



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

**ΣΧΟΛΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ**

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

**«Μελέτη και χαρτογράφηση παραλιακών ράχων (beach ridges) της περιοχής
των εκβολών του ποταμού Αχέροντα, Ήπειρος, Δυτική Ελλάδα»**

Πτυχιακή Εργασία

ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ

ΑΘΗΝΑ 2022



HAROKOPIO UNIVERSITY

**SCHOOL OF ENVIROMENT, GEOGRAPHY AND APPLIED
ECONOMICS**

DEPARTMENT OF GEOGRAPHY

**«Study and mapping of beach ridges in the area of the mouth of the river
Acheron, Epirus, Western Greece»**

Bachelor Thesis

PAPADOPOULOU AIKATERINI

ATHENS, 2020



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

**ΣΧΟΛΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ**

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Καρύμπαλης Ευθύμιος (επιβλέπων)

Καθηγητής, Τμήμα Γεωγραφίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

Καψιμάλης Βασίλειος

**Διευθυντής ερευνών, Ινστιτούτο Ωκεανογραφίας, Ελληνικό Κέντρο
Θαλάσσιων Ερευνών**

Τσανάκας Κωνσταντίνος

Καθηγητής, Τμήμα Γεωγραφίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

Η Παπαδοπούλου Αικατερίνη, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

1) Είμαι ο κάτοχος των πνευματικών δικαιωμάτων της πρωτότυπης αυτής εργασίας και από όσο γνωρίζω η εργασία μου δε συκοφαντεί πρόσωπα, ούτε προσβάλλει τα πνευματικά δικαιώματα τρίτων.

2) Αποδέχομαι ότι η ΒΚΠ μπορεί, χωρίς να αλλάξει το περιεχόμενο της εργασίας μου, να τη διαθέσει σε ηλεκτρονική μορφή μέσα από τη ψηφιακή Βιβλιοθήκη της, να την αντιγράψει σε οποιοδήποτε μέσο ή/και σε οποιοδήποτε μορφότυπο καθώς και να κρατά περισσότερα από ένα αντίγραφα για λόγους συντήρησης και ασφάλειας.

3) Όπου υφίστανται δικαιώματα άλλων δημιουργών έχουν διασφαλιστεί όλες οι αναγκαίες άδειες χρήσης ενώ το αντίστοιχο υλικό είναι ευδιάκριτο στην υποβληθείσα εργασία.

...Στους Γονείς μου...

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Πρώτα από όλα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή κο Ευθύμιο Καρύμπαλη, για την ευκαιρία που μου έδωσε να αναλάβω την παρούσα εργασία αλλά και για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, την υποστήριξη, την άμεση ανταπόκριση και την βοήθεια του κατά την διάρκεια της διεξαγωγής της μελέτης.

Εν συνεχεία, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κο Δημήτριο-Βασίλειο Μπατζάκη, όπου με προθυμία και υπομονή βοήθησε στην εξαγωγή των χαρτών αλλά και στην κατανόηση των αποτελεσμάτων τους και ήταν πρόθυμος να βοηθήσει άμεσα σε όποιο πρόβλημα προέκυπτε.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κο Βασίλειο Καψιμάλη, διευθυντή ερευνών στο ΕΛΚΕΘΕ, ως μέλος της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής αλλά και για την βοήθεια του όσο αφορά την πρακτική μου άσκηση καθώς μέσα από αυτήν μου παρείχε χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με το θέμα με της πτυχιακής μου μελέτης.

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κο Κωνσταντίνο Τσανάκα, καθηγητή του τμήματος Γεωγραφίας, στο Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, ως μέλος της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και τους φίλους μου για τη στήριξη, τη συμπαράσταση, την κατανόηση και την αγάπη που μου έδειξαν καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περίληψη.....	1
Abstract.....	2
Κατάλογος Εικόνων	3
Κατάλογος Χαρτών.....	4
1.Εισαγωγή.....	6
1.1. Παραλιακές Ράχες.....	6
1.1.1. Γενικά.....	6
1.1.2. Σχηματισμός.....	8
1.1.3. Εσωτερική δομή.....	9
1.1.4. Ρυθμοί ανάπτυξης.....	9
1.1.5. Χρονολόγηση.....	10
1.2. Ποτάμια Δέλτα.....	11
1.2.1. Γενικά.....	12
1.2.2. Διαμόρφωση ποτάμιων δέλτα.....	12
1.2.3. Μορφολογικά χαρακτηριστικά.....	13
2. Περιοχή Μελέτης.....	15
2.1. Γενικά.....	15
2.2. Αχέροντας ποταμός.....	16
2.3. Οικισμός Αμμουδιά.....	17
2.4. Παλαιογεωγραφική εξέλιξη ευρύτερης περιοχής.....	17
2.4.1. Ιστορικές – Φιλολογικές αναφορές.....	18
2.4.2. Παλαιογεωγραφική εξέλιξη Γλυκύ Λιμένα (κόλπος Φανάρι).....	19
3. Παραλιακές ράχες εκβολών Αχέροντα.....	24

3.1. Γενικά.....	24
3.2. Πρώτη Μεθοδολογική προσέγγιση.....	25
3.3. Δεύτερη Μεθοδολογική προσέγγιση.....	29
3.4. Τρίτη Μεθοδολογική προσέγγιση.....	33
3.5. Τέταρτη Μεθοδολογική προσέγγιση.....	37
3.6. Σύγκριση Μεθοδολογικών προσεγγίσεων.....	40
4. Πρόβλεψη μελλοντικής εξέλιξης περιοχής.....	43
5. Συμπεράσματα.....	45
6. Βιβλιογραφία – Πηγές.....	49

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη των παραλιακών ράχων, συγκεκριμένα η αναγνώριση και η χαρτογράφηση των παραλιακών ράχων που βρίσκονται στις εκβολές του ποταμού Αχέροντα, στην Ήπειρο. Αρχικά γίνεται αναφορά στο τι είναι οι παραλιακές ράχες, στο πως σχηματίζονται, στο ποια είναι η εσωτερική δομή τους, στο ποιοι είναι οι συνήθεις ρυθμοί ανάπτυξής τους και τέλος στο πως μπορούν να χρονολογηθούν. Παράλληλα, γίνεται αναφορά στα ποτάμια δέλτα, αφού η περιοχή βρίσκεται σε ένα τέτοιο δελταϊκό περιβάλλον. Εν συνεχεία πραγματοποιείται η επισκόπηση της περιοχής μελέτης και αναλυτικότερα παρουσιάστηκαν πληροφορίες που αντλήθηκαν από την βιβλιογραφία σχετικά με τον ποταμό Αχέροντα, με τον οικισμό Αμμουδιά αλλά και για την παλαιογεωγραφική εξέλιξη της περιοχής. Κατόπιν επιχειρείται η χαρτογράφηση των παραλιακών ράχων που είναι το κυριότερο μορφολογικό χαρακτηριστικό της περιοχής μελέτης. Προκειμένου να γίνει η όσο το δυνατόν λεπτομερέστερη χαρτογραφική αποτύπωση τους ακολουθήθηκαν τέσσερις μεθοδολογίες, μέχρι να προκύψει το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα. Έχοντας ένα ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DEM) με ανάλυση 5x5 m έγινε η προσπάθεια αποτύπωσης των παραλιακών ράχων, με την αξιοποίηση του λογισμικού ArcGis και του προγράμματος Google Earth. Ακολουθήθηκαν συνολικά 4 μεθοδολογικές προσπάθειες όπου στην τρίτη, με έναν συνδυασμό επιπέδων προκύπτει η πιο ολοκληρωμένη εικόνα που θα μπορούσε να παραχθεί και εκεί διακρίθηκαν 17 παραλιακές ράχες. Ύστερα πραγματοποιείται μία σύγκριση των μεθοδολογικών προσεγγίσεων που εφαρμόστηκαν. Ακολούθως πραγματοποιείται μια πρόβλεψη για τη μελλοντική εξέλιξη της περιοχής, λαμβάνοντας υπόψη τις προβλέψεις της IPCC, για την άνοδο της μέσης στάθμης της θάλασσας έως το έτος 2100 εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής αλλά και την συμπύκνωση των δελταϊκών ιζημάτων. Στην συνέχεια παρουσιάζονται κάποια συμπεράσματα που προκύπτουν από την μελέτη και την έρευνα της περιοχής.

Λέξεις-κλειδιά: Αχέροντας, Παραλιακές Ράχες, Δέλτα, Μελέτη, Χαρτογράφηση

Abstract

The purpose of this work is the study of beach ridges, specifically the identification and mapping of beach ridges located at the mouth of the river Acheron, in Epirus. At first, reference is made to what the beach ridges are, how they are formed, what their internal structure is, what their normal growth rates are, and finally how they can be dated. At the same time reference is made to the Delta Rivers, since the study area is located in such a deltaic environment. The study area is then reviewed and more detailed information presented from the literature on the river Acheron, the settlement of Ammoudia and the paleogeographical development of the area. Then the mapping of the beach ridges is attempted, which is the main morphological feature of the study area. In order to make their cartographic mapping as detailed as possible, four methodologies were followed, until the best possible result is obtained. Having a digital terrain model (DEM) with a resolution of 5x5 m was initially attempted to capture the beach ridges, by utilizing ArcGis software and Google Earth. A total of 4 methodological attempts were followed where in the third, with a combination of levels the most complete image that could be produced emerges and there were 17 beach ridges. Then, a comparison of the methodological approaches applied is made. A forecast is then made for the future development of the region, taking into account the forecasts of the IPCC, for the rise of the average sea level by the year 2100 due to climate change and the condensation of deltaic sediments. The following are some conclusions that emerge from the study and research of the area.

Keywords: Acheron, Beach Ridges, Delta, Study, Mapping

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Απεικόνιση παραλιακών ραχών (beach ridges) στο Cape Krusenstern, στη βορειοδυτική Αλάσκα.....	7
Εικόνα 2: Η εξελικτική πορεία σχηματισμού μίας παραλιακής ράχης.....	8
Εικόνα 3: Οι παραλιακές ράχες στο νοτιοανατολικό τμήμα του νησιού Dauphin, Αλαμπάμα....	10
Εικόνα 4: Μορφολογικά χαρακτηριστικά ποτάμιων δέλτα.....	14
Εικόνα 5 : Χάρτης που απεικονίζει τη σημερινή μορφή της ευρύτερης περιοχής της κοιλάδας και του δέλτα του Αχέροντα ποταμού.....	17
Εικόνα 6 : Παλαιογεωγραφική απεικόνιση της κοιλάδας του Αχέροντα για το 2.100 π.Χ. και τον 8ο αιώνα π.Χ.	20
Εικόνα 7 : Παλαιογεωγραφική εξέλιξη της κοιλάδας του Αχέροντα για τα έτη 433 π.Χ. και 1 π.Χ	21
Εικόνα 8 : Εικόνα της παλαιογραφίας εξέλιξη της κοιλάδας και του δέλτα του Αχέροντα κατά το 1100 μ.Χ. και το 1500 μ.Χ.	22
Εικόνα 9: Εικόνες παλαιογεωγραφίας της κοιλάδας και του δέλτα του Αχέροντα για το 1809 μ.Χ. και για το 1996 μ.Χ.	23
Εικόνα 10 : Φωτογραφία των υπό μελέτη παραλιακών ράχων.....	24
Εικόνα 11 : Τοπογραφική τομή της περιοχής. Η τομή έχει κατασκευαστεί από το DEM της περιοχής και τείνει εγκάρσια στις παραλιακές ράχες.....	37
Εικόνα 12: Αρίθμηση παραλιακών ράχων αξιοποιώντας την εφαρμογή Google Earth Pro.....	40
Εικόνα 13 : Ακτογραμμή περιοχής ακριβώς πριν την εμφάνιση των πρώτων παραλιακών ράχων.....	46
Εικόνα 14 : Πρώτη παραλιακή ράχη σύμφωνα με την τρίτη και τέταρτη μεθοδολογία.....	46

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΧΑΡΤΩΝ

Χάρτης 1 : Τοποθεσία περιοχής μελέτης στην Ελλάδα.....	15
Χάρτης 2 : Περιοχή μελέτης.....	16
Χάρτης 3 : Απεικόνιση τη; περιοχής μελέτης, η οποία έχει διακριθεί σε 5 υψομετρικές ζώνες με υψομετρικό εύρος 1 μέτρο.....	26
Χάρτης 4: Απεικόνιση της περιοχής μελέτης μέσω του DEM μετά την κατηγοριοποίηση σε 9 υψομετρικές ζώνες με εύρος υψομέτρου 0,5 μέτρο.....	27
Χάρτης 5: Αποτύπωση περιοχής μέσω DEM σε 21 υψομετρικές ζώνες ανά 0,2 μέτρο.....	28
Χάρτης 6: Αποτύπωση των αποτελεσμάτων της πρώτης μεθοδολογικής προσέγγισης.....	29
Χάρτης 7: Χάρτης σκιασμένου ανάγλυφου με το αζιμούθιο να βρίσκεται στις 50 μοίρες.....	30
Χάρτης 8: Χάρτης σκιασμένου ανάγλυφου, με το αζιμούθιο να βρίσκεται στις 250 μοίρες.....	31
Χάρτης 9: Χάρτης σκιασμένου ανάγλυφου της περιοχής μελέτης με z factor: 3	32
Χάρτης 10 : Απεικόνιση των αποτελεσμάτων της δεύτερης μεθοδολογικής προσέγγισης.....	32
Χάρτης 11: Αρχικός χάρτης προσανατολισμού της υπό μελέτη περιοχής μέσω του εργαλείου Aspect.....	33
Χάρτης 12 : Χάρτης προσανατολισμού της περιοχής μελέτης, η οποία έχει διαιρεθεί σε 2 ζώνες προσανατολισμού.....	34
Χάρτης 13 : Χάρτης που απεικονίζει την περιοχή μελέτης μέσω του συνδυασμού των δύο επιπέδων (Aspect + Hillshade).....	35
Χάρτης 14 : Απεικόνιση των αποτελεσμάτων της τρίτης μεθοδολογικής προσέγγισης.....	36
Χάρτης 15: Απεικόνιση της γραμμής κατά μήκος της οποίας σχεδιάστηκε η τοπογραφική τομή της περιοχής (ArcGIS).....	37

Χάρτης 16: Τοποθεσία τοπογραφικής τομής στην περιοχή μελέτης που πραγματοποιήθηκε αξιοποιώντας το Google Earth Pro, και αποτύπωση προφίλ ανύψωσης.....	38
Χάρτης 17: Απεικόνιση παραλιακών ράχων μέσω της τέταρτης μεθοδολογικής προσέγγισης.....	39
Χάρτης 18 : Απεικόνιση των τμημάτων της υπό μελέτη περιοχής που είναι πιο πιθανό να καλυφθούν από θαλάσσιο νερό μέχρι το έτος 2100.....	47

1. Εισαγωγή

Το ανάγλυφο και η μορφολογία του ανάγλυφου συνεχώς αλλάζει με την πάροδο του γεωλογικού χρόνου. Αν έβλεπε κανείς μια εικόνα της Γης σήμερα δίπλα σε μία εικόνα της εκατομμύρια χρόνια πριν θα ανακάλυπτε πως δεν έχει καμία σχέση η σημερινή Γη με την τότε. Κατά τη διάρκεια των γεωλογικών αυτών περιόδων της εξέλιξης της Γης έχουν πραγματοποιηθεί πολλά φαινόμενα, όπως σεισμοί, τσουνάμι, εκρήξεις ηφαιστείων, πλημμύρες και άλλες φυσικές διεργασίες άλλοτε αργές και άλλοτε αιφνίδιες που είναι υπεύθυνες για την σημερινή μορφή του πλανήτη.

Ωστόσο δεν είναι μόνο οι παραπάνω μεγάλης κλίμακας φυσικές διεργασίες η βασική αιτία των μεταβολών της μορφολογίας του ανάγλυφου του εδάφους. Πολλές φορές η τεκτονική και η κυματική ή η αιολική ενέργεια σε σχέση με τις διεργασίες είτε της διάβρωσης είτε της απόθεσης, με το πέρασμα των χρόνων, οδηγούν στο σχηματισμό διαφόρων γεωμορφών που συνθέτουν την συνολική μορφή του ανάγλυφου.

Σκοπός της παρούσα εργασίας, είναι η μελέτη και η χαρτογράφηση Παραλιακών Ράχων (beach ridges), που αποτελούν παράκτιες γεωμορφές απόθεσης με ιδιαίτερη παλαιογεωγραφική σημασία καθώς αποτελούν ένδειξη της θέσης της ακτογραμμής αμμωδών αιγιαλών σε παλαιότερες περιόδους. Συγκεκριμένα επιχειρήθηκε η αναγνώριση και χαρτογράφηση των παραλιακών ράχων που αναπτύσσονται στην δελταϊκή πεδιάδα του ποταμού Αχέροντα, στην Ήπειρο, στην Δυτική Ελλάδα. Αξίζει να σημειωθεί ότι στην Ελλάδα δεν έχει επιχειρηθεί έως τώρα η μελέτη και η χαρτογράφηση ανάλογων γεωμορφών παρότι αποτελούν το κύριο μορφολογικό χαρακτηριστικό πολλών δελταϊκών και άλλων παράκτιων πεδιάδων.

1.1. Παραλιακές Ράχες

1.1.1. Γενικά

Οι παραλιακές ράχες είναι παράκτιες γεωμορφές απόθεσης οι οποίες διαμορφώνονται τόσο στις ακτές θαλασσών όσο και λιμνών. Είναι επιμήκη στενά υβώματα που διατάσσονται παράλληλα ή σχεδόν παράλληλα προς την ακτογραμμή και αποτελούνται από ασύνδετα μεταξύ τους ή ελαφρώς συνεκτικοποιημένα υλικά της παράκτιας ζώνης όπως άμμος, χαλίκια, κροκάλες και συχνά κελύφη θαλάσσιων οργανισμών όπου είναι παρόντα.

Οι διαστάσεις τους διαφέρουν από περιοχή σε περιοχή, αφού αυτές εξαρτώνται κυρίως από τα χαρακτηριστικά των υλικών του αιγιαλού και συγκεκριμένα από την κοκκομετρία και τη

σύστασή τους καθώς και από την ένταση του κυματισμού και των επιμηκών παρακτίων ρευμάτων. Όσο αφορά το ύψος των παραλιακών ραχών, αυτό μπορεί να κυμαίνεται από μερικά εκατοστά έως και αρκετά μέτρα. Για το πλάτος τους, οι τιμές τους κυμαίνονται από σχεδόν ένα μέτρο έως και αρκετές δεκάδες μέτρων. Τέλος, το μήκος τους μπορεί να φτάσει πάρα πολλά χιλιόμετρα.

Κατά καιρούς πολλοί ερευνητές έχουν διατυπώσει διάφορες απόψεις σχετικά με το ποια είναι τα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει μια γεωμορφή ώστε να οριστεί ως παραλιακή ράχη. Σήμερα, ως παραλιακές ράχες θεωρούνται τα επιμήκη υβώματα που έχουν σχηματιστεί και διατηρηθεί στην ακτή ως γεωμορφές που διατάσσονται παράλληλα ή σχεδόν παράλληλα προς την ακτογραμμή και σχεδόν παράλληλα μεταξύ τους (στην περίπτωση που είναι περισσότερες από μία) και βρίσκονται πίσω από τον αιγιαλό, πάνω από τη μέση στάθμη πλημμυρίδας και πάνω από τη ζώνη δράσης των κυμάτων καταιγίδας (Otvos, 2000).

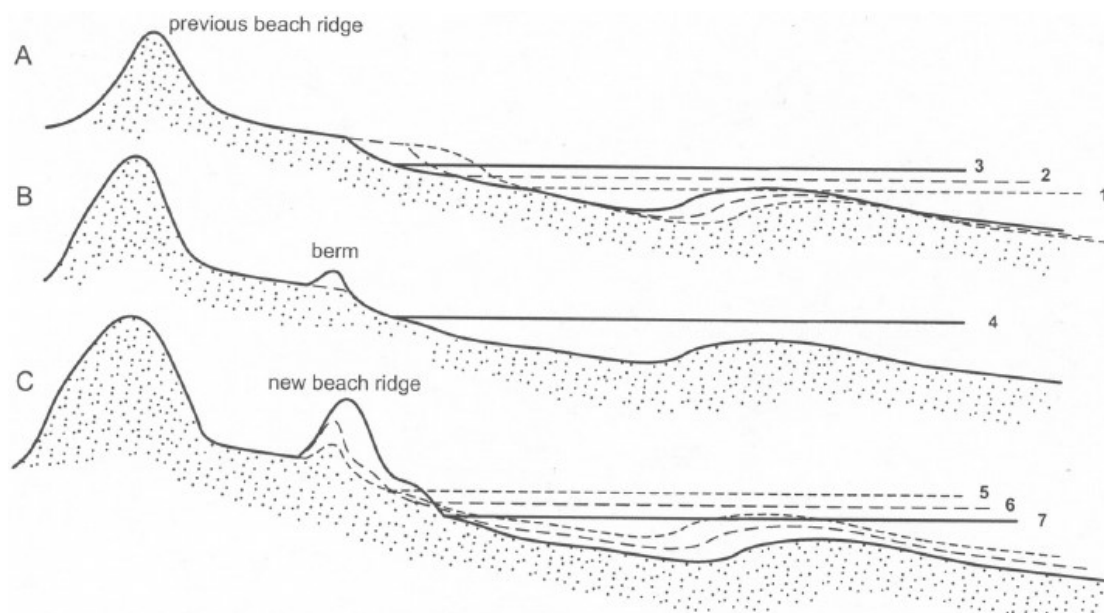


Εικόνα 1 : Απεικόνιση παραλιακών ραχών (beach ridges) στο Cape Krusenstern, στη βορειοδυτική Αλάσκα. Πηγή: National Park Service

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί πως απαραίτητη προϋπόθεση για τον χαρακτηρισμό μιας ράχης ως παραλιακή, είναι μετά το σχηματισμό του υβώματος αυτό να απομονωθεί και να μην επηρεάζεται από τις διεργασίες που είναι ενεργές σήμερα στον αιγιαλό όπως κυματισμός και επιμήκη παράκτια ρεύματα. Η απομόνωση αυτή πραγματοποιείται με την προέλαση της ξηράς η οποία οδηγεί σταδιακά σε σχηματισμό νέων ράχων προς την πλευρά της θάλασσας αφήνοντας πίσω τις παλαιότερες. Ράχες οι οποίες σήμερα είναι ενεργές, που επηρεάζονται δηλαδή και τροποποιούν τα χαρακτηριστικά τους από τις παράκτιες διεργασίες, δε θεωρούνται παραλιακές ράχες (Otvos, 2000).

1.1.2. Σχηματισμός

Η κύρια διεργασία μέσω της οποίας επιτυγχάνεται η δημιουργία των παραλιακών ράχων είναι η δράση του κυματισμού ενώ σημαντικό ρόλο για την τελική τους διαμόρφωση έχουν και οι αιολικές διεργασίες. Στην κορυφή των παραλιακών ράχων συνήθως εναποτίθενται αιολικές αποθέσεις άμμου, δίνοντας τους έτσι μία λοφώδη μορφή.



Εικόνα 2 : Η εξελικτική πορεία σχηματισμού μίας παραλιακής ράχης. Πηγή: Reconstructing paleo lake levels from relict shorelines along the Upper Great Lakes, John W. Johnston

Ο σχηματισμός των παραλιακών ράχων εξαρτάται κατά κύριο λόγο από την τροφοδοσία του αιγιαλού με παράκτιο ιζήμα. Προκειμένου να σχηματιστούν σε μια παράκτια ζώνη είναι απαραίτητο το θετικό ισοζύγιο των παράκτιων ιζημάτων. Δηλαδή, πρέπει συνολικά η ποσότητα του ιζήματος που παρέχεται είτε από την ποτάμια τροφοδοσία είτε από την κυματική δράση στον αιγιαλό, και προστίθεται στην ακτογραμμή να είναι μεγαλύτερη από την ποσότητα ιζήματος που απομακρύνεται εξ αυτών. Τέτοιες συνθήκες θετικού ισοζυγίου παράκτιων ιζημάτων και ιδανικές για την ανάπτυξη παραλιακών ράχων μπορούν να βρεθούν, για παράδειγμα, στα μέτωπα των ποτάμιων δέλτα.

Ωστόσο υπάρχουν και άλλοι σημαντικοί παράγοντες διαμόρφωσης των παραλιακών ράχων, πέρα από την άφθονη ποσότητα ιζήματος στην παράκτια ζώνη. Σημαντικό ρόλο έχουν και η βαθυμετρία της εσωτερικής υφαλοκρηπίδας, το καθεστώς της κυματικής ενέργειας, οι διακυμάνσεις της στάθμης θάλασσας και το μέσο μέγεθος των κόκκων του ιζήματος του αιγιαλού. Συγκεκριμένα ο τελευταίος παράγοντας, είναι ιδιαίτερα κρίσιμος και αυτό γιατί σε

αμμόδεις αιγιαλούς οι παραλιακές ράχες μπορούν να δημιουργηθούν σε περίοδο χαμηλής κυματικής ενέργειας, ωστόσο στους χαλικώδεις αιγιαλούς ο σχηματισμός τους πραγματοποιείται σε περίοδο αρκετά υψηλής κυματικής ενέργειας.

1.1.3. Εσωτερική δομή

Υπάρχουν δύο είδη παραλιακών ράχων που μπορούν να σχηματιστούν σε μία ακτή που προελαύνει. Το πρώτο είδος, είναι αυτό που προκύπτει από την σταδιακή προσαύξηση και ένωση των φραγμάτων από χαλαρά υλικά που σχηματίζονται από τον παφλασμό των κυμάτων κατά τη διάρκεια μεταφοράς και απόθεσης, στο άνω τμήμα του μετώπου του αιγιαλού. Το συγκεκριμένο είδος σχηματίζεται από στρωματίδια άμμου ή χαλίκων που κλίνουν προς τη θάλασσα. Το δεύτερο είδος, προκύπτει από την ανάδυση και την εμφάνιση υποθαλάσσιων επιμηκών παράκτιων φραγμάτων, γεγονός που πραγματοποιείται κατά τη διάρκεια συνθηκών χαμηλής κυματικής ενέργειας και πτώσης της θάλασσας. Αυτό το είδος, όπως και το πρώτο, σχηματίζεται κυρίως από στρωματίδια υλικών που κλίνουν προς τη θάλασσα, ωστόσο, είναι πιθανό να υπάρχουν και επίπεδα στρώματα ή σταυρωτά στρώματα που σχετίζονται με την προς την ξηρά μετακίνηση των προστατευμένων από τον αέρα πλευρών. Σε αυτό το είδος μπορεί στην προς τη θάλασσα πλευρά της να υπάρχει και ένα λεπτό στρώμα υλικών που έχει αποτεθεί εκεί λόγω του παφλασμού των κυμάτων.

1.1.4. Ρυθμοί ανάπτυξης

Οι ρυθμοί ανάπτυξης των παραλιακών ράχων δεν είναι σταθεροί σε όλα τα παράκτια περιβάλλοντα αλλά διαφοροποιούνται σημαντικά. Στην Ελλάδα, δεν έχουν γίνει μελέτες που να προσδίδουν ακριβώς την ηλικία της κάθε παραλιακής ράχης σε μία περιοχή, ωστόσο στο εξωτερικό έχουν γίνει μελέτες που δίνουν το αναμενόμενο χρονικό διάστημα που χρειάζεται μία νέα παραλιακή ράχη να δημιουργηθεί μετά από το σχηματισμό μίας παλαιότερης.

Ο ρυθμός ανάπτυξης των παραλιακών ράχων, εξαρτάται από διάφορους παράγοντες. Οι σημαντικότεροι από τους παράγοντες αυτούς που επηρεάζουν τον σχηματισμό της συγκεκριμένης γεωμορφής είναι οι διαστάσεις της παραλιακής ράχης, η κλίση του βυθού και οι ρυθμοί παροχής άμμου. Ανάλογα λοιπόν τους προαναφερθέντες παράγοντες, υπολογίζεται πως ο μέσος όρος για τη δημιουργία μίας μεμονωμένης παραλιακής ράχης είναι 30-150 χρόνια.

Επιπρόσθετα, σύμφωνα με μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί στο νησί Dauphin το οποίο βρίσκεται στην Αλαμπάμα, έχει εκτιμηθεί ένας μέσος ρυθμός ανάπτυξης 1,8- 2,5 έτη ανά ράχη. (Otvos 2000)



Εικόνα 3 : Οι παραλιακές ράχες στο νοτιοανατολικό τμήμα του νησιού Dauphin, Αλαμπάμα. Πηγή: Otvos 2000

Ανάλογη έρευνα στο δέλτα του Νείλου, όπου έχουν σχηματιστεί συνολικά 18 παραλιακές ράχες που εκτείνονται σε πλάτος 7 χιλιομέτρων, έδειξε πως ο ρυθμός ανάπτυξης τους είναι 3,3 έτη ανά ράχη.

Επομένως, το συμπέρασμα που βγαίνει σύμφωνα με τα παραπάνω είναι πως, ανάλογα με τις διαστάσεις της ράχης, τους ρυθμούς προσφοράς του ιζήματος, τις συνθήκες βλάστησης και το επικρατών υδροδυναμικό καθεστώς ο ρυθμός ανάπτυξης των παραλιακών ράχων μπορεί να είναι είτε πολύ αργός είτε πολύ γρήγορος (Nanson, 1998) . Μια εκτίμηση από μελέτες σε διάφορες περιοχές του κόσμου, είναι πως οι ρυθμοί ανάπτυξης ανάλογα με το περιβάλλον και τις επικρατούσες συνθήκες κυμαίνονται από 1,8 – 3,3 έτη έως και 30 – 150 έτη ανά ράχη (Otvos, 2020).

1.1.5. Χρονολόγηση

Ο προσδιορισμός της ηλικίας των ράχων ενός συστήματος μπορεί να βασιστεί σε δύο τρόπους. Ένας εξ αυτών είναι η δημιουργία ενός μοντέλου ηλικίας για την εξέλιξη του συστήματος των παραλιακών ράχων ενώ ο δεύτερος είναι η πραγματοποίηση χρονολόγησης για κάθε παραλιακή ράχη ξεχωριστά.

Η χρονολόγηση των απολιθωμένων παραλιακών ράχων μπορεί να πραγματοποιηθεί με την εφαρμογή μεθόδων οπτικά διεγερμένης φωταύγειας (OSL) στην άμμο όπου σχηματίστηκαν. Μπορούν επίσης να χρονολογηθούν με την μέθοδο της ραδιοχρονολόγησης (^{14}C) του οργανικού υλικού στο έδαφος ή και την τύρφη που ενδεχομένως δημιουργήθηκε στις λεπτόκοκκες πλούσιες σε οργανικό υλικό αποθέσεις των επιμηκών ελωδών βυθισμάτων μεταξύ των ράχων. Επιπλέον η μέθοδος αυτή ραδιοχρονολόγησης μπορεί να εφαρμοστεί στα απολιθώματα

οστράκων που έχουν ενσωματωθεί στις αποθέσεις των ιζημάτων των παραλιακών ράχων. Ωστόσο υπάρχουν πολλές αβεβαιότητες που περιορίζουν την χρήση των τεχνικών ραδιοχρονολόγησης. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται κατά την χρονολόγηση οργανικών υλικών που βρίσκονται σε παράκτια ελώδη περιβάλλοντα καθώς αυτά μπορεί να έχουν συσσωρευτεί σε άγνωστο χρονικό διάστημα μετά το σχηματισμό των παραλιακών ράχων οδηγώντας έτσι σε υποεκτίμηση της ηλικίας τους. Αντίθετα ο Nott(2009) αναφέρει πως η χρονολόγηση των όστρακων που είναι ενσωματωμένα στις παραλιακές ράχες μπορεί να οδηγήσει σε υπερεκτίμηση της ηλικίας τους. Πράγματι, τα όστρακα μπορεί να παραμένουν για μεγάλα χρονικά διαστήματα στην περιοχή κοντά στην ακτή ή να έχουν προκύψει από τη διάβρωση παλαιότερων αποθέσεων πριν ενσωματωθούν στην εκάστοτε παραλιακή ράχη. Συνεπώς, θεωρείται επιθυμητή η χρονολόγηση των ράχων τόσο με την μέθοδο της ραδιοχρονολόγησης όσο και της χρονολόγησης OSL, στην ίδια παραλιακή ράχη, προκειμένου να είναι ακριβέστερος ο προσδιορισμός της ηλικίας της.

Τα δείγματα που χρησιμοποιούνται για χρονολόγηση πρέπει κατά προτίμηση να λαμβάνονται από το ανώτερο τμήμα της παραλιακής ράχης. Ωστόσο αυτό δεν είναι πάντα δυνατό λόγω της ύπαρξης ενός μεγάλου πάχους καλύμματος αιολικής άμμου που καλύπτει την παραλιακή ράχη. Μπορούν να συλλεχθούν δείγματα από την συγκεκριμένη άμμο υποθέτοντας όμως πως το κάλυμμα της αιολικής άμμου δημιουργήθηκε ταυτόχρονα με την παραλιακή ράχη. Οι αβεβαιότητες στις περισσότερες ηλικίες OSL που χρησιμοποιούνται για την χρονολόγηση των παραλιακών ράχων και των συναφών αιολικών ιζημάτων κυμαίνεται μεταξύ 6% και 8% όπου οι αβεβαιότητες αυτές αφορούν στην μέτρηση της δόσης και στους ρυθμούς δόσης. Τα χαλικώδη συστήματα παραλιακών ράχων είναι δύσκολο να χρονολογηθούν με τις παραδοσιακές μεθόδους OSL και για τον λόγο αυτό έχει γίνει πολύ προσπάθεια για την ανάπτυξη μεθόδων που θα μπορούσαν να χρονολογήσουν παραλιακές ράχες που αποτελούνται αποκλειστικά από κροκάλες και που απουσιάζουν κελύφη οργανισμών. (Clemmensen , 2017)

1.2. Ποτάμια Δέλτα

Δεδομένου ότι οι παραλιακές ράχες που χαρτογραφήθηκαν αναπτύσσονται στη δελταϊκή πεδιάδα που έχει αναπτυχθεί στις εκβολές του ποταμού Αχέροντα κρίθηκε σκόπιμη η αναφορά στα ποτάμια δέλτα και στα κύρια μορφολογικά τους χαρακτηριστικά.

1.2.1. Γενικά

Ο όρος «δέλτα» χρησιμοποιήθηκε αρχικά γύρω στο 450 π.Χ. από τον Ηρόδοτο ώστε να περιγράψει τις παράκτιες γεωμορφές που σχηματίζουν οι εκβολές του ποταμού Νείλου. Σήμερα, ο όρος αυτός αναφέρεται στις χαρακτηριστικές μορφές απόθεσης οι οποίες δημιουργούνται σε περιοχές ποτάμιων εκβολών, όταν ο ρυθμός προσφοράς ιζήματος από το ποτάμι είναι ταχύτερος από το ρυθμό απομάκρυνσής του λόγω θαλάσσιων διεργασιών (κυματισμός, παλίρροια, θαλάσσια ρεύματα κλπ).

Τα Δέλτα των ποταμών έχουν ιδιαίτερα σημαντική κοινωνικοοικονομική σπουδαιότητα. Από την αρχαιότητα ακόμα φιλοξένησαν πληθυσμούς και σήμερα συνιστούν βασικό τμήμα της παγκόσμιας γεωργικής και αλιευτικής δραστηριότητας, ενώ αποτελούν πόλο έλξης για χιλιάδες τουρίστες και ένα σπουδαίο οικοσύστημα για πληθώρα ειδών του ζωικού και φυτικού βασιλείου, πολλά από αυτά σπάνια. Επιπρόσθετα, οι περιοχές αυτές διαμορφώνουν ευνοϊκές συνθήκες για το σχηματισμό υγρών και αέριων υδρογονανθράκων, καθώς τα δελταϊκά ιζήματα συχνά εμπεριέχουν τύρφη, ορυκτό άνθρακα και λοιπές οργανικές ενώσεις που, με τον ενταφιασμό τους, συχνά οδηγούν στο σχηματισμό πετρελαίου και φυσικού αερίου. Μάλιστα, συνήθως διαμορφώνονται αποθέσεις άμμου μεγάλου πάχους με σημαντικό πορώδες, οι οποίες λειτουργούν σαν παγίδες υδρογονανθράκων. Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί πως δε σχηματίζουν δέλτα όλα τα ποτάμια συστήματα και ούτε όλα τα δέλτα είναι.

1.2.2. Διαμόρφωση ποτάμιων δέλτα

Ο σχηματισμός των ποτάμιων δέλτα είναι το αποτέλεσμα του συνδυασμού πολλών παραγόντων. Για να δημιουργήσει ένας ποταμός δέλτα στις εκβολές του, θα πρέπει να πληρεί ορισμένες προϋποθέσεις. Αυτές είναι αφενός η μεγάλη προσφορά ιζήματος από το ποτάμι που έχει να κάνει με τις συνθήκες (κλιματολογικές συνθήκες, είδος και ποσότητα βλάστησης, λιθολογική σύσταση, τεκτονική καταπόνηση των γεωλογικών σχηματισμών στην περιοχή και ανθρώπινες ενέργειες) που επικρατούν στην λεκάνη απορροής και αφετέρου η ύπαρξη κατάλληλων συνθηκών στο υποθαλάσσιο τμήμα που εκβάλλει ο ποταμός (χαμηλή κυματική ενέργεια, σχετικά μικρό βάθος, μικρό εύρος παλίρροιας, ευνοϊκά παράκτια ρεύματα και γεωμετρία κλειστού τύπου).

Τα δέλτα είναι φυσικά οικοσυστήματα που μεταβάλλονται δυναμικά και ανταποκρίνονται είτε άμεσα είτε έμμεσα σε κάθε μεταβολή που συμβαίνει εντός των λεκάνων απορροής αλλά και στις παράκτιες διεργασίες. Έχει εκτιμηθεί πως παγκοσμίως, κάθε χρόνο μεταφέρονται 15×10^9 τόνοι ιζήματος στη θάλασσα. Το είδος και η ποσότητα του ιζήματος που καταλήγει στην ακτή μέσω

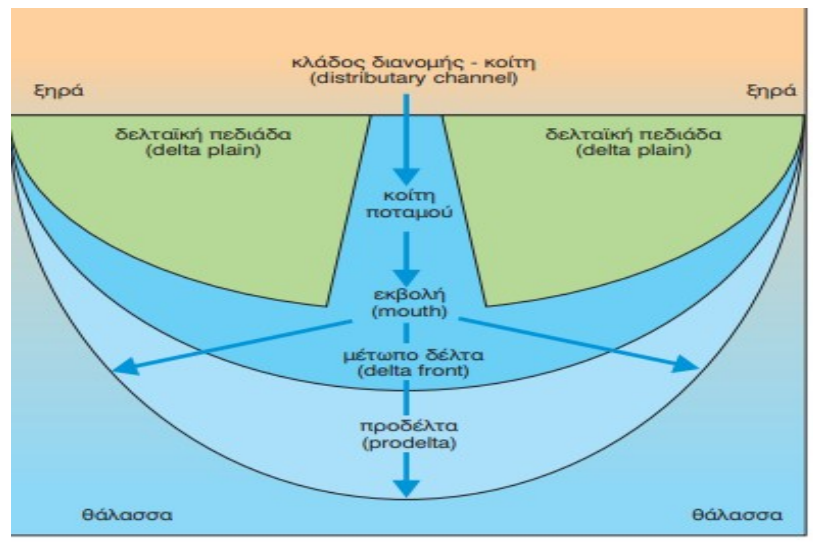
ενός από ποταμούς επίσης εξαρτάται από κάποιους παράγοντες. Οι παράγοντες αυτοί είναι η έκταση της λεκάνης απορροής και η τραχύτητα του ανάγλυφου της, η λιθολογία και ο τεκτονισμός της λεκάνης απορροής, οι κλιματικές συνθήκες και το είδος αλλά και η ένταση των ανθρώπινων επεμβάσεων εντός της λεκάνης.

1.2.3. Μορφολογικά χαρακτηριστικά

Τα ποτάμια δέλτα αποτελούνται από δύο τμήματα, ένα επιφανειακό και ένα υποθαλάσσιο. Η έκταση αυτών των τμημάτων διαφέρει από δέλτα σε δέλτα αφού αυτή εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, κυριότεροι εκ των οποίων είναι οι θαλάσσιες διεργασίες (κύματα, παλίρροιες, θαλάσσια ρεύματα) και η υποθαλάσσια μορφολογία. Τα κύρια μορφολογικά χαρακτηριστικά των δέλτα είναι στο σύνολο τους τρία και αυτά είναι η δελταϊκή πεδιάδα, το μέτωπο και το προδέλτα.

Αναλυτικότερα, η δελταϊκή πεδιάδα αποτελεί ουσιαστικά το επιφανειακό μέρος του δέλτα, χαρακτηρίζεται από ήπιο ανάγλυφο και διατρέχεται από μία ή περισσότερες κοίτες. Εκατέρωθεν των κοιτών διαμορφώνονται αναχώματα, τα οποία συχνά σε περιπτώσεις πλημμυρικών παροχών αποχωρούν και τότε η πεδιάδα καλύπτεται με νερό το οποίο εμπεριέχει λεπτομερή υλικά. Αντίστοιχα, όταν η παροχή μειώνεται και τα νερά υποχωρούν, τα υλικά αυτά αποτίθενται. Τέτοιες διεργασίες υποχώρησης των αναχωμάτων οδηγούν συχνά σε εγκατάλειψη της κοίτης και αλλαγή της διεύθυνσης ροής του ποταμού. Όσο αφορά το μέτωπο του δέλτα, περιλαμβάνει τις εκβολές την ακτογραμμή του δέλτα και την περιοχή που εκτείνεται από την ακτογραμμή προς τη θάλασσα. Η γεωμετρία του μετώπου αλλάζει ανάλογα τις διεργασίες που κυριαρχούν. Οι παραλιακές ράχες συχνά αποτελούν τμήμα του δελταϊκού μετώπου καταλαμβάνοντας σημαντική έκταση της δελταϊκής πεδιάδας εκεί που οι συνθήκες είναι ευνοϊκές για την ανάπτυξή τους. Σε αρκετά δέλτα οι ράχες βρίσκονται εκατέρωθεν των σημερινών η παλαιών εκβολών όπου η τροφοδοσία με ιζήμα από το ποτάμι είναι μεγάλη και ιζήματα παρασύρονται από τα επιμήκη παράκτια ρεύματα και τον κυματισμό.

Τέλος, όσο αφορά το προδέλτα αναπτύσσεται υποθαλάσσια και αποτελείται από λεπτόκοκκα ιζήματα που αποτίθενται από το εν αιωρήσει υλικό του ποταμού. Το συγκεκριμένο τμήμα δεν επηρεάζεται από θαλάσσιες διεργασίες αφού βρίσκεται κάτω από το επίπεδο βάσης των κυμάτων όμως μια αποσταθεροποίηση των κλιτύων του προδέλτα, η οποία μπορεί να γίνει είτε λόγω κάποιας σεισμικής δόνησης είτε λόγω μεγάλης συσσώρευσης όγκου ιζήματος είναι πιθανό να προκαλέσει τσουνάμι.

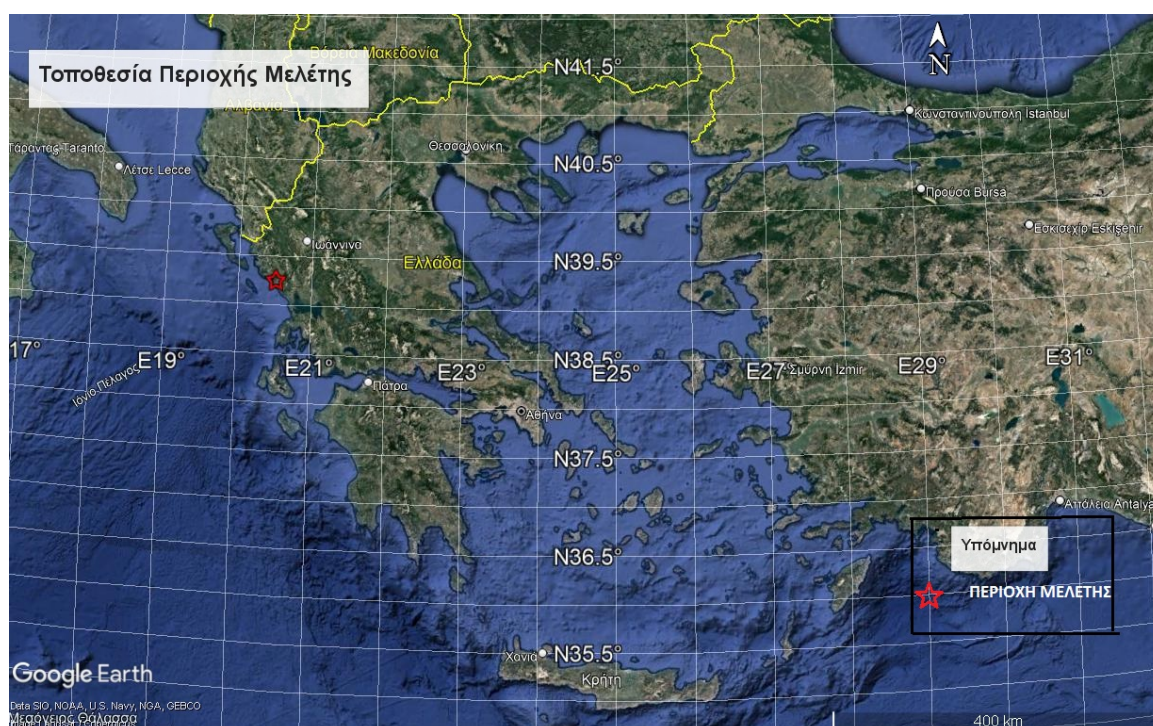


Εικόνα 4 : Μορφολογικά χαρακτηριστικά ποτάμιων δέλτα. Πηγή: Καρύμπαλης Ε.,2010.

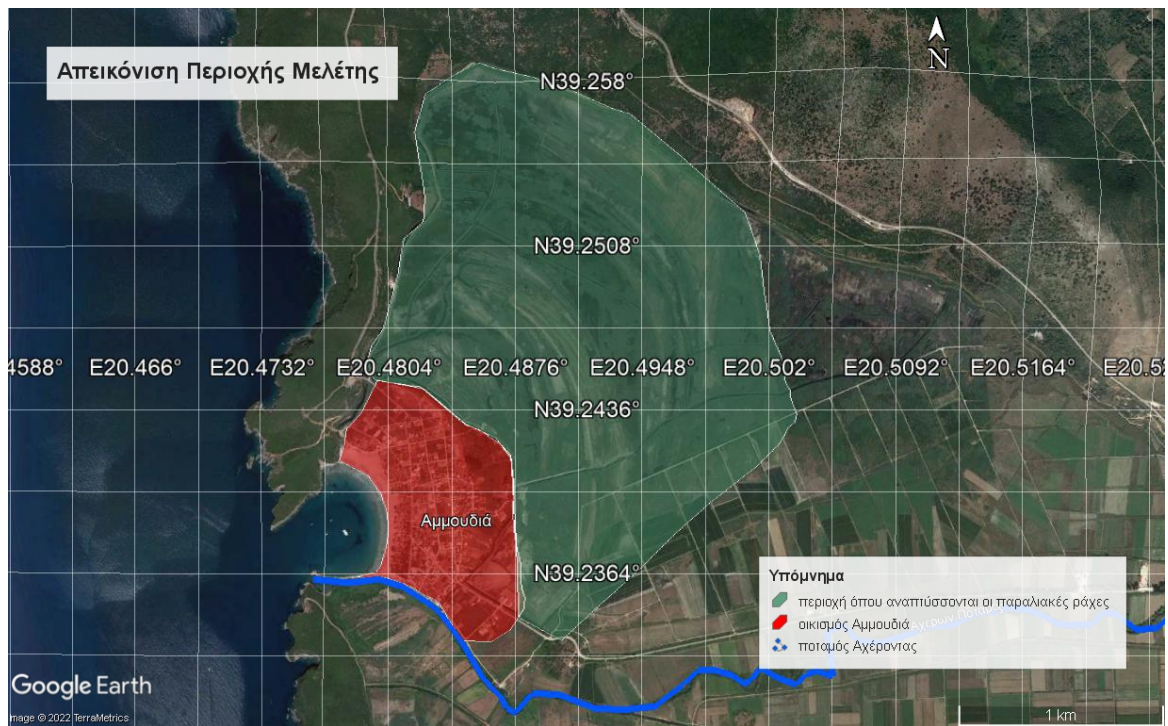
2. Περιοχή Μελέτης

2.1. Γενικά

Η περιοχή που μελετάται στην παρούσα εργασία βρίσκεται στο δελταϊκό περιβάλλον που αναπτύσσεται στις εκβολές του ποταμού Αχέροντα, στην Ήπειρο. Συγκεκριμένα πρόκειται για το τμήμα της δελταϊκής πεδιάδας του ποταμού Αχέροντα που αναπτύσσεται ανατολικά και βορειοανατολικά του οικισμού Αμμουδιά. Αποτελεί μια περιοχή όπου έχει σχηματιστεί μια σειρά καλά ανεπτυγμένων παραλιακών ράχων (beach ridges).



Χάρτης 1 : Τοποθεσία περιοχής μελέτης στην Ελλάδα. Πηγή: Google Earth.



Χάρτης 2 : Περιοχή μελέτης, Πηγή: Google Earth.

2.2. Αχέροντας Ποταμός

Ο Αχέρων ποταμός (Αχέροντας στη δημοτική) βρίσκεται στην Δυτική Ελλάδα, συγκεκριμένα στην περιφέρεια της Ηπείρου, διασχίζει τους νομούς Ιωαννίνων, Θεσπρωτίας και Πρεβέζης και έχει μήκος κεντρικής κοίτης περίπου 52 χιλιόμετρα. Οι πηγές του είναι στα Σουλιώτικα Όρη. Οι κύριοι παραπόταμοι του Αχέροντα είναι ο Κωκκυτός, ο Βωβός, ο Κάκαβας και το ρέμα Ντάλα. Το ποτάμι κινείται από τα βορειοανατολικά προς τα νοτιοδυτικά με τον βασικό του ρου να ξεκινάει κοντά στο χωριό Πλατυστάφυλο.

Η συνολική επιφάνεια της λεκάνης απορροής του ανέρχεται σε 693 km², το μέσο ετήσιο ύψος βροχοπτώσεων φθάνει τα 1.700 mm, ο μέσος ετήσιος όγκος νετού υπολογίζεται σε 1.297 x 10⁶ m³, η δε συνολική ετήσια απορροή του εκτιμάται σε 740 x 10⁶ m³ νερού (ECODONET, 2008).

Το Δέλτα του ποταμού Αχέροντα, είναι αξιοσημείωτο πως φιλοξενεί αρκετά και ποικίλη είδη χλωρίδας και πανίδας, συγκεκριμένα συνολικά 19 τύπους οικοτόπων και 449 είδη πανίδας πολλά από αυτά σπάνια. ενώ στις πλέον αξιόλογες υγροτοπικές περιοχές εντάσσεται και το έλος της Αμμουδιάς. Για αυτό και σήμερα συμπεριλαμβάνεται στο ευρωπαϊκό δίκτυο προστατευμένων περιοχών NATURA 2000.

2.3. Οικισμός Αμμουδιά

Η Αμμουδιά είναι ένα μικρό χωριό που βρίσκεται στο Νομό Πρεβέζης στις εκβολές του ποταμού Αχέροντα. Διοικητικά ανήκει στο Δήμο Φαναρίου και βρέχεται από τα νερά του Ιόνιου Πελάγους. Η αμμώδης παραλία του χωριού αναπτύσσεται στον όρμο Φανάρι. Αρχικά το χωριό αυτό άνηκε στο Νομό Θεσπρωτίας μέχρι το 1946. Περίπου κατά το 1450 φημιολογείται πως εγκαταστάθηκε εκεί ο πρώτος κάτοικος, ενώ περί το 1700 είχε πλέον πολυάριθμους κατοίκους.

Η Αμμουδιά, σύμφωνα με την τελευταία απογραφή αποτελείται από 308 μόνιμους κατοίκους. Το συγκεκριμένο χωριό έχει υψηλή τουριστική σημασία και είναι ένα δημοφιλές θέρετρο όπου υπάρχουν διάφορες δραστηριότητες που μπορεί κανείς να ακολουθήσει. Οι ίδιοι οι κάτοικοι είτε ασχολούνται με το ψάρεμα είτε με τον τουρισμό είτε με άλλες δραστηριότητες με τις οποίες μπορούν να αξιοποιήσουν πλήρως τις δυνατότητες του τοπίου.

Εκτός από το ότι μπορεί κανείς να διασχίσει το πλωτό τμήμα του ποταμού, μπορεί επίσης να περπατήσει ανάμεσα στα σπάνια δέντρα και φυτά που διαθέτει το πλούσιο φυσικό σύστημα του δέλτα του Αχέροντα. Επιπρόσθετα, δίνεται η δυνατότητα για εξάσκηση ή εκμάθηση διάφορων σπορ θαλάσσης εφόσον διαθέτει και παραλία. Τέλος, στην Αμμουδιά υπάρχουν πολλές ταβέρνες-αναψυκτήρια αλλά και ξενοδοχεία για διαμονή.

2.4. Παλαιογεωγραφική εξέλιξη ευρύτερης περιοχής

Η σημερινή εικόνα της Αμμουδιάς, της παραλίας της αλλά και της ευρύτερης περιοχής της δεν μοιάζουν σε καμία περίπτωση με την εικόνα που είχαν πριν από χιλιάδες χρόνια. Η σημερινή εικόνα είναι αποτέλεσμα της διαχρονικής δράσης φυσικών διεργασιών, οι οποίες με την πάροδο του χρόνου έδωσαν την σημερινή μορφή στην συγκεκριμένη περιοχή.



Εικόνα 5 : Χάρτης που απεικονίζει τη σημερινή μορφή της ευρύτερης περιοχής της κοιλάδας και του δέλτα του Αχέροντα ποταμού.(Besonen, Rapp, Jing : 2003)

2.4.1. Ιστορικές – Φιλολογικές αναφορές

Αναφορές σχετικά με την περιοχή της Αμμουδιάς συγκεκριμένα δεν υπάρχουν, εξάλλου όπως αναφέρθηκε παραπάνω δεν κατοικούταν μέχρι και το 1950, ωστόσο υπάρχουν αναφορές που αφορούν τον κόλπο Φανάρι.

Παλαιότερα, ο κόλπος της Αμμουδιάς (Φανάρι) ήταν γνωστή ως λιμάνι Γλυκός . Ο Έλληνας γεωγράφος και ιστορικός Στράβωνας ο οποίος έζησε περί το 21 μ.Χ. , επιχείρησε να δώσει μία εξήγηση για την ονομασία αυτή. Σύμφωνα με τον Στράβωνα, η εισροή του γλυκού νερού του Αχέροντα και των παραποτάμων του προκάλεσε αραίωση του θαλασσινού νερού που γέμιζε τον κόλπο.

Ο Στράβωνας ωστόσο δεν ήταν ο μόνος που ανέφερε το συγκεκριμένο μέρος. Πολλοί αρχαίοι συγγραφείς κάνουν λόγο για το λιμάνι Γλυκός, συγκεκριμένα 3 συγγραφείς, σύμφωνα μάλιστα με τους οποίους παλαιότερα ήταν πολύ μεγαλύτερο από ότι είναι σήμερα. Στα τέλη του 5^{ου} αιώνα π.Χ. ο Θουκυδίδης αναφέρει στην ιστορία του με τους Πελοποννησιακούς πολέμους, πως οι Κορίνθιοι αγκυροβόλησαν 150 πλοία του στο λιμάνι Γλυκός, το 433 π.Χ. πριν την μάχη στα Σύβοτα. Επιπρόσθετα, ο Δίων ο Κάσσιος, ρωμαίος ιστορικός ελληνικής καταγωγής, μας μαρτυρά πως ο Οκταβιανός Αύγουστος (Ρωμαίος αυτοκράτορας) το καλοκαίρι του 31 π.Χ. αγκυροβόλησε στο ίδιο λιμάνι 250 από τα πλοία του λίγες μέρες πριν την ναυμαχία του Ακτίου. Τέλος, η Άννα Κομνηνή (Βυζαντινή ιστορικός) αναφέρει πως το 1081-82 μ.Χ. , περίπου 1,100 χρόνια μετά την ναυμαχία του Ακτίου, ο Νορμανδός Ρόμπερτ Γκισάρντ και ο μεγάλος στόλος του έβγαλαν έναν ολόκληρο χειμώνα στο Δέλτα του Αχέροντα. Η σύγχρονη παραλία Φανάρι, είναι φανερό πως δεν θα μπορούσε να φιλοξενήσει τόσο μεγάλους ναυτικούς στόλους (Besonen, Rapp, Jing : 2003). Είναι πολύ πιθανό λοιπόν ο θαλάσσιος αυτός κόλπος να «πληρήθηκε» από τις παραλιακές ράχες που σταδιακά αναπτύσσονταν από τη διαμόρφωση των ιζημάτων του ποταμού Αχέροντα.

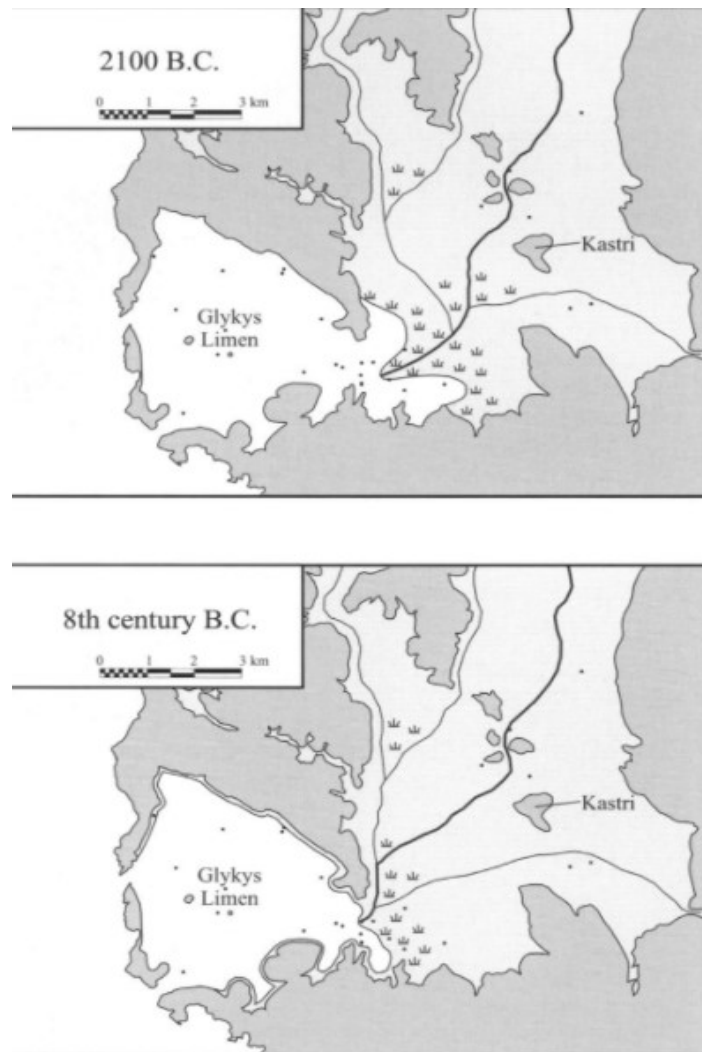
Ο Δάκαρης Σ. , αρχαιολόγος που έχει μελετήσει εκτενώς την συγκεκριμένη περιοχή, λαμβάνοντας υπόψη τις αναφορές των τριών συγγραφέων προμήθευσε δύο ακόμα σειρές γεωλογικών στοιχείων, που πλέον αποδεικνύουν πως ο όρμος Φανάρι κάποτε ήταν πολύ μεγαλύτερος σε διαστάσεις. Ο Δάκαρης σημείωσε την ύπαρξη μίας παλαιάς λωρίδας από άμμο περίπου 1,5 χιλιόμετρο ανατολικά του χωριού Αμμουδιά, παρόμοια με την λευκή άμμο της παραλίας που περιβάλλεται από τον κόλπο Φανάρι σήμερα. Αυτή η λωρίδα άμμου σε συνδυασμό με το στρώμα άμμου από κοχύλια που βγήκε στο φως στη συμβολή του Κωκυτού με τον Αχέροντα, σε βάθος 17,5 μέτρα από την παρούσα επιφάνεια, παρέχει σαφή γεωλογική

απόδειξη πως το λιμάνι Γλυκός στο παρελθόν ήταν αρκετά εκτεταμένο και εκτεινόταν ανατολικά της σημερινής ακτογραμμής.(Δάκαρης, 1971)

2.4.2. Γεωμορφολογική εξέλιξη Γλυκού Λιμένα (Κόλπος Φανάρι)

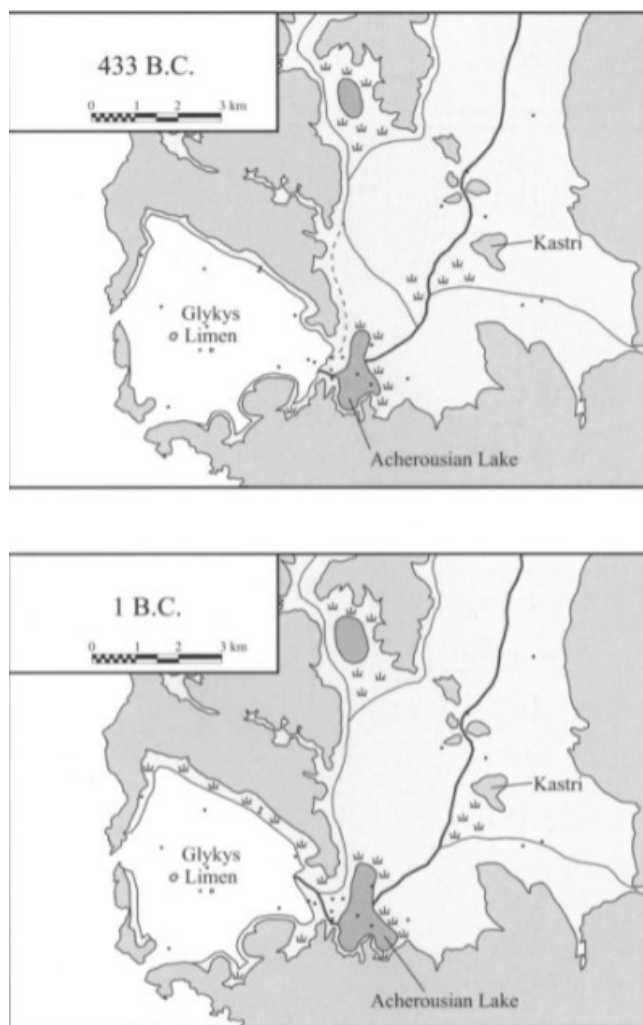
Σύμφωνα με τον Δάκαρη (1971), ο Γλυκός Λιμένας ήταν στο παρελθόν πολύ μεγαλύτερος και εκτεινόταν κοντά στην κοιλάδα Τσουκνίδας/Μεσοποτάμου. Η πρόταση αυτή βασίστηκε στην έρευνα που έκανε ο ίδιος παρατηρώντας μία παλιά παραλιακή ράχη, 1,5 χιλιόμετρο ανατολικά του χωριού Αμμουδιά, σε συνδυασμό με την ύπαρξη απολιθωμένης θαλάσσιας πανίδας κοντά στη συμβολή του Αχέροντα με τον Βουβό ποταμό. Ωστόσο πιο πρόσφατες έρευνες δείχνουν πως η πρόταση του Δάκαρη δεν είναι και τόσο ορθή. Η θαλάσσια επιρροή φαίνεται να είχε φτάσει περισσότερο προς την ενδοχώρα, αφού οι Ολοκαινικές θαλάσσιες αποθέσεις εκτείνονταν περίπου 100 μέτρα ανατολικά της κοιλάδας περίπου το 2.100 π.Χ. (Besonen, Rapp, Jing : 2003).

Επειδή η ενέργεια των κυμάτων και των παλιρροιών είναι μικρή κατά μήκος της ηπειρώτικης ακτής και ακόμη μικρότερη στον καλά προστατευμένο κόλπο Φαναρίου, το δέλτα του Αχέροντα κυριαρχείται από ποτάμιες διεργασίες. Δείγματα που λήφθηκαν και αργότερα ραδιοχρονολογήθηκαν νοτιοανατολικά της σημερινής συμβολής των ποταμών Αχέροντα και Βουβού, περίπου 6 χιλιόμετρα από τον κόλπο Φανάρι, δείχνουν πως η επιφάνεια μεταξύ της κορυφής του Δέλτα και των ελωδών περιβαλλόντων που βρίσκονται σήμερα στον κόλπο Φανάρι έχει μεταναστεύσει τουλάχιστον 5,3 χιλιόμετρα προς τη θάλασσα από το 2.100 π.Χ.. (Besonen, Rapp, Jing : 2003)



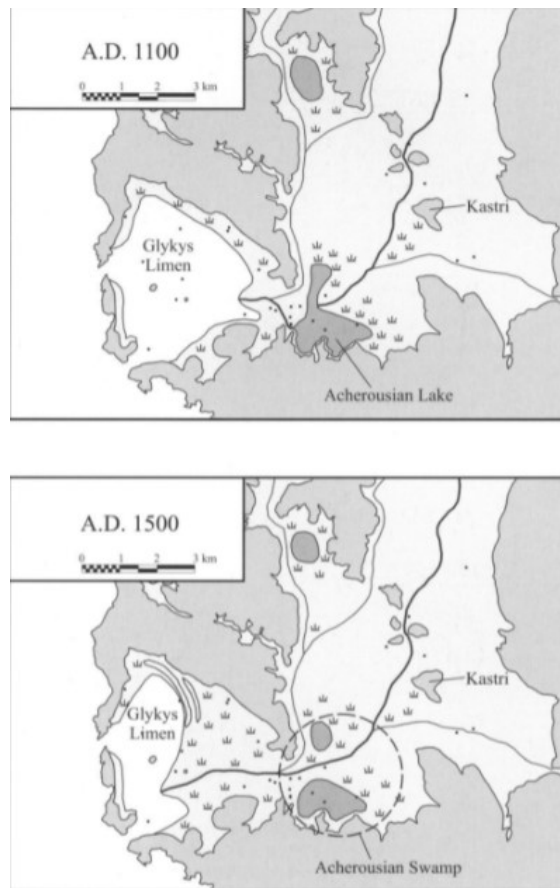
Εικόνα 6 : Παλαιογεωγραφική απεικόνιση της κοιλάδας του Αχέροντα για το 2.100 π.Χ. και τον 8ο αιώνα π.Χ. (Besonen, Rapp, Jing : 2003)

Περίπου μισό χιλιόμετρο δυτικά των δύο παραπάνω δειγμάτων, λήφθηκε και ραδιοχρονολογήθηκε και ένα τρίτο, δίνοντας ένα εύρος ηλικιών από 1.740 +140/-60 π.Χ.. Αυτή η ηλικία είναι περίπου 350 έτη νεότερη των προηγούμενων δύο δειγμάτων, γεγονός που είναι λογικό αφού το τρίτο δείγμα είναι πιο κοντά στη σύγχρονη ακτογραμμή. Δυτικότερα, περίπου 3,5 χιλιόμετρα από τον σύγχρονο κόλπο Φανάρι, ανασύρθηκε και ραδιοχρονολογήθηκε ένα ελώδες καλάμι, το οποίο φαίνεται να έχει εύρος ηλικιών από 1.100 +80/-60 π.Χ. (Besonen, Rapp, Jing : 2003)



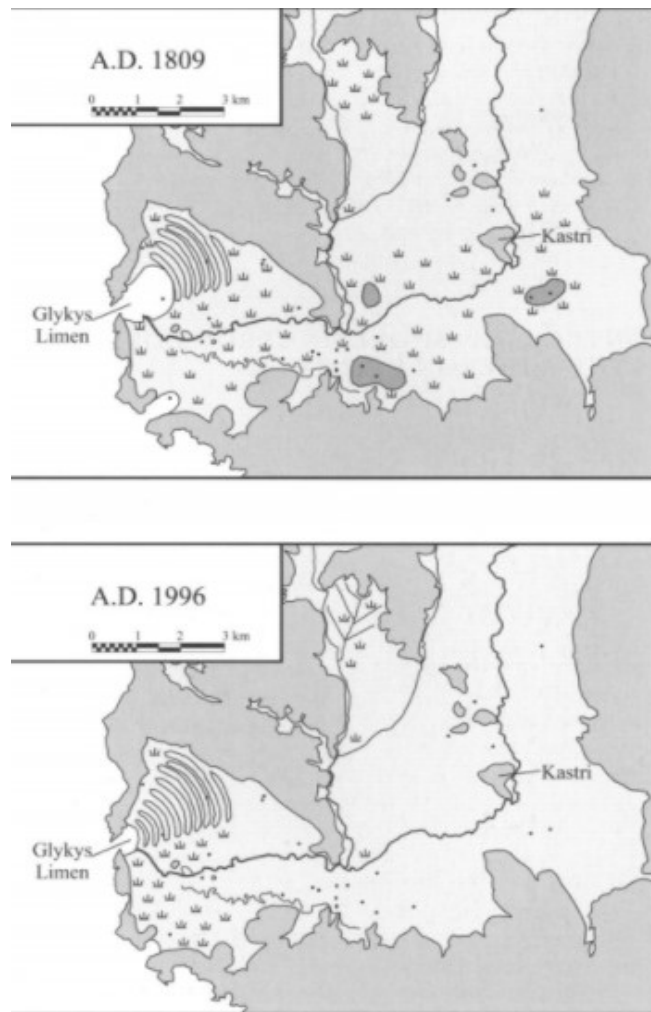
Εικόνα 7 : Παλαιογεωγραφική εξέλιξη της κοιλάδας του Αχέροντα για τα έτη 433 π.Χ. και 1 π.Χ. . Η διακεκομμένη γραμμή σχετικά με το 433 π.Χ., απεικονίζει μια πιθανή εναλλακτική πορεία για τον ποταμού Βουβό. (Besonen, Rapp, Jing : 2003)

Διάφορα ιστορικά έγγραφα, ειδικά πρώιμοι χάρτες της περιοχής, παρέχουν πληροφορίες που βοηθούν στην αναπαράσταση της παλαιογεωγραφικής εξέλιξης του Γλυκύ Λιμένα από το 1.100 μ.Χ. . Οι χάρτες δεν είναι γεωγραφικά ακριβείς, ωστόσο δείχνουν ότι ο Γλυκός Λιμένας εξακολουθούσε να καταλαμβάνει σημαντική έκταση κατά τον 15^ο και 16^ο αιώνα μ.Χ. Παράλληλα παρατηρείται και η δημιουργία των πρώτων παραλιακών ράχων.



Εικόνα 8 : Εικόνα της παλαιογραφίας εξέλιξη της κοιλάδας και του δέλτα του Αχέροντα κατά το 1100 μ.Χ. και το 1500 μ.Χ.. Στην δεύτερη εικόνα παρατηρείται και η δημιουργία των πρώτων παραλιακών ράχων στο βορειοανατολικό τμήμα του όρμου. (Besonen, Rapp, Jing : 2003)

Παράλληλα, η περιγραφή του Leake για την κοιλάδα καθώς τη διέσχισε κατά το 1809 παρέχει σημαντικές πληροφορίες για τη διαμόρφωση του τοπίου ανατολικά της Τσουκνίδας και του Μεσοποτάμου, αλλά υπάρχουν λίγες λεπτομέρειες σχετικά με την ακτογραμμή και το πραγματικό δέλτα. Το σύγχρονο χωριό της Αμμουδιάς το οποίο περιβάλλει ο κόλπος Φανάρι, δεν είχε δημιουργηθεί κατά την εποχή εκείνη, αλλά στις αρχές του 20^{ου} αιώνα. Ως εκ τούτου, η θέση της ακτογραμμή το 1809 πρέπει να ήταν λίγο πιο ανατολικά. (Besonen, Rapp, Jing : 2003)



Εικόνα 9: Εικόνες παλαιογεωγραφίας της κοιλάδας και του δέλτα του Αχέροντα για το 1809 μ.Χ. και για το 1996 μ.Χ. (Besonen, Rapp, Jing : 2003)

3. Παραλιακές Ράχες Εκβολών Αχέροντα



Εικόνα 10 : Φωτογραφία των υπό μελέτη παραλιακών ράχων. Στο βάθος διακρίνεται το χωριό Αμμουδιά και ο όρμος Φανάρι. Πηγή: Καρύμπαλης Ε.

3.1. Γενικά

Όπως έχει ήδη αναφερθεί οι παραλιακές ράχες που μελετήθηκαν στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας βρίσκονται στην Ήπειρο, στις εκβολές του ποταμού Αχέροντα και συγκεκριμένα βόρεια και ανατολικά του οικισμού Αμμουδιάς όπως φαίνεται στον παρακάτω χάρτη. Η περιοχή βρίσκεται σε δελταϊκό περιβάλλον, είναι παράκτια και υψομετρικά χαμηλή ενώ ανά σημεία το έδαφός της έχει καλυφθεί από νερό.

Σύμφωνα με βιβλιογραφικές αναφορές που αφορούν την περιοχή οι πρώτες παραλιακές ράχες δημιουργήθηκαν περί 1100-1500 μ.Χ. και έκτοτε επεκτείνονται σταδιακά στην περιοχή καθώς νέες ράχες δημιουργούνται μπροστά από τις παλαιές.

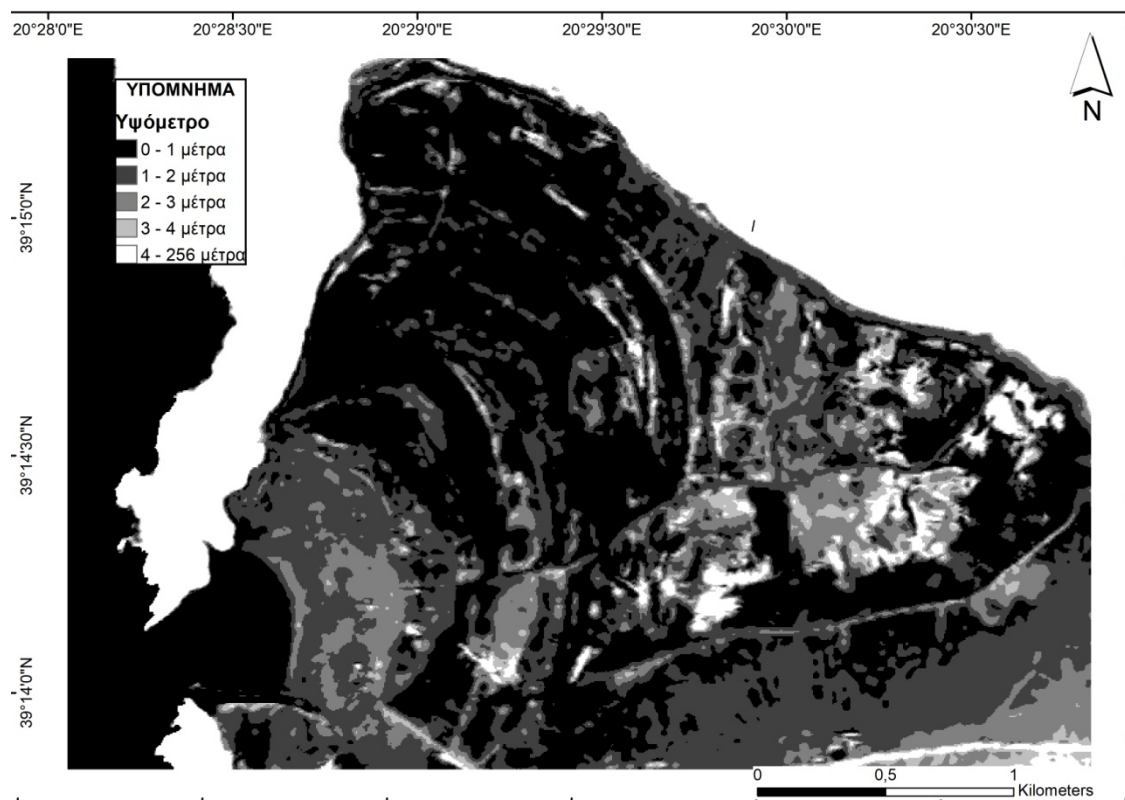
Προκειμένου να γίνει η όσο γίνεται ακριβής χαρτογράφηση των παραλιακών ράχων αξιοποιήθηκαν οι δυνατότητες του λογισμικού ArcGIS και του προγράμματος Google Earth Pro. Ακολουθήθηκαν τέσσερις διαφορετικές μεθοδολογικές προσεγγίσεις, προκειμένου να συγκριθούν τα αποτελέσματά τους και να διαπιστωθεί με ποια από τις τέσσερις μπορούν να αναγνωριστούν και να αποτυπωθούν χαρτογραφικά καλύτερα οι παραλιακές ράχες. Σημαντικό

δεδομένο και για τις τέσσερις μεθοδολογίες αποτέλεσε ένα λεπτομερές ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DEM) της περιοχής από την Κτηματολόγιο Α.Ε. με διάσταση εικονοστοιχείου 5 μέτρων. Επιπρόσθετα, μέσω της χάραξης μιας επιμήκους τοπογραφικής τομής εγκάρσια στις παραλιακές ράχες που πραγματοποιήθηκε μέσω του ίδιου λογισμικού (ArcGIS) και χρησιμοποιώντας το ίδιο DEM και τα παράγωγα αυτού (χάρτης σκιασμένου ανάγλυφου και χάρτης προσανατολισμού), αναπτύχθηκαν περεταίρω μεθοδολογίες οι οποίες βοήθησαν στην αναγνώριση των παραλιακών ράχων.

3.2. Πρώτη Μεθοδολογική Προσέγγιση

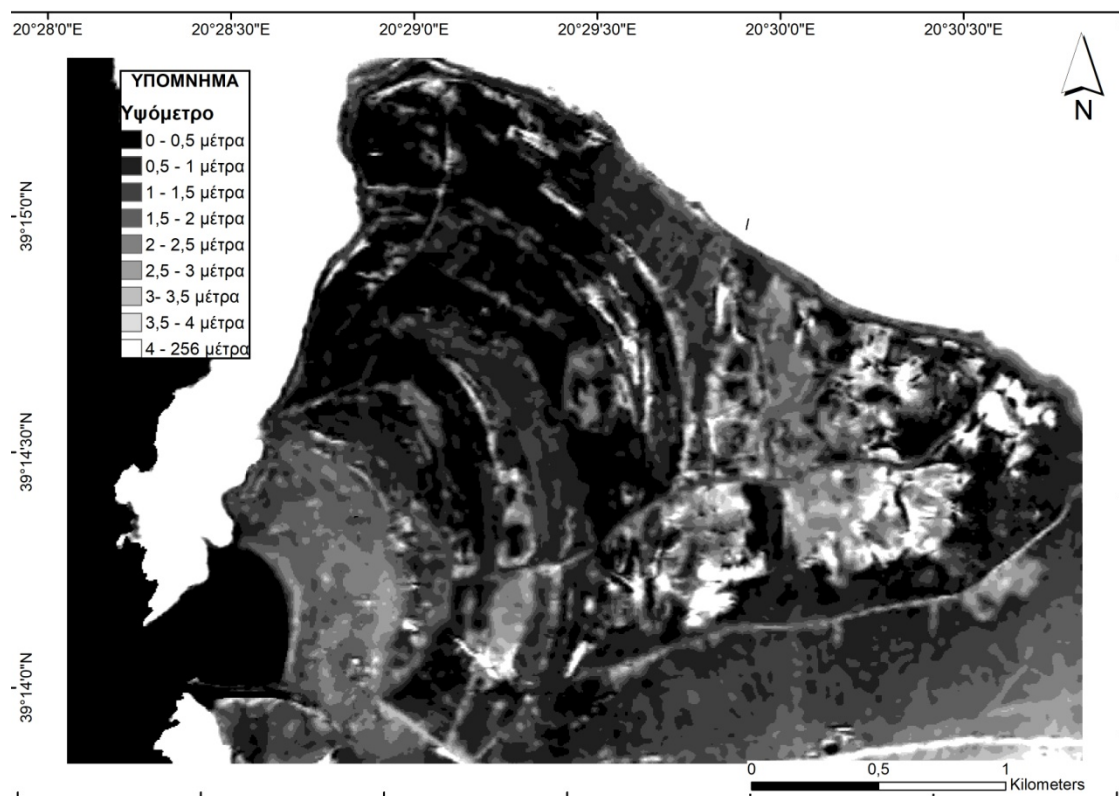
Κατά την πρώτη μεθοδολογική προσέγγιση αξιοποιήθηκε αποκλειστικά το λεπτομερές DEM 5x5 της περιοχής ανάπτυξης των παραλιακών ράχων και χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό ArcGIS. Από την επεξεργασία του DEM διαπιστώθηκε ότι το μέγιστο υψόμετρο των ράχων είναι περίπου 4 μέτρα. Ωστόσο στην αρχική εικόνα του DEM της περιοχής, η οποία διακρίνεται σε 5 υψομετρικές ζώνες, δεν διακρίνονται ούτε οι παραλιακές ράχες αλλά και σχεδόν κανένα άλλο μορφολογικό χαρακτηριστικό της περιοχής εξαιτίας του πολύ χαμηλού υψομέτρου και των πολύ μικρών υψομετρικών διαφορών. Για αυτό και χρειάζεται περεταίρω επεξεργασία των κλάσεων των υψών της περιοχής.

Τα ύψη ταξινομήθηκαν σε διάφορα εύρη προκειμένου να παραχθεί το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα σε ότι αφορά την αναγνώριση των υψομετρικών υβωμάτων που αντιστοιχούν στις παραλιακές ράχες και των μεταξύ τους τοπογραφικών βυθισμάτων. Αρχικά το εύρος των υψομετρικών κατηγοριών ήταν 1 μέτρο στην ήδη διακριμένη σε 5 υψομετρικές ζώνες περιοχή. Ωστόσο όπως φαίνεται και στον παρακάτω χάρτη ενώ είναι σχετικά διακριτές οι παραλιακές ράχες, το αποτέλεσμα δεν είναι το καλύτερο δυνατό για την αναγνώριση και χαρτογράφηση όλων.



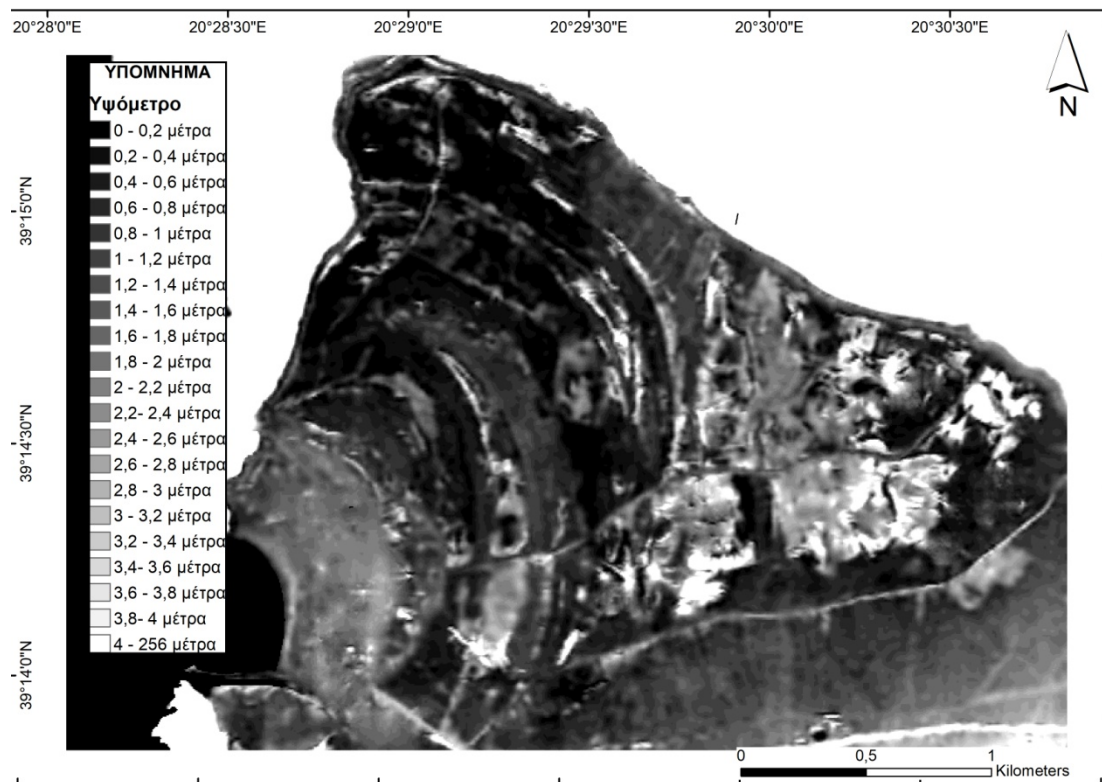
Χάρτης 3 : Απεικόνιση της περιοχής μελέτης, η οποία έχει διακριθεί σε 5 υψομετρικές ζώνες με υψομετρικό εύρος 1 μέτρο.

Η δεύτερη διαίρεση της περιοχής έγινε σε 9 υψομετρικές ζώνες με εύρος υψόμετρου 0,5 μέτρο και δίνει πολύ καλύτερο αποτέλεσμα σε ότι αφορά την αναγνώριση και την αποτύπωση των παραλιακών ράχων οι οποίες είναι σαφώς πιο ευδιάκριτες σε σχέση με την προηγούμενη υψομετρική κατηγοριοποίηση της περιοχής.



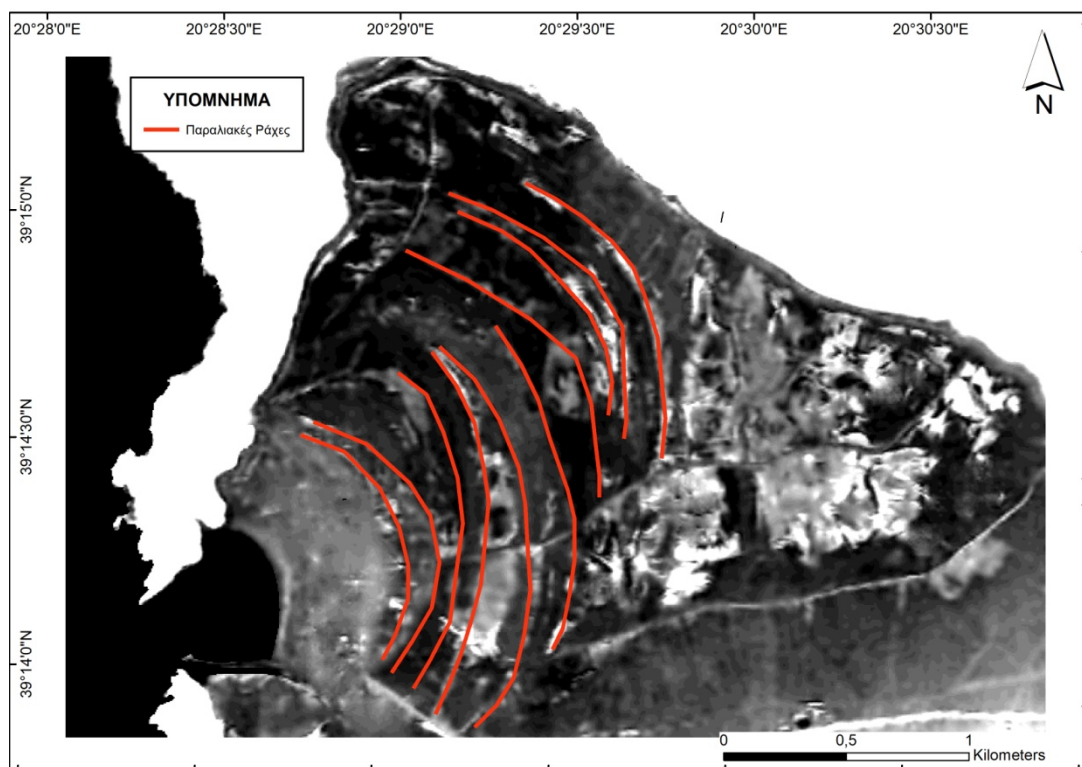
Χάρτης 4: Απεικόνιση της περιοχής μελέτης μέσω του DEM μετά την κατηγοριοποίηση σε 9 υψομετρικές ζώνες με εύρος υψομέτρου 0,5 μέτρο.

Στην αναζήτηση για την καλύτερη αποτύπωση των παραλιακών ράχων μέσω των υψομετρικών κλάσεων του DEM έγινε μια τελευταία δοκιμή να διαιρεθεί η περιοχή σε 21 υψομετρικές ζώνες ανά 0,2 μέτρο. Η εικόνα της περιοχής είναι σαφώς καλύτερη της προηγούμενης ωστόσο και πάλι δεν είναι διακριτές όλες οι παραλιακές ράχες, αλλά μόνο αυτές που έχουν μεγαλύτερη υψομετρική διαφορά από τις εκατέρωθεν τοπογραφικές ταπεινώσεις.



Χάρτης 5: Αποτύπωση περιοχής μέσω DEM σε 21 υψομετρικές ζώνες ανά 0,2 μέτρο.

Η σύγκριση των αποτελεσμάτων από τις τρεις παραπάνω υψομετρικές κατηγοριοποιήσεις του DEM της περιοχής έδειξε πως στον τελευταίο χάρτη, δηλαδή αυτόν που προέκυψε από την υψομετρική κατηγοριοποίηση σε 21 υψομετρικές ζώνες με υψομετρικό εύρος 0,2 μέτρο, είναι πιο διακριτές οι παραλιακές ράχες. Λαμβάνοντας υπόψη αυτήν την εικόνα, αναγνωρίστηκαν συνολικά 10 παραλιακές ράχες, οι οποίες στην παρακάτω εικόνα επισημαίνονται με γραμμές κόκκινου χρώματος.

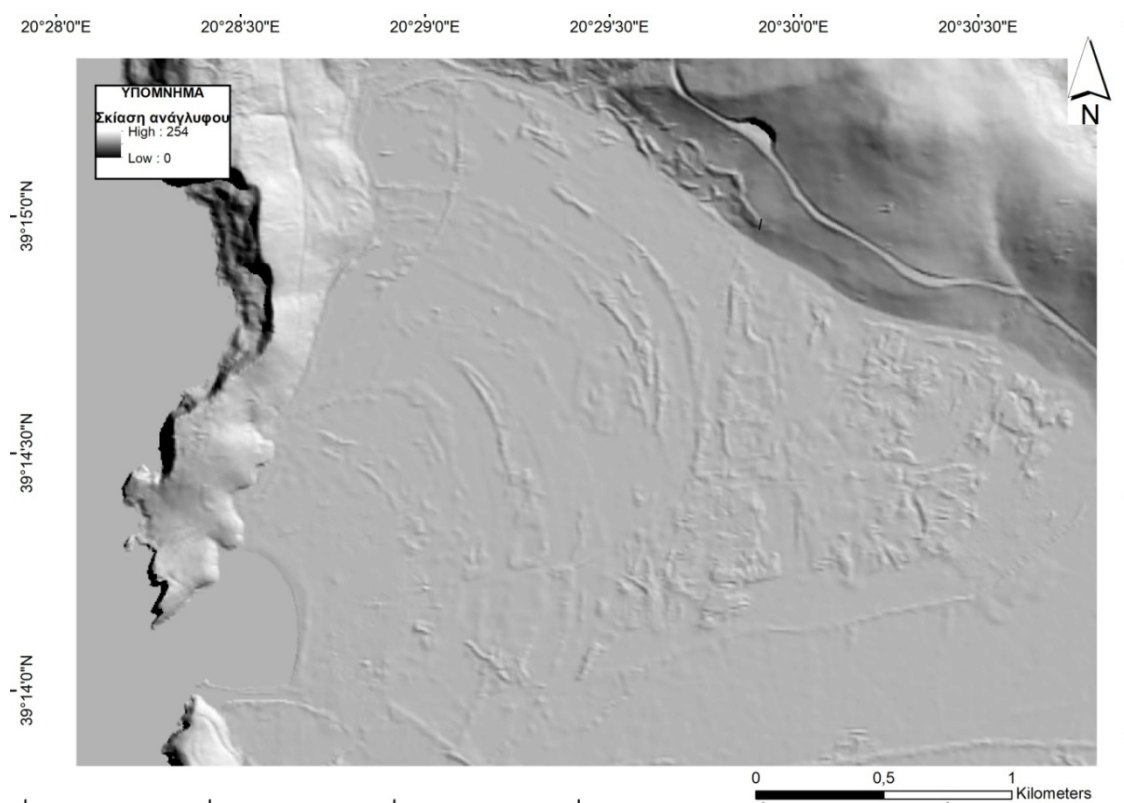


Χάρτης 6: Αποτύπωση των αποτελεσμάτων της πρώτης μεθοδολογικής προσέγγισης. Δηλαδή, απεικόνιση των παραλιακών ράχων που αναγνωρίστηκαν μέσω του DEM της περιοχής που έχει διακριθεί σε 20 υψομετρικές ζώνες με υψομετρικό εύρος 0,2 μέτρο.

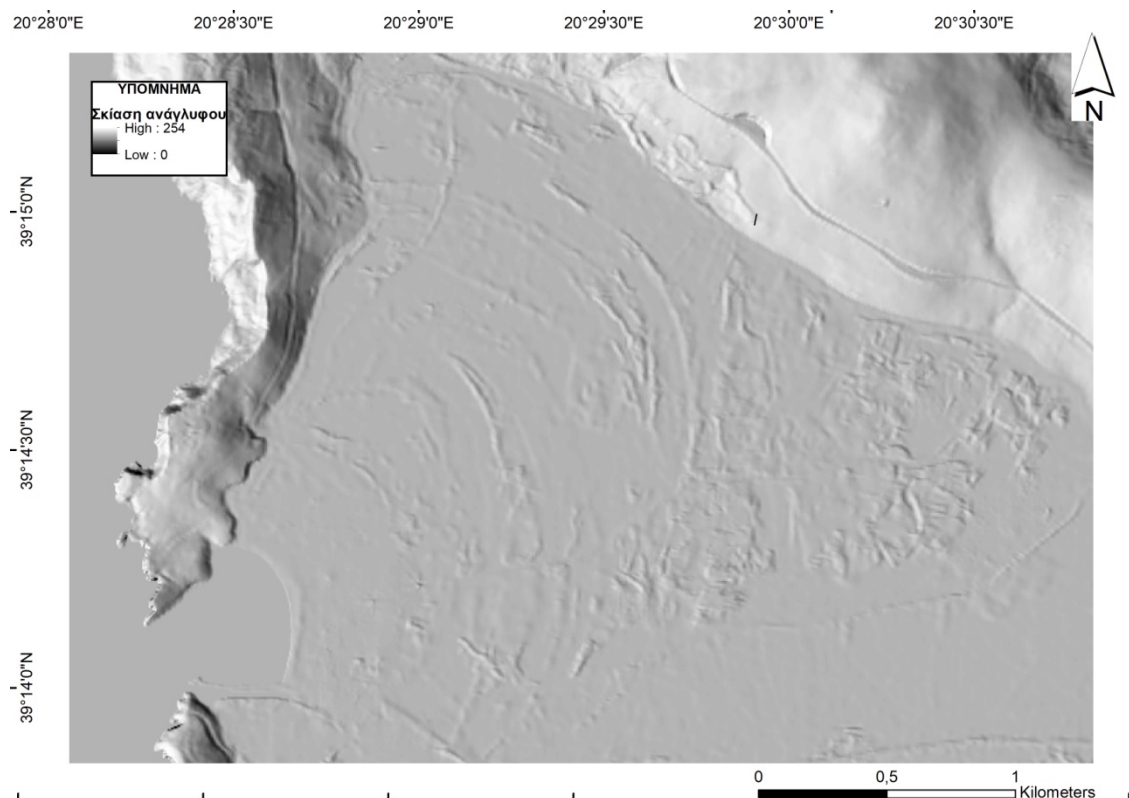
3.3. Δεύτερη Μεθοδολογική Προσέγγιση

Στη δεύτερη μεθοδολογική προσέγγιση με σκοπό την αναγνώριση και αποτύπωση των παραλιακών ράχων την περιοχής αξιοποιήθηκε το εργαλείο Hillshade του λογισμικού ArcGIS ώστε να παραχθεί ο χάρτης σκιασμένου ανάγλυφου (hillshaded map) από το DEM . Ο χάρτης σκιασμένου ανάγλυφου αποτυπώνει μία ρεαλιστική εικόνα του προσανατολισμού του ανάγλυφου της περιοχής, υποθέτοντας πως η περιοχή αυτή φωτίζεται από κάποια πηγή φωτός και αναγνωρίζοντας τις περιοχές στο ανάγλυφο που σκιάζονται αλλά και εκείνες που δεν σκιάζονται. Ο φωτισμός και οι σκιές είναι αποχρώσεις του γκρι που λαμβάνουν πάντα τιμές 0-254, αυξανόμενες από το μαύρο στο λευκό. Ο τρόπος που τα στοιχεία της επιφάνειας αντανακλούν το φως εξαρτάται από την κλίση και τον προσανατολισμό τους αλλά και τη θέση της φωτεινής πηγής. Η τελευταία καθορίζεται μέσω του ηλιακού αζιμούθιου και του υψόμετρου του ήλιου. Το αζιμούθιο αφορά την γωνιακή κατεύθυνση του ήλιου και λαμβάνει τιμές 0°-360° μετρούμενη δεξιόστροφα από τον Βορρά ενώ το υψόμετρο του ήλιου, το οποίο τις περισσότερες φορές είναι σταθερό στην θέση των 45°, ταυτίζεται με την γωνία που σχηματίζεται ανάμεσα στην φωτεινή πηγή και τον ορίζοντα.

Λαμβάνοντας υπόψη τον προσανατολισμό των παραλιακών ράχων που παρότι είναι ημικυκλικές και όχι γραμμικές προσεγγίζει τον Βορειοδυτικά προς Νοτιοανατολικά, ακολουθήθηκαν δύο διαφορετικές προσεγγίσεις. Αρχικά τοποθετήθηκε ο ήλιος να φωτίζει την περιοχή από Βορειοανατολικά (αζιμούθιο: 50 μοίρες) και στην συνέχεια να την φωτίζει από Νοτιοδυτικά (αζιμούθιο: 250 μοίρες).

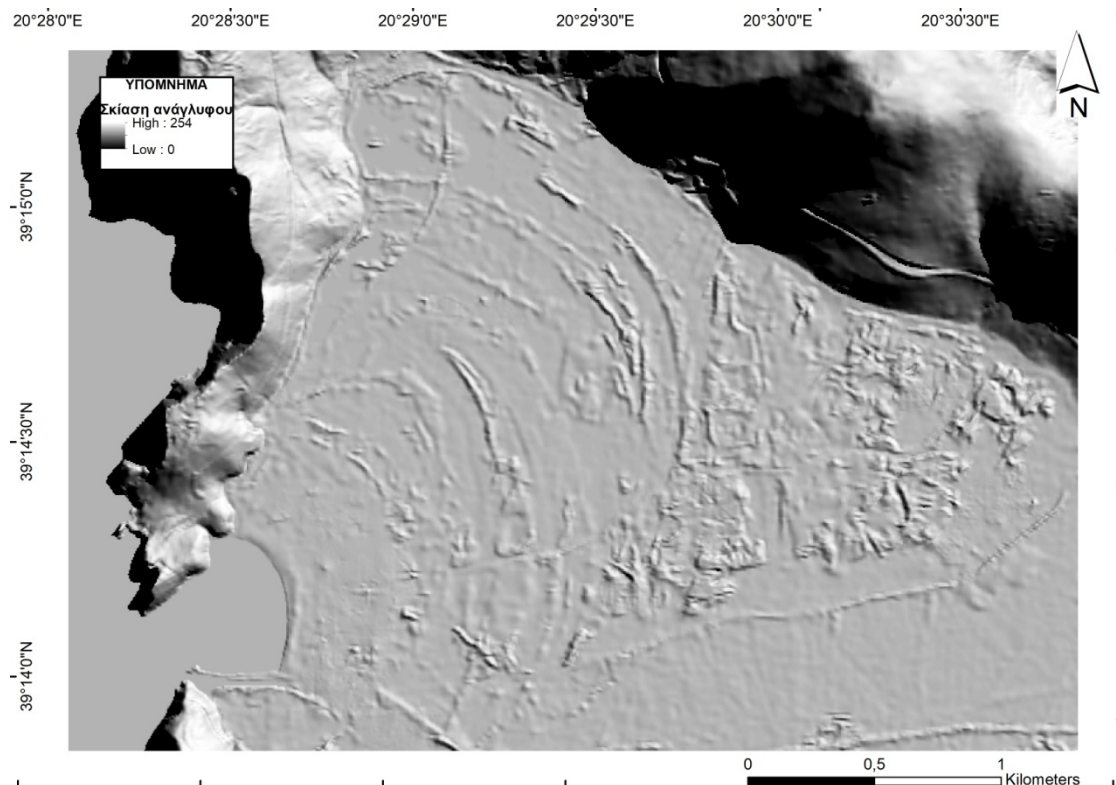


Χάρτης 7: Χάρτης σκιασμένου ανάγλυφου με το αζιμούθιο να βρίσκεται στις 50 μοίρες.

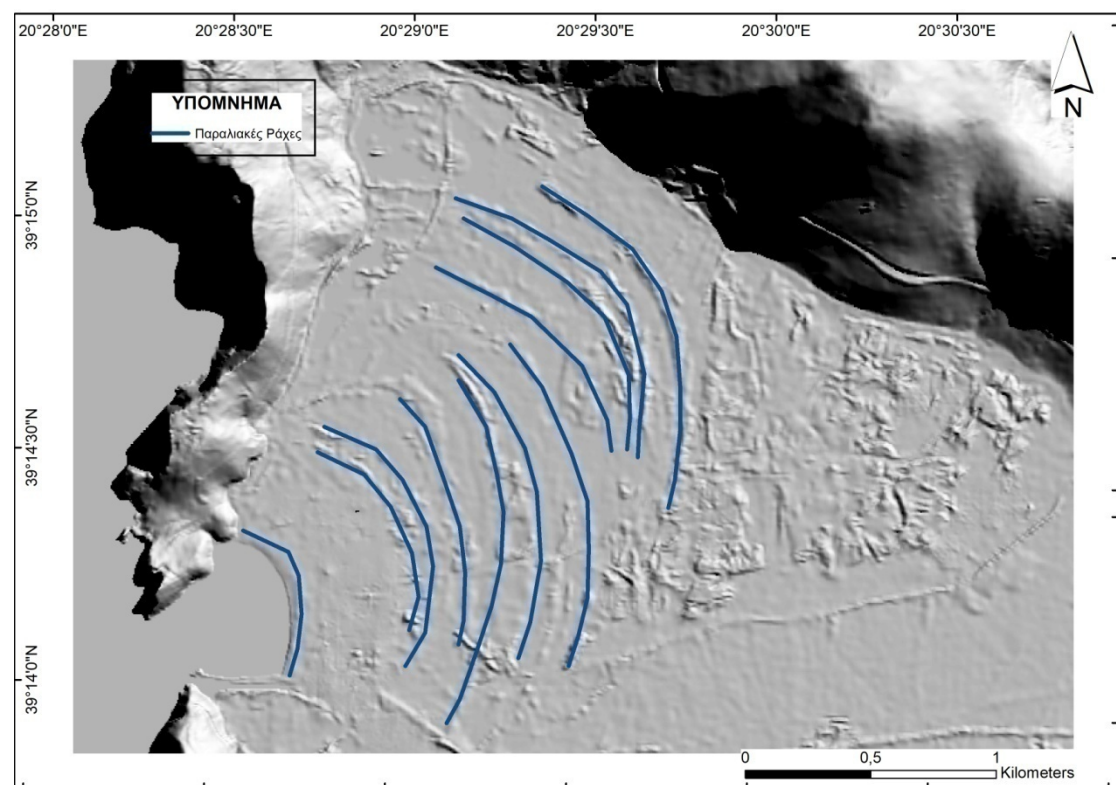


Χάρτης 8: Χάρτης σκιασμένου ανάγλυφου, με το αζιμούθιο να βρίσκεται στις 250 μοίρες.

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των δύο χαρτών σκιασμένου ανάγλυφου γίνεται φανερό πως ο χάρτης 7 δίνει καλύτερο αποτέλεσμα σχετικά με την αναγνώριση και αποτύπωση των παραλιακών ράχων. Συνεπώς έχοντας το αζιμούθιο στις 50 μοίρες, γίνεται η περαιτέρω επεξεργασία κάποιων μεταβλητών, όπως το z factor, μέσω του οποίου θα γίνουν πιο διακριτές οι εξάρσεις του ανάγλυφου με αποτέλεσμα να διακριθούν καλύτερα οι παραλιακές ράχες. Η καλύτερη απεικόνιση του σκιασμένου ανάγλυφου στην οποία μπορούν να διακριθούν οι παραλιακές ράχες και βάσει της οποίας θα γίνει η δεύτερη προσπάθεια της χαρτογράφησης, τους προέκυψε με z factor : 3. Η συγκεκριμένη απεικόνιση παρατίθεται στον χάρτη 9 ενώ η δεύτερη προσπάθεια χαρτογράφησης των παραλιακών ράχων, κατά την οποία αναγνωρίστηκαν συνολικά 11 παραλιακές ράχες, αποτυπώνεται στον χάρτη 10.



Χάρτης 9: Χάρτης σκιασμένου ανάγλυφου της περιοχής μελέτης με z factor: 3.



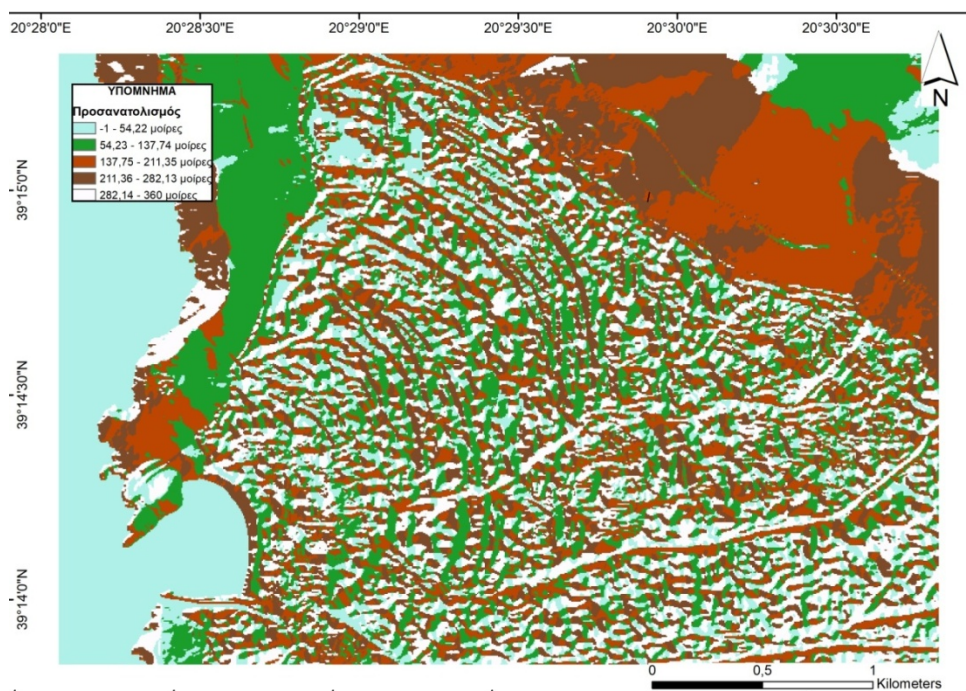
Χάρτης 10 : Απεικόνιση των αποτελεσμάτων της δεύτερης μεθοδολογικής προσέγγισης. Δηλαδή, την αποτύπωση των παραλιακών ράχων όπως αναγνωρίζονται βάσει του εργαλείου Hillshade και συγκεκριμένα με το αζιμούθιο να βρίσκεται στις 50 μοίρες και με z factor : 3.

Ωστόσο όσο αφορά την πιο πρόσφατη παραλιακή ράχη που διακρίνεται, δηλαδή αυτή που εκτείνεται ακριβώς παράλληλα με την σημερινή ακτογραμμή, είναι πολύ πιθανό λόγω της θέσης της να επηρεάζεται ακόμα από τις φυσικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στην περιοχή. Συνεπώς, στην περίπτωση που αυτό το γεγονός ισχύει, όπως επισημάνθηκε στο πρώτο κεφάλαιο, η συγκεκριμένη γεωμορφή δεν αποτελεί παραλιακή ράχη αλλά απλώς ράχη.

3.4. Τρίτη Μεθοδολογική Προσέγγιση

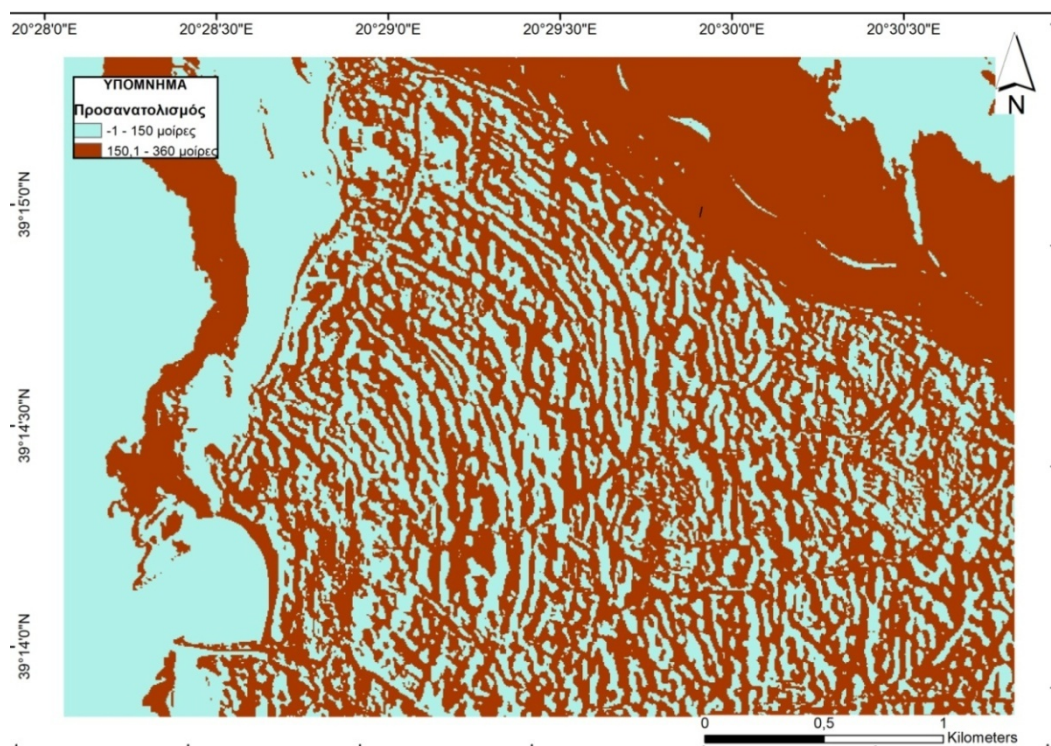
Στα αποτελέσματα των δύο πρώτων μεθοδολογικών προσεγγίσεων παρατηρήθηκαν διαφορές. Από την εφαρμογή της πρώτης διακρίθηκαν 10 παραλιακές ράχες ενώ από την δεύτερη 11. Ωστόσο και στις δύο περιπτώσεις είναι διακριτές μόνο οι υψηλότερες παραλιακές ράχες (αυτές που έχουν μεγαλύτερη υψομετρική διαφορά σε σχέση με τις εκατέρωθεν τοπογραφικά χαμηλές αύλακες). Υπάρχουν όμως και παραλιακές ράχες, υψομετρικά χαμηλότερες, οι οποίες δεν αποτυπώνονται στα αποτελέσματα καμίας από τις δύο μεθοδολογίες.

Επομένως, προκειμένου να αποτυπωθούν και οι υπόλοιπες παραλιακές ράχες αξιοποιήθηκε άλλο ένα εργαλείο του λογισμικού ArcGIS, το Aspect. Ουσιαστικά οι κλάσεις στο συγκεκριμένο εργαλείο αποτυπώνουν την κατεύθυνση της πυξίδας προς την οποία είναι στραμμένη η επιφάνεια στην συγκεκριμένη θέση. Μετράται δεξιόστροφα σε μοίρες από το 0 (Βόρεια) έως το 360 (πάλι Βόρεια), κάνοντας πλήρη κύκλο. Οι επίπεδες περιοχές παρουσιάζονται στον χάρτη με τιμή -1. Τα πρώτα αποτελέσματα αποτυπώνονται παρακάτω.



Χάρτης 11: Αρχικός χάρτης προσανατολισμού της υπό μελέτη περιοχής μέσω του εργαλείου Aspect.

Ο παραπάνω χάρτης διαβαθμίζεται σε 5 κλάσεις προσανατολισμού. Από τον χάρτη φαίνεται πως υπάρχει μια σχετική γραμμικότητα, επομένως είναι δυνατό να διακριθούν αρκετές παραλιακές ράχες. Ωστόσο αλλάζοντας τα εύρη των κλάσεων του προσανατολισμού, προκύπτουν χάρτες προσανατολισμού όπου οι παραλιακές ράχες της περιοχής μελέτης γίνονται περισσότερο ευδιάκριτες. Ειδικά ο παρακάτω χάρτης που προκύπτει όταν η κατηγοριοποίηση της περιοχής γίνεται σε 2 κλάσεις προσανατολισμού με εύρη από -1 έως 150 μοίρες και από 150,1 έως 360 μοίρες.

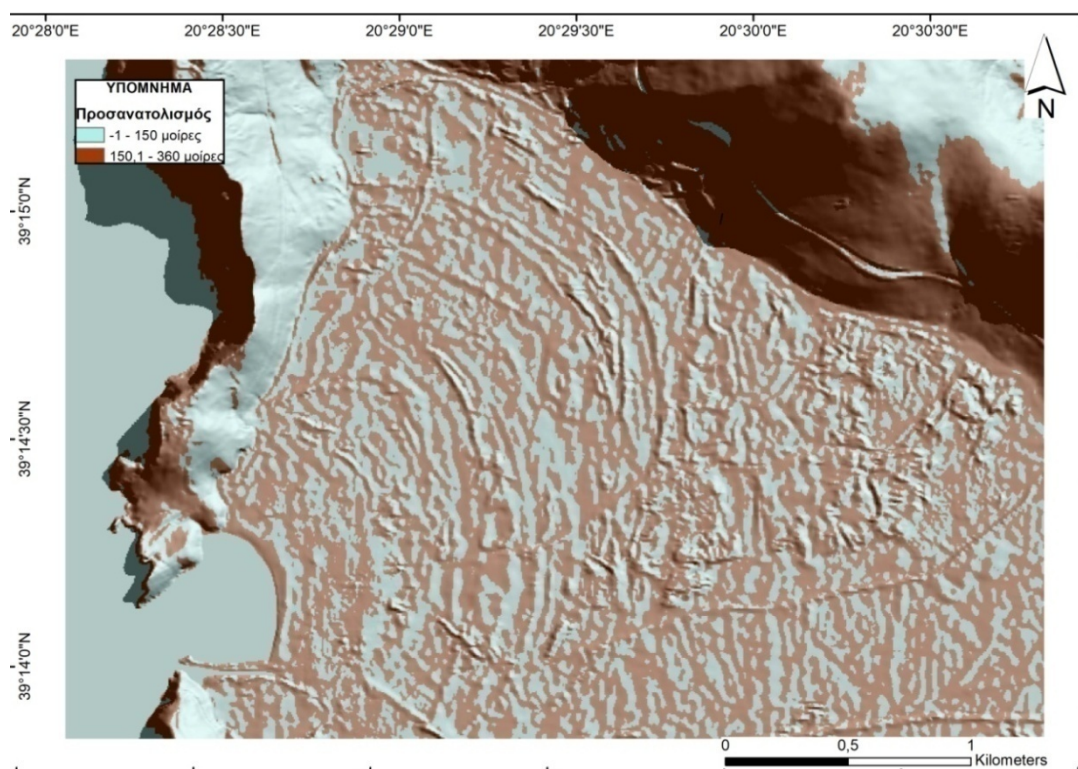


Χάρτης 12 : Χάρτης προσανατολισμού της περιοχής μελέτης, η οποία έχει διαιρεθεί σε 2 ζώνες προσανατολισμού.

Τα δύο χρώματα αποτυπώνουν τις δύο πλευρές των παραλιακών ράχων (όπου υπάρχει γραμμικότητα), το καφέ αποτυπώνει την δυτική πλευρά και το μπλε την ανατολική. Συμπερασματικά, το σημείο της ένωσης ενός κόκκινου και ενός μπλε μας δίνει μία παραλιακή ράχη.

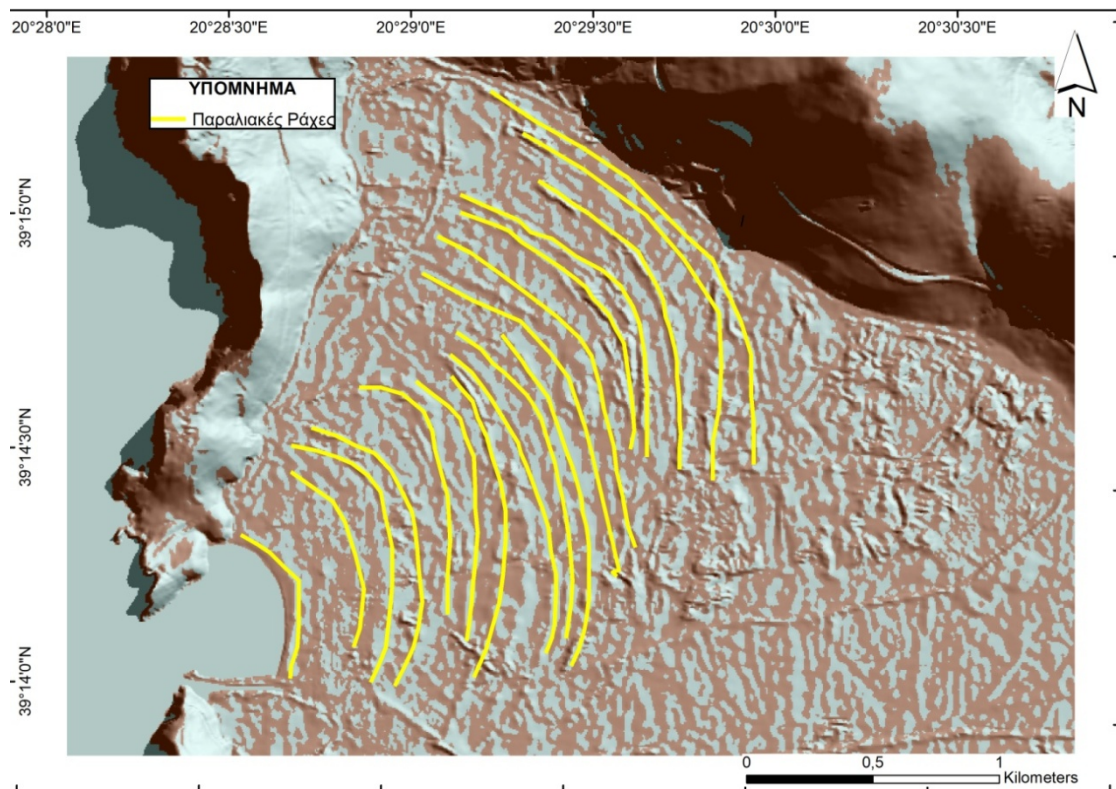
Προκειμένου να γίνει πιο ξεκάθαρη η εικόνα των παραλιακών ράχων ωστόσο δεν παρήχθη μόνο η παραπάνω εικόνα αλλά ακολουθήθηκε ένας συνδυασμός επιπέδων. Με την τοποθέτηση στην παραπάνω εικόνα το αποτέλεσμα που προέκυψε από την δεύτερη μεθοδολογική

προσέγγιση (βάσει του εργαλείου hillshade) και ρυθμίζοντας ανάλογα την διαφάνεια διεξήλθε η καλύτερη δυνατή εικόνα του ανάγλυφου της περιοχής, κάνοντας πιο εύκολη από κάθε προηγούμενη μεθοδολογική προσπάθεια την χαρτογράφηση των παραλιακών ράχων.



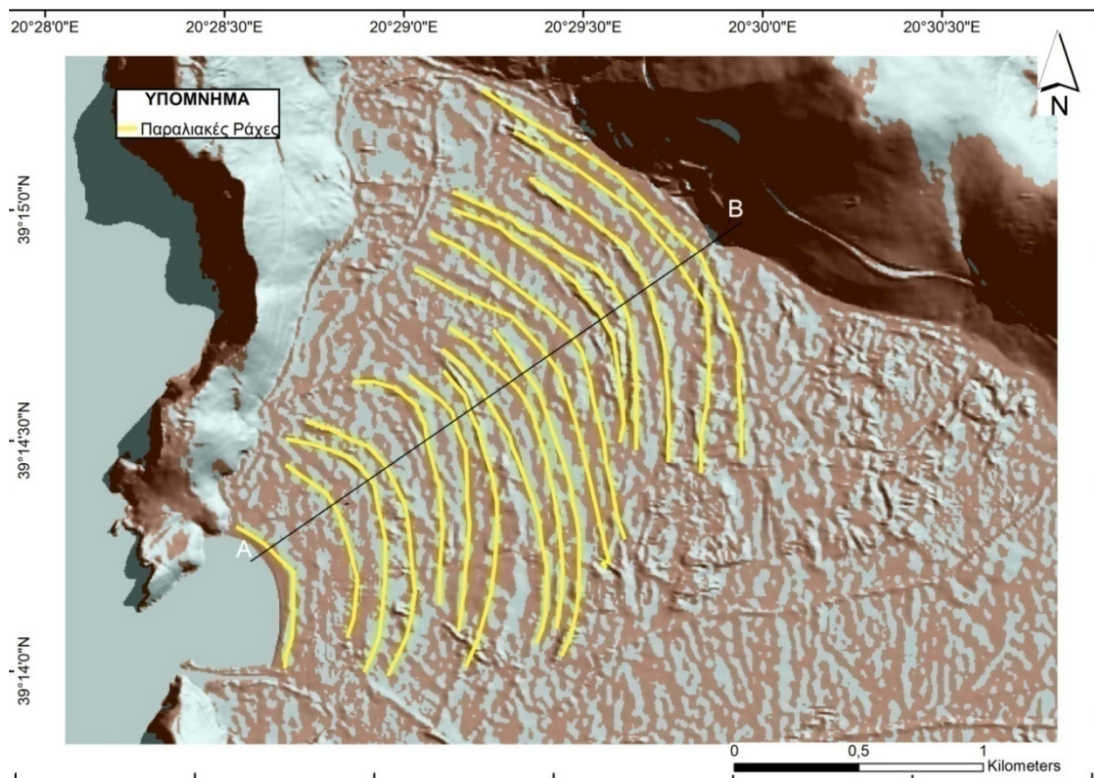
Χάρτης 13 : Χάρτης που απεικονίζει την περιοχή μελέτης μέσω του συνδυασμού των δύο επιπέδων (Aspect + Hillshade).

Παρατηρώντας τον χάρτη 13, γίνεται φανερό ότι διακρίνονται αρκετές παραλιακές ράχες, περισσότερες από ό,τι στα αποτελέσματα των προηγούμενων μεθοδολογιών. Παρόλα αυτά είναι αξιοσημείωτο πως οι περισσότερες από αυτές είναι υπολειμματικές και λίγες είναι αυτές που είναι ακέραιες (συνεχείς στο χώρο) και εύκολα διακριτές. Παρακάτω, μέσω των δυνατοτήτων του λογισμικού ArcGIS, αποτυπώνονται με κίτρινο χρώμα οι παραλιακές ράχες όπως διακρίνονται από την εφαρμογή της τρίτης μεθοδολογίας. Συγκεκριμένα από την εφαρμογή της μεθοδολογίας αυτής αναγνωρίζονται 17 παραλιακές ράχες, περισσότερες από όσες παρατηρήθηκαν στα αποτελέσματα των προηγούμενων μεθοδολογικών προσεγγίσεων. Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί πως όπως παρατηρήθηκε και στην προηγούμενη μεθοδολογική προσέγγιση, η πιο πρόσφατη παραλιακή ράχη (παράλληλα στην ακτογραμμή) είναι αρκετά πιθανό να είναι απλώς ράχη.

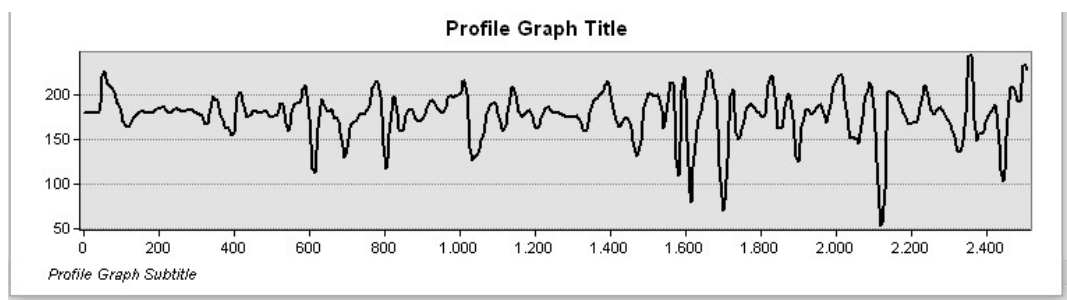


Χάρτης 14 : Απεικόνιση των αποτελεσμάτων της τρίτης μεθοδολογικής προσέγγισης. Δηλαδή, την αποτύπωση των παραλιακών ράχων όπως διακρίνονται μέσω τον συνδυασμό των εργαλείων ‘Hillshade’ και ‘Aspect’.

Σε μια προσπάθεια επιβεβαίωσης των αποτελεσμάτων της αναγνώρισης και απεικόνισης των παραλιακών ράχων, έγινε η χάραξη της τοπογραφικής τομής A-B (χάρτης 15) με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ εγκάρσια στις παραλιακές ράχες στο κέντρο σχεδόν της περιοχής μελέτης με σκοπό η τομή να αποτυπώσει το μέγιστο δυνατό αριθμό παραλιακών ράχων. Η απεικόνιση της τοπογραφικής τομής (εικόνα 11) οδηγεί στην παρατήρηση πως οι παραλιακές ράχες φαίνονται να είναι περισσότερες από όσες έχουν αναγνωριστεί με τις προηγούμενες μεθοδολογίες που αναλύθηκαν παραπάνω. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο ότι κάποιες από τις ράχες είναι υπολειμματικές ή λιγότερο αναπτυγμένες με αποτέλεσμα να μην γίνονται εύκολα διακριτές καθώς έχει αλλοιωθεί το σχήμα τους πιθανόν από μεταγενέστερες της δημιουργίας τους διεργασίες. Επομένως, οι παραλιακές ράχες που διακρίνονται μέσω αυτής της μεθοδολογίας είναι είτε οι υψηλότερες και γίνονται ευδιάκριτες μέσω του hillshade είτε έχουν διατηρήσει το σχήμα τους και γίνονται διακριτές μέσω του aspect.



Χάρτης 15: Απεικόνιση της γραμμής κατά μήκος της οποίας σχεδιάστηκε η τοπογραφική τομή της περιοχής.



Εικόνα 11 : Τοπογραφική τομή της περιοχής. Η τομή έχει κατασκευαστεί από το DEM της περιοχής και τείνει εγκάρσια στις παραλιακές ράχες.

3.5. Τέταρτη Μεθοδολογική Προσέγγιση

Τα αποτελέσματα από τις παραπάνω μεθοδολογίες που ακολουθήθηκαν, οδηγούν στο συμπέρασμα πως ουσιαστικά στην περιοχή μελέτης αναπτύσσονται τουλάχιστον δεκαέξι παραλιακές ράχες. Η τοπογραφική τομή όμως της εικόνας 11 δείχνει ότι οι παραλιακές ράχες είναι περισσότερες. Μέσω των μεθοδολογικών προσεγγίσεων που εφαρμόστηκαν ως τώρα με την αξιοποίηση του λογισμικού ArcGIS δεν μπορεί να γίνει εύκολα αντιληπτό σε ποια σημεία ακριβώς παρουσιάζονται οι παραλιακές ράχες οι οποίες δεν εντοπίστηκαν. Γι αυτόν τον λόγο ακολουθήθηκε μια τέταρτη μεθοδολογία, μέσω του προγράμματος Google Earth Pro, σε μια

προσπάθεια να διαπιστωθεί αν με αυτόν τον τρόπο μπορούν να ανιχνευτούν περισσότερες παραλιακές ράχες.

Έτσι πραγματοποιήθηκε η χάραξη μιας τοπογραφικής τομής στην περιοχή μελέτης, περίπου όπως είχε χαραχθεί και με το ArcGIS , κάθετα στις παραλιακές ράχες όπως φαίνεται στον παρακάτω χάρτη:

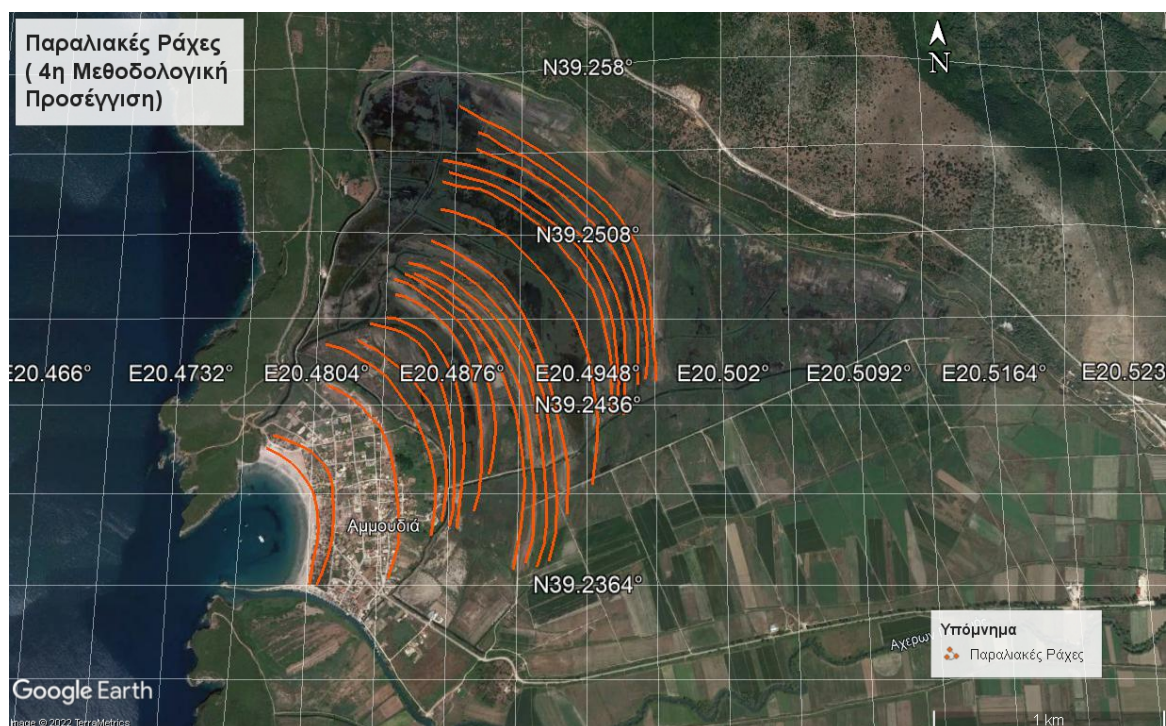


Χάρτης 16: Τοποθεσία τοπογραφικής τομής στην περιοχή μελέτης που πραγματοποιήθηκε αξιοποιώντας το Google Earth Pro, και αποτύπωση προφίλ ανύψωσης. Πηγή: Google Earth Pro.

Αρχικά γίνεται αντιληπτό ότι οι δύο τοπογραφικές τομές (του ArcGIS και του Google Earth Pro) δεν είναι εντελώς ταυτόσημες. Αυτό οφείλετε στο γεγονός ότι προφανώς το dem της περιοχής έχει πολύ περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με τα υψόμετρα της περιοχής συγκριτικά με το Google Earth, ωστόσο το συγκεκριμένο πρόγραμμα μπορεί να μας προσφέρει έγκυρες πληροφορίες.

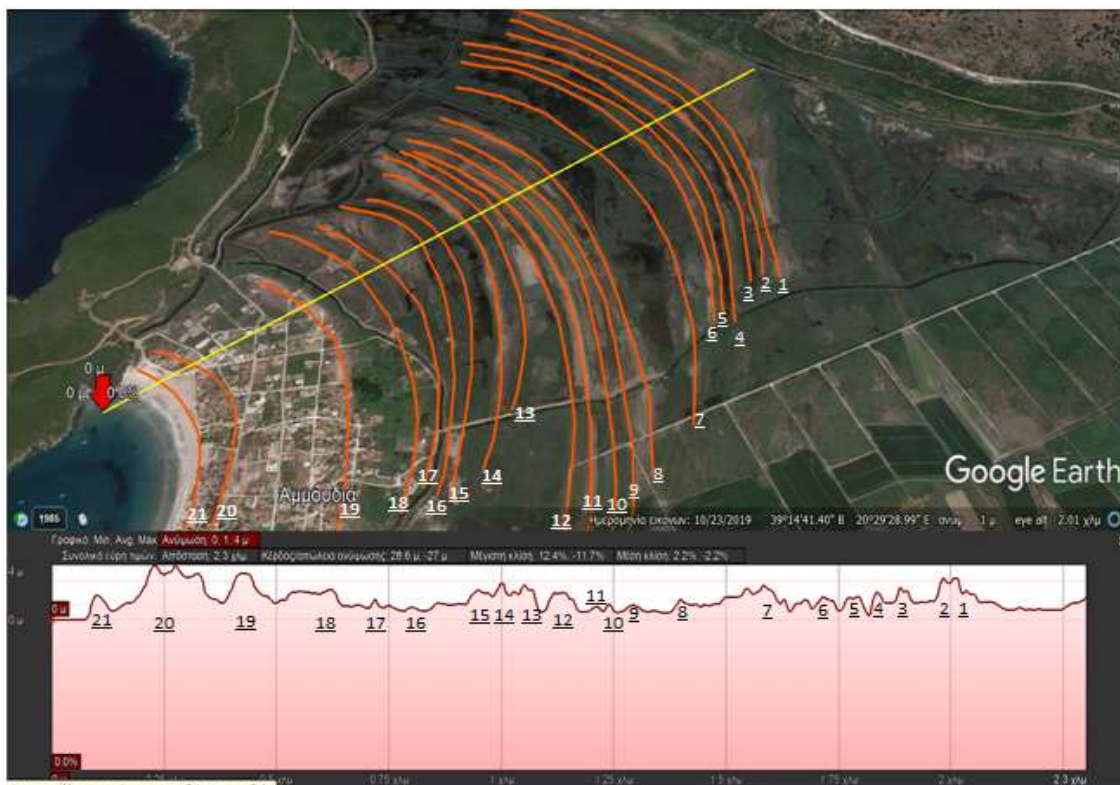
Παρατηρώντας το προφίλ ανύψωσης της τοπογραφικής τομής, διακρίνεται πως οι δυτικότερες παραλιακές ράχες είναι πολύ πιο ευδιάκριτες και ακέραιες, αυτό συμβαίνει διότι οι συγκεκριμένες είναι και οι πιο πρόσφατες, συνεπώς έχουν εκτεθεί για λιγότερο χρόνο σε διαβρωτικούς παράγοντες σε σχέση με τις παλαιότερες που είναι οι περισσότερο εσωτερικές. Επιπρόσθετα παρατηρείται πως οι ανατολικότερες ράχες, δηλαδή οι παλαιότερες, έχουν πιο γρήγορο ρυθμό ανάπτυξης συγκριτικά με τις νεότερες. Αυτό πιθανά οφείλεται στην μεγάλη κυματική ενέργεια που πιθανά δρούσε στον όρμο στην περίοδο του σχηματισμού τους. Όπως ήδη ειπώθηκε κατά το παρελθόν η περιοχή ήταν ένας κόλπος μεγάλων διαστάσεων (μεγαλύτερων από τον σημερινό) οπότε είναι πιθανό η κυματική δραστηριότητα, που όπως

είδαμε και στο κεφάλαιο 1 είναι και η κύρια αιτία της δημιουργίας των παραλιακών ράχων, να ήταν αρκετά εντονότερη. Κατά μήκος της τοπογραφικής τομής Google Earth Pro διακρίνονται συνολικά 21 παραλιακές ράχες, οι οποίες αποτυπώνονται στον παρακάτω χάρτη. Αξίζει να σημειωθεί ότι στις εικόνες Google Earth Pro η αναγνώριση των παραλιακών ράχων και των μεταξύ τους τοπογραφικών ταπεινώσεων είναι περισσότερο εύκολη εξαιτίας της διαφορετικής βλάστησης που αναπτύσσεται στα υβώματα σε σχέση με τις τοπογραφικές ταπεινώσεις (αύλακες)



Χάρτης 17: Απεικόνιση παραλιακών ράχων μέσω της τέταρτης μεθοδολογικής προσέγγισης αξιοποιώντας την εφαρμογή Google Earth Pro. Πηγή: Google Earth Pro.

Μέσω της εφαρμογής Google Earth Pro και της τοπογραφικής τομής δόθηκε η δυνατότητα αρίθμησης των παραλιακών ράχων, ξεκινώντας από τις παλαιότερες που βρίσκονται ανατολικά έως την πλέον πρόσφατη που είναι παράλληλη με τη σημερινή ακτογραμμή του όρμου μπροστά από το χωριό Αμμουδιά. Έτσι στον παρακάτω χάρτη γίνεται η αρίθμηση των παραλιακών ράχων, ανάλογα με την τοπογραφική τομή, όπου η πρώτη (παραλιακή ράχη 1) είναι η παλαιότερη και η τελευταία (παραλιακή ράχη 21) είναι η χρονολογικά νεότερη, σε περίπτωση πάντα που δεν επηρεάζεται από τις φυσικές διεργασίες της υπό μελέτη περιοχής.



Εικόνα 12: Αρίθμηση παραλιακών ράχων αξιοποιώντας την εφαρμογή Google Earth Pro. Πηγή: Google Earth Pro.

3.6. Σύγκριση Μεθοδολογικών Προσεγγίσεων

Προκειμένου να διεξαχθεί η καλύτερη δυνατή απεικόνιση των παραλιακών ράχων που αναπτύσσονται στην υπό μελέτη περιοχή, ακολουθήθηκαν τέσσερις διαφορετικές μεθοδολογικές προσεγγίσεις από τις οποίες προέκυψαν τέσσερα διαφορετικά συμπεράσματα σχετικά με τον αριθμό των παραλιακών ράχων. Οι τρεις πρώτες εφαρμόστηκαν εξολοκλήρου μέσω των δυνατοτήτων του λογισμικού ArcGIS ενώ η τελευταία πραγματοποιήθηκε αξιοποιώντας το πρόγραμμα Google Earth Pro.

Στην πρώτη μεθοδολογική προσέγγιση, έγινε η προσπάθεια της αναγνώρισης και της απεικόνισης των παραλιακών ράχων με μόνο δεδομένο ένα λεπτομερές 5x5m ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DEM) της περιοχής που αναπτύσσονται οι παραλιακές ράχες. Ενώ στην πρώτη απεικόνιση ήταν δύσκολο να αναγνωριστούν οι παραλιακές ράχες, κάνοντας κάποιες αλλαγές στις κλάσεις των υψών της περιοχής προέκυψε τελικά η καλύτερη απεικόνιση των ράχων. Έτσι, σύμφωνα με την πρώτη μεθοδολογική προσέγγιση, αναγνωρίστηκαν συνολικά δέκα παραλιακές ράχες, ωστόσο η τελική απεικόνιση δεν ήταν η καλύτερη δυνατή με αποτέλεσμα οι συγκεκριμένες ράχες να αναγνωριστούν με δυσκολία. Παράλληλα έχοντας πλέον και την απεικόνιση του προφίλ ανύψωσης της περιοχής γίνεται αντιληπτό πως οι παραλιακές ράχες είναι

περισσότερες στην πραγματικότητα. Συνεπώς η συγκεκριμένη μεθοδολογία είναι αρκετά χρονοβόρα και ειδικά για την συγκεκριμένη περιοχή μελέτης είναι σίγουρα αναξιόπιστη.

Στην δεύτερη μεθοδολογική προσέγγιση, η απεικόνιση των παραλιακών ράχων προέκυψε και πάλι αξιοποιώντας το ψηφιακό μοντέλο εδάφους της περιοχής ωστόσο έγινε και η εκμετάλλευση του εργαλείου 'Hillshade' του λογισμικού ArcGIS. Όπως στην πρώτη μεθοδολογία, η πρώτη απεικόνιση έκανε πολύ δύσκολη την αναγνώριση και απεικόνιση των παραλιακών ράχων, ωστόσο η διαφορά των δύο πρώτων απεικονίσεων των δύο μεθοδολογικών προσεγγίσεων είναι εμφανής, αφού στη δεύτερη (μέσω του hillshade) κάποιες παραλιακές ράχες είναι διακριτές εξαρχής. Στην αναζήτηση της καλύτερης δυνατής απεικόνισης όμως ακολουθήθηκαν κάποιες επεξεργασίες κυρίως όσο αφορά την τοποθέτηση του ήλιου στην περιοχή (αζιμούθιο), αλλά και άλλες μεταβλητές όπως το z factor. Τελικά διεξήχθη η καλύτερη δυνατή εικόνα της περιοχής μελέτης και μέσω αυτής αναγνωρίστηκαν συνολικά έντεκα παραλιακές ράχες. Το αποτέλεσμα της συγκεκριμένης μεθοδολογικής προσέγγισης είναι πιο κοντά στην πραγματικότητα σε σχέση με της πρώτης και η διεξαγωγή του ήταν πιο βατή και εύκολη. Ωστόσο αξίζει να σημειωθεί πως σύμφωνα με την τοπογραφική τομή οι παραλιακές ράχες που αναγνωρίστηκαν μέσω της συγκεκριμένης μεθοδολογίας υστερούν σημαντικά αριθμητικά από τον αριθμό των ράχων που πραγματικά υπάρχει.

Στην τρίτη μεθοδολογική προσέγγιση αξιοποιώντας το DEM της περιοχής και το εργαλείο 'Aspect' του λογισμικού ArcGIS, έγινε μια τρίτη προσπάθεια απεικόνισης των παραλιακών ράχων που αναπτύσσονται στην περιοχή. Στο συγκεκριμένο εργαλείο οι κλάσεις αποτυπώνουν την κατεύθυνση της πυξίδας προς την οποία είναι στραμμένη η επιφάνεια στην συγκεκριμένη θέση.. Κάνοντας διάφορες επεξεργασίες στις κλάσεις αυτές προέκυψαν ποικίλες απεικονίσεις της περιοχής στις οποίες οι παραλιακές ράχες αλλά και η μορφή τους είναι πολύ πιο διακριτές από την αρχή, ειδικά σε σύγκριση με τις δύο παραπάνω μεθοδολογίες. Ωστόσο προκειμένου η απεικόνιση και η μορφολογία της περιοχής όπου αναπτύσσονται οι παραλιακές ράχες, και κατά συνέπεια και των ίδιων των παραλιακών ράχων, να γίνει ακόμα πιο ξεκάθαρη και κατανοητή επιχειρήθηκε ένας συνδυασμός επιπέδων, μεταξύ του καλύτερου συμπεράσματος που προέκυψε μέσω της δεύτερης μεθοδολογικής προσέγγισης και αυτού της συγκεκριμένης μεθοδολογίας. Το αποτέλεσμα που προέκυψε μέσω του συνδυασμού αυτού βοήθησε στην αναγνώριση συνολικά δεκαεπτά παραλιακών ράχων, αριθμός ο οποίος σύμφωνα με το προφίλ ανύψωσης της περιοχής θα μπορούσε να ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα. Επομένως η συγκεκριμένη μεθοδολογική προσέγγιση, μέχρι στιγμής, είναι η πιο αξιόπιστη και η λιγότερο χρονοβόρα αφού

με αυτόν τον τρόπο οι παραλιακές ράχες μπορούν να παρατηρηθούν πιο εύκολα και κατά συνέπεια να απεικονιστούν και πιο γρήγορα αλλά και με μεγαλύτερη λεπτομέρεια.

Στην τέταρτη και τελευταία μεθοδολογική προσέγγιση η προσπάθεια χαρτογράφησης των παραλιακών ράχων της περιοχής εφαρμόστηκε αξιοποιώντας την εφαρμογή Google Earth Pro. Έχοντας την φυσική εικόνα της περιοχής και με τη δυνατότητα της μεγέθυνσης επιχειρήθηκε να γίνει μία απαρίθμηση των παραλιακών ράχων και στην συνέχεια η χαρτογράφηση τους. Με τον συγκεκριμένο τρόπο το συμπέρασμα που προέκυψε είναι πως στην περιοχή αναπτύσσονται συνολικά 21 παραλιακές ράχες, αριθμός ο οποίος σύμφωνα με τις πληροφορίες που αντλούνται από την τοπογραφική τομή είναι εξίσου πιθανός. Είναι αναμφισβήτητο πως η εφαρμογή Google Earth Pro αποτελεί βοηθητικό εργαλείο στην αναγνώριση και χαρτογράφηση των παραλιακών ράχων, ωστόσο δεν είναι τελείως άξιο εμπιστοσύνης. Το ψηφιακό μοντέλο εδάφους (dem) της περιοχής έχει πολύ περισσότερες και πιο αξιόπιστες λεπτομέρειες σχετικά με τα υψόμετρα της περιοχής συγκριτικά με το Google Earth. Συνεπώς από την συγκεκριμένη μεθοδολογική προσέγγιση μπορούν να αντληθούν πολλές πληροφορίες για την περιοχή και για την υπό μελέτη γεωμορφή, ωστόσο σε καμία περίπτωση δεν μπορεί να αποτελεί την μοναδική αφού είναι πιθανό να απουσιάζουν κάποιες χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με το υψόμετρο της περιοχής.

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα των τεσσάρων μεθοδολογικών προσεγγίσεων και εντοπίζοντας τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του τρόπου με τον οποίο διεξήχθησαν τα αποτελέσματα αυτά, γίνεται αντιληπτό πως όσο αφορά τις παραλιακές ράχες, η πιο αξιόπιστη μεθοδολογία για την αναγνώριση και την απεικόνιση τους είναι η τρίτη. Δηλαδή αυτή που προέκυψε μέσω της εφαρμογής του εργαλείου ‘Aspect’ σε συνδυασμό με το αποτέλεσμα της δεύτερης μεθοδολογικής προσέγγισης (‘Hillshade’). Ωστόσο σε κάθε περίπτωση ο πιο αποτελεσματικός και αξιόπιστος τρόπος για την ακριβή χαρτογράφηση της υπό μελέτη περιοχής αποτελεί η επιτόπια έρευνα ώστε να πραγματοποιηθεί και η συλλογή ιζημάτων, που μπορεί να βοηθήσει στην αναγνώριση των παραλιακών ράχων.

4. Πρόβλεψη Μελλοντικής Εξέλιξης Περιοχής

Σε μια προσπάθεια πρώτης εκτίμησης των επερχόμενων επιπτώσεων που θα έχει στην περιοχή μελέτης μία μελλοντική αναμενόμενη άνοδος της στάθμης της θάλασσας ελήφθησαν υπόψη οι εκτιμήσεις της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC) έως το έτος 2100 όπως αυτές αναφέρονται στην πλέον πρόσφατη έκθεση της Επιτροπής του 2019 (Oppenheimer et al., 2019). Επιπλέον ελήφθη υπόψη η συμπύκνωση των δελταϊκών ιζημάτων μετά την απόθεσή τους καθώς η περιοχή αποτελεί ένα ποτάμιο δέλτα και η σημερινή τοπογραφία της πεδιάδας (Parcharidis et al., 2013).

Σύμφωνα με την πρόσφατη έκθεση της IPCC εκτιμάται ότι η άνοδος της θαλάσσιας στάθμης εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής αναμένεται να κυμανθεί μεταξύ 29 cm και 110 cm έως το έτος 2100. Το εύρος αυτό είναι σχετικά μεγάλο καθώς η έκθεση λαμβάνει υπόψη τόσο το πλέον απαισιόδοξο όσο και το πλέον αισιόδοξο σενάριο εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Σύμφωνα λοιπόν με την ελάχιστη άνοδο που προβλέπει το αισιόδοξο σενάριο αυτή θα είναι σε παγκόσμια κλίμακα 29 cm ενώ σύμφωνα με την μέγιστη άνοδο που προβλέπει το πλέον απαισιόδοξο σενάριο αυτή θα είναι 110 cm έως το έτος 2100. Αξίζει να σημειωθεί ότι σύμφωνα με την έκθεση αυτή ενώ η κύρια αιτία ανόδου έως τώρα θεωρούνταν η θερμική διαστολή του νερού των ωκεανών και των θαλασσών λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας του πλανήτη σήμερα τα δεδομένα και οι παρατηρήσεις δείχνουν ότι η κύρια αιτία είναι η τήξη των Αρκτικών πάγων και των πάγων της Ανταρκτικής. Στην μελέτη ελήφθη υπόψη μια μέση άνοδος της στάθμης 70 cm έως το έτος 2100 που είναι η μέση τιμή της ελάχιστης και της μέγιστης εκτίμησης. Αυτή η άνοδος αντιστοιχεί σε έναν ρυθμό 0,89 cm/έτος.

Στον ρυθμό αυτό ανόδου που οφείλεται στην κλιματική αλλαγή θα πρέπει να προστεθεί μια επιπλέον άνοδος που οφείλεται στην καθίζηση της δελταϊκής πεδιάδας του Αχέροντα. Έχει διαπιστωθεί ότι με την πάροδο του χρόνου τα ποτάμια ιζήματα που έχουν αποτεθεί στην ευρύτερη περιοχή των εκβολών υφίστανται μια συμπύκνωση. Σημαντικό ρόλο παίζει το βάρος των υπερκείμενων δελταϊκών αποθέσεων που «συμπιέζει» τα κατώτερα ενώ σε αρκετές περιπτώσεις η συμπύκνωση αυτή οφείλεται στην άντληση των υπόγειων υδάτων για διάφορες χρήσεις (κυρίως άρδευση). Αυτή η συμπύκνωση έχει σαν αποτέλεσμα την καθίζηση της δελταϊκής πεδιάδας και άρα την άνοδο της στάθμης της θάλασσας. Για την ποσοτικοποίηση της ανόδου αυτής ελήφθη υπόψη η μελέτη που αφορά το δέλτα του ποταμού Μόρνου (Parcharidis et al., 2013). Στην εργασία αυτή εφαρμόζοντας τεχνικές συμβολομετρίας εκτιμήθηκε με ακρίβεια

έναν μέσο ρυθμός καθίζησης της δελταϊκής πεδιάδας περίπου 5 mm/έτος ενώ η μέγιστη τιμή καθίζησης έφθανε τα 7 mm/έτος. Στην παρούσα μελέτη θεωρήσαμε έναν μέσο ρυθμό ανόδου λόγω καθίζησης του δέλτα του Αχέροντα 5 mm/έτος.

Συνεπώς ο συνολικός ρυθμός ανόδου της θαλάσσιας στάθμης τόσο λόγω ευστατισμού (κλιματικής αλλαγής) όσο και λόγω συμπύκνωσης των δελταϊκών ιζημάτων είναι $(8,9 + 5 = 13,9$ mm/έτος). Ο ρυθμός αυτός αν αναχθεί έως το έτος 2100 μεταφράζεται σε μια συνολική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης της τάξης των 1,08 m.

Συμπερασματικά έχοντας υπόψη τον ρυθμό ανόδου της θάλασσας, που είναι 1,39 cm / έτος, σε 78 έτη από σήμερα η στάθμη θα έχει ανέβει κατά 108,4 cm, δηλαδή περίπου κατά 1,08 m. Επομένως, είναι πολύ πιθανό τα τμήματα της υπό μελέτη περιοχής που έχουν υψόμετρο 1,08 m και κάτω στο μέλλον να καλυφθούν από θαλάσσιο νερό.

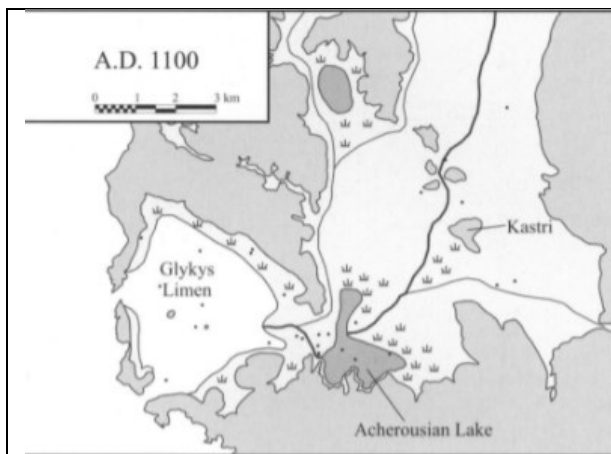
5. Συμπεράσματα

Ακολουθώντας τις τέσσερις μεθοδολογίες που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο αλλά και αναλύοντας τις πληροφορίες που αντλήθηκαν από τα υπόλοιπα κεφάλαια, εξήχθηκαν κάποια συμπεράσματα σχετικά με την περιοχή μελέτης αλλά και για τις υπό μελέτη γεωμορφές, δηλαδή τις παραλιακές ράχες.

Η περιοχή μελέτης είναι μια χαμηλής τοπογραφίας περιοχή που έχει δημιουργηθεί από την απόθεση των ιζημάτων που μεταφέρει ο Αχέροντας ποταμός στις εκβολές του. Παρότι η ακτογραμμή του δέλτα έχει πολύ μικρό μήκος, πίσω από την ακτογραμμή έχουν αναπτυχθεί σειρά παραλιακών ράχων χαμηλού υψομέτρου. Οι ράχες αυτές είναι σχεδόν παράλληλες μεταξύ τους έχουν ημικυκλική μορφή και διαχωρίζονται μεταξύ τους από βυθίσματα πολύ χαμηλής τοπογραφίας που αποτελούν ελώδεις περιοχές καλυμμένες με νερό για μεγάλο μέρος του χρόνου. Η ανάπτυξη των παραλιακών αυτών ράχων και των μεταξύ τους αυλάκων δίνουν στην δελταϊκή πεδιάδα του Αχέροντα μια τοπογραφία που στη διεθνή βιβλιογραφία ονομάζεται ‘ridge and swale’ topography. Οι παραλιακές ράχες αντιστοιχούν σε παλαιές θέσεις της ακτογραμμής και έχουν διαμορφωθεί από την επεξεργασία και απόθεση των ιζημάτων του Αχέροντα από τη δράση του κυματισμού και των επιμηκών παρακτίων ρευμάτων.

Αναλυτικότερα, για τις παραλιακές ράχες είδαμε πως το μέγιστο ύψος που είναι τα 4 μέτρα, έχουν γενικά προσανατολισμό Βορειοδυτικά – Νοτιοανατολικά και είναι στο σύνολό τους τουλάχιστον 17, λαμβάνοντας υπόψη την τρίτη μεθοδολογία που θεωρήθηκε πιο ορθή. Ωστόσο, προκειμένου να γίνει λεπτομερέστερη μελέτη των ράχων πρέπει να γίνει επιτόπια έρευνα, καθώς όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 1 η αναγνώριση μιας παραλιακής ράχης δεν γίνεται απλά βάσει της μορφής της αλλά και των υλικών που την δομούν.

Η μορφολογία των παραλιακών ράχων καταδεικνύει τις παλαιότερες ακτογραμμές που δέσποζαν στην περιοχή, από την πρώτη μέχρι και την τελευταία. Όπως είδαμε στην παλαιογεωγραφική εξέλιξη της περιοχής, στο κεφάλαιο 2, η ακτογραμμή τα παλαιότερα χρόνια βρισκόταν πιο βορειοανατολικά της σημερινής και είχε πολύ μεγαλύτερη έκταση.



Εικόνα 13 : Ακτογραμμή περιοχής ακριβώς πριν την εμφάνιση των πρώτων παραλιακών ράχων. Πηγή: Besonen, Rapp, Jing : 2003.



Εικόνα 14 : Πρώτη παραλιακή ράχη σύμφωνα με την τρίτη και τέταρτη μεθοδολογία. Πηγή: Google Earth Pro.

Κύρια διεργασία που επηρεάζει και επιτρέπει την δημιουργία των παραλιακών ράχων είναι ο κυματισμός σε συνδυασμό με το παράκτιο ιζήμα. Κύρια προϋπόθεση του σχηματισμού των παραλιακών ράχων είναι να υπάρχει το απαραίτητο θετικό ισοζύγιο των παράκτιων ιζημάτων, δηλαδή πρέπει η ποσότητα του ιζήματος που προέρχεται από την ποτάμια τροφοδοσία, την κυματική δράση και/ή των θαλάσσιων ρευμάτων στον αιγιαλό να είναι μεγαλύτερη εκείνης που απομακρύνεται από αυτόν. Το γεγονός πως σήμερα εμφανίζονται στην περιοχή πολυάριθμες παραλιακές ράχες, δείχνει πως το ποτάμιο ιζήμα που προήλθε από τον Αχέροντα σε συνδυασμό με το ιζήμα που προήλθε στον αιγιαλό από τον κυματισμό είναι περισσότερο από αυτό που απομακρύνθηκε λόγω άλλων διεργασιών.

Επομένως σύμφωνα με τα παραπάνω, η πρώτη παραλιακή ράχη δημιουργήθηκε ακολουθώντας τις παραπάνω διεργασίες, ενώ αξίζει να σημειωθεί πως εξίσου σημαντικό ρόλο έπαιξαν και οι αιολικές διεργασίες αφού αυτές είναι η αιτία της μορφής τους. Με την πάροδο των ετών, λόγω της ανάπτυξης νέων παραλιακών ράχων μπροστά από τις παλαιές, έγινε σταδιακά η προέλαση της ξηράς αφήνοντας πίσω την πρώτη παραλιακή ράχη, χωρίς πλέον να επηρεάζεται από διεργασίες της ξηράς και έκτοτε ακολουθώντας την ίδια διαδικασία δημιουργήθηκε και δεύτερη, και τρίτη και πολλές ακόμα με τελικό αποτέλεσμα την σημερινή εικόνα της περιοχής μελέτης. Με τον τρόπο αυτό πληρώθηκε ο παλιός όρμος που είχε πολύ μεγαλύτερες διαστάσεις από τον σημερινό.

Οι παραλιακές ράχες είναι πολυάριθμες και ο ρυθμός ανάπτυξης τους αρκετά γρήγορος καθώς δεν απέχουν μεταξύ τους μεγάλη απόσταση. Το χαμηλό υψόμετρο της περιοχής μπορεί, ανάλογα με το πόσο μεγάλη θα είναι μια ενδεχόμενη μελλοντική άνοδος της στάθμης της θάλασσας

λόγω της κλιματικής αλλαγής, να επιφέρει με την πάροδο του χρόνου άλλες, καταστρεπτικές για την ευρύτερη περιοχή συνέπειες. Λαμβάνοντας υπόψη τον μέσο ρυθμό ανόδου της στάθμης όπως αναλύθηκε στο κεφάλαιο 5 ,τα σημεία κατά μήκος της περιοχής που βρίσκονται σε υψόμετρο από 1,08 μέτρο και κάτω μέχρι το έτος 2100 θα έχουν καλυφθεί από θαλάσσιο νερό.

Αξιοποιώντας τις παραπάνω πληροφορίες και συνδυάζοντας τις δυνατότητες που προσφέρει το λογισμικό ArcGIS έγινε μια προσπάθεια αποτύπωσης, μέσω του DEM της υπό μελέτης περιοχής, των τμημάτων που είναι πιο πιθανό να πλημμυρίσουν σε 78 χρόνια, δηλαδή των τμημάτων εκείνων που το ύψος τους δεν ξεπερνάει το 1,08 μέτρο. Στον παρακάτω χάρτη απεικονίζεται η συγκεκριμένη προσπάθεια, όπου με μπλε χρώμα απεικονίζονται οι περιοχές που είναι ήδη καλυμμένες από θαλάσσιο νερό αλλά και εκείνες που πρόκειται να καλυφθούν τα επόμενα χρόνια.



Χάρτης 18 : Απεικόνιση, με μπλε χρώμα, των τμημάτων της υπό μελέτη περιοχής που είναι πιο πιθανό να καλυφθούν από θαλάσσιο νερό μέχρι το έτος 2100 (έχουν υψόμετρο 1,08 και μέτρο και κάτω).

Όπως γίνεται αντιληπτό από τον παραπάνω χάρτη, το μεγαλύτερο τμήμα της περιοχής μελέτης είναι πιθανό το 2100 να βυθιστεί στο νερό. Ωστόσο παρατηρείται πως ο οικισμός Αμμουδιά βρίσκεται σε υψηλότερο υψόμετρο με αποτέλεσμα να καλυφθεί από νερό μόνο ένα μικρό τμήμα της στα Δυτικά, με αποτέλεσμα ο οικισμός να μετατραπεί σε ένα φυσικό εμπόδιο. Συνεπώς μελλοντικά δεν αποκλείεται η μετατροπή του δελταϊκού περιβάλλοντος του ποταμού Αχέροντα σε λιμνοθάλασσα, το γεγονός αυτό θα είχε τραγικές επιπτώσεις στην περιοχή καθώς θα οδηγούσε στην κάλυψη της δελταϊκής πεδιάδας του ποταμού Αχέροντα και την επικοινωνία της με το Ιόνιο πέλαγος.

6. Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση:

Baedke, S. & Thompson, T. & Johnston, J. & Wilcox, D.. (2004). 'Reconstructing paleo lake levels from relict shorelines along the Upper Great Lakes'. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, 7, 435-449, pages: 437-439 doi: 10.1080/14634980490513274.

Besonen, M. & Rapp, G. & Jing, Z. (2003). 'The Lower Acheron River Valley: Ancient Accounts and the Changing Landscape'. *Hesperia Supplements* 32, 199, doi: 10.2307/1354049.

Dakaris S, (1971) , 'Cassopaia and the Elean Colonies, Athens, (Ancient Greek Cities 4)

Goslin, J. & Clemmensen, L., (2017). 'Proxy records of Holocene storm events in coastal barrier systems: Storm-wave induced markers', *Quaternary Science Reviews*, 174, doi: 80-119. 10.1016/j.quascirev.2017.08.026.

Nanson GC, Callen RA, Price DM (1998) Hydroclimatic interpretation of Quaternary shorelines on South Australian playas. *Paleogeogr Paleoclimatol Paleoecol* 144:281–305

Nott J, Smithers S, Walsh K, Rhodes E (2009) Sand beach ridges record 6000 year history of extreme tropical cyclone activity in northeastern Australia. *Quat Sci Rev* 28:1511–1520

OPPENHEIMER, M., GLAVOVIC, B.C., HINKEL, J., VAN DE WAL, R., MAGNAN, A.K., ABDELGAWAD, A., CAI, R., CIFUENTES-JARA, M., DECONTO, R.M., GHOSH, T., HAY, J., ISLA, F., MARZEION, B., MEYSSIGNAC, B. & SEBESVARI, Z. (2019): Sea Level Rise and Implications for Low-Lying Islands, Coasts and Communities. – In: Pörtner, H.O., Roberts, D.C., MassonDelmotte, V., Zhai, P., Tignor, M., Poloczanska, E., Mintenbeck, K. Alegría, A., Nicolai, M., Okem, A., Petzold, J., Rama, B. & Weyer N.M. (eds.): IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate.

Otvos, E. G. (2000). 'Beach ridges — definitions and significance'. *Geomorphology*, 32, 83-108, doi: 10.1016/S0169-555X (99) 00075-6.

Parcharidis, I., Kourkouli, P., Karymbalis, E., Foumelis, M. & Karathanassi, V. (2013) Time Series Synthetic Aperture Radar Interferometry for Ground Deformation Monitoring over a Small Scale Tectonically Active Deltaic Environment (Mornos, Central Greece). *Journal of Coastal Research*, 29(2), 325-338, doi: 10.2112/JCOASTRES-D-11-00106.1.

Ελληνική:

Καρκανάς Π. , (2019), ‘Εισαγωγή στη Γεωαρχαιολογία’ , δεύτερη έκδοση, κεφάλαιο 4, Αθήνα: εκδόσεις Νεφέλη.

Καρύμπαλης Ε. , (2010), ‘Παράκτια Γεωμορφολογία’, Αθήνα: εκδόσεις Ίων.

Χαλκιάς Χ., Σημειώσεις μαθήματος «Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών»

Διαδίκτυο:

‘Αχέρων’ , (2003), από τη σειρά ντοκιμαντέρ της Έρτ με όνομα: ‘Περιβάλλον και Άνθρωπος’, στον διαδικτυακό τόπο: <http://archive.ert.gr>.

Γκιώζος, Δ. & Μαζιώτης Γ. , (2017), ‘Συγκριτικές Παρατηρήσεις μεταξύ Υδατικών Διαμερισμάτων Ηπείρου και Νήσων Αιγαίου’, σελίδα 85, στον διαδικτυακό τόπο: <http://estia.hua.gr>.

Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ) , στον διαδικτυακό τόπο: <http://www.statistics.gr>.

Επίσημη ιστοσελίδα Νομού Πρεβέζης, στον διαδικτυακό τόπο: <http://preveza.gr>.

Ιστοσελίδα ‘ScienceDirect’ : <http://sciencedirect.com>.

Ιστοσελίδα ‘National Park Service’: <http://www.nps.gov/index.htm>.