

# ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

# ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

Πτυχιακή εργασία με θέμα « Εξέλιξη της ακτογραμμής στη παραλία της Κώμης στη νήσο Χίο-Επιπτώσεις και αποτελέσματα»

Του φοιτητή : Κωτόπουλου Ευάγγελου-Αλέξανδρου , Α.Μ:20653 Ακ.Έτος : 2011-2012.



Επιβλέποντες Καθηγητές: Αν.Καθ. Παυλόπουλος Κοσμάς

Μέλη εξεταστικής επιτροπής: Επις. Υπευθ.ΕΛΚΕΘΕ. Καψιμάλης Βασίλειος

Επ.Καθηγητής. Κατσαφάδος Πέτρος

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ
ΚΕΦΑΛΑΙΟ1.Εισαγωγή
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. Η περιοχή μελέτης
2.1 Γενικά για τη Χίο
2.2 Κλιματολογικές συνθήκες
2.3 Ανεμολογικό και κυματικό καθεστώς
2.4 Παλιρροιες (Αστρονομικές και μετεωρολογικές)
ΚΕΦΑΛΑΙΟ3. Λεκάνη απορροής της παραλίας Κώμης
3.1 Υδρογραφικό δίκτυο και γεωμορφολογία
3.2 Χρήσεις γης
3.3 Γεωλογία και τεκτονική
3.4 Εκτίμηση στερεοπαροχής
ΚΕΦΑΛΑΙΟ4. Χερσαίο και θαλάσσιο τμήμα της παραλίας Κώμης
4.2 Κυκλοφορία του θαλασσινού νερού
4.3 Τοπογραφικές τομές κάθετα στην ακτογραμμή
4.4 Βαθυμετρία του θαλάσσιου τμήματος της παραλίας
4.5 Χαρτογράφηση θαλάσσιων ενδιαιτημάτων
4.6 Μακροχρόνια μεταβολή της ακτογραμμής
ΚΕΦΑΛΑΙΟ5. Σύνθεση αποτελεσμάτων και προτάσεις
5.1 Σύνθεση αποτελεσμάτων
5.2 Προτάσεις

#### ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Αφορμή της παρούσης διπλωματικής εργασίας αποτέλεσε η συνεχής και έντονη, τα τελευταία χρόνια, διάβρωση που παρατηρείται στη περιοχή της παραλίας της Κώμης στο μεγάλο και όμορφο νησί της Χίου. Η παραλία υπόκειται σε μια ολοένα και μεγαλύτερη παράκτια διάβρωση η οποία όχι μόνο προκαλεί εκτεταμένες καταστροφές στις ιδιοκτησίες των κατοίκων αλλά αλλοιώνει ταυτοχρόνως και το φυσικό κάλλος της συγκεκριμένης περιοχής. Στόχος αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι η περιγραφή-καταγραφή των φυσικών φαινομένων και των ανθρώπινων παρεμβάσεων που επηρεάζουν της γεωμορφολογία της παράκτιας περιοχής στην Κώμη καθώς επίσης και η κατάθεση προτάσεων για την αντιμετώπιση της οπισθοχώρισης της ακτογραμμής και των επιπτώσων αυτής. Στο σημείο αυτό θέλω να ευχαριστήσω θερμά τους δύο επιβλέποντες καθηγητές μου, Αναπληρωτή Καθηγητή Κοσμά Παυλόπουλο και τον Κύριο Ερευνητή του ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. Βασίλειο Καψιμάλη οι οποίοι μου στάθηκαν και με βοήθησαν απλόχερα με σκοπό να εκπονήσω τη παρούσα διπλωματική εργασία.

Επίσης, θέλω να ευχαριστήσω τους ερευνητές, επιστήμονες και τεχνικούς του ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.: Αναγνώστου Χ. (Γεωλόγο-Ιζηματολόγο, Δρ), Βουκουβάλα Ε. (Μηχνικό Περιβάλλοντος, MSc), Γεωργακάκη Ι. (Τεχνικό εργαστηρίου), Γεωργίου Π. (Γεωλόγο), Δρακοπούλου Π. (Περιβαλλοντολογο, MSc), Καμπούρη Γ. (Τεχνικό εργαστηρίου), Κανελλόπουλο Θ. (Γεωλόγο-Ωκεανογράφο, Δρ), Κοντογιάννη Χ. (Φυσικό Ωκεανογράφο, Δρ), Παναγιωτόπουλο Ι. (Γεωλόγο-Ιζηματολόγο, Δρ), Παππά Γ. (Τεχνικό), Πετράκη Σ. (Γεωλόγο, Υποψήφιο Δρ), Προσπαθόπουλο Α. (Ναυπηγό Μηχανικός, Δρ), Σούτσια Α. (Γεωλόγο), Σταυρακάκη Ι. (Γεωλόγο), Χατζηνάκη Μ. (Φυσικό Ωκεανογράφο, MSc) για την συμβολή τους στις εργασίες πεδίου και εργαστηρίου, αλλά και στην ανάλυση και ερμηνεία των δεδομένων.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1, ΕΙΣΑΓΩΓΗ....

Αρχαίες καταγραφές, σύγχρονες παρατηρήσεις και μελέτες βεβαιώνουν ότι α)η θέση, β)το σχήμα και γ)η σύσταση των ακτογραμμών και της παράκτιας ζώνης μεταβάλλονται διαρκώς ως αποτέλεσμα της διαρκούς διεργασίας και αλληλεπίδρασης των τριών κύριων ατμοσφαιρικών ζωνών: λιθόσφαιρας- ατμόσφαιρας-υδρόσφαιρας.

Τα τελευταία 30 χρόνια τόσο οι αυξημένες όσο και οι αλόγιστες εκπομπές αέριων ρύπων έχουν απορυθμίσει τελείως το θερμοστάτη του πλανήτη μας, με αποτέλεσμα να επηρεαστεί η ενεργειακή του ισορροπία και το φαινόμενο του θερμοκηπίου, από προϋπόθεση ύπαρξης ζωής, να μετατρέπεται σε έναν σύγχρονο εφιάλτη (Δουκάκης, 2005). Οι κλιματικές αλλαγές που παρατηρούνται αναγνωρίζονται ως τη πιο σοβαρή απειλή για το παγκόσμιο περιβάλλον. Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, η επιταχυνόμενη διάβρωση των παράκτιων περιοχών (η οποία αποτελεί και το θέμα μας στη παρούσα εργασία), οι έντονες κυματικές καταιγίδες, η εξαφάνιση των παράκτιων οικοσυστημάτων και η έντονη αστικοποίηση συνθέτουν ένα εκρηκτικό μίγμα που χρήζει διαρκούς μελέτης, μέτρα και συνείδηση πριν η κατάσταση του περιβάλλοντος στο οποίο ζούμε γίνει τελείως μη αναστρέψιμη.

Η κλιματική αλλαγή αναγνωρίζεται παγκοσμίως ως σοβαρή απειλή για το παγκόσμιο περιβάλλον. Οι κλιματικές διαταραχές που προβλέπονται για τα επόμενα χρόνια είναι καθολικές, αυτό όμως που διαφοροποιείται είναι ο χαρακτήρας και η ένταση των επιπτώσεων του φαινόμενου αφού επηρεάζεται κυρίως από το γεωγραφικό πλάτος και το φυσικό περιβάλλον του τόπου.

Έτσι, όπως το παγκόσμιο κλίμα υφίσταται αλλαγή έτσι και το μεσογειακό δε θα μπορούσε να μείνει αλώβητος. Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, ως συνέπεια της κλιματικής μεταβολής α) θα επηρεάσει σημαντικά τους ελληνικούς παράκτιους βιότοπους, β) τα περισσότερα δέλτα των ποταμών της χώρας ,γ) παραλιακές πόλεις και οικισμούς και δ) γενικά παράκτιες περιοχές της ηπειρωτικής και νησιωτικής Ελλάδας με ήπιες κλίσεις κυρίως. Όπως είναι φυσικό ο κίνδυνος από φαινόμενα διάβρωσης και πλημμύρας θα αυξηθεί στις περιοχές αυτές, ενώ παράλληλα οι ποταμοί και οι παράκτιοι υδροφόροι ορίζοντες θα γίνουν πιο υφάλμυροι( περισσότερη ποσότητα σε θαλασσινό νερό).

Οι μεσογειακές παράκτιες ζώνες δοκιμάζονται τα τελευταία χρόνια από αυξανόμενες πιέσεις λόγω: α) της έντονης αστικοποίησης, β) της ανάπτυξης των τουριστικών εγκαταστάσεων και βιομηχανιών, και γ) της υπερεκμετάλλευσης των θαλάσσιων πόρων. Αποτέλεσμα όλων αυτών των πιέσεων είναι η παράκτια διάβρωση, η μείωση των υδροφόρων στρωμάτων, η έλλειψη νερού, η υφαλμύρωση του πόσιμου νερού, ερημοποίηση και η καθίζηση από ανθρώπινες ενέργειες.

Η διάβρωση αποτελεί μια συνεχής και αιώνια επίδραση του νερού στο έδαφος και συμβαίνει από τότε που εμφανίστηκε νερό στον πλανήτη. Η θάλασσα, τα ποτάμια, τα υπόγεια νερά, οι βροχοπτώσεις και σε μικρότερο βαθμό ο άνεμος αλλά και η θερμοκρασία, διαβρώνουν διαρκώς και συνεχώς το έδαφος τείνοντας να εξαλείψουν τα γήινα ανάγλυφα σε όλο τον κόσμο.

Από την άλλη η θάλασσα καθώς επίσης και τα ποτάμια με τη συνεχή τους κίνηση αποθέτουν ιζήματα και ενισχύουν τα υπάρχοντα ή δημιουργούν νέα εδάφη.

Η μελέτη των φαινόμενων διάβρωσης και ιζηματαπόθεσης στις παράκτιες περιοχές αποτελεί αντικείμενο του τομέα της <u>παράκτιας ιζηματολογίας</u> (shore ) της <u>παράκτιας μηγανικής</u>.

Η διάβρωση είναι ένα σύνθετο φυσικό φαινόμενο, οι επιμέρους διαδικασίες του οποίου δεν είναι απόλυτα κατανοητές και αποτελούν αντικείμενο μελέτης. Οι αιτίες για τη διάβρωση της ακτής είναι τόσο φυσικές όσο και ανθρωπογενείς. Τα κυριότερα φυσικά αίτια της διάβρωσης των παράκτιων περιοχών είναι 1) η άνοδος της στάθμης της θάλασσας και 2)οι κυματικές καταιγίδες.

Αυτό που θα πρέπει να γίνει κατανοητό πριν αναφερθούμε σε οτιδήποτε άλλο είναι ότι η παράκτια διάβρωση είναι μια απόλυτα φυσική διαδικασία και όχι μια φυσική καταστροφή. Αντιμετωπίζεται όμως ως φυσική καταστροφή από τους ανθρώπους επειδή προκαλεί προβλήματα στις υποδομές των παράκτιων περιοχών. Βέβαια, ο βαθμός διάβρωσης των ακτών δεν είναι παντού ο ίδιος αλλά εξαρτάται από πολλούς τοπικούς παράγοντες, όπως:

→Η τοπογραφία της ακτής (ακτή σε κόλπο ή στην ανοιχτή θάλασσα)

→Η γεωλογία της ακτής (αμμώδης ή βραχώδης, τεκτονικές κινήσεις ακτών)

→ Η μορφολογία της ακτής (ήπια ή απότομη κλίση)

→ Οι επικρατούσες κλιματικές και κυματικές συνθήκες (επιμήκη ρεύματα, άνεμοι, σύνηθες ύψος κυμάτων)

→Η συχνότητα και η ένταση ακραίων καιρικών και κυματικών φαινόμενων

→Τα αποθέματα ιζημάτων στην περιοχή (ακτή κοντά σε ποτάμι ή όχι).

Η διάβρωση κατά τα τελευταία χρόνια έχει επιδεινωθεί σε πολλά μέρη του κόσμου. Σε αυτό έχουν συντελέσει δύο παράγοντες: α) οι κλιματικές αλλαγές κατά τον τελευταίο αιώνα και β) οι ανθρώπινες επεμβάσεις στις παράκτιες περιοχές. Η άνοδος της θερμοκρασίας σε όλο τον πλανήτη στο δεύτερο μισό του 20ου αιώνα οδήγησε σε μια αύξηση του επιπέδου της στάθμης της θάλασσας κατά περίπου 18cm.

Σήμερα πραγματοποιούνται μελέτες και έρευνες για το κατά πόσο η άνοδος αυτή ευθύνεται για τη διάβρωση που έχει παρατηρηθεί στις παράκτιες περιοχές όλου του κόσμου. Το πλέον σίγουρο είναι ότι η διάβρωση είναι ανάλογη της ανόδου της στάθμης της θάλασσας. Επιπλέον, τα ακραία καιρικά φαινόμενα όχι μόνο έγιναν συχνότερα αλλά και με μεγαλύτερη ένταση.

Ακραία φαινόμενα στις παράκτιες περιοχές, όπως οι τυφώνες και οι καταιγίδες, εντείνουν την ένταση και το ρυθμό διάβρωσης (Δουκάκης, 2005).



**Εικόνα 1.1:** Συχνότητα εμφάνισης κυματισμού, με σημαντικό ύψος μεγαλύτερο των 4m, στον Όρμο της Νότιας Καλιφόρνιας κατά τα έτη 1900 – 1990. (Πηγή: Δουκάκης, 2005. Ανάπτυξη της παράκτιας ζώνης, σελ. 39).

Οι άνθρωποι όμως στην προσπάθειά τους να επιβραδύνουν ή να σταματήσουν τη διάβρωση των ακτών, συχνά κατασκευάζουν τεχνικά έργα, όπως κυματοθραύστες, κρηπιδότοιχους, βραχίονες κ.λ.π. Επιπρόσθετα, επεμβαίνουν στη ροή των ποταμών με φράγματα, στερώντας τις ακτές τους από φερτά. Τα έργα αυτά πολλές φορές μπορεί να οδηγήσουν στην επιδείνωση της διάβρωσης στη συγκεκριμένη ή τις παρακείμενες περιοχές, οπότε τα έργα όχι μόνο δε θα προστατεύσουν τις ακτές αλλά ενδέχεται και να τις καταστρέψουν. Το γεγονός είναι ότι οποιαδήποτε παράκτια κατασκευή θα προκαλέσει αλλαγή στο παράκτιο περιβάλλον, μικρή ή μεγάλη και η οποία είναι σχεδόν μη αναστρέψιμη.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα παράκτιας διάβρωσης εξαιτίας της ανθρώπινης δραστηριότητας είναι η παραλία της Άμμου στον Άγιο Νικόλαο Κρήτης. Η παραλία της Άμμου βρίσκεται στο σημείο εκβολής του χειμάρρου Ξηροποτάμου, ο οποίος ιδιαίτερα πριν το 1964, λόγω της μη διευθέτησης της κοίτης του, κατέβαζε σημαντικές ποσότητες ιζήματος στον παράκτιο χώρο της εκβολής του. Ο αυχένας της παραλίας της Άμμου καλυπτόταν από κροκάλες μέχρι περίπου το βόρειο όριο του σημερινού γηπέδου και το υπόλοιπο τμήμα του αυχένα από χονδρόκοκκη άμμο. Πριν να κατασκευαστεί ο πρώτος (1960) θαλάσσιος τοίχος προστασίας του γηπέδου καθώς και ο παράκτιος δρόμος (σημερινή ακτή Ατλαντίδος), το πλάτος του αυχένα κυμαινόταν από 5 μ. (νότιο άκρο του Νεκροταφείου) μέχρι πάνω από 15 μ. στο σημείο εκβολής του χειμάρρου. Η κατασκευή του πρώτου τοίχου του γηπέδου και του παράκτιου δρόμου περιόρισε τον αυχένα της παραλίας κατά 4-7 μ. .Το 1991 και 1992 κατασκευάστηκε από τον Ε.Ο.Τ. η Μαρίνα του Αγ. Νικολάου στη ΒΑ πλευρά του κόλπου της παραλίας. Η κατασκευή της παραλίας μετέβαλε την παράκτια δυναμική των φυσικών διεργασιών και πριν τελειώσει η κατασκευή της μαρίνας,

μέσα του 1992, 170 μ. παραλίας (κάτω από το γήπεδο) υπέστησαν τέλεια διάβρωση, ενώ και ο υπόλοιπος αυχένας της παραλίας μειώθηκε δραματικά (Αναστασάκης, 2005, σελ 134). Εν τέλει δυο χρόνια μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής των δύο πρώτων κυματοθραυστών και ενώ έχουν πραγματοποιηθεί τα δύο πρώτα στάδια εμπλουτισμού της παραλίας, παρατηρούνται τα εξής :

→ Ο αυχένας της παραλίας στο βορειοανατολικό άκρο έχει αυξηθεί σημαντικά και καλύπτεται από λεπτόκοκκη άμμο. Οι υποθαλάσσιες τομές δείχνουν μείωση του βάθους μεταξύ κυματοθραυστών και παραλίας.

→ Ο παράκτιος χώρος νότια από τους κυματοθραύστες βρίσκεται υπό έντονη διάβρωση. Μετά το βάθος των 4.5m οι κλίσεις του βυθού προσομοιάζουν σε όλο το μήκος της παραλίας. Η κατασκευή του τρίτου κυματοθραύστη είναι επιβεβλημένη.

→ Ο εμπλουτισμός της παραλίας με λεπτόκοκκη και μεσόκοκκη άμμο πρέπει να σταματήσει γιατί η λεπτόκοκκη άμμος μεταφέρεται σε αιώρηση εύκολα και από την κυματική ενέργεια και από τα μη κυματογενή ρεύματα και ο χρόνος παραμονής στο παράκτιο χώρο είναι μικρός. Επιπλέον μεταφέρεται ποσότητα του ιζήματος το οποίο εμπλουτίζει την είσοδο της Μαρίνας.

Γενικά αυτό που πρέπει να επισημανθεί είναι ότι οι κατασκευές λιμενικών έργων πρέπει να συνοδεύονται: α) από προσεκτικές θεωρήσεις της παράκτιας δυναμικής, β) από ταυτόχρονα έργα προστασίας της παράκτιας ζώνης και γ) από στοχαστική θεώρηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, όπως για παράδειγμα οι μαρίνες δίπλα σε παραλίες λουομένων οι οποίες είναι περιβαλλοντικά άστοχες (Αναστασάκης, 2005).

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 . Η ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

#### 2.1 Για τη Χίο γενικά....

Η Χίος είναι νησί του Ανατολικού Αιγαίου. Απέχει ελάχιστα από τις ακτές της Μικρά Ασίας. Μόλις 3,5 ναυτικά μίλια τη χωρίζουν, από το ακρωτήριο Πούντα ως τη χερσόνησο της Ερυθραίας στο ύψος του Τσεσμέ. Είναι το πέμπτο μεγαλύτερο σε μέγεθος νησί στην Ελλάδα (904 km2) με μήκος ακτών 213km. και πληθυσμό που ζει τόσο στην πόλη και λιμάνι της Χίου όσο και στα 64 χωριά του νησιού. Διοικητικά, μαζί με τα νησιά Οινούσσες και Ψαρά, αποτελεί την Περιφερειακή Ενότητα Χίου με πληθυσμό που φθάνει τους 54.000 κατοίκους περίπου. Το έδαφος της Χίου είναι κατά το κύριο μέρος του ορεινό, ενώ μόνο στα Νότια και Ανατολικά του νομού σχηματίζονται κάποιες πεδινές εκτάσεις. Στα βόρεια της Χίου βρίσκεται η οροσειρά Πελιναίο με ψηλότερη κορυφή τον Άγιο Ηλία (1.297m). Στη Χίο δεν υπάρχουν ποτάμια με συνεχή ροή, ενώ το μήκος των ακτών της φτάνει τα 213km. Το νησί είναι γνωστό για τα γραφικά του τοπία, αλλά και για το εύκρατο μεσογειακό κλίμα με ήπιους χειμώνες και με σπάνιες βροχές το καλοκαίρι.

## 2.3 Οι κλιματολογικές συνθήκες.

Τα διαθέσιμα μετεωρολογικά στοιχεία που προέρχονται από τον Μετεωρολογικό σταθμό της Χίου (γεωγραφικό πλάτος 38°21'B, γεωγραφικό μήκος 26°09'A, υψόμετρο 3,8 μ) δείχνουν ότι για τη χρονική περίοδο (1974-2004):

A) η μέση ετήσια θερμοκρασία αέρος είναι σχετικά υψηλή και κυμαίνεται περί τους 17,43° C. Η μέγιστη παρατηρείται τον Ιούλιο και είναι 31,4° C, ενώ η μέση ελάχιστη παρατηρείται τον Φεβρουάριο με 6,2° C. Οι ημέρες παγετού είναι ελάχιστες και κυμαίνονται γύρω στις 5, ενώ δεν παρατηρούνται ημέρες ολικού παγετού (Εικόνα 2.1)



Εικόνα 2.1: Μέση ετήσια θερμοκρασία στη περιοχή μελέτης.

B) η μέση σχετική υγρασία είναι περίπου 66,75% ετησίως, με μέγιστο τον Νοέμβριο (76%) και ελάχιστο τον Ιούλιο (56%) (Εικόνα 2.2)



Εικόνα .2.2: Μέση σχετική υγρασία.

Γ) το ετήσιο ύψος βροχής είναι 0,58m. με μέγιστο τον Ιανουάριο 0,12m. και ελάχιστο τον Ιούλιο με 0,001m. όπως φαίνεται στην Εικόνα 2. 3. Τα τελευταία χρόνια (1996 – 2008) οι βροχοπτώσεις στην περιοχή της Νοτίου Χίου παρουσιάζουν έντονες διακυμάνσεις. Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής στο βροχομετρικό σταθμό Πυργίου κυμαίνεται από 0, 19m(2000) μέχρι 1,07m (2003) (Εικόνα 2. 4). Την περίοδο από το 1996 μέχρι το 2008 ο μέσος όρος των τιμών του ετήσιου ύψους βροχής είναι 0,59m



Εικόνα 2.3: Μέσο ετήσιο ύψος βροχής



Εικόνα 2.4: Μέσο ετήσιο ύψος βροχής στο βροχομετρικό σταθμό Πυργίου για την περίοδο 1996-2008.

Δ) Οι επικρατούντες άνεμοι είναι γενικά βορείων κατευθύνσεων και παρατηρείται μεταβολή στην έντασής τους, με το μέγιστο να εμφανίζεται τους μήνες Δεκέμβριο - Μάρτιο και το ελάχιστο τους Απρίλιο - Ιούνιο.

#### 2.3 Ανεμολογικό καθεστώς της περιοχής.

Στο σημείο αυτό παρουσιάζεται η στατιστική ανάλυση ανεμολογικών και κυματικών δεδομένων ανατολικά της ακτής της Κώμης. Επίσης γίνεται η εκτίμηση του κυματικού και ανεμολογικού κλίματος της συγκεκριμένης παραλίας.

Επειδή στην περιοχή δεν υπάρχουν διαθέσιμες μετρήσεις ανέμου και κυμάτων, χρησιμοποιήθηκαν αντίστοιχα δεδομένα προσομοίωσης τα οποία και προήλθαν από τα δεδομένα που παράχθηκαν για τη δημιουργία του «Άτλαντα Ανέμου και Κύματος των Ελληνικών Θαλασσών». Πιο συγκεκριμένα, τα ανεμολογικά δεδομένα προέρχονται από το ατμοσφαιρικό μη υδροστατικό μοντέλο ΣΚΙΡΟΝ-ΕΤΑ και τα κυματικά δεδομένα από το κυματικό μοντέλο WAM-Cycle 4. Τα δεδομένα καλύπτουν τη χρονική περίοδο 01/01/1995 έως και 31/12/2004. Το παραπάνω χρονικό διάστημα θεωρείται ικανοποιητικό για τη στατιστική αποτύπωση του ανεμολογικού και κυματικού κλίματος στην περιοχή μελέτης μας και οι τιμές όλων των παραμέτρων προέκυψαν με χρονικό βήμα πρόγνωσης τις 3 ώρες και ειδικότερα για τις ώρες: 00:00, 03:00, 06:00, 09:00, 12:00, 15:00, 18:00, 21:00, 24:00 UTC.

Τα σημεία του πλέγματος των μοντέλων που επιλέχθηκαν για την αρχική αποτύπωση του ανεμολογικού και κυματικού καθεστώτος της υπό μελέτης περιοχής απεικονίζονται στην Εικόνα 2.5 ακριβώς στην επόμενη σελίδα που ακολουθεί.



Εικόνα 2.5: Το σημείο πλέγματος του μοντέλου (εντός του πράσινου κύκλου) που επιλέχθηκε για την αρχική αποτύπωση του ανεμολογικού και κυματικού καθεστώτος της Παραλία Κώμης.

Για την ανάλυση που ακολουθεί ,εδώ βέβαια θα παραμείνουμε σε περιγραφικό επίπεδο γιατί μια πιο λεπτομερή ανάλυση δε χρήζει στη παρούσα εργασία, χρησιμοποιήθηκαν οι εξής 5 παράμετροι: (α)(m): Το σημαντικό ύψος κύματος που ορίζεται ως εξής: , όπου είναι η μηδενική ροπή του φάσματος των κυματισμών, (β) (deg): Η μέση κυματική διεύθυνση δηλαδή η διεύθυνση από την οποία διαδίδεται ο κυματισμός, (γ) (m/s): Η ταχύτητα ανέμου (δ) : Η μέση διεύθυνση ανέμου, η διεύθυνση δηλαδή από την οποία πνέει ο άνεμος (deg), και SH04SHm=0m WAVEθ WUWINDθ και (ε) (s): Η φασματική περίοδος κορυφής κυματισμών δηλαδή η περίοδος (ή η συχνότητα) στην οποία αντιστοιχεί το μέγιστο της κυματικής PT ενέργειας των επιμέρους συχνοτήτων.

Τα αποτελέσματα που παρουσάζονται στο σημείο αυτό είναι ενδεικτικά για τη συγκεκριμένη περιοχή. Επίσης τα αποτελέσματα αυτά αναφέρονται στα φασματικά χαρακτηριστικά της κατάστασης θάλασσας, αποτελούν δηλαδή «στατιστικές» τιμές της εκάστοτε επικρατούσας κατάστασης.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα κατευθυντικά διαγράμματα για τα ζεύγη των μεταβλητών( Hs-θwave, Tp-θwave και Uw-θwind) και για την περιοχή ανοιχτά



της Κώμης. Επιπρόσθετα παρουσιάζονται τα ιστογράμματα και τα κύρια στατιστικά χαρακτηριστικά των αντίστοιχων βαθμωτών μεγεθών σε ετήσια βάση.

Εικόνα 2.6: Ταχύτητα και μέση διεύθυνση του ανέμου.

Στην Εικόνα 2.6 παρατηρούμε ότι οι άνεμοι με τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης στην περιοχή είναι οι δυτικοί-βορειοδυτικοί και οι βόρειοι. Η ένταση των ανέμων που προέρχονται από αυτές τις διευθύνσεις 17

πνοής είναι ως επί τω πλείστων μικρότερη των 5 μποφόρ. Εξαίρεση αποτελούν οι βόρειες διευθύνσεις όπου εμφανίζονται ταχύτητες μεγαλύτερες των 11 m/s (6 μποφόρ). Οι νότιοι άνεμοι που πνέουν από το διάστημα [1350,2250] έχουν σημαντικά μικρότερη συχνότητα εμφάνισης συγκριτικά με τους βόρειους και δυτικούςβορειοδυτικούς. Το σημαντικό εδώ είναι όμως ότι αυτοί οι άνεμοι είναι και οι άνεμοι στους οποίους αντιστοιχούν οι μεγαλύτερες ταχύτητες πνοής. Η μέση τιμή της ταχύτητας του ανέμου στην περιοχή της Κώμης για τη διάρκεια της δεκαετίας 1995-2004 είναι 3,93 m/s και η μέγιστη ταχύτητα (τιμή προσομοίωσης) στο παραπάνω χρονικό διάστημα είναι 16,71 m/s και αντιστοιχεί σε άνεμο έντασης 7μποφόρ. Όπως προκύπτει από το παρακάτω ιστόγραμμα τιμών της ταχύτητας ανέμου (Εικόνα 2.7), οι συχνότερες τιμές της κυμαίνονται μεταξύ 2-4 m/s με συχνότητα εμφάνισης 38,19% και οι αμέσως επόμενες είναι οι ταχύτητες ανέμου με τιμές 4-6 m/s με συχνότητα εμφάνισης 26,23%. Οι ταχύτητες ανέμου με τιμές μεταξύ 0-2 m/s έχουν συχνότητα εμφάνισης 19,92 m/s. Η μέγιστη τιμή της ταχύτητας ανέμου είναι τα 16,71 m/s η οποία αντιστοιχεί σε ανέμους έντασης 7μποφόρ.

Τέλος, οι ταχύτητες με τιμές μεγαλύτερες των 16 m/s έχουν συχνότητα εμφάνισης 0,01% στη διάρκεια της δεκαετίας στην οποία ανεφερθήκαμε.



Εικόνα 2.7: Η ταχύτητα του ανέμου.

Με όσα λοιπόν ήδη προαναφέρθηκαν το ανεμολογικό καθεστώς της περιοχής χαρακτηρίζεται επομένως ήπιο έως μέτριο. Ωστόσο, κατά τη διάρκεια της δεκαετίας έχουν εμφανιστεί σφοδροί άνεμοι με ένταση 7 μποφόρ. Στη συνέχεια παρατηρούμε ότι οι συχνότερα εμφανιζόμενοι κυματισμοί στην περιοχή προέρχονται από τις δυτικές διευθύνσεις. Τα μέγιστα, όμως, των κυματισμών εντοπίζονται στις νότιες και νοτιοανατολικές διευθύνσεις. Ειδικότερα, η μέγιστη τιμή του σημαντικού ύψους κύματος εντοπίζεται στο διάστημα [1500,1650] όπως φαίνεται και στην Εικόνα 2.8 που ακολουθεί.



Εικόνα 2.8: Σημαντικό ύψος κύματος.

Από τη στατιστική επεξεργασία των τιμών του σημαντικού ύψους κύματος προκύπτει ότι η μέση τιμή του είναι 0,47m. και η μέγιστη τιμή του είναι 3,63m. Η συχνότητα εμφάνισης τιμών σημαντικού ύψους κύματος μεγαλύτερες των 3,5m. είναι πολύ μικρή, ενώ το ποσοστό εμφάνισης τιμών 19 σημαντικού ύψους κύματος μεταξύ 3-3,5m είναι 0.03%. Οι επικρατέστερες τιμές του σημαντικού ύψους κύματος είναι μεταξύ 0-0,5m και έχουν συχνότητα εμφάνισης 68,52%, όπως θα φανεί και στη παρακάτω εικόνα 2.9.



Εικόνα 2.9: Ιστόγραμμα με το σημαντικό ύψος κύματος

Τα μέγιστα της περιόδου κορυφής φάσματος εμφανίζονται από τις νότιες και νοτιοανατολικές διευθύνσεις όπως φαίνεται και στην Εικόνα 2.10 αντιστοίχως.

Η μέση περίοδος κορυφής είναι 4,19 s ενώ οι συνήθεις τιμές της κυμαίνονται μεταξύ των 2-4 s. Οι τιμές αυτές αντιστοιχούν σε ανεμογενείς κυματισμούς. Το ποσοστό των τιμών της περιόδου κορυφής που βρίσκεται μεταξύ των 14-16 s και οι τιμές που υποδεικνύουν την παρουσία αποθαλασσών είναι 0,01%. Η μέγιστη τιμή της περιόδου κορυφής κατά τη χρονική περίοδο που εξετάζεται είναι τα 16,53 s και αντιστοιχεί σε αποθάλασσα. Το ποσοστό εμφάνισης τιμών της περιόδου κορυφής μεγαλύτερων των 16 s είναι πολύ μικρό (Εικόνα 2.11).

Στην περιοχή επικρατούν κυρίως οι ανεμογενείς κυματισμοί ενώ οι αποθάλασσες έχουν μικρή συχνότητα εμφάνισης.



Τρ Annual Directional Distribution Komi Εικόνα 2.10: Περίοδος κορυφής φάσματος.



Εικόνα 2.11: Ιστόγραμμα με την περίοδος κορυφής φάσματος.

## 2.4 Αστρονομικές και Μετεωρολογικές παλίρροιες.

## 2.4.1 Γενικά στοιχεία παλιρροιών.

Τα κύματα τα οποία έχουν μήκος κύματος μεγαλύτερο από 20 φορές το βάθος διάδοσής τους ονομάζονται μακρά κύματα ελεύθερης επιφάνειας. Στην κατηγορία αυτήν ανήκουν τα παλιρροιακά κύματα, τα κύματα πλημμύρας, τα τσουνάμι και οι κυματο-αναπλάσεις ή όπως είναι στην αγγλική βιβλιογραφία γνωστά ως seiches.

Στο σημείο αυτό αναφέρουμε ότι τα παλιρροιακά κύματα είναι το αποτέλεσμα των ελκτικών δυνάμεων μεταξύ της Σελήνης, του Ηλίου και της Γης καθώς και των φυγόκεντρων δυνάμεων λόγω της περιστροφής της Γης. Η διάδοσή των παλιρροιακών κυμάτων επηρεάζεται από την μορφολογία του πυθμένα από απώλειες λόγω τριβών. Οι παραμορφώσεις αυτές μπορούν να περιγραφούν με εφαρμογή των σειρών Fourier, οι οποίες φέρουν ως λύση τις υψηλότερες αρμονικές παλίρροιες. Στην ελληνική επικράτεια οι αλλαγές της στάθμης των παλιρροιών είναι ημί-ημερήσιες με εύρος που δεν ξεπερνά τα 0,3m.

Η διακύμανση της θαλάσσιας στάθμης επηρεάζεται και από τους μετεωρολογικούς παράγοντες α)ατμοσφαιρική πίεση, β)ανεμολογικό και γ)καθεστώς. Η ταυτόχρονη παρουσία των υψηλών παλιρροιών και της αυξανόμενης θαλάσσιας στάθμης λόγω μετεωρολικών παραγόντων (storm tide) μπορεί να προκαλέσει εκτεταμένη καταστροφή στην παράκτια ζώνη (π.χ. τυφώνας Katrina στην Ν. Ορλεάνη). Στην παρούσα εργασία ως μετεωρολογική παλίρροια θα περιγράφεται η διακύμανση της θάλασσας χωρίς να συμπεριλαμβάνεται το εύρος της αστρονομικής παλίρροιας (storm surge).

# 2.4.2 Παλίρροιες στη παραλία της Κώμης.

Τα δεδομένα της θαλάσσιας στάθμης που χρησιμοποιήθηκαν για την ταυτοποίηση των καταιγιδικών γεγονότων και τη μορφοδυναμική απόκριση της παράκτιας ζώνης της Κώμης, προήλθαν από τον παλιρροιογράφο του προγράμματος eMACnet στον Εμπορειό της Χίου με συντεταγμένες: 38.18779824159, 26.02853096631.

Ως επίπεδο της μέσης στάθμης της θάλασσας χρησιμοποιείται το MSS CNES CLS10, παραθέτεται στη παρακάτω Εικόνα 2.12, όπου υπολογίζεται η μέση στάθμη της θάλασσας με βάση το ελλειψοειδές της αποστολής Topex / Poseidon. Σύμφωνα με το MSS CNES CLS10, το μέσο επίπεδο της θάλασσας στην περιοχή βρίσκεται στα 39777m. Επίσης οφείλουμε να αναφέρουμε ότι οι μετρήσεις διενεργήθηκαν στο χρονικό διάστημα από την 3η Νοεμβρίου 2009 έως την 29η Μαρτίου 2012 με περίοδο ενός λεπτού( για καλύτερα αποτελέσματα).



Εικόνα 2.12: Μέσο επίπεδο της θαλάσσας CNES CLS10

Στην εικόνα 2.13 που ακολουθεί στην επόμενη σελίδα παρουσιάζεται η συνολική διακύμανση της θαλάσσιας στάθμης συμπεριλαμβανομένου του εύρους της παλιρροιακής 23 συνιστώσας M2 (Εικόνα 2.14α) και καταγράφονται τα σημαντικότερα γεγονότα που προκάλεσαν τη μεγαλύτερη άνοδος της θαλάσσιας στάθμης. Η υψηλότερη στάθμη έως 0,4m από το γεωειδές και διάρκειας τεσσάρων ωρών καταγράφηκε το απόγευμα της 27ης Δεκεμβρίου 2009, ως αποτέλεσμα των χαμηλών βαρομετρικών πιέσεων που προσέπεσαν στη περιοχή και των ισχυρών νότιων ανέμων εντάσεως έως και 8 μποφόρ. Για να αποσαφηνίσουμε : ως γεωειδές λαμβάνεται το 0.75m από τη μέση τοπική διακύμανση της μέσης στάθμης της θάλασσας.



Εικόνα 2.13: α) Επίπεδο της θαλάσσιας στάθμης(m) ανά ένα λεπτό από την 3/11/2009 έως την 29/3/2012, όπως καταγράφηκε στον παλιρροιογράφο στον Εμπορειό Χίου. Τα υψηλότερα επίπεδα καταγράφηκαν κατά τα καταιγιδικά γεγονοτα του Δεκεμβρίου 2009, του Φεβρουαρίου 2011 και του Φεβρουαρίου 2012. Με κόκκινη γραμμή απεικονίζεται η μέση τιμή των καταγραφών (~-0,35m από το γεωειδές), β) Το παλιρροιακό εύρος της συνιστώσας M2 (m).

Το δεύτερο υψηλότερο καταγεγραμμένο γεγονός της 18ης Φεβρουαρίου 2011, με μέγιστη ανύψωση της θάλασσας τα 0,34m από το γεωειδές (0,70m 24 πάνω από την μέση τοπική διακύμανση της θάλασσας) και διάρκειαW 6 ωρών, οφείλεται στους ισχυρούς και μεγάλους σε διάρκεια νότιους ανέμους που έπνεαν στην περιοχή εκείνο το χρονικό διάστημα. Το καταιγιδικό γεγονός της 6ης Φεβρουαρίου 2012, με μέγιστη θαλάσσια ανύψωση τα 0,17m (0,52m πάνω από τη μέση τοπική διακύμανση της θάλασσας) και διάρκεια 3 ωρών, οφείλεται στη συνδυασμένη επίδραση τόσο των βαρομετρικών χαμηλών και όσο των ισχυρών ανέμων που έπνεαν στη περιοχή.

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΛΙΑΣ ΤΗΣ ΚΩΜΗΣ

#### 3.1 Το υδρογραφικό δίκτυο και η γεωμορφολογία του.

Η παραλία της Κώμης βρίσκεται στο νοτιοανατολικό τμήμα της Χίου στο Κόλπο της Καλαμωτής και ουσιαστικά αποτελεί το παράκτιο μέτωπο του αλλουβιακού ρυπιδίου του χείμαρρου Κατράρη, ο οποίος αποστραγγίζει μια περιοχή έκτασης 110,49 km2. Η ακτή εκτός από τη λεκάνη απορροής του χειμάρρου Κατράρη συνδέεται και με μια μικρή παράκτια λεκάνη έκτασης 0,353 km2 στο βορειοανατολικό άκρο της περιοχής ενδιαφέροντος, κοντά στον οικισμό Λιλικά (Εικόνα 3.1).

Μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής του φράγματος Καλαμωτής τη χρονική περίοδο του 2009, βόρεια και βορειοδυτικά του ομώνυμου οικισμού, η ελεύθερη ροή του χείμαρρου Κατράρη περιορίστηκε. Όσον αφορά τη λεκάνη απορροής του φράγματος, αυτή έχει έκταση 25,71 km2, μέσο πλάτος 2-2,5km και το μήκος 12,5km ενώ το μέσο υψόμετρο είναι 380m. Εδώ οφείλουμε να πούμε ότι το φράγμα απέκοψε περίπου το 24% της επιφάνειας της συνολικής λεκάνης απορροής του χειμάρρου Κατράρη, πράγμα το οποίο σημαίνει ότι μια σημαντική ποσότητα φερτών υλικών παρακρατείται στο φράγμα και δεν μπορεί να μετακινηθεί κατάντι του φράγματος και τελικά να αποτεθεί στην παράκτια ζώνη. Στο υπόλοιπο τμήμα της λεκάνης απορροής του Κατράρη, το τοπογραφικό ανάγλυφο εμφανίζει μικρότερα υψόμετρα και ηπιότερα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά όπως φαίνεται και στην Εικόνα 3.2 που παρατίθεται παρακάτω.



Εικόνα 3.1: Χάρτης απορροής της λεκάνης της Κώμης



Εικόνα 3.2: Τοπογραφικός χάρτης παραλίας Κώμης.

Ουσιαστικά, πρέπει να αναφέρουμε πως ο ενεργός κλάδος του χείμαρρου Κατράρη που πλέον παροχετεύει νερό και ίζημα στην παράκτια ζώνη είναι αυτός που αποστραγγίζει το δυτικό τμήμα της λεκάνης στην ευρύτερη περιοχή του Πυργίου. Γι' αυτό το λόγο στην Εικόνα 3.3 παρουσιάζουμε το ιστόγραμμα με τα ποσοστά κλίσεων αναγλύφου και στην Εικόνα 3.4 τον χάρτη κλίσεων της λεκάνης απορροής της περιοχής μελέτης, όπου η μέση τιμή είναι 10.80, ενώ με βάση τις επί μέρους κλίσεις των διάφορων υπο-λεκανών απορροής διαπιστώνεται ότι η αυτή του Φράγματος Καλαμωτής εμφανίζει εντονότερα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά από τις υπόλοιπες.



Εικόνα 3.3: Ιστόγραμμα με τα ποσοστά (%) ανά κατηγορία κλίσεων



Εικόνα 3.4: Χάρτης κλίσεων ανάγλυφου της λεκάνης απορροής της παραλίας Κώμης.

Για να κάνουμε τα παραπάνω πιο κατανοητά στις Εικόνες 3.5 και 3.6 παρουσιάζουμε τη κατανομή των ποσοστών (%) ανά κατηγορία προσανατολισμού και το χάρτη προσανατολισμού του αναγλύφου, αντίστοιχα. Τα μεγαλύτερα ποσοστά εμφανίζονται παρατηρώντας προσεχτικά προς τα δυτικά (17,9%), ανατολικά(17,2%), νοτιοανατολικά (16,6%) και νοτιοδυτικά (15,1%).



Εικόνα 3.5: Κατανομή των ποσοστών (%) ανά κατηγορία προσανατολισμού



**Εικόνα 3.6:** Χάρτης προσανατολισμού ανάγλυφου της λεκάνης απορροής της παραλίας Κώμης.

#### 3.2 Χρήσεις γης.

Πολύ μεγάλο ενδιαφέρον αποτελεί η αποτύπωση των χρήσεων γης (CORINE 2000) της Εικόνας 3.7 η οποία έδειξε α)ότι η εντατική καλλιέργεια γης είναι περιορισμένη και β) ενώ σημαντική έκταση καταλαμβάνουν οι περιοχές με θαμνώδη και/ή ποώδη βλάστηση (43%) και οι ετερογενείς γεωργικές περιοχές (37%).

#### 3.3 Η Γεωλογία και η τεκτονική της περιοχής.

Η γεωλογία της λεκάνης απορροής αποτελείται από τους παρακάτω σχηματισμούς ,οι οποίοι φαίνονται και στην Εικόνα 3.8:

→ α) προαλπικούς (Ανώτερο Παλαιοζωϊκό, Pz3), οι οποίοι είναι ελαφρώς μεταμορφωμένοι, πρασινοσχιστόλιθοι, σχιστόλιθοι, φυλλίτες, γραουβάκες με κροκαλοπαγή και ενστρώσεις ασβεστολίθων ή δολομιτών

→ β) αλπικούς, έντονα κραστικούς, είτε παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθους και δολομίτες του Κρητιδικο-Ιουρασικού (tj και t1-2)

→ γ) νεογενή ιζήματα (κυρίως μάργες, ψαμμίτες, κροκαλοπαγή, άργιλοι, γύψοι και μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι) του Μέσου-Ανωτέρου Μειοκαίνου (m3) και Μειοπλειόκαινου (mp)

→ δ) τεταρτογενή ιζήματα αποτελούμενα από αποθέσεις του Χειμάρρου Καρτάρη κατά μήκος της κοίτης του, πλευρικά κορήματα, κώνους κορημάτων και παράκτιες συναθροίσεις.



Εικόνα 3.7: Χάρτης χρήσεων γης.



Εικόνα 3.8: Χάρτης γεωλογίας της λεκάνης απορροής της παραλίας Κώμης.

Η έκταση και τα σχετικά ποσοστά που καταλαμβάνουν οι παραπάνω γεωλογικοί σχηματισμού δίνονται στον Πίνακα 1 της επόμενης σελίδας.

Πίνακας 1. Έκταση και ποσοστά των γεωλογικών σχημστισμών στη λεκάνη απορροής της παραλίας Κώμης.	Έκταση (km2)	(%)
Σχηματισμός		
Pz3	10.03	9.05
tj	72.62	65.52
t1-2	4.31	3.89
m3	16.79	15.15
mp	4.27	3.85
al	2.81	2.54

Εν συνέχεια θα αναφερθούμε στην αλπική πτύχωση η οποία εκδήλωσε έντονη ρηξιγενής τεκτονική δραστηριότητα κατακαρματίζοντας τη νοτιοανατολική Χίο (Εικόνα 3.9). Πρόκειται για τεκτονικό καθεστώς εφελκυσμού, το οποίο προκάλεσε διασταυρούμενα ρήγματα με διεύθυνση βορειοδυτική-νοτιοανατολική και βορειοανατολική- νοτιοδυτική. Επίσης στο σημείο αυτό να αναφέρουμε ότι η ηλικία των ρηγμάτων τοποθετείται στο Πλειστόκαινο, δεδομένου ότι επέδρασε σημαντικότατα και πάνω στα Πλειστοκαινικά ιζήματα του Νεογενούς.



Εικόνα 3.9: Γεωλογικός και τεκτονικός χάρτης της περιοχής που εμφανίζει τα κυριότερα ρήγματα της περιοχής.

Τελειώνοντας με τη τεκτονική της περιοχής να αναφέρουμε ότι τα σημαντικότερα ρήγματα στην περιοχή είναι : α) Ρήγμα Πασαλιμάνι – Καλαμωτής (ή Μαστιχοχωρίων) με διεύθυνση βορειοδυτικά προς νοτιοανατολικά και β) Ρήγμα Λιθίου - Βέσσας – Κώμης με διεύθυνση Βορρά προς Νότο.

## 3.4 Εκτίμηση στερεοπαροχής παραλίας Κώμης.

Ο ποσοτικός προσδιορισμός της στερεοπαροχής των ποταμοχειμάρρων, λόγω έλλειψης πραγματικών μετρήσεων, έγινε με τη χρήση της εμπειρικής εξίσωσης των εγκεκριμένων επιστημόνων Κουτσογιάννη και Τούρλα (1987), η οποία προσεγγίζει ικανοποιητικά την πραγματική τιμή της απορροής σωματιδιακού υλικού σε αιώρηση:

G = 15γe3p , όπου, G: μέση ετήσια στερεοαπορροή σε αιώρηση (tones/km2), p: το μέσο ετήσιο ύψος βροχής (σε m), και γ: ο λιθολογικός συντελεστής που δίνεται από τη σχέση γ =  $\kappa 1\epsilon 1 + \kappa 2\epsilon 2 + \kappa 3\epsilon 3$ ,  $\kappa 1$ ,  $\kappa 2$  και  $\kappa 3$ : οι συντελεστές διαβρωσιμότητας, όπου  $\kappa 1$ = 1: υψηλή διαβρωσιμότητα (π.χ. αλλούβια, φλύσχης),  $\kappa 2$  = 0,5: μέτρια διαβρωσιμότητα (π.χ. μάργες, ψαμμίτες, σχιστόλιθοι) και  $\kappa 3$  = 0.,1: χαμηλή διαβρωσιμότητα (π.χ. ασβεστόλιθοι, μεταμορφωμένα και εκρηζιγενή)  $\epsilon 1$ ,  $\epsilon 2$  και  $\epsilon 3$ : οι αντίστοιχες αναλογίες της έκτασης στην οποία εμφανίζονται οι παραπάνω κατηγορίες πετρωμάτων.

Για να υπολογίσουμε ορθά τη μέση ετήσια ολική στερεοπαροχή, τη παραπάνω τιμή την προσαυξάνουμε κατά 15% ώστε να συμπεριληφθεί και η απορροή σωματιδιακού υλικού που μεταφέρεται σε επαφή με τη κοίτη (π.χ., σύρση, αναπήδηση, κύληση). Για την εκτίμηση της στερεοπαροχής της λεκάνης απορροής του χείμαρρου Κατράρη( λόγω τη πολυπλοκότητας των πετρωμάτων) τα πετρώματα της ομαδοποιήθηκαν στις τρεις κατηγορίες διαβρωσιμότητας και με βάση το γεωλογικό χάρτη εκτιμήθηκαν τα ποσοστά της έκτασης την οποία καταλαμβάνει η κάθε κατηγορία πετρωμάτων ως προς τη συνολική έκταση της λεκάνης (Πίνακας 2). **Πίνακας 2**: Οι παράμετροι  $κ_i$  και  $ε_i$  της λεκάνης απορροής της παραλίας Κώμης και των υπο-

Ομάδα	Είδος πετρώματος	Ki	$\mathcal{E}_i$
εκάνη απορροής τι	ης παραλίας Κώμης		
1	al	1	2,54
2	m3, mp, Pz3	0,5	28,05
3	t1-2, tj	0,1	69,41
εκάνη απορροής το	ου χείμαρρου Κατράρη εκτόα	ς αυτής του φ	ράγματος Κ
1	al	1	3,33
2	m3, mp, Pz3	0,5	27,28
3	t1-2, tj	0,1	69,39
εκάνη απορροής το	ου φράγματος Καλαμωτής		
εκάνη απορροής το 2	ου φράγματος Καλαμωτής m3, mp, Pz3	0,5	29,59
εκάνη απορροής το 2 3	ου φράγματος Καλαμωτής m3, mp, Pz3 t1-2, tj	0,5 0,1	29,59 70,41
εκάνη απορροής το 2 <u>3</u> εκάνη απορροής το	ου φράγματος Καλαμωτής m3, mp, Pz3 t1-2, tj ου Λιλικά	0,5 0,1	29,59 70,41
εκάνη απορροής το 2 <u>3</u> εκάνη απορροής το 1	ου φράγματος Καλαμωτής m3, mp, Pz3 t1-2, tj ου Λιλικά al	0,5 0,1	29,59 70,41 0,88

λεκανών αυτής.

Επομένως, ο λιθολογικός συντελεστής (γ) για τις παραπάνω περιπτώσεις είναι:

Πίνακας 3:Η παράμετρος γ της λεκάνης απορροής της παραλίας Κώμης και των υπο-

Λεκάνη απορροής	γ
Παραλία Κώμης	0,235
Χείμαρρος Καρτάρης εκτός αυτής του φράγματος Καλαμωτής	0,239
Φράγμα Καλαμωτής	0,218
Λιλικάς	0,504

λεκανών αυτής.

Έχοντας υπόψη ότι το μέσο ετήσιο ύψος βροχής στο βροχομετρικό σταθμό Πυργίου κυμαίνεται από 0,19 m (ελάχιστο το 2000) μέχρι 1,07m (μέγιστο το 2003) και ότι ο μέσος όρος των τιμών για την περίοδο 1996-2008 είναι 0,59m (Εικόνα 1δ), υπολογίζονται οι μέσες τιμές ετήσιας στερεοπαροχής (σε αιώρηση και φορτίο κοίτης) ως εξής :

Πίνακας 4: Εκτίμηση της ελάχιστης, μέγιστης και μέσης τιμής της στερεοπαροχής για

Λεκάνη απορροής	G (σε αιώρηση, t/y/km²) Φορτίο κοίτης (G*15%, t/y/km²)		*15%,	Επιφάνεια (km²)	Ολική στερεοπαροχή (t/y)					
	min	Max	Mean	min	Max	Mean		min	Max	Mean
Παραλία Κώμης	2.05	57.07	9.30	0.31	8.56	1.39	110.84	34.09	948.79	154.62
Χείμαρρος Κατράρης εκτός Φράγματος	2.07	60.24	9.58	0.31	9.04	1.44	84.28	26.17	761.60	121.13
Φράγμα Καλαμωτής	1.96	44.84	8.14	0.29	6.73	1.22	26.21	7.72	176.30	32.01
Λιλικάς	3.17	660.78	35.89	0.48	99.12	5.38	0.35	0.17	34.69	1.88

τα έτη 1996-2008.

Με βάση την παραπάνω εκτίμηση, η λεκάνη απορροής του Φράγματος Καλαμωτής προσέφερε το 20% περίπου του συνολικού στερεού φορτίου που εισέρχεται στην παραλία της Κώμης. Μετά την κατασκευή του φράγματος το 2009 και μέχρι σήμερα (δηλαδή εντός 4 ετών), καμία ποσότητα νερού δεν παροχετεύτηκε ανάντι του φράγματος, δηλαδή περίπου 120 τόννοι ιζήματος δεν εξέβαλαν από την εκβολή του χείμαρρου Κατράρη.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. Χερσαίο και θαλάσσιο τμήμα της παραλίας Κώμης.

#### 4.1 Η φυσιογνωμία της περιοχής μελέτης...

Η αμμώδης και κεντρική παραλία της Κώμης έχει μήκος 900m και πλάτος που κυμαίνεται συνήθως από 20 έως 25m (Εικόνα 4.1). Το μέγιστο πλάτος 40m, παρουσιάζεται μπροστά στην εκβολή του χείμαρρου Κατράρη, ενώ το ελάχιστο 5m στο νοτιοδυτικό της άκρο. Η ακτογραμμή αναπτύσσεται κατά μήκος της διεύθυνσης νοτιοδυτικά προς βορειοανατολικά και το θαλάσσιο μέτωπό της έχει προσανατολισμό νοτιοανατολικά (Εικόνα 4.2α).Πιο νοτιοδυτικά , η παραλία της Κώμης εξελίσσεται σε μια παραβολική παραλία με ανάπτυγμα 200m και το χαρακτηριστικό αυτής της παραλίας είναι η ύπαρξη μιας προβλήτας και ενός κάθετου προβόλου μήκους 27m (Εικόνα 4.2β).



Εικόνα 4.1: Γεωγραφική θέση της παραλίας Κώμης (Google Earth, 2012)



Εικόνα 4.2α : Πανοραμική φωτογραφία ληφθήσα από ΝΔ προς ΒΑ



Εικόνα 4.2 β : Η κάθετη προβλήτα στο νοτιοανατολικό τμήμα της παραλίας



Εικόνα 4.2 γ : Το αλιευτικό καταφύγιο της Κώμης



Εικόνα 4.2 δ : Παραλία Λιλίκας.

Στο βορειοανατολικό άκρο της παραλίας της Κώμης υπάρχει το αλιευτικό καταφύγιο του οποίου ο μόλος έχει μήκος περί τα 210m και θαλάσσιο μέτωπο προσανατολισμένο προς ανατολικά-νοτιοανατολικά-νότια. Ο υπήνενος μόλος έχει μήκος 65m και είναι τοποθετημένος κατά μήκος της διεύθυνσης βορρά προς νότο όπως φαίνεται και στην Εικόνα 4.2γ.

Βορειοανατολικότερα του αλιευτικού καταφυγίου, υπάρχει μια βραχώδης ακτή με ογκόλιθους μήκους 65m και πλάτους 20m, η οποία 42 εξελίσσεται σε χαλικώδη/κροκαλώδη παραλία μήκους 300m (με πλάτος 7-10m), και καταλήγει σε μια βραχώδη αιχμή.

#### 4.2 Η κυκλοφορία του θαλασσινού νερού.

Στην Εικόνα 4.3 που ακολουθεί απεικονίζονται οι διανυσματικές ταχύτητες σε βάθος 4m κατά τη δειγματοληψία του Οκτωβρίου 2011 με ακουστικό ρευματογράφο/τομόγραφο (ADCP). Δεδομένου το γεγονότος ότι οι μετρήσεις είναι πλησίον της ακτής και η γενική διεύθυνση ροής στην παραλία της Κώμης είναι προς τα νοτιοδυτικά, μπορούμε να πούμε ότι είναι σχεδόν παράλληλη προς τη γειτονική ακτογραμμή. Οι ροές του θαλασσινού νερού έχουν ταχύτητες περίπου 12-15 cm/s οι οποίες προφανώς και εξασθενούν πλησιάζοντας στην ακτή. Το ρεύμα διατηρεί και στα μεγαλύτερα βάθη των 10 και 20m τα γενικά χαρακτηριστικά που εμφανίζονται στα 4m.



Εικόνα 4.3: Κατεύθυνση και ταχύτητες ροής του θαλασσινού νερού στην παραλία Κώμης

#### 4.3 Τοπογραφικές τομές κάθετα στην ακτογραμμή.

Στο υποκεφαλαίο αυτό της εργασίας αξίζει να αναφερθούν οι πέντε τοπογραφικές τομές οι οποίες πραγματοποιήθηκαν κάθετες προς την ακτογραμμή, οι οποίες συνοδεύτηκαν από δειγματοληψία επιφανειακών ιζημάτων σε επιλεγμένες θέσεις και επί τόπου αποτυπώσεις γεωμορφολογικά (Εικόνα 4.4).

NIL.	A	155 191 196	Ô
~`)\{	1.1	$\frac{53}{93170}$ 169	
	184 183	151 XK-8	
17	7758	173 87	
	<sup>17</sup> 78 XK-6 95		
	R1	• XK-2	
二声的 -	01	XK-3°	
1 July		∘ XK-4 ∘ KX-9	
		•KX-12	
	XK-5	XK-10	
Š			
	<sup>12</sup> KX-11	Image © 2012 DigitalGlobe Image © 2012 TerraMetrics	Google earth

Εικόνα 4.4: Τοπογραφικές τομές και θέσεις δειγματοληψίας ιζημάτων.

Σύμφωνα τα παραπάνω δεδομένα διαπιστώνεται ότι το νοτιοδυτικό και κεντρικό τμήμα της οπισθοπαραλίας κυριαρχεί η άμμος με σποραδικές και αραιές εμφανίσεις χαλικιών (Εινόνα 4.5α). Επιπλέον το υλικό που καλύπτει το βορειοανατολικό τμήμα της παραλίας και ιδιαιτέρως την περιοχή κοντά στον υπήνεμο μόλο του αλιευτικού καταφυγίου αποτελείται από α) χαλίκια και β)κροκάλες (Εικόνα 4.5β).Τέλος οι κάθετες κλίσεις της οπισθοπαραλίας κατά μήκος των τοπογραφικών τομών είναι ομαλές στο νοτιοδυτικό και βορειοανατολικό τμήμα της (από 1.30–30) (Εικόνα 4.5γ), και αυξημένες σχετικώς στο κεντρικό τμήμα της(6.30–80).Επιπρόσθετα αξίζει να σημειώσουμε ότι διακρίνονται δύο σειρές παράκτιων αναβαθμών (ή όπως αλλιώς ονομάζονται: berms, στην αγγλική βιβλιογραφία) οι οποίεςσχηματίστηκαν από τη δράση έντονων κυματικών φαινόμενων και κυμάτων(Εικόνα 4.5δ).



Εικόνα 4.5: α) Αμμώσης και χαλικώδης σύσταση του νοτιοδυτικού και κεντρικού τμήματος της παραλίας



Εικόνα 4.5: β) Το χαλικώδες βοριοανατολικό τμήμα της παραλίας



Εικόνα 4.5: γ) Χαμηλή κλίση της οπισθοπαραλίας στο κεντρικό τμήμα



Εικόνα 4.5: δ) Οι δύο σειρές παράκτιων αναβαθμών (berms).

Στην επόμενη σελίδα παρατίθενται οι πέντε τοπογραφικές-ιζηματολογικές τομές που πραγματοποιήθηκαν στη παραλία της Κώμης (Εικόνα 4.6).





*Τομή 4<sup>η</sup>* 



**Τομές Εικόνας 4.6:** Τοπογραφικές τομές του χερσαίου και θαλάσσιου τμήματος της παραλίας Κώμης με παράλληλη απεικόνιση των ιζηματολογικών χαρακτηριστικών αυτής. Τα κόκκινα τρίγωνα αναπαριστούν τις θέσεις και τον κωδικό δειγματοληψίας ιζήματος. Η χωροθέτηση των τομών εμφανίζεται στην Εικόνα 4.4.

Με βάση τις παραπάνω τοπογραφικές-ιζηματολογικές τομές οι οποίες πραγματοποιήθηκαν στην περιοχή παρατηρούμε ότι η ζώνη παφλασμού (swash and backswash zone), σε όλο της το μήκος, αποτελείται από μέση έως χονδρή άμμο (Εικόνα 4.7α) που σε πολλές περιπτώσεις σχηματίζει ημισελινοειδείς (cusps) γεωμορφές (Εικόνα 4.7β).



Εικόνα 4.7: α) Η αμμώδης ζώνη παφλασμού



Εικόνα 4.7: β) Οι ημισελινοειδείς (cusps) γεωμορφές της παραλίας Κώμης.

Αντιθέτως το θαλάσσιο μέτωπο της παραλίας (βάθος νερού έως το πολύ 1m) αποτελείται από χαλίκια και κροκάλες. Έπεται αμέσως μετά το μέτωπο, του οποίου η οριζόντια απόσταση από την ακτογραμμή είναι περίπου 20-25m, και μέχρι τα 200m (Τομή 2, Εικόνα 4.6) αναπτύσσεται ένα σύστημα θαλάσσιων αναβαθμίδων (sandbars) μεγάλων διαστάσεων (πλάτους 100m και μήκους 300m). Αυτές οι αναβαθμίδες διευθετούνται σε δυο επάλληλες σειρές. Όπου η κορυφή της πρώτης ,η οποία είναι και η ρηχότερη, σειράς βρίσκεται σε βάθος νερού περίπου 1m, ενώ η προς τη χέρσο κοιλία βρίσκεται σε βάθος 1.2m και η προς την ανοιχτή θάλασσα κοιλία σε βάθος 3m, ενώ η δεύτερη και βαθύτερη σειρά αναβαθμίδων που ακολουθεί βρίσκεται σε μια οριζόντια απόσταση από την ακτογραμμή μεταξύ των 100m και 200m. Η κορυφή τους βρίσκεται σε βάθος νερού 2m και τα πέλματά τους σε βάθος 3m και 4m για την προς την χέρσο και την ανοιχτή θάλασσα αντιστοίχως!...

#### 4.4 Βαθυμετρία του θαλάσσιου τμήματος της παραλίας

Στο υποκεφάλαιο αυτό της εργασίας εκτός των τοπογραφικών τομών, ερευνήθηκαν επιπλέον και τα τοπογραφικά και ιζηματολογικά χαρακτηριστικά του θαλάσσιου τμήματος της παραλίας της Κώμης με τη βοήθεια του ηχοβολιστή απλής δέσμης εικόνα που παρατίθεται ακριβώς στη συνέχεια.



**Εικόνα 4.8:** Στην εικόνα αυτή παρατηρούμε τις πορείες σκάφους κατά τη διάρκεια της βυθομετρικής αποτύπωσης.

Στο σημείο αυτό πρέπει να επισημανθεί ότι στο νοτιοδυτικό τμήμα της παραλίας εμφανίζεται ένας εκτεταμένος ύφαλος του οποίου οι υψηλότερες κορυφές προεξέχουν της θαλάσσιας στάθμης (Εικόνα 4.9α), ενώ ένας δεύτερος ύφαλος, μικρότερος σε έκταση, βρίσκεται νότια του προσήνεμου μόλου του αλιευτικού καταφυγίου. Η κορυφή του βρίσκεται συνήθως κάτω από τη θαλάσσια στάθμη σε ένα βάθος νερού 0,30m. Όμως, αυτό που έχει σημασία είναι ότι σε περιόδους χαμηλής στάθμης η κορυφή του υφάλου αποκαλύπτεται και μετατρέπεται σε σκόπελο. Τέλος σε βάθη μεγαλύτερα των 4m, ο πυθμένας δεν παρουσιάζει μορφολογικές ανωμαλίες και είναι αρκετά ομαλός.



Εικόνα 4.9: α) Ο σκόπελος στο νοτιοδυτικό τμήμα της παραλίας



Εικόνα 4.9: β) Ο ύφαλος μπροστά από τον προσήμενο βραχίονα του Αλιευτικού Καταφυγίου της παραλίας της Κώμης.

Παρακάτω παρουσιάζουμε το βαθυμετρικό χάρτη της παραλίας ο οποίος δίνεται στην Εικόνα 4.10 και τα αποτελέσματα του οποίου προήλθαν κατόπιν ανάλυσης των ηχοβολησμών σε Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ArcGIS v9.3).



Εικόνα 4.10: Βυθομετρικός χάρτης της παραλίας Κώμης.

## 4.5 Χαρτογράφηση θαλάσσιων ενδιαιτημάτων.

Στο υποκεφάλαιο αυτό θα αναφερθούμε για τα θαλάσσια ενδιαιτήματα στη περιοχή της παραλίας της Κώμης. Η αποτύπωση του βυθού και ο προσδιορισμός των διαφόρων γεωμορφών πραγματοποιήθηκε με πλευρικό ηχογράφο (Εικόνα 4.11).



**Εικόνα 4.11:** Στην εικόνα βλέπουμε καθαρά το μωσαϊκό εικόνων των οποίων η συλλογή έγινε με πλευρικό ηχογράφο.

Με βάση τα δεδομένα της ανάλυσης των ηχογραφημάτων κατασκευάστηκε χάρτης με το πρώτυπο κατανομής των ενδιαιτημάτων (Εικόνα 4.12) ο οποίος και ακολουθεί στην επόμενη σελίδα.



Εικόνα 4.12: Χάρτης ενδιαιτημάτων του θαλάσσιου τμήματος της παραλίας Κώμης.

Στο σημείο αυτό γίνεται μια εκτεταμένη αναφορά για την «καταχώρηση» των ενδιαιτημάτων στη περιοχή μελέτης μας. Αρχικά από την ακτογραμμή και έως τα 9-10m νερού( στο βάθος), ο θαλάσσιος πυθμένας στο κεντρικό τμήμα της παραλίας αποτελείται από άμμο η οποία και σχηματίζει το σύμπλεγμα των μεγάλων αναβαθμών όπως αναφέραμε και παραπάνω και τελικά μεταβαίνει σε μη ρυτιδωμένη (unrippled) επιφάνεια στα βάθη μεταξύ 4m και 9-10m.

Επιπροσθέτως μπροστά από το στόμιο του χείμαρρου Κατράρη, ο βυθός είναι καλυμμένος με ιζήματα χαλικώδους υφής, ενώ μετά από μια μικρή αμμώδη ζώνη ( αναφερόμαστε στην έκταση της επιφανείας) εμφανίζεται ένας βραχώδης ύφαλος με έντονο τραχύ ανάγλυφο. Οφείλουμε να προσθέσουμε ότι σε πολλές από τις μορφολογικές κοιλότητες του υφάλου υπάρχει ένα ιζηματογενές κάλυμμα από ρυτιδωμένη (rippled) άμμο (Εικόνα 4.13α). Στο μπροστινό μέρος του αλιευτικού καταφυγίου και την παραλία του Λιλικά ο πυθμένας είναι επίσης βραχώδης με έντονη παρουσία ογκολίθων. Στα βαθύτερα τμήματα της παραλίας και πάνω σε αμμώδη πυθμένα εμφανίζονται σποραδικές συγκεντρώσεις θαλάσσιων φανερόγαμων (Posidonia Oceanica, στην αγγλική βιβλιογραφία), οι οποίες γίνονται πιο πυκνές με την αύξηση του βάθους (Εικόνα 4.13β). Τέλος σε βάθη μεγαλύτερα των 12m και μέχρι τα 40m το λιγότερο, ο πυθμένας καλύπτεται από πυκνό λιβάδι ποσειδωνίας.



**Εικόνα 4.13:** Χαρακτηριστικά ενδιαιτήματα και γεωμορφές χαρτογραφημένα από πλευρικό ηχογράφο: α) βραχώδης ύφαλος στο νοτιοδυτικό τμήμα της παραλίας με μορφολογικά κοιλώματα πληρωμένα από ρυτιδωμένη άμμο.



**Εικόνα 4.13:** Χαρακτηριστικά ενδιαιτήματα και γεωμορφές χαρτογραφημένα από πλευρικό ηχογράφο: β) σποραδικές εμφανίσεις συστάδων θαλασσίων φανερόγαμων πάνω σε μη ρυτιδωμένη άμμο.

## 4.6 Μακροχρόνια μεταβολή της ακτογραμμής.

Η μακροχρόνια μετακίνηση( πάνω από δέκα χρόνια) της ακτογραμμής εξετάστηκε με τη σύγκριση αεροφωτογραφιών της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού των ετών 1978, 1982, 1990 και τη δορυφορική εικόνα του Google Earth η οποία λήφθηκε το 2006 (Εικόνες 4.14, 4.15, 4.16).

Με βάση τα παραπάνω διαθέσιμα στοιχεία προκύπτει ότι η ακτογραμμή από το 1978 έως το 1982 δεν παρουσίασε κάποια αξιόλογη μεταβολή παραμένοντας σχετικά σταθερή. Εν συνεχεία από το 1982 και μέχρι το 1990, το βορειοανατολικό τμήμα της παραλίας προσχώθηκε κατά 7-8m λόγω της παρουσίας του αλιευτικού καταφυγίου (ο υπήνεμος μόλος το 1982 δεν υπήρχε ενώ το 1990 είχε διαφορετική κατεύθυνση), ενώ στο υπόλοιπο τμήμα μικρές αλλαγές εντοπίστηκαν με τη μεγαλύτερη μετακίνηση της ακτογραμμής να συναίβει από το 1990 έως το 2006. Στο νοτιοδυτικό άκρο η υποχώρηση που καταγράφηκε ήταν περίπου 14m, ενώ στο κεντρικό τμήμα η υποχώρηση ήταν του μεγέθους των 10m. Δραματική αλλαγή συντελέστηκε στην περιοχή κοντά στον υπήνεμο μόλο όπου η ακτογραμμή προέλασε κατά 15m. Επισημαίνεται ότι η περιοχή μπροστά από την εκβολή του χείμαρρου Κατράρη δεν μετακινήθηκε κατά τη διάρκεια των 28 ετών παρατήρησης (1978-2006).

Γενικά, παρατηρείται μια μεταβολή της θέσης της ακτογραμμής με ισχυρή διάβρωση στο νοτιοδυτικό άκρο, λιγότερο ισχυρή (αλλά έντονη) στο κεντρικό τμήμα και ταχύτατη προέλαση (πρόσχωση) στο βορειοανατολικό άκρο της παραλίας κοντά στον υπήνεμο μόλο του αλιευτικού καταφυγίου.



**Εικόνα 4.14:** Η μετακίνηση της ακτογραμμής από το 1978 (αεροφωτογραφία Γ.Υ.Σ.) σε σχέση με αυτή του 2006 (κόκκινη γραμμή από Google Earth).



**Εικόνα 4.15:** Η μετακίνηση της ακτογραμμής από το 1982 (αεροφωτογραφία Γ.Υ.Σ.) σε σχέση με αυτή του 2006 (κόκκινη γραμμή από Google Earth).



**Εικόνα 4.16:** Η μετακίνηση της ακτογραμμής από το 1990 (αεροφωτογραφία Γ.Υ.Σ.) σε σχέση με αυτή του 2006 (κόκκινη γραμμή από Google Earth).

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 . ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ –ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

#### 5.1 Η σύνθεση των αποτελεσμάτων...

Σε πρωταρχικό επίπεδο θα πρέπει να πούμε ότι η παραλία της Κώμης είναι μια αμμώδης ακτή εκτεθειμένη σε α) νότιους, β) νοτιοανατολικούς και γ) ανατολικούς ανέμους. Επιπροσθέτως η ύπαρξη ενός βραχώδους σκοπέλου στο νοτιοδυτικό άκρο της παραλίας δρα ως φυσικό φράγμα μειώνοντας δραστικά την ένταση του κυματισμού κατά τη διάρκεια καταιγιδικών γεγονότων νότιας και νοτιοανατολικής διεύθυνσης.. Παρόμοια διεργασία απόσβεσης της έντασης των κυμάτων ανατολικής διεύθυνσης διαπιστώνεται λόγω της παρουσίας ενός βραχώδους υφάλου και του αλιευτικού καταφυγίου στο βορειοανατολικό άκρο της παραλίας, η ανάλυση έχει προηγηθεί.

Από τη μελέτη της μακροχρόνιας μεταβολής της ακτογραμμής κατεγράφη μια σημαντική οπισθοχώρηση στο νοτιοδυτικό και κεντρικό τμήμα της παραλίας, η μετακίνηση αυτή μπορεί να οφείλεται πολύ πιθανόν στην ελαττωμένη στερεοαπορροή του χείμαρρου Κατράρη που αποτελεί τον κύριο τροφοδότη ιζημάτων της περιοχής. Μεταβολές των φυσικών διεργασιών, όπως είναι για παράδειγμα η μείωση των βροχοπτώσεων και εκτεταμένες ανθρωπογενείς παρεμβάσεις στην λεκάνη απορροής (π.χ. αλλαγή των χρήσεων γης, άντληση γλυκού νερού από τους υδροφόρους ορίζοντες, αμμοληψίες από την κοίτη του χείμαρρου) πιθανώς να συμβάλλουν στην μειωμένη είσοδο φερτών υλικών στην παραλία και τη διατάραξη του τοπικού ιζηματολογικού ισοζυγίου. Επίσης να αναφέρουμε ότι το υλικό που οικοδομούσε την παραλία και διέφυγε λόγω διάβρωσης στη θάλασσα δεν μπορεί πια να αναπληρωθεί με τις αντίστοιχες ποσότητες από τη λεκάνη απορροής με αποτέλεσμα να υπάρξει πάγια έλλειψη ιζημάτων. Τέλος η κατασκευή του Φράγματος Καλαμωτής το 2009 περιόρισε ακόμη περισσότερο την είσοδο στερεών υλικών στη θάλασσα κατά 20% με συνέπεια το παραπάνω φαινόμενο να επιταθεί κατά την διάρκεια των τελευταίων τεσσάρων χρονών.

Στο τέλος της δεκαετίας του 1970 το νοτιοδυτικό άκρο της παραλίας, πιο συγκεκριμένα το πίσω μέρος της παραλίας ήταν αρκετά εκτεταμένο και το πλάτος της έφτανε τα 20-25m. Σημαντική υποχώρηση της ακτογραμμής της τάξεως των δεκαπέντε (15) μέτρων παρατηρήθηκε από το 1990 μέχρι το 2006 λόγω μετακίνησης της άμμου προς τα βορειοδυτικά της ακτής. Ωστόσο, στη συγκεκριμένη περιοχή, οι ποσότητες της άμμου που απομακρύνθηκαν ενδεχομένως να μην ήταν τόσο σημαντικές. Το ευρύ πλάτος της παραλίας οφειλώταν στην παρουσία ενός μικρού πάχους ιζηματογενούς στρώματος που σκέπαζε το αβαθές βραχώδες υπόβαθρο. Η α) ισχυροποίηση των κυματικού καθεστώτος, β) μειωμένη αποφόρτιση του χείμαρρου Κατράρη και γ) τεχνητή φραγή των δευτερευόντων καναλιών του χειμάρρου, λόγω οικιστικής δόμησης και γεωργικής εκμετάλλευσης, να συνέτειναν στη απομάκρυνση της άμμου, την απογύμνωση του βραχώδους υποστρώματος και τη προέλαση της θάλασσας. Στη σημερινή πραγματικότητα, περιορισμένες συναθροίσεις ρυτιδωμένων άμμων είναι ακόμη εγκλωβισμένες σε μικρά μορφολογικά έγκοιλα (κοιλότητες υποθαλάσσιας αμμώδους περιοχής) του υφάλου.

Να αναφέρουμε επιπλέον ότι η μετακίνηση των ιζημάτων είναι σχεδόν παράλληλη προς την ακτογραμμή με κατεύθυνση από νοτιοδυτικά προς βορειοανατολικά, πορεία που ελέγχεται από το τοπικό παράκτιο ρεύμα το οποίο σε περιόδους χαμηλής ενέργειας δεν είναι ιδιαίτερα σημαντικό. Ωστόσο, κατά τη διάρκεια ισχυρών νοτίων και νοτιοανατολικών ανέμων μεγαλύτερες ποσότητες ιζημάτων μεταφέρονται με μεγαλύτερη ταχύτητα προς το κεντρικό και βορειοανατολικό τμήμα. Το βασικό αυτό πρότυπο κυκλοφορίας αναστρέφεται κατά τη διάρκεια της δράσης κυματισμού με ανατολική διεύθυνση, με αποτέλεσμα την μερική ή ολική επαναφορά του υλικού στα κεντρικά και νοτιοδυτικά τμήματα της παραλίας.

Επιπλέον, η κατασκευή του αλιευτικού καταφυγίου επηρέασε τη φυσική λειτουργία του παράκτιου συστήματος με αποτέλεσμα να προστατεύει το βορειοανατολικό άκρο της παραλίας από τους ανατολικούς ανέμους μην αφήνοντας την άμμο να επιστρέψει στο κεντρικό τμήμα. Η τάση των τελευταίων είκοσι ετών είναι η ακτογραμμή να παρουσιάζει μια διαφορική μετακίνηση, με γρήγορη οπισθοχώρηση στο νοτιοδυτικό τμήμα, σχετικά μικρότερη στο κεντρικό τμήμα και ταχύτατη προέλαση στο βορειοανατολικό άκρο. Η συσσώρευση της άμμου είναι τόσο έντονη που ο θαλάσσιος χώρος δυτικά του υπήνεμου μόλου και το στόμιο του αλιευτικού καταφυγίου να έχει γίνει τόσο αβαθής που να ενοχλεί την είσοδο και έξοδο των αλιευτικών σκαφών. Μάλιστα, με βάση μαρτυρίες κατοίκων, κατά το παρελθόν χρειάστηκε να γίνει βυθοκόρηση του αλιευτικού καταφυγίου για να επιτευχθεί η απρόσκοπτη λειτουργία του. Το φαινόμενο της συγκέντρωσης άμμου στην περιοχή θα συνεχιστεί και πιθανώς η θαλάσσια περιοχή δυτικά του υπήνεμου μόλου να επιχωματωθεί, ενώ οι βυθοκορήσεις του λιμανιού τείνουν να γίνουν αναγκαίες σε συχνότερα χρονικά διαστήματα, πράγμα το οποίο σημαίνει μεγάλο οικονομικό κόστος και επιπλέον αλλαγή του θαλάσσιου περιβάλλοντος της παραλίας της Κώμης. Και αν το οικονομικό μπορεί τελικά να μην αποτελεί μεγάλο πρόβλημα μέγιστο θα είναι το περιβαλλοντικό κόστος το οποίο τελικά θα προκληθεί από τις συχνές βυθοκορήσεις.

Βέβαια εκτός της παράλληλης προς την ακτογραμμή μετακίνησης των ιζημάτων συντελείτε και η κάθετη μετακίνηση προς αυτή , αυτή η μετακίνηση καλίτε εγκάρσια στερεομεταφορά . Η διαφυγή της άμμου προς τα βαθύτερα τμήματα μπορεί να συμβεί κατά τη διάρκεια γεγονότων έντονης ενέργειας. Συνήθως, παρατηρείται μερική ή πλήρης επαναφορά της άμμου στο χερσαίο τμήμα όταν επικρατεί ένα εκτεταμένο χαμηλής ενέργειας κυματικό καθεστώς. Ωστόσο αυτό που οφείλουμε να τονίσουμε ότι σε μακροχρόνια κλίμακα ο εποχιακός κύκλος της παραλίας της Κώμης παρουσιάζει έλλειμμα και μια ποσότητα ιζήματος δεν επιστρέφει στο πίσω μέρος της παραλίας διότι παραμένει στο θαλάσσιο τμήμα σε βάθη μικρότερα των 4m και σχηματίζει φυσικούς και μεγάλων διαστάσεων (πλάτους 100m, μήκους 300m και ύψους 1m) υφάλιους αναβαθμούς. Η ύπαρξή αυτή των αναβαθμών μειώνει σημαντικά την ένταση του κυματισμού και δρα προστατευτικά για την οπισθοπαραλία(πίσω μέρος της παραλίας). Άρα τελικά αποτελεί και ουσιαστικά ένα φυσικό ύφαλο κυματοθραύστη.

Κατά τη διάρκεια ισχυρών καταιγιδικών γεγονότων, η επιφάνεια της θάλασσας αυξάνει σημαντικά και η παλίρροια με την επίδραση τόσο της μετεωρολογικής όσο και της αστρονομικής φύσης μπορεί να υπερβεί τα 0,7m. Σε περίπτωση υψηλών παλιρροιών, η ζώνη θραύσης των κυμάτων πλησιάζει την οπισθοπαραλία και σε συνδυασμό την παρουσία κυμάτων μεγάλου ύψους μπορούν να προκαλέσουν έντονα προβλήματα διάβρωσης σε μεγάλα τμήματα της παραλίας. Τέτοιες περιπτώσεις καταγράφηκαν τον Δεκέμβριο 2009, Δεκέμβριο 2010, Φεβρουάριο 2011 και Φεβρουάριο 2012 και έπληξαν με ιδιαίτερη σφοδρότητα την παραλία της Κώμης και τις παράκτιες κατασκευές. Μάλιστα, πρέπει να τονιστεί ότι η ύπαρξη κατακόρυφων τειχών προστασίας των οικιών συνέβαλλε στη εμφάνιση του φαινόμενου της ανάκλασης του κυματισμού και κατά συνέπεια στην ενδυνάμωση της διάβρωσης μπροστά από τις συγκεκριμένες ιδιοκτησίες.

## 5.2 Προτάσεις.

Η παραλία της Κώμης υπόκειται τις τελευταίες δεκαετίες σε σημαντικές αλλαγές και όπως διαπιστώνεται από τις μετρήσεις πεδίου το μεγαλύτερο τμήμα της ακτογραμμής (το νοτιοδυτικό και κεντρικό τμήμα) υποχωρεί ενώ το υπόλοιπο το οποίο είναι περίπου το 20% του συνολικού μήκους αυτής στο βορειοανατολικό άκρο προελαύνει.

Η κατάσταση όπως έχει διαμορφωθεί μετά τις παρεμβάσεις που έγιναν στη: α) λεκάνη απορροής του χείμαρρου Κατράρη (π.χ. κατασκευή του Φράγματος Καλαμωτής, άντληση υπογείων νερών) και β) παράκτια ζώνη (π.χ. κατασκευή αλιευτικού καταφυγίου, αστική δόμηση) οδηγεί στην εκτίμηση ότι οι ποσότητες αμμώδης υλικού που είναι απαραίτητες για την ιζηματολογική ισορροπία του συστήματος δεν μπορούν πια να διευθετυθούν με φυσικό τρόπο στη παραλία και γι' αυτό το λόγο προτείνεται η μέθοδος της ταυτόχρονης βυθοκόρησης των περιοχών συσσώρευσης της άμμου (δυτικά του υπήνεμου μόλου και της λιμενοδεξαμενής του αλιευτικού καταφυγίου) και τεχνητής τροφοδοσίας των περιοχών που διαβρώνονται (νοτιοδυτικό και κετρικό τμήμα της παραλίας). Έτσι με τον τρόπο αυτό : 1) επανέργεται το συσσωρεμένο υλικό στην πρότερη θέση του αφού αυτό δεν είναι πια εφικτό να γίνει λόγω της παρουσίας του αλιευτικού καταφυγίου, 2) το υλικό είναι αυτό που χρειάζεται η διαβρωμένη περιοχή, αφού έχει την κατάλληλη κοκκομετρική και ορυκτολογική σύσταση,3) θα αποσυμφορηθεί το βορειοδυτικό άκρο της παραλίας και θα εκβαθυνθεί το αλιευτικό καταφύγιο, 4)δε θα απορριφθεί η άμμος στη βαθειά θάλασσα (βάθη νερού >50 μ) ξοδεύοντας έτσι πολύτιμο φυσικό πόρο, 5) δε θα εμφανιστούν φαινόμενα διάβρωσης κατάντη της περιοχής που θα αναπλαστεί, όπως συμβαίνει στα περισσότερα έργα προστασίας, 6) θα είναι ένα έργο φιλικό προς το περιβάλλον και 7) δε θα υπάρξει σημαντική οικονομική επιβάρυνση αφού το έργο της τεχνητής τροφοδοσίας θα είναι επικουρικό του έργου της βυθοκόρησης και οι θέσεις αμμοληψίας και ανάπλασης θα βρίσκονται κοντά.

Ωστόσο, η παραπάνω μέθοδος αφενός χρειάζεται να πραγματοποιείται συχνά κατά τη διάρκεια συνεχόμενων χρόνων κι αφετέρου ο ποσότητες του υλικού που θα βυθοκορηθεί από τη βορειοανατολική ακτή μπορεί να μην επαρκούν, εξαιτίας της εγκάρσιας διαφυγής ενός μέρους των ιζημάτων στο θαλάσσιο τμήμα της παραλίας, και συνεπώς να χρειαστεί να αναζητηθεί από την ευρύτερη περιοχή που να πληρεί τις κατάλληλες ιδιότητες και χαρακτηριστικά. Αυτό που πρέπει να γίνει αντιληπτό έιναι ότι σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να χρησιμοποιηθεί η άμμος που δομεί του ύφαλους αναβαθμούς. Η καταστροφή ή αλλιώς αποδόμηση των φυσικών κυματοθραυστών θα αλλάξει την μορφοδυναμική συμπεριφορά της παραλίας και δημιουργήσει έντονα προβλήματα διάβρωσης στο σύνολο της παράκτιου συστήματος.

Η τεχνική της αναπλήρωσης μπορεί να συνοδεύεται και από άλλα τεχνικά έργα προστασίας για να βοηθήσουν τον εγκλωβισμό της άμμου στο χώρο ανάπλασης και για να ελαχιστοποιήσουν τις πλευρικές και εγκάρσιες απώλειες όπως έργα που ανήκουν στην κατηγορία των περιβαλλοντικά φιλικών κατασκευών που είναι οι βυθισμένοι (ύφαλοι) κυματοθραύστες τοποθετημένοι παράλληλα στην ακτογραμμή.

Τέλος, όπως είναι φυσικό η αδειοδότηση ενός παράκτιου τεχνικού έργου προστασίας ακτής απαιτεί την εκπόνηση διαφόρων μελετών (π.χ. Ακτομηχανική Μελέτη, Τεχνική Μελέτη και Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων). Λόγω της πολυπλοκότητας των φυσικών διεργασιών στην παράκτια ζώνη που δημιουργούν τα προβλήματα διάβρωσης, η εκπόνηση των μελετών θα πρέπει να γίνει από ομάδα

ειδικών με εμπειρία σε σχετικές μελέτες περίπτωσης και επιστημονικές έρευνες. Επιπρόσθετα θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερο βάρος στην αντιμετώπιση του προβλήματος με «ήπιες» μεθόδους προστασίας ακτών, π.χ. α)τεχνητή ανάπλαση της παραλίας και β)βυθισμένους κυματοθραύστες για την προστασία της ακτής (σε αντίθεση με τις «σκληρές» μεθόδους, π.χ. κυματοθραύστες πάνω από τη επιφάνεια της θάλασσας, προβόλους κάθετους προς την ακτή, οι οποίοι ενοχλούν αισθητικά και υποβαθμίζουν το θαλάσσιο τοπίο. Όποια και αν είναι η λύση πάντως οφείλεται να προστατευθεί το φυσικό κάλλος της περιοχής.

Εν κατακλείδι θα πρέπει τελικά να δοθούν διαφορετικές εναλλακτικές λύσεις, όπως είναι α)η μόνο τεχνητή ανάπλαση της ακτής,β) ο συνδυασμός τεχνητής ανάπλασης ακτής και τέλος γ)οι κατασκευές προστασίας ακτής. Έτσι θα δοθεί η δυνατότητα επιλογής της βέλτιστης επιθυμητής λύσης κατόπιν αξιολόγησης όλων των διατιθέμενων εναλλακτικών προτάσεων.

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1)Aagaard, T. and Greenwood, B., 2008. Infragravity wave contribution to surf zone sediment transport – the role of advection. Marine Geology, 251: 1-14

2) Battjes, J. and Janssen, J., 1978. Energy loss and set-up due to breaking of random waves. In Proceedings 16th International Conference Coastal Engineering, ASCE, pages 569-587.

3) Booij, N., Ris R. C., and Holthuijsen L. H., 1999. A third-generation wave model for coastal regions, Part I, Model description and validation, J. Geoph.Research, 104, C4, 7649-7666.

4) Deltares. (2011a). Delft3D-FLOW; Simulation of multi-dimensional hydrodynamic flows and transport phenomena, including sediments, User Manual, version 3.15, Deltares, Delft.

5) Deltares. (2011b). Delft3D-WAVE; Simulation of short-crested waves with SWAN, User Manual, version 3.04, Deltares, Delft.

6) Hasselmann, K., Barnett, T. P., Bouws, E., Carlson, H., Cartwright, D. E., Enke, K., Ewing, J., Gienapp, H., Hasselmann, D. E., Kruseman, P., Meerburg, A., Muller, P., Olbers, D. J., Richter, K., Sell, W. and Walden, H., 1973. Measurements of wind wave growth and swell decay during the Joint North Sea Wave Project (JONSWAP)." Deutsche Hydrographische Zeitschrift 8 (12).

7) Lesser G.R., Roelvink J.A., van Kester J. A.T. M. and Stelling, G. S., 2004. Development and validation of a three-dimensional morphological model, Coastal Engineering **51**(8-9), pp. 883-915.

8) Pavlis, E. C., Evans, K., Milas, P., Paradissis, D., Massinas, B. A., Frantzis, X., 2012. Aegean Sea Level Network: Eastern Mediterranean AltimeterCalibration Network – eMACnet. In: European Geosciences Union General Assembly 2012, Vienna.

9) Pawlowicz, R., Beardsley, B., and Lentz, S., 2002. Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T\_TIDE. Computers and Geosciences 28, 929-937.

10) Ris, R., Booij, N., and Holthuijsen, L., 1999. A third-generation wave model for coastal regions, Part II: Verification. Journal of Geophysical Research 104 (C4): 7649-7666.

11) Roelvink, J. A., Reniers, A. J. H. M., Van Dongeren, A. R., Van Thiel de Vries, J. S. M., McCall, R. T., Lescinski, J., 2009. Modelling storm impacts on beaches, dunes and barrier islands. Coast. Eng. 56, 1133-1152.

12) Soukissian T.H., Prospathopoulos A., 2003, "Implementation of the 3rd generation Wave Model WAM - cycle 4 in Aegean Sea", Tech. Chron., Scientific Journal of the Technical Chamber of Greece, IV, Vol. 23, No. 1-2, pp. 7-19 (extended summary in English).

13) Soukissian, T.H., Hatzinaki, M., Korres, G., Papadopoulos, A., Kallos, G., Anadranistakis, E., 2007, "Wind and Wave Atlas of the Hellenic Seas", Hellenic Centre for Marine Research Publ., 300 pp., ISBN-987 960 86651 9-4.

14) Soukissian T., Prospathopoulos, A., Hatzinaki, M., Kabouridou, M., 2008, "Assessment of the wind and wave climate of the Hellenic Seas using 10-year hindcast results", The Open Ocean Engineering Journal, Vol 1, pp 1-12.

15) Van der Westhuysen, A. J., Zijlema, M., and Battjes, J. A., 2007. Nonlinear saturation -based whitecapping dissipation in SWAN for deep and shallow water. Coastal Engineering, 54, 151-170

16) Van Dongeren, A., Battjes, J., Janssen, T., Van Noorloos, J., Steenhauer, K., Steenbergen, G., and Reniers A., 2007. Shoaling and shorelinedissipation of low-frequency waves, J. Geophys. Res., 112, C02011, doi:10.1029/2006JC003701.

17) Van Thiel de Vries J. S. M. (2010) Dune erosion during storm surges. PhD Thesis. Delft University of Technology, Delft.

18) UNESCO-IHE, Deltares, TU Delft (2010). XBeach Model Description and Manual, version 6, UNESCO-IHE, Deltares, TU Delft, Delft.

19) Αναστασάκης Γ.Κ.\*, Μουτζούρης Κ.Ι. και Δέτσικα Ν.Χ., Τομ. Ιστ. Γεωλογίας & Παλαιοντολογίας, Τμ. Γεωλογίας, Π.Α., Πανεπιστημιούπολη Εργαστήριο Λιμενικών Έργων, Εθν. Μετσόβειο Πολυτεχνείο, Πρόγραμμα μορφολογικής εξέλιξης παραλίας Αγ.Νικολάου Κρήτης μετά την κατασκευή κυματοθραυστών.

20) Δουκάκης Ε., 2005. Ανάπτυξη της παράκτιας ζώνης ,σχολή Αγρανόμων – Τοπογράφων Μηχανικών Ε.Μ.Π 21) Καραμπάς Θ.Β. Χρήση προηγμένων μαθηματικών μοντέλων στη τεχνητή αναπλήρωση ακτών, εφαρμογή σε παραλίες της Μυτιλήνης.

22) Καραμπάς Θ.Β. Διάβρωση παραλίας σκάλας Ερεσσού στη Μυτιλήνη: Πιθανές αιτίες και τρόποι αντιμετώπισης του προβλήματος.

24)Κοσμάς Π. Παυλόπουλος, Γεωμορφολογία, Εφαρμογές στις Γεωεπιστήμες.

25) Τούρλα και Κουτσογιάννη. Εκτίμηση της στερεοπαροχής φερτών υλικών.

# ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

1]) http://oss.deltares.nl/web/opendelft3d

- 2) <u>http://www.gebco.net/</u>
- 3) <u>http://oss.deltares.nl/web/xbeach/home</u>
- 4) <u>http://publicwiki.deltares.nl/display/OET/OpenEarth</u>
- 5) <u>http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A7%CE%AF%CE%BF%CF%82</u>