



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΗΠΕΙΡΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ Ε.Π.  
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΣ ΗΠΕΙΡΟΥ

**Επιχειρησιακό Πρόγραμμα  
Περιφέρειας Ηπείρου  
2014-2020**

Ειδική Υπηρεσία Διαχείρισης Επιχειρησιακού Προγράμματος Περιφέρειας Ηπείρου

Με την συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

ΕΣΠΑ  
2014-2020  
ανάπτυξη - εργασία - αλληλεγγύη

**Έργο : «ΜΕΛΕΤΗ, ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΚΑΙ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ  
ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΕΠΙ ΤΗΣ ΔΕΛΤΑΪΚΗΣ  
ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΚΑΛΑΜΑ»**

**Αρ. Σύμβασης : 5006050**

**«Π1.1» ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ**

**«Αναλυτική Τεχνική Έκθεση της πρόσφατης ποιοτικής  
μεταβολής της δελταϊκής ακτογραμμής»**

**Ιωάννινα, 31/08/2017**

## Περιεχόμενα

Περίληψη .....	1
1. Εισαγωγή.....	2
1.1 Μεταβολή της παγκόσμιας θαλάσσιας στάθμης.....	2
2. Το δέλτα του ποταμού Καλαμά .....	4
2.1 Γεωγραφική θέση.....	4
2.2 Γεωλογία και τεκτονική της περιοχής έρευνας.....	5
3. Πρόσφατη μεταβολή της δελταϊκής ακτογραμμής του ποταμού Καλαμά .....	7
Συμπεράσματα.....	11
Βιβλιογραφικές αναφορές.....	12

## Περιεχόμενα εικόνων

Εικόνα 3. 1: Απεικόνιση του βόρειου (αριστερή εικόνα) και του νότιου (δεξιά εικόνα) τμήματος του δέλτα του ποταμού Καλαμά μέσω αεροφωτογραφιών κατά το έτος λήψης 1945 (από Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού).....	8
Εικόνα 3. 2: Απεικόνιση του βόρειου (αριστερή εικόνα) και του νότιου (δεξιά εικόνα) τμήματος του δέλτα του ποταμού Καλαμά μέσω αεροφωτογραφιών κατά το έτος λήψης 1969 (από Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού).....	8
Εικόνα 3. 3: Απεικόνιση του βόρειου (αριστερή εικόνα) και του νότιου (δεξιά εικόνα) τμήματος του δέλτα του ποταμού Καλαμά μέσω αεροφωτογραφιών κατά το έτος λήψης 1980 (από Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού).....	9
Εικόνα 3. 4: Απεικόνιση του βόρειου (αριστερή εικόνα) και του νότιου (δεξιά εικόνα) τμήματος του δέλτα του ποταμού Καλαμά μέσω αεροφωτογραφιών κατά το έτος λήψης 1995 (από Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού).....	9
Εικόνα 3. 5: Απεικόνιση της σημερινής εικόνας του δέλτα του ποταμού Καλαμά (από Google maps).....	10

## Περίληψη

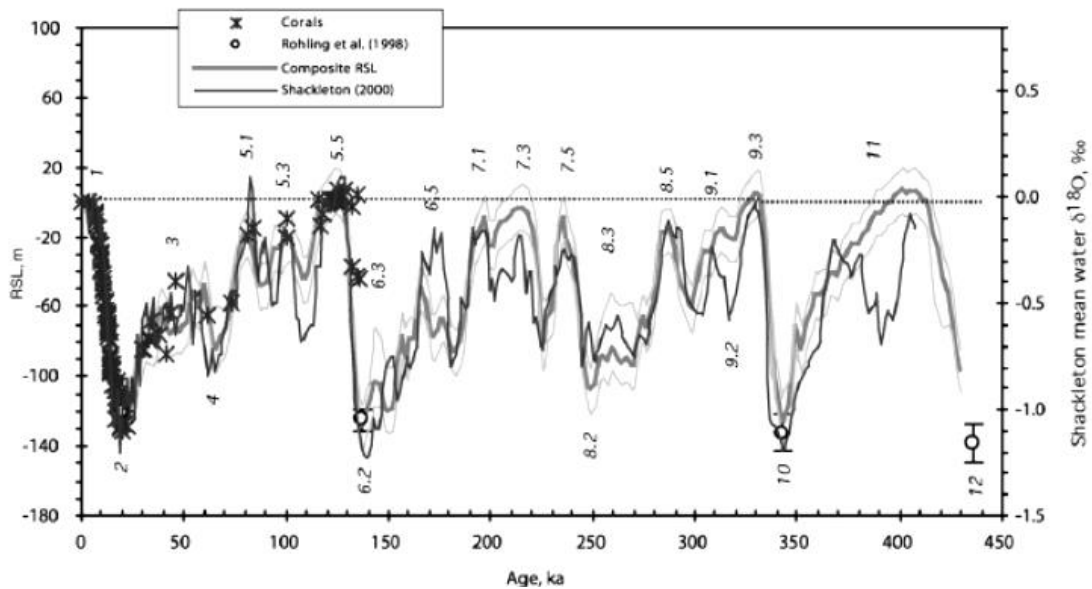
Τα Δέλτα των ποταμών συγκαταλέγονται μεταξύ των πιο πολύπλοκων και δυναμικά μεταβαλλόμενων συστημάτων της παράκτιας ζώνης, εξαιτίας των πολλών φυσικών παραγόντων που συμμετέχουν στη διαμόρφωση και εξέλιξή τους. Περισσότερα από τα δύο τρίτα των μεγαλύτερων δέλτα των ποταμών του κόσμου συρρικνώνονται λόγω της επιδεινούμενης κλιματικής αλλαγής, το οποίο σε συνδυασμό με την ανθρώπινη δραστηριότητα εντείνει την εξαφάνισή τους. Συγκεκριμένα, η παράκτια ζώνη του ελλαδικού χώρου, η οποία συνίσταται στο μεγαλύτερο τμήμα της από δέλτα ποταμών, απειλείται από την ολοένα και αυξανόμενη άνοδο της θαλάσσιας στάθμης κατά τις τελευταίες δεκαετίες. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την παρουσία του χαμηλού αναγλύφου που επικρατεί στις ελληνικές δελταϊκές ακτογραμμές, θέτουν σε κίνδυνο ένα μεγάλο τμήμα του ζωτικού της χώρου. Χαρακτηριστική περίπτωση αποτελεί η ευρύτερη περιοχή των εκβολών του ποταμού Καλαμά, όπου παρατηρείται μια χρονικώς εξελισσόμενη μεταβολή της χαμηλού υψομέτρου παράκτιας ζώνης της, η οποία σε συνδυασμό με το πλημμυρικό καθεστώς που παρατηρείται στην περιοχή και τη διάβρωση και υποχώρηση της ακτογραμμής, οι οποίες αναμένεται να ενταθούν μεσοπρόθεσμα με την άνοδο της θαλάσσιας στάθμης (IPCC, 2007), κρίνονται άκρως απειλητικές για την ευρύτερη περιοχή, ένα μεγάλο μέρος της οποίας καταλαμβάνεται από καλλιεργήσιμα εδάφη. Συνεπώς, οι επιπτώσεις θα είναι σημαντικές όχι μόνο για τις τοπικές αγροτικές οικονομίες αλλά και σε περιβαλλοντικό και κοινωνικο-οικονομικό επίπεδο, καθώς η περιοχή είναι υψίστης σημασίας αφού είναι ενταγμένη στο Ευρωπαϊκό Οικολογικό Δίκτυο Natura 2000.

Απώτερος στόχος της παρούσας έρευνας είναι η ανάπτυξη ενός μορφο – δυναμικού μοντέλου πρόβλεψης της μελλοντικής μεταβολής της δελταϊκής ακτογραμμής του ποταμού Καλαμά, η οποία θα αποδίδει μια ολοκληρωμένη εικόνα της βραχυπρόθεσμης, μεσοπρόθεσμης και μακροπρόθεσμης μεταβολής της, βάσει συλλογής και μελέτης παρελθόντων κλιματικών και γεωμορφολογικών δεδομένων, καθώς και η ανάπτυξη/προώθηση ενός Ολοκληρωμένου Διαχειριστικού Σχεδίου για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων στην περιοχή λόγω επαπειλούμενης μελλοντικής διάβρωσής της. Για το σκοπό αυτό, αρχικά επιχειρείται η απόκτηση εποπτικής εικόνας της μεταβολής της δελταϊκής ακτογραμμής του ποταμού κατά το παρελθόν, μέσω της μελέτης των διαθέσιμων αεροφωτογραφιών και δορυφορικών εικόνων διαφορετικών ετών λήψης, καθώς και των ιστορικών στοιχείων και καταγραφών των πιο πρόσφατων μεταβολών της θαλάσσιας στάθμης στην περιοχή.

# 1. Εισαγωγή

## 1.1 Μεταβολή της παγκόσμιας θαλάσσιας στάθμης

Κατά τις τελευταίες δεκαετίες, έχει παρατηρηθεί δραματική αύξηση της μέσης παγκόσμιας θαλάσσιας στάθμης, αφενός λόγω της ανακατανομής ηπείρων και ωκεανών μέσα από ορογενετικές διαδικασίες και αφετέρου λόγω της κλιματικής αλλαγής. Παρατηρώντας την εξέλιξη της παγκόσμιας θαλάσσιας στάθμης κατά τα τελευταία 500 ka, παρατηρείται ότι κατά τη μεσοπαγετώδη περίοδο των 400 ka (MIS 11) η στάθμη της θάλασσας βρισκόταν περίπου στα σημερινά επίπεδα (Rohling et al., 2010) όπως και για τις νεότερες μεσοπαγετώδεις περιόδους των 320 ka (MIS 9c), 237 ka και 197 ka (MIS 7e και MIS 7a αντίστοιχα) (Εικ. 1.1) (Rabineau et al., 2006). Στις επόμενες νεότερες μεσοπαγετώδεις περιόδους (Otto-Bliesner et al., 2006; Siddall et al., 2008; Kopp et al., 2009) παρατηρείται ένας ρυθμός αύξησης της στάθμης της θάλασσας.

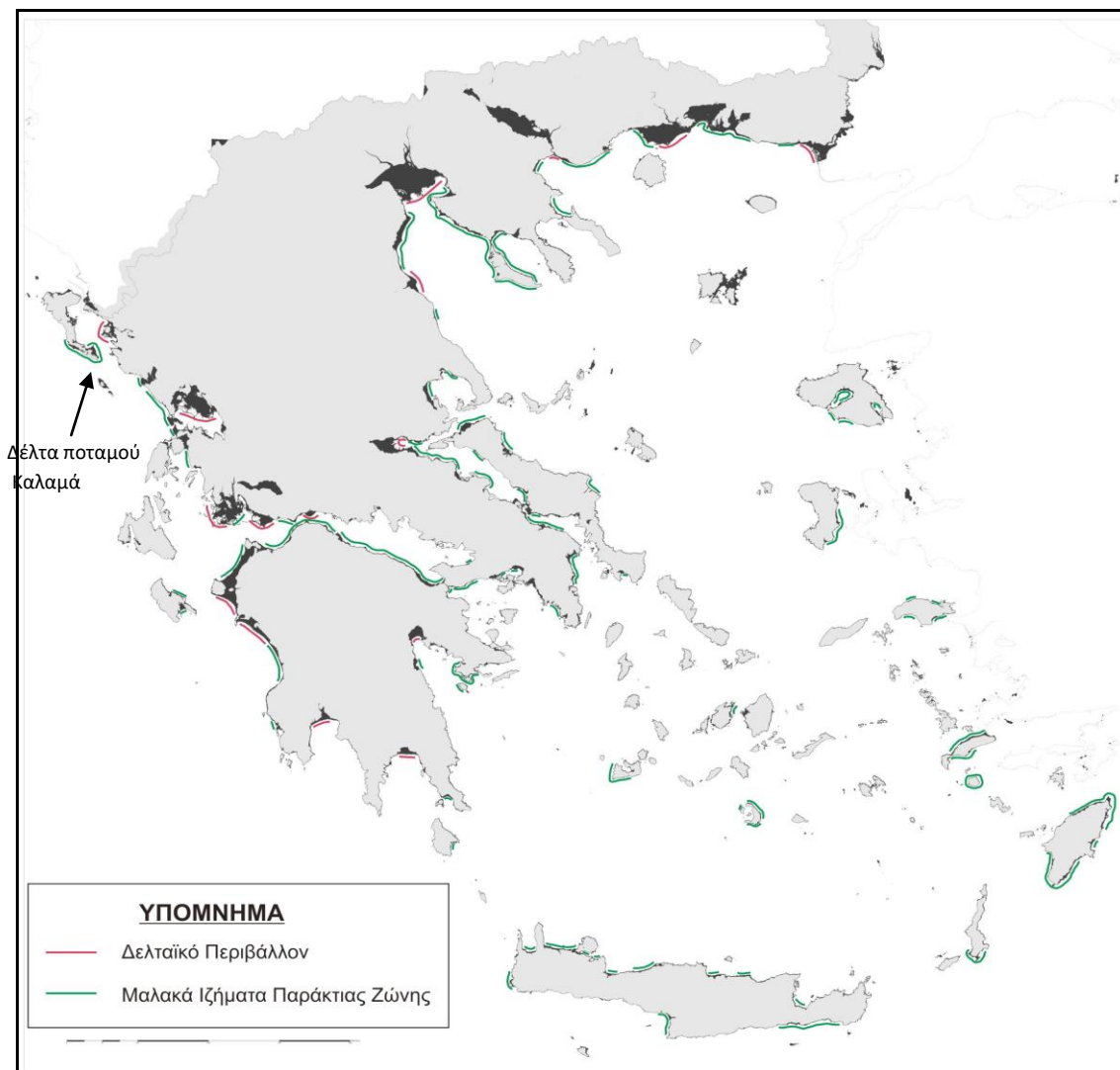


**Εικόνα 1. 1: Ευστατική καμπύλη της σχετικής θαλάσσιας στάθμης κατά τα τελευταία 450 χιλιάδες χρόνια (Waelbroeck et al., 2002).**

Από την τελευταία παγετώδη περίοδο έως τη μέγιστη στάθμη της ολοκαινικής θερμής περιόδου (2–3 ka) παρατηρείται άνοδος της θαλάσσιας στάθμης κατά 120 μέτρα (Shackleton N., 2000; Waelbroeck et al., 2002; Siddall et al., 2003; Peltier and Fairbanks, 2006), ενώ από τα 2–3 ka πριν μέχρι τον 19<sup>ο</sup> αιώνα παρατηρούνται μικρές μεταβολές της στάθμης της. Σήμερα, ο ρυθμός ανόδου της θαλάσσιας στάθμης είναι της τάξης των 1–2 mm/year (Bindoff et al., 2007), ενώ εκτιμάται ότι στο μέλλον θα αυξηθεί λόγω της κλιματικής αλλαγής (Church et al., 2001).

Η ανοδική τάση της θαλάσσιας στάθμης κατά τις τελευταίες δεκαετίες σε συνδυασμό με τις προβλέψεις (IPCC 2007) για ακόμη μεγαλύτερη αύξηση αυτής έως και 2 m μέχρι το 2100, καθιστά επιτακτική την ανάγκη διερεύνησης των παράκτιων περιοχών υψηλής επικινδυνότητας λόγω προέλασης της θάλασσας. Στον ελλαδικό χώρο, περιοχές υψηλότερης επικινδυνότητας αποτελούν οι δελταϊκές (Παπανικολάου et al., 2011), οι οποίες είναι παράκτιες περιοχές χαμηλού υψομέτρου αποτελούμενες κυρίως από χαλαρά μη συνεκτικά ιζήματα, όπως η δελταϊκή περιοχή του Εύηνου στο Μεσολόγγι, του Καλαμά στην Ηγουμενίτσα, του Αχελώου, του

Μόρνου στον Κορινθιακό (κοντά στην Ναύπακτο), του Πηνειού και του Αλφειού στην Ηλεία, του Αλιάκμονα και του Αξιού στον Θερμαϊκό, του Πηνειού στο Βόρειο Αιγαίο (κοντά στον Πλαταμώνα), του Στρυμόνα στην Αμφίπολη, του Νέστου (προς τα Άβδηρα), του Έβρου, όπως επίσης και οι δελταϊκές περιοχές στους κόλπους του Μαλλιακού, του Αμβρακικού, του Λακωνικού, του Μεσσηνιακού και Αργολικού (Εικ. 1.2).



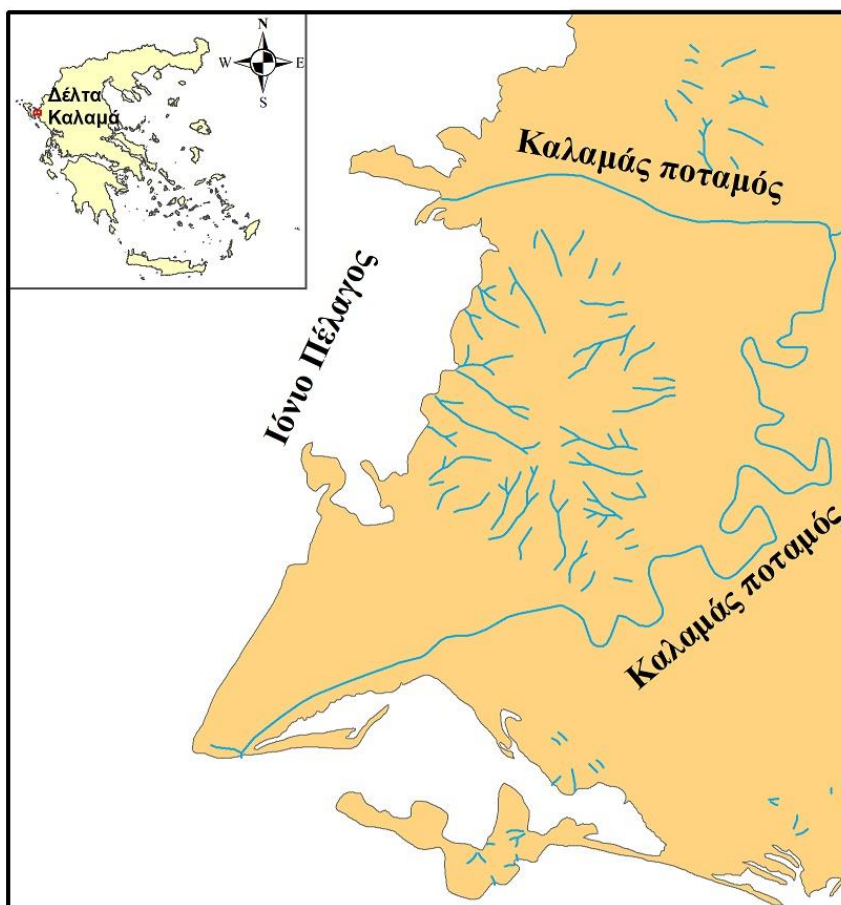
**Εικόνα 1. 2:** Χάρτης απεικόνισης παράκτιων ζωνών υψηλής τρωτότητας στην άνοδο της θαλάσσιας στάθμης (ερυθρό χρώμα) και μέτριας τρωτότητας (πράσινο χρώμα).

Παρατηρώντας τον παραπάνω χάρτη, γίνεται αντιληπτό ότι η περιοχή μελέτης ανήκει στις περιοχές υψηλής τρωτότητας σε ενδεχόμενη μελλοντική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης και επομένως χρήζει άμεσης αντιμετώπισης καθώς απειλείται ο παράκτιος ζωτικός της χώρος. Συνεπώς, οι περιβαλλοντικές και κοινωνικο-οικονομικές επιπτώσεις στις τοπικές κοινωνίες θα είναι άμεσες, αφού η περιοχή αφενός αποτελεί πόλο έλξης για την εγκατάσταση μεγάλου μέρους του πληθυσμού της Ηγουμενίτσας συγκεντρώνοντας μεγάλο τμήμα τουριστικών, γεωργικών και αλιευτικών δραστηριοτήτων και αφετέρου ανήκει στο Ευρωπαϊκό Οικολογικό Δίκτυο Natura 2000.

## 2. Το δέλτα του ποταμού Καλαμά

### 2.1 Γεωγραφική θέση

Ο ποταμός Καλαμάς (Θύαμις) πηγάζει από τα ελληνοαλβανικά σύνορα και διασχίζοντας την Ήπειρο εκβάλλει στο Ιόνιο πέλαγος (Εικ. 2.1). Το Δέλτα του ποταμού έχει έκταση 78 km<sup>2</sup> και περιλαμβάνει τη νέα και την παλαιά κοίτη του ποταμού, αλλά και ελώδεις και υφάλμυρες εκτάσεις, υγρά λιβάδια, αλίπεδα, καλαμώνες και δασύλλια με αρμυρίκια (Εικ. 2.2). Το υψόμετρο των επίπεδων δελταϊκών εκτάσεων κυμαίνεται από 0 έως 12 m, ενώ μέσα σε αυτές ορθώνονται υψηλοί λόφοι μορφής νησιών, αλλά και άλλοι μικρότεροι.



Εικόνα 2. 1: Γεωγραφική θέση του δέλτα του ποταμού Καλαμά.

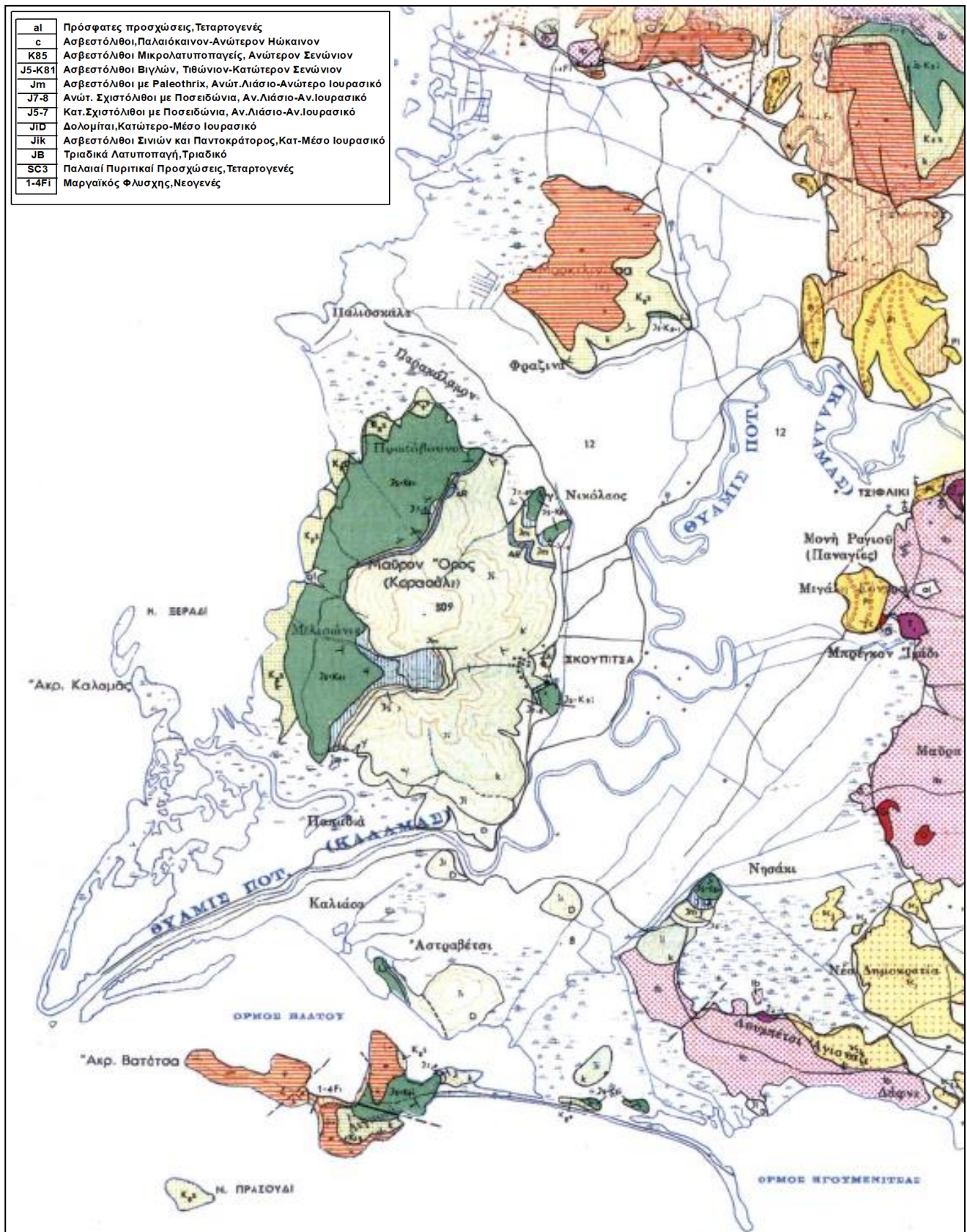


**Εικόνα 2. 2: Το δέλτα του ποταμού Καλαμά.**

## 2.2 Γεωλογία και τεκτονική της περιοχής έρευνας

Η γεωλογία της περιοχής (Εικ. 2.3) καθώς και η τεκτονική της έπαιξαν καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση και εξέλιξη του δέλτα του ποταμού Καλαμά. Το δέλτα του ποταμού αποτελείται από αλπικούς και μεταλπικούς σχηματισμούς, ενώ σε ένα μεγάλο τμήμα αυτού και κατά μήκος της κοίτης του απαντώνται χαλαρές ολοκαινικές αποθέσεις. Όλα τα ιζήματα που απαντώνται στην περιοχή έρευνας εμφανίζονται πτυχωμένα με εξαίρεση τις τεταρτογενείς αποθέσεις. Στο μεγαλύτερο τμήμα της περιοχής απαντώνται πρόσφατες προσχώσεις του ποταμού Καλαμά, το δέλτα του οποίου αναπτύσσεται προεκτεινόμενο στο Ιόνιο Πελάγος. Το ορεινό τμήμα της περιοχής αποτελείται κυρίως από ασβεστόλιθους με μικρή παρουσία σχιστολίθων, δολομιτών και φλύσχη (Γεωλογικό Φύλλο Σαγιάδα, ΙΓΜΕ 1969, κλίμακα 1:50.000). Όσον αφορά στην τεκτονική της περιοχής, εμφανίζεται μικρή σεισμική δραστηριότητα η οποία εντοπίζεται στην παράκτια δελταϊκή ζώνη του ποταμού (Καραγεωργίου, 1958). Η γενική διεύθυνση κλίσης όλων των ιζημάτων είναι ΒΑ ενώ των ρηγμάτων Α-Δ και ΒΔ-ΝΑ.

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι παρατηρώντας τη γεωλογία-τεκτονική (πτυχωμένα και ευδιάβρωτα ιζήματα) της περιοχής έρευνας και λαμβάνοντας υπόψη τις κλιματολογικές συνθήκες (αυξημένες βροχοπτώσεις), γίνεται αντιληπτό ότι ευνοείται η αύξηση της στερεοπαροχής του ποταμού με αποτέλεσμα τη μεταφορά και απόθεση σημαντικής ποσότητας ιζήματος στις εκβολές του. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τις παρατηρήσεις των αεροφωτογραφιών και δορυφορικών εικόνων διαφορετικών ετών λήψης θα μπορούσε να οδηγήσει σε μία πιο ολοκληρωμένη εκτίμηση της ποιοτικής μεταβολής της δελταϊκής ακτογραμμής του ποταμού Καλαμά.



Εικόνα 2. 3: Γεωλογικός χάρτης του δέλτα ποταμού Καλαμά (από Γεωλογικό Φύλλο Σαγιάδας, ΙΓΜΕ, 1969-κλίμακα 1:50.000).

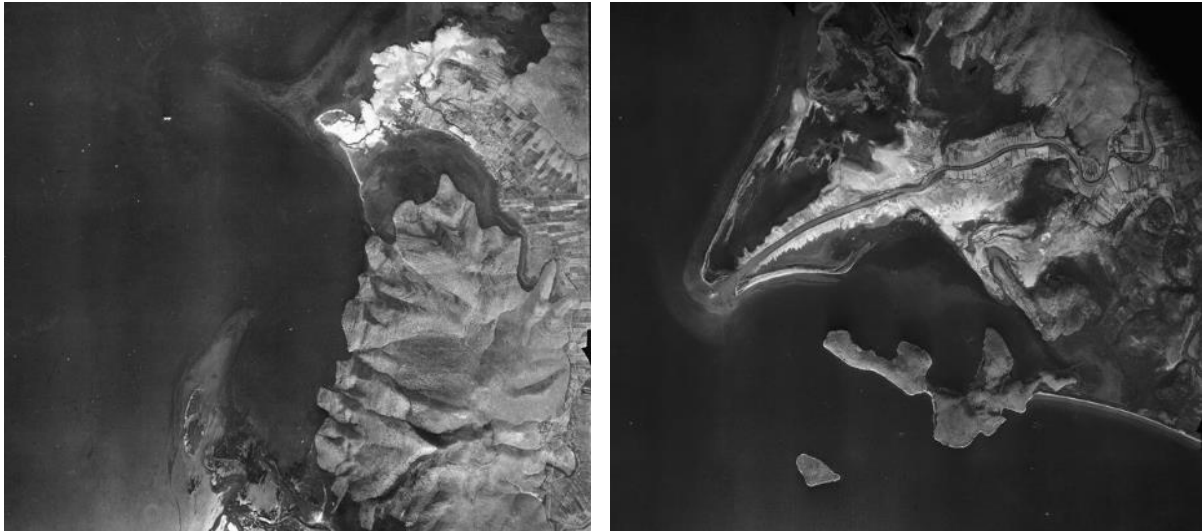


### 3. Πρόσφατη μεταβολή της δελταϊκής ακτογραμμής του ποταμού Καλαμά

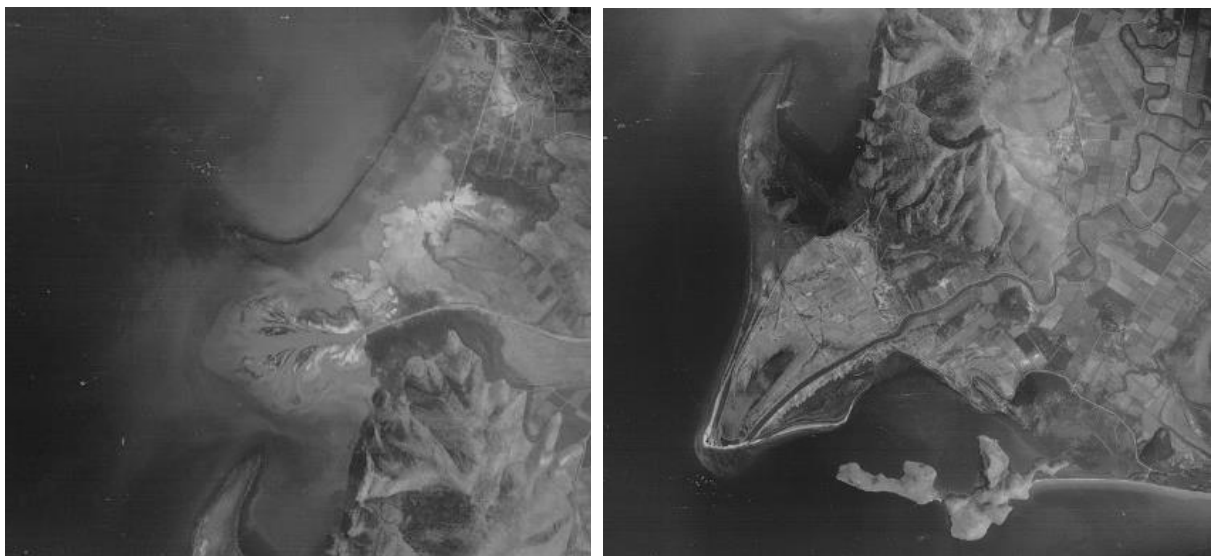
Για τη διερεύνηση της πρόσφατης ποιοτικής μεταβολής της δελταϊκής ακτογραμμής του ποταμού, πραγματοποιήθηκε μελέτη των διαθέσιμων αεροφωτογραφιών διαφορετικών ετών λήψης της παράκτιας χερσαίας και θαλάσσιας περιοχής καθώς και μελέτη ιστορικών στοιχείων και καταγραφών των πιο πρόσφατων μεταβολών της θαλάσσιας στάθμης στην περιοχή.

Σύμφωνα με μελέτες (Maroukian et al., 1995, Καραγεωργίου, 2005) που πραγματοποιήθηκαν στην περιοχή, έχει παρατηρηθεί μεταβολή της πορείας του ποταμού αρκετές φορές κατά το παρελθόν, με αποτέλεσμα την ανάπτυξη διαφορετικών ενεργών κοιτών και κατ' επέκταση διαφορετικών εκβολών. Καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση της δελταϊκής πεδιάδας έπαιξε το καθεστώς βροχοπτώσεων, το γεωλογικό υπόβαθρο, οι παροχές και η ιζηματοπόθεση του ποταμού καθώς και οι ανθρωπογενείς παρεμβάσεις. Ο βασικότερος παράγοντας που καθόρισε την πρόσφατη εξέλιξη της δελταϊκής πεδιάδας του ποταμού Καλαμά ήταν η κατασκευή ενός χαμηλού αρδευτικού φράγματος, το 1962, το οποίο οδήγησε στην εγκατάλειψη της ενεργού κοίτης του και στην κατασκευή ενός τεχνητού αρδευτικού καναλιού για τη διοχέτευση των υδάτων. Άμεση συνέπεια αυτού ήταν η εγκατάλειψη των παλαιών εκβολών του ποταμού στο νότιο τμήμα της δελταϊκής πεδιάδας και η δημιουργία νέων εκβολών στο βόρειο τμήμα αυτής. Την εγκατάλειψη των παλαιών εκβολών ακολούθησε η καθίζηση του εδάφους και η βαθμιαία προέλαση της θάλασσας στο νότιο τμήμα του δέλτα, έχοντας άμεσες κοινωνικο-οικονομικές επιπτώσεις για την περιοχή καθώς φιλοξενεί πληθώρα καλλιεργήσιμων εκτάσεων και αρδευτικών έργων.

Στην παρούσα έρευνα, πραγματοποιήθηκε συλλογή και μελέτη των διαθέσιμων αεροφωτογραφιών των ετών 1945, 1969, 1980 και 1995, όπου απεικονίζονται τόσο οι παλαιές όσο και οι νέες εκβολές του δέλτα, προκειμένου να γίνει συγκριτική παρατήρηση αυτών και να αποκτηθεί εποπτική εικόνα της μεταβολής της δελταϊκής ακτογραμμής του ποταμού Καλαμά. Παρατηρώντας τις αεροφωτογραφίες του έτους 1945 (Εικ. 3.1) διαπιστώνουμε ότι οι βόρειες εκβολές του δέλτα δεν είναι ενεργές, σε αντίθεση με τις νότιες οι οποίες εμφανίζονται ενεργές με μία ελώδη έκταση να είναι εμφανής στο βόρειο τμήμα της κοίτης του ποταμού. Στις αεροφωτογραφίες του 1969 (Εικ. 3.2) παρατηρούμε ότι η ελώδης έκταση του νότιου δέλτα που ήταν εμφανής στις αεροφωτογραφίες του 1945, έχει αποξηρανθεί και οι νότιες εκβολές είναι ανενεργές. Ως ενεργές πλέον εμφανίζονται οι βόρειες εκβολές της δελταϊκής πεδιάδας, το οποίο υποδεικνύει εκτροπή στην πορεία του ποταμού κατά τη χρονική περίοδο παρατήρησης από το 1945 έως το 1969. Καθοριστικό ρόλο στην εκτροπή του ποταμού έπαιξε η κατασκευή του αρδευτικού φράγματος, το 1962, η οποία οδήγησε στην εγκατάλειψη της παλαιάς κοίτης του και στη δημιουργία νέας στο βόρειο τμήμα.



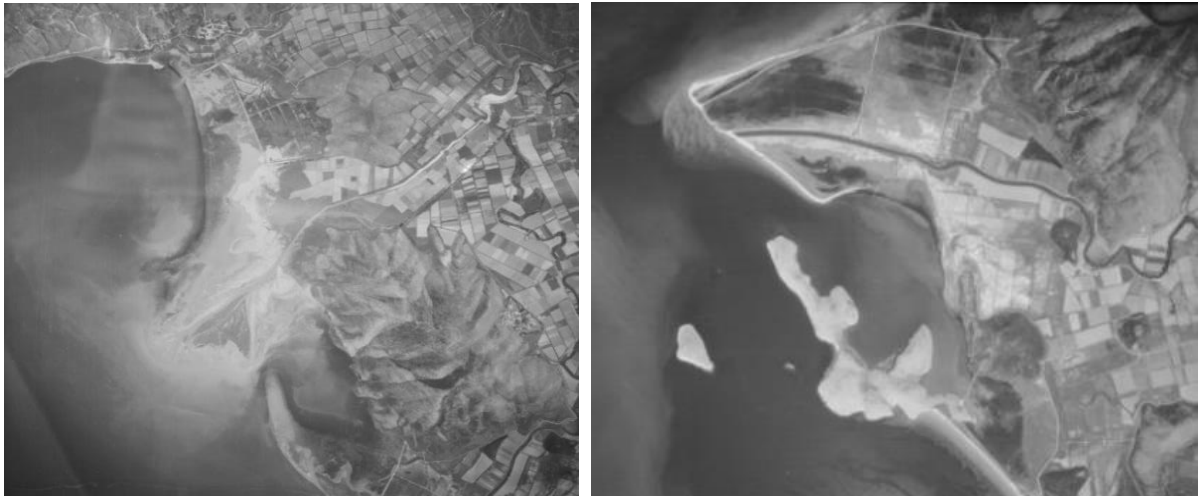
**Εικόνα 3. 1:** Απεικόνιση του βόρειου (αριστερή εικόνα) και του νότιου (δεξιά εικόνα) τμήματος του δέλτα του ποταμού Καλαμά μέσω αεροφωτογραφιών κατά το έτος λήψης 1945 (από Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού).



**Εικόνα 3. 2:** Απεικόνιση του βόρειου (αριστερή εικόνα) και του νότιου (δεξιά εικόνα) τμήματος του δέλτα του ποταμού Καλαμά μέσω αεροφωτογραφιών κατά το έτος λήψης 1969 (από Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού).

Από την παρατήρηση των αεροφωτογραφιών του 1980, διαπιστώνουμε ότι συνεχίζεται η προσφορά ποτάμιου ιζήματος στις νέες εκβολές, αφού φαίνεται να έχει αυξηθεί σημαντικά η έκτασή τους (Εικ. 3.3). Αντιθέτως, οι εκβολές του ποταμού στο νότιο τμήμα παραμένουν ανενεργές με τη θάλασσα να έχει προελάσει αρκετά, οδηγώντας στη σταδιακή υποχώρηση της δελταϊκής ακτογραμμής τους κατά την περίοδο παρατήρησης από το 1969 έως το 1980. Συνεπώς, η διακοπή της τροφοδοσίας των νότιων εκβολών με ποτάμιο ιζημα σε συνδυασμό με την άνοδο της θαλάσσιας στάθμης, οδηγούν στην ολοένα και αυξανόμενη υποχώρηση της χέρσου και σταδιακή μετατροπή της σε λιμνοθάλασσα. Στις αεροφωτογραφίες του 1995 (Εικ. 3.4), φαίνεται να παραμένουν ενεργές οι βόρειες εκβολές της δελταϊκής πεδιάδας με την έκτασή τους να έχει αυξηθεί ακόμη περισσότερο, ενώ στο νότιο τμήμα των εκβολών συνεχίζει η προέλαση της θάλασσας με τη δελταϊκή ακτογραμμή να έχει υποχωρήσει αρκετά. Παρατηρώντας τη σημερινή εικόνα (Εικ. 3.5) του δέλτα του ποταμού Καλαμά διαπιστώνουμε ότι

οι μεταβολές στις εκβολές ακολουθούν παρόμοιους ρυθμούς με την περίοδο παρατήρησης από το 1980 έως το 1995.



**Εικόνα 3. 3:** Απεικόνιση του βόρειου (αριστερή εικόνα) και του νότιου (δεξιά εικόνα) τμήματος του δέλτα του ποταμού Καλαμά μέσω αεροφωτογραφιών κατά το έτος λήψης 1980 (από Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού).



**Εικόνα 3. 4:** Απεικόνιση του βόρειου (αριστερή εικόνα) και του νότιου (δεξιά εικόνα) τμήματος του δέλτα του ποταμού Καλαμά μέσω αεροφωτογραφιών κατά το έτος λήψης 1995 (από Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού).



**Εικόνα 3. 5: Απεικόνιση της σημερινής εικόνας του δέλτα του ποταμού Καλαμά (από Google maps).**

Συμπερασματικά, διαπιστώνουμε ότι κατά την περίοδο παρατήρησης από το 1945 έως σήμερα το δέλτα του ποταμού Καλαμά παρουσιάζει μεταβολή της ακτογραμμής του, με το νότιο τμήμα να κατακλύζεται σταδιακά από τη θάλασσα και το βόρειο να αναπτύσσεται προς το Ιόνιο πέλαγος. Για την περίοδο παρατήρησης 1945 έως 1969, δεν παρατηρείται ουσιαστική μεταβολή της ακτογραμμής σε αντίθεση με τη χρονική περίοδο 1969-1980 όπου η μεταβολή είναι σημαντική, αφού στο βόρειο τμήμα έχουν σχηματιστεί πλέον οι νέες εκβολές του ποταμού οι οποίες έχουν αναπτυχθεί αρκετά προς το Ιόνιο πέλαγος και στο νότιο τμήμα των παλιών εκβολών έχει ήδη ξεκινήσει η μετατροπή σε λιμνοθάλασσα. Την επόμενη περίοδο παρατήρησης 1980 έως σήμερα, οι μεταβολές που παρατηρούνται είναι μικρής έκτασης, όπου στις βόρειες εκβολές συνεχίζεται η προέλαση της χέρσου προς το Ιόνιο πέλαγος και στις νότιες εκβολές συνεχίζεται η προέλαση της θάλασσας στη δελταϊκή πεδιάδα.

Πράγματι, οι παρατηρήσεις αυτές επιβεβαιώνονται από έρευνες στην περιοχή (Καραγεωργίου 2005; Καρύμπαλης και Γάκη-Παπαναστασίου, 2005) οι οποίες δείχνουν υποχώρηση των νότιων εκβολών της δελταϊκής πεδιάδας με ρυθμούς  $0,077 \text{ km}^2/\text{έτος}$  την περίοδο 1965-1969,  $0,08 \text{ km}^2/\text{έτος}$  την περίοδο 1969-1989 και  $0,02 \text{ km}^2/\text{έτος}$  την περίοδο 1989-2000 και προέλαση των βόρειων εκβολών με ρυθμούς  $0,002 \text{ km}^2/\text{έτος}$  την περίοδο 1965-1969,  $0,008 \text{ km}^2/\text{έτος}$  την περίοδο 1969-1989 και  $0,002 \text{ km}^2/\text{έτος}$  την περίοδο 1989-2000.

## Συμπεράσματα

Σύμφωνα με τις παρατηρήσεις των αεροφωτογραφιών, διαφορετικών ετών λήψης, διαπιστώνουμε ότι ενδεχόμενη μελλοντική άνοδος της θαλάσσιας στάθμης θα μπορούσε να οδηγήσει στη διάβρωση και σημαντική υποχώρηση της περιοχής των νότιων-παλαιών εκβολών της δελταϊκής πεδιάδας του ποταμού Καλαμά. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με το χαμηλό ανάγλυφο (<0,5 m) που παρουσιάζουν τα δέλτα θα μπορούσαν να αποτελέσουν σημαντικό πρόβλημα για την περιοχή, καθώς θα απειλούσαν με περιορισμό ή ακόμη και με εξαφάνιση μεγάλο τμήμα του παράκτιου ζωτικού χώρου του νότιου δέλτα του, δεδομένου ότι το τμήμα χαμηλού αναγλύφου στην περιοχή καταλαμβάνει έκταση περίπου 7,02 km<sup>2</sup> (Καρύμπαλης και Γάκη-Παπαναστασίου, 2005). Μικρότερο πρόβλημα ενδέχεται να αντιμετωπίσει το τμήμα των βόρειων-νέων εκβολών, όπου η άνοδος της θαλάσσιας στάθμης εξισορροπείται από την τροφοδοσία ποτάμιου ιζήματος και συνεπώς αναπτύσσεται συνεχώς νέο τμήμα χέρσου προς το Ιόνιο πέλαγος.

Επόμενο βήμα της παρούσας έρευνας αποτελεί η ποσοτική διερεύνηση της μεταβολής της δελταϊκής ακτογραμμής του ποταμού Καλαμά, προκειμένου να αναπτυχθούν πιθανά σενάρια μελλοντικής πρόβλεψης της εξέλιξής της βραχυπρόθεσμα, μεσοπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα. Επιπλέον, δεδομένης της τρωτότητας που παρουσιάζει η περιοχή μελέτης, η ανάπτυξη ενός Ολοκληρωμένου Διαχειριστικού Σχεδίου θα αποτελούσε θεμελιώδες εργαλείο για την άμεση αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής κατά μήκος της δελταϊκής ακτογραμμής του ποταμού Καλαμά.

## Βιβλιογραφικές αναφορές

Bindoff N.L., Willebrand J., Artale V., Cazenave A., Gregory J., Gulev S., Hanawa K., Le Quéré C., Levitus S., Nojiri Y., Shum C.K., Talley L.D., Unnikrishnan A., 2007: Observations: Oceanic climate change and sea level, In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K.B., Tignor M. and Miller H.L. (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 385–432.

Church J.A., Gregory J.M., Huybrechts, P., Kuhn M., Lambeck K., Nhuan M.T., Qin D., Woodworth P.L., 2001: Changes in sea level, In: *Houghton J.T., Ding Y., Griggs D.J. et al. (eds), Climate Change 2001: The Scientific Basis. Cambridge: Cambridge University Press, 639–693.*

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* [Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K.B., Tignor M. and Miller H.L. (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, 996.

Kopp R.E., Simons F.J., Mitrovica J.X., Maloof A.C., Oppenheimer M., 2009: Probabilistic assessment of sea level during the last interglacial stage, *Nature Geoscience*, 2, 863–868.

Maroukian H., Gaki-Papanastassiou K., Pavlopoulos K., Zamani A., 1995: Comparative geomorphological observations in the Kalamas delta in western Greece and the Sperkhios delta in eastern Greece, In: *Rapports et Procès-Verbaux des Réunions de la Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée*, 34, 110 (Abstract).

Otto - Bliesner B.L., Marshall S.J., Overpeck J.T., Miller G.H., Hu A., CAPE Last Interglacial Project Members, 2006: Simulating Arctic climate warmth and icefield retreat in the last interglaciation, *Science*, 311, 1751 – 3.

Peltier W.R., Fairbanks R.G., 2006: Global glacial ice volume and Last Glacial Maximum duration from an extended Barbados sea level record, *Quaternary Science Reviews*, 25, 3322-3337.

Rabineau M., Berné S., Olivet J.L., Aslanian D., Guillocheau F., Joseph P., 2006: Paleo sea levels reconsidered from direct observation of paleoshoreline position during Glacial Maxima (for the last 500,000 yr), *Earth and Planetary Science Letters*, 252, 119–137.

Shackleton N.J., 2000: The 100,000-year Ice-Age cycle identified and found to lag temperature, carbon dioxide, and orbital eccentricity, *Science*, 289, 1897-1902 (All Records Cross-Reference View in Scopus).

Siddall M., Rohling E.J., Thompson W.G., Waelbroeck C., 2008: Marine isotope stage 3 sea level fluctuations: data synthesis and new outlook, *Reviews of Geophysics*, 46.

Waelbroeck C., Labeyrie L., Michel E., Duplessy J.C., McManus J., Lambeck K., Balbon E., Labracherie M., 2002: Sea-level and deep water temperature changes derived from benthic foraminifera isotopic records, *Quaternary Science Review*, 21, 295–305.

Γεωλογικό φύλλο Σαγιάδας, Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ), 1969-κλίμακα 1:50.000.

Καραγεωργίου Ε., 1958: Γεωλογική έκθεση Εγγειοβελτιωτικά έργα εις τας εκβολάς του ποταμού καλαμά ινστιτούτο γεωλογίας και ερευνών υπεδάφους.

Καραγεωργίου Μ.Μ., 2005: Διαχρονική εκτίμηση των μεταβολών της ακτογραμμής του δέλτα του ποταμού Καλαμά, Πτυχιακή εργασία, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Γεωγραφίας, Αθήνα.

Καρύμπαλης Ε., Γάκη-Παπαναστασίου Κ. 2005: Γεωμορφολογική Μελέτη των Δέλτα των Ποταμών Πηνειού, Καλαμά, Εύηνου και Μόρνου.

Παπανικολάου Μ., Παπανικολάου Δ., Βασιλάκης Ε., 2011: Μεταβολές της στάθμης της θάλασσας και επιπτώσεις στις ακτές, Επιτροπή Μελέτης Επιπτώσεων Κλιματικής Αλλαγής, Τράπεζα της Ελλάδος, Αθήνα.