

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΑΡΑΚΤΙΕΣ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΗΣ ΑΚΤΗΣ ΤΗΣ ΛΕΜΕΣΟΥ (ΚΥΠΡΟΣ)



Υπεύθυνος Καθηγητής: Αλμπανάκης Κωνσταντίνος

Νικολαΐδου Νίκη Α.Ε.Μ: 3668
Σπύρου Δέσποινα Α.Ε.Μ: 3654

Θεσσαλονίκη 2007

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Μετά την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά όλους όσους βοήθησαν στην αποπεράτωση της.

Ιδιαίτερα θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον Επίκουρο Καθηγητή του Τμήματος Γεωλογίας του Α.Π.Θ. κ. Αλμπανάκη Κωνσταντίνο, επιβλέποντα της διπλωματικής αυτής, ο οποίος μας υπέδειξε το θέμα της και είχε την επίβλεψη και την επιστημονική καθοδήγηση καθ' όλη τη διάρκεια της.

Επίσης θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ευχαριστίες μας:

- στον Ανώτερο Εκτελεστικό Μηχανικό της Μονάδας Θαλάσσιων Έργων, του Τμήματος Δημοσίων Έργων Κύπρου, κ. Ιακώβου Νίκο για την παραχώρηση αρκετών στοιχείων, τα οποία συνέβαλαν ουσιαστικά στην ολοκλήρωση της εργασίας αυτής,
- τον κ. Ανδρέου Ανδρέα (Κεντρικά Γραφεία Πολεοδομίας – Λευκωσία) για τη συνεργασία και βοήθεια του,
- τον Ανώτερο Γεωλογικό Λειτουργό του Τμήματος Γεωλογικής Επισκόπησης της Κύπρου, κ. Παναγίδα Ιωάννη για τις υποδείξεις του στο αντικείμενο της μελέτης.

Τέλος θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά για την πολύτιμη βοήθεια, συνεργασία και συμπαράστασή τους, τον συμφοιτητή μας Τουμαζή Τουμαζή, τον υποψήφιο διδάκτορα Σεισμολογίας Δημητριάδη Ιορδάνη και τον Γεωλόγο Βρουχάκη Ιωάννη.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	4
ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ-ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	5
ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	7
ΠΑΡΑΚΤΙΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ.....	9
ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΗΣ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.....	11
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	13
Α) ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΠΕΔΙΟΥ	13
Β) ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ	14
Γ) ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	14
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΑΚΤΗΣ ΤΗΣ ΛΕΜΕΣΟΥ.....	30
Μεταφορά και διάβρωση της ακτής	32
Άλλα προβλήματα	33
Μέτρα για την παράκτια προστασία και την αποκατάσταση.....	33
Μέτρα για την προστασία από τη διάβρωση.....	35
Συνθήκες κυμάτων.....	40
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	41
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	42



ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Προγράμματος Προπτυχιακών Σπουδών του τμήματος Γεωλογίας, στον τομέα Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας. Η ανάθεση της έγινε από τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Κ. Αλμπανάκη.

Στην διπλωματική αυτή εργασία μελετήθηκε η παράκτια γεωμορφολογία και τα μέτρα προστασίας των ακτών στην περιοχή της Λεμεσού. Η μελέτη περιλαμβάνει γενική περιγραφή της μελετούμενης περιοχής (γεωγραφική θέση, γεωτεκτονική θέση), την παράκτια γεωμορφολογία, φυσικά και ανθρωπογενή προβλήματα στις ακτές, προτεινόμενα μέτρα προστασίας και συμπεράσματα για την περιοχή.

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Το νησί της Κύπρου βρίσκεται στο βορειοανατολικό άκρο της ανατολικής Μεσογείου, μεταξύ των παραλλήλων $34^{\circ} 33'$ και $35^{\circ} 42'$ Β και των μεσημβρινών $32^{\circ} 16'$ και $34^{\circ} 35'$ Α. Καταλαμβάνει έκταση 9.251 km^2 και είναι το τρίτο σε μέγεθος νησί της Μεσογείου μετά τη Σικελία και τη Σαρδηνία. Έχει μέγιστο μήκος 225 km (απόσταση μεταξύ των ακρωτηρίων Δρέπανο και Απόστολος Ανδρέας) και πλάτος 94 km (απόσταση μεταξύ των ακρωτηρίων Κορμακίτη και Γάτας). Το συνολικό μήκος των ακτών της είναι 782 km (Σχήμα 1).

Η μελετούμενη περιοχή βρίσκεται στο νότιο τμήμα της Κύπρου (Σχήμα 1 – περιοχή που περικλείει ο κύκλος). Συγκεκριμένα εκτείνεται από το νέο λιμένα της Λεμεσού μέχρι την περιοχή της Αμαθούντας, 11 χιλιόμετρα ανατολικά του κέντρου της πόλης της Λεμεσού.



Σχήμα 1: Δορυφορική εικόνα της Κύπρου στην οποία διακρίνεται η γεωμορφολογία της και η περιοχή έρευνας.

ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ-ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

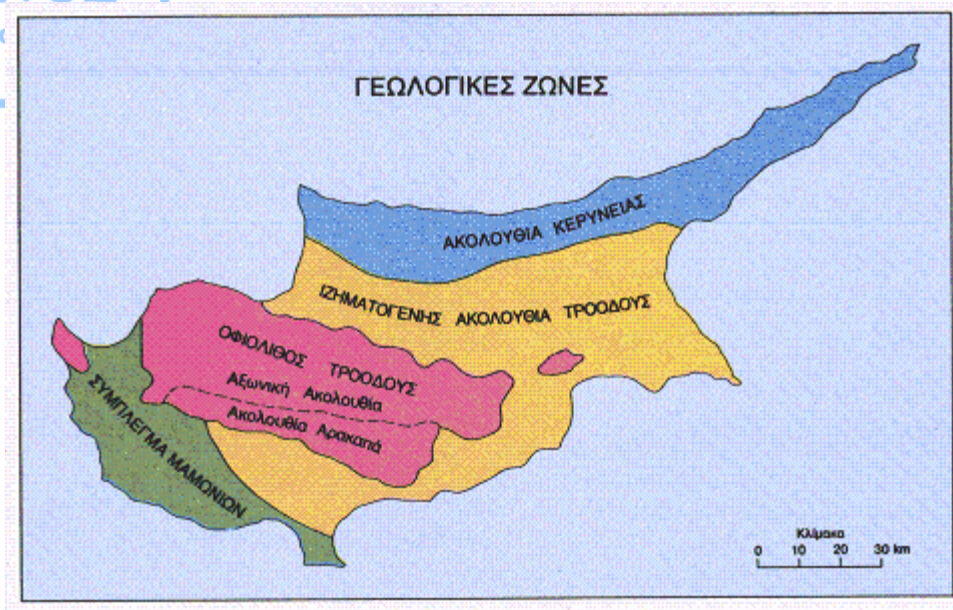
Το 50 % περίπου της συνολικής έκτασης της Κύπρου είναι πεδινό με υψόμετρο που δεν ξεπερνά τα 200 m, ενώ οι ημιορεινές εκτάσεις με υψόμετρο 200 – 400 m καλύπτουν το 23 % της έκτασης και οι ορεινές εκτάσεις με υψόμετρο πάνω από 400 m το 27 %. Η Κύπρος έχει τα κύρια χαρακτηριστικά του μεσογειακού κλίματος. Μορφολογικά η Κύπρος μπορεί να υποδιαιρεθεί στις πιο κάτω περιοχές:

- Το ορεινό σύμπλεγμα Τρόδος
- Τη βόρεια οροσειρά του Πενταδάκτυλου
- Την κεντρική πεδιάδα
- Τη λοφώδη περιοχή γύρω από το ορεινό σύμπλεγμα Τρόδος
- Τις παράκτιες πεδιάδες

Η πεδιάδα της Λεμεσού εκτείνεται από την Αμαθούντα στα ανατολικά, μέχρι το Κούριον στα δυτικά. Έχει μήκος 30 km περίπου και το μεγαλύτερο πλάτος της φτάνει τα 15 km. Βρίσκεται πάνω στις πρόσφατες αλλουβιακές αποθέσεις της Ολόκαινης γεωλογικής περιόδου και το υψόμετρο στην περιοχή δεν υπερβαίνει τα 100m. Την υπό μελέτη περιοχή της Λεμεσού διασχίζουν οι ποταμοί Γερμασόγειας και Γαρύλλης, που εκβάλλουν στον κόλπο του Ακρωτηρίου.

Η Κύπρος χωρίζεται στις εξής γεωλογικές ζώνες (Σχήμα 2):

- Ακολουθία Κερύνειας
- Ιζηματογενής ακολουθία Τροόδους
- Οφειόλιθος Τροόδους
- Σύμπλεγμα Μαμωνιών



Σχήμα 2: Γεωλογικές ζώνες της Κύπρου

Η περιοχή της Λεμεσού ανήκει στην ιζηματογενή ακολουθία του Τροόδους. Αποτελείται από άμμους, ιλύες, άργιλους και χαλίκια ηλικίας Ολοκαίνου και βιοασβεστιτικούς ψαμμίτες, ιλύες, χαλίκια, αμμούχες μάργες, μάργες, ασβεστόλιθους και κροκαλοπαγή Πλειοκαινικής ηλικία (Σχήμα 3).



Σχήμα 3: Γεωλογικός χάρτης της Κύπρου

ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Οι μετρήσεις της θερμοκρασίας στην περιοχή της Λεμεσού γίνονται από την Μετεωρολογική Υπηρεσία σε τοπικό μετεωρολογικό σταθμό.

Οι μέσες τιμές θερμοκρασίας κατά τις διάφορες εποχές έχουν υπολογιστεί για την περίοδο 1961 – 1990 ως εξής:

- Άνοιξη: 17,4 Βαθμούς Κελσίου
- Καλοκαίρι: 26,0 Βαθμούς Κελσίου
- Φθινόπωρο: 21,5 Βαθμούς Κελσίου
- Χειμώνας: 13,0 Βαθμούς Κελσίου

Οι πιο κοντινοί μετεωρολογικοί σταθμοί που καταμετρούν δεδομένα για τον άνεμο στην περιοχή της Λεμεσού βρίσκονται στην περιοχή του Φράγματος της Γερμασόγειας, στο λιμάνι της Λεμεσού, στο Φασούρι, στον Ύψωνα και στο Ακρωτήρι. Η μέση μηνιαία ταχύτητα του ανέμου ανέρχεται στα 3,1 m/s (ύψος 10 m), όπως καταμετρήθηκε από ηλεκτρικό ανεμογράφο και στα 4,4 m/s (ύψος 7 m) από μηχανικό ανεμογράφο με δυτική κυρίως κατεύθυνση.

Σε ολόκληρη την περιοχή της Λεμεσού, την περίοδο 1961 – 1990 η μέση ετήσια υγρασία έφτασε στα 55 % και η μέση ετήσια βροχόπτωση ανήλθε στα 435 mm. Για τις περιοχές Φασουρίου, Ύψωνα και Ακρωτηρίου η μέση ετήσια βροχόπτωση ήταν 429 mm, 408 mm, 443 mm αντίστοιχα.

Ο πίνακας που ακολουθεί παρουσιάζει τη μέση μηνιαία και ετήσια βροχόπτωση στις περιοχές Λεμεσού, Φασουρίου και Ακρωτηρίου.

ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ ΚΑΙ ΟΝΟΜΑΣΙΑ

Μήνας	330 Φασούρι	332 Ακρωτήρι	388 Λιμάνι Λεμεσού	394 Λεμεσός P.G.
Ιανουάριος	96	94	96	96
Φεβρουάριος	80	73	74	76
Μάρτιος	47	42	48	49
Απρίλιος	20	17	20	23
Μάιος	5	5	7	7
Ιούνιος	1	1	1	3
Ιούλιος	0	0	1	3
Αύγουστος	0	1	1	1
Σεπτέμβριος	2	1	1	1
Οκτώβριος	25	25	25	26
Νοέμβριος	50	51	49	48
Δεκέμβριος	103	98	102	102
Χρονιαία	429	408	425	435

Πίνακας 1: Μέση μηνιαία και ετήσια βροχόπτωση (mm) στις περιοχές Φασουρίου, Ακρωτηρίου, Λεμεσού (1961 – 1990). Πηγή: Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου.

ΠΑΡΑΚΤΙΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ

Οι κύριες αιτίες που προκαλούν διάβρωση της ακτής είναι οι εξής:

α) Τα κύματα και τα θαλάσσια ρεύματα, τα οποία μεταφέρουν την άμμο, απομακρύνοντας την ή φέρνοντας την κοντά στην ακτή.

β) Οι μικρής ή μεγάλης έκτασης ανθρωπογενείς επεμβάσεις στις αποθέσεις άμμου με πολλές φορές καταστροφικά αποτελέσματα.

γ) Η άνοδος του επιπέδου της θάλασσας, η οποία έχει ως αποτέλεσμα την απομάκρυνση της άμμου από την παραλία, παρασέρνοντας την στα βαθύτερα.

Η κυριότερη διεργασία που παρατηρείται σε μια παραλία είναι η επιμήκης στερεομεταφορά. Κατά την διεργασία αυτή κάθε φορά που ένα κύμα σκάει στην ακτή ανέρχεται στην παραλία με την γωνία πρόσπτωσης και επιστρέφει στη θάλασσα με την κάθετο. Έτσι δημιουργείται μια πριονωτή παλινδρόμηση που μεταφέρει τους κόκκους της άμμου στην ακτή.

Η άμμος σε μια παραλία κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες δεν μένει στάσιμη, αλλά μετακινείται κατά μήκος της ακτής προς μια κατεύθυνση, την οποία ορίζει η διεύθυνση του κυματισμού στην περιοχή. Η παραλία εμπλουτίζεται με ιζήματα με τρεις τρόπους. Το κύριο μέσο μεταφοράς είναι οι χείμαρροι, οι οποίοι προμηθεύουν τις παραλίες με το μεγαλύτερο ποσοστό ιζημάτων. Μια άλλη κύρια πηγή ανεφοδιασμού, είναι η δημιουργία ιζημάτων λόγω έντονης διάβρωσης των βράχων που έρχονται σε επαφή με το μέτωπο των κυμάτων. Τέλος η επιμήκης στερεομεταφορά αποτελεί μια άλλη πηγή ανεφοδιασμού, η οποία μεταφέρει την άμμο κατά μήκος της παραλίας.

Σε μια ακτή η οποία προσβάλλεται από κύματα που προσπίπτουν σε αυτή με συγκεκριμένη γωνία, διακρίνονται τρεις περιπτώσεις:

α) περιοχή στην οποία παρατηρείται μόνο διάβρωση. Με την πάροδο του χρόνου σχηματίζεται παράκτια αναβαθμίδα με μέτωπο κάθετο στην διεύθυνση του κυματισμού

β) περιοχή όπου υπάρχει ισορροπία μεταξύ διάβρωσης και απόθεσης, δηλαδή όσο υλικό διαβρώνεται άλλο τόσο αποτίθεται

γ) περιοχή στην οποία παρατηρείται μόνο απόθεση, αφού τα υλικά διάβρωσης από τις δυο προηγούμενες περιοχές δεν μπορούν να μεταφερθούν παραπέρα και αποτίθενται.

Οι ανθρωπογενείς επεμβάσεις στις παράκτιες αποθέσεις προκαλούν διαταραχή στο ισοζύγιο της ακτής. Η συνηθέστερη ανθρώπινη παρέμβαση είναι η ανάπτυξη οικιστικών ιστών, η οποία οδηγεί σε υποβάθμιση του παραθαλάσσιου περιβάλλοντος. Συνήθως οι ενέργειες αυτές λαμβάνουν χώρα στη ζώνη των θινών. Οι θίνες αποτελούν την αποταμίευση ιζημάτων μιας ακτής σε περιόδους ακραίων φαινομένων διάβρωσης, όπως για παράδειγμα κατά την διάρκεια έντονων τρικυμιών. Σύμφωνα με έρευνες, σχεδόν σε όλες τις παραλίες που εκμεταλλεύτηκαν τις ζώνες των θινών μετά από μερικά χρόνια το πλάτος της παραλίας μειώθηκε σημαντικά.

Η κατασκευή φραγμάτων στις κοίτες των ποταμών είναι μια άλλη παρέμβαση του ανθρώπου που εμποδίζει την μεταφορά φερτών υλικών προς τα κατάντη. Αποτέλεσμα είναι η μη τροφοδότηση της παραλίας με νέα ιζήματα με συνέπεια να επιδρά μόνο το φαινόμενο της διάβρωσης.

Οι μεταβολές της στάθμης της θάλασσας έχουν άμεση σχέση με την μορφολογία των ακτών, καθώς κάθε μεταβολή της στάθμης αποτυπώνεται στο ανάγλυφο της ακτής. Η άνοδος του θαλάσσιου επιπέδου προκαλεί διάβρωση της ακτής, ενώ η μείωση του επιπέδου της θάλασσας μπορεί να αυξήσει το ρυθμό και τον όγκο των αποθέσεων στην ακτή.

ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΗΣ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Στην αρχή της δεκαετίας του 1960 οι εκβολές των ποταμών Γερμασόγειας και Γαρύλλης τροφοδοτούσαν με υλικά την παραλία της Λεμεσού, χωρίς να παρεμποδίζονται από ανθρώπινες παρεμβάσεις.

Οι υδάτινοι πόροι της Κύπρου, επιφανειακοί και υπόγειοι, είναι περιορισμένοι και αυτό οφείλεται στο ξηρό και θερμό της κλίμα, το ανάγλυφο, τη γεωλογία, τη μικρή έκταση του νησιού και την ανομοιόμορφη κατανομή της βροχόπτωσης στις διάφορες περιοχές της.

Ο εμπλουτισμός των υδάτινων πόρων της Κύπρου γίνεται αποκλειστικά από τη βροχόπτωση. Γενικά η ποσότητα της βροχής που δέχεται η Κύπρος είναι χαμηλή (η μέση ετήσια βροχόπτωση της περιόδου 1916 – 1980 ήταν 503 mm) και η εξάτμιση μεγάλη, πράγμα που περιορίζει σοβαρά τους υδάτινους πόρους του νησιού. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος της λειψυδρίας κτίστηκαν φράγματα και από τότε οι ποταμοί Γαρύλλης και Γερμασόγειας οδηγούνται σε αυτά, από το 1965 και το 1968 αντίστοιχα. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την διακοπή του φυσικού ανεφοδιασμού της ακτής της Λεμεσού με ιζήματα.

Από το 1970 και ιδιαίτερα μετά το 1974, υπάρχει μεγάλη τουριστική ανάπτυξη στη Λεμεσό. Για τις ανάγκες παροχής υλικού στις οικοδομές και στα τεχνικά έργα ένα τεράστιο ποσό άμμου και χαλικιών έχει εξαχθεί από τις παραλίες της.

Οι υπεύθυνοι για την ανάπτυξη ξενοδοχείων σε μία προσπάθεια να παγιεύσουν την άμμο και να δημιουργήσουν μικρά λιμάνια για τις βάρκες και εγκαταστάσεις για τον θαλάσσιο αθλητισμό, έχουν κατασκευάσει κάθετα groynes και παράλληλους κυματοθραύστες.

Σε όλη την ακτή είναι εμφανής η τουριστική ανάπτυξη, με εξαίρεση την ιστορική περιοχή της Αμαθούντας. Κατά θέσεις υπάρχει μια φυσική παράκτια προστασία υπό μορφή ψηφιδοπαγή αιγιαλού, π.χ. στα ανατολικά της μαρίνας Sheraton (Σχήμα 4), που συντελεί στον περιορισμό μιας ισχυρότερης διάβρωσης που θα μπορούσε να είχε εμφανιστεί.



Σχήμα 4: Ψηφιδοπαγής αιγιαλός

Την τελευταία δεκαετία γίνεται από την Κυπριακή κυβέρνηση μια προσπάθεια αφαίρεσης των παράνομων κάθετων προβόλων και αντικατάσταση τους με υποθαλάσσιους κυματοθραύστες.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Α) Μεθοδολογία Πεδίου (Συλλογή δειγμάτων)

Το Φεβρουάριο του 2005 πραγματοποιήθηκε επίσκεψη στην παράκτια περιοχή της Λεμεσού για τη συλλογή των δειγμάτων. Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε και μελετήθηκε σε 7 διαφορετικά σημεία, τα οποία απεικονίζονται στο Σχήμα 5 (κόκκινα σημεία).



Σχήμα 5: Τοποθεσίες συλλογής δειγμάτων

Β) Μεθοδολογία Εργαστηρίου

Τα δείγματα που συλλέχθηκαν από το ύπαιθρο αποτελούνταν από χονδρόκοκκα υλικά (κυρίως άμμο), οπότε εφαρμόστηκε η μέθοδος του κοσκινίσματος.

Αφού στέγνωσε το κάθε δείγμα και έγινε αφαίρεση από τα ξένα σώματα, ζυγίστηκε και σημειώθηκε το βάρος του σε πίνακα. Περάστηκε από μια σειρά κόσκινων με διαφορετική διάμετρο και παρέμεινε στο δονητή για περίπου 10 λεπτά. Όταν τελείωσε ο δονητής, ζυγίστηκε το περιεχόμενο του κάθε κόσκινου και σημειώθηκε το βάρος του. Σε περίπτωση που το βάρος των υλικών του δίσκου που βρισκόταν κάτω από το τελευταίο κόσκινο ήταν μεγαλύτερο από το 5 % του βάρους του αρχικού δείγματος, τότε γινόταν πιο λεπτομερής ανάλυση του. Ακολούθως υπολογίστηκαν τα ποσοστά κατά βάρος επί τοις εκατό και το αντίστοιχο αθροιστικό επί τοις εκατό ποσοστό των κόκκων των δειγμάτων.

Μετά τη μέθοδο του κοσκινίσματος έγιναν μετρήσεις της σφαιρικότητας και στρογγυλότητας στους κόκκους της άμμου κάτω από το στερεοσκοπικό μικροσκόπιο.

Γ) Αποτελέσματα

Στην περίπτωση του κοσκινίσματος, για τον υπολογισμό των παραμέτρων του μεγέθους χρησιμοποιήθηκε η γραφική μέθοδος. Από τις καμπύλες που προέκυψαν υπολογίσαμε τα ποσοστά επί τοις εκατό που αντιστοιχούν σε ορισμένα μεγέθη Φ , συγκεκριμένα τα Φ_5 , Φ_{16} , Φ_{25} , Φ_{50} , Φ_{75} , Φ_{84} , Φ_{95} . Οι τύποι που εφαρμόσαμε για τον υπολογισμό των παραμέτρων με τη γραφική μέθοδο κατά Folk και Ward είναι:

$$\text{Μέσος όρος (M): } M = (\Phi_{16} + \Phi_{50} + \Phi_{84}) / 3$$

$$\text{Ταξινόμηση (σ): } \sigma = (\Phi_{84} - \Phi_{16}) / 4 + (\Phi_{95} - \Phi_5) / 6.6$$

$$\text{Δοξότητα (Sk): } Sk = (\Phi_{16} + \Phi_{84} - 2\Phi_{50}) / [2(\Phi_{84} - \Phi_{16})] + (\Phi_5 + \Phi_{95} - 2\Phi_{50}) / [2(\Phi_{95} - \Phi_5)]$$

$$\text{Κύρτωση (Ku): } Ku = (\Phi_{95} - \Phi_5) / [2.44(\Phi_{75} - \Phi_{25})]$$

Από τις τιμές των παραμέτρων του μεγέθους (M, σ, Sk, Ku) που βρέθηκαν με τη γραφική μέθοδο έγινε ο πλήρης χαρακτηρισμός των δειγμάτων.

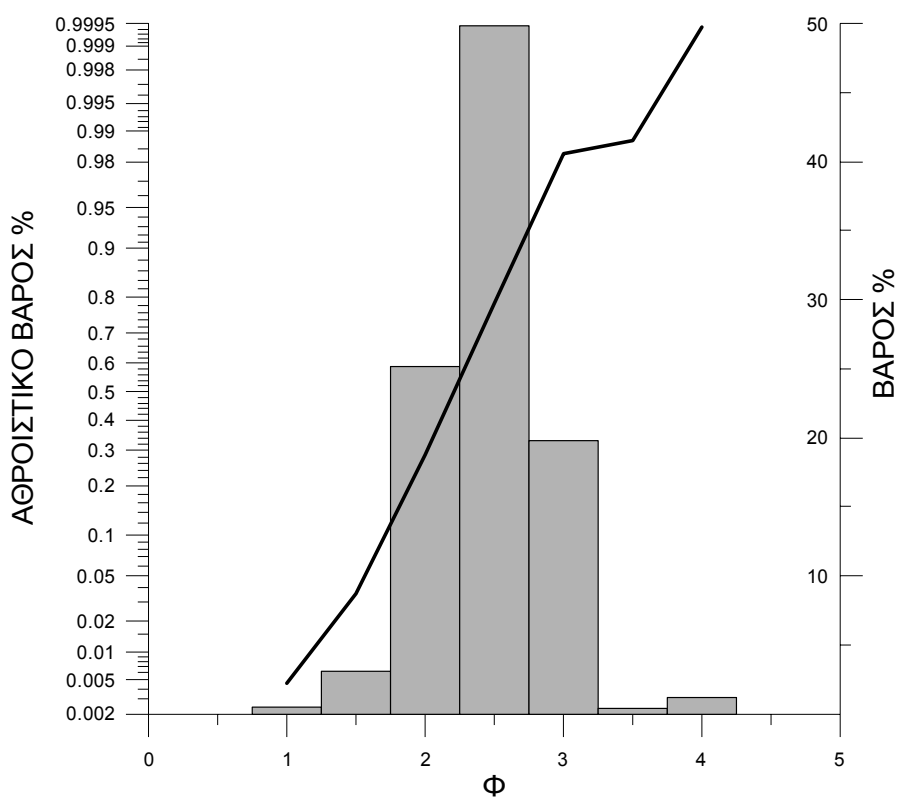
Σχεδόν όλα τα δείγματα χαρακτηρίζονται από ένα σκοτεινό πρασινωπό χρώμα, με

τις μορφές χαλικιών καλά στρογγυλεμένων. Στα δείγματα άμμου παρατηρήθηκε ένα αμελητέο ποσό γωνιωειδών και υπογωνιωειδών κόκκων.

Το σημαντικότερο συστατικό των μελετούμενων κόκκων στο μικροσκόπιο, σύμφωνα με μελέτη που έγινε στην περιοχή (DELFT HYDRAULICS, 1996: Coastal Zone Management for Cyprus, Phase III Final Report, Ref. nr. H1456), είναι ορυκτά με ποσοστό που κυμαίνεται από 65 % ως 80 %. Τα κύρια ορυκτά που προσδιορίζονται είναι χαλαζίας, πλαγιόκλαστα, ασβεστίτης, γύψος, ίασπις/χαλκηδόνιος, πυρόξενοι, ολιβίνης, μαγνητίτης και αμίαντος. Το ποσοστό των πυριγενών πετρωμάτων κυμαίνεται από 10 % ως 25 % με τους διαβάσεις, γάββρους, λάβες, πλαγιογρανίτες και σερπεντίνες ως κύριους τύπους πετρωμάτων. Τα ιζηματογενή πετρώματα που αντιπροσωπεύονται από κιμωλίες-κρητίδες (λεπτόκοκκος, μαλακός ασβεστόλιθος), ασβεστόλιθους και ασβεστοαρενίτες (κλαστικοί ασβεστόλιθοι) κυμαίνονται από 5 % ως 10 %.

ΔΕΙΓΜΑ 1

Φ	ΒΑΡΟΣ	ΒΑΡΟΣ %	ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΟ ΒΑΡΟΣ %
1	0,47	0,467	0,467
1,5	3,08	3,078	3,545
2	25,13	25,119	28,664
2,5	49,89	49,870	78,534
3	19,81	19,802	98,336
3,5	0,41	0,409	98,745
4	1,20	1,199	99,944



Φ_5	Φ_{16}	Φ_{25}	Φ_{50}	Φ_{75}	Φ_{84}	Φ_{95}
1,6	1,86	1,975	2,225	2,475	2,575	2,8

Μέσος όρος	$M = 2,22$
Ταξινόμηση	$\sigma = 0,36$
Λοξότητα	$Sk = -0,031$
Κύρτωση	$Ku = 0,983$

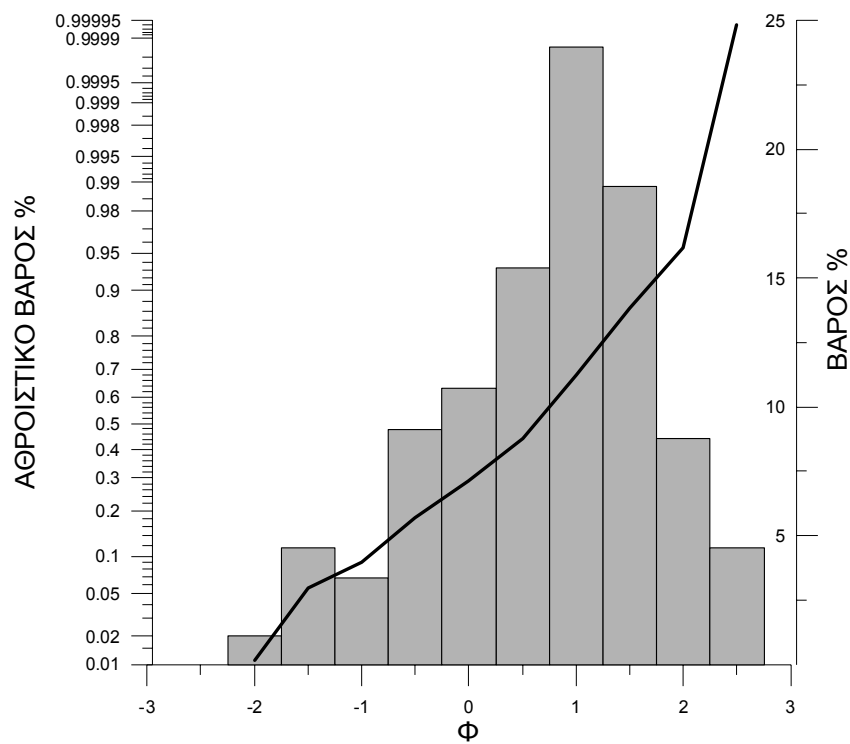
Χαρακτηρισμός δείγματος : Λεπτόκοκκη άμμος
 Καλή ταξινόμηση
 Συμμετρική λοξότητα
 Μεσόκυρτη κύρτωση



Δείγμα 1

ΔΕΙΓΜΑ 2

Φ	B	ΒΑΡΟΣ %	ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΟ ΒΑΡΟΣ %
-2	1,66	1,112	1,112
-1,5	6,73	4,512	5,624
-1	4,99	3,345	8,969
-0,5	13,61	9,125	18,094
0	15,99	10,720	28,814
0,5	22,94	15,380	44,194
1	35,73	23,955	68,149
1,5	27,68	18,558	86,707
2	13,08	8,769	95,476
2,5	6,47	4,518	99,994



Φ_5	Φ_{16}	Φ_{25}	Φ_{50}	Φ_{75}	Φ_{84}	Φ_{95}
1,7	1,925	2,05	2,3	2,505	2,655	2,95

Μέσος όρος	$M = 2,293$
Ταξινόμηση	$\sigma = 0,372$
Λοξότητα	$Sk = 0,0063$
Κύρτωση	$Ku = 1,125$

Χαρακτηρισμός δείγματος : Λεπτόκοκκη άμμος

Καλή ταξινόμηση

Συμμετρική λοξότητα

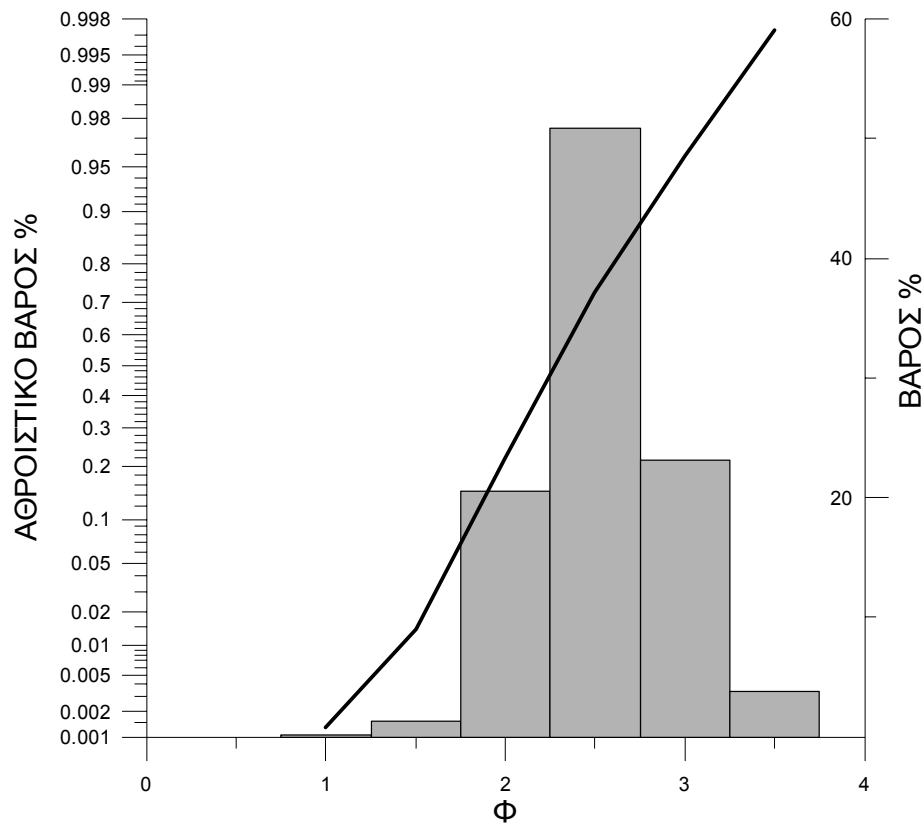
Λεπτόκυρτη κύρτωση



Δείγμα 2

ΔΕΙΓΜΑ 3

Φ	ΒΑΡΟΣ	ΒΑΡΟΣ %	ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΟ ΒΑΡΟΣ %
1	0,17	0,133	0,133
1,5	1,66	1,275	1,405
2	26,76	20,544	21,959
2,5	66,15	50,810	72,769
3	30,12	23,135	95,904
3,5	4,99	3,832	99,736



Φ_5	Φ_{16}	Φ_{25}	Φ_{50}	Φ_{75}	Φ_{84}	Φ_{95}
-1,6	-0,6	-0,15	0,625	1,125	1,4	1,95

Μέσος όρος	$M = 0,475$
Ταξινόμηση	$\sigma = 1,204$
Λοξότητα	$Sk = -0,239$
Κύρτωση	$Ku = 1,141$

Χαρακτηρισμός δείγματος : Χονδρόκοκκη άμμος

Κακή ταξινόμηση

Αρνητική λοξότητα

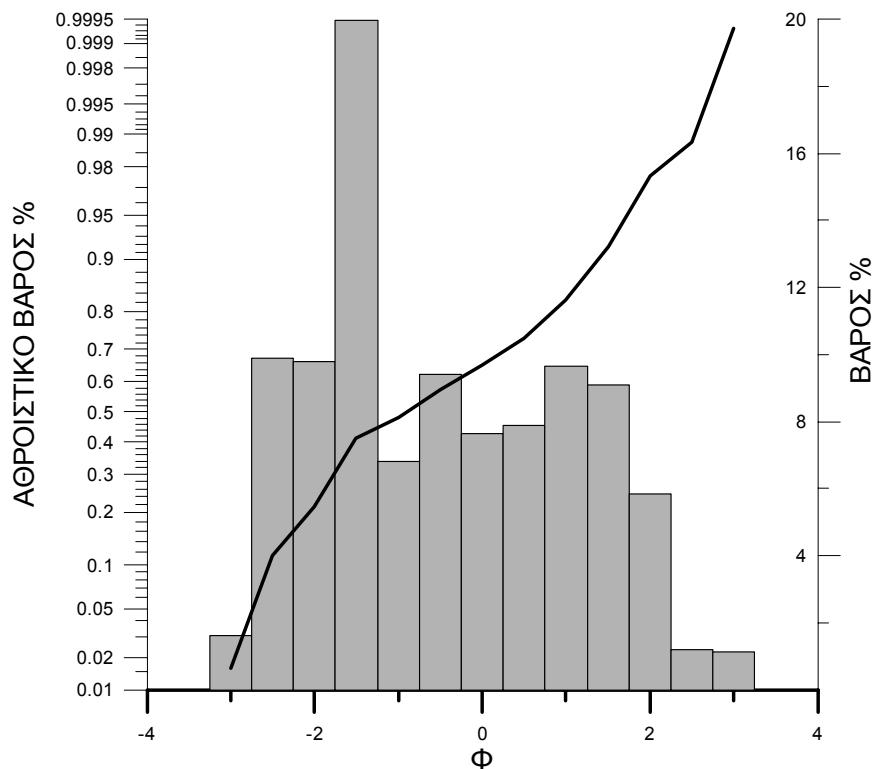
Λεπτόκυρτη κύρτωση



Δείγμα 3

ΔΕΙΓΜΑ 4

Φ	ΒΑΡΟΣ	ΒΑΡΟΣ %	ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΟ ΒΑΡΟΣ %
-3	3,26	1,619	1,619
-2,5	19,94	9,908	11,527
-2	19,67	9,774	21,527
-1,5	40,20	19,976	41,277
-1	13,74	6,827	48,104
-0,5	18,92	9,401	57,505
0	15,39	7,647	65,152
0,5	15,85	7,876	73,028
1	19,39	9,635	82,663
1,5	18,30	9,093	91,756
2	11,78	5,853	97,609
2,5	2,41	1,197	98,806
3	2,27	1,128	99,934



Φ ₅	Φ ₁₆	Φ ₂₅	Φ ₅₀	Φ ₇₅	Φ ₈₄	Φ ₉₅
-2,75	-2,25	-1,9	-0,9	0,65	1,1	1.6

Μέσος όρος	$M = -0,683$
Ταξινόμηση	$\sigma = 1,496$
Λοξότητα	$Sk = 0,215$
Κύρτωση	$Ku = 0,699$

Χαρακτηρισμός δείγματος : Πολύ χονδρόκοκκη άμμος

Κακή ταξινόμηση

Θετική λοξότητα

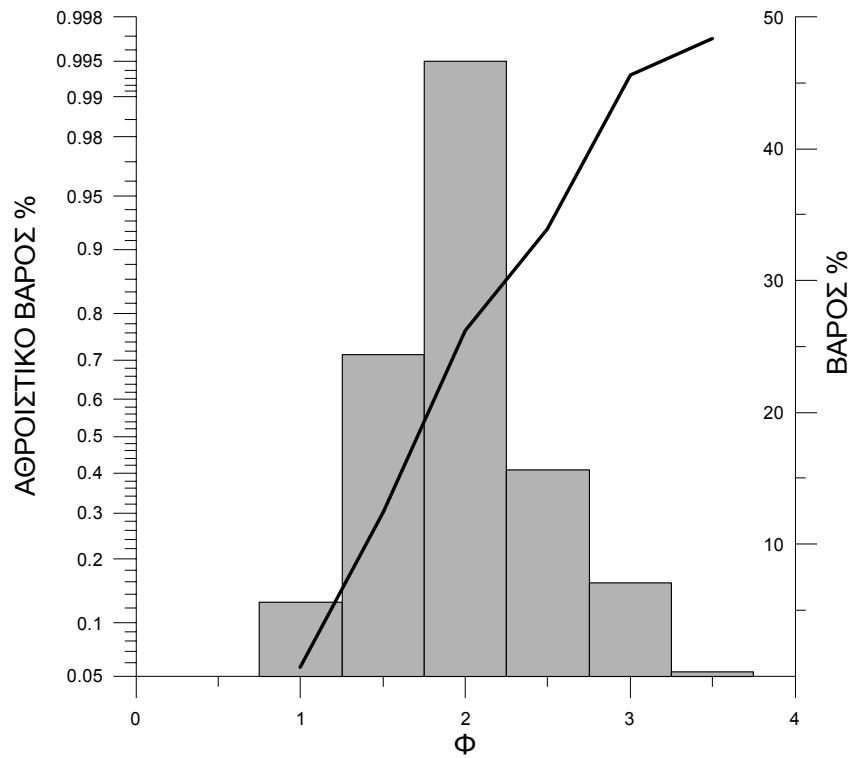
Πλατύκυρτη κύρτωση



Δείγμα 4

ΔΕΙΓΜΑ 5

Φ	ΒΑΡΟΣ	ΒΑΡΟΣ %	ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΟ ΒΑΡΟΣ %
1	3,93	5,618	5,618
1,5	17,07	24,403	30,021
2	32,62	46,633	76,654
2,5	10,94	15,639	92,293
3	4,93	7,047	99,340
3,5	0,24	0,343	99,683



Φ_5	Φ_{16}	Φ_{25}	Φ_{50}	Φ_{75}	Φ_{84}	Φ_{95}
0,95	1,27	1,45	1,7	1,97	2,2	2,62

Μέσος όρος	$M = 1,723$
Ταξινόμηση	$\sigma = 0,485$
Λοξότητα	$Sk = 0.088$
Κύρτωση	$Ku = 1,316$

Χαρακτηρισμός δείγματος : Μεσόκοκκη άμμος

Καλή ταξινόμηση

Συμμετρική λοξότητα

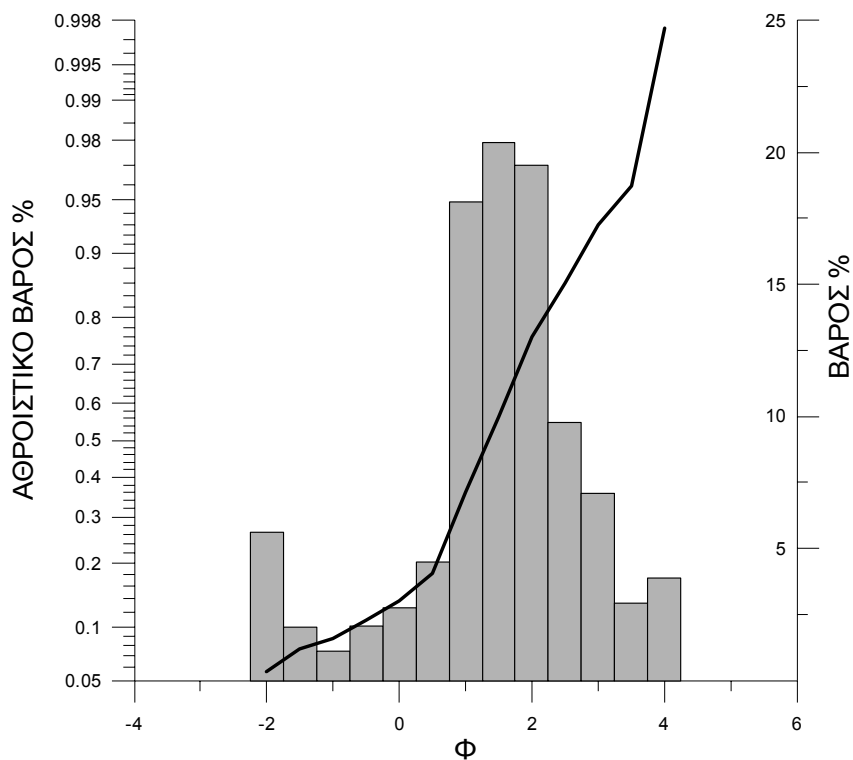
Λεπτόκυρτη κύρτωση



Δείγμα 5

ΔΕΙΓΜΑ 6

Φ	ΒΑΡΟΣ	ΒΑΡΟΣ %	ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΟ ΒΑΡΟΣ %
-2	8,42	5,612	5,612
-1,5	3,02	2,013	7,625
-1	1,70	1,133	8,758
-0,5	3,11	2,073	10,831
0	4,15	2,766	13,597
0,5	6,74	4,492	18,089
1	27,19	18,124	36,213
1,5	30,55	20,363	56,576
2	29,28	19,517	76,093
2,5	14,64	9,758	85,851
3	10,66	7,105	92,956
3,5	4,41	2,939	95,895
4	5,80	3,866	99,761



Φ ₅	Φ ₁₆	Φ ₂₅	Φ ₅₀	Φ ₇₅	Φ ₈₄	Φ ₉₅
-2,10	0,4	0,75	1,35	1,97	2,35	3,4

Μέσος όρος	$M = 1,366$
Ταξινόμηση	$\sigma = 1,320$
Λοξότητα	$Sk = -0,114$
Κύρτωση	$Ku = 1,847$

Χαρακτηρισμός δείγματος : Χονδρόκοκκη άμμος

Κακή ταξινόμηση

Αρνητική λοξότητα

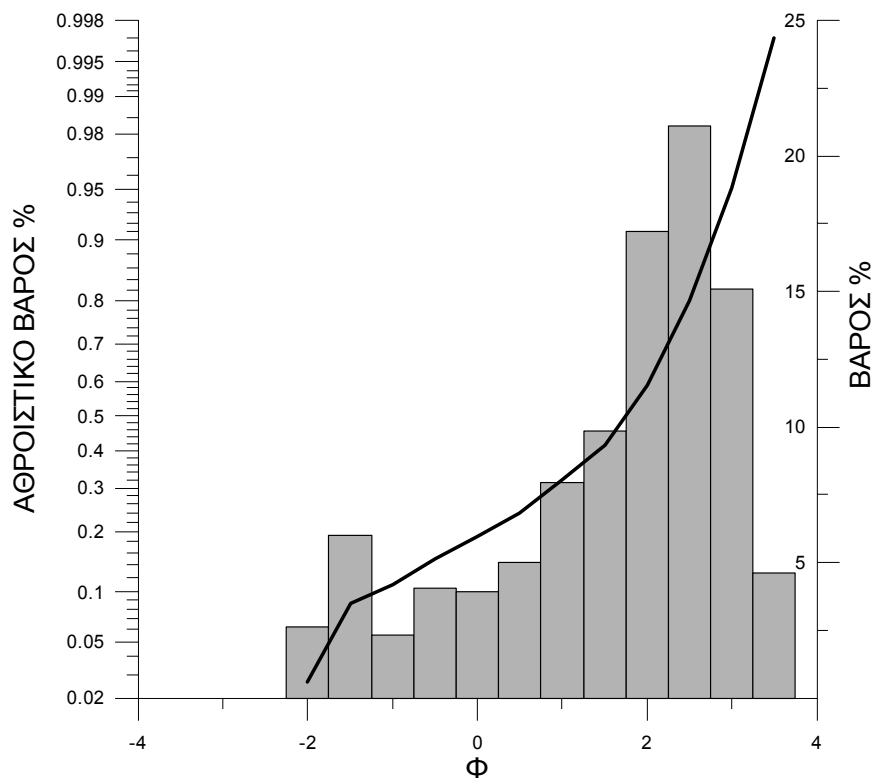
Πολύ λεπτόκυρτη κύρτωση



Δείγμα 6

ΔΕΙΓΜΑ 7

Φ	ΒΑΡΟΣ	ΒΑΡΟΣ %	ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΟ ΒΑΡΟΣ %
-2	5,25	2,620	2,620
-1,5	12,01	5,995	8,615
-1	4,66	2,326	10,941
-0,5	8,14	4,063	15,004
0	7,58	3,918	18,922
0,5	10,00	4,991	23,913
1	15,93	7,951	31,864
1,5	19,72	9,843	41,707
2	34,47	17,206	58,913
2,5	42,25	21,090	80,003
3	30,23	15,090	95,093
3,5	9,24	4,612	99,705



Φ_5	Φ_{16}	Φ_{25}	Φ_{50}	Φ_{75}	Φ_{84}	Φ_{95}
-1,7	-0.37	0,65	1,8	2,4	2,6	3,0

Μέσος όρος	$M = 1.343$
Ταξινόμηση	$\sigma = 1,454$
Λοξότητα	$Sk = -0,475$
Κύρτωση	$Ku = 1,100$

Χαρακτηρισμός δείγματος : Χονδρόκοκκη άμμος

Κακή ταξινόμηση

Έντονα αρνητική λοξότητα

Μεσόκυρτη κύρτωση



Δείγμα 7

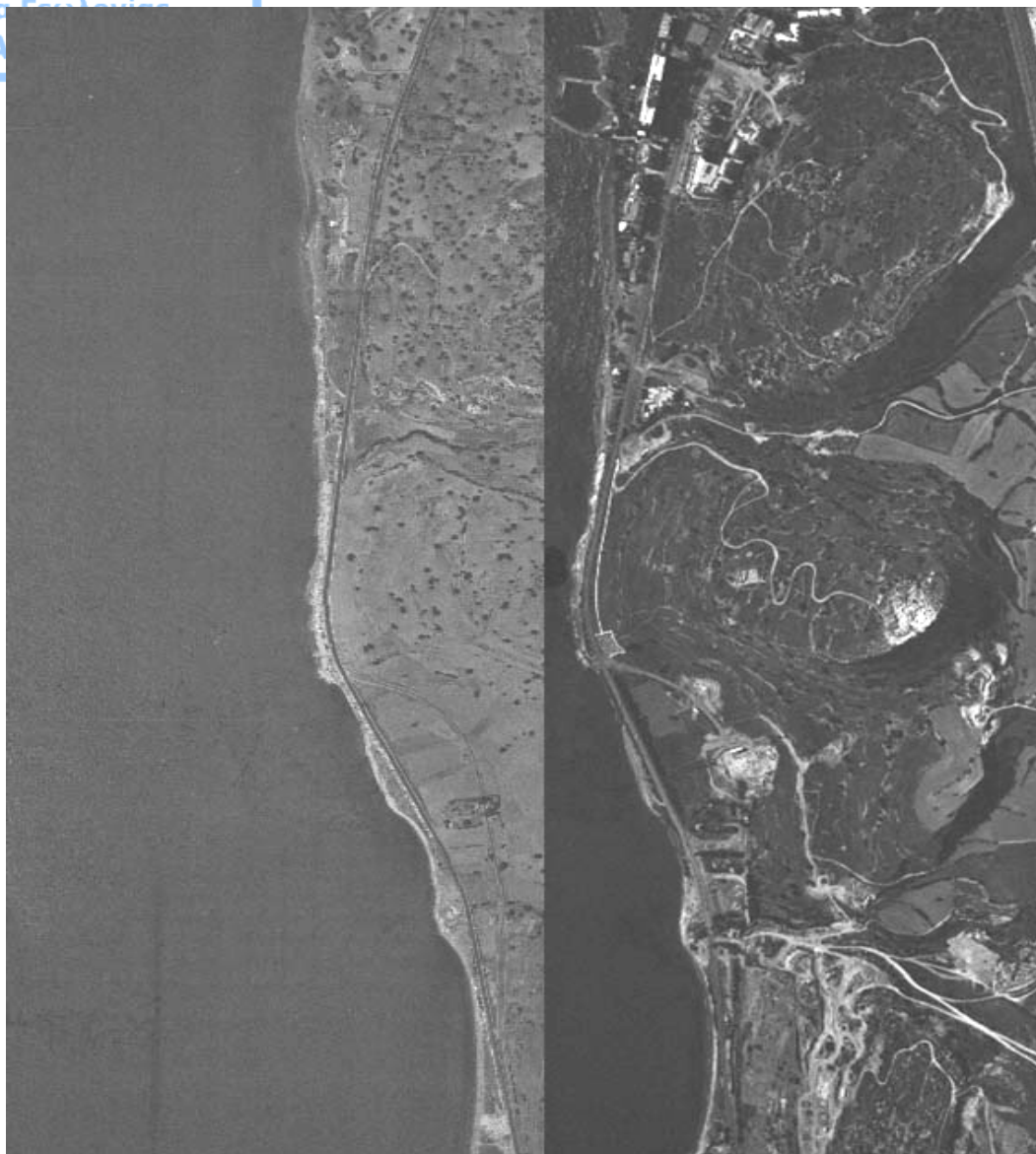
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΑΚΤΗΣ ΤΗΣ ΛΕΜΕΣΟΥ

Στην περιοχή της Λεμεσού το μεγαλύτερο τμήμα της παράκτιας ζώνης έχει δεχτεί ανθρωπογενείς επιδράσεις και δεν βρίσκεται σε φυσική κατάσταση. Σε πολλές θέσεις η παραλία δεν τροφοδοτείται επαρκώς με άμμο, με αποτέλεσμα όπου δεν προστατεύεται τεχνητά να παρατηρούνται έντονα φαινόμενα διάβρωσης.

Σύγκριση της θέσης της ακτής του 1963 με αυτή του 1993 από αεροφωτογραφίες δείχνουν τη διάβρωση κατά μήκος της ακτής. Ειδικά οι παραλίες που βρίσκονται δυτικά του ξενοδοχείου Churchill και ανατολικά, κοντά στη ναυτική λέσχη Λεμεσού, είναι σε κακή κατάσταση (Σχήματα 6 και 7).



Σχήμα 6: Σύγκριση αεροφωτογραφιών παράλια της Λεμεσού. Αριστερά αεροφωτογραφία που τραβήχτηκε Οκτώβριο 1963 και δεξιά Νοέμβριο 1993.



Σχήμα 7: Σύγκριση αεροφωτογραφιών παράλια της Λεμεσού. Αριστερά αεροφωτογραφία που τραβήχτηκε Οκτώβριο 1963 και δεξιά Νοέμβριο 1993

Μεταφορά και διάβρωση της ακτής

Οι υπολογισμοί που έγιναν σε τμήματα της ακτής χωρίς ανθρωπογενείς επεμβάσεις δείχνουν ότι στον κόλπο της Λεμεσού επικρατούν μεταφορικές τάσεις προς τα ανατολικά, που απομακρύνουν την άμμο από την παραλία προς την ανοικτή θάλασσα. Εντούτοις, κατά τη διάρκεια του χειμώνα μια μικρή ποσότητα άμμου επιστέφει προς τα δυτικά και προστίθεται πίσω στην παραλία, κατά τη διάρκεια μεγάλων τρικυμιών που προέρχονται από ανατολική κατεύθυνση.

Οι πιθανοί υπολογισμοί μεταφορών μακριά από την ακτή δείχνουν μια αντιστροφή στην πορεία μεταφοράς η οποία πραγματοποιείται στην παράκτια περιοχή μεταξύ των ξενοδοχείων Park και Azur (πριν το παλιό δέλτα του ποταμού της Γερμασόγειας). Το γεγονός ότι η περιοχή μεταξύ του ξενοδοχείου Churchill και των ναυτικών λεσχών Λεμεσού και Αμμοχώστου είναι σε κακή κατάσταση, εξηγείται στο ότι αυτή εκτίθεται περισσότερο στα κύματα που προέρχονται από την ανατολική διεύθυνση που οδηγεί σε δυτικές μεταφορές. Σε αντίθεση το Κάβο Γάτα προστατεύει αυτήν την περιοχή από τα κύματα που προέρχονται από δυτικά και νοτιοδυτικά.

Από το 1970 μέχρι το 1980, 4 κάθετοι πρόβολοι (groynes) κατασκευάστηκαν κατά μήκος αυτής της έκτασης της ακτής, χωρίς επίσημη άδεια. Ο πρωταρχικός σκοπός τους ήταν να παγιδέψουν την άμμο και να δημιουργήσουν μια αμμώδη παραλία μπροστά από το ξενοδοχείο Churchill και τις ναυτικές λέσχες. Στα ανατολικά του απροστάτευτου τμήματος, βρίσκεται μια σειρά αποσυνδεδεμένων παράλληλων κυματοθραυστών, οι οποίοι κατασκευάστηκαν το 1988-1989. Οι ασύνδετοι παράλληλοι κυματοθραύστες κατασκευάστηκαν κατά μήκος των παρακείμενων πλευρών των κάθετων προβόλων για την προστασία της απροστάτευτης ακτής.

Το πρόβλημα αυτής της περιοχής επικεντρώνεται στην ανάγκη εφαρμογής μέτρων παράκτιας προστασίας, προκειμένου να λυθούν τα υπάρχοντα προβλήματα διάβρωσης στην απροστάτευτη περιοχή. Επίσης και για να βελτιώσει την ποιότητα της παραλίας.

Άλλα προβλήματα

Ένα άλλο ζήτημα που πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά τη διάρκεια εφαρμογής ενός σχεδίου προστασίας και αποκατάστασης της ακτής είναι η παράκτια ρύπανση των υδάτων και η βελτίωση της ποιότητας νερού.

Οι κάθετοι πρόβολοι και οι ασύνδετοι παράλληλοι κυματοθραύστες παρεμποδίζουν την δράση των κυμάτων και των θαλάσσιων ρευμάτων με αποτέλεσμα την περιορισμένη ανανέωση των νερών στην παράκτια ζώνη (Σχήμα 8). Τα στάσιμα νερά που εμφανίζονται εποχιακά στην προστατευόμενη ζώνη από τους κυματοθραύστες είναι ένας αρνητικός παράγοντας για την ποιότητα του νερού. Επίσης η εκλεκτική συσσώρευση του πολύ λεπτού ιζήματος στις προστατευόμενες ζώνες είναι σημαντική για την ανάπτυξη των οργανισμών που ζουν πάνω και μέσα στο βυθό. Αυτό μπορεί να έχει δυσμενείς επιπτώσεις στις συνθήκες αισθητικής και υγιεινής. Έτσι είναι σημαντικό να προσδιοριστεί μέχρι ποιο σημείο οι διάφορες παράκτιες δομές θα έχουν αρνητικά αποτελέσματα στην παράκτια κυκλοφορία ικανά να επηρεάσουν την ποιότητα του νερού.

Μέτρα για την παράκτια προστασία και την αποκατάσταση

Ένα ιδανικό μέτρο για τη μελλοντική παράκτια ανάπτυξη, που στοχεύει στη βελτίωση της ποιότητας της παραλίας και ακτής, θα ήταν η αφαίρεση όλων των υπαρχόντων δομών, σε συνδυασμό με την εκτέλεση μιας σημαντικής τροφοδότησης άμμου κατά μήκος της ακτής. Παρόλα αυτά, το μέτρο αυτό θα απαιτήσει πολύ μεγάλες δαπάνες, όπως τις υψηλές δαπάνες συντήρησης για το περιοδικό ξαναγέμισμα της παραλίας στο μέλλον, για να διατηρηθεί ένα ικανοποιητικό πλάτος. Η λύση αυτή γενικώς απορρίπτεται.

Επίσης, η κατασκευή των κάθετων προβόλων, ως μέτρο λύσης δεν συστήνεται, λόγω των αναμενόμενων προβλημάτων ποιότητας του νερού στους κόλπους και τη μικρότερη αποτελεσματικότητά της για αποτροπή της διάβρωσης που προκαλείται από την παράκτια μεταφορά. Με το κάθετο σύστημα groyne η παραλία εκτίθεται πλήρως στην δράση των κυμάτων παράλληλα στην ακτή.

Οι υποθαλάσσιοι κυματοθραύστες σε συνδυασμό με την ύπαρξη παράλληλων κυματοθραυστών μειώνουν τις απώλειες της παραλίας. Η μορφή της παραλίας θα αποκτήσει ένα κανονικό προφίλ χωρίς να σχηματίζονται ισχυρές προεξοχές ή

τόμπολα (αναχώματα από ασύνδετα υλικά). Αν και σε μικρή κλίμακα, αυτό θα επιτρέψει να συνεχιστεί η μεταφορά ιζημάτων. Οι καταδυόμενοι κυματοθραύστες θα είναι πορώδεις για να ελαχιστοποιήσουν την αντανάκλαση των κυμάτων και την τριβή. Επίσης, πλεονέκτημα των καταδυόμενων κυματοθραυστών πέρα από τους απλούς είναι ότι δεν θα επηρεάζεται η ποιότητα του νερού στην προφυλαγμένη περιοχή.



Σχήμα 8: Παράνομοι παράλληλοι κυματοθραύστες που υπάρχουν σήμερα στην περιοχή

Μέτρα για την προστασία από τη διάβρωση

Τα μέτρα αυτά, με βάση τη λειτουργία τους διαιρούνται σε τρεις ομάδες:

1) Μέτρα αποκατάστασης της παραλίας:

- τεχνητή τροφοδότηση (χωρίς πρόσθετες κατασκευές)
- εγκιβωτισμός με δημιουργία αναβαθμών από γεω-ύφασμα (perched beach)

2) Μέτρα για να μειωθεί το ποσοστό της μεταφοράς κατά μήκος ή / και διαγώνια της ακτής:

- κάθετοι πρόβολοι (groynes)
- ασύνδετοι κυματοθραύστες
- τεχνητός φραγμός

3) Μέτρα για αποτροπή διάβρωσης από τα κύματα:

- seawall
- αναχώματα

1) Μέτρα αποκατάστασης της παραλίας

- *Τεχνητή τροφοδότηση άμμου/ χαλικιών*

Η τροφοδότηση της παραλίας με άμμο αποτελεί μια μέθοδο μείωσης της παράκτιας διάβρωσης. Η τροφοδότηση μπορεί να γίνει με δύο τρόπους: με την εισαγωγή άμμου και με τη δημιουργία εργοταξίων παραγωγής άμμου, θαλάσσιας ή χερσαίας προέλευσης. Η τροφοδότηση αυτή είναι μια διαδικασία που στις περισσότερες περιπτώσεις πρέπει να επαναλαμβάνεται περιοδικά.

Η μέθοδος αυτή θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί μόνη ή σε συνδυασμό με τις προστατευτικές δομές, όπως τους κάθετους προβόλους και τους αποσυνδεδεμένους (υποθαλάσσιους) κυματοθραύστες.

Μια σημαντική παράμετρος της τροφοδότησης είναι το μέγεθος της άμμου, όσον αφορά τη φυσική άμμο. Δηλαδή, εάν η τροφοδοτούμενη άμμος είναι λεπτότερη από την φυσική, τότε το λεπτότερο υλικό θα παρασύρεται πιο εύκολα μακριά. Αυτό απαιτεί μεγάλη ποσότητα τροφοδότησης.

Οι ακόλουθοι κύριοι τύποι τροφοδοτήσεων μπορούν να διακριθούν:

➤ τροφοδότηση θινών

Η άμμος είναι τοποθετημένη ψηλά επάνω στη ξηρά παραλία ενάντια στις θίνες . Αυτό παρέχει πρόσθετη ασφάλεια ενάντια στις πλημμύρες των χαμηλών εδαφών κατά τη διάρκεια ακραίων καιρικών συνθηκών. Η άμμος διαβρώνεται μόνο κατά τη διάρκεια των πιο ακραίων υδραυλικών συνθηκών.

➤ τροφοδότηση παραλιών

Η άμμος τοποθετείται στην υγρή και ξηρά παραλία. Η άμμος θα μεταφερθεί αρχικά με ένα σχετικά υψηλό ποσοστό κατά μήκος της ακτής και σε μια παράκτια κατεύθυνση μέχρις ότου διαμορφωθεί ένα δυναμικό προφίλ ισορροπίας. Μετά από αυτό η διάβρωση θα συνεχιστεί με ένα παρόμοιο ποσοστό όπως πριν από την τροφοδότηση.

➤ τροφοδότηση του αβαθούς παράκτιου τμήματος

Η άμμος τοποθετείται στο υποθαλάσσιο παράκτιο τμήμα (μέχρι ένα βάθος για παράδειγμα 5 m). Κατόπιν η άμμος θα μεταφερθεί με την κυματική δράση, τόσο στο υποθαλάσσιο όσο και στο χερσαίο τμήμα της ακτής μέχρι να διαμορφωθεί ένα δυναμικό προφίλ ισορροπίας. Είναι σαφές ότι η τροφοδότηση ακτής είναι λιγότερο αποτελεσματική από την τροφοδότηση παραλιών, αλλά είναι φθηνότερη.

▪ *Εγκιβωτισμένη παραλία (perched beach)*

Η εγκιβωτισμένη παραλία (perched beach) συνδυάζει μια τροφοδότηση παραλιών με ένα χαμηλό υποβρύχιο φράγμα. Αυτή η εναλλακτική λύση χρησιμοποιείται εάν είναι διαθέσιμος ένας μικρός όγκος άμμου ή μόνο λεπτή άμμος. Έτσι η παραλία μπορεί να διαμορφωθεί σε στρώσεις, από ένα σώμα πυρήνων π.χ. χαλικιών που προστατεύονται από γεωφάσμα, δημιουργούν την κατάλληλη κλίση ισορροπίας και καλύπτονται με ένα σχετικά λεπτό στρώμα άμμου, καλής ποιότητας. Η προτεινόμενη αυτή λύση είναι πολύπλοκη και σχετικά ευαίσθητη στις ακραίες συνθήκες κυμάτων.

2) Μέτρα για μείωση του ποσοστού μεταφοράς κατά μήκος ή/και διαγώνιος της ακτής:

▪ *Εγκάρσιοι Πρόβολοι (Groynes)*

Ο βασικός σκοπός ενός εγκάρσιου προβόλου groyne είναι να μειωθεί η παράκτια κλίση και να συσσωρευτεί η άμμος στην προσήνεμη πλευρά του. Αυτό θα μπορούσε να είναι μια καλή λύση σε ειδικές περιπτώσεις, όπου έτσι κι αλλιώς το ίζημα θα

χανόταν στα παράκτια βάθη, όπως τα κοντινά λιμάνια ή ένα φυσικό ακρωτήριο. Μια ειδική περίπτωση είναι ένα μεγάλο ενιαίο groyne (ένα τεχνητό ακρωτήριο), διαμορφώνοντας μια καμπυλωτή προσήνεμη παραλία με σχεδόν καμία μεταφορά κατά μήκος της ακτής (Σχήμα 9). Ένας συνδυασμός δύο κάθετων προβόλων, με κυρτές κορυφές, μπορεί να δημιουργήσει έναν προστατευόμενο κόλπο όπου η κινητικότητα των κυμάτων και του ιζήματος να μειώνεται. Το πρόβλημα στις περισσότερες περιπτώσεις είναι ότι η διάβρωση εμφανίζεται (και μερικές φορές ακόμη και αυξάνεται) στην υπήνεμη πλευρά των προβόλων (groynes). Τόσο στην πραγματικότητα το πρόβλημα διάβρωσης μεταφέρεται στην υπήνεμη πλευρά, οδηγώντας σε πολλές περιπτώσεις στην υπήνεμη πλευρά του συστήματος κάθετων προβόλων κατά τη διάρκεια των χρόνων, που οδηγεί σε μια απώλεια ελέγχου από άποψη διαχείρισης των ακτών. Επιπλέον, το πιθανό πρόβλημα της απώλειας άμμου στην παράκτια διεύθυνση ενδεχομένως θα συνεχιστεί ή μπορεί ακόμη και να επιτευχθεί από τους κάθετους προβόλους.

Σε περίπτωση σειράς σχετικά μικρών προβόλων, η ακτή μεταξύ των προβόλων τείνει να ευθυγραμμιστεί παράλληλα στην κορυφή των εισερχόμενων κυμάτων, με συνέπεια τοπική μείωση της μεταφοράς κατά μήκος της ακτής και συνεπώς μια τοπική διάβρωση στην υπήνεμη πλευρά. Το μήκος και η απόσταση των κάθετων προβόλων, μαζί με τις δεδομένες συνθήκες κυμάτων, καθορίζουν τη διαμόρφωση της παραλίας.



Σχήμα 9: Κάθετοι πρόβολοι (groynes) στην υπό μελέτη περιοχή

■ *Ασύνδετος κυματοθραύστης*

Ένας ασύνδετος κυματοθραύστης μειώνει το ύψος των κυμάτων στην περιοχή πίσω από τον κυματοθραύστη. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα μια τοπική μείωση της μεταφοράς ιζημάτων, τόσο κατά μήκος της ακτής όσο και προς την ανοικτή θάλασσα. Μετά το πέρας της ζώνης των ασύνδετων κυματοθραυστών η παράλληλη παράκτια στερεομεταφορά αυξάνεται πάλι και οδηγεί σε μια τοπική διάβρωση. Οι ασύνδετοι κυματοθραύστες είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικοί στη μείωση της διάβρωσης των ακτών στις θέσεις όπου εμφανίζεται η παράλληλη στην ακτή παράκτια μεταφορά ιζημάτων. Αυτή η παράκτια μεταφορά ιζημάτων διακόπτεται από τον κυματοθραύστη.

Οι ασύνδετοι κυματοθραύστες έχουν συνήθως τη μορφή ενός τεχνητού φράγματος, ή αναχώματος στη θάλασσα, λιγότερο ή περισσότερο παράλληλο στην ακτή.

Ένας ασύνδετος κυματοθραύστης λειτουργεί στην πράξη ως συσσωρευτής άμμου. Η διάθλαση κυμάτων και στις δύο πλευρές θα οδηγήσει σε τοπικές μεταφορές κατά μήκος της ακτής στην προστατευόμενη ζώνη. Αυτό προκαλεί διάβρωση των δύο παρακείμενων παραλιών. Σε ανεπιτυχείς περιπτώσεις, και τα δύο αποτελέσματα είναι

ανεπιθύμητα, επειδή μπορεί να διαμορφωθεί ένα ανεπιθύμητο τόμπολο και οι παρακείμενες παραλίες μπορούν να διαβρωθούν πέρα από ένα αποδεκτό όριο. Εάν χτίζονται περισσότεροι από ένας κυματοθραύστες, κατόπιν το διάστημα μεταξύ τους πρέπει να σχεδιαστεί σε σχέση με την απόσταση του κυματοθραύστη από την ακτή.

▪ *Υποθαλάσσιος φραγμός*

Η μορφή του πυθμένα της θάλασσας επηρεάζει άμεσα τη διάδοση των κυμάτων. Αυτό μπορεί να εφαρμοστεί με τον ακόλουθο τρόπο. Εάν χτιστεί ένας τεχνητός υποθαλάσσιος φραγμός, μπορεί να σχεδιαστεί κατά τέτοιο τρόπο ώστε λόγω της μορφής του, η ενέργεια των κυμάτων εκτρέπεται από τη παραλία που διαβρώνεται σε μια πιο ανέπαφη περιοχή. Ένας τέτοιος τεχνητός φραγμός μπορεί να θεωρηθεί ως υποβρύχιο τεχνητό νησί. Λόγω της διάθλασης των κυμάτων πέρα από το φραγμό, τα κύματα θα αποκλίνουν και θα συγκλίνουν. Αυτό θα προκαλέσει μια τοπική μείωση και αλλού μια αύξηση της ενέργειας των κυμάτων κατά μήκος της ακτής, και συνεπώς θα εμφανιστεί μια μορφή διάβρωσης και ιζηματογένεσης αντίστοιχα. Η συνολική ενέργεια των κυμάτων (εκτός από μια ενισχυμένη θραύση κυμάτων) θα παραμείνει η ίδια. Με το σχεδιασμό του τεχνητού φραγμού μπορεί να ληφθεί ένα αποτελεσματικό αμυντικό μέτρο.

▪ *Υποθαλάσσιοι Κυματοθραύστες*

Ο υποθαλάσσιος κυματοθραύστης μπορεί να θεωρηθεί ως συνδυασμός του ασύνδετου κυματοθραύστη και του τεχνητού φραγμού. Η κύρια λειτουργία του είναι να ενισχύσει την παράκτια θραύση των κυμάτων ώστε να μειωθεί η μεταφορά ιζημάτων πλησίον της ακτής. Η θραύση των κυμάτων πραγματοποιείται σε μεγαλύτερα βάθη απ' ό,τι θα εμφανιζόταν κανονικά. Η μορφή του υποθαλάσσιου κυματοθραύστη καθορίζεται από το σχεδιασμό και τη διατομή του. Η διατομή είναι πιο αποτελεσματική όταν η υποθαλάσσια κορυφή είναι κοντά στην επιφάνεια του νερού, ενώ οι κλίσεις και το πλάτος της κορυφής παίζουν ρόλο στην αποτελεσματικότητα της θραύσης των κυμάτων.

3) Μέτρα για αποτροπή των κυμάτων για διάβρωση του υλικού της ακτής

▪ *Αναχώματα και τοίχοι*

Τα αναχώματα και οι τοίχοι είναι δομές που έχουν αρχικό σκοπό να προστατεύσουν την ακτή και το έδαφος από τα κύματα. Προστατεύουν μόνο την

ακτή που βρίσκεται πίσω τους και όχι την ακτή μπροστά τους, ούτε τις παρακείμενες περιοχές. Εξαιτίας του γεγονότος ότι τοπικά κανένα ίζημα δεν μπορεί να παρασυρθεί από τα κύματα, ο βυθός θα διαβρωθεί στο μέτωπο και στην στην υπήνεμη πλευρά. Εάν η διάβρωση δεν είναι τοπική (π.χ. τοπικά ψηλά κύματα) αλλά επεκτείνεται σε όλη την ακτή(π.χ. λόγω της διακοπής του ανεφοδιασμού ιζημάτων των ποταμών), η μέθοδος αυτή απαιτεί επιπρόσθετα μέτρα προστασίας.

Συνθήκες κυμάτων

Ο κόλπος της Λεμεσού προστατεύεται σχετικά καλά από τη χερσόνησο του Ακρωτηρίου, από την άμεση επίδραση τρικυμίας από τις δυτικές κατευθύνσεις. Τα υψηλότερα κύματα προέρχονται από το νότο ($165^\circ - 195^\circ$) και από το νοτιοδυτικό σημείο ($195^\circ - 225^\circ$).

Για το σχεδιασμό των παράκτιων δομών, για την αξιολόγηση της σταθερότητας της παραλίας και για τους υπολογισμούς της διάβρωσης κατά τη διάρκεια των τρικυμιών είναι απαραίτητες οι κανονικές και ακραίες συνθήκες κυμάτων καθώς και η στάθμη του νερού κατά τη διάρκεια τρικυμίας.

Για τον υπολογισμό της στάθμης του νερού κατά τη διάρκεια τρικυμίας πρέπει να ληφθούν υπόψη:

1. αστρονομική παλίρροια
2. εποχιακές μεταβολές: Η συμβολή των εποχιακών μεταβολών στη στάθμη του νερού κατά τη διάρκεια της εποχής τρικυμιών (Νοέμβριος-Μάρτιος) είναι αμελητέα
3. ανεμογενής ανύψωση του επιπέδου της θάλασσας /κύμα θύελλας
4. διαφορά βαρομετρικής πίεσης
5. ανύψωση της θαλάσσιας στάθμης από συμβολή σημαντικών κυματισμών

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην μελετούμενη περιοχή της Λεμεσού πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη η σταθεροποίηση και η βελτίωση των διαβρωμένων παραλιών. Μετά το 1968, όπου κτίστηκαν φράγματα στα οποία καταλήγουν οι ποταμοί Γαρύλλης και Γερμασόγειας, η τροφοδότηση της παραλίας σε υλικό μειώθηκε σημαντικά. Αυτό σε συνδυασμό με την κατασκευή μιας σειράς παράνομων και μη αποτελεσματικών κυματοθραυστών και κάθετων προβόλων (groynes) οδήγησε την περαιτέρω διάβρωση της ακτής.

Στόχος των προτεινόμενων μέτρων είναι να διατηρηθεί και για να προστατευθεί η υπάρχουσα ακτή, για να σταματήσουν τα προβλήματα διάβρωσης και για να βελτιωθεί η όψη της παραλίας και της ακτής.

Προτείνεται τεχνητή τροφοδότηση της παραλίας με φερτό υλικό, αντικατάσταση των παράνομων κυματοθραυστών και προβόλων με υποθαλάσσιους κυματοθραύστες. Οι υποθαλάσσιοι κυματοθραύστες έχουν το πλεονέκτημα πέρα από τους κυματοθραύστες στο γεγονός ότι η πλατφόρμα παραλιών θα υιοθετήσει μια κανονική ακτογραμμή χωρίς το σχηματισμό ισχυρών προεξοχών ή τομπόλων. Αυτό θα έχει μια θετική επίδραση στον όγκο άμμου που απαιτείται για την τροφοδότηση παραλιών. Η ποιότητα νερού στην περιοχή πίσω από τους κυματοθραύστες θα βελτιωθεί επίσης λόγω της μάλλον κανονικής ακτογραμμής και της κυκλοφορίας νερού, που προκαλούνται από τον αέρα και από τα κύματα που διαδίδονται πέρα από τους υποθαλάσσιους κυματοθραύστες. Σε γενικές γραμμές, είναι απαραίτητη η αφαίρεση όλων των κάθετων δομών στην περιοχή προκειμένου να βελτιωθεί περαιτέρω η ποιότητα νερού και για αισθητικούς λόγους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- DELFT HYDRAULICS, 1993a: Coastal Zone Management for Cyprus. Phase I Final Report. Ref. nr. H1456
- DELFT HYDRAULICS, 1994: Coastal Zone Management for Cyprus. Phase II Final Report. Ref. nr. H1456
- DELFT HYDRAULICS, 1995: Coastal Zone Management for Cyprus. Phase III Interim Report. Ref. nr. H1456
- DELFT HYDRAULICS, 1996: Coastal Zone Management for Cyprus. Phase III Final Report. Ref. nr. H1456
- Αστάρας Θ, Βαβλιάκης Ε, Ψιλοβίκος Α, Αλμπανάκης Κ. 2002. Φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον (σημειώσεις)
- Ψιλοβίκος Α. 1985. Στοιχεία Εφαρμοσμένης Ιζηματολογίας
- Αλμπανάκης Κ., 1996. Παράκτιες διεργασίες και ανθρωπογενείς επεμβάσεις στην παραλία του Πευκοχωρίου Χαλκιδικής. Ann. Geol. Des Pays Hell (εργασία)
- Μανάρας Γ, Πετράκης Σ, 2003. Παράκτιες γεωμορφολογικές διεργασίες και σύγχρονες μέθοδοι προστασίας από την παράκτια διάβρωση (εργασία)
- <http://kypros.org/Zypern/images/limassol.gif>
- <http://www.cipruwutazas.hu/pics/programok/limassol.jpg>
- http://www.solomassoret.com/user_files/limassol.jpg
- <http://www.cyplaza.com/maps/limassol.jpg>
- <http://www.3thechantry.co.uk/cyprus/Original%20Files/mapofcyprus.gif>
- <http://www.cyprus-holiday-guide.net/Images/Maps/cyprus-limassol-map.jpg>
- http://www.ucy.ac.cy/biostat2006/Conference_Files/maps/map-of-limassol-b.jpg
- http://image.pegs.com/images/UI/42362/42362_b1.jpg
- <http://www.repromedinternational.com/limassol.gif>
- <http://www.mlahanas.de/Greek/Cities/Cyprus01.gif>
- <http://www.chr-athanasiou.com/photos/limassol14jpg>