

Πρωτόκολλα τεκμηρίωσης βάσει τρισδιάστατης
ψηφιοποίησης διαφορετικών υλικών σε γλυπτά
προπλάσματα του Γιάννη Παππά

Μαρκόπουλος Χρήστος 13074

Τσάγαρη Αναστασία 13029



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
UNIVERSITY OF WEST ATTICA



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΤΕΧΝΩΝ
ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ**

**ΤΜΗΜΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΩΝ ΚΑΙ
ΕΡΓΩΝ ΤΕΧΝΗΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ ΒΑΣΕΙ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ
ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΕ ΓΛΥΠΤΑ
ΠΡΟΠΛΑΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΓΙΑΝΝΗ ΠΑΠΠΑ.**

**ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ : ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ, ΤΣΑΓΑΡΗ
ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ**

Α. Μ. :13074 , 13029

**ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ : ΛΕΩΝΙΔΑΣ ΚΑΡΑΜΠΙΝΗΣ, ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ
ΜΑΚΡΗΣ**

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ, 2021



**UNIVERSITY OF WEST ATTICA
SCHOOL OF FINE ARTS AND CULTURE
DEPARTMENT OF CONSERVATION OF ANTIQUITIES AND
WORKS OF ART**

DIPLOMA THESIS

**DOCUMENTATION PROTOCOLS BASED ON THREE DIMENSIONAL
DIGITIZATION OF DIFFERENT MATERIALS IN SCULPTURE MODELS BY
YIANNIS PAPPAS**

**STUDENTS NAME AND SURNAME : MARCOPOULOS CHRISTOS,
TSAGARI ANASTASIA**

REGISTRATION NUMBER : 13074, 13029

**SUPERVISORS NAME AND SURNAME : LEONIDAS KARAMPINIS,
DIMITRIOS MAKRIS**

ATHENS, JULY, 2021



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΤΕΧΝΩΝ
ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΩΝ ΚΑΙ
ΕΡΓΩΝ ΤΕΧΝΗΣ

ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ ΒΑΣΕΙ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗΣ
ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΕ ΓΛΥΠΤΑ ΠΡΟΠΛΑΣΜΑΤΑ ΤΟΥ
ΓΙΑΝΝΗ ΠΑΠΠΑ

Η πτυχιακή εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή:

Α/α	ΟΝΟΜΑ-ΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΔΑ / ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
1	Αργυροπούλου Β.	Καθηγήτρια	
2	Καραμπίνης Λ.	Αναπληρωτής Καθηγητής	
3	Μακρής Δ.	Επίκουρος Καθηγητής	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/η κάτωθι υπογεγραμμένος/η Τσάγαρη Αναστασία του Λάμπρου , με αριθμό μητρώου 13029 φοιτητής/τρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Εφαρμοσμένων Τεχνών και Πολιτισμού, του Τμήματος Συντήρησης Αρχαιοτήτων και έργων τέχνης , δηλώνω υπεύθυνα ότι: «Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής/διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο/Η Δηλών/ούσα

ΤΣΑΓΑΡΗ ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ

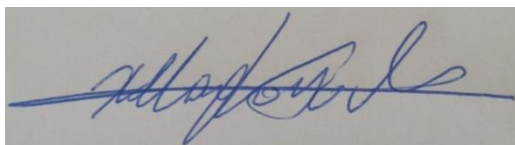


ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/η κάτωθι υπογεγραμμένος/η Μαρκόπουλος Χρήστος του Απόστολου , με αριθμό μητρώου 13074 φοιτητής/τρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Εφαρμοσμένων Τεχνών και Πολιτισμού, του Τμήματος Συντήρησης Αρχαιοτήτων και έργων τέχνης , δηλώνω υπεύθυνα ότι: «Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής/διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο/Η Δηλών/ούσα

ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

A rectangular box containing a handwritten signature in blue ink. The signature is cursive and appears to read 'Markopoulos Christos'.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστούμε θερμά τους επιβλέποντες καθηγητές μας κ. Λεωνίδα Καραμπίνη και Δημήτριο Μακρή, για την υποστήριξή τους και το ενδιαφέρον τους καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της πτυχιακής μας εργασίας.

Επίσης θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους εργαζόμενους του εργαστηρίου του Γιάννη Παππά, καθώς και την επιμελήτρια του μουσείου Ζέττα Αντωνοπούλου και τον Αλέκο Παππά οι οποίοι διευκόλυναν με κάθε δυνατό τρόπο την παρούσα έρευνα, όπως και το Μουσείο Μπενάκη για την άδεια εκτέλεσης των εργασιών.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι τεχνολογίες τρισδιάστατης απεικόνισης γνωρίζουν τις τρεις τελευταίες δεκαετίες ραγδαία ανάπτυξη και βρίσκουν συνεχώς νέα πεδία και τομείς εφαρμογής τους. Ένας από αυτούς είναι η τεκμηρίωση, η συντήρηση, η προστασία, γενικά η διαχείριση τεκμηρίων πολιτιστικής κληρονομιάς. Ειδικά στην επιστήμη της συντήρησης, η τεχνολογία τρισδιάστατης απεικόνισης αναδεικνύεται όλο ένα και πιο έντονα σε ένα πολύτιμο εργαλείο. Η παρούσα πτυχιακή εργασία εντάσσεται στο πλαίσιο της προσπάθειας τρισδιάστατης καταγραφής και απεικόνισης γλυπτών που φιλοτεχνήθηκαν από τον Έλληνα εικαστικό Γιάννη Παππά. Πιο συγκεκριμένα η παρούσα εργασία καταπιάνεται με μια σειρά έξι γλυπτών προπλασμάτων μικρού μεγέθους (<15 εκ.) και διαφορετικών υλικών (γύψος, μπρούντζος, κεραμικό, πλαστελίνη) με θέμα τη μητέρα, το οποίο απασχόλησε αρκετά τον Γιάννη Παππά στην καλλιτεχνική του διαδρομή. Σκοπός της εργασίας είναι η τρισδιάστατη καταγραφή και απεικόνιση των γλυπτών προπλασμάτων με τη μέθοδο της φωτογραμμετρίας (παθητική) και την μέθοδο συστήματος φορητού μικρής εμβέλειας σαρωτή λέιζερ (ενεργητική) και στη συνέχεια η αξιολόγηση και η σύγκριση των αποτελεσμάτων των δύο τεχνικών σε σχέση με την μορφολογία, το υλικό και τα χαρακτηριστικά της υφής και του χρώματος της επιφάνειας των αντικειμένων κυρίως από το πρίσμα της ωφέλειας στην διαδικασία της τεκμηρίωσης και διάγνωσης των παθογενειών. Διερευνάται η επίδραση των διαφορετικών υλικών κατασκευής στην ποιότητα των παραγόμενων τρισδιάστατων μοντέλων.

Στο θεωρητικό μέρος της εργασίας παρουσιάζεται συνολικά η ζωή, το έργο και ο τρόπος εργασίας του Γιάννη Παππά. Ιδιαίτερη αναφορά γίνεται στα προπλάσματα και γλυπτά του θέματος της μητέρας και στον χώρο του εργαστηρίου του Γιάννη Παππά στον οποίο φυλάσσονται και εκτίθενται, εξετάζοντας τις συνθήκες του περιβάλλοντος έκθεσης και διατήρησης. Στη συνέχεια αναλύεται η σημασία και ο ρόλος της τρισδιάστατης καταγραφής και τεκμηρίωσης της πολιτιστικής κληρονομιάς και το γενικό πλαίσιο της ροής εργασιών. Ακολουθεί η περιγραφή των ενεργητικών και παθητικών μεθόδων τρισδιάστατης καταγραφής και των κριτηρίων επιλογής τους. Αναλύονται διεξοδικά οι αρχές λειτουργίας, οι χρησιμοποιούμενοι αλγόριθμοι τόσο της φωτογραμμετρικής μεθόδου όσο και της

τριδιάστατης σάρωσης λέιζερ. Επίσης παρουσιάζονται οι διαφορετικοί τύποι σαρωτών και τα πεδία εφαρμογής τους.

Το θεωρητικό μέρος ολοκληρώνεται με την παράθεση μιας σειράς παραδειγμάτων τρισδιάστατης ψηφιοποίησης τεκμηρίων πολιτιστικής κληρονομιάς με σκοπό την τεκμηρίωση, τον σχεδιασμό και την εκτέλεση εργασιών συντήρησης. Επίσης παρουσιάζονται περιληπτικά εργασίες ανάλογων προσεγγίσεων που μελετούν αντικείμενα παρόμοιων χαρακτηριστικών με παρεμφερείς μεθόδους ψηφιοποίησης και εξαγωγής συμπερασμάτων.

Στο πειραματικό μέρος, αρχικά παρουσιάζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά και η διάταξη του απαιτούμενου εξοπλισμού των δύο μεθόδων για τη διαδικασία λήψης των πρωτογενών δεδομένων και ακολουθεί η λεπτομερής περιγραφή της ίδιας της διαδικασίας.

Τα βήματα της προεπεξεργασίας- επεξεργασίας και μετεπεξεργασίας των πρωτογενών δεδομένων στα σχετικά λογισμικά, έως την τελική εκδοχή των παραγόμενων τρισδιάστατων μοντέλων, παρουσιάζονται πολύ αναλυτικά για κάθε αντικείμενο με τρόπο που θα μπορούσε να φανεί χρήσιμος ως οδηγός για τη διεξαγωγή μιας ανάλογης διαδικασίας στο μέλλον. Εντοπίζονται και αναδεικνύονται τα προβλήματα που προέκυψαν κατά τα στάδια της παραπάνω διαδικασίας και οι τρόποι που αντιμετωπίστηκαν με πλήθος δοκιμών και διαφορετικών προσεγγίσεων.

Τέλος, αναλύονται τα εξαγόμενα συμπεράσματα από την αξιολόγηση και την σύγκριση των αποτελεσμάτων των δύο μεθόδων σε συνάρτηση με τα ιδιαίτερα μορφολογικά χαρακτηριστικά και τα υλικά κατασκευής των αντικειμένων.

Επίσης διατυπώνονται παρατηρήσεις και προτάσεις για τη βελτιστοποίηση της όλης διαδικασίας και μελλοντικών προσεγγίσεων για αντικείμενα παρόμοιων χαρακτηριστικών, αλλά και για τα ίδια τα γλυπτά προπλάσματα της παρούσας εργασίας.

Λέξεις κλειδιά: τρισδιάστατη απεικόνιση, τεκμηρίωση, φωτογραμμετρία, πρόπλασμα, διάγνωση, υλικά.

ABSTRACT

3D imaging technologies have been growing rapidly over the last three decades and are constantly finding new fields and areas of application. One of them is the documentation, the conservation, the protection, in general the management of cultural heritage items. Especially in the science of maintenance, 3D imaging technology is becoming more and more of a valuable tool. This dissertation is part of the context of the effort of three-dimensional recording and illustration of sculptures created by the Greek artist Giannis Pappas. More specifically, the present work deals with a series of six sculptures models of small size (<15 cm.) and different materials (plaster, bronze, ceramic, plasticine) with the theme of the mother, which occupied a lot of Giannis Pappas in his artistic career. Its purpose The aim of the work is the three-dimensional recording and display of the sculptural models with the method of photogrammetry (passive) and the method of portable system of short-range laser scanner (active) and then the evaluation and comparison of the results of the two techniques in relation to the morphology, the material and the characteristics of the texture and the color of the surface of the objects mainly from the prism of the benefit in the process of documentation and diagnosis of pathogens. The effect of different construction materials on the quality of the three-dimensional models produced is investigated. The theoretical part of the work presents the life, work and the way of work of Giannis Pappas. Special reference is made to the models and sculptures of the mother theme and in the laboratory of Giannis Pappas in which they are kept and exhibited, examining the conditions of the exhibition and conservation environment. Then the importance and role of the three-dimensional recording and documentation of cultural heritage and the general context of the workflow are analyzed. The following is a description of the active and passive 3D recording methods and their selection criteria. The operating principles, the algorithms used of both the photogrammetric method and the three-dimensional laser scanning are analyzed in detail. Also presented are the different types of scanners and their fields of application. The theoretical part concludes with a series of examples of 3D digitization of cultural heritage items for the purpose of documentation, design and execution of conservation work. Also presented are summaries of similar approaches that study objects of similar characteristics with similar methods of digitization and drawing conclusions. In the experimental part, first

the technical characteristics and the layout of the required equipment of the two methods for the process of obtaining the primary data are presented, and the detailed description of the process itself follows. The steps of pre-processing and post-processing of primary data in the relevant software, to the final version of the produced 3D models, are presented in great detail for each object in a way that could be useful as a guide for conducting a similar process in the future. The problems that arose during the stages of the above process and the ways that were addressed with a number of tests and different approaches are identified and highlighted.

Finally, the conclusions drawn from the evaluation and comparison of the results of the two methods in relation to the particular morphological characteristics and the construction materials of the objects are analyzed. Remarks and suggestions are also made for the optimization of the whole process and future approaches for objects of similar characteristics, but also for the sculptural models of the present work.

Key words: 3D documentation, optical laser scanning, photogrammetry, model, construction materials.

Περιεχόμενα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	7
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	8
ABSTRACT.....	10
Εισαγωγή.....	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	16
1.1 Η ζωή και το έργο του Γιάννη Παππά.....	16
1.2 Μέθοδος εργασίας του γλύπτη.....	33
1.3 Τα γλυπτά με το θέμα της Μητέρας - Προπλάσματα.....	34
1.4 Χώρος Έκθεσης - Συνθήκες Διατήρησης.....	36
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	38
2.1 Ψηφιακή τρισδιάστατη τεκμηρίωση πολιτισμικής κληρονομιάς.....	38
2.2 Ροή διεργασιών τρισδιάστατης αποτύπωσης.....	40
2.3 Οπτικός εμπλουτισμός του 3-D μοντέλου (μετεπεξεργασία).....	42
2.4 Παθητικές και ενεργητικές μέθοδοι τρισδιάστατης ψηφιοποίησης.....	42
2.5 Οπτικοί τρισδιάστατοι σαρωτές λέιζερ.....	45
2.6 Σαρωτές δομημένου φωτός.....	52
2.7 Οι σαρωτές χρόνου πτήση σχήματος ή παλμού.....	53
2.8 Υλικά και σάρωση λέιζερ (γεωμετρία και ιδιότητες).....	55
2.9 Φωτογραμμετρική μέθοδος.....	58
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	66
3.1 Παραδείγματα τρισδιάστατης ψηφιοποίησης πολιτιστικών υλικών αγαθών.....	66
3.2 Συντήρηση και Τρισδιάστατη Ψηφιοποίηση.....	70
3.3 Ανάλογες προσεγγίσεις.....	78
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	84
4.1 Μελέτη περίπτωσης προπλασμάτων μητέρες.....	84
4.2 Λήψη δεδομένων φωτογραμμετρίας.....	85
4.3 Επεξεργασία δεδομένων φωτογραμμετρίας.....	89
4.4 Τρισδιάστατη σάρωση με λέιζερ.....	94
4.5 Λήψη δεδομένων γλυπτών προπλασμάτων με οπτικό σαρωτή λέιζερ.....	101
4.6 Προ Επεξεργασία – Επεξεργασία Δεδομένων.....	104
4.7 Μετεπεξεργασία Δεδομένων.....	106
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	110
5.1.1 Παρουσίαση γύψινου προπλάσματος 244.....	110
5.1.2 Φωτογραμμετρία (γύψινο πρόπλασμα 244).....	129

5.2.1 Παρουσίαση του γύψινου προπλάσματος (243)	143
5.2.2 Φωτογραμμετρία (γύψινο πρόπλασμα 243).....	164
5.3.1 Παρουσίαση του κεραμικού προπλάσματος 316	172
5.3.2 Φωτογραμμετρία (κεραμικό πρόπλασμα 316)	189
5.4.1 Παρουσίαση του προπλάσματος από πλαστελίνη 321.....	203
5.4.2 Φωτογραμμετρία (πρόπλασμα από πλαστελίνη 321)	230
5.5.1 Παρουσίαση του μπρούτζινου προπλάσματος 256	240
5.5.2 Φωτογραμμετρία (μπρούτζινο πρόπλασμα 256).....	257
5.6.1 Παρουσίαση του μπρούτζινου προπλάσματος 245	271
5.6.2 Φωτογραμμετρία (μπρούτζινο πρόπλασμα 245).....	291
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	301
6.1 Συμπεράσματα.....	301
6.2 Προτάσεις βελτίωσης της διαδικασίας λήψης πρωτογενών δεδομένων.....	318
6.3 Προτάσεις για συνέχιση της έρευνας.....	320
ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	321
ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	322

Εισαγωγή

Ο ρόλος της επιστήμης της συντήρησης είναι η διατήρηση και η προστασία τόσο των υλικών όσο και των άυλων αξιών των πολιτιστικών τεκμηρίων και πρωτίστως η διάσωσή τους. Με βάση τα παραπάνω ο συντηρητής καλείται να δώσει εξειδικευμένες λύσεις και απαντήσεις στα προβλήματα κάθε πολιτιστικού τεκμηρίου. Το πλαίσιο αυτών των απαντήσεων καθορίζεται από τη σημερινή κατάσταση διατήρησης, τα υλικά κατασκευής, την παθολογία, τη χρήση, τη διαδρομή στο χρόνο και την ανάδειξη των πολιτισμικών τεκμηρίων αλλά και από τον δεοντολογικό κώδικα του επαγγέλματος του συντηρητή. Η εξέλιξη της επιστήμης της συντήρησης είναι άμεσα συνδεδεμένη/συναρτώμενη με την ανάπτυξη συναφών επιστημονικών τομέων, όπως της επιστήμης των υλικών, της αρχαιομετρίας, των κοινωνικών και ιστορικών επιστημών, της αρχαιολογίας και των διαγνωστικών και απεικονιστικών μεθόδων.

Η ανάπτυξη της ψηφιακής τρισδιάστατης τεχνολογίας βρίσκει συνεχώς περισσότερες εφαρμογές στον τομέα της επιστήμης της συντήρησης. Η τρισδιάστατη αποτύπωση, τεκμηρίωση και εκτύπωση αντικειμένων βοηθά σημαντικά την διάγνωση φθορών, την αποκατάσταση, την ανάταξη, τη συμπλήρωση και την αντιγραφή αντικειμένων πολιτιστικής κληρονομιάς. Βοηθούν επίσης οι προσεγγίσεις να είναι μη καταστρεπτικές και μη επεμβατικές, παρέχοντας τη δυνατότητα μελέτης των αντικειμένων χωρίς επαφή και περιορισμούς. Η συμβολή τους είναι καταλυτική στις υποθέσεις ανακατασκευής, συμπληρώσεων, απωλειών κ.λπ., έτσι ώστε ο συντηρητής να καταλήξει στην βέλτιστη προσέγγιση χωρίς το ίδιο το αντικείμενο να υφίσταται φθορές. Τα πολιτιστικά τεκμήρια που μελετάμε στην παρούσα εργασία, είναι μια σειρά έξι γλυπτών προπλασμάτων του Έλληνα εικαστικού Γιάννη Παππά, μικρών διαστάσεων και κατασκευασμένα από διαφορετικά υλικά. Ο Γιάννης Παππός είναι ένας από τους σημαντικότερους Έλληνες καλλιτέχνες της σύγχρονης ελληνικής τέχνης. Έχει φιλοτεχνήσει πλήθος γλυπτών που κοσμούν πολλές γωνιές της Ελλάδας. Το θέμα των προπλασμάτων είναι η μητέρα που τον απασχόλησε ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια της καλλιτεχνικής του διαδρομής. Στην παρούσα εργασία διερευνώνται η τρισδιάστατη καταγραφή και αναπαράσταση των προπλασμάτων με δύο διαφορετικές μεθόδους, τη φωτογραμμετρία και την τρισδιάστατη σάρωση οπτικού σαρωτή λέιζερ, με σκοπό την αξιολόγηση, σύγκριση των δύο μεθόδων σε σχέση με τα ιδιαίτερα

μορφολογικά, γεωμετρικά χαρακτηριστικά των προπλασμάτων αλλά και σε σχέση με τα διαφορετικά υλικά κατασκευής τους. Στα πρώτα κεφάλαια γίνεται μια συνοπτική παρουσίαση της καλλιτεχνικής πορείας του γλύπτη Γιάννη Παππά με ιδιαίτερη αναφορά στα έργα του σε σχέση με το θέμα της μητέρας. Περιγράφεται ο χώρος και οι συνθήκες φύλαξης των γλυπτών και η κατάσταση διατήρησής τους. Στα επόμενα κεφάλαια παρουσιάζονται οι αρχές λειτουργίας των παθητικών και ενεργητικών μεθόδων τρισδιάστατης καταγραφής και αναπαράστασης και τονίζονται οι δυνατότητες και ιδιαιτερότητές τους. Εξετάζεται η χρήση και η συμβολή της τρισδιάστατης αναπαράστασης στην επιστήμη της συντήρησης μέσα από την παρουσίαση μιας σειράς παραδειγμάτων εφαρμογής της και εργασιών ανάλογων προσεγγίσεων πολιτιστικών τεκμηρίων με παρόμοια χαρακτηριστικά με των γλυπτών προπλασμάτων που μελετάμε. Στα επόμενα κεφάλαια γίνεται μια διεξοδική περιγραφή της μεθοδολογικής προσέγγισης που έχει ως αφετηρία τη συλλογή των πρωτογενών δεδομένων, ακολουθεί η επεξεργασία και η μετεπεξεργασία τους και ολοκληρώνεται με τη δημιουργία των τελικών τρισδιάστατων μοντέλων. Η παρουσίαση είναι πολύ αναλυτική και επιχειρεί την αποτίμηση κάθε σταδίου και εξηγώντας τους λόγους επαναπροσέγγισης, όπου τα αποτελέσματα δεν ήταν ικανοποιητικά. Τέλος, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που βασίζονται πάνω στη σύγκριση και στην αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των δύο μεθόδων, σε σχέση με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε προπλάσματος ως προς την υφή, το χρώμα, το υλικό κατασκευής και τη μορφολογία του έτσι ώστε να είναι δυνατή μια συνολική αξιολόγηση της ακολουθούμενης διαδικασίας. Η αξιολόγηση και η αποτίμηση των τελικών τρισδιάστατων μοντέλων των δύο μεθόδων γίνεται μέσα από το πρίσμα της χρήσης τους στην τεκμηρίωση και τη διάγνωση στα πλαίσια των εργασιών συντήρησης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 Η ζωή και το έργο του Γιάννη Παππά

Ο Γιάννης Παππάς γεννήθηκε στην Κωνσταντινούπολη στις 12 Μαρτίου το 1913. Ο πατέρας του Αλέξανδρος διακρίθηκε στην ιατρική, την πολιτική και τη διπλωματία και η μητέρα του Ελένη ήταν μια αριστοκρατική φυσιογνομία, που την χαρακτήριζε η ελληνική αγωγή και η πνευματική καλλιέργεια. Ο Γιάννης Παππάς παντρεύτηκε την Ειρήνη Παπάγου, κόρη του Αλέξανδρου Παπάγου με την οποία απέκτησε τον γιο του Αλέξανδρο. Η μόρφωση και η παιδεία των παιδικών χρόνων του γλύπτη ήταν τυπική των μεγαλοαστικών ελληνικών οικογενειών των Κωνσταντινουπολιτών και περιλάμβανε τη μελέτη ελληνικών, γαλλικών, μουσικής, καλλιγραφίας. Μετά τη μικρασιατική καταστροφή η οικογένεια Παππά καταλήγει στην Αθήνα που γρήγορα βρίσκει τον βηματισμό της στο νέο περιβάλλον.¹



Εικ.1: Στην Πρίγκηπο με τη μητέρα του.



Εικ. 1: Ο Γιάννης Παππάς σε παιδική ηλικία.

Οι πρώτες καλλιτεχνικές του απόπειρες ξεκινούν στην εφηβική ηλικία στον τομέα της γλυπτικής και της ζωγραφικής. Ο γλύπτης Κώστας Δημητριάδης υπήρξε φίλος του πατέρα του και φαίνεται ότι αποτέλεσε πρότυπο για τον Γιάννη Παππά.

¹Αντωνοπούλου, 2014, 23-31.



Εικ. 2: Χρυσάνθεμα, ελαιογραφία, 65x45 εκ., Αθήνα, 1927.



Εικ. 3: Πρωτόθετος, 49x34,5 εκ., Αθήνα, 1927.

Σε ηλικία 17 ετών αναχωρεί για το Παρίσι, τη μητρόπολη των τεχνών για να σπουδάσει νομικά. Σύντομα στρέφεται προς τη ζωγραφική και τη γλυπτική και τελικά γίνεται δεκτός στην *École Nationale Supérieure des Beaux Arts* στο Παρίσι και μαθητεύει εκεί από το 1930 έως το 1937 ενώ εγκαταλείπει τις σπουδές του στη Νομική σχολή. Δάσκαλος του ήταν ο *Jean Boucher*, τον οποίο ο Παππάς θεωρούσε έναν από τους τελευταίους εκπροσώπους της γαλλικής σχολής γλυπτικής του 19ου αιώνα. Η αυστηρότητα του χαρακτήρα και η αγάπη για το σχέδιο ήταν χαρακτηριστικά και των δύο.



Εικ. 4: Ο *Jean Boucher* (κέντρο) με τους μαθητές του.

Ο Γ. Παππάς πάνω, δεύτερος από αριστερά.



Εικ. 5: Ο Γ. Παππάς στο εργαστήριο του *Jean Boucher*.

Archives de l'école Nationale Supérieure des Beaux Arts, αρχειομικροφωτογράφισης *Jean Boucher* 270-273, Aj 52-24

Μελέτησε και επηρεάστηκε από το έργο των *Da Vinci, Hugo, Verrocchio, Boticelli, Van Gogh, Michelangelo, Holbein, Direr, Rembrandt, Ruben, Goya, Lyvrer, Degas, Rodin*. Στο Παρίσι μελετά τη μουσειακή τέχνη ως συστηματική μέθοδο που συμπληρώνει την κλασική ακαδημαϊκή παιδεία των σχολών, ακαδημιών και εργαστηρίων όπως την ανατομία των αλόγων και τον τρόπο που σχετίζονται με τον αναβάτη. Μελετά τα έργα μεγάλων καλλιτεχνών όπως του *Veronese, Michelangelo, Rubens, Roussin* κ. ά. Αντιγράφει συνθέσεις τους εστιάζοντας στη σύνθεση και στο χρώμα. Παράλληλα ζωγραφίζει ελεύθερα πειραματιζόμενος, δοκιμάζοντας την ικανότητα και τα όριά του. Ως νεαρός σπουδαστής βρίσκεται στο κέντρο των καλλιτεχνικών ζυμώσεων της εποχής².

Η εργασία του αυτή την εποχή επικεντρώνεται σε πορτρέτα και αγάλματα. Διατηρεί φιλική σχέση με τον Μόραλη και τον Καπράλο οι οποίοι υπήρξαν και μοντέλα του. Πολλά έργα αυτής της περιόδου δεν σώζονται.



Εικ. 6: Ο ζωγράφος Γιάννης Μόραλης. Μπρούτζος, 2,06 x 0,52 x 0,495 μ. Γιάννης Παππάς (ΕΓΠ_79). https://www.benaki.org/images/collectionitem/328535/sizes/328535_628883_1000_1000_inner.jpg



Εικ. 7: Ο γλύπτης Χρήστος Καπράλος. Μπρούτζος, 1,74 x 0,70 μ. Γιάννης Παππάς (ΕΓΠ_2) https://www.benaki.org/images/collectionitem/328447/sizes/328447_543596_1000_1000_inner.jpg

²Αντωνοπούλου, 2014, 32-48.

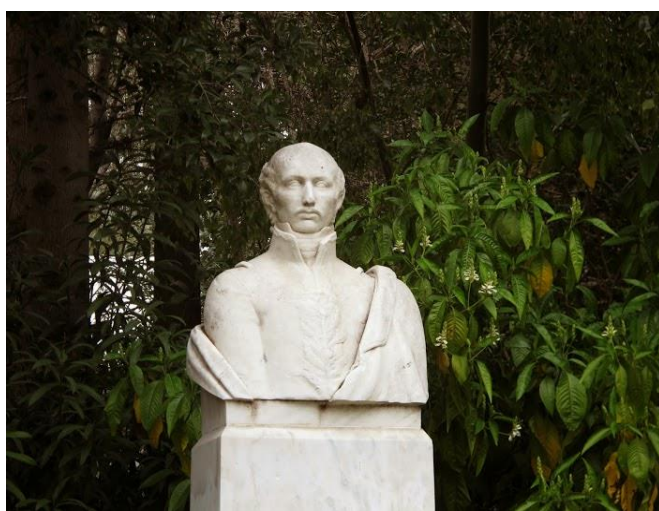


Εικ. 8: Μελέτη από το έργο του LeonardoDaVinci «Η Λήδα και ο κύκνος». Λάδι σε χαρτόνι 34,8x26,8 εκ. Παρίσι, 1936.

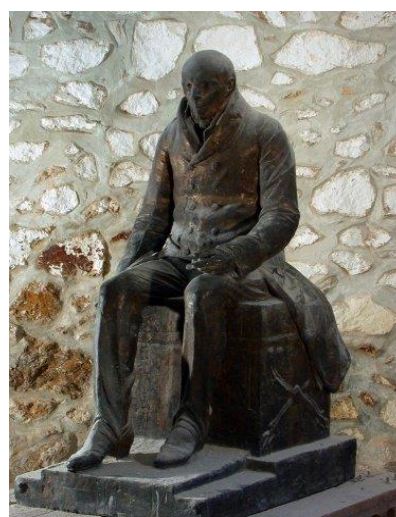


Εικ. 9: Αυτοπροσωπογραφία. Λάδι σε χαρτόνι 46 x 38 εκ. Παρίσι, 1934.

Η διάκρισή του σε καλλιτεχνικές εκθέσεις, ενδεχομένως και οι προσωπικές γνωριμίες της ομογένειάς του, έδωσαν την ευκαιρία στον Παππά να αναλάβει παραγγελίες για τη φιλοτέχνηση μνημείων σε δημόσιο χώρο όπως των Λεωνίδα Μίχαλου και Δημήτριου Υψηλάντη και ο ανδριάντας του Αδαμάντιου Κοραή.



Εικ. 10: Προτομή Δημήτριου Υψηλάντη. Μάρμαρο, Πεδίο του Άρεως, Αθήνα, 1937.
http://cmartius.blogspot.com/2015/03/blog-post_71.html



Εικ. 11: Κοραής. Μπρούτζος, 1,60 x 0.78 x 1,17 μ. εργαστήριο Γιάννη Παππά (ΕΓΠ_91) 1937.
https://www.benaki.org/index.php?option=com_collectionitems&view=collectionitem&id=106512&Itemid=544&lang=el

Το 1937 έλαβε μέρος στο *Salond' Automne* και το 1939 στην Β' καλλιτεχνική έκθεση στο Ζάμπειο και βραβεύτηκε με χρυσό μετάλλιο στη Διεθνή Έκθεση στο Παρίσι το 1937. Το καλοκαίρι του 1939 επιστρέφει από το Παρίσι στην Ελλάδα προκειμένου να υπηρετήσει τη στρατιωτική του θητεία. Συμμετείχε στην τελευταία προπολεμική πανελλήνια καλλιτεχνική έκθεση. Του απονεμήθηκε το Α' βραβείο γλυπτικής. Επίσης εξέθεσε για πρώτη φορά μια ελαιογραφία (πορτρέτο) στο τμήμα ζωγραφικών. Μετά την ολοκλήρωση της θητείας πολέμησε, στο ελληνοϊταλικό μέτωπο και τον Μάιο του 1942 επιστρέφει πεζός στην Αθήνα. Κατά τη διάρκεια της κατοχής εργάζεται στο νεόδμητο εργαστήριο του στου Ζωγράφου, οδός Ανακρέοντος 38³.

Το 1942 πεθαίνει ο πατέρας του, βαραίνοντας ακόμα περισσότερο τη δυσάρεστη μελαγχολική ατμόσφαιρα. Δημιουργεί σχέδια, χαρακτηριστικά της κατοχής και εργάζεται σκληρά στη γλυπτική. Χρησιμοποιεί ως μοντέλα τους γείτονες και τα γειτονόπουλά του. Το πνεύμα της εποχής εντείνει την ανάγκη αναφοράς σε ελληνικό-πατριωτικό πρότυπο. Τότε μελετά την μορφή του έφιππου Μέγα Αλέξανδρου ως μεγάλου Έλληνα εκπολιτιστή. Το 1943 λαμβάνει μέρος στην πανελλήνια επαγγελματική έκθεση με γλυπτά και ζωγραφικά έργα.



Εικ. 13: Μελέτη σε πηλό του έφιππου Μεγάλου Αλεξάνδρου.



Εικ.14: Η Ακρόπολη στην κατοχή. Υδατογραφία, 26,8 x 47,5 εκ.



**Εικ.15: Κούρος της Κατοχής. Άγαλμα, 1,62 x 0,475 x 0,52 μ. Γιάννης Παππάς, 1943. (ΕΓΠ_12).
https://www.benaki.org/images/collectionitem/328457/sizes/328457_543591_1000_1000_inner.jpg**

Η Ελλάδα απελευθερώνεται και ξεκινούν τα χρόνια του εμφυλίου, κατά τη μάχη της Αθήνας που ακολουθούν τα Δεκεμβριανά το κτήριο του εργαστηρίου του καταλαμβάνεται από τον ΕΛΑΣ και λεηλατείται. Στη συνέχεια συλλαμβάνεται από τη χωροφυλακή ως ύποπτος. Μετά από μέρες και διαπραγματεύσεις αφήνεται ελεύθερος και υπηρετεί ως ναύτης στην Ανωτέρα Ναυτική Διοίκηση Αλεξάνδρειας. Αποφάσισε να παραμείνει στην Αίγυπτο όπου γνωρίζει τον αιγυπτιακό πολιτισμό και την ακμάζουσα ελληνική κοινότητα. Μισθώνει δικό του εργαστήριο και εργάζεται εκεί ενώ αναλαμβάνει παραγγελίες γλυπτικής⁴.

⁴Αντωνοπούλου, 2014, 49-54.

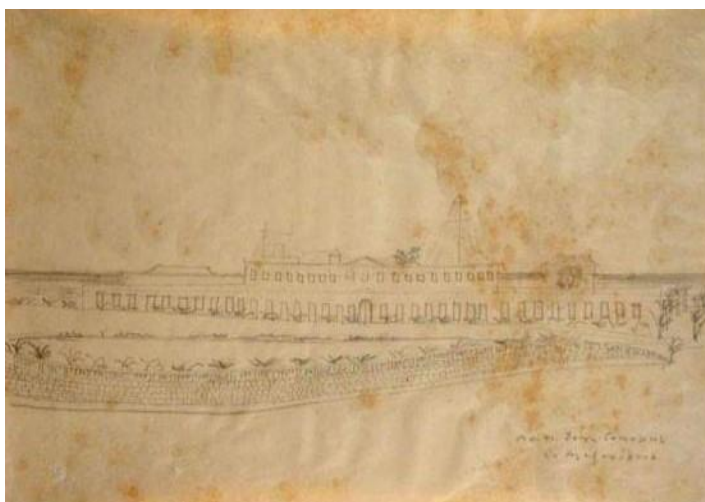
Στην περίοδο της Αιγύπτου ο Γιάννης Παππάς μελετά την αρχαία αιγυπτιακή τέχνη και αρχιτεκτονική, τα μνημεία και τα μουσειακά εκθέματα. Με αφετηρία το σχέδιο προσεγγίζει τη ζωγραφική και τα γλυπτικά θέματα. Τα σχέδια της εποχής που μελετήθηκαν είναι περίπου 1500 και αφορούν αιγυπτιακές αρχαιότητες και μνημεία, τόπους, πρόσωπα Αιγυπτίων, ευρωπαίων και Ελλήνων, μελέτες γλυπτών έργων.



Εικ. 16: Μνημείο του Ραμσή Β', σκίτσο με μελάνι, Λούξορ, 31,7 x 25εκ.
(ΑΓΠ,α/α 5880).



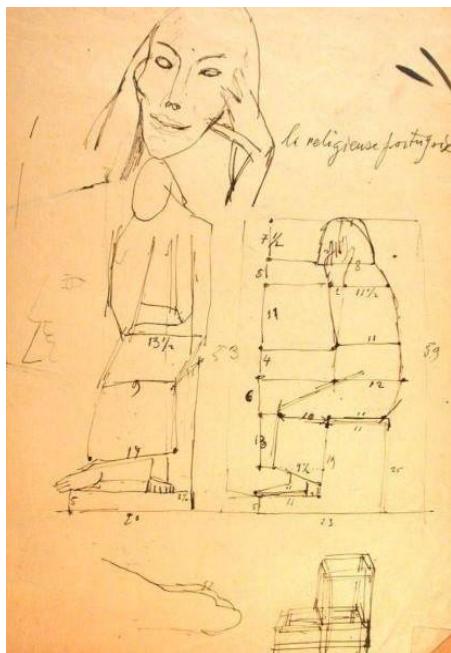
Εικ. 17: Ιέρεια, σκίτσο με μαική τεχνική, 27 x 21 εκ. (ΑΓΠ α/α 3683).



Εικ. 18: Ναυτική Σχολή Αλεξάνδρειας, σκίτσο με μολύβι, 20,4 x 33εκ.
(ΑΓΠ,α/α 6323).



Εικ. 19: Αζίζα, σκίτσο με μολύβι σε σελίδα ημερολογίου έτους 1946, 13,5 x 21,7εκ.
(ΑΓΠ,α/α 342).



Εικ. 20: Αιγύπτια καθιστή, σκίτσο με μελάνι 34,9 x 24,9 εκ.
Φαίνονται οι μετρήσεις του μικρού αγάλματος για τη
μεγέθυνση.



Εικ.21: Γειτονοπούλα της Αλεξάνδρειας, σκίτσο με
κάρβουνο, 50x35 εκ. (ΑΓΠ.α/α 186).



Εικ. 122: *Ναύτης που κοιμάται, μεικτή τεχνική, 33x4 εκ.(ΑΓΠ,α/α 6313).*



Εικ. 133: *Μελέτη ανάγλυφών του Μνημείου Πεσότων (ΑΓΠ,α/α 5868).*

Κατά την παραμονή στην Αλεξάνδρεια για τον Παππά η ζωγραφική αποτελεί διέξοδο σε στιγμές κούρασης, φόρτισης, πίεσης ή χαράς. Η ζωγραφική του είναι έντονα εκφραστική και αρκετές φορές συμβολική. Τα υλικά μέσα που χρησιμοποιεί είναι απλά. Πειραματίζεται αρκετά και πολλά έργα παραμένουν ανολοκλήρωτα. Το θέμα των συνθέσεων είναι ανθρώπινες φιγούρες και πρόσωπα. Τα περισσότερα γίνονται με μοντέλο. Διασώζονται 93 ζωγραφικά έργα αυτής της περιόδου. Σε αυτά διακρίνονται οι πειραματισμοί και οι αναζητήσεις του καλλιτέχνη στη σύνθεση, στο χρώμα και στη χρήση του φωτός. Η κλίμακα των έργων είναι στο ανθρώπινο μέτρο και οι συνθέσεις του κινούνται στο πλαίσιο της καθημερινότητας⁵.

⁵Αντωνοπούλου, 2014, 54



Εικ. 144:Ναύτης, λάδι σε ξύλο, 46,5 x 29,2 εκ.,
Αίγυπτος 1945. Ιδιωτική συλλογή.



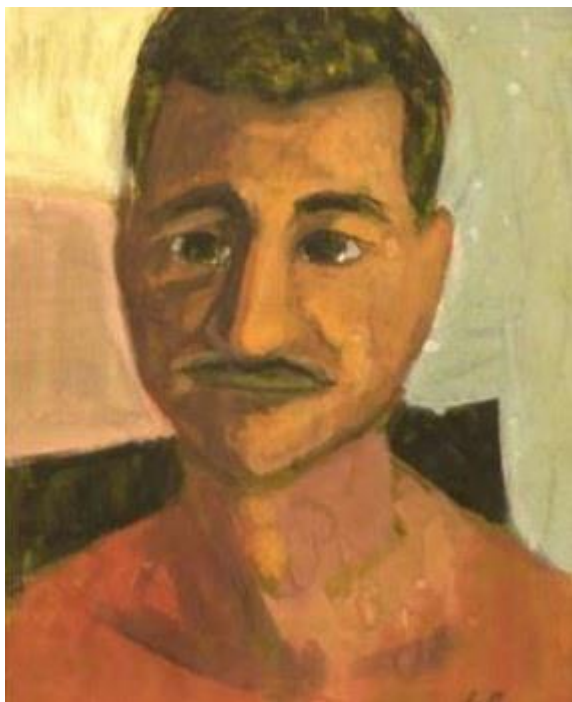
Εικ. 155:Δύο κορίτσια, κόλλα και sanguine σε λινάτσα,
178 x 115 εκ. Αίγυπτος 1945-1952.
Εργαστήριο Γιάννη Παππά -Μουσείο Μπενάκη,ΕΓΠ_1412.



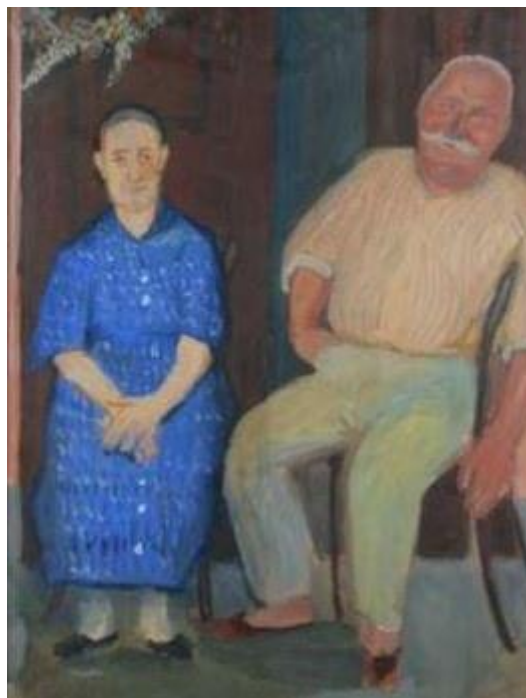
Εικ. 16:Τζένη, 1947. Αγαλμα, 1,15 x 0,41 x 0,35 μ.
(ΕΓΠ_7).https://www.benaki.org/images/collectionitem/328452/sizes/328452_524103_1000_1000_inner.jpg



Εικ. 27:Ραγκέμπ (μοντέλο στο εργαστήριο), κόλλα
σε χαρτί, 64,6 x 50 εκ. Αίγυπτος 1945-1952.
Ιδιωτική συλλογή.



**Εικ. 28:Κόπτης, κόλλα σε Hardboard, Αίγυπτος 1952.
Ιδιωτική συλλογή.**



**Εικ.29: Έλληνες της Αλεξάνδρειας, κόλλα σε
Hardboard, 65,3 x 50εκ. Αίγυπτος 1951.
Εργαστήριο Γιάννη Παππά -
Μουσείο Μπενάκη,ΕΓΠ_499.**

Το 1952 ο Γιάννης Παππάς επέστρεψε οριστικά στην Αθήνα και συγκέντρωσε το έργο του στο εργαστήριό του, στου Ζωγράφου. Σημαντικοί σταθμοί στη ζωή του είναι ο γάμος του με την ειρήνη Παπάγου το 1954 και η γέννηση του γιού του Αλέκου το 1955. Το 1953 εκλέγεται καθηγητής στη σχολή Καλών Τεχνών. Την δεκαετία 1954-1956 διατέλεσε υποδιευθυντής της σχολής και το 1956-1957 διευθύνων υποδιευθυντής. Το 1959 εκλέγεται διευθυντής και παραμένει σε αυτή τη θέση για πέντε συνεχόμενες διετίες (1954-1969). Εργάστηκε σκληρά με ενθουσιασμό για την αναδιοργάνωση της ΑΣΚΤ⁶. Εκτός από τη συνεισφορά του στο διδακτικό έργο κατά τη διάρκεια της διοίκησής του, εκσυγχρονίστηκε το κεντρικό κτίριο της σχολής, αποκαταστάθηκαν οι υπόγειοι χώροι στην αρχική τους μορφή και δημιουργήθηκε η αίθουσα βιβλιοθήκης. Λειτουργήσαν και ανακαινίστηκαν οι καλλιτεχνικοί σταθμοί της ΑΣΚΤ της Ύδρας ,της Μηθύμνης Λέσβου και των Δελφών. Επίσης ολοκληρώθηκε ο προγραμματισμός, η επάνδρωση και η λειτουργία των φροντιστηριακών εφαρμογών. Το

⁶Καψάλης, 2002.

εργαστήριό του ήταν ένας χώρος μαθητείας και πειραματισμού, όπου εργάζονταν οι μαθητές του στα έργα που αναλάμβανε⁷.



Εικ. 30: Με μαθητές στη σχολή κάλων τεχνών.

<https://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/getPicture?id=35380&p=655&r=0>

Στα χρόνια που ακολουθούν κυριάρχησε στον χώρο της γλυπτικής. Φιλοτέχνησε πολλά έργα που ήταν ελεύθερες μελέτες και παραγγελίες από την Ελλάδα και το εξωτερικό. Αρχικά ως μοντέλα γλυπτικής χρησιμοποιεί μέλη της οικογένειάς του και από τα μέσα της δεκαετίας του '50 εργάζεται με μοντέλα της σχολής αλλά και μαθητών του που ποζάρουν για αυτόν. Μετά τη γέννηση του γιου του, το 1955, αρχίζει η ενασχόλησή του με το γλυπτικό θέμα της μητέρας⁸.

⁷Αντωνοπούλου, 2014, 55-58.

⁸Αντωνοπούλου, 2014, 56-60.



Εικ. 31 Σπουδή για άγαλμα της Μητέρας. Γύψος, 0,56 x 0,17 x 0,29 μ. Αθήνα, 1955-1958. Γιάννης Παπάς (ΕΓΠ_325).
https://www.benaki.org/images/collectionitem/328787/sizes/328787_629092_1000_1000_inner.jpg

Τη δεκαετία του '60 αναλαμβάνει και ολοκληρώνει τον ανδριάντα του Ελευθέριου Βενιζέλου. Φιλοτεχνεί πολλούς ανδριάντες επιφανών προσώπων όπως του Νικόλαου Πλαστήρα (1964-1965) στην Καρδίτσα και του Πατριάρχη Χρύσανθου (1968) στην Κομοτηνή. και πολλές προτομές, όπως του Αιμίλιου Βεάκη (1964) και του Αντώνη Μωραΐτη (1965)⁹. Το 1960 εκθέτει για πρώτη φορά μεταπολεμικά την ζωγραφική του δουλειά και την γλυπτική του εργασία. Συμμετέχει επίσης και σε ομαδικές εκθέσεις γλυπτικής. Ασχολήθηκε με την σκηνογραφία. Το 1964 φιλοτέχνησε το δωδεκάθεο για την παράσταση Ικέτιδες του Αισχύλου στο αρχαίο θέατρο της Επιδαύρου αποσπώντας εγκωμιαστικά σχόλια από τους κριτικούς. Επίσης πειραματίστηκε με την γλυπτική στην αρχιτεκτονική. Κόσμησε με ανάγλυφη παράσταση Ζωφόρου (1966) την πρόσοψη του Μεγάρου Αθήναι. Τη δεκαετία του '70 ολοκληρώνει τον ανδριάντα του Ανδρέα Μιχαλακόπουλου (1975) στην Πάτρα και του Ευάγγελου Παπαναστασίου. Το 1972 ολοκληρώνει το μνημείο εμπορικής ναυτιλίας στην Σύρο. Φιλοτέχνησε αρκετά γλυπτά πορτρέτα όπως του Θόδωρου Αγγελόπουλου, του

⁹Αντωνοπούλου, 2014, 58-65.

Ιωάννη Καποδίστρια και του Οδυσσέα Ελύτη. Στα τέλη της δεκαετίας του '60 ένα επεισόδιο έντονης διαφωνίας με το δικτατορικό καθεστώς σχετικά με θέματα της σχολής Καλών.



Εικ. 32: Μνημείο Εμπορικής Ναυτιλίας, Σύρος, 1972.¹⁰

Τεχνών κλονίζει τη σωματική και ψυχική του υγεία. Απέχει για μήνες από την γλυπτική και δεν πηγαίνει ούτε στο εργαστήριο ούτε στη σχολή. Απομονώνεται στην οικία του και ασχολείται με τη ζωγραφική. Επιστρέφει στην διδασκαλία στις αρχές του 70. Το 1978 εκπροσώπησε την Ελλάδα στην *Biennale* της Βενετίας με 12 έργα γλυπτικής και 17 έργα ζωγραφικής. Το ίδιο έτος αποχωρεί από τη σχολή Καλών Τεχνών.¹¹

¹⁰Οι εικόνες 13,14,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,27,28,29,32 προέρχονται από τη διδακτορική διατριβή της Αντωνοπούλου Ζ. Γιάννης Παππάς 1913-2005: τα χρόνια της Αιγύπτου 1945-1952. Αθήνα:ΕΚΠΑ, 2014.

¹¹Αντωνοπούλου, 2014, 58-65.



Εικ. 33: Ιωάννης Καποδίστριας, γύψος, 80 x 60 x 30 εκ.

https://www.thetoc.gr/images/articles/3/article_118774/upl57fb882607bab.jpg

Εικ. 34: Ανδριάντας Οδυσσέα Ελύτη, ορείχαλκος, Κολωνάκι, Πλατεία Δεξαμενής, Αθήνα. <https://2.bp.blogspot.com/-xOUL45U8yal/V7Lb5L51DGI/AAAAAABAzo/QkxE3j8mB7o0bZqtqEwvNTR7Jo->

t13dPwClcB/s640/Odysseus_Elytis%252C_Greek_poet%252C_Athens%252C_2008.JPG

Τη δεκαετία του '80 τα έργα γλυπτικής του είναι κυρίως δημόσιες παραγγελίες ανδριάντων και προτομών, όπως του Παντελή Πρεβελάκη, του Ευάγγελου Αβέρωφ, του Χαρίλαου Τρικούπη και άλλων σημαντικών προσωπικοτήτων της σύγχρονης Ελλάδας. Το 1980 εκλέγεται στην έδρα των πλαστικών τεχνών της Ακαδημίας Αθηνών. Την περίοδο αυτή ασχολείται με την ποίηση, τη μετάφραση, τη συγγραφή και τη ζωγραφική. Θέματα του είναι κυρίως φυσιογνωμίες και μοντέλα της ΑΣΚΤ και τοπία της Αίγινας¹². Στη δεκαετία του '90 ζωγραφίζει συστηματικά στην Αίγινα κατά την οποία διαμένει περισσότερο στο νησί. Η όρασή του εξασθενεί σταδιακά από τα μέσα της δεκαετίας του '90. Οι παραγγελίες και οι αναθέσεις μειώνονται και εκτελούνται από τους βοηθούς του¹³.

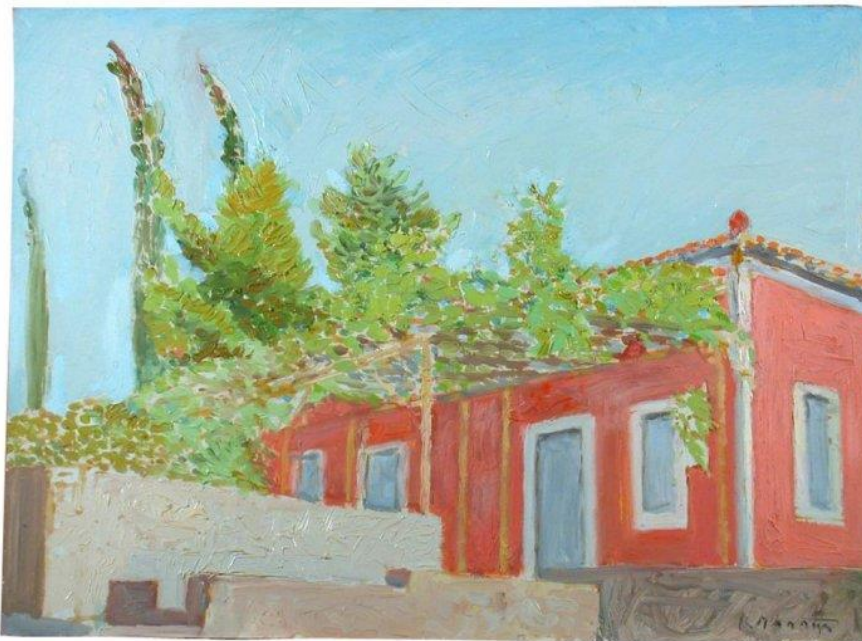


Εικ. 35: Ανδριάντας Ευάγγελου Αβέρωφ, κράμα χαλκού, Μέτσοβο.

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9F%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%B3%CE%AD%CE%BD%CE%B5%CE%B9%CE%B1_%CE%91%CE%B2%CE%AD%CF%81%CF%89%CF%86

¹² Παππάς, 2002.

¹³ Αντωνοπούλου, 2014, 65-71.



Εικ. 36: Αίγινα, 1996. Ελαιογραφία, 0,43 x 0,61 μ. Γιάννης Παππάς

(ΕΓΠ_771).https://www.benaki.org/images/collectionitem/331216/sizes/331216_529693_1000_1000_inner.jpg

Ο ελεύθερος χρόνος του καλλιτέχνη ήταν αρκετός ώστε να ασχοληθεί με την τακτοποίηση και την προβολή του έργου του. Ο καλλιτέχνης και η οικογένειά του επιθυμούσαν το εργαστήριο και το έργο του να δωριστούν στο Μουσείο Μπενάκη όπως και έγινε το 2002. Το τελευταίο μεγάλο γλυπτικό έργο ήταν ο έφιππος ανδριάντας του Αλέξανδρου Παπάγου(2001). Σημαντικότερη όλων των ατομικών και ομαδικών εκθέσεων του Γιάννη Παππά ήταν η αναδρομική έκθεση στην Εθνική Πινακοθήκη το 2002.¹⁴

Ο Γιάννης Παππάς είναι ένας από τους κορυφαίους εκφραστές της σύγχρονης εποχής, ορόσημο για την ελληνική τέχνη. Υπήρξε μετριοπαθής στους πειραματισμούς του και παρέμεινε πιστός στην ανθρωποκεντρική απεικόνιση¹⁵. Διακρίθηκε για τον πηγαίο χαρακτήρα των αναζητήσεων του και τη γνήσια και προσωπική μορφοπλαστική του έκφραση¹⁶. Ουσιαστικά, εκφράζει μία ολόκληρη γενιά, τις αγωνίες και τις ελπίδες της, το πέρασμά της από τις αρχές του παρελθόντος σε αυτές της σύγχρονης εποχής. Ο καλλιτέχνης πέθανε τον Ιανουάριο του 2005 στην Αθήνα σε ηλικία 92 ετών.

¹⁴Αντωνοπούλου, 2014.

¹⁵Γιαννουδάκη, 2013.

¹⁶Χρύσανθος, 1987.

1.2 Μέθοδος εργασίας του γλύπτη

Κάθε καλλιτέχνης ακολουθεί ένα συγκεκριμένο και προσωπικό τρόπο εργασίας που θα τον οδηγήσει στο να ολοκλήρωση των έργων του. Στην περίπτωση του Γιάννη Παππά η ακολουθούμενη μέθοδος είχε αφετηρία την ιστορική μελέτη και τεκμηρίωση του θέματος. Ύστερα με τη βοήθεια σχεδίων προσέγγιζε τον ακριβή ορισμό των σχημάτων και των κατευθύνσεων έτσι ώστε να καταλήξει στη στάση και να δημιουργήσει τη βέλτιστη τρισδιάστατη αντίληψη του. Στο αρχείο του υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός σχεδίων, με πολυάριθμα θέματα, πολλά από τα οποία αποτυπώνουν και επαληθεύουν τον τρόπο με τον οποίο δούλευε. Δηλαδή υπάρχουν σχέδια από διαφορετικές σπουδές πάνω στο θέμα και διαφορετικά στάδια κατασκευής. Ο γλύπτης χρησιμοποιούσε πάντα μοντέλα για τα έργα του. Μετά την ιστορική και σχεδιαστική τεκμηρίωση του θέματος ακολουθούσε ο πολλαπλός πειραματισμός και η σπουδή σε μικρού μεγέθους τρισδιάστατα γλυπτά σκίτσα. Κάποιες φορές επιλέγει να κρατήσει τα πήλινα προπλάσματα αποτυπώνοντας τα στο γύψο, ώσπου να καταλήξει στο τελικό στήσιμο της μακέτας και έτσι να προχωρήσει σε μεγαλύτερη κλίμακα. Στη συνέχεια, καταλήγει στο τελικό μέγεθος μέσα από μια σειρά μεγεθύνσεων, στο οποίο εργάζεται σαν να είναι ένα εντελώς καινούργιο έργο από την αρχή και σε αυτό το στάδιο η χρήση του μοντέλου είναι αναγκαία. Την ώρα της επεξεργασίας του έργου, ο γλύπτης έρχεται σε μια πολύ προσωπική συνδιαλλαγή μαζί του εισχωρώντας βαθιά στην μελέτη του χαρακτήρα του και της ιδιοσυγκρασίας του. Αν το γλυπτό ήταν κατασκευασμένο από πηλό, το επόμενο βήμα ήταν η χύτευση του με σπαστό καλούπι σε γύψο, για τη μεταφορά σε μάρμαρο αρχικά εργαζόταν ο ίδιος, αλλά στη συνέχεια υπό την επίβλεψή του απευθυνόταν σε διάφορους μαθητές βοηθούς ή συνεργάτες. Όσο αναφορά τη χύτευση των έργων του σε χαλκό, είναι αντιληπτό πως ήταν μια διαδικασία που είχε επιλεγεί σε πολλές περιπτώσεις καθώς ο καλλιτέχνης επιθυμούσε πολλές φορές να διατηρήσει και να διασώσει τις σπουδές-μελέτες που κατασκεύαζε.¹⁷¹⁸

¹⁷Αντωνοπούλου, 2014, 94-98.

¹⁸Παππάς, 2002, 11-17.

1.3 Τα γλυπτά με το θέμα της Μητέρας - Προπλάσματα

Στη διάρκεια της καλλιτεχνικής του πορείας ο Γιάννης Παπάς συχνά καλούταν να φιλοτεχνήσει διάφορα μνημεία. Ένα διαφορετικού είδους μνημείο είναι αυτό της «Μητέρας». Το Μνημείο της Μητέρας βρίσκεται στον Πειραιά, στη διασταύρωση των Λεωφόρων Βασιλέως Γεωργίου Α΄ και Γρηγόρη Λαμπράκη. Χρονικά η μελέτη του γλύπτη για την κατασκευή του μνημείου συνέπεσε με το βίωμα της γέννησης του γιου του. Το ύψος του μνημείου είναι 3,60 μέτρα και έχει κατασκευαστεί εξ' ολοκλήρου από πεντελικό μάρμαρο. Το μνημείο απεικονίζει μια όρθια γυναικεία μορφή – μητέρα- να κρατά το παιδί της στην αγκαλιά της με το αριστερό της χέρι καθώς γέρνει το κεφάλι της προς αυτό. Ο καλλιτέχνης εστιάζει στην απόδοση του δεσμού μεταξύ του βρέφους και της μητέρας και τους παρουσιάζει σαν αυτόνομες υπάρξεις που είναι μεταξύ τους αρμονικά δεμένες. Το μνημείο αυτό αποτελεί έναν συνδυασμό ενός γλυπτού που είχε φιλοτεχνήσει στο παρελθόν, της «Ελληνίδας Κοπέλας» (1953) με τον τύπο της αρχαϊκής κόρης. Για την κατασκευή αυτού του μνημείου ο καλλιτέχνης πειραματίστηκε με πληθώρα σχεδίων και σπουδών και επίσης χρησιμοποίησε μελέτες που είχε κάνει στο παρελθόν οι οποίες είχαν κατασκευαστεί με πλαστελίνη και πηλό.¹⁹ Το μνημείο της μητέρας έχει φιλοτεχνηθεί χρονικά πολύ κοντά με το μνημείο της Χίου με αποτέλεσμα να υπάρχουν κάποια κοινά χαρακτηριστικά. Επίσης επιρροή αποτέλεσε η μελέτη για το Μνημείο Πεσότων στο Νεοχώρι το οποίο συνδέεται με τις επιρροές της Αιγύπτου στο έργο του Γιάννη Παπά. Το θέμα της μητέρας και των παιδιών είχε απασχολήσει τον γλύπτη και στα χρόνια της κατοχής και ακόμη περισσότερο στα χρόνια της Αιγύπτου.²⁰

¹⁹ Ήταν μεσημέρι Κυριακής της 29ης Μαρτίου του 1959, όταν έγιναν στον Πειραιά τα αποκαλυπτήρια του αγάλματος της Μητέρας, που στήθηκε στη διασταύρωση των Λεωφόρων Βασιλέως Γεωργίου Α΄ και της τότε Βασιλίσσης Σοφίας (νυν Γρηγόρη Λαμπράκη). Στη βάση του αγάλματος έφερε επιγραφή: Ο ΠΕΙΡΑΙΕΥΣ ΣΤΗ ΜΑΝΑ, ΠΡΩΤΟΒΟΥΛΙΑ ΤΗΣ ΕΝΩΣΕΩΣ ΕΛΛΗΝΙΔΩΝ, 1959. Η δαπάνη για την κατασκευή του έφτασε τις 120 χιλιάδες δραχμές εκ των οποίων οι 25 χιλιάδες δόθηκαν από την Ένωση Ελληνίδων Πειραιώς. Το υπόλοιπο ποσό καλύφθηκε από εράνους που διενεργήθηκαν μεταξύ των μαθητών των σχολείων του Πειραιά. Αξιόλογο ποσό προσέφερε και ο εφοπλιστής Λουκάς Νομικός, η ΕΒΕΠ, η "Γωνιά του Παιδιού" κ.ά. Μιλέσης, Στ. Πειραιϊκές ιστορίες του Μεσοπολέμου. http://pireorama.blogspot.com/2013/05/blog-post_25.html



Εικ. 37: Το μνημείο της Μητέρας.

Μάρμαρο, Πειραιάς, 1956.

<https://drasisek.blogspot.com/2016/10/1959.htm>



Εικ. 38: Το μνημείο της Μητέρας.

Μάρμαρο, Πειραιάς, 1956.

<https://i.pinimg.com/originals/d9/f1/a7/d9f1a7e631828bad289b5082b834e927.jpg>



Εικ. 39: Σπουδή για άγαλμα της Μητέρας. Αθήνα, 1955-1958. Τρισδιάστατο σκίτσο. Πλαστελίνη, 0,13 x 0,06 x 0,05 μ. Γιάννης Παππάς

(ΕΓΠ_321). https://www.benaki.org/index.php?option=com_collectionitems&view=collectionitem&id=106665&Itemid=&lang=el



Εικ. 40: Σπουδή για άγαλμα της Μητέρας. Αθήνα, 1955-1958. Τρισδιάστατο σκίτσο. Μπρούτζος, 0,125 x 0,04 x 0,06 μ. Γιάννης Παππάς (ΕΓΠ_247).

https://www.benaki.org/index.php?option=com_collectionitems&view=collectionitem&id=106620&Itemid=545&lang=el#

1.4 Χώρος Έκθεσης - Συνθήκες Διατήρησης

Ο χώρος που φιλοξενεί το εργαστήριο του Γιάννη Παππά (1913-2005), βρίσκεται στην περιοχή Ζωγράφου, και σε κτήριο που αποτελούσε την κατοικία της οικογένειας του μεγάλου Έλληνα δημιουργού ως τη δεκαετία του 1960. Το ακίνητο αυτό, μοναδικό δείγμα χώρου εργασίας ενός καλλιτέχνη αφοσιωμένου τόσο στη γλυπτική όσο και στη ζωγραφική, προσφέρθηκε στο Μουσείο Μπενάκη από το γιο του, Αλέκο Παππά. Βασικός στόχος της δωρεάς ήταν τα έργα του καλλιτέχνη να παραμείνουν συγκεντρωμένα στο φυσικό τους περιβάλλον.

Το εργαστήριο, όπως επιθυμούσε και ο καλλιτέχνης, θα συνεχίσει να αποτελεί χώρο εργασίας για τους φοιτητές της Ανώτατης Σχολής Καλών Τεχνών, ενώ παράλληλα με την πραγματοποίηση μίας ελάχιστονης επέκτασης θα εξασφαλιστούν οι κατάλληλοι αποθηκευτικοί χώροι και θα διευκολυνθεί η ροή των επισκεπτών σύμφωνα με τις σύγχρονες μουσειολογικές προδιαγραφές.²¹



Εικ. 41: Το εργαστήριο του Γιάννη

Παππά. https://www.benaki.org/images/buildings/5773c8ff4bd4a/sizes/_LKS2923_slider.jpg

²¹Εργαστήριο Γιάννη Παππά, Μουσείο Μπενάκη.

https://www.benaki.org/index.php?option=com_buildings&view=building&id=5&Itemid=138&lang=el

Ο χώρος δεν κατασκευάστηκε αρχικά για να λειτουργήσει ως μουσειακός χώρος με αποτέλεσμα οι περιβαλλοντικές συνθήκες να μην είναι ελεγχόμενες σε υψηλό βαθμό. Ο χώρος του εργαστηρίου είναι μια ευρύχωρη τετράγωνη αίθουσα με τρεις πόρτες σε όλες τις πλευρές. Η μια από αυτές συνδέει τον εσωτερικό χώρο με την εξωτερική πίσω αυλή. Το ηλιακό φως διαχέεται στον εσωτερικό χώρο από την γυάλινη οροφή όταν τα πετάσματά της είναι ανοιχτά. Η κατασκευή και η δομή του κτηρίου δεν επιτρέπουν τις πολύ μεγάλες θερμοκρασιακές μεταβολές. Τα πολυάριθμα γλυπτά που βρίσκονται στο εργαστήριο ποικίλουν στο μέγεθος και στο υλικό κατασκευής. Το μέγεθός του εκτείνεται από λίγα εκατοστά έως αρκετά μέτρα και τα συνήθη υλικά κατασκευής είναι το μάρμαρο, το κερί, η γύψος, η πλαστελίνη, ο πηλός κ.ά. Στο χώρο του εργαστηρίου βρίσκονται και τα προπλάσματα των μητέρων όπως και πολλά άλλα προπλάσματα και δοκιμές που έκανε ο γλύπτης.



Εικ. 42: Γλυπτά προπλάσματα στο εργαστήριο του Γιάννη Παππά. Εικ. 43: Γλυπτά προπλάσματα στο εργαστήριο του Γιάννη Παππά.

Οι συνθήκες έκθεσης των γλυπτών και των προπλασμάτων δεν είναι συνήθως οι κατάλληλες σε σχέση με το υλικό κατασκευής τους έτσι ώστε να διατηρηθούν σε μια καλή κατάσταση. Όπως για παράδειγμα οι θερμοκρασιακές μεταβολές επιφέρουν παραμορφώσεις σε εύπλαστα υλικά όπως η πλαστελίνη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 Ψηφιακή τρισδιάστατη τεκμηρίωση πολιτισμικής κληρονομιάς

Η καταγραφή, η ανάδειξη και η προστασία των αγαθών της πολιτισμικής κληρονομιάς, τόσο των κινητών όσο και των μνημείων ή των αρχαιολογικών χώρων και ανασκαφών προϋποθέτουν την ολοκληρωμένη τεκμηρίωσή τους. Με τον όρο τεκμηρίωση ορίζουμε τη διαδικασία της συλλογής, καταγραφής και επεξεργασίας όλων των στοιχείων που μπορούν να συμβάλουν στην περιγραφή της παρούσας κατάστασης του πολιτισμικού αγαθού αλλά και τις πληροφορίες σχετικά με την ιστορία, την παθολογία και τις επεμβάσεις συντήρησης που έχουν πραγματοποιηθεί στο παρελθόν. Στοιχεία της τεκμηρίωσης είναι οι φωτογραφίες, τα σχέδια, τα δελτία συντήρησης, τα ημερολόγια εργασιών και ανασκαφών, οι μελέτες κλπ.²² Οι ίδιοι οι κανόνες που έχουν θεσπιστεί ως προς τους τρόπους επέμβασης όπως πχ Χάρτα της Βενετίας, τονίζουν την αναγκαιότητα της μέγιστης δυνατής τεκμηρίωσης: γραπτά, αναλυτικά και απεικονιστικά.²³ Τα τελευταία χρόνια η ψηφιοποίηση και η ψηφιακή τεκμηρίωση έχουν βοηθήσει εξαιρετικά την αύξηση, ποιοτικά και ποσοτικά, της τεκμηρίωσης. Η δυνατότητα απόδοσης τρισδιάστατων αντικειμένων με τρισδιάστατες και όχι με δισδιάστατες αναπαραστάσεις απετέλεσε τομή στην πορεία της τεκμηρίωσης υλικών πολιτιστικών αγαθών.^{24,25}

Οι σημαντικότεροι λόγοι τρισδιάστατης καταγραφής τεκμηρίωσης, απεικόνισης και ανακατασκευής είναι συνοπτικά οι ακόλουθοι:

- Η καταγραφή μνημείων, ιστορικών κτηρίων, αντικειμένων και των τοποθεσιών που απαιτούνται επεμβάσεις (τώρα ή και στο μέλλον) και έχουν ή μπορεί να υποστούν καταστροφές από φυσικές αιτίες (σεισμός, πλημμύρα), ανθρωπογενείς παράγοντες ή απλά λόγω φθοράς.

²²Baltsavias, 2005.

²³International Congress of Architects and Technicians of Historic Monuments, Venice, 1964. Icomos National Committee.

²⁴Historic England, 2018.

²⁵3D-ICONS: D7.3-Guidelines and Case Studies, Corns, Anthony, 2014.

- Η δημιουργία εύκολα προσβάσιμου εκπαιδευτικού υλικού για φοιτητές, μαθητές και ερευνητές που προάγει τη μελέτη και την κατανόηση.
- Η εικονική τρισδιάστατη εξομίωση μνημείων και αντικειμένων μερικώς ή ολικώς κατεστραμμένων.
- Η αναπαράσταση χώρων από οπτικές γωνίες που είναι αδύνατον να προσεγγιστούν στον πραγματικό χώρο.
- Η εικονική τρισδιάστατη απόδοση ανασκαφών.
- Η δυνατότητα αλληλεπίδρασης με τα πολιτισμικά αντικείμενα στο εικονικό περιβάλλον χωρίς τον κίνδυνο φθορών ή καταστροφής.
- Η προβολή του πολιτιστικού πλούτου μέσω των εικονικών περιηγήσεων και μουσείων.
- Η εύκολη δημιουργία ψηφιακών καταλόγων και η ενημέρωσή τους.
- Η διάχυση της γνώσης στην κοινωνία και η προαγωγή της.
- Η επιστημονική ανάλυση και παρατήρηση τεχνικών κατασκευής και επεμβάσεων.
- Η δυνατότητα μελέτης αντικειμένων από απόσταση με την συμμετοχή πολλών ερευνητών ταυτόχρονα.
- Η δημιουργία σημαντικών εργαλείων στη διαδικασία συντήρησης και επέμβασης όπως θα δούμε σε ξεχωριστό κεφάλαιο.
- Οι νέες μέθοδοι οργάνωσης και παρουσίας μέσω των ψηφιακών καινοτομιών φέρνουν κοντά το κοινό και υλικά πολιτιστικά αγαθά διαμορφώνοντας για δυναμική αμφίδρομη σχέση μεταξύ τους, γεγονός που βοηθάει στην γνώση του πολιτισμού και στην επιθυμία διαφύλαξής του.²⁶²⁷²⁸

Πολιτιστικοί οργανισμοί όπως το *Smithsonian*, ιδρύματα όπως το *3Dicons* και ευρωπαϊκά προγράμματα εργάζονται με σκοπό την τρισδιάστατη αναπαράσταση

²⁶Leino, 2016.

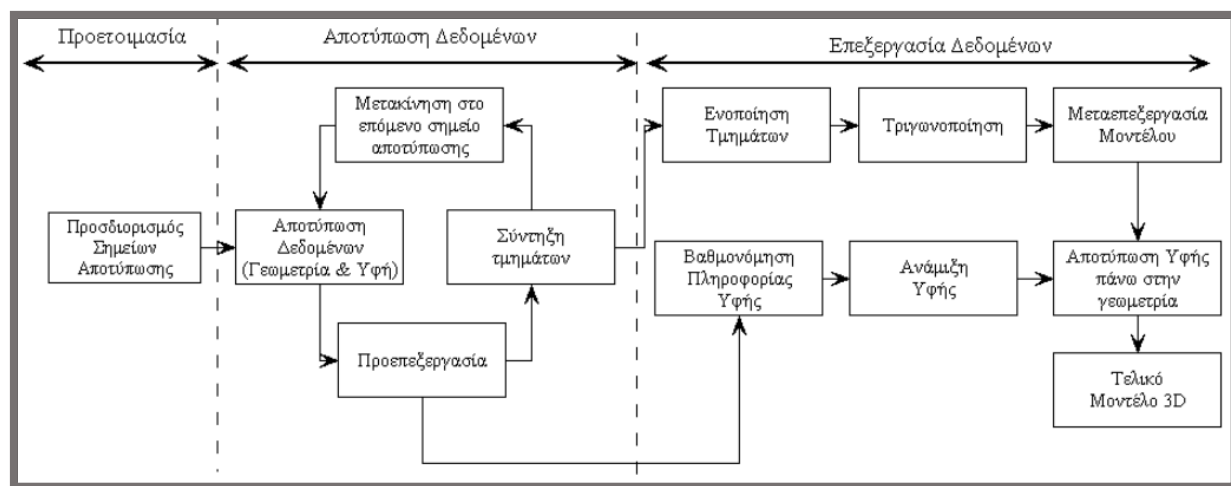
²⁷Historic England, 2018.

²⁸3D-ICONS: D7.3-Guidelines and Case Studies, Corns, Anthony, 2014.

μνημείων και πολιτιστικών αντικειμένων ιδιαίτερης σημασίας. Έχουν ήδη ψηφιοποιήσει χιλιάδες αντικείμενα και μνημεία με σκοπό την κατανόηση της αξίας της πολιτιστικής κληρονομιάς και την προστασία της.²⁹

2.2 Ροή διεργασιών τρισδιάστατης αποτύπωσης

Η τρισδιάστατη ψηφιοποίηση είναι μια πολυσύνθετη διαδικασία. Γενικά τα βήματα που ακολουθούνται μπορούν να διαχωριστούν σε τρεις φάσεις. Φυσικά κάθε περίπτωση και μεθοδολογία αποτύπωσης επιφέρει αλλαγές και διαφοροποιήσεις. Γενικά λοιπόν η πρώτη φάση διαδικασιών είναι η προετοιμασία, δηλαδή ο προγραμματισμός των ενεργειών, η επιλογή τεχνικής μεθοδολογίας και εξοπλισμού, η λύση στα θέματα ασφάλειας προσωπικού και αντικειμένων κτλ. Η δεύτερη φάση είναι η σύλληψη των γεωμετρικών δεδομένων. Ακολουθεί η προεπεξεργασία των δεδομένων και τέλος στην τρίτη φάση πραγματοποιείται η επεξεργασία των δεδομένων που περιλαμβάνει το φιλτράρισμα του θορύβου στο νέφος σημείων, την ομαδοποίηση και οργάνωση των δεδομένων, την ευθυγράμμιση και ενοποίηση των τμηματικών σαρώσεων, τη δημιουργία πολυγωνικού πλέγματος, την αξιοποίηση του, την απαλοιφή γεωμετρικών ασυνεχειών και τέλος τη δημιουργία υφής.³⁰³¹



Πίνακας 1. Γενικό διάγραμμα διαδικασιών δημιουργίας 3D μοντέλου.

<http://www.ceti.gr/digitech/docs/objects.pdf>

²⁹Σακελλαρίου, 2019.

³⁰DIGITECH III, 2005.

³¹Bertozzi, 2002, 68-73.

Στο στάδιο της προετοιμασίας απαιτείται ένας σχεδιασμός αναλυτικός και προσεκτικός ώστε να απαντώνται βασικά ερωτήματα που τελικά καθορίζουν τον τρόπο της οργάνωσης και της διαχείρισης. Απαιτείται σαφής καθορισμός του σκοπού της εργασίας, των ωφελειών και του κοινού που θα απευθυνθούν τα αποτελέσματα. Το επόμενο βήμα είναι ο υπολογισμός του προσωπικού εξειδικευμένου ή μη και οργάνωση του χώρου εκτέλεσης των εργασιών. Στην περίπτωση των διαδικασιών που διεξήχθησαν στα πλαίσια της παρούσας πτυχιακής εργασίας ο χώρος φωτογράφισης και σάρωσης παρουσιάζει πολλούς περιορισμούς. Η οργάνωση του χώρου ήταν πολύ αυστηρή αφού σε αυτών συνυπάρχουν αρκετές διαφορετικές δραστηριότητες. Είναι ταυτόχρονα χώρος έκθεσης, αποθήκευσης, εργαστήριο συντήρησης και ξεναγήσεων σε επισκέπτες. Η οργάνωση της ροής των εργασιών ήταν πολύ σημαντική αφού έπρεπε η διάταξη του εξοπλισμού να παραμένει στην ίδια θέση χωρίς να δημιουργεί δυσκολίες στην λειτουργία του χώρου. Τα αντικείμενα που μελετήσαμε ήταν τοποθετημένα σε ράφια. Μεταφέρθηκαν σε ένα ειδικά διαμορφωμένο τραπέζι και εξασφαλίστηκε η ακεραιότητά τους. Τα αντικείμενα καθαρίστηκαν προσεκτικά και καταγράφηκαν οι διαστάσεις τους και χρήσιμες παρατηρήσεις για την κατάσταση διατήρησής τους. Το χρονοδιάγραμμα των εργασιών προέβλεπε περίπου 16 ώρες (δύο εργάσιμες μέρες) για κάθε αντικείμενο το οποίο τηρήθηκε. Τα θέματα της πνευματικής ιδιοκτησίας ήταν διευθετημένα από την αρχή της πτυχιακής μας από το Μουσείο Μπενάκη.

Όλα αυτά τα βήματα είναι απαραίτητα και για την ολοκληρωμένη δυνατότητα αξιολόγησης μετά την περάτωση των διαδικασιών. Η εξασφάλιση της ακεραιότητας του αντικειμένου. Εκπόνηση χρονοδιαγράμματος της εργασίας και των θεμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Καθορισμός των αναμενόμενων επιθυμητών αποτελεσμάτων. Η πρόβλεψη για την διαφύλαξη και αποθήκευση του πρωτότυπου υλικού.

2.3 Οπτικός εμπλουτισμός του 3-D μοντέλου (μετεπεξεργασία)

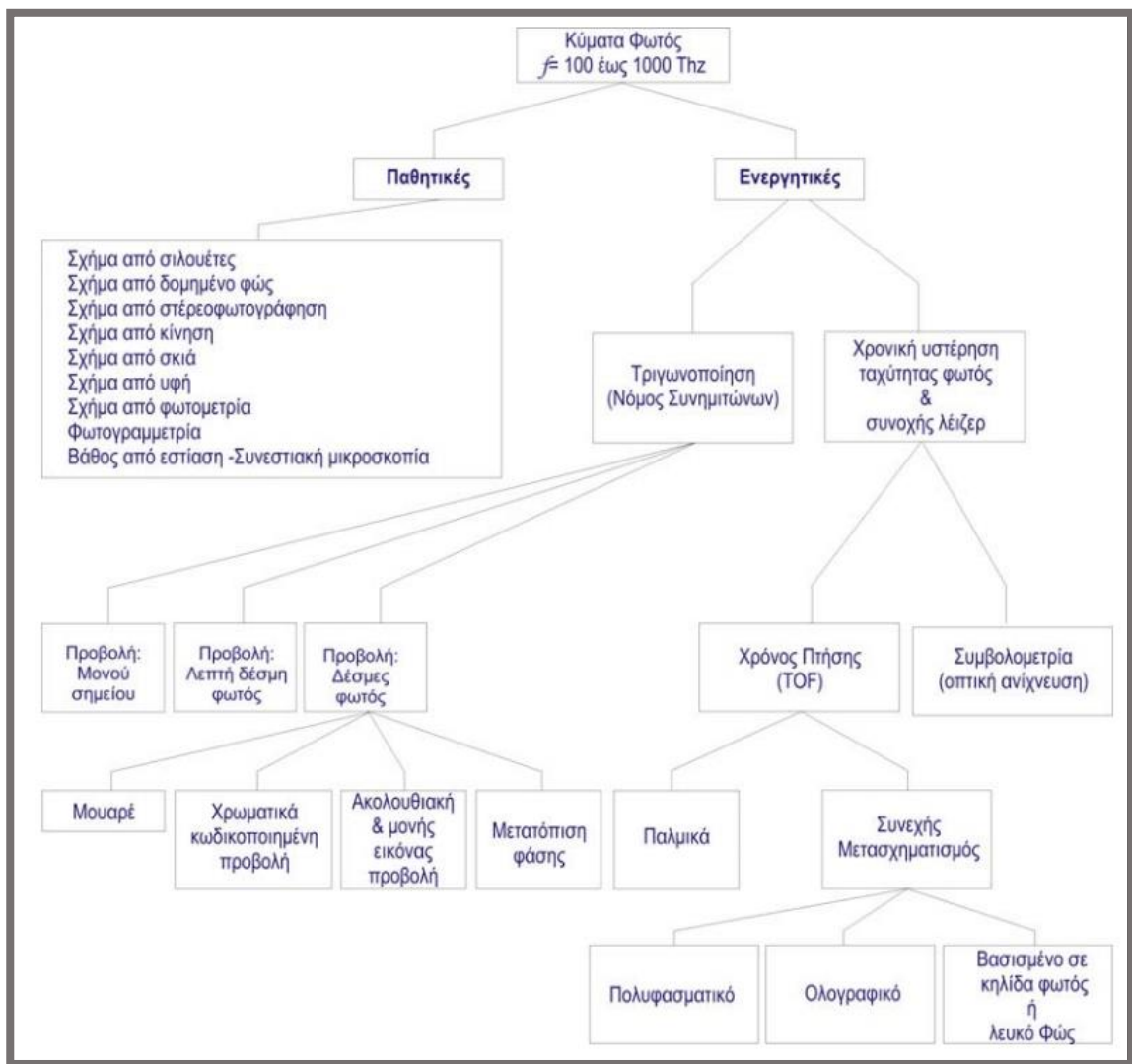
Αρκετές τεχνικές γραφικών των ηλεκτρονικών υπολογιστών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την οπτική βελτιστοποίηση των 3D μοντέλων που παράγονται από την διαδικασία γεωμετρικής ανακατασκευής. Στην περίπτωση της πολιτιστικής κληρονομιάς μας ενδιαφέρουν οι τεχνικές που προσφέρουν προσομοίωση συμβατή με τα πραγματικά οπτικά και γεωμετρικά χαρακτηριστικά των αντικειμένων (όπως το λογισμικό *realitycapture*) και όχι οι τεχνικές που προσφέρουν ένα βέλτιστο αισθητικό αποτέλεσμα. Οι πιο ακριβείς τεχνικές, με τις λιγότερες προσεγγίσεις, είναι η εξαγωγή και προβολή υφής με χρήση φωτογραφιών κατάλληλα προσανατολισμένων επάνω στο 3D μοντέλο και η δημιουργία υφής από φωτογράφιση δειγμάτων τις επιφάνειας των υλικών του αντικειμένου. (*3D-icons*) Ο σκοπός είναι η λήψη φωτογραφιών που αναδεικνύουν μια ιδιότητα του υλικού ξεχωρίζοντας την από τις υπόλοιπες. Τέτοιες ιδιότητες είναι η ανακλαστικότητα, η διάχυση, η τραχύτητα και η σκέδαση. Ιδιότητες που καθορίζουν την συμπεριφορά του φωτός όταν προσκρούει στην επιφάνεια του αντικειμένου. Μια τεχνική που αναπτύσσεται τελευταία είναι η *PBR* (*physicallybasedRendering*) που βασίζεται σε «χάρτες» των ιδιοτήτων που προβάλλονται πάνω στο 3D μοντέλο ώστε να αποδοθεί φωτορεαλιστικά.³²

2.4 Παθητικές και ενεργητικές μέθοδοι τρισδιάστατης ψηφιοποίησης

Ο αρχικός και βασικότερος διαχωρισμός μεθοδολογίας ψηφιοποίησης είναι σε παθητικές και ενεργητικές. Στις παθητικές μεθόδους γίνεται κατά κύριο λόγο χρήση του περιβαλλοντικού φωτισμού ενώ στις ενεργητικές μεθόδους το σύστημα σάρωσης εκπέμπει ηλεκτρομαγνητικά κύματα πάνω στην επιφάνεια του αντικειμένου. Οι παθητικές είναι κυρίως οι μέθοδοι: σχήμα από σιλουέτες, από στερεοφωτογράφιση, από κίνηση, από σκιά, από υφή, από φωτομετρία η φωτογραμμετρία και η συνεστιακή μικροσκοπία. Οι ενεργητικές μέθοδοι είναι, για

³²3D-ICONS: D7.3-Guidelines and Case Studies, Corns, Anthony, 2014.

μικρή εμβέλεια, η σάρωση λέιζερ με την μέθοδο της τριγωνοποίησης για μέση και μεγάλη εμβέλεια η σάρωση με λέιζερ με την μέθοδο μέτρησης χρόνου πτήσης και της μέτρησης διαφοράς φάσης (*phaseshift*) στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται οι βασικές τεχνικές οπτικής τρισδιάστατης σάρωσης.³³³⁴



Πίνακας 2. Τεχνικές οπτικής τρισδιάστατης σάρωσης.

³³3D-ICONS: D7.3-Guidelines and Case Studies, Corns, Anthony, 2014.

³⁴DIGITECH III, 2005.

Θεμελιώδη κριτήρια για τις επιλογές συστήματος και μεθόδου είναι :

- Η γεωμετρική ακρίβεια που απαιτείται.
- Ο συνολικός απαιτούμενος χρόνος και εξειδίκευση.
- Η συμβατότητα των χαρακτηριστικών της επιφάνειας, των υλικών, των φθορών του αντικειμένου με τη μέθοδο.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικότερα τα βασικά κριτήρια επιλογής συστήματος τρισδιάστατης σάρωσης στην τεκμηρίωση κινητών πολιτιστικών αντικειμένων :

- Το οπτικό πεδίο της σάρωσης και η ταχύτητα καταγραφής.
- Η ακρίβεια της απόδοσης των λεπτομερειών της τρισδιάστατης γεωμετρίας.
- Η ανάλυση της αποτύπωσης.
- Η ποιότητα της απόδοσης των πληροφοριών της φωτοϋφής.
- Η ακρίβεια της ενσωμάτωσης-αντιστοίχισης της πληροφορίας της φωτοϋφής στη γεωμετρική επιφάνεια.
- Η ευκολία χρήσης.
- Ο αναγκαίος χρόνος και το επίπεδο δυσκολίας της διαδικασίας βαθμονόμησης.
- Οι περιβαλλοντικές συνθήκες που απαιτούνται για τη σωστή λειτουργία του συστήματος.
- Ο μέσος όρος συνολικού χρόνου λήψης πρωτογενών δεδομένων και επεξεργασίας - μετεπεξεργασίας του τρισδιάστατου μοντέλου.
- Η πρόσβαση και η συμβατότητα με τα απαραίτητα λογισμικά για την επεξεργασία των δεδομένων.
- Η φορητότητα του συστήματος.

- Οι απαιτήσεις υπολογιστικής ισχύς.
- Οι υποστηριζόμενοι μορφότυποι εξαγόμενων αρχείων.
- Ο αριθμός και η εξειδίκευση του απαιτούμενου προσωπικού.
- Η ανάγκη και η δυνατότητα μεταφοράς των αντικειμένων.
- Ο πρόσθετος εξοπλισμός που είναι απαραίτητος στον χώρο της καταγραφής.
- Η συμπεριφορά του συστήματος του σαρωτή σε σχέση με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της επιφάνειας και των φυσικών ιδιοτήτων του υλικού.
- Ο απαιτούμενος συνολικός χρόνος εγκατάστασης και τοποθέτησης του συστήματος σάρωσης.
- Το κόστος του συστήματος.
- Η χρήση του στο παρελθόν σε παρόμοιες εφαρμογές.
- Η προσαρμοστικότητα του συστήματος σε περίπτωση δυσκολιών που προκύψουν.³⁵³⁶

2.5 Οπτικοί τρισδιάστατοι σαρωτές λέιζερ

Ως τρισδιάστατος σαρωτής ορίζονται όλα τα συστήματα που συλλέγουν τρισδιάστατες συντεταγμένες από μια δεδομένη περιοχή της επιφάνειας ενός αντικειμένου με τρόπο συστηματικό και αυτοματοποιημένο. Ειδικότερα για την τρισδιάστατη σάρωση με σαρωτές λέιζερ (*3D-laserandscanning*) μπορούμε να προσθέσουμε στον ορισμό την χρήση ακτινών λέιζερ για τις μετρήσεις, την ταχύτητα συλλογής δεδομένων χωρίς να απαιτείται η φυσική επαφή με το αντικείμενο (*non - contact*).³⁷ Με τον όρο ενεργητική τονίζεται ότι οι σαρωτές λέιζερ εκπέμπουν και λαμβάνουν τη δική τους ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Ενώ στις παθητικές

³⁵DIGITECH III, 2005.

³⁶Dellepiane, 2011.

³⁷Boehler & Marbs, 2007.

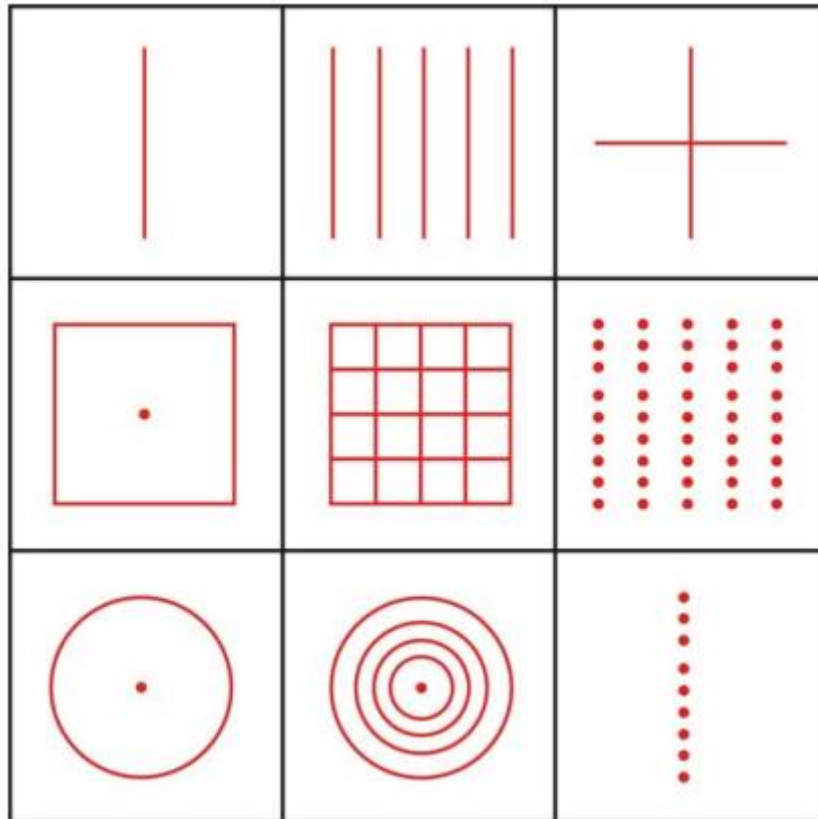
μεθόδους καταγραφής χρησιμοποιείται η ανακλώμενη ακτινοβολία του περιβάλλοντος ή τεχνητός φωτισμός. Επίσης η διαδικασία επιταχύνεται ώστε να πραγματοποιείται σχεδόν σε πραγματικό χρόνο, εκατοντάδων ή χιλιάδων σημείων ανά δευτερόλεπτο. Μπορεί ή και όχι να διακρίνει τη χρωματική πληροφορία της επιφάνειας σε συνδυασμό με την τρισδιάστατη γεωμετρία της. Τα δεδομένα συλλέγονται με την μορφή νέφους σημείων. Το νέφος σημείων είναι ένα σύνολο σημείων που μοιράζονται το ίδιο τρισδιάστατο καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων. Καταγράφει σε πραγματικό χρόνο και δημιουργείται τρισδιάστατο πλέγμα με ή χωρίς χρωματική πληροφορία.³⁸ Κάθε στοιχείο έχει συγκεκριμένη θέση στον τρισδιάστατο χώρο (x_1, y_2, x_3) και αντιστοιχεί σε μια θέση της επιφάνειας του αντικειμένου. Τα σημεία προκύπτουν από επεξεργασία αποστάσεων και γωνιών. Για κάθε σημείο συνήθως υπάρχει πληροφορία της έντασης και της αντανάκλασής του. Στην έγχρωμη σάρωση συμπεριλαμβάνονται οι πληροφορίες για την υφή της επιφάνειας με την μορφή RGB.³⁹

Η χρήση των ακτινών λέιζερ είναι πολύ διαδεδομένη στην τρισδιάστατη σάρωση, εξαιτίας των ακόλουθων ιδιοτήτων που εμφανίζουν. Μια δέσμη φωτός λέιζερ έχει έντονη φωτεινότητα, γεγονός που την καθιστά εύκολα αντιληπτή από οπτικούς αισθητήρες. Γενικά το παραγόμενο φως από πηγές λέιζερ είναι μονοχρωματικό, κατευθυντικό και σε φάση. Η ιδιότητα της δέσμης να βρίσκεται σε φάση επιτρέπει στην ακτίνα λέιζερ να παραμένει εστιασμένη κατά την προβολή της στην επιφάνεια ενός αντικειμένου. Οι σαρωτές λέιζερ χρησιμοποιούν διάφορα μοτίβα φωτός. Κάποια που συναντώνται συχνά παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα.⁴⁰

³⁸Historic England, 2018.

³⁹DIGITECH III, 2005.

⁴⁰DIGITECH III, 2005.



Εικ. 44: Τύποι μοτίβων προβολής λέιζερ.

<http://www.ceti.gr/digitech/docs/objects.pdf>

Ο όρος λοιπόν σαρωτής λέιζερ (*laserscanner*) καλύπτει ένα μεγάλο εύρος συσκευών και οργάνων που λειτουργούν με διαφορετικές αρχές, σε διαφορετικό περιβάλλον και με διαφορετική ακρίβεια αποτελεσμάτων. Κατά τη διαδικασία επιλογής ενός συστήματος σαρωτών λέιζερ πρέπει να συνυπολογιστούν οι ακόλουθοι παράμετροι και τα τεχνικά χαρακτηριστικά :

- Την ανάλυση, δηλαδή την ελάχιστη απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών μετρήσεων.
- Καθορισμός της μέγιστης δυνατής ακρίβειας καταγραφής.
- Την απόσταση μεταξύ του σαρωτή και του αντικειμένου ώστε να προσδιοριστεί η απαιτούμενη εμβέλεια του συστήματος.
- Γνώση του ρυθμού δειγματοληψίας που είναι ο ελάχιστος χρόνος μεταξύ δύο διαδοχικών μετρήσεων.

- Τις περιβαλλοντικές συνθήκες, κυρίως του φωτισμού.
- Το κόστος του συστήματος και του λογισμικού επεξεργασίας.
- Η ανάγκη εξειδικευμένων γνώσεων ώστε να υλοποιηθεί η λήψη των δεδομένων.
- Η μελλοντική χρήση των δεδομένων.
- Το υλικό κατασκευής του αντικειμένου

Οι περισσότεροι σαρωτές λέιζερ λειτουργούν βασισμένοι στις τρεις αρχές που ακολουθούν:

- Αρχή του τριγωνισμού ή τριγωνοποίηση (*lasertriangulation*)
- Αρχή του χρόνου πτήσης σήματος(ή παλμού), (*time-of-flight,tof*)
- Αρχή της μέτρησης διαφοράς φάσης (*phase-comparison*).⁴¹

⁴¹3D-ICONS: D7.3-Guidelines and Case Studies, Corns, Anthony, 2014.

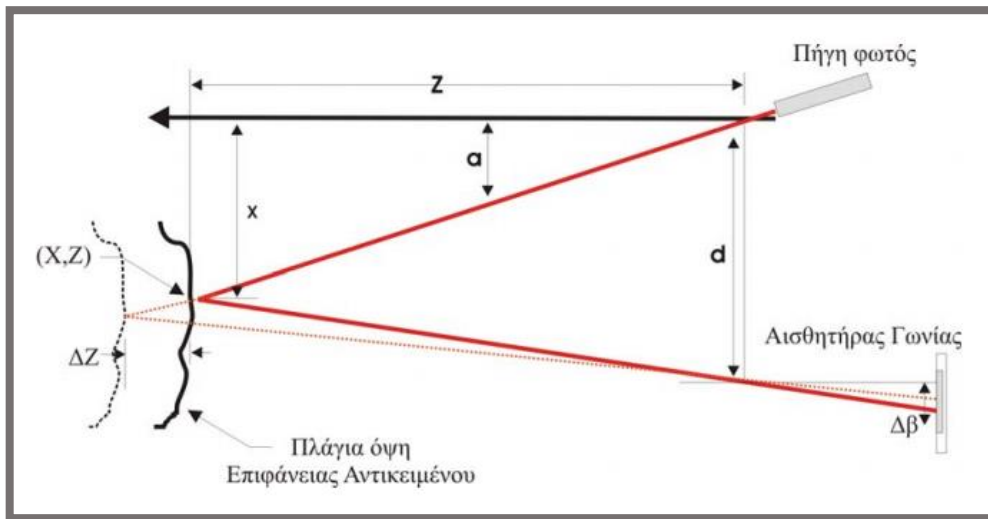
Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συνοπτικά οι τύποι, συνθήκες χρήσης, η τυπική εμβέλεια και ακρίβεια.

Scanning System		Usage	Typical Accuracies (mm)	Typical Range (m)
Triangulation	Rotation stage	Small objects taken to scanner. Replica production	0.05	0.1 – 1
	Arm mounted	Small objects. Lab or field. Replica production	0.05	0.1 – 3
	Tripod mounted	Small objects in the field. Replica production	0.1 – 1	0.1 – 2.5
	Close range handheld	Small objects. Lab. Replica production	0.03 – 1	0.2 – 0.3
	Mobile (handheld, backpack)	Awkward locations eg building interiors, caves	0.03 – 30	0.3 – 20
Pulse (TOF)	Terrestrial	Building exteriors/interiors. Drawings, analysis, 3D models	1 – 6	0.5 – 1000
	Mobile (vehicle)	Streetscapes, highways, railways. Drawings, analysis, 3D models	10 – 50	10 – 200
	UAS	Building roofscapes, archaeological sites. Mapping and 3D models	20 – 200	10 – 125
	Aerial	Large site prospecting and mapping	50 – 300	100 – 3500
Phase	Terrestrial	Building exteriors/interiors. Drawing, analysis, 3D models	2 – 10	1 – 300

Πίνακας 3. Τύποι συστημάτων σάρωσης λέιζερ, πεδία εφαρμογών, τυπική ακρίβεια και εμβέλεια. <https://historicengland.org.uk/images-books/publications/3d-laser-scanning-heritage/heag155-3d-laser-scanning/>

Η τεχνική της οπτικής τριγωνοποίησης είναι πολύ διαδεδομένη στους σαρωτές λέιζερ. Ο πομπός λέιζερ εκπέμπει φως σε μορφή κουκίδας, γραμμής ή ενός μοτίβου στην επιφάνεια του αντικειμένου ενώ ο οπτικός αισθητήρας καταγράφει τις παραμορφώσεις του φωτός εξαιτίας της μορφολογίας της επιφάνειας του αντικειμένου. Οι τρισδιάστατες συντεταγμένες υπολογίζονται τριγωνοποιώντας την θέση της δέσμης φωτός. Η βασική λειτουργία ενός συστήματος τριγωνισμού φαίνεται στην εικόνα.⁴²

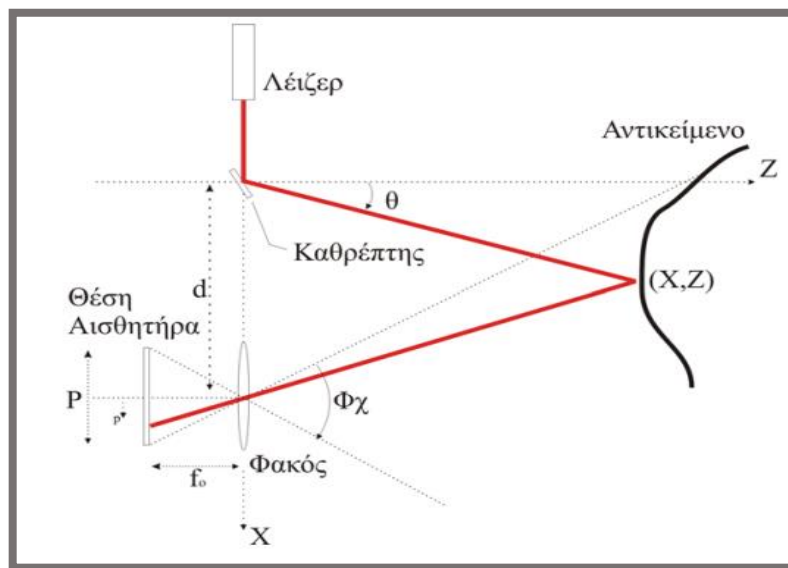
⁴²DIGITECH III, 2005.



Εικ.45: Η αρχή της τριγωνοποίησης.

<http://www.ceti.gr/digitech/docs/objects.pdf>

Το λέιζερ εκτρέπεται προς το αντικείμενο μέσω ενός περιστρεφόμενου κατόπτρου και κάθε αντανάκλαση ανιχνεύεται από τον αισθητήρα μέσω του φακού. Το σημείο πρόσκρουσης στον αισθητήρα, η γνωστή απόκλιση (d) μεταξύ του φακού και του κατόπτρου και η καταγεγραμμένη γωνία περιστροφής του καθρέφτη συνδυάζονται με απλές τριγωνομετρικές πράξεις και δίνουν τις τρισδιάστατες συντεταγμένες του σημείου της επιφάνειας του αντικειμένου.⁴³



Εικ.46: Συμβατική προσέγγιση της λειτουργίας σάρωσης.

<http://www.ceti.gr/digitech/docs/objects.pdf>

⁴³Historic England, 2018.

Η ακρίβεια της οπτικής τριγωνοποίησης εξαρτάται από την ικανότητα εντοπισμού του κέντρου του παλμού της δέσμης σε κάθε χρονική στιγμή. Η ακρίβεια της τεχνικής είναι υψηλή, της τάξης 250 μm ενώ η πυκνότητα δείγματος <100 μm και η εμβέλεια 0 έως 1 μέτρο. Οι σαρωτές λέιζερ τριγωνοποίησης ποικίλουν ανάλογα με την δομή του φωτισμού που χρησιμοποιούν, δηλαδή απλό σημείο, ακτίνα λέιζερ, πολλαπλός πίνακας σημείων ή δέσμες ακτινών. Από την μορφή του αισθητήρα που διαθέτουν δηλαδή γραμμικό πίνακα (CD) ή πλέγμα (CMOS). Τα (CD) και (CMOS) είναι διαδεδομένα είδη ηλεκτρονικών οπτικών αισθητήρων. Φέρουν χιλιάδες ή και εκατομμύρια εικονοστοιχεία ανά μονάδα επιφάνειας, τα οποία μετατρέπουν την ενέργεια του προσπίπτοντος φωτός σε ηλεκτρονικά σήματα. Τέλος από την μέθοδο σάρωσης, εάν δηλαδή μετακινείται ο σαρωτής γύρω από το σταθερό αντικείμενο ή αντίστροφα. Το αντικείμενο προς σάρωση συχνά τοποθετείται σε περιστρεφόμενη τράπεζα και ο σαρωτής είναι ακίνητος ή σε βραχίονα. Οι μικρής εμβέλειας φορητοί σαρωτές χειρός προσφέρουν πλήρη ελευθερία κίνησης γύρω από το αντικείμενο. Διαθέτουν πομπό φωτός και δέκτη πάνω στην ίδια ελαφριά συσκευή. Χρησιμοποιούν το ίδιο το αντικείμενο ως σημείο αναφοράς ανάμεσα σε δύο διαδοχικές θέσης σάρωσης αρκεί να επιτυγχάνεται επαρκής αλληλοεπικάλυψη. Με αυτόν τον τρόπο η τρισδιάστατη αναπαράσταση δημιουργείται σε πραγματικό χρόνο και σε μερικά συστήματα είναι ορατή στην οθόνη του υπολογιστή.⁴⁴

⁴⁴DIGITECH III, 2005.

2.6 Σαρωτές δομημένου φωτός

Ένας άλλος τύπος σαρωτών λέιζερ που βασίζεται στην τριγωνοποίηση είναι οι σαρωτές δομημένου φωτός (*structured light, SL*). Η τρισδιάστατη αποτύπωση επιτυγχάνεται με την προβολή φωτεινών μοτίβων που περιέχουν πολλαπλές ρίγες, πλέγματα, ελλείψεις και χρωματικά κωδικοποιημένα μοτίβα.⁴⁵



Εικ. 47: Προβολή δομημένου φωτός.

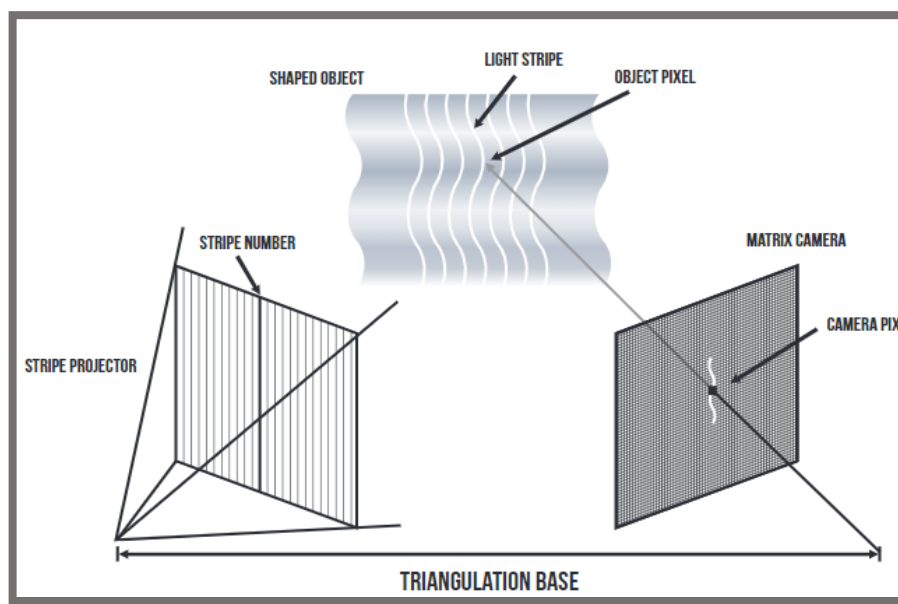
<http://www.ceti.gr/digitech/docs/objects.pdf>

Η δημοφιλέστερη κωδικοποίηση είναι η μεταβλητή φωτεινότητα χρωμάτων (σκοτεινές και φωτεινές ακολουθίες εναλλασσόμενων ζωνών) και η μεταβλητή πυκνότητα των σχημάτων του μοτίβου. Η τρισδιάστατη γεωμετρία του αντικειμένου προκύπτει από την καταγραφή των παραμορφώσεων κάθε μοτίβου. Συνυπολογίζοντας τις ακμές κάθε γραμμής του μοτίβου και την απόσταση του σαρωτή την επιφάνεια του αντικειμένου, με την τριγωνοποίηση προκύπτουν οι τρισδιάστατες συντεταγμένες των σημείων των επιφανειών. Οι σαρωτές SL έχουν εμβέλεια έως 2 μ. Μπορούν να λειτουργήσουν και σε μεγαλύτερη απόσταση εις βάρος της ακρίβειας. Συνήθως τοποθετούνται σε βάση τρίποδου. Οι σαρωτές δομημένου φωτός SL είναι ιδανικοί όταν υπάρχει χαμηλός φωτισμός αυξάνοντας το κόντραστ ανάμεσα στο εκπεμπόμενο και το περιβαλλοντικό φως.^{46,47}

⁴⁵DIGITECH III, 2005.

⁴⁶Historic England, 2018.

⁴⁷3D-ICONS: D7.3-Guidelines and Case Studies, Corns, Anthony, 2014.



Εικ.48: Η διάταξη του συστήματος σάρωσης με την τεχνική του δομημένου φωτός.

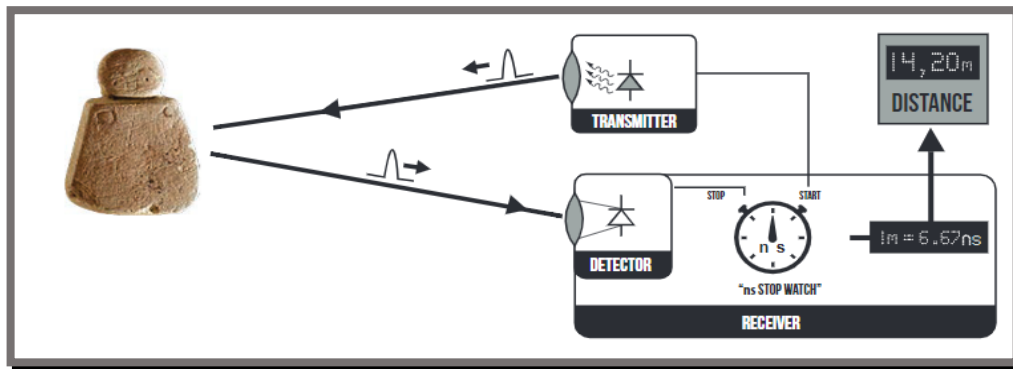
<https://zenodo.org/record/1311797#.YA6mm-gzaUn>

2.7 Οι σαρωτές χρόνου πτήση σχήματος ή παλμού

Οι σαρωτές χρόνου πτήση σχήματος ή παλμού (*TOF*)-(PULSESCANNERS) χρησιμοποιούνται κυρίως στην τρισδιάστατη αναπαράσταση της αρχιτεκτονικής κληρονομιάς όπως μνημεία και ανασκαφές. Η αρχή της λειτουργίας του είναι η μέτρηση του χρόνου μεταξύ της εκπομπής του παλμού λέιζερ (*TRANSMITTER*) από τον σαρωτή και την επιστροφή του ανακλώμενου στην επιφάνεια του αντικειμένου παλμού στον οπτικό αισθητήρα (*DIRECTOR*). Η απόσταση υπολογίζεται από έναν απλό μαθηματικό τύπο που περιλαμβάνει την ταχύτητα του φωτός. Η ακρίβεια είναι ανάλογη της ακρίβειας του χρονομετρητή (*STOP WATCH*) και του μηχανισμού περιστροφής του κατόπτρου. Ο σαρωτής TOF μπορεί να σαρώσει περιοχές 360 μοίρες γύρω από τον κάθετο άξονα του και 270-300 μοίρες γύρω από το οριζόντιο. Αυτό συνιστά μια σχεδόν σφαιρική κάλυψη του χώρου. Αυτό είναι και το κύριο πλεονέκτημα της μεθόδου. Η εξέλιξη της τεχνολογίας επιτρέπει την καταγραφή ενός εκατομμυρίου σημείων ανά δευτερόλεπτο. Η τυπική του εμβέλεια είναι 1- 1000 μ. αλλά σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να εκταθεί έως και τα 6 χλμ.⁴⁸⁴⁹

⁴⁸Historic England, 2018.

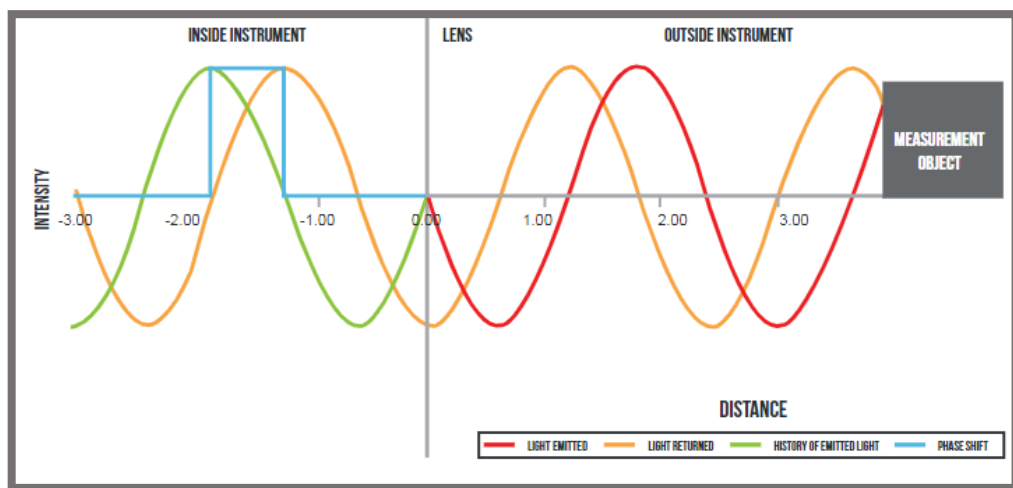
⁴⁹3D-ICONS: D7.3-Guidelines and Case Studies, Corns, Anthony, 2014.



Εικ. 49: Η αρχή λειτουργίας του συστήματος σάρωσης TOF.

<https://zenodo.org/record/1311797#.YA6mm-gzaUn>

Οι σαρωτές λέιζερ διαφοράς φάσης (*phase-comparison*) ή συνεχούς κύματος (*continuouswave*) προσφέρουν εφάμιλλη ακρίβεια με τους σαρωτές TOF αλλά χρησιμοποιούν άλλη αρχή προσδιορισμού της απόστασης μεταξύ του σαρωτή και του στόχου. Η μέτρηση βασίζεται στις διαφορές φάσης μεταξύ του εκπεμπόμενου και του ανακλώμενου σήματος που επιστρέφει. Οι σαρωτές διαφοράς φάσης έχουν πολύ υψηλό ρυθμό λήψης δεδομένων (>1.000.000 σημεία ανά δευτερόλεπτο) ως αποτέλεσμα της εκπομπής ενός συνεχούς κύματος. Το πολύ πυκνό νέφος σημείων παράγει ένα πολύ λεπτομερές τρισδιάστατο μοντέλο. Η εμβέλεια αυτών των σαρωτών είναι μεταξύ 2-10 μ.⁵⁰



Εικ.50: Η αρχή της λειτουργίας του συστήματος σάρωσης με την τεχνική της μέτρησης διαφοράς φάσης.

<https://zenodo.org/record/1311797#.YA6mm-gzaUn>

⁵⁰Παυλίδης, 2006.

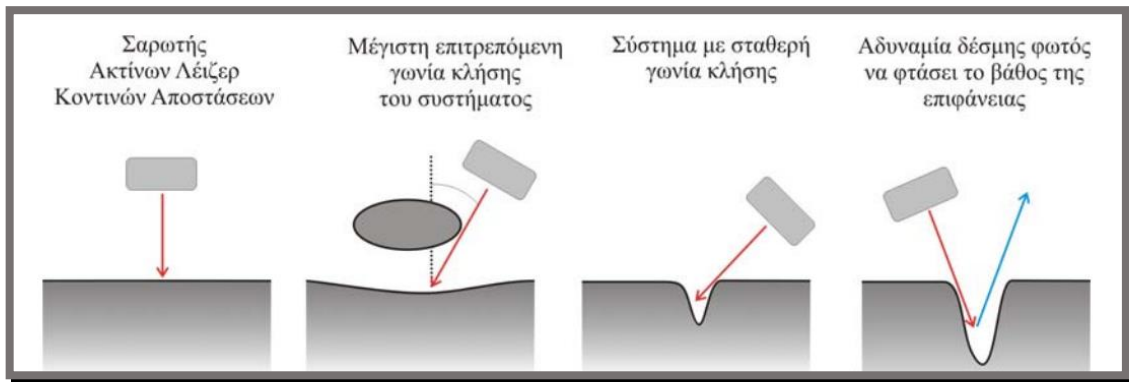
2.8 Υλικά και σάρωση λέιζερ (γεωμετρία και ιδιότητες)

Η κατασκευή των πολιτιστικών κινητών αντικειμένων περιλαμβάνει μια μεγάλη ποικιλία πρώτων υλών. Η μορφολογία τους είναι συχνά πολυσύνθετη. Η ποιότητα της τρισδιάστατης ψηφιοποίησης εξαρτάται από τα τεχνικά χαρακτηριστικά και τις δυνατότητες του συστήματος σάρωσης αλλά και από το ίδιο το εξεταζόμενο αντικείμενο. Η μορφολογία της εξωτερικής επιφάνειας και οι φυσικές ιδιότητες του υλικού, κυρίως όσες σχετίζονται με την αλληλεπίδραση του με το φως, επηρεάζουν την ακρίβεια των αποτελεσμάτων της τρισδιάστατης αποτύπωσης. Τα αντικείμενα με πολύπλοκη και σύνθετη εσωτερική γεωμετρία έχουν σημεία στην επιφάνεια τους δύσκολα προσβάσιμα και με έντονες σκιάσεις. Οι ρωγμές, σχισμές, οπές, οξείες γωνίες, κοιλότητες και οξυκόρυφες ακμές περιέχουν σημεία που δεν είναι ταυτόχρονα εμφανή προς τον πομπό και τον οπτικό αισθητήρα του σαρωτή, αυξάνοντας τη διάχυση και τις αντανakλάσεις. Επίσης δεν επιτρέπουν την καθολική σάρωση της επιφάνειας. Αυτά έχουν ως αποτέλεσμα ασυνέχειες στην κίνηση της δέσμης φωτός του σαρωτή⁵¹.

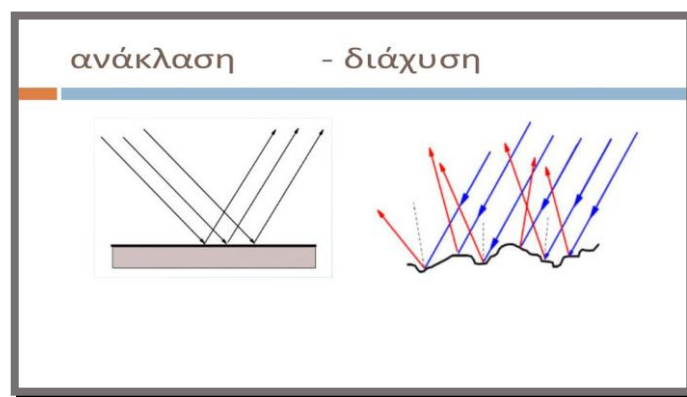
Οι ιδιότητες του υλικού που κυρίως επηρεάζουν την ακρίβεια της σάρωσης είναι η ανάκλαση, ο ιριδισμός, η διάχυση, η επιφανειακή τραχύτητα, η περίθλαση, η απορρόφηση και ο βαθμός ομοιογένειας της. Επίσης το χρώμα της επιφάνειας επηρεάζει τη διαδικασία σάρωσης. Η τεχνολογία της τρισδιάστατης σάρωσης αναπτύχθηκε κυρίως σε βιομηχανικούς κλάδους όπως αυτοκινητοβιομηχανίας, ναυπηγικής και αεροναυπηγικής. Η ένταξή τους λοιπόν στις εφαρμογές σε αντικείμενα της πολιτισμικής κληρονομιάς παρουσιάζουν δυσκολίες και απαιτείται η προσαρμογή τους στις ιδιαίτερες απαιτήσεις τους.⁵²

⁵¹DIGITECH III, 2005.

⁵²Zaimovic-Uzunovic, 2010.

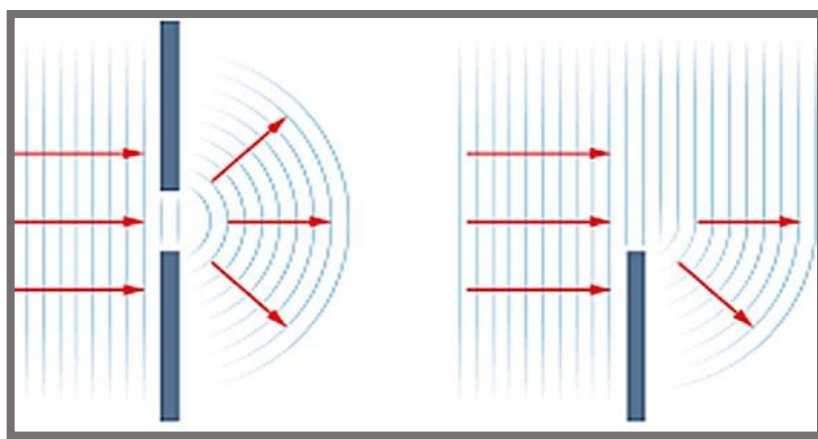


Εικ. 51: Δυσκολίες στη σάρωση λόγω επιφανειακών χαρακτηριστικών.



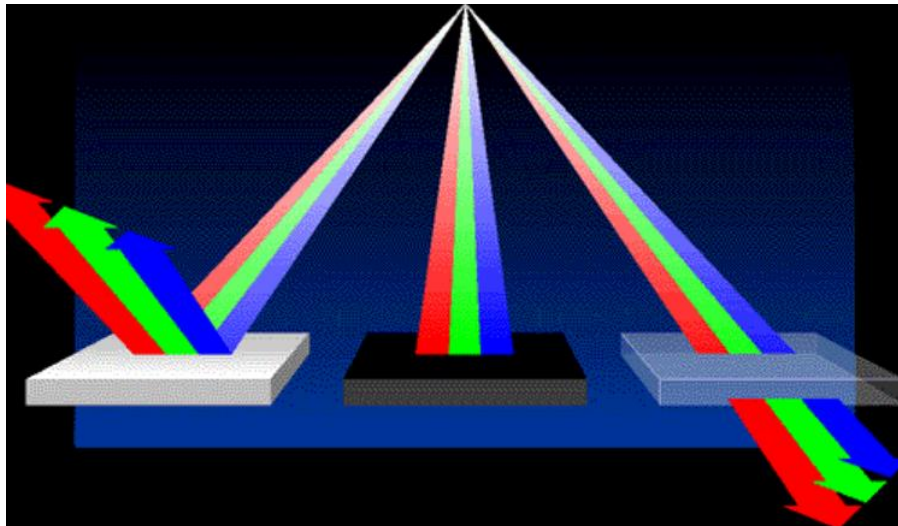
Εικ.52:Ανάκλαση και διάχυση του φωτός.

<https://slideplayer.gr/slide/2854888/10/images/2/%CE%B1%CE%BD%CE%AC%CE%BA%CE%BB%CE%B1%CF%83%CE%B7+-+%CE%B4%CE%B9%CE%AC%CF%87%CF%85%CF%83%CE%B7.jpg>



Εικ.53:Περίθλαση του φωτός.

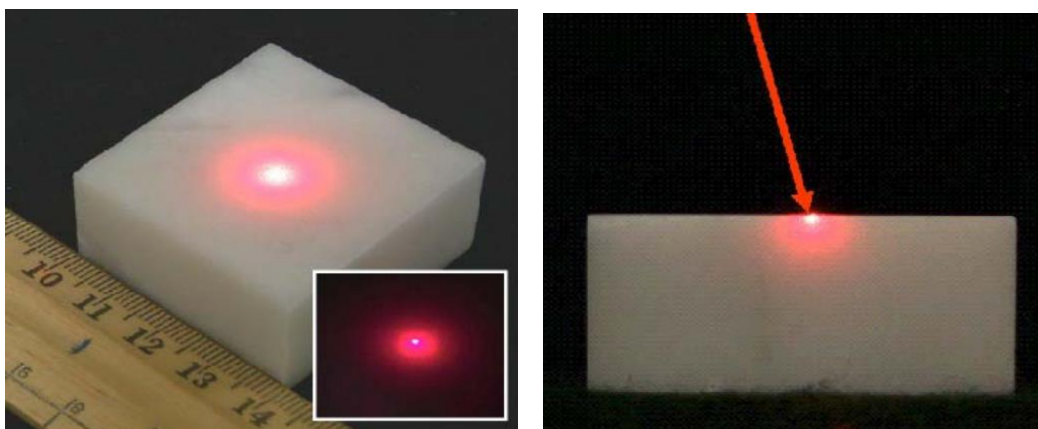
<http://photographyinfo.gr/blog/tag/%CF%80%CE%B5%CF%81%CE%AF%CE%B8%CE%BB%CE%B1%CF%83%CE%B7/>



Εικ. 54: Ανάκλαση, απορρόφηση και διαπερατότητα.

<https://reader020.staticcloud.net/reader020/html5/20190709/55b12b5bbb61eb654c8b4750/bg1.png>

Αυτές οι ιδιότητες καθορίζουν τον τρόπο που οι προσπίπτουσες ακτίνες λέιζερ ανακλούν στην επιφάνεια και επιστρέφουν στον οπτικό αισθητήρα. Γενικά η ακρίβεια της σάρωσης είναι ανάλογη της ομοιογένειας και αντιστρόφως ανάλογη της σκέδασης, της τραχύτητας, της διαπερατότητας και της διάχυσης. Η ποιότητα της σάρωσης ευνοείται από επιφάνειες με μέση ανάκλαση. Για παράδειγμα το μάρμαρο εμφανίζει δύο ιδιότητες που αλλοιώνουν τα οπτικά χαρακτηριστικά του, η ημιδιαφάνεια και η ανομοιογενής επιφανειακή τραχύτητα (μεταβλητή πυκνότητα των κρυστάλλων στα υποστρώματα). Η ακτίνα φωτός διαπερνά το μάρμαρο και σκεδάζεται όπως φαίνεται στην εικόνα.



Εικ. 55: Διάχυση του φωτός στο μάρμαρο.

<http://www.ceti.gr/digitech/docs/objects.pdf>

2.9 Φωτογραμμετρική μέθοδος

Φωτογραμμετρία είναι η τέχνη, η επιστήμη και η τεχνική απόκτησης αξιόπιστων μετρικών πληροφοριών για το σχήμα, τη διάσταση και τη θέση οποιουδήποτε αντικειμένου στο χώρο μέσω διαδικασιών καταγραφής και μέτρησης σε μια ή περισσότερες εικόνες.⁵³

Οι φωτογραμμετρικές μεθοδολογίες δεν χρησιμοποιούν μετρήσεις απευθείας πάνω στο αντικείμενο, δηλαδή αποτελούν έμμεσους τρόπους καταγραφής της θέσης, του σχήματος και των διαστάσεων των αντικειμένων, χρησιμοποιώντας τις μετρικές πληροφορίες που συλλέγονται από μια ακολουθία φωτογραφικών εικόνων. Οι τεχνολογικές εξελίξεις των τελευταίων χρόνων επιτρέπουν την επέκταση του ορισμού της φωτογραμμετρίας ώστε να καλύπτει και την καταγραφή σχημάτων από ηλεκτρομαγνητικές πηγές.⁵⁴

Ο όρος φωτογραμμετρία (*photogrammetry, photogrammetrie*) είναι η ελληνική λέξη που συντίθεται από τις λέξεις φώς, γραμμή και μέτρηση. Ήδη από το 1958 ο Γερμανός μηχανικός *AlbrechtMeydenbauaw* τεκμηρίωσε γεωμετρικά κτήρια με τη χρήση φωτογραφιών στην προσπάθειά του να υποστηρίξει την αναγκαιότητα καταγραφής και αποτύπωσης της πολιτιστικής κληρονομιάς ώστε να προστατευθεί σε περίπτωση φυσικής ή μη καταστροφής.⁵⁵

Ένας εξαιρετικά σημαντικός κλάδος φωτογραμμετρίας είναι η «φωτοερμηνεία». Η φωτοερμηνεία προσδιορίζει τα χαρακτηριστικά των αντικειμένων μέσω της διαδικασίας ανάλυσης και ερμηνείας εικόνων. Η τυποποίηση της φωτοερμηνευτικής γνώσης για ένα συγκεκριμένο αντικείμενο πραγματοποιείται μέσω μιας σειράς ιδιοτήτων που καλούνται φωτοερμηνευτικά χαρακτηριστικά. Αυτά χρησιμοποιούνται ώστε να εξαχθούν οι χρήσιμες απαραίτητες πληροφορίες.⁵⁶

⁵³Περάκης, 2015.

⁵⁴Τσιώνης, 2017.

⁵⁵Περάκης, 2015.

⁵⁶Μηλιαρέσης, 2003.

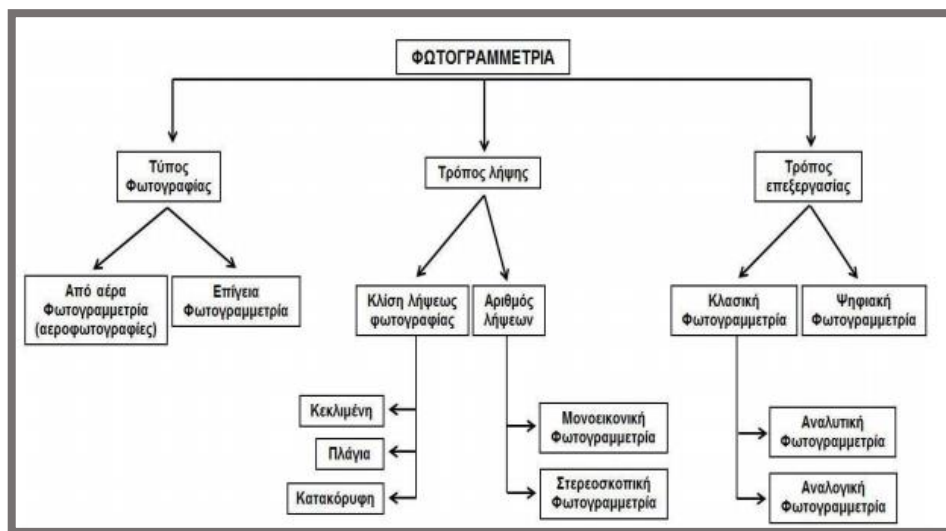
Η φωτογραμμετρία λοιπόν, χρησιμοποιεί τις εικόνες για τη λήψη ποσοτικών πληροφοριών, ενώ η φωτοερμηνεία τις χρησιμοποιεί για την εξαγωγή ποιοτικών πληροφοριών. Βασικά προτερήματα της φωτογραμμετρίας είναι η ταχύτητα, το χαμηλό κόστος, η ακρίβεια και η αξιοπιστία χωρίς να απαιτείται φυσική επαφή με τα αντικείμενα. Η δε εφαρμογή της είναι ευρεία αφού εκτείνεται από την αποτύπωση μικρών αντικειμένων έως την χαρτογράφηση χωρών και ηπείρων.⁵⁷

Ενδεικτικά κάποιοι από τους τομείς που εφαρμόζεται η φωτογραμμετρία είναι η αρχιτεκτονική, η γεωλογία, η δασολογία, η γεωργία, η οδοποιία, η πολεοδομία, η τοπογραφία, οι στρατιωτικές εφαρμογές, η ιατρική και η αρχαιολογία. Επίσης στη συντήρηση αρχαιοτήτων και έργων τέχνης, την αποτύπωση, καταγραφή και τεκμηρίωση αρχαιολογικών χώρων, μνημείων και πολιτισμικών αγαθών.⁵⁸

Η φωτογραμμετρία ταξινομείται ανάλογα με τον τύπο της φωτογραφίας οπότε και διακρίνονται σε φωτογραμμετρία από τον αέρα όταν χρησιμοποιούνται αεροφωτογραφίες και στην επίγεια φωτογραμμετρία όταν ο σταθμός λήψης των φωτογραφιών βρίσκεται στο έδαφος και η μικρής εμβέλειας φωτογραμμετρία. Άλλη ταξινόμηση βασίζεται στον τρόπο λήψης της φωτογραφίας, η διάκριση είναι η ακόλουθη : κατακόρυφες, κεκλιμένες, πλάγιες λήψεις. Επίσης από τον τρόπο εξαγωγής της πληροφορίας διακρίνουμε την μονοεικονική φωτογραμμετρία όταν η εξαγωγή πληροφορίας βασίζεται σε μια μόνο φωτογραφία ενώ στην στερεοφωτογραμμετρία χρησιμοποιούνται αλληλοεπικαλυπτόμενα ζεύγη εικόνων. Τέλος με βάση τον τρόπο επεξεργασίας και απόδοσης της πληροφορίας, έχουμε τον διαχωρισμό σε αναλυτική, αναλογική και ψηφιακή φωτογραμμετρία.

⁵⁷Μπαντέκας, 1980.

⁵⁸Περάκης, 2015.

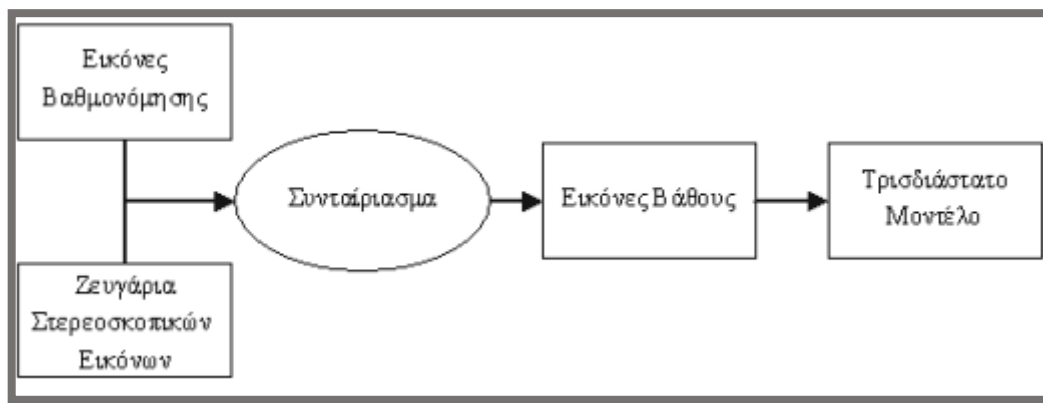


Πίνακας 4. Η ταξινόμηση της φωτογραμμετρίας.

http://ikee.lib.auth.gr/record/292496/files/TSIONHS_EE.pdf

Η προσπάθεια απόκτησης τρισδιάστατων μοντέλων με τη χρήση φωτογραφιών, ξεκίνησε πριν αρκετές δεκαετίες. Η μέθοδος στοχεύει στην εξαγωγή γεωμετρικής πληροφορίας από ένα ζεύγος φωτογραφιών με γνωστή τοποθέτηση στον χώρο. Οι πληροφορίες που εξαγονται οδηγούν στην τρισδιάστατη ανακατασκευή του περιεχομένου των εικόνων. Ακολουθούνται αρχές της προοπτικής και οπτικής γεωμετρίας και ειδικότερα της στερεοσκοπίας όπου βασίζεται σε ζεύγος φωτογραφιών που παρουσιάζουν ένα αντικείμενο από διαφορετικές οπτικές γωνίες και εμπεριέχουν κοινά σημεία (συζευγμένα), δηλαδή τμήματα του αντικειμένου είναι εμφανή και στις δύο φωτογραφίες. Οι εσωτερικές και εξωτερικές παράμετροι των οπτικών συστημάτων χρησιμοποιούνται στη διαδικασία της βαθμονόμησης. Η βαθμονόμηση δίνει τη δυνατότητα ανάκτησης της τρίτης διάστασης ενός κοινού σημείου των φωτογραφιών. Η αναγνώριση των κοινών σημείων των εικόνων γίνεται με αυτόματες, χειροκίνητες και συνδυαστικές μεθόδους. Η ανάκτηση του βάθους επιτυγχάνεται με αλγορίθμους που αξιοποιούν δεδομένα από την βαθμονόμηση και την διαφορά θέσης των κοινών σημείων ανάμεσα στις εικόνες. Ακολουθεί ένα απλοποιημένο διάγραμμα της διαδικασίας της ανακατασκευής της γεωμετρίας.⁵⁹

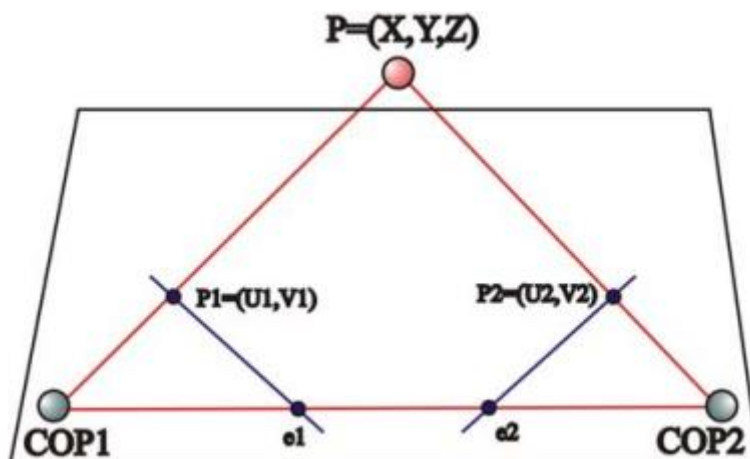
⁵⁹DIGITECH III, 2005.



Πίνακας 5. Διάγραμμα ροής ανάκτησης βάθους.

<http://www.ceti.gr/digitech/docs/objects.pdf>

Η μεγαλύτερη δυσκολία της στερεοσκοπικής ανάλυσης είναι ο εντοπισμός των εικονοστοιχείων ανάμεσα στις δύο εικόνες που αντιστοιχούν στο ίδιο σημείο στο χώρο. Το πρόβλημα αυτό ονομάζεται πρόβλημα της αντιστοιχίας. Έχουν αναπτυχθεί διάφοροι αλγόριθμοι αντιστοιχίας της πληροφορίας που εμπεριέχουν οι εικόνες ώστε να κατασκευάζουν τους χάρτες ανομοιότητας από τους οποίους, με τη μέθοδο της τριγωνοποίησης, υπολογίζεται η γεωμετρία της επιφάνειας του αντικειμένου.

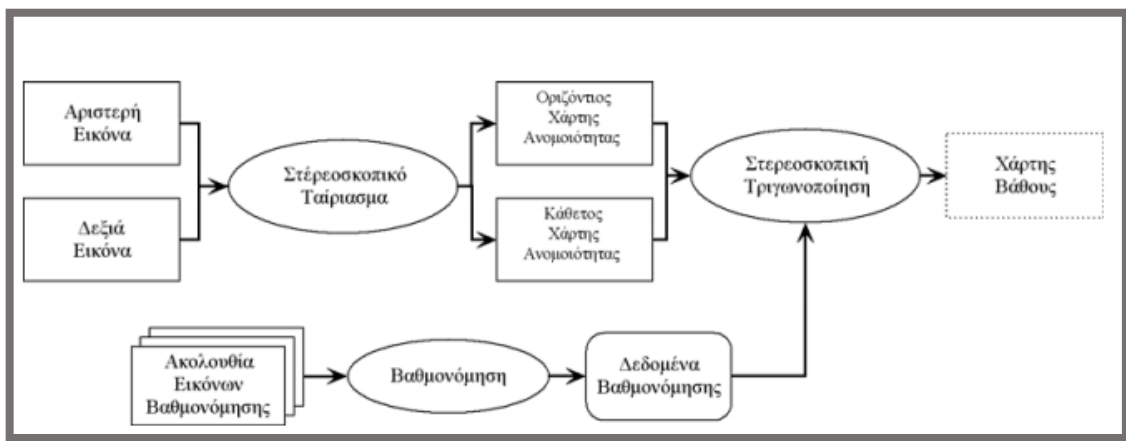


Εικ.55: Επιπολικό επίπεδο και αντιστοίχιση σημείων στερεοσκοπικά.

<http://www.ceti.gr/digitech/docs/objects.pdf>

Τα τελικό αποτέλεσμα είναι ο χάρτης βάθους όπου κάθε εικονοστοιχείο του περιγράφει την απόσταση από την επιφάνεια του αντικειμένου έως το κέντρο του φακού της ψηφιακής φωτογραφικής μηχανής. Από τον χάρτη βάθους προκύπτει το πολυγωνικό πλέγμα πάνω στο οποίο προβάλλεται η πληροφορία της υψής της επιφάνειας του αντικειμένου.⁶⁰

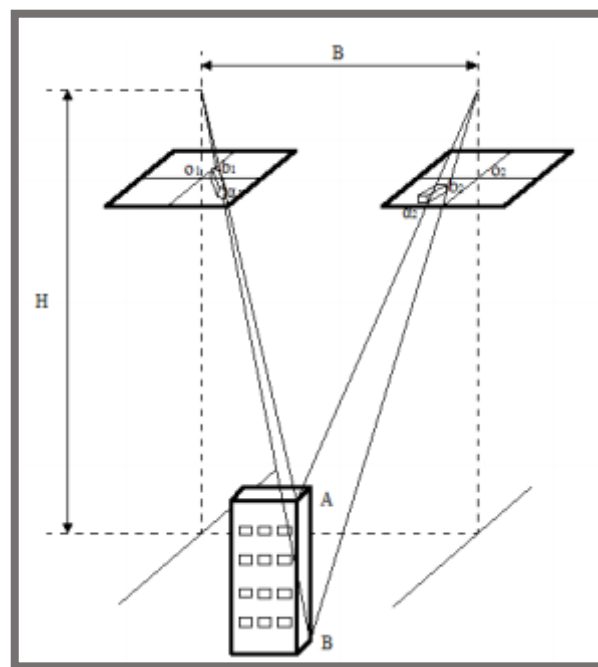
⁶⁰DIGITECH III, 2005.



Πίνακας 6. Γενική περιγραφή της διαδικασίας δημιουργίας χάρτη βάθους.

<http://www.ceti.gr/digitech/docs/objects.pdf>

Η γενική μεθοδολογία για τον υπολογισμό των τρισδιάστων συντεταγμένων των σημείων στον χώρο από μετρήσεις σε στερεοζεύγος εικόνων περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα:



Εικ. 56: Σχέση της στερεοσκοπικής αντίληψης του βάθους και της γωνίας σύγκλισης.

https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/1842/1/03_chapter_2.pdf

- Τη χρήση των στερεοσκοπικών εικόνων.
- Εντοπισμός του εσωτερικού προσανατολισμού που περιγράφει τη γεωμετρία της μηχανής και της διαστροφής του συστήματος των φακών ώστε να είναι

δυνατή η ανάπλαση της δέσμης των φωτεινών ακτίνων του αντικειμένου στο χώρο από τα αντίστοιχα σημεία της εικόνας.

- Η βαθμονόμηση της μηχανής έτσι ώστε να αντισταθμιστεί η διαστροφή που προκαλεί το σύστημα των φακών.
- Ο εξωτερικός προσανατολισμός της μηχανής στο χώρο που προσδιορίζεται με την φωτογραμμετρική οπισθοτομία.
- Ο υπολογισμός των τρισδιάστατων συντεταγμένων σημείων του αντικειμένου συντελείται με την τεχνική της φωτογραμμετρικής εμπροσθοτομίας.⁶¹

Γενικά, η οπισθοτομία είναι μια μέθοδος με την οποία προσδιορίζονται οι συντεταγμένες ενός σημείου χρησιμοποιώντας μετρηθείσες από αυτό γωνίες μεταξύ τριών γνωστών σημείων. Εμπροσθοτομία είναι η μέθοδος με την οποία προσδιορίζονται οι συντεταγμένες ενός σημείου χρησιμοποιώντας τις μετρηθείσες προς αυτό γωνίες από δύο ή περισσότερα γνωστά σημεία.⁶²

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί πάρα πολλά λογισμικά και αλγόριθμοι. Ένας από τους πιο διαδεδομένους αλγόριθμους που έχει χρησιμοποιηθεί, αναγνωρίζει χαρακτηριστικά σημεία πάνω στο ζεύγος φωτογραφιών (*feature-basedstereomatching*). Ο αλγόριθμος εντοπίζει όλα τα ευδιάκριτα χαρακτηριστικά του αντικειμένου που εμφανίζονται στις εικόνες και μπορεί να είναι γωνίες ,πλευρές, ευθείες ή και καμπύλες. Η επιτολική γεωμετρία εφαρμόζεται ώστε να βελτιστοποιηθεί η αντιστοίχιση των σημείων. Αυτοί οι αλγόριθμοι έχουν καλά αποτελέσματα στην εκτίμηση του βάθους αλλά περιορισμένη ανάκτηση του βάθους (μόνο για τα αναγνωρισμένα κοινά σημεία).⁶³

Άλλοι αλγόριθμοι βασίστηκαν στον διαχωρισμό της εικόνας σε τμήματα. Ο διαχωρισμός αυτός επιτρέπει στον αλγόριθμο να ελέγξει μικρές περιοχές εικονοστοιχείων ώστε να εντοπίσει τα αντίστοιχα σημεία. Οι αλγόριθμοι τμηματικού

⁶¹Περάκης, 2015.

⁶²Σχολή Ναυτικών Δοκίμων, 1988.

⁶³DIGITECHIII, 2005.

διαχωρισμού βασίζονται στην επιπολική γεωμετρία και σε μεγέθη όπως το μέσο τετραγωνικό σφάλμα και το σφάλμα της απόλυτης διαφοράς. Οι εν λόγω αλγόριθμοι προσφέρουν ένα πολύ πυκνό χάρτη βάθους.

Η μεγάλη αύξηση της υπολογιστικής ισχύς και ταχύτητας των ηλεκτρονικών υπολογιστών επέτρεψε την εισαγωγή ημιαυτοματοποιημένων μεθόδων επεξεργασίας των εικόνων. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι ο συνδυασμός των μεθόδων *SFM (structurefrommotion)* (δομή από κίνηση) και *densemultiview 3Dreconstruction (DMVR)*.

Τα τελευταία χρόνια, πολλά λογισμικά χρησιμοποίησαν αλγόριθμους *SFM-DMVR*. Ειδικότερα, η μέθοδος θεωρείται η συνέχεια της στερεοσκοπικής «όρασης». Αντί για ζεύγη εικόνων η μέθοδος επιχειρεί να ανακατασκευάσει το βάθος από άτακτες εικόνες που περιστρέφουν μια στατική σκηνή και ένα αντικείμενο από τυχαίες οπτικές γωνίες. Εκτός από την εξαγωγή χαρακτηριστικών σημείων χρησιμοποιούνται και οι τροχιές των συζευγμένων σημείων στις εικόνες. Η μέθοδος βασικά χρησιμοποιεί αντίστοιχα χαρακτηριστικά σημεία που είναι μεταξύ διαφορετικών εικόνων σε επικαλυπτόμενες περιοχές ώστε να υπολογίζονται οι εσωτερικές και εξωτερικές παράμετροι της μηχανής όπως είναι το εστιακό βάθος, το φορμάτ, τη θέση της κεντρικής προβολής, τον συντελεστή παραμόρφωσης του φακού, το σημείο λήψης και τον προσανατολισμό της εικόνας στον τρισδιάστατο χώρο. Με αυτόν τον τρόπο βελτιώνεται η ακρίβεια υπολογισμού της τροχιάς της μηχανής στο σύνολο των εικόνων, ελαχιστοποιείται το σφάλμα προβολής και αποτρέπεται η συσσώρευση σφάλματος από τον εντοπισμό των θέσεων της κάμερας.⁶⁴

Οι αλγόριθμοι *SIFT (scaleinvariantfeaturetransfor)* και *SERF (SpeedupRodustFeature)* δίνουν τη δυνατότητα στην ψηφιακή φωτογραμμετρία του αυτόματου εντοπισμού συζευγμένων σημείων σε διαφορετικές εικόνες ακόμα και όταν υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους και στη συνέχεια η επεξεργασία των

⁶⁴3D-ICONS: D7.3-Guidelines and Case Studies, Corns, Anthony, 2014.

αντιστοιχίσεων πραγματοποιείται με τον αλγόριθμο πολλαπλής εμπροσθοτομίας (*mutiviewstereo-mvs*).⁶⁵

Οι αλγόριθμοι και τα λογισμικά εξελίσσονται συνεχώς και παρέχουν τη δυνατότητα δημιουργίας υψηλής ποιότητας τρισδιάστατων αναπαραστάσεων. Υπάρχουν διαδικτυακά λογισμικά ανοιχτού κώδικα και εμπορικά. Παρέχουν τη δυνατότητα παρέμβασης και ελέγχου της διαδικασίας σε διαφορετικό βαθμό. Τα λογισμικά περιέχουν εργαλεία διόρθωσης και βελτιστοποίησης του τρισδιάστατου αποτελέσματος όπως η μείωση του θορύβου, η κάλυψη των οπών, η αφαίρεση των περιττών σημείων, κλπ. Η χρήση αυτών των εργαλείων απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή στα αντικείμενα πολιτιστικής κληρονομιάς γιατί η αυτοματοποιημένη βελτίωση ενέχει τον κίνδυνο στρέβλωσης της απόδοσης λεπτομερειών και φθορών που είναι πρέπει να είναι ορατά στον ερευνητή. Από τη διαδικασία εξαγωγής ενός τρισδιάστατου μοντέλου από δισδιάστατες εικόνες, μπορούμε να εντοπίσουμε τις προϋποθέσεις κατά την λήψη των εικόνων ώστε να εξάγονται τα βέλτιστα αποτελέσματα όσο αφορά τις ρυθμίσεις της μηχανής και του τρόπου λήψης. Η λήψη των φωτογραφιών πρέπει να γίνεται στην υψηλότερη διαθέσιμη ανάλυση και η εστιακή απόσταση πρέπει να παραμένει σταθερή. Το *ISO* πρέπει να είναι χαμηλό ώστε να μειώνεται ο θόρυβος. Το βάθος πεδίου πρέπει να είναι ικανό ώστε να καλύπτεται όλο το αντικείμενο. Το αντικείμενο να είναι καλά εστιασμένο σε όλες τις λήψεις. Η αλληλοεπικάλυψη στις λήψεις να είναι η υψηλότερη δυνατή τουλάχιστον κατά 80 % και κάθε σημείο του αντικειμένου να είναι ορατό σε τουλάχιστον δύο λήψεις. Η διατήρηση σταθερού και ομοιόμορφου φωτισμού είναι σημαντική. Το αντικείμενο να παραμένει σταθερό στην θέση του και το φόντο να είναι ουδέτερο. Η φωτογράφιση είναι καλό να γίνεται σε διαφορετικές ζώνες ύψους και να καλύπτουν μια ολόκληρη κυκλική τροχιά γύρω από το αντικείμενο.⁶⁶

⁶⁵Eros & Bornaz, 2017.

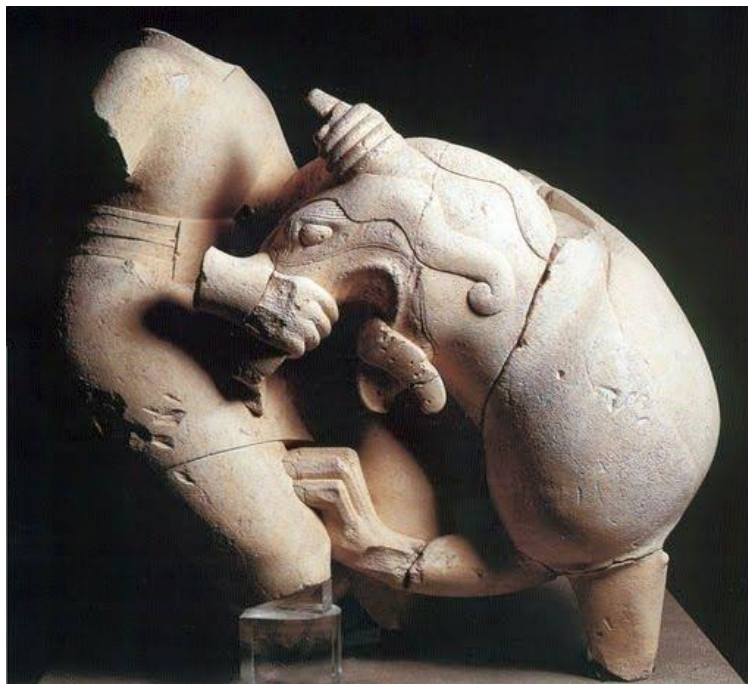
⁶⁶Agisoft Metashape, 2019, *User Manual*.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 Παραδείγματα τρισδιάστατης ψηφιοποίησης πολιτιστικών υλικών αγαθών

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται συνοπτικά περιπτώσεις τρισδιάστατης ψηφιοποίησης πολιτιστικών τεκμηρίων και με μεθόδους ανάλογες αυτών που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία.

Η Γριφομαχία (*Griphomaquia*) είναι ένα γλυπτό που ανήκει στην ομάδα του *CerrilloBlunco (Porcuna, Joen)* που αποτελεί την πιο σημαντική ομάδα γλυπτών του ιβηρικού πολιτισμού. Φιλοτεχνήθηκαν τον 5^ο αιώνα πχ και είναι συμπλέγματα μαχητών, σκηνές κυνηγιού, μάχες με θηρία κλπ. Η Γριφομαχία ανήκει στη συλλογή με θέμα φανταστικά ζώα που παλεύουν με τον ήρωα , που άοπλος αρπάζει το θηρίο από τη μύτη και το αυτί ενώ το ζώο δαγκώνει το πόδι του.



Εικ. 57: Η Γριφομαχία, ύψος 70εκ., πλάτος 84εκ., βάρος 168κιλ., υλικό κολκαρενίτης (ασβεστόλιθος).

Μουσείο Χαέν, Ισπανία <http://iberiamagica.blogspot.com/2014/09/esculturas-iberas-de-cerrillo-blanco.html>

Η λήψη των πρωτογενών δεδομένων πραγματοποιήθηκε με σαρωτή λέιζερ χειρός το *Z- scan 800 laserscanner*. Η ερευνητική ομάδα προσπάθησε να εντοπίσει την πιο κατάλληλη μέθοδο τρισδιάστατης σάρωσης λαμβάνοντας υπόψη τον χρόνο, την ποιότητα και τη χρήση των αποτελεσμάτων. Τα κύρια προβλήματα που αντιμετώπισαν ήταν οι συνθήκες φωτισμού και οι αντανακλάσεις όπως και η πολύπλοκη μορφολογία του γλυπτού. Επίσης η τοποθεσία και η πρόσβαση αφού το σημείο έκθεσης του γλυπτού δεν άφηνε περιθώριο κινήσεων γύρω του.⁶⁷



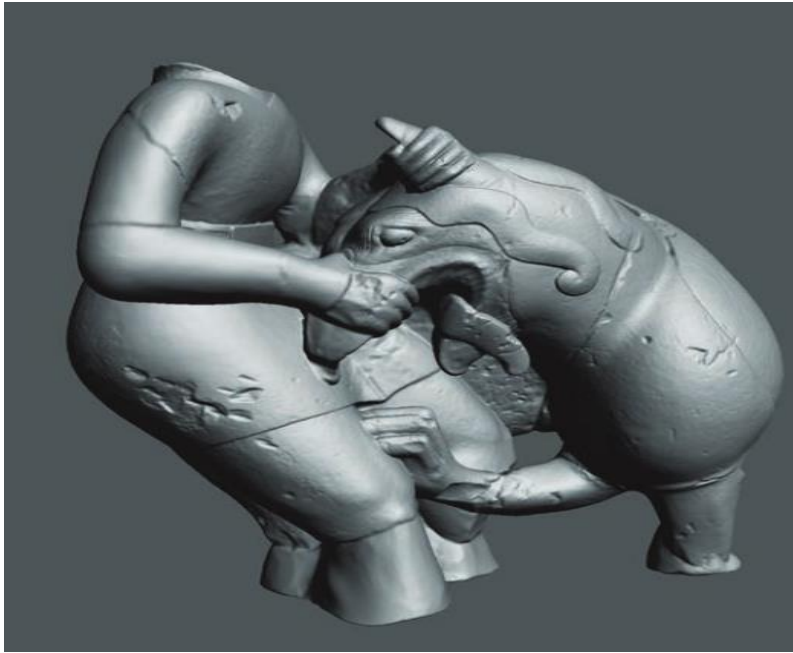
Εικ.58: Η διαδικασία σάρωσης.

<https://zenodo.org/record/1311797#.YBGCnugzaUn>

Το ωράριο του μουσείου, το μεγάλο βάρος του γλυπτού και η χρηματική εγγύηση για τη μετακίνηση του εκθέματος κατέστησαν την αλλαγή θέσης του αδύνατη. Αυτοί οι περιορισμοί απέκλεισαν την επιλογή της φωτογραμμετρικής μεθόδου και επιλέχτηκε ο φορητός σαρωτής λέιζερ χειρός *Z-Scann 800 laserscanner*. Η επεξεργασία των δεδομένων έγινε με το λογισμικό *VXelements, geomagic 10.0*. Το τρισδιάστατο μοντέλο παρουσιάζεται σε μορφή *3D-PDF* και χρησιμοποιείται στον τουρισμό, την έρευνα και την εκπαίδευση. Το εγχείρημα υλοποιήθηκε από το ανδαλουσιανό κέντρο για την Ιβηρική Αρχαιολογία *CUJA-CAAD* του Πανεπιστημίου του *Jaen*.⁶⁸

⁶⁷3D-ICONS: D7.3-Guidelines and Case Studies, Corns, Anthony, 2014.

⁶⁸3D-ICONS: D7.3-Guidelines and Case Studies, Corns, Anthony, 2014.



Εικ.59: Το τρισδιάστατο μοντέλο.

<https://zenodo.org/record/1311797#.YBGCnugzaUn>

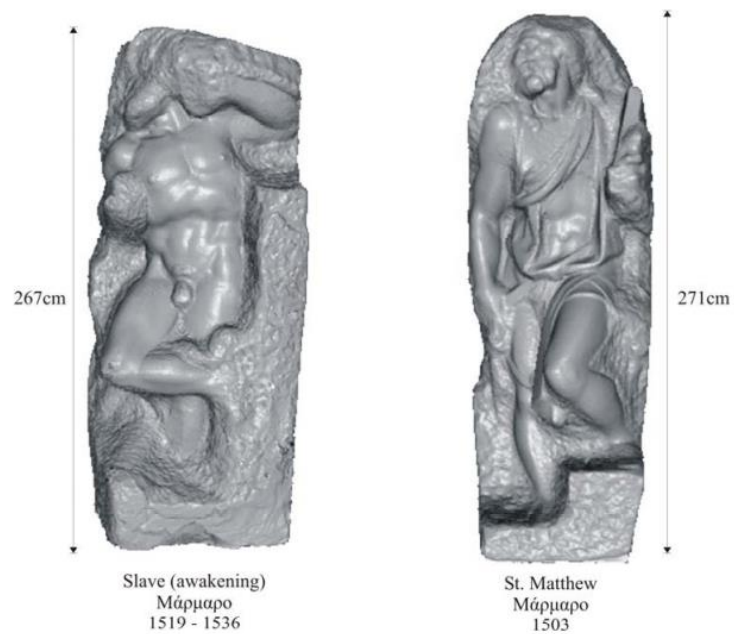
Ένα άλλο σημαντικό παράδειγμα αποτύπωσης που αξίζει να αναφερθεί είναι το *DigitalMichelangelo – 3DScanningofLargeStatues* (1998-2000). Αποτέλεσε μια από τις πρώτες περιπτώσεις σάρωσης που έγινε για την διερεύνηση της πολιτιστικής κληρονομιάς. Το πρόγραμμα αυτό είχε διάρκεια ένα χρόνο και ο στόχος του ήταν να καταφέρει να αποτυπώσει όσα περισσότερα γλυπτά γινόταν του Μιχαήλ Άγγελου. Τελικά με το πρόγραμμα αυτό έγινε σάρωση και αποτύπωση 10 αντικειμένων, 2 εσωτερικών χώρων και όλων των θραυσμάτων του *FormaUrbisRomae*. Τα αποτελέσματα είχαν ένα εντυπωσιακό αποτέλεσμα σε σχέση με τον χρόνο που χρειάστηκε και κατάφεραν να έχουν μια αρκετά υψηλή ανάλυση ώστε να προσδιορίσουν ακόμη και τα ίχνη από τα εργαλεία του Μιχαήλ Αγγέλου. (*3Dimaginingculturalheritage*). Ένα σημαντικό στοιχείο που προσέδωσε πολλά στην σάρωση είναι πως η ερευνητική ομάδα σχεδίασε τον δικό της σαρωτή σύμφωνα με τις απαιτήσεις του προγράμματος. Αυτό βέβαια συνδέεται άμεσα με τον προϋπολογισμό του προγράμματος, καθώς και με τους ανθρώπους που απάρτιζαν την ομάδα. Με τον σαρωτή που κατασκεύασαν κατέστη δυνατή η καταγραφή επιφανειών διαφορετικών κλίσεων επειδή ήταν δυνατή η μετακίνηση προς κάθετες και οριζόντιες κατευθύνσεις. Ένα μειονέκτημα ήταν το βάρος του σαρωτή καθώς

καθιστούσε δύσκολη τη διαδικασία της μετακίνησης και εγκατάστασης του.⁶⁹⁷⁰



Εικ.60: *David – Michelangelo, Digitech III*

Μελέτη Τεχνολογιών Ψηφιοποίησης σε Τρεις διαστάσεις (28/01/2021)



Εικ. 61: Έργα που ψηφιοποιήθηκαν στα πλαίσια του *Digital Michelangelo Project*.

⁶⁹DIGITECH III, 2005.

⁷⁰Abouaf & Potel, 1999.

3.2 Συντήρηση και Τρισδιάστατη Ψηφιοποίηση

Τα τελευταία χρόνια η τρισδιάστατη ψηφιοποίηση βρίσκει εφαρμογές στην συντήρηση εξαιτίας της ταχείας αύξησης της ποιότητας των αποτελεσμάτων και της μείωσης τους κόστους. Όσο οι συντηρητές χρησιμοποιούν αυτή την μέθοδο τόσο θα αναπτύσσονται εργαλεία που θα απαντούν στις ανάγκες τους. Ήδη έχουμε τονίσει τη συνεισφορά της τρισδιάστατης ψηφιοποίησης στην τεκμηρίωση μνημείων και υλικών αντικειμένων πολιτιστικής κληρονομιάς. Η τεκμηρίωση θα μπορούσε να θεωρηθεί μια διαδικασία συντήρησης διατηρώντας όχι μόνο το φυσικό αντικειμενικό αλλά και τις άυλες πτυχές και αξίες που φέρει.⁷¹

Στο μουσείο *WilanowPalaceMuseum* της Βαρσοβίας (Πολωνία) το κινέζικο βασιλικό δωμάτιο επρόκειτο να συντηρηθεί και να επανέλθει στην αρχική του κατάσταση. Είχε υποστεί πολλές επεμβάσεις και αλλαγές από την αυθεντική του μορφή. Όλα αυτά όμως αποτελούν ένα κομμάτι της ιστορίας του δωματίου. Αποφασίστηκε η τρισδιάστατη σάρωση του με σκοπό τη διατήρηση της μορφής του πριν τις επεμβάσεις συντήρησης και επαναφοράς στην αρχική του μορφή. Η τρισδιάστατη αναπαράσταση επέτρεψε τον ακριβή προσδιορισμό του εμβαδού των επιχρυσωμένων επιφανειών επιτρέποντας τον υπολογισμό των απαραίτητων υλικών για τις επεμβάσεις.⁷²

⁷¹Leino, 2016.

⁷²Brunch et el 2012



Εικ. 62: Άποψη του ανατολικού τοίχου μετά τις επεμβάσεις συντήρησης.

<https://d3i71xaburhd42.cloudfront.net/e33fa96722b0414fbecbb8ac80ffd53fb046326e/3-Figure2-1.png>



Εικ. 63: Τρισδιάστατη αναπαράσταση τμήματος του ανατολικού τοίχου.

<https://d3i71xaburhd42.cloudfront.net/e33fa96722b0414fbecbb8ac80ffd53fb046326e/3-Figure2-1.png>

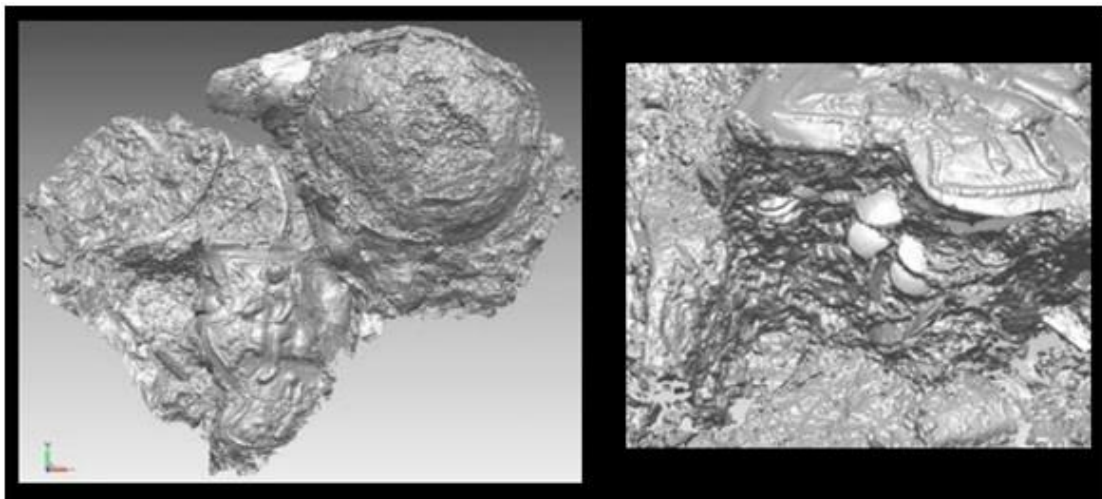
Ένα άλλο ενδιαφέρον παράδειγμα είναι η περίπτωση ενός ρωμαϊκού κράνους που ανακαλύφθηκε το 2000 στο Λέστερσαϊρ, στην Αγγλία. Οι συντηρητές του Βρετανικού μουσείου απευθύνθηκαν στο Ινστιτούτο τεχνολογίας Συντήρησης του Εθνικού Μουσείου του Λίβερπουλ ώστε να δημιουργήσει δύο τρισδιάστατα μοντέλα του κράνους. Ένα, μέσα στο μπλοκ χώματος από την ανασκαφή και ένα μετά την ανάκτηση και τον καθαρισμό του, ώστε να τεκμηριωθεί όλη η διαδικασία της ανασκαφής και της συντήρησης. Χρησιμοποιήθηκε φορητός σαρωτής λέιζερ μικρής εμβέλειας (Konica Minolta Rauga 7).⁷³

⁷³Rutland, 2001.



Εικ.64: Το κράνος όπως μετακινήθηκε από το πεδίο στο εργαστήριο συντήρησης.

<https://www.digitalclassicist.org/media/wip2010-06a1.pdf>



Εικ.65: Στιγμιότυπα από την ψηφιοποίηση του ρωμαϊκού κράνους.

<https://www.digitalclassicist.org/media/wip2010-06a1.pdf>

Το τρισδιάστατο μοντέλο μπορεί να εξετασθεί και να μελετηθεί από ερευνητές χωρίς να απαιτείται η φυσική τους παρουσία και χωρίς τους κινδύνους που εγκυμονεί η μεταφορά ενός πολιτιστικού υλικού τεκμηρίου. Σύστημα φορητού σαρωτή λέιζερ μικρής εμβέλειας χρησιμοποιήθηκε για τη μελέτη μεταλλικών διακοσμητικών περονών με κεφαλή των Βίκινγκ από τη Ρωσία και τη Σκανδιναβία. Η σάρωση των θραυσμάτων επέτρεψε την υποθετική ανακατασκευή του ακέραιου αντικειμένου, την ανάλυση ιχνών από τα εργαλεία και την τεκμηρίωση των διακοσμητικών μοτίβων. Τα τρισδιάστατα μοντέλα επέτρεψαν τη σύγκριση με παρόμοια ευρήματα από διαφορετικά μουσεία συμβάλλοντας στον εντοπισμό του

εργαστηρίου προέλευσης τους. Ένα ακόμα πλεονέκτημα είναι η δυνατότητα της λεπτομερής εξέτασης στοιχείων διαχωρίζοντας τα από το όλο αντικείμενο εικονικά.⁷⁴



Εικ. 66: Κυκλική διακοσμητική περόνη από την περιοχή του Vestergard

(The National Museum of Denmark, deposited at Roskilde Museum; NM 2010-015766-C38040)

A. Η πίσω όψη B. Η κύρια όψη C. Τρισδιάστατο μοντέλο D.Υποθετική έγχρωμη συμπλήρωση.



Εικ. 67: Τα τρισδιάστατα μοντέλα A και C λεπτομεριών από δύο διαφορετικά ευρήματα τοποθετούνται μαζί και ταυτίζονται πλήρως (B). Έτσι αποδεικνύεται η κατασκευή τους στο ίδιο εργαστήριο.

<https://repository.si.edu/bitstream/handle/10088/25926/2014%20AAS%20New%20applications%20of%203D%20modeling.pdf?isAllowed=y&sequence=1>

Ιδιαίτερα σημαντικές εφαρμογές της τρισδιάστατης ψηφιοποίησης στην συντήρηση αποτελούν η ταυτοποίηση συνανήκοντων κεραμικών θραυσμάτων, η τρισδιάστατη εκτύπωση απωλειών, η κατασκευή καλουπιών για την κατασκευή στηριγμάτων, προτάσεις συμπλήρωσης, η υποθετική ανάταξη αντικειμένων χωρίς επιπτώσεις και η ψηφιακή ανακατασκευή που καθοδηγεί τη φυσική ανάταξη. Η τρισδιάστατη ψηφιοποίηση παρέχει τη δυνατότητα παρακολούθησης της εξέλιξης της φθοράς και σύνταξης ακριβέστατων δελτίων κατάστασης διατήρησης. Ο έλεγχος των συνθηκών αποθήκευσης ή έκθεσης, μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη σύγκριση 3D μοντέλων σε τακτά χρονικά διαστήματα ώστε να εντοπισθούν μεταβολές και πιθανή έναρξη μηχανισμών διάβρωσης. Επίσης η σύγκριση των τρισδιάστατων μοντέλων προσδιορίζει με ακρίβεια μεταβολές στον όγκο και στο σχήμα των αντικειμένων, όπως έγινε για την παρακολούθηση υδατοκορεσμένου ξύλου όπου η συρρίκνωση

⁷⁴Neiβ, 2012.

του είναι ένα σημαντικό πρόβλημα.⁷⁵ Σε αντικείμενα ή μνημεία ένα 3D μοντέλο επιτρέπει την παρατήρηση περιορισμένης έκτασης ρωγμών, αποχρωματισμών και άλλων τύπων φθοράς σε περίπτωση περιορισμένης πρόσβασης.⁷⁶⁷⁷

Το 2015 οι Γεωργόπουλος Α. και Ευγενικού Β. στην εργασία τους μελέτησαν την τρισδιάστατη μοντελοποίηση πολιτισμικών τεκμηρίων μικρού μεγέθους. Ειδικότερα εξετάστηκε η αποτελεσματικότητα διαφορετικών μεθόδων (παθητικές και ενεργητικές) τρισδιάστατης ψηφιοποίησης όπως και η σημασία των ιδιοτήτων του υλικού, του χρώματος και της επιφανειακής πολυπλοκότητας. Η αξιολόγηση των τρισδιάστατων μοντέλων, περιορίστηκε στη σύγκριση ως προς την πληρότητα και την ακρίβεια της γεωμετρίας και όχι της υφής της επιφάνειας.

Για το σκοπό αυτόν επιλέχθηκαν προσεκτικά 10 αντικείμενα διαφορετικής επιφανειακής γεωμετρίας, πολυπλοκότητας σχήματος, υφής και υλικού κατασκευής. Τα υλικά κατασκευής των αντικειμένων ήταν : ορείχαλκος, μάρμαρο, γύψος, μαόνι, κερι, ξύλο, πορσελάνη, χαλκός, πλαστικό, μέταλλο, πηλός.⁷⁸



Εικ.68: Η συλλογή διαφορετικών αντικειμένων που δοκιμάστηκαν.

(από αριστερά προς τα δεξιά: ορείχαλκος, μάρμαρο, γύψος, μαόνι, κερι, ξύλο, πορσελάνη, χαλκός, πλαστικό, μέταλλο, πηλός)

⁷⁵Cretteetal, 2013.

⁷⁶Koutsoudis et al,2010.

⁷⁷Σακελλαρίου, 2019.

⁷⁸Γεωργόπουλος & Ευγενικού, 2015.

Χρησιμοποιήθηκαν επτά διαφορετικοί μέθοδοι λήψης δεδομένων και επεξεργασίας για να δημιουργηθούν τα τρισδιάστατα νέφη σημείων. Στη φωτογραμμετρία, στη λήψη των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε η φωτογραφική μηχανή *CanonEOS 1DMIIIfullframeDSLR* με ανάλυση *21 Mpixel* και σταθερό φακό *50 mm*. Η αλληλεπικάλυψη των εικόνων άγγιζε το ποσοστό *80-90%*. Το αντικείμενο εμφανίστηκε εστιασμένο στην πλειοψηφία των λήψεων, η γωνία μεταξύ των λήψεων ήταν μικρότερη των *10 μοιρών* και η γύρω περιοχή παρέμεινε σταθερή. Ο αριθμός των φωτογραφιών που λήφθηκαν για κάθε αντικείμενο εξαρτήθηκαν από τα χαρακτηριστικά του κάθε αντικειμένου. Τα αποτελέσματα ελήφθησαν λίγες ώρες αργότερα. Η επεξεργασία των δεδομένων έγινε αυτοματοποιημένα με τα λογισμικά: *DCatch*, το *Arc3D* και *Photosynth*, και ημιαυτοματοποιημένα με το λογισμικό, *AgisoftPhotoscan*. Για τη σάρωση με λέιζερ χρησιμοποιήθηκαν 3 διαφορετικοί σαρωτές με διαφορετική αρχή λειτουργίας. Ο σαρωτής δομημένου φωτός *SL2 XYZRGB*, ο σαρωτής τριγωνοποίησης *NEXTENGINE 3DLaserScanner* και ο σαρωτής μέτρησης χρόνου πτήσης, *TOPCONISImagingStation*. Για τη σύγκριση και την επεξεργασία χρησιμοποιήθηκαν τα προγράμματα *Comparecloud* και *Meshlab*. Κατά την επεξεργασία, έγινε καθαρισμός και απομάκρυνση και καθαρισμών περιττών σημείων και θορύβου, ευθυγράμμιση, συνένωση, ανακατασκευή της επιφάνειας και βελτιστοποίησή της. Η ποιοτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων βασίστηκε στις εξής παραμέτρους: στις παραμορφώσεις της επιφάνειας, στο μέγεθος και το πλήθος των οπών, στην τραχύτητα της επιφάνειας και στην ολική ή μερική δημιουργία νέφους σημείων. Η ποσοτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων βασίστηκε στην εύρεση του μέσου σφάλματος και της πρότυπης απόκλισης για κάθε τρισδιάστατο μοντέλο.⁷⁹

⁷⁹Γεωργόπουλος & Ευγενικού, 2015.

	123DCatch		ARC3D		PhotoScan		Next Engine		SL2	
	Mean	St.D	Mean	St.D	Mean	St.D	Mean	St.D	Mean	St.D
PLASTER	0,17	1,21	0,09	1,07	0,02	1,60	0,14	1,34	0,39	1,19
WOOD	-0,30	1,70	-1,10	2,81	-0,36	2,47	0,35	4,66	-1,16	2,38
PORCELAIN	-0,43	1,85	-2,47	4,73	-0,36	2,43	0,17	2,08	0,09	2,00
CLAY	0,52	0,95	0,50	1,24	-0,58	1,38	-0,13	0,64	-0,34	0,82
MAHOGANY	0,04	0,89	-0,38	0,95	0,10	1,03	-0,17	0,68	-	-
METAL	0,40	0,66	-0,20	1,24	1,26	1,83	-0,30	0,58	0,63	1,36
MARBLE	0,02	1,08	-	-	0,00	0,73	-0,09	0,70	-0,16	1,17
BRASS	0,12	0,93	-0,15	0,92	0,13	0,64	0,10	0,92	0,33	1,11
BRONZE	-0,32	1,42	0,11	1,87	0,03	1,33	-0,19	1,11	0,08	0,46
PLASTIC	-0,76	1,18	-	-	0,78	1,21	0,32	0,54	0,41	0,65

Table 1: 3D Models' Mean Error and Standard Deviation (in mm)

Πίνακας 7. Το μέσο σφάλμα και η πρότυπη απόκλιση (mm).

Στη συνέχεια για κάθε αντικείμενο επιλέχθηκε το τρισδιάστατο μοντέλο με την μεγαλύτερη ακρίβεια, το μικρότερο μέσο σφάλμα και τη μικρότερη πρότυπη απόκλιση ως μοντέλο αναφοράς. Η σύγκριση των υπόλοιπων μοντέλων του ίδιου αντικειμένου με αυτά έγινε στο *cloudcompare* μετά από την κλιμάκωση και την ευθυγράμμιση τους. Υπολογίστηκε η μέση απόσταση και η πρότυπη απόκλιση μεταξύ κάθε μοντέλου με το μοντέλο αναφοράς.

	123DCatch		Arc3D		PhotoScan		Photosynth		Topcon IS		Next Engine		SLS	
	MD	St.D.	MD	St.D.	MD	St.D.	MD	St.D.	MD	St.D.	MD	St.D.	MD	St.D.
PLASTER	-0,10	0,54	B	B	0,12	0,79	0,10	0,68	-0,17	3,25	0,09	0,61	-1,31	0,64
WOOD	B	B	0,10	0,92	-0,07	1,54	-0,01	1,15	-0,04	3,86	0,24	1,89	0,09	0,89
PORCELAIN	0,70	0,35	3,00	1,41	0,27	0,27	0,00	0,68	-	-	0,40	0,24	B	B
CLAY	1,96	0,74	1,19	0,32	-0,63	0,48	0,04	0,95	-	-	B	B	0,36	0,32
MAHOGANY	B	B	0,26	0,47	-0,16	0,45	-0,07	1,17	-	-	0,18	0,43	-	-
METAL	0,43	0,26	-0,32	0,57	0,99	1,00	0,03	0,46	-	-	B	B	0,63	0,60
MARBLE	0,07	0,12	-	-	B	B	-0,07	0,56	-	-	-0,11	0,53	0,15	0,54
BRASS	0,04	0,24	-0,12	0,39	0,25	0,29	0,06	0,57	-	-	B	B	1,12	0,59
BRONZE	-0,16	0,47	0,94	2,34	-0,01	0,40	0,10	0,82	-	-	-0,18	0,42	B	B
PLASTIC	-0,02	0,38	-	-	0,02	0,30	0,00	0,74	-	-	B	B	0,00	0,15
WAX	0,01	1,08	-0,03	3,04	B	B	-0,38	1,92	-0,69	5,08	-	-	-	-

Table 2: Mean distance and standard deviation between each model and the base model (B), as computed in CloudCompare

Πίνακας 8. Μέση απόσταση και πρότυπη απόκλιση μεταξύ των μοντέλων και του μοντέλου αναφοράς(B) όπως υπολογίστηκαν στο *cloudcompare*.

Γενικά η τρισδιάστατη αναπαράσταση αντικειμένων σκούρου χρώματος, μεγάλης ανακλαστικότητας, πολύπλοκης επιφανειακής γεωμετρίας, παρουσιάζουν δυσκολίες και φτωχότερα αποτελέσματα. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται μια συνολική αξιολόγηση της συμπεριφοράς των υλικών σε όλες τις

μεθόδους και όλων των μεθόδων ανά υλικό.(η πρώτη, η τελευταία στήλη και τελευταία γραμμή του πίνακα)⁸⁰

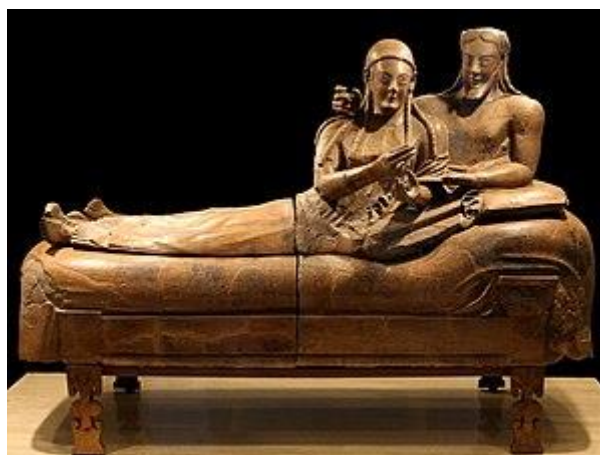
	123DCatch	ARC3D	Photosynth	Photoscan	TOPCON IS	Next Engine	SLS	MEAN
PLASTER	8,5	7,5	3	9,5	1	10	8,5	6,9
WOOD	5	5	2	8,5	1	5,5	6	4,7
PORCELAIN	6,5	0	2	6	0	8,5	7,5	4,4
CLAY	6	3,5	1,5	6,5	0,5	8	8,5	4,9
MAHOGANY	6,5	5,5	2	7	0,5	9,5	-	5,2
METAL	7,5	5	2	5,5	1	8	5,5	4,9
MARBLE	8,5	-	2,5	9	0	9,5	7	6,1
BRASS	8,5	8	2	8	0,5	10	5	6
BRONZE	6	2	1	8	0	8,5	7,5	4,7
PLASTIC	3,5	-	0	7,5	0	8	7,5	4,4
WAX	5,5	3	1	7	0,5	-	-	3,4
MEAN	6,5	4,4	1,7	7,5	0,5	8,6	7	

Πίνακας 9. Όπως φαίνεται το υλικό με τα καλύτερα αποτελέσματα είναι ο γύψος και η μέθοδος με τα καλύτερα αποτελέσματα είναι η σάρωση με τον σαρωτή τριγωνοποίησης.

⁸⁰Γεωργόπουλος & Ευγενικού, 2015.

3.3 Ανάλογες προσεγγίσεις

Το 2016 πραγματοποιήθηκε η τρισδιάστατη ψηφιοποίηση της ετρουσκικής σαρκοφάγου του 6ου αιώνα π.Χ., που ονομάζεται η «Σαρκοφάγος των συζύγων» (*the sarcophagus of the spouses*). Αναπαριστά ένα ανδρόγυνο που πλαγιάζει πάνω σε ένα ανάκλιτρο κατά τη διάρκεια ενός συμποσίου. Είναι κατασκευασμένο από τερακότα και χρωματισμένο με λαμπερά χρώματα. Εκτίθεται στο Μουσείο Ιστορίας της Μπολόνια της Ιταλίας (*The history Museum of Bologna*).⁸¹



Εικ. 69: Η Σαρκοφάγος των Συζύγων, τερακότα, 530-520 π.Χ. Εθνικό Ετρουσκικό Μουσείο, Ρώμη.

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/cf/Sarcophagus_of_the_Spouses_from_Villa_Giulia_in_Rome.jpg

Οι μέθοδοι τρισδιάστατης καταγραφής ήταν η φωτογραμμετρία και η σάρωση με λέιζερ. Ο εξοπλισμός που επιλέχθηκε ήταν ο φορητός σαρωτής τριγωνοποίησης *Konica Minolta Vivid 910*, συνδυασμένο με έναν απλό (ca30x20mm) και ένα ευρυγώνιο φακό (ca50x40mm). Στη φωτογραμμετρία χρησιμοποιήθηκε η DSLR κάμερα *Nikon D3x24*.

Η διαδικασία λήψης των δεδομένων παρουσίασε δυσκολίες εξαιτίας του περιορισμένου περιμετρικά ελεύθερου χώρου και των χρονικών περιορισμών από την λειτουργία και το ωράριο του μουσείου. Η διάρκεια της ήταν 13 ώρες για την φωτογράφιση και 7 ώρες για τη σάρωση λέιζερ.

⁸¹Remondino et al, 2016.

Τα λογισμικά που χρησιμοποιήθηκαν για την επεξεργασία των δεδομένων ήταν το *Meshlab*, το *Cloud Compare* και το *Agisoft Protoscan*. Ο απαιτούμενος χρόνος ήταν τέσσερις ημέρες για τη σάρωση λέιζερ και πέντε ημέρες για τη φωτογραμμετρία.

Τα εξαγόμενα τρισδιάστατα μοντέλα και από τις δύο τεχνικές παρουσιάζουν υψηλή ανάλυση γεωμετρίας και υφής. Το τρισδιάστατο μοντέλο της σάρωσης λέιζερ αποτελείται από 61εκ. τρίγωνα και έχει ανάλυση 0,5-0,7mm, ενώ το μοντέλο της φωτογραμμετρίας από 50εκ. τρίγωνα και ανάλυση 0,5mm.

Η διαδικασία της ταύτισης και σύγκρισης των δύο μοντέλων κατέδειξε ότι στη μεγαλύτερη έκταση της επιφάνειας η απόκλιση είναι πολύ μικρή (0,5mm), ενώ μεγαλύτερες αποκλίσεις (4-5mm) παρατηρούνται στο ανώτερο τμήμα των δύο σωμάτων όπως φαίνεται και στην εικόνα.



Εικ. 70: Η διαδικασία της ταύτισης και σύγκρισης των δύο μοντέλων

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/cf/Sarcophagus_of_the_Spouses_from_Villa_Giulia_in_Rome.jpg

Οι περιοχές της επιφάνειας που εμφάνιζαν δυσκολία καταγραφής και αυξημένο θόρυβο ήταν αυτές με σύνθετη γεωμετρία, σκιάσεις, οι ακμές και τα σημεία στα όρια της βάσης, αφού η επιφάνεια της βάσης έδρασης δεν ήταν προσβάσιμη.

Η προσέγγιση της διαδικασίας λήψης και επεξεργασίας των δεδομένων προσαρμόζεται στις περιβαλλοντικές συνθήκες και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του

κάθε πολιτιστικού τεκμηρίου και μεταβάλλεται ανάλογα με τα προβλήματα που ανακύπτουν κατά την πρόοδο των εργασιών.⁸²

Το 2018 έλαβε χώρα η διαδικασία της τρισδιάστατης ψηφιοποίησης πέντε γύψινων αντικειμένων, από τη Σχολή Καλών Τεχνών (γλυπτά και ανάγλυφα). Ο σκοπός της εργασίας ήταν διττός. Η μελέτη των τρισδιάστατων μοντέλων από τη σκοπιά της συντήρησης, δηλαδή η τεκμηρίωση, η αποτύπωση των τύπων φθοράς και της έκτασής τους. Επίσης η σύγκριση των αποτελεσμάτων δύο μεθόδων τρισδιάστατης καταγραφής, της φωτογραμμετρίας και της σάρωσης με λέιζερ.



High relief A



Sunken relief A



Sunken relief B



Feminine bust



High relief B

Εικ. 71: Γύψινα γλυπτά και ανάγλυφα.

⁸²Remondino et al., 2016.

Για τη σάρωση χρησιμοποιήθηκε ο φορητός σαρωτής χειρός τριγωνοποίησης μικρής εμβέλειας *ZScan 700CX 3D*. Το συγκεκριμένο σύστημα έχει δύο κύρια πλεονεκτήματα: ότι είναι μία φορητή συσκευή και ότι είναι αυτο-βαθμονομημένη. Το συνοδευτικό λογισμικό *ZScan* παρέχει έναν αλγόριθμο βελτιστοποίησης υψής της επιφάνειας του πλέγματος. Για όλα τα επεξεργασμένα αντικείμενα, ο όγκος σάρωσης κυμαινόταν μεταξύ 250x250x250 mm (ανάλυση 0,48 mm) έως 400x400x400 mm (ανάλυση 0,78 mm). Κατά τη σάρωση παρατηρήθηκε πως ο σαρωτής λέιζερ αδυνατούσε να καταγράψει ικανοποιητικά τα τμήματα των επιφανειών με υψηλή στιλπνότητα. Για τη πλήρη σάρωση κάθε αντικειμένου, απαιτήθηκαν από δύο έως πέντε επιμέρους αλληλεπικαλυπτόμενες σαρώσεις (σε μερικές σαρώσεις υπάρχει αλληλοεπικάλυψη). Η ανάλυση της υψής ορίστηκε στα 250 *dpi* και το μέγεθος υψής στα 4096x4096 *pixel*. Ο μέσος απαιτούμενος χρόνος για τη σάρωση ήταν περίπου τρεις ώρες. Η επεξεργασία των εξαγόμενων από το *Zscan* δεδομένων έγινε με το λογισμικό *Meshlab*.⁸³

Για τη λήψη των δεδομένων της φωτογραμμετρίας χρησιμοποιήθηκε η φωτογραφική μηχανή *Nikon D5100* με ανάλυση 4928x3264 *pixels* (23.6x15.6 mm *CMOS sensor*) και ο φακός που χρησιμοποιήθηκε ήταν 50 mm. Οι λήψεις για κάθε αντικείμενο ήταν 50 έως 80. Τα λογισμικά που χρησιμοποιήθηκαν για την επεξεργασία των δεδομένων ήταν τα εξής: *VisualSFMwithCMVS*, *RealityCapture® byCapturingReality*, και *ReCapPhotobyAutodesk*. Η μετεπεξεργασία έγινε με το λογισμικό *Meshlab*.

Η διαδικασία εξέτασης και αξιολόγησης των αποτελεσμάτων σε σχέση με τα πραγματικά από μέλη του τμήματος Συντήρησης Αρχαιοτήτων και έργων τέχνης, τα οποία επιβεβαίωσαν την καταγραφή απωλειών και φθορών στα τρισδιάστατα αντίγραφα. Με βάση το πλήθος των υπολογισμένων όψεων τα τρισδιάστατα μοντέλα της φωτογραμμετρίας παρουσιάζουν μεγαλύτερο αριθμό πληρότητας. Στη συνέχεια έγινε η σύγκριση της γεωμετρίας της επιφάνειας των τρισδιάστατων μοντέλων των δύο μεθόδων, στο λογισμικό *CloudCompare* και υπολογίστηκε το μέσο σφάλμα και η απόκλιση, τα οποία αποδόθηκαν και οπτικά με έγχρωμους

83

χάρτες. Η σύγκριση έγινε μεταξύ των μοντέλων από τη σάρωση με λέιζερ και των μοντέλων της φωτογραμμετρίας από τα τρία διαφορετικά λογισμικά.⁸⁴

	High relief A (Mean/ Deviation)	Sunken relief A (Mean/ Deviation)	Sunken relief B (Mean/ Deviation)	Feminine bust (Mean/ Deviation)	High relief B (Mean/ Deviation)
Z700CX	1751960	937841	568107		
VisualSFM	-0.407/ 1.354	-0.134/ 2.063	-0.867/ 4.881	0.331/ 0.900	-6.176/ 6.055
Capturing Reality	0.126/ 0.950	-0.136/ 0.613	-0.693/ 5.243	-0.392/ 1.565	-0.041/ 0.332
ReCap Photo	-0.970/ 2.150	-13.052/ 8.517	0.000/ 0.000	-0.392/ 0.499	-6.171/ 6.119

Πίνακας 10. Η σύγκριση μεταξύ των μοντέλων στα διαφορετικά λογισμικά.



Sunken relief A



Sunken relief A

Εικ. 72: Σύγκριση μεταξύ των τρισδιάστατων πλεγμάτων των μοντέλων.

⁸⁴Makris et al., 2018.

Γενικά, τα τρισδιάστατα μοντέλα της φωτογραμμετρίας είναι εφάμιλλης ποιότητας με αυτά από τη σάρωση με λέιζερ. Όλα τα λογισμικά ήταν ικανά να εξάγουν χρήσιμα και ικανοποιητικά αποτελέσματα. Και οι δύο τεχνικές αποτελούν γρήγορες και πρακτικές μεθόδους ψηφιακής τεκμηρίωσης συλλογών, αγαθών, πολιτιστικών, αντικειμένων.⁸⁵

Το σύνολο σχεδόν των ερευνητών που καταπιάνονται με τη σύγκριση μεθόδων τρισδιάστατης ψηφιοποίησης συμφωνούν στο ότι τόσο η φωτογραμμετρία όσο και η σάρωση με λέιζερ δεν αποτελούν δύο ανταγωνιστικές μεθόδους αλλά αλληλοσυμπληρώμενες. Η βέλτιστη μέθοδος για κάθε περίπτωση εξαρτάται από τις ιδιαιτερότητες του αντικειμένου, του περιβάλλοντος χώρου, του χρόνου και των διαθέσιμων οικονομικών πόρων. Καθοριστικός παράγοντας στην επιλογή της μεθόδου είναι η τελική χρήση των αποτελεσμάτων και των αποδεκτών τους.

⁸⁵Makris &all, 2018.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1 Μελέτη περίπτωσης προπλασμάτων μητέρες

Στην παρούσα πτυχιακή ασχοληθήκαμε με την τρισδιάστατη τεκμηρίωση έξι προπλασμάτων διαφόρων υλικών, με θέμα τη Μητέρα τα οποία βρίσκονται στο εργαστήριο του Γιάννη Παππά που υπάγεται στο Μουσείο Μπενάκη στην περιοχή του Ζωγράφου. Τα προπλάσματα αυτά είναι μικρού μεγέθους (12 εκ.). Τα τρία προπλάσματα αυτά αναπαριστούν μια καθιστή μητέρα η οποία κρατάει στην αγκαλιά της ένα βρέφος και τα άλλα τρία αναπαριστούν μια μητέρα με ένα παιδί να κάθεται στα γόνατά της. Τα υλικά από τα οποία είναι κατασκευασμένα είναι τα εξής: γύψος, μπρούτζος, πλαστελίνη και κεραμικό.



Μπρούτζινο πρόπλασμα

256



Κεραμικό πρόπλασμα

316



Γύψινο πρόπλασμα

244



Μπρούτζινο πρόπλασμα

245



Πρόπλασμα από

πλαστελίνη 245



Γύψινο πρόπλασμα

243

4.2 Λήψη δεδομένων φωτογραμμετρίας

Το εύρος του μεγέθους των αντικειμένων επέτρεψαν την ίδια κοινή προσέγγιση κατά τη διαδικασία λήψεων. Σε όλα λοιπόν τα αντικείμενα ακολουθήθηκαν τα βήματα, που παρουσιάζονται αναλυτικά στη συνέχεια.

Το γλυπτό πρόπλασμα τοποθετήθηκε επάνω σε μια περιστρεφόμενη κυκλική βάση ώστε να διατηρείται η απόσταση μεταξύ αντικειμένου και κάμερας. Οι φωτιστικές πηγές τοποθετήθηκαν συμμετρικά ως προς τη θέση της κάμερας ώστε να επιτευχθεί ο διάχυτος και ομοιόμορφος φωτισμός του αντικειμένου.

Ο απαιτούμενος εξοπλισμός για τη διαδικασία λήψης των φωτογραφιών είναι ένα *lightbox*, ένα τρίποδο της εταιρίας *manfrotto 055*, μια φωτογραφική μηχανή με τα εξής χαρακτηριστικά: *NikonD5100 DSLR*, με αισθητήρα εικόνας *CMOS 23.6×15.6mm*, στα *16.2 megapixel* (μέγεθος εικόνας *4.928×3.264 pixel*). Συνδυάστηκε με φακό *Nikon 14-24mm* και τοποθετήθηκε στο τρίποδο, με ενσύρματο απελευθερωτή κλείστρου, δύο λαμπτήρες - προβολείς (*ES470*), που ο καθένας φέρει 4 λάμπες ψυχρού φωτισμού ημέρας (*150W/5400K*), ένα *ColorCheckerX-Rite*, μια ξύλινη περιστρεφόμενη βάση πάχους 1.5 εκ και τέλος μια κλίμακα.

Αισθητήρας εικόνας	CMOS DX 16,2 megapixel
ISO	100-6400
Μηχανισμός επεξεργασίας εικόνας	EXPEED
Οθόνη	LCD μεταβλητής γωνίας 7,5 cm (3in.), 921 k-dot με ευρεία οπτική γωνία
Κλιπ Video	D-Movie-full HD (1080p)
Απεικόνιση	HDR – υψηλό δυναμικό εύρος

Πίνακας 11. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της φωτογραφικής μηχανής.



Εικ. 73 / 74: Η διάταξη λήψης των φωτογραμμετρικών δεδομένων.



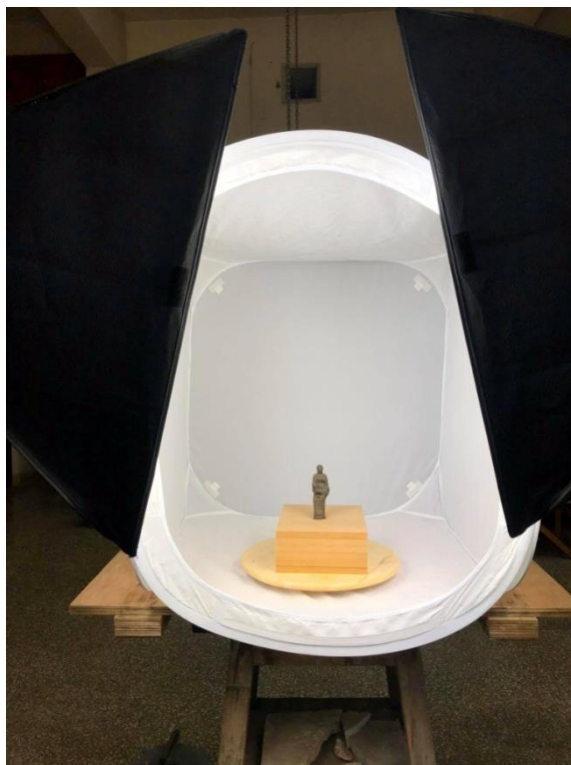
**Εικ. 75: Λήψη πρωτογενών δεδομένων
φωτογραμμετρίας**



**Εικ. 76: Λήψη πρωτογενών δεδομένων
φωτογραμμετρίας / Η διάταξη του εξοπλισμού.**



Εικ. 77 / 78: Η διαδικασία της φωτογράφισης.



Εικ. 79: Το μπρούτζινο γλυπτό πρόπλασμα μέσα στο *light-box*.



Εικ. 80: Το μπρούτζινο γλυπτό πρόπλασμα μέσα στο *light-box*.

Τα αντικείμενα τοποθετημένα στο *light-box*.

Το αντικείμενο περιστρέφεται κατά 2-3 μοίρες πριν από κάθε λήψη. Η πλήρης φωτογραφική κυκλική αποτύπωση απαιτεί περίπου 150-180 λήψεις. Η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται σε τρία στάδια, δηλαδή τρεις κύκλους λήψης σε καθ' ύψος ζώνες. Συνολικά για κάθε αντικείμενο οι λήψεις είναι 450-500. Στις αρχικές λήψεις κάθε σταδίου ένα *colorchecker* και μια κλίμακα τοποθετούνται πίσω από το αντικείμενο ώστε να είναι ευκολότερη η βαθμονόμηση. Η διαδικασία της λήψης των φωτογραφιών απαιτεί περίπου 2 με 3 ώρες. Ο τύπος των αρχείων των φωτογραφιών μετατρέπονται από το πηγαίο αρχείο της *nikon raw/nef* σε *jpeg* χωρίς καμία περαιτέρω συμπίεση μέσω του προγράμματος *NIKONVIEWNX-i*.

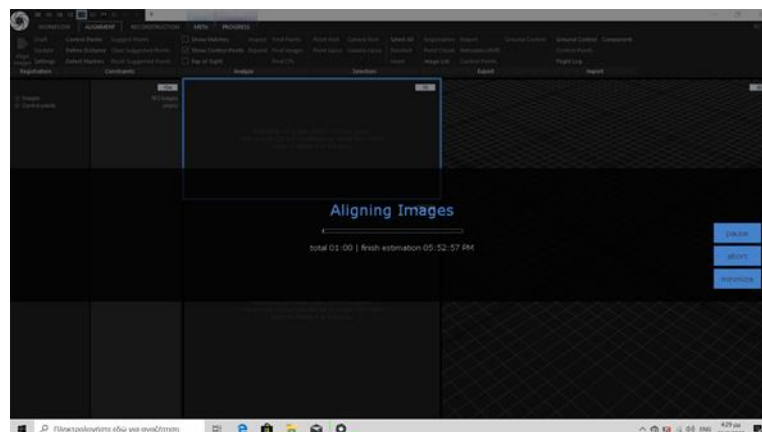


Εικ. 81 /82/83: Οι τρεις καθ' ύψος ζώνες λήψης.

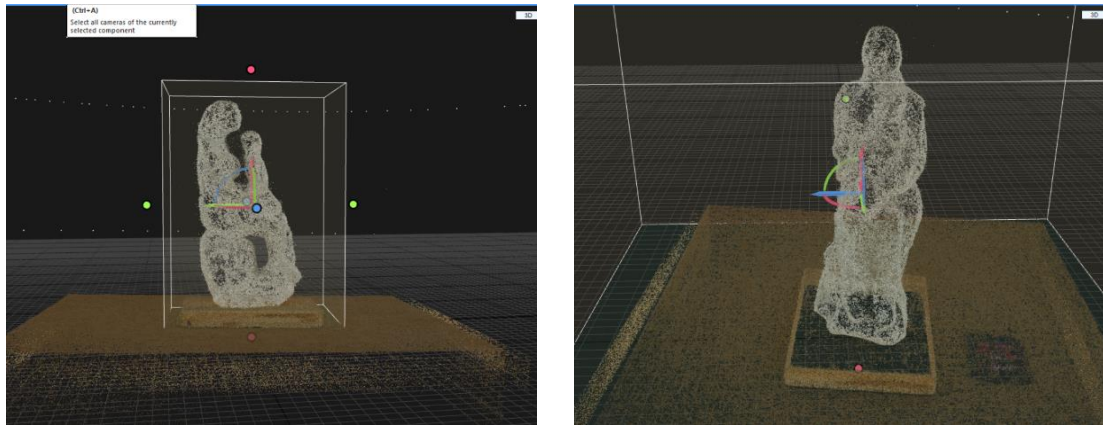
4.3 Επεξεργασία δεδομένων φωτογραμμετρίας

Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε για την επεξεργασία των δεδομένων είναι το *capture reality*, το οποίο μετατρέπει δεδομένα δισδιάστατης εικόνας σε τρισδιάστατα μοντέλα υψηλής ακρίβειας. Αποτελεί ένα λογισμικό εύχρηστο, αυτοματοποιημένο, αξιόπιστο και εξαιρετικά γρήγορο. Το σύνολο των φωτογραφιών εισάγεται στο λογισμικό. Ακολουθεί η διαδικασία ευθυγράμμισης των φωτογραφιών (*align*) που θα δημιουργήσει ένα αραιό νέφος σημείων που

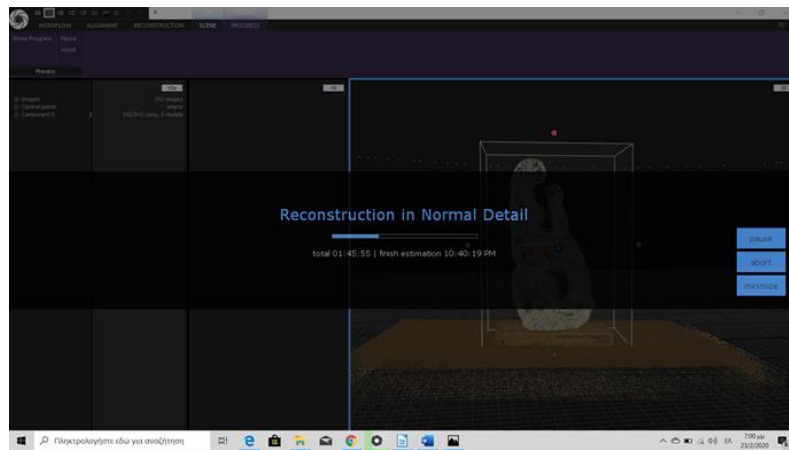
περιλαμβάνει τις λήψεις από όλες τις διαφορετικές ζώνες και έτσι προκύπτει ένα ενιαίο *component*. Μετά το πέρας της ευθυγράμμισης εάν δεν έχει προκύψει ένα ενιαίο *component*, ορίζονται σημεία ελέγχου (*controlpoints*), τουλάχιστον σε δύο φωτογραφίες στο ίδιο ακριβώς σημείο του αντικειμένου. Αυτό συμβάλλει στην ταχύτητα και ποιότητα εκτέλεσης του επόμενου σταδίου που είναι η δημιουργία του τρισδιάστατου μοντέλου πλέγματος (*reconstruction*). Στο τρισδιάστατο νέφος που έχει δημιουργηθεί προσαρμόζουμε τον κύβο επιλογής ώστε να εισαχθεί το αντικείμενο και όχι τα τμήματα του φόντου και ο θόρυβος στο επόμενο στάδιο. Οι επόμενες φάσεις της διαδικασίας είναι η επεξεργασία *NORMALDETAIL* που δημιουργεί το τρισδιάστατο μοντέλο πλέγματος. Στη συνέχεια ακολουθούν τα βήματα *COLORIZE* (*colorpervertex*) χρώμα ανά κορυφή και *TEXTURE* που δημιουργεί τους χάρτες φωτο-υφών. Στα μοντέλα της παρούσας πτυχιακής ακολουθήσαμε και τα δύο αυτά βήματα έτσι ώστε να ενσωματωθούν στο μοντέλο τις πληροφορίες υφής και χρώματος.



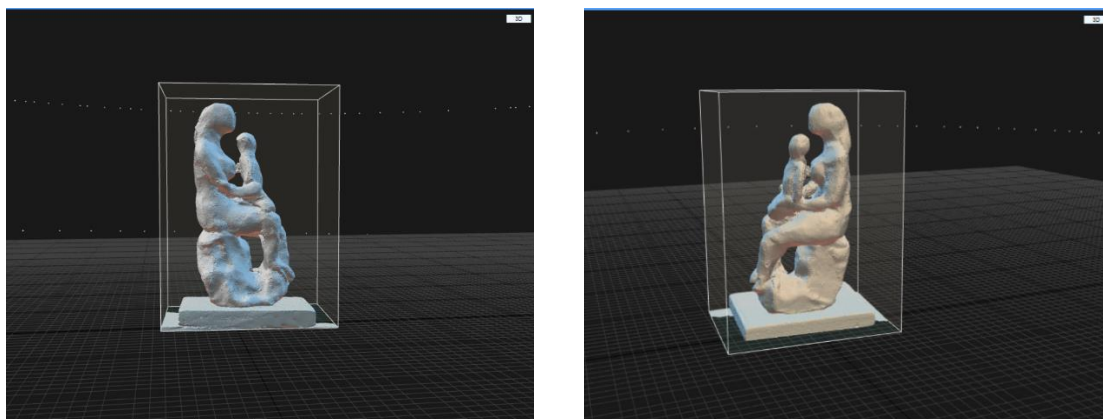
Εικ.84: Η διαδικασία της ευθυγράμμισης (*align*).



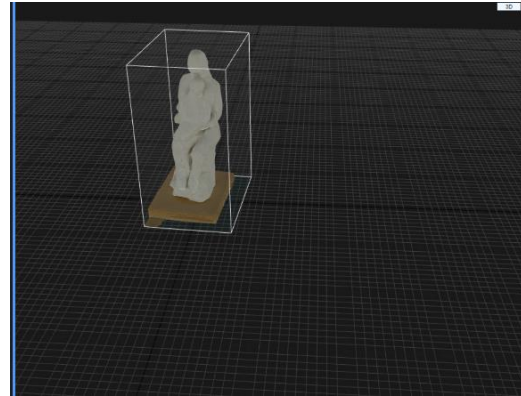
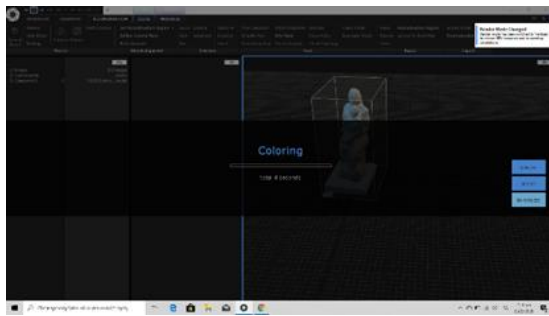
Εικ. 85 / 86: Το αρχικά παραγόμενο αραίο νέφος σημείων.



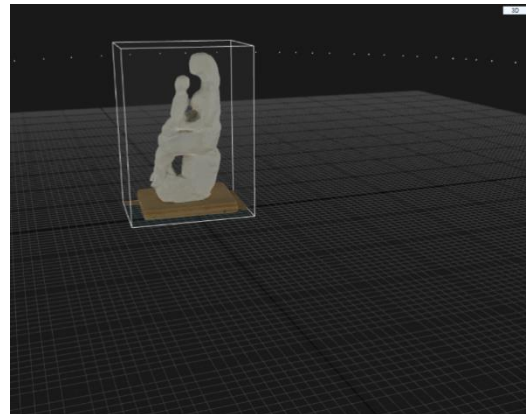
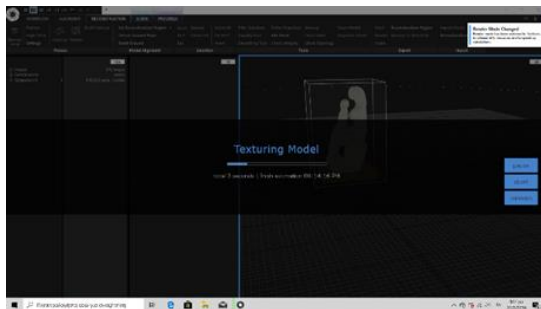
Εικ.87: Το βήμα ανακατασκευής του τρισδιάστατου πλέγματος του μοντέλου (normal detail).



Εικ. 88/ 89: Το παραγόμενο τρισδιάστατο μοντέλο πλέγματος.

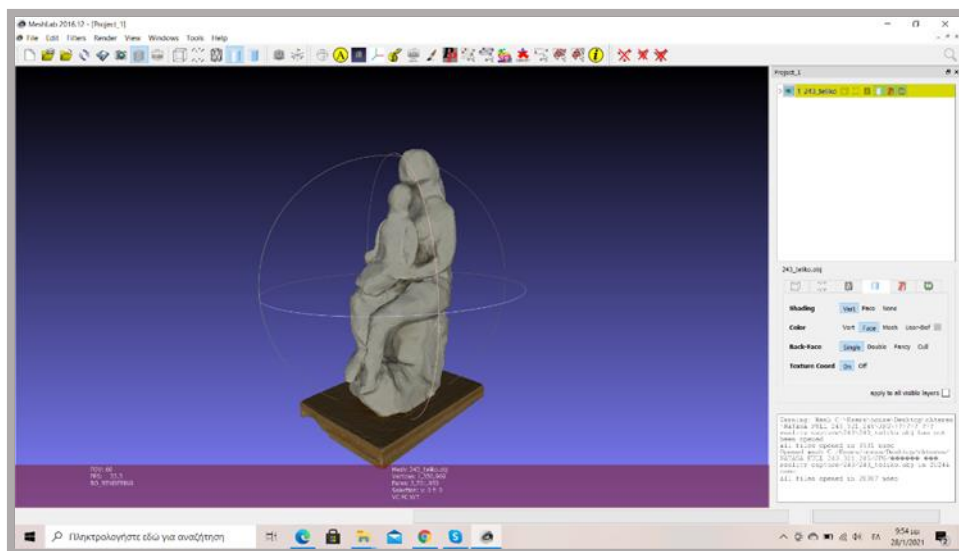


Εικ.90/ 91: Η διαδικασία ενσωμάτωσης της χρωματικής πληροφορίας (*colorize*).



Εικ. 92 / 93: Η ενσωμάτωση της υφής στο τρισδιάστατο μοντέλο πλέγματος (*texturing*).

Η υφή μπορεί να αποθηκευτεί με τη μορφή χρωματικών συντεταγμένων (*RGB*) στις κορυφές (*colorize*) ή ως χάρτης υφής (*texture*). Τα τελικά τρισδιάστατα μοντέλα αποθηκεύτηκαν σε μορφότυπο *.obj* (πληροφορία χαρτών φωτο-υφής) και *.ply* (έκφραση του χρώματος ανά κορυφή). Σε ιδανικές συνθήκες η πλήρης δημιουργία μοντέλου στο *RC* απαιτεί 3-4 ώρες. Εξαρτάται από τις δυνατότητες του Η/Υ. Η μετεπεξεργασία των τρισδιάστατων μοντέλων έγινε με το λογισμικό *meshlab*. Αφαιρέθηκαν τα περιττά στοιχεία του περιβάλλοντος, το φόντο και η βάση περιστροφής.



Εικ. 94: Το τελικό μοντέλο όπως εξήχθη από το λογισμικό meshlab.

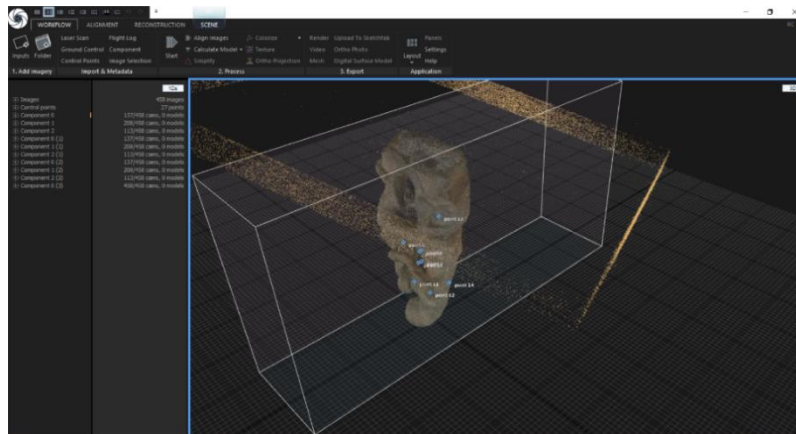
Τα

συνηθέστερα προβλήματα που συναντήσαμε στη διαδικασία της τρισδιάστατης ανακατασκευής με το λογισμικό φωτογραμμετρίας ήταν τα ακόλουθα :

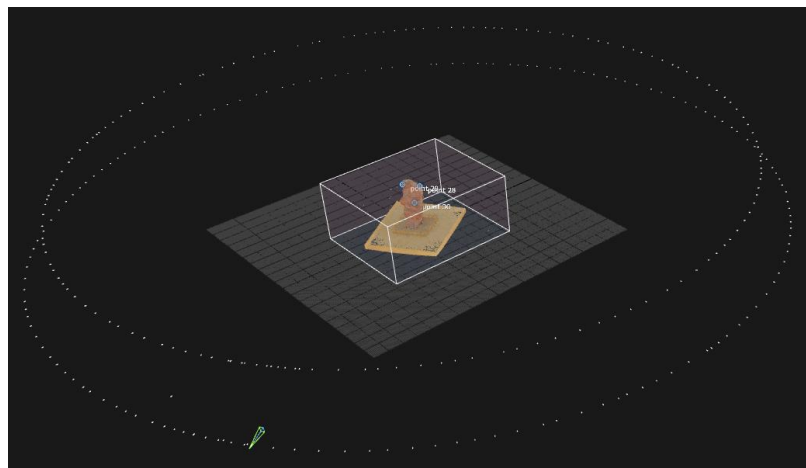
1. Τα αποτελέσματα μετά την ευθυγράμμιση των φωτογραφιών δεν ήταν ένα νέφος σημείων εξαγόμενο από το σύνολο των φωτογραφιών αλλά δύο ή τρία διαφορετικά *components*. Ένα, από τις δύο κατώτερες ζώνες λήψης και ένα ξεχωριστό από την ανώτερη ή τρία διαφορετικά , ένα για κάθε λήψη. Η συνένωσή τους με τη χρήση πολλών σημείων ελέγχου ήταν επίπονη διαδικασία χωρίς πάντα να έχει αποτέλεσμα, Η σωστή αντιμετώπιση είναι ο ορισμός αρκετών σημείων ελέγχου σε αντίστοιχες λήψεις των τριών διαφορετικών ζωνών πριν τη διαδικασία ευθυγράμμισης.
2. Το δεύτερο πρόβλημα ήταν ότι τα *components* από τις διαφορετικές ζώνες λήψης ήταν προσανατολισμένα σε διαφορετικά συστήματα αναφοράς. Η φωτογραμμετρία δεν δημιουργεί ένα αντιπροσωπευτικό πλαίσιο αναφοράς. Το αποτέλεσμα ήταν το αντικείμενο να κατασκευάζεται διπλό ή τριπλό. Αυτό αντιμετωπίστηκε με την περιστροφή και μετακίνηση του μοντέλου ώστε όλα τα *component* να προσανατολιστούν πάνω σε ένα ενιαίο σύστημα αναφοράς.

Τα παραπάνω προβλήματα θεωρούμε ότι παρουσιάστηκαν για τους εξής λόγους :

1. Το αντικείμενο στο κάδρο των λήψεων κατείχε μεγάλη έκταση ενώ το φόντο πολύ μεγάλη.
2. Το φόντο ήταν ενιαίου χρώματος χωρίς χαρακτηριστικά σημάδια όπως πχ γράμματα ή αριθμοί.
3. Η διαφορά στις γωνίες λήψης των τριών ζωνών δεν ήταν ίση. Ιδιαίτερα προβλήματα παρουσίασαν οι λήψεις της ανώτερης ζώνης με μεγάλη κλίση.



Εικ. 95: Δύο συμπλεκόμενα συστήματα αναφοράς.



Εικ. 96: Η περίπτωση που έχουν ενσωματωθεί μόνο οι λήψεις των δύο κατώτερων ζωνών.

4.4 Τρισδιάστατη σάρωση με λέιζερ

Για την τρισδιάστατη σάρωση χρησιμοποιήθηκε ο σαρωτής *Zscanner 700 CX*, ο οποίος ανήκει στην κατηγορία των φορητών τρισδιάστατων οπτικών σαρωτών λέιζερ χειρός. Είναι ο πλέον κατάλληλος και ευέλικτος τύπος για σάρωση μικρών διαστάσεων αντικειμένων σε μικρή εμβέλεια και ιδιαίτερα στην περίπτωση των πολιτιστικών τεκμηρίων επειδή δεν είναι απαραίτητη η μετακίνησή τους στο χώρο της σάρωσης. Παρέχει ελευθερία κίνησης γύρω από το αντικείμενο και παράγει κατευθείαν πλέγματα σε πραγματικό χρόνο. Αυτή η διαδικασία μειώνει τον χρόνο καταγραφής, ένωσης, μετεπεξεργασίας και δεν απαιτεί μεγάλες χρονοβόρες διαδικασίες ασφαλούς μετακίνησης των αντικειμένων μακριά από τον χώρο αποθήκευσης ή έκθεσής τους.



Εικ. 97 / 98: *ZScanner™700*

Ο σαρωτής *Zscan* έχει τα τεχνικά χαρακτηριστικά που παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

Βάρος	0,98 kg
Διαστάσεις	160 x 260 x 210 mm
Ταχύτητα δειγματοληψίας	18.000 μετρήσεις ανά δευτερόλεπτο
Laser	Κλάση II
Αριθμός καμερών	2

ΧΥ ακρίβεια	Έως 50 microns
Ανάλυση	0,1 mm
ISO	20 μm + 0,2 L/1000
Ανάλυση υφής	50 σε 250 DPI(του χρήστη)
Υφή/Χρώμα	24 bits sRGB-calibrated
Βάθος πεδίου	30 cm

Πίνακας 12. Τεχνικά χαρακτηριστικά του ZScanner™700.

Τα βασικά μέρη του σαρωτή είναι οι δύο πλευρικές κάμερες που χρησιμοποιούνται για τη διαδικασία της τριγωνοποίησης, η κεντρική κάμερα που καταγράφει το χρώμα και η πηγή εκπομπής του σταυρονήματος λέιζερ με τη φωτεινή ένδειξη της απόστασης για τον προσδιορισμό της βέλτιστης σάρωσης. Χρησιμοποιεί τις δύο πλευρικές κάμερες για να προσδιορίσει τη θέση του στο χώρο με τριγωνισμό. Ανήκει στην κατηγορία II δηλαδή είναι ασφαλής για τα μάτια. Τα χαρακτηριστικά του, τον καθιστούν ιδανική επιλογή για τη σάρωση μικρών αντικειμένων με πολύπλοκη μορφολογία με πολλές λεπτομέρειες. Η δυνατότητα εποπτείας του αποτελέσματος, ταυτόχρονα με την σάρωση σε πραγματικό χρόνο, βοηθάει στην καταγραφή όλων των περιοχών. Ο χρήστης εντοπίζει περιοχές που απαιτούν πιο επιμονή και προσεκτική σάρωση. Ο σαρωτής συνοδεύεται από ειδικά προσαρμοσμένο λογισμικό επεξεργασίας των δεδομένων, το Zscan.⁸⁶

⁸⁶ZScan: Version 1.2, Document: MS030007, Last modified: 06/29/2007

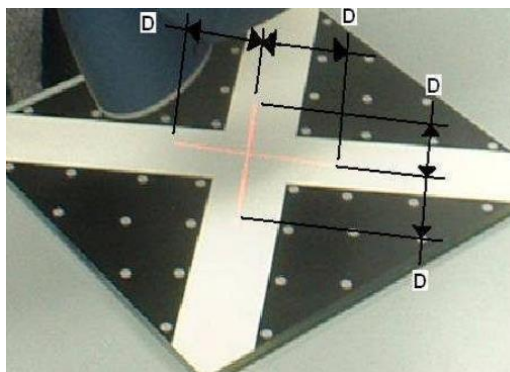


Εικ. 99: Σύνδεση του σαρωτή με τον Η/Υ και εκκίνηση του λογισμικού Zscan.

ZScanner™700 – Method Sheet: How to Connect and Store the Scanner in its Case MS030007

Ο σαρωτής (*hardware*) συλλέγει και μεταφέρει τα πρωτογενή δεδομένα στο ενσωματωμένο λογισμικό (*software*) που παρέχεται μαζί με τον σαρωτή, το οποίο χρησιμοποιεί ισχυρούς αλγόριθμους ώστε να ανακατασκευάσει την επιφάνεια μέσω συνεχών και καθαρών πλεγμάτων *STL*. Για να επιτευχθεί αυτό οι αλγόριθμοι χρησιμοποιούν όλο το μήκος του σταυρονήματος του λέιζερ. Η διαδικασία είναι αυτοματοποιημένη. Το *Zscan 700 CX* είναι προβαθμονομημένο. Ωστόσο σε κάθε εφαρμογή είναι απαραίτητη η ρύθμιση των παραμέτρων καταγραφής ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της προς σάρωσης επιφάνειας ώστε να ρυθμιστεί η ευαισθησία του λέιζερ και των καμερών ώστε να προσαρμοστεί ανάλογα στις σκουρόχρωμες και ανοιχτόχρωμες περιοχές. Αυτό οδηγεί στη βέλτιστη ανίχνευση του σταυρονήματος, δηλαδή ως μια σαφώς ορισμένη, καθαρή γραμμή. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό της επεξεργασίας είναι η έλλειψη προσαρμογής καμπύλων και προεκβολής, δηλαδή μη σαρωμένο τμήμα παραμένει κενό, εμφανίζεται ως σπή, χωρίς να αποδίδεται ως αναγωγή του σαρωμένου τμήματος. Η ακρίβεια των αποτελεσμάτων βασίζεται στην σχετική θέση μεταξύ των καμερών και της δέσμης λέιζερ. Κατά τη συναρμολόγηση ο σαρωτής βαθμονομείται και οι ρυθμίσεις εφαρμόζονται τόσο στο σαρωτή όσο και στο λογισμικό. Στο πεδίο εφαρμογής, η μεταβολή του περιβαλλοντικών συνθηκών (θερμοκρασία, κλπ) πιθανώς να επηρεάσουν τη βαθμονόμηση. Μια πρότυπη γυάλινη επιφάνεια χρησιμοποιείται ώστε το λογισμικό να βελτιστοποιήσει τη

βαθμονόμηση επαναφέροντας τα αρχικά χαρακτηριστικά μέτρησης στο νέο περιβάλλον.



Εικ. 100: Πρότυπη γυάλινη επιφάνεια βαθμονόμησης.

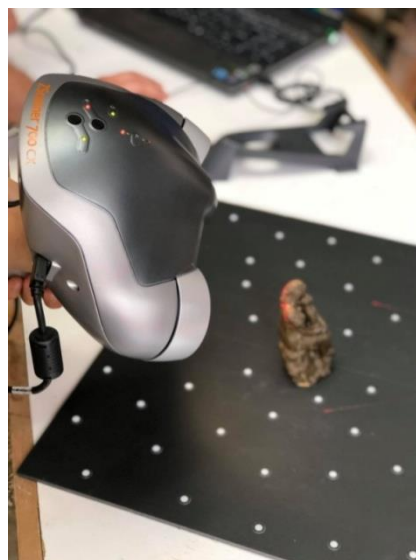
Zscanner™700 – Method Sheet: How to Optimize Calibration of the Sensor MS050015/

Οι κάμερες του σαρωτή χρειάζεται να «βλέπουν» τις γραμμές λέιζερ όσο πιο καθαρά γίνεται πάνω στο αντικείμενο, ώστε να συλλέξουν ποιοτικά δεδομένα. Το χρώμα και τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας επηρεάζουν την ανάκλαση της δέσμης λέιζερ, με αποτέλεσμα να μην εντοπίζεται πάντα ικανοποιητικά από τους οπτικούς αισθητήρες. Η ρύθμιση παραμέτρων βελτιστοποιεί την ποιότητα της σάρωσης. Συνήθη προβλήματα είναι : 1) Η υποέκθεση : Η ανάκλαση της δέσμης λέιζερ είναι αδύναμη και δεν εντοπίζεται ικανοποιητικά από τους οπτικούς αισθητήρες. Συνήθως συναντάται στην σάρωση σκουρόχρωμων επιφανειών. 2) Κορεσμός : Η έντονη και πυκνή ανάκλαση της δέσμης λέιζερ «τυφλώνει» τις κάμερες με αποτέλεσμα την κακή ποιότητα του μοντέλου και τον υψηλό θόρυβο. (όπως σε μεταλλικές στιλπνές επιφάνειες). Το *Zscanner 700* δεν χρησιμοποιεί κάποια διαφορετική εξωτερική συσκευή για να προσδιορίσει τη θέση στο χώρο. Προσανατολίζεται και ορίζεται στον χώρο με τη βοήθεια στόχων που τοποθετούνται επάνω στο αντικείμενο ή στον περιβάλλοντα χώρο. Τουλάχιστον τέσσερις στόχοι πρέπει να είναι ορατοί στο σαρωτή συνεχώς ώστε μέσω τριγωνισμού να αυτό-προσδιορίζεται χωρικά. Οι στόχοι πρέπει να είναι επίπεδοι και να αποφεύγεται η τοποθέτησή τους πάνω σε κοίλες και κυρτές επιφάνειες. Η τοποθέτηση των στόχων δεν πρέπει να είναι συμμετρική αλλά τυχαία για να μην συγχέονται μεταξύ τους από τον σαρωτή. Επίσης οι στόχοι πρέπει να διασκορπίζονται, να μην είναι συγκεντρωμένοι σε μια περιοχή και να μην είναι ακριβώς στα όρια του

αντικειμένου ή της βάσης. Η απόσταση μεταξύ των στόχων κυμαίνεται 20 mm έως 100 mm. Σε κοίλες επιφάνειες τοποθετούνται εγγύτερα. Τέλος, η βέλτιστη απόσταση σάρωσης είναι τα 30 εκ. και με προσανατολισμό κάθετα προς την επιφάνεια. Η κίνηση του σαρωτή πρέπει να είναι αργή, περιστροφική και να εκτελούνται διαδοχικές επαναλήψεις ώστε η ακρίβεια της καταγραφής των λεπτομερειών να είναι η μέγιστη.



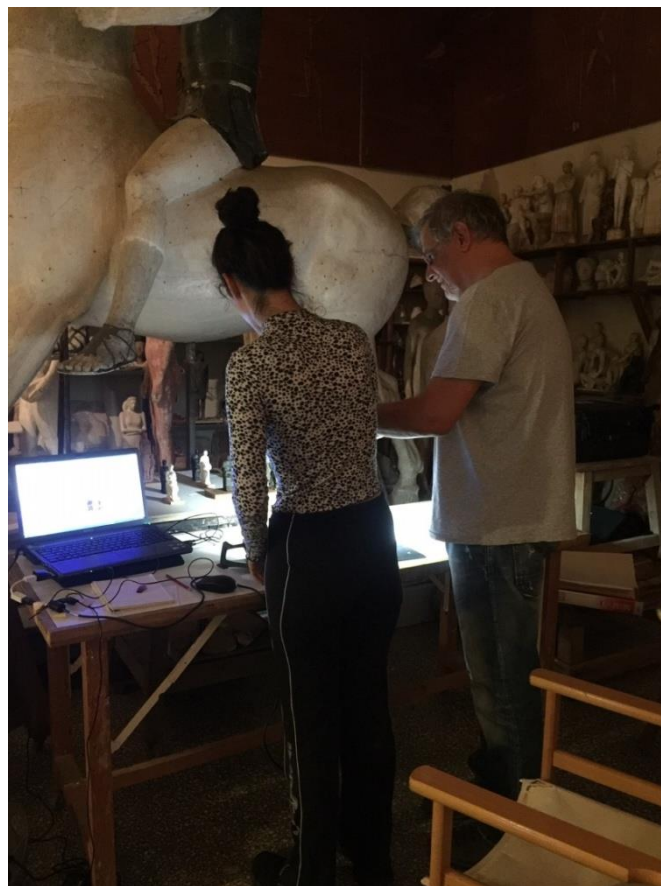
Εικ. 101: Η διαδικασία της σάρωσης του μπρούτζινου προπλάσματος.



Εικ. 102 / 103: Η διαδικασία της σάρωσης του μπρούτζινου προπλάσματος.



Εικ. 104: Η διαδικασία της σάρωσης.



Εικ. 105: Η διαδικασία της σάρωσης

4.5 Λήψη δεδομένων γλυπτών προπλασμάτων με οπτικό σαρωτή λέιζερ

Η σάρωση των αντικειμένων απαιτεί να εξευρεθεί ένας τρόπος εκτέλεσης των εργασιών που θα εξασφαλίσει την πλήρη καταγραφή των δεδομένων αλλά και την ελαχιστοποίηση του κινδύνου πρόκλησης φθοράς στο γλυπτό. Το μικρό μέγεθος των αντικειμένων δεν επέτρεπε την τοποθέτηση ανακλαστικών στόχων επάνω τους. Οι στόχοι τοποθετήθηκαν σε σκληρό χαρτόνι που λειτούργησε ως βάση του αντικειμένου. Η έκταση της βάσης έδρασης του ίδιου του αντικειμένου δεν αρκούσε ώστε να τοποθετηθούν πάνω της οι στόχοι. Συνολικά στη βάση από χαρτόνι τοποθετήθηκαν περίπου 45 στόχοι. Τα σημεία τοποθέτησης επιλέχθηκαν ώστε να είναι ορατοί τουλάχιστον 4 στόχοι από κάθε σημείο λήψης. Κατά τη διάρκεια της σάρωσης παρουσιάστηκε η ανάγκη χρήσης υποστηριγμάτων από διογκωμένη πολυστερίνη (φελιζόλ) ώστε να καθίστανται δυνατή η πρόσβαση σε όλη την έκταση της επιφάνειας του αντικειμένου. Η χρήση αυτών των υποστηριγμάτων ήταν απαραίτητη έτσι ώστε να διασφαλιστεί η ακεραιότητα και η ασφάλεια του αντικειμένου.



Εικ. 106: Το αντικείμενο τοποθετημένο στη βάση με τους ανακλαστικούς στόχους.

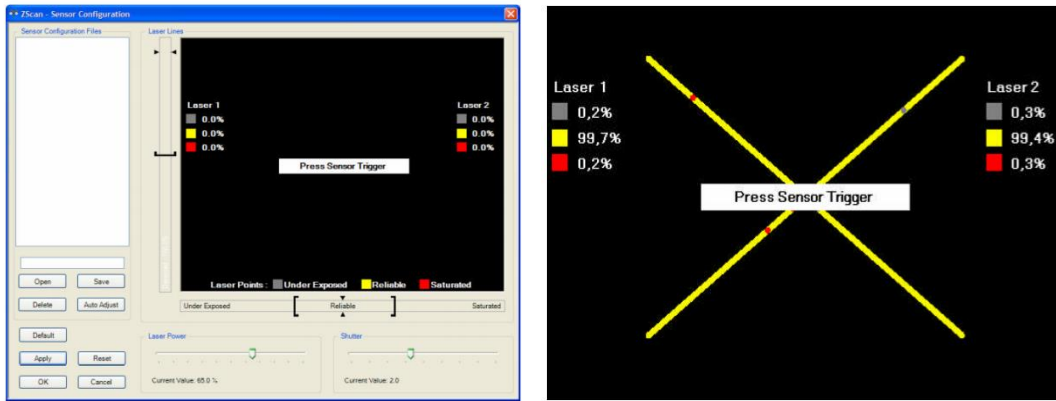


Εικ.107: Το αντικείμενο τοποθετημένο στη βάση με τους ανακλαστικούς στόχους και το φελιζόλ.



Εικ. 108: Η στήριξη του αντικειμένου με φελιζόλ

Αρχικά εκτελείται η σάρωση των ανακλαστικών στόχων και στη συνέχεια μια γενική σάρωση της επιφάνειας του αντικειμένου, ώστε το μέγεθος του όγκου σάρωσης (*boundingbox*) και η θέση να προσαρμοστούν στην γεωμετρία του αντικειμένου, που επηρεάζουν την ανάλυση της λήψης των δεδομένων. Ο όγκος της σάρωσης πρέπει να επιλέγεται όσο το δυνατόν εγγύτερα στα όρια της επιφάνειας αποκλείοντας περιττά στοιχεία του περιβάλλοντος. Στη συνέχεια καθορίστηκαν για κάθε αντικείμενο οι παράμετροι της σάρωσης, δηλαδή ο όγκος / κύβος (*bountingbox*), η μέγιστη ανάλυση, η ανάλυση της καταγραφή των χρωματικών πληροφοριών (υφή) και ο ορισμός του μορφότυπου εξαγωγής αρχείων.



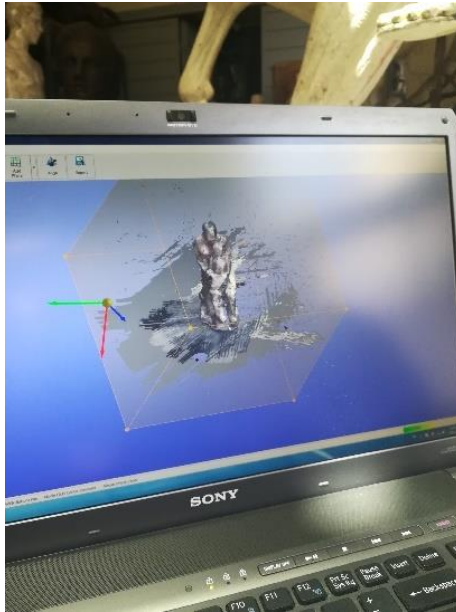
Εικ. 109: Ρύθμιση των παραμέτρων σάρωσης.

ZScanner TM 700 – Method Sheet: How To Adjust Laser Parameters MS010009

Ακολούθησε η συλλογή των δεδομένων από κάθε όψη του αντικειμένου με ανάλογα αργό ρυθμό προσαρμοσμένο στις ανάγκες και του χρώματος κάθε αντικειμένου. Διενεργήθηκαν διαδοχικές επαναλήψεις με επιμονή στα σημεία της επιφάνειας με λεπτομέρειες και «κρυφά» (κοιλότητες, κυρτότητες) σημεία όπως ο λαιμός και η κάτω πλευρά των χεριών και του κεφαλιού του βρέφους. Η διαδικασία σάρωσης διήρκησε 6 με 8 ώρες για κάθε αντικείμενο. Σε όλη τη διάρκεια της σάρωσης υπήρχε παρακολούθηση του παραθύρου ελέγχου στην οθόνη του υπολογιστή ώστε να εξασφαλιστεί η ποιότητα και η πληρότητα της σάρωσης.



Εικ. 110: Ο απαιτούμενος εξοπλισμός για την τρισδιάστατη σάρωση.



Εικ.111: Εποπτεία της σάρωσης σε πραγματικό χρόνο.

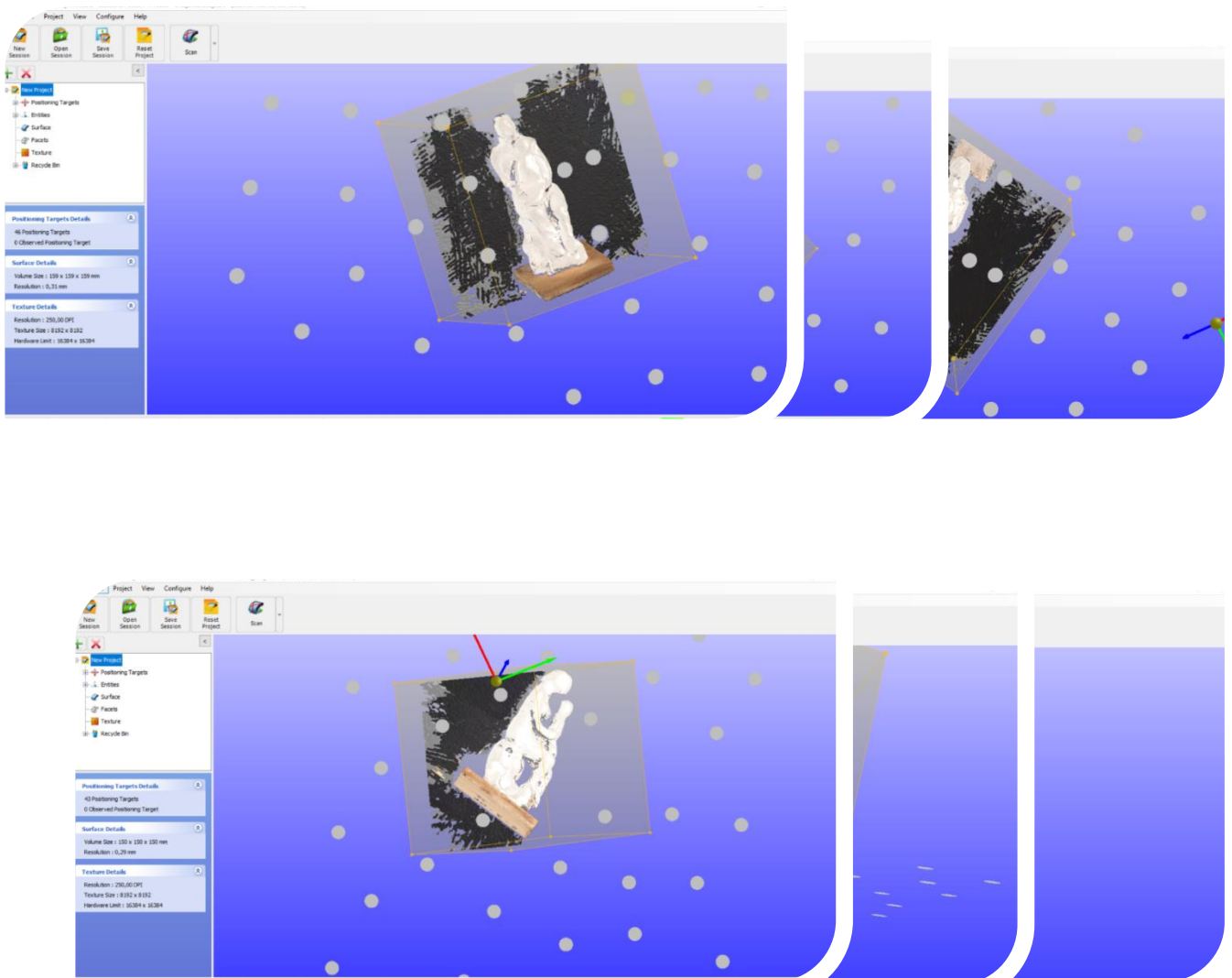
4.6 Προ Επεξεργασία – Επεξεργασία Δεδομένων

Το λογισμικό *Zscan* παρέχει τη δυνατότητα εκτέλεσης δομικών ενεργειών της επεξεργασίας που εφαρμόζονται στο νέφος σημείων και στο πλέγμα. Κατά τη διάρκεια ή μετά τη σάρωση μπορεί να γίνει μείωση θορύβου, αφαίρεση περιττών στοιχείων και πλήρωση μικρής διαμέτρου οπών. Το πλέγμα συνεχίζει να έχει ασυνέχειες, οπές και γενικά σημεία ελλιπούς ακρίβειας. Όταν η καταγραφή των δεδομένων ολοκληρωθεί το *Zscan* διαθέτει βασικά εργαλεία επεξεργασίας της υφής. Επιγραμματικά αναφέρουμε :

1. *Texturesize*: ισχύον μέγεθος της bitmap εικόνας που χρησιμοποιείται εκείνη τη στιγμή.
2. *Hardwarelimit*: τα όρια που καθορίζονται από το μέγεθος της μνήμης του Η/Υ.
3. *Resolution*: Ο έλεγχος της ανάλυσης της επιφάνειας (σε *dpi (dotsperinch)*) με όρια (50-250 dpi).
4. *Defaultcolor*: Το χρησιμοποιούμενο χρώμα όταν δεν ανιχνεύεται χρωματική πληροφορία (RGB).
5. *Contrast/Brightness*: Η Ρύθμιση της αντίθεσης και της φωτεινότητας της υφής του αντικειμένου, τιμές (-1,+1).

6. *Optimizetexture* : βελτιστοποίηση υφής μέσω της καλύτερης αντιστοίχισης με τη μορφολογία της επιφάνειας .
7. Η υφή (*texture*) μπορεί να αποθηκευτεί σε αρχείο *bitmapimage (bmp)*.
8. Η προβολή της υφής που μπορεί να παρουσιαστεί σε ένα βασικό γεωμετρικό στοιχείο το οποίο μπορεί να παρουσιαστεί σε μια δισδιάστατη εικόνα και να εισαχθεί σε άλλο λογισμικό.

Οι διάφορες επιλογές είναι, η σφαιρική, κυλινδρική, κυβική ή και καμία. Τα αποτελέσματα από κάθε επιπλέον σάρωση του αντικειμένου επεξεργάστηκαν στο *Zscan* με τη χρήση των εργαλείων :Αφαίρεση περιττών στοιχείων (σταδιακά ώστε να αποφεύγεται η αλλοίωση της επιφάνειας) Επιλογή της κυβικής προβολής και βελτιστοποίηση της υφής.



Εικ. 115 / 116/ 117: Μετά από την επεξεργασία και τις ρυθμίσεις στο λογισμικό *Zscan*.

4.7 Μετεπεξεργασία Δεδομένων

Η μετεπεξεργασία των αποτελεσμάτων που εξήχθησαν από το λογισμικό *Zscan* εκτελέστηκε με το ανοιχτό και ελεύθερο λογισμικό *meshlab*. Το *meshlab* επεξεργάζεται τρισδιάστατα μοντέλα τριγωνικού πλέγματος-νεφών σημείων, διαθέτοντας πληθώρα εργαλείων. Τα κύρια εργαλεία χωρίζονται σε δύο κατηγορίες : τα φίλτρα (*filters*) καθαρισμού και διορθώσεων (*cleaning and repairing*) και τα φίλτρα δημιουργίας χρώματος (*color creation and processing*) Τα φίλτρα που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα εξής :

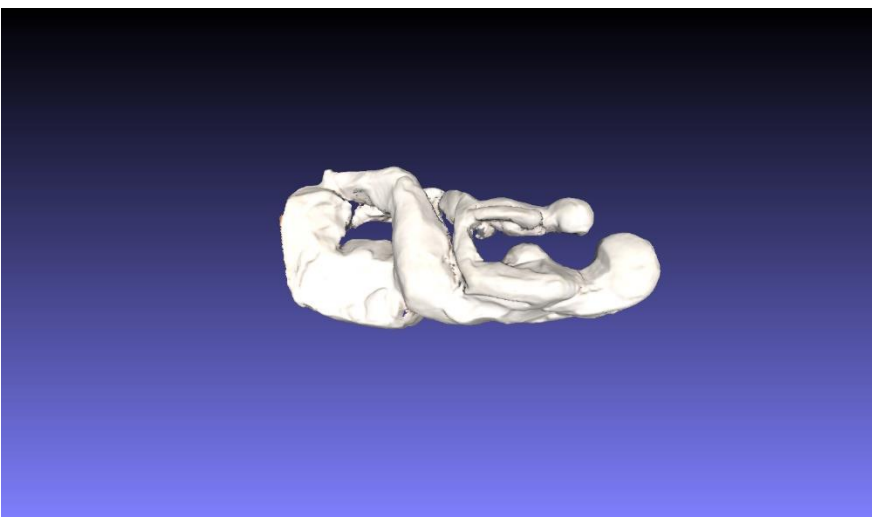
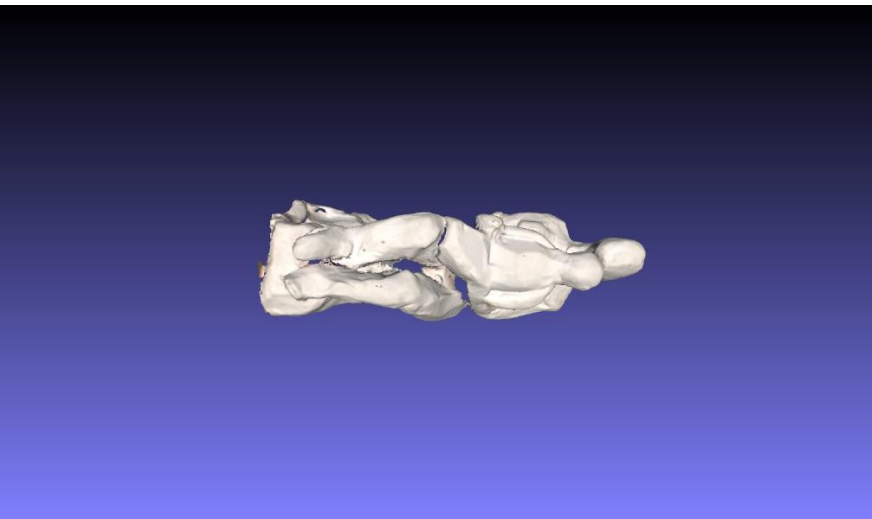
1. REMOVE DUPLICATE FACES (Αφαίρεση διπλών όψεων)
2. REMOVE DUPLICATE VERTEX (Αφαίρεση διπλών κορυφών)
3. REMOVE ZERO AREA FACES (Αφαίρεση όψεων μηδενικής επιφάνειας)
4. REMOVE UNREFERENCED VERTEX (Αφαίρεση κορυφών χωρίς αναφορά)
5. DELETE SELF INTERSECTING FACES (Αφαίρεση αυτό-τεμνόμενων όψεων)
6. DELETE NON MANIFOLD EDGES (Αφαίρεση μη πολλαπλών ακμών)
7. DELETE NON MANIFOLD VERTICES (Αφαίρεση μη πολλαπλών κορυφών)

Εάν μετά από την εφαρμογή των παραπάνω παρέμειναν μικρές οπές, εφαρμοζόταν το εργαλείο *closeholes* από την κατηγορία των εργαλείων *Remeshing simplification and reconstruction* (πλήρωση οπών).

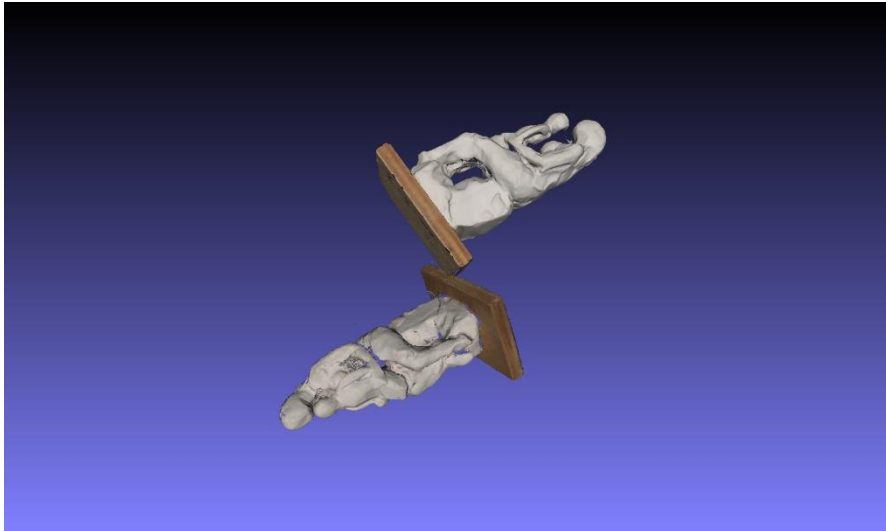
Στη συνέχεια εφαρμόστηκε το φίλτρο *TRANSERCOLOR : TEXTURE TO VERTEX* που μετέφερε το χρώμα του αντικειμένου όπως υπάρχει στο πλέγμα του μοντέλου ως χάρτης υφής, στις κορυφές του πλέγματος του μοντέλου όπου και ενσωματώνεται. Με αυτόν τον τρόπο διατηρείται η υφή και το χρώμα του αντικειμένου στο τελικό μοντέλο έως το πέρας της διαδικασίας. Πριν την εφαρμογή των παραπάνω φίλτρων τα μοντέλα του *Zscan* «καθαρίστηκαν» από διάφορα στοιχεία-προϊόντα της σάρωσης και δεν ανήκαν στο αντικείμενο όπως από τα περιττά στοιχεία, τον θόρυβο όπως επίσης και τη βάση των γλυπτών με τη χρήση της χειροκίνητης επιλογής και αφαίρεσης.

Όταν από τη σάρωση προκύπτει ένα μοντέλο τότε εισάγεται αυτοτελές στο λογισμικό του *meshlab*. Όταν λόγου του είδους των αντικειμένων ή των απαιτήσεων των υλικών μπορεί να προκύψει η ανάγκη για σαρώσεις από διαφορετικές οπτικές γωνίες, τότε παράγονται επιμέρους τμηματικές σαρώσεις και αναγκαστικά ακολουθείται η διαδικασία συγκόλλησης των επιμέρους τμημάτων. Στην περίπτωση που οι στόχοι τοποθετούνται πάνω στο ίδιο το αντικείμενο, τα επιμέρους τμήματα ευθυγραμμίζονται αυτόματα. Στην περίπτωση που οι στόχοι είναι τοποθετημένοι στον περιβάλλοντα χώρο γύρω από το αντικείμενο τότε προηγείται η χειροκίνητη ευθυγράμμιση και μετά η συνένωση.

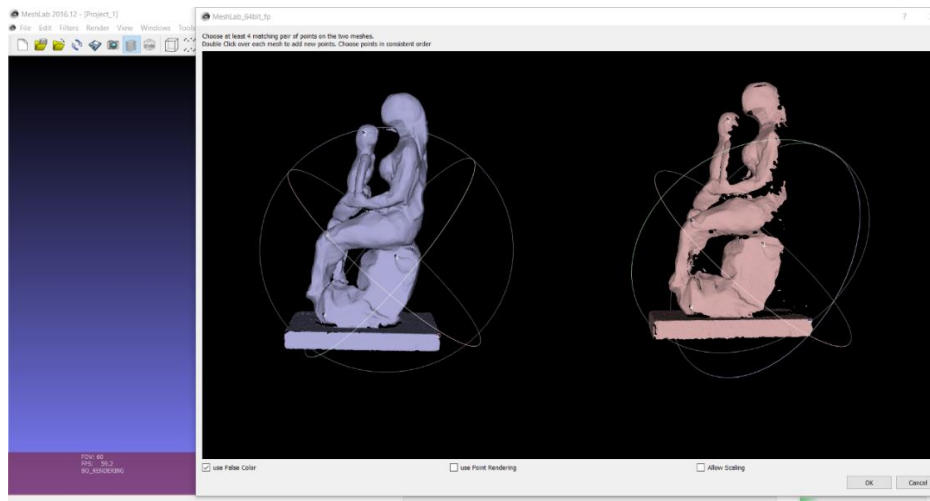
Επειδή όλα τα τμήματα των αντικειμένων σαρώθηκαν με τους ίδιους ανακλαστικούς στόχους, δεν απαιτείται η ευθυγράμμιση τους πριν τη συνένωση. Επιλέγεται το πληρέστερα σαρωμένο τμήμα του αντικειμένου ως αρχικό (πλέγμα αναφοράς) επάνω στο οποίο θα συνενώσουμε το επόμενο και στο αποτέλεσμα αυτών το επόμενο. Μέχρι να εφαρμοστεί σε όλα τα τμήματα -πλέγματα. Η σειρά των εργαλείων είναι *importmesh*, *align* και *glueheremesh*. Εφόσον όλα τα επιμέρους τμήματα έχουν ευθυγραμμιστεί και επικολληθεί στο πλέγμα αναφοράς. Στη συνέχεια επιλέγεται η εντολή *flattenallvisiblelayers*, οπότε και όλα τα *layers*(πλέγματα) ενώνονται σε ένα μοναδικό που μπορεί να αποθηκευτεί σε μορφή *.ply*. Στο τελικό μοντέλο που προκύπτει από τη συνένωση των επιμέρους τμημάτων-πλεγμάτων σε κάποιες περιπτώσεις απαιτείται η επανάληψη της εφαρμογής ορισμένων φίλτρων. Ένα εργαλείο που συχνά εφαρμόζεται τελευταίο είναι το εργαλείο *SCREENEDPOISSONSURFACERECONSTRUCTION*, δοκιμάζοντας διαφορετικούς συνδυασμούς των διαθέσιμων παραμέτρων ώστε να βελτιστοποιηθεί το αποτέλεσμα.



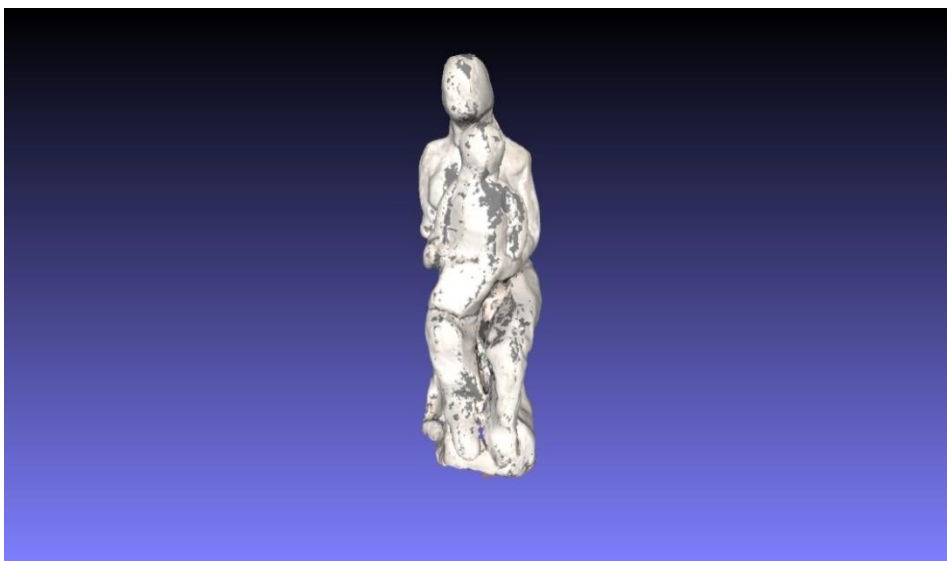
Εικ. 118 / 119/ 120: Μετά από την επεξεργασία στο λογισμικό meshlab.



Εικ. 121 Πριν τη συνένωση (τα διάφορα πλέγματα του αντικειμένου).



Εικ.122: Η διαδικασία της συνένωσης. Ταίριασμα τουλάχιστον τεσσάρων σημείων.



Εικ.123: Το τελικό μοντέλο όπως εξάγεται από το λογισμικό του meshlab.

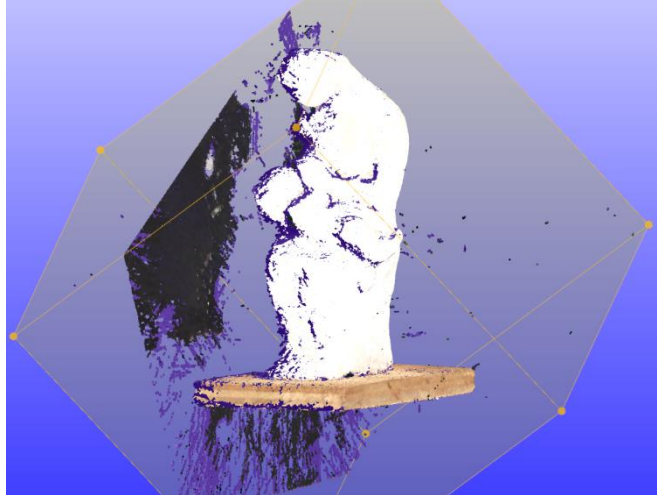

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5


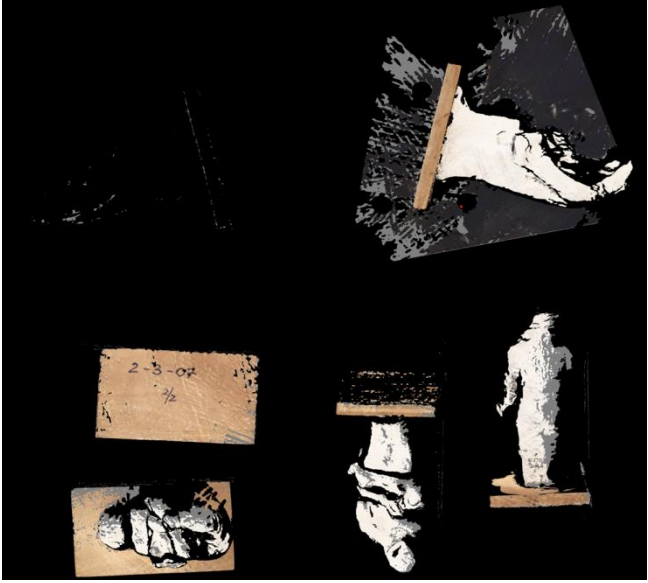
5.1.1 Παρουσίαση γύψινου προπλάσματος 244

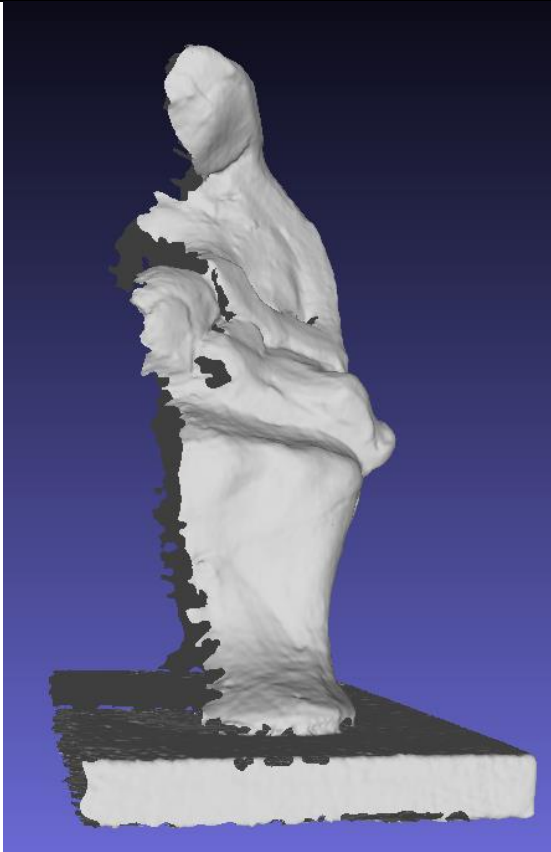
Η σάρωση του αντικειμένου συνίσταται σε τρεις επιμέρους σαρώσεις μερικώς αλληλεπικαλυπτόμενες. Τις ονομάζουμε Α, Β και Γ.

Ακολουθεί μια αναλυτική παρουσίαση όλης της επεξεργασίας των πρωτογενών δεδομένων, αρχικά στο λογισμικό ZSCAN και στη συνέχεια στο λογισμικό MESHLAB. Επίσης, παρουσιάζονται οι διαφορετικές προσεγγίσεις με σκοπό τη εξαγωγή του βέλτιστου δυνατού αποτελέσματος, τα διαφορετικά προβλήματα που προέκυψαν και ο τρόπος που αντιμετωπίστηκαν.

Η σάρωση Α κατέγραψε κυρίως την αριστερή όψη του αντικειμένου και τμήματα της οπίσθιας και εμπρόσθιας όψης του. Το αντικείμενο είχε τοποθετηθεί οριζόντια, εδραζόμενο στη δεξιά του πλευρά.

Επιμέρους σάρωση Α.	Παράμετροι και πληροφορίες
	<p><u>SURFACE /ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ</u></p> <p>VOLUME SIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΥΒΟΥ: 160mm²</p> <p>RESOLUTION/ΑΝΑΛΥΣΗ: 0,31mm</p> <p><u>Εφαρμογή φίλτρων :</u></p> <p>FILL HOLES/ΣΦΡΑΓΙΣΗ ΜΙΚΡΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΟΠΩΝ</p> <p>REMOVE ISOLATED PATCHES/ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΑΠΟΜΟΝΩΜΕΝΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ</p> <p>ZSCAN</p>
	<p><u>FACET/ ΟΨΕΙΣ</u></p> <p>TRIANGLES/ΤΡΙΓΩΝΑ: 726.371</p> <p>VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ : 402.963</p> <p>ZSCAN</p>

	<p><u>TEXTURE /ΥΦΗ</u></p> <p>RESOLUTION /ΑΝΑΛΥΣΗ: 250,00 dpi</p> <p>SIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ: 8192x8192</p> <p>PROJECTION/ΠΡΟΒΟΛΗ : ΚΥΒΙΚΗ</p> <p><i>Εφαρμογή:</i></p> <p>ΟΡΤΙΜΙΖΕΤΕΧΤURE/ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣ ΗΥΦΗΣ</p> <p>ZSCAN</p>
	<p><u>ΠΡΟΒΟΛΗ ΤΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ ΤΗΣ ΥΦΗΣ</u></p> <p>ZSCAN</p>



ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΠΕΡΙΤΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΚΑΙ ΘΟΡΥΒΟΥ

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΙΛΤΡΩΝ:

REMOVE DUPLICATE FACES

/(Αφαίρεση διπλών όψεων)

REMOVE DUPLICATE VERTEX/

(Αφαίρεση διπλών κορυφών)

REMOVE ZERO AREA FACES/

(Αφαίρεση όψεων μηδενικής επιφάνειας)

REMOVE UNREFERENCED VERTEX

/(Αφαίρεση κορυφών χωρίς αναφορά)

DELETE SELF INTERSECTING

FACES/(Αφαίρεση αυτό-τεμνόμενων όψεων)

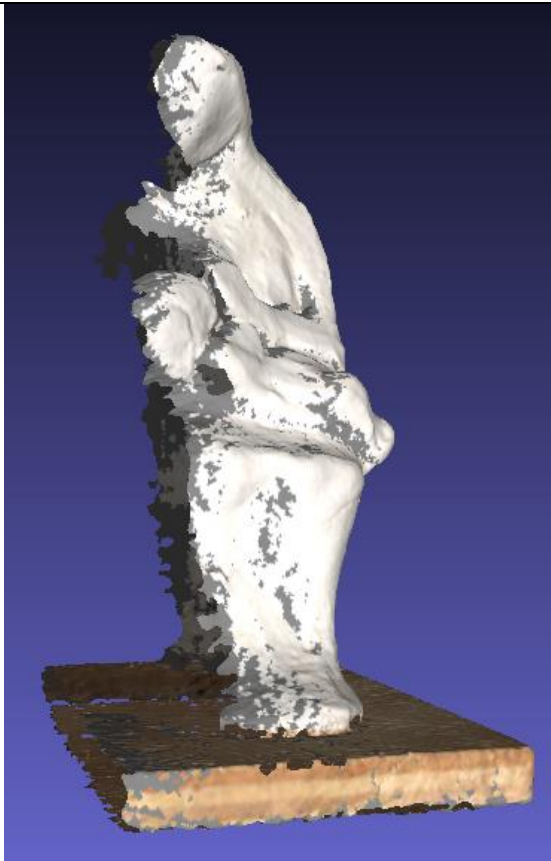
DELETE NON MANIFOLD EDGES/

(Αφαίρεση μηπολλαπλών ακμών)

DELETE NON MANIFOLD VERTICES/

(Αφαίρεση μη πολλαπλών κορυφών)

MESHLAB



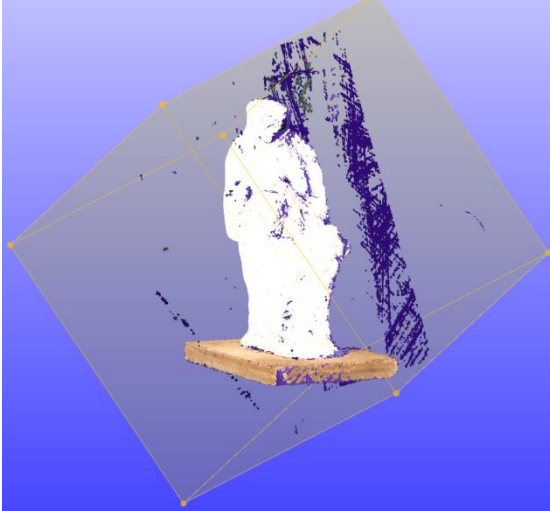

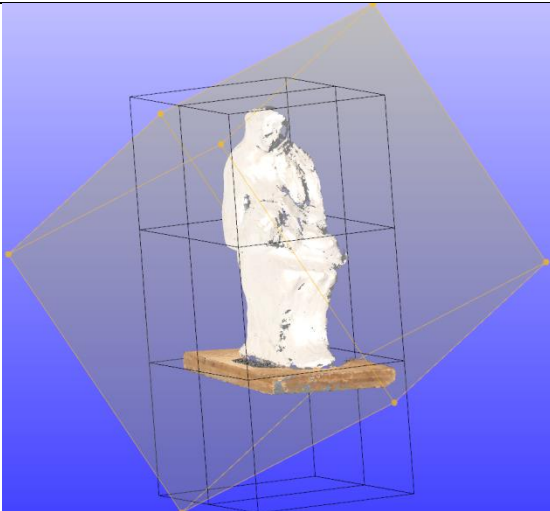
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΙΛΤΡΩΝ :


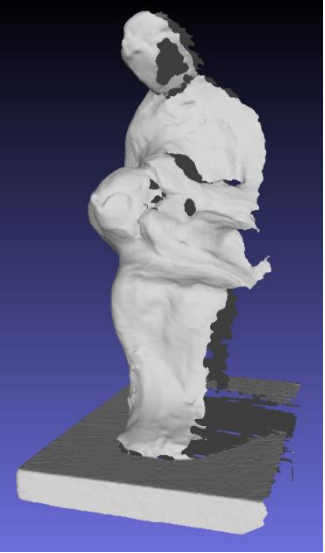
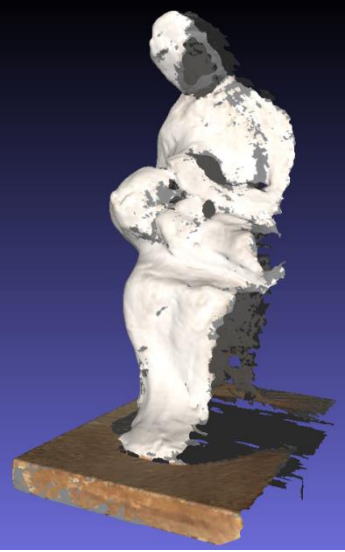
TRANSFER COLOR : TEXTURE TO VERTEX

ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΥΦΗΣ
ΣΤΟ ΠΛΕΓΜΑ

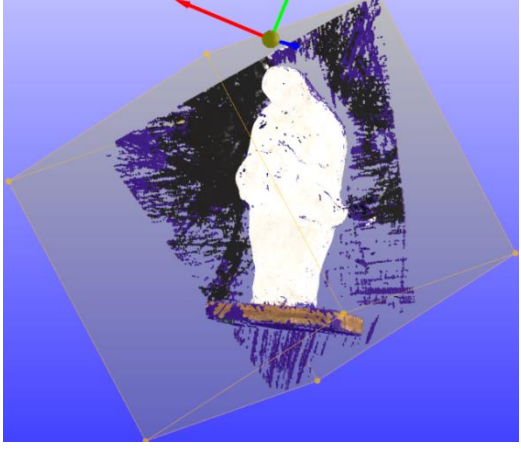
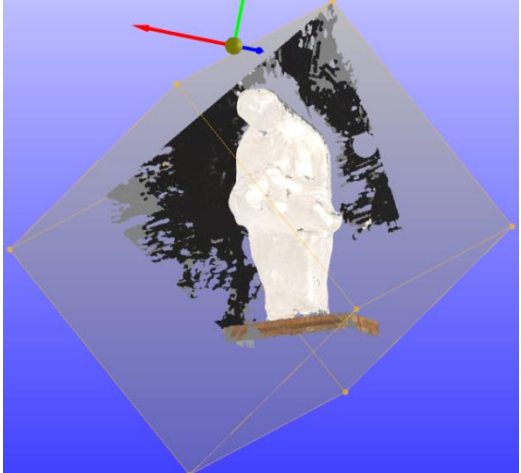
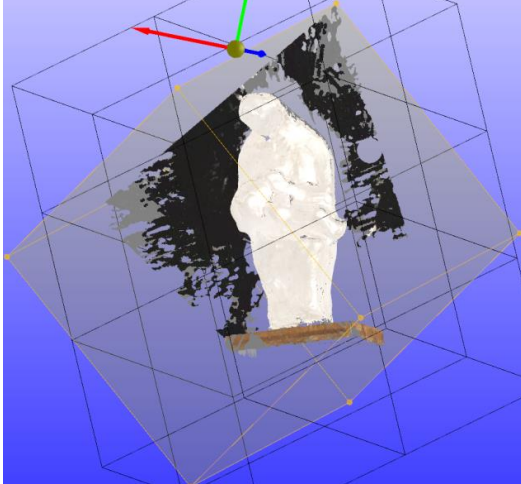
MESHLAB

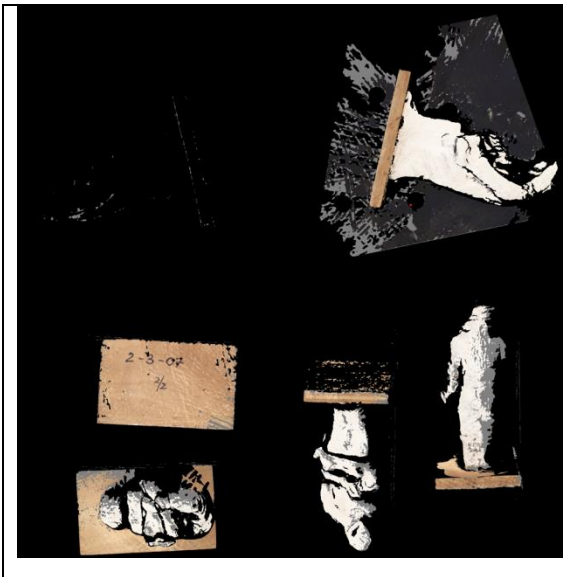

Η σάρωση Β κατέγραψε κυρίως τη δεξιά όψη του αντικειμένου και τμήματα της οπίσθιας και εμπρόσθιας όψης του. Το αντικείμενο είχε τοποθετηθεί οριζόντια, εδραζόμενο στην αριστερή του πλευρά.

Επιμέρους σάρωση Β.	Παράμετροι και πληροφορίες
	<p><u><i>SURFACE /ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ</i></u></p> <p>VOLUME SIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΥΒΟΥ: 160mm²</p> <p>RESOLUTION/ΑΝΑΛΥΣΗ: 0,31mm</p> <p><u><i>Εφαρμογή φίλτρων :</i></u></p> <p>FILL HOLES/ΣΦΡΑΓΙΣΗ ΜΙΚΡΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΟΠΩΝ</p> <p>REMOVE ISOLATED PATCHES/ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΑΠΟΜΟΝΩΜΕΝΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ</p> <p>ZSCAN</p>
	<p><u><i>FACET/ ΟΨΕΙΣ</i></u></p> <p>TRIANGLES/ΤΡΙΓΩΝΑ: 454.524</p> <p>VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ : 326.360</p> <p>ZSCAN</p>
	<p><u><i>TEXTURE /ΥΦΗ</i></u></p> <p>RESOLUTION /ΑΝΑΛΥΣΗ: 250,00 dpi</p> <p>SIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ: 8192x8192</p> <p>PROJECTION/ΠΡΟΒΟΛΗ : ΚΥΒΙΚΗ</p> <p><u><i>Εφαρμογή:</i></u></p> <p>OPTIMIZETEXTURE/ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΥΦΗΣ</p> <p>ZSCAN</p>

	<p><u>ΠΡΟΒΟΛΗ ΤΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ ΤΗΣ ΥΦΗΣ</u></p> <p>ZSCAN</p>
	<p>ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΠΕΡΙΤΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΚΑΙ ΘΟΡΥΒΟΥ</p> <p>ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΙΛΤΡΩΝ:</p> <p>REMOVEDUPLICATEFACES /(Αφαίρεση διπλών όψεων)</p> <p>REMOVEDUPLICATEVERTEX/ (Αφαίρεση διπλών κορυφών)</p> <p>REMOVEZEROAREAFACES/ (Αφαίρεση όψεων μηδενικής επιφάνειας)</p> <p>REMOVEUNREFERENCEDVERTEX /(Αφαίρεση κορυφών χωρίς αναφορά)</p> <p>DELETE SELF INTERSECTING FACES/(Αφαίρεση αυτοτετεμένων όψεων)</p> <p>DELETE NON MANIFOLD EDGES/ (Αφαίρεση μη πολλαπλών ακμών)</p> <p>DELETE NON MANIFOLD VERTICES/ (Αφαίρεση μη πολλαπλών κορυφών)</p> <p>MESHLAB</p>
	<p>ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΙΛΤΡΩΝ :</p> <p>TRANSE COLOR : TEXTURE TO VERTEX</p> <p>ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΥΦΗΣ ΣΤΟ ΠΛΕΓΜΑ</p> <p>MESHLAB</p>

Η σάρωση Γ κατέγραψε κυρίως την εμπρόσθια όψη του αντικείμενου και τμήματα της αριστερής και δεξιάς όψης του. Το αντικείμενο είχε τοποθετηθεί οριζόντια, εδραζόμενο στην οπίσθια του πλευρά.

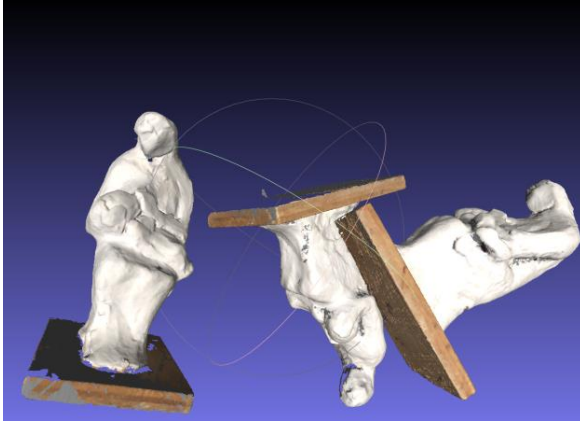
Επιμέρους σάρωση Γ.	Παράμετροι και πληροφορίες
	<p><u><i>SURFACE /ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ</i></u></p> <p>VOLUMESIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΥΒΟΥ:160mm²RESOLUTION/ΑΝΑΛΥΣΗ:0,31 mm<u>Εφαρμογή φίλτρων :</u></p> <p>FILL HOLES/ΣΦΡΑΓΙΣΗ ΜΙΚΡΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΟΠΩΝ REMOVE ISOLATED PATCHES/ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΑΠΜΟΝΩΜΕΝΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ZSCAN</p>
	<p><u><i>FACET/ ΟΨΕΙΣ</i></u></p> <p>TRIANGLES/ΤΡΙΓΩΝΑ: 527.285</p> <p>VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ : 320.125</p> <p>ZSCAN</p>
	<p><u><i>TEXTURE /ΥΦΗ</i></u></p> <p>RESOLUTION /ΑΝΑΛΥΣΗ: 250,00 dpi</p> <p>SIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ:8192x8192</p> <p>PROJECTION/ΠΡΟΒΟΛΗ : ΚΥΒΙΚΗ</p> <p><u>Εφαρμογή:</u></p> <p>OPTIMIZETEXTURE/ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΥΦΗΣ</p> <p>ZSCAN</p>

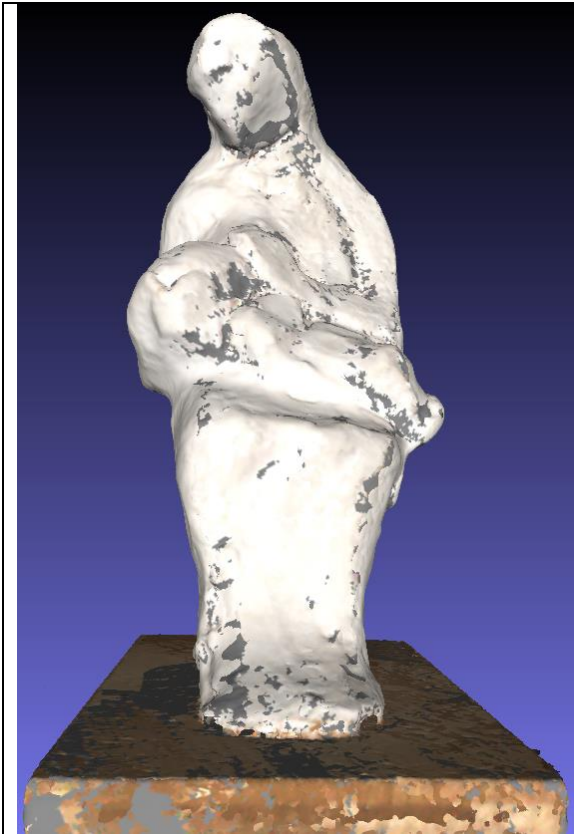
	<p><u>ΠΡΟΒΟΛΗ ΤΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ ΤΗΣ ΥΦΗΣ</u></p> <p>ZSCAN</p>
	<p>ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΠΕΡΙΤΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΚΑΙ ΘΟΡΥΒΟΥ</p> <p>ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΙΛΤΡΩΝ:</p> <p>REMOVEDUPLICATEFACES / (Αφαίρεση διπλών όψεων)</p> <p>REMOVEDUPLICATEVERTEX / (Αφαίρεση διπλών κορυφών)</p> <p>REMOVEZEROAREAFACES / (Αφαίρεση όψεων μηδενικής επιφάνειας)</p> <p>REMOVEUNREFERENCEDVERTEX / (Αφαίρεση κορυφών χωρίς αναφορά)</p> <p>DELETESelfINTERSECTINGFACES / (Αφαίρεση αυτοτεμνόμενων όψεων)</p> <p>DELETENONMANIFOLDEDGES / (Αφαίρεση μη πολλαπλών ακμών)</p> <p>DELETENONMANIFOLDVERTICES / (Αφαίρεση μη πολλαπλών κορυφών)</p> <p>MESHLAB</p>



Οι περιοχές γκρι χρώματος δεν έχουν καταγραφεί ικανοποιητικά, με αποτέλεσμα η απόδοση της γεωμετρίας και κυρίως της υφής να είναι ελλιπής και λανθασμένη. Οι αστοχίες εντοπίζονται στα όρια περάτωσης της σάρωσης και στα δύσκολα προσβάσιμα σημεία (κοιλότητες, κυρτότητες, καμπύλες) όπως ο λαιμός και τα σημεία μεταξύ του κορμού και των χεριών.

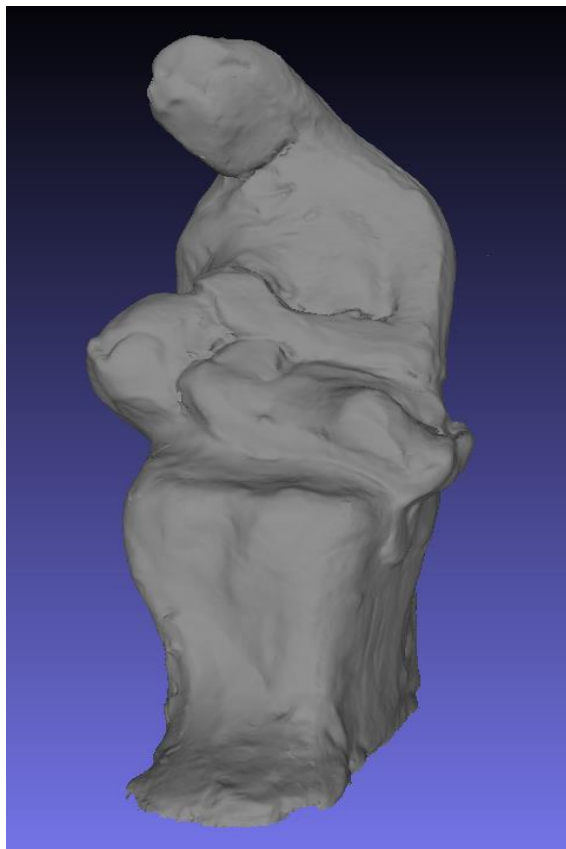
Η διαδικασία συνένωσης επιμέρους σαρώσεων - βελτιστοποίηση της επιφάνειας.

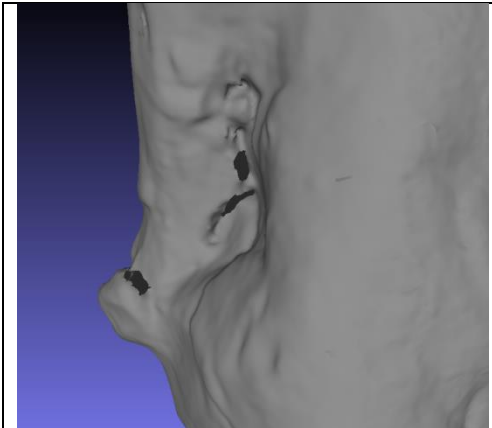
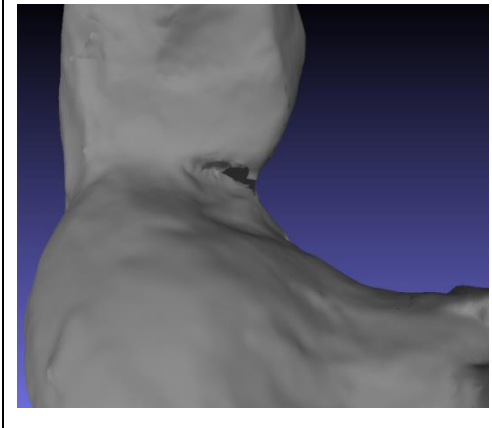
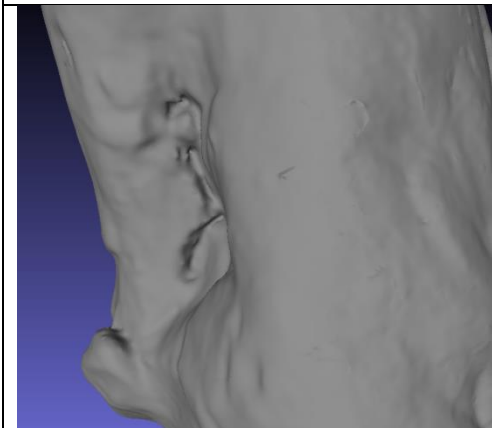
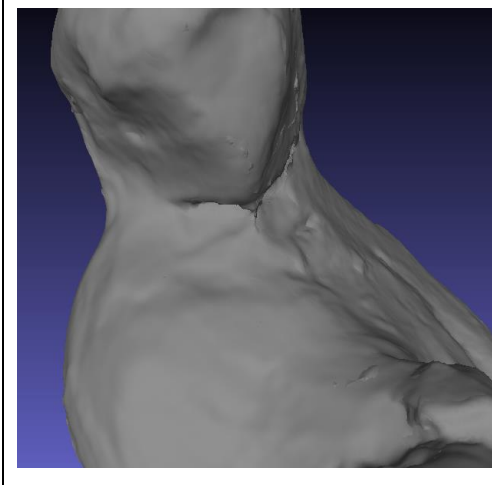
	<p>MESHLAB</p> <p>ALIGNMENT/ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗ ΤΜΗΜΑΤΩΝ Α,Β,Γ.</p>
	<p>MESHLAB</p> <p>ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΤΜΗΜΑΤΩΝ(GLUEING)</p> <p>ΕΝΟΠΟΙΗΣΗ ΣΕ ΕΝΑ ΜΟΝΤΕΛΟ (FLATTEN VISIBLE LAYERS)</p>

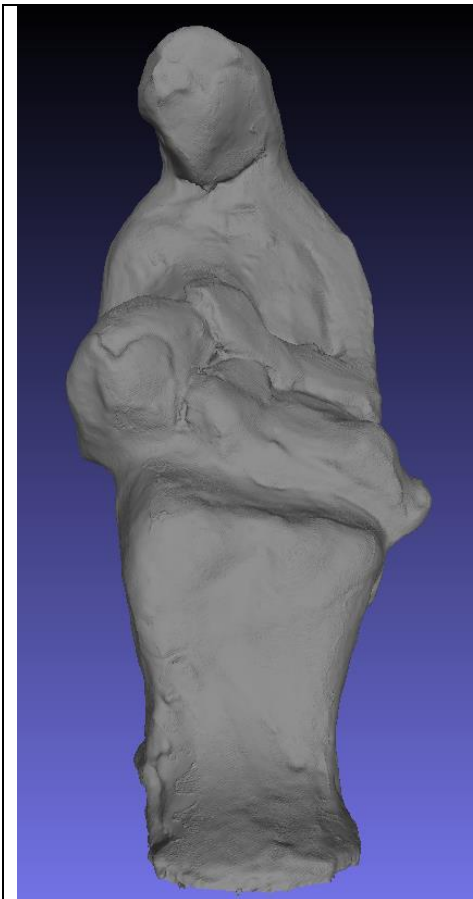


ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΟΥ ΠΡΟΚΥΠΤΕΙ ΑΠΟ ΤΗΝ
ΣΥΓΚΛΟΛΗΣΗ

ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΤΗΣ ΒΑΣΗΣ



	<p>ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΚ ΤΗΣ ΣΑΡΩΣΗΣ ΠΟΥ ΔΕΝ ΑΠΟΔΙΔΟΝΤΑΙ ΟΡΘΑ.</p> <p>ΟΠΕΣ, ΣΧΙΣΜΕΣ ΚΑΙ ΑΣΥΝΕΧΕΙΕΣ</p>
	
	<p>ΟΙ ΙΔΙΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΦΙΛΤΡΟΥ:</p> <p>SCREENED POISSON SURFACE RECONSTRUCTION</p> <p>Reconstruction depth : 11</p> <p>Adactive Octree Depth :9</p>
	



ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ

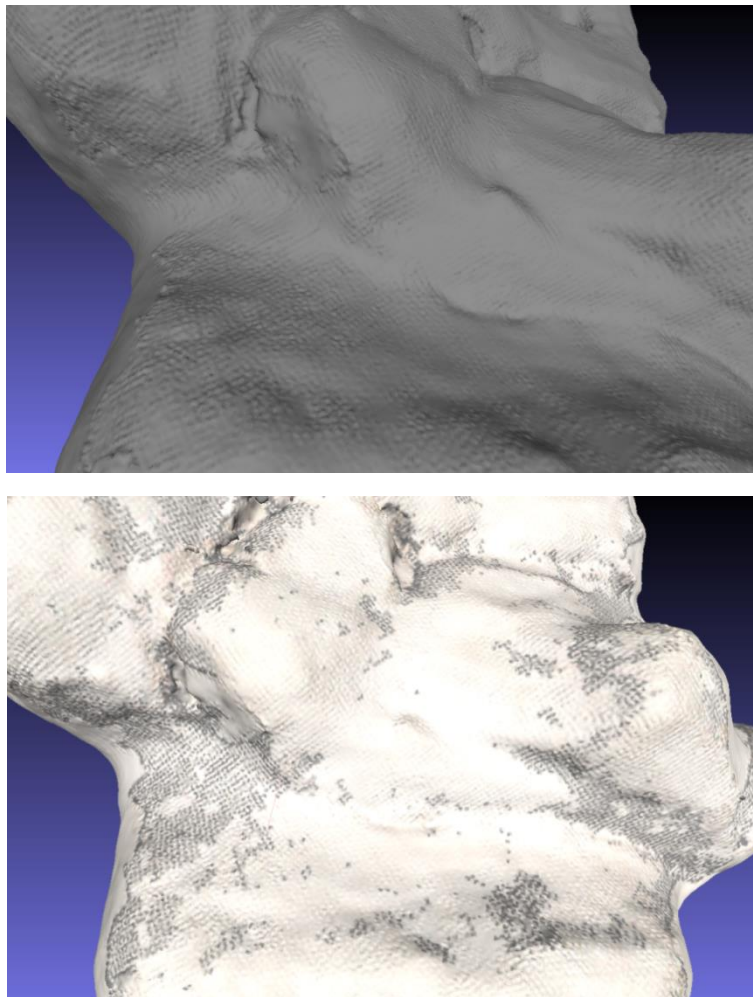
ΤΟ ΤΕΛΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΧΩΡΙΣ ΚΑΙ ΜΕ ΦΩΤΟ-
ΥΦΗ

FACES/ΟΨΕΙΣ: 1679039

VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ :840097

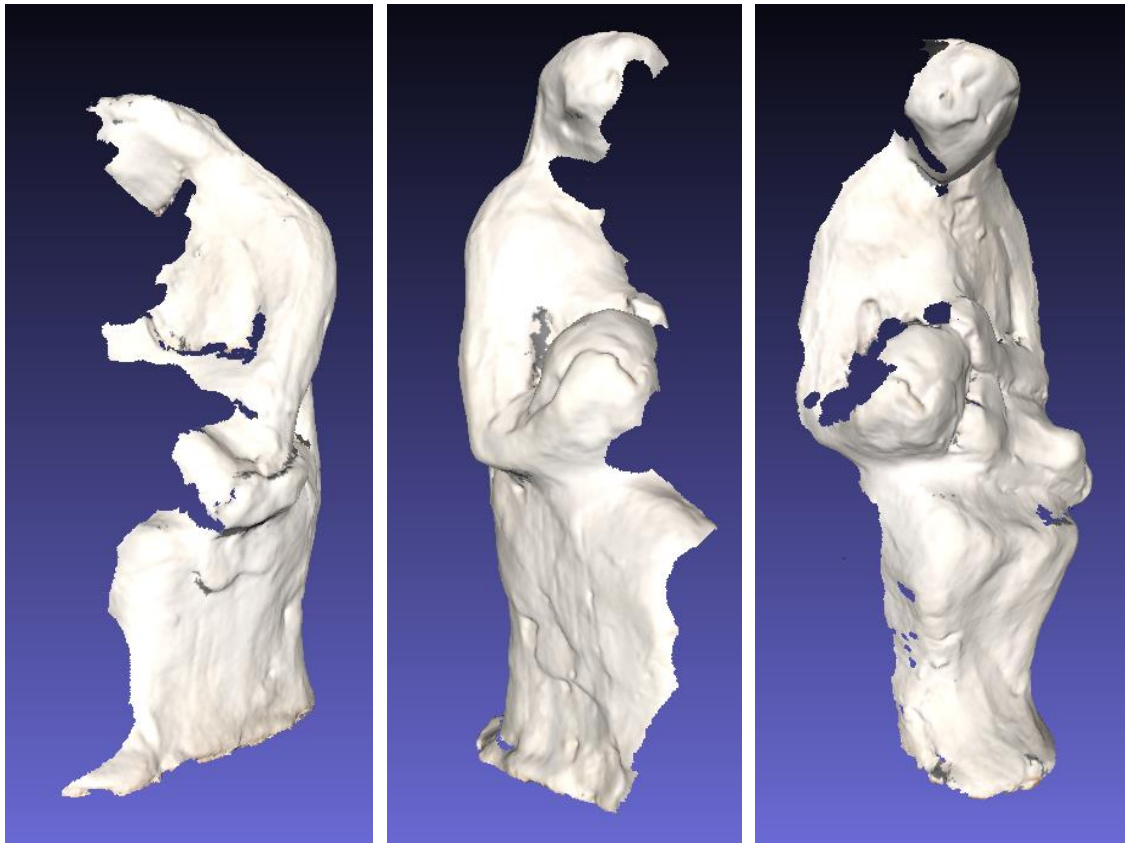
Οι σχισμές και οι οπές που εμφανίζονται στο τρισδιάστατο πλέγμα και δεν υπάρχουν στο πραγματικό αντικείμενο διορθώθηκαν με την εφαρμογή του φίλτρου *Screened Poisson Surface Reconstruction*, το οποίο ανακατασκευάζει την επιφάνεια με τη χρήση προσανατολισμένων συνόλων σημείων δημιουργώντας στεγανές επιφάνειες. Και το εξεταζόμενο αντικείμενο είναι στεγανό. Μετά από δοκιμές με τις τιμές των παραμέτρων και δεδομένων των ορίων της υπολογιστικής ισχύς των ηλεκτρονικών υπολογιστών μας, καταλήξαμε ότι ο συνδυασμός *surface reconstruction depth 11* και *adaptive octree depth 9* δίνουν τα βέλτιστα αποτελέσματα.

Στο τελικό μοντέλο η διόρθωση των σχισμών, των οπών και η απόδοση των λεπτομερειών της επιφάνειας είναι ικανοποιητική μέσω της οπτικής εξέτασης ενώ η απόδοση της υφής παρουσιάζει αρκετά προβλήματα. Τα σημεία γκρι χρώματος (δεν ανταποκρίνονται στην πραγματική υφή του αντικείμενου) είναι πολυάριθμα και δεν εντοπίζονται μόνο στις δύσκολες περιοχές, κάτι το οποίο θα ήταν δικαιολογημένο. Οι πλέον δύσμορφες περιοχές είναι αυτές που η οι σαρώσεις αλληλεπικαλύπτονται σε μεγάλο βαθμό και συμπίπτουν τα δύο ή και τα τρία τρισδιάστατα πλέγματα.

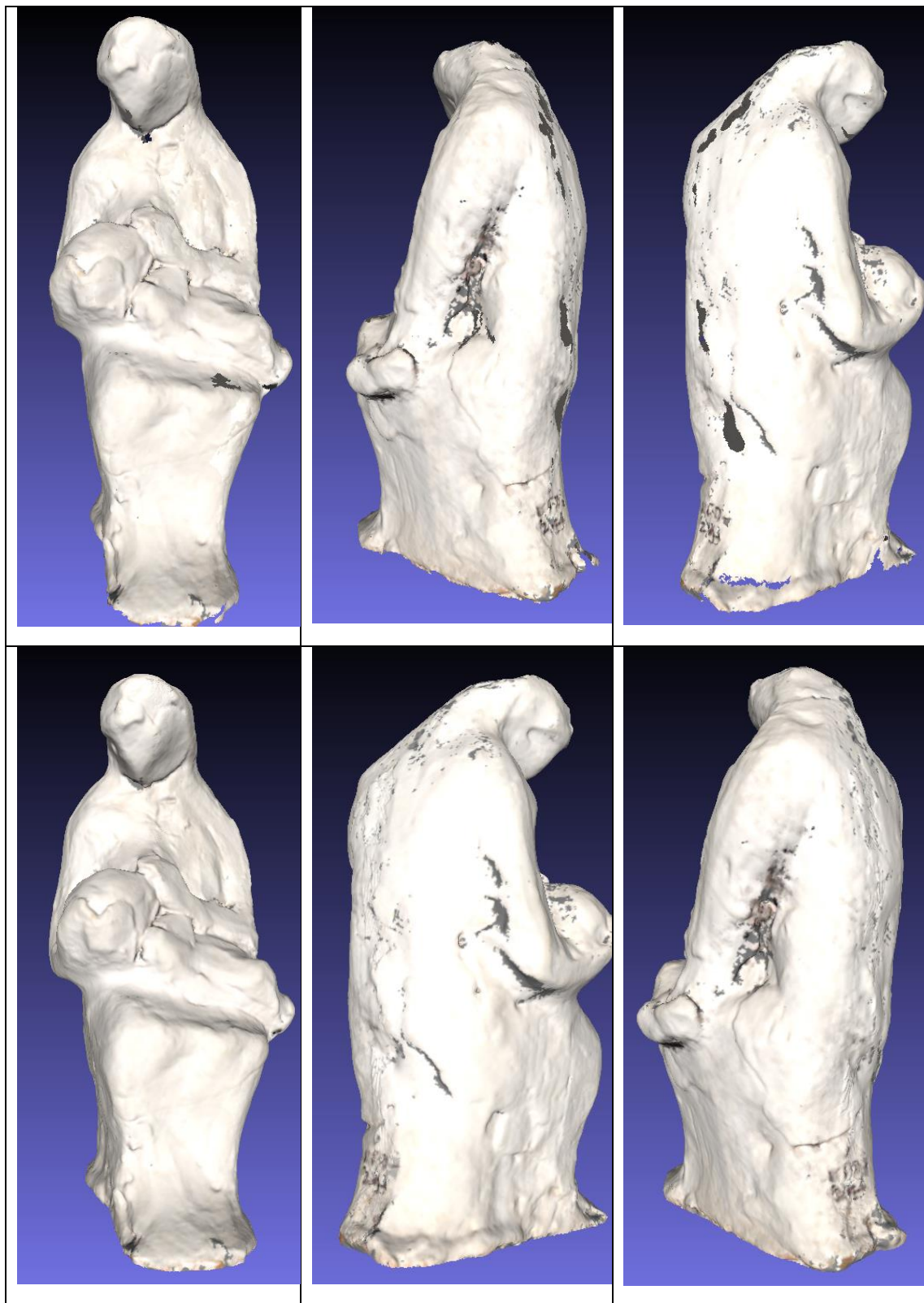


Εικ. 124/ 125 Λεπτομέρεια με και χωρίς ενσωμάτωση της φωτο-υφής.

Παρατηρούμε επίσης ότι κάθε σάρωση έχει καταγράψει πληρέστερα και ορθότερα την κυρίως όψη, όπως είναι αναμενόμενο. Για να αντιμετωπίσουμε τα παραπάνω προβλήματα επιλέξαμε, πριν τη συνένωση να διατηρήσουμε τα ποιοτικότερα τμήματα κάθε επιμέρους σάρωσης, ώστε το ποσοστό κοινών επιφανειών να ελαττωθεί και να απομακρύνουμε τις γκρι επιφάνειες κυρίως όπου οι ίδιες περιοχές αποδίδονται ορθά σε άλλη σάρωση.



Εικ. 126/127/128: Τα επιλεγμένα τμήματα των επιμέρους σαρώσεων.



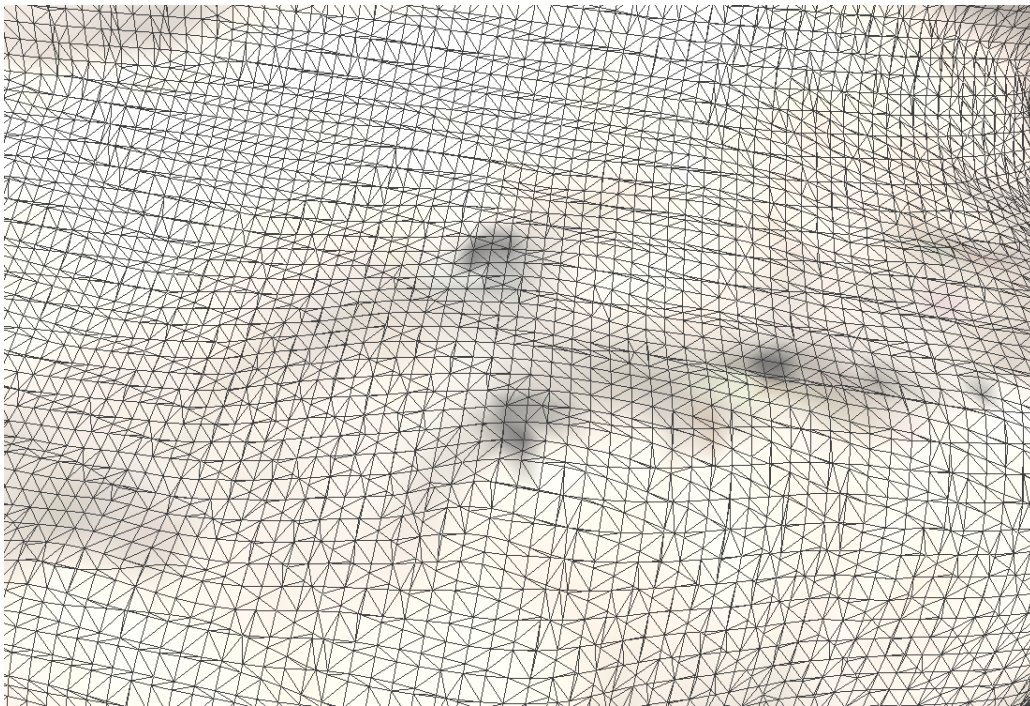
Εικ. 129 /130/131/132/133/134: Απόψεις του τελικού μοντέλου.

Το τελικό μοντέλο παρουσιάζει σαφή βελτίωση ως προς την απόδοση της υφής .που ήταν το κύριο πρόβλημα, ωστόσο δημιουργούνται οπές στο τρισδιάστατο πλέγμα .Η εφαρμογή του φίλτρου *screened poisson*, με παραμέτρους *surface reconstruction depth 11* και *adaptive octree depth 9*, συμπληρώνει ικανοποιητικά τις οπές και δεν αλλοιώνει τις λεπτομέρειες της επιφάνειας του αντικειμένου.

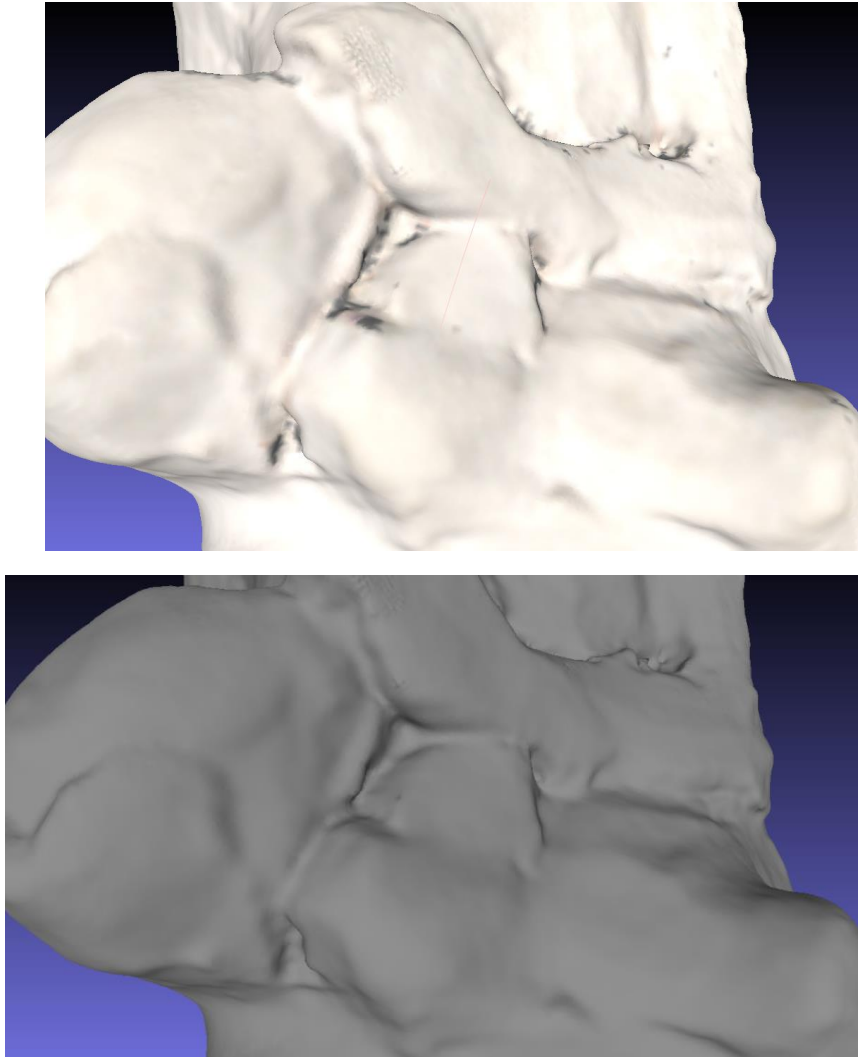
Το τελικό μοντέλο μετά την εφαρμογή του φίλτρου *screened poisson*

FACES/ΟΨΕΙΣ: 888941

VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ : 445001



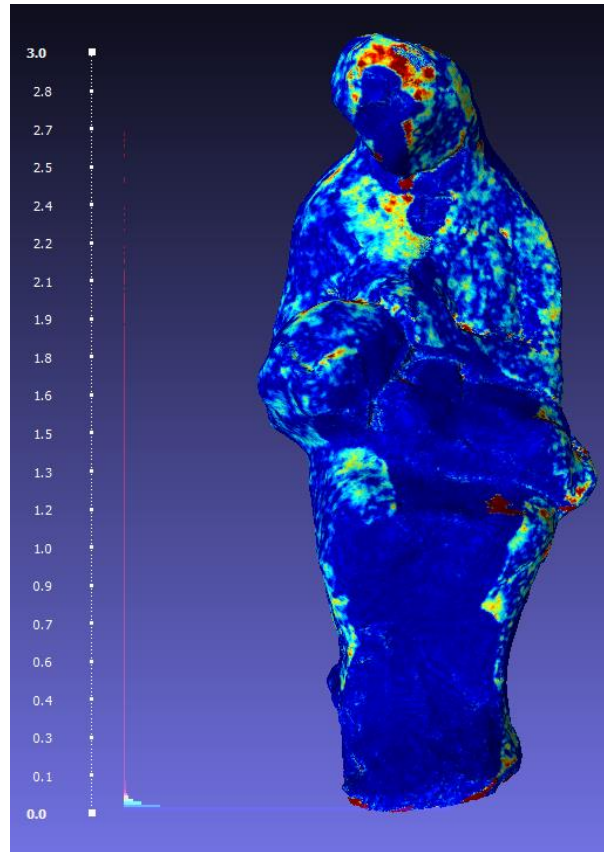
Εικ. 135: Λεπτομέρεια του πλέγματος σε περιοχή με οπή.



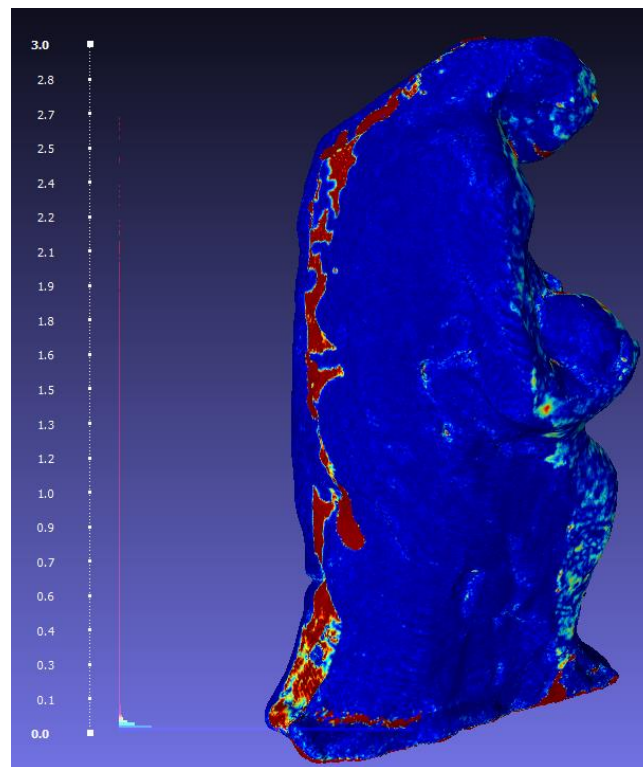
Εικ, 136/ 137: Λεπτομέρεια της γεωμετρίας της επιφάνειας.

Στη συνέχεια συγκρίναμε το τελικό μοντέλο πριν και μετά την εφαρμογή του φίλτρου *Screened Poisson Surface Reconstruction*, ώστε να διαπιστώσουμε την απόσταση μεταξύ των δύο τρισδιάστατων πλεγμάτων. Χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο *Hausdorff Distance*. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι αποστάσεις μεταξύ των δυο πλεγμάτων είναι πολύ μικρές (κατά μέσο όρο $< 0,25\text{mm}$) εκτός από τα σημεία των οπών (κόκκινο χρώμα), κάτι το οποίο είναι αναμενόμενο. Στις εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζονται χρωματικά οι αποκλίσεις μεταξύ των δύο πλεγμάτων ανά κορυφή. Το μπλε αντιστοιχεί στην χαμηλότερη απόκλιση και το κόκκινο στην υψηλότερη.

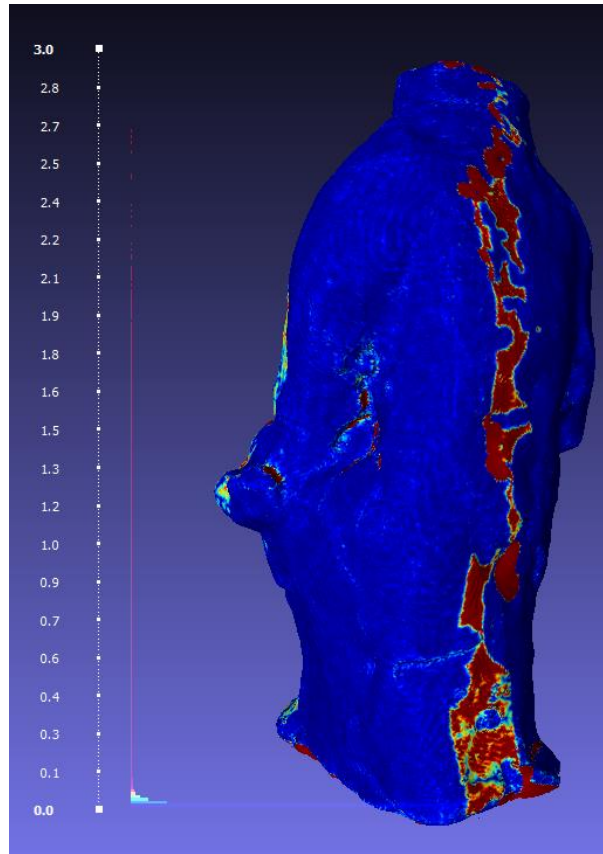
```
HausdorffDistancecomputed
Sampled 445000 pts
min : 0.000000 max 2.982484 mean : 0.022279
```



Εικ. 138: Σύγκριση του τρισδιάστατου πλέγματος πριν και μετά την εφαρμογή του φίλτρου *ScreenedPoissonSurfaceReconstruction*.



Εικ. 139: Σύγκριση του τρισδιάστατου πλέγματος πριν και μετά την εφαρμογή του φίλτρου *ScreenedPoissonSurfaceReconstruction*.



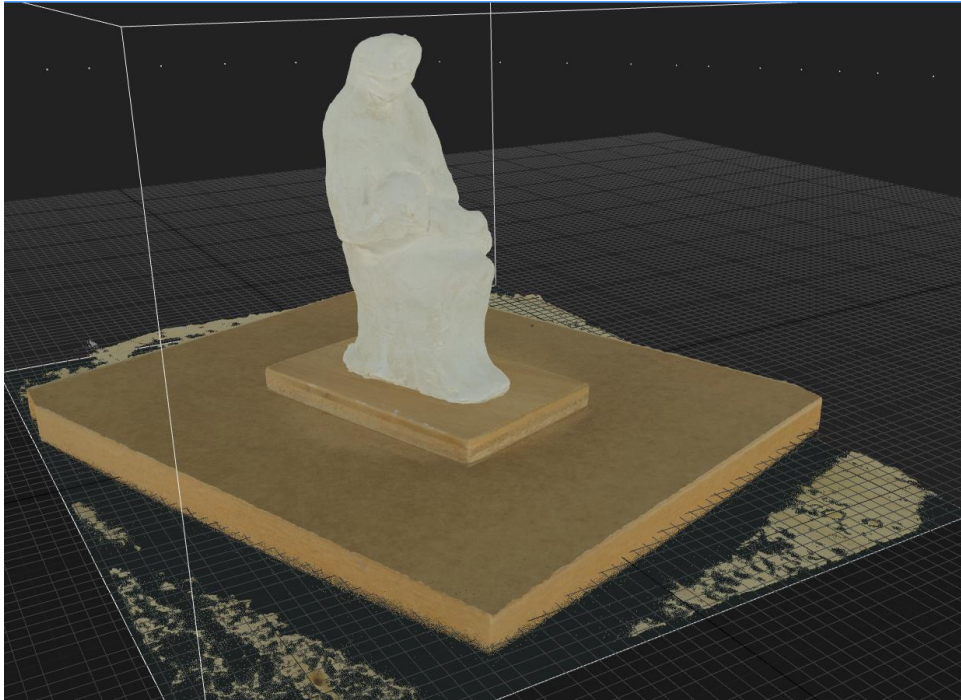
Εικ. 140: Σύγκριση του τρισδιάστατου πλέγματος πριν και μετά την εφαρμογή του φίλτρου *ScreenedPoissonSurfaceReconstruction*.

Ο χρόνος που απαιτήθηκε για την επεξεργασία των δεδομένων ξεπέρασε τις 40 ώρες. Τα αρχεία τύπου *.ply* των σαρώσεων και των μοντέλων που δημιουργήθηκαν κατά την διαδικασία δοκιμών είναι αρκετές δεκάδες. Αποθηκεύτηκαν ώστε να διατηρηθεί το ιστορικό των αποτελεσμάτων των δοκιμών και να υπάρχει η δυνατότητα να ανατρέξουμε σε αυτά μελλοντικά.

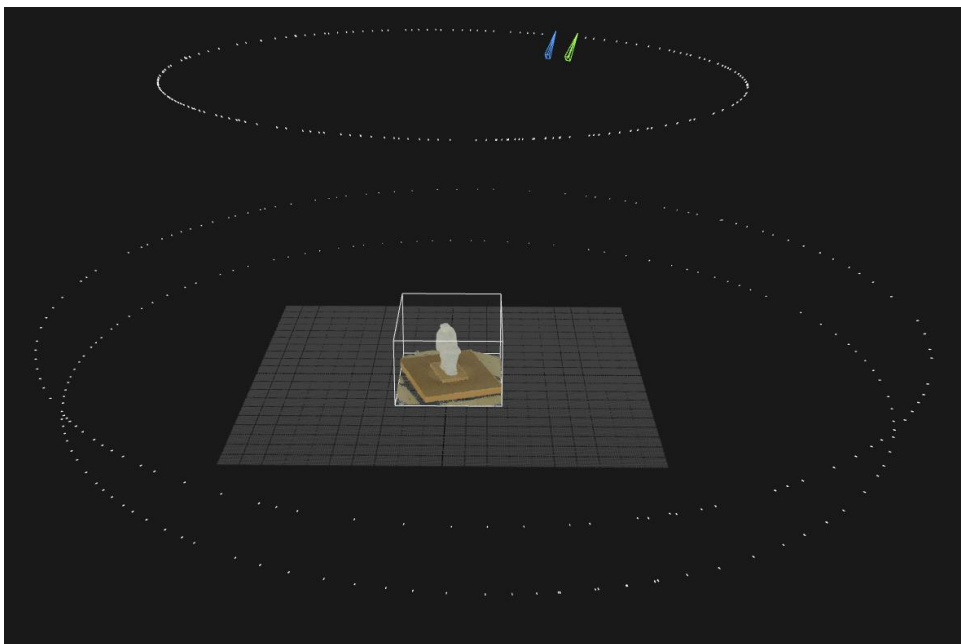
Η αρχική εκτίμηση ήταν ότι οι τρεις επιμέρους σαρώσεις αρκούσαν ώστε να καταγράψουν ολοκληρωμένα την επιφάνεια του αντικειμένου. Η επιλογή βασίστηκε στον διαθέσιμο χρόνο και τους περιορισμούς στην πρόσβαση στο αντικείμενο και στον εξοπλισμό. Τα εξαγόμενα αποτελέσματα κατέδειξαν ότι θα ήταν χρήσιμη η διεξαγωγή μιας ακόμα στοχευόμενης σάρωσης της οπίσθιας όψης και του ανωτέρου τμήματος του κεφαλιού.

5.1.2 Φωτογραμμετρία (γύψινο πρόπλασμα 244)

Τα αποτελέσματα της επεξεργασίας στο σχετικό με τη φωτογραμμετρική ανασυγκρότηση λογισμικό *REALITY CAPTURE* μετά την ολοκλήρωσή τους, σε εικόνες και η αναφορά.



Εικ. 141: Το τρισδιάστατο μοντέλο πριν εξαχθεί από το λογισμικό φωτογραμμετρικής ανασυγκρότησης.



Εικ. 142: Οι τρεις ζώνες λήψης των φωτογραφιών.

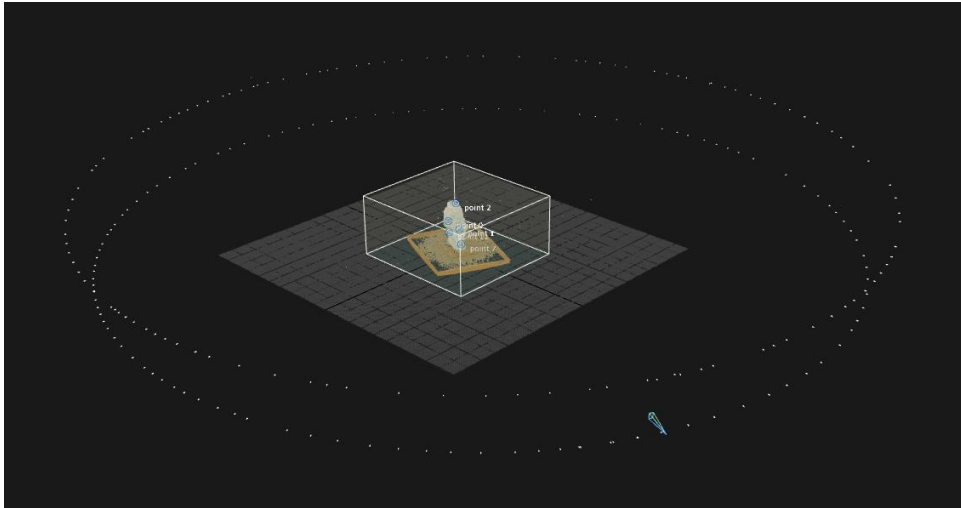
Αναφορά επεξεργασίας δεδομένων φωτογραμμετρίας	
Αντικείμενο	Γλυπτό πρόπλασμα γύψου
Πλήθος τριγώνων (όψεων)	6617620
Πλήθος κορυφών	3314408
Επίπεδο ποιότητας	Normal (κανονικό)
Ανάλυση υφής	8192 x 8192
Χρησιμοποιηθείσες εικόνες/εισηγμένες εικόνες	403 / 404
Πλήθος σημείων νέφους σημείων	1279255
Πλήθος σημείων ελέγχου(αντιστοίχισης ή συζευγμένων σημείων)	11
Χρόνος υπολογισμού χαρτών βάθους	01h:01m:28s
Χρόνος εξαγωγής τρισδιάστατου πλέγματος	00h:33m:05s
Χρόνος μετα-επεξεργασίας	00h:10m:02s
Χρόνος ενσωμάτωσης χρωματικής πληροφορίας	00h:01m:58s
Χρόνος ενσωμάτωσης υφής	00h:15m:50s
Συνολικός χρόνος επεξεργασίας	02h:02m:36s

Η ανάλυση του παραγόμενου από την φωτογραμμετρία μοντέλου είναι περίπου 0.05 mm.

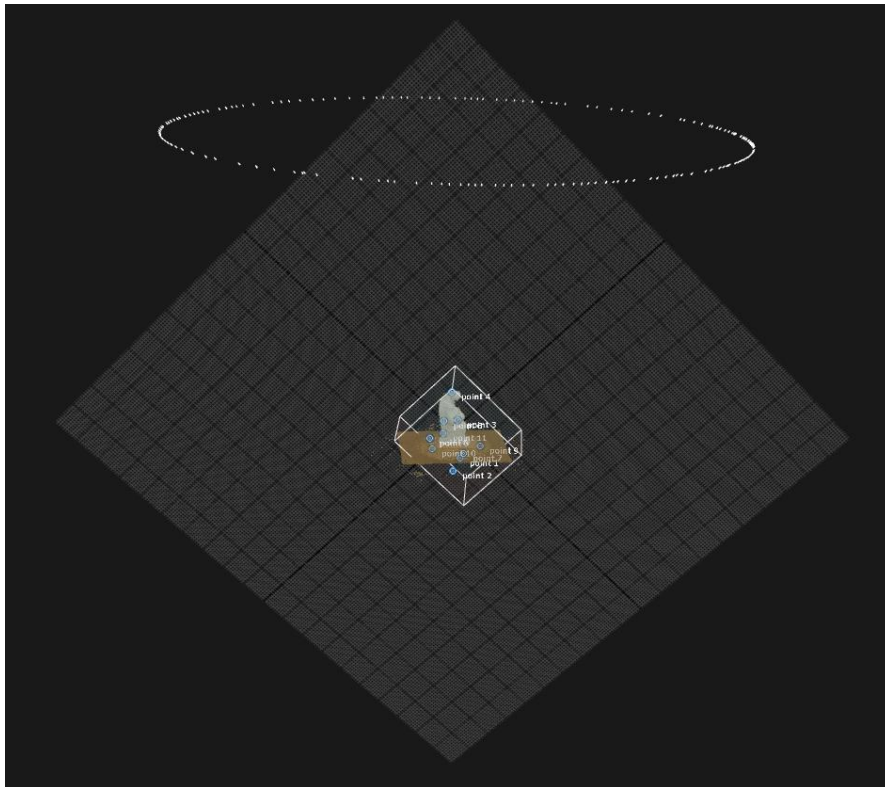
Χρησιμοποιήθηκε το σύνολο των φωτογραφιών κατά τη διαδικασία επεξεργασίας των δεδομένων.

Το πλήθος των σημείων ταυτοποίησης καταδεικνύει τον βαθμό παρέμβασης μας στην ημιαυτοματοποιημένη διαδικασία εξαγωγής του τρισδιάστατου μοντέλου.

Ο χρόνος που απαιτήσε η επεξεργασία των δεδομένων ήταν περίπου 16 ώρες. Τα αποτελέσματα μετά την ευθυγράμμιση των φωτογραφιών δεν ήταν ένα νέφος σημείων εξαγόμενο από το σύνολο των φωτογραφιών αλλά δύο *components*. Ένα, από τις δύο κατώτερες ζώνες λήψης και ένα ξεχωριστό από την ανώτερη. Η συνένωσή τους με τη χρήση πολλών σημείων ελέγχου ήταν επίπονη διαδικασία χωρίς πάντα να έχει αποτέλεσμα. Η σωστή αντιμετώπιση είναι ο ορισμός αρκετών σημείων ελέγχου (11) σε αντίστοιχες λήψεις των τριών διαφορετικών ζωνών πριν τη διαδικασία ευθυγράμμισης.

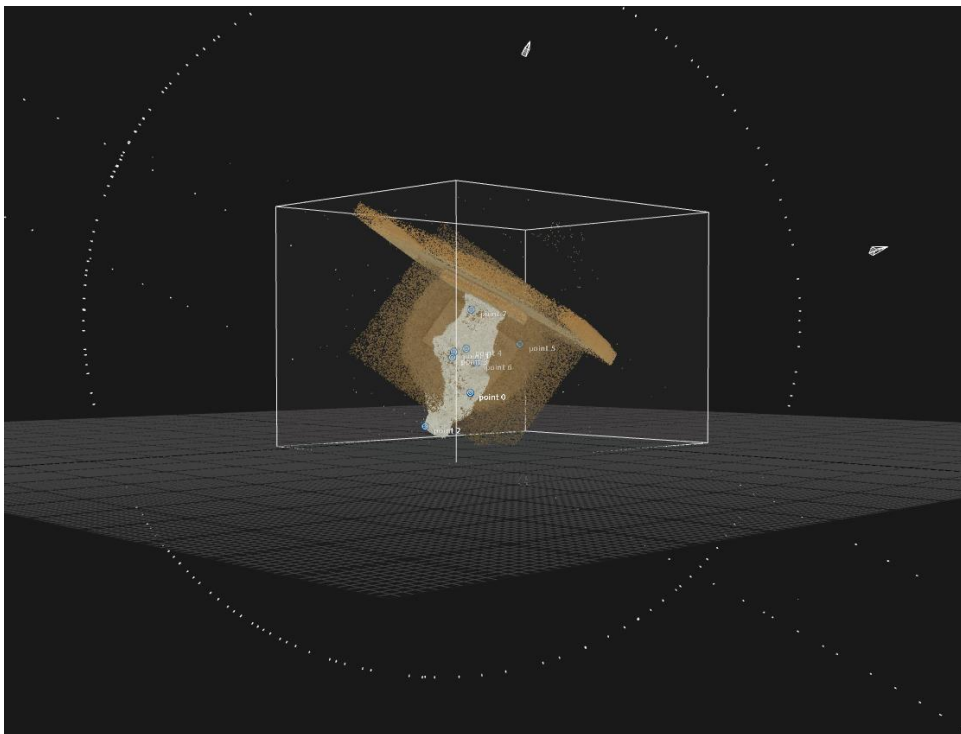
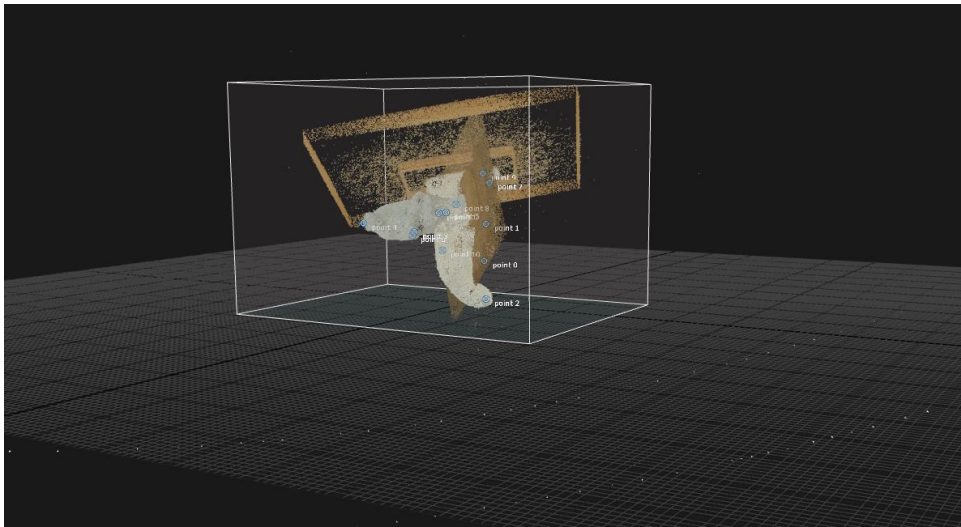


Εικ. 143: Το *component* που συντίθεται από τις λήψεις των δύο κατώτερων ζωνών .



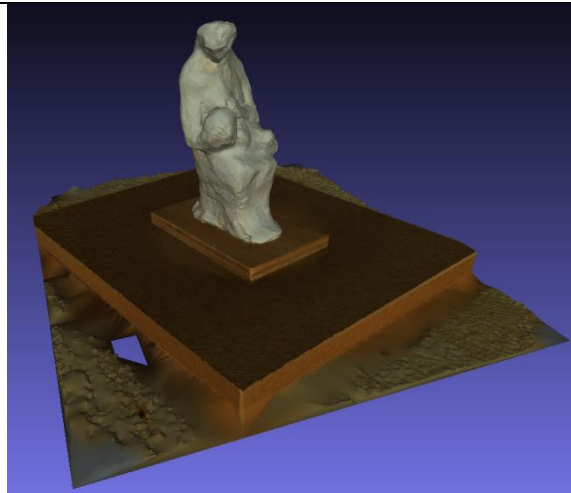
Εικ. 144: Το *component* που συντίθεται από τις λήψεις της ανώτερης ζώνης.

Το δεύτερο πρόβλημα ήταν ότι τα *components* από τις διαφορετικές ζώνες λήψης ήταν προσανατολισμένα σε διαφορετικά συστήματα αναφοράς. Η φωτογραμμετρία δεν δημιουργεί ένα αντιπροσωπευτικό πλαίσιο αναφοράς. Το αποτέλεσμα ήταν το αντικείμενο να κατασκευάζεται διπλό ή τριπλό. Αυτό αντιμετωπίστηκε με την περιστροφή και μετακίνηση του μοντέλου ώστε όλα τα *component* να προσανατολιστούν πάνω σε ένα ενιαίο σύστημα αναφοράς,



Εικ. 144/145: Δύο συμπλεκόμενα συστήματα αναφοράς.

ΜΕΤΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟ MESH LAB



ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΤΗΣ ΒΑΣΗΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΘΟΥΒΟΥ

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΙΛΤΡΩΝ:

REMOVEDUPLICATEFACES

/(Αφαίρεση διπλών όψεων)

REMOVEDUPLICATEVERTEX/

(Αφαίρεση διπλών κορυφών)

REMOVEZEROAREAFACES/

(Αφαίρεση όψεων μηδενικής επιφάνειας)

REMOVEUNREFERENCEDVERTEX

/(Αφαίρεση κορυφών χωρίς αναφορά)

DELETE SELF INTERSECTING

FACES/(Αφαίρεση αυτοτεμνόμενων όψεων)

DELETE NON MANIFOLD EDGES/ (Αφαίρεση μη
πολλαπλών ακμών)

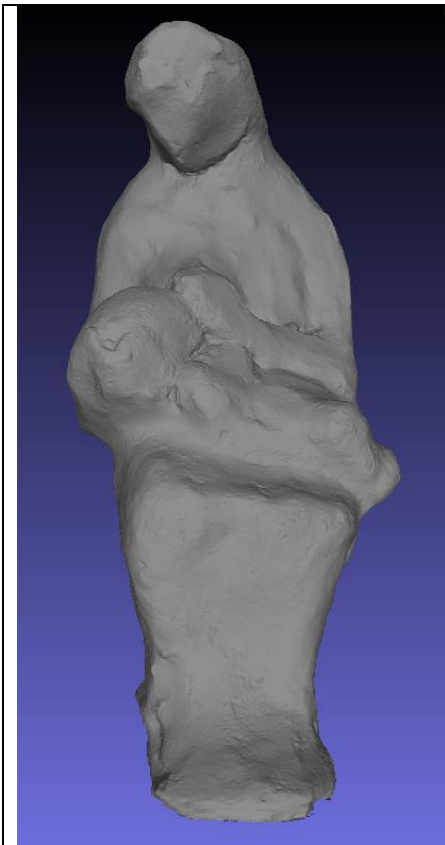
DELETE NON MANIFOLD VERTICES/

(Αφαίρεση μη πολλαπλών κορυφών)

MESH LAB

FACES/ΟΨΕΙΣ: 6.617.620

VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ : 3.308.810

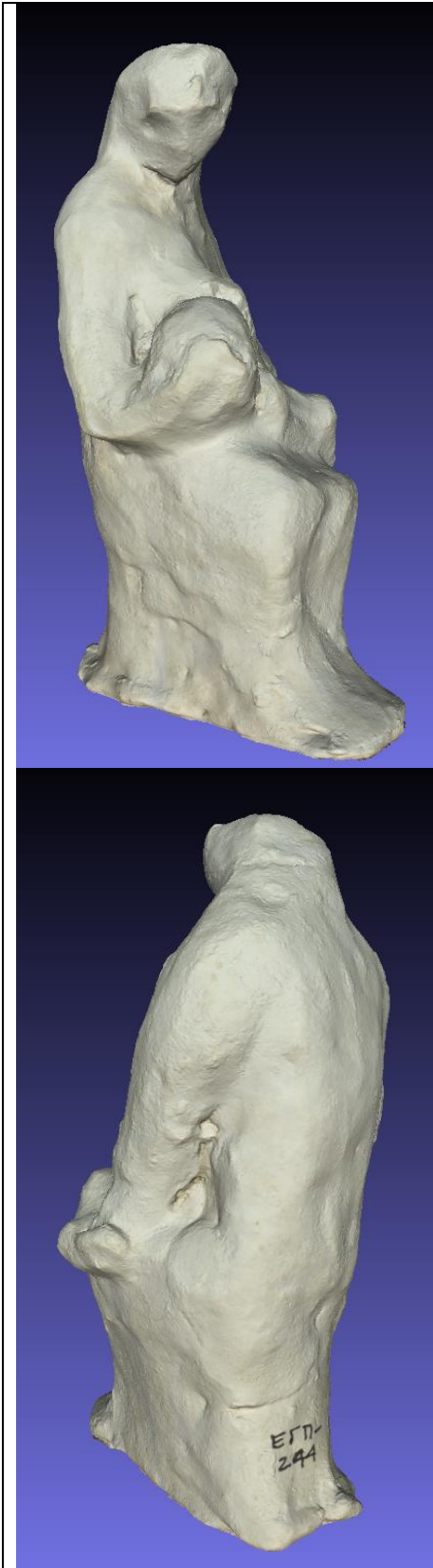


ΤΟ ΤΕΛΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

FACES/ΟΨΕΙΣ: 2.016.672

VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ : 1.008.341







Η απόδοση του χρώματος έχει μεγάλο βαθμό πιστότητας και ρεαλισμού σε σχέση με τις λήψεις. Χαρακτηριστικό ενδεικτικό τμήμα του αντικειμένου είναι τα γράμματα και οι αριθμοί που αποδίδονται με υψηλή ευκρίνεια. Η απόδοση των λεπτομερειών της επιφάνειας είναι ιδιαίτερα ικανοποιητική μέσω της οπτικής παρατήρησης.

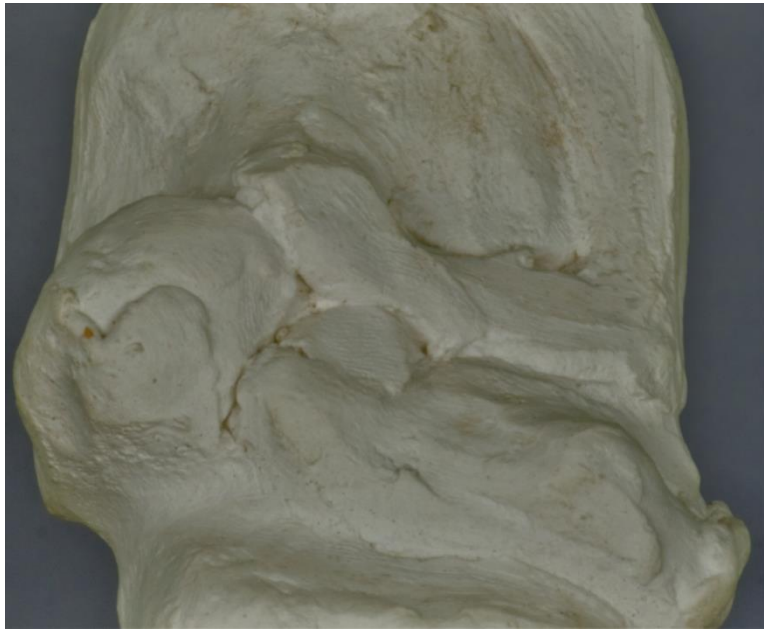
Παρουσίαση των αποτελεσμάτων των δυο τεχνικών

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ	ZSCAN	ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑ
		
		

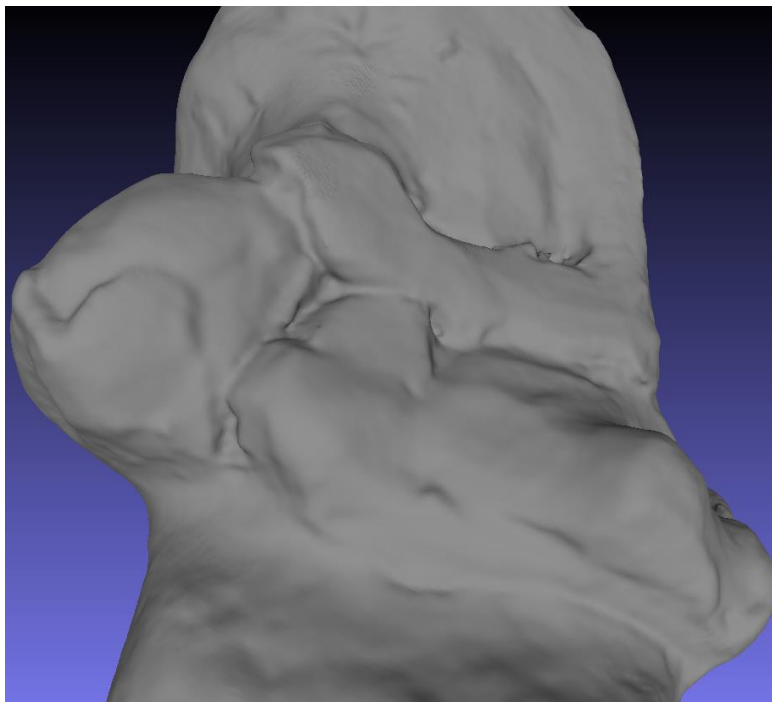


Τα τρισδιάστατα μοντέλα που παράγονται από τη φωτογραμμετρία αποδίδουν καλύτερα την υφή της επιφάνειας του αντικειμένου και καταγράφουν πληρέστερα και με μεγαλύτερη ακρίβειά τις λεπτομέρειες της επιφάνειας.

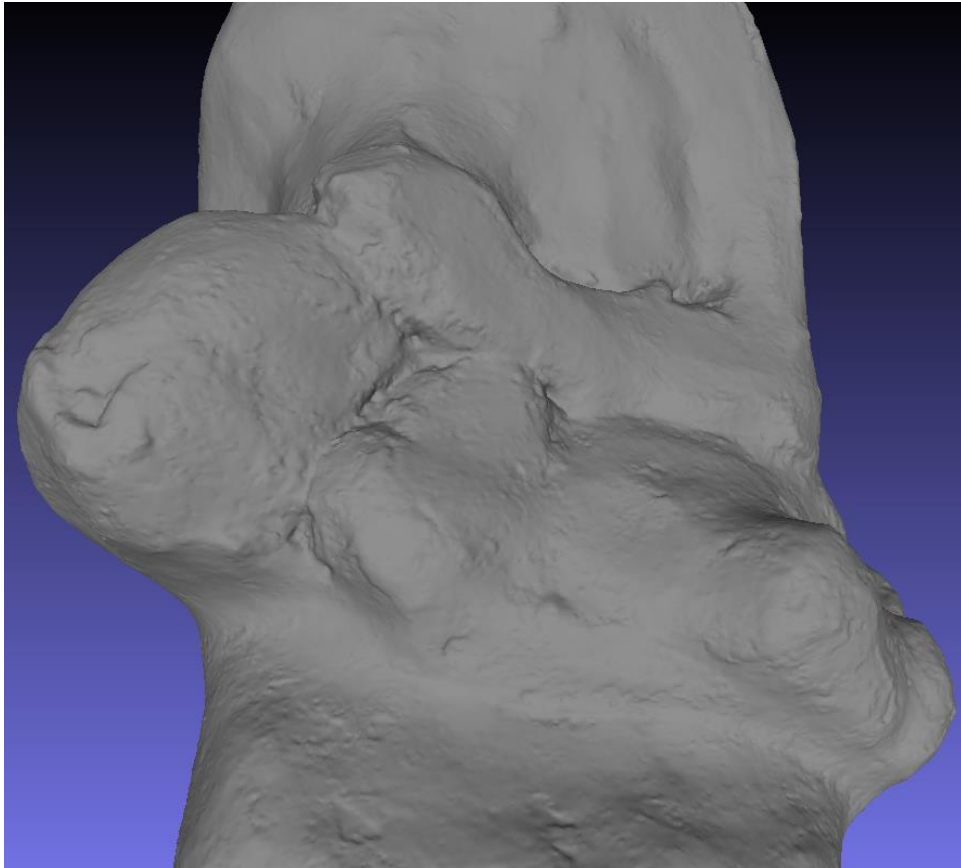
Σύγκριση απόδοσης της επιφάνειας.



Εικ. 146: Λεπτομέρεια από φωτογραφία του αντικειμένου, επεξεργασμένη ώστε να αναδεικνύονται οι λεπτομέρειες της επιφάνειας.



Εικ. 147: Λεπτομέρεια του τρισδιάστατου μοντέλου με σάρωση λέιζερ.



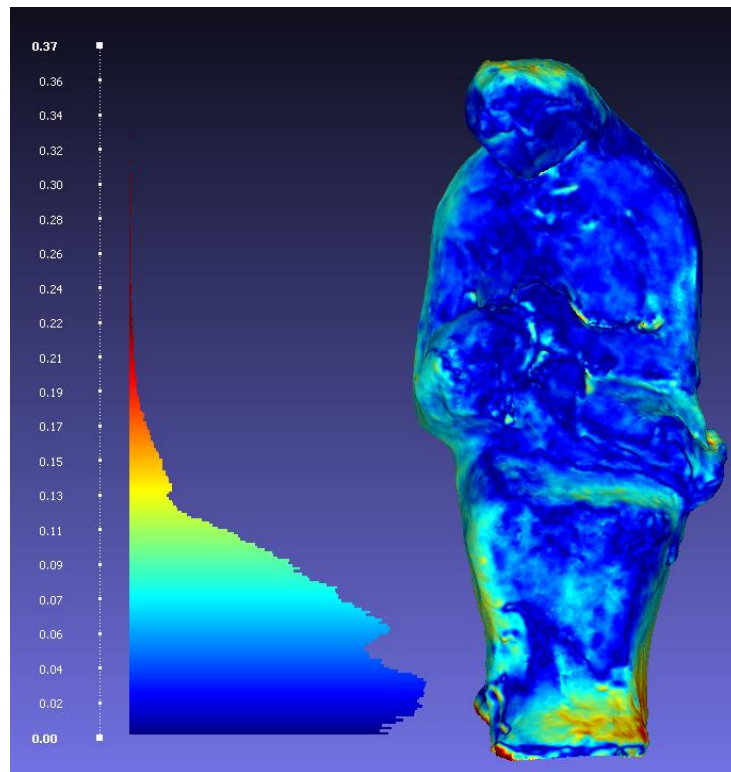
Εικ. 148: Λεπτομέρεια του τρισδιάστατου μοντέλου με φωτογραμμετρία.

Σύγκριση των μοντέλων των δύο τεχνικών.

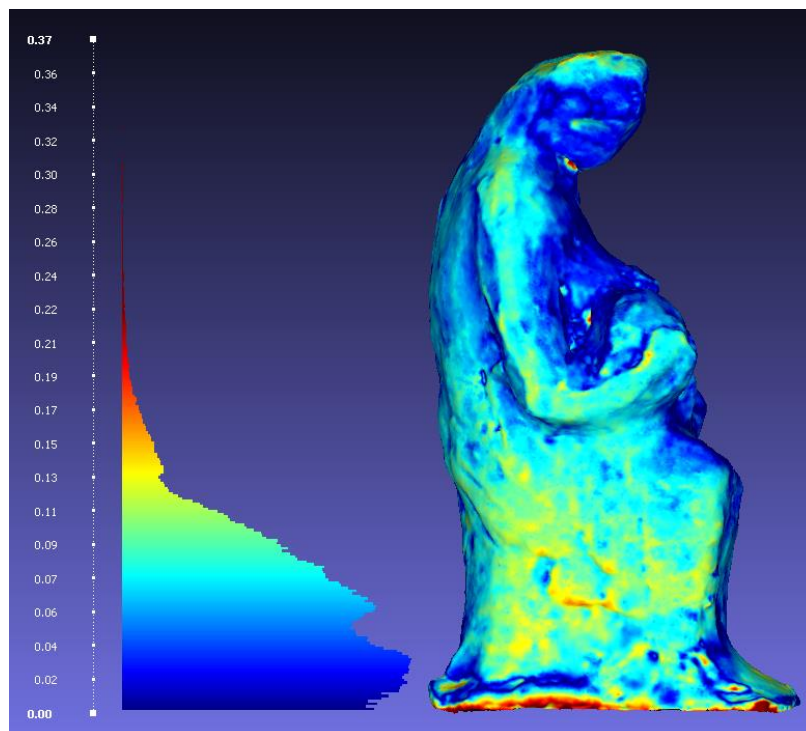
Στη συνέχεια συγκρίναμε τα τελικά από τις δύο τεχνικές παραγόμενα μοντέλα ώστε να διαπιστώσουμε την απόσταση μεταξύ των δύο τρισδιάστατων πλεγμάτων. Χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο *Hausdorff Distance*. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι αποστάσεις μεταξύ των δυο πλεγμάτων είναι πολύ μικρές (κατά μέσο όρο $< 0,06\text{mm}$). Τα σημεία που χρησιμοποιήθηκαν ως δείγμα είναι 445000. Το φωτογραμμετρικά παραγόμενο μοντέλο επιλέχτηκε ως βάση σύγκρισης επειδή το θεωρούμε ακριβέστερο. Στις εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζονται χρωματικά οι αποκλίσεις μεταξύ των δύο πλεγμάτων ανά κορυφή. Το μπλε αντιστοιχεί στην χαμηλότερη απόκλιση και το κόκκινο στην υψηλότερη.

HausdorffDistance

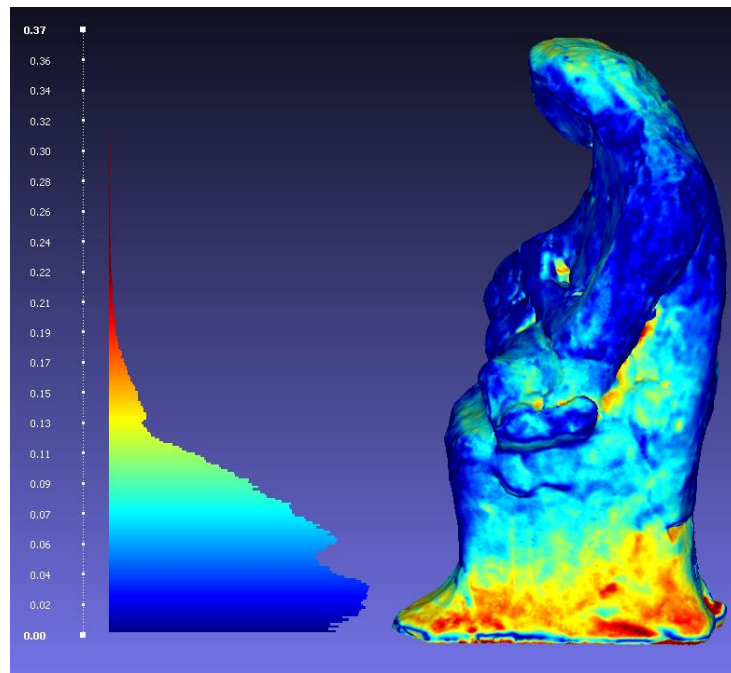
HausdorffDistancecomputed
Sampled 445000 pts
min : 0.000000 max 0.497278 mean : 0.058039



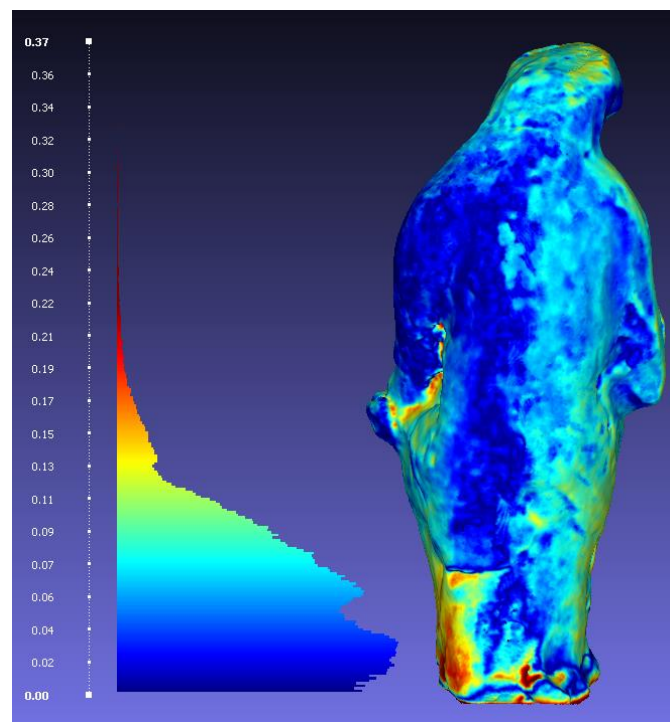
Εικ. 148: Οι αποκλίσεις μεταξύ των πλεγμάτων στην εμπρόσθια πλευρά του αντικειμένου.



Εικ. 149: Οι αποκλίσεις μεταξύ των πλεγμάτων στη δεξιά πλευρά του αντικειμένου.



Εικ. 150: Οι αποκλίσεις μεταξύ των πλεγμάτων στην αριστερή πλευρά του αντικειμένου.



Εικ. 151: Οι αποκλίσεις μεταξύ των πλεγμάτων στην οπίσθια πλευρά του αντικειμένου.

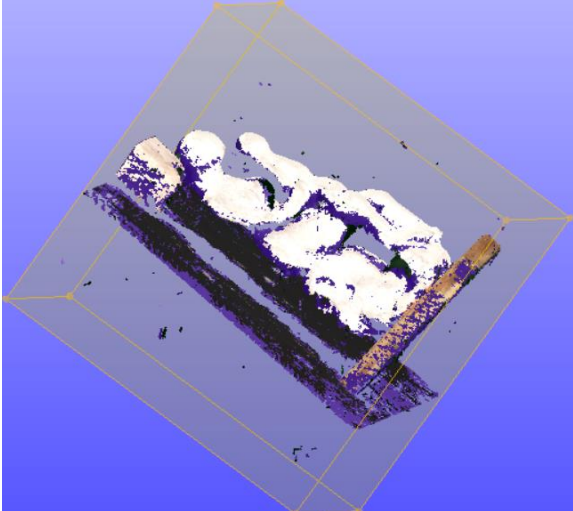
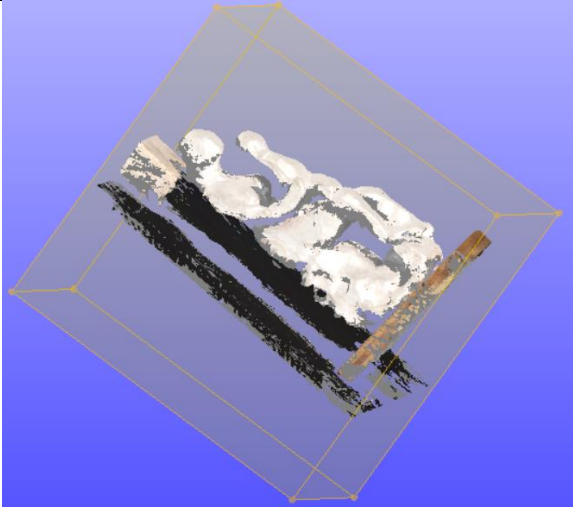
Παρατηρούμε ότι οι περιοχές με την υψηλότερη απόκλιση (κόκκινο χρώμα) είναι εξαιρετικά περιορισμένες και εντοπίζονται κυρίως στο τμήμα πλησίον της βάσης που η καταγραφή ήταν πράγματι δυσχερέστερη.

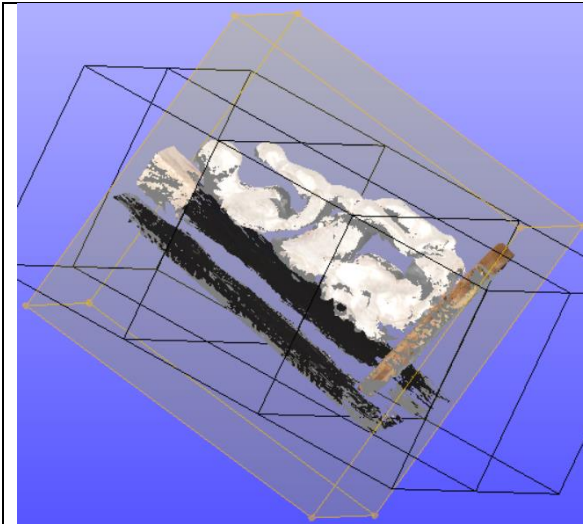
5.2.1 Παρουσίαση του γύψινου προπλάσματος (243)

Η σάρωση του αντικειμένου συνίσταται σε τρεις επιμέρους σαρώσεις, μερικώς αλληλεπικαλυπτόμενες. Τις ονομάζουμε Α,Β,Γ και Δ.

Ακολουθεί μια αναλυτική παρουσίαση ολόκληρης της διαδικασίας επεξεργασίας των πρωτογενών δεδομένων, αρχικά στο λογισμικό ZSCAN και στη συνέχεια στο λογισμικό MESHLAB. Επίσης, παρουσιάζονται οι διαφορετικές προσεγγίσεις με σκοπό τη εξαγωγή του βέλτιστου δυνατού αποτελέσματος, τα διαφορετικά προβλήματα που προέκυψαν και ο τρόπος που αντιμετωπίστηκαν.

Η σάρωση Α κατέγραψε κυρίως την εμπρόσθια όψη του αντικειμένου και τμήματα της αριστερής και δεξιάς όψης του. Το αντικείμενο είχε τοποθετηθεί οριζόντια, εδραζόμενο στην οπίσθια του πλευρά με τη βοήθεια ενός υποστηρίγματος διογκωμένης πολυστερίνης (φελιζόλ) στο πίσω μέρος του κεφαλιού.

Επιμέρους σάρωση Α.	Παράμετροι και πληροφορίες
	<p><u>SURFACE /ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ</u></p> <p>VOLUMESIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΥΒΟΥ: 160mm²</p> <p>RESOLUTION/ΑΝΑΛΥΣΗ: 0,31mm</p> <p><u>Εφαρμογή φίλτρων :</u></p> <p>FILL HOLES/ΣΦΡΑΓΙΣΗ ΜΙΚΡΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΟΠΩΝ</p> <p>REMOVE ISOLATED PATCHES/ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΑΠΟΜΟΝΩΜΕΝΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ</p> <p>ZSCAN</p>
	<p><u>FACET/ ΟΨΕΙΣ</u></p> <p>TRIANGLES/ΤΡΙΓΩΝΑ: 775751</p> <p>VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ : 421616</p> <p>ZSCAN</p>



TEXTURE /ΥΦΗ

RESOLUTION /ΑΝΑΛΥΣΗ: 250,00 dpi

SIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ: 8192x8192

PROJECTION/ΠΡΟΒΟΛΗ : ΚΥΒΙΚΗ

Εφαρμογή:

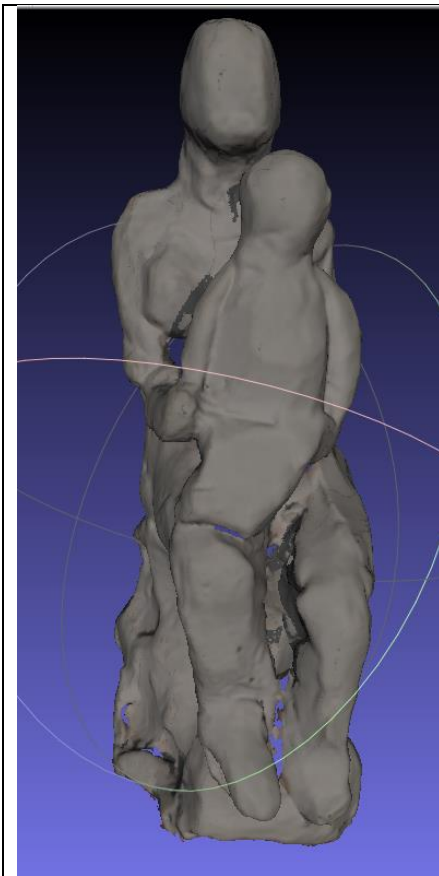
ΟPTIMIZETEXTURE/ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΥΦΗΣ

ZSCAN



ΠΡΟΒΟΛΗ ΤΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ ΤΗΣ ΥΦΗΣ

ZSCAN



ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΠΕΡΙΤΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΚΑΙ
ΘΟΡΥΒΟΥ

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΙΛΤΡΩΝ:

REMOVE DUPLICATE FACES

/(Αφαίρεση διπλών όψεων)

REMOVE DUPLICATE VERTEX/

(Αφαίρεση διπλών κορυφών)

REMOVE ZERO AREA FACES/

(Αφαίρεση όψεων μηδενικής επιφάνειας)

REMOVE UNREFERENCED VERTEX

/(Αφαίρεση κορυφών χωρίς αναφορά)

DELETE SELF INTERSECTING

FACES/(Αφαίρεση αυτοτεμνόμενων όψεων)

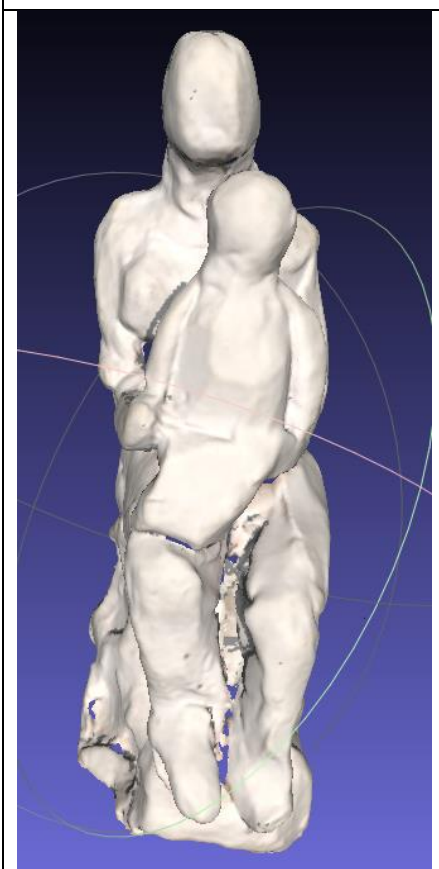
DELETE NON MANIFOLD EDGES/

(Αφαίρεση μη πολλαπλών ακμών)

DELETE NON MANIFOLD VERTICES/

(Αφαίρεση μη πολλαπλών κορυφών)

MESHLAB



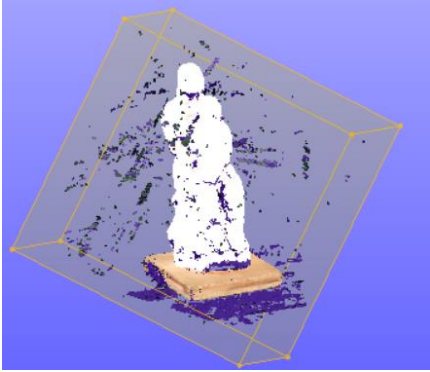
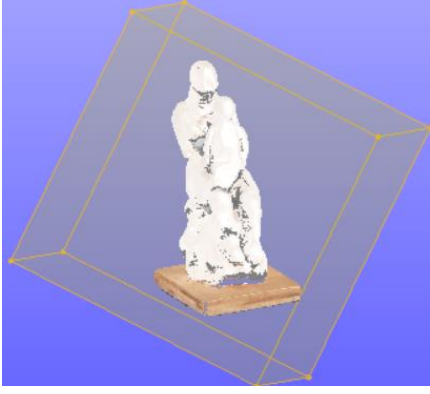
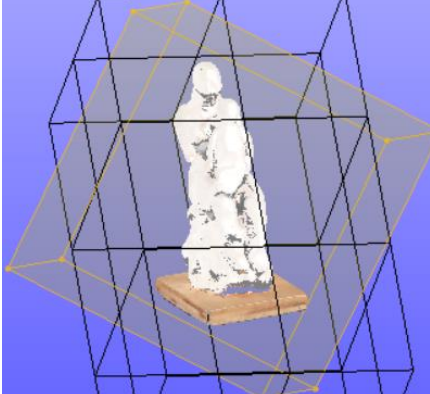

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΙΛΤΡΩΝ :

TRANSFER COLOR : TEXTURE TO VERTEX

ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΥΦΗΣ ΣΤΟ
ΠΛΕΓΜΑ

MESHLAB

Η σάρωση Β κατέγραψε συνολικά την επιφάνεια του αντικειμένου, το οποίο βρίσκονταν σε κατακόρυφη θέση.

Επιμέρους σάρωση Β.	Παράμετροι και πληροφορίες
	<p><u><i>SURFACE /ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ</i></u></p> <p>VOLUMESIZE/ΜΕΓΕΘΟΣΚΥΒΟΥ: 160mm² RESOLUTION/ΑΝΑΛΥΣΗ 0,31mm</p> <p><u><i>Εφαρμογή φίλτρων</i></u> :FILLHOLES/ΣΦΡΑΓΙΣΗ ΜΙΚΡΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΟΠΩΝ</p> <p>REMOVEISOLATEDPATCHES/ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΑΠΟΜΟΝΩΜΕΝΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ZSCAN</p>
	<p><u><i>FACET/ ΟΨΕΙΣ</i></u></p> <p>TRIANGLES/ΤΡΙΓΩΝΑ: 435286</p> <p>VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ : 272871</p> <p>ZSCAN</p>
	<p><u><i>TEXTURE /ΥΦΗ</i></u></p> <p>RESOLUTION /ΑΝΑΛΥΣΗ: 250,00 dpi</p> <p>SIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ: 8192x8192</p> <p>PROJECTION/ΠΡΟΒΟΛΗ : ΚΥΒΙΚΗ</p> <p><u><i>Εφαρμογή:</i></u></p> <p>OPTIMIZE TEXTURE/ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΥΦΗΣ ZSCAN</p>
	<p><u><i>ΠΡΟΒΟΛΗ ΤΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ ΤΗΣ ΥΦΗΣ</i></u></p> <p>ZSCAN</p>



ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΠΕΡΙΤΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΚΑΙ ΘΟΡΥΒΟΥ

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΙΛΤΡΩΝ:

REMOVE DUPLICATE FACES

/(Αφαίρεση διπλών όψεων)

REMOVE DUPLICATE VERTEX/

(Αφαίρεση διπλών κορυφών)

REMOVE ZERO AREA FACES/

(Αφαίρεση όψεων μηδενικής επιφάνειας)

REMOVE UNREFERENCED VERTEX

/(Αφαίρεση κορυφών χωρίς αναφορά)

DELETE SELF INTERSECTING

FACES/(Αφαίρεση αυτοτεμνόμενων όψεων)

DELETE NON MANIFOLD EDGES/ (

Αφαίρεση μη πολλαπλών ακμών)

DELETE NON MANIFOLD VERTICES/

(Αφαίρεση μη πολλαπλών κορυφών)

MESHLAB



ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΙΛΤΡΩΝ :


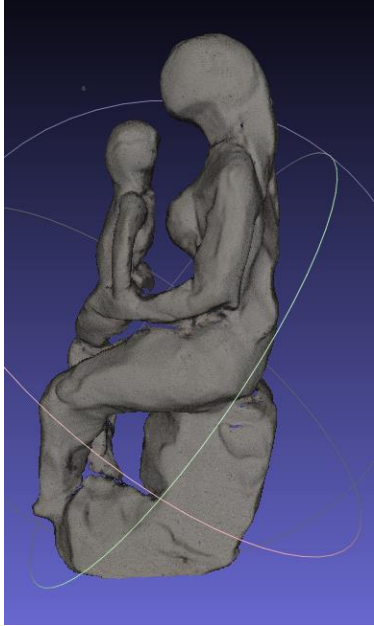
TRANSFER COLOR : TEXTURE TO VERTEX

ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΥΦΗΣ ΣΤΟ ΠΛΕΓΜΑ

MESHLAB



Η σάρωση Γ κατέγραψε κυρίως την αριστερή όψη του αντικειμένου και τμήματα της οπίσθιας και εμπρόσθιας όψης του. Το αντικείμενο είχε τοποθετηθεί οριζόντια, εδραζόμενο στη δεξιά του πλευρά με τη βοήθεια ενός υποστηρίγματος διογκωμένης πολυστερίνης (φελιζόλ) στη δεξιά παρειά του προσώπου.

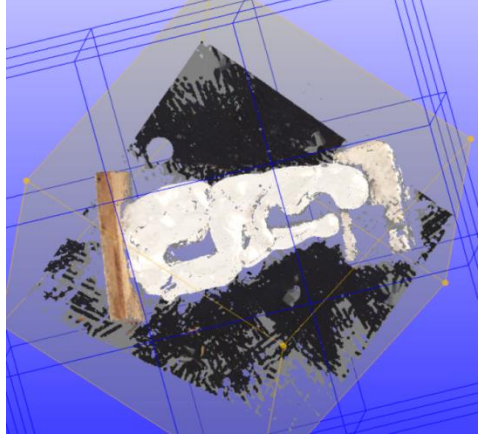

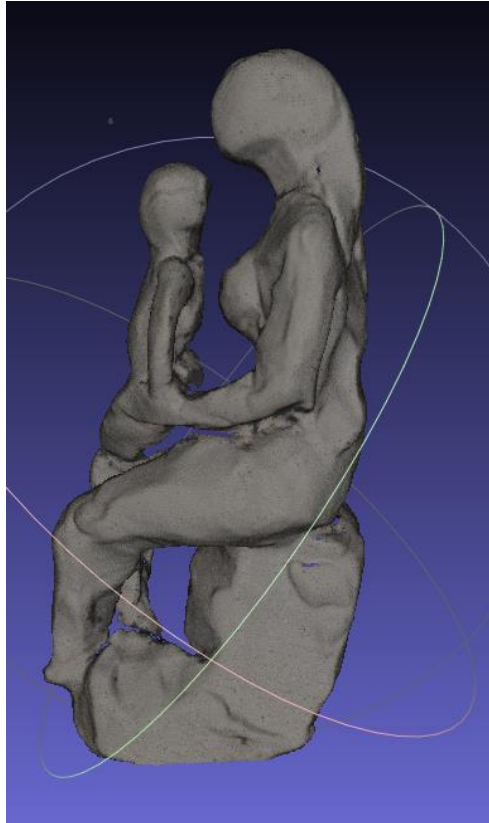
Επιμέρους σάρωση Γ.	Παράμετροι και πληροφορίες
	<p><u><i>SURFACE /ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ</i></u></p> <p>VOLUMESIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΥΒΟΥ: 160mm²</p> <p>RESOLUTION/ΑΝΑΛΥΣΗ: 0,31mm</p> <p><u><i>Εφαρμογή φίλτρων :</i></u></p> <p>FILL HOLES/ΣΦΡΑΓΙΣΗ ΜΙΚΡΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΟΠΩΝ</p> <p>REMOVE ISOLATED PATCHES/ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΑΠΟΜΟΝΩΜΕΝΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ</p> <p>ZSCAN</p>
	<p><u><i>FACET/ ΟΥΣΕΙΣ</i></u></p> <p>TRIANGLES/ΤΡΙΓΩΝΑ: 766435</p> <p>VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ : 499465</p> <p>ZSCAN</p>
	<p><u><i>TEXTURE /ΥΦΗ</i></u></p> <p>RESOLUTION /ΑΝΑΛΥΣΗ: 250,00 dpi</p> <p>SIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ: 8192x8192</p> <p>PROJECTION/ΠΡΟΒΟΛΗ : ΚΥΒΙΚΗ</p> <p><u><i>Εφαρμογή:</i></u></p> <p>OPTIMIZE/ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΥΦΗΣ</p> <p>ZSCAN</p>

	<p><u>ΠΡΟΒΟΛΗ ΤΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ ΤΗΣ ΥΦΗΣ</u></p> <p>ZSCAN</p>
	<p>ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΠΕΡΙΤΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΚΑΙ ΘΟΡΥΒΟΥ</p> <p>ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΙΛΤΡΩΝ: REMOVEDUPLICATEFACES / (Αφαίρεση διπλών όψεων) REMOVEDUPLICATEVERTEX / (Αφαίρεση διπλών κορυφών)</p> <p>REMOVEZEROAREAFACES / (Αφαίρεση όψεων μηδενικής επιφάνειας)</p> <p>REMOVEUNREFERENCEDVERTEX / (Αφαίρεση κορυφών χωρίς αναφορά)</p> <p>DELETE SELF INTERSECTING FACES / (Αφαίρεση αυτοτεμνόμενων όψεων)</p> <p>DELETE NON MANIFOLD EDGES / (Αφαίρεση μη πολλαπλών ακμών)</p> <p>DELETE NON MANIFOLD VERTICES / (Αφαίρεση μη πολλαπλών κορυφών)</p> <p>MESHLAB</p>

	<p>ΕΦΑΡΜΟΓΗΦΙΛΤΡΩΝ :</p> <p>TRANSE COLOR : TEXTURE TO VERTEX</p> <p>ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΥΦΗΣ ΣΤΟ ΠΛΕΓΜΑ</p> <p>MESHLAB</p>
---	--

Η σάρωση Δ κατέγραψε κυρίως τη δεξιά όψη του αντικείμενου και τμήματα της οπίσθιας και εμπρόσθιας όψης του. Το αντικείμενο είχε τοποθετηθεί οριζόντια, εδραζόμενο στην αριστερή του πλευρά με τη βοήθεια ενός υποστηρίγματος διογκωμένης πολυστερίνης (φελιζόλ) στην αριστερή πλευρά του προσώπου.

Επιμέρους σάρωση Δ	Παράμετροι και πληροφορίες
	<p><u>SURFACE /ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ</u></p> <p>VOLUMESIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΥΒΟΥ: 160mm²</p> <p>RESOLUTION/ΑΝΑΛΥΣΗ 0,31mm <u>Εφαρμογή φίλτρων</u>: FILLHOLES/ΣΦΡΑΓΙΣΗ ΜΙΚΡΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΟΠΩΝ REMOVE ISOLATED PATCHES/ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΑΠΟΜΟΝΩΜΕΝΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ZSCAN</p>
	<p><u>FACET / ΟΨΕΙΣ</u></p> <p>TRIANGLES/ΤΡΙΓΩΝΑ: 658539</p> <p>VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ : 354289</p> <p>ZSCAN</p>

	<p><u>TEXTURE /ΥΦΗ</u></p> <p>RESOLUTION /ΑΝΑΛΥΣΗ: 250,00 dpi</p> <p>SIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ: 8192x8192</p> <p>PROJECTION/ΠΡΟΒΟΛΗ : ΚΥΒΙΚΗ</p> <p><u>Εφαρμογή:</u></p> <p>OPTIMIZE TEXTURE/ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΥΦΗΣ</p> <p>ZSCAN</p>
	<p><u>ΠΡΟΒΟΛΗ ΤΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ ΤΗΣ ΥΦΗΣ</u></p> <p>ZSCAN</p>
	<p>ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΠΕΡΙΤΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΚΑΙ ΘΟΡΥΒΟΥ</p> <p>ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΙΛΤΡΩΝ:</p> <p>REMOVE DUPLICATE FACES (Αφαίρεση διπλών όψεων)</p> <p>REMOVE DUPLICATE VERTEX/ (Αφαίρεση διπλών κορυφών)</p> <p>REMOVE ZERO AREA FACES/ (Αφαίρεση όψεων μηδενικής επιφάνειας)</p> <p>REMOVE UNREFERENCED VERTEX / (Αφαίρεση κορυφών χωρίς αναφορά)</p> <p>DELETE SELF INTERSECTING FACES/(Αφαίρεση αυτοτεμνόμενων όψεων)</p> <p>DELETE NON MANIFOLD EDGES/ (Αφαίρεση μη πολλαπλών ακμών)</p> <p>DELETE NON MANIFOLD VERTICES/ (Αφαίρεση μη πολλαπλών κορυφών)</p> <p>MESHLAB</p>



ΕΦΑΡΜΟΓΗΦΙΛΤΡΩΝ :

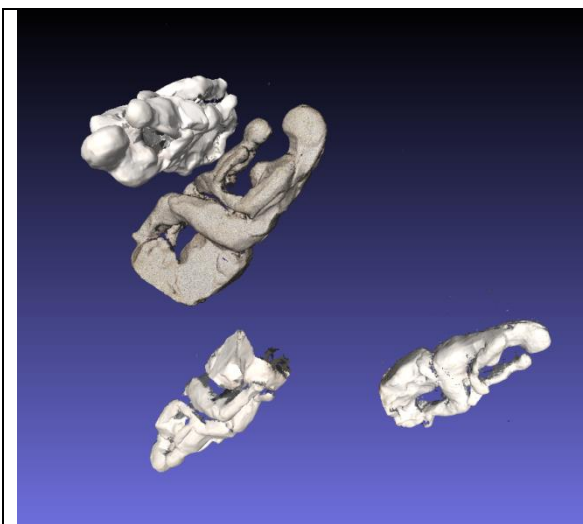
TRANSER COLOR : TEXTURE TO VERTEX

ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΥΦΗΣ ΣΤΟ ΠΛΕΓΜΑ

MESHLAB

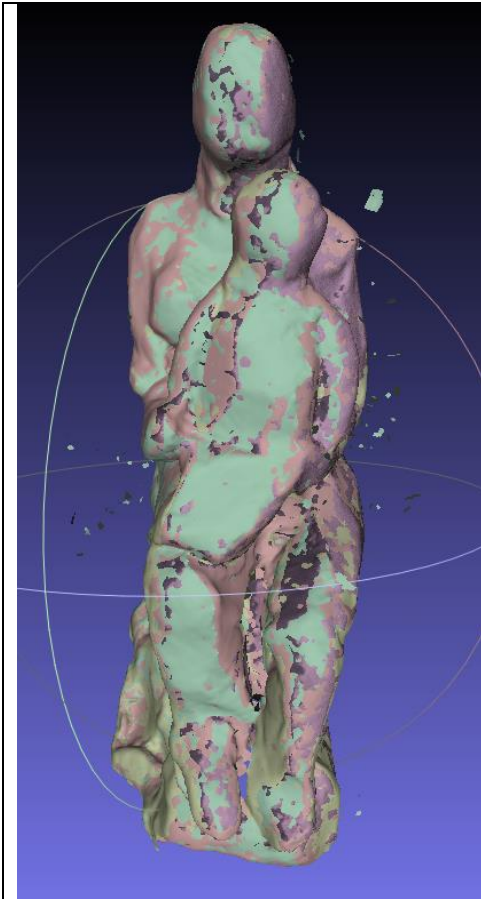
Οι περιοχές με γκρι χρώματος δεν έχουν καταγραφεί ικανοποιητικά με αποτέλεσμα η απόδοση των λεπτομερειών της γεωμετρίας της επιφάνειας και κυρίως της υφής-χρώματος να είναι ελλιπής και λανθασμένη. Οι αστοχίες εντοπίζονται στα όρια περάτωσης της σάρωσης και στα δύσκολα προσβάσιμα σημεία (κοιλότητες, κυρτότητες, καμπύλες) όπως το στήθος και οι “εσωτερικές” περιοχές της σύνθεσης, όπως ανάμεσα στα πόδια και στο κάθισμα και ανάμεσα στο βρέφος και τη μητέρα.

Η διαδικασία συνένωσης επιμέρους σαρώσεων - βελτιστοποίηση της επιφάνειας.



MESHLAB

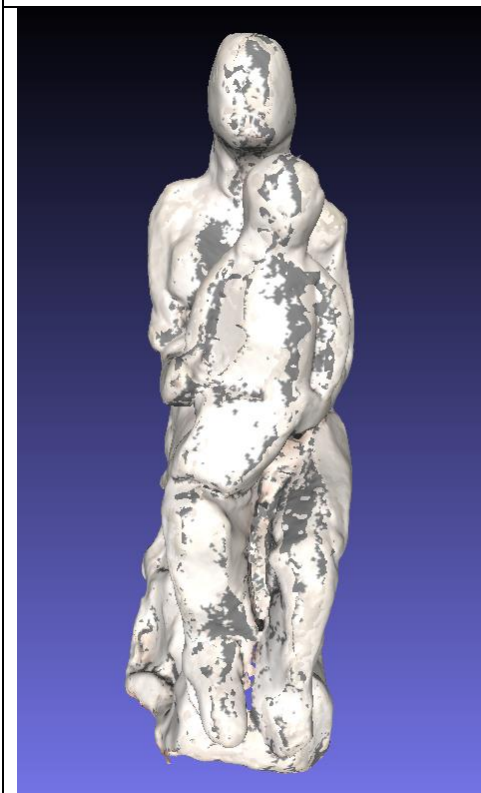
ALIGNMENT/ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗ ΤΜΗΜΑΤΩΝ
Α,Β,Γ,Δ.



MESHLAB

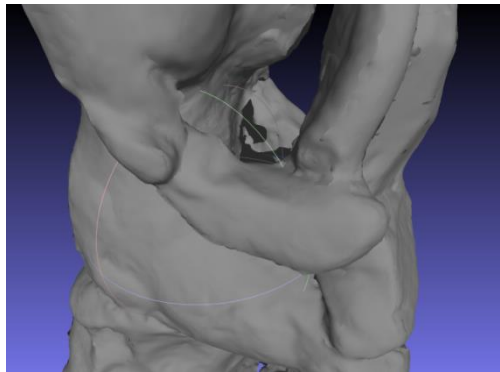
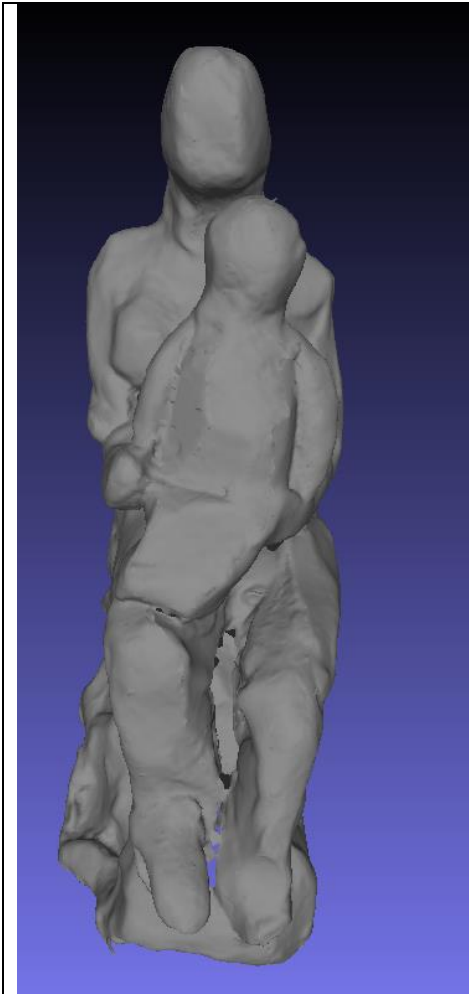
ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΤΜΗΜΑΤΩΝ(GLUEING)

ΕΝΟΠΟΙΗΣΗ ΣΕ ΕΝΑ ΜΟΝΤΕΛΟ(FLATTEN
VISIBLE LAYERS)

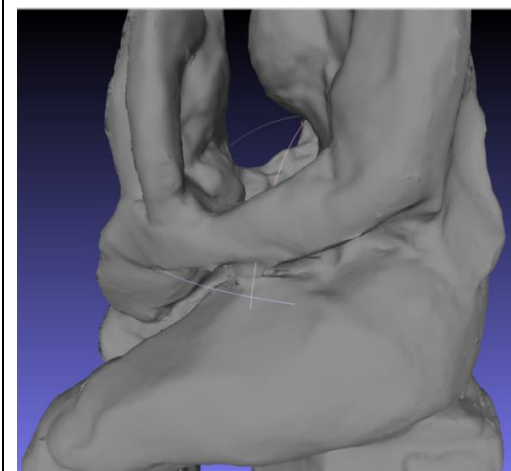
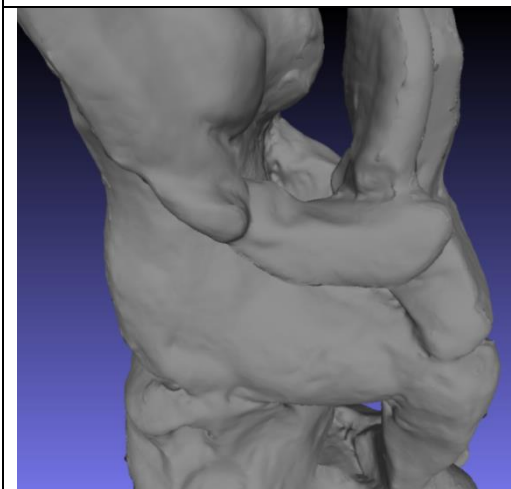
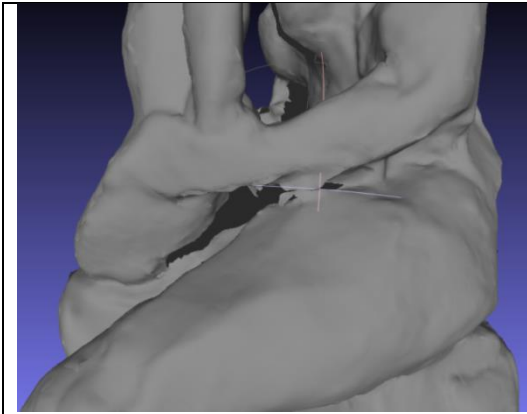


ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΟΥ ΠΡΟΚΥΠΤΕΙ ΑΠΟ ΤΗΝ
ΣΥΓΚΛΟΛΛΗΣΗ

ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΤΗΣ ΒΑΣΗΣ



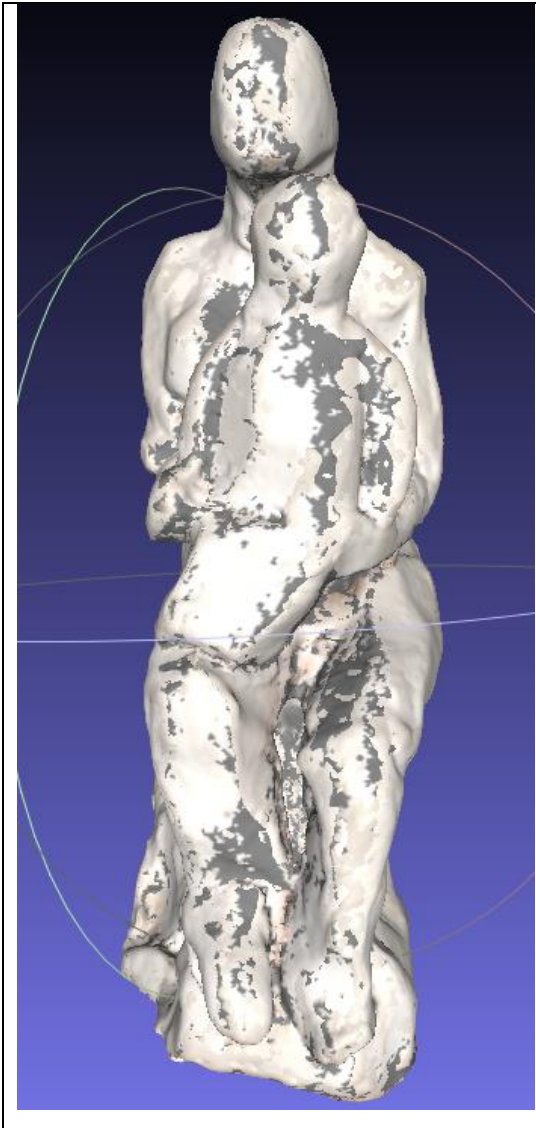
ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΠΟΥ ΔΕΝ ΑΠΟΔΙΔΟΝΤΑΙ ΟΡΘΑ.
ΟΠΕΣ, ΣΧΙΣΜΕΣ ΚΑΙ ΑΣΥΝΕΧΕΙΕΣ.



ΟΙ ΙΔΙΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΦΙΛΤΡΟΥ:
SCREENED POISSON SURFACE
RECONSTRUCTION

Reconstruction depth : 11

AdactiveOctreeDepth :9

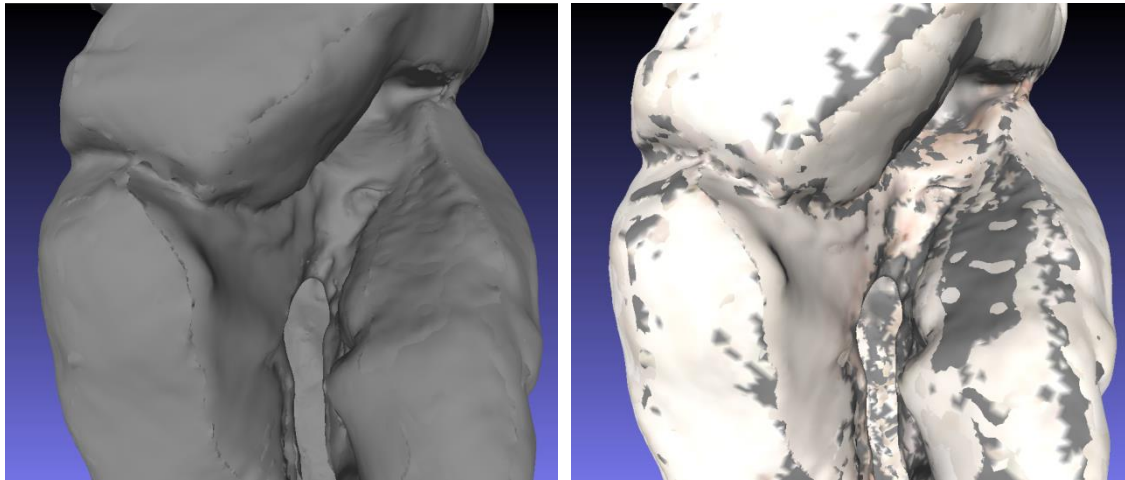
	<p>ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ</p> <p>ΤΟ ΤΕΛΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ</p> <p>FACES/ΟΨΕΙΣ: 1374148</p> <p>VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ : 2708157</p>
--	--

Οι σχισμές και οι οπές που εμφανίζονται στο τρισδιάστατο πλέγμα και δεν υπάρχουν στο πραγματικό αντικείμενο διορθώθηκαν με την εφαρμογή του φίλτρου *Screened Poisson Surface Reconstruction*, το οποίο ανακατασκευάζει την επιφάνεια με την χρήση προσανατολισμένων συνόλων σημείων δημιουργώντας στεγανές επιφάνειες. Ιδιαίτερα η περιοχή ανάμεσα στον κορμό της μητέρας και του μωρού παρουσίαζε μεγάλη δυσκολία καταγραφής με αποτέλεσμα κάποια τμήματα της επιφάνειας να απουσιάζουν από το τελικό μοντέλο. Οι περιοχές αυτές συμπληρώθηκαν με τη χρήση του φίλτρου με ικανοποιητική απόδοση της πραγματικότητας. Μετά από δοκιμές διαφορετικών συνδυασμών τιμών των παραμέτρων ,και δεδομένων των ορίων της υπολογιστικής ισχύς των ηλεκτρονικών υπολογιστών μας, καταλήξαμε ότι ο συνδυασμός *surfacer construction reconstruction depth 11* και *adaptive octree depth 9* αποδίδει τα βέλτιστα αποτελέσματα.

Στο τελικό μοντέλο η διόρθωση των σχισμών, των οπών και η απόδοση των λεπτομερειών της επιφάνειας είναι ικανοποιητική μέσω της οπτικής εξέτασης ενώ

η απόδοση της υφής παρουσιάζει αρκετά προβλήματα. Τα σημεία γκρι χρώματος (δεν ανταποκρίνονται στην πραγματική υφή του αντικείμενου) είναι πολυάριθμα και δεν εντοπίζονται μόνο στις δύσκολες περιοχές, κάτι το οποίο θα ήταν δικαιολογημένο. Οι πλέον δύσμορφες περιοχές είναι αυτές που η οι σαρώσεις αλληλεπικαλύπτονται σε μεγάλο βαθμό και συμπίπτουν τα δύο ή και τα τρία τρισδιάστατα πλέγματα.

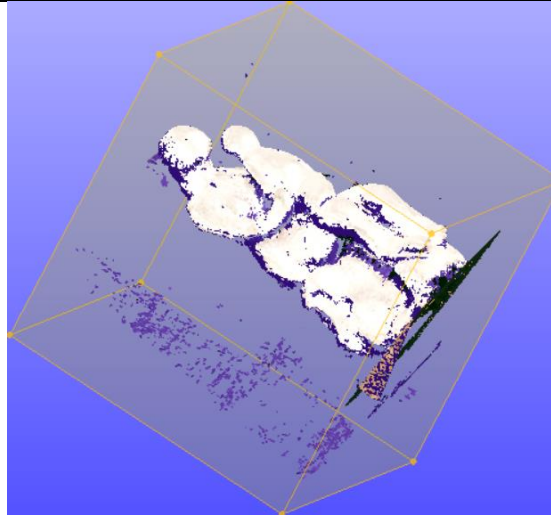
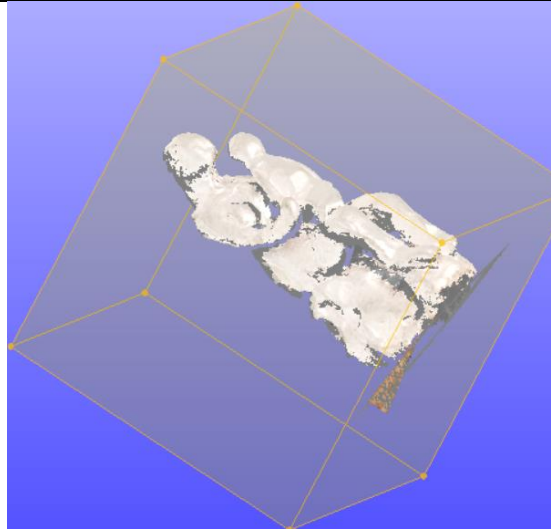
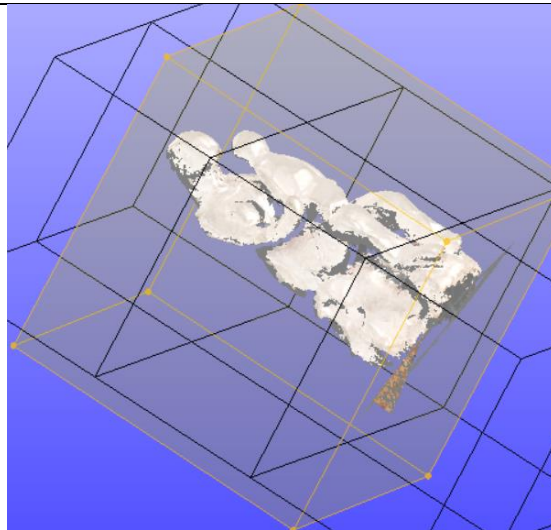
Η πολυπλοκότητα της επιφάνειας του αντικείμενου και η πολυεπίπεδη γλυπτική σύνθεση έχουν ως αποτέλεσμα τη συμπλήρωση των οπών και σχισμών που υπάρχουν στο πραγματικό αντικείμενο και τη δημιουργία μη συνθετικών επιφανειών, η εφαρμογή του φίλτρου δεν επιτρέπει τη χρήση του σε επιλεγμένες περιοχές του αντικείμενου.

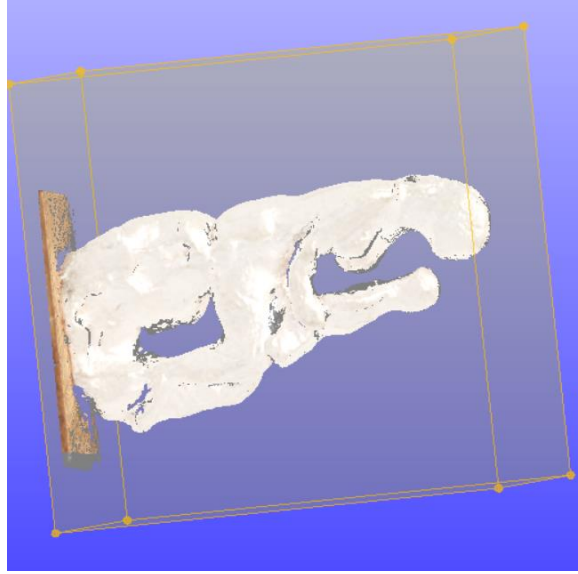
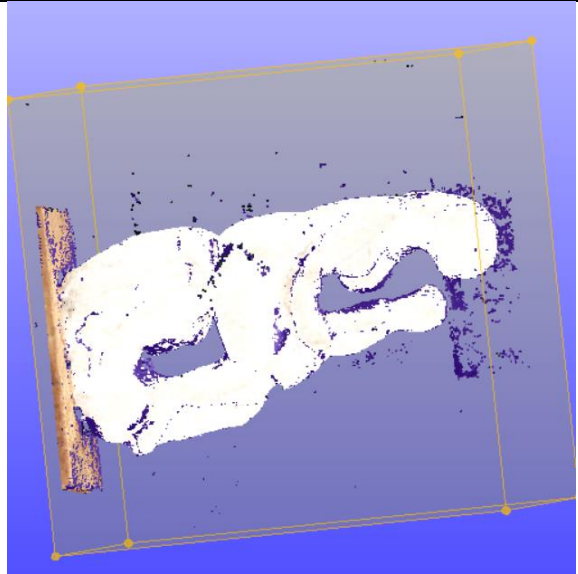
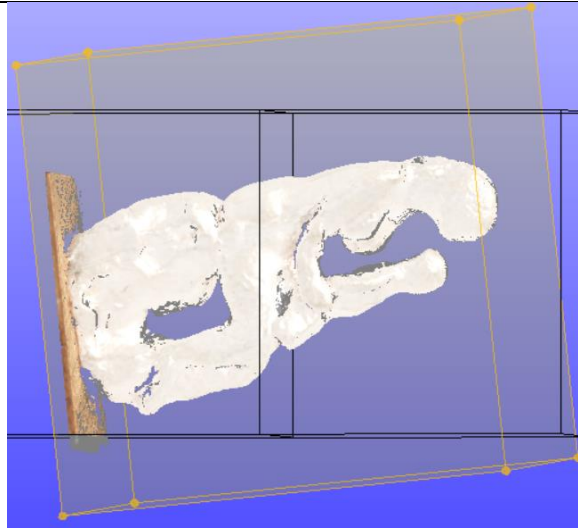


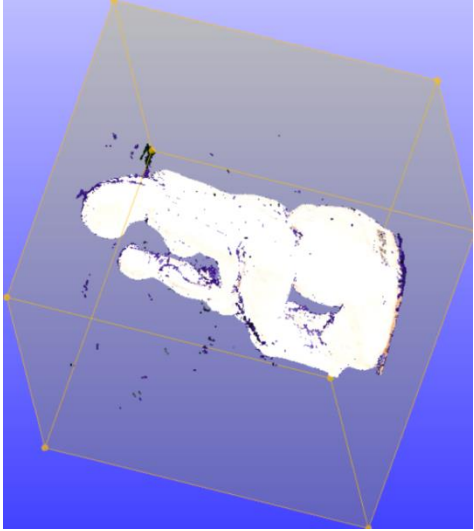
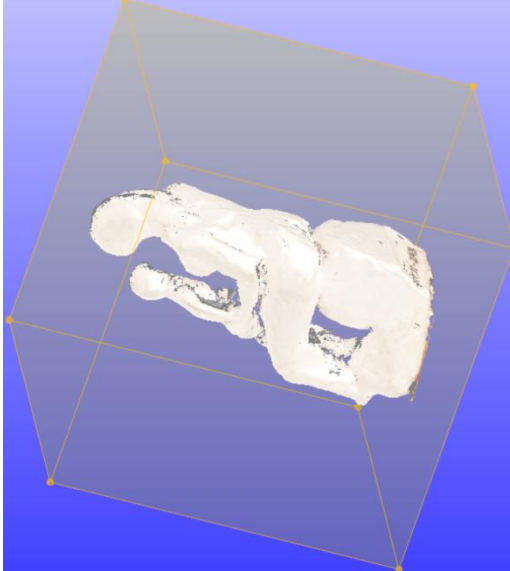
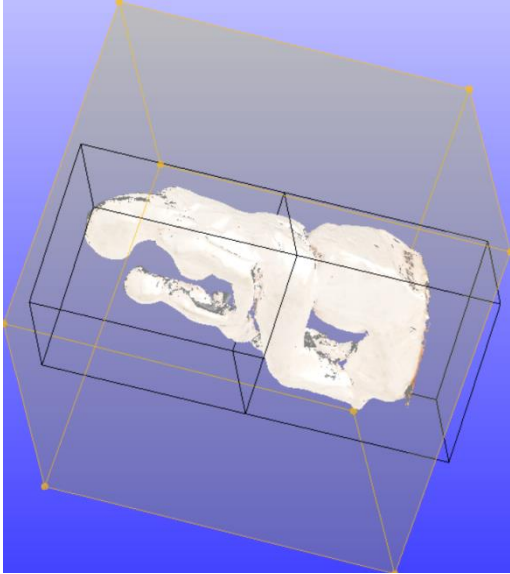
Εικ. 152/ 153: Λεπτομέρεια του τελικού μοντέλου με και χωρίς την ενσωμάτωση της φωτο-υφής.

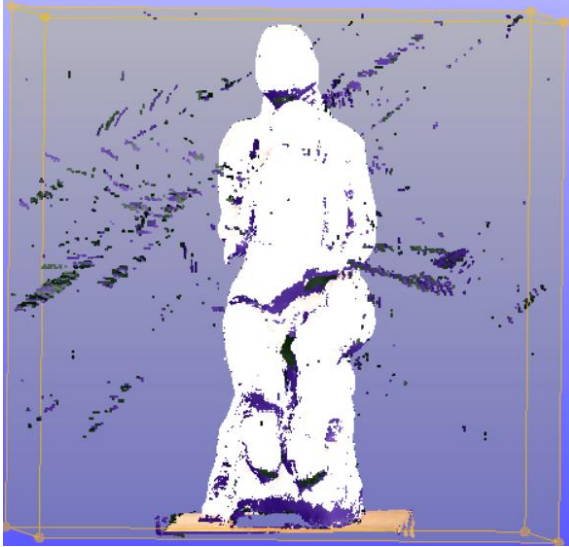
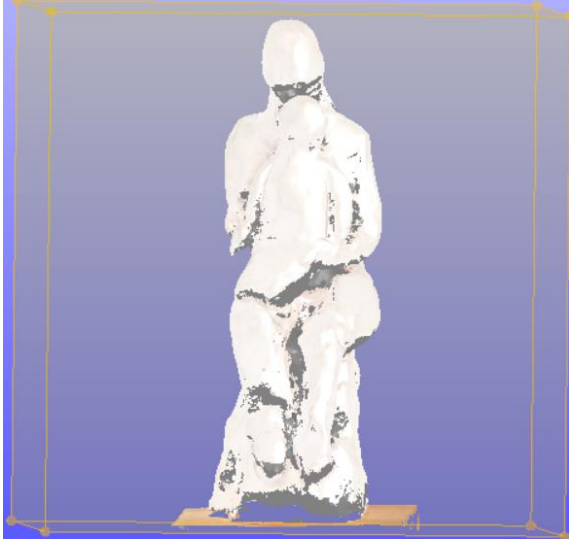
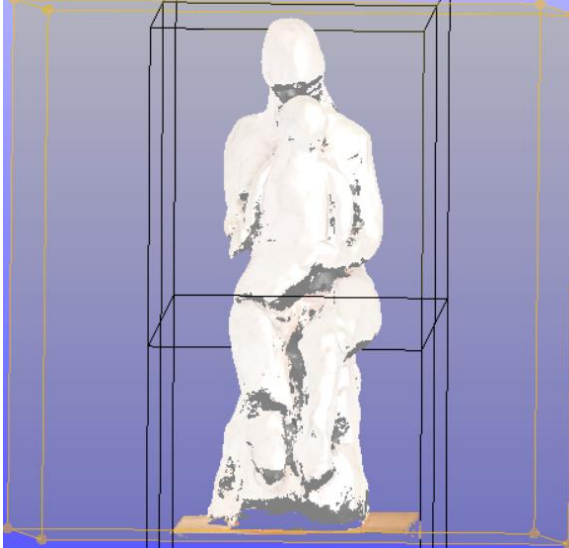
Παρατηρούμε επίσης ότι κάθε σάρωση έχει καταγράψει πληρέστερα και ορθότερα την κύρια όψη, όπως είναι αναμενόμενο. Για να αντιμετωπίσουμε τα παραπάνω προβλήματα, επιλέξαμε πριν τη συνένωση να διατηρήσουμε τα ποιοτικότερα τμήματα κάθε επιμέρους σάρωσης, ώστε το ποσοστό κοινών επιφανειών να ελαττωθεί και να απομακρύνουμε τις γκρι επιφάνειες κυρίως όπου οι ίδιες περιοχές αποδίδονται ορθά σε άλλη σάρωση.

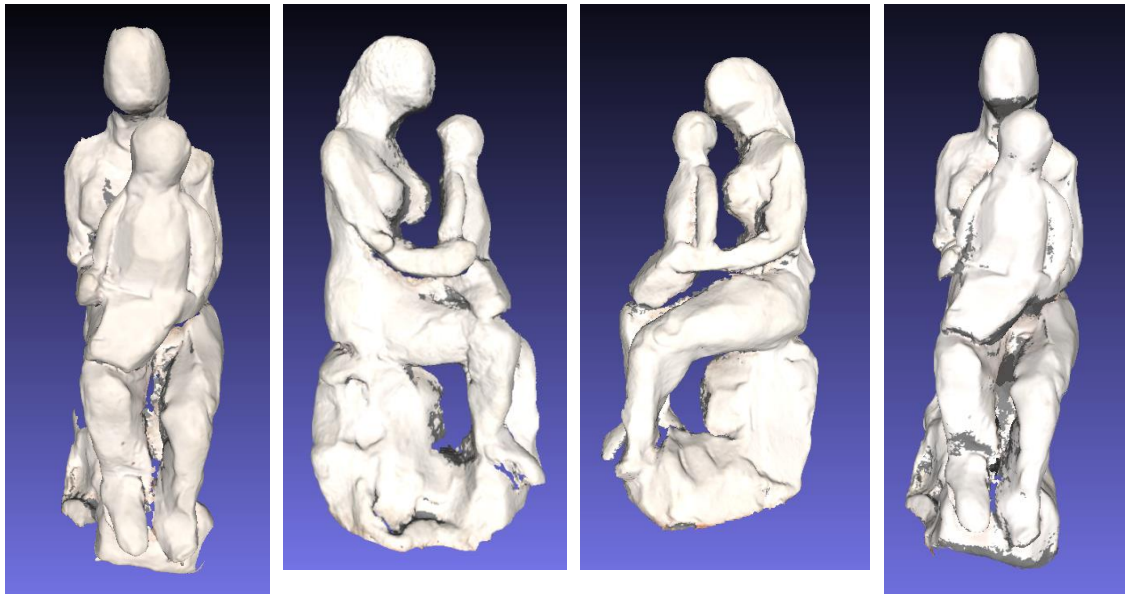
Στο πλαίσιο της προσπάθειας βελτίωσης της ποιότητας των επιμέρους σαρώσεων επανήλθαμε στο αρχικό στάδιο επεξεργασίας των πρωτογενών δεδομένων λήψης στο λογισμικό *Zscan* και επαναλάβαμε τη διαδικασία μεταβάλλοντας κάποιες παραμέτρους. Μειώσαμε τον όγκο του κύβου προσαρμογής στο ελάχιστο δυνατό, ώστε να αυξήσουμε την ανάλυση και επίσης εφαρμόσαμε με υψηλότερη ένταση την απομάκρυνση των περιττών σημείων και τη συμπλήρωση των οπών, όπως παρουσιάζεται στη συνέχεια.

Επιμέρους σάρωση Α	Παράμετροι και πληροφορίες
	<p><u><i>SURFACE /ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ</i></u></p> <p>VOLUMESIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΥΒΟΥ: 132 mm²</p> <p>RESOLUTION/ΑΝΑΛΥΣΗ: 0,26 mm</p> <p><u><i>Εφαρμογή φίλτρων :</i></u></p> <p>FILL HOLES/ΣΦΡΑΓΙΣΗ ΜΙΚΡΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΟΠΩΝ</p> <p>REMOVE ISOLATED PATCHES/ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΑΠΜΟΝΩΜΕΝΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ</p> <p>ZSCAN</p>
	<p><u><i>FACET/ ΟΨΕΙΣ</i></u></p> <p>TRIANGLES/ΤΡΙΓΩΝΑ: 404760</p> <p>VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ : 240532</p> <p>ZSCAN</p>
	<p><u><i>TEXTURE /ΥΦΗ</i></u></p> <p>RESOLUTION /ΑΝΑΛΥΣΗ: 250,00 dpi</p> <p>SIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ: 819x819</p> <p>PROJECTION/ΠΡΟΒΟΛΗ : ΚΥΒΙΚΗ</p> <p><u><i>Εφαρμογή:</i></u></p> <p>OPTIMIZETEXTURE/ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΥΦΗΣ</p> <p>ZSCAN</p>

Επιμέρους σάρωση Β	Παράμετροι και πληροφορίες
	<p><u><i>SURFACE /ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ</i></u></p> <p>VOLUMESIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΥΒΟΥ: 130 mm²</p> <p>RESOLUTION/ΑΝΑΛΥΣΗ: 0,25 mm</p> <p><u><i>Εφαρμογή φίτρων :</i></u></p> <p>FILL HOLES/ΣΦΡΑΓΙΣΗ ΜΙΚΡΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΟΠΩΝ</p> <p>REMOVE ISOLATED PATCHES/ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΑΠΟΜΟΝΩΜΕΝΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ</p> <p>ZSCAN</p>
	<p><u><i>FACET/ ΟΨΕΙΣ</i></u></p> <p>TRIANGLES/ΤΡΙΓΩΝΑ: 415592</p> <p>VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ : 405902</p> <p>ZSCAN</p>
	<p><u><i>TEXTURE /ΥΦΗ</i></u></p> <p>RESOLUTION /ΑΝΑΛΥΣΗ: 250,00 dpi</p> <p>SIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ: 819x819</p> <p>PROJECTION/ΠΡΟΒΟΛΗ : ΚΥΒΙΚΗ</p> <p><u><i>Εφαρμογή:</i></u></p> <p>OPTIMIZETEXTURE/ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΥΦΗΣ</p> <p>ZSCAN</p>

Επιμέρους σάρωση Γ	Παράμετροι και πληροφορίες
	<p><u><i>SURFACE /ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ</i></u></p> <p>VOLUMESIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΥΒΟΥ: 130 mm²</p> <p>RESOLUTION/ΑΝΑΛΥΣΗ: 0,25 mm</p> <p><u><i>Εφαρμογή φίλτρων :</i></u></p> <p>FILL HOLES/ΣΦΡΑΓΙΣΗ ΜΙΚΡΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΟΠΩΝ</p> <p>REMOVE ISOLATED PATCHES/ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΑΠΟΜΟΝΩΜΕΝΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ</p> <p>ZSCAN</p>
	<p><u><i>FACET/ ΟΥΣΕΙΣ</i></u></p> <p>TRIANGLES/ΤΡΙΓΩΝΑ: 340179</p> <p>VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ : 184015</p> <p>ZSCAN</p>
	<p><u><i>TEXTURE /ΥΦΗ</i></u></p> <p>RESOLUTION /ΑΝΑΛΥΣΗ: 250,00 dpi</p> <p>SIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ: 819x819</p> <p>PROJECTION/ΠΡΟΒΟΛΗ :ΚΥΒΙΚΗ</p> <p><u><i>Εφαρμογή:</i></u></p> <p>OPTIMIZE TEXTURE/ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΥΦΗΣ</p> <p>ZSCAN</p>

Επιμέρους σάρωση Δ	Παράμετροι και πληροφορίες
	<p><u><i>SURFACE /ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ</i></u></p> <p>VOLUMESIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΥΒΟΥ: 132 mm²</p> <p>RESOLUTION/ΑΝΑΛΥΣΗ: 0,26 mm</p> <p><u><i>Εφαρμογή φίτρων :</i></u></p> <p>FILL HOLES/ΣΦΡΑΓΙΣΗ ΜΙΚΡΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΟΠΩΝ</p> <p>REMOVE ISOLATED PATCHES/ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΑΠΟΜΟΝΩΜΕΝΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ</p> <p>ZSCAN</p>
	<p><u><i>FACET/ ΟΨΕΙΣ</i></u></p> <p>TRIANGLES/ΤΡΙΓΩΝΑ: 548893</p> <p>VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ :330814</p> <p>ZSCAN</p>
	<p><u><i>TEXTURE /ΥΦΗ</i></u></p> <p>RESOLUTION /ΑΝΑΛΥΣΗ: 250,00 dpi</p> <p>SIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ: 819x819</p> <p>PROJECTION/ΠΡΟΒΟΛΗ : ΚΥΒΙΚΗ</p> <p><u><i>Εφαρμογή:</i></u></p> <p>OPTIMIZETEXTURE/ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΥΦΗΣ</p> <p>ZSCAN</p>



Εικ. 154: Τα επιλεγμένα τμήματα των επιμέρους σαρώσεων.

Στο συγκεκριμένο πρόπλασμα δεν επιλέξαμε την αφαίρεση όλων των περιοχών γκρι χρώματος διότι με αυτόν τον τρόπο θα αφαιρούσαμε τμήματα της επιφάνειας τα οποία δεν υπήρχαν ορθά καταγεγραμμένα σε κάποια άλλη επιμέρους σάρωση.



Εικ. 155: Το τελικό μοντέλο.

FACES/ΤΡΙΓΩΝΑ: 1316958

VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ : 676288

Το τελικό μοντέλο παρουσιάζει σαφή βελτίωση ως προς την απόδοση της υφής, του χρώματος, αλλά και της απόδοσης της επιφάνειας. Επίσης παρατηρούμε ότι η απόδοση των λεπτομερειών της επιφάνειας είναι ικανοποιητική ωστόσο, υπάρχουν τμήματά της που η καταγραφή του ήταν ελλιπής ή πολύ χαμηλής ποιότητας, εξαιτίας της αντικειμενικής δυσκολίας σάρωσής τους, που προκύπτει από την πολυεπίπεδη και σύνθετη μορφολογία του γλυπτού καθώς και του μικρού μεγέθους του. Οι περιοχές αυτές εντοπίζονται στο “εσωτερικό” τμήμα του, δηλαδή ανάμεσα στα σώματα της μητέρας και του μωρού. Η δοκιμή της εφαρμογής του φίλτρου *screend roisson*, όπως και στο προηγούμενο τελικό μοντέλο, από τη μία πλευρά συμπλήρωνε προσεγγιστικά τις απύσες περιοχές της επιφάνειας, αλλά ταυτόχρονα αναιρούσε την βελτίωση της απόδοσης της φωτο-υφής. Γι’ αυτούς τους λόγους απορρίφθηκε η εφαρμογή του.

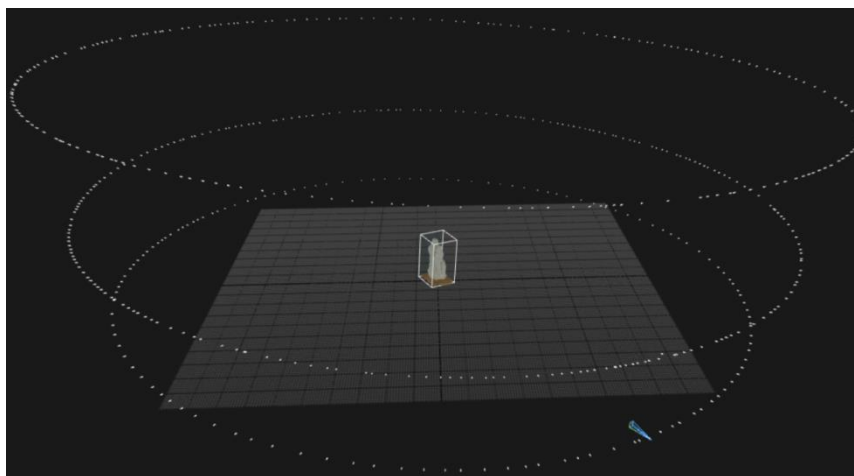
Ο χρόνος που απαιτήθηκε για την επεξεργασία των δεδομένων ξεπέρασε τις 46 ώρες. Τα αρχεία τύπου *.ply* των σαρώσεων και των μοντέλων που δημιουργήθηκαν κατά την διαδικασία δοκιμών είναι αρκετές δεκάδες. Αποθηκεύτηκαν ώστε να διατηρηθεί το ιστορικό των αποτελεσμάτων των δοκιμών και να υπάρχει η δυνατότητα να ανατρέξουμε σε αυτά μελλοντικά.

5.2.2 Φωτογραμμετρία (γύψινο πρόπλασμα 243)

Τα αποτελέσματα της επεξεργασίας στο σχετικό με την φωτογραμμετρική ανασυγκρότηση λογισμικό *REALITY CAPTURE* μετά την ολοκλήρωσή τους, σε εικόνες και η αναφορά.



Εικ. 156: Το τρισδιάστατο μοντέλο πριν εξαχθεί από το λογισμικό φωτογραμμετρικής ανασυγκρότησης.



Εικ.157: Οι τρεις ζώνες λήψης των φωτογραφιών.

Αναφορά επεξεργασίας δεδομένων φωτογραμμετρίας	
Αντικείμενο	Γλυπτό πρόπλασμα γύψου
Πλήθος τριγώνων (όψεων)	2701950
Πλήθος κορυφών	1350969
Επίπεδο ποιότητας	Normal (κανονικό)
Ανάλυση υφής	8192 x 8192
Χρησιμοποιηθείσες εικόνες/εισηγμένες εικόνες	542/542
Πλήθος σημείων νέφους σημείων	1373826
Πλήθος σημείων ελέγχου(αντιστοίχισης ή συζευγμένων σημείων)	0
Χρόνος υπολογισμού χαρτών βάθους	00h:56m:18s
Χρόνος εξαγωγής τρισδιάστατου πλέγματος	00h:19m:15s
Χρόνος μετεπεξεργασίας	00h:15m:08s
Χρόνος ενσωμάτωσης χρωματικής πληροφορίας	00h:06m:30s
Χρόνος ενσωμάτωσης υφής	00h:29m:30s
Συνολικός χρόνος επεξεργασίας	02h:06m:47s

Χρησιμοποιήθηκε το σύνολο των φωτογραφιών κατά τη διαδικασία επεξεργασίας των δεδομένων.




Στο συγκεκριμένο πρόπλασμα δεν απαιτήθηκε ο ορισμός των σημείων ταυτοποίησης. Η ευθυγράμμιση του συνόλου των φωτογραφιών δημιούργησε ένα μοναδιαίο άρτιο αραιό νέφος σημείων.

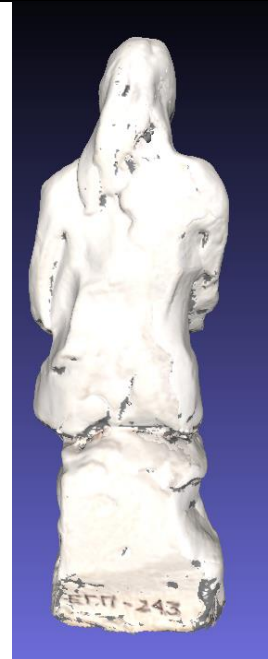
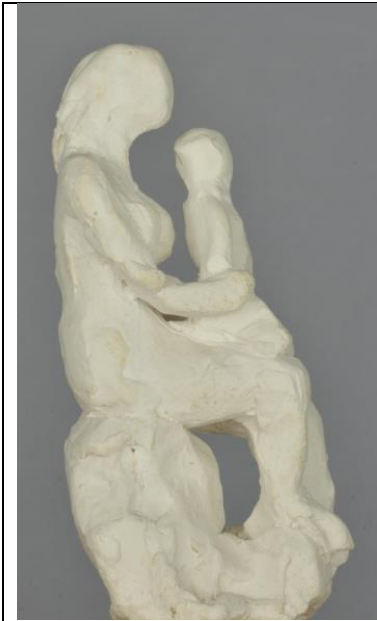
Ο χρόνος που απαιτήσε η επεξεργασία των δεδομένων ήταν περίπου 12 ώρες.

ΜΕΤΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟ MESHLAB

	<p>ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΤΗΣ ΒΑΣΗΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ</p> <p>ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΙΛΤΡΩΝ:</p> <p>REMOVEDUPLICATEFACES /(Αφαίρεσηδιπλώνόψεων)</p> <p>REMOVEDUPLICATEVERTEX/ (Αφαίρεσηδιπλώνκορυφών)</p> <p>REMOVEZEROAREAFACES/ (Αφαίρεσηόψεωνμηδενικήςεπιφάνειας)</p> <p>REMOVEUNREFERENCEDVERTEX /(Αφαίρεσηκορυφώνχωρίςαναφορά)</p> <p>DELETESelfINTERSECTINGFACES/(Αφαίρεσηαυτοτε μόμενωνόψεων)</p> <p>DELETENONMANIFOLDEDGES/ (Αφαίρεσημηπολλαπλώνακμών)</p> <p>DELETENONMANIFOLDVERTICES/ (Αφαίρεσημηπολλαπλώνκορυφών)</p> <p>MESHLABFACES/ΟΨΕΙΣ:1350969</p> <p>VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ : 2701950</p>
	<p>ΤΟ ΤΕΛΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ</p> <p>FACES/ΟΨΕΙΣ: 1109767</p> <p>VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ : 2218423</p>

Παρουσίαση των αποτελεσμάτων των δυο τεχνικών.

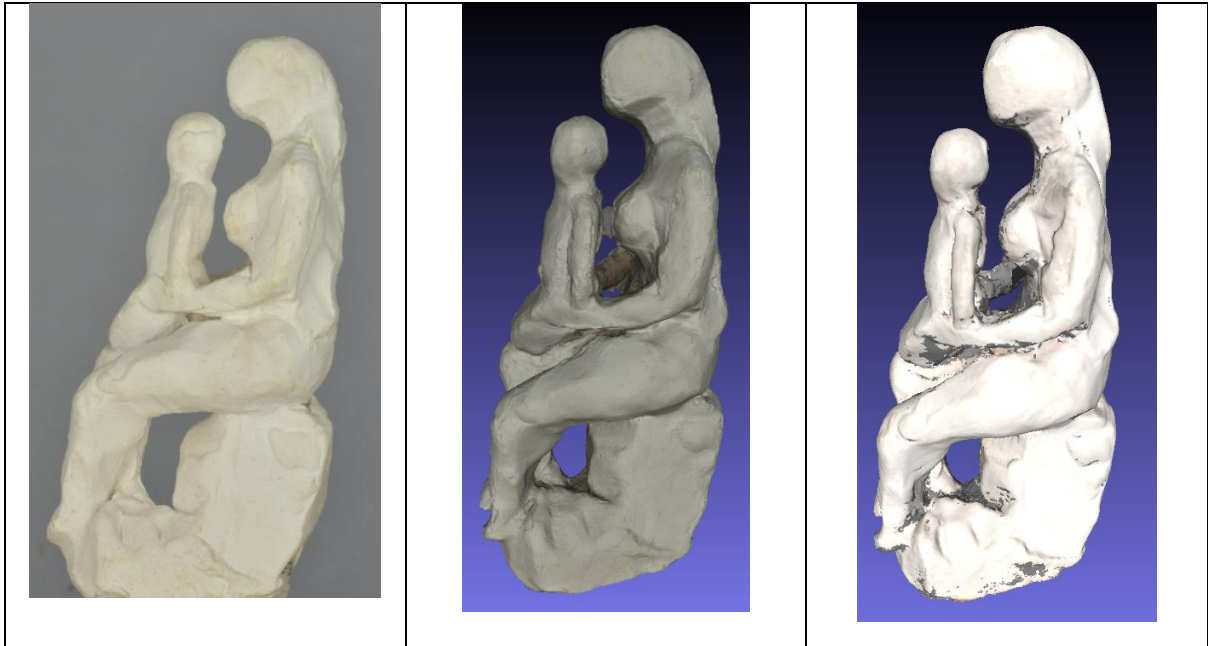
ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ	ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑ	ZSCAN
		



БГП-243

БГП-243

БГП-243

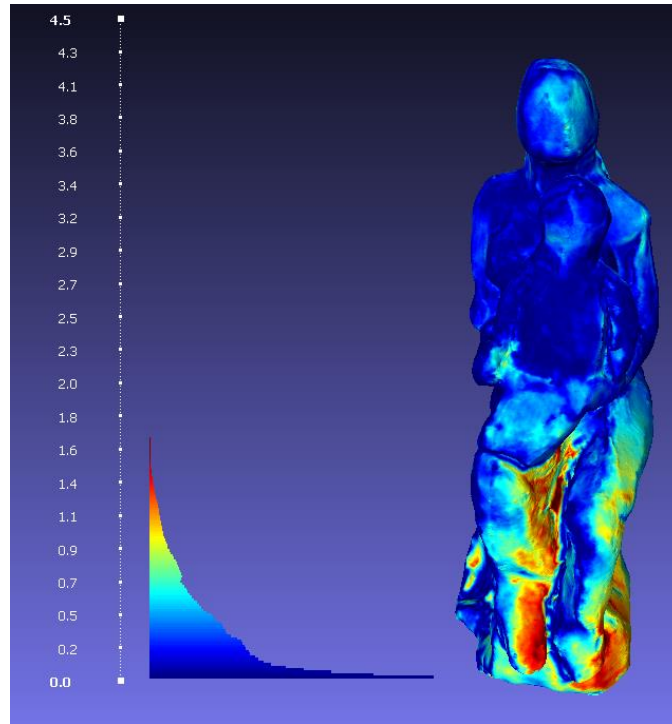


Το τρισδιάστατο μοντέλο που προκύπτει από τη φωτογραμμετρία αποδίδει καλύτερα τις λεπτομέρειες τις γεωμετρίας της επιφάνειας και την υφή ενώ το παραγόμενο μοντέλο από την σάρωση λέιζερ αποδίδει ορθότερα το χρώμα.

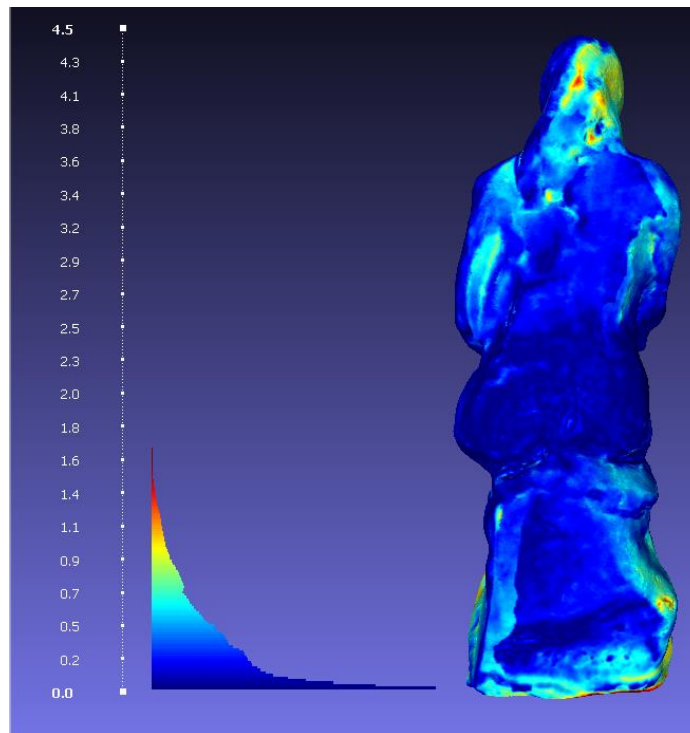
ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΤΩΝ ΔΥΟ ΤΕΧΝΙΚΩΝ

Στη συνέχεια συγκρίναμε τα τελικά από τις δύο τεχνικές παραγόμενα μοντέλα ώστε να διαπιστώσουμε την απόσταση μεταξύ των δύο τρισδιάστατων πλεγμάτων. Χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο *Hausdorff Distance*. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι αποστάσεις μεταξύ των δυο πλεγμάτων είναι πολύ μικρές (κατά μέσο όρο $<0,55\text{mm}$). Τα σημεία που χρησιμοποιήθηκαν ως δείγμα είναι 1109767. Το φωτογραμμετρικά παραγόμενο μοντέλο επιλέχτηκε ως βάση σύγκρισης επειδή το θεωρούμε ακριβέστερο.

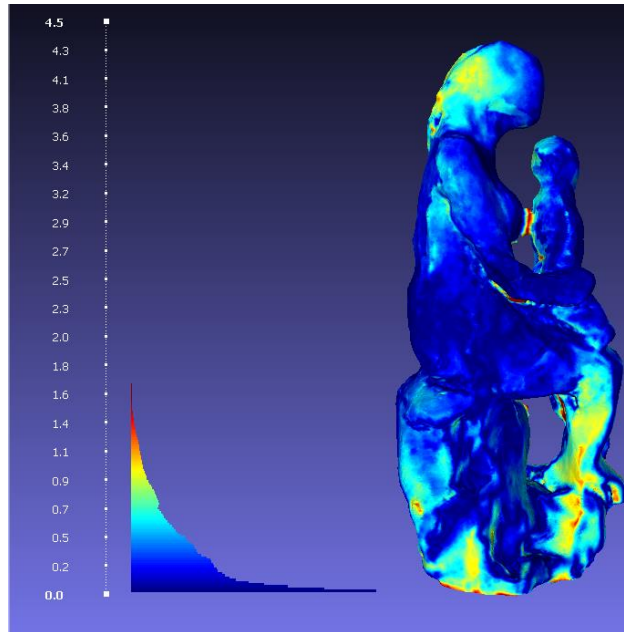
Στις εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζονται χρωματικά οι αποκλίσεις μεταξύ των δύο πλεγμάτων ανά κορυφή. Το μπλε αντιστοιχεί στη χαμηλότερη απόκλιση και το κόκκινο στην υψηλότερη.



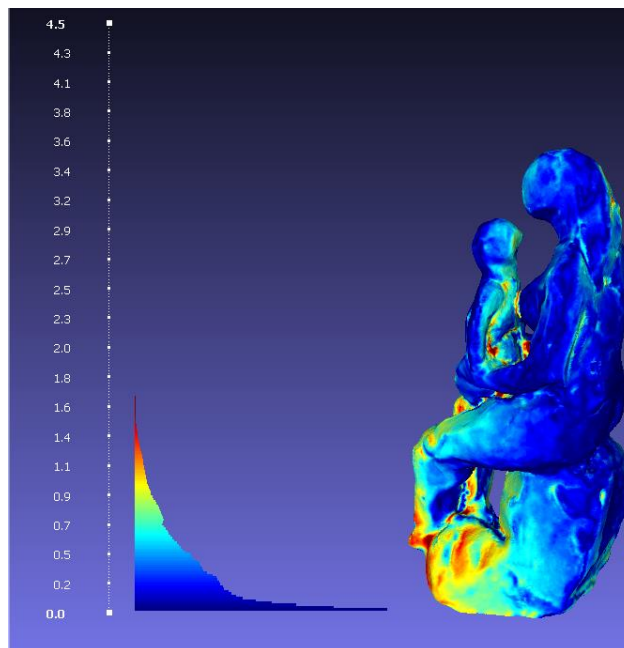
Εικ.158: Οι αποκλίσεις μεταξύ των πλεγμάτων στην εμπρόσθια πλευρά του αντικειμένου.



Εικ.159: Οι αποκλίσεις μεταξύ των πλεγμάτων στην οπίσθια πλευρά του αντικειμένου.



Εικ.160: Οι αποκλίσεις μεταξύ των πλεγμάτων στην δεξιά πλευρά του αντικειμένου.



Εικ.161: Οι αποκλίσεις μεταξύ των πλεγμάτων στην αριστερή πλευρά του αντικειμένου.

Παρατηρούμε ότι οι περιοχές με την υψηλότερη απόκλιση (κόκκινο χρώμα) είναι εξαιρετικά περιορισμένες και εντοπίζονται κυρίως στις περικλειστές περιοχές και ανάμεσα στα πόδια της μητέρας.

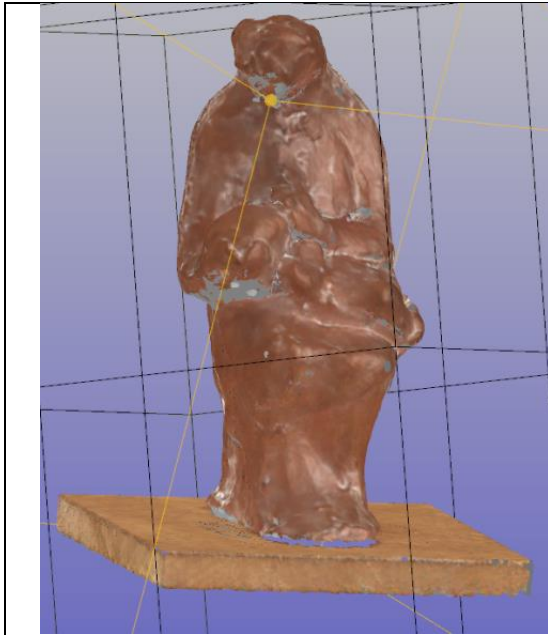
5.3.1 Παρουσίαση του κεραμικού προπλάσματος 316

Η σάρωση του αντικειμένου συνίσταται σε τρεις επιμέρους σαρώσεις μερικώς αλληλεπικαλυπτόμενες. Τις ονομάζουμε Α, Β και Γ.

Ακολουθεί μια αναλυτική παρουσίαση όλης της επεξεργασίας των πρωτογενών δεδομένων, αρχικά στο λογισμικό ZSCAN και στη συνέχεια στο λογισμικό MESHLAB. Επίσης, παρουσιάζονται οι διαφορετικές προσεγγίσεις με σκοπό τη εξαγωγή του βέλτιστου δυνατού αποτελέσματος, τα διαφορετικά προβλήματα που προέκυψαν και ο τρόπος που αντιμετωπίστηκαν.

Η σάρωση Α κατέγραψε συνολικά όλες τις όψεις του αντικειμένου και λεπτομερέστερα τμήματα της οπίσθιας και εμπρόσθιας όψης του. Το αντικείμενο είχε τοποθετηθεί κατακόρυφα.

Επιμέρους σάρωση Α.	Παράμετροι και πληροφορίες
	<u>SURFACE /ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ</u> VOLUMESIZE/ΜΕΓΕΘΟΣΚΥΒΟΥ: 160mm ² RESOLUTION/ΑΝΑΛΥΣΗ: 0,31mm <u>Εφαρμογή φίτρων :</u> FILL HOLES/ΣΦΡΑΓΙΣΗ ΜΙΚΡΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΟΠΩΝREMOVE ISOLATED PATCHES/ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΑΠΟΜΟΝΩΜΕΝΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ZSCAN
	<u>FACET/ ΟΨΕΙΣ</u> TRIANGLES/ΤΡΙΓΩΝΑ: 602747 VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ : 325055 ZSCAN



TEXTURE /ΥΦΗ

RESOLUTION /ΑΝΑΛΥΣΗ: 250,00

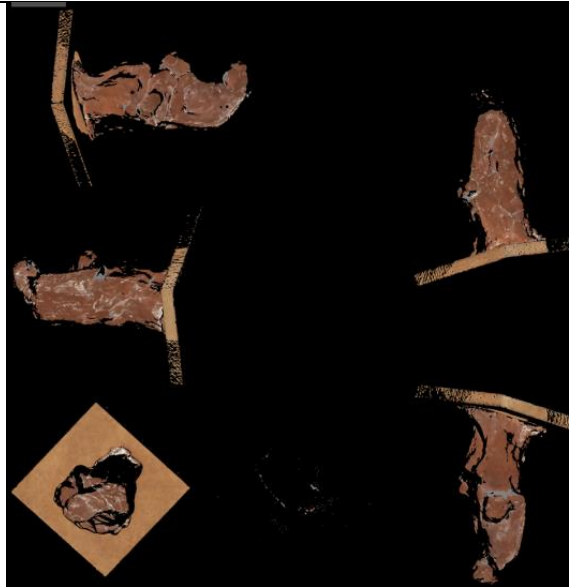
dpiSIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ:

8192x8192 PROJECTION/ΠΡΟΒΟΛΗ :

ΚΥΒΙΚΗ Εφαρμογή:


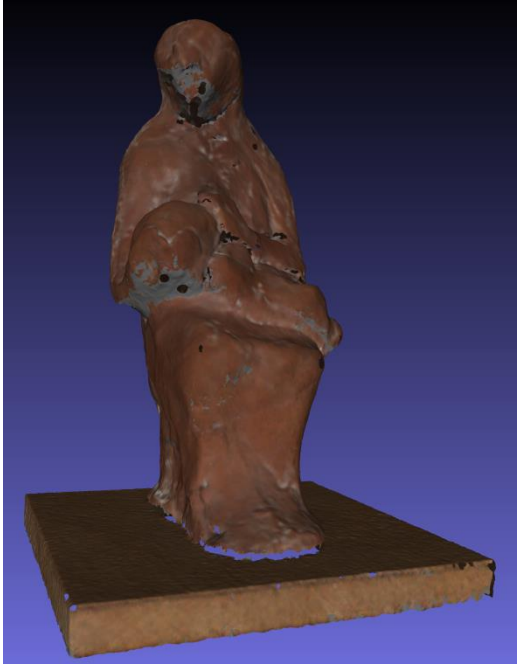
ΟΡΤΙΜΙΖΕΤΕΧΤURE/ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΥΦΗΣ

ZSCAN



ΠΡΟΒΟΛΗ ΤΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ ΤΗΣ ΥΦΗΣ

ZSCAN

	<p>ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΠΕΡΙΤΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΚΑΙ ΘΟΡΥΒΟΥ</p> <p>ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΙΛΤΡΩΝ:</p> <p>REMOVE DUPLICATE FACES / (Αφαίρεση διπλών όψεων)</p> <p>REMOVE DUPLICATE VERTEX/ (Αφαίρεση διπλών κορυφών)</p> <p>REMOVE ZERO AREA FACES/ (Αφαίρεση όψεων μηδενικής επιφάνειας)</p> <p>REMOVE UNREFERENCED VERTEX / (Αφαίρεση κορυφών χωρίς αναφορά)</p> <p>DELETE SELF INTERSECTING FACES/ (Αφαίρεση αυτοτεμνόμενων όψεων)</p> <p>DELETE NON MANIFOLD EDGES/ (Αφαίρεση μη πολλαπλών ακμών)</p> <p>DELETE NON MANIFOLD VERTICES/ (Αφαίρεση μη πολλαπλών κορυφών)</p> <p>MESHLAB</p>
	<p>ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΙΛΤΡΩΝ :</p> <p>TRANSFER COLOR : TEXTURE TO VERTEX</p> <p>ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΥΦΗΣ ΣΤΟ ΠΛΕΓΜΑ</p> <p>MESHLAB</p>

Η σάρωση Β κατέγραψε κυρίως την αριστερή όψη του αντικειμένου και τμήματα της οπίσθιας και εμπρόσθιας όψης του. Το αντικείμενο είχε τοποθετηθεί οριζόντια, εδραζόμενο στη δεξιά του πλευρά.

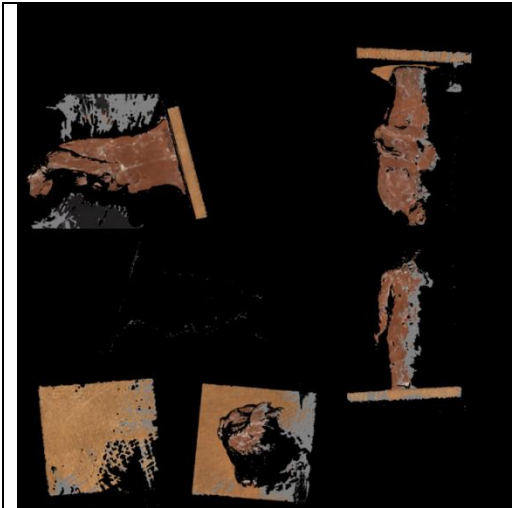
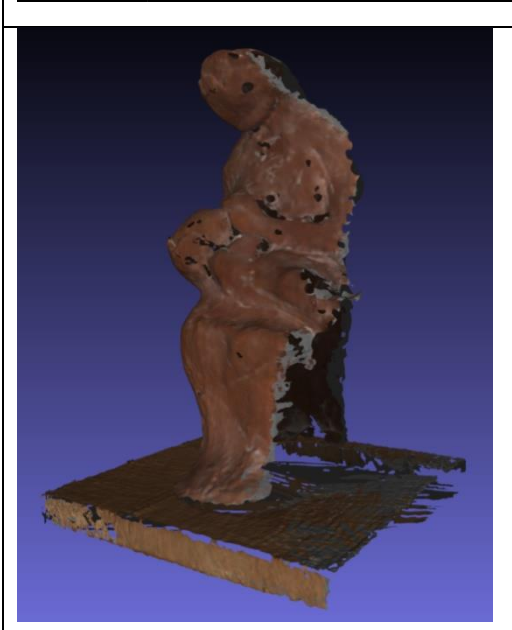
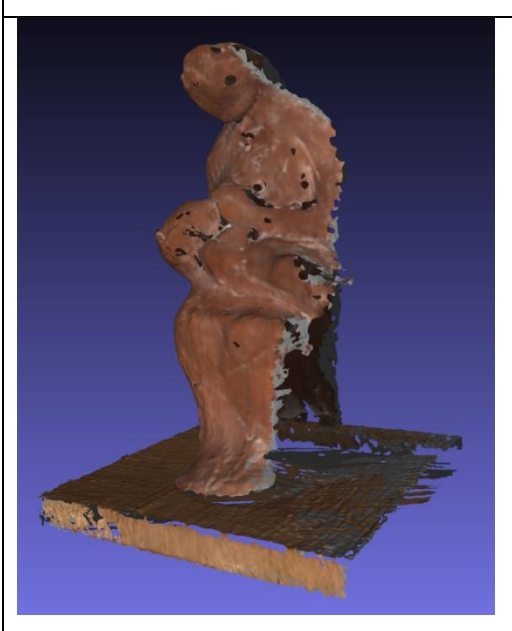
Επιμέρους σάρωση Β.	Παράμετροι και πληροφορίες
	<p><u><i>SURFACE /ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ</i></u></p> <p>VOLUME SIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΥΒΟΥ: 160mm²</p> <p>RESOLUTION/ΑΝΑΛΥΣΗ: 0,31mm</p> <p><u><i>Εφαρμογή φίλτρων :</i></u></p> <p>FILL HOLES/ΣΦΡΑΓΙΣΗ ΜΙΚΡΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΟΠΩΝ</p> <p>REMOVE ISOLATED PATCHES/ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΑΠΜΟΝΩΜΕΝΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ</p> <p>ZSCAN</p>
	<p><u><i>FACET/ ΟΨΕΙΣ</i></u></p> <p>TRIANGLES/ΤΡΙΓΩΝΑ: 746931</p> <p>VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ : 457370</p> <p>ZSCAN</p>
	<p><u><i>TEXTURE /ΥΦΗ</i></u></p> <p>RESOLUTION /ΑΝΑΛΥΣΗ: 250,00 dpi</p> <p>SIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ: 8192x8192</p> <p>PROJECTION/ΠΡΟΒΟΛΗ : ΚΥΒΙΚΗ</p> <p><u><i>Εφαρμογή:</i></u></p> <p>OPTIMIZE TEXTURE/ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΥΦΗΣ</p> <p>ZSCAN</p>

	<p><u>ΠΡΟΒΟΛΗ ΤΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ ΤΗΣ ΥΦΗΣ</u></p> <p>ZSCAN</p>
	<p>ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΠΕΡΙΤΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΚΑΙ ΘΟΡΥΒΟΥ</p> <p>ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΙΛΤΡΩΝ:</p> <p>REMOVEDUPLICATEFACES / (Αφαίρεση διπλών όψεων) REMOVEDUPLICATEVERTEX / (Αφαίρεση διπλών κορυφών) REMOVEZEROAREAFACES / (Αφαίρεση όψεων μηδενικής επιφάνειας) REMOVEUNREFERENCEDVERTEX / (Αφαίρεση κορυφών χωρίς αναφορά) DELETEDSELFINTERSECTINGFACES / (Αφαίρεση αυτοτεμνόμενων όψεων) DELETENONMANIFOLDEDGES / (Αφαίρεση μη πολλαπλών ακμών) DELETENONMANIFOLDVERTICES / (Αφαίρεση μη πολλαπλών κορυφών)</p> <p>MESHLAB</p>
	<p>ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΙΛΤΡΩΝ :</p> <p>TRANSEER COLOR : TEXTURE TO VERTEX</p> <p>ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΥΦΗΣ ΣΤΟ ΠΛΕΓΜΑ</p> <p>MESHLAB</p>

Η σάρωση Γ κατέγραψε κυρίως τη δεξιά όψη του αντικειμένου και τμήματα της οπίσθιας και εμπρόσθιας όψης του. Το αντικείμενο είχε τοποθετηθεί οριζόντια,

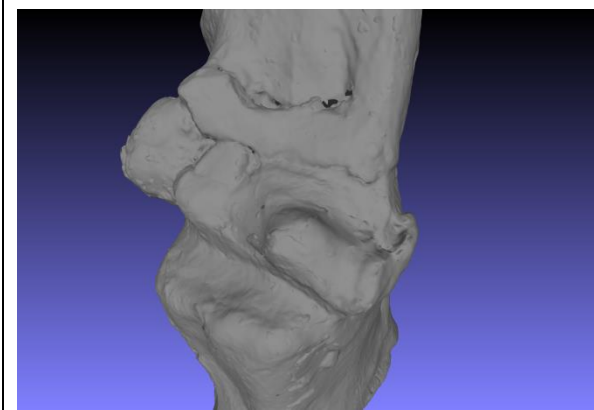
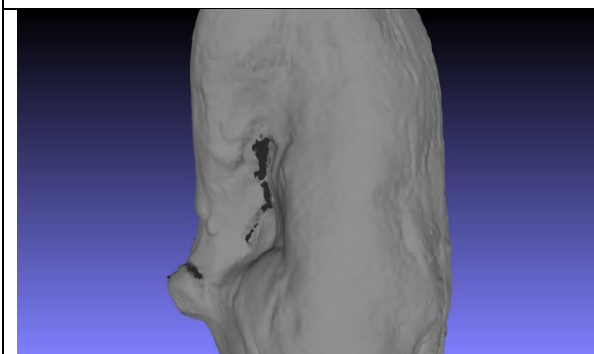
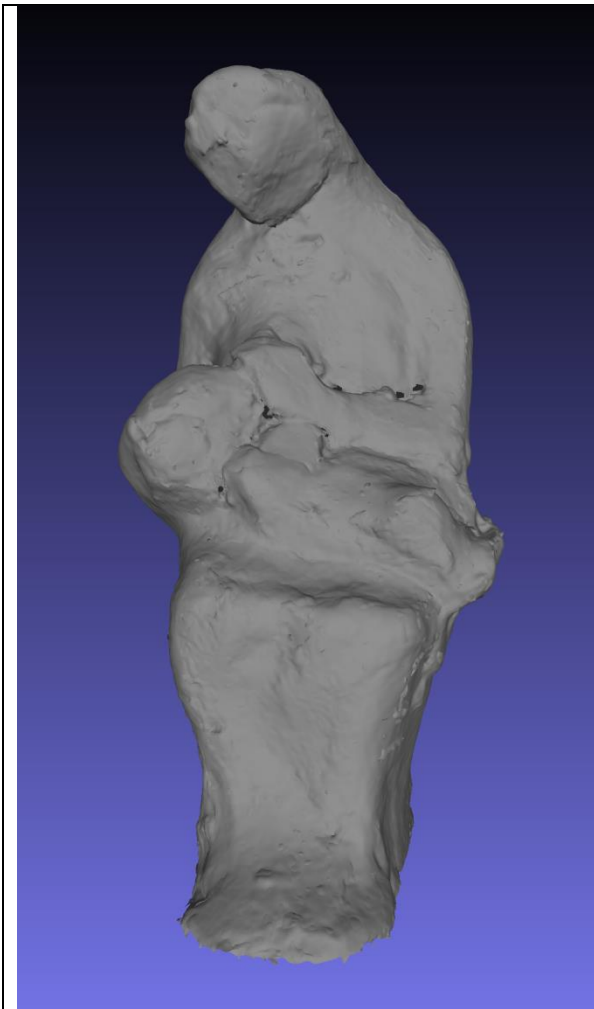
εδραζόμενο στην αριστερή του πλευρά με τη βοήθεια ενός τμήματος διογκωμένης πολυστερίνης (φελιζόλ).

Επιμέρους σάρωση Γ.	Παράμετροι και πληροφορίες
	<p><u><i>SURFACE /ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ</i></u></p> <p>VOLUME SIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΥΒΟΥ: 160mm²</p> <p>RESOLUTION/ΑΝΑΛΥΣΗ: 0,31mm</p> <p><u><i>Εφαρμογή φίλτρων :</i></u></p> <p>FILL HOLES/ΣΦΡΑΓΙΣΗ ΜΙΚΡΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΟΠΩΝ</p> <p>REMOVE ISOLATED PATCHES/ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΑΠΟΜΟΝΩΜΕΝΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ</p> <p>ZSCAN</p>
	<p><u><i>FACET/ ΟΨΕΙΣ</i></u></p> <p>TRIANGLES/ΤΡΙΓΩΝΑ: 766435</p> <p>VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ : 499465</p> <p>ZSCAN</p>
	<p><u><i>TEXTURE /ΥΦΗ</i></u></p> <p>RESOLUTION /ΑΝΑΛΥΣΗ: 250,00 dpi</p> <p>SIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ: 8192x8192</p> <p>PROJECTION/ΠΡΟΒΟΛΗ : ΚΥΒΙΚΗ</p> <p><u><i>Εφαρμογή:</i></u></p> <p>OPTIMIZE TEXTURE/ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΥΦΗΣ</p> <p>ZSCAN</p>

	<p><u>ΠΡΟΒΟΛΗ ΤΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ ΤΗΣ ΥΦΗΣ</u></p> <p>ZSCAN</p>
	<p>ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΠΕΡΙΤΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΚΑΙ ΘΟΡΥΒΟΥ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΙΛΤΡΩΝ: REMOVEDUPLICATEFACES / (Αφαίρεση διπλών όψεων) REMOVEDUPLICATEVERTEX/ (Αφαίρεση διπλών κορυφών) REMOVEZEROAREAFACES/ (Αφαίρεση όψεων μηδενικής επιφάνειας) REMOVEUNREFERENCEDVERTEX / (Αφαίρεση κορυφών χωρίς αναφορά) DELETESelfINTERSECTINGFACES/ (Αφαίρεση αυτοτεμνόμενων όψεων) DELETENONMANIFOLDEDGES/ (Αφαίρεση μη πολλαπλών ακμών) DELETENONMANIFOLDVERTICES/ (Αφαίρεση μη πολλαπλών κορυφών)</p> <p>MESHLAB</p>
	<p>ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΙΛΤΡΩΝ :</p> <p>TRANSER COLOR : TEXTURE TO VERTEX</p> <p>ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΥΦΗΣ ΣΤΟ ΠΛΕΓΜΑ</p> <p>MESHLAB</p>

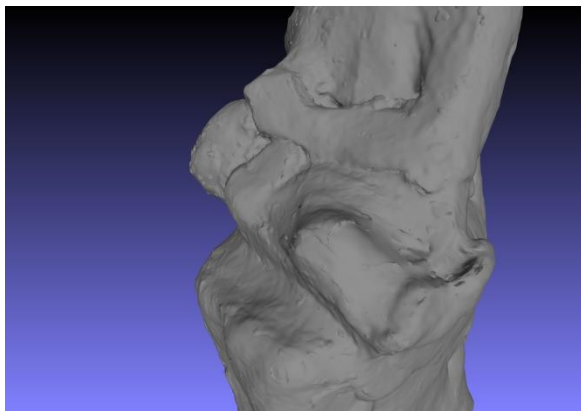
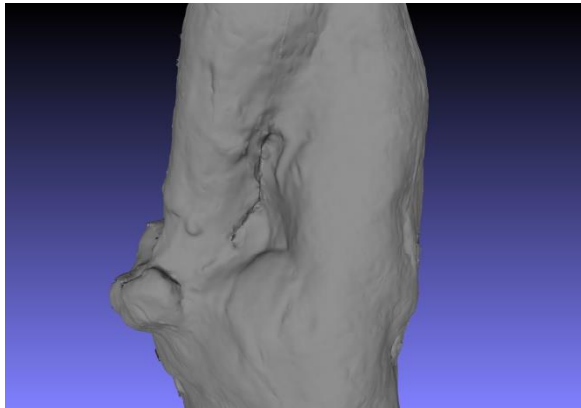
Η διαδικασία συνένωσης επιμέρους σαρώσεων - βελτιστοποίηση της επιφάνειας.

	<p>MESHLAB</p> <p>ALIGNMENT/ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗ ΤΜΗΜΑΤΩΝ Α,Β,Γ.</p>
	<p>MESHLAB</p> <p>ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΤΜΗΜΑΤΩΝ(GLUEING)</p> <p>ΕΝΟΠΟΙΗΣΗ ΣΕ ΕΝΑ ΜΟΝΤΕΛΟ(FLATTEN VISIBLE LAYERS)</p>
	<p>ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΟΥ ΠΡΟΚΥΠΤΕΙ ΑΠΟ ΤΗΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ</p> <p>ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΤΗΣ ΒΑΣΗΣ</p>



ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΠΟΥ ΔΕΝ ΑΠΟΔΙΔΟΝΤΑΙ
ΟΡΘΑ.

ΟΠΕΣ, ΣΧΙΣΜΕΣ ΚΑΙ ΑΣΥΝΕΧΕΙΕΣ



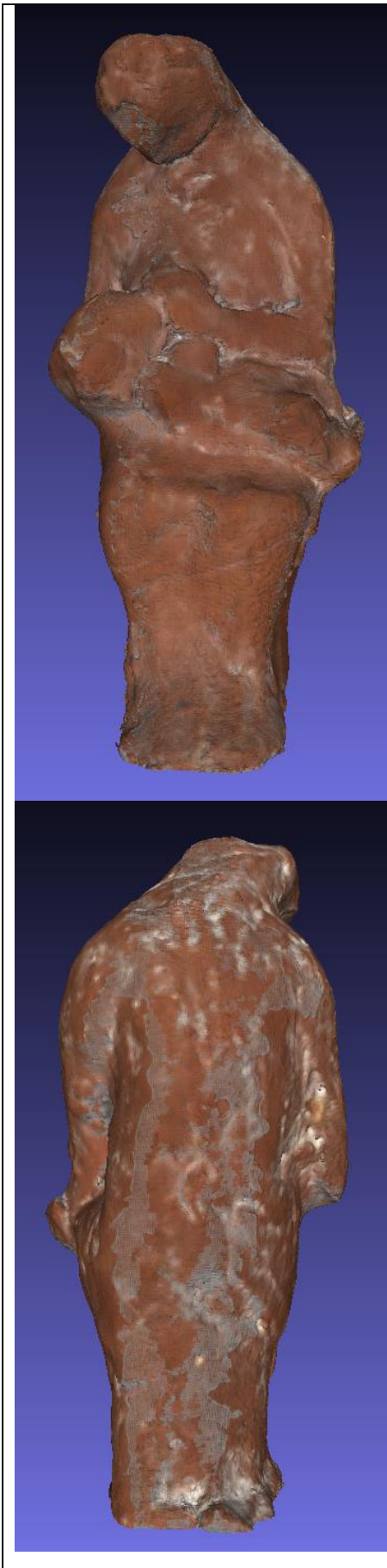
ΟΙ ΙΔΙΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΦΙΛΤΡΟΥ:

SCREENED POISSON SURFACE
RECONSTRUCTION

Reconstruction depth : 11

AdactiveOctreeDepth :9



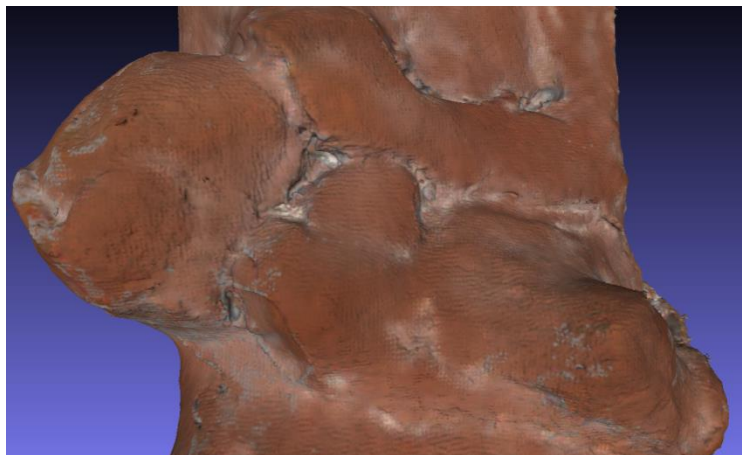
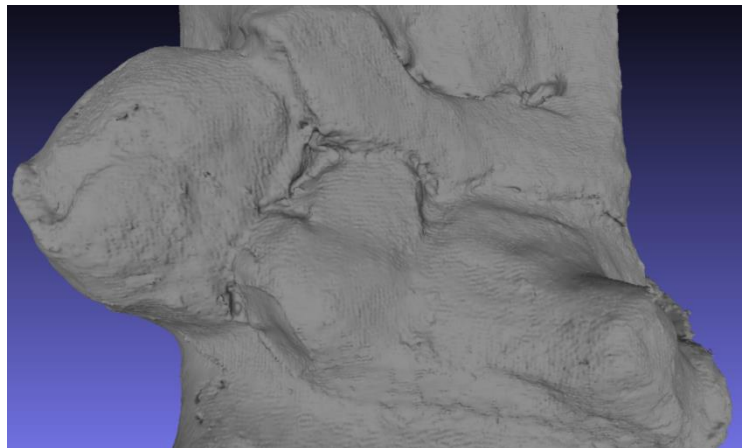
ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ
ΤΟ ΤΕΛΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

FACES/ΟΨΕΙΣ: 1169915

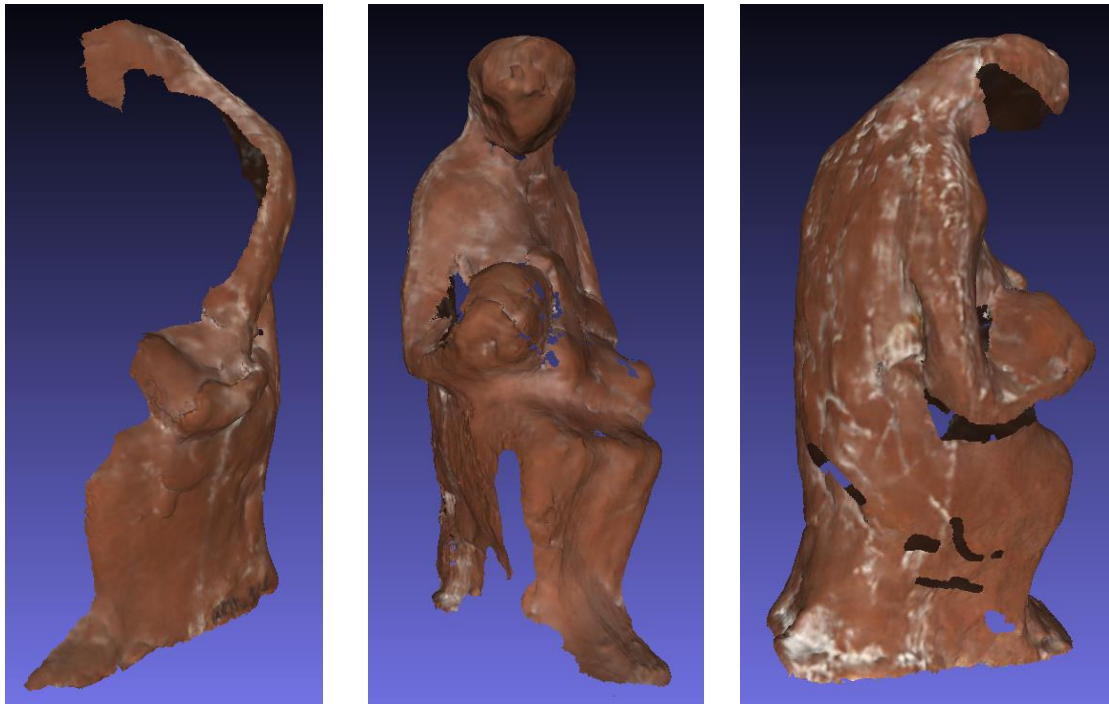
VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ : 2339292

Οι σχισμές και οι οπές που εμφανίζονται στο τρισδιάστατο πλέγμα και δεν υπάρχουν στο πραγματικό αντικείμενο διορθώθηκαν με την εφαρμογή του φίλτρου *Screened Poisson Surface Reconstruction*, το οποίο ανακατασκευάζει την επιφάνεια με τη χρήση προσανατολισμένων συνόλων σημείων δημιουργώντας στεγανές επιφάνειες. Μετά από δοκιμές με τις τιμές των παραμέτρων και δεδομένων των ορίων της υπολογιστικής ισχύς των ηλεκτρονικών υπολογιστών μας, καταλήξαμε ότι ο συνδυασμός *surfacer construction reconstruction depth 11* και *adaptive octree depth 9* δίνουν τα βέλτιστα αποτελέσματα.

Στο τελικό μοντέλο η διόρθωση των σχισμών, των οπών και η απόδοση των λεπτομερειών της επιφάνειας είναι ικανοποιητική ενώ η απόδοση της υφής παρουσιάζει αρκετά προβλήματα. Τα σημεία γκρι χρώματος (δεν ανταποκρίνονται στην πραγματική υφή του αντικείμενου) είναι πολυάριθμα και δεν εντοπίζονται μόνο στις δύσκολες περιοχές, κάτι το οποίο θα ήταν δικαιολογημένο. Οι πλέον δύσμορφες περιοχές είναι αυτές που οι σαρώσεις αλληλεπικαλύπτονται σε μεγάλο βαθμό και συμπίπτουν τα δύο ή και τα τρία τρισδιάστατα πλέγματα. Επίσης συμπληρώνονται και οι οπές που πραγματικά φέρει το αντικείμενο.

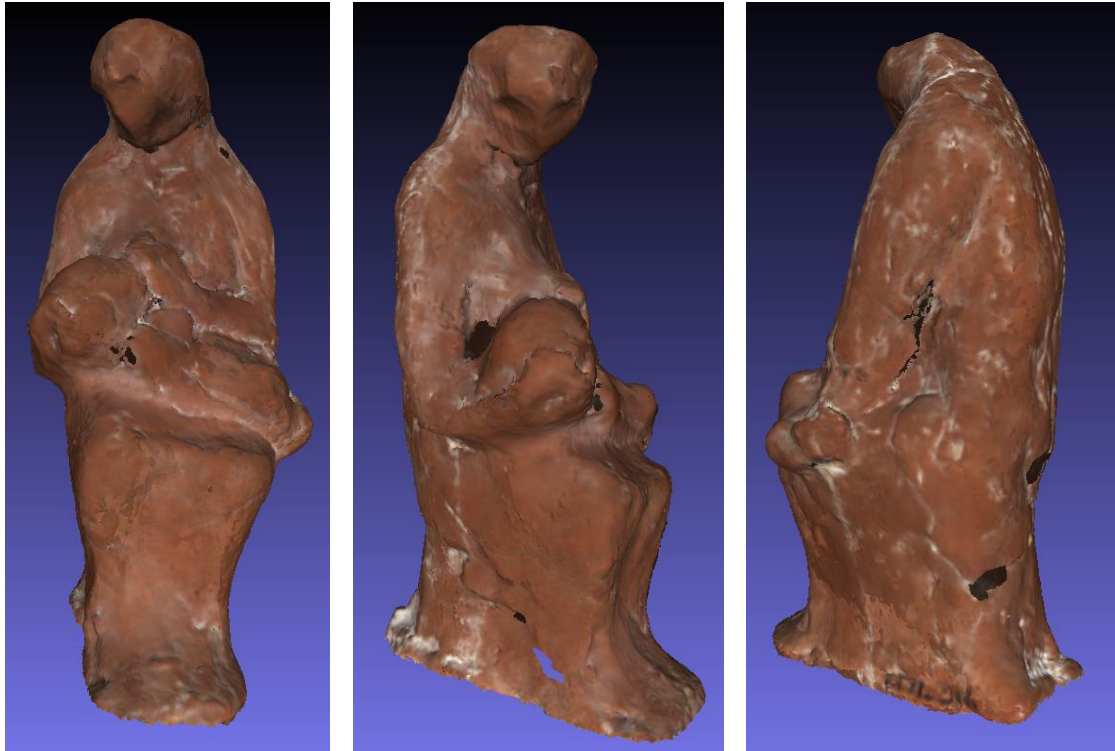


Παρατηρούμε επίσης ότι κάθε σάρωση έχει καταγράψει πληρέστερα και ορθότερα την κυρίως όψη, όπως είναι αναμενόμενο. Για να αντιμετωπίσουμε τα παραπάνω προβλήματα επιλέξαμε, πριν τη συνένωση να διατηρήσουμε τα ποιοτικότερα τμήματα κάθε επιμέρους σάρωσης, ώστε το ποσοστό κοινών επιφανειών να ελαττωθεί και να απομακρύνουμε τις γκρι επιφάνειες κυρίως όπου οι ίδιες περιοχές αποδίδονται ορθά σε άλλη σάρωση.

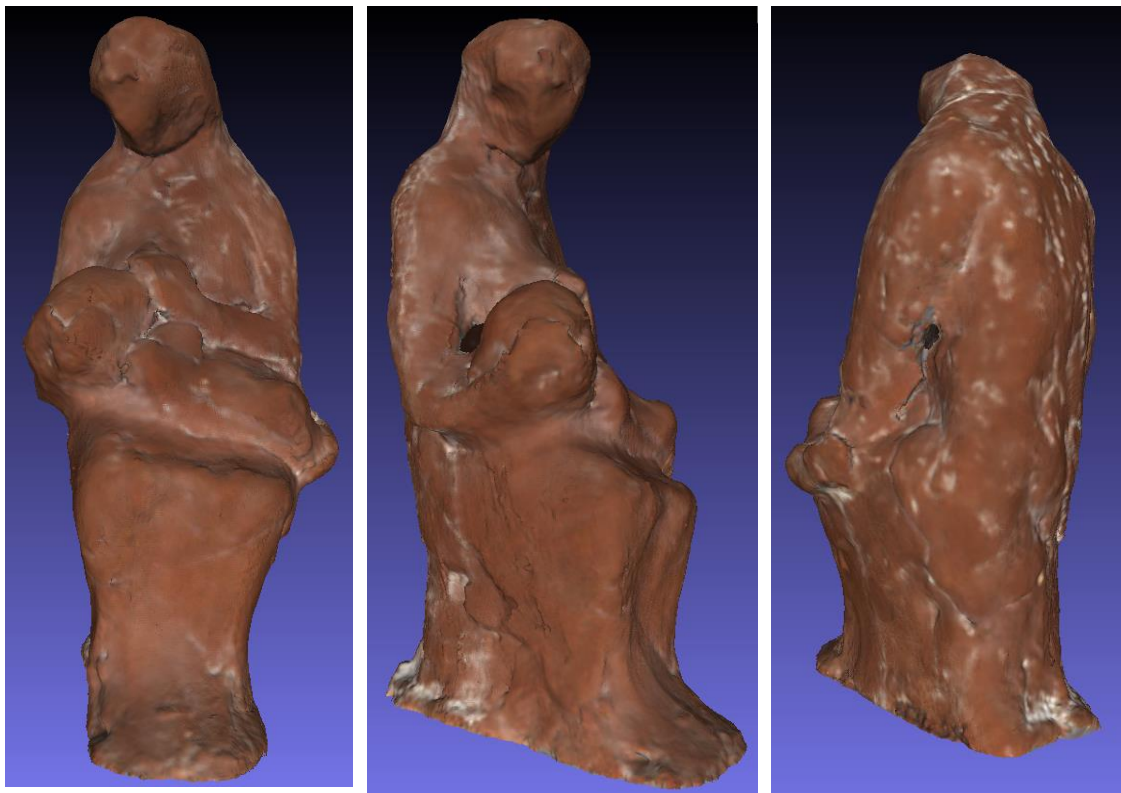


Εικ. 162: Τα επιλεγμένα τμήματα των επιμέρους σαρώσεων

Το τελικό μοντέλο παρουσιάζει σαφή βελτίωση ως προς την απόδοση της υφής που ήταν το κύριο πρόβλημα, ωστόσο δημιουργούνται οπές στο τρισδιάστατο πλέγμα. Η εφαρμογή του φίλτρου *screened poisson*, με παραμέτρους *surface reconstruction reconstruction depth 11* και *adaptive octree depth 9*, συμπληρώνει ικανοποιητικά τις οπές και δεν αλλοιώνει τις λεπτομέρειες της επιφάνειας του αντικειμένου.



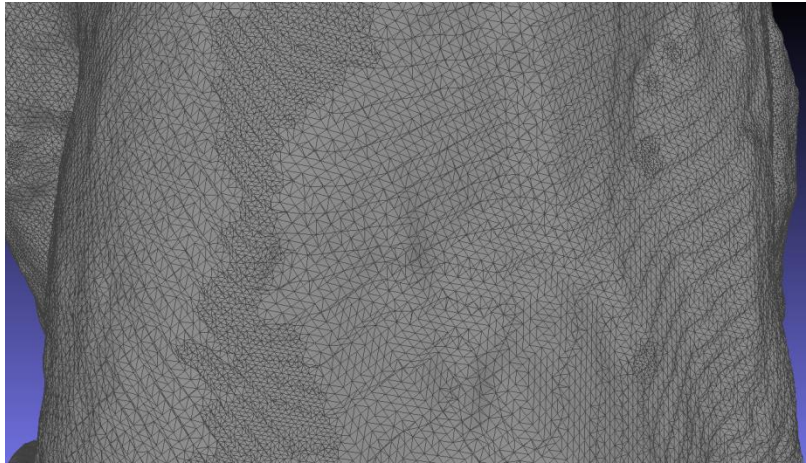
Εικ.163: Το τελικό μοντέλο



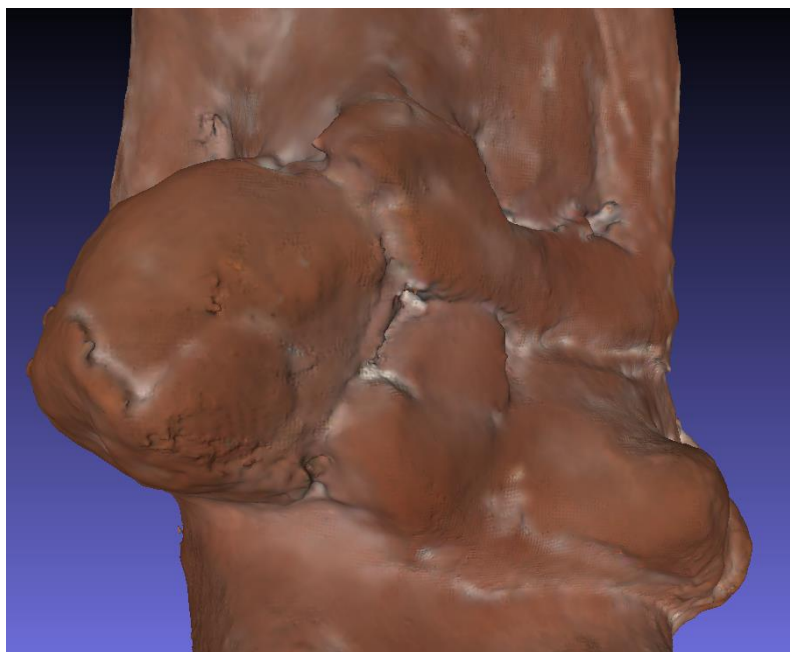
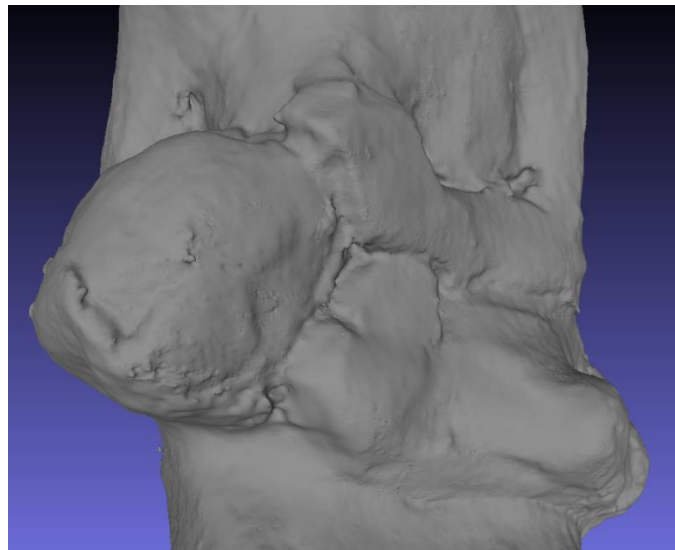
Εικ. 164: Το τελικό μοντέλο μετά την εφαρμογή του φίλτρου *screened poisson*

FACES/ΟΨΕΙΣ: 819172

VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ : 1636917



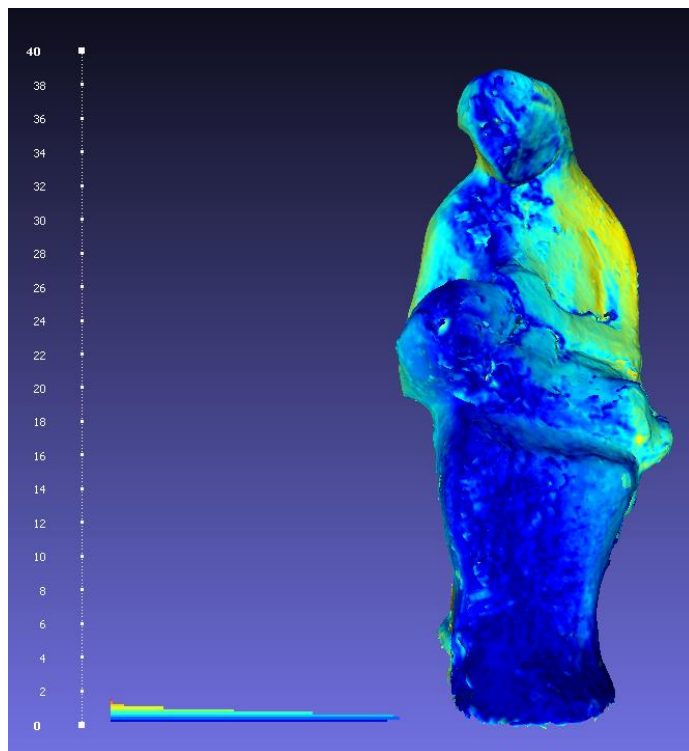
Εικ. 165: Λεπτομέρεια του πλέγματος σε περιοχή με οπή.

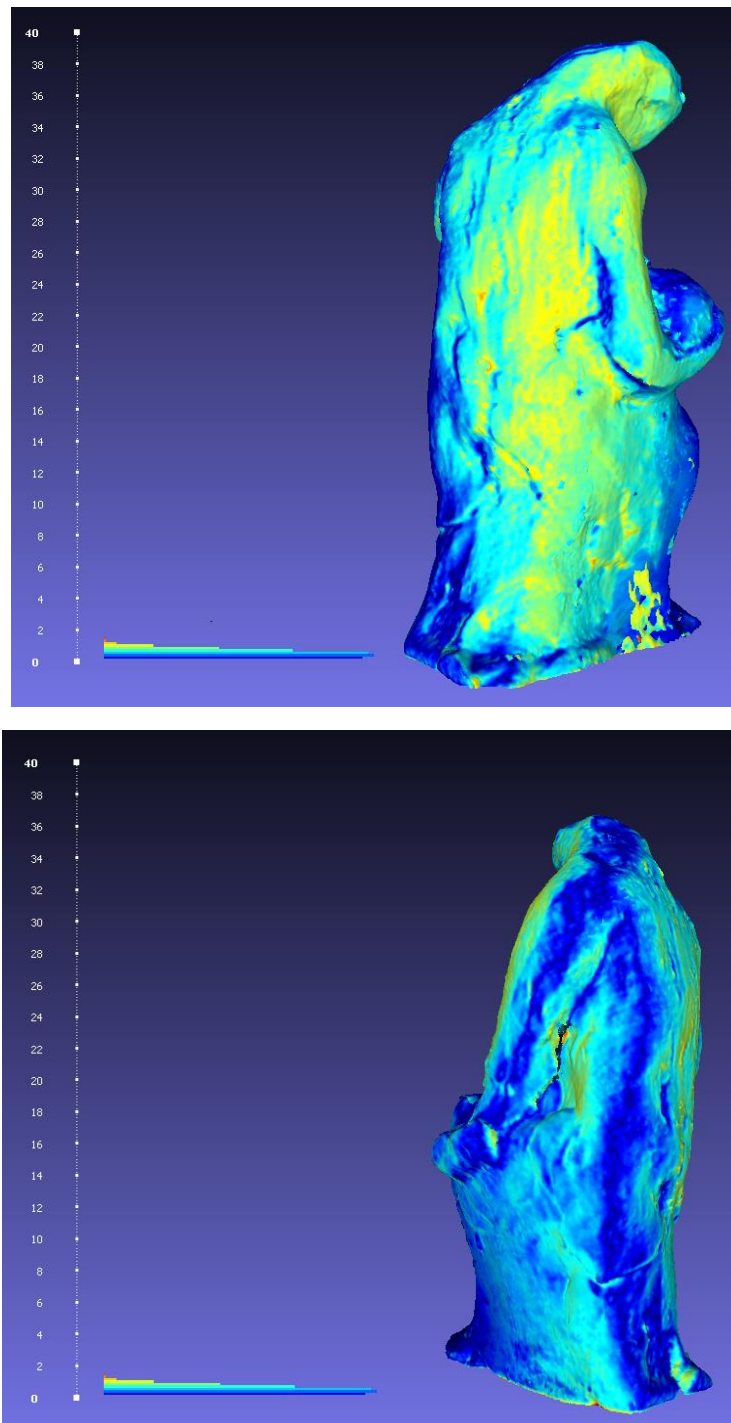


Εικ. 166 /167: Λεπτομέρεια της γεωμετρίας της επιφάνειας.

Στη συνέχεια συγκρίναμε το τελικό μοντέλο πριν και μετά την εφαρμογή του φίλτρου *Screened Poisson Surface Reconstruction*, ώστε να διαπιστώσουμε την απόσταση μεταξύ των δύο τρισδιάστατων πλεγμάτων. Χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο *Hausdorff Distance*. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι αποστάσεις μεταξύ των δυο πλεγμάτων είναι πολύ μικρές (<0,5mm) εκτός από τα σημεία των οπών (κόκκινο χρώμα), κάτι το οποίο είναι αναμενόμενο. Στις εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζονται χρωματικά οι αποκλίσεις μεταξύ των δύο πλεγμάτων ανά κορυφή. Το μπλε αντιστοιχεί στη χαμηλότερη απόκλιση και το κόκκινο στην υψηλότερη.

```
HausdorffDistancecomputed  
Sampled 474286 pts  
min : 0.000000 max 40.203144 mean : 0.371777
```



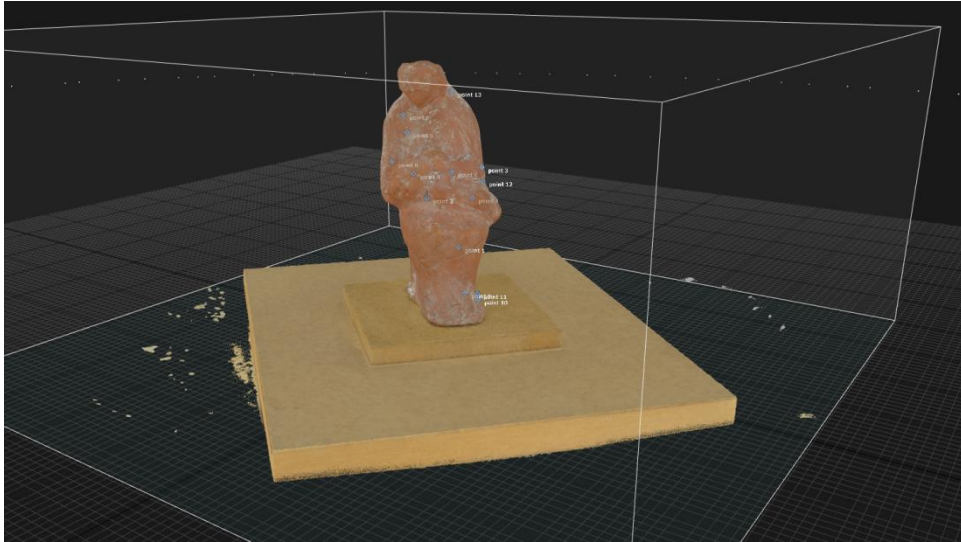


Εικ.168 /169/ 170: Οι αποκλίσεις μεταξύ των πλεγμάτων.

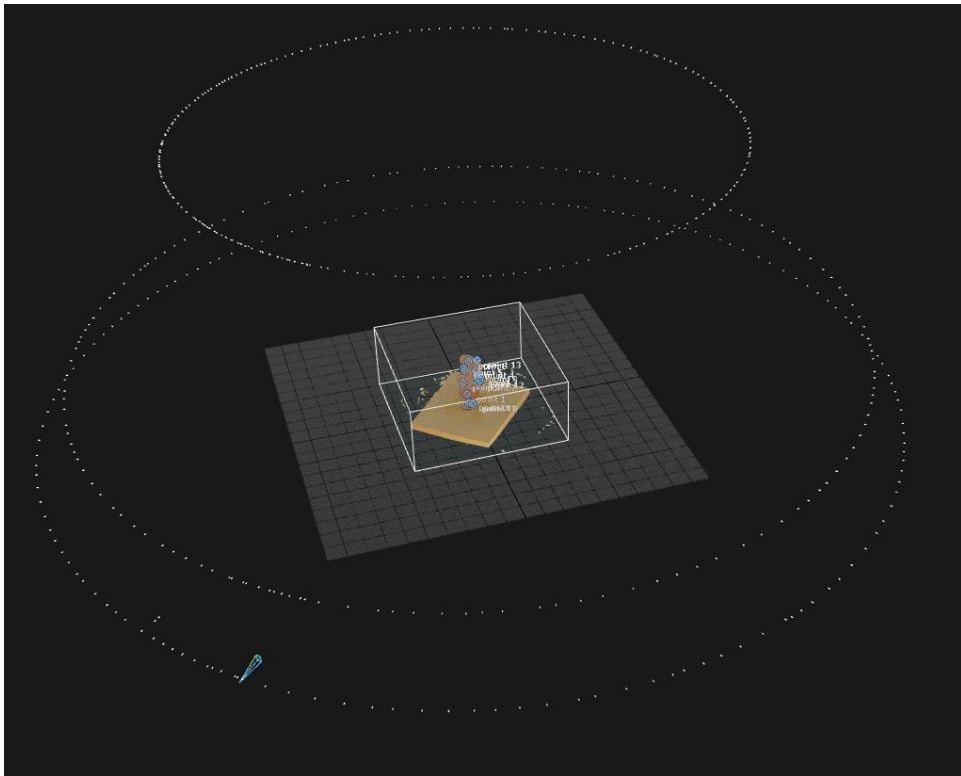
Ο χρόνος που απαιτήθηκε για την επεξεργασία των δεδομένων ξεπέρασε τις 35 ώρες. Τα αρχεία τύπου .ply των σαρώσεων και των μοντέλων που δημιουργήθηκαν κατά τη διαδικασία δοκιμών είναι αρκετές δεκάδες. Αποθηκεύτηκαν ώστε να διατηρηθεί το ιστορικό των αποτελεσμάτων των δοκιμών και να υπάρχει η δυνατότητα να ανατρέξουμε σε αυτά μελλοντικά.

5.3.2 Φωτογραμμετρία (κεραμικό πρόπλασμα 316)

Τα αποτελέσματα της επεξεργασίας στο σχετικό με τη φωτογραμμετρική ανασυγκρότηση λογισμικό *REALITY CAPTURE* μετά την ολοκλήρωσή τους, σε εικόνες και η αναφορά.



Εικ. 171: Το τρισδιάστατο μοντέλο πριν εξαχθεί από το λογισμικό φωτογραμμετρικής ανασυγκρότησης



Εικ.172: Οι τρεις ζώνες λήψης των φωτογραφιών.

Αναφορά επεξεργασίας δεδομένων φωτογραμμετρίας	
Αντικείμενο	Γλυπτό πρόπλασμα γύψου
Πλήθος τριγώνων (όψεων)	7363622
Πλήθος κορυφών	3691007
Επίπεδο ποιότητας	Normal (κανονικό)
Ανάλυση υφής	8192 x 8192
Χρησιμοποιηθείσες εικόνες/εισηγμένες εικόνες	505 / 505
Πλήθος σημείων νέφους σημείων	1894013
Πλήθος σημείων ελέγχου(αντιστοίχισης ή συζευγμένων σημείων)	14
Χρόνος υπολογισμού χαρτών βάθους	01h:13m:46s
Χρόνος εξαγωγής τρισδιάστατου πλέγματος	00h:44m:08s
Χρόνος μετεπεξεργασίας	00h:12m:44s
Χρόνος ενσωμάτωσης χρωματικής πληροφορίας	00h:02m:29s
Χρόνος ενσωμάτωσης υφής	00h:19m:56s
Συνολικός χρόνος επεξεργασίας	02h:33m:20s

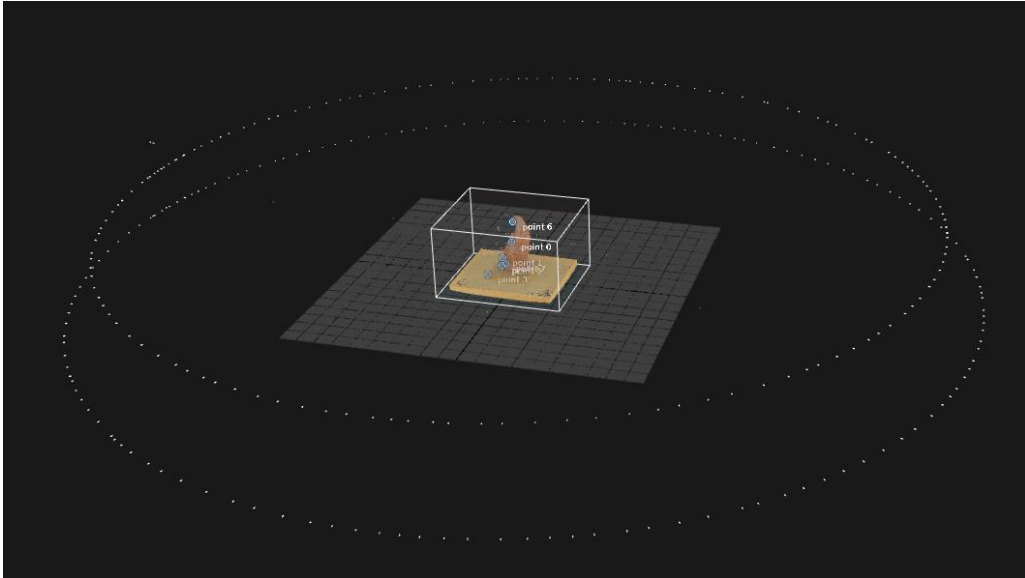
Χρησιμοποιήθηκε το σύνολο των φωτογραφιών κατά την διαδικασία επεξεργασίας των δεδομένων.

Το πλήθος των σημείων ταυτοποίησης καταδεικνύει τον βαθμό παρέμβασης μας στην ημιαυτοματοποιημένη διαδικασία εξαγωγής του τρισδιάστατου μοντέλου.

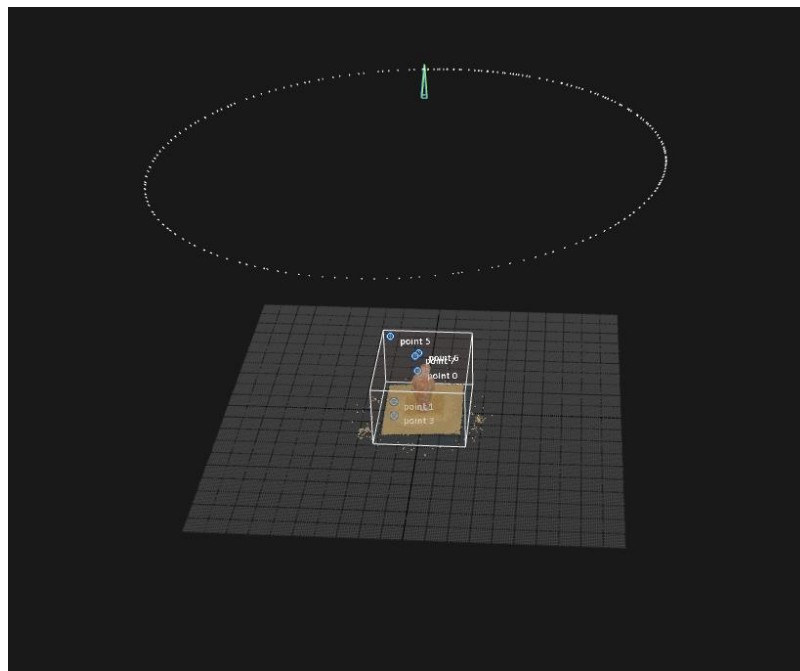
Ο χρόνος που απαιτήσε η επεξεργασία των δεδομένων ήταν περίπου 20 ώρες.

Τα αποτελέσματα μετά την ευθυγράμμιση των φωτογραφιών δεν ήταν ένα νέφος σημείων εξαγόμενο από το σύνολο των φωτογραφιών αλλά δύο *components*. Ένα, από τις δύο κατώτερες ζώνες λήψης και ένα ξεχωριστό από την ανώτερη. Η

συνένωσή τους με τη χρήση πολλών σημείων ελέγχου ήταν επίπονη διαδικασία χωρίς πάντα να έχει αποτέλεσμα. Η σωστή αντιμετώπιση είναι ο ορισμός αρκετών σημείων ελέγχου (14) σε αντίστοιχες λήψεις των τριών διαφορετικών ζωνών πριν τη διαδικασία ευθυγράμμισης



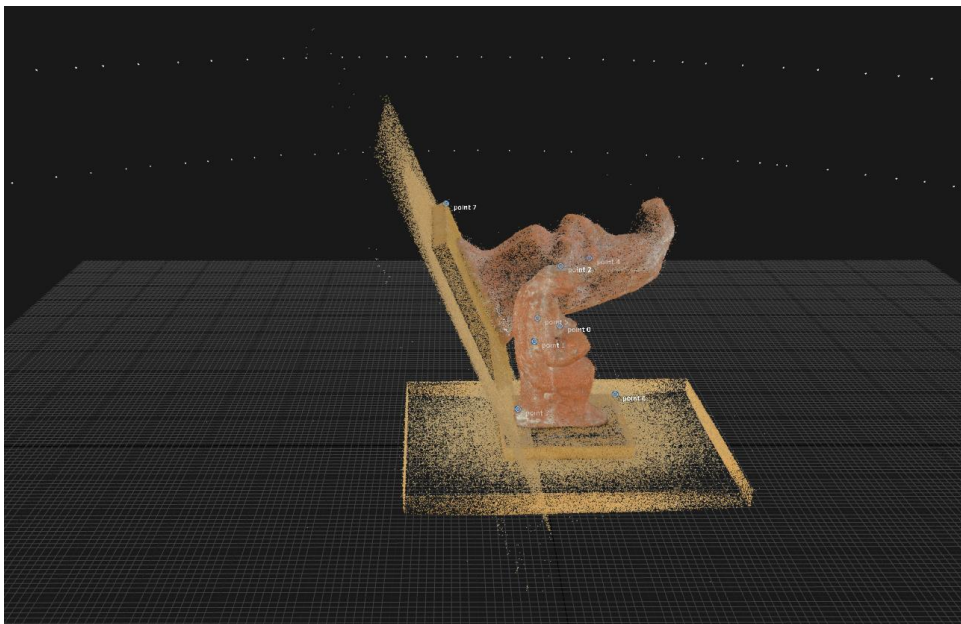
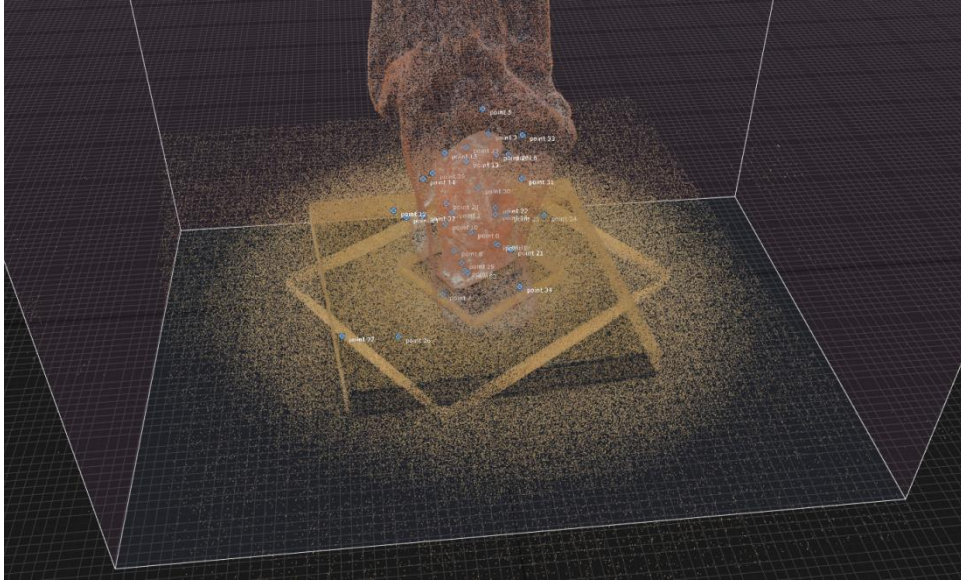
Εικ.173: Το *component* που συντίθεται από τις λήψεις των δύο κατώτερων ζωνών .



Εικ.174: Το *component* που συντίθεται από τις λήψεις της ανώτερης ζώνης.

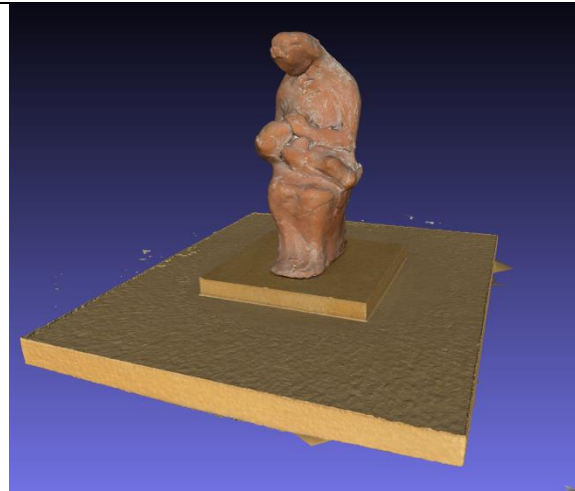
Το δεύτερο πρόβλημα ήταν ότι τα *components* από τις διαφορετικές ζώνες λήψης ήταν προσανατολισμένα σε διαφορετικά συστήματα αναφοράς. Η φωτογραμμετρία δεν δημιουργεί ένα αντιπροσωπευτικό πλαίσιο αναφοράς. Το αποτέλεσμα ήταν το

αντικείμενο να κατασκευάζεται διπλό ή τριπλό. Αυτό αντιμετωπίστηκε με την περιστροφή και μετακίνηση του μοντέλου ώστε όλα τα *component* να προσανατολιστούν πάνω σε ένα ενιαίο σύστημα αναφοράς,



Εικ. 175/ 176: Δύο συμπλεκόμενα συστήματα αναφοράς.

ΜΕΤΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟ MESH LAB



ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΤΗΣ ΒΑΣΗΣ ΚΑΙ ΤΟΥ
ΘΟΥΒΟΥ

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΙΛΤΡΩΝ:

REMOVEDUPLICATEFACES

/(Αφαίρεση διπλών όψεων)

REMOVEDUPLICATEVERTEX/

(Αφαίρεση διπλών κορυφών)

REMOVEZEROAREAFACES/

(Αφαίρεση όψεων μηδενικής επιφάνειας)

REMOVEUNREFERENCEDVERTEX

/(Αφαίρεση κορυφών χωρίς αναφορά)

DELETE SELF INTERSECTING

FACES/(Αφαίρεση αυτοτεμνόμενων όψεων)

DELETE NON MANIFOLD EDGES/ (Αφαίρεση
μη πολλαπλών ακμών)

DELETE NON MANIFOLD VERTICES/

(Αφαίρεση μη πολλαπλών κορυφών)

MESHLAB

FACES/ΟΨΕΙΣ:

6.617.620 VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ :

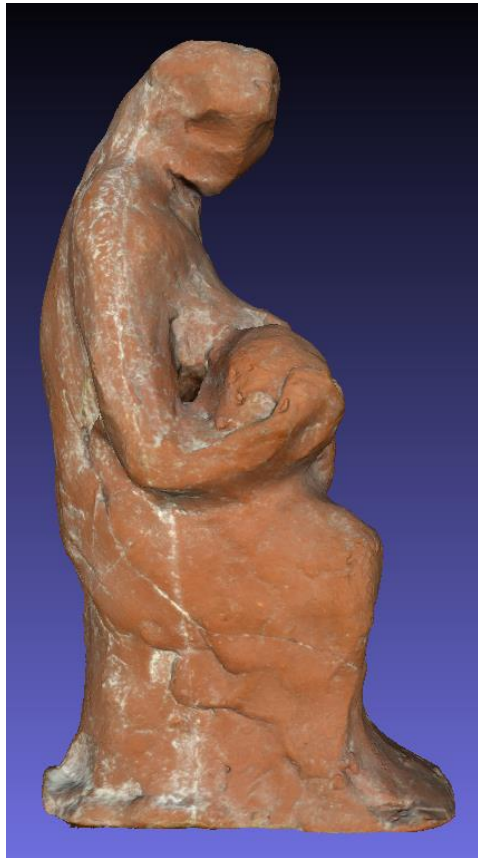
3.308.810



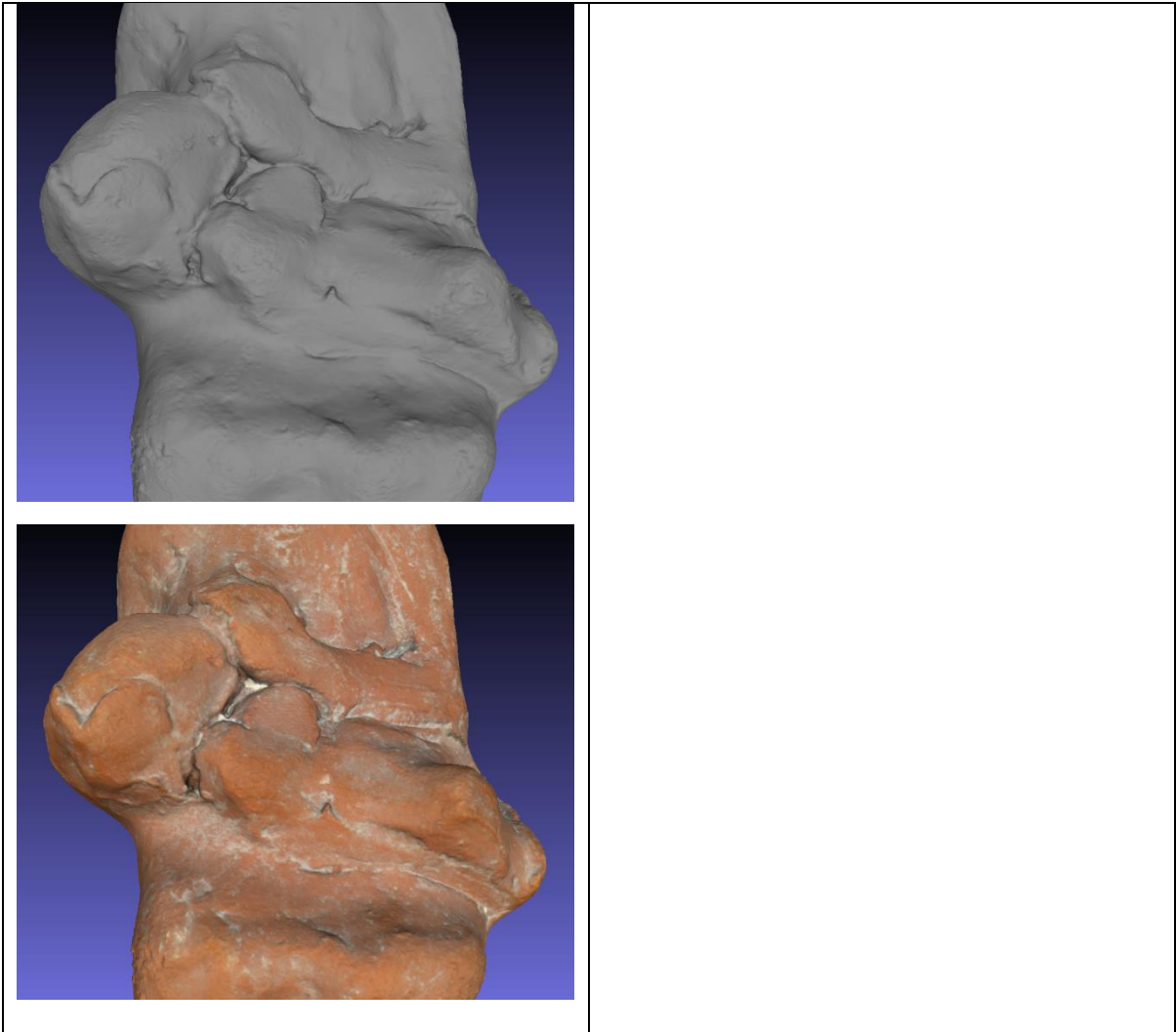
ΤΟ ΤΕΛΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

FACES/ΟΨΕΙΣ: 2343822

VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ : 1231674







Η απόδοση του χρώματος έχει μεγάλο βαθμό πιστότητας και ρεαλισμού σε σχέση με τις λήψεις.

Χαρακτηριστικό ενδεικτικό τμήμα του αντικειμένου είναι τα γράμματα και οι αριθμοί, που αποδίδονται με υψηλή ευκρίνεια.

Η απόδοση των λεπτομερειών της επιφάνειας είναι ιδιαίτερα ικανοποιητική μέσω της οπτικής παρατήρησης.

Παρουσίαση των αποτελεσμάτων των δυο τεχνικών.

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ	ZSCAN	ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑ
		
		

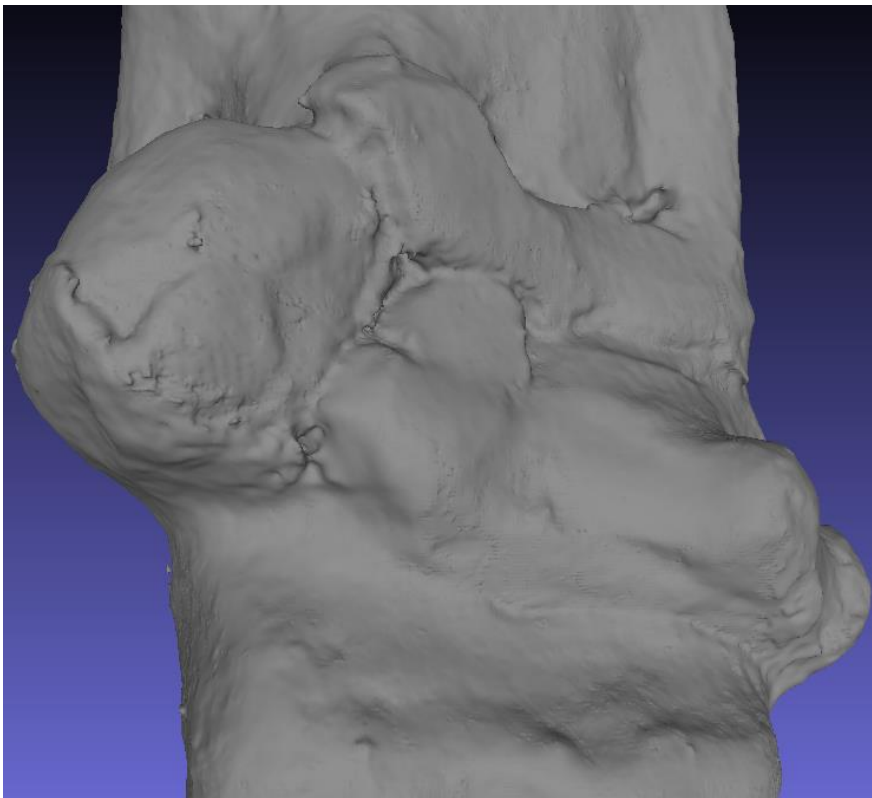


Τα τρισδιάστατα μοντέλα που παράγονται από τη φωτογραμμετρία αποδίδουν καλύτερα την υφή της επιφάνειας του αντικειμένου και καταγράφουν πληρέστερα και με μεγαλύτερη ακρίβειά τις λεπτομέρειες της επιφάνειας.

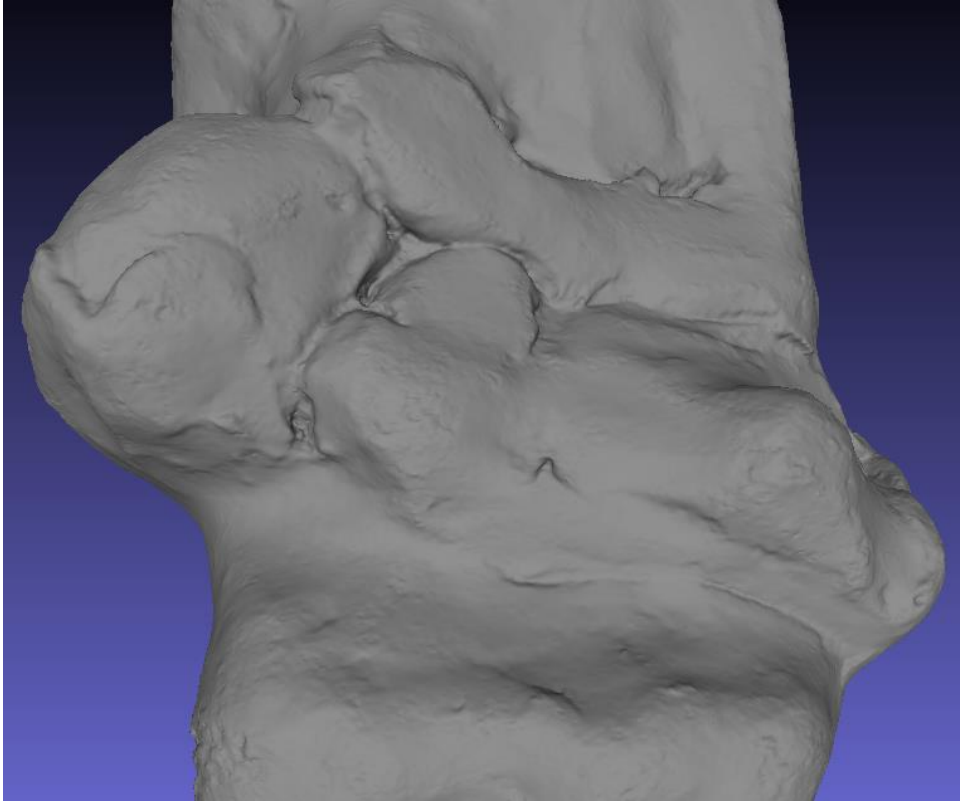
ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΩΝ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ



Εικ. 177: Λεπτομέρεια από φωτογραφία του αντικειμένου, επεξεργασμένη ώστε να αναδεικνύονται οι λεπτομέρειες της επιφάνειας.



Εικ. 178: Λεπτομέρεια του τρισδιάστατου μοντέλου με σάρωση λέιζερ.

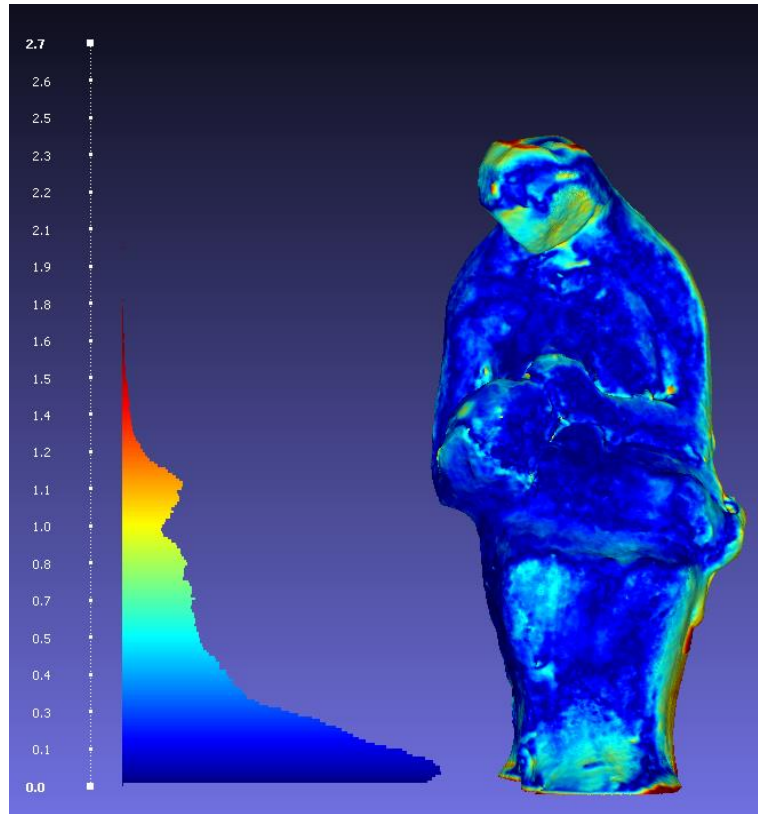


Εικ. 179: Λεπτομέρεια του τρισδιάστατου μοντέλου με φωτογραμμετρία

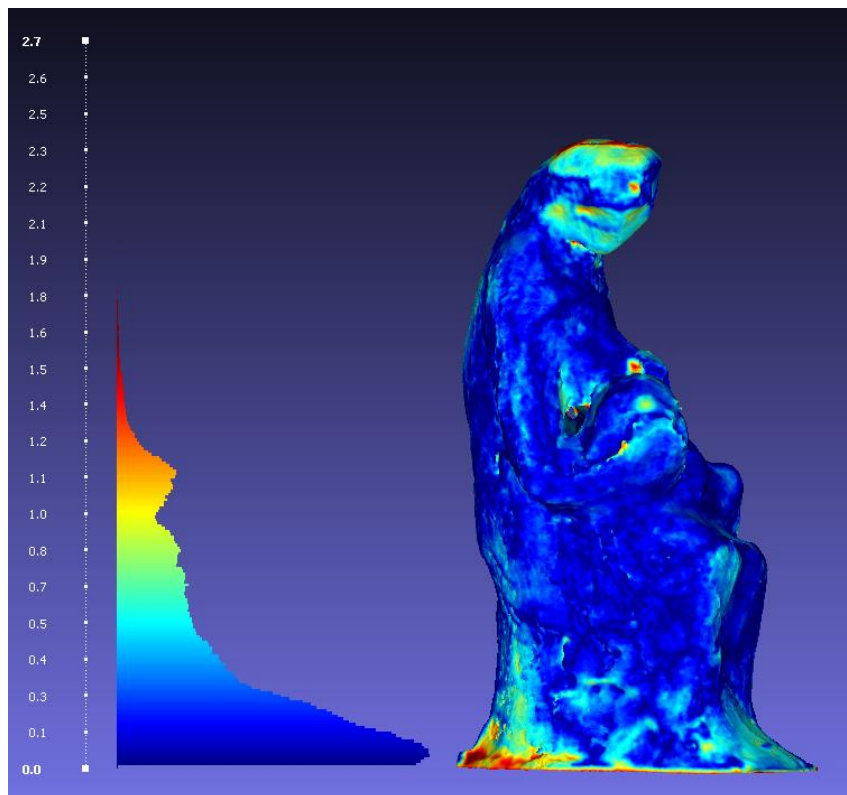
ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΤΩΝ ΔΥΟ ΤΕΧΝΙΚΩΝ

Στη συνέχεια συγκρίναμε τα τελικά από τις δύο τεχνικές παραγόμενα μοντέλα ώστε να διαπιστώσουμε την απόσταση μεταξύ των δύο τρισδιάστατων πλεγμάτων. Χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο *Hausdorff Distance*. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι αποστάσεις μεταξύ των δυο πλεγμάτων είναι πολύ μικρές (κατά μέσο όρο $< 0,45\text{mm}$). Τα σημεία που χρησιμοποιήθηκαν ως δείγμα είναι 827192. Το φωτογραμμετρικά παραγόμενο μοντέλο επιλέχτηκε ως βάση σύγκρισης επειδή το θεωρούμε ακριβέστερο. Στις εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζονται χρωματικά οι αποκλίσεις μεταξύ των δύο πλεγμάτων ανά κορυφή. Το μπλε αντιστοιχεί στην χαμηλότερη απόκλιση και το κόκκινο στην υψηλότερη.

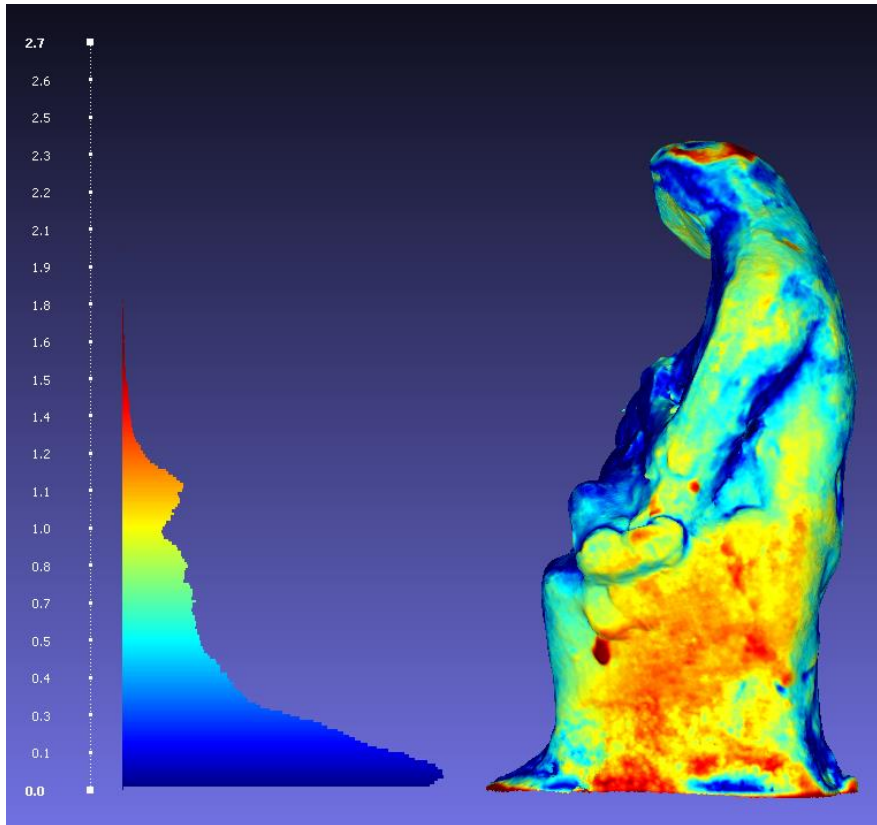
```
HausdorffDistancecomputed
Sampled 819172 pts
min : 0.000000 max 4.422590 mean : 0.440148 67
```

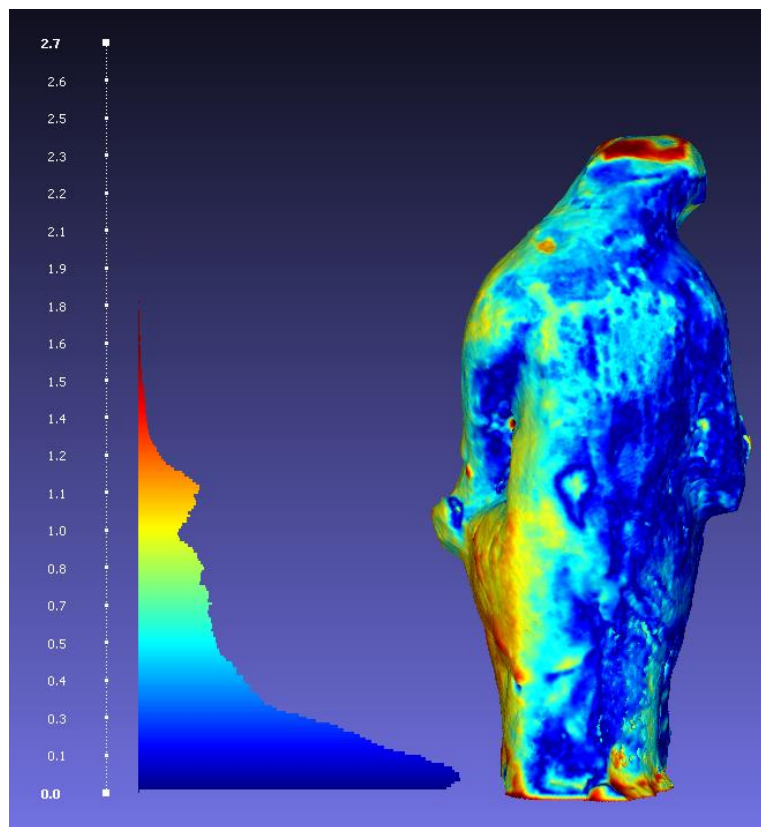
Εικ. 180: Οι αποκλίσεις μεταξύ των πλεγμάτων στην εμπρόσθια πλευρά του αντικειμένου.



Εικ. 181: Οι αποκλίσεις μεταξύ των πλεγμάτων στη δεξιά πλευρά του αντικειμένου.



Εικ. 182: Οι αποκλίσεις μεταξύ των πλεγμάτων στην αριστερή πλευρά του αντικειμένου.



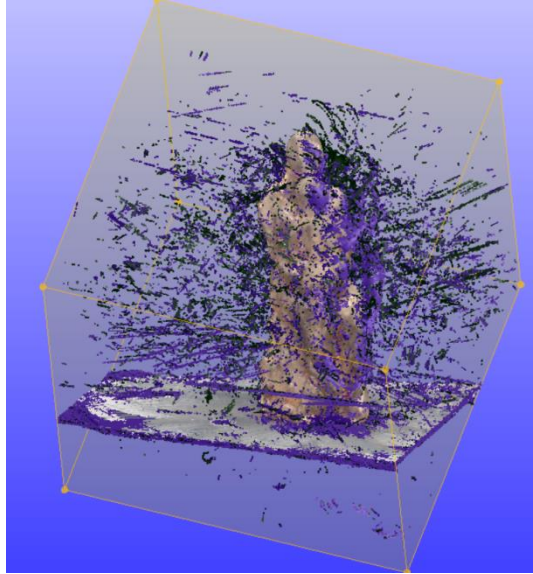
Εικ. 183: Οι αποκλίσεις μεταξύ των πλεγμάτων στην οπίσθια πλευρά του αντικειμένου.

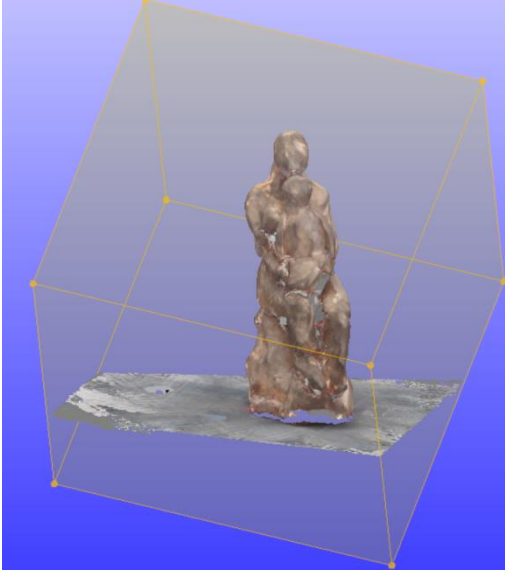
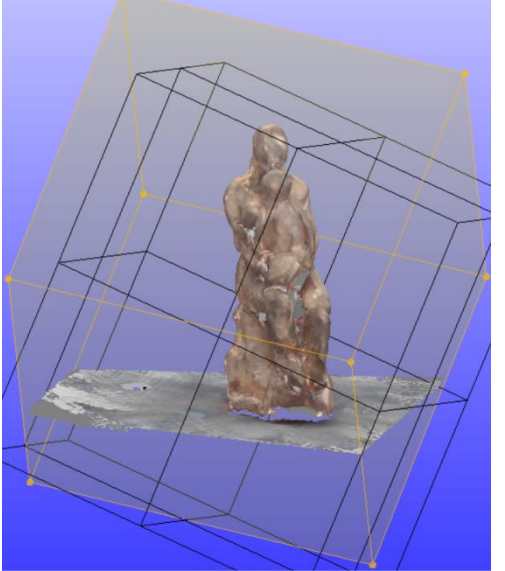
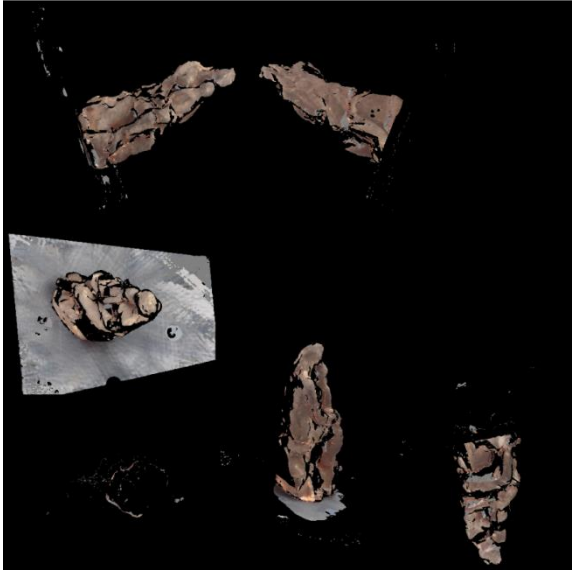
5.4.1 Παρουσίαση του προπλάσματος από πλαστελίνη 321

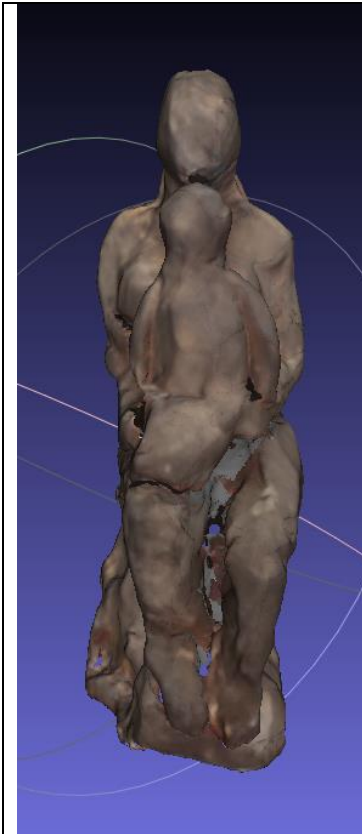
Η σάρωση του αντικειμένου συνίσταται σε τρεις επιμέρους σαρώσεις, μερικώς αλληλεπικαλυπτόμενες. Τις ονομάζουμε Α,Β,Γ, Δ,Ε και ΣΤ .

Ακολουθεί μια αναλυτική παρουσίαση ολόκληρης της διαδικασίας επεξεργασίας των πρωτογενών δεδομένων, αρχικά στο λογισμικό ZSCAN και στη συνέχεια στο λογισμικό MESHLAB. Επίσης, παρουσιάζονται οι διαφορετικές προσεγγίσεις με σκοπό τη εξαγωγή του βέλτιστου δυνατού αποτελέσματος, τα διαφορετικά προβλήματα που προέκυψαν και ο τρόπος που αντιμετωπίστηκαν.

Η σάρωση Α κατέγραψε συνολικά την επιφάνεια του αντικειμένου, το οποίο βρίσκονταν σε κατακόρυφη θέση.

Επιμέρους σάρωση Α.	Παράμετροι και πληροφορίες
	<p><u>SURFACE /ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ</u></p> <p>VOLUMESIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΥΒΟΥ: 160mm²</p> <p>RESOLUTION/ΑΝΑΛΥΣΗ: 0,31mm</p> <p><u>Εφαρμογή φίλτρων :</u></p> <p>FILL HOLES/ΣΦΡΑΓΙΣΗ ΜΙΚΡΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΟΠΩΝ</p> <p>REMOVE ISOLATED PATCHES/ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΑΠΟΜΟΝΩΜΕΝΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ</p> <p>ZSCAN</p>

	<p><u>FACET/ ΟΨΕΙΣ</u></p> <p>TRIANGLES/ΤΡΙΓΩΝΑ: 596421</p> <p>VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ : 632313</p> <p>ZSCAN</p>
	<p><u>TEXTURE /ΥΦΗ</u></p> <p>RESOLUTION /ΑΝΑΛΥΣΗ: 250,00 dpi</p> <p>SIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ: 8192x8192</p> <p>PROJECTION/ΠΡΟΒΟΛΗ : ΚΥΒΙΚΗ</p> <p><u>Εφαρμογή:</u></p> <p>ΟPTIMIZETEXTURE/ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΦΗΣ</p> <p>ZSCAN</p>
	<p><u>ΠΡΟΒΟΛΗ ΤΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ ΤΗΣ ΥΦΗΣ</u></p> <p>ZSCAN</p>



ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΠΕΡΙΤΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΚΑΙ
ΘΟΥΒΟΥ

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΙΛΤΡΩΝ:

REMOVE DUPLICATE FACES

/(Αφαίρεση διπλών όψεων)

REMOVE DUPLICATE VERTEX/

(Αφαίρεση διπλών κορυφών)

REMOVE ZERO AREA FACES/

(Αφαίρεση όψεων μηδενικής επιφάνειας)

REMOVE UNREFERENCED VERTEX /

(Αφαίρεση κορυφών χωρίς αναφορά)

DELETE SELF INTERSECTING

FACES/(Αφαίρεση αυτοτεμνόμενων όψεων)

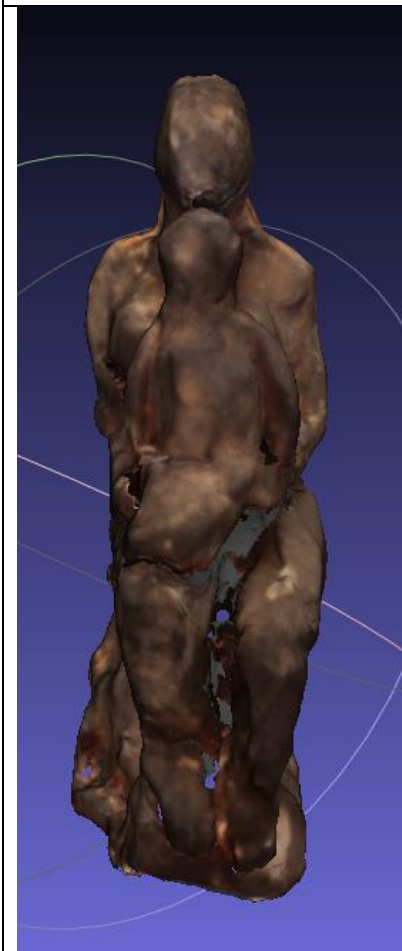
DELETE NON MANIFOLD EDGES/

(Αφαίρεση μη πολλαπλών ακμών)

DELETE NON MANIFOLD VERTICES/

(Αφαίρεση μη πολλαπλών κορυφών)

MESHLAB



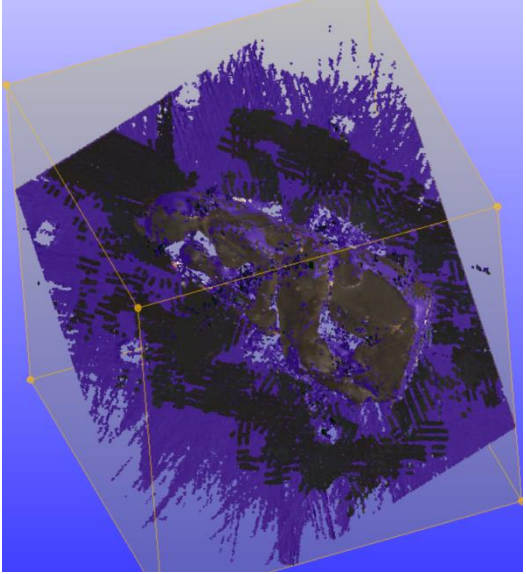
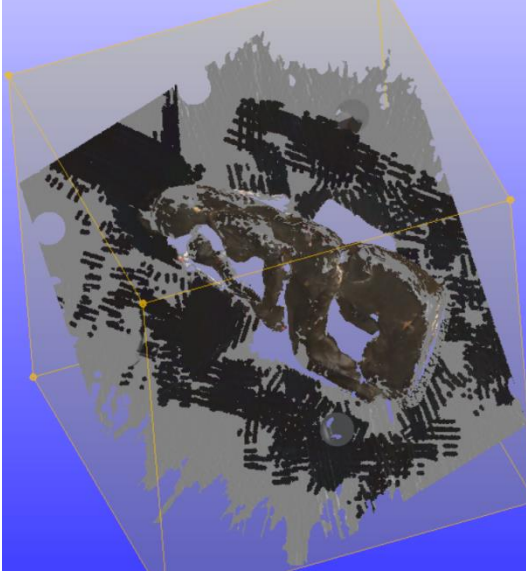
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΙΛΤΡΩΝ :

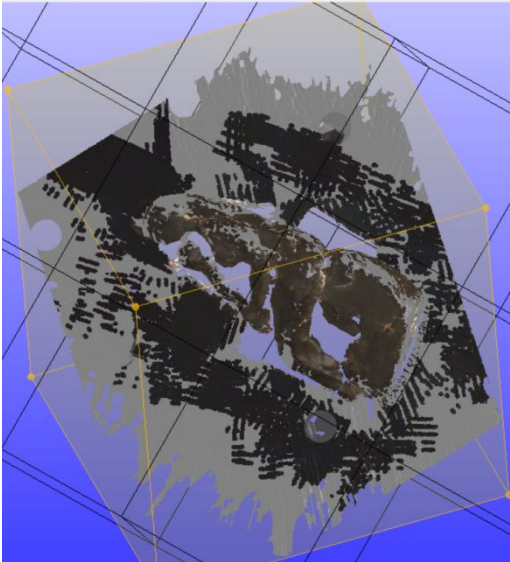
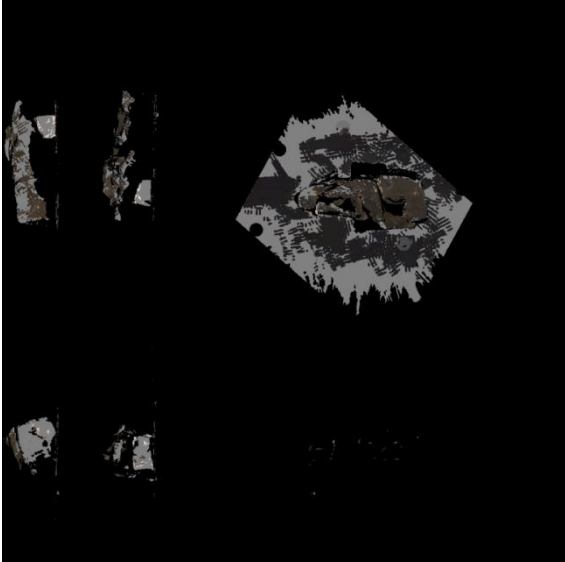
TRANSFER COLOR : TEXTURE TO VERTEX

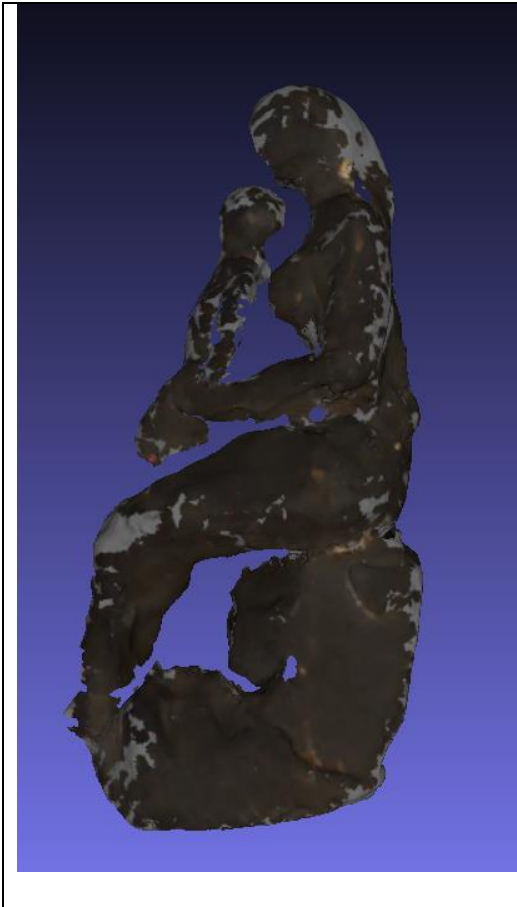
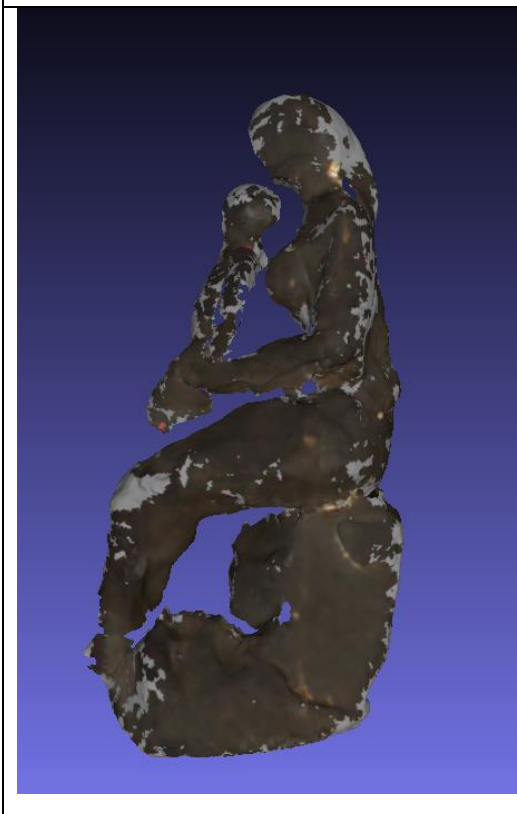
ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΥΦΗΣ
ΣΤΟ ΠΛΕΓΜΑ

MESHLAB

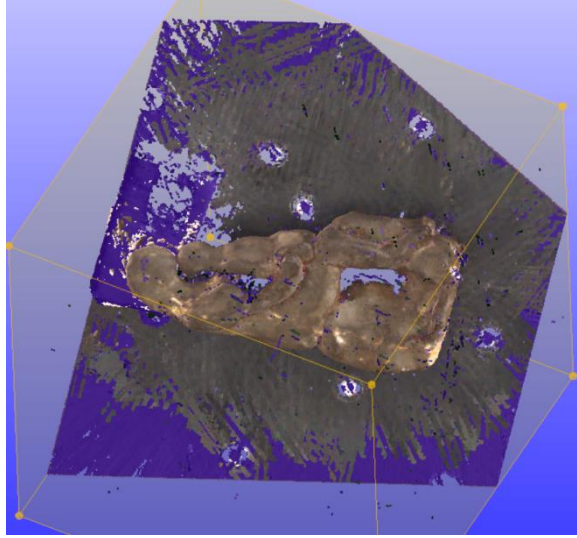
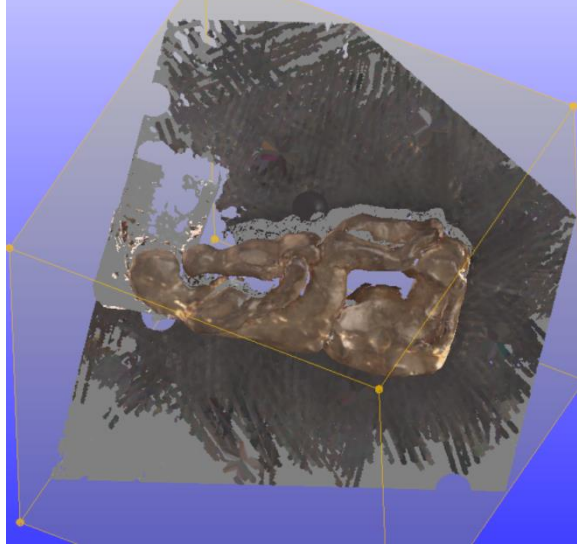
Η σάρωση B κατέγραψε κυρίως την αριστερή όψη του αντικείμενου και τμήματα της οπίσθιας και εμπρόσθιας όψης του. Το αντικείμενο είχε τοποθετηθεί οριζόντια, εδραζόμενο στη δεξιά του πλευρά με τη βοήθεια ενός υποστηρίγματος διογκωμένης πολυστερίνης (φελιζόλ) στη δεξιά παρειά του προσώπου.

Επιμέρους σάρωση B.	Παράμετροι και πληροφορίες
	<p><u>SURFACE /ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ</u></p> <p>VOLUMESIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΥΒΟΥ: 160mm²</p> <p>RESOLUTION/ΑΝΑΛΥΣΗ: 0,31mm</p> <p><u>Εφαρμογή φίλτρων :</u></p> <p>FILL HOLES/ΣΦΡΑΓΙΣΗ ΜΙΚΡΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΟΠΩΝ</p> <p>REMOVE ISOLATED PATCHES/ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΑΠΙΜΟΝΩΜΕΝΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ</p> <p>ZSCAN</p>
	<p><u>FACET/ ΟΨΕΙΣ</u></p> <p>TRIANGLES/ΤΡΙΓΩΝΑ: 564676</p> <p>VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ : 359952</p> <p>ZSCAN</p>

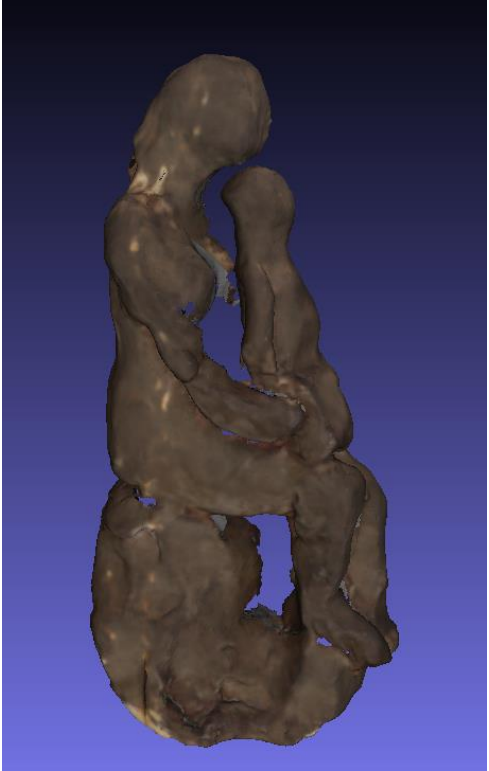

	<p><u>TEXTURE /ΥΦΗ</u></p> <p>RESOLUTION /ΑΝΑΛΥΣΗ: 250,00 dpi</p> <p>SIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ: 8192x8192</p> <p>PROJECTION/ΠΡΟΒΟΛΗ : ΚΥΒΙΚΗ</p> <p><u>Εφαρμογή:</u> OPTIMIZE TEXTURE/ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΥΦΗΣ</p> <p>ZSCAN</p>
	<p><u>ΠΡΟΒΟΛΗ ΤΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ ΤΗΣ ΥΦΗΣ</u></p> <p>ZSCAN</p>

	<p>ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΠΕΡΙΤΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΚΑΙ ΘΟΥΒΟΥ</p> <p>ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΙΛΤΡΩΝ:</p> <p>REMOVE DUPLICATE FACES /(Αφαίρεση διπλών όψεων)</p> <p>REMOVE DUPLICATE VERTEX/ (Αφαίρεση διπλών κορυφών)</p> <p>REMOVE ZERO AREA FACES/ (Αφαίρεση όψεων μηδενικής επιφάνειας)</p> <p>REMOVE UNREFERENCED VERTEX /(Αφαίρεση κορυφών χωρίς αναφορά)</p> <p>DELETE SELF INTERSECTING FACES/(Αφαίρεση αυτοτεμνόμενων όψεων)</p> <p>DELETE NON MANIFOLD EDGES/ (Αφαίρεση μη πολλαπλών ακμών)</p> <p>DELETE NON MANIFOLD VERTICES/ (Αφαίρεση μη πολλαπλών κορυφών)</p> <p>MESHLAB</p>
	<p>ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΙΛΤΡΩΝ :</p> <p>TRANSFER COLOR : TEXTURE TO VERTEX</p> <p>ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΥΦΗΣ ΣΤΟ ΠΛΕΓΜΑ</p> <p>MESHLAB</p>

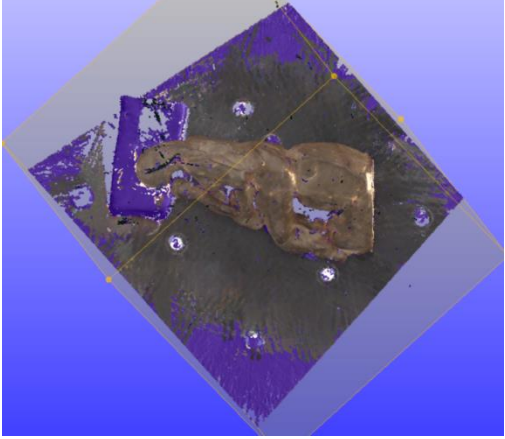
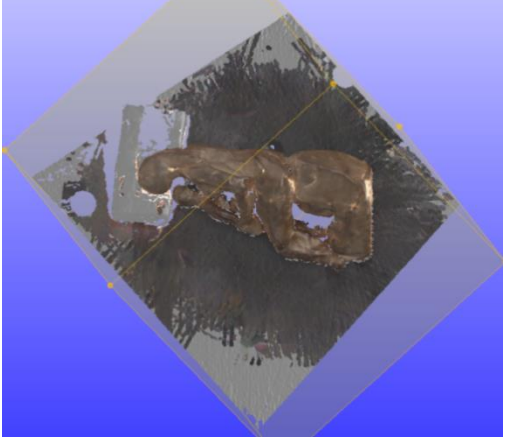
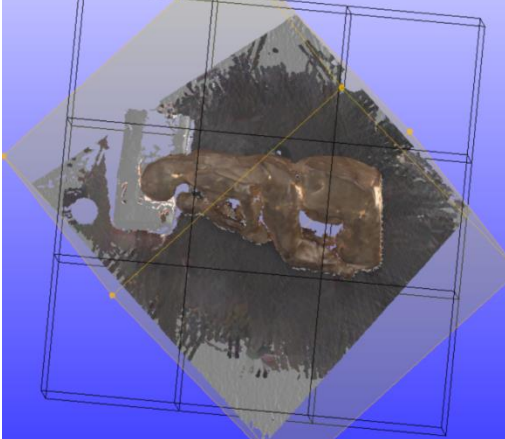
Η σάρωση Γ κατέγραψε κυρίως τη δεξιά όψη του αντικειμένου και τμήματα της οπίσθιας και εμπρόσθιας όψης του. Το αντικείμενο είχε τοποθετηθεί οριζόντια, εδραζόμενο στην αριστερή του πλευρά με τη βοήθεια ενός υποστηρίγματος διογκωμένης πολυστερίνης (φελιζόλ) στην αριστερή παρειά του προσώπου.


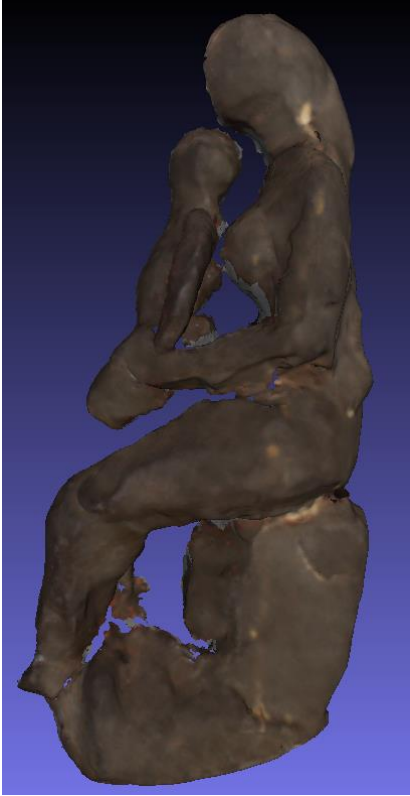
Επιμέρους σάρωση Γ.	Παράμετροι και πληροφορίες
	<p><u><i>SURFACE /ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ</i></u></p> <p>VOLUMESIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΥΒΟΥ: 160mm²</p> <p>RESOLUTION/ΑΝΑΛΥΣΗ: 0,31mm</p> <p><u><i>Εφαρμογή φίλτρων :</i></u></p> <p>FILL HOLES/ΣΦΡΑΓΙΣΗ ΜΙΚΡΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΟΠΩΝ</p> <p>REMOVE ISOLATED PATCHES/ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΑΠΙΜΟΝΩΜΕΝΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ</p> <p>ZSCAN</p>
	<p><u><i>FACET/ ΟΨΕΙΣ</i></u></p> <p>TRIANGLES/ΤΡΙΓΩΝΑ: 698251</p> <p>VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ : 377233</p> <p>ZSCAN</p>


	<p><u>TEXTURE /ΥΦΗ</u></p> <p>RESOLUTION /ΑΝΑΛΥΣΗ: 250,00 dpi</p> <p>SIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ: 8192x8192</p> <p>PROJECTION/ΠΡΟΒΟΛΗ : ΚΥΒΙΚΗ</p> <p><u>Εφαρμογή:</u> ΟPTIMIZETEXTURE/ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΦΗΣ</p> <p>ZSCAN</p>
	<p><u>ΠΡΟΒΟΛΗ ΤΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ ΤΗΣ ΥΦΗΣ</u></p> <p>ZSCAN</p>

	<p>ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΠΕΡΙΤΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΚΑΙ ΘΟΡΥΒΟΥ</p> <p>ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΙΛΤΡΩΝ:</p> <p>REMOVE DUPLICATE FACES (Αφαίρεση διπλών όψεων)</p> <p>REMOVE DUPLICATE VERTEX/ (Αφαίρεση διπλών κορυφών)</p> <p>REMOVE ZERO AREA FACES/ (Αφαίρεση όψεων μηδενικής επιφάνειας)</p> <p>REMOVE UNREFERENCED VERTEX/(Αφαίρεση κορυφών χωρίς αναφορά)</p> <p>DELETE SELF INTERSECTING FACES/(Αφαίρεση αυτοτεμνόμενων όψεων)</p> <p>DELETE NON MANIFOLD EDGES/ (Αφαίρεση μη πολλαπλών ακμών)</p> <p>DELETE NON MANIFOLD VERTICES/ (Αφαίρεση μη πολλαπλών κορυφών)</p> <p>MESHLAB</p>
	<p>ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΙΛΤΡΩΝ :</p> <p>TRANSFER COLOR : TEXTURE TO VERTEX ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΥΦΗΣ ΣΤΟ ΠΛΕΓΜΑ</p> <p>MESHLAB</p>

Η σάρωση Δ κατέγραψε κυρίως την αριστερή όψη του αντικειμένου και τμήματα της οπίσθιας και εμπρόσθιας όψης του. Το αντικείμενο είχε τοποθετηθεί οριζόντια, εδραζόμενο στη δεξιά του πλευρά με τη βοήθεια ενός υποστηρίγματος διογκωμένης πολυστερίνης (φελιζόλ) στη δεξιά παρειά του προσώπου.

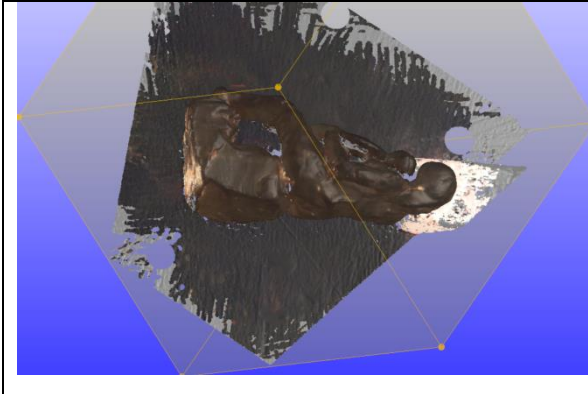
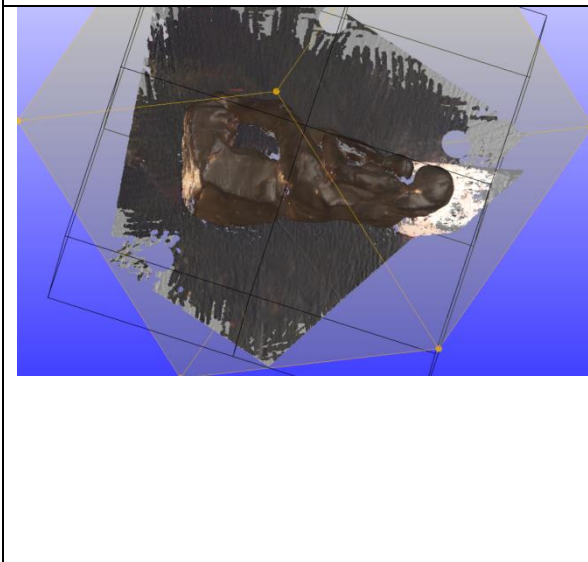
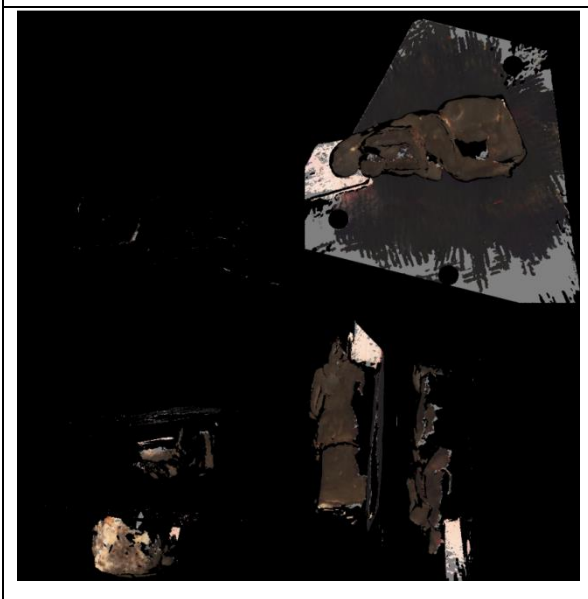
Επιμέρους σάρωση Δ.	Παράμετροι και πληροφορίες
	<p><u>SURFACE /ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ</u></p> <p>VOLUMESIZE / ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΥΒΟΥ: 160mm²</p> <p>RESOLUTION/ΑΝΑΛΥΣΗ: 0,31mm</p> <p><u>Εφαρμογή φίλτρων :</u></p> <p>FILL HOLES/ΣΦΡΑΓΙΣΗ ΜΙΚΡΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΟΠΩΝ REMOVE ISOLATED PATCHES/ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΑΠΙΜΟΝΩΜΕΝΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ZSCAN</p>
	<p><u>FACET/ ΟΨΕΙΣ</u></p> <p>TRIANGLES/ΤΡΙΓΩΝΑ: 620117</p> <p>VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ : 335940</p> <p>ZSCAN</p>
	<p><u>TEXTURE /ΥΦΗ</u></p> <p>RESOLUTION /ΑΝΑΛΥΣΗ: 250,00 dpi</p> <p>SIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ: 8192x8192</p> <p>PROJECTION/ΠΡΟΒΟΛΗ : ΚΥΒΙΚΗ</p> <p><u>Εφαρμογή:</u></p> <p>OPTIMIZE TEXTURE/ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΥΦΗΣ</p>


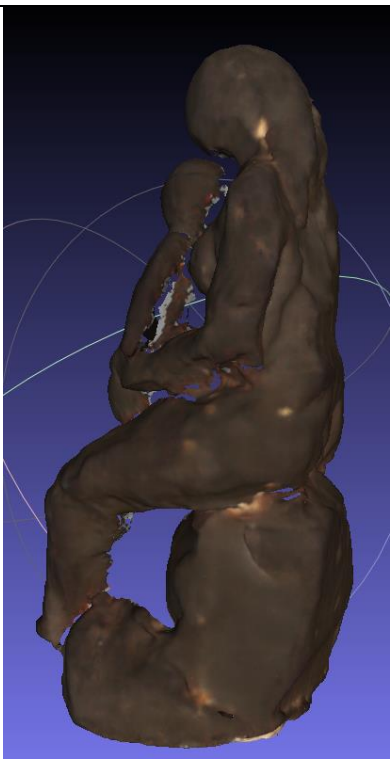
	ZSCAN
	<p><u>ΠΡΟΒΟΛΗ ΤΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ ΤΗΣ ΥΦΗΣ</u></p> <p>ZSCAN</p>
	<p>ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΠΕΡΙΤΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΚΑΙ ΘΟΡΥΒΟΥ</p> <p>ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΙΛΤΡΩΝ:</p> <p>REMOVE DUPLICATE FACES (Αφαίρεση διπλών όψεων)</p> <p>REMOVE DUPLICATE VERTEX/ (Αφαίρεση διπλών κορυφών)</p> <p>REMOVE ZERO AREA FACES/ (Αφαίρεση όψεων μηδενικής επιφάνειας)</p> <p>REMOVE UNREFERENCED VERTEX/ (Αφαίρεση κορυφών χωρίς αναφορά)</p> <p>DELETE SELF INTERSECTING FACES/ (Αφαίρεση αυτοτεμνόμενων όψεων)</p> <p>DELETE NON MANIFOLD EDGES/ (Αφαίρεση μη πολλαπλών ακμών)</p> <p>DELETE NON MANIFOLD VERTICES/ (Αφαίρεση μη πολλαπλών κορυφών)</p> <p>MESHLAB</p>

	<p>ΕΦΑΡΜΟΓΗΦΙΛΤΡΩΝ :</p> <p>TRANSEER COLOR : TEXTURE TO VERTEX</p> <p>ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΥΦΗΣ ΣΤΟ ΠΛΕΓΜΑ</p> <p>MESHLAB</p>
--	--

Η σάρωση E κατέγραψε κυρίως την αριστερή όψη του αντικειμένου και τμήματα της οπίσθιας και εμπρόσθιας όψης του. Το αντικείμενο είχε τοποθετηθεί οριζόντια, εδραζόμενο στη δεξιά του πλευρά με τη βοήθεια ενός υποστηρίγματος διογκωμένης πολυστερίνης (φελιζόλ) στη δεξιά παρειά του προσώπου.

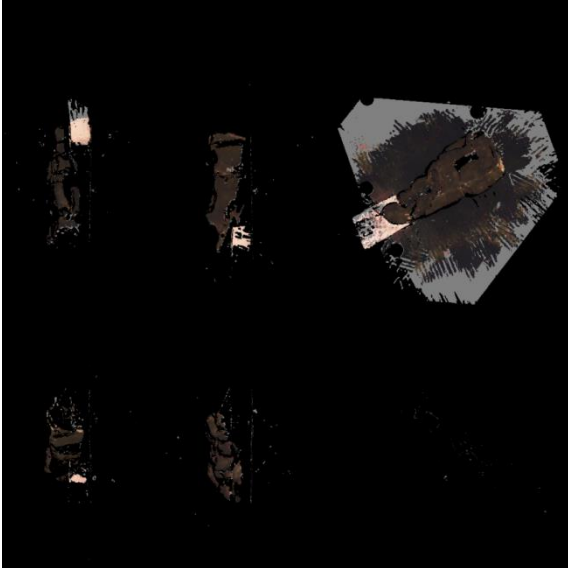

Επιμέρους σάρωση E.	Παράμετροι και πληροφορίες
	<p><u>SURFACE /ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ</u></p> <p>VOLUME SIZE/ ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΥΒΟΥ: 160mm²</p> <p>RESOLUTION/ΑΝΑΛΥΣΗ: 0,31mm <u>Εφαρμογή φίλτρων :</u></p> <p>FILL HOLES/ΣΦΡΑΓΙΣΗ ΜΙΚΡΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΟΠΩΝ REMOVE ISOLATED PATCHES/ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΑΠΟΜΟΝΩΜΕΝΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ</p> <p>ZSCAN</p>


	<p><u>FACET/ ΟΨΕΙΣ</u></p> <p>TRIANGLES/ΤΡΙΓΩΝΑ: 587806</p> <p>VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ : 322173</p> <p>ZSCAN</p>
	<p><u>TEXTURE /ΥΦΗ</u></p> <p>RESOLUTION /ΑΝΑΛΥΣΗ: 250,00 dpi</p> <p>SIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ: 8192x8192</p> <p>PROJECTION/ΠΡΟΒΟΛΗ : ΚΥΒΙΚΗ</p> <p><u>Εφαρμογή:</u></p> <p>ΟΡΤΙΜΙΖΕΤΕΧΤURE/ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΦΗΣ</p> <p>ZSCAN</p>
	<p><u>ΠΡΟΒΟΛΗ ΤΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ ΤΗΣ ΥΦΗΣ</u></p> <p>ZSCAN</p>

	<p>ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΠΕΡΙΤΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΚΑΙ ΘΟΥΒΟΥ</p> <p>ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΙΛΤΡΩΝ:</p> <p>REMOVE DUPLICATE FACES (Αφαίρεση διπλών όψεων)</p> <p>REMOVE DUPLICATE VERTEX/ (Αφαίρεση διπλών κορυφών)</p> <p>REMOVE ZERO AREA FACES/ (Αφαίρεση όψεων μηδενικής επιφάνειας)</p> <p>REMOVE UNREFERENCED VERTEX/(Αφαίρεση κορυφών χωρίς αναφορά)</p> <p>DELETE SELF INTERSECTING FACES/(Αφαίρεση αυτοτεμνόμενων όψεων)</p> <p>DELETE NON MANIFOLD EDGES/ (Αφαίρεση μη πολλαπλών ακμών)</p> <p>DELETE NON MANIFOLD VERTICES/ (Αφαίρεση μη πολλαπλών κορυφών)</p> <p>MESHLAB</p>
	<p>ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΙΛΤΡΩΝ :</p> <p>TRANSFER COLOR : TEXTURE TO VERTEX ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΥΦΗΣ ΣΤΟ ΠΛΕΓΜΑ</p> <p>MESHLAB</p>

Η σάρωση ΣΤ κατέγραψε κυρίως την αριστερή όψη του αντικειμένου και τμήματα της οπίσθιας και εμπρόσθιας όψης του. Το αντικείμενο είχε τοποθετηθεί οριζόντια, εδραζόμενο στη δεξιά του πλευρά με τη βοήθεια ενός υποστηρίγματος διογκωμένης πολυστερίνης (φελιζόλ) στη δεξιά παρειά του προσώπου.

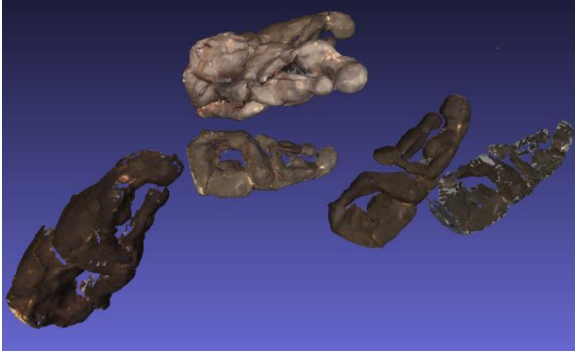
Επιμέρους σάρωση ΣΤ.	Παράμετροι και πληροφορίες
	<p><u><i>SURFACE /ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ</i></u></p> <p>VOLUME SIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΥΒΟΥ: 160mm²</p> <p>RESOLUTION/ΑΝΑΛΥΣΗ: 0,31mm</p> <p><u><i>Εφαρμογή φίλτρων :</i></u></p> <p>FILL HOLES/ΣΦΡΑΓΙΣΗ ΜΙΚΡΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΟΠΩΝ</p> <p>REMOVE ISOLATED PATCHES/ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΑΠΟΜΟΝΩΜΕΝΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ</p> <p>ZSCAN</p>
	<p><u><i>FACET/ ΟΨΕΙΣ</i></u></p> <p>TRIANGLES/ΤΡΙΓΩΝΑ: 582603</p> <p>VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ : 309105</p> <p>ZSCAN</p>
	<p><u><i>TEXTURE /ΥΦΗ</i></u></p> <p>RESOLUTION /ΑΝΑΛΥΣΗ: 250,00 dpi</p> <p>SIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ: 8192x8192</p> <p>PROJECTION/ΠΡΟΒΟΛΗ : ΚΥΒΙΚΗ <u><i>Εφαρμογή:</i></u></p> <p>OPTIMIZE TEXTURE/ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΥΦΗΣ</p> <p>ZSCAN</p>

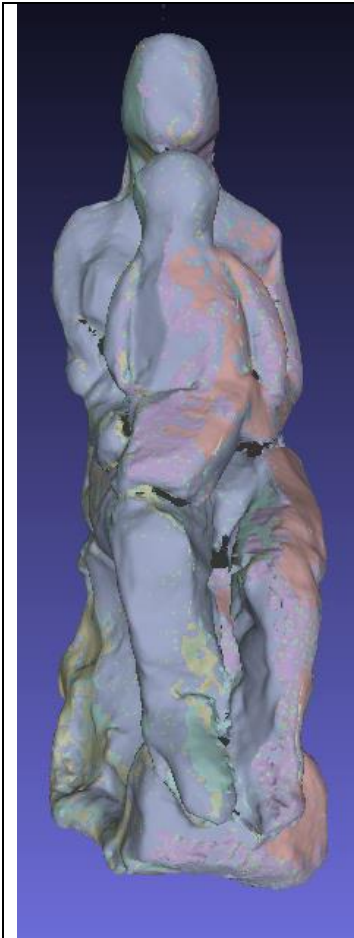
	<p><u>ΠΡΟΒΟΛΗ ΤΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ ΤΗΣ ΥΦΗΣ</u></p> <p>ZSCAN</p>
	<p>ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΠΕΡΙΤΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΚΑΙ ΘΟΡΥΒΟΥ</p> <p>ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΙΛΤΡΩΝ:</p> <p>REMOVE DUPLICATE FACES (Αφαίρεση διπλών όψεων)</p> <p>REMOVE DUPLICATE VERTEX/ (Αφαίρεση διπλών κορυφών)</p> <p>REMOVE ZERO AREA FACES/ (Αφαίρεση όψεων μηδενικής επιφάνειας)</p> <p>REMOVE UNREFERENCED VERTEX (Αφαίρεση κορυφών χωρίς αναφορά)</p> <p>DELETE SELF INTERSECTING FACES/ (Αφαίρεση αυτοτεμνόμενων όψεων)</p> <p>DELETE NON MANIFOLD EDGES/ (Αφαίρεση μη πολλαπλών ακμών)</p> <p>DELETE NON MANIFOLD VERTICES/ (Αφαίρεση μη πολλαπλών κορυφών)</p> <p>MESHLAB</p>

	<p>ΕΦΑΡΜΟΓΗΦΙΛΤΡΩΝ :</p> <p>TRANSER COLOR : TEXTURE TO VERTEX</p> <p>ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΥΦΗΣ ΣΤΟ ΠΛΕΓΜΑ</p> <p>MESHLAB</p>
--	---

Οι περιοχές με γκρι χρώματος δεν έχουν καταγραφεί ικανοποιητικά με αποτέλεσμα η απόδοση των λεπτομερειών της γεωμετρίας της επιφάνειας και κυρίως της υφής-χρώματος να είναι ελλιπής και λανθασμένη. Οι αστοχίες εντοπίζονται στα όρια περάτωσης της σάρωσης και στα δύσκολα προσβάσιμα σημεία (κοιλότητες, κυρτότητες, καμπύλες) όπως το στήθος και οι “εσωτερικές” περιοχές της σύνθεσης, όπως ανάμεσα στα πόδια και στο κάθισμα και ανάμεσα στο βρέφος και τη μητέρα.

Η διαδικασία συνένωσης επιμέρους σαρώσεων - βελτιστοποίηση της επιφάνειας.

	<p>MESHLAB</p> <p>ALIGNMENT/ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗ ΤΜΗΜΑΤΩΝ Α,Β,Γ,Δ,Ε,ΣΤ</p>
---	--

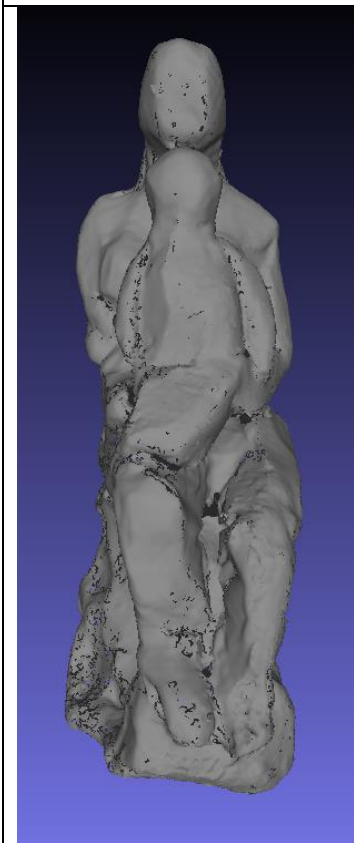


MESHLAB

ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΤΜΗΜΑΤΩΝ(GLUEING)

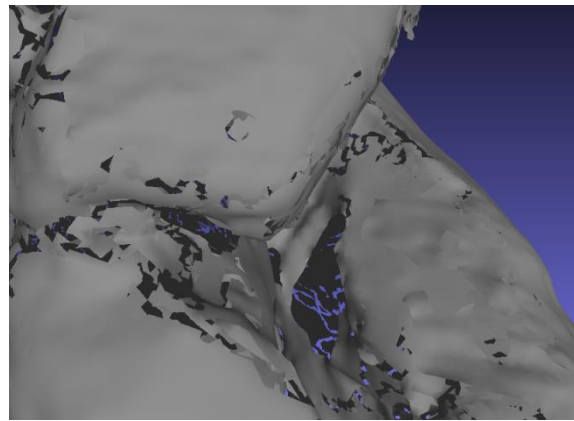
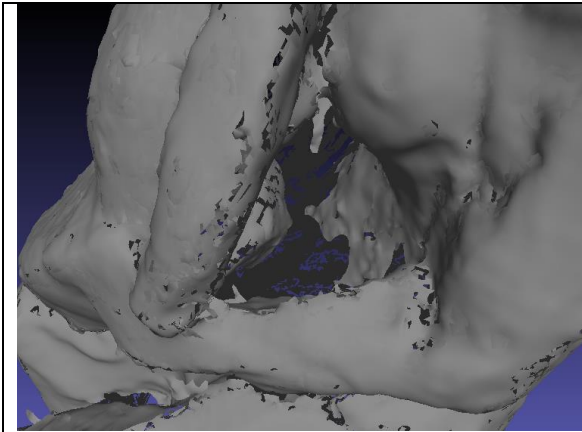
ΕΝΟΠΟΙΗΣΗ ΣΕ ΕΝΑ

ΜΟΝΤΕΛΟ(FLATTEN VISIBLE LAYERS)



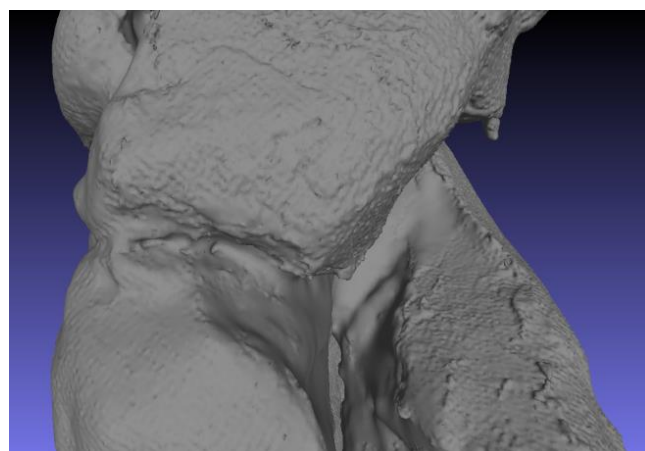
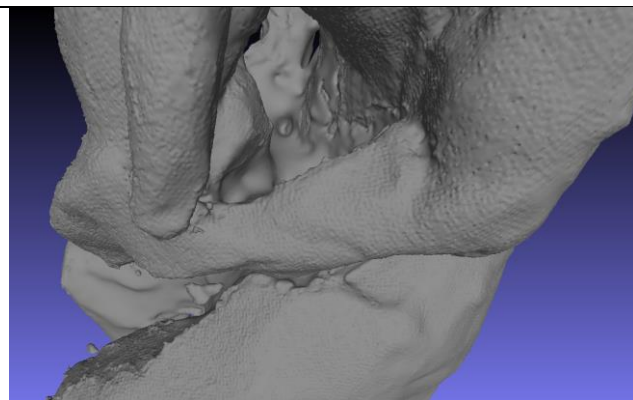
ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΟΥ ΠΡΟΚΥΠΤΕΙ ΑΠΟ
ΤΗΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ

ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΤΗΣ ΒΑΣΗΣ



ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΠΟΥ ΔΕΝ ΑΠΟΔΙΔΟΝΤΑΙ
ΟΡΘΑ.

ΟΠΕΣ,ΣΧΙΣΜΕΣ ΚΑΙ ΑΣΥΝΕΧΕΙΕΣ



ΟΙ ΙΔΙΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΦΙΛΤΡΟΥ:

SCREENED POISSON SURFACE
RECONSTRUCTION

Reconstruction depth : 11

Adactive Octree Depth :9



ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ
ΤΟ ΤΕΛΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

FACES/ΟΨΕΙΣ: 3571296

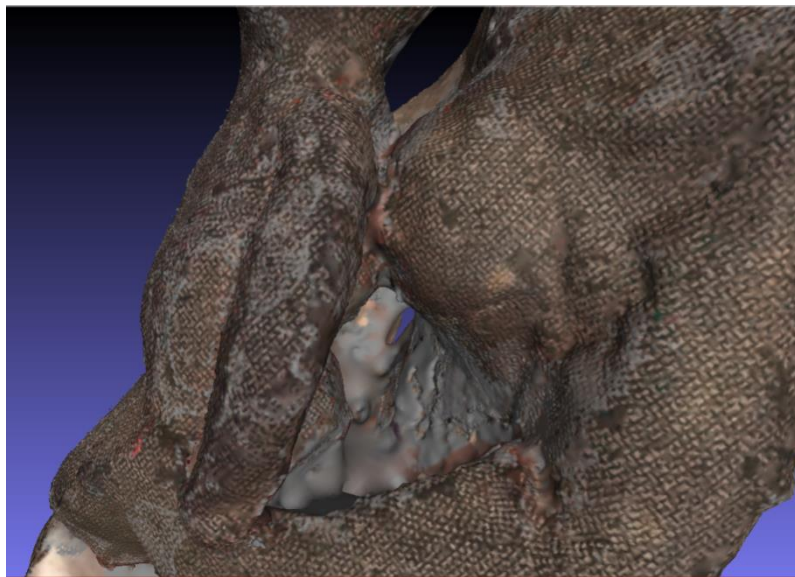
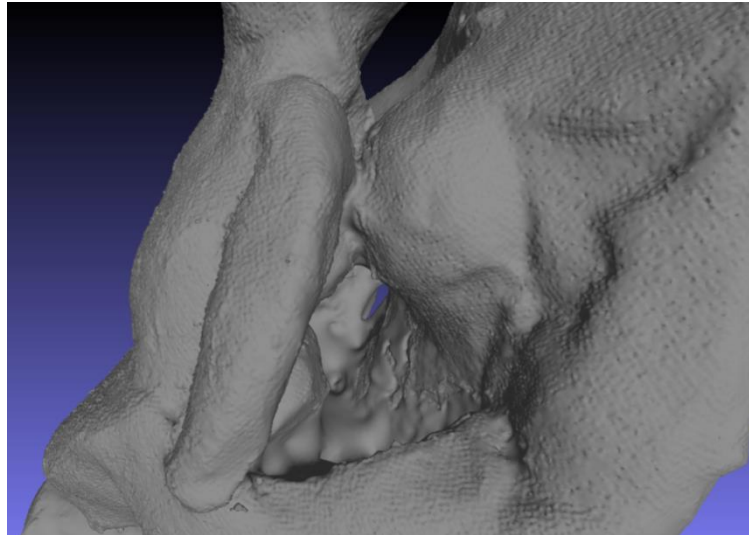
VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ : 1785818

Οι σχισμές και οι οπές που εμφανίζονται στο τρισδιάστατο πλέγμα και δεν υπάρχουν στο πραγματικό αντικείμενο διορθώθηκαν με την εφαρμογή του φίλτρου *ScreenedPoissonSurfaceReconstruction*, το οποίο ανακατασκευάζει την επιφάνεια με την χρήση προσανατολισμένων συνόλων σημείων δημιουργώντας στεγανές επιφάνειες. Ιδιαίτερα η περιοχή ανάμεσα στον κορμό της μητέρας και του μωρού παρουσίαζε μεγάλη δυσκολία καταγραφής με αποτέλεσμα κάποια τμήματα της επιφάνειας να απουσιάζουν από το τελικό μοντέλο. Οι περιοχές αυτές συμπληρώθηκαν με τη χρήση του φίλτρου με ικανοποιητική απόδοση της πραγματικότητας. Μετά από δοκιμές διαφορετικών συνδυασμών τιμών των παραμέτρων, και δεδομένων των ορίων της υπολογιστικής ισχύς των ηλεκτρονικών υπολογιστών μας, καταλήξαμε ότι ο συνδυασμός *surfacer reconstruction depth 11* και *adaptive octree depth 9* αποδίδει τα βέλτιστα αποτελέσματα.

Στο τελικό μοντέλο η διόρθωση των σχισμών, των οπών και η απόδοση των λεπτομερειών της επιφάνειας είναι ικανοποιητική μέσω της οπτικής εξέτασης ενώ η απόδοση της υφής παρουσιάζει αρκετά προβλήματα. Τα σημεία γκρι χρώματος (δεν ανταποκρίνονται στην πραγματική υφή του αντικείμενου) είναι πολυάριθμα και δεν εντοπίζονται μόνο στις δύσκολες περιοχές, κάτι το οποίο θα ήταν δικαιολογημένο. Οι πλέον δύσμορφες περιοχές είναι αυτές που η οι σαρώσεις αλληλεπικαλύπτονται σε μεγάλο βαθμό και συμπίπτουν τα δύο ή και τα τρία τρισδιάστατα πλέγματα.

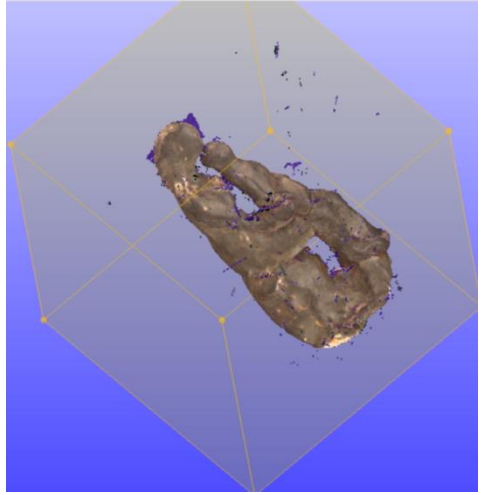
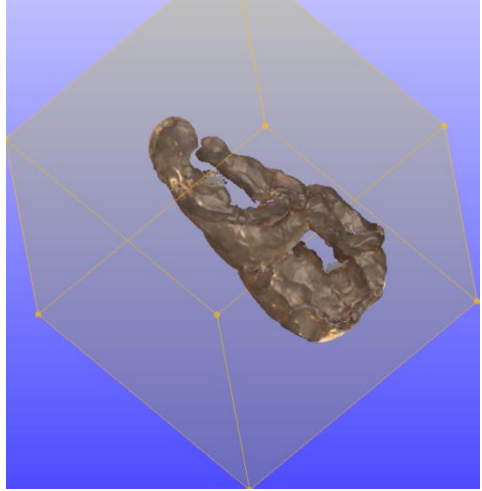
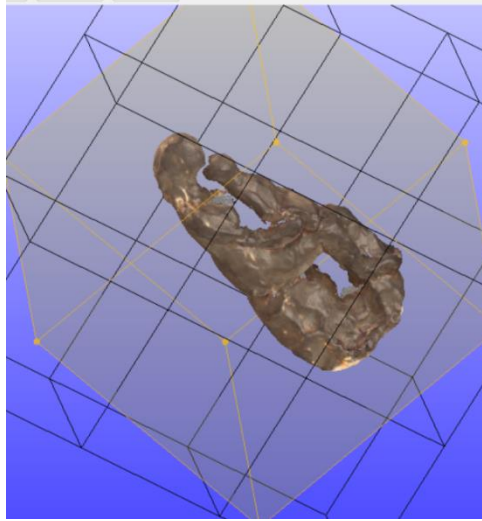
Η πολυπλοκότητα της επιφάνειας του αντικείμενου και η πολυεπίπεδη γλυπτική σύνθεση έχουν ως αποτέλεσμα τη συμπλήρωση των οπών και σχισμών που υπάρχουν στο πραγματικό αντικείμενο και τη δημιουργία μη συνθετικών επιφανειών, η εφαρμογή του φίλτρου δεν επιτρέπει την χρήση του σε επιλεγμένες περιοχές του αντικείμενου.

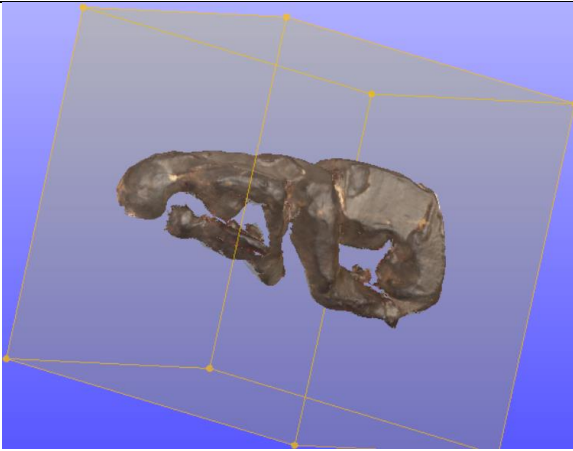
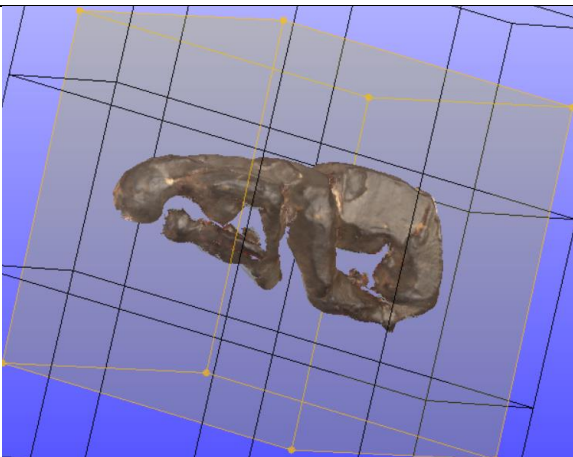
Οι επιφάνειες που εμφανίζονται ανάμεσα στα πόδια, ανάμεσα στην πλάτη του βρέφους και τους στήθους της μητέρας δεν υπάρχουν στο πραγματικό αντικείμενο. Με την χρήση του φίλτρου *screend poisson*. Μπορεί το χρώμα να έγινε πιο ομοιόμορφο, γιατί στο συγκεκριμένο αντικείμενο υπήρχαν πολλές επιμέρους σαρώσεις με διαφορετική τονικότητα χρώματος, αλλά η υφή της επιφάνειας αλλοιώνεται σημαντικά.

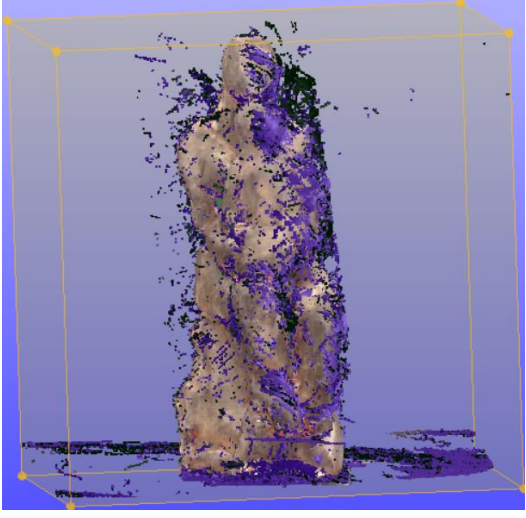
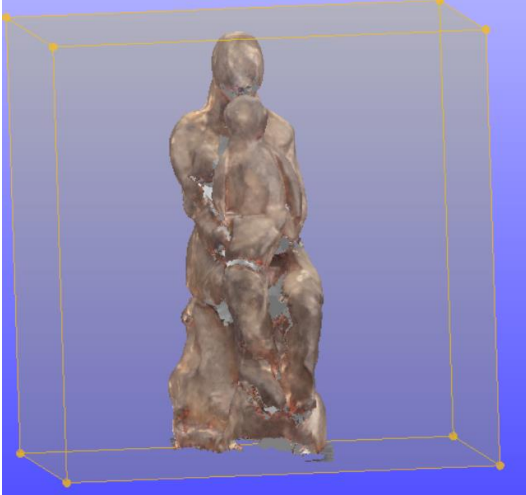
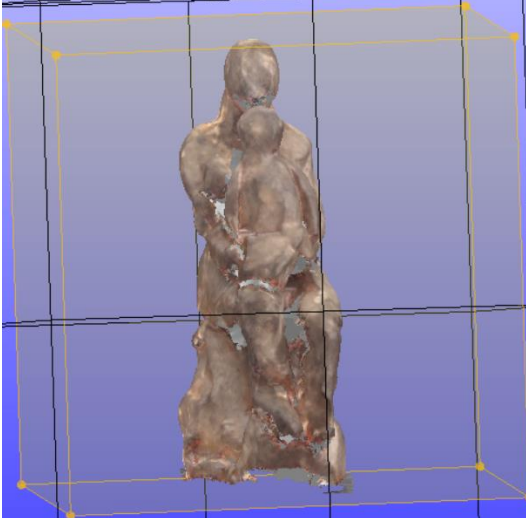


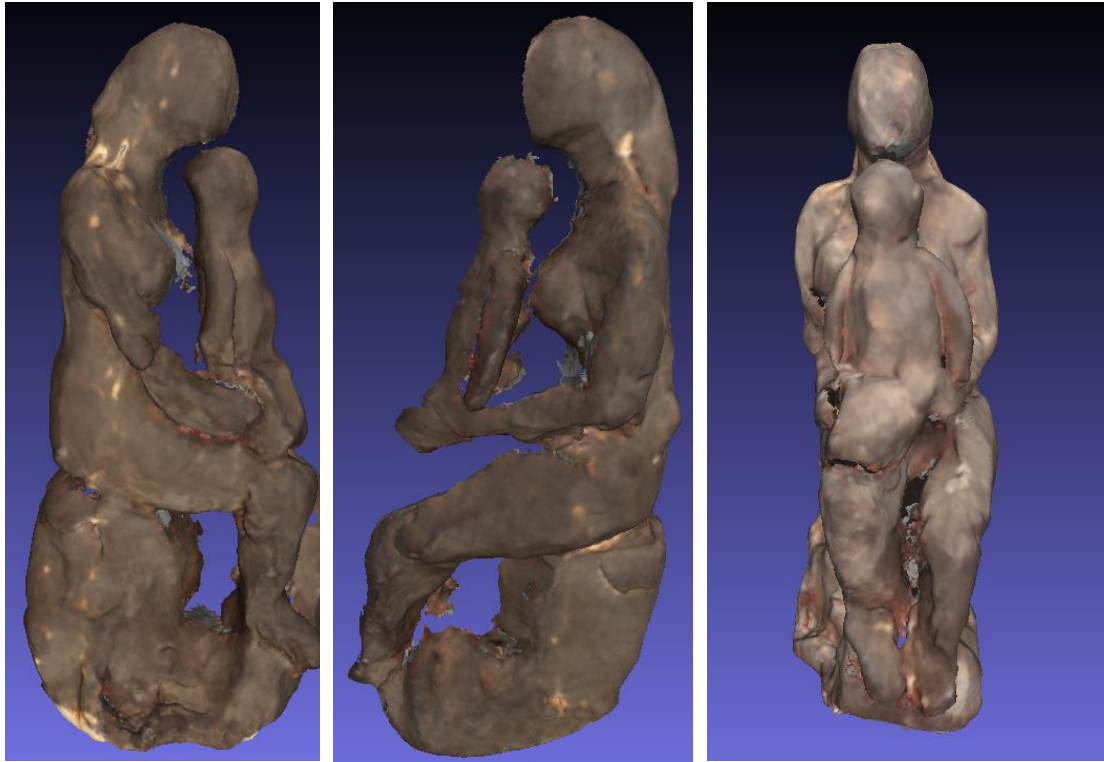
Παρατηρούμε επίσης ότι κάθε σάρωση έχει καταγράψει πληρέστερα και ορθότερα την κύρια όψη, όπως είναι αναμενόμενο. Για να αντιμετωπίσουμε τα παραπάνω προβλήματα, επιλέξαμε πριν τη συνένωση να διατηρήσουμε τα ποιοτικότερα τμήματα κάθε επιμέρους σάρωσης, ώστε το ποσοστό κοινών επιφανειών να ελαττωθεί και να απομακρύνουμε τις γκρι επιφάνειες κυρίως όπου οι ίδιες περιοχές αποδίδονται ορθά σε άλλη σάρωση.

Στο πλαίσιο της προσπάθειας βελτίωσης της ποιότητας των επιμέρους σαρώσεων επανήλθαμε στο αρχικό στάδιο επεξεργασίας των πρωτογενών δεδομένων λήψης στο λογισμικό *Zscan* και επαναλάβαμε τη διαδικασία μεταβάλλοντας κάποιες παραμέτρους. Μειώσαμε τον όγκο του κύβου προσαρμογής στο ελάχιστο δυνατό, ώστε να αυξήσουμε την ανάλυση και επίσης εφαρμόσαμε με υψηλότερη ένταση την απομάκρυνση των περιττών σημείων και τη συμπλήρωση των οπών, όπως παρουσιάζεται στη συνέχεια.

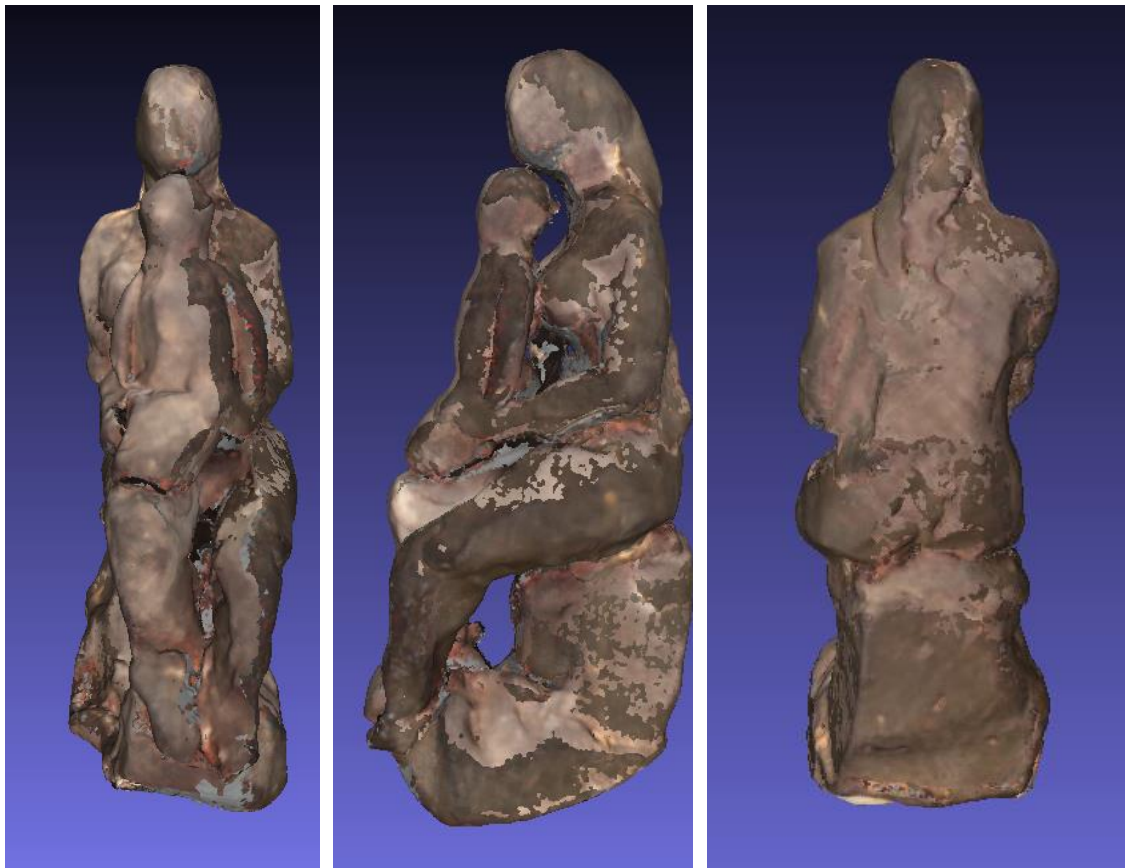
Επιμέρους σάρωση Α	Παράμετροι και πληροφορίες
	<p><u><i>SURFACE /ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ</i></u></p> <p>VOLUMESIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΥΒΟΥ: 135 mm²</p> <p>RESOLUTION/ΑΝΑΛΥΣΗ: 0,26 mm</p> <p><u><i>Εφαρμογή φίτρων :</i></u></p> <p>FILL HOLES/ΣΦΡΑΓΙΣΗ ΜΙΚΡΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΟΠΩΝ</p> <p>REMOVE ISOLATED PATCHES/ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΑΠΜΟΝΩΜΕΝΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ</p> <p>ZSCAN</p>
	<p><u><i>FACET/ ΟΨΕΙΣ</i></u></p> <p>TRIANGLES/ΤΡΙΓΩΝΑ: 373468</p> <p>VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ : 200265</p> <p>ZSCAN</p>
	<p><u><i>TEXTURE /ΥΦΗ</i></u></p> <p>RESOLUTION /ΑΝΑΛΥΣΗ: 250,00 dpi</p> <p>SIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ: 8192x8192</p> <p>PROJECTION/ΠΡΟΒΟΛΗ : ΚΥΒΙΚΗ</p> <p><u><i>Εφαρμογή:</i></u></p> <p>OPTIMIZETEXTURE/ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΥΦΗΣ</p> <p>ZSCAN</p>

Επιμέρους σάρωση Β	Παράμετροι και πληροφορίες
	<p><u><i>SURFACE /ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ</i></u></p> <p>VOLUMESIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΥΒΟΥ: 132 mm²</p> <p>RESOLUTION/ΑΝΑΛΥΣΗ: 0,26 mm</p> <p><u><i>Εφαρμογή φίτρων :</i></u></p> <p>FILL HOLES/ΣΦΡΑΓΙΣΗ ΜΙΚΡΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΟΠΩΝ</p> <p>REMOVE ISOLATED PATCHES/ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΑΠΜΟΝΩΜΕΝΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ</p> <p>ZSCAN</p>
	<p><u><i>FACET/ ΟΨΕΙΣ</i></u></p> <p>TRIANGLES/ΤΡΙΓΩΝΑ: 344643</p> <p>VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ : 192635</p> <p>ZSCAN</p>
	<p><u><i>TEXTURE /ΥΦΗ</i></u></p> <p>RESOLUTION /ΑΝΑΛΥΣΗ: 250,00 dpi</p> <p>SIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ: 8192x8192</p> <p>PROJECTION/ΠΡΟΒΟΛΗ : ΚΥΒΙΚΗ</p> <p><u><i>Εφαρμογή:</i></u></p> <p>OPTIMIZETEXTURE/ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΥΦΗΣ</p> <p>ZSCAN</p>

Επιμέρους σάρωση Γ	Παράμετροι και πληροφορίες
	<p><u><i>SURFACE /ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ</i></u></p> <p>VOLUMESIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΥΒΟΥ: 132 mm²</p> <p>RESOLUTION/ΑΝΑΛΥΣΗ: 0,26 mm</p> <p><u><i>Εφαρμογή φίλτρων :</i></u></p> <p>FILL HOLES/ΣΦΡΑΓΙΣΗ ΜΙΚΡΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΟΠΩΝ</p> <p>REMOVE ISOLATED PATCHES/ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΑΠΜΟΝΩΜΕΝΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ</p> <p>ZSCAN</p>
	<p><u><i>FACET/ ΟΨΕΙΣ</i></u></p> <p>TRIANGLES/ΤΡΙΓΩΝΑ: 519241</p> <p>VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ : 430351</p> <p>ZSCAN</p>
	<p><u><i>TEXTURE /ΥΦΗ</i></u></p> <p>RESOLUTION /ΑΝΑΛΥΣΗ: 250,00 dpi</p> <p>SIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ: 8192x8192</p> <p>PROJECTION/ΠΡΟΒΟΛΗ : ΚΥΒΙΚΗ</p> <p><u><i>Εφαρμογή:</i></u></p> <p>OPTIMIZETEXTURE/ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΥΦΗΣ</p> <p>ZSCAN</p>



Εικ. 184: Τα επιλεγμένα τμήματα των επιμέρους σαρώσεων.



Εικ. 185: Το τελικό μοντέλο.

FACES/ΟΨΕΙΣ: 1311182

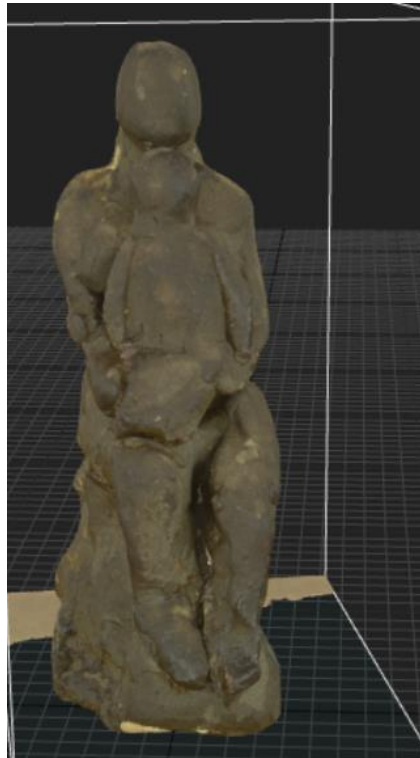
VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ : 763541

Το τελικό μοντέλο παρουσιάζει σαφή βελτίωση ως προς την απόδοση της υφής, του χρώματος, αλλά και της απόδοσης της επιφάνειας. Επίσης παρατηρούμε ότι η απόδοση των λεπτομερειών της επιφάνειας είναι ικανοποιητική ωστόσο, υπάρχουν τμήματά της που η καταγραφή του ήταν ελλιπής ή πολύ χαμηλής ποιότητας, εξαιτίας της αντικειμενικής δυσκολίας σάρωσής τους, που προκύπτει από την πολυεπίπεδη και σύνθετη μορφολογία του γλυπτού καθώς και του μικρού μεγέθους του. Οι περιοχές αυτές εντοπίζονται στο “εσωτερικό” τμήμα του , δηλαδή ανάμεσα στα σώματα της μητέρας και του μωρού. Η δοκιμή της εφαρμογής του φίλτρου *screend roisson*, όπως και στο προηγούμενο τελικό μοντέλο, από τη μία πλευρά συμπλήρωσε προσεγγιστικά τις απύσες περιοχές της επιφάνειας, αλλά ταυτόχρονα αναιρούσε την βελτίωση της απόδοσης της φωτο-υφής. Γι’ αυτούς τους λόγους απορρίφθηκε η εφαρμογή του.

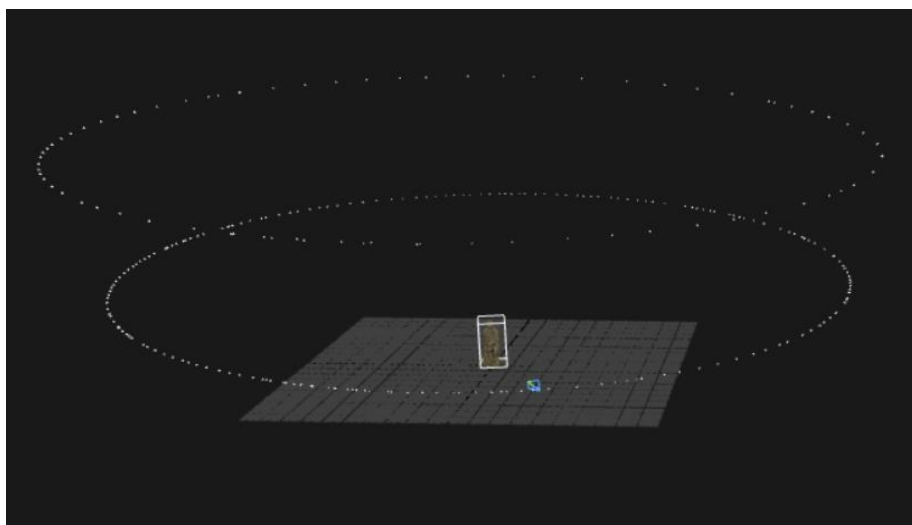
Ο χρόνος που απαιτήθηκε για την επεξεργασία των δεδομένων ξεπέρασε τις 52 ώρες. Τα αρχεία τύπου .ply των σαρώσεων και των μοντέλων που δημιουργήθηκαν κατά την διαδικασία δοκιμών είναι αρκετές δεκάδες. Αποθηκεύτηκαν ώστε να διατηρηθεί το ιστορικό των αποτελεσμάτων των δοκιμών και να υπάρχει η δυνατότητα να ανατρέξουμε σε αυτά μελλοντικά.

5.4.2 Φωτογραμμετρία (πρόπλασμα από πλαστελίνη 321)

Τα αποτελέσματα της επεξεργασίας στο σχετικό με τη φωτογραμμετρική ανασυγκρότηση λογισμικό *REALITY CAPTURE* μετά την ολοκλήρωσή τους, σε εικόνες και η αναφορά.



Εικ. 186: Το τρισδιάστατο μοντέλο πριν εξαχθεί από το λογισμικό φωτογραμμετρικής ανασυγκρότησης.



Εικ. 187: Οι τρεις ζώνες λήψης των φωτογραφιών.

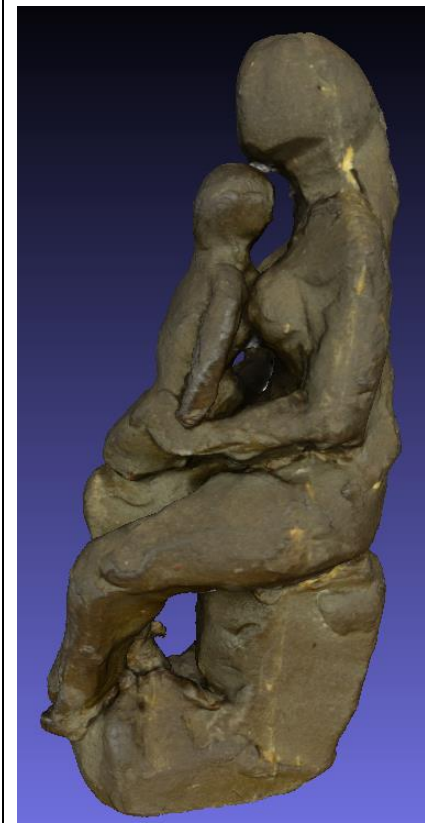
Η ανάλυση του παραγόμενου από την φωτογραμμετρία μοντέλου είναι περίπου 0,35mm. Χρησιμοποιήθηκε το σύνολο των φωτογραφιών κατά τη διαδικασία επεξεργασίας των δεδομένων. Στο συγκεκριμένο πρόπλασμα δεν απαιτήθηκε ο ορισμός των σημείων ταυτοποίησης. Η ευθυγράμμιση του συνόλου των φωτογραφιών δημιούργησε ένα μοναδιαίο άρτιο αραιό νέφος σημείων.

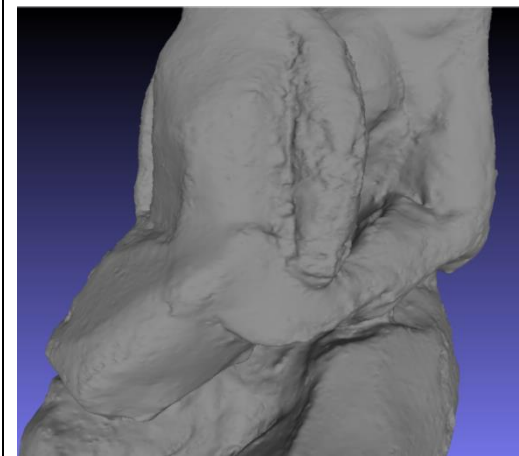
Ο χρόνος που απαιτήσε η επεξεργασία των δεδομένων ήταν περίπου 11 ώρες.

Αναφορά επεξεργασίας δεδομένων φωτογραμμετρίας	
Αντικείμενο	Γλυπτό πρόπλασμα πλαστελίνης
Πλήθος τριγώνων (όψεων)	1786582
Πλήθος κορυφών	893283
Επίπεδο ποιότητας	Normal (κανονικό)
Ανάλυση υφής	4096 x 4096
Χρησιμοποιηθείσες εικόνες/εισηγμένες εικόνες	455 / 455
Πλήθος σημείων νέφους σημείων	1570636
Πλήθος σημείων ελέγχου(αντιστοίχισης ή συζευγμένων σημείων)	0
Χρόνος υπολογισμού χαρτών βάθους	00h:57m:24s
Χρόνος εξαγωγής τρισδιάστατου πλέγματος	00h:09m:45s
Χρόνος μετεπεξεργασίας	00h:08m:40s
Χρόνος ενσωμάτωσης χρωματικής πληροφορίας	00h:02m:02s
Χρόνος ενσωμάτωσης υφής	00h:14m:50s
Συνολικός χρόνος επεξεργασίας	01h:32m:47s

ΜΕΤΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟ MESH LAB

	<p>ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΤΗΣ ΒΑΣΗΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΘΟΥΡΥΒΟΥ</p> <p>ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΙΛΤΡΩΝ:</p> <p>REMOVEDUPLICATEFACES (Αφαίρεση διπλών όψεων)</p> <p>REMOVEDUPLICATEVERTEX/ (Αφαίρεση διπλών κορυφών)</p> <p>REMOVEZEROAREAFACES/ (Αφαίρεση όψεων μηδενικής επιφάνειας)</p> <p>REMOVEUNREFERENCEDVERTEX (Αφαίρεση κορυφών χωρίς αναφορά)</p> <p>DELETE SELF INTERSECTING FACES/(Αφαίρεση αυτοτεμνόμενων όψεων)</p> <p>DELETE NON MANIFOLD EDGES/ (Αφαίρεση μη πολλαπλών ακμών)</p> <p>DELETE NON MANIFOLD VERTICES/ (Αφαίρεση μη πολλαπλών κορυφών)</p> <p>MESHLAB</p> <p>FACES/ΟΨΕΙΣ: 1780582</p> <p>VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ : 893283</p>
	<p>ΤΟ ΤΕΛΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ</p> <p>FACES/ΟΨΕΙΣ: 172280</p> <p>VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ : 861150</p>





Παρουσίαση των αποτελεσμάτων των δυο τεχνικών.

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ	ZSCAN	ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑ
		
		

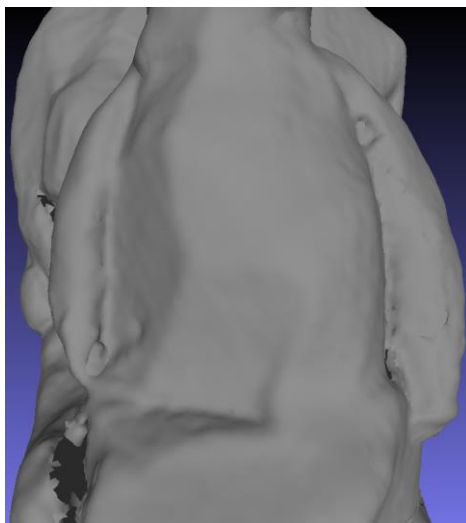


Το τρισδιάστατο μοντέλο που προκύπτει από τη φωτογραμμετρία αποδίδει καλύτερα τις λεπτομέρειες τις γεωμετρίας της επιφάνειας, την υφή και το χρώμα.

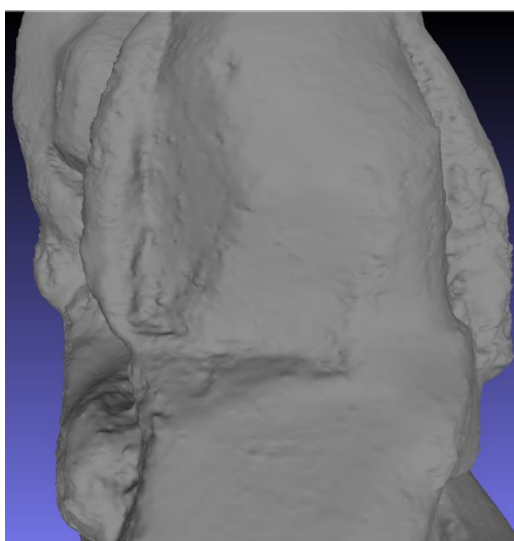
ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΩΝ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ



Εικ. 188: Λεπτομέρεια από φωτογραφία του αντικειμένου.



Εικ. 189: Λεπτομέρεια του τρισδιάστατου μοντέλου με σάρωση λέιζερ.

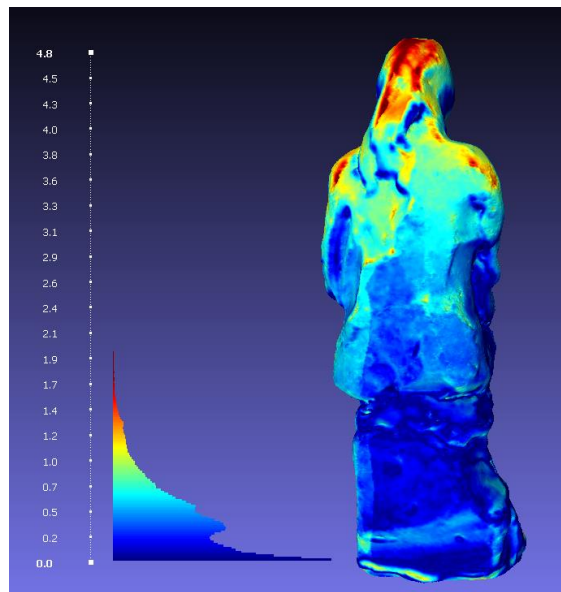


Εικ. 190: Λεπτομέρεια του τρισδιάστατου μοντέλου με φωτογραμμετρία

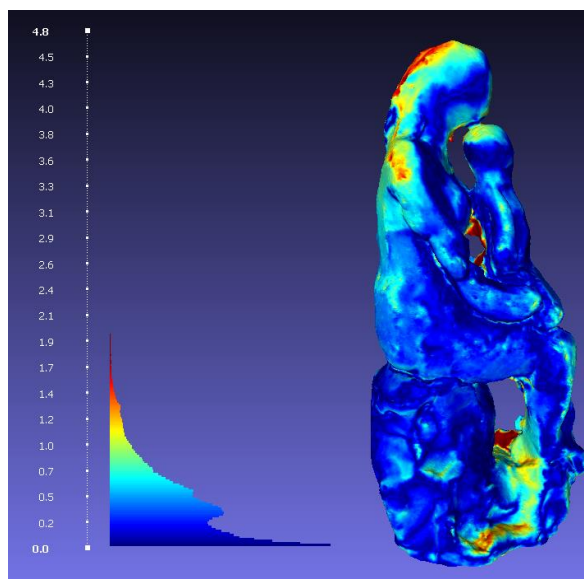
ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΤΩΝ ΔΥΟ ΤΕΧΝΙΚΩΝ

Στη συνέχεια συγκρίναμε τα τελικά από τις δύο τεχνικές παραγόμενα μοντέλα ώστε να διαπιστώσουμε την απόσταση μεταξύ των δύο τρισδιάστατων πλεγμάτων. Χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο *Hausdorff Distance*. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι αποστάσεις μεταξύ των δυο πλεγμάτων είναι πολύ μικρές (κατά μέσο όρο $< 0,55\text{mm}$). Τα σημεία που χρησιμοποιήθηκαν ως δείγμα είναι 861150. Το φωτογραμμετρικά παραγόμενο μοντέλο επιλέχτηκε ως βάση σύγκρισης επειδή το θεωρούμε ακριβέστερο.

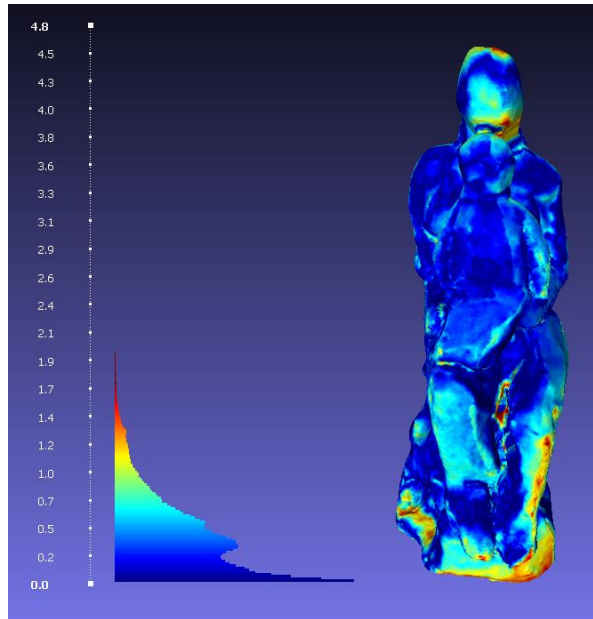
Στις εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζονται χρωματικά οι αποκλίσεις μεταξύ των δύο πλεγμάτων ανά κορυφή. Το μπλε αντιστοιχεί στην χαμηλότερη απόκλιση και το κόκκινο στην υψηλότερη.



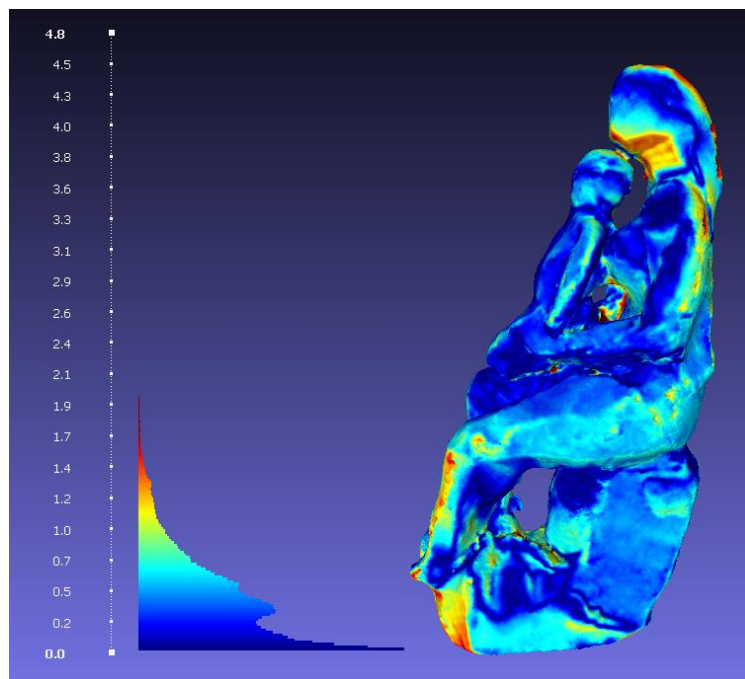
Εικ. 191: Οι αποκλίσεις μεταξύ των πλεγμάτων στην οπίσθια πλευρά του αντικειμένου.



Εικ. 192: Οι αποκλίσεις μεταξύ των πλεγμάτων στη δεξιά πλευρά του αντικειμένου.



Εικ. 193: Οι αποκλίσεις μεταξύ των πλεγμάτων στην εμπρόσθια πλευρά του αντικειμένου.



Εικ.194: Οι αποκλίσεις μεταξύ των πλεγμάτων στην αριστερή πλευρά του αντικειμένου.

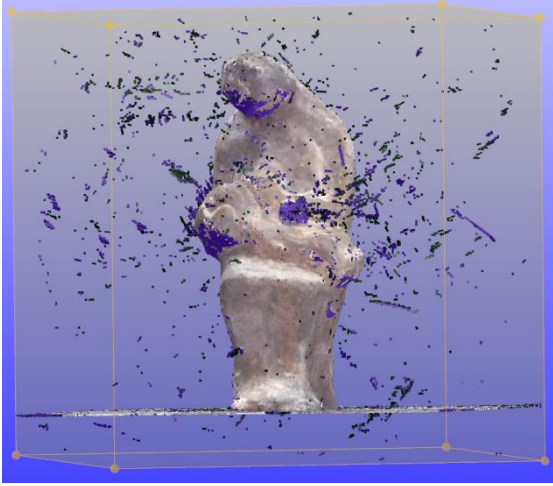

Παρατηρούμε ότι οι περιοχές με την υψηλότερη απόκλιση (κόκκινο χρώμα) είναι εξαιρετικά περιορισμένες και εντοπίζονται κυρίως στις περικλειστές περιοχές και ανάμεσα στα πόδια της μητέρας.

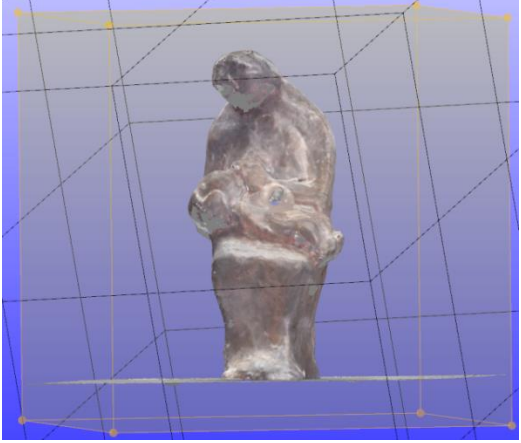


5.5.1 Παρουσίαση του μπρούτζινου προπλάσματος 256

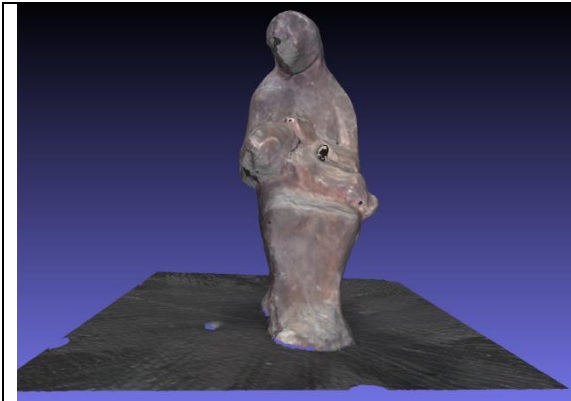
Η σάρωση του αντικειμένου συνίσταται σε τρεις επιμέρους σαρώσεις μερικώς αλληλεπικαλυπτόμενες. Για λόγους ευκολίας θα τις ονομάσουμε Α, Β και Γ.

Ακολουθεί μια αναλυτική παρουσίαση όλης της επεξεργασίας των πρωτογενών δεδομένων, αρχικά στο λογισμικό ZSCAN και στη συνέχεια στο λογισμικό MESHLAB, όπως και οι διαφορετικές προσεγγίσεις με σκοπό το βέλτιστο δυνατό αποτέλεσμα.

Η σάρωση Α κατέγραψε όλες τις όψεις του αντικειμένου εστιάζοντας κυρίως την οπίσθια και εμπρόσθια όψη.

Επιμέρους σάρωση Α.	Παράμετροι και πληροφορίες
	<p><u>SURFACE /ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ</u></p> <p>VOLUME SIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΥΒΟΥ: 160mm²</p> <p>RESOLUTION/ΑΝΑΛΥΣΗ: 0,31mm</p> <p><u>Εφαρμογή φίλτρων :</u></p> <p>FILL HOLES/ΣΦΡΑΓΙΣΗ ΜΙΚΡΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΟΠΩΝ</p> <p>REMOVE ISOLATED PATCHES/ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΑΠΙΣΟΛΩΜΕΝΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ</p> <p>ZSCAN</p>
	<p><u>FACET/ ΟΨΕΙΣ</u></p> <p>TRIANGLES/ΤΡΙΓΩΝΑ: 602747</p> <p>VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ : 325055</p> <p>ZSCAN</p>

	<p><u>TEXTURE /ΥΦΗ</u></p> <p>RESOLUTION /ΑΝΑΛΥΣΗ: 250,00 dpi</p> <p>SIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ: 8192x8192</p> <p>PROJECTION/ΠΡΟΒΟΛΗ : ΚΥΒΙΚΗ</p> <p><u>Εφαρμογή:</u></p> <p>OPTIMIZETEXTURE/ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΥΦΗΣ</p> <p>ZSCAN</p>
	<p><u>ΠΡΟΒΟΛΗ ΤΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ ΤΗΣ ΥΦΗΣ</u></p> <p>ZSCAN</p>
	<p>ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΠΕΡΙΤΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΚΑΙ ΘΟΡΥΒΟΥ</p> <p>ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΙΛΤΡΩΝ:</p> <p>REMOVE DUPLICATE FACES / (Αφαίρεση διπλών όψεων)</p> <p>REMOVE DUPLICATE VERTEX/ (Αφαίρεση διπλών κορυφών)</p> <p>REMOVE ZERO AREA FACES/ (Αφαίρεση όψεων μηδενικής επιφάνειας)</p> <p>REMOVE UNREFERENCED VERTEX / (Αφαίρεση κορυφών χωρίς αναφορά)</p> <p>DELETE SELF INTERSECTING FACES/ (Αφαίρεση αυτοτεμνόμενων όψεων)</p> <p>DELETE NON MANIFOLD EDGES/ (Αφαίρεση μη πολλαπλών ακμών)</p> <p>DELETE NON MANIFOLD VERTICES/ (Αφαίρεση μη πολλαπλών κορυφών)</p> <p>MESHLAB</p>



ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΙΛΤΡΩΝ :

TRANSFER COLOR : TEXTURE TO VERTEX

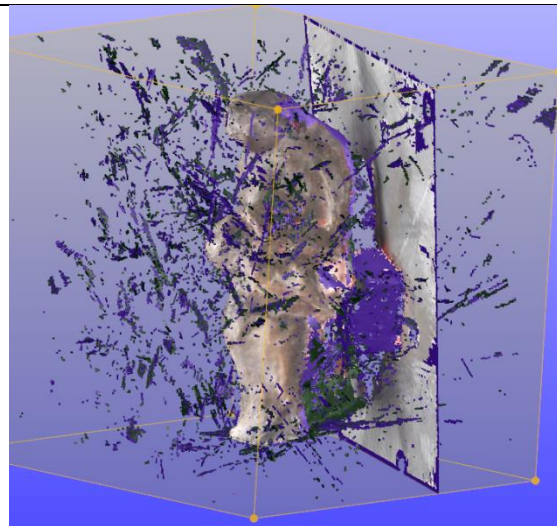
ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΥΦΗΣ ΣΤΟ ΠΛΕΓΜΑ

MESHLAB

Η σάρωση Β κατέγραψε κυρίως την αριστερή όψη του αντικείμενου και τμήματα της οπίσθιας και εμπρόσθιας όψης του. Το αντικείμενο είχε τοποθετηθεί οριζόντια, εδραζόμενο στη δεξιά του πλευρά.

Επιμέρους σάρωση Β.

Παράμετροι και πληροφορίες



SURFACE /ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ

VOLUME SIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΥΒΟΥ: 160mm²

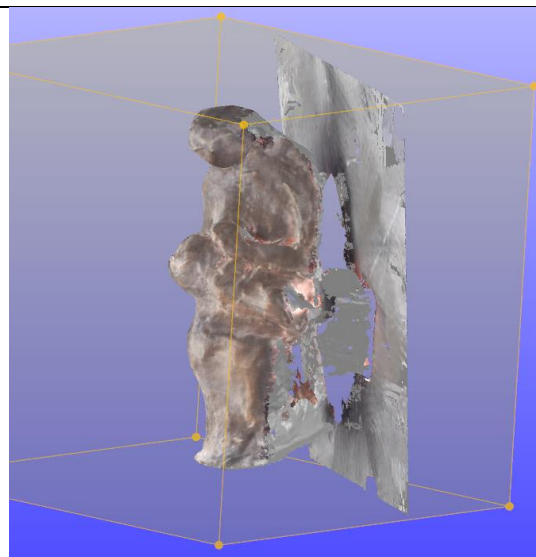
RESOLUTION/ΑΝΑΛΥΣΗ: 0,31mm

Εφαρμογή φίλτρων :

FILL HOLES/ΣΦΡΑΓΙΣΗ ΜΙΚΡΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΟΠΩΝ

REMOVE ISOLATED PATCHES/ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΑΠΟΜΟΝΩΜΕΝΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ

ZSCAN

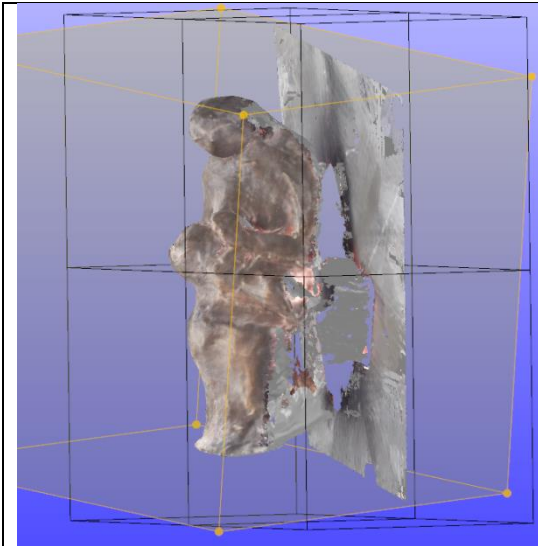


FACET/ ΟΨΕΙΣ

TRIANGLES/ΤΡΙΓΩΝΑ: 650665

VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ : 430696

ZSCAN



TEXTURE /ΥΦΗ

RESOLUTION /ΑΝΑΛΥΣΗ: 250,00 dpi

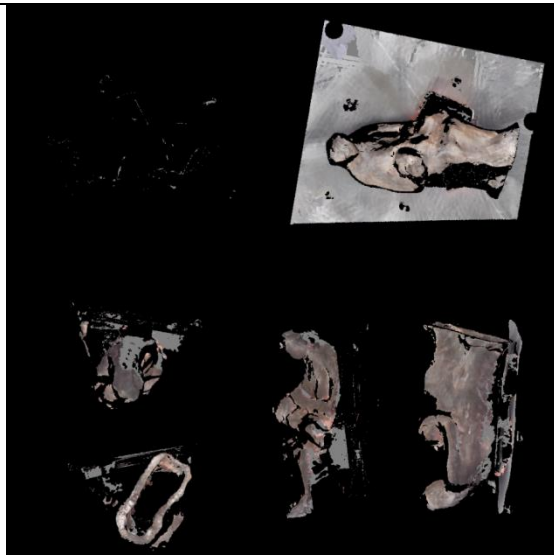
SIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ: 8192x8192

PROJECTION/ΠΡΟΒΟΛΗ : ΚΥΒΙΚΗ

Εφαρμογή:

ΟΡΤΙΜΙΖΕΤΕΧΤURE/ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΥΦΗΣ

ZSCAN

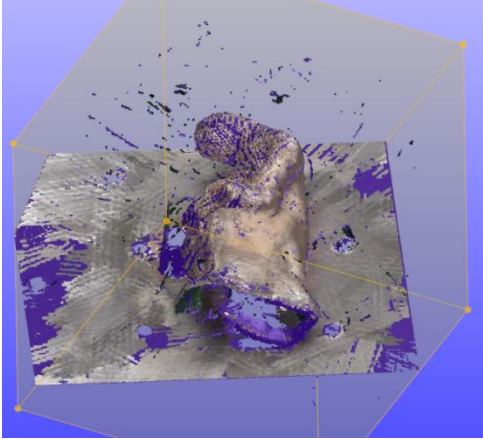
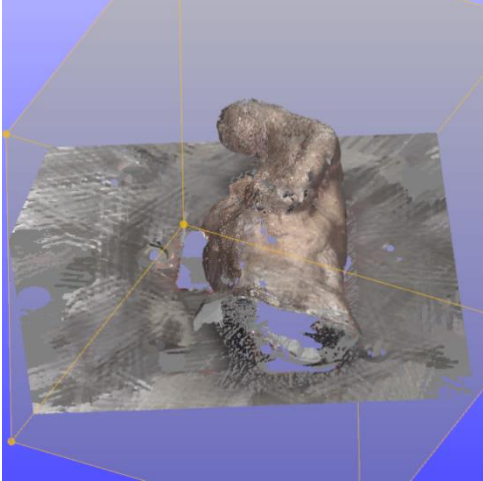
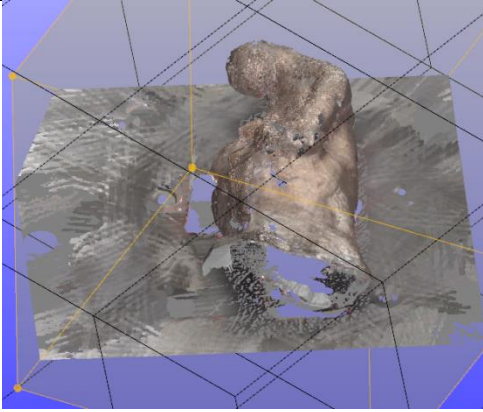



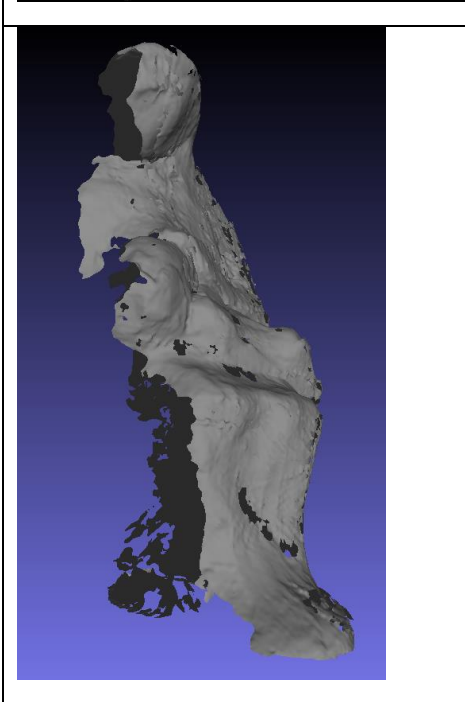
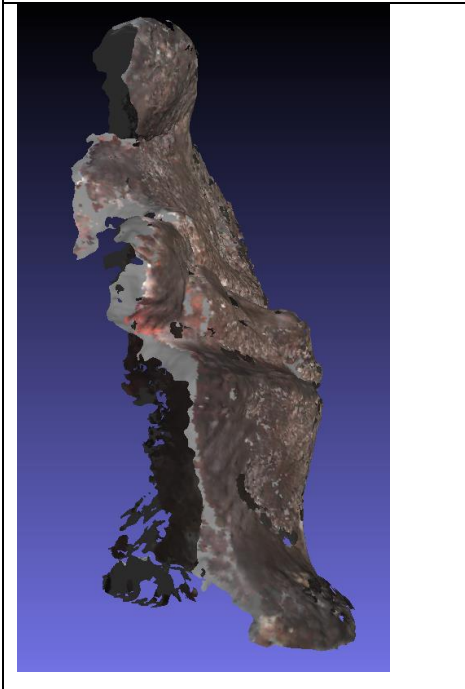
ΠΡΟΒΟΛΗ ΤΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ ΤΗΣ ΥΦΗΣ

ZSCAN

	<p>ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΠΕΡΙΤΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΚΑΙ ΘΟΡΥΒΟΥ</p> <p>ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΙΛΤΡΩΝ:</p> <p>REMOVE DUPLICATE FACES / (Αφαίρεση διπλών όψεων)</p> <p>REMOVE DUPLICATE VERTEX / (Αφαίρεση διπλών κορυφών)</p> <p>REMOVE ZERO AREA FACES / (Αφαίρεση όψεων μηδενικής επιφάνειας)</p> <p>REMOVE UNREFERENCED VERTEX / (Αφαίρεση κορυφών χωρίς αναφορά)</p> <p>DELETE SELF INTERSECTING FACES / (Αφαίρεση αυτοτεμνόμενων όψεων)</p> <p>DELETE NON MANIFOLD EDGES / (Αφαίρεση μη πολλαπλών ακμών)</p> <p>DELETE NON MANIFOLD VERTICES / (Αφαίρεση μη πολλαπλών κορυφών)</p> <p>MESHLAB</p>
	<p>ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΙΛΤΡΩΝ :</p> <p>TRANSFER COLOR : TEXTURE TO VERTEX</p> <p>ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΥΦΗΣ ΣΤΟ ΠΛΕΓΜΑ</p> <p>MESHLAB</p>

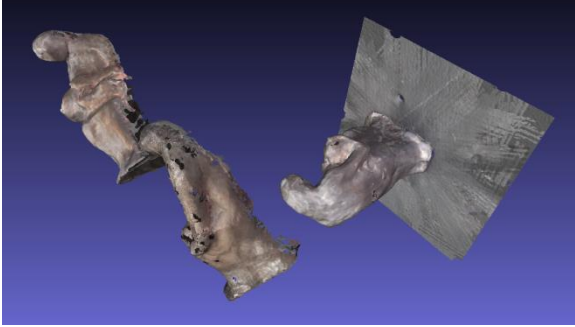
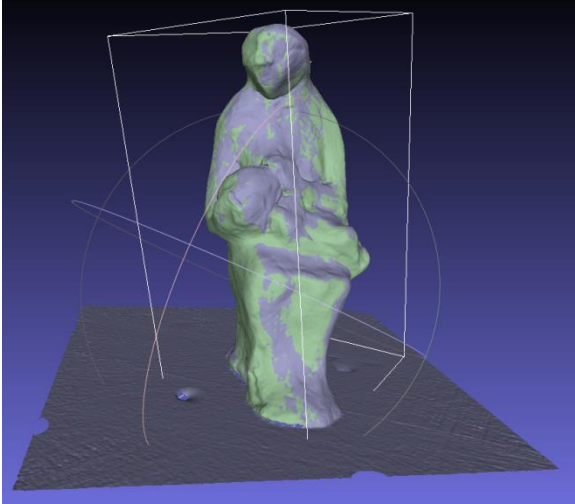
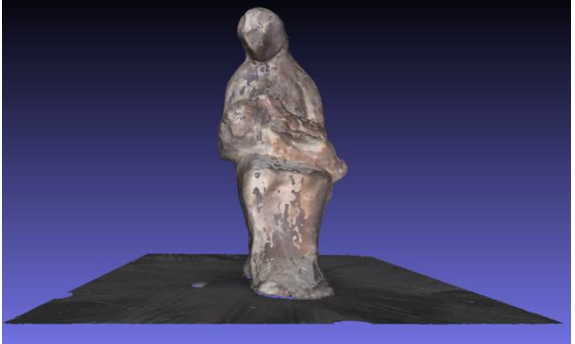
Η σάρωση Γ κατέγραψε κυρίως την αριστερή όψη του αντικειμένου και τμήματα της οπίσθιας και εμπρόσθιας όψης του. Το αντικείμενο είχε τοποθετηθεί οριζόντια, εδραζόμενο στη δεξιά του πλευρά.

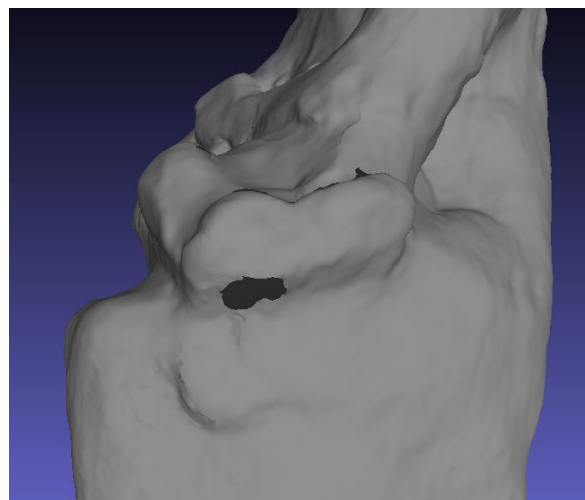
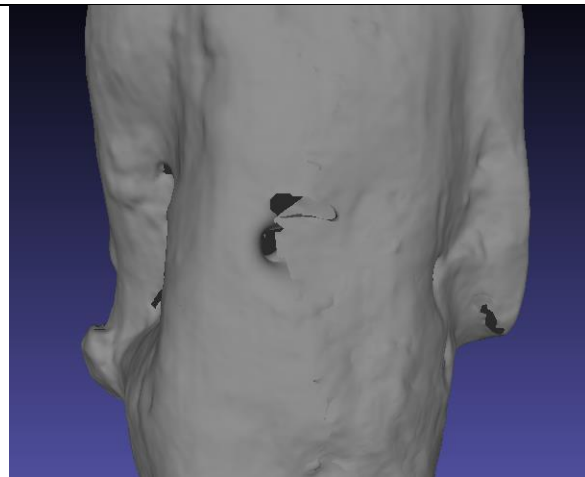
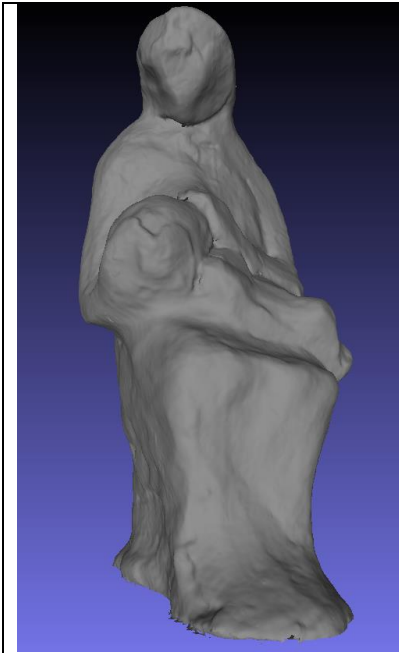
Επιμέρους σάρωση Γ.	Παράμετροι και πληροφορίες
	<p><u><i>SURFACE /ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ</i></u></p> <p>VOLUMESIZE/ΜΕΓΕΘΟΣΚΥΒΟΥ: 160mm²RESOLUTION/ΑΝΑΛΥΣΗ: 0,31mm</p> <p><u><i>Εφαρμογή φίλτρων</i></u> ;FILLHOLES/ΣΦΡΑΓΙΣΗ ΜΙΚΡΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΟΠΩ N REMOVE ISOLATED PATCHES/ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΑΠΜΟΝ ΩΜΕΝΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ZSCAN</p>
	<p><u><i>FACET/ ΟΨΕΙΣ</i></u></p> <p>TRIANGLES/ΤΡΙΓΩΝΑ: 774252 VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ : 435514 ZSCAN</p>
	<p><u><i>TEXTURE /ΥΦΗ</i></u></p> <p>RESOLUTION /ΑΝΑΛΥΣΗ: 250,00dpi SIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ: 8192x8192 PROJECTION/ΠΡΟΒΟΛΗ : ΚΥΒΙΚΗ</p> <p><u><i>Εφαρμογή:</i></u> OPTIMIZE TEXTURE/ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΥΦΗΣ ZSCAN</p>

	<p><u>ΠΡΟΒΟΛΗ ΤΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ ΤΗΣ ΥΦΗΣ</u></p> <p>ZSCAN</p>
	<p>ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΠΕΡΙΤΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΚΑΙ ΘΟΡΥΒΟΥ</p> <p>ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΙΛΤΡΩΝ: REMOVEDUPLICATEFACES / (Αφαίρεση διπλών όψεων) REMOVEDUPLICATEVERTEX / (Αφαίρεση διπλών κορυφών) REMOVEZEROAREAFACES / (Αφαίρεση όψεων μηδενικής επιφάνειας) REMOVEUNREFERENCEDVERTEX / (Αφαίρεση κορυφών χωρίς αναφορά) DELETESelfINTERSECTINGFACES / (Αφαίρεση αυτοτεμνόμενων όψεων) DELETENONMANIFOLDEDGEDGES / (Αφαίρεση μη πολλαπλών ακμών) DELETENONMANIFOLDVERTICES / (Αφαίρεση μη πολλαπλών κορυφών)</p> <p>MESHLAB</p>
	<p>ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΙΛΤΡΩΝ :</p> <p>TRANSE COLOR : TEXTURE TO VERTEX</p> <p>ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΥΦΗΣ ΣΤΟ ΠΛΕΓΜΑ</p> <p>MESHLAB</p>

Οι περιοχές γκρι χρώματος δεν έχουν καταγραφεί ικανοποιητικά, με αποτέλεσμα η απόδοση της γεωμετρίας και κυρίως της υφής να είναι ελλιπής και λανθασμένη. Οι αστοχίες εντοπίζονται στα όρια περάτωσης της σάρωσης και στα δύσκολα προσβάσιμα σημεία (κοιλότητες, κυρτότητες, καμπύλες) όπως ο λαιμός και τα σημεία μεταξύ του κορμού και των χεριών. Στη σάρωση Γ παρατηρούμε χαμηλής ποιότητας καταγραφή αφού η επιφάνεια εμφανίζεται πολύ τραχεία ενώ το υλικό στην πραγματικότητα είναι στιλπνό.

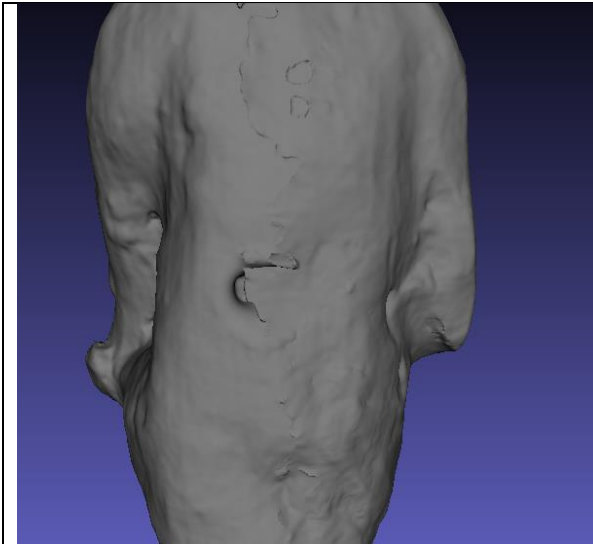
Η διαδικασία συνένωσης επιμέρους σαρώσεων - βελτιστοποίηση της επιφάνειας.

	<p>MESHLAB</p> <p>ALIGNMENT/ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗ ΤΜΗΜΑΤΩΝ Α,Β,Γ.</p>
	<p>MESHLAB</p> <p>ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΤΜΗΜΑΤΩΝ(GLUEING)</p> <p>ΕΝΟΠΟΙΗΣΗ ΣΕ ΕΝΑ ΜΟΝΤΕΛΟ(FLATTEN VISIBLE LAYERS)</p>
	<p>ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΟΥ ΠΡΟΚΥΠΤΕΙ ΑΠΟ ΤΗΝ ΣΥΓΚΛΟΛΗΣΗ</p> <p>ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΤΗΣ ΒΑΣΗΣ</p>



ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΠΟΥ ΔΕΝ ΑΠΟΔΙΔΟΝΤΑΙ ΟΡΘΑ.

ΟΠΕΣ, ΣΧΙΣΜΕΣ ΚΑΙ ΑΣΥΝΕΧΕΙΕΣ



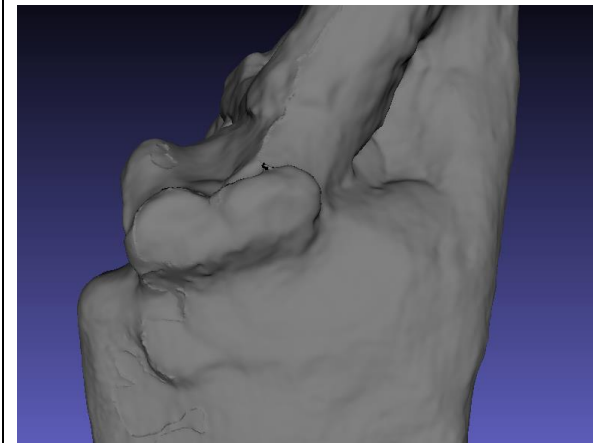
ΟΙ ΙΔΙΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΦΙΛΤΡΟΥ:

SCREENED POISSON SURFACE
RECONSTRUCTION

Reconstruction depth : 11

AdactiveOctreeDepth :9





ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ

ΤΟ ΤΕΛΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

FACES/ΟΨΕΙΣ: 329015

VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ : 646726



ΕΦΑΡΜΟΓΗΦΙΛΤΡΟΥREDIANCESCALING

Οι σχισμές και οι οπές που εμφανίζονται στο τρισδιάστατο πλέγμα και δεν υπάρχουν στο πραγματικό αντικείμενο διορθώθηκαν με την εφαρμογή του φίλτρου *Screened Poisson Surface Reconstruction*, το οποίο ανακατασκευάζει την επιφάνεια με την χρήση προσανατολισμένων συνόλων σημείων δημιουργώντας στεγανές επιφάνειες. Και το εξεταζόμενο αντικείμενο είναι στεγανό. Μετά από δοκιμές με τις τιμές των παραμέτρων και δεδομένων των ορίων της υπολογιστικής ισχύς των ηλεκτρονικών υπολογιστών μας, καταλήξαμε ότι ο συνδυασμός *surface reconstruction reconstruction depth 11* και *adaptive octree depth 9* δίνουν τα βέλτιστα αποτελέσματα.

Στο τελικό μοντέλο η διόρθωση των σχισμών, των οπών και η απόδοση των λεπτομερειών της επιφάνειας είναι ικανοποιητική ενώ η απόδοση της υψής παρουσιάζει αρκετά προβλήματα. Τα σημεία γκρι χρώματος (δεν ανταποκρίνονται στην πραγματική υφή του αντικείμενου) είναι πολυάριθμα και δεν εντοπίζονται μόνο στις δύσκολες περιοχές, κάτι το οποίο θα ήταν δικαιολογημένο. Οι πλέον δύσμορφες περιοχές είναι αυτές που η οι σαρώσεις αλληλεπικαλύπτονται σε μεγάλο βαθμό και συμπίπτουν τα δύο ή και τα τρία τρισδιάστατα πλέγματα.

Παρατηρούμε επίσης ότι κάθε σάρωση έχει καταγράψει πληρέστερα και ορθότερα την κυρίως όψη, όπως είναι αναμενόμενο. Για να αντιμετωπίσουμε τα παραπάνω προβλήματα επιλέξαμε, πριν τη συνένωση να διατηρήσουμε τα ποιοτικότερα τμήματα κάθε επιμέρους σάρωσης, ώστε το ποσοστό κοινών επιφανειών να ελαττωθεί και να απομακρύνουμε τις γκρι επιφάνειες κυρίως όπου οι ίδιες περιοχές αποδίδονται ορθά σε άλλη σάρωση.



Εικ. 195: Τα επιλεγμένα τμήματα των επιμέρους σαρώσεων

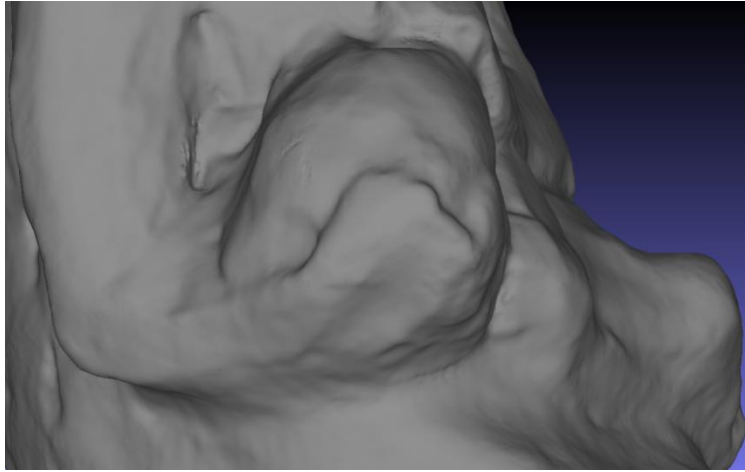
Το τελικό μοντέλο παρουσιάζει σαφή βελτίωση ως προς την απόδοση της υφής που ήταν το κύριο πρόβλημα, ωστόσο δημιουργούνται οπές στο τρισδιάστατο πλέγμα. Η εφαρμογή του φίλτρου *screened poisson*, με παραμέτρους *surface reconstruction depth 11* και *adaptive octree depth 9*, συμπληρώνει ικανοποιητικά τις οπές και δεν αλλοιώνει τις λεπτομέρειες της επιφάνειας του αντικειμένου.



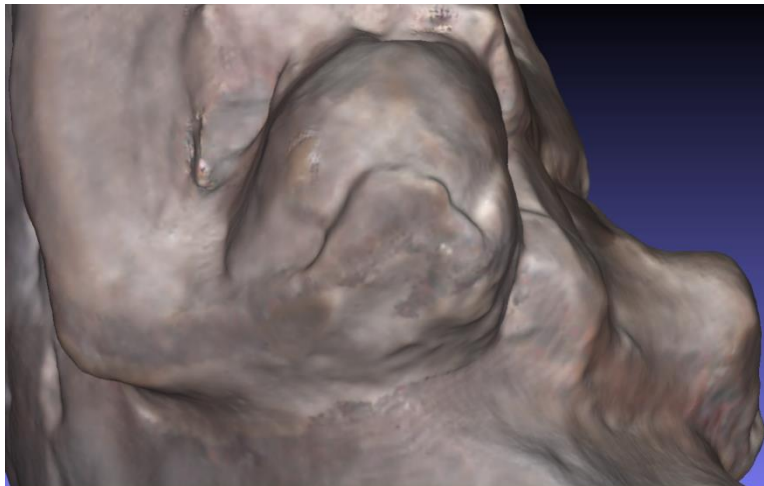
Εικ. 196: Το τελικό μοντέλο πριν και μετά την εφαρμογή του φίλτρου *screened poisson*.

FACES/ΟΨΕΙΣ: 896263

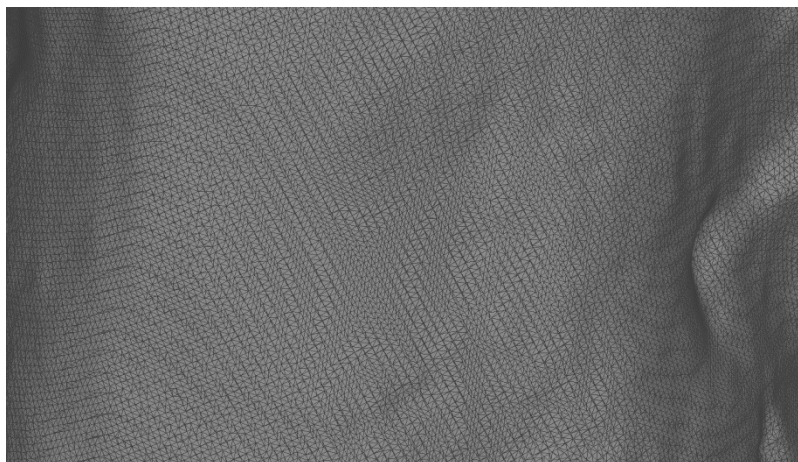
VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ : 448565



Εικ. 197: Λεπτομέρεια της γεωμετρίας της επιφάνειας



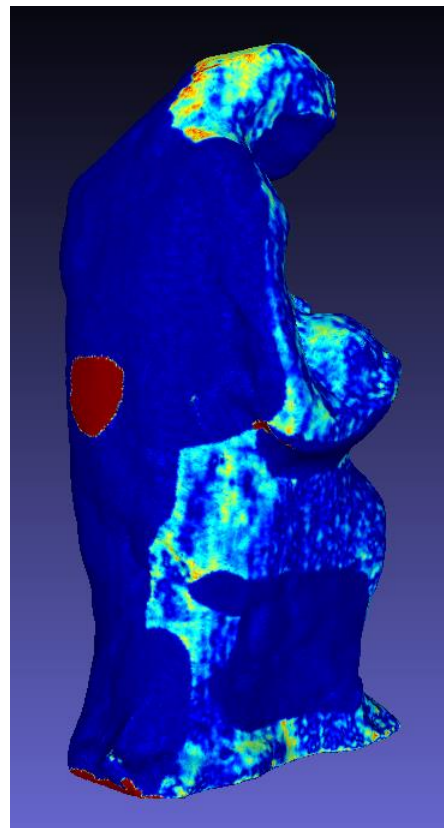
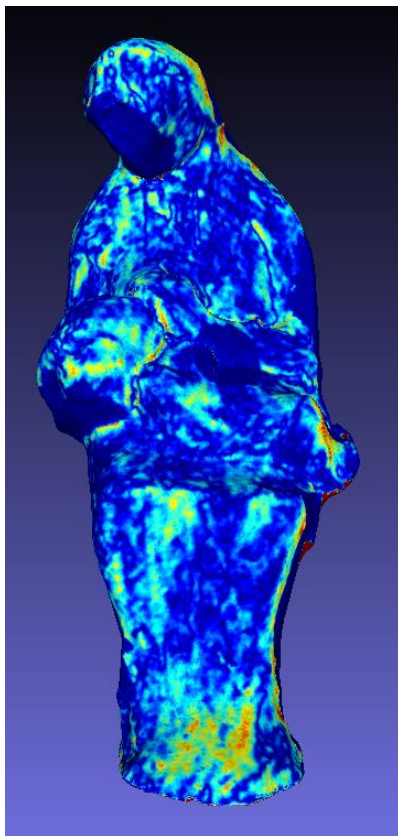
Εικ. 198: Λεπτομέρεια της γεωμετρίας της επιφάνειας

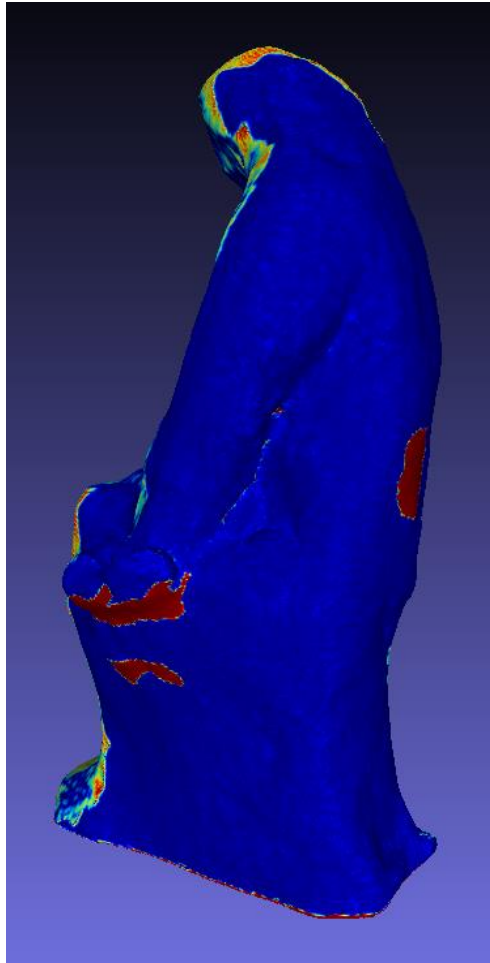


Εικ. 199: Λεπτομέρεια του πλέγματος σε περιοχή με σπή.

Στη συνέχεια συγκρίναμε το τελικό μοντέλο πριν και μετά την εφαρμογή του φίλτρου *Screened Poisson Surface Reconstruction*, ώστε να διαπιστώσουμε την απόσταση μεταξύ των δύο τρισδιάστατων πλεγμάτων. Χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο *Hausdorff Distance*. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι αποστάσεις μεταξύ των δυο πλεγμάτων είναι πολύ μικρές ($<0,3\text{mm}$) εκτός από τα σημεία των οπών (κόκκινο χρώμα), κάτι το οποίο είναι αναμενόμενο. Στις εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζονται χρωματικά οι αποκλίσεις μεταξύ των δύο πλεγμάτων ανά κορυφή. Το μπλε αντιστοιχεί στην χαμηλότερη απόκλιση και το κόκκινο στην υψηλότερη.

```
HausdorffDistancecomputed  
Sampled 448561 pts  
min : 0.000000 max 5.694712 mean : 0.059656 RMS
```





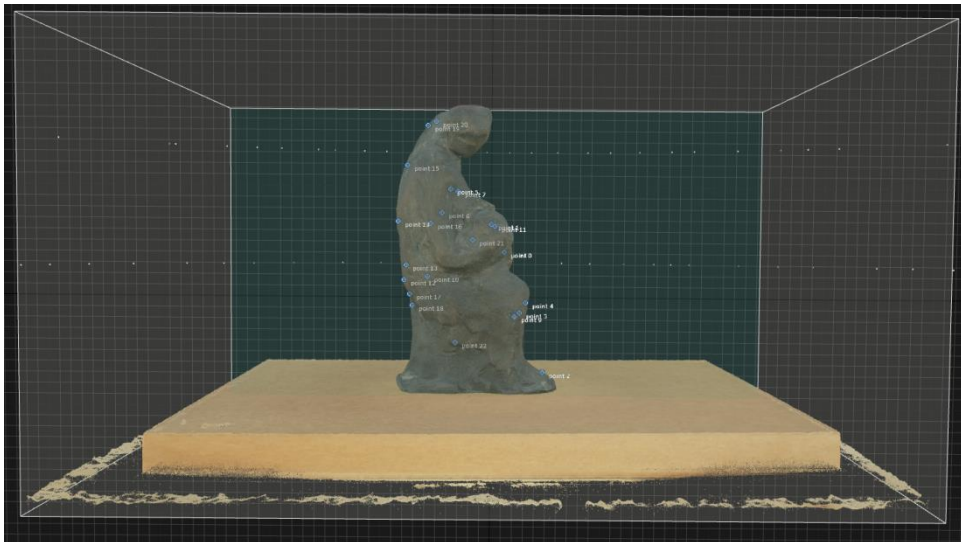
Εικ.195/ 196/ 197: Οι αποκλίσεις μεταξύ των πλεγμάτων του αντικειμένου.

Ο χρόνος που απαιτήθηκε για την επεξεργασία των δεδομένων ξεπέρασε τις 45 ώρες. Τα αρχεία τύπου .ply των σαρώσεων και των μοντέλων που δημιουργήθηκαν κατά την διαδικασία δοκιμών είναι αρκετές δεκάδες. Αποθηκεύτηκαν ώστε να διατηρηθεί το ιστορικό των αποτελεσμάτων των δοκιμών και να υπάρχει η δυνατότητα να ανατρέξουμε σε αυτά μελλοντικά.

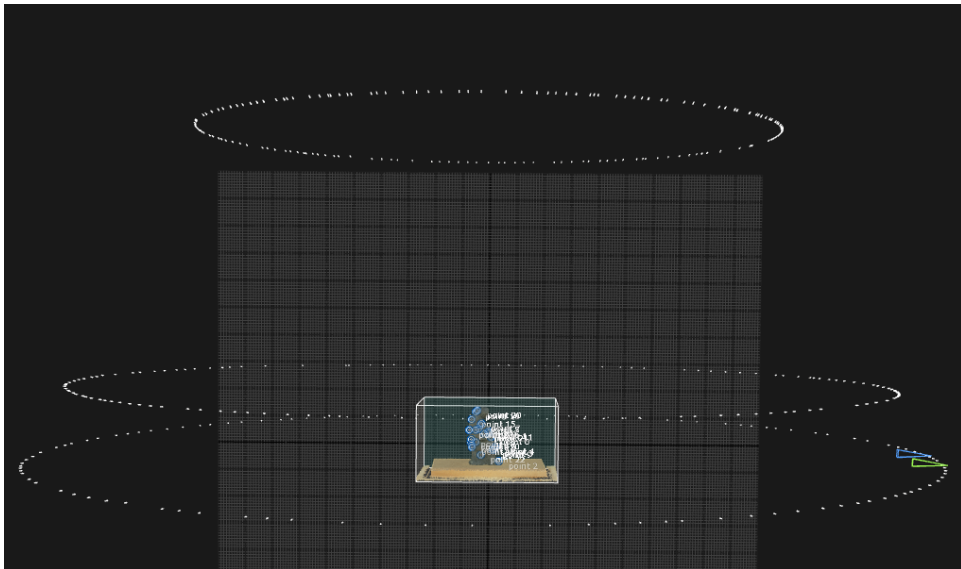
Η αρχική εκτίμηση ήταν ότι οι τρεις επιμέρους σαρώσεις αρκούσαν ώστε να καταγράψουν ολοκληρωμένα την επιφάνεια του αντικειμένου. Η επιλογή βασίστηκε στον διαθέσιμο χρόνο και τους περιορισμούς στην πρόσβαση στο αντικείμενο και στον εξοπλισμό. Τα εξαγόμενα αποτελέσματα κατέδειξαν ότι θα ήταν χρήσιμη η διεξαγωγή δύο ακόμα στοχευμένων σαρώσεων, της οπίσθιας και της αριστερής του γλυπτού προπλάσματος.

5.5.2 Φωτογραμμετρία (μπρούτζινο πρόπλασμα 256)

Τα αποτελέσματα της επεξεργασίας στο σχετικό με τη φωτογραμμετρική ανασυγκρότηση λογισμικό *REALITY CAPTURE* μετά την ολοκλήρωσή τους, σε εικόνες και η αναφορά.



Εικ. 198: Το τρισδιάστατο μοντέλο πριν εξαχθεί από το λογισμικό φωτογραμμετρικής ανασυγκρότησης.



Εικ. 199: Οι τρεις ζώνες λήψης.

Αναφορά επεξεργασίας δεδομένων φωτογραμμετρίας	
Αντικείμενο	Γλυπτό πρόπλασμα μπρούτζου
Πλήθος τριγώνων (όψεων)	6936254
Πλήθος κορυφών	3474120
Επίπεδο ποιότητας	Normal (κανονικό)
Ανάλυση υφής	8192 x 8192
Χρησιμοποιηθείσες εικόνες/εισηγμένες εικόνες	412 / 412
Πλήθος σημείων νέφους σημείων	1866645
Πλήθος σημείων ελέγχου(αντιστοίχισης ή συζευγμένων σημείων)	23
Χρόνος υπολογισμού χαρτών βάθους	01h:06m:40s
Χρόνος εξαγωγής τρισδιάστατου πλέγματος	00h:42m:22s
Χρόνος μετεπεξεργασίας	00h:10m:28s
Χρόνος ενσωμάτωσης χρωματικής πληροφορίας	00h:02m:14s
Χρόνος ενσωμάτωσης υφής	00h:20m:13s
Συνολικός χρόνος επεξεργασίας	02h:22m:10s

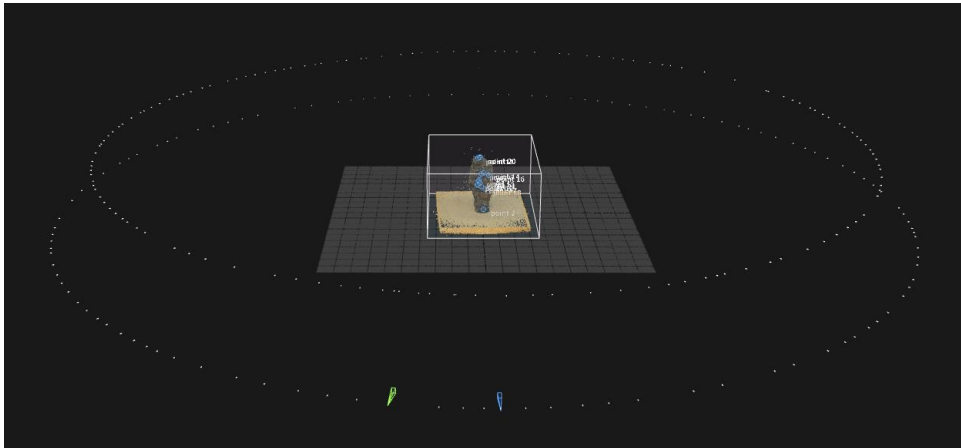
Η ανάλυση του παραγόμενου από την φωτογραμμετρία μοντέλου είναι περίπου 0.36mm.

Χρησιμοποιήθηκε το σύνολο των φωτογραφιών κατά την διαδικασία επεξεργασίας των δεδομένων.

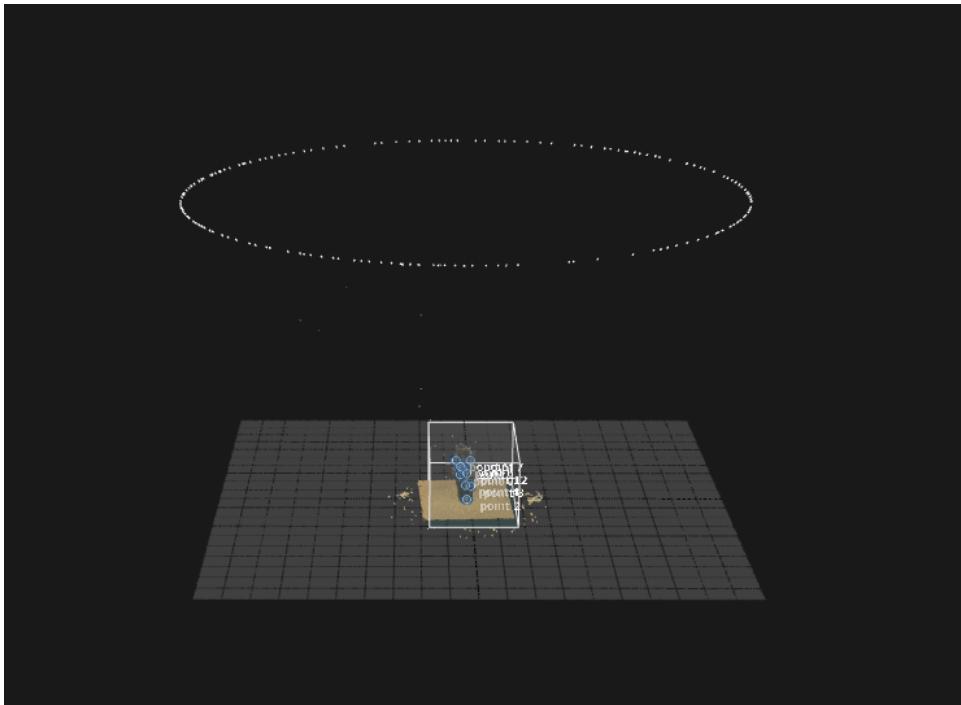
Το πλήθος των σημείων ταυτοποίησης καταδεικνύει τον βαθμό παρέμβασης μας στην ημιαυτοματοποιημένη διαδικασία εξαγωγής του τρισδιάστατου μοντέλου.

Ο χρόνος που απαιτήσε η επεξεργασία των δεδομένων ήταν περίπου 16 ώρες.

Τα αποτελέσματα μετά την ευθυγράμμιση των φωτογραφιών δεν ήταν ένα νέφος σημείων εξαγόμενο από το σύνολο των φωτογραφιών αλλά δύο *components*. Ένα, από τις δύο κατώτερες ζώνες λήψης και ένα ξεχωριστό από την ανώτερη. Η συνένωσή τους με τη χρήση πολλών σημείων ελέγχου ήταν επίπονη διαδικασία χωρίς πάντα να έχει αποτέλεσμα. Η σωστή αντιμετώπιση είναι ο ορισμός αρκετών σημείων ελέγχου (23) σε αντίστοιχες λήψεις των τριών διαφορετικών ζωνών πριν τη διαδικασία ευθυγράμμισης.

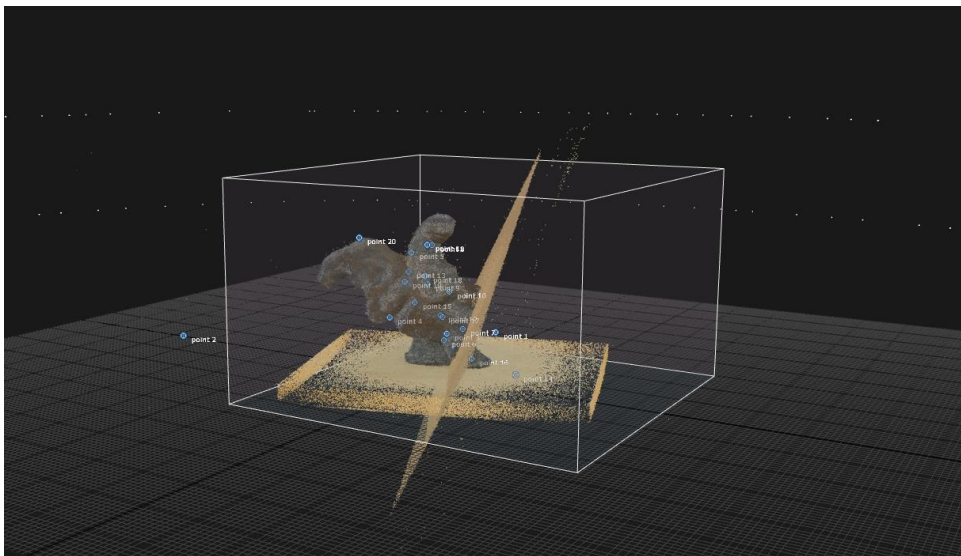
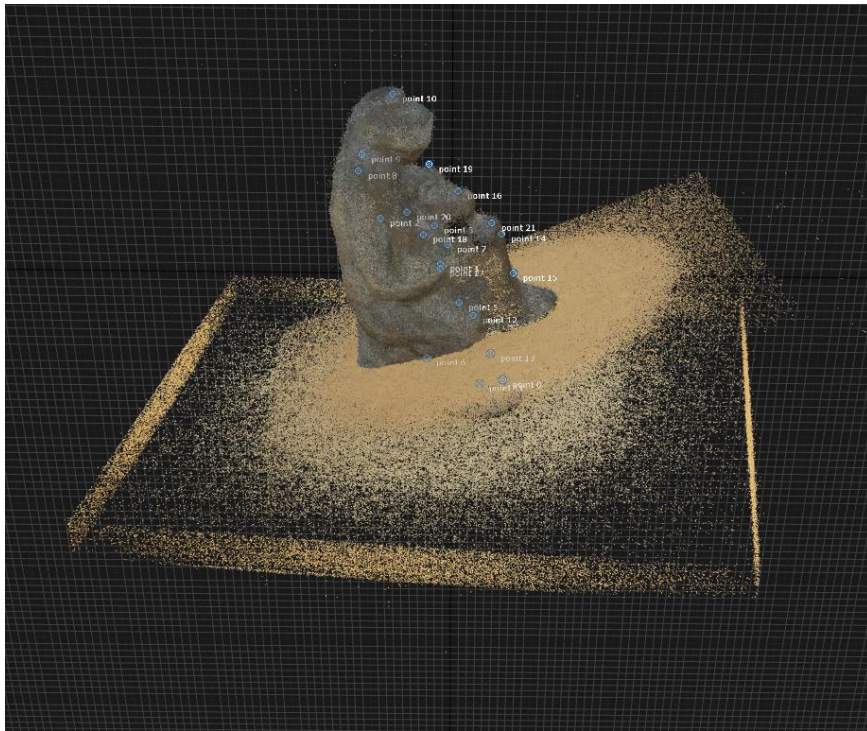


Εικ. 200: Το *component* που συντίθεται από τις λήψεις των δύο κατώτερων ζωνών.



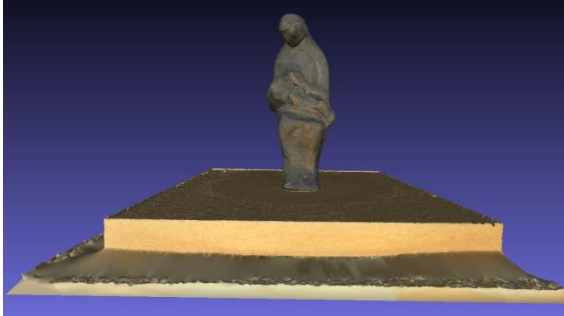
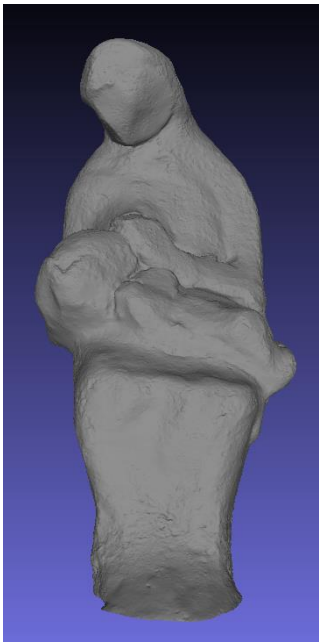
Εικ. 201: Το *component* που συντίθεται από τις λήψεις της ανώτερης ζώνης.

Το δεύτερο πρόβλημα ήταν ότι τα *components* από τις διαφορετικές ζώνες λήψης ήταν προσανατολισμένα σε διαφορετικά συστήματα αναφοράς. Η φωτογραμμετρία δεν δημιουργεί ένα αντιπροσωπευτικό πλαίσιο αναφοράς. Το αποτέλεσμα ήταν το αντικείμενο να κατασκευάζεται διπλό ή τριπλό. Αυτό αντιμετωπίστηκε με την περιστροφή και μετακίνηση του μοντέλου ώστε όλα τα *component* να προσανατολιστούν πάνω σε ένα ενιαίο σύστημα αναφοράς,

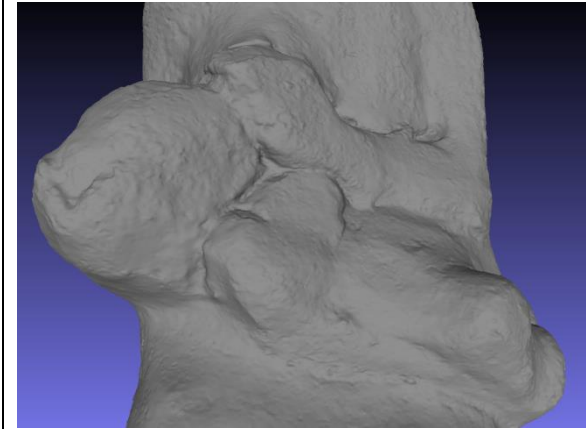


Εικ. 202: Δύο συμπλεκόμενα συστήματα αναφοράς.

ΜΕΤΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟ MESH LAB

	<p>ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΤΗΣ ΒΑΣΗΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΘΟΥΡΥΒΟΥ</p> <p>ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΙΛΤΡΩΝ:</p> <p>REMOVEDUPLICATEFACES /(Αφαίρεση διπλών όψεων)</p> <p>REMOVEDUPLICATEVERTEX/ (Αφαίρεση διπλών κορυφών)</p> <p>REMOVEZEROAREAFACES/ (Αφαίρεση όψεων μηδενικής επιφάνειας)</p> <p>REMOVEUNREFERENCEDVERTEX /(Αφαίρεση κορυφών χωρίς αναφορά)</p> <p>DELETE SELF INTERSECTING FACES/(Αφαίρεση αυτοτεμνόμενων όψεων)</p> <p>DELETE NON MANIFOLD EDGES/ (Αφαίρεση μη πολλαπλών ακμών)</p> <p>DELETE NON MANIFOLD VERTICES/ (Αφαίρεση μη πολλαπλών κορυφών)</p> <p>MESHLAB</p> <p>FACES/ΟΨΕΙΣ: 6.617.620</p> <p>VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ : 3.308.810</p>
	<p>ΤΟ ΤΕΛΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ</p> <p>FACES/ΟΨΕΙΣ: 2361323</p> <p>VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ : 1181613</p>





Η απόδοση του χρώματος έχει μεγάλο βαθμό πιστότητας και ρεαλισμού σε σχέση με τις λήψεις.

Η απόδοση των λεπτομερειών της επιφάνειας είναι ιδιαίτερα ικανοποιητική μέσω της οπτικής παρατήρησης.

Παρουσίαση των αποτελεσμάτων των δυο τεχνικών.

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ



ZSCAN



ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑ





Τα τρισδιάστατα μοντέλα που παράγονται από την φωτογραμμετρία αποδίδουν καλύτερα την υφή της επιφάνειας του αντικειμένου και καταγράφουν πληρέστερα και με μεγαλύτερη ακρίβεια τις λεπτομέρειες της επιφάνειας.

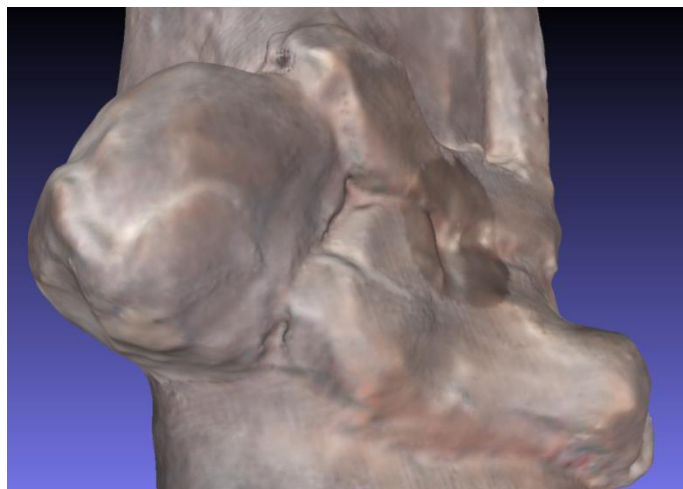
ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΩΝ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ



Εικ. 203: Λεπτομέρεια από φωτογραφία του αντικειμένου, επεξεργασμένη ώστε να αναδεικνύονται οι λεπτομέρειες της επιφάνειας.



Εικ. 204: Λεπτομέρεια του τρισδιάστατου μοντέλου με φωτογραμμετρία.

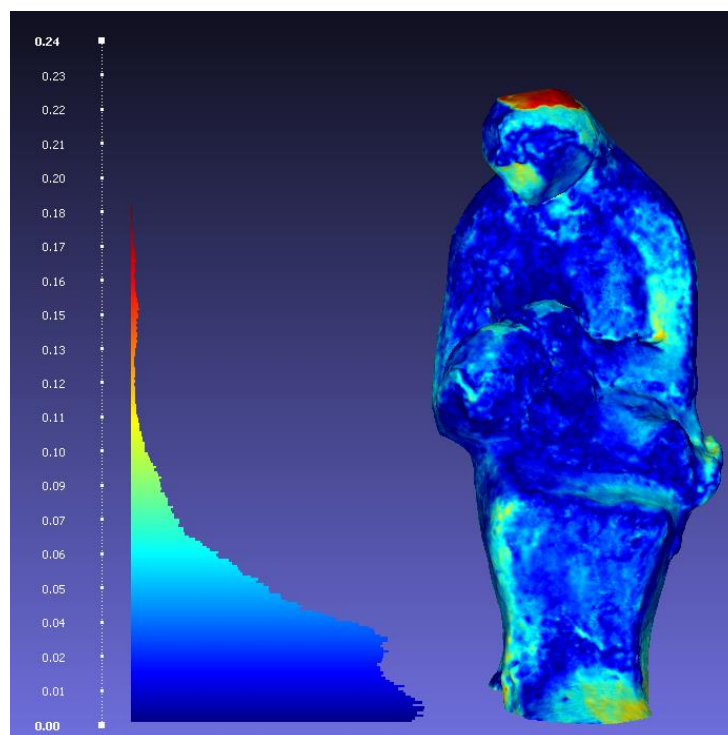


Εικ. 205: Λεπτομέρεια του τρισδιάστατου μοντέλου με σάρωση λέιζερ.

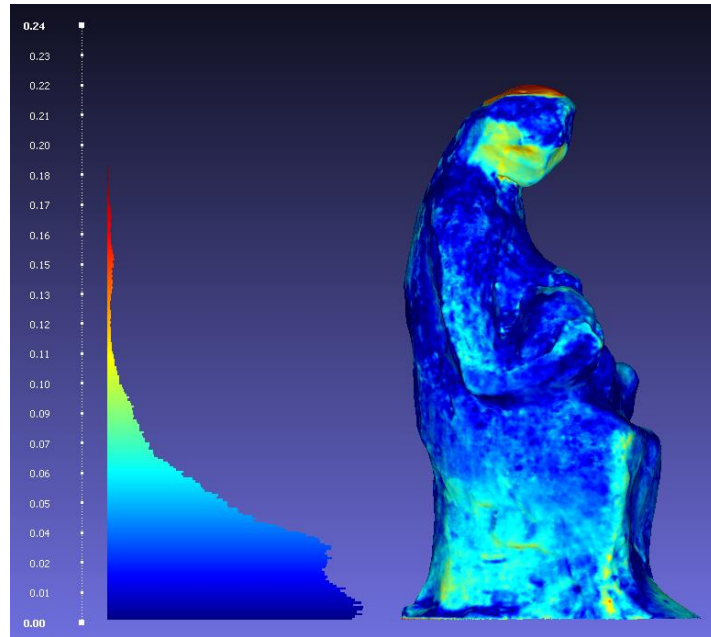
ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΤΩΝ ΔΥΟ ΤΕΧΝΙΚΩΝ

Στη συνέχεια συγκρίναμε τα τελικά από τις δύο τεχνικές παραγόμενα μοντέλα ώστε να διαπιστώσουμε την απόσταση μεταξύ των δύο τρισδιάστατων πλεγμάτων. Χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο *Hausdorff Distance*. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι αποστάσεις μεταξύ των δυο πλεγμάτων είναι πολύ μικρές (κατά μέσο όρο $< 0,25\text{mm}$). Τα σημεία που χρησιμοποιήθηκαν ως δείγμα είναι 448561. Το φωτογραμμετρικά παραγόμενο μοντέλο επιλέχτηκε ως βάση σύγκρισης επειδή το θεωρούμε ακριβέστερο. Στις εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζονται χρωματικά οι αποκλίσεις μεταξύ των δύο πλεγμάτων ανά κορυφή. Το μπλε αντιστοιχεί στην χαμηλότερη απόκλιση και το κόκκινο στην υψηλότερη.

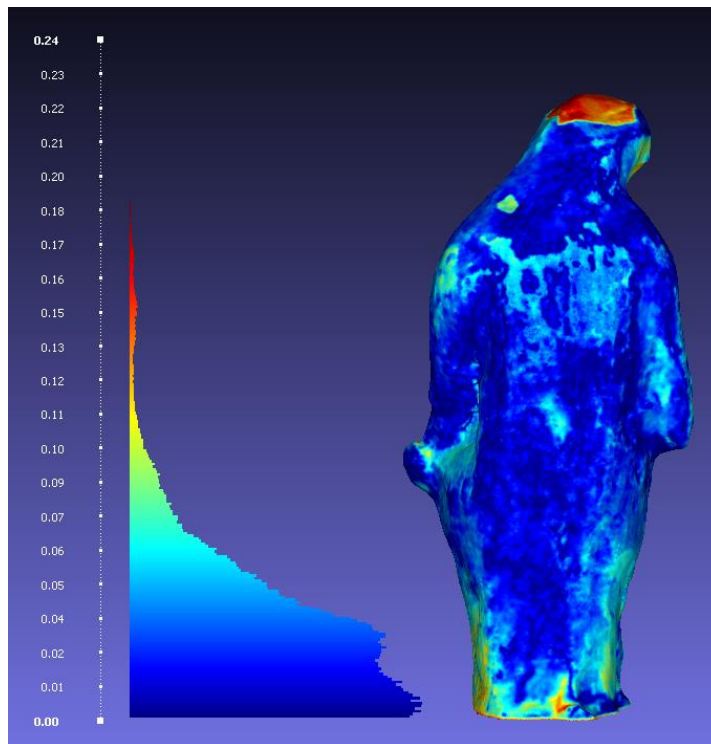
```
HausdorffDistancecomputed
Sampled 448561
min : 0.000000 max 1.674400 mean : 0.082724
```



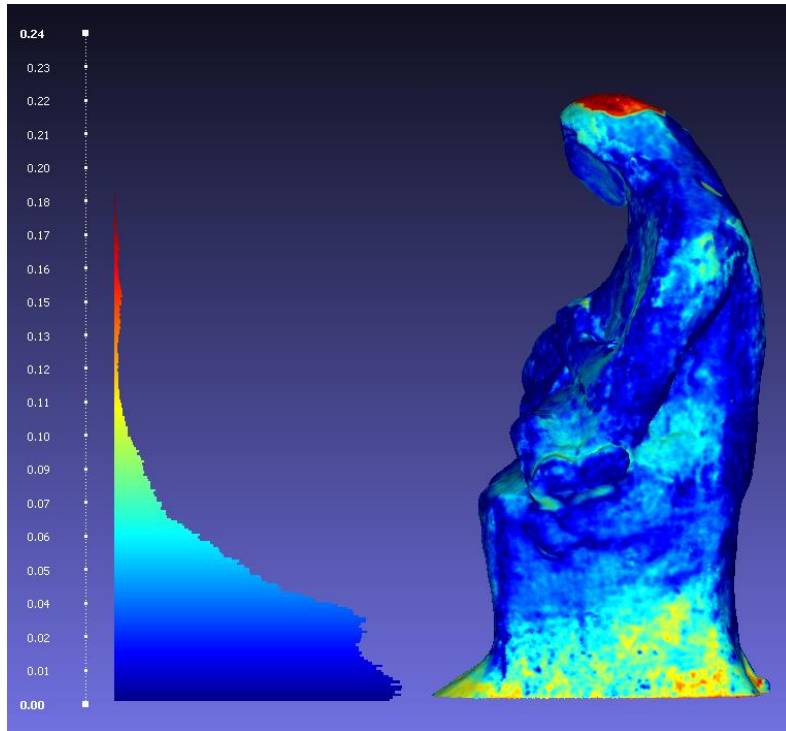
Εικ. 206: Οι αποκλίσεις μεταξύ των πλεγμάτων στην εμπρόσθια πλευρά του αντικειμένου.



Εικ. 207: Οι αποκλίσεις μεταξύ των πλεγμάτων στην δεξιά πλευρά του αντικειμένου.

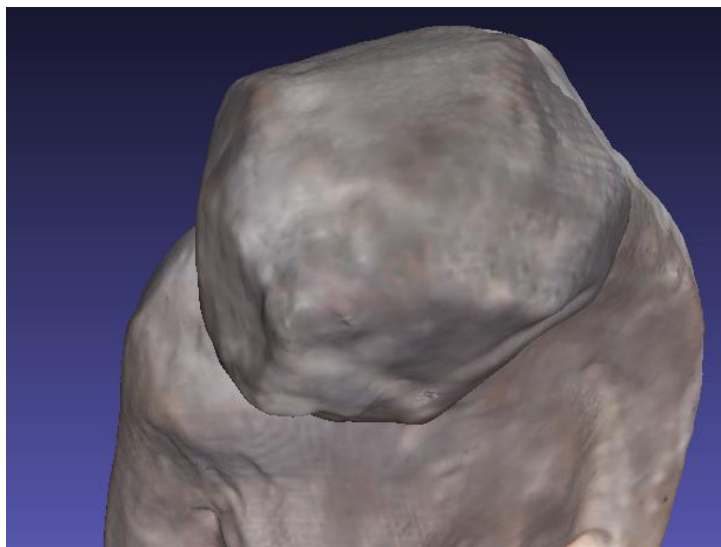


Εικ. 208: Οι αποκλίσεις μεταξύ των πλεγμάτων στην οπίσθια πλευρά του αντικειμένου.



Εικ. 209: Οι αποκλίσεις μεταξύ των πλεγμάτων στην αριστερή πλευρά του αντικειμένου.

Παρατηρούμε ότι οι περιοχές με την υψηλότερη απόκλιση (κόκκινο χρώμα) είναι περιορισμένες και εντοπίζονται κυρίως στο άνω τμήμα του κεφαλιού. Στη στέψη του κεφαλιού υπάρχει μια ρηχή κοιλότητα που καταγράφεται στο παραγόμενο από την φωτογραμμετρία μοντέλο ενώ δεν εμφανίζεται στο παραγόμενο μοντέλο από τη σάρωση λέιζερ.



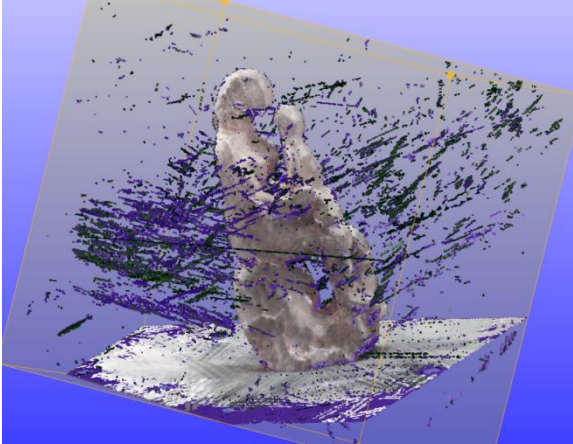
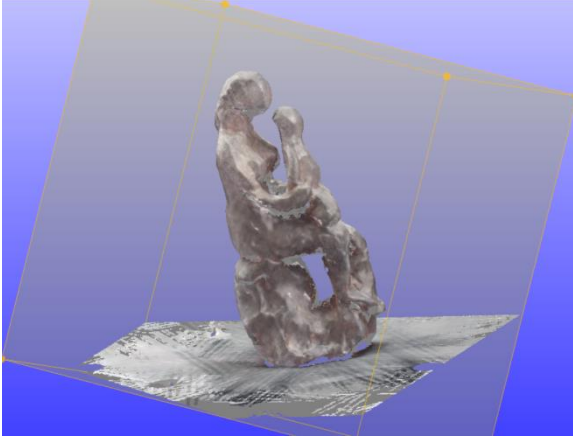
Εικ. 210/ 211/ 212: Λεπτομέρεια από την στέψη του κεφαλιού.

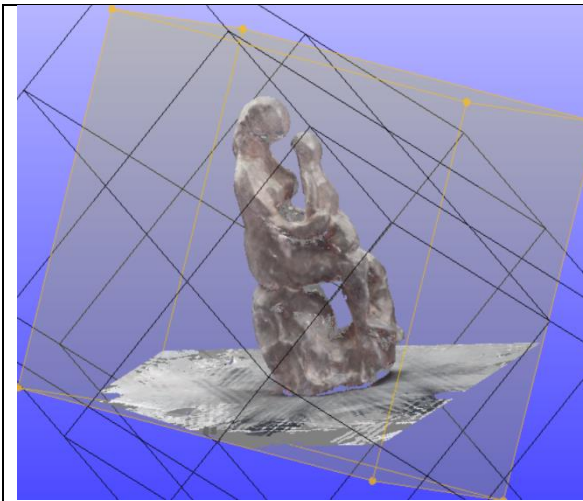
5.6.1 Παρουσίαση του μπρούτζινου προπλάσματος 245

Η σάρωση του αντικειμένου συνίσταται σε τρεις επιμέρους σαρώσεις, μερικώς αλληλεπικαλυπτόμενες. Τις ονομάζουμε Α,Β,Γ και Δ.

Ακολουθεί μια αναλυτική παρουσίαση ολόκληρης της διαδικασίας επεξεργασίας των πρωτογενών δεδομένων, αρχικά στο λογισμικό ZSCAN και στη συνέχεια στο λογισμικό MESHLAB. Επίσης, παρουσιάζονται οι διαφορετικές προσεγγίσεις με σκοπό τη εξαγωγή του βέλτιστου δυνατού αποτελέσματος, τα διαφορετικά προβλήματα που προέκυψαν και ο τρόπος που αντιμετωπίστηκαν.

Η Σάρωση Α κατέγραψε συνολικά την επιφάνεια του αντικειμένου.

Επιμέρους σάρωση Α.	Παράμετροι και πληροφορίες
	<p><u>SURFACE /ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ</u></p> <p>VOLUME SIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΥΒΟΥ: 160mm²</p> <p>RESOLUTION/ΑΝΑΛΥΣΗ: 0,31mm</p> <p><u>Εφαρμογή φίτρων :</u></p> <p>FILL HOLES/ΣΦΡΑΓΙΣΗ ΜΙΚΡΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΟΠΩΝ</p> <p>REMOVE ISOLATED PATCHES/ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΑΠΟΜΟΝΩΜΕΝΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ</p> <p>ZSCAN</p>
	<p><u>FACET/ ΟΨΕΙΣ</u></p> <p>TRIANGLES/ΤΡΙΓΩΝΑ: 722753</p> <p>VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ : 488751</p> <p>ZSCAN</p>



TEXTURE /ΥΦΗ

RESOLUTION /ΑΝΑΛΥΣΗ: 250,00 dpi

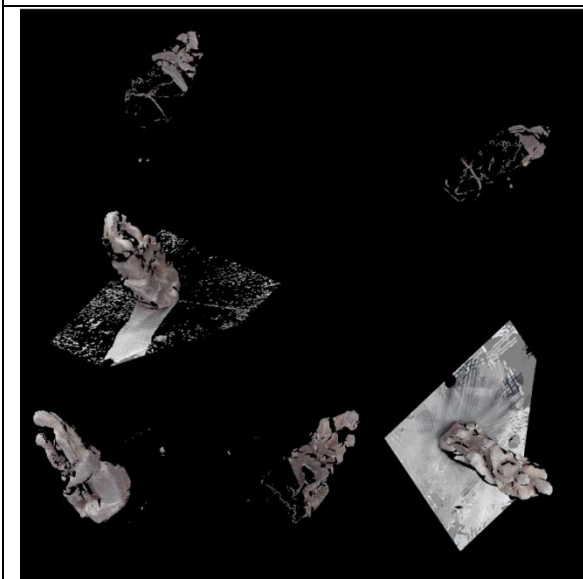
SIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ: 8192x8192

PROJECTION/ΠΡΟΒΟΛΗ : ΚΥΒΙΚΗ

Εφαρμογή:

ΟPTIMIZETEXTURE/ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΥΦΗΣ

ZSCAN



ΠΡΟΒΟΛΗ ΤΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ ΤΗΣ ΥΦΗΣ

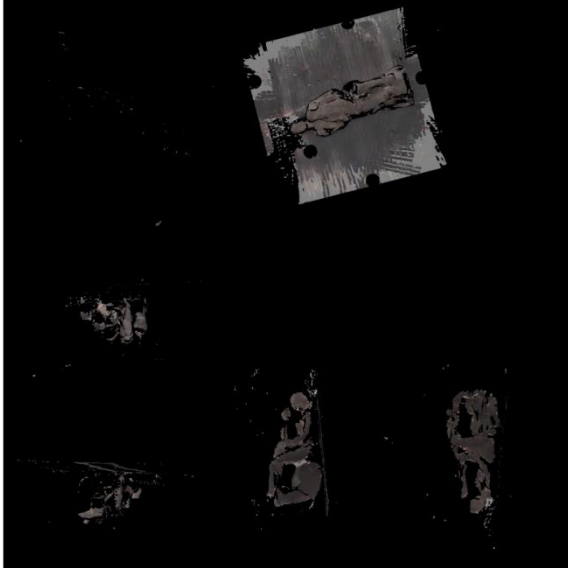

ZSCAN


	<p>ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΠΕΡΙΤΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΚΑΙ ΘΟΡΥΒΟΥ</p> <p>ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΙΛΤΡΩΝ:</p> <p>REMOVE DUPLICATE FACES (Αφαίρεση διπλών όψεων)</p> <p>REMOVE DUPLICATE VERTEX/ (Αφαίρεση διπλών κορυφών)</p> <p>REMOVE ZERO AREA FACES/ (Αφαίρεση όψεων μηδενικής επιφάνειας)</p> <p>REMOVE UNREFERENCED VERTEX (Αφαίρεση κορυφών χωρίς αναφορά)</p> <p>DELETE SELF INTERSECTING FACES/(Αφαίρεση αυτοτεμνόμενων όψεων)</p> <p>DELETE NON MANIFOLD EDGES/ (Αφαίρεση μη πολλαπλών ακμών)</p> <p>DELETE NON MANIFOLD VERTICES/ (Αφαίρεση μη πολλαπλών κορυφών)</p> <p>MESHLAB</p>
	<p>ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΙΛΤΡΩΝ :</p> <p>TRANSFER COLOR : TEXTURE TO VERTEX</p> <p>ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΥΦΗΣ ΣΤΟ ΠΛΕΓΜΑ</p> <p>MESHLAB</p>

Η σάρωση Β κατέγραψε κυρίως την εμπρόσθια όψη του αντικειμένου και τμήματα της αριστερής και δεξιάς όψης του. Το αντικείμενο είχε τοποθετηθεί οριζόντια,

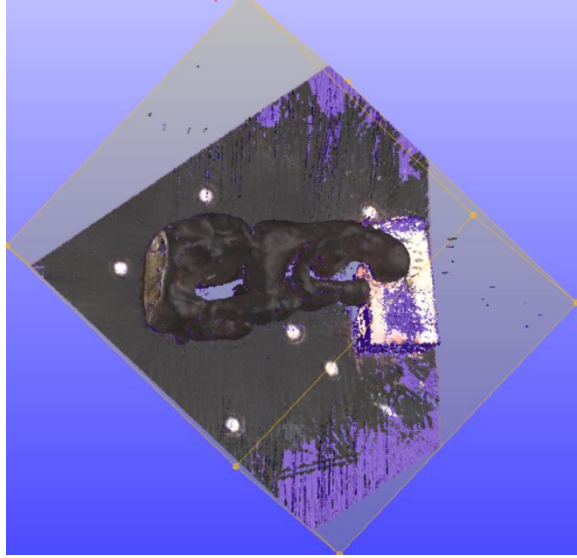
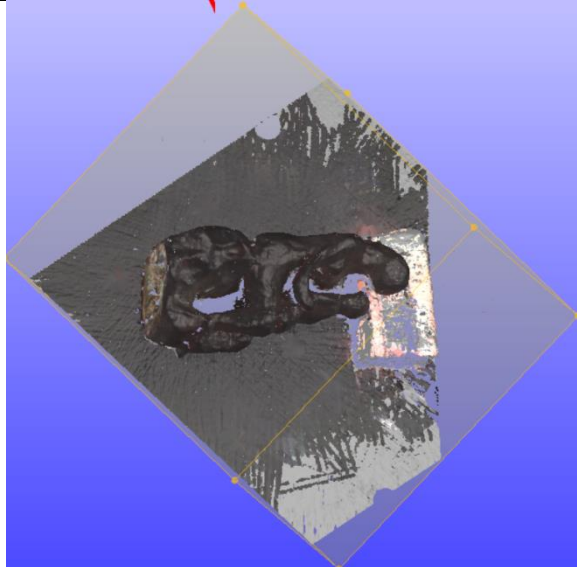
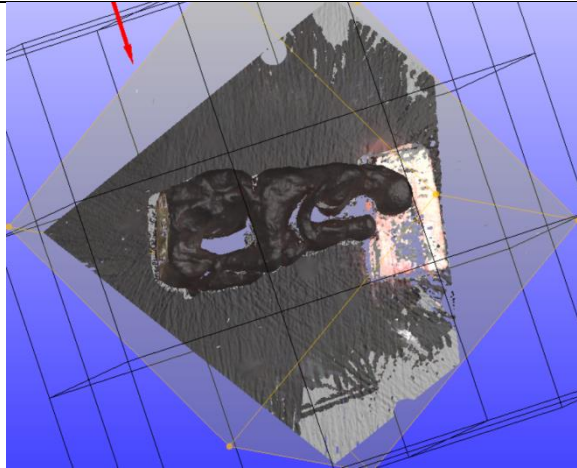
εδραζόμενο στην οπίσθια του πλευρά με τη βοήθεια ενός υποστηρίγματος διογκωμένης πολυστερίνης (φελιζόλ) στο πίσω μέρος του κεφαλιού.



Επιμέρους σάρωση Β.	Παράμετροι και πληροφορίες
	<p><u><i>SURFACE /ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ</i></u></p> <p>VOLUMESIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΥΒΟΥ: 160mm²</p> <p>RESOLUTION/ΑΝΑΛΥΣΗ: 0,31mm</p> <p><u><i>Εφαρμογή φίλτρων :</i></u></p> <p>FILL HOLES/ΣΦΡΑΓΙΣΗ ΜΙΚΡΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΟΠΩΝ</p> <p>REMOVE ISOLATED PATCHES/ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΑΠΟΜΟΝΩΜΕΝΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ</p> <p>ZSCAN</p>
	<p><u><i>FACET/ ΟΨΕΙΣ</i></u></p> <p>TRIANGLES/ΤΡΙΓΩΝΑ: 562426</p> <p>VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ : 297215</p> <p>ZSCAN</p>
	<p><u><i>TEXTURE /ΥΦΗ</i></u></p> <p>RESOLUTION /ΑΝΑΛΥΣΗ: 250,00 dpi</p> <p>SIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ: 8192x8192</p> <p>PROJECTION/ΠΡΟΒΟΛΗ : ΚΥΒΙΚΗ</p> <p><u><i>Εφαρμογή:</i></u></p> <p>OPTIMIZETEXTURE/ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΥΦΗΣ</p> <p>ZSCAN</p>


	<p><u>ΠΡΟΒΟΛΗ ΤΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ ΤΗΣ ΥΦΗΣ</u></p> <p>ZSCAN</p>
	<p>ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΠΕΡΙΤΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΚΑΙ ΘΟΡΥΒΟΥ</p> <p>ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΙΛΤΡΩΝ:</p> <p>REMOVE DUPLICATE FACES/ (Αφαίρεση διπλών όψεων)</p> <p>REMOVE DUPLICATE VERTEX/ (Αφαίρεση διπλών κορυφών)</p> <p>REMOVE ZERO AREA FACES/ (Αφαίρεση όψεων μηδενικής επιφάνειας)</p> <p>REMOVE UNREFERENCED VERTEX (Αφαίρεση κορυφών χωρίς αναφορά)</p> <p>DELETE SELF INTERSECTING FACES/(Αφαίρεση αυτοτεμνόμενων όψεων)</p> <p>DELETE NON MANIFOLD EDGES/ (Αφαίρεση μη πολλαπλών ακμών)</p> <p>DELETE NON MANIFOLD VERTICES/ (Αφαίρεση μη πολλαπλών κορυφών)</p> <p>MESHLAB</p>

	<p>ΕΦΑΡΜΟΓΗΦΙΛΤΡΩΝ :</p> <p>TRANSE COLOR : TEXTURE TO VERTEX</p> <p>ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΥΦΗΣ ΣΤΟ ΠΛΕΓΜΑ</p> <p>MESHLAB</p>
--	--

Η σάρωση Γ κατέγραψε κυρίως τη δεξιά όψη του αντικειμένου και τμήματα της οπίσθιας και εμπρόσθιας όψης του .Το αντικείμενο είχε τοποθετηθεί οριζόντια, εδραζόμενο στην αριστερή του πλευρά με τη βοήθεια ενός υποστηρίγματος διογκωμένης πολυστερίνης (φελιζόλ) στην αριστερή παρειά του προσώπου.

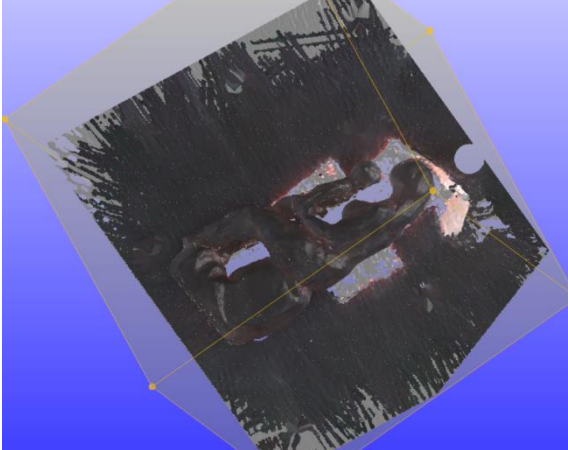
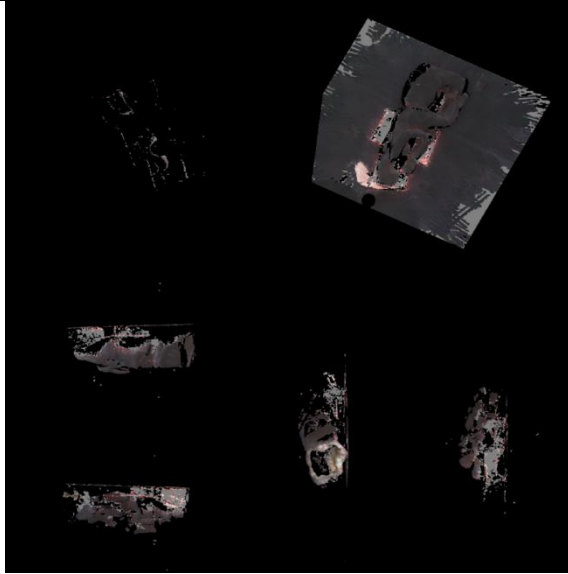
Επιμέρους σάρωση Γ.	Παράμετροι και πληροφορίες
	<p><u><i>SURFACE /ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ</i></u> VOLUME SIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΥΒΟΥ: 160mm² RESOLUTION/ΑΝΑΛΥΣΗ: 0,31mm</p> <p><u><i>Εφαρμογή φίλτρων :</i></u> FILL HOLES/ΣΦΡΑΓΙΣΗ ΜΙΚΡΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΟΠΩΝ REMOVE ISOLATED PATCHES/ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΑΠΟΜΟΝΩΜΕΝΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ZSCAN</p>
	<p><u><i>FACET/ ΟΨΕΙΣ</i></u> TRIANGLES/ΤΡΙΓΩΝΑ: 648537 VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ : 341768 ZSCAN</p>
	<p><u><i>TEXTURE /ΥΦΗ</i></u> RESOLUTION /ΑΝΑΛΥΣΗ: 250,00 dpi SIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ: 8192x8192 PROJECTION/ΠΡΟΒΟΛΗ : ΚΥΒΙΚΗ</p> <p><u><i>Εφαρμογή:</i></u> OPTIMIZE TEXTURE/ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΥΦΗΣ ZSCAN</p>

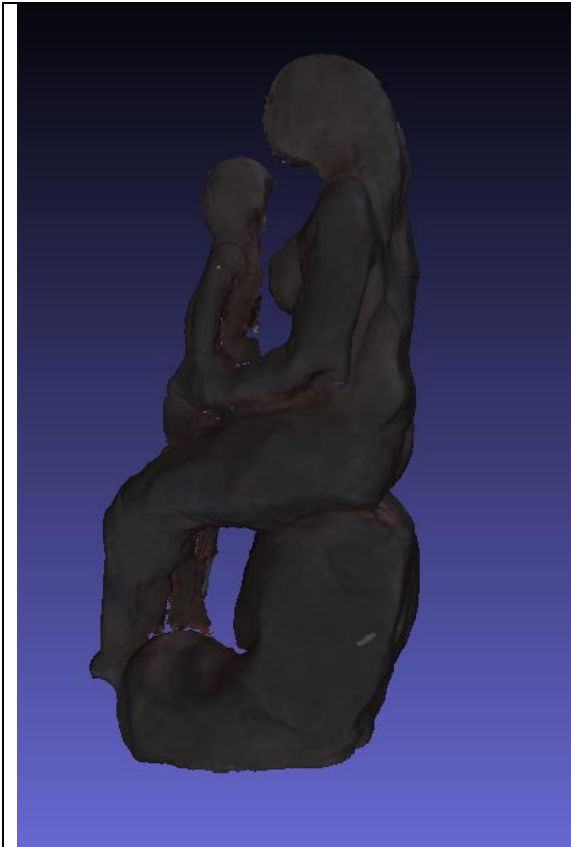
	<p><u>ΠΡΟΒΟΛΗ ΤΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ ΤΗΣ ΥΦΗΣ</u></p> <p>ZSCAN</p>
	<p>ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΠΕΡΙΤΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΚΑΙ ΘΟΡΥΒΟΥ</p> <p>ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΙΛΤΡΩΝ:</p> <p>REMOVE DUPLICATE FACES/ (Αφαίρεση διπλών όψεων)</p> <p>REMOVE DUPLICATE VERTEX/ (Αφαίρεση διπλών κορυφών)</p> <p>REMOVE ZERO AREA FACES/ (Αφαίρεση όψεων μηδενικής επιφάνειας)</p> <p>REMOVE UNREFERENCED VERTEX (Αφαίρεση κορυφών χωρίς αναφορά)</p> <p>DELETE SELF INTERSECTING FACES/ (Αφαίρεση αυτοτεμνόμενων όψεων)</p> <p>DELETE NON MANIFOLD EDGES/ (Αφαίρεση μη πολλαπλών ακμών)</p> <p>DELETE NON MANIFOLD VERTICES/ (Αφαίρεση μη πολλαπλών κορυφών)</p> <p>MESHLAB</p>

	<p>ΕΦΑΡΜΟΓΗΦΙΛΤΡΩΝ :</p> <p>TRANSE COLOR : TEXTURE TO VERTEX</p> <p>ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΥΦΗΣ ΣΤΟ ΠΛΕΓΜΑ</p> <p>MESHLAB</p>
--	--

Η σάρωση Δ κατέγραψε κυρίως την αριστερή όψη του αντικειμένου και τμήματα της οπίσθιας και εμπρόσθιας όψης του. Το αντικείμενο είχε τοποθετηθεί οριζόντια, εδραζόμενο στη δεξιά του πλευρά με τη βοήθεια ενός υποστηρίγματος διογκωμένης πολυστερίνης (φελιζόλ) στη δεξιά παρειά του προσώπου.

<p>Επιμέρουςσάρωση Δ.</p>	<p>Παράμετροι και πληροφορίες</p>
	<p><u>SURFACE /ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ</u></p> <p>VOLUMESIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΥΒΟΥ: 160mm²</p> <p>RESOLUTION/ΑΝΑΛΥΣΗ: 0,31mm</p> <p><u>Εφαρμογή φίτρων :</u></p> <p>FILL HOLES/ΣΦΡΑΓΙΣΗ ΜΙΚΡΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΟΠΩΝ</p> <p>REMOVE ISOLATED PATCHES/ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΑΠΟΜΟΝΩΜΕΝΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ</p> <p>ZSCAN</p>

	<p><u><i>FACET/ ΟΨΕΙΣ</i></u></p> <p>TRIANGLES/ΤΡΙΓΩΝΑ: 723779</p> <p>VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ : 384128</p> <p>ZSCAN</p>
	<p><u><i>TEXTURE /ΥΦΗ</i></u></p> <p>RESOLUTION /ΑΝΑΛΥΣΗ: 250,00 dpi</p> <p>SIZE/ΜΕΓΕΘΟΣ: 8192x8192</p> <p>PROJECTION/ΠΡΟΒΟΛΗ : ΚΥΒΙΚΗ</p> <p><u><i>Εφαρμογή:</i></u></p> <p>OPTIMIZETEXTURE/ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΥΦΗΣ</p> <p>ZSCAN</p>
	<p><u><i>ΠΡΟΒΟΛΗ ΤΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ ΤΗΣ ΥΦΗΣ</i></u></p> <p>ZSCAN</p>



ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΠΕΡΙΤΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΚΑΙ
ΘΟΡΥΒΟΥ

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΙΛΤΡΩΝ:

REMOVE DUPLICATE FACES

/(Αφαίρεση διπλών όψεων)

REMOVE DUPLICATE VERTEX/

(Αφαίρεση διπλών κορυφών)

REMOVE ZERO AREA FACES/

(Αφαίρεση όψεων μηδενικής επιφάνειας)

REMOVE UNREFERENCED VERTEX

/(Αφαίρεση κορυφών χωρίς αναφορά)

DELETE SELF INTERSECTING FACES/

(Αφαίρεση αυτοτεμνόμενων όψεων)

DELETENONMANIFOLDEDGES/ (

Αφαίρεση μη πολλαπλών ακμών)

DELETENONMANIFOLDVERTICES/

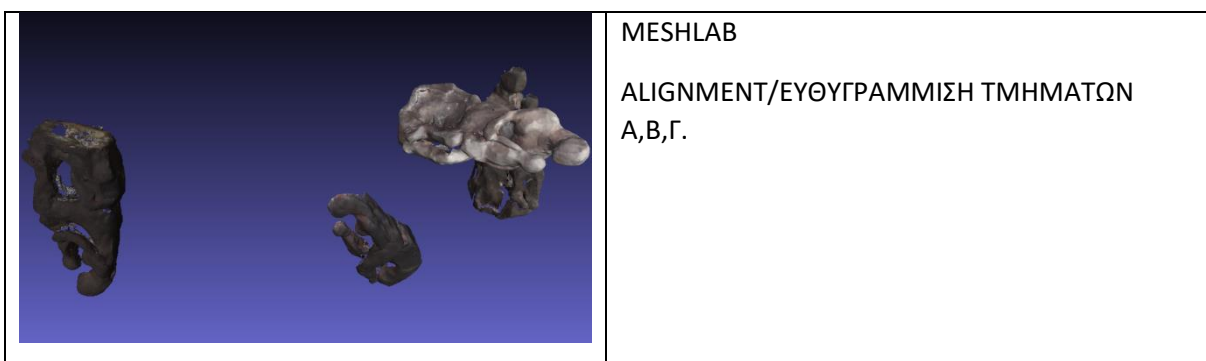
(Αφαίρεση μη πολλαπλών κορυφών)

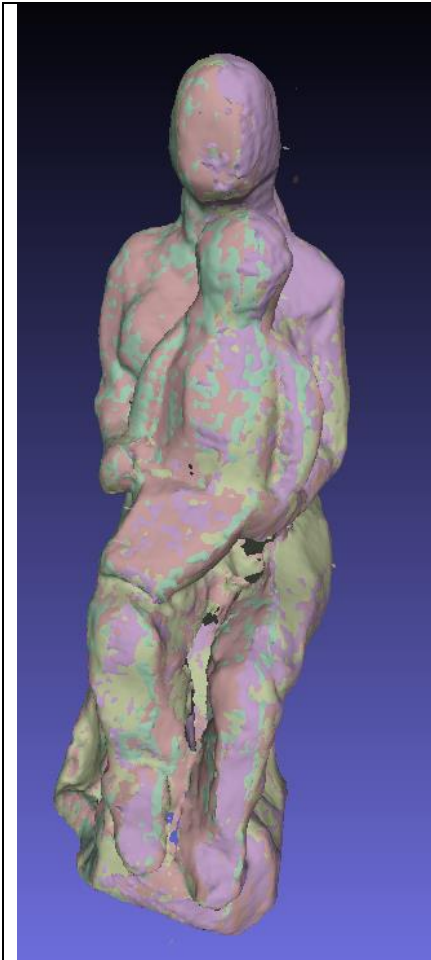
MESHLAB



Οι περιοχές με γκρι χρώματος δεν έχουν καταγραφεί ικανοποιητικά με αποτέλεσμα η απόδοση των λεπτομερειών της γεωμετρίας της επιφάνειας και κυρίως της υφής-χρώματος να είναι ελλιπής και λανθασμένη. Οι αστοχίες εντοπίζονται στα όρια περάτωσης της σάρωσης και στα δύσκολα προσβάσιμα σημεία (κοιλότητες, κυρτότητες, καμπύλες) όπως το στήθος και οι “εσωτερικές” περιοχές της σύνθεσης, όπως ανάμεσα στα πόδια και στο κάθισμα και ανάμεσα στο βρέφος και τη μητέρα.

Η διαδικασία συνένωσης επιμέρους σαρώσεων - βελτιστοποίηση της επιφάνειας.

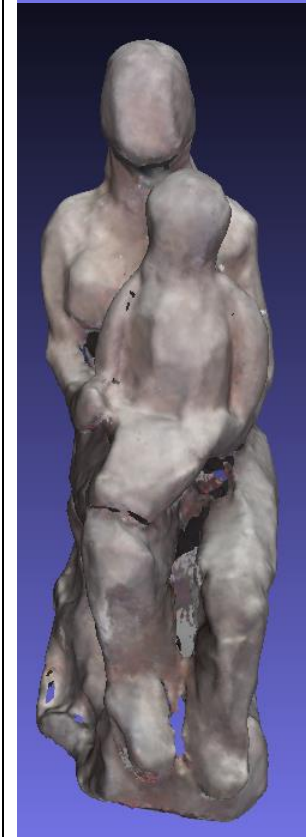
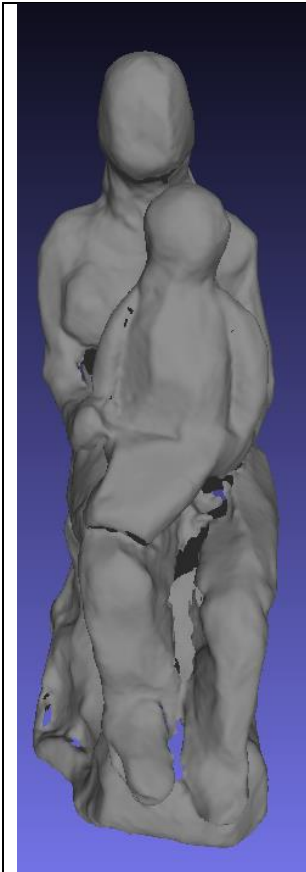




MESHLAB

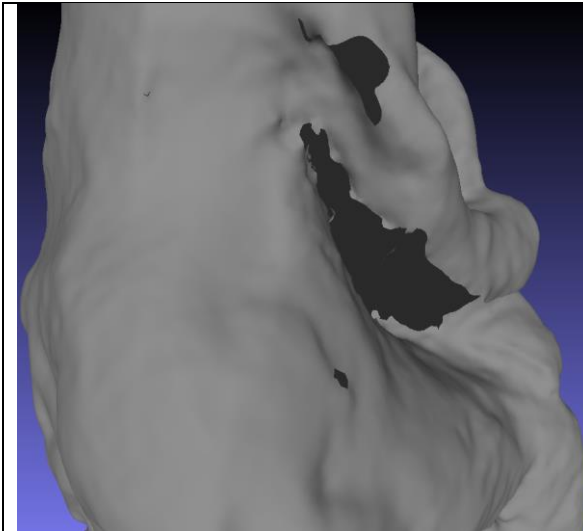
ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΤΜΗΜΑΤΩΝ(GLUEING)

ΕΝΟΠΟΙΗΣΗ ΣΕ ΕΝΑ ΜΟΝΤΕΛΟ(FLATTEN
VISIBLE LAYERS)



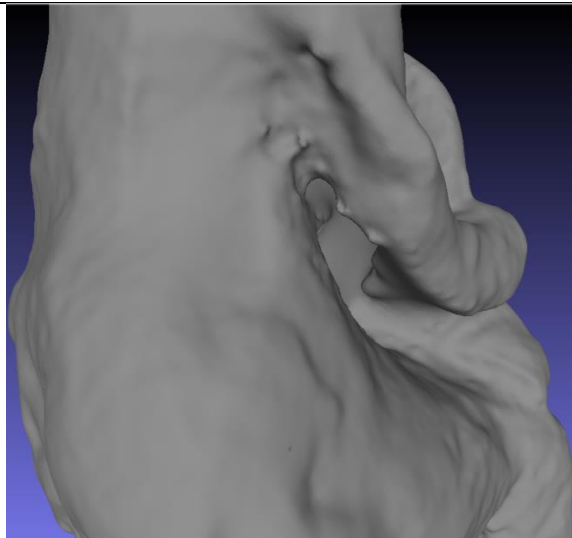
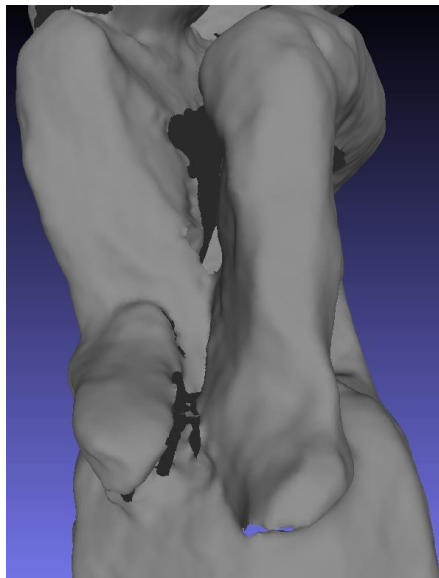
ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΟΥ ΠΡΟΚΥΠΤΕΙ ΑΠΟ ΤΗΝ
ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ

ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΤΗΣ ΒΑΣΗΣ



ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΠΟΥ ΔΕΝ ΑΠΟΔΙΔΟΝΤΑΙ ΟΡΘΑ.

ΟΠΕΣ, ΣΧΙΣΜΕΣ ΚΑΙ ΑΣΥΝΕΧΕΙΕΣ



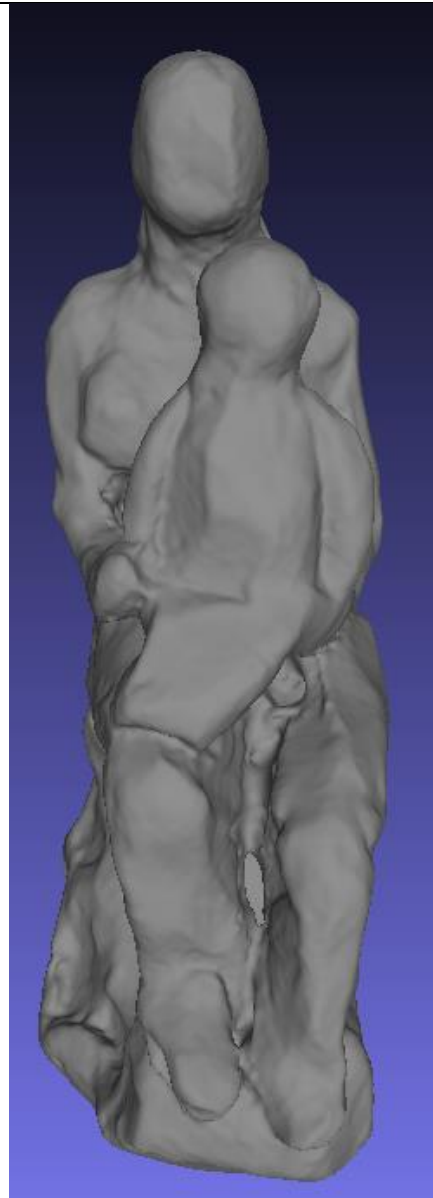
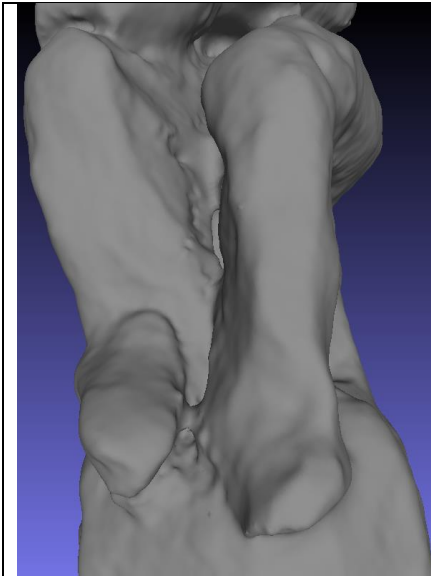
ΟΙ ΙΔΙΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΦΙΛΤΡΟΥ:

SCREENED POISSON SURFACE
RECONSTRUCTION

Reconstruction depth : 11

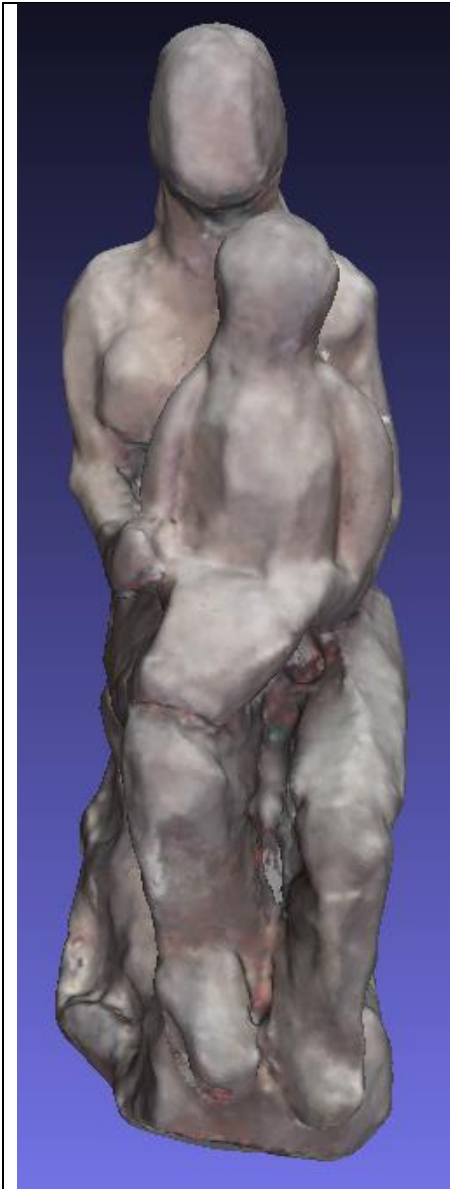
AdactiveOctreeDepth :9



ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ
ΤΟ ΤΕΛΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

FACES/ΟΨΕΙΣ: 1352476

VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ : 680486

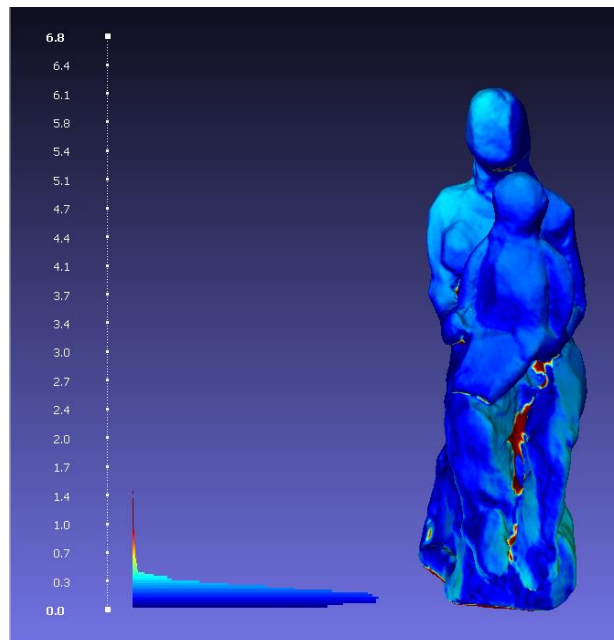


Οι σχισμές και οι οπές που εμφανίζονται στο τρισδιάστατο πλέγμα και δεν υπάρχουν στο πραγματικό αντικείμενο διορθώθηκαν με την εφαρμογή του φίλτρου *Screened Poisson Surface Reconstruction*, το οποίο ανακατασκευάζει την επιφάνεια με την χρήση προσανατολισμένων συνόλων σημείων δημιουργώντας στεγανές επιφάνειες. Ιδιαίτερα η περιοχή ανάμεσα στον κορμό της μητέρας και του μωρού παρουσίαζε μεγάλη δυσκολία καταγραφής με αποτέλεσμα κάποια τμήματα της επιφάνειας να απουσιάζουν από το τελικό μοντέλο. Οι περιοχές αυτές συμπληρώθηκαν με τη χρήση του φίλτρου με ικανοποιητική απόδοση της πραγματικότητας. Μετά από δοκιμές διαφορετικών συνδυασμών τιμών των παραμέτρων, και δεδομένων των ορίων της υπολογιστικής ισχύς των ηλεκτρονικών υπολογιστών μας, καταλήξαμε ότι ο συνδυασμός *surface reconstruction depth 11* και *adaptive octree depth 9* αποδίδει τα βέλτιστα αποτελέσματα.

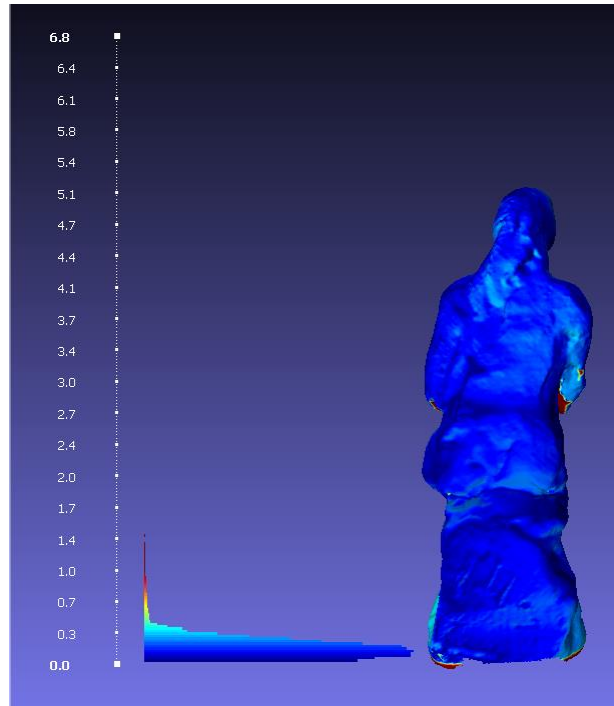
Στο τελικό μοντέλο η διόρθωση των σχισμών, των οπών και η απόδοση των λεπτομερειών της επιφάνειας είναι ικανοποιητική μέσω της οπτικής εξέταση ενώ η απόδοση της υφής παρουσιάζει αρκετά προβλήματα. Τα σημεία γκρι χρώματος (δεν ανταποκρίνονται στην πραγματική υφή του αντικειμένου) είναι πολυάριθμα και δεν εντοπίζονται μόνο στις δύσκολες περιοχές, κάτι το οποίο θα ήταν δικαιολογημένο. Οι πλέον δύσμορφες περιοχές είναι αυτές που η οι σαρώσεις αλληλεπικαλύπτονται σε μεγάλο βαθμό και συμπίπτουν τα δύο ή και τα τρία τρισδιάστατα πλέγματα. Η εφαρμογή του φίλτρου *screened poisson*, με παραμέτρους *surface reconstruction depth 11* και *adaptive octree depth 9*, συμπληρώνει ικανοποιητικά τις οπές και δεν αλλοιώνει τις λεπτομέρειες της επιφάνειας του αντικειμένου.

Στη συνέχεια συγκρίναμε το τελικό μοντέλο πριν και μετά την εφαρμογή του φίλτρου *Screened Poisson Surface Reconstruction*, ώστε να διαπιστώσουμε την απόσταση μεταξύ των δύο τρισδιάστατων πλεγμάτων. Χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο *Hausdorff Distance*. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι αποστάσεις μεταξύ των δυο πλεγμάτων είναι πολύ μικρές (κατά μέσο όρο $< 0,25\text{mm}$) εκτός από τα σημεία των οπών (κόκκινο χρώμα), κάτι το οποίο είναι αναμενόμενο. Στις εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζονται χρωματικά οι αποκλίσεις μεταξύ των δύο πλεγμάτων ανά κορυφή. Το μπλε αντιστοιχεί στην χαμηλότερη απόκλιση και το κόκκινο στην υψηλότερη.

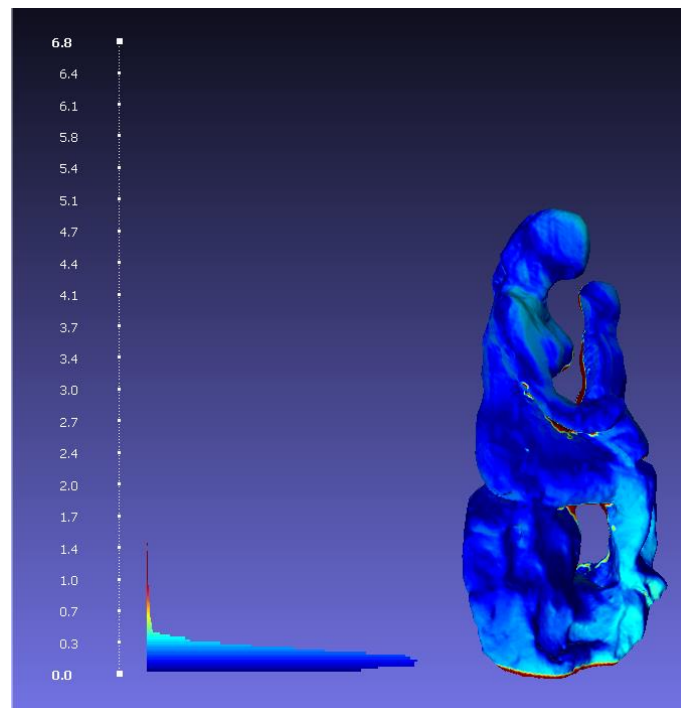
```
HausdorffDistancecomputed
Sampled 518884 pts
min : 0.000000 max 0.043128 mean : 0.001177 RMS : 0.002017
```



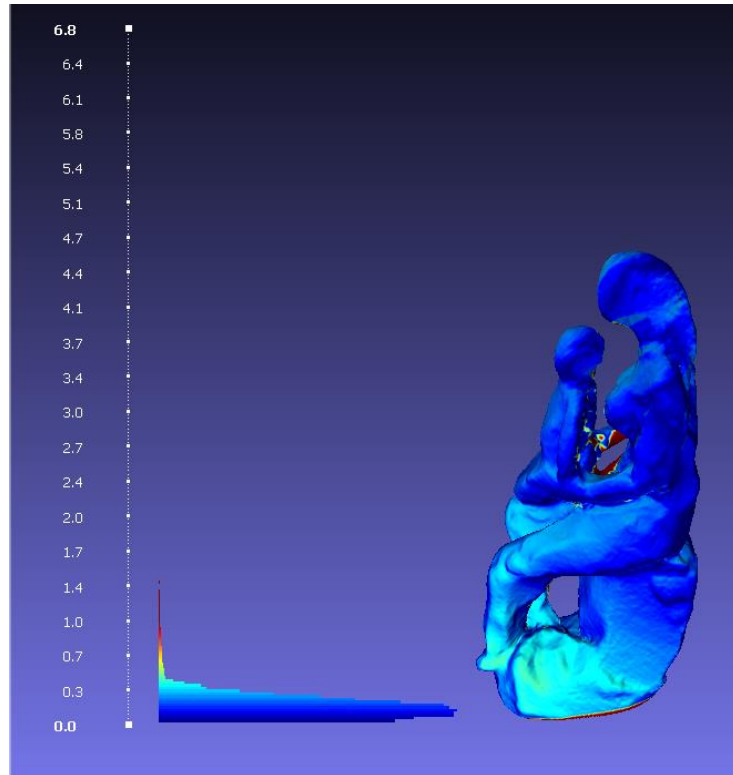
Εικ. 213: Σύγκριση του τρισδιάστατου πλέγματος πριν και μετά την εφαρμογή του φίλτρου *Screened Poisson Surface Reconstruction*.



Εικ. 214: Σύγκριση του τρισδιάστατου πλέγματος πριν και μετά την εφαρμογή του φίλτρου *Screened Poisson Surface Reconstruction*.



Εικ. 215: Σύγκριση του τρισδιάστατου πλέγματος πριν και μετά την εφαρμογή του φίλτρου *Screened Poisson Surface Reconstruction*.

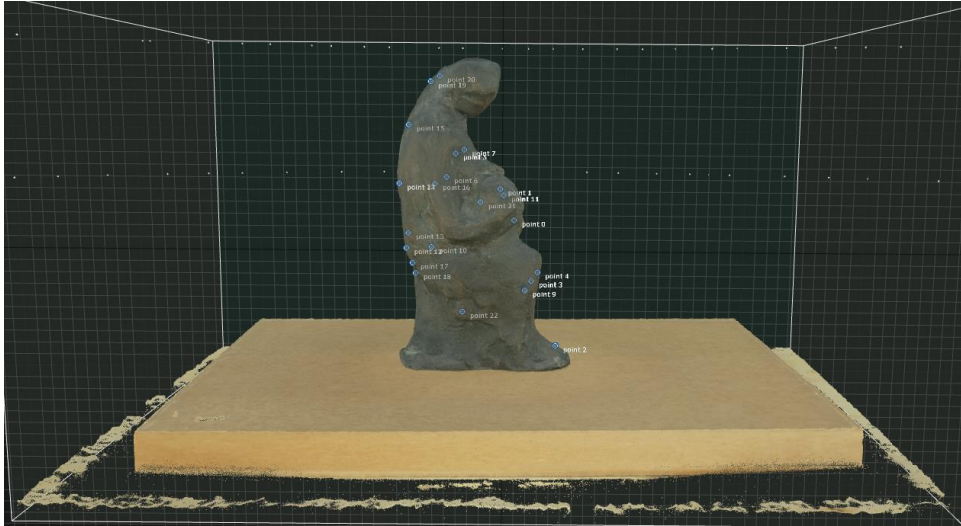


Εικ. 216: Σύγκριση του τρισδιάστατου πλέγματος πριν και μετά την εφαρμογή του φίλτρου *Screened Poisson Surface Reconstruction*.

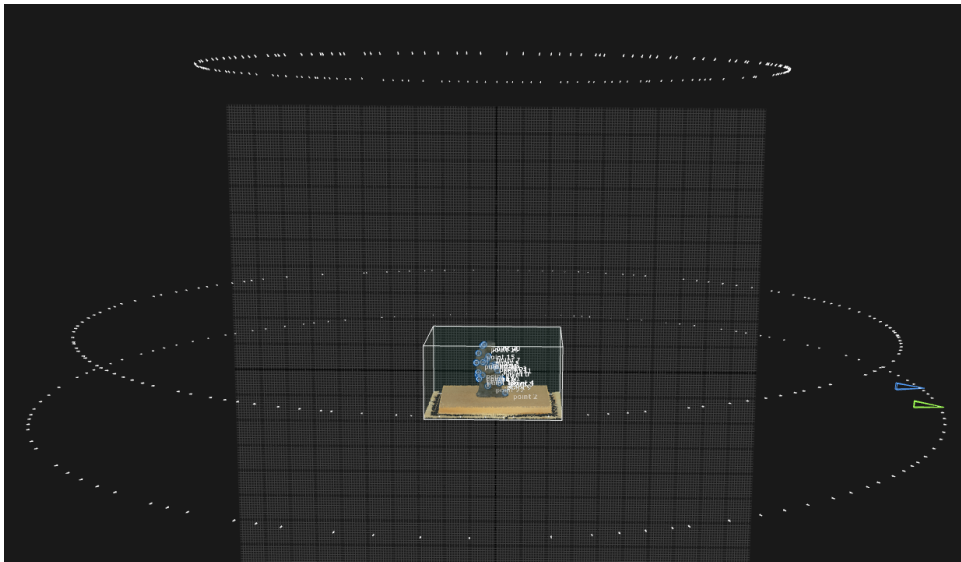
Ο χρόνος που απαιτήθηκε για την επεξεργασία των δεδομένων ξεπέρασε τις 38 ώρες. Τα αρχεία τύπου *.ply* των σαρώσεων και των μοντέλων που δημιουργήθηκαν κατά την διαδικασία δοκιμών είναι αρκετές δεκάδες. Αποθηκεύτηκαν ώστε να διατηρηθεί το ιστορικό των αποτελεσμάτων των δοκιμών και να υπάρχει η δυνατότητα να ανατρέξουμε σε αυτά μελλοντικά.

5.6.2 Φωτογραμμετρία (μπρούτζινο πρόπλασμα 245)

Τα αποτελέσματα της επεξεργασίας στο σχετικό με την φωτογραμμετρική ανασυγκρότηση λογισμικό REALITY CAPTURE μετά την ολοκλήρωσή τους, σε εικόνες και η αναφορά.



Εικ. 217: Το τρισδιάστατο μοντέλο πριν εξαχθεί από το λογισμικό φωτογραμμετρικής ανασυγκρότησης.



Εικ. 218: Οι τρεις ζώνες λήψης των φωτογραφιών.

Αναφορά επεξεργασίας δεδομένων φωτογραμμετρίας	
Αντικείμενο	Γλυπτό πρόπλασμα μπρούντζου
Πλήθος τριγώνων (όψεων)	6127158
Πλήθος κορυφών	3069471
Επίπεδο ποιότητας	Normal (κανονικό)
Ανάλυση υφής	8192 x 8192
Χρησιμοποιηθείσες εικόνες/εισηγμένες εικόνες	458/ 458
Πλήθος σημείων νέφους σημείων	503826
Πλήθος σημείων ελέγχου(αντιστοίχισης ή συζευγμένων σημείων)	36
Χρόνος υπολογισμού χαρτών βάθους	01h:03m:39s
Χρόνος εξαγωγής τρισδιάστατου πλέγματος	00h:33m:17s
Χρόνος μετεπεξεργασίας	00h:09m:38s
Χρόνος ενσωμάτωσης χρωματικής πληροφορίας	00h:02m:13s
Χρόνος ενσωμάτωσης υφής	00h:16m:31s
Συνολικός χρόνος επεξεργασίας	02h:05m:29s

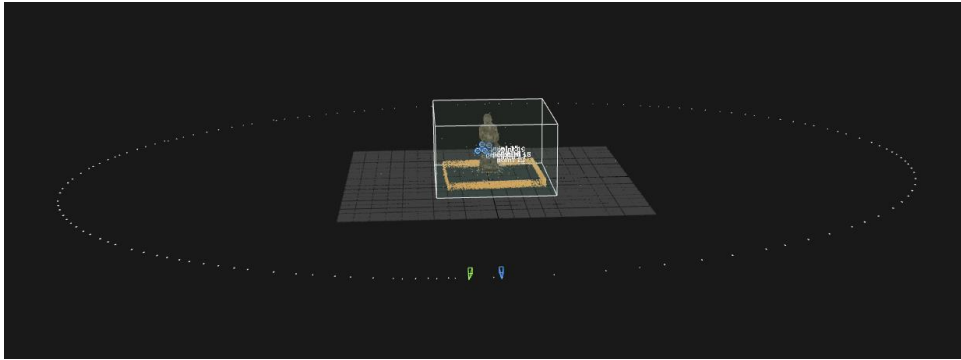
Η ανάλυση του παραγόμενου από την φωτογραμμετρία μοντέλου είναι περίπου 0.36mm.

Χρησιμοποιήθηκε το σύνολο των φωτογραφιών κατά τη διαδικασία επεξεργασίας των δεδομένων.

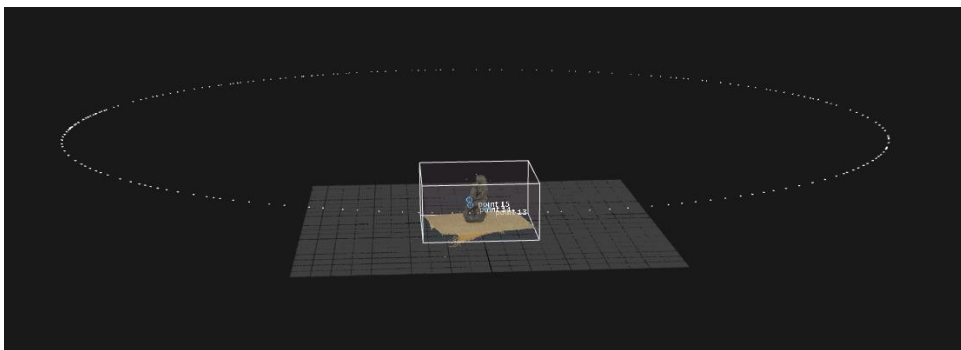
Το πλήθος των σημείων ταυτοποίησης καταδεικνύει τον βαθμό παρέμβασης μας στην ημιαυτοματοποιημένη διαδικασία εξαγωγής του τρισδιάστατου μοντέλου.

Ο χρόνος που απαίτησε η επεξεργασία των δεδομένων ήταν περίπου 27 ώρες.

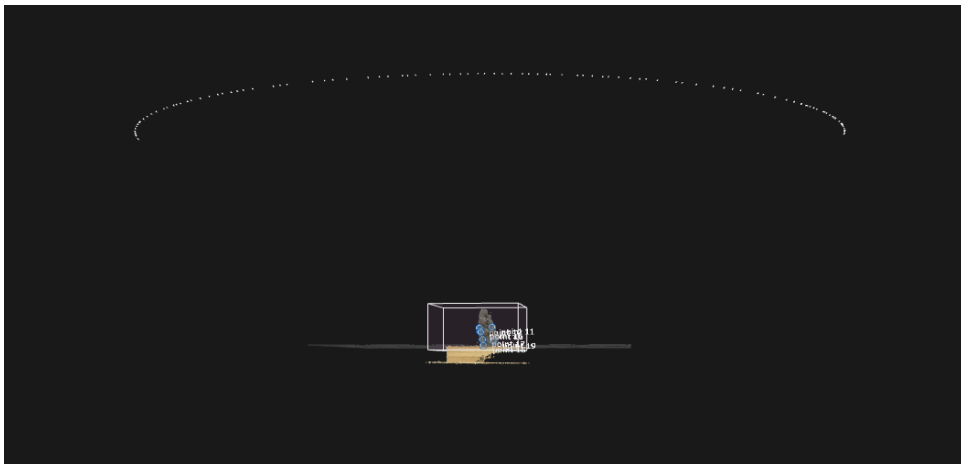
Τα αποτελέσματα μετά την ευθυγράμμιση των φωτογραφιών δεν ήταν ένα νέφος σημείων εξαγόμενο από το σύνολο των φωτογραφιών αλλά δύο *components*. Ένα, από τις δύο κατώτερες ζώνες λήψης και ένα ξεχωριστό από την ανώτερη. Η συνένωσή τους με τη χρήση πολλών σημείων ελέγχου ήταν επίπονη διαδικασία χωρίς πάντα να έχει αποτέλεσμα. Η σωστή αντιμετώπιση είναι ο ορισμός αρκετών σημείων ελέγχου (36) σε αντίστοιχες λήψεις των τριών διαφορετικών ζωνών πριν την διαδικασία ευθυγράμμισης.



Εικ. 219: Το *component* που συντίθεται από τις λήψεις της κατώτερης ζώνης.

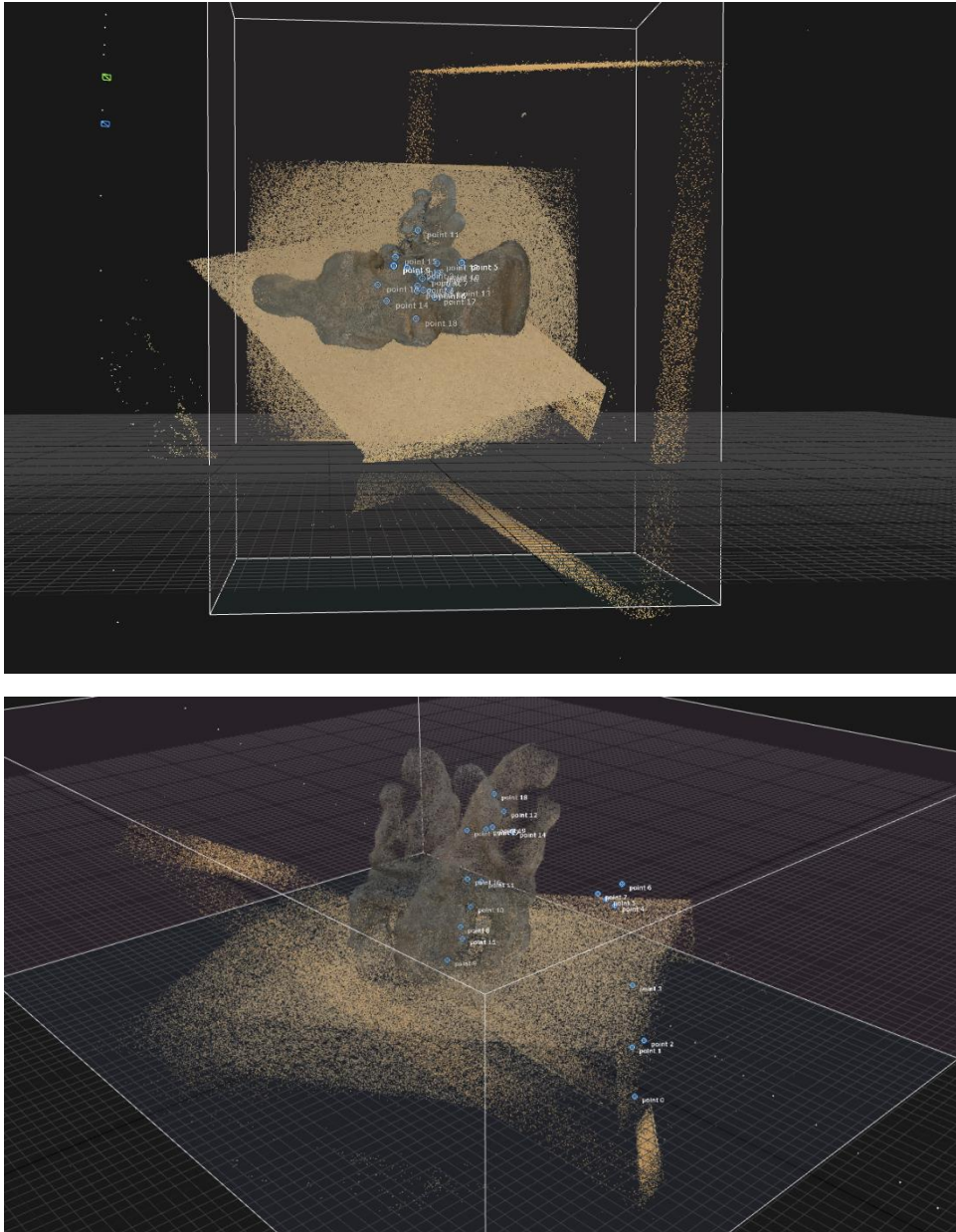


Εικ. 220: Το *component* που συντίθεται από τις λήψεις της μεσαίας ζώνης.



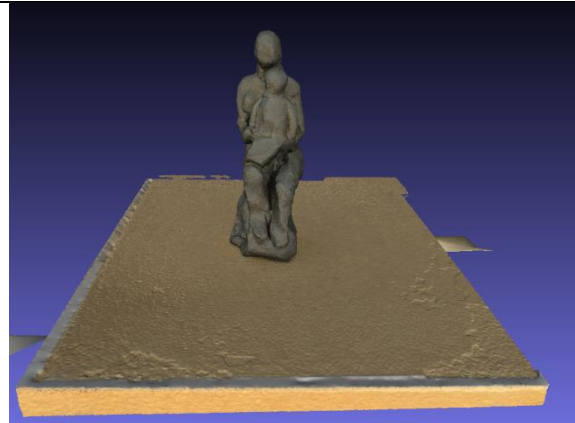
Εικ. 221: Το *component* που συντίθεται από τις λήψεις της ανώτερης ζώνης.

Το δεύτερο πρόβλημα ήταν ότι τα *components* από τις διαφορετικές ζώνες λήψης ήταν προσανατολισμένα σε διαφορετικά συστήματα αναφοράς. Η φωτογραμμετρία δεν δημιουργεί ένα αντιπροσωπευτικό πλαίσιο αναφοράς. Το αποτέλεσμα ήταν το αντικείμενο να κατασκευάζεται διπλό ή τριπλό. Αυτό αντιμετωπίστηκε με την περιστροφή και μετακίνηση του μοντέλου ώστε όλα τα *component* να προσανατολιστούν πάνω σε ένα ενιαίο σύστημα αναφοράς.



Εικ. 222: Δύο συμπλεκόμενα συστήματα αναφοράς.

ΜΕΤΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟ MESH LAB



ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΤΗΣ ΒΑΣΗΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΘΟΥΒΟΥ

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΙΛΤΡΩΝ:

REMOVEDUPLICATEFACES

/(Αφαίρεση διπλών όψεων)

REMOVEDUPLICATEVERTEX/

(Αφαίρεση διπλών κορυφών)

REMOVEZEROAREAFACES/

(Αφαίρεση όψεων μηδενικής επιφάνειας)

REMOVEUNREFERENCEDVERTEX

/(Αφαίρεση κορυφών χωρίς αναφορά)

DELETE SELF INTERSECTING

FACES/(Αφαίρεση αυτοτεμνόμενων όψεων)

DELETE NON MANIFOLD EDGES/ (

Αφαίρεση μη πολλαπλών ακμών)

DELETE NON MANIFOLD VERTICES/

(Αφαίρεση μη πολλαπλών κορυφών)

MESH LAB FACES/ΟΨΕΙΣ: 6127158

VERTICES/ΚΟΡΥΦΕΣ : 366573



Η απόδοση του χρώματος έχει μεγάλο βαθμό πιστότητας και ρεαλισμού σε σχέση με τις λήψεις.

Χαρακτηριστικό ενδεικτικό τμήμα του αντικειμένου είναι τα γράμματα και οι αριθμοί, που αποδίδονται με υψηλή ευκρίνεια.

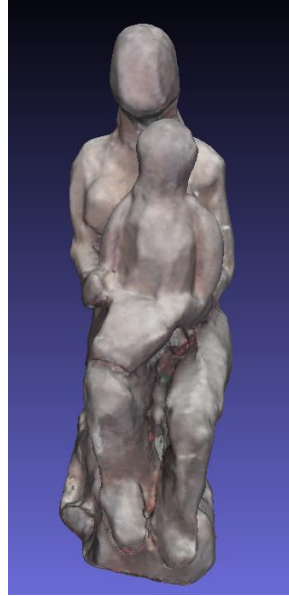
Η απόδοση των λεπτομερειών της επιφάνειας είναι ιδιαίτερα ικανοποιητική μέσω της οπτικής παρατήρησης.

Παρουσίαση των αποτελεσμάτων των δυο τεχνικών.

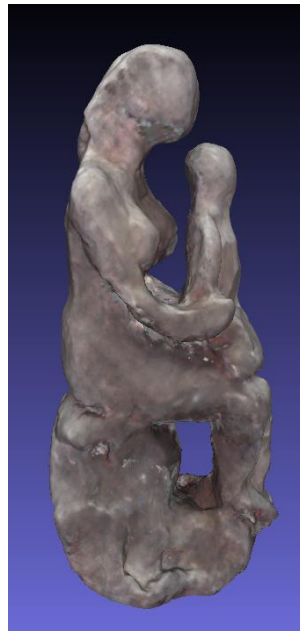
ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ

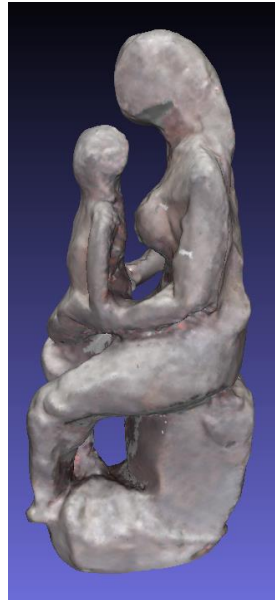


ZSCAN



ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑ





Τα τρισδιάστατα μοντέλα που παράγονται από την φωτογραμμετρία αποδίδουν καλύτερα την υφή της επιφάνειας του αντικειμένου και καταγράφουν πληρέστερα και με μεγαλύτερη ακρίβειά τις λεπτομέρειες της επιφάνειας.

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΤΩΝ ΔΥΟ ΤΕΧΝΙΚΩΝ

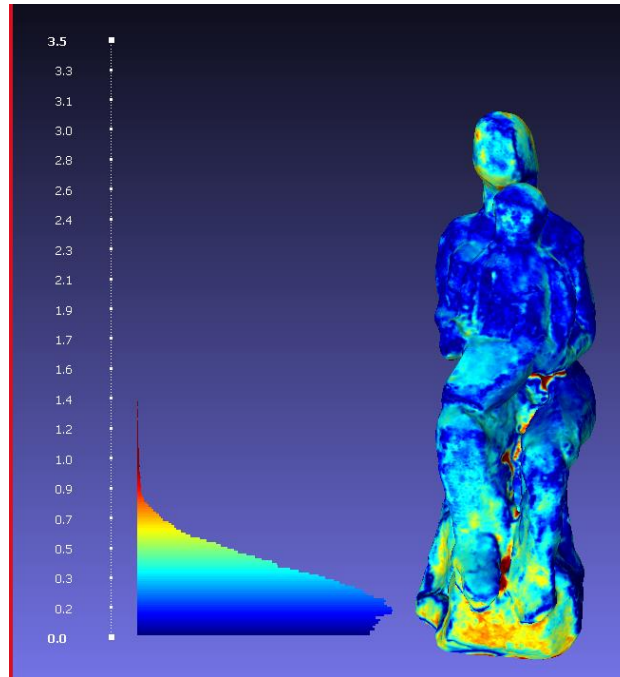
Στη συνέχεια συγκρίναμε τα τελικά από τις δύο τεχνικές παραγόμενα μοντέλα ώστε να διαπιστώσουμε την απόσταση μεταξύ των δύο τρισδιάστατων πλεγμάτων. Χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο *Hausdorff Distance*. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι αποστάσεις μεταξύ των δυο πλεγμάτων είναι πολύ μικρές (κατά μέσο όρο $< 0,06\text{mm}$). Τα σημεία που χρησιμοποιήθηκαν ως δείγμα είναι 445000. Το

φωτογραμμετρικά παραγόμενο μοντέλο επιλέχθηκε ως βάση σύγκρισης επειδή το θεωρούμε ακριβέστερο. Στις εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζονται χρωματικά οι αποκλίσεις μεταξύ των δύο πλεγμάτων ανά κορυφή. Το μπλε αντιστοιχεί στην χαμηλότερη απόκλιση και το κόκκινο στην υψηλότερη.

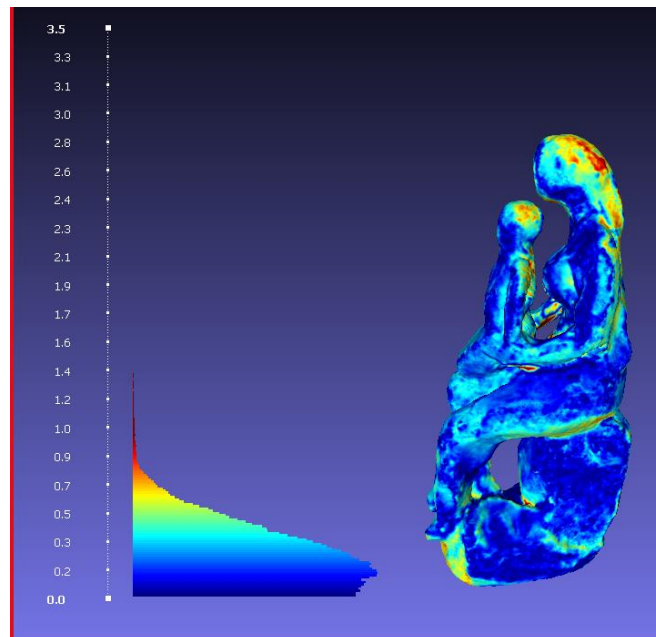
HausdorffDistancecomputed

Sampled 518884 pts

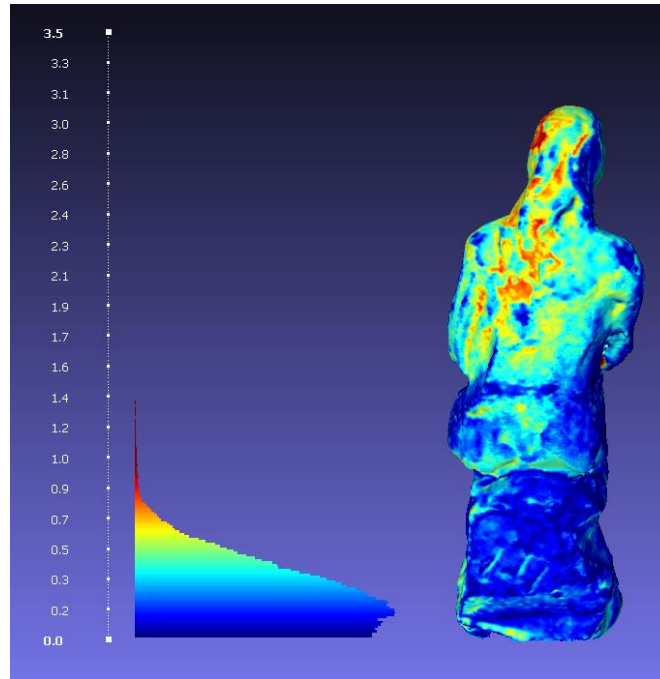
min : 0.000000 max 0.022222 mean : 0.001733 RMS : 0.002231



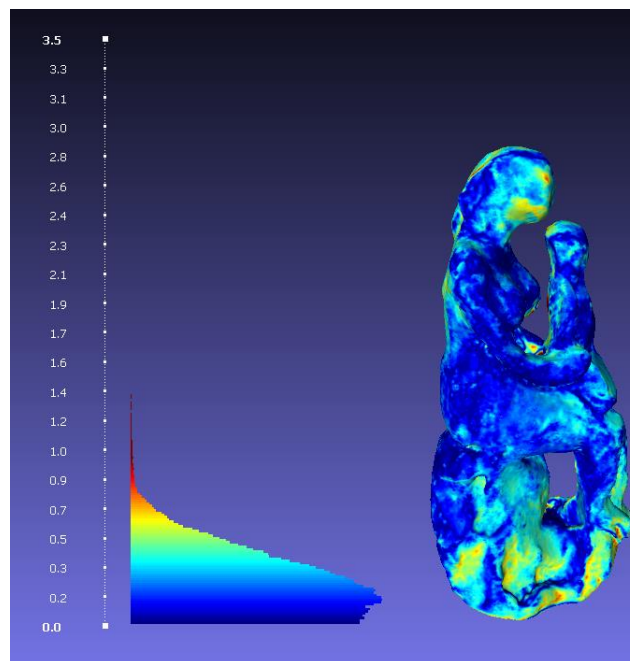
Εικ. 223: Οι αποκλίσεις μεταξύ των πλεγμάτων στην εμπρόσθια πλευρά του αντικειμένου



Εικ. 224: Οι αποκλίσεις μεταξύ των πλεγμάτων στην αριστερή πλευρά του αντικειμένου.



Εικ. 225: Οι αποκλίσεις μεταξύ των πλεγμάτων στην οπίσθια πλευρά του αντικειμένου.



Εικ. 226: Οι αποκλίσεις μεταξύ των πλεγμάτων στη δεξιά πλευρά του αντικειμένου

Παρατηρούμε ότι οι περιοχές με την υψηλότερη απόκλιση (κόκκινο χρώμα) είναι εξαιρετικά περιορισμένες και εντοπίζονται κυρίως στο τμήμα πλησίον της βάσης που η καταγραφή ήταν πράγματι δυσχερέστερη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

6.1 Συμπεράσματα

Ο πρώτος άξονας γύρω από τον οποίο μπορούμε να δομήσουμε μια αρχική δέσμη συμπερασμάτων, είναι η διαφοροποίηση των μορφολογικών χαρακτηριστικών, των δύο ομάδων-τύπων γλυπτών προπλάσμάτων. Στην πρώτη ομάδα προπλάσμάτων περιλαμβάνονται τα προπλάσματα 244 (γύψος), 256 (μπρούτζος) και 316 (κεραμικό) όπου η μητέρα αγκαλιάζει το βρέφος επάνω της. Την ονομάζουμε ομάδα Α. Στη δεύτερη ομάδα περιλαμβάνονται τα προπλάσματα 243 (γύψος), 321 (πλαστελίνη) και 245 (μπρούτζος) όπου η μητέρα κρατά το βρέφος όρθιο στην αγκαλιά της. Την ονομάζουμε ομάδα Β.



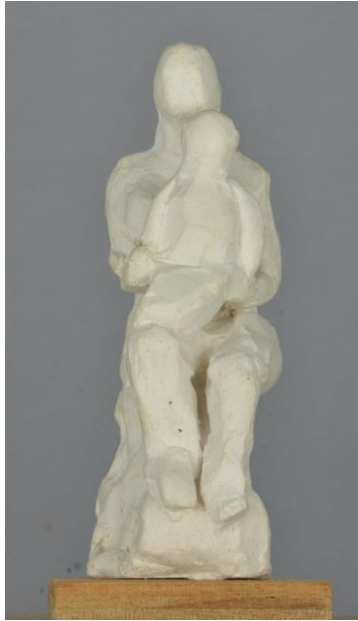
Ομάδα Α

Γύψινο πρόπλασμα (244)

Μπρούτζινο πρόπλασμα
(256)

Κεραμικό πρόπλασμα (316)

Ομάδα Β



Γύψινο πρόπλασμα(243)



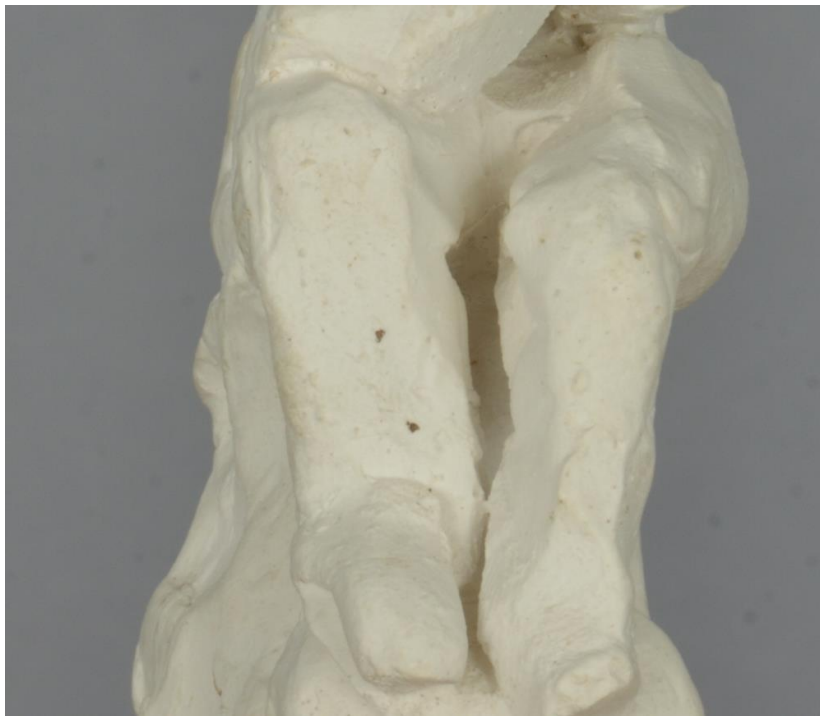
Μπρούτζινο πρόπλασμα (245)

Πρόπλασμα από
πλαστελίνη(321)

Τα προπλάσματα της ομάδας Β παρουσιάζουν πολυπλοκότερη μορφολογία και έντονα πολυεπίπεδη γλυπτική σύνθεση. Επίσης φέρουν “εσωτερικές”, “περίκλειστες” επιφάνειες όπως ο νοητός κύβος που σχηματίζεται ανάμεσα στα πόδια και στο κάθισμα και το νοητό ορθογώνιο παραλληλόγραμμο ανάμεσα στον κορμό της μητέρας και του νηπίου. Η επιφάνειά τους φέρει περισσότερες κοιλότητες, κυρτότητες, αυλακώσεις και γενικώς έχουν εντονότερη αναγλυφότητα. Όλα τα παραπάνω επιφέρουν αύξηση των σκιάσεων. Επίσης το μέγεθός τους είναι ελαφρώς μικρότερο.



Εικ. 227: Λεπτομέρεια τμημάτων πολύπλοκης μορφολογίας, του γύψινου προπλάσματος 243.



Εικ. 228: Λεπτομέρεια τμημάτων πολύπλοκης μορφολογίας, του γύψινου προπλάσματος 243.



Εικ. 229: Λεπτομέρεια τμημάτων πολύπλοκης μορφολογίας, του μπρούτζινου προπλάσματος 245.



Εικ. 230: Λεπτομέρεια τμημάτων πολύπλοκης μορφολογίας, του μπρούτζινου προπλάσματος 245.



Εικ. 230: Λεπτομέρεια τμημάτων πολύπλοκης μορφολογίας, του προπλάσματος από πλαστελίνη 321.



Εικ. 231: Λεπτομέρεια τμημάτων πολύπλοκης μορφολογίας, του προπλάσματος από πλαστελίνη 321.

Όπως έχει αναλυθεί στο θεωρητικό μέρος της εργασίας, τα επιφανειακά και γεωμετρικά χαρακτηριστικά των προπλασμάτων της ομάδας Β οδηγούν σε τρισδιάστατα μοντέλα χαμηλότερης ποιότητας και στις δύο μεθόδους. Αυτή η θεωρητική υπόθεση επαληθεύεται και στην πράξη. Συνολικά, παρατηρούμε ότι τα παραγόμενα τρισδιάστατα μοντέλα της ομάδας Β παρουσιάζουν χαμηλότερη ποιότητα πιστότητας από ότι τα παραγόμενα μοντέλα των προπλασμάτων της ομάδας Α.

Στα παραγόμενα μοντέλα της ομάδας Β' με τη φωτογραμμετρική μέθοδο, η απόδοση της φωτο-υφής και της γεωμετρικής επιφάνειας είναι εφάμιλλή με αυτά της ομάδας Α, αλλά μόνο στις περιοχές που είναι "ορατές" στον φωτογραφικό φακό και άρα καταγεγραμμένες. Στα τμήματα της επιφάνειας που είναι εσωτερικά και περικλειστά και ο φωτογραφικός φακός δεν είχε πρόσβαση η τρισδιάστατη απόδοση δεν είναι ευκρινής και σχηματίζονται επιφάνειες που δεν αντιστοιχούν στο πραγματικό αντικείμενο.

Σαν γενικό συμπέρασμα της φωτογραμμετρίας για τις δύο ομάδες είναι το ότι έχουμε ίδια ποιότητα απόδοσης γεωμετρίας και της φωτο-υφής στα κομμάτια της ομάδας Β που καλύφθηκαν οπτικά από τις κάμερες ,όμως το ποσοστό της σωστά αποδιδόμενης επιφάνειας είναι μικρότερο στην ομάδα Β εξαιτίας των γεωμετρικών χαρακτηριστικών που αναφέραμε αρχικά. Αντίθετα στην ομάδα Α που ήταν όλη η επιφάνεια ορατή στις φωτογραφικές λήψεις δεν παρουσιάζεται τμήμα της επιφάνειας που να μην έχει αποδοθεί σωστά.



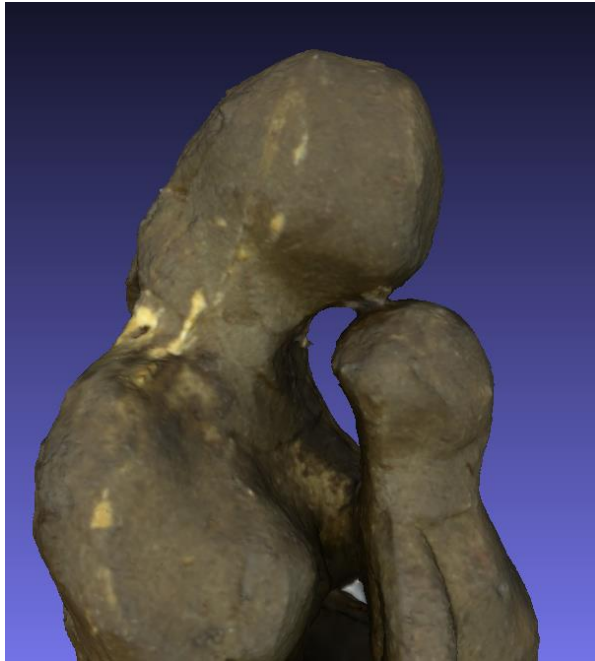
Εικ. 232: Απόψεις των τελικών μοντέλων της φωτογραμμετρίας των προπλασμάτων της ομάδας Α'.



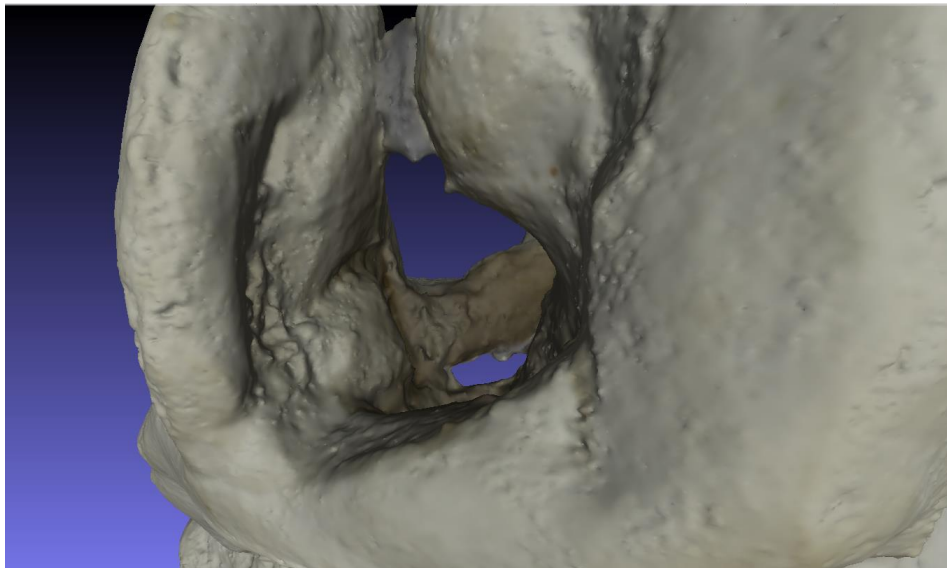
Εικ. 233: Απόψεις των τελικών μοντέλων της φωτογραμμετρίας των προπλάσμάτων της ομάδας Β'.



Εικ. 234 Λεπτομέρεια από του τελικού μοντέλου της φωτογραμμετρίας του μπρούτζινου προπλάσματος 245.



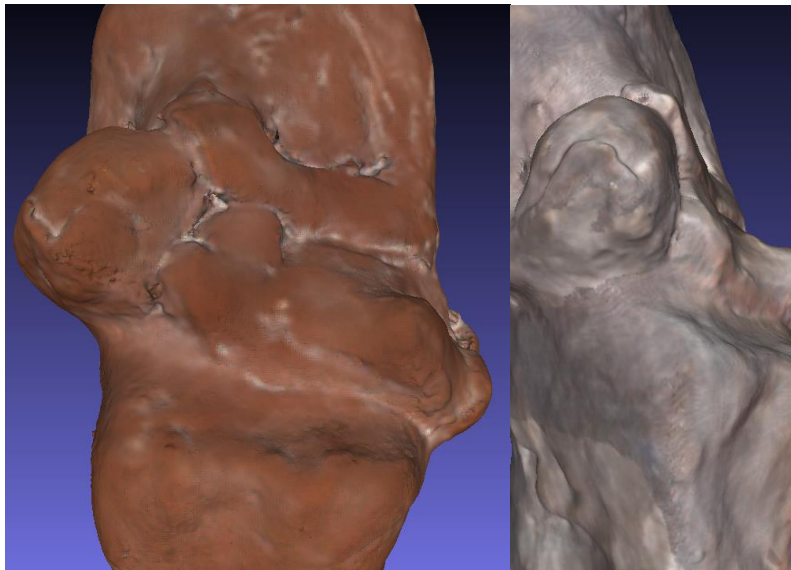
Εικ. 235:Λεπτομέρεια από του τελικού μοντέλου της φωτογραμμετρίας του προπλάσματος από πλαστελίνη 321.



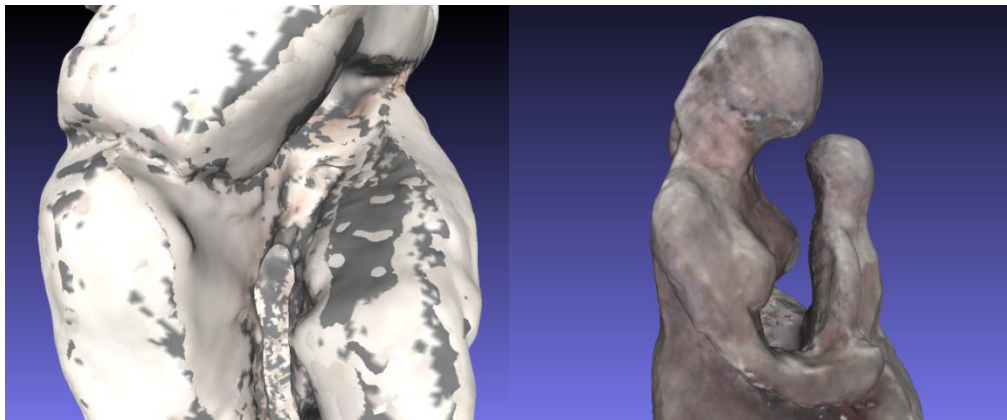
Εικ. 236:Λεπτομέρεια από του τελικού μοντέλου της φωτογραμμετρίας του γύψινου προπλάσματος 243.

Στα παραγόμενα τρισδιάστατα μοντέλα με τη μέθοδο της σάρωσης λέιζερ, συνολικά παρατηρούμε ότι η ποιότητα της απόδοσης των γεωμετρικών λεπτομερειών της επιφάνειας αλλά και η απόδοση της φωτο-υφής είναι υψηλότερη στα προπλάσματα της ομάδας Α' από αυτά της ομάδας Β'.

Τα επιφανειακά και γεωμετρικά χαρακτηριστικά των προπλασμάτων της ομάδας Β δυσχεραίνουν την ορθή και πλήρη καταγραφή της επιφάνειας από τον σαρωτή. Οι εσωτερικές και περικλειστές επιφάνειες ήταν αδύνατο να καταγράψουν από το σαρωτή με τη μέθοδο σάρωσης που χρησιμοποιήσαμε. Το γεγονός ότι ο αριθμός των σαρώσεων που διενεργήθηκαν στα αντικείμενα της ομάδας Β ήταν μεγαλύτερος από αυτών της Α, δηλαδή λάβαμε μεγαλύτερη ποσότητα πρωτογενών δεδομένων, παρόλα αυτά, δεν μεταφράστηκε και σε υψηλότερη ποιότητα των τελικών τρισδιάστατων μοντέλων της ομάδας Α.



Εικ. 237 Λεπτομέρειες των τελικών μοντέλων με οπτική τρισδιάστατη σάρωση λέιζερ προπλασμάτων της ομάδας Α.



Εικ. 238 Λεπτομέρειες των τελικών μοντέλων με οπτική τρισδιάστατη σάρωση λέιζερ προπλασμάτων της ομάδας Β.

Η πλήρης τεκμηρίωση και διάγνωση των φθορών, υπό το πρίσμα της συντήρησης, με βάση τα τρισδιάστατα μοντέλα της ομάδας Β που παρήχθησαν και από τις δύο μεθόδους δεν είναι δυνατή. Από τη ματιά του συντηρητή, η διαδικασία εκτίμησης της κατάστασης διατήρησης του αντικειμένου, δηλαδή η εξακρίβωση της ύπαρξης ρωγμών, οπών, χρωματικών απωλειών ή αλλοιώσεων, στατικών προβλημάτων και γενικά της έκτασης και των τύπων φθοράς δεν μπορεί να βασιστεί στα τρισδιάστατα μοντέλα της ομάδας Β ώστε να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα για το σύνολο της επιφάνειας των αντικειμένων. Αυτό οφείλεται στην έλλειψη καταγραφής κάποιων περιοχών, όπως έχουμε περιγράψει, και στην αδυναμία αποτύπωσης μέρους των λεπτομερειών της επιφάνειας. Παρ' όλα αυτά τα τρισδιάστατα μοντέλα της ομάδας Β περιέχουν μεγάλο πλήθος χρήσιμων πληροφοριών για έναν ερευνητή - συντηρητή.

Στη διαδικασία της επεξεργασίας και μετεπεξεργασίας των πρωτογενών δεδομένων της σάρωσης με λέιζερ, υπήρχε η δυνατότητα να δημιουργηθούν προεκβολές της πραγματικής επιφάνειας στα κενά που υπάρχουν. Ωστόσο αυτό δεν βοηθά στην εκτίμηση της κατάστασης διατήρησης των αντικειμένων.

Τα τρισδιάστατα μοντέλα των προπλασμάτων της ομάδας Α προσφέρουν την δυνατότητα τεκμηρίωσης και αξιόπιστης εκτίμησης της κατάστασης διατήρησης των αντικειμένων. Η καταγραφή και η απεικόνιση του συνόλου της επιφάνειάς τους και η συμπαγής γλυπτική σύνθεση συμβάλουν σημαντικά σε αυτή την κατεύθυνση.



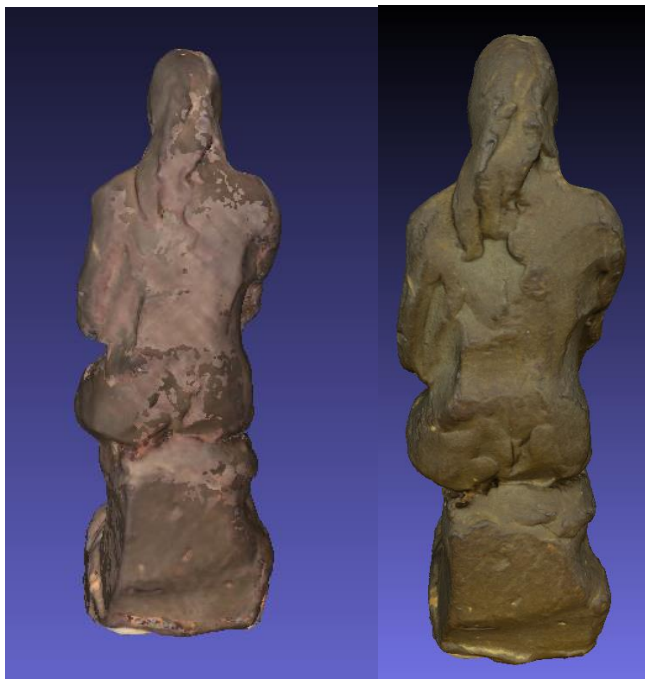
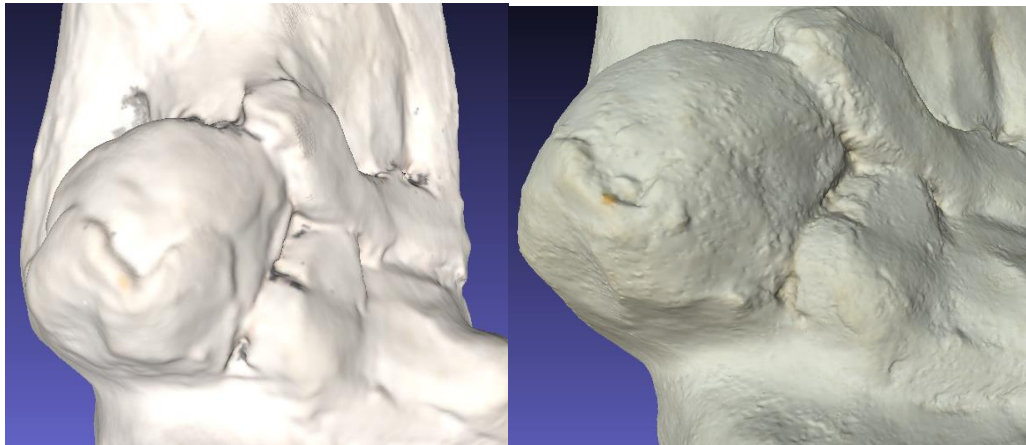


Εικ. 239,240,241 Λεπτομέρεια χαρακτηριστικών περιοχών των τρισδιάστατων μοντέλων της φωτογραμμετρίας των προπλάσμάτων της ομάδας Α.

Η σύγκριση των δύο μεθόδων ως προς την καταλληλότητα και τη συμβατότητα με τα χαρακτηριστικά των γλυπτών προπλάσμάτων και κατ' επέκταση άλλων αντικειμένων με παρόμοια χαρακτηριστικά, βασίστηκε στην αναλυτική σύγκριση των τρισδιάστατων μοντέλων που παρήχθησαν. Όλα τα παραπάνω αναλύθηκαν διεξοδικά για κάθε πρόπλασμα στο κεφάλαιο 5. Η σύγκριση και η αξιολόγηση κινήθηκε γύρω από τους ακόλουθους άξονες :

Η οπτική παρατήρηση και η σύγκριση με τα πραγματικά προπλάσματα κατέδειξε ότι τα παραγόμενα από τη φωτογραμμετρία, τρισδιάστατα μοντέλα εμφανίζουν υψηλότερη πιστότητα ως προς την απεικόνιση των γεωμετρικών λεπτομερειών της επιφάνειας και την απόδοση της φωτο-υφής και του χρώματος.





Εικ. 242 Αντιπαραβολή των ίδιων περιοχών των τρισδιάστατων μοντέλων των δύο μεθόδων(αριστερα οπτικός σαρωτής λέιζερ, δεξιά φωτογραμμετρία)

Στην περίπτωση των γύψινων προπλάσμάτων, στα τρισδιάστατα μοντέλα που παρήχθησαν με τη φωτογραμμετρία η απόδοση του χρώματος είναι ορθή και πιστή ως προς τα χρώματα που έχουν τα αντικείμενα στις φωτογραφίες. Το λευκό όμως χρώμα του γύψου είναι ευαίσθητο στην επίδραση του περιβαλλοντικού φωτός που διαχέεται και αντανακλά το χρώμα των παρακείμενων επιφανειών. Το αποτέλεσμα είναι το χρώμα των γύψινων προπλάσμάτων στις φωτογραφίες να είναι πιο σκουρόχρωμο από το πραγματικό. Η απόκλιση αυτή στην χρωματική απόδοση μεταφέρεται και στο τρισδιάστατο μοντέλο. Τα παραγόμενα μοντέλα που προέκυψαν από την τρισδιάστατη σάρωση με λέιζερ αποδίδουν ορθότερα και πιο πιστά το λευκό του γύψου αλλά παρουσιάζουν πολλές ασυνέχειες και περιοχές γκρι χρώματος που δεν υπάρχουν στα γύψινα προπλάσματα.

Όπως είδαμε στα αποτελέσματα, στο κεφάλαιο 5, όπου παρατίθενται αναλυτικά τα αποτελέσματα της σύγκρισης των τρισδιάστατων πλεγμάτων των μοντέλων των δύο μεθόδων με βάση την απόσταση μεταξύ των δύο πλεγμάτων, συμπεραίνουμε ότι οι αποκλίσεις είναι πάρα πολύ μικρές ($< 0,5$ mm). Η μικρή αυτή απόκλιση σημαίνει ότι και οι δύο μέθοδοι αποδίδουν ορθά το σχήμα των αντικειμένων με ελάχιστες διαφορές μεταξύ τους.

Το γεγονός ότι η ποιότητα της απόδοσης του σχήματος είναι εφάμιλλη και στις δύο μεθόδους συνάδει με την αναφορά στο θεωρητικό κομμάτι, ότι η τρισδιάστατη σάρωση με λέιζερ σχεδιάστηκε κυρίως για βιομηχανικές εφαρμογές, όπου συνήθως τα αντικείμενα έχουν ένα σαφές σχήμα και επιφάνειες χωρίς ιδιαίτερα πολύπλοκη αναγλυφότητα και λεπτομέρειες.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται το πλήθος των κορυφών, των τριγώνων και η ανάλυση για όλα τα τρισδιάστατα μοντέλα που παρήχθησαν και από τις δύο μεθόδους. Παρατηρούμε ότι τα τρισδιάστατα μοντέλα της φωτογραμμετρίας έχουν μεγαλύτερο πλήθος τριγώνων και κορυφών, γεγονός που αποτελεί μια σοβαρή ένδειξη ότι τα τρισδιάστατα μοντέλα της φωτογραμμετρίας είναι ανώτερης ποιότητας και πληρέστερα από αυτά της σάρωσης λέιζερ.

Αντικείμενο/Υλικό	243- γύψος	321- πλαστελί νη	245- μπρούτζ ος	244- γύψος	256- μπρούτζ ος	316- κεραμικ ό
Κορυφές (φωτογραμμετρίας)	221842 3	861150	1117683	2.016.6 72	1181613	123167 4
Κορυφές (τριδιάστατης σάρωσης με οπτικό σαρωτή λέιζερ)	676288	763481	680386	445001	448565	819672
Τρίγωνα (φωτογραμμετρίας)	110976 7	1722320	2352716	1.008.3 41	2361323	234882 2
Τρίγωνα(τριδιάστα της σάρωσης με οπτικό σαρωτή)	131695 8	1311182	1352476	888941	896263	163691 7
Ανάλυση (φωτογραμμετρίας)	0,08	0,021	0,014	0,05	0,041	0,027
Ανάλυση (τριδιάστατης σάρωσης με οπτικό σαρωτή)	0,25	0,34	0,33	0,33	0,36	0,31

Στο σημείο αυτό μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι η διαφορά της ποιότητας των τρισδιάστατων μοντέλων της φωτογραμμετρίας σε σχέση με αυτών της τρισδιάστατης σάρωσης με λέιζερ οξύνεται ακόμα περισσότερο στα προπλάσματα της ομάδας Β εξαιτίας των μορφολογικών χαρακτηριστικών που αναλύσαμε διεξοδικά παραπάνω.

Η απάντηση στο ερώτημα ποια από τις δύο μεθόδους είναι καταλληλότερη για την τεκμηρίωση και διάγνωση των γλυπτών προπλασμάτων είναι ότι, ο συνδυασμός των αποτελεσμάτων των δύο μεθόδων δρα αλληλοσυμπληρωματικά παρέχοντας μια πιο ολοκληρωμένη δέσμη πληροφοριών για τα αντικείμενα. Στο ερώτημα αν έπρεπε να επιλέξουμε μόνο μια από τις δύο μεθόδους η απάντηση είναι η φωτογραμμετρική μέθοδος γιατί τα τρισδιάστατα μοντέλα της παρέχουν μεγαλύτερη δυνατότητα διάγνωσης τύπων και έκτασης φθορών, χρωματικών αλλοιώσεων και γενικά πληροφοριών απαραίτητων για την τεκμηρίωση των συγκεκριμένων πολιτιστικών τεκμηρίων.

Ακολουθεί πίνακας που παρουσιάζει τον χρόνο που απαιτήσε κάθε μέθοδος για την εξαγωγή των τελικών τρισδιάστατων μοντέλων.

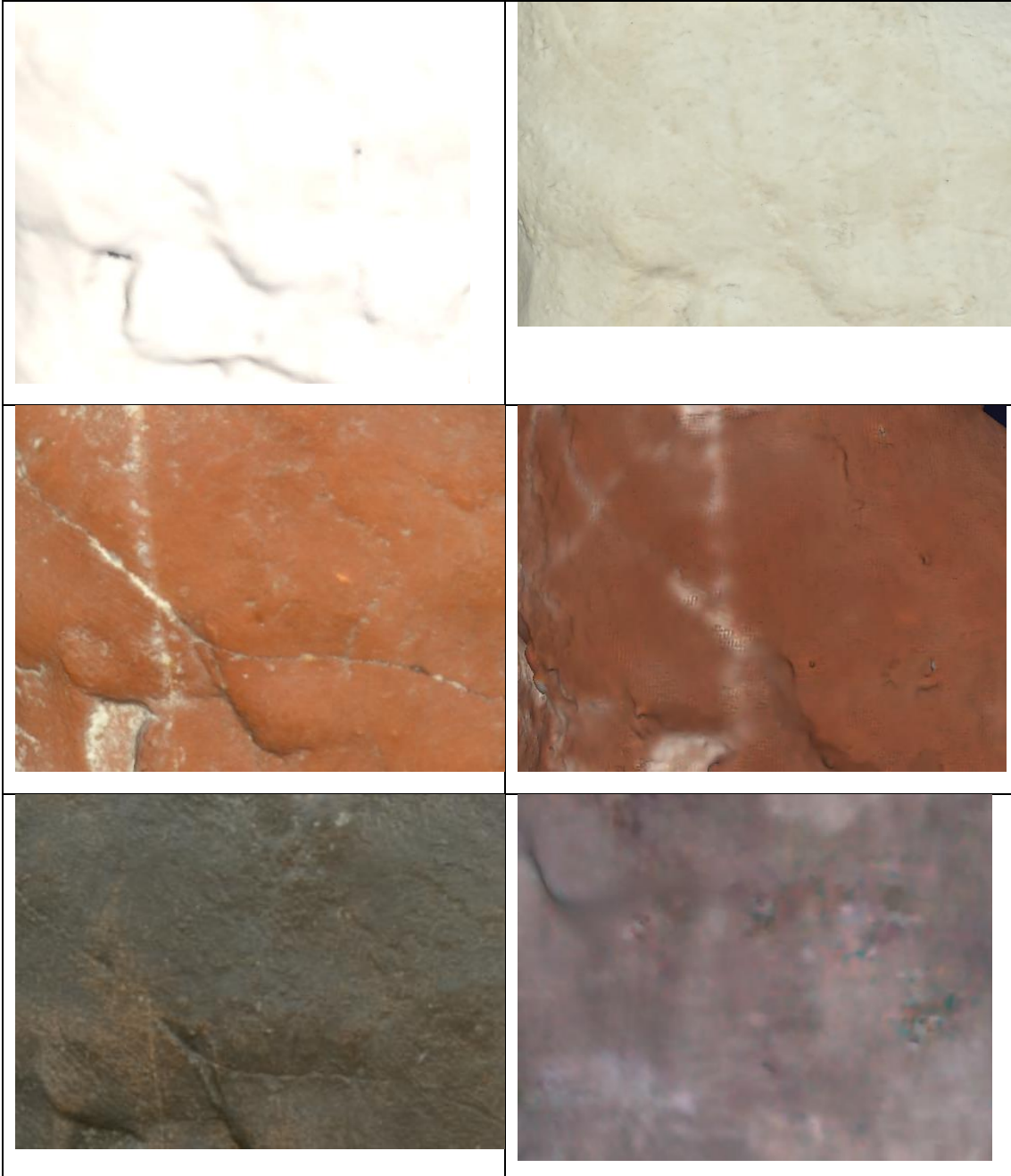
Αντικείμενο/ Υλικό	Χρόνος διαδικασίας λήψης δεδομένων (Φωτογραμμετρία)	Χρόνος διαδικασίας λήψης δεδομένων (τρειςδιάστατης σάρωσης με οπτικό σαρωτή λέιζερ)	Χρόνος επεξεργασίας- μετεπεξεργασίας (Φωτογραμμετρία)	Χρόνος επεξεργασίας- μετεπεξεργασίας (τρειςδιάστατης σάρωσης με οπτικό σαρωτή λέιζερ)
243-γύψος	2-3 h	15 h	12 h	46 h
245- μπρούτζος	2-3 h	6 h	20 h	38 h
321- πλαστελίνη	2-3 h	8 h	17 h	52 h
244-γύψος	2-3 h	9 h	16 h	40 h
256- μπρούτζος	2-3 h	7 h	16 h	38 h
316-κεραμικό	2-3 h	8 h	20 h	35 h

Σύγκριση μεταξύ των υλικών

Τα τρισδιάστατα μοντέλα όλων των υλικών που παρήχθησαν με την μέθοδο της φωτογραμμετρίας δεν παρουσιάζουν διαφορές στην απόδοση των γεωμετρικών λεπτομερειών και του σχήματος εξαιτίας του υλικού. Οι διαφορές που εντοπίζονται στην ποιότητα εξαιτίας των υλικών αφορούν την απόδοση του χρώματος και της φωτο-υφής. Σε μια κλίμακα απόδοσης φωτο-υφής και χρώματος σε υλικό, η σειρά έχει ως εξής : Το καλύτερο αποτέλεσμα είναι στην πλαστελίνη, στη συνέχεια στο κεραμικό, στον μπρούτζο και στο γύψο. Η εξήγηση είναι η εξής : στο γύψο η λευκότητά του επηρεάζεται και αναδεικνύει την διάχυση του χρώματος σε γειτονικές επιφάνειες πιο σκούρου χρώματος. Δηλαδή οι φωτογραφίες τις οποίες χρησιμοποιήσαμε στη φωτογραμμετρία για την εξαγωγή του μοντέλου απέδιδαν πιο σκούρο το λευκό του γύψου από ότι είναι αυτό στην πραγματικότητα με αποτέλεσμα και στα τρισδιάστατα μοντέλα το χρώμα να είναι εμφανώς πιο σκούρο και προς το γκρι σε σχέση με το λευκό του γύψου. Ο μπρούτζος στη συνέχεια έχει προβλήματα στην απόδοση της φωτο-υφής και του χρώματος εξαιτίας της στιλπνότητάς του οδηγεί σε έντονες αντανακλάσεις σε διάφορες περιοχές, που οι αντανακλάσεις αυτές παραμορφώνουν την απεικόνιση της φωτο-υφής και του χρώματος μέσω της φωτογραμμετρίας. Το κεραμικό και η πλαστελίνη τα οποία είναι σκουρόχρωμα υλικά χωρίς αντανακλάσεις έχουν καλύτερα αποτελέσματα.

Το υλικό κατασκευής των προπλασμάτων έπαιξε πολύ πιο σημαντικό ρόλο στην διαφοροποίηση της ποιότητας των τρισδιάστατων μοντέλων με τη μέθοδο της σάρωσης με λέιζερ από ότι στη φωτογραμμετρία. Το υλικό το οποίο παρουσίασε τις μεγαλύτερες δυσκολίες και τα χαμηλότερης ποιότητας τρισδιάστατα μοντέλα είναι ο μπρούτζος. Αυτό οφείλεται, όπως αναπτύχθηκε και στο θεωρητικό μέρος, στο σκούρο χρώμα των μπρούτζινων προπλασμάτων αλλά και στον υψηλό βαθμό αντανάκλασης των επιφανειών τους, με αποτέλεσμα ο οπτικός τρισδιάστατος σαρωτής να δυσκολεύεται πολύ στο να καταγράψει σωστά τις γεωμετρικές και χρωματικές πληροφορίες. Τόσο ως προς της απόδοση των λεπτομερειών της γεωμετρίας όσο και της φωτουφής και του χρώματος, η απόδοση των μπρούτζινων προπλασμάτων είναι η φτωχότερη σε ποιότητα σε σχέση με τα υπόλοιπα. Μετά τον μπρούτζο το πρόπλασμα που παρουσίασε μεγάλες δυσκολίες στην καταγραφή και την απεικόνιση ήταν η πλαστελίνη, που εν μέρη παρουσίασε παρόμοιες ιδιότητες με αυτές του μπρούτζου. Η πλαστελίνη είναι επίσης σκουρόχρωμη και η επιφάνειά της παρουσίαζε έντονη ανακλαστικότητα λόγω της φθοράς της. Στη συνέχεια στο κεραμικό πρόπλασμα έχουμε σαφώς καλύτερη ποιότητα σε σχέση με το μπρούτζο και την πλαστελίνη και ελαφρώς χαμηλότερη ποιότητα με το γύψο. Η επιφάνειά του κεραμικού είναι ενός μέσου τόνου χρώματος με αρκετά λευκά τμήματα στην επιφάνειά του και με πολύ μικρά ποσοστά αντανακλάσεων. Στη σάρωση με λέιζερ την καλύτερη συμπεριφορά από όλα τα προπλάσματα είχαν τα γύψινα αντικείμενα στα οποία η απόδοση των γεωμετρικών λεπτομερειών και της φωτουφής ήταν καλύτερη από τα υπόλοιπα, ωστόσο αντιμετωπίσαμε το πρόβλημα που ήδη έχει

αναφερθεί, των περιορισμένων έκτασης γκρι περιοχών που εξαιτίας της λευκότητας του αντικειμένου είναι και πιο εμφανή. Συμπερασματικά, μια κατάταξη στην σειρά ποιότητας από την χαμηλότερη προς την υψηλότερη είναι : μπρούτζος, πλαστελίνη, κεραμικό, γύψος.





Εικ. 242 Η απόδοση των διαφορετικών υλικών στη φωτογραμμετρία(αριστερά) και στη σάρωση με λέιζερ(δεξιά).

Μετά την περάτωση ολόκληρης της διαδικασίας, από την λήψη των πρωτογενών δεδομένων έως της εξαγωγή των τελικών τρισδιάστατων μοντέλων, ακολούθησε η επισκόπηση, η μελέτη και η αξιολόγηση όλων των βημάτων, ώστε να διατυπωθούν προτάσεις με στόχο την βελτίωση της συγκεκριμένης διαδικασίας που ακολουθήσαμε και κατ' επέκταση την ποιότητα των εξαγόμενων μοντέλων. Οι προτάσεις αυτές μπορούν να φανούν χρήσιμες για μελλοντική μελέτη των ίδιων γλυπτών προπλασμάτων, των υπόλοιπων προπλασμάτων που ανήκουν στην ίδια θεματική ενότητα, αλλά και για την εφαρμογή των δύο μεθόδων σε αντικείμενα παρόμοιων μορφολογικών χαρακτηριστικών, ανάλογου μεγέθους και υλικών κατασκευής.

6.2 Προτάσεις βελτίωσης της διαδικασίας λήψης πρωτογενών δεδομένων

Φωτογραμμετρία:

Κατά την λήψη φωτογραφιών ανοιχτόχρωμων αντικειμένων, όπως των γύψινων προπλασμάτων, απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή ώστε ο φωτισμός να είναι διάχυτος και να μην δημιουργούνται σκιάσεις.

Το φόντο πρέπει επίσης να είναι ανοιχτόχρωμο ώστε να μην αντανακλά πάνω στο αντικείμενο μεταβάλλοντας την τονικότητα του χρώματος της επιφάνειάς του. Στην περίπτωση των ξύλινων βάσεων των γύψινων προπλασμάτων θα έπρεπε να είχαν καλυφθεί με κάποιο λευκό υλικό, όπως το χαρτί.

Η επιλογή του φόντου είναι σημαντική γιατί ένα ενιαίο φόντο χωρίς χαρακτηριστικά σημάδια (πχ γράμματα ή αριθμοί) δεν βοηθά τα λογισμικά επεξεργασίας να

εντοπίσουν το ορθό σύστημα αναφοράς. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ανάγκη περισσότερων επεμβάσεων του χρήστη κατά την διάρκεια επεξεργασίας των δεδομένων, δηλαδή απαιτείται περισσότερος χρόνος και προσπάθεια.

Για τον ίδιο ακριβώς λόγο το τμήμα του κάδρου των λήψεων που καταλαμβάνεται από το αντικείμενο πρέπει να είναι όσο το δυνατό μεγαλύτερο σε σχέση με το φόντο. Απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή κυρίως στις ανώτερες καθ' ύψος ζώνες επειδή, όπως είναι φυσικό η γωνία λήψης είναι τέτοια που "μειώνει" το μέγεθος του αντικειμένου στο κάδρο της φωτογραφίας.

Στην περίπτωση των προπλάσμάτων της ομάδας Β μια σειρά λήψεων από μικρότερη απόσταση θα βοηθούσε στην πληρέστερη καταγραφή των "δύσκολων" τμημάτων της επιφάνειας.

Τρισδιάστατη σάρωση με λέιζερ :

Η διαδικασία της οπτικής τρισδιάστατης σάρωσης με λέιζερ είναι καλό να διεξάγεται σε ίδιες συνθήκες φωτισμού για όλες τις επιμέρους σαρώσεις, δηλαδή την ίδια ώρα της ημέρας, έτσι ώστε να αποφεύγονται τα προβλήματα καταγραφής του χρώματος.

Οι επιμέρους σαρώσεις είναι αναγκαίο να καλύπτουν όλη την επιφάνεια του αντικειμένου ώστε να υπάρχει πλήρης και ποιοτική καταγραφή των πληροφοριών της γεωμετρίας και της φωτο-υφής. Όπως είδαμε στην παρουσίαση των αποτελεσμάτων σε κάποια προπλάσματα απαιτούνταν συμπληρωματικές, στοχευμένες σαρώσεις.

Η τοποθέτηση του αντικειμένου με διαφορετικούς τρόπους βοηθάει στην πληρέστερη σάρωσή του, γιατί προσφέρει οπτική πρόσβαση σε μεγαλύτερο μέρος της επιφάνειας, αρκεί να εξασφαλίζεται η ακεραιότητα και η ασφάλειά του.

Γενικότερα, παρατηρούμε ότι η ποιότητα των τελικών τρισδιάστατων μοντέλων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ποιότητα και την πληρότητα των ληφθέντων πρωτογενών δεδομένων. Τα προβλήματα των δεδομένων γίνονται αντιληπτά κατά την διάρκεια επεξεργασίας και μετεπεξεργασίας τους, συνήθως σε μετέπειτα χρονικό διάστημα οπότε δεν υπάρχει η δυνατότητα πρόσβασης στο αντικείμενο ώστε να επαναληφθεί ολόκληρη ή μέρος της διαδικασίας λήψης των δεδομένων. Αυτά τα προβλήματα των πρωτογενών δεδομένων (φωτογραφικές λήψεις και επιμέρους σαρώσεις) όχι μόνο επηρεάζουν αρνητικά την ποιότητα των τελικών αποτελεσμάτων αλλά απαιτούν χρονοβόρα και επίπονη προσπάθεια κατά την επεξεργασία τους, ώστε να βελτιστοποιηθούν τα αποτελέσματα. Εάν λοιπόν είναι δυνατό να γίνει μια έστω πρόχειρη επεξεργασία των δεδομένων αμέσως μετά τη λήψη τους, θα ήταν πολύ χρήσιμη η διαπίστωση πιθανών προβλημάτων όσο ακόμα

υπάρχει πρόσβαση στο αντικείμενο ώστε να επαναληφθεί ή συμπληρωθεί η λήψη δεδομένων.

6.3 Προτάσεις για συνέχιση της έρευνας

Στο πλαίσιο της περαιτέρω διερεύνησης των δυνατοτήτων τρισδιάστατης ψηφιοποίησης των γλυπτών προπλασμάτων, προτείνεται η επανάληψη της διαδικασίας συμπεριλαμβάνοντας τις παρατηρήσεις και τις προτεινόμενες βελτιώσεις της παρούσας εργασίας, έτσι ώστε τα τελικά τρισδιάστατα μοντέλα να έχουν την υψηλότερη δυνατή ποιότητα που μπορεί να επιτευχθεί από τις δύο μεθόδους. Η επέκταση της εργασίας στα υπόλοιπα γλυπτά προπλάσματα με θέμα την μητέρα, θα προσφέρει την δυνατότητα σύγκρισης των μεθόδων σε σχέση με τα διαφορετικά υλικά κατασκευής, σε ένα μεγαλύτερο πλήθος αντικειμένων που θα επιφέρει την εξαγωγή πιο στέρεων και ασφαλών συμπερασμάτων. Η μελέτη των δυνατοτήτων της φωτογραμμετρίας και της τρισδιάστατης σάρωσης με λέιζερ στο πεδίο της τεκμηρίωσης και διάγνωσης της παθολογίας και της κατάστασης διατήρησης των γλυπτών προπλασμάτων, μπορεί να γίνει πληρέστερη με τη χαρτογράφηση των φθορών στα τρισδιάστατα μοντέλα και την αντιπαραβολή τους με την χαρτογράφηση των φθορών των ίδιων των προπλασμάτων.

ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Αντωνοπούλου, Ζ. (2014). *Γιάννης Παππάς 1913-2005: τα χρόνια της Αιγύπτου 1945-1952*. Διδακτορική διατριβή. Αθήνα:ΕΚΠΑ.

Γιάννης Παππάς. Μουσείο Μπενάκη Εργαστήριο Γιάννη Παππά. www.benaki.gr (πρόσβαση 19/11/2020)

Γιαννουδάκη, Τ. (2013). *Γλυπτική*, Εθνική Πινακοθήκη-Μουσείο Αλεξάνδρου Σούτζου (ΕΠΜΑΣ). Εθνική Πινακοθήκη-Μουσείο Αλεξάνδρου Σούτζου, 100 χρόνια, Τέσσερις αιώνες ελληνική τέχνης, Γ΄ έκδοση. σ. 262-287. ΕΠΜΑΣ: Αθήνα.

Εθνική Πινακοθήκη-Μουσείο Αλεξάνδρου Σούτζου (ΕΠΜΑΣ). (n.d.). Παππάς Γιάννης (1913-2005). www.nationalgallery.gr/el/gluptikh-monimi-ekthesi/sculpture/monternismos-kai-paradosi/o-zographos-giannis-moralis.html

Καψάλης, Δ.(2002). *Είκοσι τέσσερις γλύπτες τιμούν τον δάσκαλό τους*. Αφιέρωμα στον γλύπτη Γιάννη Παππά. Εκδότης: Μορφωτικό Ίδρυμα Εθνικής Τραπέζης.

Μηλιαρέσης, Γ.(2003). *Φωτοερμηνεία-Τηλεπισκόπηση*. Εκδόσεις ΙΩΝ.Αθήνα.

Μουσείο Μπενάκη – Αρχική. <https://www.benaki.gr>

Μπαντέκας, Ι.(1980). *Φωτογραμμετρία έργα τοπογράφου μηχανικού*, Αθήνα.

Παππάς, Γ. (2012). *Γλυπτική*, Εκδόσεις ΑΔΑΜ, Αθήνα.

Περάκης, Κ., Φαρασλής, Ι., Μωυσιάδης, Α., (2013). *Η Τηλεπισκόπηση σε 13 Ενότητες*. ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΩΝ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΩΝ, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Σακελαρίου, Χ.(2020). *Διερεύνηση της διαδρομής από την ψηφιακή τρισδιάστατη αποκατάσταση του προπλάσματος «Ξενοφάνης» του Γιάννη Παππά προς τη φυσική ανάταξη και συντήρησή του*. Διπλωματική Εργασία. ΠΑΔΑ. Αθήνα.

Σχολή Ναυτικών Δοκίμων (1988). *Υδρογραφία, Εμπροσθοτομία, οπισθοτομία και τριπλευρισμός*, Αθήνα.

Τσιώνης Γ.(2017). *Φωτογραμμετρικές μέθοδοι αποτύπωσης και ελέγχου του αιγιαλού*. Διπλωματική Εργασία. Α.Π.Θ. Πολυτεχνική Σχολή, τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας και Ανάπτυξης, Θεσσαλονίκη.

Χαμζάς, Χ., Παυλίδης, Γ., Κουτσούδης, Α., & Αρναούτογλου, Φ. (2005). *Εγχειρίδιο τρισδιάστατης ψηφιοποίησης κινητών πολιτιστικών αντικειμένων*. Ινστιτούτο Πολιτιστικής & Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας Κέντρο Εφαρμογών των Τεχνολογιών Επικοινωνίας & Πληροφορίας, Ξάνθη.

Χρυσάνθος, Χ.(1987). *Παππάς Γιάννης*. Παγκόσμιο Βιογραφικό Λεξικό. Τ.8.Αθήνα: Εκδοτική Αθηνών.

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

3D-ICONS. (2014). *3DICONSGuidelines&casestudies*. ICP-PSP project tno.297194. Ireland. <http://3dicons-project.eu/guidelines-and-case-studies/guidelines> (πρόσβαση 17/10/2020)

Abouaf, J. & Potel, M. (1999). *The Florentine Pieta: Can visualisation solve the 450-Year-old Mystery?* IEEE Computer Graphics and Applications, January/February 1999, :6-10

Agisoft Metashape. (2019). *User Manual: Professional ed. ver. 1.5* www.agisoft.com/pdf (ανάκτηση 11/11/2020).

Baltsavias, M., Gruen, A. & Gool, L., (2005). *Recording, Modeling and Visualization of Cultural Heritage: Proceedings of the International Workshop*, Centro Stefano Franscini, Monte Verita, Ascona, Switzerland

Bertozzi, M., Broggi, A., Conte, G. & Fascioli, A. (2002). *Stereo-Vision System performance analysis, Enabling Technologies for the PRASSI Autonomous Robot*, Rome, Italy.

Bunsch, E., Guzowska, A. & Sitnik, R. (2012). *3D scanning documentation of two different objects-The King's Chinese Cabinet in Wilanow Palace Museum and a Roman gravestone from archaeological excavations in Moesia Inferior as a part of multidisciplinary research*. Institute of Electrical and Electronic Engineers, :633-666

Crette, S., Nasanen, L., Gonzalez Pereyra, N. & Renninson, B. (2013). *Conservation of waterlogged corks using supercritical CO2 and treatment monitoring using structured light 3D scanning*. The Journal of Supercritical Fluids, 79, :299-313

Eros, A. & Bornaz, L. (2017). *3D models in cultural heritage: Approaches for their creation and use*. International Journal of Computational Methods in Heritage Science. 1(1):1-9.

Evgenikou, V. & Georgopoulos, A. (2015). *Investigating 3d reconstruction methods for small artifacts*. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-5/W4, 2015 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures, 25-27 February 2015, Avila, Spain.

Historic England. (2018). *3D Laser Scanning for Heritage: Advice and Guidance on the Use of Laser Scanning in Archaeology and Architecture*. Swindon.

Koutsoudis, A., Pavlidis, G., Liambis, V., Tsiafakis, D. & Chamzas, C. (2010). *3D Pottery content-based retrieval based on pose normalisation and Segmentation*. Journal of Cultural Heritage. 11:329-338.

Makris, D., Skaltsas, I., Fotiou, S., Karabinis, L. & Vlachou, A. (2018). *Digitization of Athens School of Fine Arts art works based on optical 3-D Scanning and*

Photogrammetry. International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications (IISA).Zakynthos, Greece.

Menna, F., Nocerino, E., Remondino, F., Dellepiane, M., Callieri, M. & Scopigno, R.(2016). *3D digitization of the heritage masterpiece- a critical analysis on quality assessment*.ISPRS.XLI-B5.XXIII ISPRS Congress, 12–19 July 2016.Prague, Czech Republic.

Neiß, M. & Sholts, S. (2014). *New applications of 3D modeling in artifact analysis: three case studies of Viking Age brooches*. Published on line: 21 June 2014, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014.

Payne, E. M. (2012). *Imaging techniques in conservation*. Journal of Conservation and Museum Studies. 10(2):17-29.

Recording, Modeling and Visualization of Cultural Heritage: Proceedings of the International Workshop, Centro Stefano Franscini, Monte Verita, Ascona, Switzerland, May 22-27, 2005 by Manos Baltsavias (Editor), Armin Gruen (Editor), Luc van Gool (Editor),

Remondino, F., Menna, F., Koutsoudis, A., Chamzas, C. & El-Hakim, S.(2013). *Design and implement a reality-based 3D digitisation and modelling project*. 2013 Digital Heritage International Congress (Digital Heritage).Marseille. pp.137-144.

Z Corporation. (2007, Jun. 29).*Z Scanner 700, Self-Positioning Handheld 3D Scanner Method Sheets:02-089,04-679, 06-765, 21-1117, 20-1063, 23-1322, 77-767, 09-696, 12-702, 16-1027, 23-1322*.