

## Εκτίμηση της απώλειας παράκτιας γης λόγω της αναμενόμενης ανόδου της θαλάσσιας στάθμης στην παράκτια ζώνη Χαλκούτσι - Νέα Παλάτια (Νότιος Ευβοϊκός Κόλπος)

ΠΟΥΛΟΣ<sup>(1)</sup>, Σ., ΠΕΤΡΑΚΗΣ<sup>(1)</sup>, Σ., ΚΑΛΥΒΑ<sup>(1)</sup>, Δ., ΠΟΥΧΑΡΙΔΟΥ<sup>(1)</sup>, Μ.

### ABSTRACT

In the present study, the effect of the anticipated sea-level rise is investigated along the coastal zone extending in between Chalkoutsi and Nea Palatia that is located in southern coast of the semi-enclosed Southern Evoikos Gulf. The terrestrial part of the coastal zone consists of low-lying alluvial deposits, including the sensitive coastal environments of the delta of Asopos river and the Oropos lagoon located ~3 km to the east of the R. Asopos mouth. The area under investigation is already under erosion (locally, coastline retreat accounts for several metres) despite the fact that it is exposed to moderate wave conditions (average wave heights <1 m, with maximum values <2.7 m). The calculated loss of coastal land, due to the anticipated sea-level rise of 0.38 m and 1 m, accounts 4-4.5 km<sup>2</sup> and 21-23.5 km<sup>2</sup>, respectively.

**Keywords:** Coastal zone, climate change, coastline retreat.

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο σκοπός της εργασίας αυτής είναι η διερεύνηση των επιπτώσεων της ανόδου της θαλάσσιας στάθμης στη παράκτια περιοχή Χαλκούτσι - Νέα Παλάτια, η οποία βρίσκεται στη νότιες (Απικο-Βοιωτικές) ακτές του Νότιου Ευβοϊκού Κόλπου. Η περιοχή γενικά μπορεί να χαρακτηριστεί ως προσχωσιγενής χαμηλού ανάγλυφου, ενώ ιδιαίτερης περιβαλλοντικής και γεωμορφολογικής σημασίας είναι η παρουσία του δέλτα του ποταμού Ασωπού (ανενεργό και ενεργό) και της παρακειμένης ανατολικά αυτού λιμνοθάλασσας. Η περιοχή ευρίσκεται ήδη σε καθεστώς διάβρωσης (ενδείξεις πρόσφατης οπισθοχώρησης αρκετών μέτρων) παρά το γεγονός ότι είναι εκτεθειμένη σε ήπιο κυματικό καθεστώς (μέσο ύψος κυμάτων <1 m και μέγιστα κύματα <2,7 m). Η εκτίμηση οπισθοχώρησης της ακτογραμμής για την περίπτωση του συντηρητικού σεναρίου ανύψωσης της θαλάσσιας στάθμης κατά 0,38 m αλλά και για 1 m, ανέρχεται σε 4-4,5 km<sup>2</sup> και 21-23,5 km<sup>2</sup>, αντίστοιχα.

**Λέξεις κλειδιά:** Παράκτια ζώνη, κλιματική αλλαγή, οπισθοχώρηση ακτογραμμής.

### 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι παραλιακές ζώνες είναι από τα πιο ευαίσθητα παράκτια οικοσυστήματα, ιδιαίτερα τρωτά είτε σε αλλαγές των φυσικών συνθηκών είτε στην ανθρώπινη παρέμβαση. Τις τελευταίες δεκαετίες διερευνώνται παγκόσμια οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και ιδιαίτερα της σχετιζόμενης με αυτήν ανόδου της θαλάσσιας στάθμης. Σύμφωνα με την τελευταία αναφορά της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (Intergovernmental Panel on Cli-

mate Change-IPCC, 2007) η εκτιμώμενη άνοδος της θαλάσσιας στάθμης για το 2100 ανέρχεται σε 0,38 m (συντηρητικό σενάριο), ενώ άλλοι ερευνητές την υπολογίζουν στο 1 m ή και ακόμη μεγαλύτερη (Pfeffer et al., 2008; Rahmstorf, 2007). Χαρακτηριστικά παραδείγματα υπολογισμού απώλειας παράκτιας γης που οφείλονται στην άνοδο της θαλάσσιας στάθμης αφορούν περιοχές της Αμερικής (Zhang et al., 2004), του Καναδά (Davidson-Arnott et al., 2005) της Ισπανίας (Sánchez-Arcilla et al., 2000) αλλά και της

*ESTIMATION OF THE LOSS OF COASTAL LAND, DUE TO THE ANTICIPATED SEA-LEVEL RISE, IN THE CASE OF THE COASTAL ZONE FROM CHALKOUTSI TO NEA PALATIA (S. EVOIKOS GULF).*

<sup>(1)</sup> Τομέας Γεωγραφίας & Κλιματολογίας, Τμήμα Γεωλογίας & Γεωπεριβάλλοντος, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Πανεπιστημιούπολη, Ζωγράφου, Αθήνα 15784. [poulos@geol.uoa.gr](mailto:poulos@geol.uoa.gr); [spetrakis@geol.uoa.gr](mailto:spetrakis@geol.uoa.gr); [dafnikal@hotmail.com](mailto:dafnikal@hotmail.com); [melinapouc@hotmail.com](mailto:melinapouc@hotmail.com)

Ελλάδας (Poulos et al., 2008; Gaki-Papanastasiou et al., 1997).

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ποσοτική εκτίμηση της απώλειας παράκτιας γης στην παράκτια ζώνη μεταξύ Χαλκούτσιου και Νέων Παλατιών (νότιος Ευβοϊκός κόλπος), λόγω της αναμενόμενης ανόδου της στάθμης της θάλασσας.

## 2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η παραλιακή ζώνη της περιοχής μελέτης (Σχήμα 1), ανήκει γεωγραφικά στη ΒΔ Αττική και την Α Βοιωτία και ειδικότερα την παράκτια ζώνη από Χαλκούτσι μέχρι τα Νέα Παλάτια. Στην περιοχή περιλαμβάνονται και οι ιδιαίτερα ευπαθείς ζώνες του δελταϊκού ριπιδίου του Βοιωτικού Ασωπού (έκταση λεκάνης απορροής 750 km<sup>2</sup>) και η λιμνοθάλασσα του Ωρωπού. Γεωλογικά, η ευρύτερη παράκτια ζώνη αποτελείται από λιμναία, λιμνοθαλάσσια και θαλάσσια ιζημάτα Πλειστοκαινικής ηλικίας και Ολοκαινικούς σχηματισμούς (Παπανικολάου κ.α., 1988). Το μήκος της ακτογραμμής είναι περίπου 8,5 km και οι κλίσεις σε όλη σχεδόν την επιφάνεια του παραλιακού μετώπου είναι ομαλές (<1%) (Σχήμα 2).

Η περιοχή ανατολικά των εκβολών του Ασωπού είναι ενταγμένη στις προστατευμένες

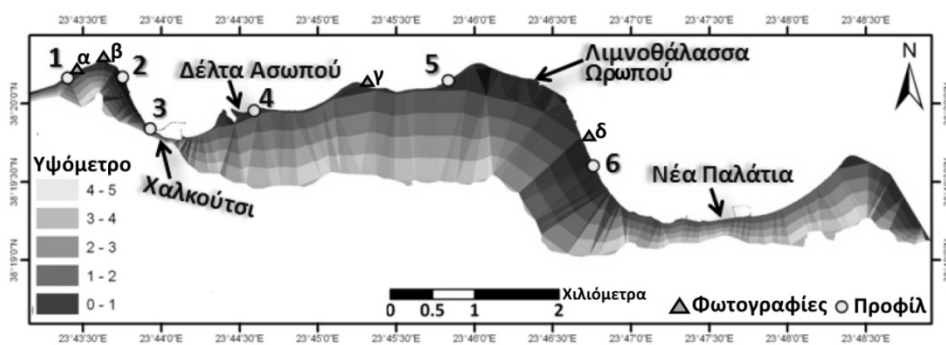


Σχήμα 1. Περιοχή μελέτης

περιοχές NATURA. Η παραλιακή ζώνη συνίσταται από μεικτό υλικό (άμμος & κροκάλες) και είναι εκτεθειμένη σε κυματισμό που προέρχεται από ανέμους Α, ΒΑ, Β και ΒΔ διευθύνσεων.

## 3. ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ – ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η συλλογή των δεδομένων πραγματοποιήθηκε το Σεπτέμβριο του 2008 και περιελάμβανε έξι τοπογραφικές τομές κάθετες στην ακτογραμμή, δειγματοληψία επιφανειακών χερσαίων και υποθαλάσσιων ιζημάτων και καταγραφή των ανθρώπινων παρεμβάσεων κατά μήκος της ακτογραμμής με λήψη φωτογραφικού υλικού.



Σχήμα 2. Μορφολογία περιοχής και θέσεις τοπογραφικών τομών (1-6) & φωτογραφιών (α-β).

Οι τοπογραφικές τομές έγιναν με τη χρήση αποστασιόμετρου laser για τη χερσαία μορφολογία και με βυθόμετρο χειρός για την υποθαλάσσια (μέχρι βάθους 5 m). Η κοκκομετρική ανάλυση των επιφανειακών δειγμάτων ιζηματος έγινε με ξηρό κοσκίνισμα χρησιμοποιώντας τη σειρά κοσκίνων (CISA) ανά 0,5φ από -8φ έως 4,5φ, ενώ η κοκκομετρική τους ταξινόμηση έγινε σύμφωνα με τον Folk (1980).

Το κυματικό καθεστώς (ύψος και περίοδος κυμάτων) προσδιορίστηκε με βάση τα ανεμολογικά δεδομένα από τον πλησιέστερο σταθμό της ΕΜΥ στην Χαλκίδα, τα αντίστοιχα μήκη ανάπτυξης του κυματισμού και με χρήση των προγνωστικών εξισώσεων του CERC (1984). Ακολουθώς, υπολογίστηκαν το ύψος θραύσης ( $H_b$ ), το μέγιστο βάθος κινητοποίησης των ιζημάτων του πυθμένα ( $h_c$ ), καθώς και η εκτιμώμενη οπισθοχώρηση της ακτογραμμής ( $R_c$ ), λόγω της επικείμενης άνοδου της στάθμης της θάλασσας (Σχήμα 3), βάσει του κανόνα του Bruun (1962) και της ημι-εμπειρικής σχέσης του Dean (1991), σύμφωνα με τις παρακάτω εξισώσεις:

$$H_b = 0.563 \frac{H_0}{(H_0/L_0)^{0.2}} \quad (1)$$

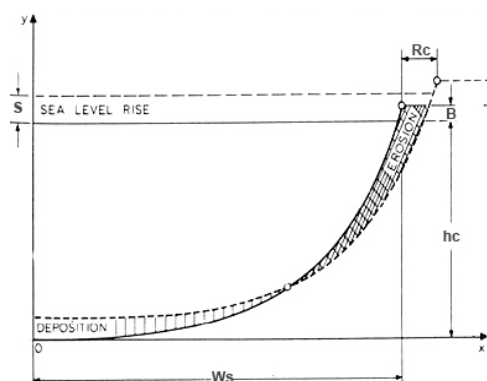
$$H_c = 2.28H_e - 68.5 \left( \frac{H_e^2}{gT_e^2} \right) \quad (2)$$

$$R_c = \frac{W_s}{B+h_c} S \quad (\text{Bruun, 1962}) \quad (3)$$

$$R_c = (S + 0.0068H_b) \frac{W_s}{B+h_c} \quad (\text{Dean, 1991}) \quad (4)$$

όπου:  $H_0$  και  $L_0$  είναι το σημαντικό ύψος και μήκος κύματος,  $H_e$  και  $T_e$  είναι το ύψος και η περίοδος του κύματος που αντιστοιχεί στην μεγαλύτερη ένταση ανέμου για κάθε μία από τις κύριες διευθύνσεις,  $S$  η αναμενόμενη άνοδος της θαλάσσιας στάθμης,  $H_b$  το ύψος θραύσης του κύματος,  $W_s$  το υποθαλάσσιο πλάτος της παραλίας και  $B$  το ύψος του 1<sup>ης</sup> αναβαθμού (berm) (Σχήμα 3).

Τέλος, για τον υπολογισμό του εμβαδού της παρακτίας γης που αναμένεται να απολεστεί χρησιμοποιήθηκε μια εικόνα από το Google Earth (2003) και τοπογραφικά διαγράμματα 1:5.000 (έκδοσης 1986). Τα δεδομένα ψηφιοποιήθηκαν στο πρόγραμμα ArcMAP και έγινε σύγκριση και ανάλυση των μεταβολών που προέκυψαν.



**Σχήμα 3.** Σχηματική αναπαράσταση των χαρακτηριστικών που συμμετέχουν για τον προσδιορισμό της οπισθοχώρησης της ακτογραμμής.  $R_c$ : αναμενόμενη οπισθοχώρηση της ακτογραμμής (m),  $S$ : αναμενόμενη άνοδος της θαλάσσιας στάθμης (m),  $H_b$  ύψος θραύσης του κύματος (m),  $W_s$ : υποθαλάσσιο πλάτος της παραλίας και  $B$  το ύψος του παράκτιου αναβαθμού (berm).

#### 4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

##### 4.1. Μορφολογικά χαρακτηριστικά.

Το χερσαίο τμήμα ολόκληρης της παραλιακής ζώνης από το Χαλκούτσι μέχρι τα Νέα Παλάτια είναι μικρού πλάτους (<10 m), ενώ κοκκομετρικά, συνίσταται κυρίως από άμμους και ψηφίδες, ενώ κατά θέσεις (κυρίως στο μέτωπο της παραλίας) είναι έντονη η παρουσία κροκάλων (Σχήμα 4). Ο παρακείμενος πυθμένας είναι γενικά ομαλός, με προοδευτική βάθυνση μέχρι τα 150 m, όπου το βάθος φτάνει τα 4-5 m. Χαρακτηριστική είναι η εμφάνιση μικρού πλάτους ενδοπαλιρροιακής ζώνης, κυρίως στην περιοχή του δέλτα του Ασωπού και της λιμνοθάλασσας του Ωρωπού, όπως και στην μεταξύ αυτών περιοχή. Γενικότερα, η περιοχή μελέτης παρουσιάζει σαφείς ενδείξεις διάβρωσης, οι οποίες είχαν παρατηρηθεί ήδη από τη δεκαετία του 1980 κατά μήκος της ακτογραμμής, βόρεια της Σκάλας Ωρωπού (Λεοντάρης και Μαρουκιάν, 1988). Σήμερα, η οπισθοχώρηση της ακτογραμμής είναι ιδιαίτερα έντονη στις περιοχές που επισημαίνονται στο χάρτη του σχήματος 2, όπου και οι φωτογραφίες του σχήματος 5. Το γεγονός αυτό αποδίδεται σε συνδυασμό παραμέτρων, όπως είναι η περιορισμένη προσφορά χερσογενούς υλικού, η έκθεση της προαναφερόμενης περιοχής σε ένα συγκριτικά ισχυρότε-

ρο κυματικό καθεστώς, καθώς είναι εκτεθειμένη στα κύματα που προσέρχονται από τα ΝΑ, όπου και τα μεγαλύτερα αναπτύγματα κυματισμού, αλλά και η γενικότερη σχετική μεταβολή της θαλάσσιας στάθμης (Kambouroglou et al., 1988).

#### 4.2. Υδροδυναμικά χαρακτηριστικά

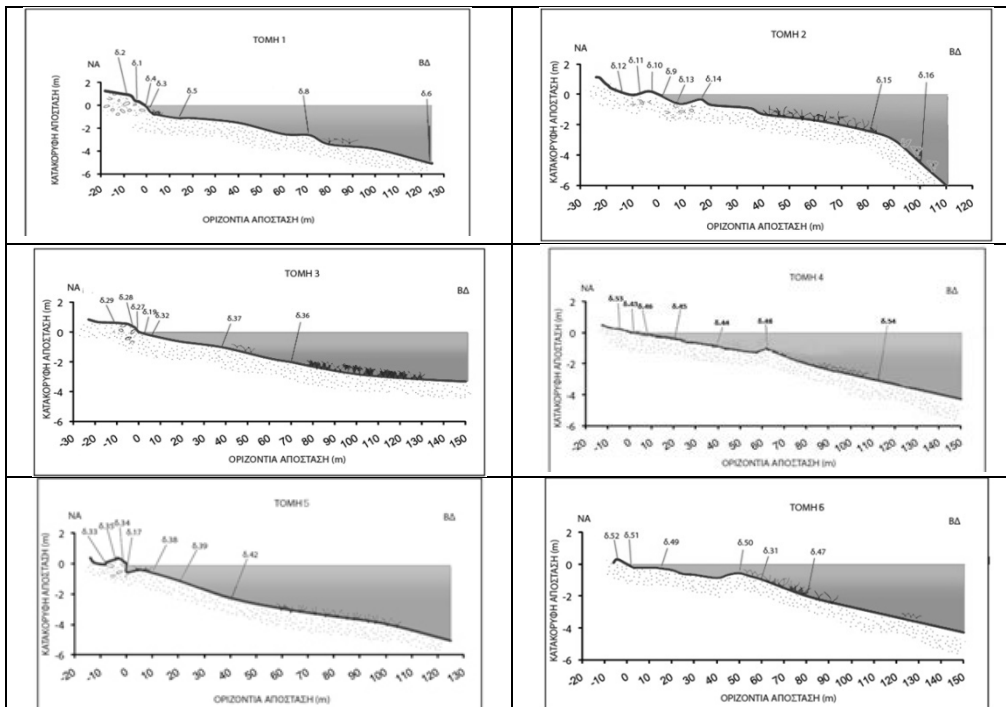
Το παράκτιο υδροδυναμικό καθεστώς καθορίζεται κυρίως από τα προσερχόμενα κύματα ανεμογενούς προέλευσης, των οποίων τα βασικά χαρακτηριστικά δίνονται στον Πίνακα 1. Το κυματικό καθεστώς χαρακτηρίζεται ως μέτριας έντασης με μέσο σημαντικό ύψος κυμάτων  $<0,5$  m ( $T_p < 2,5$  sec) και μέγιστα  $< 2,2$  m ( $T_p = 4,5$ ).

#### 4.3. Υπολογισμός οπισθοχώρησης ακτογραμμής.

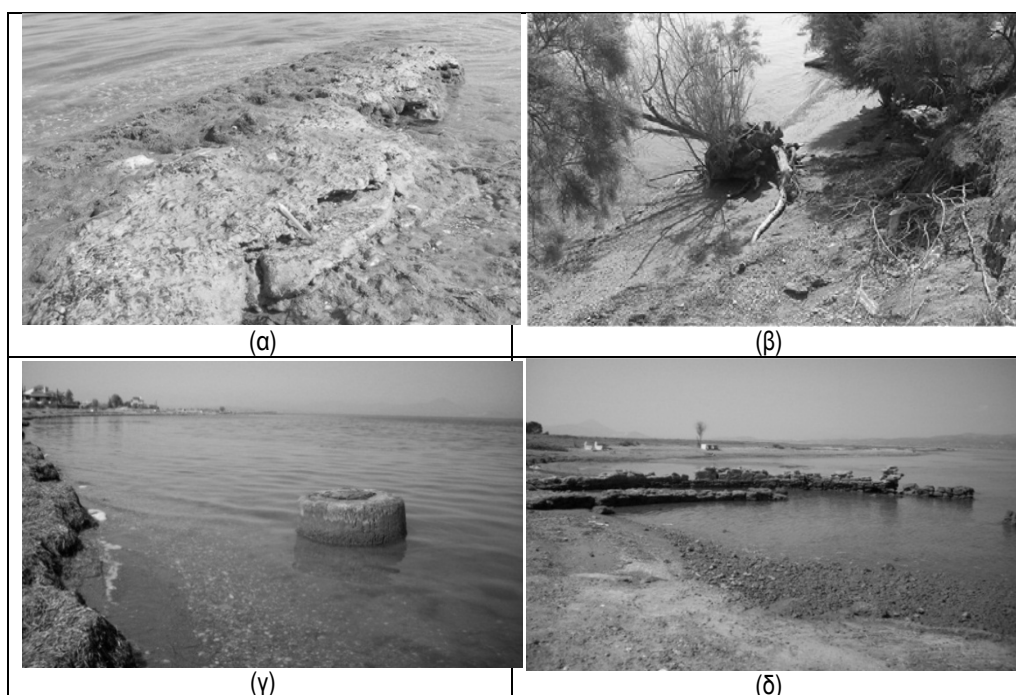
Ο υπολογισμός της οπισθοχώρησης της ακτογραμμής για την επικείμενη άνοδο της θα-

λάσσιας στάθμης 0,38 m και 1 m έγινε με εφαρμογή των του κανόνα του Bruun (3) και της ημι-εμπειρικής σχέσης του Dean (4) των οποίων οι επιμέρους υδροδυναμικοί παράμετροι ( $h_c$ : μέγιστο βάθος κινητοποίησης πυθμένα,  $H_b$ : ύψος κύματος κατά τη θραύση,  $d_b$ : βάθος θραύσης κυμάτων). Οι υπολογισμένες τιμές οπισθοχώρησης της ακτογραμμής στις θέσεις των έξι τομών δίνονται συγκεντρωτικά στον Πίνακα 2.

Η εκτιμώμενη οπισθοχώρηση με βάση τον κανόνα του Bruun, για άνοδο της στάθμης κατά 0,38 m κυμαίνεται από 6,6 m έως 19 m, ενώ για άνοδο 1 m, από 17,3 m έως και 50 m. Ανάλογες είναι και οι τιμές με βάση τη σχέση του Dean, όπου η οπισθοχώρηση είναι κυμαίνεται από 6,8 m έως 20 m για άνοδο της θαλάσσιας στάθμης κατά 0,38 m, ενώ για άνοδο ενός μέτρου είναι από 17,6 m έως 51 m. Σχηματικά, η υποχώρηση  $R_c$  φαίνεται στο Σχήμα 6.



Σχήμα 4. Τοπογραφικές τομές και κοκκομετρικός χαρακτηρισμός των επιφανειακών δειγμάτων ιζήματος (οι θέσεις των τομών φαίνονται στο σχήμα 2)



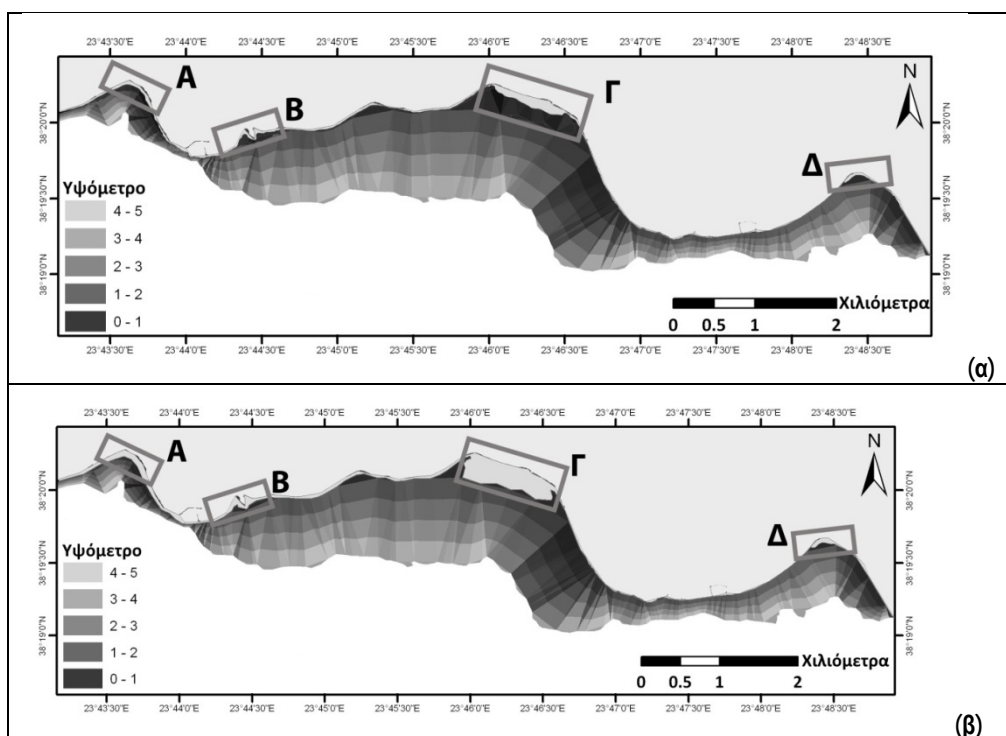
**Σχήμα 5.** Χαρακτηριστικά σημάδια διάβρωσης από την περιοχή μελέτη (οι θέσεις δίνονται στον χάρτη του σχήματος 2). (α): αποκαλυμμένος ακτόλιθος, (β) οπισθοχώρηση ακτογραμμής με ξεριζωμα αλμυρικού, (γ) παλαιό πηγάδι σε απόσταση 4 μέτρων από την ακτογραμμή και (δ) ημιβυθισμένη παράκτια κατασκευή.

**Πίνακας 1.** Κυματικά χαρακτηριστικά ( $T_p$ : περίοδος κύματος,  $H_s$ : σημαντικό ύψος κύματος,  $h_c$ : μέγιστο βάθος κινητοποίησης πυθμένα,  $H_b$ : ύψος κύματος κατά τη θραύση,  $d_b$ : βάθος θραύσης κυμάτων) για τους συνήθεις, μέγιστες και σταθμικές μέσες της διεύθυνσης και ετήσιας συχνότητας εμφάνισης των ανέμων.

ΑΝΕΜΟΣ	Ανάπτυγμα F (km)	Κύμα	$U_a$ (m/s)	$F_{eq}$ (%)	$T_p$ (sec)	$H_s$ (m)	$h_c$ (m)	$H_b$ (m)	$d_b$ (m)
B	6	Σύνηθες	1.00	18.86	0.59	0.01	0.03	0.02	0.02
		Μέγιστο	25.75	0.06	3.68	1.53	3.47	1.46	1.87
		Στ. Μέσος	2.47	38.52	2.33	0.40	0.92	0.42	0.54
BA	10	Σύνηθες	2.50	5.62	1.69	0.11	0.25	0.13	0.17
		Μέγιστο	25.75	0.04	4.35	1.97	4.47	1.91	2.45
		Στ. Μέσος	3.2	16.69	2.33	0.40	0.92	0.42	0.54
BΔ	11.4	Σύνηθες	2.50	5.38	1.76	0.12	0.27	1.67	2.15
		Μέγιστο	25.75	0.02	4.54	2.11	4.78	2.05	2.63
		Στ. Μέσος	3.22	16.19	2.33	0.40	0.92	0.42	0.54
A	25	Σύνηθες	1.00	1.95	0.59	0.01	0.03	0.02	0.02
		Μέγιστο	9.50	0.04	2.45	0.45	1.02	0.47	0.60
		Στ. Μέσος	2.34	3.99	2.33	0.40	0.92	0.42	0.54

Η συνολικά εκτιμώμενη απώλειες παράκτιας γης στη περίπτωση ανόδου της θαλάσσιας στάθμης κατά 0,38 m ανέρχεται στα 4-4,5 km<sup>2</sup>, ενώ εάν η άνοδος φθάσει το 1 m θα ξεπεράσει τα 21 km<sup>2</sup>. Στους χάρτες του Σχήματος 6, όπου σκιαγραφείται η ζώνη απώλειας παράκτιας γης

και στις δυο περιπτώσεις, φαίνεται σαφώς ότι το μεγαλύτερο ποσοστό απώλειας αφορά τη λιμνοθάλασσα του Ωρωπού (Γ) και ακολουθούν το δελταϊκό ριπίδιο του Ασωπού (B) αλλά και τα μικρά ακρωτήρια (θέσεις A και Δ).



**Σχήμα 6.** Σχηματική απεικόνιση της υποχώρησης της ακτογραμμής για άνοδο θαλάσσιας στάθμης κατά 0,38 m (α) και 1,0 m (β). Στα πλαίσια επισημαίνονται οι περιοχές (Α-Δ) που θα υποστούν τη μεγαλύτερη απώλεια γης.

**Πίνακας 2:** Εκτίμηση οπισθοχώρησης ακτογραμμής ( $R_c$ ) και του αντίστοιχου εμβαδού απώλειας παράκτιας γης ( $E_A$ ) για το έτος 2100 λόγω άνοδου της θαλάσσιας στάθμης ( $S$ ) με χρήση των εξισώσεων Bruun & Dean.

Τομή	S=0,38 m		S=1,0 m	
	Bruun	Dean	Bruun	Dean
1	8,3	8,6	21,9	22,2
2	6,6	6,8	17,3	17,6
3	18,9	19,6	49,9	50,6
4	15,8	16,4	41,6	42,2
5	8,1	8,4	21,3	21,6
6	15,7	16,2	41,2	41,8
$E_A$ (km <sup>2</sup> )	4,0	4,5	21,0	23,5

Είναι προφανές ότι η εκτιμώμενη απώλεια παράκτιας γης, μεγάλο τμήμα της οποίας ανήκει και στις προστατευόμενες ζώνες NATURA, θα έχει σημαντικότερες κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις στην ευρύτερη περιοχή είτε λόγω απώλειας των τουριστικών παραλιών αλλά και

παράκτιων υποδομών, ενώ θα απαιτηθούν και δαπάνες για την προσαρμογή της λειτουργίας του λιμένα της Σκάλας Ωρωπού στα νέα μορφολογικά και ωκεανογραφικά δεδομένα.

## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παράκτια ζώνη από Χαλκούτσι μέχρι Ωρωπό, έχοντας πολύ μικρή τοπογραφική κλίση και εμπεριέχοντας ευάλωτα τμήματα, όπως το δέλτα του Ασωπού και την λιμνοθάλασσα το Ωρωπού, ευρίσκεται σήμερα σε καθεστώς διάβρωσης, το οποίο τοπικά εξελίσσεται με ρυθμούς αρκετών μέτρων ανά δεκαετία, παρά τη σχετικά μέτρια ένταση επικρατούντος κυματικού καθεστώτος.

Σε ένα τέτοιο περιβάλλον η προβλεπόμενη άνοδος της θαλάσσιας στάθμης κατά 0,38 m, σύμφωνα με το συντηρητικό σενάριο του IPCC (2007) θα προκαλέσει σημαντική οπισθοχώρηση της ακτογραμμής, απειλώντας το σύνολο της λιμνοθάλασσας του Ωρωπού και αφαιρώντας συνολικά περί τα 4 km<sup>2</sup> παράκτιας γης. Στη

περίπτωση της δυσμενέστερης πρόβλεψης περί ανόδου 1 m, η απώλεια γης υπολογίζεται να είναι υπερπολλαπλάσια ξεπερνώντας τα 21 km<sup>2</sup>, αφαιρώντας σημαντικό τμήμα της δελταϊκής πεδιάδας και μετατοπίζοντας την ακτογραμμή αρκετές δεκάδες μέτρα πέραν της σημερινής εσωτερικής ακτογραμμής της λιμνοθάλασσας.

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αθανασούλη Γ. Α. και Σκαρσουλή Ε. Κ., (1992). Άτλας Ανέμου και Κύματος, βορειοανατολικής Μεσογείου θαλάσσης. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών.
- Λεοντάρης Σ. και Μαρουκίαν Χ., 1988. Προβληματικές για τον άνθρωπο ακτές Νοτίου Ευβοϊκού Κόλπου, περιοχή Φάρος Αυλίδας - Σκάλα Ωρωπού. Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας, XX, 383-393
- Παπανικολάου, Δ., Μαριολάκος, Η., Λέκκας, Ε., Λόζιος, Σ., (1988). Μορφοτεκτονικές παρατηρήσεις στη λεκάνη Ασωπού και την παραλιακή ζώνη Ωρωπού – Συμβολή στη νεοτεκτονική της βόρειας Αττικής. Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ. XX, σελ.251-267.
- Bruun, P. (1962), 'Sea-level rise as a cause of shore erosion', *Journal Waterways and Harbours Division*, vol. 88(1-3), pp. 117-130.
- CERC (1984) Shore protection Manual, U.S. Army Corps of Engineers Coastal Engineering Research Center, Washington D.C.
- Davidson-Arnott, R.G.D., 2005. Conceptual model of the effects of sea level rise on sandy coasts. *Journal of Coastal Research* 21, 1166–1172.
- Dean, R.G. (1991). Equilibrium Beach Profiles: Characteristics and Applications. *Journal of Coastal Research*, 7(1), 53-84. Folk P.L. (1980): *Petrology of Sedimentary Rocks*, Hemphill Publishing Company, Austin, Texas, 183 pp.
- Gaki-Papanastasiou K., Maroukian H., Pavlopoulos K. and Zamani A., 1997. The implications of the expected sea-level rise on the low lying areas of continental Greece in the next century. *Proceedings of the International Symposium of Engineering Geology and the Environment*, Athens, June 1997, 121-126.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2007). *Climate Change 2007: The physical science basis, Contribution of Working Group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, N.Y., USA
- Kambouroglou, E., Maroukian, H., Sampson, A., 1988. Coastal evolution and archaeology north and south of Khalkis (Euboea) in the last 5000 years. In: Raban, A. (ed.), *Archaeology of Coastal Changes*. BAR International Series, Oxford, 404, 71-79.
- Pfeffer W.Y., Harper J.T. and O'Neel S., (2008). Kinematic constrains on Glacier Contributions to 21<sup>st</sup> – Century Sea-Level Rise. *Science*, 321 (no 5894), pp. 1340-1343.
- Poulos, S.E., Ghionis G. & Maroukian H., 2008. Sea-level rise trends in the Attico-Cycladic region (Aegean Sea) during the last 5000 years. *Journal of Geomorphology*, 107(1-2), 10-17.
- Rahmstorf, S., (2007). Sea-Level Rise: A semi-Empirical Approach to Projecting Future. *Science*, 315, 368-370.
- Sánchez-Arcilla, A., Hoekstra, P., Jiménez, J.A., Kaas, E., Maldonado, A., 2000. Climatic change implications for coastal processes. In: Smith, D., Raper, S.B., Zerbini, S., Sánchez-Arcilla, A. (Eds.), *Sea Level Change and Coastal processes, Implications for Europe*. European Commission, Brussels, pp. 173–213.
- Zhang, K., Douglas, B.C., Leatherman, S., 2004. Global warming and coastal erosion. *Climatic Change* 64, 41–58.