

ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΛΙΑΣ ΚΑΙ ΘΩΡΑΚΙΣΗ ΠΡΑΝΟΥΣ ΑΚΤΗΣ ΟΛΥΜΠΙΩΝ, ΛΕΜΕΣΟΣ, ΚΥΠΡΟΣ

Α. Τουμαζής

Διον. Τουμαζής & Συνεργάτες, Ρωμανού 4, 1070 Λευκωσία, Κύπρος

Α. Μπέρου

Δήμος Λεμεσού, Λεμεσός, Κύπρος

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η Ακτή Ολυμπίων στη Λεμεσό είναι κεντρική παραλία που διαβρώνεται από τους προσπίπτοντες κυματισμούς. Σειρά από αποσπασμένους παράλληλους κυματοθραύστες μείωσε το πρόβλημα το οποίο παρόλα αυτά προκάλεσε υποσκαφή σε φυσική βλάστηση και σε τεχνητά παραλιακά έργα.

Μετά από αξιολόγηση εναλλακτικών λύσεων επελέγη για κατασκευή ο εμπλουτισμός της παραλίας με ιζήματα και η θωράκιση του πρανού με δύο διαφορετικές μορφές έργων, την κατασκευή βαθμίδων και την τοποθέτηση σωληνωτών τεμαχίων που σχηματίζουν κυψέλες με κροκάλες.

Ο εμπλουτισμός της παραλίας με ιζήματα είναι λύση φιλική προς το περιβάλλον αφού δημιουργεί πολύτιμη παραλία λουομένων, δεν επιβαρύνει την παραλία με νέες κατασκευές και δεν απαιτεί τη λατόμηση υλικού. Η ύπαρξη κατάλληλης ποσότητας ιζημάτων στην περιοχή αποτέλεσε ουσιαστική παράμετρο στην επιλογή της λύσης αυτής. Το υλικό αυτό ήταν προϊόν βυθοκόρησης στα πλαίσια της επέκτασης του λιμένα Λεμεσού στις αρχές της δεκαετίας του 1990. Περιοδικός εμπλουτισμός της παραλίας είναι απαραίτητος για αναπλήρωση της απώλειας υλικού λόγω της συνεχιζόμενης διάβρωσης.

Η κατασκευή θωράκισης με φυσικούς ογκόλιθους είναι η παραδοσιακή μέθοδος σε παραλιακές περιοχές. Ο αστικός χαρακτήρας της περιοχής ώθησε τους μελετητές στην διερεύνηση άλλων υλικών που να συνάδουν με το δομημένο περιβάλλον του χώρου. Επιδίωξη ήταν η εξεύρεση λύσης που να μειώνει την αναρρίχηση του κυματισμού και να είναι επαρκώς ασφαλής στους χρήστες της παραλίας.

Οι βαθμίδες αποτελούν δοκιμασμένη μέθοδο. Αποτελούν ταυτόχρονα και χώρο ανάπαυσης και απόλαυσης της θέας προς τη θάλασσα, ως κερκίδες.

Η χρήση προκατασκευασμένων σωληνωτών τεμαχίων, οι οποίοι χρησιμοποιούνται ευρέως ως οχετοί ομβρίων υδάτων, αποτελεί μια νέα εφαρμογή για θωράκιση πρανών. Τα σωληνωτά τεμάχια θεμελιώνονται σε κατάλληλα διαβαθμισμένα υλικά και περικλείονται περιμετρικά με έγχυτες δοκούς από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Για μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι τσιμέντο ανθεκτικό σε θείο και οπλισμός με εποξική επάλειψη.

BEACH NOURISHMENT AND NEW REVETMENT AT AKTI OLYMPION, LIMASSOL CYPRUS

A. Toumazis

Dion. Toumazis & Associates, 4 Romanos Street, 1070 Nicosia, Cyprus

L. Berou

Limassol Municipality, Cyprus

ABSTRACT

Akti Olympion in Limassol is a central beach which is being eroded due to the incident wave climate. A series of detached parallel breakwaters has reduced the problem which nevertheless caused scouring to the natural vegetation and to technical coastal works.

Following evaluation of alternative solutions beach nourishment and construction of two different types of revetments were selected as the optimum design. Step type and circular pipe pieces forming a cellular pattern filled with cobbles were the developed revetment designs.

Beach nourishment is an environmentally friendly solution as it creates valuable bathing area, it does not impose any additional works in the coastal zone and it does not require any rock mining. The presence of suitable beach material in the area played a key role in the selection of this solution. This material was the stockpiles during the dredging works for the Limassol Port extension works in the early 1990s. Periodic beach nourishment is required in order to replenish the material loss due to the ongoing erosion.

Rock armour is the traditional type of revetment construction. The urban character of the area however challenged the consultants to search for alternative materials which blend with the built environment. The aim was to develop a solution which minimises wave run-up and provide adequate levels of safety to the beach users.

Stepped revetments are established types of construction. These revetments are also places for rest and for enjoyment of the sea view.

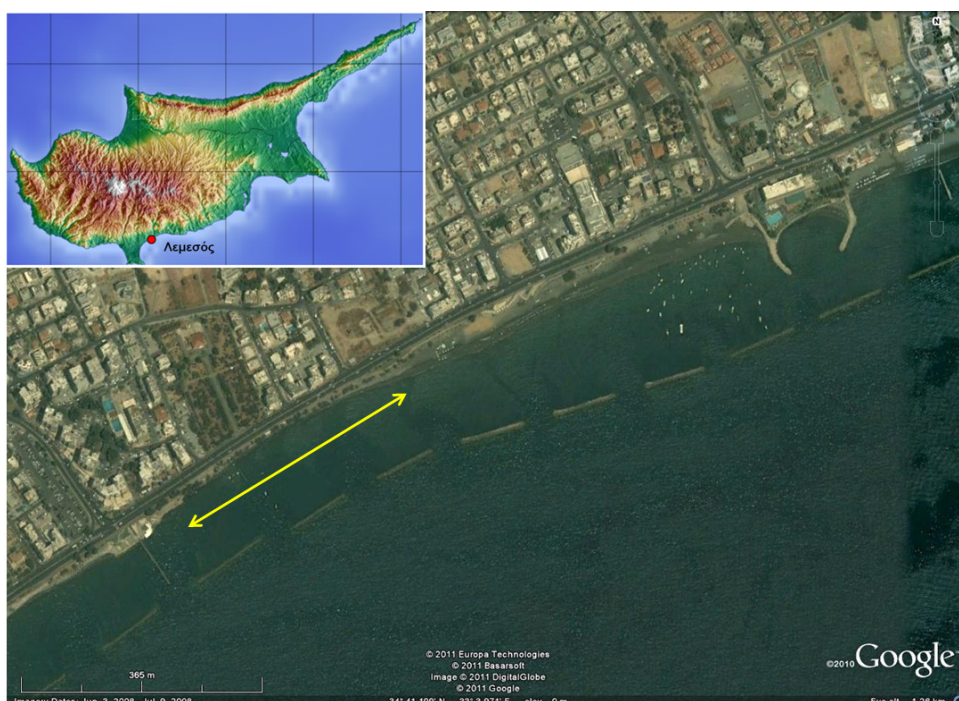
The use of precast concrete circular pipes, normally used as storm water drainage pipes, is a new application for beach revetment construction. The pipe pieces are founded on suitably grated material and are confined with surrounding cast in-situ reinforced concrete beams.

For increased durability, the materials used are sulphate resistant cement and epoxy coated reinforcement.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Τοποθεσία Έργου

Η Ακτή Ολυμπίων βρίσκεται στην καρδιά της παραλίας της πόλης της Λεμεσού, στη νότια ακτή της Κύπρου. Η περιοχή αυτή υπόκειται σε διάβρωση και για την προστασία της παραλίας έχουν κατασκευαστεί αποσπασμένοι παράλληλοι κυματοθραύστες (Thomas, 1981) (σχήμα 1). Τα έργα αυτά έχουν μειώσει το ρυθμό διάβρωσης, αλλά παραμένει μεταφορά ιζημάτων από τα δυτικά προς τα ανατολικά.



Σχήμα 1. Η τοποθεσία της Ακτής Ολυμπίων και ο χώρος των Έργων
Figure 1 Location of Akti Olympion and the works area

Στην Ακτή αυτή σχεδιάστηκε από το Τμήμα Πολεοδομίας και Οικήσεως σε συνεργασία με το Δήμο Λεμεσού παραλιακός πεζόδρομος. Λόγω της διάβρωσης το πλάτος της παραλίας συνεχώς μειώνεται (σχήμα 2). Έτσι αποφασίστηκε η εκπόνηση μελέτης για μείωση των προβλημάτων που προκαλούνται από τη διάβρωση όπως η υπερπήδηση του κυματισμού και υποσκαφή των πεζοδρόμων.



Σχήμα 2. Παραλία πριν την εκτέλεση των έργων
Figure 2 Beach Area Prior to the construction of the works

1.2 Μελέτη ΕΜΠ

Η υπερπήδηση του πεζόδρομου ήταν αντικείμενο εργαστηριακής μελέτης που διεξήγαγε το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ), Εργαστήριο Λιμενικών Έργων (ΕΛΕ).

Με βάση τα αποτελέσματα του πειράματος, οι μελετητές του ΕΜΠ, ΕΛΕ (2005) εξάγουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Η υπερπήδηση θαλάσσιας της κατασκευής από κυματισμούς αυξάνει αυξανόμενου του χαρακτηριστικού ύψους και της περιόδου του προσπίπτοντος κυματισμού.
- Το μέτωπο υπερπηδείται πολύ περισσότερο για αυξημένη στάθμη νερού.
- Από την σύγκριση της παροχής υπερπήδησεως των δύο διατάξεων διαμορφώσεως του θαλάσσιου μετώπου προκύπτει, ότι μέγιστη κυματική υπερπήδηση σημειώνεται στο κατακόρυφο μέτωπο. Η υπερπήδηση μειώνεται σημαντικά, όταν τοποθετείται θωράκιση από φυσικούς ογκόλιθους.

Οι μελετητές του ΕΜΠ, ΕΛΕ παρουσίασαν τις ακόλουθες μεθόδους αντιμετώπισης του προβλήματος:

1. Θωράκιση από φυσικούς ογκόλιθους, η οποία βελτιώνει σημαντικά την κατάσταση, αλλά κρίνεται ότι δεν είναι φιλική στο περιβάλλον και τους επισκέπτες της ακτής.
2. Εμπλουτισμός της αμμώδους παραλίας με ίζημα και κατασκευή συνοδευτικών προβόλων.
3. Βελτίωση της παρεχόμενης προστασίας από τους υπάρχοντες κυματοθραύστες.
4. Συνδυασμός των δύο τελευταίων προτάσεων.

1.3 Μελέτη Delft

Οι Σύμβουλοι έλαβαν υπόψη και το Ρυθμιστικό Σχέδιο (Master Plan) που ετοιμάστηκε στα πλαίσια της μελέτης “Coastal Zone Management for Cyprus” η οποία έγινε με την συνεργασία της Κυπριακής Δημοκρατίας, μέσω του υπουργείου Συγκοινωνιών

και Έργων και του Τμήματος Δημοσίων Έργων και του Ολλανδικού Οίκου Delft Hydraulics. Τονίζεται ότι η μελέτη αυτή δεν εξέτασε προβλήματα υπερπήδησης κυματισμού.

Στην παραλιακή ζώνη της Λεμεσού, οι μελετητές διαπίστωσαν την ύπαρξη πολλών προβλημάτων στην παραλιακή ζώνη όπως διάβρωσης, ρύπανσης κ.τ.λ. και επισήμαναν ότι τα προβλήματα αυτά μεγιστοποιούνται στο παραλιακό μέτωπο της πόλης.

Οι μελετητές προτείνουν σαν «ιδανική» στρατηγική, την αφαίρεση όλων των τότε υφιστάμενων παράλληλων και κάθετων κυματοθραυστών σε συνδυασμό με πλούσιο εμπλουτισμό της παραλίας με ιζήματα (Delft, 1996). Η λύση όμως αυτή χαρακτηρίζεται ως μη πραγματοποιήσιμη λόγω του μεγάλου κόστους που θα είχε αν αυτή εφαρμόζοταν. Το κόστος της λύσης αυτής, δεν περικλείει μόνο το κόστος αφαίρεσης των υφιστάμενων έργων και τον πρώτο εμπλουτισμό, αλλά στο κόστος πρέπει να συμπεριληφθεί και το κόστος συντήρησης – συμπλήρωσης, ιζημάτων στην παραλία, δεδομένου του παράλληλου ρεύματος στερεομεταφοράς που παρουσιάζεται στην περιοχή.

Ως τελική και τεχνικά βιώσιμη λύση προτείνεται:

1. ο εμπλουτισμός της παραλίας
2. η κατασκευή παράλληλων κυματοθραυστών
3. η αφαίρεση όλων σχεδόν των παράνομων κάθετων κυματοθραυστών που υπάρχουν στη περιοχή

2.0 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΩΝ

Οι Σύμβουλοι σε συνεργασία με τον εργοδότη υιοθετούν ως άμεσα μέτρα μείωσης της υπερπήδησης του κυματισμού:

1. τη θωράκιση
2. τον εμπλουτισμό της παραλίας και
3. ως μεταγενέστερο μέτρο τη βελτίωση της προστασίας από τους υπάρχοντες παράλληλους κυματοθραύστες

Για μείωση των αρνητικών επιπτώσεων, η θωράκιση δεν γίνεται με φυσικούς ογκόλιθους αλλά με πρανή/ κατασκευές που είναι διαμορφωμένες ώστε να εναρμονίζονται με το περιβάλλον.

Όσον αφορά τους κάθετους κυματοθραύστες, αυτοί είναι αποτελεσματικοί για την προστασία της παραλίας από μεταφορά ιζημάτων κατά μήκος της παραλίας. Οι κυματοθραύστες αυτοί δεν απαιτούνται όταν:

1. δεν υπάρχει στερεομεταφορά παράλληλα με την ακτή
2. γίνεται εμπλουτισμός των ιζημάτων που μεταφέρονται από τα κύματα με άλλα μέσα.

Η κατασκευή των προβόλων σκοπεύει στην αποφυγή διάβρωσης παρά στη μείωση της υπερπήδησης. Οι πρόβολοι από μόνοι τους δεν μειώνουν την υπερπήδηση του κυματισμού.

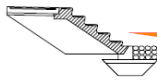
Η υπερπήδηση του πεζόδρομου στην προτεινόμενη διατομή (εμπλουτισμός και πρανές) είναι μειωμένη σε σχέση με την υπερπήδηση που αναμένεται χωρίς εμπλουτισμό. Η εκτίμηση της ποσότητας υπερπήδησης θα πρέπει να γίνει σε εργαστηριακή μελέτη, αφού δεν υπάρχουν αναλυτικές μέθοδοι ή μαθηματικά προσομοιώματα για τις περιπτώσεις αυτές.

Στο σχεδιασμό του έργου που ακολούθησε λήφθηκαν υπόψη οι πιο κάτω παράμετροι:

- Ασφάλεια του ανθρώπου – Υπερπήδηση κυματισμού
- Ασφάλεια των κατασκευών
- Προστασία του περιβάλλοντος
- Άνεση του ανθρώπου

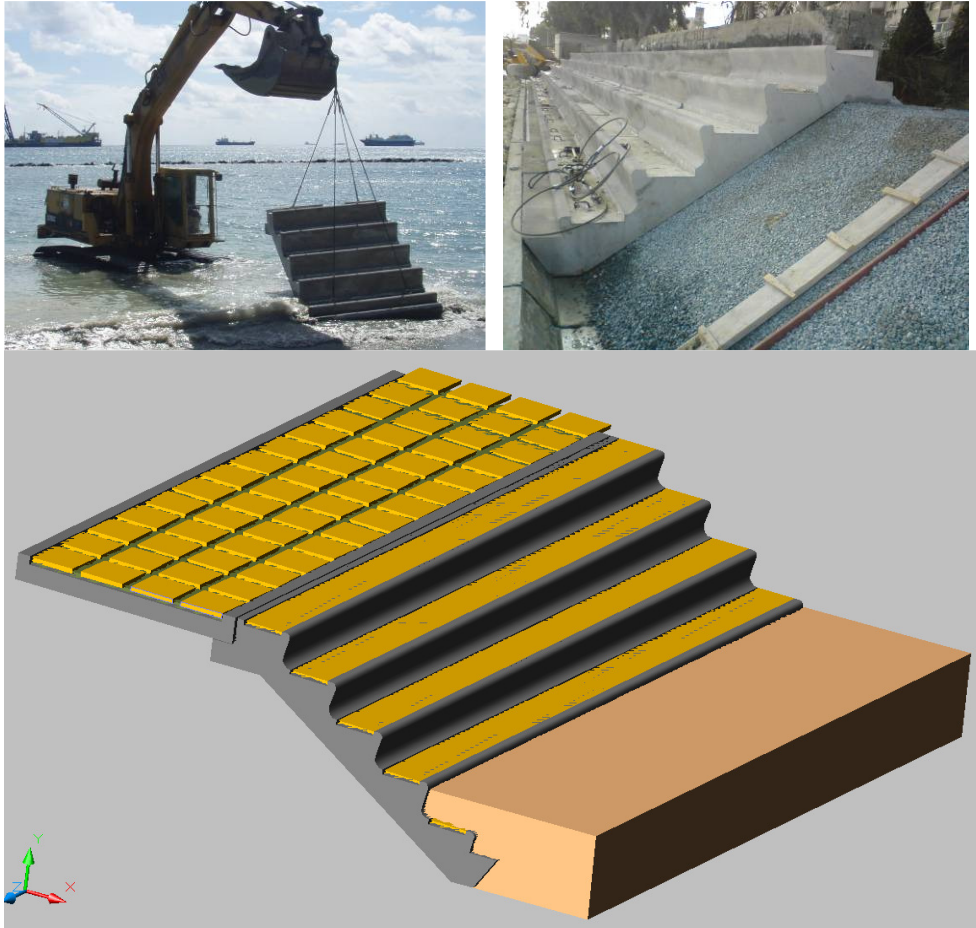
Η επιλεγμένη λύση προνοεί

1. Εμπλουτισμό της παραλίας με ιζήματα – διαπλάτυνση παραλίας κατά 20 περίπου μέτρα (σχήμα 3):



Σχήμα 3. Εμπλουτισμός Παραλίας
Figure 3 Beach Nourishment

2. Διαμόρφωση πρανούς μεταξύ παραλίας και πεζόδρομου – δύο βασικοί τύποι πρανούς:
 - Βαθμίδες ύψους 40cm και πλάτους 60cm (σχήμα 4)
 - Σωληνωτά τεμάχια που δημιουργούν κυψέλες (σχήμα 5)

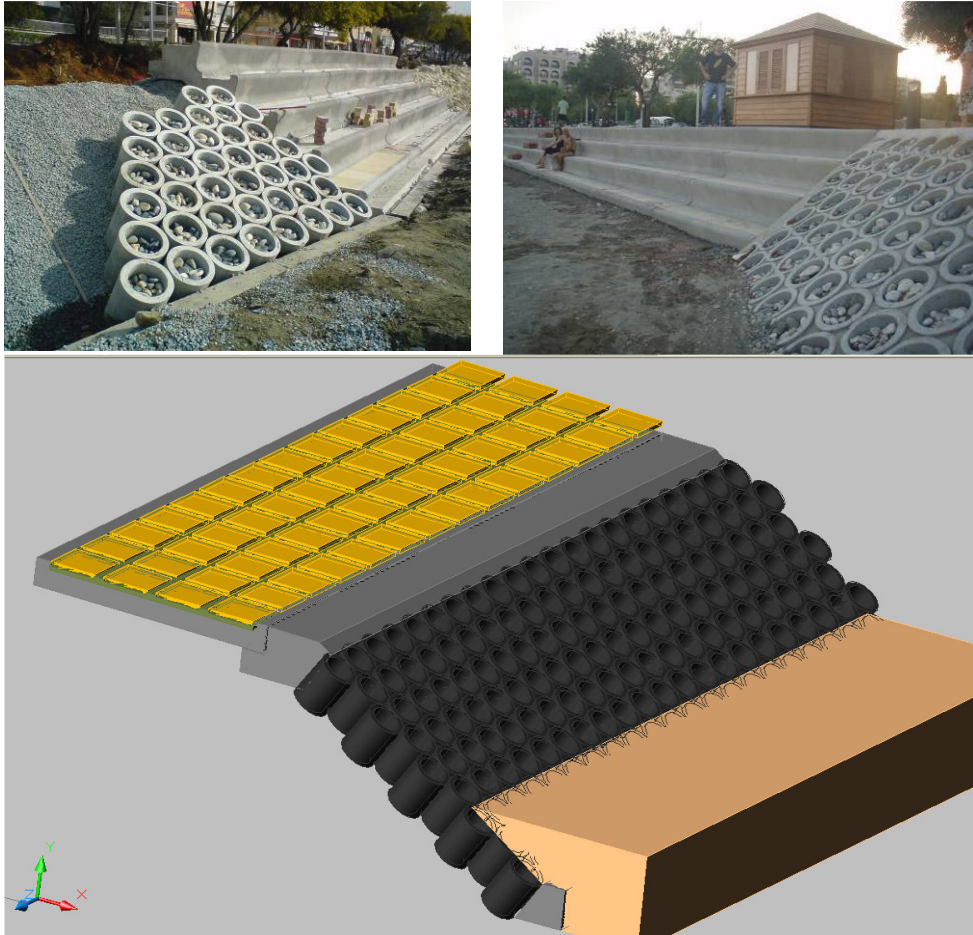


Σχήμα 4. Θωράκιση με βαθμίδες
Figure 4 Revetment with Steps

Οι βαθμίδες μπορούν να χρησιμοποιηθούν:

- ως κερκίδες, για να καθίσει κάποιος
- ως σκαλοπάτια για να μεταβεί κάποιος από το πεζόδρομο στην παραλία και αντίστροφα

Οι βαθμίδες εδράζονται πλήρως σε στερεό έδαφος και δεν υπόκεινται σε καταπονήσεις κάμψης ή εφελκυσμού. Η διατομή αυτή έχει διαστασιολογηθεί με ελάχιστο σκυρόδεμα και οπλισμό.



Σχήμα 5. Θωράκιση με σωληνωτά τεμάχια
Figure 5 Revetment with Precast Pipe Pieces

Το πρανές με κυψέλες (σωληνωτά τεμάχια) δημιουργεί ένα ενδιαφέρον μοτίβο. Το πρανές αυτό δεν είναι τόσο επικίνδυνο ώστε να απαιτείται κιγκλίδωμα στον πεζόδρομο. Στόχος είναι η δημιουργία των μικρότερων δυνατών οπών/ κυψέλων ώστε να είναι όσο το δυνατόν ελάχιστος ο κίνδυνος ατυχήματος από πεζούς που χρησιμοποιούν το πρανές. Επιλέγεται η ελάχιστη διατομή προκατασκευασμένων τεμαχίων σκυροδέματος 30cm (διάμετρος). Το μήκος των τεμαχίων αυτών είναι τέτοιο ώστε να επιτρέπουν επαρκή εισροή νερού αναρριχόμενου κύματος μέσα σε αυτά και στη συνέχεια στο υπόστρωμα κάτω από τα τεμάχια. Ταυτόχρονα, το μήκος να είναι επαρκές για να επιτυγχάνει μέγιστη τριβή μεταξύ των τεμαχίων και να αποτρέπει την εξαγωγή/ ανύψωση/ αφαίρεση των τεμαχίων από το κυψελωτό μοτίβο. Επιλέχθηκε το μήκος των 50cm το οποίο είναι επίσης διαθέσιμο στην αγορά. Όσον αφορά το πάχος του τεμαχίου, επιδίωξη είναι να έχει το

ελάχιστο δυνατόν πάχος ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη διαπερατότητα. Τα τεμάχια είναι χωρίς οπλισμό και υπάρχουν στην αγορά με πάχος περί τα 50mm.

Τα σωληνωτά τεμάχια εδράζονται σε φίλτρα από σκύρα/ ογκολίθους.

- Άνω φίλτρο: Διάμετρος λίθων ίση με το 1/2 της εσωτερική διαμέτρου του σωληνωτού τεμαχίου

- Δεύτερο φίλτρο: Το δεύτερο φίλτρο που προτείνεται είναι σκύρα

- Γεωφάσμα: Μεταξύ του χώματος και του φίλτρου προτείνεται η τοποθέτηση γεωφάσματος το οποίο αποτρέπει την είσοδο λεπτόκοκκου υλικού μέσα στα κενά των σκύρων και ογκολίθων και κατά συνέπεια απώλεια υλικού από τον πεζόδρομο και καθιζήσεις λόγω του φαινομένου αυτού.

Το εσωτερικό των σωληνωτών τεμαχίων γεμίζει με κροκάλες από την παραλία. Το σκεπτικό είναι η μείωση του κινδύνου ατυχήματος από παγίδευση στα κενά του πρανούς, ενώ ταυτόχρονα να υπάρχει επαρκής διαπερατότητα νερού.

Τα σωληνωτά τεμάχια εφάπτονται θεωρητικά μεταξύ τους σε 6 ακμές. Η επαφή αυτή πρακτικά είναι μικρότερη και απαιτείται αύξηση στην τριβή μεταξύ τους. Αναφέρεται επίσης στη διεθνή βιβλιογραφία ότι τέτοια τεμάχια είχαν κλαπεί, αφού δεν είναι απαγορευτικού βάρους και μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην οικοδομική βιομηχανία. Για το λόγο αυτό γίνεται τοποθέτηση έγχυτου σκυροδέματος μεταξύ των τεμαχίων.

Τα σωληνωτά τεμάχια περικλείονται περιμετρικά με δοκούς από οπλισμένο σκυρόδεμα ώστε να είναι ουσιαστικά εγκιβωτισμένα και να αποτρέπεται μετατόπισή τους.

Και τα δύο πρανά έχουν σχεδιαστεί ώστε να αποδίδουν υδραυλικά και όταν υπάρχει διάβρωση του υλικού εμπλουτισμού της παραλίας. Η στάθμη θεμελίωσης φθάνει τη Μέση Στάθμη Θάλασσας (ΜΣΘ). Οι πόδες των πρανών προστατεύονται με λιθορριπή (scour protection).

Για τη βελτίωση της αντοχής των κατασκευών στο χρόνο το σκυρόδεμα του οπλισμένου σκυροδέματος περιέχει τσιμέντο ανθεκτικό σε θείο και ο οπλισμός έχει εποξική επάλειψη.

Όσον αφορά την αναπλήρωση ιζημάτων/ συντήρηση της παραλίας, αυτή επιτυγχάνεται:

- Με μεταφορά των ιζημάτων από την παραλία που θα επιχωθεί στην ανατολική πλευρά της Ακτής Ολυμπίων
- από τη θάλασσα περιοχή πίσω από τους παράλληλους κυματοθραύστες,
- μεταφορά από άλλη περιοχή,
- συνδυασμός των πιο πάνω.

3.0 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην Ακτή Ολυμπίων εφαρμόστηκε εμπλουτισμός της παραλίας με δάνεια ιζήματα από υλικό που προέκυψε από τη βυθοκόρηση της επέκτασης του λιμένα Λεμεσού. Ο εμπλουτισμός παραλίας είναι φιλική προς το περιβάλλον μέθοδος αντιμετώπισης της διάβρωσης. Το υλικό που συνεχίζει να χάνεται μπορεί να αναπληρώνεται είτε με μεταφορά από κατάντη/ ανατολικά είτε από τον ίδιο χώρο του αρχικού εμπλουτισμού. Στην παρούσα μελέτη δεν έγινε εκτίμηση της ποσότητας του απαιτούμενου εμπλουτισμού για το

λόγο ότι οι υφιστάμενοι αποσπασμένοι παράλληλοι κυματοθραύστες χαμηλής στέψης επιτρέπουν τη μεταφορά ιζημάτων παράλληλα με την ακτογραμμή και η εκτίμηση της απαιτούμενης ποσότητας εμπλουτισμού θα προκύψει από μετρήσεις πεδίου.

Η κατασκευή πρανούς θωράκισης με υλικό άλλο από τους παραδοσιακούς φυσικούς ογκόλιθους δοκιμάστηκε εφαρμόζοντας μια κλασσική λύση με βαθμίδες και μια νέα μέθοδο με σωληνωτά τεμάχια που σχηματίζουν ενδιαφέρον μοτίβο. Οι δύο αυτές λύσεις συνάδουν με το αστικό δομημένο περιβάλλον.

4.0 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Thomas R.S. (1981), “Erosion on the Southern Coastline”, Paris. Έκθεση που υπεβλήθη στην Κυπριακή Δημοκρατία

Delft Hydraulics, 1994-1996, “Coastal Zone Management for Cyprus”. Έκθεση που υπεβλήθη στην Κυπριακή Δημοκρατία

Ε.Μ.Π.- Ε.Λ.Ε.(2005), «Έλεγχος σε φυσικό προσομοίωμα της κυματικής υπερπήδησης του παραλιακού πεζοδρόμου της Ακτής Ολυμπίων στην Λεμεσό». Έκθεση που υπεβλήθη στην Κυπριακή Δημοκρατία