ομοιογενές, Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε σε τρία διαφορετικά σημεία της κάθε τομής . Από το BCE=δείγμα από την παραλία ,το SWS= δείγμα από ζώνη διαβροχής (swash zone) και από το SAL=δείγμα από 2 m βάθος. Έπειτα ακολοθούθηκε η διαδικασία που περιγράφηκε ανωτέρω. Για τα δείγματα προέκυψαν τα κάτωθι στοιχεία.

ΓΙΑ ΤΗΝ ΤΟΜΗ ΚΚΡΡ_02

Αποτελέσματα κοκκομετρικής ανάλυσης για το σημείο ΚΚΡΡ_02 από BCH				
Αριθμός πρότυπων κόσκινων (sieve)	Διάμετρος ανοίγματος (grain σε mm)	Φ	BCH (δείγμα από την παραλία) g που έχουν κατακρατηθεί από το εκάστοτε κόσκινο	W% (ποσοστό επί της %) της συνολικής ποσότητας
10	2	-1	0	0,0
18	1	0	0,1	0,1
35	0,5	1	3,8	3,3
45	0,355	1,5	22,4	19,3
60	0,25	2	70	60,3
80	0,18	2,5	19	16,4
120	0,125	3	0,6	0,5
230	0,063	4	0,1	0,1
		Συνολική ποσότητα δείγματος σε g. (total)	116,0	
		Συνολική ποσότητα δείγματος πριν το κοσκίνισμα (int dry weight)	116,6	

Αποτελέσματα κοκκομετρικής ανάλυσης για το σημείο KKPR 02 από SWS				
Αριθμός πρότυπων κόσκινων (sieve)	Διάμετρος ανοίγματος κόσκινου (grain σε mm)	Φ	SWS (δείγμα από την ζώνη διαβροχής swash zone) g που έχουν κατακρατηθεί από το εκάστοτε κόσκινο	W% (ποσοστό επί της %)
10	2	-1	0,8	0,8
18	1	0	5	5,0
35	0,5	1	16,8	16,9
45	0,355	1,5	24,6	24,7
60	0,25	2	41,9	42,0
80	0,18	2,5	10,1	10,1
120	0,125	3	0,4	0,4
230	0,063	4	0,1	0,1
		Συνολική ποσότητα δείγματος σε g. (total)	99,7	
		Συνολική ποσότητα δείγματος πριν το κοσκίνισμα (int dry weight)	100	

Αποτελέσματα κοκκομετρικής ανάλυσης για το σημείο KKPR_02 από SAL				
Αριθμός πρότυπων κόσκινων (sieve)	Διάμετρος ανοίγματος κόσκινου (grain size σε mm)	Φ	SAL (δείγμα από 2 m βάθος) g που έχουν κατακρατηθεί από το εκάστοτε κόσκινο	W% (ποσοστό επί της %)
10	2	-1	0	0,0
18	1	0	0,1	0,1
35	0,5	1	0,7	0,8
45	0,355	1,5	6,5	7,0
60	0,25	2	42,1	45,2
80	0,18	2,5	36,2	38,8
120	0,125	3	7,2	7,7
230	0,063	4	0,4	0,4
		Συνολική ποσότητα δείγματος σε gr. (total)	93,2	
		Συνολική ποσότητα δείγματος πριν το κοσκίνισμα (int dry weight)	93,3	



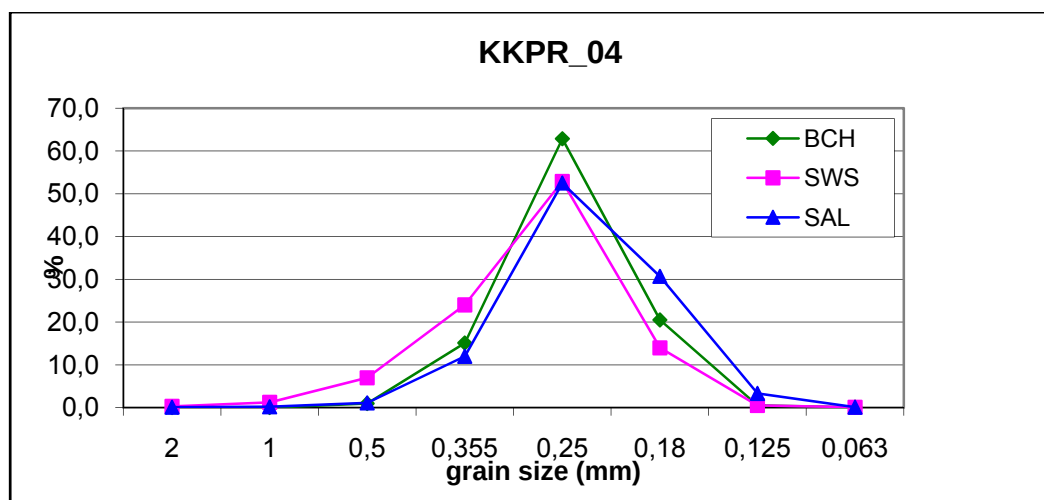
Εικόνα 47 Γράφημα που υποδεικνύει το ποσοστό της συγκέντρωσης των κόκκων στο δείγμα μας σε σχέση με τη διάμετρο τους για την τομή 2(συνολικά και για τα τρία σημεία της τομής BCE, SWS,SAL).]

ΓΙΑ ΤΗΝ ΤΟΜΗ ΚΚΡΡ_04

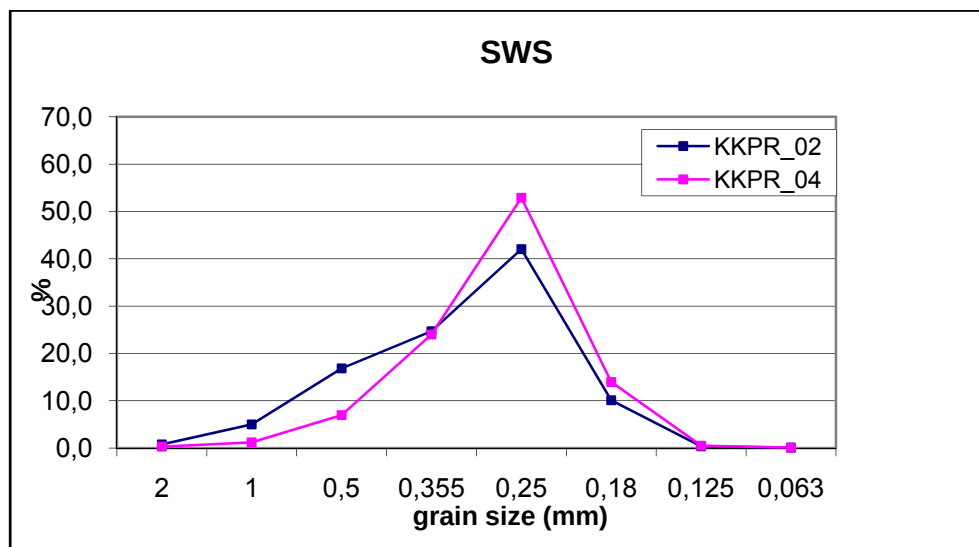
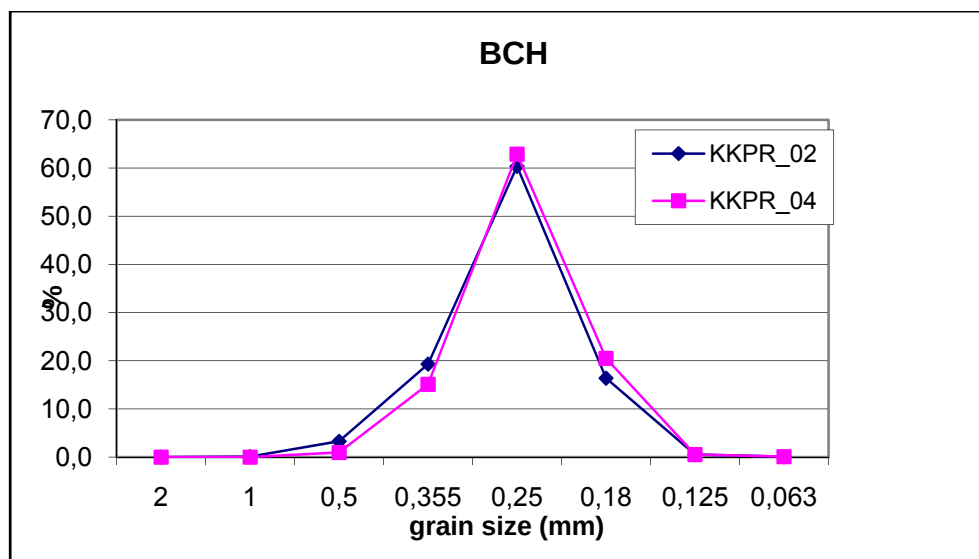
Αποτελέσματα κοκκομετρικής ανάλυσης για το σημείο ΚΚΡΡ_04 από ΒΧ				
Αριθμός πρότυπων κόσκινων (sieve)	Διάμετρος ανοίγματος κόσκινου (grain σε mm)	Φ	ΒΧ (δείγμα από την παραλία) g που έχουν κατακρατηθεί από το εκάστοτε κόσκινο	W% (ποσοστό επί της %)
10	2	-1	0	0,0
18	1	0	0	0,0
35	0,5	1	1,1	1,0
45	0,355	1,5	17,4	15,1
60	0,25	2	72,4	62,8
80	0,18	2,5	23,6	20,5
120	0,125	3	0,6	0,5
230	0,063	4	0,1	0,1
		Συνολική ποσότητα δείγματος σε gr. (total)	115,2	
		Συνολική ποσότητα δείγματος πριν το κοσκίνισμα (int dry weight)	115,7	

Αποτελέσματα κοκκομετρικής ανάλυσης για το σημείο KKPR 04 από SWS				
Αριθμός πρότυπων κόσκινων (sieve)	Διάμετρος ανοίγματος κόσκινου (grain σε mm)	Φ	SWS (δείγμα από την ζώνη διαβροχής swash zone) g που έχουν κατακρατηθεί από το εκάστοτε κόσκινο	W% (ποσοστό επί της %)
10	2	-1	0,3	0,3
18	1	0	1,2	1,2
35	0,5	1	6,8	7,0
45	0,355	1,5	23,4	24,0
60	0,25	2	51,5	52,9
80	0,18	2,5	13,6	14,0
120	0,125	3	0,5	0,5
230	0,063	4	0,1	0,1
		Συνολική ποσότητα δείγματος σε gr. (total)	97,4	
		Συνολική ποσότητα δείγματος πριν το κοσκίνισμα (int dry weight)	97,5	

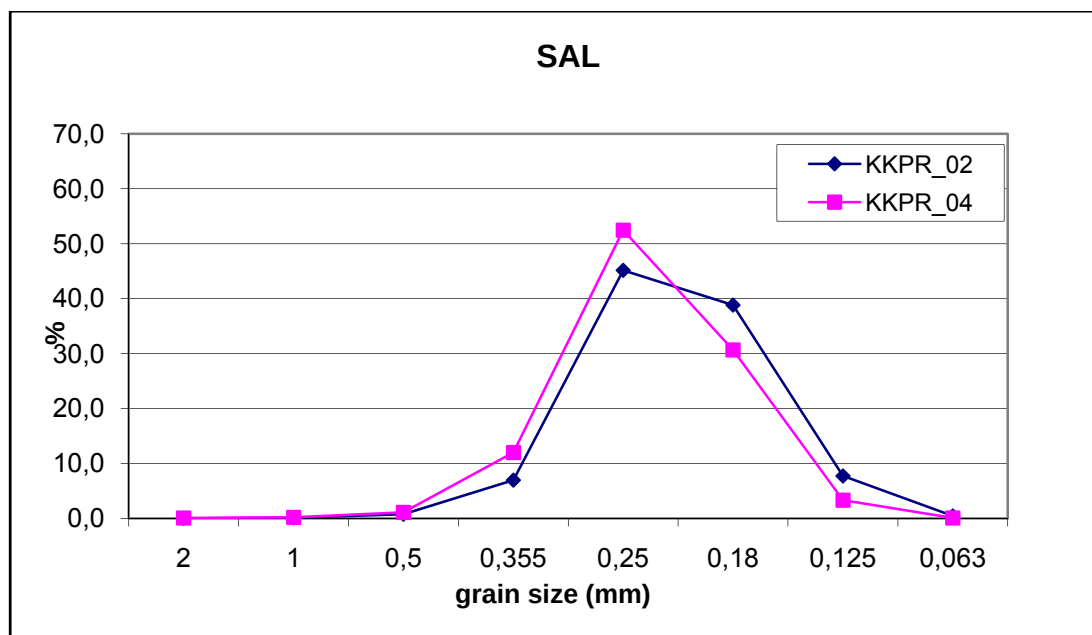
Αποτελέσματα κοκκομετρικής ανάλυσης για το σημείο KKPR_04 από SAL				
Αριθμός πρότυπων κόσκινων (sieve)	Διάμετρος ανοίγματος κόσκινου (grain size σε mm)	Φ	SAL (δείγμα από 2 m βάθος) g που έχουν κατακρατηθεί από το εκάστοτε κόσκινο	W% (ποσοστό επί της %)
10	2	-1	0,1	0,1
18	1	0	0,2	0,2
35	0,5	1	1,1	1,1
45	0,355	1,5	11,9	12,0
60	0,25	2	52	52,5
80	0,18	2,5	30,4	30,7
120	0,125	3	3,3	3,3
230	0,063	4	0,1	0,1
		Συνολική ποσότητα δείγματος σε gr. (total)	99,1	
		Συνολική ποσότητα δείγματος πριν το κοσκίνισμα (int dry weight)	99,1	



Εικόνα 48 Γράφημα που υποδεικνύει το ποσοστό της συγκέντρωσης των κόκκων στο δείγμα μας σε σχέση με τη διάμετρο τους για την τομή 4(συνολικά και για τα τρία σημεία της τομής BCE, SWS,SAL).]



Εικόνα 49 Γραφήματα που παρουσιάζουν το ποσοστό της συγκέντρωσης των κόκκων στο δείγμα μας σε σχέση με τη διάμετρο τους και για τις δύο τομές (για τα σημεία BCE, SWS).]



Εικόνα 50 Γράφημα που υποδεικνύει το ποσοστό της συγκέντρωσης των κόκκων στο δείγμα μας σε σχέση με τη διάμετρό τους και για τις δύο τομές (στο σημείο SAL των δύο τομών).]

Με την χρήση υπολογιστικού προγράμματος (SIEVE ANALYSIS 5) [73] προκύπτουν τα εξής αποτελέσματα:

KKPR_02	BCH	SWS	SAL
D50	0.30	0.35	0.26
Mean(μέση διάμετρος)	0.30	0.38	0.25
Προσδιορισμός τύπου εδάφους	Άμμος	Άμμος	Άμμος

KKPR_04	BCH	SWS	SAL
D50	0.29	0.32	0.28
Mean(μέση διάμετρος)	0.29	0.32	0.28
Προσδιορισμός τύπου εδάφους	Άμμος	Άμμος	Άμμος

Παρουσιάζονται μετρήσεις από δύο τομές, αφού διαπίστωθηκε ότι το υλικό κατά μήκος της παραλίας είναι αρκετά ομοιογενές. Από τις μετρήσεις και τα γραφήματα συμπεραίνεται ότι η παραλία του Κούμ- Καπί αποτελείται από λεπτόκοκκο υλικό διαμέτρου 0,30 mm ,σχετικά ομοιόμορφα κατανεμημένο.

6. ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΥ ΟΓΚΟΥ

ΑΝΑΠΛΗΡΩΣΗΣ ΤΗΣ ΑΚΤΗΣ

Το προφίλ ισορροπίας των παραλιών είναι μια σημαντική έννοια στον σχεδιασμό αναπλήρωσης των ακτών. Ο Bruun(1954) και Dean(1977,1991) ισχυρίστηκαν ότι τα προφίλ των παραλιών αναπτύσσουν ένα χαρακτηριστικά παραβολικό σχήμα ισοζυγίου παραλίας που δίνεται από τον τύπο:

$$h = A * x^m \quad (1)$$

Όπου h (χ) είναι το βάθος νερού, το χ είναι η οριζόντια απόσταση από την ακτή, το A είναι μια τρισεδιάστατη παράμετρος που σχετίζεται με τα χαρακτηριστικά των ιζημάτων, και το $m = 2/3$. Ο Bruun(1954) έδειξε ότι η παραπάνω εξίσωση (1) ταιριάζει σε ένα εκτεταμένο σύνολο προφίλ από τις Δανέζικες ακτές της Βόρειας Θάλασσας και ένα περιορισμένο σύνολο προφίλ από το Mission Bay, Καλιφόρνια, ΗΠΑ. Ο Dean(1977) διαπίστωσε επίσης ότι η Εξ. (1) ταιριάζει σε πάνω από 500 προφίλ παραλίας που συνελέγησαν από τον Hayden (1975) κατά μήκος της ανατολικής ακτής των ΗΠΑ και τον κόλπο του Μεξικού. Σχεδόν τα μισά από αυτά τα προφίλ προερχόταν από την ανατολική ακτή της Φλόριντα στις ΗΠΑ.

Η εξίσωση (1) έχει συγκριθεί ευνοϊκά με τα στοιχεία μετρήσεων από την Πολωνία και τη Μαύρη Θάλασσα (Pruszek 1993) έως τη Νέα Ζηλανδία (Dean 1993). Έχουν υπάρξει πολυάριθμες μελέτες για την ανάπτυξη θεωρητικών μοντέλων για να εξηγήσουν τη μορφή της εξ.1. Ένα από τις πρώτες εργασίες στο θέμα από τον Keulegan και Krumbein (1949) κατέληξε στο συμπέρασμα ότι ένα ρηχό μοναχικό κύμα θα παράγει ένα προφίλ ισορροπίας του σχήματος που δίνεται από την Εξ.1 με $m = 2/5$. Ο Dean (1977) θεώρησε ότι η διάχυση στα ρηχά νερά γίνεται με γραμμικά κύματα και έδειξε ότι αν η ισορροπία σχετίζεται με την κυματική ενέργεια ανά μονάδα επιφάνειας της παραλίας, τότε το $m=2/5$. Ωστόσο, εάν η ισορροπία συνδέεται με την κυματική ενέργεια ανά μονάδα όγκου της στήλης του νερού, τότε ο εκθέτης $m = 2/3$. Ο Dean(1977) κατέληξε στο συμπέρασμα ότι το $m = 2/3$ θα ταίριαζε καλύτερα με τα εδαφικά δεδομένα των προφίλ.

Ο Dean(1987) απέδειξε ότι το A μπορεί να σχετίζεται με την ταχύτητα πτώσης του ιζήματος από τα ακόλουθα:

$$A = 0.067w^{0.44} \quad (2)$$

Η ταχύτητα πτώσης μπορεί να σχετίζεται με τη διάμετρο των ιζημάτων με τη χρήση εξισώσεων που αναπτύχθηκαν από τον Hallermeier (1981). Ο Hallermeier παρουσίασε εξισώσεις για την πτώση της ταχύτητας για ένα ευρύ φάσμα της άμμου στην παραλία, τη θερμοκρασία, τόσο για γλυκό όσο και θαλασσινό νερό. Για την περίπτωση της κοινής αμμουδιάς, με διαμέτρους από 0,15 έως 0,85 mm και σε θερμοκρασίες από 15 έως 25 βαθμούς Κελσίου, το Κέντρο Παράκτιας Μηχανικής και Ερευνών - Coastal Engineering Research Center, US Army Corps of Engineers

(1994) έδειξε ότι οι εξισώσεις του Hallermeier μπορούν να απλοποιηθούν ώστε να δώσουν την ακόλουθη σχέση για την πτώση ταχύτητας:

$$w = 14 D^{1.1} (3)$$

Το w είναι cm/sec και το D είναι η διάμετρος του μέσου μεγέθους κόκκων του ιζήματος σε χιλιοστά (mm) Το A μπορεί να εκφραστεί ως:

$$A = 0.21 D^{0.48} (4)$$

Για παράδειγμα, άμμος 0.2 mm έχει ταχύτητα πτώσης 2,4 cm/sec , και τότε $A = 0,097$ m.

Τεχνητή τροφοδοσία των ακτών

Στον εμπλουτισμό μιας παραλίας ως πλάτος κατά τον σχεδιασμό της ,είναι το ελάχιστο που απαιτείται για να υποστηρίξει το επιθυμητό επίπεδο εκμετάλλευσης για αναψυχή ή για να παράσχει ένα συγκεκριμένο επίπεδο προστασίας από τις καταιγίδες. Αυτό το πλάτος θα επιτευχθεί , αφού προηγηθούν οι καταιγίδες της πρώτης χρονιάς και ανακατανεμηθεί το προστεθειμένο ίζημα κατά τον εμπλουτισμό και αφότου η παραλία έρθει σε κατάσταση ισορροπίας.

Αρχικές εργασίες στο σχεδιασμό εμπλουτισμού της παραλίας επικεντρώθηκε στο τμήμα της παραλίας που είναι ορατό, δηλαδή, τη χερσαία παραλία. Ωστόσο, έχει γίνει γνωστό εδώ και αρκετό καιρό ότι η χερσαία παραλία είναι μόνο ένα μέρος του συστήματος παραλίας. Κατά τη διάρκεια εμπλουτισμού μιας παραλίας, θα πρέπει να γίνει εμπλουτισμός στο συνολικό προφίλ κοντά στις ακτές και υποθαλάσσια μέχρι περίπου το βάθος εναπόθεσης(closure depth), δηλαδή το όριο που αναφέρθηκε στην εισαγωγή μετά το οποίο δεν γίνεται στερεομεταφορά

Ο Hallermeier(1981) χρησιμοποίησε εργαστηριακά δεδομένα και τα περιορισμένα στοιχεία πεδίου από τον Ειρηνικό Ωκεανό και τον Κόλπο του Μεξικού για να αναπτύξει μια φόρμουλα για τον υπολογισμό του βάθους εναπόθεσης(closure depth). Ο Birkemeier(1985) χρησιμοποίησε εκτενή στοιχεία που μετρήθηκαν στα Κέντρα Έρευνας Παράκτιας Μηχανικής (CERC) στις εγκαταστάσεις του πειραματικού ερευνητικού κέντρου στην βορειοανατολική Βόρεια Carolina, ΗΠΑ, για να αναπτύξει την ακόλουθη τροποποίηση του τύπου του Hallermeier:

$$H = 1.75 H_{s0.137} - 57.9 \left(\frac{H_{s0.137}^2}{g T_s^2} \right) (5)$$

όπου H είναι το βάθος εναπόθεσης σε m, $H_{s0.137}$ είναι το ακραίο σημαντικό ύψος κύματος κοντά στην ακτή που υπερβαίνει τις 12 ώρες ανά έτος σε m (ήτοι 0,137% του έτους), και T_s είναι η περίοδος των κυμάτων που σχετίζονται με το $H_{s0.137}$. Το CERC (1994) απέδειξε πως η Εξ.5 μειώνει τη σχέση της με το βάθος εναπόθεσης απλά στο μέσο ετήσιο ύψος κύματος.

Για ένα Pierson-Moskovitz(Rijkswaterstaat 1986) κυματικό φάσμα που έρχεται απο τα βαθειά νερά,

$$\left(\frac{H_s^2}{gT_s^2}\right)^{1/2} = 6.4 \times 10^{-2} \quad (6)$$

τότε η απόδοση σε ίζημα είναι

$$d = 1.5H_{s0.137} \quad (7)$$

Από το Εγχειρίδιο Προστασίας των Ακτών , CERC (1994) :

$$F_{0.137} = \exp \frac{-(H_{s0.137} - H_{smin})}{\sigma} \quad (8)$$

Όπου $F_{0.137}$ = το 0.137% της συχνότητα υπέρβασης, $H_{smin} = H_s - \sigma$ σ = τυπική απόκλιση του κρίσιμου ύψους κύματος, H_s = μέσο ετήσιο ύψος κρίσιμου κύματος $\exp$ = βάση των φυσικών λογαρίθμων, 2.718. Ως εκ τούτου

$$H_{s0.137} = H_s + 5.6\sigma \quad (9)$$

Αλλά $\sigma = 0.62H_s$ (CERC, 1994), και τότε

$$H = 1.5H_{s0.137} = 6.75H_s \quad (10)$$

Η σχέση μεταξύ της τυπικής απόκλισης του κρίσιμου ύψους κύματος και του μέσου ετήσιου ύψους κρίσιμου κύματος γίνεται κατά προσέγγιση. Όταν τα δεδομένα είναι διαθέσιμα, το σ θα πρέπει να υπολογίζεται άμεσα αντί να εκτιμηθεί με τη χρήση της σχέσης από το Εγχειρίδιο της Προστασίας των Ακτών (CERC, 1994). Το μέσο ύψος κρίσιμου κύματος και το σ για οποιαδήποτε θέση στις ΗΠΑ είναι διαθέσιμα από μια σειρά εκθέσεων που περιγράφονται από το Κέντρο Παράκτιας Μηχανικής και Ερευνών - CERC (1991b,1991c,1992b,1993b).

Εάν το μέγεθος του ιζήματος (διάμετρος) που θα χρησιμοποιηθεί κατά τον εμπλουτισμό μίας παραλίας είναι το ίδιο με εκείνη της φυσικής παραλίας, το προφίλ της παραλίας μετά την τροφοδοσία θα πρέπει να είναι το ίδιο με εκείνο πριν από την διαδικασία τροφοδοσίας εκτός από το γεγονός ότι θα επεκτείνεται προς τα ανοικτά(υποθαλάσσια) σε έναν "αντίστροφο" κανόνα του Bruun.

Ο κανόνας του Bruun (1962) υποστηρίζει ότι καθώς αυξάνεται το επίπεδο της στάθμης της θάλασσας, η υποχώρηση της ακτογραμμής γίνεται ομοιόμορφα, έτσι ώστε να διατηρηθεί ένα σταθερό προφίλ ισορροπίας. Συνεπώς, αποκατάσταση της παραλίας είναι, μια αντίστροφη διαδικασία, όπου το σύνολο του προφίλ πρέπει να οικοδομηθεί υποθαλάσσια. Φυσικά, αυτό σημαίνει ότι ο όγκος του ιζήματος που απαιτείται για την επέκταση μιας παραλίας είναι πολύ μεγαλύτερος από τον όγκο του ιζήματος που θα χρειαστεί για την αναπλήρωση της είδη υπάρχουσας παραλίας. Σύμφωνα με το Εγχειρίδιο Προστασίας των Ακτών - CERC (1984) όταν το ύψος της παραλίας είναι B και το βάθος εναπόθεσης είναι H, για να δημιουργηθεί μια παραλία,

για μια απόσταση Y , απαιτείται όγκος V , του ιζήματος ανά μονάδα μήκους της ακτογραμμής και δίνεται από τον τύπο:

$$V = (B + H)Y \quad (11)$$

Για παράδειγμα, εάν το μέγεθος του ιζήματος που χρησιμοποιείται στην αναπλήρωση της παραλίας είναι το ίδιο με εκείνο της φυσικής παραλίας, το ύψος B της παραλίας είναι 1,5m, το βάθος εναπόθεσης H είναι 6m, και εάν κάποιος επιθυμεί να δημιουργήσει μία παραλία 30m πλάτους, πρέπει να τοποθετήσει όγκο ιζήματος 225 m³ ανά μέτρο της παραλίας. Η εξίσωση 11 προκύπτει εύκολα. Ένα παραλληλόγραμμο σχηματίζεται με τη μετακίνηση της παραλίας σε απόσταση Y . Το παραλληλόγραμμο μπορεί να αποδειχθεί ότι έχει μια περιοχή όμοια με ένα ορθογώνιο με βάση ίση με $B + H$. Ως εκ τούτου, ο όγκος του του ιζήματος που θα χρειαστεί για την αναπλήρωση ανά μέτρο της ακτογραμμής είναι ίσο με $(B + H) Y$.

Το πλάτος της παραλίας Y επιτυγχάνεται αφού επιτευχθεί ισορροπία, συνήθως μετά τις καταιγίδες του χειμώνα κατά τον πρώτο χρόνο, έπειτα από την αναπλήρωση. Μια κοινή προσέγγιση στις ΗΠΑ, στην Ολλανδία και άλλες χώρες, είναι να τοποθετήσει αρχικά μεγαλύτερη ποσότητα όγκου πλήρωσης στο είδη υπάρχων τμήμα της παραλίας, του ενεργού προφίλ (Houston 1991). Ίζημα τοποθετείται σε μεγάλο βαθμό στο είδη υπάρχον ξηρό τμήμα της παραλίας, επειδή αυτό είναι συνήθως η οικονομικότερη μέθοδος αναπλήρωσης. Αυτή η μέθοδος τοποθέτησης βοηθά στο να διασφαλιστεί ότι το ίζημα κατανέμεται ομοιόμορφα κατά μήκος της παραλίας. Η φύση συμμετέχει στη διαδικασία, αφού με τη βοήθεια της γίνεται η διανομή του ιζήματος κατά μήκος του πλήρους ενεργού προφίλ.

Ο Bruun (1988) ανέλυσε τα πλεονεκτήματα, όσον αφορά το κόστος, της τοποθέτησης ενός μέρους του ιζήματος που προορίζεται για την αναπλήρωση στο υποθαλάσσιο τμήμα του προφίλ. Το Υπουργείο Υδάτων της Ολλανδίας-Rijkswaterstaat (1986) υποστηρίζει ότι τα οικονομικά οφέλη είναι μεγαλύτερα εάν τοποθετηθεί το υλικό αναπλήρωσης κυρίως στο ξηρό τμήμα της παραλίας. Ακόμη και αν είχε επεξηγηθεί στο κοινό ποιο επρόκειτο να είναι το τελικό πλάτος και μορφή της παραλίας στην οποία γίνεται η αναπλήρωση και επιπλέον ότι το αρχικό πλάτος της παραλίας που δημιουργήθηκε είναι προσωρινό, πολλοί αντιλαμβάνονται τη μείωση του πλάτους της παραλίας που δημιουργήθηκε κατά την περίοδο του χειμώνα του πρώτου χρόνου ως απώλεια της παραλίας. Σύμφωνα με τον Houston (1991) αυτό το φαινόμενο οδήγησε πολλούς στις ΗΠΑ να έχουν την αντίληψη ότι η αναπλήρωση παραλίας με εμπλουτισμό είναι ανεπιτυχής. Από την άλλη πλευρά, οι τοπικές αρχές είναι συχνά δισταχτικές στο να πληρώσουν για την τοποθέτηση του υλικού αναπλήρωσης υποθαλάσσια και όχι όπου μπορούν να δουν τα αποτελέσματα της αναπλήρωσης στο ξηρό τμήμα της παραλίας.

Η διαδικασία αναπλήρωσης των ακτών με εμπλουτισμό δεν σταματά το προϋπάρχον πρόβλημα της διάβρωσης. Ως εκ τούτου, η περιοδική ανατροφοδότηση της παραλίας είναι αναγκαία με σκοπό να διατηρηθεί το αρχικά σχεδιασμένο πλάτος της.

Στις ΗΠΑ τα τελευταία χρόνια, η αναπλήρωσή με εμπλουτισμό χρησιμοποιείται ευρύτατα ως μέθοδος προστασίας των ακτών από τις φυσικές καταστροφές(καταιγίδες, διάβρωση, έντονος κυματισμός κ.α.)

Μια βασική παράμετρος για τον σχεδιασμό, είναι το πλάτος του ξηρού τμήματος της παραλίας αφού στο συνολικό προφίλ έχει επέλθει ισορροπία . Στην περίπτωση της αναπλήρωσης με ίζημα διαφορετικού μεγέθους(διάμετρος κόκκου mm) σε σχέση με το ήδη υπάρχων ,ο Dean παρουσιάζει μια μέθοδο για τον προσδιορισμό του όγκου του ιζήματος που πρέπει να τοποθετηθεί ανά μονάδα μήκους της παραλίας ,με σκοπό να επιτύχουμε το επιθυμητό πλάτος αυτής αφού έχει έρθει σε ισορροπία. Όταν το μέγεθος του ιζήματος πλήρωσης είναι του ίδιου μεγέθους (ιδανικό) με το ήδη υπάρχων (φυσικό ίζημα) και η απόσταση έως το βάθος εναπόθεσης είναι πολύ μεγαλύτερη από το πλάτος της παραλίας που πραγματοποιείται η αναπλήρωση , η μέθοδος του Dean περιορίζεται στην Εξ 11. Το Παράκτιο Κέντρο Παράκτιας Μηχανικής και Ερευνών Τεχνολογίας CERC (1994) παρέχει καθοδήγηση σχετικά με την εφαρμογή της μεθόδου του Dean .

Ο Dean(1991) όρισε τρία βασικά είδη προφίλ τροφοδοσίας μίας παραλίας. ;Ένα, όταν το προφίλ της αναπλήρωσης τέμνει το προϋπάρχων ενεργό προφίλ, ένα προφίλ όπου το προφίλ της αναπλήρωσης δεν τέμνει το υπάρχων πριν το βάθος εναπόθεσης και το βυθισμένο προφίλ, όπου δεν υπάρχει ξηρό τμήμα παραλίας αφού το προφίλ έλθει σε ισορροπία. Ο Dean(1991) υποστηρίζει ότι το κατά πόσον τα προφίλ τέμνονται ή όχι καθορίζεται από τις ακόλουθες ανισότητες :

$$Y\left(\frac{A_N}{H}\right)^{3/2} + \left(\frac{A_N}{A_F}\right)^{3/2} < 1 \quad (12) \quad \text{τεμνόμενα προφίλ}$$

$$Y\left(\frac{A_N}{H}\right)^{3/2} + \left(\frac{A_N}{A_F}\right)^{3/2} > 1 \quad (13) \quad \text{Μη τεμνόμενα προφίλ}$$

Όπου το A_N ισούται με το A του ενεργούς προφίλ και A_F ισούται με το A του ιζήματος της αναπλήρωσης

Στην περίπτωση των μη τεμνόμενων προφίλ , όπου το ίζημα που χρησιμοποιούμε για την αναπλήρωση είναι λεπτότερο από ότι το φυσικό, είδη υπάρχων ίζημα ($A_F \square A_N$) , ο όγκος του ιζήματος που πρέπει να τοποθετηθεί δίνεται από:

$$V = \frac{3}{5} \left(\frac{H}{A_F} \right)^{5/2} (A_N - A_F) \quad (14)$$

Εδώ V είναι ο όγκος του ιζήματος σε κυβικά μέτρα ανά μέτρο της παραλίας και H είναι το βάθος εναπόθεσης σε m . Εάν ο όγκος που τοποθετήθηκε είναι μικρότερος από αυτόν που προκύπτει από την Εξ. 14, τότε το προκύπτον προφίλ αφού έλθει σε ισορροπία θα είναι εντελώς βυθισμένο.

Για μη τεμνόμενα προφίλ που παρουσιάζουν τμήμα χερσαίας παραλίας αφού πρώτα έχουν έλθει σε ισορροπία (ο όγκος που τοποθετήθηκε είναι ίσος ή υπερβαίνει αυτόν

στην εξίσωση 14) ο όγκος ανά μέτρο μήκους της παραλίας που απαιτείται για να παραχθεί ένα ξηρό τμήμα παραλίας πλάτους Y μπορεί να εκτιμηθεί ως:

$$V = YB + \frac{3}{5} \left(\frac{H}{A_F} \right)^{5/2} \left[A_N \left[1 + Y \left(\frac{A_F}{H} \right)^{3/2} \right]^{5/3} - A_F \right] \quad (15)$$

Για τεμνόμενα προφίλ ο όγκος ανά μέτρο μήκους της παραλίας που απαιτείται προκειμένου να επεκτείνουμε την παραλία κατά μία απόσταση Y μετά την εξισορρόπηση μπορεί να εκτιμηθεί με:

$$V = YB + \frac{\frac{3}{5} W^{5/3} A_N A_F}{(A_F^{3/2} - A_N^{3/2})^{2/3}} \quad (16)$$

[[74], [75]]

6.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΟΓΚΟΥ ΑΝΑΠΛΗΡΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΛΙΑ ΤΟΥ ΚΟΥΜ-ΚΑΠΙ

Με σκοπό να υπολογιστεί ο όγκος που θα χρειαστεί για την αναπλήρωση της παραλίας του Κούμ –Καπί χρησιμοποιήθηκαν οι προαναφερθείς εξισώσεις.

Τα δεδομένα ήταν η υπάρχουσα κοκκομετρία που $D=D_{50}=0,30$ mm, αντίστοιχα για το προφίλ που σχεδιάζετο υπολογίστηκε διάμετρο κόκκου $D_{fill}= 1,00$ mm, άρα από τον τύπο

$w = 14 D^{1.1}$ προέκυψε $w= 3,27$ cm/sec για την υπάρχουσα παραλία και 12,47 cm/sec για την σχεδιαζόμενη μετά την αναπλήρωση. Ο εκθέτης m είναι γνωστός = 0,67 (ίδιο και στις δύο περιπτώσεις)και έτσι υπολογίζεται το A από:

$A = 0.21 D^{0.48} = 0,119$ για την ενεργή παραλία και 0,203 για το σχεδιαζόμενο ίζημα για αναπλήρωση.

Το μέσο ετήσιο σημαντικό ύψος κύματος H_s αναζητήθηκε στον κυματικού Άτλα του Αιγαίου Πελάγους .(ΕΛΚΕΘΕ) [76] και υπολογίστηκε σαν $H_s= 0,66$ m Άρα το $\sigma=0,46$ m αφού $\sigma=0,62H_s$ Τότε, $H_{s0.137}=3,24$ m και $H_{smin}= 0,20$ m, όπως προκύπτει από τους τύπους:

$$H_{s0.137} = H_s + 5.6\sigma$$

και $H_{smin}=H_s-\sigma$ αντίστοιχα .

$$T_s= 5,4 H_{s0.137}^{0.34} = 8,05 \text{ m}$$

με $g=9,81$ m/sec², Από $H = 1.75 H_{s0.137} - 57.9 \left(\frac{H_{s0.137}^2}{g T_s^2} \right) = 4,71 \Rightarrow H=6,75 H_s= 4,46$

Το ύψος της παραλίας που θα δημιουργηθεί με το προσθετόμενο ίζημα $B=2\text{m}$ και το πλάτος της παραλίας που θα προκύψει μετά την τροφοδοσία της παραλίας και την εξισορρόπηση του προφίλ θα είναι $Y=20\text{ m}$.

Επίσης $A_F=A$, και τότε $=0,21\text{m}^{1/3}$ και $A_n=A$ ενεργής παραλίας $=0,12\text{m}^{1/3}$.

Τα προφίλ είναι τεμνόμενα, αφού ισχύει ότι

$Y\left(\frac{A_N}{H}\right)^{3/2} + \left(\frac{A_N}{A_F}\right)^{3/2} = 0,498$ Άρα < 1 (χρησιμοποιείται ίζημα μεγαλύτερης διαμέτρου κόκκου από αυτό που υπάρχει ήδη στην υπάρχον παραλία)

Άρα ο όγκος που θα χρειαστεί περίπου ανά μέτρο παραλίας είναι :

$V = YB + \frac{\frac{3}{5}W^{5/3}A_NA_F}{(A_F^{3/2}-A_N^{3/2})^{2/3}} = 55\text{ m}^3$ ανά γραμμικό μέτρο παραλίας.. Οπότε ο όγκος

ιζήματος που θα χρειαστεί για την αναπλήρωση της παραλίας του Κουμ – Καπί είναι

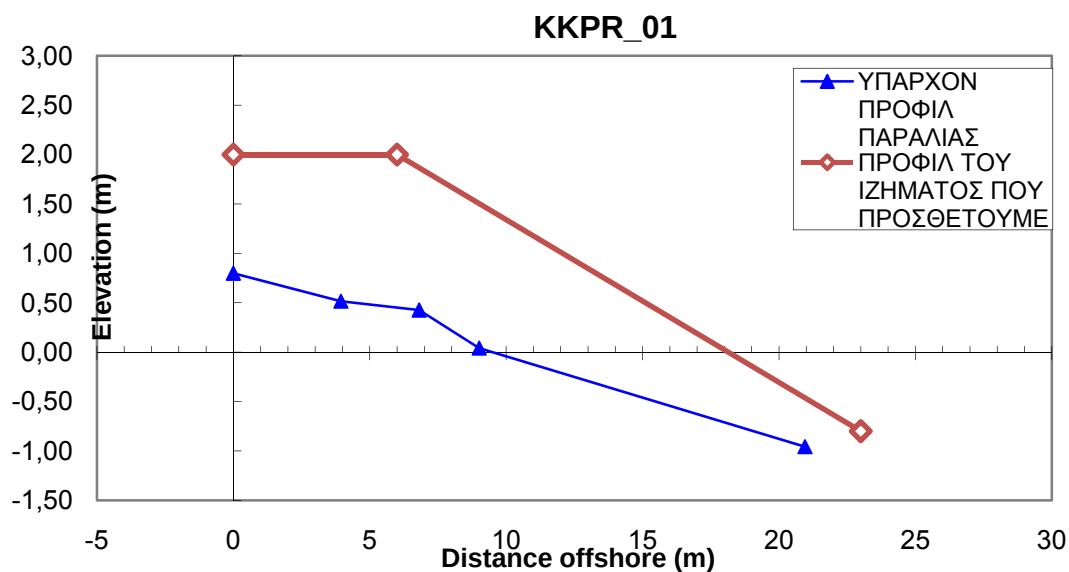
$V \cdot 670\text{m}$ που είναι το μήκος της παραλίας του Κουμ-Καπί (υπολογίστηκε με τη χρήση Google Maps). και έτσι ο όγκος εμπλουτισμού $V= 36850\text{m}^3$



Εικόνα 51. Η μέθοδος με την οποία υπολογίστηκε ο όγκος συνολικά της παραλίας(υπάρχον + τον όγκο που προστέθηκε και αφορά στην ουσία το κομμάτι όπου υπάρχει ξηρή παραλία - οι τομές που εχρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση φαίνονται στα ανατολικά.

Για τον υπολογισμό του όγκου χρησιμοποιήθηκε και άλλη μία μέθοδος, γεωμετρικά με την βοήθεια των τομών, δημιουργώντας τραπέζια και υπολογίζοντας τους όγκους τους κάνοντας τις απαραίτητες πράξεις).

Για την τομή KKPR_01



Τα δεδομένα μας:

KKPR_01	HPC	DIST(m)
	0,80	0
	0,52	3,94
	0,43	6,81
	0,04	9,01
	-0,96	20,95

Εικόνα 52 Μετρήσεις από την πρώτη τομή, όπου HPC το ύψος της παραλίας και DIST η απόσταση που έχουμε πάρει τη μέτρηση από το σημείο 0 όπου ξεκινάει η παραλία(τοιχείο).

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε ισχύει και για τις 5 τομές που θα ακολουθήσουν. Αρχικά στη στήλη HPC των δεδομένων μας αφαιρέθηκε από κάθε μέτρηση το -0,96 που παρατηρήθηκε ότι είναι η μικρότερη (αρνητικό πρόσημο) μέτρηση με σκοπό να μεταφερθεί το σχήμα στον θετικό άξονα(μετακίνηση προς τα επάνω). Π.χ: $0,80 - (-0,96) = 1,76$ m για το πρώτο σημείο. Αντίστοιχα προκύπτουν τα εξής για τα επόμενα.

1,76
1,47
1,38
1,00
0,00

Έπειτα για κάθε ζεύγος τιμών δημιουργείται και ένα τραπέζιο που πρέπει να βρούμε το εμβαδόν του.

$$E = \frac{(\beta + \beta) * v}{2}$$

Και για το υ χρησιμοποιήθηκε η στήλη DIST

0
3,94
6,81
9,01
20,95

Για την πρώτη περίπτωση $\frac{(1,47=1,76)*(3,94-0)}{2} = 6,35719$

Έτσι Προκύπτουν τα εξής:

6,35719
4,09549
2,618
5,95806
0

Μετά υπολογίζεται ο ολικό όγκος με το άθροισμα τους , το οποίο είναι 19,0287 m²

Αυτή τιμή αφορά το προφίλ της παραλίας που ήδη υπάρχει ήδη(μπλε σχήμα). Η αντίστοιχη διαδικασία ακολουθείται για το προφίλ που θα δημιουργηθεί με την τροφοδοσία (μπορντό σχήμα).

DIST	HPC
0	2
6	2
23	-0,8

Τα σημεία του HPC αφαιρώντας την αρνητική τιμή της μέτρησης -0,8 και προκύπτει ότι:

2,8
2,8
0

Το εμβαδόν των τραπεζίων χρησιμοποιώντας τον τύπο

$$E = \frac{(\beta + \beta) * v}{2}$$

Δηλαδή για την πρώτη μέτρηση(το εμβαδόν του σχήματος που δημιουργεί το ζεύγος των μετρήσεων) $\frac{(2,8+2,8)*(6-0)}{2} = 16,8$, και για το δεύτερο είναι $\frac{4,8*(23-6)}{2} = 23,8$

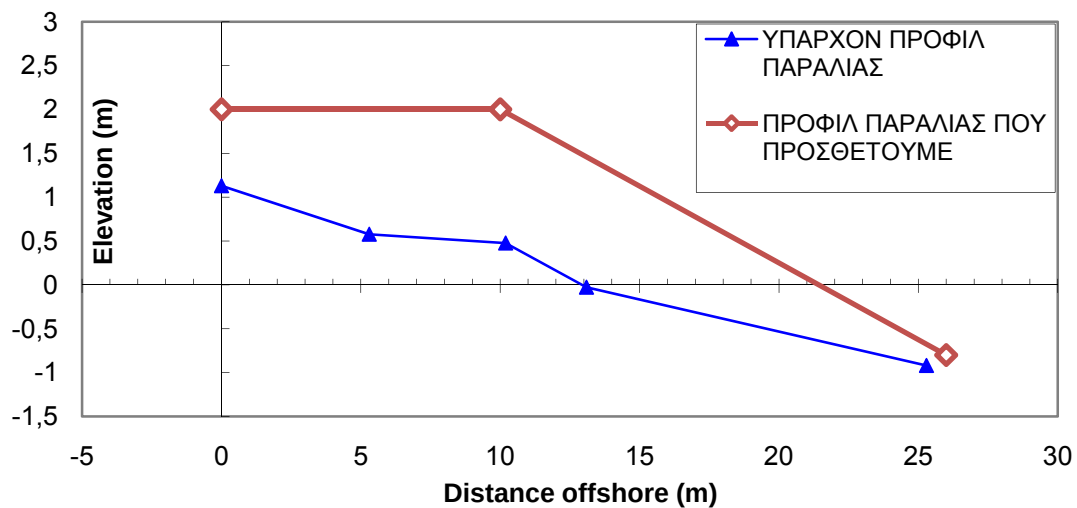
Άρα το άθροισμά τους είναι $23,8\text{m}^2 + 16,8\text{m}^2 = 40,6\text{m}^2$

Από αυτόν το όγκο αφαιρείται το εμβαδόν του μπλε σχήματος και προκύπτει ο όγκος του ιζήματος που θα προστεθεί ανά μονάδα μήκους παραλίας.

$40,6\text{m}^2 - 19,0287\text{m}^2 = 21,5713\text{m}^2$, Άρα $21,5713\text{m}^2 * 670\text{m} = 14.453\text{m}^3$ V

Αντίστοιχα υπολογίζονται οι όγκοι και για τις άλλες 4 τομές

ΚΚΡΡ_02



HPC	ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΤΟΥ -0,92
1,13	2,05
0,577	1,497
0,476	1,396
-0,027	0,893
-0,92	0

DIST	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΜΒΑΔΩΝ
0	9,39955
5,3	7,073385
10,19	3,31905
13,09	5,4473
25,29	

Το συνολικό εμβαδόν του μπλε σχήματος είναι το άθροισμα= $25,2393\text{m}^2$

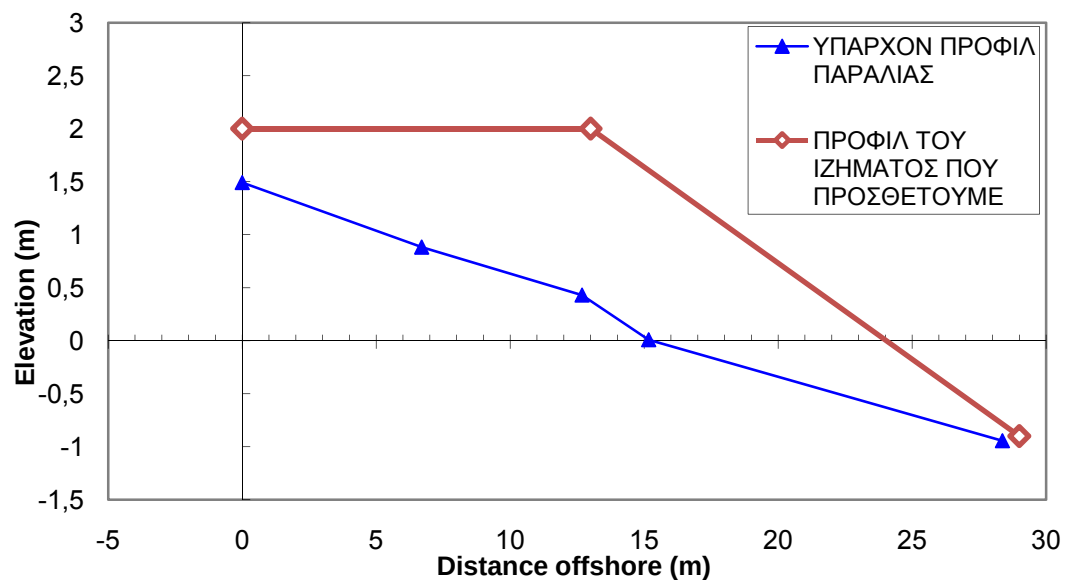
Για το μπορντό σχήμα που αφορά το ιζήμα που προσθέτουμε:

HPC	ΠΩΣ ΓΙΝΕΤΑΙ
2	2,8
2	2,8
-0,8	0

DIST	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΜΒΑΔΩΝ
0	28
10	22,4
26	50,4

Άρα το εμβαδόν του σχήματος που αντιπροσωπεύει το προφίλ του ιζήματος που θα προστεθεί είναι $50,4\text{m}^2 - 25,2393\text{m}^2 = 25,1607\text{m}^2$, και ο όγκος V που πρέπει να προστεθεί είναι $25,1607\text{m}^2 * 670\text{m} = 16983,5\text{m}^3$

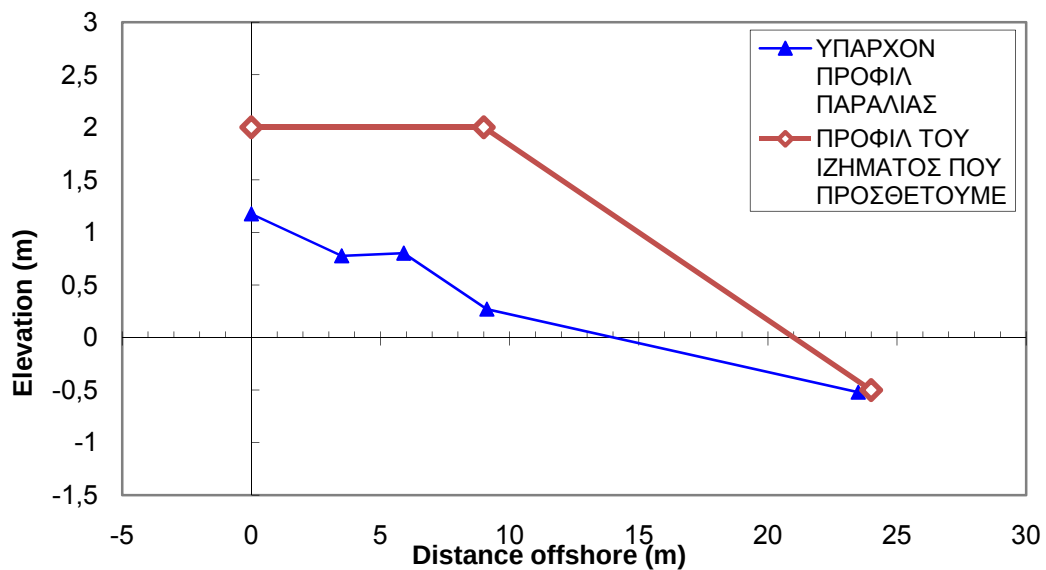
ΚΚΡΡ_03



Άρα το εμβαδόν του σχήματος που αντιπροσωπεύει το προφίλ του ιζήματος που θα προστεθεί είναι $60,9\text{m}^2 - 33,02927\text{m}^2 = 27,87074\text{m}^2$, και ο όγκος V που πρέπει να προσθέσουμε είναι $27,87074\text{m}^2 \cdot 670\text{m} = 18812,7\text{ m}^3$

HPC (ΥΠΑΡΧΟΝ ΠΑΡΑΛΙΑ)	ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΤΟΥ -0,944	DIST (ΥΠΑΡΧΟΝ ΠΑΡΑΛΙΑ)	ΕΜΒΑΔ Α	HPC (ΥΠΑΡΧΟΝ ΠΑΡΑΛΙΑ)	ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΤΟΥ -0,9	DIST (ΥΠΑΡΧΟΝ ΠΑΡΑΛΙΑ)	ΕΜΒΑΔ Α
1,491	2,435	0	14,27435	2	2,9	0	37,7
0,882	1,826	6,7	9,568	2	2,9	13	23,2
0,43	1,374	12,68	2,897115	-0,9	0	29	
0,009	0,953	15,17	6,2898				
-0,944	0	28,37					
ΣΥΝ/ΚΟ			33,02927				60,9

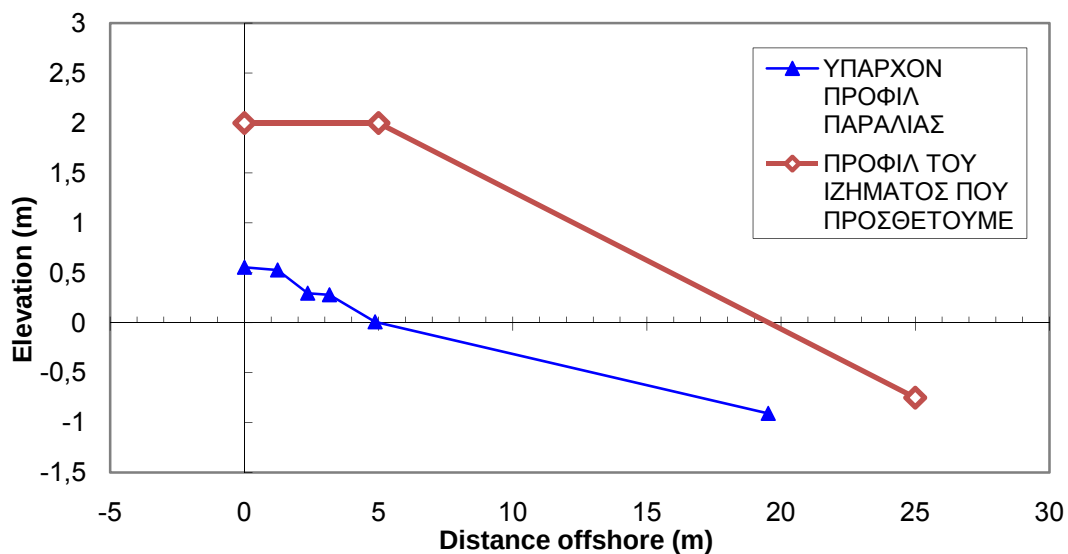
KKPR_04



HPC (ΥΠΑΡΧΟΝ ΠΑΡΑΛΙΑ)	ΜΕΤΑΤΡΟ ΠΗ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΤΟΥ -0,52	DIST (ΥΠΑΡ- ΧΟΝ ΠΑΡΑ- ΛΙΑ)	ΕΜΒΑΔ Α	HPC (ΥΠΑΡ- ΧΟΝ ΠΑΡΑ- ΛΙΑ)	ΜΕΤΑΤΡΟ ΠΗ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΤΟΥ -0,5	DIST (ΥΠΑΡΧΟΝ ΠΑΡΑΛΙΑ)	ΕΜΒΑΔ Α
1,176	1,696	0	5,23775	2	2,5	0	22,5
0,777	1,297	3,5	3,1428	2	2,5	9	18,75
0,802	1,322	5,9	3,40032	-0,5	0	24	
0,27	0,79	9,12	5,6801				
-0,52	0	23,5					
ΣΥΝ/ΚΟ			17,46097				41,25

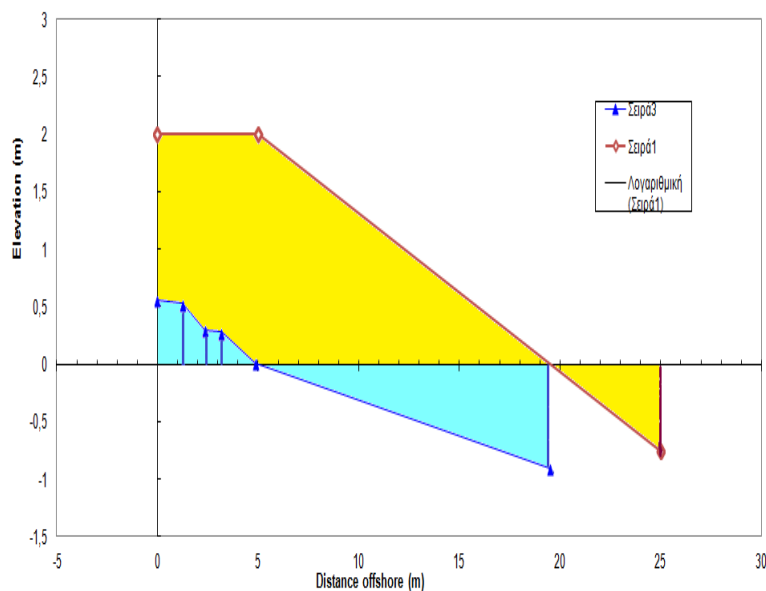
Άρα το εμβαδόν του σχήματος που αντιπροσωπεύει το προφίλ του ιζήματος που θα προσθέστεθεί είναι $41,25\text{m}^2 - 17,46097\text{m}^2 = 23,78903\text{m}^2$ και ο όγκος V που πρέπει να προσθέσουμε είναι $23,78903\text{m}^2 \cdot 670\text{m} = 16057,6\text{m}^3$

KKPR_05



ΗΡC (ΥΠΑΡΧ ΟΝ ΠΑΡΑΛΙ Α)	ΜΕΤΑΤΡΟ ΠΗ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΤΟΥ -0,908	DIST (ΥΠΑΡ -ΧΟΝ ΠΑΡΑ ΛΙ-Α)	ΕΜΒΑΔ Α	ΗΡC (ΥΠ ΑΡΧ ΟΝ ΠΑΡ Α- ΛΙΑ)	ΜΕΤΑΤΡΟ ΠΗ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΤΟΥ -0,75	DIST (ΥΠΑΡΧΟ Ν ΠΑΡΑΛΙΑ)	ΕΜΒΑΔΑ
0,555	1,463	0	1,79738	2	2,75	0	13,75
0,528	1,436	1,24	1,47784	2	2,75	5	27,5
0,295	1,203	2,36	0,96795	-0,75	0	25	
0,279	1,187	3,17	1,78755				
0,008	0,916	4,87	6,7097				
-0,908	0	19,52					
ΣΥΝ/ΚΟ			12,7404 2				41,25

Άρα το εμβαδόν του σχήματος που αντιπροσωπεύει το προφίλ του ιζήματος που θα προστεθεί είναι $41,25m^2 - 12,74042m^2 = 28,50958m^2$ και ο όγκος V που πρέπει να προσθέσουμε είναι $28,50958m^2 \cdot 670m = 19243,97m^3$



Εικόνα 52. Σχηματική απεικόνιση για το πώς υπολογίστηκε ο όγκος για την KKPR_05 τομή(αντίστοιχα και τις προηγούμενες). Με κίτρινο χρώμα το εμβαδόν του προφίλ που προστίθεται με γαλάζιο τα εμβαδά των τραπεζίων που αντιστοιχούν στο προφίλ της ήδη υπάρχουσας παραλίας.]

Για να προσεγγιστεί ο τελικός όγκος, εθρίσκεται ο μέσος όρος των όγκων που προέκυψαν από τις 5 τομές. Εδώ πρέπει να τονισθεί ότι ο υπολογισμός του όγκου δεν είναι και τόσο αντιπροσωπευτικός, αφού οι μετρήσεις για τις τομές έγιναν με χωροβάτη και όχι με τον ενδεδειγμένο τρόπο του RTK GPS. Μία προσεγγιστική τιμή είναι,

$$V = \frac{19243,97\text{m}^3 + 16057,6\text{m}^3 + 18812,7\text{m}^3 + 16983,5\text{m}^3 + 14.453\text{m}^3}{5} = 17110,154\text{m}^3$$

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Παρατηρείται ότι ο όγκος είναι κατά πολύ μικρότερος από την πρώτη εκτίμηση με τις εξισώσεις του CERC . Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο όγκος που υπολογίστηκε με τη γεωμετρική μέθοδο αφορά το ποσό του ιζήματος που θα χρησιμοποιηθεί για την αναπλήρωση και όχι το ολικό της παραλίας μετά την αναπλήρωση , όπως προκύπτει με την αρχική υπολογιστική μέθοδο.

Έπειτα από έρευνα και ερωτήσεις σε ιδιώτες ενημερωθήκαμε ότι το κόστος για μεταφορά άμμου από λατομείο με φορτηγά στοιχίζει 450 € ανά 15m^3 ενώ αν η τοποθέτηση του ιζήματος γίνει με βυθοκόρηση, με αντλία από πιο βαθιά νερά απαιτούνται περί τα 3000 € ανά 100m^3 . Στην Καλιφόρνια των ΗΠΑ, το κόστος άμμου δεν υπερβαίνει τα US\$10 ανά m^3 .

Αυτό που πρέπει να επισημανθεί είναι ,ότι πραγματοποιώντας την αναπλήρωση της παραλίας με εμπλουτισμό, δημιουργείται ένα μέσο προστασίας της ακτής καθώς επίσης και των ιστορικών μνημείων που βρίσκονται “πίσω” της. Η εμπλουτισμένη παραλία προσφέρεται για εκμετάλλευση και αναψυχή τόσο από τους κατοίκους της πόλης των Χανίων που θα έχουν την ευκαιρία να απολαύσουν μία παραλία (ίσως και η μοναδική μαζί με αυτή της Νέας Χώρας) στο κέντρο της πόλης, όσο και από τους επισκέπτες. Κατά διαστήματα, ενδέχεται να είναι απαραίτητη η ανατροφοδότηση της παραλίας για συντήρηση.

Εικόνα 53. Η παραλία μετά την ανάπλαση]



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1] Εφημερίς της Κυβερνήσεως
<http://www.underwaterarchaeology.gr/Framework/Aigialos.pdf>
- [2] (UNCED 1992) διάσκεψη Ηνωμένων Εθνών το περιβάλλον και την ανάπτυξη
<http://www.coastlearn.org/gr/iczm-gr/glossary.html>
- [3] Camhis and Coccossis, 1982
http://www.who.int/water_sanitation_health/bathing/bathwatchchap6.pdf
- [4] Παράκτια έρευνα-ολοκληρωμένη διαχείριση
<http://www.coastalresearch.gr/gr/index.php/component/content/article/37-aims-and-target/83-intro.html>
- [5] ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΤΕΧΝΙΚΗ ΚΑΙ ΤΑ ΛΙΜΕΝΙΚΑ ΕΡΓΑ
(ΧΡΙΣΤΟΦΟΡΟΥ Γ.ΚΟΥΤΙΤΑ) ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΖΗΤΗ Οκτώβριος 1994
- [6] http://coastalchange.ucsd.edu/st3_basics/waves.html
- [7] ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΕΚΔΟΣΗ ΒΙΒΛΙΟΥ ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ
www.geo.auth.gr/647/
- [8] Coastal Morphology Group - Scripps Institution of Oceanography
http://coastalchange.ucsd.edu/st3_basics/beaches.html
- [9] http://coastalchange.ucsd.edu/st3_basics/waves.html
- [10] **Αμμοθίνες ή Θίνες -Αμμοθινικά Συστήματα στην Ελλάδα**, Δρ. Θεόδωρος Σ. Κουσουρής Περιβαλλοντολόγος
- [11] <http://www.panoramio.com/photo/59197602>
- [12] http://www.tripadvisor.com/ReviewPhotos-g1190975-d616520-r21672758-Renieris_Hotel-Kato_Stalos_Chania_Prefecture_Crete.html#18703641
- [13] Παράκτια Γεωμορφολογία ΕΥΘΥΜΙΟΣ Θ.ΚΑΡΥΜΠΑΛΗΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΙΩΝ
2010
- [14] <http://earthsci.org/>
- [15] <http://erodingworld.blogspot.gr/2013/07/gold-coast-beach-erosion-council-issue.html#.UhiNt5IvmTp>
- [16] <http://www.kerdos.gr/default.aspx?id=1829771&nt=103>

- [17] <http://www.euroasion.org/>
- [18] http://en.wikipedia.org/wiki/Beach_erosion
- [19] <http://www.ethnos.gr/article.asp?catid=23106&subid=2&pubid=10923046>
- [20] Εθνικό Μετσόβιο πολυτεχνείο ,Ανάπτυξη παράκτιας ζώνης, Ευστράτιος Δουκάκης Αν. καθηγητής ΕΜΠ Ιανουάριος 2005
- [21] <http://pubs.usgs.gov/of/2003/of03-337/index.html>
- [22] <http://www.coastalchange.ucsd.edu/index.html>
- [23] Department of the Army, U.S. Army Corps of Engineers, Coastal Morphodynamics
https://www.zotero.org/groups/alkyon_digital_library/items/itemKey/HCP5GK27
- [24] <http://coastal.er.usgs.gov/hurricanes/mappingchange/scale.html>
- [25] <http://www.ethnos.gr/article.asp?catid=22733&subid=2&pubid=113673>
- [26] Department of the Army, U.S. Army Corps of Engineers, Shore Sediment Transport Processes
- [27] The results from the Euroasion Study, “Living with Coastal Erosion in Europe, sediment and space for sustainability”, European Commission
<http://www.euroasion.org/>
- [28] Άρθρο Γιώργου Κιούση, «SOS για την διάβρωση των ακτών μας», (βάσει των όσων παρουσιάστηκαν στο 6ο συνέδριο Νησιωτικών Περιφερειακών ΤΕΕ) Ελευθεροτυπία, 06/08/2008
- [29] Άρθρο Γιώργου Κιούση, «Μια Ελλάδα ακτές κινδυνεύουν με διάβρωση», Ελευθεροτυπία, 29/04/2008
- [30] <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/coastal-erosion-patterns-in-europe>
- [31] ΗΜΕΡΙΔΑ HELECO 2011 Ολοκληρωμένη Διαχείριση Παράκτιων Ζωνών και Προστατευμένων Περιοχών-Από τον Αιγιαλό και Παραλία στην Ολοκληρωμένη Διαχείριση Παράκτιας Ζώνης. (Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος Τμήμα Δυτικής Θράκης

- [32] <http://www.wunderground.com/climate/permafrost.asp?MR=1>
- [33] Γενική & διεύθυνση Αλιείας και Ναυτιλιακών Υποθέσεων, Ευρωπαϊκή Επιτροπή, «Θαλάσσια πολιτική Ε.Ε., στοιχεία – Ελλάδα»
- [34] Ηλεκτρονική εγκυκλοπαιδεία wikipedia:
<http://en.wikipedia.org/wiki/Crete>
- [35] Γενική Γραμματεία Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας Ελλάδος:
http://www.statistics.gr/table_menu_per_year.asp
- [36] Synolakis C., Kalligeris N., Foteinis S., Voukouvalas E.(2008) The Plight of the Beaches of Crete.Solutions to Coastal Disasters
- [37] <http://www.thehotel.gr/info/en/crete/chania/remote-seaside-villages/elafonisi>
- [38] Η ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΤΩΝ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΩΝ ΤΗΣ ΚΡΗΤΗΣ, ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΣΠΥΡΟΥ ΦΩΤΕΙΝΗ
- [39] <http://www.euroasion.org/reports-online/part4.pdf>
- [40] <http://www.avmpladelavella.galeon.com/platja/euroasionshore1.pdf>
- [41] Euroasion study, “Living with coastal erosion in Europe: Sediment and Space for Sustainability, A guide to coastal erosion management practices in Europe”, Directorate
- [42]<http://se.freepik.com/index.php?goto=41&idd=336459&url=aHR0cDovL3d3dy5zeGMuaHUvcGhvdG8vOTc2MDky>
- [43]<http://www.haniotika-nea.gr/92896/%CE%95%CE%BE%CE%B1%CF%86%CE%B1%CE%BD%CE%AF%CE%B6%CE%BF%CE%BD%CF%84%CE%B1%CE%B9%20%CE%B1%CE%BA%CF%84%CE%AD%CF%82%20.html>
- [44]
<http://www.monumenta.org/article.php?IssueID=3&lang=gr&CategoryID=3&ArticleID=219>
- [45] <http://www.kirikas.net/news/content/view/3651/1/lang/>
- [46] <http://www.agrotypos.gr/index.asp?mod=articles&id=54970>
- [47] <http://www.dep.state.fl.us/beaches/programs/becp/restore.htm>
- [48] www.shipfriends.gr/forum
- [49] <http://oceancitysurfreport.com/2009/11/o-c-beach-replenishment-will-cost-millions/>

[50] Προσωρινές Εθνικές Τεχνικές προδιαγραφές ΠΕΤΕΠ 09-04-03-00 Έκδοση 1.0-Μάιος 2006 ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΟΚΡΑΤΙΑ Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.

[51] http://en.wikipedia.org/wiki/File:Beach_restoration_device.jpg

[52] ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΗ ΕΛΟΤ, ΤΕΧΝΗΤΗ ΑΝΑΠΛΗΡΩΣΗ ΑΚΤΩΝ ΜΕ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΑ ΑΜΜΟΧΑΛΙΚΩΔΗ ΥΛΙΚΑ (ΕΦΗΜΕΡΙΣ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ ΤΕΥΧΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ 2009-12-23

[53] <http://geogmward.weebly.com/management.html>

[54] http://www.carolinabeachtoday.com/2013_01_01_archive.html

[55] http://geology.uprm.edu/Morelock/5_image/miami.jpg

[56] <http://hawaii.gov/dlnr/occl/projects/beach-nourishment/kuhio-beach-project>

[57] <http://www.rakontur.com/journal/2008/9/4/working-on-the-1980s-miami-photo-book.html>

[58] <http://www.paragliding-crete.gr/>

[59] <http://www.imerisia.gr/article.asp?catid=26515&subid=2&pubid=113082710>

[60] http://www.hcmr.gr/gr/listview3_el.php?id=1578

[61] http://www.cretalive.gr/new/107472/crete/Chanoun_tin_paralia_kato_apo...ta_podia_tous

[62] <http://www.bing.com/images>

[63] Πολεοδομική μελέτη περιοχής πόλεως Χανίων, Β: προτάσεις, προκαταρκτική μελέτη(1966) ΘΑΛΗΣ ΑΡΓΥΡΟΠΟΥΛΟΣ-ΑΝΤΩΝΗΣ ΤΡΙΤΣΗΣ

[64] Τ.Ε.Ε. Τμήμα Δυτικής Κρήτης, ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ, Ανάπτυξη και Εξυγίανση με οργανωμένη δόμηση Περιοχής Κούμ-Καπί Πόλεως Χανίων. ΧΑΝΙΑ ΜΑΡΤΙΟΣ 1976, Κλάδου Αιμιλία

[65] <http://www.panoramio.com/>

[66] Φωτογραφία από αρχείο αερολέσχης Χανίων

[67] Προσωπικό αρχείο κυρίου Μανούσακα

[68] <http://www.metricanet.gr>

[69] <http://www.terracaching.es/foro/viewtopic.php?p=32160&sid=ec454ab2903ecc054aedca7fa7bbc47a>

[70] <http://www.marktopo.com/index.php?page=rtk>

[71] http://greek_greek.enacademic.com

[72] http://www.ygeiaonline.gr/index.php?option=com_k2&view=item&id=55654:xvr-obaths

[73] Copyright (c) 2005, Gabriel RuizAll

[74] J.R. Houston 1996, equilibrium profile concept

[75] BEACH FILL DESIGN Chapter 4 EM 1110-2-1100 (part V) 31 July 2003

[76] Soukissian O.H., Prospathopoulos A., Hatzinaki M., Kabouridou M., 2007, Assessment of the Wind and Wave Climate of the Hellenic Seas Using 10-Year Hindcast Results, The Open Ocean Engineering Journal, Vol. 1, pp.1-12.