



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ –
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ολοκληρωμένη Τεκμηρίωση και Ανάδειξη
Πολιτισμικού Υλικού
με τη χρήση Σύγχρονων Γεωχωρικών Τεχνολογιών

Η περίπτωση του Δολού Πωγωνίου

ΠΑΓΟΥΝΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ



Σ Ε Π Τ Ε Μ Β Ρ Ι Ο Σ 2 0 2 2

Επιβλέπουσα: Τσακίρη Μαρία (Καθηγήτρια Τομέα Τοπογραφίας)

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Τσακίρη Μαρία, Καθηγήτρια Τομέα Τοπογραφίας

Κόκλα Μαργαρίτα Επίκουρη Καθηγήτρια Τομέα Τοπογραφίας

Χατζηχρήστος Θωμάς, Ε.Δι.Π Τομέα Γεωγραφίας & Περιφερειακού Σχεδιασμού

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η διπλωματική αυτή εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο ολοκλήρωσης των σπουδών της Σχολής Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών και Μηχανικών Γεωπληροφορικής του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, στην κατεύθυνση του Τομέα Τοπογραφίας.

Σκοπός της εργασίας ήταν η ολοκληρωμένη τεκμηρίωση και ανάδειξη πολιτισμικού υλικού με τη χρήση σύγχρονων γεωχωρικών τεχνολογιών. Εφαρμογή πραγματοποιήθηκε στο Δολό Πωγωνίου.

Στο πλαίσιο της υλοποίησης αυτής της εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την Καθηγήτρια Μ. Τσακίρη για την εμπιστοσύνη που μου επέδειξε στην ανάθεση του θέματος και την επιστημονική καθοδήγηση και τις υποδείξεις της καθ' όλη την διάρκεια της. Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα υπόλοιπα μέλη της τριμελούς επιτροπής Μ. Κόκλα και Θ. Χατζηχρήστο για τον συντονισμό αυτής της εργασίας.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα το Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής – Τμήμα Μηχανικών Τοπογραφίας και Γεωπληροφορικής για την παροχή εξοπλισμού και δεδομένων και τον Καθηγητή Β. Παγούνη για το χρόνο που μου διέθεσε, την άμεση και ουσιαστική βοήθεια που μου παρείχε, καθώς και τον Καθηγητή Δ. Αναστασίου για την καθοδήγηση αλλά και τις συμβουλές του.

Τέλος, ευχαριστώ τους φίλους και τις φίλες μου και την οικογένειά μου, για τη διαρκή στήριξή τους τόσο στη διάρκεια αυτής της εργασίας, αλλά και σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η πολιτιστική κληρονομιά μιας χώρας αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της ιστορίας της και η προβολή της συμβάλλει στη διατήρηση της εθνικής ταυτότητάς της. Σήμερα, οι προηγμένες κοινωνίες έχουν ως κύριο μέλημά τους την προστασία των πολιτισμικών αγαθών με χωρική υπόσταση, δηλαδή ακινήτων μνημείων και χώρων, τη διαφύλαξη και ανάδειξή τους. Η διαχείριση, προστασία, συντήρηση και αποκατάσταση της πολιτιστικής κληρονομιάς επιτυγχάνεται μέσω της τεκμηρίωσής της, μέσω της οποίας δημιουργείται το πρωτογενές υπόβαθρο για τη διάσωσή της.

Οι πρόσφατες εξελίξεις στην τρισδιάστατη τοπογραφία και τις τεχνολογίες γενικότερα, έχουν συμβάλει σημαντικά στην ψηφιακή διατήρηση και διάδοση της πολιτιστικής κληρονομιάς. Τα τρισδιάστατα μοντέλα πολιτιστικής κληρονομιάς αποτελούν πλέον κρίσιμο συστατικό στη διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς. Περιλαμβάνουν τη γεωμετρική τεκμηρίωση των αρχαιολογικών χώρων στο σύνολο τους (γήινη επιφάνεια και σταθερά αντικείμενα), προκειμένου να καταγραφούν, αξιολογηθούν και να γίνει η αναπαράσταση της χωρικής πληροφορίας.

Αφορμή για την εργασία αυτή αποτέλεσε η περιοχή του Πωγωνίου, περιοχή στην οποία, επί αιώνες, έχει δημιουργηθεί μια πολύ πλούσια πολιτιστική κληρονομιά, ταυτισμένη με την ταυτότητα των λαών της, δεμένη αδιάλυτα με τις παραδόσεις και τα βιώματά τους. Διάφοροι όμως παράγοντες έχουν επηρεάσει την ανάπτυξη και τη διατήρησή της. Η κεντρική ιδέα πάνω στην οποία δομείται η διπλωματική αυτή εργασία, αφορά την μετατροπή του υπάρχοντος υλικού σε ψηφιοποιημένο υλικό. Ειδικότερα, στο πλαίσιο της, ψηφιοποιήθηκαν ακίνητα μνημεία του Δολού Πωγωνίου, δημιουργήθηκε δομή ευρετηρίασης, απόθεσης και διάθεσης του ψηφιοποιημένου υλικού, δημιουργήθηκε εικονικός χώρος, μέσω του οποίου είναι δυνατή η επίσκεψη του συνόλου του ψηφιοποιημένου υλικού, μαζί με την τεκμηρίωσή του, με σαφή χωρική, χρονική και σημασιολογική σήμανση και αντίστοιχη δυνατότητα πλοήγησης, με τη χρήση τρισδιάστατων αναπαραστάσεων, που ως στόχο έχουν την διαδραστική ξενάγηση του επισκέπτη στο χώρο ενδιαφέροντος.

Για τη γεωμετρική τεκμηρίωση επιλέχθηκε η χρήση επίγειου τρισδιάστατου σαρωτή καθώς αποτελεί μια σύγχρονη και ενδεδειγμένη μεθοδολογία τρισδιάστατης αποτύπωσης. Βασικό πλεονέκτημα της ψηφιακής καταγραφής αποτελεί το γεγονός πως επιτυγχάνεται η διατήρηση και προστασία από φυσικές φθορές και η μετάδοση τους στο πέρασ των γενεών. Η γεωμετρική τεκμηρίωση σε συνδυασμό με τη χαρτογραφική αποτύπωση οδηγεί στην ολοκληρωμένη απόδοση ενός μνημείου. Στην εργασία συνδέονται για πρώτη φορά σχετικές μαρτυρίες από ιστορικά αρχεία, ώστε να αναδειχθεί ψηφιακά ένα μέρος της ιστορίας και του πολιτισμού της περιοχής, το οποίο είναι σήμερα σχεδόν άγνωστο.

Η ανάπτυξη μιας ψηφιακής πλατφόρμας σε διαδικτυακό περιβάλλον αποτελεί ένα προϊόν της εργασίας αυτής, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην ανάδειξη και την προώθηση πολιτιστικών και τουριστικών δυνατοτήτων, σε άγνωστες, στο ευρύ κοινό, περιοχές της χώρας, με τη χρήση καινοτόμων εφαρμογών και νέων τεχνολογιών.

ABSTRACT

A country's cultural heritage is an integral part of its history and its promotion contributes to the preservation of its national identity. Today, advanced societies have as their main concern the protection of cultural assets with aspatial dimension, i.e. immovable monuments and sites, their preservation and promotion. The management, protection, conservation and restoration of cultural heritage is achieved through its documentation, which creates the primary basis for its preservation.

Recent developments in 3D topography and technologies in general, have contributed significantly to the digital preservation and dissemination of cultural heritage. 3D models of cultural heritage are now a critical component in heritage conservation. They include the geometric documentation of archaeological sites in their entirety (earth surface and fixed objects), in order to record, evaluate and represent spatial information.

The reason for this thesis was the area of Pogoni, a region in which, for centuries, a very rich cultural heritage has been created, identified with the identity of its peoples, in extricable link to their traditions and experiences. However, several factors have influenced its development and maintenance. The central idea on which this thesis is structured is the conversion of existing material in to digitized material. In particular, in the context to the project, real monuments of the village Dolo in Pogoni were digitized, an indexing, storage and disposal structure of the digitized material as well as a virtual space was created, through which a visit to all the digitized material is possible, along with its documentation, with clear spatial, temporal and semantic marking and corresponding navigability, with the use of 3D representations, which aim to provide the visitor with an interactive tour of the site interest.

For the geometrical documentation, the use of a 3D laser scanner was chosen, as it is a modern and appropriate methodology for 3D mapping. of imprinting, providing the researchers with more effective methodologies for the interpretation and imprinting of the monuments. A key advantage of digital recording is the fact that it achieves preservation and protection from natural damage and its transmission over generations. Geometric documentation in combination with cartographic mapping documentation leads to the complete rendering of a monument. In this thesis, relevant evidence from historical archives are linked, for the first time, in order to digitally highlight a part of the history and culture of the region and the country, which is almost unknown today.

The product of this work is the development of a digital platform in a web-based environment is a product, which can be used in the promotion of cultural and tourism opportunities in unknown, to the general public, areas of the country, using innovative applications and new technologies.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	3
ABSTRACT.....	4
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	7
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	8
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	10
2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	14
2.1 Εισαγωγή.....	14
2.2 Εικονικός τουρισμός και εικονικά μουσεία.....	14
2.3 Ψηφιακές Βιβλιοθήκες.....	15
2.3.1 Εθνικό Αρχείο Μνημείων «ΠΟΛΕΜΩΝ».....	16
2.3.2 Πύλη «ΟΔΥΣΣΕΥΣ» για την ελληνική πολιτιστική κληρονομιά.....	17
2.4 Αρχαιολογικό Κτηματολόγιο.....	18
2.5 Δημιουργία εκπαιδευτικού υλικού.....	21
2.6 Real Estate Marketing (Digital Twin / Virtual Tour).....	21
2.7 Ανάπτυξη 3D WEBGIS.....	22
2.8 Μοντέλο Δομικών Πληροφοριών (BIM- Building Information Modeling).....	24
3 ΕΠΙΓΕΙΟΙ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟΙ ΣΑΡΩΤΕΣ LASER	27
3.1 Γενικά.....	27
3.2 Βασικές αρχές λειτουργίας επίγειων τρισδιάστατων σαρωτών.....	29
3.3 Κατηγοριοποίηση - Τύποι επίγειων σαρωτών.....	32
3.3.1 Σαρωτές επαφής (Contact Scanners).....	32
3.3.2 Σαρωτές απόστασης (Non-contact Scanners).....	33
3.4 Σφάλματα και ακρίβειες σάρωσης.....	36
3.5 Επεξεργασία των παραγόμενων δεδομένων.....	38
4 ΔΟΛΟ ΠΩΓΩΝΙΟΥ - ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	43
4.1 Γενικά.....	43
4.1.1 Διοικητική Οργάνωση - Δημογραφικά στοιχεία.....	44
4.1.2 Χωρική Ένταξη.....	45
4.1.3 Γεωγραφικά - γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά.....	46
4.1.4 Στοιχεία Φυσικού Περιβάλλοντος.....	47
4.1.5 Στοιχεία Κλιματολογίας - Μετεωρολογίας.....	48
4.1.6 Οδικό δίκτυο.....	49
4.2 Δολό - Ιστορική αναδρομή.....	49
4.2.1 Εισαγωγή.....	49
4.2.2 12ος-16ος Αιώνας : Μετακινήσεις πληθυσμού.....	51
4.2.3 Τουρκοκρατία.....	52
4.2.4 Η απελευθέρωση.....	53
4.2.5 Οικιστικό απόθεμα.....	54
4.2.6 Το Δολό σήμερα.....	54
5 ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	62
5.1 Εισαγωγή.....	62

5.2	Επιλογή κτιριακών συνόλων και προετοιμασία.....	62
5.3	Συλλογή γεωμετρικών δεδομένων.....	64
5.3.1	Άγιος Νικόλαος.....	64
5.3.2	Αη Νικόλας.....	65
5.3.3	Το γεφύρι και ο νερόμυλος της Νονούλας.....	68
5.4	Συλλογή χαρτογραφικών δεδομένων.....	72
6	ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	75
6.1	Εισαγωγή.....	75
6.2	Επεξεργασία δεδομένων σαρωτή.....	75
6.3	Επεξεργασία χαρτογραφικών δεδομένων.....	79
6.4	Δημιουργία ServerSite.....	82
7	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	94
7.1	Τεχνικά Συμπεράσματα.....	94
7.2	Θεωρητικά Συμπεράσματα.....	95
7.3	Προτάσεις.....	96
8	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	98

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

- Εικόνα 2.1 – Χάρτης μνημείων – αρχαιολογικών χώρων – Πηγή: Υπουργείο Πολιτισμού και Αθλητισμού
- Εικόνα 2.2 – Χάρτης Αρχαιολογικού Κτηματολογίου – Πηγή: <https://www.arxaiologikoktimatologio.gov.gr>
- Εικόνα 2.3 3d mode mesh with textures – XYZ point cloud – Πηγή: Euperty Integrated Property Services
- Εικόνα 2.4 – Πηγή: Στάδια υλοποίησης του project: Ανάπτυξη 3D WEBGIS για την Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου – Πηγή: Euperty Integrated Property Services
- Εικόνα 2.5 – Ροή εργασιών κατά BIM. Πηγή: www.autodesk.com
- Εικόνα 2.6 – α) Το πραγματικό κτίριο β) καταγραφή 3D laser γ) μοντέλο BIM
Πηγή: https://www.gsa.gov/cdnstatic/GSA_BIM_Guide_v0_60_Series01_Overview_05_14_07.pdf
- Εικόνα 2.7 – Τα μέρη του ψηφιακού μοντέλου BIM. Πηγή: PCL Construction Services, Orlando, FL
- Εικόνα 3.1 – Leica RTC360 3D Laser Scanner – Πηγή: leica-geosystems.com
- Εικόνα 3.2 – Κατηγοριοποίηση επίγειων σαρωτών laser – Πηγή: Συμεωνίδης, 2007
- Εικόνα 3.3 – Σαρωτής επαφής τύπου γέφυρας Πηγή: Συμεωνίδης, 2007
- Εικόνα 3.4 – Ενδεικτική απεικόνιση των βασικών τεχνικών που χρησιμοποιεί η πλειοψηφία των τρισδιάστατων επίγειων σαρωτών Πηγή: <http://infordk.arch.duth.gr/>
- Εικόνα 3.5 – Αρχή λειτουργίας της τεχνολογίας Time-of-Flight – Πηγή: Π. Συμεωνίδης 2007
- Εικόνα 3.6 – Αρχή λειτουργίας Τριγωνισμού (Laser projector: Μονάδα εκπομπής laser, CCD sensor: Δέκτης laser (CCD κάμερα) – Πηγή: Π.Συμεωνίδης 2007
- Εικόνα 3.7 – Αρχή λειτουργίας μεθόδου τριγωνισμού με μια (αριστερά) και δύο (δεξιά) κάμερες CCD – Πηγή: Π.Συμεωνίδης 2007
- Εικόνα 3.8- Συνένωση μεταξύ Δύο Θέσεων Σάρωσης – Πηγή: Santana Quinteroetal., 2008
- Εικόνα 3 – Παραδείγματα τεχνητών στόχων και σφαίρα – Πηγή: www.leica-geosystems.com
- Εικόνα 3.10 – Συνένωση νεφών (registration) χρησιμοποιώντας στόχους (targets) – Πηγή: www.leica-geosystems.com
- Εικόνα 4.1 – Ιστορική περιοχή Πωγωνίου Ηπείρου – Πηγή: google maps
- Εικόνα 4 – Πωγώνι Ηπείρου – Πηγή: google maps
- Εικόνα 4.3 Σχετικές θέσεις οικισμών. Πηγή: google maps
- Εικόνα 4.4 Χάρτης χωρικής ένταξης του Δήμου Πωγωνίου στην Περιφέρεια Ηπείρου – Πηγή: Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Δήμου Πωγωνίου 2020
- Εικόνα 5 Χάρτης χωρικής ένταξης των δημοτικών ενοτήτων του Δήμου Πωγωνίου – Πηγή: Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Δήμου Πωγωνίου 2020
- Εικόνα 4.6 Οικισμοί Δ.Ε Πωγωνιανής – Πηγή: Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Δήμου Πωγωνίου 2020
- Εικόνα 4.7 – 3d απεικόνιση της ευρύτερης περιοχής Πωγωνίου – Πηγή Google earth
- Εικόνα 4.8 – Περιοχή δικτύου Natura 2000 κατηγορίας SPA: «Όρος Δούσκο, Οραιόκαστρο, Δάσος Μερόπτης, Κοιλιάδα Γόρμου, Λίμνη Δελβανακίου» – Πηγή: <http://natura2000.eea.europa.eu/>
- Εικόνα 4.9 – Μετακινήσεις πληθυσμών – Πηγή: Google Earth
- Εικόνα 4.10 – Σχεδιάγραμμα περιοχής Δολού κατά την πρώτη εγκατάσταση και μετακίνηση των κατοίκων κατά τα έτη προ και κατά τους χρόνους της Τουρκοκρατίας. – Πηγή Υφαντής Ν. Το Δολό στο Πωγώνι
- Εικόνα 4.11 Πλάγια όψη κτηρίου – Πηγή Υφαντής Ν. Το Δολό στο Πωγώνι
- Εικόνα 4.12 Αξονομετρικό. – Πηγή Υφαντής Ν. Το Δολό στο Πωγώνι
- Εικόνα 4.13- Άποψη χαράδρας Κουβαρά. Πηγή: προσωπικό αρχείο
- Εικόνα 6 Γεφύρι στη χαράδρα του Κουβαρά. – Πηγή (<https://apeirosgaia.wordpress.com>)
- Εικόνα 7 – παλαιά φωτογραφία από τον νερόμυλο και το γεφύρι της Νονούλως – Πηγή: <https://apeirosgaia.wordpress.com>
- Εικόνα 4.16 Η λειτουργία του νερόμυλου – Πηγή <https://www.watermill.gr/el/perigrafia-neromyλου>
- Εικόνα 4.17 Άγιος Νικόλαος – Πηγή: προσωπικό αρχείο φωτογραφιών
- Εικόνα 4.18 Άγιος Νικόλαος – Πηγή Υφαντής Ν. Το Δολό στο Πωγώνι
- Εικόνα 8 Άγιος Νικόλαος – Πηγή Υφαντής Ν. Το Δολό στο Πωγώνι
- Εικόνα 9 – Ξωκλήσι Αγίου Νικολάου – Πηγή: φωτογραφία προσωπικού αρχείου
- Εικόνα 5.1 LeicaBLK360 – Πηγή: Leica GeoSystems

- Εικόνα 5.2 Άγιος Νικόλαος - Πηγή: φωτογραφία προσωπικού αρχείου
- Εικόνα 5.3 Αη Νικόλας - Πηγή: Google Maps
- Εικόνα 5.10 Αη Νικόλας - Πηγή: φωτογραφία προσωπικού αρχείου
- Εικόνα 5.5 Αη Νικόλας - Πηγή: φωτογραφία προσωπικού αρχείου
- Εικόνα 5.6 Αη Νικόλας - Πηγή: φωτογραφία προσωπικού αρχείου
- Εικόνα 5.7 - Αη Νικόλας XYZ Point cloud
- Εικόνα 5.8 Αη Νικόλας XYZ Point cloud
- Εικόνα 11 - Γεφύρι της Νονούλως, σχετική θέση ως προς τον οικισμό - Πηγή: google maps
- Εικόνα 12 Νερόμυλος και πέτρινο γεφύρι της Νονούλως - Πηγή: φωτογραφία από προσωπικό αρχείο
- Εικόνα 13 - XYZ Point cloud Κάτοψη του γεφυριού της Νονούλως
- Εικόνα 14 - XYZ Point cloud Πλάγια όψη του γεφυριού της Νονούλως
- Εικόνα 15 XYZ Point cloud Κάτοψη του κτηρίου του νερόμυλου στην οποία φαίνεται η στήριξη της στέγης
- Εικόνα 16 Άποψη του μηχανισμού του νερόμυλου
- Εικόνα 17 XYZ Point cloud
- Εικόνα 18 Όψη του νερόμυλου
- Εικόνα 19 Κάτοψη του νερόμυλου
- Εικόνα 20 - Ψηφιοποιημένο αρχείο Δολού - Πηγή ΠΑΔΑ - Τμήμα Τοπογραφίας
- Εικόνα 5.19 Διοικητικά όρια Δήμων - Πηγή: e-pleodomia
- Εικόνα 6.1 - Κάτοψη στέγης Αη Νικόλα
- Εικόνα 6.2 - Άποψη της στέγης μέσω του λογισμικού Agisoft (με κίτρινο φαίνονται τα ομόλογα σημεία)
- Εικόνα 6.3 - Σφάλμα στη στέγη από τη λήψη του drone
- Εικόνα 6.4 - δρόμος προς τον οικισμό
- Εικόνα 6.5 -δρόμος εντός του οικισμού
- Εικόνα 6.6 - ισοΰψείς καμπύλες (με καφέ ανοιχτό χρώμα)
- Εικόνα 6.7 - τοπόσημα (με κίτρινο σταυρό)
- Εικόνα 6.8 user interface της βάσης δεδομένων του server
- Εικόνα 6.9 Σύνδεση της βάσης δεδομένων με τον geoserver
- Εικόνα 6.10 Ανέβασμα θεματικών επιπέδων από το λογισμικό agis στη βάση δεδομένων
- Εικόνα 6.11 Σύνδεση της βάσης δεδομένων με το geoserver
- Εικόνα 6.12 Προσθήκη νέων θεματικών επιπέδων στο geoserver
- Εικόνα 6.13 Δυνατότητα προεπισκόπησης θεματικών επιπέδων
- Εικόνα 6.14 Περιβάλλον ιστότοπου GeoDolo
- Εικόνα 6.15 Σύνδεση του geoserver με τον ιστότοπο
- Εικόνα 6.16 Προσθήκη style σε θεματικό επίπεδο
- Εικόνα 6.17 Περιβάλλον trunview
- Εικόνα 6.18 Περιβάλλον trunview-επιλογές
- Εικόνα 6.19 Περιβάλλον trunview, geotag
- Εικόνα 6.20 Περιγραφική πληροφορία του geotag
- Εικόνα 6.22 Hyperlink to trunview
- Εικόνα 6.23 Περιβάλλον sketchfab
- Εικόνα 6.23 Περιβάλλον Cyclone3dr, Άη Νικόλας
- Εικόνα 6.24 Περιβάλλον Cyclone 3dr, Νονούλως
- Εικόνα 6.25 Περιβάλλον Cyclone 3dr, Άγιος Νικόλαος
- Εικόνα 6.26 Περιβάλλον Cyclone 3dr, Άγιος Νικόλαος 1

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

- Πίνακας 6.1 - Φωτοσταθερά σημεία που χρησιμοποιήθηκαν για τη λήψη του drone

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η πολιτιστική κληρονομιά ενός τόπου είναι αναπόσπαστο κομμάτι της ιστορίας, μια μαρτυρία της ανθρώπινης συμπεριφοράς του παρελθόντος (Hanke & Grussenmyer, 2002). Η διατήρηση της εθνικής ταυτότητας μιας χώρας στον διεθνή χώρο πραγματοποιείται κυρίως με την προβολή της πολιτιστικής της κληρονομιάς, της ιστορίας, του πολιτισμού και των μνημείων της.

Σήμερα, οι προηγμένες κοινωνίες έχουν ως κύριο μέλημά τους την προστασία των πολιτισμικών αγαθών με χωρική υπόσταση, δηλαδή ακινήτων μνημείων και χώρων (αρχαιολογικών χώρων, ιστορικών τόπων, νεώτερων αρχιτεκτονικών μνημείων, ιστορικών κέντρων πόλεων, τοπίων) (Καραδήμου, 2018), τη διαφύλαξη και ανάδειξή τους, ενσωματώνοντας τα στο σύγχρονο και μελλοντικό περιβάλλον τους, λαμβάνοντας υπόψη τις τρέχουσες κοινωνικές συνθήκες (Καραδέδος, 2009).

Η κατανόηση της συνεχιζόμενης φύσης της τοπικής πολιτιστικής κληρονομιάς, η ικανότητα προστασίας της αυθεντικότητας και της ακεραιότητάς της, συμπεριλαμβανομένης της ιδιαίτερης πνευματικής της σημασίας, και η ανταλλαγή της γνώσης της κοινής ιστορίας, είναι μερικά από τα μέτρα για τη διατήρηση πολιτιστικών τόπων για τις μελλοντικές γενιές.

Η ανάγκη για διαχείριση, προστασία, συντήρηση και αποκατάσταση των καταλοίπων του παρελθόντος, είναι επιτακτική για την επιβίωση και ιστορική συνέχεια κάθε λαού και συμβάλλει στη διατήρηση της εθνικής ταυτότητας, συνείδησης και διαφοροποίησης στο σύγχρονο παγκοσμιοποιημένο πλανήτη. Επιτυγχάνεται μέσω της τεκμηρίωσης της υλικής και άυλης πολιτιστικής κληρονομιάς, η οποία συμβάλλει καθοριστικά στη δημιουργία του πρωτογενούς υπόβαθρου για τη διάσωσή της (Λιανός Νικόλαος Α.).

Ένα μνημείο μπορεί να αποκαθίσταται και να προστατεύεται, μόνο αν έχει τεκμηριωθεί πλήρως η ανάπτυξή του σε σχέση με το περιβάλλον γύρω του και αν αποθηκεύονται οι πληροφορίες του (Hanke & Grussenmyer, 2002).

Οι πρόσφατες εξελίξεις στην τρισδιάστατη τοπογραφία και τις τεχνολογίες γενικότερα, έχουν συμβάλει σημαντικά στην ψηφιακή διατήρηση και διάδοση της πολιτιστικής κληρονομιάς. Τα τρισδιάστατα μοντέλα πολιτιστικής κληρονομιάς αποτελούν πλέον κρίσιμο συστατικό στη διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς. Περιλαμβάνουν τη γεωμετρική τεκμηρίωση των αρχαιολογικών χώρων στο σύνολο τους (γήινη επιφάνεια και σταθερά αντικείμενα), προκειμένου να καταγραφούν, αξιολογηθούν και να γίνει η αναπαράσταση της χωρικής πληροφορίας. Τα τρισδιάστατα μοντέλα χρησιμοποιούνται επίσης και σε άλλες περιπτώσεις, όπως στην εκπαίδευση, την έρευνα, τον τουρισμό, την εικονική πραγματικότητα. Ο Παγκόσμιος Ιστός χρησιμοποιείται ως κύριο μέσο για τη διάδοση τρισδιάστατων μοντέλων πολιτιστικής κληρονομιάς, ενώ οι βάσεις δεδομένων

περιλαμβάνουν βάσεις δεδομένων αποθετηρίων για μακροπρόθεσμη αρχειοθέτηση περιλαμβάνοντας ενοποίηση χαρτών, τρισδιάστατα μοντέλα και γεωχωρικά δεδομένα.

Σήμερα, η τρισδιάστατη ψηφιακή καταγραφή του είναι το «πάγωμα» της υπάρχουσας κατάστασης του, τη στιγμή της τεκμηρίωσης και με αυτόν τον τρόπο μπορεί να πραγματοποιηθεί συγκριτική μελέτη ερμηνείας και παρακολούθησης της εξέλιξης των φθωρών του και να εξασφαλιστεί η μελλοντική επεξεργασία των δεδομένων του (Λιανός, 2017).

Η αποτύπωση προσδιορίζει μετρητικά ένα μνημείο κατά μέγεθος και μορφή και το αποδίδει σε κλίμακα. Διερευνά τη δομή, τη λειτουργία του, τις συνθετικές του αρχές, τα υλικά και τις διάφορες οικοδομικές του φάσεις και είναι απαραίτητη προϋπόθεση, ώστε να ακολουθήσει η συντήρηση, αποκατάσταση και επανάχρησή του (Γιαννακούλα, 2018).

Αφορμή για την εργασία αυτή αποτέλεσε η περιοχή του Πωγωνίου, περιοχή στην οποία, επί αιώνες, έχει δημιουργηθεί μια πολύ πλούσια πολιτιστική κληρονομιά, ταυτισμένη με την ταυτότητα των λαών της, δεμένη αδιάλυτα με τις παραδόσεις και τα βιώματά τους. Διάφοροι όμως παράγοντες έχουν επηρεάσει την ανάπτυξη και τη διατήρησή της. Η πολιτιστική κληρονομιά του Πωγωνίου, ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια, είναι μάρτυρας μιας τάσης παραμέλησης. Η απουσία ενιαίων προτύπων τεκμηρίωσής της είναι ένας ακόμη αρνητικός παράγοντας, με αποτέλεσμα να καθίσταται αδύνατη η ενσωμάτωση της πολιτιστικής κληρονομιάς σε οποιοδήποτε επίπεδο ανάπτυξης, περιβαλλοντικού, πολεοδομικού σχεδιασμού.

Η κεντρική ιδέα πάνω στην οποία δομείται η διπλωματική αυτή εργασία, αφορά την μετατροπή του υπάρχοντος υλικού σε ψηφιοποιημένο υλικό. Ειδικότερα, στο πλαίσιο της εργασίας, ψηφιοποιήθηκαν ακίνητα μνημεία του Δολού Πωγωνίου, δημιουργήθηκε δομή ευρετηρίασης, απόθεσης και διάθεσης του ψηφιοποιημένου υλικού, δημιουργήθηκε εικονικός χώρος, μέσω του οποίου είναι δυνατή η επίσκεψη του συνόλου του ψηφιοποιημένου υλικού, μαζί με την τεκμηρίωσή του, με σαφή χωρική, χρονική και σημασιολογική σήμανση και αντίστοιχη δυνατότητα πλοήγησης, με τη χρήση τρισδιάστατων αναπαραστάσεων, που ως στόχο έχουν την διαδραστική ξενάγηση του επισκέπτη στο χώρο ενδιαφέροντος.

Η διπλωματική εργασία έχει δύο κύρια σημεία αναφοράς:

(α) τα πολιτιστικά αντικείμενα του Δολού Πωγωνίου.

(β) τους μνημειακούς – θρησκευτικούς χώρους στο Δολό Πωγωνίου.

Στη διπλωματική εργασία συνδέονται για πρώτη φορά όλες οι σχετικές μαρτυρίες από αρχεία, ώστε να αναδειχθεί ψηφιακά ένα μέρος της ιστορίας και του πολιτισμού της περιοχής και της χώρας, το οποίο είναι σήμερα σχεδόν άγνωστο.

Η διπλωματική εργασία έχει πολλαπλά οφέλη για το Δολό Πωγωνίου καθώς και για την επιστημονική και εκπαιδευτική κοινότητα. Επιπλέον όμως μπορεί να συμβάλλει στην οικονομία της περιοχής μέσω της ανάδειξης και της προώθησης των αυξημένων δυνατοτήτων ανάπτυξης επιστημονικών εργασιών, τα οποία θα βασίζονται στην επιστημονική γνώση και στη χρήση καινοτόμων εφαρμογών και νέων τεχνολογιών στην περιοχή ενδιαφέροντος (Πωγώνι), αλλά και συνολικά στην Ελλάδα.

Τα αναμενόμενα αποτελέσματα της διπλωματικής εργασίας περιλαμβάνουν:

- Ανάπτυξη και προώθηση της κοινωνικής καθώς και οικονομικής δραστηριότητας που βασίζεται στο φυσικό κεφάλαιο και στη πολιτιστική κληρονομιά του Δολού Πωγωνίου.
- Αύξηση του αναμενόμενου αριθμού επισκέψεων στο Δολό Πωγωνίου.
- Αύξηση των περιοχών ενδιαφέροντος εντός της κοινότητας, όπου ενισχύεται η κοινωνική - οικονομική δραστηριότητα.
- Ανάδειξη της ιστορικότητας σημαντικών αλλά αγνώστων για το ευρύ κοινό μνημείων, με χρήση νέων τεχνολογιών και με επιστημονικά ορθό τρόπο.
- Δυνατότητα εξ αποστάσεως ξενάγησης με χρήση εικονικής πραγματικότητας.
- Ενίσχυση/προώθηση της ιστορικής ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης των τουριστών - επισκεπτών μέσα από την εξοικείωσή τους με άγνωστα θέματα της πολιτιστικής κληρονομιάς του Πωγωνίου.
- Συμβολή στην προστασία των μνημείων μέσα από την ευαισθητοποίηση των επισκεπτών αλλά και των τοπικών φορέων.

Η δομή της διπλωματικής εργασίας που ακολουθήθηκε είναι η εξής:

Η εισαγωγή περιλαμβάνει την περιγραφή του θέματος, παραθέτει τον σκοπό και τους στόχους της εργασίας, παραθέτει τα αναμενόμενα αποτελέσματα και αναλύει την δομή που ακολουθεί η εργασία αυτή.

Στο Κεφάλαιο 2, παρατίθεται η βιβλιογραφική ανασκόπηση για την εργασία, η οποία γίνεται προκειμένου να διερευνηθεί ένα αντικείμενο από διαφορετικές οπτικές γωνίες, να γίνει σύγκριση και ομαδοποίηση των αποτελεσμάτων διαφορετικών ερευνών και να αναδειχθεί το συγκεκριμένο θέμα σε όλες του τις διαστάσεις, σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία.

Ακολουθεί το κεφάλαιο 3, για το τεχνικό μέρος της εργασίας και πιο συγκεκριμένα για τους επίγειους τρισδιάστατους σαρωτές που χρησιμοποιήθηκαν για την αποτύπωση των αντικειμένων. Γίνεται ανάλυση της γενικής τους λειτουργίας, των κατηγοριών τους και στη συνέχεια αναλύεται η διαδικασία σάρωσης από τον σαρωτή που χρησιμοποιείται στην παρούσα διπλωματική εργασία (TLS).

Στο επόμενο κεφάλαιο (κεφάλαιο 4) της εργασίας, παραθέτονται πληροφορίες για την ευρύτερη περιοχή του Πωγωνίου και της περιφερειακής ενότητας Ιωαννίνων, παρουσιάζονται στοιχεία της ιστορικής εξέλιξης του τόπου, με καταγραφή των ιστορικών γεγονότων του Δολού και περιγράφονται τα προς μελέτη αντικείμενα.

Στη συνέχεια ακολουθεί το κεφάλαιο της συλλογής των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση της διπλωματικής. Σε αυτό αναλύθηκαν όλες οι διαδικασίες συλλογής των δεδομένων αποτύπωσης, δηλαδή οι σαρώσεις των αντικειμένων και η συλλογή των χαρτογραφικών δεδομένων, ενώ στο 6^ο κεφάλαιο περιγράφονται οι διεργασίες που ακολουθήθηκαν για την επεξεργασία των δεδομένων, η δημιουργία της τελικής τρισδιάστατης αναπαράστασης των αντικειμένων, το στήσιμο του server και της γεωχωρικής βάσης δεδομένων, καθώς και τα αποτελέσματα της όλης διαδικασίας.

Στο Κεφάλαιο 7, συνοψίζονται τα αποτελέσματα της παρούσας διπλωματικής, συγκεντρώνονται συμπεράσματα που προέκυψαν κατά την ολοκλήρωση της και παραθέτονται προτάσεις για περαιτέρω αξιοποίηση της από την ευρύτερη επιστημονική κοινότητα.

2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 Εισαγωγή

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα γίνει προσπάθεια ανάδειξης της σχέσης της έρευνας που πραγματεύεται η εργασία με την υπάρχουσα σχετική βιβλιογραφία, τοποθετώντας τη στον χώρο μαζί με άλλες σχετικές έρευνες, αξιοποιώντας την υπάρχουσα επιστημονική γνώση και τα ερευνητικά δεδομένα.

Σκοπός είναι να διερευνηθεί το γνωστικό αντικείμενο της εργασίας (τεκμηρίωση και ανάδειξη πολιτισμικού υλικού με τη χρήση σύγχρονων γεωχωρικών τεχνολογιών) από διαφορετικές οπτικές γωνίες, να γίνει σύγκριση και ομαδοποίηση των αποτελεσμάτων διαφορετικών ερευνών, με σκοπό την ανάδειξή του σε όλες του τις διαστάσεις, σύμφωνα με τη ελληνική και διεθνή πρακτική και βιβλιογραφία.

Συγκεκριμένα, θα γίνει παρουσίαση και σύντομη περιγραφή επιλεγμένων δημοσιευμένων πηγών σχετικές με την έρευνά που πραγματοποιήθηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία, θα γίνει αξιολόγηση (σχολιασμός, κριτική ανάλυση των περιεχομένων και παράθεση των βασικών συμπερασμάτων) της κάθε ενότητας και τέλος θα προσδιοριστεί το ερευνητικό πεδίο της διπλωματικής εργασίας μέσω του εντοπισμού των κενών στην υπάρχουσα βιβλιογραφία και της ανάδειξης των ερευνητικών "ελλειμμάτων" που στοχεύει να καλύψει η εργασία αυτή. Η κριτική αξιολόγηση θα συμβάλλει στην τεκμηρίωση του γνωστικού αντικειμένου που καλύπτει η εργασία.

Η τεχνολογία της 3D σάρωσης laser βρίσκει ευρεία εφαρμογή σε πολλούς τομείς που απαιτούν συλλογή δεδομένων με μεγάλη ταχύτητα, υψηλή ανάλυση και ακρίβεια. Ενδεικτικές εφαρμογές χρήσης του τρισδιάστατου σαρωτή είναι η αποτύπωση - τεκμηρίωση αρχαιολογικών χώρων, διατηρητέων κτιρίων ή μνημείων, ορυχείων, σπράγγων, σπηλαίων, μεταλλείων, μηχανολογικών κατασκευών και εξαρτημάτων, βιομηχανικών εγκαταστάσεων, οχημάτων κάθε είδους, κλπ. Ο σκοπός της αποτύπωσης με τη μέθοδο αυτή και οι τρόποι αξιοποίησης των προϊόντων της ποικίλουν από την τεκμηρίωση, αξιολόγηση, εξαγωγή μετρητικών πληροφοριών, έως τη μελέτη, σχεδιασμό, επιθεώρηση και έλεγχο κατασκευών, δημιουργία "ευφύων" μοντέλων, εικονικών περιηγήσεων, ειδικών εφέ και πολλών άλλων.

2.2 Εικονικός τουρισμός και εικονικά μουσεία

Η ολοένα και πιο δημοφιλής εικονική επίσκεψη σε χώρους πολιτισμού, εσωτερικούς και εξωτερικούς, καθώς και σε περιοχές φυσικού ενδιαφέροντος, παρέχουν τη δυνατότητα μιας περιεκτικής πληροφοριοδότησης στον χρήστη / επισκέπτη. Η κατά κανόνα απλή χρήση, συχνά διατιθέμενη μέσω ιστοσελίδων, σε συνδυασμό με την εντυπωσιακή αίσθηση της διάδρασης ή περιήγησης, αποτελούν το κλειδί για αυτήν την άνοδο δημοτικότητας της εικονικής περιήγησης, η οποία συμβάλλει σημαντικά στην ενημέρωση και την προώθηση, στον τομέα του τουρισμού.

Ανάλογο παράδειγμα αποτελεί ο ιστότοπος του Μουσείου Ελιάς Βουβών, www.olivemuseumnouves.com, στον οποίο ο επισκέπτης έχει τη δυνατότητα για μια εικονική ξενάγηση στο Μουσείο Ελιάς Βουβών, να κάνει λήψη τομών σε οποιαδήποτε ύψος με μετρητική πληροφορία ακρίβειας 0,5 cm και υπολογισμό της εξωτερικής και εσωτερικής διαμέτρου σε οποιαδήποτε ύψος της Μνημειακής Ελιάς Βουβών, η οποία αποτελεί το αρχαιότερο δέντρο ελιάς στον κόσμο και συνεπώς πολύτιμο κομμάτι της πολιτισμικής μας κληρονομιάς. Επίσης, τα εκθέματα του μουσείου παρουσιάζονται τρισδιάστατα με δυνατότητα ελεύθερης περιστροφής, μέτρησης και διαχωρισμού τους στα επιμέρους εξαρτήματά τους.

2.3 Ψηφιακές Βιβλιοθήκες

Την ολοένα αυξανόμενη ανάγκη για καταγραφή και τεκμηρίωση των μνημείων πολιτισμικής κληρονομιάς, σε μια προσπάθεια να σωθούν μέσα στο χρόνο από φυσικές ή ανθρωπογενείς φθορές, φανερώνει τα τελευταία χρόνια και η πληθώρα σχετικών δημοσιεύσεων σε επιστημονικά περιοδικά και συνέδρια ανά τον κόσμο. Είναι ένας τρόπος «αποθήκευσης της ιστορίας» και «αφορά στην διάσωση της συλλογικής μνήμης» (National Geographic, 2010).

Ειδικά για τα μνημεία Πολιτισμικής Κληρονομιάς, έχουν δημιουργηθεί Ψηφιακές Βιβλιοθήκες (Digital Libraries), οι οποίες είναι διαθέσιμες στο διαδίκτυο. Με αυτό τον τρόπο υπάρχει μια πλήρης εικόνα για αυτά, προστατεύοντας τα ταυτόχρονα από οποιαδήποτε καταστροφή (digital preservation) ώστε να είναι διαθέσιμα στις επόμενες γενεές. Έτσι, γίνεται λόγος για την Ψηφιακή Κληρονομιά (Digital Heritage), καθώς κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών στον τομέα της Πολιτισμικής Κληρονομιάς, η διαθεσιμότητα ψηφιακά συλλεχθέντων τρισδιάστατων (3D) δεδομένων μετρημένων και κατασκευασμένων σε 3D λογισμικά, παρουσίασε μια ριζοσπαστική αλλαγή στον τρόπο προσέγγισης των ερευνητών (Manferdini et al., 2010).

Οι Ψηφιακές Βιβλιοθήκες είναι μια προσπάθεια της διεθνούς κοινότητας να καταγραφούν όλα τα μνημεία της Πολιτισμικής Κληρονομιάς της ανθρωπότητας σε μια ενιαία βάση δεδομένων η οποία θα είναι διαθέσιμη μέσω διαδικτύου και προσβάσιμη από τον καθένα. Για να μπορεί κάτι τέτοιο να επιτευχθεί, έχουν οριστεί συγκεκριμένες προδιαγραφές των δεδομένων και μεταδεδομένων (metadata) που πρέπει να πληρούν τα αρχεία.

Παράδειγμα προσπάθειας δημιουργίας μιας τέτοιου είδους Ψηφιακής Βιβλιοθήκης στην Ευρώπη είναι η Europeana (www.europeana.eu). Η προσπάθεια αυτή ξεκίνησε ουσιαστικά το 2008 και χρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Ο οργανισμός εδρεύει στην Εθνική Βιβλιοθήκη της Ολλανδίας. Αποτελεί μια άρτια μορφή Ψηφιακής Βιβλιοθήκης στον ευρωπαϊκό χώρο καθώς καταφέρνει να συγκεντρώνει πληροφορίες που πριν την δημιουργία της ήταν διασκορπισμένες. Καταγράφει τόσο την Πολιτισμική Κληρονομιά (αρχιτεκτονικά μνημεία, γλυπτά, πίνακες, λαογραφικά στοιχεία, κείμενα...) όσο και ορισμένες επιστημονικές πληροφορίες. Παρόμοιες

ψηφιακές βιβλιοθήκες υπάρχουν τόσο στην Ευρώπη όσο και στον υπόλοιπο κόσμο (Athena, Hispana, Hellenic Aggregator κτλ.)

2.3.1 Εθνικό Αρχείο Μνημείων «ΠΟΛΕΜΩΝ»

Σύμφωνα με την επίσημη ιστοσελίδα (<https://www.culture.gov.gr/el/service/SitePages/view.aspx?ilID=2217>) του Εθνικού Αρχείου Μνημείων «ΠΟΛΕΜΩΝ», με βάση το άρθρο 4 του Ν. 3028/2002 «Για την προστασία των Αρχαιοτήτων και εν γένει της Πολιτιστικής Κληρονομιάς», θεσπίστηκε από τη Διεύθυνση Εθνικού Αρχείου Μνημείων του Υπουργείου Πολιτισμού και Αθλητισμού, το Εθνικό Αρχείο Μνημείων αποτελούμενο από το σύνολο των καταγεγραμμένων μνημείων της πολιτιστικής κληρονομιάς της χώρας. Η δημιουργία του Εθνικού Αρχείου Μνημείων αποσκοπεί στην ενιαία κωδικοποίηση της πολιτιστικής κληρονομιάς της χώρας μας και στην αποτελεσματική και συντονισμένη αντιμετώπιση του συνόλου των δραστηριοτήτων που σχετίζονται με τη διαχείριση, την προστασία και την ανάδειξη του μνημειακού πλούτου.

Η καθιέρωση ενιαίου συστήματος καταγραφής, τεκμηρίωσης και διαχείρισης μνημείων αποτελεί θεμελιώδη προϋπόθεση για την ανάπτυξη του Εθνικού Αρχείου Μνημείων. Η ανάπτυξη ενιαίου μηχανισμού ψηφιοποίησης και ηλεκτρονικής διαχείρισης των Μνημείων με τη βοήθεια των νέων τεχνολογιών οδηγεί στην αποτελεσματική διαχείριση, προστασία και ανάδειξη της πολιτιστικής κληρονομιάς σε τοπικό και εθνικό επίπεδο. Υπό αυτό το πρίσμα, το Υπουργείο Πολιτισμού ανέπτυξε το Πληροφοριακό Σύστημα του Εθνικού Αρχείου Μνημείων «ΠΟΛΕΜΩΝ», σχεδιασμένο ειδικά ώστε να παρέχει δυνατότητες ολοκληρωμένης διαχείρισης Μνημείων και Συλλογών και να επιτρέπει τη μεταξύ τους συσχέτιση. Προοριζόμενο για εφαρμογή σε εθνική κλίμακα, το σύστημα επιδιώκει να καλύψει πλήρως τις εξειδικευμένες ανάγκες των αρμόδιων υπηρεσιών του Υπουργείου Πολιτισμού και Τουρισμού.

Το Πληροφοριακό Σύστημα του Εθνικού Αρχείου Μνημείων έχει τη δυνατότητα να λειτουργήσει ως δίαυλος επικοινωνίας μεταξύ των Υπηρεσιών, ευνοώντας τη μεταξύ τους συνεργασία. Χάρη στις λειτουργίες ευρετηρίων και αναζήτησης στα Τοπικά ή στο Εθνικό Αρχείο, αλλά και στα συγκεντρωτικά στατιστικά στοιχεία τα οποία παρέχει για συγκεκριμένες ενότητες των Αρχείων, καθιστά τη διαχείριση των πληροφοριών ταχύτερη και απλούστερη, διευκολύνοντας τη δραστηριότητα των Υπηρεσιών του Υπουργείου Πολιτισμού και Τουρισμού και των εποπτευόμενων φορέων. Παράλληλα, έχει τη δυνατότητα να λειτουργήσει σε συναφή ακαδημαϊκά και ερευνητικά ιδρύματα, ανοίγοντας το δρόμο για πληρέστερη αρχαιολογική έρευνα.

Νικώντας το χρόνο και τη φθορά, το Ψηφιακό Εθνικό Αρχείο Μνημείων καθιστά τη διαχείριση και ανάδειξη του εθνικού πολιτιστικού αποθέματος αποτελεσματική, με την καθιέρωση κοινής προσέγγισης για την καταγραφή της πολιτιστικής πληροφορίας καθώς και με την επέκταση του δικτύου ψηφιοποίησης και καταγραφής.

Στο πλαίσιο αυτό, με γνώμονα τη διάσωση του Εθνικού πολιτιστικού αποθέματος μέσω της ψηφιοποίησής του, την ευρύτερη προβολή των προϊόντων του Ελληνικού Πολιτισμού μέσω του Διαδικτύου, τη δυνατότητα πρόσβασης όλων των Ελλήνων πολιτών στην πολιτισμική πληροφορία και γνώση που έχει παραχθεί σε διάφορες ιστορικές περιόδους, καθώς και την αξιοποίηση της πληροφορίας και της γνώσης αυτής για την ανάδειξη του Ελληνικού Πολιτισμού σε όλο τον κόσμο, υλοποιήθηκε μέσω του Υπουργείου Πολιτισμού το έργο «Ψηφιοποίηση και Ψηφιακή Τεκμηρίωση Συλλογών Μνημείων του Υπουργείου Πολιτισμού» που ολοκληρώθηκε το 2008 και αποτελεί δράση του Εθνικού Ιστού Πολιτισμικής Γνώσης, που συνδέει και περιλαμβάνει το σύνολο του Πολιτιστικού περιεχομένου της χώρας και δίνει τη δυνατότητα της πληροφόρησης, εκπαίδευσης, μετάδοσης της γνώσης, αλλά και παροχής πληθώρας ψηφιακών υπηρεσιών με συνεργασία του Δημοσίου και Ιδιωτικού Τομέα, σε όλους ανεξαιρέτως τους πολίτες της χώρας.

2.3.2 Πύλη «ΟΔΥΣΣΕΥΣ» για την ελληνική πολιτιστική κληρονομιά

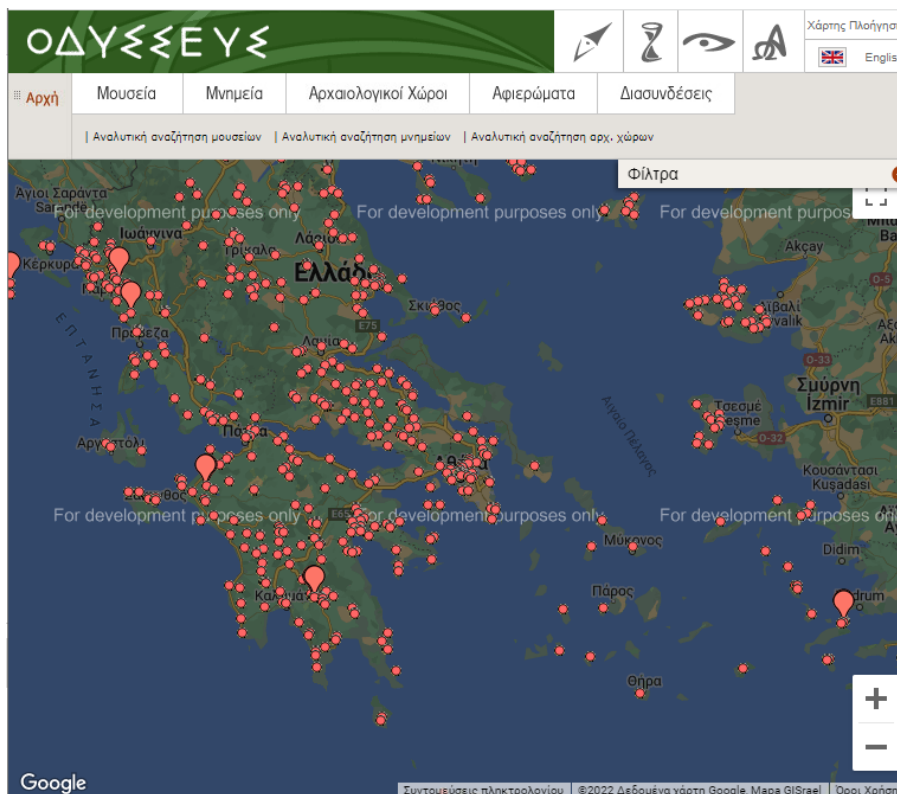
Μέσω της διαδικτυακής Πύλης του Υπουργείου Πολιτισμού ΟΔΥΣΣΕΥΣ (<http://odysseus.culture.gr/>) είναι εφικτή η ενημέρωση για όλα τα μουσεία, τους αρχαιολογικούς χώρους και τα μνημεία που υπάρχουν σε όλη την Ελλάδα, και η άντληση αναλυτικών πληροφοριών για τον κάθε χώρο, πριν την επίσκεψη. Επίσης, είναι δυνατή η πλοήγηση στον πολιτιστικό χάρτη αναζητώντας μνημεία και χώρους αρχαιολογικού ενδιαφέροντος σε όλους τους νομούς της χώρας. Παράλληλα, ο χάρτης επιτρέπει τη συλλογή διοικητικών, γεωγραφικών και άλλων πολιτιστικών πληροφοριών.

Επιπλέον είναι δυνατή η περιήγηση στο χρονικό της ελληνικής ιστορίας και τέχνης σε σημαντικά γεγονότα, η εύρεση εικόνων κινητών και ακίνητων μνημείων της κάθε εποχής και τέλος η περιήγηση στο πλούσιο εποπτικό υλικό του Φωτογραφικού Αρχείου, το οποίο περιλαμβάνει υλικό της Αρχαιότητας, του Βυζαντίου και της Νεότερης – Σύγχρονης Ελλάδας.

Η Πύλη Οδυσσεάς περιλαμβάνει:

- Πολιτιστικό χάρτη, όπου ο επισκέπτης μπορεί να εξερευνήσει τις περιοχές που τον ενδιαφέρουν και να ανακαλύψει Μουσεία, Μνημεία και Αρχαιολογικούς Χώρους (Εικόνα 2.1). Οι πολλαπλές λειτουργίες του χάρτη δίνουν δυνατότητες περιήγησης σε όλους τους νομούς της χώρας και επιτρέπουν τη συλλογή διοικητικών, γεωγραφικών και πολιτιστικών πληροφοριών.
- Χρονολόγιο, όπου ο επισκέπτης μπορεί να πλοηγηθεί σε σημαντικά γεγονότα της ελληνικής ιστορίας και τέχνης, παρατεταγμένα στον άξονα του χρόνου, ο οποίος περιλαμβάνει όλες τις περιόδους της ελληνικής προϊστορίας και ιστορίας, από την Εποχή του Λίθου ως τις μέρες μας. Περιλαμβάνει επίσης εικόνες κινητών και ακίνητων μνημείων της κάθε εποχής, χωρισμένες σε θεματικές ενότητες.

- Φωτογραφικό αρχείο το οποίο δημιουργήθηκε από το πλούσιο εποπτικό υλικό που έχει στη διάθεσή του το ΥΠΠΟ. Διαχωρίζεται σε τρεις βασικές χρονικές ενότητες, της Αρχαιότητας, του Βυζαντίου και της Νεότερης - Σύγχρονης Ελλάδας, χωρισμένες σε θέματα.
- Γλωσσάρι που περιλαμβάνει επεξηγήσεις όρων ιστορίας, αρχαιολογίας και τέχνης καθώς και πληροφορίες για μυθολογικά και ιστορικά πρόσωπα που συναντώνται στο περιεχόμενο του ΟΔΥΣΣΕΑ.



Εικόνα 2.21 – Χάρτης μνημείων – αρχαιολογικών χώρων -Πηγή: Υπουργείο Πολιτισμού και Αθλητισμού

2.4 Αρχαιολογικό Κτηματολόγιο

Το Αρχαιολογικό Κτηματολόγιο αποτελεί έργο με φορέα υλοποίησης τη Διεύθυνση Διαχείρισης Εθνικού Αρχείου Μνημείων που αφορά στη συστηματική καταγραφή και τεκμηρίωση (αρχαιολογική, διοικητική και γεωχωρική) των ακίνητων μνημείων, των αρχαιολογικών χώρων και ιστορικών τόπων και των ζωνών προστασίας αυτών. Με το έργο αυτό καθίσταται δυνατή η πλήρης εποπτεία, προστασία και διαχείριση των μνημείων και του πολιτιστικού περιβάλλοντος, από το σύνολο των εμπλεκόμενων Υπηρεσιών, σε κεντρικό και περιφερειακό επίπεδο, μέσω του Ολοκληρωμένου Πληροφοριακού Συστήματος. Ταυτόχρονα, μέσω της Διαδικτυακής Πύλης <https://www.arxaiologikoktimatologio.gov.gr/> παρέχεται η δυνατότητα στους ενδιαφερομένους πολίτες, επαγγελματίες και φορείς του Δημοσίου, να ενημερώνονται για τον μνημειακό πλούτο της χώρας, αλλά και για τυχόν δεσμεύσεις και περιορισμούς που υφίστανται βάσει της κείμενης νομοθεσίας σε περιοχές ή ακίνητα ενδιαφέροντός τους.



Εικόνα 22.2 – Χάρτης Αρχαιολογικού Κτηματολογίου -Πηγή: <https://www.arxaiologikoktimatologio.gov.gr>

Μέσω της Διαδικτυακής Πύλης του Αρχαιολογικού Κτηματολογίου παρέχονται ηλεκτρονικές υπηρεσίες προς όλους τους πολίτες (ιδιώτες αλλά και επενδυτές) και τους ενδιαφερομένους φορείς του δημοσίου. Η Διαδικτυακή Πύλη έχει ενημερωτικό χαρακτήρα. Σήμερα, περιλαμβάνει περιγραφικά και γεωχωρικά δεδομένα για περισσότερα από 18.500 Ακίνητα Μνημεία, περίπου 3.400 Αρχαιολογικούς Χώρους και Ιστορικούς Τόπους, 844 Ζώνες Προστασίας και 220 Μουσεία (Εικόνα 2.2).

Η Διαδικτυακή Πύλη αντλεί το περιεχόμενό της από το Ολοκληρωμένο Πληροφοριακό Σύστημα (ΟΠΣ) του Αρχαιολογικού Κτηματολογίου του Υπουργείου Πολιτισμού και Αθλητισμού. Οι εγγραφές εμπλουτίζονται ή/και τροποποιούνται με νέα στοιχεία από το Αρχείο της ΔΔΕΑΜ, αλλά και ανάλογα με τις κηρύξεις, οριοθετήσεις, αναοριοθετήσεις που πραγματοποιούν οι αρμόδιες Υπηρεσίες του Υπουργείου Πολιτισμού και Αθλητισμού.

Η Πύλη περιλαμβάνει μόνον τους κηρυγμένους και οριοθετημένους αρχαιολογικούς χώρους και ιστορικούς τόπους. Ως εκ τούτου δεν συμπεριλαμβάνονται σε αυτή περιοχές αρχαιολογικής σημασίας για τις οποίες δεν έχουν εκδοθεί πράξεις κήρυξης.

Σημειώνεται επίσης ότι δεν έχουν δημοσιοποιηθεί στην Πύλη περίπου 4000 ακίνητα χερσαία μνημεία που δεν είναι γεωχωρικά εντοπισμένα. Σε ό,τι αφορά στους ενάλιους αρχαιολογικούς χώρους, παρέχονται επιλεγμένα στοιχεία κυρίως για τους παράκτιους.

Τέλος, δεν περιέχονται στην Πύλη τα χαρακτηρισμένα ως διατηρητέα κτήρια και παραδοσιακούς οικισμούς από άλλα Υπουργεία – Υπουργείο Ενέργειας και Περιβάλλοντος (πρώην ΥΠΕΚΑ, ΥΠΕΧΩΔΕ, ΥΧΟΠ), πρώην Υπουργείο Μακεδονίας Θράκης, Αιγαίου και Νησιωτικής Πολιτικής – παρά μόνον όσα έχουν κηρυχθεί από το Υπουργείο Πολιτισμού και Αθλητισμού.

Η πύλη έχει τεθεί σε κανονική λειτουργία από τον Ιούνιο του 2021 και αναμένεται η διασύνδεση του Αρχαιολογικού Κτηματολογίου, με τα ψηφιακά συστήματα του Κτηματολογίου, taxisnet, έκδοσης οικοδομικών αδειών και ελέγχου της δόμησης του ΤΕΕ και σε επόμενο στάδιο με τον Ενιαίο Ψηφιακό Χάρτη.

Παράδειγμα αναζήτησης στο Αρχαιολογικό Κτηματολόγιο:

Νερόμυλος, Δολό, Ιωάννινα

<u>Κατηγορία Μνημείου</u>	Επιλεγμένες Κατηγορίες: Νεότερο Μνημείο
<u>Όνομα</u>	Κύριο όνομα Νερόμυλος, Δολό, Ιωάννινα Άλλα ονόματα:
<u>Περιγραφή</u>	Πρόκειται για πέτρινο προβιομηχανικό κτίσμα απλής λαϊκής αρχιτεκτονικής, το οποίο σε κάτοψη έχει σχήμα ορθογωνικής διατομής και εχρησιμοποιείτο για το άλεσμα των σιτηρών. Ο μηχανισμός λειτουργίας του μύλου (φτερωτή - μυλόπετρα, κάνουλα, κ.λπ) υπάρχει αλλά έχει διαβρωθεί σε μεγάλο βαθμό. Εισήγηση 1997
<u>Τύπος προστασίας</u>	Τύπος προστασίας από το Υπουργείο Πολιτισμού: Κήρυξη Αρμόδια Υπηρεσία: ΥΝΜΤΕ Ηπείρου, Βορείου Ιονίου και Δυτικής Μακεδονίας
<u>Καθεστώς Προστασίας</u>	<u>ΥΑ ΥΠΠΟ/ΔΙΛΑΠ/Γ/3821/51414</u> ΦΕΚ: 987/Β/1997-11-07
<u>Γεωγραφική Περιοχή</u>	Διοικητική Δικαιοδοσία Καλλικράτης ΗΠΕΙΡΟΥ, ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ, ΠΩΓΩΝΙΟΥ, ΠΩΓΩΝΙΑΝΗΣ, ΔΟΛΟΥ Σύγχρονα Τοπωνύμια Δεν υπάρχουν διαθέσιμα μοντέρνα τοπωνύμια
<u>Επιστημονική Τεκμηρίωση</u>	Χρονολόγηση Από: Νεότεροι Χρόνοι Έως: Νεότεροι Χρόνοι Τύπος χώρου / μνημείου: Αγροτική Οικονομία , Μύλος (Προβιομηχανικός) Τεκμηρίωση: Τεκμηρίωση: αποτελούν χαρακτηριστικά δείγματα λαϊκής προβιομηχανικής αρχιτεκτονικής, άρρηκτα συνδεδεμένα με τις μνήμες των κατοίκων σημαντικά για τη μελέτη της εξέλιξης της αρχιτεκτονικής της περιοχής.
<u>Φωτογραφικό Υλικό</u>	Προβολή Φωτογραφιών Δεν υπάρχει φωτογραφικό υλικό διαθέσιμο

2.5 Δημιουργία εκπαιδευτικού υλικού

Η εκπαίδευση, αποτελεί τομέα άρρηκτα συνδεδεμένο με τη διαδικασία της ψηφιακής τεκμηρίωσης και καταγραφής πολιτισμικού υλικού. Με τη ραγδαία διάδοση της ψηφιακής διδασκαλίας μέσω διαδικτύου, υπολογιστών και διαδραστικών πινάκων, ο μαυροπίνακας αντικαθίσταται και οι απαιτήσεις για ακριβή αποτύπωση δεδομένων αυξάνονται. Ήδη, ψηφιακά 3D καταγεγραμμένα αντικείμενα αποτελούν υλικό για εκπαίδευση και μελέτη κυρίως από ειδικούς /επιστημονικούς ερευνητές στην πλειοψηφία τους, ενώ παράλληλα είναι αναμφισβήτητη η ανάγκη για απλοποίηση στην χρήση ανάλογων προγραμμάτων, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν και από μαθητές, δασκάλους, φοιτητές (όχι αποκλειστικά σχολών πληροφορικής) και καθηγητές.

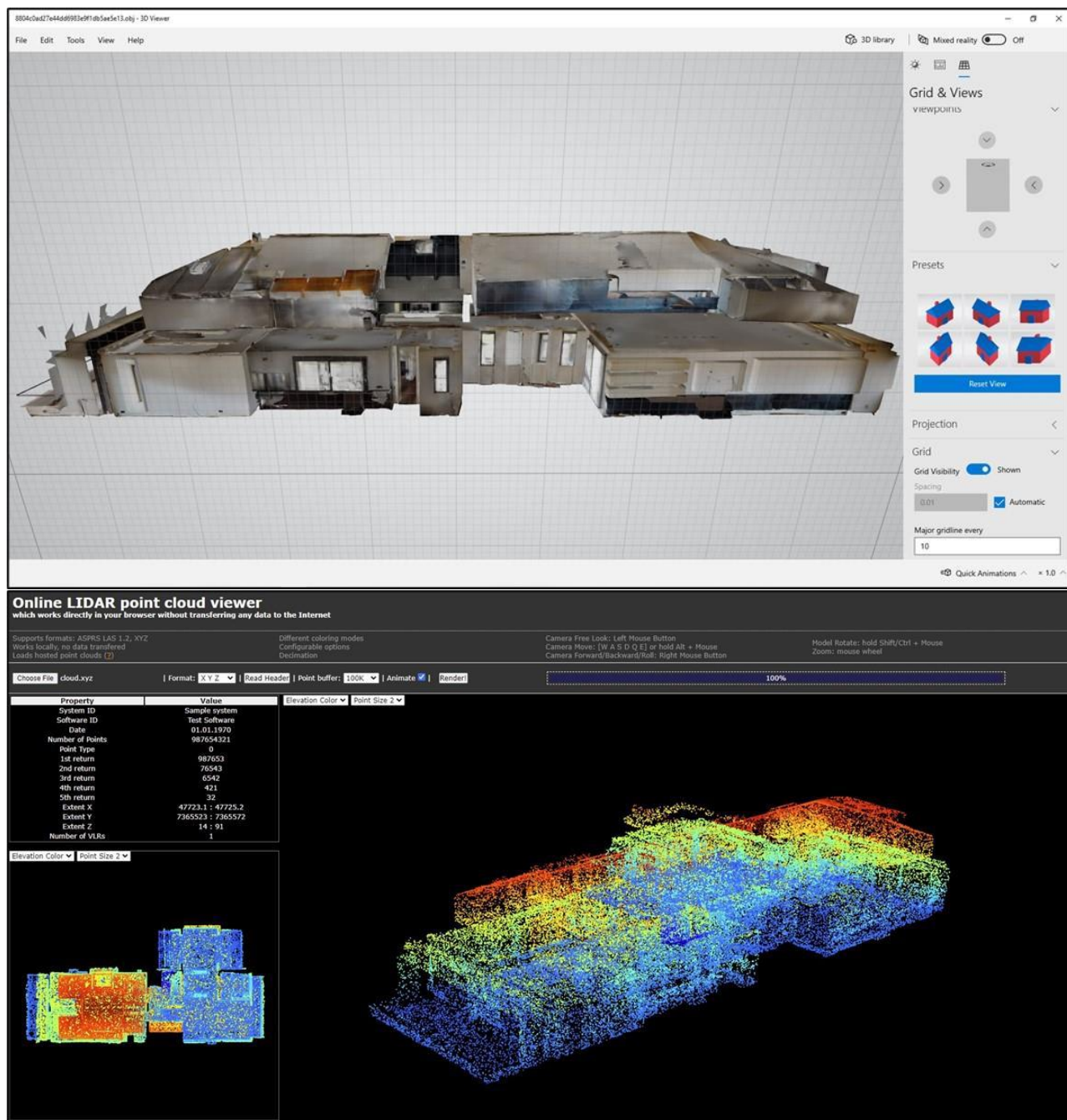
Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η ζωφόρος του Παρθενώνα, η οποία παρουσιάζεται στον δικτυακό τόπο www.parthenonfrieze.gr, αξιοποιώντας τις τεχνολογίες του διαδικτύου για την ανάδειξη και προβολή πολιτιστικού περιεχομένου. Η εφαρμογή, η οποία αναπτύχθηκε από το Υπουργείο Πολιτισμού και Τουρισμού (Υπηρεσία Συντήρησης Μνημείων Ακρόπολης – Τομέας Ενημέρωσης και Εκπαίδευσης) και το Εθνικό Κέντρο Τεκμηρίωσης (ΕΚΤ), απευθύνεται τόσο στους ειδικούς επιστήμονες όσο και στο ευρύτερο κοινό, ενώ διαθέτει και ψηφιακά παιχνίδια για παιδιά. Η εν λόγω παρουσίαση χαρακτηρίζεται ταυτόχρονα από επιστημονική τεκμηρίωση, τόσο για τον αρχαιολόγο-μελετητή, που έχει τη δυνατότητα να διευρύνει τη σχετική έρευνα, όσο και για τον καθηγητή, που μπορεί να τη χρησιμοποιήσει ως εκπαιδευτικό βοήθημα.

Ενίσχυση της μελέτης από απόσταση μέσω της κατασκευής ρεαλιστικών ψηφιακών τρισδιάστατων μοντέλων. Το παράδειγμα της ζωφόρου του Παρθενώνα εντάσσεται και σε αυτήν την κατηγορία, της ενίσχυσης της μελέτης από απόσταση. Η μελέτη από απόσταση αποτελεί ακόμη μία παράμετρο του εκπαιδευτικού και ερευνητικού μέρους, το οποίο δύναται να καλύψει η ψηφιακή τεκμηρίωση δεδομένων. Και σε αυτήν την περίπτωση, μελέτη σε διάφορα επίπεδα, καθίσταται εφικτή αποκλειστικά λόγω της σωστής ψηφιακής αποτύπωσης υλικού, όταν οι συνθήκες δεν επιτρέπουν στον ενδιαφερόμενο την επιτόπου (in situ) μελέτη.

2.6 Real Estate Marketing (Digital Twin / Virtual Tour)

Στο χώρο του Real Estate έχουν πραγματοποιηθεί σημαντικές εξελίξεις σε ότι αφορά την προώθηση ακινήτων για σκοπούς πώλησης, μίσθωσης ή επένδυσης. Πλέον, ένα σωστά προωθημένο ακίνητο περιλαμβάνει και τη δημιουργία ενός τρισδιάστατου ψηφιακού αντιγράφου του ακινήτου (Real Estate Digital Twin) που παρέχει αφενός όλες τις δομημένες πληροφορίες ενός ακινήτου, όπως δεδομένα CAD, καθώς και μη δομημένες πληροφορίες όπως τίτλους και πιστοποιητικά που συνοδεύουν το ακίνητο, ώστε να είναι διαθέσιμα στους χρήστες. Το Ψηφιακό αντίγραφο βοηθά τους κατασκευαστές, τους μηχανικούς και τους διαχειριστές ακινήτων

να μοντελοποιήσουν, να προσομοιάσουν, να κατανοήσουν, να προβλέψουν και να βελτιστοποιήσουν όλες τις πτυχές, μιας κτηριακής εγκατάστασης, σε όλα τα στάδια κατασκευής της (Εικόνα 2.3).



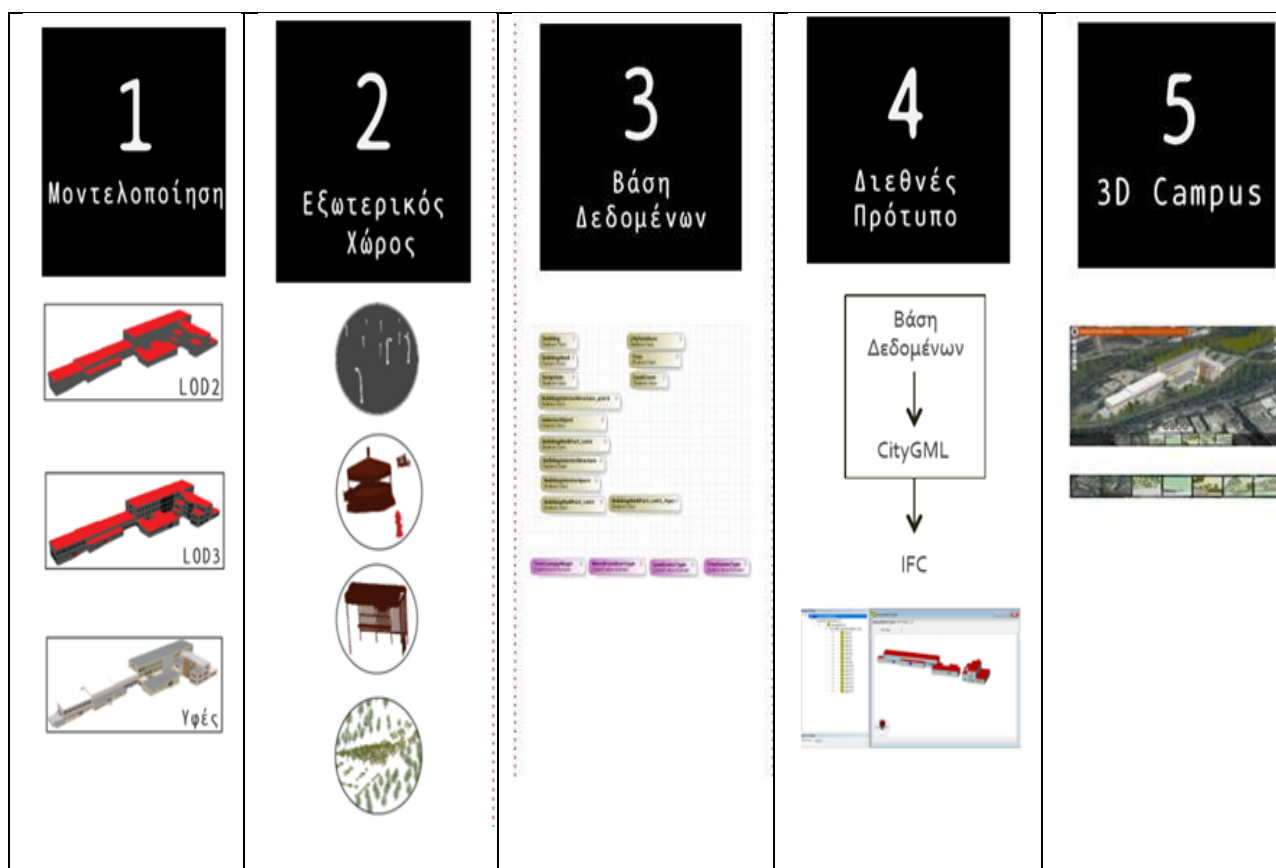
Εικόνα 2.3 3d mode mesh with textures – XYZ point cloud – Πηγή: Euperty Integrated Property Services

2.7 Ανάπτυξη 3D WEBGIS

Η ανάπτυξη του διαδικτύου και του παγκόσμιου ιστού έχουν αναβαθμίσει τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS) σε σημαντικά εργαλεία των επιχειρήσεων, των κυβερνήσεων, της εκπαίδευσης και γενικώς της έρευνας. Μέσω των WebGIS εφαρμογών παρέχεται η δυνατότητα διανομής / διάχυσης και ανάλυσης χωρικών δεδομένων, χωρίς την αναγκαία ύπαρξη κάποιου λογισμικού GIS στον υπολογιστή του εκάστοτε χρήστη.

Η βασική αρχιτεκτονική των WebGIS εφαρμογών είναι παρόμοια με εκείνες του παγκόσμιου ιστού, που ακολουθούν την Client/Server (C/S) αρχιτεκτονική, διαθέτοντας τα εξής βασικά επίπεδα: Client Web Server, Map Server και Database Server. Η ραγδαία εξέλιξη των υπολογιστών και του διαδικτύου έχει αλλάξει ριζικά τις τεχνικές οπτικοποίησης των δεδομένων, με συνέπεια να υπάρχει αυξανόμενη τάση στροφής προς τη βέλτιστη 3D οπτικοποίησή τους. Μια τέτοια περίπτωση αποτελούν τα 3d μοντέλα πόλης, μέσω των οποίων οι χωρικές ιδιότητες των αστικών αντικειμένων μπορούν να κατανοηθούν με πιο ουσιαστικό τρόπο, διευκολύνοντας τη σκέψη, την κατανόηση και της γνώσης για το φυσικό και ανθρώπινο περιβάλλον σε γεωγραφικές κλίμακες μέτρησης.

Υπάρχουν πολλές εφαρμογές στην διεθνή βιβλιογραφία, όμως στην παρούσα εργασία αναφέρεται το παράδειγμα δημιουργίας 3D WEBGIS για την Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου, όπου σε διακριτά στάδια όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.4 πραγματοποιήθηκε:



Εικόνα 2.4 – Πηγή: Στάδια υλοποίησης του project: Ανάπτυξη 3D WEBGIS για την Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου – Πηγή: Euperty Integrated Property Services

- 3D μοντελοποίηση των κτιρίων και του περιβάλλοντα χώρου
- Σημαιολογική μοντελοποίηση των κτιρίων σε LoD3 (Level of Detail) (πόρτες, παράθυρα, τοίχοι, σκεπές, πατώματα)
- Κατάλληλη οργάνωση των εγκαταστάσεων σε Βάση Δεδομένων - δυνατότητα εκτέλεσης χωρικών και περιγραφικών ερωτημάτων και εξαγωγή στο πρότυπα CityGML (σημαιολογικό μοντέλο δεδομένων

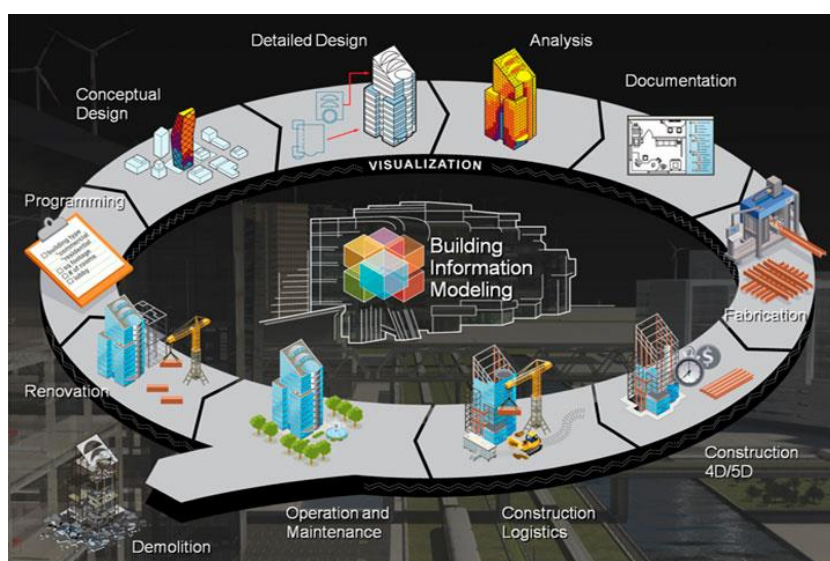
βασισμένο σε XML δομή για την αποθήκευση και ανταλλαγή δεδομένων που αφορούν 3D μοντέλα πόλεων).

2.8 Μοντέλο Δομικών Πληροφοριών (BIM- Building Information Modeling)

Η Μοντελοποίηση Πληροφοριών Κτιρίου (BIM) αντιπροσωπεύει τη διαδικασία ανάπτυξης και χρήσης ενός υπολογιστικού μοντέλου για την προσομοίωση του σχεδιασμού, της μελέτης, της κατασκευής και της λειτουργίας μιας εγκατάστασης. Το μοντέλο που προκύπτει, ένα Μοντέλο Δομικών Πληροφοριών, είναι μία αντικειμενοστραφής, ευφυής και παραμετρική ψηφιακή αναπαράσταση της εγκατάστασης, από την οποία οι προβολές και τα δεδομένα, που είναι κατάλληλα για τις ανάγκες των διαφόρων χρηστών, μπορούν να εξαχθούν και να αναλυθούν για τη δημιουργία πληροφοριών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη λήψη αποφάσεων. Ένα Μοντέλο Δομικών Πληροφοριών περιλαμβάνει όλες τις πληροφορίες που σχετίζονται με το κτίριο, συμπεριλαμβανομένων των φυσικών και λειτουργικών πληροφοριών, καθώς και χαρακτηριστικά και πληροφορίες για τον κύκλο ζωής του έργου. (Azhar et al., 2008).

Ένα Μοντέλο Δομικών Πληροφοριών (ΜΔΠ) αποτελεί μια ολοκληρωμένη ψηφιακή αναπαράσταση των φυσικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών μιας υποδομής. Ένα τέτοιο μοντέλο συνιστά πηγή των απαραίτητων πληροφοριών για ένα κτίριο ή γενικότερα μία υποδομή, δημιουργώντας έτσι μια αξιόπιστη βάση για λήψη βελτιωμένων αποφάσεων σε όλο τον κύκλο ζωής, που είναι διαθέσιμη από τα πιο πρώιμα στάδια της σχεδιαστικής σύλληψης έως την κατεδάφιση, υποστηρίζοντας διαδικασίες όπως κοστολόγηση, διαχείριση κατασκευής, διαχείριση έργου, λειτουργία εγκατάστασης και εφαρμογές της φιλικής στο περιβάλλον δόμησης. Συμβάλλει έτσι σε έναν πολυδιάστατο σχεδιασμό, με ποικίλες παραμέτρους: 3D (σχεδιαστικό μοντέλο), 4D (χρονοδιαγράμματα), 5D (κοστολόγηση), 6D (βιωσιμότητα), 7D (λειτουργία).

Η ροή εργασιών που ακολουθείται σε ένα Μοντέλο Δομικών Πληροφοριών, φαίνεται στην εικόνα 2.5



Εικόνα 2.5 - Ροή εργασιών κατά BIM. Πηγή: www.autodesk.com

Χαρακτηριστικά παραδείγματα εφαρμογών ΜΔΠ αναφέρονται στην Παναγιωτίδου (2022). Συγκεκριμένα, μια εφαρμογή που αποδεικνύει την εξοικονόμηση χρόνου με την χρήση του BIM αποτελεί ο σχεδιασμός του νοσοκομείου Augusta Maine στις ΗΠΑ, ο οποίος βασίστηκε στην τεχνολογία BIM και ως αποτέλεσμα το έργο παραδόθηκε 10 μήνες νωρίτερα, εξοικονομώντας περίπου 20 εκατομμύρια δολάρια.

Σε σχέση με τα πλεονεκτήματα της χρήσης του BIM στη διαχείριση των κτιρίων μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής, η εφαρμογή του στα κτίρια της υπηρεσίας GSA, των Η.Π.Α έδειξε πολύ σημαντικά οφέλη. Η υπηρεσία βάση ενός πιλοτικού προγράμματος δημιούργησε μία ψηφιακή βάση 10 κτιρίων με τη χρήση BIM λογισμικού και καταγραφή μέσω 3D Laser, που ενσωματώνουν πληροφορίες για την ασφάλεια, τη διαχείριση και την ανάλυση του αποθέματος των δημόσιων κτιρίων. Τα οφέλη του πιλοτικού αυτού προγράμματος βρίσκονται στην εξοικονόμηση εκατομμυρίων δολαρίων σε ετήσια βάση που σχετίζονται με ζητήματα γραφειοκρατίας και δομής μεταξύ των διάφορων υπηρεσιών.

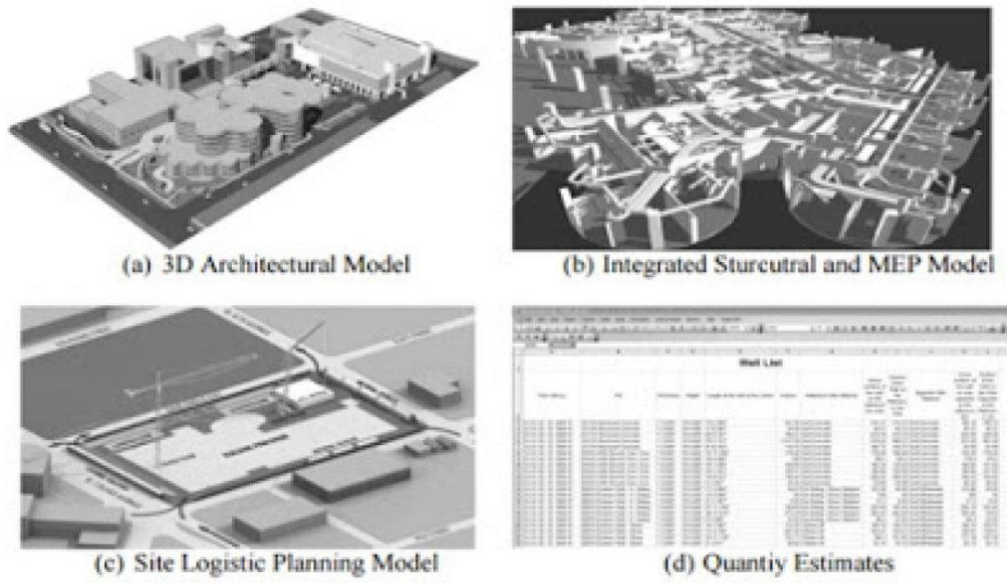
Η χρήση του 3D λέιζερ παρέιχε πληροφορίες για το “πραγματικό” και το ψηφιακό μοντέλο αντίστοιχα. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.6, η δημιουργία του ψηφιακού μοντέλου με χρήση 3D laser είναι αναπόσπαστη διαδικασία στη δημιουργία BIM.



Εικόνα 2.6 –α) Το πραγματικό κτίριο β) καταγραφή 3D laser γ) μοντέλο BIM

Πηγή: https://www.gsa.gov/cdnstatic/GSA_BIM_Guide_v0_60_Series01_Overview_05_14_07.pdf

Ένα παράδειγμα για το πώς τα ψηφιακά μοντέλα ωφελούν τον σχεδιασμό, είναι η εκκλησία «Sarang» στη Σεούλ, που σχεδιάστηκε από την “Beck Group”. Η σχεδιαστική ομάδα δημιούργησε 100 ψηφιακά μοντέλα (Εικόνα 2.7), προκειμένου να δημιουργήσει μια καμπύλη επιφάνεια από επίπεδα γυάλινα τμήματα, τα οποία εξοικονόμησαν 1 εκατομμύριο δολάρια και 1000 σχεδιαστικές ώρες.



Εικόνα 2.7 - Τα μέρη του ψηφιακού μοντέλου BIM. Πηγή: PCL Construction Services, Orlando, FL

3 ΕΠΙΓΕΙΟΙ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟΙ ΣΑΡΩΤΕΣ LASER

3.1 Γενικά

Η αξία της πολιτιστικής κληρονομιάς (μνημεία, ιστορικά κέντρα πόλεων, παραδοσιακοί οικισμοί) αξιολογείται με τα κριτήρια της μοναδικότητας, της ιστορικής συνέχειας και της καλλιτεχνικής διάστασης και υποστηρίζεται από εθνικούς και διεθνείς νομικούς κανόνες και φορείς.

Στη σημερινή παγκόσμια προσπάθεια για διαφύλαξη και διάδοση της πολιτιστικής κληρονομιάς η διεπιστημονική προσέγγιση, ο συνδυασμός τεχνικών και η αξιοποίηση της ψηφιακής τεχνολογίας είναι οι καταλληλότεροι τρόποι για την παραγωγή τελικού προϊόντος, το οποίο καλύπτει τις απαιτήσεις της αποτύπωσης σε ακρίβεια, πληρότητα και αξιοπιστία.

Η διεπιστημονικότητα και ο συνδυασμός των διάφορων, σύγχρονων τεχνικών γεωμετρικής τεκμηρίωσης διαδραματίζουν πολύ σημαντικό στην ολοκληρωμένη τεκμηρίωση πολύπλοκων μνημείων (Αδαμόπουλος Ε, 2017). Σήμερα, υπάρχει η δυνατότητα χρήσης πολύ φθηνότερου και ελαφρύτερου εξοπλισμού προς αντιμετώπιση καταστάσεων που παλαιότερα με τις εμπειρικές και τοπογραφικές μεθόδους ήταν ιδιαίτερα δύσκολες, χρονοβόρες και με μεγάλο κόστος. Η φωτογραμμετρία, η χρήση drone και laser scanner, αποτελούν γρήγορες μεθόδους τεκμηρίωσης, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι στερούνται ακρίβειας, αλλά αντίθετα εμφανίζουν τη μεγαλύτερη δυνατή.

Κάθε μέθοδος έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά της, αποδεικνύεται όμως ότι η αποτύπωση με σάρωση laser, αποτελεί σημαντικό εργαλείο στην τεκμηρίωση. Η αποτύπωση, η θεματική απεικόνιση και η γεωχωρική ανάλυση των δεδομένων για τα υλικά και τις φθορές μίας ιστορικής κατασκευής με τη χρήση αυτής της μεθόδου, οδηγεί σε χρήσιμα συμπεράσματα για την κατάστασή της, τα προβλήματά της και τις προηγούμενες επεμβάσεις που υπέστη. Σημαντικό συμπέρασμα είναι ότι με τη χρήση σύγχρονων μεθόδων και λογισμικών δημιουργούνται στρατηγικές για την αντιμετώπιση κάθε ανάγκης στην τεκμηρίωση των μνημείων και αποδεικνύεται η χρησιμότητα της ευρείας διάδοσης της ψηφιακής τεχνολογίας στις αποτυπώσεις ιστορικών και πολιτιστικών κατασκευών.

Η πιστότητα, η ελάχιστη κατανάλωση χρόνου, η ασφάλεια και η μη επεμβατικότητα είναι ορισμένα μόνο απ' τα πλεονεκτήματα αυτής της μεθοδολογίας. Η χρήση τους είναι ιδιαίτερα σημαντική και απαραίτητη ειδικά όταν λαμβάνονται μετρήσεις τεράστιων κατασκευών, όπου η εφαρμογή παραδοσιακών τεχνικών είναι πολύ πιο δύσκολη και χρονοβόρα.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι παρόλη αυτή την αυτοματοποίηση, ο χειριστής αυτών των εργαλείων πρέπει να είναι γνώστης της μεθοδολογίας και της χρήσης τους, τόσο σε θεωρητικό επίπεδο, όσο και σε πρακτικό, ώστε να εξασφαλιστούν οι καλύτερες δυνατές συνθήκες για την αξιόπιστη εφαρμογή τους.

Ως γεωμετρική τεκμηρίωση μνημείων ορίζεται η καταγραφή της παρούσας κατάστασής τους, όπως έχει διαμορφωθεί από το πέρασμα του χρόνου και αποτελεί το αναγκαίο υπόβαθρο για τη διερεύνηση του παρελθόντος τους, όσο και για τη διαφύλαξη του μέλλοντός τους» (Αδαμόπουλος, 2017).

Αποτελεί τη διαδικασία λήψης, επεξεργασίας, αρχειοθέτησης και παρουσίασης δεδομένων, για τον καθορισμό της θέσης, της υπάρχουσας μορφής και του μεγέθους τους στον τρισδιάστατο χώρο σε μια χρονική στιγμή (Γεωργόπουλος & Ιωαννίδης, 2008).

Μέσω της διαδικασίας αυτής, καταγράφονται τα στοιχεία του μνημείου εσωτερικά και εξωτερικά σε σύνδεση με τον ευρύτερο χώρο στον οποίο ανήκει, περιλαμβάνονται δε όλα εκείνα τα στοιχεία που μπορούν να συμβάλλουν στην πιστή αναπαραγωγή του (Τοκμακίδης, 1987). Για να είναι ολοκληρωμένη μια γεωμετρική τεκμηρίωση, απαιτείται γνώση του μνημείου, δηλαδή να έχουν συλλεχθεί τα απαραίτητα δεδομένα σχετικά με το ιστορικό του υπόβαθρο, τις μεθόδους κατασκευής του και τις διάφορες χρήσεις του κατά τη διάρκεια των ετών.

Εκτός από τις μετρητικές πληροφορίες περιλαμβάνονται και φωτογραφικές λήψεις με ποιοτικές πληροφορίες, σχετικά με τα υλικά που έχουν χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή του μνημείου, τις φθορές, το βαθμό διατήρησης-συντήρησής του, την αρχιτεκτονική του μορφολογία και τις ενδεχόμενες επεμβάσεις στη δομή του στις διάφορες φάσεις της ιστορίας του (Βλάχος, 1987).

Η χρήση επίγειων τρισδιάστατων σαρωτών laser (3D Terrestrial Laser Scanners TLS) αποτελεί μια εναλλακτική και καινοτόμο μεθοδολογία, που τα τελευταία χρόνια βρίσκει εφαρμογή σε πολλές μελέτες για την ολοκληρωμένη γεωμετρική τεκμηρίωση μνημείων και όχι μόνο. Οι εφαρμογές ποικίλουν με έμφαση σε χώρους όπως η βιομηχανία του θεάματος (κινηματογράφος και 3d-animation), ο σχεδιασμός πρόσθετων μελών, οι αποτυπώσεις εδαφολογικών χαρακτηριστικών, η μέτρηση δομικών παραμορφώσεων, οι λεπτομερείς τοπογραφικές αποτυπώσεις. Θεωρείται από τις βασικότερες τεχνικές τρισδιάστατης αποτύπωσης, καθώς προσδιορίζει σε πραγματικό χρόνο, τις τρισδιάστατες συντεταγμένες (X, Y, Z) πυκνού νέφους σημείων του αντικειμένου που αποτυπώνεται σε ένα τοπικό σύστημα αναφοράς, παρέχοντας επιπλέον πληροφόρηση σχετικά με το υλικό της επιφάνειας του και το χρώμα (RGB τιμές).

Οι επίγειοι σαρωτές είναι όργανα που βασίζονται στην τεχνολογία laser, τα οποία μετρούν και προσδιορίζουν την θέση ενός πυκνού συνόλου σημείων του προς αποτύπωση αντικειμένου στον τρισδιάστατο χώρο (Εικόνα 3.1). Η πυκνότητα των σημείων που καταγράφονται είναι εξαιρετικά μεγάλη και για αυτό τον λόγο χρησιμοποιείται ο όρος «νέφος σημείων» (PointCloud).



Εικόνα 3.1 - Leica RTC360 3D Laser Scanner - Πηγή : leica-geosystems.com

Η μέθοδος σάρωσης laser, επιτρέπει την εύκολη και γρήγορη απόκτηση σύνθετων γεωμετρικών δεδομένων από κτίρια, μηχανήματα, αντικείμενα κ.λπ. Κάθε σημείο καθορίζεται από τη θέση (X, Y, Z), σε ένα αυθαίρετο σύστημα αναφοράς, και την ένταση (i) του σήματος επιστροφής (αντανάκλαση) (Staiger, 2003). Οι σαρωτές έχουν

ενσωματωμένη στο εσωτερικό τους μια κάμερα, με την οποία δίνεται και η δυνατότητα λήψης ψηφιακών φωτογραφιών του αντικειμένου/χώρου που αποτυπώνεται, ώστε να μπορέσει να αποδοθεί σε κάθε σημείο χρωματική πληροφορία (RedGreenBlue). Συνήθως, για την ολοκληρωμένη αποτύπωση ενός αντικειμένου, χρειάζονται παραπάνω από μία σαρώσεις (στάσεις του οργάνου περιμετρικά του αντικειμένου), με απαίτηση μεγάλης αλληλοεπικάλυψης μεταξύ τους, ώστε μετά από κατάλληλη επεξεργασία να ενταχθούν σε ένα κοινό σύστημα αναφοράς.

Τα πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης μεθοδολογίας σε σχέση με άλλες (πχ τοπογραφική αποτύπωση) είναι πολλά, καθώς υπερτερεί από άποψη ακρίβειας του τελικού παραγόμενου προϊόντος, ταχύτητας (ειδικά για αποτυπώσεις μεγάλων και πολύπλοκων σε μορφή αντικειμένων) αλλά και αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων. Επίσης, προσδιορίζει έναν τεράστιο αριθμό σημείων ακόμα και σε δύσκολες περιπτώσεις αποτυπώσεων, όπως απρόσιτων ή δυσπρόσιτων αντικειμένων, και όλο το νέφος σημείων κάθε σάρωσης αποδίδεται με «ενιαία ακρίβεια». Όμως βασικό μειονέκτημα της και ανασταλτικός παράγοντας για την εφαρμογή της αποτελεί το υψηλό κόστος αγοράς του εξοπλισμού.

Οι επίγειοι σαρωτές laser ανάλογα με τη μέθοδο υπολογισμού της απόστασης διακρίνονται στους παθητικούς ανιχνευτές (μέθοδος τριγωνισμού) και στους ενεργητικούς ανιχνευτές (time of flight, τριγωνισμός με μια ή δύο κάμερες CCD) (Τοκμακίδης, 2010). Η μεθοδολογία επίγειας τρισδιάστατης σάρωσης καθώς και οι βασικές αρχές λειτουργίας των οργάνων αναλύονται περισσότερο στις επόμενες παραγράφους.

3.2 Βασικές αρχές λειτουργίας επίγειων τρισδιάστατων σαρωτών

Κατά την τελευταία δεκαετία, ο τομέας των αποτυπώσεων έχει δει τεράστιες εξελίξεις στις τεχνικές για την απόκτηση χωρικών δεδομένων. Μία από αυτές τις εξελίξεις ήταν η εμφάνιση της τεχνολογίας επίγειας σάρωσης laser (TLS), η οποία παρέχει στους χρήστες την δυνατότητα αυτοματοποιημένης λήψης δεδομένων 3D στον χώρο (νέφη σημείων) με μεγάλη ακρίβεια και πυκνότητα, σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα. Το τελικό νέφος σημείων με τις τρισδιάστατες συντεταγμένες είναι και το δεδομένο το οποίο στη συνέχεια επεξεργάζεται κατάλληλα για να αποδοθεί το αντικείμενο που σαρώθηκε στις τρεις διαστάσεις.

Οι σαρωτές laser έχουν την δυνατότητα να στέλνουν τρισεκατομμύρια φωτόνια στην μονάδα του χρόνου πάνω σε ένα αντικείμενο. Τα φωτόνια αυτά αντανακλούνται επάνω στο αντικείμενο αποτύπωσης και ένα μικρό ποσοστό τους μετά την αντανάκλαση αυτή κατευθύνονται προς τους αισθητήρες του σαρωτή. Τα φωτόνια αυτά κατευθύνονται μέσα στην συσκευή με την βοήθεια των οπτικών διατάξεων που διαθέτει το κάθε όργανο. Η ανακλαστικότητα κάθε αντικειμένου εξαρτάται από ορισμένους παράγοντες όπως είναι το χρώμα και η λευκαύγεια (το μέτρο της ανακλαστικότητας μιας επιφάνειας ή ενός σώματος). Μια λευκή επιφάνεια θα αντανακλά περισσότερο ποσοστό της προσπίπτουσας οπτικής ακτινοβολίας από μια σκουρόχρωμη ή μαύρη

επιφάνεια. Αντίστοιχα διάφανες επιφάνειες, όπως το γυαλί, διαθλούν την οπτική ακτινοβολία με αποτέλεσμα να εισέρχονται σφάλματα στις μετρήσεις.

Ο απαραίτητος εξοπλισμός για την αποτύπωση με τη χρήση επίγειου τρισδιάστατου Laser Scanner είναι η συσκευή του σαρωτή και τα παρελκόμενα που χρειάζεται για τη λειτουργία του, όπως οι μπαταρίες (τροφοδοσία), ο τρίποδας, οι στόχοι και η μονάδα ελέγχου (φορητός υπολογιστής). Τα παλαιότερα μοντέλα σαρωτών για να λειτουργήσουν προϋπόθεταν την χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή για την επιλογή της περιοχής σάρωσης καθώς και των παραμέτρων της. Όμως, οι σαρωτές νέας τεχνολογίας έχουν γίνει πιο ευέλικτοι, με μικρότερο μέγεθος και ενσωματωμένες μπαταρίες και οθόνες επάνω στο όργανο, ώστε να μην χρειάζεται ο χρήστης να μεταφέρει ηλεκτρονικό υπολογιστή στο πεδίο.

Το εσωτερικό σύστημα του σαρωτή αποτελείται από:

- πομπό ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας,
- δέκτη ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που λαμβάνει το επιστρεφόμενο σήμα,
- καταγραφική μονάδα στην οποία καταγράφονται η επιστροφή του σήματος και ο χρόνος εκπομπής – λήψης,
- χρονόμετρο για τη μέτρηση του χρόνου μετάβασης και επιστροφής του εκπεμπόμενου σήματος και
- σύστημα περιστρεφόμενων καθρεφτών που κατευθύνει τη δέσμη της ακτινοβολίας.

Σύμφωνα με τη συνήθη διαδικασία που ακολουθείται σε μια αποτύπωση, αρχικά ορίζονται από εξωτερικό μέσο τα όρια της επιφάνειας που πρόκειται να σαρωθεί και η πυκνότητα της σάρωσης. Στη συνέχεια, λαμβάνεται με τη βοήθεια της CCD κάμερας του σαρωτή η εικόνα της επιφάνειας και ξεκινά η εκπομπή παλμού laser από το σαρωτή προς την επιφάνεια του αντικειμένου μελέτης. Ο παλμός αυτός, αφού ανακλαστεί στην επιφάνεια που αποτυπώνεται, επιστρέφει στο σαρωτή, εντός του οποίου, υπολογίζεται ο χρόνος μετάβασης και επιστροφής και οι γωνίες ανάκλασης της δέσμης. Οι πληροφορίες αυτές μεταφέρονται, σε πραγματικό χρόνο, σε εξωτερικό μέσο (ηλεκτρονικό υπολογιστή, laptop, pad) όπου εμφανίζεται μια τρισδιάστατη οπτικοποίηση του αντικειμένου ή της περιοχής που έχει σαρωθεί. Σε αντίθεση με τους κοινούς Γεωδαιτικούς Σταθμούς, όπου ο χειριστής επιλέγει ένα προς ένα τα σημεία που μετρώνται, στους σαρωτές laser καταγράφεται τυχαία ένα νέφος σημείων εντός της εμβέλειας που ορίζεται. Το πυκνό τρισδιάστατο νέφος σημείων που αποκτάται ονομάζεται και DDSM – Dense Digital Surface Model (πυκνό ψηφιακό μοντέλο επιφάνειας). Όσο πυκνότερα είναι το νέφος σημείων τόσο ακριβέστερη είναι η αναπαράσταση του αντικειμένου.

Κατά τη διαδικασία της αποτύπωσης, ο σαρωτής συλλέγει επίσης την τιμή της ανακλαστικότητας για κάθε σημείο (X,Y,Z) και χρωματική πληροφορία με τη μορφή RGB και έτσι υπάρχει η δυνατότητα καθορισμού του χρώματος του αντικειμένου αποτύπωσης. Τα σημεία ενδιαφέροντος προς αποτύπωση θα πρέπει να είναι ορατά από το σημείο στάσης του οργάνου και κατά βάση αδιαφανή. Κατά την σάρωση η τρισδιάστατη θέση των σημείων

προσδιορίζεται σε ένα σύστημα σφαιρικών συντεταγμένων, του οποίου η αρχή ορίζεται από τον αισθητήρα του σαρωτή, με τιμές $\phi=0$ και $\theta=0$ για το διάνυσμα που ξεκινάει από τον αισθητήρα και κατευθύνεται προς τα εμπρός του σαρωτή. Τα (ϕ) και (θ), μαζί με την απόσταση του κάθε σημείου (r) αποτελούν τις σφαιρικές συντεταγμένες που περιγράφουν πλήρως τη θέση του αντικειμένου σε ένα σύστημα σχετικό με το σαρωτή.

Όπως και στην τοπογραφική μέθοδο, για την αποτύπωση ενός αντικειμένου, κτιρίου ή χώρου και την κάλυψη όλων των πτυχών του, η διαδικασία που ακολουθείται στο πεδίο περιλαμβάνει το στήσιμο του οργάνου σε πλήθος σημείων/στάσεων. Συνεπώς, στις περισσότερες περιπτώσεις, ανάλογα με την πολυπλοκότητα της γεωμετρίας του προς αποτύπωση αντικειμένου και του περιβάλλοντός του, απαιτούνται πολλαπλές σαρώσεις περιμετρικά ή εντός και εκτός αυτού. Οι στάσεις του οργάνου επιλέγονται ώστε να προσεγγίζουν το αντικείμενο ενδιαφέροντος από διαφορετικές γωνίες και όψεις. Με τον τρόπο αυτό, δημιουργείται μια ολοκληρωμένη απεικόνιση χωρίς αποκρύψεις λόγω εμποδίων, μειώνοντας έτσι τα προβλήματα απουσίας μετρητικής πληροφορίας και κενών περιοχών κατά την επεξεργασία.

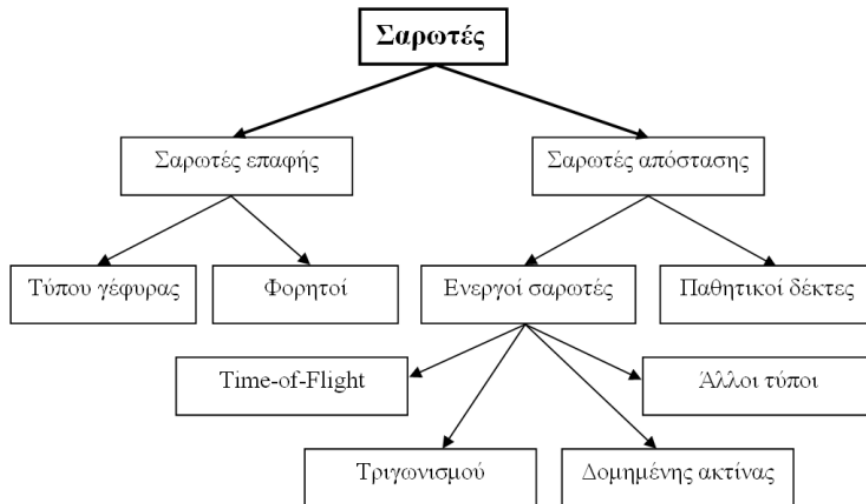
Το επόμενο απαραίτητο στάδιο της διαδικασίας αποτελεί, οι πολλαπλές αυτές σαρώσεις να αναφερθούν σε ενιαίο σύστημα αναφοράς και να ενσωματωθούν σε ένα κοινό μοντέλο το οποίο θα περιλαμβάνει συνολικά όλη την πληροφορία που συλλέχθηκε στο πεδίο. Αυτή η διαδικασία ένωσης νεφών σημείων (Alignment ή Registration, ανάλογα με το λογισμικό που χρησιμοποιείται), εκτελείται μέσω αλγορίθμων, σε περιβάλλον εμπορικών λογισμικών και απαιτεί να επιλεγούν ομόλογα σημεία μεταξύ των επιμέρους νεφών αξιοποιώντας την επικαλυπτόμενη επιφάνεια τους.

Σε αντίθεση με τις κλασσικές τοπογραφικές μεθόδους αποτύπωσης, το μεγάλο πλεονέκτημα του επίγειου τρισδιάστατου σαρωτή (TLS) αποτελεί το γεγονός ότι, δεν είναι αναγκαίο να τοποθετείται σε συγκεκριμένο σημείο με γνωστές συντεταγμένες, αλλά ούτε υπάρχει ανάγκη ορισμού των στάσεων. Αυτό συμβαίνει διότι τα σημεία, συσχετίζονται μεταξύ τους, το καθένα με τα γειτονικά του και όχι με τη θέση που βρίσκεται κάθε φορά ο σαρωτής. Έτσι, από τις διαφορετικές θέσεις σάρωσης (στάσεις του οργάνου), δημιουργούνται τα νέφη σημείων, τα οποία ενώνονται με τη μέθοδο "registration", σε ένα ενιαίο μοντέλο σάρωσης σε κάποιο αυθαίρετο/τοπικό σύστημα αναφοράς.

Επιπλέον, ανάλογα με τον σκοπό της αποτύπωσης συνήθως απαιτείται η ένταξη του τελικού νέφους σημείων σε κάποιο δίκτυο γνωστών συντεταγμένων (π.χ. Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς, ΕΓΣΑ'87) ή αλλιώς «Γεωαναφορά». Σε μια τέτοια περίπτωση αποτύπωσης, προβλέπεται κατά τη σάρωση και η αποτύπωση σημείων ελέγχου (control points) τα οποία μετριοούνται με κλασσικές τοπογραφικές μεθόδους και χρήση ολοκληρωμένων Γεωδαιτικών Σταθμών. Τα σημεία ελέγχου κατά βάση υλοποιούνται με κυκλικούς ή σφαιρικούς στόχους και αυτοκόλλητα υψηλής ανακλαστικότητας επί του αντικειμένου.

3.3 Κατηγοριοποίηση – Τύποι επίγειων σαρωτών

Οι τρισδιάστατοι σαρωτές laser διαχωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα με την τεχνολογία που χρησιμοποιούν καθώς και τις εφαρμογές τους (Εικόνα 3.2). Οι δύο κυριότεροι τύποι επίγειων σαρωτών laser, περιλαμβάνουν τους σαρωτές επαφής (Contact scanners) και τους σαρωτές απόστασης (Non-contacts scanners).



Εικόνα 3.2 - Κατηγοριοποίηση επίγειων σαρωτών laser - Πηγή: Συμεωνίδης, 2007

3.3.1 Σαρωτές επαφής (Contact Scanners)

Οι σαρωτές επαφής είναι όργανα που αποτυπώνουν ένα αντικείμενο μέσω φυσικής επαφής, δίνοντας σχετικές συντεταγμένες σε ένα ενσωματωμένο καταγραφικό σύστημα. Η τεχνολογία αυτή περιλαμβάνει κυρίως τα συστήματα CMM (Coordinate Measuring Machine). Στη σάρωση πραγματοποιείται ψηλάφηση του αντικειμένου με φυσική επαφή συνήθως με τη χρήση κάποιου ρομποτικού βραχίονα στον οποίο έχει ενσωματωθεί κάποιος αισθητήρας αφής (Εικόνα 3.3). Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνται κυρίως σε βιομηχανικές εφαρμογές, στον σχεδιασμό βιντεοπαιχνιδιών καθώς και στον κινηματογράφο για την δημιουργία εικονικών χαρακτήρων και μπορούν να δώσουν ικανοποιητικά αποτελέσματα από την άποψη της ακρίβειας.



Εικόνα 3.3 - Σαρωτής επαφής τύπου γέφυρας Πηγή: Συμεωνίδης, 2007

Οι συγκεκριμένοι σαρωτές, έχουν σημαντικά μειονεκτήματα καθώς απαιτούν την φυσική επαφή με το αντικείμενο γεγονός που μπορεί να οδηγήσει στην μεταβολή ή ακόμα και στην καταστροφή του προς εξέταση

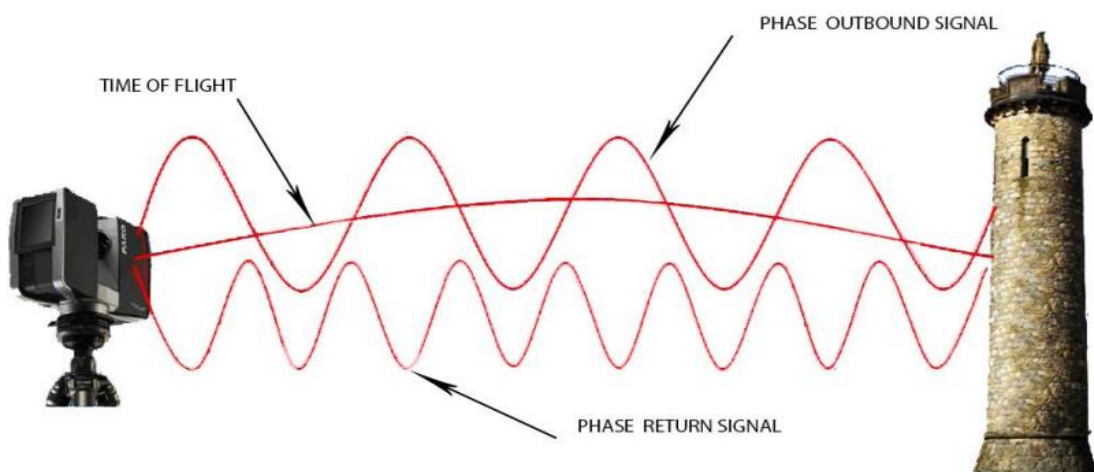
αντικείμενου. Αυτό είναι πολύ σημαντικό όταν τα αντικείμενα που σαρώουμε είναι ευαίσθητα, όπως για παράδειγμα ιστορικά έργα τέχνης ή ευαίσθητα όργανα και εξαρτήματα. Οι σαρωτές επαφής διαχωρίζονται περαιτέρω σε φορητούς και σαρωτές τύπου γέφυρας.

3.3.2 Σαρωτές απόστασης (Non-contact Scanners)

Σε αντίθεση με τους σαρωτές επαφής, οι σαρωτές απόστασης είναι όργανα που αποτυπώνουν το αντικείμενο από απόσταση χρησιμοποιώντας την ακτινοβολία για να εντοπίσουν την θέση των σημείων της επιφάνειας του. Οι σαρωτές απόστασης διαχωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τους παθητικούς και τους ενεργητικούς. Στους ενεργητικούς, εκπέμπεται κάποιου είδους ακτινοβολία από τον σαρωτή (οπτική ή υπερηχητική ή ακτίνες X) και μετρώντας την ανάκλαση της σε κάποιο αντικείμενο από ένα ενσωματωμένο δέκτη του οργάνου, υπολογίζεται η απόσταση μεταξύ του δέκτη και του αντικειμένου. Οι παθητικοί σαρωτές εκμεταλλεύονται την υπάρχουσα ακτινοβολία που εκπέμπει το αντικείμενο με την μορφή φωτονίων, όπου καταγράφοντας την μπορούν να υπολογίσουν την απόσταση από τον δέκτη με την βοήθεια των γωνιών που σχηματίζουν. Οι ενεργητικοί σαρωτές αποτελούν τους πιο συνήθεις σαρωτές για εφαρμογές αποτύπωσης.

Οι ενεργητικοί σαρωτές απόστασεων χωρίζονται σε επιμέρους κατηγορίες με βάση την τεχνική που χρησιμοποιούν (Εικόνα 3.4) για τον υπολογισμό της απόστασης ανάμεσα στην πηγή της εκπεμπόμενης ακτίνας laser (σαρωτή) και του προς αποτύπωση αντικειμένου (στόχου) σε:

- Σαρωτές μέτρησης χρόνου πτήσης ενός παλμού laser (Time Of Flight, TOF)
- Σαρωτές διαφοράς φάσης (Phase Comparison Scanners)
- Σαρωτές τριγωνισμού (Triangulation Scanners).

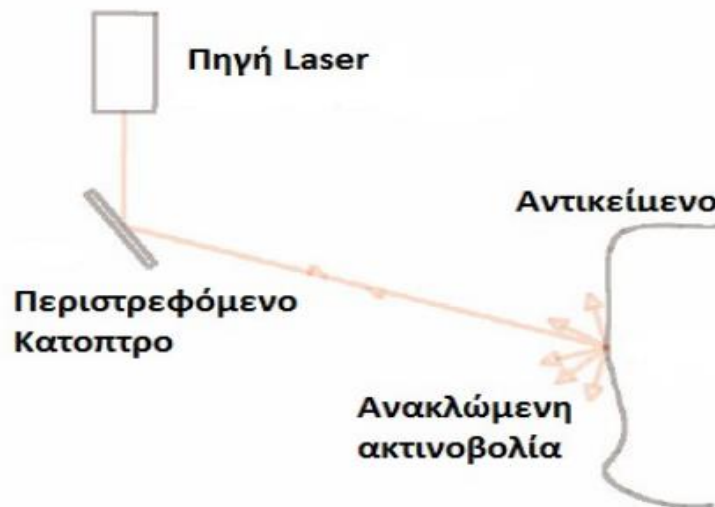


Εικόνα 3.4 - Ενδεικτική απεικόνιση των βασικών τεχνικών που χρησιμοποιεί η πλειοψηφία των τρισδιάστατων επίγειων σαρωτών
Πηγή: <http://infoidk.arch.duth.gr/>

Σαρωτές μέτρησης χρόνου πτήσης ενός παλμού laser (Time Of Flight, TOF)

Η τεχνολογία Time – of – Flight αποτελεί την πιο διαδεδομένη μέθοδο αποτύπωση με laser έως σήμερα, η οποία χρησιμοποιείται κυρίως σε αποτυπώσεις μεγάλων αντικειμένων, κτηρίων και γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών (βράχια, λατομεία, κ.α), για την παραγωγή τρισδιάστατων μοντέλων. Οι συγκεκριμένοι σαρωτές έχουν την δυνατότητα να μετρούν σημεία σε μεγάλες αποστάσεις, ενώ μέσω της κίνησής τους μπορούν να αποτυπώσουν μεγάλο εύρος του οπτικού τους πεδίου. Η κεφαλή του μηχανήματος έχει την δυνατότητα για οριζόντια κίνηση ενώ ειδικά κάτοπτρα μπορούν να κατευθύνουν την δέσμη κατά την κατακόρυφη διεύθυνση. Η λειτουργία τους στηρίζεται στην αντανάκλαση μίας ακτίνας laser που σαρώνει το αντικείμενο αποτύπωσης, καθώς μετράει την απόσταση υπολογίζοντας με ακρίβεια τον χρόνο που χρειάζεται η ακτίνα που εκπέμπεται από τον σαρωτή, να ανακλαστεί στο αντικείμενο και να επιστρέψει πίσω στην πηγή της.

Η λειτουργία της τεχνολογίας Time-of-Flight, είναι αρκετά απλή. Ο σαρωτής εκπέμπει μία ακτίνα laser και υπολογίζει με μεγάλη ακρίβεια το χρόνο που χρειάζεται για να επιστρέψει πίσω στον αισθητήρα που είναι ενσωματωμένος στο όργανο. Η ταχύτητα διάδοσης της ακτίνας laser είναι σταθερή και ίση με την ταχύτητα του φωτός στο κενό, οπότε ο χρόνος μετάβασης και επιστροφής της ακτίνας στον αισθητήρα μπορεί να μας δώσει την απόσταση από τον τύπο $s=(c*t)/2$.



Εικόνα 3.5 – Αρχή λειτουργίας της τεχνολογίας Time-of-Flight – Πηγή: Συμμεωνίδης 2007

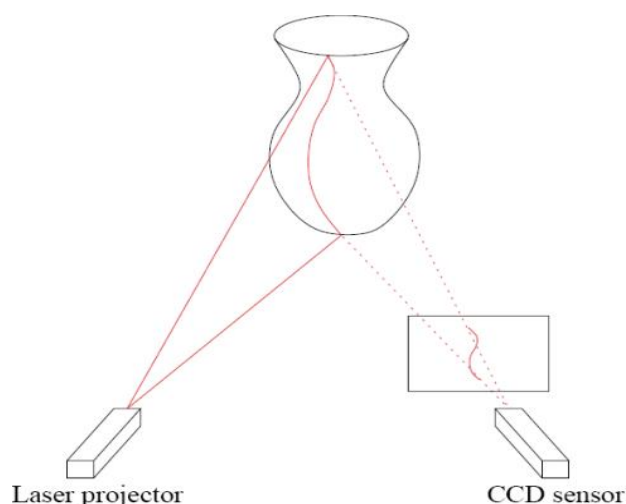
Η ακτίνα laser υπολογίζει κάθε φορά την απόσταση ενός σημείου της επιφάνειας αντικειμένου από τον σαρωτή, για αυτό είναι απαραίτητη η αλλαγή διεύθυνσης της ακτίνας σε κάθε μέτρηση. Η αλλαγή αυτή πραγματοποιείται είτε με την κίνηση της κεφαλής του οργάνου είτε με την κίνηση κατόπτρων στο εσωτερικό του οργάνου (Εικόνα 3.5). Στην πράξη χρησιμοποιείται η διάταξη με τα κάτοπτρα διότι μας δίνει ευκολότερη κίνησή τους (τα κάτοπτρα είναι σαφώς ελαφρύτερα και ευκολότερα στον χειρισμό από την κεφαλή του οργάνου) και μεγαλύτερη ακρίβεια στις μικρομετακινήσεις που απαιτούνται. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνουμε ακρίβεια και ταχύτητα στις μετρήσεις.

Σαρωτές διαφοράς φάσης (Phase Comparison Scanners)

Η χρήση σαρωτών διαφοράς φάσης (Phase Comparison Scanners) αποτελεί και αυτή μια διαδεδομένη τεχνική laser, κατά την οποία η εκπεμπόμενη ακτίνα διαμορφώνεται από ένα συνεχές αρμονικό κύμα. Η απόσταση υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τη διαφορά φάσης μεταξύ του εκπεμπόμενου και του επιστρεφόμενου κύματος (ανάκλαση ακτίνας από το αντικείμενο). Ο χρόνος μετάβασης – επιστροφής του σήματος είναι ευθέως ανάλογος της διαφοράς φάσης μεταξύ του εκπεμπόμενου και λαμβανόμενου σήματος και εξαρτάται από τη συχνότητα διαμόρφωσης και την απόσταση του σαρωτή από το αντικείμενο. Λόγω της αρκετά πολύπλοκης διαδικασίας που χρειάζεται για την ανάλυση των σημάτων, τα αποτελέσματα έχουν μεγάλη ακρίβεια (σε βάρος όμως του συνολικού αριθμού των μετρούμενων σημείων αλλά και της μέγιστης μετρούμενης απόστασης). Δεδομένου ότι απαιτείται ένα καλά καθορισμένο σήμα επιστροφής για τον υπολογισμό των αποστάσεων, οι σαρωτές διαφοράς φάσης έχουν μειωμένη εμβέλεια.

Μέθοδος Τριγωνισμού - Triangulation σαρωτές

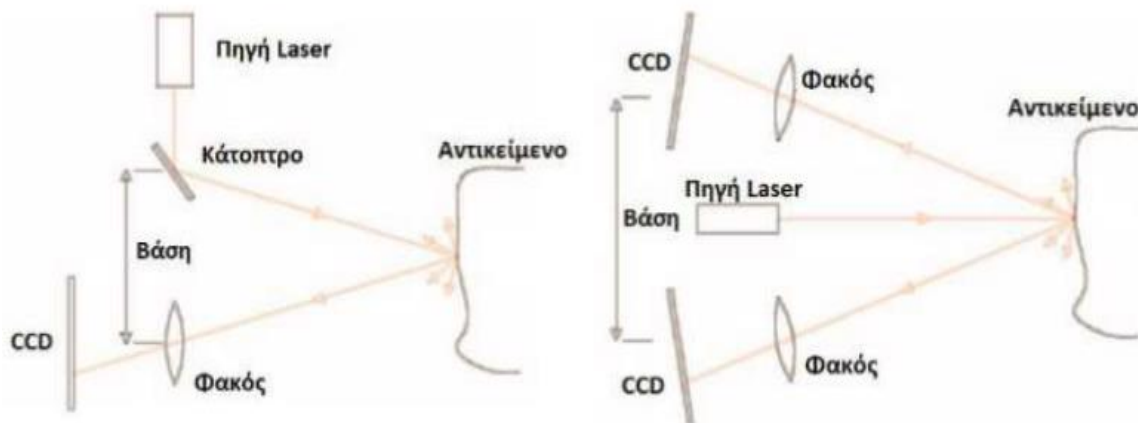
Οι επίγειοι σαρωτές που χρησιμοποιούν την τεχνολογία τριγωνισμού (Triangulation Scanners) ανήκουν στην κατηγορία των ενεργών σαρωτών και χρησιμοποιούν laser για να σαρώσουν το αντικείμενο ενδιαφέροντος. Οι σαρωτές αυτοί χρησιμοποιούν την ακτίνα laser για να “φωτίσουν” σημεία πάνω στο αντικείμενο και μία κάμερα (CCD) για να εντοπίσουν τα σημεία που φωτίζει κάθε φορά η ακτίνα (Εικόνα 3.6). Έπειτα, με χρήση εξισώσεων φωτογραμμετρίας ο σαρωτής υπολογίζει τη θέση του κάθε σημείου που φωτίζεται από την ακτίνα Laser στον τρισδιάστατο χώρο. Για την επιτυχημένη λειτουργία του σαρωτή, σημαντικό ρόλο παίζει η ύπαρξη των κατάλληλων συνθηκών φωτισμού του αντικειμένου καθώς η αρχή λειτουργίας του στηρίζεται στον εντοπισμό της δέσμης της ακτίνας Laser στην εικόνα του αντικειμένου που συλλαμβάνεται από τον ενσωματωμένο οπτικό αισθητήρα (κάμερα CCD).



Εικόνα 3.6 - Αρχή λειτουργίας Τριγωνισμού (Laser projector: Μονάδα εκπομπής laser, CCD sensor: Δέκτης laser (CCD κάμερα) – Πηγή: Συμεωνίδης 2007

Το όνομα της μεθόδου τριγωνισμού οφείλεται στο τρίγωνο που σχηματίζεται από τον πομπό του laser, τον οπτικό αισθητήρα CCD (κάμερα) και το αντικείμενο (Εικόνα 3.7). Στην συγκεκριμένη μέθοδο θεωρούνται γνωστά:

- η βάση, η οποία αποτελεί την απόσταση του πομπού laser και του οπτικού αισθητήρα CCD για χρήση ενός αισθητήρα CCD ή απόσταση μεταξύ δύο οπτικών αισθητήρων CCD σε περιπτώσεις χρήσης δυο αισθητήρων
- η γωνία με την οποία βλέπει ο σαρωτής το αντικείμενο και
- η γωνία που σχηματίζει η δέσμη laser πάνω στο αντικείμενο με την οπτική ευθεία του δέκτη της κορυφής του, δηλαδή την θέση της κουκίδας του laser πάνω στο αντικείμενο .



Εικόνα 3.7 - Αρχή λειτουργίας μεθόδου τριγωνισμού με μια (αριστερά) και δύο (δεξιά) κάμερες CCD – Πηγή: Π. Συμεωνίδης 2007

3.4 Σφάλματα και ακρίβειες σάρωσης

Η κάθε μέθοδος τρισδιάστατης αποτύπωσης με laser scanner, προσφέρει διαφορετική ακρίβεια η οποία παίζει σημαντικό ρόλο στην ποιότητα του τελικού προϊόντος. Η ακρίβεια των μετρήσεων εξαρτάται από τη γωνία πρόσπτωσης μεταξύ ακτίνας laser και της επιφάνειας του αντικειμένου. Η ακρίβεια των μετρήσεων εξαρτάται από την ταχύτητα της σάρωσης, την απόσταση του σαρωτή από το αντικείμενο, την ανακλαστικότητα των επιφανειών, το μέγεθος της κουκίδας του laser, το υλικό στο οποίο προσπίπτουν οι ακτίνες, την πυκνότητα της σάρωσης, τον θόρυβο σάρωσης, την θερμοκρασία και την ατμόσφαιρα (Schulz 2007, Reshetyuk 2006, Reshetyuk 2009).

Αξίζει να σημειωθεί ότι όσο μεγαλύτερη επιλέγεται η πυκνότητα σάρωσης (πυκνότερο νέφος σημείων), τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η ακρίβεια του προς αποτύπωση αντικειμένου. Ομοίως, μικρότερη απόσταση και πιο οξεία γωνία πρόσπτωσης προσφέρει καλύτερα αποτελέσματα στην ακρίβεια.

Οι επίγειοι τρισδιάστατοι σαρωτές δεν συνιστάται να χρησιμοποιούνται σε ιδιαίτερες καιρικές συνθήκες όπως σε συννεφιά ή βροχή γιατί οι σταγόνες νερού στον αέρα μπορεί να προκαλέσουν θόρυβο ή να επιφέρουν λανθασμένες μετρήσεις. Επιπλέον, δεν μπορούν να λάβουν μετρήσεις όταν αποτυπώνουν επιφάνεια δρόμου που περιέχει νερό εξαιτίας της υψηλής ανακλαστικότητάς του. (Boehler, 2004)

Πυκνότητα σάρωσης

Πάντα κατά την διαδικασία της σάρωσης, είναι απαραίτητο να καθοριστεί το βήμα σάρωσης, η απόσταση δηλαδή μεταξύ των γειτονικών σημείων που θα αποτυπώσει ο σαρωτής. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται σε δύο στάδια. Αρχικά, ορίζεται η απόσταση μέχρι την οποία ο σαρωτής θα αποτυπώνει. Πρόκειται ουσιαστικά για την μέση απόσταση μεταξύ του σαρωτή και του αντικείμενου προς αποτύπωση, της οποίας η τιμή συνήθως δίνεται προσεγγιστικά. Στο δεύτερο στάδιο, δίνεται το βήμα σάρωσης το οποίο μπορεί να κυμαίνεται από μερικά χιλιοστά έως μερικά μέτρα ανάλογα με την επιθυμητή ακρίβεια σε κάθε εφαρμογή. Η επιλογή της πυκνότητας των σημείων εξαρτάται από τις δυνατότητες του οργάνου με το οποίο θα γίνει η σάρωση, το αντικείμενο αποτύπωσης αλλά και τις απαιτήσεις ακρίβειας του τελικού προϊόντος. Πρόκειται στην ουσία για τις διαστάσεις του κανάβου στις κορυφές του οποίου ο σαρωτής θα πάρει μετρήσεις. Αξίζει να σημειωθεί όμως ότι, το βήμα σάρωσης που ορίζεται είναι προσεγγιστικό και αφορά μόνο στα αντικείμενα τα οποία βρίσκονται κάθετα στην πορεία της ακτίνας laser. Οι πλάγιες σαρώσεις δίνουν μικρότερη πυκνότητα από αυτήν που ορίζεται στις αρχικές ρυθμίσεις κατά την διαδικασία της σάρωσης. Έτσι συνήθως, ορίζεται υψηλότερη πυκνότητα από αυτήν που απαιτούν οι προδιαγραφές, ώστε να επιτευχθεί υψηλότερη ακρίβεια και να αποφευχθούν κενές περιοχές ή έλλειψη σημείων. Αξίζει να σημειωθεί ότι, η ανάλυση που επιλέγεται καθορίζει τον αριθμό των σημείων που θα μετρηθούν για μια δεδομένη περιοχή σάρωσης από μια θέση και συνεπώς τον χρόνο που θα χρειασθεί για την ολοκλήρωση της σάρωσης από τη θέση αυτή, αφού η ταχύτητα του σαρωτή εκφράζεται σε σημεία ανά δευτερόλεπτο (σημεία/sec).

Θόρυβος σάρωσης

Είναι γεγονός ότι κατά τη διαδικασία της σάρωσης, ειδικότερα όταν πραγματοποιείται σε εξωτερικούς χώρους, αποτυπώνεται και άχρηστη πληροφορία η οποία ονομάζεται «θόρυβος σάρωσης». Ο θόρυβος της σάρωσης μπορεί να αποτελείται από περιττά σημεία τα οποία επιλέγονται να αποτυπωθούν εν γνώση του χειριστή του οργάνου, με σκοπό να αποφευχθούν κενά στο τελικό αποτέλεσμα της αποτύπωσης, ή από σημεία που αποτυπώθηκαν από σφάλμα. Τέτοια σημεία μπορεί να είναι η βλάβιση ή τεχνητά εμπόδια που βρίσκονται ανάμεσα στον σαρωτή και το αντικείμενο κατά την διαδικασία της σάρωσης. Απαραίτητο στάδιο κατά την επεξεργασία του νέφους σημείων είναι ο εντοπισμός και η απαλοιφή των σημείων που αποτελούν θόρυβο.

Διαστάσεις κουκίδας laser

Κάθε εταιρία που κατασκευάζει σαρωτές χρησιμοποιεί διαφορετικά μεγέθη κουκίδας του laser. Το μέγεθος αυτό, ορίζει τις διαστάσεις της κουκίδας και αποτελεί σημαντικό παράγοντα που επηρεάζει την τελική ακρίβεια της αποτύπωσης. Γενικά, όσο μικρότερο μέγεθος κουκίδας έχει ο σαρωτής τόσο καλύτερα θα ορίζονται τα σημεία που θα αποτυπωθούν και συνεπώς το τελικό προϊόν θα έχει καλύτερη ακρίβεια.

Ανακλαστικότητα της επιφάνειας

Η αντανακλαστικότητα της επιφάνειας ενός αντικειμένου εξαρτάται από ορισμένους παράγοντες όπως είναι το χρώμα και το αλβέδο τους (λευκαύγεια). Είναι γνωστό ότι, μια λευκή επιφάνεια θα αντανakλά περισσότερο ποσοστό της προσπίπτουσας οπτικής ακτινοβολίας (ακτίνα laser) από μια σκουρόχρωμη ή μαύρη επιφάνεια. Αντίστοιχα διάφανες επιφάνειες, όπως το γυαλί, διαθλούν την οπτική ακτινοβολία με αποτέλεσμα να εισέρχονται σφάλματα στις μετρήσεις. Ένας τρόπος για τη διερεύνηση των σφαλμάτων που προκύπτουν από τη μεταβολή της ανακλαστικότητας, είναι η χρήση ενός άσπρου επίπεδου στόχου, του οποίου το κέντρο θα έχει επικαλυφθεί με ανακλαστικό υλικό. Οι διαφορές που θα προκύψουν στον προσδιορισμό της απόστασης μεταξύ του κέντρου και του υπόλοιπου στόχου, θα δώσουν μια σαφή εικόνα των αποκλίσεων που πρέπει να αναμένονται (Boehler, 2004).

Θερμοκρασία

Στην ακρίβεια του τελικού προϊόντος, ρόλο παίζει και η θερμοκρασία στην οποία γίνονται οι σαρώσεις. Οι σαρωτές λειτουργούν κανονικά μόνο όταν χρησιμοποιούνται σε ένα συγκεκριμένο εύρος θερμοκρασίας, συνήθως 0°-50° C. Ακόμα και μέσα σε αυτό το εύρος μπορεί να παρατηρηθούν αποκλίσεις ειδικά στο μέγεθος της μετρούμενης απόστασης.

Ατμόσφαιρα

Αναφορικά με την ατμόσφαιρα, εκτός από την θερμοκρασία, η πίεση της ατμόσφαιρας μπορεί να επηρεάσει την ταχύτητα διάδοσης του φωτός μέσα σε αυτή, συνεπώς και την ταχύτητα διάδοσης της ακτίνας laser. Όμως σε περιπτώσεις που οι σαρώσεις πραγματοποιούνται από μικρές αποστάσεις, η αλλαγή στη ταχύτητα του φωτός, λόγω μεταβολών της θερμοκρασίας και της ατμοσφαιρικής πίεσης δεν επηρεάζει ουσιαστικά και πρακτικά τα αποτελέσματα των σαρώσεων.

3.5 Επεξεργασία των παραγόμενων δεδομένων

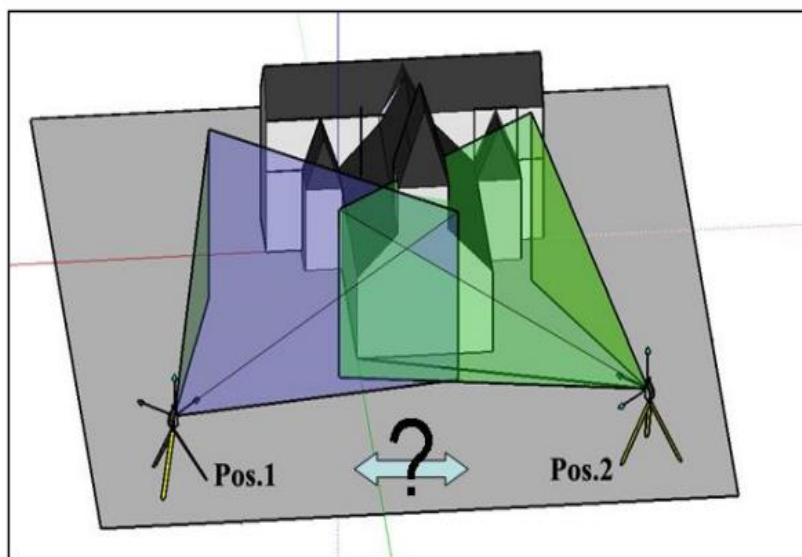
Τα παραγόμενα δεδομένα που προέρχονται από τις μετρήσεις των σαρωτών laser αποτελούνται από ανεξάρτητα νέφη σημείων (PointClouds), το πλήθος των οποίων είναι όσες και οι στάσεις του οργάνου κατά την αποτύπωση, με το κάθε ένα να έχει το δικό του αυθαίρετο σύστημα αναφοράς. Για την δημιουργία του τελικού τρισδιάστατου αντικειμένου ή χώρου, είναι απαραίτητη η επεξεργασία των παραγόμενων δεδομένων, η οποία αποτελείται από ένα σύνολο ενεργειών. Οι ενέργειες αυτές μπορούν να διαχωριστούν σε δύο βασικά στάδια: την προεπεξεργασία των δεδομένων laser (προκαταρκτική επεξεργασία) και την διαμόρφωση του τελικού παραγόμενου προϊόντος (με υλοποίηση επιφανειών από τα νέφη σημείων).

Στο πρώτο στάδιο της προεπεξεργασίας (ή προκαταρκτικής επεξεργασίας) των δεδομένων laser, πραγματοποιούνται όλες οι απαραίτητες διαδικασίες που εφαρμόζονται άμεσα στο νέφος σημείων, όπως, για

παράδειγμα το φιλτράρισμα των σημείων (μείωση θορύβου), την καταγραφή των σημείων, τις διαδικασίες συνένωσης (registration) και γεωαναφοράς (georeferencing). Το αποτέλεσμα αυτών των διαδικασιών είναι ένα ενιαίο νέφος σημείων, απαλλαγμένο από ανεπιθύμητο θόρυβο, χονδροειδή ή συστηματικά σφάλματα και αποτελεί τη βάση για το επόμενο στάδιο της επεξεργασίας.

Συνένωση νεφών σαρώσεων:

Η υλοποίηση της συνένωσης των νεφών αποτελεί βασικό και αναπόφευκτο στάδιο της τρισδιάστατης επεξεργασίας. Όπως προαναφέρθηκε, κατά την διαδικασία της σάρωσης, η κάθε θέση του οργάνου παράγει ένα νέφος σημείων σε ανεξάρτητο σύστημα αναφοράς με αρχή των συντεταγμένων το κέντρο του σαρωτή. Για τον λόγο αυτό, είναι αναγκαίο το πλήθος των νεφών σημείων που παράχθηκαν να μετασχηματιστούν και να ενταχθούν σε ένα κοινό – ενιαίο σύστημα αναφοράς, μέσω της διαδικασίας συνένωσης νεφών (registration) (Εικόνα 3.8). Για την ένταξη του μοντέλου σε ένα ορισμένο σύστημα αναφοράς είναι απαραίτητο να προσδιοριστούν 6 παράμετροι ΔX , ΔY , ΔZ , $\Delta \omega$, $\Delta \phi$, $\Delta \kappa$. Οι παράμετροι αυτοί είναι οι 3 μεταθέσεις του μοντέλου κατά τους άξονες και οι 3 στροφές (Reshetyuk 2009). Η μέθοδος της συνένωσης των νεφών διαχωρίζεται σε δύο βασικές περιπτώσεις, ανάλογα με την τοποθέτηση του οργάνου κατά την αποτύπωση. Στην πρώτη περίπτωση κατά την διαδικασία της σάρωσης το όργανο τοποθετείται σε τυχαία θέση (άγνωστες συντεταγμένες), ενώ στην δεύτερη το όργανο κεντρώνεται σε σημείο με γνωστές συντεταγμένες.



Εικόνα 3.8- Συνένωση μεταξύ Δύο Θέσεων Σάρωσης – Πηγή: Quinteroetal., 2008

Στην πρώτη περίπτωση που το όργανο τοποθετείται σε τυχαία θέση, δηλαδή δεν είναι κεντρωμένο και οριζοντιωμένο σε σημείο γνωστών συντεταγμένων είναι απαραίτητη η ύπαρξη ενός επικαλυπτόμενου τμήματος μεταξύ των δύο σαρώσεων στο οποίο να μπορεί να επιλεγούν τουλάχιστον τρία (3) διακριτά σημεία. Τα σημεία αυτά ονομάζονται «ομόλογα» και μπορεί να είναι, είτε χαρακτηριστικά σημεία λόγω γεωμετρίας πάνω στο αντικείμενο που σαρώνεται (όπως κορυφές), είτε ειδικοί στόχοι που αναγνωρίζονται από το λογισμικό που

συνοδεύει το όργανο (σφαιρικοί ή αυτοκόλλητοι στόχοι). Με γνωστές τις συντεταγμένες των δύο σημείων σε γνωστό σύστημα αναφοράς προσδιορίζονται οι 6 παράμετροι $\{\Delta X, \Delta Y, \Delta Z\}$ – η θέση ενός σημείου του μοντέλου στο χώρο, $\{\Delta\omega, \Delta\phi, \Delta\kappa\}$ – ο προσανατολισμός του μοντέλου στο χώρο, ενώ με μία συντεταγμένη του τρίτου σημείου προσδιορίζεται η στροφή του μοντέλου στο χώρο ως προς τον εαυτό του.

Στην δεύτερη περίπτωση, όπου η σάρωση πραγματοποιείται από ένα σημείο γνωστών συντεταγμένων, με την κέντρωση του σαρωτή προσδιορίζονται οι παράμετροι $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$, ενώ με την οριζοντίωση προσδιορίζεται η στροφή του μοντέλου στο χώρο ως προς τον εαυτό του. Με τη σάρωση ενός γνωστού σημείου (ειδικός σφαιρικός στόχος) προσδιορίζονται οι παράμετροι $\Delta\omega, \Delta\phi$ και $\Delta\kappa$, δηλαδή ο προσανατολισμός του μοντέλου στον χώρο. Συνεπώς, για την ένταξη των νεφών σημείων σε ένα ορισμένο σύστημα αναφοράς, όταν ο σαρωτής είναι κεντρωμένος και οριζοντιωμένος σε σημείο με γνωστές συντεταγμένες, αρκεί η χρήση ενός μόνο σφαιρικού στόχου.

Σε αντιστοιχία με την τοποθέτηση του σαρωτή υπάρχουν τρεις διαφορετικοί μέθοδοι συνένωσης νεφών σημείων:

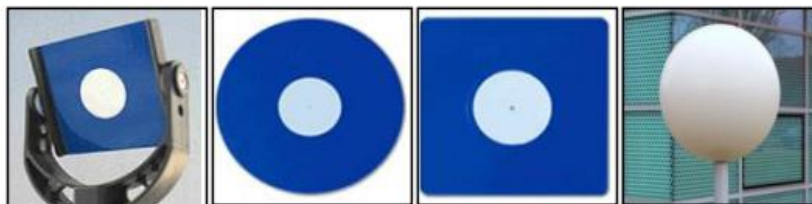
❖ Με χρήση ομόλογων σημείων (Cloud based Registration)

Με τη μέθοδο των ομόλογων σημείων πραγματοποιείται συνένωση δύο νεφών σημείων που έχουν μεταξύ τους τουλάχιστον 30% επικάλυψη. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο του επαναληπτικά κοντινότερου σημείου (Iterative Closest Point, ICP) και απαιτεί από τον χρήστη να επιλέξει χειροκίνητα τουλάχιστον τρία (3) ομόλογα (κοινά) σημεία και στα δύο νέφη σημείων. Στην πραγματικότητα, τα σημεία που επιλέγονται δεν θα είναι ακριβώς τα ίδια και ο αλγόριθμος επαναληπτικά ελέγχει την απόσταση μεταξύ όλων των σημείων των νεφών υπολογίζοντας τον μετασχηματισμό έτσι ώστε να συνενώσει τα δεδομένων με το μικρότερο δυνατό σφάλμα. Για την επίτευξη βέλτιστης ακρίβειας της συνένωσης, τα σημεία που επιλέγονται οφείλουν να είναι ομοιόμορφα καταναμημένα στην περιοχή επικάλυψης, να είναι ευδιάκριτα και να είναι συνευθειακά. Τα σημεία αυτά επιλέγονται κατά το στάδιο επεξεργασίας και δεν πραγματοποιείται σήμανση τους επάνω στην επιφάνεια του αντικείμενου.

❖ Με χρήση ειδικών στόχων (Target based Registration)

Κατά τη μέθοδο αυτή χρησιμοποιούνται ειδικοί κυκλικοί ή σφαιρικοί στόχοι και αυτοκόλλητα υψηλής ανακλαστικότητας, τα οποία αναγνωρίζονται από το λογισμικό του σαρωτή κατά την διαδικασία συνένωσης των νεφών. Οι ειδικοί αυτοί στόχοι (Εικόνα 3.9) τοποθετούνται κατά την διάρκεια των μετρήσεων στην επικαλυπτόμενη περιοχή μεταξύ των σαρώσεων, επί της επιφάνειας του αντικειμένου ή στον περιβάλλοντα χώρο. Οι στόχοι οφείλουν να τοποθετούνται ομοιόμορφα καταναμημένα στην επικαλυπτόμενη περιοχή, να καλύπτουν τις τρεις διαστάσεις (X,Y,Z) και να μην είναι συνευθειακά. Οι παραπάνω στόχοι χρησιμοποιούνται

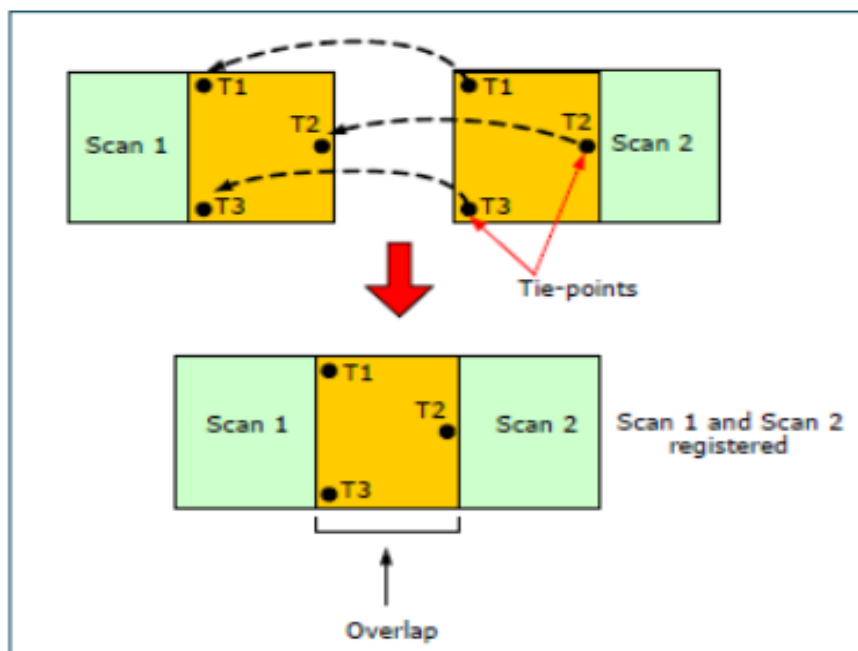
στην συγκεκριμένη Διπλωματική Εργασία κατά την επεξεργασία των σαρώσεων στο λογισμικό CycloneLeica για να υλοποιούν στο χώρο την αναγκαία πληροφορία που θα υποστηρίξει τον τρισδιάστατο μετασχηματισμό.



Εικόνα 23 - Παραδείγματα τεχνητών στόχων και σφαίρα - Πηγή: www.leica-geosystems.com

❖ Με γεωαναφορά (Registration to Survey controlled Targets)

Στις περισσότερες εφαρμογές τρισδιάστατων αποτυπώσεων απαιτείται το προς αποτύπωση αντικείμενο να ενταχθεί σε κάποιο υπάρχον γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς. Αυτό πραγματοποιείται με την μέθοδο της γεωαναφοράς (georeference). Η μέθοδος της γεωαναφοράς περιλαμβάνει και αυτή την χρήση ειδικών στόχων, με μόνη διαφορά ότι οι στόχοι έχουν γνωστές τρισδιάστατες συντεταγμένες σε κάποιο σύστημα αναφοράς. Στην συγκεκριμένη μέθοδο οι ειδικοί στόχοι δεν είναι απαραίτητο να τοποθετούνται στην επικαλυπτόμενη περιοχή μεταξύ των διάφορων σαρώσεων. Οι συντεταγμένες των στόχων προσδιορίζονται με τοπογραφική μέθοδο και χρήση γεωδαιτικού σταθμού (Total Station). Όταν ολοκληρώνεται ο μετασχηματισμός μεταξύ των νεφών σημείων, εισάγονται οι γνωστές συντεταγμένες των στόχων και το τελικό συνενωμένο νέφος αποκτά το σύστημα αναφοράς που έχουν οι ειδικοί στόχοι (Εικόνα 3.10).



Εικόνα 3.10 - Συνένωση νεφών (registration) χρησιμοποιώντας στόχους (targets) - Πηγή: www.leica-geosystems.com

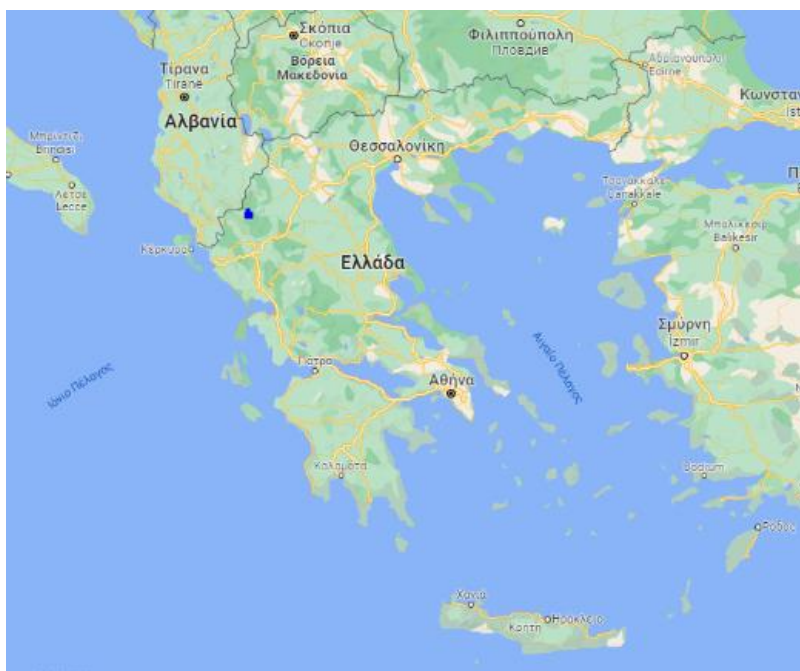
Το δεύτερο στάδιο της διαχείρισης των παραγόμενων δεδομένων αποτελεί η διαμόρφωση του τελικού προϊόντος. Ανάλογα με τις ανάγκες αποτύπωσης και απόδοσης του αντικειμένου που σαρώθηκε το τελικό προϊόν μπορεί

να είναι η διαμόρφωση του τρισδιάστατου μοντέλου επιφάνειας (mesh) του αντικειμένου μελέτης ή η παραγωγή δισδιάστατων σχεδίων αυτού, όπως όψεις, τομές και κατόψεις. Το πιο σύνηθες προϊόν αυτής της διαδικασίας είναι η παραγωγή του ψηφιακού μοντέλου της γεωμετρίας του αντικειμένου με την μορφή ενός πολυγωνικού μοντέλου επιφάνειας (mesh), όπως το ακανόνιστο δίκτυο τριγώνων (ΤΙΝ).

4 ΔΟΛΟ ΠΩΓΩΝΙΟΥ - ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

4.1 Γενικά

Το Δολό είναι ένα από τα πενήντα ένα (51) χωριά που ανήκουν στο Δήμο Πωγωνίου. Το Πωγώνι αποτελεί μια ιστορική περιοχή της Ηπείρου που εκτείνεται στην Ελλάδα (Περιφερειακή ενότητα Ιωαννίνων) (Εικόνες 4.1, 4.2) καθώς και στη γειτονική Αλβανία (8 χωριά της περιφερειακής ενότητας Αργυροκάστρου).



Εικόνα 41 - Ιστορική περιοχή Πωγωνίου Ηπείρου – Πηγή google maps



(α) Δήμος Πωγωνίου – Περιφερειακή ενότητα Ιωαννίνων

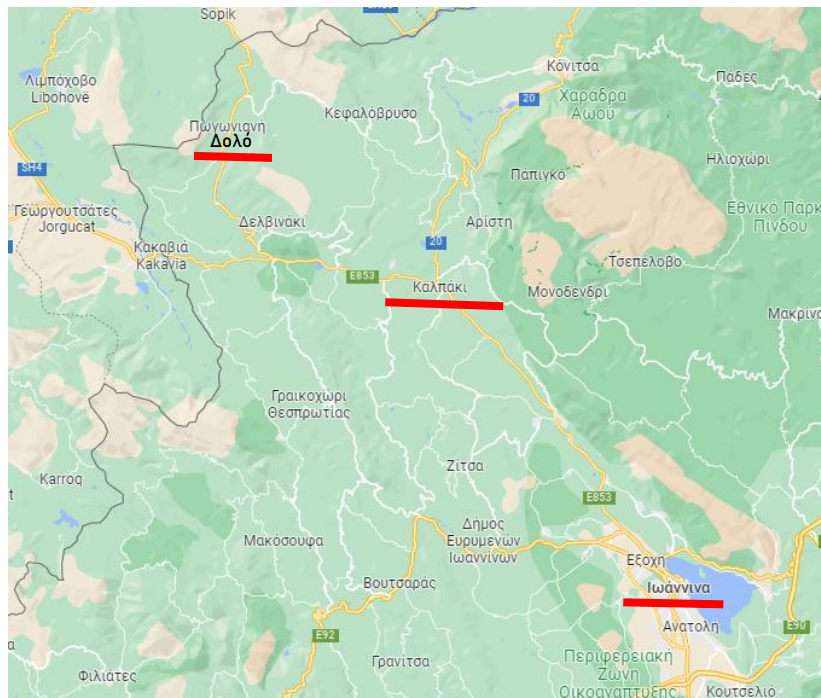


(β) Περιφερειακή ενότητα Αργυροκάστρου

Εικόνα 24 - Πωγώνι Ηπείρου – Πηγή google maps

Το Δολό βρίσκεται στα σύνορα της Ελλάδας με την Αλβανία (39° 59' 30'' North, 20° 26' 29'' East) σε υψόμετρο 800 μέτρων. Απέχει 72 χιλιόμετρα ΒΔ από τα Ιωάννινα, 38 χλμ ΒΔ από το Καλπάκι, που αποτελεί την έδρα του Δήμου Πωγωνίου. Περικλείεται από Βορρά από τον γυμνό όγκο της Νεμέρτσικας και από Δυτικά από το δασωμένο βουνό

Μπόζοβο.(Πωγωνάτο). Στα Ανατολικά του χωριού υψώνεται το χαμηλό βουνό Κουτσόκρανο και στα νότια το χωριό Φαράγγι και Σταυροδρόμι (Εικόνα 4.3).



Εικόνα 4.3 Σχετικές θέσεις οικισμών. Πηγή google maps

Πρόκειται για έναν οικισμό με ιδιαίτερη αρχιτεκτονική φυσιογνωμία χτισμένο σε μια περιοχή φυσικού κάλλους. Αποτέλεσμα αυτού, από το 1967 ο οικισμός να ανακηρυχθεί ως παραδοσιακός (ΦΕΚ352Β, ΦΕΚ594Δ/1978).

4.1.1 Διοικητική Οργάνωση – Δημογραφικά στοιχεία

Το Δολό αποτελεί Δημοτικό Διαμέρισμα της Δημοτικής Ενότητας Πωγωνιανής του Δήμου Πωγωνίου (Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Δήμου Πωγωνίου 2020). Ο Δήμος Πωγωνίου είναι ένας από τους 8 δήμους του Νομού Ιωαννίνων, ο οποίος συστάθηκε το 2011 από τη συνένωση των καποδιστριακών δήμων Άνω Καλαμά, Άνω Πωγωνίου, Δελβινακίου, Καλπακίου και των κοινοτήτων Πωγωνιανής και Λάβδανης. Έδρα του Δήμου είναι το Καλπάκι, ενώ το Δελβινακί έχει οριστεί ως ιστορική έδρα του δήμου χάρη στην πλούσια ιστορία του (ιδρύθηκε το 1081). Περιλαμβάνει 51 χωριά, που συνολικά καταλαμβάνουν έκταση 704 τχλμ. Σύμφωνα με τα στοιχεία της απογραφής του 2011, ο πληθυσμός του Δήμου ανέρχεται σε 8.990 κατοίκους.

Ο Δήμος Πωγωνίου είναι αρκετά αραιοκατοικημένος με 16 κατοίκους ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο, όταν η πληθυσμιακή πυκνότητα του Νομού Ιωαννίνων είναι υπερδιπλάσια με 35 κατοίκους ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο και της Περιφέρειας Ηπείρου σχεδόν διπλάσια, με 31 κατοίκους ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο.

Ο πληθυσμός του Δήμου μειώνεται σταδιακά, οι περιοχές είναι αραιοκατοικημένες και η σύνθεσή του με βάση τα ηλικιακά κριτήρια περιλαμβάνει κυρίως άτομα τρίτης ηλικίας. Η ηλικιακή ομάδα με τη μεγαλύτερη συμμετοχή στον πληθυσμό του Δήμου είναι οι άντρες και γυναίκες 65 και άνω και με τη μικρότερη συμμετοχή η ομάδα των

0-14. Η μείωση της πληθυσμιακής πυκνότητας οφείλεται αφενός στην έντονη ορεινή γεωμορφολογία της περιοχής και αφετέρου στην τάση φυγής προς τα αστικά κέντρα.

Σύμφωνα με το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα του Δήμου Πωγωνίου, ο δείκτης εξάρτησης σε συνδυασμό με τον υψηλό δείκτη γήρανσης του Δήμου, έχουν ήδη επηρεάσει την τοπική παραγωγική αλυσίδα και προβλέπεται επιδείνωση της όλης κατάστασης. Ο ενεργά οικονομικός πληθυσμός ολοένα μειώνεται, ενώ οι περισσότεροι τωρινοί κάτοικοι είναι κυρίως συνταξιούχοι με χαμηλές –αγροτικές– συντάξεις. Το φαινόμενο αυτό, ενδέχεται να επηρεάσει αρνητικά την αναπτυξιακή διαδικασία του Δήμου και την όποια επιχειρηματική ανάπτυξη του τοπικού δυναμικού.

4.1.2 Χωρική Ένταξη

Ο Δήμος Πωγωνίου συνορεύει βόρεια με τον Δήμο Κόνιτσας, ανατολικά με τον Δήμο Ζαγορίου, νότια με τον Δήμο Ζίτσας, δυτικά με τον Δήμο Φιλατιών καθώς και με την Αλβανία στα βόρεια και δυτικά (Εικόνα 4.4, Εικόνα 4.5).



Εικόνα 4.4 Χάρτης χωρικής ένταξης του Δήμου Πωγωνίου στην Περιφέρεια Ηπείρου - Πηγή: Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Δήμου Πωγωνίου 2020




Εικόνα 25 Χάρτης χωρικής ένταξης των δημοτικών ενότητων του Δήμου Πωγωνίου - Πηγή: Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Δήμου Πωγωνίου 2020

Οι Δημοτικές ενότητες (Εικόνα 4.5) του Δήμου Πωγωνίου, είναι οι εξής:

- η Δ.Ε. Άνω Καλαμά που αποτελείται από 16 οικισμούς,
- η Δ.Ε. Άνω Πωγωνίου που αποτελείται από 9 οικισμούς,
- η Δ.Ε. Δελβινακίου που αποτελείται από 22 οικισμούς,
- η Δ.Ε. Καλπακίου που αποτελείται από 11 οικισμούς,
- η Δ.Ε. Πωγωνιανής που αποτελείται από 4 οικισμούς,
- η Δ.Ε. Λάβδανης που αποτελείται από 5 οικισμούς

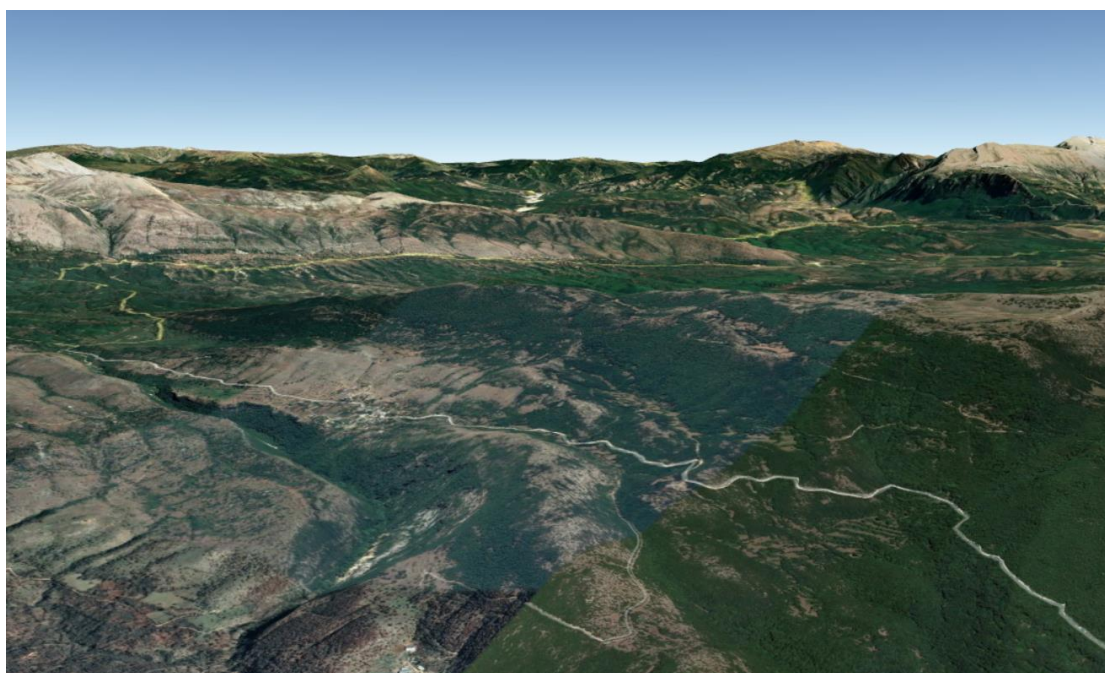
Η ΔΕ Πωγωνιανής, στην οποία εντάσσεται το Δολό, έχει έδρα τον οικισμό Πωγωνιανή. Έχει έκταση 56.693 στρέμματα, αποτελείται από 4 δημοτικά διαμερίσματα και έχει πυκνότητα 15,5 κατοίκους ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο (Εικόνα 4.6).

Ενότητα	Κοινότητες	Οικισμοί
Πωγωνιανής	Πωγωνιανή	Πωγωνιανή*
		Δολό
		Δρυμάδες
		Σταυροσκιάδιο



Εικόνα 4.6 Οικισμοί ΔΕ Πωγωνιανής – Πηγή: Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Δήμου Πωγωνίου 2020

Το Δολό είναι χτισμένο στους πρόποδες του όρους Κουτσόκρανου και οριοθετείται, στα δυτικά, από το φαράγγι του Κουβαρά, μία περιοχή ιδιαίτερου φυσικού κάλλους (Εικόνα 4.7). Το πρώτο όνομα του οικισμού ήταν Δελή (σλάβικα) που σημαίνει μέρος χαμηλό, το κάτω μέρος του ορεινού Κουτσόκρανο, στην πιο ψηλή κορυφή του οποίου βρίσκεται ο ναΐσκος του Αγίου Χριστοφόρου, προστάτη του χωριού.



Εικόνα 4.7 – 3d απεικόνιση της ευρύτερης περιοχής Πωγωνίου – Πηγή Google earth

4.1.3 Γεωγραφικά – γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά

Ο Δήμος Πωγωνίου, βρίσκεται στα βορειοδυτικά του Νομού Ιωαννίνων και οριοθετείται γεωγραφικά από τα όρη Νεμέρτισκα (2.209 m) στα βόρεια, Τσαμαντά (1.826 m) στα νότια, Κασδιάρη (1.329m) και Μακρύκαμπο (1.672 m) στα Δυτικά. Το σύνολο του εδάφους της περιοχής συγκροτείται από ορεινά συμπλέγματα, στενές κοιλάδες και μικρές λιβαδικές εκτάσεις και βοσκότοπους.

Ο Δήμος Πωγωνίου καταλαμβάνει έκταση 704,059 τχλμ, που αντιστοιχεί σε ποσοστό 14,11% της συνολικής έκτασης του Νομού Ιωαννίνων και σε 7,65% της συνολικής έκτασης της Περιφέρειας Ηπείρου, κατατάσσεται έτσι τρίτος σε έκταση στο σύνολο του νομού, έπειτα από τους όμορους Δήμους Ζαγορίου και Κόνιτσας.

Μεταξύ των ορεινών συγκροτημάτων του Μακρύκαμπου και Κουτσόκρανου πηγάζει ο Κουβαράς ο οποίος είναι παραπόταμος του ποταμού Δρίνου. Ο ποταμός Δρίνος πηγάζει στην περιοχή του Δολού και της Πωγωνιανής, διαρρέει το δυτικό τμήμα του Πωγωνίου, περνάει δυτικά από το Δελβινάκι και συνεχίζει να ρέει σε αλβανικά εδάφη.

Το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής συμπληρώνει η λίμνη Ζαραβίνα η οποία βρίσκεται στο άκρο του λεκανοπεδίου της περιοχής Δελβινακίου κοντά στον οικισμό Λίμνη. Η λίμνη Ζαραβίνα έκτασης 22 τχλμ και μέσης στάθμης 455m έχει μέσο βάθος 35 m περίπου και κατατάσσεται πέμπτη σε σειρά σχετικά με τις βαθύτερες φυσικές ελληνικές λίμνες.

Τα κυριότερα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής του Δήμου Πωγωνίου είναι όμοια με αυτά που γενικά επικρατούν στον Νομό Ιωαννίνων και συνοψίζονται στην επικράτηση ψηλών και επιμηκών οροσειρών που συνδυάζονται με στενές κοιλάδες. Το συγκεκριμένο μορφολογικό ανάγλυφο οφείλεται αφενός στη γεωλογική και τεκτονική δομή της περιοχής και αφετέρου στη λιθολογική αντίθεση που υπάρχει μεταξύ των ασβεστολιθικών πετρωμάτων και του φλύσχη.

Η ευρύτερη περιοχή μελέτης ανήκει στην Ιόνια γεωτεκτονική ζώνη. Σε ότι αφορά τη σεισμικότητα της περιοχής, η περιοχή εντάσσεται στη ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας II, ενώ από τα ελληνοαλβανικά σύνορα ως το Δυρράχιο και στην περιοχή της Κόνιτσας εντοπίζονται σεισμικές πηγές.

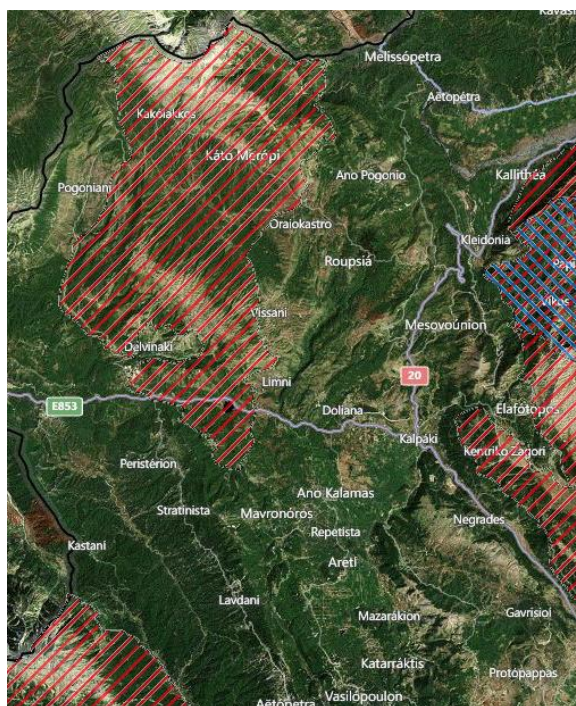
4.1.4 Στοιχεία Φυσικού Περιβάλλοντος

Τα φυσικά οικοσυστήματα της περιοχής μελέτης περιλαμβάνουν χερσαία οικοσυστήματα καθώς και παραποτάμια οικοσυστήματα. Τα είδη της πανίδας και της χλωρίδας που αναπτύσσονται σε αυτά αποτελούν αποτέλεσμα της δράσης επιμέρους παραγόντων όπως οι κλιματικές συνθήκες, η γεωμορφολογία, το υδρογραφικό δίκτυο και οι ανθρώπινες δραστηριότητες. Οι επικρατούσες χρήσεις γης της περιοχής είναι οι βοσκότοποι, τα δάση (φυλλοβόλα δάση δρυών και μικτά δάση οξυάς - υβριδογενούς ελάτης και μαύρης πεύκης κυρίως) και οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις.

Οι βοσκότοποι εντοπίζονται κυρίως στις ορεινές περιοχές μέσου και υψηλού υψομέτρου του δήμου και σε εγκαταλελειμμένες γεωργικές γαίες. Στη Δ.Ε. Πωγωνιανής οι βοσκότοποι αποτελούν την επικρατούσα χρήση γης.

Σε όλη την έκταση του Δήμου εντοπίζονται διαφορετικού τύπου βιότοποι και τοπία ιδιαίτερου φυσικού κάλους. Τέτοιες περιοχές αναγνωρισμένης σημασίας, που συγκεντρώνουν σημαντική χλωρίδα και πανίδα είναι η περιοχή Ωραιόκαστρου, το δάσος της Μερόπης - Παλαιόπυργου, η κοιλάδα του Γορμού. Χαράδρες, φαράγγια, καταρράκτες, ιδιαίτεροι γεωλογικοί σχηματισμοί και δάση από πλατάνια συνθέτουν αυτό το ιδιαίτερο τοπίο.

Εντός των ορίων του Δήμου Πωγωνίου υπάρχει μια περιοχή SPA (Ζώνη Ειδικής Προστασίας για την Ορνιθοπανίδα) με ονομασία «Όρος Δούσκον, Ωραιόκαστρο, Δάσος Μερόπης, Κοιλάδα Γόρμου, Λίμνη Δελβανακίου» και κωδικό GR2130010 του Δικτύου Natura 2000 (Εικόνα 4.8). Η περιοχή αυτή είναι έκτασης 174,0973 km² και μέσου υψομέτρου 911 m (μέγιστο υψόμετρο 2201 m και ελάχιστο υψόμετρο 444 m).



Εικόνα 4.8 - Περιοχή δικτύου Natura 2000 κατηγορίας SPA: «Όρος Δούσκον, Ωραιόκαστρο, Δάσος Μερόπης, Κοιλάδα Γόρμου, Λίμνη Δελβανακίου» - Πηγή: <http://natura2000.eea.europa.eu/>

4.1.5 Στοιχεία Κλιματολογίας - Μετεωρολογίας

Το κλίμα της περιοχής συνδυάζει τα χαρακτηριστικά της Κεντρικής Ευρώπης και εκείνα της ανατολικής λεκάνης της Μεσογείου. Κατά συνέπεια ο κλιματικός τύπος της περιοχής είναι ο ηπειρωτικός, υγρός και τα χαρακτηριστικά του είναι ενδιάμεσα από αυτά του Μεσογειακού και του Μεσευρωπαϊκού τύπου κλίματος.

Ο χειμώνας χαρακτηρίζεται ως παρατεταμένος, ψυχρός, με άφθονες βροχές και χιόνια, αλλά ηπιότερος συγκριτικά με τις γειτονικές γεωγραφικές ενότητες του Ζαγορίου και της Κόνιτσας. Το καλοκαίρι είναι σύντομο,

Ζεστό με αρκετές τοπικές βροχές και καταιγίδες. Οι ενδιάμεσες εποχές της άνοιξης και του φθινοπώρου είναι πολύ σύντομες αλλά ευδιάκριτες. Επίσης η περιοχή χαρακτηρίζεται από έντονες βροχοπτώσεις, δεδομένου ότι στο σύνολο του ο Νομός Ιωαννίνων συγκεντρώνει τα μεγαλύτερα ύψη βροχοπτώσεων σε ετήσια βάση στην Ελλάδα.

4.1.6 Οδικό δίκτυο

Ο Δήμος διασχίζεται από την Εθνική Οδό Ιωαννίνων -Κόνιτσας & Καλπακίου-Κακαβιάς με κωδικό Ε-90 μέχρι το Καλπάκι και Ε-853 για το υπόλοιπο. Είναι ο οδικός άξονας που αποτελεί πέρασμα προς την Αλβανία έχοντας υπερτοπική σημασία και που προσφέρει επικοινωνία με τα Ιωάννινα και τη Δυτική Μακεδονία. Πριν την ολοκλήρωση της Εγνατίας Οδού δεχόταν το σύνολο της κίνησης από το λιμάνι της Ηγουμενίτσας προς την Δυτική Μακεδονία και αντίστροφα. Η ολοκλήρωση της Εγνατίας έχει υποβαθμίσει την σπουδαιότητα την εθνικής οδού όσον αφορά την επικοινωνία μεταξύ Ηπείρου - Βόρειας Ελλάδας.

Η Ιόνια Οδός συμβάλλει στην εξασφάλιση γρήγορης πρόσβασης προς τα Ιωάννινα και τις υπόλοιπες περιοχές της Ελλάδας όλων των οικισμών. Σε ότι αφορά το επαρχιακό δίκτυο, η κατάσταση του είναι γενικά μέτρια ως καλή. Στη βελτίωση της βατότητας του συνέβαλλαν τα τελευταία έργα οδοποιίας που πραγματοποιήθηκαν στις επαρχιακές οδούς που διασχίζουν τις Δημοτικές Ενότητες Άνω Πωγωνίου, Πωγωνιανής και Δελβινακίου. Οι δημοτικοί δρόμοι παρουσιάζουν προβλήματα που συχνά πολλαπλασιάζονται το χειμώνα εξαιτίας των κακών καιρικών συνθηκών, ωστόσο υπάρχει η τάση βελτίωσης τους λόγω των έργων οδοποιίας που εκτελούνται τα τελευταία χρόνια από την τοπική αυτοδιοίκηση. Τέλος, στον δήμο υπάρχει εκτεταμένο δίκτυο αγροτικών και δασικών δρόμων για την διευκόλυνση του πρωτογενούς τομέα. Είναι κυρίως χωματόδρομοι οι οποίοι απαιτούν κάθε χρόνο καθαρισμό και διάνοιξη για να διατηρηθεί η προσβασιμότητα.

4.2 Δολό - Ιστορική αναδρομή

4.2.1 Εισαγωγή

Το Δολό ακολουθεί τις μακραιώνες περιπέτειες και την ιστορία της περιοχής, η οποία εξακολουθεί να παραμένει στην λήθη. Ο παλιός οικισμός του Δολού, ίσως να ήταν στη θέση που είναι σήμερα γνωστή ως "χαλάσματα" και η οποία πριν υποστεί καθίζηση θα ήταν ισόπεδη με την πλαγιά "Παρακάτωνα".

Δεν υπάρχουν καταγεγραμμένα στοιχεία ή πηγές, για την ίδρυση του Δολού και την πρώτη εγκατάσταση των κατοίκων. Σώζεται όμως η παράδοση πως οι πρώτες οικογένειες του Δολού προέρχονταν από την Μακεδονία και συγκεκριμένα οι περισσότερες ήταν από το ΝΤΟΛΟ(σήμερα Βυθός) και λιγότερες από το ΖΙΟΥΓΙΑΝΙ (σήμερα Πεντάλοφος) και από άλλα χωριά της Δυτικής Μακεδονίας. Η μετακίνηση των ανθρώπων αυτών από την Μακεδονία στην Ήπειρο οφείλεται σε επιδρομές των Σλάβων, Βουλγάρων και άλλων κάτι το οποίο έγινε πιο

εύκολο λόγω του γεγονότος ότι τα χωριά αυτά βρίσκονταν σε σημείο όπου υπήρχε δίοδος προς την Ήπειρο (Εικόνα 4.9).



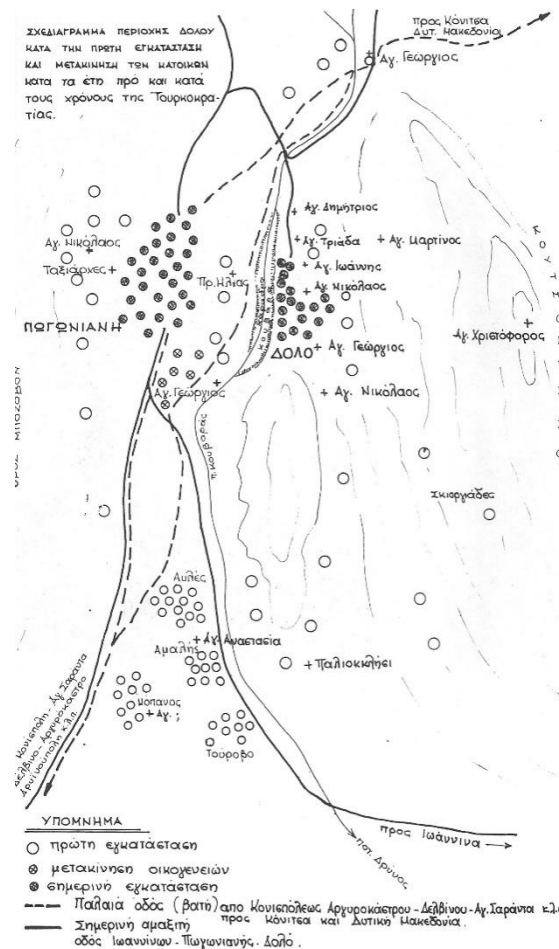
Εικόνα 4.9 – Μετακινήσεις πληθυσμών - Πηγή: Google Earth

Ο χρόνος της εγκατάστασης τους δεν σημειώνεται πουθενά. Πιθανώς αυτός να είναι γύρω στο 900 με 1000 μ.Χ. Μοναδικό καταγεγραμμένο στοιχείο ύπαρξης του Δολού είναι μια αναγραφή του ονόματος: «Γεωργίου Κυράτζα, χώρας Δολώ», η οποία βρίσκεται στη μονή Μολυβδοσκεπάστου [Epirotiki Estia, 1966].

Σύμφωνα με στοιχεία του Δολιώτη Γρηγόρη Κολέφα, ο οικισμός ιδρύθηκε μάλλον στα χρόνια της Τουρκοκρατίας. (Εικόνα 4.10). Πριν από την κατάκτηση του Πωγωνίου από τους Τούρκους, ήταν ένας πρόχειρος οικισμός, αποτελούμενος από οικογένειες της ίδιας πατριάς (σόγια) που ασχολούνταν με την κτηνοτροφία.

Οι οικογένειες ήταν πολλές και εγκαταστάθηκαν σε διάφορες περιοχές. Οι κτηνοτρόφοι εγκαταστάθηκαν στο ανατολικό μέρος του Δόλου, στην περιοχή από την χαράδρα έως το βουνό και από τον κάμπο Δολού-Κακόλακκου ως τον Αι-Λιά και το ποτάμι του Γκουβεριού, γιατί αυτός ο τόπος προσφερόταν για την διατροφή των ζώων τους.

Οι γεωργοί εγκαταστάθηκαν από την χαράδρα του Δολού, δυτικά, ως τα δέντρα του βουνού Μπόζοβο και από τα κουριά του Σταυροσκιαδίου ως το δάσος της Μπούνας.



Εικόνα 4.10 – Σχεδιάγραμμα περιοχής Δολού κατά την πρώτη εγκατάσταση και μετακίνηση των κατοίκων κατά τα έτη προ και κατά τους χρόνους της Τουρκοκρατίας. – Πηγή Υφαντής Ν. Το Δολό στο Πλωγνί

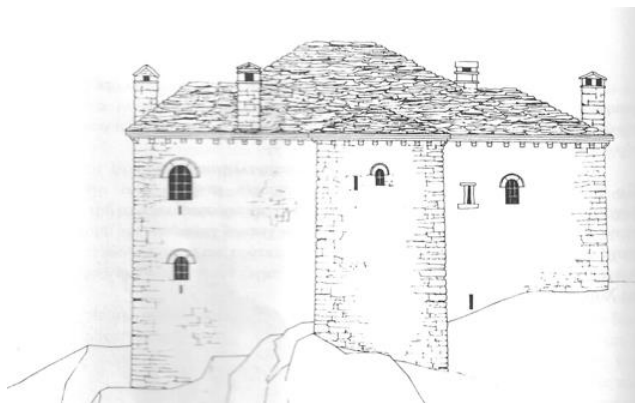
Από στοιχεία που έχουν συγκεντρωθεί, φαίνεται πως η εγκατάσταση του πληθυσμού πραγματοποιήθηκε σε πολλά σημεία της περιοχής, για την εξυπηρέτηση των οικιστικών και εργασιακών αναγκών τους αλλά και για την άμυνα σε δύσκολους καιρούς.

4.2.2 12ος-16ος Αιώνας : Μετακινήσεις πληθυσμού

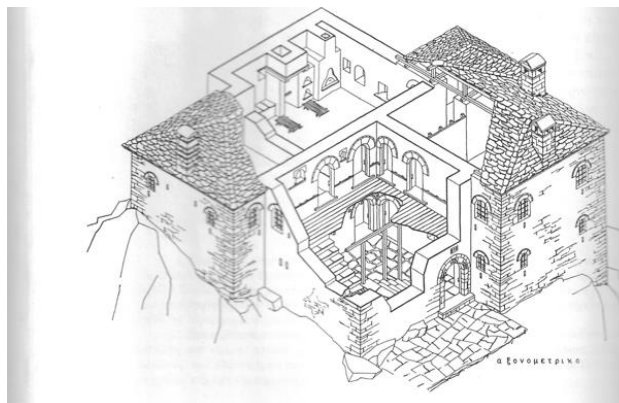
Η αρρώστια της πανώλης που πρωτοεμφανίστηκε το 531 μ.Χ. στην περιοχή της Δωδώνης και στη συνέχεια ξαναεμφανίστηκε στα 1343 ή 1345 στην περιοχή του Πλωγνίου, προκάλεσε πολλούς θανάτους αλλά και μετακινήσεις πληθυσμών. Ύστερα από τον αφανισμό από την ασθένεια, οι επιζήσαντες αποφάσισαν να αφήσουν τις κατοικίες τους, να μετακινηθούν και να εγκατασταθούν σε άλλες περιοχές. Οι γεωργοί του Δυτικού Δολού, συγκεντρώθηκαν στο δυτικό και βόρειο μέρος του σημερινού χωριού, στην περιοχή της επάνω βρύσης ως το μοναστήρι της Αγίας Παρασκευής. Οι κάτοικοι που έμεναν στον συνοικισμό Τούροβο μετανάστευσαν στην Βουλγαρία. Οι υπόλοιπες οικογένειες μετακινήθηκαν περίπου 1000 μέτρα βορειότερα (προς την περιοχή που είναι σήμερα η εκκλησία Θεοτόκος) και ίδρυσαν τον οικισμό «Κατούνα» με έκταση ως τις σημερινές τοποθεσίες: Αη Γιώργης-Σιουμάνο. Στην περιοχή Αη Γιώργη οι κάτοικοι έχτισαν μια μικρή εκκλησία, στο όνομα του Αγίου

Γεωργίου. Η θέση της περιοχής ήταν ισόπεδη και αρκετά μεγάλη και μπορούσε να καλλιεργηθεί εύκολα προκειμένου να είναι αποδοτική.

Αφού τα όρια και ο χαρακτήρας του οικισμού είχαν οριστικοποιηθεί, τα σπίτια του οικισμού κατασκευάστηκαν από τις άφθονες πέτρες που υπήρχαν (Εικόνες 4.11, 4.12). Τα σπίτια χτίζονταν μικρά, άλλα σπίτια ήταν 5 μέτρα μήκος και 4 μέτρα πλάτος, άλλα 6x4 και άλλα μεγαλύτερα, όλα με μια πόρτα, με 2 ή 3 παράθυρα ξύλινα 0.4x0.6 ή 0.4x0.7, χωρίς παραθυρόφυλλα με τζάμια, αλλά με καρφωτά-καφασωτά παράθυρα.



Εικόνα 4.11 Πλάγια όψη κτηρίου – Πηγή Υφαντής Ν. Το Δολό στο Πωγώνι



Εικόνα 4.12 Αξονομετρικό. – Πηγή Υφαντής Ν. Το Δολό στο Πωγώνι

4.2.3 Τουρκοκρατία

Από τον καιρό της πρώτης εγκατάστασης των κατοίκων (900 μ.Χ) στην περιφέρεια Δολού, ο τόπος ήταν ελεύθερος και κάθε οικογένεια μπορούσε να εγκατασταθεί σε όποιο σημείο επιθυμούσε. Έτσι, οι οικογένειες εγκαταστάθηκαν σε όλη την έκταση της περιφέρειας σε περιοχές όπως στου Μουστάκου (σημερινός Παλαιόπυργος), στον κάμπο(περιοχή Δολού - Κακόλακκου), στα κουριά (χωράφια σε βουνά, περιφραγμένα με πέτρες) του Σταυροσκιαδίου, στην πλαγιά του Μπόζοβου μέχρι τους Αγίους Ανάργυρους Ποντικάτων κ.α. Σημειώνεται πως όλες αυτές οι περιοχές αποτελούσαν έναν οικισμό, ο οποίος, για καλύτερη κατανόηση, χωριζόταν με γεωγραφικούς προσδιορισμούς: Ανατολικό, Δυτικό και Κάτω Δολό.

Η περιφέρεια Δολού διατηρήθηκε έτσι ως το 1550, όπου εγκαταστάθηκαν στην περιοχή οθωμανικές οικογένειες και έτσι οι χριστιανικές οικογένειες αναγκάστηκαν να συγκεντρωθούν σε ένα μέρος για να αποφύγουν τις καταπίεσεις και αγγαρείες στα τούρκικα σπίτια.

Στα πρώτα χρόνια της τουρκοκρατίας, αφέντης του τόπου ήταν ο Κουρτ Πασάς ο οποίος έκανε κατάχρηση εξουσίας και καταπίεζε τους χριστιανούς. Μετά την ήττα του Κουρτ Πασά από τον Αλή Πασά στην Πολύτσηνη στα 1780, το Δολό δωρίστηκε από τον Αλή Πασά στον Δερβίς-Χασάνη. Λόγω εγκλημάτων που γίνονταν στις

περιοχές του Δολού και για να μην ενοχοποιηθούν οι Δολιώτες που ζούσαν στις περιοχές αυτές σιγά σιγά άρχισαν να τις εγκαταλείπουν και χάρισαν πολλές περιοχές σε διπλανά χωριά.

Μετά από επίσκεψη του Κουρτ Πασά για την καταγραφή πληθυσμού του τόπου, το Δολό χωρίστηκε σε ανατολικό και δυτικό. Το δυτικό Δολό έγινε τσιφλίκι του Κουρτ Πασά ενώ στο ανατολικό Δολό συγκεντρώθηκαν όλοι οι χριστιανοί.

Συνεπώς, τα όρια του Δολού μετά τον διαχωρισμό ορίζονται ως εξής: Από το ποτάμι του κάμπου στο Ξυλογέφυρο, φτάνει στο φρύδι (όρια ανώτερης περιοχής ενός μικρού υψώματος που καταλήγει στην χαράδρα του Κουβαρά), βρίσκει τον δρόμο του Δολού προς Βοστίνα από την χαράδρα και το ποτάμι, φτάνει στο σημείο που διασταυρώνονται οι δρόμοι Δολού - Γκουβεριού και Βοστίνας, φτάνει στον Αη-Λια και το άλλο όριο είναι το όρος Κουτσόκρανο. Το δυτικό κομμάτι έμεινε στους Βοστινιώτες.

Το Δολό ήταν από τα λίγα χωριά που διέσωσε την εκκλησία του, το σχολείο, την γλώσσα, τα ήθη και τα έθιμα του.

4.2.4 Η απελευθέρωση

Στις 21 Φλεβάρη 1913 ο Ελληνικός Στρατός απελευθέρωσε την πόλη των Ιωαννίνων. Οι Τούρκοι, λόγω της προέλασης του Ελληνικού στρατού, έφυγαν από την Βοστίνα στις 27 Φλεβάρη του ίδιου έτους. Τον Νοέμβριο του 1929 καθορίστηκαν τα διοικητικά όρια του Δολού με το χωριό Φαράγγι (Γκουβέρι) και το χωριό Δελβινάκι.

Στο ημερολόγιο του Ευάγγελου Παγούνη, καθηγητή με σπουδές στην Μεγάλη του Γένους Σχολή, καταγράφονται τα εξής: «τα διοικητικά όρια των Κοινοτήτων Δολού και Φαραγγίου εξικνούνται εκατέρωθεν μέχρις οριοθετικής γραμμής αρχομένης από την κορυφή του προφήτου Ηλίου και εις προφήτη Ηλία (εκκλησία) και εκείθεν ακολουθούσης την κορυφογραμμή εις πικραμυδαλιές, εκείθεν ακολουθούσης την κορυφογραμμή εις λάκκον 'βρωμονέρι' και εκείθεν ληγούσης εις τον ποταμόν.» Τα όρια με το Δελβινάκι σημειώνονται ως εξής: «Η μεθόριος αυτή αρχίζει από τον λοφίσκο, που βρίσκεται 200 μέτρα ανατολικά του εξωκκλησίου Αι-Λια (εκεί που τελειώνει η μεθόριος Δολού - Γκουβεριού), παίρνει τον ανήφορο ανατολικά την ράχη-ράχη (τοποθεσίας Σφάλι) και φτάνει στην τοποθεσία Τζιόβα (όπου πιο κάτω είναι ο στάλος -σημείο που συγκέντρωναν οι βοσκοί τα ζώα για να γίνει το άρμεγμα και για να περάσουν το βράδυ τους καλοκαιρινούς μήνες. Συνήθως είχε ψηλά δέντρα για σκιά και πρόχειρη περίφραξη- του Τζιόβα) παίρνει το διάραχο, όπου ο στάλος της Βασίλως του Μπούκουρη και τον ανήφορο που φτάνει στη θέση 'Γιανίτσαρη' επάνω στη ράχη. Εκεί τελειώνει το σύνορο Δολού-Δελβινάκι».

Ορίστηκαν τα διοικητικά όρια και με άλλα χωριά όπως η Μέβγεζα, η Μερόπη, το Σταυροσκιάδι και ο Κακόλακκος. Σημαντικό γεγονός ήταν και ο ορισμός των διοικητικών ορίων με την γειτονική Πωγωνιανή (Βοστίνα). Σύμφωνα με ιστορικά στοιχεία του Αριστείδη Ζωΐδη, η Βοστίνα ανήκε πριν την εγκατάσταση των Τούρκων, δηλαδή πριν το 1350, στο Δολό και ονομαζόταν όπως αναφέρθηκε και πριν, Δυτικό Δολό.

4.2.5 Οικιστικό απόθεμα

Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν μερικά ιστορικά στοιχεία για τις κατοικίες του Δολού. Οι πρώτοι κάτοικοι που εγκαταστάθηκαν στο ανατολικό και το δυτικό Δολό είχαν ως πρώτο μέλημα να φτιάξουν την μόνιμη κατοικία τους. Τα σπίτια τους έπρεπε να είναι ή αχυροκαλύβες ή πέτρινα με ξερολιθιές, σκεπασμένα με φτέρες και βριζάχερο (το άχυρο που έμενε από το φυτό βρίζα) ή με πλάκες (σχιστόλιθους). Στην περιοχή του ανατολικού Δολού, σε αντίθεση με το δυτικό, δεν υπήρχαν τέτοιες πλάκες. Το αντίθετο συνέβαινε με την Ξυλεία. Στο ανατολικό Δολό υπήρχε άφθονη, ενώ στο δυτικό όπου δεν υπήρχε δάσος, η μεταφορά της Ξυλείας έπρεπε να γίνει από το βουνό Μπόζοβο ή το δάσος του Σταυροσκιαδίου ή το ανατολικό Δολό. Τα σπίτια έπρεπε να βρίσκονται κοντά σε νερό, αλλά πολλές φορές ο κανόνας αυτός παρακαμπτόταν, γιατί ένα μέρος χωρίς νερό μπορεί να είχε άλλα πλεονεκτήματα. Το κύριο ζήτημα για την επιλογή του τόπου κατοικίας ήταν να έχουν ασφάλεια οι άνθρωποι και τα ζωντανά.

Τα σπίτια, μετά τις μετακινήσεις το 1360, χτίζονται στενόμακρα, μονώροφα, διώροφα και τριώροφα. Τα πρώτα σπίτια του Ανατολικού Δολού μετά την επιδημία της πανούκλας, κατασκευάστηκαν περίπου το 1350, γιατί τότε συγκεντρώθηκαν στο χωριό οι άνθρωποι μετά το τέλος της επιδημίας. Στο Δυτικό Δολό, μετά την επιδημία, τα πρώτα σπίτια κατασκευάστηκαν από την Ξυλεία του βουνού Μπόζοβου όπως ακριβώς και στο ανατολικό Δολό.

4.2.6 Το Δολό σήμερα

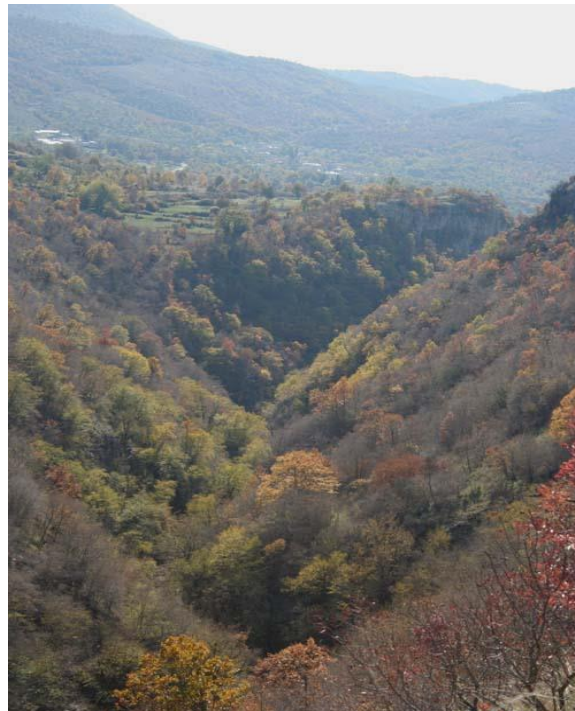
Το Δολό σήμερα αποτελεί προστατευόμενο οικισμό, σύμφωνα με το Π.Δ. 19.10/13.11.1978-ΦΕΚ 594Δ'). Για την ανοικοδόμηση κτιρίων στον οικισμό του Δολού επιβάλλονται συγκεκριμένοι όροι και περιορισμοί δόμησης σχετικά με τη διαμόρφωση των όψεων τους. Στόχος του διατάγματος αποτελεί η διατήρηση της ιδιαίτερης αρχιτεκτονικής φυσιογνωμίας του οικισμού.

Το Δολό, την σημερινή εποχή, έχει αλλάξει πολύ σε σχέση με τα παλαιότερα χρόνια. Ο πληθυσμός του έχει μειωθεί κατά πολύ και το ίδιο και οι κατοικίες. Ο μόνιμος πληθυσμός του είναι προσεγγιστικά περί τα 20 άτομα τον χειμώνα, ενώ την άνοιξη και το καλοκαίρι οι κάτοικοι αυξάνονται και αυτό διότι, για αυτούς τους μήνες όπου ο καιρός είναι καλύτερος, μένουν στο χωριό περισσότεροι άνθρωποι από τα αστικά κέντρα (Αθήνα, Θεσσαλονίκη, Γιάννενα). Οι γιορτές και τα γλέντια του Πάσχα και τα ανταμώματα και τα πανηγύρια του Αυγούστου αποτελούσαν ανέκαθεν αφορμή και αιτία για την επιστροφή των Ξενιτεμένων.

Σήμερα, πολλές κατοικίες έχουν εγκαταλειφθεί ή ακόμα και μερικώς κατεδαφιστεί, με αποτέλεσμα να είναι αδύνατο να κατοικηθούν.

Οι ηλικίες των κατοίκων του χωριού παρουσιάζουν διακυμάνσεις σε σχέση με την προηγούμενη δεκαετία, όπου στο χωριό εκτός από ελάχιστες εξαιρέσεις, κατοικούσαν ηλικιωμένοι άνθρωποι (65 ετών και άνω). Σήμερα αυτό έχει αλλάξει καθώς έχουν εγκατασταθεί στο χωριό οικογένειες από την Αλβανία, οι οποίες ήρθαν από την

γειτονική χώρα για την εύρεση εργασίας. Οι ασχολίες των μόνιμων κατοίκων αφορούν κυρίως γεωργικές και κτηνοτροφικές διαδικασίες. Γίνεται κυρίως εκτροφή αιγοπροβάτων και παραγωγή γαλακτοκομικών και τυροκομικών προϊόντων στον κτηνοτροφικό τομέα, ενώ στον γεωργικό τομέα οι εργασίες αφορούν στην καλλιέργεια πολλών διαφορετικών ειδών (ανάλογα και με την εποχή), όπως φακή, φασόλια και λαχανικά. Αξίζει να σημειωθεί και η ύπαρξη στο Δολό μιας σύγχρονης τυροκομικής μονάδας η οποία παράγει και εξάγει τυροκομικά προϊόντα. Σημειώνεται πως παλαιότερα υπήρχε καλλιέργεια σιτηρών προϊόντων όπως σιτάρι, κριθάρι και καλαμπόκι. Ορισμένοι κάτοικοι απασχολούνται και στον οικοδομικό τομέα, ασχολούμενοι κυρίως σε επιδιορθώσεις, συντηρήσεις και ανακατασκευές κατοικιών ή σε δημοτικά έργα όπως αντιπλημμυρικές εγκαταστάσεις, διάνοιξη μονοπατιών και δρόμων κτλ.



Εικόνα 4.13- Άποψη χαράδρας Κουβαρά. Πηγή: προσωπικό αρχείο

Το Δολό είναι ένας τόπος με τουριστική επισκεψιμότητα, κυρίως σε σχέση με τα άλλα χωριά του Πωγωνίου, αλλά υπό το πρίσμα του μικρού μεγέθους του οικισμού και την κατά συνέπεια έλλειψη τουριστικών υποδομών ή/και δραστηριοτήτων (Εικόνες 4.13, 4.14). Οι επισκέπτες προέρχονται από όλη την Ελλάδα, οι περισσότεροι από τα Γιάννενα, την Θεσσαλονίκη ή την Αθήνα, αλλά και οι ομογενείς του εξωτερικού. Η επισκεψιμότητα αφορά κυρίως ήπιες μορφές τουρισμού όπως αγροτουρισμός, φυσιολατρικός, περιηγητικός, πεζοπορικός τουρισμός, πολιτιστικός τουρισμός κ.α.).



Εικόνα 26 Γεφύρι στη χαράδρα του Κουβαρά. - Πηγή (<https://apeirosgaia.wordpress.com>)

Το Δολό έχει σημαντική υλική και άυλη πολιτιστική κληρονομιά η οποία περιλαμβάνει εκκλησίες και ξωκλήσια αλλά και το γεφύρι της Νονούλως με τον νερόμυλο, το οποίο αποτελεί για τον τόπο ιστορικό κειμήλιο. Στην περιοχή υπάρχει πλήθος φυσιολατρικών προορισμών που έλκουν το ενδιαφέρον των επισκεπτών. Αυτοί μπορεί να είναι μονοπάτια μέσα στο δάσος, ο δρόμος προς την εκκλησία του Αγίου Χριστοφόρου, σε μια από τις κορυφές του Κουτσόκρανου και φυσικά η χαράδρα του Κουβαρά, στην οποία υπάρχει πλούσια και πολυποίκιλη βλάστηση, που σε συνδυασμό με τα ψηλά βράχια συνθέτουν ένα τοπίο σπάνιας ομορφιάς.

Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν με μεγαλύτερη λεπτομέρεια τα τρία αντικείμενα τα οποία μελετήθηκαν περαιτέρω. Αυτά είναι το γεφύρι της Νονούλως με τον πέτρινο νερόμυλο, η εκκλησία του αγίου Νικολάου στην κεντρική πλατεία του χωριού και το ξωκλήσι του Αι Νικόλα στον δρόμο προς τον Προφήτη Ηλία.

Το γεφύρι της Νονούλως

Πρόκειται για ένα πέτρινο μονότοξο γεφύρι, κατασκευασμένο στις αρχές του 20^{ου} αιώνα. Βρίσκεται στην τοποθεσία «Ξυλογέφυρο», στα οικιστικά όρια του Δολού, στη χαράδρα του Κουβαρά, που γεφυρώνει το ομώνυμο ρέμα.

Η κατασκευή του γεφυριού χρηματοδοτήθηκε το 1908 από μια ηλικιωμένη γυναίκα του χωριού ονόματι Νόνω ή Νονούλω. Όπως καταγράφεται στα πλαίσια της προφορικής παράδοσης του χωριού, η Νόνω πέραγε συχνά από την παλιά ξύλινη γέφυρα που προϋπήρχε στο σημείο αυτό για να μεταβεί στην Πωγωνιανή. Επειδή όμως το πέρασμα ήταν επικίνδυνο, η Νονούλω πήρε την απόφαση από τα χρήματα που αποταμίευε να τα δώσει για την κατασκευή του σημερινού πέτρινου γεφυριού (Εικόνα 4.15), το οποίο ήταν πολύ πιο ασφαλές από το προηγούμενο. Τα απαιτούμενα χρήματα τελικά μαζεύτηκαν στις αρχές του 20ου αιώνα και έτσι το 1908 στήθηκε τονέο πέτρινο γεφύρι, στερεωμένο στα βράχια που υπάρχουν στη κοίτη του ρέματος. Έχει ύψος περίπου 7 μέτρα,

ενώ άλλα τόσα υπολογίζεται ότι είναι και το άνοιγμά του.Στις πλευρές του καταστρώματος του έχει κτιστεί χαμηλό στηθαίο, που εξασφαλίζει ακόμη περισσότερο την άνετη και ασφαλή διέλευση των διερχομένων.

Εκτός από το γεφύρι υπάρχει και ο πέτρινος νερόμυλος, στον οποίο τα παλαιότερα χρόνια οι κάτοικοι του χωριού άλεθαν το σιτάρι. Η κίνηση του νερόμυλου ήταν δυνατή με την βοήθεια του νερού, το οποίο μέσω ενός ορμητικού καναλιού που ξεκινούσε από ένα τμήμα του ποταμού Γόρμου, ο οποίος διασχίζει την χαράδρα του Κουβαρά, κατέληγε στον νερόμυλο, που λόγω της πίεσης, τίθεται σε κίνηση.



Εικόνα 27 - παλιά φωτογραφία από τον νερόμυλο και το γεφύρι της Νονούλως - Πηγή: <https://apeirosgaia.wordpress.com>

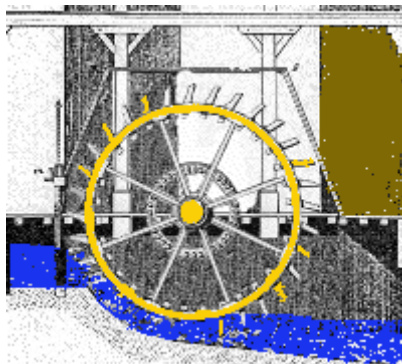
Οι νερόμυλοι αποτελούν σταθμό της Ιστορίας της Τεχνολογίας γιατί είναι η πρώτη μηχανή παραγωγής έργου που κατασκεύασε ο άνθρωπος με τη χρήση φυσικής, ήπιας και ανανεώσιμης πηγής ενέργειας, αντικαθιστώντας τον άνθρωπο ή τα ζώα που κινούσαν ως τότε τους μύλους. Με τη δύναμη που δημιουργεί η πτώση του νερού από ψηλά ή η ροή του και με τη βοήθεια του τροχού, εφεύρεση που άλλαξε την ανθρώπινη ιστορία, κινήθηκαν απλές και στη συνέχεια πολύπλοκες μηχανές, που κάλυψαν τις περισσότερες ανάγκες των προβιομηχανικών κοινωνιών, αντικαθιστώντας στις πρώιμες μηχανές την ανθρώπινη ή ζωϊκή δύναμη (χειρόμυλοι και ζωόμυλοι), κινητήριες δυνάμεις πριν το νερό και τον αέρα.

Με τον όρο νερόμυλος εννοείται κάθε υδροκίνητη μηχανή καθώς και τα απαραίτητα υδραυλικά έργα στον περιβάλλοντα χώρο της.

Ο αλεστικός νερόμυλος (αλευρόμυλοι) είναι η πιο διαδεδομένη μορφή νερόμυλου. Οι μυλόπετρες (αλεστικός μηχανισμός του μύλου) κονιοροτοποιούσαν τους καρπούς των σιτηρών σε αλεύρι με την περιστροφή της

κινητικής πανώπετρας σε μικρή απόσταση απ' την ακίνητη κατώπετρα. Με το αλεύρι γίνεται το ψωμί η βάση της διατροφής του ανθρώπου.

Η αρχιτεκτονική των νερόμυλων ακολουθούσε κατασκευαστικά και μορφολογικά την τοπική παράδοση (Εικόνα 4.16). Τα τμήματα ενός νερόμυλου είναι τα ακόλουθα: Η δέση, το मुलाύλακο (φυσικό και τεχνητό), η κόφτρα, η παλουκαριά, το मुलोβάγενο, ο κορμός, τα πετσώματα, το σιφούνι (σιφώνι), η χούρχουρη (χούνη), η καντάνη (κολόκα), η μπάλα (μπίλια), ο άξονας, το αβρόχι, η φτερωτή, οι मुλόπετρες ή मुλόλιθοι, η γούλη, η χελιδόνα, το επανωμύλι, η σκαφίδα, το καρπολόι, το βαρδάρι, η αλευροθήκη, ο γύρος, ο σταματήρας, ο σταυρός και το κτίριο. Μακριά από το νερόμυλο (500-1500μ περίπου) και σε κατάλληλη τοποθεσία, ο μύλωνάς φτιάχνει ένα φράγμα (δέση) μέσα στο ποτάμι. Από τη δέση το νερό εισέρχεται στην κοίτη του मुलाύλακου.



Εικόνα 4.16 Η λειτουργία του νερόμυλου - Πηγή <https://www.watermill.gr/el/perigrifi-neromyλου>

Η λειτουργία του βασίζεται στην περιστροφή της απαναριάς, मुλόπετρας, στην ακίνητη καταριά, मुλόπετρα, χάρις στην περιστροφή της όρθιας (κατακόρυφης) ή οριζόντιας φτερωτής που είναι τοποθετημένη κάτω απ' το μύλο (χούρχουρη) και γυρίζει με τη δύναμη του νερού που πέφτει από ψηλά μέσα σε κτιστούς υδατόπυργους ή ξύλινους σωλήνες (τα βαγένια).

Συχνά το νερό οδηγείται απ' την πηγή μέσα σε λιθόκτιστο मुलाύλακα (νεραύλακα), μερικές δε φορές και με τη βοήθεια εντυπωσιακών υδραγωγείων που καταλήγουν στον υδατόπυργο. Το πολύτιμο νερό κινούσε ένα νερόμυλο, όμως συνηθέστερα είναι τα συγκροτήματα αλεστικών μύλων, συχνά σε συνδυασμό με εγκαταστάσεις περισσότερων μορφών υδροκίνητων εργαστηρίων (αλευρόμυλους, λιοτρίβια, νεροπρίονα, μαντάνια και εκκοκκιστήρια, μονάδες παραγωγής ρεύματος κ.ά.) για την εξοικονόμηση του νερού.

Ο νερόμυλος είχε συνδεθεί άμεσα με την κοινωνική ζωή κάθε περιοχής και κυρίως των ορεινών οικισμών, αφού ήταν ο τόπος όπου συγκεντρώνονταν μεγάλος αριθμός ανθρώπων. Στο νερόμυλο μαθαίνονταν όλα τα νέα της γύρω περιοχής γι' αυτό και ο μύλος έμοιαζε με παζάρι και λαϊκό πανηγύρι. Επίκεντρο των συζητήσεων ήταν θέματα οικονομικά, κοινωνικά, θέματα που αφορούσαν τις ασχολίες της τότε εποχής, αλλά και διάφορα

κουτσομπολιά. Γι' αυτό πολλές φορές στο μύλο κλείνονταν συμφωνίες για αγοραπωλησίες και πολλές φορές ακόμη και συνοικέσια.

Παλιότερα οι νερόμυλοι συνδέονταν άρρηκτα με την καθημερινή ζωή της κάθε περιοχής. Σήμερα, αυτός ο ρόλος έχει μειωθεί. Είναι βέβαιο ότι η ανάδειξη και προβολή των παραδοσιακών νερόμυλων μπορεί να αποτελέσει ένα σημαντικό πόλο έλξης των επισκεπτών που θέλουν να γνωρίσουν καλύτερα αυτή τη σημαντική πτυχή της πολιτισμικής μας κληρονομιάς.

Σύμφωνα με το ΦΕΚ 987/Β/7-11-1997 χαρακτηρίστηκαν ως ιστορικά διατηρητέα μνημεία ο νερόμυλος και το πέτρινο γεφύρι της Νονούλως στο Δολό Ιωαννίνων, καθώς και το παλιό μονοπάτι Δολό-Γεφύρι Νονούλως-Πωγωνιανή. Παρακάτω παρατίθεται το απόσπασμα από το συγκεκριμένο ΦΕΚ.

"Χαρακτηρίζουμε ως ιστορικά διατηρητέα μνημεία, σύμφωνα με τις διατάξεις Ν 1469/1950, το νερόμυλο και το πέτρινο γεφύρι της "Νονούλως" στο Δολό Ιωαννίνων, καθώς και το παλιό μονοπάτι στο Δολό - Γεφύρι "Νονούλως" Πωγωνιανή, διότι αποτελούν χαρακτηριστικά δείγματα λαϊκής προβιομηχανικής αρχιτεκτονικής, άρρηκτα συνδεδεμένα με τις μνήμες των κατοίκων σημαντικά για τη μελέτη της εξέλιξης της αρχιτεκτονικής της περιοχής."

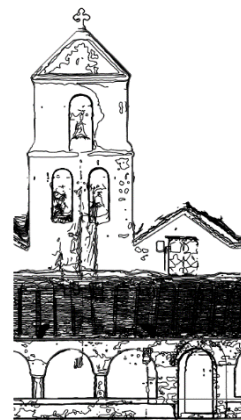
Εκκλησία Αγίου Νικολάου

Η εκκλησία βρίσκεται στην κεντρική πλατεία του Δολού, δίπλα από το καφενείο και αποτελεί μια από τις ωραιότερες εκκλησίες της Ηπείρου (Εικόνες 4.17, 4.18, 4.19). Ο ιερός ναός κατασκευάστηκε το 1812 και ο ρυθμός του ανήκει στον τύπο της τρίκλιτης βασιλικής (αρχιτεκτονικός τύπος εκκλησιαστικού κτιρίου με τον κυρίως ναό να χωρίζεται σε τρία (3) μακρόστενα τμήματα, που ονομάζονται "κλίτη" και το μεσαίο κλίτος να είναι, συνήθως, πιο πλατύ). Έχει μεγάλο και ενσωματωμένο δίζωνο καμπαναριό στη νότια πλευρά του. Το οικοδόμημα είναι λίθινο, ευρύχωρο και με μικρά παράθυρα. Τα παράθυρα ήταν ίδιων διαστάσεων μέχρι το 1870, που πραγματοποιήθηκε διαρρύθμιση αυτών. Επιπλέον πραγματοποιήθηκε αλλαγή στην στέγη των παραθύρων και από ευθυγραμμισμένη, έγινε στέγη γοθτικού ρυθμού. Οι καλαίσθητοι εξωτερικοί χώροι του (χαγιάτι) κατασκευάστηκαν στις αρχές του 20ου αιώνα. Για το σκοπό αυτό, το 1910 δόθηκε θεατρική παράσταση στο χωριό, τα έσοδα της οποίας συγκεντρώθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του χοροστασίου. Αλλά και τα μεταγενέστερα χρόνια έγιναν αρκετές παρεμβάσεις στον εξωτερικό χώρο του ναού, οι οποίες όμως λειτουργούν αρμονικά.

Ο κύριος ναός εσωτερικά είχε την εξής μορφή: το Άγιο βήμα, που χωριζόταν με τον ανδρωνίτη από το τέμπλο, τον κυρίως ναό (ανδρωνίτη) και τον γυναικωνίτη που χωριζόταν από τον κυρίως ναό με τον πετρότοιχο.

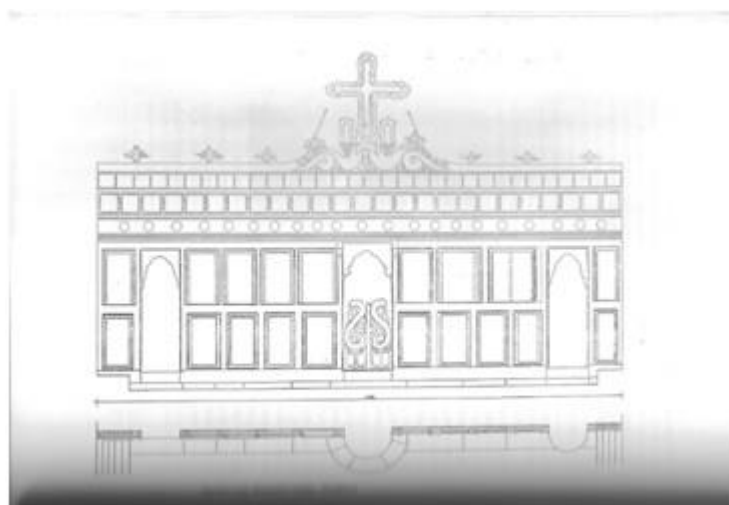


Εικόνα 4.17 Άγιος Νικόλαος -
Πηγή: προσωπικό αρχείο φωτογραφιών



Εικόνα 4.18 Άγιος Νικόλαος -
Πηγή Υφαντής Ν. Το Δολό στο Πωγωνί

Σημειώνεται ότι το ξυλόγλυπτο τέμπλο της εκκλησίας σχεδιάστηκε από τον Δολιώτη ζωγράφο Χάρη Μέξη και καταλαμβάνει το πλάτος τριών κλιτών του ναού. Η γενική διάταξη ακολουθεί σε γενικές γραμμές την μορφή – αρχιτεκτονική, την τεχνική, και την αισθητική των ξυλόγλυπτων περίτεχνων μεταβυζαντινών τέμπλων. Οι παλιότερες αγιογραφίες του ναού είναι έργο του Δολιώτη ζωγράφου Κούρου.



Εικόνα 28 Άγιος Νικόλαος - Πηγή Υφαντής Ν. Το Δολό στο Πωγωνί

Το πετρόχτιστο δίζωνο καμπαναριό της εκκλησίας, χτίστηκε λίγα χρόνια αργότερα και πιο συγκεκριμένα το 1830 από τον αρχιμάστορα Πασχάλη Ζούνη, με καταγωγή από το γειτονικό χωριό της Πωγωνιανής. Οι διαστάσεις του καμπαναριού είναι 13x12 μέτρα.

Ξωκλήσι Αγίου Νικολάου

Βρίσκεται 600 μέτρα νότια του χωριού, στον δρόμο Δολού-Γκουβερίου και Δελβινακίου. Χτίστηκε μετά το 1360, με την βοήθεια οικογενειών, που σάλιζαν εκεί τα κοπάδια τους τα καλοκαίρια. Είναι λιθόχτιστο και σκεπασμένο με πλάκες, ίδιο όπως και τα υπόλοιπα Ξωκλήσια του χωριού (Αη Γιώργης, Αγία Τριάδα, Αη Γιάννης). Έχουν όλα

ίδιο σχήμα, διαστάσεις και την ίδια κατασκευή με το χαρακτηριστικό χαγιάτι. Ο σημερινός Αη Νικόλας είναι ένα νεότερο κτίσμα, πάνω στα θεμέλια του παλαιού, που είχε καταρρεύσει παλιότερα. Το Ξωκλήσι είναι χτισμένο σε ένα ύψωμα 40 μέτρα από τον δρόμο σε ανοιχτό μέρος (Εικόνα 4.20).

Αποτελείται από έναν κύριο όγκο ορθογωνικής κάτοψης, μαζί με έναν πρόβολο επί στεγαστρου που δημιουργεί τον πρόναο και προθάλαμο στον ναό. Η στέγη είναι τετράριχτη, κατασκευασμένη από γκρι σχιστόπλακα. Το Ξωκλήσι αποτελεί τυπικό δείγμα αντίστοιχων κατασκευών, με χαρακτηριστική τεχνοτροπία και υλικά της περιοχής.



Εικόνα 29 - Ξωκλήσι Αγίου Νικολάου - Πηγή: φωτογραφία προσωπικού αρχείου

5 ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

5.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναλυθεί η διαδικασία συλλογής των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα διπλωματική εργασία. Θα παρουσιαστεί το κάθε στάδιο που πραγματοποιήθηκε με χρονική σειρά και θα αναλυθεί κάθε διαδικασία που προέκυψε.

Ο βασικός στόχος της διπλωματικής εργασίας, όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 1, είναι η παραγωγή και παρουσίαση μιας διαδικτυακής πλατφόρμας για το Δολό Πωγωνίου που θα περιέχει πλήθος πληροφοριών για διαφορετικά ενδιαφέροντα και θέματα, όπως πληροφορίες και προτάσεις για φυσιολατρικό τουρισμό, ζητήματα πολιτισμού και πολιτιστικής κληρονομιάς και ιστορίας του τόπου αλλά και ζητήματα που αφορούν περισσότερο έναν μηχανικό όπως εξαγωγή μετρητικών πληροφοριών και χρήση χαρτών και GIS. Σημαντική διαφοροποίηση σε σχέση με άλλες παρόμοιες εφαρμογές διαδικτυακών πλατφορμών είναι η χρήση και παρουσίαση τρισδιάστατων μοντέλων αντικειμένων της περιοχής, τα οποία δημιουργήθηκαν με την χρήση τρισδιάστατων επίγειων σαρωτών (TLS), ο τρόπος λειτουργίας των οποίων αναφέρεται σε προηγούμενο κεφάλαιο.

5.2 Επιλογή κτιριακών συνόλων και προετοιμασία

Πριν την έναρξη των εργασιών και προκειμένου να επιτευχθεί το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα αλλά και μια ομαλή και χωρίς πολλά προβλήματα διαδικασία συλλογής και επεξεργασίας, ήταν απαραίτητο να γίνει κατάλληλη προετοιμασία και έρευνα. Αρχικά, πραγματοποιήθηκε έρευνα ως προς τα κτιριακά σύνολα που θα σαρωθούν. Η έρευνα αυτή αφορούσε την σημαντικότητα του κάθε κτίσματος που σαρώνεται, δηλαδή το αντίκτυπο που έχει στην κοινωνία και στο φυσικό περιβάλλον, την πολιτιστική κληρονομιά του, τη χωρική σημαντικότητα του κτλ.

Με το πέρας της έρευνας, τα σύνολα που επιλέχθηκαν να σαρωθούν είναι:

- ο Άγιος Νικόλαος στην κεντρική πλατεία του Δολού
- το Ξωκλήσι του Αη Νικόλα, στον δρόμο προς Δελβινάκι και προφήτη Ηλία και
- το γεφύρι και ο νερόμυλος της Νονούλως

Μετά την επιλογή των αντικειμένων προς σάρωση και τη συλλογή πληροφοριών για το κάθε αντικείμενο, ήταν απαραίτητο να γίνει επίσκεψη και αυτοψία για το καθένα. Έγινε μελέτη του κάθε κτιρίου και της γύρω περιοχής του. Με αυτό τον τρόπο γίνεται σαφές αν το αντικείμενο πληροί τις προϋποθέσεις που αναφέρθηκαν παραπάνω αλλά και αν είναι δυνατό να σαρωθεί (από τεχνικής και πρακτικής άποψης).

Η προετοιμασία αφορούσε στην επιλογή της κατάλληλης μεθόδου αποτύπωσης, στον εντοπισμό πιθανών προβλημάτων κατά τη διαδικασία αποτύπωσης και τέλος στην οργάνωση της διαδικασίας σάρωσης.

Σε κάθε μελέτη γεωμετρικής τεκμηρίωσης, η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου που θα εφαρμοστεί εξαρτάται από πλήθος παραμέτρων, όπως ο απαιτούμενος βαθμός ακρίβειας, η προσβασιμότητα, το μέγεθος και η πολυπλοκότητα του υπό μελέτη αντικειμένου, το κόστος και ο χρόνος. Με βάση αυτές τις παραμέτρους, στην συγκεκριμένη εφαρμογή για την γεωμετρική τεκμηρίωση και αποτύπωση των αντικειμένων, επιλέχθηκε ως καταλληλότερη μέθοδος η επίγεια τρισδιάστατη σάρωση με χρήση laserscanner.

Για την τρισδιάστατη αποτύπωση, χρησιμοποιήθηκε ο επίγειος σαρωτής LeicaBLK360 (<https://lasers.leica-geosystems.com/blk360>), τύπου Time of Flight (TOF), που διαθέτει το τμήμα Τοπογραφίας και Γεωπληροφορικής, του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής. Ο μικρού μεγέθους σαρωτής LeicaBLK360 είναι ιδιαίτερα εύχρηστος και προσφέρει σε μικρό χρόνο αποτελέσματα μεγάλης ακρίβειας (Εικόνα 5.1).



Εικόνα 5.1 LeicaBLK360 – Πηγή: Leica GeoSystems

Προβλήματα που μπορεί να παρουσιαστούν κατά την σάρωση αντικειμένων και καλό είναι να αποφεύγονται μπορεί να είναι: θόρυβος κατά την διάρκεια της σάρωσης, όπου αυτό μπορεί να είναι κάθε περιττή πληροφορία που υπάρχει γύρω από το αντικείμενο προς σάρωση που εμποδίζει το οπτικό πεδίο στον σαρωτή. Τέτοιες περιττές πληροφορίες μπορεί να είναι για παράδειγμα δέντρα γύρω από το αντικείμενο ή σε άλλες περιπτώσεις μαντρότοιχοι, παρκαρισμένα αυτοκίνητα κτλ. Άλλο πρόβλημα που μπορεί να προκύψει είναι η ύπαρξη στην περιοχή του αντικειμένου, μεγάλων υψομετρικών διαφορών. Αυτό μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα διότι μεταξύ των στάσεων του σαρωτή θα χάνεται πληροφορία λόγω των υψομετρικών διαφορών που υπάρχουν και έτσι το τελικό παραγόμενο τρισδιάστατο μοντέλο δε θα περιέχει όλη την πληροφορία. Ένα τέτοιο παράδειγμα, με αντίστοιχο πρόβλημα με το παραπάνω παρουσιάστηκε και στο υπό σάρωση Ξωκλήσι του Αη Νικόλα, το οποίο λόγω της κλίσης του πρανούς στο οποίο έχει χτιστεί, ήταν δύσκολο να σαρωθεί και να βρεθούν σε αυτό στάσεις του οργάνου οι οποίες να έχουν ικανοποιητική επικάλυψη. Το παράδειγμα αυτό θα αναλυθεί και παρακάτω. Μετά το πέρας της επίσκεψης στο κάθε αντικείμενο δεν διαπιστώθηκαν σημαντικά προβλήματα που θα καθιστούσαν την ακόλουθη διαδικασία μη λειτουργική και έτσι προχώρησε η διαδικασία.

Πριν την έναρξη της σάρωσης του κάθε αντικειμένου έγινε έλεγχος και προετοιμασία του οργάνου. Αυτό περιλαμβάνει τον έλεγχο της μπαταρίας(να είναι πλήρως φορτισμένη) και της μνήμης(να υπάρχει χώρος αποθήκευσης για τις σαρώσεις που θα πραγματοποιηθούν).

Στη συνέχεια ακολούθησε η διαδικασία της σάρωσης για τα τρία αντικείμενα που επιλέχθηκαν. Πρώτα σαρώθηκε το γεφύρι και ο νερόμυλος της Νονούλως, μετά ο Αη Νικόλας και τέλος ο Άγιος Νικόλαος στην κεντρική πλατεία.

Η διαδικασία της σάρωσης που ακολουθήθηκε είναι η εξής: Αποφασίζεται αρχικά πόσες στάσεις θα χρειαστούν και το που θα τοποθετηθεί η κάθε μια. Στη συνέχεια πραγματοποιούνται οι σαρώσεις στις στάσεις που επιλέχθηκαν και μετά το πέρας των σαρώσεων γίνεται έλεγχος για την ορθότητα τους αλλά και για το αν τα αποτελέσματα είναι ικανοποιητικά προκειμένου να παρουσιαστεί ένα τελικό τρισδιάστατο μοντέλο του αντικειμένου. Σημειώνεται πως στη διαδικασία των σαρώσεων χρησιμοποιήθηκε τρίποδας με ειδικά τροποποιημένη βάση για να εφαρμόζει σε αυτήν ο σαρωτής TLS και με αεροστάθμη με την χρήση της οποίας επιτυγχάνεται η οριζοντίωση του οργάνου. Με την χρήση του οργάνου αυτού έγινε δυνατό να οριστεί στα τελικά προϊόντα το κατακόρυφο επίπεδο.

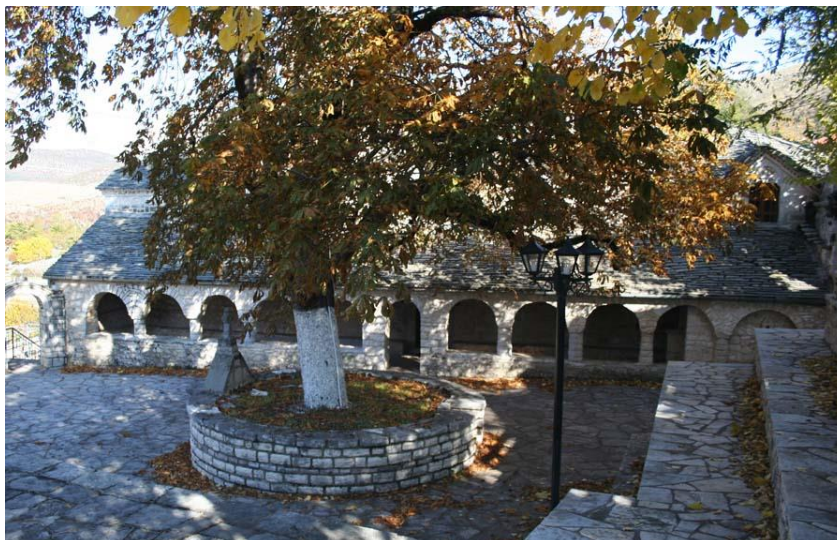
Σημειώνεται πως κατά την διάρκεια της συλλογής και της επεξεργασίας των δεδομένων γινόταν λήψη φωτογραφιών και screenshot για να γίνεται και οπτικά πιο σαφής η πορεία των εργασιών.

5.3 Συλλογή γεωμετρικών δεδομένων

5.3.1 Άγιος Νικόλαος

Η εκκλησία του Αγίου Νικολάου είναι η κεντρική εκκλησία του χωριού και αρκετά μεγάλη σε μέγεθος. Για το λόγο αυτό, στο αντικείμενο αυτό έγιναν σαρώσεις από 35 διαφορετικές στάσεις του οργάνου. Στον περιβάλλοντα χώρο της εκκλησίας βρίσκεται η πλατεία του χωριού μαζί με το καφενείο και το χώρο του σχολείου λίγο πιο πέρα.

Στον χώρο αυτό παρατηρούνται διαφορετικά υψομετρικά επίπεδα, γεγονός που δυσκόλεψε σε κάποια σημεία την επιλογή στάσεων, έτσι ώστε να βρεθούν τα ομόλογα σημεία για την συνένωση. Τα διαφορετικά επίπεδα που αναφέρθηκαν παραπάνω αφορούν μεγάλα σκαλιά που ανεβαίνουν προς το καφενείο και τον χώρο του σχολείου, οριζόντια επίπεδα τα οποία ανεβαίνουν προς ένα πηγάδι το οποίο υπάρχει στην πλατεία αλλά και έναν μικρό διάδρομο στο δεξί μέρος της εκκλησίας στον οποίο υπάρχει ένα οστεοφυλάκιο, το οποίο κρίθηκε ότι είναι σκόπιμο να σαρωθεί (Εικόνα 5.2).

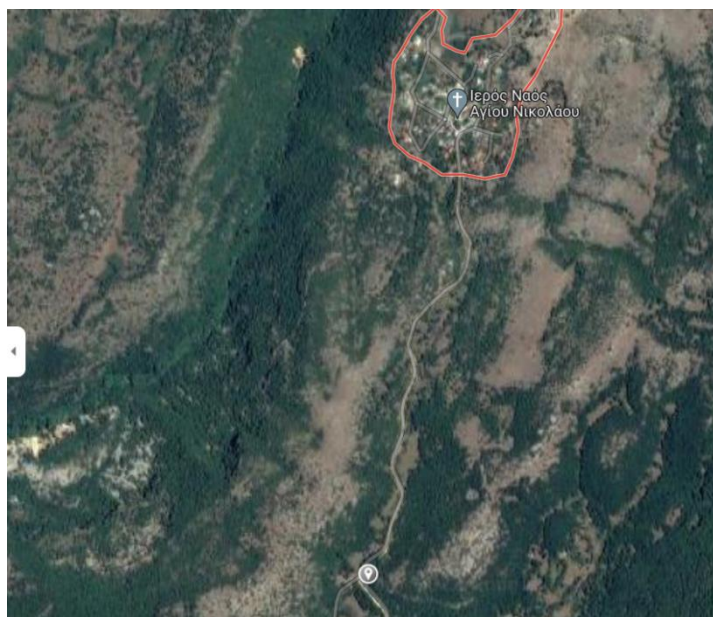


Εικόνα 5.2 Άγιος Νικόλαος - Πηγή: φωτογραφία προσωπικού αρχείου

Συνεπώς οι σαρώσεις άρχισαν από την πρόσοψη της εκκλησίας και ακολούθησαν περιμετρική πορεία γύρω από την εκκλησία για να αποτυπωθεί το σύνολό της. Κατά την διάρκεια αυτής της πορείας έγινε και η σάρωση του διαδρόμου του οστεοφυλακίου, ο οποίος βρισκόταν σε διαφορετικό επίπεδο από το επίπεδο της εκκλησίας, οπότε και χρειάστηκαν επιπλέον στάσεις για την συνένωση των σαρώσεων. Σε ότι αφορά την στέγη της εκκλησίας, αυτή καλύφθηκε σε ικανοποιητικό βαθμό και αυτό οφείλεται στα επίπεδα με διαφορετικό υψόμετρο που έδωσαν την ευκαιρία στο όργανο να είναι σε σημεία ψηλότερα από την σκεπή και έτσι να αποτυπωθεί μεγάλο τμήμα της.

5.3.2 Αη Νικόλας

Το ξωκλήσι του Αη Νικόλα βρίσκεται νότια του οικισμού του Δολού, στον δρόμο προς το χωριό Φαράγγι και το χωριό Δελβινάκι, ο οποίος οδηγεί και στο ξωκλήσι του Αη Λιά μέσω ενός άλλου μονοπατιού (Εικόνα 5.3).



Εικόνα 5.3 Αη Νικόλας - Πηγή: Google Maps

Η εκκλησία βρίσκεται σε ύψωμα σε σχέση με το επίπεδο του δρόμου και ταυτόχρονα βρίσκεται σε περιοχή με κλίση. Αυτό κατέστησε πιο δύσκολη την διαδικασία της σάρωσης σε ότι αφορά την συνένωση αλλά και την επιλογή κατάλληλων θέσεων για την τοποθέτηση των στάσεων του οργάνου όπως φαίνεται και στις εικόνες 5.4 και 5.5.



Εικόνα 5.30 Αη Νικόλας - Πηγή: φωτογραφία προσωπικού αρχείου



Εικόνα 5.5 Αη Νικόλας -Πηγή: φωτογραφία προσωπικού αρχείου

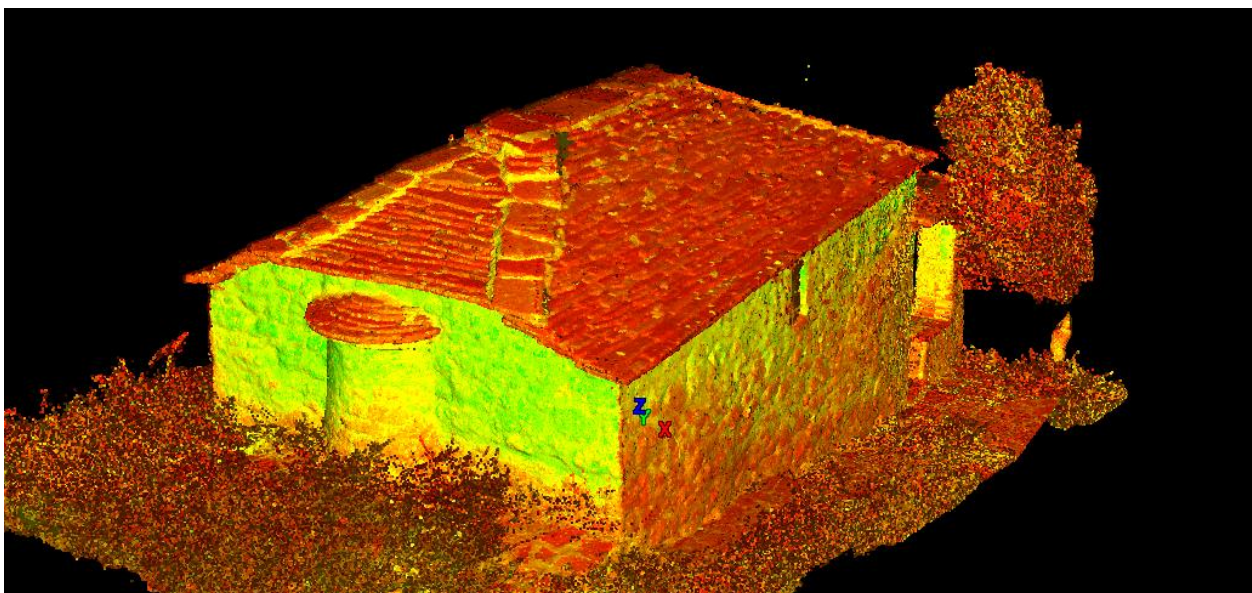
Σε αυτή την περίπτωση επιλέχθηκαν 12 στάσεις, οι οποίες κάλυπταν περιμετρικά την εκκλησία. Μία από αυτές επιλέχθηκε στο χαγιάτι (ημιυπαίθριος χώρος, ο οποίος στεγάζεται άνωθεν της στέγης της εκκλησίας και οριοθετείται, από την μία πλευρά από τον κύριο κτηριακό όγκο της εκκλησίας και από την άλλη από μία σειρά επαναλαμβανόμενων θολωτών στοιχείων - καμάρες, αποτελώντας τον προθάλαμο του εσωτερικού μέρους της) της εκκλησίας.

Στην συγκεκριμένη εκκλησία επιλέχθηκε να αποτυπωθεί και το εσωτερικό της με 2 στάσεις. Αυτό έγινε διότι κρίθηκε σκόπιμο να αποτυπωθεί το τέμπλο και το ιερό της εκκλησίας αλλά και μια εσωτερική ρωγμή που παρατηρήθηκε σε έναν τοίχο της εκκλησίας, στοιχείο το οποίο μπορεί μελλοντικά να επαναχρησιμοποιηθεί συγκρινόμενο με μια μετέπειτα σάρωση του τοίχου, για να επανεκτιμηθεί το πιθανώς αυξανόμενο μέγεθος της ζημιάς λόγω της ρωγμής και έτσι να αντιμετωπιστεί ή όχι το πρόβλημα. Σε ότι αφορά την στέγη στην συγκεκριμένη εκκλησία, αυτή δεν παρουσιάζεται στο τελικό 3D μοντέλο σε ικανοποιητικό βαθμό και αυτό συμβαίνει λόγω του επιπέδου της κλίσης που υπάρχει στον χώρο που βρίσκεται η εκκλησία. Όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα (Εικόνες 5.6, 5.7, 5.8), η στέγη ήταν αδύνατο να αποτυπωθεί με το όργανο TLS. Συνεπώς

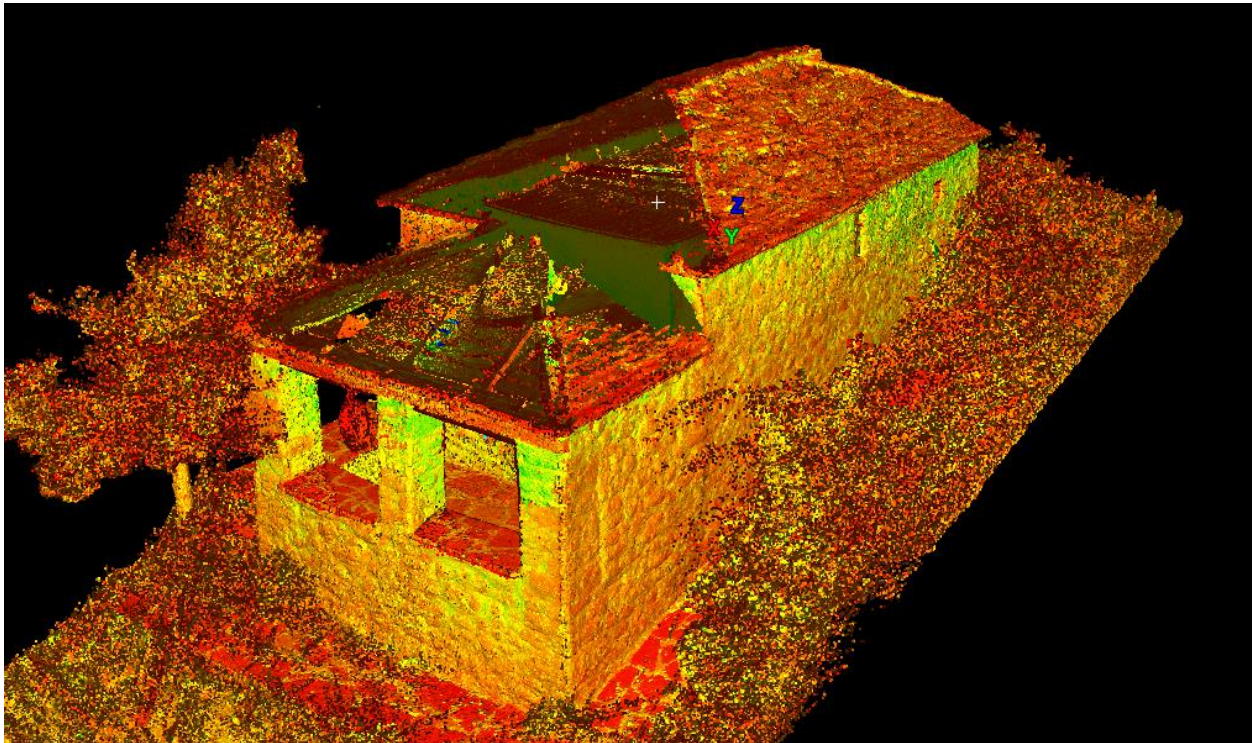
και στο συγκεκριμένο τρισδιάστατο μοντέλο η στέγη δεν ήταν δυνατό να απεικονιστεί επαρκώς με επίγειες μετρήσεις.



Εικόνα 5.6 Αη Νικόλας - Πηγή: φωτογραφία προσωπικού αρχείου



Εικόνα 5.7 - Αη Νικόλας XYZ Point cloud



Εικόνα 5.8 Αη Νικόλας XYZ Point cloud

5.3.3 Το γεφύρι και ο νερόμυλος της Νονούλως

Το γεφύρι της Νονούλως είναι ένα πέτρινο μονότοξο γεφύρι κατασκευασμένο στις αρχές του 20ου αιώνα. Βρίσκεται στην τοποθεσία «Ξυλογέφυρο», έξω από το Δολό, στη χαράδρα του Κουβαρά (Εικόνες 5.9, 5.10) και γεφυρώνει το ομώνυμο ρέμα (<https://apeirosgaia.wordpress.com>).



Εικόνα 31 – Γεφύρι της Νονούλως, σχετική θέση ως προς τον οικισμό – Πηγή: google maps

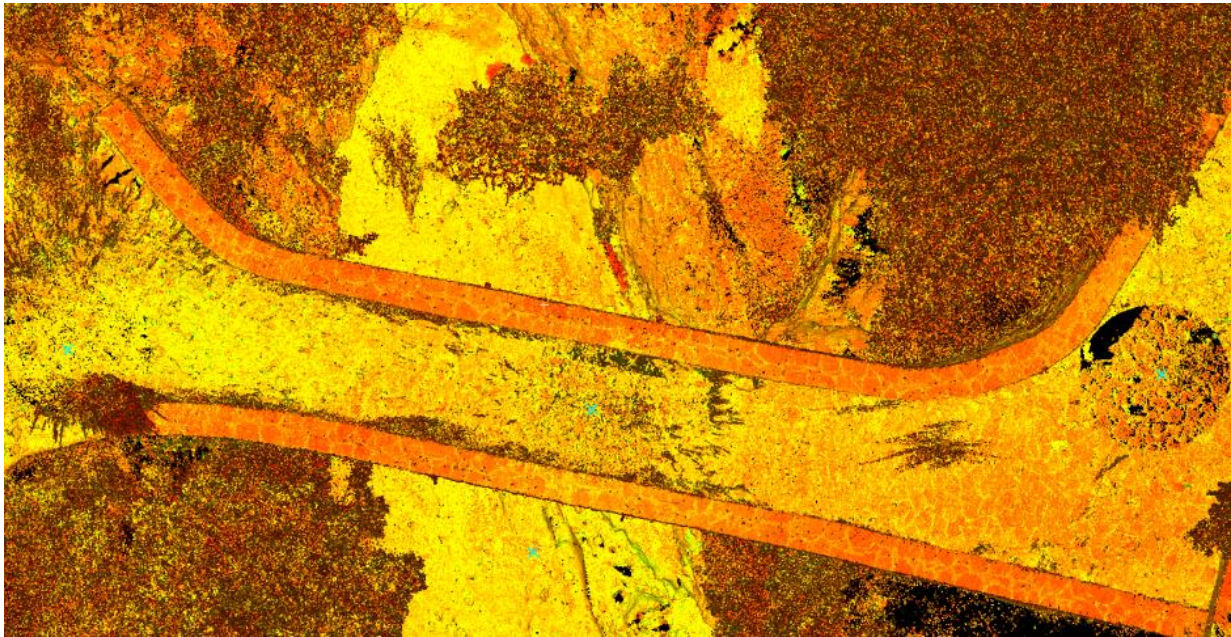


Εικόνα 32 Νερόμυλος και πέτρινο γεφύρι της Νονούλως - Πηγή: φωτογραφία από προσωπικό αρχείο

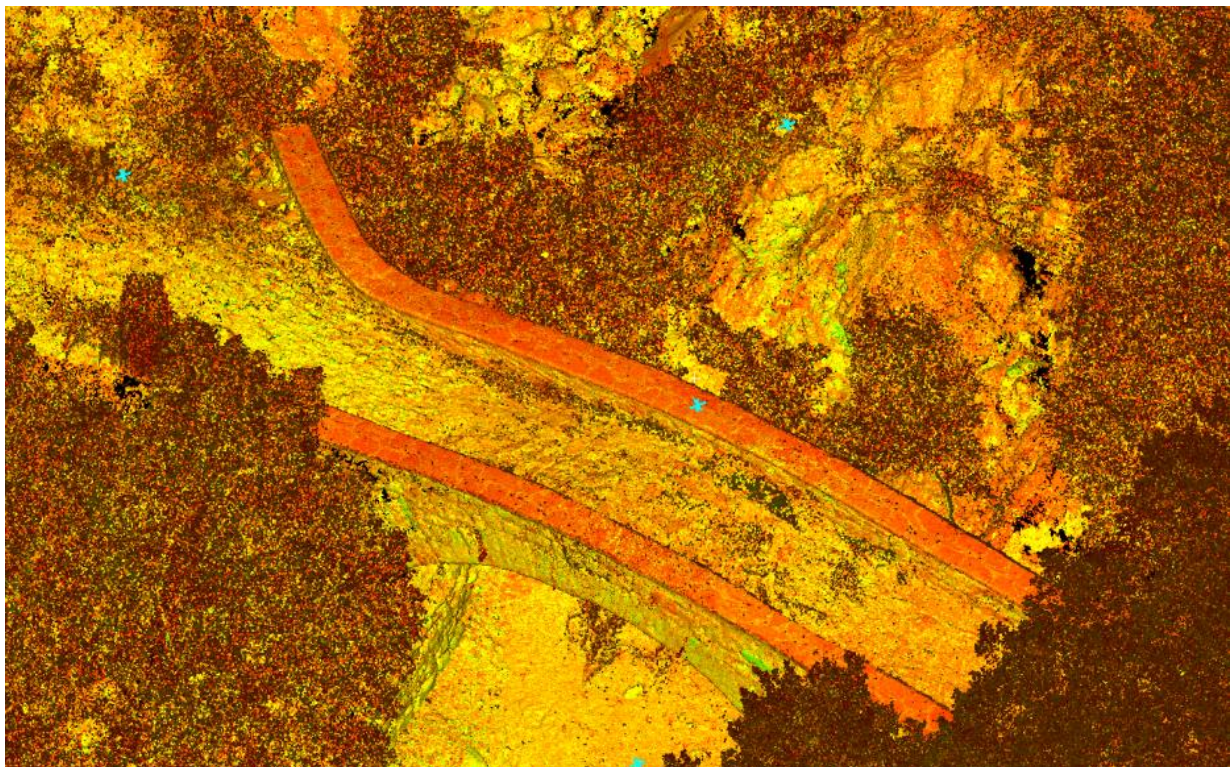
Το γεγονός ότι ο νερόμυλος και το πέτρινο γεφύρι της Νονούλως χαρακτηρίστηκαν ως ιστορικά διατηρητέα μνημεία, προσδίδει στο αντικείμενο αυτό βαρύνουσα σημασία. Η αναγνώρισή του ως τμήμα της πολιτιστικής μας κληρονομιάς μπορεί να αποτελέσει έναυσμα για την περαιτέρω ανάδειξή του αλλά και την συνολική ανάδειξη του τόπου. Παρακάτω θα παρουσιαστεί η διαδικασία της σάρωσης του αντικειμένου.

Επιλέχθηκε να μην σαρωθεί το μονοπάτι που οδηγεί στο νερόμυλο και το γεφύρι, λόγω του μήκους του και των δυσκολιών που θα προέκυπταν λόγω κλίσης, επιφάνειας εδάφους κτλ.

Επιλέχθηκαν 19 στάσεις οι οποίες κατανεμήθηκαν στο χώρο με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτυγχάνεται αλληλοεπικάλυψη μεταξύ των σαρώσεων και ταυτόχρονα να καλύπτεται σε ικανοποιητικό βαθμό, με όσο το δυνατό μικρότερο αριθμό στάσεων, το γεφύρι και ο νερόμυλος. Η πρώτη στάση επιλέχθηκε να τοποθετηθεί στην πίσω μεριά του κτηρίου του νερόμυλου, σε σημείο που έχει υψομετρική διαφορά και βρίσκεται ψηλότερα από το κτήριο. Σε αυτό το σημείο καταλήγει το ρυάκι από το οποίο πέρναγε, τα χρόνια στα οποία ο νερόμυλος λειτουργούσε, το νερό το οποίο έκανε δυνατή την κίνηση του. Το ρυάκι αυτό έφερνε νερό από ένα σημείο του ποταμού με ορμητική ροή κοντά στην τοποθεσία «Ξυλογέφυρο». Στη συνέχεια καλύφθηκε περιμετρικά το κτήριο του νερόμυλου και οι στάσεις συνεχίστηκαν προς το γεφύρι. Για το γεφύρι πραγματοποιήθηκαν σαρώσεις γύρω από αυτό, κάτω από αυτό και πάνω σε αυτό για να καλυφθεί και να σαρωθεί πλήρως και να παρουσιαστεί το τρισδιάστατο μοντέλο του (Εικόνες 5.10, 5.11).

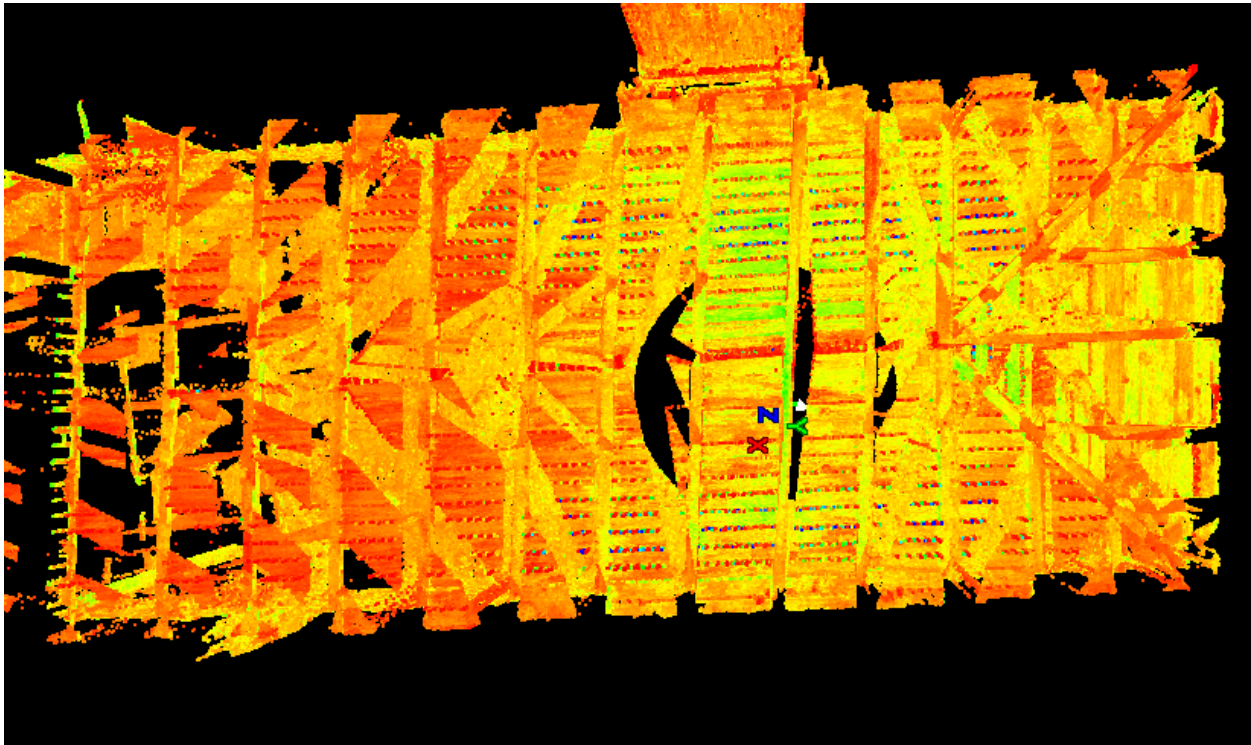


Εικόνα 33 - XYZ Point cloud Κάτοψη του γεφυριού της Νονούλας



Εικόνα 34 - XYZ Point cloud Πλάγια όψη του γεφυριού της Νονούλας

Σαρώσεις πραγματοποιήθηκαν και μέσα στο κτήριο του νερόμυλου, στο οποίο φαίνεται ο μηχανισμός υδροδότησης του μύλου αλλά και η αρχιτεκτονική του κτηρίου όπως ο τρόπος στήριξης της στέγης κ.α. (Εικόνα 5.13)

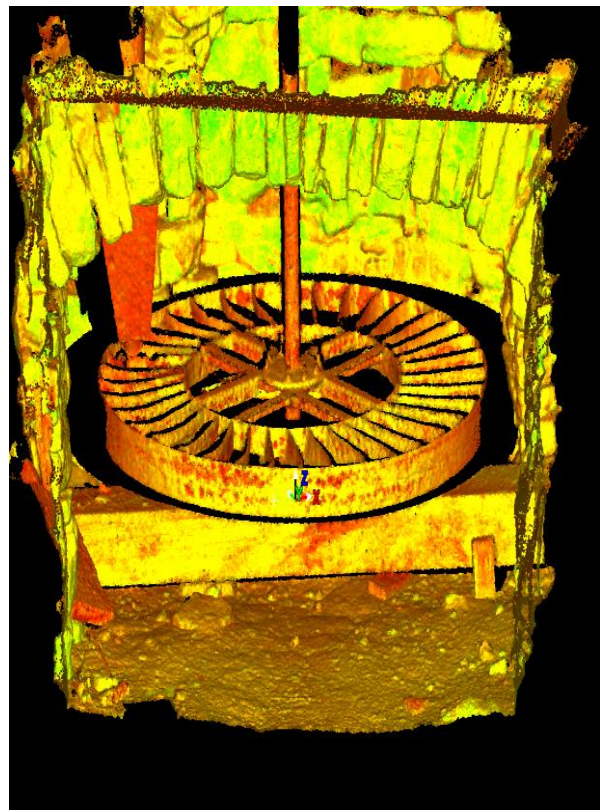


Εικόνα 35 XYZ Point cloud Κάτοψη του κτηρίου του νερόμυλου στην οποία φαίνεται η στήριξη της στέγης

Αξίζει να σημειωθεί πως έγινε ξεχωριστή σάρωση στον χώρο μπροστά από τον νερόμυλο γιατί αφενός έχει ενδιαφέρον να φανεί με μεγάλη ανάλυση το αντικείμενο αυτό και αφετέρου η πρόσβαση σε αυτό ήταν εύκολη (Εικόνες 5.14, 5.15).



Εικόνα 36 Άποψη του μηχανισμού του νερόμυλου

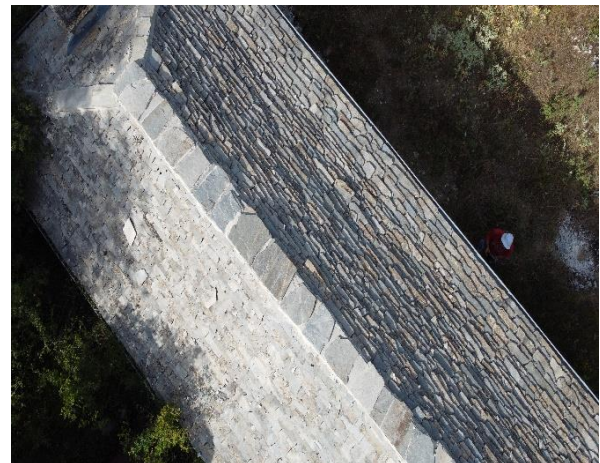


Εικόνα 37 XYZ Point cloud

Η στέγη του κτηρίου του νερόμυλου έχει αποτυπωθεί σε ικανοποιητικό βαθμό από την πίσω μεριά του κτηρίου λόγω του υψώματος στο οποίο στήθηκε το όργανο και από την μπροστινή μεριά, λόγω του ότι το έδαφος σε σχέση με το επίπεδο της στέγης είναι σε τέτοιο υψόμετρο που ο TLS κατάφερε να αποτυπώσει σημεία (Εικόνες 5.16, 5.17). Τα πλάγια κομμάτια της στέγης αποτυπώθηκαν και αυτά σε ικανοποιητικό βαθμό λόγω των στάσεων που χρησιμοποιήθηκαν για την αποτύπωση του γεφυριού αλλά και του κτηρίου.



Εικόνα 38 Όψη του νερόμυλου



Εικόνα 39 Κάτοψη του νερόμυλου

Μετά το τέλος όλων των σαρώσεων των αντικειμένων πραγματοποιήθηκε ένας συνολικός έλεγχος των δεδομένων που προέκυψαν από αυτές. Ελέγχθηκαν μια προς μια οι στάσεις για να διαπιστωθεί αν υπάρχει κάποιο κομμάτι του εκάστοτε αντικειμένου το οποίο λείπει και με αυτό τον τρόπο να γίνει εκ νέου συλλογή δεδομένων. Το κομμάτι του ελέγχου είναι πολύ σημαντικό στην συγκεκριμένη περίπτωση και αυτό διότι σε περίπτωση που κάποιο λάθος ή κενό στις μετρήσεις του σαρωτή TLS διαπιστωθεί μετά το τέλος της επίσκεψης στην περιοχή μελέτης, αυτό θα συνεπάγεται στο ότι θα πρέπει να γίνει εκ νέου επίσκεψη στην περιοχή, γεγονός που μεταφράζεται σε μεγάλο κόστος και χρόνο, ο οποίος θα μπορούσε να διοχετευθεί σε άλλες εργασίες που αφορούν αυτή την διπλωματική εργασία. Συνεπώς, μετά τον τελικό έλεγχο δεν διαπιστώθηκαν κενά και έτσι η διαδικασία προχώρησε στο επόμενο της στάδιο.

5.4 Συλλογή χαρτογραφικών δεδομένων

Το επόμενο στάδιο στην συλλογή δεδομένων αφορούσε το χαρτογραφικό και το γεωχωρικό κομμάτι της εργασίας, δηλαδή την εύρεση ή και την δημιουργία χαρτογραφικών δεδομένων, τα οποία θα χρησιμοποιηθούν στους χάρτες που θα δημιουργηθούν για την παρουσίαση και ανάδειξη διαφορετικών στοιχείων της περιοχής μελέτης. Μεγάλο μέρος των δεδομένων που συλλέχθηκαν για τους παραπάνω σκοπούς προήλθαν από τοπογραφικές εργασίες που είχαν γίνει στην περιοχή παλαιότερα. Μια από αυτές είναι οι γεωδαιτικές ασκήσεις που πραγματοποίησε κατά καιρούς, από τις αρχές του 2000 το τμήμα Τοπογραφίας του ΤΕΙ Αθήνας (σήμερα ΠΑΔΑ) στην ευρύτερη περιοχή του Δήμου Πωγωνίου και πιο συγκεκριμένα και στο Δολό. Οι εργασίες αυτές αφορούσαν και μεταξύ

άλλων την ψηφιοποίηση δεδομένων της περιοχής όπως όρια οικισμών, φυσιολατρικά μονοπάτια, υψομετρικά δεδομένα κ.α. Άλλες πηγές άντλησης δεδομένων ήταν ο ιστότοπος του Κτηματολογίου αλλά και χαρτογραφικές ιστοσελίδες και εφαρμογές όπως το googleearth και googlemaps. Από τα παραπάνω αντλήθηκαν πληροφορίες που αφορούσαν περισσότερο τα διοικητικά όρια του Δήμου Πωγωνίου αλλά και της Περιφερειακής Ενότητας Ιωαννίνων.

Στη συνέχεια θα γίνει αναφορά σε όλα τα δεδομένα τα οποία συλλέχθηκαν για την χρήση τους στην παρούσα διπλωματική εργασία.

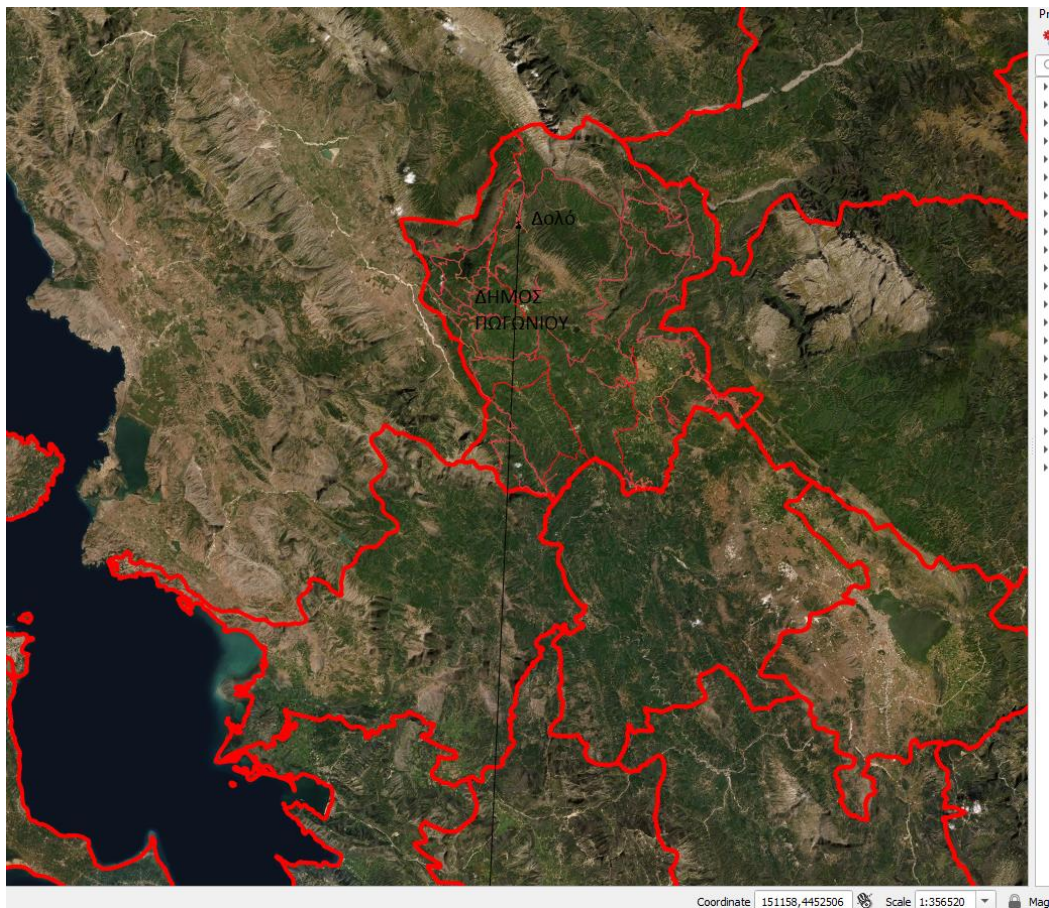
Συλλέχθηκε, ως μια οντότητα, από αρχείο cad, το οποίο μετατράπηκε σε αρχείο .shp, η ψηφιοποιημένη μορφή του Δολού που περιέχει βάσεις κτηρίων, δρόμους, όρια αγροτεμαχίων κ.α. (Εικόνα 5.18).



Εικόνα 40 – Ψηφιοποιημένο αρχείο Δολού – Πηγή ΠΑΔΑ – Τμήμα Τοπογραφίας

Το παραπάνω θεματικό επίπεδο είναι πολύ σημαντικό διότι δίνει μια λεπτομερή η μορφή του χωριού, επιτυγχάνοντας έτσι την καλύτερη παρουσίασή του στον αναγνώστη αλλά και για την περαιτέρω χρήση του, συνδυασμένο με άλλα θεματικά επίπεδα όπως μονοπάτια ή τοπόσημα.

Στη συνέχεια, έγινε η συλλογή των γραμμικών δεδομένων, όπως οδικές αρτηρίες, μονοπάτια αλλά και διοικητικά όρια. Σε ότι αφορά τα δεδομένα από δρόμους, συλλέχθηκαν αρχεία από κεντρικές οδικές αρτηρίες της περιοχής, όπως για παράδειγμα η επαρχιακή οδός Γεροπλατάνου-Δελβινακίου, αλλά και μικρότεροι δρόμοι όπως ο δρόμος από την τοποθεσία «Ξυλογέφυρο» μέχρι το Δολό ή και δρόμοι εντός του οικισμού. Τα θεματικά επίπεδα των μονοπατιών αφορούν δεδομένα όπως το μονοπάτι από τον οικισμό προς το Ξωκλήσι του Αγίου Χριστοφόρου στο όρος Κουτσόκρανο, το μονοπάτι από τον οικισμό προς το Ξωκλήσι του Αη Νικόλα και του Αη Λιά, το μονοπάτι προς το γειτονικό χωριό Δελβινάκι και άλλα. Τα παραπάνω είναι ιδιαίτερος σημαντικά για την συγκεκριμένη εργασία διότι αποτελούν σημαντικό κομμάτι της φυσιολατρικής κληρονομιάς και παράδοσης που έχει η περιοχή και πιο συγκεκριμένα το Δολό Πωγωνίου και είναι ένας από τους λόγους που πολλοί άνθρωποι επισκέπτονται τον τόπο. Τα δεδομένα για τα αρχεία με τα διοικητικά όρια αφορούσαν τα όρια του Δήμου Πωγωνίου και συλλέχθηκαν για να είναι δυνατό να δοθεί η σχετική θέση του οικισμού σε σχέση με τον Δήμο (Εικόνα 5.19).



Εικόνα 5.19 Διοικητικά όρια Δήμων – Πηγή: e-poleodomia

Με τη συλλογή των γεωμετρικών και των χαρτογραφικών δεδομένων ολοκληρώθηκε η διαδικασία συλλογής δεδομένων.

6 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

6.1 Εισαγωγή

Μετά την ολοκλήρωση της συλλογής των γεωμετρικών και χαρτογραφικών δεδομένων, διαδικασία η οποία περιγράφηκε στο κεφάλαιο 5, ακολουθεί η διαδικασία επεξεργασίας αυτών, η οποία καταλήγει στα παράγωγα αντικείμενα και αποτελέσματα της διπλωματικής εργασίας.

Η διαδικασία της επεξεργασίας των δεδομένων περιλαμβάνει την μελέτη, την επεξεργασία και μορφοποίηση των δεδομένων που συλλέχθηκαν και την τελική τους παρουσίαση ως επεξεργασμένα δεδομένα.

6.2 Επεξεργασία δεδομένων σαρωτή

Η διαδικασία της επεξεργασίας περιλαμβάνει τρία βασικά στάδια:

- την συνένωση των μεμονωμένων σαρώσεων που πραγματοποιήθηκαν για τα τρία αντικείμενα που προαναφέρθηκαν με τον επίγειο τρισδιάστατο σαρωτή TLS,
- την επεξεργασία των χαρτογραφικών δεδομένων που συλλέχθηκαν από τις πηγές που προαναφέρθηκαν με στόχο να είναι έτοιμα να ανέβουν στον server-site στον οποίο θα παρουσιαστούν και
- την δημιουργία και την υλοποίηση του server με στόχο την τελική του παρουσίαση.

Συνένωση μεμονωμένων σαρώσεων (pointcloud registration)

Όλα τα δεδομένα που συλλέγονται κατά τη διάρκεια των μετρήσεων αποθηκεύονται στην κάρτα μνήμης SD του σαρωτή. Η μεταφορά των δεδομένων από τον σαρωτή στον ηλεκτρονικό υπολογιστή πραγματοποιήθηκε με την χρήση της εφαρμογής «BLK360 Data Manager» που διατίθεται μαζί με το σαρωτή. Η διαδικασία συνένωσης των νεφών, δηλαδή η ένταξη όλων των σαρώσεων σε ενιαίο σύστημα αναφοράς, έγινε στο λογισμικό Cyclone της Leica Geosystems, το οποίο είναι ειδικά σχεδιασμένο για να είναι συμβατό με το laser scanner BLK 360. Έχει τη δυνατότητα να διαχειρίζεται μεγάλο όγκο δεδομένων με μεγάλη αποτελεσματικότητα, ενώ παράλληλα είναι φιλικό προς τον χρήστη. Το λογισμικό διαθέτει πολλές λειτουργίες, όπως απλές μετρήσεις στην τρισδιάστατη προβολή, επεξεργασία, συνένωση και γεωαναφορά νεφών σημείων, δημιουργία μοντέλων και εξαγωγή δεδομένων σε διάφορες μορφές.

Μετά την εισαγωγή των αρχείων σαρώσεων στο περιβάλλον του Cyclone, ξεκινάει η συνένωση των νεφών σημείων (registration), διαδικασία που περιγράφηκε εκτενώς σε προηγούμενο κεφάλαιο. Όπως αναφέρθηκε, τα νέφη σημείων μετασχηματίζονται σε ένα ενιαίο σύστημα αναφοράς είτε με χρήση ομόλογων σημείων στις επικαλυπτόμενες περιοχές των διαδοχικών σαρώσεων είτε με τη χρήση ειδικών στόχων. Στην συγκεκριμένη εφαρμογή, η διαδικασία της συνένωσης πραγματοποιήθηκε με την χρήση ομόλογων σημείων τα οποία έγινε δυνατό να υπάρχουν με την επίσκεψη στον χώρο και την επιλογή κατάλληλων στάσεων του οργάνου.

Για τον προσανατολισμό δυο νεφών σημείων σε ένα ενιαίο σύστημα αναφοράς το λογισμικό Cyclone χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο επαναληπτικής προσέγγισης σημείου, Iterative Closest Point (ICP). Ο αλγόριθμος ICP εκτελείται σε δυο διαφορετικές φάσεις. Στην πρώτη φάση, γίνεται η εύρεση και η αντιστοίχιση των κοινών σημείων (ομόλογα σημεία) μεταξύ δύο διαδοχικών σαρώσεων που επιθυμούμε να ενοποιήσουμε. Η δεύτερη φάση, αποτελείται από τον χωρικό μετασχηματισμό των νεφών ο οποίος ελαχιστοποιεί την τετραγωνική απόσταση μεταξύ τους. Ο αλγόριθμος αρχικά υπολογίζει τη μέση τετραγωνική απόσταση των σημείων και μετά πραγματοποιούνται οι μετασχηματισμοί (μεταθέσεις) των νεφών. Τα δυο αυτά βήματα επαναλαμβάνονται (iteration) μέχρι να βρεθεί η ελάχιστη τετραγωνική απόσταση και η καλύτερη συνταύτιση των νεφών.

Στην συγκεκριμένη εργασία χρησιμοποιήθηκαν τουλάχιστον πέντε (5) ομόλογα σημεία για κάθε μια διαδοχική συνένωση νεφών. Τα ομόλογα σημεία επιλέχθηκαν ώστε να αξιοποιείται η επικαλυπτόμενη επιφάνεια των νεφών, να είναι καλά κατανεμημένα και να μην είναι συνευθειακά.

Μετά την επιλογή των χαρακτηριστικών σημείων ορίστηκαν οι παρακάτω παράμετροι του αλγορίθμου προκειμένου να ξεκινήσει η επαναληπτική διαδικασία του μετασχηματισμού:

- Μέγιστη απόσταση εύρεσης γειτονικών σημείων: 0.1m,
- Ποσοστό τυχαίων σημείων συνένωσης: 10-30%,
- Μέγιστος αριθμός επαναλήψεων: 100.

Η διαδικασία επαναλαμβάνεται σταδιακά για όλες τις σαρώσεις ώστε να προκύψει το τελικό ενιαίο νέφος σημείων. Κατά την ολοκλήρωση της συνένωσης εξάγεται από το πρόγραμμα αναλυτική αναφορά για όλες τις παραμέτρους, καθώς και για την ακρίβεια με την οποία αυτή πραγματοποιήθηκε. Πιο συγκεκριμένα τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στον πίνακα «cloud constraint diagnostics» περιλαμβάνουν το σφάλμα για κάθε περιορισμό, το μέσο τετραγωνικό σφάλμα (RMS), καθώς και ιστόγραμμα σφάλματος για κάθε περιορισμό με επικαλυπτόμενα νέφη.

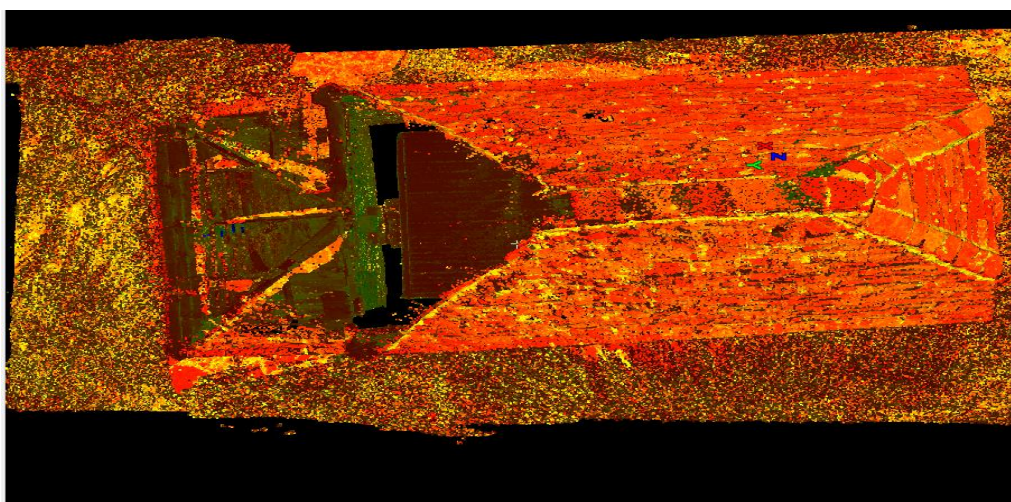
Το τελικό μέσο τετραγωνικό σφάλμα (RMS) συνένωσης των σαρώσεων στην συγκεκριμένη εφαρμογή είναι ίσο με 0,016m. Για όλες τις διαδοχικές σαρώσεις που πραγματοποιήθηκαν το μέσο τετραγωνικό σφάλμα κυμαίνεται από 0.009m έως 0.016m.

Αξίζει να σημειωθεί ότι τα αποτελέσματα και συνεπώς η ακρίβεια της συνένωσης των επιμέρους νεφών σημείων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το ποσοστό επικάλυψης των νεφών σημείων μεταξύ τους, από τον αριθμό και την γεωμετρία των ομόλογων σημείων. Επομένως, προϋπόθεση για την επίτευξη της βέλτιστης ακρίβειας δεν

είναι μόνο η μεγάλη αλληλοεπικάλυψη και ο μεγάλος αριθμός των χαρακτηριστικών ομόλογων σημείων αλλά και η σωστή κατανομή τους στον χώρο, όπως πραγματοποιήθηκε στην συγκεκριμένη εφαρμογή.

Στη συνέχεια ακολουθεί «καθαρισμός» του νέφους σημείων που αποκτήθηκε, δηλαδή η απομάκρυνση των περιττών σημείων. Λόγω της αυτόματης σάρωσης 360 μοιρών, ο σαρωτής έχει αποδώσει και σημεία του εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος εκτός του επιθυμητού τμήματος και καθότι τα σημεία αυτά κρίνονται λόγω αποκρύψεων και θορύβου λανθασμένα, απομακρύνονται.

Μετά τη συνένωση των μεμονωμένων σαρώσεων (point cloud registration) ακολούθησε η διαδικασία ελέγχου για τυχόν κενά στα σαρωμένα αντικείμενα. Τα περισσότερα κενά παρατηρήθηκαν σε στέγες και συγκεκριμένα στην στέγη του Αη Νικόλα (Εικόνα 6.1).



Εικόνα 6.1 – Κάτοψη στέγης Αη Νικόλα

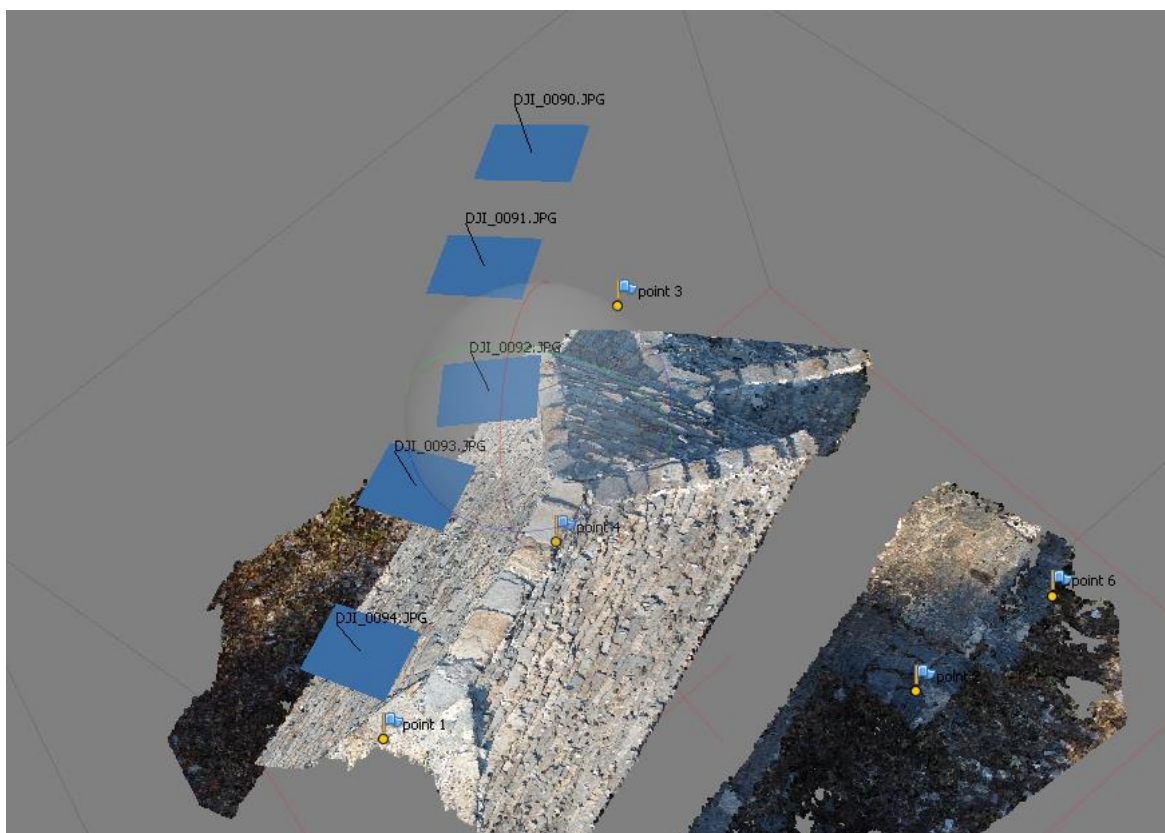
Αυτό συνέβη, όπως προαναφέρθηκε, λόγω της μεγάλης κλίσης του πρανούς πάνω στο οποίο βρίσκεται χτισμένο το Εωκλήσι, με αποτέλεσμα να είναι αδύνατο ο σαρωτής να αποτυπώσει σημεία στην στέγη. Για το λόγο αυτό, έγινε χρήση drone, με το οποίο ελήφθησαν πολλές φωτογραφίες της στέγης του Αη Νικόλα με σκοπό αυτές να συνενωθούν ως ένα πυκνό νέφος σημείων το οποίο με την σειρά του θα συνενωθεί με το τελικό σαρωμένο αντικείμενο που προέκυψε από τις επίγειες σαρώσεις. Η διαδικασία της συνένωσης των εικόνων της στέγης έγινε με την χρήση του λογισμικού Agisoft. Μετά την συνένωση (alignment) και την δημιουργία του πυκνού νέφους σημείων (dense point cloud) ήταν απαραίτητο να γίνει γεωαναφορά του νέφους των σημείων (Point cloud) της στέγης με το Point cloud του TLS διότι δεν είχαν το ίδιο σύστημα αναφοράς και έπρεπε και τα δύο νέφη σημείων να έχουν ως σύστημα αναφοράς το τοπικό σύστημα που ορίστηκε από τον επίγειο σαρωτή.

Η γεωαναφορά της στέγης έγινε με την επιλογή 6 ομόλογων σημείων (Εικόνα 6.2) μεταξύ της στέγης και του αντικειμένου. Έγινε επιλογή των σημείων και καταγραφή των συντεταγμένων τους από το Cyclone. Στη

συνέχεια, με χρήση του Agisoft, τα σημεία αυτά σημειώθηκαν και έγινε η καταγραφή των προαναφερθέντων συντεταγμένων (Πίνακας 6.1).

Markers	X (m)	Y (m)	Z (m)	Accuracy (m)	Error (m)
<input checked="" type="checkbox"/> point 1	-1.573000	-0.270000	2.271000	0.005000	0.158858
<input checked="" type="checkbox"/> point 2	4.113000	2.080000	1.493000	0.005000	1.741144
<input checked="" type="checkbox"/> point 3	-1.077000	8.915000	-2.332000	0.005000	0.833411
<input checked="" type="checkbox"/> point 4	0.059000	2.237000	2.511000	0.005000	0.157784
<input checked="" type="checkbox"/> point 5	-0.133000	-2.336000	0.112000	0.005000	0.537096
<input checked="" type="checkbox"/> point 6	5.715000	3.731000	-1.945000	0.005000	1.287409
Total Error					0.976574

Πίνακας 6.1 – Φωτοσταθερά σημεία που χρησιμοποιήθηκαν για τη λήψη του drone



Εικόνα 6.2 – Άποψη της στέγης μέσω του λογισμικού Agisoft (με κίτρινο φαίνονται τα ομόλογα σημεία)

Μετά την ολοκλήρωση της γεωαναφοράς, έγινε εξαγωγή (export) το αρχείο της γεωαναφερόμενης στέγης σε μορφή .e57 με σκοπό να εισαχθεί στο Cyclone. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε η συνένωση των δύο point cloud. Μετά το πέρας της συνένωσης έγινε έλεγχος για το αν η στέγη «κάθετα» σωστά πάνω στο αντικείμενο. Με το εργαλείο που παρέχει το Cyclone έγινε κατακόρυφη τομή στην εκκλησία και παρατηρήθηκε ότι υπάρχει διαφορά και σφάλμα στην θέση της στέγης.



Εικόνα 6.3 – Σφάλμα στη στέγη από τη λήψη του drone

Όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα (Εικόνα 6.3), η στέγη με το γκρι χρώμα (νέφος σημείων από το drone) δεν ταυτίζεται με αυτή που έχει σαρωθεί από τον TLS και έχει μεγάλη απόκλιση. Αυτό το πρόβλημα μπορεί να προκύπτει από πολλά πιθανά αίτια. Ένα από αυτά μπορεί να είναι τα σφάλματα που προκύπτουν από την σκόπευση των φωτοσταθερών ομόλογων σημείων που επιλέχθηκαν. Λόγω του ότι η επιλογή αυτών των σημείων δεν έγινε με την ακριβέστερη μέθοδο που είναι δυνατή, δηλαδή την τοποθέτηση ειδικών στόχων οι οποίοι μπορούν να σκοπευθούν με ακρίβεια ως φωτοσταθερά σημεία, αλλά έγινε προσεγγιστικά, είναι πιθανό το λάθος που φαίνεται στην παραπάνω εικόνα να έχει προκύψει από αυτό. Η πιθανότερη όμως αιτία για την απόκλιση στην στέγη είναι η διαφορά κλίμακας που υπάρχει στις λήψεις του drone σε σχέση με αυτές του επίγειου σαρωτή. Αυτό φαίνεται μετρώντας την ίδια πλευρά του αντικειμένου και στις δύο διαφορετικές περιπτώσεις. Η ίδια μέτρηση μιας πλευράς παρουσιάζει απόκλιση μερικών εκατοστών (ανάλογα και με την περίπτωση), γεγονός που παράγει σφάλματα στην γεωαναφορά αλλά και στην τελική σάρωση.

Για να διορθωθεί το σφάλμα στην στέγη και για να υπάρξουν σωστά αποτελέσματα συνεπώς, ήταν απαραίτητο να γίνει εκ νέου επίσκεψη στην περιοχή για να γίνουν νέες λήψεις με το drone. Κάτι τέτοιο ήταν αδύνατο να γίνει, λόγω οικονομικών δεδομένων και για αυτό τον λόγο αποφασίστηκε το τελικό προϊόν για τον Αη Νικόλα να αποτελείται μόνο από τα συνενωμένα νέφη σημείων του επίγειου σαρωτή.

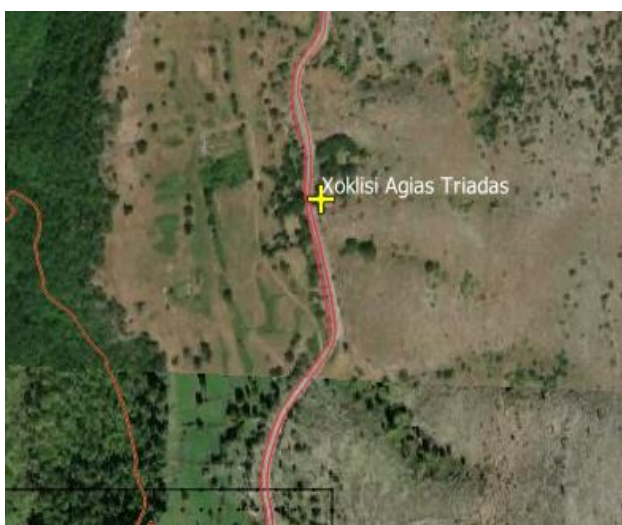
Σε ότι αφορά τα άλλα δύο αντικείμενα που σαρώθηκαν (Άγιος Νικόλαος, Νονούλω), τα σημεία που αποτυπώθηκαν για τις στέγες από τον TLS κρίθηκαν επαρκή και έτσι δεν χρησιμοποιήθηκαν λήψεις από drone.

6.3 Επεξεργασία χαρτογραφικών δεδομένων

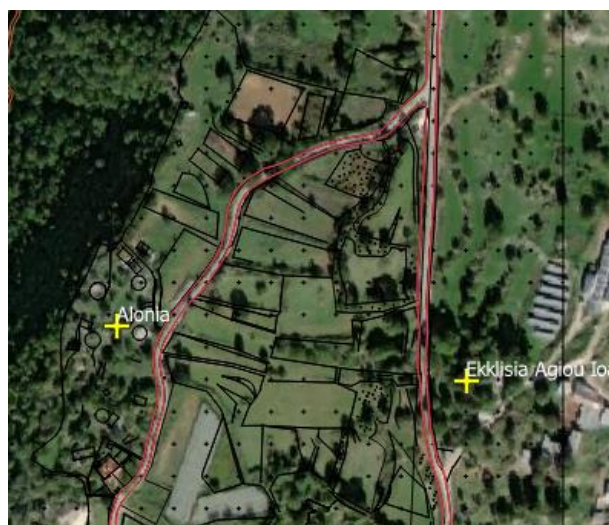
Η επεξεργασία των δεδομένων που αφορούν το χαρτογραφικό κομμάτι είχαν κυρίως να κάνουν με την επεξεργασία των δεδομένων που συλλέχθηκαν από τις διάφορες πηγές ή με την δημιουργία (ψηφιοποίηση) νέων θεματικών επιπέδων, απαραίτητα για την ανάδειξη διαφορετικών θεμάτων της περιοχής μελέτης. Οι εργασίες

κατά κύριο λόγο πραγματοποιήθηκαν στο περιβάλλον του λογισμικού qgis, ενώ ορισμένες έγιναν στο λογισμικό arcgis.

Το πρώτο τμήμα της επεξεργασίας αφορούσε την εισαγωγή χαρτογραφικού υποβάθρου για την περιοχή μελέτης. Επιλέχθηκε μέσω του plugin του qgis QuickMapServices η δορυφορική εικόνα της ESRI (ESRISatellite ArcGis/World_Imagery). Η επιλογή δορυφορικής εικόνας έγινε για να γίνεται πιο εύκολα σαφές η θέση και το ανάγλυφο της περιοχής. Χρειάστηκε να γίνει γεωαναφορά του υποβάθρου στο σύστημα αναφοράς των θεματικών επιπέδων που συλλέχθηκαν (ΕΓΣΑ 87), επειδή το σύστημα αναφοράς του ήταν το WGS84. Στη συνέχεια, η διαδικασία προχώρησε με την επεξεργασία των συλλεχθέντων θεματικών επιπέδων. Πιο συγκεκριμένα, στο layermonopatia έγιναν διαφοροποιήσεις στον χρωματισμό και στο μέγεθος των υπάρχοντων μονοπατιών για να είναι εμφανή και να ταιριάζουν με το υπόβαθρο. Επίσης στα ήδη υπάρχοντα προστέθηκε μέσω ψηφιοποίησης και το μονοπάτι προς τον Αη Γιώργη και τον Αη Νικόλα. Στα θεματικά επίπεδα των δρόμων, έγινε επιλογή των στοιχείων που αφορούσαν μόνο την περιοχή μελέτης και αφαιρέθηκαν τα υπόλοιπα. Επίσης δόθηκε στους δρόμους κόκκινο χρώμα με την ένταση του χρώματος να ορίζει το μέγεθος του δρόμου (Εικόνες 6.4, 6.5).

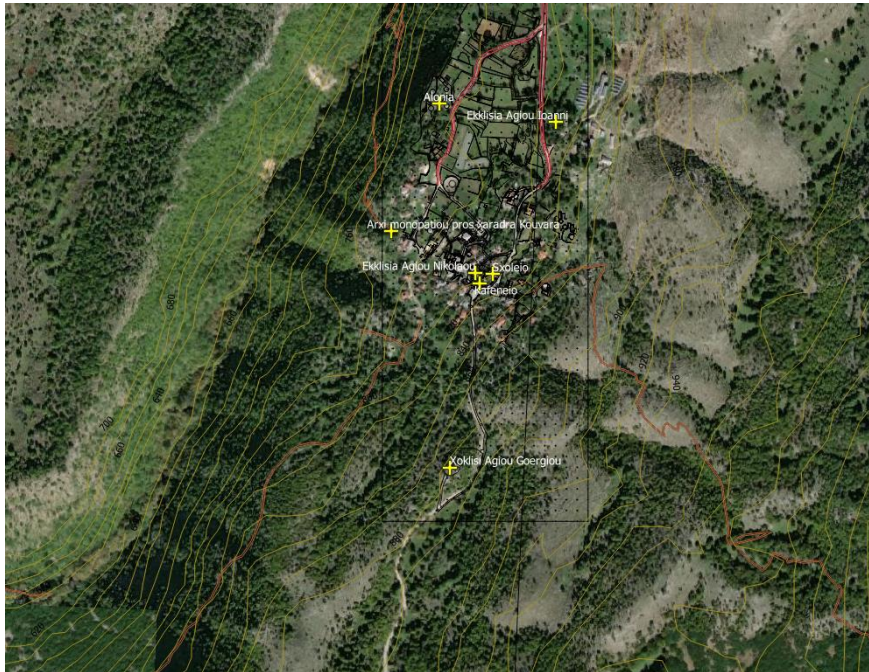


Εικόνα 6.4 - δρόμος προς τον οικισμό



Εικόνα 6.5 - δρόμος εντός του οικισμού

Έπειτα, με την χρήση των υψομετρικών δεδομένων που συλλέχθηκαν από παλαιότερες γεωδαιτικές ασκήσεις φοιτητών του ΠΑΔΑ δημιουργήθηκε το δίκτυο των υψομετρικών καμπυλών για την περιοχή μελέτης. Με την χρήση των υψομετρικών σημείων δημιουργήθηκε το θεματικό επίπεδο hillshade μέσω του qgis το οποίο δείχνει την κλίση του αναγλύφου μέσω της σκίασης (όσο πιο σκούρο χρώμα τόσο πιο μεγάλη κλίση στο ανάγλυφο). Το Layer του hillshade δημιουργήθηκε για να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή των υψομετρικών καμπυλών. Αυτό προέκυψε με την χρήση της εντολής στο menu vector "contour" η οποία κατασκεύασε το τελικό αποτέλεσμα των ισούψων καμπυλών (Εικόνα 6.6).



Εικόνα 6.6 - ισοψείς καμπύλες (με καφέ ανοιχτό χρώμα)

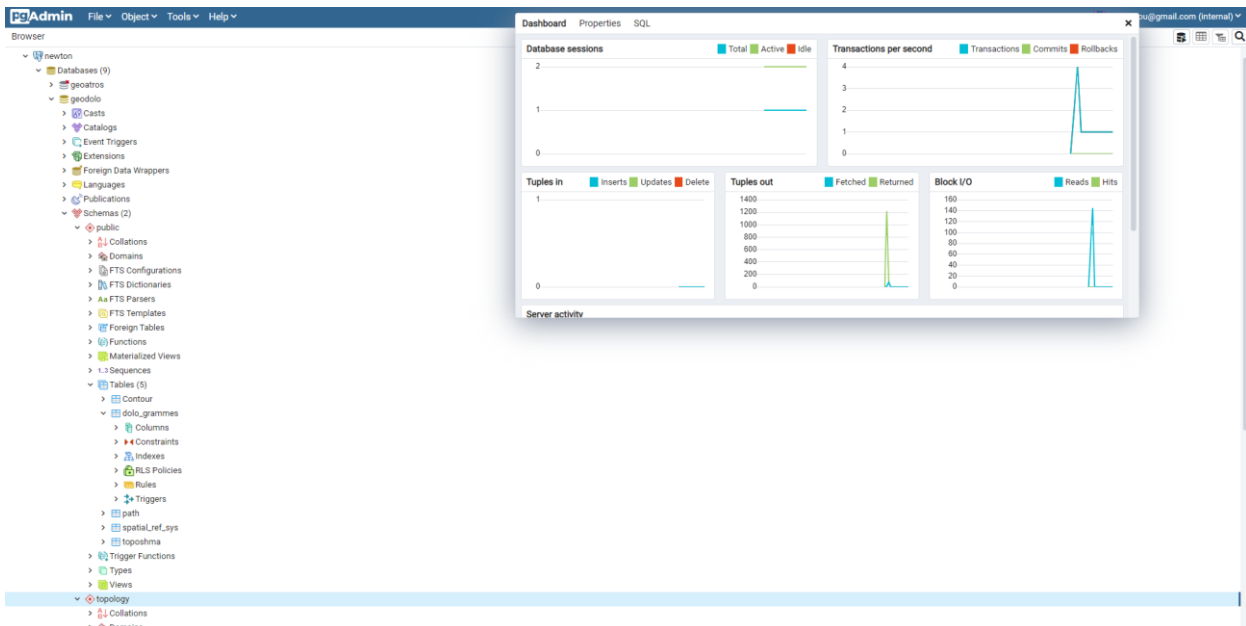
Σε ότι αφορά τα σημειακά δεδομένα δημιουργήθηκε θεματικό επίπεδο το οποίο περιέχει τα τοπία του οικισμού αλλά και γύρω από αυτόν (Εικόνα 6.7). Επιλέχθηκαν να ψηφιοποιηθούν σημεία τα οποία να έχουν πολιτιστική, φυσιολατρική αλλά και γεωχωρική σημασία όπως τα Ξωκλήσια, το σχολείο, το καφενείο και συγκεκριμένα μονοπάτια (Αγίου Χριστοφόρου, χαράδρα Κουβαρά). Με αυτό τον τρόπο θα είναι σαφές στον αναγνώστη του χάρτη η ακριβής θέση των σημαντικών αντικειμένων της περιοχής μελέτης.



Εικόνα 6.7 – τοπία (με κίτρινο σταυρό)

6.4 Δημιουργία ServerSite

Παρακάτω θα παρουσιαστεί η διαδικασία που ακολουθήθηκε για το στήσιμο του server αλλά και του ιστότοπου που χρησιμοποιούνται για να γίνει η παρουσίαση του υλικού που έχει συλλεχθεί κατά την διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας. Πιο συγκεκριμένα ο server που χρησιμοποιείται (<http://195.130.106.60/pgadmin4/login?next=%2Fpgadmin4%2Fbrowser%2F>), «στεγάζει» μια βάση δεδομένων στην οποία ανεβαίνουν όλα τα σχετικά αρχεία (Εικόνα 6.8).

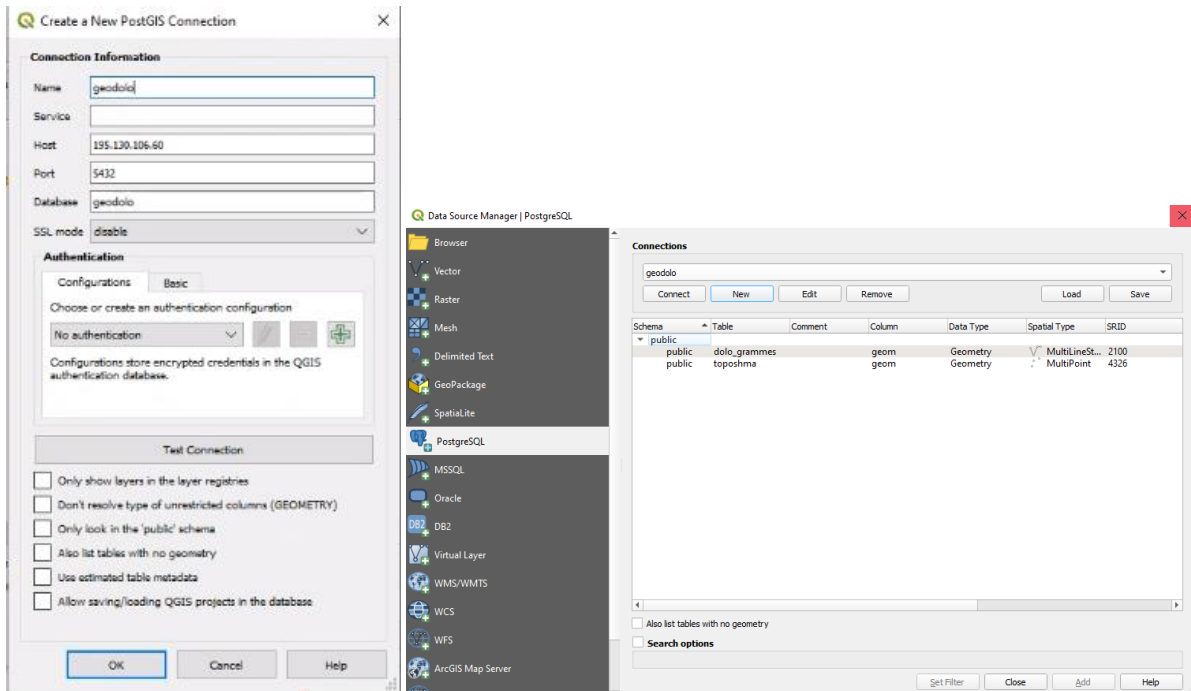


Εικόνα 6.8 user interface της βάσης δεδομένων του server

Αφού γίνει η σύνδεση στο user interface του server, παρατηρούνται οι επιλογές και οι διάφορες κατηγορίες που διαθέτει η βάση δεδομένων. Οι κατηγορίες ενδιαφέροντος για αυτή την εργασία βρίσκονται στο schemas και πιο συγκεκριμένα είναι οι public και topology. Επίσης, απαραίτητες κατηγορίες για την παρουσίαση του υλικού είναι οι postgis και postgis_topology. Αυτές οι δύο, είναι που δίνουν στην βάση την δυνατότητα να έχουν τα αντικείμενα γεωχωρική πληροφορία, εκτός από περιγραφική. Η υποκατηγορία schemastης public είναι αυτή στην οποία ανεβαίνουν τα attributetables των θεματικών επιπέδων που χρησιμοποιούνται με όλες τις στήλες τους που περιέχουν περιγραφικά αλλά και γεωχωρικά χαρακτηριστικά.

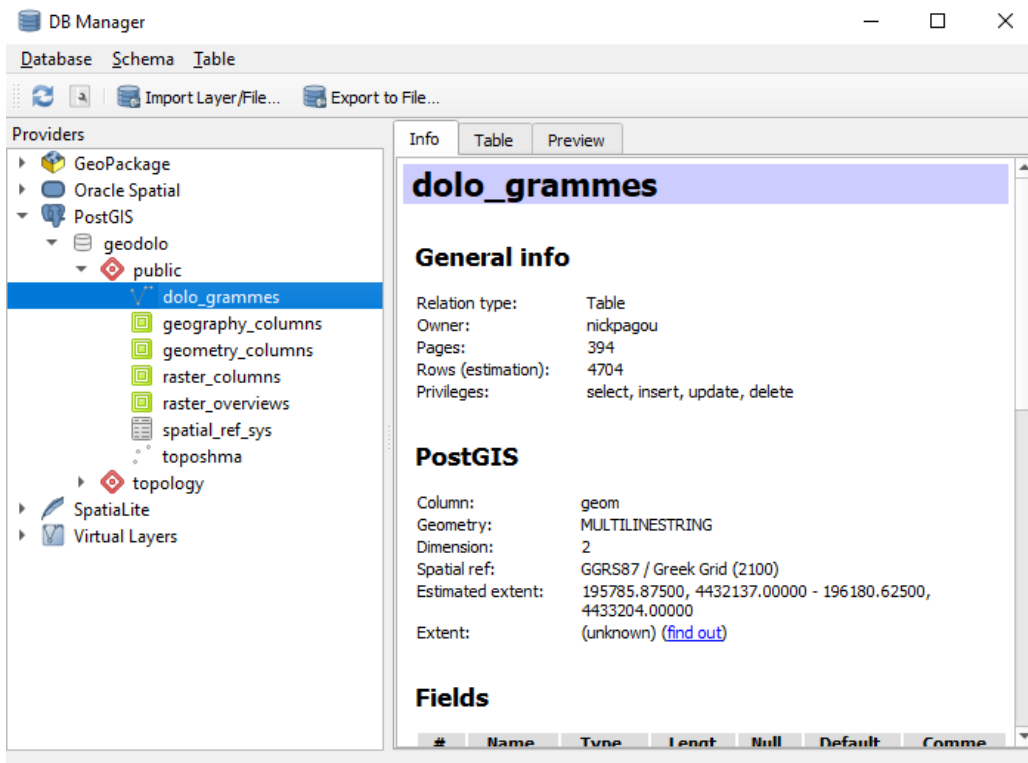
Το πρώτο στάδιο της διαδικασίας αφορά το λογισμικό qgis, στο οποίο γίνονται οι απαραίτητες τροποποιήσεις στα θεματικά επίπεδα που θα ανέβουν στην βάση δεδομένων και στη συνέχεια στον geoserver και τελικά στον ιστότοπο. Οι τροποποιήσεις αυτές μπορεί να αφορούν σε αισθητικές διορθώσεις αλλά και σε διορθώσεις που να αφορούν άλλα χαρακτηριστικά όπως διορθώσεις στις ψηφιοποιήσεις ή αλλαγή κάποιων περιγραφικών χαρακτηριστικών. Το επόμενο στάδιο είναι το ανέβασμα των αρχείων στην βάση δεδομένων του server. Αυτό γίνεται μέσω του λογισμικού qgis, δηλαδή γίνεται σύνδεση της βάσης δεδομένων (geodolo) με το πρόγραμμα και

με αυτό τον τρόπο, γίνεται το ανέβασμα των αρχείων μέσω του ui (userinterface) του qgis (Εικόνα 6.9). Για να ανέβει το αρχείο πηγαίνουμε στο datasourcemanager, στη συνέχεια επιλέγουμε postgresql και σε εκείνο το σημείο πρέπει να γίνει ο ορισμός του servergeodolo για να γίνει στην συνέχεια η σύνδεση.



Εικόνα 6.9 Σύνδεση της βάσης δεδομένων με τον geoserver

Στη συνέχεια αφού γίνει η σύνδεση της βάσης με το λογισμικό (connect), εμφανίζεται το user interface του qgis (Εικόνα 6.10).



Εικόνα 6.10 Ανέβασμα θεματικών επιπέδων από το λογισμικό qgis στη βάση δεδομένων

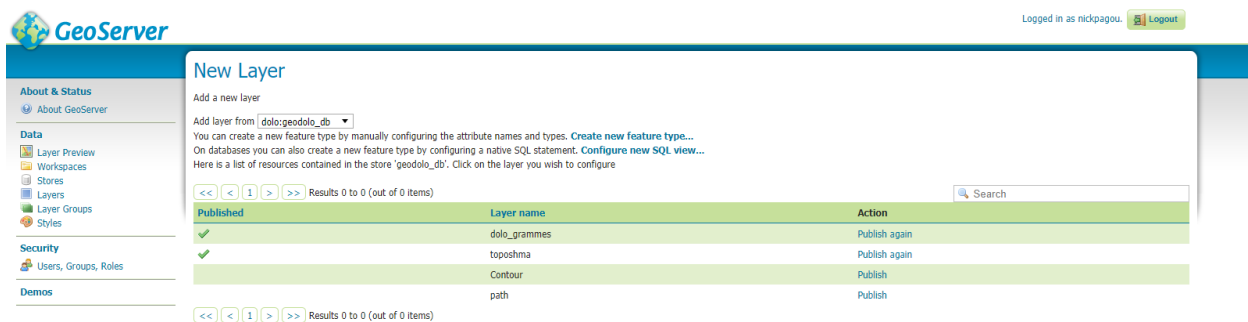
Όπως φαίνεται στην εικόνα 6.10, με την εντολή "ImportLayer/File" γίνεται η εισαγωγή των θεματικών επιπέδων στην βάση δεδομένων.

Αφού έχουν ανέβει όλα τα layers στην βάση δεδομένων, σειρά έχει να γίνει η σύνδεση της βάσης δεδομένων με τον geoserver. Με αυτό το βήμα θα είναι δυνατό τα αρχεία που θα υπάρχουν στον geoserver να φαίνονται στον ιστότοπο που θα παρουσιάζεται η εργασία. Στον geoserver γίνεται επίσης σύνδεση με κωδικό και username. (Εικόνα 6.11). Μεταφερόμαστε στο workspace και από κει με σειρά στις εντολές stores-postgis και επιλέγουμε την βάση δεδομένων μας (geodolo_db).



Εικόνα 6.11 Σύνδεση της βάσης δεδομένων με το geoserver

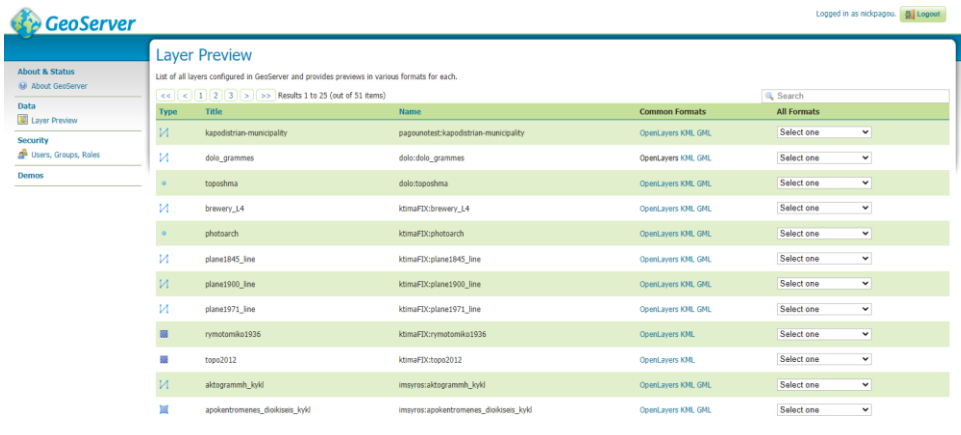
Με αυτό τον τρόπο επικοινωνεί ο geoserver με την βάση δεδομένων. Για να ανέβει ένα Layer στον geoserver πρέπει να γίνει published (Εικόνα 6.12).



Εικόνα 6.12 Προσθήκη νέων θεματικών επιπέδων στο geoserver

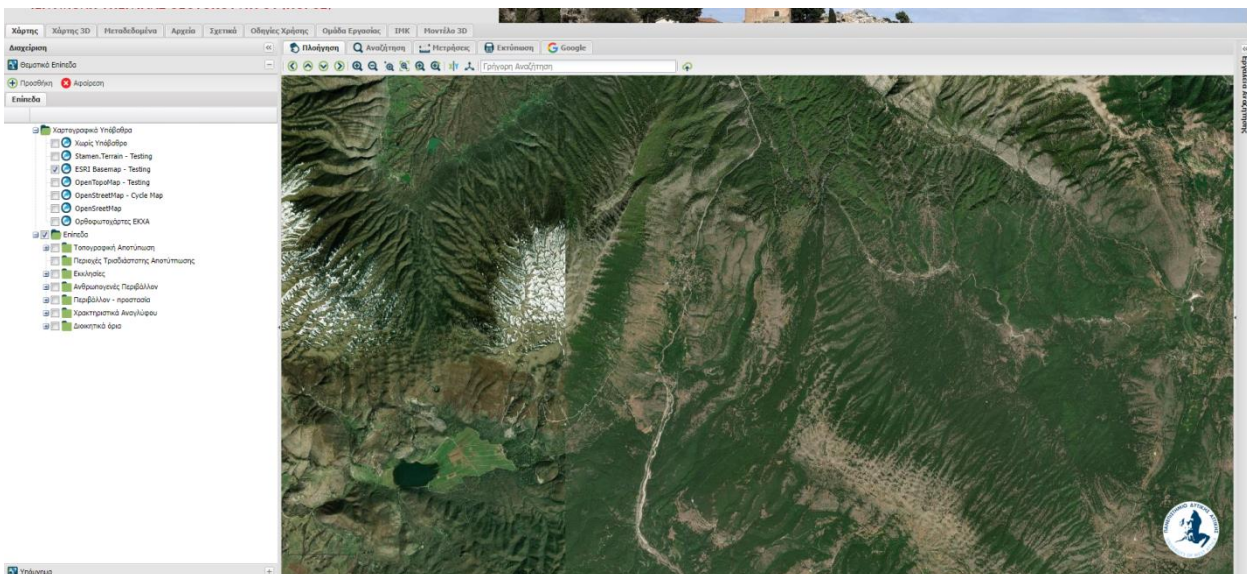
Η σειρά με την οποία γίνεται η διαδικασία είναι η εξής: publishing-layer settings-line-queryable. Είναι σημαντικό σε αυτή την διαδικασία να γίνει έλεγχος του συστήματος αναφοράς συντεταγμένων και να είναι τικαρισμένο στην επιλογή bounding boxes to compute from data, για να υπολογίσει συντεταγμένες το σύστημα από μόνο του.

Σημειώνεται πως ο geoserver δίνει την επιλογή Preview Layer η οποία δίνει την προεπισκόπηση του θεματικού επιπέδου που γίνεται upload (Εικόνα 6.13). Αυτό είναι χρήσιμο διότι δίνει την επιλογή να δούμε με περισσότερη ευκολία αν το θεματικό επίπεδο είναι σωστό και έτσι μπορούν να γίνουν πιο γρήγορα και πιο ανώδυνα διορθώσεις έτσι ώστε να είναι σωστό το upload.



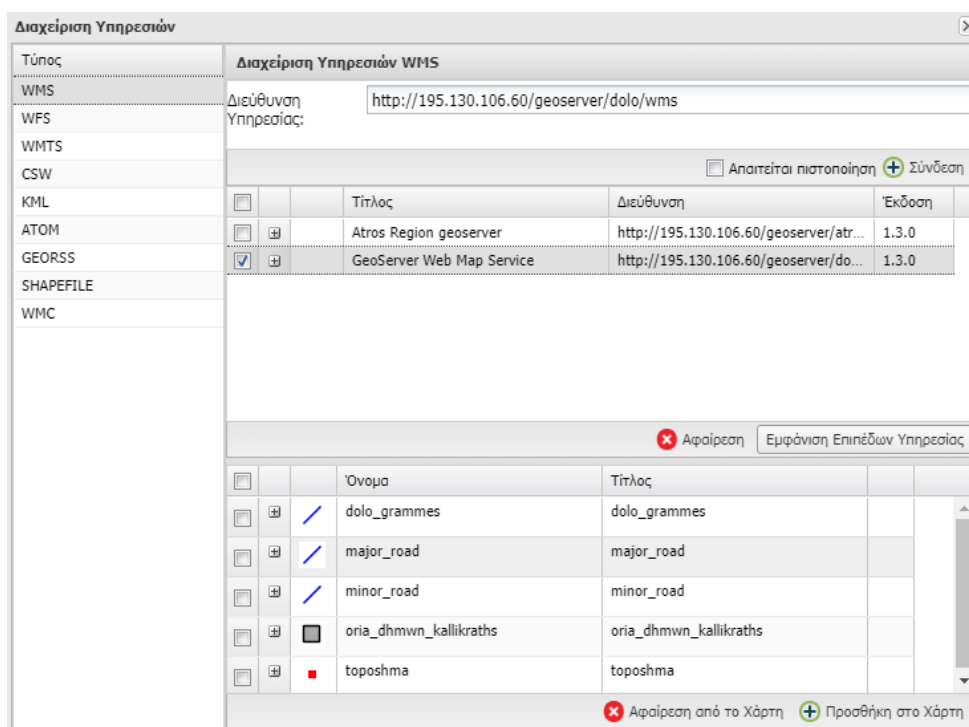
Εικόνα 6.13 Δυνατότητα προεπισκόπησης θεματικών επιπέδων

Στη συνέχεια, αφού έχουν γίνει όλα τα layers published, σειρά έχει η διαδικασία του τελικού ανεβάσματος. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται στο περιβάλλον του ιστότοπου GeoDolo (Εικόνα 6.14).



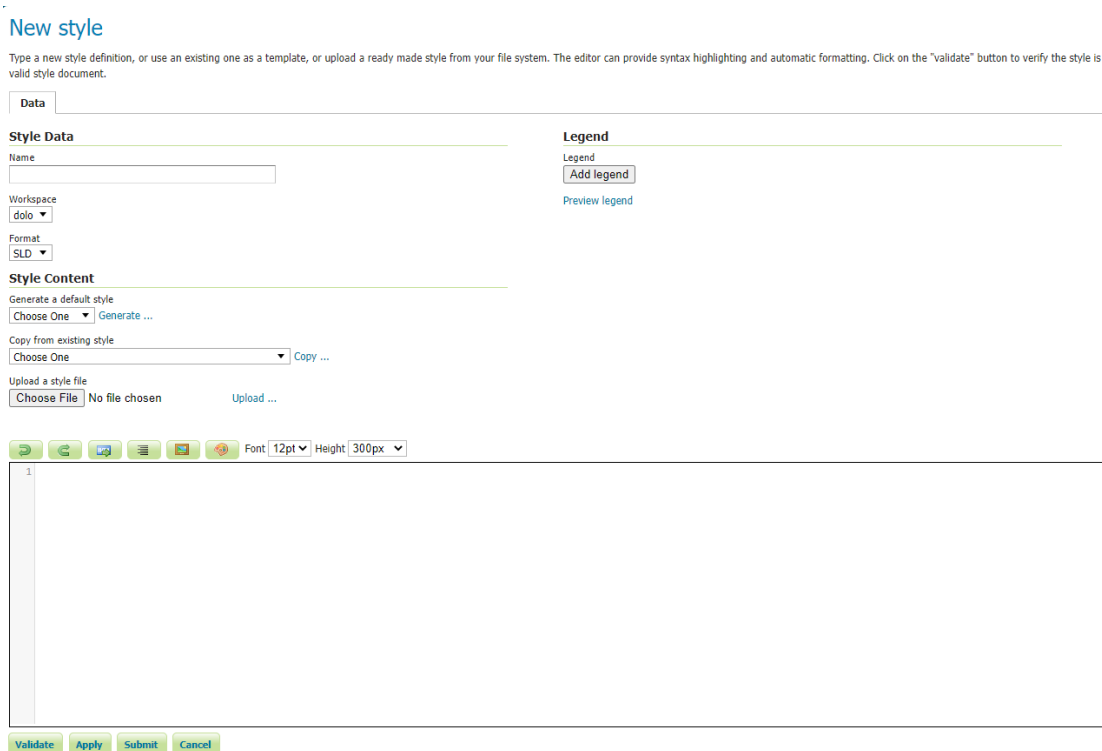
Εικόνα 6.14 Περιβάλλον ιστότοπου GeoDolo

Η διαδικασία έχει ως εξής: Τα αρχεία που ανεβαίνουν στον ιστότοπο είναι όλα τύπου WMS (Web Map Service). Αυτή είναι μια καλύτερη επιλογή για την χρήση αναφορικών επιπέδων, καθώς υπάρχει πρόσβαση σε πλούσια σύνολα δεδομένων για το GIS, χωρίς την ταλαιπωρία της μορφοποίησης και του «κατεβάσματος» δεδομένων. Αρχικά, γίνεται η σύνδεση του geoserver με το site για να είναι δυνατή η μεταφορά των θεματικών επιπέδων. Αυτό γίνεται, τοποθετώντας την διεύθυνση του server και πατώντας σύνδεση. Έτσι, γίνεται η σύνδεση και φαίνονται όλα τα layers που υπάρχουν ανεβασμένα στο geoserver (Εικόνα 6.15).



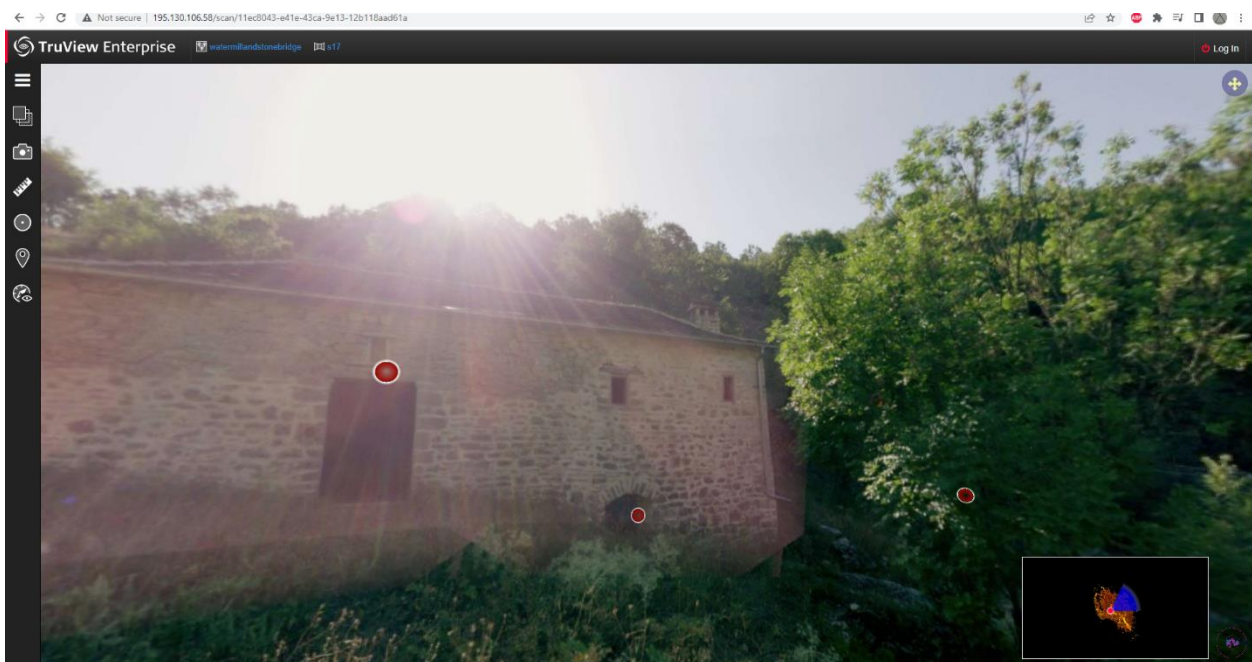
Εικόνα 6.15 Σύνδεση του geoserver με τον ιστότοπο

Το επόμενο βήμα είναι να ανέβουν τα styles για το κάθε αντίστοιχο layer έτσι ώστε να εμφανιστούν και στον ιστότοπο. Αυτό γίνεται αποθηκεύοντας το style του κάθε θεματικού επιπέδου σε τύπο αρχείου .sld. Στη συνέχεια προστίθεται το style στον geoserver από την επιλογή AddStyles και τέλος προσθέτουμε στο αντίστοιχο layer το style στο περιβάλλον του ιστοτόπου και έτσι ολοκληρώνεται η διαδικασία (Εικόνα 6.16).



Εικόνα 6.16 Προσθήκη style σε θεματικό επίπεδο

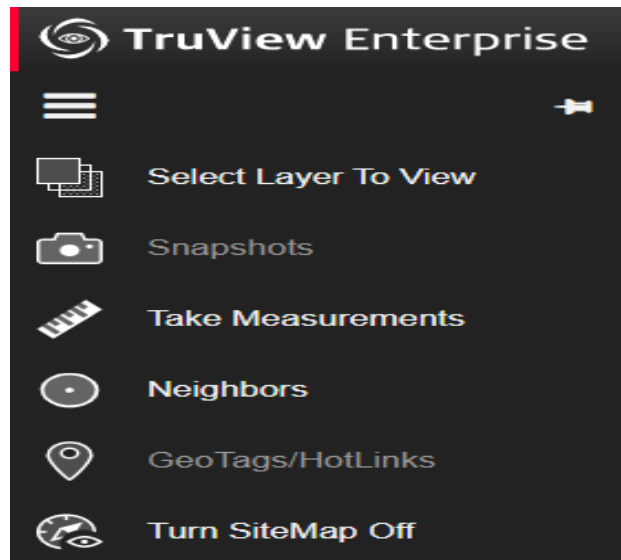
Για την περιήγηση των χρηστών αλλά και για την καλύτερη κατανόηση των αντικειμένων που σαρώθηκαν και μελετήθηκαν, επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί η πλατφόρμα Truview Enterprise της Leica, η οποία παρέχει στον χρήστη την δυνατότητα της περιήγησης στον χώρο που έχει σαρωθεί με ανάλογο τρόπο άλλων πλατφορμών περιήγησης, όπως για παράδειγμα το street view της Google. Το truview διαφοροποιείται διότι η περιήγηση στον χώρο που έχει σαρωθεί γίνεται με βάση τις στάσεις που έχει τοποθετηθεί ο σαρωτής, δηλαδή ο χρήστης μπορεί να μεταφερθεί στην θέση κάθε στάσης και να έχει την δυνατότητα οπτικής θέασης εύρους 360 μοιρών στο οριζόντιο επίπεδο και 270 μοιρών στο κατακόρυφο επίπεδο. Σημειώνεται ότι η εικόνα που βλέπει ο χρήστης είναι φωτογραφίες λήψης από το σαρωτή, παράλληλα με την συλλογή του νέφους σημείων (point cloud) όπως φαίνεται στην εικόνα 6.17.



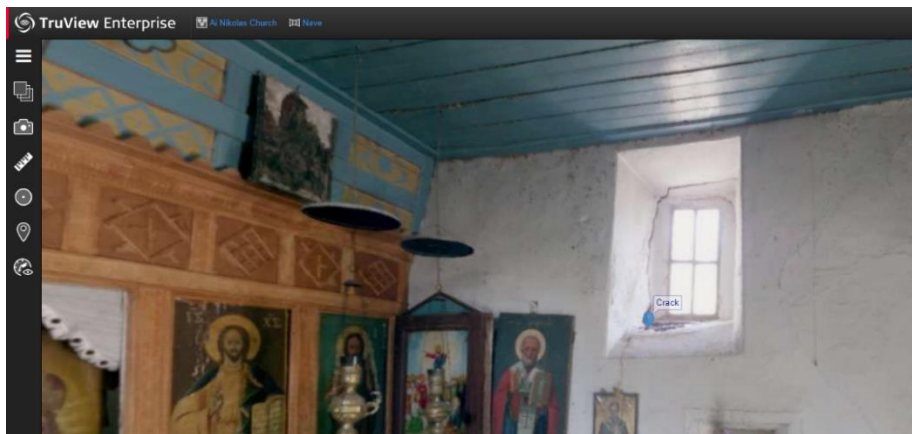
Εικόνα 6.17 Περιβάλλον truview

Εκτός από την δυνατότητα περιήγησης, η πλατφόρμα του truview παρέχει και άλλες επιλογές. Μερικές από αυτές είναι η δυνατότητα μέτρησης αποστάσεων (Εικόνα 6.18), η ρύθμιση φωτεινότητας και αντίθεσης (contrast) μέσω του HDR layer, η προσθήκη geotags με περιγραφική πληροφορία για κάθε στάση. Αυτό είναι ένα επιπλέον στοιχείο που μπορεί να είναι βοηθητικό για τον επισκέπτη διότι δίνει πληροφορίες οι οποίες δεν είναι δυνατό να αντληθούν μόνο από την εικόνα και άρα δίνει στον επισκέπτη μια πιο ολοκληρωμένη άποψη για το αντικείμενο αλλά και την περιοχή γενικότερα.

Τα geotags που τοποθετήθηκαν αφορούσαν τοπόσημα για το κάθε αντικείμενο και επιλέχθηκαν με βάση την σημαντικότητά τους. Μερικά από αυτά είναι στο οστεοφυλάκειο του Αγίου Νικολάου, στην συσκευή του νερόμυλου στη Νονούλω και στο τέμπλο του Άη Νικόλα. Για κάθε geotag που τοποθετήθηκε στον χώρο υπήρχε και η αντίστοιχη περιγραφική πληροφορία για αυτό, δηλαδή ένα Pdf με στοιχεία και πληροφορίες, όπως φαίνεται στις εικόνες 6.19 και 6.20.



Εικόνα 6.18 Περιβάλλον trunview-επιλογές



Εικόνα 6.19 Περιβάλλον trunview, geotag



Εικόνα 6.20 Περιγραφική πληροφορία του geotag

Το ανέβασμα του σαρωμένου αντικειμένου στο truniew πραγματοποιήθηκε στον server του Τμήματος Μηχανικών Τοπογραφίας και Γεωπληροφορικής του ΠΑΔΑ. Η διαδικασία που ακολουθείται είναι η εξής: Αρχικά, γίνεται σωστή ονομασία της κάθε στάσης στο Cyclone με βάση τα χαρακτηριστικά της. Στη συνέχεια, στο τελικό modelspace σε περιβάλλον Cyclone επιλέγεται να γίνει publish το αρχείο σε τύπο lgs. Έπειτα, στον υπολογιστή server, στην πλατφόρμα του truniew επιλέγεται AddSites και ανεβαίνουν τα lgs αρχεία που έγιναν publish. Στη συνέχεια αφού έχουν ανέβει όλα τα αρχεία στο truniew, γίνονται οι διαδικασίες της επεξεργασίας όπως τα geotags, οι διορθώσεις στις αποστάσεις μεταξύ των στάσεων αλλά και η έκθεση στο φως (exposure).

Με το πέρας αυτής της διαδικασίας έχουν ανέβει όλα τα σαρωμένα αντικείμενα στην πλατφόρμα του truniew και είναι έτοιμα για θέαση από τους χρήστες και επισκέπτες του ιστότοπου που έχει φτιαχτεί.

Η διαδικασία που ακολούθησε ήταν η δημιουργία μέσω των νεφών σημείων των αντικειμένων (point clouds), 3D μοντέλων των αντικειμένων με τελικό στόχο να παρουσιαστούν μέσω του λογισμικού Cyclone 3dr στον ιστότοπο του Δολού (GeoDolo).

Η διαδικασία δημιουργίας των μοντέλων γίνεται εξ ολοκλήρου στο λογισμικό Cyclone 3dr. Το πρώτο βήμα αφορά τον «καθαρισμό» από θόρυβο των τελικών model space έτσι ώστε να είναι τα αντικείμενα μικρότερα σε μέγεθος αλλά και πιο ευκρινή και κατανοητά στην θέαση από τον χρήστη. Αφού γίνει αυτή η διαδικασία τα αρχεία γίνονται export σε τύπο .ptx όπου είναι ο ενδεδειγμένος για την εισαγωγή τους στο 3dr. Το πρώτο στάδιο στο 3dr είναι η δημιουργία ενός απλού μοντέλου mesh από το point cloud με σχετικά μεγάλη απόσταση μεταξύ των σημείων.

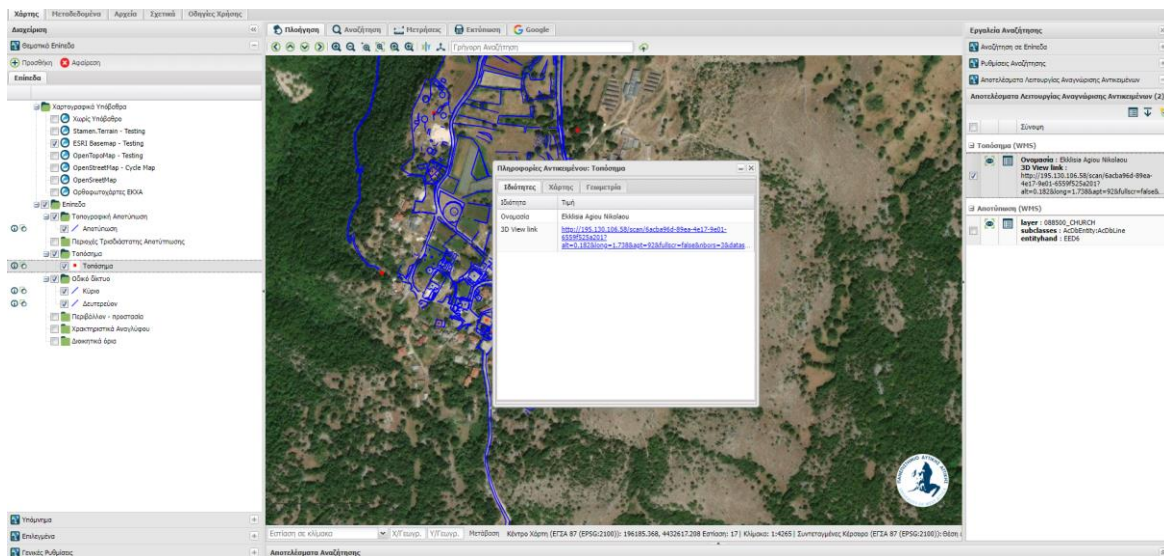
Αυτό δημιουργείται για να υπάρχει μια ικανοποιητική βάση μοντέλου για τη δημιουργία των πιο λεπτομερών τρισδιάστατων μοντέλων. Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας το mesh αλλά και το point cloud δημιουργείται με τις σωστές παραμέτρους (π.χ. deviation error 0.0005m) ένα πιο λεπτομερές μοντέλο. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται μια ακόμη φορά για να παραχθεί το τελικό τρισδιάστατο μοντέλο, το οποίο θα παρουσιαστεί και στον ιστότοπο. Σημειώνεται ότι, λόγω του μεγάλου μεγέθους των αρχείων, έγινε σε κάθε ένα από αυτά προσπάθεια να μειωθεί το μέγεθος τους (reduce points) για να μειωθεί και ο χρόνος παραγωγής τους αλλά και να διευκολυνθεί η παρουσίαση τους στον ιστότοπο.

Μετά από προσπάθειες έγινε εμφανές ότι τα αρχεία από το 3dr ήταν πολύ μεγάλα για να ανέβουν με την ολοκληρωμένη σαρωμένη τους μορφή. Για αυτό τον λόγο έγιναν τροποποιήσεις στα τελικά ανεβασμένα μοντέλα για να μειωθεί το μέγεθος τους και με αυτό τον τρόπο να είναι δυνατό το upload τους στο περιβάλλον του sketchfab. Πιο συγκεκριμένα, στον Άγιο Νικόλαο κρατήθηκε μόνο η πρόσοψη του κτηρίου δηλαδή το χαγιάτι της εκκλησίας και το καμπαναριό. Στο Ξωκλήσι του Άη Νικόλα αφαιρέθηκε από το τελικό μοντέλο η στέγη και από την Νονούλω κρατήθηκε μόνο το πέτρινο γεφύρι.

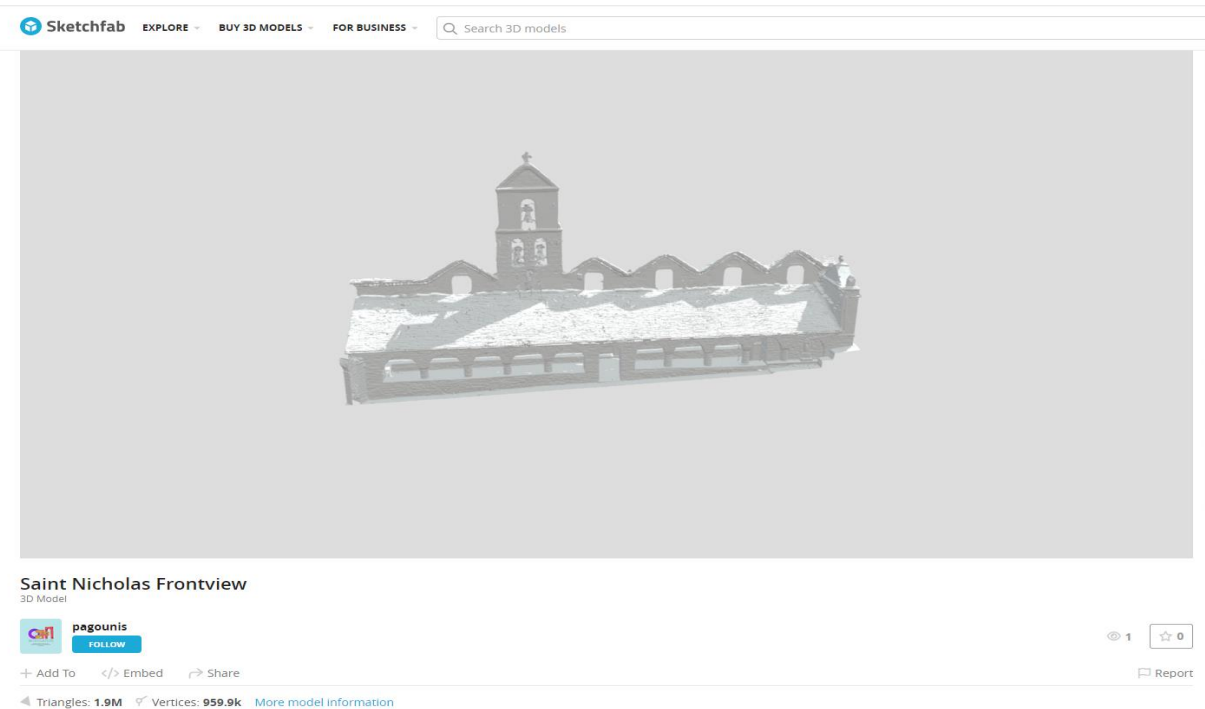
Το τελευταίο σκέλος των εργασιών αφορούσε στο «ανέβασμα» των τρισδιάστατων αντικειμένων αλλά και των αντικειμένων που υπάρχουν στην πλατφόρμα του truniview, στον ιστότοπο που κατασκευάστηκε.

Αυτό πραγματοποιήθηκε με την χρήση hyperlinks σε κάθε αντίστοιχο αντικείμενο. Για παράδειγμα, στο layer με τα τοπία και πιο συγκεκριμένα το στοιχείο Άη Νικόλας, όταν ο χρήστης το επιλέγει στον χάρτη, δίνεται η δυνατότητα μέσω αυτών των hyperlinks (Εικόνα 6.21 και 6.22) να επισκεφτεί ο χρήστης το truniview αλλά και τον ιστότοπο του sketchfab, στο οποίο ανέβηκαν τα τρισδιάστατα μοντέλα. Σε ότι αφορά το sketchfab, είναι ένας ιστότοπος στον οποίο μπορούν να ανέβουν αρχείο που έχουν επεξεργαστεί στο λογισμικό Cyclone 3dr και αφού γίνουν export σε αρχείο τύπου .tls μπορούν να ανέβουν στο παραπάνω site.

Τέλος, για διάφορα θεματικά επίπεδα προστέθηκαν εικόνες και βίντεο με υλικό από το εκάστοτε Layer για την καλύτερη κατανόηση του αντικειμένου από τον χρήστη.

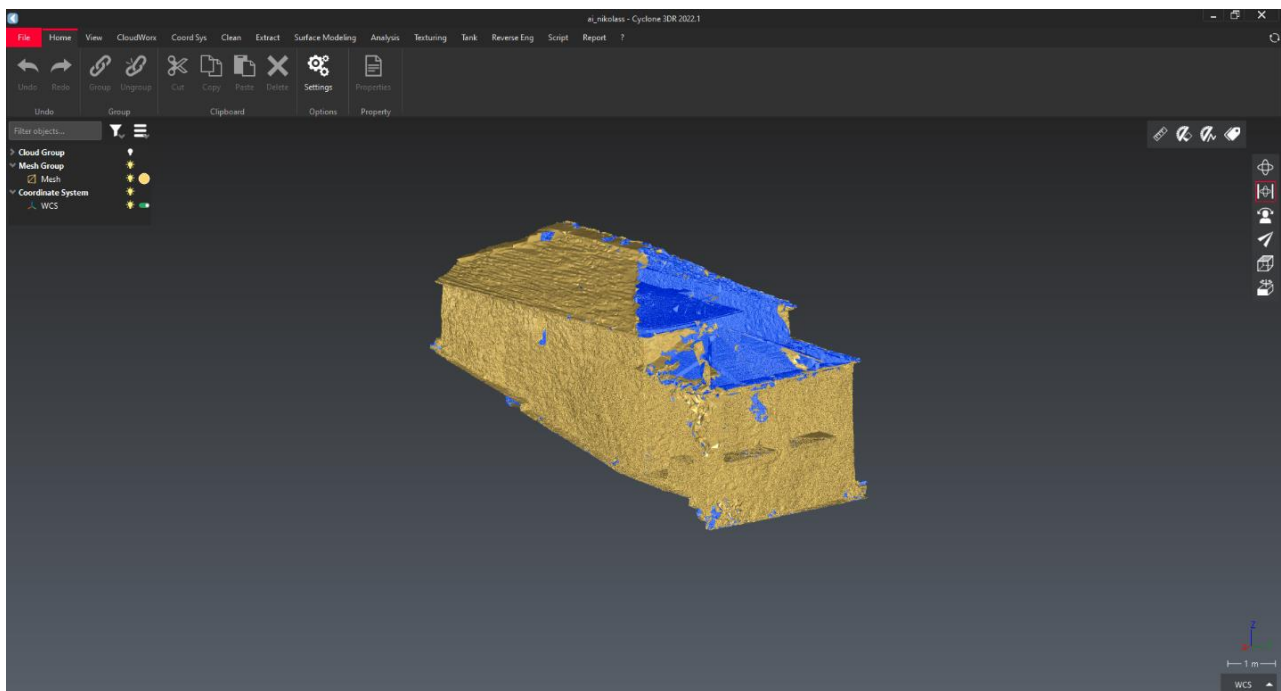


Εικόνα 6.22 Hyperlink to truniview

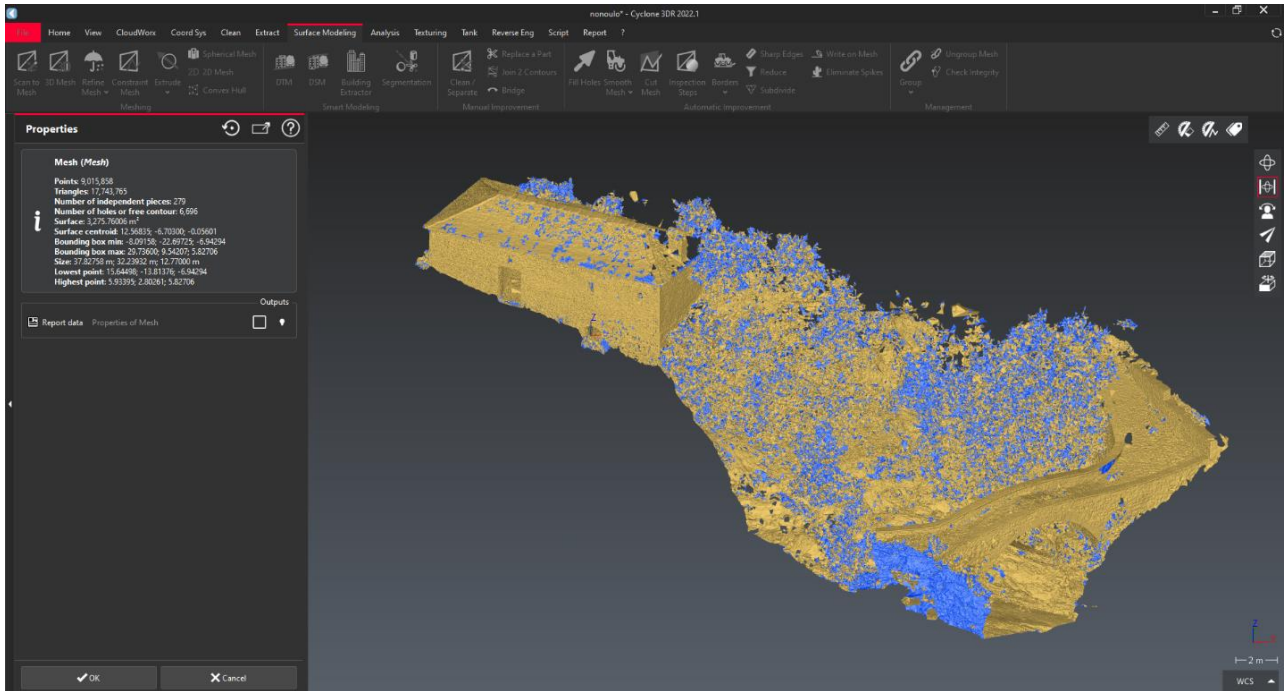


Εικόνα 6.23 Περιβάλλον sketchfab

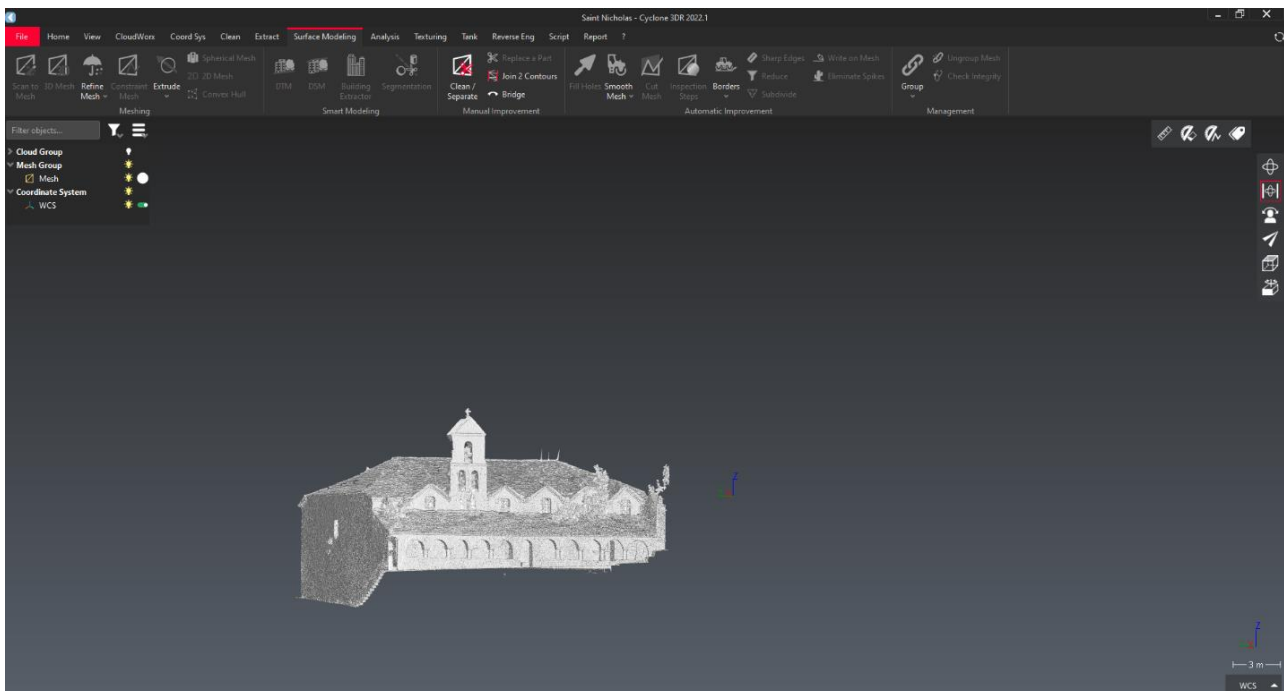
Παρακάτω (εικόνες 6.23 έως 6.26) παρουσιάζονται στιγμιότυπα οθόνης από τα τρισδιάστατα μοντέλα που δημιουργήθηκαν και από τα τελικά προϊόντα που ανέβηκαν στον ιστότοπο.



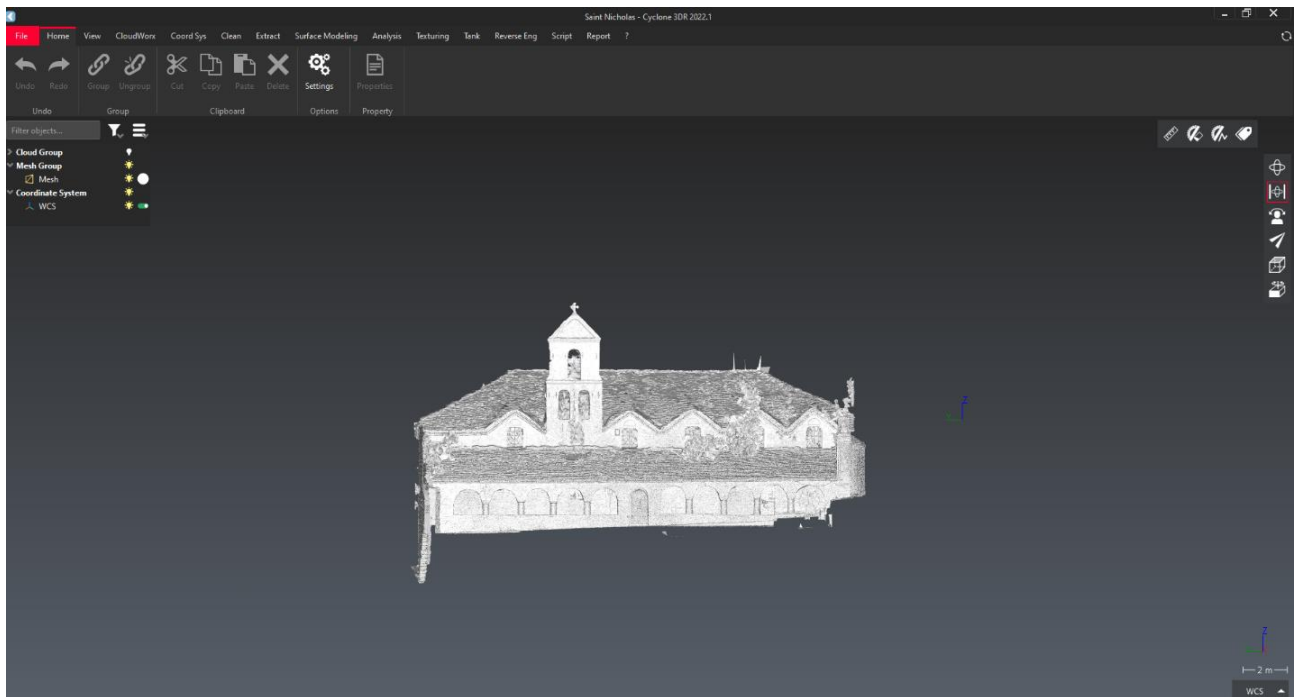
Εικόνα 6.23 Περιβάλλον Cyclone3dr, Άη Νικόλας



Εικόνα 6.24 Περιβάλλον Cyclone 3dr, Νουούλα



Εικόνα 6.25 Περιβάλλον Cyclone 3dr, Άγιος Νικόλαος



Εικόνα 6.26 Περιβάλλον Cyclone 3dr, Άγιος Νικόλαος 1

7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την διαδικασία εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας αλλά και ορισμένες προτάσεις με βάση το θεωρητικό και πρακτικό υπόβαθρο που προέκυψε μέσω της διαδικασίας.

Στη συνέχεια παρατίθενται συμπεράσματα τα οποία θα χωριστούν σε δύο ενότητες, αυτές που αφορούν το θεωρητικό και αυτές που αφορούν το τεχνικό μέρος. Στα τεχνικά συμπεράσματα θα παρατεθούν συνοπτικά και συμπυκνωμένα τα αποτελέσματα των εργασιών που πραγματοποιήθηκαν ενώ στα θεωρητικά θα παρουσιαστούν τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την έρευνα που έγινε για την εργασία.

7.1 Τεχνικά Συμπεράσματα

Ο βασικός στόχος της εργασίας που αφορούσε στην δημιουργία ενός εικονικού χώρου, μέσω του οποίου είναι δυνατή η επίσκεψη του συνόλου του ψηφιοποιημένου υλικού επιτεύχθηκε. Στις σαρώσεις με τον επίγειο σαρωτή δεν παρουσιάστηκαν προβλήματα στην προεργασία και ετοιμασία. Στην εκκλησία του Αγίου Νικολάου αλλά και στο γεφύρι και τον νερόμυλο της Νονούλως δεν παρουσιάστηκε κάποιο πρόβλημα και οι διαδικασίες σάρωσης κύλησαν ομαλά. Τα προβλήματα που παρουσιάστηκαν στο κομμάτι των σαρώσεων αφορούσαν κυρίως το ξωκλήσι του Αη Νικόλα. Αυτά αφορούσαν την δύσκολη μορφολογία του εδάφους, η οποία λόγω της κλίσης της, έκανε δύσκολη την επιλογή σωστών θέσεων οργάνου. Από τα παραπάνω, μπορεί να ειπωθεί πως είναι απαραίτητο να γίνεται ενδελεχής μελέτη στον περιβάλλοντα χώρο του αντικειμένου πριν την έναρξη των σαρώσεων, διότι με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα.

Για τη συλλογή δεδομένων που απαρτίζουν την χαρτογραφική απεικόνιση παρατηρήθηκε δυσκολία στην συλλογή των δεδομένων και συγκεκριμένα εύρεσης χαρτογραφικών δεδομένων. Τα περισσότερα βρέθηκαν μετά από προσωπική επικοινωνία με ανθρώπους και φορείς που τα κατείχαν από παλαιότερες εργασίες. Υπήρχαν ελάχιστα δεδομένα διαθέσιμα για το ευρύ κοινό στο διαδίκτυο κάτι το οποίο δυσχεράνει τις διαδικασίες, καθώς είτε απαιτείται επιπλέον χρόνος για την εύρεση αυτών, είτε ορισμένα κομμάτια ψηφιοποιούνται χειροκίνητα μέσω λογισμικών, πράγμα που σημαίνει ότι δε θα έχουν τόσο καλή ακρίβεια. Είναι επομένως πολύ σημαντικό, για τους λόγους που αναφέρθηκαν παραπάνω να έχει γίνει πολύ καλή προεργασία για τα χαρτογραφικά δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν.

Στο κομμάτι της βάσης δεδομένων και του server, διαπιστώθηκε η χρησιμότητα τους σε συνδυασμό με τον διαδικτυακό ιστότοπο, όπου τα δεδομένα από προηγούμενες διαδικασίες παρουσιάζονται με ολοκληρωμένο τρόπο. Η ύπαρξη ενός server που υποστηρίζει μια βάση δεδομένων, στην περίπτωσή μας πολιτιστικά, φυσιολατρικά κ.α. δεδομένα, θα είναι διαθέσιμα, αποτελώντας ένα αρχείο πολιτιστικής κληρονομιάς που συμβάλλει στην ανάδειξη του τόπου για επισκέπτες αλλά και για τους ντόπιους.

7.2 Θεωρητικά Συμπεράσματα

Μέσω της έρευνας για την επιλογή καταλληλότερου μέσου για την ανάδειξη των μνημείων και αντικειμένων του Δολού, καταλήξαμε στον επίγειο τρισδιάστατο σαρωτή της Leica, BLK360. Έγινε σύγκριση με τις παλαιότερες τεχνολογίες και μεθόδους που χρησιμοποιούνταν για την αποτύπωση και παρουσίαση αντικειμένων και πιο συγκεκριμένα μνημείων και μέσω αυτής διαπιστώθηκε ότι η χρήση του TLS(επίγειοι τρισδιάστατοι σαρωτές) έχει πολλαπλά οφέλη σε σχέση με τις παλαιότερες τεχνολογίες (πχ totalstation).

Η εξέλιξη της τεχνολογίας έχει καταφέρει αφενός να διευκολύνει αφετέρου να δημιουργήσει καλύτερες συνθήκες για την παραγωγή ποιοτικότερων αποτελεσμάτων σε όλα τα πεδία των επιστημών. Έτσι και στην επιστήμη της τοπογραφίας, η ανάπτυξη νέων μεθόδων – τεχνικών αποτύπωσης, η δημιουργία νέων λογισμικών πιο φιλικών ως προς τον χρήστη με περισσότερες επιλογές όπως και η επίλυση βασικών ζητημάτων που αντιμετώπιζαν τα υπάρχοντα εργαλεία (πχ. μέγεθος, ακρίβεια, καιρικές συνθήκες, δυσπρόσιτα σημεία, απόσταση και εύρος μέτρησης), συμβάλλουν στα πιο ακριβή, αναλυτικότερα και λεπτομερέστερα αποτελέσματα.

Πιο συγκεκριμένα, σε μελέτες αποτύπωσης μνημείων, όπου το αντικείμενο είναι ιδιαίτερα λεπτομερές και χρήζει ειδικής μεταχείρισης λόγω της χρονικής φθοράς που έχει υποστεί, ο χρήστης έχει πλέον μια πληθώρα επιλογών αποτύπωσης ώστε να επιλέξει ορθότερα τον εξοπλισμό και τη μεθοδολογία αποτύπωσης που θα ακολουθήσει στο πεδίο.

Η επιλογή της μεθόδου γίνεται ανάλογα με τη γεωμετρία του μνημείου, την πολυπλοκότητα του, την έκταση του περιβάλλοντα χώρου, την ζητούμενη ακρίβεια απόδοσης της εργασίας και τέλος, της θεματική πληρότητα του τελικού προϊόντος. Η μείωση τόσο του βάρους του όσο και του μεγέθους του σε σχέση με την ακρίβεια και τον όγκο των δεδομένων (ακρίβεια μέτρησης της τάξεως του 1mm και αύξηση εύρους απόστασης μέτρησης και παραθύρου σάρωσης), η δυνατότητα για λήψη υψηλής ευκρίνειας εικόνων με υψηλή πιστότητα χρωμάτων και τα τελικά παραγόμενα προϊόντα (3D μοντέλο με φωτοϋφή, ορθοφωτομωσαϊκού, παραγωγή κατόψεων, τομών κ.α.) είναι αποτέλεσμα της ανάπτυξης των τεχνολογιών και ο κύριος λόγος επιλογής των επίγειων τρισδιάστατων σαρωτών Laser σε τέτοιου είδους μελέτες

Ως συμπέρασμα προκύπτει ότι οι σύγχρονες μεθοδολογίες αποτύπωσης, όπως η χρήση σαρωτών Laser, παρέχουν στους μελετητές αποτελεσματικότερες μεθοδολογίες για την ερμηνεία και την αποτύπωση μνημείων. Βασικό πλεονέκτημα αποτελεί το γεγονός πως επιτυγχάνεται η διατήρηση και προστασία από φυσικές φθορές και η μετάδοση τους στο πέρας των γενεών.

Στο κομμάτι του server και του ιστοτόπου, όπως προαναφέρθηκε προέκυψε ως συμπέρασμα, ότι μια βάση δεδομένων με έναν ιστοτόπο, ο οποίος είναι συνέχεια διαθέσιμος, έχει πολλαπλά οφέλη. Μέσω των νέων τεχνολογιών δίνεται η δυνατότητα στην Άυλη Πολιτιστική Κληρονομιά να γίνει ακόμα πιο γνωστή, να συνδεθεί με τον τουρισμό και οι δύο αυτοί άξονες, βοηθώντας ο ένας τον άλλο να δημιουργήσουν ένα παραγωγικό αποτέλεσμα με θετικές προοπτικές ανάπτυξης. Στόχος της παραπάνω γεφύρωσης είναι η δημιουργία ή η βελτίωση της ταυτότητας (brandname) ενός τόπου, η διεύρυνση της τουριστικής περιόδου και η βελτίωση της

βιωσιμότητας της περιοχής, σε όλα τα επίπεδα. Ολοκληρώνοντας αυτή την διπλωματική εργασία είναι σημαντικό να αναφερθούν ορισμένα από τα οφέλη που πιστεύουμε ότι θα προσδώσουν τα αποτελέσματα αυτής.

Αρχικά, η γεωμετρική τεκμηρίωση και η ανάδειξη των πολιτιστικών μνημείων του Δήμου Πωγωνίου μπορεί να συμβάλει στον εμπλουτισμό του τουριστικού προϊόντος και στην ανάπτυξη των τουριστικών δραστηριοτήτων, καθώς, σύμφωνα με το Αναπτυξιακό Πρόγραμμα του Δήμου Πωγωνίου, η περιοχή εντάσσεται στις αναπτυσσόμενες τουριστικά περιοχές, περιοχές, δηλαδή, όπου συγκεντρώνονται ιδιαίτερα χαρακτηριστικά φυσικού και πολιτισμικού περιβάλλοντος, με περιθώρια ανάπτυξης εναλλακτικών μορφών τουρισμού.

Μέσω της ανάδειξης της πολιτιστικής κληρονομιάς επιτυγχάνεται και κοινωνικό όφελος αφού αφενός οι κάτοικοι της περιοχής, μέσω ήπιων μορφών τουρισμού, δύναται να αποκτήσουν οικονομικά οφέλη και αφετέρου έρχονται σε επαφή με τα πολιτιστικά μνημεία της περιοχής και γνωρίζουν την ιστορία του τόπου τους, η οποία μέχρι πρότινος μεταφερόταν κατά κύριο λόγο από γενιά σε γενιά μέσω προφορικών καταγραφών.

7.3 Προτάσεις

Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν προτάσεις για πιθανά περαιτέρω βήματα με αφετηρία αυτή την εργασία και προτάσεις για την εκμετάλλευση και αξιοποίηση τόσο των δεδομένων όσο και των παραγόμενων προϊόντων από διάφορους επιστημονικούς κλάδους.

Η εργασία αυτή, με την χρήση βάσης δεδομένων για την ψηφιακή καταγραφή πληροφοριών που αφορούν την πολιτιστική κληρονομιά του τόπου αλλά και άλλους τομείς όπως πχ ο φυσιολατρικός τουρισμός, δημιουργεί ουσιαστικά ένα αποθετήριο της περιοχής με σημαντικά δεδομένα τόσο για τους επισκέπτες της περιοχής όσο και για τους ντόπιους. Συνεπώς, είναι σημαντικό αυτή η βάση-αποθετήριο να εμπλουτιστεί με δεδομένα από επόμενες εργασίες, έρευνες και διαδικασίες. Μερικά από αυτά τα δεδομένα θα μπορούσαν να είναι επιπλέον σαρώσεις αντικειμένων και μνημείων για την ενίσχυση και εμπλουτισμό της βάσης σε ότι αφορά την πολιτιστική κληρονομιά, καθώς και η προσθήκη επιπλέον χαρτογραφικής πληροφορίας, όπως μονοπάτια και μικροί δρόμοι θα ενισχύσουν την βάση με περιπατητικές διαδρομές, και θα μπορούν να αξιοποιηθούν από ορειβατικούς συλλόγους και ομάδες. Μια άλλη ομάδα δεδομένων είναι τα περιγραφικά δεδομένα. Ιστορίες που λέγονται στόμα με στόμα στα χωριά θα μπορούσαν να καταγραφούν και να ψηφιοποιηθούν, ώστε να αποτελέσουν ιστορική καταγραφή για τις επόμενες γενιές.

Ένα άλλο αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας που μπορεί να αξιοποιηθεί είναι τα δεδομένα των σαρώσεων. Η σάρωση και δημιουργία τρισδιάστατων φωτορεαλιστικών μοντέλων αντικειμένων και κατασκευών αποτελεί ένα σημαντικό προϊόν για την τεκμηρίωση της κατάστασης αρχαιολογικών χώρων. Η τεχνική αυτή μπορεί να προσφέρει πολύ περισσότερη πληροφορία σε ότι αφορά τα γεωμετρικά στοιχεία των αντικειμένων και των κατασκευών. Από το νέφος σημείων που δημιουργείται σε κάθε σαρωμένη επιφάνεια, μπορούν γίνουν ακριβείς μετρήσεις που αφορούν την διαστασιολόγηση των αντικειμένων και των κατασκευών και επιπλέον μπορούν να προσδιοριστούν ακριβείς τομές σε οποιαδήποτε διεύθυνση στον χώρο. Σε γενικότερο πλαίσιο, οι σαρώσεις με χρονική διαφορά μπορούν να καταγράψουν την εξέλιξη της πορείας ενός αντικειμένου και αυτό να έχει διάφορα

χρήσιμα αποτελέσματα. Είναι δυνατό, για παράδειγμα να γίνει μελέτη με χρονικά διαφορετικές σαρώσεις για την πορεία της κατάστασης ενός κτιρίου και από εκεί να διαπιστωθεί η εξέλιξη της και να κινηθούν οι αντίστοιχες διαδικασίες για την πιθανή αποκατάστασή του.

Μια άλλη πρόταση που αφορά τον τουρισμό και την ανάδειξη της περιοχής μέσω του υλικού που έχει συλλεχθεί, είναι η χρησιμοποίηση και αξιοποίηση των δεδομένων από συγκεκριμένους φορείς με απήγηση στο ευρύ κοινό, με σκοπό την ανάδειξη του τόπου και των προνομίων που παρέχει (φυσιολατρικό, θρησκευτικό, πολιτιστικό τουρισμό), έτσι ώστε να τον επισκεφθούν περισσότεροι άνθρωποι, με θετικό αντίκτυπο σε τομείς όπως ο οικονομικός και ο κοινωνικός.

8 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική Βιβλιογραφία

- Αδαμόπουλος, Ε.(2017). Γεωμετρική τεκμηρίωση στο πλαίσιο ολοκληρωμένης διαγνωστικής μελέτης του αρχαίου ναού του Πυθίου Απόλλωνος στη Ρόδο. Μεταπτυχιακή εργασία, Σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, ΕΜΠ
- Αρναούτογλου, Φ. κ.α.(2005).Εγχειρίδιο Τρισδιάστατης Ψηφιοποίησης Ακινήτων Μνημείων και Χώρων, Ινστιτούτο Πολιτιστικής & Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας Κέντρο Εφαρμογών των Τεχνολογιών Επικοινωνίας & Πληροφορίας. Ανακτήθηκε από: <http://docplayer.gr/746447-Egheiri-io-trisiastatis-psifioproisis-akiniton-mnimeion-kai.html> (τελευταία πρόσβαση 21/01/2022)
- Βλάχος, Δ. (1987).Ο συνδυασμός τοπογραφικών και φωτογραμμετρικών μεθόδων στις αποτυπώσεις αρχιτεκτονικών μνημείων και αρχαιολογικών χώρων. Κε.Δ.Α.Κ – Τ.Ε.Ε.Κ.Μ – Σ.Α.Τ.Μ.Β.Ε.Επιστημονικό Συνέδριο : Σύγχρονες Μέθοδοι Αποτύπωσης και Τεκμηρίωσης Μνημείων και Αρχαιολογικών Χώρων. Θεσσαλονίκη, Άγιον Όρος, Σύλλογος Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών Βόρειας Ελλάδας
- Γεωργόπουλος, Α. και Ιωαννίδης Χ.(2004). Photogrammetric and Surveying Methods for the Geometric Recording of Archaeological Monuments, Αθήνα.Ανακτήθηκε από: https://www.fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/athens/papers/wsa1/WSA1_1_Georgopoulos_Ioannidis.pdf (τελευταία πρόσβαση 21/01/2022)
- Γεωργόπουλος, Γ. κ.α.(2011). Γεωδαισία μετρήσεις-διορθώσεις-αναγωγές-προσδιορισμός θέσης, Αθήνα. Σημειώσεις Μαθήματος, Εργαστήριο Γεωδαισίας, Τομέας Τοπογραφίας, ΣΑΤΜ-ΜΓ, ΕΜΠ
- Γεωργόπουλος, Α. και Μπαλοδήμος, Δ.(Χ.χ). Σύγχρονες τεχνολογίες στην γεωμετρική τεκμηρίωση των μνημείων, Χ.τ. Ανακτήθηκε από : http://old.ntua.gr/temp_announce/170/parousiaseis170/files170/SYNEDRIA%20II/2_404_presentation.pdf (τελευταία πρόσβαση 21/01/2022)
- Γεωργόπουλος, Α. - Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο Αθηνών. (2012, Νοέμβριος 21). NCCMS Courses Platform. Ανάκτηση από Αποτυπώσεις Μνημείων: http://ecourses.dbnet.ntua.gr/el/apotyvnseis_mnhmeivn/epikoinvnia.html
- Γιαννακούλα Χ. 2018, Γεωμετρική τεκμηρίωση μνημείων με νέες τεχνολογίες, εφαρμογή στον ναό της Δήμητρας στη Νάξο, Μεταπτυχιακή εργασία, Τμήμα Μεσογειακών Σπουδών, Πανεπιστήμιο Αιγαίου.
- Ιωαννίδης Χ. (2008) Η συμβολή των Συστημάτων Πληροφοριών στην Γεωμετρική Τεκμηρίωση Μνημείων Χαράλαμπος ΙΩΑΝΝΙΔΗΣ Εργαστ. Φωτογραμμετρίας Σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών Ε.Μ.Π. ΣΥΜΠΟΣΙΟ: «ΤΟ ΕΜΠ ΣΤΗΝ ΠΡΩΤΟΠΟΡΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ »
- Καραδέδος, Γ. (2009). Ιστορία και θεωρία της Αποκατάστασης. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Μέθεξις
- Καραδήμου, Α. (2018, Νοέμβριος 16). Νόμος + Φύση. Ανάκτηση από «Η προστασία των χώρων και των ακινήτων μνημείων στα Ευρωπαϊκά και Διεθνή κείμενα προστασίας της πολιτιστικής κληρονομιάς: <https://nomosphysis.org.gr/18675/i-prostasia-ton-xoron-kai-ton-akiniton-mnimeion-staeyropaika-kai-diethni-keimena-prostasias-tis-politistikis-klironomias/>
- Λιανός, Ν. (2017). Η χρήση της τρισδιάστατης ψηφιακής μεθοδολογίας, στη μελέτη, προστασία και ανάδειξη μνημείων και ιστορικών συνόλων. Ανακτήθηκε από:<http://infoidk.arch.duth.gr/%CE%9D%20%CE%9B%CE%99%CE%91%CE%9D%CE%9F%CE%A3%20%CE%99%CE%94%CE%9A2%2012-5-17.pdf> (τελευταία πρόσβαση 21/01/2022)
- Πατιάς, Π. και Καρράς Γ.(1995).Σύγχρονες Φωτογραμμετρικές Πρακτικές σε εφαρμογές αρχιτεκτονικής και αρχαιολογίας. Θεσσαλονίκη : Εκδόσεις Δίπτυχο
- Πατιάς, Π. (2009). Φωτογραμμετρία και Τεκμηρίωση Αρχαιολογικών Χώρων και Ευρημάτων - Με απλά λόγια. Ανάκτηση από Wordpress: <https://anaskamma.files.wordpress.com/2009/10/02-patias.pdf>
- Σαββαΐδης, Π. κ.α.(2016). Τοπογραφία & Χαρτογραφία για Αρχιτέκτονες και Αρχαιολόγους. Θεσσαλονίκη: ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΥΡΙΑΚΙΔΗ

- Στεφάνου, Σ. (1987). Η αποτύπωση σαν στάδιο μελέτης του μνημείου. Κε.Δ.Α.Κ – Τ.Ε.Ε.Κ.Μ – Σ.Α.Τ.Μ.Β.Ε. Επιστημονικό Συνέδριο : Σύγχρονες Μέθοδοι Αποτύπωσης και Τεκμηρίωσης Μνημείων και Αρχαιολογικών Χώρων. Θεσσαλονίκη, Άγιον Όρος, Σύλλογος Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών Βόρειας Ελλάδας
- Τοκμακίδης, Κ. (1987). Μεθοδολογία για την τοπογραφική αποτύπωση-τεκμηρίωση μνημείων και αρχαιολογικών χώρων. Κε.Δ.Α.Κ – Τ.Ε.Ε.Κ.Μ – Σ.Α.Τ.Μ.Β.Ε. Επιστημονικό Συνέδριο : Σύγχρονες Μέθοδοι Αποτύπωσης και Τεκμηρίωσης Μνημείων και Αρχαιολογικών Χώρων. Θεσσαλονίκη, Άγιον Όρος, Σύλλογος Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών Βόρειας Ελλάδας
- Τοκμακίδης, Κ. (2014, Δεκέμβριος 23). Τοπογραφικές αποτυπώσεις μνημείων και αρχαιολογικών χώρων. Ανάκτηση από Αποτύπωση μνημείων και αρχαιολογικών χώρων. 3D Laser: Σημειώσεις μαθήματος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης https://opencourses.auth.gr/modules/document/file.php/OCRS195/Παρουσιάσεις/ΕΝΟΤΗΤΑ_07.pdf
- Τσιλιμαντού, Ε. 2020, Μεθοδολογία και Ψηφιακό περιβάλλον ολοκληρωμένης διαχείρισης δεδομένων στην κλίμακα ιστορικών κτιρίων και συνόλων. Διδακτορική διατριβή. Σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, ΕΜΠ
- Υφαντής, Ν. (1996) Το Δολό στο Πωγωνί, Ακριτικός Ελληνισμός. Έκδοση Εκπολιτιστικού Συλλόγου Δολού Πωγωνίου.

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

- Boardman, C., & Bryan, P. (2007). 3D Laser Scanning for Heritage, advice and guidance to users on laser scanning in. Swindon: Historic England.
- Barber, D., & Mills, J. (2007). 3D Laser Scanning for Heritage. Advice and guidance to users on laser scanning in archeology and architecture. Swindon: Heritage3D.org.
- Faro Scene. (2020). Scene. The Most Intuitive and Efficient Software for Scan Data Processing and Registration. Lake Mary: FARO. Ανάκτηση από FARO's 3D Documentation Software for terrestrial and handheld Scanners.: <https://www.faro.com/en-gb/products/construction-bim-cim/faro-scene/>
- Fieldworx. (2020). Leica Cyclone Fieldworx. In-field, survey-grade registration. Heerbrugg, Switzerland: Leica Geosystems AG. Ανάκτηση από Explore Software: <https://leicageosystems.com/products/laser-scanners/software/leica-cyclone>
- Geosystems, L. Leica Geosystems. Ανάκτηση από Scanners: <https://leica-geosystems.com/products/laserscanners/scanners>
- Hanke, Klaus και Grussenmyer Pierre. (2002). ARCHITECTURAL PHOTOGRAMMETRY: Basic theory, Procedures, Tools, Κέρκυρα. Ανακτήθηκε από: https://www.isprs.org/commission5/tutorial02/gruss/tut_gruss.pdf (τελευταία πρόσβαση :21/01/2022)
- ICOMOS. (1965). Ανάκτηση από <https://www.icomos.org/en/about-icomos/mission-and-vision/icomos-mission> Leica Cyclone
- Ikrom Nishanbaev, 2020 - A web repository for geo-located 3D digital cultural heritage models, Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage, Volume 16, March 2020, e00139 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221205481930058X?via%3Dihub#abs001>
- Manferdini et al., 2010 Reality-Based 3D Modeling, Segmentation and Web-Based Visualization
- Azhar, S., Hein, M. and Sketo, B. (2008) Building Information Modeling (BIM): Benefits, Risks and Challenges. <http://ascpro.ascweb.org/chair/paper/CPGT182002008.pdf>