



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

**ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΟΥ ΧΑΡΤΗ ΤΗΣ ΝΗΣΟΥ
ΑΝΤΙΠΑΡΟΥ ΜΕ ΤΗ ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΗ ΧΡΗΣΗ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΩΝ
ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.**



**Πτυχιακή εργασία της
Ευαγγελίας Γιώτη**

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2010

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΟΥ ΧΑΡΤΗ ΤΗΣ ΝΗΣΟΥ ΑΝΤΙΠΑΡΟΥ ΜΕ ΤΗ ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΗ ΧΡΗΣΗ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.

Πτυχιακή εργασία της Ευαγγελίας Γιώτη
Επιβλέπων Καθηγητής: κ. Παρχαρίδης Ισαάκ

Τριμελής Επιτροπή: κ. Παρχαρίδης Ισαάκ
κ. Παυλόπουλος Κοσμάς
κ. Χαλκιάς Χρήστος

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2010

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	6
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	9
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ.....	10
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	11
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	12
ABSTRACT.....	13
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	
1.1 Σκοπός	14
1.2 Μεθοδολογία.....	14
1.3 Τοπογραφικό υπόβαθρο.....	14
1.4 Λογισμικά Γεωπληροφορικής	15
1.5 Γεωμορφολογική Χαρτογράφηση- Υπόμνημα.....	16
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΗΣ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ	
2.1 Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών.....	17
2.2 Ψηφιακά Μοντέλα Εδάφους.....	19
2.3 Δορυφορικές εικόνες ASTER.....	20
2.4 Δορυφορικό σύστημα ALOS.....	21
2.4.1 Τα χαρακτηριστικά του ALOS PRISM.....	22
2.5 Βασικές Αρχές της γεωμορφολογικής χαρτογράφησης.....	24

2.5.1 Η γεωμορφολογική έρευνα.....	24
2.5.2 Γεωμορφολογική χαρτογράφηση.....	26
2.6 Η χρήση των τηλεπισκοπικών δεδομένων στη γεωμορφολογική χαρτογράφηση.....	27

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ- ΝΗΣΟΣ ΑΝΤΙΠΑΡΟΣ

3.1 Γενικά για την νήσο Αντίπαρο.....	30
3.2 Γεωλογικές Συνθήκες	31
3.2.1 Γεωλογικές Συνθήκες της Περιοχής των Κυκλάδων.....	31
3.2.2 Γεωλογικές Συνθήκες της νήσου Αντιπάρου.....	32
3.2.2.1 Λιθολογία.....	32
3.2.2.2 Τεκτονική	33
3.2.2.3 Ηφαιστειότητα.....	34
3.3 Κατασκευή του Γεωλογικού Χάρτη της Νήσου Αντιπάρου.....	36
ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΤΗΣ ΝΗΣΟΥ ΑΝΤΙΠΑΡΟΥ.....	37

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

4.1 Δεδομένα Τηλεπισκόπησης.....	38
4.2 Συγχώνευση δορυφορικών εικόνων.....	38
4.3 Δημιουργία Ψηφιακών Μοντέλων Επιφάνειας.....	40
4.3.1 Επεξεργασία δορυφορικών εικόνων ASTER.....	41
4.3.2 Επεξεργασία δορυφορικών εικόνων ALOS.....	42
4.3.3 Επίσημες Υψομετρικές Πηγές.....	44
4.4 Έλεγχος Ακρίβειας των Ψηφιακών Μοντέλων Επιφάνειας.....	45

4.4.1 Ποσοτικός Έλεγχος.....	46
4.4.1.1 Γενικά Στατιστικά των Ψ.Μ.Ε.....	46
4.4.1.2 Διαφορές των Ψ.Μ.Ε.....	47
4.4.1.3 Σημεία Εδαφικού Ελέγχου (gcr's).....	53
4.4.2 Ποιοτικός Έλεγχος Ακρίβειας.....	54
4.4.2.1 Υψομετρικά Προφίλ.....	54
4.4.2.2 Συσχέτιση.....	61
4.5 Συμπεράσματα	62
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΓΕΩΜΟΡΦΩΝ – ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΟΥ ΧΑΡΤΗ	
5.1 Παράγωγα των Ψ.Μ.Ε.	63
5.1.1 Χάρτες κλίσεων και ισοϋψών καμπυλών.....	63
5.1.2 Υδρογραφικό δίκτυο.....	65
5.2 Αναγνώριση γεωμορφών.....	66
5.2.1 Μορφολογικά χαρακτηριστικά.....	66
5.2.2 Παράκτια μορφολογία	68
5.2.3 Τεκτονική.....	70
5.2.4 Υδρογραφία.....	71
5.3 Κατασκευή του Γεωμορφολογικού Χάρτη	72
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ- ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	 76

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	78
ΥΠΟΜΝΗΜΑ.....	79
ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ.....	82
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	83
ΔΙΑΔΙΚΤΙΑΚΟΙ ΤΟΠΟΙ.....	85

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: Παρατήρηση της γεωμετρίας του PRISM.....	23
Σχήμα 2: Γεωγραφική τοποθεσία της νήσου Αντιπάρου	31
Σχήμα 3: Σχιστόλιθος με φακοειδείς εμφανίσεις μαρμάρων στα αριστερά και μάρμαρα με ενστρώσεις σιδήρου και μαγνησίου.....	33
Σχήμα 4: Συγχωνευμένη εικόνα της περιοχής της Αντιπάρου με χωρική διακριτική ικανότητα 2,5 μέτρα από δεδομένα του δορυφόρου ALOS.....	40
Σχήμα 5: Ψ.Μ.Ε. του ASTER με μέγεθος pixel 7,5μ.....	42
Σχήμα 6: Ψ.Μ.Ε. από το μωσαϊκό του ASTER με μέγεθος pixel 7,5m.....	42
Σχήμα 7: Ψ.Μ.Ε. του ALOS από κάθετη με προς τα πίσω λήψη, με χωρική διακριτική ικανότητα 7,5μ.....	43
Σχήμα 8: Ψ.Μ.Ε. του ALOS από κάθετη με προς τα μπρος λήψη, με χωρική διακριτική ικανότητα 7,5μ.....	43
Σχήμα 9: Ψ.Μ.Ε. του ALOS από μπροστινή και πίσω λήψη, με χωρική διακριτική ικανότητα 7,5 μέτρα.....	44
Σχήμα 10: Ψ.Μ.Ε. του ASTER GLOBAL.....	45
Σχήμα 11: Ψ.Μ.Ε. της Γ.Υ.Σ.....	45

Σχήμα 12: Ψ.Μ.Ε. του Υπουργείου Γεωργίας.....	45
Σχήμα 13: Διαφορά του Ψ.Μ.Ε. της Γ.Υ.Σ. από του Υπ. Γεωργίας.....	48
Σχήμα 14: Διαφορά του Ψ.Μ.Ε. της Γ.Υ.Σ. από του ASTER 3B-3N.....	48
Σχήμα 15: Διαφορά του Ψ.Μ.Ε. της Γ.Υ.Σ. από το μωσαϊκό του ASTER.....	49
Σχήμα 16: Διαφορά του Ψ.Μ.Ε. της Γ.Υ.Σ. από του ASTER GLOBAL.....	49
Σχήμα 17 : Διαφορά του Ψ.Μ.Ε. της Γ.Υ.Σ. από του ALOS(μπρος-πίσω λήψη).....	49
Σχήμα 18 : Διαφορά του Ψ.Μ.Ε. της Γ.Υ.Σ. από του ALOS(κάθετη-πίσω λήψη).....	49
Σχήμα 19 : Διαφορά του Ψ.Μ.Ε. της Γ.Υ.Σ από του ALOS(μπρος-κάθετη λήψη).....	50
Σχήμα 20 : Διαφορά του Ψ.Μ.Ε. του Υπ. Γεωργίας από το μωσαϊκό του ASTER.....	51
Σχήμα 21 : Διαφορά του Ψ.Μ.Ε. του Υπ. Γεωργίας από του ASTER 3B-3N.....	51
Σχήμα 22 : Διαφορά του Ψ.Μ.Ε. του Υπ. Γεωργίας από του ASTER GLOBAL.....	52
Σχήμα 23 : Διαφορά του Ψ.Μ.Ε. του Υπ. Γεωργίας από του ALOS (μπρος- πίσω λήψη).....	52
Σχήμα 24: Διαφορά του Ψ.Μ.Ε. του Υπ. Γεωργίας με του ALOS (Κάθετη-πίσω λήψη).....	52
Σχήμα 25 : Διαφορά του Ψ.Μ.Ε. του Υπ. Γεωργίας με του ALOS (κάθετη- μπρος λήψη).....	52
Σχήμα 26: Τοποθεσία των 44 σημείων εδαφικού ελέγχου, με συγκεκριμένες τιμές υψομέτρου.....	54
Σχήμα 27: Τα τρία υψομετρικά προφίλ.....	55
Σχήμα 28: Ψ.Μ.Ε. του ASTER, BA-ΝΔ υψομετρικό προφίλ	56
Σχήμα 29: Ψ.Μ.Ε. του ASTER GLOBAL,BA-ΝΔ υψομετρικό προφίλ.....	56
Σχήμα 30: Ψ.Μ.Ε. Υπ. Γεωργίας, BA-ΝΔ υψομετρικό προφίλ.....	56
Σχήμα 31: Ψ.Μ.Ε. ΓΥΣ, BA-ΝΔ υψομετρικό προφίλ.....	56

Σχήμα 32: Ψ.Μ.Ε. από το μωσαϊκό του ASTER, BA-NΔ υψομετρικό προφίλ.....	56
Σχήμα 33: Ψ.Μ.Ε. του ALOS από κάθετη και πίσω λήψη, BA-NΔ υψομετρικό προφίλ.....	57
Σχήμα 34: Ψ.Μ.Ε. του ALOS από μπρος και κάθετη λήψη, BA-NΔ υψομετρικό προφίλ.....	57
Σχήμα 35: Ψ.Μ.Ε. του ALOS από μπρος και πίσω λήψη, BA-NΔ υψομετρικό προφίλ.....	57
Σχήμα 36: Ψ.Μ.Ε. του ASTER,B-N υψομετρικό προφίλ.....	58
Σχήμα 37: Ψ.Μ.Ε. του ASTER GLOBAL,B-N υψομετρικό προφίλ.....	58
Σχήμα 38: Ψ.Μ.Ε. Υπ. Γεωργίας, B-N υψομετρικό προφίλ.....	58
Σχήμα 39: Ψ.Μ.Ε. Γ.Υ.Σ, B-N υψομετρικό προφίλ.....	58
Σχήμα 40: Ψ.Μ.Ε. από το μωσαϊκό του ASTER, B-N υψομετρικό προφίλ.....	58
Σχήμα 41: Ψ.Μ.Ε. του ALOS από κάθετη και πίσω λήψη, B-N υψομετρικό προφίλ.....	59
Σχήμα 42: Ψ.Μ.Ε. του ALOS από μπρος και κάθετη λήψη, B-N υψομετρικό προφίλ.....	59
Σχήμα 43: Ψ.Μ.Ε. του ALOS από μπρος και πίσω λήψη, B-N υψομετρικό προφίλ.....	59
Σχήμα 44: Ψ.Μ.Ε. του ASTER,A-Δ υψομετρικό προφίλ.....	60
Σχήμα 45: Ψ.Μ.Ε. του ASTER GLOBAL,A-Δ υψομετρικό προφίλ.....	60
Σχήμα 46: Ψ.Μ.Ε. Υπ. Γεωργίας, A-Δ υψομετρικό προφίλ.....	60
Σχήμα 47: Ψ.Μ.Ε. Γ.Υ.Σ, A-Δ υψομετρικό προφίλ.....	60
Σχήμα 48: Ψ.Μ.Ε. από το μωσαϊκό του ASTER,A-Δ υψομετρικό προφίλ.....	60
Σχήμα 49: Ψ.Μ.Ε. του ALOS από κάθετη και πίσω λήψη, A-Δ υψομετρικό προφίλ.....	61
Σχήμα 50: Ψ.Μ.Ε. του ALOS από μπρος και κάθετη λήψη, A-Δ υψομετρικό προφίλ.....	61
Σχήμα 51: Ψ.Μ.Ε. του ALOS από μπρος και πίσω λήψη, A-Δ υψομετρικό προφίλ.....	61
Σχήμα 52: Χάρτης Κλίσεων.....	64

Σχήμα 53. Τοπογραφικός χάρτης ισοδιάστασης 20 μέτρων	64
Σχήμα 54. Διεύθυνση ροής του Υδρογραφικού.....	65
Σχήμα 55. Σύγκριση Υδρογραφικού του Ψ.Μ.Ε. του ALOS με αυτό του τοπογραφικού χάρτη της Γ.Υ.Σ.....	66
Σχήμα 56: Πλευρικά κορήματα- άποψη από τη δορυφορική εικόνα του ALOS.....	68
Σχήμα 57: Πλευρικά κορήματα στην Αντίπαρο.....	68
Σχήμα 58: Παράκτιος κρημνός με κλίση $>30^{\circ}$, αποκομμένο τμήμα από την δορυφορική εικόνα του ALOS.....	69
Σχήμα 59: Μορφή Τόμπολο, αποκομμένο τμήμα από την δορυφορική εικόνα του ALOS.....	70
Σχήμα 60: Έλος, αποκομμένο τμήμα από την δορυφορική εικόνα του ALOS.....	71
Σχήμα 61 : Τοπογραφικός χάρτης της Γ.Υ.Σ. Φύλλο Πάρος	73
Σχήμα 62 : Τοπογραφικός χάρτης της Γ.Υ.Σ. Φύλλο Ν. Δεσποτικών.....	73
Σχήμα 63: Τοπογραφικός χάρτης της ν. Αντιπάρου.....	73
Σχήμα 64: Αποκομμένο τμήμα από τον Γεωμορφολογικό χάρτη, απεικόνιση του βόρειου τμήματος.....	74
Σχήμα 65: Αποκομμένο τμήμα από τον Γεωμορφολογικό χάρτη, απεικόνιση κεντρικού τμήματος.....	75

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Δορυφορικό σύστημα ASTER: Τα χαρακτηριστικά του αισθητήρα.....	20
Πίνακας 2. Χαρακτηριστικά των τριών εργαλειακών υποσυστημάτων του ASTER.....	21
Πίνακας 3. Χαρακτηριστικά του PRISM (Tadono et al, 2004).....	23
Πίνακας 4: Γενικά στατιστικά αποτελέσματα των Ψηφιακών Μοντέλων Επιφάνειας.....	46

Πίνακας 5: Στατιστική διαφορά των παραγόμενων Ψ.Μ.Ε. από αυτό της Γ.Υ.Σ.....	47
Πίνακας 6: Στατιστική διαφορά των παραγόμενων Ψ.Μ.Ε. από αυτό του Υπ.Γεωργίας.....	50
Πίνακας 7: Στατιστικά της διαφοράς των Ψ.Μ.Ε. ως προς 44 ακριβή σημεία εδαφικού ελέγχου (gcp's).....	54

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

Ψ.Μ.Ε.: Ψηφιακό Μοντέλο Επιφάνειας

Σ.Γ.Π.: Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών

DTM: Digital Terrain Models

DEM: Digital Elevation Models

DSM: Digital Surface Models

ASTER: Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer

ALOS: Advanced Land Observing Satellite

JAXA: Japan Aerospace Exploration Agency:

PRISM: Panchromatic Remote-Sensing Instrument

AVNIR-2: Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type-2

PALSAR: Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar

GCP's: Ground Control Points

Ι.Γ.Μ.Ε: Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών

PCA : Principal Component Analysis

2drms: Dimensional Distance Root Mean Squared

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα μελέτη ξεκίνησε να υλοποιείται τον Οκτώβριο του 2009, ταυτόχρονα με την άσκηση πρακτικής στο Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών. Το κίνητρο ανάληψης της ήταν η ανανέωση του Γεωλογικού Χάρτη της νήσου Αντιπάρου που είχε αναλάβει να διεκπεραιώσει εκείνη την περίοδο το Ι.Γ.Μ.Ε. Λόγω της πληθώρας δεδομένων για την περιοχή και ύστερα με συνεννόηση τόσο με τον επιβλέποντα καθηγητή μου κύριο Παρχαρίδη, όσο και με τη διεύθυνση γεωλογικών χαρτογραφήσεων του Ι.Γ.Μ.Ε, μου ανατέθηκε η δημιουργία του γεωμορφολογικού χάρτη της νήσου Αντιπάρου.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τους επιβλέποντες καθηγητές της πτυχιακής μου εργασίας κύριο Ι. Παρχαρίδη και κύριο Κ. Παυλόπουλο για τη βοήθειά τους στην ολοκλήρωσή της και τις συμβουλές που μου δώσανε καθ' όλη την διάρκεια συγγραφή της. Παράλληλα, σημαντική για την επίτευξη της εργασίας ήταν η συμβολή του Κ. Νικολακόπουλου και Π. Τσόμπου από το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.) τους οποίους ευχαριστώ ιδιαιτέρως τόσο για την προθυμία τους να συνεργαστούν μαζί μου όσο και για τις διευκολύνσεις που μου προσέφεραν. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην μελέτη, μου τα διέθεσε το Ι.Γ.Μ.Ε. στα πλαίσια της πρακτικής άσκησης που πραγματοποίησα στο χώρο του.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα μελέτη έχει στόχο την γεωμορφολογική χαρτογράφηση της νήσου Αντιπάρου, η οποία βρίσκεται στο Αιγαίο Πέλαγος, στο σύμπλεγμα των Κυκλάδων νοτιοδυτικά της Πάρου.

Για την αναγνώριση και χαρτογράφηση των γεωμορφών ήταν απαραίτητη μια σειρά διαδικασιών. Αρχικά καταφύγαμε σε επισκόπηση βιβλιογραφίας ώστε να εξαχθούν πληροφορίες σχετικά με το γεωλογικό υπόβαθρο, την τεκτονική και την ηφαιστειότητα της περιοχής. Στη συνέχεια έγινε μια εκτενής επεξεργασία τηλεπισκοπικών δεδομένων. Συγκεκριμένα κατασκευάστηκε ένα Ψηφιακό Μοντέλο Επιφάνειας από το οποίο και με τη βοήθεια των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών προέκυψαν οι ισοϋψείς καμπύλες, η ακτογραμμή, ο χάρτης κλίσεων και η υδρογραφία. Παράλληλα, ο συνδυασμός του Ψ.Μ.Ε. και δορυφορικής εικόνας υψηλής ανάλυσης έκανε εφικτό να αναγνωριστούν τα βασικότερα μορφολογικά χαρακτηριστικά. Τέλος τοπογραφικά στοιχεία αντλήθηκαν και ψηφιοποιήθηκαν από τον τοπογραφικό χάρτη της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού και γεωλογικά στοιχεία από τον γεωλογικό χάρτη της Αντιπάρου κατασκευής του Ι. Αναστασόπουλου (1963, ΙΓΜΕ). Η γεωαναφορά όλων των δεδομένων έγινε σε προβολικό σύστημα ΕΓΣΑ 1987.

Για την επίτευξη του παραπάνω στόχου χρησιμοποιήθηκαν λογισμικά Γεωπληροφορικής και συγκεκριμένα το ERDAS IMAGINE 9.1 και το Arc Map 9.2. Επιπλέον έγινε επεξεργασία δορυφορικών δεδομένων ASTER και ALOS τα οποία χαρακτηρίζονται από μεγάλη φασματική και χωρική διακριτική ικανότητα.

Τέλος, αναλύονται κάποια βασικά συμπεράσματα που προέκυψαν από τη μελέτη και αφορούν αφ' ενός τις μορφολογικές επιφάνειες της νήσου και αφ' ετέρου τη σημαντικότητα των τηλεπισκοπικών δεδομένων σε μια γεωμορφολογική χαρτογράφηση.

ABSTRACT

This study aims to geomorphological mapping of the island of Antiparos, which is located in the Aegean Sea, in the Cyclades at the southwest of Paros.

For the detection and mapping of landforms would need a set of procedures. As a first step the appropriate literature has been studied to draw information on the geological background, the tectonic and volcanic activity in the region. Then, there was an extensive processing of satellite data. Specifically, a Digital Surface Model was built and with the use of GIS tools we emerged contours, the shoreline, the slice map and hydrography. Furthermore, the combination of DSM and of a high resolution satellite images made it possible to identify the main morphological characteristics. Finally, topographic data were digitized from the topographic map of the Geographic Military Service and geological data were digitized from the geological map of Antiparos constructed by Anastasopoulos I. (1963, IGME). The geo-referencing of all data was at the projection system EGSA 1987.

To achieve this goal, we used Geomatics software particularly ERDAS IMAGINE 9.1 and Arc Map 9.2. Furthermore we processed ASTER and ALOS satellite data with high spectral and spatial resolution.

Finally, key findings are presented at the end of the study concerning both morphological areas of the island and the importance of satellite data in a geomorphological mapping.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Σκοπός

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η αναγνώριση και χαρτογράφηση όλων των γεωμορφών της νήσου Αντιπάρου με τη βοήθεια τηλεπισκοπικών δεδομένων και Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών. Συγκεκριμένα, μελετάται η δυνατότητα να εντοπιστούν γεωμορφολογικοί σχηματισμοί από ένα ακριβές Ψηφιακό Μοντέλο Επιφάνειας καθώς και από εικόνες υψηλής ανάλυσης, όπως αυτές του δορυφόρου ALOS. Χρησιμοποιώντας εξειδικευμένα λογισμικά προγράμματα και προχωρώντας σε επισκόπηση σχετικής βιβλιογραφίας, έγινε εξαγωγή συμπερασμάτων που αφορούν τη τοπογραφία, την υδρογραφία, τη λιθολογία, την τεκτονική, τη μορφολογία και τη παράκτια γεωμορφολογία.

1.2 Μεθοδολογία

Για τις ανάγκες της γεωμορφολογικής χαρτογράφησης, αρχικά ήταν απαραίτητη η δημιουργία ενός Ψηφιακού Μοντέλου Επιφάνειας με μεγάλη ακρίβεια. Αυτό προέκυψε από δύο παγχρωματικές εικόνες χωρικής διακριτικής ικανότητας 2,5 μέτρων του δορυφόρου ALOS PRISM ο οποίος έχει την ικανότητα να λαμβάνει εικόνες από τρεις διαφορετικές γωνίες λήψης. Στη συνέχεια, έγινε ένας έλεγχος ακρίβειας για να διαπιστωθεί η καταλληλότητά του. Αφού έγινε επεξεργασία όλων των τηλεπισκοπικών δεδομένων στο λογισμικό Erdas imagine 9.1, χρησιμοποιήθηκε ένα επιπλέον περιβάλλον Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών το Arc Map 9.2 από το οποίο εξήχθησαν με αυτοματοποιημένο τρόπο τα βασικότερα τοπογραφικά χαρακτηριστικά, καθώς και η υδρογραφία. Παράλληλα, στο ίδιο λογισμικό έγινε η αναγνώριση και η ψηφιοποίηση των υπόλοιπων γεωμορφών που εντοπίστηκαν στο νησί. Για την φωτοερμηνεία χρησιμοποιήθηκε και μία επιπλέον εικόνα, η οποία προέκυψε με συγχώνευση δεδομένων του δορυφόρου ALOS. Αφού μελετήθηκε η σχετική βιβλιογραφία καθώς και το γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής, έγινε σύνθεση των αποτελεσμάτων και εξαγωγή των συμπερασμάτων.

1.3 Τοπογραφικό υπόβαθρο

Η κλίμακα παίζει σημαντικό ρόλο ιδιαίτερα στην ανάλυση χώρου, όπου βασικές ιδιότητες της κλίμακας καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό την όλη διαδικασία (Κουτσόπουλος, 2005). Πιο συγκεκριμένα η κλίμακα ενός χάρτη καθορίζει το επίπεδο ακρίβειας των στοιχείων για τη γεωγραφική θέση. Βέβαια, η ακρίβεια της γεωγραφικής θέσης εξαρτάται από μια σειρά από

παράγοντες που περιλαμβάνουν την ακρίβεια που επιτρέπουν τα μηχανήματα των Σ.Γ.Π., ή με άλλα λόγια την διακριτική ικανότητα των περιφερειακών εισόδου και εξόδου, την ακρίβεια των στοιχείων του χάρτη, του σχεδιασμού της βάσης δεδομένων και της διακριτικής ικανότητας του λογισμικού καθώς και άλλους παράγοντες (Κουτσόπουλος, 2005). Η αποτύπωση των γεωμορφών έγινε σε τοπογραφικό υπόβαθρο 1:25000. Τα δεδομένα που διαθέτουμε στις μέρες μας, όπως οι υψηλής χωρικής διακριτικής ικανότητας δορυφορικές εικόνες και τα Ψηφιακά Μοντέλα Αναγλύφου, γίνονται ολοένα και πιο δημοφιλή λόγω της πληθώρας πλεονεκτημάτων και ιδιοτήτων που προσφέρουν (π.χ. υψηλού επιπέδου λεπτομέρεια, πολυφασματικά δεδομένα και αυξανόμενη κάλυψη). Ιδιαίτερα η ακρίβεια των δορυφορικών δεδομένων του ALOS με ανάλυση 2,5 μέτρων επιτρέπει τη χαρτογράφηση σε μεγάλες κλίμακες όπως αυτή του 1:25000 (Siart et al, 2009).

1.4 Λογισμικά Γεωπληροφορικής

Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκαν συγκεκριμένα λογισμικά προγράμματα Γεωπληροφορικής τα οποία αποτέλεσαν τα σημαντικότερα εργαλεία για τη διεκπεραίωσή της. Αυτά είναι το Arc Map 9,2 και το Erdas Imagine 9,1.

Το ArcMap 9,2, όπως δηλώνει και το όνομά του, αφορά εφαρμογές που σχετίζονται με χάρτες. Είναι ένα ολοκληρωμένο Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών το οποίο προσφέρεται για χωρικό σχεδιασμό και ανάλυση χωρικών δεδομένων (Κουτσόπουλος και Ανδρουλακάκης, 2003). Συγκεκριμένα, δίνει την δυνατότητα να δημιουργηθούν χάρτες από επίπεδα χωρικής πληροφορίας, να αναλυθούν χωρικές σχέσεις και να επιλεγούν μέσα από αναζητήσεις χωρικά και μη χωρικά στοιχεία. Επίσης μπορούν να σχεδιαστούν και να δημιουργηθούν διαφορετικές απεικονίσεις ενός χάρτη, αλλάζοντας χρώματα και συμβολισμούς (Κουτσόπουλος και Ανδρουλακάκης, 2003). Δουλεύοντας λοιπόν με το Arc Map έγινε εφικτή η επεξεργασία των τηλεπισκοπικών δεδομένων, η απεικόνιση των τοπογραφικών τους χαρακτηριστικών καθώς και η χαρτογράφηση των βασικών γεωλογικών και γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών της περιοχής μελέτης, χρησιμοποιώντας ποικιλία χρωμάτων και συμβολισμών.

Το Erdas Imagine 9,1 είναι μια εφαρμογή τηλεπισκόπισης με δυνατότητες επεξεργασίας ψηφιδωτών δεδομένων που σχεδιάστηκε από την Erdas Inc για χωρικές εφαρμογές. Το Erdas Imagine, προορίζεται κυρίως για επεξεργασία χωρικών ψηφιδωτών δεδομένων και επιτρέπει στο χρήστη να προετοιμάσει, να απεικονίσει και να ενισχύσει την ψηφιακή εικόνα για τη χρήση της σε χαρτογράφηση με Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών. Είναι ουσιαστικά ένα σύνολο εργαλείων που επιτρέπει την εκτέλεση πολλών εργασιών πάνω σε μία εικόνα. Με το χειρισμό των εικόνων, των δεδομένων τους αλλά και της θέσεις τους, είναι εφικτό να φανούν χαρακτηριστικά

που δεν είναι ορατά και να εντοπιστεί η γεωγραφική τους θέση¹. Η χρήση και επεξεργασία των τηλεπισκοπικών δεδομένων στο Erdas Imagine, υπήρξε καθοριστική για την επίτευξη της γεωμορφολογικής χαρτογράφησης. Συγκεκριμένα, έγινε εφικτό να επεξεργαστούν εικόνες από δορυφόρους με καλή χωρική και φασματική διακριτική ικανότητα όπως ο ALOS και ο ASTER οι οποίες βοήθησαν τόσο στην φωτοερμηνεία, όσο και στη στέρεο παρακολούθηση μέσω της δημιουργίας των Ψηφιακών Μοντέλων Επιφάνειας.

1.5 Γεωμορφολογική Χαρτογράφηση- Υπόμνημα

Οι περισσότερες από τις επιστήμες της γης έχουν σαν ιδιαίτερο ενδιαφέρον την παραγωγή χαρτών με διάφορα αντικείμενα (εδαφολογία, γεωλογία, βοτανική). Μολονότι ο γεωμορφολογικός χάρτης περιέχει πληροφορίες άμεσα εφαρμόσιμες και πολλές φορές ποσοτικά δεδομένα σχετικά με την ανθρώπινη δραστηριότητα και τις φυσικές διεργασίες, σε πρακτικό επίπεδο αποτελεί ένα βασικό χάρτη όπου μπορούν να επεξεργαστούν εκ νέου και να προσδιοριστούν οι απαραίτητες διεργασίες διαφόρων εφαρμογών (Παυλόπουλος,2008).

Στην παρούσα εργασία, στόχος είναι η δημιουργία του γεωμορφολογικού χάρτη της νήσου Αντιπάρου ο οποίος θα περιέχει όλα τα δεδομένα και τις πληροφορίες που χρειάζεται για να έχει πληρότητα και να μπορεί να χρησιμεύσει ως εργαλείο σε περαιτέρω μελέτες. Συγκεκριμένα, το υπόμνημα που σχεδιάστηκε σε πρώτο στάδιο, περιέχει πληροφορίες σχετικά με την τοπογραφία, δηλαδή τοπωνύμια, υψομετρικά σημεία, υψομετρικές καμπύλες, ακτογραμμή, την υδρογραφία δηλαδή τα κοιλαδικά συστήματα, λίμνες και έλη, καθώς και πληροφορίες γεωλογικού υποβάθρου και τεκτονικής. Ακόμα διαθέτει πληροφορίες σχετικά με τη μορφολογία, όπως κρημνούς, αλλουβιακά ριπίδια, επιφάνειες επιπέδωσης, πλευρικά κορήματα και τέλος πληροφορίες σχετικά με την παράκτια γεωμορφολογία, δηλαδή ακτές με ίζημα, παράκτιους κρημνούς, ψηφιδωπαγείς αιγιαλούς (beach rocks), παράκτιες γεωμορφές όπως τόμπολο και θίνες, προβλήτες και τεχνητά διαμορφωμένες ακτές.

¹ Εύρεση 28 Μαΐου 2010 στην ιστοσελίδα:
http://en.wikipedia.org/wiki/ERDAS_IMAGE

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΗΣ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ

2.1 Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών

Τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών είναι υπολογιστικά συστήματα σχεδιασμένα για να υποστηρίξουν τη συλλογή, διαχείριση, αποθήκευση, επεξεργασία, ανάλυση και απεικόνιση δεδομένων στο χώρο. Οι διαδικασίες αυτές είναι απαραίτητες για τη μελέτη του εδάφους, την ανίχνευση των αλλαγών και την ανάπτυξη μοντέλων. Αποτελούν δηλαδή αναπόσπαστο κομμάτι στην επίτευξη μια γεωμορφολογικής χαρτογράφησης. Στα τέλη της δεκαετίας του 1980 η χρήση των Σ.Γ.Π. στην γεωμορφολογία έγινε πολύ συχνή, καθώς το αντίστοιχο λογισμικό πρόγραμμα παρείχε τα κατάλληλα εργαλεία για τον χειρισμό των μεγάλων χωρικών δεδομένων που απαιτούνται για μια πλήρη ανάλυση τοπίου (Στεφανάκης 2003, Wang et all 2008).

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι ένα Σ.Γ.Π. μπορεί να περιέχει τέσσερις τύπους γεωγραφικών στοιχείων: τα διανυσματικά για την αντιπροσώπευση των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων, τα ψηφιακά στοιχεία για τις εικόνες, τα τριγωνικά ακανόνιστα δίκτυα (TINs) για τις επιφάνειες και διευθύνσεις και εντοπιστές για τον καθορισμό των γεωγραφικών θέσεων. Επιπλέον σε μια βάση δεδομένων Σ.Γ.Π., υπάρχουν δύο τρόποι με τους οποίους τα στοιχεία μπορούν να δομηθούν: σαν επίπεδα ή ως αντικείμενα (Gustavsson et all, 2005).

Ουσιαστικά για να γίνει αντιληπτό το σύνολο των λειτουργιών που μπορεί να προσφέρει ένα Σ.Γ.Π. γίνεται μια προσέγγιση που τα κατηγοριοποιεί σε τρεις ομάδες οι οποίες είναι αλληλένδετες μεταξύ τους. Έτσι διακρίνουμε την Διαχειριστική Προσέγγιση, η οποία χωρίζεται σε Χαρτογραφική και Πληροφορική, την Προσέγγιση Χωρικής Ανάλυσης και τέλος την Σχεδιαστική Προσέγγιση (Κουτσόπουλος, 2005).

Αυτή που ενδιαφέρει στην παρούσα μελέτη και η οποία θα αναλυθεί περαιτέρω είναι η χαρτογραφική προσέγγιση, η οποία εστιάζει κυρίως στα χαρτογραφικά χαρακτηριστικά των Σ.Γ.Π. Η χαρτογραφική απόδοση σ' ένα Σ.Γ.Π. βασικά αναφέρεται σε μια διαδικασία επικοινωνίας των βασικών χωρικών οντοτήτων και της γεωγραφικής κατανομής τους, που δίνουν τη δυνατότητα στον χρήστη να αντιλαμβάνεται χωρικά πρότυπα, να συγκρίνει πρότυπα μεταξύ διαφορετικών μεταβλητών και να αξιολογεί διαφορές μεταξύ διαφορετικών θέσεων. Η διαδικασία αυτή όμως πρέπει να βασίζεται σε μια τεχνολογία και ένα σύστημα προσέγγισης, συνδυασμένα με τα Σ.Γ.Π., ώστε να μπορέσει να αντεπεξέλθει στους σύνθετους και πολύπλοκους αυτούς στόχους. Στο σύστημα αυτό η βασική μονάδα και εστία του είναι το τμήμα εκείνο του προγράμματος

εφαρμογών του Σ.Γ.Π. που αναφέρεται στα γραφικά. Το υποσύστημα γραφικών λειτουργεί με στοιχεία τα οποία προέρχονται από τη βάση δεδομένων, όπως αυτά έχουν διαμορφωθεί μετά την ολοκλήρωση της ανάλυσης, αλλά και δεδομένα που προέρχονται από τον ίδιο χρήστη, αφού τα Σ.Γ.Π. δίνουν τη δυνατότητα στους χρήστες να βρίσκονται σε συνεχή επικοινωνία με το σύστημα και με γραφικές πληροφορίες. Όσον αφορά τη διαδικασία ανάληψης γραφικών στοιχείων από τα Σ.Γ.Π. μπορεί να πάρει δύο μορφές. Η πρώτη μορφή οδηγεί σε γραφικά στοιχεία που μπορούν να μεταφερθούν σε ένα οποιοδήποτε άλλο σύστημα Η/Υ, ενώ η δεύτερη σε στοιχεία που είναι κατανοητά από τον χρήστη (Κουτσόπουλος, 2005).

Παρ' όλα αυτά το λογισμικό των Σ.Γ.Π. του σήμερα έχει περιορισμούς στην εξαγόμενη γραφική απεικόνιση. Ο λόγος είναι ότι η γραφική απεικόνιση είναι κυρίως βασισμένη στη χρήση των χρωμάτων, αλλά ακόμα και ποικίλες γραμμές ή σύμβολα μπορούν να χρησιμοποιηθούν (Gustavsson et al, 2005).

Τα διανυσματικά στοιχεία στο χάρτη σ' ένα Σ.Γ.Π. είναι σε συμφωνία με τα πολύγωνα που αντιπροσωπεύουν τα γνωρίσματα του εδάφους. Εντούτοις, απαιτούνται κάποιες προσαρμογές. Τα σύμβολα και οι γραμμές που αντιπροσωπεύουν τις γεωμορφολογικές διαδικασίες στο χάρτη πρέπει να μετατραπούν σε περιοχές. Οι περιοχές περιέχουν έπειτα τις πληροφορίες διαδικασίας και αφορούν μερικά γνωρίσματα του εδάφους και τις διαδικασίες που παρουσιάζονται από τα σύμβολα στον αρχικό χάρτη, π.χ. μικροί χείμαρροι μπορούν να μετατραπούν σε πολυγωνικά δεδομένα. Άλλα σύμβολα μπορούν να ψηφιοποιηθούν ως σημειακά δεδομένα ή ακόμα και να αποκλειστούν. Όσον αφορά την υδρογραφία και τις πληροφορίες υποδομής, ψηφιοποιούνται κι αυτά ως διανυσματικά πολύγωνα, γραμμές ή σημεία (Gustavsson et al, 2005).

Από τον αρχικό χάρτη, στο νέο σύστημα χαρτογράφησης χωρίζονται οι πληροφορίες για τη μορφομετρία, τη λιθολογία και την υδρογραφία. Η μετατροπή στη βάση δεδομένων Σ.Γ.Π. γίνεται εύκολα και στο χάρτη τα δεδομένα ομαδοποιούνται σε χωριστά θέματα όσον αφορά τη μορφολογία τη δημιουργία και την υδρογραφία. Έτσι, η μετατροπή στο Σ.Γ.Π. περιλαμβάνει ένα ελάχιστο της αλλαγής σε σύγκριση με το βασικό πεδίο στο σύστημα χαρτογράφησης. Επιπλέον, τα θέματα που κληρονομούνται από τα πεδία των θεματικών χαρτών προστίθενται για τη δομή, την υποδομή και το ψηφιακό πρότυπο ανύψωσης (Ψ.Μ.Ε.) το οποίο συμπεριλαμβάνεται ως ψηφιακές γραμμές περιγράμματος ή ως λεπτομερή ψηφιακά στοιχεία. Το Ψ.Μ.Ε. επιτρέπει εύκολα τη δημιουργία τριγωνικού ακανόνιστου δικτύου (ΤΙΝ), το οποίο παρουσιάζει μια καλή επισκόπηση της επιφάνειας του εδάφους. Ακόμα παρουσιάζει και λεπτομερή απεικόνιση και ανάλυση της τοπογραφίας και παρέχει συχνά τις πολύ γενικευμένες προσεγγίσεις και άλλες παρεμβολές της

επιφάνειας. Σε αυτό το πλαίσιο, είναι σημαντικό να λάβουμε υπόψη ότι διαφορετικοί τύποι τοπίων απαιτούν και διαφορετικές παρεμβολές (Gustavsson et all, 2005).

Εκτός από τις πληροφορίες που αναφέρθηκαν παραπάνω, η βάση δεδομένων Σ.Γ.Π αποθηκεύει τις πληροφορίες για τις ιδιότητες του υπεδάφους όπως η στρωματογραφία κι η λιθολογία. Αυτές οι προστιθέμενες πληροφορίες στη βάση δεδομένων συνδέονται με τις γεωγραφικές θέσεις δειγματοληψίας και εμφανίζονται σαν σύνολα πινάκων για τους ψηφιακούς χάρτες. Για να δώσει στο χρήστη μια πλήρη επισκόπηση των στοιχείων του τοπίου, ο αρχικός γεωμορφολογικός χάρτης συμπεριλαμβάνει μια ψηφιακή εικόνα και επιπλέον ψηφιακές εικόνες όπως ορθογραφικές αεροφωτογραφίες οι οποίες χρησιμοποιούνται για την ανάλυση, τους συσχετισμούς και τον προσανατολισμό (Gustavsson et all, 2005).

2.2 Ψηφιακά Μοντέλα Εδάφους

Τα Ψηφιακά Μοντέλα Εδάφους (Digital Terrain Models- DTM ή Digital Elevation Models- DEM) είναι ιδιαίτερα χρήσιμα στις διαδικασίες ανάλυσης, επεξεργασίας και παρουσίασης γεωγραφικών πληροφοριών που σχετίζονται με το ανάγλυφο. Παρότι έχουν χρησιμοποιηθεί ήδη από τη δεκαετία του '50, η ανάπτυξη της επιστήμης της πληροφορικής αναβάθμισε το ρόλο τους στις μέρες μας και τα κατέστησε ιδιαίτερα αξιόπιστα και αποτελεσματικά. Έτσι θεωρούνται ιδιαίτερα σημαντικό στοιχείο σε πληθώρα διαδικασιών γεωγραφικής ανάλυσης. Ο όρος DEM είναι πιο ειδικός και αναφέρεται μόνο στην ψηφιακή αναπαράσταση συνεχούς μεταβολής του αναγλύφου στο χώρο. Ο όρος DTM είναι γενικότερος και χρησιμοποιείται επίσης για οποιαδήποτε άλλη αναπαράσταση ενός χαρακτηριστικού συνεχούς μεταβολής στο χώρο (Χαλκιάς 2005, Stefanovic 1998).

Για τη γεωμορφολογική χαρτογράφηση της νήσου Αντιπάρου, έγινε χρήση Ψηφιακών Μοντέλων τα οποία έχουν και αυτά γενικότερο χαρακτήρα καθώς περιέχουν πληροφορία για όλα τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας. (Ψηφιακό Μοντέλο Επιφάνειας- DSM). Η διαφορά με τα άλλα είναι ότι ένα Ψηφιακό Μοντέλο Επιφανείας (DSM) περιλαμβάνει πληροφορία για τα ύψη των κτιρίων, για τη βλάστηση, τους δρόμους, καθώς και για τα φυσικά χαρακτηριστικά του εδάφους, ενώ ένα DEM μας δίνει λεπτομέρειες που σχετίζονται μόνο με το ανάγλυφο. Στην συγκεκριμένη μελέτη όμως, επειδή έχουμε να κάνουμε με μια περιοχή η οποία περιλαμβάνει πολύ χαμηλά κτίρια και βλάστηση τα δύο είδη μοντέλων ταυτίζονται. Δηλαδή ενώ κανονικά θα έπρεπε να μετατραπεί το DSM που δημιουργήθηκε σε DEM αφαιρώντας τα κτίρια και τη βλάστηση, για να ληφθεί μια ακριβέστερη εικόνα του αναγλύφου, θεωρήθηκε αμελητέο.

2.3 Δορυφορικές εικόνες ASTER

Ο αισθητήρας ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) είναι ένα από τα πέντε αισθητήρια όργανα του δορυφόρου TERRA, ο οποίος εκτοξεύτηκε στις 18 Δεκεμβρίου 1999. Ο TERRA κατασκευάστηκε από μια κοινοπραξία της Ιαπωνικής κυβέρνησης, της βιομηχανίας και διαφόρων ερευνητικών ομάδων και το μέγεθός συγκρίνεται με αυτό ενός μικρού σχολικού λεωφορείου. Όπως ειπώθηκε και παραπάνω ο δορυφόρος αυτός μεταφέρει πέντε αισθητήρες (ASTER, MODIS, MOPITT, MISR και CERES) οι οποίοι μελετούν την αλληλεπίδραση μεταξύ της ατμόσφαιρας της Γης, του εδάφους, των ωκεανών, καθώς και της ακτινοβολίας ² (πίνακας 1).

Πίνακας 1: Δορυφορικό σύστημα ASTER: Τα χαρακτηριστικά του αισθητήρα.

Πηγή: www.satimagingcorp.com

Ημερομηνία Εκτόξευσης	18 Δεκεμβρίου 1999, στην αεροπορική βάση Vandenberg στην Καλιφόρνια
Πέρασμα από τον Ισημερινό	10:30π.μ (από το βορά προς τον νότο)
Τροχιά	705χλμ, Ηλιοσύγχρονη
Κλίση Τροχιάς	98,3 μοίρες από τον Ισημερινό
Περίοδος Τροχιάς	98,88 λεπτά
Επαναλαμβανόμενη κάλυψη σημείου	16 ημέρες
Διακριτική ικανότητα	Από 15 έως 90 μέτρα

Ο ASTER λαμβάνει εικόνες της Γης σε 14 διαφορετικά μήκη κύματος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, που κυμαίνονται από το ορατό μέχρι το θερμικό υπέρυθρο φως³. Ο ASTER είναι το μόνο μέσο υψηλής χωρικής ανάλυσης (15-90μ) επί του δορυφόρου TERRA. Το όργανο ASTER αποτελείται από τρία ξεχωριστά εργαλειακά υποσυστήματα: α)το Ορατό και Εγγύς Υπέρυθρο (VNIR) με 15 μέτρα χωρική διακριτική ικανότητα, το οποίο αποτελείται από ένα επιπλέον οπίσθιο τηλεσκόπιο, που χρησιμοποιείται για τη λήψη προς τα πίσω στη φασματική ζώνη του κοντινού υπέρυθρου (ζώνη 3B) μόνο για να αποκτήσει μια στερεοσκοπική εικόνα. β)Το μέσο Υπέρυθρο (SWIR) το οποίο διαθέτει 6 φασματικές ζώνες και έχει χωρική διακριτική ικανότητα 30 μέτρα, και γ)το Θερμικό Υπέρυθρο (TIR) με χωρική διακριτική ικανότητα 90 μέτρα

και 5 φασματικές ζώνες² (πίνακας 2). Λόγω των παραπάνω ιδιοτήτων, ο ASTER είναι το μόνο όργανο του δορυφόρου TERRA που είναι σημαντικό για την ανίχνευση αλλαγών και τις μελέτες στην επιφάνεια του εδάφους. Αναμένεται να συμβάλει σε μια ποικιλία εφαρμογών, συμπεριλαμβανομένης της παρακολούθησης της βλάστησης, στην εκτίμηση των κινδύνων, τη γεωλογία, στην πετρολογία και στη χαρτογράφηση της λιθολογίας, στην κλιματολογία, στην υδρολογία στην αλλαγή της κάλυψης του εδάφους και στη δημιουργία των Ψηφιακών Μοντέλων Εδάφους³.

Πίνακας 2. Χαρακτηριστικά των τριών εργαλειακών υποσυστημάτων του ASTER

Πηγή: www.satimagingcorp.com

Υποσύστημα	VNIR (0,52-0,86μm)	SWIR (1,60-2,43μm)	TIR (8,12-11,65μm)
Φασματικό Κανάλι	1-3 (3N και 3B)	4-9	10-14
Χωρική διακριτική ικανότητα	15μ	30μ	90μ
Έκταση Κάλυψης	60χλμ	60χλμ	60χλμ
Χωρητικότητα	8bits	8bits	12bits

2.4 Δορυφορικό σύστημα ALOS

Ο δορυφόρος ALOS είναι ένας Ιαπωνικός δορυφόρος παρακολούθησης της Γης, ο οποίος εκτοξεύτηκε τον Ιανουάριο του 2006 από την Αεροδιαστημική Οργάνωση Εκτόξευσης της Ιαπωνίας (Japan Aerospace Exploration Agency-JAXA). Οι στόχοι της αποστολής του ALOS ήταν η χαρτογράφηση, η περιφερειακή παρακολούθηση, ο έλεγχος των καταστροφών κτλ. Ειδικότερα, γεωγραφικές πληροφορίες, όπως το υψόμετρο, η τοπογραφία, οι χρήσεις γης καθώς και η κάλυψη του εδάφους, αποτελούν βασικές πληροφορίες σε πολλούς τομείς των πρακτικών εφαρμογών και της έρευνας (Tadono et al, 2004). Ωστόσο, μόλις το 30% της γης παγκοσμίως έχει αποτυπωθεί σε κλίμακα 1:25000. Για την επίτευξη των στόχων της αποστολής, ο ALOS διαθέτει τρεις αισθητήρες, τον PRISM (Panchromatic Remote-Sensing Instrument), τον AVNIR-2 (Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type-2) και τον PALSAR (Phased Array type L-

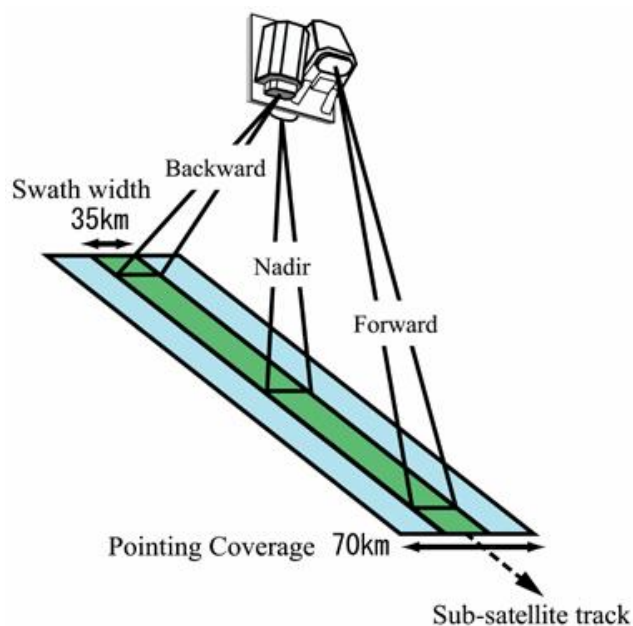
² Εύρεση 1 Ιουνίου 2010 στην ιστοσελίδα:
<http://www.seos-project.eu/modules/world-of-images/world-of-images-c02-p17.gr.html>

³ Εύρεση 1 Ιουνίου 2010 στην ιστοσελίδα:
<http://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/aster.html>

band Synthetic Aperture Radar). Ο PRISM αποτελείται από τρία ανεξάρτητα ραδιόμετρα τα οποία λαμβάνουν λήψεις κάθετα, προς τα μπρος και προς τα πίσω, ικανά για τη Δημιουργία Ψηφιακών Μοντέλων Αναγλύφου και Υψομέτρου (Tadono et al, 2004).

2.4.1 Τα χαρακτηριστικά του ALOS PRISM

Ο δέκτης PRISM είναι ένα παγχρωματικό ραδιόμετρο με χωρική διακριτική ικανότητα 2,5 μέτρα. Τα δεδομένα που προέρχονται από αυτό παρέχουν ένα πολύ ακριβές Ψ.Μ.Ε. Ο δέκτης PRISM, όπως ειπώθηκε και παραπάνω, διαθέτει τρία ανεξάρτητα οπτικά συστήματα για να λαμβάνει λήψεις κάθετα προς τα μπρος και προς τα πίσω (nadir-forward-backward), παράγοντας έτσι μια στερεοσκοπική εικόνα κατά μήκος της διαδρομής του. Κάθε τηλεσκόπιο αποτελείται από τρία κάτοπτρα και έξι ή οχτώ Συσκευές Συζευγμένων Φορτίων (CCD), ειδικοί ανιχνευτές για σάρωση. Η κάθετη λήψη του ραδιομέτρου μπορεί να προσφέρει 70 χ.λ.μ. πλάτος κάλυψης, ενώ οι προς τα μπρος και προς τα πίσω λήψεις δίνουν 35 χ.λ.μ. πλάτος κάλυψης. Τα ραδιόμετρα είναι εγκατεστημένα και στις δύο πλευρές του οπτικού συστήματος, το οποίο διαθέτει ειδικό αισθητήρα για ακριβή έλεγχο της θερμοκρασίας. Τα ραδιόμετρα που λαμβάνουν λήψεις προς τα μπρος και προς τα πίσω έχουν μια κλίση + και - 23,8 μοιρών από το ραδιόμετρο με τις κάθετες λήψεις, για να μπορούν να λαμβάνουν μια ολοκληρωμένη εικόνα. Τα δεδομένα του PRISM συλλέγονται σε ένα μόνο φασματικό κανάλι (παγχρωματικό), με μήκος κύματος από 0,52 έως 0,77μm. Η χωρική διακριτική ικανότητα του PRISM τον συνιστά ένα δέκτη κατάλληλο για χαρτογράφηση, αστικό σχεδιασμό και παρακολούθηση επιθυμητών περιοχών. Ο PRISM δεν μπορεί να λάβει εικόνες από περιοχές που είναι πέρα από 82 μοίρες βορείου γεωγραφικού πλάτους και 82 μοίρες νοτίου γεωγραφικού πλάτους (Tadono et al, 2004).



Σχήμα 1: Παρατήρηση της γεωμετρίας του PRISM

Πηγή: Tadono et al, 2004

Πίνακας 3. Χαρακτηριστικά του PRISM

Πηγή: Tadono et al, 2004

Αριθμός φασματικών καναλιών	1 (παγχρωματικό)
Μήκος κύματος	0,52-0,77μm
Αριθμός οπτικών συστημάτων	3 (κάθετη, πίσω και μπρος)
Χωρική διακριτική ικανότητα	2,5m
Έυρος Κάλυψης	70km(κάθετη και κάθετη με προς τα πίσω λήψη) 35km(συνδυασμός τριών λήψεων)
Χωρητικότητα	8 bit/pixel
Ρυθμός δεδομένων	960 Mbps
Συμπίεση Στοιχείων	Lossy, JPEG extension

2.5 Βασικές Αρχές της γεωμορφολογικής χαρτογράφησης

2.5.1 Η γεωμορφολογική έρευνα

Η γεωμορφολογία είναι ένας από τους σημαντικότερους κλάδους της επιστήμης της γεωγραφίας προσεγγίζοντας τις διαδικασίες διαμόρφωσης του γήινου αναγλύφου, αναγνωρίζοντας, ταξινομώντας και αναλύοντας τις γεωμορφές και τελικά προσδιορίζοντας τις συνθήκες που τις δημιουργούν και τις εξελίσσουν σε συνάρτηση με τον χρόνο (Παυλόπουλος, 2008). Με τον όρο «γεωμορφή», ορίζεται κάθε στοιχείο του αναγλύφου, το οποίο μπορεί να παρατηρηθεί εξ ολοκλήρου και να περιγραφεί λεπτομερώς, ανεξάρτητα αν αυτό βρίσκεται σε εξέλιξη ή σταθερότητα (Παπαπέτρου και Ζαμάνη, 1999)

Απαραίτητη προϋπόθεση για την αναγνώριση των γεωμορφών είναι η αξιοποίηση των γνώσεων σε θέματα χαρτογραφίας, γεωμορφολογίας, Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS), φωτοερμηνείας και τηλεπισκόπησης. Τα στάδια που απαιτούνται σε μια γεωμορφολογική έρευνα είναι τα παρακάτω:

Αναγνώριση:

- α) Του προβλήματος που οριοθετείται στα ερευνητικά προγράμματα, στις διαχειριστικές εφαρμογές και σε διάφορα κατασκευαστικά έργα.
- β) Των γεωμορφολογικών συνθηκών που επικρατούν στην στενή και ευρύτερη περιοχή του προβλήματος.
- γ) Επιλογή και σχεδιασμός μεθοδολογίας προσέγγισης.

Αποτύπωση:

- α) Επιλογή κλίμακας χαρτογράφησης.
- β) Επιλογή μεθόδου χαρτογράφησης.
- γ) Επιλογή αεροφωτογραφιών και τοπογραφικών χαρτών.
- δ) Επιλογή ψηφιακών υποβάθρων και δορυφορικών εικόνων αν κρίνεται απαραίτητο.
- ε) Επιλογή συμβόλων υπομνήματος.

ζ) Γεωμορφολογική χαρτογράφηση των γεωμορφών που εμφανίζονται στην περιοχή.

η) Έκθεση των αποτελεσμάτων της γεωμορφολογικής χαρτογράφησης.

θ) Συλλογή και αποτύπωση στοιχείων (στάθμες υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα, παροχές ρεμάτων, διατομές, κλίσεις πρανών, χρήσεων γης).

Ανάλυση:

α) Περιγραφική γεωμορφολογική ανάλυση.

β) Ποσοτική γεωμορφολογική ανάλυση εφόσον απαιτείται (υδρογραφικών δικτύων, ριπιδίων, τεκτονικών ασυνεχειών, ευστάθειας πρανών).

γ) Σχεδιασμός δειγματοληψίας και δειγματοληπτικών γεωτρήσεων εφόσον απαιτείται.

δ) Επιτόπου δοκιμές (γεωτεχνικές, υδρογεωλογικές) και δειγματοληψίες.

ε) Ανάλυση δειγμάτων στο εργαστήριο σε συνδυασμό με τις μεθοδολογίες που απαιτούνται.

στ) Ιζηματολογικές, στρωματογραφικές αναλύσεις.

ζ) Μικροσκοπικές αναλύσεις, μικροπαλαιοντολογικές, μικρομορφολογικές.

η) Ραδιοχρονολογήσεις.

Συσχέτιση:

α) Με τις γεωλογικές και τεκτονικές συνθήκες της περιοχής.

β) Με το σεισμολογικό καθεστώς της περιοχής.

γ) με τις υδρολογικές και υδρογεωλογικές συνθήκες.

δ) Με τις γεωτεχνικές ιδιότητες των γεωλογικών σχηματισμών.

ε) Με τις κλιματικές (και παλαιοκλιματικές) συνθήκες της περιοχής.

Σύνθεση:

α) Αξιολόγηση και έλεγχος των δεδομένων των αναλύσεων των δειγμάτων.

β) Αξιολόγηση της γεωμορφολογικής χαρτογράφησης.

γ) Συσχέτιση με δεδομένα άλλων επιστημονικών ειδικοτήτων.

δ) Συμπεράσματα, συζήτηση και διαπιστώσεις από τις γεωμορφολογικές αναλύσεις και προσεγγίσεις.

ε) Προτάσεις για την επίλυση προβλημάτων εφαρμογών, κατασκευών και διαχειριστικών προγραμμάτων.

στ) Πρόβλεψη αντιμετώπισης και τακτικές πρόληψης από γεωμορφολογική θεώρηση, αν έχουμε θέμα φυσικών καταστροφών (Παυλόπουλος, 2008).

2.5.2 Γεωμορφολογική χαρτογράφηση

Η γεωμορφολογία παρουσιάζει μεγάλη πολυπλοκότητα λόγω των πολυάριθμων προσεγγίσεων στη γεωμορφολογική ανάλυση και λόγω της ευρείας ποικιλίας των γεωμορφολογικών κλιμάκων χαρτογράφησης (Pavlopoulos et al., 2008).

Η μελέτη του εδάφους, της δομής και της ανάπτυξής τους, περιλαμβάνει την ανάγκη για απεικόνιση τόσο των συμπερασμάτων μιας έρευνας όσο και του χαρακτήρα των εδαφών που ερευνώνται. Μια ευρεία ποικιλία των μεθόδων απεικόνισης που περιλαμβάνει τα σκίτσα, τα διαγράμματα φραγμών, και τους διάφορους τύπους φωτογραφιών και άλλων καλολογικών στοιχείων, και από το έδαφος και από τον αέρα, έχει χρησιμοποιηθεί από τους γεωμορφολόγους, προκειμένου να περιγραφεί η επιφάνεια του εδάφους της Γης (Pavlopoulos et al., 2008).

Οι κύριες πτυχές της έρευνας στη σύγχρονη αναλυτική γεωμορφολογία είναι πέντε θεμελιώδεις έννοιες παρατήρησης του εδάφους:

- ο Μορφογραφία: Αναφέρεται στην ποιοτική περιγραφή και τα γεωμετρικά στοιχεία των γεωμορφών. Αποτελεί το βασικό στοιχείο της περιγραφικής γεωμορφολογικής ανάλυσης και είναι σημαντικό να γίνεται με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια και παράλληλα να δίνονται κατευθύνσεις για την ποσοτικοποίηση (αν είναι δυνατόν) μέρους αυτών.

- ο Μορφομετρία: Αναφέρεται κυρίως στα ποσοτικά στοιχεία που αφορούν τις κλίσεις του ανάγλυφου, των πρανών, το υψόμετρο ανάπτυξης και τα όρια των γεωμορφών, γωνίες και μήκη σε γραμμικά χαρτογραφικά στοιχεία (τεκτονικές ασυνέχειες, κλάδοι υδρογραφικών δικτύων), εμβαδόν επιφανειών επιπέδωσης, καρστικών και ηφαιστειακών γεωμορφών. Η έννοια των

χαρτογραφικών στοιχείων όπως οι κλάδοι των υδρογραφικών δικτύων, είναι γραμμικά μόνο κατά την έννοια της χαρτογραφικής τους απεικόνισης και όχι στην πραγματικότητα όπου αποτελούν τρισδιάστατες φυσικές οντότητες.

- ο Μορφογένεση: Αφορά τις γενετικές διεργασίες, τα μορφογενετικά τους συστήματα και τα μαθηματικά ομοιώματα που διαμορφώνουν το ανάγλυφο μιας περιοχής σε σχέση με το χρόνο.
- ο Μορφο-χρονολόγηση: Είναι η απόλυτη και σχετική χρονολόγηση, η συσχέτιση ιζημάτων, η ομαδοποίηση και η συσχέτιση των γεωμορφών με βάση την ηλικία και τη θέση τους.
- ο Μορφοδυναμική: Αναφέρεται στο σύνολο των δυναμικών διεργασιών που διαμορφώνουν το γήινο ανάγλυφο. Αναγνωρίζονται συνήθως ως «ίχνη» που αφήνουν ή άφησαν οι δυναμικές διεργασίες του παρελθόντος (Pavlopoulos et al, 2008).

2.6 Η χρήση των τηλεπισκοπικών δεδομένων στη γεωμορφολογική χαρτογράφηση

Σύμφωνα με τον Gupta (1991), Τηλεπισκόπηση σημαίνει απόκτηση πληροφοριών για ένα αντικείμενο χωρίς να υπάρξει άμεση επαφή με αυτό. Γι' αυτόν η Τηλεπισκόπηση έχει διττή διάσταση, που περιλαμβάνει τις ακόλουθες δύο παραμέτρους, οι οποίες βρίσκονται σε άμεση σχέση μεταξύ τους, α) την τεχνική απόκτησης δεδομένων με τη βοήθεια ενός μέσου που βρίσκεται σε απόσταση από το αντικείμενο, και β) την ανάλυση των δεδομένων για την ερμηνεία του αντικειμένου. Η χρήση και επεξεργασία των τηλεπισκοπικών δεδομένων υπήρξε καθοριστική για την επίτευξη της γεωμορφολογικής χαρτογράφησης.

Οι έρευνες πεδίου που έχουν στόχο την κατασκευή λεπτομερών γεωμορφολογικών καταλόγων είναι χρονοβόρες, ειδικά στις απότομες και δυσπρόσιτες δασικές περιοχές. Άλλα μειονεκτήματα τέτοιων προσεγγίσεων είναι οι περιορισμένες δυνατότητες στο να ενημερωθεί ο χάρτης και η υποκειμενικότητα στην επιλογή των εδαφικών ορίων. Αντίθετα, οι αυτοματοποιημένες μέθοδοι ταξινόμησης του εδάφους, βασισμένες σε αριθμητικά στοιχεία, είναι κατά ένα μεγάλο μέρος πραγματικές και επαναλαμβανόμενες, αν και χρειάζονται και πάλι κάποια υποκειμενική παρέμβαση. Τα τοπογραφικά δεδομένα που προκύπτουν από τα Ψηφιακά Μοντέλα Επιφανειών και από τις αυτόματες αναλύσεις τους, χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο στις διάφορες γεωμορφολογικές μορφομετρικές παραμέτρους όπως οι διαβαθμίσεις των κλίσεων, οι λεκάνες απορροής καθώς και η διεύθυνση και η συσσωρευτική ροή του υδρογραφικού δικτύου (Asselen and Seijmonsbergen, 2006).

Όπως ειπώθηκε και παραπάνω, η γεωμορφολογία εξετάζει τη μελέτη εδαφών και των τοπίων, συμπεριλαμβανομένης της περιγραφής, του τύπου και της γένεσής τους. Τα εδάφη είναι τα τελικά προϊόντα διεργασιών που προκύπτουν από τις αλληλεπιδράσεις των φυσικών

διεργασιών επιφάνειας και του τύπου των πετρωμάτων. Εξαρτάται από τρεις κύριους παράγοντες: το κλίμα, συμπεριλαμβανομένου και των μεταβολών του στο παρελθόν, τα υποστρώματα του εδάφους (τύπος και δομή πετρωμάτων) και τη σχετική χρονική έκταση (Gupta, 1991).

Μία από τις ευρύτερες εφαρμογές των στοιχείων τηλεπισκόπησης είναι ο τομέας της γεωμορφολογίας, επειδή,

- 1 Τα τηλεπισκοπικά δεδομένα (όπως οι αεροφωτογραφίες, οι εικόνες Landsat, οι εικόνες από ραντάρ) δίνουν άμεσες πληροφορίες για το τοπίο - το χαρακτηριστικό γνώρισμα επιφάνειας της γης και επομένως οι γεωμορφολογικές έρευνες είναι ευκολότερο να πραγματοποιηθούν βασισμένες σε τέτοια στοιχεία,
- 2 τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα του εδάφους μπορούν να μελετηθούν καλύτερα σε μια περιφερειακή κλίμακα χρησιμοποιώντας τις συνοπτικές καλύψεις που παρέχονται από τα τηλεπισκοπικά δεδομένα παρά από το πεδίο,
- 3 η στερεοσκοπική δυνατότητα επιτρέπει την αξιολόγηση των κλίσεων, του αναγλύφου και των μορφών. Η κάθετη στέρεο παρακολούθηση φέρνει έξω τις δευτερεύουσες μορφολογικές λεπτομέρειες (Gupta, 1991).

Χωρική διακριτική ικανότητα.: Η Γεωμορφολογία περιλαμβάνει τη μελέτη διάφορων παραμέτρων, όπως η έκταση και οι κλίσεις, οι διαβαθμίσεις τους, η μορφή τους, το μέγεθος, το αν είναι άγονες ή καλυμμένες με το χώμα ή τη βλάστηση, τον τύπο υλικού επιφάνειας, εάν η κλίση είναι σταθερή ή ασταθής κ.λ.π., καθώς και αμοιβαίες σχέσεις των κλίσεων και της γένεσής τους. Εκτιμώντας ότι τοπικά εδάφη μελετώνται καλύτερα σε μεγάλης κλίμακας έως μεσαίας κλίμακας στερεο φωτογραφίες, η περιφερειακή ρύθμιση εδαφών που επεκτείνονται πέρα από τις εκατοντάδες των χιλιομέτρων και των αμοιβαίων σχέσεών τους μπορεί να αξιολογηθεί καλύτερα στις διαστημικές εικόνες. Η μελέτη εδαφών στις δορυφορικές εικόνες αναφέρεται επίσης ως μέγα-γεωμορφολογία.

Φασματική Διακριτική ικανότητα: τα στοιχεία στην ευρυζωνική σειρά VNIR έχουν χρησιμοποιηθεί εκτενώς για τις γεωμορφολογικές έρευνες, δεδομένου ότι παρέχουν την υψηλότερη χωρική ανάλυση και είναι σε θέση να φέρουν έξω τις διαφορές στην τοπογραφία, βλάστηση, υγρασία, αποξήρανση και στο χώμα. Η δυνατότητα εφαρμογής των θερμικών στοιχείων εμφανίζεται να αφορά κυρίως την υγρασία επιφάνειας, αλλά είναι περιορισμένη εξαιτίας της μάλλον πιο χονδροειδούς χωρικής ανάλυσης αλλά τα στοιχεία ραντάρ μπορούν να χρησιμοποιηθούν ευνοϊκά για τις ενδείξεις σε περιπτώσεις π.χ. που μελετάμε τη βλάστηση, την τραχύτητα της επιφάνειας, την εδαφολογική υγρασία και την αποξήρανση.

Χρονική Ανάλυση: Αν και τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα της επιφάνειας του εδάφους είναι σταθερά, η εκδήλωση και η ανίχνευσή τους στις εικόνες τηλεπισκόπισης είναι κυρίως επηρεασμένες από τις χρονικές παραμέτρους επιφάνειας, δηλαδή, την εδαφολογική υγρασία, τη βλάστηση, την κάλυψη εδάφους, την αποξήρανση (αποξήρανση / υγρά κανάλια). Επομένως, είναι σημαντικό ότι τα δεδομένα επιλέγονται κατάλληλα για να παρέχουν την επαρκή χρονική κάλυψη (Gupta, 1991).

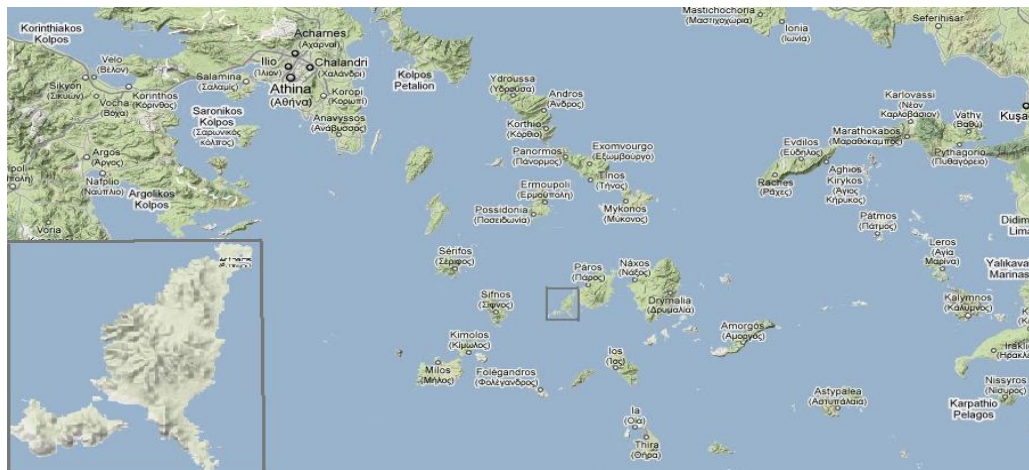
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ- ΝΗΣΟΣ ΑΝΤΙΠΑΡΟΣ

3.1 Γενικά για την νήσο Αντίπαρο

Η Αντίπαρος βρίσκεται στο Αιγαίο Πέλαγος στο σύμπλεγμα των Κυκλάδων και ανήκει διοικητικά στην περιφέρεια του Νοτίου Αιγαίου. Εντοπίζεται νοτιοδυτικά της Πάρου, με την οποία χωρίζεται από ένα στενό διάυλο πλάτους 500 μέτρων στο ΒΑ της άκρο και 2,5 χιλιομέτρων στο ΝΔ. (σχήμα 2). Η έκτασή της φτάνει τα 34,8τ.χλμ ενώ οι μόνιμοι κάτοικοί της ανέρχονται στους 1.037, με βάση την απογραφή του 2001. Κατακόρυφα παρουσιάζει κωνική διαμόρφωση με την κορυφή του κώνου τον προφήτη Ηλία ο οποίος έχει υψόμετρο 301 μέτρα. Η Αντίπαρος έχει ξηρό κλίμα με πολύ υγρασία, γι αυτό διαθέτει και χαμηλή βλάστηση. Η μορφολογία της, που ευνοεί την ανάπτυξη ισχυρών ανέμων, χαρακτηρίζεται κατά βάση πεδινή με πολλές λοφώδεις εξάρσεις⁴.

Οι πρώτοι κάτοικοι της νήσου φαίνεται ότι ήταν οι Φοίνικες τους οποίους όμως διαδέχθηκαν οι κατά καιρούς κατακτητές και επιδρομείς. Παρόλο που παλαιότερα ήταν γνωστή με το όνομα Ωλίαρος που σημαίνει δασώδης, σήμερα είναι σχεδόν γυμνή και άγονη έχοντας όμως όμορφες ακτές και το γνωστό σπήλαιο των σταλακτιτών. Το σπήλαιο βρίσκεται σε ύψος 170 μέτρων πάνω από την θάλασσα στο ανατολικό άκρο του κεντρικού τμήματος του νησιού, και αποτελεί ένα από τα καλύτερα αξιοθέατα του νησιού. Αν και υπέστη πολλές καταστροφές σε διάφορες περιόδους της ιστορίας του, θαύματα γλυπτικής, διαποικιλικής, και διακοσμητικής φύσεως, έχουν καταφέρει να επιβιώσουν. Το βάθος του φτάνει τα 80 μέτρα περίπου και σε ορισμένα σημεία το πλάτος αγγίζει τα 40 μέτρα. Αν δεν ληφθεί υπ' όψιν το μήκος των σταλακτιτών, μπορεί να θεωρηθεί πιθανή περίοδο σχηματισμού του κατά τον Τριτογενή (Αναστόπουλος,1963).

⁴ Εύρεση στις 5 Μαΐου 2010 στην ιστοσελίδα <http://el.wikipedia.org/wiki/Αντίπαρος>



Σχήμα 2: Γεωγραφική τοποθεσία της νήσου Αντιπάρου

Πηγή: maps.google.com

3.2 Γεωλογικές Συνθήκες

3.2.1 Γεωλογικές Συνθήκες της Περιοχής των Κυκλάδων

Πριν τη δημιουργία του γεωμορφολογικού χάρτη της νήσου Αντιπάρου, κρίθηκε απαραίτητη η επισκόπηση βιβλιογραφίας σχετικά με την μορφολογική εξέλιξη των επιφανειών στην περιοχή των Κυκλάδων.

Γενικά, είναι γνωστό ότι οι το σύμπλεγμα των νήσων Κυκλάδων όπως παρουσιάζεται σήμερα, είναι αποτέλεσμα τεκτονικών διεργασιών και παράλληλα έντονων ηπειρογενετικών κινήσεων οι οποίες πραγματοποιήθηκαν κατά το Τεταρτογενές στο χώρο του σημερινού Αιγαίου (Αναστόπουλος, 1963). Από μελέτη των Sabot και Παπανικολάου (1977) σχετικά με τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά των Κυκλάδων και τη σημασία τους στην μορφοτεκτονική εξέλιξη της περιοχής διαπιστώθηκαν ορισμένες συστηματικές μεταβολές, από τις οποίες κατέστη δυνατή η διάκριση ομοιογενών περιοχών. Με βάση τα χαρακτηριστικά και τη θέση των Κυκλάδων προκύπτει ότι στις Νότιες Κυκλάδες, οι οποίες αποτελούν και την κεντρική περιοχή του τόξου του Αιγαίου, υπάρχει ανομοιομορφία στο ανάγλυφο που αντανακλά μία ανάλογη πρόσφατη τεκτονική δομή, ενώ στις Βόρειες Κυκλάδες το ανάγλυφο καθίσταται σχετικά ομοιόμορφο εκφράζοντας καλά τον παλαιό τεκτονικό ιστό των κρυσταλλοσχιστωδών πετρωμάτων της περιοχής.

Παράλληλα για τη δομή και την εξέλιξη των μορφολογικών επιφανειών των Κυκλάδων, σύμφωνα με αντίστοιχη μελέτη των Sabot, Riedl, Μαριολάκου και Παπανικολάου (1975) έχει διαπιστωθεί η ύπαρξη μιας ακολουθίας τεσσάρων το πολύ κυρίων συστημάτων διάβρωσης, που

αντιστοιχούν σε επιφάνειες επιπέδωσης διαφορετικών υψομέτρων και διαφορετικής ηλικίας, τα οποία φαίνεται να ανυψώθηκαν κατά τη διάρκεια κατακόρυφων τεκτονικών κινήσεων στο Νεοτριτογενές που εναλλάσσονταν με φάσεις σχετικής τεκτονικής ηρεμίας. Η τελευταία ανοδική φάση άρχισε το παλαιο-πλειστόκαινο με ταυτόχρονη υστέρηση και κάμψη του θαλάσσιου πυθμένα. Η μεγαλύτερη ανύψωση παρατηρείται στη Νάξο (30 χιλιόμετρα νοτιοδυτικά της Αντιπάρου), με σταδιακή μείωση στα άλλα νησιά. Οι παλαιές επιφάνειες επιπέδωσης των κόλπων σχηματίστηκαν με διαβρωτικές διεργασίες που έδρασαν κατά επιφάνεια κάτω από ειδικές παλαιοκλιματικές συνθήκες. Στις περιοχές που κυριαρχούν τα μάρμαρα επικρατεί η κατά επιφάνεια αποσάθρωση που συνδέεται με επικάλυψη του μητρικού πετρώματος με ερυθρά γη. Στις περιοχές που επικρατούν τα εκρηξιγενή και οι κρυσταλλικοί σχιστόλιθοι επικρατεί η χημική κατά βάθος αποσάθρωση και η σταθερή έκπλυση και ελαφρά μεταφορά του υλικού αποσαθρώσεως κατά τις περιόδους των βροχών, λόγω του υποτροπικού-τροπικού κλίματος με βροχές κατά το θέρος που επικρατούσε στο τέλος του Μειόκαινου και τις αρχές του Πλειστόκαινου. Η καταβάθος χημική αποσάθρωση σταματάει κατά το Πλειο/Πλειστόκαινο-Παλαιολειστόκαινο (Sabot et al, 1975). Η διακύμανση του παλαιοκλίματος από θερμό εναλλασσόμενης υγρασίας σε εύκρατο υγρό τύπο έχει σαν αποτέλεσμα την απομάκρυνση του αυτόχθονου υλικού αποσάθρωσης από τις κορυφαίες επιφάνειες επιπέδωσης. Τέλος, ο σχηματισμός των λείων κλιτύων και η σύγχρονη δημιουργία κορημάτων και λεπτόκοκκου υλικού στις ακτές είναι μεγάλης σημασίας (Sabot et al, 1975).

3.2.2 Γεωλογικές Συνθήκες της νήσου Αντιπάρου

3.2.2.1 Λιθολογία

Τα στοιχεία που διαθέτουμε για τη γεωλογική σύσταση της νήσου Αντιπάρου προέρχονται τόσο από τη μελέτη του Αναστόπουλου Ι. (1963), όσο και από την εργασία που ξεκίνησε προσφάτως το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών με σκοπό την ανανέωση του Γεωλογικού Χάρτη της Αντιπάρου.

Σύμφωνα λοιπόν με τον Αναστόπουλο, η Αντίπαρος ανήκει στην Αττικοκυκλαδική κρυσταλοσχιστώδη μάζα, την οποία συνιστούν κυρίως μεταμορφωμένα και ημιμεταμορφωμένα πετρώματα. Έτσι τη μεγαλύτερη έκταση της νήσου καταλαμβάνουν μεταμορφωσιγενή πετρώματα και ακολουθούν οι εκρηξιγενείς σχηματισμοί στους οποίους ανήκουν τα ηφαιστειακά, ρυολιθικές λάβες, τόφφοι και πυροκλαστικά ασύνδετα υλικά. Παράλληλα, εντοπίζονται και κάποια ιζηματογενή τα οποία είναι οι αποθέσεις των τεταρτογενών λατυποκροκαλοπαγών και συμπαγών ψαμμιτών κατά μήκος των ακτών καθώς και αλλουβιακές αποθέσεις που βρίσκονται σε χαμηλά

υψόμετρα. Πιο συγκεκριμένα το βόρειο και κεντρικό τμήμα της Αντιπάρου συνίσταται από κρυσταλοσχιστώδη πετρώματα, όπως διάφοροι τύποι γνευσίων και μαρμάρων. Το σύστημα αυτό που αποτελεί τη βάση της στρωματογραφικής σειράς στους ανωτέρω ορίζοντες οι οποίοι εντοπίζονται μεταξύ του ακρωτηρίου Άκακος και Σωρού, περιοχή του Ανατολικού τμήματος της Κεντρικής Αντιπάρου, εξελίσσεται σε λιγότερο μεταμορφωμένα πετρώματα όπως σχιστόλιθους και μικροκρυσταλλικά μάρμαρα (σχήμα 3).



Σχήμα 3: Σχιστόλιθος με φακοειδείς εμφανίσεις μαρμάρων στα αριστερά και μάρμαρα με ενστρώσεις σιδήρου και μαγνησίου δεξιά.

Πηγή: Από το αρχείο του Κ. Νικολακόπουλου, ΙΓΜΕ

Στα ανώτερα πετρώματα, κατά μήκος της τοποθεσίας Σωρός της ΒΑ Αντιπάρου, έχουν επικαθίσει νεογενή ιζήματα των οποίων η έκταση είναι πολύ περιορισμένη. Τα νεογενή, στο νότιο τμήμα της Αντιπάρου, καλύπτονται από στρώσεις ρυολιθικής τόφφου και σε πολλές περιπτώσεις, διαπερνώνται από ρυολιθικές λάβες. Τα νεότερα ιζήματα τα οποία αποτελούν συμπαγείς ψαμμίτες, τεταρτογενή λατυποκροκαλοπαγή και αλλουβιακά συστήματα, εναποτίθενται μέσα σε αβαθείς λεκάνες ή σε παράκτια τμήματα και επικάθονται ασύμφωνα πάνω σε όλα τα προαναφερθέντα πετρώματα. Αυτά αποτελούν και την οροφή της στρωματογραφικής σειράς (Αναστόπουλος, 1963).

3.2.2.2 Τεκτονική

Η Αντίπαρος αποτελεί τμήμα της ευρείας Αττικοκυκλαδικής κρυσταλλοσχιστώδους μάζας η οποία εμπίπτει στο χώρο της Αιγίδος. Συνεπώς, η τεκτονική της περιοχής μελέτης εμπίπτει στα πλαίσια του ευρύτερου θέματος της τεκτονικής της Αττικοκυκλαδικής μάζας και γενικότερα της Αιγίδος. Επιπλέον στην τεκτονική κατασκευή της νήσου Αντιπάρου, συνέβαλαν ορογενετικές

φάσεις πτυχώσεως, οι οποίες ενήργησαν σε παλαιότερες γεωλογικές περιόδους που δεν έχουν καθοριστεί ακριβώς. Οι αλπικές και μεταλπικές τεκτονικές κινήσεις, ορογενετικές και ηπειρογενετικές, υπήρξαν οι κύριοι παράγοντες της σημερινής γεωμορφολογικής και τεκτονικής κατασκευής της Αττικοκυκλαδικής μάζας. Ειδικότερα για το τμήμα της μάζας αυτής στο χώρο του Αιγαίου, αποδείχτηκε ότι η σημερινή μορφολογική και τεκτονική κατασκευή της, είναι απόρροια των έντονων ηπειρογενετικών κινήσεων οι οποίες συνέβησαν κατά τα διάφορα στάδια της τεταρτογενούς περιόδου (Αναστόπουλος, 1963).

Η σημερινή μορφολογία της Αντιπάρου δεν είναι αποτέλεσμα αποκλειστικά και μόνο της δράσης των εξωγενών παραγόντων (διάβρωση, αποσάθρωση) αλλά συνδέεται κυρίως με την τεκτονική κατασκευή της (Αναστόπουλος, 1963). Έχει αποδειχτεί ότι την τυπική μορφή της τεκτονικής κατασκευής της νήσου αποτελούν μετακινήσεις τεμαχίων και διαρρήξεις των πετρωμάτων με ή χωρίς μεταπτώσεις, οφειλόμενες στην Ανω-Πλειστοκαινική ρηξιγενή φάση, η οποία είναι χαρακτηριστική σε όλη την περιοχή που περιλαμβάνει το τόξο των ηφαιστειών των Κυκλάδων. Η ρηξιγενής αυτή τεκτονική συνεχίστηκε και κατά το ανώτερο Πλειστόκαινο, στο τέλος του οποίου άρχισαν οι τελευταίες μετακινήσεις οι οποίες διήρκεσαν σε όλο το Ολόκαινο και εκδηλώθηκαν ως εγκατακρημνισιγενείς φάσεις στις οποίες οφείλεται και η τελική διαμόρφωση της νήσου Αντιπάρου. Παρ' αυτά η Αντίπαρος δεν παρουσιάζει πολυπλοκότητα στην τεκτονική της κατασκευή. Τα μεταμορφωμένα πετρώματα εμφανίζονται σε αρκετές περιοχές και πολλές φορές εντοπίζονται μαζί με γνεύσιους και μάρμαρα στα οποία επικάθονται τα πλειοκαινικά στρώματα. Σε όλα τα παραπάνω επικάθονται οι αποθέσεις του Τεταρτογενούς και όλα μαζί τα πετρώματα εμφανίζονται σε πολλά μέρη τους διερρηγμένα και πτυχωμένα. Οι διαρρήξεις αυτές των πετρωμάτων με ή χωρίς μεταπτώσεις αποτελούν δύο συστήματα ρηγμάτων, εκ των οποίων το ένα είναι παλαιότερο και το άλλο νεότερο. Το παλαιότερο σύστημα περιλαμβάνει ρήγματα ΒΑ-ΝΔ και ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης. Το νεότερο σύστημα περιλαμβάνει κυρίως ρήγματα Α-Δ διεύθυνσης και ελάχιστα Β-Ν. Αντίστοιχα με τα παραπάνω ρήγματα είναι και οι διευθύνσεις των αξόνων των πτυχών. Η κατάτμηση των πετρωμάτων περιλαμβάνει όλες τις παραπάνω διευθύνσεις με αποκλίσεις που βρίσκονται κάτω από αυτά. Η επικρατέστερη διεύθυνση είναι η ΒΔ-ΝΑ και μετά ακολουθεί η ΒΑ-ΝΔ (Αναστόπουλος, 1963).

3.2.2.3 Ηφαιστειότητα

Σαν συνέπεια των αλπικών και μεταλπικών διαταραχών, οι οποίες έγιναν στην περιοχή του Αιγαίου, ήταν η δημιουργία έντονης ηφαιστειακής δραστηριότητας στην περιοχή αυτή (εσωτερικό τμήμα του δειναροταυρικού τόξου) και ιδιαιτέρως στην κορυφή της κρυσταλλοσχιστώδους

Αττικοκυκλαδικής μάζας αφ' ενός και των κρυσταλλοσχιστώδων μαζών Πελαγονικής, Ροδοπικής και Λυδοκαρικής αφ' ετέρου. Η ηφαιστειακή δραστηριότητα άρχισε στις αρχές του Ηωκαίνου ή και λίγο πριν αυτό αλλά συνεχίζεται και σε κάποιες περιοχές του Αιγαίου (Σαντορίνη) μέχρι και την σύγχρονη εποχή. Παράλληλα, δημιουργήθηκαν πολυάριθμα ανεξάρτητα ηφαιστειακά κέντρα από τα οποία σε διαφορετικές περιόδους βγήκε στην επιφάνεια μάγμα ποικίλης συστάσεως, το οποίο δημιούργησε πετρώματα όξινου (ρυόλιθοι) και βασικού τύπου. Η σημερινή γεωγραφική και γεωτεκτονική τοποθέτηση των ηφαιστειών κέντρων της περιοχής Αιγαίου δείχνει ότι αυτά βρίσκονται σε γραμμές μεμονωμένων ρηγμάτων (κεντρικό Αιγαίο) ή σε ζώνες συστήματος παραλλήλων και πολλαπλώς διασταυρωμένων ρηγμάτων (ηφαιστειακό τόξο νοτίου Αιγαίου κ.α.) (Αναστόπουλος, 1963)

Όπως ειπώθηκε η περιοχή μελέτης μας βρίσκεται στις ΝΑ παρυφές της Αττικοκυκλαδικής μάζας και ότι τα πετρώματα της είναι κυρίως κρυσταλλοσχιστώδη και μόνο τοπικά και σε περιορισμένη έκταση παρουσιάζονται τα νεώτερα ιζήματα. Με εξαίρεση τα τεταρτογενή ιζήματα η σειρά πετρωμάτων που έχει εντοπιστεί στην Αντίπαρο διακόπτεται κατά τόπους από ηφαιστειακά πετρώματα τα οποία καταλαμβάνουν σημαντικό τμήμα. Η πιο συνηθισμένη περίπτωση εμφάνισης των ηφαιστειακών πετρωμάτων, είναι αυτή κατά την οποία έρχονται σε άμεση επαφή κυρίως με τα κρυσταλλοσχιστώδη. Σε κάποιες περιπτώσεις (νήσος Κάβουρας, δόμος Βλαχοβούναλο, δόμος Τουρλωτό Δεσποτικού) πάνω στα ηφαιστειακά κάθονται ασβεστοψαμμιτικά στρώματα του «Πόρου των Κυκλάδων» και σε μια μόνο περίπτωση (τοποθεσία Σωρός) τα ηφαιστειακά επικάθονται και σε νεογενή ιζήματα. Οι δύο τελευταίες περιπτώσεις είναι οι μόνες οι οποίες μας παρείχαν την δυνατότητα καθορισμού της ηλικίας την εκρήξεων. Αυτή, σύμφωνα με την ηλικία των ηφαιστειακών του «Πόρου» και των νεογενών, περιορίζεται μεταξύ κατώτερου Διλουβίου και Πλειόκαινου. Σε αυτή την ηλικία των ηφαιστειακών, η οποία τα κατατάσσει μεταξύ των παλαιών λαβών του ηφαιστειακού τόξου του Αιγαίου, συνηγορούν και τα εξής γεγονότα: Η διάβρωση και εξαλλοίωσή τους είναι αρκετά προχωρημένη. Στις περισσότερες περιπτώσεις εμφανίζεται και αφυάλωσή τους. Οι σημερινές κατεστραμμένες μορφές ηφαιστειών δόμων οι οποίες δείχνουν ότι οι λάβες συμμετείχαν στις τεταρτογενείς εγκατακρημνίσεις. Έχει διατυπωθεί και επανειλημμένως η ύπαρξη της έντονης διάβρωσης των ηφαιστειών σχηματισμών, της ερειπωμένης εμφάνισής τους και της παρατηρούμενης αφυαλώσεως. Τα ηφαιστειακά κέντρα της Αντιπάρου εντάσσονται στην ζώνη του ηφαιστειακού τόξου του νοτίου Αιγαίου το οποίο είναι παράλληλο προς το τόξο της πτύχωσης η οποία διέρχεται από αυτό της Πελοποννήσου της Κρήτης της Κάσου και της Ρόδου (Αναστόπουλος, 1963).

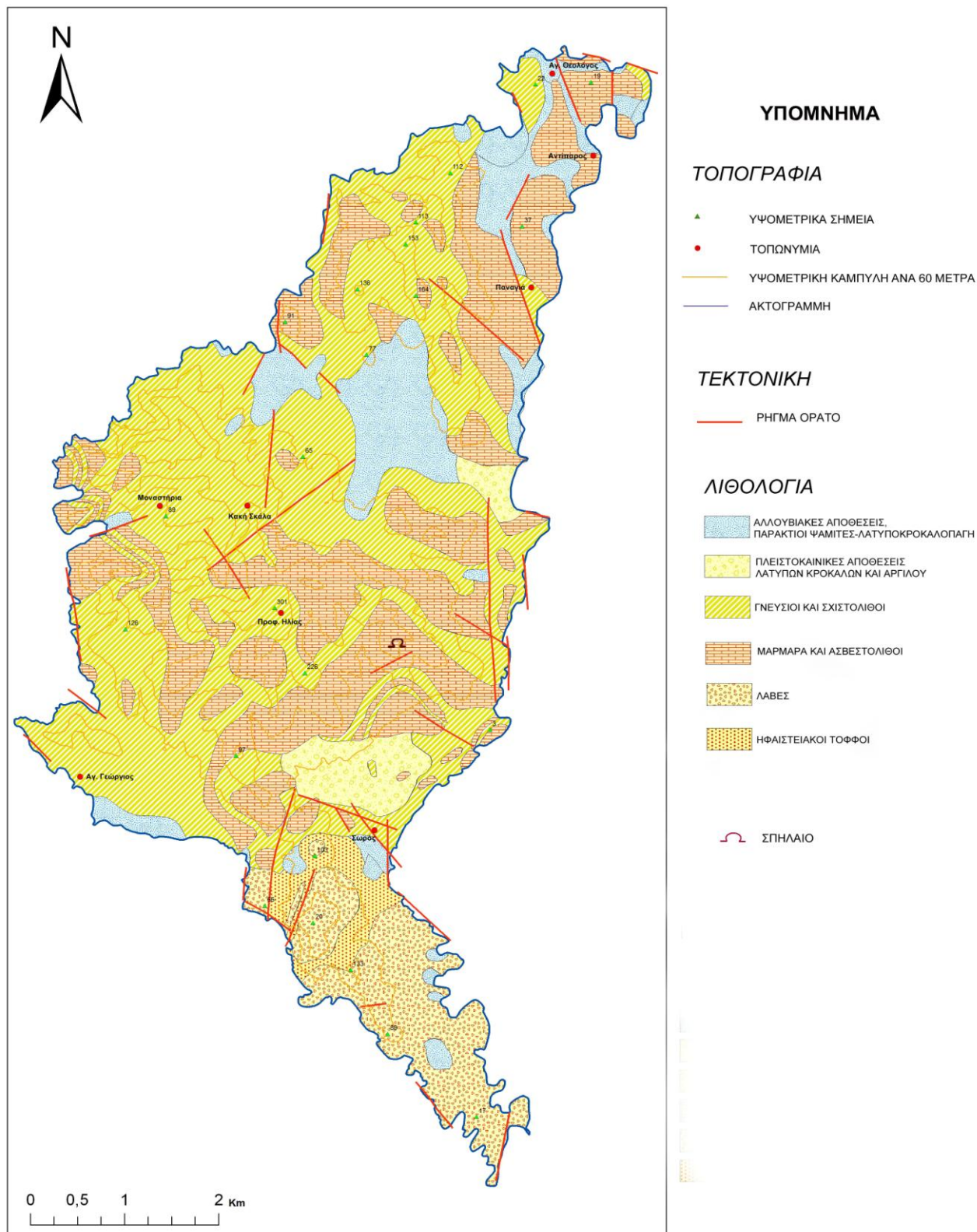
3.3 Κατασκευή του Γεωλογικού Χάρτη της Νήσου Αντιπάρου

Στη προσπάθεια να αποτυπώθούν τα παραπάνω δεδομένα για τις ανάγκες της γεωλογικής και κατ' επέκταση της γεωμορφολογικής χαρτογράφησης, θεωρήθηκε σημαντική μια ενοποίηση των λιθολογικών σχηματισμών. Έτσι, το υπόμνημα του γεωλογικού χάρτη που δημιουργήθηκε περιλαμβάνει όσον αφορά τα πετρώματα δύο ομάδες τους γνεύσιους με τους σχιστόλιθους και τα μάρμαρα με τους ασβεστόλιθους. Από τα εκρηξιγενή περιέχει τους ηφαιστειακούς τόφφους και τις λάβες και τέλος τα ιζηματογενή ταξινομούνται σε δύο ομάδες τις πλειστοκαινικές αποθέσεις λατύπων κροκάλων και αργίλου και τις αλλουβιακές αποθέσεις, παράκτιους ψαμμίτες-λατυποκροκαλοπαγή.

Για τη γεωλογική χαρτογράφηση, χρησιμοποιήθηκε ως υπόβαθρο ο γεωλογικός χάρτης της νήσου Αντιπάρου κατασκευής Ι. Αναστόπουλου (1963) που μας διέθεσε το Ι.Γ.Μ.Ε. Ο χάρτης αυτός αφού διορθώθηκε γεωμετρικά, αναπροσαρμόστηκε σύμφωνα με την παραπάνω ομαδοποίηση, ώστε να είναι λειτουργικός για την γεωμορφολογική χαρτογράφηση. Η γεωαναφορά του χάρτη αποτέλεσε περίπλοκη διαδικασία λόγω της παλαιότητας του. Χρειάστηκε να δοκιμαστούν 5 διαφορετικοί αλγόριθμοι μέχρι να επιλεγεί ο κατάλληλος. Η μετατροπή spline λοιπόν που χρησιμοποιήθηκε, είναι μια μέθοδος ιδανική για τοπική ακρίβεια αλλά όχι τόσο για παγκόσμια ακρίβεια. Βασίζεται σε ένα τμηματικό πολυώνυμο που διατηρεί τη συνοχή και την ομαλότητα μεταξύ των παρακείμενων πολυωνύμων. Αυτή η μετατροπή είναι κυρίως χρήσιμη όταν τα σημεία εδαφικού ελέγχου είναι σημαντικά και είναι τοποθετημένα με μεγάλη ακρίβεια⁵.

⁵ Εύρεση στις 15 Μαΐου στην ιστοσελίδα:
<http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#//009t000000mn000000.htm>

ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΤΗΣ ΝΗΣΟΥ ΑΝΤΙΠΑΡΟΥ



Πηγή: Ιδία Επεξεργασία

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

4.1 Δεδομένα Τηλεπισκόπησης

Στόχος της παρούσας μελέτης είναι η όσον το δυνατό καλύτερη αποτύπωση του αναγλύφου της νήσου Αντιπάρου. Για την επίτευξη αυτού του στόχου ήταν απαραίτητη η χρήση δορυφορικών εικόνων και η δημιουργία Ψηφιακών Μοντέλων Επιφάνειας, σημαντικά εργαλεία για τη φωτοερμηνεία και την αναγνώριση γεωμορφών. Χρησιμοποιήθηκαν λοιπόν ποικίλα τηλεπισκοπικά δεδομένα που προήλθαν από δορυφόρους παρακολούθησης της γης, τα οποία μας τα διέθεσε το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ), στα πλαίσια πρακτικής άσκησης. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν:

- Τέσσερις εικόνες του δορυφόρου Terra από το δέκτη ASTER των φασματικών καναλιών 3B και 3N, χωρικής διακριτικής ικανότητας 15 μέτρων. Από αυτές προέκυψαν δύο Ψηφιακά Μοντέλα Επιφάνειας.
- Τρεις παγχρωματικές εικόνες του δορυφόρου ALOS PRISM, χωρικής διακριτικής ικανότητας 2,5 μέτρων, προερχόμενες από τους τρεις αισθητήρες που διαθέτει ο PRISM για ταυτόχρονες λήψεις προς τα μπρος, κάθετα και προς τα πίσω (forward-nadir-backward)
- Έναν ορθοφωτοχάρτη του Υπουργείου Γεωργίας με 1 μέτρο χωρική διακριτική ικανότητα, ο οποίος χρησιμοποιήθηκε για τη γεωμετρική διόρθωση των εικόνων σε προβολικό σύστημα ΕΓΣΑ '87.
- Ένα Ψηφιακό Μοντέλο Επιφάνειας (DEM) του Υπ. Γεωργίας. Το αρχείο αυτό δόθηκε σε δεδομένα ascii ανά 20 μέτρα.
- Οι ισοϋψείς καμπύλες ανά 15 μέτρα της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού, από τις οποίες προέκυψε το αντίστοιχο DEM.
- Το DEM του ASTER GLOBAL χωρικής διακριτικής ικανότητας 90 μέτρων.
- Μία εικόνα του ALOS από τον αισθητήρα AVNIR χωρικής διακριτικής ικανότητας 10 μέτρων και τεσσάρων φασματικών καναλιών η οποία χρησιμοποιήθηκε για συγχώνευση δορυφορικών δεδομένων ώστε να παράγουμε μία βέλτιστη εικόνα για φωτοερμηνεία.

4.2 Συγχώνευση δορυφορικών εικόνων

Τις πρώτες ημέρες της αναλογικής τηλεπισκόπησης όταν η μόνη πηγή στοιχείων ήταν η αεροφωτογραφία, η ικανότητα συνδυασμού δεδομένων από διαφορετικές πηγές ήταν περιορισμένη (Παρχαρίδης, 2008). Η πλειοψηφία των δορυφόρων παρακολούθησης της γήινης επιφάνειας συλλέγουν ταυτόχρονα μία παγχρωματική εικόνα με υψηλή χωρική διακριτική

ικανότητα και ποικίλα πολυφασματικά κανάλια με χαμηλότερη χωρική διακριτική ικανότητα. Αυτό οφείλεται σε τεχνικά προβλήματα όπως ο περιορισμένος χώρος αποθήκευσης, ο χαμηλός ρυθμός που μεταφέρονται τα δεδομένα σε συνδυασμό με την περιορισμένη ενεργειακή αυτονομία των περισσότερων δορυφόρων (Nikolakopoulos et al., 2010). Μία λύση για το πρόβλημα αυτό είναι η συγχώνευση δεδομένων υψηλής χωρικής διακριτικής ικανότητας με δεδομένα χαμηλής χωρικής διακριτικής ικανότητας, η οποία μπορεί να βοηθήσει στην ερμηνεία καθώς επίσης και την ανάλυση. Η ολοκλήρωση δεδομένων περιλαμβάνει πλήρως το συνδυασμό ή τη συγχώνευση των εικόνων από πολλαπλές πηγές σε μια προσπάθεια να εξαχθούν καλύτερες ή/και περισσότερες πληροφορίες. Η συγχώνευση δεδομένων υψηλής χωρικής διακριτικής ικανότητας με δεδομένα χαμηλής χωρικής διακριτικής ικανότητας μπορεί να εντείνει σημαντικά τη χωρική λεπτομέρεια σε μια εικόνα και να ενισχύσει τη (διαφοροποίηση) μεταξύ των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων (Παρχαρίδης, 2008).

Στην περίπτωση της γεωμορφολογικής χαρτογράφησης της Αντιπάρου, έγινε συγχώνευση δυο εικόνων με διαφορετικές ιδιότητες η καθεμία, με σκοπό την παραγωγή μιας νέας με μεγαλύτερη λεπτομέρεια και βελτιωμένη ποιότητα. Οι δυο εικόνες που χρησιμοποιήθηκαν προέρχονται από τον δορυφόρο ALOS. Η μία είναι παγχρωματική, δηλαδή έχει ένα φασματικό κανάλι με 2,5 μέτρα χωρική διακριτική ικανότητα, ενώ η άλλη είναι πολυφασματική με 4 φασματικά κανάλια και 10 μέτρα χωρική διακριτική ικανότητα. Το τελικό προϊόν είναι μία εικόνα με 2,5 μέτρα χωρική διακριτική ικανότητα και 4 φασματικά κανάλια, κράτησε δηλαδή από τη καθεμία το χαρακτηριστικό της πλεονέκτημα. Για την συγχώνευση έγινε χρήση του αλγορίθμου PCA (Μέθοδος Ανάλυσης Κυρίων Συνιστωσών- Principal Component Analysis). Η μέθοδος της ανάλυσης κυρίων συνιστωσών (PCA) είναι μία από τις κυριότερες τεχνικές συγχώνευσης δεδομένων. Εφαρμόστηκε με ιδιαίτερη επιτυχία στην ανάλυση πολυφασματικών δεδομένων. Λόγω του ότι ο κύριος σκοπός αυτής της τεχνικής συγχώνευσης είναι να διατηρήσει τη φασματική πληροφορία των καναλιών των πολυφασματικών δεδομένων, ο αλγόριθμος είναι μαθηματικά αυστηρός και γίνονται οι παρακάτω παραδοχές. Καταρχάς, η πρώτη συνιστώσα (PC-1) περιέχει μόνο το φωτισμό της σκηνής. Όλες οι φασματικές διαφοροποιήσεις περιέχονται στις άλλες συνιστώσες. Επιπλέον ο φωτισμός στα κανάλια του κοντινού υπέρυθρου είναι πανομοιότυπος με το φωτισμό στα κανάλια του ορατού. Με τις παραπάνω παραδοχές γίνεται η μετατροπή της εικόνας σε κύριες συνιστώσες. Η πρώτη κύρια συνιστώσα αφαιρείται και καθορίζεται το εύρος των τιμών της (ελάχιστη, μέγιστη τιμή) . Η εικόνα υψηλής χωρικής διακριτικής ικανότητας μετασχηματίζεται, έτσι ώστε η ελάχιστη και η μέγιστη τιμή της να ταυτιστούν με την ελάχιστη και τη μέγιστη τιμή της πρώτης κύριας συνιστώσας που αφαιρέθηκε, αλλά ταυτόχρονα το ιστόγραμμα να μην αλλάξει μορφή. Στη συνέχεια , η εικόνα υψηλής χωρικής διακριτικής

ικανότητας παίρνει τη θέση της πρώτης κύριας συνιστώσας και εφαρμόζεται η αντίστροφη διαδικασία με σκοπό να πάρουμε την τελική πολυφασματική εικόνα με βελτιωμένη χωρική διακριτική ικανότητα (Βαϊόπουλος κ.α, 2006).



Σχήμα 4: Συγχωνευμένη εικόνα της περιοχής της Αντιπάρου με χωρική διακριτική ικανότητα 2,5 μέτρα από δεδομένα του δορυφόρου ALOS

4.3 Δημιουργία Ψηφιακών Μοντέλων Επιφάνειας.

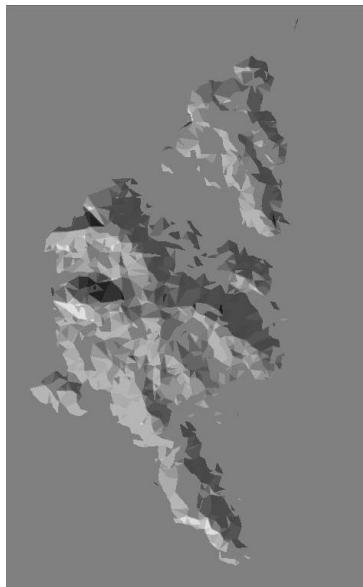
Για την καλύτερη και λεπτομερέστερη αποτύπωση του αναγλύφου της νήσου Αντιπάρου είναι απαραίτητη η δημιουργία πολλαπλών Ψηφιακών Μοντέλων Επιφάνειας (Ψ.Μ.Ε.). Η παραπάνω διαδικασία στην παρούσα μελέτη, έγινε με τη χρήση δορυφορικών εικόνων ASTER και ALOS.

4.3.1 Επεξεργασία δορυφορικών εικόνων ASTER

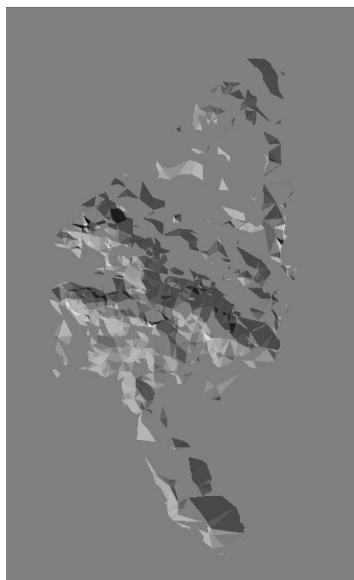
Για να παραχθεί ένα Ψηφιακό Μοντέλο Επιφάνειας είναι απαραίτητη η ύπαρξη στερεοζεύγων μεταξύ δύο εικόνων του ίδιου δορυφόρου που να απεικονίζουν την ίδια περιοχή αλλά να έχουν διαφορετική γωνία λήψης. Στην προκειμένη περίπτωση τα στερεοζεύγη προέκυψαν σε πρώτο στάδιο από τις δορυφορικές εικόνες του δέκτη ASTER των φασματικών καναλιών 3B και 3N χωρικής διακριτικής ικανότητας 15m, οι οποίες απεικονίζουν ολόκληρη την περιοχή της Αντιπάρου από δύο όμως διαφορετικές γωνίες λήψης. Αρχικά μεταφερόμαστε στο περιβάλλον του ERDAS όπου δημιουργούμε ένα νέο Project Manager. Αρχικό στάδιο είναι να οριστεί το γεωμετρικό μοντέλο που στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι το Orbital Pushbroom. Στη συνέχεια επιλέγεται ο δορυφόρος που χρησιμοποιείται δηλαδή ο ASTER, καθορίζεται το προβολικό σύστημα που θα χρησιμοποιηθεί (ΕΓΣΑ 1987 και GRS 1980) και τέλος φορτώνονται και ονομάζονται οι εικόνες που θα επεξεργαστούν (3B και 3N). Αφού ολοκληρωθεί και η παραπάνω διαδικασία, διορθώνονται γεωμετρικά πρώτα η μία και μετά η άλλη, εντοπίζοντας σημεία εδαφικού έλεγχου (GCP's) με εικόνα αναφοράς τον ορθοφωτοχάρτη του Υπουργείου Γεωργίας με 1 μέτρο χωρική διακριτική ικανότητα. Έπειτα, αφού είναι και οι δύο εικόνες γεωαναφερμένες με την ίδια εικόνα αναφοράς βρίσκονται τα κοινά σημεία (Tie Points) μεταξύ της 3B και της 3N. Τέλος, γίνεται επιστροφή στο Project Manager και αφού έχουμε πλέον εντοπίσει στερεοζεύγη, δημιουργούμε το Ψ.Μ.Ε. (σχήμα 5).

Σε δεύτερο στάδιο χρησιμοποιήθηκαν δύο διαφορετικές εικόνες ASTER χωρικής διακριτικής ικανότητας 15μ όπου η πρώτη απεικόνιζε το βόρειο τμήμα της Αντιπάρου και η δεύτερη το νότιο τμήμα της. Ακολουθώντας την ίδια διαδικασία με αυτή που περιγράφεται παραπάνω διορθώνεται γεωμετρικά πρώτα η μία και μετά η άλλη και στη συνέχεια βρίσκονται κι εδώ κοινά σημεία μεταξύ τους (tie points). Ακολούθως, με την επιλογή mosaic (μωσαϊκό) ενώνονται οι δύο εικόνες έτσι ώστε να απεικονίζεται εν τέλει ολόκληρη η περιοχή της Αντιπάρου. Τέλος παράγουμε το Ψ.Μ.Ε. της τελικής αυτής εικόνας. Το αποτέλεσμα απεικονίζεται στο σχήμα 6 .

Τα δύο Ψηφιακά Μοντέλα που προέκυψαν από την επεξεργασία των εικόνων του ASTER είχαν χωρική διακριτική ικανότητα 30 μέτρα. Για να γίνει εφικτό όμως να συγκριθούν με τ' άλλα Ψ.Μ.Ε. που διαθέτουμε, γίνεται αναδόμηση εικονοστοιχείων (Reproject) στα 7,5 μέτρα.



Σχήμα 5: Ψ.Μ.Ε. του ASTER με μέγεθος pixel 7,5μ.

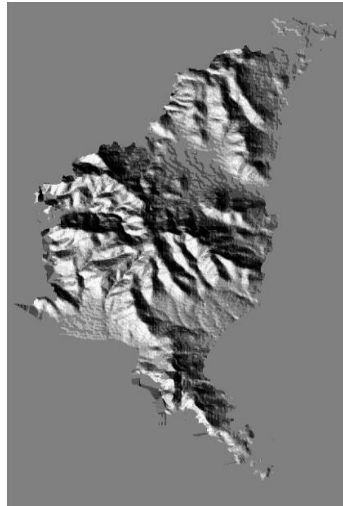


Σχήμα 6: Ψ.Μ.Ε. από το μωσαϊκό του ASTER με μέγεθος pixel 7,5m

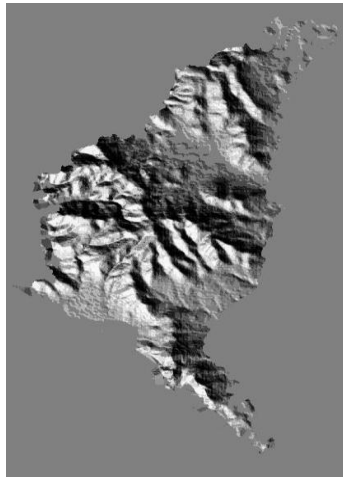
4.3.2 Επεξεργασία δορυφορικών εικόνων ALOS

Ακολούθως, γίνεται επεξεργασία τριών παγχρωματικών εικόνων του δορυφόρου ALOS PRISM χωρικής διακριτικής ικανότητας 2,5 μέτρων. Ο ALOS PRISM, όπως έχει ειπωθεί, έχει τρεις αισθητήρες οι οποίοι έχουν τη δυνατότητα να βλέπουν από τρεις διαφορετικές γωνίες λήψης

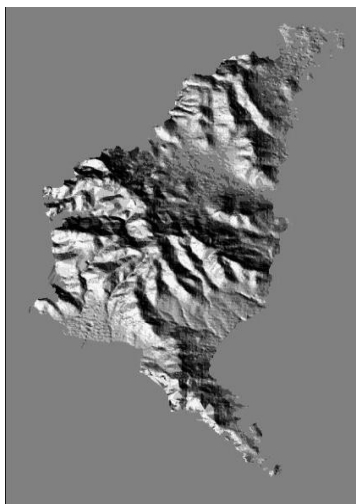
προς τα πίσω, κάθετα και προς τα μπρος (backward, nadir, forward). Έτσι, χρησιμοποιήθηκαν τρία τέτοια αρχεία για την Αντίπαρο με χωρική διακριτική ικανότητα 2,5 μέτρα, συνδυάζοντας πρώτα την backward με την nadir, ύστερα την nadir με τη forward και τέλος την backward με την forward, και βρίσκοντας κοινά σημεία μεταξύ τους (Nikolakopoulos and Gioti, 2010). Από αυτές προέκυψαν έτσι τρία νέα Ψ.Μ.Ε. τα οποία απεικονίζονται παρακάτω στα σχήματα 7,8,9.



Σχήμα 7: Ψ.Μ.Ε του ALOS από κάθετη με προς τα πίσω λήψη, με χωρική διακριτική ικανότητα 7,5μ



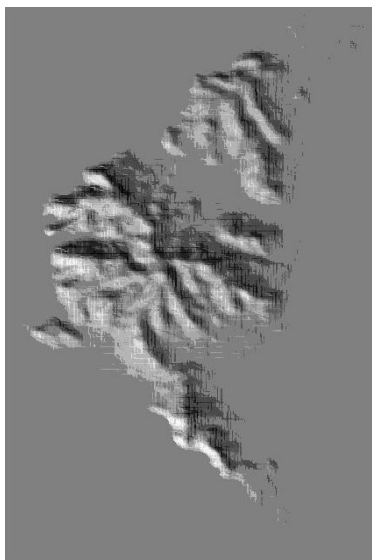
Σχήμα 8: Ψ.Μ.Ε. του ALOS από κάθετη με προς τα μπρος λήψη, με χωρική διακριτική ικανότητα 7,5μ



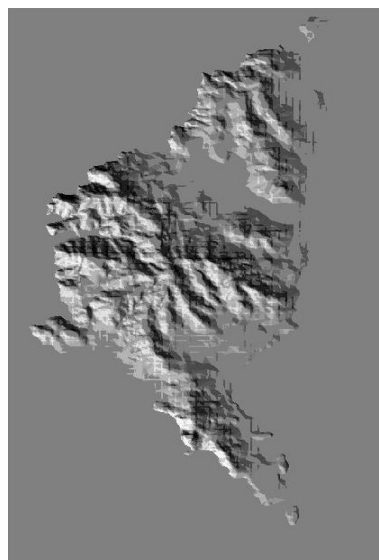
Σχήμα 9: Ψ.Μ.Ε. του ALOS από μπροστινή και πίσω λήψη, με χωρική διακριτική ικανότητα 7,5μ

4.3.3 Επίσημες Υψομετρικές Πηγές

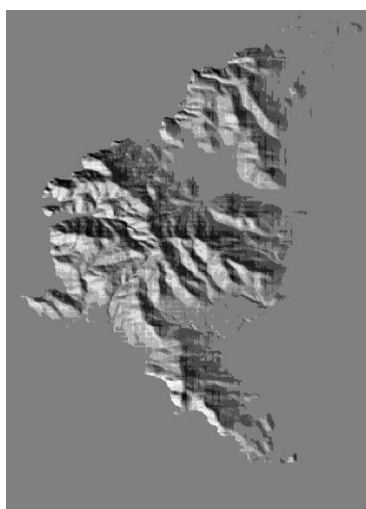
Παράλληλα με τα παραπάνω Ψ.Μ.Ε. χρησιμοποιήθηκαν και αυτά του Υπουργείου Γεωργίας που έχει προέλθει από στερεοζεύγη αεροφωτογραφιών και το μέγεθος των εικονοστοιχείων του είναι 20 μέτρα, το Ψ.Μ.Ε. της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού που προέκυψε από τις ισοϋψείς καμπύλες ανά 15 μέτρα καθώς και το Ψ.Μ.Ε. του ASTER GLOBAL χωρικής διακριτικής ικανότητας 90 μέτρων (σχήματα 10,11,12). Οι τρεις παραπάνω πηγές διαθέτουν επίσημα υψομετρικά δεδομένα και τις χρησιμοποιούμε ώστε να έχουμε κάποια σημεία σύγκρισης. Για να μπορέσουμε να τα συγκρίνουμε με τα Ψ.Μ.Ε. που έχουμε παράγει πιο πάνω, έγινε κι εδώ αναδόμηση εικονοστοιχείων στα 7,5 μέτρα.



Σχήμα 10: Ψ.Μ.Ε. του ASTER GLOBAL



Σχήμα 11: Ψ.Μ.Ε. της Γ.Υ.Σ.



Σχήμα 12: Ψ.Μ.Ε. του Υπουργείου Γεωργίας

4.4 Έλεγχος Ακρίβειας των Ψηφιακών Μοντέλων Επιφάνειας

Για να διαπιστωθεί η εγκυρότητα των Ψηφιακών Μοντέλων Επιφάνειας που δημιουργήθηκαν, θεωρήθηκε απαραίτητος ένας έλεγχος ακρίβειάς τους, τόσο ποσοτικός όσο και ποιοτικός. Ο ποσοτικός έλεγχος περιλαμβάνει τη μελέτη των στατιστικών αποτελεσμάτων τους,

την εύρεση της διαφοράς τους σε σχέση με τα επίσημα Ψ.Μ.Ε. που διαθέτουμε, καθώς και τον έλεγχο υψομετρικών τιμών σε συγκεκριμένες τοποθεσίες χρησιμοποιώντας μία βάση δεδομένων με 44 σημεία εδαφικού ελέγχου, τα οποία καλύπτουν όλη τη περιοχή μελέτης. Ο ποιοτικός έλεγχος ακρίβειάς τους περιλαμβάνει τη δημιουργία τριών υψομετρικών προφίλ, καθώς και την εύρεση της συσχέτισής τους (Nikolakopoulos and Gioti, 2010).

4.4.1 Ποσοτικός Έλεγχος

4.4.1.1 Γενικά Στατιστικά των Ψ.Μ.Ε.

Για την μελέτη του αναγλύφου στην περιοχή της Αντιπάρου, έγινε εργασία με οκτώ διαφορετικά ψηφιακά μοντέλα επιφάνειας, τα στατιστικά αποτελέσματα των οποίων παρουσιάζονται παρακάτω.

Πίνακας 4: Γενικά στατιστικά αποτελέσματα των Ψηφιακών Μοντέλων Επιφάνειας

Πηγή: Ιδία Επεξεργασία

	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέσος όρος	Τυπική Απόκλιση
ΨΜΕ ASTER 3B-3N	0	278,08	27,80	49,40
ΨΜΕ ASTER MOSAIC	0	282,42	38,54	57,96
ΨΜΕ ASTER GLOBAL	0	289,00	23,96	47,59
ΨΜΕ ΥΠ. ΓΕΩΡΓΙΑΣ	0	296,74	26,07	49,58
ΨΜΕ Γ.Υ.Σ	0	300,00	27,62	51,35
ΨΜΕ ALOS ΜΠΡΟΣ-ΠΙΣΩ ΛΗΨΗ	0	300,08	25,68	49,59
ΨΜΕ ALOS ΚΑΘΕΤΗ-ΠΙΣΩ ΛΗΨΗ	0	295,65	25,11	49,34
ΨΜΕ ALOS ΚΑΘΕΤΗ-ΜΠΡΟΣ ΛΗΨΗ	0	295,17	26,17	49,92

Παρατηρείται ότι τα στατιστικά αποτελέσματα των Ψ.Μ.Ε. που μας δίνει ο δορυφόρος ALOS είναι πιο κοντά στα επίσημα που προέρχονται από το Υπ. Γεωργίας, τη Γεωγραφική Υπηρεσία του Στρατού και από τον ASTER GLOBAL. Τα αποτελέσματα που δίνει ο ASTER MOSAIC είναι όπως αναμενόταν τα χειρότερα, καθώς τα κοινά σημεία που είχαν ληφθεί κατά τη δημιουργία του Ψ.Μ.Ε. ήταν σε περιορισμένη περιοχή. Τέλος, το Ψ.Μ.Ε. του ASTER 3B-3N ενώ

έχει ικανοποιητικές τιμές όσον αφορά την τυπική απόκλιση και τον μέσο όρο, το μέγιστο δείχνει να ξεφεύγει σε σχέση με τα επίσημα.

4.4.1.2 Διαφορές των Ψ.Μ.Ε.

Στην Ελλάδα επίσημα υψομετρικά δεδομένα, όπως ειπώθηκε και παραπάνω διαθέτουν το Υπ. Γεωργίας και η Γ.Υ.Σ. Για να μελετηθεί η ακρίβεια των παραγόμενων Ψ.Μ.Ε. και συγκεκριμένα την μεταξύ τους υψομετρική απόκλιση, αφαιρούνται από τα δύο προαναφερθέντα τα υπόλοιπα Ψ.Μ.Ε. των δορυφόρων ASTER και ALOS . Συγκεκριμένα στον πίνακα 4 αφαιρούνται από το Ψ.Μ.Ε. της Γ.Υ.Σ και στον πίνακα 5 αφαιρούνται από το Ψ.Μ.Ε. του Υπ. Γεωργίας.

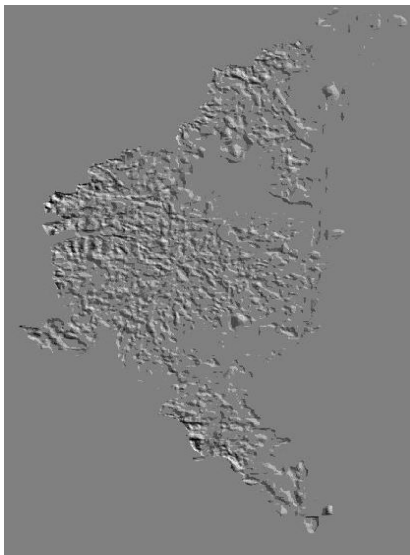
Πίνακας 5: Στατιστική διαφορά των παραγόμενων Ψ.Μ.Ε. από αυτό της Γ.Υ.Σ

Πηγή: Ιδία Επεξεργασία

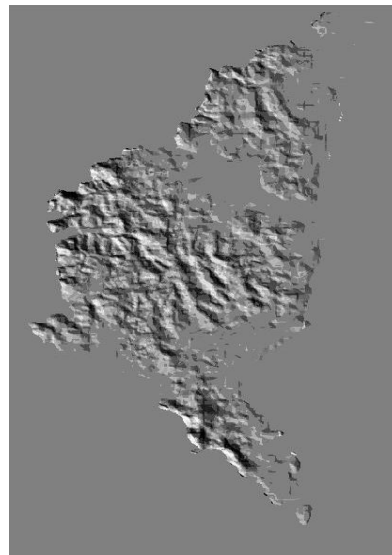
	Ελάχιστο	Μέγιστο	Τυπική Απόκλιση	Μέσος
Διαφορά του Ψ.Μ.Ε. της Γ.Υ.Σ από του Υπ. Γεωργίας	-40,65	50,67	4,66	1,55
Διαφορά του Ψ.Μ.Ε. της Γ.Υ.Σ από του ASTER 3B-3N	-96,92	112,04	10,019	-0,17
Διαφορά του Ψ.Μ.Ε. της Γ.Υ.Σ από το μωσαϊκό του ASTER	-157,49	117,81	20,81	-10,92
Διαφορά του Ψ.Μ.Ε. της Γ.Υ.Σ από του ASTER GLOBAL	-37,46	88	7,52	3,65
Διαφορά του Ψ.Μ.Ε. της Γ.Υ.Σ από του ALOS (μπρος-πίσω λήψη)	-58,03	160	8,23	1,99
Διαφορά του Ψ.Μ.Ε. της Γ.Υ.Σ από του ALOS (κάθετη -πίσω λήψη)	-110,34	160	7,85	1,85
Διαφορά του Ψ.Μ.Ε. της Γ.Υ.Σ από του ALOS (μπρος-κάθετη λήψη)	-70,84	160	7,72	1,49

Μελετώντας τον πίνακα, παρατηρείται ότι τα αποτελέσματα που δίνει η αφαίρεση με τα Ψ.Μ.Ε. του ALOS είναι πολύ καλά, καθώς η τυπική απόκλιση της υψομετρικής διαφοράς είναι από 7,72 έως 8,23 μέτρα και δεν μπορεί να θεωρηθεί μεγάλη. Το ίδιο ισχύει και για το μέσο όρο καθώς είναι λιγότερο από 2 μέτρα. Τα ίδια περίπου αποτελέσματα ισχύουν και για τη διαφορά με του ASTER GLOBAL και του Υπ. Γεωργίας, το οποίο ήταν και αναμενόμενο καθώς είναι επίσημες πηγές υψομετρικών δεδομένων. Όσον αφορά τη διαφορά με τα Ψ.Μ.Ε. του ASTER 3B-3N φαίνεται να έχει πολύ καλή τιμή για το μέσο όρο της διαφοράς (0,17μ), αλλά η τυπική απόκλιση είναι λίγο μεγαλύτερη σε σχέση με τις προηγούμενες διαφορές. Τέλος, το Ψ.Μ.Ε. του μωσαϊκού του ASTER παρουσιάζει μεγάλες υψομετρικές διαφορές, γεγονός που υποδηλώνει ότι η ακρίβειά του δεν είναι πολύ καλή.

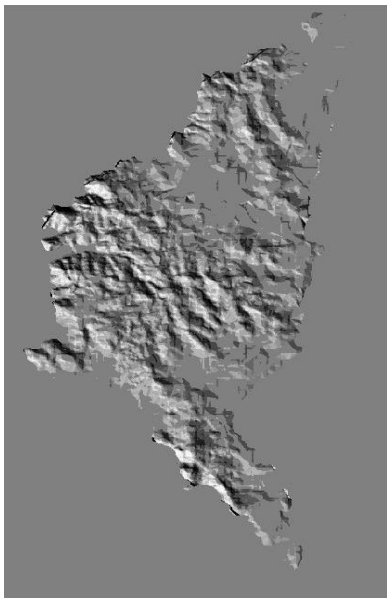
Τα παραπάνω αποτελέσματα παρατίθενται στη συνέχεια σε εικονική αναπαράσταση για την καλύτερη κατανόησή τους. Στα σχήματα 13-19 παρουσιάζονται τα 7 Ψ.Μ.Ε. ύστερα από αφαίρεσή τους από αυτό της Γ.Υ.Σ.



Σχήμα 13: Διαφορά του Ψ.Μ.Ε. της Γ.Υ.Σ από του Υπ. Γεωργίας

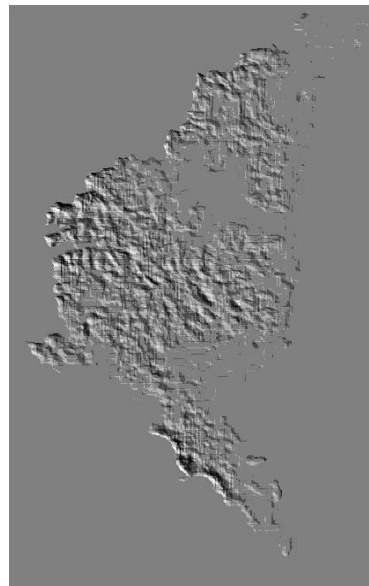


Σχήμα 14: Διαφορά του Ψ.Μ.Ε. της Γ.Υ.Σ από ASTER 3B-3N



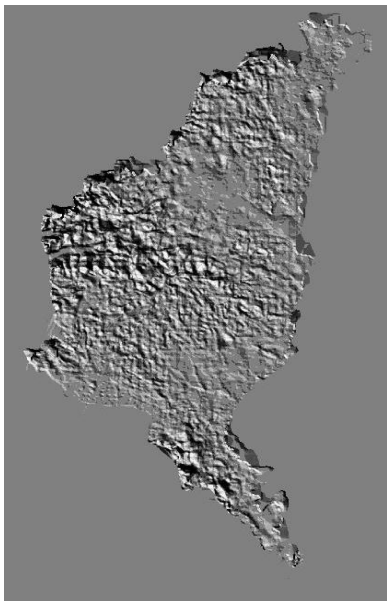
Σχήμα 15:Διαφορά του Ψ.Μ.Ε. της Γ.Υ.Σ

από το μωσαϊκό του ASTER



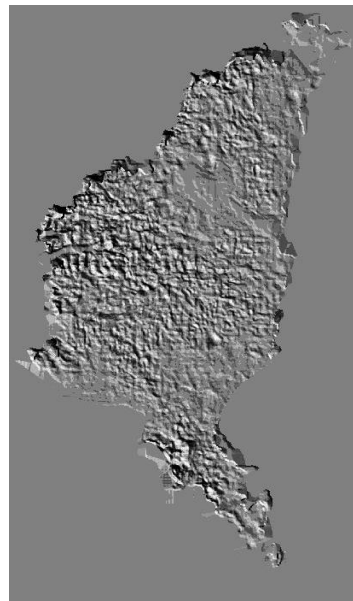
Σχήμα 16:Διαφορά του Ψ.Μ.Ε. της Γ.Υ.Σ

από του ASTER GLOBAL



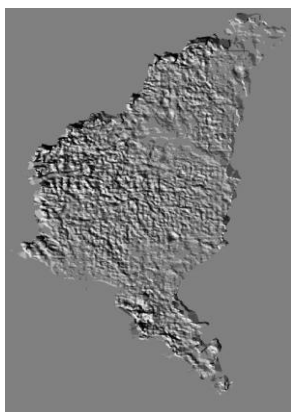
Σχήμα 17 :Διαφορά του Ψ.Μ.Ε. της Γ.Υ.Σ

από του ALOS(μπρος-πίσω λήψη)



Σχήμα 18 :Διαφορά του Ψ.Μ.Ε. της Γ.Υ.Σ

από του ALOS(κάθετη-πίσω λήψη)



Σχήμα 19 :Διαφορά του Ψ.Μ.Ε. της Γ.Υ.Σ

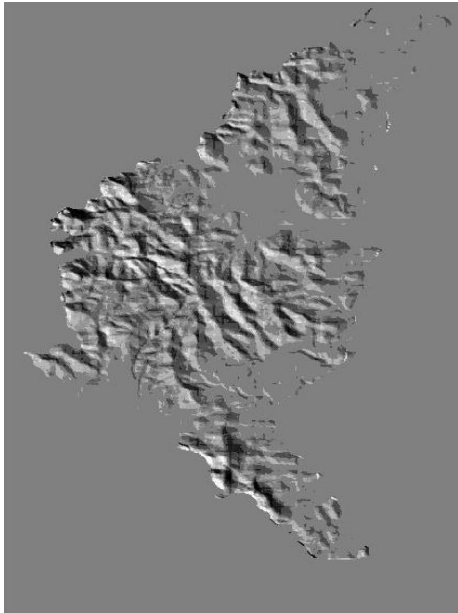
από του ALOS (μπρος-κάθετη λήψη)

Πίνακας 6: Στατιστική διαφορά των παραγόμενων Ψ.Μ.Ε. από αυτό του Υπ. Γεωργίας

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

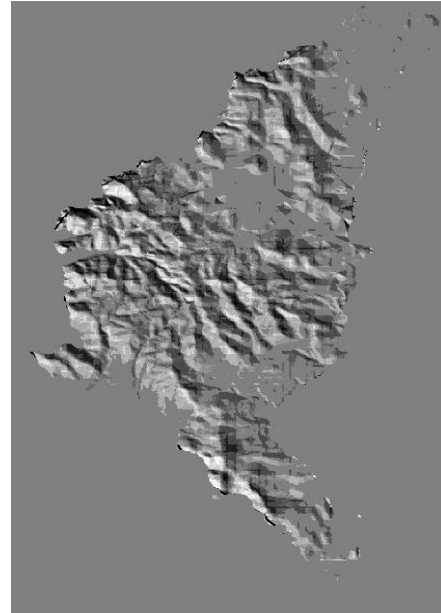
	Ελάχιστο	Μέγιστο	Τυπική Απόκλιση	Μέσος
Διαφορά του Ψ.Μ.Ε. του Υπ. Γεωργίας από του ASTER 3B-3N	-115,75	114,41	9,86	-1,72
Διαφορά του Ψ.Μ.Ε. του Υπ. Γεωργίας από το μωσαϊκό του ASTER	-158,63	84,6	21,86	-12,46
Διαφορά του Ψ.Μ.Ε. του Υπ. Γεωργίας από του ASTER GLOBAL	-40,22	60,84	5,28	2,11
Διαφορά του Ψ.Μ.Ε. του Υπ. Γεωργίας από του ALOS (μπρος-πίσω λήψη)	-76,24	157,53	6,57	0,44
Διαφορά του Ψ.Μ.Ε. του Υπ. Γεωργίας από του ALOS (κάθετη-πίσω λήψη)	-110,34	157,53	6,25	0,3
Διαφορά του Ψ.Μ.Ε. του Υπ. Γεωργίας από του ALOS (κάθετη-μπρος λήψη)	-67,53	157,53	6,07	-0,05

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα που μας δίνει ο παραπάνω πίνακας, αντλούνται κάποια βασικά συμπεράσματα. Αρχικά, είναι φανερό ότι τα στερεοζεύγη αεροφωτογραφιών του Υπ. Γεωργίας σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις έχουν μικρότερη υψομετρική διαφορά με τα υπό μελέτη Ψ.Μ.Ε. που έχουμε παράγει σε σχέση με τη διαφορά τους από το Ψ.Μ.Ε. της Γ.Υ.Σ. Και σε αυτή την διαφορά τα Ψ.Μ.Ε. του ALOS δείχνουν να έχουν μεγαλύτερη ακρίβεια, αφού η τυπική τους απόκλιση έχει μειωθεί και φτάνει σχεδόν τα 6 μέτρα, ενώ ο μέσος όρος της διαφοράς δεν ξεπερνά το 1 μέτρο. Τα Ψ.Μ.Ε. του ASTER δεν φαίνεται να παρουσιάζουν κάποια σημαντική διαφοροποίηση με τα αποτελέσματα του προηγούμενου πίνακα. Αξίζει να σημειωθεί ότι και εδώ το Ψ.Μ.Ε. από το μωσαϊκό του ASTER έχει τα χειρότερα αποτελέσματα και μάλιστα η υψομετρική διαφορά έχει αυξηθεί κατά 1 μέτρο σε σχέση με τα αποτελέσματα του προηγούμενου πίνακα. Τα παραπάνω συμπεράσματα, παρουσιάζονται οπτικά στα σχήματα 20-25.



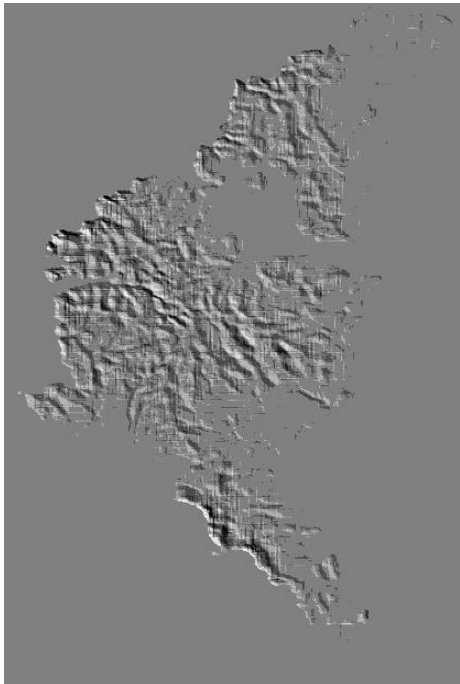
Σχήμα 20 : Διαφορά του Ψ.Μ.Ε. του

Υπ. Γεωργίας από του ASTER 3B-3N

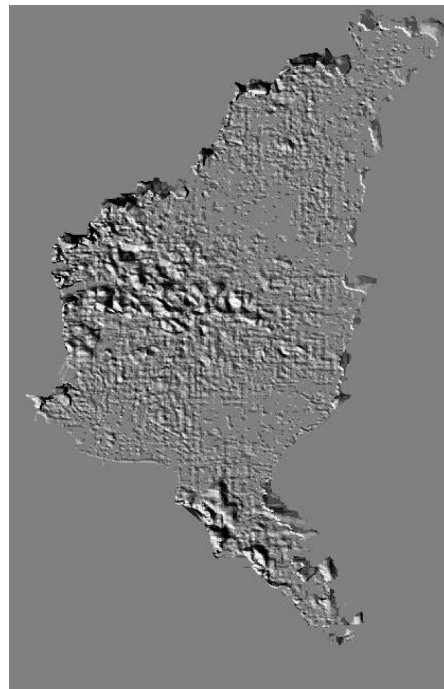


Σχήμα 21 : Διαφορά του Ψ.Μ.Ε. του

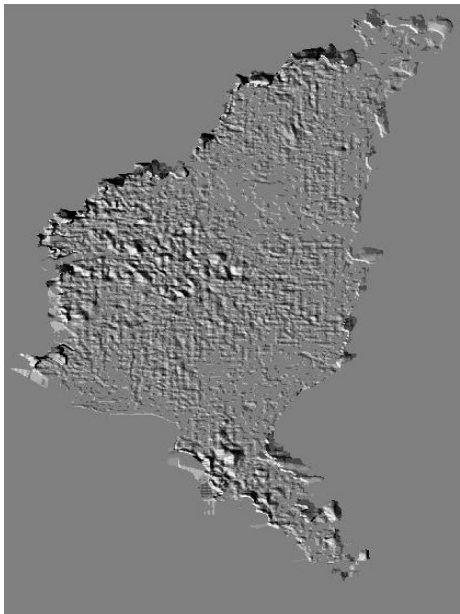
Υπ. Γεωργίας από το μωσαϊκό του ASTER



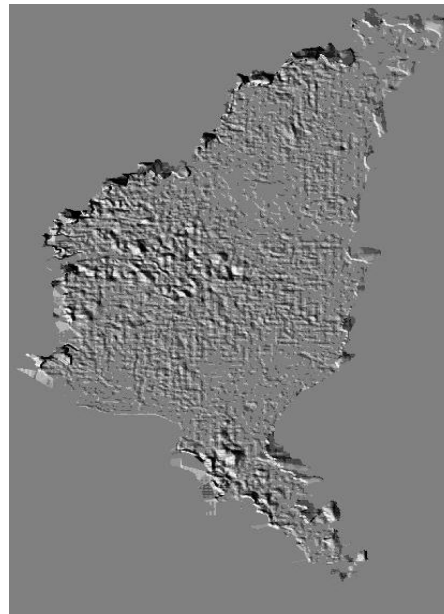
Σχήμα 22 : Διαφορά του Ψ.Μ.Ε. του
Υπ. Γεωργίας από του ASTER GLOBAL



Σχήμα 23 : Διαφορά του Ψ.Μ.Ε. του
Υπ. Γεωργίας από του ALOS (μπρος- πίσω λήψη)



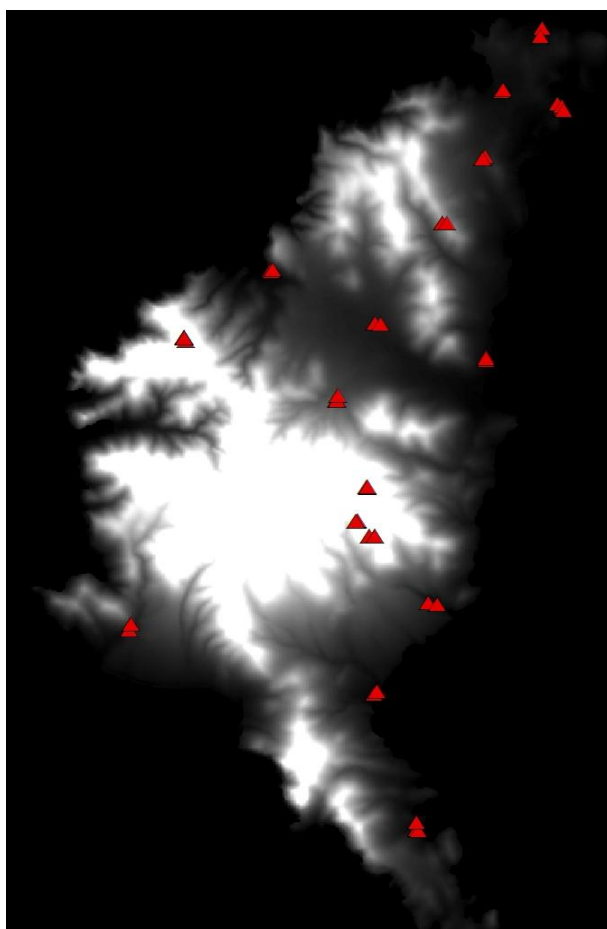
Σχήμα 24: Διαφορά του Ψ.Μ.Ε. του
Υπ. Γεωργίας με του ALOS
(Κάθετη-πίσω λήψη)



Σχήμα 25 : Διαφορά του Ψ.Μ.Ε. του
Υπ. Γεωργίας με του ALOS(κάθετη- μπρος λήψη)

4.4.1.3 Σημεία Εδαφικού Ελέγχου (gcp's)

Για να εκτιμηθεί η ακρίβεια των παραπάνω Ψ.Μ.Ε., χρησιμοποιήθηκε μία βάση δεδομένων με γνωστές υψομετρικές τιμές. Η βάση δεδομένων αποτελείται από 44 σημεία με συγκεκριμένο υψόμετρο, που συλλέχθηκαν με GPS και μας τη διέθεσε το Ι.Γ.Μ.Ε. Αυτά τα σημεία καλύπτουν όλη την περιοχή μελέτης (σχήμα 26). Ακολούθως, υπολογίστηκε η υψομετρική διαφορά μεταξύ των σημείων με το γνωστό υψόμετρο και των αντιστοίχων σημείων από τα Ψ.Μ.Ε. που διαθέτουμε. Στατιστικά μεγέθη της εκτίμησης της αβεβαιότητας της θέσης ενός σημείου όπως οι τιμές 2drms και percentile υπολογίστηκαν. Όλα τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 6.



Σχήμα 26: Τοποθεσία των 44 σημείων εδαφικού ελέγχου, με συγκεκριμένες τιμές υψομέτρου.

Πηγή: Τα σημεία εδαφικού ελέγχου προέρχονται από επιτόπιες μετρήσεις που έγιναν από ανθρώπους του ΙΓΜΕ

Πίνακας 7: Στατιστικά της διαφοράς των Ψ.Μ.Ε. ως προς 44 ακριβή σημεία εδαφικού ελέγχου (gcp's)

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

	Τυπική Απόκλιση	Διάμεσος	PERCENTILE (ποσοστημόριο)	2drms (Dimensional Distance Root Mean Squared)
ΨΜΕ ASTER 3B-3N	14,54	-8,28	22,19	31,20
ΨΜΕ ASTER MOSAIC	23,92	-32,17	4,021	80,84
ΨΜΕ ASTER GLOBAL	7,05	4,56	17,69	17,23
ΨΜΕ ΥΠ. ΓΕΩΡΓΙΑΣ	1,38	0,63	3,55	3,108
ΨΜΕ Γ.Υ.Σ	5,27	-0,86	10,22	10,59
ΨΜΕ ALOS ΜΠΡΟΣ-ΠΙΣΩ ΛΗΨΗ	3,24	0,59	8,44	6,64
ΨΜΕ ALOS ΚΑΘΕΤΗ-ΠΙΣΩ ΛΗΨΗ	3,81	1,15	8,03	7,76
ΨΜΕ ALOS ΚΑΘΕΤΗ-ΜΠΡΟΣ ΛΗΨΗ	3,50	0	5,88	6,93

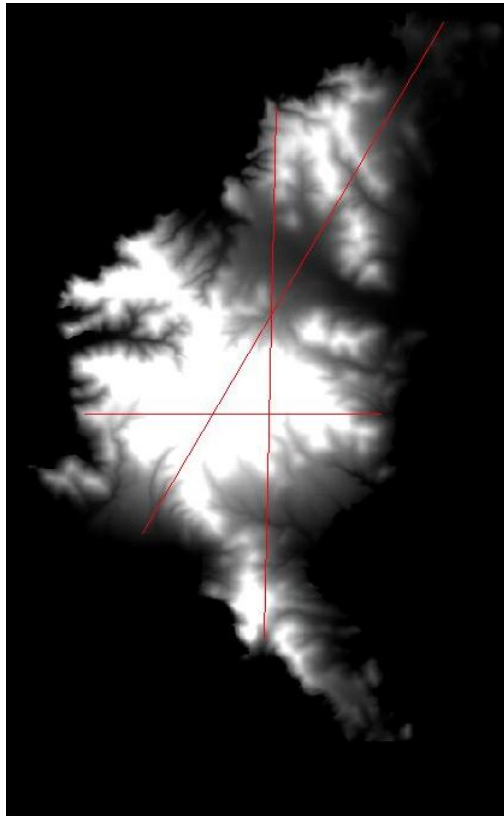
Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα, τη μεγαλύτερη ακρίβεια στις τιμές υψομέτρου διαθέτει το Ψ.Μ.Ε. που προέρχεται από στερεοζεύγη αεροφωτογραφιών του Υπ. Γεωργίας με υψομετρικό σφάλμα (2drms) μόλις 3,1 μέτρα. Είναι χαρακτηριστικό ότι τα Ψ.Μ.Ε. του ALOS παρουσιάζουν ικανοποιητικό σφάλμα και μάλιστα δίνουν καλύτερα αποτελέσματα και από της Γ.Υ.Σ και από του ASTER GLOBAL. Από τα τρία Ψ.Μ.Ε. του ALOS ξεχωρίζει αυτό που προέρχεται από το συνδυασμό της μπροστινής με της πίσω λήψης.

4.4.2 Ποιοτικός Έλεγχος Ακρίβειας

4.4.2.1 Υψομετρικά Προφίλ

Σκοπός της δημιουργίας των υψομετρικών προφίλ είναι η καλύτερη κατανόηση και επεξεργασία των Ψηφιακών Μοντέλων Εδάφους. Για την διεκπεραίωση της εργασίας μας παρήχθησαν και συγκρίθηκαν τρία διαφορετικά υψομετρικά προφίλ για τα οκτώ ψηφιακά μοντέλα

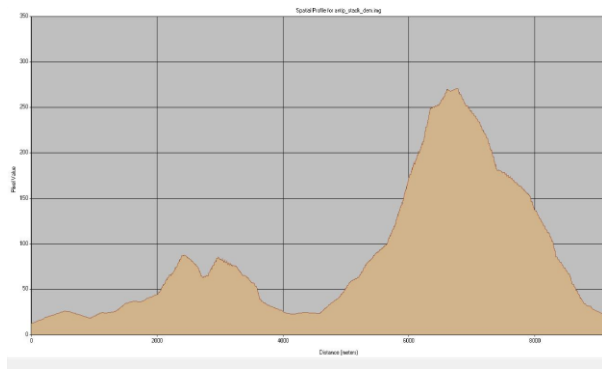
εδάφους που διαθέτουμε για την νήσο Αντίπαρο. Το πρώτο προφίλ έχει BA-NΔ διεύθυνση, το δεύτερο A-Δ και το τρίτο B-N.



Σχήμα 27 : Τα τρία υψομετρικά προφίλ

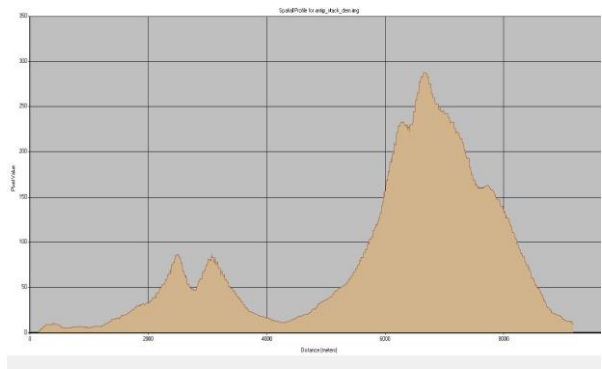
- BA-NΔ διεύθυνση

Τα παραγόμενα προφίλ της διεύθυνσης BA-NΔ, όπως φαίνεται και παρακάτω, παρουσιάζουν κάποιες εμφανείς διαφορές οι οποίες έχουν να κάνουν με τις τιμές υψομέτρου, με το σχήμα καθώς και με τον αριθμό των κορυφών τους. Συγκεκριμένα ενώ παρατηρούμε ότι τα περισσότερα προφίλ διαθέτουν 6 κορυφές, αυτά που προέρχονται από τα Ψ.Μ.Ε. του ASTER και του ASTER MOSAIC διαθέτουν τέσσερις και πέντε αντιστοίχως, ενώ το σχήμα τους είναι κάπως αλλοιωμένο. Επιπλέον η μέγιστη τιμή του υψομέτρου είναι σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις κοντά στα 300 μέτρα. Συγκεκριμένα το μεγαλύτερο υψόμετρο παρατηρείται στο Ψ.Μ.Ε. της Γ.Υ.Σ και του ALOS (forward-backward), με τιμές 302 και 299 αντίστοιχα. Μεγάλη υψομετρική απόκλιση σε σχέση με τα υπόλοιπα Ψ.Μ.Ε. φαίνεται να έχουν αυτά που προέρχονται από τον ASTER, όπου οι μέγιστες τιμές υψομέτρου του φαίνεται να είναι κοντά στα 260 μέτρα.



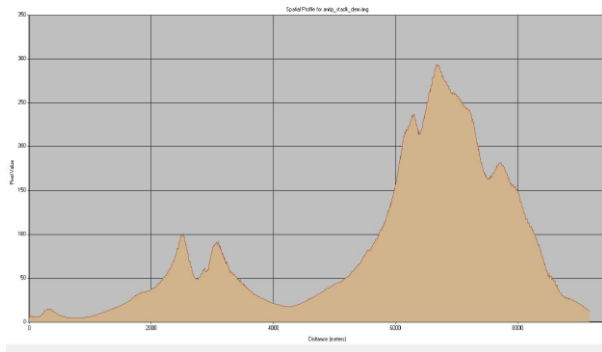
Σχήμα 28: Ψ.Μ.Ε. του ASTER,BA-NΔ

υψομετρικό προφίλ



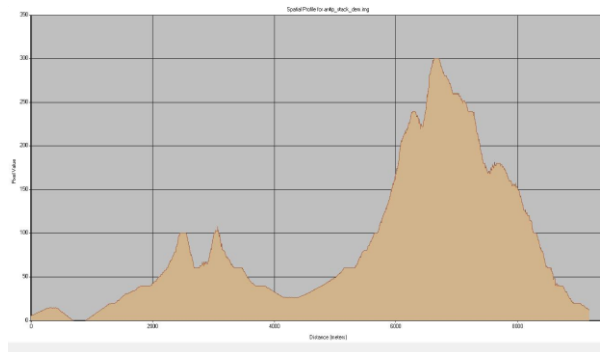
Σχήμα 29: Ψ.Μ.Ε. του ASTER GLOBAL BA-NΔ

υψομετρικό προφίλ



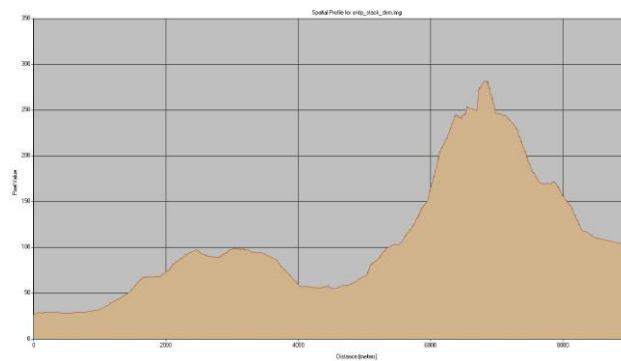
Σχήμα 30:Ψ.Μ.Ε. Υπ. Γεωργίας, BA-NΔ

υψομετρικό προφίλ

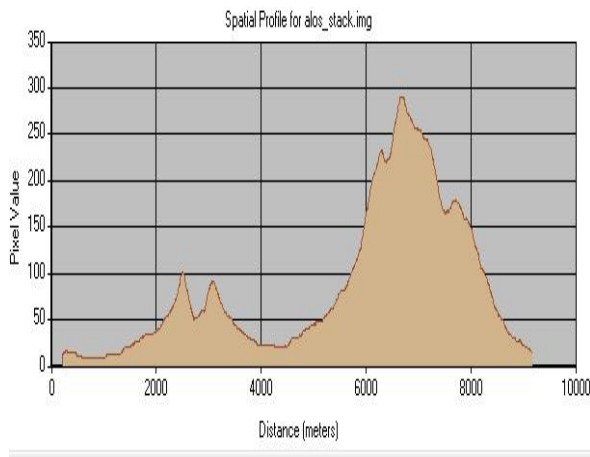


Σχήμα 31: Ψ.Μ.Ε. Γ.Υ.Σ., BA-NΔ

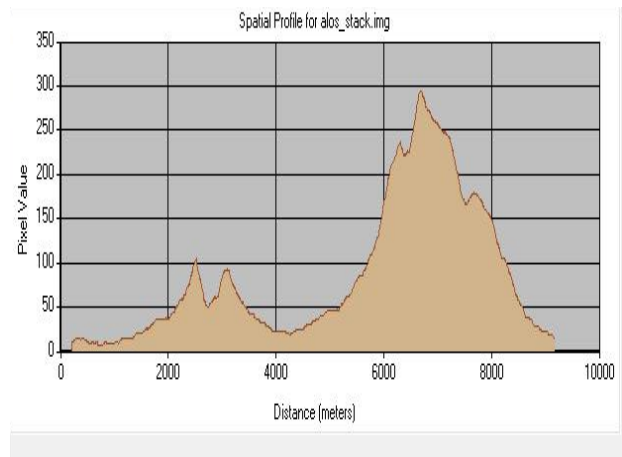
υψομετρικό προφίλ



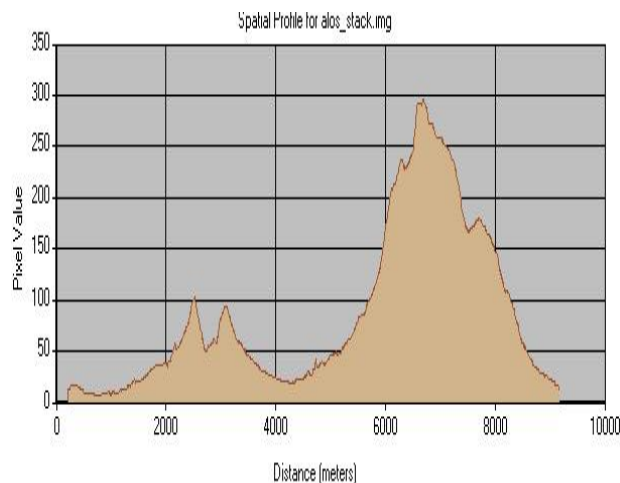
Σχήμα 32: Ψ.Μ.Ε. από το μωσαϊκό του ASTER, BA-NΔ υψομετρικό προφίλ



Σχήμα 33: Ψ.Μ.Ε. του ALOS από κάθετη και πίσω λήψη, BA-NA, υψομετρικό προφίλ



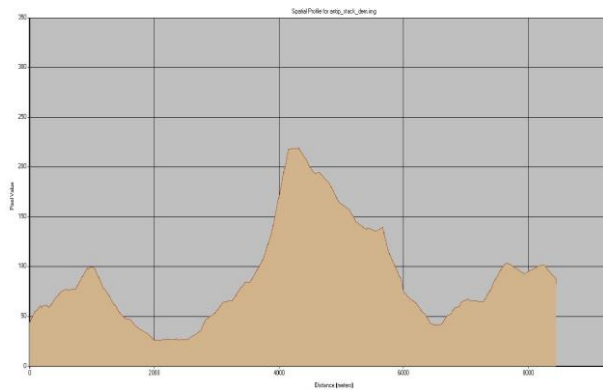
Σχήμα 34: Ψ.Μ.Ε. του ALOS από κάθετη και μπρος λήψη, BA-NA, υψομετρικό προφίλ



Σχήμα 35: Ψ.Μ.Ε. του ALOS από μπρος και πίσω λήψη, BA-NA υψομετρικό προφίλ

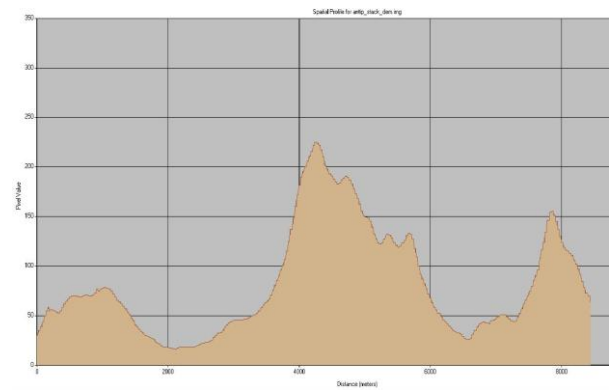
- B-N διεύθυνση

Στα σχήματα που ακολουθούν φαίνονται τα υψομετρικά προφίλ της B-N διεύθυνσης που έχουν εφαρμοστεί στα οκτώ Ψ.Μ.Ε. που μελετώνται. Είναι χαρακτηριστικό ότι τα προφίλ που προέρχονται από τα Ψ.Μ.Ε. του ASTER, παρουσιάζουν και σε αυτή την περίπτωση κάποιες σημαντικές διαφορές κυρίως στο σχήμα τους καθώς πολλές από τις κορυφές τους φαίνεται να έχουν αλλοιωθεί. Συγκεκριμένα, ενώ στα περισσότερα Ψ.Μ.Ε. μπορούν να διακριθούν 13-14 κορυφές σε αυτό του ASTER 3B-3N, φαίνονται 9 και σε αυτό του ASTER MOSAIC είναι 6. Επιπλέον, και σε αυτή την περίπτωση, τις μεγαλύτερες τιμές υψομέτρου τις διαθέτει το Ψ.Μ.Ε. της Γ.Υ.Σ. και του Υπ. Γεωργίας και ακολουθούν τα Ψ.Μ.Ε. του ALOS.



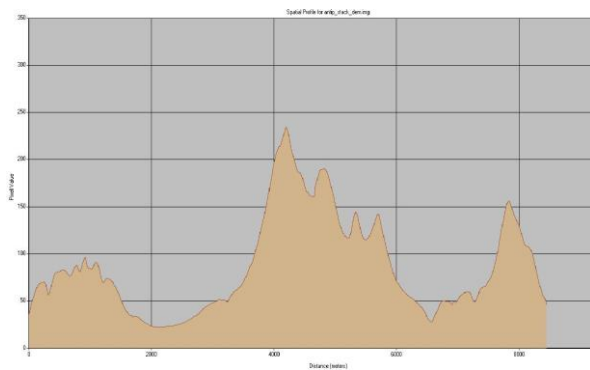
Σχήμα 36: Ψ.Μ.Ε. του ASTER,B-N

υψομετρικό προφίλ



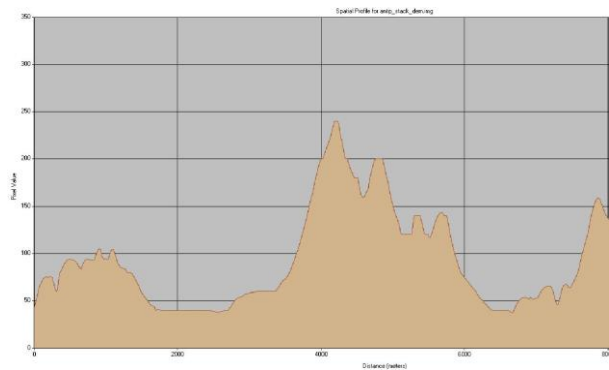
Σχήμα 37: Ψ.Μ.Ε. του ASTER GLOBAL B-N

υψομετρικό προφίλ



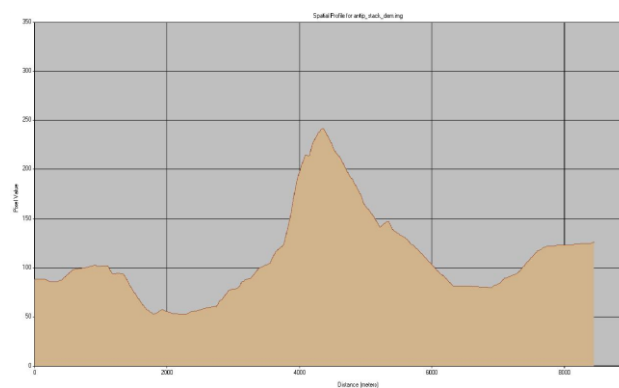
Σχήμα 38:Ψ.Μ.Ε. Υπ. Γεωργίας, B-N

υψομετρικό προφίλ

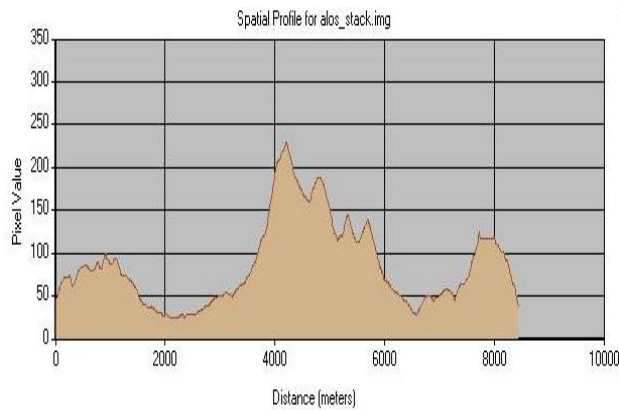


Σχήμα 39: Ψ.Μ.Ε. Γ.Υ.Σ., B-N

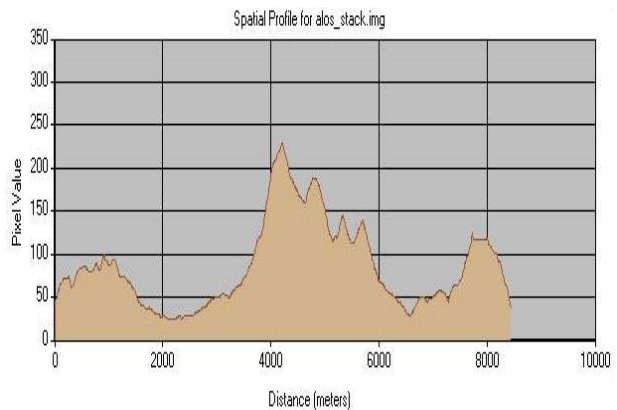
υψομετρικό προφίλ



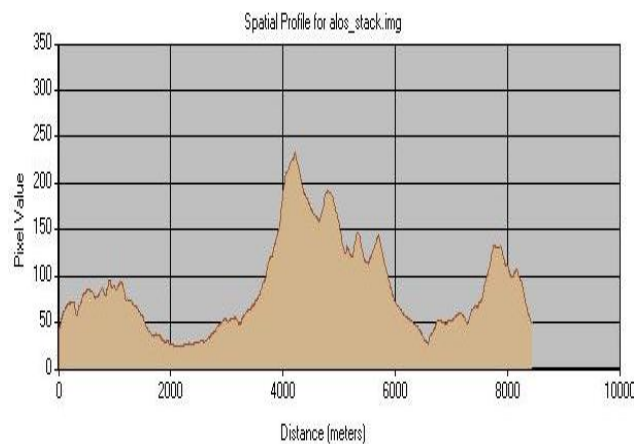
Σχήμα 40: Ψ.Μ.Ε. από το μωσαϊκό του ASTER, B-N υψομετρικό προφίλ



Σχήμα 41: Ψ.Μ.Ε. του ALOS από κάθετη και πίσω λήψη, B-N, υψομετρικό προφίλ



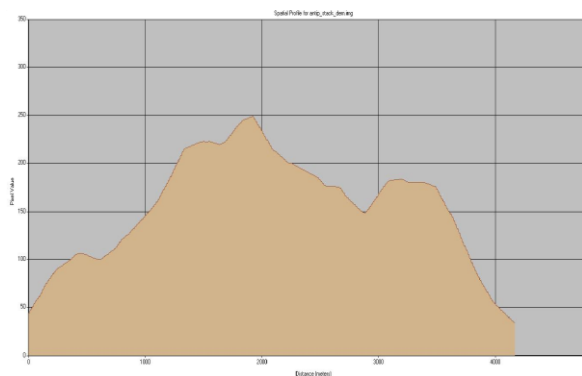
Σχήμα 42: Ψ.Μ.Ε. του ALOS από κάθετη και μπρος λήψη, B-N, υψομετρικό προφίλ



Σχήμα 43: Ψ.Μ.Ε. του ALOS από μπρος και πίσω λήψη, B-N υψομετρικό προφίλ

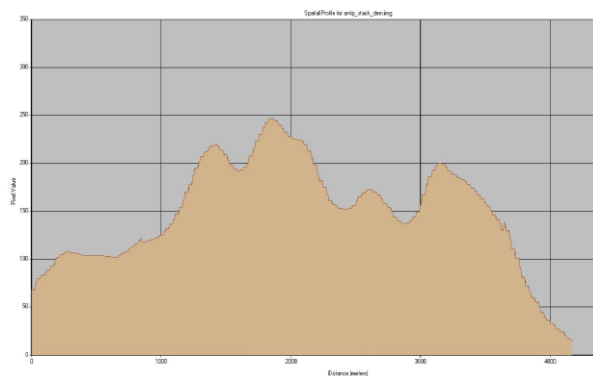
- Α-Δ διεύθυνση

Στα παρακάτω σχήματα παρουσιάζονται τα υψομετρικά προφίλ της διεύθυνσης από Ανατολή προς Δύση. Καταρχάς τα υψομετρικά προφίλ του Υπ. Γεωργίας και της Γ.Υ.Σ των οποίων το σχήμα μοιάζει αρκετά, διαθέτουν οκτώ κορυφές και μέγιστο υψόμετρο 260 μ. Παρόμοια εικόνα δείχνουν να έχουν τα προφίλ των Ψ.Μ.Ε. του ALOS με τη διαφορά ότι το σχήμα φαίνεται να έχει λίγο περισσότερη λεπτομέρεια, ενώ τα Ψ.Μ.Ε. διαθέτουν 9 κορυφές. Τέλος, τα Ψ.Μ.Ε. που προέρχονται από τον ASTER, τόσο αυτά που κατασκευάστηκαν στα πλαίσια αυτής της μελέτης, όσο και του ASTER GLOBAL, δείχνουν να έχουν λιγότερη λεπτομέρεια. Συγκεκριμένα, Το Ψ.Μ.Ε. του ASTER MOSAIC παρουσιάζει μη ακριβές σχήμα, με 4 μόνο κορυφές και μέγιστο υψόμετρο 240μ. Τα Ψ.Μ.Ε. του ASTER 3B-3N καθώς και του ASTER GLOBAL, τα οποία μοιάζουν μεταξύ τους, φαίνεται να έχουν κι αυτά κάπως αλλοιωμένο σχήμα, με 5 μόλις κορυφές το ένα και 6 το άλλο αντίστοιχα και με 250μ μέγιστο ύψος.



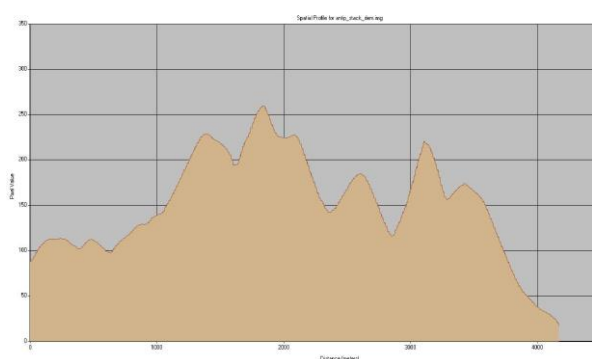
Σχήμα 44: Ψ.Μ.Ε. του ASTER, Α-Δ

υψομετρικό προφίλ



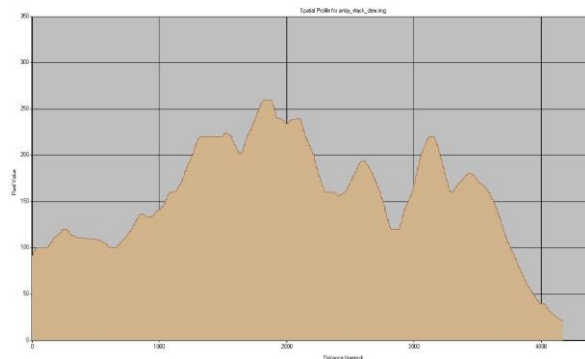
Σχήμα 45: Ψ.Μ.Ε. του ASTER GLOBAL Α-Δ

υψομετρικό προφίλ



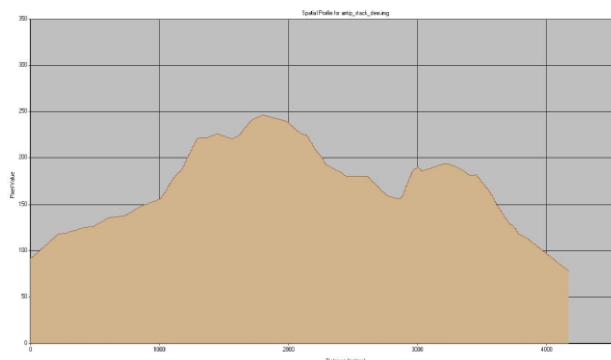
Σχήμα 46: Ψ.Μ.Ε. Υπ. Γεωργίας, Α-Δ

υψομετρικό προφίλ

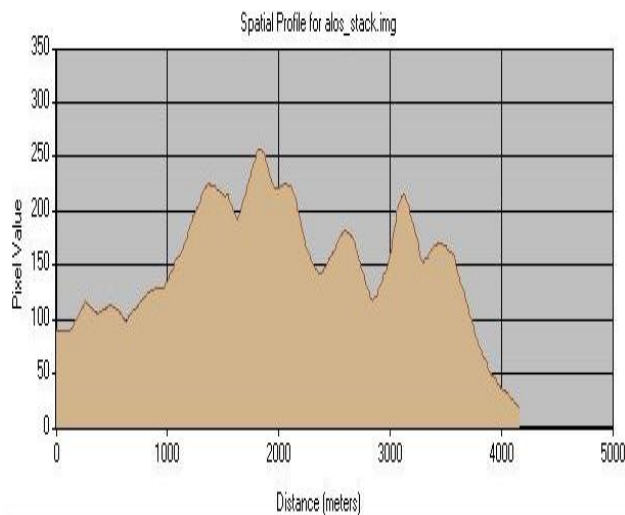


Σχήμα 47: Ψ.Μ.Ε. Γ.Υ.Σ., Α-Δ

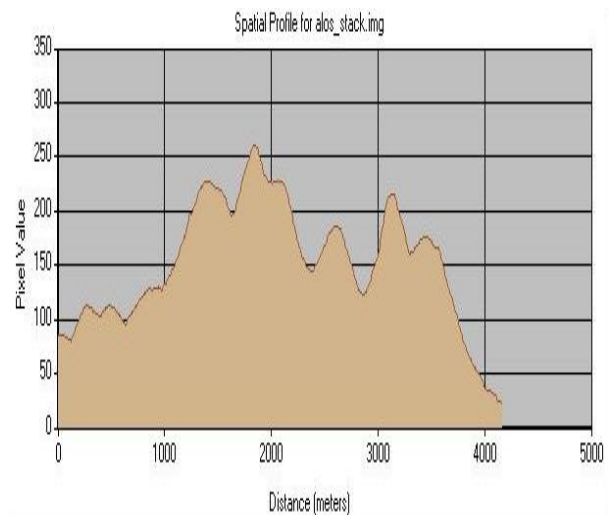
υψομετρικό προφίλ



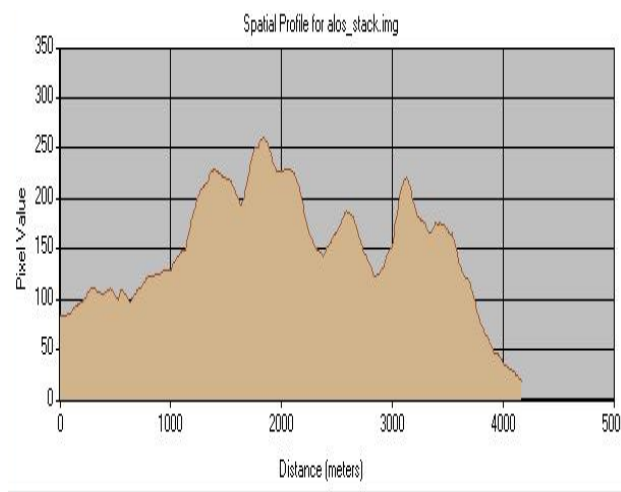
Σχήμα 48: Ψ.Μ.Ε. από το μωσαϊκό του ASTER, Α-Δ υψομετρικό προφίλ



Σχήμα 49: Ψ.Μ.Ε. του ALOS από κάθετη και πίσω λήψη, B-N, υψομετρικό προφίλ



Σχήμα 50: Ψ.Μ.Ε. του ALOS από κάθετη και μπρος λήψη, B-N, υψομετρικό προφίλ



Σχήμα 51: Ψ.Μ.Ε. του ALOS από μπρος και πίσω λήψη, A-Δ υψομετρικό προφίλ

4.4.2.2 Συσχέτιση (Correlation)

Το επόμενο βήμα ήταν ο υπολογισμός της τιμής της συσχέτισης μεταξύ των οκτώ Ψ.Μ.Ε.. Γενικά δύο παρόμοιες εικόνες πρέπει να έχουν τιμή συσχέτισης κοντά στο 1. Δύο αντίθετες εικόνες που παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές πρέπει να έχουν τιμή συσχέτισης κοντά στο -1 (Tsombos et al, 2008). Στη συγκεκριμένη περίπτωση, η τιμή συσχέτισης μεταξύ των οκτώ Ψ.Μ.Ε. που δουλεύουμε κυμαίνεται μεταξύ 0,98-0,99. Εξάιρεση αποτελεί αυτό από το μωσαϊκό του ASTER το οποίο έχει τιμή συσχέτισης 0,96.

4.5 Συμπεράσματα

Πέντε Ψηφιακά Μοντέλα Επιφάνειας δημιουργήθηκαν από δορυφορικές εικόνες ASTER και ALOS και μελετήθηκαν ως προς την ακρίβειά τους, Παράλληλα με αυτά μελετήθηκαν και άλλα τρία μοντέλα, όπως αυτό που προέρχεται από στερεοζεύγη αεροφωτογραφιών του Υπ. Γεωργίας, αυτό της Γ.Υ.Σ. και αυτό του ASTER GLOBAL. Ύστερα από μια εκτενή ποσοτική κα ποιοτική ανάλυσή τους, εξήχθησαν τα εξής συμπεράσματα. Ο δορυφόρος ALOS, τόσο λόγω της καλής χωρικής διακριτικής ικανότητας του όσο και της δυνατότητας που έχει από την κατασκευή του (τρεις αισθητήρες), προσφέρεται για την παραγωγή αξιόπιστων Ψηφιακών Μοντέλων Επιφάνειας. Από τα τρία μοντέλα που δημιουργήθηκαν από τον συγκεκριμένο δορυφόρο, επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί για τη χαρτογράφηση της ν. Αντιπάρου στο επόμενο κεφάλαιο της εργασίας, αυτό που έχει δημιουργηθεί από στερεοζεύγη της πίσω με την μπροστινής λήψης, λόγω του μικρού υψομετρικού σφάλματος που έδειξε η τιμή του 2drms καθώς και των καλών υψομετρικών προφίλ που παρουσίασε.

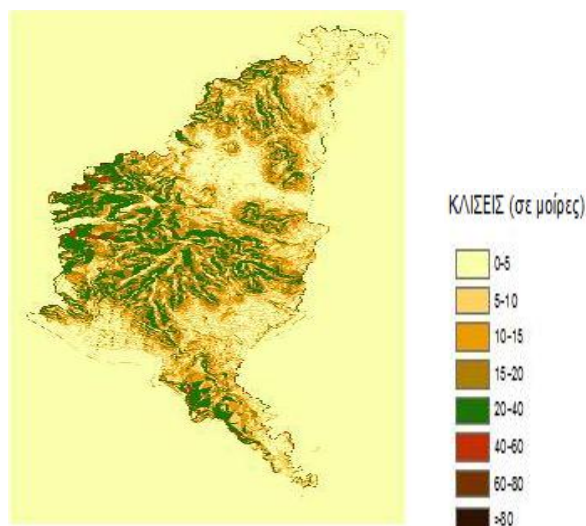
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΓΕΩΜΟΡΦΩΝ – ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΟΥ ΧΑΡΤΗ

5.1 Παράγωγα των Ψ.Μ.Ε.

Για τις ανάγκες της γεωμορφολογικής χαρτογράφησης και συγκεκριμένα για να αναγνωριστούν οι γεωμορφές στην περιοχή της Αντιπάρου, ήταν απαραίτητη η δημιουργία βασικών προϊόντων που προκύπτουν από το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους του ALOS forward-backward (μπρος-πίσω λήψη), που κρίθηκε καταλληλότερο στο προηγούμενο κεφάλαιο της εργασίας. Ειδικότερα, δημιουργήθηκαν ο χάρτης κλίσεων και ισοϋψών καμπυλών, ενώ έγινε αυτοματοποιημένη παραγωγή του υδρογραφικού δικτύου καθώς και διεύθυνσης ροής του. Για την απόκτηση των παραπάνω χαρτών, ήταν σημαντική η χρήση του λογισμικού προγράμματος Arc Map στο περιβάλλον του οποίου τοποθετήθηκε το Ψ.Μ.Ε. του ALOS που παράχθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο.

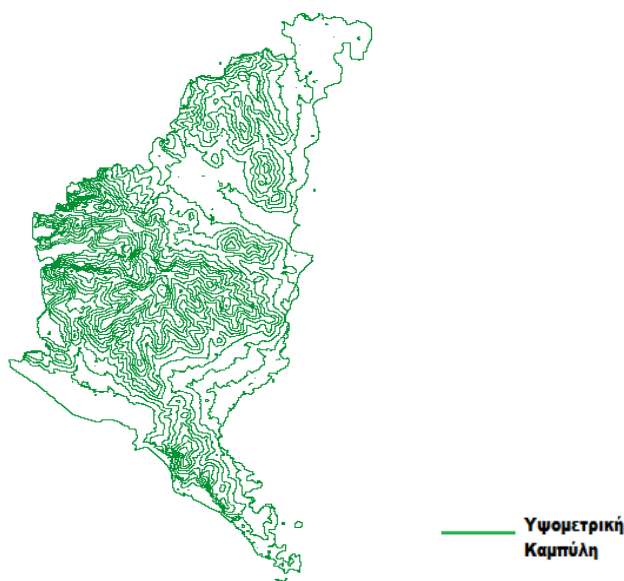
5.1.1 Χάρτες κλίσεων και ισοϋψών καμπυλών

Όπως ειπώθηκε και παραπάνω, για τη δημιουργία του χάρτη κλίσεων αλλά και των ισοϋψών καμπυλών μεταφέρεται στο λογισμικό Arc Map το Ψ.Μ.Ε. του ALOS και χρησιμοποιούνται τα εργαλεία χωρικής ανάλυσης. Αρχικά κατασκευάζεται ο χάρτης κλίσεων, σημαντικός για την αναγνώριση γεωμορφών όπως οι κρημνοί και οι επιφάνειες επιπέδωσης (σχήμα 52). Γενικά, με κίτρινες αποχρώσεις παρατηρούνται οι χαμηλές κλίσεις από 0 έως 20 μοίρες οι οποίες καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος του νησιού. Συγκεκριμένα το πολύ ανοιχτό κίτρινο περιλαμβάνει κλίσεις από 0-5 μοίρες, όπου το λιθολογικό υπόβαθρο είναι κυρίως αλλουβιακές αποθέσεις. Με πράσινο απεικονίζονται οι μεσαίες κλίσεις οι οποίες συναντώνται στα μεγαλύτερα υψόμετρα και τέλος με κόκκινο φαίνονται οι μεγάλες κλίσεις οι οποίες καλύπτουν ένα πολύ μικρό μέρος της ανατολικής πλευράς της Αντιπάρου, όπου βρίσκεται και το πιο έντονο ανάγλυφο και τα πετρώματα είναι κυρίως γνεύσιοι.



Σχήμα 52. Χάρτης Κλίσεων

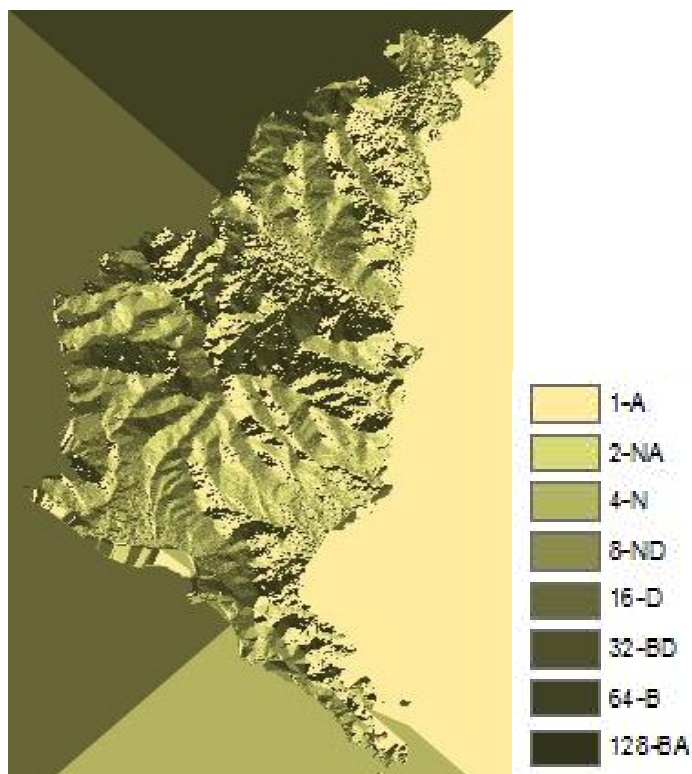
Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας πάλι τα εργαλεία χωρικής ανάλυσης, κατασκευάζεται ο τοπογραφικός χάρτης ισοδιάστασης 20 μέτρων (σχήμα 53). Οι ισοϋψείς καμπύλες είναι το βασικότερο στοιχείο της χαρτογραφικής απεικόνισης, και το μοναδικό μέσο το οποίο καθορίζει γεωμετρικά και ποσοτικά τις μορφές του ανάγλυφου. Στόχος της δημιουργίας τους είναι κι εδώ η κατανόηση του υψομέτρου, καθώς επίσης γίνονται ευδιάκριτες οι περιοχές που παρουσιάζουν κρημνούς, στις οποίες η πυκνότητα των ισοϋψών καμπυλών είναι μεγάλη. Επίσης μέσα από τις ισοϋψείς είναι εύκολο να διακριθούν κι οι επιφάνειες επιπέδωσης.



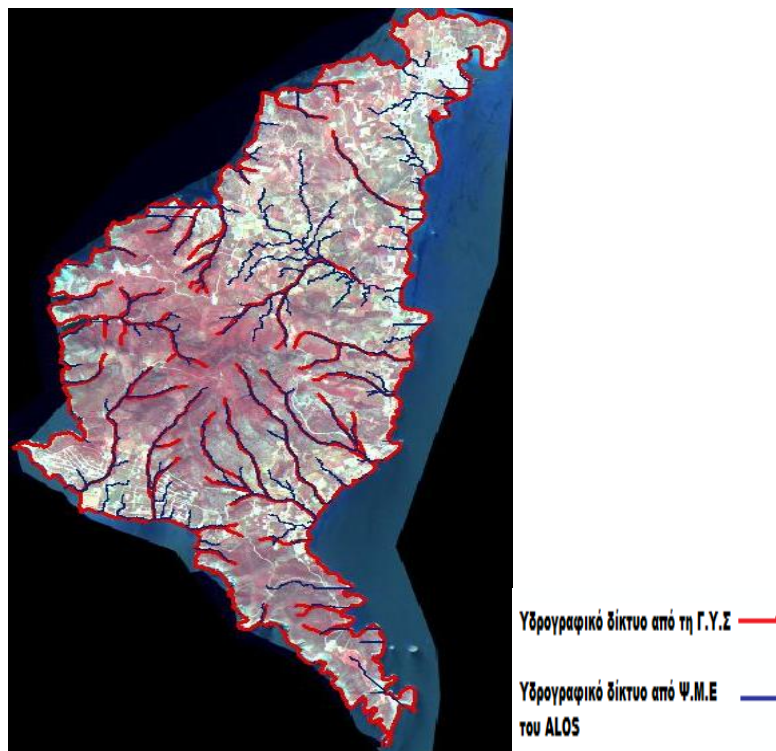
Σχήμα 53. Τοπογραφικός χάρτης ισοδιάστασης 20 μέτρων

5.1.2 Υδρογραφικό δίκτυο

Στη συνέχεια μέσω του Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους που διαθέτουμε και με τη βοήθεια του λογισμικού Arc Map, γίνεται υδρολογική ανάλυση με χρήση Raster GIS (Ψηφιδωτά αρχεία σε Σ.Γ.Π). Συγκεκριμένα, χρησιμοποιώντας και πάλι τα εργαλεία χωρικής ανάλυσης και ειδικότερα αυτά που αναφέρονται στην υδρογραφία, δημιουργείται αρχικά ένα επίπεδο που παρουσιάζει αναλυτικά τη διεύθυνση ροής του υδρογραφικού δικτύου (σχήμα 54) ενώ στη συνέχεια εξάγεται το ίδιο το υδρογραφικό δίκτυο. Το υδρογραφικό δίκτυο που δημιουργήθηκε, θεωρήθηκε σημαντικό να συγκριθεί με το επίσημο που ψηφιοποιήθηκε από τον τοπογραφικό χάρτη της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού. Ως υπόβαθρο στη σύγκριση χρησιμοποιήθηκε η συγχωνευμένη εικόνα του δορυφόρου ALOS με 2,5 μέτρα μέγεθος εικονοστοιχείων (σχήμα 55). Παρατηρώντας τα δύο δίκτυα, διαπιστώνεται ότι στο μεγαλύτερο μέρος τους είναι παρόμοια. Σημαντική διαφορά παρουσιάζεται στην περιοχή της χώρας του νησιού (κεντρικό και βόρειο τμήμα) όπου το δίκτυο από το Ψ.Μ.Ε. του ALOS είναι πιο εκτεταμένο.



Σχήμα 54. Διεύθυνση ροής του Υδρογραφικού



Σχήμα 55. Σύγκριση Υδρογραφικού του Ψ.Μ.Ε. του ALOS

με αυτό του τοπογραφικού χάρτη της Γ.Υ.Σ.

5.2 Αναγνώριση γεωμορφών

Το Ψηφιακό Μοντέλο Επιφάνειας, το οποίο έδωσε τους χάρτες κλίσεων, τις ισοϋψείς καμπύλες και πληροφορίες για την υδρογραφία της νήσου, καθώς επίσης και η συγχωνευμένη εικόνα που παρήχθησαν στο προηγούμενο κεφάλαιο της εργασίας, είναι τα δύο βασικότερα εργαλεία για την αναγνώριση των γεωμορφών στην περιοχή της Αντιπάρου. Συγκεκριμένα βοήθησαν στο να διακριθούν βασικά χαρακτηριστικά της μορφολογίας, της παράκτιας μορφολογίας και της υδρογραφίας. Τα τεκτονικά χαρακτηριστικά του αναγλύφου αναγνωρίστηκαν μέσω του γεωλογικού χάρτη καθώς και από επισκόπηση στην αντίστοιχη βιβλιογραφία.

5.2.1 Μορφολογικά χαρακτηριστικά

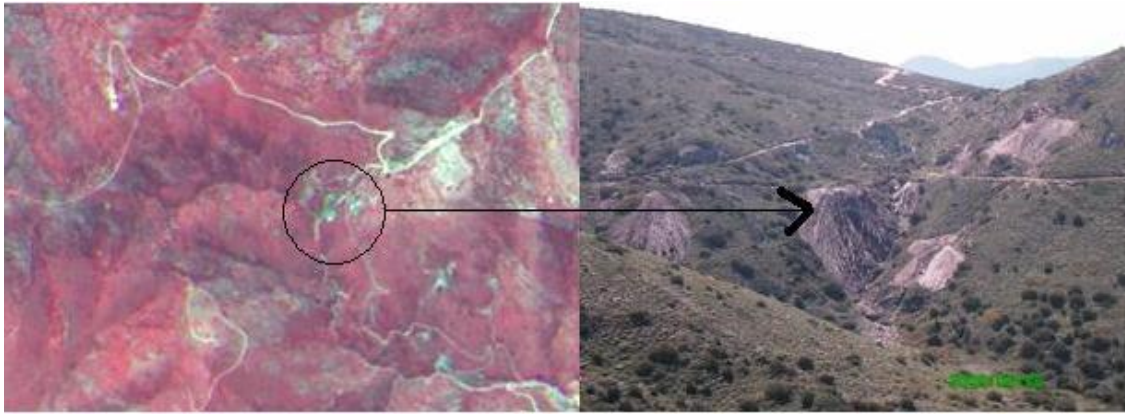
Στα μορφολογικά χαρακτηριστικά του αναγλύφου που αναγνωρίστηκαν την ν. Αντίπαρο, ανήκουν οι κρημνοί, οι επιφάνειες επιπέδωσης, τα αλλουβιακά ριπίδια καθώς και τα πλευρικά κορήματα

Οι κρημνοί, είναι υψομετρικές κλίσεις μεγαλύτερες από 30° και βρίσκονται διάσπαρτοι κυρίως στις ορεινότερες περιοχές της νήσου. Με τη βοήθεια και του χάρτη κλίσεων καθώς και του

Ψ.Μ.Ε. διακρίθηκαν οι κρημνοί και ταξινομήθηκαν με βάση το μέτωπό τους. Όπως διαπιστώθηκε και παραπάνω, η Αντίπαρος χαρακτηρίζεται από ήπιες και μικρές κλίσεις με εξαίρεση τη νοτιοδυτική της πλευρά. Οι κρημνοί στη νήσο εντοπίστηκαν κυρίως στο όρος του προφήτη Ηλία που αποτελεί και την ορεινότερη περιοχή του νησιού. Από την ανατολική πλευρά του όρους το μέτωπο των κρημνών είναι στις περισσότερες περιπτώσεις από 30 έως 60 μέτρα, ενώ από τη δυτική και νότια το μέτωπο ξεπερνά τα 60 μέτρα. Το ίδιο συμβαίνει και γενικότερα στο νότιο και δυτικό τμήμα του νησιού, όπου εντοπίστηκαν κι εκεί κρημνοί, ενώ όσο προχωρούμε βορειοδυτικά το μέτωπό τους μειώνεται και υπολογίζεται λιγότερο από 30 μέτρα.

Οι επιφάνειες επιπέδωσης, αποτελούν μορφές διάβρωσης και είναι σχετικά επίπεδες, ομαλές επιφάνειες. Η δημιουργία τους οφείλεται στη διεργασία της μηχανικής ή χημικής διάβρωσης. Οι επιφάνειες επιπέδωσης αποτελούν χαρακτηριστικό του σταδίου ωριμότητας και η δημιουργία τους προϋποθέτει μακράς διάρκειας χρονικές περιόδους σχετικής τεκτονικής ηρεμίας (Παυλόπουλος, 2007). Στην Αντίπαρο οι επιφάνειες επιπέδωσης ταξινομήθηκαν σε 6 υψομετρικές κλάσεις, δηλαδή έγινε μια προσπάθεια ομαδοποίησης τους η οποία βασίστηκε στη μελέτη των Sabot, Riedl, Μαριολάκου και Παπανικολάου για την εξέλιξη των παλαιών μορφολογικών επιφανειών των Κυκλάδων. Το υψόμετρό τους ξεκινάει από τα 40 μέτρα και φτάνει στα 300 μέτρα. Οι επιφάνειες που βρίσκονται σε χαμηλότερο υψόμετρο είναι οι νεότερες ενώ αυτές που βρίσκονται σε μεγαλύτερο υψόμετρο είναι παλαιότερες.

Τα πλευρικά κορήματα, είναι μορφές απόθεσης που αποτελούνται από γωνιώδη υλικά και ποικίλουν σημαντικά σε μέγεθος. Η συγκέντρωση των υλικών αυτών οφείλεται στην επίδραση της βαρύτητας. Εμφανίζονται περιφερειακά των ορεινών όγκων και καταλαμβάνουν τμήματα των απότομων κλιτύων τους. Τα υλικά από τα οποία συνίστανται δεν έχουν υποστεί μεγάλη μεταφορά και προέρχονται από τα προϊόντα της αποσάθρωσης των τοπογραφικά ψηλότερων περιοχών (Παυλόπουλος, 2007). Στην Αντίπαρο τα πλευρικά κορήματα εντοπίστηκαν βορειοδυτικά του Προφήτη Ηλία, μέσω της δορυφορικής εικόνας του ALOS και επιβεβαιώθηκαν από την επιτόπια μελέτη που έγινε από το ΙΓΜΕ στα πλαίσια ανανέωσης του γεωλογικού χάρτη της Αντιπάρου (σχήματα 56,57)



Σχήμα 56: Πλευρικά κορήματα- άποψη

από τη δορυφορική εικόνα του ALOS

Σχήμα 57: Πλευρικά κορήματα στην Αντίπαρο

Πηγή: από το αρχείο του Κ. Νικολακόπουλου,
Ι.Γ.Μ.Ε.

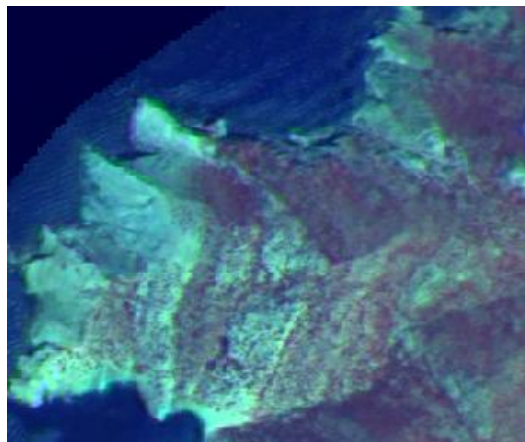
Τα αλλουβιακά ριπίδια αποτελούν χαρακτηριστικές μορφές ποτάμιας απόθεσης. Μορφολογικά θυμίζουν δέλτα ποταμών χωρίς όμως η απόθεση υλικών να γίνεται σε νερό. Τα αλλουβιακά ριπίδια δημιουργούνται στα σημεία που ποτάμιοι κλάδοι με αρκετά μεγάλη στερεοπαροχή (ποσότητα στερεών υλικών που μεταφέρει το ποτάμι με κύλιση αιώρηση ή αναπήδηση) εξέρχονται από ορεινές περιοχές σε περιοχή με μικρότερη μορφολογική κλίση. Η απότομη αλλαγή στην κλίση της κοίτης έχει σαν συνέπεια τη μείωση της μεταφορικής ικανότητας του ποταμού, με αποτέλεσμα την απόθεση των υλικών που μεταφέρει. Η απόθεση αυτή δημιουργεί τα αλλουβιακά ριπίδια. Παρατηρείται μια διαβάθμιση στα υλικά τους με την κορυφή να αποτελείται από περισσότερα χονδρόκοκα υλικά ενώ όσο πλησιάζουμε στη βάση το μέγεθος των κόκκων μειώνεται (Παυλόπουλος, 2007). Τα αλλουβιακά ριπίδια που εντοπίστηκαν στην Αντίπαρο, βρίσκονται στους πρόποδες του Προφήτη Ηλία, στη περιοχή Σωρό και Αγ. Γιώργιο, νοτιοδυτικά και νοτιοανατολικά της ορεινής περιοχής αντίστοιχα καθώς και βόρεια του Προφήτη Ηλία.

5.2.2 Παράκτια μορφολογία

Μελετώντας την παράκτια μορφολογία της νήσου, εντοπίστηκαν αρχικά παράκτιοι κρημνοί οι οποίοι ταξινομήθηκαν σε δύο κλάσεις ανάλογα με την κλίση τους, παράκτιοι κρημνοί με ίζημα που κατηγοριοποιήθηκαν και αυτοί σε δύο κλάσεις, παράκτιες μορφές όπως τόμπολο (tompolo) και θίνες με ίζημα, ακτές με μικρή κλίση και ίζημα και ψηφιδοπαγής ακτόλιθοι (beach-rocks).

Οι παράκτιοι κρημνοί είναι οι πιο συνήθεις και διαδεδομένες παράκτιες γεωμορφές θαλάσσιας διάβρωσης. Οι παράκτιοι κρημνοί είναι απόκρημνες προς την πλευρά της θάλασσας,

παράκτιες πλαγιές, που επηρεάζονται από τις θαλάσσιες διεργασίες. Αρκετά συχνά η αλλαγή στη μορφολογική κλίση είναι τόσο απότομη που δημιουργεί σχεδόν κάθετες επιφάνειες. Στο σχηματισμό των παράκτιων κρημνών εκτός από τις θαλάσσιες διεργασίες σε αρκετές περιπτώσεις σημαντικό ρόλο παίζει η δράση των χερσαίων εξωγενών διεργασιών όπως η χημική και φυσική αποσάθρωση και οι κινήσεις υλικών λόγω βαρύτητας (Καρύμπαλης, 2007). Στην Αντίπαρο εντοπίστηκαν κρημνοί με κλίση $<30^\circ$ οι οποίοι βρίσκονται βόρεια και ανατολικά της νήσου και $>30^\circ$ που εντοπίστηκαν δυτικά και νότιο δυτικά (βλ. Χάρτη κλίσεων). Στα σημεία όμως που διαπερνούν ποτάμια παροδικής ροής οι παράκτιοι αυτοί κρημνοί εμφανίζονται με ίζημα. Παράλληλα, ανάμεσα από τους κρημνούς εντοπίζονται και ακτές με μικρές κλίσεις και ιζήματα, οι οποίες είναι αρκετές στην ανατολική πλευρά του νησιού.



Σχήμα 58: Παράκτιος κρημνός με κλίση $>30^\circ$, αποκομμένο τμήμα από την δορυφορική εικόνα του ALOS

Στους παράκτιους μορφολογικούς σχηματισμούς της νήσου, αναγνωρίστηκε και η μορφή τόμπολο (tompolo) (βλ. παραρτημα-Γεωμορφολογικό χάρτη). Το τόμπολο είναι μορφή θαλάσσιας απόθεσης. Αποτελείται από χαλαρά υλικά (άμμους, κροκάλες) που σχηματίζουν μια ζώνη ξηράς που ενώνει ένα νησί με τη γειτονική στεριά. Η επικρατέστερη άποψη για τα αίτια σχηματισμού ενός tompolo είναι ότι το νησί δημιουργεί στην πίσω από αυτό περιοχή ένα είδος “κυματικής σκιάς” με αποτέλεσμα τη μείωση της μεταφορικής ικανότητας του νερού και επομένως την απόθεση υλικού, σχηματίζοντας τη λωρίδα που συνδέει τη στεριά με το νησί (Καρύμπαλης, 2007).



Σχήμα 59: Μορφή Τόμπολο, αποκομμένο τμήμα από την δορυφορική εικόνα του ALOS

Στο παράκτιο μέρος της νήσου και συγκεκριμένα σε δύο σημεία βόρεια και δυτικά, εντοπίστηκαν θίνες με ίζημα (βλ. Γεωμορφολογικό Χάρτη). Οι θίνες αποτελούν αιολικές αποθέσεις άμμου που μοιάζουν με ράχες ή μικρούς λόφους.

Τέλος, παρατηρήθηκαν νότια στη περιοχή του Αγ. Γεώργιου και ανατολικά κοντά στη χώρα της Αντιπάρου, ψηφιδωπαγείς ακτόλιθοι (beach-rocks) (βλ. Παράρτημα- Γεωμορφολογικό Χάρτη). Πρόκειται για ψαμμιτικά κυρίως πετρώματα, συνεκτικά, κυμαινόμενης αντοχής και πρόσφατης γεωλογικής ηλικίας. Οι ακτόλιθοι είναι μορφές θαλάσσιας απόθεσης, διότι το υλικό από το οποίο αποτελούνται προέρχεται από τις αποθέσεις του αιγιαλού που συνεκτικοποιήθηκαν δίνοντας τις χαρακτηριστικές μορφές πάγκων κατά μήκος της παραλίας με μικρή κλίση προς τη θάλασσα. Τα υλικά από τα οποία αποτελούνται οι ακτόλιθοι δεν προέρχονται από τη σημερινή παραλία αλλά από παλαιές θαλάσσιες αποθέσεις ηλικίας μερικών χιλιάδων έως εκατοντάδων ετών (Καρύμπαλης, 2007)

5.2.3 Τεκτονική

Η τεκτονική της νήσου που αναλύθηκε εκτενέστερα στο 3^ο κεφάλαιο της εργασίας, δεν παρουσιάζει μεγάλη πολυπλοκότητα, συγκεκριμένα διακρίνονται δύο συστήματα ρηγμάτων. Γενικά το ρήγμα δημιουργείται όταν στα πετρώματα επιδρούν διάφορες τεκτονικές δυνάμεις προκαλώντας ένα σπάσιμο κατά μήκος της επιφάνειάς τους. Με το σπάσιμο αυτό τα στρώματα χωρίζονται σε δύο τμήματα. Αν τα τμήματα αυτά δεν μετακινηθούν τότε μιλάμε για ρωγμές ή διακλάσεις. Αν τα τμήματα μετακινηθούν κατά μήκος της επιφάνειας που έσπασε το πέτρωμα, τότε μιλάμε για ρήγματα. Δηλαδή για να έχουμε ρήγμα θα πρέπει να έχουμε σπάσιμο και μετακίνηση συγχρόνως (Καρύμπαλης, 2006). Στην Αντίπαρο τα συστήματα διάβρωσης που εντοπίστηκαν διακρίνονται σε ένα παλαιότερο και σε ένα νεότερο. Το παλαιότερο σύστημα περιλαμβάνει ρήγματα ΒΑ-ΝΔ και ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης. Το νεότερο σύστημα περιλαμβάνει κυρίως

ρήγματα Α-Δ διεύθυνσης και ελάχιστα Β-Ν. Τα ρήγματα βρίσκονται διάσπαρτα στη νήσο με τη μεγαλύτερη πυκνότητα του να εντοπίζεται στο κεντρικό προς νότιο τμήμα, στο σημείο μειώνεται και το πλάτος της επιφάνειας της νήσου.

5.2.4 Υδρογραφία

Η Αντίπαρος, όπως διαπιστώθηκε και παραπάνω, παρουσιάζει ένα εκτεταμένο υδρογραφικό δίκτυο το οποίο όμως λόγω των μη συχνών βροχοπτώσεων είναι παροδικής ροής. Ανάμεσα από το δίκτυό της διακρίνονται σε αρκετά σημεία κοιλαδικά συστήματα σχήματος V, στενές κοιλάδες οι κοίτες των οποίων η μορφή μοιάζει με το γράμμα «V». Η μισγαγγεία της κοιλάδας βρίσκεται στο σημείο σύγκλισης των πρανών της. Η διάβρωση που υφίσταται στο κάτω μέρος της κοιλάδας, καθορίζει την περαιτέρω ανάπτυξή της.

Επιπλέον εντοπίστηκαν και δύο έλη λίγο πιο νότια από τη χώρα της Αντιπάρου, τα οποία αποτελούν περιοχές με στάσιμα νερά και μικρό βάθος (σχήμα 60). Χαρακτηρίζονται από υδρόφιλη βλάστηση ενώ τα νερά σε αυτές τις περιοχές είναι αρκετά σκούρα λόγω της παρουσίας μεγάλης ποσότητας οργανικής ύλης που έχει αποσυντεθεί (Pavlopoulos et al,2009).



Σχήμα 60: Έλος, αποκομμένο τμήμα από την δορυφορική εικόνα του ALOS

5.3 Κατασκευή του Γεωμορφολογικού Χάρτη

Για τη δημιουργία του γεωμορφολογικού χάρτη, ακολουθήθηκαν κάποια βασικά βήματα. Ύστερα από την εκτενή επισκόπηση στη βιβλιογραφία, την επεξεργασία των τηλεπισκοπικών δεδομένων και τη δημιουργία του Ψ.Μ.Ε. καθώς επίσης και την μελέτη της γεωλογίας, λιθολογίας και τεκτονικής της νήσου Αντιπάρου, στη συνέχεια κατασκευάζεται ο γεωμορφολογικός της χάρτης. Επειδή για ένα τέτοιο εγχείρημα είναι απαραίτητη και η επιτόπια έρευνα για επιβεβαίωση των όσων έχουν εντοπιστεί καθώς και για πιθανές μετρήσεις και οριοθέτηση, καταφύγαμε στο Ι.Γ.Μ.Ε. που είχε πραγματοποιήσει ήδη έρευνα πεδίου στη περιοχή το οποίο διέθεσε πολλά από τα στοιχεία που χρειάστηκαν.

Βασικότερο εργαλείο στην κατασκευή του χάρτη ήταν το λογισμικό πρόγραμμα Arc Map. Σε αυτό τοποθετήθηκε αρχικά το πεδίο (shapefile) με τις ισοϋψείς καμπύλες όπου η μηδενική αποτέλεσε την ακτογραμμή. Στη συνέχεια, ως υπόβαθρο στο χάρτη εισήχθηκε στο Σ.Γ.Π ο γεωλογικός χάρτης, που κατασκευάστηκε και παρουσιάστηκε στο 3^ο κεφάλαιο της εργασίας, ο οποίος περιέχει όλη τη λιθολογία και την τεκτονική της νήσου, για την οποία αντλήθηκαν πληροφορίες από την επισκόπηση στην αντίστοιχη βιβλιογραφία. Στην συνέχεια εισήχθηκε το υδρογραφικό δίκτυο και ψηφιοποιήθηκαν τα μορφολογικά και τα παράκτια μορφολογικά χαρακτηριστικά του αναγλύφου που αναγνωρίστηκαν όπως είδαμε από τη δορυφορική εικόνα του ALOS, το Ψ.Μ.Ε. και τα παράγωγά του.

Είναι απαραίτητο να σημειωθεί ότι ορισμένα από τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά όπως τα υψομετρικά σημεία, τα τοπωνύμια, και το οδικό δίκτυο που ψηφιοποιήθηκαν για τις ανάγκες του χάρτη, προήλθαν από τον τοπογραφικό χάρτη της Γεωγραφικής Υπηρεσίας του Στρατού. Συγκεκριμένα, επειδή η νήσος Αντίπαρος χωρίζεται σε δύο φύλλα, ήταν απαραίτητο να χρησιμοποιηθούν και το φύλλο Πάρος (σχήμα 61) που περιέχει το βόρειο τμήμα της και το φύλλο Ν. Δεσποτικών που περιέχει το νότιο (σχήμα 62). Τα δύο φύλλα γεωαναφέρθηκαν στο ίδιο προβολικό σύστημα (ΕΓΣΑ 1987) και στη συνέχεια χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα εργαλεία του Arc Map (clip,merge) ενώθηκαν (σχήμα 63).



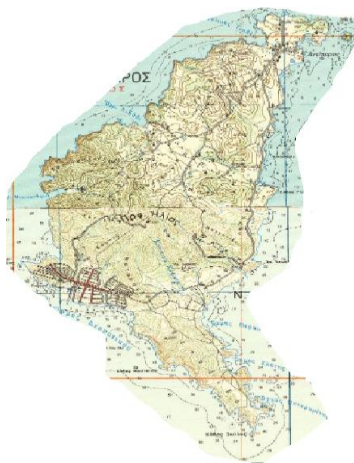
Σχήμα 61 :Τοπογραφικός χάρτης, Φύλλο Πάρος.
Φύλλο Ν. Δεσποτικόν.

Πηγή: Γ.Υ.Σ



Σχήμα 62:Τοπογραφικός χάρτης,

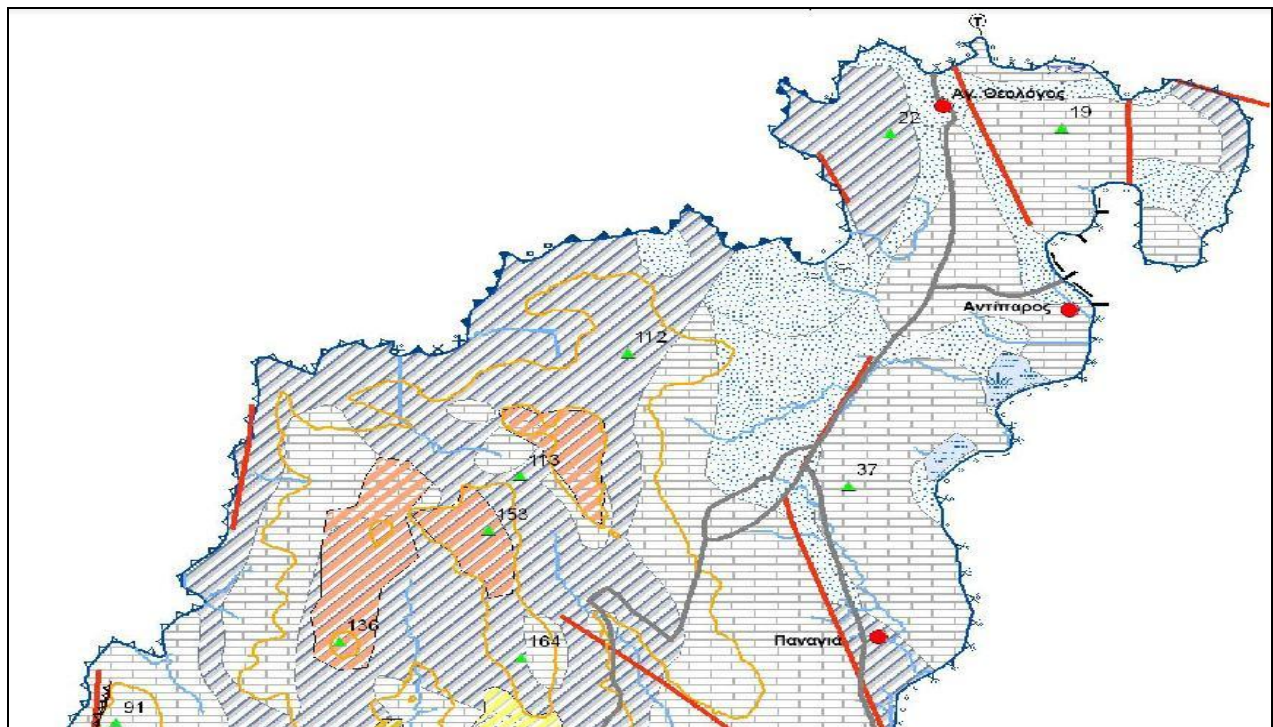
Πηγή: Γ.Υ.Σ



Σχήμα 63: Τοπογραφικός χάρτης της ν. Αντιπάρου

Πηγή: Γ.Υ.Σ

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο Γεωμορφολογικός Χάρτης της νήσου Αντιπάρου, έτσι όπως προέκυψε ύστερα από την παραπάνω διαδικασία. Στα σχήματα 64 και 65 παρατίθενται αποκομμένα τμήματα του Γεωμορφολογικού Χάρτη, για λεπτομερέστερη παρατήρηση και σχολιασμό ορισμένων περιοχών. Στο παράρτημα της εργασίας παρουσιάζεται το υπόμνημα κι ο γεωμορφολογικός χάρτης ολοκληρωμένος.



Σχήμα 64: Αποκομμένο τμήμα από τον Γεωμορφολογικό χάρτη, απεικόνιση του βόρειου τμήματος.

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Στο σχήμα 64 παρουσιάζεται κομμάτι από τον Γεωμορφολογικό Χάρτη της Νήσου Αντιπάρου που απεικονίζει το βόρειο μέρος της περιοχής. Στο τμήμα αυτό, όπου ανήκει και η χώρα της νήσου, παρατηρούνται χαμηλές κλίσεις και υψόμετρα, ενώ έχει ομαδοποιηθεί ένα σύστημα επιφανειών επιπέδωσης υψομέτρου 120-140 μέτρων.



Σχήμα 65: Αποκομμένο τμήμα από τον Γεωμορφολογικό χάρτη, απεικόνιση κεντρικού τμήματος.

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Στο σχήμα 65 το κομμάτι του Γεωμορφολογικού χάρτη που παρουσιάζεται περιλαμβάνει την ορεινή περιοχή του Προφήτη Ηλία, ένα τμήμα της νότιας και παραθαλάσσιας περιοχής του Αγ. Γεώργιου και της περιοχής Σωρός στα ανατολικά και νότια. Στο τμήμα αυτό μπορεί να διακριθεί αρχικά μια ομαδοποίηση των επιφανειών επιπέδωσης στην περιοχή του Προφήτη Ηλία στα 200-220 μέτρα και στα 260-300 μέτρα. Ακόμη απεικονίζονται τα αλλουβιακά ριπίδια της περιοχής του Αγ. Γεώργιου και Σωρού ενώ μπορούν να παρατηρηθούν κρημνοί με μέτωπο μεγαλύτερο από 60 μέτρα στην ευρύτερη περιοχή του προφήτη Ηλία. Τέλος εντοπίζονται τα πλευρικά κορήματα και το περίφημο σπήλαιο της Αντιπάρου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ- ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στη παρούσα μελέτη έγινε προσπάθεια αναγνώρισης των γεωμορφών της νήσου Αντιπάρου και αποτύπωσή τους σε Γεωμορφολογικό Χάρτη με κλίμακα 1:25000. Παρατηρώντας λοιπόν το τελικό προϊόν αυτής της εργασίας και μέσα από μελέτη της βιβλιογραφίας, διαπιστώνεται ότι η σημερινή μορφολογία της νήσου Αντιπάρου είναι αποτέλεσμα της δράσης εξωγενών παραγόντων (διάβρωση, αποσάθρωση) της τεκτονικής κατασκευής της και της ηφαιστειακής δραστηριότητας που είχε αρχίσει στις αρχές του Ηώκαινου και που τα πολυάριθμα ηφαιστειακά κέντρα που δημιούργησε σε διαφορετικές περιόδους έγιναν αιτία να βγει στην επιφάνεια μάγμα ποικίλης σύστασης.

Η νήσος Αντίπαρος χαρακτηρίζεται λοιπόν από χαμηλές τιμές υψομέτρου και στο μεγαλύτερο μέρος της από ήπιο ανάγλυφο, με μοναδική ορεινή περιοχή αυτή του προφήτη Ηλία όπου το μέγιστο ύψος φτάνει τα 301 μέτρα. Η ανατολική παράκτια ζώνη της περιλαμβάνει ποικιλία από ακτές με μικρή κλίση και ιζημα καθώς και κάποιους κρημνούς με χαμηλές όμως κλίσεις και σε πολλές περιπτώσεις και ιζήματα. Αντίθετα στη δυτική παράκτια ζώνη συναντώνται κυρίως κρημνοί με μεγάλες κλίσεις και έντονο ανάγλυφο ενώ παρατηρούνται ελάχιστες ακτές.

Οι επιφάνειες επιπέδωσης που εντοπίστηκαν και χαρτογραφήθηκαν στην νήσο, ταξινομήθηκαν σε 6 κλάσεις. Το υψόμετρό τους ξεκινάει από τα 40 μέτρα και φτάνει στα 300μέτρα. Οι επιφάνειες που βρίσκονται σε χαμηλότερο υψόμετρο είναι οι νεότερες ενώ αυτές που βρίσκονται σε μεγαλύτερο υψόμετρο είναι παλαιότερες. Οι επιφάνειες αυτές φαίνεται να ανυψώθηκαν κατά τη διάρκεια κατακόρυφων τεκτονικών κινήσεων στο Νεοτριτογενές που εναλλάσσονταν με φάσεις σχετικής τεκτονικής ηρεμίας. Η τελευταία ανοδική φάση άρχισε το παλαιο-πλειστόκαινο με ταυτόχρονη υστέρηση και κάμψη του θαλάσσιου πυθμένα.

Όσον αφορά την τεκτονική της κατασκευή, η Αντίπαρος δεν παρουσιάζει ιδιαίτερη πολυπλοκότητα. Τα μεταμορφωμένα πετρώματα εμφανίζονται σε αρκετές περιοχές και πολλές φορές εντοπίζονται μαζί με γνεύσιους και μάρμαρα στα οποία επικάθονται τα πλειοκαινικά στρώματα. Σε όλα τα παραπάνω επικάθονται οι αποθέσεις του Τεταρτογενούς και όλα μαζί τα πετρώματα εμφανίζονται σε πολλά μέρη τους διερρηγμένα και πτυχωμένα. Έτσι οι διαρρήξεις αυτές των πετρωμάτων με ή χωρίς μεταπτώσεις αποτελούν όπως είδαμε δύο συστήματα ρηγμάτων, εκ των οποίων το ένα είναι παλαιότερο και το άλλο νεότερο.

Σχετικά με την υδρογραφία, η Αντίπαρος διαθέτει ένα εκτεταμένο υδρογραφικό δίκτυο το οποίο όμως είναι παροδικής ροής λόγω της χαμηλής συχνότητας βροχοπτώσεων κατά τους

θερινούς μήνες. Σε ορισμένες περιοχές, εκεί που το υδρογραφικό δίκτυο περνά ανάμεσα από τις ορεινές περιοχές δημιουργούνται κοιλαδικά συστήματα σχήματος V, ενώ στις εκβολές του στη περιοχή του Σωρού καθώς και σ' ένα σημείο στην ανατολική πλευρά της νήσου (βλ. Γεωμορφολογικό Χάρτη) σχηματίζονται αλλουβιακά ριπίδια. Το λιθολογικό υπόβαθρο των ριπιδίων χαρακτηρίζεται από Πλειστοκαινικές αποθέσεις λατύπων, κροκάλων και αργίλου, καθώς και από αλλουβιακές αποθέσεις. Ακόμη εντοπίστηκαν και δύο ελώδεις περιοχές νότια της χώρας του νησιού.

Μέσα από την παραπάνω γεωμορφολογική μελέτη, διαπιστώθηκε ότι η πρόοδος των τελευταίων δεκαετιών στον τομέα της Γεωπληροφορικής και συγκεκριμένα στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών έχει δημιουργήσει γερές βάσεις για την παρακολούθηση και αποτύπωση του γήινου αναγλύφου. Συγκεκριμένα, δορυφόροι όπως ο ALOS με πολύ καλή χωρική και φασματική διακριτική ικανότητα αποτελούν σημαντικά εργαλεία για την αναγνώριση και χαρτογράφηση βασικών γεωμορφών. Η εφαρμογή στην νήσο Αντίπαρο έδειξε ότι από ένα Ψ.Μ.Ε και από μία εικόνα υψηλής ανάλυσης, είναι εφικτό να εντοπιστούν σημαντικά γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά κυρίως αυτά που ανήκουν στον τομέα της υδρογραφίας και της μορφολογίας. Σίγουρα η παραπάνω μέθοδος δεν αντικαθιστά την επιτόπια παρατήρηση, καθώς η ακρίβεια δεν μπορεί πάντα να είναι η μέγιστη δυνατή, παρόλ' αυτά αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο για την ανίχνευση του αναγλύφου σε δυσπρόσιτες περιοχές, ενώ το κόστος και ο χρόνος καταγραφής είναι τις περισσότερες φορές χαμηλότερο.

Αξίζει να σημειωθεί ότι ο γεωμορφολογικός χάρτης που κατασκευάστηκε στην παρούσα εργασία, αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο που μπορεί να αξιοποιηθεί σε περαιτέρω μελέτες, αφού δίνει τη δυνατότητα να προσεγγιστεί η δράση εξελικτικών διεργασιών στο γήινο ανάγλυφο της περιοχής και να εκτιμηθούν οι ανάλογες επιπτώσεις αυτών στο περιβάλλον.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑ

-  ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑ
-  ΤΟΠΩΝΥΜΙΑ
-  ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗ ΚΑΜΠΥΛΗ
-  ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗ
-  ΟΔΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ

ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΑ

-  ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ
-  ΚΟΙΛΑΔΕΣ ΣΧΗΜΑΤΟΣ V
-  ΕΛΟΣ

ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

-  ΡΗΓΜΑ ΟΡΑΤΟ

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ

-  ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΕΣ ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ, ΠΑΡΑΚΤΙΟΙ ΨΑΜΜΙΤΕΣ-ΛΑΤΥΠΟΚΡΟΚΑΛΟΠΑΓΗ
-  ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΙΚΕΣ ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ ΛΑΤΥΠΩΝ ΚΡΟΚΑΛΩΝ ΚΑΙ ΑΡΓΙΛΟΥ
-  ΓΝΕΥΣΙΟΙ ΚΑΙ ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΙ
-  ΜΑΡΜΑΡΑ ΚΑΙ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΙ
-  ΛΑΒΕΣ
-  ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΟΙ ΤΟΦΦΟΙ

ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ



ΚΡΗΜΝΟΣ ΜΕ ΜΕΤΩΠΟ <30μ.



ΚΡΗΜΝΟΣ ΜΕ ΜΕΤΩΠΟ 30-60μ.



ΚΡΗΜΝΟΣ ΜΕ ΜΕΤΩΠΟ >60μ



ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΑ ΡΙΠΙΔΙΑ



ΠΛΕΥΡΙΚΑ ΚΟΡΗΜΑΤΑ



ΣΠΗΛΛΙΟ

ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΕΠΙΠΕΔΩΣΗΣ



40-60 μ.



80-100μ.



120-140μ.



180-200μ.



200-220μ.



260-300μ.

ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ



ΤΟΜΠΟΛΟ



ΘΙΝΕΣ ΜΕ ΙΖΗΜΑ



ΠΑΡΑΚΤΙΟΣ ΚΡΗΜΝΟΣ ΜΕ ΚΛΙΣΗ $<30^{\circ}$



ΠΑΡΑΚΤΙΟΣ ΚΡΗΜΝΟΣ ΜΕ ΚΛΙΣΗ $>30^{\circ}$



ΠΑΡΑΚΤΙΟΣ ΚΡΗΜΝΟΣ ΜΕ ΙΖΗΜΑ ΜΕ ΚΛΙΣΗ $<30^{\circ}$



ΠΑΡΑΚΤΙΟΣ ΚΡΗΜΝΟΣ ΜΕ ΙΖΗΜΑ ΜΕ ΚΛΙΣΗ $>30^{\circ}$



ΑΚΤΗ ΜΕ ΜΙΚΡΗ ΚΛΙΣΗ ΚΑΙ ΙΖΗΜΑ



ΨΗΦΙΔΟΠΑΓΕΙΣ ΑΙΓΙΑΛΟΙ Ή ΑΚΤΟΛΙΘΟΙ (BEACH ROCK)

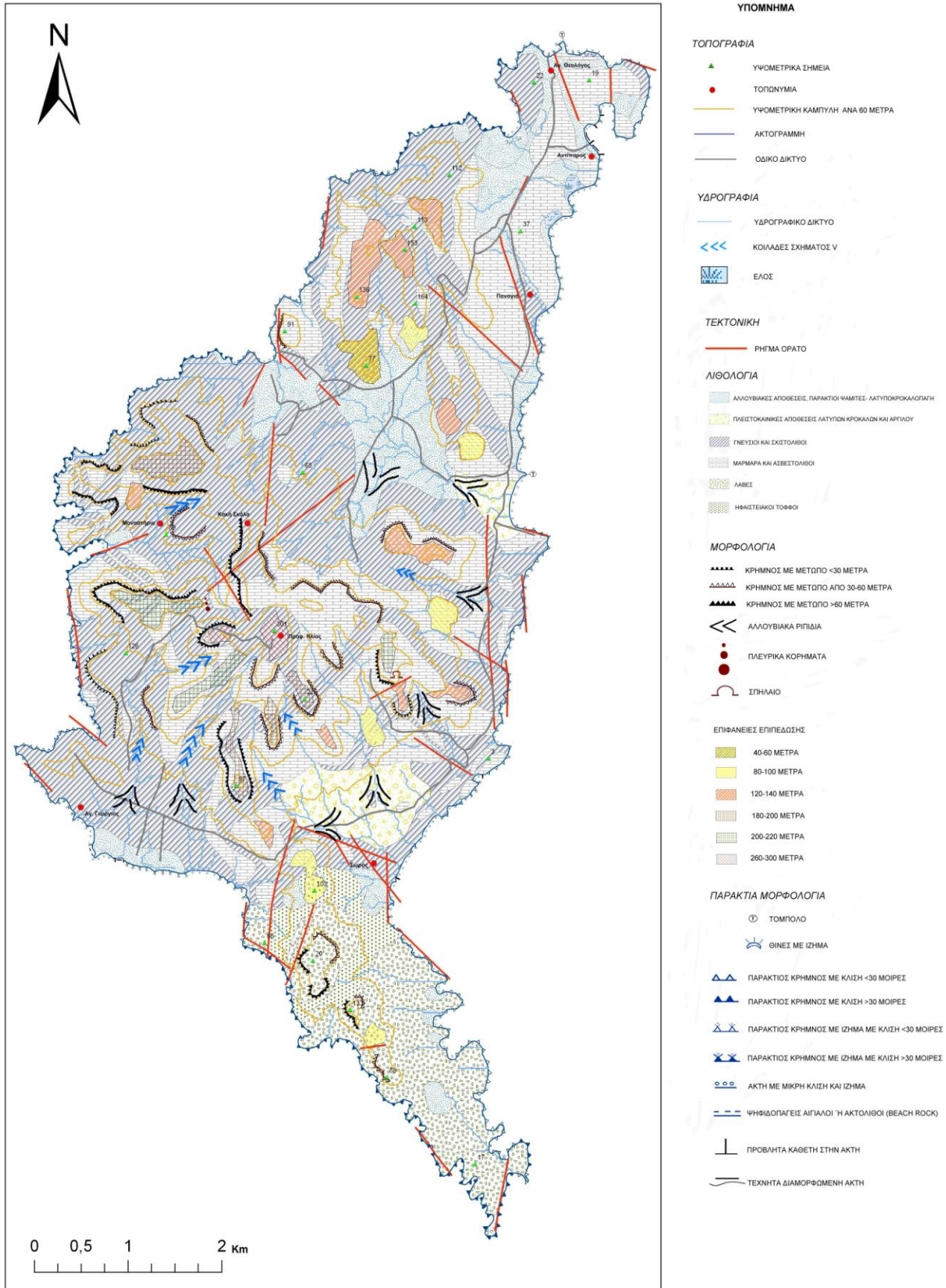


ΠΡΟΒΛΗΤΑ ΚΑΘΕΤΗ ΣΤΗΝ ΑΚΤΗ



ΤΕΧΝΗΤΑ ΔΙΑΜΟΡΦΩΜΕΝΗ ΑΚΤΗ

ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΤΗΣ ΝΗΣΟΥ ΑΝΤΙΠΑΡΟΥ



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

➤ Ελληνική

- Αναστασόπουλος Ι., (1963): *Γεωλογική Κατασκευή της Νήσου Αντιπάρου και των περί αυτήν νησίδων*, Αθήνα, ΙΓΜΕ.
- Βαϊόπουλος Δ. , Σκιάνης Γ., Νικολακόπουλος Κ.,(2006): *Εργαστηριακές Ασκήσεις Ψηφιακής Επεξεργασίας Δεδομένων Τηλεανίχνευσης σε συδυασμό με Γ.Σ.Π*, Αθήνα, Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο-Τμήμα Γεωλογίας
- Καρύμπαλης Ε., (2007): *Παράκτια γεωμορφολογία*, Σημειώσεις μαθήματος για το ακαδημαϊκό έτος 2007-2008, Αθήνα, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο.
- Κουτσόπουλος Κ., Ανδρουλακάκης Ν., (2003): *Εφαρμογές Γεωγραφικών Συστημάτων με χρήση του Λογισμικού ArcGIS*. Αθήνα, Εκδόσεις Παπασωτηρίου
- Κουτσόπουλος Κ., (2005): *Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και Ανάλυση Χώρου*. Αθήνα, Εκδόσεις Παπασωτηρίου.
- Παπαπέτρου Ζαμάνη Α., (1995): *Γεωμορφολογία*, Αθήνα, Εκδόσεις Παπαδάμη.
- Παρχαρίδης Ι., (2008): *Ειδικά Θέματα Τηλεπισκόπησης*, Σημειώσεις μαθήματος για το ακαδημαϊκό έτος 2008-2009, Αθήνα, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο.
- Παυλόπουλος Κ., (2007): *Γεωμορφολογία*, Σημειώσεις μαθήματος για το ακαδημαϊκό έτος 2006-2007, Αθήνα, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο.
- Παυλόπουλος Κ., (2008): *Εφαρμοσμένη Γεωμορφολογία*, Σημειώσεις μαθήματος για το ακαδημαϊκό έτος 2006-2007, Αθήνα, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο,.
- Χαλκιάς Χ., (2005) *Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών 2*, Σημειώσεις μαθήματος για το ακαδημαϊκό έτος 2005-2006, Αθήνα, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο,.

Στεφανάκης Εμ., (2003): *Βάσεις Δεδομένων και Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών*. Αθήνα, Εκδόσεις Παπασωτηρίου

➤ **Ξενογλώσση**

Asselen S. and A.C. Seijmonsbergen, (2006): *Expert-driven semi-automated geomorphological mapping for a mountainous area using a laser DTM*. *Geomorphology*, **78**, 309–320

Gupta P., (1991): *Remote Sensing in Geology*. Berlin, Springer- Verlag

Gustavsson M., Kolstrup E., Seijmonsbergen A., (2005), *A new symbol-and-GIS based detailed geomorphological mapping system: Renewal of a scientific discipline for understanding landscape development*. Department of Earth Sciences, Physical Geography, Uppsala University, Villavagen 16, SE-752 36 Sweeden

Nikolakopoulos K., Ev. Gioti, G. Skianis, D. Vaiopoulos, (2010): *Ameliorating the spatial resolution of Hyperion Hyperspectral data, The case of Antiparos Island*. 12th International Congress of the Geological Society of Greece, Patra 19-22 May 2010, XLIII, No 3, 1627-1636

Nikolakopoulos K. and E. Gioti, (2010): *Accuracy Control of ALOS DSM*, 30th EARSeL Symposium: Remote Sensing for Science, Education and Culture, Paris 31 May- 3 June 2010

Pavlopoulos K., Evelpidou N., Vassilopoulos A., (2009), *Mapping geomorphological environments*, Berlin, Spinger- Verlag,

Riedl H., Μαριολάκου Η., Παπανικολάου Δ., Sabot B., (1975): *The morphological evolution of the old surfaces of the Cyclades*, *Annales geologiques de pays Hellenique*, XXXI, 220-249

Sabot V., Papanikolaou D. (1977): *Some geomorphological aspects of the Cyclades and their importance on the morphotectonic evolution of the area*. VI Coll. Geol Aegean Region Athens, I, 529-534

- Siart C., O. Bubenzer, E. Eitel, (2009): *Combining digital elevation data (SRTM/ASTER), high resolution satellite imagery (Quickbird) and GIS for geomorphological mapping: A multi-component case study on Mediterranean karst in Central Crete*. *Geomorphology*, 112, 106–121
- Stefanovic P, (1998): *Digital Elevation Models (for Car4)*. International Institute For Aerospace Survey and Earth Sciences, ITC
- Tadono T., M. Shimada, M. Watanabe, T. Hashimoto and T. Iwata, (2004): *Calibration and Validation of PRISM Onboard ALOS*, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 35 part B1, 13-18
- Tsombos P., K. Nikolakopoulos and G. Lathourakis, (2009): *DSM from ALOS data and comparison with airphoto DSM: The case of Thessaloniki Greece*. Proc. of SPIE the International Society for Optical Engineering 7478, art no 7478OL
- Wang S., Ding C., Liu J., (2009) : *'Landscape evolution in the Yellow River Basin using satellite remote sensing and GIS during the past decade'*, International Journal of Remote Sensing, 30: 21, 5573 -5591

ΔΙΑΔΙΚΤΙΑΚΟΙ ΤΟΠΟΙ

ArcGIS

Εύρεση στις 15 Μαΐου στην ιστοσελίδα:

(<http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/009t000000mn00000.htm>)

Google Maps

Εύρεση 29 Απριλίου 2010 στην ιστοσελίδα:

(<http://maps.google.com/maps?hl=en&tab=wl>)

Satellite Imaging Corporation

Εύρεση 1 Ιουνίου 2010 στην ιστοσελίδα:

(<http://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/aster.html>)

SEOS

Εύρεση 1 Ιουνίου 2010 στην ιστοσελίδα:

(<http://www.seos-project.eu/modules/world-of-images/world-of-images-c02-p17.gr.html>)

Wikipedia, ERDAS IMAGINE

Εύρεση 28 Μαΐου 2010 στην ιστοσελίδα:

(http://en.wikipedia.org/wiki/ERDAS_IMAGINE)

Wikipedia, Antiparos

Εύρεση στις 5 Μαΐου 2010 στην ιστοσελίδα <http://el.wikipedia.org/wiki/Αντίπαρος>

(<http://maps.google.com/maps?hl=en&tab=wl>)