



Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών : Γεωγραφία και
Εφαρμοσμένη Γεωπληροφορική του Πανεπιστημίου Αιγαίου

ΑΝΑΔΕΙΞΗ ΑΠΟΛΙΘΩΜΑΤΟΦΟΡΩΝ ΘΕΣΕΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ ΜΕ DRONE. ΤΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΤΗΣ ΝΗΣΙΩΠΗΣ.

Συγγραφέας: Παναγιώτης Σαββάλας

Επιβλέπων Καθηγητής :

- Καθηγητής Ζούρος Νικόλαος

Μέλη Τριμελούς Επιτροπής:

- Καθηγητής Σουλακέλλης Νικόλαος,
- Καθηγητής Καλαμποκίδης Κωνσταντίνος

Στην οικογένειά μου,

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ του γονείς μου, χωρίς την στήριξη τους δεν θα ήμουν σε θέση να πραγματοποιήσω το παρόν μεταπτυχιακό. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον επιβλέποντα καθηγητή μου τον κύριο Ζούρο Νικόλαο χωρίς την βοήθεια του αλλά και τις πάντα επικοδομητικές συμβουλές του η παρούσα διατριβή δεν θα είχε διεκπεραιωθεί. Παράλληλα οι συμβουλές του υποδιευθυντή του Μουσείου Φυσικής Ιστορίας του Απολιθωμένου Δάσους Λέσβου κύριου Βαλιάκου Ηλία βοήθησαν σημαντικά στο να κατανοηθούν αρκετά πεδία. Επίσης ευχαριστώ τους κύριο Σουλακέλλη και κύριο Τάταρη, η βοήθεια των οποίων ιδιαίτερα στο πρακτικό κομμάτι της διατριβής ήταν ιδιαίτερα σημαντική. Τέλος ευχαριστώ και τον κύριο Καλαμποκίδη για την συμβολή του.

Στόχος

Στόχος της παρούσας διατριβής είναι να παρουσιάσει μία καινούρια μεθοδολογία σχετικά με την χρήση μη επανδρωμένου αεροσκάφους στην συλλογή δεδομένων και την περαιτέρω επεξεργασία τους η οποία θα έχει ως στόχο την δημιουργία τρισδιάστατης χαρτογράφησης. Τα δεδομένα τα οποία συλλέχθηκαν από το μη επανδρωμένο όχημα θα χρησιμοποιηθούν και θα αξιοποιηθούν για τρεις βασικούς άξονες:

- i. Τουριστικό,
- ii. Διαχειριστικό,
- iii. Εκπαιδευτικό.

Έτσι θα προκύψουν χάρτες σε διάφορες μορφές οπτικοποίησης: δυσδιάστατοι, τρισδιάστατοι αλλά και σε μορφή βίντεο οι οποίοι θα αφορούν δύο διαφορετικές περιοχές μελέτης(το βόριο τμήμα της νήσου και μία απολιθωματοφόρα θέση) και επομένως και διαφορετική κλίμακα κάτι το οποίο είναι ιδιαίτερα σημαντικό στην επεξεργασία και παρουσίαση των δεδομένων.

Πίνακας περιεχομένων

Ευχαριστίες	2
Στόχος	3
Περίληψη	9
Abstract	11
1. Εισαγωγή.....	13
1.1. Ορισμοί	14
1.1.1. Γεωποικιλότητα	14
1.1.2. Γεωδιατήρηση.....	15
1.1.3. Γεωτουρισμός	16
1.1.4. Γεώτοποι	18
1.2. Η Αξία της Γεωποικιλότητας	23
1.3. Διαχείριση Γεωποικιλότητας	26
1.4. Γεω-διατήρηση (μελέτη ,χαρτογράφηση κλπ).....	28
1.5. Η γεωποικιλότητα ως βάση για την ανάπτυξη του γεω-τουρισμού.....	32
1.6 Η νήσος Νησιώπη	34
1.7 Γεωλογία-Γεωμορφολογία Νησιώπης.....	35
2. Το Απολιθωμένο Δάσος Λέσβου	37
2.1. Το Απολιθωμένο Δάσος (Το γεω-μνημείο και η προστασία του)	37
2.1.1. Τόποι Ιδιαίτερου Φυσικού Κάλους	39
2.1.2. Δίκτυο «NATURA 2000».....	39
2.1.3. Ζώνη Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ) της ορνιθοπανίδας.....	39
2.1.4. Καταφύγια Άγριας Ζωής.....	40
2.1.5. Σύμβαση της Βαρκελώνης	40
2.2. Απολιθωματοφόρες θέσεις.....	41
Θέση 1.....	41
Θέση 2.....	41
Θέση 3.....	42
Θέση 4.....	42
Θέση 5.....	42
Θέση 71.....	43
Θέση 72.....	43
Θέση 73.....	43

Θέση 74.....	44
Ηφαιστιακοί Γεώτοποι :	44
Θέση 6.....	44
Θέση 7.....	45
θέση 8.....	45
θέση 9.....	45
θέση 10.....	45
θέση 11.....	46
Θέση 12.....	46
Θέση 13.....	46
Θέση 14.....	46
Θέση 15.....	47
Θέση 16.....	47
Θέση 17.....	47
Θέση 18.....	47
Θέση 19.....	48
Θέση 20.....	48
Θέση 21.....	48
Θέση 22.....	49
Θέσεις 23-24	49
Θέση 25.....	49
Θέση 26.....	49
Θέση 27.....	50
Θέση 28.....	50
Οι γεωμορφολογικοί γεώτοποι:.....	50
Θέση 29.....	50
Θέση 30.....	50
Θέση 31.....	51
Θέση 32.....	52
Τεκτονικοί- Στρωματογραφικοί γεώτοποι:	52
Θέση 33.....	52
Θέση 34.....	52
Θέση 35.....	52

Θέση 36.....	53
Θέση 37.....	53
Θέση 38.....	53
Θέση 39.....	54
Θέση 40.....	54
Θέση 41.....	54
Θέση 42.....	54
Θέση 43.....	55
Θέση 44.....	55
Οι θερμές πηγές:.....	55
Θέση 53.....	55
Θερμές πηγές Πολιχνίτου.....	55
Θέση 54.....	56
Θέση 55.....	56
Θέση 56.....	56
Θέση 57.....	57
Θέση 58.....	57
Θέση 59.....	57
Οι καταρράκτες:.....	58
Θέση 61.....	58
Θέση 62.....	58
Θέση 63.....	58
Θέση 64.....	58
Θέση 65.....	59
Θέση 66.....	59
Θέση 67.....	59
Θέση 68.....	59
2.3. Οι απολιθωματοφόρες θέσεις και ανάπτυξη του γεω-τουρισμού.....	60
3. Χαρτογράφηση απολιθωματοφόρων θέσεων.....	63
3.1. Αναγνώριση- καταγραφή γεωτόπων απολιθωματοφόρων θέσεων	63
3.2. Μεθοδολογίες χαρτογράφησης απολιθωματοφόρων θέσεων	66
3.3. Τρισδιάστατη χαρτογράφηση απολιθωματοφόρων θέσεων με χρήση μη επανδρωμένων ιπτάμενων μέσων.	69

3.4. Εφαρμογές τριδιάστατης χαρτογράφησης στην περιοχή Νησιώπης	71
3.4.1. Συλλογή δεδομένων	74
3.4.2. Επεξεργασία.....	78
3.4.3 Κλίμακα Νησιώπης Βόρειο Τμήμα.....	78
3.4.4 Align	79
3.4.5 Γεωαναφορά.....	82
3.4.6 Dense Cloud	83
3.4.7 DEM.....	86
3.4.8 Mesh	88
3.5 Κλίμακα Απολιθωματοφόρας Θέσης 31.....	95
3.5.1 Align	96
3.5.2 Γεωαναφορά.....	98
3.5.3 Dense Cloud	99
3.5.4 DEM.....	100
3.5.5 Orthomosaic.....	101
3.5.6 Mesh	103
3.5.7 Texture	104
3.5.8 Tiled Model	105
3.6 Χάρτης Τουριστικού Χαρακτήρα	106
3.7 Χάρτης Εκπαιδευτικού σκοπού.....	106
3.8. Χάρτης Διαχειριστικού σκοπού	107
3.9. Θεωρεία Agisoft	107
3.9.1. Ύπαιθρο RTK measurements.....	107
3.9.2. ΣμυΕΑ-UAV	108
3.9.3. Align	109
3.9.4. Georeference(Γεωαναφορά).....	109
3.9.5. Dense Cloud	111
3.9.6. Mesh	111
3.9.7. Texture	111
3.9.8. Tiled Model	111
3.9.9. DEM.....	112
3.9.10. Orthomosaic.....	112
4. Προστασία και Διαχείριση απολιθωματοφόρων θέσεων Νησιώπης.....	113

4.1. Προστασία και Διαχείριση απολιθωματοφόρων θέσεων Νησιώπης.....	113
4.2. Αξιοποίηση χαρτογραφίας για ενημέρωση και ευαισθητοποίηση επισκεπτών.....	119
5. Αποτελέσματα.....	121
5.1. Χάρτες Τουριστικού Σκοπού	121
5.2 Χάρτης Διαχειριστικού Σκοπού	123
5.3 Χάρτης Εκπαιδευτικού Σκοπού	126
6. Συμπεράσματα	127
7. Βιβλιογραφία	130

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1.Κατηγορίες Γεωτόπων.....	20
Πίνακας 2. Χαρακτηριστικών Drone DJI Phantom 4.....	77
Πίνακας 3. Σημεία Γεωαναφοράς Βόρειου Τμήματος.....	83
Πίνακας 4. Σημεία Γεωαναφοράς Θέση 31.....	99
Πίνακας 5. Πίνακας Δεδομένων.....	106

Κατάλογος Χαρτών

Χάρτης 1. Χάρτης Απολιθωματοφόρας Θέσης 31.....	121
Χάρτης 2. Χάρτης Απολιθωματοφόρων Θέσεων Βόρειου Τμήματος Νησιώπης.....	122

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική διενεργείται στα πλαίσια του προγράμματος μεταπτυχιακών σπουδών: Γεωγραφία και Εφαρμοσμένη Γεωπληροφορική, του τμήματος Γεωγραφίας του Πανεπιστημίου Αιγαίου. Έχει ως τίτλο: Ανάδειξη απολιθωματοφόρων θέσεων με χρήση τρισδιάστατης χαρτογράφησης με drone. Το παράδειγμα της Νησιώπης. Πιο συγκεκριμένα επεξεργάζεται ουσιαστικά την δημιουργία χαρτών για τρεις άξονες:

- i. Τουριστικό,
- ii. Διαχειριστικό,
- iii. Εκπαιδευτικό.

Στην παρούσα διατριβή χρησιμοποιείται ένα μη επανδρωμένο ιπτάμενο όχημα, UAV, το οποίο βοήθησε στην συλλογή αρκετών από τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν αλλά και στην δημιουργία των τρισδιάστατων μοντέλων τα οποία θα παρουσιαστούν στην συνέχεια της διατριβής. Παράλληλα εκτός από το UAV, παρουσιάζεται και ο τρόπος ο οποίος αξιοποιήθηκαν τα δεδομένα μετά την συλλογή τους και το πώς δημιουργήθηκαν τα 3 είδη χαρτών για καθένα από τους παραπάνω άξονες.

Ακολουθεί ο σκελετός της παρούσας διατριβής:

A. Εισαγωγή

1. Ορισμοί (γεωποικιλότητα ,γεωδιατήρηση ,γεωτουρισμος κλπ)
2. Η Αξία της Γεωποικιλότητας
3. Διαχείριση Γεωποικιλότητας
4. Γεω-διατήρηση (μελέτη ,χαρτογράφηση κλπ)
5. Η γεωποικιλότητα ως βάση για την ανάπτυξη του γεω-τουρισμου
6. Η Νήσος Νησιώπη
7. Γεωλογία-Γεωμορφολογία Νησιώπης

B. Το Απολιθωμένο Δάσος Λέσβου

1. Το Απολιθωμένο Δάσος (Το γεω-μνημείο και η προστασία του)
2. Απολιθωματοφόρες θέσεις

3. Οι απολιθωματοφόρες θέσεις και ανάπτυξη του γεω-τουρισμου

Γ. Χαρτογράφηση απολιθωματοφόρων θέσεων

1. Αναγνώριση- καταγραφή γεωτόπων απολιθωματοφόρων θέσεων
2. Μεθοδολογίες χαρτογράφησης απολιθωματοφόρων θέσεων
3. Τριδιάστατη χαρτογραφησης απολιθωματοφόρων θέσεων με χρήση μη επανδρωμένων ιπταμενων μέσων
4. Εφαρμογές τριδιάστατης χαρτογραφησης στην περιοχή Νησιώπης

Δ. Προστασία και Διαχείριση απολιθωματοφόρων θέσεων Νησιώπης

1. Προστασία και Διαχείριση απολιθωματοφόρων θέσεων Νησιώπης
2. Αξιοποίηση χαρτογραφίας για ενημέρωση και ευαισθητοποίηση επισκεπτών

Ε. Συμπεράσματα

ΣΤ. Βιβλιογραφία

Abstract

The present thesis is carried out in the framework of the program Geography and Applied Geoinformatics of the Department of Geography of the University of the Aegean. It is entitled: Enhancement of fossiliferous sites using 3D mapping by drone. The case of Nisiopi. More specifically, it essentially creates maps for three axes:

- i. Tourist,
- ii. Management,
- iii. Educational.

An unmanned UAV is also used in this thesis, which has helped to collect many of the data used and to create the three-dimensional models that will be presented later in the thesis. At the same time, besides the UAV, the way in which the data was collected after being collected and how the 3 types of maps were created for each of the above axes is presented.

The skeleton of this thesis is as follows:

A. Introduction

1. Definitions (geodiversity, geodetic conservation, geotourism, etc.)
2. The Value of Geodiversity
3. Geodiversity Management
4. Geo-conservation (study, mapping etc.)
5. Geodiversity as a basis for the development of geo-tourism
6. Nisiopi island
7. Geology-Geomorphology of Nisiopi

B. The Lesvos Petrified Forest

1. The Petrified Forest (The geo-monument and its protection)
2. Fossil posts

3. Fossil sites and the development of geo-tourism

C. Mapping of fossil sites

1. Identification - registration of fossil record sites
2. Fossil-site mapping methodologies
3. Three-dimensional mapping of fossil sites using unmanned aerial vehicles
4. Three-dimensional mapping applications in the Nisiopi area

D. Protection and Management of Fossil Fuels in the Island

1. Protection and Management of Fossil Fuels in the Island
2. Utilizing cartography to inform and sensitize visitors

E. Conclusions

F. Bibliography

1. Εισαγωγή

Η Γη είναι ένας πλανήτης που συνεχώς αλλάζει τόσο σχετικά με την γεωποικιλότητά του, όσο και στην βιοποικιλότητά του. Όλα αυτά καθώς είναι ένα ουράνιο σώμα, το οποίο έχει στις πλάτες του 4,6 δισεκατομμύρια χρόνια "ζωής" και μέσα σε αυτά τα δισεκατομμύρια έτη της ύπαρξής του συντελέστηκαν πολλές αλλά και συνάμα εντυπωσιακές αλλαγές σε αυτό.

Πιο συγκεκριμένα τα στρώματα από τα οποία αποτελείται η Γη από το εσωτερικό της προς το εξωτερικό της τμήμα είναι: ο πυρήνας ο οποίος χωρίζεται σε εσωτερικό πυρήνα και εξωτερικό πυρήνα(εκτιμάται ότι η θερμοκρασία στον πυρήνα ανέρχεται στους 5.000 °C (Παπανικολάου, Δ. & Σίδηρης, Χρ., 2012), ο μανδύας ο οποίος ουσιαστικά είναι ένα ημίρρευστο και παχύ στρώμα που η θέση του είναι μεταξύ του εξωτερικού πυρήνα και του φλοιού. Ακολουθεί ο φλοιός , ο οποίος χωρίζεται σε ωκεάνιο φλοιό αλλά και στερεό φλοιό. Ο ωκεάνιος φλοιός , που δομείται από πληθώρα πετρωμάτων κατά κύριο λόγο βασαλτικών και βρίσκεται κάτω από τους ωκεανούς. Ενώ ο στερεός φλοιός βρίσκεται πάνω από την ασυνέχεια Moho και είναι ένα σχετικά λεπτό στρώμα (Παπανικολάου, Δ. & Σίδηρης, Χρ., 2012).

Δεν είναι λίγοι εκείνοι, που πιστεύουν ότι ο φλοιός της γης παραμένει ακίνητος στο πέρασμα του χρόνου. Αυτό είναι λάθος άποψη και μάλιστα ή επιφάνεια του πλανήτη πριν από περίπου 250 εκατομμύρια χρόνια ήταν ενωμένη σε μία μεγάλη ξηρά, την οποία οι επιστήμονες ονομάζουν Πανγαία. Πιο συγκεκριμένα, την τότε εποχή, όλες οι σημερινές ήπειροι ήταν ενωμένες σε αυτή την μία ενιαία στεριά, η οποία περιβαλλόταν από μια ενιαία θάλασσα την επονομαζόμενη και ως Πανθάλασσα.

Παράλληλα μέσα από τις κινήσεις των λιθοσφαιρικών πλακών άρχιζαν τμήματα αυτής της ενιαίας στεριάς να απομακρύνονται και να διαχωρίζονται μέχρι που δημιουργήθηκε η σημερινή μορφή του πλανήτη. Για τέτοιου είδους τεκτονικές κινήσεις είναι υπεύθυνες οι τεκτονικές πλάκες, οι οποίες κάνουν αέναες κινήσεις στο βάθος του χρόνου. Αυτές οι κινήσεις είναι μικρές και πολλές φορές δύσκολα αντιληπτές από τον άνθρωπο, αλλά εύκολα αντιληπτές και μεγάλες μέσα στο πέρασμα του γεωλογικού χρόνου.

Παρότι είναι δύσκολο να μετρηθούν και να παρατηρηθούν αυτές οι μετατοπίσεις σε ανθρώπινο χρόνο, πλέον αποτελεί μία νέα δυνατότητα, για τον άνθρωπό κυρίως, μέσα από την χρήση και την βοήθεια μηχανημάτων που πλέον διαθέτει όπως οι σειсмоγράφοι, δορυφορικές φωτογραφίες κ.α. Τέλος για τέτοιου είδους κινήσεις στον γήινο φλοιό ευθύνονται σε μία γενικότερη κλίμακα:

οι διάφορες σεισμικές ακολουθίες, τα φαινόμενα των κατολισθήσεων αλλά και του ερπυσμού, οι ηφαιστειακές εκρήξεις και άλλα. Αυτά είναι φαινόμενα από τα οποία μπορούμε να έχουμε άμεσες μετρήσεις για τις επιπτώσεις τους πάνω στον γήινο φλοιό(Παυλίδης, Σπ., 2007). Επίσης μέσα από τέτοιου είδους φαινόμενα δημιουργήθηκαν τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά που συναντώνται σήμερα στην περιοχή μελέτης της παρούσας διατριβής δηλαδή στη νησίδα Νησιώπη.

1.1. Ορισμοί

Σε αυτή την ενότητα θα γίνει προσπάθεια να παρουσιαστούν, όσο το δυνατόν με πιο ουσιαστικό τρόπο είναι δυνατόν οι έννοιες, που αφορούν τις ακόλουθες λέξεις: της Γεωποικιλότητας, της Γεωδιατήρησης, του Γεωτουρισμού και των Γεωτόπων. Όλοι αυτοί οι ορισμοί αφορούν την γη μαζί με τα γεωλογικά της στοιχεία, τα οποία έχουν προκύψει στο πέρασμα των αιώνων σε σχέση με την αναγνωρισιμότητά τους και την αξιοποίησή τους από τον άνθρωπο στις μέρες μας.

1.1.1. Γεωποικιλότητα

Όπως προαναφέρθηκε νωρίτερα, ο πλανήτης ζει και πραγματοποιεί μία συνεχή εκκίνηση στον χρόνο εδώ και 4.6 δισεκατομμύρια χρόνια. Σε όλη αυτή τη διάρκεια του χρόνου η γεωμορφολογία του πλανήτη πέρασε από διάφορα στάδια μέχρι να υπάρξουν τα σημερινά αποτελέσματά, τα οποία είναι πλέον ευδιάκριτα σε διάφορες περιοχές.

Σε αυτήν την υπο -ενότητα θα γίνει προσπάθεια να δοθεί ένας ολοκληρωμένος και επαρκής ορισμός για μια ιδιαίτερα σημαντική έννοια όπως αυτή της γεωποικιλότητας.

Ένας από τους πρώτους, από του οποίους ανέφεραν-πρωτοανέφεραν και θεμελίωσαν τον όρο γενικότερα ήταν ο William Archibald Macfadyen(1893–1985), Άγγλος και γεννημένος στο Manchester (Prosser, 2012). Πιο συγκεκριμένα η γεωποικιλότητα αφορά το αβιοτικό περιβάλλον στο σύνολό του και είναι το αντίθετο από το βιοτικό. Αφορά δηλαδή όλα εκείνα τα γεωλογικά γεγονότα που συνέβησαν κατά το παρελθόν και διαμόρφωσαν σε βάθος χρόνου διάφορα γεωλογικά στοιχεία όπως είναι: γεωμορφολογικά (φυσικές διεργασίες, τοπία), γεωλογικά (απολιθώματα, ορυκτά, πετρώματα) αλλά και διάφορες εδαφικές μορφές(Gray, 2008).

1.1.2. Γεωδιατήρηση

Ο όρος της γεωδιατήρησης είναι ένας σχετικά καινούργιος όρος στα πλαίσια του γεωλογικού χώρου. Αν και η προστασία των γεωτόπων είναι μία ιδιαίτερα παλαιά διαδικασία η οποία πραγματοποιούνταν αν και όχι ακριβώς με αυτόν τον όρο.

Χαρακτηριστικά είναι τα ακόλουθα παραδείγματα, όπως η προστασία μιας σπηλιάς στη Γερμανία στα βουνά Harz πίσω στο μακρινό 1668 (Grube, 1994). Παράλληλα όμως η Γερμανία είναι μία χώρα, όπου στην πορεία των ετών συνέχισε την προστασία των γεω-περιοχών μέχρι και σήμερα. Στην πορεία το παράδειγμα της ακολούθησαν και άλλες ευρωπαϊκές χώρες όπως είναι: η Ελβετία, η Τσεχία, η Δανία, σε περιοχές με εγνωσμένη γεωμορφολογική αξία (Henriques et al, 2011). Επίσης στη Βρετανία ο κορμός του *Lepidodendron* του απολιθωμένου Άλσους της Γλασκώβης συντηρείται ή ακριβέστερα γεω-συντηρείται ήδη από την περίοδο της εύρεσης του πίσω στο 1887, όπως επίσης και το "Agassiz Rock" προστατεύεται- συντηρείται στο Εδιμβούργο.

Ο σκοπός της γεωδιατήρησης είναι η προστασία και η διατήρηση γεωτόπων ως βασικές μονάδες της γεωλογικής κληρονομιάς του πλανήτη, μέσω ειδικής απογραφής της θέσης ενδιαφέροντος, αξιολόγησής της, διατήρησής της, αποτίμησής της και παρακολούθησης των διαδικασιών συντήρησης της σε βάθος χρόνου (Brilha, 2005).

1.1.3. Γεωτουρισμός

Η ερμηνεία αλλά και η παρατήρηση των γεωφαινομένων- γεωμορφών τόσο στην Ευρωπαϊκή ήπειρο όσο και σε άλλα μέρη του κόσμου στα οποία έχουν δημιουργηθεί γεωλογικοί σχηματισμοί και είναι γνωστή ήδη από τον 16ο αιώνα. Δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις στις οποίες οι γεωμορφές αλλά και τα γεωφαινόμενα έχουν μία διαφορετική προσέγγιση ή ακόμα καλύτερα έννοια ως προς την σημασία τους, δηλαδή έχουν συσχετιστεί με την θρησκεία όπως τα Μετέωρα στην Καλαμπάκα, ο ηφαιστειακός λαιμός στην Παναγία της πέτρας στο νησί της Λέσβου, διάφορα εκκλησάκια που βρίσκονται μέσα σε σπήλαια και άλλα. Εκτός όμως με την συσχέτιση τους με την θρησκεία συσχετίζονται και με τη μυθολογία και πολύ περισσότερο τα τελευταία χρόνια με την αισθητική του χώρου, κυρίως στο εσωτερικό των κατοικιών.(Thomas H, 2005).

Δεν είναι λίγοι εκείνοι που προσπάθησαν να ορίσουν την έννοια του γεωτουρισμού, άλλοι με μεγαλύτερη επιτυχία και άλλοι με μικρότερη. Με μεγαλύτερη σαφήνεια ο όρος γεωτουρισμός έχει δύο συνθετικά: τη λέξη γεω (από την γη) και τη λέξη τουρισμός. Η λέξη "γεω" ουσιαστικά περιλαμβάνει όλα εκείνα τα γεωμορφολογικά και γεωλογικά στοιχεία μιας περιοχής όπως είναι: τα απολιθώματα, τα πετρώματα, οι γεωμορφές και άλλα. Όπου αυτό το συνθετικό εμβαθύνει στις διαδικασίες που συντελέστηκαν έτσι ώστε να δημιουργηθούν τέτοιου είδους γεωμορφές. Από την άλλη πλευρά το δεύτερο συνθετικό, το "τουρισμός", ουσιαστικά αναδεικνύει την επισκεψιμότητα σε αυτές τις περιοχές για την ανάδειξή τους, την μάθηση της γεωλογικής ιστορίας και όχι μόνο μέσα από τη μελέτη τους. Ακόμη ο γεωτουρισμός σε μία περιοχή που ουσιαστικά αναδεικνύει όχι μόνο την γεωλογική περιοχή αλλά βοηθάει και την ευρύτερη περιοχή γενικότερα σε διάφορους τομείς, όπως στους χώρους εστίασης, τα ξενοδοχεία και άλλα μέσα από τους επισκέπτες του γεωτουρισμού (Newsome, D. and Dowling, R. 2006).

Αξίζει να αναφερθεί πως οι επισκέψεις σε περιοχές γεωλογικού ενδιαφέροντος για γεωτουρισμό δεν είναι κάτι που συμβαίνει τα τελευταία χρόνια ή έστω τις τελευταίες δεκαετίες, αλλά λαμβάνει χώρα από αρκετά παλαιότερα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα σε αυτό αποτελεί η αναφορά του Edward Hitchcock από το μακρινό 1841, σχετικά με την γεωλογία της Μασαχουσέτης με όνομα στο κεφάλαιο "Scenographic Geology" (Guy, M. et al., 2012).

Παράλληλα όμως ο γεωτουρισμός έχει και επιπρόσθετα πλεονεκτήματα όπως προαναφέρθηκε νωρίτερα, εκτός ασφαλώς από τον γεωλογικό τουρισμό. Αρχικά είναι μία δραστηριότητα η οποία ουσιαστικά παράγει οικονομικούς πόρους τόσο για αυτούς που διοργανώνουν τον γεωτουρισμό αλλά και τους άμεσα και έμμεσα εμπλεκόμενους εργαζόμενους σε αυτόν.

Γενικότερα όσο περισσότεροι είναι οι επισκέπτες σε μία τέτοιου είδους περιοχή τόσο αυξάνονται τα κέρδη σε όλους τους εμπλεκόμενους κυρίως στη συγκεκριμένη περιοχή (ξενοδοχεία, χώροι εστίασης)(Guy, M. et al., 2012).

Τέλος παρότι οι γεωεπιστήμες δεν αποτελούν ένα πεδίο που είναι ιδιαίτερα γνωστό και προβεβλημένο, επομένως το ευρύ κοινό δεν είναι και τόσο εξοικειωμένο με τις έννοιες της και την μελέτη της, τα τελευταία χρόνια μέσα από τις δράσεις των γεωπάρκων αρχίζει να γνωρίζει μεγαλύτερη ανάπτυξη.

1.1.4. Γεώτοποι

Για να δημιουργηθεί ένας γεώτοπος ή έστω ένα γεωλογικό στοιχείο είναι απαραίτητο να πραγματοποιηθούν τόσο κάποιες ενδογενείς διεργασίες όσο και κάποιες εξωγενείς στην Γη.

Ο όρος γεώτοπος αναφέρθηκε από τον Strum αρχικά το 1994 και ``χρησιμοποιήθηκε για να περιγράψει ένα διακριτό τμήμα της γεώσφαιρας με ιδιαίτερο γεωλογικό και γεωμορφολογικό ενδιαφέρον`` (Strum, 1994).

Στην συνέχεια θα παρουσιαστούν και κάποιοι άλλοι όροι ευρύτερης κλίμακας:

Ο όρος γεώτοπος είναι ένας σχετικά καινούργιος όρος ή ακόμα καλύτερα μία καινούργια ορολογία τόσο στον γεωγραφικό όσο και στον γεωλογικό κόσμο καθώς εισήχθη σε αυτούς πριν μερικές δεκαετίες (Ielenicz, 2009). Γενικά ο όρος αυτός έχει διάφορες έννοιες- ορισμούς, μερικοί από τους οποίους θα εξεταστούν σε αυτό το κεφάλαιο.

Αρχικά σύμφωνα με τον Ielenicz είναι μικρά τμήματα πάνω στην επιφάνεια της γης με ιδιαίτερο γεωλογικό ενδιαφέρον, τα οποία παρουσιάζουν ένα συγκεκριμένο γεωλογικό στοιχείο (Ielenicz, 2009). Ένας άλλος ορισμός γενικότερος αναφέρει ως τμήματα της γεώσφαιρας τα οποία γνωστοποιούν στην σημερινή εποχή στοιχεία από το γεωλογικό παρελθόν σύμφωνα με τον Reynard (2004, p.440). Παράλληλα η Brilha (2016), προσπαθεί να περιορίσει το μεγάλο εύρος του όρου και αναφέρει πως ως γεώτοποι πρέπει να είναι περιοχές οι οποίες έχουν επιστημονική σπουδαιότητα σε διεθνή ή το λιγότερο σε Εθνική κλίμακα.

Ένας ακόμη ορισμός δίνεται από τους (Pies & Josan, 2009), στον οποίο υποστηρίζουν: πώς με τον όρο γεώτοπος εννοούνται γεωμορφές οι οποίες έχουν συγκεκριμένο μέγεθος και σε συνεργασία με άλλα ανθρωπογενή ή βιολογικά στοιχεία που είναι ικανά να γίνουν ``αντικείμενα`` γεωλογικής κληρονομιάς.

Αξίζει να σημειωθεί ότι εκτός από την καθαρά γεωλογική έννοια του όρου οι γεώτοποι περιλαμβάνουν και ένα ευρύτερο εννοιολογικό φάσμα το οποίο ακολουθεί:

- Η φιλοσοφική- πολιτισμική πτυχή πραγματεύεται στην επικοινωνία μεταξύ δύο διαφορετικών εννοιών. Των επιστημονικών σε σχέση με των ανθρωπιστικών (Piies & Josan, 2009).
- Ιστορικά ο όρος γεώτοπος μπορεί να ερμηνευτεί σαν την φυσική συνέχεια μεταξύ των διεργασιών που έλαβαν χώρα στην προϊστορική και ιστορική εποχή σε σχέση με τη γεωλογική μορφή του σήμερα (Piies & Josan, 2009).
- Το πνευματικό χαρακτήρα των Γεωτόπων καθώς δεν είναι λίγοι οι γεώτοποι στη σημερινή εποχή οι οποίοι φυλάσσονται όχι μόνο σήμερα αλλά εδώ και εκατοντάδες έως και χιλιάδες χρόνια. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα από την Ελληνική επικράτεια είναι το Άγιον Όρος το οποίο βρίσκεται στην Χαλκιδική στο βουνό Άθως αξίζει να αναφερθεί όμως και η μοναστική κοινότητα η οποία βρίσκεται στα Μετέωρα της Καλαμπάκας. Αυτά είναι δύο από τα σημαντικότερα παραδείγματα από τον ελληνικό χώρο τα οποία μας δηλώνουν την σχέση μεταξύ των γεωτόπων και των πνευματικών συνόλων. Αξίζει να αναφερθεί πώς αντίστοιχα παραδείγματα από το εξωτερικό αποτελούν πέντε βουνά της Κίνας τα οποία λόγω του μεγάλου ύψους τους και της αμεσότητας τους με τον ουρανό θεωρήθηκαν ιερά καθώς επίσης πιστευόταν ότι οι περίεργες αυτές μορφές δήλωναν τη συνύπαρξη του φυσικού με το υπερφυσικό (Piies & Josan, 2009).
- Ιδιαίτερα σημαντικό είναι και πρέπει να αναφερθεί ο καλλιτεχνικός- πολιτιστικός χαρακτήρας τους καθώς δεν ήταν λίγες οι περιπτώσεις που αρκετοί καλλιτέχνες χρησιμοποίησαν ως πηγή έμπνευσης διάφορους γεωτόπους στην ποίηση στη ζωγραφική την γλυπτική τη μουσική αλλά και άλλα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αφορά τους πίνακες ζωγραφικής από τον T.Moran σχετικά με το Yellowstone (Piies & Josan, 2009).
- Τέλος οι γεώτοποι έχουν και εκπαιδευτικό χαρακτήρα καθώς μέσα από την ενασχόληση και την μελέτη τους είμαστε σε θέση να κατανοήσουμε τις φυσικές αλλά και τις μηχανικές διεργασίες μέσα από τις οποίες δημιουργήθηκαν παράλληλα όμως και στην γνωστοποίηση βασικών κανόνων συμπεριφοράς τόσο στις προστατευόμενες περιοχές όσο και στο περιβάλλον γενικότερα (Piies & Josan, 2009).

Πίνακας 1. Κατηγορίες Γεωτόπων

A. Υλικά της λιθόσφαιρας
A1. Ορυκτά
A2. Πετρώματα και Ιζήματα
A3. Εδαφικοί σχηματισμοί
A4. Απολιθώματα
B. Γεωμορφές και διεργασίες της λιθόσφαιρας
B1. Πυριγενείς γεωμορφές και διεργασίες
B2. Τεκτονικές γεωμορφές και διεργασίες
<ul style="list-style-type: none"> • Ρήγματα • Επωθήσεις, επιπτεύσεις • Αντίκλινα και Πτυχωμένα στρώματα, • Καλύμματα, • Τεκτονικά παράθυρα
B3. Μετακινήσεις μαζών και γεωμορφές
B.4. Ποτάμιες γεωμορφές και διεργασίες
<ul style="list-style-type: none"> • Κοιλάδες • Ποτάμιες αναβαθμίδες • Φαράγγια • Κατάρρακτες • Δέλτα
B.5. Παράκτιες γεωμορφές και διεργασίες
<ul style="list-style-type: none"> • Ακτές απόθεσης • Ακτές διάβρωσης
B.6. Παγετώδεις γεωμορφές και διεργασίες
<ul style="list-style-type: none"> • Παγετωδεις κοιλάδες • Φιόρδ • Μοραίνες • Εσκερ • Ντρούμλιν
B.7. Περιπαγετώδεις γεωμορφές και διεργασίες
B.8. Γεωμορφές και διεργασίες σε ερημικό και ξηρή περιβάλλον
<ul style="list-style-type: none"> • Θίνες • Μορφές αιολικής διάβρωσης

<i>B.9. Καρστικές γεωμορφές και διεργασίες</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Σπήλαια • Υπόγειες καρστικές δομές • Επιφανειακές καρστικές δομές
<i>B.10. Γεωμορφές και διεργασίες μηχανικής αποσάθρωσης</i>
<i>Γ. Τοπία</i>
<i>Γ.1. Οροσειρές</i>
<i>Γ.2. Πεδιάδες</i>
<i>Γ.3. Τάφροι</i>
<i>Γ.4. Νησιά</i>
<i>Γ.5. Έρημοι</i>
<i>Γ.6. Υγρότοποι - Λίμνες</i>
<i>Γ.7. Ακτές</i>
<i>Γ.8. Παγετώνες</i>
<i>Δ. Ανθρωπογενείς γεώτοποι</i>
<i>Δ.1. Θέσεις μεταλλευτικής δραστηριότητας</i>
<i>Δ.2. Θέσεις λατομικής δραστηριότητας</i>
<i>Δ.3. Ορύγματα, Τεχνητά πρανή, Διώρυγες</i>
<i>Δ.4. Μεγάλες τεχνικές κατασκευές</i>

1.2. Η Αξία της Γεωποικιλότητας

Η γεωποικιλότητα είναι ένας όρος σχετικά νέος, ο οποίος για να αξιολογηθεί παρουσιάζει αρκετές παραμέτρους. Πάραυτα δεν είναι λίγα τα μέλη της επιστημονικής κοινότητας τα οποία έχουν προσπαθήσει να διακρίνουν την αξία της γεωποικιλότητας. Δηλαδή ποιο είναι εκείνο το χαρακτηριστικό ή τα χαρακτηριστικά που διακρίνουν ένα γεώτοπο από έναν άλλο, αλλά και από που εξαρτάται η σημαντικότητα του κάθε γεωλογικού μνημείου. Έτσι ώστε να αναγνωριστεί όχι μόνο ως γεωλογικό μνημείο αλλά και το επίπεδο σημαντικότητας του.

Ιδιαίτερα σημαντικό είναι ότι οι φυσικές περιοχές (περιοχές γεωποικιλότητας) έχουν ήδη αρχίσει να αναγνωρίζονται αλλά και να προστατεύονται με ειδικές νομοθεσίες στην Ελλάδα, ήδη από το 1937. Παράλληλα οι φυσικές περιοχές γεωποικιλότητας ανακηρύχθηκαν ως προστατευόμενες περιοχές είτε σύμφωνα και με βάση την ισχύουσα εθνική νομοθεσία της χώρας είτε με βάση διεθνείς ή και ευρωπαϊκές συμβάσεις αλλά και πρωτοβουλίες (Ζούρος Ν., 2010).

Ο στόχος της προστασίας των γεωμνημείων, η προώθησή τους αλλά και η ορθολογική διαχείρισή τους ήταν τα βασικά στοιχεία τα οποία οδήγησαν τις τελευταίες δεκαετίες, στο να δημιουργηθούν αρκετές διεθνείς πρωτοβουλίες με σκοπό την προστασία των γεωλογικών μνημείων (Eder and Patzak, 2004). Παρόλα αυτά όταν εντοπίζεται ένα σημείο ενδιαφέροντος (γεωποικιλότητας) εκτός από την καταγραφή του ένα ιδιαίτερο στάδιο είναι και η αξιολόγησή του. Για αυτό τον σκοπό υπάρχουν κάποια κριτήρια τα οποία θα παρουσιαστούν παρακάτω:

Για την ενσωμάτωση του πρώτου κριτηρίου σχετικά με την αξιολόγηση της γεωποικιλότητας, πραγματοποιείται μία ανάθεση μιας αριθμητικής τιμής με εύρος τιμών από το 40 έως το 4. Το οποίο χωρίζεται στις ακόλουθες υποκατηγορίες (μαζί με τα εύρη τιμών τους):

- Την σπανιότητα με εύρος τιμών από το 10 έως το 1.
- Την αντιπροσωπευτικότητα με εύρος τιμών από το 10 έως το 1.
- Την ακεραιότητα με εύρος τιμών από το 10 έως το 1.
- Την παραδειγματικότητα με εύρος τιμών από το 10 έως το 1.

Ακολούθως στα δύο επόμενα κριτήρια, το 2 και το 3 ενσωματώθηκαν και αυτά με το εύρος των τιμών τους να κυμαίνεται από το 10 έως το 1. Ιδιαίτερα σημαντικό για την αξιολόγηση σε αυτά τα κριτήρια είναι αν τα ονόματα των γεωτόπων της γεωποικιλότητας έχουν εθνικό ή περιφερειακό ή εθνικό ή παγκόσμιο χαρακτήρα (με βάση τη νομοθεσία που τα διέπει και τα χαρακτηρίζει)

σχετικά με την νομοθεσία τους, αλλά και αν είναι χαρακτηρισμένα και ως τοπία πολιτιστικού χαρακτήρα ή εξαιρετικής φυσικής ομορφιάς (Ζούρος Ν., 2005).

Το επόμενο κριτήριο (το 4^ο) έχει και αυτό βαθμονόμηση με εύρος τιμών από το 10 μέχρι και το 1. Η συγκεκριμένη βαθμονόμηση ουσιαστικά εξαρτάται από τον βαθμό στον οποίο συναντώνται γεωλογικοί και γεωμορφολογικοί σχηματισμοί σε μία τοποθεσία γεωποικιλότητας, όσο μεγαλύτερο είναι το πλήθος των γεωλογικών σχηματισμών τόσο καλύτερο είναι το νούμερο στην βαθμολογία (Ζούρος Ν., 2005).

Στο κριτήριο υπ' αριθμών 5 το εύρος τιμών για την βαθμονόμηση του κυμαίνεται από το 1 έως το 5. Ουσιαστικά η βαθμολογία του εξαρτάται και έχει άμεση σχέση με το αν υπάρχει νομική προστασία ή την απουσία της στην περιοχή ενδιαφέροντος. Αξίζει να αναφερθεί ότι παράλληλα σε αυτήν την ενότητα υπάρχει και μια υπο ενότητα, η οποία ανάλογα με το μέγεθος των δυνητικών απειλών μιας περιοχής υπάρχει και ανάλογη βαθμολογία με εύρος τιμών από το 1 μέχρι το 5 (Ζούρος Ν., 2005).

Στο επόμενο κριτήριο (κριτήριο 6) η βαθμονόμηση κυμαίνεται από το 20 μέχρι το 1. Πιο συγκεκριμένα σημαντικό ρόλο για την απόδοση της βαθμολογίας έχει η γεωγραφική κατανομή στον χώρο της γεωποικιλότητας, η αναγνωρισιμότητά της, η δυνατότητες που υπάρχουν και βοηθούν στην ανάπτυξη οικονομικών δραστηριοτήτων στις συγκεκριμένες περιοχές, όπως επίσης και της προσπελασιμότητάς τους, δηλαδή πόσο εύκολα είναι προσβάσιμες (Ζούρος Ν., 2005).

Παράλληλα μέσα από τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι για να είναι σε θέση ένας χώρος, ο οποίος εμφανίζει στοιχεία γεωποικιλότητας, για να θεωρηθεί σημαντικός πάντα σε σχέση και σε σύγκριση με άλλους, πρέπει να πληροί τα παραπάνω κριτήρια και να έχει όσο το δυνατόν μεγαλύτερη βαθμολογία. Βέβαια εκτός από αυτό οι χώροι οι οποίοι εμφανίζουν γεωποικιλότητα με διάφορα γεωλογικά στοιχεία είναι ιδιαίτερα σημαντικοί καθώς είναι το παράθυρο στην γεωλογική ιστορία της περιοχής που βρίσκονται, έτσι μέσα από αυτούς τους χώρους γνωστοποιείται η ιστορία του πλανήτη με τις αλλαγές που συντελέστηκαν στην περιοχή που συναντάται η γεωποικιλότητα. Παράλληλα μέσα από την γνωριμία αυτή δημιουργείται η δυνατότητα της εκπαίδευσης τόσο των νέων πληροφοριών της γεωλογικής ιστορίας αλλά και της συντήρησης των γεωλογικών και γεωμορφολογικών στοιχείων τα οποία συναντώνται εκεί.

Αξίζει να αναφερθεί ότι σε περιοχές στις οποίες υπάρχει μεγάλο πλήθος στοιχείων γεωποικιλότητας (συνήθως πλέον αυτές οι περιοχές βρίσκονται εντός των ορίων Γεωπάρκων), οι εκπαιδευτικές εκδρομές οι οποίες πραγματοποιούνται από εκπαιδευτικούς, μαθητές, αλλά και τουρίστες γενικότερα, ενισχύουν σημαντικά τις τοπικές επιχειρήσεις στην οικονομική τους ανάπτυξη αλλά και η συμβολή τους είναι ιδιαίτερα σημαντική και στην τοπική προβολή της περιοχής.

Έτσι μέσα από όλα τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι η αξία της γεωποικιλότητας είναι ιδιαίτερα σημαντική σε πάρα πολλούς τομείς από τη γεωλογική πλευρά, τη γεωμορφολογική, την οικονομική, της προβολής τόσο των γεωλογικών στοιχείων αλλά και της ευρύτερης περιοχής γενικότερα, από την οικονομική πλευρά αλλά και άλλα δευτερεύοντα στοιχεία.

1.3. Διαχείριση Γεωποικιλότητας

Η αναγκαιότητα απογραφής της γεωποικιλότητας είναι μεγάλη και ιδιαίτερος σημαντική τόσο για επιστημονικούς όσο και μη επιστημονικούς λόγους.

Αρχικά για επιστημονικούς λόγους είναι ιδιαίτερα σημαντικό να γνωρίζουμε την ακριβή θέση που βρέθηκαν τα στοιχεία της γεωποικιλότητας έτσι ώστε να κατανοήσουμε τον χώρο, να κάνουμε περισσότερες μελέτες και να βγάλουμε περισσότερα συμπεράσματα για την ευρύτερη περιοχή στην οποία εντοπίστηκαν.

Ακόμη στην περίπτωση που πρέπει να μετακινηθούν τα ευρήματά, τα οποία βρέθηκαν, είτε για την συντήρησή τους είτε για την οποιασδήποτε άλλης μορφής προστασία τους είναι ιδιαίτερα σημαντικό, καθώς πρέπει να γνωρίζουμε την φυσική τους θέση στην οποία βρέθηκαν, καθώς στο μέλλον μπορεί να τα επιστρέψουμε στον τόπο εύρεσής τους για την in situ προβολή τους.

Αξίζει να αναφέρουμε ότι είναι ιδιαίτερα σημαντικά και στην πολεοδομία-χωροταξία. Δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις που κατά την διάρκεια έργων είτε από την πολιτεία είτε από κάποιον ιδιώτη έχουν βρεθεί είτε γεωλογικές μορφές(π.χ. απολιθωμα) είτε αρχαιολογικά(π.χ. κτίσματα, αντικείμενα). Έτσι θεμιτό θα ήταν να γίνεται απογραφή των θέσεων αλλά και των στοιχείων που βρέθηκαν για τους ακόλουθους λόγους :

- Γνωρίζουμε την φυσική τους θέση
- Σε περίπτωση μετακίνησης να ξέρουμε που πρέπει να επιστραφούν
- Να γίνει αλλαγή των σχεδίων στο έργο που πραγματοποιείται έτσι ώστε να μην "πέσει" πάνω στις θέσεις ενδιαφέροντος και τις καταστρέψει, αλλά εφόσον γνωρίζει ο χωροτάκτης τις θέσεις να δημιουργήσει "νέα" σχέδια τα οποία δεν θα επηρεάζουν τις γεωλογικές θέσεις που εντοπίστηκαν.
- Για οποιαδήποτε άλλη επιστημονική μελέτη.

Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα από το Γεωπάρκο Λέσβου που είναι και το αντικείμενο μελέτης της παρούσας διατριβής, καθώς στην διαπλάτυνση του νέου οδικού άξονα από την Καλλονή προς το Σίγρι (πιο συγκεκριμένα από την Άντισσα μέχρι το Σίγρι) εντοπίστηκε ένα "καινούριο απολιθωμένο δάσος" σε ευρήματα, αλλά και άλλα φυτικά απολιθώματα(π.χ. φύλλο φοίνικα, δάφνης, κανέλλας). Ακολούθως δημιουργήθηκαν χάρτες με τις ονομασίες των θέσεων εύρεσης των απολιθωμάτων αλλά και την ακριβή τους θέση. Εν συνεχεία καθώς πλέον υπήρξε

γνώση για τις τοποθεσίες των απολιθωμάτων πραγματοποιήθηκαν ανασκαφές εύρεσης και διάσωσής τους, ενώ παράλληλα άλλαξαν τα σχέδια του δρόμου έτσι ώστε να μην περνάει μέσα από τις απολιθωματοφόρες θέσεις και καταστρέφει τα "νέα" ευρήματα.

Ακόμη είναι ιδιαίτερα σημαντικό να γίνει απογραφή καθώς υπάρχουν και μη επιστημονικοί λόγοι που συντελούν σε αυτό καθώς εφόσον δημιουργηθούν χάρτες θα βοηθήσουν σημαντικά και άλλους τομείς όπως:

- Τουριστική αξία καθώς ο επισκέπτης της περιοχής του Γεωπάρκου θα είναι σε θέση να γνωρίζει που βρίσκεται η κάθε περιοχή και να μπορεί να την επισκέπτεται. Παράλληλα με αυτόν τον τρόπο θα γνωρίζει και το τι περιλαμβάνει η κάθε θέση ενδιαφέροντος.
- Εκπαιδευτική αξία υπάρχει επίσης, καθώς με αυτόν τον τρόπο εφόσον γνωρίζουμε τις θέσεις θα μπορούμε να μαθαίνουμε και περισσότερα στοιχεία για αυτήν. Για παράδειγμα τον τρόπο δημιουργίας της, το πότε δημιουργήθηκε, ποια διαδικασία ήταν αυτή που συντέλεσε στην δημιουργία της κ.α.
- Διαχειριστική αξία καθώς μέσα από την κατάλληλη χαρτογράφηση της θέσης ενδιαφέροντος της γεωποικιλότητας ένας οργανισμός (Μουσείο Φυσικής Ιστορίας, Πανεπιστήμιο και άλλα), θα είναι σε θέση να πραγματοποιήσουν περισσότερες μελέτες στη συγκεκριμένη θέση.

Επιπρόσθετα εκτός από την χαρτογράφηση των στοιχείων της γεωποικιλότητας ιδιαίτερα σημαντικό είναι και το στάδιο της εύρεσης του στοιχείου για παράδειγμα ενός απολιθώματος. Σε αυτή την περίπτωση στο σημείο θεμιτό είναι να κατευθύνετε άμεσα μία ομάδα ειδικών συντηρητών, έτσι ώστε να πραγματοποιείται η γεωδιατήρησή του στοιχείου γεωποικιλότητας, εφόσον αυτό είναι δυνατόν (απολιθωματοφόρος θέση για παράδειγμα) και έτσι να προστατεύεται άμεσα από τους εξωτερικούς φυσικούς παράγοντες οι οποίοι μπορεί να του δημιουργήσουν φθορά μετά την αποκάλυψή του.

1.4. Γεω-διατήρηση (μελέτη ,χαρτογράφηση κλπ)

Όπου είναι δυνατό πραγματοποιείται ανασκαφική έρευνα, αυτό λαμβάνει χώρα έπειτα από συστηματική οργάνωση μιας ομάδας ποικίλων επιστημόνων και ειδικοτήτων όπως είναι οι γεωλόγοι, γεωγράφοι, εργάτες, τεχνικοί και εργατοτεχνικοί , εφόσον υπάρχει και δύναται να αξιοποιηθεί ο κατάλληλος εξοπλισμός.

Σε πρώτη φάση διενεργείται επιφανειακή έρευνα παράλληλα με τις εκσκαφικές διεργασίες που παρακολουθούνται συνεχώς. Τα μέλη της ειδικευμένης ομάδας ``χτενίζουν`` την ευρύτερη περιοχή , έτσι ώστε να εντοπίσουν τις θέσεις αλλά και όσο το δυνατόν περισσότερα νέα ευρήματα.

Εν συνεχεία τα μέλη της ομάδας απαριθμούν τον αριθμό των ευρημάτων και καταγράφουν τις ενδείξεις οι οποίες σχετίζονται με την ύπαρξη γεωμορφών στην περιοχή. Γίνεται συγκέντρωση στοιχείων , τα οποία συγκεντρώνονται και μελετώνται. Υπάρχουν και ορισμένα ευρήματα στα οποία είναι απαραίτητο να πραγματοποιηθούν ανασκαφές και στην συγκεκριμένη διαδικασία χρησιμοποιούνται κάποια από τα ακόλουθα εργαλεία:

- Αξίνα,
- τσάπα(για την αφαίρεση εδαφικού υλικού),
- οδοντιατρικά εργαλεία,
- καλαμάκια,
- λεπτά πινέλα,
- σκουπάκια,
- σκαλιστήρι,
- μυστρί,
- ξύστρα,
- σουβλί,
- λεπτά πινέλα(όλα αυτά είναι απαραίτητα για λεπτομερή εργασία),
- φτυάρι
- φαράσι για την απομάκρυνση του χώματος.

Επιπρόσθετα χρησιμοποιούμε για την αποτύπωση των ευρημάτων: φωτογραφικό εξοπλισμό, μετροταινίες και ειδικά όργανα αποτύπωσης θέσης(τοπογραφικά όργανα, GPS) για την καταγραφή τόσο του υψομέτρου της θέσης όσο και των συντεταγμένων του εκάστοτε ευρήματος.

Για να είμαστε σε θέση να τεκμηριώσουμε την ανασκαφική έρευνα χρειάζεται περιγραφική, φωτογραφική και σχεδιαστική αποτύπωση. Σε κάθε εύρημα αποδίδεται ειδικός ξεχωριστός κωδικός που αποτελεί και το “όνομά” του.

Σε όλα τα στάδια αξίζει να αναφέρουμε ότι ακολουθείται μια λεπτομερείς συστηματική καταγραφή όλων των στοιχείων της ανασκαφικής έρευνας, με την τήρηση αναλυτικού ημερολογίου ανασκαφής. Το ημερολόγιο μπορεί να είναι τόσο αναλογικής μορφής(χαρτί, μολύβι)όσο και ψηφιακής μορφής(στον Η/Υ) με φωτογραφικό υλικό του κάθε ευρήματος και με πληροφορίες παράλληλα τόσο για το έδαφος της περιοχής όσο και για το ίδιο το εύρημα(είδος ευρήματος , τρόπο αποκάλυψης, θέση διατήρησης , κατάσταση διατήρησης του ευρήματος.

Στην συνέχεια γίνεται η διαδικασία **καθαρισμού-συντήρησης:**

Στην συντήρηση περιλαμβάνονται κάποια στάδια :

1. Επεμβάσεις συντήρησης
2. Επεμβάσεις αποκατάστασης
3. Ενέργειες προληπτικής συντήρησης

Στις επεμβάσεις συντήρησης σκοπός τους είναι μέσω της ανασκαφής είναι η ανάδειξη του ευρήματος έτσι ώστε να είναι δυνατή η περαιτέρω επιστημονική μελέτη αλλά και να δοθούν χρήσιμες- ουσιαστικές πληροφορίες στον απλό πολίτη για το εύρημα.

Ακολούθως πραγματοποιείται καθαρισμός της επιφάνειας του ευρήματος για την αφαίρεση περιττών σωμάτων-στοιχείων όπως είναι:

- πυροκλαστικό υλικό,
- σκόνη,
- βλάστηση,
- χώμα,
- προϊόντα διάβρωσης κ.α.

Πραγματοποιείται καθαρισμός ανάλογος των επικαθίσεων αλλά και με βάση την ευαισθησία του ευρήματος γίνεται μηχανικά με νερό και οργανικούς αλλά αν και εφόσον χρειαστεί ανόργανους διαλύτες.

Οπότε με βάση αυτό έχουμε τα ακόλουθα στάδια :

Μηχανικός καθαρισμός : Συνιστά την αφαίρεση με προσεκτική απόξεση από την επιφάνεια του ευρήματος και απομακρύνει όλα εκείνα τα στοιχεία που αλλοιώνουν τόσο την δομή του όσο και την αισθητική του. Τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται είναι: πινέλα, βουρτσάκια, μυστρί, ξύστρα κ.α.

Υδατικός καθαρισμός : Έπεται από την διαδικασία του μηχανικού καθαρισμού σε αυτό το στάδιο η επιφάνεια του ευρήματος ξεπλένεται με νερό έτσι ώστε να απομακρυνθούν όλα εκείνα τα στοιχεία που δεν απομακρύνθηκαν μηχανικά.

Χημικός καθαρισμός : Σε αυτό το στάδιο πραγματοποιείται η απομάκρυνση όλων εκείνων των εναπομεινάντων επικαθίσεων όπου δεν έχουν απομακρυνθεί από τον μηχανικό και τον υδατικό καθαρισμό. Για αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται διάφοροι οργανικοί και ανόργανοι διαλύτες όπως καθαρή ακετόνη C_3H_6O , διάλυμα υδροχλωρικού οξέος σε απιονισμένο νερό HCl , καθαρή αιθανόλη C_2H_5OH κ.α.

Στην συνέχεια γίνεται στερέωση της επιφάνειας του ευρήματος, αυτό γίνεται στην περίπτωση που το εύρημά μας παρουσιάζει προβλήματα λόγω κονιορτοποίησης ή αποσάθρωσης της επιφάνειάς του.

Στερέωση –συγκόλληση ρωγματομένων επιφανειών του ευρήματος, είναι μία διαδικασία που πραγματοποιείται με πυκνά διαλύματα ακρυλικής θερμοπλαστικής ρητίνης συμπολυμερούς μεθυλακρυλικού εστέρα(Paraloid B67) σε καθαρή ακετόνη αυτά εισάγονται με την βοήθεια μίας ένεσης που περνάει στις ρωγμές της επιφάνειας.

Έπεται η ταυτοποίηση των αποσπασμένων τμημάτων του ευρήματος καθώς σε αυτό το τμήμα προσπαθούμε να ταυτοποιήσουμε που ακριβώς ταιριάζει το κάθε ένα αποσπασμένο εύρημα από το κεντρικό και αν μπορούμε να τα ενώσουμε. Αυτή την διαδικασία βοηθάει σημαντικά:

- τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του ευρήματος
- το χρωματισμό τους
- το σημείο από το οποίο προέρχονται από την επιφάνεια του ευρήματος
- το σχήμα του

Εν συνεχεία αφού εντοπίζουμε το που ταιριάζει το κάθε αποκομμένο τμήμα, τότε κάνουμε την διαδικασία συγκόλλησης των αποσπασμένων τμημάτων του ευρήματος. Ακολουθεί μετά από αυτό η διαδικασία αποκατάστασης. Αυτή η διαδικασία έχει σαν σκοπό να δοθεί στο εύρημα η εικόνα του ενιαίου συνόλου και την όσο το δυνατόν πιο κοντινή εικόνα στην αρχική της. Έπονται οι συμπληρώσεις των απωλειών του ευρήματος όπου αυτό γίνεται όταν στην επιφάνεια των ευρημάτων εξακολουθούν να υπάρχουν περιοχές ή τμήματα που επηρεάζουν την στατικότητα του όσο και το αισθητικό αποτέλεσμα τότε θεωρείται επιβεβλημένη η συμπλήρωση των απωλειών με κονιάματα όπως έγχρωμα κονιάματα και έγχρωμα τσιμεντοκονιάματα.

Προκειμένου να υπάρχει ομοιομορφία στο εύρημα ακολουθεί η αισθητική αποκατάσταση των συμπληρώσεων με τη χρήση ανάλογων χρωμάτων.

Επίσης πραγματοποιείται η στερέωση της επιφάνειας του ευρήματος, όπου ολοκληρώνεται η διαδικασία της συντήρησης με επάλειψη της επιφάνειας με στερεωτικό διάλυμα.

Τελειώνοντας γίνεται υδροφοβίωση της επιφάνειας. Έτσι προστατεύεται από το νερό της βροχής το οποίο θα δημιουργήσει πρόβλημα στην μελλοντική διατήρησή του. Σε αυτό το τμήμα γίνεται επάλειψη στην επιφάνεια του ευρήματος με υδροφοβικό διάλυμα.

1.5. Η γεωποικιλότητα ως βάση για την ανάπτυξη του γεω-τουρισμού

Ο όρος γεωτουρισμός ορίζεται ως το είδος του τουρισμού το οποίο συντηρεί ή και ενισχύει σε πολλές περιπτώσεις σε μία περιοχή τον γεωγραφικό της χαρακτήρα. Είδη του γεωγραφικού χαρακτήρα μιας περιοχής αφορούν ουσιαστικά: το περιβάλλον, τη γεωλογική του κληρονομιά(έχει άμεση σχέση με την γεωποικιλότητα), την ευημερία των κατοίκων του, την αισθητική σε αυτόν αλλά και να μην αλλοιωθεί και στις περιοχές ενδιαφέροντος και την κουλτούρα της περιοχής γενικότερα. (Nationalgeographic, 2019)

Ο γεωτουρισμός είναι ένα σχετικά νέο είδος τουρισμού, το οποίο αρχίζει να έχει πλέον ένα ιδιαίτερα σημαντικό αναπτυξιακό καθεστώς. Είναι ένας όρος, που άρχισε να χρησιμοποιείται κυρίως και σε ευρύτερη κλίμακα από τα αρχές της δεκαετίας του 1990, αν και υπήρχαν σχετικές αναφορές ήδη από τον 17^ο αιώνα. Η βάση του γεωτουρισμού περιλαμβάνει επισκέψεις σε περιοχές με ανεπτυγμένη γεωποικιλότητα (γεώτοπους, μουσεία φυσικής ιστορίας), βιβλιοθήκες αλλά και καλλιτεχνικές δράσεις οι οποίες σχετίζονται με την γεωποικιλότητα (Hose, 2008).

Ο γραμματέας του Διεθνούς προγράμματος γεωεπιστημών της Unesco (Patrick McKeever), τονίζει ότι τα γεωπάρακα είναι μία έννοια ολιστικού περιεχομένου η οποία συνδυάζει τρεις κύριους στόχους: την προστασία της γεωλογικής κληρονομιάς, την βιώσιμη ανάπτυξη της τοπικής κοινωνίας αλλά και την εκπαίδευση(Gonzalez-Tejada et.al., 2017).

Ο γεωτουρισμός έχει δύο συνθετικά το γεω και το τουρισμός. Έτσι κάποιιοι συγγραφείς δίνουν μεγαλύτερη έμφαση στο πρώτο και την επίδραση της έννοιας του γενικότερα στην λέξη γεω. Η έννοια αυτή(γεω) σχετίζεται με τη γεωμορφολογία, τη γεωλογία και τους φυσικούς πόρους των ορυκτών, των εδαφών, των πετρωμάτων, με έμφαση στις διαδικασίες οι οποίες δημιουργούν γεωποικιλότητα στη περιοχή (Dowling R. K, and Newsome, D., 2006).

Στην πάροδο του χρόνου όμως ο ορισμός υπέστη κάποιες αλλαγές, ως εκ τούτου οι ίδιοι συγγραφείς αναθεώρησαν και υποστήριξαν ότι ο γεωτουρισμός προωθεί: τον τουρισμό στους γεωτόπους, τη διατήρηση της γεωποικιλότητας και στην κατανομή των γεω επιστημών μέσα από τη μάθηση και τη κατανόηση των γεωλογικών-γεωμορφολογικών στοιχείων(Dowling R. K, and Newsome, D., 2010).

Ένα από τα βασικά θέματα, τα οποία παράγονται από τις εκπαιδευτικές δράσεις των γεωπαρκών και αφορούν άμεσα την ανάπτυξη του γεωτουρισμού σε άμεση συνάρτηση με την γεωποικιλότητα

της περιοχής είναι οι εκπαιδευτικές δραστηριότητες για τους μαθητές των σχολείων. Αυτές οι επισκέψεις πραγματοποιούνται εκτός της βασικής τουριστικής περιόδου και μέσω αυτών γνωστοποιούνται στους μαθητές πληροφορίες για την γεωποικιλότητα αλλά και την συντήρηση στους γεωτόπους εκεί(Zouros, 2004).

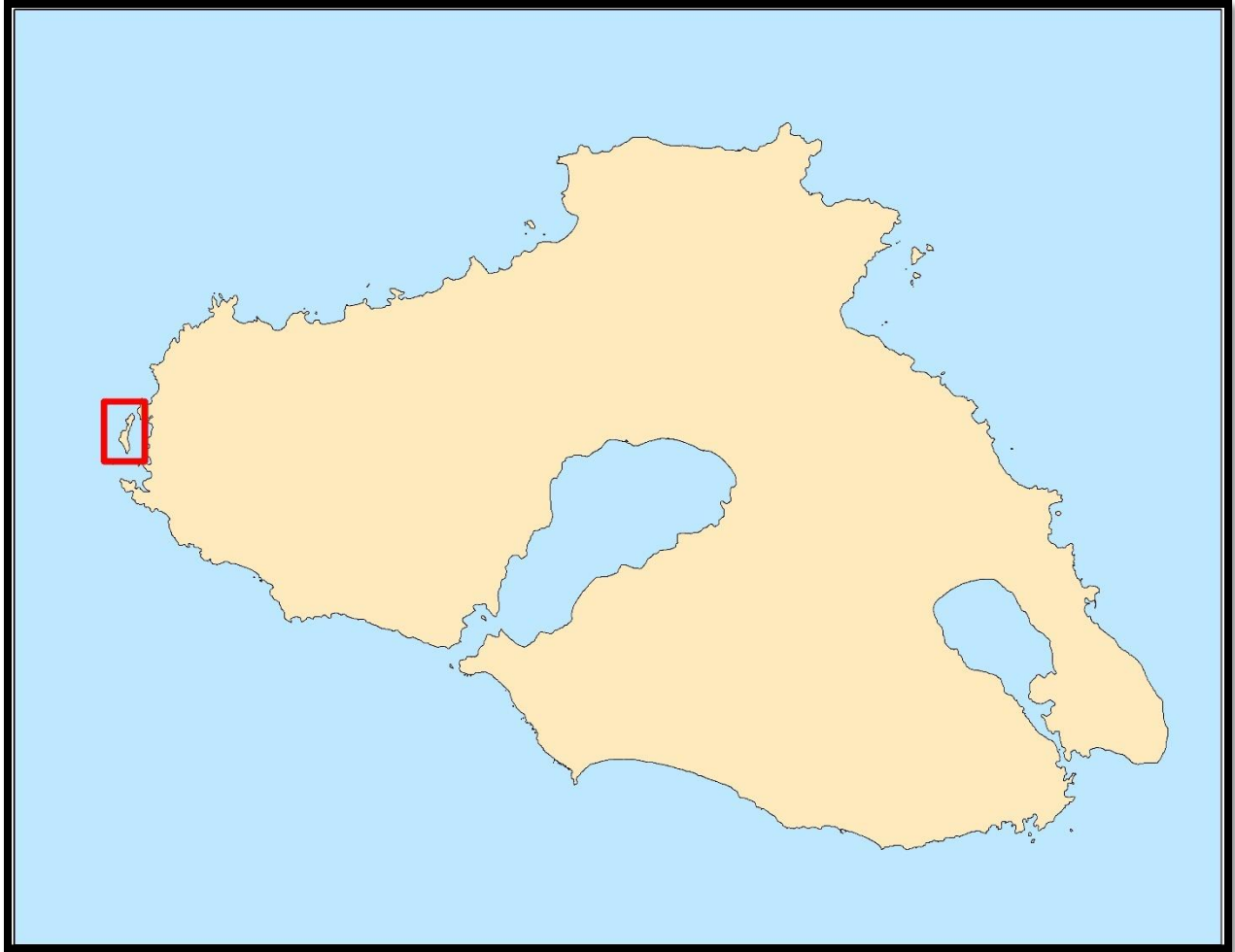
Εν κατακλείδι μέσα από τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι γεωποικιλότητα και γεωτουρισμός μπορεί να ξεκίνησαν σαν δύο διαφορετικές έννοιες αλλά και από δύο διαφορετικούς χώρους, αλλά πλέον είναι δύο έννοιες οι οποίες θεμιτό είναι να συνδυαστούν και παρουσιάζονται σε μεγάλο βαθμό ως αλληλένδετες καθώς πλέον η μία βοηθάει με τον τρόπο της την άλλη. Άλλωστε δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις στις οποίες η γεωποικιλότητα μιας περιοχής αναπτύσσει τον γεωτουρισμό της και ως επακόλουθο αυτού αναπτύσσετε και η ίδια η περιοχή σε διάφορους τομείς με κυριότερο τον οικονομικό τομέα. Παράλληλα όμως με την ανάπτυξη του γεωτουρισμού όλο και μεγαλύτερο πλήθος κόσμου γνωρίζει, μαθαίνει, κατανοεί στοιχεία για την γεωποικιλότητα μιας περιοχής. Πιο συγκεκριμένα μαθαίνει για τα γεωλογικά, γεωμορφολογικά της στοιχεία για τα οποία πιθανόν να μην γνώριζε νωρίτερα. Όμως ιδιαίτερα σημαντικό είναι ότι του γνωστοποιούνται και οι τρόποι προστασίας της γεωποικιλότητας και συντήρησής της από το εξειδικευμένο προσωπικό που εργάζεται στους φορείς των γεωπεριοχών.

1.6 Η νήσος Νησιώπη

Στο πάρκο της Νησιώπης ή αλλιώς Μεγαλονήσι βρίσκεται στο δυτικό άκρο της Νήσου Λέσβου, εικόνα 2, και κλείνει από δυτικά τον κόλπο του οικισμού Σίγρι (όπου βρίσκεται το Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Απολιθωμένου Δάσους Λέσβου). Κατά μήκος της συνολικής έκτασης του νησιού έχει εντοπιστεί ένας πολύ μεγάλος αριθμός φυτικών απολιθωμάτων και κορμών (τόσο κατακείμενων όσο και ιστάμενων). Ακόμη αξίζει να αναφέρουμε ότι ο πολύ μεγάλος αριθμός φυτικών απολιθωμάτων χαρακτηρίζουν την μικρή αυτή νησίδα ως έναν μοναδικό γεώτοπο.

Το έδαφός της είναι ηφαιστιογενές. Καλύπτεται από χαμηλή βλάστηση από φρύγανα - κυρίως αστιβή. Λίγα αρμυρίκια φυτεύτηκαν τη δεκαετία του 1970. Παλιότερα, νοικιάζονταν ως βοσκότοπος, ενώ οι φαροφύλακες που έμεναν στο Φάρο καλλιεργούσαν κηπευτικά. Κατά μια άποψη, το όνομά "Νησιώπη" είναι από τα Ομηρικά χρόνια, σύμφωνα με τον μύθο: Όταν έφυγαν οι Έλληνες από την Αυλίδα για να καταλάβουν την Τροία, ο Αγαμέμνονας κατευθύνθηκε με το στόλο του προς τη Λέσβο και να καταλάβει πρώτα αυτήν, γιατί ήταν σύμμαχος της Τροίας. Έφτασε πρώτα στην παραλία της Βρισάς κι από κει ξεκίνησε να καταλάβει τη Μήθυμνα (το σημερινό Μόλυβο) που ήταν ισχυρή πόλη. Κι όταν ο στόλος έφτασε έξω απ' το λιμάνι του Σιγρίου, κοντά στη Νησιώπη, νόμισε ο Αγαμέμνονας πως έφτασε στη Μήθυμνα, και διέταξε σιωπή. Οι στρατιώτες του αποβιβάστηκαν στη Νησιώπη τη νύχτα, αλλά με το που ξημέρωσε φάνηκε πως γι' αλλού κίνησαν κι αλλού φτάσανε. Κι έμεινε το όνομα για το Νησί της Σιωπής. Εξωκλήσι του Αγίου Γεωργίου Στην κορυφή της Νησιώπης βρίσκεται το εκκλησάκι του Αη-Γιώργη, που με το 29321/ 1681 διάταγμα του Υπ. Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων κυρήχτηκε διατηρητέο. Γύρω του υπάρχουν ερείπια μεγαλύτερης παλαιοχριστιανικής εκκλησίας και ο θρύλος θέλει εκεί να έχει θαφτεί κάποιος πολύ σημαντικός Μητροπολίτης ή και Πατριάρχης. (Wikipedia, 2019)

Η περιοχή κατά το πρόσφατο γεωλογικό παρελθόν γνώρισε έντονη τεκτονική ρηξιγενή δραστηριότητα και αυτό μαρτυράτε από τα πολλά ρήγματα που μπορούμε να εντοπίσουμε και υπάρχουν στην περιοχή. Στα φυτικά απολιθώματα συναντάμε μεγάλο εύρος αγγειόσπερμων δέντρων αλλά και προγονικές μορφές Σεκόιας (κωνοφόρα δέντρα) (Petrifiedforest, 2019).



Εικόνα 2: Στο κόκκινο τετράγωνο διακρίνεται η νησίδα Νησιώπη στη δυτική πλευρά της νήσου Λέσβου.

1.7 Γεωλογία-Γεωμορφολογία Νησιώπης

Η στρωματογραφία της περιοχής είναι εμφανείς σε όλες τις απολιθωματοφόρες-ανασκαφικές θέσεις της νήσου αλλά παράλληλα και στις ακτές, πιο συγκεκριμένα :

- Κατά μήκος ολόκληρης της ακτογραμμής της Νησιώπης συναντάμε σε έναν κατώτερο ορίζοντα λεπτόκοκκη ηφαιστειακή τέφρα, που ήρθε με μεγάλη ταχύτητα από τις ηφαιστειακές εκρήξεις και σκέπασε το τροπικό-υποτροπικό δάσος που εκτεινόταν στην περιοχή μέσω της ατμόσφαιρας.
- Στην πάνω πλευρά υπάρχει ένα στρωματίδιο παλαιοεδάφους το οποίο αναπτύχθηκε εξαιτίας των σιδηρούχων και θειούχων στοιχείων του εδάφους που αναπτύχθηκε πάνω στην ηφαιστειακή τέφρα και είναι χρώματος καστανού και κίτρινου.

- Ακολουθεί ένας ορίζοντας ο οποίος συναντάτε στην πλειονότητα των απολιθωματοφόρων θέσεων, είναι πυροκλαστικού υλικού και συναντάμε εκεί απολιθωμένα ριζικά συστήματα, κλαδιά και κορμούς(κατακεείμενους και ιστάμενους).
- Στην συνέχεια έναν νεότερο ορίζοντα πυροκλαστικού υλικού που περιέχει συνήθως κορμούς αγγειόσπερμων και κωνοφόρων δέντρων. Έχει ανοικτό γκρι χρώμα με κάποια μικρά-αποστραγγυλεμένα και γωνιώδη μαύρα, λευκά και κόκκινα τεμάχια.
- Ο επόμενος ορίζοντας αποτελείται από ηφαιστειακά κροκαλο-λατυποπαγή διαφόρων διαστάσεων και χρωματισμών. Είναι ένας ορίζοντας lahar, πυροκλαστικών υλικών και ροών λάβας που έφτασαν στο τμήμα της νησίδας αργότερα από τις ηφαιστειακές εκρήξεις κατά κύριο λόγο με την βοήθεια ποταμιών λασποροής αφού διένυσαν μεγάλες αποστάσεις με αυτόν τον τρόπο. Στο τέλος αποτέθηκαν πάνω από τον ήδη προϋπάρχοντα εδαφικό ορίζοντα.
- Από τον ορίζοντα των lahar ακολουθεί ένας άλλος ορίζοντας από πυροκλαστικά υλικά στον οποίο μπορούν να βρεθούν ριζικά συστήματα, κορμοί και κλαδιά.
- Ακολουθεί ένας ακόμα εδαφικός ορίζοντας lahar.
- Έπεται ένας εδαφικός ορίζοντας από ηφαιστειακή τέφρα μεταγενέστερων ηφαιστειακών εκρήξεων.
- Τέλος κατά κύριο λόγο στις νότιες ακτές συναντάμε έναν ορίζοντα ελαφρόπετρας. (Οδηγός Νησιώπης,2015)

2. Το Απολιθωμένο Δάσος Λέσβου

2.1. Το Απολιθωμένο Δάσος (Το γεω-μνημείο και η προστασία του)

Πριν από 20 περίπου εκατομμύρια χρόνια εκδηλώθηκε έντονη ηφαιστειακή δραστηριότητα στο χώρο του Βορείου Αιγαίου. Στην κεντρική Λέσβο δημιουργήθηκαν τότε μεγάλα ηφαιστειακά οικοδομήματα. Πρόκειται για τα ηφαίστεια της Βατούσας, του Λεπετύμνου, της Άγρας της Ανεμώτιας και του Μεσοτόπου, με ηφαιστειακούς θόλους και πολλά διαφορετικά σημεία εξόδου των ηφαιστειακών υλικών. Σήμερα τα 2/3 της έκτασης της Λέσβου καλύπτονται από ηφαιστειακά πετρώματα που δημιουργήθηκαν την περίοδο από 21 έως 16 εκατομμύρια χρόνια.(Lesvosmuseum, 2019). Εκείνη την περίοδο η Λέσβος δεν ήταν νησί όπως σήμερα αλλά ενωνόταν με την ηπειρωτική Ελλάδα με μια μεγάλη έκταση γης(καθώς τότε δεν υπήρχε το Αιγαίο πέλαγος) με την Αιγιίδα χέρσο. Ταυτοχρόνως ιδιαίτερα στο δυτικό τμήμα του νησιού εκτεινόταν ένα μεγάλο τροπικό – υποτροπικό δάσος σε τροπικό κλίμα, στο οποίο υπήρχαν Σεκόιες, φοίνικες, δάφνη, κανέλλα, κυπαρισσίδες, πολλά είδη Δρυός(βελανιδιές) κ.α. είδη φυτών τα οποία την σημερινή εποχή έχουμε την δυνατότητα να τα συναντήσουμε σε αντίστοιχα τροπικά δάση όπως στον Αμαζόνιο. Ακολούθησαν ηφαιστειακές εκρήξεις κατά κύριο λόγο από το ηφαίστειο της Βατούσας. Η ηφαιστειακή σκόνη σε συνδυασμό με τις τροπικές καταιγίδες κάλυψαν τα φυτά και δεν τα έκαψαν, καθώς δημιουργήθηκε λάσπη. Εν συνεχεία ακολούθησαν θερμά υγρά πλούσια σε πυρίτιο τα οποία απολίθωσαν τέλεια τους φυτικούς αλλά και ζωικούς οργανισμούς. Αυτός είναι ο λόγος που σήμερα συναντάμε ιδιαίτερα στο δυτικό τμήμα του νησιού τον κύριο όγκο των απολιθωμάτων(Lesvosmuseum, 2019).

Το Απολιθωμένο δάσος Λέσβου σήμερα συνιστά ένα “παράθυρο” στην γεωλογική ιστορία της περιοχής και εκτός από το κυρίως μουσείο που βρίσκεται στον οικισμό Σίγρι περιλαμβάνει και τα ακόλουθα πάρκα (όλα στην δυτική πλευρά του νησιού και εντός της προστατευόμενης περιοχής):Πάρκο Νησιώπης, Πάρκο Χαμανδρούλα, Πάρκο Σκαμιούδας Άντισσας, Πάρκο Πλάκας, Πάρκο Απολιθωμένου Δάσους(Μπαλή Αλώνια, Πάρκο Σιγρίου. Στην παρούσα διπλωματική θα εστιάσουμε στο Πάρκο της Νησιώπης και στο Μπαλή Αλώνια(Lesvosmuseum, 2019).

Ως αποτέλεσμα όλων των παραπάνω στην Λέσβο αναδεικνύονται στοιχεία της φυσικής, πολιτιστικής και γεωλογικής κληρονομιάς.

Βέβαια ιδιαίτερα σημαντικό είναι και το θεσμικό πλαίσιο προστασίας του γεωπάρκου αλλά και η προστασία- συντήρηση των γεωτόπων όπως αυτοί παρουσιάζονται πιο πάνω στην ενότητα της γεωδιατήρησης, στην παρούσα ενότητα ακολουθεί το θεσμικό πλαίσιο προστασίας που αφορά το γεωπάρκο(Lesvosmuseum, 2019).

Η Ελληνική Πολιτεία αναγνωρίζοντας την μεγάλη περιβαλλοντική, γεωλογική και παλαιοντολογική αξία του Απολιθωμένου Δάσους Λέσβου, προχώρησε σε μια σειρά ενεργειών για την προστασία του. Στις 31 Ιανουαρίου 1958 δημοσιεύθηκε η πρώτη Υπουργική απόφαση του Υπουργού Πολιτισμού για τον χαρακτηρισμό του Απολιθωμένου δάσους ως περιοχής χρίζουσας ειδικής προστασίας(Lesvosmuseum, 2019).

Το 1965 με απόφαση του Υπουργού Γεωργίας έγινε η απαλλοτρίωση δύο περιοχών έκτασης 500 στρεμμάτων (θέσεις Μπαλή Αλώνια και Χαμανδρούλα) όπου παρατηρείται μεγάλη συγκέντρωση απολιθωμένων κορμών(Lesvosmuseum, 2019).

Το 1985 με πρόταση του Υπουργείου Γεωργίας δημοσιεύεται ΠΔ για την κήρυξη του "Απολιθωμένου Δάσους" ως Διατηρητέου Μνημείου της Φύσης (ΠΔ 443/85). Με το Π.Δ. 443/85 προστατεύονται ένα θαλάσσιο και τέσσερα χερσαία τμήματα που περιλαμβάνονται σε μια ευρύτερη έκταση 150.000 στρεμμάτων στις περιοχές Σιγρίου, 'Αντισσας και Ερεσού και περιλαμβάνονται το θαλάσσιο τμήμα γύρω από την Νησίδα Νησιώπη ή Μεγαλονήσι και τέσσερις χερσαίες περιοχές καθώς και μεμονωμένες εμφανίσεις απολιθωμένων κορμών. Με την εφαρμογή του απαγορεύεται αυστηρά η ανασκαφή, επιχωμάτωση, δειγματοληψία εδάφους και γεωλογικού υποστρώματος και κάθε άλλη ενέργεια που μπορεί να προκαλέσει φθορά και αλλοίωση των γεωλογικών σχηματισμών συνολικής έκτασης καθώς απαγορεύεται και η κοπή, συλλογή, καταστροφή ή μεταφορά απολιθωμένων τμημάτων(Lesvosmuseum, 2019).

Το 1996 με Δασική Αστυνομική Διάταξη ρυθμίζονται θέματα προστασίας και αξιοποίησης των τμημάτων του Απολιθωμένου Δάσους που κηρύχθηκαν Διατηρητέα Μνημεία της Φύσεως. Με νόμο (Ν. 2260/94 άρθρο 2) το 1994 ιδρύεται το Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Απολιθωμένου Δάσους Λέσβου με σκοπό την μελέτη, έρευνα, έκθεση, συντήρηση, προστασία, φύλαξη, ανάδειξη, προβολή και πρόσφορη αξιοποίηση του Απολιθωμένου Δάσους και με το ΠΔ183/95, (ΦΕΚ 96 /Α/ 30-5-1995) ορίζεται ο κανονισμός λειτουργίας του(Lesvosmuseum, 2019).

2.1.1. Τόποι Ιδιαίτερου Φυσικού Κάλλους

Η νησίδα Μεγαλονήσι ή Νησιώπη που προστατεύεται ως Τόπος Ιδιαίτερου Φυσικού Κάλλους (ΦΕΚ 1176/Β/2000) (Lesvosmuseum, 2019).

2.1.2. Δίκτυο «NATURA 2000»

Το 1999 (Ν. 2742/99 και στη συνέχεια Ν.3044/02) δημιουργείται το θεσμικό πλαίσιο προστασίας των φυσικών περιοχών ευρωπαϊκής Σημασίας με το δίκτυο «Natura 2000» βάση της οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης (92/43/ΕΟΚ). Η περιοχή του απολιθωμένου δάσους περιλαμβάνεται μεταξύ των περιοχών που αποτελούν το Εθνικό Κατάλογο των περιοχών του δικτύου αφού εντάχθηκε στην περιοχή της Δυτικής Χερσονήσου Λέσβου- Απολιθωμένου Δάσους (κωδικός GR 4110003) (Lesvosmuseum, 2019).

Στις περιοχές αυτές προωθείται η διατήρηση των φυσικών οικοτόπων καθώς και της άγριας πανίδας και χλωρίδας. Πιο συγκεκριμένα το δίκτυο αποτελείται από τις περιοχές όπου συναντώνται οι τύποι οικοτόπων που εμφανίζονται στα παραρτήματα της σχετικής οδηγίας και πρέπει να διασφαλίζεται η διατήρηση ή, ενδεχομένως, η αποκατάσταση σε ικανοποιητική κατάσταση διατήρησης, των οικοτόπων προτεραιότητας καθώς και των ειδών προτεραιότητας της χλωρίδας και της πανίδας. (Lesvosmuseum, 2019)

2.1.3. Ζώνη Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ) της ορνιθοπανίδας

Μια έκταση 340.000στρ. στην περιοχή έχει προταθεί για τον χαρακτηρισμό της ως Ζώνη Ειδικής Προστασίας της ορνιθοπανίδας (Special Protected Area) σύμφωνα με το Αρ. 4 της Οδηγίας για τα Πουλιά (79/409/ΕΟΚ). Η προτεινόμενη περιοχή έχει τον κωδικό «GR134: Νοτιοδυτική Χερσόνησος-Απολιθωμένο Δάσος Λέσβου» και ακολουθεί τα δυτικά παράλια του νησιού και έχει αδρό όριο από βορά προς νότο τη νοητή γραμμή που ενώνει τους οικισμούς Λάψαρνα, Λυγερή, Μονή Περιβολής, Βατούσα, Ρεύμα, ύψωμα Μυτερό Βουνό και τα Παράκοιλα. Η περιοχή έχει χαρακτηριστεί ήδη ως Σημαντική Περιοχή για τα Πουλιά (ΣΠΠ). (Lesvosmuseum, 2019)

2.1.4. Καταφύγια Άγριας Ζωής

Στην περιοχή έχουν χαρακτηριστεί έξι τοποθεσίες ως Καταφύγια Άγριας Ζωής από την Διεύθυνση Δασών του Υπουργείου Αγροτική Οικονομίας και Ανάπτυξης. (Lesvosmuseum, 2019)

2.1.5. Σύμβαση της Βαρκελώνης

Το 1997 δημοσιεύεται στην Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων (L240/19-9-1997), η Σύμβαση για την προστασία της Μεσογείου από τη ρύπανση επονομαζόμενη ως Σύμβαση της Βαρκελώνης, με την οποία προστατεύεται η παράκτια ζώνη του απολιθωμένου δάσους.(Lesvosmuseum, 2019)

2.2. Απολιθωματοφόρες θέσεις

Στην παρούσα ενότητα πραγματοποιείται προσπάθεια παρουσίασης των απολιθωματοφόρων θέσεων στο γεωπάρκο Λέσβου αλλά και άλλων στοιχείων όπως είναι: οι ηφαιστειακοί γεώτοποι, οι γεωμορφολογικοί γεώτοποι, οι τεκτονικοί- στρωματογραφικοί γεώτοποι, οι θερμές πηγές και οι καταρράκτες(παρουσιάζονται και στον γεωτουριστικό χάρτη της εικόνας 2).

Σχετικά με τις απολιθωματοφόρες θέσεις αφορούν:

Θέση 1

Πάρκο απολιθωμένου δάσους(Μπαλή Αλώνια)

Το Απολιθωμένο δάσος Λέσβου χαρακτηρίστηκε ως ένα διατηρητέο μνημείο της φύσης το 1985, εξαιτίας της ιδιαίτερης βιολογικής και παλαιοντολογικής του αξίας. Επιπρόσθετα εντάχθηκε το 2004 στο παγκόσμιο δίκτυο γεωπάρκων της UNESCO.

Το Πάρκο του Απολιθωμένου Δάσους δημιουργήθηκε στην τοποθεσία Μπαλή Αλώνια που είναι γνωστή και ως <<Κύρια Απολιθωμένη>> ήδη από τον 17ο αιώνα. Από το 1966 η έκταση απαλλοτριώθηκε από το ελληνικό δημόσιο και από το 1988 περιφράχθηκε από τη διεύθυνση δασών Λέσβου για να δημιουργηθεί ένα επισκέψιμο πάρκο. Παρόλα αυτά οι συστηματικές ανασκαφές ξεκίνησαν από το 1997 από το μουσείο φυσικής ιστορίας του απολιθωμένου δάσους Λέσβου, τότε ήταν η περίοδος που ανακαλύφθηκαν πληθώρα με απολιθωματοφόρες θέσεις τις οποίες σήμερα ένας επισκέπτης μπορεί να παρατηρήσει από κοντά με μία επίσκεψη στο πάρκο.

Η έκταση που καλύπτει είναι 286 στρέμματα και ο επισκέπτης του Πάρκου μπορεί να περιπλανηθεί στους χώρους του πάρκου μέσα στις ειδικά διαμορφωμένες διαδρομές. Το πάρκο Μπαλή Αλώνια φιλοξενεί ένα πλούσιο τμήμα του απολιθωμένου δάσους Λέσβου. Σε αυτό μπορεί ένας επισκέπτης να παρατηρήσει εντυπωσιακούς κατακείμενους αλλά και ιστάμενους απολιθωμένους κορμούς. Οι οποίοι προέρχονται από δέντρα όπως οι γιγάντιες σεκόγιες, κυπαρίσσιδες, κωνοφόρα δέντρα και άλλα. (Ζούρος Ν., 2015)

Θέση 2

Πάρκο Απολιθωμένου Δάσους Σιγρίου

Το πάρκο Σιγρίου δημιουργήθηκε σε μία έκταση η οποία περιλαμβάνει 30 στρέμματα από το Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Απολιθωμένου Δάσους Λέσβου. Είναι ένας εξαιρετικής σημασίας γεώτοπος, ο οποίος έχει μεγάλη επιστημονική αξία αλλά και μεγάλη σπανιότητα. Στο πάρκο υπάρχουν αξιοσημείωτες εμφανίσεις ηφαιστειακών πετρωμάτων αλλά και μία πληθώρα από

ιδιαίτερα σημαντικά φυτικά απολιθώματα. Επιπρόσθετα στο πάρκο υπάρχουν ιστάμενοι κορμί αλλά και κατάκειμένοι με πλήρως ανεπτυγμένο το ριζικό του σύστημα από κάτω κάτι που σημαίνει ότι απολιθώθηκαν και βρίσκονται σήμερα στην ίδια θέση με αυτήν στην οποία βρίσκονταν πριν από 20 εκατομμύρια χρόνια. (Ζούρος Ν., 2015)

Θέση 3

Πάρκο Απολιθωμένου Δάσους Πλάκας

Βρίσκεται στη μικρή ομώνυμη Χερσόνησο σε μία έκταση 70 στρεμμάτων και δημιουργήθηκε από το Μουσείο Φυσικής Ιστορίας του Απολιθωμένου Δάσους Λέσβου κατά κύριο λόγο στις ερευνητικές εργασίες οι οποίες έχουν πραγματοποιηθεί από το μουσείο φυσικής ιστορίας απολιθωμένου δάσους Λέσβου. Έχουν βρεθεί σημαντικά φυτικά απολιθώματα κατώτερα τμήματα κορμών αλλά και ριζικά συστήματα.

Σε αυτό το πάρκο έχουν εντοπιστεί κατά κύριο λόγο πευκίδες αλλά και μία ποικιλία από καρποφόρα φυτά. Παράλληλα έχουν εντοπιστεί απολιθώματα δάφνης, λεύκης, πεύκης, πλατάνου αλλά και φοίνικα. Οι ανασκαφικές θέσεις απολιθωμένων δένδρων οι οποίες είναι σήμερα επισκέψιμες ανέρχονται στις 46 με τους περισσότερους από τις απολιθωμένους κορμούς οι οποίοι βρίσκονται στο συγκεκριμένο πάρκο να είναι ιστάμενοι(Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 4

Πάρκο Απολιθωμένου Δάσους Νησιώτης

Η νησίδα Νησιώπη η οποία είναι και το βασικό θέμα επεξεργασίας στη παρούσα διατριβή, είναι μία περιοχή με ιδιαίτερα υψηλή περιβαλλοντική και εκπαιδευτική αξία. Είναι το πρώτο θαλάσσιο πάρκο απολιθωμάτων που έχει δημιουργηθεί στον ελληνικό χώρο και οι επισκέπτες σε αυτό μπορούν να περιηγηθούν τόσο στο θαλάσσιο χώρο όσο και στον χερσαίο. Στο χερσαίο τμήμα υπάρχουν 44 απολιθωματοφόρες θέσεις στις οποίες συναντώνται σήμερα απολιθωμένοι κορμοί καρποφόρων και κωνοφόρων δέντρων τόσο ιστάμενοι όσο και κατακείμενοι (Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 5

Μήθυμνα τοποθεσία Αγία Κυριακή

Στη συγκεκριμένη περιοχή νότια της Μήθυμνας εμφανίζεται αυτή η εξαιρετικής σημασίας απολιθωματοφόρα θέση, η οποία αποτελεί τη βορειότερη εμφάνιση του Απολιθωμένου Δάσους της Λέσβου. Η παρουσία απολιθωμάτων στη συγκεκριμένη περίπτωση γνωστοποιεί ότι το

απολιθωμένο δάσος δεν εκτεινόταν μόνο στη δυτική χερσόνησο της νήσου Λέσβου αλλά και ανατολικότερα. Τα απολιθώματα βρίσκονται μέσα σε έναν ορίζοντα πυροκλαστικών υλικών, που δημιουργήθηκαν πριν από 18 εκατομμύρια χρόνια όταν εκρίχθηκε το ηφαίστειο του Λεπέτυμνου. Πρόκειται για έναν μεγάλο κατακείμενο κορμό απολιθωμένου κωνοφόρου δέντρου ο οποίος ανήκει στην οικογένεια της Σεκόιας. Παράλληλα έχουν εντοπιστεί και άλλα τμήματα απολιθωμένων δέντρων στην ίδια περιοχή (Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 71

Απολιθώματα Megalodon

Ορισμένα από τα παλαιότερα απολιθώματα της νήσου Λέσβου μπορεί να συναντήσει κάποιος κατά κύριο λόγο σε πολλές περιοχές της νοτιοανατολικής Λέσβου. Πρόκειται για πετρώματα που σχηματίστηκαν κατά τη γεωλογική περίοδο του τριαδικού, πριν από 200 με 250 εκατομμύρια χρόνια από ιζήματα που συγκεντρώνονταν στο βυθό του Ωκεανού της Τηθύος. Στη Λέσβο τα πετρώματα αυτά εντοπίζονται κυρίως με τη μορφή σχιστόλιθων, μεταψαμμιτών, και κρυσταλλικών ασβεστόλιθων. Φυσικά μαζί με τα ιζήματα, συγκεντρώθηκαν στο βυθό και υπολείμματα από ζωντανούς οργανισμούς του ωκεανού ορισμένα από τα οποία σταδιακά απολιθώθηκαν. Ο σημαντικότερος από τους οργανισμούς που απολιθώθηκαν με αυτό τον τρόπο είναι το δίθυρο μαλάκιο Megalodon και διατηρείται σήμερα μέσα στους Τριαδικούς κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους της νοτιοανατολικής Λέσβου (Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 72

Γαβαθάς- Το πρώτο ζωικό απολίθωμα του απολιθωμένου δάσους Λέσβου

Το 1999 κοντά στο χωριό του Γαβάθα βρέθηκε το πρώτο ζωικό απολίθωμα του Απολιθωμένου Δάσους Λέσβου. Πρόκειται για ένα σαγόμι με τα 10 δόντια του και τα οστά που το συνέδεαν με το κρανίο του ζώου. Μετά τον προσεκτικό καθαρισμό και τη σύγκριση του απολιθώματος με απολιθώματα από διάφορα πρωτόγονα ζώα, διαπιστώθηκε ότι ανήκει σε ένα πρωτόγονο προβοσκιδωτό ζώο στο είδος *Prodeinotherium Bavaricum* που έζησε πριν από 19 εκατομμύρια χρόνια (Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 73

Λάφαρνα απολιθώματα ζώων του Απολιθωμένου Δάσους Λέσβου

Το 2007 κοντά στα Λάψαρνα, ερευνητές του Μουσείου Φυσικής Ιστορίας του Απολιθωμένου Δάσους Λέσβου εντόπισαν ένα λεπτό στρώμα ιζημάτων με ζωικά απολιθώματα: κελύφη από λιμναία και χερσαία γαστερόποδα, υπολείμματα από μικρά αμφίβια και ερπετά, μεμονωμένα φαρυγγικά δόντια και ωτόλιθους από λιμναία ψάρια, δόντια από αλιγάτορες και μικρά θηλαστικά (Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 74

Βατερά απολιθώματα ζώων 2 εκατομμυρίων χρόνων

Το 1997, στην περιοχή των Βατερών, ανακαλύφθηκαν σημαντικά απολιθώματα χερσαίων σπονδυλωτών ζώων. Κατά τα χρόνια που ακολούθησαν μεγάλη ερευνητική ομάδα από το Πανεπιστήμιο Αθηνών αλλά και από ερευνητικά ινστιτούτα της Ολλανδίας πραγματοποίησαν εντατικές ανασκαφές σε επτά θέσεις κοντά στο δρόμο που συνδέει τα Βατερά με τη Βρίσα και αποκάλυψαν μεγάλο αριθμό απολιθωμάτων με ηλικία περίπου 2 εκατομμύρια χρόνια πριν από σήμερα. Η απολιθωμένη πανίδα περιλαμβάνει πρωτόγονες μορφές σπονδυλωτών ζώων που ζούσαν εκείνη την περίοδο τόσο στην Ευρώπη όσο και στην Ασία όπως: άλογα, αντιλόπες, γαζέλες, κοντόλαιμες, καμηλοπαρδάλεις, ασβούς, μικρούς ρινόκερους και άλλα (Ζούρος Ν., 2015).

Ηφαιστειακοί Γεώτοποι :

Θέση 6

Ηφαιστειακός Δόμος Υψηλού-Στηλοειδείς λαβές

Ο ηφαιστειακός δόμος του Όρδυμνου, είναι ένα από τα εντυπωσιακότερα ηφαιστειακά οικοδομήματα στη Λέσβο. Έχει κωνικό σχήμα και υψόμετρο που φτάνει τα 634 μέτρα. Σχηματίστηκε στην τελευταία φάση της ηφαιστειακής δραστηριότητας δηλαδή πριν από 16,5 εκατομμύρια χρόνια. Η δημιουργία του ηφαιστειακού δόμου οφείλεται στην άνοδο του μάγματος που κινήθηκε με μικρή ταχύτητα, διαπέρασε τα παλαιότερα μεταμορφωμένα πετρώματα του υπόβαθρου, αναθόλωσε τα στρώματα των πλαστικών σχηματισμών που κάλυπταν την περιοχή και δημιούργησε έναν γιγαντιαίο θολό χωρίς να προκληθεί ηφαιστειακή έκρηξη. Το μάγμα ψύχθηκε και στερεοποιήθηκε σε μικρό σχετικά βάθος. Η στηλοειδείς λαβές στη βόρεια πλευρά του Λόφου δημιουργήθηκαν εξαιτίας της απότομης ψύξης του διάπυρου υλικού (Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 7

Ηφαιστειακός δόμος-Λακκόλιθος Ερεσσού

Ο ηφαιστειακός δόμος Ερεσσού είναι ένας μεγάλος λόφος, νότια του οικισμού του Προφήτη Ηλία. Αποτελεί ένα χαρακτηριστικό οικοδόμημα το οποίο ανήκει σε μία σειρά ηφαιστειακών δομών που εμφανίζονται στην ευρύτερη περιοχή και δημιουργήθηκε στην τελευταία φάση της ηφαιστειακής δραστηριότητας η οποία συντελέστηκε πριν 16,5 εκατομμύρια χρόνια και (Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 8

Ηφαιστειακή Φλέβα Ερεσσού

Η ηφαιστειακή φλέβα Ερεσσού δημιουργήθηκε ουσιαστικά κατά τη νεότερη ηφαιστειακή δραστηριότητα της νήσου Λέσβου πριν από 17 εκατομμύρια χρόνια. Η φλέβα σχηματίστηκε από διείσδυση ρευστού μάγματος σε προϋπάρχοντα ηφαιστειακά πετρώματα τα οποία δημιουργήθηκαν στην κύρια φάση της ηφαιστειακής δραστηριότητας. Τέλος η διείσδυση του μάγματος στα ανώτερα στρώματα του φλοιού οδήγησε στη σταδιακή ψύξη και τη στερεοποίηση του. Τα πετρώματα τα οποία περιέβαλλαν την ηφαιστειακή φλέβα διαδόθηκαν ενώ το μάγμα όχι έτσι καθώς ήταν ανθεκτικότερο στη διάβρωση δημιούργησε τη συγκεκριμένη φλέβα(Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 9

Ηφαιστειακός Δόμος Μαστού- Ακρόπολη Ερεσσού

Σχηματίστηκε στην τελευταία φάση της ηφαιστειακής δραστηριότητας πριν από 16,5 εκατομμύρια χρόνια και αποτελεί το νοτιότερο από μία σειρά ηφαιστειακών δομών που εμφανίζεται στην ευρύτερη περιοχή(Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 10

Ηφαιστειακός Δόμος Πορτός-Μεσότοπος

Βρίσκεται στην περιοχή του φράγματος στη Μονή Πυθαρίου κοντά στην επαρχιακή οδό Μεσοτόπου-Ερεσσού. Στον συγκεκριμένο λόφο παρουσιάζεται στυλοειδή κατάτμηση και σχηματίστηκε στην τελευταία φάση της ηφαιστειακής δραστηριότητας στο νησί της Λέσβου πριν από 16,5 εκατομμύρια χρόνια. Ακόμη αποτελεί τον μεγαλύτερο ηφαιστειακό δόμο από όσους βρίσκονται στη συγκεκριμένη περιοχή κατά μήκος μιας μεγάλης ηφαιστειακής φλέβας με διεύθυνση από Ανατολή προς Δύση(Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 11

Δόμοι- Ηφαιστειακή Καλδέρα Μεσοτόπου

Το ηφαίστειο του Μεσοτόπου συνδέεται με την κυρία ηφαιστειακή δραστηριότητα η οποία συντελέστηκε στο νησί της Λέσβου πριν από 18,5 έως 17 εκατομμύρια χρόνια. Στο εσωτερικό της διακρίνονται στρώματα ηφαιστειακών υλικών που απελευθερώθηκαν από τις αλληπάλληλες εκρήξεις του ηφαιστείου. Η ηφαιστειακή καλδέρα έχει διάμετρο η οποία ξεπερνά τα 8 χιλιόμετρα. Τέλος η υδροθερμική δραστηριότητα που ακολούθησε την ηφαιστειακή δραστηριότητα είχε ως αποτέλεσμα την αποσάθρωση των πετρωμάτων στο εσωτερικό της καλδέρας (Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 12

Δόμοι- Ηφαιστειακή Καλδέρα Βατούσας.

Το ηφαίστειο της Βατούσας συνδέεται με την κυρία ηφαιστειακή δραστηριότητα της Λέσβου η οποία πραγματοποιήθηκε πριν από 18,5 με 17 εκατομμύρια χρόνια. Οι λόφοι οι οποίοι περιβάλλουν την Βατούσα αποτελούν τα όρια της καλδέρας που έχει διάμετρο που ξεπερνά τα 8,5 χιλιόμετρα. Η υδροθερμική δραστηριότητα που ακολούθησε την ηφαιστειακή προκάλεσε την αποσάθρωση των πετρωμάτων στο εσωτερικό της καλδέρας. Οι ηφαιστειακές εκρήξεις της Βατούσας βοήθησαν σημαντικά στην δημιουργία του απολιθωμένου δάσους Λέσβου (Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 13

Σφαιροειδής Μορφές Αποφλοίωσης Βατούσας

Διακρίνονται στον οδικό άξονα μεταξύ Σκαλοχωρίου και Βατούσας και δημιουργήθηκαν από την ψύξη του μαγματικού σώματος, η οποία προκάλεσε την αποφλοίωση. Σχηματίζονται συγκεντρικά κελύφη στην εξωτερική επιφάνεια του ηφαιστειακού πετρώματος λόγω διαφορικών τάσεων μέσα στο πέτρωμα που οφείλονται κυρίως στη χημική αποσάθρωση του (Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 14

Ηφαιστειακό Λατυποπαγές Πτερούντας

Είναι ένα πέτρωμα το οποίο περιέχει πολύχρωμα γωνιώδη θραύσματα λάβας. Κατά το παρελθόν λατομεύθηκε και αποτέλεσε οικοδομικό υλικό για πλήθος σπιτιών στην περιοχή (Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 15

Ηφαιστειακή Φλέβα Φίλιας

Είναι μία ιδιαίτερη γεωμορφή η οποία δημιουργήθηκε πριν από 17 εκατομμύρια χρόνια δηλαδή κατά τη νεότερη ηφαιστειακή δραστηριότητα. Η συγκεκριμένη φλέβα σχηματίστηκε από διείσδυση δακτυκτικού μάγματος σε προϋπάρχοντα ηφαιστειακά πετρώματα τα οποία δημιουργήθηκαν κατά τη νεότερη ηφαιστειακή δραστηριότητα πριν από 18,5 με 17 εκατομμύρια χρόνια (Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 16

Ηφαίστειο Ανεμώτιας

Το ηφαίστειο της Ανεμώτιας είναι ένα από τα πιο καλοδιατηρημένα ηφαίστεια στο νησί της Λέσβου. Ο κρατήρας του ηφαιστείου της Ανεμώτιας είναι εύκολα διακριτός καθώς βρίσκεται στο βάθος της κοιλάδας, ενώ οι γύρω πλαγιές αποτελούν τα τοιχώματα του κρατήρα. Εκεί πάνω σε ηφαιστειακού στόχους, συναντώνται εντυπωσιακές εκχύσεις ρευμάτων λάβας(Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 17

Κεριά Δομές Διάβρωσης

Στην περιοχή της μονής Λειμώνος υπάρχουν εντυπωσιακές μορφές βράχων. Πρόκειται για μορφές διάβρωσης ηφαιστειακού πετρώματος. Τα πετρώματα που περιέβαλλαν τους κατακόρυφους αυτούς βράχους διαβρώθηκαν ενώ αυτοί ως ανθεκτικότεροι στη διάβρωση αποκαλύφθηκαν σιγά-σιγά και ξεπρόβαλαν όπως φαίνονται σήμερα. Η θέση κεριά δημιουργείται εδώ και εκατομμύρια χρόνια και είναι ένα μοναδικό δημιούργημα(Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 18

Ηφαιστειακός Δόμος Μήθυμνας

Τόσο ο οικισμός όσο και το κάστρο της Μήθυμνας χτίστηκαν πάνω στον ηφαιστειακό δόμο που σχηματίστηκε από την άνοδο του μάγματος, που κινήθηκε με μικρή ταχύτητα, διαπέρασε τα παλαιότερα μεταμορφωμένα πετρώματα του υπόβαθρου και δημιούργησε έναν γιγαντιαίο θολό χωρίς να προκληθεί ηφαιστειακή έκρηξη. Το μάγμα ψήθηκε και στερεοποιήθηκε σε μικρό βάθος. Το γεγονός, το οποίο οδήγησε στην αποκάλυψη του ήταν η διάβρωση των πυροκλαστικών πετρωμάτων που τον περιέβαλλαν(Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 19

Στυλοειδείς Λαβές Πελόπης

Μοιάζουν με κολώνες τοποθετημένες η μία δίπλα στην άλλη και βρίσκονται στον επαρχιακό δρόμο Πελόπης-Υψηλομετώπου. Για την δημιουργία τους ευθύνεται η γρήγορη ψύξη ενός ρεύματος δακτιτικής λάβας που ανάβλυζε από τον ηφαιστειακό δρόμο του Προφήτη Ηλία. Το μάγμα ψύχθηκε απότομα όταν έφτασε στην επιφάνεια της γης και έτσι αναπτύχθηκαν συστήματα πολλαπλών παράλληλων ρωγμών σε όλο τον όγκο του. Κατά μήκος αυτών των ρωγμών τα πετρώματα διαχωρίστηκαν και σχηματίστηκαν αυτές οι εντυπωσιακές μορφές(Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 20

Ηφαιστειακός Λαιμός Πέτρας

Πάνω στον ηφαιστειακό λαιμό χτίστηκε η εκκλησία της Παναγίας της Γλυκοφιλούσας, αποτελεί ένα πλευρικό ηφαιστειακό αγωγό τον οποίο τροφοδοτούσε μία ανδαισιτική λάβα ο υπόγειος μαθηματικός θάλαμος του ηφαιστείου του Λεπετύμνου(Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 21

Ηφαιστειακή Φλέβα Πέτρας-Αυλάκι

Η ηφαιστειακή φλέβα στο Αυλάκι της Πέτρας αποτελεί μία χαρακτηριστική γεωμορφή που δημιούργησε η νεότερη ηφαιστειακή δραστηριότητα στο νησί της Λέσβου πριν από 17 εκατομμύρια χρόνια. Η συγκεκριμένη φλέβα σχηματίστηκε από την διείδυση δακίτικου μάγματος σε προϋπάρχοντα ηφαιστειακά πετρώματα τα οποία είχαν δημιουργηθεί στην κυρία ηφαιστειακή δραστηριότητα του νησιού πριν από 18,5 με 17 εκατομμύρια χρόνια. Η διείδυση του μάγματος στα ανώτερα στρώματα του φλοιού οδήγησε σε ψύξη και στερεοποίηση του. Τα πετρώματα που περιέβαλαν την ηφαιστειακή φλέβα διαδόθηκαν μετά το τέλος της ηφαιστειακής δραστηριότητας ενώ το δακίτικό πέτρωμα ανθεκτικότερο στη διάβρωση, δημιούργησε τη γεωμορφή που στεφανώνει τον λόφο στο Αυλάκι(Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 22

Στυλοειδείς Λαβές Κάστρο Μήθυμνας

Βρίσκονται στη βόρεια πλευρά του ηφαιστειακού δρόμου της Μήθυμνας. Μοιάζουν με κολώνες τοποθετημένες η μία δίπλα στην άλλη και δημιουργήθηκαν εξαιτίας της γρήγορης ψύξης του μάγματος κοντά στην επιφάνεια της γης (Ζούρος Ν., 2015).

Θέσεις 23-24

Ηφαίστειο Λεπετύμνου- Δόμοι Προφήτη Ηλία και Βίγλας

Το μεγαλύτερο ηφαιστειακό κέντρο στη νήσο Λέσβο είναι το ηφαίστειο του Λεπετύμνου. Αν η ιστορία πάει προς τα πίσω, αρχικά στη Βόρεια Λέσβο δημιουργήθηκε ένα μεγάλο στρώματοηφαίστειο, όπου βίαιες ηφαιστειακές εκρήξεις δημιούργησαν μία μεγάλη ηφαιστειακή καλδέρα. Καθώς οι μεγάλες αυτές εκρήξεις λάμβαναν χώρα στο εσωτερικό της μεγάλης καλδέρας δημιουργήθηκαν δύο μεγάλοι ηφαιστειακοί δόμοι οι οποίοι έφτασαν σε ύψος τα 968 μέτρα και σχημάτισαν τις κορυφές Προφήτης Ηλίας και Βίγλα (Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 25

Σκάλα Συκαμιάς- Ρεύμα Λάβας Παναγίας Γοργόνας

Είναι ένα χαρακτηριστικό ρεύμα λάβας στο οποίο μπορούν να εντοπιστούν εύκολα τα αποτελέσματα της θαλάσσιας διάβρωσης. Η δημιουργία του οφείλεται στην έντονη δραστηριότητα του ηφαιστείου του Λεπετύμνου, η οποία συντελέστηκε πριν από 18,5 με 17 εκατομμύρια χρόνια . Πάνω από τα ηφαιστειακά πετρώματα βρίσκεται το εκκλησάκι της Παναγίας της γοργόνας που χτίστηκε το 1913 (Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 26

Στυλοειδής Λαβές Παναγιά (Τοκμάκια)

Αποτελείται από λαβές οι οποίες εμφανίζουν εντυπωσιακή στηλοειδή κατάτμηση. Συνδέονται με το ηφαιστειακό κέντρο του Λεπετύμνου αλλά και την ηφαιστειακή δραστηριότητα η οποία συντελέστηκε πριν από 21,5 έως 16,5 εκατομμύρια χρόνια πριν. Οι συγκεκριμένες είναι ανδευσιτικής προέλευσης και δημιουργήθηκαν από την απότομη ψύξη του διάπυρου υλικού καθώς αυτό ανέβαινε στην επιφάνεια της γης. Αποτέλεσμα της απότομης ψύξης του μάγματος ήταν η ανάπτυξη πολλαπλών παράλληλων δικτύων από ρωγμές, κατά μήκος των ρωγμών το πέτρωμα χωρίστηκε και σχημάτισε εντυπωσιακές πενταγωνικές και εξαγωνικές στήλες (Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 27

Ιγνιμβρίτης Αχλαδεράς

Είναι μία εντυπωσιακή εμφάνιση του ηφαιστειακού ιγνιμβρίτη της Λέσβου, η οποία εμφανίζεται στα πρηνή του δρόμου της Αχλαδεράς. Πρόκειται για τις κατώτερες μονάδες του ιγνιμβρίτη, λευκού και γκρίζου, οι οποίες βρίσκονται γύρω από τον κόλπο της Καλλονής μέχρι τα Βασιλικά. Ο ιγνιμβρίτης δημιουργείται όταν θερμά αέρια ηφαιστείου παρασύρουν θραύσματα κίσηρης, γυαλιού, σταγονίδια λάβας και άλλα πυροκλαστικά υλικά τα οποία επικάθονται στη συνέχεια στο έδαφος(Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 28

Ηφαιστειακή Φλέβα Αλυφαντών

Ένα λατομείο υπήρχε πριν χρόνια στη συγκεκριμένη περιοχή. Στην τομή του λατομείου εμφανίζεται η φλεβική διείσδυση ηφαιστειακού υλικού μέσα σε παχυστρωματόδεις κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους, η οποία όμως δεν φτάνει μέχρι την επιφάνεια καθώς την σκεπάζει το τελευταίο επιφανειακό στρώμα ασβεστόλιθου. Δημιουργήθηκε κατά τη διάρκεια της νεώτερης ηφαιστειακής δραστηριότητας της Λέσβου πριν από 17 εκατομμύρια χρόνια(Ζούρος Ν., 2015).

Οι γεωμορφολογικοί γεώτοποι:

Θέση 29

Σπήλαιο Άντισσας(Σπηλιός)

Η είσοδος του σπηλαιού έχει πλάτος 10 μέτρα και ύψος 12 μέτρα. Το εσωτερικό του αποτελείται από έναν μεγάλο ωοειδή θάλαμο, χωρισμένο στα δύο από ένα τείχος ογκόλιθων . Στον μπροστινό χώρο παρατηρούνται προϊστορικά ίχνη ανθρώπινης παρουσίας ενώ στον δεύτερο χώρο παρατηρούνται δύο κατασκευές αργολιθοδομής, καλυμμένες μερικώς από σταλαγματικό υλικό. Είναι διανοιγμένο στα ασβεστολιθικά πετρώματα του ορεινού όγκου Γρηγορέλη τα οποία δεσπόζουν ανάμεσα στα ηφαιστειακά πετρώματα της Άντισσας(Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 30

Φαράγγι Βούλγαρη(Βατούσα)

Το εντυπωσιακό φαράγγι του ποταμού Βούλγαρη δημιουργήθηκε στη βορειοδυτική πλευρά του ηφαιστειακού κρατήρα της Βατούσας με διάμετρο μεγαλύτερη των 8,5 χιλιομέτρων. Το φαράγγι

του Βούλγαρη διανοίχτηκε μέσα σε ηφαιστειακά πετρώματα από τη δράση του νερού πάνω στα ίχνη μεγάλων γεωλογικών ρηγμάτων. Πρόκειται για μία βαθιά χαράδρα με σχεδόν απόκρημνες βραχώδεις πλευρές η οποία βρίσκεται σε συνεχή διάβρωση. Ηφαιστειακοί σχηματισμοί κατά μήκος του φαραγγιού εμφανίζονται με τη μορφή μεγάλων βράχων που ξεπροβάλλουν μέσα από τα ηφαιστειακά πετρώματα ως εντυπωσιακά γλυπτά της φύσης. Είναι πετρώματα τα οποία προέρχονται από την κατάρρευση της βόρειας πλευράς της ηφαιστειακής καλδέρας της Βατούσας και αποτελούν μοναδικούς μάρτυρες της βιαιότητας της δραστηριότητας του ηφαιστείου(Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 31

Φαράγγι Τσικνιά

Το φαράγγι του ποταμού Τσικνιά σχηματίζεται στα νότια πρηνή του λόφου της αρχαίας Αρίσβης. Διανοίχτηκε μέσα σε ηφαιστειακά πετρώματα από τη δράση του νερού πάνω στα ίχνη μεγάλων γεωλογικών ρηγμάτων διευθύνσεις βορειοδυτικά προς νοτιοανατολικά και βορειοανατολικά προς νοτιοδυτικά. Είναι ένα από τα μεγαλύτερα ποτάμια συστήματα της Λέσβου, το οποίο διασχίζει το νησί από το κεντρικό του μέρος και εκβάλλει στον κόλπο της Καλλονής. Το υδρογραφικό δίκτυο του χειμάρρου έχει συμβάλει κατά πολύ στη διαμόρφωση του σημερινού ανάγλυφου της κεντρικής Λέσβου σε συνδυασμό με τα έντονα φαινόμενα της ηφαιστειότητας και του τεκτονισμού που έδρασαν στην περιοχή. Δομείται κυρίως από ηφαιστειακά πετρώματα και μόνο σε μικρά τμήματα της και κυρίως προς την εκβολή του χειμάρρου παρατηρούνται οι συγκεντρώσεις χειμαρρωδών αποθέσεων μικρού πάχους(ποταμιές αποθέσεις, άμμοι, άργιλοι). Στο εσωτερικό της λεκάνης απορροής εντοπίζετε μεγάλη ποικιλία ηφαιστειακών σχηματισμών, οι οποίοι από τους παλαιότερους προς τους νεότερους είναι η κατώτερη ενότητα λαβών, στο νότιο τμήμα της λεκάνης κοντά στην Αγία Παρασκευή, η ενότητα όξινων ηφαιστιτών, η οποία αντιπροσωπεύεται κυρίως από τις υελώδεις λαβές βόρεια της Καλλονής, την ενότητα Σκουτάρου αποτελούμενη κυρίως από ανδεσιτικές και λατιτανδεσιτικές λαβές και την ανώτερη ενότητα λαβών(Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 32

Παράκτιοι Ψαμμίτες Πλωμαρίου

Κατά μήκος της ακτής του Αγίου Ισιδώρου έως το Πλωμάρι αναπτύσσονται χαρακτηριστικές και μεγάλης σημασίας παράκτιες μορφές απόθεσης. Εμφανίζονται σαν διακριτοί πάγκοι υπό μορφή ζωνών σε παράλληλη διάταξη σε σχέση με την ακτογραμμή και με μικρή κλίση προς τη θάλασσα δημιουργούνται σε μεσοπαλιρροϊκή ζώνη σε φάση σταθεροποίησης της στάθμης της θάλασσας (Ζούρος Ν., 2015).

Τεκτονικοί- Στρωματογραφικοί γεώτοποι:

Θέση 33

3Μαρμαρια - Φαράγγι Κρυφτής- Τεκτονικό Κάλυμμα

Στην περιοχή της Παναγιάς Κρυφτής εμφανίζεται μία σημαντική γεωλογική δομή, η οποία δίνει πληροφορίες για τη συμβολή της ριζηγένους τεκτονικής στο βόρειο Αιγαίο. Στην περιοχή εμφανίζονται εντυπωσιακές εικόνες των τεκτονικών μιγμάτων, γεωλογικών σχηματικών που εμφανίζουν μία χαοτική δομή, καθώς μικρότερα ή μεγαλύτερα τεμάχια πετρωμάτων συναντώνται ανακατεμένα μέσα σε μία θεμελιώδη μάζα. Αποτελούνται κυρίως από κρύσταλλικούς ασβεστόλιθους, πρασινίτες, μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους και λιγότερο από οφιόλιθους (Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 34

Ρήγμα Άντισσας

Το ρήγμα της Άντισσας διασχίζει τα ηφαιστειακά πετρώματα του Λόφου Σκαμιούδας. Είναι ένα από τα πιο χαρακτηριστικά δείγματα της Λέσβου και αποτελεί μοναδικό τεκμήριο των μεγάλων γεωλογικών μεταβολών που διαμόρφωσαν τη σημερινή μορφή του ανάγλυφου της Λέσβου. Η κατοπτρική επιφάνεια του ρήγματος, δηλαδή η επιφάνεια που έσπασε το πέτρωμα, δημιουργεί μία έντονη μορφολογική αναβαθμίδα. Επάνω της είναι εμφανείς οι γραμμές προστριβής. Δείχνουν τη διεύθυνση της σχετικής κίνησης των δύο τεμαχίων και αποτελούν τεκμήρια της σεισμικής δραστηριότητας που εκδηλώθηκε στην περιοχή (Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 35

Ρήγμα Αγίας Παρασκευής

Το ρήγμα της Αγίας Παρασκευής είναι από τα πιο χαρακτηριστικά δείγματα της Λέσβου. Αποτελεί μοναδικό τεκμήριο για τις μεγάλες γεωλογικές μεταβολές οι οποίες διαμόρφωσαν τη

σημερινή μορφή του ανάγλυφου της Λέσβου. Πρόκειται για δεξιόστροφο ρήγμα το οποίο ενεργοποιήθηκε στον μεγάλο σεισμό του 1867 με σεισμικό δυναμικό 6,8 βαθμών της κλίμακας ρίχτερ. Είναι ένα ρήγμα το οποίο διατρέχει το κεντρικό μέρος της νήσου από Βορρά προς Νότο και πιθανώς να συνεχίζεται και υποθαλάσσια στον κόλπο της Καλλονής(Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 36

Τεκτονικό Παράθυρο Ολύμπου

Η κορυφή του Ολύμπου είναι γυμνή από βλάστηση και ανοίγει ένα παράθυρο στη γεωλογική ιστορία της νήσου Λέσβου και αποκαλύπτει μία από τις εντυπωσιακότερες γεωλογικές εικόνες της Λέσβου, ένα τεκτονικό παράθυρο. Έντονες τεκτονικές δυνάμεις που επέδρασαν κατά την καταστροφή του παλιού ωκεάνιου χώρου της Τηθύος τοποθέτησαν τα οφιολιθικά πετρώματα του ωκεανού πάνω στην ενότητα των μεταμορφωμένων πετρωμάτων που προέρχονται από τα ωκεάνια ιζήματα που συνόδευαν την ωκεανία πλάκα και όλα μαζί έχουν τοποθετηθεί πάνω στα ανθρακικά πετρώματα του Ολύμπου, που ήταν μέρος ενός παλιού ηπειρωτικού περιθωρίου. Σήμερα στην περιοχή μέσα από τους οφιολίθους και τα μεταμορφωμένα πετρώματα εμφανίζονται να αναδύονται στην επιφάνεια τα τεκτονικά κατώτερα πετρώματα (ανακρυσταλλωμένοι ασβεστόλιθοι) που αποτελούν την εντυπωσιακή κορυφή του Ολύμπου(Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 37

Ρήγμα Λάρσου

Το ρήγμα της Λάρσου είναι ένα από τα ενεργά ρήγματα της Λέσβου και αποτελεί μοναδικό τεκμήριο των μεγάλων γεωλογικών μεταβολών που διαμόρφωσαν τη σημερινή μορφή του ανάγλυφου της Λέσβου σχηματίζοντας τις ελώδεις περιοχές του Δέλτα του ποταμού Ευεργέτουλα(Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 38

Ρήγμα Κόλπου Γέρας

Το ρήγμα του κόλπου Γέρας, στο ανατολικό περιθώριο του κόλπου, αποτελεί στην πραγματικότητα μία μεγάλη ζώνη ρηγμάτων με διεύθυνση βορειοδυτικά προς νοτιοανατολικά, η οποία οριοθετεί το τεκτονικό βύθισμα του κόλπου γέρας. Τα ρήγματα του κόλπου της Γέρας εκτείνονται προς νότο μέχρι την περιοχή του χωριού Λουτρά και προς βορρά μέχρι το χωριό Πηγή.

Σχηματίζουν μία ζώνη με το μέγιστο σεισμικό τους δυναμικό να φτάνει τα 6,5 ρίχτερ(Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 39

Αγριλιά

Είναι ένα σημαντικό γεωλογικό ρήγμα με διεύθυνση Ανατολή προς Δύση και εμφανίζεται τη θέση Αγριλιά, στην περιοχή της Αμαλής. επηρεάζει τα οφιολιθικά πετρώματα και δημιουργεί την απότομη νότια ακτή της χερσονήσου(Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 40

Τεκτονικό Κάλυμμα Οφιολίθων

Η παρουσία των οφιολιθικών πετρωμάτων στη Λέσβο αποτελεί μάρτυρα των τεράστιων γεωλογικών μεταβολών στην περιοχή της Μεσογείου. Πρόκειται για πετρώματα που σχηματίστηκαν από άνοδο μάγματος στον πυθμένα του Ωκεάνιου χώρου της Τηθύος η οποία σύμφωνα με την ελληνική μυθολογία ήταν κόρη του ουρανού και της γης(Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 41

Φυκιάτρυπα

Είναι ένα σημαντικό γεωλογικό ρήγμα με διεύθυνση Ανατολή προς Δύση. Εμφανίζεται στη θέση Φυκιάτρυπα και δημιουργεί τη βόρεια ακτή της νησίδας του Κάστρου της Μυτιλήνης. Χαρακτηριστική είναι στην περιοχή και η εμφάνιση λιμναίων ιζημάτων. Πρόκειται για Πλειοκαινικούς Μαργαϊκούς ασβεστόλιθους γλυκών υδάτων, στους οποίους εντοπίζονται απολιθώματα ασπόνδυλων οργανισμών όπως οστρακοδη, γαστερόποδα κ.α. (Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 42

Ταμπακαριά Λιμναία Ιζήματα Μυτιλήνης

Στην περιοχή Ταμπακαριά συναντάται χαρακτηριστική εμφάνιση λιμναίων ιζημάτων της μεγάλης λίμνης της Μυτιλήνης, η οποία κάλυπτε την περιοχή του σημερινού θαλάσσιου διαύλου ανάμεσα στη Λέσβο και τη Μικρασιατική ακτή. Πρόκειται για Πλειοκαινικούς Μαργαϊκούς ασβεστόλιθους γλυκών υδάτων με ενστρώσεις ψαμμιτών, κροκαλοπαγή, υπόλευκες μάργες και αργίλους στους οποίους εντοπίζονται απολιθώματα ασπόνδυλων οργανισμών, όπως γαστερόποδα, ελασματοβράγχια και οστρακόδη . Το συνολικό πάχος αυτών των ιζημάτων ξεπερνά τα 60 μέτρα.

Σήμερα τα πετρώματα αυτά των γλυκών υδάτων συναντώνται στην ξηρά και αποτελούν μάρτυρες της παρουσίας της μεγάλης λίμνης της Μυτιλήνης(Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 43

Ηφαιστειακή Φλέβα Μήθυμνας

Η ηφαιστειακή φλέβα της Μήθυμνας είναι ορατή από τον δρόμο που συνδέει τη Μήθυμνα με το Βαφείο και αποτελεί μία χαρακτηριστική γεωμορφή που δημιούργησε η νεότερη φυσική δραστηριότητα στο νησί της Λέσβου πριν από 17 εκατομμύρια χρόνια. Η φλέβα της Μήθυμνας σχηματίστηκε από διείσδυση δακτινικού μάγματος σε προϋπάρχοντα ηφαιστειακά πετρώματα τα οποία δημιουργήθηκαν στην κύρια φάση της ηφαιστειακής δραστηριότητας πριν από 18 με 17 εκατομμύρια χρόνια. Η διείσδυση του μάγματος στα ανώτερα στρώματα του φλοιού οδήγησε σε ψύξη και στερεοποίηση τους(Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 44

Ηφαιστειακή Καλδέρα Άγρας

Η ηφαιστειακή καλδέρα της Άγρας έχει διάμετρο 6,5 χιλιόμετρα περίπου, είναι μία από τις νεότερες ηφαιστειακές δομές της Λέσβου και βρίσκεται νότια, από την παλαιότερη της Καλδέρα της Βατούσας. Το ηφαίστειο της Άγρας συνδέεται με τη νεότερη φυσική δραστηριότητα της Λέσβου η οποία ξεκίνησε πριν από 17 εκατομμύρια χρόνια, όπου διαδοχικές ηφαιστειακές εκρήξεις διαμόρφωσαν την καλά διατηρημένη καλδέρα. Ο οικισμός της Άγρας είναι χτισμένος στη δυτική εσωτερική πλευρά της καλδέρας. Οι λόφοι που περιβάλλουν σήμερα την Άγρα αποτελούν τα όρια της καλδέρας και παρά το μεγάλο χρονικό διάστημα που πέρασε από την περίοδο που το ηφαίστειο ήταν ενεργό διατηρεί καλύτερα από κάθε άλλη δομή το χαρακτηριστικό σχήμα της καλδέρας(Ζούρος Ν., 2015).

Οι θερμές πηγές:

Θέση 53

Θερμές πηγές Πολιχνίτου

Στις θερμές πηγές του Πολιχνίτου η θερμοκρασία του νερού φτάνει τους 87,6 βαθμούς Κελσίου και είναι τις θερμότερες πηγές της Ευρώπης. Το ζεστό νερό που κυκλοφορεί κάτω από την επιφάνεια της γης πλησιάζει τους 400 βαθμούς Κελσίου. Οι θερμές πηγές Πολιχνίτου αναβλύζουν μέσα από ιγνιμβρίτες, τα νεώτερα ηφαιστειακά πετρώματα της Λέσβου. Στην περιοχή του Πολιχνίτου απαντώνται πολλές θερμές πηγές οι οποίες εμφανίζουν υψηλή παροχή ιδιαίτερα κατά

τη διάρκεια των βροχοπτώσεων. Όλες οι θερμοπηγές Πολιχνίτου είναι χλωριονατριούχες. Σε σχέση με το νερό της θάλασσας το χλωριούχο νάτριο των Θερμοπηγών είναι τρεις φορές λιγότερο, πιστεύεται όμως ότι υπάρχει κάποια ανάμειξη του νερού των Θερμοπηγών με το θαλάσσιο νερό έως 30% περίπου. Τα γειτονικά πετρώματα μέσα στα οποία αναβλύζουν οι πηγές εμφανίζονται με χρώμα κιτρινωπό και κόκκινο που οφείλεται στην καθίζηση οξειδίων του σιδήρου, όπως λειμωνίτης και αιματίτης (Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 54

Θερμές Πηγές Κόλπου Γέρας

Οι θερμές πηγές "Θέρμα" του κόλπου Γέρας αναβλύζουν μέσα σε νεογενή ιζήματα που περιλαμβάνουν στρώματα αργίλου και ψαμμίτες. Η ανάβλυση του νερού γίνεται μέσω του μεγάλου ρήγματος με διεύθυνση βορειοδυτικά προς νοτιοανατολικά που οριοθετεί την ανατολική ακτή του κόλπου Γέρας και εμφανίζει εντυπωσιακές κατοπτρικές επιφάνειες. Η θερμοκρασία του νερού είναι 39,7 βαθμοί Κελσίου και η πηγή ορίζεται ως χλωριονατριούχος. Στο νερό περιέχονται: χλωριούχο αμμώνιο, νιτρικό κάλιο, χλωριούχο ασβέστιο κλπ. (Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 55

Θερμές Πηγές Λισβορίου

Κοντά στο ναό του Αγίου Ιωάννη και στον χείμαρρο του Γλυφιά, μέσα από τα ηφαιστειακά κροκαλοπαγή και τους ηφαιστειακούς τόφφους, αναβλύζει ζεστό ιαματικό νερό με θερμοκρασία 69 βαθμών Κελσίου και ραδιενέργεια 2,5 Mache. Η θερμή πηγή Λισβορίου χαρακτηρίζεται ως χλωριονατριούχα (Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 56

Θερμές πηγές Άργενου

Η θερμοπηγή του Άργενου, γνωστή με το όνομα <<Μεγάλα Θέρμα>> είναι παραλιακή, ενώ αναβλύσεις υπάρχουν τόσο στην ξηρά όσο και μέσα στη θάλασσα. Το νερό που αναβλύζει στην παραλία έχει θερμοκρασία 86 βαθμών Κελσίου. Πρόκειται για μία χλωριονατριούχο πηγή με σχετικά μειωμένη περιεκτικότητα σε ανθρακικά και μαγνήσιο και αυξημένη περιεκτικότητα σε ασβέστιο και θειικά σε σύγκριση με το νερό των Θερμοπηγών Πολιχνίτου. Αναβλύζει μέσα από ηφαιστειακά πετρώματα τα οποία εμφανίζουν έντονη διάρρηξη (Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 57

Θερμές Πηγές Λουτρόπολης Θέρμης

Η θερμή πηγή της Λουτρόπολης Θέρμης χρησιμοποιείται από την αρχαιότητα για ιαματικούς σκοπούς. Η θερμοκρασία του νερού είναι 49,9 βαθμοί Κελσίου και εμφανίζει πολύ αυξημένη αλατότητα η οποία οφείλεται σε ανάμειξη των υδροθερμικών ρευστών με θαλάσσιο νερό. Η εκδήλωση της πηγής είναι αποτέλεσμα της τομής δύο ρηγμάτων με διευθύνσεις δυτικάβόρειοδυτικά προς ανατολικάνοτιοανατολικά και βόρειοβόρειοδυτικά προς νότιονοτιοανατολικά τα οποία βοηθούν στην υπόγεια κυκλοφορία του υπόγειου νερού. Τα νερά των βροχών κατέρχονται σε βάθος μέσω των ρηγμάτων, αναμειγνύονται με θαλασσινό νερό, εμπλουτίζονται σε μεταλλικά στοιχεία και θερμαίνονται. Στη συνέχεια μέσω των ρηγμάτων ανέρχονται στην επιφάνεια(Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 58

Θερμές Πηγές Εφταλούς

Μέσα από τα ηφαιστειακά πετρώματα του Λεπετύμνου, κατά μήκος τεκτονικών ασυνεχειών αναβλύζει η χλωρονατριούχος ραδιενεργός θερμή πηγή της Εφταλούς. Η θερμοκρασία του νερού είναι από 43,6 έως 46,5 βαθμούς Κελσίου και εμφανίζει αβλαβή ραδιενέργεια 14,7Μαχε(Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 59

Θερμές Πηγές Κρυφτής

Οι θερμές πηγές Κρυφτής χαρακτηρίζονται από την έξοδο θερμού νερού μέσα από τα απότομα βράχια του φαραγγιού της περιοχής σε πολλά σημεία του ορμίσκου τόσο στη στεριά όσο και στη στάθμη της θάλασσας αλλά και υποθαλάσσια. Πρόκειται για χλωρονατριούχες πηγές με ιαματικές ιδιότητες. Η θερμοκρασία του νερού που αναβλύζει στην ξηρά είναι περίπου 45 βαθμοί Κελσίου ενώ στα σημεία που αναβλύζει κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας όπου τα θερμά νερά αναμειγνύονται με νερό της θάλασσας η θερμοκρασία είναι περίπου 30 βαθμοί Κελσίου.

Θέση 60 Καταρράκτες Πέσσας

Ο καταρράκτης της Πέσσας με ύψος 15 μέτρα δημιουργείται στο ρέμα της Μάκρης που διασχίζει τα οφιόλιθα πετρώματα και πηγάζει από τη μικρή λίμνη και τον Όλυμπο(Ζούρος Ν., 2015).

Οι καταρράκτες:

Θέση 61

Καταρράκτης Μαν' Κάτσα

Ο καταρράκτης Μαν' Κάτσα σχηματίζεται στο ρέμα του Ασπροπόταμου κοντά στον οικισμό της Πεδής. Τα νερά στον Ασπροπόταμο πέφτουν απότομα από ένα γκρεμό ύψους 15 περίπου μέτρων σχηματίζοντας μία φυσική εκβάθυνση. Ο καταρράκτης δημιουργήθηκε όταν ένα μεγάλο ρήγμα διέκοψε απότομα τη συνέχεια των πετρωμάτων ιγνιμβρίτη αλλά και της κοίτης του Ασπροποτάμου, με αποτέλεσμα τη δημιουργία στο σημείο αυτό μιας εντυπωσιακής υδατόπτωσης(Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 62

Καταρράκτης Νυχτέρα (Κλαπάδου)

Στον καταρράκτη του Κλαπάδου το νερό που ρέει στην κοίτη του ρέματος πέφτει απότομα από ένα γκρεμό ύψους 15 με 16 μέτρων σε μία φυσική εκβάθυνση. Το νερό συνεχίζει την πορεία του προς τον κόλπο της Καλλονής αφού πρώτα ενωθεί με ένα μεγαλύτερο ποταμό τον Τσικνιά. Ο απότομος γκρεμός στην άκρη του οποίου πέφτει το νερό, δημιουργήθηκε κατά μήκος του ρήγματος που διασχίζει την ευρύτερη περιοχή. Ο γκρεμός που διακόπτει απότομα τη ροή του χειμάρρου Ρέμα δημιουργήθηκε ανάμεσα στις λαβές(Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 63

Καταρράκτης Λάκκος Κουκούγιας

Ο καταρράκτης Λάκκος Κουκούγιας πηγάζει από τον ορεινό όγκο Χορεύτρα (699 μέτρα). Ο μικρός καταρράκτης του Σκουτάρου δημιουργήθηκε κατά μήκος του ρήγματος ανάμεσα σε λάβες(Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 64

Καταρράκτης Ποταμιάς

Ο καταρράκτης που βρίσκεται στην κοιλάδα της Ποταμιάς πηγάζει από τον ορεινό όγκο του Προφήτη Ηλία (799 μέτρα) στις πλαγιές του οποίου φύεται το μοναδικό δάσος μαύρης Πεύκης στο νησί. Ο μικρός καταρράκτης της Ποταμιάς δημιουργήθηκε κατά μήκος ενός ρήγματος ανάμεσα σε λαβές(Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 65

Καταρράκτης Βροντής (Παρακοίλων)

Ο καταρράκτης των Παρακοίλων πηγάζει από τον ορεινό όγκο του Προφήτη Ηλία στις πλαγιές του οποίου φύεται το μοναδικό δάσος μαύρης Πεύκης στο νησί(Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 66

Καταρράκτης Βαθύλιμος (Χιδήρων)

Ο καταρράκτης Βαθύλιμος, που βρίσκεται σε μικρή απόσταση από τον οικισμό των Χιδήρων και πηγάζει από τον ορεινό όγκο του Προφήτη Ηλία (799 μέτρα). Ο μικρός καταρράκτης της Ποταμιάς δημιουργήθηκε κατά μήκος ενός ρήγματος ανάμεσα σε λαβές ηλικίας 16,5 με 21,5 εκατομμύρια χρόνια πριν(Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 67

Καταρράκτης Μεθάλια

Στο άγονο ηφαιστειακό τοπίο της δυτικής Λέσβου συναντάτε ο εντυπωσιακός καταρράκτης της Ερεσού, ο οποίος διακόπτει απότομα την κίνηση του νερού που ρέει μέσα στην κοίτη του ρέματος Μεθάλια. Σε δύο διαδοχικούς γκρεμούς το νερό πέφτει απότομα και δημιουργεί δύο φυσικές εκβάθυνσης- βάθρες. Οι απότομοι γκρεμοί στην άκρη των οποίων πέφτει το νερό δημιουργήθηκαν κατά μήκος των ρηγμάτων που διασχίζουν την ευρύτερη περιοχή(Ζούρος Ν., 2015).

Θέση 68

Καταρράκτης Νιγίδα

Ο καταρράκτης της Νιγίδα βρίσκεται 65 χιλιόμετρα βορειοανατολικά του οικισμού της Βρίσας. Το νερό στον καταρράκτη πέφτει απότομα από ύψος μεγαλύτερο των 20 μέτρων εκεί όπου το ρήγμα κόβει απότομα τα πετρώματα που εμφανίζονται στην περιοχή. (Ζούρος Ν., 2015)

2.3. Οι απολιθωματοφόρες θέσεις και ανάπτυξη του γεω-τουρισμού

Το 1994 ιδρύθηκε το Μουσείο Φυσικής Ιστορίας του Απολιθωμένου Δάσους Λέσβου με κύριο στόχο την επιστημονική έρευνα σε αυτό το φυσικό μνημείο καθώς και τη διαχείριση, προστασία, διατήρηση και προώθηση της ορθολογικής αξιοποίησης του απολιθωμένου δάσους. Από το 1997 διεξάγονται συστηματικές ανασκαφές στην περιοχή με ιδιαίτερα εντυπωσιακά αποτελέσματα. Το 1988 ιδρύθηκε το Πάρκο Απολιθωμένου Δάσους, δημιουργώντας με αυτό τον τρόπο την πρώτη οργανωμένη επισκέψιμη έκταση στην περιοχή. Δύο σημαντικές απολιθωματοφόρες τοποθεσίες έγιναν αργότερα: το Γεωπάρκο Σιγρίου και το Γεωπάρκο Πλάκας. Καλύπτοντας μία έκταση 30 εκταρίων, το Απολιθωμένο Δάσος αποτελεί μοναδικό φυσικό μνημείο (Zouros N., 2004).

Το Γεωπάρκο του Απολιθωμένου Δάσους Λέσβου έχει αναπτύξει μια σειρά τουριστικών υποδομών για να εξυπηρετήσει τους επισκέπτες του. Το Μουσείο Φυσικής Ιστορίας του Απολιθωμένου Δάσους Λέσβου στο χωριό Σίγρι βρίσκεται στον πυρήνα αυτών των υποδομών. Αυτό το state-of-the-art μουσείο έχει γίνει ένας βασικός παράγοντας για την προσέλκυση επισκεπτών σε αυτό το τμήμα του νησιού. Στην προστατευόμενη περιοχή του Απολιθωμένου Δάσους, οι κύριοι χώροι απολιθωματοφόρων θέσεων είναι περιφραγμένοι και προστατευμένοι και έχουν δημιουργηθεί πέντε επισκέψιμα πάρκα, που προσελκύουν χιλιάδες επισκέπτες κάθε χρόνο. Αυτά περιλαμβάνουν: το πάρκο Απολιθωμένου Δάσους, το πάρκο του Σιγρίου, το πάρκο Πλάκας, το πάρκο Νησιώπης και το πάρκο Σκαμιούδας. Αρκετοί άλλοι χώροι θα γίνουν επισκέψιμα πάρκα κατά τα επόμενα χρόνια, καθώς το Μουσείο έχει ήδη ξεκινήσει τις απαραίτητες διαδικασίες (Zouros N. and Valiakos I., 2010).

Οι πολυάριθμοι αρμονικά διατηρημένοι κορμοί που αποτελούν ένα ολοκληρωμένο απολιθωμένο οικοσύστημα εντυπωσιάζουν άμεσα τον επισκέπτη. Πραγματοποιήθηκαν μικρής κλίμακας παρεμβάσεις για την αποτελεσματική προστασία των απολιθωματοφόρων θέσεων και τη διευκόλυνση της πρόσβασης των επισκεπτών σε αυτούς. Αυτές περιλαμβάνουν προστατευτικούς χαμηλούς πέτρινους τοίχους και ξύλινους φράχτες που έχουν σχεδιαστεί και κατασκευαστεί για να φυλάξουν τους απολιθωμένους κορμούς από το νερό και τη διάβρωση, πέτρινα καταφύγια με βρύσες που έχουν χτιστεί κατά μήκος των μονοπατιών και λιθόστρωτα μονοπάτια, πέτρινες γέφυρες και σκάλες που έχουν προσεκτικά προστεθεί στο σύστημα μονοπατιών (Zouros N., 2004).

Μια άλλη κύρια υποδομή- δράση η οποία προωθεί τον γεωτουρισμό από κάποιες περιοχές του γεωπάρκου Λέσβου προς τα πάρκα με τις κύριες απολιθωματοφόρες θέσεις είναι οι "Διαδρομές της Λάβας" που οδηγούν τους επισκέπτες στα αρχαία μονοπάτια των πυροκλαστικών ροών από τα κύρια ηφαίστεια στο Απολιθωμένο Δάσος, εξοπλισμένα με πίνακες πληροφοριών που εξηγούν τους διάφορους γεωτόπους (Zouros N. and Valiakos I., 2010).

Η ορθολογική διαχείριση της περιοχής του Απολιθωμένου Δάσους προϋποθέτει την ανάπτυξη και προώθηση όλων των στοιχείων που αποτελούν τη γεωλογική κληρονομιά της περιοχής, των φυσικών και πολιτιστικών πόρων, των οικονομικών πόρων καθώς και του ανθρώπινου κεφαλαίου της περιοχής. Το στρατηγικό σχέδιο για την αειφόρο ανάπτυξη της περιοχής σχεδιάστηκε για να συνδέσει όλες τις άμεσες παρεμβάσεις και υποδομές που υπάρχουν ήδη στην περιοχή. Το σχέδιο αφορά την προστασία και την προώθηση του απολιθωμένου δάσους και την ενσωμάτωσή του στις υπάρχουσες οικονομικές δραστηριότητες σε ένα χώρο με επαρκείς διαστάσεις για την υποστήριξη της πραγματικής εδαφικής ανάπτυξης. Μέρος αυτής της στρατηγικής είναι η δημιουργία «μονοπατιών της Λάβας»: μονοπάτια που συνδέουν τους διάφορους τόπους ενδιαφέροντος σε όλη τη δυτική χερσόνησο της Λέσβου. Η βασική ιδέα είναι ο επισκέπτης να ακολουθήσει την πορεία της λάβας από τα κύρια ηφαίστεια προς το Απολιθωμένο Δάσος. Τα πάνελ πληροφοριών κατά μήκος των μονοπατιών παρέχουν πληροφορίες για τις διαφορετικές ηφαιστειογενείς δομές που θα συναντήσει ο επισκέπτης στην πορεία. Τα τελευταία χρόνια, η δημιουργία του «Γεωπάρκου Απολιθωμένου Δάσους της Δυτικής Λέσβου» είχε σημαντική επίδραση στην ανάπτυξη της τοπικής οικονομίας. Προκειμένου να προσελκύσουν επισκέπτες για να επισκεφτούν το Γεωπάρκο «Δυτικής Λέσβου-Απολιθωμένο Δάσος» διοργανώνονται πολλές επιστημονικές και πολιτιστικές εκδηλώσεις κατά τη διάρκεια του έτους, τόσο στο Μουσείο όσο και στα υπαίθρια πάρκα. Αυτές περιλαμβάνουν εκθέσεις φυσικής ιστορίας, διαλέξεις, παρουσιάσεις βιβλίων, εκθέσεις γλυπτικής, ζωγραφική και φωτογραφία, μουσικές συναυλίες, θεατρικές παραστάσεις και διάφορα άλλα πολιτιστικά δρώμενα (Zouros, 2004).

Ένα ευρύ φάσμα δραστηριοτήτων επιτελεί το έργο της προσέλκυσης και ενημέρωσης των επισκεπτών. Διαλέξεις και παρουσιάσεις πολυμέσων στο Μουσείο, ξεναγήσεις στα Πάρκα Απολιθωμένου Δάσους, θεματικές περιηγήσεις με οδηγό, καθοδηγούμενη πεζοπορία και διάφορες δραστηριότητες αναψυχής κοντά σε γεωπεριοχές βοηθούν στην ευαισθητοποίηση του κοινού

σχετικά με την αξία των γεωτόπων (Zouros N. and Valiakos I., 2010). Το Μουσείο διοργανώνει επίσης ειδικές θεματικές εκδηλώσεις για να γιορτάσουν ειδικές μέρες (π.χ. Διεθνής Ημέρα Μουσείων, Ημέρα Μνημείων, Ημέρα της Γης, Ημέρα Περιβάλλοντος, Ευρωπαϊκές Ημέρες Πολιτιστικής Κληρονομιάς, μουσικές εκδηλώσεις στη νύχτα του Αυγούστου). Συμμετέχει επίσης στην πανελλήνια διαφημιστική εκστρατεία αυτών των εκδηλώσεων, η οποία διοργανώνεται από το Υπουργείο Πολιτισμού της Ελλάδας μαζί με άλλους πολιτιστικούς οργανισμούς και μουσεία. (Zouros N., 2004).

Οι εκπαιδευτικές δραστηριότητες στο γεωπάρκο της Λέσβου υποστηρίζουν την ανάπτυξη του εκπαιδευτικού γεω-τουρισμού. Τα προγράμματα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης που διοργανώνονται για μαθητές Δημοτικού και Γυμνασίου στο Απολιθωμένο Δάσος καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα δραστηριοτήτων όπως η αναγνώριση των γεωτόπων, η ανασκαφή και η συντήρηση των ορυκτών, η παρατήρηση της φύσης, η παρακολούθηση των πτηνών κλπ. Οι σχολικές επισκέψεις διοργανώνονται την άνοιξη και το φθινόπωρο, που δεν είναι μέσα στην τουριστική περίοδο, συμβάλλοντας έτσι στην τοπική οικονομία (Zouros N. and Valiakos I., 2010).

Μέσω αυτών των γεγονότων το γεωπάρκο προσελκύει μεγάλα ακροατήρια ανθρώπων που μπορεί να έχουν χαμηλό ή καθόλου ενδιαφέρον για τη φυσική κληρονομιά δημιουργώντας έτσι νέες ευκαιρίες ευαισθητοποίησης (Zouros N., 2009).

Μέσα από τα παραπάνω γίνεται αντιληπτός αρκετός από τις προσπάθειες που συντελούνται από το Μουσείο Φυσικής Ιστορίας του Απολιθωμένου Δάσους Λέσβου για την προβολή και την ανάδειξη των απολιθωματοφόρων θέσεων στις περιοχές του Μουσείου, των πάρκων του μουσείου αλλά και στις απολιθωματοφόρες θέσεις τις Λέσβου γενικότερα. Είναι μια διαδικασία η οποία γνωρίζει όλο και μεγαλύτερη επιτυχία και άνθηση και ο αριθμός των γεωτουριστών οι οποίοι επισκέπτονται τους χώρους του μουσείου με τις απολιθωματοφόρες θέσεις συνεχώς αυξάνεται, με επισκέπτες διαφόρων ηλικιών τόσο από την Ελλάδα όσο και από το εξωτερικό.

3. Χαρτογράφηση απολιθωματοφόρων θέσεων

3.1. Αναγνώριση- καταγραφή γεωτόπων απολιθωματοφόρων θέσεων

Αυτό για το οποίο προσπαθείτε σε αυτό το τμήμα της μελέτης στην περιοχή ενδιαφέροντος είναι να καταγραφεί(π.χ. με GPS , με αεροφωτογραφίες, δορυφορικές εικόνες, επιτόπια έρευνα στο ύπαιθρο) το που είναι το κάθε εύρημα και να χαρτογραφηθεί με κάποιο γεωγραφικό σύστημα έτσι ώστε να είναι γνωστή και κατανοητή η τοποθεσία του μετά την εύρεσή του. Αλλά επίσης το που βρισκόταν και τις πιθανές συνθήκες στην συγκεκριμένη περιοχή την περίοδο στην οποία δεν είχε απολιθωθεί ακόμα.

Έτσι αρχικά όταν σε μία περιοχή εντοπιστεί ένα απολίθωμα, φυτικής ή ζωικής προέλευσης, στην περιοχή σπεύδει μία ειδική ομάδα συντήρησης και αποκατάστασης για το εύρημα. Παράλληλα μια άλλη ομάδα επιστημόνων, γεωλόγοι ή και γεωγράφοι, μελετούν τους γεωλογικούς χάρτες της περιοχής στην οποία βρέθηκε το εύρημα έτσι ώστε να το συγκρίνουν με άλλες τοποθεσίες στις οποίες εντοπίστηκαν άλλα απολιθώματα και αν με βάση τα εδαφικά και γεωλογικά χαρακτηριστικά στο σημείο μελέτης υπάρχουν πιθανότητες να βρεθούν και άλλα απολιθώματα. Για παράδειγμα στο δυτικό τμήμα της νήσου Λέσβου στο οποίο το μεγαλύτερο ποσοστό πετρωμάτων είναι ηφαιστειακά οι πιθανότητες να εντοπιστεί κάποια απολιθωματοφόρα θέση από τα άλλα τμήματα του νησιού στα οποία υπάρχουν άλλα πετρώματα.

Ταυτόχρονα στο σημείο εύρεσης της απολιθωματοφόρας θέσης κατευθύνονται γεωλόγοι ή γεωγράφοι έτσι ώστε να χαρτογραφήσουν τη θέση ενδιαφέροντος μαζί με το απολίθωμα. Συνήθως με κάποιο όργανο GPS, στο οποίο καταγράφονται οι συντεταγμένες x, y, z αλλά και το όνομα της απολιθωματοφόρας θέσης.

Παράλληλα κρατούνται και τα στοιχεία για το απολίθωμα και την περιοχή στην οποία εντοπίστηκε. Ιδιαίτερα σημαντικό σημείο είναι η τεκμηρίωση. Κατά την διαδικασία της τεκμηρίωσης θα χρειαστούν πολλές ειδικότητες αλλά κυρίως Γεωγράφοι. Θα πρέπει ο γεωγράφος να αντιληφθεί όλες τις επιμέρους αξίες του τοπίου όπως είναι: οι γεωλογικές ,γεωμορφολογικές, πολιτιστικές, οικολογικές κ.α. αξίες και δομές. Θα συνεργαστεί με άλλες ειδικότητες όπως ο γεωλόγος, περιβαλλοντολόγος κ.α. και θα τεκμηριώσει τις θέσεις ενδιαφέροντος μίας περιοχής. Δηλαδή θα μαζέψει όλα εκείνα τα στοιχεία(με την μορφή κειμένου) με όλες τις αξίες που περιέχει η θέση μαζί με φωτογραφικό υλικό. Με την τεκμηρίωση αυτό που προσπαθεί να επιτευχθεί είναι να αποκτηθεί από την επιστημονική ομάδα το μέγιστο των πληροφοριών από το εύρημα.

Δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις στις οποίες τουλάχιστον κατά τις πρώτες ώρες εύρεσης του απολιθώματος, το προσωπικό που ερευνά τη θέση μελέτης όσο και αυτό της γωδιατήρησης, μέχρι να δημιουργηθούν οι πρώτοι χάρτες της θέσης, δημιουργούν σκαριφήματα. Σκαρίφημα είναι κάποια σχέδια τα οποία δημιουργούνται από κάποιον γεωλόγο ή ακόμα και γεωγράφο και το οποίο παρουσιάζει την απολιθωματοφόρα θέση και είναι μία πρώτη οπτική για τον χάρτη στη θέση ενδιαφέροντος.

Ιδιαίτερα σημαντικό για το στάδιο χαρτογράφησης είναι ότι δημιουργούνται γεωβάσεις στις οποίες πραγματοποιείται η καταχώρηση των στοιχείων όπως είναι: το όνομα του κάθε απολιθώματος ή της απολιθωματοφόρας θέσεις γενικότερα, οι συντεταγμένες του μαζί με το ύψος της θέσης στην οποία εντοπίστηκε αλλά και διάφορα μετρητικά στοιχεία για το ίδιο το απολίθωμα. Γενικότερα συντελείται αρχειοθέτηση δηλαδή όλα αυτά τα στοιχεία πρέπει να υπάρχουν σε μία βάση δεδομένων έτσι ώστε όποτε χρειαστεί να είναι υπολήψιμη η πληροφορία και όταν έρχεται κάποιο νέο δεδομένο να προστίθεται στα παλιά, έτσι ώστε αν είναι όσο το δυνατόν να είναι πιο ολοκληρωμένη η πληροφορία για την απολιθωματοφόρα θέση.

Δίνετε ιδιαίτερη προσοχή ότι σε κάθε απολιθωματοφόρα θέση δίνετε ένα μόνο όνομα. Αυτό το όνομα σε κάθε περίπτωση είναι διαφορετικό και χαρακτηριστικό τόσο για την θέση όσο και για το ίδιο το απολίθωμα, έτσι ώστε να μην γίνει μεταγενέστερα κάποιο λάθος σχετικά με αυτό αλλά και με τη θέση στην οποία βρέθηκε.

Η ονομασία- κωδικός για την απολιθωματοφόρα θέση είναι ένας ιδιαίτερα σημαντικός παράγοντας, έτσι ώστε να ξεχωρίζει από τις υπόλοιπες οι οποίες πιθανόν να βρίσκονται κοντά στην περιοχή, για αυτό το λόγο, θεμιτό θα ήταν ο κάθε κωδικός-ονομασία να περιέχει κάποιο χαρακτηριστικό(αλφαριθμητικό) , το οποίο θα το χαρακτηρίζει τόσο αυτό όσο και την περιοχή στην οποία βρέθηκε. Τέλος ακολουθεί η επεξεργασία των δεδομένων που συλλέχθηκαν από το πεδίο στο εργαστήριο και στα απαραίτητα προγράμματα επεξεργασίας και απεικόνισης της απολιθωματοφόρας θέσης.

Η χαρτογράφηση λαμβάνει χώρα όχι μόνο για να είναι δυνατή η απεικόνιση της απολιθωματοφόρας θέσης αλλά και για να είναι γνωστή στο επιστημονικό προσωπικό η περιοχή στην οποία εντοπίστηκε η θέση του απολιθώματος σε περίπτωση που κριθεί απαραίτητο να μετακινηθεί για συντήρηση στο εργαστήριο και εν συνεχεία να επιστρέψει στην αρχική του φυσική θέση στην οποία βρέθηκε.

Είναι ιδιαίτερα σημαντικό, από το προσωπικό το ποιο συμμετέχει στην χαρτογράφηση της θέσης να έχει καθοριστεί η κλίμακα οπτικοποίησης της θέσης όσο και ο σκοπός της χαρτογράφησης, η οποία θα ακολουθήσει, καθώς διαφορετική επεξεργασία θα έχει τόσο ο τελικός χάρτης όσο και τα δεδομένα που συλλέχθηκαν στην απολιθωματοφόρα θέση αν ο χάρτης που θα προκύψει θα είναι διαχειριστικού χαρακτήρα ή για τις ανάγκες τουριστικής προώθησης της απολιθωματοφόρας θέσης.

3.2. Μεθοδολογίες χαρτογράφησης απολιθωματοφόρων θέσεων

Η χαρτογράφηση τις τελευταίες δεκαετίες έχει γνωρίσει μια αξιοσημείωτη ανάπτυξη. Η ανάπτυξη αυτή έχει προέλθει από διάφορες επιστήμες όπως είναι: η γεωλογία, η γεωγραφία, η αρχαιολογία ακόμα και η ιατρική σε κάποιες περιπτώσεις αλλά και άλλες επιστήμες άλλες σε μεγαλύτερο βαθμό και άλλες σε μικρότερο. Έτσι μέσα από την ‘επαφή’, η χαρτογραφία αναπτύχθηκε σε βάθος χρόνου και ξεκίνησε σιγά σιγά να αποκτά διάφορες μεθοδολογίες για την χαρτογράφηση των θέσεων ενδιαφέροντος για την κάθε επιστήμη ξεχωριστά, αλλά και με βάση τις ανάγκες, οι οποίες προέκυπταν.

Η παρούσα διατριβή ασχολείται με την χαρτογράφηση αλλά και την οπτικοποίηση των απολιθωματοφόρων θέσεων στο πάρκο του Απολιθωμένου Δάσους της Νησιώπης. Πραγματοποιήθηκε έρευνα έτσι ώστε να βρεθούν papers ή εργασίες παρόμοιου χαρακτήρα αλλά παρ’όλα αυτά δεν βρέθηκαν πολλές και αυτές που βρέθηκαν δεν είχαν παρόμοια μεθοδολογία μέχρι ένα σημείο με την παρούσα περίπτωση μελέτης.

Αρχικά μία πρώτη μεθοδολογία παρόμοια με της παρούσας διατριβής, μέχρι ένα σημείο αλλά με βασικές διαφορές κατά την πραγματοποίησή της, διενεργήθηκε στο σπήλαιο Gladysvale στο οποίο υπάρχει μία πληθώρα απολιθωμάτων κυρίως ζωικών οργανισμών. Στην συγκεκριμένη περίπτωση χρησιμοποιήθηκαν τόσο σε μια πρώτη φάση Θεοδόλιχοι και εν συνεχεία η επεξεργασία των δεδομένων που συλλέχθηκαν στα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών GIS(Lacruz et al., 2003).

Πιο συγκεκριμένα διενεργήθηκαν ανασκαφές στην περιοχή του Gladysvale, όπου και ανακαλύφθηκαν εκεί μια πληθώρα με απολιθώματα. Για αυτό το λόγο αλλά και επειδή η συγκεκριμένη περιοχή είναι ένα τμήμα της ανθρώπινης κληρονομιάς, έγινε η χαρτογράφηση των απολιθωμάτων, τα οποία εντοπίστηκαν εκεί(Lacruz et al., 2003).

Για να μπορέσει να πραγματοποιηθεί η συλλογή των θέσεων των απολιθωμάτων σε πρώτη φάση χρησιμοποιήθηκε ένας θεοδόλιχος, ο οποίος χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο στην γεωδαισία αλλά και στις τοπογραφικές μελέτες και είναι ένα φορητό όργανο που μετράει τις γωνίες μεταξύ ορατών προκαθορισμένων σημείων. Έτσι με την χρήση του θεοδόλιχου, πάρθηκαν τα σημεία στα οποία εντοπίστηκαν απολιθώματα, όπως επίσης και περιοχές από τις οποίες μετακινήθηκαν αλλά πρέπει να είναι γνωστή η περιοχή στην οποία εντοπίστηκαν in situ(Lacruz et al., 2003).

Κατόπιν αυτού τα δεδομένα που συλλέχθηκαν μεταφέρθηκαν στο πρόγραμμα του GIS, όπου εκεί δημιουργήθηκαν διαφορετικά επίπεδα πληροφοριών, σχετικά με τα ίδια τα απολιθώματα όπως την ζωική κατηγορία στην οποία ανήκαν ή ένα άλλο επίπεδο τα στοιχεία της γεωλογικής περιοχής στο οποίο εντοπίστηκε το κάθε απολίθωμα και άλλα, έτσι έγινε μια πλήρης καταγραφή των απολιθωμάτων. Με βάση αυτή τη μεθοδολογία επιτρέπει την ακριβής χαρτογράφηση των απολιθωμάτων αλλά και την ανάλυση του χωροταξικού πλαισίου των απολιθωμάτων στον χώρο (Lacruz et al., 2003).

Επιπρόσθετα υπάρχει ακόμα μία ερευνητική διαδικασία χαρτογράφησης απολιθωμάτων και αυτή σε σπήλαιο αλλά στην περιοχή Swartkrans της Νοτίου Αφρικής για την οποία πραγματοποιήθηκε μία παρόμοια μελέτη με κάποιες αλλαγές και σε αυτή στη μεθοδολογία περάτωσής της. Η περιοχή έρευνας στην συγκεκριμένη περίπτωση έχει πολλά απολιθώματα πολλά από τα οποία όμως εξαιτίας των ανασκαφών για την εξόρυξη ασβεστόλιθου έχουν μετακινηθεί από τους εργάτες οι οποίοι δραστηριοποιούνται εκεί. Κάποιοι από τους παράγοντες εναπόθεσης απολιθωμάτων στην συγκεκριμένη περιοχή είναι από: την ανθρώπινη δραστηριότητα, αλλουβιακές αποθέσεις, επίδραση της βαρύτητας και άλλα. Πολλές από αυτές τις παραμέτρους βοήθησαν στο να μεταφερθούν πολλά από τα απολιθώματα στη συγκεκριμένη περιοχή(Lacruz et al., 2003).

Σχετικά με το γεωγραφικό κομμάτι της συγκεκριμένης εργασίας, στην συγκεκριμένη περίπτωση η συλλογή των δεδομένων διενεργήθηκε με σκοπό να χαρτογραφηθούν και να οπτικοποιηθούν τα δεδομένα που συλλέχθηκαν όπως τα γεωλογικά στοιχεία και τα απολιθώματα και τέλος να οπτικοποιηθούν σε τρισδιάστατη μορφή με ένα γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών GIS παρότι ήταν δύσκολο σε πρώτη φάση(Nigro J., 2003).

Πιο συγκεκριμένα για την δημιουργία του GIS το πρώτο βήμα ήταν η χαρτογράφηση της δομής του σπηλαίου στην τρέχουσα μορφή του. Δεύτερον ένα χάρτης με την δομή του δίνει την δυνατότητα να αναπαραστεί σε τρισδιάστατη μορφή και τα δεδομένα(απολιθώματα) να επανατοποθετηθούν οπτικά. Για να μπορέσουν να πραγματοποιηθούν κάποιες απαραίτητες μετρήσεις χρησιμοποιήθηκαν τόσο ένα ηλεκτρονικό σύστημα Leica, το οποίο είναι μετρητής απόστασης, όσο και όπως στην προηγούμενη περίπτωση που παρουσιάστηκε, ένας θεοδόλιχος. Τα δεδομένα εισήχθησαν αρχικά σε ένα autocad και στη συνέχεια εφόσον ολοκληρώθηκε η επεξεργασία εκεί, χρησιμοποιήθηκαν στο πρόγραμμα μοντελοποίησης Voxel Analyst, από το

οποίο διαβάζονται καλύτερα οι συντεταγμένες (x,y,z) και κατόπιν αυτού εισήχθησαν στο Arcview όπου εκεί δημιουργήθηκε το τρισδιάστατο μοντέλο(Nigro J., 2003).

Παράλληλα για την χαρτογράφηση ευρημάτων όχι απαραίτητα απολιθωμάτων μεθοδολογίες χαρτογράφησης χρησιμοποιήθηκαν και στον κλάδο της αρχαιολογίας αλλά και σε άλλες επιστήμες, αλλά ουσιαστικά στο συγκεκριμένο κεφάλαιο παρουσιάζονται κατά κύριο λόγο τα δύο συγκεκριμένα παραδείγματα καθώς εξαιτίας της χαρτογράφησης των απολιθωματοφόρων θέσεων σε αυτά έχουν περισσότερα κοινά στη μεθοδολογία τους έως ένα βαθμό με την παρούσα διατριβή.

Τέλος μέσα από τα παραπάνω είναι εύκολα αντιληπτό ότι παρότι η χαρτογράφηση των απολιθωματοφόρων θέσεων ακόμα αναπτύσσετε ήδη έχουν ξεκινήσει να αναπτύσσονται μεθοδολογίες κοινές έως ένα σημείο καταγραφής των απολιθωμάτων τουλάχιστον και στην παρούσα διατριβή παρουσιάζετε μία καινούρια μεθοδολογία σε σχέση με αυτές που παρουσιάστηκαν παραπάνω στο κείμενο, καθώς για την καταγραφή των απολιθωματοφόρων θέσεων χρησιμοποιήθηκε GPS και όχι θεοδόλιχος όπως στα προγενέστερα, παράλληλα για την οπτικοποίηση της περιοχής όχι μετρήσις οργάνων ή χαρτών των περιοχών μελέτης αλλά πραγματοποιήθηκαν πτήσεις από UAV από τους οποίους προέκυψαν οι ορθοφωτοχάρτες και βοήθησαν σημαντικά και στην τρισδιάστατη οπτικοποίηση των παραγόμενων μοντέλων αλλά και για το animation που δημιουργήθηκαν για τις θέσεις ενδιαφέροντος.

3.3. Τρισδιάστατη χαρτογράφηση απολιθωματοφόρων θέσεων με χρήση μη επανδρωμένων ιπτάμενων μέσων.

Τα τελευταία χρόνια λαμβάνει χώρα η προσπάθεια στο να απαρτίζονται τμήματα της επιφάνειας της γης και διάφορα γεωλογικά και γεωμορφολογικά στοιχεία όχι μόνο σε δύο διαστάσεις, όπως συνηθίζεται στην πλειονότητα των περιπτώσεων, αλλά πλέον η απεικόνιση τους, όπως για παράδειγμα σε απολιθωματοφόρες θέσεις να παρουσιάζονται οπτικά σε τρεις διαστάσεις. Στην παρούσα ενότητα θα γίνει προσπάθεια να παρουσιαστούν κάποιες περιπτώσεις χαρτογράφησης απολιθωματοφόρων θέσεων σε απεικόνιση τριών διαστάσεων. Στις οποίες για να πραγματοποιηθεί η χαρτογράφηση έγινε χρήση μη επανδρωμένου ιπτάμενου μέσου.

Η πρώτη περίπτωση αφορά την κάμαρα Dinaledi στην σπηλιά Rising Star. Σε έρευνες, που συντελέστηκαν στον συγκεκριμένο θάλαμο, εντοπίστηκαν 1550 γνωστά απολιθώματα. Έτσι ως φυσικό επακόλουθο ήταν απαραίτητο να γίνει η καταγραφή τους και εν συνεχεία η χαρτογράφηση των απολιθωμάτων στον φυσικό τους χώρο, όπως αυτή των γεωλογικών χαρακτηριστικών στα οποία εντοπίστηκαν (Kruger A. et al., 2016).

Για λόγους όμως μεγαλύτερης ακρίβειας στα αποτελέσματα έγινε σύγκριση μεταξύ τριών μεθοδολογιών: η καταγραφή των απολιθωμάτων και η διαδικασία εκσκαφής επιτεύχθηκε μέσω της χρήσης φωτογραμμετρίας λευκού φωτός και σάρωσης με λέιζερ, η επόμενη μεθοδολογία ήταν η χαρτογράφηση του θαλάμου Dinaledi η οποία ολοκληρώθηκε μέσω της σάρωσης με λέιζερ-σκάνερ υψηλής ανάλυσης, με σάρωση που εκτείνεται από το σημείο εκσκαφής μέχρι το έδαφος την επιφάνεια και την είσοδο του σπηλαιίου. Τέλος η τελευταία μεθοδολογία η οποία και έχει και άμεση σχέση με το παρόν κεφάλαιο είναι ότι στην επιφάνεια του εδάφους για να μπορέσει να γίνει εκεί και εκεί η καταγραφή των απολιθωμάτων, σημαντικό σκέλος ήταν η ενσωμάτωση των συμβατικών τεχνικών τοπογραφίας καθώς και η φωτογραμμετρία με τη χρήση μη επανδρωμένου εναέριου οχήματος (Kruger A. et al., 2016).

Στο τέλος έγινε ένωση των πυκνών νεφών σημείων αλλά και παρατήρησή τους έτσι ώστε να διαπιστωθεί η καταλληλότερη και πιο ακριβής μέθοδος (Kruger A. et al., 2016).

Το επόμενο παράδειγμα αναφέρεται στην τρισδιάστατη στρωματογραφική χαρτογράφηση χρησιμοποιώντας ένα ψηφιακό μοντέλο προβολής που προέρχεται από εικόνες UAV και φωτογραμμετρία δομής από κίνηση (Structure from Motion-SfM).

Οι στρωματογραφικές επιφάνειες που προκύπτουν από τις αρχαίες fluvial διεργασίες, καταγράφουν τις κλιματικές και χρονικές μεταβολές στη μορφολογία του ποταμού που έγινε η μελέτη, σε πολλαπλά ιεραρχικά επίπεδα και πληροφορούν την κατανόησή μας για τη μορφοδυναμική και τα παλαιοπεριβάλλοντα. Τα μικρά μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα (UAV) που συνδυάστηκαν με τη φωτογραμμετρία τύπου multiview stereo (SfM-MVS), εμφανίστηκαν στην συγκεκριμένη περίπτωση ως μια εναλλακτική προσέγγιση, χαμηλού κόστους και τηλεπισκόπησης με υψηλή ανάλυση δεδομένων. Για την επεξεργασία των εικόνων που συλλέχθηκαν από το UAV, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Structure from Motion, στην οποία ο υπολογιστής δημιουργεί και υπολογίζει ένα τρισδιάστατο μοντέλο της περιοχής μελέτης μέσα από μια σειρά φωτογραφιών που έχουν συλλεχθεί από την χρήση του Drone και έχουν επικάλυψη μεταξύ τους. (Durkin et al., 2017)

3.4. Εφαρμογές τριδιάστατης χαρτογράφησης στην περιοχή Νησιώπης.

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζετε ο η μεθοδολογία, η οποία ακολουθήθηκε για την διεκπεραίωση της διατριβής. Η μεθοδολογία ουσιαστικά χωρίζεται σε τρεις κύριους άξονες, οι οποίοι διακρίνονται με διαφορετικά χρώματα (κίτρινο, μπλε, κόκκινο) στα ακόλουθα διαγράμματα, παρουσιάζονται στην εικόνα 2 και στην εικόνα 3.

Πιο συγκεκριμένα ο πρώτος(κίτρινος) άξονας σχετίζεται με τις ακόλουθες υπο-ενότητες: i) Συλλογή δεδομένων, ii) Real Time Kinematic, iii) Εικόνα υψηλής ανάλυσης από το UAV, αναλυτικότερα:

i. Συλλογή των δεδομένων

Για να πραγματοποιηθεί η συλλογή των δεδομένων με την χρήση του UAV, διενεργήθηκε στις 3 Οκτωβρίου 2018, εργασία πεδίου στη νήσο Νησιώπη. Η συλλογή δεδομένων αφορούσε τις πτήσεις, οι οποίες έγιναν με τη χρήση μη επανδρωμένου εναέριου όχηματος, από τις οποίες προέκυψαν οι μαγνητοσκοπήσεις, στις οποίες διενεργήθηκε περεταίρω επεξεργασία και οδήγησαν στην δημιουργία των μοντέλων.

ii. Real Time Kinematic Measurements

Ταυτόχρονα στην εργασία πεδίου στις RTK μετρήσεις, τοποθετήθηκε ένα σταθερό σημείο, το οποίο χρησιμοποιήθηκε ως βάση για τις μετρήσεις, αλλά υπήρχε και ένα Rover, μαζί με το οποίο γινόταν η κίνηση περιμετρικά της νήσου και παράλληλα έλαβαν χώρα και οι μετρήσεις για τα GCPs που χρησιμοποιήθηκαν για την γεωαναφορά.

iii. Εικόνα υψηλής ανάλυσης από το UAV

Η πιο σημαντική διαδικασία, ήταν οι πτήσεις με το μη επανδρωμένο εναέριο όχημα, με τα σχέδια πτήσης τα οποία παρουσιάζονται και στις ακόλουθες εικόνες. Αρχικά με το UAV διενεργήθηκαν μαγνητοσκοπήσεις για τις δύο περιοχές μελέτης (Βόρειο τμήμα της Νησιώπης αλλά και για την απολιθωματοφόρα θέση 31). Σε εικόνες υψηλής ανάλυσης 4K.

Στο δεύτερο στάδιο επεξεργασίας (μπλέ χρώματος σύμφωνα με τα διαγράμματα), πραγματοποιήθηκε η επεξεργασία των φωτογραφιών στο πρόγραμμα Agisoft Photoscan. Σε αυτό το στάδιο ακολουθείται το workflow ώστε να δημιουργηθεί το μοντέλο των περιοχών ενδιαφέροντος σε κάθε μία από τις δύο περιπτώσεις. Έτσι γίνονται τα ακόλουθα βήματα:

- Αραιό νέφος σημείων (Align)
- Γεωαναφορά
- Πυκνό νέφος σημείων (Dense Cloud)
- Πλέγμα (Mesh)
- DEM
- Ortho

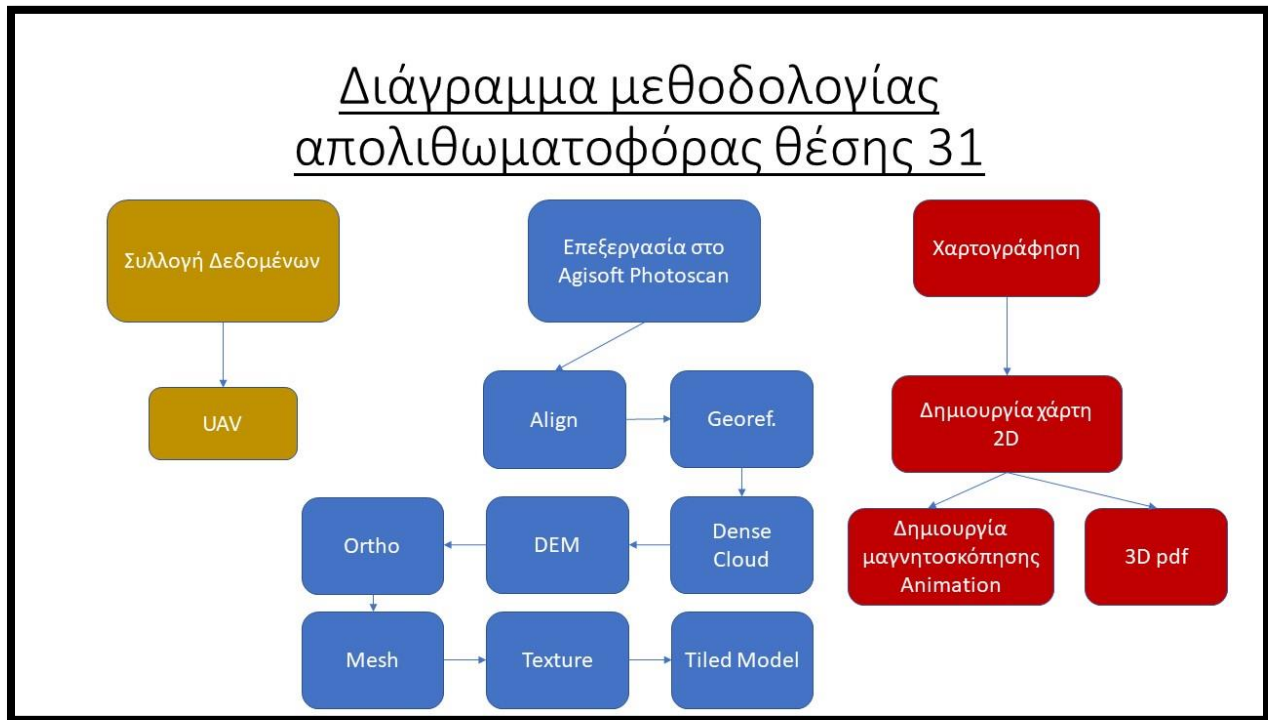


Εικόνα 1: Το διάγραμμα της μεθοδολογίας με τις εργασίες, που συντελέστηκαν ώστε να δημιουργηθεί το μοντέλο αλλά και να οπτικοποιηθεί το βόρειο τμήμα της νήσου Νησιώπης.

Στην περίπτωση της απολιθωματοφόρας θέσης 31 έγιναν τα ακόλουθα βήματα με μικρές διαφορές, παρουσιάζονται με την μορφή διαγράμματος και στην εικόνα 4 με την σειρά, όπου αυτά συντελέστηκαν:

- Αραιό νέφος σημείων (Align)
- Γεωαναφορά
- Πυκνό νέφος σημείων (Dense Cloud)
- DEM

- Ortho
- Πλέγμα (Mesh)
- Texture
- Tiled Model



Εικόνα 2: Το διάγραμμα της μεθοδολογίας με τις εργασίες, που συντελέστηκαν ώστε να δημιουργηθεί το μοντέλο αλλά και να οπτικοποιηθεί η απολιθωματοφόρα θέση 31.

Τέλος η τελευταία διαδικασία είναι η δημιουργία χαρτών (Χαρτογράφηση) για τουριστικό σκοπό, σε δυσδιάστατη μορφή τόσο για το βόρειο τμήμα της νήσου Νησιώπης όσο και για την απολιθωματοφόρο θέση 31. Ακολούθησε η δημιουργία του animation και για τις δύο περιπτώσεις, για εκπαιδευτικό σκοπό, και τέλος για την απολιθωματοφόρο θέση 31 για τις ανάγκες διαχείρισης, δημιουργήθηκε pdf με την θέση σε τρισδιάστατη μορφή ώστε εφόσον κριθεί αναγκαίο να πραγματοποιούνται μετρήσεις σε αυτήν, χωρίς να είναι απαραίτητη η παρουσία στο πεδίο.

Ακολουθούν τα παραπάνω σε αναλυτικότερη μορφή:

3.4.1. Συλλογή δεδομένων

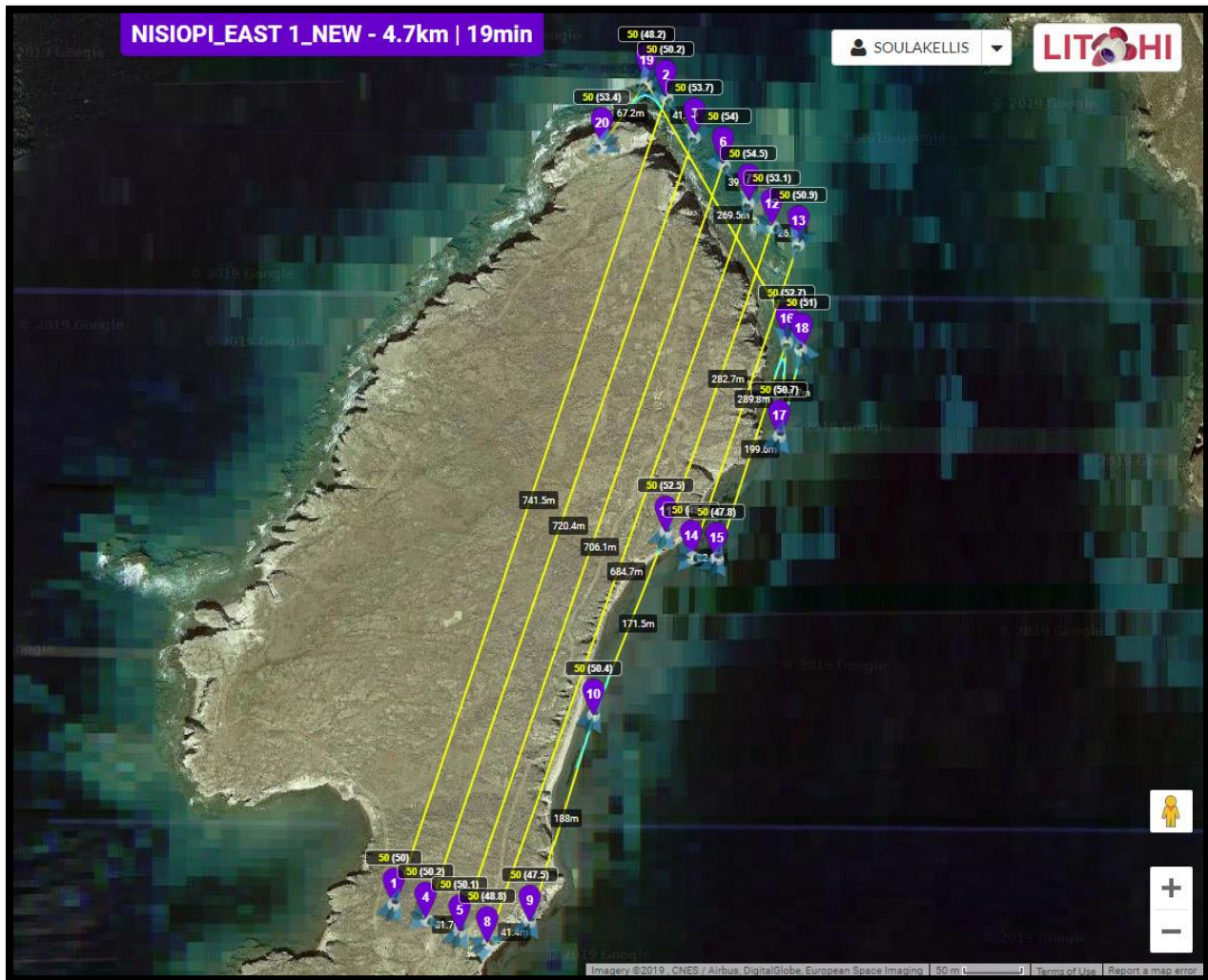
Για την υλοποίηση του στόχου της παρούσας διπλωματικής διατριβής ήταν απαραίτητη η επίσκεψη για την συλλογή κάποιων από τα δεδομένα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στη νησίδα Νησιώπη. Εκτός από την επίσκεψη όμως ήταν απαραίτητο να δημιουργηθεί ένα σχέδιο πτήσης, πάνω στο οποίο βασίστηκε η πτήση για το βόρειο τμήμα της νήσου. Το σχέδιο πτήσης δημιουργήθηκε στο πρόγραμμα Litchi και φαίνεται πιο κάτω στην εικόνα 6 και στην εικόνα 7:



Εικόνα 3: Τα δύο σχέδια πτήσεις, που χρησιμοποιήθηκαν για τις πτήσεις πάνω από το βόρειο τμήμα της Νησιώπης. Διακρίνονται οι δύο εκκινήσεις (πινέζες με πράσινο χρώμα) αλλά και οι δύο τερματισμοί (πινέζες με κόκκινο χρώμα).

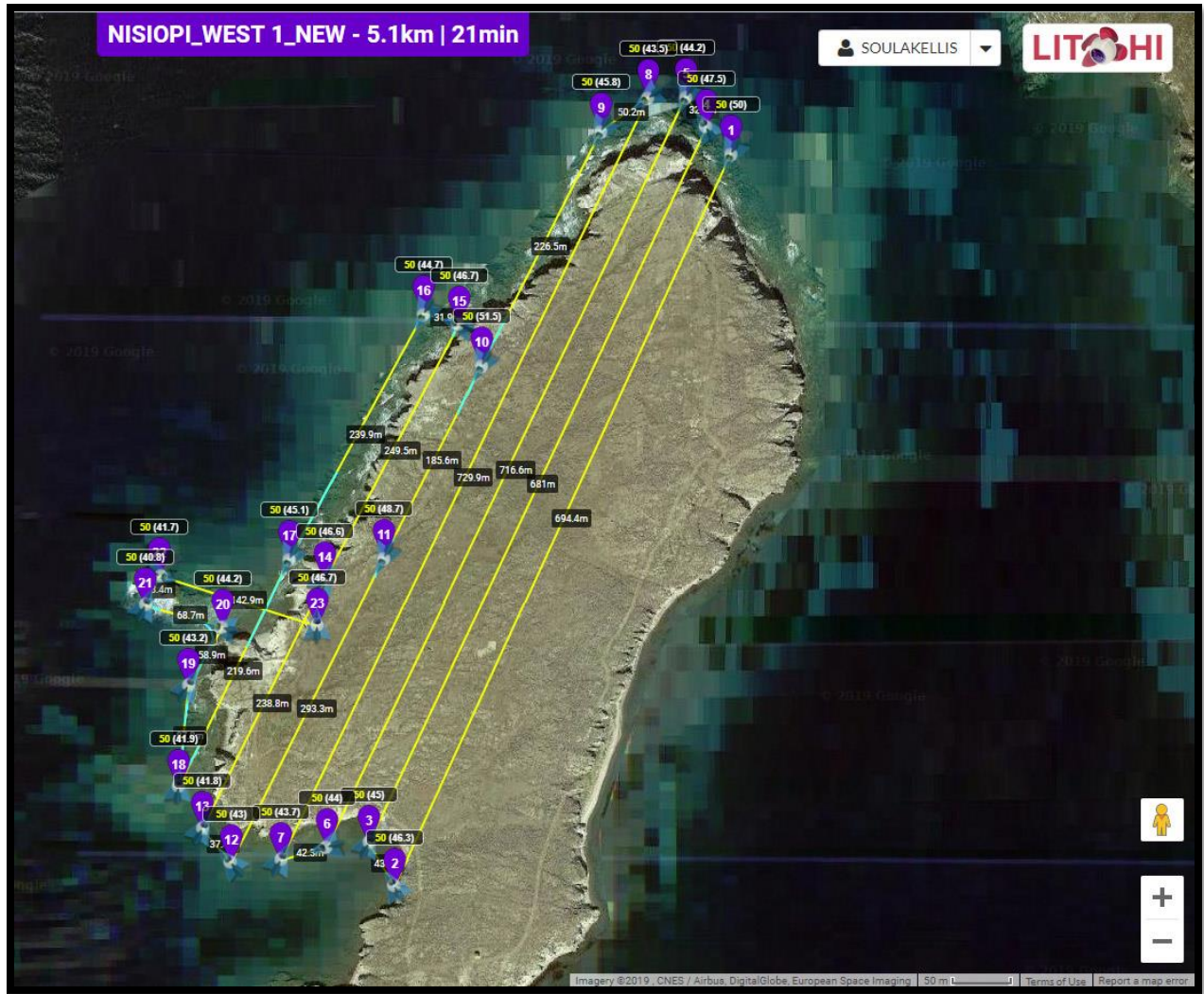
Το σχέδιο πτήσης της εικόνας 5 παρουσιάζει και τα δύο σχέδια πτήσεων, τα οποία πραγματοποιήθηκαν στη νησίδα Νησιώπη. Διακρίνεται καθαρά η διαδρομή που ακολούθησε το Μη επανδρωμένο εναέριο όχημα(Unmanned Aerial Vehicle - UAV). Ακόμη με πράσινο χρώμα πινέζας παρουσιάζονται οι εκκινήσεις(των δύο πτήσεων)και με κόκκινη πινέζα ο τερματισμός των

πτήσεων, τέλος με κίτρινες γραμμές είναι οι διαδρομές, τις οποίες ακολούθησε το μη επανδρωμένο εναέριο όχημα.



Εικόνα 4: Η πτήση στο Βορειοανατολικό τμήμα της νησίδας Νησιώπης. Διακρίνονται τα χαρακτηριστικά της πτήσης.

Το σχέδιο της πτήσης του μη επανδρωμένου εναέριου οχήματος, όπως αυτό σχεδιάστηκε στο πρόγραμμα επεξεργασίας Litchi. Η εικόνα 6 παρουσιάζει με κίτρινο χρώμα τις διαδρομές τις οποίες ακολούθησε το Drone, τα ύψη των πτήσεων, αλλά και τις αποστάσεις από το ένα σημείο μέχρι το επόμενο και αφορά την πτήση που έγινε για το βορειοανατολικό κομμάτι της περιοχής μελέτης.



Εικόνα 5: Η πτήση στο Βορειοδυτικό τμήμα της νησίδας Νησιώπης. Διακρίνονται τα χαρακτηριστικά της πτήσης.

Το ύψος της πτήσης ήταν στα 50 μέτρα και η ταχύτητα του μη επανδρωμένου εναέριου οχήματος στα 20 χιλιόμετρα. Στην εικόνα 5 διακρίνεται συνοπτικά η περιοχή μελέτης με το σύνολο της πτήσης σε όλο το βόρειο τμήμα της νησίδας Νησιώπης. Στις επόμενες δύο εικόνες(εικόνα 6 και εικόνα 7), διακρίνονται οι δύο διαδρομές ξεχωριστά έτσι όπως αυτές δημιουργήθηκαν στο πρόγραμμα Litchi, στις οποίες διακρίνονται τα ύψη τα χιλιόμετρα που διένυσε το Drone αλλά και η ώρα πτήσεις στην κάθε περίπτωση.

Πιο συγκεκριμένα για την πτήση στο βορειοανατολικό τμήμα της νήσου, εικόνα 6, το υψόμετρο ήταν στα 50 μέτρα, η απόσταση που διένυσε το drone στα 4,7 χιλιόμετρα, ο χρόνος πτήσης ήταν 19 λεπτά και η ταχύτητα κίνησης του drone ήταν στα 20 χιλιόμετρα.

Η εικόνα 7 αφορά την δεύτερη πτήση για το βορειοδυτικό τμήμα της νήσου, το υψόμετρο και σε αυτή την περίπτωση ήταν στα 50 μέτρα, η απόσταση που διένυσε το μη επανδρωμένο εναέριο οχήμα ήταν στα 5,1 χιλιόμετρα, ο χρόνος πτήσης στα 21 λεπτά και η ταχύτητα κίνησης του drone ήταν στα 20 χιλιόμετρα.

Πιο συγκεκριμένα, παράλληλα με τις πτήσεις, στις 3 Οκτωβρίου του 2018 συντελέστηκε η συλλογή των σημείων για τα Επίγεια Σημεία Ελέγχου (GCPs) που χρησιμοποιήθηκαν για την γεωαναφορά της συγκεκριμένης εργασίας. Για την συλλογή των δεδομένων τα επίγεια σημεία ελέγχου για να έχουν μεγαλύτερη ακρίβεια η συλλογή τους έγινε με RTK μετρήσεις και χρησιμοποιήθηκαν για την διαδικασία της γεωαναφοράς στο βόρειο τμήμα της νήσου. Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στο ύπαιθρο έλαβαν χώρα στη νησίδα Νησιώπη με την βοήθεια του RTK(Real Time Kinematic) και του UAV(Unmanned Aerial Vehicle).

Παράλληλα τα βίντεο που χρησιμοποιήθηκαν για την δημιουργία των δύο μοντέλων θέσεων (ένα μοντέλο για το Βόρειο τμήμα της Νήσου Νησιώπης και ένα για την απολιθωματοφόρα θέση 31), προήλθαν από πτήσεις του UAV και τις μαγνητοσκοπήσεις, που προήλθαν από το μη επανδρωμένο εναέριο όχημα, το οποίο δόθηκε προς χρήση, υπό την ευγενική χορηγία, από το εργαστήριο Χαρτογραφίας του Πανεπιστημίου Αιγαίου του Τμήματος Γεωγραφίας. Τα επίγεια σημεία ελέγχου (GCP's) πάρθηκαν περιμετρικά από την περιοχή μελέτης έτσι ώστε να καλύψουμε όλο το εύρος της έκτασής της.

Στην παρούσα διπλωματική χρησιμοποιήθηκε ένα Drone DJI, όπου τα χαρακτηριστικά του αλλά και τις κάμερας που είναι ενσωματωμένη σε αυτό και χρησιμοποιήθηκαν διακρίνονται στον ακόλουθο Πίνακα 2.:

Πίνακας 2. Χαρακτηριστικών Drone DJI Phantom 4

Όνομασία	DJI Phantom 4
Διαστάσεις(Μ x Π x Υ)	28.95 x 28.95 x 19.60 cm
Βάρος (με μπαταρία και προπέλες)	1380g
Κατασκευαστής	DJI
Κάμερα	
Ανάλυση Video	Ultra HD (4K)
Ανάλυση Φωτογραφίας	12 MP
Μέγιστος Χρόνος Πτήσης	28 min
Μπαταρία	5350 mAh

3.4.2. Επεξεργασία

Το στάδιο της επεξεργασίας των εικόνων, προηγήθηκε το “κόψιμο” των βίντεο που πραγματοποιήθηκαν στο πρόγραμμα DVD Video Soft Free Studio. Σε αυτό το πρόγραμμα κόπηκαν τα βίντεο που χρησιμοποιήθηκαν τόσο για το βόρειο τμήμα της Νησιώπης όσο και της απολιθωματοφόρας θέσης 31. Το κόψιμο των βίντεο(του βόρειου τμήματος) πραγματοποιήθηκε ανά 2 second και αυτό έγινε για όλα τα βίντεο που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα διατριβή. Επίσης ιδιαίτερα σημαντικό είναι το γεγονός ότι τα δύο τμήματα (δηλαδή το Βόρειο τμήμα της νήσου αλλά και η θέση 31), που παρουσιάζονται και έγινε η επεξεργασία τους σε δύο διαφορετικές κλίμακες, καθώς αποτελούν δύο διαφορετικές περιπτώσεις ήδη από μόνες τους αλλά και στην έκταση που έχουν.

3.4.3 Κλίμακα Νησιώπης Βόρειο Τμήμα

Πιο συγκεκριμένα στο Βόρειο τμήμα της Νήσου Νησιώπης από τα έξι βίντεο που πάρθηκαν για την διεκπεραίωση της διατριβής προέκυψαν 970 φωτογραφίες, από τις οποίες σε όσες φωτογραφίες υπήρχε μόνο θαλάσσιο περιβάλλον αυτές οι φωτογραφίες διαγράφηκαν, έτσι ώστε να μην δημιουργούνται προβλήματα στη δημιουργία και στην επεξεργασία του μοντέλου. Κατόπιν της παραπάνω επιλογής για το πόσες εικόνες με θαλάσσιο περιβάλλον θα διαγραφούν, μετά την μείωση των εικόνων παρέμειναν για επεξεργασία 920 εικόνες.

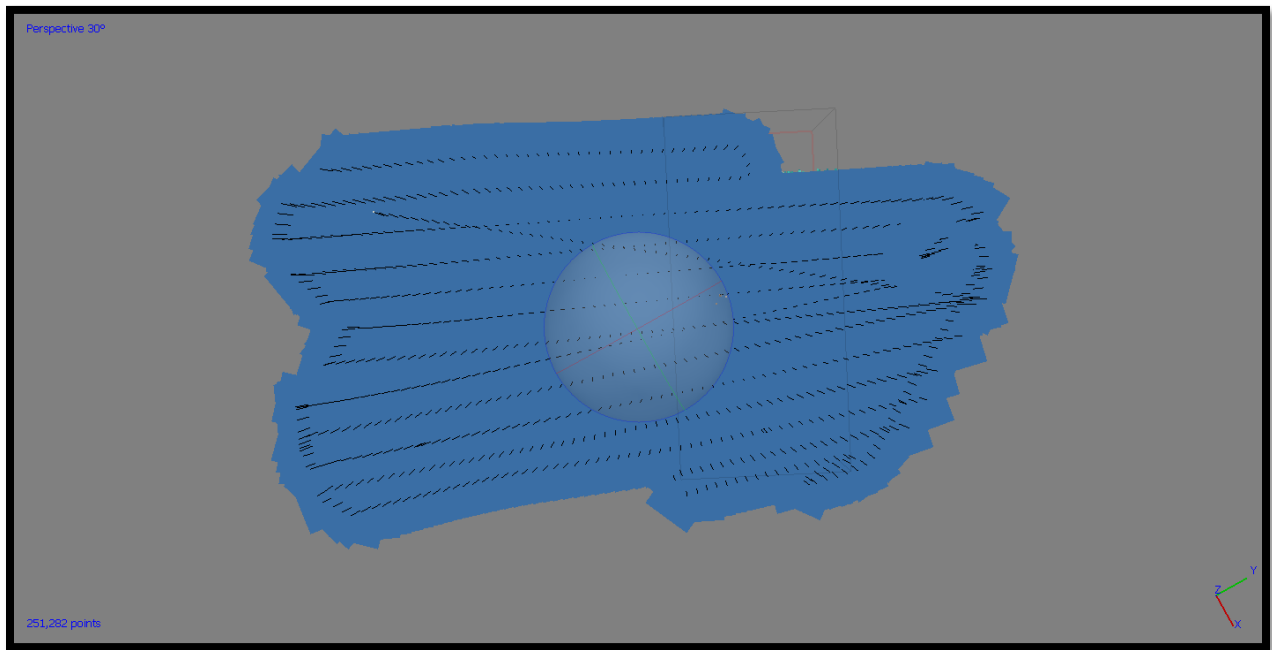
Εν συνεχεία ακολούθησε η επεξεργασία στο Agisoft Photoscan 1.4. στο οποίο πραγματοποιήθηκαν με τη σειρά τα ακόλουθα: δημιουργία Align, πραγματοποίηση γεωαναφοράς από τα σημεία του RTK, δημιουργία πυκνού νέφους σημείων (Dense Cloud), δημιουργία DEM και εν τέλη Orthomosaic, πλέγμα (Mesh) για πέντε κομμένα τμήματα του Dense Cloud και Merge αυτά τα πέντε κομμένα κομμάτια ώστε το τελικό Mesh να έχει καλύτερη οπτική ως εικόνα στο animation, το οποίο δημιουργήθηκε με βάση το τελικό Mesh, από ότι θα είχε αν είχε ως βάση το Dense Cloud. Αξίζει να αναφερθεί, πως το Mesh “κόπηκε” για να παρουσιαστεί καλύτερα οπτικά στο animation που δημιουργήθηκε σε σχέση αν παρέμενε Dense Cloud, καθώς δοκιμάστηκε και η δημιουργία βίντεο βασισμένο στο πυκνό νέφος σημείων έτσι ώστε να αποφασιστεί πια είναι η καλύτερη μέθοδος για την απεικόνιση του συγκεκριμένου τμήματος.

Ακολούθως το παραγόμενο ortho εισήχθη στο Arc Map 10.2.2 έτσι ώστε να χρησιμοποιηθεί ως βάση για την δημιουργία χαρτών τόσο ως προς το βόρειο τμήμα της Νησιώπης για το ποιο

πραγματοποιήθηκε η παρούσα μελέτη αλλά και για την θέση 31. Στα υπο κεφάλαια που ακολουθούν παρουσιάζονται τα στάδια δημιουργίας του μοντέλου αναλυτικότερα:

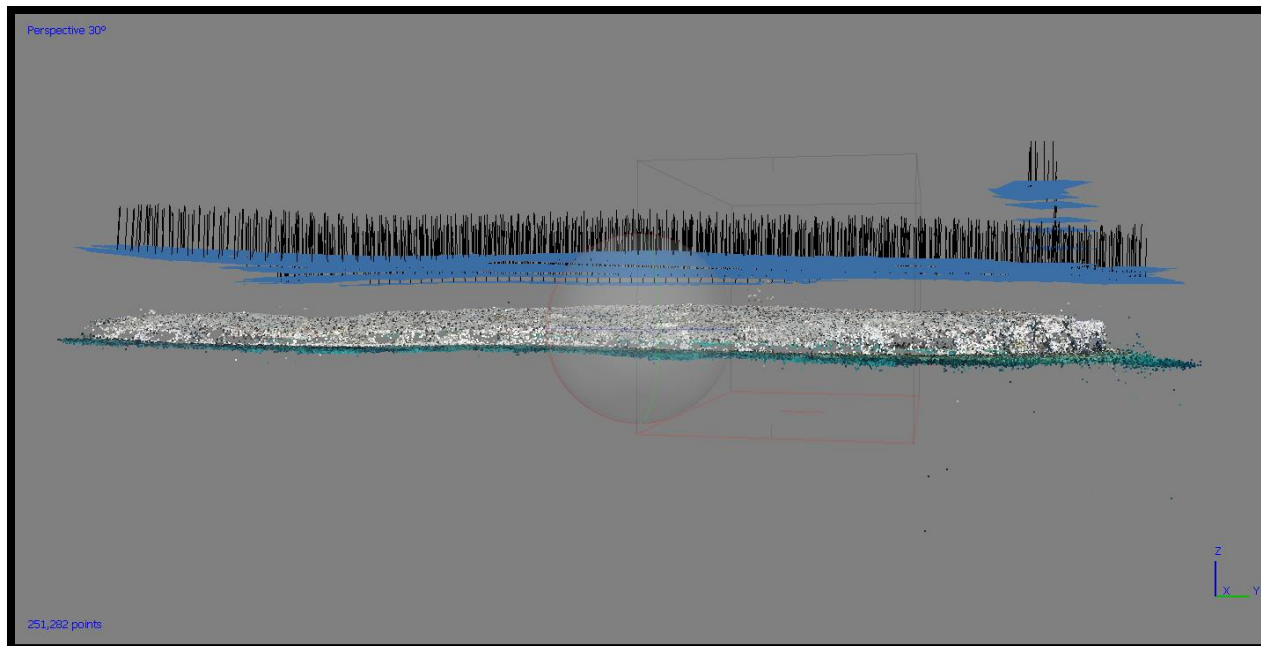
3.4.4 Align

Είναι η διαδικασία κατά την οποία το πρόγραμμα εντοπίζει την θέση της κάμερας και τον προσανατολισμό των φωτογραφιών. Έτσι μετά από αυτό είναι σε θέση να δημιουργήσει ένα αραιό νέφος σημείων (όπως φαίνεται και στις ακόλουθες εικόνες 8, 9, 10). Στις φωτογραφίες που ακολουθούν φαίνεται το αραιό νέφος σημείων τόσο σε οριζόντια όψη(εικόνα 8 και εικόνα 9) όσο και σε κάθετη με τις φωτογραφίες που έγιναν aligned (920/920 φωτογραφίες), στην εικόνα 10 παρουσιάζετε το αραιό νέφος σημείων ολόκληρου του βόρειου τμήματος της περιοχής μελέτης.



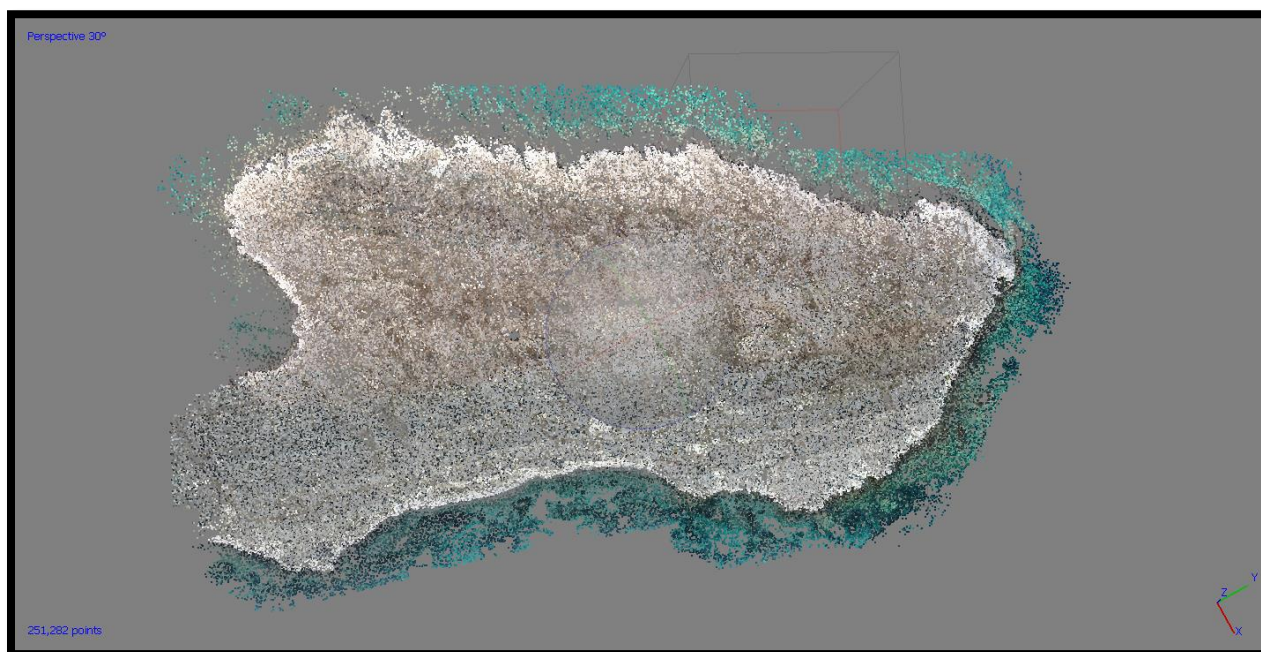
Εικόνα 6: Το αποτέλεσμα μετά την διαδικασία του Align, διακρίνονται οι φωτογραφίες που χρησιμοποιήθηκαν για την δημιουργία του μοντέλου.

Στην εικόνα 8 διακρίνονται οι φωτογραφίες στις οποίες βασίστηκε το πρόγραμμα και προέκυψαν από τις πτήσεις του UAV, από τις οποίες δημιουργήθηκε το μοντέλο. Η προβολή είναι κατακόρυφη, έτσι ώστε να διακρίνετε ολόκληρη η έκτασή τους πάνω από την περιοχή ενδιαφέροντος με τις φωτογραφίες οι οποίες την καλύπτουν στην συγκεκριμένη περίπτωση αλλά έχουν δημιουργήσει οπτικά το σχέδιο της περιοχής.



Εικόνα 7: Στην εικόνα διακρίνονται οι φωτογραφίες που χρησιμοποιήθηκαν έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί η διαδικασία του Align.

Στην εικόνα 9 διακρίνεται το μοντέλο, μετά την διαδικασία του Align, μαζί με τις φωτογραφίες που προέκυψαν από τις μαγνητοσκοπήσεις του μη επανδρωμένου οχήματος. Σε αυτή την περίπτωση διακρίνετε το μοντέλο σε πλευρική προβολή.



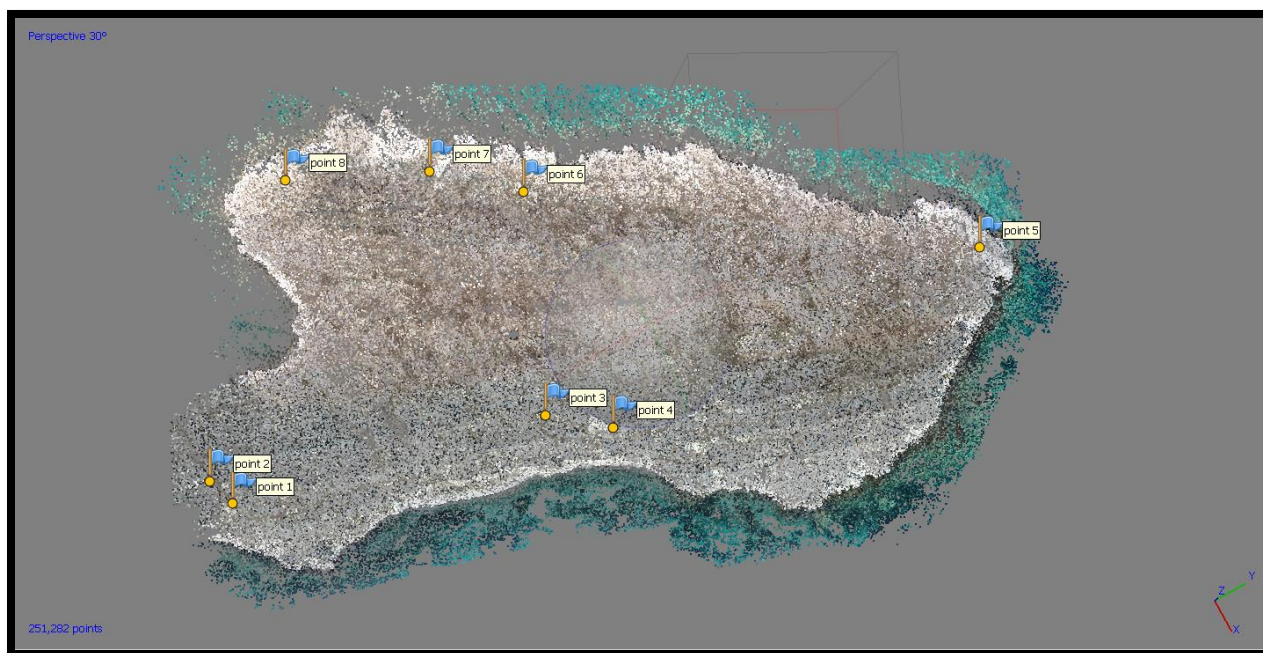
Εικόνα 8: Το τελικό αποτέλεσμα του Align (αραιού νέφους σημείων) και μια πρώτη οπτική της νήσου στην περιοχή μελέτης.

Το τελικό αποτέλεσμα του αραιού νέφους σημείων της νήσου Νησιώπης διακρίνεται στην εικόνα 10. Επιπρόσθετα η διαδικασία του Align είχε τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

Τα Tie Points είναι 275.679 σημεία στο σύνολό τους, αλλά στην περιοχή που επιλέχθηκε προς μελέτη για να είναι πιο τετραγωνισμένη και ομοιόμορφη είναι 251.282 σημεία. Με τις ακόλουθες παραμέτρους: Accuracy σε Low, ενεργοποιημένο το Generic Preselection, Key Point Limit 10,000 με το Tie Point Limit στο 1,000 .

3.4.5 Γεωαναφορά

Την διαδικασία του Align ακολουθεί ένα ιδιαίτερα σημαντικό στάδιο της διαδικασίας, αυτό της γεωαναφοράς της περιοχής μελέτης, στην προκειμένη περίπτωση του βόρειου τμήματος της νήσου Νησιώπης, εικόνα 11. Για την γεωαναφορά επιλέχθηκαν 8 σημεία περιμετρικά της περιοχής ενδιαφέροντος. Στην συγκεκριμένη περίπτωση τα σημεία είχαν παρθεί από μετρήσεις RTK σε αντίθεση με τα σημεία που χρησιμοποιήθηκαν για την γεωαναφορά της απολιθωματοφόρας θέσης 31(θα παρουσιαστεί στην συνέχεια). Έτσι οι συντεταγμένες (x,y) αλλά και τα υψόμετρα (z) που χρησιμοποιήθηκαν ήταν από τις συγκεκριμένες μετρήσεις, οι οποίες έλαβαν χώρα την ίδια μέρα με τις πτήσεις από το UAV. Οι συντεταγμένες είναι στο ελληνικό σύστημα αναφοράς το ΕΓΣΑ '87 και τα υψόμετρα σε μέτρα και παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα. Το συνολικό RMSE (Root Mean Square Error) ήταν 0.045459 .



Εικόνα 9: Στην εικόνα διακρίνεται το Align με τα 8 σημεία, που χρησιμοποιήθηκαν από τις μετρήσεις Real Time Kinematic, ώστε να πραγματοποιηθεί η γεωαναφορά.

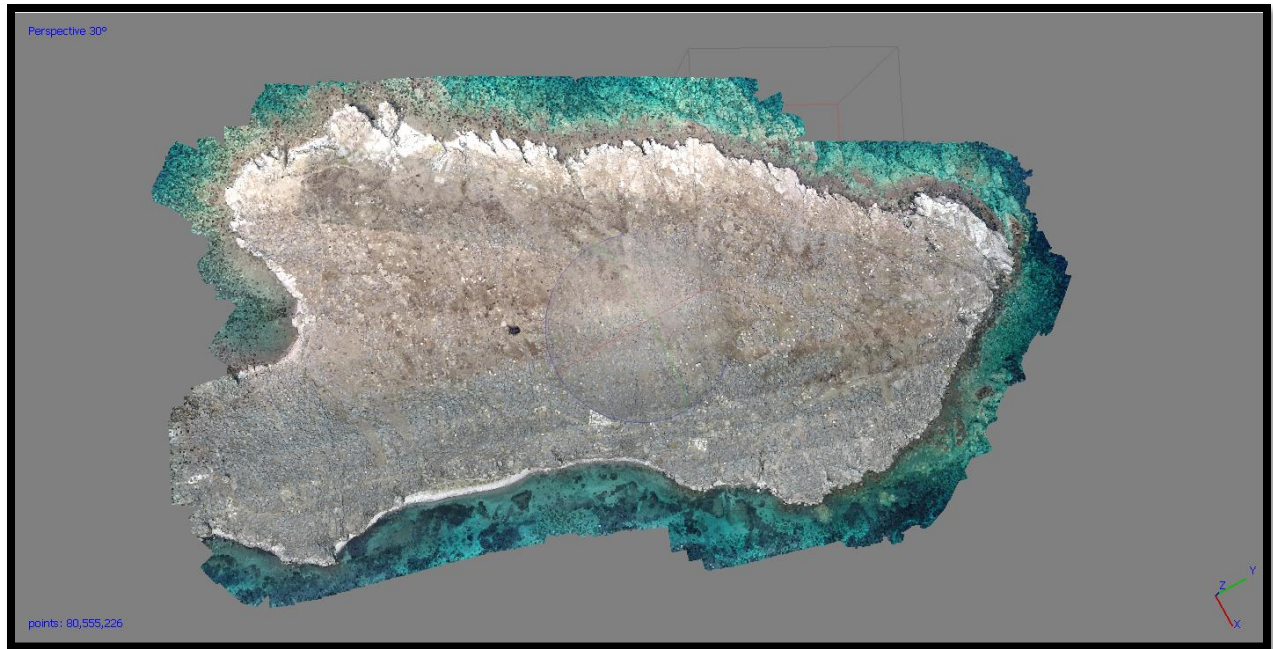
Πίνακας 3. Σημεία Γεωαναφοράς Βόρειου Τμήματος

Σημεία Γεωαναφοράς	Easting	Northing	Altitude	Error (m)
<i>Point 1</i>	658714.419	4342625.689	8.42	0.089659
<i>Point 2</i>	658689.009	4342618.301	8.84	0.085408
<i>Point 3</i>	658775.690	4342886.070	12.27	0.017490
<i>Point 4</i>	658813.368	4342931.680	11.02	0.005159
<i>Point 5</i>	658833.700	4343301.620	9.15	0.000523
<i>Point 6</i>	658596.357	4342963.139	7.74	0.018562
<i>Point 7</i>	658543.040	4342900.100	7.359	0.021990
<i>Point 8</i>	658494.100	4342789.080	9.080	0.006166
Total RMSE				0.045459

Στον παραπάνω Πίνακα 3., διακρίνονται οι συντεταγμένες X,Y σε προβολικό σύστημα ΕΓΣΑ'87 αλλά και το υψόμετρο Z σε μέτρα. Τέλος στην τελευταία στήλη διακρίνεται το σφάλμα στο κάθε σημείο όπως και το συνολικό σφάλμα Root Mean Square Error-RMSE.

3.4.6 Dense Cloud

Εφόσον πραγματοποιήθηκε η γεωαναφορά το επόμενο βήμα το οποίο συντελέστηκε ήταν αυτό της δημιουργίας του πυκνού νέφους σημείων (Dense Cloud). Για την δημιουργία του πυκνού νέφους σημείων το πρόγραμμα υπολογίζει τη θέση της κάμερας και επίσης το πρόγραμμα υπολογίζει το βάθος των εικονοστοιχείων δηλαδή των pixel σε κάθε εικόνα και το αποτέλεσμα που προέκυψε φαίνεται στην εικόνα 12 και στην εικόνα 13.



Εικόνα 10: Το πυκνό νέφος σημείων (Dense Cloud), όπως αυτό δημιουργήθηκε, η παρούσα λήψη είναι κάθετη ώστε να παρουσιαστεί ολόκληρη η επιφάνεια της περιοχής μελέτης.

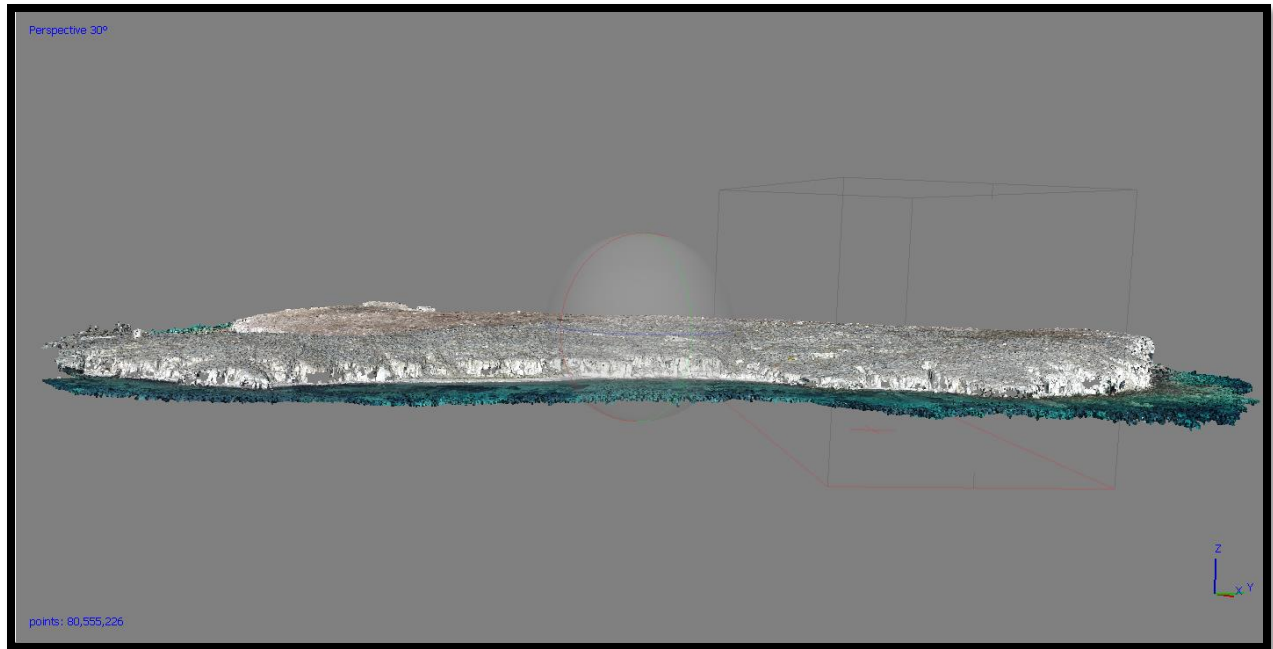
Επιπρόσθετα ιδιαίτερα σημαντικές ήταν οι πληροφορίες για το πως “έτρεξε” το dense point cloud. Πιο συγκεκριμένα:

Quality είναι Medium

Depth filtering είναι Aggressive

Ενεργοποιημένο το Calculate Point Colors

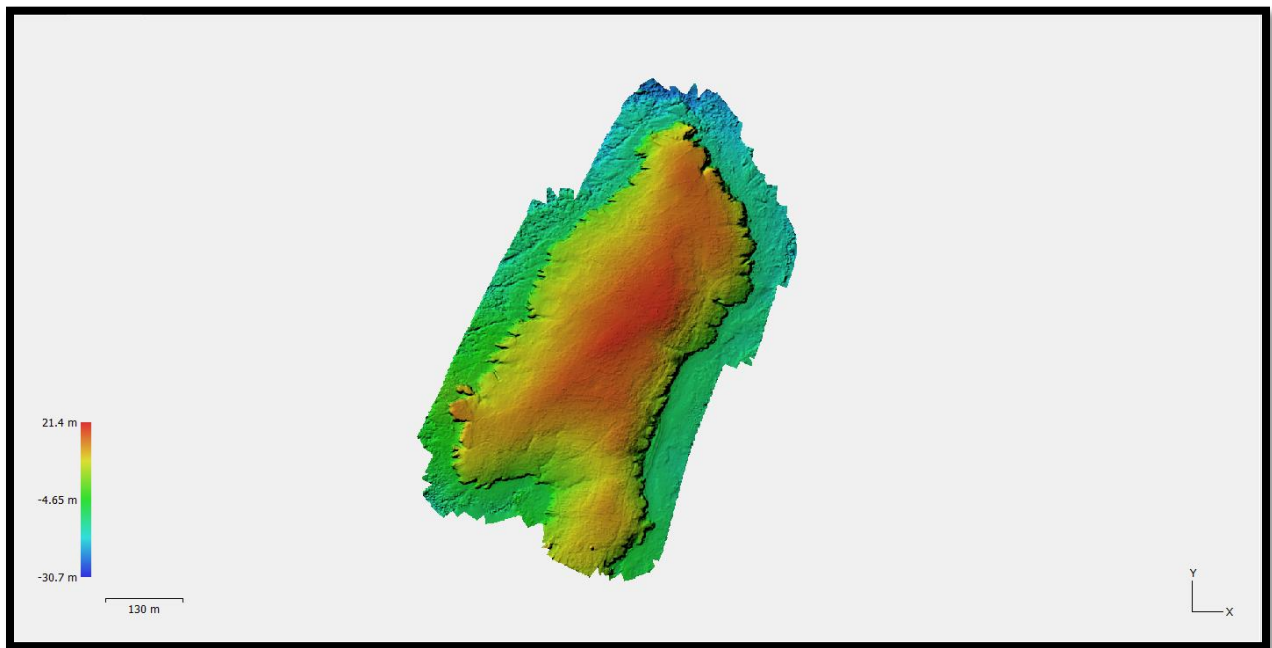
Με σύνολο σημείων 80.555.226



Εικόνα 11: Το πυκνό νέφος σημείων (Dense Cloud), όπως αυτό δημιουργήθηκε, στην παρούσα περίπτωση διακρίνεται με πλάγια λήψη, έτσι ώστε να παρουσιαστούν και η μορφή των γκρεμών που δημιουργήθηκαν για το μοντέλο.

3.4.7 DEM

Ακολούθησε η δημιουργία του ψηφιακού μοντέλου εδάφους (Digital Elevation Model - DEM), εικόνα 14. Το οποίο ουσιαστικά αντιπροσωπεύει μια επιφάνεια και το παραγόμενο μοντέλο τις τιμές του ύψους της συγκεκριμένης περιοχής, δυστυχώς χρειαζόταν περισσότερα επίγεια σημεία ελέγχου GCPs ώστε να έχει μεγαλύτερη ακρίβεια στα υψόμετρα, καθώς παρουσιάζει σε κάποιες περιοχές υψομετρικές αποκλίσεις ιδιαίτερα στις άκρες της νήσου και λιγότερες στο εσωτερικό της.



Εικόνα 12: Το Dem, έτσι όπως αυτό δημιουργήθηκε μέσα από την επεξεργασία του προγράμματος και τις μετρήσεις RTK.

Βασικοί παράμετροι, που χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή του DEM στο βόρειο τμήμα της Νησιώπης:

Source Data: Dense Cloud

Interpolation: Enabled

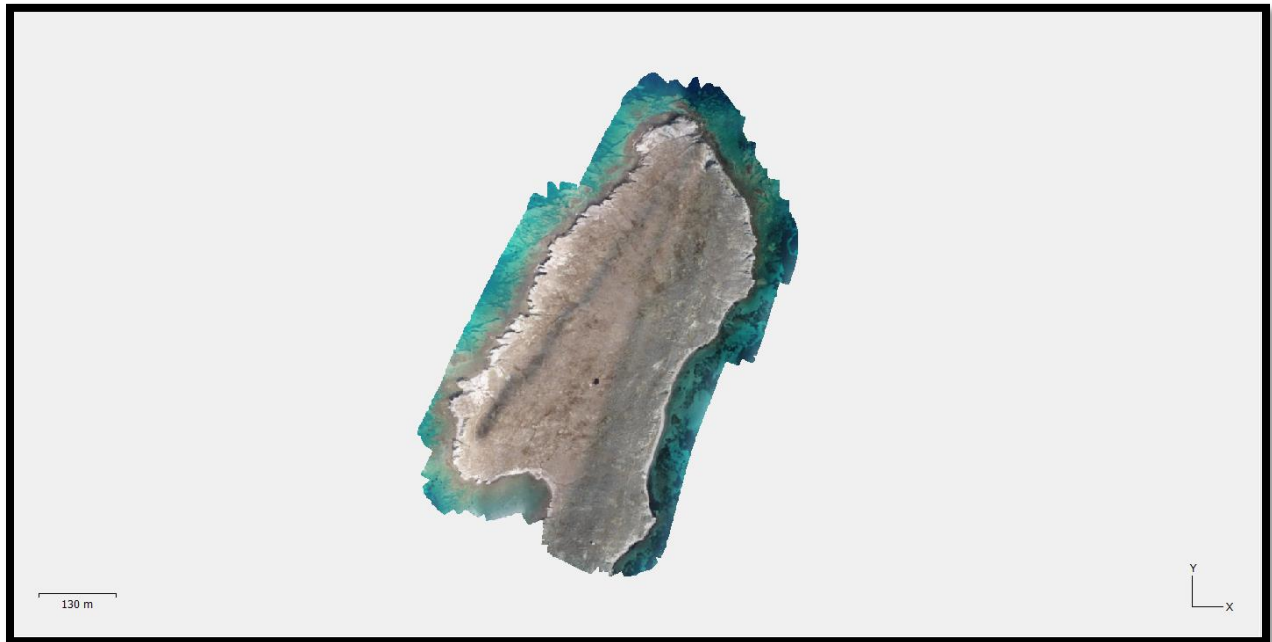
Προβολικό σύστημα: ΕΓΣΑ'87

Resolution: 6.67 cm/pix

Point Density: 225 points/m²

Κεφάλαιο 3.3.5 Orthomosaic

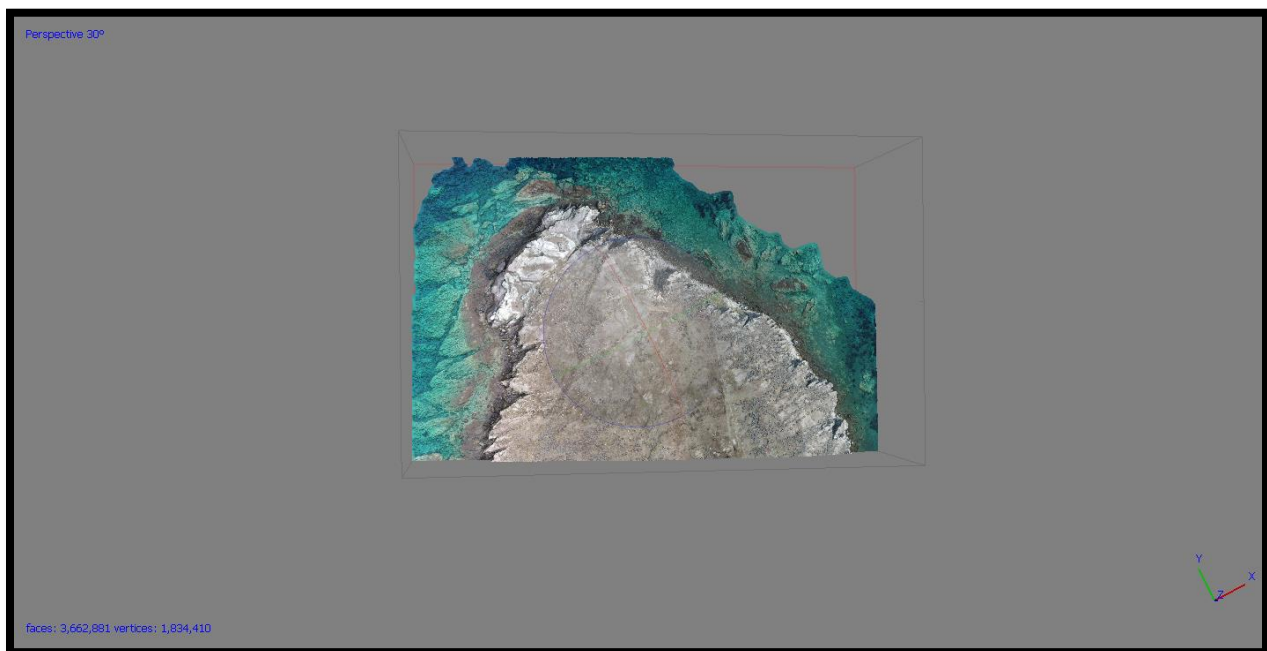
Το επόμενο βήμα που πραγματοποιήθηκε στο πρόγραμμα επεξεργασίας ήταν η δημιουργία Ορθομωσαϊκού σε προβολικό σύστημα ΕΓΣΑ'87, όπως άλλωστε και το DEM, που δημιουργήθηκε ένα βήμα νωρίτερα. Πιο συγκεκριμένα σε αυτό το βήμα δημιουργήθηκε μια εικόνα υψηλής ανάλυσης, που βασίστηκε στις εικόνες(δημιουργίας του μοντέλου) αλλά και στην ανακατασκευή του μοντέλου, όπως αυτή διακρίνεται στην εικόνα 15.



Εικόνα 13: Το Orthomosaic, το οποίο προέκυψε από την επεξεργασία των εικόνων, και χρησιμοποιήθηκε στην συνέχεια τόσο για την δημιουργία χάρτη αλλά και του animation.

3.4.8 Mesh

Το τελευταίο βήμα ήταν το πλέγμα- Mesh καθώς δεν μπορούσε να δημιουργηθεί στον υπολογιστή ως ένα ενιαίο μοντέλο, αποφασίστηκε να κοπεί σε 5 διαφορετικά κομμάτια (τα πέντε, τα οποία έπονται) και στο τέλος να πραγματοποιηθεί η διαδικασία Merge και στα πέντε, έτσι ώστε να προκύψει εν τέλη ένα μοναδικό και ενιαίο μοντέλο Mesh. Από αυτό το μοντέλο πλέγματος δημιουργήθηκε το animation του βόρειου τμήματος της νήσου Νησιώπης. Προτιμήθηκε να δημιουργηθεί το πλέγμα και να γίνει εκεί η απεικόνιση της νησίδας αλλά και η προβολή του animation, καθώς η μορφή του εξαγόμενου μοντέλου ήταν καλύτερη από το Dense Cloud (πυκνό νέφος σημείων) το report δεν περιλαμβάνει τα 5 κομμάτια.

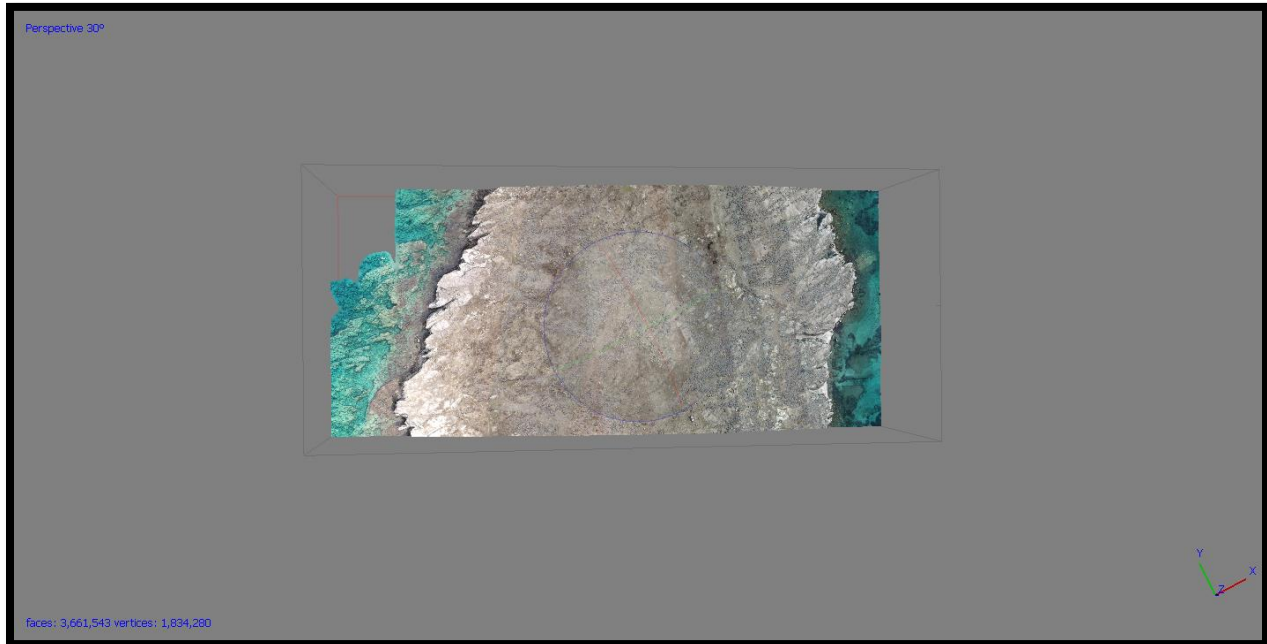


Εικόνα 14: Τμήμα του Mesh, όπως αυτό κόπηκε από το πυκνό νέφος σημείων για να επεξεργαστεί πιο εύκολα.

Στην εικόνα 16 διακρίνεται το πρώτο από τα πέντε κομμάτια του βόρειου τμήματος της νήσου Νησιώπης, το οποίο κόπηκε έτσι ώστε να δημιουργηθεί το Mesh. Ακολουθούν κάποια στοιχεία – χαρακτηριστικά που βοήθησαν στη διαδικασία δημιουργίας του:

- Faces: 3.662.881
- Vertices: 1.834.410
- Surface type: Arbitrary
- Source data: Dense cloud
- Interpolation: Enabled
- Quality: Medium

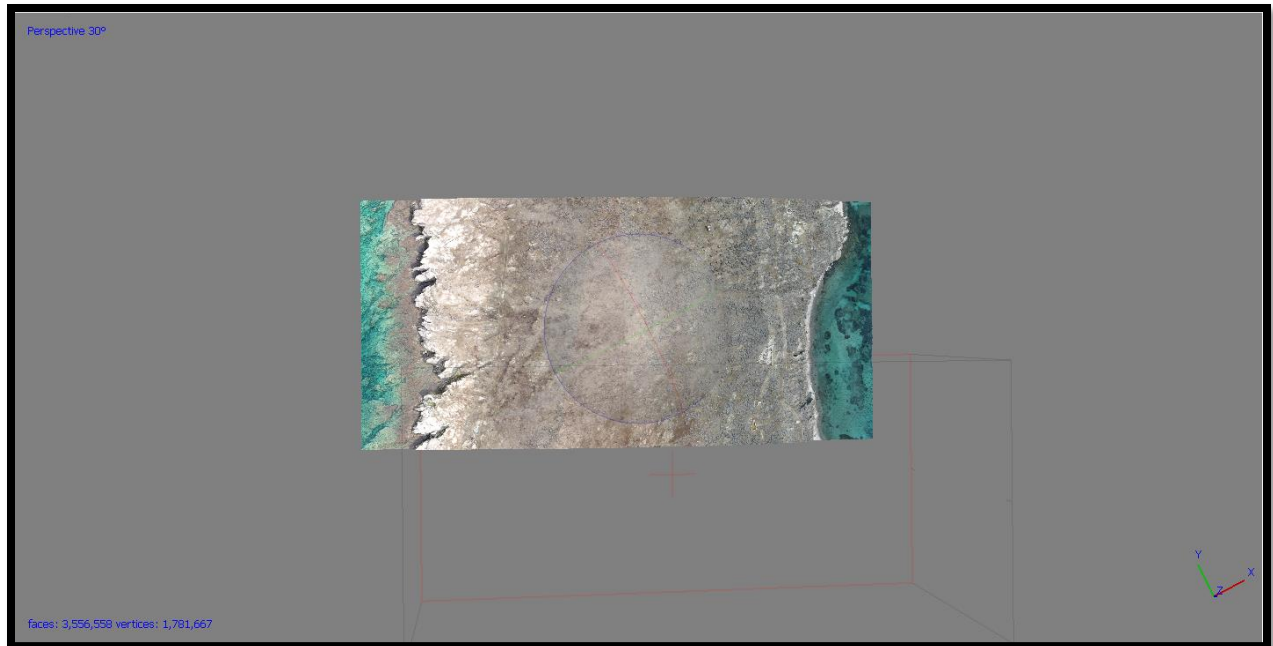
- Depth filtering: Aggressive



Εικόνα 15: Το επόμενο τμήμα του Mesh, το οποίο κόπηκε από το Dense Cloud, δόθηκε προσοχή ώστε να υπάρχει τμήμα με επικάλυψη με το προηγούμενο κομμάτι του Βορά.

Το δεύτερο κομμάτι του βόριου τμήματος της νησίδας στο οποίο δημιουργήθηκε το πλέγμα, είναι το παραπάνω, της εικόνας 17, δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή τόσο σε αυτό το κομμάτι όσο και στα ακόλουθα τρία να υπάρχουν περιοχές με επικαλύψεις, έτσι ώστε να μπορέσει να πραγματοποιηθεί η διαδικασία του Merge στην συνέχεια, όπως και έγινε εν τέλη. Ακολουθούν κάποια στοιχεία – χαρακτηριστικά που βοήθησαν στη διαδικασία δημιουργίας του:

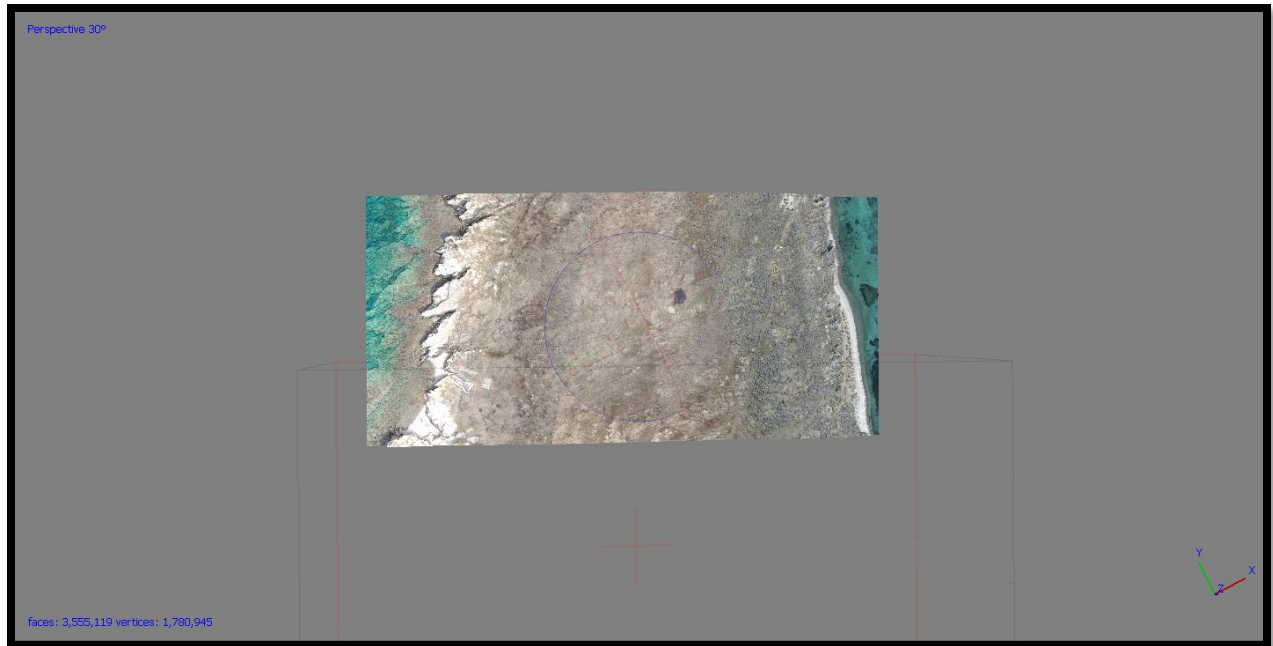
- Faces: 3.661.543
- Vertices: 1.834.280
- Surface type: Arbitrary
- Source data: Dense cloud
- Interpolation: Enabled
- Quality: Medium
- Depth filtering: Aggressive



Εικόνα 16: Το τρίτο τμήμα του πυκνού νέφους σημείων που κόπηκε για να δημιουργηθεί ένα και ενιαίο Mesh. Το συγκεκριμένο έχει επικάλυψη με το προηγούμενο στο βόρειο τμήμα του.

Το τρίτο τμήμα από τα πέντε διακρίνεται άνωθεν στην εικόνα 18. Προσοχή έχει δοθεί ώστε να υπάρχει επικάλυψη με το τμήμα δύο στο βόρειο κομμάτι του. Ακολουθούν κάποια στοιχεία – χαρακτηριστικά που βοήθησαν στη διαδικασία δημιουργίας του:

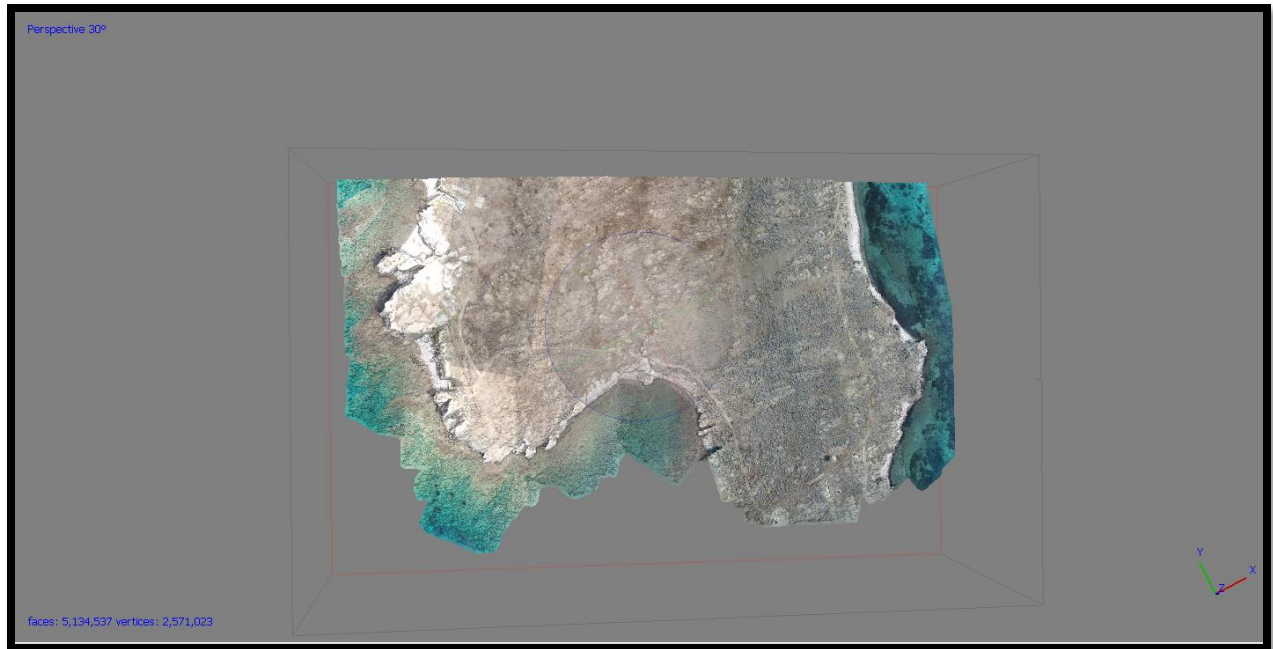
- Faces: 3.556.558
- Vertices: 1.781.667
- Surface type: Arbitrary
- Source data: Dense cloud
- Interpolation: Enabled
- Quality: Medium
- Depth filtering: Aggressive



Εικόνα 17: Το τέταρτο κομμάτι και προτελευταίο του Dense Cloud, που κόπηκε για να δημιουργηθεί το πλέγμα της συγκεκριμένης μικρής περιοχής.

Το τέταρτο και προ τελευταίο κομμάτι του βόρειου τμήματος, το οποίο κόπηκε από το πυκνό νέφος σημείων όπως και τα άλλα, για να μπορέσει να δημιουργηθεί το Mesh(εικόνα 19). Ακολουθούν κάποια στοιχεία – χαρακτηριστικά που βοήθησαν στη διαδικασία δημιουργίας του:

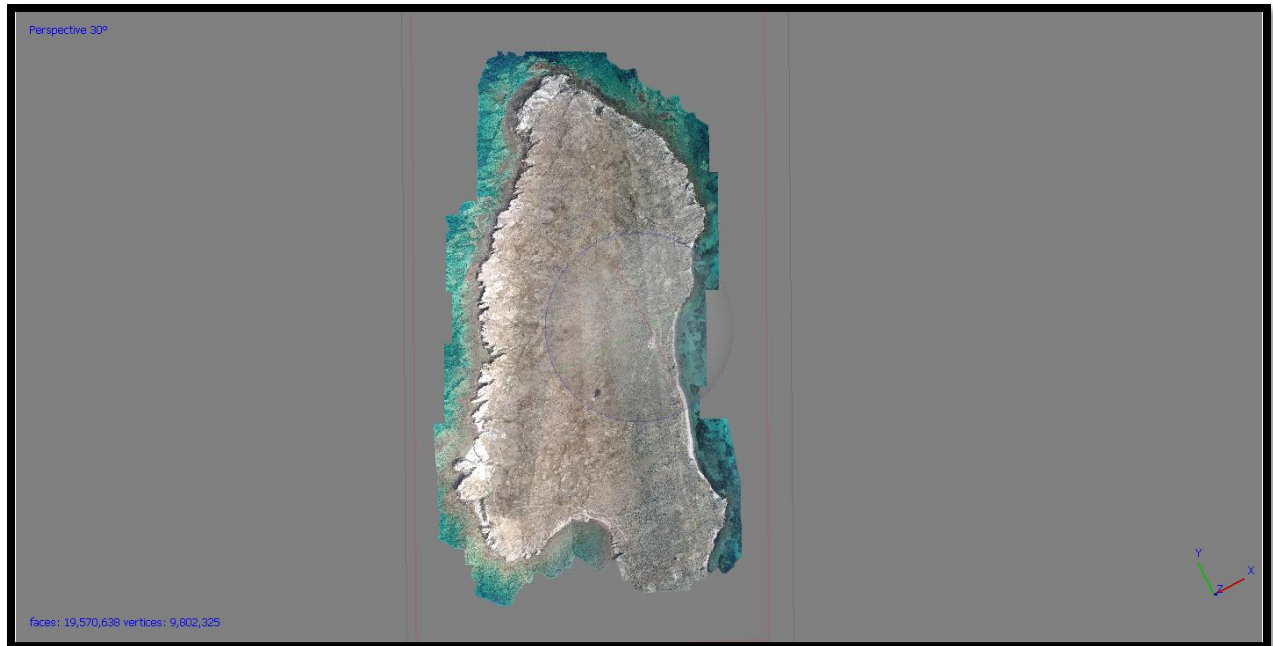
- Faces: 3.555.119
- Vertices: 1.780.945
- Surface type: Arbitrary
- Source data: Dense cloud
- Interpolation: Enabled
- Quality: Medium
- Depth filtering: Aggressive



Εικόνα 18: Το τελευταίο τμήμα του βόρειου τμήματος, που κόπηκε από το Dense Cloud, με σκοπό να δημιουργηθεί το παρόν Mesh, ώστε να ενωθεί με τα προηγούμενα και να δημιουργηθεί ένα ενιαίο Mesh για όλο το βόριο τμήμα της Νησιώπης.

Το πέμπτο και τελευταίο κομμάτι του Dense Cloud , το οποίο κόπηκε έτσι ώστε να δημιουργηθεί το παραπάνω Mesh όπως φαίνεται στην εικόνα 20. Ακολουθούν κάποια στοιχεία – χαρακτηριστικά που βοήθησαν στη διαδικασία δημιουργίας του:

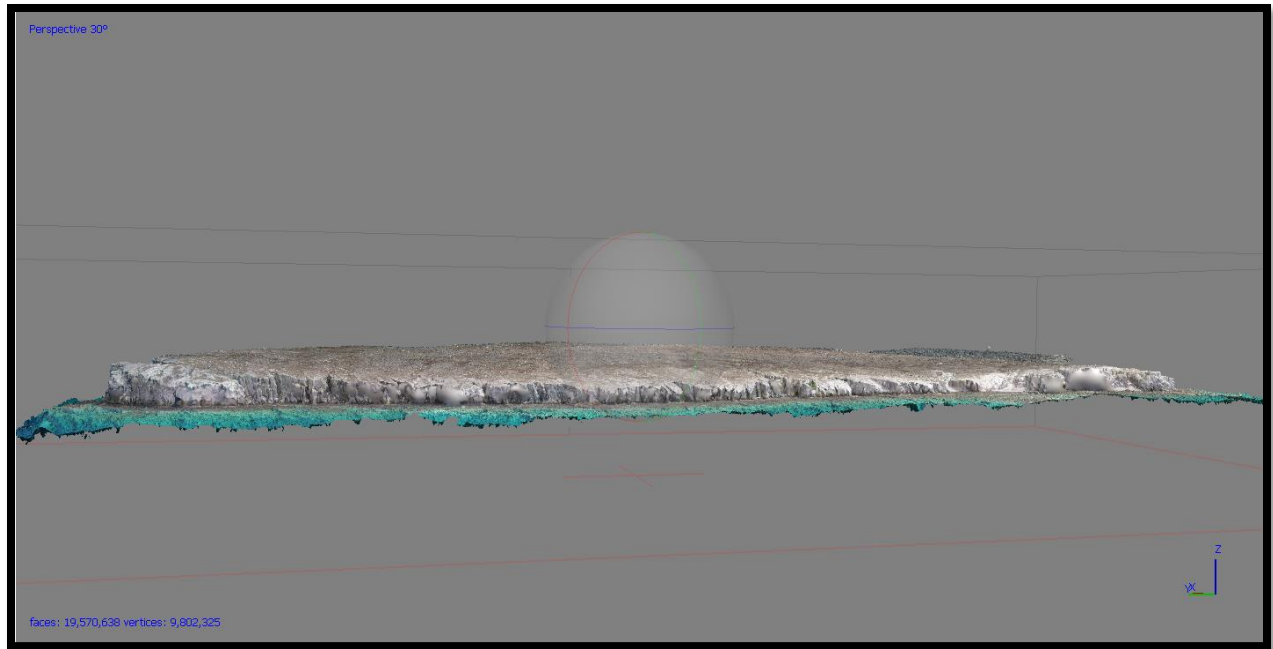
- Faces: 5.134.537
- Vertices: 2.571.023
- Surface type: Arbitrary
- Source data: Dense cloud
- Interpolation: Enabled
- Quality: Medium
- Depth filtering: Aggressive



Εικόνα 19: Το Mesh, που δημιουργήθηκε από την ένωση των πέντε μικρότερων περιοχών του βόρειου τμήματος με την διαδικασία του Merge σε κάθετη από την κάμερα οπτική, έτσι ώστε να υπάρχει πλήρη οπτική για όλο το βόρειο τμήμα της περιοχής μελέτης.

Στην εικόνα 21 διακρίνεται το τελικό Mesh, το οποίο δημιουργήθηκε από το Merge, των πέντε παραπάνω Mesh. Σε αυτή την εικόνα διακρίνεται το βόρειο τμήμα (περιοχής μελέτης) της νήσου σε κάθετη προβολή ως προς αυτή, για να μπορέσει να είναι εύκολα διακριτή ολόκληρη η επιφάνεια της. Ακολουθούν κάποια στοιχεία – χαρακτηριστικά που βοήθησαν στη διαδικασία δημιουργίας του:

- Faces: 19.570.638
- Vertices: 9.802.325
- Surface type: Arbitrary
- Source data: Dense cloud
- Interpolation: Enabled
- Quality: Medium
- Depth filtering: Aggressive



Εικόνα 20: Το Βόρειο τμήμα που δημιουργήθηκε από τα πέντε μικρότερα Mesh σε οριζόντια προβολή, ώστε να παρουσιαστούν και οι ορφές στις ακτές της νήσου.

Στην εικόνα 22 διακρίνεται και πάλι το αποτέλεσμα του Merge. Σε αυτή την περίπτωση η προβολή του μοντέλου δεν είναι κάθετη αλλά πλευρική, έτσι ώστε να παρατηρηθεί το ανάγλυφο αλλά και οι ακτές στο συγκεκριμένο τμήμα της Νησιώτης.

3.5 Κλίμακα Απολιθωματοφόρας Θέσης 31

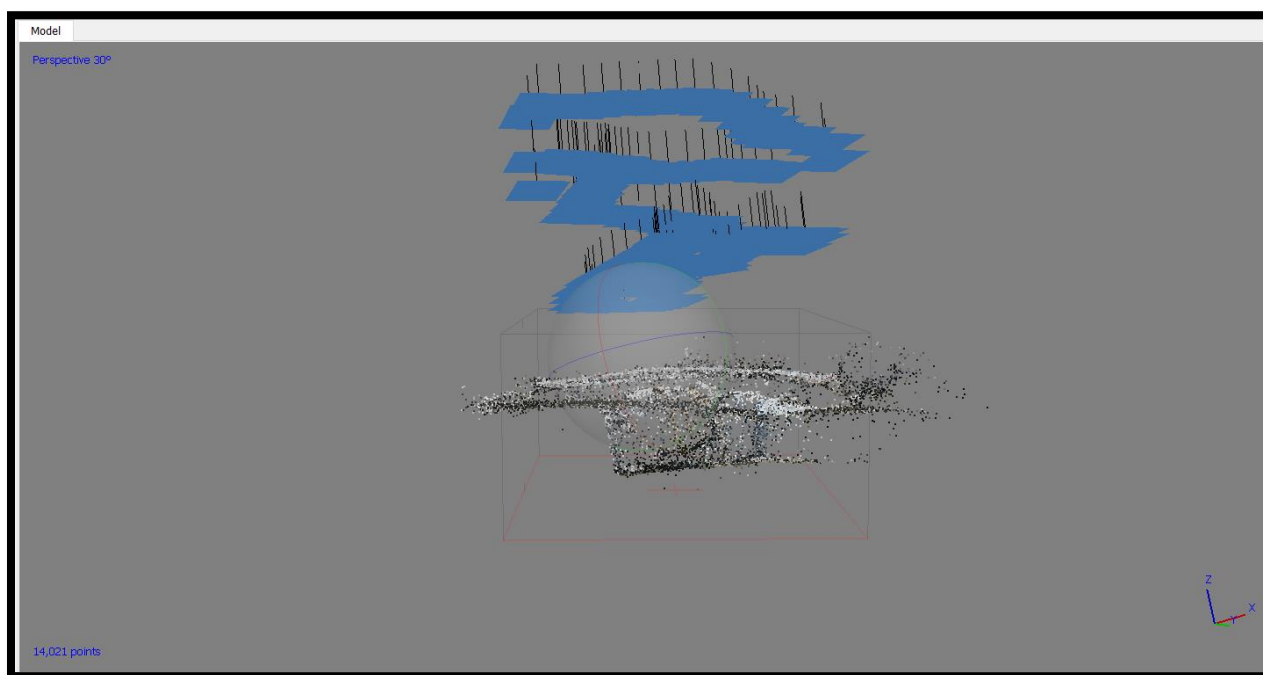
Η πτήση, που πραγματοποιήθηκε πάνω από την θέση 31 δεν είχε σχεδιαστεί με κάποιο σχέδιο πτήσης όπως έγινε στην αντίστοιχη περίπτωση της Νησιώπης, αλλά έγινε χειροκίνητα με το χειριστήριο του Drone και αυτή στις 3 Οκτωβρίου, όπως και οι προηγούμενες πτήσεις που χρειάστηκαν για να δημιουργηθεί το μοντέλο και οι χάρτες στο βόρειο τμήμα της Νησιώπης.

Η απολιθωματοφόρα θέση 31 βρίσκεται σε δύο βίντεο και από αυτά τα δύο κόπηκε ανά 30 καρέ με υψόμετρο πτήσης του μη επανδρωμένου αεροσκάφους στα 3.67 μέτρα. Από τις φωτογραφίες που προέκυψαν κρατήθηκαν όσες φωτογραφίες είχαν επικάλυψη 75% η μία με την άλλη, έτσι έμειναν προς επεξεργασία 119 φωτογραφίες

Συνοπτικά η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στο πρόγραμμα ήταν η δημιουργία του αραιού νέφους σημείων (Align), γεωαναφορά (georeference) , πυκνό νέφος σημείων (Dense Cloud), DEM, Orthomosaic, πλέγμα (Mesh), Texture και το Tiled Model. Ακολουθούν οι υπο ενότητες με την σειρά πραγματοποίησης των διαδικασιών.

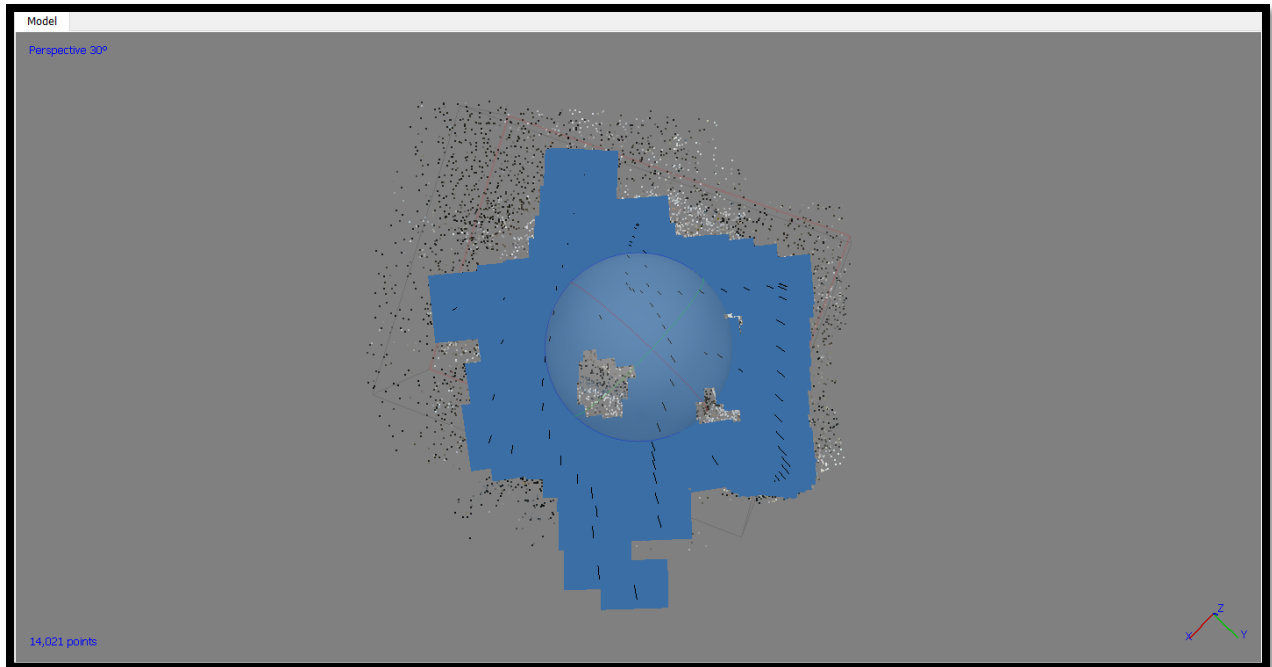
3.5.1 Align

Είναι η διαδικασία κατά την οποία το πρόγραμμα εντοπίζει την θέση της κάμερας και τον προσανατολισμό. Έτσι μετά από αυτό είναι σε θέση να δημιουργήσει ένα αραιό νέφος σημείων (όπως φαίνεται και στις εικόνες: 23, 24, 25). Στις φωτογραφίες που ακολουθούν φαίνεται το αραιό νέφος σημείων τόσο σε οριζόντια όψη όσο και σε κάθετη με τις φωτογραφίες που έγιναν aligned (119/119), στην τρίτη φωτογραφία παρουσιάζετε το αραιό νέφος σημείων της απολιθωματοφόρας θέσης 31.



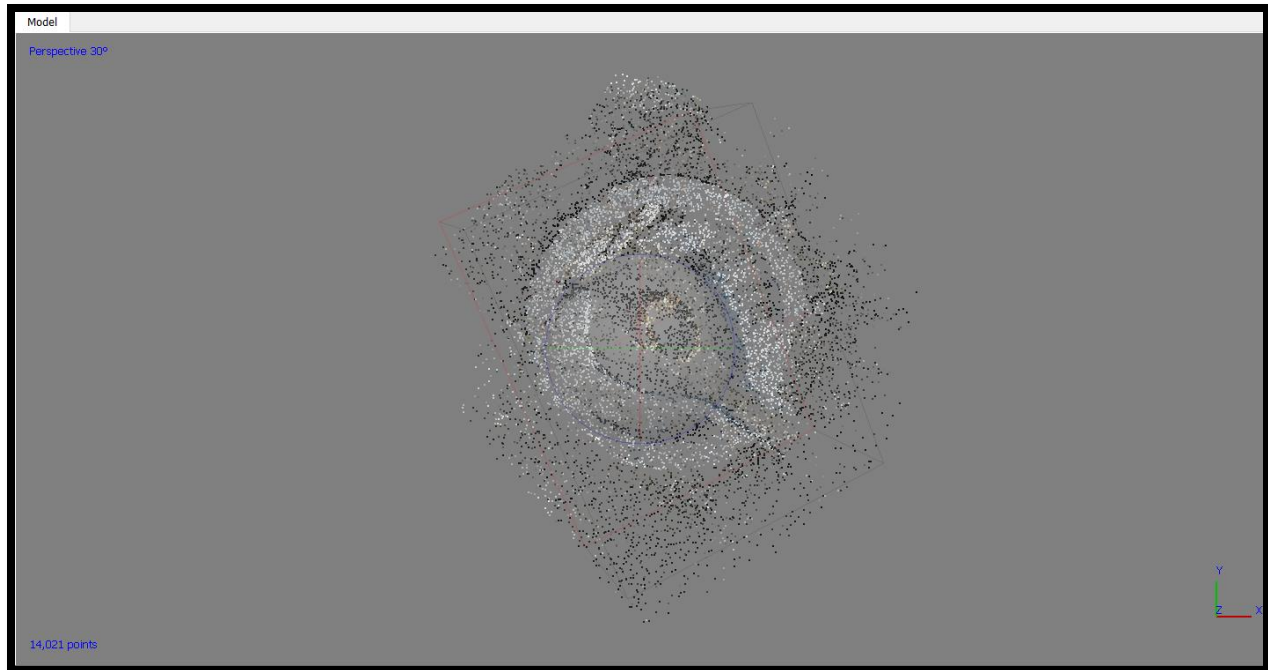
Εικόνα 21: Στην εικόνα διακρίνονται οι φωτογραφίες που χρησιμοποιήθηκαν έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί η διαδικασία του Align.

Το αποτέλεσμα της διαδικασίας του Align για την περιοχής ενδιαφέροντος σε οριζόντια οπτική, εικόνα 23. Με μπλε χρώμα διακρίνονται οι φωτογραφίες που χρησιμοποιήθηκαν για την δημιουργία του μοντέλου.



Εικόνα 22: Το εξαγόμενο μοντέλο μετά την διαδικασία του Align, διακρίνονται οι φωτογραφίες που χρησιμοποιήθηκαν για την δημιουργία του μοντέλου.

Το μοντέλο σε κάθετη οπτική με τις εικόνες να βρίσκονται πάνω από αυτό, εικόνα 24.



Εικόνα 23: Μια πρώτη οπτική της απολιθωματοφόρας θέσης 31, όπως αυτή δημιουργήθηκε και παρουσιάζεται με το αραιό νέφος σημείων.

Το τελικό αποτέλεσμα, όπως αυτό προέκυψε από την διαδικασία για τη δημιουργία του αραιού νέφους σημείων, εικόνα 25.

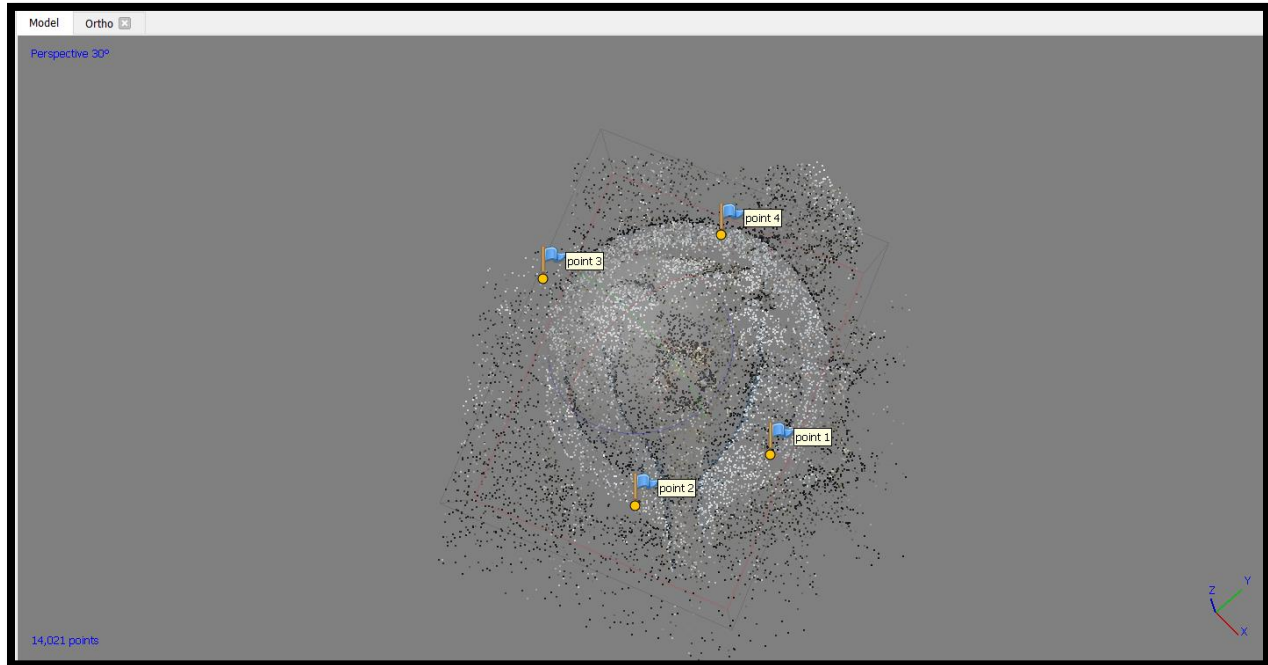
Επιπρόσθετα η διαδικασία του Align είχε τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

Τα Tie Points είναι 16,750 στο σύνολό τους, αλλά στην περιοχή που επιλέχθηκε προς μελέτη για να είναι πιο τετραγωνισμένη και ομοιόμορφη είναι 14,021 σημεία. Με τις ακόλουθες παραμέτρους: Accuracy σε Low, ενεργοποιημένο το Generic Preselection, Key Point Limit 10,000 με το Tie Point Limit στο 1,000.

3.5.2 Γεωαναφορά

Την διαδικασία του Align ακολουθεί ένα ιδιαίτερα σημαντικό στάδιο της διαδικασίας, αυτό της γεωαναφοράς της περιοχής μελέτης, στην προκειμένη περίπτωση της απολιθωματοφόρας θέσης 31, εικόνα 26. Για την γεωαναφορά επιλέχθηκαν 4 σημεία περιμετρικά της θέσης ενδιαφέροντος. Στην συγκεκριμένη περίπτωση τα σημεία δεν είχαν παρθεί από μετρήσεις RTK όπως στην περίπτωση του βόρειου τμήματος της Νησιώπης, αλλά οι συντεταγμένες πάρθηκαν από τον ορθοφωτοχάρτη, ο οποίος είχε είδη δημιουργηθεί σε πρώτη φάση για το βόρειο τμήμα της Νησιώπης. Έτσι οι συντεταγμένες (x,y) αλλά και τα υψόμετρα (z) που χρησιμοποιήθηκαν

ήταν από τον συγκεκριμένο χάρτη. Οι συντεταγμένες είναι στο ελληνικό σύστημα αναφοράς το ΕΓΣΑ'87 και τα υψόμετρα σε μέτρα και παρουσιάζονται στον Πίνακα 4. Το συνολικό RMSE (Root Mean Square Error) ήταν 0.087119 .



Εικόνα 24: Η θέση 31, με τα τέσσερα σημεία γεωαναφοράς.

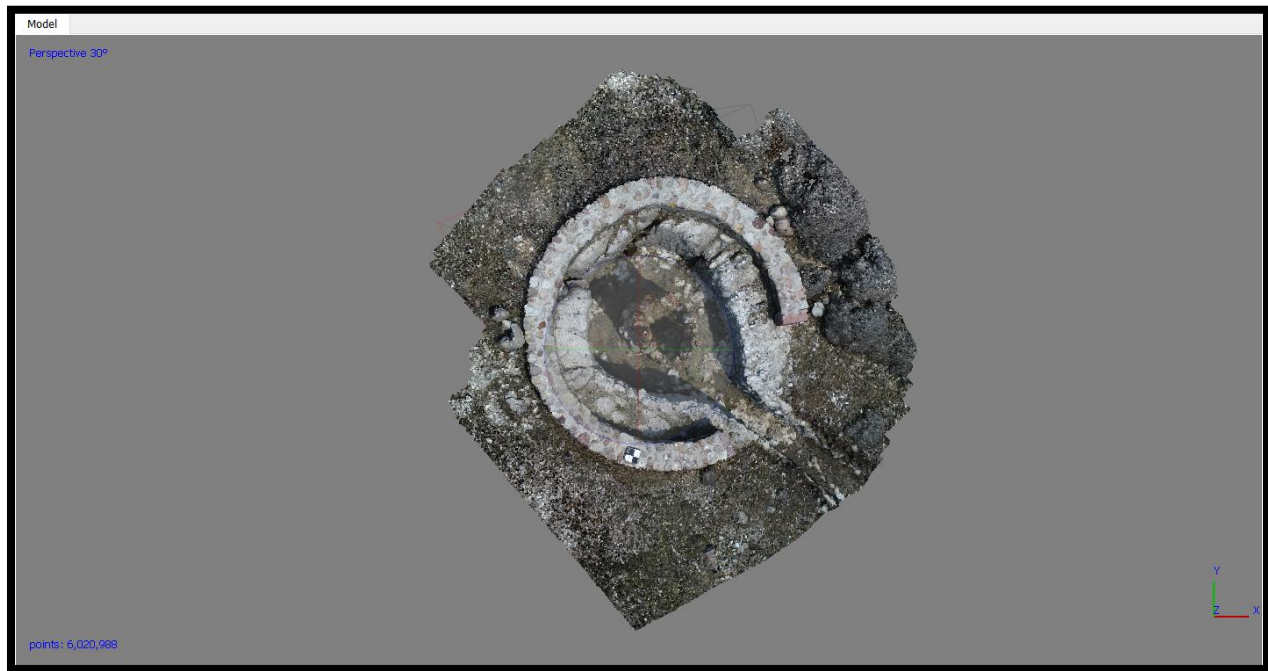
Πίνακας 4. Σημεία Γεωαναφοράς Θέση 31

Σημεία Γεωαναφοράς	Easting	Northing	Altitude	Error (m)
Point 1	658867.368333	4343004.134990	7.616281	0.108918
Point 2	658866.512069	4343002.064650	7.692954	0.107568
Point 3	658863.243224	4343003.323010	8.468092	0.059452
Point 4	658864.653764	4343005.693020	8.475104	0.058226
Total RMSE				0.087119

3.5.3 Dense Cloud

Εφόσον πραγματοποιήθηκε η γεωαναφορά το επόμενο βήμα το οποίο πραγματοποιήθηκε ήταν αυτό της δημιουργίας του πυκνού νέφους σημείων (Dense Cloud), όπως φαίνεται στην εικόνα 27. Για την δημιουργία του πυκνού νέφους σημείων το πρόγραμμα υπολογίζει τη θέση της

κάμερας και επίσης το πρόγραμμα υπολογίζει το βάθος των εικονοστοιχείων δηλαδή των pixel σε κάθε εικόνα.



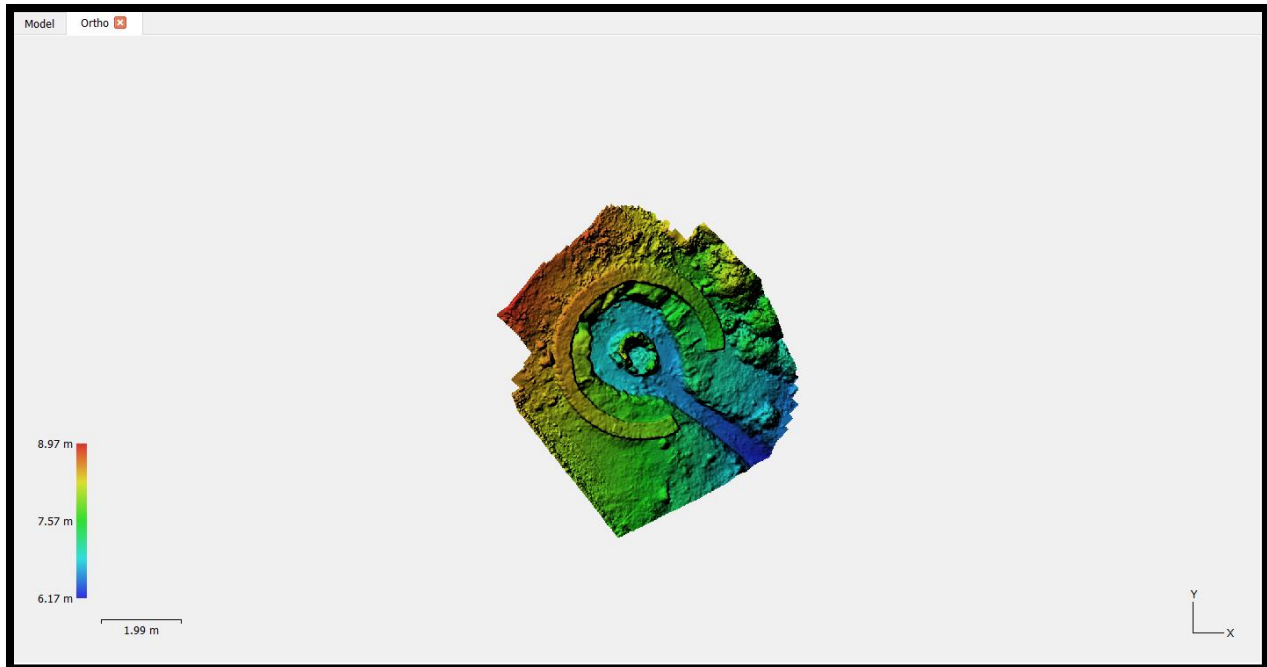
Εικόνα 25: Το πυκνό νέφος σημείων (Dense Cloud), όπως αυτό δημιουργήθηκε.

Επιπρόσθετα ιδιαίτερα σημαντικές ήταν οι πληροφορίες για το πως “έτρεξε” το dense point cloud. Πιο συγκεκριμένα:

- Quality είναι Medium
- Depth filtering είναι Aggressive
- Ενεργοποιημένο το Calculate Point Colors
- Με σύνολο σημείων 6.020.988

3.5.4 DEM

Ακολούθησε η δημιουργία του ψηφιακού μοντέλου εδάφους (Digital Elevation Model - DEM), εικόνα 28. Το οποίο ουσιαστικά αντιπροσωπεύει μια επιφάνεια και το παραγόμενο μοντέλο τις τιμές του ύψους της συγκεκριμένης περιοχής, καθώς οι τιμές πάρθηκαν από το DEM του βόρειου τμήματος της Νησιώπης η υψομετρική απόκλιση συναντάται και σε αυτή την περιοχή μελέτης.



Εικόνα 26: Το Dem, έτσι όπως αυτό δημιουργήθηκε μέσα από την επεξεργασία του προγράμματος και τις μετρήσεις RTK.

Βασικοί παράμετροι, που χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή του DEM:

- Source Data: Dense Cloud
- Interpolation: Enabled
- Προβολικό σύστημα: ΕΓΣΑ '87

3.5.5 Orthomosaic

Το επόμενο βήμα που πραγματοποιήθηκε στο πρόγραμμα επεξεργασίας ήταν η δημιουργία Ορθομωσαϊκού σε προβολικό σύστημα ΕΓΣΑ '87, όπως άλλωστε και το DEM, που δημιουργήθηκε ένα βήμα νωρίτερα. Πιο συγκεκριμένα σε αυτό το βήμα δημιουργήθηκε μια εικόνα υψηλής ανάλυσης, που βασίστηκε στις εικόνες(δημιουργίας του μοντέλου) αλλά και στην ανακατασκευή του μοντέλου, εικόνα 29.



Εικόνα 27: Το Orthomosaic, έτσι όπως αυτό προέκυψε από όλη την διαδικασία και την εξαγωγή του από το Agisoft Photoscan.

3.5.6 Mesh

Εν συνεχεία ακολούθησε η δημιουργία του τριγωνικού νέφους επιφανειών, εικόνα 30, μέσω του πυκνού νέφους σημείων (Dense Cloud) το οποίο είχε προηγηθεί σε δημιουργία.



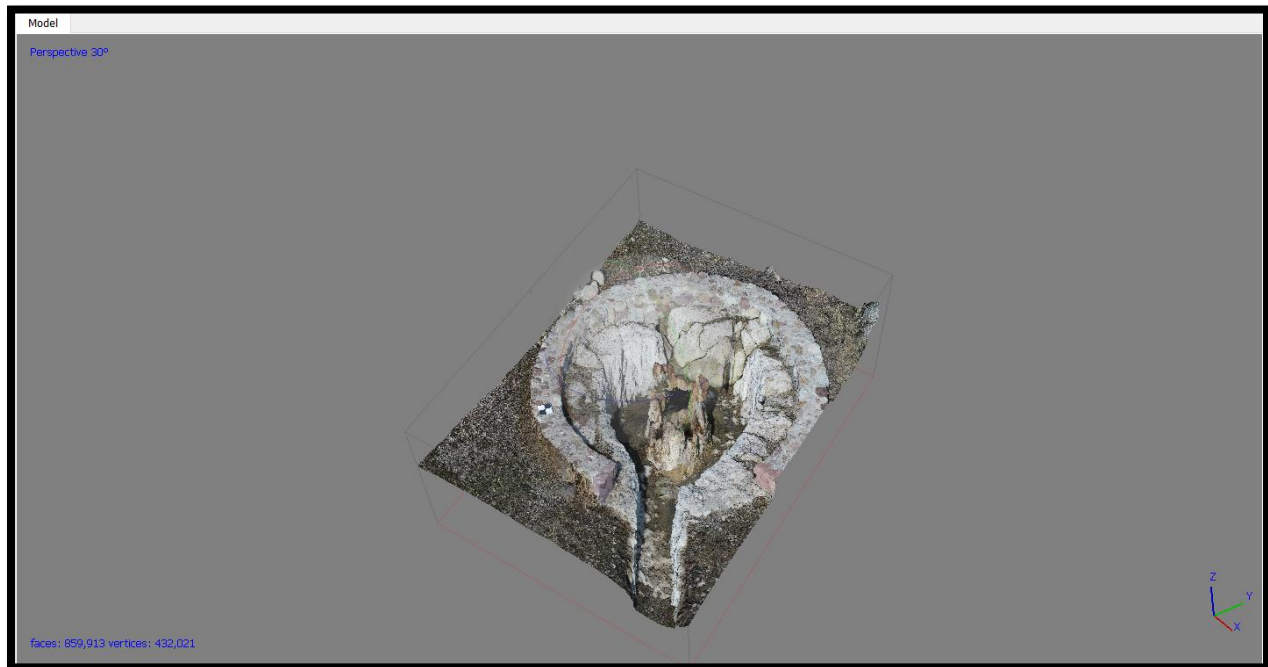
Εικόνα 28: Το μοντέλο του Mesh σε shaded μορφή.

Με παραμέτρους για την δημιουργία του:

- Surface Type: Arbitrary
- Source Data: Dense
- Interpolation: Enabled
- Quality: Medium
- Depth filtering: Aggressive

3.5.7 Texture

Το επόμενο βήμα που συντελέστηκε ήταν η δημιουργία υφής στο μοντέλο της περιοχής μελέτης έτσι ώστε να έχει καλύτερη οπτική ποιότητα το μοντέλο και αυτό διακρίνεται στην εικόνα 31.



Εικόνα 29: Το μοντέλο με το textured, αφού έτρεξε η συγκεκριμένη διαδικασία.

Τα χαρακτηριστικά με τα οποία “έτρεξε” το texture:

- Mapping Mode: Generic
- Blending Mode: Mosaic
- Texture Size: 4,096 X 4,096
- Enable Hole Filling: Yes
- Enable ghosting Filter: Yes

3.5.8 Tiled Model

Ακολούθησε η δημιουργία του Tiled Model, εικόνα 32, το οποίο επιτρέπει την απεικόνιση μεγάλων τρισδιάστατων μοντέλων σε υψηλή ανάλυση.



Εικόνα 30: Το παραγόμενο Tiled Model.

Κατόπιν αυτού έγινε προσπάθεια με τα υπάρχοντα δεδομένα να δημιουργηθούν χάρτες οι οποίοι θα εξυπηρετούν τρεις βασικούς τομείς και θα αναδεικνύουν για τις συγκεκριμένες περιοχές τις ακόλουθες χρήσεις: εκπαιδευτικού χαρακτήρα, διαχειριστικού χαρακτήρα αλλά και τουριστικού χαρακτήρα. Εν συνεχεία δημιουργήθηκαν Animation για την καλύτερη απεικόνιση των παραπάνω σκοπών.

3.6 Χάρτης Τουριστικού Χαρακτήρα

Στο Συγκεκριμένο χάρτη (2D χάρτης) τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζονται στον ακόλουθο Πίνακα 5.:

Πίνακας 5. Πίνακας Δεδομένων

Δεδομένα	Πηγές
Μονοπάτι	Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Απολιθωμένου Δάσους Λέσβου
Απολιθωματοφόρες θέσεις	Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Απολιθωμένου Δάσους Λέσβου
Orthomosaic	Δημιουργήθηκε από τις πτήσεις και προσωπική επεξεργασία

Η συγκεκριμένη ενότητα και τα δεδομένα αφορούν τον χάρτη για το βόρειο τμήμα της Νησιώπης, όπως αυτά εισήχθησαν και προσαρμόστηκαν στο Arc Map.

Παράλληλα ο χάρτης για την απολιθωματοφόρα θέση 31 προέκυψε από τον ορθοφωτοχάρτη, ο οποίος εξήχθη από το Agisoft Photoscan.

3.7 Χάρτης Εκπαιδευτικού σκοπού

Για το συγκεκριμένο τμήμα της εργασίας δημιουργήθηκε ένα animation μορφή προβολής τόσο του βόρειου τμήματος της Νησιώπης όσο και της απολιθωματοφόρας θέσης 31. Πιο συγκεκριμένα στο animation παρουσιάζονται μικρά τμήματα από τις πτήσεις, οι οποίες διενεργήθηκαν στις 3 Οκτωβρίου και μετά από την κάθε πτήση το μοντέλο το οποίο προέκυψε από την επεξεργασία στο Agisoft.

Τα δύο μικρά βίντεο που δημιουργήθηκαν με δύο διαφορετικές προβολές έτσι ώστε να δοθεί η απαραίτητη παρατήρηση στο μοντέλο της Νησιώπης τόσο από κατακόρυφη όσο και σε πλάγια όψη. Οι δύο συγκεκριμένες μαγνητοσκοπήσεις δημιουργήθηκαν στο πρόγραμμα Agisoft Photoscan.

Από την άλλη πλευρά η μαγνητοσκοπήση για την απολιθωματοφόρα θέση 31 δημιουργήθηκε στο Cloud Compare. Τέλος αφού δημιουργήθηκαν οι μαγνητοσκοπήσεις για τις δύο περιοχές μελέτης

τα βίντεο που προέκυψαν εισήχθησαν στο Movie Maker όπου εκεί μαζί με τα βίντεο από το drone δημιουργήθηκε το animation.

3.8. Χάρτης Διαχειριστικού σκοπού

Εφόσον στην Απολίθωματοφόρα θέση 31 δημιουργήθηκε το Orthomosaic δημιουργήθηκε σε μορφή pdf ένα τρισδιάστο μοντέλο, το οποίο δίνει την δυνατότητα να μετρηθούν αποστάσεις, στην απολιθωματοφόρα θέση.

3.9. Θεωρεία Agisoft

3.9.1. Ύπαιθρο RTK measurements

Πιο συγκεκριμένα σε αυτή την υποενότητα παρουσιάζετε η μέθοδος μετρήσεων RTK, αναλυτικότερα:

Ένας βασικός τρόπος εντοπισμού της πραγματικής θέσης ενός αντικειμένου με την διόρθωση επίσης σε πραγματικό χρόνο μας βοηθάει η χρήση του συστήματος RTK measurements ή αλλιώς Real Time Kinematics, καθώς εκτός από τον εντοπισμό της θέσης και την γρήγορη διόρθωση του σημείου η μέτρηση είναι ιδιαίτερα ακριβής σε επίπεδο εκατοστού (Xu, 2012). Αυτός είναι ένας πρώτος ορισμός όπως δόθηκε από τον Xu.

Αναλυτικότερα για να μπορέσουν να πραγματοποιηθούν οι μετρήσεις RTK measurements απαιτείται να υπάρχει ένα σταθερό σημείο σαν βάση για τις μετρήσεις(το οποίο υπήρχε και στις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στη νήσο Νησιώπη), το οποίο δέχεται τις μετρήσεις που του δίνονται από τους δορυφόρους που είναι συνδεδεμένοι εκείνη τη στιγμή και εν συνεχεία τις μεταδίδει από τη γνωστή θέση στους δείκτες rover, οι οποίοι βρίσκονται στην επιτρεπόμενη απόσταση και κινούνται ανάλογα με τις ανάγκες της μελέτης (Real-Time Kinematic Surveying Training Guide, 2003).

Είναι ένα σύστημα το οποίο έχει την ανάγκη και απαιτεί ένα κανάλι επικοινωνίας για να μπορούν να έρχονται σε επαφή- επικοινωνούν οι δύο επίγειοι δέκτες, δηλαδή η βάση και το Rover. Αξίζει να αναφερθεί ότι η δύναμη για την επικοινωνία δεν είναι πάντα η ίδια μεταξύ της βάσης και του Rover, αλλά μειώνεται όσο αυξάνεται η απόσταση των δύο αυτών μηχανημάτων. Μάλιστα εάν η απόσταση ξεπεράσει τα επιτρεπόμενα όρια όπως είναι φυσικό δεν έχει καθόλου ισχύει σε αυτή την περίπτωση. Εκτός από την απόσταση οποία μπορεί να είναι ένα εμπόδιο για το real-time

kinematics measurements, σημαντικό πρόβλημα το οποίο είναι ικανό να δημιουργήσει πρόβλημα στις μετρήσεις είναι στις αστικές περιοχές, οι οποίες διαθέτουν υψηλά κτίρια. Καθώς τα κτίρια είναι ικανά να εμποδίζουν Σε πολλές περιπτώσεις το σήμα μεταξύ των δύο μηχανημάτων που επικοινωνούν, της βάσης και του Rover (Desta D. E., 2018).

Σύμφωνα με τον Xu ένα από τα μεγάλα πλεονεκτήματα της χρήσης των δεδομένων RTK είναι ότι προβάλλει έναν γρήγορο προσδιορισμό σχετικά με την λύση ασάφειας ή αλλιώς σταθερή λύση (Xu, 2012). Το RTK παρέχει δύο είδη λύσεων: την Float και την Single (Morales & Tsubouchi, 2007). Η λύση Float χρησιμοποιεί τουλάχιστον τέσσερις δορυφόρους για να εξάγει αποτέλεσμα, αλλά αυτό είναι χαμηλής ακρίβειας, είναι περίπου από 20 cm μέχρι και 1 m η απόκλιση της μέτρησης, από την πραγματικότητα. Η λύση Fixed η οποία έχει μεγαλύτερη ακρίβεια σε σχέση με την Float, απαιτεί πέντε δορυφόρους και η ακρίβεια των μετρήσεών της είναι μικρότερη από 2 cm, κάτι που την καθιστά πολύ καλύτερη σε επίπεδο ακρίβειας από την Float.

3.9.2. ΣμυEA-UAV

Τα Unmanned Aerial Vehicle(μη επανδρωμένα ιπτάμενα οχήματα) ή απλούστερα UAV, είναι τα οχήματα τα οποία κατά τη διάρκεια της πτήσης τους δεν διαθέτουν χειριστή πάνω σε αυτά, όπως για παράδειγμα τα αεροπλάνα ή τα ελικόπτερα, αλλά παρ'όλα αυτά πραγματοποιούν πτήσεις μέσω τηλεκατεύθυνσης είτε αυτόνομα. Διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

- Η πρώτη κατηγορία είναι το UAV- Unmanned Aerial Vehicle και το οποίο αναφέρεται σε αυτό το ιπτάμενο αεροσκάφος, το οποίο δεν έχει χειριστή πάνω του.
- Η δεύτερη κατηγορία είναι το UAS- Unmanned Aerial System, είναι το ιπτάμενο όχημα το οποίο περιλαμβάνει τις διαδικασίες, το προσωπικό και όλα τα στοιχεία τα οποία είναι απαραίτητα και σημαντικά έτσι ώστε να θεωρείται ένα ολοκληρωμένο σύστημα.
- Τέλος η τρίτη κατηγορία σχετίζεται με τον όρο RPAS- Remotely Piloted Aircraft System, ο οποίος καθιερώθηκε σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία και με βάση την ανάγκη να υπάρχει στο έδαφος τουλάχιστον ένας χειριστής- πιλότος του ιπτάμενου οχήματος. (Wikipedia, 2019)

Σήμερα αλλά και γενικότερα τα τελευταία χρόνια, τα UAV, δεν χρησιμοποιούνται αποκλειστικά και μόνο για να μαγνητοσκοπήσουν ή να φωτογραφίσουν μία περιοχή, αλλά αποτελούν μία ιδιαίτερα σημαντική πηγή συλλογής δεδομένων για θέματα που αφορούν την χαρτογράφηση μίας περιοχής έρευνας, 3D- τρισδιάστατη οπτικοποίηση, για την επιτήρηση μίας περιοχής και άλλα.

Αποτελούν επιλογές σχετικά χαμηλού κόστους και μάλιστα μέσα από την επεξεργασία των δεδομένων μέσω των πτήσεων που πραγματοποιούν, δίνουν την δυνατότητα να δημιουργηθούν και μοντέλα DSM, DEM ανάλογα με την επεξεργασία που θα γίνει στα δεδομένα που συλλέχθηκαν (Remondino F., 2011).

3.9.3. Align

Η πρώτη βασική διαδικασία του Workflow του Agisoft Photoscan είναι η διαδικασία του Align. Είναι το στάδιο στο οποίο οι φωτογραφίες μόλις έχουν “φορτωθεί” στο πρόγραμμα και πρέπει σε μία πρώτη φάση να γίνει μια αρχική επεξεργασία τους ώστε να δημιουργηθεί ένα αρχικό νέφος σημείων. Για να μπορέσει να γίνει αυτή η διαδικασία απαιτείται να πραγματοποιηθεί αρχικά η ευθυγράμμιση των φωτογραφιών. Έτσι σε αυτό το στάδιο το Photoscan εντοπίζει- βρίσκει τον προσανατολισμό αλλά και την της κάμερας σε κάθε μια φωτογραφία και έτσι το αποτέλεσμα αυτού είναι η δημιουργία ενός αραιού νέφους σημείων (Agisoft PhotoScan User Manual, 2018).

3.9.4. Georeference(Γεωαναφορά)

Γεωαναφορά εικόνας με την χρήση του γενικότερου όρου στη χαρτογραφία δημιουργήθηκε από τον ανθρώπινο παράγοντα, καθώς εκείνος δεν είχε την ικανότητα τόσο της αντίληψης όσο και της άμεσης εποπτείας του γήινου φλοιού (Λιβιεράτος Ε., 1998)

Γενικότερα η φυσική επιφάνεια της γης δεν είναι Ένας τέλειος κύκλος ή δεν έχει ένα τέλειο σχήμα, αλλά αντιθέτως χαρακτηρίζεται από ένα ακανόνιστο σχήμα στο οποίο συναντώνται μεγάλης κλίμακας υφέσεις αλλά και εξάρσεις. Χαρακτηριστικό είναι ότι οι κορυφές στα υψηλότερα όρη του πλανήτη προσεγγίζουν τα 9 χιλιόμετρα ενώ στους ωκεανούς τα μεγαλύτερα βάθη φτάνουν και τα 11 χιλιόμετρα (Κάτσιος και Τσάτσαρης, 2014). Αξίζει Να αναφερθεί ότι ο Ισαάκ Νεύτων περί το 1670 ήταν αυτός που υποστήριξε με βάση μία δική του θεωρία ότι η γη δεν είναι τελείως σφαιρική όπως πιστευόταν μέχρι τότε (Robinson A. et al, 2002).

Σύμφωνα με τα παραπάνω αλλά και με την θεωρία που υποστήριξε ο Νεύτωνας από και μετά το 1670 η γη η οποία λόγω της περιστροφής της έχει σχηματοποιηθεί σε ένα πεπλατυσμένο σφαιροειδές το οποίο είναι εξογκωμένο στον ισημερινό και πεπλατυσμένο στους πόλους περιγράφεται καλύτερα με τον όρο ελλειψοειδές εκ περιστροφής. Στην συνέχεια όμως υπάρχουν κάποιοι σημαντικοί παράγοντες όπως: η ανομοιόμορφη κατανομή τόσο της βαρύτητας όσο και των μαζών, αλλά και η ανακατανομή στα υλικά που τη συνθέτουν. Εξαιτίας αυτών των

παραγόντων διαφοροποιείται στην πραγματικότητα το μαθηματικό μοντέλο του ελλειψοειδούς εκ περιστροφής στην ισομετρική επιφάνεια του γεωειδούς (Κάτσιος και Τσάτσαρης, 2014).

Πιο Συγκεκριμένα το γεωειδές είναι μία επιφάνεια περιστροφής, αλλά και έλξης της γης, η οποία πλησιάζει τη στάθμη της θάλασσας με ακρίβεια (+)(-) 1 μέτρο, λαμβάνοντας υπόψιν τις μεταβολές στη στάθμη της θάλασσας όπως η παλίρροια, οι κυματισμοί, τα ρεύματα και άλλα(Κάτσιος και Τσάτσαρης, 2014).

Επιπρόσθετα για να μπορέσουν να ξεπεραστούν διάφορα προβλήματα στις χαρτογραφικές διαδικασίες, τα οποία αφορούν τη σημασία του να συσχετίζεται η πληροφορία για τις ιδιότητες των χωρικών στοιχείων με μία χωρική αναφορά. Πιο συγκεκριμένα ως γεωαναφορά ορίζεται η σύνδεση των χωρικών αναφορών με τα δεδομένα της απογραφής (Robinson A. et al, 2002).

Ένα δίκτυο συντεταγμένων συνορθώνεται ουσιαστικά σε τρεις διαστάσεις (X, Y, Z) στο WGS'84 ή σε ένα από τα ακόλουθα συστήματα το ETRF ή το ITRF. Ακολούθως γίνεται η ένταξή τους στο τοπικό γεωδαιτικό Datum, όπου για παράδειγμα στην Ελλάδα υπάρχει και χρησιμοποιείται το ΕΓΣΑ'87. Στην ένταξη αυτή πραγματοποιείται η μετατροπή των συντεταγμένων από το ένα προβολικό σύστημα σε ένα άλλο (αυτό που επιθυμείτε από τον χρήστη που κάνει την επεξεργασία). Σε αρκετές περιπτώσεις, όταν οι παράμετροι του μετασχηματισμού αν δεν δίνονται ή έστω δίνονται αλλά η ακρίβεια τους δεν είναι ικανοποιητική, πραγματοποιείται προσδιορισμός τους με κοινά σημεία ως προς το σύστημα αναφοράς και προκειμένου να γίνει και έλεγχος σφαλμάτων χρειάζονται τουλάχιστον τρία για να διαπιστωθεί το σφάλμα(Φωτίου Α. και Πικριδάς Χ., 2012)

Για να είναι σε θέση να προσδιοριστούν οι παράμετροι μετασχηματισμού, είναι θεμιτό να υπάρχουν κάποια σημεία με γνωστές συντεταγμένες και στα δύο συστήματα. Δηλαδή συντεταγμένες (X, Y, Z) ως προς το ένα σύστημα για παράδειγμα το WGS'84 και (X, Y, Z) ως προς αυτό που πρέπει να γίνει η αλλαγή για παράδειγμα εδώ στην Ελλάδα το ΕΓΣΑ'87 (Φωτίου Α. και Πικριδάς Χ., 2012).

3.9.5. Dense Cloud

Το Photoscan είναι ένα πρόγραμμα το οποίο δίνει την δυνατότητα να δημιουργηθεί ένα πυκνό νέφος σημείων. Ουσιαστικά για να είναι ικανό να δημιουργήσει το πυκνό νέφος σημείων, το πρόγραμμα βασίζεται στην εκτιμώμενη θέση της κάμερας και με αυτόν τον τρόπο υπολογίζει τις πληροφορίες για το βάθος για κάθε μια φωτογραφία, οι οποίες συνδυάζονται σε ένα πυκνό νέφος σημείων. Μάλιστα ιδιαίτερα σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι το Photoscan παράγει πυκνά νέφη σημείων, που σε πολλές περιπτώσεις είναι πυκνότερα ακόμα και από σύννεφα σημείων LIDAR. Επίσης εφόσον δημιουργηθεί ένα πυκνό νέφος σημείων μπορούν να δημιουργηθούν και τα ακόλουθα στάδια στην επεξεργασία όπως: το Mesh, το Tiled Model, το DEM αλλά και το Orthomosaic. Παράλληλα όμως είναι δυνατό να εξαχθεί το πυκνό νέφος έτσι ώστε και να γίνει μια διαφορετική επεξεργασία του και σε άλλα προγράμματα, τα οποία μπορούν να δώσουν περισσότερα αποτελέσματα (Agisoft PhotoScan User Manual,2018).

3.9.6. Mesh

Το Mesh είναι ουσιαστικά ένα πλέγμα ή ακόμα καλύτερα ένα πολυγωνικό μοντέλο το οποίο δημιουργείται όπως στην περίπτωση της παρούσας διατριβής από το Dense Cloud (Agisoft PhotoScan User Manual, 2018).

3.9.7. Texture

Ο τρόπος χαρτογράφησης της υφής, καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο θα δημιουργηθεί ή ακόμα καλύτερα θα κατασκευαστεί η υφή του αντικειμένου μελέτης στον άτλαντα της υφής. Όσο καλύτερη είναι η επιλογή του τρόπου αντιστοίχισης της υφής, αυτό είναι κάτι το οποίο συμβάλλει στην δημιουργία της βέλτιστης αφής (Texture) και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την καλύτερη οπτική του αντικειμένου (Agisoft PhotoScan User Manual, 2018).

3.9.8. Tiled Model

Το Tiled Model δημιουργείται και είναι ικανό να βασιστεί για τη δημιουργία του σε πυκνό νέφος σημείων (Dense Cloud), το πλέγμα (Mesh) ή στην χαρτογράφηση του βάθους (υψομετρικές). Δίνει τη δυνατότητα της απεικόνισης μεγάλων τρισδιάστατων μοντέλων όπως στην περίπτωση του Βόρειου τμήματος της νήσου Νησιώπης σε υψηλή ανάλυση (Agisoft PhotoScan User Manual, 2018).

3.9.9. DEM

Τα ψηφιακά μοντέλα εδάφους DEM (Digital Elevation Models) αλλά και τα δεδομένα που συλλέγονται στο πεδίο (όπως έγινε στην παρούσα διατριβή), χρησιμοποιούνται έτσι ώστε να ποσοτικοποιηθούν οι διαφορές, οι οποίες εντοπίζονται και άλλοτε είναι εύκολα αντιληπτές και άλλοτε όχι στο τοπίο μίας περιοχής(Noah P. S. et al, 2000) αλλά πιο συγκεκριμένα με την χρήση των συντεταγμένων X,Y αλλά και του ύψους Z, να αναπαρασθεί οπτικά το ανάγλυφο της περιοχής στην οποία συντελείται η έρευνα.

3.9.10. Orthomosaic

Η εξαγωγή του Ορθομωσαϊκού χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο για την δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων αλλά και εικόνων υψηλής ανάλυσης, οι οποίες έχουν προέλθει από βίντεο ή φωτογραφίες με διάφορες μεθόδους. Μία από τις συνηθέστερες μεθόδους συλλογής τέτοιων φωτογραφιών είναι οι φωτογραφίες, που έχουν παρθεί από αεροφωτογραφίες. Παράλληλα τα τελευταία χρόνια με την ανάπτυξη της τεχνολογίας χρησιμοποιούνται Unmanned Aerial Vehicle (UAV) τόσο για μαγνητοσκοπήσεις περιοχών μελέτης όπως στην παρούσα διατριβή αλλά και φωτογραφίες από αυτά (Agisoft PhotoScan User Manual, 2018).

Πιο συγκεκριμένα εφόσον πλέον το Ορθομωσαϊκό έχει υποστεί γεωαναφορά , έχει συντεταγμένες, και γίνει επεξεργασία του στο πρόγραμμα τότε είναι ένας Ορθοφωτοχάρτης, όπως στην παρούσα περίπτωση.

4. Προστασία και Διαχείριση απολιθωματοφόρων θέσεων Νησιώπης

4.1. Προστασία και Διαχείριση απολιθωματοφόρων θέσεων Νησιώπης

Η γνώση για την ύπαρξη απολιθωματοφόρων θέσεων είναι κάτι το οποίο είναι γνωστό εδώ και δεκαετίες στη νήσο Νησιώπη, όμως όσο προχωράει η έρευνα και πραγματοποιούνται περισσότερες ανασκαφές στη νησίδα το πλήθος των ευρημάτων γίνεται όλο και μεγαλύτερο και όλο και πιο εντυπωσιακό.

Η αποτελεσματική διαχείριση των απολιθωματοφόρων θέσεων της Νησιώπης πέρα από τις ενέργειες οι οποίες αφορούν το θεσμικό πλαίσιο προστασίας, απαιτεί την χρήση σύγχρονων εργαλείων γεω-πληροφορικής που θα αξιοποιηθούν προκειμένου να επιτύχουμε το καλύτερο αποτέλεσμα.

Όσον αφορά το θεωρητικό πλαίσιο ήδη από το μακρινό 1937, η Ελλάδα ξεκίνησε να αναγνωρίζει περιοχές με ειδικό οικολογικό ενδιαφέρον όπως τα δάση, υγροτόπους κ.α. και να τις θέτει υπό καθεστώς προστασίας. Η προσέγγιση η οποία πραγματοποιήθηκε στα αρχικά στάδια του θεσμού των προστατευόμενων περιοχών ήταν η απόλυτη προστασία φυσικών περιοχών και ο αποκλεισμός των δραστηριοτήτων του ανθρώπου σε αυτές. Στην πορεία, η προσέγγιση αυτή εγκαταλείφθηκε και έδωσε τη θέση της στην αντίληψη της ενσωμάτωσης της προστατευόμενης περιοχής στον περιβάλλοντα χώρο και της στενής σύνδεσης της προστασίας με την αειφορική χρήση των φυσικών πόρων.

Στην Ελλάδα πιο συγκεκριμένα: φυσικές περιοχές αναγνωρίζονται ως προστατευόμενες είτε μέσω του χαρακτηρισμού τους με βάση την ισχύουσα εθνική νομοθεσία, είτε με την κατοχύρωσή τους στο πλαίσιο διεθνών συμβάσεων τις οποίες έχει κυρώσει η χώρα και διεθνών ή Ευρωπαϊκών πρωτοβουλιών. Επιπρόσθετα, οι περιοχές του Δικτύου Natura 2000, αποτελούν περιοχές διατήρησης τύπων οικοτόπων και ειδών Κοινοτικού Ενδιαφέροντος. Δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις στις οποίες παρατηρείται αλληλεπικάλυψη μεταξύ των προστατευόμενων περιοχών σε εθνικό, ευρωπαϊκό αλλά και σε διεθνές επίπεδο.

Σχετικά με την εθνική νομοθεσία, η κήρυξη των προστατευόμενων περιοχών στις διάφορες κατηγορίες προστασίας βασίστηκε, έως το 1986, σε διατάξεις κυρίως του Δασικού Κώδικα. Οι κατηγορίες προστατευόμενων περιοχών φυσικού περιβάλλοντος, σύμφωνα με την δασική νομοθεσία, είναι οι ακόλουθες:

A. Από τον Ν. 996/1971 που αποτελεί μέρος του Ν. 86/1969 «Περί Δασικού Κώδικος» προβλέπονται:

- οι Εθνικοί Δρυμοί,
- τα Αισθητικά Δάση και
- τα Διατηρητέα Μνημεία της Φύσης

B. Από τον Ν. 177/75, όπως αυτός τροποποιήθηκε από τον Ν. 2637/1998 προβλέπονται :

- τα Καταφύγια Άγριας Ζωής,
- οι Ελεγχόμενες Κυνηγετικές Περιοχές και
- τα Εκτροφεία θηραμάτων προβλέπονται από τον Ν. 177/75, όπως αυτός τροποποιήθηκε από τον Ν. 2637/1998.

Με τον Νόμο Πλαίσιο για το Περιβάλλον (Ν. 1650/86), ορίζονται πέντε κατηγορίες προστατευόμενων περιοχών:

- περιοχή απόλυτης προστασίας της φύσης,
- περιοχή προστασίας της φύσης,
- εθνικό πάρκο,
- προστατευόμενος φυσικός σχηματισμός και προστατευόμενο τοπίο,
- περιοχή οικοανάπτυξης.

Με τον Νόμο με το Ν. 3937/2011 «για την προστασία της Βιοποικιλότητας» ορίζονται οι ακόλουθες κατηγορίες προστατευόμενων περιοχών:

- Περιοχές προστασίας της φύσης
- Φυσικά πάρκα και ειδικότερα ως: εθνικά ή περιφερειακά πάρκα
- Περιοχές προστασίας οικοτόπων και ειδών και ειδικότερα ως: ειδικές ζώνες διατήρησης (Ε.Ζ.Δ.), ζώνες ειδικής προστασίας (Ζ.Ε.Π.) ή καταφύγια άγριας ζωής ή συνδυασμός αυτών.

- Προστατευόμενα τοπία και στοιχεία τοπίου ή προστατευόμενοι φυσικοί σχηματισμοί.

Εκτός από την εθνική νομοθεσία, ειδικές υποχρεώσεις για την προστασία της φύσης απορρέουν από τις σχετικές Διεθνείς Συμβάσεις, τις οποίες η Ελλάδα έχει κυρώσει καθώς και από τη συμμετοχή της σε διεθνείς οργανισμούς όπως το Συμβούλιο της Ευρώπης και η UNESCO.

Οι χαρακτηρισμένες σε διεθνές επίπεδο περιοχές είναι:

- οι Υγρότοποι Διεθνούς Σημασίας από τη Σύμβαση Ραμσάρ,
- τα Μνημεία της Παγκόσμιας Κληρονομιάς (UNESCO),
- τα Αποθέματα Βιόσφαιρας (UNESCO, Άνθρωπος και Βιόσφαιρα),
- οι Ειδικά Προστατευόμενες Περιοχές (Σύμβαση Βαρκελώνης),
- τα Βιογενετικά Αποθέματα (Συμβούλιο της Ευρώπης) και
- οι Περιοχές στις οποίες έχει απονεμηθεί Ευρωδίπλωμα (Συμβούλιο της Ευρώπης).

Αξίζει σε αυτή την ενότητα να αναφερθεί ότι ως προστατευόμενα τοπία (Protected landscapes /seascapes) και φυσικοί σχηματισμοί χαρακτηρίζονται περιοχές μεγάλης οικολογικής, πολιτισμικής ή αισθητικής αξίας αλλά και εκτάσεις οι οποίες βοηθάνε σε μεγάλο βαθμό για αναψυχή του κοινού ή συμβάλλουν στην προστασία φυσικών πόρων λόγω των ιδιαίτερων φυσικών ή ανθρωπογενών χαρακτηριστικών τους.

Στα προστατευόμενα τοπία μπορεί να δίνονται με βάση τα κύρια χαρακτηριστικά τους, ειδικότερες ονομασίες όπως: αισθητικό δάσος, τοπίο άγριας φύσης, τοπίο αστικό, τοπίο αγροτικό.

Ως προστατευόμενα στοιχεία του τοπίου χαρακτηρίζονται τμήματα ή συστατικά στοιχεία του τοπίου που έχουν ιδιαίτερη οικολογική, αισθητική ή πολιτιστική αξία ή συμβάλλουν στην προστασία φυσικών πόρων λόγω των ιδιαίτερων φυσικών ή ανθρωπογενών χαρακτηριστικών τους, όπως αλσύλια, παραδοσιακές καλλιέργειες, αγροικίες, μονοπάτια, πέτρινοι φράχτες και αναβαθμίδες, προστατευτικές φυτείες, κρήνες.

Ως προστατευόμενοι φυσικοί σχηματισμοί (Protected natural formations) χαρακτηρίζονται λειτουργικά τμήματα της φύσης ή μεμονωμένα δημιουργήματά της, που έχουν ιδιαίτερη επιστημονική, οικολογική ή αισθητική αξία ή συμβάλλουν στην διατήρηση των φυσικών διεργασιών και στην προστασία φυσικών πόρων, όπως δέντρα, συστάδες δέντρων και θάμνων, προστατευτική βλάστηση, παρόχθια και παράκτια βλάστηση, καταρράκτες, φυσικοί φράχτες, πηγές, βράχοι, φαράγγια, ύφαλοι, σπηλιές, θίνες απολιθωμένα δάση, δέντρα ή τμήματά τους, παλαιοντολογικά ευρήματα, κοραλλιογενείς, γεωμορφολογικοί σχηματισμοί και γεώτοποι.

- Προστατευόμενοι φυσικοί σχηματισμοί που έχουν μνημειακό χαρακτήρα χαρακτηρίζονται ειδικότερα ως διατηρητέα μνημεία της φύσης (Protected natural monuments).
- Ενέργειες ή δραστηριότητες που μπορούν να επιφέρουν καταστροφή, φθορά ή αλλοίωση των προστατευόμενων φυσικών σχηματισμών όπως και των προστατευόμενων τοπίων ή των επιμέρους στοιχείων τους απαγορεύονται, σύμφωνα με τις ειδικότερες ρυθμίσεις των οικείων κανονισμών.

Η έννοια του «Γεωτόπου» εισάγεται για πρώτη φορά στην Ελληνική νομοθεσία με το Ν. 3937/2011 «για την προστασία της Βιοποικιλότητας».

Πιο συγκεκριμένα ο νόμος 3937/2011 αναφέρει πως:

- Η βιοποικιλότητα, η φύση και το τοπίο προστατεύονται και διατηρούνται, ώστε να διασφαλίζονται οι φυσικές διεργασίες, η αποδοτικότητα των φυσικών πόρων, η ισορροπία και η εξέλιξη των οικοσυστημάτων, καθώς και η ποικιλομορφία, η ιδιαιτερότητα ή η μοναδικότητα των συνιστωσών τους. Αντικείμενα προστασίας και διατήρησης αποτελούν επίσης τα σημαντικά είδη της αυτοφυούς χλωρίδας, στα οποία συμπεριλαμβάνονται τα άγρια είδη και είδη συγγενή των καλλιεργούμενων ειδών, της άγριας πανίδας, των αυτόχθονων φυλών αγροτικών ζώων και άλλων ομάδων οργανισμών.
- Χερσαίες, θαλάσσιες, υγροτοπικές ή μεικτού χαρακτήρα περιοχές, μεμονωμένα στοιχεία ή σύνολα της φύσης και του τοπίου, μπορούν να αποτελέσουν αντικείμενα προστασίας και διατήρησης λόγω της γεωλογικής, βιολογικής, οικολογικής, γεωμορφολογικής, εν γένει επιστημονικής ή αισθητικής σημασίας τους.

Όπως γίνεται αντιληπτό μέσα από τους παραπάνω νόμους η οποίοι αποτελούν το θεσμικό πλαίσιο τόσο η νήσος Νησιώπη όσο και τα υπόλοιπα πάρκα του Απολιθωμένου Δάσους της Λέσβου προστατεύονται τόσο ως προς το θεωρητικό τμήμα της προστασίας όπως αυτό παρουσιάστηκε παραπάνω όσο και ως προς το πρακτικό τμήμα όπως αυτό θα παρουσιαστεί στη συνέχεια.

Στο πρακτικό τμήμα της συγκεκριμένης ενότητας ουσιαστικά οι ανασκαφές ξεκίνησαν να πραγματοποιούνται από τον Δεκέμβριο του 2012. Η ομάδα που συμμετείχε ήταν ιδιαίτερα μεγάλη και με μεγάλο πλήθος ειδικοτήτων όπως: Γεωγράφο ΠΕ, Γεωλόγο ΠΕ, Πληροφορικό ΤΕ, Δασοπόνο ΤΕ, Συντηρητές ΤΕ, Εργατοτεχνίτες ΥΕ, Εργάτες ΥΕ, Χειριστή Η/Υ ΔΕ εργάστηκαν για την διεκπεραίωση του έργου.

Οι ανασκαφές πραγματοποιήθηκαν στις θέσεις οι οποίες αρχικά παρουσίαζαν μικρές ή μεγαλύτερες επιφανειακές ενδείξεις. Συνεχίστηκαν μέχρι την άνοιξη του 2015, φέρνοντας στο φως εκατοντάδες σημαντικά ευρήματα ολόκληρων αλλά και κατακεραματισμένων κορμών δέντρων. Εκατοντάδες κυβικά ηφαιστειακής τέφρας απομακρύνθηκαν από τα ανασκαφικά σκάμματα για να αποκαλυφθούν απολιθώματα σε 44 απολιθωματοφόρες διαφορετικές θέσεις σε όλη την έκταση του πάρκου.

Η συντήρηση ακολούθησε την ανασκαφή μέχρι τον Οκτώβριο του 2015. Οι συντηρητές συνέλεξαν τα εκατοντάδες σπασμένα κομμάτια τα οποία εντοπίστηκαν περιμετρικά των κορμών. Ακολούθησε ο μηχανικός και ο χημικός καθαρισμός ο οποίος βοήθησε στην ανάδειξη των μορφολογικών χαρακτηριστικών κάθε τμήματος, εν συνεχεία συντελέστηκαν και κάποιες ακόμα διαδικασίες συντήρησης των απολιθωμένων κορμών, όμως κατόπιν όλων αυτών των διαδικασιών διενεργήθηκε το βασικό σε αυτό το στάδιο όσον αφορά την διαχείριση των απολιθωματοφόρων θέσεων.

Πιο συγκεκριμένα δημιουργήθηκαν τοιχία περιμετρικά της κάθε απολιθωματοφόρας θέσης προσαρμοσμένα ανάλογα με το απολίθωμα αλλά και το σχήμα της θέσης. Σε αυτή την περίπτωση αυτά τα τοιχία χρησιμεύουν και ως προστατευτικά ως προς τους επισκέπτες οι οποίοι επιθυμούν να έρθουν σε επαφή με το απολίθωμα και άθελα τους ή ακόμα και ηθελημένα όπως έχει γίνει σε ορισμένες περιπτώσεις να του προξενήσουν κάποιο πρόβλημα. Παράλληλα είναι και ένα

προστατευτικό για το απολίθωμα καθώς είναι μία περιοχή στην οποία τόσο τους χειμερινούς μήνες όσο και τους καλοκαιρινούς επικρατούν ισχυροί άνεμοι.

Παράλληλα κατά τους χειμερινούς μήνες σε πολλές απολιθωματοφόρες θέσεις τοποθετείται ειδικό περίβλημα το οποίο προστατεύει το απολίθωμα από τον αέρα, το χιόνι και την βροχή. Ακόμη έχουν δημιουργηθεί μονοπάτια μέσα στο πάρκο τα οποία δεν έχουν επεξεργαστεί ουσιαστικά από την ανθρώπινη παρέμβαση, αλλά αποτελούνται από το φυσικό έδαφος της περιοχής έτσι ώστε να μην υπάρξει αλλοίωση του φυσικού τοπίου στην περιοχή.

4.2. Αξιοποίηση χαρτογραφίας για ενημέρωση και ευαισθητοποίηση επισκεπτών

Η χαρτογραφία είναι μία επιστήμη η οποία έχει αναπτυχθεί σε μεγάλο βαθμό τα τελευταία εκατοντάδες χρόνια, σε διάφορες περιπτώσεις όπως: η οπτική απεικόνιση του χάρτη, ο τρόπος συλλογής των δεδομένων και άλλα. Στη σημερινή εποχή ένας χάρτης δεν σχεδιάζεται και εν δημιουργείτε αποκλειστικά για να απεικονίσει οπτικά “καινούριους” και ανεξερευνήτους κόσμους και ως αποτέλεσμα αυτού δεν διαβάζονται αποκλειστικά από εξερευνητές και θαλασσοπόρους.

Αντιθέτως τα τελευταία χρόνια όταν δημιουργείται ένας χάρτης μία από τις πρώτες ερωτήσεις που κάνει το άτομο που των δημιουργεί είναι σε τι είδους κοινό απευθύνετε ο χάρτης που θα δημιουργηθεί. Έτσι πλέον έχουν δημιουργηθεί διαφόρων ειδών χάρτες οι οποίοι εξυπηρετούν διαφορετικούς σκοπούς και έχουν διαφορετική οπτικοποίηση ακόμη και για την ίδια περιοχή μελέτης. Με βάση τα παραπάνω πλέον υπάρχουν χάρτες: τουριστικού χαρακτήρα, διαχειριστικού χαρακτήρα, εκπαιδευτικού χαρακτήρα(ο οποίος μπορεί να απευθύνεται σε διάφορες ηλικίες), χωροταξικοί, τυπολογικοί, καλύψεων γης, δασικοί, γεωλογικοί αλλά και πλέον με την βοήθεια και την εξέλιξη της τεχνολογίας δεν είναι αποκλειστικά σε δυσδιάστατη μορφή αλλά και σε τρισδιάστατη αλλά και σε animation μορφή.

Παράλληλα όμως η χαρτογραφία δεν είναι μία επιστήμη η οποία βοηθάει αποκλειστικά στην οπτικοποίηση μίας περιοχής αλλά και στην καλύτερη κατανόηση για πολλούς παράγοντες οι οποίοι βρίσκονται σε αυτήν. Έτσι είναι όλο και περισσότεροι οι οργανισμοί και φορείς που δέχονται κόσμο και χρησιμοποιούν την χαρτογραφία ως ένα μέσο το οποίο συντελεί στην ενημέρωση αλλά και στην καλύτερη ευαισθητοποίηση του κοινού.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα έχει να κάνει με τις ενημερώσεις κοινού οι οποίες πραγματοποιούνται σε εκθέσεις του Μουσείου Φυσικής Ιστορίας του Απολιθωμένου Δάσους Λέσβου. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ότι γίνονται αναφορές για την ύπαρξη της Αιγιήδας χέρσου και παράλληλα χρησιμοποιούνται και κάποιοι χάρτες για να κατανοήσει ευκολότερα ο επισκέπτης την χωρική έκταση αυτής της μεγάλης χερσονήσου η οποία εκτεινόταν σε μεγάλο τμήμα του σημερινού Ελλαδικού χώρου και παράλληλα το Αιγαίο Πέλαγος δεν υπήρχε τότε.

Ακόμη σε κάποιες εκθέσεις του μουσείου πολλές απολιθωματοφόρες θέσεις έχουν χαρτογραφηθεί και παρουσιάζονται με την μορφή χαρτών. Σε αυτούς τους χάρτες παρουσιάζονται οι φυσικές θέσεις στις οποίες εντοπίστηκαν απολιθωματοφόρες θέσεις. Για παράδειγμα στην διάνοιξη του οδικού άξονα Καλλονής- Σιγρίου σε αρκετά σημεία στα οποία πραγματοποιούνταν ανασκαφές για την διάνοιξη του καινούριου οδικού άξονα εντοπίστηκαν νέες απολιθωματοφόρες θέσεις. Έτσι για να μπορεί το μουσείο να γνωρίζει τις θέσεις εντοπισμού τους αυτές χαρτογραφήθηκαν. Παράλληλα όμως δεν χρησιμοποιήθηκαν για διαχειριστικούς σκοπούς του Μουσείου, αλλά και σε εκθέσεις έτσι ώστε τα παιδιά να καταλάβουν και να κατανοήσουν τον σκοπό και την χρήση της χαρτογραφίας σε μία τέτοια περίπτωση. Επιπρόσθετα γνωστοποιείται στον επισκέπτη οι κίνδυνοι που διατρέχουν οι θέσεις αυτές όταν ανακαλύπτονται αλλά και επιπρόσθετες πληροφορίες τις οποίες αντλούν τόσο οι ειδικοί επιστήμονες του μουσείου όσο και το ίδιο το μουσείο ώστε να υπάρχει μία ορθολογική και ασφαλείς διαχείριση τις κάθε απολιθωματοφόρας θέσεις από την εύρεση της έως και να παρουσιαστεί στο κοινό.

5. Αποτελέσματα

5.1. Χάρτες Τουριστικού Σκοπού

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας παράχθηκαν οι ακόλουθες κατηγορίες χαρτών

A. Χάρτες απολιθωματοφόρων θέσεων κλίμακας 1: 10 που παρέχουν την δυνατότητα στον επισκέπτη για την εποπτική θεώρηση όλων των απολιθωμάτων που έχουν αναδειχθεί ανά θέση.

B. Χάρτης του βόρειου τμήματος της Νησίδας Νησιώπη που περιλαμβάνει ειδικότερα το τμήμα το οποίο έχει αναδειχθεί σε τουριστικό προορισμό λόγω της ανάδειξης των απολιθωματοφόρων θέσεων. Στο χάρτη πλέον των απολιθωματοφόρων θέσεων παρουσιάζονται και όλα τα στοιχεία που διευκολύνουν την επίσκεψη (διαδρομές περιήγησης, θέσεις ανάπαυσης κλπ).



Χάρτης 1. Χάρτης Απολιθωματοφόρας Θέσης 31.

Στον Χάρτη 1., παρουσιάζετε η απολιθωματοφόρος θέση 31. Η κλίμακα είναι 1:10 και δίνει κάποιες πληροφορίες για το συγκεκριμένο απολίθωμα. Όνομα αρχείου που επισυνάπτετε: thesi_31.

5.2 Χάρτης Διαχειριστικού Σκοπού

Παράχθηκε επίσης χάρτης που είναι χρήσιμος για την προστασία και διαχείριση καθώς και την παρακολούθηση της διατήρησης των απολιθωματοφόρων θέσεων και είναι ιδιαίτερα χρήσιμος στους διαχειριστές του Πάρκου. Όνομα αρχείου που επισυνάπτετε: *thesi_31_3d*.



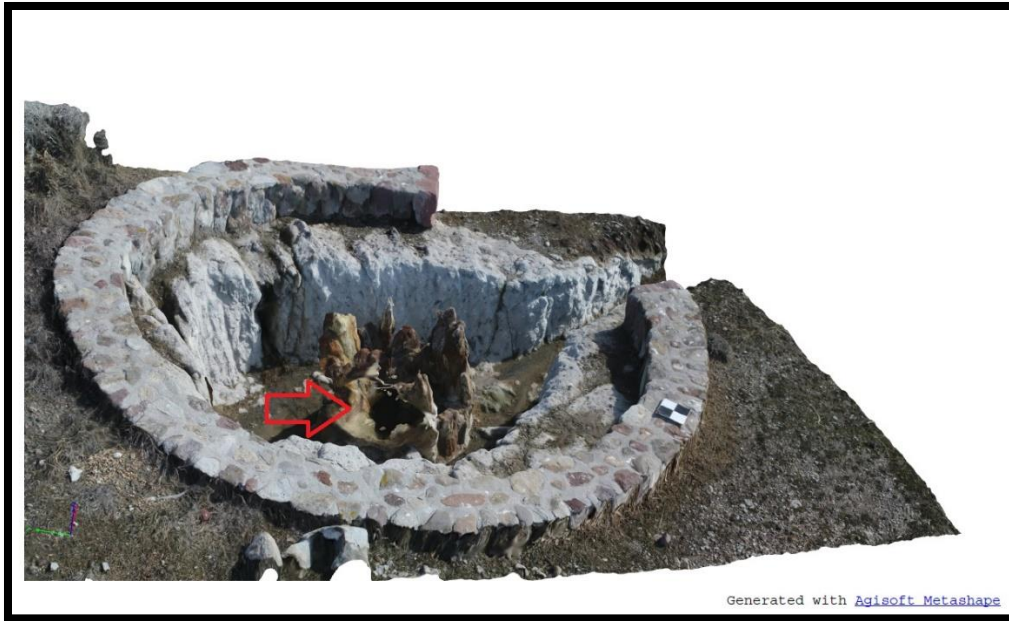
Εικόνα 31: Το τρισδιάστατο μοντέλο όπως αυτό προέκυψε από την επεξεργασία για την θέση 31.

Στην εικόνα 33 παρατηρείται το τρισδιάστατο μοντέλο της απολιθωματοφόρας θέσης έτσι όπως αυτή δημιουργήθηκε στο pdf που επισυνάπτετε.



Εικόνα 34: Η θέση 31 παρατηρούμενη από πλάγια οπτική.

Στην εικόνα 34 παρατηρείται η θέση 31 σε τρισδιάστατη μορφή από πλάγια θέση.



Εικόνα 35: Με κόκκινο βελάκι παρατηρείται ένα κενό στον απολιθωμένο κορμό καθώς αυτό ήταν ένα τμήμα το οποίο δεν είχε καθαρή οπτική από το μη επανδρωμένο αεροσκάφος.

Στην εικόνα 35 παρατηρείται ένα κενό στο τρισδιάστατο μοντέλο, το οποίο δημιουργήθηκε καθώς το μη επανδρωμένο αεροσκάφος δεν είχε οπτική για το συγκεκριμένο σημείο όπως έγινε η πτήση πάνω από την θέση μελέτης.



Εικόνα 326: Στη μέτρηση στο μοντέλο που δημιουργήθηκε είναι 0.086m ενώ στη πραγματικότητα 0.09m

Ο στόχος όπως διακρίνεται στην εικόνα 36 τοποθετήθηκε έτσι ώστε να βοηθήσει στην μέτρηση των αποστάσεων. Πιο συγκεκριμένα το κάθε τετράγωνο είτε μαύρο είτε άσπρο έχει μήκος 0.09m. Στο μοντέλο που δημιουργήθηκε από την μέτρηση που πραγματοποιήθηκε έχει μήκος 0.086m, άρα μία απόκλιση της τάξεως του 0.004m.



Εικόνα 37: Η μέτρηση στην πραγματικότητα είναι 0.18m ενώ στο μοντέλο που δημιουργήθηκε 0.177m.

Στην εικόνα 37 διακρίνετε η μέτρηση όλης της πλευράς του στόχου η οποία είναι στην πραγματικότητα 0.18m ενώ στην μέτρηση στο τρισδιάστατο μοντέλο είναι 0.177m.

5.3 Χάρτης Εκπαιδευτικού Σκοπού

Παράχθηκε επίσης animation το οποίο θα βοηθήσει στην κατανόηση της δημιουργίας των μοντέλων αλλά και των απολιθοματοφόρων θέσεων στο πάρκο της Νησιώπης. Επισυνάπτετε το animation αρχείο με το βίντεο που δημιουργήθηκε για εκπαιδευτικό σκοπό με όνομα: My Movie2.

6. Συμπεράσματα

Η αποτελεσματική διαχείριση των απολιθωματοφόρων θέσεων της Νησιώπης πέρα από τις ενέργειες οι οποίες αφορούν το θεσμικό πλαίσιο προστασίας, απαιτεί την χρήση σύγχρονων εργαλείων γεω-πληροφορικής που θα αξιοποιηθούν προκειμένου να επιτύχουμε το καλύτερο αποτέλεσμα.

Από την παρούσα διατριβή προέκυψαν διάφορα συμπεράσματα τόσο από γεωγραφικής άποψης όσο και από χαρτογραφικής, που αφορούν και τις δύο κλίμακες:

- Σε περιοχές μελέτης όπως στο βόριο τμήμα της Νησιώπης προκειμένου να δημιουργηθεί ένα μεγαλύτερης ακρίβειας υψομετρικό μοντέλο εδάφους είναι απαραίτητο να παρθούν περισσότερα επίγεια σημεία ελέγχου και σε περισσότερα υψόμετρα.
- Θεμιτό θα ήταν σε αντίστοιχες μελέτες σε όποιες περιπτώσεις υπάρχει στις φωτογραφίες θαλάσσιο περιβάλλον αυτό να απομακρύνετε από την τελική επεξεργασία καθώς σε αρκετές περιπτώσεις παρατηρήθηκε ότι δεν “διαβάζετε” καλά από το πρόγραμμα επεξεργασίας και δημιουργεί σφάλματα στο τελικό μοντέλο.
- Οι μαγνητοσκοπήσεις από το μη επανδρωμένο αεροσκάφος είναι μία σημαντική βοήθεια στην δημιουργία του τρισδιάστατου μοντέλου για απολιθωματοφόρες θέσεις έτσι όπως αυτές δημιουργούνται από την κατάλληλη επεξεργασία με την βοήθεια του προγράμματος στο οποίο διενεργείτε η επεξεργασία.
- Το Agisoft Photoscan δίνει ευκολότερα την δυνατότητα στον χρήστη να επεξεργαστεί για την δημιουργία βίντεο μεγάλες εκτάσεις όπως στο βόρειο τμήμα της νήσου Νησιώπης σε αντίθεση με το Cloud Compare στο οποίο παρουσιάζονται κάποια προβλήματα στην μνήμη του προγράμματος κα δεν επιτρέπουν την δημιουργία βίντεο σε τόσο μεγάλης έκτασης μελέτες.
- Σε περιπτώσεις όπως στην εικόνα 35 των αποτελεσμάτων το τρισδιάστατο μοντέλο, παρουσιάζει κενά σε περιπτώσεις που η επιφάνεια της απολιθωματοφόρας θέσης δεν ήταν διακριτή από το μη επανδρωμένο αεροσκάφος.
- Ο χάρτης εκπαιδευτικού σκοπού παρουσιάζεται με την μορφή βίντεο καθώς είναι ευκολότερο και πιο κατανοητό στον κοινό, που απευθύνετε να παρατηρήσουν τον χώρο μέσα από αυτή την μορφή συγκριτικά με την δυσδιάστατη.

- Ο χάρτης εκπαιδευτικού σκοπού βοηθάει και τα παιδιά να κατανοήσουν καλύτερα τον χώρο αλλά και τις απολιθωματοφόρες θέσεις εξαιτίας του animation video που δημιουργήθηκε καθώς κερδίζει περισσότερο την προσοχή τους σε σχέση με έναν δισδιάστατο χάρτη.
- Ο χάρτης τουριστικού χαρακτήρα παρουσιάζετε και είναι προτιμότερο σε δυσδιάστατη μορφή, καθώς απευθύνετε σε τουρίστες οι οποίοι χρειάζεται να παρατηρούν τις απολιθωματοφόρες θέσεις με ευκολία και έτσι αποφασίστηκε να υπάρχει σε αυτή τη μορφή τόσο σχετικά με το βόριο τμήμα της Νησιώπης όσο και με τη απολιθωματοφόρα θέση 31, για την οποία διακρίνονται κάποια βασικά χαρακτηριστικά της θέσης πάνω στον χάρτη.
- Επίσης ο χάρτης τουριστικού χαρακτήρα είναι πιο εύχρηστος και εύκολος στην παρατήρησή του για τον τουρίστα- επισκέπτη, έτσι ώστε να παρατηρεί μία θέση σε δυσδιάστατη μορφή και μάλιστα την ώρα που πιθανόν να βρίσκεται από το αμάξι του μέχρι και πάνω στη Νησιώπη.
- Στον χάρτη διαχειριστικού σκοπού δίνει τη δυνατότητα μετρήσεων των αποστάσεων τόσο πάνω στην απολιθωματοφόρα θέση όσο και γύρω από αυτή.
- Στον χάρτη διαχειριστικού σκοπού έχει τοποθετηθεί ένας στόχος που αποτελείται από δυο τετράγωνα σε μήκος και πλάτος. Το κάθε τετράγωνο έχει μήκος 0.09 μέτρα άρα το σύνολο στη κάθε πλευρά είναι 0.18 μέτρα. Στην μέτρηση που έγινε αφού δημιουργήθηκε το μοντέλο η πλευρά του τετραγώνου ήταν 0.086 μέτρα. Επομένως η απόκλιση ήταν στα 0.004 μέτρα. Ενώ η κάθε πλευρά είναι στα 0.17 μέτρα άρα έχει μία απόκλιση στα 0.01 μέτρα. Επομένως είναι ένας χάρτης που μπορεί να δώσει σημαντικές πληροφορίες για την μέτρηση μίας επιφάνειας στην απολιθωματοφόρα περιοχή.
- Σε ύψος πτήσης όπως στην περίπτωση για την απολιθωματοφόρα περιοχή 31(εικόνα 34) εμφανίζει αρκετά περισσότερα οπτικά στοιχεία για την περιοχή μελέτης και σε παρόμοιες περιπτώσεις είναι ένα ικανό ύψος πτήσης στο οποίο είναι δυνατό να αναγνωρίζονται και γεωλογικοί σχηματισμοί και να πραγματοποιούνται και μετρήσεις σε αυτούς.
- Η κλίμακα 1:1.000 που χρησιμοποιήθηκε για την δημιουργία του χάρτη τουριστικού σκοπού, επιλέχθηκε καθώς ήταν η βέλτιστη για την καλύτερη ανάδειξη των απολιθωματοφόρων θέσεων. Είναι μία κλίμακα που είναι ικανή να βοηθήσει στην

απεικόνιση απολιθωματοφόρων θέσεων και σε άλλα πάρκα του Απολιθωμένου Δάσους Λέσβου.

7. Βιβλιογραφία

1. Agisoft PhotoScan User Manual: Professional Edition, Version 1.4(2018).Σύνδεσμος: https://www.agisoft.com/pdf/photoscan-pro_1_4_en.pdf,Πρόσβαση: 27/06/2018
2. Brilha J (2005) Património Geológico e Geoconservação. A conservação da natureza na sua vertente geológica. Palimage, Braga
3. Brilha, J., 2016. Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: a review. *Geoheritage* 8, 119–134.
4. Catalina Gonzalez-Tejada, Yi Du, Mark Read, Yves Girault. From nature conservation to geotourism development: Examining ambivalent attitudes towards UNESCO directives with the global geopark network. *International Journal of Geoheritage*, Darswin Publishing House, 2017, 5(2), pp.1 - 20. {10.17149/ijg.j.issn.2210.3382.2017.02.001}. {halshs-02087621}
5. Desta Dawit Ekaso. (2018). Accuracy assessment of real-time kinematics (RTK) measurement on unmanned aerial vehicles(UAV) for direct geo-referencing. Thesis submitted to the Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation of the University of Twente in partial fulfilment of the requirements for the degree of Master of Science in Geo-information Science and Earth Observation. Specialization: Natural Hazards, Risk and Engineering. <https://pdfs.semanticscholar.org/d2a0/4846f5048f7b22398801030a056dd96a201f.pdf>
6. Dowling R. K, Newsome, D. (eds). (2010). *Global Geotourism Perspectives*. Oxford: Goodfellow Publ, Woodeaton
7. Dowling, R. K, Newsome D (eds) (2006) *Geotourism*. Elsevier Butterworth-Heinemann, Amsterdam; Boston, 260p.)
8. DURKIN, P.R., HUBBARD, S.M., HOLBROOK, J.M., AND BOYD, R., 2017, Evolution of fluvialmeander-belt deposits with implications for the completeness of the stratigraphic record: *Geological Society of America, Bulletin*, DOI: 10.1130/B31699.1.
9. Eder W., Patzak M., 2004 – Geoparks - geological attractions: a tool for public education, recreation and sustainable economic development. *Episodes*, 27/3, 162–164.
10. Gray M. (2008). Geodiversity: developing the paradigm. *Proceedings of the Geologists Association*. 119. pp.287-298
11. Grube A (1994) The national park system in Germany. In: O’Halloran D, Green C, Harley M, Stanley M, Knill J (eds) *Geological and Landscape Conservation*. The Geological Society, London, pp 175–180
12. Guy, M. et al., Reflections about the geotourism concept, στο διεθνές συνέδριο 11th European Geoparks Conference 2012, Arouca Geopark, Portugal, 19-21 September 2012. 9 <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/20617/1/192.pdf>
13. Henriques, M. H., dos Reis, R. P., Brilha, J., & Mota, T. (2011). Geoconservation as an Emerging Geoscience. *Geoheritage*, 3(2), 117–128.
14. Hose, T.A. (2008) Towards a history of Geotourism: definitions, antecedents and the future. In: Burek, C.V. & Prosser, C.D. *The History of Geoconservation*. Geological Society of London, London. 37-60.

15. Ielenicz, M.(2009). Geotope, Geosite, Geomorhosite. The Annals of Valahia University of Târgoviște, Geographical Series, Tome 9/2009. Pag. 1-22
16. Ilies, Dorina Camelia & Josan Nicolae (2009). GEOSITES-GEOMORPHOSITES AND RELIEF. GeoJournal of Tourism and Geosites. Year II, no. 1, vol. 3, pag. 78-85
17. Kruger, A., Randolph-Quinney, P., Elliott, M.(2016) Multimodal spatial mapping and visualisation of AUTHORS: Dinaledi Chamber and Rising Star Cave. South African Journal of Science, Volume 112 | Number 5/6 May/June 2016.
18. Lacruz R.S., Ungar P., Hancox P.J., Brink J.S. and Berger L.R. (2003). Gladysvale: fossils, strata and GIS analysis. S. Afr. J. Sci. 99, 283–285.
19. Lesvosmuseum(2019),http://www.lesvosmuseum.gr/site/home/ws/primary+menu/the+for+est/anadixi-prostasia/thesmiko_plesio.csp [πρόσβαση 21 Ιουλίου 2019]
20. Lesvosmuseum(2019),<http://www.lesvosmuseum.gr/site/home/ws/primary+menu/the+for+est/mnimio/dimiurgia.csp> [πρόσβαση 21 Ιουλίου 2019]
21. Morales, Y., & Tsubouchi, T. (2007). DGPS, RTK-GPS and StarFire DGPS performance under tree shading environments. In IEEE ICIT 2007 - 2007 IEEE International Conference on Integration Technology (pp. 519–524).
<https://doi.org/10.1109/ICITECHNOLOGY.2007.4290370>
22. Nationalgeographic(2019)(<https://www.nationalgeographic.com/maps/geotourism/>)[πρόσβαση 20 Ιουλίου 2019]
23. Newsome, D. and Dowling, R. (2006), Geotourism, New York: Routledge (https://books.google.gr/books?hl=el&lr=&id=n2cABAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA3&dq=geotourism+meaning&ots=q1GMICZ19o&sig=RrlqTwxnm4wICwfPYBHdeGBA4g&redir_esc=y#v=onepage&q=geotourism%20meaning&f=false)
24. Nigro, J. D., Ungar, P. S., de Ruiter, D. J., & Berger, L. R. (2003). Developing a Geographic Information System (GIS) for Mapping and Analysing Fossil Deposits at Swartkrans, Gauteng Province, South Africa. Journal of Archaeological Science, 30(3), 317–324. doi:10.1006/jasc.2002.0839
25. Noah P. Snyder, Kelin X. Whipple, Gregory E. Tucker, Dorothy J. Merritts; Landscape response to tectonic forcing: Digital elevation model analysis of stream profiles in the Mendocino triple junction region, northern California. *GSA Bulletin* ; 112 (8): 1250–1263. doi: [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(2000\)112<1250:LRTTFD>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(2000)112<1250:LRTTFD>2.0.CO;2)
26. Petrifiedforest(2019), (<http://www.petrifiedforest.gr/γεωπαρκο-λεσβου-γνωριστε-τα-γεωλογικ/>)[πρόσβαση 29 Ιουλίου 2019]
27. Prosser C. D. (2012). William Archibald Macfadyen (1893–1985): the ‘father of geoconservation’? Proceedings of the Geologists’ Association. 123. pp.182-188
28. Real-Time Kinematic Surveying Training Guide,(2003). Part Number 33142-40 Revision D. Timbler Publication. <http://www.gisresources.com/wp-content/uploads/2014/08/Real-Time-Kinematic.pdf>
29. Remondino F., Barazzetti L., Nex F., Scaioni M., Sarazzi D., (2011). UAV photogrammetry for mapping and 3D modeling – current status and future perspectives – International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XXXVIII-1/C22, 2011 ISPRS Zurich 2011 Workshop, 14-16 September 2011, Zurich, Switzerland.

30. Reynard, E., 2004. Geosite. In: Goudie, A.S. (Ed.), *Encyclopedia of Geomorphology*, vol. 1. Routledge, London p. 440.
31. Robinson A., Morrison J., Muehrcke P., Kimerling J., Guptill S.,(2002), *Στοιχεία Χαρτογραφίας*, Αθήνα: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π.
32. Strum, S.C. Prospects for management of primate pests. *Revue d'Ecologie (Terre Vie)* 49(3): 295-306, 1994.
33. Thomas H., (2005) *Landscapes of Meaning: Geotourism and the Sustainable Exploitation of the European Geoheritage*, Institute of Geography, University of Lausanne: May 2005 (https://www.unil.ch/files/live/sites/igd/files/shared/conferences/Conference_T_Hose.pdf)
34. Wikipedia(2019), (https://el.wikipedia.org/wiki/Μεγαλονήσι_Σιγρίου_Λέσβου)[πρόσβαση 28 Ιουλίου 2019]
35. Wikipedia(2019), (https://el.wikipedia.org/wiki/Μη_επανδρωμένο_αεροσκάφος)[πρόσβαση 28 Ιουλίου 2019]
36. Xu, H. (2012). Application of GPS-RTK technology in the land change survey. *Procedia Engineering*, 29, 3454–3459. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.01.511>
37. Zouros N. 2004. The European Geoparks Network. *Geological heritage protection and local development. Episodes.* 27(3)
38. Zouros, N. 2005. Assessment, protection and promotion of geomorphological and geological sites in the Aegean area, Greece. *Geomorphol relief processus environnement*, 3, 227–234.
39. Zouros, N. (2004): “The European Geoparks Networks. Geological heritage protection and local development”, *Episodes*, 27(3), pp. 165-171.
40. Zouros, N. (2009). Geotourism Development in the Lesvos Petrified Forest Geopark. In: Neto de Carvalho, C., & Rodrigues, J. (eds), *New challenges with geotourism. Proceedings of the VIII European geoparks conference Idanha-a-Nova, 4-6 Sept 2009, Portugal*, pp. 90-93.
41. Zouros, N. (2010). Geodiversity and sustainable development: Geoparks - A new challenge for research and education in earth sciences. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, 43(1), 159-168. doi:<http://dx.doi.org/10.12681/bgsg.11170>
42. Zouros, N. and Valiakos I. (2010). Geoparks management and assessment. *Proceedings of the 12th International Congress, Patras, Greece, May, 2010*
43. Ζούρος Νικόλαος(2015),*Οδηγός Γεωπάρκου Λέσβου, Λέσβος: Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Απολιθωμένου Δάσους Λέσβου*
44. Κάτσιος, Ι. και Τσάτσαρης Α. (2014), *Διαλέξεις θεματικής χαρτογραφίας, Θεσσαλονίκη: Δίσιγμα*
45. *Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Απολιθωμένου Δάσους Λέσβου*
46. Παπανικολάου, Δ. & Σίδηρης, Χρ.(2012), *Γεωλογία η Επιστήμη της Γης*, Αθήνα: Εκδόσεις Πατάκη
47. Παυλίδης, Σπ.(2007),*Παν-γαία(Παγγαία) μια διαφορετική γεωλογική διαδρομή στον πλανήτη Γη*, Αθήνα: Leader Books

48. Φωτίου, Α. και Πικριδάς, Χ. (2012), GPS και Γεωδαιτικές Εφαρμογές, Θεσσαλονίκη:
Ζήτη