

ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΛΙΑΚΗΣ ΖΩΝΗΣ ΤΟΥ ΠΑΡΑΛΙΟΥ ΑΣΤΡΟΥΣ ΚΥΝΟΥΡΙΑΣ

Μαρκάκης Ε., Μπλέτα Α., Πούλος Σ., Βερικίου Ε.

*Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος,
Τομέας Γεωγραφίας και Κλιματολογίας, Πανεπιστημιούπολη Ζωγράφου, 15784 Αθήνα,
Τηλ. 210 7274143, e-mail: poulos@geol.uoa.gr*

Περίληψη

Το Παράλιο Άστρος βρίσκεται στη δυτική ακτή του Αργολικού Κόλπου, ενώ οι εκβολές του ποταμού Τάνου την χωρίζουν σε δυο υπο-περιοχές. Η εξεταζόμενη παραλιακή ζώνη αναπτύσσεται εφαιπτομενικά της ακτογραμμής, με ευθυγράμμιση στη ζώνη διαβροχής, η οποία οφείλεται κυρίως στη κυματική δράση και την εξαρτώμενη από αυτή επιμήκη παράκτια κυκλοφορία. Το πλάτος του αιγιαλού είναι περίπου τα 10m, με το μέτωπό του να έχει ήπιες κλίσεις (5-8%). Κατά μήκος της παραλιακής ζώνης παρατηρήθηκαν χαρακτηριστικές συγκεντρικές αμμόδεις ζώνες (berms) και ημισεληνοειδείς σχηματισμοί (beach cusps) που υποδηλώνουν τη μεταβλητότητα των παράκτιων υδροδυναμικών συνθηκών. Η υπό μελέτη παραλιακή ζώνη συνίσταται κυρίως από άμμο (S) και άμμος με λίγα χαλίκια (g)S. Επίσης διαπιστώνουμε μικρές περιοχές οι οποίες και αποτελούνται από πιο χονδρόκοκκο υλικό (άμμο με κροκάλες (sG) και κροκάλες (G)) με χαρακτηριστικότερη εκείνη των εκβολών του ποταμού Τάνου. Ο επικρατέστερος άνεμος στην περιοχή είναι ο Βόρειος, ενώ τα μεγαλύτερα κύματα (μέχρι και 5,9 m) προσέρχονται από ΝΑ, λόγω της μεγάλης απόστασης ανάπτυξης του κυματισμού (306 km) και τα οποία μπορούν να αναρριχώνται μέχρι ύψους περίπου 4.2 m. Το μέγιστο βάθος κινητοποίησης των ιζημάτων του πυθμένα δεν ξεπερνά τα 13,50 m και αυτό σε πολύ σπάνιες περιπτώσεις (κύματα θύελλας από ΝΑ). Η δυναμική παράκτια στερεομεταφορά είναι της τάξης των $74 \cdot 10^4 \text{ m}^3/\text{year}$ και έχει διεύθυνση από νότο προς βορρά. Τέλος, η ανθρώπινη παρέμβαση στην περιοχή περιλαμβάνει κύρια την κατασκευή παραλιακού δρόμου (περιοχή βόρεια των εκβολών του Τάνου), ο οποίος ουσιαστικά έχει αποκόψει την παραλία από την ενδοχώρα. Μάλιστα, η περιοχή αυτή πλημμυρίζει σε περιόδους βροχοπτώσεων, γεγονός που έχει οδηγήσει στην κατασκευή αποστραγγιστικών καναλιών τα οποία διατρέχουν κάθετα τη παραλία. Επίσης, διάφορα έργα στη κοίτη του ποταμού Τάνου έχουν μειώσει το ιζηματολογικό του φορτίο ενώ παρατηρήθηκαν και αμμοληψίες (παράνομες) από τη παραλιακή ζώνη.

A NEARSHORE SEDIMENTOLOGICAL AND OCEANOGRAPHIC STUDY OF THE BEACH ZONE OF PARALIO ASTROS KINOURIAS

Markakis E., Mpleta A., Poulos S., Verikiou E.

*National and Kapodistrian University of Athens, Faculty of Geology and Geoenvironment,
Department of Geography and Climatology, Panepistimioupolis-Zografou, Attiki, 15784.*

Abstract

The area under investigation is located in western coast of the gulf of Argolis. The mouth of R. Tanos divides the shore zone into two sections (the northern and the southern one). It is furthermore characterised as swash alignment type of beach zone with its morphometry attributed to incoming wave regime and associated longshore currents. It hosts low sandy berms, which host medium sized beach cusps, indicating the existence of moderate but variable wave conditions. The subaerial width of the zone is approximately 10m, with its shore face with slope gradients of 5-8%. Granulometrically, it consists of sandy material (type S) having in places small percentages of gravel (type (g)S). Increased amounts of pebbles (types G and/or sG) were observed and associated with the activity of river Tanos.

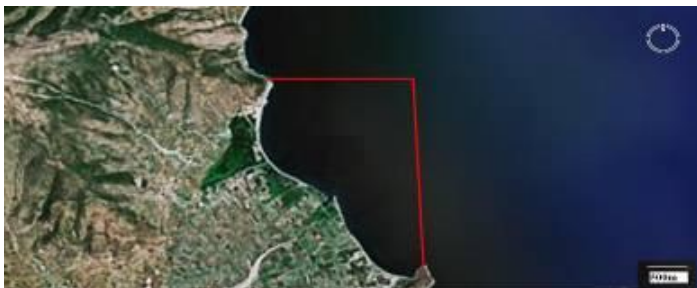
Northerly winds dominate the area but the maximum wave conditions (heights=5.9 m) are induced by the SE winds due to long fetched (>300 km). These high waves could prograde over the subaerial part of the shore zone up to elevations of 4.2 m. Similarly, the maximum depth of the bottom's sediment mobility (closure depth) usually refers to depths < 6m with the exception of the highest waves approaching from SE which could affect the seabed up to a depth of 13.50 m during storms. The overall potential longshore transport is of the order of $74 \cdot 10^4 \text{ m}^3/\text{year}$ directed northwards. The anthropogenic interference in the study area includes mainly the construction of a road parallel to the shoreline, which basically cuts-off the hinterland from the shore zone, with the first to be flooded during periods with heavy rain. For this reason narrow drainage channels have been dredged beneath the road and along the beach. In addition, works have changed the natural flow of the R. Tanos, whilst illegal abstraction of sandy material from the beach takes place occasionally.

Λέξεις κλειδιά: Άστρος Κυνουρίας, ιζήματα, παράλια στερεομεταφορά, παράκτια υδροδυναμική.

Key words: Astros Kinourias, sediment, longshore transport, nearshore hydrodynamics.

1. Εισαγωγή

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στην Ανατολική Πελοπόννησο και συγκεκριμένα ανήκει στον Δήμο Βόρειας Κυνουρίας, της Επαρχίας Κυνουρίας του Νομού Αρκαδίας (Εικ.2.1), ενώ βρίσκεται μεταξύ των παραλλήλων $37^{\circ} 15'$ και $37^{\circ} 22'$ και των μεσημβρινών $22^{\circ} 40'$ και $22^{\circ} 51'$.



Σχήμα 1. Χάρτης της περιοχής μελέτης, στο μέσον διακρίνονται οι εκβολές του ποταμού Τάνου.

Η υπό μελέτη παραλιακή ζώνη αναπτύσσεται στις δυτικές ακτές του Αργολικού κόλπου, βόρεια της πόλης του Άστρους, έχοντας διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ. Τόσο το χερσαίο όσο και το υποθαλάσσιο ανάγλυφο χαρακτηρίζεται από σχετικά μικρές κλίσεις, ενώ οι εκβολές του ποταμού Τάνου την χωρίζουν σε δύο επιμέρους τμήματα, ένα βόρειο και ένα νότιο. Ο ποταμός Τάνου αποστραγγίζοντας μια λεκάνη $80,5 \text{ Km}^2$ είναι ο κύριος τροφοδότης χερσογενών ιζημάτων.

Το κλίμα στην ευρύτερη περιοχή του Άστρους εμφανίζει τα χαρακτηριστικά του «Μεσογειακού» κλίματος με ξηρό και θερμό καλοκαίρι και ήπιο και βροχερό χειμώνα και όλες τις ενδιάμεσες κλιματικές διαφορές του ελληνικού χώρου. Σύμφωνα με την κλιματική ταξινόμηση κατά Thornthwaite, ανήκει στον DdB3b4 τύπο κλίματος, ο οποίος αναφέρεται στην κατηγορία των ξηρών κλιμάτων που χαρακτηρίζονται από αρνητικές τιμές του δείκτη υγρασίας (Καρράς, 1999).

Το παράκτιο υδροδυναμικό καθεστώς καθορίζεται κυρίως από τα κύματα ανεμογενούς προέλευσης καθώς το εύρος της παλίρροιας είναι πολύ μικρό (<20 cm) (Tsimprlis, 1999). Γενικά, ο επικρατέστερος άνεμος στην παραλία του παράκτιου Άστρους Κυνουρίας είναι ο Β (19,79%), ακολουθούμενος από τον ΒΑ (3,38%), Α(2,19%) και ΝΑ (0,066%).

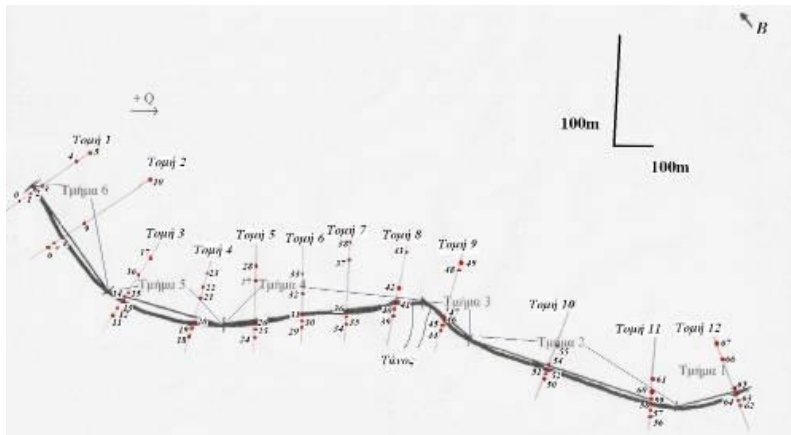
Στην παρούσα εργασία εξετάζονται τα ιζηματολογικά και μορφομετρικά χαρακτηριστικά της παραλιακής ζώνης του Παράλιου Άστρους Κυνουρίας σε σχέση με το υφιστάμενο

υδροδυναμικό καθεστώς με σκοπό να διερευνηθεί εάν αυτή βρίσκεται σε κατάσταση ισορροπίας από πλευράς εξέλιξης.

2. Μεθοδολογία

Η γεωμορφολογική αποτύπωση έγινε μετά από παράκτια χαρτογράφηση σε τοπογραφικά διαγράμματα (1:5.000) και τη χρήση αεροφωτογραφιών της ΓΥΣ (1960 και 1989 κλίμακας 1:30000), ενώ συνελλέγησαν και πολλές φωτογραφίες.

Για τον προσδιορισμό των ιζηματολογικών (κοκκομετρικών) χαρακτηριστικών συνελλέγησαν 118 επιφανειακά δείγματα ιζήματος κατά μήκος 12 τομών κάθετων στην ακτογραμμή (Σχήμα 2), τα οποία ακολούθως αναλύθηκαν κοκκομετρικά σύμφωνα με τη μεθοδολογία του Folk (1980).



Σχήμα 2. Σκαρίφημα με θέσεις τομών και δειγμάτων ιζήματος και τομέων στερεομεταφοράς

Ο προσδιορισμός του σημαντικού ύψους των κυμάτων σε συνθήκες βαθιών νερών (H_{so}) όπως και μέγιστες τιμές του φάσματος της περιόδου των (T_m) πραγματοποιήθηκαν με την αξιοποίηση των ανεμολογικών δεδομένων της περιοχής, όπως αυτά προκύπτουν από μέσες ετήσιες τιμές του Άτλαντα Ανέμου και Κύματος της Ανατολικής Μεσογείου (Αθανασούλης και Σκαρσουλής, 1991) και χρησιμοποιώντας τις προγνωστικές εξισώσεις του CERC (1984):

$$H_{so} = 5,112 \times 10^{-4} W F^{0.5} \quad (1)$$

$$T_m = 6,238 \times 10^{-2} (W F)^{0.33} \quad (2)$$

όπου, W είναι η ένταση του ανέμου (m/s), η οποία σχετίζεται με την μετρημένη ταχύτητα της (U), μέσω της σχέσης $W=0,71 U^{1,23}$, F (fetch) είναι η απόσταση ανάπτυξης (σε m) που έχει στην διάθεσή του για να αναπτυχθεί ο κυματισμός κάνοντας τη παραδοχή ότι ο άνεμος πνέει ικανό χρονικό διάστημα, ώστε ο κυματισμός να λάβει το μέγιστο ύψος του. Η σημαντική περίοδος των κυμάτων (T_s) δίνεται από την σχέση: $T_s=0,95 T_m$.

Το ύψος των κυμάτων λίγο πριν τη θραύση των εκτιμάται με βάση την εξίσωση του Komar (1998):

$$H_b / H_{so} = 0,563 (H_{so} / L_o)^{0,2} \quad (3)$$

όπου, L_o είναι το μήκος κύματος ($L_o = gT^2 / 2\pi$) σε συνθήκες βαθιών νερών.

Το μέγιστο βάθος κινητοποίησης των ιζημάτων του πυθμένα (closure depth) λόγω των προσερχόμενων μεγίστων κυμάτων (h_c) υπολογίζεται με βάση τη σχέση του Hallermeier (1981) που αναφέρεται σε περιπτώσεις κυμάτων θύελλας (όταν η εμφάνισή των δεν ξεπερνά τις 12 ώρες ετησίως):

$$h_c = 2,28 H_e - 68,5 \left(\frac{H_e^2}{g T_e^2} \right) \quad (4)$$

όπου, (H_e): το ύψος των κυμάτων θύελλας και (T_e): η αντίστοιχη περίοδος των, που στη συγκεκριμένη περίπτωση παίρνουμε τα μεγαλύτερα εμφανιζόμενα ανεμογενή κύματα.

Το μέγιστο ύψος αναρρίχησης (R) των κυμάτων πάνω στην παραλία, σε σχέση με τη μέση στάθμη της θάλασσας, δίνεται από την εξίσωση (Komar, 1998):

$$R = 0,36 \cdot g^{0,5} \cdot S \cdot H_{so}^{0,5} \cdot T \quad (5)$$

όπου, S είναι η εφαπτομένη κλίση της παραλίας (5° για το βόρειο τμήμα και 8° για το νότιο τμήμα).

Η δυνητική παράκτια στερεομεταφορά Q_l (m^3/s) που οφείλεται στα επιμήκη ρεύματα (κυματικής προέλευσης) δίνεται από την εξίσωση (Komar, 1998):

$$Q_l = (0,39 \times P_{ls}) / (g \times (\sigma - \rho) \times a') \quad (6),$$

όπου (σ) και (ρ) είναι οι πυκνότητες ιζήματος (2650 kg/m^3) και θαλασσινού νερού (1025 kg/m^3), αντίστοιχα και $a' = 0,6$ (πορώδες άμμου) και (P_{ls}) είναι η ροή ενέργειας που εισέρχεται στην ζώνη κυματαγωγής (μετά την θραύση των κυμάτων και η οποία διαμορφώνει το επίμηκες παράκτιο ρεύμα:

$$P_{ls} = 0,05 \times \rho \times g^{3/2} \times H_{so}^{5/2} \times \sin 2a_o \times (\cos a_o)^{1/4} \quad (7)$$

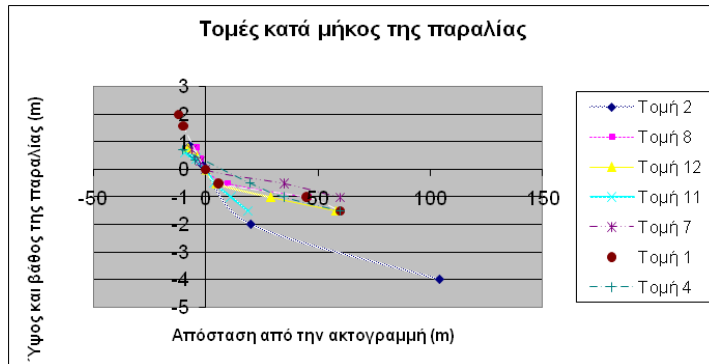
όπου, H_o είναι το σημαντικό ύψος των κυμάτων στα βαθιά νερά, (a_o) είναι η γωνία μεταξύ των γραμμών κορυφής των κυμάτων και της ακτογραμμής, καθώς οι κοντά στην ακτογραμμή ισοβαθείς είναι παράλληλες ή σχεδόν παράλληλες προς αυτήν.

3. Αποτελέσματα - Συζήτηση

3.1. Γεωμορφολογία της παραλιακής ζώνης

Η εξεταζόμενη παραλιακή ζώνη (beach zone) χαρακτηρίζεται ως παραλία εφαπτόμενη της ακτογραμμής (shoreline beaches) έχοντας τα χαρακτηριστικά εγκιβωτισμένης παραλίας καθώς αναπτύσσεται ανάμεσα σε δύο ορεινά ακρωτήρια έχοντας τα ιζήματα της ζώνης διαβροχής της διευθετημένα από την κυματική δράση και την εξαρτώμενη από αυτή επιμήκη παράκτια κυκλοφορία (surf alignment). Η παρουσία των εκβολών του ποταμού Τάνου την χωρίζει σε δύο επιμέρους τμήματα το βόρειο (Καναλάκια Βάλτου) και το νότιο που φθάνει στον ορεινό όγκο (το Ακρ. Άστρους) όπου ευρίσκεται η πόλη του Παράλιου Άστρους.

Το ανάγλυφο της παραλιακής ζώνης είναι ομαλό, με το υψηλότερο σημείο της να βρίσκεται μόλις 2m πάνω από τη στάθμη της θάλασσας, ενώ και υποθαλάσσια οι κλίσεις είναι μικρές (5%), όπως φαίνεται και στο Σχήμα 3.



Σχήμα 3. Τοπογραφικές τομές κατά μήκος της παραλίας. (Τομές 1-8 βόρεια της κόιτης του Τάνου και οι τομές 9-12 νότια της κόιτης του Τάνου)

Κατά μήκος της παραλιακής ζώνης παρατηρήθηκαν χαρακτηριστικές *συγκεντρικές αμμώδεις ζώνες* (berms) που σε αρκετά σημεία ήταν και τρεις με μικρή υψομετρική διαφορά (περί τα 10 cm) οι οποίες φιλοξενούν ημισεληνοειδούς σχηματισμούς (beach cusps). Οι αποστάσεις μεταξύ των ημισεληνοειδών σχηματισμών, ιδιαίτερα στο μέτωπο της παραλίας ποικίλουν από 1,5 m μέχρι και 8 m. Η εμφάνιση των μεγαλύτερων ημισεληνοειδών σχηματισμών στο μέτωπο της παραλίας (beach cusps) πάνω από μικρότερους σχηματισμούς υποδηλώνει τη διαδοχική δράση κυμάτων διαφορετικού ύψους.

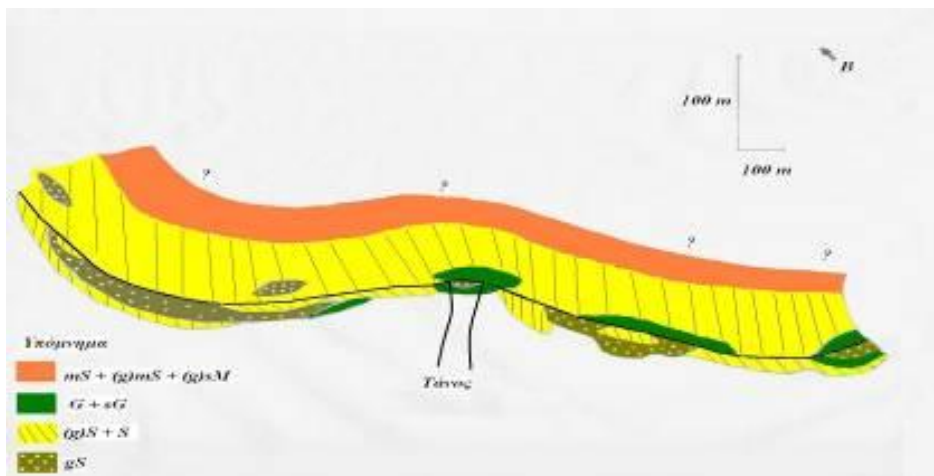
Η περιοχή των εκβολών χαρακτηρίζεται ως ιδιαίτερα αβαθής (βάθη <1 m σε απόσταση μέχρι και 60 m), ενώ στο βόρειο τμήμα της περιοχής η παρουσία του παραλιακού δρόμου σε απόσταση 25 με 30m από την ακτογραμμή, αφενός έχει αποκόψει την παραλιακή ζώνη από τη φυσική της συνέχεια προς την παρακείμενη πεδινή ενδοχώρα και αφετέρου τη μετατρέπει σε βάλτο σε περιόδους βροχοπτώσεων (Εικόνα 1)

3.2 Κοκκομετρία

Εξετάζοντας την περιοχή μελέτης μπορούμε να διακρίνουμε μια ζωνώδη κατανομή (Σχήμα 4, Πίνακας 1), η οποία δείχνει ότι το υλικό έχει ταξινομηθεί κοκκομετρικά από τα προσερχόμενα κύματα σε βάθος χρόνου. Η προς τη θάλασσα περιοχή αποτελείται σχεδόν αποκλειστικά από ιλυ+άργιλο με μικρή παρουσία άμμου (sM), η οποία αυξάνεται προς την ακτογραμμή (mS) (Πίνακας 1). Σε βάθη μικρότερα από 2m επικρατεί η άμμος (S) και άμμος με λίγα χαλίκια (gS). Εμφανίσεις κροκαλούχου άμμου (gS) έχουμε κυρίως σε περιοχές κοντά στις εκβολές του ποταμού Τάνου. Τέλος ευρέθησαν μικρές εμφανίσεις με αυξημένα ποσοστά κροκαλών (έως και 80%) (αμμούχες κροκάλες: sG), οι οποίες πιθανόν να οφείλονται σε τοπικούς παράγοντες ή ακόμη και σε ανθρώπινη παρέμβαση (όπως οι αμμοληψίες).



Εικόνα 1. Η παραλιακή ζώνη του Παράλιου Άστρους βόρεια των εκβολών του ποταμού Τάνου. Μεκόκκινα βέλη υποδεικνύεται η πεδινή περιοχή που αποκόπτεται από την παραλιαλόγω του παραλιακό δρόμο και η οποία πλημμυρίζει σε περιόδους έντονων βροχοπτώσεων.



Σχήμα 4. Σχήμα κατανομής των ιζημάτων κατά Folk (1980).

Πίνακας 1. Αποτελέσματα κοκκομετρικής ανάλυσης σε μονάδες (φ) και χαρακτηρισμό των δειγμάτων σύμφωνα με τον Folk (1980) οι θέσεις των δειγμάτων δίνονται στο Σχήμα 2. (S: Άμμος, (g)S: ελαφρά κροκαλούχος άμμος, (g)mS:ελαφρά κροκαλούχος, πυλούχος Άμμος, G: κροκάλες, sG: αμμούχες κροκάλες, sM:αμμούχος πηλός, mS: πηλούχος άμμος).

Δείγμα	Mz (φ)	Ονομασία	Δείγμα	Mz (φ)	Ονομασία	Δείγμα	Mz (φ)	Ονομασία
0	1,96	(g)S	23	2,81	(g)S	46	2,73	(g)S
1	1,54	(g)S	24	2,06	gS	47	-1,99	sG
2	2,52	S	25	2,77	S	48	2,86	(g)S
3	0,09	gS	26	1,99	(g)S	49	3,15	(g)S
4	2,71	S	27	2,92	(g)S	50	-0,78	(g)S
5	2,00	S	28	2,23	gS	51	2,53	gS
6	1,85	(g)S	29	0,55	sG	52	-1,74	sG
7	2,18	gS	30	2,56	gS	54	-3,57	G
8	0,03	(g)S	31	2,84	(g)S	55	3,03	S
9	3,03	S	32	2,89	S	56	1,49	(g)S
10	3,13	(g)mS	33	2,97	S	57	2,14	(g)S
11	1,89	(g)S	34	1,62	S	58	0,62	(g)S
12	1,75	gS	35	2,62	(g)S	59	-0,67	gS
13	2,09	S	36	2,87	S	60	3,19	(g)S
14	2,51	(g)S	37	2,42	(g)S	61	3,25	S
15	3,10	(g)S	38	2,61	(g)S	62	0,23	(g)S
16	2,79	S	39	-1,79	G	63	-0,67	sG
17	2,83	S	40	2,32	(g)S	64	-0,14	(g)S
18	2,36	S	41	0,43	gS	65	-0,29	sG
19	0,74	gS	42	2,69	S	66	3,06	(g)S
20	1,88	(g)S	43	2,68	S	67	3,53	mS
21	2,46	(g)S	44	-0,92	sG			
22	2,93	S	45	0,85	gS			

3.3. Παράκτιο υδροδυναμικό καθεστώς

Το κυματικό καθεστώς καθορίζεται από τα κύματα που προσέρχονται από Β, ΒΑ, Α και ΝΑ διευθύνσεις και των οποίων τα βασικά χαρακτηριστικά για τις διάφορες εντάσεις ανέμου παρατίθενται στο Πίνακα 2.

Αν και οι συχνότερα εμφανιζόμενοι άνεμοι είναι οι Β και ΒΑ, τα κύματα με τα μεγαλύτερα ύψη (5,9 m) και αντιστοιχών περιόδων (11 sec) προέρχονται από ΝΑ, λόγω της μεγάλης απόστασης ανάπτυξης του κυματισμού. Γενικά το κυματικό καθεστώς χαρακτηρίζεται ως ήπιο με συνήθη κύματα <1m ενώ στην εξασθένηση της κυματικής ενέργειας που τελικά φθάνει στην ακτογραμμή συντελεί και το ομαλό (κλίσεις <8%) και σχετικά ρηχό υποθαλάσσιο ανάγλυφο. Έτσι, το μέγιστο βάθος κινητοποίησης των ιζημάτων του πυθμένα δεν ξεπερνά τα 3 m, ενώ τα μεγαλύτερα κύματα Β, ΒΑ και Α διευθύνσεων έχουν δυνατότητα ανάβασης μέχρι το υψόμετρο του μισού περίπου μέτρου με εξαίρεση των ΝΑ κυμάτων 'θύελλας' που μπορούν να αναρριχηθούν μέχρι τα 2 m για το νότιο τμήμα όπου έχουμε και μεγαλύτερη κλίση και το 1m για το βόρειο τμήμα όπου η κλίση είναι μικρότερη (Πίνακας 3).

Για τον θεωρητικό προσδιορισμό της στερεομεταφοράς στη ζώνη κυματώγης κατά μήκος της ακτογραμμής η περιοχή λόγω του διαφορετικού προσανατολισμού της στα προσερχόμενα κύματα χωρίστηκε σε 6 τμήματα (βλέπε Σχήμα 2). Η δυνητική παράλια στερεομεταφορά για κάθε τμήμα δίνεται στο Πίνακα 4, από τον οποίο προκύπτει ότι τα κύματα που οφείλονται σε Α και ΝΑ άνεμους προκαλούν στερεομεταφορά προς νότο με τη μεγαλύτερη τιμή της να αφορά τα τμήματα 4 και 6 αντιστοίχως και τη μικρότερη τα τμήματα 6 και 1 αντιστοίχως. Αντιθέτως, τα κύματα που οφείλονται σε Β και ΒΑ ανέμους προκαλούν στερεομεταφορά προς βορρά. Για δε τα κύματα των Β ανέμων έχουμε την μεγαλύτερη προς βορρά στερεοπαροχή στο τμήμα 5, ενώ στο τμήμα 6 έχουμε στερεοπαροχή προς νότο.

Το σύνολο της παραλιακής στερεομεταφοράς που γενικά (για το σύνολο της εξεταζόμενης παραλιακής ζώνης) είναι προς βορρά και είναι της τάξης των $74,3 \cdot 10^4 \text{ m}^3/\text{year}$. Με βάση δε τη φορά της στερεομεταφοράς στα επιμέρους τμήματα της, μπορούμε να διακρίνουμε επιμέρους ζώνες σύγκλισης και απόκλισης που συνδέονται με μια δυνητική απόθεση ή αφαίρεση υλικού. Έτσι ζώνες σύγκλισης έχουμε μεταξύ των τμημάτων 3 και 4 ενώ αντίστοιχα ζώνες απόκλισης προκύπτουν μεταξύ των τμημάτων 2 και 3 και 5-6.

Πίνακας 2. Κυματικά χαρακτηριστικά για διαφορετικής έντασης (U) και διεύθυνσης (Β, ΒΑ, Α και ΝΑ) ανέμων (Hos: Ύψος κυμάτων στα βαθιά νερά, To: περίοδος των κυμάτων, f (%): Συχνότητα, Hb: Ύψος θραύσης κυμάτων (m), db: Βάθος θραύσης κυμάτων (m)).

Άνεμοι	Β (F=19 km)					ΒΑ (F=13 km)				
	Hos (m)	To (sec)	f (%)	Hb (m)	db (m)	Hos (m)	To (sec)	f (%)	Hb (m)	db (m)
1-3	0,07	1,59	1,43	0,09	0,09	0,06	1,40	0,97	0,07	0,07
4-6	0,21	2,31	3,15	0,25	0,27	0,17	2,04	2,58	0,20	0,22
7-10	0,40	2,86	4,87	0,45	0,52	0,33	2,52	3,11	0,37	0,43
11-16	0,71	3,45	5,59	0,77	0,91	0,59	3,05	3,77	0,63	0,75
17-21	1,08	3,97	4,24	1,14	1,39	0,89	3,50	2,59	0,93	1,15
22-27	1,48	4,40	2,54	1,53	1,90	1,22	3,88	1,37	1,25	1,57
28-33	1,94	4,81	1,40	1,96	2,48	1,60	4,24	0,59	1,60	2,05
34-40	2,45	5,20	0,52	2,45	3,15	2,03	4,59	0,19	2,00	2,60
>40	3,04	5,58	0,14	2,99	3,89	2,51	4,92	0,09	2,44	3,22

<i>U</i> (knots)	A (F=30,5 km)					NA (F=306 km)				
	<i>Hos</i> (m)	<i>To</i> (sec)	<i>f</i> (%)	<i>Hb</i> (m)	<i>db</i> (m)	<i>Hos</i> (m)	<i>To</i> (sec)	<i>f</i> (%)	<i>Hb</i> (m)	<i>db</i> (m)
1-3	0,09	1,86	0,62	0,11	0,11	0,27	3,98	0,42	0,38	0,35
4-6	0,27	2,70	1,34	0,32	0,34	0,84	5,77	1,09	1,08	1,08
7-10	0,51	3,35	1,36	0,58	0,65	1,61	7,16	1,17	1,99	2,07
11-16	0,90	4,04	1,14	0,99	1,15	2,85	8,64	0,94	3,38	3,65
17-21	1,37	4,64	0,46	1,47	1,76	4,34	9,92	0,38	5,00	5,56
22-27	1,87	5,14	0,17	1,96	2,40	5,93	11,0	0,20	6,70	7,61
28-33	2,45	5,62	0,08	2,52	3,14					
34-40	3,11	6,08	0,04	3,15	3,99					

Πίνακας 3. Μέγιστο βάθος που παρατηρείται αλλαγή στο υποθαλάσσιο προφίλ (*hc*) της παραλίας καθώς και το μέγιστο ύψος αναρρίχησης των κυμάτων (*R*).

	Hc (m)	R (m)	
		Βόρειο τμήμα	Νότιο τμήμα
B	-6,90	0,87	1,50
BA	-5,70	0,70	1,23
A	-7,06	0,96	1,69
NA	-13,50	2,40	4,20

Πίνακας 4. Μέση ετήσια δυνητική παράλια στερεομεταφορά *Qs* (104 m³/year) στα επιμέρους τμήματα της παραλίας για διάφορες τις διευθύνσεις των προσερχόμενων κυμάτων(η θετική φορά είναι προς νότο).

	Τμήμα 1	Τμήμα 2	Τμήμα 3	Τμήμα 4	Τμήμα 5	Τμήμα 6	Συνολικά
B	-39,00	-50,22	-20,01	-46,53	-53,65	12,36	-197,05
BA	+11,90	-3,49	-12,98	+8,73	-1,75	-17,18	-14,78
A	+6,03	+5,56	+1,94	+7,54	+7,30	+1,07	+29,44
NA	-72,61	+33,70	+83,63	-55,51	+26,76	+92,12	+108,09
Σύνολο	-93,68	-14,44	+52,57	-85,77	-21,34	+88,36	-74,31

4. Συμπεράσματα

Η εξεταζόμενη παραλιακή ζώνη Το Παράλιο Άστρος αναπτύσσεται εφραπτομενικά της ακτογραμμής, με ευθυγράμμιση στη ζώνη διαβροχής, η οποία οφείλεται κυρίως στη κυματική δράση και την εξαρτώμενη από αυτή επιμήκη παράκτια κυκλοφορία. Κοκκομετρικά συνίσταται κυρίως από άμμο (S) με μικρή παρουσία χαλικιών ενώ τοπικά έχουμε την επικράτηση χονδρόκοκκου υλικού με χαρακτηριστικότερη τη περιοχή μπροστά από τις εκβολές του ποταμού Τάνου. Αν και ο επικρατέστερος άνεμος στην περιοχή είναι ο Βόρειος, τα μεγαλύτερα κύματα (>5 m) προσέρχονται από ΝΑ, λόγω της μεγάλης απόστασης ανάπτυξης του κυματισμού (306 km). Το μέγιστο βάθος κινητοποίησης των ιζημάτων του πυθμένα είναι γενικά <6 m, με εξαίρεση τα μέγιστα ΝΑ κύματα που δύναται να τα κινητοποιούν μέχρι βάθους 13,5 m. Τα κύματα Β, ΒΑ και Α προέλευσης μπορούν να αναρριχώνται μέχρι ύψους 1,7 m ενώ τα ΝΑ προέλευσης >4 m. Η εκτιμώμενη παραλιακή επιμήκης στερεομεταφορά είναι της τάξης των $74 \cdot 10^4 \text{ m}^3/\text{year}$ και έχει διεύθυνση από νότο προς βορρά. Τέλος, η σημαντικότερη ανθρώπινη παρέμβαση στην περιοχή μελέτης είναι η κατασκευή του παραλιακού δρόμου στη περιοχή βόρεια των εκβολών του ποταμού Τάνου, ο οποίος ουσιαστικά έχει αποκόψει την παραλία από την παρακείμενη ενδοχώρα, η οποία, μάλιστα, σε περιόδους βροχοπτώσεων μετατρέπεται σε έλος, ενώ παρατηρήθηκαν και αμμοληψίες (παράνομες).

Ευχαριστίες

Οι συγγραφείς και ιδιαίτερα ο κ. Σ. Πούλος επιθυμεί να εκφράσει τις ευχαριστίες του στο Ερευνητικό Πρόγραμμα Καποδίστριας του ΕΚΠΑ (70/4/7818) για κάλυψη μέρους των εξόδων συλλογής και επεξεργασίας των δεδομένων.

Βιβλιογραφία

Αθανασούλη Γ. Α. και Σκαρσουλή Ε. Κ., 1992, Άτλας Ανέμου και Κύματος, βορειοανατολικής Μεσογείου θαλάσσης. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών.

Ζαμπάκα Ι. Δ., 1992. Γενική Κλιματολογία, Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Κανελλοπούλου, Ε. Α., 2000. Ρύπανση του Περιβάλλοντος και Στοιχεία Εφαρμοσμένης Κλιματολογίας. Πανεπιστήμιο Αθηνών, Εκδότες Αθανασόπουλος – Παπαδάμης, Αθήνα

Πούλος Σ. Ε., 2001. Εφαρμοσμένη Ωκεανογραφία και Περιβάλλον. Σημειώσεις για το μάθημα «Εφαρμοσμένη Ωκεανογραφία », Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών, 144 σ.

Υδρογραφική Υπηρεσία, 1991. Στοιχεία Παλίρροιας Ελληνικών Λιμένων

Cerc (Coastal Engineering Research Centre), 1984. Coastal Engineering Manual, US Army Corps of Engineers, Washington DC 21314.

Folk P.L., 1980. Petrology of Sedimentary Rocks, Hemphill Publishing Company, Austin, Texas.

Komar P.D., 1998. Beach processes and Sedimentation (second edition), Prentice hall, New Jersey 07458, 544 p.