

ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΙ ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΚΑΘΕΣΤΩΤΟΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΛΙΑΣ ΓΟΥΡΝΩΝ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ (ΝΗΣΟΣ ΚΡΗΤΗ).¹

ΣΕΡΑΦΕΙΜ Ε. ΠΟΥΛΟΣ² ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΝΤΟΥΝΑΣ³ ΚΑΙ ΓΙΩΡΓΟΣ ΠΕΤΥΧΑΚΗΣ³

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.

Η ανθρώπινη παρέμβαση στην αμμόδη παραλιακή ζώνη Γουρνών (Ν. Ηρακλείου), μήκους περίπου 2,5 km, εκφράζεται από: (α) την ύπαρξη των μικρών λιμανιών στα δύο άκρα της περιοχής, (β) την παρουσία ενός μικρού προβόλου (~12 m μήκους), στο μέσον περίπου αυτής, και (γ) από την παρέμβαση στις κοίτες των ποταμοχειμάρρων, που έχει ως αποτέλεσμα την ανάσχεση της χερσαίας στερεοπαροχής των. Η δε μεταβολή του ιζηματολογικού ισοζυγίου σε συνδυασμό με την έντονη κυματική δράση (κύματα ύψους μέχρι και >3 m) και την προς ανατολικά ισχυρή επιμήκη παράκτια στερεομεταφορά (~74x10³ ton άμμου ετησίως), έχει προκαλέσει οπισθοχώρηση της ακτογραμμής, στα ανατολικά όλων των ανθρώπινων κατασκευών. Ακόμη, παρατηρείται και αλλοίωση του ιζηματολογικού χαρακτήρα του πυθμένα (για βάθη <4 m), μέσω της απομάκρυνσης του λεπτόκκοκκου υλικού και την επακόλουθη εμφάνιση του σκληρού υποβάθρου, τόσο μπροστά από τις εκβολές των ποταμοχείμαρων, όσο και ανατολικά των δυο μικρών λιμανιών.

ABSTRACT

The human impact upon the natural evolution of the sandy shore (a length of ~2 km) of Gournes coast (Periphery of Heraklio, Crete) is intensive and expressed by the presence of two small ports at its both ends, a short (~12 m) groyne at its middle part and several constructions along the route of the torrential rivers (Gournianos and Gouvianos) discharging at its spatial limits; these constructions inhibit the discharge of sediments (Gournianos: ~30x10³ ton). This reduction of sediment fluxes in combination with the intensive wave regime (wave heights: 1-6 m) and the wave-induced eastward longshore sediment transport (some 75,000 ton/yr) has caused erosion, expressed by the shoreline retreat to the eastern side of both marines and the groin, as well as the removal of the sedimentary cover from the seabed on the shallow coast (water depths <4m).

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: ισοζύγιο ιζημάτων, διάβρωση παραλιών, ανθρώπινη παρέμβαση.
KEYWORDS: sediment budget, beach erosion), human impact.

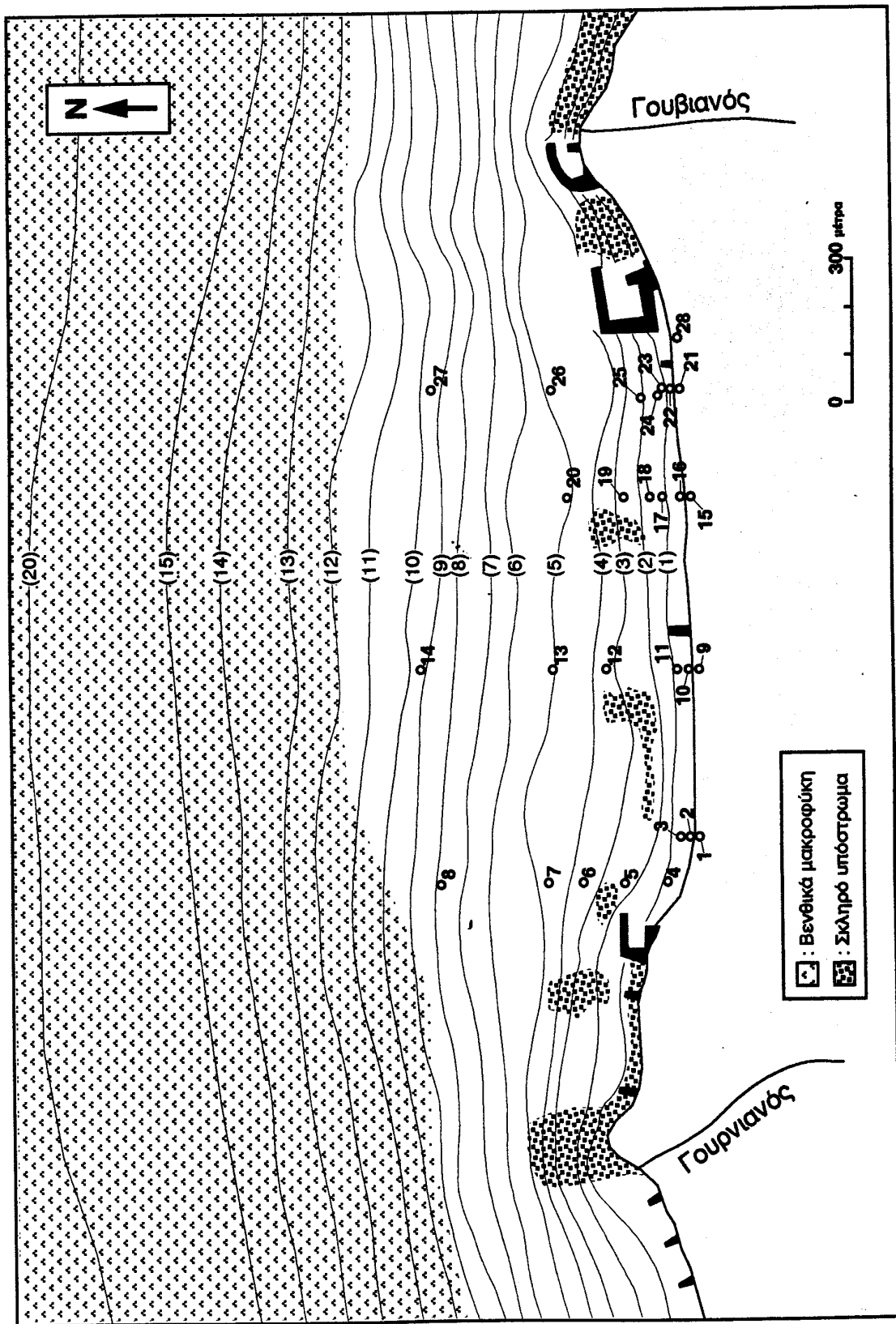
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παραλία των Γουρνών βρίσκεται στις βόρειες ακτές του Νομού Ηρακλείου (Κρήτης) και αναπτύσσεται πάνω σε μια ομαλή παράκτια αλλουβιακή πεδιάδα (Ολοκαινικής ηλικίας), η οποία εκτείνεται μεταξύ των εκβολών δύο ποταμοχείμαρων του Γουρνιανού (δυτικά) και του Γουβιανού (ανατολικά) (Σχήμα 1). Τα δε ιδιαίτερα γεωγραφικά, μορφολογικά, λιθολογικά και κλιματολογικά στοιχεία της παρατίθενται στον Πίνακα 1. Μάλιστα, από αρχαιολογικά ευρήματα κοντά στην περιοχή μελέτης αλλά και γενικότερα στο Νότιο Αιγαίο Πέλαγος προκύπτει ότι τα τελευταία 2000 χρόνια είχαμε μια σχετική ανύψωση της θαλάσσιας στάθμης μεταξύ 1,5 και 2 m (Lambeck, 1996, Fleming, 1978) που αποδίδεται πρωτίστως σε ευστατικά αίτια. Τις τελευταίες δεκαετίες η παραλιακή αυτή ζώνη έχει δεχτεί έντονα την ανθρώπινη παρέμβαση, όπως φαίνεται από την ύπαρξη μικρών μαρινών στα δύο της άκρα, ενός μικρού σε μήκος προβόλου στο μέσον της (η επέκταση του χερσαίου φράκτη της τέως αμερικάνικης βάσης), αλλά και από άλλες παρεμβάσεις στην παρακείμενη ενδοχώρα που έχουν ως αποτέλεσμα την σχεδόν πλήρη παρεμπόδιση των ιζημάτων να φθάνουν ως τις εκβολές των και από εκεί να διευθετώνται από την παράκτια υδροδυναμική.

1:STUDY OF THE SEDIMENTOLOGICAL AND HYDROLOGICAL CONDITIONS OF THE GOURNES SHOREZONE (PROVINCE OF HERAKLIO, CRETE).

2:Lecturer, University of Athens, Department of Geology, Panepistimioupolis, Zografou, 157 84, Athens, Greece.

3:Researcher, Institute for Marine Biology of Crete, P.O. Box 2214, 71003,Iraklio, Crete.



Σχήμα 1. Γεωμορφολογικά και ιζηματολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης (τα νούμερα υποδηλώνουν τις θέσεις δειγματοληψίας)
Figure 1. Geomorphological and sedimentological characteristics of the area under investigation (numbers denote sampling locations).

Πίνακας 1. Φυσιογραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης.
Table 1. Physiographic characteristics of the study area.

Παραλία (αιγιαλός)			
Μήκος	2,5 km		
Πλάτος	1-12 m		
Σύσταση	αμμώδης		
Υποθαλάσσια κλίση			
0-15 m:	1%		
15-50 m:	3%		
Παράκτια αλλουβιακή πεδιάδα			
Πλάτος:	~750 m		
Κλίση (0-20m)	<2,5%		
Παράκτια ενδοχώρα (λεκάνες ποταμοχειμάρρων)			
	<u>Γουρνιανός</u>	<u>Γουβιανός</u>	
Έκταση:	32,95 km ²	18,35 km ²	
Μέγιστο υψόμετρο:	539 m	506 m	
Λιθολογία			
Αλλούβια:	5,8%	8,2%	
Ανθρακικά:	52,4%	49,0%	
Νεογενή:	40,1%	33,3%	
Φλύσχης:	1,7%	9,5%	
Κλίμα		Μεσογειακό	
Μέσο ετήσιο ύψος βροχής:	475 mm		
Μέση ετήσια θερμοκρασία:	18,0 °C		
Επικρατέστεροι άνεμοι:	<u>Διεύθυνση</u>	<u>Ταχύτητα</u>	<u>Συχνότητα</u>
(μέσες ετήσιες τιμές)			
	Δ	3,3	28,9
	ΒΔ	3,4	23,6
	Β	3,6	12,4
	ΒΑ	2,5	3,7
	Α	2,5	6,8

Ο σκοπός της εργασίας αυτής είναι αφενός να περιγράψει τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά (ποιοτικά και ποσοτικά) των παράκτιων υδροδυναμικών παραμέτρων (κύματα, επιμήκη παράκτια ρεύματα) και αφετέρου να εξετάσει την σχέση αυτών με το ισχύον ιζηματολογικό καθεστώς. Τέλος διερευνά τις επιπτώσεις των διάφορων ανθρώπινων παρεμβάσεων τόσο στο ιζηματολογικό περιβάλλον, όσο και στην μορφομετρική εξέλιξη της παράλιας ζώνης.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Για τον ποσοτικό προσδιορισμό της στερεοπαροχής των ποταμοχειμάρρων λόγω έλλειψης πραγματικών μετρήσεων, γίνεται χρήση της εξίσωσης των Κουτσογιάννη και Τάρλα (1987) που λαμβάνει υπόψη της την βροχόπτωση και την λιθολογία της λεκάνης απορροής: $G = 15\gamma e^{3p}$ (1) (τυπικό σφάλμα 1,17), όπου G: μέση ετήσια στερεοπαροχή σε αιώρηση (ton/km²), p: το μέσο ετήσιο ύψος βροχής (σε m) και γ: ο γεωλογικός (λιθολογικός) συντελεστής που δίνεται από την σχέση: $\gamma = k_1e_1 + k_2e_2 + k_3e_3$ (2), όπου k₁, k₂, k₃ οι συντελεστές διαβρωσιμότητας (k₁=1, υψηλή διαβρωσιμότητα (π.χ. αλλούβια, φλύσχης), k₂=0,5 (μέτρια διαβρωσιμότητα (π.χ. μάργες, ψαμμίτες, σχιστόλιθοι και k₃=0,1, χαμηλή διαβρωσιμότητα (π.χ. ασβεστόλιθοι, μεταμορφωμένα και εκρηξιγενή) και e₁, e₂ και e₃ είναι οι αντίστοιχες αναλογίες της έκτασης στην οποία εμφανίζονται οι παραπάνω κατηγορίες πετρωμάτων.

Ο προσδιορισμός των ιζηματολογικών χαρακτηριστικών (μέσο κοκκομετρικό μέγεθος, (M_d), μέση γραφική απόκλιση (σ_T) και η λοξότητα (Sk_T)) έγινε μετά από την συλλογή 27 επιφανειακών δειγμάτων ιζήματος με την βοήθεια του σκάφους του Ινστιτούτου Θαλάσσιας Βιολογίας Κρήτης (ΙΘΑΒΙΚ) και την εργαστηριακή (κοκκομετρική) τους ανάλυση σύμφωνα με τον Folk (1980). Η εγγύς στην ακτογραμμή υποθαλάσσια τοπογραφία πιστοποιήθηκε με την διεξαγωγή κάθετων τομών (σε απόσταση 5 πρώτων λεπτών της μοίρας) με την χρήση βυθομέτρου του σκάφους του ΙΘΑΒΙΚ, ώστε να αποτυπωθεί το σημερινό υποθαλάσσιο ανάγλυφο.

Ο προσδιορισμός των χαρακτηριστικών των κυμάτων, αλλά και των επιμήκων στην ακτογραμμική ρευμάτων, έγινε με την αξιοποίηση των ανεμολογικών δεδομένων της περιοχής και χρησιμοποιώντας τις παρακάτω εξισώσεις (CERC, 1984).

Το σημαντικό ύψος των κυμάτων στα βαθειά νερά (H_s) όπως οι μέγιστες τιμές του φάσματος της περιόδου των (T_m) δίνονται από τις εξισώσεις:

$$H_s = 5,112 \times 10^{-4} W F^{0.5} \quad (3) \quad \text{και} \quad T_m = 6,238 \times 10^{-2} (W F)^{0.33} \quad (4)$$

όπου, W είναι η ένταση του ανέμου (m/s), η οποία σχετίζεται με την μετρούμενη ταχύτητά της (U), μέσω της σχέσης $W=0,71 U^{1,23}$ (5), F (fetch) είναι η απόσταση (σε m) που έχει στην διάθεσή του για να αναπτυχθεί ο κυματισμός. Μάλιστα για την χρήση των εξισώσεων (3) και (4) γίνεται η παραδοχή, ότι ο άνεμος πνέει ικανό χρονικό διάστημα, ώστε ο κυματισμός να λάβει το μέγιστο ύψος του, για τη δεδομένη απόσταση ανάπτυξής του. Ακόμη η σημαντική περίοδος των κυμάτων (T_s) δίνεται από την σχέση: $T_s = 0,95 T_m$

(6). Το μήκος κύματος (L_0) στα βαθειά νερά δίνεται από την εξίσωση $L_0 = g T^2 / 2\pi$ (7), ενώ η σχέση μεταξύ του ύψους των κυμάτων στα βαθειά (H_0) ως προς αυτό την στιγμή της θραύσης των δίνεται από την εξίσωση $H_b / H_0 = 0,563 (H_0 / L_0)^{0,2}$ (8). Το

δε βάθος που θραύονται τα κύματα δίνεται από την ημ εμπειρική σχέση $H_b / d_b = 0,78$

(9). Η δυνητική παράκτια στερεομεταφορά Q_1 (m^3/s) που οφείλεται στα επιμήκη ρεύματα (κυματικής προέλευσης) δίνεται από την εξίσωση:

$$Q_1 = (0,39 \times P_{1s}) / (g \times (\sigma - \rho) \times a') \quad (10),$$

όπου (σ) και (ρ) είναι οι πυκνότητες ιζήματος ($2650 \text{ kg}/m^3$) και θαλασσινού νερού ($1025 \text{ kg}/m^3$), αντίστοιχα και $a' = 0,6$ (πορώδες άμμου) και (P_{1s}) είναι η ροή ενέργειας που εισέρχεται στην ζώνη κυματώγης (μετά την θραύση των κυμάτων και που διαμορφώνει το επίμηκες παράκτιο ρεύμα)

$$P_{1s} = 0,05 \times \rho \times g^{3/2} \times H_0^{5/2} \times \sin 2\alpha_0 \times (\cos \alpha_0)^{1/4} \quad (11)$$

όπου, H_0 είναι το σημαντικό ύψος των κυμάτων στα βαθειά νερά, (α_0) 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.

Τέλος, η συλλογή στοιχείων συμπληρώνεται με την παράκτια χαρτογράφηση και φωτογράφιση της περιοχής μελέτης (7/2000 και 8/2001) με έμφαση στην αποτύπωση των ανθρώπινων παρεμβάσεων.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

Χρησιμοποιώντας τις εξισώσεις (1) και (2) και αξιοποιώντας τα στοιχεία του Πίνακα 1 προκύπτει ότι σε μια πρώτη προσέγγιση, η παροχή σε αιωρούμενο υλικό των δύο ποταμοχείμαρρων Γουρνιανού και Γουβιανού είναι της τάξης των $23 \times 10^3 \text{ ton}$ και $7 \times 10^3 \text{ ton}$, αντιστοίχως. Οι ποσότητες αυτές αναμένεται να είναι μεγαλύτερες όταν συνυπολογιστούν το φορτίο πυθμένα και το διαλυμένο υλικό, τα οποία από γενικότερες μελέτες στην περιοχή της Μεσογείου έχουν μια σχέση ως προς το αιωρούμενο υλικό από 1:3 έως 1:5 (Poulos and Chronis, 1997, Poulos and Collins, 2002). Με βάση λοιπόν την προαναφερθείσα παρατήρηση το συνολικό ποσόν της δυνητικής στερεοπαροχής είναι για μεν τον Γουρνιανό $\sim 30 \times 10^3 \text{ ton}$, για δε τον Γουβιανό $\sim 7 \times 10^3 \text{ ton}$.

Από την κοκκομετρική ανάλυση των επιφανειακών δειγμάτων ιζήματος τόσων αυτών που συλλέχτηκαν από το χερσαίο τμήμα της παραλίας και το μέτωπο της, όσον και αυτών από τον πυθμένα της θάλασσας, προκύπτει μια πολύ ομοιογενής ιζηματολογική εικόνα καθώς η συντριπτική πλειοψηφία των δειγμάτων ανήκουν στην κοκκομετρική κατηγορία της λεπτής άμμου, με ποσοστά σε ιλύ+άργιλο $< 1,5\%$ (Πίνακας 2).

Χαρακτηριστικό της ομοιογένειας της περιοχής είναι ότι, οι άμμοι παρουσιάζονται από καλά ταξινομημένες μέχρι πολύ καλά ταξινομημένες, ενώ η εσωτερική (στατιστική) κατανομή τους εμφανίζεται να είναι απολύτως συμμετρική ή με μια μικρή επικράτηση του λεπτόκοκκου υλικού έναντι του χονδροκόκκου. Τα προαναφερθέντα ιζηματολογικά (κοκκομετρικά) χαρακτηριστικά υποδηλώνουν την επικράτηση συγκεκριμένης έντασης υδροδυναμικού καθεστώτος, έντονης επεξεργασίας του υπάρχοντος υλικού, όπως επίσης και φτωχή προσφορά σε χερσαίο υλικό (λόγω της συνήθους ποικιλής κοκκομετρικής του σύνθεσης). Τέλος, ιζήματα ανάλογης κοκκομετρίας πιθανόν να προσφέρονται και από τον γύρο θαλάσσιο χώρο, μέσω της δράσης των κυμάτων και των επιμήκων παράκτιων ρευμάτων.

Πίνακας 2. Τα αποτελέσματα της κοκκομετρικής ανάλυσης και της στατιστικής των επεξεργασίας σύμφωνα με τον Folk(1980) - (M_z : γραφική μέση τιμή σε ϕ και mm, σ_I : γραφική σταθερά απόκλισης και Sk_I : γραφική λοξότητα).

Table 2. The results of grain-size analyses and their statistical evaluation, according to Folk (1980) - (M_d : graphic mean in ϕ and mm, σ_I : inclusive graphic standard deviation and Sk_I : graphic skewness).

Δείγμα	Γλύς+άργιλος (<0,063 mm)	M_z			σ_I		Sk_I	
		(ϕ)	(mm)	Ονοματ.	Ονοματ.		Ονοματ.	
1	2,7	2,44	0,18	λ.Α.	0,33	π.κ.Τ.	0,23	θ.Λ.
2	1,4	2,44	0,18	λ.Α.	0,38	κ.Τ.	0,07	Σ
3	1,1	2,39	0,19	λ.Α.	0,37	κ.Τ.	0,07	Σ
4	2,4	2,69	0,15	λ.Α.	0,48	κ.Τ.	0,08	Σ
5	1,2	2,87	0,14	λ.Α.	0,39	κ.Τ.	0,11	θ.Λ.
6	2,3	1,67	0,31	μ.Α.	0,59	μ.κ.Τ.	0,44	ε.θ.Λ.
7	1,5	2,93	0,13	λ.Α.	0,41	κ.Τ.	0,13	θ.Λ.
8	1,5	3,03	0,12	π.λ.Α.	0,74	μ.Τ.	-0,35	ε.α.Λ
9	1,4	2,52	0,17	λ.Α.	0,41	κ.Τ.	0,26	θ.Λ.
10	0,9	2,38	0,19	λ.Α.	0,37	κ.Τ.	0,21	θ.Λ.
11	1,1	2,46	0,18	λ.Α.	0,33	π.κ.Τ.	0,19	θ.Λ.
12	3,1	2,64	0,16	λ.Α.	0,40	κ.Τ.	-0,05	Σ
13	2,1	2,94	0,13	λ.Α.	0,40	κ.Τ.	0,22	θ.Λ.
14	1,4	3,00	0,12	π.λ.Α.	0,78	μ.Τ.	-0,34	ε.α.Λ
15	1,0	2,21	0,22	λ.Α.	0,34	π.κ.Τ.	-0,05	Σ
16	1,1	2,40	0,19	λ.Α.	0,39	κ.Τ.	0,07	Σ
17	1,4	2,62	0,16	λ.Α.	0,39	κ.Τ.	-0,08	Σ
18	1,7	2,63	0,16	λ.Α.	0,47	κ.Τ.	0,02	Σ
19	1,9	2,69	0,15	λ.Α.	0,49	κ.Τ.	0,06	Σ
20	1,7	3,11	0,12	π.λ.Α.	0,40	κ.Τ.	-0,03	Σ
21	0,4	2,41	0,19	λ.Α.	0,31	π.κ.Τ.	0,22	θ.Λ.
22	1,7	2,30	0,20	λ.Α.	0,38	κ.Τ.	0,06	Σ
23	0,9	2,14	0,23	λ.Α.	0,41	κ.Τ.	-0,08	Σ
24	1,6	2,68	0,16	λ.Α.	0,46	κ.Τ.	0,03	Σ
25	1,5	2,72	0,15	λ.Α.	0,53	μ.κ.Τ.	-0,01	Σ
26	2,0	2,88	0,14	λ.Α.	0,40	κ.Τ.	0,16	θ.Λ.
27	1,3	2,96	0,14	π.λ.Α.	0,70	μ.Τ.	-0,36	ε.α.Λ
28	0,3	2,37	0,19	λ.Α.	0,33	π.κ.Τ.	0,13	θ.Λ.

Επεξήγηση: π.λ.Α.: πολύ λεπτή άμμος (0,0625-0,125 mm), λ.Α.: λεπτή άμμος (0,125-0,25 mm), μ.Α.: μέση άμμος (0,25-0,5 mm), κ.Τ.: μ.Τ.: μέτρια ταξινόμηση (0,71-1 mm), μ.κ.Τ.: μετρίως καλή ταξινόμηση (0,5-0,7 mm), κ.Τ.: καλή ταξινόμηση (0,35-0,5 mm) π.κ.Τ.: πολύ καλή ταξινόμηση (<0,35), Σ: συμμετρικά (-0,1 έως +0,1), θ.Λ.: θετική λοξότητα (επικράτηση λεπτόκοκκου υλικού) (+0,1 έως +0,3) ε.θ.Λ.: έντονη θετική λοξότητα (0,3 έως 1,0).

Μάλιστα η κοκκομετρική αυτή ομοιομορφία μεταξύ του χερσαίου τμήματος της παραλίας του αιγιαλού αλλά και του υποθαλάσσιου τμήματος της (μέχρι την ισοβαθή των 10 m) υποδεικνύει μια έντονη ανταλλαγή υλικού μεταξύ των τριών αυτών φυσιογραφικών ενοτήτων της παραλίας ζώνης που προφανώς συσχετίζεται με την επικρατούσα έντονη κυματική δράση.

ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ

Η παραλιακή ζώνη της περιοχής μελέτης, όπως και οι περισσότερες παραλίες των βόρειων ακτών του Νομού Ηρακλείου, είναι εκτεθειμένες πρωτίστως στους Δ, ΒΔ και

Β ανέμους και δευτερευόντως στους ΒΑ και Α, που σε συνδυασμό και με τα μεγάλα μήκη ανάπτυξης των αντιστοίχων κυματισμών δίνουν κύματα με μεγάλου ύψους και μήκους. Στον Πίνακα 3, όπου συνοψίζονται τα χαρακτηριστικά των κυμάτων (σε συνθήκες βαθιών νερών) για τις διαφορετικές εντάσεις και διευθύνσεις των ανέμων, είναι προφανές το έντονο κυματικό καθεστώς. Μάλιστα, η επικρατέστερη ένταση ανέμου δίνει κύματα με ύψη 1-2 m, με αντίστοιχα μήκη 50-90 m (με εξαίρεση τους ανέμους ανατολικής διεύθυνσης). Οι δε αντίστοιχες τιμές για τις μέγιστες εντάσεις ανέμου είναι υπερδιπλάσιες αυτών. Τα κύματα με τα προαναφερόμενα χαρακτηριστικά αλληλεπιδρούν με τον θαλάσσιο πυθμένα, η μεν πρώτη κατηγορία για βάθη <20 m, ενώ η δεύτερη από πολύ μεγαλύτερα βάθη (~50 m). Είναι λοιπόν προφανές ότι, η παραλία που μελετάμε υπόκειται σε ένα πολύ έντονο κυματικό καθεστώς το οποίο κατά συνέπεια παίζει και πρωτεύοντα ρόλο στην διαμόρφωση της κοκκομετρικής σύνθεσης του πυθμένα. Ακόμη λόγω της υπό γωνία (>10⁰) προσέγγισης των κυματισμών αναπτύσσονται και επιμήκη παράκτια ρεύματα μπροστά από την ζώνη θραύσής των, η οποία βρίσκεται σε βάθη που για μεν τις επικρατέστερες εντάσεις ανέμου είναι μεταξύ 1-3 m ενώ για τις μέγιστες τιμές των από 5-8 m (Πίνακας 3).

Πίνακας 3. Ανεμολογικά (από Αθανασούλη και Σκαρσουλή, 1992) και υπολογισμένα κυματικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης.

Table 3. Wind data (from Athanasouli & Skarsouli, 1992) and calculated wave characteristics of the area under investigation.

	U (m/s)	f (%)	Ho (m)	F (km)	Ts (sec)	Lo (m)	D _β =L/4 (m)	H _β (m)	d _β (m)
<u>Επικρατέστερη ταχύτητα ανέμου</u>									
Δ	6,95	9,4	1,6	17,5	6,6	67,5	16,9	1,9	2,5
ΒΔ	6,95	6,8	2,1	27,5	7,6	91,0	22,7	2,5	3,2
Β	6,95	3,2	1,5	15,0	6,2	61,0	15,2	1,8	2,3
ΒΑ	4,37	1,1	1,1	22,5	5,9	54,7	13,7	1,3	1,7
Α	2,57	2,1	0,5	20,0	4,6	32,9	8,2	0,7	0,9
<u>Μέγιστη ταχύτητα ανέμου</u>									
Δ	21,50	0,0003	6,6	17,5	10,4	168,9	42,2	7,1	9,1
ΒΔ	21,50	0,0003	4,3	27,5	11,3	199,4	49,9	8,1	10,4
Β	21,50	0,0011	6,1	15,0	9,9	152,6	38,1	6,6	8,4
ΒΑ	12,60	0,0011	7,5	22,5	9,7	147,5	36,9	4,9	6,3
Α	21,50	0,0003	7,1	20,0	10,9	184,5	46,1	7,6	9,8

Επεξήγηση: U: ταχύτητα ανέμου, f: συνολική ετήσια συχνότητα εμφάνισης ανέμου, Ho: σημαντικό ύψος κύματος (βαθεία νερά), Lo: μήκος κύματος (βαθεία νερά), d_β: βάθος συνθηκών διάδοσης σε ενδιάμεσα νερά, Ts: σημαντική περίοδος, H_β: ύψος κύματος κατά τη θραύση του και d_β: βάθος στο οποίο σπάνε τα κύματα.

Με βάση δε τις εξισώσεις (7) και (8) και χρησιμοποιώντας τις σταθμικές μέσες τιμές της έντασης και συχνότητας εμφάνισης των ανέμων για τις διαφορετικές διευθύνσεις πνοής του ανέμου, η ετήσια δυνητική επιμήκης παράκτια στερεομεταφορά υπολογίστηκε να είναι της τάξης των 28x10³ m³ και με κατεύθυνση προς ανατολικά (Πίνακας 4). Σημειώνεται δε, ότι τον πρωτεύοντα ρόλο στην διαμόρφωση όχι μόνο της ποσότητας αλλά και της κατεύθυνσης της επιμήκους παράκτιας στερεομεταφοράς παίζουν οι άνεμοι ΒΔ προέλευσης.

Λόγω λοιπόν της από δυτικά προς ανατολικά παράκτιας επιμήκους μεταφοράς της θαλάσσιας μάζας, η παραλία της περιοχής μελέτης θεωρητικά επηρεάζεται πρωτίστως από τις πηγές ιζήματος που βρίσκεται δυτικά της, άρα από την στερεοπαροχή του χειμαρροπόταμου Γουρνιανού που ανέρχεται (θεωρητικά) σε 30x10³ ton/yr. Η ποσότητα μάλιστα αυτή αντιπροσωπεύει σχεδόν το 1/4 από την δυνητική παράκτια στερεομεταφορά, όταν αυτή από κυβικά μέτρα (m³) εκφραστεί σε μετρικούς τόνους (ton=10³ kg), δηλαδή σε ~32x10³ ton/yr, θεωρώντας ως πυκνότητα του ιζήματος την μέση τιμή της φαινόμενης πυκνότητας του χαλαζία τα ~1600 kg/m³ (δηλ. σ-ρ (βλέπε εξίσωση 10)). Από την παρατήρηση αυτή είναι προφανές ότι η σταθερότητα της

ακτογραμμής αλλά και γενικότερα του προφίλ της παράλιας ζώνης εξαρτάται κατά πολύ από την στερεοπαροχή του Γουρνιανού. Ακόμη, θα πρέπει να επισημανθεί η ανθρώπινη παρέμβαση με την κατασκευή του μικρού λιμένα στο δυτικό άκρο της περιοχής, όπως και η παρουσία τεχνητών βραχιόνων μεταξύ αυτού και του στομιού του Γουρνιανού, ενώ εποχιακά (περίοδος επικράτησης ΒΑ και Α ανέμων) ανάλογη παρέμβαση έχει και το έτερο λιμανάκι στο ανατολικό άκρο της περιοχής μελέτης.

Πίνακας 4. Συνολικό ποσό της ετήσιας επιμήκους παράκτιας στερεομεταφοράς (Q_1) και των επιμέρους συνιστωσών της για τις διαφορετικές διευθύνσεις του ανέμου.

Table 4. Total amount of the annual longshore potential sediment transport (Q_1) and its constituents for the different wind directions.

	f(ετ) (%)	U(μ) (m/s)	H_s (m)	α₀ (μοίρες)	P_{1s} (W/m)	Q₁ (m ³ /yr)
Δ	28,9	3,13	0,67	87	426,0 ^a	547,8
ΒΔ	23,6	3,19	0,86	40	23214,2	29850,5
Β	12,4	3,37	0,67	-3	-743,1	-955,5
ΒΑ	3,7	2,21	0,54	-40	-1133,3	-1457,3
Α	6,8	2,16	0,49	-87	-46,6 ^a	-59,9
ΣΥΝΟΛΟ					21717,2	27925,5

Επεξήγηση: f(ετ): Ετήσια συχνότητα εμφάνισης ανέμου, U(μ): Μέση ετήσια (σταθμική) ταχύτητα ανέμου, H_s: σημαντικό ύψος κύματος στα βαθειά νερά, (α₀): η γωνία μεταξύ της γραμμής κορυφής των κυμάτων και της ακτογραμμής, P_{1s}: Συνολική ετήσια ροή ενέργειας κατά μήκος της ακτογραμμής, Q₁: Συνολική ετήσια δυνητική επιμήκη παράκτια στερεομεταφορά.

ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΜΟΡΦΟΜΕΤΡΙΚΗ ΚΑΙ ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ (ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ) .

Στο Σχήμα 1 αποτυπώνεται η παρούσα μορφομετρική και ιζηματολογική κατάσταση, όπως αυτή διαμορφώθηκε μετά από μια σειρά ανθρώπινων παρεμβάσεων στην περιοχή μελέτης. Οι παρεμβάσεις αυτές αφορούν αφενός παράκτια έργα, όπως τα δύο μικρά λιμανάκια στα άκρα της παραλίας, αλλά και κάποιων προβόλων που έχουν τοποθετηθεί για να αντιμετωπιστούν τα έκδηλα πλέον προβλήματα διάβρωσης που προκάλεσε η παρουσία των λιμανιών παρεμποδίζοντας (μειώνοντας) την επιμήκη παράκτια στερεομεταφορά. Ανάλογη συνέπεια είχε και ο μικρός πρόβολος (12 m) (στο μέσον περίπου της παράλιας) που έφερε τον φράκτη της τέως ευρισκόμενης εκεί αμερικάνικης βάσης, καθώς και αυτός έχει προκαλέσει στα δυτικά του, διάβρωση της παραλίας, για την σταθεροποίηση της οποίας και κυρίως του παραλιακού (τουριστικού) δρόμου έχει κατασκευαστεί ένας παράλιος τσιμεντένιος (κάθετος) τοίχος, μπροστά από τον οποίο σε περιόδους έντονου κυματισμού η παραλία σκεπάζεται εξολοκλήρου από την θάλασσα.

Ακόμη, είναι χαρακτηριστική και η συσσώρευση ιζημάτων μέσα στα λιμανάκια που αν και έχουν την είσοδό τους προς ανατολικά, σύμφωνα με την φορά της μέσης ετήσιας επιμήκους παράκτιας στερεομεταφοράς (Δ προς Α), δέχονται τα λεπτόκοκκα ιζήματα μέσα από την διεργασία της περίθλασης των κυμάτων (κυρίως ΒΔ και Β προέλευσης), μια τυπική περίπτωση όπως περιγράφεται στην σχετική διεθνή βιβλιογραφία (Komar, 1998, Carter, 1988). Έτσι, το δυτικό λιμανάκι που αρχικά είχε βάθος >2 m σήμερα στην είσοδό του το βάθος είναι <1 m, ενώ και στο ανατολικό λιμανάκι, μετά από τα νέα έργα επέκτασής του (άνοιξη του 2000), το καλοκαίρι του 2001 από 4 m βάθος που είχε μόλις λίγα μέτρα εσωτερικά της εισόδου του το βάθος είναι μόλις 1,5 m, ενδεικτικό της εντονότατης κυματικής δράσης αλλά και των μεγάλων ποσοτήτων λεπτής άμμου που μεταφέρεται σε αιώρηση.

Τέλος, αξιοσημείωτη ακόμη είναι η ανθρώπινη παρέμβαση που έχει γίνει κατά μήκος της κοίτης των ποταμοχειμάρρων της ευρύτερης περιοχής, όπου μέσα από την κατασκευή μονοπατιών εγκαρσίων της κοίτης των, διευθέτηση της κοίτης των, που φθάνει μέχρι και στην ουσιαστική αναστόμωσή των έχουν στερήσει την παραλία από τα χερσογενή ιζήματα που αν και δεν καταφθάνουν σε πολύ μεγάλες ποσότητες, όμως δεν είναι καθόλου αμελητέα σε σχέση με αυτά της παράκτιας στερεομεταφοράς. Έτσι, σήμερα παρατηρείται αφενός πλήρης απουσία ιζήματος μπροστά (σε βάθη <4 m) και ανατολικά των εκβολών των και αφετέρου έντονη διάβρωση της παρακείμενης (ανατολικά κυρίως των εκβολών) ακτογραμμής.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την μελέτη της παραλίας Γουρνών των βορείων ακτών του Νομού Ηρακλείου της Κρήτης, προκύπτει ότι σε παραλίες οι οποίες είναι εκτεθειμένες σε έντονη κυματική δράση, η παρέμβαση του ανθρώπου αν δεν μπορεί να αποφευχθεί πλήρως, θα πρέπει να γίνεται μετά από πολύ προσεκτική μελέτη και εκτίμηση όχι μόνον των ωκεανογραφικών παραμέτρων αλλά και των γεωλογικών. Ιδιαίτερα σε παράκτιες περιοχές, όπου έχουμε την παρουσία ποταμών ή έστω ακόμη και μικρών ποταμοχειμάρρων θα πρέπει να ληφθεί υπόψη στην ιζηματολογική διάταξη της παραλίας, η ποταμοχειμάρροια προσφορά ιζημάτων, η οποία τις περισσότερες φορές παίζει καθοριστικό ρόλο στην σταθερότητα της ακτογραμμής. Ακόμη, σε περιοχές όπου έχουμε σχετική ανύψωση της θαλάσσιας στάθμης, μέσα στους ιστορικούς χρόνους (στην περιοχή μελέτης γύρω στο 1,5 m τα τελευταία 2000 χρόνια) θα πρέπει να αποφεύγεται η ανάπτυξη των ανθρώπινων δραστηριοτήτων ακριβώς πάνω στην ακτογραμμή, όπως επίσης και κάθε παρεμπόδιση των εισερχομένων ιζημάτων, είτε αυτή οφείλεται στην απομόνωση της παραλίας από την παρακείμενη σε αυτήν ενδοχώρα (περίπτωση παραλιακών δρόμων, τεχνητή δέσμευση της ποτάμιας στερεοπαροχής), είτε στην παρεμπόδιση της παράκτιας επιμήκους στερεομεταφοράς μέσω της κατασκευής τεχνικών έργων, π.χ. μικρά λιμανάκια, τεχνητοί πρόβολοι κ.ά.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.

Οι συγγραφείς και ιδιαίτερα ο Σ. Πούλος ευχαριστούν αφενός τον Ειδικό Λογαριασμό Κονδυλίων Έρευνας (ΕΛΚΕ) του Παν/μίου Αθηνών για την κάλυψη σημαντικού μέρους των δαπανών της μελέτης αυτής (ΚΕ: 70/4/4723) και αφετέρου το τεχνικό προσωπικό του Ινστιτούτου Θαλάσσιας Βιολογίας Κρήτης (ΙΘΑΒΙΚ) για την βοήθεια του.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Αθανασούλη Γ.Α. και Σκαρσουλή Ε.Κ., 1992. Άτλας Ανέμου και Κύματος, βορειοανατολικής Μεσογείου θαλάσσης. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών.
- [2] Carter R.W.G., 1988. *Coastal Environments*, London: Academic Press, 617p.
- [3] CERC (Coastal Engineering Research Centre), 1984. *Shore Protection Manual*, US Army Corps of Engineers, Washington DC 21314.
- [4] Flemming N.C., 1978. Holocene eustatic changes and coastal tectonics in the northeast Mediterranean: implications for models of crustal consumption, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* A289, 405-458.
- [5] Folk P.L., 1980. *Petrology of Sedimentary Rocks*. 183 pp. (Hemphill Publishing Company, Austin, Texas).
- [6] Komar P.D., 1998. *Beach processes and Sedimentation* (second edition), Prentice Hall, New Jersey 07458, 544 p.
- [7] Κουτσογιάννης Δ. & Τάρλα Κ., 1986. Εκτιμήσεις στερεοπαροχής στην Ελλάδα. *Τεχνικά Χρονικά*, 7(3), 128-154.
- [8] Lambeck K., 1996. Sea-level change and shore-line evolution in Aegean Greece since Upper Palaeolithic time, *Antiquity*, 70, 588-611.
- [9] Poulos S. and Chronis G., 1997. The Importance of the Greek River Systems in the Evolution of the Greek Coastline'' . In: Briand, F. and Maldolado A. (eds), *Transformations and Evolution of the Mediterranean coastline*. Bulletin de l'Institut oceanographique, no special 18, CIESM Science Series no 3, pp. 75-96.
- [10] Poulos S.E. and Collins M.B., 2002. A quantitative evaluation of riverine water/sediment fluxes to the Mediterranean basin: natural flows, coastal zone evolution and the role the dam construction. (In:) Jones S.J. & Frostick L.E. (Eds) *Sediment Flux to Basins: Causes, Controls and Consequences*. *Geological Society, London, Special Publications*, 191, 227-245.