

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Σχεδιασμός και Ψηφιακή Μοντελοποίηση Δεξαμενής Ύδρευσης του Έργου
«Κατασκευή Έργων Ύδρευσης Νομών Πρέβεζας – Άρτας – Λευκάδας» σε
Περιβάλλον BIM (Autodesk Revit)**

*Εφαρμογή της μεθοδολογίας BIM για τον παραμετρικό σχεδιασμό, την τεκμηρίωση και την παραγωγή
σχεδίων κατασκευής υδραυλικού έργου*

Ονοματεπώνυμο: Χριστίνα Δημοπούλου

A.M.: 160674

Επιβλέπων Καθηγητής: Γεώργιος Χατζηγεωργίου

Σύμβουλος Καθηγητής: Νικολάου Ιωάννης

Πάτρα, 2026

Ευχαριστίες

Θερμές ευχαριστίες εκφράζονται προς τον επιβλέποντα καθηγητή για την καθοδήγηση, καθώς και στην οικογένεια και τους συνεργάτες για τη συνεχή στήριξη και υπομονή καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει τη μεθοδολογία Building Information Modeling (BIM) ως καινοτόμο προσέγγιση για τον σχεδιασμό και τη διαχείριση υδραυλικών έργων υποδομής. Μέσω του λογισμικού Autodesk Revit αναπτύχθηκε παραμετρικό μοντέλο δεξαμενής ύδρευσης του έργου «Κατασκευή Έργων Ύδρευσης Νομών Πρέβεζας – Άρτας – Λευκάδας», με στόχο την τεκμηρίωση, την αυτοματοποίηση επιμετρήσεων και την παραγωγή σχεδίων κατασκευής.

Η μελέτη εντάσσεται στο πλαίσιο της εθνικής στρατηγικής ψηφιακού μετασχηματισμού των δημοσίων έργων, συμβάλλοντας στην κατανόηση του τρόπου εφαρμογής της μεθοδολογίας BIM στην πράξη.

Abstract

This thesis explores the Building Information Modeling (BIM) methodology as an innovative approach for the design and management of water supply infrastructure projects. Using Autodesk Revit, a parametric model of a water reservoir was developed to automate documentation, quantity take-offs, and construction drawings.

The research aligns with the national BIM strategy for public works in Greece, contributing to the digital transformation of infrastructure projects.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή.....	5
1.1 Αντικείμενο και σκοπός της εργασίας	5
1.2 Πλαίσιο και Σημασία του Έργου	5
1.3 Ερευνητική Προσέγγιση και Μεθοδολογία	6
1.4 Ερευνητικά Ερωτήματα και Στόχοι	7
1.5 Δομή και Συνεισφορά της Εργασίας.....	8
Κεφάλαιο 2 - Θεωρητικό Υπόβαθρο.....	9
2.1 Η Διαχείριση Τεχνικών Έργων (Project Management)	9
2.2 Ο Ψηφιακός Μετασχηματισμός στον Κατασκευαστικό Κλάδο	9
2.3 Η Μεθοδολογία Building Information Modeling (BIM)	10
Πίνακας 2.1: BIM Maturity Levels.....	10
2.3.1 Το Ψηφιακό Δίδυμο (Digital Twin).....	11
2.4 Διεθνή και Ευρωπαϊκά Πρότυπα για BIM.....	11
2.4.1 openBIM και Interoperability.....	12
2.5 Εφαρμογές του BIM στην Ευρώπη και στην Ελλάδα.....	12
2.5.1 Ευρωπαϊκές Στρατηγικές και Παραδείγματα	12
2.6 Οφέλη και Προκλήσεις Εφαρμογής.....	13
2.7 Συμπεράσματα Θεωρητικού Πλαισίου	14
Κεφάλαιο 3 - Μεθοδολογία Εφαρμογής.....	15
3.1 Εισαγωγή.....	15
3.2 Πηγές Δεδομένων και Συλλογή Πληροφοριών.....	15
3.3 Δημιουργία Προτύπου Έργου (Revit Template).....	16
Πίνακας 3.1: BIM Coordination.....	17
3.4 Περιβάλλον και Λογισμικά Εφαρμογής.....	17
3.5 Παραμετρική Μοντελοποίηση και Επίπεδα Λεπτομέρειας (LOD).....	18
Πίνακας 3.2: Level of Development - LOD.	18
3.6 4D–5D BIM: Ενσωμάτωση Χρόνου και Κόστους.....	18
3.7 Διασφάλιση Ποιότητας και Επαλήθευση Αποτελεσμάτων.....	19
3.8 Συμπεράσματα Μεθοδολογίας.....	20
Κεφάλαιο 4 - Ανάλυση Εφαρμογής.....	21
4.1 Εισαγωγή.....	21
4.2 Ανάπτυξη Ψηφιακού Μοντέλου και Τοπογραφικού Υποβάθρου	21
Εικόνα 4.1. Στάθμες στο περιβάλλον Autodesk Revit.....	22
Εικόνα 4.2. 3D View κάτοψη της δεξαμενής με απεικόνιση της πλάκας θεμελίωσης και των τοιχείων.	23
Εικόνα 4.3. 3D View όψη της δεξαμενής με απεικόνιση όλης της από σκυροδέματος κατασκευής.....	24
4.2.1 Μοντελοποίηση Τοπογραφίας και Εκσκαφής.....	24
Εικόνα 4.4: Τρισδιάστατη απεικόνιση του τοπογραφικού μοντέλου (Toposolid).	25
Εικόνα 4.5: Μοντελοποίηση εκσκαφής της δεξαμενής με χρήση της εντολής Excavation.....	26
4.2.2 Εσωτερική Δομή και Λειτουργική Οργάνωση της Δεξαμενής	26
Εικόνα 4.6: Τρισδιάστατη εσωτερική απεικόνιση του βανοστασίου της δεξαμενής.....	27
Εικόνα 4.7: 3D απεικόνιση πλάγιας τομής των εσωτερικών χώρων και διαχωριστικών στοιχείων.	27

4.2.3 Διαμόρφωση Περιβάλλοντος Χώρου και Οπτικοποίηση.....	28
Εικόνα 4.8: Διαμόρφωση περιβάλλοντος χώρου με στοιχεία φύτευσης και περίφραξης.	29
Εικόνα 4.9: Τελική τρισδιάστατη απεικόνιση του έργου με περιβάλλοντα χώρο.	29
4.3 Παραγωγή Ποσοτήτων και Schedules	30
Εικόνα 4.10: Πίνακας ποσοτήτων δομικών στοιχείων (Structural Schedule) από το μοντέλο Revit.	31
Εικόνα 4.11: Πίνακας ποσοτήτων πλακών θεμελίωσης και στέψης από το μοντέλο Revit.....	31
Εικόνα 4.12: Πίνακας ποσοτήτων υδραυλικών στοιχείων.	32
Εικόνα 4.13: Συγκεντρωτικός πίνακας ποσοτήτων (Material Take-Off) από το BIM μοντέλο με ομαδοποίηση ανά τύπο στοιχείου.	33
4.4 Έλεγχος Συντονισμού και Ποιότητας Μοντέλου.....	33
4.5 Διαλειτουργικότητα και Δυνατότητα Εξαγωγής BIM Δεδομένων	34
4.6 Σύγκριση BIM και Παραδοσιακής Μεθόδου.....	35
Πίνακας 4.1: Σύγκριση BIM και παραδοσιακής μεθόδου σχεδιασμού.	36
Πίνακας 4.2: Εκτίμηση χρόνου, ακρίβειας & συντονισμού BIM και παραδοσιακής μεθόδου σχεδιασμού.....	36
4.7 Εξαγόμενα Αρχεία και Παραδοτέα Μοντέλου.....	37
4.8 Συμπεράσματα Εφαρμογής.....	38
Κεφάλαιο 5 – Συμπεράσματα & Προτάσεις	39
5.1 Συνολική αποτίμηση της εφαρμογής BIM.....	39
5.2 Κύρια ευρήματα της έρευνας	39
5.3 Περιορισμοί της μελέτης.....	40
5.4 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα και εφαρμογή	41
5.5 Τελικό συμπέρασμα	41
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	45
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Σχέδια Μοντέλου.....	46
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: Προμετρήσεις (Schedules).....	50

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

1.1 Αντικείμενο και σκοπός της εργασίας

Η ραγδαία εξέλιξη των ψηφιακών τεχνολογιών και η ανάγκη για βελτίωση της αποδοτικότητας, της διαφάνειας και της βιωσιμότητας στον κατασκευαστικό τομέα έχουν οδηγήσει στην ευρεία υιοθέτηση της μεθοδολογίας Building Information Modeling (BIM) σε παγκόσμιο επίπεδο. Το BIM δεν αποτελεί απλώς ένα εργαλείο τρισδιάστατης σχεδίασης, αλλά ένα ολιστικό σύστημα διαχείρισης πληροφορίας που καλύπτει ολόκληρο τον κύκλο ζωής ενός έργου — από τη σύλληψη, τη μελέτη και την κατασκευή, έως τη λειτουργία και τη συντήρηση (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2018).

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η εφαρμογή της μεθοδολογίας BIM στο πλαίσιο ενός έργου υποδομής ύδρευσης, μελέτης και κατασκευής δεξαμενής ύδρευσης του έργου «Κατασκευή Έργων Ύδρευσης Νομών Πρέβεζας – Άρτας – Λευκάδας». Το έργο αυτό αποτελεί σημαντική επένδυση για την αναβάθμιση των δικτύων ύδρευσης της ευρύτερης περιοχής, εξασφαλίζοντας επάρκεια πόσιμου νερού, περιορισμό απωλειών και βελτιωμένη ποιότητα παροχής. Η επιλογή του συγκεκριμένου έργου βασίζεται στο γεγονός ότι συγκεντρώνει χαρακτηριστικά μεγάλου τεχνικού έργου υποδομής, με ποικιλία γεωμετρικών, υδραυλικών και δομικών στοιχείων που καθιστούν την ψηφιακή μοντελοποίηση ιδιαίτερα απαιτητική.

Σκοπός της εργασίας είναι να αποδειχθεί ότι η υιοθέτηση του BIM και ειδικότερα του λογισμικού Autodesk Revit μπορεί να βελτιώσει ουσιαστικά τον σχεδιασμό, τη συνεργασία και την τεκμηρίωση στα έργα ύδρευσης, παρέχοντας αυξημένη ακρίβεια, μείωση λαθών και αυτοματοποίηση διαδικασιών. Παράλληλα, επιχειρείται να αναδειχθεί η δυνατότητα ενοποίησης του BIM με συστήματα κοστολόγησης και χρονοπρογραμματισμού, ώστε να υποστηρίζεται η λήψη αποφάσεων από τους μηχανικούς και τις υπηρεσίες του Δημοσίου.

1.2 Πλαίσιο και Σημασία του Έργου

Τα έργα ύδρευσης συγκαταλέγονται στις πλέον κρίσιμες υποδομές μιας χώρας, καθώς σχετίζονται άμεσα με τη δημόσια υγεία, το περιβάλλον και την κοινωνική ευημερία. Η περιοχή Πρέβεζας–Άρτας–Λευκάδας αντιμετωπίζει, όπως πολλές περιοχές της Ελλάδας,

προκλήσεις διαχείρισης υδατικών πόρων και ανάγκη για αναβάθμιση των υφιστάμενων υποδομών. Η κατασκευή νέου συστήματος ύδρευσης, με σύγχρονες δεξαμενές, αγωγούς και εξοπλισμό ελέγχου, στοχεύει στην εξασφάλιση σταθερής παροχής νερού με προδιαγραφές ποιότητας και ανθεκτικότητας.

Η επιλογή της δεξαμενής ως αντικείμενο μοντελοποίησης δεν είναι τυχαία. Αποτελεί κομβικό στοιχείο του συστήματος ύδρευσης, καθώς συνδέει την παροχή από τους κύριους αγωγούς με τη διανομή προς τους καταναλωτές. Η ακρίβεια στην αποτύπωση, στην τεκμηρίωση και στην επίβλεψη της κατασκευής της είναι καθοριστική για την ασφάλεια και τη λειτουργικότητα του συστήματος.

Η εφαρμογή του BIM επιτρέπει τη συνδυασμένη αναπαράσταση γεωμετρικών και τεχνικών δεδομένων, τη δημιουργία τρισδιάστατου μοντέλου υψηλής ακρίβειας, και την παραγωγή τεκμηριωμένων κατασκευαστικών σχεδίων, μειώνοντας τα σφάλματα και τον χρόνο συντονισμού μεταξύ των εμπλεκόμενων μελετητών (Group, Handbook for the introduction of BIM by the European public sector, 2017).

1.3 Ερευνητική Προσέγγιση και Μεθοδολογία

Η εργασία ακολουθεί τη μεθοδολογία μελέτης περίπτωσης (case study), καθώς εστιάζει σε ένα πραγματικό έργο υποδομής με στόχο τη διερεύνηση της αποτελεσματικότητας της εφαρμογής BIM. Η προσέγγιση αυτή είναι κατάλληλη για έρευνες εφαρμοσμένης μηχανικής, όπου ο ερευνητής επιδιώκει να παρατηρήσει, να μοντελοποιήσει και να αξιολογήσει τη συμπεριφορά ενός συστήματος σε πραγματικές συνθήκες (Yin, R. K., 2018).

Η μεθοδολογική ροή της εργασίας περιλαμβάνει τα εξής βήματα:

- Συλλογή και ανάλυση δεδομένων από τις τεχνικές μελέτες, τις προδιαγραφές και τα τοπογραφικά αρχεία του έργου.
- Παραμετρική μοντελοποίηση της δεξαμενής και των βασικών υδραυλικών στοιχείων.
- Εξαγωγή ποσοτήτων και δεδομένων κόστους μέσω Revit schedules και σύνδεση με πίνακες Excel.
- Ανίχνευση συγκρούσεων (clash detection) και έλεγχος ποιότητας μοντέλου στο Autodesk Navisworks.

- Αξιολόγηση αποτελεσμάτων, σε σχέση με την ακρίβεια, τον χρόνο και τη δυνατότητα συνεργασίας (collaboration).

Η έρευνα έχει μικτή φύση (mixed-method), καθώς περιλαμβάνει τόσο ποσοτικά στοιχεία (ποσότητες, χρόνοι, αποδοτικότητα) όσο και ποιοτική αξιολόγηση (ευκολία χρήσης, συνεργατικότητα, οπτικοποίηση). Αυτή η διττή προσέγγιση ανταποκρίνεται στις σύγχρονες απαιτήσεις της διαχείρισης τεχνικών έργων, όπου τα δεδομένα χρησιμοποιούνται όχι μόνο για τεκμηρίωση αλλά και για λήψη στρατηγικών αποφάσεων (Project Management Institute, 2021).

1.4 Ερευνητικά Ερωτήματα και Στόχοι

Η εργασία επιδιώκει να απαντήσει στα ακόλουθα βασικά ερευνητικά ερωτήματα:

- Πώς μπορεί η μεθοδολογία BIM να εφαρμοστεί αποτελεσματικά σε έργα ύδρευσης του δημόσιου τομέα;
- Ποια είναι τα οφέλη της χρήσης Revit ως βασικού εργαλείου μοντελοποίησης στη φάση μελέτης και τεκμηρίωσης;
- Ποιες προκλήσεις και περιορισμοί προκύπτουν κατά την εισαγωγή BIM στις υφιστάμενες διαδικασίες έργων στην Ελλάδα;
- Πώς μπορεί να αξιοποιηθεί το παραγόμενο BIM μοντέλο σε επόμενες φάσεις, όπως η επίβλεψη και η λειτουργία του έργου;

Οι ειδικοί στόχοι της έρευνας συνοψίζονται ως εξής:

- ✓ Η ανάπτυξη προτύπου Revit template για δεξαμενές ύδρευσης σε δημόσια έργα.
- ✓ Η παραγωγή αναλυτικών schedules με συνδεδεμένα δεδομένα κόστους και ποσοτήτων.
- ✓ Η αξιολόγηση της αποδοτικότητας του BIM σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους CAD.
- ✓ Η τεκμηρίωση προτάσεων για την ενσωμάτωση του BIM στο ελληνικό θεσμικό πλαίσιο με βάση τα ευρωπαϊκά πρότυπα.

1.5 Δομή και Συνεισφορά της Εργασίας

Η εργασία οργανώνεται σε πέντε κεφάλαια:

- Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή: Παρουσιάζει το αντικείμενο, τη μεθοδολογία, τους στόχους και τη σημασία του έργου.
- Κεφάλαιο 2 – Θεωρητικό Υπόβαθρο: Αναλύει τη θεωρία του BIM, τα επίπεδα ωριμότητας, τα διεθνή πρότυπα (International Organization for Standardization, 2018) και το ελληνικό θεσμικό πλαίσιο.
- Κεφάλαιο 3 – Μεθοδολογία Εφαρμογής: Περιγράφει βήμα-βήμα τη διαδικασία ανάπτυξης του Revit μοντέλου της δεξαμενής και τα εργαλεία BIM που χρησιμοποιούνται.
- Κεφάλαιο 4 – Ανάλυση Εφαρμογής: Παρουσιάζει το αποτέλεσμα της μοντελοποίησης και τις συγκρίσεις μεταξύ BIM και παραδοσιακής μεθόδου.
- Κεφάλαιο 5 – Αποτελέσματα και Συμπεράσματα: Συνοψίζει τα ευρήματα, τις προτάσεις και τις προοπτικές αξιοποίησης BIM στα έργα υποδομών.

Η συνεισφορά της εργασίας εντοπίζεται σε τρία επίπεδα:

- ❖ Επιστημονικό: Προσφέρει ένα τεκμηριωμένο παράδειγμα εφαρμογής BIM σε έργο υποδομής ύδρευσης, συμβάλλοντας στη βιβλιογραφία του Project Management και των ψηφιακών τεχνολογιών κατασκευών.
- ❖ Τεχνικό: Παρουσιάζει ένα επαναχρησιμοποιήσιμο μοντέλο Revit template, προσαρμοσμένο στα ελληνικά δημόσια έργα και στις μετρικές μονάδες.
- ❖ Πρακτικό: Ενισχύει τη γνώση και τις δεξιότητες των μηχανικών στην υλοποίηση BIM διαδικασιών, συμβάλλοντας στη μετάβαση της χώρας στην εποχή του Construction 4.0 (British Standards Institution, 2020).

Κεφάλαιο 2 - Θεωρητικό Υπόβαθρο

2.1 Η Διαχείριση Τεχνικών Έργων (Project Management)

Η διαχείριση τεχνικών έργων (Project Management) αποτελεί ένα σύνθετο σύστημα οργάνωσης, συντονισμού και ελέγχου των διαδικασιών ενός έργου, με σκοπό την επίτευξη προκαθορισμένων στόχων ως προς το κόστος, τον χρόνο, την ποιότητα και το εύρος του έργου.

Σύμφωνα με το Project Management Institute (PMI, 2021), η διαχείριση έργου συνιστά την εφαρμογή γνώσεων, δεξιοτήτων, εργαλείων και τεχνικών ώστε να παραδοθεί ένα έργο με αξία για τα εμπλεκόμενα μέρη.

Η έννοια της αξίας (value-driven approach) έχει αντικαταστήσει τη στενή προσέγγιση τριγώνου κόστους–χρόνου–ποιότητας, καθώς ένα τεχνικό έργο θεωρείται επιτυχημένο μόνο αν προσφέρει κοινωνική, οικονομική και περιβαλλοντική ωφέλεια.

Η ανάπτυξη των σύγχρονων προτύπων, όπως το PMBOK Guide (7th edition) και το PRINCE2, έχει οδηγήσει σε μεγαλύτερη έμφαση στη διαχείριση γνώσης, στην πρόβλεψη κινδύνων (risk management) και στη χρήση ψηφιακών εργαλείων παρακολούθησης.

Ειδικά στα έργα υποδομής, η διαχείριση απαιτεί συνεργασία πολλών φορέων, κάτι που καθιστά αναγκαία την ύπαρξη ενιαίων πηγών πληροφορίας (single source of truth).

Η εισαγωγή της μεθοδολογίας Building Information Modeling (BIM) αποτελεί τομή σε αυτό το πεδίο, καθώς επιτρέπει την ενσωμάτωση δεδομένων σχεδίασης, κόστους και χρονοπρογραμματισμού σε ένα ενιαίο ψηφιακό περιβάλλον (Eastman C. T., 2018).

2.2 Ο Ψηφιακός Μετασχηματισμός στον Κατασκευαστικό Κλάδο

Ο κατασκευαστικός τομέας βρίσκεται σήμερα σε μια μεταβατική περίοδο που περιγράφεται ως Construction 4.0, κατ' αναλογία με τη Βιομηχανία 4.0.

Πρόκειται για την ενσωμάτωση τεχνολογιών όπως Internet of Things (IoT), Artificial Intelligence (AI), Big Data, cloud computing, drones, και 3D scanning, στη διαδικασία σχεδιασμού, κατασκευής και λειτουργίας τεχνικών έργων (Oesterreich, 2016).

Ο ψηφιακός μετασχηματισμός δεν αφορά μόνο την αυτοματοποίηση, αλλά και τη μεταβολή της κουλτούρας συνεργασίας: η πληροφορία παύει να είναι κατακερματισμένη και διαμοιράζεται σε πραγματικό χρόνο μεταξύ όλων των εμπλεκομένων.

Σύμφωνα με το Centre for Digital Built Britain (Bolton, 2018), η στρατηγική μετάβαση προς ένα «ψηφιακά κατασκευασμένο περιβάλλον» (Digital Built Britain) απαιτεί την υιοθέτηση αρχών διαφάνειας, εμπιστοσύνης και διαλειτουργικότητας.

Σε αυτό το πλαίσιο, το BIM λειτουργεί ως τεχνολογική ραχοκοκαλιά της ψηφιακής μετάβασης, καθώς συνδέει όλα τα δεδομένα του έργου και επιτρέπει τη δημιουργία ψηφιακών διδύμων (Digital Twins).

2.3 Η Μεθοδολογία Building Information Modeling (BIM)

Το BIM είναι μια μεθοδολογία διαχείρισης πληροφορίας, όχι απλώς λογισμικό. Συνδυάζει γεωμετρικά, τεχνικά και χρονικά δεδομένα σε ένα ενιαίο ψηφιακό περιβάλλον (Common Data Environment – CDE), επιτρέποντας την κοινή πρόσβαση και συνεργασία όλων των εμπλεκομένων (Autodesk, 2024).

Σύμφωνα με τον Eastman et al. (2018), το BIM ορίζεται ως η ψηφιακή αναπαράσταση των φυσικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών ενός έργου. Παρέχει ένα κοινό πλαίσιο γνώσης για όλες τις φάσεις του κύκλου ζωής του — από τη μελέτη και την κατασκευή έως τη λειτουργία και την κατεδάφιση.

Τα επίπεδα ωριμότητας BIM (BIM Maturity Levels) περιγράφουν τη σταδιακή ενσωμάτωση του BIM στις διαδικασίες ενός οργανισμού:

Πίνακας 2.1: BIM Maturity Levels.

Επίπεδο	Περιγραφή
Level 0	Καμία συνεργατική πρακτική, χρήση 2D CAD μόνο
Level 1	Συνδυασμός 2D και 3D μοντέλων, χωρίς κοινό περιβάλλον δεδομένων
Level 2	Πλήρης χρήση 3D μοντέλων με κοινό περιβάλλον δεδομένων (CDE)
Level 3	Ενοποιημένο BIM με ψηφιακό δίδυμο, διαχείριση ζωής έργου και openBIM διαλειτουργικότητα

Η επιτυχία του BIM βασίζεται στη διαλειτουργικότητα (interoperability) μεταξύ λογισμικών, μέσω προτύπων όπως τα IFC (Industry Foundation Classes) και το COBie (Construction Operations Building Information Exchange), που αναπτύχθηκαν από τον οργανισμό buildingSMART International (2024).

2.3.1 Το Ψηφιακό Δίδυμο (Digital Twin)

Ο όρος Digital Twin αναφέρεται στο δυναμικό ψηφιακό αντίγραφο ενός φυσικού συστήματος ή έργου.

Η λειτουργία του βασίζεται στη συνεχή ροή δεδομένων μεταξύ του φυσικού αντικειμένου και του ψηφιακού μοντέλου, επιτρέποντας προβλέψεις, συντήρηση, και βελτιστοποίηση (Bolton et al., 2018).

Στα έργα υποδομής, όπως οι δεξαμενές ύδρευσης, ένα Digital Twin μπορεί να χρησιμοποιηθεί για:

- παρακολούθηση στάθμης νερού,
- ανίχνευση διαρροών,
- προληπτική συντήρηση βάσει δεδομένων αισθητήρων (IoT).

Η ενοποίηση BIM–Digital Twin αποτελεί το επόμενο βήμα της ψηφιακής εξέλιξης των δημοσίων έργων, καθώς συνδέει το σχεδιασμό με τη λειτουργία.

2.4 Διεθνή και Ευρωπαϊκά Πρότυπα για BIM

Η εφαρμογή του BIM βασίζεται σε διεθνή πρότυπα που εξασφαλίζουν τη συνέπεια και τη διαλειτουργικότητα μεταξύ οργανισμών και λογισμικών.

Το σημαντικότερο από αυτά είναι η σειρά ISO 19650 (International Organization for Standardization, 2018), η οποία καθορίζει:

- τις αρχές οργάνωσης και διαχείρισης πληροφορίας,
- τις διαδικασίες συνεργασίας,
- και τις απαιτήσεις παραδοτέων για κάθε φάση του κύκλου ζωής του έργου.

Συμπληρωματικά, το BS EN 17412-1 (British Standards Institution, 2020) εισάγει την έννοια του Level of Information Need, που καθορίζει ποια πληροφορία απαιτείται, πότε και σε ποιο επίπεδο λεπτομέρειας (LOD).

Τα πρότυπα αυτά εφαρμόζονται ήδη σε χώρες όπως το Ηνωμένο Βασίλειο, η Γαλλία και η Γερμανία, ενώ αποτελούν οδηγό για τα εθνικά πλαίσια BIM στην Ευρώπη.

2.4.1 openBIM και Interoperability

Η διαλειτουργικότητα (interoperability) αποτελεί προϋπόθεση για την επιτυχία του BIM.

Ο οργανισμός buildingSMART International (2024) έχει αναπτύξει τα πρότυπα IFC (Industry Foundation Classes) και COBie (Construction Operations Building Information Exchange), που επιτρέπουν την ανταλλαγή δεδομένων ανεξάρτητα από το λογισμικό.

Το σύνολο αυτών των προτύπων αναφέρεται ως openBIM, και στοχεύει στη δημιουργία ενός οικοσυστήματος όπου κάθε φορέας μπορεί να χρησιμοποιεί το εργαλείο της επιλογής του χωρίς να χάνεται πληροφορία.

Η έννοια αυτή έχει υιοθετηθεί επίσημα από την Ευρωπαϊκή Ένωση και ενσωματώνεται στα πλαίσια Green Public Procurement και Digital Construction Policy (EU BIM Task Group, 2017).

2.5 Εφαρμογές του BIM στην Ευρώπη και στην Ελλάδα

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει αναγνωρίσει τη σημασία του BIM ως βασικού πυλώνα του ψηφιακού μετασχηματισμού των δημοσίων έργων.

Σύμφωνα με τον οδηγό του EU BIM Task Group (2017), τα κράτη-μέλη ενθαρρύνονται να υιοθετήσουν εθνικές στρατηγικές για τη σταδιακή ενσωμάτωση του BIM.

2.5.1 Ευρωπαϊκές Στρατηγικές και Παραδείγματα

- **Ηνωμένο Βασίλειο:** Το BIM έγινε υποχρεωτικό για όλα τα δημόσια έργα από το 2016. Ο οργανισμός Centre for Digital Built Britain (CDBB) ανέπτυξε τις αρχές των

Gemini Principles που καθοδηγούν τη μετάβαση σε Digital Twin περιβάλλον (Bolton et al., 2018).

- Γαλλία: Το πρόγραμμα Plan Transition Numérique dans le Bâtiment (PTNB) προώθησε την υιοθέτηση BIM με στόχο τη μείωση κόστους μελετών κατά 15–20%.
- Φινλανδία & Νορβηγία: Πρωτοπόρες στην ανάπτυξη υποχρεωτικών προτύπων IFC για δημόσιες συμβάσεις.
- Ισπανία: Η στρατηγική Es.BIM (2021) στοχεύει στην υποχρεωτική χρήση BIM σε όλα τα έργα άνω των 2 εκατομμυρίων ευρώ έως το 2030.

Στην Ελλάδα, η Εθνική Στρατηγική για το BIM (Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, 2024) προβλέπει τρεις φάσεις:

1. Προετοιμασία και θεσμική εναρμόνιση,
2. Πιλοτικά έργα (2024–2026),
3. Υποχρεωτική εφαρμογή στα δημόσια έργα έως το 2030.

Ήδη έχουν υλοποιηθεί πιλοτικές εφαρμογές σε σχολικά και νοσοκομειακά έργα μέσω της Κτιριακές Υποδομές Α.Ε. (ΚΤΥΠ Α.Ε., 2023), ενώ σε συνεργασία με το Υπουργείο Υποδομών και Μεταφορών εκπονείται το Εθνικό BIM Hub για την ανταλλαγή δεδομένων έργων δημοσίου ενδιαφέροντος.

2.6 Οφέλη και Προκλήσεις Εφαρμογής

Τα οφέλη του BIM στα έργα υποδομής είναι πολλαπλά:

- Αύξηση ακρίβειας στις ποσοτικές επιμετρήσεις και στα σχέδια.
- Ελαχιστοποίηση λαθών μέσω συντονισμού (clash detection).
- Μείωση κόστους λόγω αποφυγής επανεργασιών.
- Διαφάνεια και τεκμηρίωση στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων.
- Προώθηση βιωσιμότητας, με βελτιστοποίηση υλικών και ενέργειας.

Σύμφωνα με τον Succar (2016), η επιτυχής εφαρμογή του BIM εξαρτάται από τρεις διαστάσεις:

- (α) τεχνολογική ετοιμότητα,
- (β) διαδικαστική ωριμότητα,
- (γ) οργανωτική κουλτούρα συνεργασίας.

Ωστόσο, υπάρχουν και προκλήσεις:

- το υψηλό αρχικό κόστος λογισμικών και εκπαίδευσης,
- την έλλειψη εξειδικευμένου προσωπικού,
- την απουσία θεσμικής υποχρέωσης σε πολλές χώρες,
- και την αντίσταση στην αλλαγή από τις παραδοσιακές μελετητικές πρακτικές (Hosseini et al., 2018).

Η μετάβαση σε BIM απαιτεί λοιπόν στρατηγικό σχεδιασμό και διαρκή εκπαίδευση, τόσο σε δημόσιους φορείς όσο και σε μελετητές, ώστε να επιτευχθεί η επιδιωκόμενη αποδοτικότητα.

2.7 Συμπεράσματα Θεωρητικού Πλαισίου

Το BIM αποτελεί το θεμέλιο του ψηφιακού μετασχηματισμού του κατασκευαστικού τομέα.

Η υιοθέτησή του σε έργα υποδομής, όπως η δεξαμενή ύδρευσης που εξετάζεται στην παρούσα εργασία, συμβάλλει ουσιαστικά:

- στην ενίσχυση της αποτελεσματικότητας της μελέτης,
- στη διαφάνεια των διαδικασιών,
- και στη βιωσιμότητα των τεχνικών έργων.

Η σύγκλιση BIM, Digital Twin και Construction 4.0 δημιουργεί ένα νέο περιβάλλον όπου οι πληροφορίες ρέουν ελεύθερα, οι αποφάσεις λαμβάνονται τεκμηριωμένα και οι υποδομές παρακολουθούνται καθ' όλο τον κύκλο ζωής τους.

Η Ελλάδα, μέσω της Εθνικής Στρατηγικής BIM, βρίσκεται στην αρχή αυτής της πορείας, και η εφαρμογή σε πραγματικά έργα —όπως το παρόν— συνεισφέρει πρακτικά στην υλοποίηση αυτής της μετάβασης.

Κεφάλαιο 3 - Μεθοδολογία Εφαρμογής

3.1 Εισαγωγή

Η επιλογή της μεθοδολογίας Building Information Modeling (BIM) για την παρούσα εργασία δεν αποτελεί μόνο τεχνολογική απόφαση, αλλά επιστημονική προσέγγιση στη διαχείριση τεχνικών έργων.

Η μεθοδολογία BIM επιλέχθηκε επειδή εναρμονίζεται με τα διεθνή πρότυπα ISO 19650 και PMBOK 7th Edition, παρέχοντας ένα πλαίσιο ολοκληρωμένης διαχείρισης πληροφορίας σε όλα τα στάδια του έργου — από τη σύλληψη έως τη λειτουργία.

Το έργο «Κατασκευή Έργων Ύδρευσης Νομών Πρέβεζας – Άρτας – Λευκάδας» επιλέχθηκε ως μελέτη περίπτωσης, επειδή συνδυάζει υδραυλικές, δομικές και τεchnικοοικονομικές παραμέτρους, οι οποίες μπορούν να αποτυπωθούν ψηφιακά με ακρίβεια στο περιβάλλον Autodesk Revit.

Η εφαρμογή αυτή αποσκοπεί στην τεκμηρίωση της διαδικασίας παραμετρικού σχεδιασμού, της εξαγωγής ποσοτήτων, και της ενσωμάτωσης δεδομένων κόστους και χρόνου (4D–5D BIM).

Η μεθοδολογική προσέγγιση βασίζεται στις αρχές του BIM Execution Plan (BEP), που προτείνεται από το National Institute of Building Sciences (National Institute of Building Sciences, 2021), και αποτελείται από πέντε κύρια στάδια:

1. Συλλογή και προετοιμασία δεδομένων,
2. Δημιουργία προτύπου έργου και παραμετρικών οικογενειών,
3. Ανάπτυξη του μοντέλου BIM,
4. Εξαγωγή και επεξεργασία δεδομένων,
5. Έλεγχο ποιότητας και επαλήθευση αποτελεσμάτων.

3.2 Πηγές Δεδομένων και Συλλογή Πληροφοριών

Η μεθοδολογία ξεκίνησε με τη συλλογή όλων των διαθέσιμων τεχνικών και γεωμετρικών δεδομένων του έργου ύδρευσης. Συγκεκριμένα συγκεντρώθηκαν:

- εγκεκριμένα σχέδια εφαρμογής της δεξαμενής σε μορφή DWG,
- τεχνικές προδιαγραφές υλικών (ΤΣΥ, ΕΤΕΠ, ΕΛΟΤ EN 545),
- υψομετρικά δεδομένα και τοπογραφικά αρχεία (DWG/DXF),
- προδιαγραφές υδραυλικών στοιχείων (π.χ. αγωγοί, βαλβίδες, συνδέσεις).
- και πίνακες επιμετρήσεων (Excel) για σύγκριση με τα BIM αποτελέσματα.

Για κάθε αρχείο δημιουργήθηκε πίνακας μεταδεδομένων (metadata log), με στοιχεία προέλευσης, ημερομηνίας τελευταίας αναθεώρησης και σχετικής φάσης έργου.

Η διαδικασία αυτή ευθυγραμμίζεται με το πρότυπο ISO 19650-2:2018, το οποίο καθορίζει τις απαιτήσεις για τη διαχείριση πληροφοριών κατά τη φάση παράδοσης έργου (International Organization for Standardization, 2018).

Αυτή η διαδικασία ελέγχου ποιότητας (Quality Assurance) αποτελεί κρίσιμο μέρος κάθε BIM Execution Plan, καθώς εξασφαλίζει την ακρίβεια και αξιοπιστία των δεδομένων πριν τη μοντελοποίηση (Kassem & Succar, 2017).

3.3 Δημιουργία Προτύπου Έργου (Revit Template)

Το BIM Execution Plan (BEP) αποτελεί τον πυρήνα της μεθοδολογίας, καθορίζοντας ρόλους, ευθύνες, ροές εργασίας και πρότυπα παράδοσης.

Σύμφωνα με τον Succar (2016), το BEP λειτουργεί ως «συμβόλαιο πληροφορίας» ανάμεσα στους εμπλεκόμενους και περιλαμβάνει:

- Καθορισμό στόχων BIM (BIM uses),
- Προσδιορισμό επιπέδων λεπτομέρειας (LOD),
- Ορισμό ρόλων και υπευθύνων (Model Manager, BIM Coordinator),
- Διαχείριση ροών δεδομένων (workflow management),
- Καθορισμό παραδοτέων και προτύπων αρχείων.

Η διαδικασία που εφαρμόστηκε στη συγκεκριμένη εργασία οργανώθηκε ως εξής:

Πίνακας 3.1: BIM Coordination.

Ρόλος	Ευθύνη
Model Author	Δημιουργία και ενημέρωση Revit μοντέλου.
BIM Coordinator	Έλεγχος ορθότητας και συνέπειας δεδομένων.
Quality Reviewer	Διασφάλιση συμμόρφωσης με ISO 19650.

Η ροή πληροφορίας (information flow) σχεδιάστηκε με τη χρήση Common Data Environment (CDE) — έναν κοινό ψηφιακό χώρο αποθήκευσης και ελέγχου αρχείων, που διασφαλίζει την ιχνηλασιμότητα και αποτρέπει την επικάλυψη εκδόσεων (Bolton, 2018).

3.4 Περιβάλλον και Λογισμικά Εφαρμογής

Η μεθοδολογία εφαρμόστηκε κυρίως με τα εξής εργαλεία:

- Autodesk Revit 2025 για παραμετρική μοντελοποίηση και δημιουργία schedules,
- Autodesk Civil 3D 2024 για γεωχωρικά δεδομένα και ευθυγραμμίσεις αγωγών,
- Autodesk Navisworks Manage 2024 για clash detection και 4D προσομοίωση,
- Microsoft Excel για συγκρίσεις επιμετρήσεων και ανάλυση κόστους,
- Dynamo scripts για αυτοματοποίηση ροών δεδομένων.

Η συνεργασία μεταξύ Revit και Civil 3D επιτεύχθηκε μέσω IFC 4.0 και LandXML αρχείων, ενώ τα δεδομένα εξήχθησαν στο Navisworks για οπτικό και ποσοτικό έλεγχο.

Αυτή η αλληλεπίδραση αντανακλά το πρότυπο openBIM, που προωθείται από τον οργανισμό buildingSMART International (2024).

3.5 Παραμετρική Μοντελοποίηση και Επίπεδα Λεπτομέρειας (LOD)

Η δεξαμενή ύδρευσης μοντελοποιήθηκε με χρήση παραμετρικών οικογενειών (families), οι οποίες περιείχαν προκαθορισμένα χαρακτηριστικά (parameters) για διαστάσεις, υλικά και κωδικούς κόστους.

Η δομή του μοντέλου ταξινομήθηκε βάσει των επιπέδων λεπτομέρειας (Level of Development – LOD):

Πίνακας 3.2: Level of Development - LOD.

LOD	Περιγραφή	Εφαρμογή στο έργο
LOD 100	Εννοιολογική γεωμετρία	Προκαταρκτικός σχεδιασμός δεξαμενής
LOD 200	Προσεγγιστικές διαστάσεις	Στάδιο οριστικής μελέτης
LOD 300	Ακριβής γεωμετρία και ιδιότητες	Κατασκευαστικά σχέδια
LOD 350	Συστήματα και συνδέσεις	Υδραυλική ανάλυση και εξοπλισμός
LOD 400–500	As-built και συντήρηση	Προοπτική για Facility Management

Για κάθε οικογένεια (π.χ. αγωγός, φρεάτιο, τοιχίο), καθορίστηκαν shared parameters για:

- Υλικό,
- Πάχος/διάμετρο,
- Κωδικό προδιαγραφής,
- Ποσοτική μονάδα (m³, m, τεμ.),
- Κόστος μονάδας.

Η παραμετρική φύση του μοντέλου επιτρέπει την αυτόματη ενημέρωση όλων των στοιχείων σε περίπτωση αλλαγών, γεγονός που αποτελεί βασική αρχή του BIM (Eastman C. T., 2018).

3.6 4D–5D BIM: Ενσωμάτωση Χρόνου και Κόστους

Η τέταρτη και πέμπτη διάσταση του BIM (4D και 5D) αφορούν τη συσχέτιση του μοντέλου με τον χρόνο και το κόστος.

Με τη χρήση του Navisworks Manage, δημιουργήθηκε προσομοίωση κατασκευής που συνδέει κάθε φάση του έργου με το αντίστοιχο χρονικό διάστημα (construction timeline).

Τα δεδομένα εξήχθησαν σε μορφή task-based schedule και συνδέθηκαν με τα στοιχεία του Revit μέσω ID αντικειμένων.

Η διαδικασία 5D BIM περιλαμβάνει την προσθήκη κόστους σε κάθε στοιχείο του μοντέλου.

Αυτό έγινε με χρήση Excel-linked schedules, όπου κάθε κατηγορία (π.χ. τοιχίο, αγωγός, πλάκα) έχει μοναδικό Cost Code που αντιστοιχεί σε άρθρο ΠΚΤΜΝΕ.

Η μέθοδος αυτή βασίζεται στη μεθοδολογία Quantity Take-Off (QTO) και επιτρέπει τη συνεχή ενημέρωση προϋπολογισμού (buildingSMART International(2023), 2023).

Η σύνδεση Revit–Excel υλοποιήθηκε με Dynamo scripts (Zhang, Chen, & Wu, 2022), τα οποία αυτοματοποιούν την εξαγωγή και εισαγωγή ποσοτήτων.

Έτσι εξασφαλίστηκε η δυναμική διασύνδεση μεταξύ σχεδίασης, κόστους και χρονοδιαγράμματος.

3.7 Διασφάλιση Ποιότητας και Επαλήθευση Αποτελεσμάτων

Η διασφάλιση ποιότητας (Quality Assurance) εφαρμόστηκε καθ' όλη τη διάρκεια της μοντελοποίησης.

Χρησιμοποιήθηκαν τα εξής εργαλεία και διαδικασίες:

- Clash detection μέσω Navisworks για έλεγχο συμβατότητας μεταξύ συστημάτων (π.χ. αγωγοί–τοιχία).
- Consistency check για τον εντοπισμό ασυνεπειών σε units και οικογένειες.
- Peer review: δεύτερος έλεγχος από ανεξάρτητο μελετητή για επικύρωση γεωμετρικής και ποσοτικής ακρίβειας.

Η διαδικασία QA/QC τεκμηριώθηκε σε ειδικό Validation Report, σύμφωνα με το πλαίσιο BS EN ISO 9001:2015 για διαχείριση ποιότητας.

Η τελική επαλήθευση των αποτελεσμάτων έγινε με σύγκριση επιμετρήσεων Revit–Excel–DWG, η οποία έδειξε απόκλιση μικρότερη του 2%, αποδεκτή για έργα υποδομής (Autodesk, 2024).

3.8 Συμπεράσματα Μεθοδολογίας

Η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε στην παρούσα εργασία ακολουθεί τις διεθνείς βέλτιστες πρακτικές του BIM και επιβεβαιώνει ότι το Revit, σε συνδυασμό με τα εργαλεία Civil 3D και Navisworks, μπορεί να λειτουργήσει ως ολοκληρωμένο σύστημα τεκμηρίωσης για έργα ύδρευσης.

Η δημιουργία BIM Execution Plan, η οργάνωση του Common Data Environment, και η εφαρμογή 4D–5D συνδέσεων καθιστούν τη διαδικασία αναπαραγώγιμη και αξιόπιστη.

Η παραμετρική φύση του μοντέλου, η ιχνηλασιμότητα δεδομένων και η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης των templates συνεισφέρουν στην ψηφιακή ωρίμανση του κατασκευαστικού τομέα στην Ελλάδα.

Η συγκεκριμένη μεθοδολογία δύναται να χρησιμοποιηθεί ως πιλοτικό υπόδειγμα για αντίστοιχες εφαρμογές BIM σε έργα υποδομής (ύδρευσης, αποχέτευσης, οδοποιίας), ενισχύοντας τη μετάβαση προς τον ψηφιακό μετασχηματισμό των δημοσίων έργων που προωθείται από το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος (2024).

Κεφάλαιο 4 - Ανάλυση Εφαρμογής

4.1 Εισαγωγή

Η παρούσα ενότητα παρουσιάζει την πρακτική εφαρμογή της μεθοδολογίας Building Information Modeling (BIM) στο έργο ύδρευσης «Κατασκευή Έργων Ύδρευσης Νομών Πρέβεζας – Άρτας – Λευκάδας», με έμφαση στη μοντελοποίηση δεξαμενής ύδρευσης σε περιβάλλον Autodesk Revit.

Η ανάλυση επικεντρώνεται:

- στην ανάπτυξη του τρισδιάστατου παραμετρικού μοντέλου,
- στη μοντελοποίηση του τοπογραφικού υποβάθρου και της εκσκαφής,
- στην εξαγωγή ποσοτικών δεδομένων,
- και στην αξιολόγηση της αποδοτικότητας της μεθόδου σε σχέση με την παραδοσιακή σχεδίαση.

Το μοντέλο αναπτύχθηκε σε επίπεδο LOD 300, επαρκές για παραγωγή κατασκευαστικών σχεδίων και αξιόπιστων επιμετρήσεων.

4.2 Ανάπτυξη Ψηφιακού Μοντέλου και Τοπογραφικού Υποβάθρου

Η ανάπτυξη του BIM μοντέλου πραγματοποιήθηκε στο περιβάλλον του Autodesk Revit 2025, με στόχο τη δημιουργία ενός ολοκληρωμένου ψηφιακού υποβάθρου που περιλαμβάνει τόσο τη δεξαμενή όσο και τον περιβάλλοντα χώρο του έργου.

Αρχικά πραγματοποιήθηκε εισαγωγή των γεωμετρικών δεδομένων μέσω αρχείων DWG, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν ως υπόβαθρο για τον καθορισμό της θέσης και των βασικών διαστάσεων του έργου. Στη συνέχεια ορίστηκαν τα επίπεδα αναφοράς (Levels) και το σημείο βάσης έργου (Project Base Point), ώστε να διασφαλιστεί η σωστή αντιστοίχιση των υψομέτρων.

Η μοντελοποίηση της δεξαμενής περιλάμβανε τη δημιουργία δομικών στοιχείων (πλάκες, τοιχία, οροφή) με χρήση παραμετρικών οικογενειών, καθώς και την ενσωμάτωση

βασικών υδραυλικών στοιχείων. Το επίπεδο λεπτομέρειας του μοντέλου αντιστοιχεί σε LOD 300, επαρκές για την παραγωγή κατασκευαστικών σχεδίων και επιμετρήσεων.

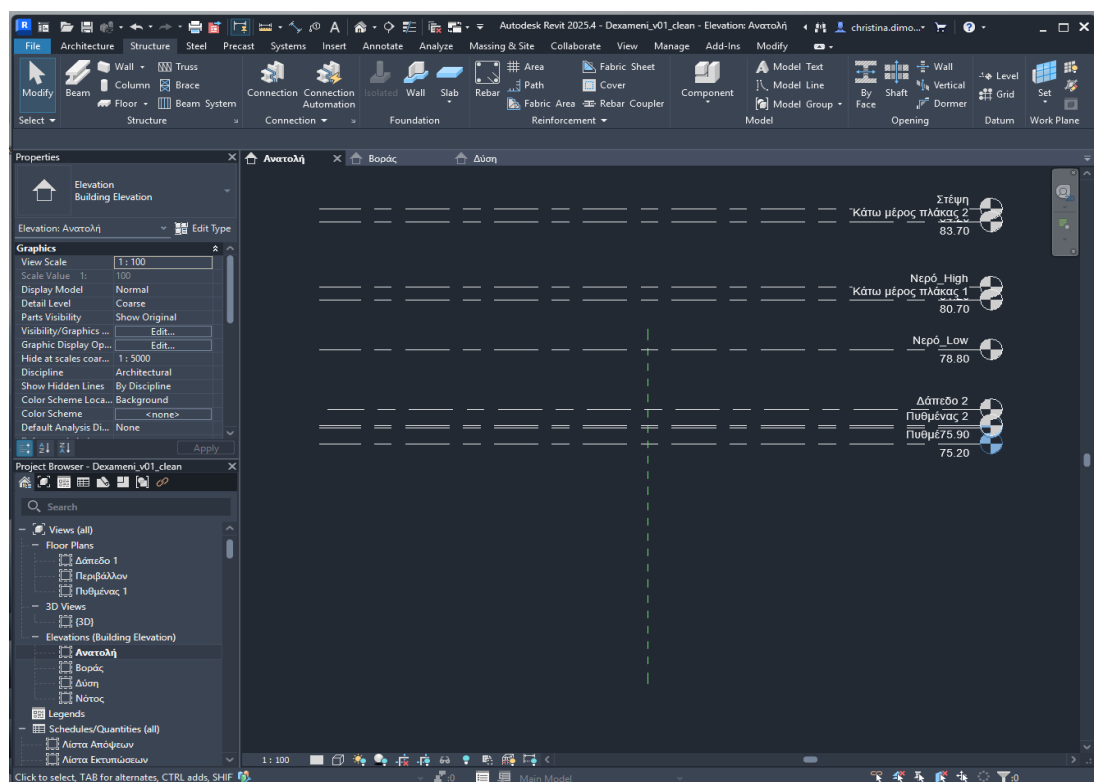
➤ Οργάνωση μοντέλου

Αρχικά:

- εισήχθησαν τα DWG αρχεία ως linked files
- έγινε ορισμός:
 - Project Base Point: 75.20 μ.
 - Survey Point
 - επιπέδων (Levels)

Τα βασικά επίπεδα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν(απόλυτα υψόμετρα):

- Στάθμη πυθμένα δεξαμενής: 75.80 μ. & 76.50 μ.
- Στάθμη δαπέδου: 78.80 μ. & 81.20 μ.
- Στάθμη στέψης: 84.20 μ.
- Ανώτατη στάθμη ύδατος: 80.00 μ.
- Χαμηλή στάθμη ύδατος 78.80 μ.



Εικόνα 4.1. Στάθμες στο περιβάλλον Autodesk Revit

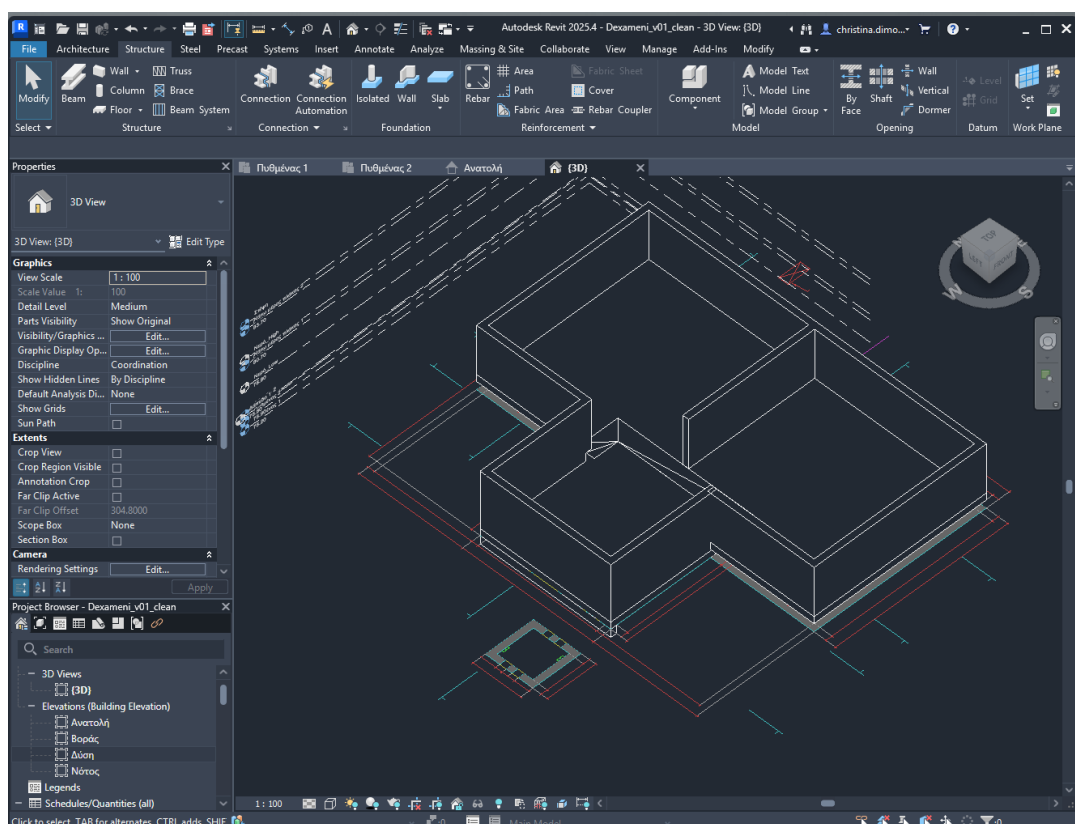
➤ Μοντελοποίηση δομικών στοιχείων

Η δεξαμενή μοντελοποιήθηκε με τα εξής βασικά στοιχεία:

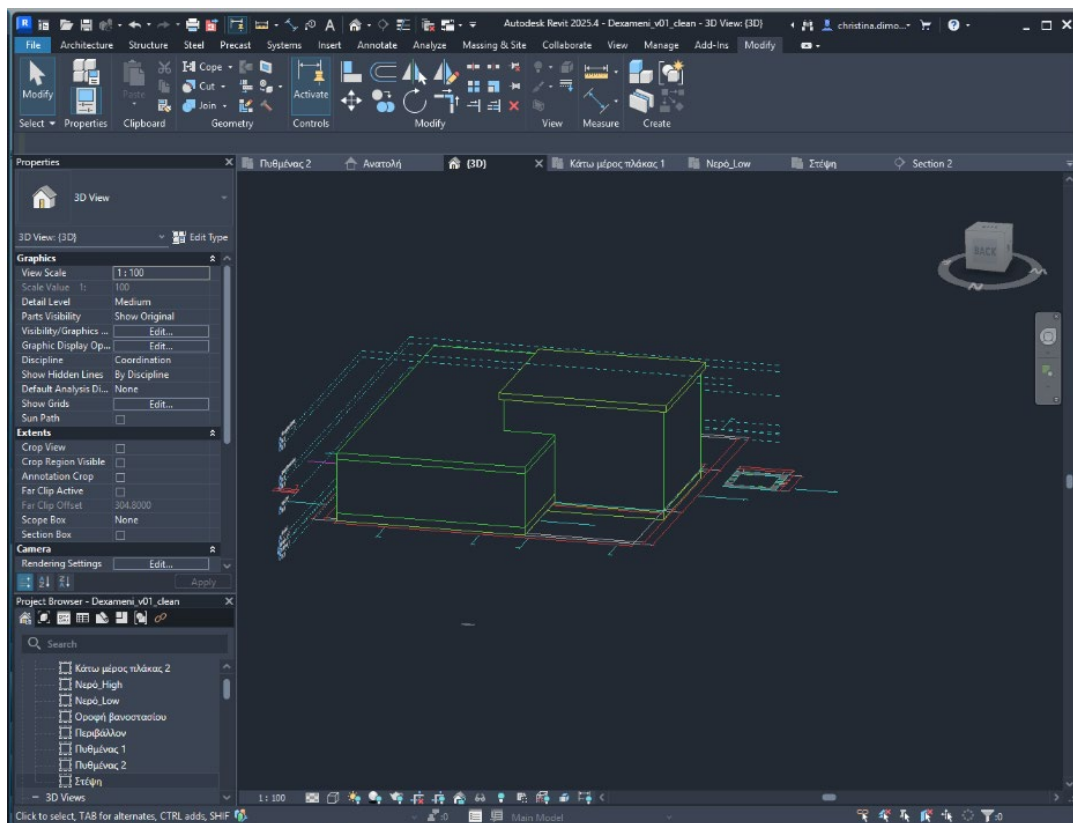
- Πλάκα θεμελίωσης (foundation slab):
 - πάχος ~0.60 m
 - υλικό: οπλισμένο σκυρόδεμα
- Τοιχία (RC walls):
 - πάχος ~0.50 m
- κατακόρυφα στοιχεία περιμετρικά
- Οροφή (roof slab):
 - πάχος ~0.50 m

Η δημιουργία έγινε με:

- εργαλείο Wall (Structural)
- εργαλείο Floor (Structural)



Εικόνα 4.2. 3D View κάτοψη της δεξαμενής με απεικόνιση της πλάκας θεμελίωσης και των τοιχείων.



Εικόνα 4.3. 3D View όψη της δεξαμενής με απεικόνιση όλης της από σκυροδέματος κατασκευής.

➤ Παραμετρική δομή

Κάθε στοιχείο περιλαμβάνει:

- Material
- Thickness
- Volume
- Cost Code (προαιρετικά)

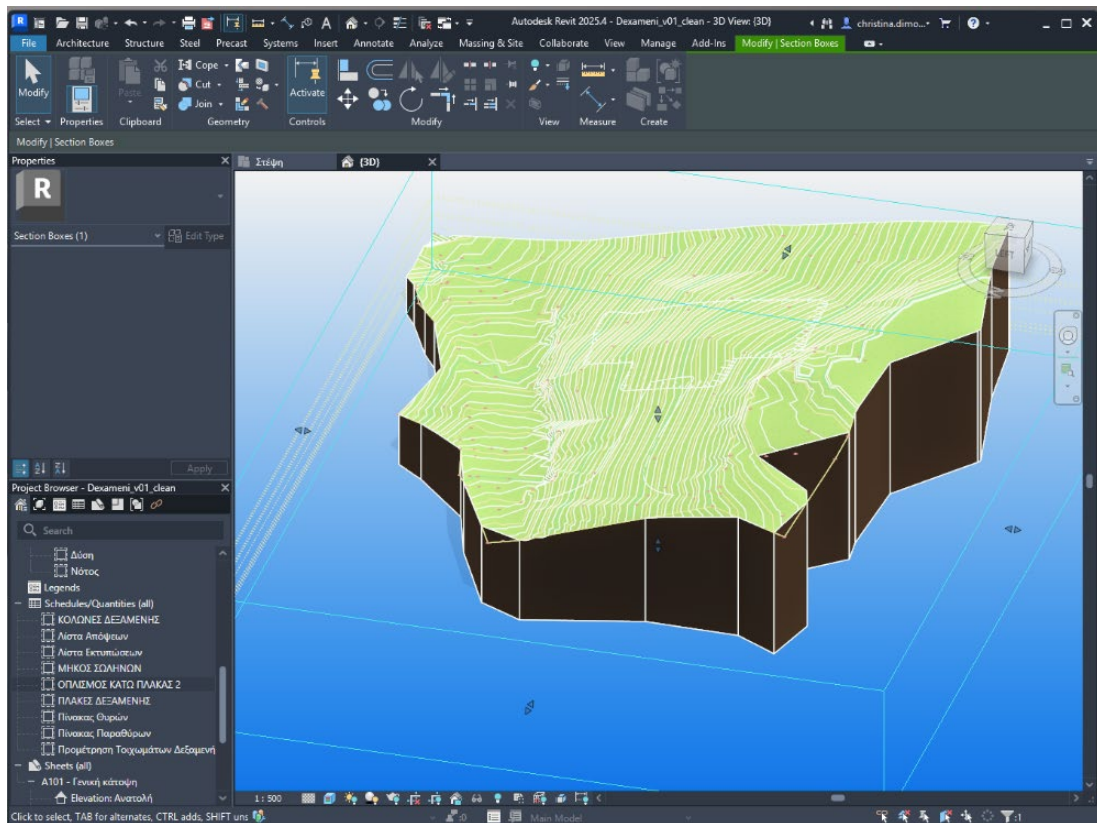
Αυτό επιτρέπει:

- ✓ άμεση επιμέτρηση
- ✓ αλλαγές χωρίς επανασχεδίαση

4.2.1 Μοντελοποίηση Τοπογραφίας και Εκσκαφής

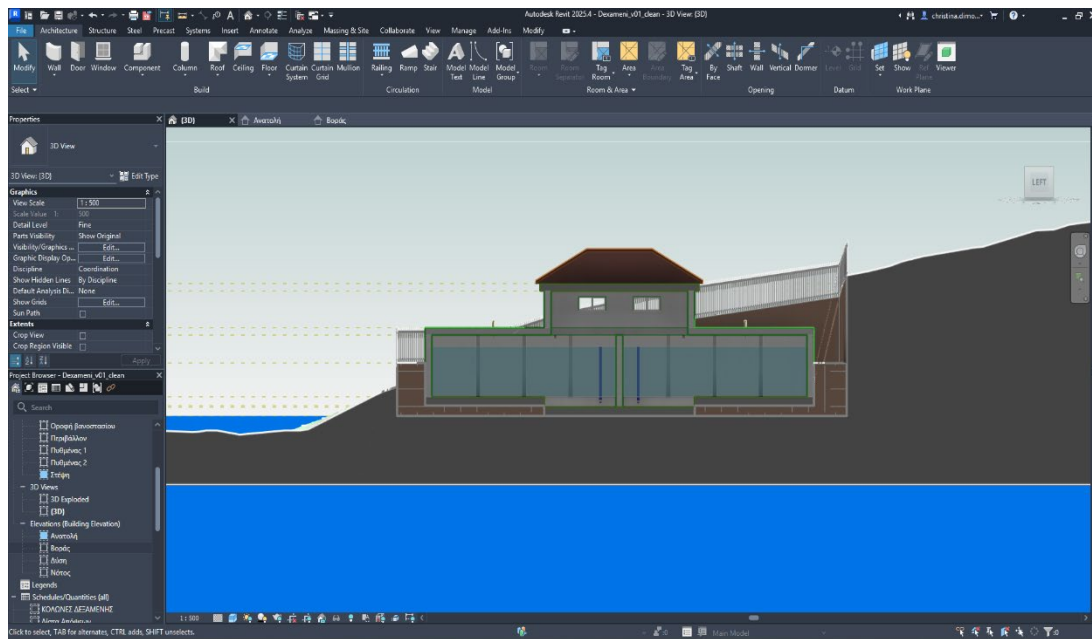
Η αναπαράσταση της τοπογραφίας του έργου αποτέλεσε κρίσιμο στάδιο της διαδικασίας μοντελοποίησης, καθώς επηρεάζει άμεσα τη γεωμετρική ένταξη της δεξαμενής στο φυσικό περιβάλλον.

Για τη δημιουργία του εδάφους χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο Toposolid του Revit (Massing & Site → Toposolid), το οποίο επιτρέπει τη διαμόρφωση τρισδιάστατης επιφάνειας βάσει υψομετρικών δεδομένων. Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε στον καθορισμό του επιπέδου αναφοράς και στη ρύθμιση της παραμέτρου Height Offset From Level, ώστε τα υψόμετρα του μοντέλου να αντιστοιχούν στις πραγματικές συνθήκες του έργου.



Εικόνα 4.4: Τρισδιάστατη απεικόνιση του τοπογραφικού μοντέλου (Toposolid).

Η εκσκαφή της δεξαμενής προσομοιώθηκε μέσω της εντολής Excavation (Toposolid Shaping → Excavation), με κατάλληλη προσαρμογή του περιγράμματος ώστε να εξασφαλίζεται επαρκής χώρος εργασίας γύρω από τη δομή. Η διαδικασία αυτή επέτρεψε τη δημιουργία διακριτής γεωμετρίας μεταξύ φυσικού εδάφους και σκάμματος.



Εικόνα 4.5: Μοντελοποίηση εκσκαφής της δεξαμενής με χρήση της εντολής Excavation.

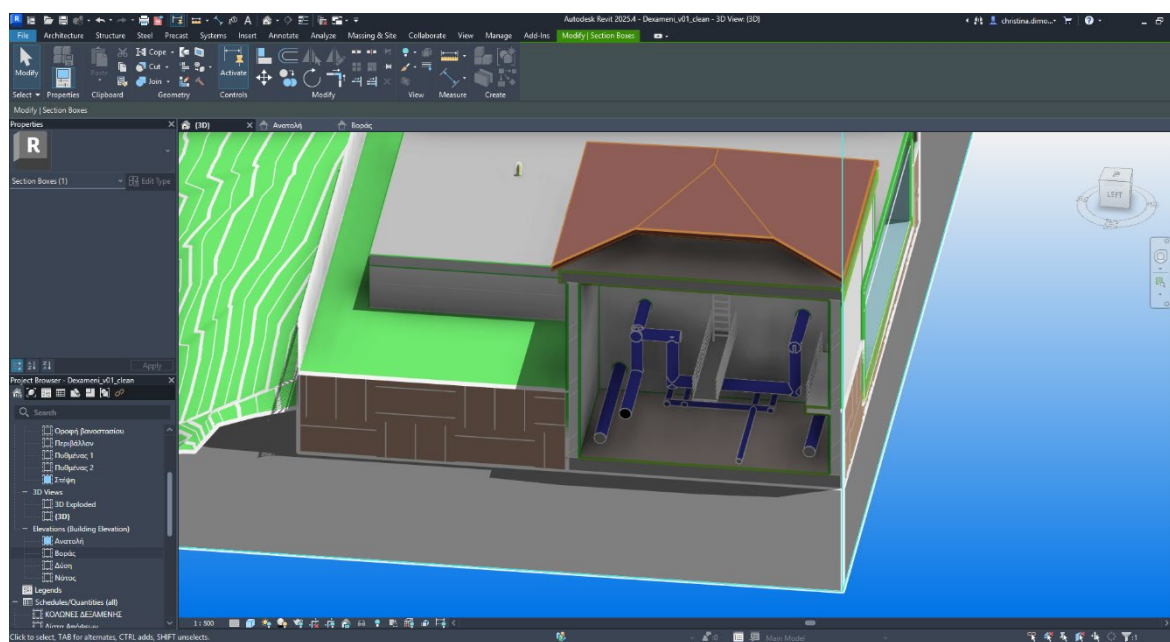
Για τη βελτίωση της ρεαλιστικής απόδοσης του μοντέλου, πραγματοποιήθηκε διαμόρφωση πρανών μέσω των εργαλείων Edit Sub Elements και Add Split Line. Με τη μέθοδο αυτή επιτεύχθηκε σταδιακή μεταβολή των υψομέτρων, προσεγγίζοντας τη φυσική συμπεριφορά του εδάφους κατά την εκσκαφή και αποφεύγοντας την απότομη γεωμετρική μετάβαση.

Η συγκεκριμένη διαδικασία ανέδειξε και περιορισμούς του λογισμικού ως προς τη διαχείριση κεκλιμένων επιφανειών, οι οποίοι αντιμετωπίστηκαν με τη χρήση βοηθητικών γεωμετρικών στοιχείων και εναλλακτικών προσεγγίσεων μοντελοποίησης.

4.2.2 Εσωτερική Δομή και Λειτουργική Οργάνωση της Δεξαμενής

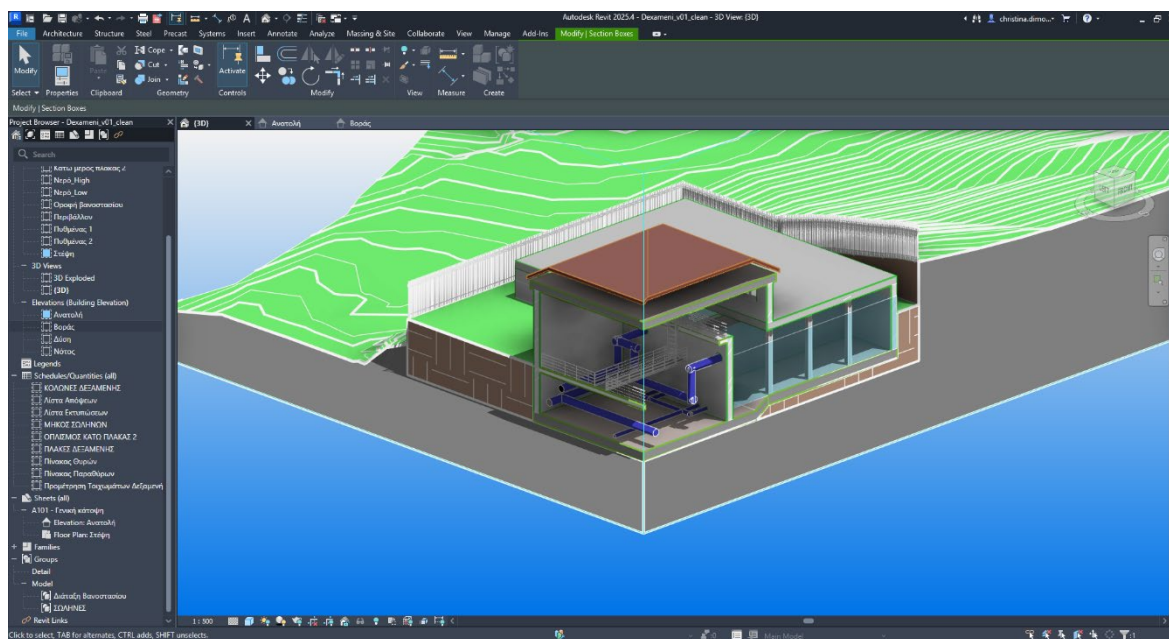
Η ψηφιακή μοντελοποίηση της δεξαμενής δεν περιορίστηκε μόνο στο εξωτερικό της κέλυφος, αλλά επεκτάθηκε και στην εσωτερική της δομή, με στόχο την πληρέστερη αποτύπωση της κατασκευαστικής και λειτουργικής οργάνωσης του έργου.

Στο πλαίσιο αυτό μοντελοποιήθηκαν τα βασικά εσωτερικά δομικά στοιχεία της δεξαμενής, όπως οι εσωτερικοί διαχωριστικοί τοίχοι, οι επιμέρους θάλαμοι, οι πλάκες δαπέδου και οροφής, καθώς και τα στοιχεία πρόσβασης και εσωτερικής κυκλοφορίας, όπου αυτά απαιτούνται από τη γεωμετρία και τη λειτουργία του έργου.



Εικόνα 4.6: Τρισδιάστατη εσωτερική απεικόνιση του βανοστασίου της δεξαμενής.

Ιδιαίτερη σημασία δόθηκε στη σωστή αποτύπωση της σχέσης μεταξύ των επιμέρους εσωτερικών χώρων, ώστε το μοντέλο να αποδίδει όχι μόνο τη μορφή αλλά και τη λειτουργική λογική της δεξαμενής. Η εσωτερική οργάνωση του έργου επηρεάζει άμεσα τόσο τη στατική διαμόρφωση όσο και τη λειτουργία του συστήματος ύδρευσης, καθώς σχετίζεται με τη διαχείριση του νερού, τη συντήρηση και την πρόσβαση στο εσωτερικό της κατασκευής.



Εικόνα 4.7: 3D απεικόνιση πλάγιας τομής των εσωτερικών χώρων και διαχωριστικών στοιχείων.

Η μοντελοποίηση των εσωτερικών στοιχείων πραγματοποιήθηκε με χρήση παραμετρικών εργαλείων του Revit, κυρίως μέσω των εντολών Wall, Floor και, όπου απαιτήθηκε, βοηθητικών στοιχείων μοντελοποίησης για την αποτύπωση ειδικών γεωμετρικών χαρακτηριστικών. Με τον τρόπο αυτό κατέστη δυνατή η ενιαία διαχείριση της γεωμετρίας και των ιδιοτήτων των στοιχείων του έργου μέσα στο ίδιο πληροφοριακό μοντέλο.

Η αποτύπωση της εσωτερικής δομής επέτρεψε επίσης την παραγωγή τομών και τρισδιάστατων προβολών με αυξημένη πληροφοριακή αξία, διευκολύνοντας τόσο τον έλεγχο της ορθότητας του μοντέλου όσο και την καλύτερη κατανόηση της συνολικής κατασκευαστικής διάταξης της δεξαμενής.

Η ενσωμάτωση της εσωτερικής διαρρύθμισης στο BIM μοντέλο ενισχύει τη χρηστικότητα του ψηφιακού υποβάθρου, καθώς επιτρέπει την ακριβέστερη τεκμηρίωση, την ευκολότερη επιθεώρηση του σχεδιασμού και τη μελλοντική αξιοποίηση του μοντέλου σε φάσεις κατασκευής, επίβλεψης και λειτουργίας.

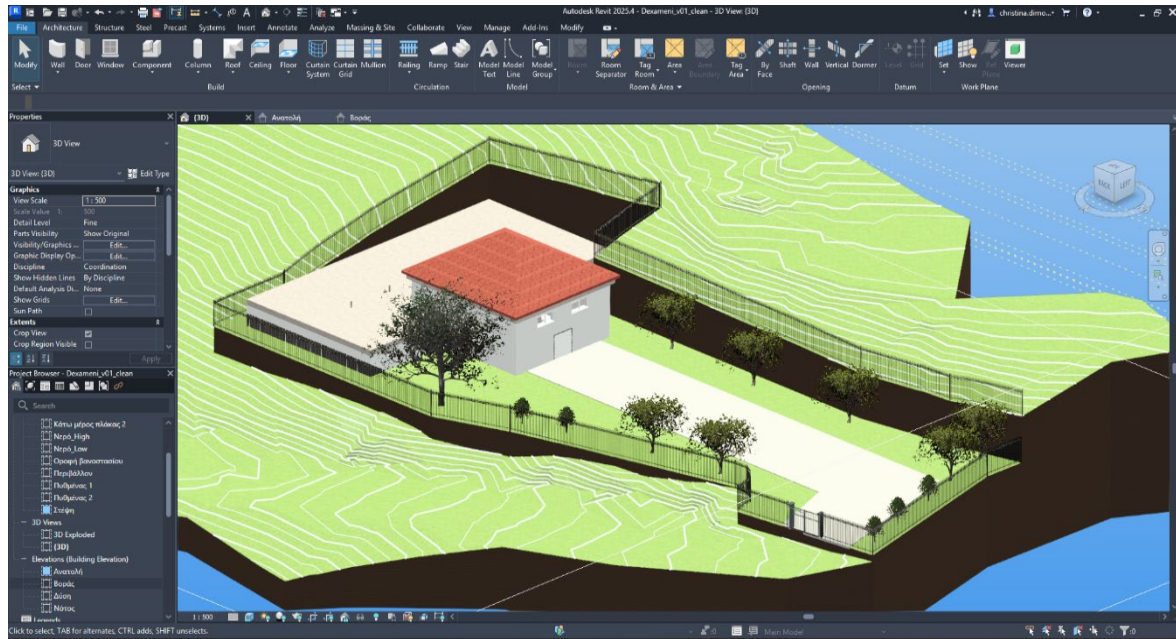
4.2.3 Διαμόρφωση Περιβάλλοντος Χώρου και Οπτικοποίηση

Στο τελικό στάδιο της μοντελοποίησης πραγματοποιήθηκε διαμόρφωση του περιβάλλοντος χώρου με στόχο την ενίσχυση της οπτικοποίησης και της κατανόησης της κλίμακας του έργου.

Για τον σκοπό αυτό προστέθηκαν στοιχεία φύτευσης, όπως δέντρα και θάμνοι, μέσω της εντολής Component (Architecture → Component → Load Family – Planting). Τα στοιχεία αυτά τοποθετήθηκαν περιμετρικά της εκσκαφής, συμβάλλοντας στην αποτύπωση της σχέσης του έργου με το φυσικό τοπίο.

Επιπλέον, δημιουργήθηκε περίφραξη του χώρου με χρήση της εντολής Railing (Architecture → Railing), η οποία βασίστηκε σε γραμμές αναφοράς (Model Lines). Η προσέγγιση αυτή επιλέχθηκε λόγω των περιορισμών του Revit ως προς την τοποθέτηση στοιχείων σε κεκλιμένες τοπογραφικές επιφάνειες, επιτρέποντας μεγαλύτερο έλεγχο στη γεωμετρία και στην προσαρμογή του φράχτη.

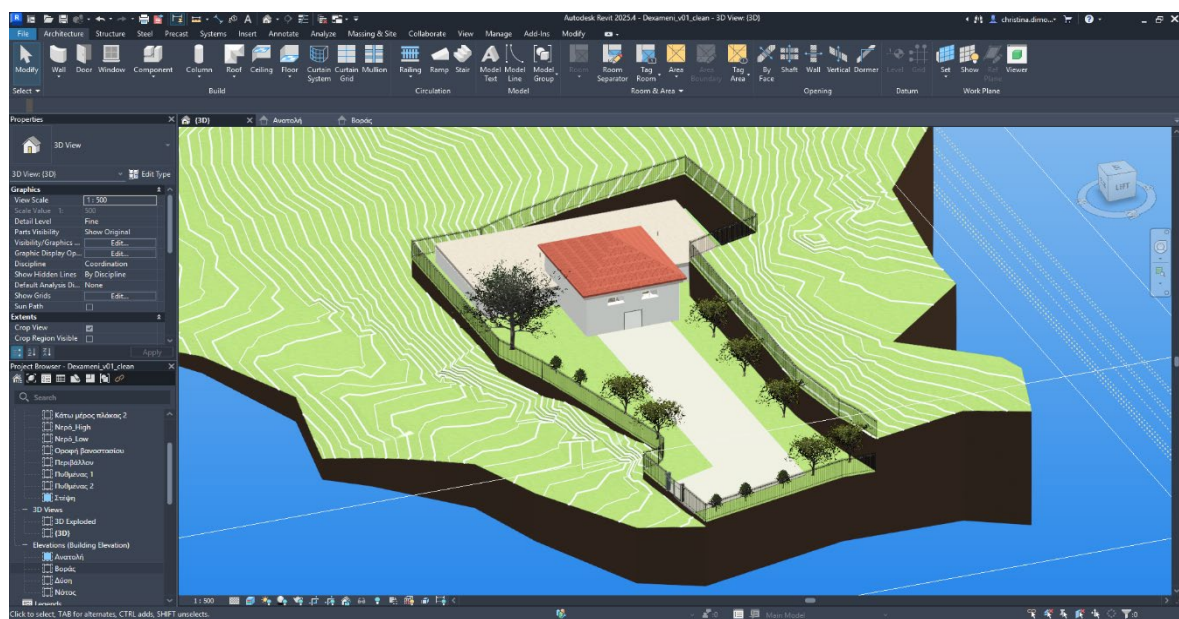
Μ.Δ.Ε. «Διαχείριση Τεχνικών Έργων» / Διπλωματική Εργασία 2026



Εικόνα 4.8: Διαμόρφωση περιβάλλοντος χώρου με στοιχεία φύτευσης και περίφραξης.

Η συνολική οπτικοποίηση του μοντέλου βελτιώθηκε μέσω κατάλληλων ρυθμίσεων απεικόνισης (shaded views, shadows), καθώς και με την επιλογή υλικών για το έδαφος και τα κατασκευαστικά στοιχεία.

Η ενσωμάτωση στοιχείων περιβάλλοντος δεν περιορίζεται μόνο σε αισθητικό επίπεδο, αλλά αποτελεί βασικό εργαλείο επικοινωνίας της μελέτης, διευκολύνοντας την κατανόηση του έργου από μη εξειδικευμένους χρήστες και ενισχύοντας την παρουσίασή του στο πλαίσιο της διαχείρισης τεχνικών έργων.



Εικόνα 4.9: Τελική τρισδιάστατη απεικόνιση του έργου με περιβάλλοντα χώρο.

Σημειώνεται ότι η λεπτομερής μοντελοποίηση του οπλισμού δεν αποτέλεσε βασικό αντικείμενο της παρούσας εργασίας. Ωστόσο, για λόγους πληρότητας και ενδεικτικής απεικόνισης, πραγματοποιήθηκε περιορισμένη εφαρμογή οπλισμού σε επιλεγμένα στοιχεία, όπως η πλάκα έδρασης της δεξαμενής.

Η επιλογή αυτή δεν επηρεάζει τη συνολική αξιολόγηση του μοντέλου, καθώς η εργασία επικεντρώνεται κυρίως στη γεωμετρική και πληροφοριακή μοντελοποίηση του έργου σε επίπεδο BIM.

* Οι παραπάνω διαδικασίες καταδεικνύουν τη δυνατότητα του BIM να αποτυπώνει όχι μόνο τα κατασκευαστικά στοιχεία, αλλά και το σύνολο του περιβάλλοντος χώρου του έργου, ενισχύοντας τη λήψη αποφάσεων και την επικοινωνία μεταξύ των εμπλεκόμενων φορέων.

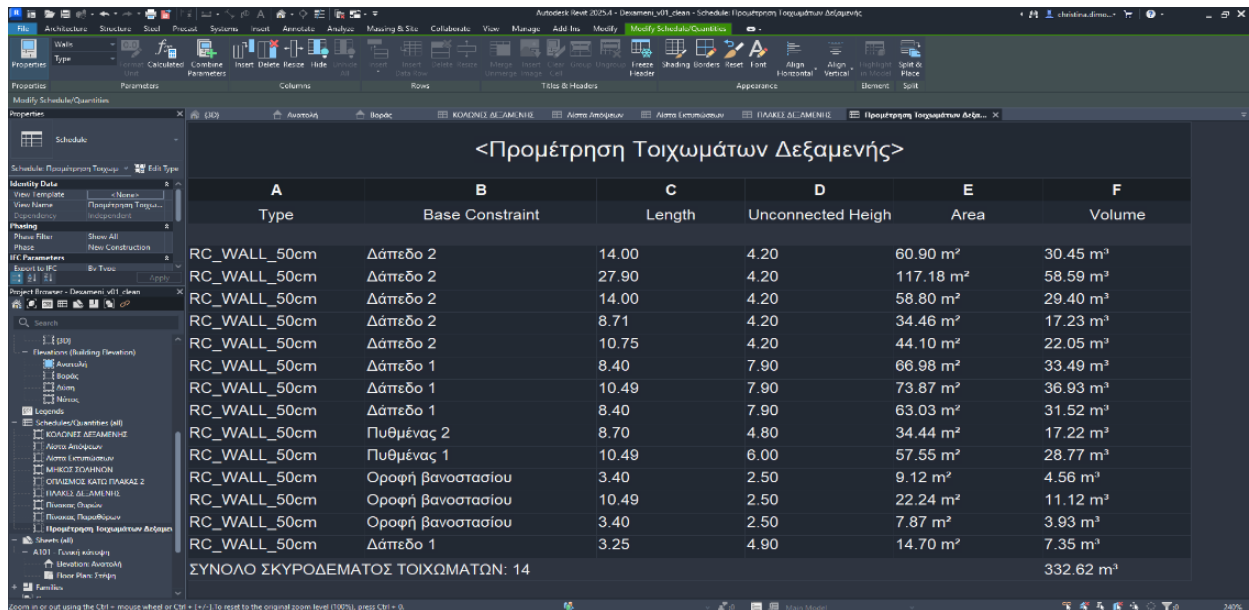
4.3 Παραγωγή Ποσοτήτων και Schedules

Στο στάδιο αυτό πραγματοποιήθηκε η εξαγωγή ποσοτικών δεδομένων από το BIM μοντέλο μέσω της δημιουργίας πινάκων (Schedules) στο περιβάλλον του Autodesk Revit.

Τα schedules αποτελούν βασικό εργαλείο της μεθοδολογίας BIM, καθώς επιτρέπουν την αυτόματη καταγραφή και επεξεργασία ποσοτήτων απευθείας από το τρισδιάστατο μοντέλο, μειώνοντας σημαντικά την πιθανότητα σφαλμάτων που προκύπτουν από χειροκίνητους υπολογισμούς.

Η δημιουργία των schedules πραγματοποιήθηκε μέσω της εντολής Schedule/Quantities (View → Schedules → Schedule/Quantities), επιλέγοντας τις αντίστοιχες κατηγορίες στοιχείων.

Μ.Δ.Ε. «Διαχείριση Τεχνικών Έργων» / Διπλωματική Εργασία 2026



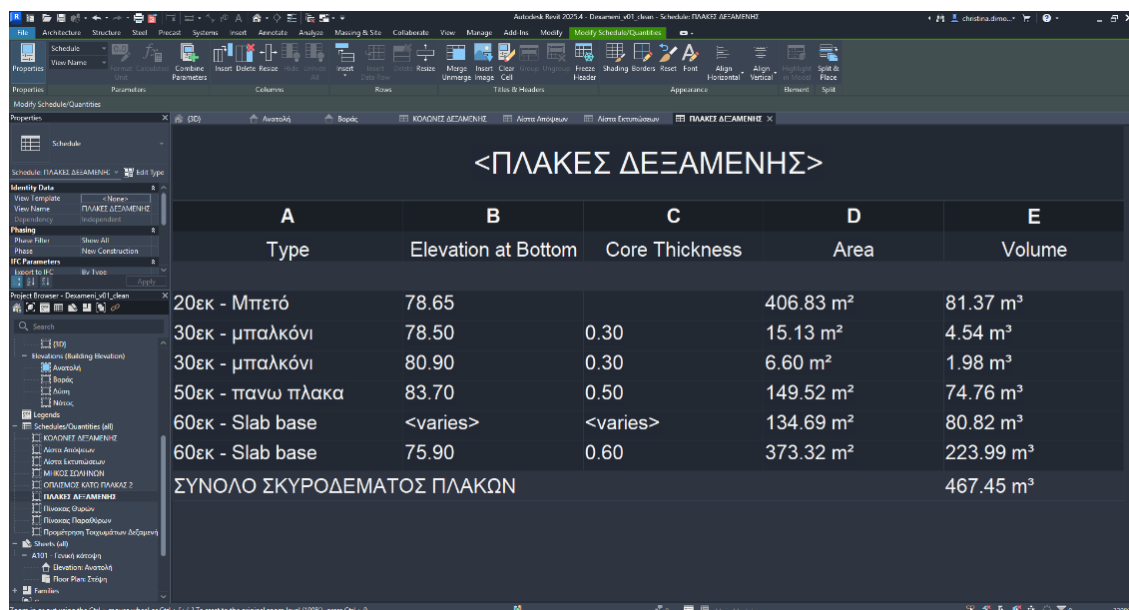
The screenshot shows the Revit Structural Schedule window titled "<Προμέτρηση Τοιχωμάτων Δεξαμενής>". The table lists structural elements with columns for Type, Base Constraint, Length, Unconnected Height, Area, and Volume. The total volume for the walls is 332.62 m³.

Type	Base Constraint	Length	Unconnected Height	Area	Volume
RC_WALL_50cm	Δάπεδο 2	14.00	4.20	60.90 m²	30.45 m³
RC_WALL_50cm	Δάπεδο 2	27.90	4.20	117.18 m²	58.59 m³
RC_WALL_50cm	Δάπεδο 2	14.00	4.20	58.80 m²	29.40 m³
RC_WALL_50cm	Δάπεδο 2	8.71	4.20	34.46 m²	17.23 m³
RC_WALL_50cm	Δάπεδο 2	10.75	4.20	44.10 m²	22.05 m³
RC_WALL_50cm	Δάπεδο 1	8.40	7.90	66.98 m²	33.49 m³
RC_WALL_50cm	Δάπεδο 1	10.49	7.90	73.87 m²	36.93 m³
RC_WALL_50cm	Δάπεδο 1	8.40	7.90	63.03 m²	31.52 m³
RC_WALL_50cm	Πυθμένας 2	8.70	4.80	34.44 m²	17.22 m³
RC_WALL_50cm	Πυθμένας 1	10.49	6.00	57.55 m²	28.77 m³
RC_WALL_50cm	Οροφή βανοστασίου	3.40	2.50	9.12 m²	4.56 m³
RC_WALL_50cm	Οροφή βανοστασίου	10.49	2.50	22.24 m²	11.12 m³
RC_WALL_50cm	Οροφή βανοστασίου	3.40	2.50	7.87 m²	3.93 m³
RC_WALL_50cm	Δάπεδο 1	3.25	4.90	14.70 m²	7.35 m³
ΣΥΝΟΛΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ: 14					332.62 m³

Εικόνα 4.10: Πίνακας ποσοτήτων δομικών στοιχείων (Structural Schedule) από το μοντέλο Revit.

Η ανάλυση οργανώθηκε ανά βασική κατηγορία:

- Δομικά στοιχεία (Structural Elements): τοιχία, πλάκες θεμελίωσης και λοιπά στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος.
- Υδραυλικά στοιχεία (Hydraulic Components): αγωγοί, συνδέσεις και λοιπά στοιχεία του συστήματος ύδρευσης.
- Στοιχεία περιβάλλοντος χώρου (Ancillary Elements): περίφραξη, διαμορφώσεις εδάφους και λοιπά βοηθητικά στοιχεία.



The screenshot shows the Revit Structural Schedule window titled "<ΠΛΑΚΕΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ>". The table lists slab elements with columns for Type, Elevation at Bottom, Core Thickness, Area, and Volume. The total volume for the slabs is 467.45 m³.

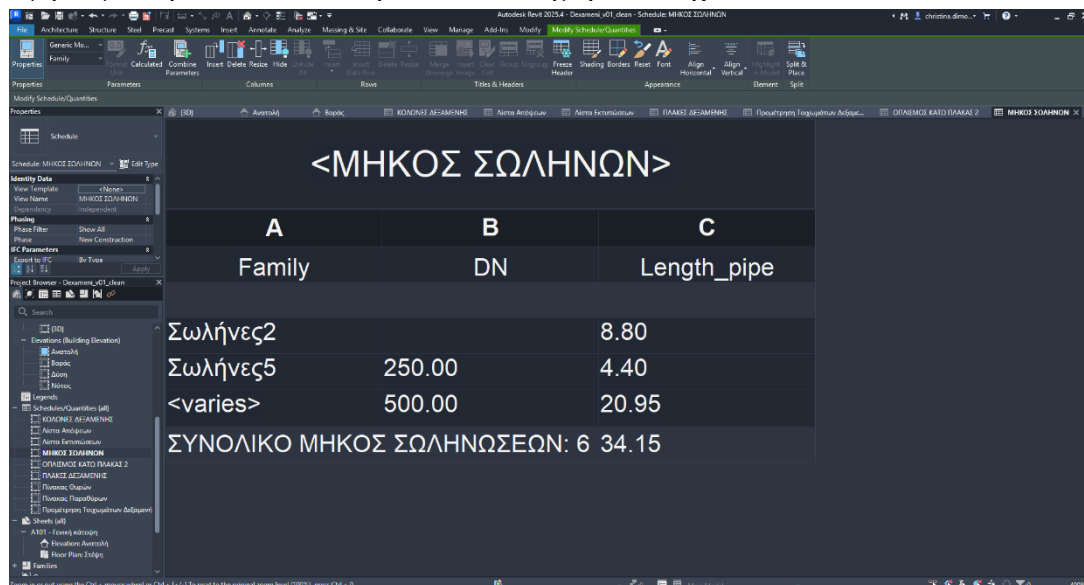
Type	Elevation at Bottom	Core Thickness	Area	Volume
20εκ - Μπετό	78.65		406.83 m²	81.37 m³
30εκ - μπαλκόνι	78.50	0.30	15.13 m²	4.54 m³
30εκ - μπαλκόνι	80.90	0.30	6.60 m²	1.98 m³
50εκ - πανω πλακα	83.70	0.50	149.52 m²	74.76 m³
60εκ - Slab base	<varies>	<varies>	134.69 m²	80.82 m³
60εκ - Slab base	75.90	0.60	373.32 m²	223.99 m³
ΣΥΝΟΛΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΠΛΑΚΩΝ				467.45 m³

Εικόνα 4.11: Πίνακας ποσοτήτων πλακών θεμελίωσης και στέψης από το μοντέλο Revit.

Για κάθε schedule ορίστηκαν τα κατάλληλα πεδία (Fields), όπως:

- Όνομα οικογένειας (Family Name)
- Τύπος στοιχείου (Type)
- Υλικό (Material)
- Ποσότητα (όγκος, μήκος ή πλήθος, ανάλογα με το στοιχείο)

Η επεξεργασία των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με χρήση φίλτρων (Filters), ομαδοποίησης (Sorting/Grouping) και υπολογισμών (Calculated Values), επιτρέποντας την εξαγωγή συγκεντρωτικών ποσοτήτων ανά κατηγορία στοιχείου.

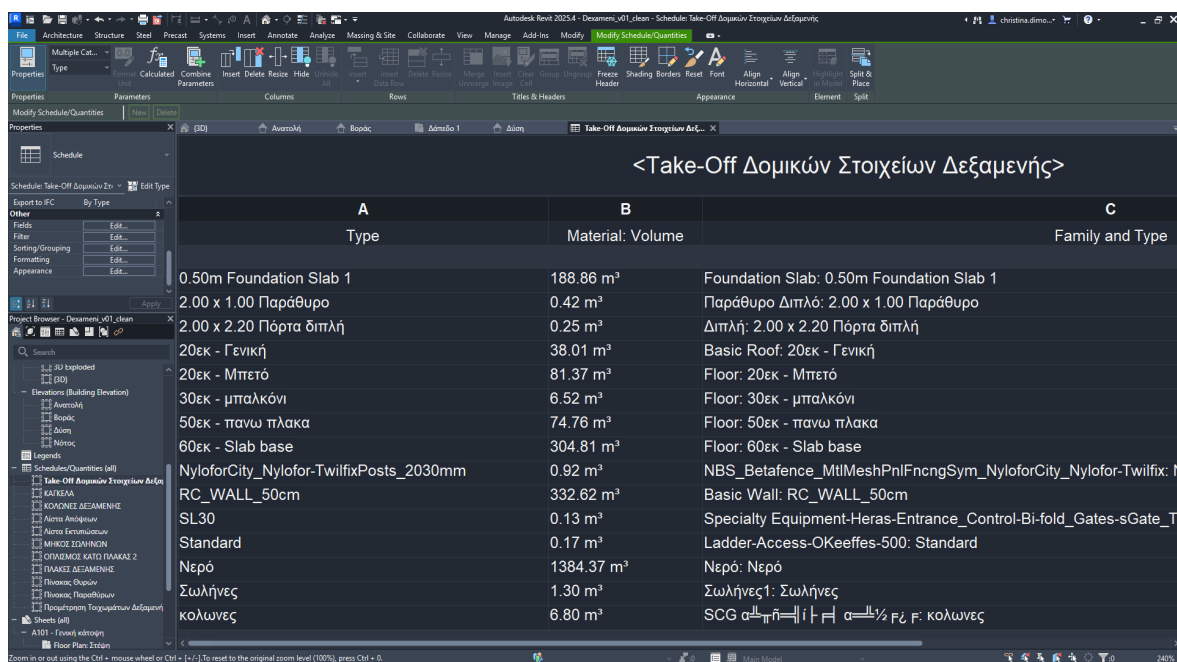


<ΜΗΚΟΣ ΣΩΛΗΝΩΝ>		
A	B	C
Family	DN	Length_pipe
Σωλήνες2		8.80
Σωλήνες5	250.00	4.40
<varies>	500.00	20.95
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΗΚΟΣ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ: 634.15		

Εικόνα 4.12: Πίνακας ποσοτήτων υδραυλικών στοιχείων.

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται σε μορφή πινάκων εντός του Revit και εξάγονται σε μορφή αρχείων (.xlsx), διευκολύνοντας τη σύγκριση με συμβατικές μεθόδους επιμέτρησης.

Η προσέγγιση αυτή εντάσσεται στο πλαίσιο του Quantity Take-Off (QTO) και αποτελεί βασική λειτουργία της BIM μεθοδολογίας, επιτρέποντας την αξιόπιστη και δυναμική εξαγωγή ποσοτικών δεδομένων απευθείας από το μοντέλο.



A	B	C
Type	Material: Volume	Family and Type
0.50m Foundation Slab 1	188.86 m³	Foundation Slab: 0.50m Foundation Slab 1
2.00 x 1.00 Παράθυρο	0.42 m³	Παράθυρο Διπλό: 2.00 x 1.00 Παράθυρο
2.00 x 2.20 Πόρτα διπλή	0.25 m³	Διπλή: 2.00 x 2.20 Πόρτα διπλή
20εκ - Γενική	38.01 m³	Basic Roof: 20εκ - Γενική
20εκ - Μπετό	81.37 m³	Floor: 20εκ - Μπετό
30εκ - μπαλκόνι	6.52 m³	Floor: 30εκ - μπαλκόνι
50εκ - πανω πλακα	74.76 m³	Floor: 50εκ - πανω πλακα
60εκ - Slab base	304.81 m³	Floor: 60εκ - Slab base
NyloforCity_Nylofor-TwilfixPosts_2030mm	0.92 m³	NBS_Betafence_MtlMeshPnlEncngSym_NyloforCity_Nylofor-Twilfix: N
RC_WALL_50cm	332.62 m³	Basic Wall: RC_WALL_50cm
SL30	0.13 m³	Specialty Equipment-Heras-Entrance_Control-Bi-fold_Gates-sGate_T
Standard	0.17 m³	Ladder-Access-OKeeffes-500: Standard
Νερό	1384.37 m³	Νερό: Νερό
Σωλήνες	1.30 m³	Σωλήνες1: Σωλήνες
κολωνες	6.80 m³	SCG αλληλ- i F αλληλ 1/2 F F κολωνες

Εικόνα 4.13: Συγκεντρωτικός πίνακας ποσοτήτων (Material Take-Off) από το BIM μοντέλο με ομαδοποίηση ανά τύπο στοιχείου.

*Σημειώνεται ότι η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στην εξαγωγή ποσοτήτων (3D BIM), χωρίς πλήρη ενσωμάτωση δεδομένων κόστους (5D BIM). Ωστόσο, η δομή των schedules είναι κατάλληλα οργανωμένη ώστε να υποστηρίξει μελλοντική σύνδεση με πίνακες κόστους και προϋπολογισμού.

4.4 Έλεγχος Συντονισμού και Ποιότητας Μοντέλου

Στο πλαίσιο της ανάπτυξης του BIM μοντέλου πραγματοποιήθηκε έλεγχος συντονισμού και γεωμετρικής συνέπειας των επιμέρους στοιχείων εντός του περιβάλλοντος του Autodesk Revit.

Ο έλεγχος επικεντρώθηκε στην ορθή τοποθέτηση των δομικών και υδραυλικών στοιχείων, καθώς και στην αποφυγή γεωμετρικών επικαλύψεων μεταξύ τους. Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε στις περιοχές σύνδεσης των αγωγών με τα δομικά στοιχεία της δεξαμενής, όπου εντοπίζονται συνήθως ασυμβατότητες κατά τη φάση σχεδιασμού.

Η διαδικασία περιλάμβανε οπτικό έλεγχο σε τρισδιάστατες προβολές, χρήση τομών (sections) για τη διερεύνηση εσωτερικών συνδέσεων, καθώς και έλεγχο παραμέτρων θέσης (offsets) και υψομέτρων.

Σε περιπτώσεις όπου παρατηρήθηκαν μικρές αστοχίες στη γεωμετρία, αυτές διορθώθηκαν μέσω προσαρμογής των παραμέτρων των στοιχείων, εξασφαλίζοντας τη συνοχή του μοντέλου.

Παρότι δεν πραγματοποιήθηκε πλήρης αυτοματοποιημένος έλεγχος συγκρούσεων (clash detection) μέσω εξειδικευμένου λογισμικού, το μοντέλο διαμορφώθηκε με τέτοιο τρόπο ώστε να ελαχιστοποιούνται πιθανές ασυμβατότητες, επιβεβαιώνοντας τη δυνατότητα του BIM να λειτουργεί ως εργαλείο συντονισμού και ελέγχου σχεδιασμού.

Συνεπώς, το μοντέλο είναι έτοιμο για:

- ✓ Navisworks clash detection
- ✓ BIM coordination workflows

Το γεγονός αυτό καταδεικνύει την επεκτασιμότητα του μοντέλου και τη δυνατότητα αξιοποίησής του σε πλήρες BIM coordination περιβάλλον.

4.5 Διαλειτουργικότητα και Δυνατότητα Εξαγωγής BIM Δεδομένων

Η μεθοδολογία BIM βασίζεται στη δυνατότητα ανταλλαγής δεδομένων μεταξύ διαφορετικών λογισμικών και φορέων, έννοια γνωστή ως διαλειτουργικότητα (interoperability).

Στο πλαίσιο αυτό, το Autodesk Revit υποστηρίζει την εξαγωγή του μοντέλου σε ανοικτά πρότυπα, όπως το IFC (Industry Foundation Classes), το οποίο αποτελεί διεθνές πρότυπο ανταλλαγής BIM δεδομένων.

Η εξαγωγή σε μορφή IFC επιτρέπει τη χρήση του μοντέλου σε άλλα λογισμικά ανάλυσης, ελέγχου και διαχείρισης έργου, διατηρώντας τόσο τη γεωμετρία όσο και τα βασικά χαρακτηριστικά των στοιχείων.

Παράλληλα, το BIM μοντέλο μπορεί να υποστηρίξει την εξαγωγή δομημένων πληροφοριών σε μορφή πινάκων, σύμφωνα με το πρότυπο COBie (Construction Operations Building Information Exchange), το οποίο χρησιμοποιείται κυρίως για τη διαχείριση και λειτουργία του έργου μετά την κατασκευή.

Στην παρούσα εργασία δεν πραγματοποιήθηκε πλήρης εφαρμογή εξαγωγής IFC ή COBie, ωστόσο το μοντέλο έχει αναπτυχθεί με παραμετρική δομή και οργάνωση δεδομένων που επιτρέπει τη μελλοντική αξιοποίησή του σε περιβάλλοντα διαλειτουργικότητας.

Η δυνατότητα αυτή αναδεικνύει τη σημαντική υπεροχή της μεθοδολογίας BIM σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους σχεδίασης, καθώς επιτρέπει την επαναχρησιμοποίηση και αξιοποίηση της πληροφορίας καθ' όλο τον κύκλο ζωής του έργου.

4.6 Σύγκριση BIM και Παραδοσιακής Μεθόδου

Για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της μεθοδολογίας BIM, πραγματοποιήθηκε συγκριτική ανάλυση μεταξύ της χρήσης του Autodesk Revit και της παραδοσιακής προσέγγισης σχεδιασμού με εργαλεία CAD.

Η σύγκριση βασίστηκε στην εμπειρία ανάπτυξης του μοντέλου της δεξαμενής και του περιβάλλοντος χώρου, καθώς και στη διαδικασία εξαγωγής ποσοτήτων και παραγωγής σχεδίων.

Στην παραδοσιακή μέθοδο CAD, ο σχεδιασμός βασίζεται σε δισδιάστατα σχέδια (2D), τα οποία απαιτούν ξεχωριστή επεξεργασία για κάθε όψη, τομή και λεπτομέρεια. Η εξαγωγή ποσοτήτων πραγματοποιείται χειροκίνητα ή μερικώς αυτοματοποιημένα, γεγονός που αυξάνει την πιθανότητα σφαλμάτων και ασυνεπειών. Αντίθετα, στο BIM περιβάλλον, το μοντέλο αποτελεί ενιαία πηγή πληροφορίας (single source of truth), όπου κάθε αλλαγή ενημερώνει αυτόματα όλα τα σχέδια, τις τομές και τα schedules.

Ιδιαίτερα στην παρούσα εργασία, η χρήση του BIM επέτρεψε:

- την ταυτόχρονη ανάπτυξη γεωμετρίας και πληροφορίας,
- τη μοντελοποίηση της τοπογραφίας και της εκσκαφής σε τρισδιάστατο περιβάλλον,
- την αυτόματη εξαγωγή ποσοτήτων μέσω schedules,
- τον συνεχή έλεγχο γεωμετρικής συνέπειας του μοντέλου.

Η σύγκριση των δύο προσεγγίσεων συνοψίζεται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 4.1: Σύγκριση BIM και παραδοσιακής μεθόδου σχεδιασμού.

<i>Παράμετρος</i>	Παραδοσιακή Μέθοδος (CAD)	BIM (Revit)	Παρατήρηση
<i>Μορφή σχεδίασης</i>	2D σχέδια	3D παραμετρικό μοντέλο	Ενιαία αναπαράσταση έργου
<i>Ενημέρωση αλλαγών</i>	Χειροκίνητη	Αυτόματη	Μείωση ασυνεπειών
<i>Εξαγωγή ποσοτήτων</i>	Χειροκίνητη	Αυτόματη (Schedules)	Αυξημένη ακρίβεια
<i>Διαχείριση πληροφορίας</i>	Κατακερματισμένη	Ενιαία	Single source of truth
<i>Οπτικοποίηση</i>	Περιορισμένη	Ρεαλιστική 3D απεικόνιση	Βελτιωμένη κατανόηση έργου

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης δείχνουν ότι η χρήση BIM προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα ως προς την ακρίβεια, την ταχύτητα και τη συνοχή των δεδομένων.

Πίνακας 4.2: Εκτίμηση χρόνου, ακρίβειας & συντονισμού BIM και παραδοσιακής μεθόδου σχεδιασμού.

<i>Παράμετρος</i>	CAD	BIM
<i>Χρόνος</i>	υψηλός	μειωμένος
<i>Ακρίβεια</i>	μέτρια	υψηλή
<i>Συντονισμός</i>	δύσκολος	ενιαίος

Επιπλέον, η δυνατότητα τρισδιάστατης οπτικοποίησης του έργου, συμπεριλαμβανομένου του τοπογραφικού υποβάθρου και της εκσκαφής, συμβάλλει ουσιαστικά στην καλύτερη κατανόηση του σχεδιασμού και στη διευκόλυνση της επικοινωνίας μεταξύ των εμπλεκόμενων φορέων.

Συνολικά, η εφαρμογή της μεθοδολογίας BIM στην παρούσα εργασία επιβεβαιώνει την υπεροχή της έναντι των παραδοσιακών μεθόδων σχεδιασμού, ιδιαίτερα σε έργα υποδομής με αυξημένες απαιτήσεις συντονισμού και τεκμηρίωσης. Παράλληλα, μειώνει την εξάρτηση από χειροκίνητες επεξεργασίες και αυξάνει τη συνεργασία μεταξύ των μελετητών (Zhang, Chen, & Wu, 2022).

4.7 Εξαγόμενα Αρχεία και Παραδοτέα Μοντέλου

Στο πλαίσιο της ανάπτυξης του BIM μοντέλου της δεξαμενής ύδρευσης, προέκυψαν διάφορα ψηφιακά παραδοτέα, τα οποία αξιοποιούνται τόσο για την τεκμηρίωση του έργου όσο και για την περαιτέρω επεξεργασία και παρουσίασή του.

Το βασικό παραδοτέο αποτελεί το αρχείο του μοντέλου στο Autodesk Revit (.rvt), το οποίο περιλαμβάνει το σύνολο των γεωμετρικών και πληροφοριακών δεδομένων του έργου, συμπεριλαμβανομένης της δεξαμενής, του τοπογραφικού υποβάθρου και των στοιχείων περιβάλλοντος χώρου.

Επιπλέον, από το μοντέλο εξήχθησαν:

- τρισδιάστατες απεικονίσεις (3D views) σε μορφή εικόνων (.png ή .jpg), που χρησιμοποιούνται για την οπτική παρουσίαση του έργου,
- πίνακες ποσοτήτων (Schedules) σε μορφή αρχείων (.xlsx), οι οποίοι προκύπτουν αυτόματα από το μοντέλο και χρησιμοποιούνται για την ανάλυση των ποσοτικών δεδομένων,
- σχέδια (views και sheets), τα οποία μπορούν να αξιοποιηθούν ως κατασκευαστικά σχέδια.

Τα παραπάνω αρχεία αποτελούν τυπικά παραδοτέα της μεθοδολογίας BIM, καθώς προκύπτουν απευθείας από το ψηφιακό μοντέλο χωρίς την ανάγκη ανεξάρτητης επεξεργασίας.

Σημειώνεται ότι το μοντέλο έχει δομηθεί με τρόπο που επιτρέπει τη μελλοντική εξαγωγή του σε μορφές διαλειτουργικότητας (π.χ. IFC), εφόσον απαιτηθεί σε επόμενες φάσεις του έργου.

Τα επιλεγμένα παραδοτέα παρουσιάζονται στο παράρτημα της παρούσας εργασίας, με στόχο την πληρέστερη τεκμηρίωση της εφαρμογής της μεθοδολογίας BIM.

Συμπερασματικά, το μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε:

- κατασκευή
- επίβλεψη
- συντήρηση

*Ενδεικτικά παραδείγματα των εξαγόμενων πινάκων ποσοτήτων και σχεδίων παρατίθενται στο Παράρτημα της εργασίας..

4.8 Συμπεράσματα Εφαρμογής

Η εφαρμογή της μεθοδολογίας Building Information Modeling (BIM) στο έργο της δεξαμενής ύδρευσης ανέδειξε τα σημαντικά πλεονεκτήματα της χρήσης ψηφιακών εργαλείων στον σχεδιασμό και την τεκμηρίωση τεχνικών έργων υποδομής.

Η ανάπτυξη του μοντέλου στο Autodesk Revit επέτρεψε την ολοκληρωμένη αναπαράσταση του έργου σε τρισδιάστατο περιβάλλον, ενσωματώνοντας τόσο τα δομικά στοιχεία της δεξαμενής όσο και το τοπογραφικό υπόβαθρο και τον περιβάλλοντα χώρο.

Ιδιαίτερα σημαντική ήταν η δυνατότητα μοντελοποίησης της τοπογραφίας και της εκσκαφής, καθώς και η διαμόρφωση πρανών, γεγονός που συνέβαλε στην καλύτερη κατανόηση της ένταξης του έργου στο φυσικό περιβάλλον.

Παράλληλα, η χρήση schedules επέτρεψε την αξιόπιστη και αυτοματοποιημένη εξαγωγή ποσοτικών δεδομένων, μειώνοντας την ανάγκη για χειροκίνητους υπολογισμούς και ενισχύοντας την ακρίβεια των αποτελεσμάτων.

Η διαδικασία μοντελοποίησης ανέδειξε επίσης ορισμένους περιορισμούς του λογισμικού, κυρίως ως προς τη διαχείριση σύνθετων γεωμετριών τοπογραφίας και την τοποθέτηση στοιχείων σε κεκλιμένες επιφάνειες. Οι περιορισμοί αυτοί αντιμετωπίστηκαν με τη χρήση εναλλακτικών τεχνικών, όπως βοηθητικές γραμμές αναφοράς και προσαρμογή παραμέτρων.

Συνολικά, η εφαρμογή του BIM στο συγκεκριμένο έργο επιβεβαιώνει τη συμβολή του στη βελτίωση της ποιότητας του σχεδιασμού, στη μείωση σφαλμάτων και στην ενίσχυση της επικοινωνίας μεταξύ των εμπλεκόμενων φορέων.

Το παραγόμενο μοντέλο μπορεί να αποτελέσει βάση για περαιτέρω ανάπτυξη, όπως ενσωμάτωση δεδομένων κόστους ή διασύνδεση με συστήματα διαχείρισης έργων, συμβάλλοντας στη σταδιακή μετάβαση προς τον ψηφιακό μετασχηματισμό των τεχνικών έργων καθώς και να αποτελέσει πιλότο για μελλοντικές BIM εφαρμογές σε έργα ύδρευσης, υποστηρίζοντας την Εθνική Στρατηγική για τον Ψηφιακό Μετασχηματισμό των Δημόσιων Έργων (ΤΕΕ, 2024).

Κεφάλαιο 5 – Συμπεράσματα & Προτάσεις

5.1 Συνολική αποτίμηση της εφαρμογής BIM

Η παρούσα διπλωματική εργασία είχε ως αντικείμενο την εφαρμογή της μεθοδολογίας Building Information Modeling (BIM) στον σχεδιασμό και την ψηφιακή μοντελοποίηση δεξαμενής ύδρευσης, στο πλαίσιο ενός πραγματικού έργου υποδομής.

Η ανάπτυξη του μοντέλου στο περιβάλλον του Autodesk Revit δεν περιορίστηκε στην αποτύπωση της γεωμετρίας της δεξαμενής, αλλά επεκτάθηκε στη δημιουργία ενός ολοκληρωμένου ψηφιακού περιβάλλοντος, το οποίο περιλαμβάνει το τοπογραφικό υπόβαθρο, τη διαδικασία εκσκαφής και τη διαμόρφωση του περιβάλλοντος χώρου.

Η προσέγγιση αυτή επιβεβαιώνει τη βασική αρχή του BIM ως ενιαίου συστήματος διαχείρισης πληροφορίας (information management system), όπου όλα τα στοιχεία του έργου ενσωματώνονται σε ένα κοινό μοντέλο. Μέσω αυτής της διαδικασίας, επιτεύχθηκε η δημιουργία ενός “ψηφιακού διδύμου” (digital representation) του έργου, το οποίο μπορεί να αξιοποιηθεί σε διαφορετικά στάδια του κύκλου ζωής του.

Παράλληλα, η εργασία ανέδειξε τη σημασία της σωστής δομής του μοντέλου, της χρήσης παραμέτρων και της τυποποίησης δεδομένων, στοιχεία που αποτελούν βασικούς πυλώνες της επιτυχούς εφαρμογής BIM.

5.2 Κύρια ευρήματα της έρευνας

Η εφαρμογή της μεθοδολογίας BIM στο συγκεκριμένο έργο επέτρεψε την εξαγωγή σημαντικών συμπερασμάτων σχετικά με τα πλεονεκτήματα της χρήσης ψηφιακών εργαλείων στον κατασκευαστικό τομέα.

Καταρχάς, διαπιστώθηκε ότι η παραμετρική φύση του BIM μοντέλου επιτρέπει την άμεση και δυναμική ενημέρωση όλων των στοιχείων σε περίπτωση τροποποιήσεων. Σε αντίθεση με τα παραδοσιακά σχέδια CAD, όπου κάθε αλλαγή απαιτεί ξεχωριστή επεξεργασία, στο BIM η πληροφορία είναι ενιαία και ενημερώνεται αυτόματα σε όλα τα επίπεδα του μοντέλου.

Επιπλέον, η τρισδιάστατη απεικόνιση του έργου συνέβαλε σημαντικά στη βελτίωση της κατανόησης της γεωμετρίας και της λειτουργίας της δεξαμενής. Η δυνατότητα απεικόνισης της εκσκαφής, των πρανών και της σχέσης του έργου με το φυσικό έδαφος αποτέλεσε κρίσιμο στοιχείο για την ολοκληρωμένη αντίληψη του σχεδιασμού.

Ιδιαίτερα σημαντική ήταν η συμβολή των schedules, τα οποία επέτρεψαν την αυτόματη εξαγωγή ποσοτήτων με υψηλό βαθμό ακρίβειας. Η δυνατότητα αυτή μειώνει σημαντικά τον χρόνο και τα σφάλματα που σχετίζονται με τις παραδοσιακές μεθόδους επιμέτρησης.

Τέλος, η ενιαία δομή του μοντέλου συνέβαλε στη μείωση ασυνεπειών και στην καλύτερη οργάνωση των δεδομένων, γεγονός που ενισχύει τη συνεργασία μεταξύ των εμπλεκόμενων φορέων.

5.3 Περιορισμοί της μελέτης

Παρά τα πλεονεκτήματα που αναδείχθηκαν, η εφαρμογή της μεθοδολογίας BIM παρουσίασε ορισμένους περιορισμούς, οι οποίοι σχετίζονται κυρίως με τις δυνατότητες του λογισμικού και το εύρος της παρούσας εργασίας.

Ένας βασικός περιορισμός αφορά τη μοντελοποίηση της τοπογραφίας και των πρανών, η οποία στο περιβάλλον του Revit απαιτεί πρόσθετες παρεμβάσεις και δεν υποστηρίζεται πλήρως αυτοματοποιημένα. Η ανάγκη χρήσης εργαλείων όπως Edit Sub Elements και βοηθητικών γραμμών αναφοράς υποδεικνύει ότι η διαχείριση σύνθετων γεωμετριών εδάφους παραμένει ένα απαιτητικό πεδίο.

Επιπλέον, η τοποθέτηση στοιχείων σε κεκλιμένες επιφάνειες, όπως η περίφραξη, ανέδειξε περιορισμούς του λογισμικού ως προς την προσαρμογή σε μη επίπεδες γεωμετρίες.

Ένας ακόμη περιορισμός αφορά την απουσία πλήρους ενσωμάτωσης δεδομένων κόστους (5D BIM), καθώς και την μη εφαρμογή αυτοματοποιημένου ελέγχου συγκρούσεων με εξειδικευμένα εργαλεία. Οι επιλογές αυτές έγιναν συνειδητά, ώστε η εργασία να επικεντρωθεί στη βασική ανάπτυξη του μοντέλου και στην εξαγωγή ποσοτικών δεδομένων.

Οι παραπάνω περιορισμοί δεν μειώνουν τη σημασία της εφαρμογής, αλλά αναδεικνύουν τα πεδία στα οποία απαιτείται περαιτέρω εξειδίκευση και ανάπτυξη.

5.4 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα και εφαρμογή

Με βάση τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας, προκύπτουν σημαντικές δυνατότητες για περαιτέρω εξέλιξη της εφαρμογής της μεθοδολογίας BIM.

Αρχικά, προτείνεται η ενσωμάτωση δεδομένων κόστους (5D BIM), μέσω σύνδεσης των schedules με βάσεις δεδομένων προϋπολογισμού και τιμολογίων δημοσίων έργων. Η εξέλιξη αυτή θα επιτρέψει την πλήρη οικονομική αποτύπωση του έργου.

Παράλληλα, η χρήση λογισμικών όπως το Navisworks θα μπορούσε να υποστηρίξει τον αυτοματοποιημένο έλεγχο συγκρούσεων, βελτιώνοντας περαιτέρω την ποιότητα και τον συντονισμό του μοντέλου.

Επιπλέον, η σύνδεση του BIM μοντέλου με χρονοπρογραμματισμό (4D BIM) θα επιτρέψει την προσομοίωση της κατασκευαστικής διαδικασίας, συμβάλλοντας στον καλύτερο σχεδιασμό και την παρακολούθηση του έργου.

Σε επόμενο επίπεδο, η ανάπτυξη ενός Digital Twin της δεξαμενής θα μπορούσε να υποστηρίξει τη λειτουργία και τη συντήρηση του έργου, ενσωματώνοντας δεδομένα πραγματικού χρόνου.

Τέλος, προτείνεται η εφαρμογή της μεθοδολογίας σε μεγαλύτερης κλίμακας έργα υποδομών, προκειμένου να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητά της σε πιο σύνθετα περιβάλλοντα.

5.5 Τελικό συμπέρασμα

Η παρούσα διπλωματική εργασία επιβεβαιώνει ότι η μεθοδολογία BIM αποτελεί ένα ισχυρό εργαλείο για τον εκσυγχρονισμό του σχεδιασμού και της διαχείρισης τεχνικών έργων.

Η εφαρμογή της στο έργο της δεξαμενής ύδρευσης ανέδειξε τη δυνατότητα δημιουργίας ενός ολοκληρωμένου και αξιόπιστου ψηφιακού μοντέλου, το οποίο συνδυάζει γεωμετρία, πληροφορία και τεκμηρίωση.

Η μετάβαση από τις παραδοσιακές μεθόδους σχεδιασμού σε BIM περιβάλλον οδηγεί σε βελτίωση της ακρίβειας, μείωση των σφαλμάτων και ενίσχυση της συνεργασίας μεταξύ των εμπλεκόμενων μερών.

Στο πλαίσιο του ελληνικού κατασκευαστικού τομέα, η υιοθέτηση του BIM αποτελεί αναγκαίο βήμα για την προσαρμογή στις σύγχρονες απαιτήσεις και την εναρμόνιση με τα διεθνή πρότυπα.

Η εργασία αυτή συμβάλλει στην κατεύθυνση αυτή, προσφέροντας ένα πρακτικό παράδειγμα εφαρμογής BIM σε έργο υποδομής, το οποίο μπορεί να αξιοποιηθεί ως βάση για μελλοντικές μελέτες και εφαρμογές.

Βιβλιογραφία

- (2024b), A. (2025, Οκτώβριος 23). *Civil 3D help (version 2024)*. Ανάκτηση από Autodesk Knowledge Network: <https://www.autodesk.com/civil3d>
- Autodesk. (2024). *Civil 3D help (version 2024)*. Autodesk Knowledge Network.
- Autodesk. (2024). *Navisworks user guide*. Ανάκτηση από Autodesk Knowledge Network: <https://www.autodesk.com/products/navisworks>
- Autodesk. (2024). *Revit documentation and BIM 360 workflow guide*. San Francisco: Autodesk Inc.
- Bolton, A. E. (2018). *The Gemini Principles*. Cambridge: Centre for Digital Built Britain.
- British Standards Institution. (2020). *BS EN 17412-1: Level of information need-Concepts and principles*. London: BSI.
- buildingSMART, I. (2025, Οκτώβριος 24). *IFC and openBIM standards*. Ανάκτηση από buildingsmart: <https://www.buildingsmart.org>
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2018). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, designers, engineers, and contractors*. Hoboken, NJ: Wiley.
- Group, E. B. (2017). *Handbook for the introduction of BIM by the European public sector*. Ανάκτηση από eubim.eu: <https://eubim.eu/handbook>
- Hosseini, M. R. (2018, 8 25). Critical success factors for implementing building information modeling in construction projects: A review. *Engineering, Construction and Architectural Management*, σσ. 1269–1298.
- Inc., B. S. (2025, Οκτωβρίου 30). *Synchro Pro user manual*. Ανάκτηση από Bentley Systems Inc.: <https://www.bentley.com>
- International Organization for Standardization. (2018). *ISO 19650-1 & 19650-2: Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works*. Geneva: ISO.
- Kassem, M., & Succar, B. (2017). Macro BIM adoption: Conceptual structures. *Automation in Construction*, σσ. 286–299.
- National Institute of Building Sciences. (2021). *National BIM standard - United States (Version 4.0)*. Washington, D.C.: NIBS.
- Oesterreich, T. D. (2016). Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach. *Computers in Industry*, σσ. 121–139.
- Project Management Institute. (2021). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide) – 7th edition*. Newtown Square, PA: PMI.
- Standards, I. B. (2020). *BS EN 17412-1: Level of information need — Concepts and principles*. London: BSI.
- Succar, B. (2016). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, σσ. 357–375.

Trimble. (2025, Οκτώβριος 24). *Tekla Structures overview*. Ανάκτηση από Trimble Solutions:
<https://www.tekla.com>

Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods (6th ed.)*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.

Zhang, J., Chen, X., & Wu, P. (2022). Integration of Dynamo scripting for automated data exchange between BIM and cost management tools. *Automation in Construction*, σ. 136.

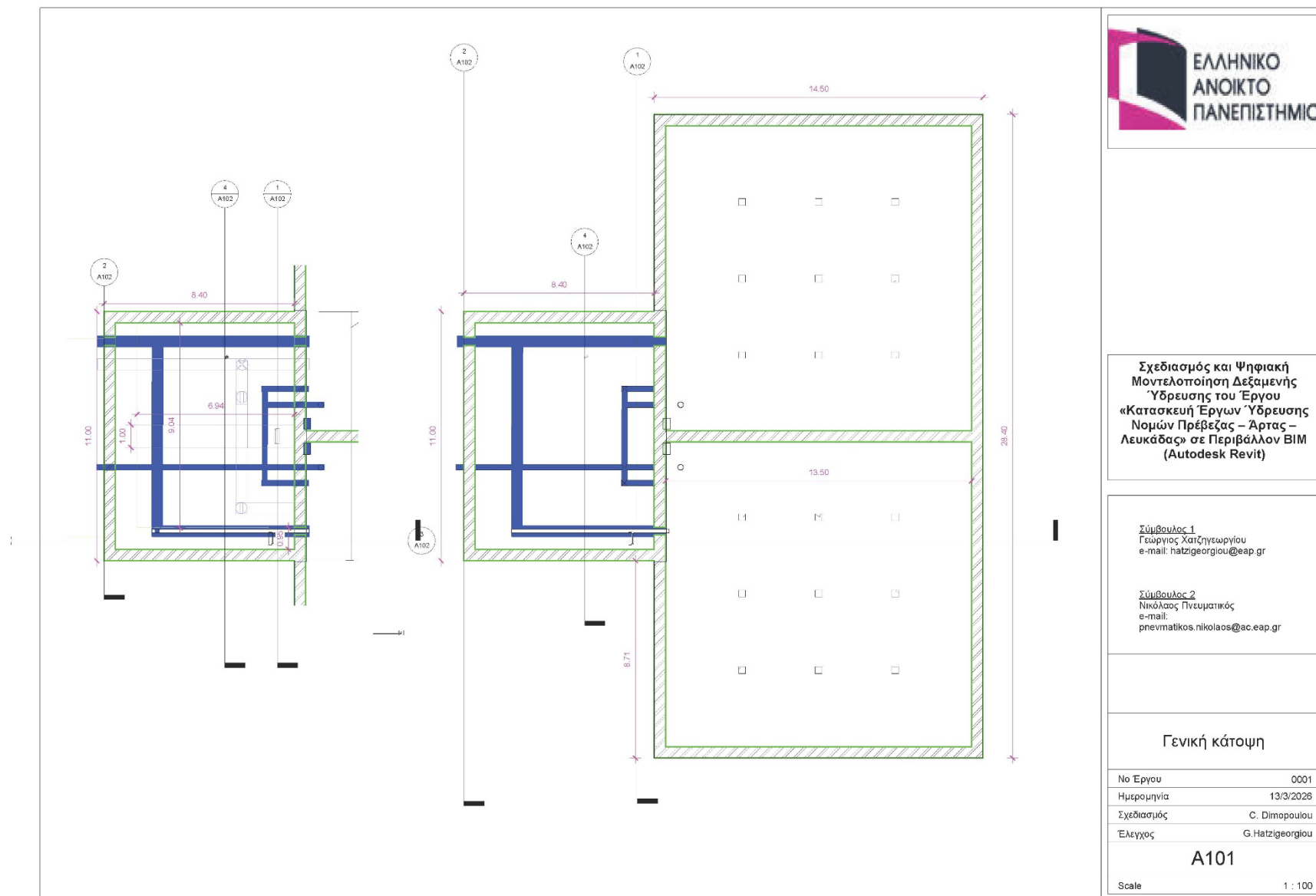
Κτιριακές Υποδομές Α.Ε. . (2023). *BIM pilot projects – Ενδιάμεση έκθεση*. Αθήνα: ΚΤΥΠ Α.Ε.

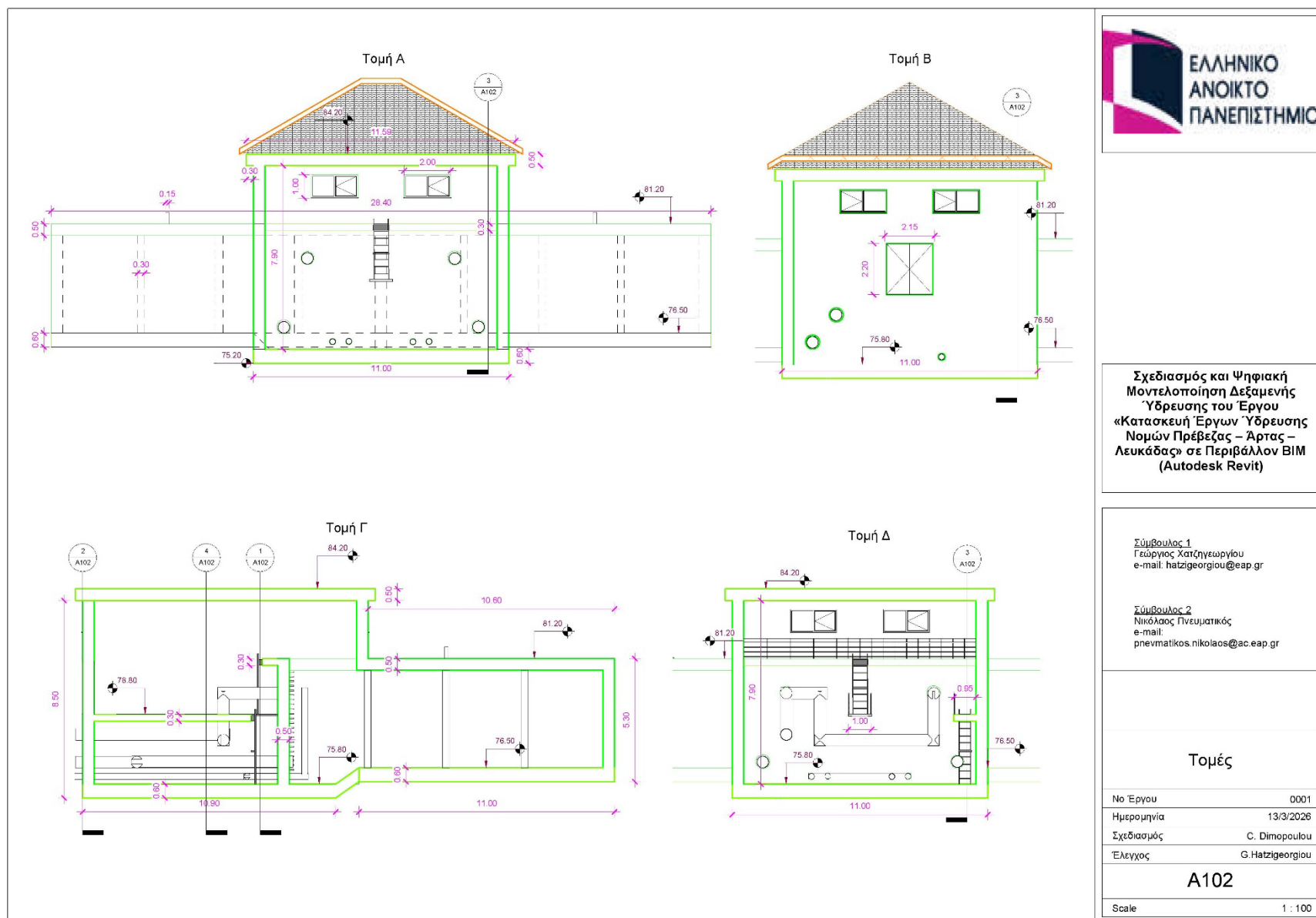
ΤΕΕ. (2024). *Εθνική στρατηγική για το BIM στην Ελλάδα*. Αθήνα: ΤΕΕ.

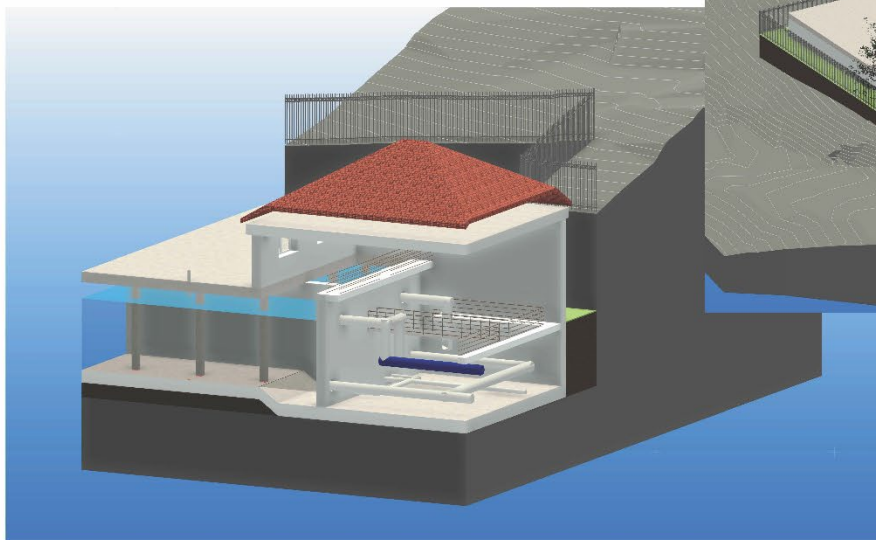
ΥΠΥΜΕ, Υ. Υ. (2023). *Έκθεση ομάδας εργασίας για την εισαγωγή του BIM στα δημόσια έργα*. Αθήνα: ΥΠΥΜΕ.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Σχέδια Μοντέλου







ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Σύμβουλος Α
Γεωργός Κω. Δημόπουλος
katzigeorgiou@kap.gr

Σύμβουλος Β
Νικόλαος Παναγιωτόπουλος
npanat@kap.gr

No.	Περιγραφή	Ημερ.

C. Dimopoulou
«Ψηφιακή Μοντελοποίηση
Δεξαμενής Υδροψυξης, BIM
(Autodesk Revit)»

3D Απώψεις-Τομές

No Έργου 0001

Ημερομηνία 13/3/2026

Σχεδιαστής C. Dimopoulou

Έλεγχος G. Hatzigeorgiou

A103

Κλίμακα

14/3/2026 12:44:46 μμ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: Προμετρήσεις (Schedules)

TAKE-OFF ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ

TYPE	Material: Volume	Family and Type
0.50M FOUNDATION SLAB 1	188.86 m³	Foundation Slab: 0.50m Foundation Slab 1
2.00 X 1.00 ΠΑΡΑΘΥΡΟ	0.42 m³	Παράθυρο Διπλό: 2.00 x 1.00 Παράθυρο
2.00 X 2.20 ΠΟΡΤΑ ΔΙΠΛΗ	0.25 m³	Διπλή: 2.00 x 2.20 Πόρτα διπλή
20ΕΚ - ΓΕΝΙΚΗ	38.01 m³	Basic Roof: 20εκ - Γενική
20ΕΚ - ΜΠΕΤΟ	81.37 m³	Floor: 20εκ - Μπετό
30ΕΚ - ΜΠΑΛΚΟΝΙ	6.52 m³	Floor: 30εκ - μπαλκόνι
50ΕΚ - ΠΑΝΩ ΠΛΑΚΑ	74.76 m³	Floor: 50εκ - πάνω πλάκα
60ΕΚ - SLAB BASE	304.81 m³	Floor: 60εκ - Slab base
NYLOFORCITY_NYLOFOR-TWILFIXPOSTS_2030MM	0.92 m³	NBS_Betafence_MtlMeshPnlFncngSym_NyloforCity_Nylofor-Twilfix: NyloforCity_Nylofor-TwilfixPosts_2030mm
RC_WALL_50CM	332.62 m³	Basic Wall: RC_WALL_50cm
SL30	0.13 m³	Specialty Equipment-Heras-Entrance_Control-Bi-fold_Gates-sGate_Trackless (Single leaf): SL30
STANDARD	0.17 m³	Ladder-Access-OKeeffes-500: Standard
NEPO	1384.37 m³	Νερό: Νερό
ΣΩΛΗΝΕΣ	1.30 m³	Σωλήνες1: Σωλήνες
ΚΟΛΩΝΕΣ	6.80 m³	SCG α=1/2π ή 1/4π ή 1/6π ή 1/8π ή 1/10π ή 1/12π ή 1/15π ή 1/20π ή 1/25π ή 1/30π ή 1/40π ή 1/50π ή 1/60π ή 1/80π ή 1/100π ή 1/120π ή 1/150π ή 1/200π ή 1/250π ή 1/300π ή 1/400π ή 1/500π ή 1/600π ή 1/800π ή 1/1000π ή 1/1200π ή 1/1500π ή 1/2000π ή 1/2500π ή 1/3000π ή 1/4000π ή 1/5000π ή 1/6000π ή 1/8000π ή 1/10000π ή 1/12000π ή 1/15000π ή 1/20000π ή 1/25000π ή 1/30000π ή 1/40000π ή 1/50000π ή 1/60000π ή 1/80000π ή 1/100000π ή 1/120000π ή 1/150000π ή 1/200000π ή 1/250000π ή 1/300000π ή 1/400000π ή 1/500000π ή 1/600000π ή 1/800000π ή 1/1000000π ή 1/1200000π ή 1/1500000π ή 1/2000000π ή 1/2500000π ή 1/3000000π ή 1/4000000π ή 1/5000000π ή 1/6000000π ή 1/8000000π ή 1/10000000π ή 1/12000000π ή 1/15000000π ή 1/20000000π ή 1/25000000π ή 1/30000000π ή 1/40000000π ή 1/50000000π ή 1/60000000π ή 1/80000000π ή 1/100000000π ή 1/120000000π ή 1/150000000π ή 1/200000000π ή 1/250000000π ή 1/300000000π ή 1/400000000π ή 1/500000000π ή 1/600000000π ή 1/800000000π ή 1/1000000000π ή 1/1200000000π ή 1/1500000000π ή 1/2000000000π ή 1/2500000000π ή 1/3000000000π ή 1/4000000000π ή 1/5000000000π ή 1/6000000000π ή 1/8000000000π ή 1/10000000000π ή 1/12000000000π ή 1/15000000000π ή 1/20000000000π ή 1/25000000000π ή 1/30000000000π ή 1/40000000000π ή 1/50000000000π ή 1/60000000000π ή 1/80000000000π ή 1/100000000000π ή 1/120000000000π ή 1/150000000000π ή 1/200000000000π ή 1/250000000000π ή 1/300000000000π ή 1/400000000000π ή 1/500000000000π ή 1/600000000000π ή 1/800000000000π ή 1/1000000000000π ή 1/1200000000000π ή 1/1500000000000π ή 1/2000000000000π ή 1/2500000000000π ή 1/3000000000000π ή 1/4000000000000π ή 1/5000000000000π ή 1/6000000000000π ή 1/8000000000000π ή 1/10000000000000π ή 1/12000000000000π ή 1/15000000000000π ή 1/20000000000000π ή 1/25000000000000π ή 1/30000000000000π ή 1/40000000000000π ή 1/50000000000000π ή 1/60000000000000π ή 1/80000000000000π ή 1/100000000000000π ή 1/120000000000000π ή 1/150000000000000π ή 1/200000000000000π ή 1/250000000000000π ή 1/300000000000000π ή 1/400000000000000π ή 1/500000000000000π ή 1/600000000000000π ή 1/800000000000000π ή 1/1000000000000000π ή 1/1200000000000000π ή 1/1500000000000000π ή 1/2000000000000000π ή 1/2500000000000000π ή 1/3000000000000000π ή 1/4000000000000000π ή 1/5000000000000000π ή 1/6000000000000000π ή 1/8000000000000000π ή 1/10000000000000000π ή 1/12000000000000000π ή 1/15000000000000000π ή 1/20000000000000000π ή 1/25000000000000000π ή 1/30000000000000000π ή 1/40000000000000000π ή 1/50000000000000000π ή 1/60000000000000000π ή 1/80000000000000000π ή 1/100000000000000000π ή 1/120000000000000000π ή 1/150000000000000000π ή 1/200000000000000000π ή 1/250000000000000000π ή 1/300000000000000000π ή 1/400000000000000000π ή 1/500000000000000000π ή 1/600000000000000000π ή 1/800000000000000000π ή 1/1000000000000000000π ή 1/1200000000000000000π ή 1/1500000000000000000π ή 1/2000000000000000000π ή 1/2500000000000000000π ή 1/3000000000000000000π ή 1/4000000000000000000π ή 1/5000000000000000000π ή 1/6000000000000000000π ή 1/8000000000000000000π ή 1/10000000000000000000π ή 1/12000000000000000000π ή 1/15000000000000000000π ή 1/20000000000000000000π ή 1/25000000000000000000π ή 1/30000000000000000000π ή 1/40000000000000000000π ή 1/50000000000000000000π ή 1/60000000000000000000π ή 1/80000000000000000000π ή 1/100000000000000000000π ή 1/120000000000000000000π ή 1/150000000000000000000π ή 1/200000000000000000000π ή 1/250000000000000000000π ή 1/300000000000000000000π ή 1/400000000000000000000π ή 1/500000000000000000000π ή 1/600000000000000000000π ή 1/8

ΠΛΑΚΕΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ

TYPE	Elevation at Bottom	Core Thickness	Area	Volume
20ΕΚ - ΜΠΕΤΟ	78.65		406.83 m ²	81.37 m ³
30ΕΚ - ΜΠΑΛΚΟΝΙ	78.50	0.30	15.13 m ²	4.54 m ³
30ΕΚ - ΜΠΑΛΚΟΝΙ	80.90	0.30	6.60 m ²	1.98 m ³
50ΕΚ - ΠΑΝΩ ΠΛΑΚΑ	83.70	0.50	149.52 m ²	74.76 m ³
60ΕΚ - SLAB BASE	<varies>	<varies>	134.69 m ²	80.82 m ³
60ΕΚ - SLAB BASE	75.90	0.60	373.32 m ²	223.99 m ³
ΣΥΝΟΛΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΠΛΑΚΩΝ				467.45 m ³

ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΚΑΤΩ ΠΛΑΚΑΣ 2

TYPE	Bar Diameter	Bar Length	Total Bar Length	Rebar Number	Count	Weight
12 400S	72 mm	85.51 m	3772.94 m	<varies>	6	3.35 t
Φ12 B500C	127 mm	129.61 m	2583.26 m	<varies>	10	2.29 t

ΠΡΟΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ

TYPE	Base Constraint	Length	Unconnected Height	Area	Volume
RC_WALL_50CM	Δάπεδο 2	14.00	4.20	60.90 m ²	30.45 m ³
RC_WALL_50CM	Δάπεδο 2	27.90	4.20	117.18 m ²	58.59 m ³
RC_WALL_50CM	Δάπεδο 2	14.00	4.20	58.80 m ²	29.40 m ³
RC_WALL_50CM	Δάπεδο 2	8.71	4.20	34.46 m ²	17.23 m ³
RC_WALL_50CM	Δάπεδο 2	10.75	4.20	44.10 m ²	22.05 m ³
RC_WALL_50CM	Δάπεδο 1	8.40	7.90	66.98 m ²	33.49 m ³
RC_WALL_50CM	Δάπεδο 1	10.49	7.90	73.87 m ²	36.93 m ³
RC_WALL_50CM	Δάπεδο 1	8.40	7.90	63.03 m ²	31.52 m ³
RC_WALL_50CM	Πυθμένας 2	8.70	4.80	34.44 m ²	17.22 m ³
RC_WALL_50CM	Πυθμένας 1	10.49	6.00	57.55 m ²	28.77 m ³
RC_WALL_50CM	Οροφή βανοστασίου	3.40	2.50	9.12 m ²	4.56 m ³
RC_WALL_50CM	Οροφή βανοστασίου	10.49	2.50	22.24 m ²	11.12 m ³
RC_WALL_50CM	Οροφή βανοστασίου	3.40	2.50	7.87 m ²	3.93 m ³
RC_WALL_50CM	Δάπεδο 1	3.25	4.90	14.70 m ²	7.35 m ³
ΣΥΝΟΛΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ: 14					332.62 m ³

ΚΟΛΩΝΕΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ

TYPE	Base Level	Top Level	Volume
ΚΟΛΩΝΕΣ	Δάπεδο 2	Κάτω μέρος πλάκας 1	0.38 m ³
ΚΟΛΩΝΕΣ	Δάπεδο 2	Κάτω μέρος πλάκας 1	0.38 m ³
ΚΟΛΩΝΕΣ	Δάπεδο 2	Κάτω μέρος πλάκας 1	0.38 m ³
ΚΟΛΩΝΕΣ	Δάπεδο 2	Κάτω μέρος πλάκας 1	0.38 m ³
ΚΟΛΩΝΕΣ	Δάπεδο 2	Κάτω μέρος πλάκας 1	0.38 m ³
ΚΟΛΩΝΕΣ	Δάπεδο 2	Κάτω μέρος πλάκας 1	0.38 m ³
ΚΟΛΩΝΕΣ	Δάπεδο 2	Κάτω μέρος πλάκας 1	0.38 m ³
ΚΟΛΩΝΕΣ	Δάπεδο 2	Κάτω μέρος πλάκας 1	0.38 m ³
ΚΟΛΩΝΕΣ	Δάπεδο 2	Κάτω μέρος πλάκας 1	0.38 m ³
ΚΟΛΩΝΕΣ	Δάπεδο 2	Κάτω μέρος πλάκας 1	0.38 m ³
ΚΟΛΩΝΕΣ	Δάπεδο 2	Κάτω μέρος πλάκας 1	0.38 m ³
ΚΟΛΩΝΕΣ	Δάπεδο 2	Κάτω μέρος πλάκας 1	0.38 m ³
ΚΟΛΩΝΕΣ	Δάπεδο 2	Κάτω μέρος πλάκας 1	0.38 m ³
ΚΟΛΩΝΕΣ	Δάπεδο 2	Κάτω μέρος πλάκας 1	0.38 m ³
ΚΟΛΩΝΕΣ	Δάπεδο 2	Κάτω μέρος πλάκας 1	0.38 m ³
ΚΟΛΩΝΕΣ	Δάπεδο 2	Κάτω μέρος πλάκας 1	0.38 m ³
ΚΟΛΩΝΕΣ	Δάπεδο 2	Κάτω μέρος πλάκας 1	0.38 m ³
ΚΟΛΩΝΕΣ	Δάπεδο 2	Κάτω μέρος πλάκας 1	0.38 m ³
ΣΥΝΟΛΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΚΟΛΩΝΩΝ: 18			6.80 m ³

ΜΗΚΟΣ ΣΩΛΗΝΩΝ

FAMILY	DN	Length_pipe
ΣΩΛΗΝΕΣ2		8.80
ΣΩΛΗΝΕΣ5	250.00	4.40
<VARIES>	500.00	20.95
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΗΚΟΣ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ: 6		34.15

ΚΑΓΚΕΛΑ

TYPE	Length	Family and Type
0.90 - ΣΤΡΟΓΓΥΛΕΣ ΔΙΑΤΟΜΕΣ	<varies>	Railing: 0.90 - Στρογγυλές διατομές
ΠΕΡΙΦΡΑΞΗ	<varies>	Railing: Περίφραξη
GRAND TOTAL: 13		

ΛΙΣΤΑ ΑΠΟΨΕΩΝ

ΤΥΠΟΣ	Όνομα Άποψης	Αρ Σελίδας	Όνομα σελίδας	Κλίμακα 1:
FLOOR PLAN	Πυθμένας 1			100
FLOOR PLAN	Περιβάλλον			100
FLOOR PLAN	Δάπεδο 2			100
FLOOR PLAN	Πυθμένας 2			100
FLOOR PLAN	Κάτω μέρος πλάκας 1			100
FLOOR PLAN	Κάτω μέρος πλάκας 2			100
FLOOR PLAN	Στέψη			200
FLOOR PLAN	Δάπεδο 1			500
FLOOR PLAN	Νερό_High			100
FLOOR PLAN	Νερό_Low			100
FLOOR PLAN	Οροφή βανοστασίου			100
FLOOR PLAN	Κάτοψη Δομικής Διάταξης Δεξαμενής	A101	Γενική κάτοψη	100
FLOOR PLAN	Κάτοψη διάταξης βανοστασίου	A101	Γενική κάτοψη	100
BUILDING SECTION	Τομή Α	A102	Τομές	100
BUILDING SECTION	Τομή Β	A102	Τομές	100
BUILDING SECTION	Τομή Γ	A102	Τομές	100
BUILDING SECTION	Τομή Δ	A102	Τομές	100

BUILDING ELEVATION	Βοράς			100
BUILDING ELEVATION	Ανατολή			200
BUILDING ELEVATION	Δύση			100
BUILDING ELEVATION	Νότος			100
3D VIEW	{3D}	A103	3D Απόψεις- Τομές	100
3D VIEW	3D Exploded	A103	3D Απόψεις- Τομές	100
3D VIEW	3D aspect	A103	3D Απόψεις- Τομές	200