

## Διαχρονική παρατήρηση των μεταβολών της ακτογραμμής τμήματος της παράκτιας ζώνης του νόμου Πιερίας και εκτίμηση των επιπτώσεων από την μελλοντική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης

ΤΣΑΝΑΚΑΣ Κ.<sup>1</sup>, ΚΑΡΥΜΠΑΛΗΣ Ε.<sup>1</sup>, ΚΑΙ ΠΑΡΧΑΡΙΔΗΣ Ι.<sup>1</sup>

### ABSTRACT

The aim of this study is to detect shoreline changes along part of the coastal zone of Pieria during the time period between 1969 and 2000 using aerial photographs and satellite images. Additionally, a quantitative and qualitative assessment of the future sea-level rise (triggered by the global climate change) implications to the physical and socioeconomic environment of the area is attempted taking into account various sea-level rise scenarios. Retreating as well as prograding regions along the study area were defined and retreating/prograding rates for the time periods 1969-1987 and 1987-2000 were estimated using GIS and Remote Sensing techniques. Building activity rates for the coastal area of Paralía Katerinis were also estimated for the same periods. The coastline of the study area is retreating except than the area north of torrent Mavroneri where a progradation rate of 48 cm/year was estimated between 1969 and 1987. Retreating rate of the coast for the northern part of the area (Saltworks) is estimated to be 25 cm/year and 19 cm/year for the periods of 1969-1987 and 1987-2000 respectively. The broader study area is particularly vulnerable to a potential future sea-level rise due to the low-lying topography of the coastal zone and intensive socioeconomic activities such as tourism and commerce.

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας μελετήθηκαν οι διαχρονικές μεταβολές της ακτογραμμής κατά την χρονική περίοδο 1969-2000 τμήματος των ακτών του νομού Πιερίας με τη χρήση αεροφωτογραφιών και δορυφορικών εικόνων. Επιπλέον επιχειρήθηκε μια ποσοτική και ποιοτική εκτίμηση των επιπτώσεων τόσο στο φυσικό-γεωγραφικό όσο και στο κοινωνικοοικονομικό περιβάλλον από μια ενδεχόμενη μελλοντική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης λόγω της αλλαγής των κλιματολογικών συνθηκών σε παγκόσμια κλίμακα λαμβάνοντας υπόψη διάφορα σενάρια ανόδου. Με τη συνδυασμένη εφαρμογή μεθόδων Τηλεπισκόπησης και Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών υπολογίστηκαν οι ρυθμοί μετατόπισης (προέλαση-υποχώρηση) της ακτογραμμής από το 1969 έως το 2000 ενώ παράλληλα εκτιμήθηκε η διαχρονική εξέλιξη της δόμησης στον παράκτιο οικισμό της Παραλίας Κατερίνης. Διαπιστώθηκε υποχώρηση σε όλο το μήκος της ακτογραμμής με εξαίρεση την περιοχή βόρεια των εκβολών του Μαυρονερίου όπου μεταξύ 1969 και 1987 έχει λάβει χώρα προέλαση με μέσο ρυθμό 48cm/έτος. Ο ρυθμός υποχώρησης της ακτής στο βόρειο τμήμα των αλυκών υπολογίστηκε σε 25cm/έτος και 19cm/έτος για τις περιόδους 1969-1987 και 1987-2000 αντίστοιχα. Η μεγάλη έκταση της χαμηλής παράκτιας ζώνης, σε συνδυασμό με την έντονη συγκέντρωση κοινωνικοοικονομικών δραστηριοτήτων στην περιοχή, την καθιστούν ιδιαίτερα ευάλωτη στην μελλοντική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης.

### 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

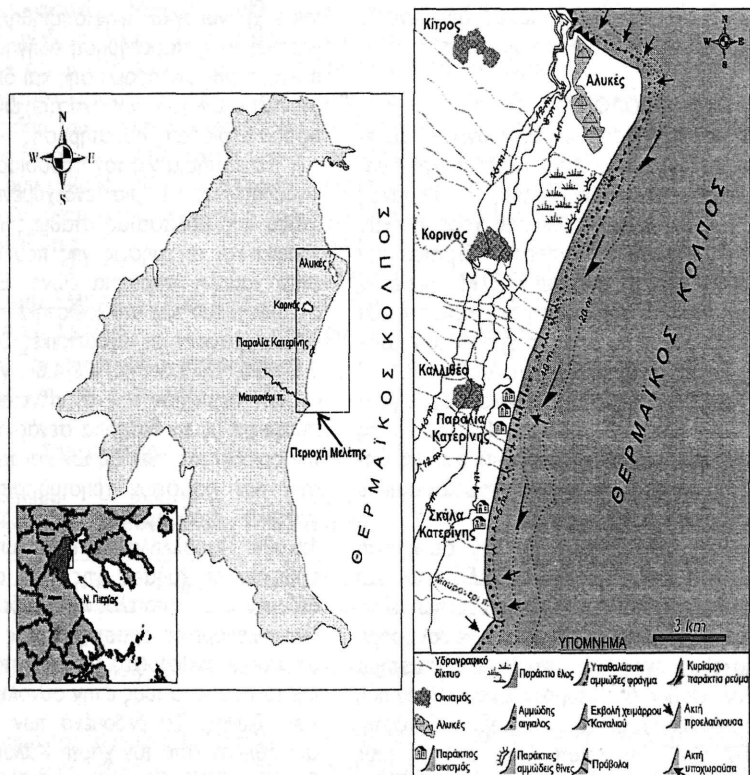
Οι παράκτιες περιοχές εμφανίζουν μεγάλη κοινωνικο-οικονομική σημασία κυρίως λόγω των έντονων ανθρώπινων δραστηριοτήτων που

### SHORELINE CHANGES ALONG PART OF THE COASTAL ZONE OF PIERIA AND ASSESSMENT OF THE FUTURE SEA-LEVEL RISE IMPACTS

<sup>1</sup> Department of Geography, Harokopio University, 70 El. Venizelou Str., 176 71, Athens, tsanakas83@yahoo.gr, karymbalis@hua.gr, parchar@hua.gr

συγκεντρώνουν. Ένας από τους μεγαλύτερους κινδύνους που απειλεί τα εύθραυστα αυτά περιβάλλοντα, είναι μια ενδεχόμενη άνοδος της θαλάσσιας στάθμης με όλες τις αρνητικές συνέπειες που αυτή συνεπάγεται (Meier & Wahr,

2002). Στην εργασία αυτή γίνεται μια απόπειρα αποτύπωσης και μέτρησης των μεταβολών της



Σχήμα 1. Χάρτης της περιοχής μελέτης με τα κυριότερα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά.

ακτογραμμής για το χρονικό διάστημα μεταξύ των ετών 1969 και 2000 ενώ επιπλέον εκτιμώνται οι επιπτώσεις που θα επιφέρει στην περιοχή μελέτης μια ενδεχόμενη άνοδος της θαλάσσιας στάθμης.

Η περιοχή μελέτης αποτελεί τμήμα των δυτικών ακτών του Θερμαϊκού κόλπου με συνολικό μήκος ακτογραμμής 23,2 km και εκτείνεται από την περιοχή των Αλυκών Κίτρους έως τις εκβολές του χειμάρρου Μαυρονέρι (Σχ. 1). Αποτελεί τμήμα της παράκτιας ζώνης του νομού Πιερίας και περιλαμβάνει τις ακτές των οικισμών Παραλία Κατερίνης, Σκάλα Κατερίνης και Παραλία Κορινού. Η παράκτια ζώνη που μελετήθηκε

καταλαμβάνει έκταση 34,343 km<sup>2</sup> από την ακτογραμμή μέχρι την ισουψή των 4 m και αποτελεί μια εκτεταμένη, προσχωσιγενή, αμμώδη ακτή, σχεδόν ευθύγραμμη με προσανατολισμό Β.ΒΑ – Ν.ΝΔ. Σε όλο το μήκος της χαρακτηρίζεται από την παρουσία ενός μεγάλου εύρους και μικρής κλίσης αιγιαλό που αποτελείται από μεσόκοκκη άμμο. Κατά μήκος αυτής εκβάλλουν αποστραγγιστικά κανάλια και μικροί χείμαρροι με σημαντικότερο από πλευράς στερεοπαροχής τον χείμαρρο Μαυρονέρι στο νότιο όριο της περιοχής (Jollouli et al. 2000).

Το κλίμα της περιοχής κατατάσσεται κατά Koerppen στον κλιματικό τύπο Cfa, είναι δηλαδή

μεσογειακό, υγρό, μεσόθερμο. Η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι 15,2 °C, το μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης στον μετεωρολογικό σταθμό της ΕΜΥ στην Κατερίνη ανέρχεται σε 592,6 mm. Οι επικρατέστεροι άνεμοι που επηρεάζουν τον κυματισμό και το παράκτιο ρεύμα στην παράκτια ζώνη πνέουν από Β-ΒΔκές διευθύνσεις καθ' όλη σχεδόν την διάρκεια του έτους.

## 2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Για την εκτίμηση των διαχρονικών αλλαγών της ακτογραμμής στην περιοχή χρησιμοποιήθηκαν αεροφωτογραφίες κλίμακας 1:42.000, έτους λήψης 1969 που χορηγήθηκαν από την Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού και δορυφορικές εικόνες Landsat 7 ETM+ των ετών 1987 και 2000. Η αξιολόγηση των πρωτογενών αυτών δεδομένων έγινε με τη χρήση των λογισμικών Erdas Imagine 8.6 και ArcMap 8.1. Η επεξεργασία των αεροφωτογραφιών έγινε μετά τη σάρωσή τους (σε ανάλυση 400dpi) και τη βελτίωση της αντίθεσης (contrast) των ψηφιακών πλέον αρχείων με τη χρήση του λογισμικού Adobe Photoshop Elements 2.0.

Βασική προϋπόθεση για την συγκριτική παρατήρηση των πρωτογενών δεδομένων και την εξαγωγή αξιόπιστων συμπερασμάτων είναι το κοινό προβολικό σύστημα. Η γεωαναφορά των αρχείων έγινε στο προβολικό σύστημα ΕΓΣΑ '87. Οι δύο δορυφορικές εικόνες ήταν ήδη γεωμετρικά διορθωμένες στο προβολικό σύστημα UTM GMS '84 οπότε έγινε αλλαγή τους (reproject) στο ΕΓΣΑ '87 με το λογισμικό Erdas Imagine 8.6. Η γεωμετρική διόρθωση των αεροφωτογραφιών πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του ίδιου λογισμικού βάσει της δορυφορικής εικόνας Landsat 7 του έτους 1987. Σε κάθε μία από τις τρεις αεροφωτογραφίες του 1969 αναγνωρίστηκαν 7 τουλάχιστον σταθερά σημεία (κυρίως διασταυρώσεις δρόμων) τα οποία ήταν κοινά με την δορυφορική εικόνα. Οι συντεταγμένες των σημείων αυτών βρέθηκαν από την δορυφορική εικόνα και με μια σειρά διαδρομών στο λογισμικό έλαβε χώρα η γεωμετρική τους διόρθωση με rms error 0.1, 0.05 και 0,07 για κάθε μία από τις τρεις αεροφωτογραφίες αντίστοιχα. Η φασματική ζώνη των δορυφορικών εικόνων που επιλέχθηκε για την αναγνώριση της ακτογραμμής και τον σαφή διαχωρισμό της

ξηράς από την θάλασσα ήταν η band 7. Στην συγκεκριμένη φασματική ζώνη η θάλασσα εμφανίζεται με πολύ σκούρα (μαύρα) εικονοστοιχεία (χαμηλή αντανάκλαση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας), και η ξηρά με πολύ φωτεινά (υψηλή αντανάκλαση). Οι ακτογραμμές των τριών χρονολογιών ψηφιοποιήθηκαν και η συγκριτική τους παρατήρηση οδήγησε στον εντοπισμό περιοχών προέλασης και διάβρωσης και στον υπολογισμό των αντίστοιχων ρυθμών για τις δύο περιόδους παρατήρησης.

Τα κριτήρια για τον προσδιορισμό της επικινδυνότητας σε μια ενδεχόμενη μελλοντική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης ήταν η τοπογραφία και οι χρήσεις γης που φιλοξενούνται στην χαμηλή παράκτια ζώνη. Εντοπίστηκαν, σχεδιάστηκαν και υπολογίστηκαν η έκταση που καταλαμβάνουν οι υψομετρικές ζώνες 0-0.5m, 0.5-1.0m, 1.0-2.0m και 2.0-4.0m για την εκτίμηση των περιοχών που αναμένεται να πληγούν σύμφωνα με τα διάφορα σενάρια ανόδου. Για την οριοθέτηση των ζωνών και τον προσδιορισμό των εκτάσεων χρησιμοποιήθηκαν τοπογραφικά διαγράμματα της Γ.Υ.Σ κλίμακας 1:5.000. Παράλληλα για κάθε ζώνη χαρτογραφήθηκαν οι χρήσεις γης που φιλοξενούνται, δεδομένου ότι αποτελούν μια ένδειξη της κοινωνικο-οικονομικής δραστηριότητας και υπολογίστηκαν οι αντίστοιχες εκτάσεις που καλύπτουν και το ποσοστό τους στην συνολική έκταση της κάθε ζώνης. Τα δεδομένα των χρήσεων γης αντλήθηκαν από τον χάρτη Κάλυψης Χρήσεων Γης του (Ο.Κ.Χ.Ε) κλίμακας 1:100.000 και επιβεβαιώθηκαν από επιτόπια έρευνα. Οι χρήσεις ομαδοποιήθηκαν σε δώδεκα κατηγορίες που περιλαμβάνουν: συνεχή αστική δόμηση, διακεκομμένη αστική δόμηση, μη αρδύσιμη αρόσιμη γη, μόνιμα αρδευόμενη γη, αμπελώνες, σύνθετα συστήματα καλλιέργειας, γεωργία-φυσική βλάστηση, φυσικούς βοσκότοπους, αιγιαλούς, εκτάσεις αραιής βλάστησης, παράκτια έλη και αλυκές. Ο προσδιορισμός και η χαρτογράφηση των δύο ανώτερων υψομετρικά ζωνών (1.0-2.0m και 2.0-4.0m) αν και απέχουν ακόμη και από τις πιο απαισιόδοξες για το 2100 προβλέψεις, κρίθηκε αναγκαίος διότι αναμένεται να επηρεαστούν έμμεσα από την αναδιανομή των χρήσεων γης λόγω της κατάκλισης από τη θάλασσα των χαμηλότερων υψομετρικών ζωνών.

Οι ανάγκες για αξιόπιστες και ενημερωμένες πληροφορίες γύρω από την γη, την κοινωνία και το περιβάλλον καθώς και η ομαδοποίηση, οργάνωση και αξιοποίησή τους, δεν μπορούν να ικανοποιηθούν με τους παραδοσιακούς τρόπους συλλογής, καταγραφής, ενημέρωσης και επεξεργασίας πληροφοριών (Μανιάτης 1996). Για τον λόγο αυτό σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε ένα Γ.Σ.Π με την οργάνωση των παραπάνω δεδομένων σε θεματικά επίπεδα διανυσματικής μορφής με την χρήση του λογισμικού ArcView 8.1. Με τη βοήθεια αυτού έγιναν ποσοτικές εκτιμήσεις που αφορούν εμβαδά μήκη κ.α ενώ για την απεικόνιση των αποτελεσμάτων κατασκευάστηκαν θεματικοί χάρτες.

### 3. ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΟΛΩΝ ΤΗΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ

Στους χάρτες του σχήματος 2 απεικονίζονται οι ακτογραμμές της περιοχής μελέτης κατά

τα έτη 1969, 1987 και 2000, όπως προέκυψαν μετά την ψηφιοποίησή τους από τις γεωμετρικά διορθωμένες αεροφωτογραφίες και δορυφορικές εικόνες. Η συγκριτική τους παρατήρηση επέτρεψε τον εντοπισμό περιοχών στις οποίες λαμβάνει χώρα υποχώρηση ή προέλαση καθώς και τον υπολογισμό των αντίστοιχων ρυθμών κάθε αντίστοιχης περιόδου παρατήρησης. Ο πίνακας 1 περιλαμβάνει τους ρυθμούς προέλασης και υποχώρησης της ακτογραμμής για τις δύο χρονικές περιόδους, όπως υπολογίστηκαν σε τρεις επιλεγμένες θέσεις. Οι θέσεις αυτές αντιστοιχούν σε περιοχές κατά μήκος της ακτογραμμής που εμφανίζουν τις μεγαλύτερες μεταβολές και οι δύο πρώτες εντοπίζονται στο βόρειο και το αολικό τμήμα της περιοχής μελέτης αντίστοιχα ενώ η τρίτη βρίσκεται στην περιοχή βόρεια των εκβολών του χείμαρρου Μαυρονέρι.

Χρονική περίοδος	Σημείο-θέση 1		Σημείο-θέση 2		Σημείο-θέση 3	
	Ρυθμός προέλασης	Ρυθμός υποχώρησης	Ρυθμός προέλασης	Ρυθμός υποχώρησης	Ρυθμός προέλασης	Ρυθμός υποχώρησης
1969-1987	-	25	-	38	48	-
1987-2000	-	19	-	34	-	29

Πίνακας 1. Ρυθμοί Υποχώρησης-προέλασης (cm/έτος) της ακτογραμμής για τις χρονικές περιόδους 1969-1987 και 1987-2000.

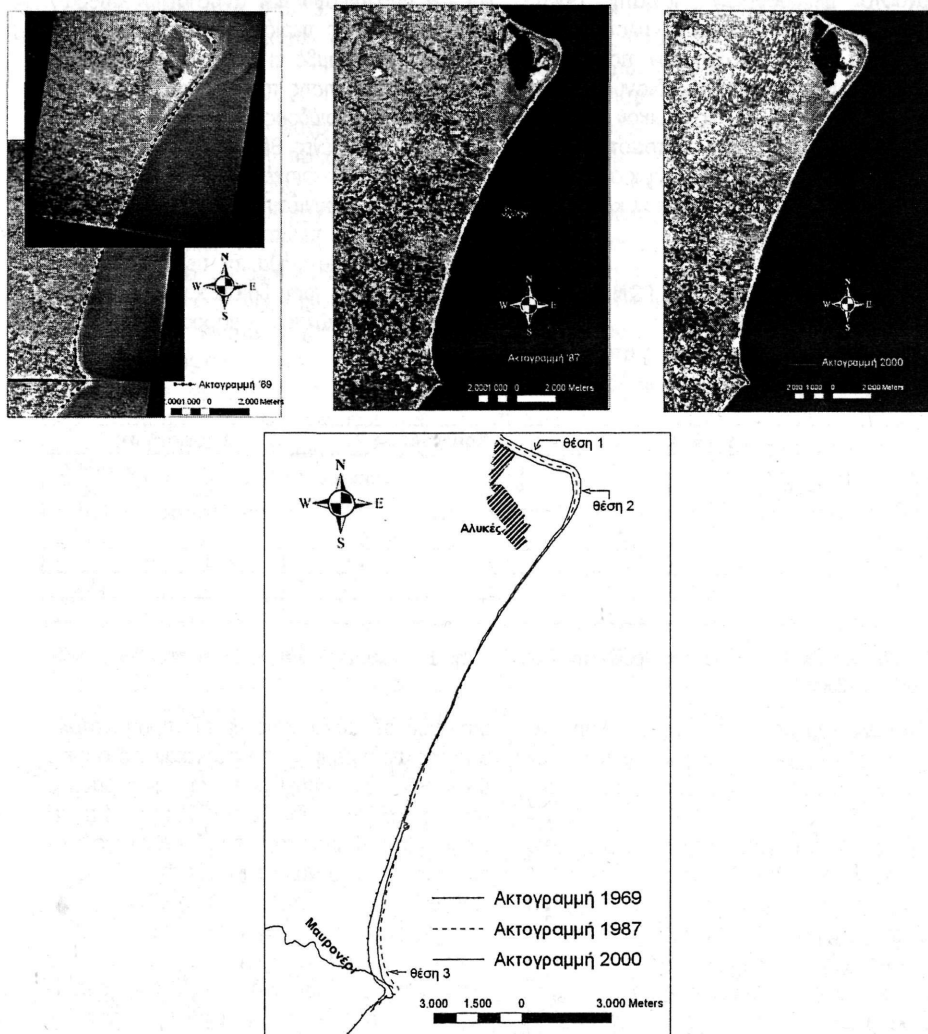
Το βόρειο τμήμα της περιοχής μελέτης (Α-Λυκές) κατά την χρονική περίοδο μεταξύ των ετών 1969 και 1987 έχει υποστεί σημαντική διάβρωση. Συγκεκριμένα στη θέση 1 η ακτογραμμή έχει υποχωρήσει λόγω διάβρωσης από τη δράση των θαλάσσιων διεργασιών κατά 450 m και ο μέσος ρυθμός υποχώρησης ανέρχεται σε 25 cm/έτος για το διάστημα των 18 αυτών ετών. Η υποχώρηση στην περιοχή αυτή πιστοποιείται και από την ύπαρξη χαμηλών παράκτιων κρημνών ως αποτέλεσμα της έντονης διάβρωσης από τη δράση των θαλάσσιων διεργασιών.

Η ταχύτατη διάβρωση οφείλεται στο γενικότερο κυματικό καθεστώς της περιοχής αυτής του θερμαϊκού κόλπου το οποίο κυριαρχείται από κυματισμό με κατεύθυνση από Β-ΒΑ προς Ν-ΝΔ. Η επικρατούσα αυτή διεύθυνση του κυ-

ματισμού σε συνδυασμό με τον προσανατολισμό της ακτογραμμής στο συγκεκριμένο σημείο δικαιολογεί την υποχώρηση της ακτογραμμής από τις θαλάσσιες διεργασίες. Για την ίδια περίοδο η υποχώρηση στη θέση 2 ήταν μεγαλύτερη φθάνοντας συνολικά τα 684 m (ρυθμός 38 cm/έτος). Και εδώ επικρατούν παρόμοιες συνθήκες με αυτές που περιγράφηκαν για τη θέση 1 οι οποίες δικαιολογούν τους υψηλούς ρυθμούς διάβρωσης. Στο νότιο τμήμα της περιοχής μελέτης στη θέση 3 έχει λάβει χώρα προέλαση της ακτής κατά 864m στο χρονικό διάστημα 1969-1987. Η σημαντική αυτή προέλαση με μέσο ρυθμό 48 cm/έτος, οφείλεται στην επικράτηση των μηχανισμών ποτάμιας μεταφοράς και απόθεσης στην παράκτια ζώνη των φερτών υλών του χείμαρρου Μαυρονέρι κυρίως κατά την διάρκεια της υγρής περιόδου του έτους (Οκτώ-

βριος – Απρίλιος) όποτε η στερεοπαροχή αναμένεται να είναι ιδιαίτερα αυξημένη. Η συσσώρευση υλικού στην ακτογραμμή με υψηλότερους ρυθμούς από αυτούς με τους οποίους τα υλικά αυτά απομακρύνονται πλευρικά ή προς την

ανοιχτή θάλασσα λόγω της δράσης των θαλάσσιων διεργασιών (κυματισμός, παράκτια ρεύματα) οδήγησε σε προέλαση της ξηράς έναντι της θάλασσας.



Σχήμα 2. Φωτο-μωσαϊκό του 1969 και δορυφορικές εικόνες ετών λήψης 1987 και 2000. Στον χάρτη απεικονίζονται οι ακτογραμμές των διαφόρων χρονολογιών όπως προέκυψαν από τις αεροφωτογραφίες και δορυφορικές εικόνες.

Για τη δεύτερη χρονική περίοδο (1987-2000), από τη συγκριτική παρατήρηση των

ακτογραμμών προκύπτει ότι σε όλο σχεδόν το μήκος της περιοχής έχει προκληθεί διάβρωση

εκτός από ένα μικρό τμήμα που εντοπίζεται ΝΑ των αλυκών το οποίο έχει μείνει ανεπηρέαστο. Συγκεκριμένα στη θέση 1 η ακτή έχει υποχωρήσει συνολικά κατά 247 m. Ο ρυθμός υποχώρησης για την περίοδο αυτή είναι 19cm/έτος και είναι μικρότερος από τον αντίστοιχο ρυθμό που υπολογίστηκε για την πρώτη περίοδο. Στη θέση 2 ο ρυθμός υποχώρησης ανέρχεται σε 34cm/έτος που αυτό πρακτικά σημαίνει πως κατά τη διάρκεια των 13 αυτών ετών η ακτή διαβρώθηκε στο σημείο αυτό συνολικά κατά 442 m. Η Τρίτη θέση στην οποία κατά τη διάρκεια της πρώτης περιόδου παρατηρήθηκε πρόελαση, μετά το 1987 άρχισε να υποχωρεί με ρυθμό που έφτασε τα 29 cm/έτος. Συνολικά μέχρι το 2000 η περιοχή αυτή των εκβολών του Μαυρονερίου διαβρώθηκε κατά περίπου 377m. Το γεγονός αυτό, είναι πιθανότατα το αποτέλεσμα της δραστηκής μείωσης της στερεοπαροχής του χειμάρρου Μαυρονέρι κατά την περίοδο από το 1987 έως το 2000. Η περιορισμένη τροφοδοσία της παραλίας με ποτάμιο ίζημα οδήγησε στην αναστροφή της δράσης των παράκτιων διεργασιών για την περίοδο αυτή και την επικράτηση των μηχανισμών θαλάσσιας διάβρωσης. Αποτέλεσμα αυτού του αρνητικού ισοζυγίου στην παραλία ήταν η διάβρωση από τις θαλάσσιες διεργασίες και η υποχώρηση της ακτογραμμής κατά το χρονικό διάστημα των 13 αυτών ετών.

#### 4. Η ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΑΝΟΔΟΣ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ

Έχει υπολογισθεί βάσει παγκόσμιων κλιματικών δεδομένων και της χρήσης μαθηματικών μοντέλων (IPCC, 2001), ότι μέχρι το έτος 2100, η μέση θερμοκρασία του αέρα του πλανήτη θα αυξηθεί από 1,3 °C έως 5,8 °C (κατά μέσο όρο 2 °C) σε σχέση με την σημερινή. Κύριος λόγος της αύξησης αυτής είναι η επιδείνωση του φαινομένου του θερμοκηπίου λόγω των αυξανόμενων συγκεντρώσεων CO<sub>2</sub> στον ατμοσφαιρικό αέρα, που οφείλεται κυρίως στις βιομηχανικές εκπομπές. Η αύξηση αυτή της θερμοκρασίας θα προκαλέσει την τήξη των πάγων τόσο στους πόλους όσο και στις ενδοηπειρωτικές περιοχές και την διαστολή των μαζών του νερού των ωκεανών με αποτέλεσμα την άνοδο της θαλάσσιας στάθμης σε παγκόσμιο επίπεδο. Βάσει

διαφόρων σεναρίων μελλοντικής άνοδου της θαλάσσιας στάθμης που βασίζονται στην επεξεργασία τόσο στοιχείων του παρελθόντος όσο και σύγχρονων μετρήσεων, δορυφορικών παρατηρήσεων κ.α., εκτιμάται ότι έως το έτος 2100 θα έχει αυξηθεί από 10 cm έως 85 cm (κατά μέσο όρο περίπου 50 cm) αγγίζοντας έναν μέσο ρυθμό άνοδου 4,2 mm/έτος.

Κατά καιρούς έχουν εφαρμοσθεί διάφορες μεθοδολογίες για την εκτίμηση της επικινδυνότητας παράκτιων περιοχών λόγω της μελλοντικής άνοδου της θαλάσσιας στάθμης τόσο σε τοπικό επίπεδο όσο και σε κλίμακα κρατών (El-Raey et al. 1999, Karaca 2000). Η συχνότερα χρησιμοποιούμενη μεθοδολογία είναι η ονομαζόμενη «συνήθης» (Common Methodology) (Titus & Richman 2001). Σκοπός των περισσότερων μεθοδολογιών που έχουν κατά καιρούς εφαρμοσθεί είναι η αναγνώριση και η εκτίμηση των οικολογικών, φυσικογεωγραφικών και κοινωνικοοικονομικών επιπτώσεων από την αυξανόμενη άνοδο της θαλάσσιας στάθμης, η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο η ανάπτυξη και άλλοι κοινωνικοοικονομικοί παράγοντες επιδρούν στην επικινδυνότητα, η ποσοτική και ποιοτική εκτίμηση των αρνητικών αποτελεσμάτων και τελικά η λήψη μέτρων προστασίας.

Στην Ελλάδα οι επιπτώσεις από την αναμενόμενη άνοδο της θαλάσσιας στάθμης δεν έχουν εξετασθεί ικανοποιητικά και οργανωμένα σε εθνικό επίπεδο. Οι επιπτώσεις στις χαμηλές ακτές της ηπειρωτικής χώρας έχουν εξετασθεί και έχουν εξαχθεί κάποιες πρώτες εκτιμήσεις και αποτελέσματα (Gaki-Papanastasiou et al. 1997, Μαρουκιάν et al. 2001). Επίσης κάποιες μελέτες έχουν γίνει και αφορούν τις επιπτώσεις της άνοδου στον παράκτιο χώρο της ηπειρωτικής (Karymbalis & Chalkias 2005, Karymbalis & Seni, 2005 Γάκη-Παπαναστασίου et al. 2005) και νησιωτικής Ελλάδας (Georgas 2000, Παυλόπουλος et al. 2001 Doukakis 2003).

Δεδομένης της έντονης συγκέντρωσης κοινωνικο-οικονομικών δραστηριοτήτων στο παράκτιο περιβάλλον της περιοχής μελέτης επιχειρείται μια πρώτη προσπάθεια εκτίμησης των επιπτώσεων από μια πιθανή μελλοντική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης υπολογίζοντας τις εκτάσεις που αναμένεται να πληγούν έως το έτος 2100 και τις χρήσεις γης που καλύπτουν.

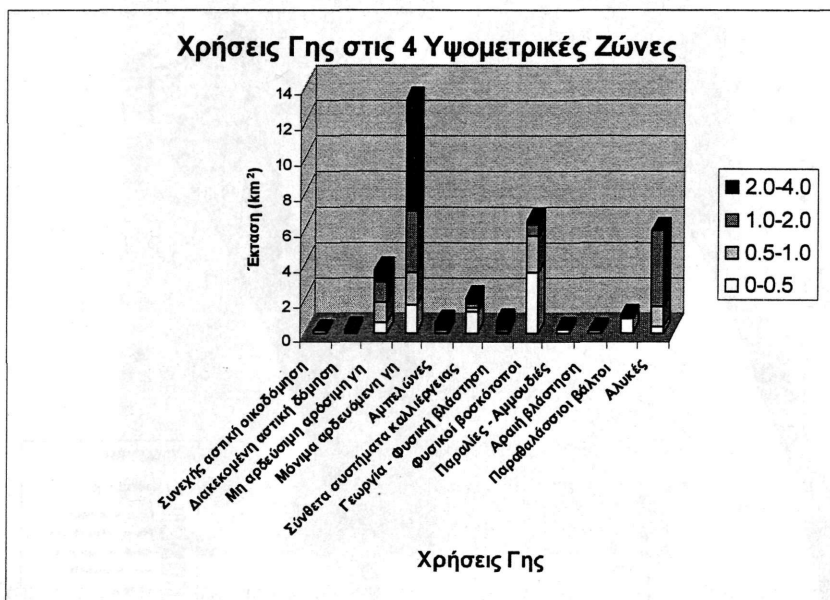
### 5. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΝΟΔΟ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΣΤΑΘΜΗΣ

Η παράκτια ζώνη του νομού Πιερίας και ιδιαίτερα το τμήμα που μελετήθηκε αποτελεί μια πολύ χαμηλή παράκτια περιοχή. Όπως ήδη αναφέρθηκε μετρήθηκαν οι εκτάσεις των τεσσά-

ρων χαμηλών υψομετρικών ζωνών και των χρήσεων γης που τις καταλαμβάνουν. Τα αποτελέσματα περιέχονται στον πίνακα 2 και απεικονίζονται γραφικά στο διάγραμμα του σχήματος 3.

Χρήσεις Γης	0 – 0,5 m		0,5 – 1,0 m		1,0 – 2,0 m		2,0 – 4,0 m	
	Km <sup>2</sup>	(%)	Km <sup>2</sup>	(%)	Km <sup>2</sup>	(%)	Km <sup>2</sup>	(%)
Συνεχής αστική δόμηση	0,133	1,56	0	0	0	0	0	0
Διακεκομμένη αστική δόμηση	0,047	0,53	0,142	2,08	0,074	0,76	0	0
Μη αρδεύσιμη αρόσιμη γη	0,629	7,16	1,112	16,28	1,158	11,25	0,716	8,49
Μόνιμα αρδεύσιμη γη	1,626	18,52	1,878	27,48	3,451	33,52	6,287	74,58
Αμπελώνες	0	0	0	0	0,225	2,18	0,386	4,58
Σύνθετα συστήματα καλλιέργειας	1,21	13,77	0,255	3,78	0,213	2,07	0,365	4,33
Γεωργία-Φυσική βλάστηση	0,041	0,47	0,032	0,47	0,19	1,85	0,416	4,93
Φυσικοί βοσκότοποι	3,464	39,44	2,097	30,69	0,605	5,88	0,26	3,09
Αγιαλοί	0,23	2,62	0,037	0,55	0	0	0	0
Αραιή βλάστηση	0,166	1,89	0	0	0	0	0	0
Παράκτια έλη	0,816	9,29	0,125	1,83	0,04	0,39	0	0
Αλυκές	0,417	4,75	1,151	16,84	4,334	42,10	0	0
Σύνολο	8,783	100	6,832	100	10,296	100	8,432	100

Πίνακας 2. Έκταση (km<sup>2</sup>) και ποσοστά (%) των χρήσεων γης για τις τέσσερις υψομετρικές ζώνες.

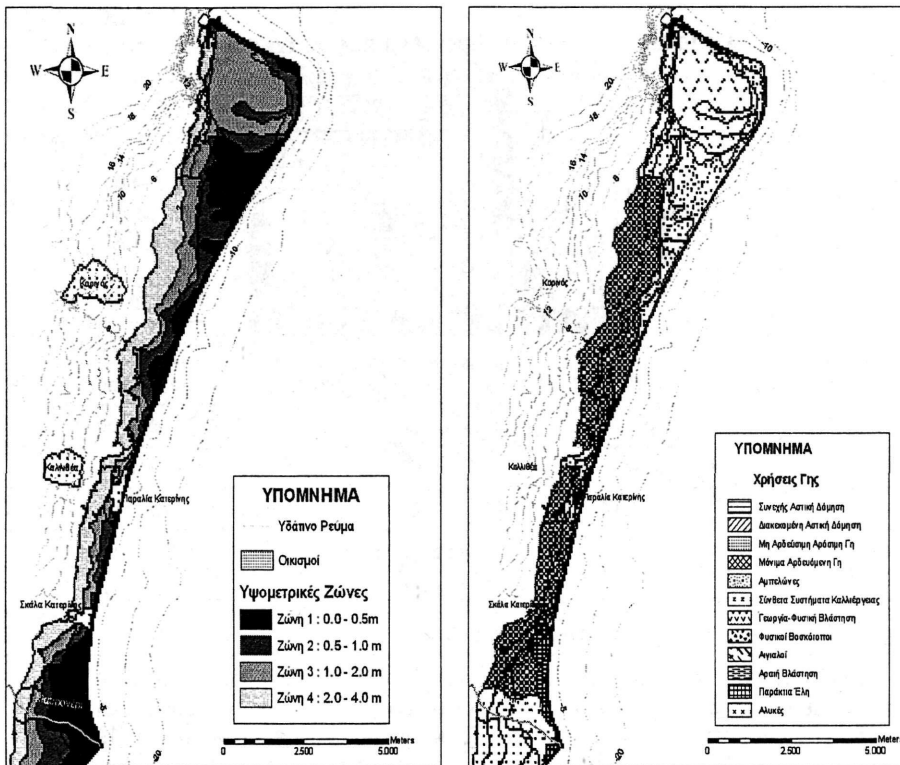


Σχήμα 3 . Διάγραμμα χρήσεων γης στις 4 υψομετρικές ζώνες.

Η συνολική έκταση της παράκτιας ζώνης με υψόμετρο μέχρι 0.5 m, που αναμένεται να αντιμετωπίσει άμεσα πρόβλημα κατάκλισης από τη θάλασσα έως το 2100, ανέρχεται σε 8,783 km<sup>2</sup>. Οι αρνητικές επιπτώσεις στη ζώνη αυτή αναμένεται να είναι σημαντικές για τον πρωτογενή τομέα διότι στην χαμηλή αυτή περιοχή η χρήση με την μεγαλύτερη έκταση είναι οι φυσικοί βοσκότοποι (3,464 km<sup>2</sup>) που αποτελούν τη μεταβατική ζώνη μεταξύ των παράκτιων άμμων και των καλλιεργειών. Οι περιοχές αυτές αδυνατούν να καλλιεργηθούν συστηματικά λόγω της έλλειψης δυνατότητας άρδευσης και κατάλληλης αποστράγγισης με αποτέλεσμα η χρήση τους να περιορίζεται στην βόσκηση. Μικρότερες εκτάσεις φιλοξενούν χρήσεις όπως μόνιμα αρδευόμενη γη (1,626 km<sup>2</sup>), σύνθετα συστήματα καλλιέργειας (1,21km<sup>2</sup>) και αιγιαλούς. Αναμφίβολα οι δύο πρώτες χρήσεις είναι μεγάλης οικονομικής σημασίας και η ενδεχόμενη κατάκλισή τους αναμένεται να επιφέρει αρνητικές συνέπειες στον πρωτογενή τομέα της παραγωγής. Σε ότι αφορά τους εκτεταμένους αιγιαλούς δεδομένου ότι αποτελούν δυναμικά μεταβαλλόμενες παράκτιες γεωμορφές δεν πρό-

κειται να εξαφανισθούν λόγω διάβρωσης με μια ενδεχόμενη άνοδο της θαλάσσιας στάθμης. Σύμφωνα με τον κανόνα του Bruun (1962) θα τροποποιήσουν τα χαρακτηριστικά τους (κοκκομετρία ιζημάτων, μορφολογικές κλίσεις, πλάτος κ.α.) και θα τα προσαρμόσουν στις νέες συνθήκες στις οποίες θα κληθούν να υπάρξουν. Το αποτέλεσμα αυτής της αντίδρασης θα είναι η σταδιακή τους μετανάστευση προς το εσωτερικό της ξηράς με αρνητικές συνέπειες στην κατανομή των χρήσεων γης στις υψηλότερες υψομετρικά ζώνες. Πολύ μικρές εκτάσεις σε αυτή την ζώνη καταλαμβάνουν χρήσεις όπως αστική δόμηση, αλυκές και γεωργία-φυσική βλάστηση. Η δόμηση αν και σε μικρότερο ποσοστό από τις υπόλοιπες χρήσεις είναι μεγάλης οικονομικής σημασίας για τους οικισμούς της Παραλίας και της Σκάλας Κατερίνης διότι στο μεγαλύτερο μέρος τους αφορούν ξενοδοχειακές εγκαταστάσεις, ξενώνες, ενοικιαζόμενα δωμάτια, εστιατόρια, καταστήματα λιανικής πώλησης κ.α. Η ενδεχόμενη καταστροφή τους θα αποτελέσει μεγάλο πλήγμα για την τοπική οικονομία που σε μεγάλο ποσοστό στηρίζεται στον τουρισμό.



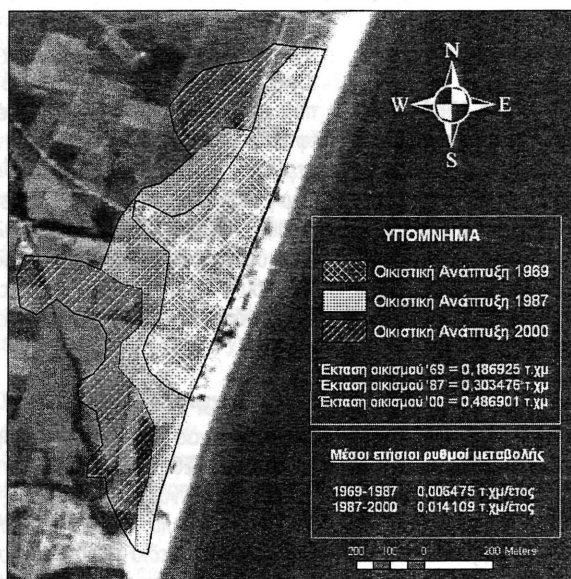


Σχήμα 4. (Αριστερά) Χάρτης υψομετρικών ζωνών. (Δεξιά) Χάρτης χρήσεων γης.

Η έκταση της δεύτερης σε επικινδυνότητα λόγω τοπογραφίας υψομετρικής ζώνης (0.5-1 m) ανέρχεται στα 6,832 km<sup>2</sup> ενώ αν συνυπολογιστεί και η έκταση της πρώτης ζώνης μιλάμε για μια περιοχή που ανέρχεται στα 15,615km<sup>2</sup>. Στην εν λόγω υψομετρική ζώνη την μεγαλύτερη έκταση καταλαμβάνουν (όπως και στην πρώτη αλλά με μικρότερες απόλυτες εκτάσεις) οι φυσικοί βοσκοτόποι και η μόνιμα αρδευόμενη γη με εκτάσεις 2,097 km<sup>2</sup> και 1,878 km<sup>2</sup> αντίστοιχα. Παραπλήσιες εκτάσεις καταλαμβάνουν οι αλυκές (1,151km<sup>2</sup>) και η μη αρδεύσιμη αρδύσιμη γη (1,112 km<sup>2</sup>).

Η τρίτη υψομετρική ζώνη (1-2 m) καταλαμβάνει την μεγαλύτερη έκταση μεταξύ των τεσσά-

ρων (10,296 km<sup>2</sup>). Χαρακτηριστική εδώ είναι η παρουσία των αλυκών οι οποίες καταλαμβάνουν έκταση 4,334 km<sup>2</sup> που αντιστοιχεί στο 42,10 % των συνολικών χρήσεων γης που φιλοξενούνται. Αν και η ζώνη αυτή δεν αναμένεται να υποστεί άμεσα συνέπειες λόγω της θαλάσσιας επίκλησης ακόμη και αν επαληθευτούν τα πιο απαισιόδοξα σενάρια ανόδου, η ενδεχόμενη καταστροφή ή μετεγκατάστασή των αλυκών θα είχε σημαντικές οικονομικές επιπτώσεις αφού αποτελούν έναν διόλου ευκαταφρόνητο οικονομικό πόρο για την περιοχή. Παράλληλα θα πρέπει να επισημανθεί και η συνεχώς αυξανόμενη έκταση της μόνιμα αρδευόμενης γης (3,451 km<sup>2</sup>) στην αμέσως υψηλότερη υψομετρική ζώνη.



Σχήμα 5. Διαχρονική εξέλιξη της δόμησης στον οικισμό της παραλίας Κατερίνης. Η σχεδίαση της έκτασης της οικιστικής ανάπτυξης έχει σχεδιασθεί στην αεροφωτογραφία του 1969.

Η τέταρτη και τελευταία υψομετρική ζώνη (2-4 m) καταλαμβάνει συνολικά έκταση 8,432 km<sup>2</sup> και χαρακτηρίζεται από απουσία δομημένων περιοχών, αλυκών, ελών και αιγιαλών ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό καταλαμβάνουν οι μόνιμα αρδευόμενες εκτάσεις (74,58%) που φτάνουν τα 6,287 km<sup>2</sup>.

Ο τουριστικός χαρακτήρας του οικισμού της παραλίας της Κατερίνης είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της δόμησης λόγω της κατασκευής νέων ξενοδοχειακών εγκαταστάσεων, ενοικιαζόμενων δωματίων και γενικότερα τουριστικών υποδομών που βελτιώνουν το προφίλ του οικισμού.

Στον πίνακα 2 παρατίθενται τα αποτελέσματα από την μελέτη της μεταβολής της δόμησης του οικισμού της παραλίας από το 1969 έως το 2000. Τα αποτελέσματα αυτά αφορούν παρατηρήσεις και εκτιμήσεις για την έκταση που καταλάμβανε ο οικισμός το 1969, 1987, και 2000 αντίστοιχα. Από τις τιμές που εκτιμήθηκαν για κάθε ένα από τα τρία αυτά έτη, υπολογίστηκαν οι μέσοι ρυθμοί και τα ποσοστά αύξησης της δόμησης για τα χρονικά διαστήματα 1969-1987 και 1987-2000 (Πίν. 3). Η διαχρονική αύξηση της έκτασης του οικισμού απεικονίζεται στο σχήμα 5.

	1969	1987	2000
Έκταση Οικισμού Παραλίας Κατερίνης (km <sup>2</sup> )	0,186925	0,303476	0,486901
	1969-1987		1987-2000
Ποσοστό Αύξησης Δόμησης (%)	38,4		37,6
M.E. Ρυθμός Αύξησης Δόμησης (km <sup>2</sup> / έτος)	0,006475		0,014109

Πίνακας 3. Έκταση του οικισμού της Παραλίας Κατερίνης (km<sup>2</sup>) για τα έτη 1969, 1987, 2000, ποσοστό (%) αύξησης της δόμησης για τα αντίστοιχα χρονικά διαστήματα και μέσος ετήσιος ρυθμός αύξησης της δόμησης (km<sup>2</sup>/έτος) για τα ίδια χρονικά διαστήματα.

Από τα παραπάνω αποτελέσματα γίνεται αντιληπτό ότι η δόμηση στον οικισμό της Παραλίας έχει υπερδιπλασιαστεί από το 1969 έως το 2000. Η έκταση του οικισμού το 1969 ανερχόταν σε 0.186925 km<sup>2</sup>, ενώ το 1987 αυξήθηκε κατά 38,3% φθάνοντας τα 0,303476 km<sup>2</sup>. Ο αντίστοιχος ρυθμός αύξησης ήταν για την πρώτη 18ετία 0,006475 km<sup>2</sup> / έτος. Από το 1987 έως το 2000 το ποσοστό αύξησης της δόμησης ανήλθε στο 37,6 %. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι η έκταση του οικισμού το έτος 2000 έφτασε τα 0,486901 km<sup>2</sup>. Ο αντίστοιχος ρυθμός για το ίδιο διάστημα ήταν 0,014109 km<sup>2</sup>/έτος. Συμπερασματικά από το 1969 έως το 2000 παρατηρήθηκε μια μεγάλη οικοδομική δραστηριότητα στον οικισμό για την κάλυψη των αναγκών σε τουριστικές κυρίως υποδομές γεγονός που καθιστά αναγκαία τη θωράκιση της περιοχής έναντι της συνεχιζόμενης διάβρωσης που αναμένεται να επιταχυνθεί με τη μελλοντική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης

#### 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η διαχρονική παρατήρηση των μεταβολών της ακτογραμμής από το 1969 έως το 2000 έδειξε ότι η περιοχή μελέτης υποχωρεί με σημαντικούς ρυθμούς που στο βόρειο τμήμα φθάνουν τα 22 cm/έτος. Στο νότιο τμήμα της περιοχής παρά την προέλαση που έλαβε χώρα κατά το διάστημα 1969-1987 την περίοδο μετά το 1987 άρχισε η διάβρωση με ρυθμούς ανάλογους με αυτούς που παρατηρούνται για την υπόλοιπη περιοχή. Κύρια αιτία για τη διάβρωση είναι η μείωση της στερεοπαροχής των ποτάμιων ρευμάτων που τροφοδοτούν την παράκτια ζώνη του Θερμαϊκού κόλπου με ίζημα και ο προσανατολισμός της ακτογραμμής στους επικρατούστες ανέμους.

Η ιδιαίτερα ευάλωτη, σε μια πιθανή άνοδο της θαλάσσιας στάθμης, χαμηλή παράκτια ζώνη μεταξύ της ακτογραμμής και της ισουΐφους του 1.0 μέτρου καταλαμβάνει έκταση 15,615 km<sup>2</sup> και φιλοξενεί χρήσεις γης μεγάλης κοινωνικοοικονομικής σημασίας για την περιοχή. Συγκεκριμένα απαντώνται εκτάσεις αρδευόμενη γης (22,43 %), καλλιέργειες (9,38 %), δομημένες εκτάσεις (2,06 %) και βοσκοτόπια (35,61 %). Ιδιαίτερα τρωτή θεωρείται η περιοχή της παραλίας Κατερίνης λόγω της έντονης ανθρώπινης δραστηριό-

τητας που συγκεντρώνει. Η διαχρονική μελέτη της δόμησης για τον οικισμό αυτό έδειξε μεγάλα ποσοστά αύξησης της δόμησης με ρυθμούς που έφταναν τα 0,014109 km<sup>2</sup>/έτος κατά την χρονική περίοδο 1987-2000. Θεωρείται απαραίτητη η λήψη μέτρων προστασίας της περιοχής ώστε να περιοριστούν οι αρνητικές επιπτώσεις από μια ενδεχόμενη άνοδο της θαλάσσιας στάθμης δεδομένου ότι η ανάπτυξη της περιοχής βασίζεται στον παράκτιο τουρισμό και τον πρωτογενή τομέα.

#### ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Γάκη-Παπαναστασίου Κ., Καρύμπαλης Ε. & Σενή Α. 2005. *Εκτίμηση επιπτώσεων από την αναμενόμενη άνοδο της στάθμης της θάλασσας κατά τον παρόντα αιώνα στο Αργολικό Πεδίο (Πελοπόννησος)*. Πρακτικά 3<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου Διαχείριση και Βελτίωση Παράκτιων Ζωνών, Αθήνα, 213-223.
- Μανιάτης Γ. 1996. *Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών*, Θεσσαλονίκη.
- Μαρουκιάν Χ, Παυλόπουλος Κ., Γάκη, Παπαναστασίου Κ. & Ζαμάνη Α. 2001. *Οι επιπτώσεις από την αναμενόμενη άνοδο της θαλάσσιας στάθμης στις χαμηλές παράκτιες περιοχές της Ηπειρωτικής Ελλάδας κατά τον επόμενο αιώνα*. Περιοδικό Γεωγραφίας τ. 1, 73-82.
- Παυλόπουλος Κ. Χ. Χαλκιάς & Καρύμπαλης Ε. 2002. *Εκτίμηση επιπτώσεων από τη μελλοντική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης στα νησιά Μύκονο Δήλο Ρήγεια*. Πρακτικά 6<sup>ου</sup> Πανελληνίου Γεωγραφικού Συνεδρίου τ. II Θεσσαλονίκη, 469-476.
- Bruun P. 1962. *Sea-level rise as a cause of shore erosion*. Journal of Waterways and Hourbour Division, 88, 117-130.
- Doukakis E. 2003. *The potential consequences of climate change on Kotychi lagoon*. CEST 2003, 170-175.
- El Raey M., Frihy O., Nasr S.M. & Dewidar KH. 1999b. *Vulnerability assesment of sea level rise over port Said Governorate, Egypt*. Environmental Monitoring and Assesment, 56, 113-128.

- Georgas D. 2000. *Implications of Accelerated Sea-Level Rise (ASLR) for Greece*, Proceeding of SURVAS Expert Workshop on European Vulnerability and Adaptation to impacts of Accelerated Sea-Level Rise (ASLR), Hamburg, 32-33.
- Jolouli G., Mickus K., Poulos SE., Chronis G., Collins, MB and V. Lykousis. 2000. *Thermaikos Coastal System NW Aegean Sea: an overview of water/sediment fluxes in relation to air-land-ocean interactions and human activities*. Journal of Marine Systems 25, 47-76.
- Karaca M. 2000. *Implications of Accelerated Sea-Level Rise (ASLR) for Turkey*, Proceedings of SURVAS Expert Workshop on European Vulnerability and Adaptation to impacts of Accelerated Sea-Level Rise (ASLR), 29-31.
- Karymbalis E. & Chalkias C. 2005. (2005). *A GIS – RS approach in vulnerability assessment of deltaic coastal zone due to the impact of sea-level rise*, In: Proceedings of International Symposium on GIS and Remote Sensing: Environmental Applications, Edited by Nicolas R. Dalezios and Hartwig Dobesch, Volos, Greece, 7-9 November 2003, pp 299-306.
- Karymbalis E. & Seni A. 2005. *Coastal geomorphology and future sea-level rise impacts at the eastern gulf of Argos (Greece)*. Proceedings of the 8th International Conference on the Mediterranean Coastal Environment, MEDCOAST, Kusadasi, 1287-1298.
- Meler M. K. & Wahr J. M. 2002. *Sea level is rising: Do we know why?*, 99/10:6524-6526, Boulder.
- ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ, Α. (1991) *Η εξέλιξη του Πηνειού ποταμού της Θεσσαλίας*. 2<sup>ο</sup> Συμπόσιο Τρικαλινών Σπουδών. Τρίκαλα.