



**ΥΠΟΕΡΓΟ 1 «ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ,
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΕΣ – ΕΝΗΜΕΡΩΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΔΟΜΗΣΗ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ»**

Πακέτο Εργασίας	Π.Ε.1.5 – ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΣΤΙΣ ΠΑΡΑΛΙΕΣ		
Συντάκτης Φορέας	Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών		
Κωδικός Παραδοτέου	Π.1.7.2 – Έκθεση εγκατάστασης και λειτουργίας συστημάτων παρακολούθησης κατολισθήσεων παραλιών		
Αριθμός Έκδοσης	1	Διαθεσιμότητα	Ολοκληρωμένο
Μήνας Έναρξης	M1	Μήνα Λήξης	M15
Τύπος	Έκθεση		
Ομάδα Σύνταξης	ΔΡ. ΛΕΚΚΑΣ ΕΥΘΥΜΙΟΣ, ΔΡ. ΛΟΖΙΟΣ ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ, ΔΡ. ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ, ΔΡ. ΚΡΑΝΗΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ, ΔΡ. ΔΙΑΚΑΚΗΣ ΜΙΧΑΗΛ, MSc ΜΑΥΡΟΥΛΗΣ ΣΠΥΡΙΔΩΝ, MSc ΚΩΤΣΗ ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ, MSc ΛΑΖΟΓΙΑΝΝΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ, ΔΡ. ΒΑΣΙΛΑΚΗΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ		

Η σελίδα έχει μείνει σκόπιμα κενή



ΛΑΕΡΤΗΣ

Καινοτόμο επιχειρησιακό σύστημα
διαχείρισης φυσικών κινδύνων
στην Περιφέρεια Ιονίων Νήσων



**ΥΠΟΕΡΓΟ 1 «ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ,
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΕΣ – ΕΝΗΜΕΡΩΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΔΟΜΗΣΗ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ»**

Πακέτο Εργασίας	Π.Ε.1.5 – ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΣΤΙΣ ΠΑΡΑΛΙΕΣ		
Συντάκτης Φορέας	Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών		
Κωδικός Παραδοτέου	Π.1.7.2 – Έκθεση εγκατάστασης και λειτουργίας συστημάτων παρακολούθησης κατολισθήσεων παραλιών		
Αριθμός Έκδοσης	1	Διαθεσιμότητα	Ολοκληρωμένο
Μήνας Έναρξης	M1	Μήνα Λήξης	M15
Τύπος	Έκθεση		
Ομάδα Σύνταξης	ΔΡ. ΛΕΚΚΑΣ ΕΥΘΥΜΙΟΣ, ΔΡ. ΛΟΖΙΟΣ ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ, ΔΡ. ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ, ΔΡ. ΚΡΑΝΗΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ, ΔΡ. ΔΙΑΚΑΚΗΣ ΜΙΧΑΗΛ, MSc ΜΑΥΡΟΥΛΗΣ ΣΠΥΡΙΔΩΝ, MSc ΚΩΤΣΗ ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ, MSc ΛΑΖΟΓΙΑΝΝΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ, ΔΡ. ΒΑΣΙΛΑΚΗΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ		

Η σελίδα έχει μείνει σκόπιμα κενή

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	2
2. ΠΑΡΑΛΙΑ ΠΑΛΑΙΟΧΩΡΙ (Κέρκυρα)	3
3. ΠΑΡΑΛΙΑ ΓΛΥΦΑΔΑ (Κέρκυρα)	8
4. ΠΑΡΑΛΙΑ ΕΓΚΡΕΜΝΟΙ (Λευκάδα).....	13
5. ΠΑΡΑΛΙΑ ΠΟΡΤΟ ΚΑΤΣΙΚΙ (Λευκάδα)	19
6. ΠΑΡΑΛΙΑ ΜΥΡΤΟΣ (Κεφαλονιά)	24
7. ΠΑΡΑΛΙΑ ΞΙ (Κεφαλονιά)	29
8. ΠΑΡΑΛΙΑ ΝΑΥΑΓΙΟ (Ζάκυνθος)	34
9. ΠΑΡΑΛΙΑ ΚΑΛΑΜΑΚΙ - Crystal (Ζάκυνθος)	40
10. ΠΑΡΑΛΙΑ ΠΕΥΚΟΥΛΙΑ (Λευκάδα).....	46
11. ΠΑΡΑΛΙΑ ΠΕΤΑΝΟΙ (Κεφαλονιά)	52
12. ΠΑΡΑΛΙΑ ΠΛΑΤΙΑ ΑΜΜΟΣ (Κεφαλονιά)	58
13. ΠΑΡΑΛΙΑ ΓΕΡΑΚΑΣ (Ζάκυνθος)	63
14. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	70

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το παρόν παραδοτέο εκπονείται στο πλαίσιο του πακέτου εργασίας (Π.Ε. 1.13) «**ΠΟΛΥ ΥΨΗΛΗ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΚΑΙ ΣΥΝΕΧΗΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ (MONITORING) ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΑΠΟΚΡΗΜΝΩΝ ΠΡΑΝΩΝ**» της πράξης «**ΛΑΕΡΤΗΣ - Καινοτόμο Επιχειρησιακό Σύστημα Διαχείρισης Φυσικών Κινδύνων στην Περιφέρεια Ιονίων Νήσων**».

Το παραδοτέο Π1.17.2 με τίτλο «**Πολύ υψηλής Ανάλυσης Μορφολογική Αποτύπωση Επιλεγμένων Παράκτιων Απόκρημνων Πρανών (Τελική Φάση Παρακολούθησης)**» αποτελεί μια **τεχνική έκθεση**, στην οποία γίνεται ανάλυση των δεδομένων που προέκυψαν από επαναλαμβανόμενες αποτυπώσεις με όργανα τελευταίας τεχνολογίας (Laser scanner, Drone) σε επιλεγμένες παραλίες υψηλής επισκεψιμότητας. Βάσει αυτών των αποτυπώσεων και των επεξεργασιών που ακολούθησαν, εντοπίστηκαν θέσεις στις οποίες παρατηρήθηκαν μεταβολές στη μορφολογία των πρανών που τα περιβάλλουν, και παρουσιάζουν το μεγαλύτερο κίνδυνο για την εκδήλωση φαινομένων καταπτώσεων και κατολισθήσεων, αφού έγινε μια πρώτη σύγκριση με τα αποτελέσματα που περιγράφονται στο παραδοτέο 1.8.2 και αφορούν ψηφιακές αποτυπώσεις σε 8 δημοφιλείς παραλίες με ιδιαίτερα μορφολογικά χαρακτηριστικά, στις οποίες προστέθηκαν ακόμα 4 με τοπικό ενδιαφέρον. Τα στοιχεία αυτά κρίνονται απαραίτητα για το σύνολο των εργασιών του πακέτου εργασίας Π.Ε. 1.13. Χρησιμοποιήθηκε εξοπλισμός και λογισμικό που αποκτήθηκε στο πλαίσιο του παρόντος έργου (Laser Scanner P50, HiTarget RTK-GNSS, Cyclone Core/3DR/Register 360, Leica Infinity) αλλά και υπάρχων εξοπλισμός του Τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος (Phantom 4 RTK-UAS, RedToolBox).

Οι 12 παραλίες που επιλέχθηκαν είναι οι παρακάτω:

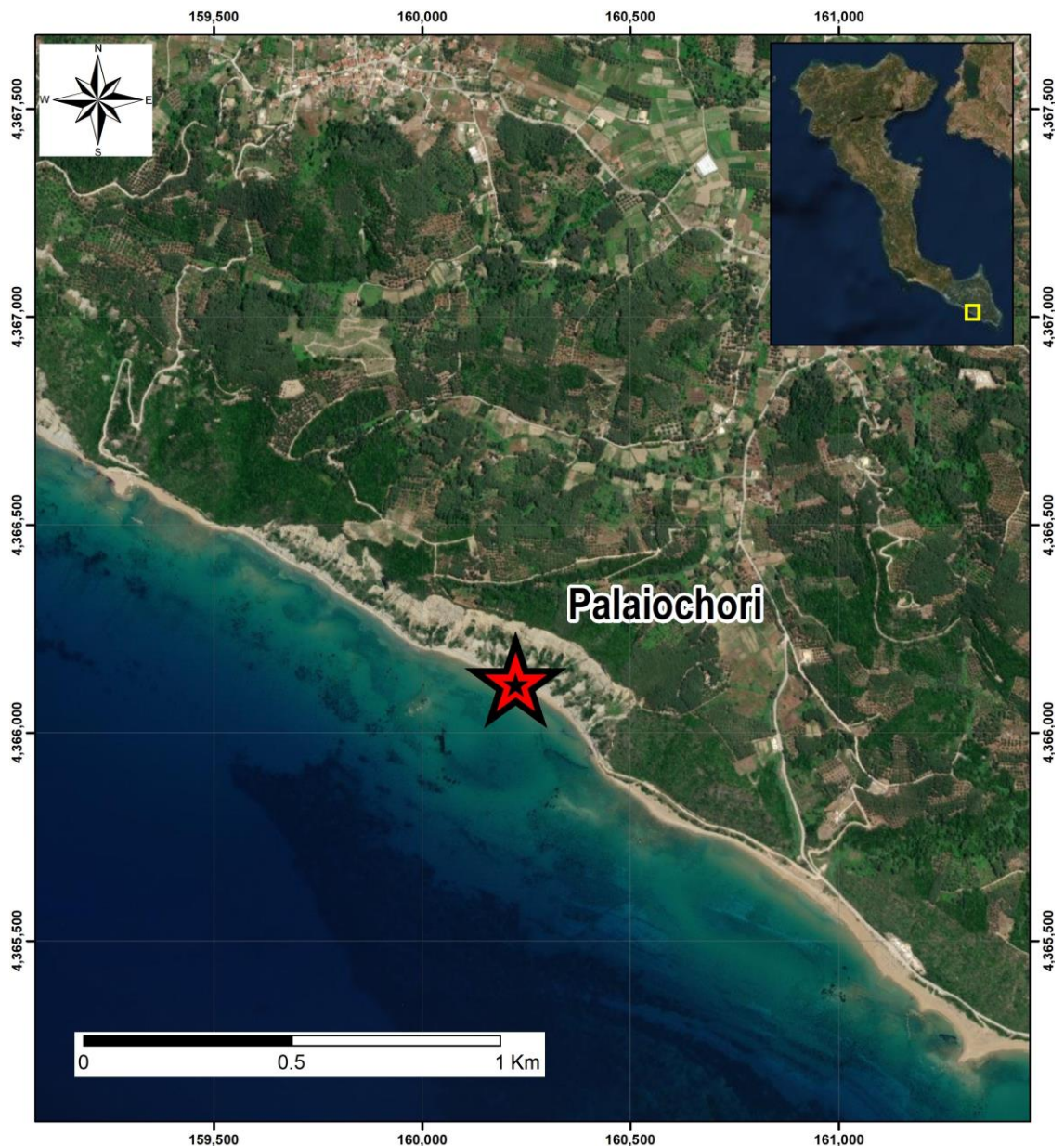
- Παλαιοχώρι (Κέρκυρα)
- Γλυφάδα (Κέρκυρα)
- Εγκρεμνοί (Λευκάδα)
- Πόρτο Κατσίκι (Λευκάδα)
- Πευκούλια (Λευκάδα)
- Μύρτος (Κεφαλλονιά)
- Ξι (Κεφαλλονιά)
- Πετανοί (Κεφαλλονιά)
- Πλατιά άμμος (Κεφαλλονιά)
- Ναυάγιο (Ζάκυνθος)
- Καλαμάκι - Crystal (Ζάκυνθος)
- Γέρακας (Ζάκυνθος)

2. ΠΑΡΑΛΙΑ ΠΑΛΑΙΟΧΩΡΙ (Κέρκυρα)

2.1. Γεωγραφική τοποθέτηση

Η παραλία Παλαιοχώρι βρίσκεται στο νοτιοδυτικό τμήμα της Κέρκυρας, νότια του οικισμού Παλαιοχώρι και βορειοδυτικά του Άγιου Γόρδιου. Πιο συγκεκριμένα, η τοποθεσία της παραλίας βρίσκεται στη θέση $39^{\circ}22'50,2''\text{N}$, $20^{\circ}03'28,8''\text{E}$ (Εικ. 2.1) και έχει σχηματιστεί σε Πλειοκαινικές μάργες με μέγιστη κλίση τις 50° .

Σύμφωνα με το παραδοτέο Π1.7.1. Έκθεση Επικίνδυνων Παραλιών όπου αναλύθηκαν οι θέσεις των πιο επικίνδυνων παραλιών όπως καταγράφηκαν κατά την έρευνα πεδίου, η παραλία Παλαιοχώρι καταγράφηκε στη χωρική βάση δεδομένων με κωδικό (object ID) 956, ως μια από τις πλέον ευάλωτες παράκτιες γεωμορφές.



Εικόνα 2.1. Γεωγραφική τοποθέτηση της παραλίας Παλαιοχώρι, Κέρκυρα

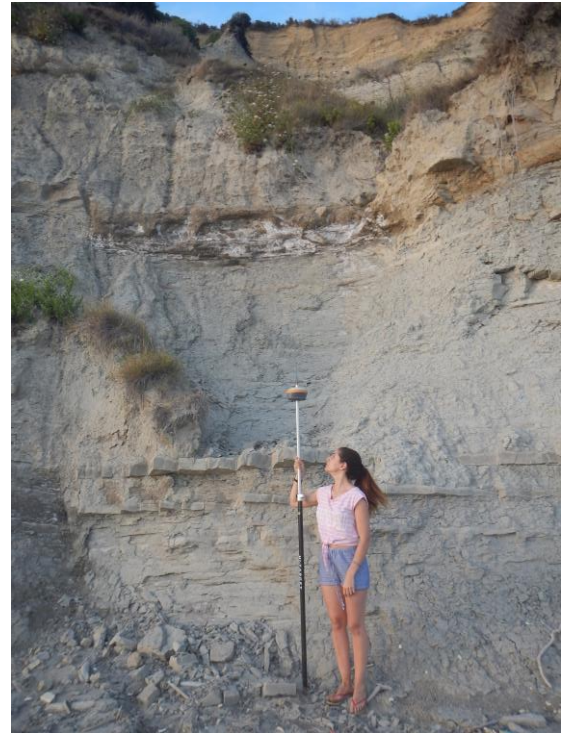
2.2 Μεθοδολογία τρίτης αποτύπωσης, 9.10.2023

Η τοπογραφική αποτύπωση στην παραλία Παλαιοχώρι πραγματοποιήθηκε με τη χρήση Terrestrial Laser Scanner, όπου δημιουργήθηκαν νέφη της τάξης των 30.000.000 σημείων, τα οποία αποτυπώνουν με μεγάλη λεπτομέρεια την ακριβή μορφολογία του πρανούς.

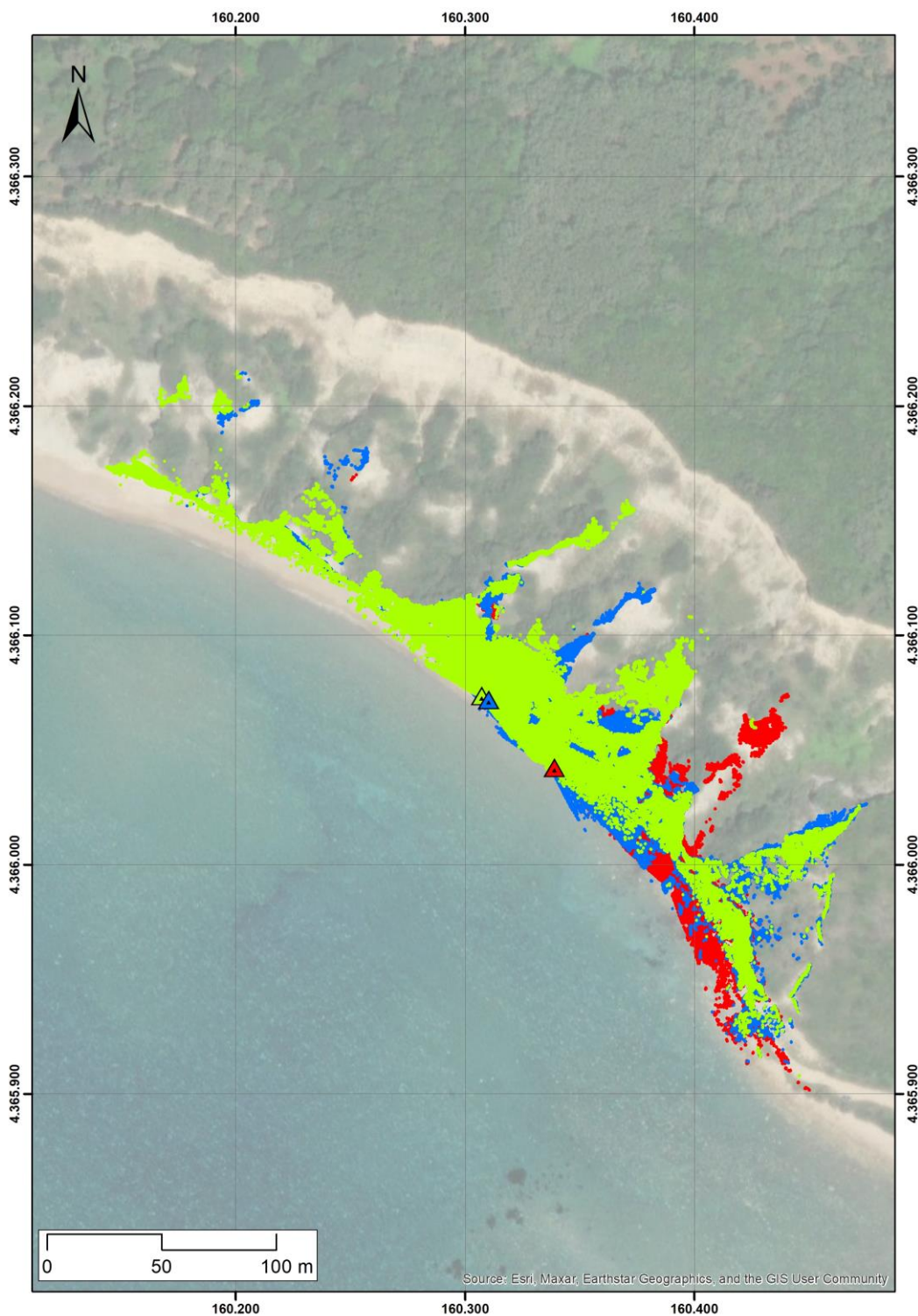
Στην εργασία υπαίθρου συμπεριλαμβάνεται η μέτρηση των συντεταγμένων των βάσεων με εξοπλισμό RTK-GNSS (**Εικ.2.2**). Πιο συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκαν τρεις στάσεις με τον σαρωτή για την αποτύπωση ολόκληρου του πρανούς με μεγάλη ακρίβεια (**Πίν. 2.1**) με αποτέλεσμα την συλλογή τριών νεφών σημείων με 35.145.781, 32.547.921 και 20.546.813 σημεία αντίστοιχα. Η αποτύπωση του πρανούς πραγματοποιήθηκε σε μέση απόσταση 15 μέτρων από τη βάση του σαρωτή και στις τρεις στάσεις (**Εικ. 2.3**).

Πίνακας 2.1: Στοιχεία θέσεων τοποθέτησης του Σαρωτή.

Στάσεις Σαρωτή	Συντεταγμένες x	Συντεταγμένες y	Υψόμετρο z
TLS Base 1	160.306,454	4.366.074,734	0,601
TLS Base 2	160.310,364	4.366.071,897	0,354
TLS Base 3	160.339,075	4.366.042,3418	0,574

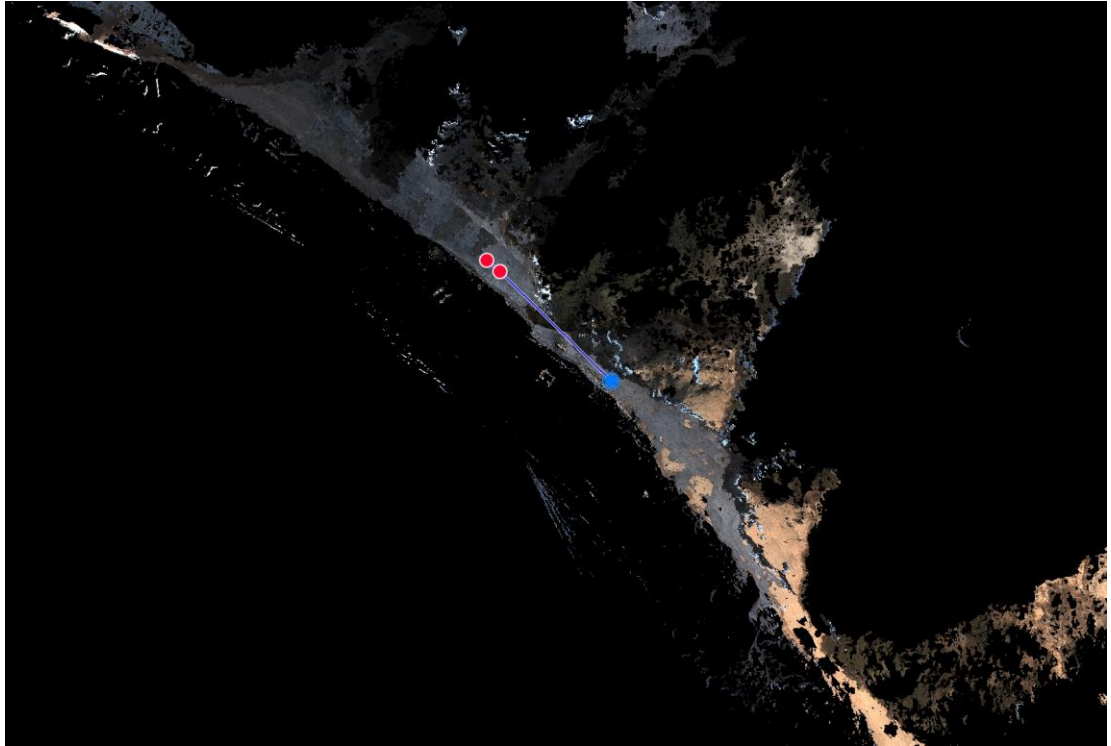


Εικόνα 2.2. Θέση στάσης του σαρωτή και μέτρηση σημείο ελέγχου στην παραλία Παλαιοχώρι.



Εικόνα 2.3: Οι τρεις στάσεις με το σαρωτή και τα αντίστοιχα νέφη σημείων (με πράσινο χρώμα η 1η στάση, με μπλε η 2η και με κόκκινο η 3η στάση) τοποθετημένες στο χώρο με πραγματικές συντεταγμένες x,y,z στο σύστημα συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87

Η αποτύπωση ολοκληρώθηκε με την εμβέλεια του σαρωτή λέιζερ να ορίζεται στα 120m (ως μέγιστη απόσταση), με ανάλυση στα 1,6mm στα 10m. Η επεξεργασία των δεδομένων από τις εργασίες πεδίου πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του λογισμικού Cyclone Register 360, όπου και έγινε η ένωση των τριών στάσεων και των τριών νεφών σημείων, αντίστοιχα (**Εικ. 2.4**).



Εικόνα 2.4. Ενοποίηση των τριών νεφών σημείων με τις θέσεις του σαρωτή

Η ένωση των τριών νεφών πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο Cloud-to-Cloud, όπου με την εύρεση κοινών σημείων μεταξύ των νεφών (τουλάχιστον 5) γίνεται η αντιστοίχιση όλων των σημείων των νεφών και έτσι επιτυγχάνεται η συνένωση τους. Η εισαγωγή των συντεταγμένων των βάσεων έγινε για την γεωαναφορά του τελικού νέφους σημείων.

Κατά την επεξεργασία των δεδομένων ελέγχουμε την απόκλιση που μπορεί να δημιουργηθεί μεταξύ των δυο νεφών σημείων. Το σφάλμα της ενοποίησης των στάσεων σε ένα ενιαίο νέφος σημείων υπολογίστηκε 0,007 m, η αλληλοεπικάλυψη υπολογίστηκε 58% και η σχετική ακαμψία του μοντέλου 41% και συνεπώς πρόκειται για εξαιρετική ποιότητα δεδομένων (**Εικ. 2.5**).

Bundle Error 0.007 m ✓	
Overlap 58 % ✓	Strength 41 %
Cloud-to-Cloud 0.007 m ✓	Target Error --

Εικόνα 2.5. Αριθμητικά αποτελέσματα της επεξεργασίας των δεδομένων.

Στη συνέχεια πραγματοποιείται η αφαίρεση τυχόν θορύβων και ο καθαρισμός του τελικού νέφους σημείων με τη χρήση του λογισμικού Cyclone 3DReshaper και η διαδικασία γίνεται χειροκίνητα για το βέλτιστο των αποτελεσμάτων.

Μετά την ολοκλήρωση της επεξεργασίας των πρωτογενών δεδομένων έχουμε σαν αποτέλεσμα:

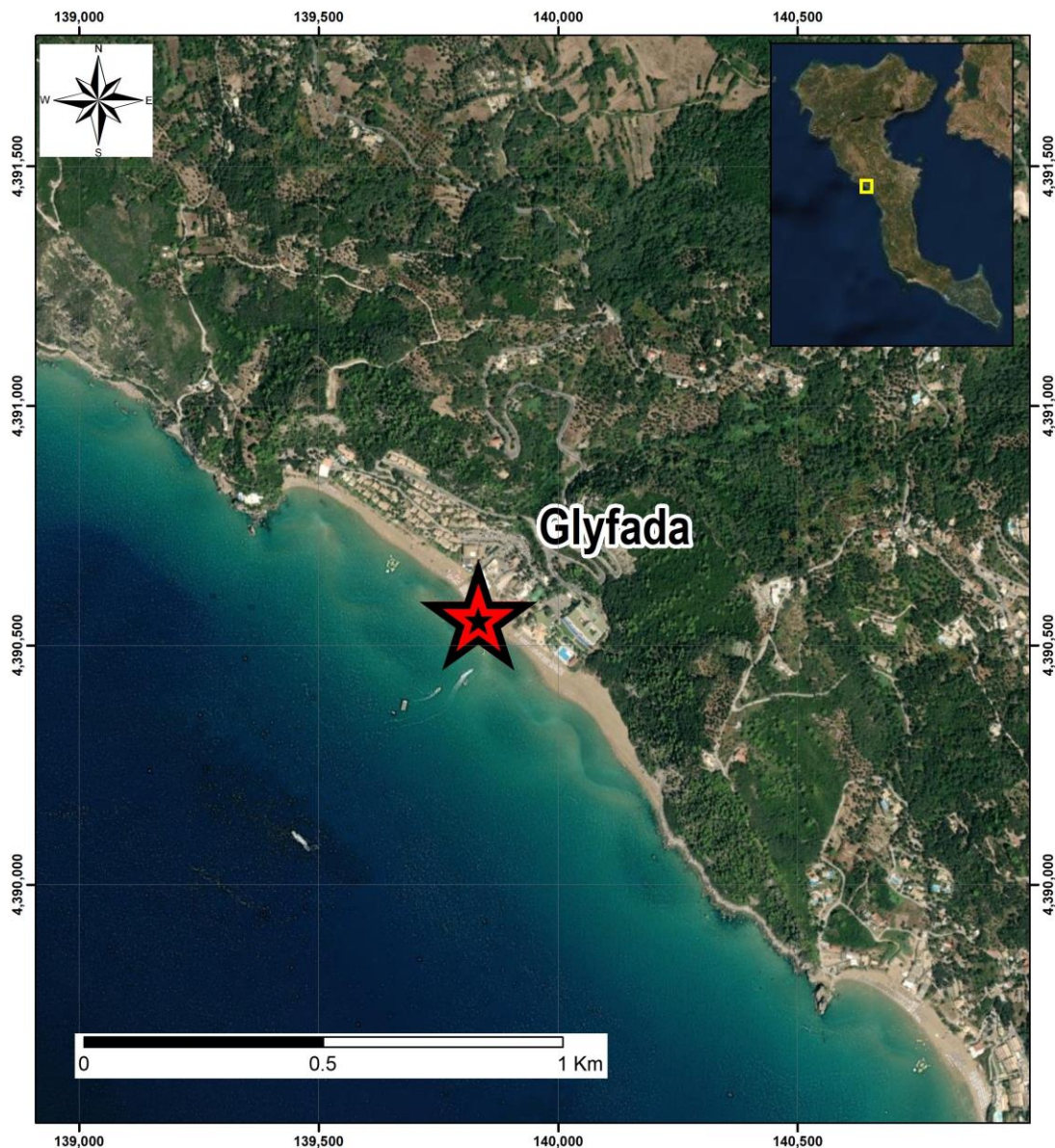
- Τη δημιουργία πυκνού νέφους σημείων στο χώρο με 88.240.515 σημεία.
- Εντοπισμό θέσεων δυνητικών καταπτώσεων

3. ΠΑΡΑΛΙΑ ΓΛΥΦΑΔΑ (Κέρκυρα)

3.1. Γεωγραφική τοποθέτηση

Η παραλία Γλυφάδα βρίσκεται στο δυτικό τμήμα της Κέρκυρας, δυτικά του οικισμού Πέλεκας και σε απόσταση 17.3km από την πόλη της Κέρκυρας. Πιο συγκεκριμένα, η τοποθεσία της παραλίας βρίσκεται στη θέση $39^{\circ}35'29,6''\text{N}$ $19^{\circ}48'30,8''\text{E}$ (Εικ. 3.1) και έχει σχηματιστεί σε Μειο-Πλειοκαινικές μάργες με μέγιστη μορφολογική κλίση τις 48° .

Σύμφωνα με το παραδοτέο Π11.7.1. Έκθεση Επικίνδυνων Παραλιών όπου αναλύθηκαν οι θέσεις των πιο επικίνδυνων παραλιών όπως καταγράφηκαν κατά την έρευνα πεδίου, η παραλία Γλυφάδα και ιδιαίτερα το ΝΑ τμήμα της, καταγράφηκε στη χωρική βάση δεδομένων με κωδικό (object ID) 971, ως μια από τις πλέον ευάλωτες παράκτιες γεωμορφές.



Εικόνα 3.1. Γεωγραφική τοποθέτηση της παραλίας Γλυφάδα, Κέρκυρα

3.2 Μεθοδολογία τρίτης αποτύπωσης, 10.10.2023

Η τοπογραφική αποτύπωση στην παραλία Γλυφάδα πραγματοποιήθηκε με τη χρήση Terrestrial Laser Scanner, όπου δημιουργήθηκαν νέφη της τάξης των 150.000.000 σημείων, που αποτυπώνουν την ακριβή μορφολογία του πρανούς.

Στην εργασία υπαίθρου συμπεριλαμβάνεται η μέτρηση των συντεταγμένων των βάσεων με RTK - GNSS (**Εικ. 3.2**). Πιο συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκαν τρεις στάσεις με τον σαρωτή για την αποτύπωση ολόκληρου του πρανούς με μεγάλη ακρίβεια (**Πίν. 3.1**) με αποτέλεσμα την συλλογή τριών νεφών σημείων με 80.412.954, 110.499.357 και 87.933.362 σημεία αντίστοιχα. Η αποτύπωση του πρανούς πραγματοποιήθηκε σε μέση απόσταση 40 μέτρα, μεταξύ του πρανούς και της πρώτης στάσης και 30 μέτρα από τις δεύτερη και τρίτη στάση (**Εικ. 3.3**).

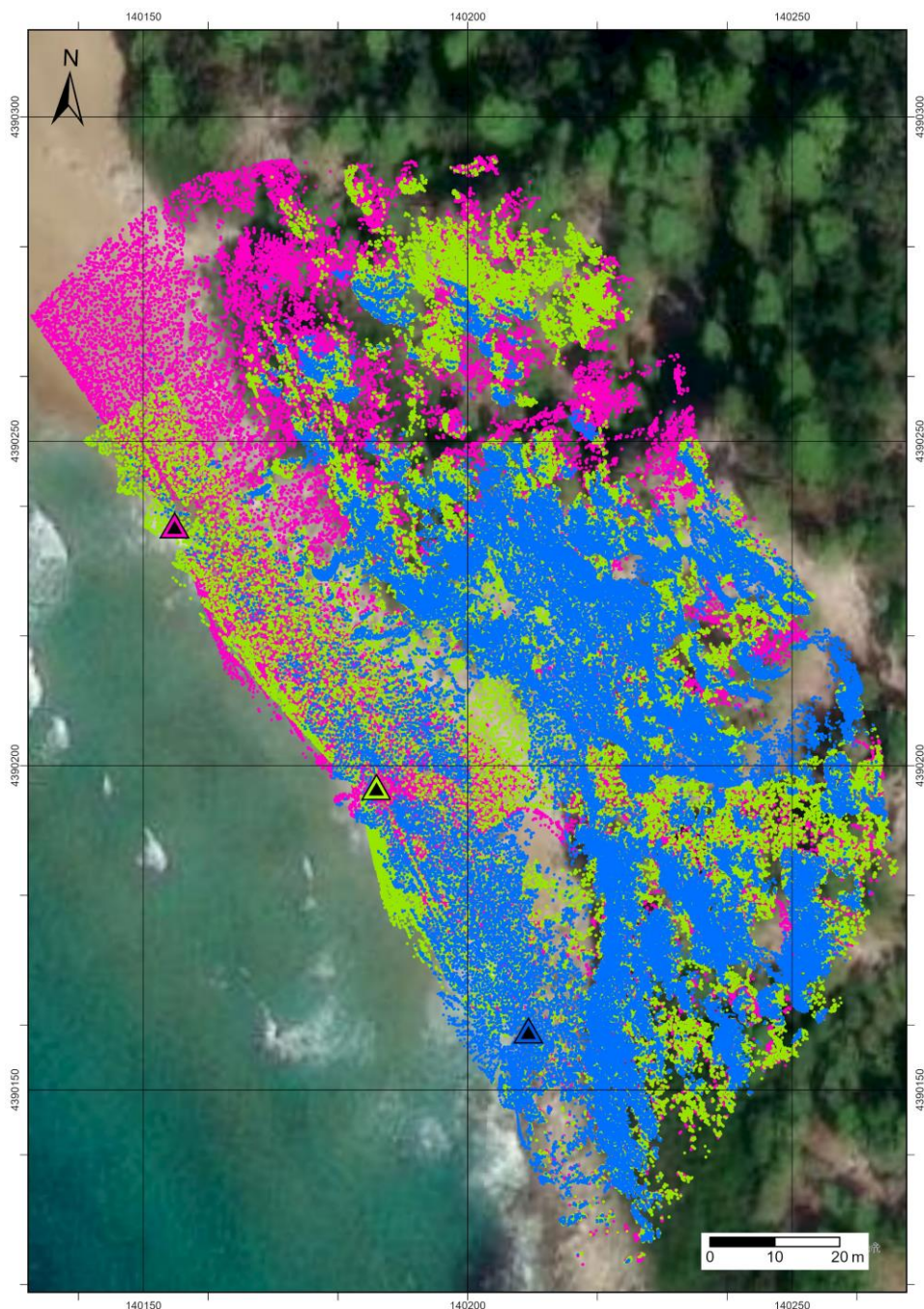
Πίνακας 3.1: Στοιχεία θέσεων τοποθέτησης του Σαρωτή.

Στάσεις Σαρωτή	Συντεταγμένες x	Συντεταγμένες y	Υψόμετρο z
TLS Base 1	140.209,5124	4.390.159,512	0,7541
TLS Base 2	140.185,9183	4.390.197,059	0,6354
TLS Base 3	140.157,4368	4.390.240,436	0,6423

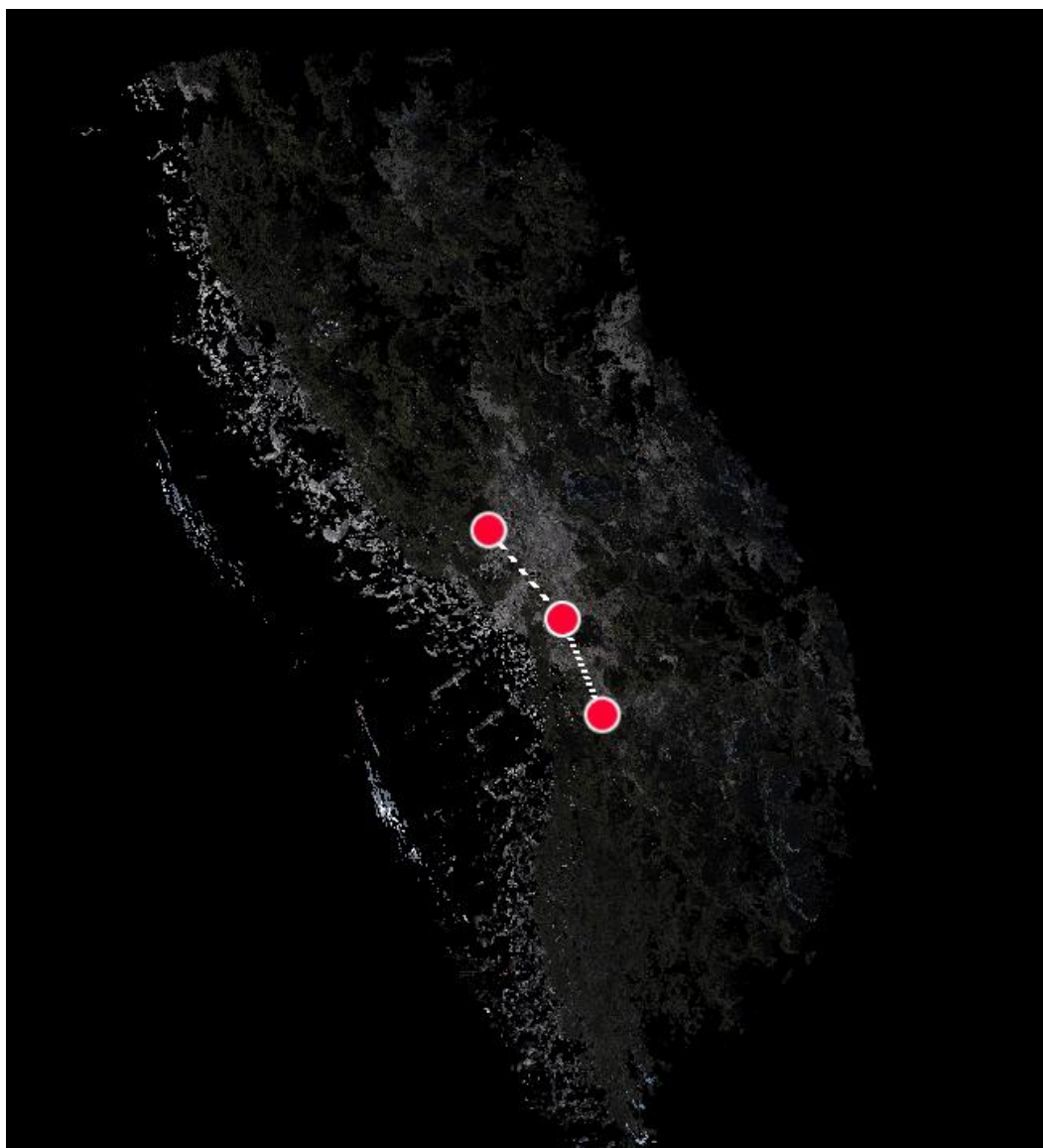


Εικόνα 3.2. Θέση στάσης του σαρωτή στην παραλία Γλυφάδα.

Η αποτύπωση ολοκληρώθηκε με την εμβέλεια του σαρωτή λέιζερ να ορίζεται στα 120m (μέγιστη απόσταση), με ανάλυση στα 1,8mm στα 10m. Η επεξεργασία των δεδομένων από τις ασκήσεις πεδίου πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του λογισμικού Cyclone Register 360, όπου και έγινε η ένωση των τριών στάσεων και των τριών νεφών σημείων αντίστοιχα (Εικ. 3.4).



Εικόνα 3.3. Οι τρεις στάσεις του σαρωτή και τα αντίστοιχα νέφη σημείων (με μπλε χρώμα η 1η στάση, με πράσινο η 2η και με φούξια η 3η στάση) τοποθετημένες στο χώρο με πραγματικές συντεταγμένες x,y,z στο σύστημα συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87

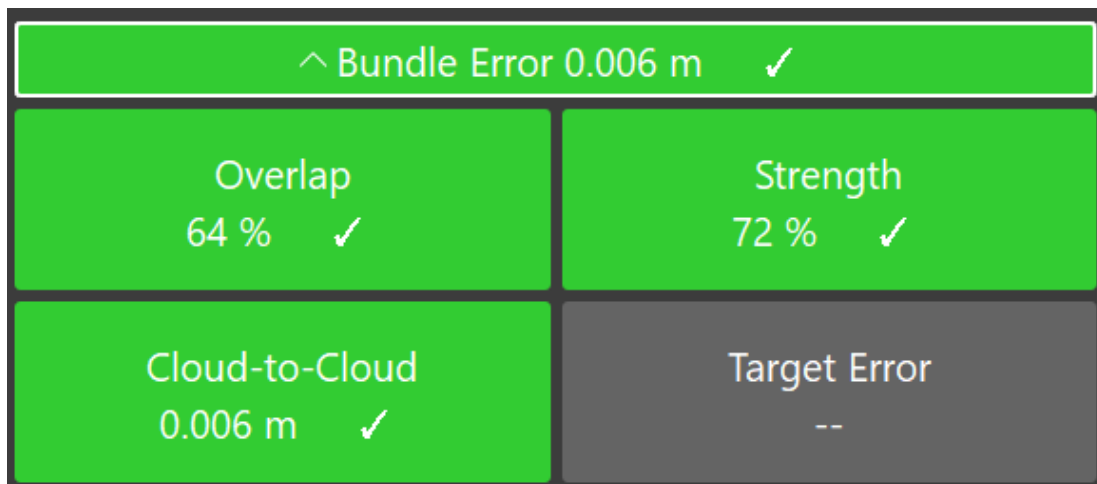


Εικόνα 3.4. Ενοποίηση των τριών νεφών σημείων με τις θέσεις του σαρωτή και τα πέντε σημεία ελέγχου.

Η ένωση των τριών νεφών πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο Cloud-to-Cloud, όπου με την εύρεση κοινών σημείων μεταξύ των νεφών (τουλάχιστον 5) γίνεται η αντιστοίχιση όλων των σημείων των νεφών και έτσι επιτυγχάνεται η συνένωση τους. Οι συντεταγμένες των βάσεων χρησιμοποιήθηκαν για την γεωαναφορά του τελικού νέφους σημείων.

Κατά την επεξεργασία των δεδομένων ελέγχουμε την απόκλιση που μπορεί να δημιουργηθεί μεταξύ των δυο νεφών σημείων. Το σφάλμα της ενοποίησης των στάσεων σε ένα ενιαίο νέφος σημείων υπολογίστηκε 0,006 m, η αλληλοεπικάλυψη υπολογίστηκε 64% και η σχετική ακαμψία του μοντέλου 72% και συνεπώς η ποιότητα των δεδομένων κρίνεται εξαιρετική (Εικ. 3.5).

Στη συνέχεια πραγματοποιείται η αφαίρεση τυχόν θορύβων και ο καθαρισμός του τελικού νέφους σημείων με τη χρήση του λογισμικού Cyclone 3DReshaper και η διαδικασία γίνεται χειροκίνητα για το βέλτιστο των αποτελεσμάτων.



Εικόνα 3.5. Αριθμητικά αποτελέσματα της επεξεργασίας των δεδομένων

Μετά την ολοκλήρωση της επεξεργασίας των πρωτογενών δεδομένων έχουμε σαν αποτέλεσμα:

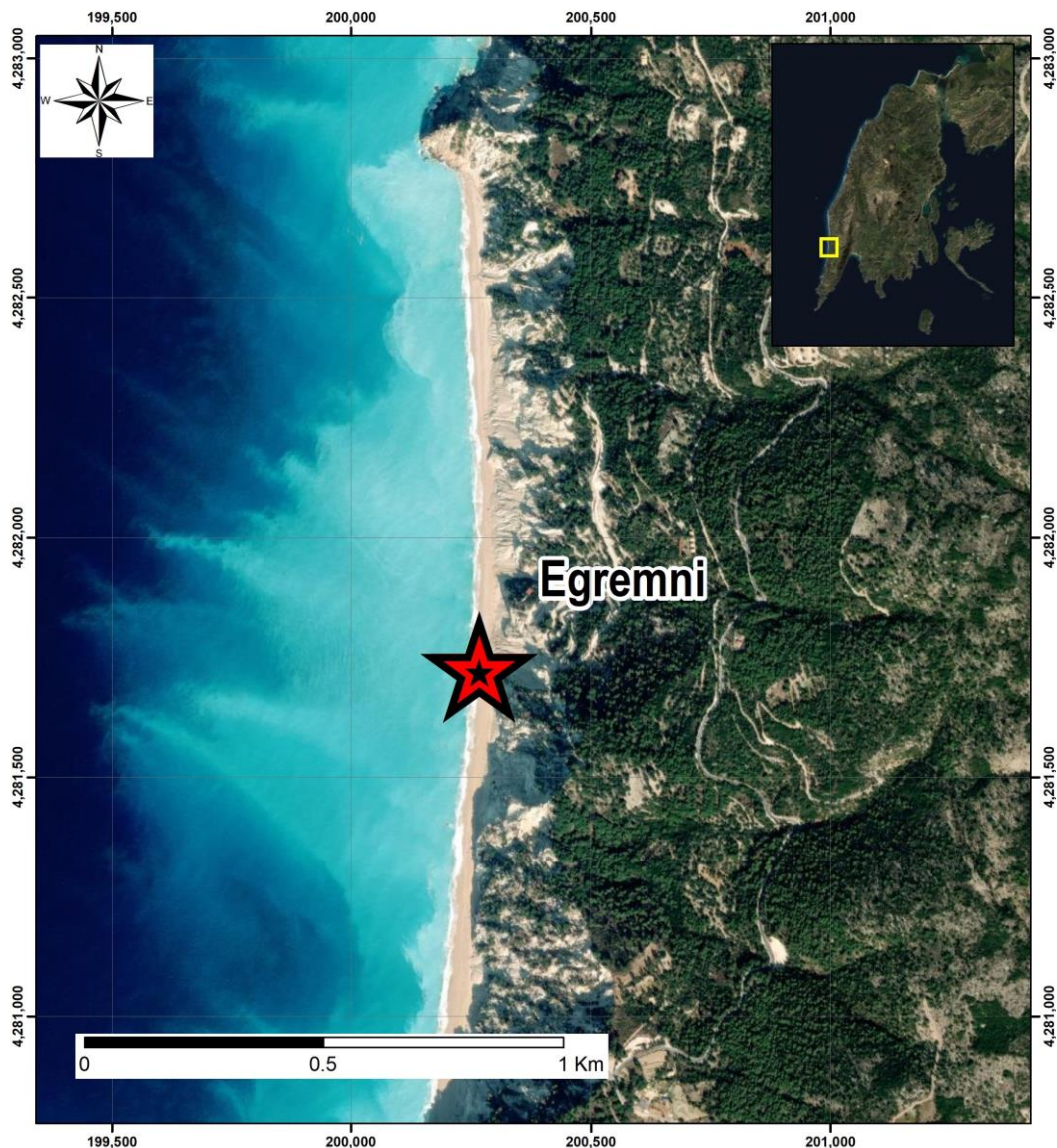
- Τη δημιουργία πυκνού νέφους σημείων στο χώρο με 278.845.673 σημεία.
- Εντοπισμό θέσεων δυνητικών καταπτώσεων

4. ΠΑΡΑΛΙΑ ΕΓΚΡΕΜΝΟΙ (Λευκάδα)

4.1. Γεωγραφική τοποθέτηση

Η παραλία Εγκρεμνοί βρίσκεται στο νοτιοδυτικό τμήμα της Λευκάδας, δυτικά του οικισμού Βασιλική και σε απόσταση 15,5km. Πιο συγκεκριμένα, η τοποθεσία της παραλίας βρίσκεται στη θέση $38^{\circ}38'11,6''\text{N } 20^{\circ}33'29,9''\text{E}$ (Εικ. 4.1) και έχει σχηματιστεί σε ανθρακικά πετρώματα ανωκρητιδικών ασβεστόλιθων της ενότητας Παζών με μέγιστη κλίση τις 60° .

Σύμφωνα με το παραδοτέο Π1.7.1. Έκθεση Επικίνδυνων Παραλιών όπου αναλύθηκαν οι θέσεις των πιο επικίνδυνων παραλιών όπως καταγράφηκαν κατά την έρευνα πεδίου, η παραλία Εγκρεμνοί καταγράφηκε στη χωρική βάση δεδομένων με κωδικό (object ID) 620, ως μια από τις πλέον ευάλωτες παράκτιες γεωμορφές.

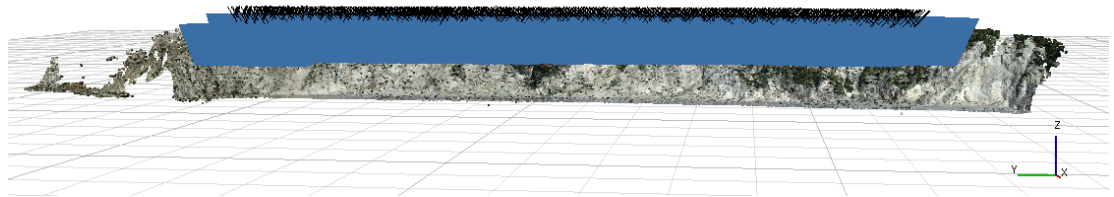


Εικόνα 4.1. Γεωγραφική τοποθέτηση της παραλίας Εγκρεμνοί, Λευκάδα

4.2. Μεθοδολογία τρίτης αποτύπωσης, 11.10.2023

Η αποτύπωση ολοκληρώθηκε με το ΣμηΕΑ να κινείται οριζόντια πάνω από την περιοχή και με την κάμερα να είναι σε γωνία 60° σε σχέση με τον ορίζοντα, επιλέγοντας σαν μεθοδολογία αποτύπωσης την τρισδιάστατη λήψη, δημιουργώντας έτσι ένα δικτυωτό πλέγμα στην λήψη των αεροφωτογραφιών (Εικ. 4.2) και επιτυγχάνοντας πολύ υψηλή ανάλυση.

Από την αποτύπωση της περιοχής, ελήφθησαν συνολικά 1461 αεροφωτογραφίες από μέσο απόλυτο υψόμετρο 207 μέτρων, καλύπτοντας μια περιοχή με εμβαδόν 1,01 τετραγωνικά χιλιόμετρα (Εικ. 4.3). Χρησιμοποιήθηκε ένα ΣμηΕΑ τύπου DJI Phantom-4, εφοδιασμένο με κάμερα τύπου FC6310x με φακό εστιακής απόστασης 8,8 mm.

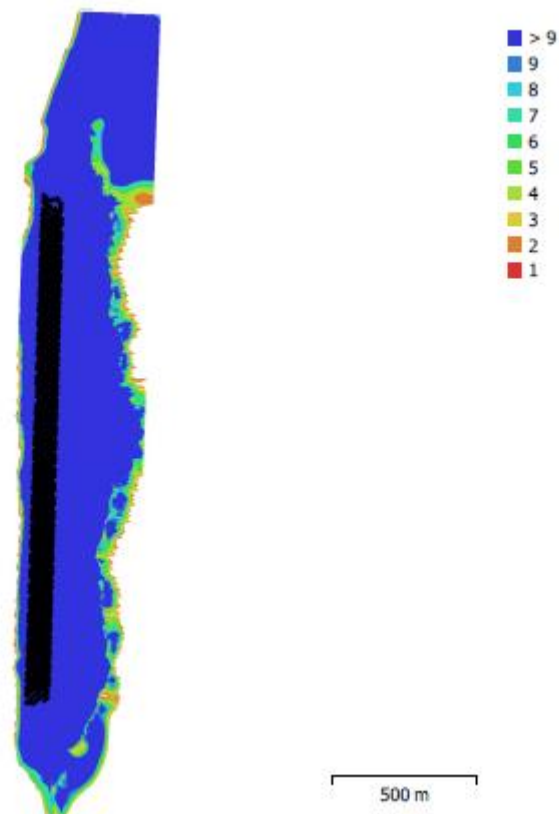


Εικόνα 4.2. Λήψη αεροφωτογραφιών στην παραλία Εγκρεμοί με πολύ υψηλή ανάλυση.

Number of images:	1,461	Camera stations:	1,461
Flying altitude:	207 m	Tie points:	168,591
Ground resolution:	6.51 cm/pix	Projections:	6,309,605
Coverage area:	1.01 km ²	Reprojection error:	0.714 pix

Εικόνα 4.3. Αποτελέσματα φωτογραμμετρικής επεξεργασίας.

Καθοριστική παράμετρο για την ακρίβεια των τελικών προϊόντων αποτέλεσε το μεγάλο ποσοστό επικάλυψης (75%) των εικόνων τόσο κατά μήκος όσο και κατά πλάτος (Εικ. 4.4). Η εμφάνιση των ομόλογων σημείων σε μεγάλο αριθμό εικόνων, αφενός ενισχύει σημαντικά τη γεωμετρία κατά την επίλυση επιτρέποντας ακριβή υπολογισμό του εσωτερικού και του εξωτερικού προσανατολισμού των λήψεων, αφετέρου αυξάνει την πιστότητα του παραγόμενου τρισδιάστατου μοντέλου της περιοχής (Εικ. 4.5).



Εικόνα 4.4. Θέσεις λήψεων και κατηγοριοποίηση της περιοχής ανάλογα με την κάλυψη από αριθμό αεροφωτογραφιών.

	Value	Error	F	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
F	3696.04	0.0035	1.00	0.03	-0.35	-0.55	0.53	-0.47	0.03	-0.21
Cx	-33.5573	0.0071		1.00	-0.00	0.00	-0.00	0.01	0.87	0.01
Cy	10.4855	0.0084			1.00	-0.03	0.01	-0.00	-0.03	0.79
K1	0.00873001	5.9e-06				1.00	-0.96	0.91	-0.01	-0.04
K2	-0.0142439	1.7e-05					1.00	-0.98	0.00	0.05
K3	0.013412	1.6e-05						1.00	-0.00	-0.04
P1	-0.00271015	6e-07							1.00	-0.01
P2	-8.58351e-05	6.1e-07								1.00

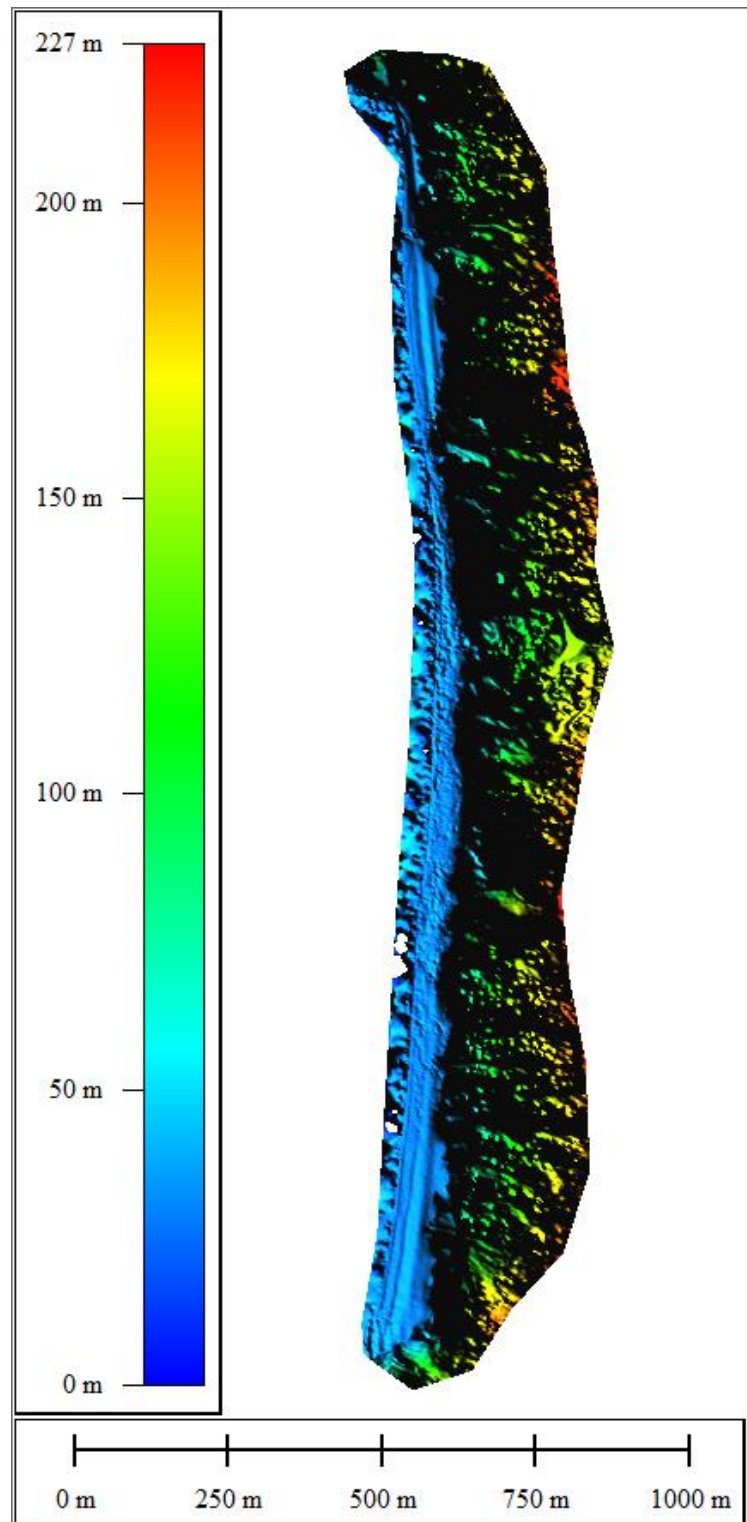
Εικόνα 4.5. Πίνακας επίλυσης παραμέτρων εξωτερικού προσανατολισμού.

Τα βήματα επεξεργασίας των αεροφωτογραφιών μέσω του λογισμικού Agisoft Metashape Professional v.2.0.2, είναι:

- Η ευθυγράμμιση των αεροφωτογραφιών (Agisoft, 2023). Το σύνολο των εικόνων (1.461) καλύπτουν το σύνολο της περιοχής μελέτης (βλ. **Εικ. 4.2**). Υπολογίζεται η θέση της φωτογραφικής μηχανής για την κάθε εικόνα ενώ ταυτόχρονα αναζητούνται τα κοινά σημεία (168.591) στις φωτογραφίες που έχουν αλληλοεπικάλυψη.
- Η δημιουργία πυκνού νέφους σημείων στο χώρο με 112.907.978 σημεία.
- Ακολουθεί η δημιουργία του τρισδιάστατου πλέγματος πολυγώνων (polygon mesh) το οποίο προσομοιώνει την επιφάνεια του αντικειμένου με 22.581.592 όψεις.
- Η κατασκευή της υφής των εικόνων. Μετά τη δημιουργία της γεωμετρίας (δηλ. το πλέγμα) που έχει κατασκευαστεί, δημιουργείται η υφή – προβολή των εικόνων πάνω στην επιφάνεια η οποία στη συνέχεια χρησιμοποιείται για την παραγωγή ορθο-φωτο-χαρτών.
- Παράγεται ο τελικός ορθο-φωτο-χάρτης με διακριτική ικανότητα 0,062 μέτρα και βάθος πραγματικού χρώματος 32-bit (**Εικ. 4.6**), σε σύστημα συντεταγμένων ΕΓΣΑ'87.
- Παράγεται ψηφιακό μοντέλο εδάφους με διακριτική ικανότητα 0,125 μέτρα με πυκνότητα σημείων 59 ανά τετραγωνικό μέτρο και χρωματικό βάθος 32-bit και μέγιστο υψόμετρο 227 μέτρα (**Εικ. 4.7**) σε σύστημα συντεταγμένων ΕΓΣΑ'87.



Εικόνα 4.6. Ορθο-φωτο-μωσαϊκό που προκύπτει από την επεξεργασία των δεδομένων που ελήφθησαν από τις αεροφωτογραφίες.



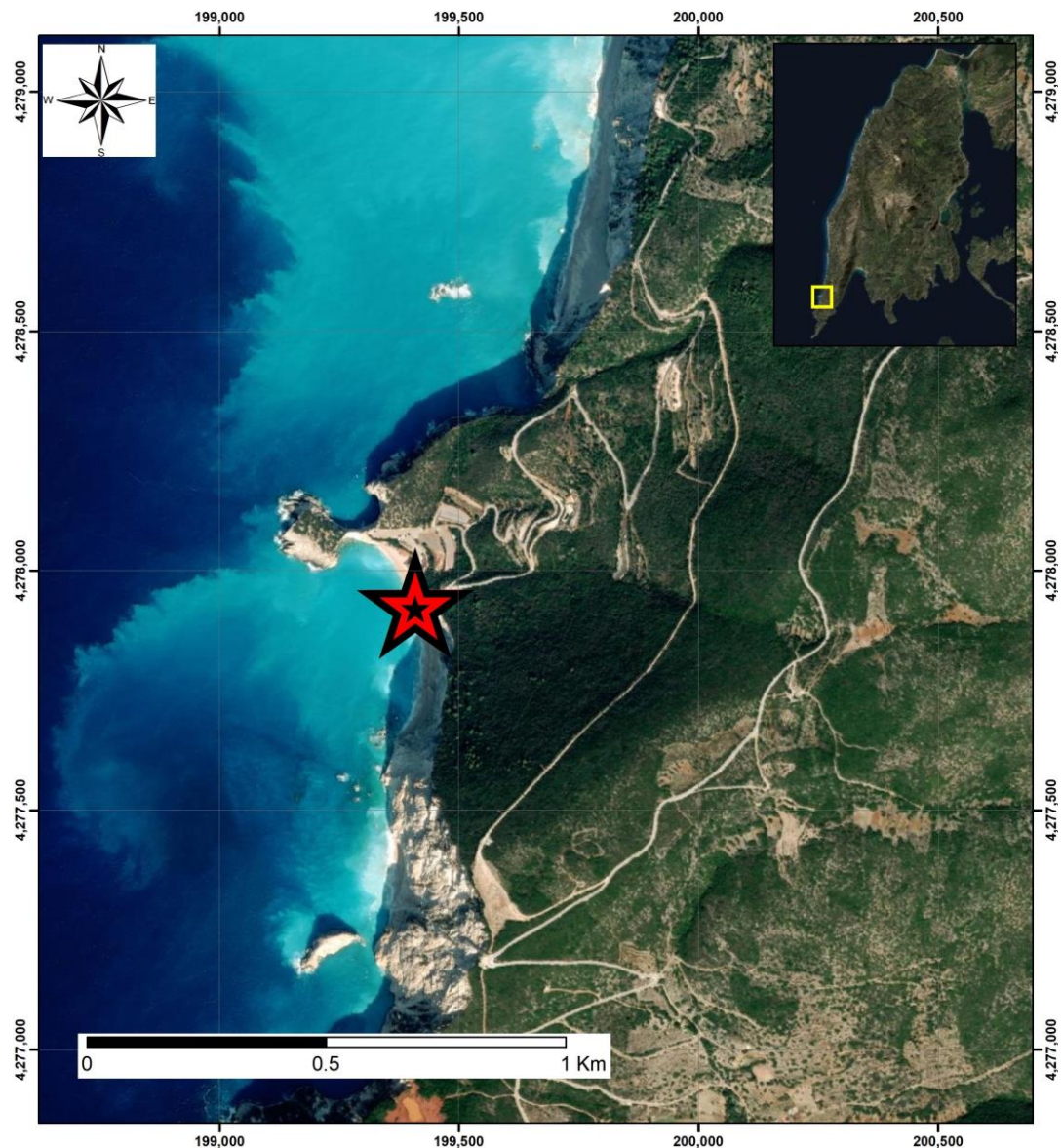
Εικόνα 4.7. Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου που προκύπτει από την επεξεργασία των δεδομένων που ελήφθησαν από τις αεροφωτογραφίες.

5. ΠΑΡΑΛΙΑ ΠΟΡΤΟ ΚΑΤΣΙΚΙ (Λευκάδα)

5.1. Γεωγραφική τοποθέτηση

Η παραλία Πόρτο Κατσίκι βρίσκεται στο νότιο τμήμα της νήσου Λευκάδας, νοτιοδυτικά του οικισμού Βασιλική και σε απόσταση 14,9 km. Πιο συγκεκριμένα, η τοποθεσία της παραλίας βρίσκεται στη θέση $38^{\circ}36'03,3''\text{N } 20^{\circ}33'01,6''\text{E}$ (Εικ. 5.1) και αποτελείται από ανωκρητιδικούς ασβεστόλιθους της ζώνης Παξών, με μέγιστη μορφολογική κλίση τις 85° .

Σύμφωνα με το παραδοτέο Π1.7.1. Έκθεση Επικίνδυνων Παραλιών όπου αναλύθηκαν οι θέσεις των πιο επικίνδυνων παραλιών όπως καταγράφηκαν κατά την έρευνα πεδίου, η παραλία Πόρτο Κατσίκι καταγράφηκε στη χωρική βάση δεδομένων με κωδικό (object ID) 619, ως μια από τις πλέον ευάλωτες παράκτιες γεωμορφές.



Εικόνα 5.1. Γεωγραφική τοποθέτηση της παραλίας Πόρτο Κατσίκι, Λευκάδα

5.2 Μεθοδολογία τρίτης αποτύπωσης, 12.10.2023

Η τοπογραφική αποτύπωση κατά την τρίτη φάση παρακολούθησης στην παραλία Πόρτο Κατσίκι, πραγματοποιήθηκε με τη χρήση Terrestrial Laser Scanner, όπου δημιουργήθηκαν νέφη της τάξης των 60.000.000 σημείων, που αποτυπώνουν την ακριβή μορφολογία του πρανούς.

Στην εργασία υπαίθρου συμπεριλαμβάνεται η μέτρηση των συντεταγμένων των βάσεων με σύστημα RTK - GNSS (**Εικ. 5.2**).

Πιο συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκαν δύο στάσεις με τον σαρωτή για την αποτύπωση ολόκληρου του πρανού με μεγάλη ακρίβεια (**Πίν. 5.1**) με αποτέλεσμα την συλλογή δύο νεφών σημείων με 42.220.271 (1^η Στάση - parking) και 91.080.488 (2^η Στάση - middle) σημεία αντίστοιχα. Η αποτύπωση του πρανού πραγματοποιήθηκε σε μέση απόσταση 250 μέτρων από την πρώτη στάση και 15 μέτρων από τη δεύτερη στάση (**Εικ. 5.3**).

Πίνακας 5.1: Στοιχεία θέσεων τοποθέτησης του Σαρωτή.

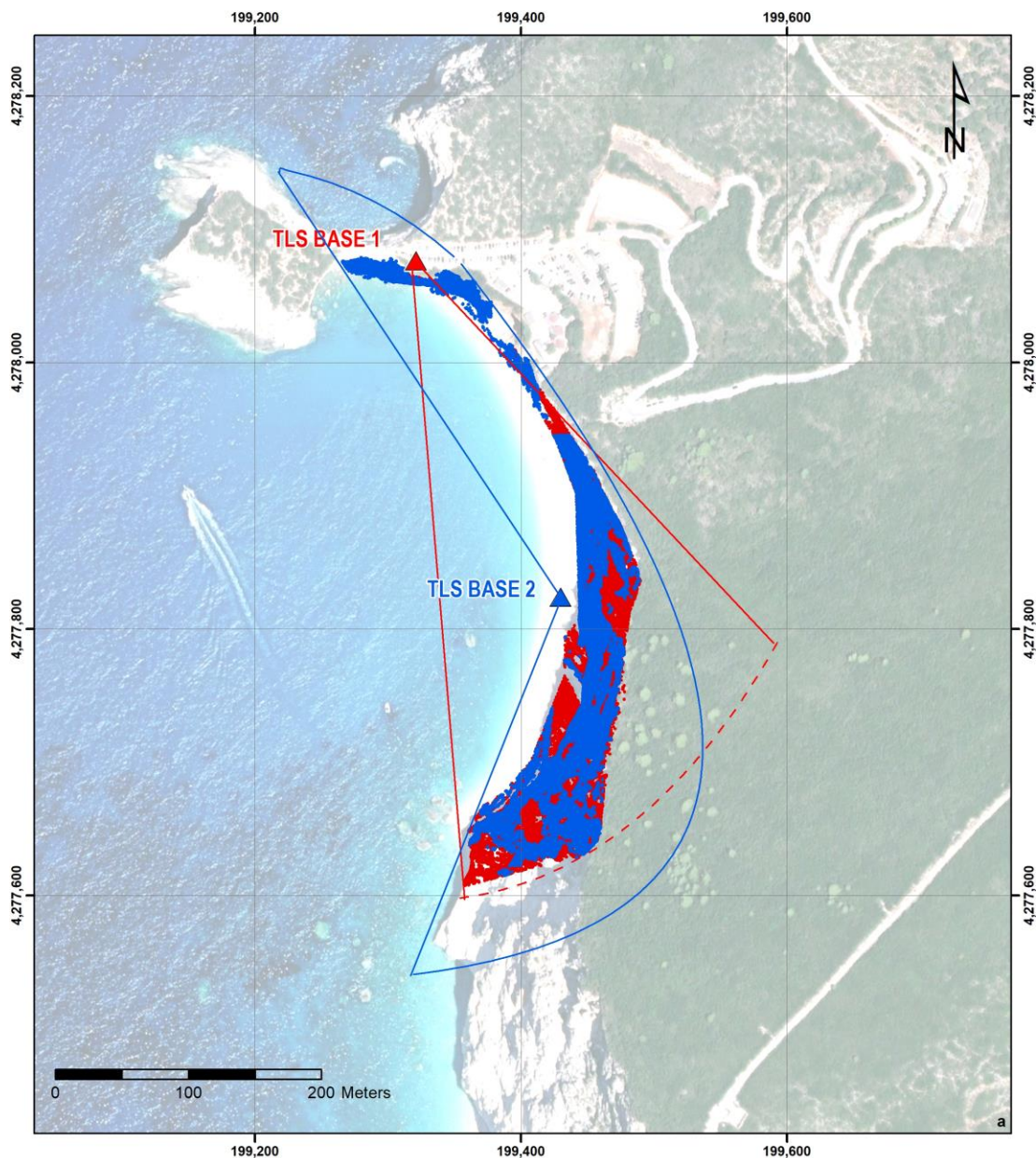
Στάσεις Σαρωτή	Συντεταγμένες x	Συντεταγμένες y	Υψόμετρο z
1η Στάση	199.321,2099	4.278.076,322	34,6511
2η Στάση	199.429,8819	4.277.823,917	1,6784



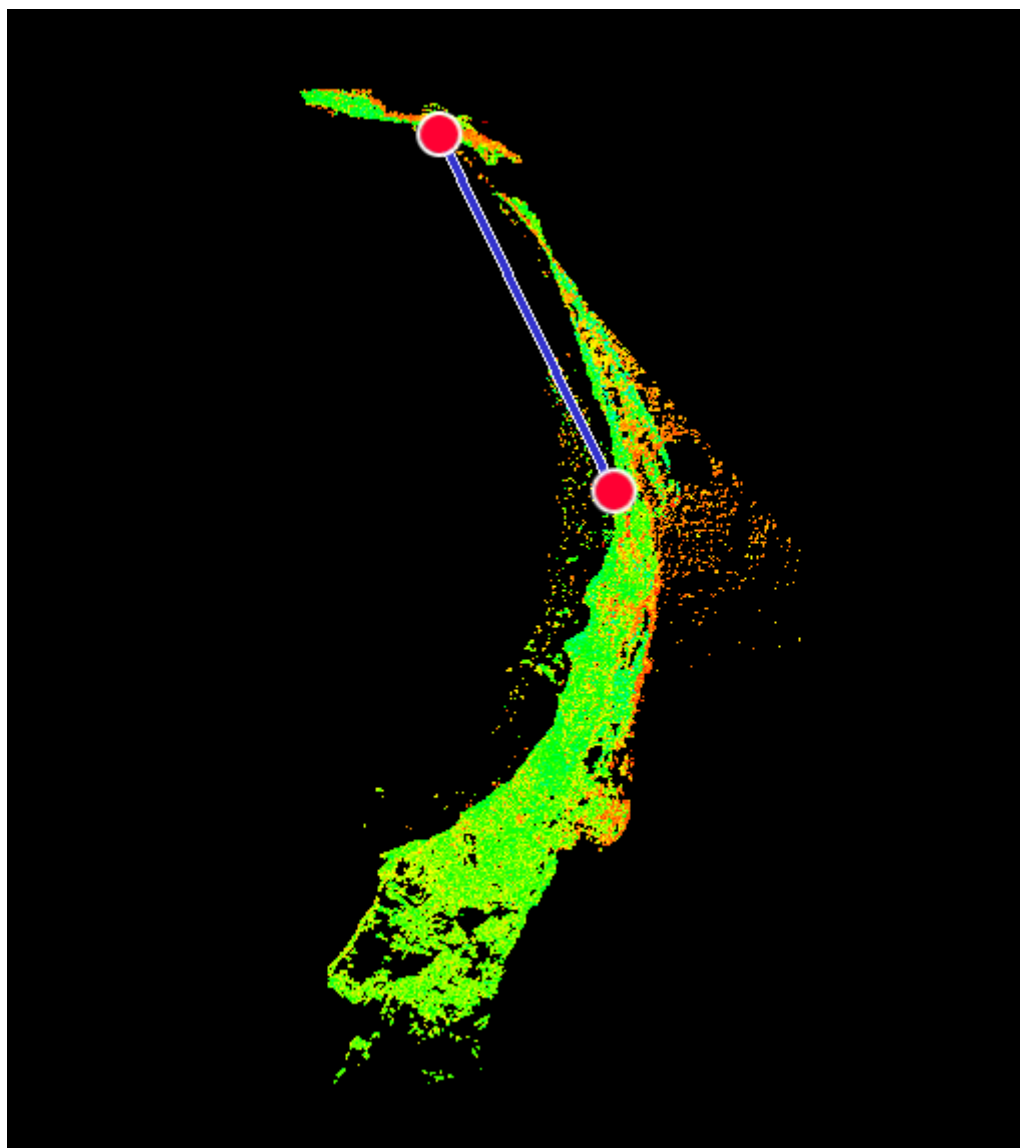
Εικόνα 5.2. Εργασία υπαίθρου με θέση σαρωτή και εξοπλισμός μέτρησης συντεταγμένων υψηλής ακρίβειας.

Η αποτύπωση ολοκληρώθηκε με την εμβέλεια του σαρωτή λέιζερ να ορίζεται στα 550m για την πρώτη στάση (θέση πάρκινγκ) και στα 50m για τη δεύτερη στάση, με ανάλυση στα 0,8mm στα 10m για την πρώτη στάση και 1,6mm στα 10m για τη δεύτερη στάση.

Η επεξεργασία των δεδομένων από τις ασκήσεις πεδίου πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του λογισμικού Cyclone Register 360, όπου και έγινε η ένωση των δύο στάσεων και των νεφών σημείων αντίστοιχα. (**Εικ. 5.4**).



Εικόνα 5.3. Οι δύο στάσεις του σαρωτή και τα αντίστοιχα νέφη σημείων (με κόκκινο χρώμα η 1η στάση και με μπλε η δεύτερη στάση) τοποθετημένες στο χώρο με πραγματικές συντεταγμένες x,y,z στο σύστημα συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87.



Εικόνα 5.4. Ενοποίηση των δύο νεφών σημείων.

Η ένωση των νεφών πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο Cloud-to-Cloud, όπου με την εύρεση κοινών σημείων μεταξύ των νεφών (τουλάχιστον 5) γίνεται η αντιστοίχιση όλων των σημείων των νεφών και έτσι επιτυγχάνεται η συνένωση τους. Η εισαγωγή των συντεταγμένων των βάσεων έγινε για την γεωαναφορά του τελικού νέφους σημείων.

Κατά την επεξεργασία των δεδομένων ελέγχουμε την απόκλιση που μπορεί να δημιουργηθεί μεταξύ των δυο νεφών σημείων. Το σφάλμα της ενοποίησης των στάσεων σε ένα ενιαίο νέφος σημείων υπολογίστηκε 0,007 m, η αλληλοεπικάλυψη υπολογίστηκε 50% και η σχετική ακαμψία του μοντέλου 69%, τιμές πολύ ικανοποιητικές ως προς την χωρική αξιοπιστία του τελικού μοντέλου (Εικ. 5.5).

Link Error 0.007 m ✓	
Overlap 50 % ✓	Strength 69 % ✓
Cloud-to-Cloud 0.007 m ✓	Target Error --

Εικόνα 5.5. Αριθμητικά αποτελέσματα της επεξεργασίας των δεδομένων

Στη συνέχεια πραγματοποιείται η αφαίρεση τυχόν θορύβων και ο καθαρισμός του τελικού νέφους σημείων με τη χρήση του λογισμικού Cyclone 3DReshaper και η διαδικασία γίνεται χειροκίνητα για το βέλτιστο των αποτελεσμάτων.

Μετά την ολοκλήρωση της επεξεργασίας των πρωτογενών δεδομένων έχουμε σαν αποτέλεσμα:

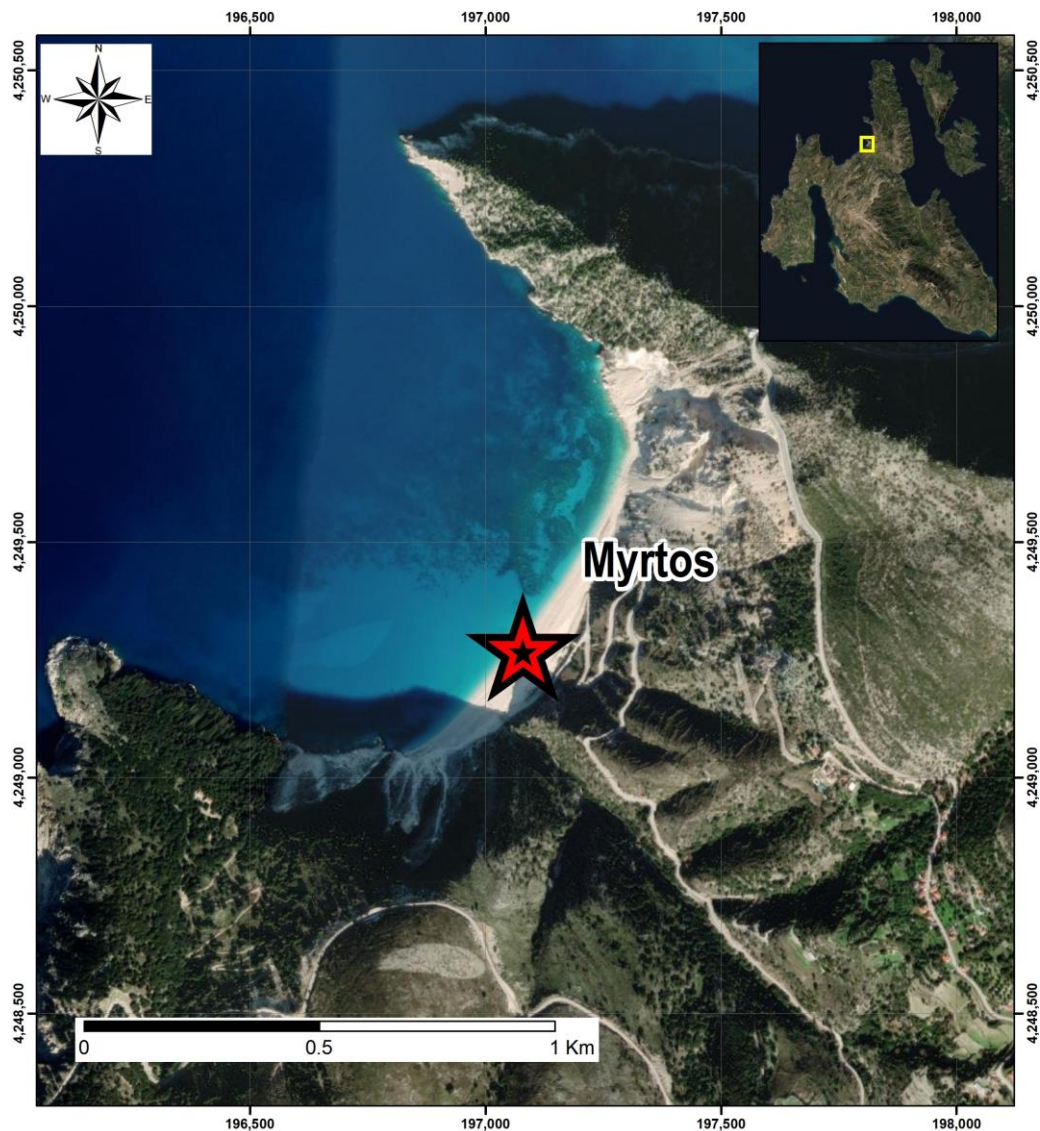
- Τη δημιουργία πυκνού νέφους σημείων στο χώρο με 133.300.759 σημεία.
- Εντοπισμό θέσεων δυνητικών καταπτώσεων

6. ΠΑΡΑΛΙΑ ΜΥΡΤΟΣ (Κεφαλονιά)

6.1. Γεωγραφική τοποθέτηση

Η παραλία Μύρτος βρίσκεται στο βορειοδυτικό τμήμα της νήσου Κεφαλονιάς, στο Δήμο Πυλαρέων, 30 km βόρεια του Αργοστολίου. Πιο συγκεκριμένα, η τοποθεσία της παραλίας βρίσκεται στη θέση $38^{\circ}20'34,7''\text{N } 20^{\circ}32'09,2''\text{E}$ (Εικ. 6.1) και δομείται από ασβεστόλιθους του Κρητιδικού έως και του Ολιγόκαινου της ενότητας Παξών, καθώς και από μεταλλικά ιζήματα του Μειοκαινού, που καλύπτουν μια περιοχή, με μέση μορφολογική κλίση τις 35° .

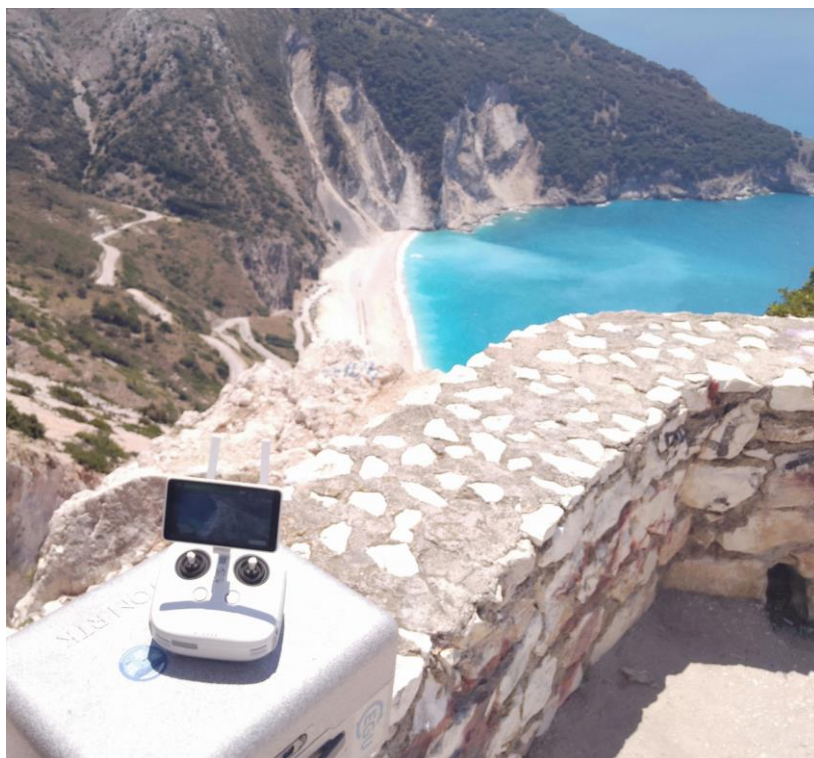
Σύμφωνα με το παραδοτέο Π1.7.1. Έκθεση Επικίνδυνων Παραλιών όπου αναλύθηκαν οι θέσεις των πιο επικίνδυνων παραλιών όπως καταγράφηκαν κατά την έρευνα πεδίου, η παραλία Μύρτος καταγράφηκε στη χωρική βάση δεδομένων με κωδικό (object ID) 918, ως μια από τις πλέον ευάλωτες παράκτιες γεωμορφές.



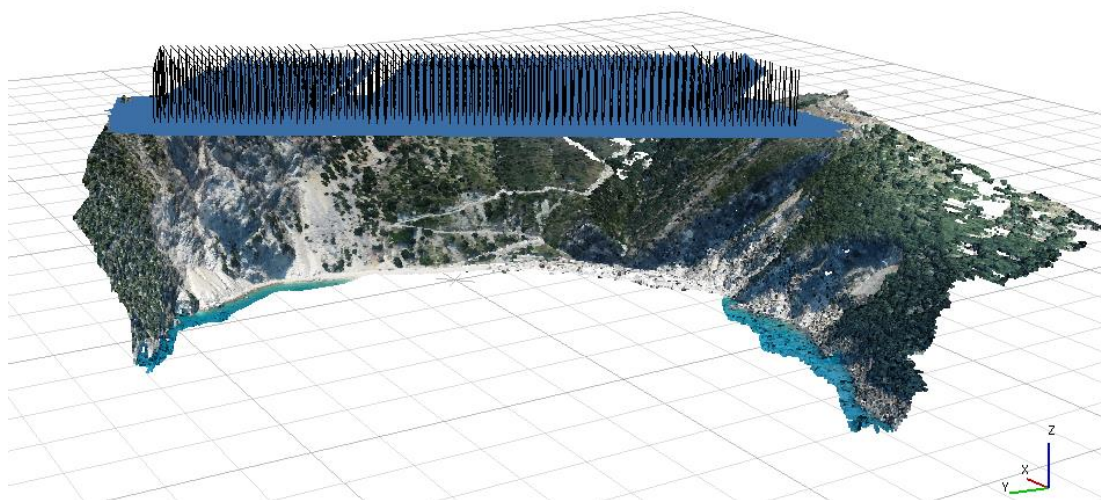
Εικόνα 6.1. Γεωγραφική τοποθέτηση της παραλίας Μύρτος, Κεφαλονιά

6.2. Μεθοδολογία τέταρτης αποτύπωσης, 3.10.2023

Η τέταρτη (χρονικά) αποτύπωση της παραλίας του Μύρτου πραγματοποιήθηκε στις 3 Οκτωβρίου 2023 (**Εικ. 6.2**) και ολοκληρώθηκε με το ΣμηΕΑ να κινείται οριζόντια πάνω από την περιοχή και με την κάμερα να είναι σε γωνία 90° σε σχέση με τον ορίζοντα, επιλέγοντας σαν μεθοδολογία αποτύπωσης την διαδιάστατη λήψη (**Εικ. 6.3**) και επιτυγχάνοντας πολύ υψηλή ανάλυση.



Εικόνα 6.3. Εξοπλισμός ΣμηΕΑ για τη λήψη αεροφωτογραφιών στην παραλία Μύρτος.



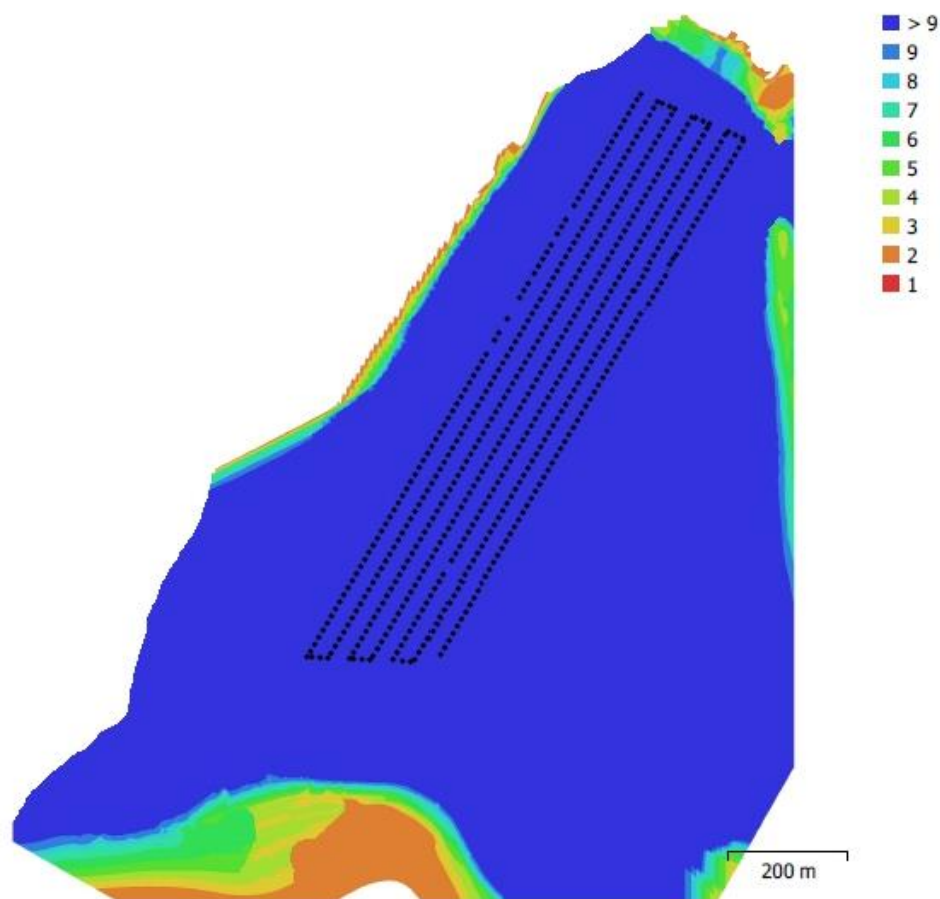
Εικόνα 6.3. Λήψη αεροφωτογραφιών στην παραλία Μύρτος με πολύ υψηλή ανάλυση.

Από την αποτύπωση της περιοχής, ελήφθησαν συνολικά 532 αεροφωτογραφίες από μέσο απόλυτο υψόμετρο 367 μέτρων, καλύπτοντας μια περιοχή με εμβαδόν 1,6 τετραγωνικά χιλιόμετρα (**Εικ. 6.4**). Χρησιμοποιήθηκε ένα ΣμηΕΑ τύπου DJI Phantom-4, εφοδιασμένο με κάμερα τύπου FC6310x με φακό εστιακής απόστασης 8,8 mm.

Καθοριστική παράμετρο για την ακρίβεια των τελικών προϊόντων αποτέλεσε το μεγάλο ποσοστό επικάλυψης (75%) των εικόνων τόσο κατά μήκος όσο και κατά πλάτος (**Εικ. 6.5**). Η εμφάνιση των ομόλογων σημείων σε μεγάλο αριθμό εικόνων, αφενός ενισχύει σημαντικά τη γεωμετρία κατά την επίλυση επιτρέποντας ακριβή υπολογισμό του εσωτερικού και του εξωτερικού προσανατολισμού των λήψεων, αφετέρου αυξάνει την πιστότητα του παραγόμενου τρισδιάστατου μοντέλου της περιοχής (**Εικ. 6.6**).

Number of images:	532	Camera stations:	532
Flying altitude:	367 m	Tie points:	55,372
Ground resolution:	9.3 cm/pix	Projections:	1,099,307
Coverage area:	1.6 km ²	Reprojection error:	0.79 pix

Εικόνα 6.4. Αποτελέσματα φωτογραμμετρικής επεξεργασίας.



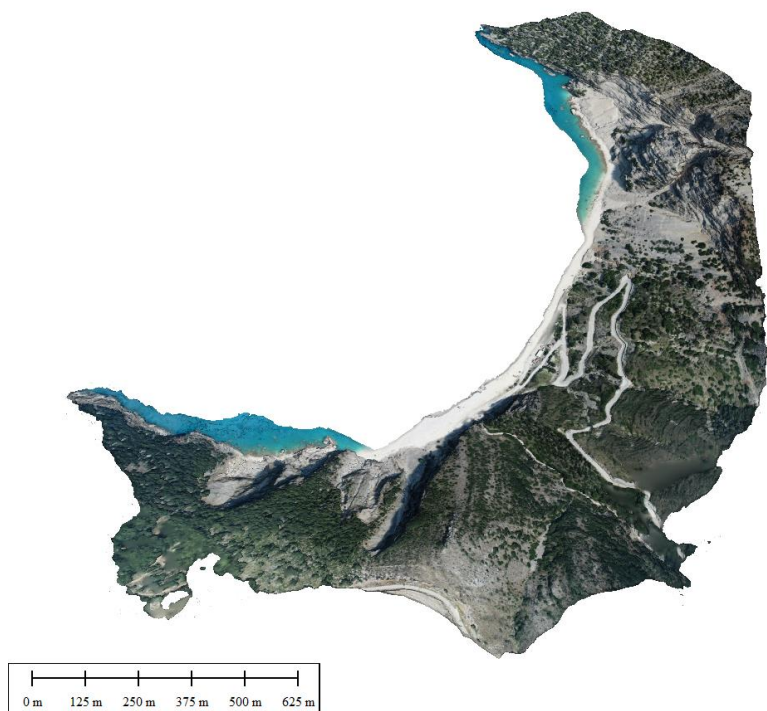
Εικόνα 6.5. Θέσεις λήψεων και κατηγοριοποίηση ανάλογα με την κάλυψη της περιοχής από αριθμό αεροφωτογραφιών.

	Value	Error	F	Cx	Cy	B1	B2	K1	K2	K3	K4	P1	P2
F	3697.4	0.011	1.00	0.03	-0.07	0.02	0.01	-0.40	0.31	-0.27	0.24	-0.01	0.02
Cx	-36.378	0.0077		1.00	0.07	0.05	0.01	-0.02	0.02	-0.02	0.02	0.33	0.04
Cy	12.453	0.0073			1.00	-0.04	-0.08	-0.00	0.01	-0.01	0.01	0.03	0.19
B1	-0.343016	0.0044				1.00	0.06	0.01	-0.02	0.02	-0.02	-0.03	-0.12
B2	0.76875	0.004					1.00	-0.01	0.02	-0.02	0.03	0.11	-0.01
K1	-0.266864	1.2e-05						1.00	-0.97	0.91	-0.85	-0.01	0.01
K2	0.116245	4.6e-05							1.00	-0.98	0.95	0.01	-0.01
K3	-0.0446726	6.7e-05								1.00	-0.99	-0.01	0.02
K4	0.00756943	3.3e-05									1.00	0.02	-0.02
P1	-0.000284322	1.9e-07										1.00	-0.07
P2	-6.39479e-05	2.1e-07											1.00

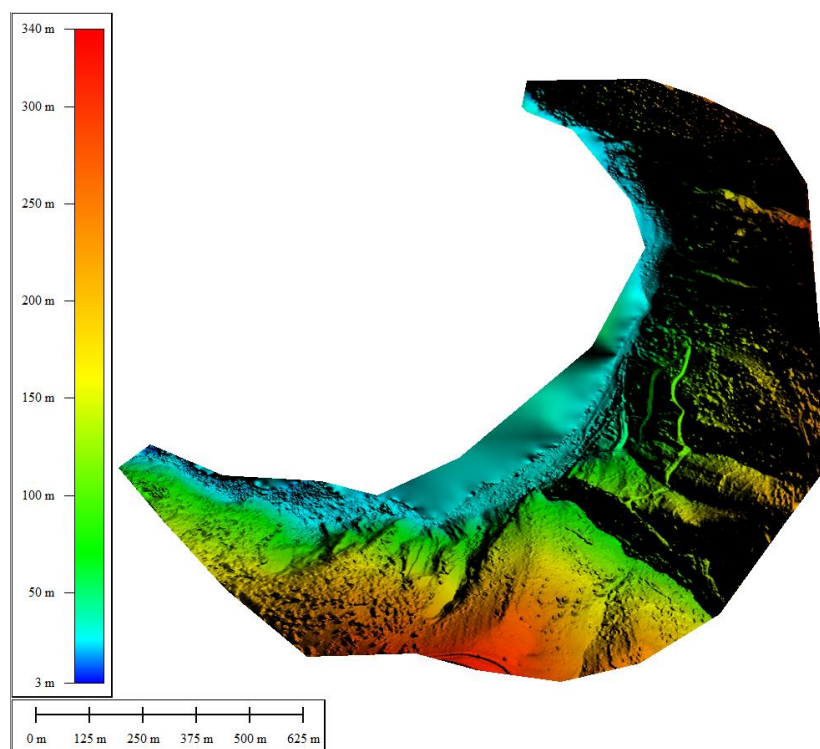
Εικόνα 6.6. Πίνακας επίλυσης παραμέτρων εξωτερικού προσανατολισμού.

Τα βήματα επεξεργασίας των αεροφωτογραφιών μέσω του λογισμικού Agisoft Metashape Professional v.2.0, είναι:

- Η ευθυγράμμιση των αεροφωτογραφιών (Agisoft, 2022). Το σύνολο των εικόνων (532) καλύπτουν το σύνολο της περιοχής μελέτης (βλ. **Εικ. 6.3**). Υπολογίζεται η θέση της φωτογραφικής μηχανής για την κάθε εικόνα ενώ ταυτόχρονα αναζητούνται τα κοινά σημεία (55.372) στις φωτογραφίες που έχουν αλληλοεπικάλυψη.
- Η δημιουργία πυκνού νέφους σημείων στο χώρο με 13.106.010 σημεία.
- Ακολουθεί η δημιουργία του τρισδιάστατου πλέγματος πολυγώνων (polygon mesh) το οποίο προσομοιώνει την επιφάνεια του αντικειμένου με 3.079.788 όψεις.
- Η κατασκευή της υψής των εικόνων. Μετά τη δημιουργία της γεωμετρίας (δηλ. το πλέγμα) που έχει κατασκευαστεί, δημιουργείται η υφή – προβολή των εικόνων πάνω στην επιφάνεια η οποία στη συνέχεια χρησιμοποιείται για την παραγωγή ορθο-φωτο-χαρτών.
- Παράγεται ο τελικός ορθο-φωτο-χάρτης με διακριτική ικανότητα 0,09 μέτρα και βάθος πραγματικού χρώματος 32-bit (**Εικ. 6.7**), σε σύστημα συντεταγμένων ΕΓΣΑ'87.
- Παράγεται ψηφιακό μοντέλο εδάφους με διακριτική ικανότητα 0,18 μέτρα με πυκνότητα σημείων 7,23 ανά τετραγωνικό μέτρο και χρωματικό βάθος 32-bit και μέγιστο υψόμετρο 340 μέτρα (**Εικ. 6.8**) σε σύστημα συντεταγμένων ΕΓΣΑ'87.



Εικόνα 6.7. Ορθο-φωτο-μωσαϊκό που προκύπτει από την επεξεργασία των δεδομένων που ελήφθησαν από τις αεροφωτογραφίες.



Εικόνα 6.8. Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου που προκύπτει από την επεξεργασία των δεδομένων που ελήφθησαν από τις αεροφωτογραφίες.

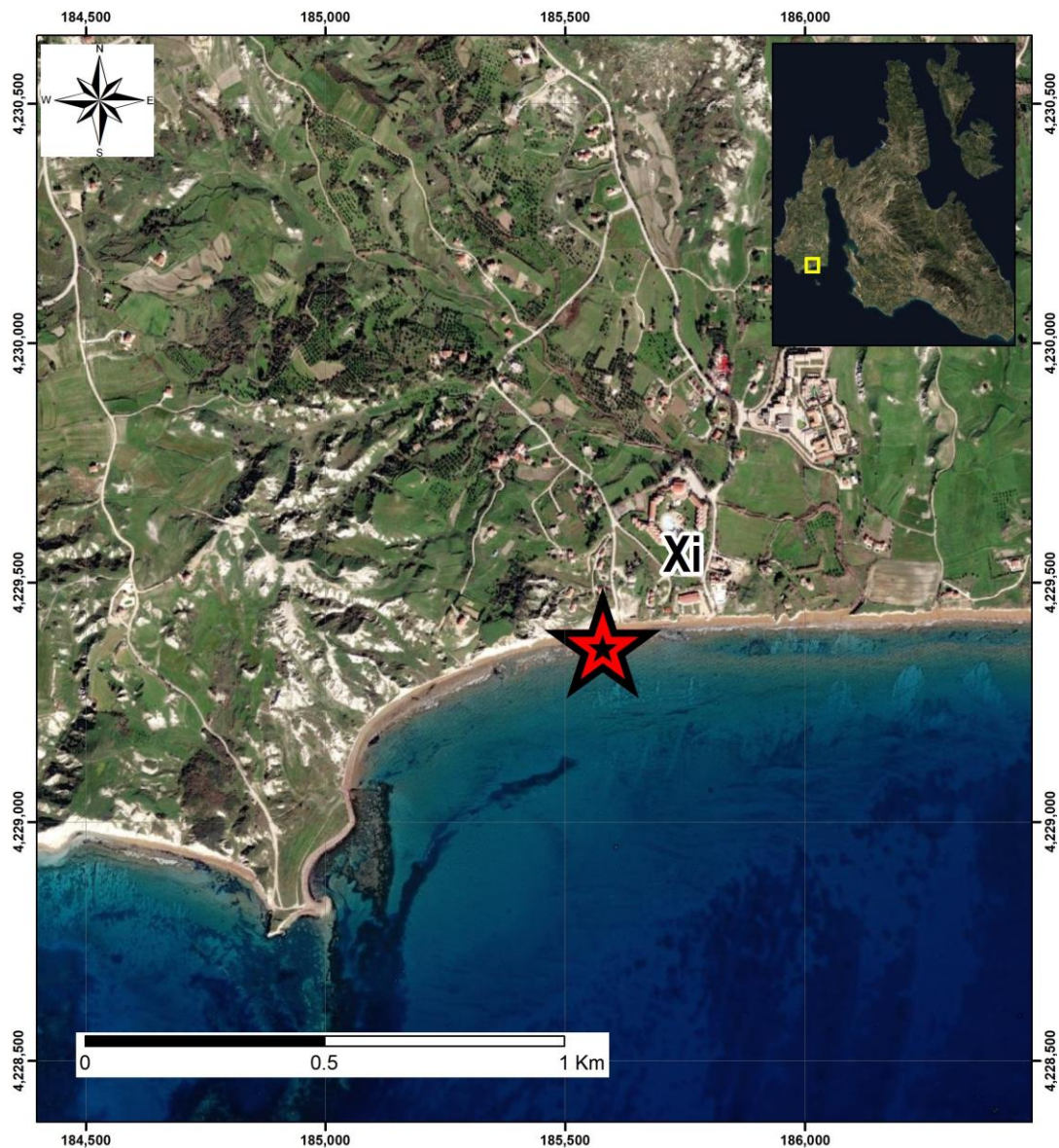
•

7. ΠΑΡΑΛΙΑ ΞΙ (Κεφαλονιά)

7.1. Γεωγραφική τοποθέτηση

Η παραλία Ξι βρίσκεται στο νοτιοδυτικό τμήμα της νήσου Κεφαλονιάς, στο Δήμο Ληξουρίου, περίπου 8 km νότια του οικισμού. Πιο συγκεκριμένα, η τοποθεσία της παραλίας βρίσκεται στη θέση $38^{\circ}09'37,7''N$ $20^{\circ}24'52,1''E$ (Εικ. 7.1) και σχηματίζεται σε Πλειο-πλειστοκαινικές μάργες, ψαμμίτες, και κροκαλοπαγή, με κλίσεις που φτάνουν μέχρι και τις 80° .

Σύμφωνα με το παραδοτέο Π1.7.1. Έκθεση Επικίνδυνων Παραλιών όπου αναλύθηκαν οι θέσεις των πιο επικίνδυνων παραλιών όπως καταγράφηκαν κατά την έρευνα πεδίου, η παραλία Ξι καταγράφηκε στη χωρική βάση δεδομένων με κωδικό (object ID) 934, ως μια από τις πλέον ευάλωτες παράκτιες γεωμορφές.



Εικόνα 7.1. Γεωγραφική τοποθέτηση της παραλίας Ξι, Κεφαλονιά

7.2. Μεθοδολογία τρίτης αποτύπωσης, 2.10.2023

Η τοπογραφική αποτύπωση στην παραλία Ξι πραγματοποιήθηκε με τη χρήση Terrestrial Laser Scanner, όπου δημιουργήθηκαν νέφη της τάξης των 100.000.000 σημείων, που αποτυπώνουν την ακριβή μορφολογία του πρανούς.

Στην εργασία υπαίθρου συμπεριλαμβάνεται η τοποθέτηση σημείων ελέγχου και η μέτρηση των συντεταγμένων τους με RTK-GNSS σε πραγματικές συντεταγμένες ΕΓΣΑ'87, μετά από σύνδεση στο δίκτυο SmartNet της Metrica S.A. (**Εικ. 7.2**).

Πιο συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκαν τέσσερις στάσεις με τον σαρωτή για την αποτύπωση ολόκληρου του πρανούς με μεγάλη ακρίβεια (**Πίν. 7.1**) με αποτέλεσμα την συλλογή τεσσάρων νεφών σημείων με 93.054.669, 104.722.777, 45.930.234 και 168.345.588 σημεία αντίστοιχα. Επίσης, μετρήθηκαν οι συντεταγμένες οκτώ σημείων ελέγχου τα οποία και χρησιμοποιήθηκαν στη συνέχεια για την ένωση των δεδομένων των τεσσάρων στάσεων (**Πίν. 7.2**). Η αποτύπωση του πρανούς πραγματοποιήθηκε σε μέση απόσταση 15 μέτρα μεταξύ πρανούς και πρώτης στάσης, 15 μέτρα μεταξύ πρανούς και δεύτερης στάσης, 80 μέτρα από τη τρίτη στάση, όπου χρησιμοποιήθηκε μια νησίδα εντός της θάλασσας (TLS Base 3) για την τοποθέτηση του σαρωτή και σε απόσταση 10 μέτρα μεταξύ πρανούς και τέταρτης στάσης (**Εικ. 7.3**).

Πίνακας 7.1: Στοιχεία θέσεων τοποθέτησης του Σαρωτή.

Στάσεις Σαρωτή	Συντεταγμένες x	Συντεταγμένες y	Υψόμετρο z
TLS Base 1	185.506,6472	4.229.387,985	0,5958
TLS Base 2	185.465,1011	4.229.377,397	0,6498
TLS Base 3	185.358,3875	4.229.316,923	0,7791
TLS Base 4	185.406,1261	4.229.363,771	0,7449

Πίνακας 7.2: Στοιχεία θέσεων σημείων ελέγχου.

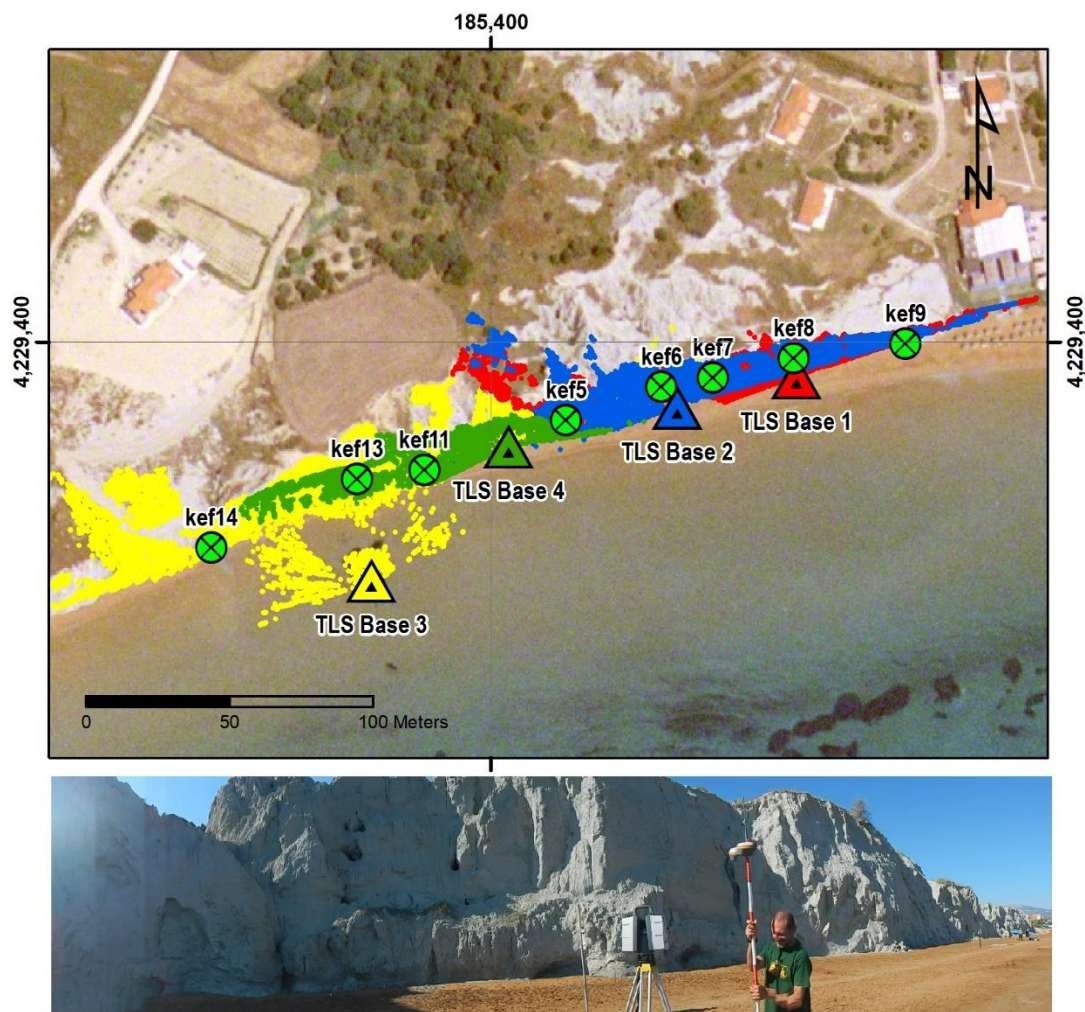
Σημεία Ελέγχου	Συντεταγμένες y	Συντεταγμένες x	Υψόμετρο z
kef5	4.229.372,391	185.426,2741	1,0817
kef6	4.229.384,084	185.459,5394	1,4441
kef7	4.229.387,397	185.477,4965	1,4353
kef8	4.229.394,081	185.505,6263	1,4704
kef9	4.229.399,214	185.544,6198	1,1814
kef11	4.229.355,177	185.376,9187	0,8835
kef13	4.229.351,854	185.353,4933	1,0938
kef14	4.229.327,967	185.302,6126	1,0749



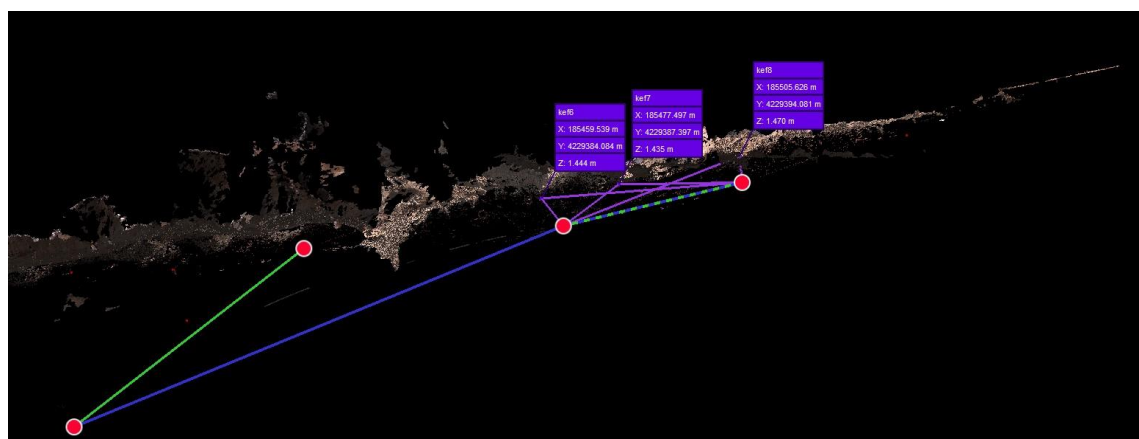
Εικόνα 7.2. Θέσεις στάσεων του σαρωτή και σημεία ελέγχου στην παραλία

Η αποτύπωση ολοκληρώθηκε με την εμβέλεια του σαρωτή λέιζερ να ορίζεται στα 120m (μέγιστη απόσταση) για την πρώτη, τη δεύτερη και την τέταρτη στάση και στα 270m για την τρίτη στάση (νησίδα), με ανάλυση στα 1,6mm στα 10m (πολύ υψηλή).

Η επεξεργασία των δεδομένων από τις εργασίες πεδίου πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του λογισμικού Cyclone Register 360, όπου έγινε η ένωση και των τεσσάρων στάσεων αλλά και των τεσσάρων νεφών σημείων αντίστοιχα (Εικ. 7.4).



Εικόνα 7.3. (α) Οι τέσσερις στάσεις του σαρωτή και τα αντίστοιχα νέφη σημείων (με κόκκινο χρώμα η 1η στάση, με μπλε η δεύτερη, με κίτρινο χρώμα η 3η στάση και με πράσινο χρώμα η 4η στάση) τοποθετημένες στο χώρο με πραγματικές συντεταγμένες x,y,z στο σύστημα συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87 (β) Πανοραμική φωτογραφία της παραλίας Ξι.



Εικόνα 7.4. Ενοποίηση των τεσσάρων νεφών σημείων

Η ένωση των νεφών πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο Match Targets, όπου η χρήση πολλαπλών στόχων και με τη χρήση κοινών στόχων (τουλάχιστον τρεις) ανάμεσα σε δύο διαδοχικές στάσεις κάθε φορά (1^η με 2^η) επιτύγχανε τη συνένωση των δύο πρώτων νεφών. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε η μέθοδος Cloud-to-Cloud, σύμφωνα με τις διαδικασίες της οποίας με την εύρεση κοινών σημείων μεταξύ των νεφών (τουλάχιστον 5) γίνεται η αντιστοίχιση όλων των σημείων των νεφών και έτσι βελτιστοποιείται η συνένωση των δεδομένων (2^η με 3^η και 3^η με 4^η). Η χρήση στόχων ήταν απαραίτητη και για την γεωαναφορά του τελικού νέφους σημείων και κατ' επέκταση τοποθέτησή τους στο χώρο, σε προβολή ΕΓΣΑ'87.

Κατά την επεξεργασία των δεδομένων ελέγχουμε την απόκλιση που μπορεί να δημιουργηθεί μεταξύ των τεσσάρων νεφών σημείων. Το σφάλμα της ενοποίησης των στάσεων σε ένα ενιαίο νέφος σημείων υπολογίστηκε 0,005m, η αλληλοεπικάλυψη υπολογίστηκε 60% και η σχετική ακαμψία του μοντέλου 57% (Εικ. 7.5), υπολογισμοί οι οποίοι συνάδουν με πολύ μικρό σφάλμα και συνεπώς καλή ποιότητα δεδομένων.

Στη συνέχεια πραγματοποιείται η αφαίρεση τυχόν θορύβων και ο καθαρισμός του τελικού νέφους σημείων με τη χρήση του λογισμικού Cyclone 3DReshaper, όπου η διαδικασία γίνεται χειροκίνητα για το βέλτιστο των αποτελεσμάτων.

Bundle Error 0.005 m ✓	
Overlap 60 % ✓	Strength 57 % ✓
Cloud-to-Cloud 0.005 m ✓	Target Error 0.006 m ✓

Εικόνα 7.5. Αριθμητικά αποτελέσματα της επεξεργασίας των δεδομένων

Μετά την ολοκλήρωση της επεξεργασίας των πρωτογενών δεδομένων έχουμε σαν αποτέλεσμα:

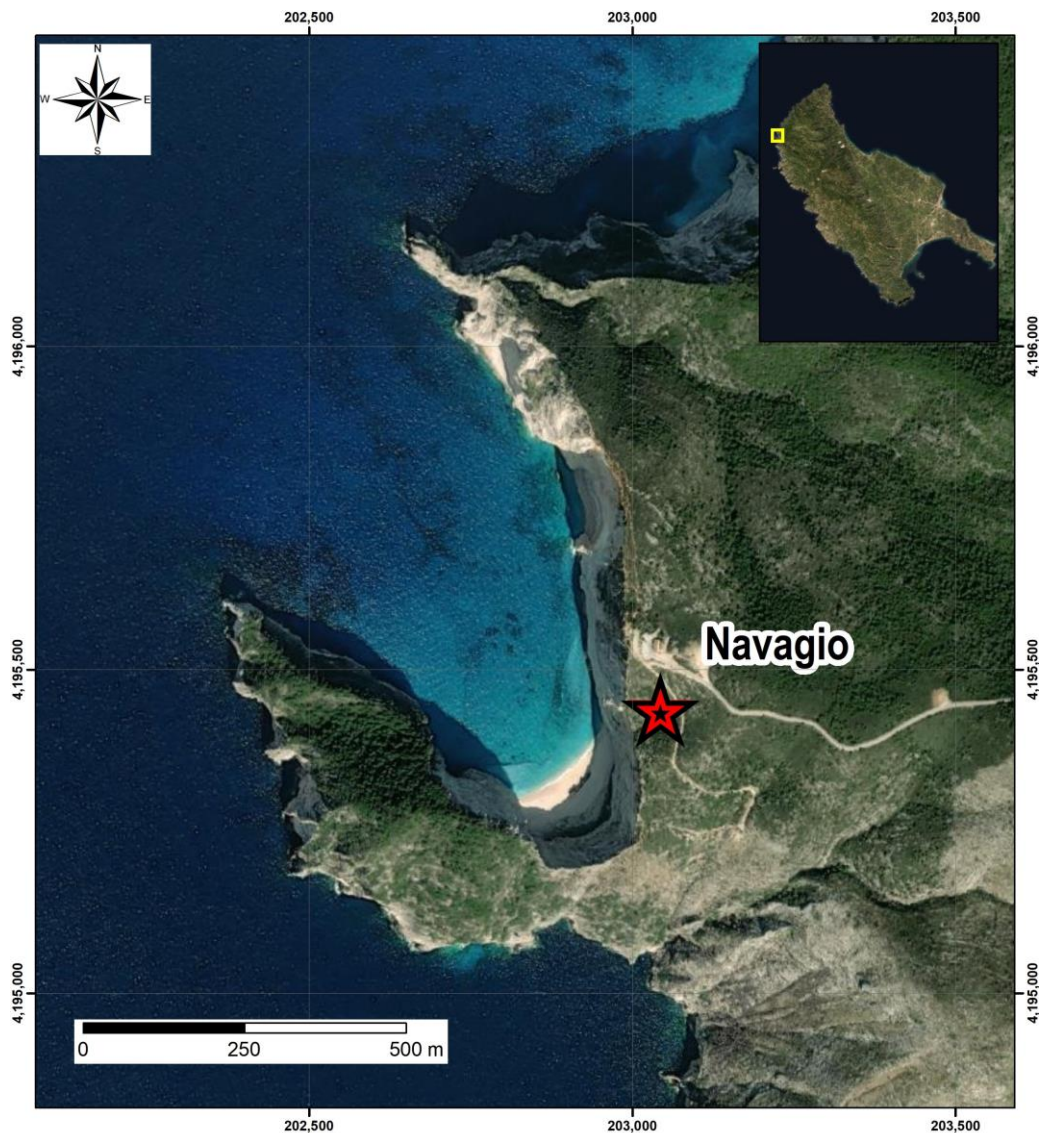
- Τη δημιουργία ενιαίου πυκνού νέφους σημείων, πολύ καλά τοποθετημένου στο χώρο με συνολικά 333.467.303 σημεία.
- Εντοπισμό θέσεων δυνητικών καταπτώσεων

8. ΠΑΡΑΛΙΑ ΝΑΥΑΓΙΟ (Ζάκυνθος)

8.1. Γεωγραφική τοποθέτηση

Η παραλία Ναυάγιο βρίσκεται στο βορειοδυτικό τμήμα της νήσου Ζακύνθου, νοτιοδυτικά του οικισμού Βολίμες. Πιο συγκεκριμένα, η τοποθεσία της παραλίας βρίσκεται στη θέση $37^{\circ}51'33,6''\text{N } 20^{\circ}37'30,4''\text{E}$ (Εικ. 8.1) και η προσέγγιση γίνεται μόνο μέσω θαλάσσης. Έχει σχηματισθεί εν μέσω Ανω-κρητιδικών ασβεστόλιθων της ενότητας Παζών και με κλίσεις που μπορεί να ξεπεράσουν ακόμα και τις 80° .

Σύμφωνα με το παραδοτέο Π1.7.1. Έκθεση Επικίνδυνων Παραλιών όπου αναλύθηκαν οι θέσεις των πιο επικίνδυνων παραλιών όπως καταγράφηκαν κατά την έρευνα πεδίου, η παραλία Ναυάγιο καταγράφηκε στη χωρική βάση δεδομένων με κωδικό (object ID) 726, ως μια από τις πλέον ευάλωτες παράκτιες γεωμορφές.



Εικόνα 8.1. Γεωγραφική τοποθέτηση της παραλίας Ναυάγιο, Ζάκυνθος

8.2 Μεθοδολογία τέταρτης αποτύπωσης, 30.09.2023

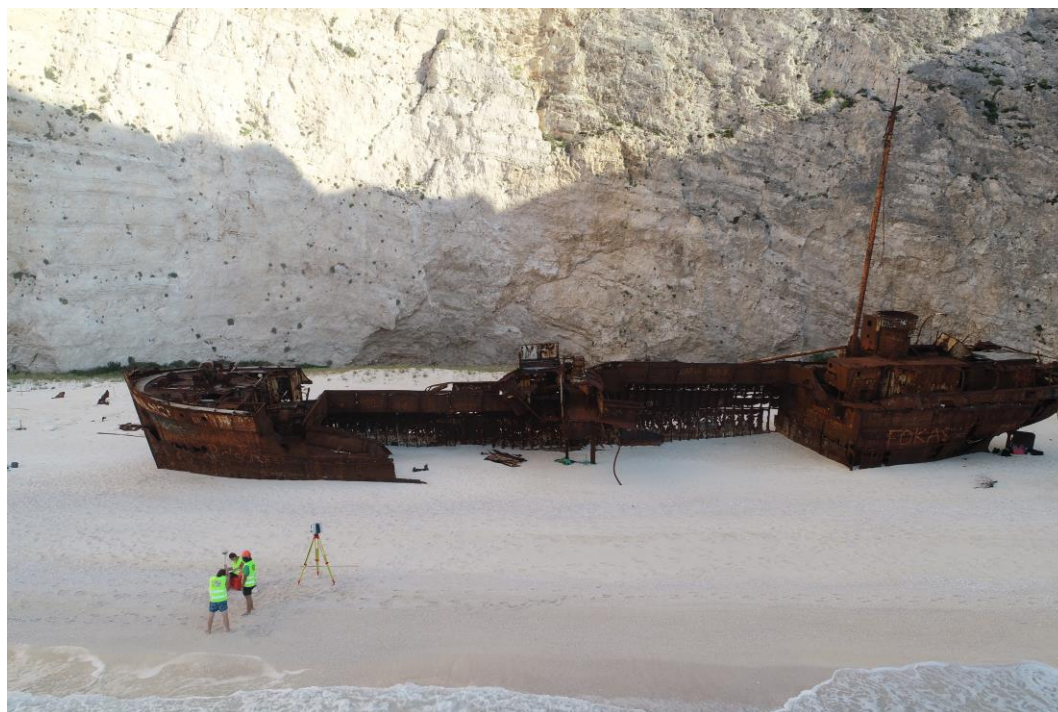
Η τοπογραφική αποτύπωση κατά την τέταρτη φάση παρακολούθησης στην παραλία Ναυάγιο, πραγματοποιήθηκε με τη χρήση Terrestrial Laser Scanner, όπου δημιουργήθηκαν νέφη της τάξης των 250.000.000 σημείων, που αποτυπώνουν την ακριβή μορφολογία του πρανούς.

Στην εργασία υπαίθρου συμπεριλαμβάνεται η τοποθέτηση σημείων ελέγχου και η μέτρηση των συντεταγμένων τους με RTK-GNSS σε πραγματικές συντεταγμένες ΕΓΣΑ'87, μετά από σύνδεση στο δίκτυο SmartNet της Metrica S.A. (**Εικ. 8.2**).

Πιο συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκαν τέσσερις στάσεις με τον σαρωτή για την αποτύπωση ολόκληρου του πρανούς με μεγάλη ακρίβεια (**Πίν. 5.1**) με αποτέλεσμα την συλλογή τεσσάρων νεφών σημείων με 333.808.990 (1^η Στάση), 168.809.669 (2^η Στάση), 281.848.051 (3^η Στάση) και 202.813.398 (4^η Στάση) σημεία αντίστοιχα. Επίσης, μετρήθηκαν οι συντεταγμένες δεκατεσσάρων σημείων ελέγχου τα οποία και χρησιμοποιήθηκαν στη συνέχεια για την ένωση των δεδομένων των τεσσάρων στάσεων (**Πίν. 5.2**). Η αποτύπωση του πρανούς πραγματοποιήθηκε σε μέση απόσταση πρανούς/σαρωτή, στα 30 μέτρα από την πρώτη στάση, 85 μέτρα από τη δεύτερη στάση και 100 μέτρα από την τρίτη και την τέταρτη στάση (**Εικ. 5.3**).

Πίνακας 5.1: Στοιχεία θέσεων τοποθέτησης του Σαρωτή.

Στάσεις Σαρωτή	Συντεταγμένες x	Συντεταγμένες y	Υψόμετρο z
1η Στάση	202.924,146	4.195.269,4	5,5906
2η Στάση	202.861,6956	4.195.283,51	1,5194
3 ^η Στάση	202.960,0199	4.195.347,055	2,3797
4 ^η Στάση	202.921,3601	4.195.340,364	0,8986





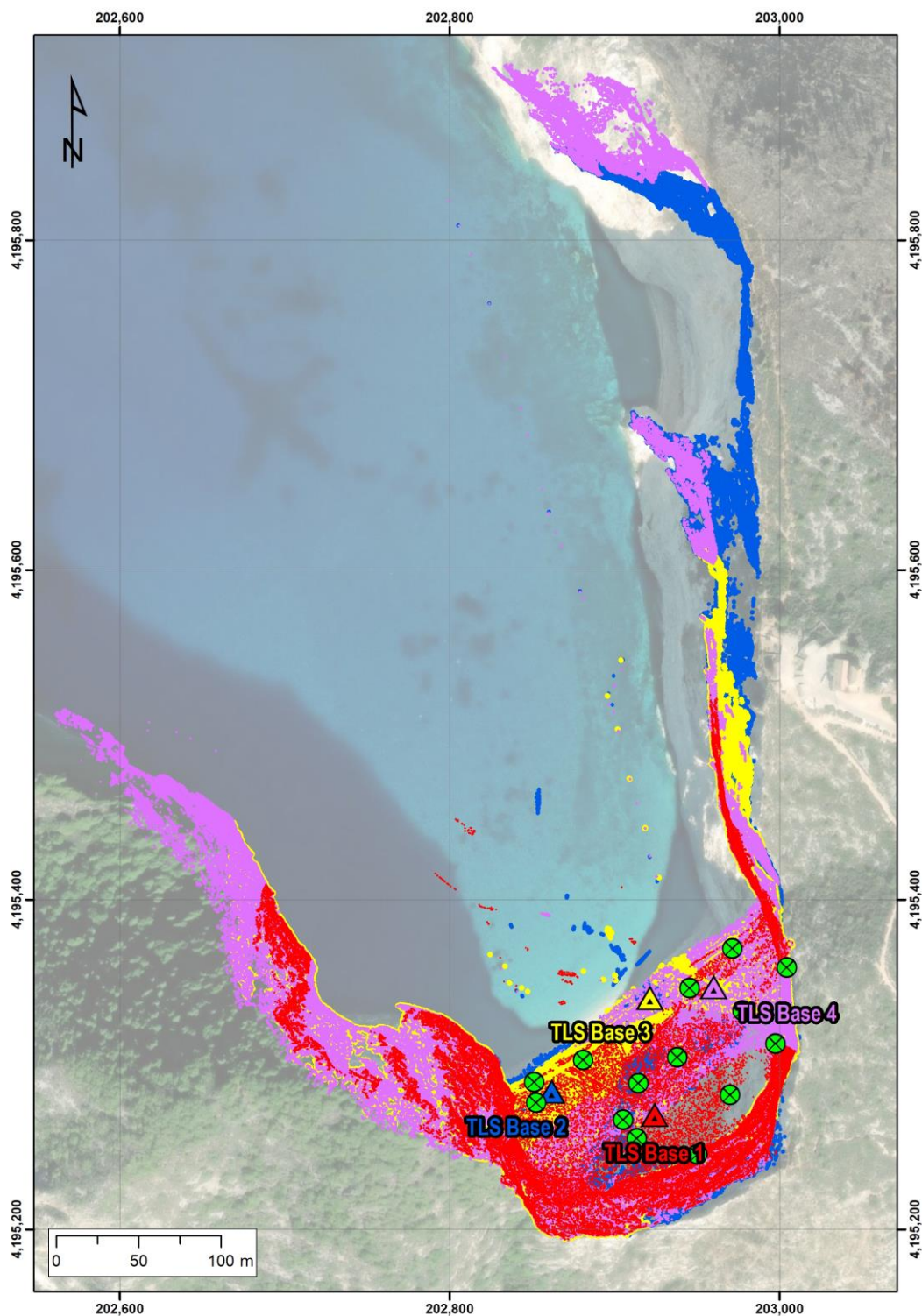
Εικόνα 5.2. Θέσεις σαρωτή και μέτρηση των στοιχείων τους καθώς και των στόχων με τον εξοπλισμό GNSS υψηλής ακρίβειας.

Πίνακας 5.2: Στοιχεία θέσεων σημείων ελέγχου.

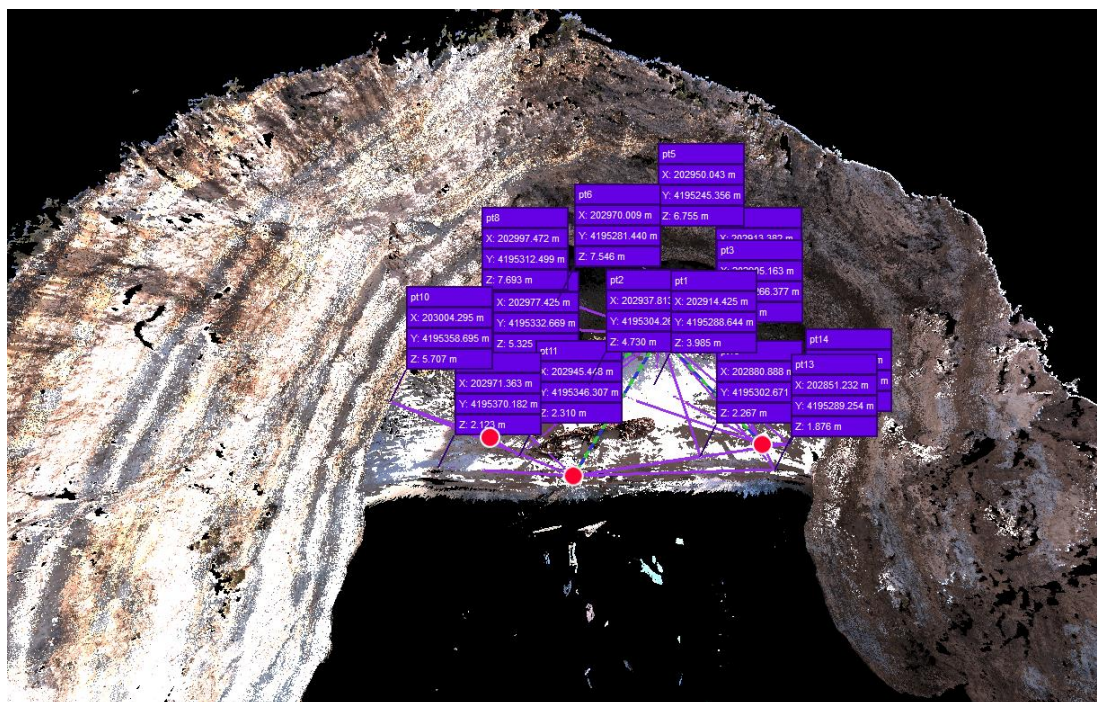
Σημεία Ελέγχου	Συντεταγμένες x	Συντεταγμένες y	Υψόμετρο z
pt1	202.914,4246	4.195.288,644	3,9849
pt2	202.937,8132	4.195.304,265	4,7299
pt3	202.905,1626	4.195.266,377	4,536
pt4	202.913,3819	4.195.255,105	6,8122
pt5	202.950,0431	4.195.245,356	6,7547
Pt6	202.970,0095	4.195.281,44	7,5465
Pt8	202.997,4722	4.195.312,499	7,6932
Pt9	202.971,363	4.195.370,182	2,123
pt10	203.004,2946	4.195.358,695	5,7066
pt11	202.945,4482	4.195.346,307	2,3102
pt12	202.977,4246	4.195.332,669	5,3246
pt13	202.851,2316	4.195.289,254	1,8758
pt14	202.852,3085	4.195.276,728	3,2741
pt15	202.880,8884	4.195.302,671	2,2674

Η αποτύπωση ολοκληρώθηκε με την εμβέλεια του σαρωτή λέιζερ να ορίζεται στα 270m για την πρώτη στάση, 570m για τη δεύτερη και τρίτη στάση και στα 270m για την τέταρτη στάση, με ανάλυση στα 1,6mm στα 10m.

Η επεξεργασία των δεδομένων από τις ασκήσεις πεδίου πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του λογισμικού Cyclone Register 360, όπου και έγινε η ένωση των τεσσάρων στάσεων και των τεσσάρων νεφών σημείων αντίστοιχα. (Εικ. 5.4).



Εικόνα 5.3. Οι τέσσερις στάσεις του σαρωτή και τα αντίστοιχα νέφη σημείων (με κόκκινο χρώμα η 1η στάση, με μπλε η δεύτερη με κίτρινο χρώμα η 3η στάση και με λιλά χρώμα η τέταρτη στάση) τοποθετημένες στο χώρο με πραγματικές συντεταγμένες x,y,z στο σύστημα συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87



Εικόνα 5.4. Ενοποίηση των τεσσάρων νεφών σημείων.

Η ένωση των τεσσάρων νεφών πραγματοποιήθηκε με τη χρήση πολλαπλών στόχων όπου γίνεται η αντιστοίχιση όλων των σημείων των νεφών και έτσι βελτιστοποιήθηκε η συνένωση των δεδομένων. Η χρήση στόχων ήταν απαραίτητη και για την γεωαναφορά του τελικού νέφους σημείων των σημείων των νεφών και έτσι επιτυγχάνεται η συνένωση τους. Επιπλέον, ήταν εφικτή και η χρήση στόχων ως σημεία αναφοράς για την ένωση των δεδομένων η οποία έγινε για τη βελτιστοποίηση της γεωαναφοράς των δεδομένων. Κατά την επεξεργασία των δεδομένων ελέγχουμε την απόκλιση μεταξύ των στόχων που χρησιμοποιήθηκαν για την ένωση των νεφών σημείων. Το σφάλμα της ενοποίησης των στάσεων σε ένα ενιαίο νέφος σημείων υπολογίστηκε 0,007m, όπου η συνένωση των νεφών με τη χρήση στόχων είχε σφάλμα 0.006m, η αλληλοεπικάλυψη υπολογίστηκε 82% και η σχετική ακαμψία του μοντέλου 43% (Εικ. 7.5), υπολογισμοί οι οποίοι συνάδουν με πολύ μικρό σφάλμα και συνεπώς καλή ποιότητα δεδομένων.

Bundle Error 0.007 m ✓	
Overlap 82 % ✓	Strength 43 %
Cloud-to-Cloud 0.006 m ✓	Target Error 0.008 m ✓

Εικόνα 5.5. Αριθμητικά αποτελέσματα της επεξεργασίας των δεδομένων

Στη συνέχεια πραγματοποιείται η αφαίρεση τυχόν θορύβων και ο καθαρισμός του τελικού νέφους σημείων με τη χρήση του λογισμικού Cyclone 3DReshaper και η διαδικασία γίνεται χειροκίνητα για το βέλτιστο των αποτελεσμάτων.

Μετά την ολοκλήρωση της επεξεργασίας των πρωτογενών δεδομένων έχουμε σαν αποτέλεσμα:

- Τη δημιουργία πυκνού νέφους σημείων στο χώρο με 987.280.108 σημεία.
- Εντοπισμό θέσεων δυνητικών καταπτώσεων

9. ΠΑΡΑΛΙΑ ΚΑΛΑΜΑΚΙ - Crystal (Ζάκυνθος)

9.1. Γεωγραφική τοποθέτηση

Η παραλία Καλαμάκι - Crystal βρίσκεται στο νότιο τμήμα της νήσου Ζακύνθου, στον κόλπο του Λαγανά και σε απόσταση 6 km από την πόλη της Ζακύνθου. Πιο συγκεκριμένα, η τοποθεσία της παραλίας βρίσκεται στη θέση $37^{\circ}44'13,9''\text{N } 20^{\circ}54'26,1''\text{E}$ (Εικ. 9.1) και έχει σχηματισθεί σε Μειοκαινικούς ψαμμίτες, γύψους και μάργες της ενότητας Παξών με μορφολογικές κλίσεις της τάξης των $35-45^{\circ}$.

Σύμφωνα με το παραδοτέο Π1.7.1. Έκθεση Επικίνδυνων Παραλιών όπου αναλύθηκαν οι θέσεις των πιο επικίνδυνων παραλιών όπως καταγράφηκαν κατά την έρευνα πεδίου, η παραλία Καλαμάκι καταγράφηκε στη χωρική βάση δεδομένων με κωδικό (object ID) 672, ως μια από τις πλέον ευάλωτες παράκτιες γεωμορφές.



Εικόνα 9.1. Γεωγραφική τοποθέτηση της παραλίας Καλαμάκι - Crystal, Ζάκυνθος

9.2 Μεθοδολογία τρίτης αποτύπωσης, 28.09.2023

Η τοπογραφική αποτύπωση στην παραλία Crystal πραγματοποιήθηκε με τη χρήση Terrestrial Laser Scanner, όπου δημιουργήθηκαν νέφη της τάξης των 15.000.000 σημείων, που αποτυπώνουν την ακριβή μορφολογία του πρανούς.

Στην εργασία υπαίθρου συμπεριλαμβάνεται η τοποθέτηση σημείων ελέγχου και η μέτρηση των συντεταγμένων τους με RTK-GNSS σε πραγματικές συντεταγμένες ΕΓΣΑ'87, μετά από σύνδεση στο δίκτυο SmartNet της Metrica S.A. (Εικ. 9.2).

Πιο συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκαν πέντε στάσεις με τον σαρωτή για την αποτύπωση ολόκληρου του πρανού με μεγάλη ακρίβεια (Πίν. 9.1) με αποτέλεσμα την συλλογή πέντε νεφών σημείων με 19.759.869, 19.796.181, 14.444.24, 8.952.043 και 21.501.155 σημεία αντίστοιχα. Επίσης, μετρήθηκαν οι συντεταγμένες έξι σημείων ελέγχου τα οποία και χρησιμοποιήθηκαν στη συνέχεια για την ένωση των δεδομένων των πέντε στάσεων (Πίν. 9.2). Η αποτύπωση του πρανού πραγματοποιήθηκε σε μέση απόσταση 35 μέτρων από την πρώτη στάση, 45 μέτρων από τη δεύτερη, 40 μέτρων από τη τρίτη και την τέταρτη στάση και 25 μέτρων από την πέμπτη και τελευταία στάση. Όλες οι στάσεις πραγματοποιήθηκαν σε ρηχά νερά εντός θαλάσσης (Εικ. 9.3).

Πίνακας 9.1: Στοιχεία θέσεων τοποθέτησης του Σαρωτή.

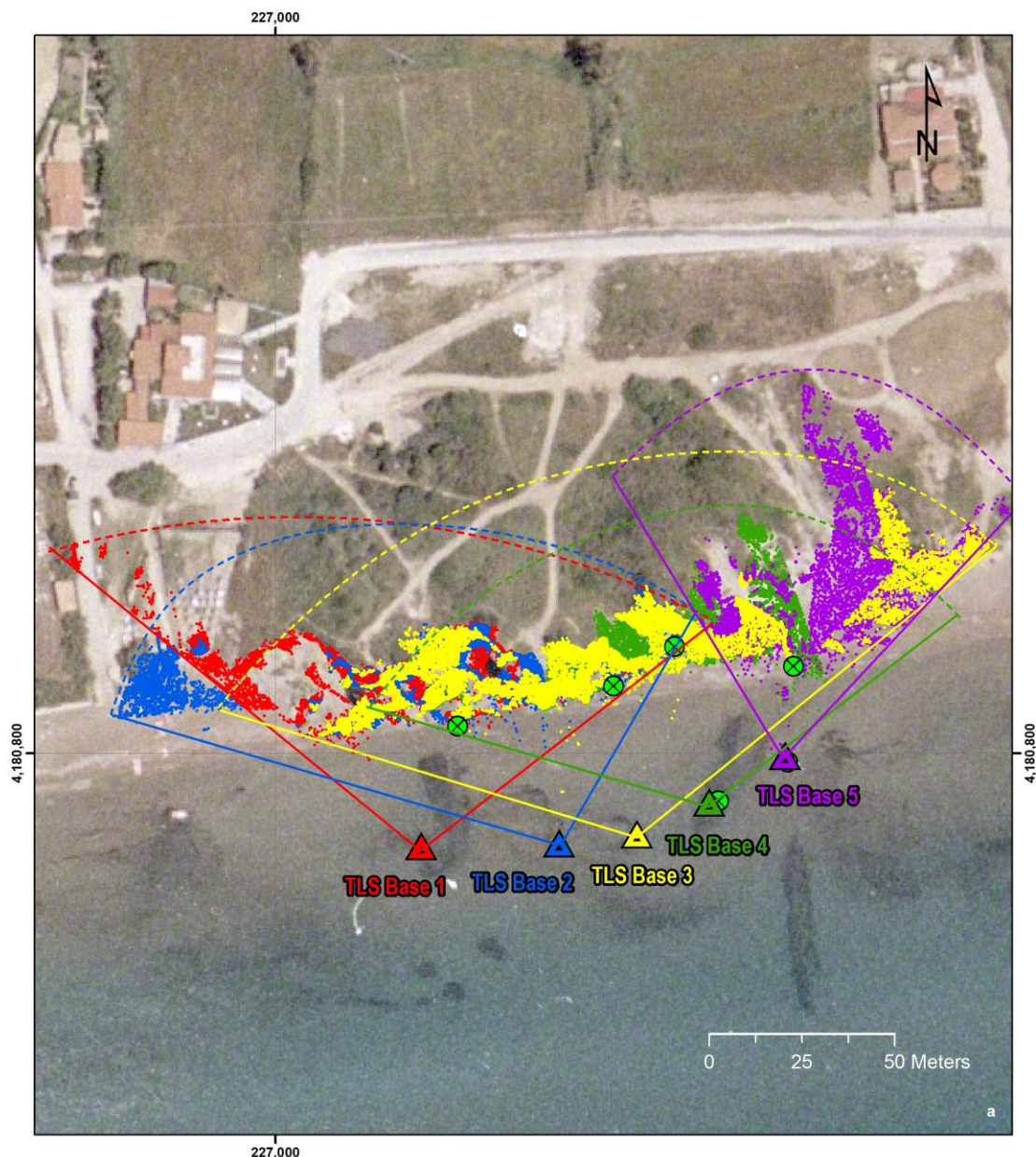
Στάσεις Σαρωτή	Συντεταγμένες x	Συντεταγμένες y	Υψόμετρο z
TLS Base 1	227.039,2233	4.180.775,092	0,7598
TLS Base 2	227.076,4118	4.180.775,902	0,7073
TLS Base 3	227.097,3041	4.180.778,279	0,5336
TLS Base 4	227.116,8063	4.180.786,844	0,6316
TLS Base 5	227.137,2545	4.180.799,334	0,5979

Πίνακας 9.2: Στοιχεία θέσεων σημείων ελέγχου.

Σημεία Ελέγχου	Συντεταγμένες x	Συντεταγμένες y	Υψόμετρο z
ptz26	227.048,9936	4.180.807,338	1,5887
ptz27	227.090,9498	4.180.818,070	0,9198
ptz28	227.107,3715	4.180.828,626	1,2516
ptz29	227.139,4061	4.180.823,424	1,7613
ptz30	227.137,8991	4.180.797,671	0,9851
ptz37	227.119,2866	4.180.787,213	0,7389



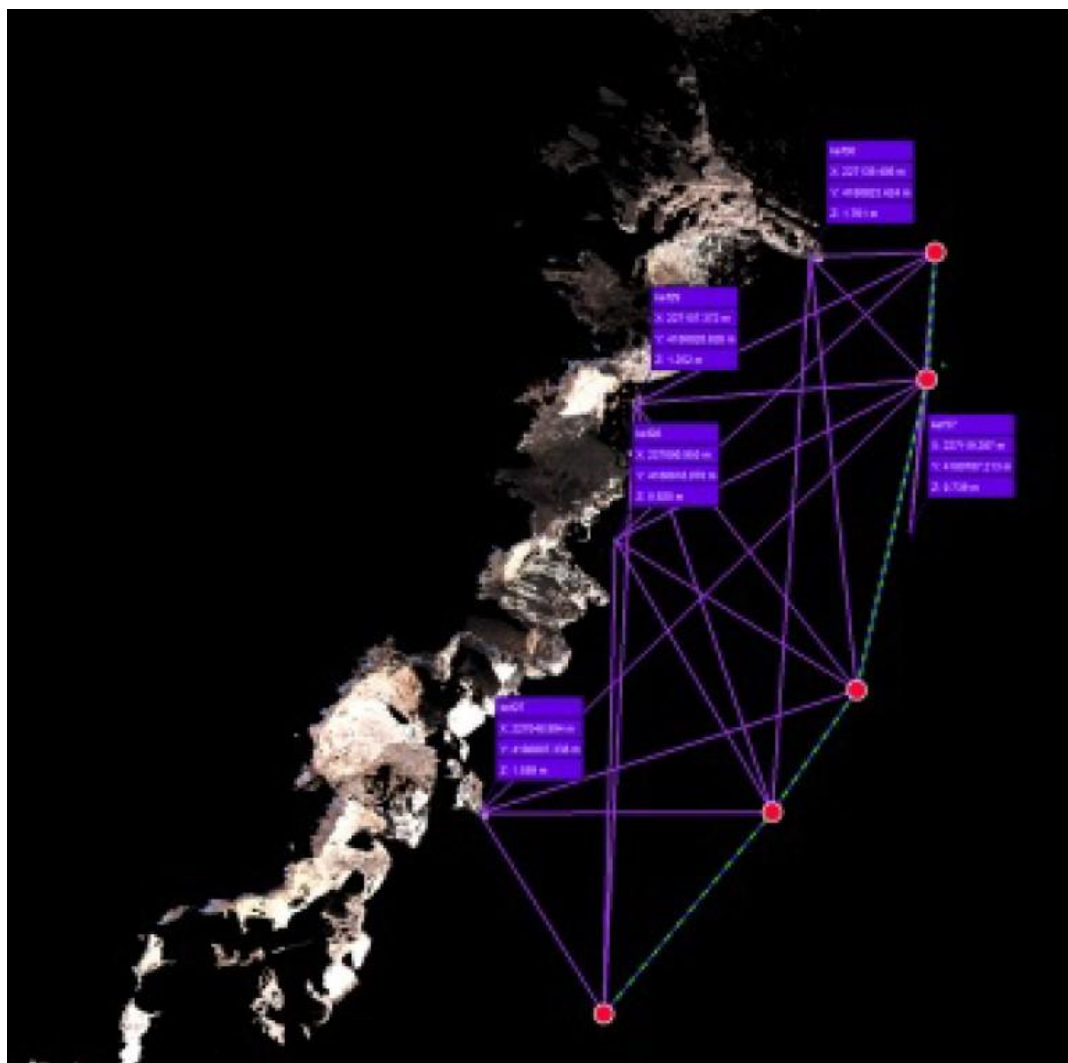
Εικόνα 9.2. Θέσεις στάσεων του σαρωτή και σημεία ελέγχου στην ακτή



Εικόνα 9.3. Οι πέντε στάσεις του σαρωτή και τα αντίστοιχα νέφη σημείων (με κόκκινο χρώμα η 1η στάση και με μπλε η δεύτερη, με κίτρινο η τρίτη, με πράσινο η τέταρτη στάση και με μωβ χρώμα η πέμπτη) τοποθετημένες στο χώρο με πραγματικές συντεταγμένες x,y,z στο σύστημα συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87

Η αποτύπωση ολοκληρώθηκε με την εμβέλεια του σαρωτή λέιζερ να ορίζεται στα 120m (μέγιστη απόσταση), με ανάλυση στα 1,6mm σε απόσταση 10m (πολύ υψηλή).

Η επεξεργασία των δεδομένων από τις ασκήσεις πεδίου πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του λογισμικού Cyclone Register 360, όπου και έγινε η ένωση των πέντε στάσεων και των πέντε νεφών σημείων αντίστοιχα (Εικ. 9.4).



Εικόνα 9.4. Ενοποίηση των πέντε νεφών σημείων με τις θέσεις του σαρωτή και τα έξι σημεία ελέγχου.

Η ένωση των πέντε νεφών πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο Match Targets, με χρήση πολλαπλών στόχων και με τη χρήση κοινών στόχων (τουλάχιστον τρεις) μεταξύ δύο διαδοχικών στάσεων κάθε φορά (1^η με 2^η, 2^η με 3^η, 3^η με 4^η και 4^η με 5^η στάση) επιτυγχάνεται η συνένωση των νεφών. Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Cloud-to-Cloud, όπου με την εύρεση κοινών σημείων μεταξύ των νεφών (τουλάχιστον 5) γίνεται η αντιστοίχιση όλων των σημείων των νεφών και έτσι βελτιστοποιήθηκε η συνένωση των δεδομένων. Η χρήση στόχων ήταν απαραίτητη και για την γεωαναφορά του τελικού νέφους σημείων, με την τοποθέτησή του στο χώρο.

Κατά την επεξεργασία των δεδομένων ελέγχουμε την απόκλιση που μπορεί να δημιουργηθεί μεταξύ των νεφών σημείων. Το σφάλμα της ενοποίησης των στάσεων σε ένα ενιαίο νέφος σημείων υπολογίστηκε 0,032m, η αλληλοεπικάλυψη υπολογίστηκε 63% και η σχετική ακαμψία του μοντέλου 58% (Εικ. 9.5), τιμές οι οποίες κρίνονται εξαιρετικά ικανοποιητικές.

Στη συνέχεια πραγματοποιείται η αφαίρεση τυχόν θορύβων και ο καθαρισμός του τελικού νέφους σημείων με τη χρήση του λογισμικού Cyclone 3DReshaper και η διαδικασία γίνεται χειροκίνητα για το βέλτιστο των αποτελεσμάτων.

Bundle Error 0.032 m ✓	
Overlap 63 % ✓	Strength 58 % ✓
Cloud-to-Cloud 0.017 m ✓	Target Error 0.047 m ✓

Εικόνα 9.5. Αριθμητικά αποτελέσματα της επεξεργασίας των δεδομένων

Μετά την ολοκλήρωση της επεξεργασίας των πρωτογενών δεδομένων έχουμε σαν αποτέλεσμα:

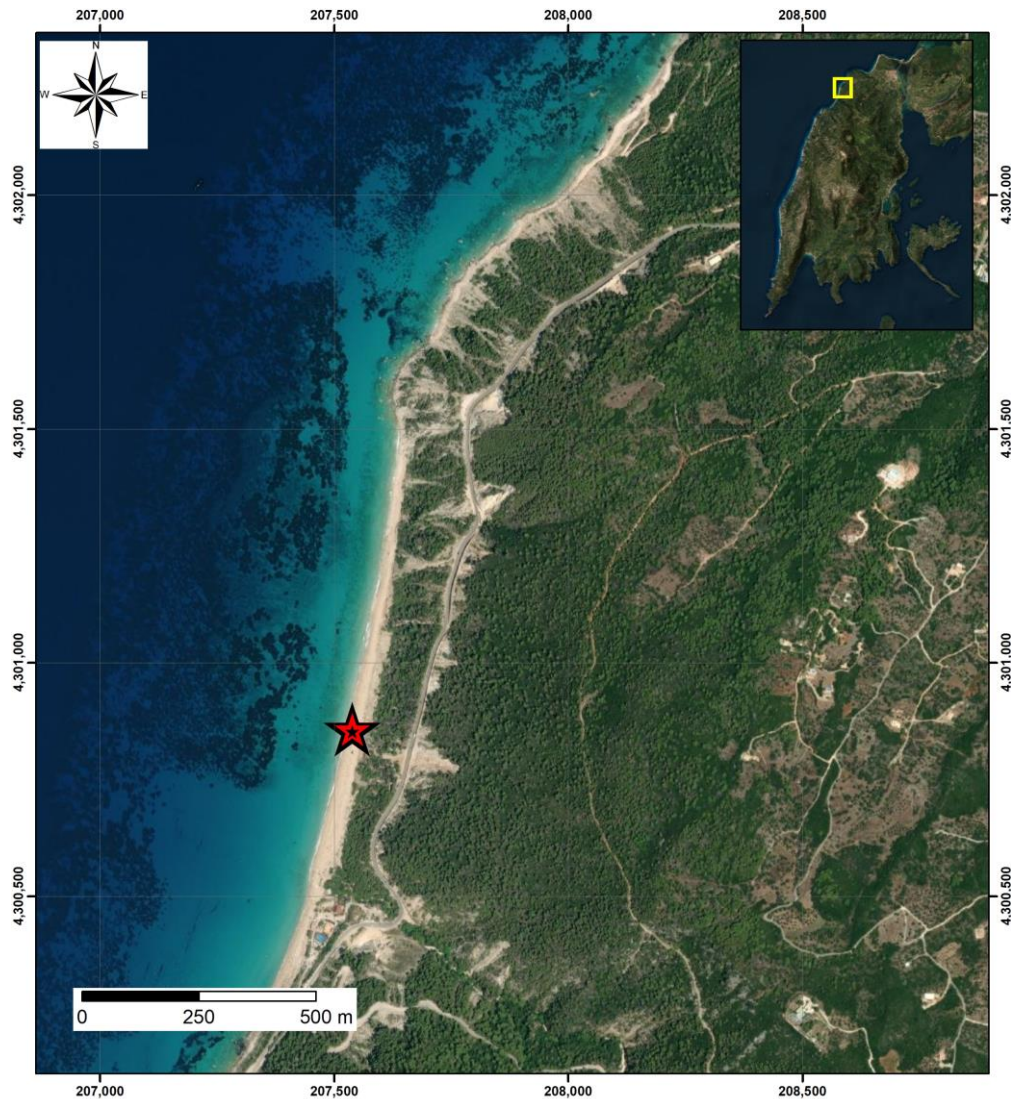
- Τη δημιουργία πυκνού νέφους σημείων στο χώρο με 84.453.489 σημεία, τοποθετημένα στο χώρο, στο σύστημα συντεταγμένων ΕΓΣΑ'87.
- Εντοπισμό θέσεων δυνητικών καταπτώσεων

10. ΠΑΡΑΛΙΑ ΠΕΥΚΟΥΛΙΑ (Λευκάδα)

10.1. Γεωγραφική τοποθέτηση

Η παραλία Πευκούλια βρίσκεται στο βορειοδυτικό τμήμα της νήσου Λευκαδας, στο Δήμο Λευκαδας, 3,7 km βόρεια του Αγίου Νικητα και 9,7 km δυτικά της χωρας της Λευκαδας. Πιο συγκεκριμένα, η τοποθεσία της παραλίας βρίσκεται στη θέση 38°48'29"N 20°37'55"E (Εικ. 10.1) και σχηματίζεται κατάντη δολομιτών και ασβεστόλιθων του Άνω Τριαδικού εως Ιουρασικού της Ιονίας ενότητας, με μέγιστη κλίση τις 40°.

Σύμφωνα με το παραδοτέο Π1.7.1. Έκθεση Επικίνδυνων Παραλιών όπου αναλύθηκαν οι θέσεις των πιο επικίνδυνων παραλιών όπως καταγράφηκαν κατά την έρευνα πεδίου, η παραλία Πευκούλια καταγράφηκε στη χωρική βάση δεδομένων με κωδικό (object ID) 628, ως μια από τις πλέον ευάλωτες παράκτιες γεωμορφές.



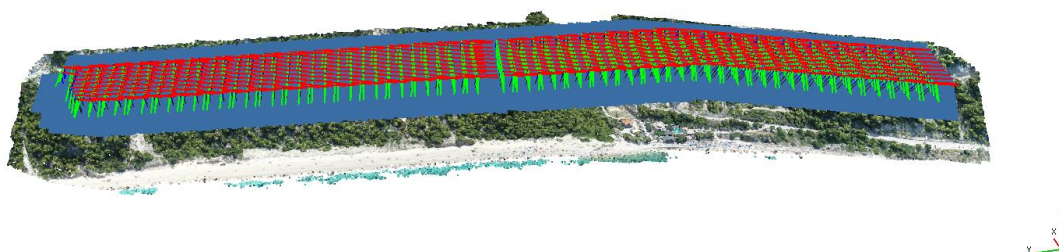
Εικόνα 10.1. Γεωγραφική τοποθέτηση της παραλίας Πευκούλια, Λευκάδα

10.2. Μεθοδολογία δεύτερης αποτύπωσης, 11.10.2023

Η αποτύπωση (**Εικ. 10.2**) ολοκληρώθηκε με το ΣμηΕΑ να κινείται οριζόντια πάνω από την περιοχή και με την κάμερα να είναι σε γωνία 60° σε σχέση με τον ορίζοντα, επιλέγοντας σαν μεθοδολογία αποτύπωσης τη δισδιάστατη λήψη, με το ΣμηΕΑ να κινείται σχεδόν εγκάρσια στο πραινές, δημιουργώντας έτσι πυκνή πορεία στην λήψη των αεροφωτογραφιών (**Εικ. 10.3**) και επιτυγχάνοντας πολύ υψηλή ανάλυση.



Εικόνα 10.2. Θέση απογείωσης ΣμηΕΑ για λήψη αεροφωτογραφιών στην παραλία Πευκούλια.



Εικόνα 10.3. Λήψη αεροφωτογραφιών στην παραλία Πευκούλια με πολύ υψηλή ανάλυση.

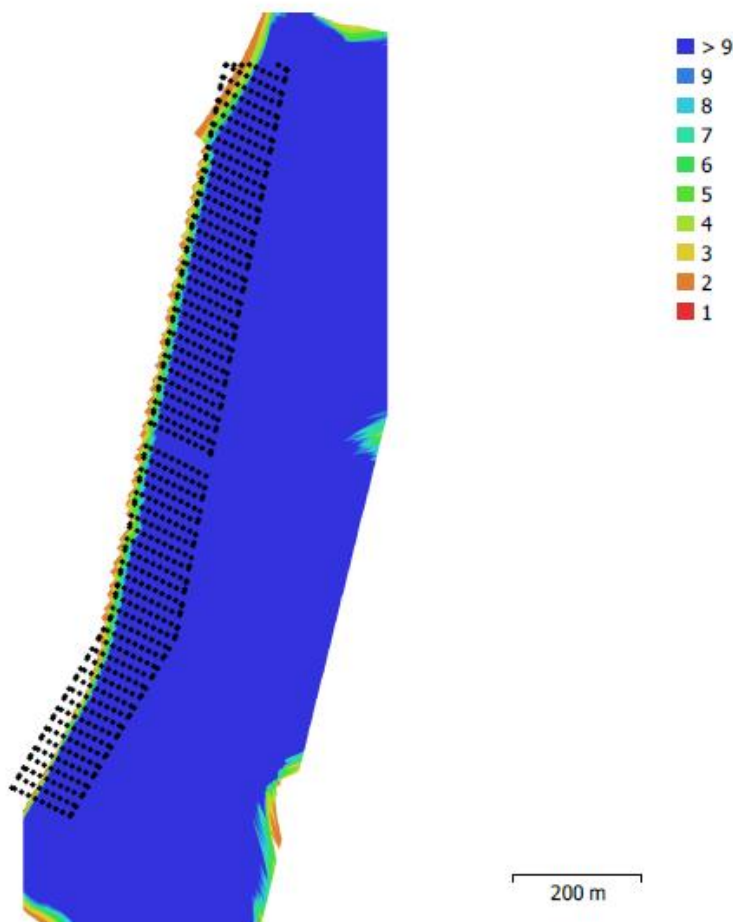
Από την αποτύπωση της περιοχής, ελήφθησαν συνολικά 731 αεροφωτογραφίες από μέσο απόλυτο υψόμετρο 172 μέτρων, καλύπτοντας μια περιοχή με εμβαδόν 0,49 τετραγωνικά χιλιόμετρα (**Εικ. 10.4**). Χρησιμοποιήθηκε ένα ΣμηΕΑ τύπου DJI Phantom-4, εφοδιασμένο με κάμερα τύπου FC6310x με φακό εστιακής απόστασης 8,8 mm.

Καθοριστική παράμετρο για την ακρίβεια των τελικών προϊόντων αποτέλεσε το μεγάλο ποσοστό επικάλυψης (75%) των εικόνων τόσο κατά μήκος όσο και κατά πλάτος (**Εικ. 10.5**). Η εμφάνιση των ομόλογων σημείων σε μεγάλο αριθμό εικόνων, αφενός ενισχύει σημαντικά τη γεωμετρία κατά την επίλυση επιτρέποντας ακριβή υπολογισμό του εσωτερικού και του

εξωτερικού προσανατολισμού των λήψεων, αφετέρου αυξάνει την πιστότητα του παραγόμενου τρισδιάστατου μοντέλου της περιοχής (**Εικ. 10.6**).

Number of images:	731	Camera stations:	731
Flying altitude:	172 m	Tie points:	129,046
Ground resolution:	4.67 cm/pix	Projections:	3,194,623
Coverage area:	0.49 km ²	Reprojection error:	0.604 pix

Εικόνα 10.4. Αποτελέσματα φωτογραμμετρικής επεξεργασίας.



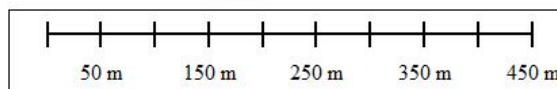
Εικόνα 10.5. Θέσεις λήψεων και κατηγοριοποίηση της περιοχής ανάλογα με την κάλυψη από αριθμό αεροφωτογραφιών.

	Value	Error	F	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
F	3692.38	0.022	1.00	0.04	-0.37	-0.72	0.40	-0.30	-0.09	0.38
Cx	-40.6019	0.015		1.00	-0.01	-0.02	-0.01	0.01	-0.64	-0.01
Cy	13.8605	0.017			1.00	0.21	-0.10	0.07	-0.03	-0.88
K1	-0.262707	4.9e-06				1.00	-0.91	0.82	0.06	-0.24
K2	0.102504	7.9e-06					1.00	-0.98	-0.03	0.12
K3	-0.0268963	4.6e-06						1.00	0.04	-0.09
P1	3.90542e-05	4.5e-07							1.00	0.01
P2	-0.000185401	7e-07								1.00

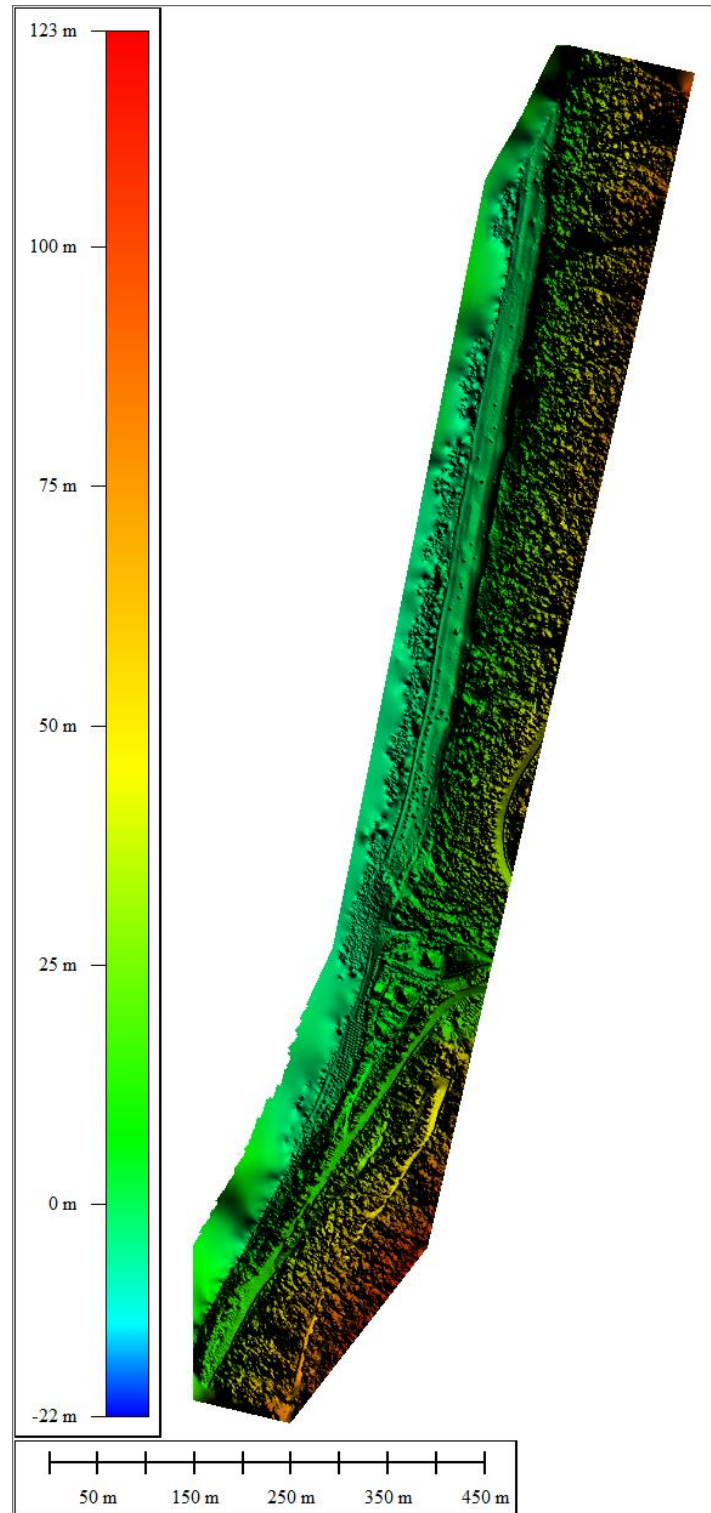
Εικόνα 10.6. Πίνακας επίλυσης παραμέτρων εξωτερικού προσανατολισμού.

Τα βήματα επεξεργασίας των αεροφωτογραφιών μέσω του λογισμικού Agisoft Metashape Professional v.2.0.2, είναι:

- Η ευθυγράμμιση των αεροφωτογραφιών (Agisoft, 2023). Το σύνολο των εικόνων (731) καλύπτουν το σύνολο της περιοχής μελέτης (βλ. **Εικ. 10.3**). Υπολογίζεται η θέση της φωτογραφικής μηχανής για την κάθε εικόνα ενώ ταυτόχρονα αναζητούνται τα κοινά σημεία (129.046) στις φωτογραφίες που έχουν αλληλοεπικάλυψη.
- Η δημιουργία πυκνού νέφους σημείων στο χώρο με 81.951.760 σημεία.
- Ακολουθεί η δημιουργία του τρισδιάστατου πλέγματος πολυγώνων (polygon mesh) το οποίο προσομοιώνει την επιφάνεια του αντικειμένου με 16.390.347 όψεις.
- Η κατασκευή της υφής των εικόνων. Μετά τη δημιουργία της γεωμετρίας (δηλ. το πλέγμα) που έχει κατασκευαστεί, δημιουργείται η υφή – προβολή των εικόνων πάνω στην επιφάνεια η οποία στη συνέχεια χρησιμοποιείται για την παραγωγή ορθο-φωτο-χαρτών.
- Παράγεται ο τελικός ορθο-φωτο-χάρτης με διακριτική ικανότητα 0,046 μέτρα και βάθος πραγματικού χρώματος 32-bit (**Εικ. 10.7**), σε σύστημα συντεταγμένων ΕΓΣΑ'87.
- Παράγεται ψηφιακό μοντέλο εδάφους με διακριτική ικανότητα 0,09 μέτρα με πυκνότητα σημείων 115 ανά τετραγωνικό μέτρο και χρωματικό βάθος 32-bit και μέγιστο υψόμετρο 130 μέτρα (**Εικ. 10.8**) σε σύστημα συντεταγμένων ΕΓΣΑ'87.



Εικόνα 10.7. Ορθο-φωτο-μωσαϊκό που προκύπτει από την επεξεργασία των δεδομένων που ελήφθησαν από τις αεροφωτογραφίες.



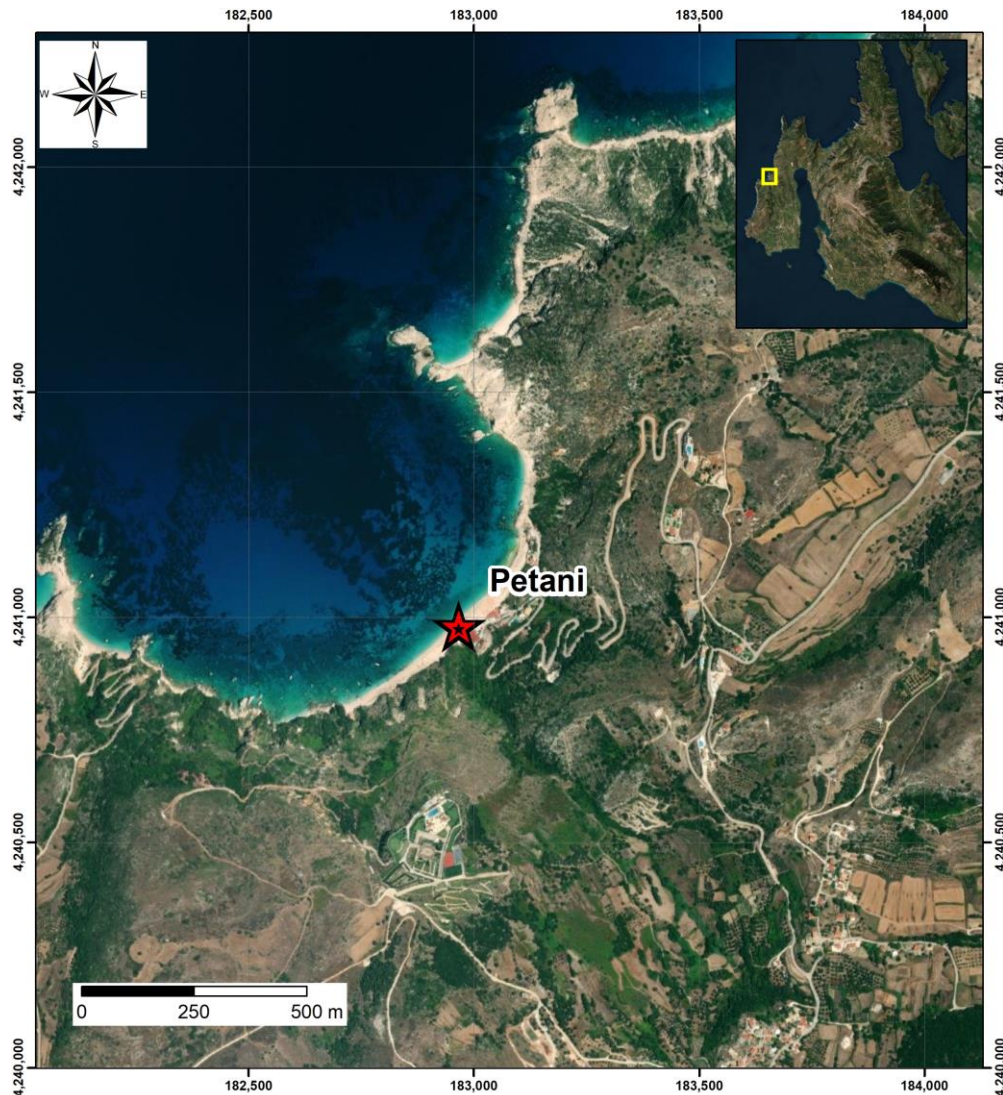
Εικόνα 10.8. Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου που προκύπτει από την επεξεργασία των δεδομένων που ελήφθησαν από τις αεροφωτογραφίες.

11. ΠΑΡΑΛΙΑ ΠΕΤΑΝΟΙ (Κεφαλονιά)

11.1. Γεωγραφική τοποθέτηση

Η παραλία Πετανοί βρίσκεται στο δυτικό τμήμα της νήσου Κεφαλονιάς, στο Δήμο Ληξουρίου, περίπου 13 km βορειοδυτικά του οικισμού, στην περιοχή της Παλικής. Πιο συγκεκριμένα, η τοποθεσία της παραλίας βρίσκεται στη θέση $38^{\circ}15'40''\text{N } 20^{\circ}22'36''\text{E}$ (Εικ. 11.1) και σχηματίστηκε σε παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθους ηλικίας Ηωκαίνου – Ολιγοκαίνου της ενότητας Παζών και με μορφολογικές κλίσεις που μπορεί να φτάσουν μέχρι και τις 70° .

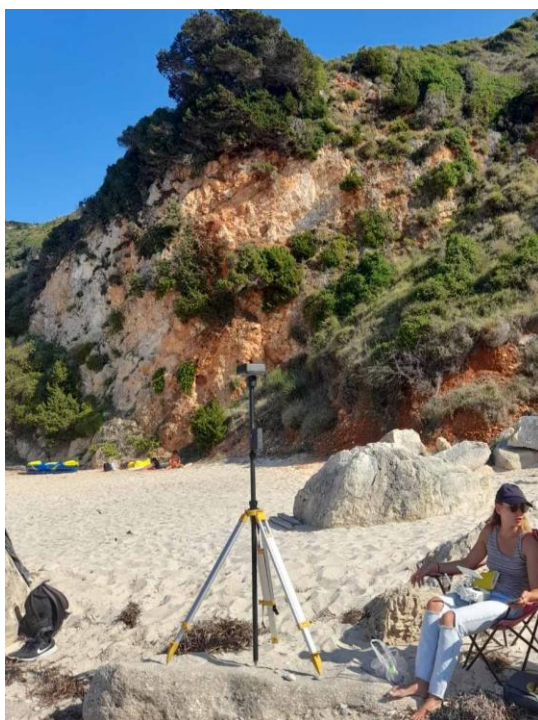
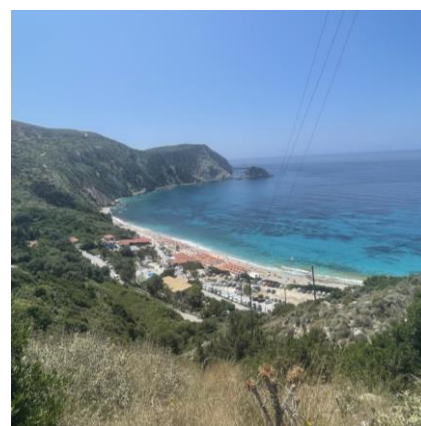
Σύμφωνα με το παραδοτέο Π1.7.1. Έκθεση Επικίνδυνων Παραλιών όπου αναλύθηκαν οι θέσεις των πιο επικίνδυνων παραλιών όπως καταγράφηκαν κατά την έρευνα πεδίου, η παραλία Πετανοί καταγράφηκε στη χωρική βάση δεδομένων με κωδικό (object ID) 924, ως μια από τις πλέον ευάλωτες παράκτιες γεωμορφές.



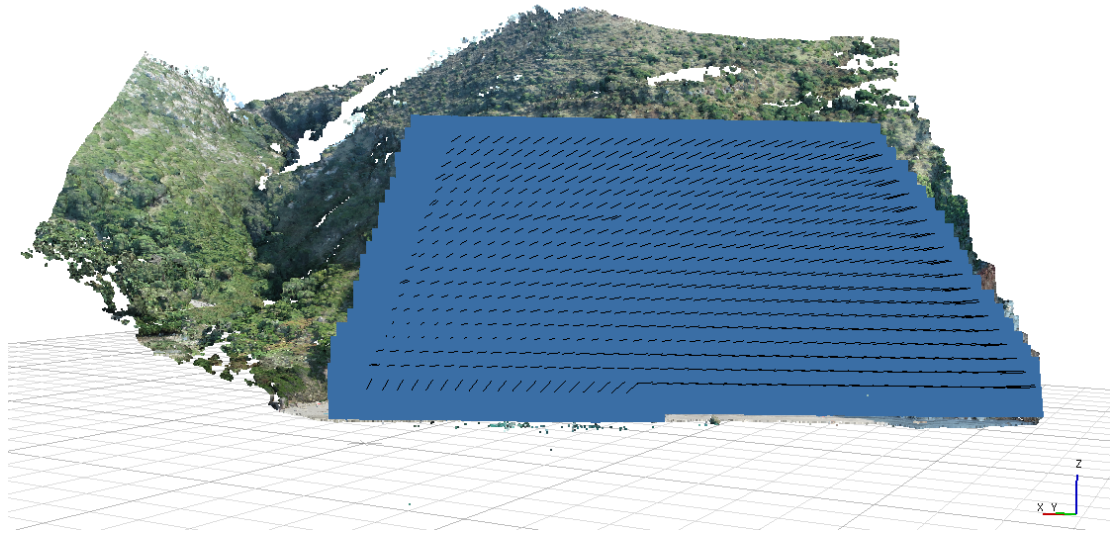
Εικόνα 11.1. Γεωγραφική τοποθέτηση της παραλίας Πετανοί, Κεφαλονιά

11.2 Μεθοδολογία δεύτερης αποτύπωσης, 01.10.2023

Η αποτύπωση (Εικ. 11.2) ολοκληρώθηκε με το ΣμηΕΑ να κινείται παράλληλα στο πρανές και με την κάμερα να είναι σε γωνία -7° σε σχέση με τον ορίζοντα, επιλέγοντας σαν μεθοδολογία αποτύπωσης τη δισδιάστατη λήψη καθ' ύψος του πρανούς. Συγκεκριμένα, η αποτύπωση πραγματοποιήθηκε με διαδοχικές πτήσεις παράλληλα στο πρανές ξεκινώντας από το χαμηλότερο υψόμετρο πολύ κοντά στο επίπεδο της θάλασσας και ανεβαίνοντας ανά 5 μ. μέχρι το μεγαλύτερο υψόμετρο των πρανών δημιουργώντας έτσι μια διαδρομή σε σχήμα τραπέζιου (Εικ. 11.3) και επιτυγχάνοντας πολύ υψηλή ανάλυση, αφού η απόσταση της πτήσης από το πρανές δεν υπερέβη τα 50 μ. Επιπλέον, κατά τη διάρκεια της πτήσης, εγκαταστάθηκε ένας σταθμός GNSS (D-RTK2) για την ενίσχυση της ακρίβειας των θέσεων κατά τη φάση απόκτησης δεδομένων και σημαντικής μείωσης του σφάλματος κατά τη φάση της φωτογραμμετρικής επεξεργασίας.



Εικόνα 11.2. Χρήση επίγειου σταθμού GNSS D-RTK2 στη θέση απογείωσης του ΣμηΕΑ και πανοραμική εικόνα της περιοχής μελέτης.



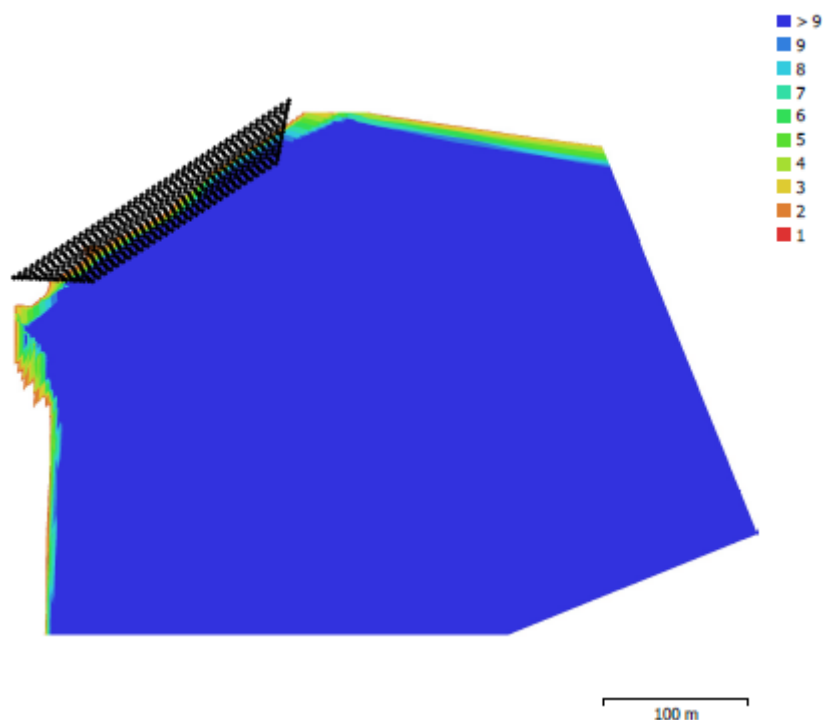
Εικόνα 11.3. Λήψη αεροφωτογραφιών στην παραλία Πετανοί με πολύ υψηλή ανάλυση.

Από την αποτύπωση της περιοχής, ελήφθησαν συνολικά 751 αεροφωτογραφίες από μέσο απόλυτο υψόμετρο 64,7 μέτρων, καλύπτοντας μια περιοχή με εμβαδόν 0,142 τετραγωνικά χιλιόμετρα (Εικ. 11.4). Χρησιμοποιήθηκε ένα ΣμηΕΑ τύπου DJI Phantom-4, εφοδιασμένο με κάμερα τύπου FC6310x με φακό εστιακής απόστασης 8,8 mm.

Number of images:	751	Camera stations:	751
Flying altitude:	64.7 m	Tie points:	65,476
Ground resolution:	2.28 cm/pix	Projections:	1,825,998
Coverage area:	0.142 km ²	Reprojection error:	0.625 pix

Εικόνα 11.4. Αποτελέσματα φωτογραμμετρικής επεξεργασίας.

Καθοριστική παράμετρο για την ακρίβεια των τελικών προϊόντων αποτέλεσε το μεγάλο ποσοστό επικάλυψης (80%) των εικόνων τόσο κατά μήκος όσο και κατά πλάτος (Εικ. 11.5). Η εμφάνιση των ομόλογων σημείων σε μεγάλο αριθμό εικόνων, αφενός ενισχύει σημαντικά τη γεωμετρία κατά την επίλυση επιτρέποντας ακριβή υπολογισμό του εσωτερικού και του εξωτερικού προσανατολισμού των λήψεων, αφετέρου αυξάνει την πιστότητα του παραγόμενου τρισδιάστατου μοντέλου της περιοχής (Εικ. 11.6).



Εικόνα 11.5. Θέσεις λήψεων και κατηγοριοποίηση της περιοχής ανάλογα με την κάλυψη από αριθμό αεροφωτογραφιών.

	Value	Error	F	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
F	3693.18	0.026	1.00	0.04	-0.19	-0.60	0.34	-0.26	-0.06	0.20
Cx	-42.6435	0.03		1.00	0.13	-0.02	0.01	-0.02	-0.59	-0.01
Cy	11.9217	0.028			1.00	0.08	0.00	-0.00	-0.05	-0.81
K1	-0.263058	6.4e-06				1.00	-0.92	0.84	0.01	-0.14
K2	0.102473	1.1e-05					1.00	-0.98	-0.02	0.03
K3	-0.0266978	6.4e-06						1.00	0.02	-0.02
P1	8.39873e-06	6.6e-07							1.00	0.05
P2	-0.00017591	1.2e-06								1.00

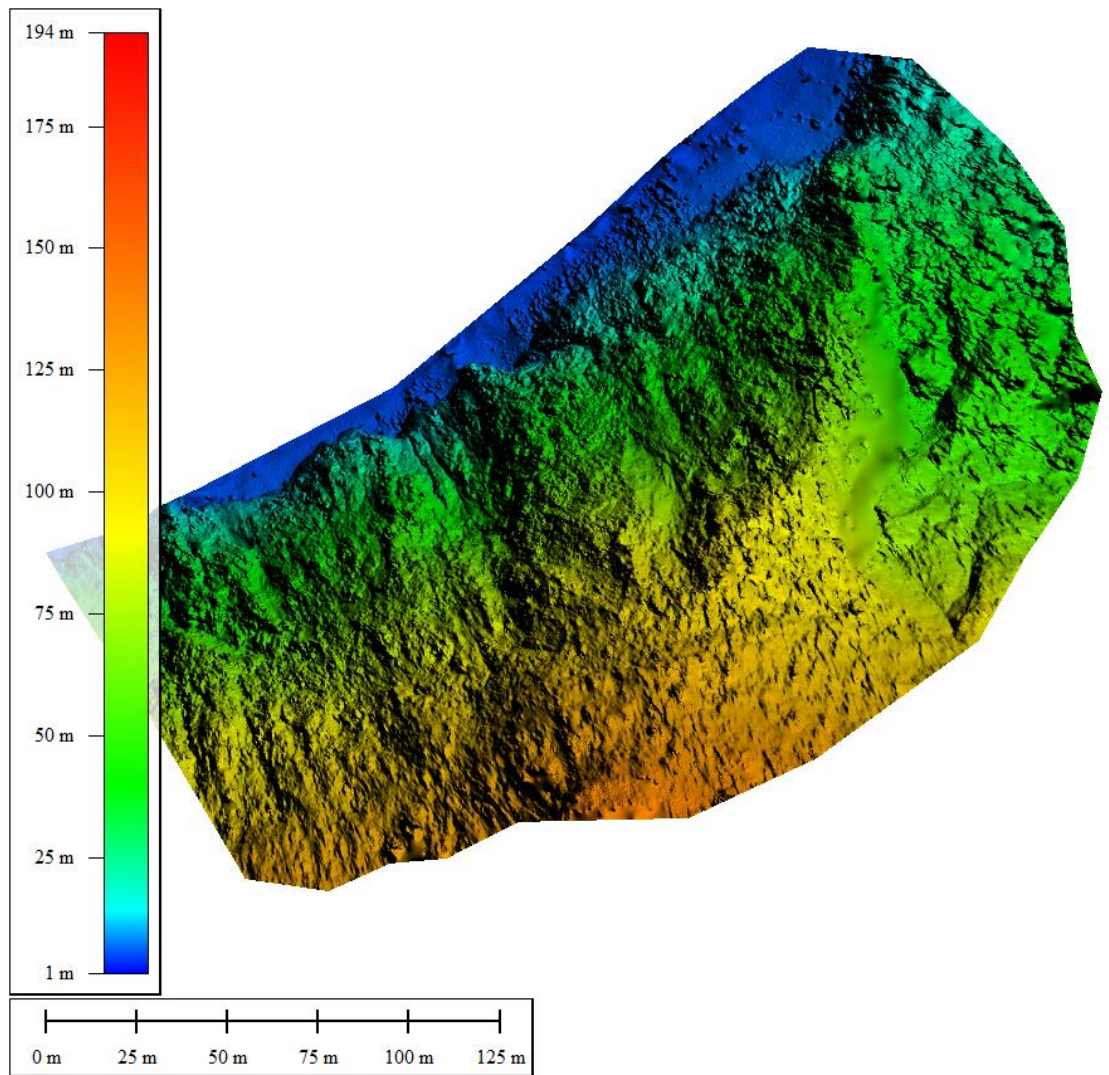
Εικόνα 11.6. Πίνακας επίλυσης παραμέτρων εξωτερικού προσανατολισμού.

Τα βήματα επεξεργασίας των αεροφωτογραφιών μέσω του λογισμικού Agisoft Metashape Professional v.2.0.2, είναι:

- Η ευθυγράμμιση των αεροφωτογραφιών (Agisoft, 2023). Το σύνολο των εικόνων (751) καλύπτουν το σύνολο της περιοχής μελέτης (βλ. **Εικ. 11.3**). Υπολογίζεται η θέση της φωτογραφικής μηχανής για την κάθε εικόνα ενώ ταυτόχρονα αναζητούνται τα κοινά σημεία (65.476) στις φωτογραφίες που έχουν αλληλοεπικάλυψη.
- Η δημιουργία πυκνού νέφους σημείων στο χώρο με 19.508.117 σημεία.
- Ακολουθεί η δημιουργία του τρισδιάστατου πλέγματος πολυγώνων (polygon mesh) το οποίο προσομοιώνει την επιφάνεια του αντικειμένου με 8.727.332 όψεις.
- Η κατασκευή της υφής των εικόνων. Μετά τη δημιουργία της γεωμετρίας (δηλ. το πλέγμα) που έχει κατασκευαστεί, δημιουργείται η υφή – προβολή των εικόνων πάνω στην επιφάνεια η οποία στη συνέχεια χρησιμοποιείται για την παραγωγή ορθο-φωτο-χαρτών.
- Παράγεται ο τελικός ορθο-φωτο-χάρτης με προσανατολισμό YZ με διακριτική ικανότητα 0,02 μέτρα και βάθος πραγματικού χρώματος 32-bit (**Εικ. 11.7**), σε σύστημα συντεταγμένων ΕΓΣΑ'87.
- Παράγεται ψηφιακό μοντέλο εδάφους με διακριτική ικανότητα 0,09 μέτρα με πυκνότητα σημείων 120 ανά τετραγωνικό μέτρο και χρωματικό βάθος 32-bit και μέγιστο υψόμετρο 200 μέτρα (**Εικ. 11.8**) σε σύστημα συντεταγμένων ΕΓΣΑ'87.



Εικόνα 11.7. Ορθο-φωτο-μωσαϊκό που προκύπτει από την επεξεργασία των δεδομένων που ελήφθησαν από την πτήση παράλληλα με το πρανές, σε σχήμα τραπεζίου.



Εικόνα 11.8. Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου που προκύπτει από την επεξεργασία των δεδομένων που ελήφθησαν από τις αεροφωτογραφίες.

12. ΠΑΡΑΛΙΑ ΠΛΑΤΙΑ ΑΜΜΟΣ (Κεφαλονιά)

12.1. Γεωγραφική τοποθέτηση

Η παραλία Πλατιά Άμμος βρίσκεται στο δυτικό τμήμα της νήσου Κεφαλονιάς, στο Δήμο Ληξουρίου, περίπου 12 km δυτικά του οικισμού. Πιο συγκεκριμένα, η τοποθεσία της παραλίας βρίσκεται στη θέση $38^{\circ}13'01''N$ $20^{\circ}21'18,3''E$ (Εικ. 12.1) και έχει σχηματιστεί σε παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθους ηλικίας Ηωκαίνου – Ολιγοκαίνου της ενότητας Παξών, με κλίσεις που μπορεί να φτάσουν μέχρι και τις 60° .

Σύμφωνα με το παραδοτέο Π1.7.1. Έκθεση Επικίνδυνων Παραλιών όπου αναλύθηκαν οι θέσεις των πιο επικίνδυνων παραλιών όπως καταγράφηκαν κατά την έρευνα πεδίου, η παραλία Πετανοί καταγράφηκε στη χωρική βάση δεδομένων με κωδικό (object ID) 926, ως μια από τις πλέον ευάλωτες παράκτιες γεωμορφές.



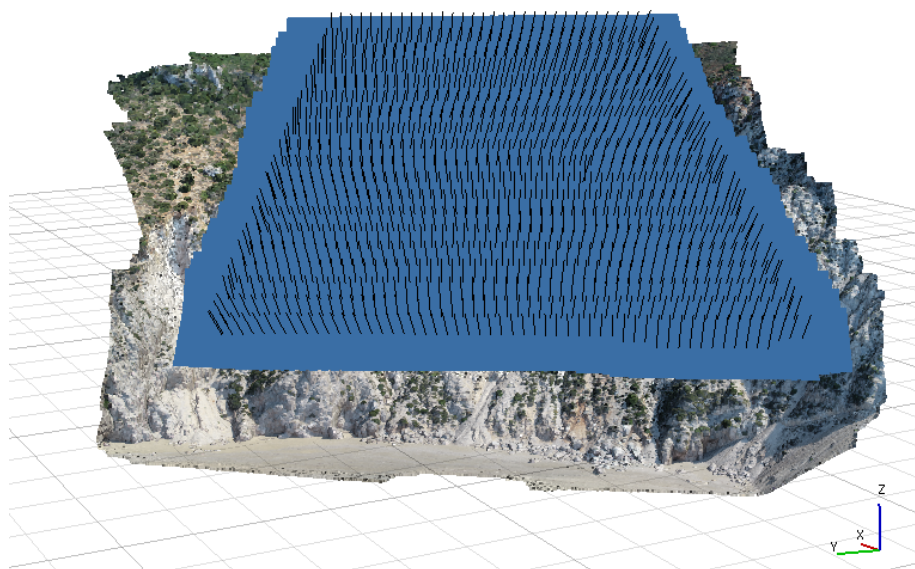
Εικόνα 12.1. Γεωγραφική τοποθέτηση της παραλίας Πλατιά Άμμος, Κεφαλονιά

12.3 Μεθοδολογία δεύτερης αποτύπωσης, 01.10.2023

Η αποτύπωση (Εικ. 12.2) ολοκληρώθηκε με το ΣμηΕΑ να κινείται παράλληλα στο πρανές που οριοθετεί την παραλία, ξεκινώντας από το χαμηλότερο υψόμετρο πολύ κοντά στο επίπεδο της θάλασσας και ανεβαίνοντας ανά 5 μ. μέχρι το μεγαλύτερο υψόμετρο των πρανών και με την κάμερα να είναι σε γωνία -38° σε σχέση με τον ορίζοντα, επιλέγοντας σαν μεθοδολογία αποτύπωσης τη δισδιάστατη λήψη, δημιουργώντας έτσι ένα τραπέζιο στην λήψη των αεροφωτογραφιών (Εικ. 12.3) και επιτυγχάνοντας πολύ υψηλή ανάλυση.



Εικόνα 12.2. Θέση απογείωσης του ΣμηΕΑ.



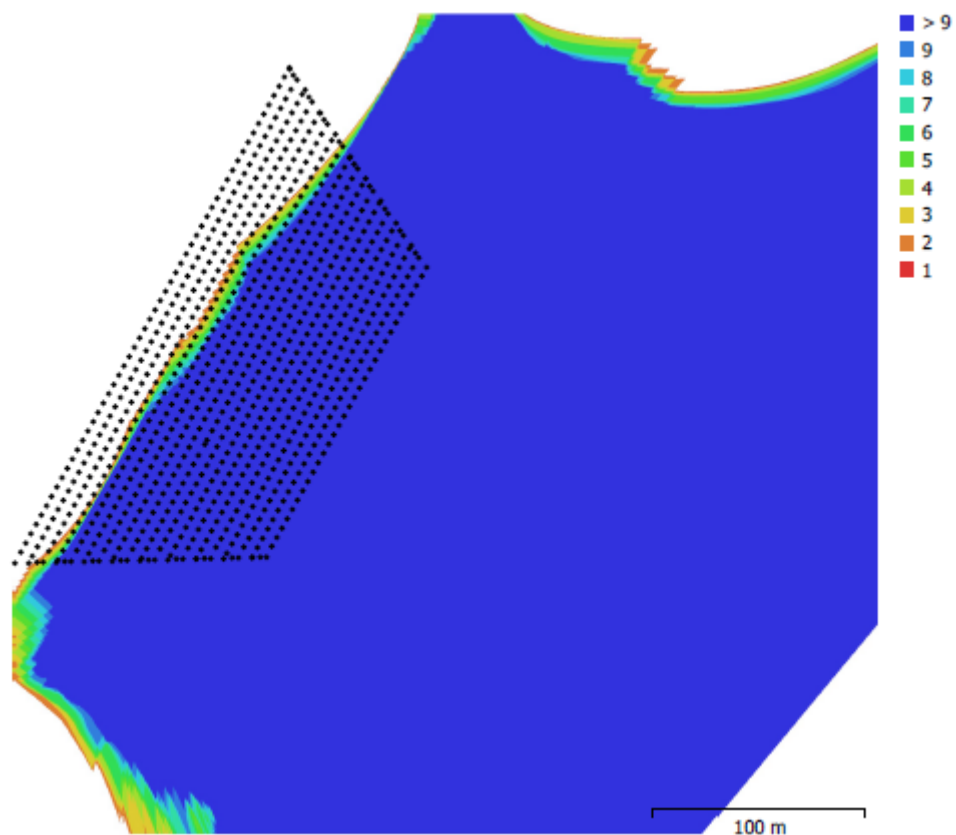
Εικόνα 12.3. Λήψη αεροφωτογραφιών στην παραλία Πλατιά Άμμος με πολύ υψηλή ανάλυση.

Από την αποτύπωση της περιοχής, ελήφθησαν συνολικά 845 αεροφωτογραφίες από μέσο απόλυτο υψόμετρο 131 μέτρων, καλύπτοντας μια περιοχή με εμβαδόν 0,119 τετραγωνικά χιλιόμετρα (**Εικ. 12.4**). Χρησιμοποιήθηκε ένα ΣμηΕΑ τύπου DJI Phantom-4, εφοδιασμένο με κάμερα τύπου FC6310x με φακό εστιακής απόστασης 8,8 mm.

Number of images:	845	Camera stations:	845
Flying altitude:	131 m	Tie points:	25,024
Ground resolution:	3.47 cm/pix	Projections:	1,137,600
Coverage area:	0.119 km ²	Reprojection error:	0.668 pix

Εικόνα 12.4. Αποτελέσματα φωτογραμμετρικής επεξεργασίας.

Καθοριστική παράμετρο για την ακρίβεια των τελικών προϊόντων αποτέλεσε το μεγάλο ποσοστό επικάλυψης (80%) των εικόνων τόσο κατά μήκος όσο και κατά πλάτος, καθώς επίσης και στην κάθετη λήψη (**Εικ. 12.5**). Η εμφάνιση των ομόλογων σημείων σε μεγάλο αριθμό εικόνων, αφενός ενισχύει σημαντικά τη γεωμετρία κατά την επίλυση επιτρέποντας ακριβή υπολογισμό του εσωτερικού και του εξωτερικού προσανατολισμού των λήψεων, αφετέρου αυξάνει την πιστότητα του παραγόμενου τρισδιάστατου μοντέλου της περιοχής (**Εικ. 12.6**).



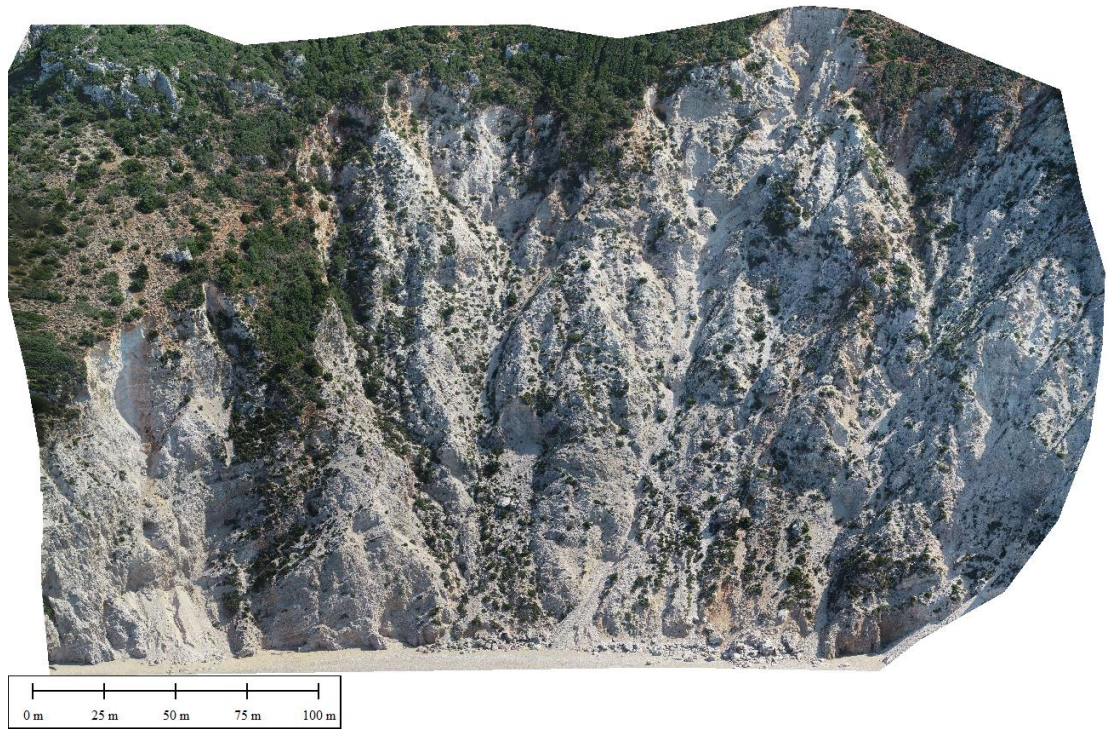
Εικόνα 12.5. Θέσεις λήψεων και κατηγοριοποίηση ανάλογα με την κάλυψη της περιοχής από αριθμό αεροφωτογραφιών.

	Value	Error	F	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
F	3692.11	0.025	1.00	0.03	-0.37	-0.51	0.31	-0.25	0.01	0.31
Cx	-40.3252	0.028		1.00	-0.02	-0.01	-0.02	0.04	-0.40	0.01
Cy	13.7075	0.031			1.00	0.18	-0.11	0.10	0.07	-0.65
K1	-0.26373	7.5e-06				1.00	-0.94	0.87	-0.00	-0.21
K2	0.104155	1.5e-05					1.00	-0.98	-0.02	0.14
K3	-0.0278924	9.1e-06						1.00	0.04	-0.13
P1	-6.19066e-05	5.8e-07							1.00	-0.00
P2	-0.000202923	8.9e-07								1.00

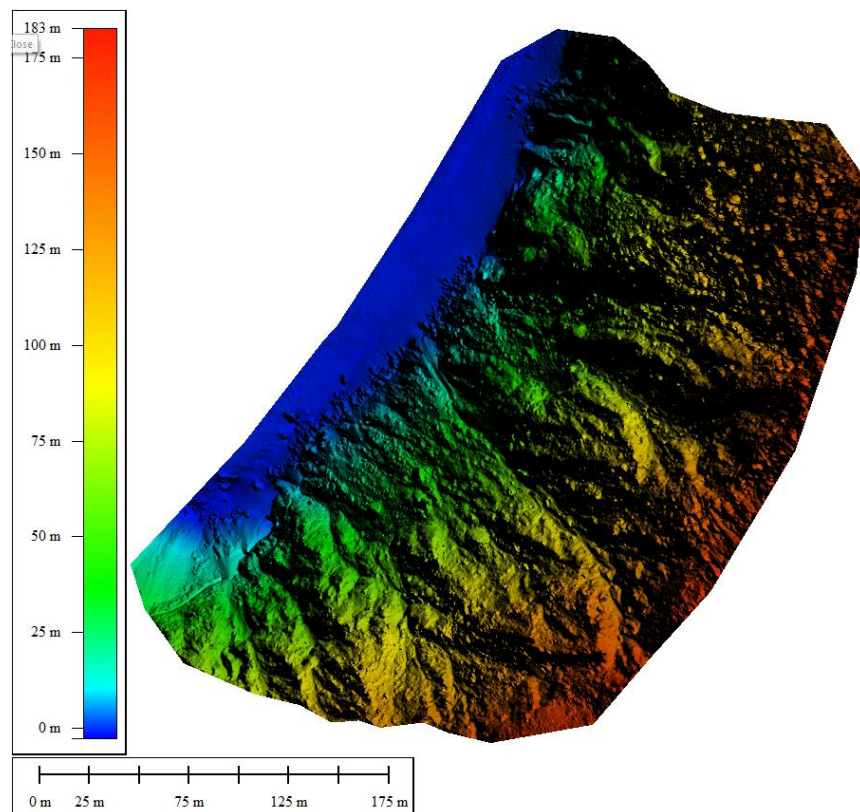
Εικόνα 12.6. Πίνακας επίλυσης παραμέτρων εξωτερικού προσανατολισμού.

Τα βήματα επεξεργασίας των αεροφωτογραφιών μέσω του λογισμικού Agisoft Metashape Professional v.2.0.2, είναι:

- Η ευθυγράμμιση των αεροφωτογραφιών (Agisoft, 2023). Το σύνολο των εικόνων (929) καλύπτουν το σύνολο της περιοχής μελέτης (βλ. **Εικ. 12.3**). Υπολογίζεται η θέση της φωτογραφικής μηχανής για την κάθε εικόνα ενώ ταυτόχρονα αναζητούνται τα κοινά σημεία (25.024) στις φωτογραφίες που έχουν αλληλοεπικάλυψη.
- Η δημιουργία πυκνού νέφους σημείων στο χώρο με 9.556.310 σημεία.
- Ακολουθεί η δημιουργία του τρισδιάστατου πλέγματος πολυγώνων (polygon mesh) το οποίο προσομοιώνει την επιφάνεια του αντικειμένου με 680.866 όψεις.
- Η κατασκευή της υφής των εικόνων. Μετά τη δημιουργία της γεωμετρίας (δηλ. το πλέγμα) που έχει κατασκευαστεί, δημιουργείται η υφή – προβολή των εικόνων πάνω στην επιφάνεια η οποία στη συνέχεια χρησιμοποιείται για την παραγωγή ορθο-φωτο-χαρτών.
- Παράγεται ο τελικός ορθο-φωτο-χάρτης με διακριτική ικανότητα 0,03 μέτρα και βάθος πραγματικού χρώματος 32-bit (**Εικ. 12.7**), σε σύστημα συντεταγμένων ΕΓΣΑ'87.
- Παράγεται ψηφιακό μοντέλο εδάφους με διακριτική ικανότητα 0,13 μέτρα με πυκνότητα σημείων 51,9 ανά τετραγωνικό μέτρο και χρωματικό βάθος 32-bit και μέγιστο υψόμετρο 190 μέτρα (**Εικ. 12.8**) σε σύστημα συντεταγμένων ΕΓΣΑ'87.



Εικόνα 12.7. Ορθο-φωτο-μωσαϊκό που προκύπτει από την επεξεργασία των δεδομένων που ελήφθησαν από τις αεροφωτογραφίες.



Εικόνα 12.8. Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου που προκύπτει από την επεξεργασία των δεδομένων που ελήφθησαν από τις αεροφωτογραφίες.

13. ΠΑΡΑΛΙΑ ΓΕΡΑΚΑΣ (Ζάκυνθος)

13.1. Γεωγραφική τοποθέτηση

Η παραλία Γέρακας βρίσκεται στο νοτιοανατολικό τμήμα της νήσου Ζακύνθου, στον κόλπο του Λαγανά και σε απόσταση 16,1 km από την πόλη της Ζακύνθου. Πιο συγκεκριμένα, η τοποθεσία της παραλίας βρίσκεται στη θέση $37^{\circ}42'23,7''N$ $20^{\circ}59'14,9''E$ (Εικ. 13.1) και σχηματίστηκε σε Πλειοκαινικούς ψαμμίτες και μάργες με κλίσεις της τάξης των 60° .

Σύμφωνα με το παραδοτέο Π1.7.1. Έκθεση Επικίνδυνων Παραλιών όπου αναλύθηκαν οι θέσεις των πιο επικίνδυνων παραλιών όπως καταγράφηκαν κατά την έρευνα πεδίου, η παραλία Καλαμάκι καταγράφηκε στη χωρική βάση δεδομένων με κωδικό (object ID) 674, ως μια από τις πλέον ευάλωτες παράκτιες γεωμορφές.



Εικόνα 13.1. Γεωγραφική τοποθέτηση της παραλίας Γέρακας, Ζάκυνθος

13.3. Μεθοδολογία δεύτερης αποτύπωσης, 29.09.2023

Η τοπογραφική αποτύπωση στην παραλία Γερακας, πραγματοποιήθηκε με τη χρήση Terrestrial Laser Scanner, όπου δημιουργήθηκαν νέφη της τάξης των 200.000.000 σημείων, που αποτυπώνουν την ακριβή μορφολογία του πρανούς.

Στην εργασία υπαίθρου επαναλαμβάνεται η τοποθέτηση σημείων ελέγχου και η μέτρηση των συντεταγμένων τους με RTK-GNSS σε πραγματικές συντεταγμένες ΕΓΣΑ'87, μετά από σύνδεση στο δίκτυο SmartNet της Metrica S.A. (**Εικ. 13.2**).

Πιο συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκαν τρεις στάσεις με τον σαρωτή για την αποτύπωση ολόκληρου του πρανούς με μεγάλη ακρίβεια (**Πίν. 13.1**) με αποτέλεσμα την συλλογή τριών νεφών σημείων με 190.595.389, 196.090.012 και 227.784.981 σημεία αντίστοιχα. Επίσης, μετρήθηκαν οι συντεταγμένες δέκα σημείων ελέγχου τα οποία και χρησιμοποιήθηκαν στη συνέχεια για την ένωση των δεδομένων των τριών στάσεων (**Πίν. 13.2**).

Η αποτύπωση του πρανούς πραγματοποιήθηκε σε μέση απόσταση 14 μέτρων από την πρώτη στάση, 40 μέτρων από τη δεύτερη στάση και 8 μέτρων από την τρίτη στάση (**Εικ. 13.3**).

Πίνακας 13.1: Στοιχεία θέσεων τοποθέτησης του Σαρωτή.

Στάσεις Σαρωτή	Συντεταγμένες x	Συντεταγμένες y	Υψόμετρο z
1η Στάση	234.387,2833	4.176.621,962	1,0625
2η Στάση	234.366,5381	4.176.547,718	0,6704
3η Στάση	234.387,3159	4.176.578,144	0,3658

Πίνακας 13.2: Στοιχεία θέσεων σημείων ελέγχου.

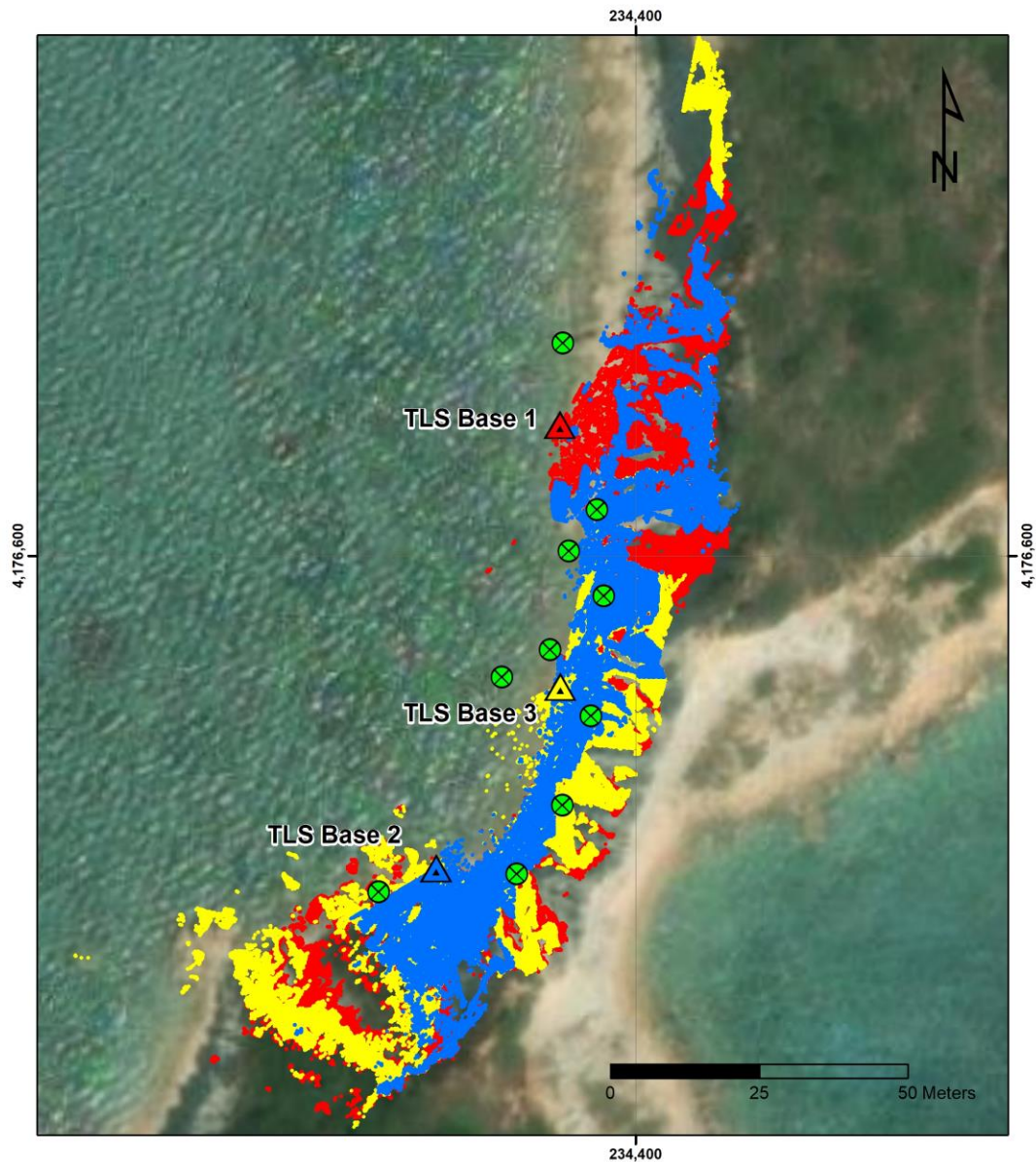
Σημεία Ελέγχου	Συντεταγμένες y	Συντεταγμένες x	Υψόμετρο z
pt2	4.176.607,687	234.393,5029	1,767
pt3	4.176.593,211	234.394,6776	1,6115
pt4	4.176.558,169	234.387,728	2,6319
pt5	4.176.546,637	234.380,0509	3,0377
pt6	4.176.543,617	234.356,8256	1,5179
pt7	4.176.635,611	234.387,7991	0,6421
pt8	4.176.579,635	234.377,5258	0,4165
pt9	4.176.584,188	234.385,6624	0,9355
pt10	4.176.600,723	234.388,814	0,7764
pt12	4.176.573,131	234.392,4657	2,8386



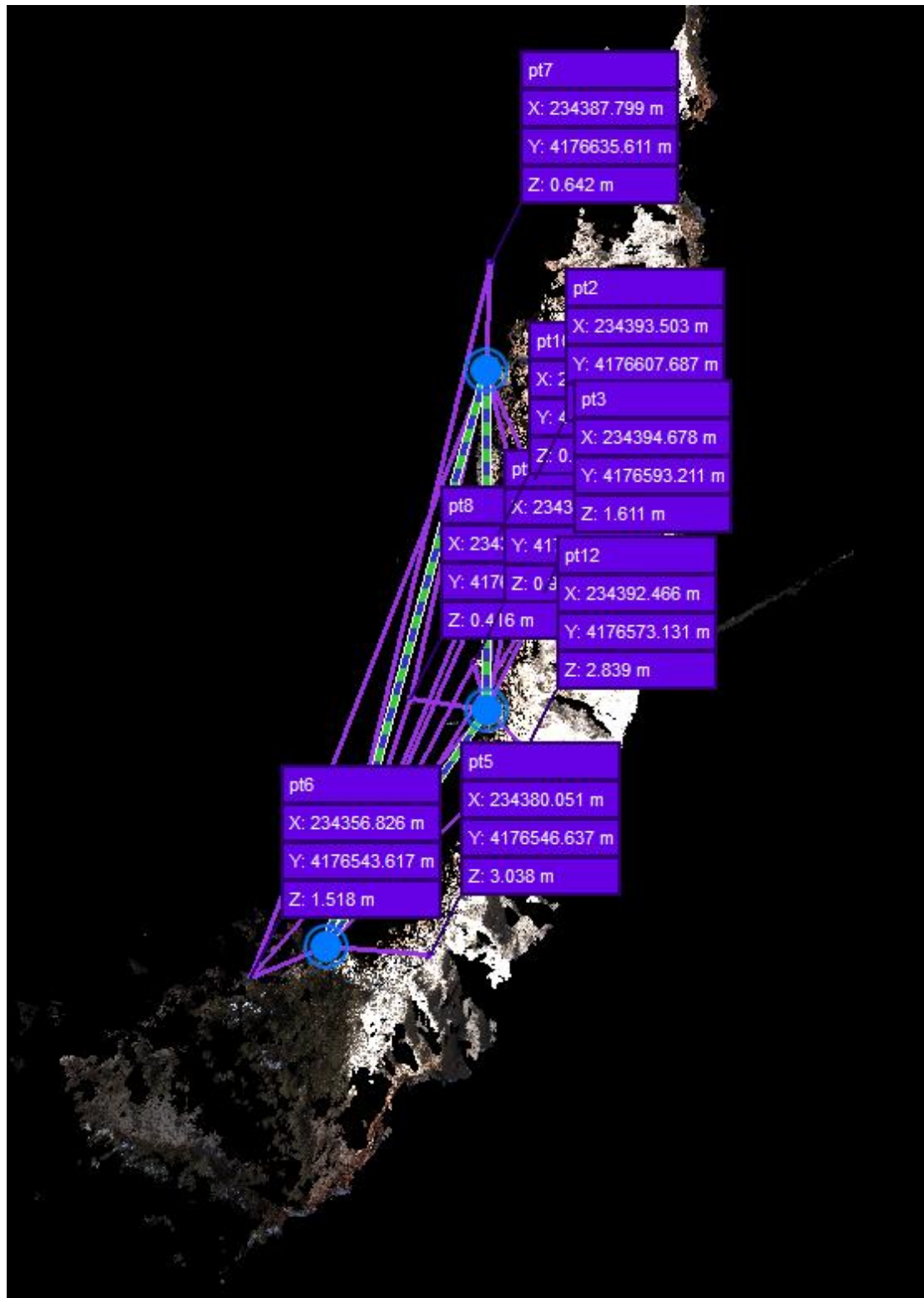
Εικόνα 13.2. Θέσεις σαρωτή και μέτρηση των στοιχείων τους καθώς και των στόχων με τον εξοπλισμό υψηλής ακρίβειας.

Η αποτύπωση ολοκληρώθηκε με την εμβέλεια του σαρωτή λέιζερ να ορίζεται στα 120m για όλες τις στάσεις καθώς η απόσταση των βάσεων από το πρανές δεν υπερέβαινε σε καμία των περιπτώσεων την απόσταση των 120 μέτρων και με ανάλυση στα 1,6mm στα 10m.

Η επεξεργασία των δεδομένων από τις ασκήσεις πεδίου πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του λογισμικού Cyclone Register 360, όπου και έγινε η ένωση των τριών στάσεων και των τριων νεφων σημειων αντιστοιχα (Εικ.13.4).



Εικόνα 13.3. Οι τρεις στάσεις του σαρωτή και τα αντίστοιχα νέφη σημείων (με κόκκινο χρώμα η 1^η στάση, με μπλε η δεύτερη, με κίτρινο χρώμα η 3^η στάση) τοποθετημένες στο χώρο με πραγματικές συντεταγμένες x,y,z στο σύστημα συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87



Εικόνα 13.4. Ενοποίηση των τριών νεφών σημείων.

Η ένωση των νεφών και για τα δύο τμήματα πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο Match Targets, όπου έγινε η χρήση πολλαπλών στόχων και με τη χρήση κοινών στόχων (τουλάχιστον τρεις) ανάμεσα σε δύο διαδοχικές στάσεις κάθε φορά (1^η με 2^η και 1^η με 3^η). Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε η μέθοδο Cloud-to-Cloud, όπου με την εύρεση κοινών σημείων μεταξύ των νεφών (τουλάχιστον 5) γίνεται η αντιστοίχιση όλων των σημείων των νεφών και έτσι βελτιστοποιήθηκε η συνένωση των δεδομένων. Η χρήση στόχων ήταν απαραίτητη και για την γεωαναφορά του τελικού νέφους σημείων.

Κατά την επεξεργασία των δεδομένων ελέγχουμε την απόκλιση που μπορεί να δημιουργηθεί μεταξύ των νεφών σημείων. Το σφάλμα της ενοποίησης των στάσεων σε ένα ενιαίο νέφος σημείων υπολογίστηκε 0,007m, η αλληλοεπικάλυψη υπολογίστηκε 55%, η σχετική ακαμψία του μοντέλου 72% και το σφάλμα των στόχων 0,007m, τιμές που αποκαλύπτουν την υψηλή ποιότητα των δεδομένων (**Εικ. 13.5**).

Στη συνέχεια, πραγματοποιείται η αφαίρεση τυχόν θορύβων και ο καθαρισμός του τελικού νέφους σημείων με τη χρήση του λογισμικού Cyclone 3DReshaper και η διαδικασία γίνεται χειροκίνητα για το βέλτιστο των αποτελεσμάτων.

Bundle Error 0.007 m ✓	
Overlap 55 % ✓	Strength 72 % ✓
Cloud-to-Cloud 0.007 m ✓	Target Error 0.007 m ✓

Εικόνα 13.5. Αριθμητικά αποτελέσματα της επεξεργασίας των δεδομένων

Μετά την ολοκλήρωση της επεξεργασίας των πρωτογενών δεδομένων έχουμε σαν αποτέλεσμα:

- Τη δημιουργία πυκνού νέφους σημείων στο χώρο με 614.470.382 σημεία.
- Εντοπισμό θέσεων δυνητικών καταπτώσεων

Ο Επιστημονικός Υπεύθυνος



Δρ. Ευθύμης Λέκκας

Καθηγητής

Δυναμικής, Τεκτονικής, Εφαρμοσμένης

Γεωλογίας και

Φυσικών Καταστροφών

14. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Alexopoulos, J. D., S. Dilalos, I.-K. Giannopoulos, C. Filis, E. Vassilakis & N. Voulgaris (2023) The Combination of Updated Geotechnical, Seismotectonic and Isoseismal Maps of the Ionian Islands (Greece). *Geosciences*, 13, 218.

Bessin Z, Jaud M, Letortu P, Vassilakis E, Evelpidou N, Costa S, Delacourt C. Smartphone Structure-from-Motion Photogrammetry from a Boat for Coastal Cliff Face Monitoring Compared with Pléiades Tri-Stereoscopic Imagery and Unmanned Aerial System Imagery. *Remote Sensing* [Internet]. 2023;15(15):3824. <https://doi.org/10.3390/rs15153824>

British Petroleum Co., University of Munich & Μιγκίρος, Γ. (1985). Γεωλογικός χάρης της Ελλάδας, «Φύλλο Νήσος Κεφαλληνία (Βόρειο και Νότιο τμήμα)», κλίμακα 1:50000, Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.), Αθήνα.

Diakakis M, Mavroulis S, Filis C, Lozios S, Vassilakis E, Naoum G, Soukis K, Konsolaki A, Kotsi E, Theodorakatu D, et al. Impacts of Medicanes on Geomorphology and Infrastructure in the Eastern Mediterranean, the Case of Medicane Ianos and the Ionian Islands in Western Greece. *Water* [Internet]. 2023;15:1026. <https://doi.org/10.3390/w15061026>

Diakakis M, Vassilakis E, Mavroulis S, Konsolaki A, Kaviris G, Kotsi E, Kapetanidis V, Sakkas V, Alexopoulos J, Lekkas E, et al. An integrated UAS and TLS approach for monitoring coastal scarps and mass movement phenomena. The case of Ionian Islands. In: EGU General Assembly 2022. Vienna, Austria: Copernicus Meetings; 2022. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu22-7536>

Karantanellis, E., V. Marinos, E. Vassilakis & G. Papathanasiou. 2023. Object-based landslide detection and characterization using ML and UAV photogrammetry. In 6th World Landslide Forum, eds. V. Tofani & N. Casagli, 422. Florence, Italy.

Konsolaki, A., E. Vassilakis, E. Karantanellis, K. Asimakopoulou, E. Lekkas & E. Kotsi. 2023. Using multi-temporal digital twins of Navagio beach (Zakynthos Island, Greece) for the detection of rock displacements after the 8.9.2022 earthquake. In 6th World Landslide Forum, eds. V. Tofani & N. Casagli, 845. Florence, Italy.

Kotsi E, Vassilakis E, Diakakis M, Mavroulis S, Konsolaki A, Filis C, Lozios S, Lekkas E. Using UAS-Aided Photogrammetry to Monitor and Quantify the Geomorphic Effects of Extreme Weather Events in Tectonically Active Mass Waste-Prone Areas: The Case of Medicane Ianos. *Applied Sciences* [Internet]. 2023;13(2):812. <https://doi.org/10.3390/app13020812>

Lekkas, E., Danamos, G., Mavrikas, G. (2001). Geological structure and evolution of Cefallonia and Ithaki Islands. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, XXXIV/1, 11-17.

Lekkas, E.L., Mavroulis, S.D. (2015). Earthquake environmental effects and ESI 2007 seismic intensities of the early 2014 Cephalonia (Ionian Sea, western Greece) earthquakes (January 26 and February 3, Mw 6.0). *Nat. Hazards* 78, 1517–1544. <https://doi.org/10.1007/s11069-015-1791-x>

Lekkas, E.L., Mavroulis, S.D. (2016). Fault zones ruptured during the early 2014 Cephalonia Island (Ionian Sea, Western Greece) earthquakes (January 26 and February 3, Mw 6.0)

based on the associated co-seismic surface ruptures. J. Seismol. 20, 63–78. <https://doi.org/10.1007/s10950-015-9510-3>

Mavroulis S, Diakakis M, Kranis H, Vassilakis E, Kapetanidis V, Spingos I, Kaviris G, Skourtsos E, Voulgaris N, Lekkas E. Inventory of Historical and Recent Earthquake-Triggered Landslides and Assessment of Related Susceptibility by GIS-Based Analytic Hierarchy Process: The Case of Cephalonia (Ionian Islands, Western Greece). Applied Sciences [Internet]. 2022;12(6):2895. <https://doi.org/10.3390/app12062895>

Mavroulis S, Vassilakis E, Diakakis M, Konsolaki A, Kaviris G, Kotsi E, Kapetanidis V, Sakkas V, Alexopoulos JD, Lekkas E, et al. The Use of Innovative Techniques for Management of High-Risk Coastal Areas, Mitigation of Earthquake-Triggered Landslide Risk and Responsible Coastal Development. Applied Sciences [Internet]. 2022;12(4):2193. <https://doi.org/10.3390/app12042193>

Mavroulis, S., Stanota, E.-S., Lekkas, E. (2019). Evaluation of environmental seismic intensities of all known historical and recent earthquakes felt in Zakynthos Island, Greece using the Environmental Seismic Intensity (ESI 2007) scale. Quaternary International, 532, 1-22, <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2019.09.006>

Vassilakis E, Konsolaki A, Petrakis S, Kotsi E, Fillis C, Lozios S, Lekkas E. 4D point cloud analysis of the September 2020 Mediane impact on Myrtos beach in Cephalonia, Greece. 5th Joint International Symposium on Deformation Monitoring (JISDM). 2022.

Vassilakis E, Konsolaki A, Petrakis S, Kotsi E, Fillis C, Triantaphyllou M, Antonarakou A, Lekkas E. Combination of close-range remote sensing data (TLS and UAS) and techniques for structural measurements across the deformation zone of the Ionian thrust in Zakynthos Isl. In: 16th International Congress of the Geological Society of Greece. Patras; 2022.

Κωνσταντοπούλου, Γ. (2014). Τεχνικογεωλογική εξέταση των σπηλαίων Μελισσάνης και Δρογκαράτης της Δ.Ε. Σάμης του Δήμου Κεφαλληνίας. Ε.Κ.Β.Α.Α., Ι.Γ.Μ.Ε.Μ., Διεύθυνση Γεωλογίας, Τμήμα Τεχνικής Γεωλογίας, 24 σελ.

Λέκκας, Ε. (1996). Νεοτεκτονικός Χάρτης της Ελλάδας, Φύλλο «Νήσοι Κεφαλονιά-Ιθάκη», κλίμακα 1:100000. Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τομέας Δυναμικής Τεκτονικής και Εφαρμοσμένης Γεωλογίας. Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Κεφαλονιάς, 144 σελ.

Πετρόχειλος, Ι. (1959α). Σπηλαιολογικά έρευνα εις Κεφαλληνίαν. Δελτίον Ελληνικής Σπηλαιολογικής Εταιρείας, τομ. 5, τεύχ. 2-3 (Απρ. - Σεπτ. 1959), 23-70.

Πετρόχειλος, Ι. (1959β). Εκθεσις περί των καρστικών ερευνών εις την νήσον Κεφαλληνίαν. Αθήνα: Υπουργείο Συντονισμού. Ινστιτούτο Γεωλογίας και Ερευνών Υπεδάφους.

Πετροχείλου, Α. (1994). Τα σπήλαια της Ελλάδας. Αθήνα, Εκδοτική Αθηνών.

Σκούρτσος, Εμμ. (2002). Γεωλογική έκθεση της ευρύτερης περιοχής του σπηλαιολογικού πάρκου Σάμης. Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Κεφαλονιάς - Ιθάκης. 52 σελ.

Φραγκόπουλος, Ι., Μαλεφάκης, Ι. (1963). Υδρογεωλογική και γεωχημική μελέτη της νήσου Κεφαλληνίας. Δελτίον Επιστημονικών Ερευνών Αριθμ. 1 (ΥΔ). Γενική Διεύθυνση Γεωργίας, Υπηρεσία Εγγείων Βελτιώσεων, Διεύθυνσις 1, Τμήμα Υδρογεωλογικών, Αθήνα.