



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΑΣ &

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΟΥ ΘΑΛΑΣΣΙΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

Εκτίμηση των μορφοδυναμικών και κοινωνικο-οικονομικών επιπτώσεων της επικείμενης μεταβολής της θαλάσσιας στάθμης, λόγω κλιματικής αλλαγής, στις παραλίες του Κεντρικού και Βορείου Αιγαίου Πελάγους

Καϊμπαλή Ζανίν

ΑΜ: 21203

Αθήνα, 2017

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

Εκτίμηση των μορφοδυναμικών και κοινωνικο-οικονομικών επιπτώσεων της επικείμενης μεταβολής της θαλάσσιας στάθμης, λόγω κλιματικής αλλαγής, στις παραλίες του Κεντρικού και Βορείου Αιγαίου Πελάγους

Καϊμπαλή Ζανίν

Τριμελής συμβουλευτική / εξεταστική επιτροπή:

Καθηγητή Σεραφείμ Πούλο (επιβλέπων)

Καθηγητή Παναγιώτη Νάστο και

Επίκουρη Καθηγήτρια Παρασκευή Νομικού.

Πρόλογος

Η κατάσταση των παραλιών στην Ελλάδα αποτελεί κρίσιμης σημασίας παράγοντα για την αειφορεία των Ελλήνων και την βιωσιμότητα της ίδιας της Ελληνικής οικονομίας. Σημαντικά οικονομικά αγαθά και υπηρεσίες της ελληνικής τουριστικής βιομηχανίας έχουν ως βάση τις ελληνικές τουριστικές παραλίες.

Η παρούσα μελέτη, με τίτλο «Εκτίμηση των μορφοδυναμικών και κοινωνικοοικονομικών επιπτώσεων της επικείμενης μεταβολής της θαλάσσιας στάθμης, λόγω κλιματικής αλλαγής, στις παραλίες του Κεντρικού και Βορείου Αιγαίου Πελάγους» έγινε στα πλαίσια του Διατμηματικού Μεταπτυχιακού της Ωκεανογραφίας του Πανεπιστημίου Αθηνών

Στο πλαίσιο αυτό, η προσέγγιση που χρησιμοποιήθηκε για την πρόβλεψη του εύρους της παραλιακής οπισθοχώρησης των 10 παραλιών μελέτης λόγω μακροχρόνιας ανόδου της θαλάσσιας στάθμης. Χρησιμοποιήθηκαν μονοδιάστατα μοντέλα καθώς είναι τα μόνα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για προβλέψεις μεγάλης χωρικής κλίμακας και έχουν χαμηλές απαιτήσεις σε περιβαλλοντική πληροφορία. Ο μέσος όρος των αποτελεσμάτων των μοντέλων για 3 διαφορετικά σενάρια ανύψωσης της θαλάσσιας στάθμης συγκρίθηκε με τα μέγιστα πλάτη των παραλιών μελέτης και προσδιορίστηκαν τα ποσοστά μείωσης του μέγιστου 'ξηρού' πλάτους τους.

Τέλος, με βάση αυτό, υπολογίστηκε το κόστος της προβλεπόμενης απώλειας σε χρηματικούς όρους χαρακτηριστικών των παραλιών (μέγιστο παραλιακό πλάτος) με τις εκτιμήσεις των εξισώσεων να δείχνουν ότι οι μακροχρόνιες μεταβολές της θαλάσσιας στάθμης θα έχουν καταστροφικές συνέπειες στις υπό μελέτη παραλίες.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της τριμελούς επιτροπής, ιδιαίτερα τον επιβλέποντα Καθηγητή, κ. Σεραφείμ Πούλο, για τη καθοδήγηση του κατά τη διάρκεια της πραγματοποίησης της εργασίας αυτής. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον υποψήφιο Διδάκτορα Στέλιο Πετράκη και την Δρ. Κατερίνα Καρδισιά για όλη τη βοήθεια που μου πρόσφεραν τόσο στην ανάλυση των δεδομένων όσο και κατά τη συγγραφή της εργασίας αυτής. Ευχαριστώ επίσης, την πολυαγαπημένη μου φίλη αρχικά και συμφοιτήτρια, Αντιγόνη Νικολάου, για την βοήθειά της στη συλλογή, επεξεργασία και αξιοποίηση των κοινωνικών και οικονομικών δεδομένων αλλά και για τη γενικότερη στήριξη που μου παρείχε για να διεκπεραιωθώ με επιτυχία αυτή η διπλωματική αυτή εργασία. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς και την αδερφή μου, για την πολυετή στήριξή τους σε όλους μου τους στόχους και προσδοκίες.

Περίληψη

Ο σκοπός της εργασίας που είναι η εκτίμηση των μορφοδυναμικών και κοινωνικο-οικονομικών επιπτώσεων της επικείμενης μεταβολής της θαλάσσιας στάθμης, λόγω κλιματικής αλλαγής σε παραλίες του Β. Αιγαίου επιτυγχάνεται μέσω της συλλογής δεδομένων που αφορούν τη μορφολογία και ιζηματολογία (κοκκομετρία) των παραλιών που μελετώνται, τη χρήση των δορυφορικών εικόνων, όπως του Google Earth, καθώς και των εξισώσεων πρόγνωσης κυμματισμού και μεταβολής της ακτογραμμής και εντοπισμού/εύρεσης θαλάσσιων αναβαθμών. Βάσει των προαναφερθέντων μεθόδων, προέκυψαν εκτιμήσεις της μεταβολής του παραλιακού προφίλ οι οποίες σε συνδυασμό με τα 3 διαφορετικά σενάρια της IPCC για την άνοδο της θαλάσσιας στάθμης, υπολογίζεται η παραλιακή οπισθοχώριση και τελικά το εμβαδόν της παραλίας που θα χαθεί. Τέλος, με βάση αυτό, υπολογίστηκε το οικονομικό κόστος της προβλεπόμενης απώλειας.

Συγκεκριμένα, για την πρόβλεψη της παραλιακής οπισθοχώρησης χρησιμοποιήθηκαν 3 σενάρια ανόδου της μέσης στάθμης θάλασσας τα οποία προβλέπονται για τον Ελλαδικό χώρο (α) 0,15 m για το 2040 σύμφωνα με τα σενάρια RCP 4.5 και RCP 8.5, (β) 0,5 m για το 2100 σύμφωνα με το σενάριο RCP 4.5 και (γ) 0,7 m για το 2100 σύμφωνα με το σενάριο RCP 8.5, σε σχέση με τη μέση στάθμη θάλασσας της περιόδου 1985-2005). Βρέθηκε σύμφωνα με τις προβλέψεις των μοντέλων ότι άνοδος της μέσης θαλάσσιας στάθμης κατά 0,15 m δίνει παραλιακές οπισθοχωρήσεις κατά 1,8–20,4 m, άνοδος κατά 0,5 m δίνει οπισθοχωρήσεις κατά 7,5–51,6 m και άνοδος κατά 0,7 m οπισθοχωρήσεις κατά 11,3–71,3 m.

Για όλα τα παραπάνω σενάρια ανόδου της θαλάσσιας στάθμης υπολογίστηκαν τα ποσοστά των παραλιών που θα κατακλυστούν (θα χαθούν ή θα μετατοπιστούν προς την ξηρά). Η σύγκριση μεταξύ της έκτασης και των προβλεπόμενων

οπισθοχωρήσεων λόγω μακροχρόνιας ανόδου της θαλάσσιας στάθμης, έδειξε ότι η άνοδος της θαλάσσιας στάθμης θα έχει καταστροφικές συνέπειες, μιας και για ΑΣΘ κατά 0,15 m το 50% των παραλιών μελέτης θα χάσουν λιγότερο από το 20% της έκτασης, το 30% θα χάσει 20-50% ενώ το 20% θα χάσει πάνω από το 70% της συνολικής τους έκτασης (μια εκ των οποίων θα χαθεί ολοκληρωτικά). Για την περίπτωση της ΑΣΘ κατά 0,5 m το 40% θα χάσει το 20-50% ενώ το υπόλοιπο 60% θα χάσει πάνω από το 50% της έκτασή τους, εκ των οποίων οι μισές θα χαθούν ολοκληρωτικά. Τέλος, για το σενάριο ΑΣΘ κατά 0,7 m, το 30% θα χάσει το 20-50% ενώ το υπόλοιπο 70% θα χάσει πάνω από το 50% της έκτασή τους (με το 40% προβλέπεται να χάσει ίσο ή μεγαλύτερο από το 100% της έκτασής τους).

Τέλος, η οικονομική επίπτωση της προβλεπόμενης οπισθοχώρησης κατέδειξε ότι βάσει του σεναρίου ανόδου της θαλάσσιας στάθμης κατά 0,15 m το συνολικό κόστος απώλειας γης των παραλιών μελέτης αντιστοιχεί σε 6,2 εκατ. €. Για τα σενάρια ΑΣΘ κατά 0,5 m και 0,7 m το κόστος εκτιμήθηκε στα 13,64 εκατ. € και 17,18 εκατ. €, αντίστοιχα.

Λέξεις κλειδιά: κλιματική αλλαγή, άνοδος θαλάσσιας στάθμης, οπισθοχώρηση, οικονομική αξιολόγηση

Abstract

The state of the Greek beaches is a major pillar for the sustainability and viability of the country's economy. Significant economic goods and services of Greeks tourism industry are based on the touristic beaches.

The purpose of this thesis is the assessment of the morphodynamic and socio-economic impacts of anticipated sea level rise due to climate change at the beaches of the Central and Northern Aegean; this is achieved by: (i) the collection of data concerning the morphology and sedimentology (grain size) of the beaches studied; (ii) the use of equations for wave prediction; and (iii) on the basis of the aforementioned data coastal profile retreat is estimated with the use of three equations and for three IPCC scenarios for sea level rise. These scenarios refer to sea level rise of: (a) 0.15 m for 2040 according to the RCP 4.5 and 8.5 scenarios, (b) 0.5 m for 2100 according to the RCP 4.5 scenario and (c) 0.7 m, for 2100 according to the RCP 8.5 scenario, in relation to the mean sea level during the period 1985-2005.

For the 10 beaches examined, model results showed that for a 0.15 m SLR coastal retreat will range from 1.8 to 20.4 m, a 0.5 m SLR will result in 7.5-51.6 m beach retreat and a rise of 0.7 m will result in 11.3-71.3 m retreat. These values are related to beach loss as follows: (i) for a 0.15 m SLR, 50% of the beaches will lose less than 20% of their area, 30% will lose 20-50% while 20% will lose over 70% of the total area (one of which will be completely lost); (ii) for the case of a 0.5 m SLR, 40% will lose 20-50% while the remaining 60% will lose more than 50% of their area, of which half will be lost completely; and (iii) for the 0.7m SLR scenario, 30% of the beaches examined will lose 20-50% of their total area while the remaining 70% will lose more than 50%, with the 40% to be lost completely.

Finally, the financial impact of the predicted regression showed that for the 0.15 m SLR scenario, the total cost due to land loss corresponds to 6.2 M €. For the 0.5 m and 0.7 m SLR scenarios, estimated cost of loss is 13.64 M € and 17.18 M €, respectively.

Keywords: climate change, sea level rise, beach retreat, economic evaluation

Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	3
2.1 ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ - ΑΝΟΔΟΣ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ	3
2.2 ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ (ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΠΑΡΑΛΙΩΝ)	17
2.3 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΑΡΑΚΤΙΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	28
3.1. ΝΗΣΟΣ ΜΥΚΟΝΟΣ	28
3.2 ΣΕΡΙΦΟΣ	31
3.3 ΧΑΛΚΙΔΙΚΗ	33
3.4 ΠΑΡΑΛΙΑ ΚΑΤΕΡΙΝΗΣ	35
3.5 ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΑΡΑΛΙΩΝ ΜΕΛΕΤΗΣ (Β. ΑΙΓΑΙΟΥ)	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ - ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	42
4.1 ΚΥΜΑΤΙΚΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ	42
4.2 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΠΑΡΑΛΙΩΝ	46
4.3 ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ	55
4.4 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΙΛΟΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΛΙΩΝ	59
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ	61
5.1 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΑΡΑΛΙΩΝ ΜΕΛΕΤΗΣ	61
5.2 ΚΥΜΑΤΙΚΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ	62
5.3 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΡΑΛΙΑΚΗΣ ΟΠΙΣΘΟΧΩΡΗΣΗΣ ΛΟΓΩ ΑΝΟΔΟΥ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΣΤΑΘΜΗΣ	65
5.4 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΕΠΙΠΤΩΣΗΣ ΤΗΣ ΟΠΙΣΘΟΧΩΡΗΣΗΣ ΛΟΓΩ ΑΝΟΔΟΥ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΣΤΑΘΜΗΣ	70
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	74
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	77
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	84

Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή

Το παράκτιο περιβάλλον είναι ένα εξαιρετικά πολύπλοκο και διαρκώς μεταβαλλόμενο οικοσύστημα που περιλαμβάνει ξηρά – που το πλάτος της ποικίλει από μερικές δεκάδες μέτρα έως και πολλά χιλιόμετρα – και θάλασσα έως το βάθος πολλών μέτρων. Οι παράκτιες ζώνες λόγω του κλίματός τους, του φυσικού πλούτου που διαθέτουν και των δυνατοτήτων που προσφέρουν, προσελκύουν πληθώρα δραστηριοτήτων, γεγονός που τις κατατάσσει στα πιο σημαντικά –από οικολογικής, κοινωνικής και οικονομικής άποψης- περιβάλλοντα του πλανήτη.

Οι αυξανόμενες πιέσεις που δέχεται η παράκτια ζώνη είναι το σοβαρότερο ίσως περιβαλλοντικό πρόβλημα που αντιμετωπίζει τόσο η Μεσόγειος όσο και η Ευρώπη (EUROSION, 2004). Οι παράκτιες περιοχές αντιμετωπίζουν πληθώρα προβλημάτων από τις ολοένα αυξανόμενα περιβαλλοντικές πιέσεις που επιφέρει η κλιματική αλλαγή (άνοδος θαλάσσιας στάθμης, αύξηση ακραίων καιρικών φαινομένων, υφαλμύρωση παράκτιων υδροφορέων) αλλά και τις ανθρώπινες παρεμβάσεις και δραστηριότητες, όπως η ρύπανση, η αλόγιστη δόμηση και η κατασκευή τεχνικών έργων και υποδομών. Κύρια επίπτωση αυτών αποτελεί η παραλιακή διάβρωση η οποία απειλεί περίπου το 20% της ελληνικής ακτογραμμής (EUROSION, 2004). Η διάβρωση προκύπτει από την συνδυασμένη δραστηριότητα φυσικών και ανθρωπογενών παραγόντων, δηλαδή επεμβάσεων στο περιβάλλον με διάφορους τρόπους και σε διάφορες χωρο-χρονικές κλίμακες (Velegarakis et al., 2005).

Δεδομένου ότι στις παράκτιες περιοχές της Ελλάδας συγκεντρώνεται το 85% του πληθυσμού, το 90% του τουρισμού, το 80% της βιομηχανίας, μεγάλο μέρος της γεωργίας, το σύνολο σχεδόν της αλιείας και των ιχθυοκαλλιεργειών και σημαντικό μέρος των υποδομών και εγκαταστάσεων μεταφορών και επικοινωνιών (λιμάνια, αεροδρόμια, δίκτυο παροχής ηλεκτρισμού, και οδικό δίκτυο) (Δίκτυο Μεσόγειος

SOS, 2015), γίνεται αντιληπτό ότι η αποτελεσματική τους διαχείριση θα πρέπει να αποτελεί βασικό στόχο μιας ολοκληρωμένης πολιτικής προστασίας.

Παράκτια περιβάλλοντα ιδιαίτερα ευάλωτα στις πιέσεις είναι οι παραλίες, δηλαδή οι ακτές μη συνεκτικών ιζημάτων χαμηλής κλίσης. Οι ελληνικές παραλίες, οι οποίες αντιστοιχούν στο 21% της συνολικής ακτογραμμής της χώρας μαζί με τις δελταϊκές περιοχές (UNEP, 2008), είναι ένας μη ανανεώσιμος φυσικός πόρος ο οποίος αποτελεί βασικό πυλώνα του τουριστικού προϊόντος και συνεπώς της εγχώριας οικονομίας. Αυτό αποδεικνύεται από το γεγονός ότι το 90% περίπου των επισκεπτών του εξωτερικού παραθερίζουν στις ελληνικές παραλίες, δηλαδή περίπου 11.6 εκατομμύρια τουρίστες (EuroSION, 2004 - Velegrakis et al., 2005). Έτσι, επιτάσσεται η προστασία των παραλιών από την διάβρωση και τις παράκτιες πλημμύρες με σκοπό την ευημερία των παράκτιων πληθυσμών και των τοπικών οικονομιών καθώς και την αειφορία των οικοσυστημικών αγαθών και υπηρεσιών που αυτές προσφέρουν.

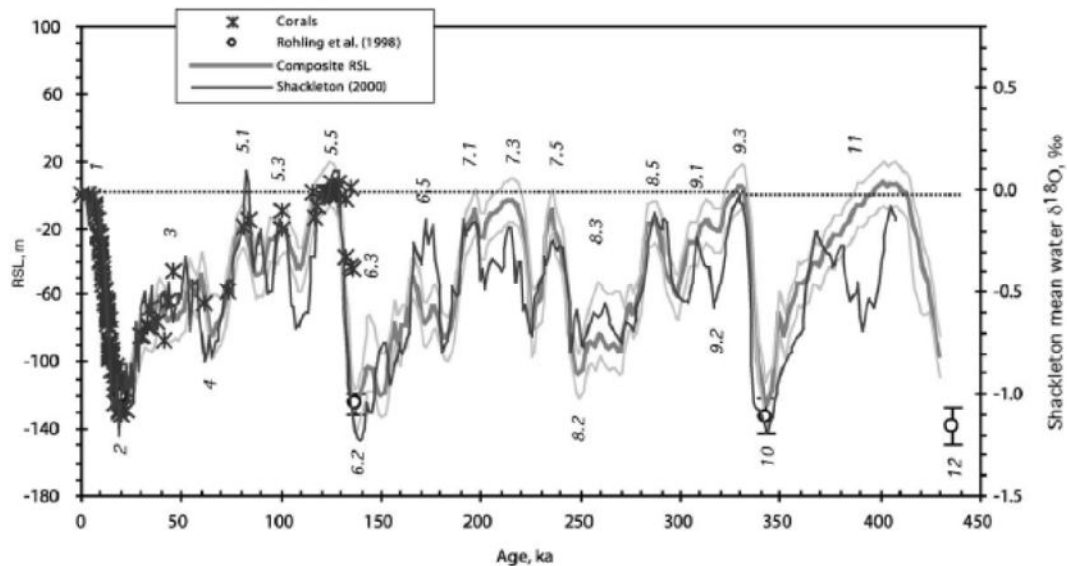
Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της δυναμικής εξέλιξης επιλεγμένων παραλιών του Αιγαίου Αρχιπελάγους υπό την πίεση της ανόδου της θαλάσσιας στάθμης και οι κοινωνικο-οικονομικές συνέπειες της προβλεπόμενης πρόσχωσης/διάβρωσης αυτών. Ως περιοχές μελέτης επιλέχθηκαν παραλίες της Νήσου Μύκονος, της Νήσου Σέριφος, της Παραλίας Κατερίνης και της Χαλκιδικής. Κριτήριο για την επιλογή των παραλιών αυτών αποτέλεσε η διαθεσιμότητα δεδομένων (ωκεανογραφικών και μορφολογικών χαρακτηριστικών), η οικονομική-τουριστική τους σημασία και τα εμφανή συμπτώματα διάβρωσης.

Κεφάλαιο 2 Εννοιολογικό Πλαίσιο

2.1 Κλιματική Αλλαγή - Άνοδος της στάθμης της θάλασσας

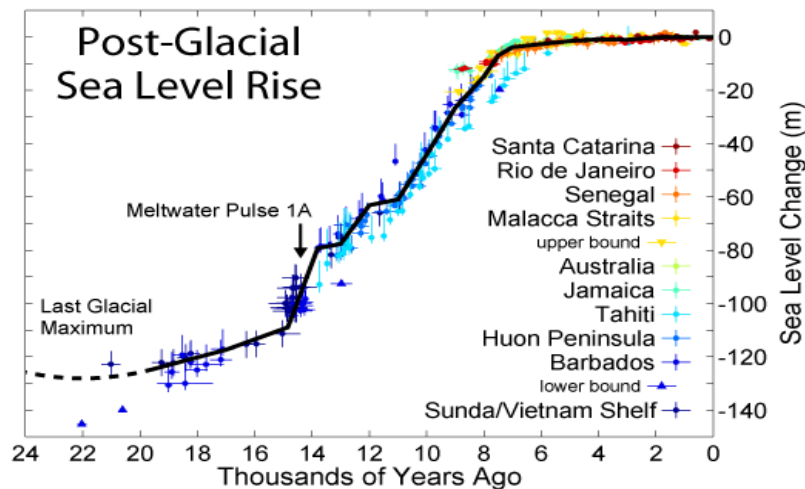
2.1.1 Εισαγωγή

Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας δεν είναι ένα φαινόμενο που παρουσιάζεται πρώτη φορά στον πλανήτη μας. Έχει ακολουθήσει δραματικές μεταβολές στο βάθος του γεωλογικού χρόνου, καθοριζόμενη σε μεγάλο βαθμό από την ανακτανομή των ηπείρων και ωκεανών μέσα από ορογενετικές διεργασίες αλλά και από τις κλιματικές μεταβολές (θερμοκρασία). Είναι ένα γεγονός που έχει επαναληφθεί αμέτρητες φορές ειδικότερα κατά τα τελευταία 2.000.000 χρόνια. Οι δύο σημαντικότερες αιτίες της παγκόσμιας ανόδου είναι η θερμική διαστολή των ωκεανών (το νερό διαστέλλεται καθώς θερμαίνεται) και η απώλεια χερσαίου πάγου λόγω της αυξανόμενης τήξης του. Και οι δύο αιτίες όμως οφείλονται στην κλιματική περιοδικότητα και κυρίως στην τεκμηριωμένη διαδοχή ψυχρών/παγετωδών με θερμές/μεσοπαγετώδεις περιόδους (με όλα τα επακόλουθά τους, όπως είναι οι ανοδικές και καθοδικές μεταβολές της στάθμης της παγκόσμιας θάλασσας). Οι εναλλαγές των μεσοπαγετώδων και παγετώδων περιόδων συνοδεύόμενες από τις μεταβολές της στάθμης της θάλασσας απέκτησαν αισθητά μεγαλύτερη ένταση και μικρότερη συχνότητα κατά τα τελευταία 1,000,000 χρόνια και πολύ περισσότερο τα τελευταία 600,000 χρόνια (Waelbroeck *et al.*, 2002). Στο σχήμα 2.1 που ακολουθεί δίνονται οι αυξομειώσεις της θαλάσσιας στάθμης κατά τα τελευταία 450.000 χρόνια.



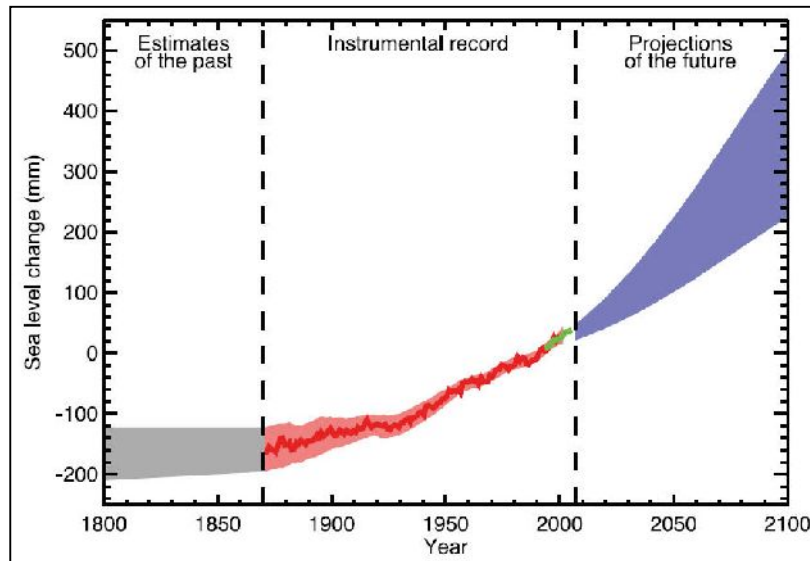
Σχήμα 2.1 Συνθετική σχετική στάθμη της θάλασσας (RSL) (συνεχής γκρι γραμμή) για τα τελευταία 450 ka (από Waelbroeck *et al.*, 2002). Επεξήγηση: Στον οριζόντιο άξονα δίνεται η ηλικία (age) σε χιλιάδες χρόνια (ka), στον αριστερό κατακόρυφο άξονα η σχετική μεταβολή θαλάσσιας στάθμης (RSL) σε μέτρα (m), ενώ στον δεξιό κατακόρυφο άξονα οι τιμές της μέσης τιμής ^{18}O στο ωκεάνιο νερό (από Shackleton, 2000). x: αντιστοιχούν σε δεδομένα από κοράλλια. ο: κατώτατα επίπεδα στάθμης θάλασσας (lowstands) σύμφωνα με Rohling *et al.* (1998). Η συνεχής μαύρη γραμμή αντιπροσωπεύει της μέσης τιμής ^{18}O στο ωκεάνιο νερό. Τα νούμερα πάνω από τις καμπύλες στάθμης θάλασσας αντιπροσωπεύουν ισοτοπικά στάδια (MIS)

Η παρατηρούμενη άνοδος της θερμοκρασίας κατά τα τελευταία 18,000 χρόνια είχε σαν συνέπεια, μεταξύ άλλων, και την άνοδο της στάθμης της παγκόσμιας θάλασσας, λόγω της τήξης των παγετώνων, που υπήρχαν στο βόρειο ημισφαίριο, κατά την τελευταία παγετώδη περίοδο. Συγκεκριμένα, η παγκόσμια στάθμη θεωρείται ότι έχει ανέλθει 120-130 m (Σχήμα 2.2) από την τελευταία παγετώδη περίοδο (περίπου 21,000 χρόνια) μέχρι την μέγιστη στάθμη της Ολοκαινικής θερμής περιόδου (2-3,000 χρόνια) (π.χ. Siddall *et al.*, 2003; Peltier and Fairbanks, 2006). Από τα 14,000 έως και τα 7,000 ο ρυθμός αύξησης εκτιμάται στα 11 mm/έτος (Bard *et al.*, 1996) ενώ από τα 6,000 έως τα 2-3,000 χρόνια η άνοδος έπεσε στο 1 mm/έτος (Lambeck, 1996).



Σχήμα 2.2 Μεταβολή της θαλάσσιας στάθμης κατά από τελευταίο παγετικό μέγιστο (20-22 ka BP) (Πηγή: <http://www.futuresmart.com.au/rtwgreenhouse.html>)

Στα τέλη του 19^{ου} – αρχές 21^{ου} αιώνα ξεκίνησε μια νέα άνοδος της στάθμης της θάλασσας; ενόργανες μετρήσεις δείχνουν αύξηση της στάθμης με ένα ρυθμό της τάξης των 1.8 mm/έτος, ενώ δορυφορικές μετρήσεις των τελευταίων 15 χρόνων δίνουν αύξηση του ρυθμού στα 3 mm/έτος (IPCC, 2007a – Σχήμα 2.3). Τόσο τα μαθηματικά μοντέλα όσο και οι δορυφορικές και υδρογραφικές μετρήσεις δείχνουν ότι η άνοδος της θαλάσσιας στάθμης δεν είναι ομοιόμορφη σε όλη την επιφάνεια της Γης. Σε κάποιες περιοχές η ταχύτητα ανόδου είναι πολλαπλάσια της μέσης τιμής, ενώ σε άλλες περιοχές η στάθμη της θάλασσας μειώνεται. Υδρογραφικές μετρήσεις επιβεβαιώνουν τη μεγάλη γεωγραφική διακύμανση του φαινομένου. Κατά την περίοδο 1993– 2003, για την οποία οι παρατηρήσεις είναι πιο ακριβείς, η θερμική διαστολή και η τήξη χερσαίων παγετών ευθύνονται η κάθε μια περίπου για το 50% της ανόδου της στάθμης της θάλασσας (UNEP, 2007). Σύμφωνα με τις υπάρχουσες προβλέψεις, αναμένεται ότι κατά τον αιώνα που διανύουμε η στάθμη της θάλασσας θα συνεχίσει να ανέρχεται, και μάλιστα με μεγαλύτερη ταχύτητα από ότι την περίοδο 1961-2003.



Σχήμα 2.3 Γραφική περιγραφή της πορείας ανόδου της μέσης θαλάσσιας στάθμης από το 1800 μέχρι το 2100, βασισμένη σε μετρήσεις και προσομοιώσεις, για την περίοδο 1800-1870, με βάση μετρήσεις σταθμηγράφων και από το 1870 μέχρι σήμερα (γκρι σκιαγράφιση) σύμφωνα με τις εκτιμήσεις των SRES σεναρίων (IPCC, 2007a)

Οι αιτίες ή μηχανισμοί που είναι υπεύθυνοι για τις ανοδικές ή καθοδικές κινήσεις της στάθμης της θάλασσας (επίκλυση και απόσυρση) μπορούν να χωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

1. Μηχανισμοί που επηρεάζουν σε παγκόσμια κλίμακα τη στάθμη της θάλασσας (ευστατισμός) οι οποίοι μπορεί να οφείλονται σε διάφορες αιτίες:
 - i. **Κλιματικές** – την τήξη και πήξη των πάγων και παγετώνων
 - ii. **Τεκτονικές** – την μεταβολή της χωρητικότητας των ωκεάνιων λεκανών που συμπίπτει με την θεωρία των πλακών
 - iii. **Ιζηματολογικές** – η αργή πλήρωση των ωκεάνιων λεκανών με ιζήματα (περίπου 3mm/ 100 έτη)
 - iv. **Μεταβολές στην πυκνότητα του θαλάσσιου νερού** που μεταβάλουν τον όγκο του (άνοδος της θερμοκρασίας κατά 1°C θα ανυψώσει μακροπρόθεσμα τη στάθμη της θάλασσας περίπου κατά 2m)

2. Οι τοπικοί μηχανισμοί που μεταβάλλουν την στάθμη της θάλασσας τοπικά είναι:
- i. **Ισοστατικές κινήσεις** – η επαναφορά της χέρσου σε προηγούμενα ύψη με την υποχώρηση των παγετώνων ή των θαλάσσιων υδάτων στις ωκεάνιες λεκάνες
 - ii. **Τοπικός τεκτονισμός** – οι ανοδικές ή καθοδικές κινήσεις τεκτονικών τεμαχίων

Οι σύνθετες διαδικασίες που επιδρούν στη στάθμη της θάλασσας λειτουργούν σε χρονικές κλίμακες, που κυμαίνονται από μερικές ώρες (όπως είναι για παράδειγμα η περίπτωση της παλίρροιας), μέχρι μερικά εκατομμύρια χρόνια (η τροποποίηση των λεκανών απορροής των ωκεανών ως αποτέλεσμα των τεκτονικών κινήσεων και καθιζήσεων). Ο Fairbridge (1983) τις ταξινομήσε ως εξής:

(α) μακράς διάρκειας (10^6 - 10^9 χρόνια), πχ: δράση γεωλογικών φαινομένων, ευρύτερες κλιματικές αλλαγές

(β) μέσης διάρκειας (10^3 - 10^6 χρόνια), πχ. κλιματικές αλλαγές που συνδέονται με την εκδήλωση παγετώδων/μεσοπαγετώδων περιόδων και

(γ) μικρής διάρκειας (10^{-1} - 10^3 χρόνια), μικρότερης διάρκειας και έντασης κλιματικές αλλαγές και που συνήθως εμπεριέχουν και την ανθρωπογενή παρέμβαση, σε μετεωρολογικές μεταβολές που συνδυάζονται με αλλαγές στο κυματικό καθεστώς, στην θαλάσσια κυκλοφορία ενώ στην περιοδική μεταβολή της θαλάσσιας στάθμης συμβάλλει και η παλίρροια.

Οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν το μέσο επίπεδο της στάθμης της θάλασσας είναι εκείνοι που λειτουργούν σε χρονικές κλίμακες από δέκα έως εκατό έτη και εξαρτώνται από το κλίμα και τις κλιματικές αλλαγές (IPCC, 2007). Οι κύριοι εξ αυτών περιγράφονται στις ακόλουθες παραγράφους.

1. Η **θερμική ωκεάνια διαστολή** είναι ένα φαινόμενο που συνδέεται με τις αλλαγές στην πυκνότητα του νερού (στερικές αλλαγές) και εξαρτάται από τη θερμοκρασία και την αλατότητα του νερού. Σύμφωνα με τις αναλύσεις των θερμοκρασιών των ωκεανών και των αποτελεσμάτων τους, η θερμική διαστολή

είναι μια από τις πιο κύριες αιτίες των ιστορικών αλλαγών του επιπέδου της στάθμης της θάλασσας για τα επόμενα 100 χρόνια. Αν και στους ωκεανούς η θερμοκρασία μεταβάλλεται με πολύ αργούς ρυθμούς και η θερμική διαστολή θα συνεχιστεί για πολλούς αιώνες, κατά τη διάρκεια των τελευταίων 100 ετών έχει υπολογιστεί να έχει συμβάλει περίπου κατά 2-7 cm στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η αύξηση της θερμοκρασίας και το πάχος του υδατικού στρώματος εξαρτάται από την περιοχή. Για μια δεδομένη μεταβολή της θερμοκρασίας, το ζεστό νερό διαστέλλεται πιο εύκολα από το κρύο νερό, έτσι παρουσιάζεται εντονότερη άνοδος της θαλάσσιας στάθμης στις τροπικές και υποτροπικές περιοχές.

2. Η τήξη των παγετώνων και των στρωμάτων πάγου είναι πιθανό να αυξηθεί ως συνέπεια της παγκόσμιας αύξησης της θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου. Η εξάπλωση των παγετώνων πάνω στη Γη είναι σημαντική (αν και μικρότερη απ' ό,τι ήταν σε πολλές περιόδους της ιστορίας της Γης). Οι μεγαλύτερες μάζες πάγου βρίσκονται φυσικά στους δύο πόλους και ιδιαίτερα στην Ανταρκτική που διαθέτει ένα τεράστιο απόθεμα γλυκού νερού με τη μορφή αυτή. Μεγάλες ποσότητες πάγων έχει και η Γροιλανδία, το μεγαλύτερο νησί του κόσμου (έκταση 2.000.000 km²) που ανήκει διοικητικά στη Δανία, καθώς και τα πολύ ψηλά βουνά πάνω από το όριο του αιώνιου χιονιού (Άλπεις, Ιμαλάια κ.ά.). Η συνολική ποσότητα των πάγων είναι τόσο μεγάλη, ώστε υπολογίστηκε ότι το λιώσιμό τους θα ανέβαζε την επιφάνεια της θάλασσας κάπου 90 m πάνω από το σημερινό της επίπεδο, με αποτέλεσμα να σκεπαστούν από τα νερά μεγάλες παραθαλάσσιες πόλεις, όπως το Λονδίνο, η Νέα Υόρκη, ελληνικά παράλια κ.ά., ενώ θα άλλαζε τελείως η μορφολογία της ξηράς. Η μεταβολή της υδάτινης μάζας των ωκεανών παίζει σημαντικό ρόλο στην αλλαγή της θαλάσσιας στάθμης. Δεδομένου ότι τα κύρια αποθέματα νερού βρίσκονται με την μορφή παγετώνων ή φύλλων πάγου, το λιώσιμο αυτών αναμένεται να είναι μία από της σημαντικότερες αιτίες της ανόδου

της στάθμης της θάλασσας τον εικοστό πρώτο αιώνα. Βέβαια, υπάρχει μεγάλη αβεβαιότητα σχετικά με την ισορροπία της μάζας των στρωμάτων πάγου στην επιφάνεια της Γης και την ακριβή συμβολή της στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας.

3. Οι μεταβολές στην ποσότητα του επιφανειακού και υπόγειου γλυκού νερού
θεωρείται ότι έχουν άμεση επίδραση στην αλλαγή της στάθμης της θάλασσας, αν και δεν είναι σαφές εάν είχαν παίξει σημαντικό ρόλο στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας στο παρελθόν. Οι ανθρώπινες επεμβάσεις, όπως η οικοδόμηση φραγμάτων, η υπερβολική άντληση υπόγειου νερού, η αποψίλωση των δασών, η καταστροφή των υδροτόπων, η τήξη των μόνιμα παγωμένων εδαφών, καθώς και διάφορες φυσικές διαδικασίες μπορούν να επηρεάσουν αρκετά τον υδρολογικό κύκλο. Παρά την αβεβαιότητα σχετικά με τη υδρολογική συμβολή αυτών των παραγόντων στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας, πολλές μελέτες υποστηρίζουν ότι κατά τη διάρκεια του προηγούμενου αιώνα θα μπορούσε να είναι σημαντική. Η IPCC έχει υπολογίσει ότι η τρέχουσα συμβολή μπορεί να κυμανθεί μεταξύ $-0,4$ mm/έτος και $+0,75$ mm/έτος, με μια μέση εκτίμηση περίπου $0,1$ mm/έτος και ότι κατά τη διάρκεια των τελευταίων 100 ετών η συμβολή θα μπορούσε να είναι περίπου $0,5$ cm.

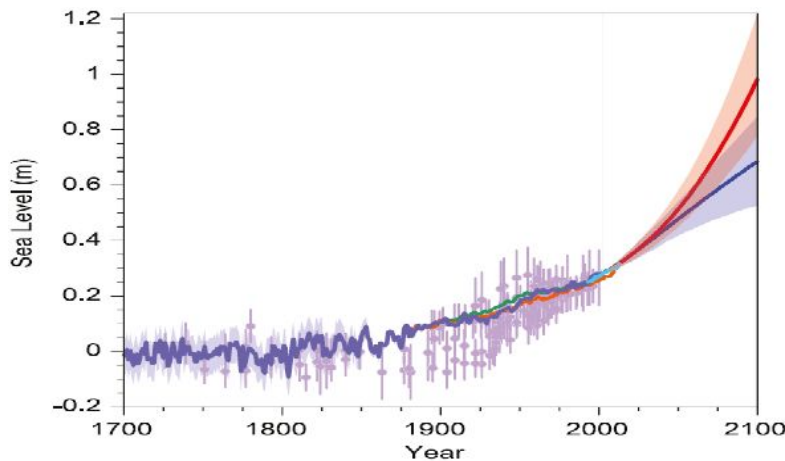
4. Οι παράκτιες φυσικές διαδικασίες όπως η καθίζηση, η πρόσχωση και η διάβρωση, καθώς επίσης και τα τεκτονικά φαινόμενα είναι ειδικές περιπτώσεις και μπορούν να έχουν σημαντικά αποτελέσματα που ενισχύουν ή που αντιστρέφουν την τάση ανόδου της στάθμης της θάλασσας σε τοπικό επίπεδο. Παράδειγμα τέτοιας διεργασίας αποτελεί το φαινόμενο καθίζησης των ακτών που γειτνιάζουν με δέλτα ποταμών το οποίο μπορεί να επηρεάσουν την τοπική θαλάσσια στάθμη. Σε παγκόσμια κλίμακα η συμβολή τους στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας θεωρείται ασήμαντη (Δουκάκης, 2005).

Η τοπική θαλάσσια στάθμη εξαρτάται και από άλλους παράγοντες όπως τα τοπικά χαρακτηριστικά κλίματος (διαφορές θερμοκρασίας, ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, ανέμων και πίεσης) και οι αλλαγές στην ωκεάνια κυκλοφορία και πυκνότητα του νερού.

Μια νέα θεωρία που προωθείται τις τελευταίες δεκαετίες από τον Σουηδό N.A. Morner (1980) είναι η παραμόρφωση του θαλάσσιου γεωειδούς – δηλαδή οι μεγάλες διαφορές της απόστασης της στάθμης της θάλασσας από το κέντρο της γης. Αυτό οφείλεται στην ταχύτητα περιστροφής της γης γύρω από τον άξονά της και στην βαρύτητα της γης. Οποιαδήποτε μεταβολή σε έναν από αυτούς τους μηχανισμούς μεταβάλλει οριζόντια ή κατακόρυφα το γεωειδές της στάθμης της θάλασσας. Σήμερα αυτή η υψομετρική διαφορά ξεπερνά τα 170 m (-100 m νότια των Ινδιών και +70 m ανατολικά των Φιλιππίνων). Στον Ελληνικό χώρο είναι +15 m νότια της Κρήτης, ξεπερνά τα +40 m στο Βόρειο Αιγαίο και τα +30 m στην Κέρκυρα. Με όλες τις αιτίες που αναφέραμε παρουσιάζεται μια εξάπλωση παλαιών ακτογραμμών ή στάθμης θάλασσας των τελευταίων 18.000 ετών από -220 m μέχρι +70 m δηλαδή ένα εύρος 290 m που βέβαια δεν εξηγείται μόνο από τον κλιματικό ευστατισμό αλλά και τον τεκτονισμό, ισοστατισμό και γεωειδές.

2.1.2 Τάσεις και μελλοντική αύξηση της θαλάσσιας στάθμης

Κατά τη διάρκεια του 20^{ου} αιώνα η παγκόσμια μέση θαλάσσια στάθμη έχει αυξηθεί περίπου 0,2 m (IPCC, 2013 – Σχήμα 2.4). Για τη δεκαετία του 1990, ο παγκόσμιος ρυθμός αύξησης υπολογίσθηκε ως 2,4-3,8 mm/έτος (IPCC, 2007), με νεότερες μελέτες εκτίμησης να καταδεικνύουν ότι ο ρυθμός αύξησης παρουσιάζει μεγάλη χρονο-χωρική μεταβλητότητα και βρίσκεται στο ανώτερο όριο του προαναφερθέντος εύρους (Church and White, 2011).



Σχήμα 2.4 Ιστορική και μελλοντική θαλάσσια στάθμη. Με μοβ απεικονίζονται τα proxy data¹ ενώ με μπλέ τα δεδομένα από παλιρροιογράφους. Οι μελλοντικές προβλέψεις παρουσιάζονται για 2 σενάρια (*RCP8.5*: πολύ υψηλές εκπομπές και *RCP2.6*: πολύ χαμηλές) με κόκκινη και μπλέ γραμμή αντίστοιχα (Πηγή: IPCC, 2013)

Όσον αφορά τον μελλοντικό ρυθμό αύξησης της μέσης θαλάσσιας στάθμης, αυτός εμφανίζεται αβέβαιος τον 21^ο αιώνα. Σύμφωνα με την τέταρτη έκθεση της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC, 2007) η θαλάσσια στάθμη θα σημειώσει αύξηση που θα ξεπερνά το 1,5 m με χρονικό ορίζοντα το 2100. Η ημι-εμπειρική σχέση μεταξύ της άνοδου της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας και της αντίστοιχης της θαλάσσιας στάθμης του Rahmstorf (2007), προκύπτει ότι για κάθε 1 °C, η άνοδος της ΘΣ είναι της τάξης των 10-30 cm. Έτσι, υιοθετώντας τις προβλέψεις των SRES σεναρίων (IPCC, 2007) για την ατμοσφαιρική θερμοκρασία (1,4-5,8 °C), η άνοδος της ΘΣ ανέρχεται σε 0,5-1,4 m.

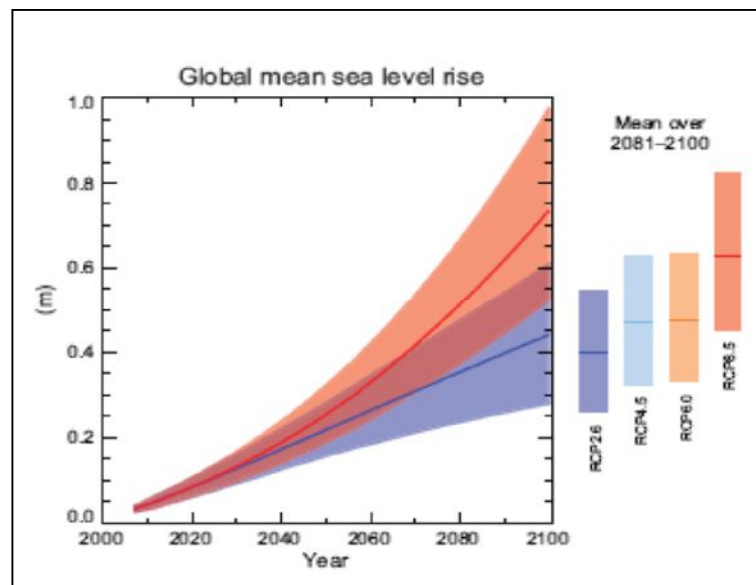
Ακόμη, δυσμενέστερη εξέλιξη προβλέπει η μελέτη των Pfeffer et al (2008), όπου θεωρεί μια πιθανή άνοδο μεταξύ 0,8 m και 2 m, υποστηρίζοντας ότι στην αναφορά του IPCC (2007) δεν έχει επιτυχώς προσομοιωθεί (modeled) η δυναμική εξέλιξη των παγετώνων της Γροιλανδίας και Ανταρκτικής. Σε ανάλογο συμπέρασμα

¹ Στην παλαιοκλιματολογία, τα proxy data είναι φυσικά περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά διατηρημένα σε φυσικούς “καταγραφείς” κλιματικής μεταβλητότητας όπως οι δακτύλιοι των κορμών των δέντρων, τα οργανικά απολιθώματα, οι πυρήνες πάγου, τα κοράλια και τα θαλάσσια ιζήματα. Χρησιμοποιούνται για την κατανόηση και ανακατασκευή του κλίματος παλιών γεωλογικών περιόδων.

κατέληξε και η Διάγνωση της Κοπεγχάγης (The Copenhagen Diagnosis –των Richardson et al., 2009), στην οποία αναφέρεται χαρακτηριστικά ότι, μόνο το λιώσιμο του θαλάσσιου πάγου στην Αρκτική ζώνη το διάστημα 2007-2009 ήταν κατά $\approx 40\%$ μεγαλύτερο από τη τιμή που περιέλαβε στη πρόβλεψη της η αναφορά του IPCC (2007), ενώ και η αύξηση της μέσης θαλάσσιας στάθμης κατά τη τελευταία 15αετία ξεπέρασε τα 5 cm, όντας μεγαλύτερη κατά 80%, σε σχέση με τη τιμή πρόβλεψης της αναφοράς του IPCC το 2001 (Church et al., 2001).

Με βάση την πιο πρόσφατη έκθεση της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC, 2013), τα μοντέλα προσομοίωσης προβλέπουν ότι την περίοδο 2081-2100 η μέση παγκόσμια θαλάσσια στάθμη θα είναι 0,26 – 0,82 m υψηλότερη από αυτή της περιόδου 1986-2005 (Σχήμα 2.5). Στην έκθεση αυτή, η επιστημονική κοινότητα όρισε ένα σύνολο τεσσάρων νέων σεναρίων, τα επονομαζόμενα Αντιπροσωπευτικοί Διάδρομοι Συγκέντρωσης (Representative Concentration Pathways - RCPs) τα οποία βασίζονται σε ένα συνδυασμό αναβαθμισμένων μοντέλων εκτίμησης, κλιματικών μοντέλων, μοντέλων περιγραφής της ατμοσφαιρικής χημείας και του παγκόσμιου κύκλου του άνθρακα. Τα νέα αυτά σενάρια παρέχουν χωροταξική πληροφορία για τη μεταβολή της χρήσης της γης και των εκπομπών ατμοσφαιρικών ρύπων, και διευκρινίζουν τις ετήσιες συγκεντρώσεις των αερίων του θερμοκηπίου και των ανθρωπογενών εκπομπών έως το 2100. Τα RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 και RCP8.5 θεωρούνται ως πλέον αντιπροσωπευτικά για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής για τον 21^ο αιώνα καθώς έχουν στόχο να αποδώσουν μια ευέλικτη, διαδραστική και επαναληπτική προσέγγιση των σεναρίων κλιματικής αλλαγής (Moss et al., 2010; van Vuuren et al., 2011). Οι αριθμοί 2.6, 4.5, 6.0 και 8.5 εκφράζουν W/m^2 και καλύπτουν το φάσμα των πιθανών τιμών του κλιματικού εξαναγκασμού λόγω μεταβολής της ακτινοβολίας (radiative forcing) που αναμένεται κατά την διάρκεια η και κοντά στο τέλος του 21^{ου}. Συγκεκριμένα, τα τέσσερα σενάρια είναι τα:

- RCP 2.6: Σε αυτό το σενάριο ο κλιματικός εξαναγκασμός αυξάνεται μέχρι περίπου τα 3 W/m^2 μέχρι το 2100 και μετά μειώνεται.
- RCP 4.5 και RCP 6.0: Αποτελούν δυο σενάρια μετριοπαθή σύμφωνα με τα οποία ο κλιματικός εξαναγκασμός σταθεροποιείται περίπου στα $4,5$ και $6,0 \text{ W/m}^2$ μετά το 2100.
- RCP 8.5: Αποτελεί το ακραίο σενάριο σύμφωνα με το οποίο η τιμή του κλιματικού εξαναγκασμού φτάνει τιμές μεγαλύτερες από $8,5 \text{ W/m}^2$ και συνεχίζει να έχει αυξητική τάση και για ένα διάστημα μετά το 2100.



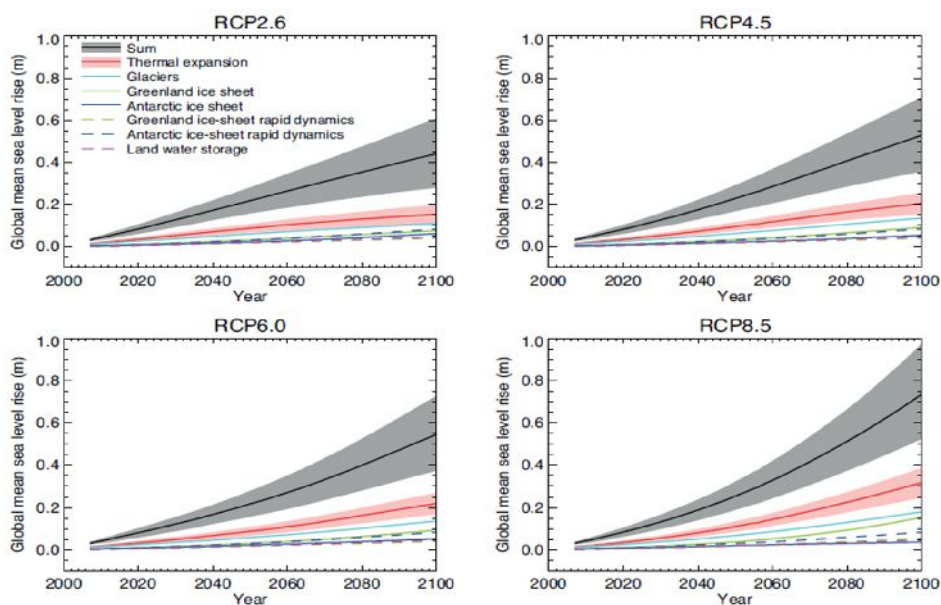
Σχήμα 2.5 Πρόβλεψη της μεταβολής της θαλάσσιας στάθμης για τα 4 σενάρια RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0, και RCP8.5 (Πηγή: IPCC, 2013).

Στον Πίνακα 2-1 παρουσιάζονται οι προβλέψεις για 2 περιόδους (2046-2065 και 2081-2100) σχετικά με την επιφανειακή θερμοκρασία του παγκόσμιου ωκεανού και την άνοδο της παγκόσμιας θαλάσσιας στάθμης για τα 4 προαναφερθέντα σενάρια της κλιματικής αλλαγής. Η αύξηση αυτή μπορεί να οφείλεται (Σχήμα 2.6): (i) στη διαστολή των ωκεανών (ocean thermal expansion-OTE) λόγω στερικών φαινομένων· (ii) ευστατικές κινήσεις από τη τήξη των παγετικών καλυμμάτων και παγετώνων (the Greenland and Antarctic ice sheets GIS,

AIS και GIC)· (iii) ισοστατικές κινήσεις-GIA· και (iv) αλλαγές στην αποθήκευση των υδάτων ξηράς (terrestrial water storage) (π.χ. Hanna et al., 2013). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχει μεγάλη διασπορά στις προβλέψεις της ανόδου της παγκόσμιας θαλάσσιας στάθμης για το 2100, που οφείλεται κυρίως σε αβεβαιότητες σχετικά με την οδήγηση των προγνωστικών μοντέλων καθώς και των αναδράσεων.

Πίνακας 2-1: Προβλέψεις για τη παγκόσμια μεταβολή της στάθμης της θάλασσας με βάση τη περίοδο αναφοράς 1986-2005 για τα 4 σενάρια της κλιματικής αλλαγής (RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0, RCP8.5) (Πηγή: IPCC, 2013).

		2046-2065	2081-2100
Ανύψωση Θ.Σ. (m)	Σενάριο	Μέση Τιμή	Μέση Τιμή
	RCP2.6	0,24	0,40
	RCP4.5	0,26	0,47
	RCP6.0	0,25	0,48
	RCP8.5	0,30	0,63



Σχήμα 2.6 Εκτιμήσεις μέσης ανόδου θαλάσσιας στάθμης για το 2100 (γκρι εύρος) και συνεισφορά των επιμέρους παραγόντων (θερμοστερική διαστολή, παγετώνες κλπ) για 4 σενάρια εκπομπών (Πηγή: IPCC, 2013)

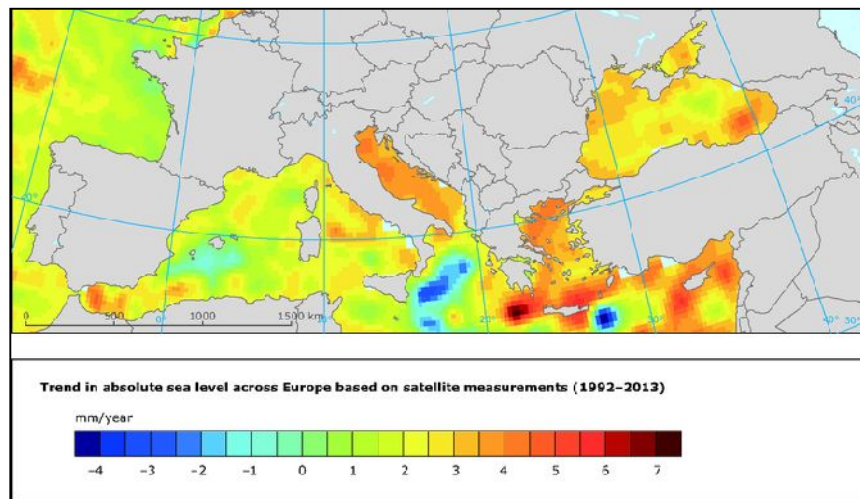
2.1.3 Άνοδος θαλάσσιας στάθμης στην Ελλάδα

Αναφορικά με τη Μεσόγειο, όλες οι μελέτες συμφωνούν ότι υπήρξε ένα χρονικό διάστημα (1940-1970) όπου η θαλάσσια στάθμη υπήρξε σχετικά σταθερή ή με μικρούς ρυθμούς αύξησης. Από το 1970 η θαλάσσια στάθμη παρουσίασε ανοδική τάση με διαφοροποιημένους ρυθμούς, οι οποίοι έχουν αποδοθεί στις μεγάλες κλιματικές διαμορφώσεις ή/και στην τήξη των ηπειρωτικών παγετικών καλυμμάτων/παγετώνων (π.χ. Woodworth et al., 2011). Από τη δεκαετία του 1990 ο ρυθμός ανόδου παρατηρήθηκε αυξημένος συγκριτικά με τον παγκόσμιο μέσο όρο που έφτασε ως και τα 5 mm/year (Marcos and Tsimplis, 2008), με τη συνεισφορά των ατμοσφαιρικών διεργασιών να έχει προκαλέσει σε κάποιες περιπτώσεις τοπικούς ρυθμούς αύξησης έως και 2 mm/year (Tsimplis et al., 2009a). Σχετικά με τον Ελλαδικό χώρο, δεδομένα αλτιμετρίας για την απόλυτη στάθμη της θάλασσας για τη περίοδο 1992-2013, δίνουν έντονα αυξητική στη περιοχή του Νοτιοανατολικού Ιονίου και Νότιου Αιγαίου αλλά μικρότερες τάσεις διακρίνονται στο Νοτιοδυτικό Ιόνιο καθώς και στο Νοτιοδυτικό Αιγαίο (Σχήμα 2.7).

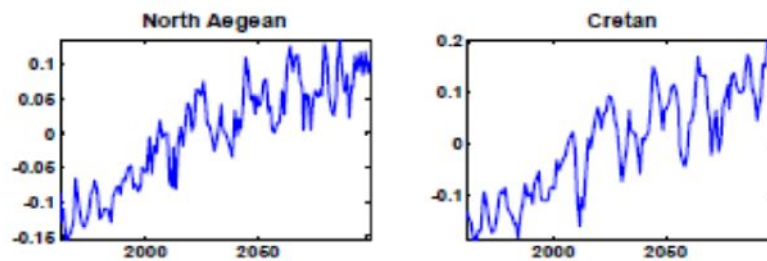
Η άνοδος της μέσης στάθμης της θάλασσας αναμένεται να επηρεάσει την κατάσταση πολλών περιοχών της χώρας. Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας στη λεκάνη της Μεσογείου, συνεπώς και στην Ελλάδα, υπολογίζεται ότι θα είναι της τάξης του μισού μέτρου ή μεγαλύτερη, με χρονικό ορίζοντα το 2100. Οι περιοχές που αναμένεται να αντιμετωπίσουν μεγάλα προβλήματα είναι η Θεσσαλονίκη, τα δέλτα των ποταμών Έβρου, Στρυμόνα, Νέστου και Αξιού, ορισμένες περιοχές χαμηλού υψομέτρου γύρω από το Μεσολόγγι και δυτικά της Πάτρας, πολλοί παράκτιοι οικισμοί της Θράκης, η Κρήτη καθώς και πολλά νησιά και μέρη με σημαντική ιστορία (Δουκάκης, 2005).

Οι Μαμούτος κ.α (2014), υπολόγισαν μέσω δορυφορικής υψομετρίας, τη μεταβλητότητα της μέσης στάθμης των Ελληνικών θαλασσών για τις 2 τελευταίες δεκαετίες, καθώς επίσης και την εξέλιξη της στάθμης έως το τέλος του αιώνα σύμφωνα με προβλέψεις ωκεάνιου κλιματικού μοντέλου. Για τις περιοχές μελέτης τα αποτελέσματα δείχνουν αυξητικές τάσεις, +4,6 mm/yr για το Νότιο και +4,3

mm/yr για το Βόρειο Αιγαίο (Σχήμα 2.8). Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα του μοντέλου με παρατηρήσεις, προκύπτει ότι το κλιματικό μοντέλο μπορεί να υποεκτιμά τις τάσεις σε όλες τις περιοχές, με τις μεγαλύτερες αποκλίσεις στο Αιγαίο Πέλαγος, και ειδικότερα στο Βόρειο Αιγαίο, λόγω της επίδρασης των Δαρδανελίων. Οι εκτιμήσεις αυτές θεωρούνται ότι εμπεριέχουν σφάλματα από την μη ακριβή εκτίμηση των ανταλλαγών θερμότητας/μάζας με τη Μαύρη Θάλασσα, και αποτελούν μια πρώτη, τραχεία εκτίμηση της εξέλιξης της στάθμης στις Ελληνικές ακτές.



Σχήμα 2.7 Τάσεις αλλαγής της στάθμης της θάλασσας από δεδομένα αλτιμετρίας για την Ευρώπη (1992–2013) (Πηγή: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/sea-level-rise-3/assessment>)



Σχήμα 2.8 Μέση στάθμη σε μέτρα για το Βόρειο Αιγαίο και το Κρητικό Πέλαγος έως το 2100 (Πηγή: Mamoutos et al., 2014)

2.2 Παράκτια γεωμορφολογία (μορφολογία παραλιών)

2.2.1 Εισαγωγή

Ως **ακτή (coast)** εννοούμε την περιοχή όπου η χέρσος έρχεται σε επαφή με την θάλασσα χωρίς υποχρεωτικά να υπάρχει παραλία. Η ακτογραμμή (coastline ή shoreline) αντιπροσωπεύει την γραμμή επαφής στεριάς – θάλασσας.

Ως **παραλία (shore ή beach)** εννοούμε μια ζώνη με γενικά ομαλή επιφάνεια από ασύνδετα υλικά, χαλαρά ιζήματα, όπως, άμμοι, κροκάλες, λατύπες, και που εκτείνεται χωρικά το βάθος όπου είναι δυνατή η μετακίνηση των ιζημάτων του πυθμένα από υδροδυναμικά αίτια και ορίζεται δυναμικά και κατά περίπτωση από το βάθος κινητικότητας του ιζήματος (closure depth). Είναι προφανές ότι το όριο αυτό βρίσκεται περά από τη ζώνη θραύσης των μεγαλύτερων σε ύψος προσερχόμενων κυμάτων. Προς τη χέρσο εκτείνεται μέχρι κάποιο χαρακτηριστικό φυσιογραφικό σημείο, που μπορεί να είναι ένα πεδίο παράκτιων θινών, μια ζώνη έντονης βλάστησης. Διακρίνεται σε δύο κύρια μέρη: (1) το θαλάσσιο και (2) το χερσαίο.

1. Το θαλάσσιο τμήμα (foreshore) που καλύπτεται περιοδικά από την θάλασσα, είτε λόγω του κυματισμού, είτε λόγω της παλίρροιας, συμπεριλαμβάνοντας και το μέτωπο της παραλίας (beach-face) και περιλαμβάνει τις περιοχές της ανοικτής θάλασσας (offshore), που είναι η σχετικά ομαλή και αρχίζει από τη ζώνη όπου “σπάνε” τα κύματα (Breaking zone) και εκτείνεται προς τα ανοικτά μέχρι το άκρο της υφαλοκρηπίδας και την περιοχή κοντά στην ακτή (Nearshore zone) που εκτείνεται από την ακτογραμμή προς την ανοικτή θάλασσα μέχρι και την ζώνη “σπασίματος”. Αυτή χωρίζεται στις ζώνες:

α. Ζώνη διαβροχής (swash zone) που είναι το τμήμα της παράκτιας ζώνης που περιοδικά καλύπτεται και αποκαλύπτεται από τη θάλασσα.

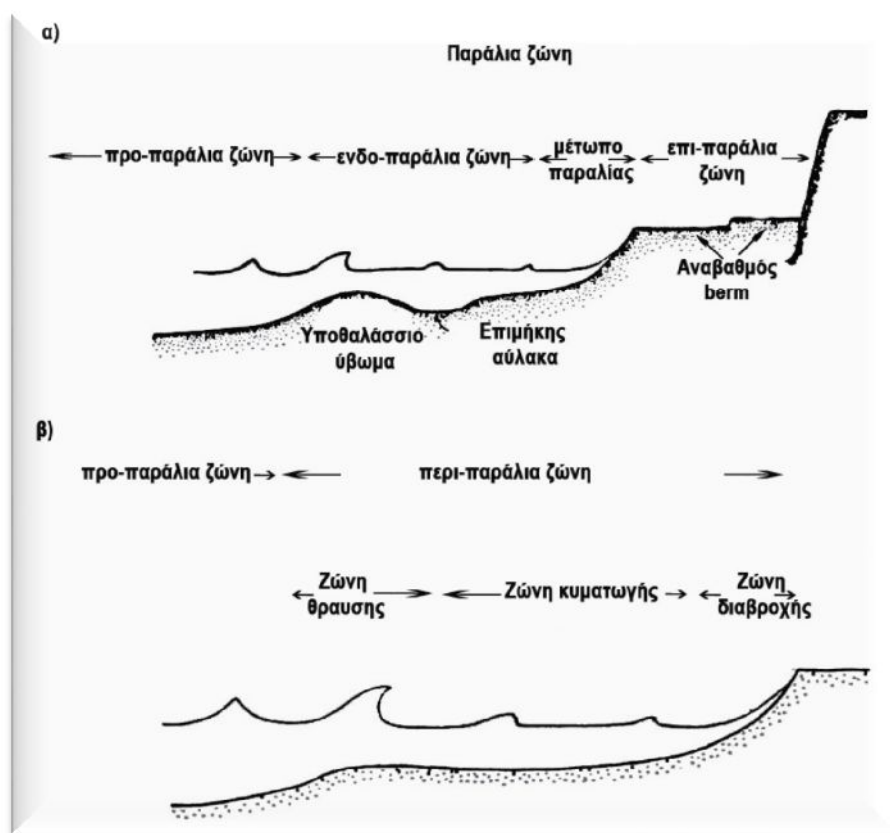
β. Ζώνη κυματωγής (surf zone) που είναι το τμήμα της παράκτιας ζώνης που διαδίδονται τα κύματα με τη μορφή μικρών αναδιπλώσεων του κύματος μετά το

“σπάσιμο” και εκτείνεται μέχρι το σημείο που αρχίζει πλέον η ανάπτυξη της ζώνης παφλασμού.

γ. Ζώνη “θραύσης” του κύματος (breaking zone). Πρόκειται για το τμήμα κοντά στην ακτή, όπου τα κύματα που φτάνουν από την ανοικτή θάλασσα φτάνουν στο οριακό σημείο και από εκείνο το σημείο και μετά αρχίζουν και “σπάνε”.

2. Το χερσαίο τμήμα (backshore) της παραλίας, που εκτείνεται από το ανώτερο σημείο της στάθμης της θάλασσας μέχρι εκείνου του βάθους που αλλάζει σημαντικά η μορφολογία της χέρσου. Το τμήμα αυτό της παραλίας μπορεί σποραδικά να βρέχεται από τα κύματα, σε περιόδους έντονων καταιγίδων.

Στο Σχήμα 2.9 φαίνονται ο διαχωρισμός της παράλιας ζώνης στις επιμέρους ζώνες και τα τμήματα αυτής.



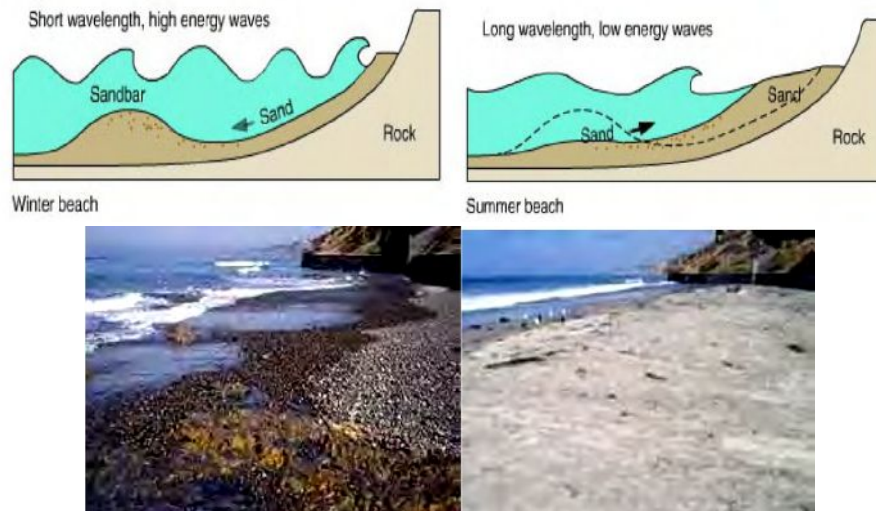
Σχήμα 2.9: α) Φυσιογραφικές ενότητες της παράλιας ζώνης β) Υδροδυναμικές ζώνες της παράλιας ζώνης (Πηγή: Komar, 1998)

2.2.2 Δυναμική μεταβολή της εγκάρσιας τομής (προφίλ) της παραλίας ζώνης

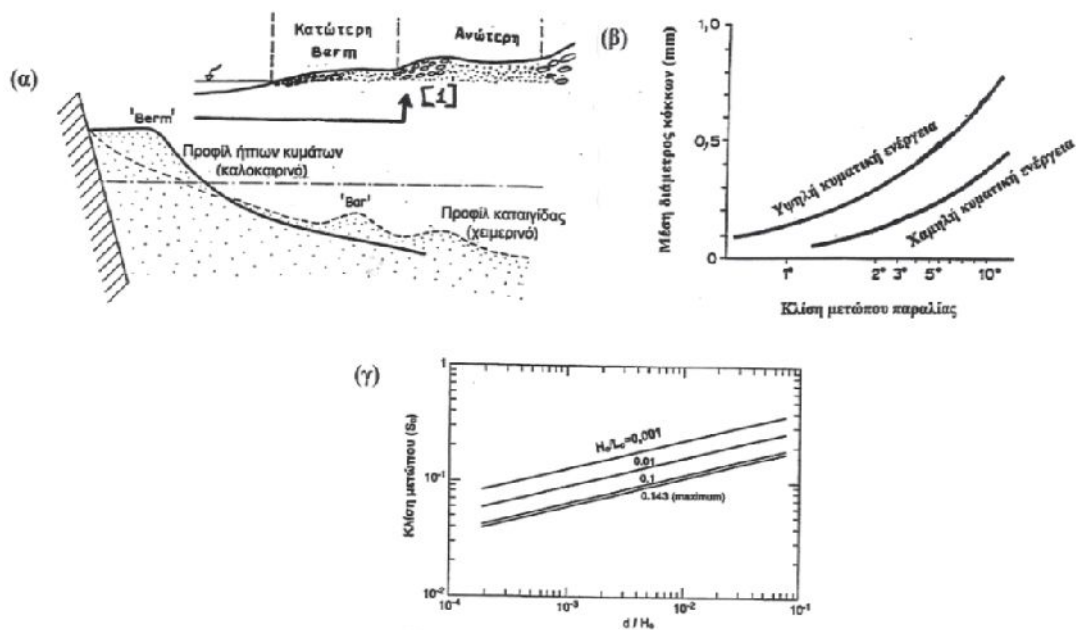
Η μορφολογία του αιγιαλού (παραλίας), αλλά και συνολικά της αιγιαλίτιδας ζώνης σχετίζεται με την κυκλική ανταλλαγή των ιζημάτων (κυρίως άμμου) από και προς την παραλία, η οποία σχετίζεται με την κυματική ενέργεια. Στο Σχήμα 2.10 παρουσιάζονται σχηματικά δύο τομές (προφίλ): μία τομή θύελλας που διαμορφώνεται από κύματα μεγάλης κλίσης και μία τομή που διαμορφώνεται κάτω από ήπιες κυματικές συνθήκες (κύματα μικρής κλίσης).

Σε περιόδους όπου κύματα μικρής ενέργειας προσπίπτουν για σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα σε μια παραλία (όπως στην περίοδο του καλοκαιριού), τότε άμμος μεταφέρεται προοδευτικά από τη θάλασσα προς την ακτή αυξάνοντας το πλάτος της και διαμορφώνοντας παράλληλα ένα προφίλ παραλίας με κυρτό προς τα άνω σχήμα, που το ανώτερο τμήμα της φιλοξενεί έναν σχεδόν οριζόντιο παράλιο αναβαθμό, ενώ παράλληλα χαρακτηρίζεται από ένα απότομο μέτωπο (beach face) και την έλλειψη ενός καλά διαμορφωμένου υποθαλάσσιου αναβαθμού (bar).

Κάτω όμως από συνθήκες θύελλας, κύματα μεγάλου ύψους και ενέργειας διαβρώνουν την παραλία μεταφέροντας τα ιζήματα προς τα ανοικτά. Η τομή της παραλίας αλλάζει, έχοντας τώρα έναν περιορισμένο σε πλάτος παράλιο αναβαθμό, με μέτωπο πολύ μικρότερης κλίσης και το σχηματισμό ενός ή και περισσότερων υποθαλάσσιων αναβαθμών (bars) παράλληλων προς την ακτογραμμή. Ακόμη, το μέσο μέγεθος του υλικού της παραλίας αυξάνει κατά τη διάρκεια της καταιγίδας, καθώς τα μεγάλα κύματα και τα ρεύματα διαφυγής (rip currents) μεταφέρουν επιλεκτικά τα λεπτόκοκκα υλικά προς την θάλασσα, συμβάλλοντας έτσι και στη δημιουργία των υποθαλάσσιων αναβαθμών. Κατά την ήσυχη περίοδο που ακολουθεί, τα μικρότερα κύματα μεταφέρουν σιγά-σιγά την άμμο προς την ακτή μέχρι να επιτευχθεί η τομή ισορροπίας (equilibrium profile), όταν ίσο ποσό άμμου κινείται προς την ακτογραμμή με αυτό που απομακρύνεται από αυτήν προς την θάλασσα.



Σχήμα 2.10: Ο εποχιακός κύκλος μιας παραλίας (σχηματικά και σε φωτογραφία). Το χειμώνα, τα κύματα καταιγίδας, καθώς και τα συνήθη, υψηλής ενέργειας κύματα μεταφέρουν την άμμο της παραλίας σε υποθαλάσσιους αναβαθμούς. Το καλοκαίρι, όταν η ενέργεια και το μήκος των κυμάτων είναι σαφώς μικρότερα, η άμμος μεταφέρεται σταδιακά και πάλι προς την παραλία (Πηγή: Δουκάκης, 2005)



Σχήμα 2.11: (α) Εγκάρσια τομή του μετώπου της παραλίας σε περίπτωση ήπιων κυμάτων (καλοκαιρινό προφίλ) και κυμάτων θύελλας (χειμερινό προφίλ) [α1: σχηματική απεικόνιση των berm (επι-παραλίων αναβαθμών) (Λεοντάρης, 1995)]. (β) Σχηματική απεικόνιση της σχέσης μεταξύ της κλίσης και της κοκκομετρικής σύστασης του μετώπου της παραλίας στις περιπτώσεις υψηλής και χαμηλής κυματικής ενέργειας. (γ) Σχηματική απεικόνιση της σχέσης μεταξύ της κλίσης του μετώπου και του σχετικού βάθους (d/H_o) (Πηγή: Komar, 1998).

Η οπισθοχώρηση της ακτογραμμής προς την ενδοχώρα με την παράλληλη κατάληψη του χώρου από τη θάλασσα ορίζεται ως παράκτια διάβρωση. Η διεργασίες που περιγράφησαν παραπάνω οδηγούν συνήθως σε βραχυχρόνια διάβρωση. Φαινόμενα όπως οι θύελλες και οι μετεωρολογικές παλίρροιες (storm surges), αν και δεν οδηγούν πάντοτε σε μόνιμες οπισθοχωρήσεις της ακτογραμμής, μπορούν να προκαλέσουν τεράστιες καταστροφές (π.χ. Fritz et al., 2010). Η μη αναστρέψιμη οπισθοχώρηση της ακτογραμμής, ή αλλιώς μακροχρόνια παράκτια διάβρωση, οφείλεται κυρίως λόγω κυρίως στην επιταχυνόμενη άνοδο της θαλάσσιας στάθμης ή/και αρνητικών παράκτιων ισοζυγίων ιζημάτων (π.χ. Dan et al., 2009), που επιβάλλουν είτε τη μετατόπιση των παραλιών προς την χέρσο, ή την ολοκληρωτική καταστροφή τους.

Ο βαθμός διαβρωσης των ακτών εξαρτάται από πολλούς τοπικούς παράγοντες όπως:

- την τοπογραφία της ακτής
- την γεωλογία της ακτής
- την μορφολογία της ακτής
- τις επικρατούσες κλιματικές και υδροδυναμικές συνθήκες
- την βαθυμετρία
- την συχνότητα και ένταση ακραίων καιρικών και κυματικών φαινομένων
- τα αποθέματα ιζημάτων στην περιοχή.

Η φυσική απόκριση του παράκτιου συστήματος στην διάβρωση είναι η μετατόπισή του προς την στεριά και η επίτευξη μιας νέα κατάσταση ισορροπίας. Για την πλειοψηφία των Ελληνικών παραλιών δεν υπάρχει αυτή η δυνατότητα μιας και η μορφολογία (παραλίες “τσέπης” μικρού πλάτους), η περιορισμένη ιζηματοπαροχή, η παρουσία “σκληρού” ανώτερου ορίου και η “άναρχη” εκμετάλλευσή τους εμποδίζουν την φυσική του εξέλιξη (μετατόπιση προς την χέρσο), οδηγώντας στη μόνιμη διάβρωση τους (coastal squeeze). Το γεγονός αυτό κάνει τις παραλίες της χώρας ακόμα πιο ευάλωτες στην άνοδο της θαλάσσιας στάθμης.

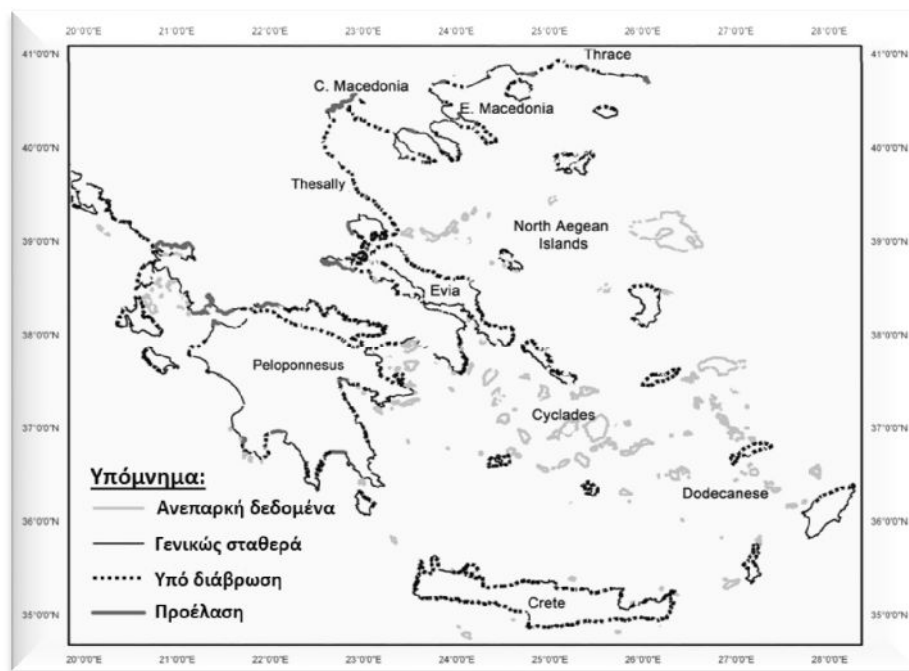
2.2.3 Επιπτώσεις κλιματικής αλλαγής

Οι αυξανόμενες φυσικές και ανθρωπογενείς πιέσεις θα επιφέρουν δραματικές επιπτώσεις στις παράκτιες περιοχές χαμηλής κλίσης του πλανήτη μιας και η διάβρωση των ακτών θα απειλήσει υποδομές και παράκτιους πληθυσμούς καθώς και «αποθήκες» γλυκού νερού οι οποίες θα αναμιχθούν αλμυρό. Χαρακτηριστικά, 650 εκατομμύρια άνθρωποι κατοικούν στην παράκτια ζώνη 0 - 9 m πάνω από την στάθμη της θάλασσας και απειλούνται από τις καταστροφικές συνέπειες της προβλεπόμενης ανόδου. Για τον λόγο αυτό ήδη πολλά κράτη λαμβάνουν υπόψη τους τα σενάρια ανόδου της θερμοκρασίας κατά το προγραμματισμό της προστασίας των παράκτιων περιοχών. Ο ρυθμός ανόδου της στάθμης της θάλασσας μέσα στον 20^ο αιώνα έχει παρατηρηθεί ότι είναι ανάλογος με το ρυθμό ανόδου της θερμοκρασίας. Για κάθε αύξηση κατά ένα βαθμό Κελσίου, η στάθμη θα ανυψώνεται κατά 10 έως 30 μέτρα, αν και η άνοδος αυτή χρειάζεται χιλιάδες χρόνια για να ολοκληρωθεί.

Η παράκτια ζώνη της Ελλάδας έχει υψηλή οικολογική, πολιτιστική και οικονομική αξία, παίζοντας ένα σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη της χώρας. Η ελληνική ακτογραμμή έχει μήκος > 16.000 km, με τις παραλίες και δελταϊκές περιοχές να αποτελούν οικοσυστήματα ιδιαίτερα ευάλωτα στην κλιματική αλλαγή. Οι πιέσεις που δέχεται το παράκτιο σύστημα διακρίνονται σε περιβαλλοντικές π.χ. λόγω της Κλιματικής Αλλαγής αλλά και σε ανθρωπογενείς όπως η ανάγκη για περαιτέρω χρήση των παραλιών λόγω αυξημένης τουριστικής ανάπτυξης.

Οι κύριες φυσικές-περιβαλλοντικές επιπτώσεις είναι η άνοδος της θαλάσσιας στάθμης, η αύξηση της έντασης των καταιγίδων και της ταχύτητας των ανέμων, η αυξανόμενη παράκτια διάβρωση και η μεταβολή της συχνότητας/έντασης των ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων. Σύμφωνα με το Διακυβερνητικό Οργανισμό για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC), η πιθανότητα αύξησης των φαινομένων αυτών φτάνει το 66%. Περίπου το 20% της ελληνικής

ακτογραμμής απειλείται από παράκτια διάβρωση ενώ σχεδόν όλες οι ακτές του Αιγαίου αντιμετωπίζουν τέτοιο πρόβλημα (Σχήμα 2.12) (EuroSION, 2004; Αλεξανδράκης κ.α., 2009). Το 25,2% του Ελληνικού Αρχιπελάγους, -με συνολική ακτογραμμή μήκους 6938 km- βρίσκεται υπό διάβρωση (Πίνακας 2-2). Αυτό αποδίδεται μεταξύ άλλων στην παράκτια γεωμορφολογία και λιθολογία, στην επικράτηση δηλαδή παράκτιων σχηματισμών όπως είναι οι εκτεταμένες παραλιακές ζώνες (κυρίως αμμώδεις ή και χαλικώδεις). Άλλες περιβαλλοντικές επιπτώσεις των κλιματικών και ανθρωπογενών πιέσεων είναι η υποβάθμιση / εξαφάνιση παράκτιων προστατευόμενων περιοχών, η υφαλμύρωση των παράκτιων υδροφορέων, η ποιοτική υποβάθμιση των υδάτων και η απώλεια της βιοποικιλότητας.



Σχήμα 2.12: Χάρτης έκθεσης παράλιων περιοχών της Ελλάδας σε διάβρωση (Πηγή: Αλεξανδράκης κ.α., 2009)

Πίνακας 2-2: Διάβρωση στο Ελληνικό Αρχιπέλαγος (Πηγή: *Eurosion, 2004*)

Περιοχή	Ακτογραμμή (km)	Ακτογραμμή υπό διάβρωση (km)	Περιοχή με απειλούμενα οικοσυστήματα (km ²)
Β. Αιγαίο	1311	231 (17,6%)	349
Ν. Αιγαίο	3423	503 (14,7%)	929
Ιόνιο	1056	260 (24,6%)	356
Κρήτη	1148	756 (65,8%)	355
Σύνολο	6938	1750 (25,2%)	1989

Εξίσου σημαντικές είναι και οι κοινωνικο-οικονομικές επιπτώσεις των πιέσεων που δέχεται το παράκτιο σύστημα δεδομένου ότι σε αυτό φιλοξενείται το 85% του πληθυσμού, το 80% της βιομηχανίας, το 90% του τουρισμού, μεγάλο μέρος της γεωργίας και το σύνολο σχεδόν της αλιείας και των ιχθυοκαλλιεργειών (Δίκτυο Μεσόγειος SOS, 2015). Επίσης υπάρχει μεγάλος αριθμός παράκτιων οικισμών με πληθυσμό < 1500 κατοίκων σε όλα τα νησιά και την ηπειρωτική Ελλάδα (Τσολάκος, 2009). Συμπληρωματικά, η συμβολή του τουρισμού στο εγχώριο ΑΕΠ το 2014 ανέρχεται περίπου στο 9% του ΑΕΠ της χώρας, με τη συνολική συμμετοχή του να κυμαίνεται μεταξύ 37 και 45 δισ. ευρώ (20% έως και 25% του ΑΕΠ), επιβεβαιώνοντας την σπουδαιότητα του τομέα ως τη βαριά βιομηχανία της χώρας (Ίκκος, 2015). Έτσι, γίνεται αντιληπτό ότι οι επιπτώσεις που θα επιφέρει όποια μεταβολή του παράκτιου συστήματος θα είναι πολύ σημαντικές. Ενδεικτικά, ενδεχομένως να παρατηρηθούν ανακατατάξεις /απώλεια εισοδημάτων από τουριστικές δραστηριότητες και δραστηριότητες αναψυχής, αυξανόμενο κόστος προστασίας των ακτών, απειλή σε σημαντικά παράκτια έργα (π.χ. λιμάνια), απώλεια γης και περιουσίας (οικιστικές, εμπορικές, βιομηχανικές και τουριστικές εγκαταστάσεις), ρύπανση, μετανάστευση κ.α.

Ο βαθμός επικινδυνότητας και η έκταση των ενδεχόμενων καταστροφών θα εξαρτηθεί από την προσαρμοστικότητα του ανθρωπογενούς και φυσικού περιβάλλοντος (Kontogianni et al., 2013). Επομένως, οι επιπτώσεις της Κλιματικής Αλλαγής καθιστούν επιτακτική ανάγκη την προληπτική δράση για την αειφόρο και

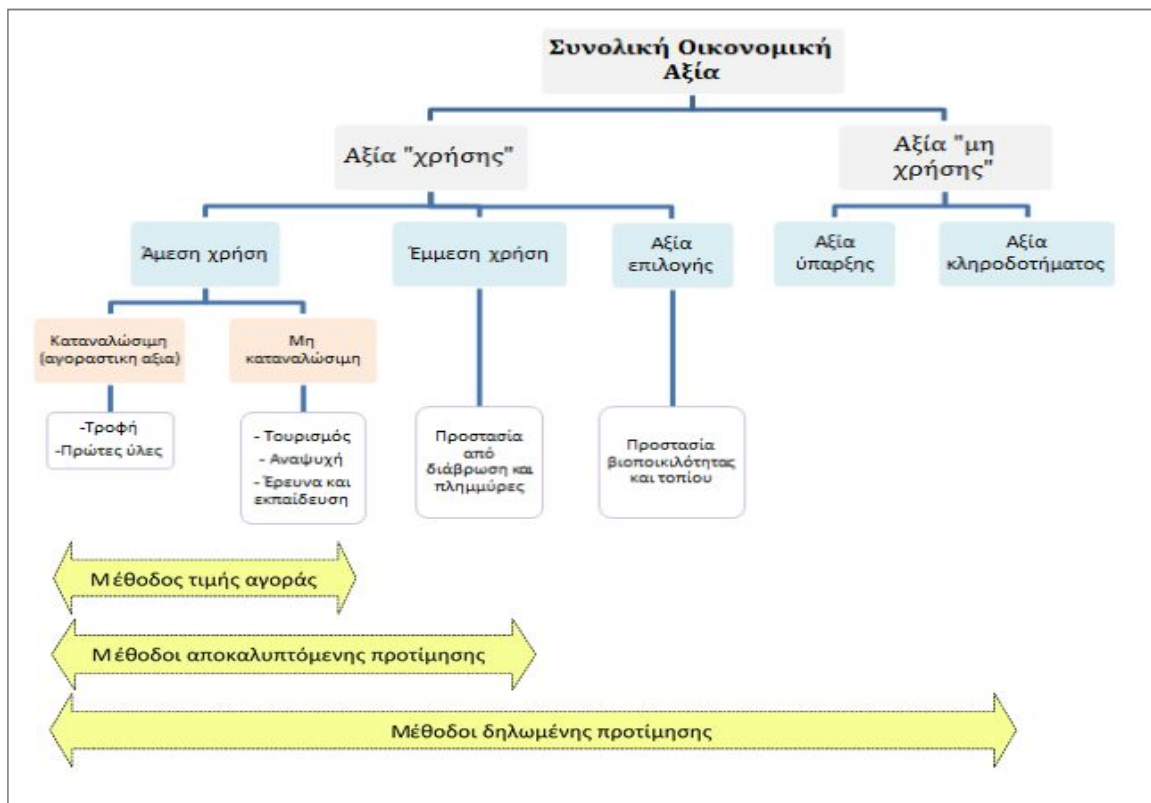
ασφαλή προσαρμογή του φυσικού, κοινωνικού και οικονομικού συστήματος (Biagini et al., 2014).

2.3 Οικονομική αξιολόγηση παράκτιου περιβάλλοντος

Τα παράκτια οικοσυστήματα προσφέρουν πληθώρα αγαθών/υπηρεσιών στις κοινωνίες και η υποβάθμισή τους από τις μεταβαλλόμενες συνθήκες θα οδηγήσει στη μείωση της προσφοράς και στη διατάραξη της ευημερίας του παράκτιου πληθυσμού. Οι υπηρεσίες ενός οικοσυστήματος είναι το σύνολο των συνθηκών και διεργασιών που αυτό προσφέρει, σε συνδυασμό με τα είδη που το αποτελούν, ενώ τα οικοσυστημικά αγαθά είναι τα υλικά προϊόντα που παρέχει η φύση και χρησιμοποιεί ο άνθρωπος (π.χ. αλιεία) (DeGroot et al., 2002). Ο συνδυασμός τους επηρεάζει την ανθρωπότητα έμμεσα (ρύθμιση του κλίματος, προστασία από πλημμύρες) και άμεσα (αναψυχή), καθιστώντας επιτακτική την ορθή και αποτελεσματική διαχείρισή τους.

Για την ολοκληρωμένη αξιολόγηση των μεταβολών και της βιωσιμότητας του παράκτιου περιβάλλοντος απαιτείται η οικονομική του εκτίμηση. Η μέθοδος της οικονομικής αξιολόγησης έχει σαν σκοπό την απόδοση χρηματικής αξίας σε φυσικά μεγέθη για την εκτίμηση της έκτασης των προβλεπόμενων επιπτώσεων καθώς και την ισοδύναμη σύγκρισή τους με προτεινόμενες εναλλακτικές δράσεις προσαρμογής. Προκύπτει από την εξάρτηση του ανθρώπου από τις υπηρεσίες και τα αγαθά του περιβάλλοντος και αποτελεί χρήσιμη πληροφορία για τη λήψη αποφάσεων, τη διάκριση των προτιμήσεων των χρηστών και την ορθή κατανομή κεφαλαίων (Brown et al., 2006).

Για τον προσδιορισμό της Συνολικής Οικονομικής Αξίας ενός παράκτιου περιβάλλοντος, θα πρέπει να αξιολογείται με οικονομικούς όρους το σύνολο των δημόσιων, φυσικών και οικονομικών αξιών που προκύπτουν από το σύνολο των αγαθών και υπηρεσιών που προσφέρει (Σχήμα 2.13).



Σχήμα 2.13: Ανάλυση συνολικής οικονομικής αξίας οικοσυστημικών αγαθών και υπηρεσιών καθώς και των εργαλείων που χρησιμοποιούνται για την οικονομική αξιολόγηση των επιμέρους αξιών

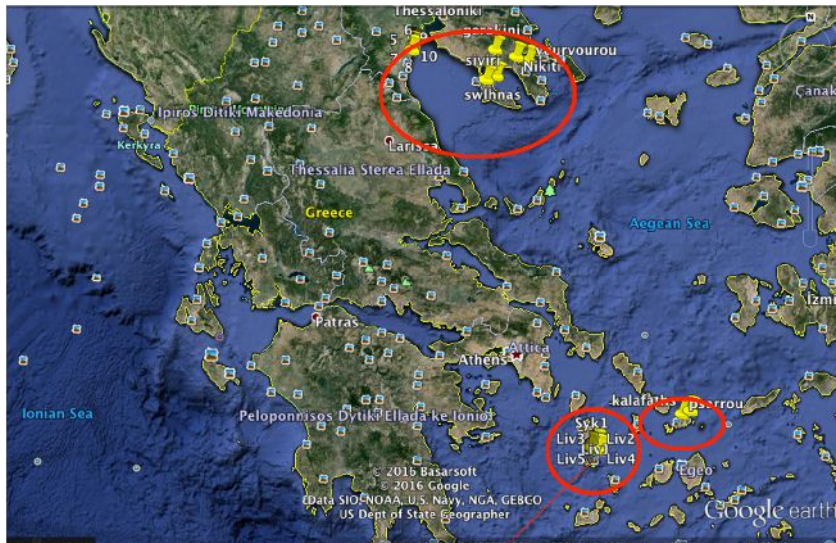
Για την εκτίμηση της αξία τους έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνικές; η βασική τους διαφοροποίηση έγκειται στο γεγονός ότι ενώ κάποια από αυτά μπορούν να αποτιμηθούν μέσω παρακολούθησης των εμπορικών συναλλαγών και της αγοράς, κάποια άλλα δεν είναι ενταγμένα στη παραδοσιακή αγορά και δεν έχουν αγοραστική τιμή οπότε είναι δύσκολο να εκτιμηθεί η αξία τους (Brown et al., 2006). Έτσι, για την πρώτη περίπτωση χρησιμοποιούνται οι μέθοδοι τιμής αγοράς (direct market price methods) ενώ για τις μη εμπορεύσιμες αξίες οι μέθοδοι αποκαλυπτόμενης προτίμησης (revealed preference methods) και μέθοδοι δηλωμένης (stated) προτίμησης. Οι μέθοδοι αποκαλυπτόμενης και δηλωμένης προτίμησης χρησιμοποιούνται συνήθως για μη εμπορεύσιμα αγαθά και υπηρεσίες και στηρίζονται στις επιλογές και προτιμήσεις της κοινωνίας, δεδομένου ότι τα άτομα τις κάνουν με γνώμονα την μέγιστη οφέλεια που μπορούν να αποκομίσουν

(Brown et al., 2006). Η πρώτη μελετά την παρατηρηθείσα συμπεριφορά των ανθρώπων για την εκτίμηση της προθυμίας τους να πληρώσουν για κάποιο αγαθό το οποίο δεν πωλείται σε κάποια αγορά αλλά επηρεάζει τις αγορές κάποιων άλλων αγαθών. Η δεύτερη εφαρμόζεται μέσω δημοσκοπήσης και εκτιμά με άμεσο τρόπο την οικονομική αξία ενός περιβαλλοντικού αγαθού σε υποθετικές αγορές σύμφωνα με την εκφρασμένη προθυμία των ατόμων (Καλιαμπάκος και Δαμίγος, 2008).

Η επιλογή της καταλληλότερης μεθόδου εξαρτάται από πολλούς παράγοντες με κύριους τον προσδιορισμό των οικοσυστημικών αξιών του υπό μελέτη συστήματος και την διαθεσιμότητα δεδομένων, χρόνου, πόρων, και ανθρώπινου δυναμικού.

Κεφάλαιο 3 Περιοχές Μελέτης

Οι περιοχές μελέτης βρίσκονται στην Χαλκιδική, στην Κατερίνη, στην Μύκονο και στην Σέριφο (Σχήμα 3.1). Στις παραγράφους που ακολουθούν παρουσιάζονται οι παραλίες που μελετήθηκαν σε κάθε μία από τις παραπάνω περιοχές.



Σχήμα 3.1: Περιοχές Μελέτης (Πηγή: Google Earth)

3.1. Νήσος Μύκονος

Στη νήσο Μύκονο μελετήθηκε η παραλία Καλό Λιβάδι που βρίσκεται στην νότια πλευρά του νησιού (Σχήμα 3.2).

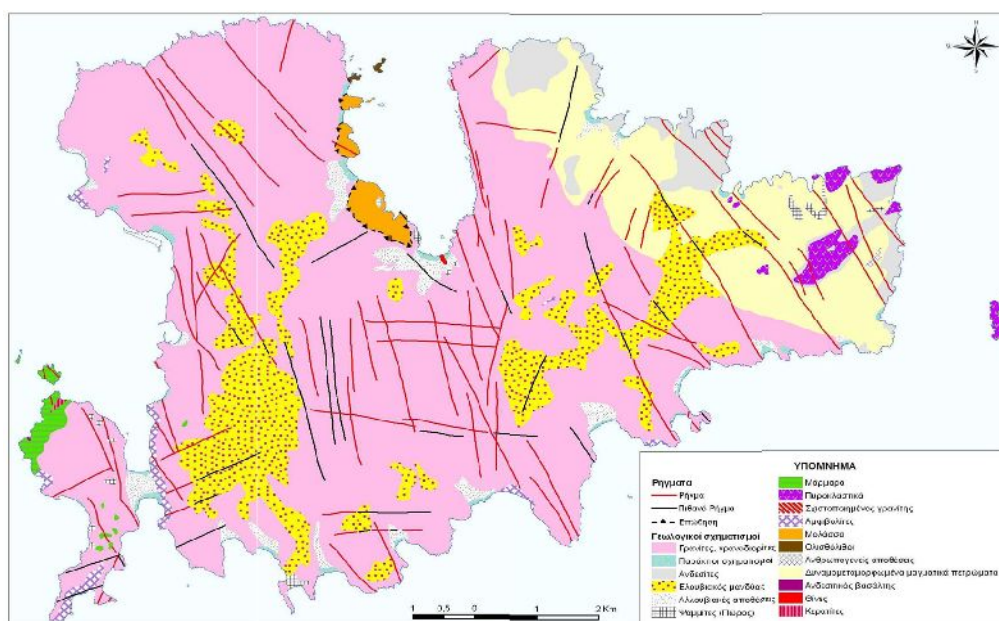


Σχήμα 3.2: Παραλία Καλό Λιβάδι (Πηγή: Google Earth)

3.1.1 Γεωλογικά χαρακτηριστικά

Η μορφοτεκτονική εξέλιξη της Μυκόνου είναι συγκρίσιμη με άλλα νησιά όπως η Σέριφος. Κοινά χαρακτηριστικά η άνοδος και η κρυστάλωση γρανοδιοριτικού μάγματος και μία έντονη περίοδος διάβρωσης για την για την απομάκρυνση του καλύμματος υπερκείμενων πετρωμάτων και “ολισθήσεις βαρύτητας” των ανωτέρω ενοτήτων. Στην Μύκονο η ανώτερη ενότητα είναι η ηφαιστειο-ιζηματογενής σειρά που κινείται ασύμφωνα λόγω ασυνεχούς παραμόρφωσης στον γρανοδιορίτη. Η τεταρτογενής εξέλιξη του νησιού χαρακτηρίζεται από την συνέχιση της διάβρωσης και από τις ευστατικές κινήσεις της θάλασσας. Αυτό δείχνουν οι αποθέσεις ψαμμιτών σε ύψη από 80 μέτρα μέχρι και την σημερινή στάθμη της θάλασσας σε συνδυασμό με την νεότερη παραμόρφωση. Τελος η ανύψωση της στάθμης της θάλασσας πιστοποιείται από την παρατήρηση των beachrocks μερικά μέτρα μέσα από τις ακτές της Μυκόνου. Η γέννεση ορισμένων ψαμμιτών σε ύψος 0-5 μέτρα με διασταυρωμένη στρώση οφείλεται κυρίως σε αιολικά αίτια. Η μορφοτεκτονική εξέλιξη της Μυκόνου, τμήμα

της Κυκλαδικής μάζας αντανακλά την περίπλοκη εξέλιξη της ευρύτερης περιοχής (Πατές, 2006).

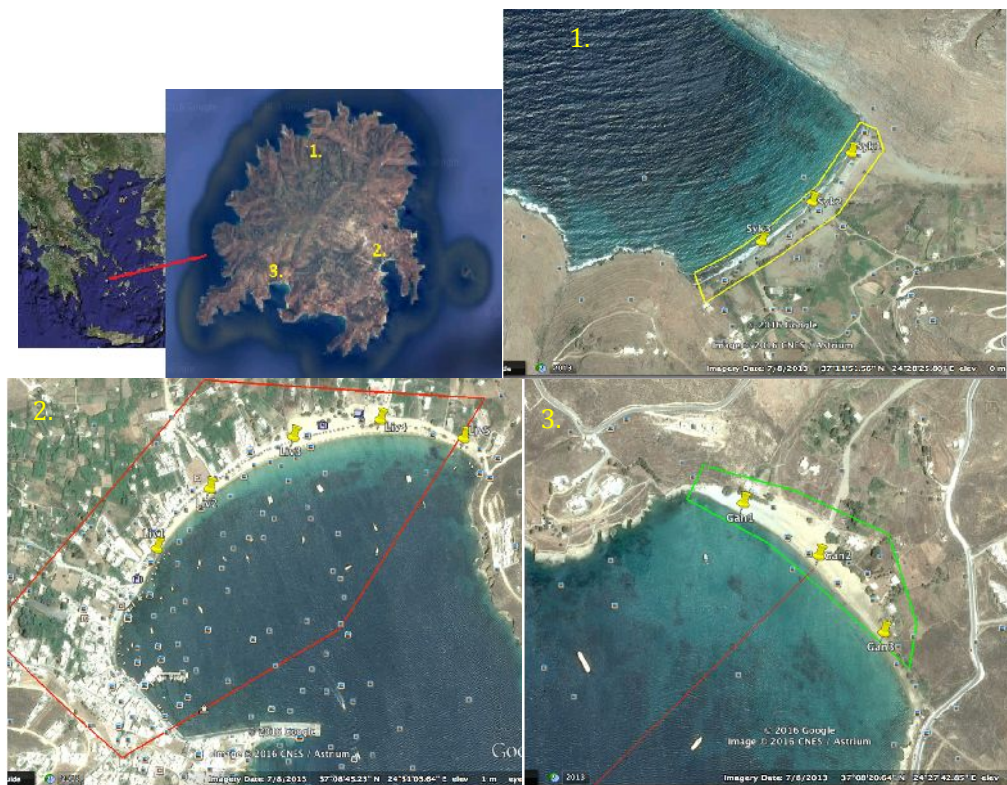


3.1.2. Κλιματολογικές συνθήκες

Το κλίμα της Μυκόνου είναι εύκρατο, νησιώτικο, αντιπροσωπευτικό του κλίματος του κεντρικού Αιγαίου, με μέση ηλιοφάνεια 2700 ώρες, μέση θερμοκρασία 17 βαθμούς Κελσίου και μέση υγρασία 70%. Η Μύκονος όπως και οι υπόλοιπες Κυκλάδες είναι από τις περιοχές τις χώρας όπου πνέουν ισχυροί άνεμοι. Οι άνεμοι που επικρατούν είναι Βόρειοι και Βορειοανατολικοί, τα γνωστά μελτέμια που πνέουν ιδιαίτερα τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο. Η ταχύτητα αυτών φτάνει τα 6-7 Beaufort (σπάνια 8-9). Η μέση θερμοκρασία του χειμώνα είναι 12 βαθμούς Κελσίου και το καλοκαίρι 25,5°. Το ύψος των ετήσιων βροχοπτώσεων είναι σχετικά χαμηλό 550 μέτρα. Η θερμοκρασία στην επιφάνεια της θάλασσας από Μάιο μέχρι Οκτώβριο είναι 18,3-22 βαθμούς Κελσίου (Πατές, 2006).

3.2 Σέριφος

Η Σέριφος ανήκει στις Κυκλάδες και βρίσκεται μεταξύ της Κύθνου και της Σίφνου. Μελετήθηκαν οι παραλίες Γάνεμα στην Νότια πλευρά του νησιού, το Λιβιάδι στην Ανατολική πλευρά και η Συκαμιά στην Βόρεια πλευρά του νησιού (Σχήμα 3.4).

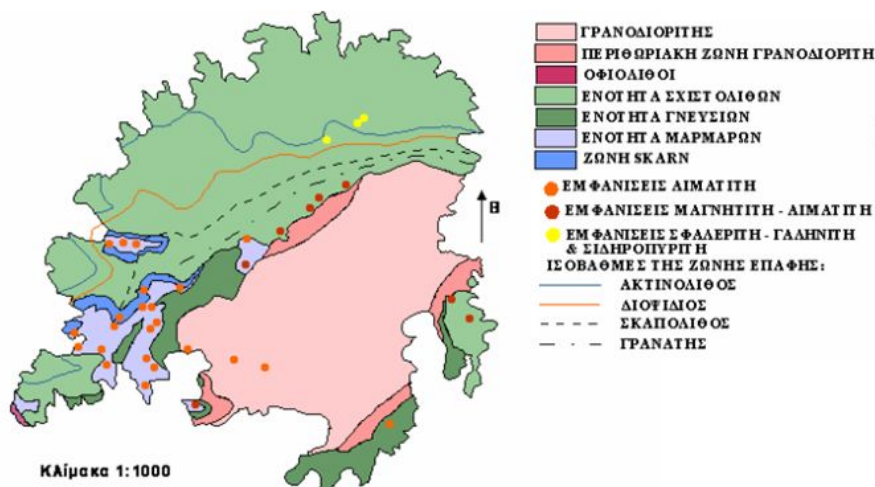


Σχήμα 3.4: Παραλίες: 1. Συκαμιά, 2. Λιβιάδι και 3. Γάνεμα (Πηγή: Google Earth)

3.2.1 Τεκτονική και Γεωλογία

Η μορφοτεκτονική εξέλιξη της Σερίφου είναι όμοια με της Μυκόνου. Στη Σέριφο αποκαλύφθηκε ένα πλουτώνιο σώμα γρανοδιοριτικής σύστασης, το οποίο διείσδυσε σε μια σειρά από μεταμορφωμένα πετρώματα, η οποία αποτελείται από γνευσίους, μάρμαρα και ασβεστιτικούς σχιστόλιθους (Σχήμα 3.5). Στα μεταμορφωμένα πετρώματα διατηρούνται ελάχιστα μόνο υπολείμματα της μεταμόρφωσης των υψηλών πιέσεων. Η καθολική μεταμόρφωση των μεσαίων πιέσεων διατηρείται στα σχιστολιθικά πετρώματα που καταλαμβάνουν το βόρειο

τμήμα του νησιού. Αποτελούνται κατεχοχήν από λεπτοπλακώδεις, λεπτοσχιστώδεις ασβεστιτικούς σχιστόλιθους με ορυκτολογική σύσταση αλβίτη, χαλαζία, χλωρίτη, μοσχοβίτη, επίδοτο, ασβεστίτη και μικρού πάχους διαστρώσεις μαρμάρων.



Σχήμα 3.5: Τροποποιημένος απλοποιημένος Γεωλογικός Χάρτης της Σερίφου (Πηγή: SALEMINK, 1979)

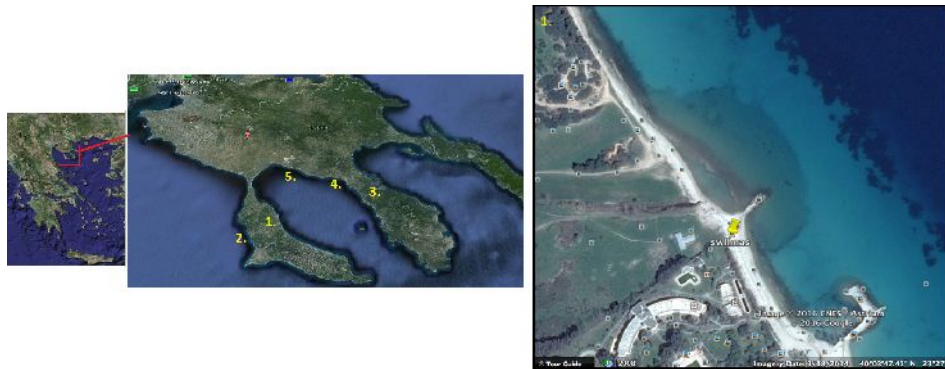
3.2.2 Κλιματολογικές συνθήκες

Στην Σέριφο δεν υπάρχει μετεωρολογικός σταθμός και τα παρακάτω δεδομένα είναι από τον μετεωρολογικό σταθμό της Μήλου. Η μέση ετήσια θερμοκρασία που καταγράφεται στον προαναφερθέντα μετεωρολογικό σταθμό ανέρχεται στους 17,73 °C, ενώ οι μέσες μηνιαίες τιμές κυμαίνονται μεταξύ 10,66°C (Φεβρουάριος) και 25,60 °C (Ιούλιος). Η μέση ελάχιστη θερμοκρασία αέρα, 8,48 °C, καταγράφεται το Φεβρουάριο, ενώ η μέση μέγιστη καταγράφεται τον Ιούλιο και ανέρχεται σε 29,12 °C. Το μέσο ετήσιο ύψος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (Υετός) ανέρχεται στα 408,08 mm και κυμαίνεται από 0,31 (Αύγουστο) – 85,05 mm. (Δεκέμβριο). Σύμφωνα με τα δεδομένα του μετεωρολογικού σταθμού της Μήλου, οι μήνες που εμφανίζουν τους ισχυρότερους ανέμους είναι ο Δεκέμβριος, ο Ιανουάριος και ο Φεβρουάριος, με επικρατέστερη διεύθυνση τη Βόρεια. Η μέση ετήσια σχετική υγρασία, για την ευρύτερη περιοχή

της Μήλου, ανέρχεται σε 65,84 % και η μηνιαία μεταβολή κυμαίνεται από 54,60 % (Ιούνιο) – 73,38 % (Δεκέμβριο) και δεν ακολουθεί σε γενικές γραμμές την αντίστοιχη μεταβολή του ύψους βροχόπτωσης (ίσως λόγω επικράτησης βορείων ανέμων). Η μέση νέφωση κυμαίνεται μεταξύ 5 (όγδοα) τον Ιανουάριο και 0,37 τον Ιούλιο, με περισσότερες ημέρες νέφωσης τους μήνες Δεκέμβριο έως Φεβρουάριο και λιγότερες ημέρες νέφωσης τους μήνες Ιούνιο έως Σεπτέμβριο.

3.3 Χαλκιδική

Η Χαλκιδική είναι περιοχή της Μακεδονίας και γεωγραφικά αποτελεί την απόληξη της Κεντρικής Μακεδονίας στο Αιγαίο πέλαγος, σχηματίζοντας τρεις επιμήκεις χερσονήσους, που δίνουν στην περιοχή το χαρακτηριστικό της σχήμα («πόδια της Χαλκιδικής»). Οι παραλίες υπό μελέτη είναι η παραλία Σωλήνας και παραλία Σίβηρη, οι οποίες βρίσκονται στο πρώτο πόδι καθώς και οι παραλίες Βουρβουρού, Νικητή, και Γερακινή οι οποίες βρίσκονται στο δεύτερο πόδι (Σχήμα 3.6).





Σχήμα 3.6: Παραλίες. 1. Σωλήνας, 2. Σίβηρη, 3. Βουρβουρού, 4. Νικήτη, 5. Γερακινή (Πηγή: Google Earth)

3.3.1 Γεωλογικά χαρακτηριστικά

Η γεωτεκτονική ζώνη της Σερβομακεδονικής υπόκειται σε συνεχή τεκτονική δράση από τον Παλαιοζωικό μέχρι τις τελευταίες φάσεις της Αλπικής πτύχωσης, οι τελευταίες τοποθετούνται στα όρια μεταξύ της Ηωκαίνου και Ολιγοκαίνου περιόδου. Η νεοτεκτονική δραστηριότητα στην περιοχή χαρακτηρίζεται από κανονικά ρήγματα.

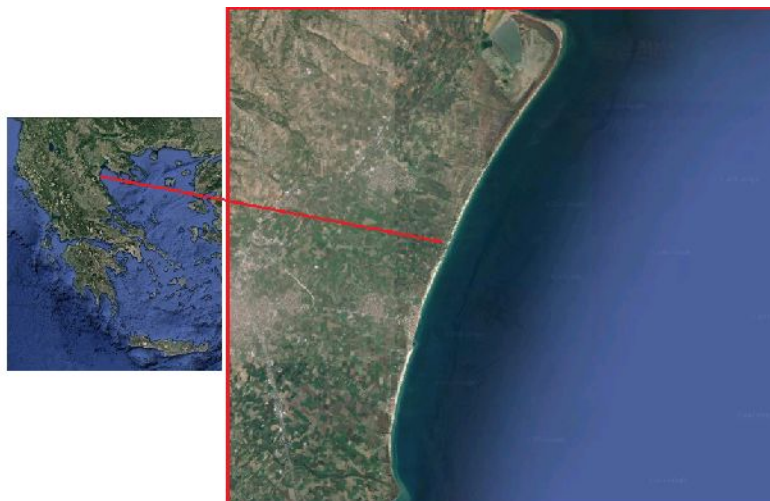
Πολλά τεκτονικά κέρατα και τεκτονικές τάφροι έχουν σχηματιστεί κατά μήκος του Σερβομακεδονικού όγκου, ως αποτέλεσμα της νεοτεκτονικής δραστηριότητας. Νεογενή - Τεταρτογενή ιζήματα (αμμώδης μάργα, υφάλμυροι - λιμναίοι ασβεστόλιθοι, άμμος, ιλύς - άμμος) επεκτείνονται σε μέρη της χερσονήσου της Χαλκιδικής (π.χ. περιοχή Ιερισσού και Γοματίου) με τις αντίστοιχες νεοτεκτονικές φάσεις (Pavlides & Kiliyas, 1987).

3.3.2 Κλιματολογικές συνθήκες

Το κλίμα στη Χαλκιδική παρουσιάζει μετάβαση από παραθαλάσσιο μεσογειακό στις χαμηλές περιοχές, σε χερσαίο μεσογειακό στις υψηλότερες και σε υγρό ηπειρωτικό στις υψηλές περιοχές. Το μεσογειακό κλίμα των παραθαλάσσιων περιοχών, χαρακτηρίζεται από ήπιους χειμώνες και δροσερά καλοκαίρια. Το μικροκλίμα των πεδινών περιοχών συμβάλλει στις απουσία παγετών ή υπερβολικά υψηλών θερμοκρασιών. Οι πιο θερμοί μήνες είναι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος με μέσες μέγιστες ημερήσιες θερμοκρασίες γύρω στους 26° C. Οι ψυχρότεροι μήνες είναι ο Φεβρουάριος και ο Μάρτιος χωρίς όμως να δημιουργούν προβλήματα εφόσον οι μέσες ελάχιστες θερμοκρασίες είναι πάνω από τους 0° C. Η μέση ετήσια βροχόπτωση, η οποία κυμαίνεται από 500-600 χιλιοστά, είναι μέσα στα όρια των παραμέτρων που δίνονται για την περιοχή. Το μεγαλύτερο ποσοστό βροχής πέφτει κατά την περίοδο από Οκτώβρη μέχρι Απρίλη. Οι άνεμοι που πνέουν στην περιοχή είναι κατά κύριο λόγο Βόρειοι- Βορειοανατολικοί ενώ νοτίων διευθύνσεων πνέουν κυρίως κατά την καλοκαιρινή περίοδο (Περιφερειακή ενότητα Χαλκιδικής, 2016).

3.4 Παραλία Κατερίνης

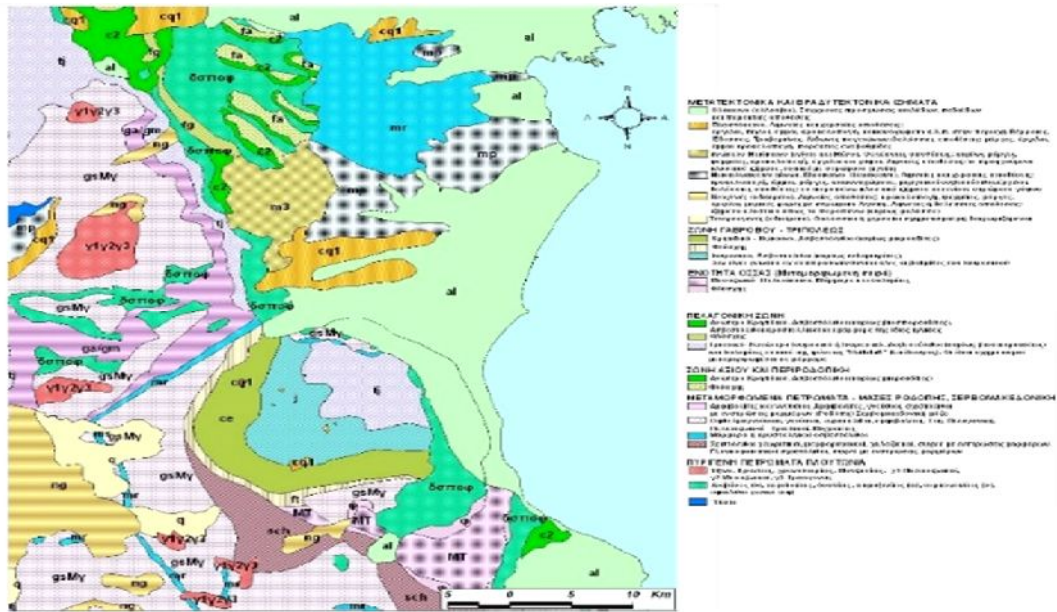
Η Παραλία Κατερίνης βρίσκεται στην παράκτια ζώνη του Νομού Πιερίας (Κ. Μακεδονία), η οποία βρέχεται στα ανατολικά από τον Θερμαϊκό Κόλπο. Από Βορρά και Νότο η παράκτια ζώνη οριοθετείται από τις εκβολές των ποταμών Αλιάκμονα και Πηνειού, αντίστοιχα. Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε μέρος της παραλίας, η Ολυμπιακή Ακτή (Σχήμα 3.7).



Σχήμα 3.7: Παραλία Κατερίνης (Πηγή: Google Earth)

3.4.1 Γεωλογικά χαρακτηριστικά

Η Πιερία ανήκει κατά το μεγαλύτερο μέρος της στη γεωλογική ενότητα της Πελαγονικής ζώνης. Η λιθολογία χαρακτηρίζεται κυρίως από κρυσταλλοσχιστώδη και εκρηξιγενή πετρώματα, με παρουσία Τριτογενών και Τεταρτογενών ιζηματογενών αποθέσεων (άργιλοι, κροκαλοπαγή και μάργες). Γενικότερα διακρίνονται δύο τύποι Ολοκαινικών σχηματισμών: αλλουβιακές αποθέσεις της λεκάνης απορροής (άμμοι, ιλύες, άργιλοι και κροκαλολατύπες), και δελταϊκές προσχώσεις των ποταμών Πηνειού και Αλιάκμονα. Η ακτογραμμή της πιλοτικής περιοχής μελέτης, έχει σχεδόν Β-Ν προσανατολισμό, αποτελείται κυρίως από Ολοκαινικές αμμώδεις αποθέσεις και τροφοδοτείται με φερτά υλικά με αποτέλεσμα τη διαμόρφωση εκτεταμένης αμμώδους παραλίας, με ήπιο ανάγλυφο (μικρές κλίσεις) και ευθύγραμμη μορφή.



Σχήμα 3.8: Γεωλογικός χάρτης νομού Πιερίας (Πηγή: ΕΛΚΕΘΕ)

3.4.2 Κλιματολογικές συνθήκες

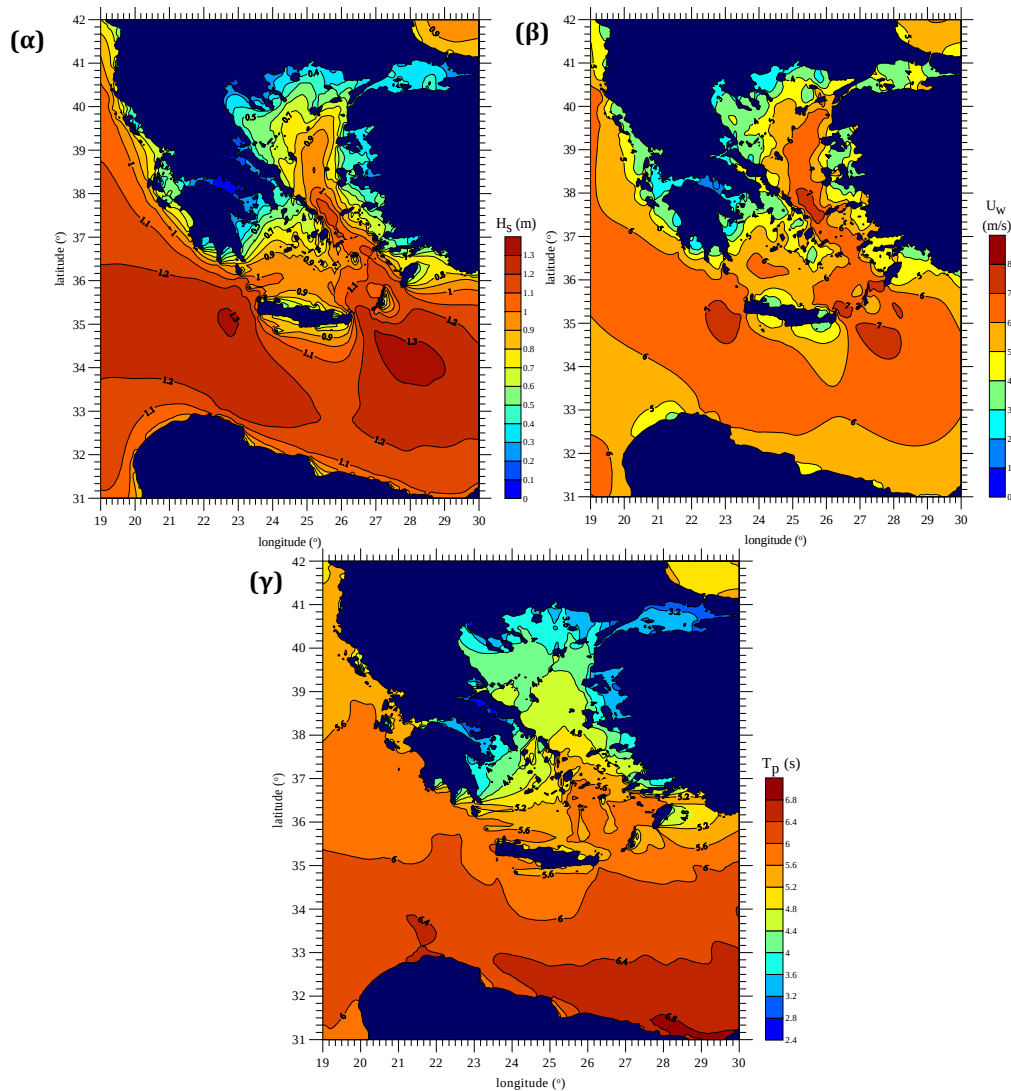
Το κλίμα στην ευρύτερη περιοχή της παραλίας Κατερίνης χαρακτηρίζεται μεσογειακό, υγρό, μεσόθερμο, με μέση ετήσια θερμοκρασία 15,2 °C. Οι άνεμοι που επιδρούν είναι κυρίως βόρειοι, βορειοανατολικοί και νοτιοανατολικοί στην παράκτια ζώνη (POSEIDON-ΕΛΚΕΘΕ). Η απουσία δυτικών ανέμων εξαιτίας των ορεινών όγκων Ολύμπου-Πιερίων σε συνδυασμό με το φαινόμενο της θαλάσσιας αύρας προσδίδουν ήπιες κλιματολογικές συνθήκες στην ακτογραμμή. Το μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης είναι 650 mm και υγρότερος μήνας χαρακτηρίζεται ο Δεκέμβριος. Ξηρότερος μήνας είναι ο Ιούλιος, με ύψος βροχόπτωσης 30 mm περίπου (Νομαρχία Πιερίας-Δήμος Κατερίνης, 2000).

3.5 Ωκεανογραφικά χαρακτηριστικά παραλιών μελέτης (Β. Αιγαίου)

3.5.1 Ανεμογενή κύματα

Τα ωκεανογραφικά δεδομένα ελήφθησαν από τον «Άτλαντα ανέμου και Κύματος των Ελληνικών Θαλασσών» του ΕΛΚΕΘΕ (2007). Στο Σχήμα 3.9

διακρίνονται το ετήσιο μέσο σημαντικό ύψος κύματος (H_s) (Σχήμα 3.9, α), η ετήσια μέση ταχύτητα ανέμου (U_w) (Σχήμα 3.9, β) και η ετήσια μέση περίοδος κύματος (T_p) (Σχήμα 3.9, γ).



Σχήμα 3.9: Μέσες ετήσιες τιμές των: α) ύψους κύματος H_s , β) ταχύτητας ανέμου U_w και γ) περιόδου κύματος T_p (Πηγή: ΕΛΚΕΘΕ, 2007)

Συγκεκριμένα, για την περιοχή της Μυκόνου, το ετήσιο μέσο σημαντικό ύψος κύματος (H_s) είναι 0,8 – 1 m, η ετήσια μέση ταχύτητα ανέμου (U_w) είναι 5 – 7 m/sec και η ετήσια μέση περίοδος κύματος (T_p) είναι 5,2 – 5,6 sec.

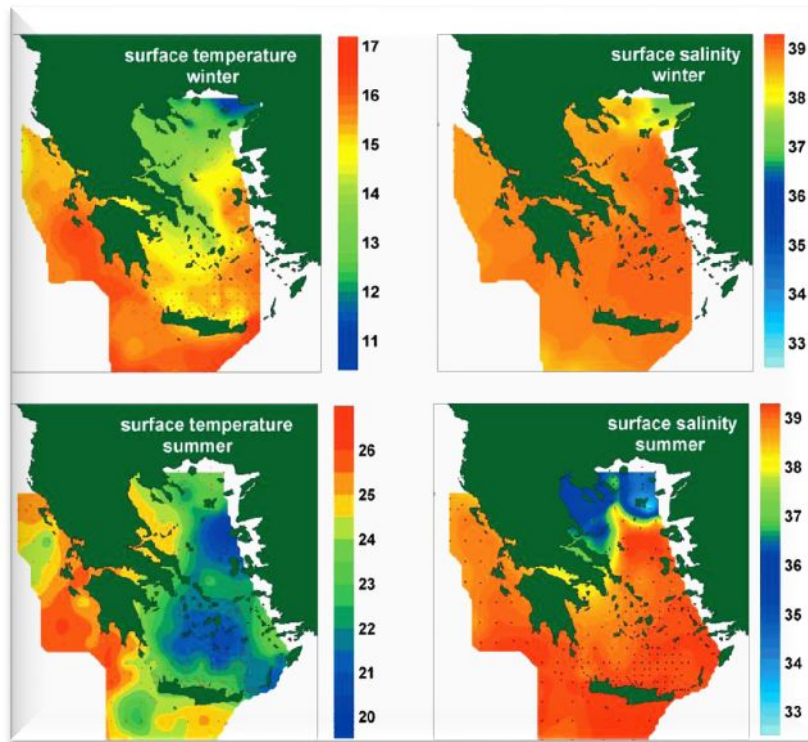
Για την περιοχή της Σερύφου το ετήσιο μέσο σημαντικό ύψος κύματος (H_s) είναι 0,8 – 0,9 m, η ετήσια μέση ταχύτητα ανέμου (U_w) είναι 5 – 6 m/sec και η ετήσια μέση περίοδος κύματος (T_p) 4,4 – 4,8 sec.

Για την περιοχή της Χαλκιδικής το ετήσιο μέσο σημαντικό ύψος κύματος (H_s) είναι 0,3 – 0,5 m, η ετήσια μέση ταχύτητα ανέμου (U_w) είναι 2 – 3 m/sec και η ετήσια μέση περίοδος κύματος (T_p) είναι 4,4 – 5,2 sec.

Τέλος, για τη περιοχή της Κατερίνης το ετήσιο μέσο σημαντικό ύψος κύματος (H_s) είναι 0,3 – 0,4 m, η ετήσια μέση ταχύτητα ανέμου (U_w) είναι 2 – 3 m/sec και η ετήσια μέση περίοδος κύματος (T_p) είναι 4 – 4,4 sec.

3.5.2 Υδρολογικές συνθήκες

Σύμφωνα με τους Papathanassiou & Zenetos (2005), από το διεθνές πρόγραμμα POEM (Physical Oceanography of the Eastern Mediterranean) παρουσιάστηκε μέσω του γενικού χάρτη της Ελλάδας ότι στην περιοχή Μυκόνου η επιφανειακή θερμοκρασία της θάλασσας για τους χειμερινούς μήνες είναι γύρω στους 14 - 15°C, ενώ τους καλοκαιρινούς περίπου 21 – 22 °C. Στην περιοχή Σερύφου η επιφανειακή θερμοκρασία της θάλασσας για τους χειμερινούς μήνες είναι γύρω στους 13 - 14°C, ενώ τους καλοκαιρινούς επίσης 21 – 22 °C. Οι τιμές της επιφανειακής αλατότητας και στις δύο περιοχές παραμένουν σχετικά αμετάβλητες με την τιμή να κυμαίνεται γύρω στο 39psu (Σχήμα 3.10). Στην περιοχή της Χαλκιδικής και της Κατερίνης η επιφανειακή θερμοκρασία της θάλασσας για τους χειμερινούς μήνες είναι γύρω στους 15 - 16°C, ενώ τους καλοκαιρινούς περίπου 25 – 26 °C. Αντίστοιχα, οι τιμές της επιφανειακής αλατότητας και στις δύο περιοχές παραμένουν σχετικά αμετάβλητες με την τιμή να κυμαίνεται γύρω στο 39psu.

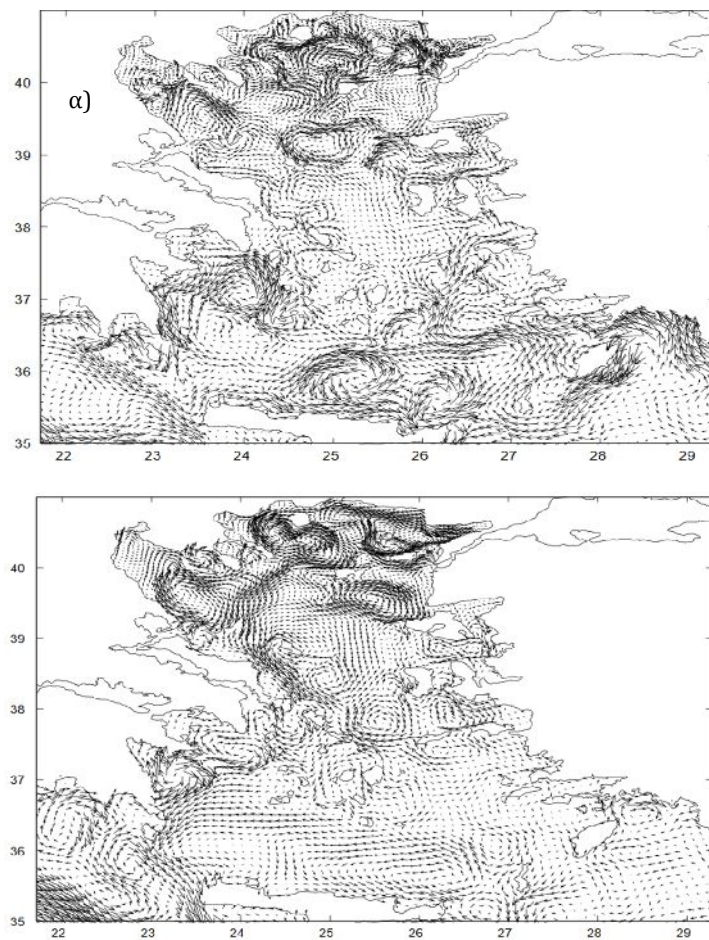


Σχήμα 3.10: Μέση επιφανειακή θερμοκρασία και αλατότητα για τους χειμερινούς και τους θερινούς μήνες (κατά POEM – Papathanassiou & Zenetos, 2005)

3.5.3 Θαλάσσια κυκλοφορία

Η γενική κυκλοφορία στο Βόρειο Αιγαίο αποτελείται από σχηματισμούς μέσης και μικρότερης κλίμακας. Στην χειμερινή κυκλοφορία επικρατούν οι κυκλωνικές κινήσεις ενώ την καλοκαιρινή περίοδο επικρατούν οι αντικυκλωνικές (Σχήμα 3.11). Τα χαμηλής αλατότητας νερά της Μαύρης Θάλασσας κατά την διάρκεια του χειμώνα περιορίζονται αρκετά κοντά στην περιοχή εκβολής τους με τον κύριο όγκο τους να κατευθύνεται νότια της Λήμνου. Η εικόνα αυτή δεν συμφωνεί πλήρως με τα πειραματικά δεδομένα στην περιοχή (Zodiatis 1994), σύμφωνα με τα οποία η διασπορά των νερών της Μαύρης Θάλασσας έχει μια δυτική κατεύθυνση με τον κύριο όγκο να κατευθύνεται βόρεια της Λήμνου. Η ασυμφωνία αυτή μπορεί να αποδοθεί στην αναντιστοιχία των ανεμολογικών δεδομένων του NMC με τα γνωστά επικρατούντα πεδία ανέμων πάνω από το Αιγαίο την χειμερινή περίοδο. Την καλοκαιρινή περίοδο τα νερά της Μαύρης

θάλασσας κινούνται β) δυτικά και στην περιοχή της Λήμνου διακλαδίζονται: ένα τμήμα τους στρέφεται βόρεια συνεισφέροντας στις αντικυκλωνικές κινήσεις της περιοχής, ενώ το υπόλοιπο τμήμα στην αρχή νοτιοδυτικά και τελικά νότια προς το Νότιο Αιγαίο διαμέσου των δυτικών στενών των Κυκλάδων (Εύβοια-Άνδρος). Η επιφανειακή κατανομή της θερμοκρασίας τον χειμώνα παρουσιάζει μία βάθμωση κατά την κατεύθυνση Βορρά – Νότου με τις μεγαλύτερες τιμές στον Νότο. Την καλοκαιρινή περίοδο η βαθμίδα της θερμοκρασίας είναι κατά την διεύθυνση Ανατολή-Δύση καθώς οι ισχυροί άνεμοι (μελέμια) που πνέουν πάνω από την περιοχή του Αιγαίου, δημιουργούν μια ζώνη ανάβλυσης στα Ανατολικά του Αιγαίου και μία ζώνη καταβύθισης στα δυτικά.



**Σχήμα 3.11 Επιφανειακή κυκλοφορία κατά την: α) χειμερινή και β) καλοκαιρινή περίοδο
(Πηγή: Περιβολιώτης et al., 1997)**

Κεφάλαιο 4 Συλλογή δεδομένων - Μεθοδολογία

Ο σκοπός της εργασίας που είναι η εκτίμηση των μορφοδυναμικών και κοινωνικο-οικονομικών επιπτώσεων της επικείμενης μεταβολής της θαλάσσιας στάθμης, λόγω κλιματικής αλλαγής σε παραλίες του Β. Αιγαίου επιτυγχάνεται μέσω της συλλογής δεδομένων που αφορούν τη μορφολογία και ιζηματολογία (κοκκομετρία) των παραλιών που μελετώνται, τη χρήση των δορυφορικών εικόνων, όπως του Google Earth, καθώς και των εξισώσεων πρόγνωσης κυμματισμού και μεταβολής της ακτογραμμής και εντοπισμού/εύρεσης θαλάσσιων αναβαθμών. Βάσει των προαναφερθέντων μεθόδων, προέκυψαν εκτιμήσεις της μεταβολής του παραλιακού προφίλ οι οποίες σε συνδυασμό με τα 3 διαφορετικά σενάρια της IPCC για την άνοδο της θαλάσσιας στάθμης, υπολογίζεται η παραλιακή οπισθοχώριση και τελικά το εμβαδόν της παραλίας που θα χαθεί. Τέλος, με βάση αυτό, υπολογίστηκε το οικονομικό κόστος της προβλεπόμενης απώλειας.

Η συλλογή δεδομένων αφορά τη μορφολογία και κοκκομετρία των παραλιών υπό μελέτη, το προσδιορισμό του τοπικού κυματικού καθεστώτος και τον υπολογισμό της οπισθοχώρισης της ακτογραμμής για διαφορετικά σενάρια της κλιματικής αλλαγής (άνοδου της θαλάσσιας στάθμης). Τέλος, συγκεντρώθηκαν τα στοιχεία που αφορούν την οικονομική αποτίμηση της απώλειας της παράκτιας γης.

4.1 Κυματικό καθεστώς

Τα ανεμολογικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για τη μελέτη του κυματισμού στις περιοχές μελέτης, πάρθηκαν από τον Άτλαντα Ανέμου και Κύματος των Ελληνικών Θαλασσών, του Ελ.Κε.Θ.Ε. (2007). Στον άτλαντα παρουσιάζονται συγκεντρωμένα ανεμολογικά στοιχεία για την περίοδο 1999-2006, τα οποία ελήφθησαν από ένα σύστημα πλωτήρων (buoys), μέσω του δικτύου ΠΟΣΕΙΔΩΝ. Ο πλωτήρας από τον οποίο εξήχθησαν τα ανεμολογικά στοιχεία για την

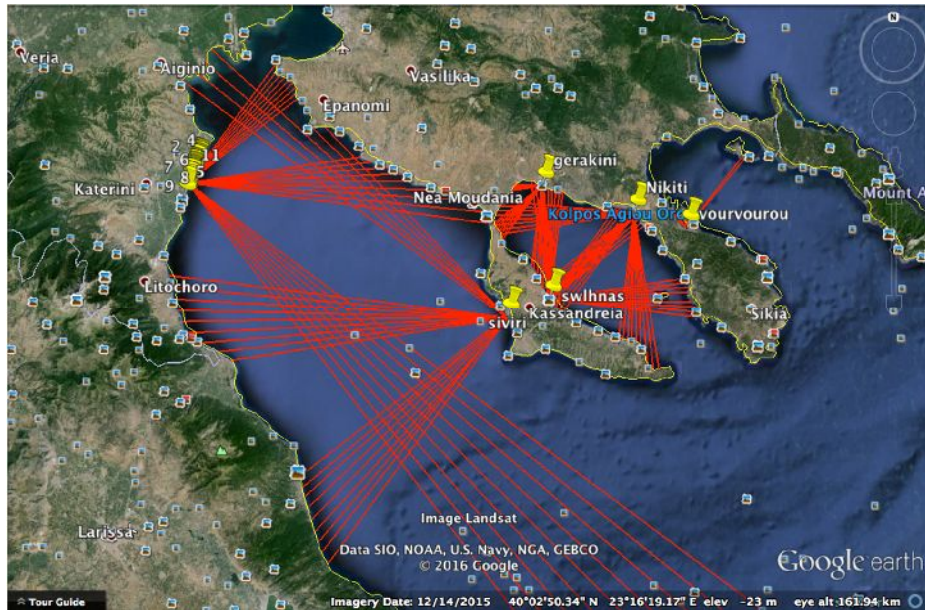
περιοχή μελέτης έχει κωδικό *H1* και *H3* και οι συντεταγμένες τους είναι: 39.55° N, 24.50° E και 36.55° N, 24.00° E αντίστοιχα .

Από τα παραπάνω δεδομένα υπολογίστηκαν οι συνθήκες πνοής του ανέμου, με βάση τις οποίες προέκυψαν σε κάθε περίπτωση η ένταση του ανέμου (*W*) (m/sec), μέσω της εξίσωσης (CERC, 1984):

$$W = 0.71 \cdot U^{1.23} \quad (3)$$

Οι προκύπτουσες τιμές έντασης του ανέμου χρησιμοποιήθηκαν στις εξισώσεις πρόγνωσης κυματισμού σύμφωνα με τη μέθοδο SMB, όπως αυτή τροποποιήθηκε από τους Hasselmann et al (1976), με απλοποίηση της εξίσωσης για την ανάπτυξη του παραμετρικού μοντέλου JONSWAP.

Με βάση τη μεθοδολογία αυτή, όταν δεν υπάρχουν στοιχεία για τη διάρκεια πνοής των ανέμων, για να υπολογιστούν οι ακραίες συνθήκες κυματισμού, θεωρείται ότι η ανάπτυξη των κυμάτων περιορίζεται μόνο από το ανάπτυγμα πνοής του ανέμου (fetch limited). Έτσι, υπολογίζεται για την περιοχή μελέτης η απόσταση (fetch) μέσα στην οποία μπορεί να αναπτυχθεί ανεμπόδιστα ο κυματισμός, σε κάθε δυνατή κατεύθυνση (Σχήμα 4.1).



Σχήμα 4.1: Υπολογισμός αποστάσεων ανάπτυξης κύματος (fetch) (Πηγή: Google Earth)

Στη συνέχεια υπολογίστηκαν το φασματικό σημαντικό ύψος κύματος H_s (m) και η περίοδος T_s (sec) που αντιστοιχεί στην κορυφή του κυματικού φάσματος των κυμάτων στα βαθιά νερά για κάθε διεύθυνση και ένταση πνέοντος ανέμου. Ο προσδιορισμός έγινε με βάση τις εξισώσεις του Πίνακα 4-1 (CERC, 1984), για την περίπτωση που το ύψος και η περίοδος των κυμάτων επηρεάζονται από το fetch του ανέμου και για την περίπτωση πλήρως ανεπτυγμένης θάλασσας (fully developed sea).

Πίνακας 4-1: Εξισώσεις πρόγνωσης κυματισμού (Πηγή: CERC, 1984)

Συνθήκες	Ύψος κύματος	Περίοδος κύματος
Fetch limited	$H_{m0s}=5,112 \cdot 10^{-4} \cdot U_A \cdot F^{1/2}$	$T_m= 6,238 \cdot 10^{-2} \cdot (U_A \cdot F)^{1/3}$
Fully developed sea	$H_{m0}=2,482 \cdot 10^{-2} \cdot U_A^2$	$T_m=8,30 \cdot 10^{-1} \cdot U_A$

Στους παραπάνω τύπους το F είναι η απόσταση ανάπτυξης του κύματος (fetch) κατά τη διεύθυνση του ανέμου, g ($9,81\text{m/sec}^2$) η επιτάχυνση της βαρύτητας και U (m/sec) η ταχύτητα τριβής που συνδέεται με την ταχύτητα του ανέμου U σε ύψος 10 m. Το μήκος αναπτύγματος (fetch) του κάθε ανέμου προσδιορίστηκε με

τη μέθοδο των 9 σημείων (ανά 2° εκατέρωθεν της κύριας διεύθυνσης). Στο κέντρο της περιοχής μελέτης, από τον κεντρικό άνεμο της κάθε περίπτωσης και ανά δύο μοίρες ανατολικά και δυτικά αυτού, τραβήχτηκαν ευθείες γραμμές στο πρόγραμμα Google Earth, έως ότου συναντήσουν κάποια ξηρά. Ο μέσος όρος των 9 αποστάσεων (4 ανατολικά, 4 δυτικά και μια κεντρική) έδωσε το θεωρητικό μέγιστο ανάπτυγμα του κύματος.

Για την επιλογή ενός από τα δύο ζεύγη εξισώσεων του Πίνακα 4-1 υπολογίστηκε ο χρόνος t (sec) που δρα ο άνεμος ώστε το κύμα να αναπτυχθεί στο μέγιστο ύψος, ανεξαρτήτως του Fetch, σύμφωνα με τον τύπο:

$$t = 7,296 \cdot 10^3 W \quad (4)$$

Με βάση την υπολογισμένη τιμή του t έγινε αντικατάσταση στην αντίστοιχη εξίσωση που δίνει το χρόνο σε συνάρτηση με το fetch και υπολογίστηκε το F :

$$t = 3,215 \cdot 10^1 \cdot (F^2/W)^{1/3} \quad (5)$$

Στην περίπτωση που η προκύπτουσα τιμή ήταν μικρότερη από την τιμή που είχε υπολογιστεί, θεωρούταν ότι η περίοδος και το ύψος κύματος δεν επηρεάζονται από το F οπότε χρησιμοποιήθηκαν οι εξισώσεις για πλήρως ανεπτυγμένη θάλασσα (fully developed sea) ενώ στην αντίθετη περίπτωση οι εξισώσεις “fetch limited”.

Τέλος, με βάση τα παραπάνω δεδομένα, υπολογίστηκαν η ταχύτητα C_0 , το ύψος κύματος κατά τη θραύση H_b , το βάθος θραύσης κυμάτων d_b το μέγιστο βάθος κινητοποίησης πυθμένα h_c , η ενέργεια (E) και η ισχύς (P) από τις παρακάτω εξισώσεις :

$$E = 1/8 \rho g H^2 \quad (6)$$

$$P = E C/2 \text{ (f \%)} \quad (7)$$

$$C_0 = L_0/T \quad (8)$$

$$H_b / d_b = 0.78 \quad (9)$$

$$H_b / H_s = 0,563 \left(\frac{H_0}{L_0} \right)^{0,2} \quad (10)$$

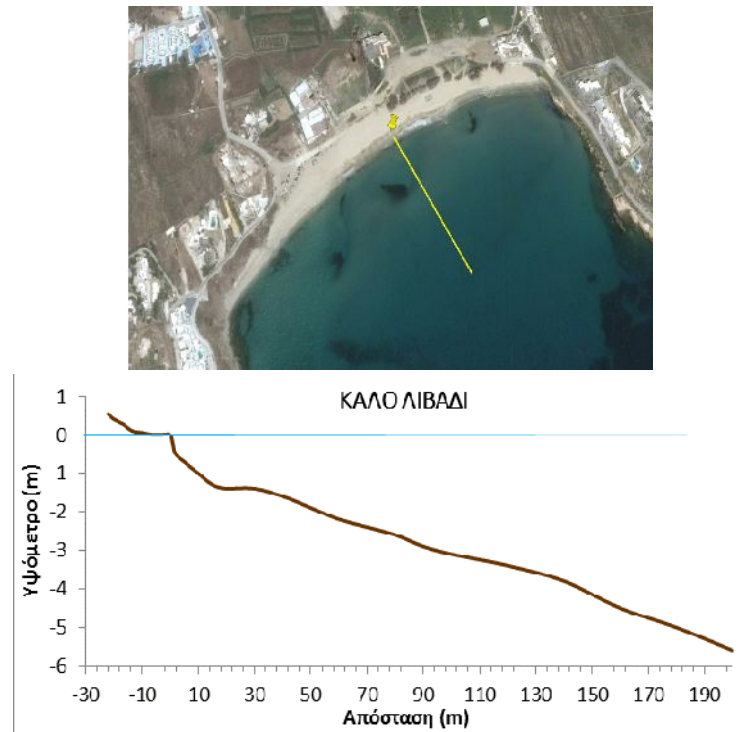
$$h_c = 2,28 H_e - 68,5 \frac{H_s^2}{g T^2} \quad (11)$$

4.2 Μορφολογία των παραλιών

Για την εύρεση της μεταβολής του προφίλ της παραλίας, R_∞ , ήταν απαραίτητος ο υπολογισμός του ύψους του αναβαθμού (berm) στην κάθε υπό μελέτη παραλία. Από τον πίνακα 5.1 περιγράφεται το μέγιστο μήκος, πλάτος καθώς και το εμβαδόν της εκάστωτε παραλίας. Στα Σχήματα (4.2 – 4.11) που ακολουθούν απεικονίζονται οι χρησιμοποιούμενες τομές στις περιοχές μελέτης που ανέδειξαν το ζητούμενο αναβαθμό.

4.2.1 Μύκονος

Στο Σχήμα 4.2 δίνεται η τοπογραφική τομή εγκάρσια στην ακτογραμμή, όπου φαίνεται η ομαλή προς τα ανοικτά αύξηση του βάθους, με τις ισοβαθείς των 2 και 5 μέτρων να βρίσκονται σε απόσταση περί τα 50 και 180 μέτρα, αντίστοιχα. Το χερσαίο κομμάτι της παραλίας έχει μήκος 547,9 m, πλάτος 50,9 m και το συνολικό τους εμβαδόν είναι 16.653 m². Σε απόσταση 20-30 m και σε βάθος περίπου 1,75 m παρατηρείται ύψαλος αναβαθμός (bar). Το ύψος του 1^{ου} χερσαίου αναβαθμού (berm) έχει ύψος 0 m.

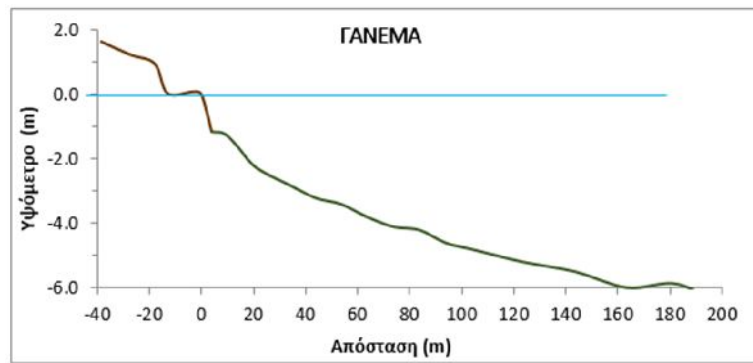


Σχήμα 4.2: Τομή παραλίας Καλό Λιβάδι

4.2.2 Σέριφος

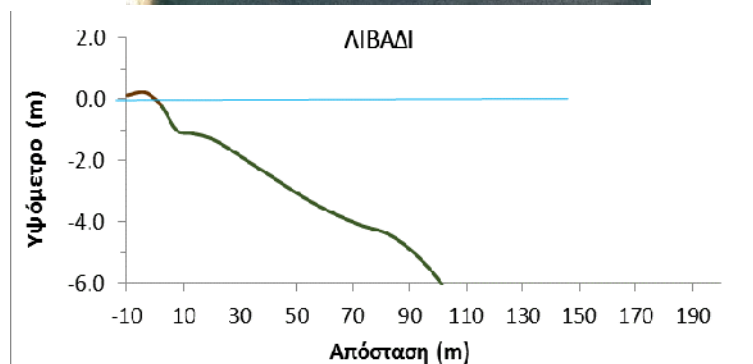
Στην παραλία Γάνεμα παρατηρείται σχετικά η ομαλή προς τα ανοιχτά αύξηση του βάθους, με τις ισοβαθείς των 6 m να βρίσκονται από τα 160 έως τα 180 m (Σχήμα 4.3). Το μήκος του χερσαίου μέρους της παραλίας είναι 514,5 m και αντίστοιχα το πλάτος και το συνολικό της εμβαδόν είναι 54,9 m και 14.611 m². Χαμηλός υποθαλάσσιος αναβαθμός παρατηρείται στα 4 m βάθος και σε απόσταση ~80 m. Το ύψος του 1^{ου} χερσαίου αναβαθμού (berm) βρίσκεται στο 1 m.





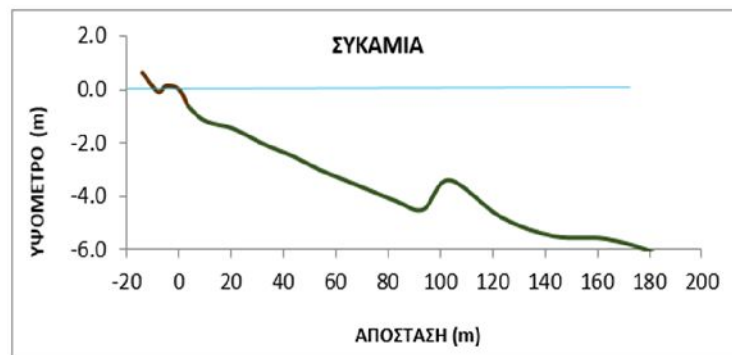
Σχήμα 4.3: Τομή παραλίας Γάνεμα

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.4, το προφίλ της παραλίας Λιβάδι είναι απότομο, με την ισοβαθή των 2 m να βρίσκεται σε απόσταση περίπου 30 m και των 5 m στα 90 m. Το μέγιστο μήκος, πλάτος και εμβαδόν της παραλίας είναι αντίστοιχα 853 m, 36,9 m, και 11.965 m². Παρατηρείται χαμηλός υποθαλάσσιος αναβαθμός στο 1 m βάθος και σε απόσταση 10-20 m, ενώ το ύψος του 1^{ου} χερσαίου αναβαθμού (berm) βρίσκεται στο 0,1 m.



Σχήμα 4.4: Τομή παραλίας Λιβάδι

Το χερσαίο κομμάτι της παραλίας Συκαμιά έχει 480,2 m μήκος, 33,6 m πλάτος και εμβαδόν 11.136 m². Στο προφίλ της φαίνεται σχετικά ομαλό το υποθαλάσσιο ανάγλυφο με χαρακτηριστική την παρουσία υποθαλάσσιου αναβαθμού ύψους σχεδόν 1 m σε απόσταση ~100 m και σε βάθος 3-4 m (Σχήμα 4.5). Επίσης φανερή είναι η παρουσία ισοβαθών των 1m σε βάθος 0-20 m. Στο συγκεκριμένο προφίλ δεν φαίνεται να υπάρχει χερσαίος αναβαθμός.

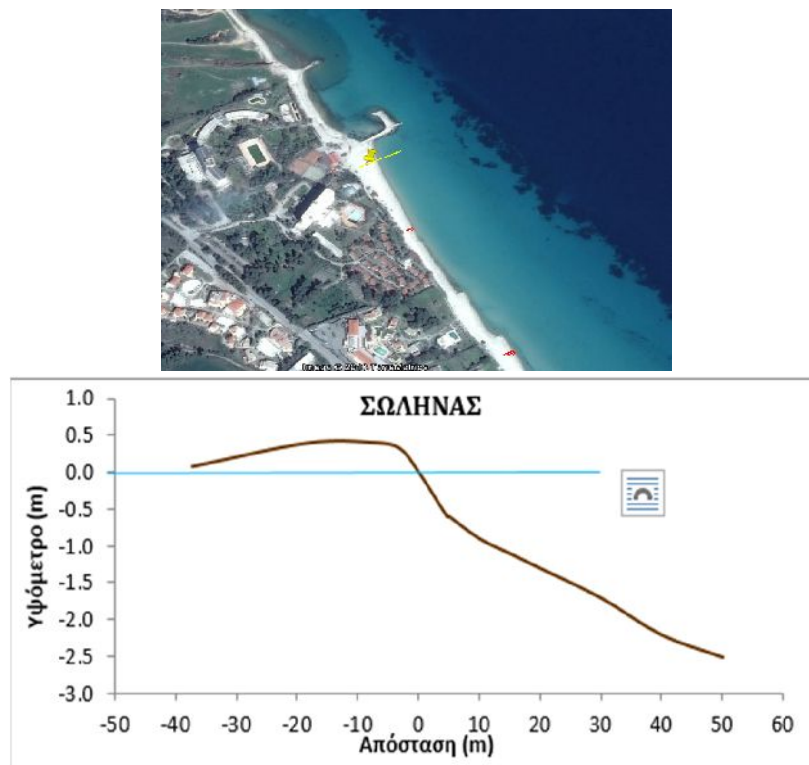


Σχήμα 4.5: Τομή παραλίας Συκαμιά

3.2.3. Χαλκιδική

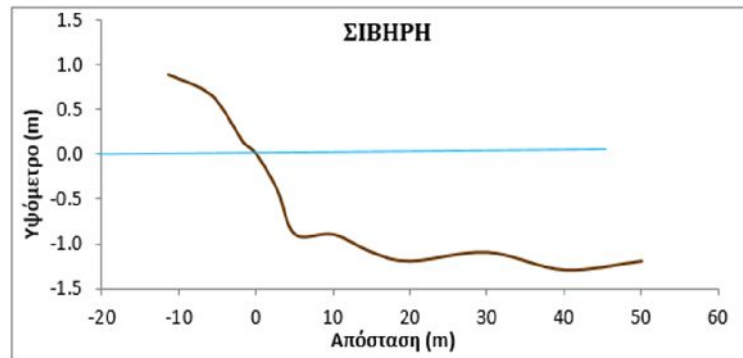
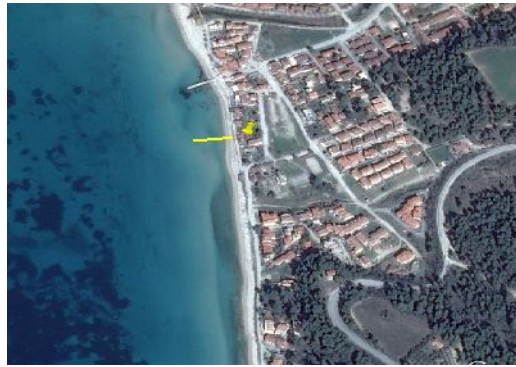
Η παραλία Σωλήνας της Χαλκιδικής χαρακτηρίζεται απο ένα σχετικά μεγάλο μήκος της τάξης των 1.069 m σε σύγκριση με της προαναφερόμενες παραλίες και ένα συγκριτικά όμοιο πλάτος της τάξης των 33,6 m. Το συνολικό της εμβαδόν φτάνει τα 24.620 m². Όπως φαίνεται και στο παρακάτω Σχήμα, διακρίνεται ένα ομαλό και μικρής κλίσης υποθαλάσσιο προφίλ με τα 2 μέτρα σε απόσταση 30 m

των 5 m >100 μ. Χαρακτηριστική είναι η απουσία σαφούς υποθαλάσσιου αναβαθμού. Ο χερσαίος αναβαθμός παρουσιάζεται στα 0.5 m.



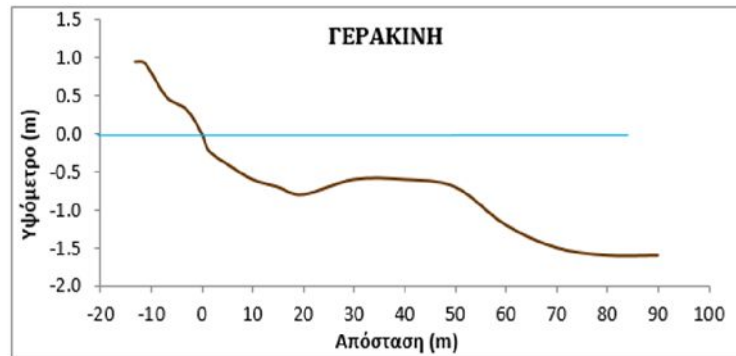
Σχήμα 4.6: Τομή παραλίας Σωλήνα

Παρομοίος το μήκος της παραλίας Σίβηρη φτάνει τα 1.341 m και το πλάτος της μόλις τα 37,1 m. Το εμβαδόν της είναι 20.225 m². Στο Σχήμα 4.7 το υποθαλάσιο προφίλ μετά από μια απότομη αύξηση του βάθους κατά 2 m εντός απόστασης 15 m έχει πολύ μικρές κλίσεις με τη παρουσία 2 υποθαλάσσιων αναβαθμών σε απόσταση 10 και 30 m από την ακτογραμμή. Οι ισοβαθείς παρατηρούνται σε βάθη 1 μ και 1,75 και σε απόσταση 5-10 m, 20-30 m και 40-50 m αντίστοιχα. Ο χερσαίος αναβαθμός φαίνεται να υπάρχει στα 0.6 m.



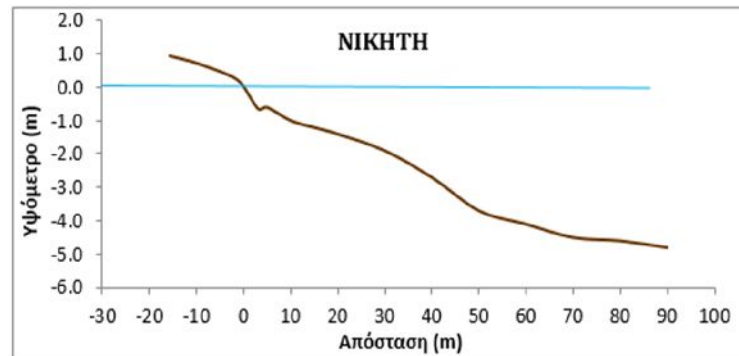
Σχήμα 4.7: Τομή παραλίας Σίβηρη

Η παραλία Γερακίνη έχει επίσης ένα σχετικά μεγάλο μήκος της τάξης των 905,3 m, πλάτος 57,6 και συνολικό εμβαδόν 23.892 m². Όπως είναι φανερό και από το Σχήμα 4.8, το υποθαλάσσιο προφίλ της παραλίας είναι ομαλό και μικρής κλίσης με χαρακτηριστική παρουσία εκτεταμένου υποθαλάσσιου αναβαθμού ύψους μεγαλύτερου του 0,5 m σε μικρό βάθος, μικρότερου του 1 m και έχοντας ασυνήθιστο πλάτος περίπου 20 m. Ευδιάκριτες είναι και οι ισοβαθείς σε αποστάσεις 30-50 m και 70-90 m με βάθος 0,5 m και 1,5 m. Ο πρώτος χερσαίος αναβαθμός εντοπίζεται στα 0,9 m.



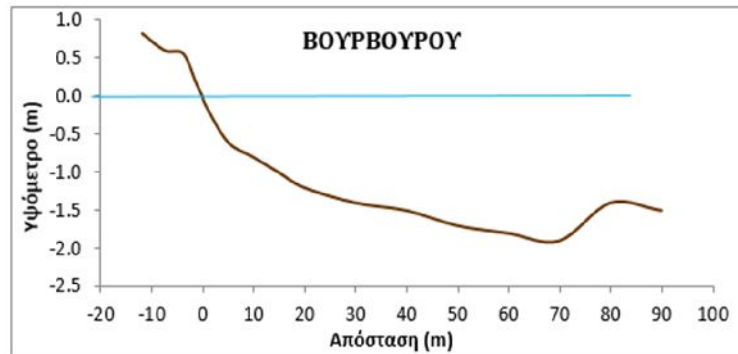
Σχήμα 4.8: Τομή παραλίας Γερακινή

Όσον αφορά την παραλία Νικήτη, έχει το μεγαλύτερο μήκος όλων των υπό μελέτη παραλιών το οποίο φτάνει τα 2.233,9 m, ενώ το πλάτος της μόλις τα 65,5 m με εμβαδόν 48.190 m². Το υποθαλάσσιο προφίλ είναι ομαλό και μικρής κλίσης με χαρακτηριστική την απουσία υποθαλάσσιου αναβαθμού ενώ η κλίση μειώνεται μετά το βάθος των 4 m και σε απόσταση ~50 m. Ο 1^{ος} χερσαίος αναβαθμός εμφανίζεται στα 0,2 m (Σχήμα 4.9).



Σχήμα 4.9: Τομή παραλίας Νικήτη

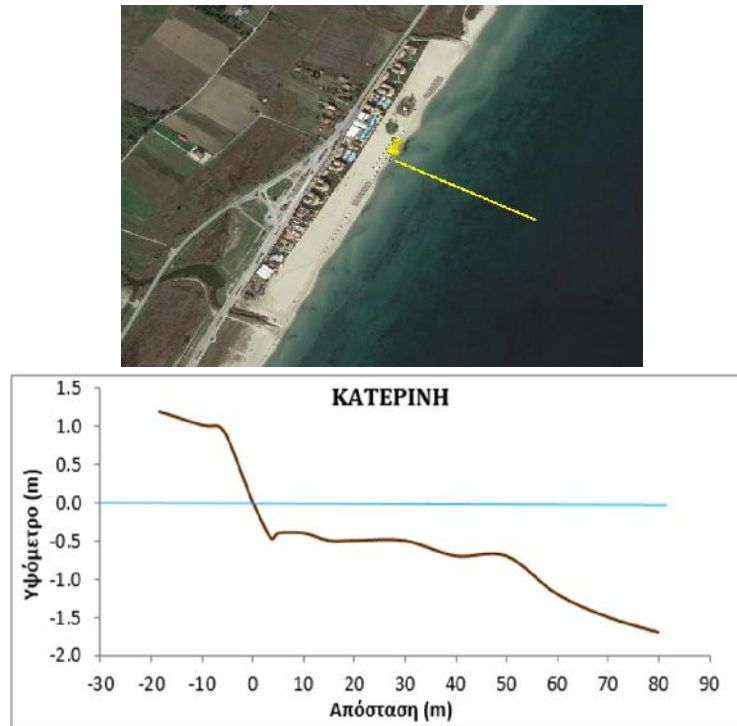
Η τελευταία υπό μελέτη παραλία της Χαλκιδικής χαρακτηρίζεται από ένα σχετικά μικρό χερσαίο κομμάτι όπου το μήκος της φτάνει τα 25,6 m, το πλάτος της τα 13,5 m, και το εμβαδόν της τελικά τα 3.004 m². Στο Σχήμα 4.10 φαίνεται το προφίλ της παραλίας Βουρβουρού, με ένα ομαλό και μικρής κλίσης υποθαλάσσιο προφίλ, αβαθή θάλασσα και χαρακτηριστική την παρουσία υποθαλάσσιου αναβαθμού σε απόσταση 80 m σε βάθος μόλις 1,5 m και ύψος περίπου 0,5 m. Η κλίση φαίνεται να μειώνεται μετά το βάθος των 1,25 m και σε απόσταση περίπου 20 m ενώ υπάρχει απουσία ισοβαθών. Ο πρώτος χερσαίος αναβαθμός βρίσκεται στα 0,5 m.



Σχήμα 4.10: Τομή παραλίας Βουρβουρού

3.2.4. Κατερίνη

Τέλος, το χερσαίο μέρος της παραλίας της Κατερίνης έχει μήκος 728,5 m, πλάτος 69,1 m και εμβαδόν 49.88 m². Όπως διαφαίνεται και στο Σχήμα 4.11, το υποθαλάσσιο προφίλ τη παραλίας Κατερίνης είναι ομαλό και μικρής κλίσης μέχρι το βάθος του 1 m, όπου συναντάται σε απόσταση μέχρι και 50 m από την ακτογραμμή και με μεγαλύτερη κλίση από εκεί και προς τα ανοικτά. Η ισοβαθής των 0,5 m βρίσκεται σε απόσταση περίπου 80 m ενώ ο πρώτος χερσαίος αναβαθμός εντοπίζεται στο 1 m.



Σχήμα 4.11: Τομή παραλίας Ολυμπιακή Ακτή

4.3 Εξισώσεις μεταβολής ακτογραμμής

Για την πρόγνωση της απόκρισης της ακτογραμμής στις μεταβολές της θαλάσσιας στάθμης έχουν αναπτυχθεί μορφοδυναμικά μοντέλα ποικίλης πολυπλοκότητας. Τα μοντέλα οπισθοχώρησης της ακτογραμμής προσομοιώνουν μεταβολές στον χώρο και στον χρόνο και διαχωρίζονται σε δύο διαφορετικούς τύπους: (α) τα αναλυτικά/παραμετρικά όπου η οπισθοχώρηση της ακτογραμμής προκύπτει από την επίλυση μιας ή συστήματος εξισώσεων χωρίς να λαμβάνονται υπ' όψη υδροδυναμικές και ιζηματοδυναμικές διεργασίες και (β) τα αριθμητικά/διεργασίας-απόκρισης μοντέλα (process-response models) όπου η προσομοίωση βασίζεται στην σύζευξη υδροδυναμικών και ιζηματοδυναμικών μοντέλων. Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκαν μονοδιάστατα μοντέλα καθώς είναι τα μόνα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για προβλέψεις μεγάλης χωρικής κλίμακας και έχουν χαμηλές απαιτήσεις σε περιβαλλοντική πληροφορία. Στα

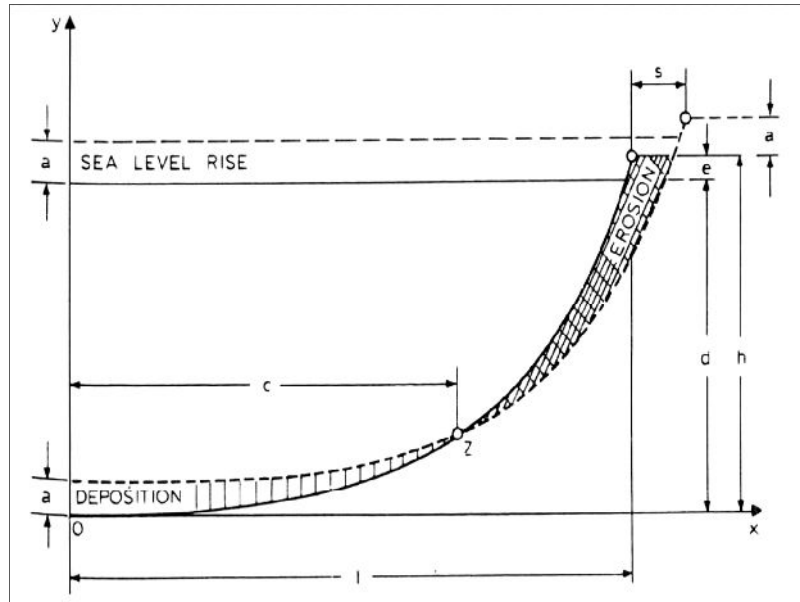
υποκεφάλαια που ακολουθούν περιγράφονται τα 3 μορφοδυναμικά μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν για την εκτίμηση της παραλιακής οπισθοχώρησης των περιοχών μελέτης.

4.3.1 Μέθοδος του Bruun

Ένα μοντέλο το οποίο μπορεί να υπολογίσει την υποχώρηση της ακτογραμμής σε μια παραλία, είναι ο κανόνας του Bruun (Bruun, 1962). Σύμφωνα με αυτόν τον κανόνα η μετατόπιση της ακτογραμμής (s), εξαρτάται από την οριζόντια απόσταση (l) μεταξύ του βάθους κλεισίματος (closure depth), δηλαδή του βάθους έως το οποίο υπάρχει κινητοποίηση των ιζημάτων του πυθμένα, η οποία δύναται να επηρεάσει το απόθεμα υλικού της παράκτιας ζώνης, και του πρώτου berm που συναντάται στη χέρσο, από την υψομετρική διαφορά (h) μεταξύ ύψους κλεισίματος και πρώτου berm και από την αναμενόμενη άνοδο της θάλασσας στάθμης (α) (Σχήμα 4.13). Ο τύπος εφαρμογής του είναι ο εξής:

$$s = \frac{l \cdot \alpha}{h} \quad (14)$$

Στις περιοχές μελέτης, έγινε εφαρμογή του κανόνα του Bruun για τρία πιθανά σενάρια ανόδου της στάθμης της θάλασσας που προβλέπονται για τον Ελλαδικό χώρο: (α) 0.15 m για το 2040 σύμφωνα με τα σενάρια RCP 4.5 και RCP 8.5 (β) 0,5 m για το 2100 σύμφωνα με το σενάριο RCP 4.5 και (γ) 0,7 m για το 2100 σύμφωνα με το σενάριο RCP 8.5, σε σχέση με τη μέση στάθμη θάλασσας της περιόδου 1985-2005. Και τα 3 σενάρια έχουν προκύψει λαμβάνοντας υπόψη το μέσο σενάριο συνεισφοράς της τήξης των ηπειρωτικών πάγων (Hinkel et al., 2014).



Σχήμα 4.12: Σχηματοποίηση των χαρακτηριστικών του κανόνα του Bruun

4.3.2 Μέθοδος του Dean

Ο Dean το 1991 βασίστηκε στο ότι η άνοδος της θαλάσσιας στάθμης είναι ομοιόμορφη και ότι τα κύματα δημιουργούν επιπλέον ανύψωσή της θαλάσσιας στάθμης στη ζώνη κυματωγής. Περιλαμβάνει με αυτό τον τρόπο την επίδραση των κυμάτων θυέλλης στη μεταβολή του προφίλ. Η εξίσωση αυτή δίνει καλά αποτελέσματα για περιπτώσεις όπου η άνοδος της θαλάσσιας στάθμης είναι συνδυασμός του «storm surge» και του «wave set up» λόγω κυματισμού, με το storm surge να έχει μεγαλύτερη επίδραση. Η εξίσωσή του Dean παρουσιάζεται παρακάτω:

$$R_{\infty} = (S + 0.068H_b) \frac{W_b}{h_b + B} \quad (12)$$

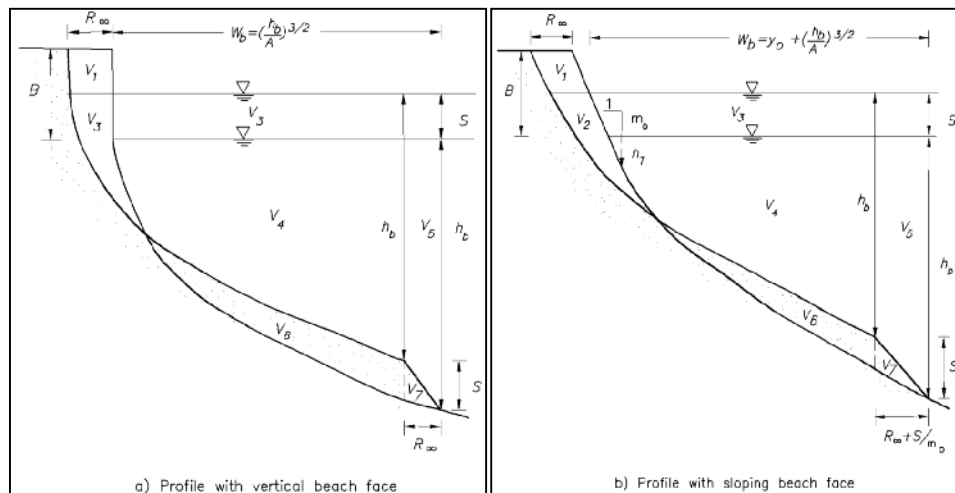
όπου: R_{∞} : η μεταβολή του προφίλ, B : το ύψος του berm, H_b : το ύψος κύματός στην θραύση, S : η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, W_b : το μήκος του προφίλ και h_b : το βάθος θραύσης των κυμάτων.

4.3.3 Μέθοδος Kriebel and Dean

Οι Kriebel and Dean (1993) εξέτασαν περιπτώσεις σε προφίλ με κάθετο μέτωπο και με μέτωπο με κλίση. Με βάση αυτές τις μελέτες τροποποίησαν την μέθοδο του Bruun εισάγοντας την κλίση του προφίλ πάνω στην ακτογραμμή (m_o) (Σχήμα 4.12). Η εξίσωση που παρήγαγαν για προφίλ με κλίση παρουσιάζεται παρακάτω.

$$R_{\infty} = S \frac{W_b - \frac{H_b}{m_o}}{h_b + B - \frac{S}{2}} \quad (13)$$

όπου R_{∞} : η μεταβολή του προφίλ, B : το ύψος του Berm, H_b : το ύψος κύματός στην θραύση, S : η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, W_b : το μήκος του προφίλ m_o : η κλίση του προφίλ πάνω στην ακτογραμμή και h_b : το βάθος θραύσης των κυμάτων.



Σχήμα 4.13: Σχηματική απεικόνιση της μεθόδου Kriebel and Dean

4.4 Οικονομική αξιολόγηση πιλοτικών παραλιών

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί πολλά εργαλεία για την εκτίμηση της αξίας των οικοσυστημικών αγαθών και υπηρεσιών, με σκοπό την απόδοση χρηματικής αξίας σε φυσικά μεγέθη για την ευκολότερη αντίληψη του μεγέθους των επιπτώσεων και την σύγκριση τους με εναλλακτικές δράσεις προσαρμογής. Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος τιμής αγοράς η οποία βασίζεται στην παρατήρηση της οικονομικής δραστηριότητας αγαθών και υπηρεσιών σε πραγματικές αγορές. Η επιλογή της μεθόδου βασίστηκε στο γεγονός ότι η πιο σημαντική οικονομική αξία χρήσης των ελληνικών τουριστικών παραλιών είναι η αναψυχή, κάτι που αποδεικνύεται από το γεγονός ότι ο τουρισμός αποτελεί τη βαριά βιομηχανία της χώρας (συνεισφορά στο ΑΕΠ της χώρας 17 δισ. ευρώ το 2014, -Ίκκος, 2015).

Συγκεκριμένα, η αξία των πιλοτικών παραλιών μελέτης βάση της μεθόδου τιμής αγοράς προσεγγίστηκε από τον υπολογισμό της μέσης αξίας τουριστικής γης από το τουριστικό εισόδημα (BeachTour, 2015). Βάσει αυτής, θεωρείται ότι ο παράκτιος τουρισμός αντιστοιχεί στο 90% του συνολικού άμεσου τουριστικού

εισοδήματος. Για την αποφυγή υπερτίμησης εκτιμάται ότι το 50% του ποσοστού αυτού αντιστοιχεί σε τουρίστες που επισκέπτονται την Ελλάδα αποκλειστικά για τις παραλίες. Έτσι σύμφωνα με τα παραπάνω, για το 2016, από τα 13,2 δις € της άμεσης συνεισφοράς στο ΑΕΠ από τον εισερχόμενο τουρισμό, τα 5,94 δις € αφορούν έσοδα που προέρχονται λόγω της ύπαρξης των παραλιών. Διαιρώντας τα έσοδα με την συνολική έκταση των ελληνικών παραλιών (~50 km²) προκύπτει μια μέση τιμή για την αξία τουριστικής γής, η οποία υπολογίζεται στα 2583 €/m ή 118,8 €/m².

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι μιας και σκοπός της εργασίας ήταν η εκτίμηση της απώλειας παραλιακής γης σε χρηματικές μονάδες, η οικονομική μελέτη που πραγματοποιήθηκε αφορούσε μόνο την εκτίμηση της αξίας της γης χωρίς να συμπεριλαμβάνει την αξιολόγηση των λοιπών αγαθών και υπηρεσιών που αυτή προσφέρει. Έτσι θεωρείται ότι είναι σε πολύ προκαταρκτικό στάδιο και δεν περιλαμβάνει την ολοκληρωμένη οικονομική αποτίμηση του οικοσυστήματος, για την οποία θα πρέπει να εκτιμηθούν πολλαπλές συνιστώσες όπως οι φυσικές αξίες (αισθητική, βιοποικιλότητα), οι δημόσιες ή κοινωνικές αξίες (αναψυχή κ.α.) και οι οικονομικές αξίες (δημιουργία θέσεων εργασίας, έσοδα από την αλιεία και τον τουρισμό). Επίσης, στην αξία των παραλιών θα πρέπει να προστίθεται η οικονομική δραστηριότητα που προέρχεται από την τουριστική εκμετάλλευση της παραλίας (χώροι εστίασης, υπηρεσίες ομπρέλων, water sports, καταλύματα κτλ), κάτι που δεν πραγματοποιήθηκε στην παρούσα εργασία λόγω της φύσης της απαιτούμενης πληροφορίας, του μεγάλου αριθμού περιοχών μελέτης και του περιορισμένου χρόνου και πόρων.

Κεφάλαιο 5 Αποτελέσματα - Συζήτηση

5.1 Μορφολογικά χαρακτηριστικά παραλιών μελέτης

Για την καταγραφή των μορφολογικών χαρακτηριστικών των παραλιών (μήκος, πλάτος, εμβαδόν) πραγματοποιήθηκε ψηφιοποίηση των διαθέσιμων δορυφορικών εικόνων της εφαρμογής Google Earth Pro. Σαν εσωτερικά όρια της παραλιακής ζώνης τέθηκε η βλάστηση, οι πόδες θινών και παράκτιων κρημνών ή/και οι ανθρωπογενείς κατασκευές (κτίρια, δρόμοι) ενώ σαν εξωτερικά η ακτογραμμή, δηλ. το όριο μεταξύ της χερσαίας ('dry') και υποθαλάσσιας ('wet') παραλίας.

Μια πρώτη στατιστική ανάλυση των καταγραφών έδειξε ότι οι μισές υπό μελέτη παραλίες έχουν μέτρια πλάτη (50-100 m), ακολουθούν 4 παραλίες με αρκετά περιορισμένο πλάτος (20-50 m) ενώ μόνο μια παραλία έχει μέγιστο πλάτος μικρότερο των 20 m.

Πίνακας 5-1: Μορφολογικά χαρακτηριστικά περιοχών μελέτης

	Μήκος (m)	Πλάτος (m)	Εμβαδόν (m ²)
Καλό Λιβάδι Μυκόνου	547,5	50,9	16.653
Γάνεμα Σερίφου	514,5	54,9	14.611
Λιβάδι Σερίφου	853	36,9	11.965
Συκαμιά Σερίφου	480,2	33,6	11.136
Σωλήνας Χαλκιδικής	1.069,0	34,8	24.620
Σίβηρη Χαλκιδικής	1.341,0	37,1	20.225
Γερακινή Χαλκιδικής	905,3	57,6	23.892
Νικήτη Χαλκιδικής	2.233,9	65,5	48.190
Βουρβουρού Χαλκιδικής	250,6	13,5	3.004
Παραλία Κατερίνης	728,5	69,1	49.880

Από τον παραπάνω Πίνακα παρατηρείται ότι το εμβαδόν των παραλιών μελέτης κυμαίνεται από 3.004,58 m² έως 49.897,67 m². Η μεγαλύτερη σε μήκος παραλία είναι η Νικήτη Χαλκιδικής που φτάνει τα 2.233,86 m, ενώ η μικρότερη είναι η Βουρβουρού Χαλκιδικής στα 250,6 m. Αντίστοιχα η μεγαλύτερη σε πλάτος παραλία είναι της Κατερίνης που φτάνει τα 69.10 m ενώ η μικρότερη στα 13,48 m είναι η Βουρβουρού της Χαλκιδικής.

5.2 Κυματικό καθεστώς

Από τις εξισώσεις πρόγνωσης κυματισμού (Cerk, 1984) βρέθηκαν για τις υπό μελέτη παραλίες τα μέγιστα : closure depth (h_c), R_∞ μεταβολή του προφίλ (R_∞), ύψος του Berm (B), ύψος κύματός στην θραύση (H_b), το μήκος του προφίλ (W_b) και βάθος θραύσης των κυμάτων (h_b) σύμφωνα με τον πιό ισχυρό άνεμο που επικρατεί στην κάθε παραλία. Επίσης υπολογίστηκαν η ενέργεια (E) και η ισχύς (P).

Οι αναλυτικοί πίνακες με τα προαναφερθέντα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Παράρτημα Α, ενώ στον Πίνακα 5.2 που ακολουθεί συνοψίζονται οι τιμές των κύριων μεταβλητών για τον επικρατέστερο καθώς και τον ισχυρότερο άνεμο για όλες τις μελετηθείσες περιοχές.

Στο Καλό Λιβάδι Μυκόνου οι άνεμοι που δρούν είναι οι S, και SE. Ο ισχυρότερος στην προκειμένη περίπτωση είναι ο E, λόγω του μεγαλύτερου ύψους κύματος (H_s), άρα και τη μεγαλύτερη πιθανότητα οπισθοχώρησης της ακτογραμμής. Αντίστοιχα επιλέχθηκε ο εκάστωτε άνεμος για τις υπόλοιπες παραλίες. Στο Καλό Λιβάδι λοιπόν, η επικρατέστερη ταχύτητα (u) είναι 3,5 m/s με συχνότητα (freq) 0,5 %, περίοδο (Tp) 2.75 sec και ολική ενέργεια ($P \cdot P_{ολ}$) 20.971.302,98 W. Η μέγιστη ταχύτητα (u) είναι 7,5 m/s με συχνότητα (freq) 0,1 %, περίοδο (Tp) 4.71 sec και ολική ενέργεια ($P \cdot P_{ολ}$) 27.438.199,35 W.

Στο Γάνεμα Σερίφου οι άνεμοι που δρούν είναι οι SW, W και S. Ο ισχυρότερος είναι ο S. Η επικρατέστερη ταχύτητα (u) είναι 2,5 m/s με συχνότητα (freq) 2.7 %, περίοδο

(Tr) 1.82 sec και ολική ενέργεια ($P \cdot P_{ολ}$) 71.685.199,35 W. Η μέγιστη ταχύτητα (u) είναι 13 m/s με συχνότητα (freq) 0,1 %, περίοδο (Tr) 6.27 sec και ολική ενέργεια ($P \cdot P_{ολ}$) 97.946.547,36 W.

Στο Λιβάδι Σερίφου οι άνεμοι που δρουν είναι οι SE και S. Ο ισχυρότερος είναι ο SE. Η επικρατέστερη ταχύτητα (u) είναι 5,5 m/s με συχνότητα (freq) 0.7 %, περίοδο (Tr) 1.73 sec και ολική ενέργεια ($P \cdot P_{ολ}$) 6.535.706,40 W. Η μέγιστη ταχύτητα (u) είναι 13 m/s με συχνότητα (freq) 0,1 %, περίοδο 2,46 sec και ολική ενέργεια ($P \cdot P_{ολ}$) 3.813.599,67 W.

Στη Συκαμιά Σερίφου οι άνεμοι που δρουν είναι οι NW, W και N. Ο ισχυρότερος είναι ο NW. Η επικρατέστερη ταχύτητα (u) είναι 2,5 m/s με συχνότητα (freq) 2.7 %, περίοδο (Tr) 1,82 sec και ολική ενέργεια ($P \cdot P_{ολ}$) 273.646.170,82 W. Η μέγιστη ταχύτητα (u) είναι 13 m/s με συχνότητα (freq) 0,1 %, περίοδο (Tr) 6,27 sec και ολική ενέργεια ($P \cdot P_{ολ}$) 659.649.421,84 W.

Στο Σωλήνα Χαλκιδικής οι άνεμοι που δρουν είναι οι N, NE και E. Ο ισχυρότερος είναι ο E. Η επικρατέστερη ταχύτητα (u) είναι 2,5 m/s με συχνότητα (freq) 1.2 %, περίοδο (Tr) 1,82 sec και ολική ενέργεια ($P \cdot P_{ολ}$) 18.583.875,18 W. Η μέγιστη ταχύτητα (u) είναι 7,5 m/s με συχνότητα (freq) 0,1 %, περίοδο (Tr) 4,71 sec και ολική ενέργεια ($P \cdot P_{ολ}$) 35.064.630,02 W.

Στον Σίβηρη Χαλκιδικής οι άνεμοι που δρουν είναι οι NW, W και S. Ο ισχυρότερος είναι ο NW. Η επικρατέστερη ταχύτητα (u) είναι 23,5 m/s με συχνότητα (freq) 2.6 %, περίοδο (Tr) 2,75 sec και ολική ενέργεια ($P \cdot P_{ολ}$) 981.337.718,88 W. Η μέγιστη ταχύτητα (u) είναι 13 m/s με συχνότητα (freq) 0,1 %, περίοδο (Tr) 6,27 sec και ολική ενέργεια ($P \cdot P_{ολ}$) 709.774.295,14 W.

Στην Γερακινή Χαλκιδικής οι άνεμοι που δρουν είναι οι SW, W και S. Ο ισχυρότερος είναι ο W. Η επικρατέστερη ταχύτητα (u) είναι 6,5 m/s με συχνότητα (freq) 5,5 %, περίοδο (Tr) 1,98 sec και ολική ενέργεια ($P \cdot P_{ολ}$) 711.944.862.67 W.

Η μέγιστη ταχύτητα (u) είναι 15 m/s με συχνότητα (freq) 0,3 %, περίοδο (T_p) 2,78 sec και ολική ενέργεια ($P \cdot P_{ολ}$) 152.520.301.93 W.

Πίνακας 5-2: Ανεμολογικά και κυματικά χαρακτηριστικά των παραλιών μελέτης. Για την κάθε περιοχή παρουσιάζονται ο επικρατέστερος και ο ισχυρότερος άνεμος, με σκίαση και χωρίς σκίαση αντίστοιχα.

	Άνεμος	fetch (km)	U (m/s)	freq (%)	T_p (s)	H_s (m)	H_c (m)	H_b (m)	Db (m)	$P_{ολ}$ (10^6 W)
Καλό Λιβάδι Μυκόνου	E (75°-105°)	65,6	3,5	0,5	2,75	0,27	0,62	0,33	0,35	20,97
			7,5	0,1	4,71	1,04	2,37	1,19	1,34	27,44
Γάνεμα Σερίφου	S (165°-195°)	0,4	2,5	2,7	1,82	0,2	0,15	0,08	0,09	71,69
			13	0,1	6,27	2,25	1,16	0,51	0,65	97,95
Λιβάδι Σερίφου	SE (120°-150°)	0,78	5,5	0,7	1,73	0,19	0,43	0,20	0,24	6,54
			13	0,1	2,46	0,54	1,24	0,54	0,70	3,81
Συκαμιά Σερίφου	NW (300°-330°)	79,8	2,5	2,7	1,82	0,12	0,27	0,14	0,15	273,65
			13	0,1	6,27	2,25	5,12	2,46	2,89	659,65
Σωλήνας Χαλκιδικής	E (75°-105°)	47,7	1,5	1,2	0,97	0,03	0,08	0,04	0,04	2,82
			2,5	1,2	1,82	0,12	0,27	0,14	0,15	18,58
			7,5	0,1	4,71	1,04	2,37	1,19	1,34	35,06
Σίβηρη Χαλκιδικής	NW (300°-330°)	71,7	3,5	2,6	2,75	0,27	0,62	0,33	0,35	981,34
			13	0,1	6,27	2,25	5,12	2,46	2,89	709,77
Γερακινή Χαλκιδικής	W (255°-285°)	5,8	6,5	5,5	1,98	0,26	0,58	0,27	0,33	711,94
			15	0,3	2,78	0,72	1,63	0,71	0,92	152,52
Νικήτη Χαλκιδικής	S (165°-195°)	27,9	2,5	1,7	1,21	0,07	0,15	0,08	0,09	9,34
			15	0,1	2,49	0,61	1,38	0,60	0,78	10,30
Βουρβου ρού Χαλκιδικής	N (345°-15°)	176,5	4,5	3,2	5,53	0,97	1,15	0,61	0,65	34.406,70
			17	0,1	9,48	4,97	11,3	5,48	6,38	13.948,63
Παραλία Κατερίνης	NE (30°-60°)	208,1	11	2,2	8,39	3,16	0,96	0,43	0,54	18.065,35
			19	0,3	10,47	6,19	1,87	0,80	1,06	6.023,43

Στη Νικήτη Χαλκιδικής οι άνεμοι που δρουν είναι οι SW, W και S. Ο ισχυρότερος είναι ο S. Η επικρατέστερη ταχύτητα (u) είναι 2,5 m/s με συχνότητα (freq) 1.7 %,

περίοδο (T_p) 1.21 sec και ολική ενέργεια ($P \cdot P_{ολ}$) 9.337.190,32 W. Η μέγιστη ταχύτητα (u) είναι 15 m/s με συχνότητα ($freq$) 0,1%, περίοδο (T_p) 2,49 sec και ολική ενέργεια ($P \cdot P_{ολ}$) 10.397.811,09 W.

Στη Βουρβουρού Χαλκιδικής οι άνεμοι που δρούν είναι οι N, NW και NE. Ο ισχυρότερος είναι ο N. Η επικρατέστερη ταχύτητα (u) είναι 4,5 m/s με συχνότητα ($freq$) 3.2 %, περίοδο (T_p) 5,53 sec και ολική ενέργεια ($P \cdot P_{ολ}$) 34.406.704.460,40 W. Η μέγιστη ταχύτητα (u) είναι 17 m/s με συχνότητα ($freq$) 0,1 %, περίοδο (T_p) 9,48 sec και ολική ενέργεια ($P \cdot P_{ολ}$) 13.948.632.880,25 W.

Τέλος, στην παραλία της Κατερίνης οι άνεμοι που δρούν είναι οι SE, N και E. Ο ισχυρότερος είναι ο NE. Η επικρατέστερη ταχύτητα (u) είναι 11 m/s με συχνότητα ($freq$) 2,2 %, περίοδο (T_p) 8.39 sec και ολική ενέργεια ($P \cdot P_{ολ}$) 180.534.545,75 W. Η μέγιστη ταχύτητα (u) είναι 19 m/s με συχνότητα ($freq$) 0,3 %, περίοδο (T_p) 10,47 sec και ολική ενέργεια ($P \cdot P_{ολ}$) 6.023.427.191,87 W.

5.3 Εκτίμηση παραλιακής οπισθοχώρησης λόγω ανόδου θαλάσσιας στάθμης

Για την μετάβολή του παραλιακού προφίλ R_∞ χρησιμοποιήθηκαν οι εξισώσεις των Dean, Dean & Kriebel και Bruun, όπου βρέθηκε ο μέσος όρος της μεταβολής για την κάθε υπό μελέτη παραλία (Πίνακας 5-3). Όσον αφορά την άνοδο της μέσης στάθμης θάλασσας χρησιμοποιήθηκαν τα εξής 3 σενάρια τα οποία προβλέπονται για τον Ελλαδικό χώρο (με γεωγραφικά πλάτη: 33,5 – 40,5 και μήκη: 18,5 – 28,5): (α) 0,15 m για το 2040 σύμφωνα με τα σενάρια RCP 4.5 και RCP 8.5 (β) 0,5 m για το 2100 σύμφωνα με το σενάριο RCP 4.5 και (γ) 0,7 m για το 2100 σύμφωνα με το σενάριο RCP 8.5, σε σχέση με τη μέση στάθμη θάλασσας της περιόδου 1985-2005. Και τα 3 σενάρια έχουν προκύψει λαμβάνοντας υπόψη το μέσο σενάριο συνεισφοράς της τήξης των ηπειρωτικών πάγων (Hinkel et al., 2014).

Για όλα τα παραπάνω σενάρια ανόδου της θαλάσσιας στάθμης υπολογίστηκαν τα ποσοστά οπισθοχώρησης σε σχέση με το μέγιστο πλάτος τους

(Πίνακας 5-3). Έτσι, σύμφωνα με την παρούσα ανάλυση στην περίπτωση της ανόδου κατά 0,15 m, το 80% των παραλιών θα οπισθοχωρήσουν κατά < 20% του πλάτους τους ενώ το 20% κατά μία απόσταση ίση με το μισό του μέγιστου πλάτους τους.

Όσον αφορά το σενάριο ανόδου της θαλάσσιας στάθμης κατά 0,5 m, σύμφωνα με τον μέσο όρο των μοντέλων, το 20% των παραλιών θα οπισθοχωρήσουν έως και 20% του πλάτους τους, 40% θα χάσουν 20-50% του πλάτους τους, το 20% θα χάσει πάνω από το μισό ενώ το 20% θα οπισθοχωρήσουν κατά μία απόσταση μεγαλύτερη από το μέγιστο 'ξηρό' πλάτος τους.

Στην περίπτωση ανόδου της θαλάσσιας στάθμης κατά 0,7 m οι επιπτώσεις θα είναι πολύ σημαντικές, εφόσον το 40% των παραλιών θα οπισθοχωρήσουν κατά 20-50%, το 40% κατά 50-90% και το 20% κατά μία απόσταση μεγαλύτερη από το μέγιστο πλάτος τους.

Σύμφωνα με τον μέσο όρο των μοντέλων, μεγαλύτερα εύρη οπισθοχώρησης παρουσιάζει η παραλία Σίβηρη Χαλκιδικής (20,4 - 71,3 m) ενώ μικρότερα εύρη προβλέπονται για το Γάνεμα Σερίφου (1,84 – 11,25 m). Επίσης, το μοντέλο Bruun δίνει τα μικρότερα εύρη αποτελεσμάτων, αφού στην περίπτωση των γραμμικών διατομών εξαρτάται μόνον από την κλίση.

Θα πρέπει να τονιστεί ότι η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για την πρόβλεψη της παραλιακής οπισθοχώρησης βασίζεται στην παραδοχή ότι οι παραλίες και, ιδιαίτερα το χερσαίο και ανώτερο υποθαλάσσιο τμήμα τους, αποτελούν μια ανεξάντλητη δεξαμενή ιζημάτων, χωρίς πλευρικές και προς τα ανοικτά απώλειες ιζήματος και επίσης δεν λαμβάνει υπόψη άλλους σημαντικούς παράγοντες διάβρωσης (π.χ. μειωμένη ιζηματοπαροχή (Velegrakis et al. 2008) και παρουσία παράκτιων τεχνικών έργων). Επομένως, οι προβλέψεις της μεθόδου αυτής είναι πιθανόν να υποεκτιμούν την μελλοντική παραλιακή οπισθοχώρηση.

Πίνακας 5-3: Προβλέψεις της εγκάρσιας οπισθοχώρησης σύμφωνα με τις εκτιμήσεις των 3 μοντέλων και του μέσου όρου αυτών, καθώς και συγκρίσεις μεταξύ των προβλεπόμενων οπισθοχωρήσεων και του μέγιστου πλάτους των 10 υπό μελέτη παραλιών

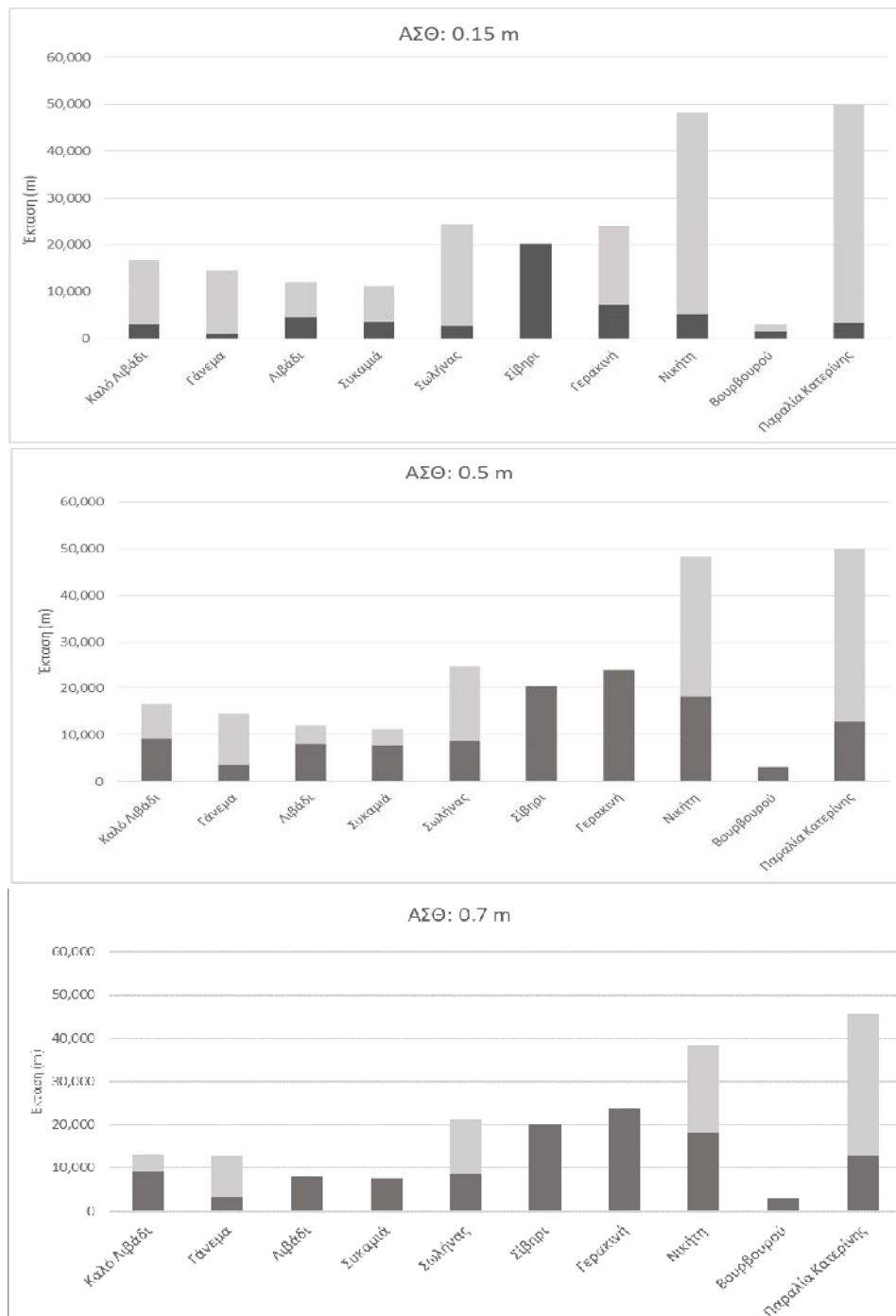
	Α.Σ.Θ σενάρια (m)	Παραλιακή Οπισθοχώρηση (m)				% απώλεια μέγιστου πλάτους
		Dean	Dean & Kriebel	Bruun	M. O	
Καλό Λιβάδι Μυκόνου	S= 0,15	13,11	2	5	6,7	13,2%
	S= 0,5	33,6	7	16,6	19,1	37,5%
	S= 0,7	44,5	10,4	23,3	26,1	51,3%
Γάνεμα Σερίφου	S= 0,15	2,4	1,6	1,53	1,84	3,4%
	S= 0,5	11,38	6,03	5,1	7,5	13,7%
	S= 0,7	14,06	12,53	7,15	11,25	20,5%
Λιβάδι Σερίφου	S= 0,15	4,45	2,9	2,3	3,21	8,7%
	S= 0,5	13,3	12,8	7,6	11,23	30,4%
	S= 0,7	18,2	21,08	10,68	16,65	45,1%
Συκαμιά Σερίφου	S= 0,15	14,8	5,1	3,9	7,93	23,6%
	S= 0,5	24,20	18,8	13,1	18,7	55,7%
	S= 0,7	33,35	27,36	18,4	26,37	78,5%
Σωλήνας Χαλκιδικής	S= 0,15	6,77	3,2	2,7	4,22	12,1%
	S= 0,5	17,1	12	8,9	12,67	36,4%
	S= 0,7	23	17,9	12,5	17,8	51,1%
Σίβηρη Χαλκιδικής	S= 0,15	39,1	11,46	10,62	20,39	55,0%
	S= 0,5	82,2	37,17	35,4	51,59	139,1%
	S= 0,7	107,2	57,19	49,5	71,30	192,2%
Γερακινή Χαλκιδικής	S= 0,15	12,04	10,9	7,15	10,03	17,4%
	S= 0,5	41,4	42,9	23,8	36,03	62,6%
	S= 0,7	56,45	66,8	33,37	52,21	90,6%
Νικήτη Χαλκιδικής	S= 0,15	3,87	2,8	2	2,89	4,4%
	S= 0,5	11,05	11,32	6,6	9,66	14,7%
	S= 0,7	14,35	18,6	9,3	14,08	21,5%
Βουρβουρ ού Χαλκιδικής	S= 0,15	9,78	6,8	4,4	6,99	51,9%
	S= 0,5	34,26	26,52	14,8	25,19	186,9%
	S= 0,7	44,06	41,23	20,7	35,51	263,4%
Παραλία Κατερίνης	S= 0,15	6,7	4,44	4,5	5,21	7,5%
	S= 0,5	23,58	15,9	14,9	18,13	26,2%
	S= 0,7	27,29	23,3	20,9	23,83	34,5%

Στην συνέχεια, πραγματοποιήθηκε σύγκριση μεταξύ της παρούσας έκτασης των παραλιών και των προβλεπόμενων οπισθοχωρήσεων λόγω μακροχρόνιας ανόδου της θαλάσσιας στάθμης, η οποία έδειξε ότι η ΑΣΘ θα έχει καταστροφικές συνέπειες. Στο Σχήμα 5-1 απεικονίζονται η αρχική και τελική μέγιστη έκταση των παραλιών μελέτης.

Σύμφωνα με την παρούσα ανάλυση, για το σενάριο ανόδου της θαλάσσιας στάθμης κατά 0,15 m, το 50% των παραλιών θα κατακλυστεί τουλάχιστον κατά 20%, το 30% θα χάσει το 20-50% της μέγιστης έκτασής τους , ενώ το 10% θα κατακλυστεί ολοκληρωτικά.

Σύμφωνα με το σενάριο ΑΣΘ κατά 0,5 m, προβλέπεται ότι για όλες τις παραλίες μελέτης θα κατακλυστεί το 20% της έκτασής τους, για το 60% θα κατακλυστεί πάνω από το 50% της έκτασής τους, 30% εκ των οποίων θα χάσει το 100% της παρούσας έκτασης τους.

Τέλος, για το σενάριο των 0,7 m, προβλέπεται ότι για όλες οι παραλίες μελέτης θα κατακλυστεί τουλάχιστον το 30% της έκτασής τους. Για το 70% των παραλιών θα κατακλυστεί πάνω από το 50% της έκτασής τους ενώ περίπου το 50% εξ αυτών θα χαθεί ολοκληρωτικά.



Σχήμα 5.1: Προβλεπόμενη οπισθοχώρηση των παραλιών μελέτης σύμφωνα με τον μέσο όρο 3 μοντέλων για άνοδο θαλάσσιας στάθμης κατά α) 0,15 m, β) 0,5 m και γ) 0,7 m. Με σκούρο χρώμα απεικονίζεται η έκταση που προβλέπεται να χαθεί.

5.4 Εκτίμηση της οικονομικής επίπτωσης της οπισθοχώρησης λόγω ανόδου θαλάσσιας στάθμης

Όπως αναφέρθηκε και στις προηγούμενες ενότητες, για την αειφόρο διαχείριση της παράκτιας ζώνης αλλά και την διατήρηση της τουριστικής ανάπτυξης είναι σημαντική η οικονομική αξιολόγηση της άμεσης αξίας χρήσης των παραλιών.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να σημειωθεί ότι στη μελέτη δεν συμπεριλήφθηκε η αξιολόγηση των έμμεσων αξιών χρήσης όπως είναι η υποστήριξη ενδιαιτημάτων και η προστασία της οικιστικής και τουριστικής ανάπτυξης από διάβρωση και πλημμύρες, συνεπώς η συνολική αξία πιθανώς να υποτιμάται. Παρόλα αυτά, αν και αυτή η μέθοδος μπορεί να εμπεριέχει αβεβαιότητα, είναι ένα εργαλείο που συμβάλει στην ανάδειξη περιβαλλοντικών ζητημάτων και στην περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση της κοινωνίας. Μέσω της οικονομικής έκφρασης των περιβαλλοντικών αγαθών τα καθιστά συγκρίσιμα με λοιπές δραστηριότητες και τομείς της οικονομίας αποτυπώνοντας τον βαθμό εξάρτησης των κοινωνιών από το περιβάλλον και την συμβολή του στην ευημερία του ανθρώπου. Επομένως, αποτελεί χρήσιμη πληροφορία για την λήψη αποφάσεων, την διάκριση των προτιμήσεων των χρηστών και την ορθή κατανομή κεφαλαίων και θα πρέπει να χρησιμοποιείται στην ανάπτυξη περιβαλλοντικής στρατηγικής.

Στον Πίνακα 5-4 παρουσιάζεται η υπολογισθείσα αξία των παραλιών στην παρούσα κατάσταση αλλά και της έκτασης που προβλέπεται να χαθεί λόγω ανόδου της θαλάσσιας στάθμης στις 10 παραλίες μελέτης, για τα 3 σενάρια ΑΣΘ που μελετήθηκαν.

Μεγαλύτερο κόστος λόγω διάβρωσης παρουσιάζεται στην παραλία Νικήτη Χαλκιδικής, όπου σύμφωνα με το δυσμενέστερο σενάριο ΑΣΘ, φτάνει τα 3.306.669 €. Το μικρότερο κόστος απώλειας γης παρουσιάζεται στην παραλία Γάνεμα Σερίφου, για το πιο ευόωνο σενάριο ΑΣΘ των 0,15 m. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η

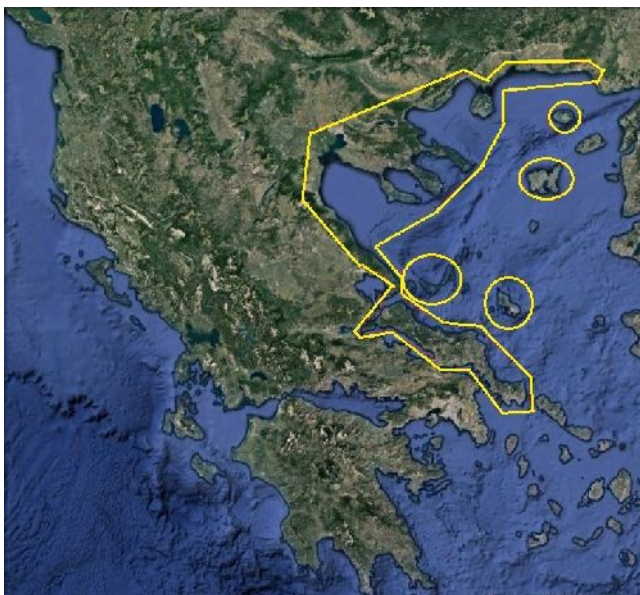
περίπτωση της παραλίας Σίβηρη Χαλκιδικής, όπου σύμφωνα με όλα τα μελετώμενα σενάρια ΑΣΘ, προβλέπεται να χαθεί ολοκληρωτικά, με εκτιμώμενο κόστος 2.402.763,26 €.

Πίνακας 5-4: Σύνοψη τιμών για την αξία των παραλιών μελέτης με χρήση της μεθόδου τιμής αγοράς για τα 3 μελετώμενα σενάρια ανόδου της θαλάσσιας στάθμης. Με κόκκινο παρουσιάζονται τα σενάρια όπου εκτιμάται ολική οπισθοχώρηση/διάβρωση της παραλίας.

	Εμβαδό (10 ³ m ²)	Αξία (εκατ. €)	Α.Σ.Θ. (m)	Οπισθ (Μ.Ο., m)	Απώλεια Εμβαδού (10 ³ m ²)	Κόστος απώλειας (εκατ. €)
Καλό Λιβάδι Μυκόνου	16,65	1,98	S= 0,15	6,7	2,95	0,35
			S= 0,5	19,1	9,07	1,08
			S= 0,7	26,1	12,66	1,50
Γάνεμα Σερίφου	14,61	1,74	S= 0,15	1,84	0,95	0,11
			S= 0,5	7,5	3,46	0,41
			S= 0,7	11,25	5,21	0,62
Λιβάδι Σερίφου	11,97	1,42	S= 0,15	3,21	4,60	0,55
			S= 0,5	11,23	8,06	0,96
			S= 0,7	16,65	13,23	1,42
Συκαμιά Σερίφου	11,14	1,32	S= 0,15	7,93	3,37	0,40
			S= 0,5	18,7	7,67	0,91
			S= 0,7	26,37	10,94	1,30
Σωλήνας Χαλκιδικής	24,62	2,92	S= 0,15	4,22	2,67	0,32
			S= 0,5	12,67	8,59	1,02
			S= 0,7	17,8	11,96	1,42
Σίβηρη Χαλκιδικής	20,26	2,40	S= 0,15	20,39	21,84	2,40
			S= 0,5	51,59	57,26	2,40
			S= 0,7	35,56	94,52	2,40
Γερακινή Χαλκιδικής	23,89	2,84	S= 0,15	10,03	7,64	0,91
			S= 0,5	36,03	31,26	2,84
			S= 0,7	52,21	45,00	2,84
Νικήτη Χαλκιδικής	48,19	5,72	S= 0,15	2,89	5,10	0,61
			S= 0,5	13,34	18,14	2,15
			S= 0,7	14,08	27,83	3,31
Βουρβουρού Χαλκιδικής	3,00	0,36	S= 0,15	6,99	1,42	0,17
			S= 0,5	25,19	5,50	0,36
			S= 0,7	35,51	8,00	0,36
Παραλία Κατερίνης	49,88	5,93	S= 0,15	5,21	3,28	0,39
			S= 0,5	18,13	12,74	1,51
			S= 0,7	23,83	16,92	2,01

Βάσει του σεναρίου ανόδου της θαλάσσιας στάθμης κατά 0,15 m το συνολικό κόστος απώλειας γης των παραλιών μελέτης υπολογίστηκε στα 6,2 εκατ. €. Για τα σενάρια ΑΣΘ κατά 0,5 m και 0,7 m το κόστος εκτιμήθηκε στα 13,64 εκατ. € και 17,18 εκατ. €, αντίστοιχα.

Επίσης επιχειρήθηκε η οικονομική εκτίμηση της διάβρωσης του συνόλου των παραλιών του Β. Αιγαίου. Συγκεκριμένα, εκτιμήθηκε η συνολική έκταση των παραλιών της Έυβοιας, Θεσσαλίας, Μακεδονίας, Θράκης, Λήμνου, Σαμοθράκης, Θάσου, Σκόπελου, Σκιάθου, Αλοννήσου και Σκύρου (Σχήμα 5.2). Βάσει των αποτελεσμάτων της εκτίμησης οπισθοχώρησης των πιλοτικών παραλιών υπολογίστηκε ο μέσος όρος απώλειας ανά τετραγωνικό παραλία, από τον οποίο προέκυψαν οι εκτάσεις που προβλέπεται να χαθούν για τα 3 σενάρια ανόδου της θαλάσσιας στάθμης. Στη συνέχεια υπολογίστηκε το κόστος της προβλεπόμενης απώλειας, το οποίο αντιστοιχεί σε 198,14 εκατ. € για το σενάριο ΑΣΘ 0,15 m με χρονικό ορίζοντα το 2040. Με βάση τα σενάρια ΑΣΘ κατά 0,50 m και 0,7 m μέχρι το τέλος του αιώνα, το κόστος εκτιμήθηκε στα 596,12 εκατ. € και 868,98 εκατ. €, αντίστοιχα. Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-5.



Σχήμα 5.2 Γεωγραφική θέση παραλιών του Β. Αιγαίου που συμπεριλήφθηκαν

Πίνακας 5-5 Αποτελέσματα οικονομικής αξιολόγησης παραλιών Β. Αιγαίου

	Εμβαδόν παραλιών (10 ³ m ²)	Αξία Μ €)	Εμβαδόν που θα χαθεί (10 ³ m ²)			Κόστος απώλειας (εκατ. €)		
			S= 0,15	S= 0,5	S= 0,7	S= 0,15	S= 0,5	S= 0,7
Λήμνος	1035,23	123	139,94	421,02	613,74	16,62	50,02	72,91
Σαμοθράκη	47,29	5,62	6,39	19,23	28,04	0,76	2,28	3,33
Θάσος	86,77	10,31	11,73	35,29	51,44	1,39	4,19	6,11
Μακεδονία-Θράκη	8970,08	1065,65	1212,55	3648,11	5317,98	144,05	433,40	631,78
Θασσαλία-Στερεά Ελλάδα	808,37	96,03	109,27	328,76	479,25	12,98	39,06	56,93
Σκιάθος	642,40	76,32	86,84	261,26	380,85	10,32	31,04	45,25
Σκόπελος	461,32	54,81	62,36	187,62	273,50	7,41	22,29	32,49
Σκύρος	263,43	31,30	35,61	107,14	156,18	4,23	12,73	18,55
Αλόνησος	23,10	2,74	3,12	9,39	13,69	0,37	1,12	1,63
Σύνολο	12337,99	1465,75	1667,81	5017,83	7314,67	198,14	596,12	868,98

Κεφάλαιο 6 Συμπεράσματα

Η μελέτη για την εκτίμηση του κινδύνου διάβρωσης 10 τουριστικών παραλιών του κεντρικού και Βόρειου Αιγαίου Πελάγους υπό το πρίσμα της κλιματικής αλλαγής και της επακόλουθης ανόδου της θαλάσσιας στάθμης κατέδειξε ιδιαίτερα δυσοίωνες προοπτικές, καθώς με βάση του πιο ευοίωνου σεναρίου ανόδου της θαλάσσιας στάθμης κατά 0,15 m για το 2040 (σύμφωνα με τα σενάρια RCP 4.5 και RCP 8.5), όλες οι παραλίες μελέτης θα οπισθοχωρήσουν με άνοδο της θαλάσσιας στάθμης κατά μόνο 0,15 m, πέντε (5) παραλίες (Καλό Λιβάδι Μυκόνου, Γάνεμα Σερίφου, Σωλήνας και Νικήτη Χαλκιδικής και παραλία Κατερίνης) θα χάσουν <20% της έκτασής τους, τρεις (3) παραλίες (Λιβάδι και Συκαμιά Σερίφου, Βουρβουρού Χαλκιδικής) το 20-50%, η Γερακίνη Χαλκιδικής (1) θα χάσει πάνω από το 50%, ενώ η Σίβηρη Χαλκιδικής (1) θα χαθεί ολοκληρωτικά.

Το σενάριο ανόδου της θαλάσσιας στάθμης κατά 0,5 m (σύμφωνα με το σενάριο RCP 4.5 και το μέσο σενάριο συνεισφοράς της τήξης των ηπειρωτικών πάγων για το 2100 (Hinkel et al., 2014) θέτει σε σημαντικό κίνδυνο τις παραλίες καθώς τέσσερις (4) θα χάσουν 20-40% (Γάνεμα, Σωλήνας, Νικήτη και παραλία Κατερίνης) της έκτασής τους, τρεις (3) το 50-70% (Καλό Λιβάδι, Λιβάδι και Συκαμιά), ενώ άλλες τρεις (3) παραλίες (Σίβηρη, Γερακίνη και Βουρβουρού) θα χαθούν ολοκληρωτικά. Να σημειωθεί ότι ανάλογο αποτέλεσμα από την παροδική επίκλυση των παραπάνω παραλιών λόγω του ανάλογου αναμενόμενου ύψους της μετεωρολογικής παλίρροιας στην Ελλάδα (Tsimplis and Shaw 2010; Ανδρουλιδάκης κ.α.).

Τέλος, σύμφωνα με το χειρότερο σενάριο ανόδου της θαλάσσιας στάθμης κατά 0,7 m που εξετάστηκε τρεις (3) παραλίες (Γάνεμα, Σωλήνας και παραλία Κατερίνης) θα οπισθοχωρήσουν χάνοντας το 30-50% της έκτασής τους, τρεις (3) παραλίες θα

μειωθούν κατά 50-99% (Καλό Λιβάδι, Συκαμιά και Νικήτη), ενώ τέσσερις (4) προβλέπεται να χαθούν ολοκληρωτικά (Λιβάδι, Σίβηρη, Γερακίνη και Βουρβουρού).

Οι παραπάνω προβλέψεις είναι πιθανόν να υποεκτιμούν την μελλοντική παραλιακή οπισθοχώρηση καθώς βασίζονται στην παραδοχή ότι οι παραλίες αποτελούν μια ανεξάντλητη δεξαμενή ιζημάτων, χωρίς πλευρικές και προς τα ανοικτά απώλειες ιζήματος, ενώ δεν λαμβάνει υπόψη άλλους σημαντικούς παράγοντες διάβρωσης λόγω ανθρώπινων παρεμβάσεων (Velegrakis et al. 2008).

Με βάση τις εκτιμήσεις συμπεραίνεται ότι οι αυξανόμενοι ρυθμοί παραλιακής διάβρωσης/ οπισθοχώρησης λόγω ανόδου της θαλάσσιας στάθμης θα έχουν σημαντικές επιπτώσεις στο ξηρό πλάτος των παραλιών, το οποίο αποτελεί μία κρίσιμη παράμετρο της προσαρμοστικότητας των παραλιών, της αξίας τους ως μέρη αναψυχής, της φέρουσας ικανότητας τους καθώς και της αξίας των παράκτιων ιδιοκτησιών.

Το παραλιακό χερσαίο πλάτος των Ελληνικών παραλιών είναι ιδιαίτερα σημαντικό γιατί σχετίζεται με το βασικό τουριστικό προϊόν της χώρας. Αυτό αποδεικνύεται και από τα αποτελέσματα της οικονομικής αξιολόγησης των παραλιών μελέτης, όπου οι υπολογισθείσες συνολικές αξίες -που κυμαίνονται από 6,2 έως και 17, εκατ. €. Μάλιστα οι τιμές αυτές θεωρούνται ως οι ελάχιστες καθώς δεν συμπεριλήφθηκαν στην αξιολόγηση όλες οι υπηρεσίες, αγαθά και λοιπές οικονομικές δραστηριότητες που έχουν άμεση σχέση με την παρουσία τους.

Επομένως, για την αντιμετώπιση των εγειρόμενων περιβαλλοντικών και κοινωνικο-οικονομικών επιπτώσεων στις ελληνικές τουριστικές παραλίες καθίσταται επιτακτική ανάγκη η προληπτική δράση και η εφαρμογή μέτρων προσαρμογής για την αειφόρο και ασφαλή προσαρμογή του φυσικού, κοινωνικού και οικονομικού

συστήματος καθώς και την εξασφάλιση της μακροπρόθεσμης βιωσιμότητας των παραλιών και των υπηρεσιών/χρήσεων που παρέχουν.

Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

- Bard, E., Hamelin, B., Arnold, M., Montaggioni, L., Cabioch, G., Faure, G. and Rougerie, F. (1996) Sea level record from Tahiti corals and the timing of deglacial meltwater discharge, *Nature*, 382, 241-4.
- Biagini, B., Bierbaum, P., Stults, M., Dobardzic, S. and McNeeley, S.M. (2014) A typology of adaptation actions: A global look at climate adaptation actions financed through the Global Environment Facility, *Global Environmental Change*, 25 (1), 97–108.
- Bindoff N.L., Willebrand J., Artale V., Cazenave A., Gregory J., Gulev S., Hanawa K., Le Quere C., Levitus S., Nojiri Y., Shum C.K., Talley L.D., and Unnikrishnan A., (2007), Observations: Oceanic Climate Change and Sea Level. (In:) Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contributing 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, UK.
- Brown, T.C., Bergstrom, J.C. and Loomis, J.B. (2006) Ecosystem Goods and Services: Definition, Valuation and Provision. RMRS-RWU-4851 Discussion Paper.
- Bruun, P. (1962) Sea level rise as a cause of shore erosion. *Journal of Waterway, Harbors Division, ASCE* 88, 117-130.
- CERC, 1984. Shore Protection Manual. U.S. Army Corps of Engineers, Coastal Engineering Research Center. U.S. Government Printing Office, Washington. D.C
- Church, J. A., and White, N. J. (2011) Sea-Level Rise from the Late 19th to the Early 21st Century, *Surveys in Geophysics*, 32(4-5), 585-602, doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s10712-011-9119-1>.
- 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: Climate Change 2001: The scientific Basis, J.T. Houghton et al (eds), Cambridge University press, New York, 639-694.
- Dan, S., Stive, M.J.F., Walstra, D.J.R. and Panin, N. (2009) Wave climate, coastal sediment budget and shoreline changes for the Danube Delta. *Marine Geology*, 262(1-4), 39-49

- De Groot, R., Wilson, M.A. and Boumans, R.M. (2002) A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, 41(3), 393–408.
- Dean, R.G. (1991) Equilibrium beach profiles: characteristics and applications. *J. Coastal Research*, 7(1), 53– 84.
- EUROSION (2004) Living with coastal erosion in Europe. Final report of the project ‘Coastal erosion – Evaluation of the need for action’, Directorate General Environment, European Commission.
- Fritz, H.M., Blount, C.D., Albusaidi, F.B. and Al-Harthi, A.H.M. (2010) Cyclone Gonu storm surge in Oman Estuarine. *Coastal and Shelf Science*, 86, 102-106.
- Hanna, N., Wozniak, R. and Hanna M. (2013) *Consumer behavior: An applied approach*. Kendall Hunt Publishing Company.
- Hasselmann, K., Ross, D. B., Müller, P. and Sell, W. (1976) A parametric wave prediction model. *Journal of Physical Oceanography*, 6, 200–228.
- Hinkel, J., Lincke, D., Vafeidis, A.T., Perrette, M., Nicholls, R.G., Tol, R.S., Marzeion, B., Fettweis, X., Ionescu, C., and Levermann, A. (2014) Coastal flood damages and adaptation costs under 21st century sea-level rise. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(9), 3292-3297. doi: 10.1073/pnas.1222469111
- IPCC (2007a) *Climate Change 2007: The physical science basis, Contribution of Working Group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, N.Y., USA
- IPCC (2007b) *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, In: Parry. M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J. and Hanson, C.E. (eds.) Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976 p.
- IPCC (2013) Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G. K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., ... & Midgley, B. M., 2013. *IPCC, 2013: climate change 2013: the physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*
- Komar, P.D. (1998) *Beach Processes and Sedimentation*. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice-Hall, 544p.

- Kontogianni, A., Tourkolias, C.H., Damigos, D. and Skourtos, M. (2013) Assessing sea level rise costs and adaptation benefits under uncertainty in Greece. *Environmental Science and Policy*, 37, 61-78.
- Kriebel, D.L. and Dean, R.G. (1993) Convolution method for time dependent beach profile response. *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, 119 (2), 204–226.
- Marcos, M. and Tsimplis, M.N. (2008) Comparison of results of AOGCMs in the Mediterranean Sea during the 21st century. *Journal of Geophysical Research - Oceans*, 113, C12028.
- Mörner, N.A. (1980) Eustasy and geoid changes as a function of core/mantle changes. In: Mörner (Ed) *Earth Rheology, Isostasy and Eustasy*. John Wiley and Sons, Chichester, 533-553
- Moss, R.H., Edmonds, J.A., Hibbard, K.A., Manning, M.R., Rose, S.K., van Vuuren, D.P., Carter, S. Emori, T.R., Kainuma, T., Kram, T., Meehl, G.A., Mitchell, J.F.B., Nakicenovic, N., Riahi, K., Smith, S.J., Stouffer, R.J., Thomson, A.M., Weyant, J.P., Wilbanks, T.J. (2010) A new paradigm for the next generation of climate change scenarios. *Nature*, Vol 463: 747-756.
- Papathanassiou, E. and Zenetos, A. (2005) State of the Hellenic Marine Environment. Εκδόσεις ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.
- Pavlidis, S. and Kiliass, A. (1987) Neotectonic and active faults along the Serbomacedonian zone (SE Chalkidiki, northern Greece), *Annales Tectonic*, 1(2), 97-104.
- Peltier, W.R. and Fairbanks, R.G. (2006) Global glacial ice volume and last glacial maximum duration from an extended Barbados sea level record, *Quaternary Science Reviews*, 25, 3322-37.
- Perkins, H. and Pistek, P. (1990) Circulation in the Algerian Basin During June 1986, *J. Geophys. Res.*, 95(C2), 1577–1585
- Pfeffer, W.Y., Harper, J.T. and O’Neel S. (2008) Kinematic constraints on Glacier Contributions to 21st – Century Sea-Level Rise. *Science*, 321 (5894), 1340-1343
- Rahmstorf, S. (2007) Sea-Level Rise: A semi-Empirical Approach to Projecting Future. *Science*, 315, 368-370
- Ritchardson, K., Steffen, W., Schellnhuber, H.J., Alcamo, J., Barker T., Kammen, D.M., Leemans, R., Liverman, D., Munasiglhe, M., Osman-Elasha, B., Stern, L.N. and Waever, O. (2009) Synthesis Report from Climate Change, University of

- Copenhagen, International Scientific Congress climate Change: Global Risks, Challenges & Decisions, Copenhagen, 10-12 March, 2009
- SALEMINK, J. (1979) *On the geology and petrology of Seriphos Island*. Cyclades, Greece. *Annales Geologiques des Pays Helleniques*, 30 (1), 342-365
- Siddall, M., Rohling, E. J., Almogi-Labin, A., Hemleben, Ch., Meischner, D., Schmelzer, I. and Smeed, D.A. (2003) Sea-level fluctuations during the last glacial cycle, *Nature*, 423, 853-8
- Tsimplis et al., (2009) Sea level variability in the Mediterranean Sea during the 1990s on the basis of two 2d and one 3d model. *Journal of Marine Systems*, 78 (1), 109-123
- Tsimplis, M.N. and Shaw, A.G.P. (2010) Seasonal sea level extremes in the Mediterranean Sea and at the Atlantic European coasts. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 10, 1457–1475
- UNEP (2007) *Global outlook for ice and snow*, Arendal, Norway : UNEP/GRID-Arendal. 235p. [Online] Available from: http://www.unep.org/geo/geo_ice/ [Accessed on 05 July 2016].
- UNEP (2008) Climate change adaptation and mitigation in the tourism sector: framework, tools and practices. [Online]. Available from: [http://whc.unesco.org/sustainabletourismtoolkit/sites/default/files/4.%20UNEP%20\(2008\)%20Climate%20Change.%20Adaptation%20and%20Mitigation%20in%20the%20Tourism%20Sector.pdf](http://whc.unesco.org/sustainabletourismtoolkit/sites/default/files/4.%20UNEP%20(2008)%20Climate%20Change.%20Adaptation%20and%20Mitigation%20in%20the%20Tourism%20Sector.pdf) [Accessed on 02 August 2016].
- van Vuuren, D.P., Edmonds, J.A., Kainuma, M., Riahi, K., Weyant, J. (2011) A special issue on the RCPs. *Climatic Change*, 109, (1), 1-4
- Velegrakis, A.F., Vousdoukas, M. and Meligonitis, R. (2005) Beach Erosion: Phenomenology and causes of the degradation of the island beaches. Greek Islands in the 21st century. Sideris Publications, 243-262. (In Greek with English Abstract)
- Velegrakis, A.F., Vousdoukas, M., Andreadis, O.P., Adamakis, G. and Meligonitis, R. (2008) Impacts of dams on their downstream beaches: a case study from Eresos coastal basin, island of Lesbos, Greece. *Mar Georesources & Geotechnology*, 24, 350–371
- Waelbroeck, C., Labeyrie, L., Michel, E., Duplessy, J. C., McManus, J. F., Lambeck, K., ... & Labracherie, M. (2002). Sea-level and deep water temperature changes

derived from benthic foraminifera isotopic records. *Quaternary Science Reviews*, 21(1), 295-305.

Woodworth, P.L., Gehrels, W.R. and Nerem, R.S. (2011) Nineteenth and twentieth century changes in sea level. *Oceanography*, 24(2), 80–93, doi:10.5670/oceanog.2011.29.

Zodiatis, G. (1994) Advection of the Black Sea water in the North Aegean Sea, *The Global Atmosphere and Ocean System*, 2 (41), p. 60

Ελληνική Βιβλιογραφία

Αλεξανδράκης Γ., Καρδισά Α., Πούλος Σ., Γκιώνης Γ., Καμπάνης Ν. (2009) Εκτίμηση της τρωτότητας των ακτών του Αιγαίου στην αύξηση της θαλάσσιας στάθμης, Εισήγηση, 9ο Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας & Αλιείας, Πρακτικά, Τόμος Ι, Πάτρα.

BeachTour (2015) Σχέδιο Διαχείρισης για την Αειφόρο Ανάπτυξη των Ελληνικών Τουριστικών Παραλιών, Παραδοτέο 8.1 του έργου: Συνεργεια Για Την Αειφορο Ανάπτυξη Και Ασφαλή Χρήση Των Ελληνικών Τουριστικών Παραλιών, Εθνικό Στρατηγικό Πλαίσιο Αναφοράς ΕΣΠΑ 2007-2013, Δράση Εθνικής Εμβελειας «Συνεργασία 2011», Αθήνα, 2015

Δίκτυο Μεσόγειος SOS (2015) Ακτές - Θάλασσα [διαδύκτιο]. Δίκτυο Μεσόγειος SOS. Διαθέσιμο από: <http://medsos.gr/medsos/2008-08-12-07-14-43.html> [Προσπελάστηκε 10 Ιουνίου 2016].

Δουκάκης Ε. (2005) Κλιματικές, γεωδυναμικές, γεωλογικές και φυσικές μεταβλητές προσδιορισμού της παράκτιας επικινδυνότητας. Εισήγηση, Τρίτο Πανελλήνιο Συνέδριο με θέμα «Διαχείριση και Βελτίωση Παράκτιων Ζωνών», Αθήνα, 2005

ΕΛΚΕΘΕ (2007): *Άτλαντας Ανέμου και Κύματος των Ελληνικών Θαλασσών*. Εκδόσεις ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.

Ίκκος, Α. (2015) Η συμβολή του τουρισμού στην ελληνική οικονομία το 2014 - συνοπτική απεικόνιση βασικών μεγεθών. SETE Intelligence.

Καλιαμπάκος, Δ. και Δαμίγος, Δ. (2008) Οικονομικά του περιβάλλοντος και των υδατικών πόρων: Βασικές αρχές, Μέθοδοι αποτίμησης, Εφαρμογές. Διδακτικές παραδόσεις, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Μαμούτος, Ι., Τράγου, Ε., Κακαγιάννης, Γ. (2014) Εκτιμήσεις Ανόδου της Μέσης Στάθμης των Ελληνικών Θαλασσών. 6ο Πανελλήνιο Συνέδριο «Διαχείριση και

Βελτίωση Παράκτιων Ζωνών», 24-27/11/2014, Έκδοση Εργαστηρίου Λιμενικών Έργων, ΕΜΠ, σ. 335-344.

Παπανικολάου, Μ., Παπανικολάου Δ., Βασιλάκης, Ε. (2011) *Μεταβολές της στάθμης της θάλασσας και επιπτώσεις στις ακτές [διαδίκτυο]*. Τράπεζα της Ελλάδος: Επιτροπή Μελέτης επιπτώσεων της Κλιματικής Αλλαγής. Διαθέσιμο από: http://www.bankofgreece.gr/BoGDocuments/Μεταβολες%20Σταθμης%20Θαλασσας_Επιπτώσεις%20στις%20Ακτες.pdf [Προσπελάστηκε 1 Οκτωβρίου 2016]

Πατές, Γ. (2006) *Μορφολογική και Ιζηματολογική Μελέτη μιας Μικροπαλιρροιακής νησιώτικης Παραλίας που εμφανίζει Παραλιακούς Ψαμμίτες. Η περίπτωση της παραλίας του Καλαφάτη στη Νήσο Μύκονο. Πτυχιακή εργασία. Τμήμα Επιστημών της Θάλασσας. Πανεπιστήμιο Αιγαίου*

Περιβολιώτης et al (1997) *Μελέτη της γενικής κυκλοφορίας και του σχηματισμού θαλάσσιων μαζών στο Αιγαίο πέλαγος με την χρήση αριθμητικού μοντέλου. Πρακτικά 5^{ου} Πανελλήνιου συμπόσιου Αλιείας, 1997- ΤΟΜΟΣ 1, σ.339*

Περιφερειακή Ενότητα Χαλκιδικής (2016) *Το κλίμα*. [online] [Halkidiki.gov.gr](http://www.halkidiki.gov.gr). Available at: http://www.halkidiki.gov.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=911 [Προσπελάστηκε 27 Ιουλίου 2016].

Πούλος, Σ. Ε. (2001) *Εφαρμοσμένη ωκεανογραφία και περιβάλλον. Σημειώσεις, Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας & Γεωπεριβάλλοντος, Τομέας Γεωγραφίας & Κλιματολογίας*

Σπυρόπουλος, Χ. (2010) *Μορφολογική Ανάλυση Παράκτιας Ζώνης με Χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών Εφαρμογή: Ν. Μύκονος. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Διατμηματικό Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών “Γεωπληροφορική”, σ. 45*

Τσολάκος, Φ. (2009) *Χωροταξικός Σχεδιασμός & Παράκτιος Χώρος. Ερευνητική εργασία [διαδίκτυο]. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας & Ανάπτυξης. Διαθέσιμο από: https://www.google.gr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CB4QFjAAahUKEwj_9NunI7jIAhUJCCwKHx-Blg&url=http%3A%2F%2Fikee.lib.auth.gr%2Frecord%2F133239%2Ffiles%2FTsolakosEE.doc&usq=AFQjCNH_NwczcdmtJLhtuxbt7Sc1XIsDmw&sig2=oYssCcqlaq6KK-A7wMGJFg&bvm=bv.104819420,d.bGg [Προσπελάστηκε 20 Ιουνίου 2016].*

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Κυματικό καθεστώς

Πίνακας Α-0-1: Παραλία Καλό Λιβαδι Μυκόνου

ANEMOS	E (75°-105°)												
fetch (m)	U (m/sec)	Ua m/sec	freq %	Tr	Hs	hc	Co	Lo	Hb	db	E	P	P*Ρολ
65580	0.5	0.3027	0.2	0.25	0.00	0.01	0.391917	0.098461	0.00	0.00	11.43267	0.448066	6386.66
	1.5	1.1691	0.4	0.97	0.03	0.08	1.513747	1.468865	0.04	0.04	170.5555	51.63559	736005.51
	2.5	2.1914	0.3	1.82	0.12	0.27	2.837444	5.160953	0.14	0.15	599.2579	255.0541	3635500.54
	3.5	3.3148	0.5	2.75	0.27	0.62	4.29205	11.80878	0.33	0.35	1371.162	1471.274	20971302.98
	4.5	4.5155	0.3	3.83	0.56	1.27	5.97249	22.86579	0.66	0.71	2794.972	2503.941	35690782.61
	5.5	5.7797	0.3	4.15	0.71	1.62	6.479324	26.9113	0.83	0.91	3577.438	3476.907	49559286.30
	6.5	7.0981	0.3	4.44	0.87	1.99	6.933907	30.81991	1.01	1.12	4393.489	4569.606	65134439.44
	7.5	8.4642	0.1	4.71	1.04	2.37	7.348587	34.61649	1.19	1.34	5239.036	1924.976	27438299.09
	SUM		2.4										203172003.13
stath. mesos				4.25	0.76	1.73			0.89	0.98			

Πίνακας Α-2: Παραλία Γάνεμα Σερίφου

ANEMOS	S (165°-195°)												
fetch (m)	U (m/sec)	Ua m/sec	freq %	Tr	Hs	hc	Co	Lo	Hb	db	E	P	P*Ρολ
	0.5	0.3027	0.3	0.25	0.00	0.01	0.39	0.10	0.00	0.00	11.43267	0.672099	31675.69
397.889	1.5	1.1691	1.7	2.61	0.16	0.08	1.53	1.50	0.04	0.05	794.9748	1032.554	48663777.04
	2.5	2.1914	2.7	1.82	0.12	0.15	1.88	2.27	0.08	0.09	599.2579	1521.025	71685199.35
	3.5	3.3148	2.1	2.75	0.27	0.23	2.16	2.98	0.11	0.13	1371.162	3102.99	146242420.09
	4.5	4.5155	1.1	3.75	0.51	0.31	2.39	3.65	0.15	0.18	2544.393	3340.034	157414194.25
	5.5	5.7797	0.8	4.42	0.78	0.40	2.59	4.30	0.19	0.23	3930.133	4070.478	191839711.36
	6.5	7.0981	0.7	4.73	0.96	0.49	2.77	4.92	0.23	0.28	4826.636	4681.005	220613559.45
	7.5	8.4642	0.7	5.01	1.14	0.59	2.94	5.53	0.27	0.33	5755.545	5915.71	278804617.63
	8.5	9.8729	0.7	5.27	1.34	0.69	3.09	6.12	0.31	0.39	6713.459	7259.899	342155607.69
	9.5	11.3203	0.5	5.52	1.53	0.79	3.23	6.70	0.35	0.45	7697.703	6220.484	293168464.13
	11	13.5572	0.5	5.86	1.83	0.94	3.43	7.54	0.42	0.53	9218.794	7906.43	372626296.04
	13	16.6498	0.1	6.27	2.25	1.16	3.67	8.64	0.51	0.65	11321.69	2078.242	97946547.36
	SUM		11.9										2221192070.09
stath. mesos				1.42	0.11	0.25			0.12	0.14			

Πίνακας Α-3: Παραλία Λιβάδι Σερίφου

ANEMOS	SE (120°-150°)												
fetch (m)	U (m/sec)	Ua m/sec	freq %	Tr	Hs	hc	Co	Lo	Hb	db	E	P	P*Ρολ
	0.5	0.3027	0.1	0.25	0.00	0.01	0.005176	0.391917	0.00	0.00	11.43267	0.002959	1627.31
778.667	1.5	1.1691	0.5	1.02	0.04	0.09	0.087108	1.595069	0.05	0.05	192.3961	4.189799	557279.24
	2.5	2.1914	0.6	1.26	0.07	0.16	0.163215	1.962582	0.08	0.09	360.6369	17.65846	1542327.07
	3.5	3.3148	0.6	1.44	0.11	0.25	0.246812	2.249786	0.12	0.14	545.5163	40.39192	2674405.98
	4.5	4.5155	0.6	1.60	0.15	0.34	0.336125	2.491397	0.16	0.19	743.1139	74.93373	4034379.72
	5.5	5.7797	0.7	1.73	0.19	0.43	0.430127	2.70282	0.20	0.24	951.1524	143.1907	6535706.40
	6.5	7.0981	0.5	1.85	0.23	0.53	0.528135	2.892447	0.25	0.30	1168.12	154.2313	6135502.47
	7.5	8.4642	0.4	1.97	0.28	0.63	0.62966	3.065429	0.29	0.36	1392.93	175.4144	6203087.15
	8.5	9.8729	0.3	2.07	0.32	0.73	0.734329	3.225188	0.33	0.41	1624.76	178.9663	5709431.23
	9.5	11.3203	0.3	2.16	0.37	0.84	0.841851	3.374131	0.38	0.48	1862.962	235.2505	6848799.80
	11	13.5572	0.3	2.30	0.44	1.01	1.007977	3.581007	0.45	0.57	2231.09	337.3331	8705038.96
	13	16.6498	0.1	2.46	0.54	1.24	1.237568	3.832247	0.54	0.70	2740.024	169.5483	3813599.67
	SUM		5										52761185.00
stath. mesos				1.75	0.19	0.44			0.21	0.25			

Πίνακας Α-4: Παραλία Συκαριά Σερίφου

ANEMOS	NW (300°-330°)												
fetch (m)	U (m/sec)	Ua m/sec	freq %	Tr	Hs	hc	Co	Lo	Hb	db	E	P	P*Ρολ
	0.5	0.3027	0.3	0.25	0.00	0.01	0.005176	0.391917	0.00	0.00	11.43267	0.008877	80121.22
79814.1	1.5	1.1691	1.7	2.61	0.16	0.08	0.077221	1.513747	0.04	0.04	794.9748	52.18071	121938300.31
	2.5	2.1914	2.7	1.82	0.12	0.27	0.271322	2.837444	0.14	0.15	599.2579	219.4993	273646170.82
	3.5	3.3148	2.1	2.75	0.27	0.62	0.620813	4.29205	0.33	0.35	1371.162	893.7964	736643494.10
	4.5	4.5155	1.1	3.75	0.51	1.15	1.152009	5.846722	0.61	0.65	2544.393	1612.14	975379986.49
	5.5	5.7797	0.8	4.42	0.78	1.78	1.779104	6.894151	0.92	1.00	3930.133	2796.846	1292000158.17
	6.5	7.0981	0.7	4.73	0.96	2.18	2.184652	7.377838	1.11	1.23	4826.636	3690.582	1485785980.83
	7.5	8.4642	0.7	5.01	1.14	2.60	2.60479	7.819067	1.31	1.47	5755.545	5247.195	1877690534.07
	8.5	9.8729	0.7	5.27	1.34	3.04	3.037981	8.226569	1.51	1.71	6713.459	7138.376	2304346144.61
	9.5	11.3203	0.5	5.52	1.53	3.48	3.483014	8.60648	1.72	1.96	7697.703	6702.802	1974428022.96
	11	13.5572	0.5	5.86	1.83	4.17	4.170675	9.134165	2.03	2.35	9218.794	9612.148	2509559829.95
	13	16.6498	0.1	6.27	2.25	5.12	5.12116	9.775009	2.46	2.89	11321.69	2899.01	659649421.84
	SUM		11.9										14211148165.37
	stath. mesos			4.63	0.90	2.04			1.05	1.15			

Πίνακας Α-5: Παραλία Σωλήνας Χαλκιδικής

ANEMOS	E (75°-105°)												
fetch (m)	U (m/sec)	Ua m/sec	freq %	Tr	Hs	hc	Co	Lo	Hb	db	E	P	P*Ρολ
	0.5	0.3027	0.6	0.25	0.00	0.01	0.391917	0.098461	0.00	0.00	11.43267	1.344197	24485.39
47718.7	1.5	1.1691	1.2	0.97	0.03	0.08	1.513747	1.468865	0.04	0.04	170.5555	154.9068	2821723.10
	2.5	2.1914	1.2	1.82	0.12	0.27	2.837444	5.160953	0.14	0.15	599.2579	1020.216	18583875.18
	3.5	3.3148	0.7	2.75	0.27	0.62	4.29205	11.80878	0.33	0.35	1371.162	2059.783	37520232.89
	4.5	4.5155	0.6	3.83	0.56	1.27	5.97249	22.86579	0.66	0.71	2794.972	5007.883	91221695.86
	5.5	5.7797	0.3	4.15	0.71	1.62	6.479324	26.9113	0.83	0.91	3577.438	3476.907	63334029.29
	6.5	7.0981	0.3	4.44	0.87	1.99	6.933907	30.81991	1.01	1.12	4393.489	4569.606	83238214.33
	7.5	8.4642	0.1	4.71	1.04	2.37	7.348587	34.61649	1.19	1.34	5239.036	1924.976	35064630.02
	SUM		5										331808886.07
	stath. mesos			4.25	0.76	1.73			0.89	0.98			

Πίνακας Α-6: Παραλία Σίβηρη Χαλκιδικής

ANEMOS	NW (300°-330°)												
fetch (m)	U (m/sec)	Ua m/sec	freq %	Tr	Hs	hc	Co	Lo	Hb	db	E	P	P*Ρολ
	0.5	0.3027	0.4	0.25	0.00	0.01	0.391917	0.098461	0.00	0.00	11.43267	0.896131	114945.87
71677.7	1.5	1.1691	1.6	2.61	0.16	0.08	1.513747	1.468865	0.04	0.04	794.9748	962.7125	123486158.19
	2.5	2.1914	2.5	1.82	0.12	0.27	2.837444	5.160953	0.14	0.15	599.2579	2125.451	272629408.20
	3.5	3.3148	2.6	2.75	0.27	0.62	4.29205	11.80878	0.33	0.35	1371.162	7650.623	981337718.88
	4.5	4.5155	2.1	3.75	0.51	1.15	5.846722	21.91292	0.61	0.65	2544.393	15620.17	2003583888.54
	5.5	5.7797	2	4.42	0.78	1.78	6.894151	30.46751	0.92	1.00	3930.133	27094.93	3475438889.31
	6.5	7.0981	1.4	4.73	0.96	2.18	7.377838	34.89262	1.11	1.23	4826.636	24927.09	3197373217.85
	7.5	8.4642	0.6	5.01	1.14	2.60	7.819067	39.1909	1.31	1.47	5755.545	13500.9	1731746458.73
	8.5	9.8729	0.3	5.27	1.34	3.04	8.226569	43.38233	1.51	1.71	6713.459	8284.31	1062620065.24
	9.5	11.3203	0.3	5.52	1.53	3.48	8.60648	47.48173	1.72	1.96	7697.703	9937.519	1274675497.54
	11	13.5572	0.3	5.86	1.83	4.17	9.134165	53.48268	2.03	2.35	9218.794	12630.9	1620152463.22
	13	16.6498	0.1	6.27	2.25	5.12	9.775009	61.25052	2.46	2.89	11321.69	5533.483	709774295.14
	SUM		14.2										16452933006.70
	stath. mesos			4.63	0.90	2.04			1.05	1.15			

Πίνακας Α-7: Παραλία Γερακινή Χαλκιδικής

ANEMOS	W (255°-285°)												
fetch (m)	U (m/sec)	Ua m/sec	freq %	Tr	Hs	hc	Co	Lo	Hb	db	E	P	P*Ρολ
	0.5	0.3027	0.3	0.25	0.00	0.01	0.391917	0.098461	0.00	0.00	11.43267	0.672099	43677.65
5828.29	1.5	1.1691	1	0.97	0.03	0.08	1.513747	1.468865	0.04	0.04	170.5555	129.089	8389101.01
	2.5	2.1914	2.5	1.34	0.08	0.18	2.095411	2.814581	0.09	0.10	398.2569	1043.14	67790491.05
	3.5	3.3148	3.8	1.54	0.12	0.27	2.402053	3.698627	0.13	0.15	602.4219	2749.394	178674765.70
	4.5	4.5155	4.9	1.71	0.16	0.37	2.660016	4.535696	0.18	0.21	820.632	5348.092	347556281.63
	5.5	5.7797	5.4	1.85	0.21	0.48	2.885749	5.338171	0.23	0.27	1050.372	8183.997	531853221.89
	6.5	7.0981	5.5	1.98	0.26	0.58	3.08821	6.113489	0.27	0.33	1289.973	10955.19	711944862.67
	7.5	8.4642	2.9	2.10	0.31	0.70	3.2729	6.866585	0.32	0.39	1538.234	7300.004	474405187.84
	8.5	9.8729	1.8	2.21	0.36	0.81	3.443471	7.600958	0.37	0.46	1794.248	5560.596	361366289.64
	9.5	11.3203	1.3	2.31	0.41	0.93	3.602495	8.31921	0.42	0.52	2057.298	4817.412	313069031.05
	11	13.5572	2.2	2.45	0.49	1.11	3.823373	9.370627	0.50	0.63	2463.826	10362.14	673403990.12
	13	16.6498	1	2.62	0.60	1.37	4.091617	10.73162	0.61	0.77	3025.85	6190.309	402289447.74
	15	19.8541	0.3	2.78	0.72	1.63	4.336314	12.0536	0.71	0.92	3608.189	2346.937	152520301.93
	SUM		32.9										4223306650.41
	stath. mesos			1.94	0.24	0.55			0.26	0.31			

Πίνακας Α-8: Παραλία Νικήτη Χαλκιδικής

ANEMOS	S (165°-195°)													
fetch (m)	U (m/sec)	Ua m/sec	freq %	Tr	Hs	hc	Co	Lo	Hb	db	E	P	P*PoL	
	0.5	0.3027	0.3	0.25	0.00	0.01	0.391917	0.098461	0.00	0.00	11.43267	0.672099	11620.15	
27892.8	1.5	1.1691	1	0.98	0.04	0.08	1.52806	1.496775	0.04	0.05	180.2833	137.7419	2381468.93	
	2.5	2.1914	1.7	1.21	0.07	0.15	1.880134	2.265965	0.08	0.09	337.9322	540.0542	9337190.32	
	3.5	3.3148	1.6	1.38	0.10	0.23	2.155273	2.977693	0.11	0.13	511.172	881.372	15238356.38	
	4.5	4.5155	1.5	1.53	0.14	0.31	2.386734	3.651602	0.15	0.18	696.3294	1246.465	21550573.90	
	5.5	5.7797	1.5	1.66	0.18	0.40	2.589276	4.297659	0.19	0.23	891.2703	1730.808	29924562.70	
	6.5	7.0981	1.4	1.78	0.22	0.49	2.770937	4.921852	0.23	0.28	1094.578	2123.104	36707112.73	
	7.5	8.4642	1.2	1.88	0.26	0.59	2.936652	5.528155	0.27	0.33	1305.235	2299.812	39762272.43	
	8.5	9.8729	0.9	1.98	0.30	0.69	3.089699	6.119385	0.31	0.39	1522.469	2116.788	36597899.46	
	9.5	11.3203	0.6	2.07	0.35	0.79	3.232385	6.697636	0.35	0.45	1745.675	1692.808	29267560.58	
	11	13.5572	0.7	2.20	0.42	0.94	3.43057	7.544111	0.42	0.53	2090.626	2510.214	43399983.40	
	13	16.6498	0.3	2.35	0.51	1.16	3.671256	8.63982	0.51	0.65	2567.519	1413.903	24445471.29	
	15	19.8541	0.1	2.49	0.61	1.38	3.890814	9.704125	0.60	0.78	3061.65	595.6156	10297811.09	
	SUM		12.8										298921883.37	
	stath. mesos			1.42	0.11	0.25			0.12	0.14				

Πίνακας Α-9: Παραλία Βουρβουρού Χαλκιδικής

ANEMOS	N (345°-15°)													
fetch (m)	U (m/sec)	Ua m/sec	freq %	Tp	Hs	hc	Co	Lo	Hb	db	E	P	P*Pol	
	0.5	0.3027	0.5	0.25	0.00	0.01	0.391917	0.098461	0.00	0.00	11.43267	1.120164	844999.71	
176500	1.5	1.1691	1.6	0.97	0.03	0.08	1.513747	1.468865	0.04	0.04	170.5555	206.5424	155805925.13	
	2.5	2.1914	2.6	1.82	0.12	0.27	2.837444	5.160953	0.14	0.15	599.2579	2210.469	1667474575.42	
	3.5	3.3148	3.1	2.75	0.27	0.62	4.29205	11.80878	0.33	0.35	1371.162	9121.897	6881134049.66	
	4.5	4.5155	3.2	5.53	0.97	1.15	5.846722	21.91292	0.61	0.65	4875.687	45610.86	34406704468.40	
	5.5	5.7797	3.1	6.00	1.24	2.83	9.354578	56.09495	1.50	1.59	6240.66	90487.05	68259212120.81	
	6.5	7.0981	2.9	6.42	1.52	3.47	10.01089	64.2422	1.82	1.95	7664.218	111252.1	83923427329.17	
	7.5	8.4642	2.1	6.80	1.82	4.14	10.60958	72.15594	2.14	2.33	9139.234	101811.6	76801953923.04	
	8.5	9.8729	1.6	7.16	2.12	4.83	11.16252	79.87293	2.48	2.72	10660.31	95196.68	71811939577.59	
9.5	11.3203	1.1	7.49	2.43	5.53	11.67801	87.42052	2.81	3.12	12223.19	78508.4	59223079281.58		
11	13.5572	1.1	7.94	2.91	6.62	12.39402	98.46909	3.33	3.73	14638.53	99786.64	75274387844.30		
13	16.6498	0.6	8.50	3.58	8.13	13.26357	112.7708	4.03	4.58	17977.73	71534.67	53962422009.43		
15	19.8541	0.2	9.01	4.26	9.70	14.0568	126.6626	4.75	5.47	21437.63	30134.44	22732015312.64		
17	23.1585	0.1	9.48	4.97	11.31	14.78939	140.209	5.48	6.38	25005.56	18490.85	13948632880.25		
SUM			23.8										569049034297.13	
stath. mesos				6.76	1.79	4.07			2.11	2.29				

Πίνακας Α-10: Παραλία Ολυμπιακή Ακτή Κατερίνης

ANEMOS	NE (30°-60°)													
fetch (m)	U (m/sec)	Ua m/sec	freq %	Tp	Hs	hc	Co	Lo	Hb	db	E	P	P*PoL	
208133	0.5	0.3027	0.5	0.25	0.00	0.01	0.391917	0.098461	0.00	0.00	11.43267	1.120164	334307.73	
	1.5	1.1691	1.2	0.97	0.03	0.08	1.541939	1.524087	0.04	0.05	170.5555	157.7918	47092206.63	
	2.5	2.1914	1.2	1.82	0.12	0.16	1.897211	2.307314	0.08	0.09	599.2579	682.1512	203584810.68	
	3.5	3.3148	1.2	2.75	0.27	0.23	2.174849	3.03203	0.11	0.13	1371.162	1789.242	533990720.25	
	4.5	4.5155	1.4	3.75	0.51	0.32	2.408412	3.718236	0.15	0.18	2544.393	4289.562	1280199444.65	
	5.5	5.7797	1.6	4.80	0.83	0.41	2.612793	4.376082	0.19	0.23	4168.44	8713.017	2600358761.43	
	6.5	7.0981	1.7	5.89	1.25	0.50	2.796104	5.011665	0.23	0.28	6287.069	14942.4	4459489705.72	
	7.5	8.4642	1.6	7.18	1.97	0.60	2.963324	5.629032	0.27	0.34	9924.491	23527.59	7021697213.80	
	8.5	9.8729	1.7	7.56	2.30	0.70	3.117762	6.231051	0.32	0.39	11576.26	30678.21	9155767096.74	
9.5	11.3203	1.5	7.90	2.64	0.80	3.261743	6.819853	0.36	0.45	13273.42	32470.88	9690779225.15		
11	13.5572	2.2	8.39	3.16	0.96	3.461729	7.681775	0.43	0.54	15896.29	60531.53	18065349545.75		
13	16.6498	1.4	8.98	3.88	1.18	3.704601	8.797478	0.52	0.66	19522.4	50625.89	15109057026.73		
15	19.8541	0.6	9.51	4.63	1.40	3.926153	9.881204	0.61	0.79	23279.58	27419.76	8183297418.87		
17	23.1585	0.4	10.01	5.40	1.63	4.13077	10.93799	0.70	0.92	27154.08	22433.45	6695157167.89		
19	26.5537	0.3	10.47	6.19	1.87	4.321533	11.97157	0.80	1.06	31135.07	20182.69	6023427191.87		
SUM			18.5										89069581843.92	
stath. mesos				1.39	0.10	0.23			0.11	0.13				