

## ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΩΝ Α ΚΑΙ ΒΑ ΑΚΤΩΝ ΤΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΜΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΑΝΟΔΟ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΣΤΑΘΜΗΣ

Χατζηελευθερίου Μ., Αλεξανδράκης Γ., Πούλος Σ., Γάκη-Παπαναστασίου Κ., Μαρουκιάν Χ.

*Τομέας Γεωγραφίας και Κλιματολογίας, Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Πανεπιστημιούπολη, Ζωγράφου, Αθήνα 15784.*

### Περίληψη

Στην παρούσα εργασία γίνεται μια προσπάθεια για την ποσοτικοποίηση των αποτελεσμάτων μίας ενδεχόμενης ανόδου της στάθμης της θάλασσας στην περιοχή της παράκτιας ζώνης της Α-ΒΑ Αττικής με την χρήση ενός δείκτη τρωτότητας, ο οποίος περιλαμβάνει τόσο γεωλογικές (παράκτια γεωμορφολογικά, ιστορικές μεταβολές της ακτογραμμής, κλίσεις της παράκτιας ζώνης) όσο και παράκτιες ωκεανογραφικές μεταβλητές (σημαντικό ύψος κύματος, το εύρος της παλίρροιας και η σχετική άνοδος της θάλασσας στάθμης στο πρόσφατο γεωλογικό παρελθόν). Με βάση τις τιμές του δείκτη τρωτότητας, που υπολογίζεται ως η τετραγωνική ρίζα του γεωμετρικού μέσου όρου των προαναφερομένων μεταβλητών προκύπτει ότι οι ακτές της ΒΑ Αττικής και η περιοχή από Νέα Μάκρη μέχρι το Λαύριο εμφανίζουν μέση τρωτότητα σε ότι αφορά την άνοδο της στάθμης της θάλασσας σε σχέση πάντα με τις υπόλοιπες Α ακτές που χαρακτηρίζονται από χαμηλή κυματικής ενέργειας και απότομων παράκτιων κλίσεων (έλλειψη παραλιακών ζωνών). Τέλος ο όρμος του Μαραθώνα εμφανίζει την υψηλότερη τρωτότητα καθώς πρόκειται για μια αμμώδη παραλιακή ζώνη με μικρές κλίσεις και μέση κυματικής ενέργειας.

### AN ASSESSMENT OF THE VULNERABILITY OF THE E AND NE COASTAL ZONE OF ATTIKA WITH RESPECT TO A POTENTIAL SEA LEVEL RISE.

Xatsieleftheriou E., Alexandrakis G., Poulos S., Gaki-Papanastasiou K., Maroukian X.

*National and Kapodistrian University of Athens, Faculty of Geology and Geoenvironment, Department of Geography and Climatology, Panepistimioupolis - Zografou, 157 84, Greece*

### Abstract

The present investigation attempts to quantify the consequences of a potential sea-level rise in the E and NE coastal zone of Attica (Greece), with the use of an index of vulnerability that includes geological (coastal geomorphology, historical changes of coastline's position, coastal slopes) and oceanographic (wave height, run up and tidal range) variables. On the basis of the vulnerability index (CVI), which has been calculated as the square root of the mean value of the variables involved, the coast of the NE Attika and the coastal area of the E coast from Nea Makri to Laurio are characterised by moderate values of CVI in relation to the remaining coastal zone of E Attika, with the latter to undergo moderate wave energy and present high slopes. Finally, the Marathonas Bay has the highest CVI value due to its low coastal slopes and moderate wave activity.

**Λέξεις κλειδιά:** Δείκτης τρωτότητας, άνοδος της στάθμης της θάλασσας, Α-ΒΑ ακτές Αττικής.

**Key words:** vulnerability index, sea-level rise, E-NE Attika coast.

## 1. Εισαγωγή

Ο δείκτης τρωτότητας των παράκτιων περιοχών (CVI) χρησιμοποιήθηκε για να ποσοτικοποιήσει τις επιπτώσεις μιας επικείμενης ανόδου της θαλάσσιας στάθμης κατά μήκος των ακτών των ΗΠΑ (Gornitz et. al, 1994, Thieler and Hammar-Klose, 1999 και Hammar-Klose and Thieler, 2001). Στον υπολογισμό του δείκτη τρωτότητας συμπεριλαμβάνονται γεωμορφολογικοί και ωκεανογραφικοί παράμετροι της υπό μελέτη παράκτιας ζώνης, όπως είναι η παράκτια λιθολογία και οι παράκτιες κλίσεις, οι οριζόντιες αλλαγές της θέσης της ακτογραμμής, ο ρυθμός της σχετικής ανόδου της στάθμης της θαλάσσιας, το εύρος της παλίρροιας και το μέσο σημαντικό ύψος των προσερχόμενων κυμάτων.

Αυτή η προσέγγιση συνδυάζει την ευαισθησία του παράκτιου συστήματος στην αλλαγή με τη φυσική δυνατότητά της να προσαρμοστεί στις μεταβαλλόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες και παράγουν έναν ποσοτικό μέτρο της φυσικής 'ευπάθειας' ακτών στα αποτελέσματα της ανόδου της στάθμης της θάλασσας. Τέλος, ο δείκτης τρωτότητας παρέχει μια αντικειμενική τεχνική τόσο για την αξιολόγηση όσο και για ένα μακροπρόθεσμο προγραμματισμό για τη διαχείριση της παράκτιας ζώνης.

Στην εργασία αυτή διερευνάται η τρωτότητα των ανατολικών και βορειοανατολικών ακτών της Αττικής και ειδικότερα η περιοχή που εκτείνεται από το Λαύριο μέχρι τον Ωρωπό (σχήμα 1).

Γεωλογικά, η περιοχή μελέτης εντάσσεται στην ευρύτερη μεταλπηκή ηπειρωτική λεκάνη της Αττικής-Βοιωτίας-Εύβοιας της οποίας η δημιουργία οφείλεται στη δράση νεοτεκτονικών ρηγμάτων που έδρασαν από το Μειόκαινο έως σήμερα. Οι μεταλπηκοί σχηματισμοί έχουν τη βάση τους στο Μειόκαινο και αντιπροσωπεύονται από διάφορα ιζήματα χερσαίας και λιμναίας φάσης, τα οποία και συναντάμε στην ευρύτερη περιοχή του σημερινού νότιου Ευβοϊκού κόλπου (Παπανικολάου et al., 1988).



Σχήμα 1. Περιοχή μελέτης

Το βόρειο τμήμα της υπό μελέτη παράκτιας ζώνης βρέχεται από τον Νότιο Ευβοϊκό Κόλπο, ο οποίος αποτελεί μια μικρή επιμήκη θαλάσσια λεκάνη με γενική διεύθυνση ΔΒΔ – ΑΝΑ, προστατευμένη γενικά από έντονο κυματισμό, ενώ το νότιο τμήμα της ανήκει στη νότια ανοιχτή λεκάνη του Κόλπου των Πεταλιών με γενική διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και η οποία είναι εκτεθειμένη σε έντονο κυματισμό ΝΑ διευθύνσεων.

Η ακτογραμμή είναι σχετικά πολυσχιδή περιλαμβάνοντας μεγάλο αριθμό μικρών όρμων όπου αναπτύσσονται εγκιβωτισμένες παραλιακές ζώνες, απόκρημνες ακτές αλλά δελταϊκές ακτογραμμές όπως είναι του Μαραθώνα (Χάραδρος ποταμός) ή στη περιοχή του Ωρωπού (Ασωπός ποταμός) ενώ υπάρχουν και άλλα υδατορεύματα με σημαντικότερο Ρέμα της Ραφήνας (Maroukian et al., 2003).

Η απουσία μεγάλων ποταμών έχει ως αποτέλεσμα την περιορισμένη στερεοπαροχή πράγμα που σε συνάρτηση με την ανθρώπινη παρέμβαση τις τελευταίες κυρίως δεκαετίες (διευθετήσεις κοιτών, αποξηράνσεις ελών, οικοδομήσεις) έχουν ήδη προκαλέσει υποχώρηση της ακτογραμμής, και η οποία αναμένεται να ενταθεί τις επόμενες δεκαετίες εάν επαληθευτεί η πρόγνωση για το 2100 της Διεθνούς Παγκόσμιας Διακυβερνητικής Επιτροπής για τη Παγκόσμια Κλιματική αλλαγή (IPCC) που προβλέπει μια μέση τιμή ανόδου της θαλάσσιας στάθμης ίση με 32 εκατοστά.

## 2. Δεδομένα και μεθοδολογία

Για τον υπολογισμό της τρωτότητας των ακτών της Α και ΒΑ Αττικής στη περίπτωση της ανόδου της στάθμης της θάλασσας χρησιμοποιήσαμε τον δείκτη τρωτότητας για παράκτιες περιοχές (CVI: coastal vulnerability index) των Hammar-Klose and Thieler (2001) οι οποίοι τροποποίησαν αυτόν που αρχικά διαμόρφωσαν και εφήρμοσαν στις ΗΠΑ οι Gornitz et al., (1994) και Thieler and Hammar-Klose (1999). Η μέθοδος αυτή ποσοτικοποιεί τις σημαντικές γεωλογικές και ωκεανογραφικές μεταβλητές που συμβάλλουν στην εξέλιξη της παράκτιας ζώνης, για να καταλήξει σε μια κλίμακα τρωτότητας (χαμηλή έως πολύ υψηλή) σε σχέση με μία φυσική αλλαγή του παράκτιου συστήματος, όπως είναι η άνοδος της στάθμης της θάλασσας. Ο δείκτης τρωτότητας καθορίζεται από έξι μεταβλητές που επηρεάζουν έντονα την παράκτια εξέλιξη: 1) η γεωμορφολογία της παράκτιας ζώνης, 2) οι ιστορικές μεταβολές της ακτογραμμής, 3) η κλίση της παράκτιας ζώνης 4) το εύρος της παλίρροιας, 5) το σημαντικό ύψος κύματος και 6) η σχετική άνοδος της στάθμης της θάλασσας. Ακολουθώντας, η κάθε μεταβλητή βαθμονομείται από 1 έως το 5 (Πίνακας 1) και εισέρχεται στον τύπο των Hammar-Klose and Thieler (2001) (τετραγωνική ρίζα του γεωμετρικού μέσου όρου των μεταβλητών).

$$CVI = \frac{\sqrt{a * b * c * d * e * f}}{6} \quad (1)$$

όπου, a: η μεταβλητή για τη γεωμορφολογία, b: το ποσοστό διάβρωσης - προσαύξησης, c: η παράκτια κλίση, d: η σχετική άνοδος της στάθμης της θάλασσας, e: το σημαντικό ύψος κύματος και f: η παλίρροια. Τα όρια κάθε κλάσης τρωτότητας είναι πολύ χαμηλή (<0,4), χαμηλή (0,4-3,3), μέση (3,3-11), υψηλή (11-26) και πολύ υψηλή (>26).

Γνωρίζοντας όμως ότι η περιοχή μελέτης είναι μικροπαλίρροιακή (εύρος περί τα 10cm), ο δείκτης τρωτότητας τροποποιήθηκε ώστε να περιλαμβάνει 5 μεταβλητές (εξαιρουμένης δηλαδή της μεταβλητής (f) που αφορά στη παλίρροια:

$$CVI = \frac{\sqrt{a * b * c * d * e}}{5} \quad (2)$$

Λόγω όμως της αφαίρεσης της μεταβλητής της παλίρροιας, τα όρια επικινδυνότητας αλλάζουν και γίνονται πολύ χαμηλή (<0,45), χαμηλή (0,45-3), μέση (3-7), υψηλή (7-26) και πολύ υψηλή (>14).

Πίνακας 1. Ταξινόμηση των μεταβλητών τους τρωτότητας με βάση τον Pentelton et al, (2004).

Μεταβλητές	Πολύ χαμηλή 1	Χαμηλή 2	Μέση 3	Υψηλή 4	Πολύ υψηλή 5
Γεωμορφολογία	Βραχώδης ακτές, υψηλοί γκρεμνοί	Μέσου ύψους, γκρεμνοί	Χαμηλοί κρημνοί, αλλουβιακές πεδιάδες	Ακτές με κροκάλες, Λιμνοθάλασσες.	Νησιωτικά φράγματα, αμμόδης ακτές, δέλτα
Μεταβολή Ακτογραμμής (m/yr)	>2,0	1,0 – 2,0	-1,0 – 1,0	-2,0 – 1,0	<-2,0
Παράκτια κλίση (%)	>1,20	1,2 – 0,9	0,9 – 0,6	0,6 – 0,3	<0,3
Σχετική μεταβολή της θαλάσσιας στάθμης (mm/yr)	<1,8	1,8 – 2,5	2,5 – 3,0	3,0 – 3,4	>3,4
Ύψος κύματος (m)	<0,55	0,55 – 0,85	0,85 – 1,05	1,05 – 1,25	>1,25
Εύρος παλίρροιας (m)	>6,0	4,0 – 6,0	2,0 – 4,0	1,0 – 2,0	<1,0

Για να καθοριστούν τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης (κλίσεις, υλικό παραλιακής ζώνης, ανθρωπίνες κατασκευές και παρεμβάσεις) έγινε γεωμορφολογική χαρτογράφηση κατά μήκος της ακτογραμμής και κατασκευάστηκε ένας παράκτιος γεωμορφολογικός χάρτης.

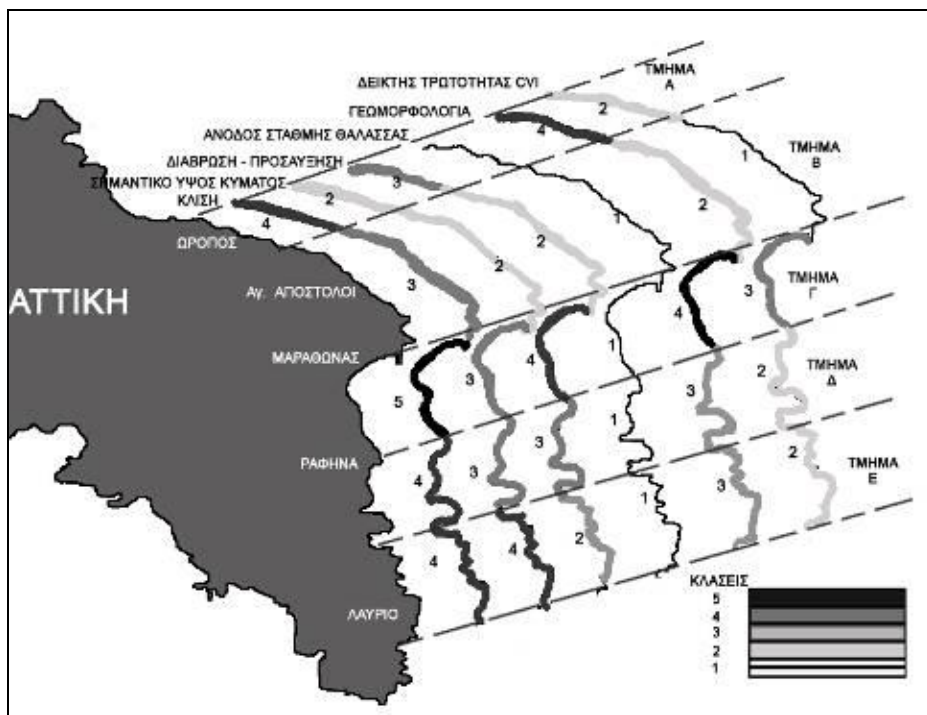
Το μήκος ανάπτυξης του κυματισμού κατά μήκος της περιοχής μελέτης υπολογίστηκε με βάση της προγνωστικές εξισώσεις κατά CERC (1984) χρησιμοποιώντας τα ανεμολογικά στοιχεία του «Ατλαντα ανέμου και κυμάτων της Μεσογείου» των Αθανασούλη και Σκαρσουλή (1992). Σημειώνεται δε ότι υπολογίστηκε ο σταθμικός μέσος του ύψους κύματος που δέχεται η περιοχή, ως ο πλέον αντιπροσωπευτικός καθώς στον υπολογισμό του εμπεριέχεται και η ετήσια συχνότητα εμφάνισης των κυματισμών για τις διαφορετικές ταχύτητες του ανέμου.

Τα στοιχεία παλίρροιας και ανόδου της στάθμης της θάλασσας προέρχονται από τις μετρήσεις των παλίρροιογράφων της Υδρογραφικής υπηρεσίας του ΠΝ για τους λιμένες Χαλκίδας και Σύρου (Στοιχεία Παλίρροιας Ελληνικών Λιμένων, 2005). Στις μετρήσεις περιλαμβάνεται το εύρος της παλίρροιας για κάθε λιμένα κατά την διάρκεια των παρατηρήσεων. Για το ρυθμό της ανόδου της στάθμης της θάλασσας και για την παλίρροια χρησιμοποιήθηκαν τα στοιχεία από την εργασία των Tsimplis and Blackman (1996).

Οι μη αριθμητικές μεταβλητές, όπως η γεωμορφολογία, ταξινομείται ποιοτικά σύμφωνα με τη σχετική αντίσταση στη διάβρωση του συγκεκριμένου παράκτιου σχηματισμού. Οι ακτές με ρυθμό μεταβολής μεταξύ -1,0 και +1,0 m/yr αξιολογούνται ως μέσης τρωτότητας, ενώ οι μικρότεροι και υψηλότεροι ρυθμοί οπισθοχώρησης ή προέλασης ταξινομούνται αναλόγως ως υψηλότερης ή χαμηλότερης τρωτότητας. Για την παράκτια κλίση οι κλάσεις κυμαίνονται από πολύ υψηλή τρωτότητα για κλίσεις <0,3% έως πολύ χαμηλή για κλίσεις >1,2%. Το ποσοστό σχετικής ανόδου της στάθμης της θάλασσας, με βάση το σύγχρονο ποσοστό της ευστατικής ανόδου όπως έχουν δείξει πρόσφατες μελέτες για τον Ελληνικό χώρο (Lambeck, 1996, Gaki-Papanastasiou et al., 1997, Fouache et al., 2005, Vouvalidis et al., 2005,) υπολογίζεται περίπου σε 1 mm/yr και αξιολογείται ως παράγων πολύ χαμηλής τρωτότητας ενώ αναφέρεται τόσο στην ευστατική όσο και στη τεκτονική μεταβολή της θαλάσσιας στάθμης. Τέλος, οι κλάσεις για το σημαντικό ύψος κύματος διαμορφώνονται από πολύ χαμηλό (<0,55m) έως πολύ υψηλό (>1,25m).

**3. Ανάλυση - Αποτελέσματα**

Με βάση τα γεωμορφολογικά, γεωγραφικά και ωκεανογραφικά στοιχεία της περιοχής μελέτης, αυτή διαχωρίστηκε σε 5 υπο-περιοχές (σχήμα 2), των οποίων η βαθμονόμηση των επιμέρους μεταβλητών που διαμορφώνουν τον δείκτη τρωτότητας δίνονται στον πίνακα 2. Έτσι, η πρώτη περιοχή περιλαμβάνει την βόρεια Αττική από Σκάλα Ωρωπού έως την παραλία των Αγ. Αποστόλων, το δεύτερο τμήμα από την παραλία των Αγ. Αποστόλων έως το Ακρ. Μαραθώνα, το τρίτο από το ακρωτήριο Μαραθώνα έως τη Νέα Μάκρη περιλαμβάνοντας το κόλπο του Μαραθώνα, το τέταρτο από τη Νέα Μάκρη έως τον όρμο Μαρκοπούλου και το τελευταίο (πέμπτο) τμήμα από τον όρμο Μαρκοπούλου έως το Λαύριο.



Σχήμα 2. Γραφική απεικόνιση των κλάσεων της τρωτότητας για κάθε μεταβλητή και για τον συνολικό δείκτη τρωτότητας.

Για την μεταβλητή που αντιστοιχεί στην τρωτότητα λόγω της κλίσης της παράκτιας ζώνης υπολογίστηκε ότι στο τμήμα Β που είναι η μικρότερη 7,9% σε σχέση με το σύνολο της περιοχής μελέτης αξιολογείται ως μεταβλητή μέσης τρωτότητας (δείκτης 3). Για τα τμήματα Α, Δ και Ε οι κλίσεις υπολογίστηκαν 3,6%, 4,4% και 5,4%, αντίστοιχα και αξιολογούνται ως υψηλής τρωτότητας, με δείκτη 4. Το τμήμα Γ, όπου έχουμε τις μικρότερες κλίσεις (2,8%), αξιολογείται ως πολύ υψηλής τρωτότητας και συμμετέχει στον υπολογισμό της τρωτότητας με τιμή 5. Αυτό είναι και αναμενόμενο καθώς το τμήμα αυτό περιλαμβάνει τη περιοχή της παραλίας του Μαραθώνα.

Το σημαντικό ύψος κύματος για κάθε περιοχή που υπολογίστηκε με βάση το σταθμικό μέσο για το ύψος κύματος προκύπτει ότι για τα τμήματα Α και Β το σημαντικό ύψος κύματος προσδιορίστηκε σε 0,6m, 0,7m, αντίστοιχα και αξιολογήθηκε ως χαμηλής τρωτότητας μεταβλητή, με τιμή 2. Για τα τμήματα Γ και Δ οι τιμές για το ύψος κύματος προσδιορίστηκαν

σε 0,8m και 0,7m αντίστοιχα που κατατάσσει τη μεταβλητή αυτή ως μέσης τρωτότητας με δείκτη 3. Τέλος, στο τμήμα Ε, το σημαντικό ύψος κύματος συμμετέχει στον υπολογισμό της τρωτότητας με δείκτη 4, καθώς το σημαντικό ύψος κύματος όντας 1,0m, είναι το μεγαλύτερο για την περιοχή μελέτης.

Για την μεταβλητή που αναφέρεται στην διάβρωση ή προέλαση της ακτογραμμής, λόγω έλλειψης στοιχείων που να στηρίζονται σε αριθμητικά δεδομένα, η ταξινόμηση για κάθε τμήμα έγινε με βάση μακροσκοπικές παρατηρήσεις των παράκτιων γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών, όπως είναι η καταστροφή παράκτιων ανθρωπίνων κατασκευών, η παρουσία ακτόλιθων κ.ά. Με βάση τις παρατηρήσεις αυτές, την μικρότερη οπισθοχώρηση εμφανίζει το τμήμα Β, τα τμήματα Α, Δ και Ε εμφανίζουν μία μέση τρωτότητα ενώ το μεγαλύτερη τρωτότητα εμφανίζει το τμήμα Γ.

Πίνακας 2. Οι τιμές των μεταβλητών τρωτότητας για την περιοχή μελέτης

Μεταβλητές	Περιοχή	Α	Β	Γ	Δ	Ε
<b>Μήκος (km)</b>		21,05	31,7	15,5	23,95	58,74
<b>Κλίση (%)</b>	<b>Τιμή</b>	3,6	7,9	2,8	4,4	5,4
	<b>Ταξινόμηση</b>	4	3	5	4	4
	<b>Χαρακτηρισμός</b>	Υψηλή	Μέση	Πολύ Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή
<b>Ύψος κύματος (m)</b>	<b>Τιμή</b>	0,6	0,7	0,7	0,7	1,0
	<b>Ταξινόμηση</b>	2	2	3	3	4
	<b>Χαρακτηρισμός</b>	Χαμηλή	Χαμηλή	Μέση	Μέση	Υψηλή
<b>Διάβρωση / Προέλαση (m)</b>	<b>Τιμή</b>	0,5	0,1	1	0,5	0,5
	<b>Ταξινόμηση</b>	3	2	4	3	3
	<b>Χαρακτηρισμός</b>	Μέση	Χαμηλή	Υψηλή	Μέση	Μέση
<b>Άνοδος της θαλάσσιας σταθμής (mm/year)</b>	<b>Τιμή</b>	0,12	0,12	0,7	0,7	0,7
	<b>Ταξινόμηση</b>	1	1	1	1	1
	<b>Χαρακτηρισμός</b>	Πολύ Χαμηλή	Πολύ Χαμηλή	Πολύ Χαμηλή	Πολύ Χαμηλή	Πολύ Χαμηλή
<b>Γεωμορφολογία</b>	<b>Τύπος Ακτής</b>	Ακτή με κροκάλες	Χαμηλοί κρημνοί	Αμμώδης ακτή	Χαμηλοί κρημνοί	Χαμηλοί κρημνοί
	<b>Ταξινόμηση</b>	4	2	5	3	3
	<b>Χαρακτηρισμός</b>	Υψηλή	Χαμηλή	Πολύ Υψηλή	Μέση	Μέση
<b>CVI</b>	<b>Τιμή</b>	4,4	2,2	7,8	4,7	5,4
	<b>Ταξινόμηση</b>	2	1	3	2	2
	<b>Χαρακτηρισμός</b>	Μέση	Χαμηλή	Υψηλή	Μέση	Μέση

Από τον υπολογισμό του δείκτη τρωτότητας (CVI) προκύπτει ότι οι περιοχές Α, (ακτές ΒΑ Αττικής) και Δ, Ε (Νέα Μάκρη μέχρι το Λαύριο) εμφανίζουν να έχουν μια μέση τρωτότητα σε ότι αφορά την άνοδο της στάθμης της θάλασσας σε σχέση πάντα με τις γειτονικές των υπό-περιοχές Β, η οποία εμφανίζει χαμηλή τρωτότητα λόγω της χαμηλής κυματικής ενέργειας και των απότομων παράκτιων κλίσεων (έλλειψη παραλιακών ζωνών) και το τμήμα Γ (όρμος Μαραθώνα), το οποίο εμφανίζει την υψηλότερη τρωτότητα καθώς πρόκειται για μια αμμώδη παραλιακή ζώνη με μικρές κλίσεις και μέσης κυματικής ενέργειας). Ακόμα η υψηλή τρωτότητα σε αυτό το τμήμα οφείλεται στη κατασκευή του φράγματος του Μαραθώνα που συγκρατεί τα φερτά υλικά του ποταμού διακόπτοντας την τροφοδοσία της παραλίας.

Γενικά, με την χρήση του δείκτη παράκτιας τρωτότητας (CVI) μπορούν να εξαχθούν ποσοτικά συμπεράσματα για το πόσο τρωτή είναι μια παράκτια περιοχή σε μια σχετική άνοδο της στάθμης της θάλασσας, τα οποία μπορούν ακολούθως να αποτελέσουν χρήσιμο εργαλείο για την διαχείριση του παράκτιου συστήματος.

#### 4. Συμπεράσματα

Με βάση τα αποτελέσματα της εργασίας αυτής, η παράκτια κλίση, το σημαντικό ύψος κυμάτων αλλά και η διαχρονική μεταβολή της ακτογραμμής είναι οι σημαντικότερες μεταβλητές στον καθορισμό του δείκτη τρωτότητας της παράκτιας περιοχής μελέτης (Ωρωπός-Λαύριο). Σε αντίθεση η παράκτια γεωμορφολογία και η άνοδος της στάθμης της θάλασσας δεν φαίνεται να συμβάλλουν σημαντικά στη μεταβολή του δείκτη τρωτότητας στους επιμέρους τομείς της περιοχής μελέτης.

Τη μεγαλύτερη τρωτότητα εμφανίζει ο Όρμος του Μαραθώνα, λόγω κυρίως των μικρών κλίσεων της παραλιακής του ζώνης και τη μικρότερη οι βραχύδης και απότομες ακτές της Α. Αττικής. Ενδιάμεσες τιμές έχουν ορισμένες ακτές της ΒΑ Αττικής που «βλέπουν» στο Κόλπο των Πεταλιών, όπως και η περιοχή από Νέα Μάκρη μέχρι το Λαύριο.

#### Βιβλιογραφία

Αθανασούλης και Σκαρσουλής, 1996. *Άτλας Ανέμου και Κύματος Βορειοανατολικής Μεσογείου Θαλάσσης*. Αθήνα, ΕΜΠ/ΓΕΝ, p. 17.

Παπανικολάου Δ.Ι., Μαρσιολάκος Η.Δ., Λέκκας Ε.Λ. και Σ.Γ. Λόζιος Σ.Γ., 1988. Μορφοτεκτονικές παρατηρήσεις στη λεκάνη Ασωπού και την παραλιακή ζώνη Ωρωπού. Συμβολή στη νεοτεκτονική, της βόρειας Αττικής. Αθήνα, 30 *Επιστημονικό Συνέδριο της Ελληνική Γεωλογικής Εταιρίας*.

Παυλόπουλος Κ., 1997. *Γεωμορφολογική εξέλιξη της Νότιας Αττικής*. Γαία Ν 2, Αθήνα.

Υδρογραφική Υπηρεσία Π.Ν., 2005. Στοιχεία Παλίρροιας Ελληνικών Λιμένων, Υδρογραφική Υπηρεσία, Αθήνα, 24 σ.

Χατζηλευθερίου Ε., 2007. Παράκτια γεωμορφολογική μελέτη των Α και ΒΑ ακτών του Νομού Αττικής. Διπλωματική Εργασία του Μεταπτυχιακού Κύκλου Σπουδών (MSc) Εφαρμοσμένη Περιβαλλοντική Γεωλογία, Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος, Παν/μιο Αθηνών, 125 σ.

CERC (1984) *Shore protection Manual*, U.S. Army Corps of Engineers Coastal Engineering Research Center, Washington D.C.

Fouache, E., Desruelles, St., Pavlopoulos, K., Dalongeville, R. Coquinot, Y., Peulvast, J.-P., Potdevin, J.L., 2005. *Using beachrocks as sea level indicators in the insular group of Mykonos, Delos and Rhenia (Cyclades, Greece)*. Zeitschrift für Geomorphologie N.F., 137, 37-43.

Gaki-Papanastassiou, 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 on Engineering Geology and the Environment, Athens*, Vol. 1, p. 121-126.

Gornitz, V.M., Daniels, R.C., White, T.W., and Birdwell, K.R., 1994. The development of a coastal vulnerability assessment database, Vulnerability to sea-level rise in the U.S. southeast *Journal of Coastal Research, Special Issue No. 12*, p. 327-338.

Hammar-Klose, E.S., and Thieler, E.R., 2001, *Coastal Vulnerability to Sea-Level Rise, A Preliminary Database for the U.S. Atlantic, Pacific, and Gulf of Mexico Coasts*. U.S. Geological Survey, Digital Data Series, DDS-68.

Lambeck, K., 1996. *Sea-level changes and shoreline evolution in Aegean Greece since Upper Paleolithic time*. *Antiquity*, 70, 588-611.

Maroukian, H., Gaki-Papanastassiou, K., Xatziopoulos, S., Petalas, A., Sotiropoulos, A. and Synodynos, N., 2003. Coastal geomorphology and human interference along the eastern shores of Attica, Greece. *International Conference on "Quaternary coastal morphology and sea level changes" Puglia 2003, Otranto, Italy, 22-28 September 2003*. Proceedings in CD.

Pentelton e, Williams s., and Thieler E. R., 2004 Coastal vulnerability assessment of assateague island national seashore (asis) to sea-level rise. *U.S. Geological survey open-file report 2004-1020, electronic book 2004*.

Shaw, J., Taylor, R.B., Forbes, D.L., Ruz, M.H., and Solomon, S., 1998, *Sensitivity of the Canadian Coast to Sea-Level Rise*. Geological Survey of Canada Bulletin 505, 114 p.

Thieler and Hammar-Klose (1999) Thieler, E.R., and Hammar-Klose, E.S., 1999, *National Assessment of Coastal Vulnerability to Sea-Level Rise, U.S. Atlantic Coast*. U.S. Geological Survey, Open-File Report 99-593,

Tsimplis M. and Blackman D. 1996 *Extreme Sea-level Distribution and Return Periods in the Aegean and Ionian Seas* *Estuarine, Coastal and Shelf Science* (1997) 44, 79-89.

Vouvalidis, K.G., Syrides, G.E., Albanakis, K.S., 2005. *Holocene morphology of the Thessaloniki Bay: Impact of sea level rise*. *Zeitschrift für Geomorphologie N.F.*, 137, 147-158.