

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΕΡΓΩΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΑΚΤΩΝ, ΜΕ
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΛΙΑ ΤΟΛΟΦΩΝΑ, ΕΡΑΤΕΙΝΗΣ,
ΝΟΜΟΥ ΦΩΚΙΔΑΣ**

**ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ ΚΑΡΚΑΣΙΝΑΣ ΘΩΜΑΣ
ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Δρ. ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΦΟΥΡΝΙΩΤΗΣ**

ΠΑΤΡΑ – 02/06/2016

	Σελίδα
1. Εισαγωγή.	10
1.1 Στόχος και σκοπός της εργασίας	10
1.2: Εισαγωγή στα Λιμενικά έργα – η εφαρμογή τους.	10
2. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΛΙΜΕΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ	12
2. 1 Εσωτερικά λιμενικά έργα.	12
2.2 Εξωτερικά λιμενικά έργα.	13
2.2.1 Έργα με πρηνή.	16
2.2.2 Αναρρίχηση και μετάδοση κυματισμού.	18
2.2.3 Βυθισμένοι κυματοθραύστες.	18
2.2.4 Διαστασιολόγηση και ευστάθεια του έργου.	21
2.3 Ειδικά λιμενικά έργα.	22
2.3.1 Μη συμβατικοί κυματοθραύστες.	22
2.4 Έργα προστασίας ακτών.	23
3. Μορφολογικά και περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά της ευρύτερη περιοχής μελέτης..	27
3.1 Γενικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης.	27
3.2 Βαθυμετρία περιοχής μελέτης.	28
3.2.1 Ταχύτητα ήχου.	31
3.3 Κλιματολογικά στοιχεία από την (ΕΜΥ), (οριστική μελέτη ΑΔΚ, 2012)	32
3.3.1 Στοιχεία ανέμων στην περιοχή.	35
3.3.2 Παρουσίαση επιπλέον μετεωρολογικών μεγεθών.	38
3.4 Κυματικά χαρακτηριστικά.	39
3.4.1 Θαλάσσια ρέματα.	43
3.5 Μεταφορά ιζημάτων στοιχεία για την περιοχή μελέτης.	44
3.5.1 Σεισμική φόρτιση και περίοδος επαναφοράς, γενικότητες.	47
4 .Εφαρμογή και ανάλυση αποτελεσμάτων.	49
4.1 Προτεινόμενος τρόπος αντιμετώπισης διάβρωσης στη Παραλία Τολοφώνα, Ερατεινής – Υπολογισμοί.	49

4.1.1 Εκτίμηση της κλίσης πυθμένα της περιοχής μελέτης.	51
4.1.2 Υπολογισμός μήκους αναπτύγματος και στοιχεία ανέμων στην περιοχή.	53
4.1.3 Υπολογισμός χαρακτηριστικών κύματος με τη χρήση μεθόδων SMB, Jonswar.	54
4.1.4 Υπολογισμός χαρακτηριστικών κύματος και γεωμετρικά χαρακτηριστικά.	57
4.1.5 Υπολογισμός κυματογενής αναρρίχησης και συντελεστής ευστάθειας K_D .	65
5. Προτεινόμενο μοντέλο κατασκευής θωράκισης της μελέτης περιοχής σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα κεφάλαιο 4 και ανάλυσή τους. Αναφορά στα μηχανικά μέσα.	69
5.1 Διαχείριση έργου και μηχανήματα	71
5.1.1 Θέμα κατασκευής του έργου.	71
5.1.2 Τα μηχανικά μέσα.	72
5.2 Εύρεση και έλεγχος σε δοκιμές των ογκολίθων	76
5.3 Συντήρηση και αναβάθμιση του λιμενικού έργου.	76
6.Υφιστάμενη κατάσταση της περιοχής μελέτης.	78
7.Βιβλιογραφία.	82

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Μέσης μηνιαίας έντασης ανέμου και διεύθυνσή του (από οριστική μελέτη λιμενικών έργων, ΑΔΚ, 2012).	33
Πίνακας 2 : Κατανομή των μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης στο Βέλο Κορινθίας, για το διάστημα 1987-1997 (πηγή: ΕΜΥ) από την οριστική μελέτη.	34
ΠΙΝΑΚΑΣ 3. Αντιστοιχία ονομασίας ανέμου και προέλευσής του.(Μέμος, 2008).	36
ΠΙΝΑΚΑΣ 4: Κλίμακα Beaufort Ανέμων (Μέμος, 2008).	37
Πίνακας 5: Παρουσίαση στοιχείων ύψους κυμάτων, πιθανότητας εμφάνισής και περιόδου (από τη οριστική μελέτη λιμενικών έργων, ΑΔΚ, 2012).	41
Πίνακας 6: Χαρακτηριστικό ύψος κύματος για διάφορες περιόδους επαναφοράς από οριστική μελέτη (από οριστική μελέτη λιμενικών έργων) (ΑΔΚ, 2012).	42
Πίνακας 7: Ονοματολογία Εδαφικών Υλικών (Μέμος, 2008).	46
Πίνακας 8: Ελάχιστη Ζωή Σχεδιασμού Λιμενικών Έργων (Μέμος, 2008).	48
Πίνακας 9: Μήκος αναπτύγματος και η ένταση σε beau for.	54
ΠΙΝΑΚΑΣ 10: Υπολογισμός μήκος κύματος και περιόδου.	57
Πίνακας 11: Τα αποτελέσματα.	58
Πίνακας 12: Βάρος –Διαμέτρου λίθων (από Μέμος, 2008).	60
Πίνακας 13: Συντελεστής στρώσης και πορώδες για διάφορους ογκόλιθους.(Μέμος 2008)	61
Πίνακας 14: Συντελεστής K_D δοκιμές εύρεσής του.	65
Πίνακας 15: Συγκεντρωμένα αποτελέσματα.	66
Πίνακας 16 : Τιμές συντελεστή r για διάφορα χαρακτηριστικά πρανών. (Μέμος, 2008)	67

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ - ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1: Κατανομή των μέσης μηνιαίας έντασης ανέμων στο Βέλο Κορινθίας, για το διάστημα 1987-1997 (πηγή: ΕΜΥ, από την οριστική μελέτη λιμενικών έργων, 2012).	32
Διάγραμμα 2: Διάγραμμα ετήσιας βροχόπτωσης (με βάση στοιχεία από την οριστική μελέτη, ΑΔΚ, 2012).	33
Σχήμα 1: Διαμόρφωση και στοιχεία Κρηπιδώματος από Μέμο (2008).	13
Σχήμα. 2 Τύποι έργων προστασίας με πρηνή από το βιβλίο (Μέμος, 2008).	15
Σχήμα. 3: Ορισμός μεγεθών για την αναρρίχηση(Μέμος, 2008).	17
Σχήμα. 4: Αναρρίχηση R σε διαπερατά πρηνή κυματοθραυστών.(Μέμος, 2008).	17
Σχήμα. 5: Μετάδοση κυματισμού πάνω από βυθισμένο κυματοθραύστη ήπιας κλίσης πρηνούς.(Μέμος, 2008).	19
Σχήμα. 6: Μετάδοση κυματισμού πάνω από βυθισμένο κυματοθραύστη με εκτεταμένη θωράκισης (Μέμος, 2008).	20
Σχήμα. 7: Μετάδοση απλού κυματισμού πάνω από διαπερατό κυματοθραύστη με $d_s / h = 1.112$. (από Μέμος, 2008).	20
Σχήμα. 8: Ευσταθής διατομή τύπου S. (Μέμος, 2008).	22
Σχήμα 9: Απλή διατομή τύπος θαλάσσιων τοίχων (Μέμος, 2008).	24
Σχήμα 10: Υπερπήδηση παράκτιου έργου (Μέμος, 2008).	25
Σχήμα 11: Επιδράσεις των λιμενικών έργων στη μεταφορά ιζημάτων (διαμορφωμένο από Μέμο, 2008).	45
Σχήμα 12: Τυπικές διατομές της βαθυμετρίας κατά μήκος της παράκτιας ζώνης Τολοφώνα.	52

Σχήμα 13: Νομογράφημα αδιάστατων παραμέτρων μεθοδολογίας SMB πρόβλεψης χαρακτηριστικού ύψους και χαρακτηριστικής περιόδου ανεμογενών κυματισμών. (Δήμας, 2015).	55
Σχήμα 14: Κατηγορίας έργου πρανούς από Μέμος, 2008).	59
Σχήμα 15: Σκαρίφημα πρότασης διαμόρφωσης και θωράκισης πρανούς (μετώπου) με φυσικούς ογκόλιθους.	70
Σχήμα 16: Διαμόρφωση προστασίας ποδός για δυσμενείς συνθήκες διάβρωσης εντός του πυθμένα (από Μέμο, 2008).	71
Σχήμα 17: Κατασκευή θωράκισης με γερανό (Μέμος, 2008).	75
Σχήμα 18: Διάγραμμα μεθόδου κατασκευής έργου με πρανή (Μέμος, 2008).	75

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Κέντρο οικισμού Ερατεινής περίοδο 1960-1970 χειμώνας (προσωπικό αρχείο).	.7
Εικόνα 2: Κυματοθραύστης διπλού μετώπου με φυσικούς ογκολίθους (Διαδίκτυο 2).	14
Εικόνα 3: Κυματοθραύστης με φυσικούς ογκόλιθους παράλληλος και κατά μήκος όλης της ακτής στο εξωτερικό (Διαδίκτυο 1, 2016).	23
Εικόνα 4: Άποψη της ευρύτερης περιοχής Ερατεινής- Παραλίας Τολοφώνα (από το Google earth 2015).	27
Εικόνα 5: Διαδικασία λειτουργίας συστήματος γεωαναφοράς για την βυθομετρία. (από την οριστική μελέτη που έχει κατατεθεί στην περιφέρεια του νομού Φωκίδος, ΑΔΚ, 2012).	29
Εικόνα 6: Σύστημα λειτουργίας και τρόπος λήψης αποτελεσμάτων της βυθομετρίας (από οριστική μελέτη λιμενικών έργων, ΑΔΚ, 2012).	30
ΕΙΚΟΝΑ 7: Διαδικασία μέτρησης ταχύτητας ήχου με τη μέθοδο «τεχνητού βυθού» (εικόνα από την οριστική μελέτη με τίτλο οριστική μελέτη λιμενικών έργων – βυθομετρική αποτύπωση, ΑΔΚ, 2012).	31
Εικόνα 8. Στιγμιότυπο όπου απεικονίζεται ακραίο συμβάν κατά τη χειμερινή περίοδο 2014, στην παράκτια ζώνη της περιοχής μελέτης.	35

Εικόνα 9: Υφιστάμενη κατάσταση τμήματος παραλιακής οδού Παραλίας Τολοφώνας στην οποία εντοπίζεται σοβαρό πρόβλημα διάβρωσης, προσωπική λήψη, Οκτώβριος 2015 (i, ii). Στην εικόνα (iii) διακρίνεται η υποσκαφή.	50
Εικόνα 10: Έργο προστασίας με πρανή τεχνητούς και ογκολίθους από σκυρόδεμα (Διαδίκτυο 3).	51
Εικόνα 11: Σχήματα τεχνητών ογκολίθων διαφόρων κατηγοριών (Μέμος, 2008).	62
Εικόνες 12 : Τεχνητών ογκολίθων διαφόρων σχημάτων και κατηγοριών (Διαδίκτυο 5).	63
Εικόνα 13: Φορτηγό-γερανοί θαλάσσης. (Διαδίκτυο 4)	73
Εικόνα 14: Γερανός ξηράς τοποθέτηση ογκολίθων, (Διαδίκτυο 5).	73
Εικόνα 15: Τμήμα παραλιακής οδού Ερατεινής – Παραλίας Τολοφώνας (προσωπική λήψη, 3 Μαΐου 2016).	78
Εικόνες 16: Αρχικό τμήμα παραλίας Τολοφώνας προσωπικής λήψης έτος 2015.	79
Εικόνες 17: Τμήμα εντοπισμού σοβαρού προβλήματος παραλίας Τολοφώνας προσωπικής λήψης έτος 2015.	80
Εικόνες 18: Τμήμα διάβρωσης ακτής προσωπική λήψη Φεβρουάριος 2016.	81



Εικόνα 1: Κέντρο οικισμού Ερατεινής περίοδο 1960-1970 χειμώνας (προσωπικό αρχείο).

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος σπουδαστής έχω επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι συγγραφέας αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, αναλαμβάνοντας την ευθύνη επί ολοκλήρου του κειμένου εξίσου, έχω δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μου όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποίησα και έλαβα ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνω επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχουμε ενσωματώσει στην εργασία μας προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχω πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχω αναφέρει ανελλιπώς το όνομα του και την πηγή προέλευσής του.

Ο σπουδαστής
Καρκασίνας Θωμάς

(Υπογραφή)

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Βασική αρχή της πτυχιακής εργασίας είναι η αναφορά σε ένα σοβαρό πρόβλημα το οποίο δεν επίκειται μόνο εντός Ελλάδας και στα νησιά της αλλά σε όλα τα εκτεθειμένα παραλιακά μέρη της, τα οποία υστερούν με την σειρά τους από σωστά μέτρα προστασίας διαφύλαξης των αλλοιούμενων ακτών τους ή μη, αλλά και στο εξωτερικό. Στην Ελλάδα όμως υστερούμε αρκετά στον τομέα και έγκριση τέτοιων μεγάλων κατασκευαστικών έργων λόγω του μεγάλου κόστους, κάποιες φορές λόγω της μεγάλης γραφειοκρατίας και νομοθεσίας. Στην Πτυχιακή εργασία μου εντόπισα ένα μέρος στο οποίο τυχαίνει και είμαι μόνιμος κάτοικος Παραλία Τολοφώνας-Ερατεινής που αντιμετωπίζει σοβαρό πρόβλημα διάβρωσης και θα προτείνω ένα τρόπο επίλυσης, έργο προστασίας θωράκισης του παραλιακού μετώπου.

Καταρχάς θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όλους όσους συνέβαλαν στην πραγματοποίηση της Πτυχιακής μου εργασίας. Ευχαριστίες εκφράζονται στον κ. Νικόλαο Φουρνιώτη (επιβλέπων καθηγητής της πτυχιακής εργασίας μου, Πανεπιστημιακό Υπότροφο του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών Τ.Ε., του Τ.Ε.Ι. Δυτικής Ελλάδας), στον κ. Ιωάννη Σκόνδρα (Αγρονόμος Τοπογράφος Μηχανικός ασκούμενος του, στα πλαίσια της Πρακτικής Άσκησης, στο μελετητικό γραφείο του) για τις συμβουλές του. Επίσης, ευχαριστίες αποδίδονται στην κυρ. Βαϊνού Βαρβάρα (υπεύθυνη του Τμήματος Τεχνικών Έργων περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας, Νομού Φωκίδος) για τις τεχνικές πληροφορίες που μου χορήγησε καθώς και τις Τεχνικές Μελέτες και το τεχνικό σχέδιο που αξιοποιήθηκαν στην παρούσα Πτυχιακή Εργασία αποκλειστικά για ακαδημαϊκό σκοπό.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή έχει ως κύριο και βασικό της στόχο να παρουσιάσει, ότι ένα φυσικό φαινόμενο αυτό της διάβρωσης των ακτών είναι με την σειρά του πολύ πιο σύνθετο και το επηρεάζουν αρκετοί παράγοντες, κυματισμοί, η επίδραση των ανέμων και το φυσικό περιβάλλον και ανάγλυφο του πυθμένα κάθε περιοχής.

Στο κεφάλαιο 2 θα αναφερθούμε σε μερικές κατηγορίες αντιμετώπισης του προβλήματος, αφού αιτιολογήσουμε για το ποιά μέθοδο επιλέξαμε. Στο κεφάλαιο 3, γίνεται η πρώτη αναφορά στα μορφολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης όπου μας ενδιαφέρει (παραλία Τολοφώνας νομού Φωκίδας), στο κεφάλαιο 4 θα ξεκινήσουμε την διαδικασία επίλυσης και υπολογισμών όλων των παραμέτρων. Ειδικότερα, στο τέλος του κεφαλαίου 4 θα αναλύσουμε τα αποτελέσματα. Στο κεφάλαιο 5 θα προταθεί και θα επιλεγεί ένας τρόπο σχεδιασμού έργου θωράκισης της περιοχής μελέτης, επιπλέον σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει αναφορά και σε τρόπο κατασκευής του έργου, αλλά και πιθανά μηχανικά μέσα που θα απαιτηθούν για τη υλοποίησή του. Τέλος, στο κεφάλαιο 6 παρουσιάζεται η υφιστάμενη κατάσταση που επικρατεί στην περιοχή μελέτης σε συνδυασμό με φωτογραφικό υλικό που συγκέντρωσα αυτοπροσώπως κατά τη διάρκεια των τελευταίων χρόνων (2014-2016).

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΣΤΟΧΟΣ ΚΑΙ ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας είναι η αναγνώριση, της σπουδαιότητας ενός σοβαρού τεχνικού προβλήματος που είναι η διάβρωση των ακτών, καθώς η διαφύλαξη του περιβάλλοντα φυσικού τοπίου. Η επίτευξη ορθών κατασκευαστικών έργων στα σημεία εμφάνισης του προβλήματος, ώστε να μην χαθούν οι ακτές. Προκειμένου για την κατασκευή του έργου προστασίας θα αναζητηθούν τρόποι αντιμετώπισης της διάβρωσης των ακτών και την καταστροφή πιθανόν παλαιότερων έργων (π.χ. δρόμοι, πεζοδρόμια), αφού αναφερθούν θα επιλέξουμε εκείνον που είναι πιο βιώσιμος για το περιβάλλον και όσο πιο οικονομικός, εύκολος στην υλοποίησή του.

Η παρούσα εργασία δεν αποσκοπεί στο να αποδείξει, ότι συντρέχουν λόγοι προστασίας των παράκτιων ζωνών, (την οποία θεωρεί δεδομένη), αλλά έχει ως κύριο σκοπό την γνωστοποίηση του προβλήματος. Με την δημιουργία έργων και χρήση τεχνικών προστασίας των ακτών, του φυσικού, χερσαίου και υδάτινου συστήματος. Βασική προϋπόθεση για το σχεδιασμό ενός τέτοιου έργου είναι η εύρεση όλων των χαρακτηριστικών, που θα παίξουν σημαντικό ρόλο στην επίτευξη ενός ολοκληρωμένου έργου, τα οποία είναι μορφολογικά (έδαφος), περιβαλλοντικά της ευρύτερης περιοχής, κλιματολογικά, θαλάσσια χαρακτηριστικά (μορφολογία πυθμένα, κυματισμοί), μετεωρολογικά (άνεμοι διάρκεια πνοής, έντασης τους (m/h)) βροχοπτώσεις.

1.2 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΛΙΜΕΝΙΚΑ ΕΡΓΑ - Η ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ, ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥΣ ΣΕ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ

Λιμενικά έργα εννοούμε εκείνα τα έργα αρμοδιότητας Πολιτικού Μηχανικού, που υπεισέρχονται στο σχεδιασμό και την υλοποίηση της υποδομής των λιμένων και των συναφών εγκαταστάσεων. Οι λιμένες έχουν ως προορισμό της παροχή στα σκάφη και στη ροή προσώπων και αγαθών, που αυτά δημιουργούν τα κατάλληλα για κάθε περίπτωση

εξυπηρετήσεων. Βασική συνθήκη που πρέπει να ικανοποιείται από κάθε λιμένα είναι η εξασφάλιση ασφαλούς αγκυροβολίου στα σκάφη και η προστασία τους από τους ανέμους και τα κύματα. Τα λιμενικά έργα στην Ελλάδα άρχισαν να κατασκευάζονται κατά τις πρώτες δεκαετίες μετά τη σύσταση του ελληνικού κράτους με βραδείς ρυθμούς, που επιταχύνθηκαν ουσιαστικά μετά το 1870 όπου και εξασφαλίστηκαν οι συνθήκες χρηματοδότησης των έργων ανάπτυξης των διαφόρων λιμένων, αρχικά στα μεγάλα αστικά κέντρα (Πάτρα, Θεσσαλονίκη, Πειραιάς, Ηράκλειο) και μετέπειτα στον υπόλοιπο ελλαδικό χώρο τα νησιά (Μέμος, 2008).

Οι κατηγορίες που θα χωρίσουμε τα λιμενικά έργα είναι αρχικά σε δύο μεγάλες και μια ειδική κατηγορία, τα εξωτερικά λιμενικά έργα (βλ. παράγραφο 2.3, 2.4) τόσο με κατακόρυφο μέτωπο όσο και με πρηνή, το οποίο θα είναι και η πρότασή μας για τον τρόπο αντιμετώπισης του προβλήματος διάβρωσης ακτών, με θωράκιση της ακτής όπου παρατηρείται το πρόβλημα. Η δεύτερη κατηγορία είναι τα εσωτερικά λιμενικά έργα (συμβατικούς κρηπιδότοιχους βαρύτητας και άλλοι τύποι κρηπιδότοιχων ευρείας εφαρμογής) θα αναφερθούμε περιληπτικά (παράγραφος 2.1). Η τελευταία κατηγορία είναι ορισμένα ειδικά λιμενικά έργα (πλωτές προβλήτες, ναύδετα, μόνιμες δεξαμενές), στα οποία γίνεται μία απλή τους αναφορά (παράγραφος 2.2) (Μέμος, 2008).

Τέλος θα πρέπει να τονίσουμε την σπουδαιότητα της άρτιας εργασίας, από τεχνικής και οικονομικής άποψης, χάραξη και συσχετισμός των λιμενικών έργων προϋποθέτει εκτεταμένη συλλογή στοιχείων επί τόπου των έργων. Η συλλογή των στοιχείων θα πρέπει να γίνεται με μεγάλη προσοχή, με γνώση των συνθηκών λήψης των μετρήσεων και των ενδεχομένων σφαλμάτων.

2. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΛΙΜΕΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

2. 1. ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΛΙΜΕΝΙΚΑ ΈΡΓΑ

Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της διάταξης λιμένων είναι η ιδιαιτερότητα, καθώς σε όλον τον κόσμο, δεν πρέπει να υπάρχει ούτε ένα ζευγάρι λιμένων με ίδια διάταξη. Αυτή η μοναδικότητα δυσχεραίνει το έργο του μελετητή και αποκλείει την αντιγραφή έτοιμων δοκιμασμένων λύσεων (Δήμας, 2015).

Εσωτερικά λιμενικά έργα εννοούμε τα κάθε είδους κρηπιδώματα παραβολής των σκαφών στην προστατευόμενη λιμενολεκάνη. Επειδή τα έργα αυτά κατασκευάζονται στο εσωτερικό του λιμένα χαρακτηρίζονται ως εσωτερικά έργα. Σε ορισμένες περιπτώσεις συναντώνται βέβαια έργα παραβολής που δεν προστατεύονται από τα εξωτερικά λιμενικά έργα, όπως ναύδετα, κρηπιδώματα ανοικτής θαλάσσης. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν τα κρηπιδώματα που βρίσκονται στο εσωτερικό του λιμένα και ως εκ τούτου δεν δέχονται σημαντικές δράσεις από τους κυματισμούς (Μέμος, 2008).

Τα κρηπιδώματα χρησιμεύουν για την πρόσδεση των σκαφών, ώστε να είναι δυνατές οι κάθε είδους κινήσεις φορτοεκφόρτωσης εμπορευμάτων ή και επιβίβασης επιβατών. Για το σκοπό αυτό διαμορφώνεται ένα υπαρκτό ή νοητό κατακόρυφο μέτωπο, το μέτωπο παραβολής, στο οποίο πλευρίζει, πρυμνοδετεί γενικά προσδένει το σκάφος για να ακινητοποιηθεί. Το κατακόρυφο αυτό μέτωπο συνήθως οριοθετεί τη λιμενολεκάνη και το υδάτινο στοιχείο, ενώ παράλληλα συγκρατεί τις γαίες που διαμορφώνουν τους χερσαίους χώρους του λιμένα και το δάπεδο εργασίας των κρηπιδωμάτων. Ένας διαδεδομένος τύπος έργου παραβολής αφορά την διαμόρφωση του κατακόρυφου μετώπου μέσω προκατασκευασμένων ογκολίθων που τοποθετούνται ο ένας επί του άλλου. Επειδή ο τρόπος αυτός δόμησης ομοιάζει με κατασκευή τοιχοποιίας, το έργο αυτό συνήθως ονομάζεται κρηπιδότοιχος. Ο όρος αυτός χρησιμοποιείται κατά επέκταση και για άλλα έργα παραβολής που δεν διαμορφώνεται με τον παραπάνω τρόπο δόμησης. Η προβολή της ακμής του κρηπιδότοιχου στο οριζόντιο επίπεδο ονομάζεται κρηπίδα. Στην Σχήμα 2 δίνονται τα κύρια χαρακτηριστικά στοιχεία ενός τέτοιου έργου (Μέμος, 2008).



Σχήμα 1: Διαμόρφωση και στοιχεία Κρηπιδώματος από Μέμο (2008).

Επίσης μπορούμε να αναφέρουμε κάποιους τύπους κρηπιδοτοιχών ανάλογα με την μορφή και τη λειτουργία τους.

- (α) Έργα βαρύτητας
- (β) Εύκαμπτα διαφράγματα
- (γ) Κρηπιδότοιχοι ανοικτού τύπου

2.2 ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ ΛΙΜΕΝΙΚΑ ΕΡΓΑ

2.2.1 ΕΡΓΑ ΜΕ ΠΡΑΝΗ

Η πλέον συνήθης μέθοδος κατασκευής εξωτερικών λιμενικών έργων, ιδιαίτερα στη χώρα μας, είναι οι λιθορριπές που διατάσσονται σε τραπεζοειδή πρισματική μορφή με πρανή (Εικόνα 3). Η κεκλιμένη προς το πέλαγος παρειά συνιστά μηχανισμό απορρόφησης της ενέργειας των κυματισμών μέσω της θραύσης που προκαλεί, πλεονεκτώντας ως προς το κατακόρυφο μέτωπο που προκαλεί μόνιμο εξ ανακλάσεως κυματισμό. Άλλο βασικό πλεονέκτημα των εξωτερικών έργων από λιθορριπές έναντι των έργων με κατακόρυφο μέτωπο είναι η ευκαμψία μορφής που

παρουσιάζουν, σε μερική αστοχία του έργου, η μορφή του μεταβάλλεται ομαλά από τις δυνάμεις του περιβάλλοντος και η επισκευή της διατομής είναι σχετικά εύκολη. Τα έργα με λιθορριπές πλεονεκτούν επίσης ως προς τη σχετική ευκολία θεμελιώσεώς τους.



Εικόνα 2: Κυματοθραύστης διπλού μετώπου με φυσικούς ογκολίθους (Διαδίκτυο 2).

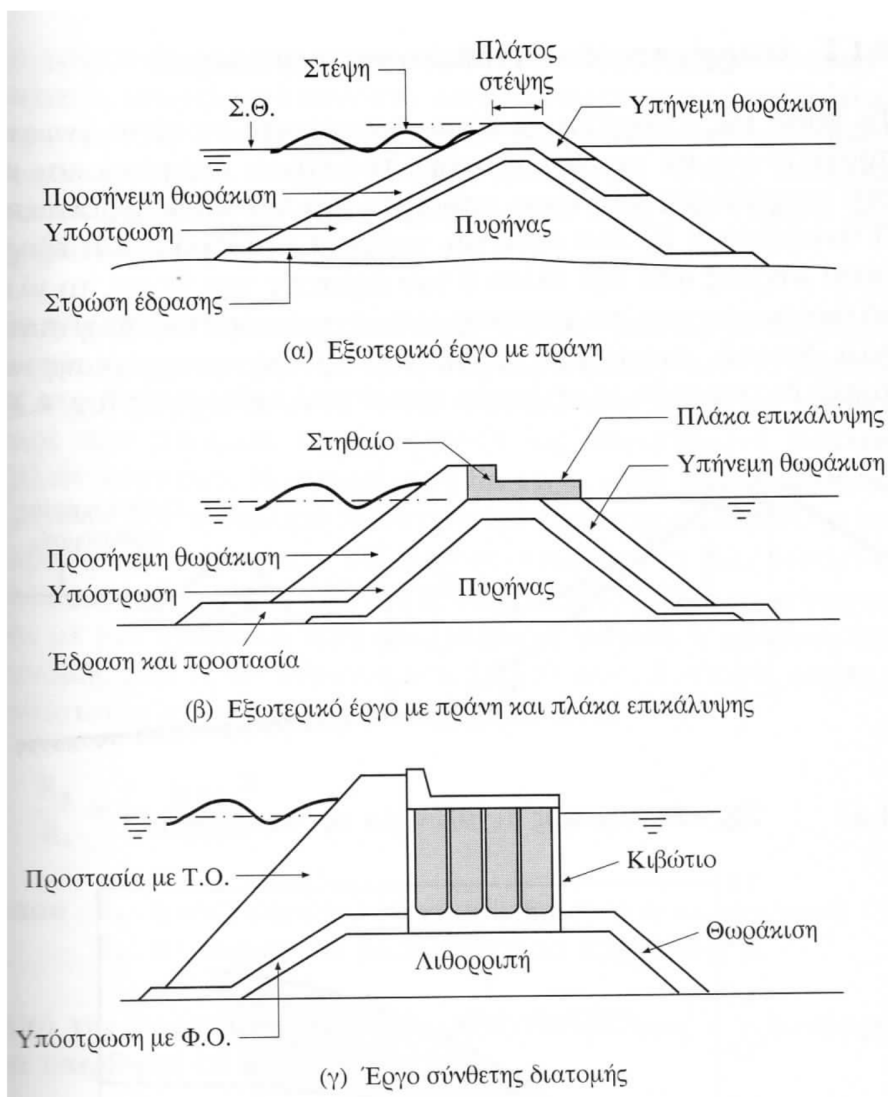
Βασικό μειονέκτημα θα μπορούσε να αναφερθεί ο μεγάλος όγκος υλικών που απαιτείται, λόγω των μεγάλων διαστάσεων του έργου η βάση του οποίου μπορεί εύκολα να φθάσει τα 100 m. Η συνήθης διατομή με πρηνή παρουσιάζει ύφαλο και έξαλλο τμήμα. Η στέψη του έργου καθορίζεται από το ποσοστό υπερπήδησης των κυματισμών που δέχεται προς την πλευρά της λιμενολεκάνης. Το πρόβλημα της υπερπήδησης καθώς και το θέμα της αναρρίχησης των κυματισμών στο προσήγεμο πρηνές θα αναφερθούμε παρακάτω πιο αναλυτικά. Σε ορισμένες περιπτώσεις κατασκευάζονται κυματοθραύστες που δεν διαθέτουν έξαλλα τμήματα.

Από άποψη μορφής διατομής των έργων με πρηνή μπορούμε να διακρίνουμε τους πιο κάτω τύπους:

(i) συμβατικής μορφής, όπου οι λιθορριπές τοποθετούνται σε επάλληλες στρώσεις που διαμορφώνουν και τη στέψη του έργου

(ii) με στηθαίο και πλάκα επικάλυψης για διαμόρφωση της στέψης

(iii) σύνθετης μορφής, όπου συνυπάρχουν πρανή στη προσήνεμη πλευρά και κατακόρυφο μέτωπο στην υπήνεμη. Το τελευταίο μπορεί να διαμορφωθεί από προκατασκευασμένο μονολιθικό κιβώτιο (caisson) για να εξυπηρετήσει ανάγκες πρόσδεσης σκαφών στην υπήνεμη πλευρά. Οι τύποι αυτοί δίνονται στο Σχήμα 2.



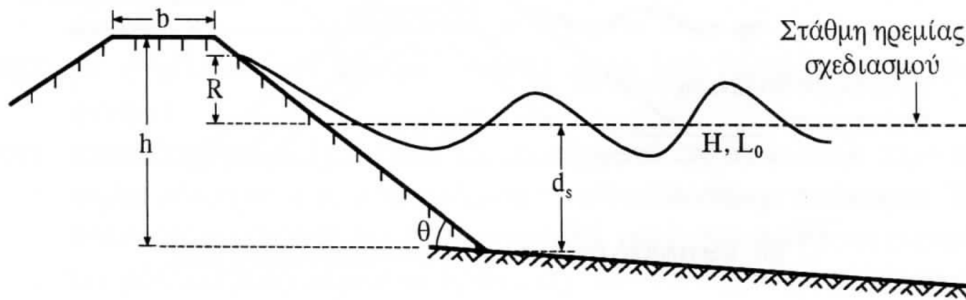
Σχήμα. 2 Τύποι έργων προστασίας με πρανή από το βιβλίο (Μέμος, 2008).

Η στέψη του έργου διαμορφώνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι δυνατή η προσπέλαση στα μηχανήματα που είναι απαραίτητα για τη συντήρηση και επισκευή του έργου (π.χ. συμπλήρωση ογκολίθων, λιθορριπών). Το σώμα της διατομής κατασκευάζεται από διαβαθμισμένες λιθορριπές και η εξωτερική στρώση από φυσικούς ογκολίθους εφόσον είναι δυνατό. Σε περίπτωση μη διαθεσιμότητας φυσικών ογκολίθων κατάλληλου βάρους τότε η εξωτερική στρώση μπορεί να διαμορφωθεί από τεχνητούς ογκολίθους. Πρόκειται για προκατασκευασμένους λίθους από σκυρόδεμα σε τυποποιημένες μορφές που εξασφαλίζουν συνένωση και ικανοποιητική απόσβεση της κυματικής ενέργειας.

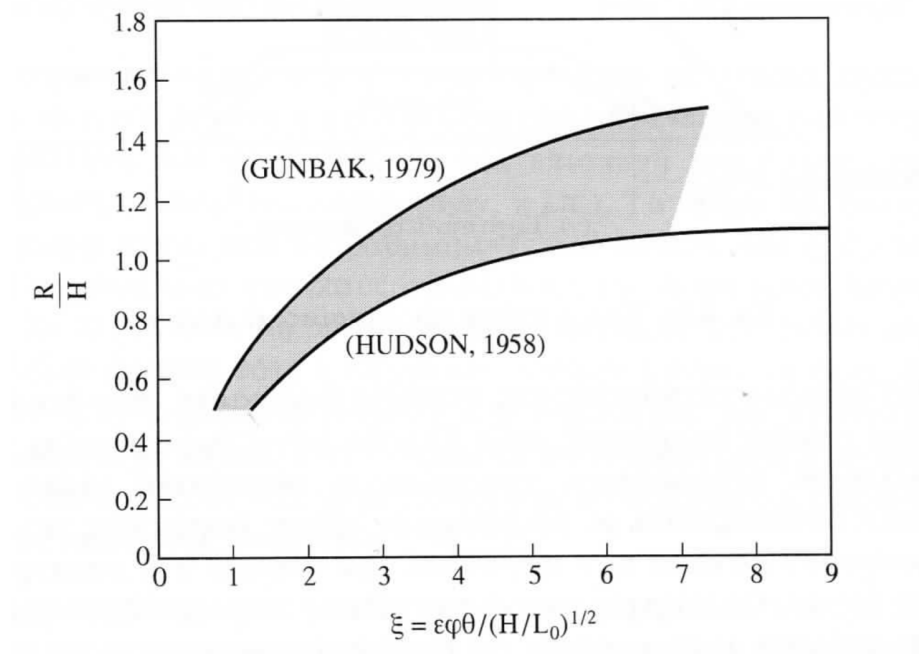
Επίσης μία αξιοσημείωτη μέθοδος κατασκευής της στρώσης θωράκισης, που δεν έχει τύχει ευρείας εφαρμογής στην Ελλάδα λόγω της αφθονίας κατάλληλων πετρωμάτων, χρησιμοποιεί ασφαλτικά υλικά τα οποία συνδυάζονται με μικρότερους λίθους θωράκισης και δημιουργούν μανδύα που συγκρατεί τον πυρήνα στο εσωτερικό του έργου. Οι παρειές αυτού του είδους παρουσιάζουν μικρή απορρόφηση ενέργειας και για αυτό διαμορφώνονται με πολύ ήπια κλίση κάτω του 1:5 (Μέμος, 2008).

2.2.2 ΑΝΑΡΡΙΧΗΣΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΤΟΥ ΚΥΜΑΤΙΣΜΟΥ

Το ποσό της αναρρίχησης είναι απαραίτητο να είναι γνωστό προκειμένου να ορισθεί η στέψη του έργου σύμφωνα και με την υπερπήδηση που είναι αποδεκτή για κάθε περίπτωση. Η αναρρίχηση R , που ορίζεται γραφικά στο Σχήμα 3,4, εξαρτάται κυρίως από την κλίση θ του πρηνούς του έργου, το υλικό θωράκισης και τα χαρακτηριστικά του κύματος. Στη συνέχεια παραθέτουμε διάγραμμα υπολογισμού της αναρρίχησης σε πρηνή διαπερατών εξωτερικών έργων από λιθορριπές Σχήμα 2 (Μέμος, 2008).



Σχήμα. 3: Ορισμός μεγεθών για την αναρρίχηση (Μέμος, 2008).



Σχήμα. 4: Αναρρίχηση R σε διαπερατά πρηνή κυματοθραυστών. (Μέμος, 2008).

Η περιοχή που είναι ανάμεσα στις δύο καμπύλες δίνει τις τιμές των πειραματικών αποτελεσμάτων, στο οποίο μπορούμε να λαμβάνουμε τις μικρότερες τιμές εφόσον έχουμε θωράκιση μεγάλου πορώδους, όπως από τεχνητούς ογκόλιθους. Αλλιώς συνίσταται να λαμβάνονται τιμές προς το άνω όριο του πεδίου Σχήμα. 4.

Στη συνέχεια τα παραπάνω αποτελέσματα ισχύουν για απλούς κυματισμούς ύψους H στη θέση του έργου και μήκους L_0 στα βαθιά. Όμως στη φύση εμφανίζονται σύνθετοι κυματισμοί που μπορούν να θεωρηθούν ως συνισταμένη πολλών απλών κυμάτων. Η αναρρίχηση θα είναι σε αυτή την περίπτωση μία μεταβλητή ποσότητα που παρακολουθεί τη μεταβολή του ύψους των επί μέρους κυμάτων σε μια δεδομένη θαλασσοταραχή.

2.2.3 ΒΥΘΙΣΜΕΝΟΙ ΚΥΜΑΤΟΘΡΑΥΣΤΕΣ

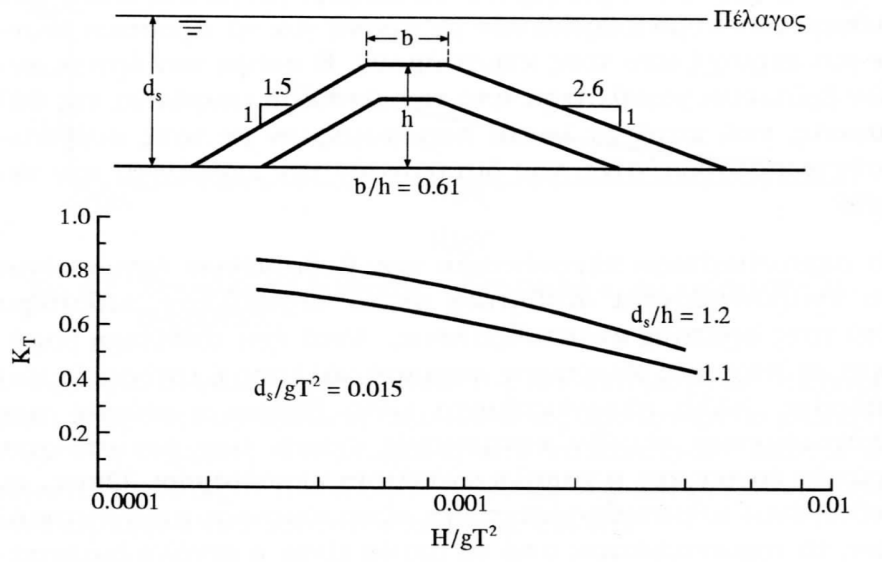
Μερικές φορές αναγκαζόμαστε να καταφύγουμε στη λύση των βυθισμένων κυματοθραυστών με πρηνή για να προστατεύσουμε μια περιοχή από τους κυματισμούς. Η στέψη των έργων αυτών βρίσκεται χαμηλότερα από την ελεύθερη επιφάνεια της θάλασσας, ενώ κατά τα λοιπά παρομοιάζουν με τους συμβατικούς κυματοθραύστες που διαπερνούν την επιφάνεια του νερού.

Το σημαντικότερο πλεονέκτημα των βυθισμένων έργων είναι ότι εναρμονίζεται αισθητικά με το περιβάλλον, καλύτερα από τους ορατούς κυματοθραύστες. Αυτό έχει ιδιαίτερη βαρύτητα σε περιοχές ιδιαίτερου φυσικού κάλλους ή ιστορικής παράδοσης, όπου και διατηρούμε ακέραιο προφυλάγουμε τον φυσικό περιβάλλον. Επίσης άλλα πλεονεκτήματα είναι βέβαια η μείωση των απαιτούμενων υλικών κατασκευής έναντι των αντίστοιχων ορατών έργων και η χαμηλή ανάκλαση κυματισμών. Όμως το ότι έχουν τόσο σημαντικά πλεονεκτήματα σε σημαίνει ότι δεν έχουν και κάποια σοβαρά προβλήματα τα οποία θα πρέπει να τονίσουμε, με σκοπό την επίτευξη και εκτέλεση του έργου με την καταλληλότερη μέθοδο (Μέμος, 2008).

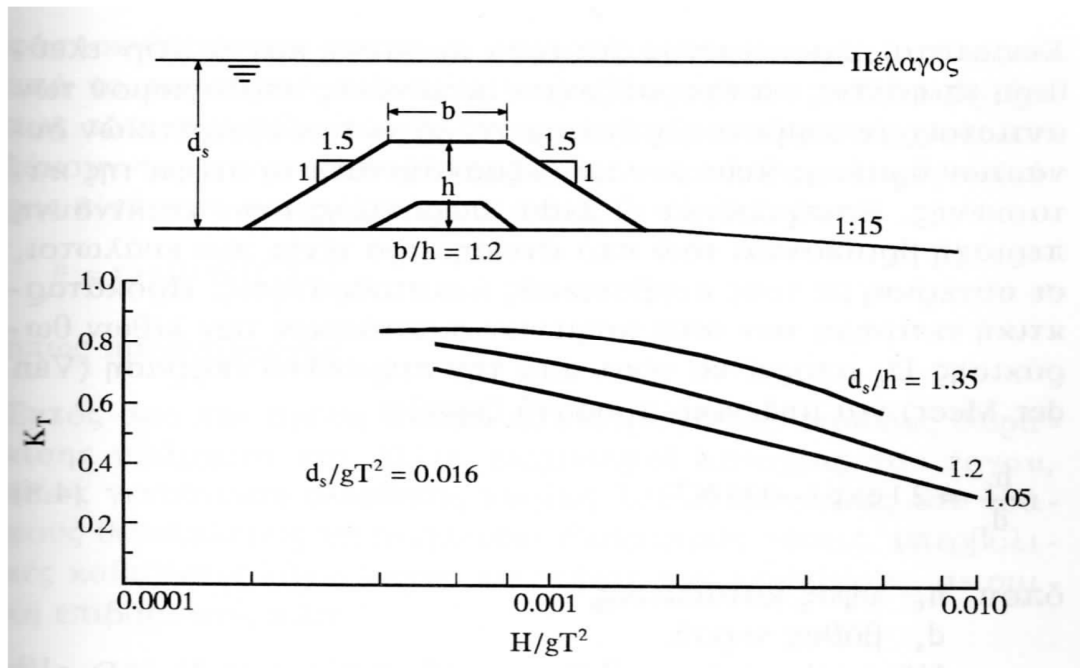
Οι βυθισμένοι κυματοθραύστες παρουσιάζουν στους κυματισμούς μεγάλη διαπερατότητα, για τους οποίους ισχύει συνήθως $K_t > 0.4$ (όπου K_t : συντελεστής διάδοσης κυματισμού) στα έργα αυτά, τίθεται επιπλέον κίνδυνος στη ναυσιπλοΐα. Διότι η μικρή απορρόφηση ενέργειας κυματισμών που παρουσιάζουν οι βυθισμένοι κυματοθραύστες οφείλεται στο ότι τα πρηνή τους δεν εκτείνονται στη ζώνη που μεταδίδεται το μεγαλύτερο ποσοστό της κυματικής

ενέργειας. Με σκοπό να είναι πιο αποτελεσματικό το βυθισμένο εξωτερικό έργο θα πρέπει η στέψη του να βρίσκεται όσο γίνεται κοντά στην ελεύθερη επιφάνεια. Ακόμα σε περιοχές που η στάθμη της θάλασσας παρουσιάζει σημαντική διακύμανση γίνεται προβληματική η πρόβλεψη τέτοιων έργων. Το ίδιο ισχύει σε περιοχές με έντονη κυματική δράση, εξαιτίας του μεγάλου συντελεστή μετάδοσης των κυματισμών.

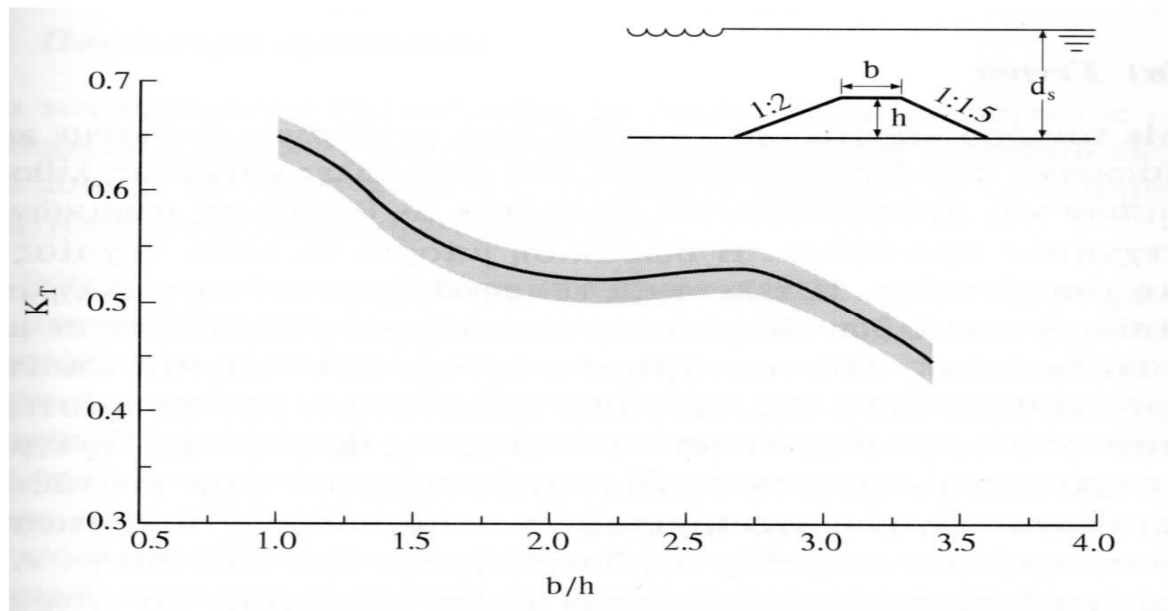
Για την καλύτερη απόδοση του έργου θα πρέπει το πλάτος της στέψης του έργου να προβλέπεται μεγάλο, έτσι θα συντελείται εκεί σημαντικό ποσοστό κυματισμών. Παρακάτω θα δώσουμε κάποια διαγράμματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν οδηγός στον υδραυλικό σχεδιασμό βυθισμένου κυματοθραύστη από λιθορριπές. (βλ . σχ. 5, 6,7).



Σχήμα. 5: Μετάδοση κυματισμού πάνω από βυθισμένο κυματοθραύστη ήπιας κλίσης πρανούς.(Μέμος, 2008).



Σχήμα. 6: Μετάδοση κυματισμού πάνω από βυθισμένο κυματοθραύστη με εκτεταμένη θωράκισης (Μέμος, 2008).



Σχήμα. 7: Μετάδοση απλού κυματισμού πάνω από διαπερατό κυματοθραύστη με $d_s/h=1.112$. (από Μέμος, 2008).

Σε έργα με στέψη κοντά στην ελεύθερη επιφάνεια, να εφαρμόζονται οι κανόνες υπολογισμού των αντίστοιχων συμβατικών διατομών, λόγω των εξαιρετικών δυνάμεων θραύσης κυμάτων που ασκούνται στη στέψη της κατασκευής. Οι λίθοι θωράκισης στην επικίνδυνη περιοχή βρίσκονται υπό άνωση, άρα είναι πιο ευάλωτοι, σε σύγκριση με τους συμβατικούς κυματοθραύστες.

2.2.4 ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΕΡΓΟΥ

Με τον όρο «εξωτερικά λιμενικά έργα» εννοούμε κατασκευές που διαμορφώνονται από επάλληλες στρώσεις λιθορριπών και προστατεύονται εξωτερικά με θωράκιση φυσικών ή τεχνητών ογκόλιθων. Η θωράκιση μπορεί να είναι τυχαίας ή μη τυχαίας τοποθέτησης. Η τελευταία εξασφαλίζει καλύτερη σύνδεση των λίθων θωράκισης και αυξημένη αντίσταση σε μετακίνησή τους από την κυματική δράση. Έχει διαπιστωθεί πως σημαντικός παράγοντας στην ευστάθεια του έργου είναι η σχέση μεταξύ των συχνοτήτων ταλάντωσης του νερού στο πορώδες της διατομής και έξω από αυτήν. Το οποίο έχει και άμεση συνάρτηση με την κυρτότητα του επερχόμενου κυματισμού, ενώ ως πλέον επικίνδυνη ζώνη περιγράφεται η θέση της ίσαλου στο πρηνές και συγκεκριμένα κατά την κάθοδο του κύματος, οπότε εξέρχεται η μάζα του νερού από το εσωτερικό του έργου προς το πέλαγος. Οι δυσμενέστερες υποπιέσεις που αυξάνουν τον κίνδυνο να παρασύρουν τους ογκολίθους, δίνεται για τις τιμές του Irribaren : $(\xi = \tan\theta / \sqrt{H/L_0})$, $2 < \xi < 3$ (Μέμος, 2008).

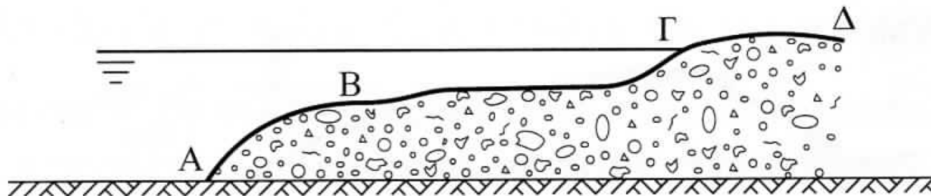
Εκτός από την άμεση τοπική καταστροφή της στρώσης θωράκισης υπάρχουν και άλλοι μηχανισμοί αστοχίας του έργου, όπως η ολίσθηση, κυρίως λόγω αδυναμίας του εδάφους θεμελιώσεως να παραλάβει διατμητικές τάσεις, υπερβολικές καθιζήσεις λόγω κακής ποιότητας του υπεδάφους, σεισμική επιβάρυνση.

Η συνηθέστερη μέθοδος που ακολουθείται για επιδιόρθωση των ζημιών σε τέτοια έργα περιλαμβάνει σχεδόν αποκλειστικά συμπλήρωση των διατομών με παρόμοια υλικά μέχρι να αποκατασταθεί ισορροπία του έργου με το φυσικό περιβάλλον του.

2.3 ΕΙΔΙΚΑ ΛΙΜΕΝΙΚΑ ΕΡΓΑ

2.3.1 ΜΗ ΣΥΜΒΑΤΙΚΟΙ ΚΥΜΑΤΟΘΡΑΥΣΤΕΣ

Οι κυματοθραύστες με πρηνή διαμορφώνονται σε διατομές με σχήμα που δεν είναι ευσταθές στο θαλάσσιο περιβάλλον εάν δεν προβλεφθεί η κατάλληλη θωράκιση των πρηνών. Αν το υλικό του πυρήνα αφεθεί απροστάτευτο στη δράση της θάλασσας θα λάβει μετά από κάποιο χρόνο ένα σταθερό λίγο-πολύ σχήμα τύπου S, τα χαρακτηριστικά του οποίου εξαρτώνται κυρίως από το κυματικό κλίμα της περιοχής και την κοκκομετρία του υλικού. Το μεσαίο τμήμα του πρηνούς μεταβλητής κλίσης (σχήμα 7) διαμορφώνεται σχεδόν οριζόντιο και προκαλεί εκτεταμένη θραύση των κυματισμών.



Σχήμα. 8: Ευσταθής διατομή τύπου S. (Μέμος, 2008).

Παραθέτουμε επιπλέον κατηγορίες κυματοθραυστών ανάλογα με την χρήση τους και κατασκευή τους, στη συνέχεια στην (Εικόνα 4) απεικονίζεται ένας κυματοθραύστης παραλιακού διπλού μετώπου με πρηνή, φυσικούς ογκόλιθους, κατά μήκος της ακτογραμμής.

- (1) Πλωτοί κυματοθραύστες
- (2) Κυματοθραύστες με πασσάλους
- (3) Διάτρητοι κυματοθραύστες
- (4) Κυματοθραύστης τύπου Considerere
- (5) Αέριος κυματοθραύστης
- (6) Υδραυλικοί κυματοθραύστες



Εικόνα 3: Κυματοθραύστης με φυσικούς ογκόλιθους παράλληλος και κατά μήκος όλης της ακτής στο εξωτερικό (Διαδίκτυο 1, 2016).

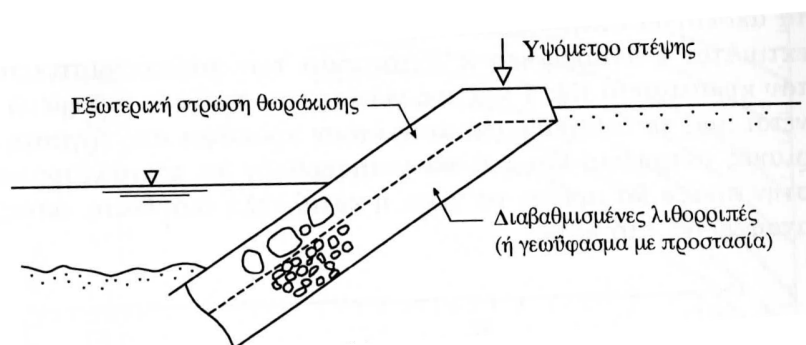
2.4 ΕΡΓΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΑΚΤΩΝ

Περίπτωση των Λιμενικών Έργων αποτελούν τα Έργα Προστασίας Ακτών, που κύριο στόχο έχουν να προστατέψουν και να διατηρήσουν την παράκτια ζώνη και κυρίως το μέτωπο της θάλασσας το οποίο είναι δομημένο. Τα έργα αυτά σχεδιάζονται με βάση τη γενικότερη φιλοσοφία των λιμενικών έργων και αποσκοπούν στο να προστατέψουν και να θωρακίσουν παράκτια έργα υποδομής όπως οδοί κυκλοφορίας οχημάτων και παράκτιες κατασκευές.

Επιπλέον, κατασκευάζονται για τη διατήρηση της ακτογραμμής από έντονες διαβρώσεις και ακραία καιρικά φαινόμενα.

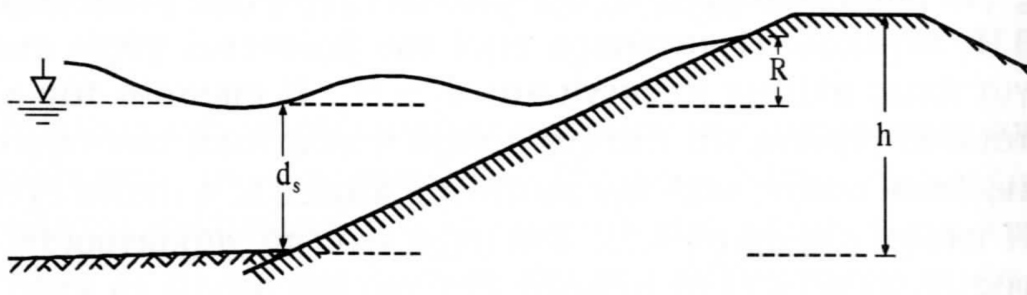
Παρόλο που τα έργα αυτά είναι τυπικά τα λιγότερο θωρακισμένα λιμενικά έργα, λόγω του κυματικού φορτίου που δέχονται δεδομένου ότι κατασκευάζονται επί της ακτογραμμής, χρειάζεται να σχεδιάζονται με προσοχή γιατί η αστοχία τους συχνά συνεπάγεται εκτεταμένες υλικές ζημιές. Μία επιπλέον παράμετρος που υπεισέρχεται συχνά στο σχεδιασμό έργων προστασίας ακτών είναι η φόρτιση από κυματισμούς που προκαλούνται από ταχύπλοα σκάφη που διέρχονται πλησίον της παράκτιας ζώνης όπου βρίσκονται τα υπό εξέταση έργα. Οι κυματισμοί αυτοί έχουν συνήθως αυξημένη κυρτότητα και προκαλούν σοβαρές φορτίσεις και υπό πιέσεις στις επενδύσεις πρανών (Δήμας, 2015).

Τα έργα θωράκισης σχεδιάζονται κατά όμοιο τρόπο με αυτόν των εξωτερικών λιμενικών έργων με πρανή (κεφάλαιο 2.2). Στα έργα αυτά περιλαμβάνονται και οι θαλάσσιοι τοίχοι. Στην περίπτωση των θαλάσσιων τοίχων οι επάλληλες στρώσεις αδρανών, που συνήθως αποτελούν το σώμα θωράκισης του πρανούς, μπορούν να συμπυκνωθούν και ορισμένες από αυτές να αντικατασταθούν από γεωύφασμα. Η εξωτερική επιφάνεια μπορεί να διαμορφωθεί από ποικιλία υλικών, όπως από τεχνητούς λίθους ειδικής γεωμετρίας, σκυρόδεμα, ασφαλτικά, λιθορριπές. Ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής το έργο μπορεί να είναι διαπερατό ή αδιαπέρατο. Ένας τύπος θαλάσσιων τοίχων απλής διατομής παρουσιάζεται στο παρακάτω Σχήμα 9 (Μέμος, 2008).



Σχήμα 9: Απλή διατομή τύπος θαλάσσιων τοίχων (Μέμος, 2008).

Βασική παράμετρος που υπεισέρχεται στο σχεδιασμό των έργων προστασίας ακτών, είναι η υπερπήδηση των κυματισμών πάνω από το υψόμετρο της στέψης του έργου ($h - d_s$), μέγεθος που εξαρτάται άμεσα από την αναρρίχηση (R) στο πρηνές της επένδυσης. Παρακάτω δίνουμε σχήμα υπερπήδησης παράκτιου έργου Σχήμα 10.



Σχήμα 10: Υπερπήδηση παράκτιου έργου (Μέμος, 2008).

Οι κατηγορίες που μπορούμε να διαχωρίσουμε τα θαλάσσια έργα προστασίας πρηνών είναι τα διαπερατά ή αδιαπεράτα. Κάτω από την συνεχή δράση των κυματισμών, οι διαπερατές διατομές διατρέχουν τον κίνδυνο απόπλυσης των λεπτόκοκκων υλικών μέσω των κενών των χονδροκόκκων στρώσεων. Για το λόγο αυτό ο σχεδιασμός των επάλληλων στρώσεων αδρανών θα πρέπει να γίνεται με προσοχή σύμφωνα με τα κατάλληλα κριτήρια φίλτρου. Συνήθως είναι και η χρήση συρματοκιβωτίων στα έργα αυτά, οπότε τα μεταλλικά μέρη πρέπει να προβλέπονται με αντιδιαβρωτική προστασία. Όμως πολλές φορές για την αποφυγή επάλληλων στρώσεων αδρανών γίνεται χρήση γεωϋφασμάτων, παρόλο που είναι διαπερατά από το νερό μπορούν και συγκρατούν τα λεπτόκοκκα υλικά (Μέμος, 2008).

Ένα σοβαρό πρόβλημα επίσης είναι η υποσκαφή του ποδός του έργου, κίνδυνος που πρέπει να αντιμετωπίζεται με σοβαρότητα λόγω των επικίνδυνων συνεπειών του. Η αντιμετώπιση της διάβρωσης του ποδός γίνεται συνήθως με επέκταση της θωράκισης του πρηνούς είτε εντός του πυθμένα, εάν είναι εφικτό, είτε οριζόντια επί του πυθμένα με τη μορφή αναβαθμού. Η

επέκταση της θωράκισης του ποδός εντός του πυθμένα θα πρέπει τουλάχιστον να ισούται με ένα ύψος κύματος σχεδιασμού και να υπερβαίνει το 1 m.

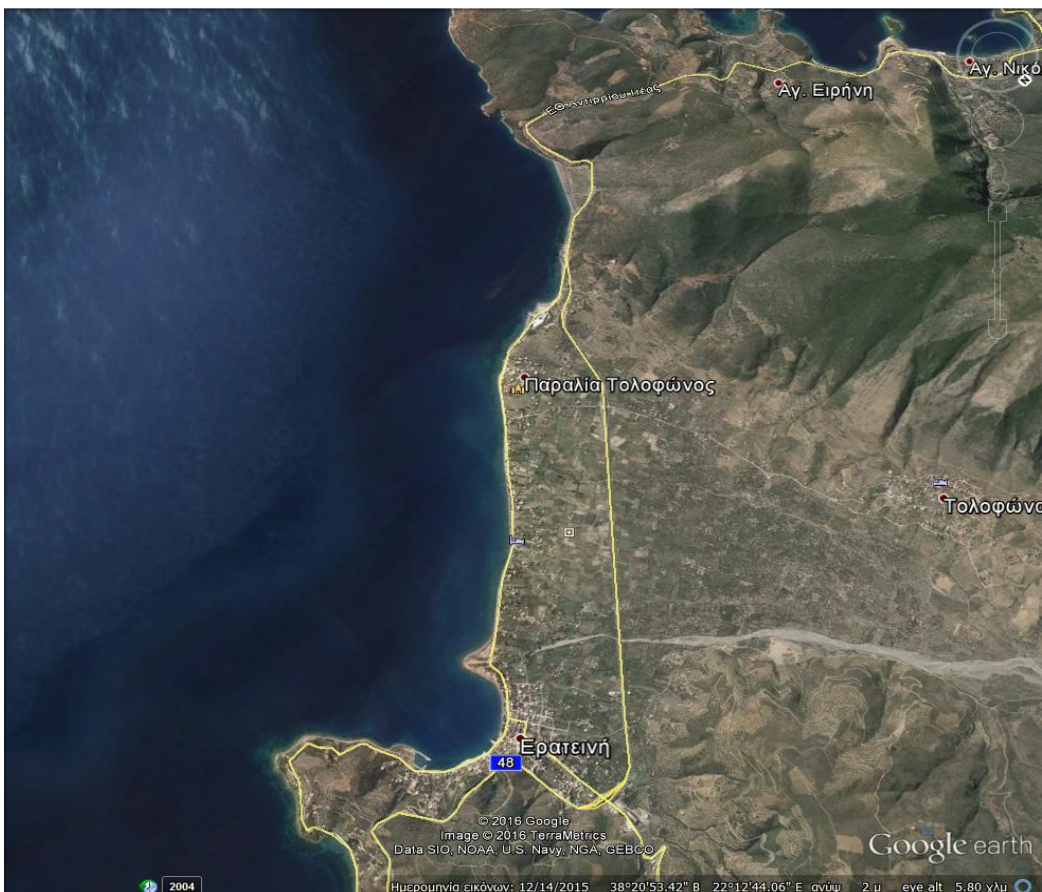
Ανάλογα με τα αποτελέσματα που θα προκύψουν από την ανάλυση στο κεφάλαιο 4 θα επιλέξουμε και την αντίστοιχη μέθοδο σχεδιασμού του έργου προστασίας του παραλιακού μετώπου της περιοχής μελέτης Παραλίας Τολοφώνας – Ερατεινής.

Στο κεφάλαιο 3 που ακολουθεί παραθέτουμε τα απαραίτητα στοιχεία τη περιοχής μελέτης, που θα πρέπει να γνωρίσουμε και να συγκεντρώσουμε, ώστε στη συνέχεια να προχωρήσουμε στα υπολογιστικά χαρακτηριστικά και την επιλογή του σχεδιασμού έργου θωράκισης της παράκτιας ζώνης όπου παρατηρούνται έντονα φαινόμενα διάβρωσης.

3. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΝΤΟΛΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

3.1 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η παραλία Τολοφώνα βρίσκεται στα δυτικά παράλια του όρμου Ερατεινής και γειτνιάζει με την ομώνυμη παραλία. Αμφότερες αποτελούν ζώνες αναψυχής και πόλο έλξης τουριστών ιδιαίτερα κατά τους θερινούς μήνες. Η παραλία χαρακτηρίζεται από ένα σχεδόν ευθύγραμμο τμήμα μήκους περίπου δύο χιλιομέτρων με ΒΑ – ΝΔ προσανατολισμό και εκτείνεται μεταξύ των εκβολών του χειμάρρου Ερατεινής και του βραχώδους σχηματισμού Ψαρομύτας στα νοτιοδυτικά (Εικόνα 5).



Εικόνα 4: Άποψη της ευρύτερης περιοχής Ερατεινής- Παραλίας Τολοφώνα (από το Google earth 2015).

Η παραλιακή ζώνη οροθετείται από την παραλιακή οδό που διατρέχει όλο το μήκος της ακτής κατά μήκος της οποίας έχουν κατασκευασθεί εξοχικές και μόνιμες κατοικίες καθώς και μικρές τουριστικές/ ξενοδοχειακές εγκαταστάσεις. Σε μεγάλα τμήματα κατά μήκος της παραλιακής οδού η χερσαία παραλιακή ζώνη απουσιάζει ενώ η υφιστάμενη δεν υπερβαίνει τα 20 m.

Στο βορειοανατολικό άκρο της παραλίας Τολοφώνας εκβάλλει ο χείμαρρος Ερατεινής. Παλαιότερα προς το μέσο της παραλίας κατάληγε ο χείμαρρος Τολοφώνα οποίος όμως έχει εκτραπεί στον χείμαρρο Ερατεινής και ως εκ τούτου έχει σταματήσει η τροφοδοσία της ακτής με φερτά υλικά στην περιοχή αυτή.

Σχετικά με κάποιες γενικές πληροφορίες για τη μορφολογία εδάφους, απαραίτητη για τη μελέτη και κατασκευή λιμενικών έργων πάσης φύσεως είναι η τοπογραφία του πυθμένα της περιοχής μελέτης καθώς και της αντίστοιχης χερσαίας ζώνης (ΑΔΚ, 2012).

3.2 ΒΑΘΥΜΕΤΡΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

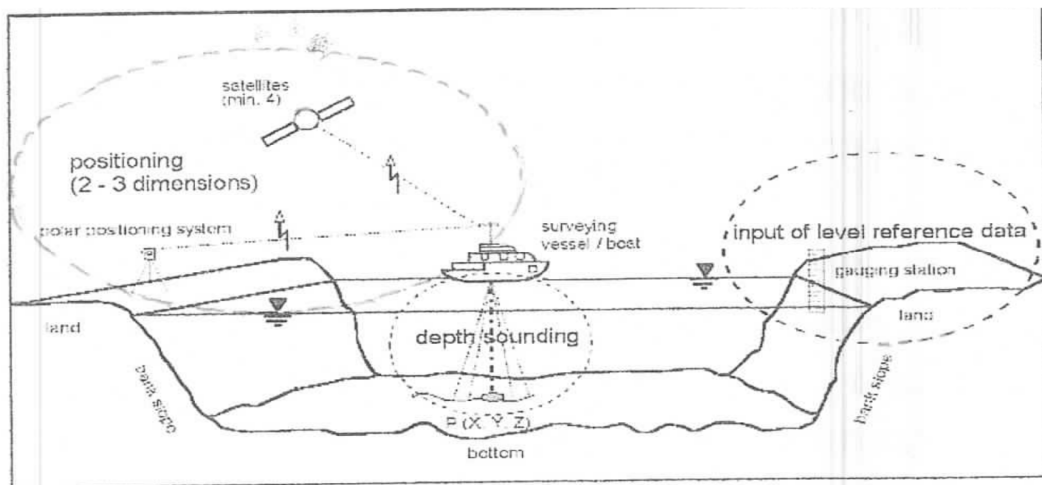
Τα στοιχεία που παρατίθενται βασίζονται σε πληροφορίες από την υπάρχουσα μελέτη που έχει κατατεθεί στην περιφέρεια νομού Φωκίδας και τμήμα της έχει αξιοποιηθεί στην παρούσα Πτυχιακή Εργασία.

Με βάση την τεχνική μελέτη, η βαθυμετρία κατά μήκος της παραλίας Τολοφώνα βασίζεται στη πρόσφατη βυθομετρική αποτύπωση (Νοέμβριος 2012) της περιοχής μελέτης (ΑΔΚ, 2012). Τα βάθη θαλάσσης (Μέσης Στάθμης Θαλάσσης).

Με βάση τη μελέτη οι ισοβαθείς γενικά ακολουθούν τον προσανατολισμό της ακτογραμμής με την ισοβαθή των -20 m σε απόσταση 180-200 m από αυτή. Οι ισοβαθείς των -5m κ' -10m επίσης ακολουθούν τον προσανατολισμό της ακτής σε απόσταση 70-80 m και 90-110 m

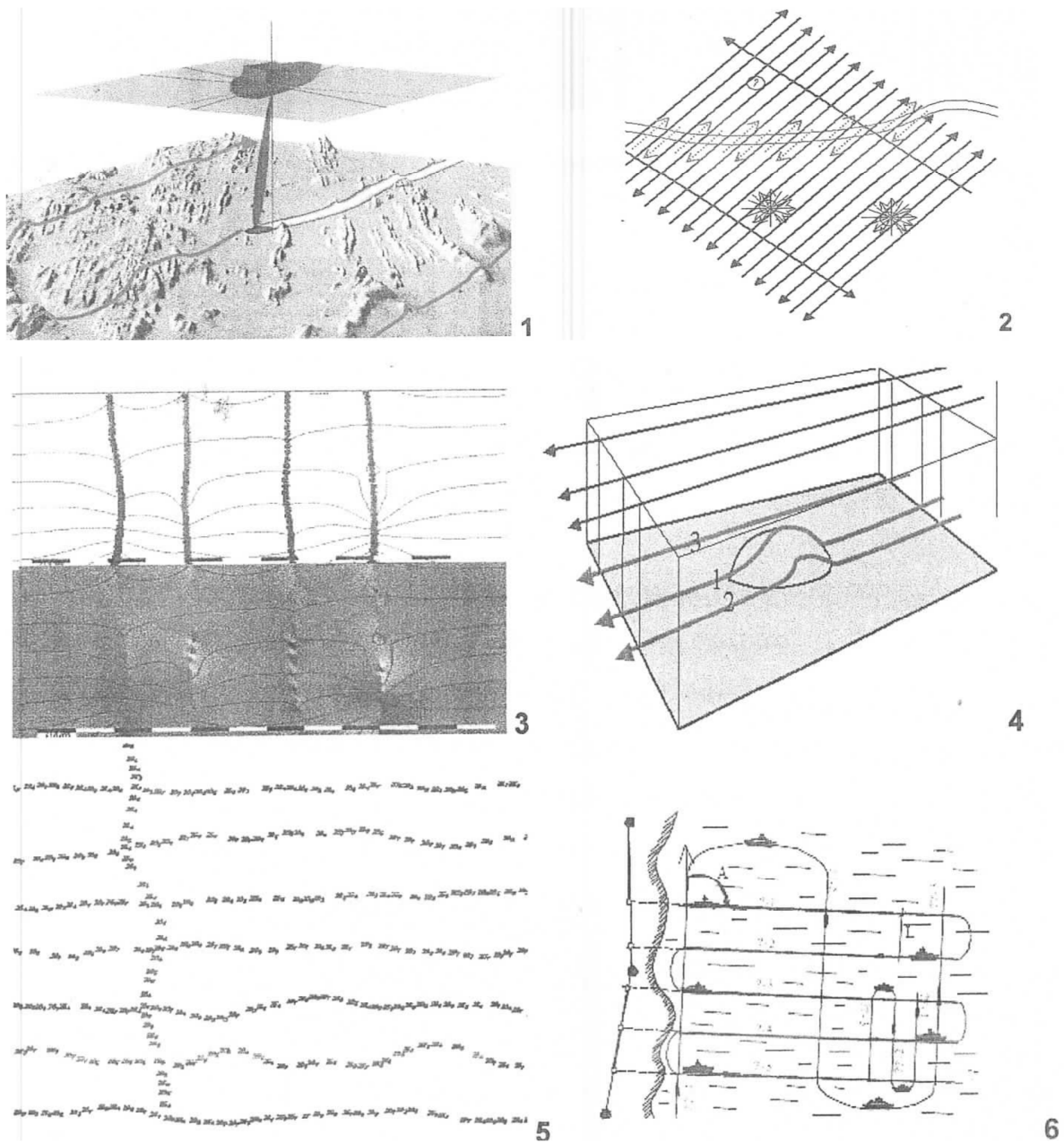
αντίστοιχα από αυτή. Μετά το μέσον της παραλίας της Τολοφώνας όπου ο προσανατολισμός της μεταβάλλεται, οι ισοβαθείς των -5 m και -10 m απομακρύνονται από την ακτή προσδίδοντας ηπιότερη κλίση πυθμένα.

Με βάση στοιχεία από τη μελέτη, η κλασική μέθοδος βυθομετρικής αποτύπωσης εφαρμόζεται από ένα σκάφος που κινείται σε πλέγμα παράλληλων γραμμών, με χρήση ενός ηχοβολιστή διπλής συχνότητας (SBES), (εικόνα 6), ο οποίος είναι η βάση των περισσότερων συστημάτων που χρησιμοποιούνται στις βυθομετρικές αποτυπώσεις μέχρι σήμερα.



Εικόνα 5: Διαδικασία λειτουργίας συστήματος γεωαναφοράς για την βυθομετρία. (από την οριστική μελέτη που έχει κατατεθεί στην περιφέρεια του νομού Φωκίδος, ΑΔΚ, 2012).

Ο ηχοβολιστής μετράει το βάθος και καταγράφει την τομή του πυθμένα μόνο κάτω από τη γραμμή πλεύσης του σκάφους (εικονίδια 1, 4). Το βάθος και η μορφολογία του πυθμένα ανάμεσα στις γειτονικές γραμμές πλεύσης δεν αποτυπώνεται αλλά εκτιμάται θεωρητικά με παρεμβολή (εικονίδια 1, 3, 5). Όπου απαιτείται υψηλότερη ανάλυση και ακρίβεια στην απεικόνιση της μορφολογίας ή έρευνας του πυθμένα για εντοπισμό (σχηματισμών, αντικειμένων) απαιτείται να γίνουν επί πλέον γραμμές (εικονίδιο 2). Τα αποτελέσματα της βυθομετρίας φαίνονται στο σχήμα (εικονίδια 3, 4) (ΑΔΚ, 2012).



Εικόνα 6: Σύστημα λειτουργίας και τρόπος λήψης αποτελεσμάτων της βυθομετρίας (από οριστική μελέτη λιμενικών έργων, ΑΔΚ, 2012).

3.2.1 ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΗΧΟΥ

Τα ηχοβολιστικά βυθόμετρα (Εικόνα 8), καταγράφουν τη χρονική διάρκεια t που χρειάζεται ένας ηχητικός παλμός τον οποίο εκπέμπουν, έως ότου να αντανακλαστεί στον πυθμένα και να επιστρέψει στο σκάφος. Το μισό του χρόνου αυτού πολλαπλασιαζόμενο με την ταχύτητα του ήχου στο νερό c , δίνει το βάθος z του νερού: $[z=c*(t/2)]$

Ως ταχύτητα c λαμβάνεται η μέση ταχύτητα που έχει ο ήχος στη στήλη του νερού. Η τιμή αυτή δεν είναι σταθερή, καθώς εξαρτάται από διάφορες παραμέτρους του νερού, όπως η θερμοκρασία, η αλατότητα η πίεση ή ακόμη και το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής. Η ταχύτητα του ήχου στη θάλασσα αλλάζει σημαντικά από περιοχή σε περιοχή και μεταβάλλεται ακόμη και στον χρονικό ορίζοντα της ημέρας (ΑΔΚ, 2012).

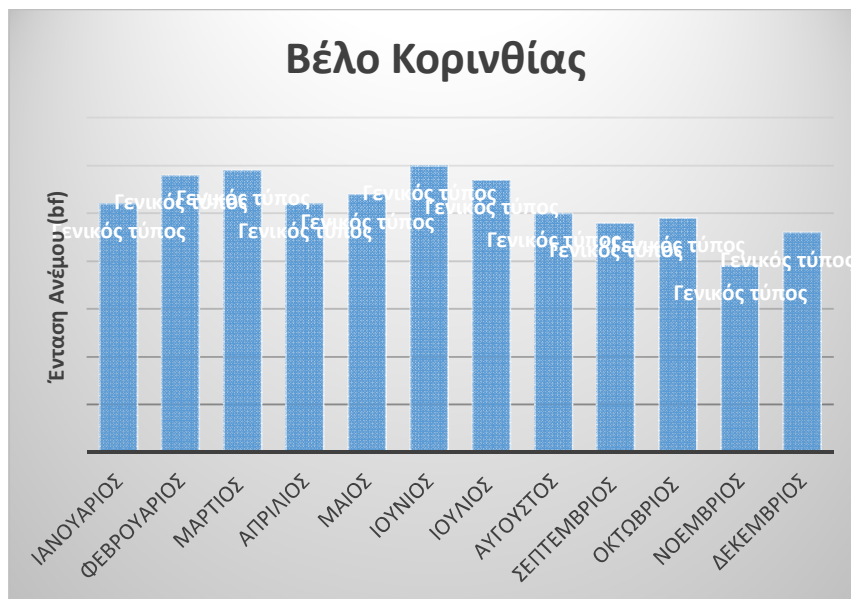


ΕΙΚΟΝΑ 7: Διαδικασία μέτρησης ταχύτητας ήχου με τη μέθοδο «τεχνητού βυθού» (εικόνα από την οριστική μελέτη με τίτλο οριστική μελέτη λιμενικών έργων – βυθομετρική αποτύπωση, ΑΔΚ, 2012).

3.3 ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΜΥ (Στοιχεία από την οριστική μελέτη ΑΔΚ, 2012)

Το κλίμα στο Κορινθιακό κόλπο είναι μεσογειακό, το καλοκαίρι παρατηρείται έντονη ηλιοφάνεια (χωρίς πολλές βροχοπτώσεις), ενώ το χειμώνα τα καιρικά φαινόμενα είναι σχετικά ήπια. Στα ακόλουθα γραφήματα παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες κατανομές της εντάσεως του ανέμου και της βροχόπτωσης από παρατηρήσεις του μετεωρολογικού σταθμού Βέλου την περίοδο 1988-1997.

Από το διάγραμμα του Σχήματος 2 προκύπτει ότι η μέση ένταση του ανέμου ανέρχεται στους 5-6 κόμβους και δεν παρουσιάζει σημαντική διακύμανση κατά τη διάρκεια του έτους (ΑΔΚ, 2012). Η μέση ένταση ανέμου δίδεται στον Πίνακα 1.

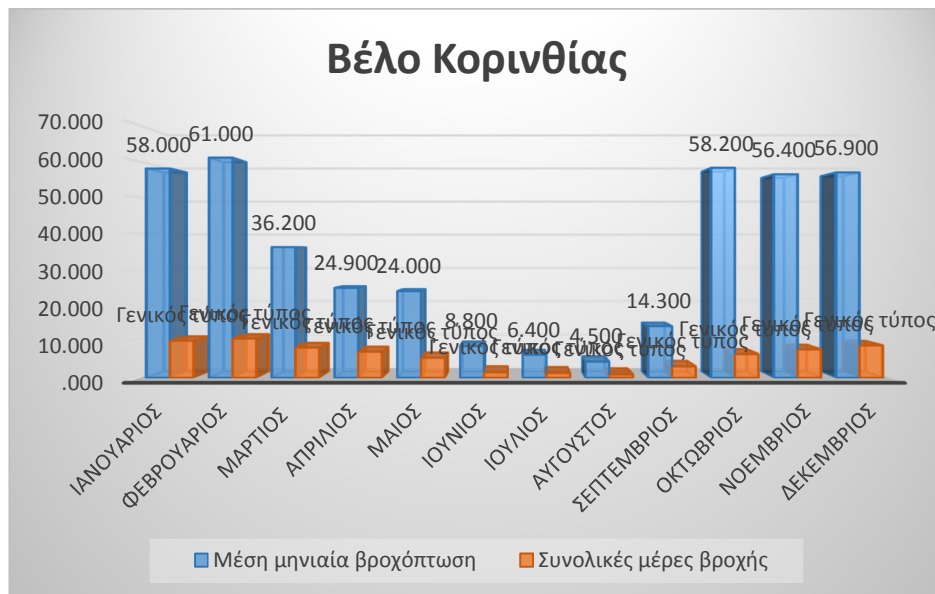


Διάγραμμα 1: Κατανομή των μέσης μηνιαίας έντασης ανέμων στο Βέλο Κορινθίας, για το διάστημα 1987-1997 (πηγή: ΕΜΥ, από την οριστική μελέτη λιμενικών έργων, 2012).

Πίνακας 1. Μέσης μηνιαίας έντασης ανέμου και διεύθυνσή του (από οριστική μελέτη λιμενικών έργων, ΑΔΚ, 2012).

1 Εξάμηνο	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ
Μέση μηνιαία διεύθυνση ανέμου	Β	Β	Β	ΒΔ	ΒΔ	ΒΔ
Μέση μηνιαία ένταση ανέμου	5.2	5.8	5.9	5.2	5.4	6.0
2 Εξάμηνο	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Μέση μηνιαία διεύθυνση ανέμου	Β	Β	Β	Β	Β	Β
Μέση μηνιαία ένταση ανέμου	5.7	5.0	4.8	4.9	3.9	4.6

Στο Διάγραμμα 2 και στον Πίνακα 2 παρουσιάζεται η μηνιαία κατανομή ύψους βροχόπτωσης (αριστερός άξονας) και ο μέσος αριθμός των ημερών που βρέχει (δεξιός άξονας). Από το διάγραμμα αυτό παρατηρείται ότι τους μήνες Ιανουάριο, Φεβρουάριο το ύψος βροχόπτωσης ανέρχεται στα 60mm, μειούμενο σταδιακά μέχρι τους θερινούς μήνες όπου σχεδόν μηδενίζεται και παρουσιάζει αύξηση τους μήνες Οκτώβριο και Νοέμβριο.



Διάγραμμα 2: Διάγραμμα ετήσιας βροχόπτωσης (με βάση στοιχεία από την οριστική μελέτη, ΑΔΚ, 2012).

Πίνακας 2 : Κατανομή των μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης στο Βέλο Κορινθίας, για το διάστημα 1987-1997 (πηγή: ΕΜΥ) από την οριστική μελέτη.

1 Εξάμηνο	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ
Μέση μηνιαία βροχόπτωση	58.00	61.00	36.20	24.90	24.00	8.80
Συνολικές μέρες βροχής	10.30	10.90	8.40	7.30	5.60	1.60
2 Εξάμηνο	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Μέση μηνιαία βροχόπτωση	6.40	4.50	14.30	58.2	56.40	56.90
Συνολικές μέρες βροχής	1.40	1.00	3.20	6.60	7.90	9.00

Τα έντονα καιρικά φαινόμενα που χαρακτηρίζουν την περιοχή μελέτης γίνονται ιδιαίτερα εμφανή σε συμβάντα της χειμερινής περιόδου όπως απεικονίζεται στην Εικόνα 9. Η εικόνα αυτή αποτυπώνει ένα ακραίο καιρικό συμβάν του Χειμώνα 2014, όπου σημαντικοί κυματισμοί δρουν και επηρεάζουν την παράκτια ζώνη.



Εικόνα 8. Στιγμιότυπο όπου απεικονίζεται ακραίο συμβάν κατά τη χειμερινή περίοδο 2014, στην παράκτια ζώνη της περιοχής μελέτης.

3.3.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΕΜΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ

Τα τοπικά χαρακτηριστικά του ανέμου είναι ίσως η πλέον σημαντική παράμετρος των μετεωρολογικών συνθηκών που βρίσκει εφαρμογή στη μελέτη λιμενικών έργων. Η ανεμοπίεση δρα άμεσα στις πάσης φύσεως κατασκευές, στα σκάφη και στα μέτωπα παραβολής εάν πρόκειται για παραβεβλημένα πλοία, καθώς επίσης δημιουργεί τα ανεμογενή κύματα και ρεύματα στην επιφάνεια θάλασσας. Η σημασία επομένως της γνώσης της συμπεριφοράς του ανέμου είναι προφανής για τη μελέτη των πάσης φύσεως λιμενικών έργων.

Στον Πίνακα 3 που ακολουθεί αναφέρονται ονομασίες των ανέμων με την αντίστοιχη κατεύθυνση τους.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3. Αντιστοιχία ονομασίας ανέμου και προέλευσής του. (Μέμος, 2008).

ΑΡΧΑΙΑ ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ
Βορέας	Τραμουντάνα	Βόρειος
Καικίας	Γρέγος (ή Μέσης)	Βορειοανατολικός
Απηλιώτης	Λεβάντες	Ανατολικός
Εύρος	Σορόκος	Νοτιοανατολικός
Νότος	Όστρια	Νότιος
Λιψ	Γαρμπής (ή Λίβας)	Νοτιοδυτικός
Ζέφυρ	Πουνέντες	Δυτικός
Σκίρων	Μαΐστρος	Βορειοδυτικός

Συνήθως, η ένταση του ανέμου εκφράζεται σε βαθμούς της κλίμακας Beaufort. Τις οποίες αναφέρονται στον επόμενο (Πίνακα 4), με άλλες μονάδες και σύντομη περιγραφή της κατάστασης της θάλασσας. Θα πρέπει να σημειωθεί πως ο άνεμος παίρνει το όνομα του τομέα προέλευσης (π.χ. νότιος, ή βορειοδυτικός όταν πνέει από το νότο ή τα βορειοδυτικά, αντίστοιχα) σε αντίθεση με τα ρέματα, τα οποία χαρακτηρίζονται από τον τομέα προορισμού τους.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4: Κλίμακα Beaufort Ανέμων (Μέμος, 2008).

Κλίμακα Beaufor	Περιγραφή	Ταχύτητα ανέμου κόμβοι , mil/hr , m/sec			Κατάσταση θάλασσας
0	Άπνοια	<1	<1	<0.5	Σαν καθρέφτης
1	Υποπνέων	1-3	1-3	0.5-1.5	Ρυτώδεις χωρίς αφρό
2	Ασθενής αύρα	4-6	4-7	2.1-3.1	{1}
3	Λεπτή αύρα	7-10	8-12	3.6-5.1	{2}
4	Μέτρια αύρα	11-16	13-18	5.7-8.2	{3}
5	Λαμπρή αύρα	17-21	19-24	8.7-10.8	{4}
6	Ισχυρή αύρα	22-27	25-31	11.3-13.9	{5}
7	Ισχυρός άνεμος	28-33	32-38	14.4-17	{6}
8	Σφοδρός άνεμος	34-40	39-46	17.5-20.6	{7}
9	Ορμητικός άνεμος	41-47	47-54	21.1-24.2	{8}
10	Θύελλα	48.55	55-63	24.7-28.3	{9}
11	Σφορδή θύελλα	56-63	64-73	28.8-32.4	{10}
12	Τυφώνας	64-71	74-82	32.9-36.5	{11}

- (1) Μικρά κυματίδια με λείες κορυφές χωρίς θραύση
- (2) Μεγαλύτερα κυματίδια που αρχίζουν να θραύονται, αφρός υαλώδους εμφάνισης.
- (3) Μικρά κύματα που γίνονται μεγαλύτερα' συχνές εμφανίσεις αφρών.
- (4) Μέτρια επιμήκη κύματα πολλοί αφροί και ίσως σταγονίδια.
- (5) Μεγάλα κύματα εκτεταμένοι αφροί παντού.
- (6) Οι αφροί από τα θραυόμενα κύματα αρχίζουν να διατάσσονται σε λωρίδες κατά τη διεύθυνση του ανέμου.

- (7) Μετρίως υψηλά κύματα μεγαλύτερου μήκους. Οι αφροί διατάσσονται σε ευδιάκριτες λωρίδες κατά τη διεύθυνση του ανέμου. Τα σταγονίδια εμποδίζουν την ορατότητα.
- (8) Υψηλά κύματα. Πυκνές λωρίδες αφρού κατά τη διεύθυνση του ανέμου. Περιορισμένη ορατότητα.
- (9) Πολύ ψηλά κύματα με κοίλες κορυφές. Η επιφάνεια της θάλασσας έχει άσπρη εμφάνιση από τους πολλούς αφρούς. Περιορισμένη ορατότητα.
- (10) Ιδιαίτερα υψηλά κύματα που μπορούν να κρύψουν μικρά και μεσαία σκάφη. Η επιφάνεια της θάλασσας είναι εντελώς καλυμμένη με αφρούς ενώ οι κορυφές των κυμάτων εξανεμίζονται. Περιορισμένη ορατότητα.
- (11) Ο αέρας γεμίζει από αφρούς και σταγονίδια. Η θάλασσα καλύπτεται από αφρούς και σταγονίδια. Η ορατότητα είναι πολύ σοβαρά περιορισμένη.

3.3.2 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ

Για την ολοκληρωμένη μελέτη των λιμενικών έργων αλλά και για εκτιμήσεις επί της λειτουργίας ενός λιμένα συνίσταται να συλλέγονται μετεωρολογικές πληροφορίες για τις παρακάτω παραμέτρους (Μέμος, 2008):

- (α)** Ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα
- (β)** Θερμοκρασία και υγρασία αέρα
- (γ)** Ορατότητα
- (δ)** Ατμοσφαιρική πίεση
- (ε)** Ηλιοφάνεια

3.4 ΚΥΜΑΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Όταν η ελεύθερη επιφάνεια ενός υδάτινου όγκου (θαλάσσια ή λίμνη) διαταράσσεται από τη θέση ισορροπίας της (αδιατάρακτη στάθμη), η βαρύτητα τείνει να επαναφέρει την επιφάνεια στην αρχική θέση ισορροπίας. Λόγω της αδράνειας, η ελεύθερη επιφάνεια δεν επανέρχεται ακαριαία στη θέση ισορροπίας με αποτέλεσμα να δημιουργείται ταλάντωση της ελεύθερης επιφάνειας, η οποία καταλήγει στο σχηματισμό και τη διάδοση κυμάτων. Η αρχική διαταραχή της ελεύθερης επιφάνειας μπορεί να οφείλεται είτε στη δράση ανέμων, είτε στη κίνηση πλοίων, είτε στη επίδραση καθιζήσεων του θαλάσσιου πυθμένα λόγω σεισμών ή κατολισθήσεων (κύματα tsunami), είτε την έλξη βαρύτητας στις σελήνης ή του ήλιου (παλιρροιακά κύματα). (Δήμας, 2015)

Τα κύρια χαρακτηριστικά των θαλάσσιων κυμάτων είναι η περίοδος και το ύψος τους. Η περίοδος ισούται με την περίοδο ταλάντωσης της ελεύθερης επιφάνειας και το ύψος ισούται με το μέγιστο εύρος ταλάντωσης της ελεύθερης επιφάνειας. Τα ανεμογενή κύματα έχουν περιόδους που κυμαίνονται από 1 seconds έως 30 seconds με κυριαρχούσες τιμές από 5 s – 15s. Κύματα πλοίων έχουν μικρότερες περιόδους που κυμαίνονται από 1s – 3 s. Κύματα tsunami έχουν μεγαλύτερες περιόδους που κυμαίνονται από 5 min – 1 hr. Παλιρροιακά κύματα έχουν περιόδους 12 hr ή 24 hr. Το ύψος ανεμογενών κυμάτων είναι συνήθως μικρότερο από 3m αλλά μπορεί να υπερβεί και τα 6 m υπό την επίδραση σφοδρών ανέμων. Κύματα πλοίων σπάνια υπερβαίνουν τα 2 m σε ύψος. Κύματα tsunami και παλιρροιακά κύματα έχουν μικρά ύψη κατά τη διάδοσή τους στα βαθιά αλλά, όταν πλησιάσουν την ακτή, το ύψος κύματος μπορεί να υπερβεί τα 10 m. (Δήμας, 2015)

Στην ενότητα που ακολουθεί παρουσιάζονται στοιχεία των ανεμογενών κυματισμών που αφορούν τα λιμενικά έργα μπορούν να εκτιμηθούν κατά κανόνα με ικανοποιητική ακρίβεια από τις διαθέσιμες μεθόδους πρόγνωσης της θαλάσσιας υδραυλικής. Οι μέθοδοι αυτές βασίζονται στη γεωγραφική διαμόρφωση των ακτών και στα ανεμολογικά στοιχεία (Μέμος, 2008).

Τα τελευταία συλλέγονται συνήθως με αρκετή αξιοπιστία από την αρμόδια μετεωρολογική υπηρεσία. Η πρόγνωση των χαρακτηριστικών μεγεθών του κυματισμού αναφέρεται στα βαθιά νερά, όπου η επίδραση του πυθμένα είναι αμελητέα. Καθώς τα κύματα ταξιδεύουν προς την ακτή, όπου συνήθως βρίσκονται τα λιμενικά έργα, υφίσταται ένα πλήθος μεταβολών, οι κυριότερες από τις οποίες οφείλονται στη ρήγωση, στη διάθλαση, στην περίθλαση, στην ανάκλαση από τον κεκλιμένο πυθμένα και στη θραύση των κυμάτων. Όλες αυτές οι μεταβολές μπορούν επίσης να υπολογισθούν με αρκετή ακρίβεια σύμφωνα με μεθόδους της θαλάσσιας υδραυλικής. (Μέμος, 2008)

Σε περιπτώσεις σοβαρών έργων ή ανυπαρξίας ανεμολογικών στοιχείων είναι απαραίτητο να γίνουν μετρήσεις πεδίου των κυμάτων στην περιοχή. Τέτοιες μετρήσεις γίνονται είτε με επιπλέοντα όργανα (wave riders) είτε με αισθητήρια πίεσης, που τοποθετούνται κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας, ή ακόμη με ηλεκτρόδια που διαπερνούν τη θαλάσσια επιφάνεια. Επιπλέον οι καταγραφές των υψών κύματος αναλύονται με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή.

Σημαντικό ρόλο σχετικά με τους κυματισμούς είναι η διεύθυνσή τους, τα οποία μπορεί να τα συλλέγουν με ειδικούς πλωτήρες, με ραντάρ, ή συσκευές υπέρυθρων ακτινοβολιών που τοποθετούνται συνήθως σε θαλάσσιες πλατφόρμες. Γνωρίζοντας στοιχεία κατεύθυνσης μπορούμε να παρουσιάσουμε τα χαρακτηριστικά των κυματισμών σε μορφή διαγραμμάτων κατανομής συχνότητας ή περιόδου για διάφορες κατευθύνσεις. Τώρα στην ευρύτερη περιοχή Ερατεινής τα κυματικό κλίμα σύμφωνα με κάποια παλιά μελέτη (1998), προσδιορίσθηκε από την επεξεργασία των ανεμολογικών χαρακτηριστικών που προέρχονται από καταγραφές του μετεωρολογικού σταθμού της περιοχής Βέλου Κορινθίας, το οποίο βρίσκεται νοτιοανατολικά της απέναντι του Κορινθιακού κόλπου, καλύπτουν την περίοδο (1987-1996) (ΑΔΚ, 2012).

Τα οποία δίνονται μέσω των πινάκων και συγκεκριμένα στον Πίνακα 5 πιθανότητα εμφάνισης και περίοδος επαναφοράς κυματισμών ανοικτή θαλάσσης και Πίνακα 6 το χαρακτηριστικό ύψος κύματος για διάφορες περιόδους επαναφοράς.

Στον Πίνακα 5 παρουσιάζονται η κατανομή του χαρακτηριστικού ύψους κύματος των κυματισμών ανοικτής θαλάσσης και η μέση τιμή της περιόδου που αντιστοιχεί στην μέγιστη φασματική πυκνότητα όπως προέκυψαν από τη σχετική ανάλυση.

Πίνακας 5: Παρουσίαση στοιχείων ύψους κυμάτων, πιθανότητας εμφάνισής και περιόδου (από τη οριστική μελέτη λιμενικών έργων, ΑΔΚ, 2012).

Ύψος Κύματος (μ)	Πιθανότητα (%)	Περίοδος (sec)
Έως 0.10	70.89	2.25
0.10-0.30	21.30	2.37
0.30-0.50	4.37	3.17
0.50-0.70	1.97	3.84
0.70-0.90	0.88	4.41
0.90-1.10	0.32	4.91
1.10-1.30	0.16	5.10
1.30-1.50	0.07	5.57
1.50-1.70	0.02	5.67
1.70-1.90	0.01	6.14
1.90-2.10	0.01	6.45

Με βάση την ανωτέρω συχνότητα εμφάνισης, προσδιορίσθηκε το ύψος κύματος στα ανοικτά της παραλίας Τολοφώνα για διάφορες περιόδους επαναφοράς τα οποία παρουσιάζονται στον Πίνακα 6, με βάση στοιχεία από τη μελέτη (ΑΔΚ, 2012).

Πίνακας 6: Χαρακτηριστικό ύψος κύματος για διάφορες περιόδους επαναφοράς από οριστική μελέτη (από οριστική μελέτη λιμενικών έργων) (ΑΔΚ, 2012).

Περίοδος Επαναφοράς	Ύψος Κύματος (μ)
1 μήνας	0.85
3 μήνες	1.10
6 μήνες	1.25
1 έτος	1.42
2 έτη	1.58
3 έτη	1.68
5 έτη	1.78
10 έτη	1.94

Τα αποτελέσματα και τα στοιχεία αυτά έχουν προκύψει από την οριστική μελέτη λιμενικών έργων της (Α.Δ.Κ., 2012), η οποία έχει κατατεθεί στην περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας στην Υπηρεσία Τεχνικών Έργων του νομού Φωκίδας. Η διαδικασία ανάλυσης και εξαγωγής αποτελεσμάτων που υπολογίσαμε θα παρουσιαστούν στο κεφάλαιο 4.

3.4.1 ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΡΕΜΑΤΑ

Σε αντίθεση με τα κύματα, τα θαλάσσια ρέματα σε παράκτιες περιοχές είναι εξαιρετικά δύσκολο να προβλεφθούν με κάποια αξιοπιστία. Οι πιο σημαντικές κατηγορίες που μπορούμε να διακρίνουμε είναι (Μέμος, 2008):

- (i) Τα ωκεάνια ρεύματα
- (ii) Τα ρεύματα λόγω παλίρροιας
- (iii) Τα ανεμογενή ρεύματα
- (iv) Τα ρεύματα λόγω ατμοσφαιρικής πίεσης
- (v) Τα κυματογενή ρεύματα.

Οι πρώτες δύο κατηγορίες αφορούν μεγάλες γεωγραφικές περιοχές, οι επόμενες δύο αναφέρονται σε τοπικά φαινόμενα, ενώ η τελευταία εμφανίζεται με αυξημένη σπουδαιότητα στα ρηχά νερά. Η ένταση των ανεμογενών ρευμάτων στην επιφάνεια ανέρχεται σε 2-3% περίπου της ταχύτητας του ανέμου επάνω από το οριακό στρώμα, ενώ τα αντίστοιχα κυματογενή ρεύματα είναι κάπως ασθενέστερα. Η φορά των ανεμογενών ρευμάτων διαφέρει από τη φορά του ανέμου και μεταβάλλεται σημαντικά με το βάθος, αλλά τείνει να πλησιάζει προς τη φορά του ανέμου όσο τα νερά γίνονται πιο ρηχά. Αντίθετα, η φορά των κυματογενών ρευμάτων συμπίπτει με τη φορά μετάδοσης των κυματισμών και του πρωτογενούς αιτίου του ανέμου (Μέμος, 2008).

Μια άλλη αιτία που μπορεί να προκαλέσει σημαντικά ρεύματα είναι η ύπαρξη στην υπό εξέταση περιοχή εκβολής ποταμού. Οι ποσότητες του γλυκού νερού που εισρέουν στη θάλασσα συντηρούν ρεύματα πυκνότητας με φορά κάθετη προς τις επιφάνειες ίσης πυκνότητας (Μέμος, 2008).

3.5 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΙΖΗΜΑΤΩΝ– ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

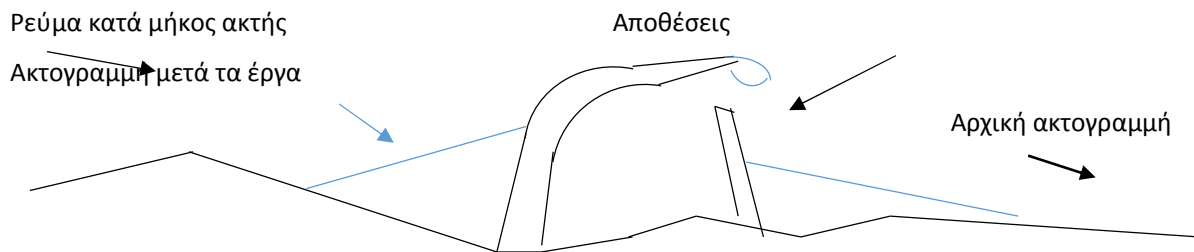
Μία σημαντική παράμετρος που πρέπει να εξετασθεί στα πλαίσια μελέτης λιμενικών έργων, όπως κυματοθραύστη, διαύλου ναυσιπλοΐας, η μεταφορά ιζημάτων στην περιοχή που μας ενδιαφέρει. Τα επιφανειακά ιζήματα βρίσκονται είτε σε δυναμική ισορροπία με τις φορτίσεις του περιβάλλοντος είτε σε κίνηση που μπορεί να γίνεται στον πυθμένα ή στα ανώτερα στρώματα του υδάτινου σώματος. Η διαδικασία της μεταφοράς ιζημάτων ορίζεται κυρίως από το μέγεθος των κόκκων του εδαφικού υλικού και τη διατμητική τάση που ασκεί η ροή σε αυτό. Για λεπτόκοκκες έως μεσαίου μεγέθους άμμους με διάμετρο κόκκων 0.1-0.6mm σε επίπεδο πυθμένα, η απαιτούμενη διατμητική τάση για να τεθεί το υλικό σε κίνηση προκαλείται από ροή με ταχύτητα περίπου 0.15 m/s σε απόσταση 0.3 m πάνω από τον πυθμένα. Για μεγαλύτερα μεγέθη κόκκων, όπως επίσης και για ιλύες ή αργίλους, οι απαιτούμενες ελάχιστες ταχύτητες αυξάνουν (ΑΔΚ, 2012).

Τα βασικότερα αίτια που προκαλούν την κίνηση των ιζημάτων είναι τα θαλάσσια ρεύματα και οι κυματισμοί. Οι παλίρροιες και οι άνεμοι είναι οι σχηματισμοί που προκαλούν τα κυριότερα είδη κυμάτων που είναι υπεύθυνα για μεταφορά φερτών υλών. Οι κυματισμοί επεμβαίνουν στη διαδικασία της μεταφοράς με τους ακόλουθους τρόπους (Μέμος, 2008):

- (1) Ανάδευση του εδαφικού υλικού και η θέση του σε αιώρηση μέσω της τύρβης που εκλύεται κατά τη θραύση.
- (2) Εφαρμογή διατμητικής τάσης στον πυθμένα μέσω της τροχιακής κίνησης των υγρών σωματιδίων. Η κίνηση αυτή λόγω του εναλλασσόμενου σημείου δημιουργεί τις γνωστές κυματώσεις αμμώδους πυθμένα στα ρηχά νερά.
- (3) Δημιουργία ρεύματος κατά μήκος της ακτής στη ζώνη μεταξύ ακτογραμμής και περιοχής θραύσης των κυματισμών. Η ένταση και φορά του ρεύματος αυτού εξαρτάται

από τη γωνία πρόσπτωσης των κυματισμών στην ακτή και από την ποσότητα κίνησης που μεταφέρουν.

Η αναφορά στην μεταφορά ιζημάτων καθώς και ποιοι παράγοντες δημιουργούν το φαινόμενο της στερεομεταφοράς φερτών υλών στο υδάτινο περιβάλλον, γίνεται γιατί τα πάσης φύσεως λιμενικά έργα που κατασκευάζονται στην παράκτια ζώνη επιφέρουν, όπως είναι φυσικό, αλλαγές στην ισορροπία του συστήματος που μπορεί να επεκταθούν σε μεγάλες αποστάσεις από τη θέση των έργων.



Σχήμα 11: Επιδράσεις των λιμενικών έργων στη μεταφορά ιζημάτων (διαμορφωμένο από Μέμο, 2008).

Ειδικότερα, για την περιοχή μελέτης, όπου και μας ενδιαφέρει, με βάση στοιχεία από την οριστική μελέτη, το υλικό στην παράκτια ζώνη της παραλίας Τολοφώνα αποτελείται από χάλικες, πεπλατυσμένους λίθους (κροκάλες) ψαμμίτη και δευτερευόντως ασβεστολιθικής προέλευσης και αμμώδους συστάσεως υλικά. Το εμφανιζόμενο ποσοστό ιλύος είναι αμελητέο σχεδόν μηδενικό (ΑΔΚ, 2012).

Ουσιαστικές διαφοροποιήσεις στα χαρακτηριστικά των ιζημάτων δεν παρατηρούνται κατά μήκος της ακτής μελέτης. Εγκάρσια στην ακτή υφίσταται ένα διακριτό όριο μεταβολής των επιφανειακών υλικών του πυθμένα, από χαλικώδη που καταλαμβάνουν τα υψηλότερα σημεία της ακτής, σε αμμώδη. Το βάθος εμφάνισης του ορίου μεταβολής εντοπίζεται περίπου στην ισοβαθή των, -5 m, στο ευθύγραμμο τμήμα της παραλίας από την εκβολή του χειμάρρου Ερατεινής έως την περιοχή όπου αλλάζει ο προσανατολισμός της ακτής και βαίνει σταδιακά

μειούμενο προς το νοτιοδυτικό άκρο της παραλίας. Στην περιοχή του ξενοδοχείου Delphi Beach εντοπίζεται σε βάθος -1.5 m ενώ στο θύλακα στο νοτιοδυτικό άκρο της παραλίας -1.0 m.

Γενικά η μέση διάμετρος (D_{n50}) των υλικών της ακτής από την εκβολή του χειμάρρου Ερατεινής έως το ξενοδοχείο «Delphi Beach» κυμαίνεται μεταξύ 40 mm έως 60 mm (μέση τιμή $D_{n50} = 50$ mm). Για τα μεγαλύτερα βάθη πυθμένα, το υλικό είναι ως επί το πλείστο αμμώδες με μέση διάμετρο κόκκων μεταξύ $D_{50} = 0.2 - 0.6$ mm (ΑΔΚ, 2012).

Παρακάτω θα δώσουμε ένα πίνακα με την ονοματολογία των εδαφικών υλικών με βάση το μέγεθος των κόκκων, σύμφωνα με μια αποδεκτή ταξινόμηση.

Πίνακας 7: Ονοματολογία Εδαφικών Υλικών (Μέμος, 2008).

Διάμετρος ισοδύναμων κόκκων σε mm

Άργιλος		0.001-0.002
Ιλύς	Λεπτή	0.002-0.006
	Μέση	0.006-0.020
	Χονδρή	0.020-0.060
Άμμος	Λεπτή	0.06-0.2
	Μέση	0.2-0.6
	Χονδρή	0.6-2.0
Χαλίκια	Λεπτά	2.0-6.0
	Μέσα	6.0-20.0
	Χονδρά	20.0-60.0
Κροκάλες		60.0-200.0

3.5.1. ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ – ΓΕΝΙΚΟΤΗΤΕΣ

Τα λιμενικά έργα που κατασκευάζονται σε σειсмоγενείς περιοχές, όπως είναι η χώρα μας, πρέπει να σχεδιάζονται κατάλληλα ώστε να ανταποκρίνονται ικανοποιητικά σε τέτοιου είδους δυναμικές φορτίσεις. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να συλλέγονται τα στοιχεία αναφορικά με τις σεισμικές διεργασίες της περιοχής, που σε συνδυασμό με τους εδαφικούς σχηματισμούς του έργου δίδουν τη σεισμική επιβάρυνση σε αυτό (Μέμος, 2008).

Τα κρηπιδώματα έχουν πολύ μειωμένα περιθώρια ανοχών σε μικρομετακινήσεις που μπορεί να προκληθούν από σεισμό. Σε αντίθεση με τα εξωτερικά λιμενικά έργα και ιδίως σε αυτά με λιθορριπές, όπου και μας ενδιαφέρουν και θα προτείνουμε για την αντιμετώπιση της διάβρωσης της παράκτιας ζώνης.

Στη χώρα μας δεν υπάρχει κανονισμός υπολογισμού λιμενικών έργων και πολύ περισσότερο κανονισμός αντισεισμικού υπολογισμού τέτοιων έργων. Οπότε η σύλληψη του έργου από άποψη στατικής λειτουργίας και ο αντισεισμικός υπολογισμός θα πρέπει να γίνονται με μία γενικώς παραδεκτή μέθοδο αφού λαμβάνονται υπόψη κατά δυνατόν θέματα όπως η ποιότητα του εδάφους και οι ενδεχόμενες μεγεθύνσεις της σεισμικής δόνησης, η πίεση των πόρων και η μεταβολή της, ο κίνδυνος ρευστοποίησης, η αλληλεπίδραση εδάφους κατασκευής.

Για το σχεδιασμό τεχνικών έργων είναι αναγκαίο να καθορισθεί κατά αρχάς η διάρκεια ζωής σχεδιασμού του έργου. Αυτή προσδιορίζεται με βάση τις συνθήκες που ισχύουν σε κάθε περίπτωση αλλά και κυριότερα σύμφωνα με φυσικούς παράγοντες και διεργασίες που επηρεάζουν την επάρκεια του έργου. Ως τέτοιοι παράγοντες μπορεί να αναφερθούν η κόπωση στοιχείων του έργου λόγω κυκλικής φόρτισης, η δυνατότητα επισκευών, η διάβρωση μεταλλικών κατασκευών, κ.λπ.. Ενδεικτικά παρατίθενται στη συνέχεια ελάχιστες τιμές διάρκειας ζωής σχεδιασμού λιμενικών κατασκευών (Πίνακας 8).

Πίνακας 8:Ελάχιστη Ζωή Σχεδιασμού Λιμενικών Έργων (Μέμος, 2008).

Κρηπιδότοιχοι	60 χρόνια
Ανοικτοί προβλήτες	45 χρόνια
Έργα αναδόμησης	30 χρόνια
Μόνιμες δεξαμενές	45 χρόνια
Εξωτερικά έργα	60 χρόνια
Έργα προστασίας ακτής	60 χρόνια
Αντιπλημμυρικά έργα	100 χρόνια

Μετά τον καθορισμό της ζωής σχεδιασμού του έργου θα πρέπει να πραγματοποιηθεί ανάλυση της επικινδυνότητας σε περίπτωση αστοχίας της κατασκευής. Όπως είναι γνωστό τα έργα δεν σχεδιάζονται για να αντιμετωπίζουν ικανοποιητικά κάθε εξωτερική φόρτιση οποιουδήποτε μεγέθους. Το αντίθετο είναι ανέφικτο τις περισσότερες φορές και αντιοικονομικό τις υπόλοιπες.

Έπειτα από την παρουσίαση όλων των μορφολογικών χαρακτηριστικών στοιχείων της περιοχής μελέτης και την αναφορά στα κυματικά, κλιματολογικά στοιχεία της, στο επόμενο κεφάλαιο 4 θα προχωρήσουμε στο υπολογιστικό κομμάτι του σχεδιασμού του έργου θωράκισης προστασίας της ακτής και στη συνέχεια στην ανάλυση των αποτελεσμάτων.

4. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

4.1 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΣ ΤΡΟΠΟΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΑΚΤΗΣ ΣΤΗ ΠΑΡΑΛΙΑ ΤΟΛΟΦΩΝΑ, ΕΡΑΤΕΙΝΗΣ - ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται στοιχεία για το έργο προστασίας της ακτής στην παραλία Τολοφώνα, του Νομού Φωκίδας. Στην περιοχή εξετάζεται στα πλαίσια της Πτυχιακής Εργασίας ο σχεδιασμός ενός έργου προστασίας από τους κυματισμούς. Πρόκειται για έργο θωράκισης της ακτής με διαμόρφωση πρανούς και θωράκιση με φυσικούς ογκολίθους οι διαστάσεις των οποίων θα προκύψουν με βάση τα κυματικά χαρακτηριστικά της περιοχής.

Σε αρχικό στάδιο θα πρέπει να γίνουν μετρήσεις στην ύπαιθρο και στη θάλασσα στη συνέχεια όπως βυθομετρία προ σχεδίαση τοπογραφικών διαγραμμάτων της παράκτιας ζώνης. Για την πραγματοποίηση της Πτυχιακής Εργασίας αξιοποιήθηκαν στοιχεία βαθυμετρίας από τη βυθομετρική αποτύπωση (ΑΔΚ, 2012α). Επομένως, αξιοποιήθηκε σχέδιο προμελέτης που έχει κατατεθεί στην περιφέρεια του νομού Φωκίδας για το συγκεκριμένο πρόβλημα της περιοχής. Με βάση τις ισοβαθείς της περιοχής εκτιμήσαμε μια μέση κλίση του πυθμένα στην περιοχή ενδιαφέροντος. Το μήκος της ακτής που αρχίζει από την εκβολή χειμάρρου Ερατεινής ως το ξενοδοχείο «Delfi beach» είναι περίπου 3 km, στην περιοχή αυτή παρουσιάζεται σε συγκεκριμένα σημεία το έντονο φαινόμενο της διάβρωσης της ακτής που γίνεται αντιληπτό σε υφιστάμενα έργα με τοπική κατάρρευση της παραλιακής οδού, σπάσιμο πεζοδρομίων, έντονη υποσκαφή παράκτιων έργων οδοποιίας κλπ.

Με βάση το κριτήριο αυτό κάναμε την επιλογή να διερευνήσουμε και να προτείνουμε έναν τρόπο αντιμετώπισης του προβλήματος για ένα συγκεκριμένο κομμάτι που παρουσιάζει το μεγαλύτερο πρόβλημα σε όλο το μήκος της ακτής, όπου και κινδυνεύει άμεσα. Πρόκειται για ένα έργο προστασίας και θωράκισης της ακτής η οποία προσβάλεται από κυματισμούς που γίνονται ιδιαίτερα σφοδροί τη χειμερινή περίοδο. Για το σχεδιασμό του έργου στην περιοχή της Παραλίας Τολοφώνας - Ερατεινή θα εφαρμοστούν φυσικοί ογκολίθοι ως στοιχεία

θωράκισης του μετώπου προστασίας από τους κυματισμούς. Η περιοχή μελέτης φαίνεται στην παρακάτω Εικόνα 9, λήψεις τις οποίες πραγματοποίησα αυτοπροσώπως (Οκτώβριος 2015).



(i)



(ii)



(iii)

Εικόνα 9: Υφιστάμενη κατάσταση τμήματος παραλιακής οδού Παραλίας Τολοφώνας στην οποία εντοπίζεται σοβαρό πρόβλημα διάβρωσης, προσωπική λήψη, Οκτώβριος 2015 (i, ii). Στην εικόνα (iii) διακρίνεται η υποσκαφή.

Στην εικόνα 10, παρουσιάζεται ένα έργο με πρανή και τεχνητούς ογκόλιθους ένχυτους με μπετό, πεζοδρόμιο και παραλιακό δρόμος, τα οποία είναι παρεμφερές με την περιοχή εξέτασης, επιλέχθηκε λόγω της αρμονίας του έργου με το υπάρχον φυσικό περιβάλλον.



Εικόνα 10: Έργο προστασίας με πρανή τεχνητούς και μπετονιένους ογκόλιθους (Διαδίκτυο 3).

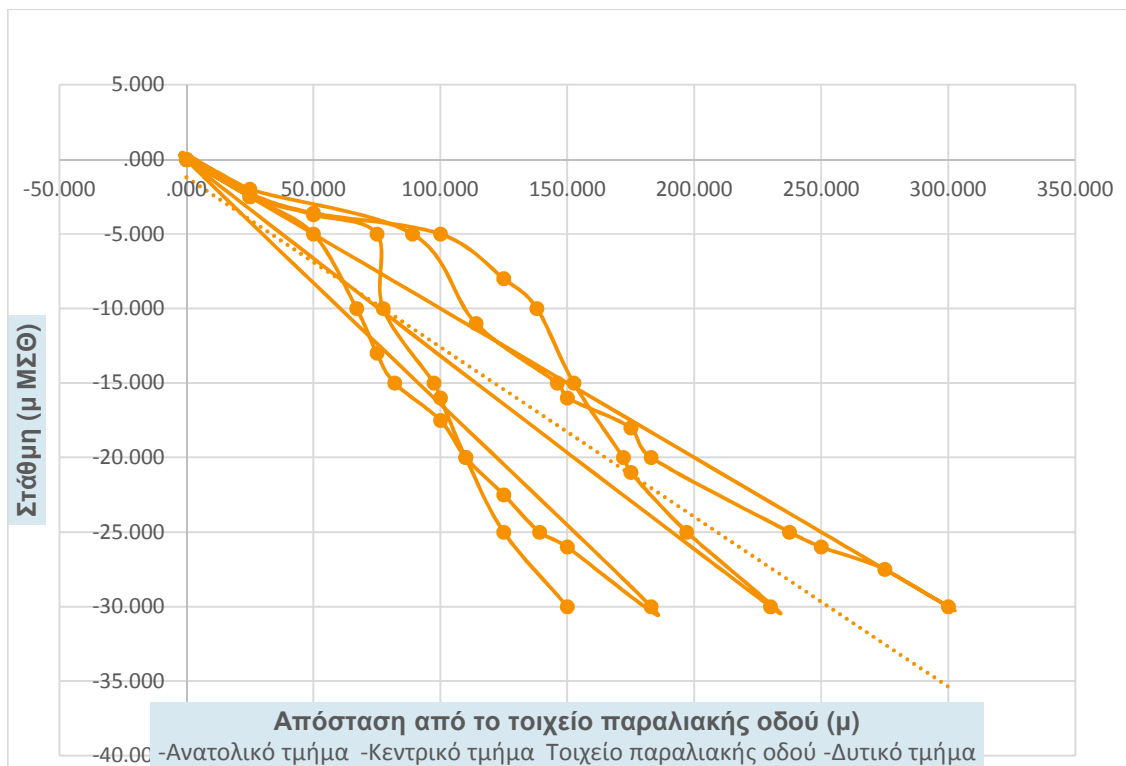
4.1.1 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΚΛΙΣΗΣ ΠΥΘΜΕΝΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Για να εκτιμήσουμε μια μέση κλίση της περιοχής μελέτης επιλέξαμε τμήμα που μας ενδιαφέρει 100 m και το χωρίσαμε σε πέντε σημεία, τα οποία ξεκινούν όλα από το μηδέν (θέση ακτογραμμής) δηλαδή εκεί όπου έρχεται σε επαφή η ξηρά με την επιφάνεια του νερού. Πάνω στο σχέδιο υπάρχουν ισοβαθείς, η οποίες με τη σειρά τους είναι ανά πέντε μέτρα.

Για να εντοπίσουμε την κλίση του πυθμένα αξιοποιούμε τις ισοβαθείς μέχρι την ισοβαθή των 20 m. Με βάση τη γραφική μέθοδο που εφαρμόζουμε για την εκτίμηση της μέσης κλίσης (Σχήμα 4.1) προκύπτει η γωνία που θα χρησιμοποιήσουμε στον υπολογισμό των υπολοίπων στοιχείων για το σχεδιασμό του έργου.

Με βάση τα ανωτέρω εκτιμάται ότι η κλίση του πυθμένα στην παράκτια ζώνη (έως την ισοβαθή των 5 m) είναι της τάξης του 1:15 έως 1:20 στο βορειοανατολικό και νοτιοδυτικό τμήμα της παραλίας Τολοφώνας ενώ στο κεντρικό τμήμα αυτής η κλίση είναι πιο απότομη της τάξης του 1:10. Η κλίση του πυθμένα αυξάνει απότομα μετά την ισοβαθή των -5 m αυξανόμενη σταδιακά από το βορειοανατολικό τμήμα πλησίον των εκβολών του χειμάρρου Ερατεινής προς το νοτιοδυτικό άκρο της παραλίας.

Στο Σχήμα 12 που ακολουθεί διαμορφώθηκαν τυπικές διατομές της παράκτιας ζώνης στην περιοχή ενδιαφέροντος προκειμένου να εκτιμηθεί μια μέση κλίση του πυθμένα στην περιοχή μελέτης.



Σχήμα 12: Τυπικές διατομές της βαθυμετρίας κατά μήκος της παράκτιας ζώνης Τολοφώνα.

4.1.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΗΚΟΥΣ ΑΝΑΠΤΥΓΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΕΜΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ

Πρέπει να εντοπίσουμε το μήκος αναπτύγματος βάση του οποίου δημιουργείται ο κυματισμός που είναι σημαντικός για την περιοχή, σε συνάρτηση με τις επικρατούσες εντάσεις ανέμων που πνέουν στην περιοχή και το ποσοστό εμφάνισής τους. Για την εκτίμηση του μήκους αναπτύγματος πραγματοποιήσαμε την εξής εργασία: εντοπίσαμε στο Google earth την περιοχή και αποθηκεύσαμε την εικόνα σε αρχείο (jpg), ώστε αυτό να το εισάγουμε σε περιβάλλον αυτόματης σχεδίασης «Auto Cad», στην εικόνα επιλέγουμε να φαίνεται μόνο οι συντεταγμένες της περιοχής και η κλίμακα με σωστό προσανατολισμό.

Έπειτα στην εικόνα φαίνεται η κλίμακα οπότε και την οριοθετούμε μέσα στο Auto Cad, ώστε να μπορούμε να σχεδιάσουμε τα μήκη αναπτύγματος από όλες της κατευθύνσεις δράσης του ανέμου, ανά 5 μοίρες η κάθεμία. Για να είμαστε σίγουροι ότι όλες οι γραμμές ξεκινούν από το ίδιο σημείο, εισάγουμε ένα σημείο (point) στην θέση που θα βρίσκεται το έργο μας στο κέντρο του και χρησιμοποιώντας την επιλογή Osnap βεβαιωνόμαστε ότι τα μήκη αναπτύγματος που σχεδιάσαμε έχουν κοινή αφετηρία. Με το πέρας της σχεδίασης των γραμμών επιλέγουμε την εντολή «List» αφού επιλέξουμε όλες τις γραμμές θα μας εμφανίσει ένα πίνακα με τις ιδιότητες τους, όπως γωνία, μήκος και συντεταγμένες των σημείων, εμάς μας ενδιαφέρουν τα μήκη. Όσο πιο μεγάλο είναι το μήκος αναπτύγματος δίνει και μεγαλύτερους κυματισμούς σε συνδυασμό με την ένταση, ταχύτητα ανέμου που πνέει στην περιοχή στο μεγαλύτερο ποσοστό ετησίως. Αυτοί οι κυματισμοί είναι πιο σημαντικοί διότι από αυτούς θα καταπονείται το έργο μας.

Στον Πίνακα 9 παρουσιάζεται η ένταση και η μέση ταχύτητα ετησίως των ανέμων από τον σταθμό στο Βέλο Κορινθίας, που βρίσκεται νοτιοανατολικά της περιοχής ενδιαφέροντος. Όπως αναφερθήκαμε πιο πάνω στα χαρακτηριστικά της περιοχής ο επικρατέστερος άνεμος που πνέει στην περιοχή ενδιαφέροντος είναι ο νοτιοανατολικός (NA, SE) με μέση ετήσια ένταση περίπου 5,50 - 6,00 Beaufort.

Πίνακας 9: Μήκος αναπτύγματος και η ένταση σε Beaufort (.

Κατεύθυνση	Μήκος αναπτύγματος σε (m)	Ένταση ανέμου σε (BF)
• N	• 14.744,16	5,5
• NA	• 41.125,26	6,0
• NA (SE)	• 19.410,36	6,0
• N (S)	• 10.743,36	5,9
• N (S)	• 7.766,55	5,8
• NA (SE)	• 33.283,70	5,5
• NA (SE)	• 35.200,00	6,0

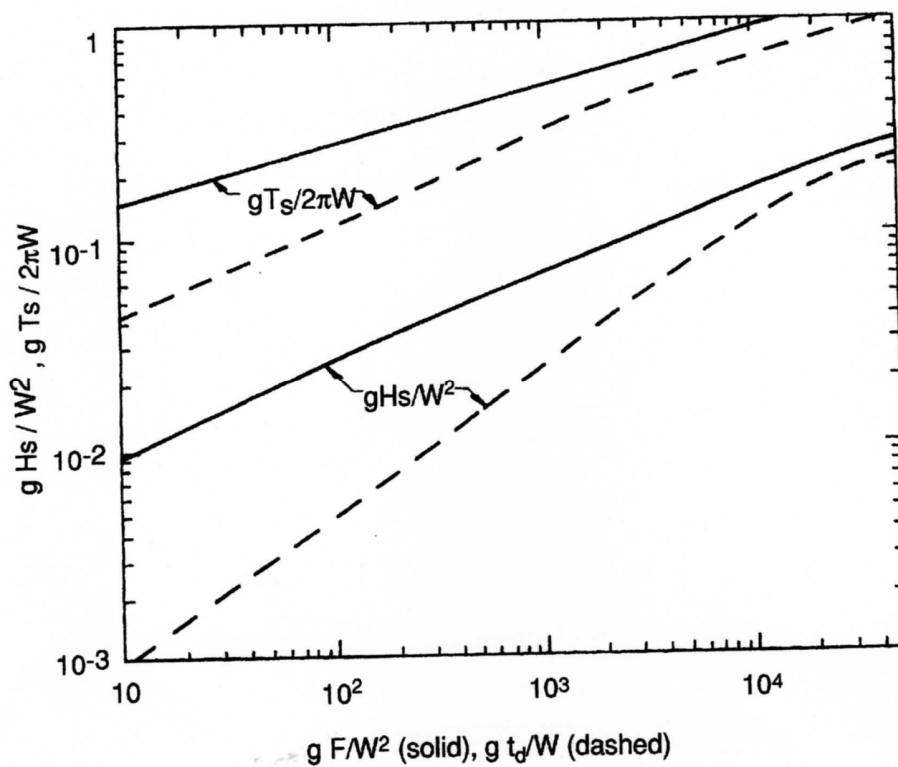
4.1.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΥΜΑΤΟΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ SMB ΚΑΙ JONSWAP

Η πρόβλεψη των χαρακτηριστικών παραμέτρων των ανεμογενών κυματισμών βασίζεται σε εμπειρικές σχέσεις για τον υπολογισμό των H_s και T_s , οι οποίες εξαρτώνται από την ταχύτητα, το μήκος αναπτύγματος και τη διάρκεια πνοής του ανέμου. Οι σχέσεις αυτές έχουν την μορφή συναρτήσεων αδιάστατων παραμέτρων, όπου W είναι χαρακτηριστική ταχύτητα ανέμου. Οι δύο μεθοδολογίες που θα παρουσιασθούν αφορούν κυματισμούς μεγάλου βάθους (Δήμας, 2015).

$$G H_s / W^2, g T_s / 2\pi W = f \{ g F / W^2, g t_d / W \} \quad (4.1)$$

Στοιχεία για τη ένταση (ταχύτητα) και τη διεύθυνση των ανέμων χορηγούνται από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (EMY) σε μορφή στατιστικών αναλύσεων μετρήσεων ταχύτητας και διεύθυνσης πνοής ανέμων. Η κλίμακα Beaufort κατατάσσει τους ανέμους ανάλογα με την έντασή τους σε βαθμούς.

Η μεθοδολογία βασίζεται στο νομογράφημα του Σχήματος 4.2 όπου $W = U_{10}$. Για δεδομένες τιμές των $(g F / W^2)$ και $(g t_d / W)$, προκύπτουν δύο ζευγάρια τιμών H_s και T_s . Το ζευγάρι με τη μεγαλύτερη τιμή χαρακτηριστικού ύψους κύματος H_s είναι το επικρατέστερο και ανάλογα με την προέλευσή του, $(g F / W^2)$ ή $(g t_d / W)$, ο κυματισμός είναι περιορισμένος από το μήκος αναπτύγματος ή τη διάρκεια πνοής, αντίστοιχα. (Δήμας, 2015)



Σχήμα 13: Νομογράφημα αδιάστατων παραμέτρων μεθοδολογίας SMB πρόβλεψης χαρακτηριστικού ύψους και χαρακτηριστικής περιόδου ανεμογενών κυματισμών. (Δήμας, 2015).

Η μεθοδολογία πρόβλεψης Jonswar προϋποθέτει τον υπολογισμό της ταχύτητας τριβής, u^* , στην επιφάνεια της θάλασσας λόγω της πνοής ανέμου (σχέση 4.2) (από Δήμα, 2015)

$$u^* / U_{10} = \nu C_D = \nu 0.001 (1.1 + 0.035 U_{10}) \quad (4.2)$$

όπου C_D είναι ο συντελεστής αντίστασης.

Για κυματισμό περιορισμένο από το μήκος αναπτύγματος, το χαρακτηριστικό ύψος προκύπτει από τη σχέση 4.3

$$g H_s / u^{*2} = 0.0413 (g F / u^{*2})^{0.5} \quad (4.3)$$

Και η χαρακτηριστική περίοδος από τη σχέση 4.4

$$g T_s / u^* = 0.71345 (g F / u^{*2})^{0.33} \quad (4.4)$$

Ο έλεγχος για κυματισμό περιορισμένο από τη διάρκεια πνοής γίνεται με υπολογισμό του ισοδύναμου μήκους αναπτύγματος F_{eq} (σχέση 4.5)

$$G F_{eq} / u^{*2} = 0.00523 (g t_d / u^*)^{1.5} \quad (4.5)$$

Εάν $F \leq F_{eq}$, ο κυματισμός είναι περιορισμένος από το μήκος αναπτύγματος, ενώ εάν $F > F_{eq}$, ο κυματισμός είναι περιορισμένος από τη διάρκεια πνοής και ο υπολογισμός των H_s και T_s γίνεται από τις εξισώσεις (4.3), (4,4) αντικαθιστώντας το F με το F_{eq}

Σύμφωνα με τους παραπάνω τύπους και με το πίνακα 9 (beaufor) παραθέτουμε συγκεντρωμένα στον πίνακα 10 όλα τα αποτελέσματα για το κάθε μήκος αναπτύγματος ξεχωριστά.

ΠΙΝΑΚΑΣ 10: Υπολογισμός μήκος κύματος και περιόδου.

Μήκη αναπτύγματος L_0	SMB H_s (m) , T_s (sec)		JONSWAP $H_s(m),T_s(sec)$	
14744,16	0,47	4,23	1,05	3,01
41125,26	4,00	9,81	1,17	3,35
35200,00	3,85	7,85	1,17	3,35
33283,70	2,66	6,98	1,05	3,01
19410,36	1,72	4,36	1,17	3,35
10743,57	1,24	4,50	1,14	3,30
7766,55	1,18	3,82	1,00	3,10

Επιλέγουμε με βάση του επικρατέστερου ποσοστού ανέμου που πνέει στην περιοχή, ο άνεμος αυτός είναι νοτιοανατολικός 6 beau for και προκύπτει μήκος αναπτύγματος $L_0 = 41.125,26 \text{ m}$, επιλέγουμε από της δύο μεθόδους **SMB** , **Jonswap**, το ζευγάρι τιμών με το μεγαλύτερο μήκος κύματος και χαρακτηριστικής περιόδου, το ζευγάρι είναι $H_s = 4,00 \text{ m}$ και $T_s = 9,81 \text{ second}$.

4.1.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΥΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΕΡΓΟΥ

Για το σχεδιασμό του έργου προστασίας ακτής θα υπολογίσουμε το ύψος κύματος στα ρηχά (πλησίον της ακτογραμμής) διότι η κατασκευή μας θα εφάπτεται με την ξηρά και την επιφάνεια της θάλασσας.

Μέθοδος SMB

Θεωρούμε ότι $H_s = H_0 = 4,00 \text{ m}$ (στα βαθιά) και $T_s = T_0 = 9,81 \text{ seconds}$, με ταχύτητα ανέμου 6BF. Βρίσκουμε: $\lambda_0 = (g \cdot T_0^2) / 2\pi \Rightarrow \lambda_0 = \text{Και } H_b / H_0 = 0,56 (H_0 / \lambda_0)^{(-0,20)}$

Επόμενο βήμα υπολογίζουμε το βάθος θραύσης στα ρηχά μέσα από τους εξής τύπους:

$$\alpha = 43,8 (1 - e^{19/\tan\beta}),$$

$$b = 1,56 / (1 + e^{19,5/\tan\beta})$$

$$\text{τύπο : } H_b / H_o = b - a \cdot (H_b / (g \cdot T^2))$$

Τέλος καταλήγουμε στο ύψος κύματος H (m) για $d = 0,5$ m, χρησιμοποιούμε τον τύπο:

$$H = (H_b / d_b) \cdot d, \text{ και τα συγκεντρώνουμε όλα τα αποτελέσματα στον πίνακα 11.}$$

Πίνακας 11: Τα αποτελέσματα.

L_o (m)	H_b (m)	α	B	d_b (m)	H
150,33	4,62	37,274	1,366	3,90	0,60

$\Delta = (\gamma d / 10) - 1$ (καθαρός αριθμός)	$D_n = H / (\Delta \cdot (d \cdot 1,5)^{1/3}),$ (m)	$W_s = \gamma d \cdot D_n ,$ (kg) ή (tn)
1,59	0,42	195 ή 0,195

Επίσης θα πρέπει να τονίσουμε πως η κλίση $\tan\phi$ θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ των τιμών $0,07 \leq \tan\phi \leq 0,10$. Επιλέξαμε τη γωνία $\phi = 1 / 10$.

Το έργο που πρόκειται να σχεδιαστεί βρίσκεται μετά τη γραμμή θραύσης και συγκεκριμένα στη ζώνη απόσβεσης πλησίον της ακτογραμμής. Επομένως θα υπολογιστούν τα χαρακτηριστικά του κύματος (ύψος κύματος) σε μικρό βάθος ($\sim 0,50$ m). Το ύψος κύματος στη θέση αυτή υπολογίστηκε $H = 0,60$ m.

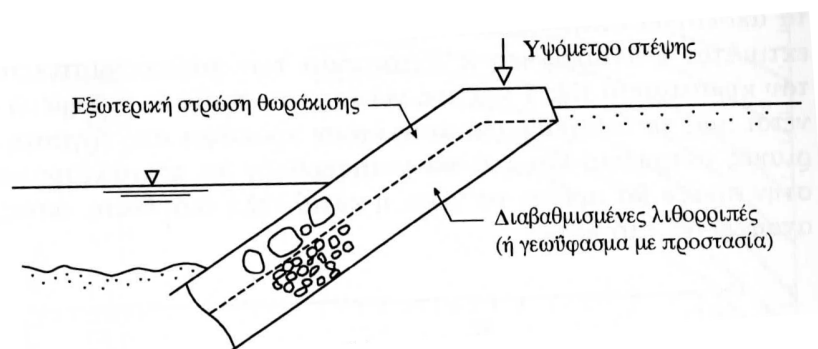
Η ευστάθεια των λίθων θωράκισης απέναντι στις φορτίσεις των κυμάτων διασφαλίζεται στην πράξη με χρήση ημιεμπειρικών σχέσεων που δίνουν το βάρος των ογκολίθων. Ο τύπος που θα αξιοποιήσουμε είναι ο εξής για την εύρεση της διαμέτρου του ογκολίθου (φυσικοί ογκόλιθοι):

$$D_n = H / (\Delta \cdot (d \cdot 1,5)^{1/3}),$$

D_n σε m (τύπος 4.1.4).

Το ειδικό βάρος των ογκολίθων είναι για μη θραυόμενο κυματισμό και μηδενικό ποσοστό αστοχίας ακανόνιστο σχήμα κα τυχαία τοποθέτηση. $W_s = \gamma_d \cdot D_n$, το W_s σε τόνους ή κιλά (τύπος 4.1.5).

Στο παρακάτω σχήμα δίνουμε ένα σχήμα της προτεινόμενης τυπικής διατομής μη θραυόμενου κυματισμού και μικρής υπερπήδησης. Σχήμα 14.



Σχήμα 14: Κατηγορίας έργου πρανούς από Μέμος, 2008).

Αναφέρεται ότι στη συγκεκριμένη περίπτωση που εξετάζουμε, πρόκειται για έργο προστασίας ακτής (έργο θωράκισης) και επομένως θα έχουμε μόνο ένα μέτωπο θωράκισης, αυτό δηλαδή που έρχεται σε επαφή με το θαλάσσιο μέτωπο.

Οι ογκόλιθοι μπορεί να κυμαίνονται μεταξύ των ορίων: $75\% \cdot W_s \leq 0,195 \text{ tn} \leq 125\% \cdot W_s$,
Άρα **0,146 tn** ή **0,243 tn**.

Παρακάτω θα δώσουμε τον Πίνακα 12 με την αντιστοιχία βάρους-διαμέτρου λίθων με ειδικό βάρος $= 2,6 \text{ t/m}^3$ (Μέμος, 2008).

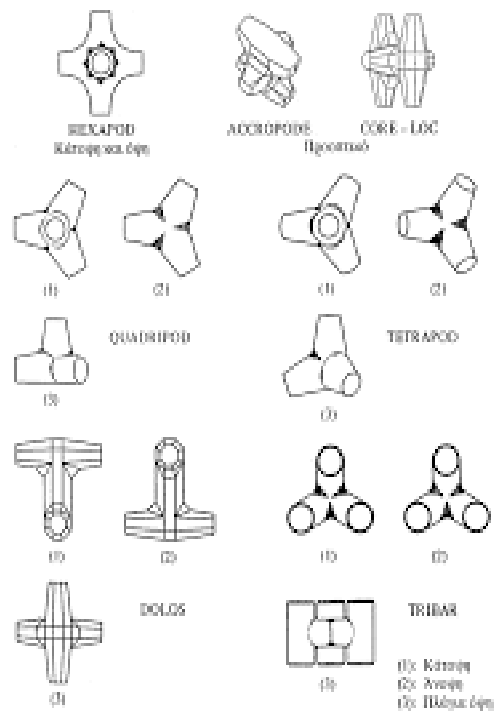
Πίνακας 12: Βάρος –Διαμέτρου λίθων (από Μέμος, 2008).

B (kg)	d (cm)	B (Kg)	d (cm)	d (cm)	B (Kg)	d (cm)	B (Kg)
0.01	1.8	50	31	1.0	0.002	40	109
0.02	2.3	60	33	1.5	0.006	42	127
0.03	2.6	70	35	2.0	0.014	45	156
0.05	3.1	80	36	2.5	0.027	47	177
0.07	3.4	90	38	3.0	0.046	50	214
0.1	3.9	100	39	4.0	0.11	52	240
0.2	4.9	120	41	5.0	0.21	55	284
0.4	6.2	150	44	6.0	0.37	57	317
0.6	7.1	200	49	7.0	0.59	60	369
0.8	7.8	250	53	8.0	0.88	65	469
1	8.4	300	56	9.0	1.25	70	586
2	10.5	400	62	10.0	1.71	75	721
3	12.1	500	66	12.0	2.95	80	875
5	14.3	700	74	14.0	4.69	85	1050
7	16.0	1000	84	16.0	7.00	90	1246
10	18.0	1500	96	18.0	9.97	100	1710
15	20.6	2000	105	20.0	13.7	110	2275
20	22.7	3000	121	22.0	18.2	120	2954
25	24.5	5000	143	25.0	26.7	140	4691
30	26.0	7000	160	27.0	33.6	160	7002
35	27.4	10000	180	30.0	46.2	180	9970
40	28.6	12000	192	32.0	56.0	200	13676
		15000	206	35.0	73.0	220	18203
		18000	219	37.0	86.6		

Επιπλέον για να διευκολύνουμε την επιλογή μας, δηλαδή τι είδους κατηγορία ογκόλιθου θα χρησιμοποιήσουμε φυσικούς ή τεχνητούς και να αιτιολογήσουμε την επιλογή μας παραθέτουμε τον Πίνακα 13, στη συνέχεια γίνεται πιο εμφανής η διαφορά μεταξύ των τεχνητών και φυσικών ογκολίθων στις Εικόνες 11, 12.

Πίνακας 13: Συντελεστής στρώσης και πορώδες για διάφορους ογκόλιθους.(Μέμος 2008)

Τύπος ογκόλιθου	n	Τοποθέτηση	K _Δ	P (%)
Φυσικοί ογκόλιθοι				
Λείοι	2	Τυχαία	1.02	38
Τραχείς	2	Τυχαία	1.00	37
Τραχείς	≥3	Τυχαία	1.00	40
Τεχνητοί ογκόλιθοι				
Τετράποδα (tetrapod)	2	Τυχαία	1.04	50
(Quadripod)	2	Τυχαία	0.95	49
Τρίραβδα (tribar)	2	Τυχαία	1.02	54
Δόλοι (dolos)	2	Τυχαία	0.94	56
Κύβοι	2	Τυχαία	1.10	47
Ακρόποδα (accropode)	1	Τυχαία	1.51	57-62
Core-loc	1	Τυχαία	1.51	60-64



Σχ. 4.11: Μικροί τύποι τεχνητών ογκολίθων.

Εικόνα 11: Σχήματα τεχνητών ογκολίθων διαφόρων κατηγοριών (Μέμος, 2008).





Εικόνες 12 : Τεχνητών ογκολίθων διαφόρων σχημάτων και κατηγοριών (Διαδίκτυο 5).

Μπορούμε να αναφέρουμε κάποιες πληροφορίες σχετικά με την επιλογή και το σχεδιασμό της διατομής που επιλέξαμε. Στα εξωτερικά λιμενικά έργα με πρηνή διαμορφώνονται από στρώση δράσεως, κεντρικό πυρήνα από κοκκώδη υλικά που περιβάλλεται από στρώσεις όλο ένα

μεγαλύτερων λίθων κατάλληλης διαβάθμισης μέχρι την εξωτερική στρώση θωράκισης από φυσικούς ή τεχνητούς ογκόλιθους Σχήμα 14. Επίσης μπορούμε να δώσουμε και κάποια πιθανά ποσοστά για την διατομή μας (Μέμος, 2008).

- 1) θωράκιση 75% ως 125%
- 2) Υπόστρωση 5% ως 13%
- 3) Πυρήνας 0,0075% ως 0,75%

Το ελάχιστο υψόμετρο της θωράκισης πρέπει να εκτείνεται μέχρι τον πυθμένα για προστασία ποδός του έργου από τη διάβρωση με πρόβλεψη να σκαφτεί η θεμελίωσή της εάν απαιτείται. Στοιχεία για τη διαμόρφωση και προστασία του ποδός του έργου δίδονται στον Μέμο (2008). Τέτοιες καταστάσεις συναντώνται συνήθως στις επενδύσεις πρανών. Η κάτω σειρά των ογκολίθων συνίσταται να τοποθετείται με ιδιαίτερη επιμέλεια έστω και αν όλη η θωράκιση είναι τύπου τυχαίας τοποθέτησης (Μέμος, 2008).

Επιπλέον τα εξωτερικά λιμενικά έργα με πρανή δεν ελέγχονται σε σεισμική επιβάρυνσης. Όμως σε περιπτώσεις σημαντικών έργων όπου συνυπάρχουν κακές συνθήκες θεμελίωσης του έργου και αυξημένη σεισμική δραστηριότητα θα πρέπει να γίνεται σεισμική ανάλυση της κατασκευής που να βασίζεται σε εδαφικές παραμέτρους, όπως προκύπτουν από γεωτεχνική έρευνα. Για την απομάκρυνση του κινδύνου αστοχίας ο μελετητής μπορεί να χρησιμοποιήσει τεχνικές, όπως επέμβαση στη γεωμετρία της διατομής με ηπιότερες κλίσεις, χρήση γεωϋφασμάτων, προγραμματισμό της κατασκευής ώστε να επιτυγχάνεται η επιθυμητή προ φόρτιση του εδάφους (Μέμος 2008).

4.1.5: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΥΜΑΤΟΓΕΝΟΥΣ ΑΝΑΡΡΙΧΗΣΗΣ

Η κυματογενής αναρρίχηση R , είναι η μέγιστη στιγμιαία ανύψωση της ελεύθερης επιφάνειας κατά τη διάρκεια διαβροχής της ακτής. Η μέγιστη τιμή της ελεύθερης επιφάνειας είναι η κυματογενής αναρρίχηση R , ενώ η μέση τιμή είναι η κυματογενής ανύψωση (Μέμος, 2008).

Για τον υπολογισμό της κυματογενής αναρρίχησης θα πρέπει αρχικά να προσδιορίσουμε τον συντελεστή ευστάθειας του έργου K_D , ο τύπος είναι $k_d = d \cdot (4\pi^2) / g \cdot (T^2)$.

Προκύπτει $k_d = 0,0209 \text{ m}^{-1}$ και κάνουμε δοκιμές για την εκτίμηση του $k_d = k_d \cdot \tanh(k_d)$.

Οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν με την σειρά που τις τοποθετήσαμε στον Πίνακα 14.

Πίνακας 14: Συντελεστής K_D δοκιμές εύρεσής του.

K_D	$kd = k_d \cdot \tanh(kd)$	$k \text{ (m}^{-1}\text{)}$
1.) 0,100	0,100 · 0,100	0,0100
2.) 0,200	0,200 · 0,197	0,0394
3.) 0,150	0,150 · 0,149	0,0223
4.) 0,125	0,125 · 0,124	0,0155
5.) 0,140	0,140 · 0,139	0,0195
6.) 0,145	0,145 · 0,144	0,0209

Έπειτα θα ξεκινήσουμε τον υπολογισμό αναρρίχησης, αφού πρώτα βρούμε την κυματογενή ανύψωση (n_b), τη μέση κυματογενή ανύψωση στην ακτογραμμή (n_s), την κλίση της κυματογενής ανύψωσης (d_n/dx), τον αριθμό Iribaren (ξ_o).

Καταρχάς, για τον υπολογισμό των παραμέτρων αυτών θα χρειαστούμε τα αποτελέσματα που έχουμε από τις προηγούμενες παραγράφους.

$H \text{ (m)}$	$H_o \text{ (m)}$	$H_b \text{ (m)}$	$D_b \text{ (m)}$	$\Lambda_o \text{ (m)}$	Κλίση($\tan\beta$)	$d \text{ (m)}$
0,62	4,00	4,62	3,9	150,33	1:10	0,50

Στον Πίνακα 15 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που εξάγαμε από τους υπολογισμούς μας σε όλο το Κεφάλαιο 4.

Πίνακας 15: Συγκεντρωμένα αποτελέσματα από την ανάλυση.

$N_b = -\frac{1}{8} \cdot \frac{H_b^2 \cdot k_d}{\sinh \cdot (2k_d \cdot d_b)}, \text{ (m)} \Rightarrow$	$N_b = -0,34 \text{ m}$
$N_s = n_b + \frac{db}{1 + \frac{8}{3} \cdot \left(\frac{d_b}{H_b}\right)^2}, \text{ (m)} \Rightarrow$	$N_s = 1,00 \text{ m}$
$\frac{D_n}{Dx} = \frac{\tan\beta}{1 + \frac{8}{3} \cdot \left(\frac{d_b}{H_b}\right)^2}, \Rightarrow$	$D_n/dx = 0,0345$
$\Delta\chi_{\max} = \frac{n_s}{\tan\beta - (d_n/dx)}, \text{ (m)} \Rightarrow$	$\Delta\chi_{\max} = 15,27 \text{ m}$
$N_{\max} = n_s + (d_n/dx) \cdot \Delta\chi_{\max}, \text{ (m)} \Rightarrow$	$N_{\max} = 1,53 \text{ m}$
$\xi_o = \tan\beta \cdot (\lambda_o/H_o)^{(1/2)}, \Rightarrow$	$\xi_o = 0,613$
$R = H_o \cdot \xi_o, \text{ (m)} \Rightarrow$	$R = 2,45 \text{ m}$

Στη συνέχεια το αποτέλεσμα της αναρρίχησης $R = 2,45 \text{ m}$ θα το πολλαπλασιάσουμε με τον συντελεστή r πρανούς, όπως παρουσιάζεται στον παρακάτω Πίνακα 16. Η αναρρίχηση εξαρτάται από την κατηγορία χαρακτηριστικών των λίθων που θα επιλέξουμε και με την ανάλογη τοποθέτησή τους στο έργο.

Πίνακας 16 : Τιμές συντελεστή r για διάφορα χαρακτηριστικά πρανών. (Μέμος, 2008)

Χαρακτηριστικά πρανών	r
Ογκόλιθοι σκυροδέματος, έντεχνη τοποθέτηση.	0.90
Φυσικοί ογκόλιθοι βασάλτη, έντεχνη τοποθέτηση.	0.85 – 0.90
Ογκόλιθοι λατομείου σε αδιαπέρατη επιφάνεια μια στρώση λίθων τυχαίας τοποθέτησης.	0.80
Λίθοι λατομείου, έντεχνη τοποθέτηση.	0.75 – 0.80
Στρογγυλευμένη λίθοι λατομείου, τυχαία τοποθέτηση.	0.60 – 0.65
Λίθοι λατομείου, τυχαία τοποθέτηση.	0.50 – 0.55
Τεχνητοί ογκόλιθοι (~50 % κενά), τυχαία τοποθέτηση.	0.45 – 0.50

Επομένως η τελική αναρρίχηση R θα είναι, $R_{tel} = R * r$, όπου R η αρχική αναρρίχηση από τον πίνακα 15 και r ο συντελεστής χαρακτηριστικών πρανούς.

Άρα, $R_{tel} = 2.45 * 0.75 = 1.84$ m θα είναι η τελική κυματογενής αναρρίχηση.

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση με βάση τα χαρακτηριστικά της περιοχής. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης που προηγήθηκε περιλαμβάνουν το μήκος αναπτύγματος, τα χαρακτηριστικά του κυματισμού στην περιοχή όπως το ύψος και την περίοδο του κύματος.

Επιπλέον, παρουσιάζονται τα στοιχεία σχεδιασμού που προέκυψαν από την ανάλυση του έργου όπως η διάμετρος – βάρος και επιλογή φυσικών ογκολίθων, καθώς και όλα τα απαραίτητα χαρακτηριστικά της κυματογενούς αναρρίχησης.

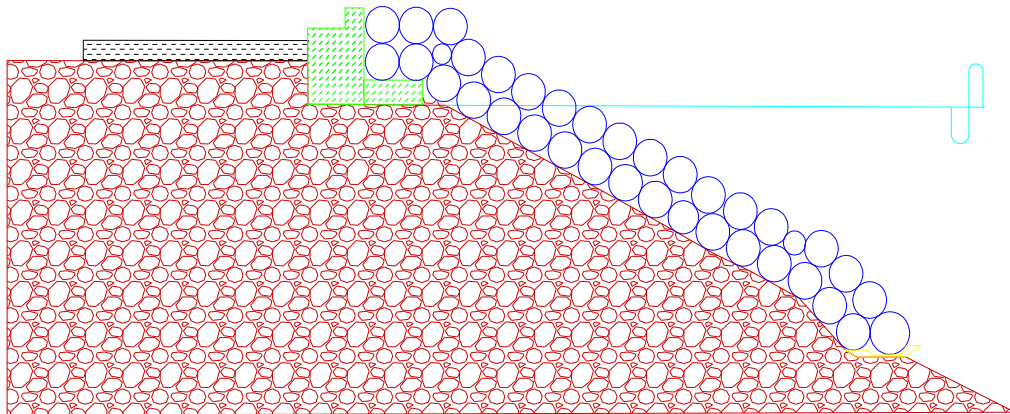
Στο κεφάλαιο 5 θα παρουσιαστεί, με βάση την ανάλυση που προηγήθηκε, ο προτεινόμενος σχεδιασμός του έργου θωράκισης και προστασίας για την αντιμετώπιση του προβλήματος διάβρωσης της περιοχής. Όπως έχει αναφερθεί στο κεφάλαιο που προηγήθηκε θα σχεδιαστεί έργο με φυσικούς ογκόλιθους και πρανές.

5.ΠΡΟΤΑΣΗ ΕΡΓΟΥ ΘΩΡΑΚΙΣΗΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 4 ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΥ ΕΡΓΟΥ - ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΑ ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΜΕΣΑ

Αρχικά εντοπίσαμε και αναφέραμε το σοβαρό πρόβλημα της διάβρωσης που έχει η περιοχή μελέτης Παραλία Τολοφώνας – Ερατεινής καθώς και όλους εκείνους τους σημαντικούς παράγοντες μορφολογικά χαρακτηριστικά, κυματικά χαρακτηριστικά, στοιχεία ανέμων, (κεφάλαιο 2), έπειτα αναφέραμε πιθανούς τρόπους επίλυσης του προβλήματος, (κεφάλαιο 3). Επιλέξαμε να εφαρμόσουμε την παρακάτω επιλογή διαμόρφωσης έργου θωράκισης του παραλιακού μετώπου της περιοχής μελέτης με το έντονο πρόβλημα διάβρωσης, σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα από το κεφάλαιο 4.

Στην συγκεκριμένη περιοχή Παραλίας Τολοφώνας ο πυθμένας λόγω του ρήγματος του Κορινθιακού κόλπου έχει ιδιαίτερες και απότομες κλίσεις, οπότε εμείς θα χρειαστεί να επέμβουμε και να δώσουμε την επιθυμητή κλίση για σωστό σχεδιασμό του έργου. Η κλίση θα είναι 2 προς 1 και η τεχνοτροπία που θα τοποθετηθούν οι φυσικοί ογκόλιθοι με διάμετρος 0,45 m (κεφάλαιο 4), παρουσιάζεται στο (Σχήμα 15).

Επιπλέον στο σχέδιο που παρουσιάζεται στην παρούσα ενότητα με πράσινο χρώμα δεικνύεται τοίχος στήριξης από οπλισμένο σκυρόδεμα στην κορυφή του πρανούς που θα λειτουργήσει ως στέψη του έργου και σε αυτό θα μπορεί να αποτελέσει βατό τμήμα για τους πεζούς, κυρίως κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Επίσης τμήμα του τοιχίου αυτού θα αποτελέσει αρχική επιφάνεια έδρασης των φυσικών ογκολίθων που θωρακίζουν το πρανές, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 5. Οι φυσικοί ογκόλιθοι θα τοποθετηθούν στην επιφάνεια για προστασία και την επίτευξη της ευστάθειας του πρανούς, αλλά και για την προστασία του από την διάβρωση από τη δράση των κυμάτων.

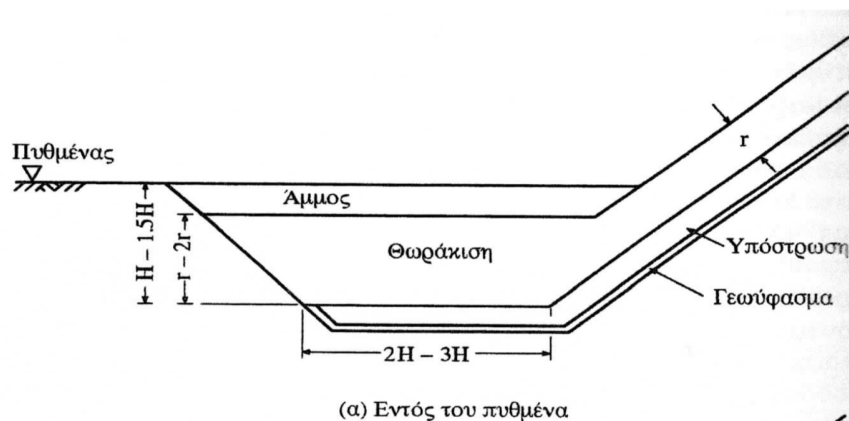


Σχήμα 15: Σκαρίφημα πρότασης διαμόρφωσης και θωράκισης πρανούς (μετώπου) με φυσικούς ογκόλιθους.

Με κίτρινο χρώμα παρουσιάζεται τραπεζοειδής διατομή μήκους περίπου 1,60 m, όπου πάνω σε αυτή στο τελείωμα του πρανούς στον πυθμένα της θάλασσας θα τοποθετηθούν οι φυσικοί ογκόλιθοι και το τμήμα του εδάφους όπου θα διαμορφωθεί θα σκαφτεί με κάποιο τύπο εκσκαφέα μέσω της θάλασσας ή με προσέγγιση από την ξηρά. Επίσης στο τελείωμα του τοίχου προς την περιοχή του δρόμου θα μπορούσε να κατασκευαστεί σύστημα αποστράγγισης, ώστε τα νερά από την δράση των κυμάτων επί του πρανούς να φεύγουν στην θάλασσα μέσω συστήματος αποστράγγισης.

Με το μαύρο χρώμα αριστερά της τομής του σχεδίου παρουσιάζεται η διαμόρφωση του παραλιακού δρόμου, ο οποίος και αυτός έχει υποστεί υλικές ζημιές οπότε θα πρέπει να ανακατασκευαστεί. Με την ήδη υπάρχουσα οδοποιία από μία λωρίδα κατεύθυνσης και 3 m η κάθε μία, το συνολικό πάχος της μαζί με την βάση, υπό βάση και την ασφάλτο θα είναι κατ' ελάχιστο 0,60 m.

Με γαλάζιο χρώμα δεικνύεται η μέση στάθμη θάλασσας η οποία θα βρίσκεται σε απόσταση τέτοια από την επιφάνεια στέψης του πρανού, ώστε να εξασφαλίζεται επαρκής προστασία του έργου με βάση την υπολογισθείσα κυματογενή αναρρίχηση. Στο σχήμα που παρουσιάζεται παρακάτω, Σχήμα 16, (Μέμος, 2008) δίδεται μια τυπική διαμόρφωση προστασίας ποδός εντός του πυθμένα.



Σχήμα 16: Διαμόρφωση προστασίας ποδός για δυσμενείς συνθήκες διάβρωσης εντός του πυθμένα (από Μέμο, 2008).

5.1 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΡΓΟΥ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ

5.1.1 ΘΕΜΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

Τα έργα προστασίας με λιθορριπές είναι συνήθως ογκώδη και απαιτούν πολλές φορές τη διακίνηση εκατοντάδων χιλιάδων τόνων υλικού. Ο προγραμματισμός της κατασκευής και η σωστή οργάνωση του εργοταξίου είναι επομένως απαραίτητα στοιχεία για την έντεχνη και οικονομική υλοποίηση του έργου.

Ένα γενικό θέμα που αντιμετωπίζεται στην κατασκευή εξωτερικών λιμενικών έργων με πρανή και στο δικό μας, αφορά τη μέθοδο κατασκευής του έργου από τη θάλασσα ή από την ξηρά. Η απόφαση ως προς τη μέθοδο που θα ακολουθηθεί έχει σημαντικές επιπτώσεις στο μηχανικό εξοπλισμό που θα απαιτηθεί για την κατασκευή του έργου καθώς και στην όλη οικονομία του.

Η κατασκευή από τη θάλασσα εξαρτάται πιο άμεσα από τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν κατά τη διάρκεια των εργασιών. Υπάρχει όμως δυνατότητα για προώθηση του έργου σε δύο ή περισσότερα μέτωπα, πράγμα που συμπύσσει το χρόνο κατασκευής και συμπιέζει το κόστος, δεδομένης μάλιστα και της υψηλής δαπάνης των πλωτών μέσων. Σε περιπτώσεις που στη διατομή του έργου περιλαμβάνονται και οριζόντιες στρώσεις λιθορριπών (berms) είναι φανερό πως αυτές δεν μπορούν να μορφωθούν με την από ξηράς μέθοδο. Επίσης είναι προφανές πως η διαμόρφωση κυματοθραυστών που δεν συνδέονται με την ξηρά, δεν είναι δυνατόν να γίνει παρά με τη μέθοδο της από θαλάσσης κατασκευής, εκτός εάν προβλεφθεί προσωρινή σύνδεση του έργου με την ξηρά (Μέμος, 2008).

5.1.2 ΤΑ ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΜΕΣΑ

Στην από θαλάσσης μέθοδο τα μηχανικά μέσα που χρησιμοποιούνται περιλαμβάνουν φορτηγίδες, πλωτούς γερανούς, αυτοανυψωκτικές πλωτές εξέδρες (Εικόνα 13). Οι φορτηγίδες αναλαμβάνουν τη μεταφορά και απόθεση των πάσης φύσεως λιθορριπών.

Οι πλωτοί γερανοί με αρπαγή μπορούν να υποβοηθούν την διάστρωση του υλικού παραλαμβάνοντάς το από φορτηγίδες που προσεγγίζουν στο γερανό. Αυτή η μέθοδος εφαρμόζεται συνήθως σε μικρά βάθη θάλασσας πάνω από τη στέψη του έργου, όπου μπορούν να λειτουργήσουν τα κλαπέ. Οι γερανοί χρησιμοποιούνται κυρίως για την τοποθέτηση ογκολίθων θωράκισης (Εικόνα 14). Απαιτείται όμως πεπειραμένος χειριστής για να επιτυγχάνεται καλή εμπλοκή των λίθων μεταξύ τους. Στους τεχνητούς ογκόλιθους

προβλέπονται εγκοπές ή άγκιστρα ανάρτησης εάν η μορφή τους δεν προσφέρεται για απλή ανάρτηση από το συρματόσχοινο του γερανού (Μέμος, 2008).



Εικόνα 13: Φορητό-γερανοί θαλάσσης. (Διαδίκτυο 4)

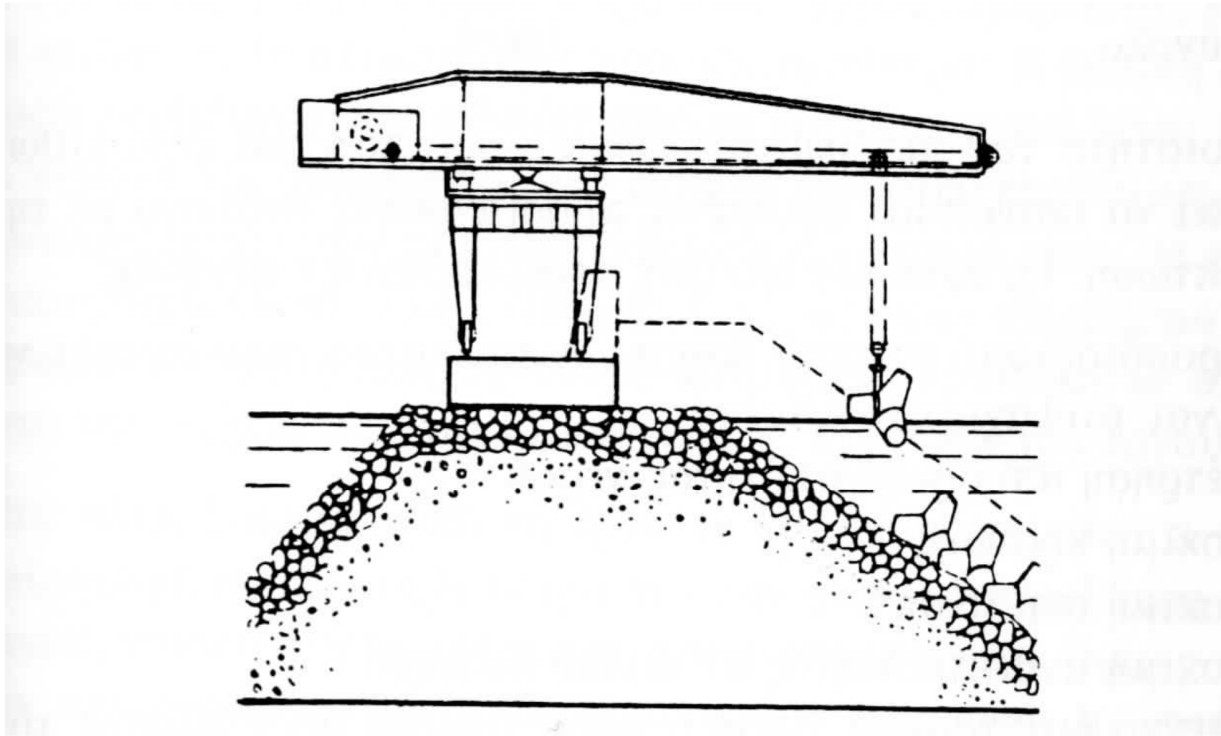


Εικόνα 14: Γερανός ξηράς τοποθέτηση ογκολίθων, (Διαδίκτυο 5).

Η κατασκευή από τη στεριά είναι μια μέθοδος που απαιτεί μηχανικά μέσα, όπως φορτηγά αυτοκίνητα, προωθητές, γερανούς ξηράς. Για να είναι δυνατή η εφαρμογή της μεθόδου θα πρέπει η στέψη του πυρήνα του έργου να βρίσκεται στην ξηρά, κατά προτίμηση για την ανώτατη στάθμη της θάλασσας, ώστε να μπορούν να κινηθούν τα αυτοκίνητα. Ένα άλλο σημείο που χρειάζεται μελέτη είναι το πλάτος βατής στέψης, όπου θα γίνεται η διακίνηση των φορτηγών. Για λόγους ευστάθειας το απαιτούμενο πλάτος δίνει μόνο μια λωρίδα κυκλοφορίας, με αποτέλεσμα τα φορτηγά να κινούνται με την όπισθεν. Το οποίο αποτελεί μειονέκτημα στη σωστή οργάνωση του εργοταξίου. Οι λύσεις που εφαρμόζονται είναι είτε η αύξηση του πλάτους της στέψης είτε χρησιμοποίηση ειδικής πλατφόρμας περιστροφής των φορτηγών. (Μέμος, 2008)

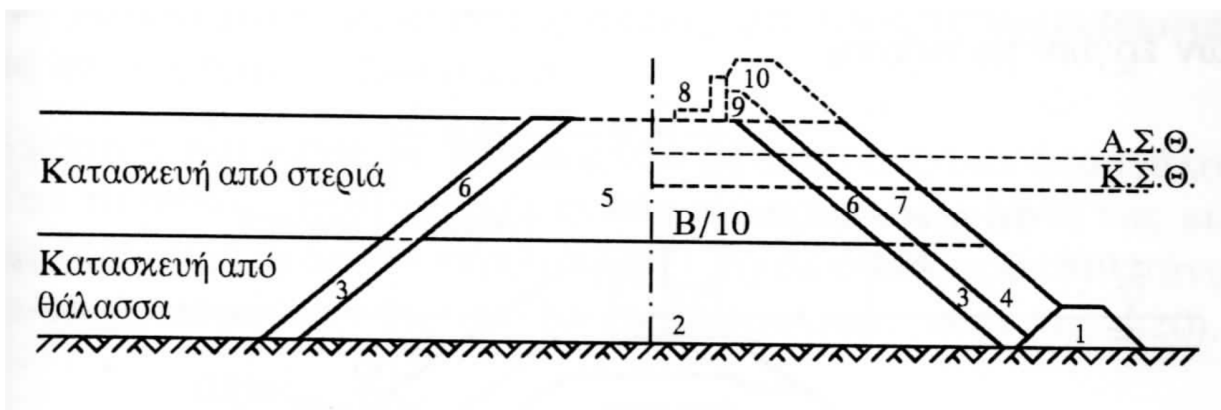
Ο παράγοντας των καιρικών συνθηκών μπορεί να μην έχει την ίδια σημασία, όπως στην κατασκευή από τη θάλασσα, δεν θα πρέπει να υποεκτιμάται και στην κατασκευή από τη στεριά. Η υπερπήδηση του έργου πριν την ανύψωση της στέψης του προκαλεί διακοπή των εργασιών και ενδεχόμενα καταστροφή τμήματος του έργου, το οποίο θα πρέπει να αναπληρώνεται. Για αυτό θα πρέπει όσο είναι εφικτό η ολοκλήρωση των τμημάτων κατασκευής ή τουλάχιστον εξασφάλισης της με τη θωράκιση, ώστε να ελαχιστοποιείται ο κίνδυνος λόγω κακοκαιρίας. Η παρατήρηση αυτή ισχύει και για τις δύο μεθόδους.

Στην από ξηράς μέθοδο η θωράκιση τοποθετείται με γερανούς που κινούνται στη στέψη του έργου. Οι γερανοί μπορεί να είναι ερπυστριοφόροι ή ακόμη να κινούνται σε σιδηροτροχιές. Στην τελευταία περίπτωση θα πρέπει να προβλέπεται στη στέψη πλάκα από σκυρόδεμα και το απαιτούμενο τμήμα της για την έδραση των σιδηροτροχιών κατασκευάζεται πριν από τη διάστρωση της θωράκισης Σχήμα 17.



Σχήμα 17: Κατασκευή θωράκισης με γερανό (Μέμος, 2008).

Μερικές φορές γίνεται χρήση και των δύο μεθόδων κατασκευής από στεριά και από θάλασσα αυτό φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 18: Διάγραμμα μεθόδου κατασκευής έργου με πρανή. (Μέμος, 2008)

5.2 ΕΥΡΕΣΗ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΔΟΚΙΜΕΣ ΤΩΝ ΟΓΚΟΛΙΘΩΝ

Ένα σημαντικό θέμα που θα πρέπει να ιδωθεί ιδιαίτερη προσοχή λόγω των μεγάλων ποσοτήτων υλικού λατομείου που απαιτούνται είναι η ανεύρεση λατομείου κοντά στο έργο σε συνδυασμό με αποδεκτή ποιότητα και διαβάθμιση των υλικών. Στην περιοχή μας αξιοποιήσιμη πηγή λίθων είναι ο χείμαρρος Ερατεινής οποίος και είναι πολύ κοντά στο έργο και έτσι θα εξοικονομήσουμε χρόνο στη μεταφορά κάποιον λίθων αλλά και πιο οικονομικά. Αυτό ισχύει για το εσωτερικό του έργου που χρειαζόμαστε πιο μικρό μέγεθος ογκολίθων, για την εξωτερική θωράκιση θα πρέπει να παραγγείλουμε από το κοντινότερο λατομείο με τις καταλληλότερες προδιαγραφές των λιθορριπών είτε είναι φυσική είτε τεχνητοί με φυσικό χρώμα, ώστε να διατηρήσουμε αρμονία των χρωμάτων του περιβάλλον.(Μέμος, 2008)

Η ποιότητα του πετρώματος των λιθορριπών και ογκολίθων πρέπει να ικανοποιεί ορισμένες προδιαγραφές ανάλογα με την περίπτωση. Οι σχετικές δοκιμές περιλαμβάνουν συνήθως προσδιορισμό ειδικού βάρους πετρώματος να είναι τουλάχιστον 2.5 τ/μ^3 , μέτρηση απορροφητικότητας νερού, δοκιμή κρούσης, δοκιμή συμπίεσης, δοκιμή ανθεκτικότητας σε θειικό διάλυμα και τέλος έλεγχο διαστάσεων, όπου ο λόγος μήκους προς πλάτος του ογκολίθου να είναι μικρότερος του 2,5.

5.3 ΣΥΝΤΗΡΙΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΛΙΜΕΝΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ

Τα λιμενικά έργα κατασκευάζονται για χρονικό ορίζοντα που συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 50 και 100 ετών. Σε όλη τη διάρκεια ζωής των έργων αυτών είναι απαραίτητο να γίνεται περιοδικός έλεγχος και συντήρησή τους, έτσι ώστε να αποφεύγονται αστοχίες και δαπανηρές επισκευές. Ο έλεγχος αυτός πρέπει να γίνεται κάθε 5–7 χρόνια και να εντάσσεται σε ένα συγκροτημένο πρόγραμμα επιθεώρησης των λιμενικών έργων.

Οι περιοχές των κατασκευών που πάσχουν περισσότερο και φθείρονται ταχύτερα είναι τα υποθαλάσσια τμήματα των έργων κυρίως από οπλισμένο σκυρόδεμα. Σε τέτοιες κατασκευές ο

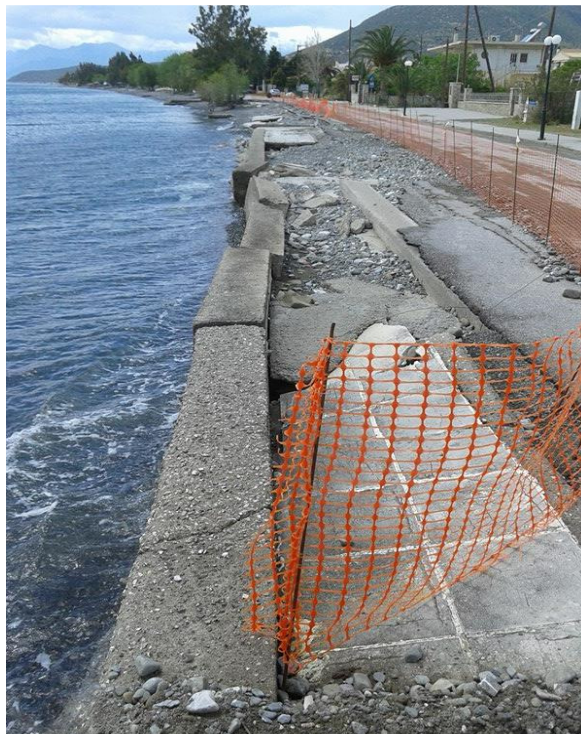
οπλισμός συνήθως προσβάλλεται χημικά, διογκώνεται προκαλώντας αποκόλλησή της από σκυρόδεμα επικάλυψης. Η αντιμετώπιση τέτοιας φύσεως προβλημάτων γίνεται κατά κανόνα με μόρφωση μανδύα από ταχείας πήξης σκυρόδεμα στην περιοχή που παρουσιάζει βλάβες. Επίσης εκεί όπου υπάρχει σοβαρό πρόβλημα θα πρέπει να το ενισχύουμε ανά τακτά χρονικά διαστήματα (Μέμος, 2008).

Τέλος η αποσύνθεση των λιμενικών κατασκευών προέρχεται κυρίως από τους παρακάτω παράγοντες:

- Διάβρωση των μεταλλικών μερών περιλαμβανομένου του σιδηρού οπλισμού του σκυροδέματος.
- Βιοαποσύνθεση, όπως αυτή που προκαλείται από τους θαλάσσιους μικροοργανισμούς.
- Φυσικοχημικές διεργασίες, όπως η προσβολή του σκυροδέματος από το θείο.
- Μηχανική φθορά που συμβαίνει είτε από υπερφόρτιση των κατασκευών είτε από άλλες αιτίες.

6. Η ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΠΑΡΑΛΙΑΣ ΤΟΛΟΦΩΝΑΣ

Η υφιστάμενη κατάσταση της περιοχής μελέτης καθίσταται πλέον σε κρίσιμη κατάσταση διότι έχει οξυνθεί το πρόβλημα της διάβρωσης. Καθώς όπως γίνεται εμφανές και στην (εικόνα 15) έχει καταστραφεί πλέον ολοσχερώς το πεζοδρόμιο που ήταν τοποθετημένο για την εξυπηρέτηση των πεζών, επιπλέον σοβαρές ζημιές έχει υποστεί και το οδόστρωμα του παραλιακού δρόμου που εξυπηρετεί την διέλευση των κατοίκων της παραλίας Τολοφώνας προς το κεντρικό οικισμό της Ερατεινής. Οπότε καθίσταται αναγκαία και άμεση επέμβαση για την αντιμετώπιση του σοβαρού προβλήματος πριν επέλθουν μεγαλύτερες καταστροφές.



Εικόνα 15: Τμήμα παραλιακής οδού Ερατεινής – Παραλίας Τολοφώνας (προσωπική λήψη, 3 Μαΐου 2016).

Παραθέτουμε επιπρόσθετο φωτογραφικό – οπτικοακουστικό υλικό κατά μήκος όλου του παραλιακού μετώπου, με σκοπό να δείξουμε πως το φαινόμενο της διάβρωσης μεταβάλλεται με το πέρασμα του χρόνου καθώς και επειδή το τελευταίο διάστημα μετά το χειμώνα 2015 έχει επιδεινωθεί ως και σήμερα.



Εικόνες 16: Αρχικό τμήμα παραλίας Τολοφώνας προσωπικής λήψης έτος 2015.



(i)



(ii)



(iii)

Εικόνες 17: Τμήμα εντοπισμού σοβαρού προβλήματος παραλίας Τολοφώνας προσωπικής λήψης έτος 2015.



Εικόνες 18: Τμήμα διάβρωσης ακτής προσωπική λήψη Φεβρουάριος 2016.

[E%93%CE%99%CE%9A%CE%97%20%CE%A0%CE%91%CE%A1%CE%9F%CE%A5%CE%A3%CE%99%CE%91%CE%A3%CE%97.pdf](#)

11. Διαδίκτυο 1 και 2

12. <https://www.google.gr/search?tbm=isch&q=%CE%BA%CF%85%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%BF%CE%B8%CF%81%CE%B1%CF%8D%CF%83%CF%84%CE%B5%CF%82+%CF%84%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%B7%CF%84%CE%B7%CF%82+%CE%B1%CE%BD%CE%B1%CF%80%CE%BB%CE%B7%CF%81%CF%89%CF%83%CE%B7%CF%82+%CE%B1%CE%BA%CF%84%CE%B7%CF%82&spell=1&sa=X&ved=0ahUKEwiUp8LFg6LMAhWBEywKHwtXBwsQBQgYKAA&dpr=1&biw=1280&bih=935#imgsrc=UVxLXJwg2HFfUM%3A>

13. Διαδίκτυο 3

14. https://www.google.gr/search?espv=2&tbm=isch&q=τεχνικοι+ογκολιθοι&spell=1&sa=X&ved=0ahUKEwily_WMgKLMAhUFDSwKHV2dC_AQBQgYKAA

15. Διαδίκτυο 4,5,6

https://www.google.gr/search?q=%CE%BA%CF%85%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%BF%CE%B8%CF%81%CE%B1%CF%8D%CF%83%CF%84%CE%B5%CF%82&espv=2&biw=1366&bih=705&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiX47T7mM_MAhXKJh4KHRodC8QQ_AUIBigB&dpr=1#imgsrc=tFgWDtpivvHHxM%3A

https://www.google.gr/search?biw=1280&bih=935&tbm=isch&sa=1&q=plwtos+geranos&oq=plwtos+geranos&gs_l=img.3...5687.10521.0.11314.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0....0...1c.1.64.img..0.0.0.t-tOIPQcswY