

Γεωμορφολογικές μεταβολές στην περιοχή του Θερμαϊκού Κόλπου σαν αποτέλεσμα της Ολοκαινικής ανόδου της στάθμης της θάλασσας

ΑΛΜΠΑΝΑΚΗΣ Κ.¹, ΣΤΥΛΛΑΣ Μ.¹, ΒΟΥΒΑΛΙΔΗΣ Κ.¹, ΣΥΡΙΔΗΣ Γ.²

ABSTRACT

Thermaikos Gulf receives sediment fluxes from major rivers at its western side, where a thick Holocene deltaic sequence has been developed. The eastern site of the gulf is characterized by alternating erosional and depositional coastlines with the formation of marine terraces and lagoons respectively. Application of the Bruun equilibrium profile model to eastern side of the gulf indicated that the terraces are retreating with high rates of erosion in response to Holocene sea level rise. The mean retreat rate is approximately 0.15 m/y for the last 10000 years, but the recent rate must be lower at about 0.10 m/y. Significant part of the ancient town Aineia, which was build on the eroding terrace, has already been disappeared. The recent low depositional coastlines with lagoons are found in the axis of old valleys, where depositional processes created low morphological profile, which is in equilibrium with the wave processes, according to Bruun model. The recent form of eastern Thermaikos coastline, where the low coastal areas form headlands is the result of faster re-treat of coastal terraces, leaving the depositional low coastal regions as promontories.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο Θερμαϊκός Κόλπος αποτελεί αποδέκτη μεγάλων ποσοτήτων ιζημάτων τα οποία μεταφέρονται από μεγάλα ποτάμια συστήματα που εκβάλλουν στην δυτική πλευρά του κόλπου όπου και έχει σχηματιστεί μια ταχέως προωθούμενη δελταϊκή πεδιάδα με αντίστοιχο μεγάλο πάχος ολοκαινικών προδελταϊκών αποθέσεων. Αντίθετα το ανατολικό τμήμα του κόλπου χαρακτηρίζεται από εναλλαγές διαβρωσιγενών και αποθετικών ακτών με σχηματισμό παράκτιων αναβαθμιδών και χαμηλών ακτών οι οποίες εγκλωβίζουν πίσω τους λιμνοθάλασσες και έλη. Μετά από την εφαρμογή του μοντέλου του Bruun για την ισοροπία του παράκτιου μορφολογικού προφίλ, στις ανατολικές ακτές του Θερμαϊκού φάνηκε ότι οι αναβαθμιδές υποχωρούν με ταχύτατο ρυθμό διάβρωσης ανταποκρινόμενες στην ολοκαινική συνεχή άνοδο της στάθμης της θάλασσας. Ο μέσος ρυθμός διάβρωσης τα τελευταία 10000 χρόνια είναι περίπου 0.15 m/y, αλλά ο πρόσφατος ρυθμός διάβρωσης πρέπει να μικρότερος, περίπου στο 0.10 m/y. Σημαντικό τμήμα της παράκτιας αρχαίας πόλης Αίνειας, η οποία βρισκόταν κτισμένη επάνω στην αναβαθμιδα, πρέπει να έχει ήδη εξαφανιστεί. Οι σύγχρονες αποθετικές ακτές με τις λιμνοθάλασσες και τα έλη βρίσκονται σε ισοροπία με το μορφολογικό προφίλ του μοντέλου του Bruun και δεν διαβρώνονται. Οι ακτές αυτές βρίσκονται στους άξονες κοιλάδων και σήμερα προεξέχουν σαν ακρωτήρια γιατί δεν διαβρώνονται αλλά υποχωρούν με πολύ μικρότερο ρυθμό ανταποκρινόμενες στην εκάστοτε άνοδο της μέσης στάθμης της θάλασσας. Η σημερινή μορφή της ακτογραμμής των ανατολικών ακτών του Θερμαϊκού, όπου οι χαμηλές ακτές προεξέχουν σαν ακρωτήρια οφείλεται στην πολύ μεγαλύτερη υποχώρηση, λόγω διάβρωσης, των υψηλών ακτών σε σχέση με τις χαμηλές όπου υπάρχει ισοροπία.

GEOMORPHOLOGICAL CHANGES IN THERMAIKOS GULF REGION AS A RESULT OF THE HOLOCENE SEA LEVEL RISE

1 Department of Physical and Environmental Geography, Aristotle University of Thessaloniki, 54006, Thessaloniki, , albanaki@geo.auth.gr, vouval@geo.auth.gr

2 Department of Geology, School of Geology, Aristotle University of Thessaloniki, 54006 Thessaloniki, syndes@geo.auth.gr
Γεωλογική Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ανταπόκριση των ακτών στις διακυμάνσεις της στάθμης της θάλασσας εξαρτάται από τον τύπο της ακτής (ακτές απόθεσης ή ακτές διάβρωσης) καθώς και από ένα σύνολο άλλων παραγόντων. Οι παράγοντες αυτοί συμπεριλαμβάνουν την λιθολογική σύσταση και την κλίση των παράκτιων στρωμάτων, στην περίπτωση των ακτών διάβρωσης, την ποσότητα των μεταφερόμενων ιζημάτων, την ύπαρξη ή όχι βλάστησης, το κυματικό καθεστώς, την παράκτια μορφοδυναμική συμπεριφορά, καθώς και το τοπικό κλίμα και τις ευστατικές κινήσεις (Komar 1998). Το χρονικό εύρος μέσα στο οποίο οι γεωμορφολογικές μεταβολές έχουν ανταπόκριση στο παρακτίο περιβάλλον είναι πολύ μεγάλο και κυμαίνεται από μερικά δευτερόλεπτα ως χιλιάδες χρόνια. Οι μεταβολές παροδικού ή εφήμερου χαρακτήρα (μικρής περιόδου) οφείλονται στην δυναμική των κυμάτων, στην παράκτια κυκλοφορία και σε μεγάλα επεισόδια καταγίδων. Ενώ οι μεταβολές μεγάλης περιόδου οφείλονται στις μεγάλης κλίμακας κλιματικές μεταβολές και στις ευστατικές κινήσεις του επιπέδου της θάλασσας. Οι μεταβολές αυτές στην διάρκεια της ζωής του ανθρώπου εμφανίζονται σαν μια συνεχόμενη εξελικτική τάση της παράκτιας γεωμορφολογίας. Η παρούσα εργασία εξετάζει την συμπεριφορά τόσο ακτών διάβρωσης όσο και ακτών απόθεσης στις ανατολικές ακτές του Θερμαϊκού Κόλπου κατά την ολοκαινική άνοδο της στάθμης της θάλασσας και έχει σαν αποτέλεσμα την σημεινή μορφολογία του κόλπου.

2. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ – ΓΕΩΛΟΓΙΑ

Ο Θερμαϊκός αποτελεί έναν από του σημαντικότερους κόλπους της Ελλάδας τόσο από γεωγραφική, ιστορική όσο και από περιβαλλοντική άποψη. Η σημερινή του μορφολογία είναι αποτέλεσμα φυσικών αλλά και ανθρωπογενών διεργασιών. Οι φυσικές διεργασίες διαμορφώνουν την εξέλιξη του μετά την ολοκαινική άνοδο της στάθμης της θάλασσας και οι ανθρωπογενείς τα τελευταία 75 χρόνια (Astaras and Sotiřiadis, 1988, Αλμπανάκης et al., 1999, Psilovϊκος, et al., 1997, Poulos 1994). Οι ακτές γύρω από τον Θερμαϊκό Κόλπο χαρακτηρίζο-

νται με εναλλαγές μεταξύ ακτών απόθεσης και ακτών διάβρωσης.

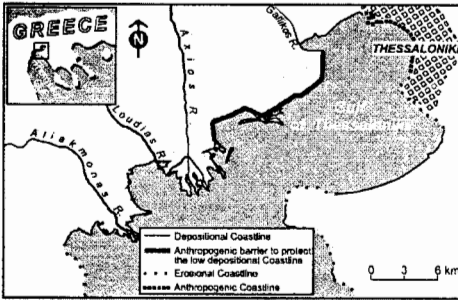
Το δυτικό περιθώριο του κόλπου χαρακτηρίζεται από τα επεκτεινόμενα δελταϊκά πεδία των ποταμών του Αξιού, Γαλλικού και Αλιάκμονα, τα οποία μεταφέρουν πολύ σημαντικές ποσότητες ιζημάτων, με έντονο εποχιακό χαρακτήρα (Poulos et al., 1994, 1992).

Σε αντίθεση με το τμήμα του κόλπου το οποίο καταλαμβάνεται από τα δελταϊκά συστήματα, το ανατολικό περιθώριο του Θερμαϊκού κόλπου χαρακτηρίζεται από παράκτιες αναβαθμίδες με στενή παραλιακή ζώνη στην βάση τους και κατά θέσεις χαμηλές ακτές απόθεσης, οι οποίες προβάλλουν προς την θάλασσα επεκτεινόμενες σαν ακρωτήρια με πολύ χαμηλό ανάγλυφο και συνήθως στο εσωτερικό τους εγκλωβίζουν λαγκούνες. Οι ακτές αυτές διατηρούν την μορφή τους εξαιτίας αντίθετων μεταφορικών τάσεων στα δύο του άκρα, με αποτέλεσμα την συσώρευση υλικού (Χρόνης 1986)

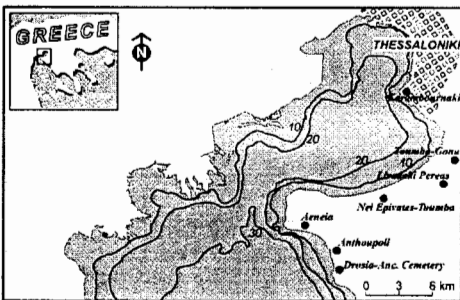
Τα υλικά από τα οποία αποτελείται ολόκληρη η ανατολική περιοχή είναι σχεδόν οριζόντια στρώματα Νεογενών ιζημάτων αποτελούμενα από εναλλαγές αργίλων – ιλύων, αργιλούχων - ιλυούχων άμμων, αμμωδών μαργών, άμμων και λεπτών στρωμάτων – φακών ψαμμιτών. Τα ιζήματα αυτά έχουν πάχος ~200 m και έχουν αποθεθεί κατά τα Πλειόκαινο (Σχηματισμός Γωνιάς). Κατά θέσεις υπάρχουν ερυθροστρώματα Πλειστοκαινίου (Σχηματισμός Μουδαωνίων) τα ποία καλύπτουν ασύμφωνα τα Νεογενή (Συριδής, 1990).

Οι παράκτιες αναβαθμίδες αποτελούν το κυρίαρχο μορφολογικό στοιχείο της περιοχής και έχουν στην βάση τους αμμώδη παραλία, η οποία ανάλογα του πλάτους της προσφέρει προστασία στο κάθετο μέτωπο της αναβαθμίδας από την προσβολή των κυμάτων. Όπου το πλάτος είναι μικρό η υποσκαφή της βάσης της αναβαθμίδας επιταχύνει την διάβρωση και την υποχώρησή της. Κατά διαστήματα πολλές θέσεις του μετώπου της αναβαθμίδας περνούν από στάδια λιγότερης ή περισσότερης προστασίας τους από το μεταβαλλόμενο πλάτος της αμμώδους παραλίας στην βάση της. Τα υλικά της διάβρωσης της αναβαθμίδας είναι κυρίως άμμοι οι οποίες με την παράκτια στερεομεταφορά μετακινούνται και αποθέτονται στις χαμη-

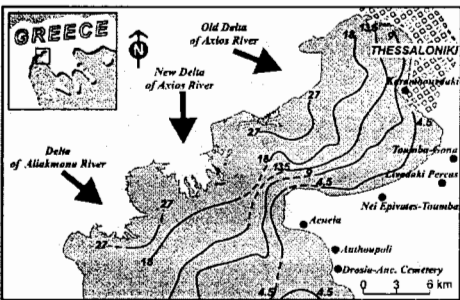
λές αποθετικές ακτές. (Χρόνης 1986, Αλμπανάκης et al., 1999).



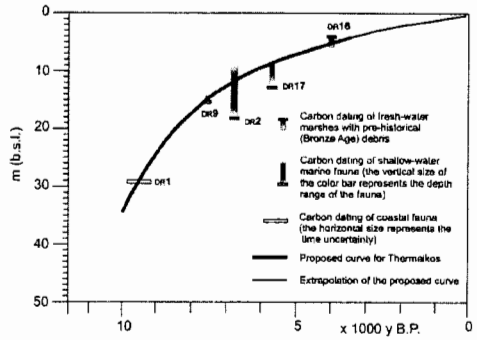
Σχήμα 1. Η περιοχή μελέτης με όπου φαίνονται οι αποθετικές, διαβρωσιγενείς και ανθρωπογενείς ακτές.



Σχήμα 2. Η Βαθυμετρία της περιοχής.



Σχήμα 3 Το πάχος των ολοκαινικών αποθέσεων από Χρόνης et al. 2005.



Σχήμα 4. Η καμπύλη απόδοσης της στάθμης της θάλασσας από Voulalidis et al 2005.

Οι παράκτιες αναβαθμίδες υποχωρούν με ταχύτατους ρυθμούς που ενδεχόμενα έχουν επιταχυνθεί λόγω ανθρωπογενών επεμβάσεων. Οι επεμβάσεις, στο εσωτερικό των λεκανών απορροής έχουν αποτέλεσμα την μικρότερη στερεοπαροχή των χειμάρρων, αλλά και η προστασία σημαντικών τμήματα που μετώπου της αναβαθμίδας από την διάβρωση λόγω λιμενικών έργων κ.λ.π., οδηγεί επίσης σε μικρότερες ποσότητες διαθέσιμων παράκτιων υλικών. Ο σημερινός μετρημένος ρυθμός διάβρωσης στην περιοχή των αναβαθμιδών της Μηχανιώνας είναι της τάξεως των 10 cm/y (Αλμπανάκης et al., 1999).

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

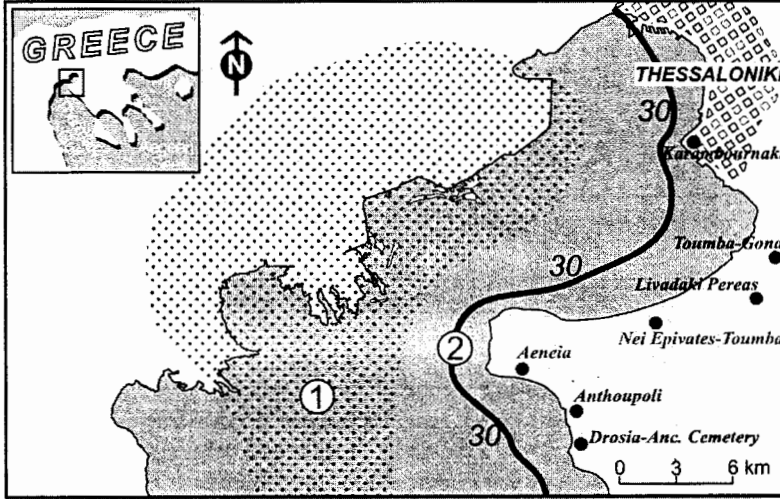
Η εξέλιξη μιας σημερινής ακτογραμμής ακολουθεί διαδικασίες σειρών Markonich (Inman, et al., 2003, Komar, 1998), έτσι λοιπόν η μελλοντική της διαμόρφωση εξαρτάται από την σημερινή κατάσταση και η σημερινή από την προγενέστερη. Είναι λοιπόν σημαντικό για να ερμηνεύσουμε την σημερινή μορφολογία, να διερευνήσουμε το παλαιοαναγλυφο και τις διεργασίες που ξεκίνησαν με την άνοδο της στάθμης της θάλασσας και την είσοδο του νερού στο βύθισμα του Θερμαϊκού.

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε η βαθυμετρία του Θερμαϊκού Κόλπου (Σχ. 2), ο οποίος είναι μια παλιά κοιλάδα η οποία προσχώθηκε από τις Ολοκαινικές αποθέσεις των ποταμών (Αξιός, Αλιάκμονας, Γαλλικός), δημιουργώντας μια ομαλή μορφολογία (Ρουίος et

al., 1994, Lycousis et al., 2005). Το πάχος των Ολοκαινικών αποθέσεων προσδιορίστηκε με την χρήση ακουστικών τομογραφιών και απεικονίζεται στο Σχ. 3 (Χρόνης 1986, και Lycousis et al., 2005). Τέλος χρησιμοποιήθηκε η καμπύλη ανόδου της στάθμης της θάλασσας (Σχ. 4) για την περιοχή (Vouvalidis et al. 2005).

Από την αφαίρεση του πάχους των Ολοκαινικών αποθέσεων από την σημερινή βαθυ-

μετρία προέκυψε το προ-ολοκαινικό ανάγλυφο. Επάνω στο ανάγλυφο αυτό συνδυάζοντας τα στοιχεία από την καμπύλη ανόδου της στάθμης της θάλασσας στην περιοχή προέκυψε ένα σκαρίφημα της παλαιογεωγραφίας του Θερμαϊκού.



Σχήμα 5. Η παλαιογεωγραφική κατάσταση της περιοχής 9500 y/ B.P., με την είσοδο της θάλασσας, σε μια εκτεταμένη επίπεδη περιοχή στο κέντρο (1) η οποία βρισκόταν 40m κάτω από το σημερινό θαλάσσιο επίπεδο. Η θάλασσα τότε βρισκόταν περίπου στα -30 m δημιουργώντας ένα αβαθή κόλπο με βάθος περίπου 10m στο κέντρο. Η γραμμή (2) αναπαριστά την ανατολική ακτογραμμή. (Η είσοδος προς τα ΒΔ δεν προσδιορίζεται).

3.1 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ ΤΗΣ ΑΚΤΗΣ ΣΤΗΝ ΑΝΟΔΟ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ – Ο ΚΑΝΟΝΑΣ ΤΟΥ BRUUN

Ο κύριος μηχανισμός που έχει σαν αποτέλεσμα τον σχηματισμό παράκτιων αναβαθμίδων από κυματική δράση, σχετίζεται με την απ' ευθείας δράση της διαβρωτικής ενέργειας των κυμάτων στην βάση της αναβαθμίδας. Κατά την διάρκεια της ευστατικής ανόδου της στάθμης της θάλασσας διαρκώς μεταβάλλεται η ισορροπία, υποθέτοντας ελάχιστες ως μηδενικές νεοτεκτονικές κινήσεις.

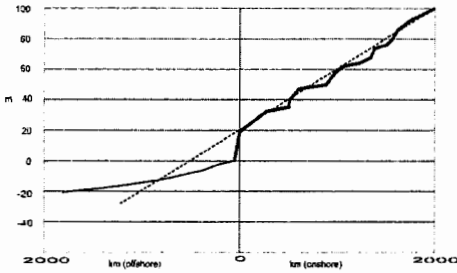
Το καλύτερο γνωστό μοντέλο για την πρόβλεψη της υποχώρησης παράκτιων αναβαθμίδων από κυματική δράση είναι το μοντέλο του Bruun (1962). Η ανάλυση που προτάθηκε από τον Bruun είναι ένα δισδιάστατο μοντέλο (κάθε-

τη μορφολογική τομή της ακτής). Προτείνει ότι η άνοδος της μέσης στάθμης της θάλασσας ωθεί το προφίλ ισορροπίας της ακτής και της αβαθούς υποθαλάσσιας ζώνης προς την ξηρά και προς υψηλότερες θέσεις. Μέσα από μια σειρά από υποθέσεις οι οποίες έχουν εξεταστεί διεξοδικά στην βιβλιογραφία και αναφέρονται συγκεντρωτικά από τον Komar (1988), ο Bruun προτείνει την εμπειρική σχέση που περιγράφει την υποχώρηση της ακτής R, ως αποτέλεσμα της ανόδου της μέσης στάθμης S της θάλασσας:

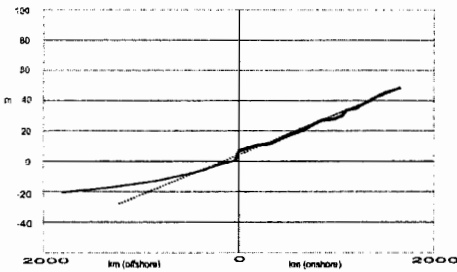
$$R = \frac{L}{P(B+h)} S \quad (1)$$

Όπου L είναι η οριζόντια, κάθετα προς την ακτή απόσταση βάθους h, από το βάθος μέχρι το οποίο τα κύματα μπορούν να μετακινήσουν

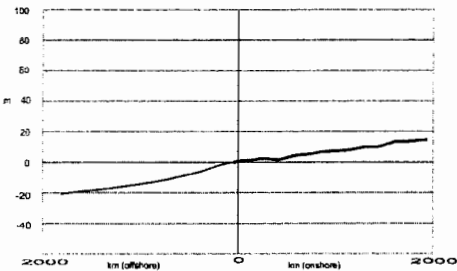
τα υλικά του πυθμένα. Το Β είναι το ύψος της αναβαθμίδας και τέλος το Ρ είναι μια παράμετρος που σχετίζεται με την πλήρωση από τα υλικά που διαβρώνονται και είναι ανάλογο των υλικών που παρήχθησαν από την διάβρωση και παραμένουν μέσα στην ζώνη του προφίλ ισορροπίας.



Α



Β



Γ

Σχήμα 6Α,Β,Γ. Μορφολογικά προφίλ σε θέσεις παράκτιων αναβαθμιδών (Α, Β) και σε θέση που βρίσκεται στον άξονα κοιλάδας (Γ). Στο υποθαλάσσιο τμήμα βρίσκεται η καμπύλη ισορροπίας που υπολογίστηκε για την περιοχή από το μοντέλο του Bruun.

Για να εφαρμοστεί ο κανόνας του Bruun στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας, το

μορφολογικό προφίλ διαφόρων θέσεων της περιοχής μελέτης, επεκτάθηκε προς την θάλασσα για τουλάχιστον 2 km. Η προέκταση ακολούθησε την μέση κλίση του σημερινού ανάγλυφου. Ο ρυθμός ανόδου και οι απόλυτες θέσεις της στάθμης της θάλασσας για τα τελευταία 10000 χρόνια ελήφθησαν από την καμπύλη για τον Θερμαϊκό (Vouvalidis et al. 2005). Η παράμετρος πλήρωσης εκτιμήθηκε με ιζηματολογική ανάλυση των υλικών διάβρωσης (κοσκίσιμα) στην βάση της αναβαθμίδας.

Υπολογίστηκαν λύσεις της εξίσωσης 1 για τρία μορφολογικά προφίλ. Το πρώτο στην περιοχή της λαγκούνας του Πάλιουρα (εντός μιας παλαιοκοιλιάδας) και τα άλλα δύο σε παράκτιες αναβαθμιδές διαφορετικού ύψους στην περιοχή Μηχανιώνας.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΓΡΑΦΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ ΤΗΣ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑΣ ΤΗΣ ΑΚΤΗΣ ΣΤΗΝ ΑΝΟΔΟ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ

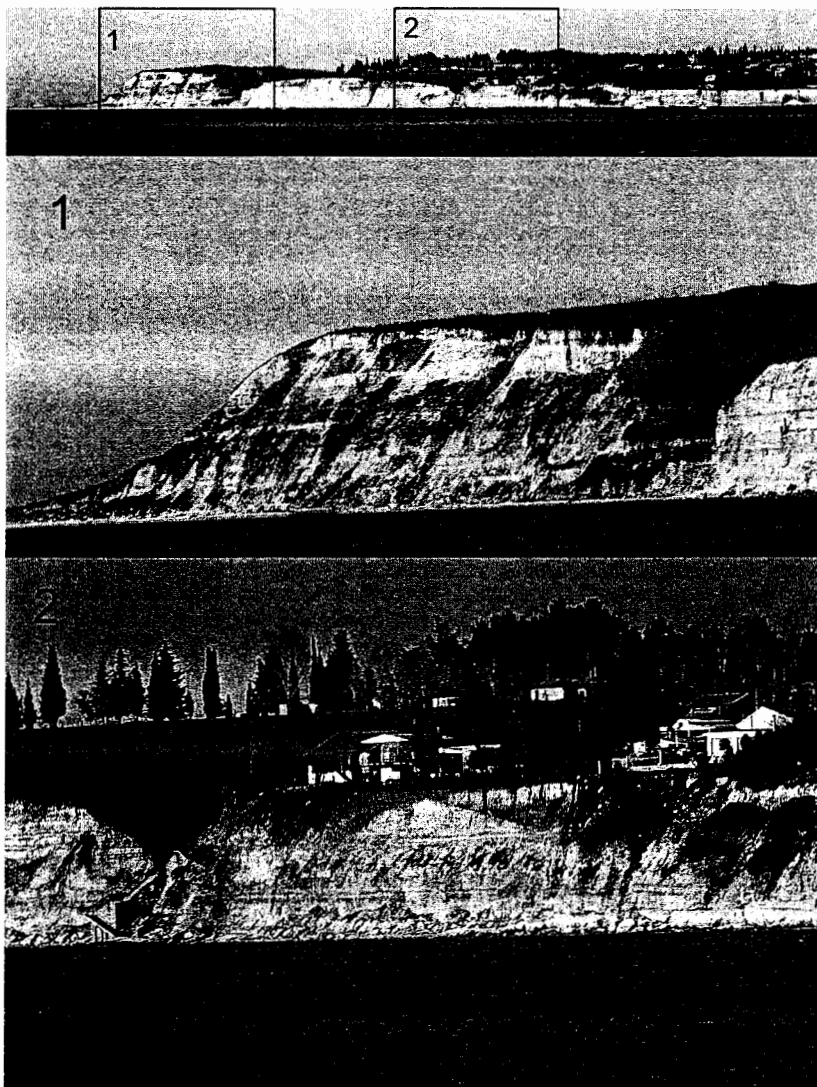
Από την εφαρμογή του προφίλ ισορροπίας του Bruun σε τρεις ενδεικτικές περιπτώσεις δημιουργήθηκαν τρία αντίστοιχα προφίλ ισορροπίας τα οποία συγκρίνονται με τα μορφολογικά προφίλ των αντίστοιχων περιοχών.

Τα αποτελέσματα απεικονίζονται γραφικά στα Σχ. 6Α,Β,Γ. Οι περιοχές αυτές έχουν μια ομαλή κλίση προς την θάλασσα. Εφόσον η αναβαθμίδα έχει προέλθει από την έντονη θαλάσσια διάβρωση για να υπολογιστεί το προ-ολοκαινικό ανάγλυφο έχει επεκταθεί το σημερινό ανάγλυφο, με την ίδια μέση κλίση προς την θάλασσα ως ένα σημερινό βάθος 20 – 25 m που ήταν η στάθμη της θάλασσας 10000 yBP. Στην υποθαλάσσια μορφολογία χρησιμοποιήθηκε το πρό-ολοκαινικό ανάγλυφο που υπολογίστηκε αφαιρώντας το πάχος των Ολοκαινικών αποθέσεων (Χρόνης 1986, Lycousis et al., 2005) από το σημερινό ανάγλυφο του πυθμένα.

Τα προφίλ ισορροπίας του Bruun τα οποία απεικονίζονται στα Σχ. 6Α και 6Β έχουν σαφώς μικρότερη κλίση από ότι η μορφολογία επάνω στην οποία άρχισε η επίκλιση. Αυτό δημιούργησε διαβρωτικές τάσεις, σκάβοντας και δημιουργώντας παράκτια αναβαθμίδα και αποθέτοντας τα υλικά της στον πυθμένα, σε μια προσπάθεια να δημιουργηθεί ισορροπία. Αντίθετα

οι περιοχές που βρίσκονταν στους άξονες κοιλάδων Σχ. 6Γ είχαν πολύ μικρότερη κλίση η οποία είτε πλησίαζε είτε ήταν μικρότερη από την κλίση ισορροπίας. Έτσι όχι μόνο δεν αναπτύχθηκαν διαβρωτικές τάσεις, αλλά έγινε και απόθεση ώστε να αποκατασταθεί το προφίλ ισορροπίας. Οι περιοχές αυτές, των χαμηλών

ακτών, ανταποκρίθηκαν στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας με μικρή υποχώρηση της ακτής ανάλογη της μέσης κλίσης της υποθαλάσσιας παραλιακής ζώνης, σύμφωνα με το μοντέλο για τις χαμηλές αμμώδεις ακτές που περιγράφεται από Komar, 1998.



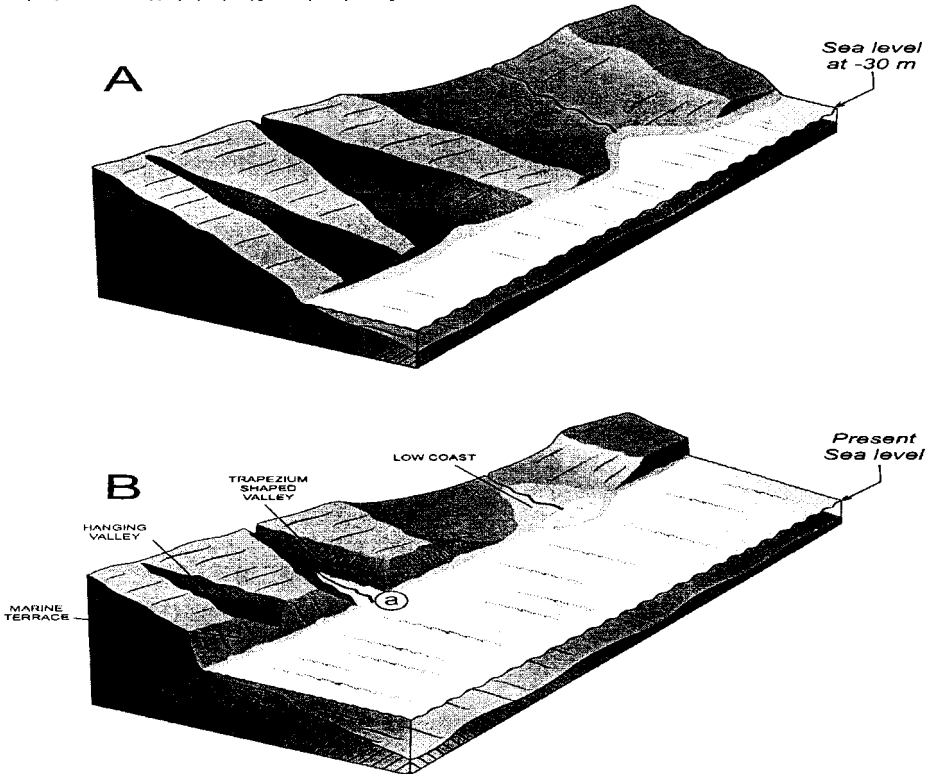
Φωτ. 1. Η παράκτια αναβαθμίδα με εμφανή τα ίχνη διάβρωσης η οποία απειλεί ακόμα και σπίτια που ανοικοδομήθηκαν πριν από 30 χρόνια (τμήμα φωτογραφίας 2).

Από τα σχήματα 6A και 6B φαίνεται ότι η υποχώρηση της ακτής είναι περίπου της τάξης των 1400 m για τα τελευταία 9500 χρόνια (για στάθμη της θάλασσας στα -30m), δίνοντας ένα ρυθμό περίπου 0.15 m/y. Ο ρυθμός αυτός πρέπει να ήταν πιο ταχύς στην αρχή και πιο ήπιος τα τελευταία 3-4 χιλιάδες χρόνια όπου υπάρχει επιβράδυνση στον ρυθμό ανέμου. Γενικά βρίσκεται σε συμφωνία με αυτόν που έχει μετρηθεί στην σημερινή αναβαθμίδα από Αλμπανάκη et al., (1999), 0.1 m/y.

Στην περιοχή υπήρχαν αρχαίοι οικισμοί και ειδικά η πόλη Αίνεια (Σχ. 5), (French, 1967). Η ραγδαία υποχώρηση της αναβαθμίδας, ενδε-

χόμενα επηρέασε την ανάπτυξη αρχαίων παρακτινών οικισμών, ενώ σήμερα παρατηρείται ότι τμήματα της Αίνειας έχουν καταστραφεί λόγω υποχώρησης της αναβαθμίδας επάνω στην οποία ήταν κτισμένη. Από προσωπικές παρατηρήσεις των συγγραφέων μέσα στα τελευταία 25 χρόνια, μικρός κιβωτιόσχημος τάφος που εξείχε στο κάθετο μέτωπο της αναβαθμίδας σήμερα έχει εξαφανιστεί (Φωτ. 1).

Με βάση τα παραπάνω προτείνεται ένα γραφικό μοντέλο εξέλιξης της ακτής στο ανατολικό περιθώριο του Θερμαϊκού Κόλπου.



Σχήμα 7A,B. Μοντέλο εξέλιξης των ανατολικών ακτών του Θερμαϊκού με την δημιουργία θαλάσσιας αναβαθμίδας η οποία διαβρώνεται συνεχώς και ένα σύστημα χαμηλών ακτών στους άξονες των κοιλάδων με πιο σταθερές παραλίες που εξέχουν ως ακρωτήρια. Μικροί χείμαρροι έχουν σχηματίσει κρεμασμένες κοιλάδες και χείμαρροι με μικρή στερεοπαροχή έχουν σχηματίσει 'πνιγμένες κοιλάδες' (a) με τραπεζοειδή διατομή.

Με βάση αυτό το μοντέλο, το σημερινό ομαλό ανάγλυφο με την ήπια κλίση επεκτεινόταν ομαλά προς το εσωτερικό βύθισμα του Θερμαϊκού, το οποίο πιθανόν να είναι προϊόν τεκτονι-

κής δράσης. Οι σημερινές κοιλάδες επεκτεινόταν επίσης προς το κέντρο του Θερμαϊκού. Η ολοκαινική άνοδος της στάθμης της θάλασσας έφτασε στην περιοχή 9000 με 10000 χρόνια

πριν και άρχισε να διαβρώνει σχηματίζοντας αναβαθμίδες Σχ. 7Α. Εισήλθε επίσης και μέσα στις παλαιοκοιλιάδες. Εκεί οι χείμαρροι με μεγάλη στερεοπαροχή δημιούργησαν αποθέσεις ελαπώνοντας την κλίση και δημιουργώντας προφίλ ισορροπίας.

Έτσι στις παράκτιες περιοχές οι οποίες βρισκόταν στους άξονες των μεγάλων ρεμάτων επήλθε ισορροπία. Ο ρυθμός υποχώρησής τους ήταν κατά πολύ μικρότερος από ότι στις περιοχές στις οποίες δημιουργήθηκε αναβαθμίδα. Με τον καιρό οι περιοχές στους άξονες των κοιλάδων ανέπτυξαν εκτεταμένες χαμηλές ζώνες ακτών με λαγούνες και έλη, συγκεντρώνοντας τα περισσότερα παρά-κτια ιζήματα, από την διάβρωση των αναβαθμιδών και από τους υπόλοιπους χείμαρρους Σχ. 7Β.

Με την διαδικασία αυτή, η οποία ήταν αρκετά γρήγορη, οι μικροί χείμαρροι δεν πρόλαβαν να ανταποκριθούν και σχημάτισαν 'κρεμασμένες κοιλάδες'. Όσοι χείμαρροι είχαν μεγαλύτερο βάθος αλλά όχι μεγάλη στερεοπαροχή, με την άνοδο της στάθμης της θάλασσας μετατράπηκαν σε 'πνιγμένες κοιλάδες', απέθεσαν υλικά μέσα στις κοίτες τους και απέκτησαν τραπεζοειδή διατομή.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η είσοδος του νερού στον Θερμαϊκό έγινε πριν 10000 χρόνια (για στάθμη στα -30m) καλύπτοντας μια εκτεταμένη επίπεδη περιοχή - 40m από την σημερινή στάθμη, δημιουργώντας έναν αβαθή κόλπο με βάθος ~10m, μια ήπια εγκόλπωση στην περιοχή του Ανθεμούντα και μια ευθύγραμμη περίπου παραλιακή ζώνη στην περιοχή Μηχανιώνας.

Η κλίση των κατακλυσμένων περιοχών ήταν μεγαλύτερη από αυτήν που προβλέπει το προφίλ ισορροπίας και έτσι άρχισε διάβρωση και σχηματισμός της θαλάσσιας αναβαθμίδας.

Στους άξονες των ρεμάτων με μεγάλη στερεοπαροχή η θάλασσα ενδεχόμενα διείσδυσε κατ' αρχήν περισσότερο, αλλά με την αποθετική δράση των χείμαρρων δημιουργήθηκε κλίση μικρότερη από αυτή που προβλέπει το προφίλ ισορροπίας και έτσι επήλθε ισορροπία.

Στην ουσία το μέτωπο των αναβαθμιδών υποχωρεί με μεγαλύτερο ρυθμό από ότι υποχωρούν οι χαμηλές ακτές ανταποκρινόμενα

κάθε φορά στην εκάστοτε στάθμη. Ο ρυθμός υποχώρησης είναι περίπου 1m την δεκαετία, αρκετός για να επηρεάσει και να καταστρέψει ακόμα και ιστορικούς παράκτιους οικισμούς που βρισκόταν επάνω στην αναβαθμίδα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Αλμπανάκης, Κ., Βαβλιάκης, Ε., Ψιλοβίκος, Α. & Σωτηριάδης, Λ., 1993. *Μηχανισμοί και εξέλιξη του δέλτα του Ποταμού Αξιού κατά τον 20^ο αιώνα*. Πρακτικά 3^{ου} Πανελληνίου Γεωγραφικού Συνεδρίου, Αθήνα 1-3-Απριλίου σελ. 311-325.

Αλμπανάκης Κ., Αβραμίδου Ν., Κόρου Θ., και Βουβαλιδής Κ., 1999. *Η παράκτια γεωμορφολογία των ανατολικών ακτών του Θερμαϊκού Κόλπου στο Νομό Θεσσαλονίκης και οι διαταραχές της ισορροπίας από ανθρωπογενείς παράγοντες*. Πρακτικά 5^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου της Ελληνικής Γεωγραφικής Εταιρείας. Αθήνα 11-13 Νοεμβρ. Σελ.190-200.

Astaras, T.A., Sotiriadis I., 1988. *The evolution of Thessaloniki - Giannitsa plain in Northern Greece during the last 2500 years. - from Alexander the great era until today*. In Lang, G. & C. Schluchter (eds.) (1988): *Lake, Mire and River Environments*, during the last 15000 years: 105-114; Balkema.

Bruun, P. 1962, *Sea-level rise as a cause of shore erosion*, Journal Waterways and Harbours Division, vol. 88 (1-3), pp. 117-130.

French, D., 1967. *Index of Prehistoric sites in Central Macedonia*. Athens.

Inman et al., 2003. *Modeling Platforms, Terraces and Coastal Evolution*, Encyclopedia of Coastal Science, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.

Kapsimalis, V., Poulos, S.E., Karageorgis, A.P., Pavlakis, P., Collins, M.B., (Revised and Re-submitted for publication). *Recent evolution of a Mediterranean deltaic coastal zone: Human impacts on Inner Thermaikos Gulf, Greece*. Journal of Geological Society of London.

Komar P.D., 1998. *Beach Processes and Sedimentation*, Prentice Hall N.J. New Jersey.

Lykousis, V., Karageorgis, A.P., Chronis, G., 2005. *Delta progradation and sediment*

- fluxes since the last glacial in the Thermaikos Gulf and Sporades Basin, NW Aegean Sea, Greece. In Press: *Marine Geology*, vol. (222-223) pp.381- 397..
- Poulos, S.E., Papadopoulos, A, Collins, M.B., 1994. *Deltaic progradation in Thermaikos Bay, Northern Greece and its socio-economic implications*. *Ocean and Coastal Management*, 22, 229-247.
- Poulos S., Collins M.B., and X. Ke, 1992. *Fluvial/wave interaction controls on delta formation for ephemeral rivers discharging into microtidal waters*. *Geo - Marine Letters* (13) 24-31.
- Psilivikos, An., Psilovikos, Ar., 1997. *Human versus natural processes. The case of Axios/Vardar River*. *Balkema*, 2859-2864.
- Συρίδης, Γ. (1990). *Λιθοστρωματογραφική, Βιοστρωματογραφική και Παλαιογεωγραφική μελέτη των Νεογενών-Τεταρτογενών ιζηματογενών σχηματισμών της χερσονήσου Χαλκιδικής*. Διδακτορική Διατριβή. Επιστημονική Επιτηρίδα του Γεωλογικού Τμήματος Α.Π.Θ., Παράρτημα 11, 243 σελ., 13 πίν., 41 φωτ., 1 χάρτης. Θεσσαλονίκη.
- Βουβαλίδης, Κ., Συρίδης, Γ., Αλβανάκης, Κ., 2005. *Holocene morphology of the Thessaloniki bay: Impact of sea level rise*. *Zeitschrift für Geomorphologie, suppl.-vol.*, 137, 147-158.
- Χρόνης, Γ., 1986. *Η σύγχρονη δυναμική και η Ολοκαινική ιζηματογένεση του Θερμαϊκού Κόλπου*. Διδακτορική Διατριβή. Πανεπιστήμιο Αθηνών, 228 σελ.