



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Αρχιτεκτονική-Σχεδιασμός του Χώρου» στον τομέα Πολεοδομία Χωροταξία

Αξιοποίηση της τεχνολογίας
Building Information Modelling (BIM)
σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής ενός Τεχνικού Έργου

ΛΑΪΟΥ ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ ΜΑΡΙΑ



Επιβλέπων Καθηγητής: **Δημήτριος Μέλισσας**

Αθήνα, Οκτώβριος 2019



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY
Interdisciplinary Postgraduate Programmes
«Architecture-Spatial Design» in Urban and Regional Planning

Leveraging **Building Information Modelling (BIM)** Technology throughout the Project's Lifecycle

LAIΟΥ PANAGIOTA MARIA

Supervisor Professor: **Dimitrios Melissas**

Athens, October 2019

ΠΡΟΟΙΜΙΟ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της διπλωματικής μου εργασίας και καθηγητή του Δ.Π.Μ.Σ. «Αρχιτεκτονική – Σχεδιασμός του χώρου» στον τομέα Πολεοδομία Χωροταξία, κ. Δημήτριο Μέλισσα για την συνεργασία μας και γιατί με τη βοήθεια και την πολύτιμη υποστήριξη του έγινε δυνατή η ολοκλήρωση της συγκεκριμένης εργασίας. Επίσης τον ευχαριστώ που πίστεψε σε εμένα και είχε την διορατικότητα να με κατευθύνει προς ένα θέμα που αποτελεί το μέλλον του κατασκευαστικού κλάδου.

Ευχαριστώ τον κ. Issam El-Absi, Πολιτικό Μηχανικό και Διευθυντή του CCC BIM Department και υπεύθυνο διαχειριστή των CCC BIM Centers σε Αθήνα, Κάιρο και Παλαιστίνη, που συνέβαλε καθοριστικά στην υλοποίηση της εργασίας, παρέχοντας συμβουλές καθώς και πολύτιμα αρχεία και βιβλιογραφικές πηγές, στις οποίες βασίστηκε η εργασία.

Ευχαριστώ την οικογένειά μου για την ψυχολογική και ηθική στήριξη, σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου και όχι μόνο, καθώς και το φιλικό μου περιβάλλον για την κατανόηση και την συμπαράσταση τους. Ιδιαίτερα, θα ήθελα να ευχαριστήσω την φίλη και συνάδελφο Ελένη Ρογκάκου για τις πολύτιμες συμβουλές και την συνδρομή της καθ' όλη την διάρκεια υλοποίησης της παρούσας εργασίας.

Τέλος, και σημαντικότερα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον άντρα μου Γιώργο Λιάτη για τη πολύτιμη και συνεχή στήριξή και αμέριστη συμπαράσταση του, σε όλα μου τα βήματα, προσωπικά και επαγγελματικά. Επιπλέον, τον ευχαριστώ που είναι πάντα δίπλα μου και με στηρίζει σε μεγάλες αποφάσεις, όπως το να ταξιδέψω σε χώρες της Μέσης Ανατολής και να αποκτήσω πολύτιμη, εμπειρία στην κατασκευή Mega Projects.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....	vii
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	x
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ.....	xi
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	xii
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ.....	1
1.2 ΣΤΟΧΟΙ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ	1
1.3 ΔΟΜΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ.....	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. Η ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ BUILDING INFORMATION MODELLING.....	4
2.1 Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΟΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΟ ΤΟΜΕΑ.....	4
2.1.1 Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΑΠΟ ΤΟ 2D CAD ΣΤΟ BIM ΚΑΙ ΟΙ ΙΔΙΑΙΤΕΡΟΙ ΛΟΓΟΙ ΠΟΥ ΕΝΘΑΡΡΥΝΑΝ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ	4
2.2 ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ BUILDING INFORMATION MODELLING	7
2.3 ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΤΟΥ BUILDING INFORMATION MODELLING	10
2.3.1 ΕΠΙΠΕΔΑ ΩΡΙΜΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ BIM (BIM MATURITY LEVELS).....	10
2.3.2 ΕΠΙΠΕΔΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ (LEVEL OF DEVELOPMENT, LOD)	13
2.3.3 ΕΠΙΠΕΔΑ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ ΤΟΥ BIM (BIM DIMENSION LEVELS)	15
2.4 Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ Η ΠΑΡΑΔΟΣΗ ΕΡΓΟΥ ΜΕ BIM	18
2.4.1 Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ – INTEGRATED DESIGN PROCESS (IDP).....	18
2.4.2 Η ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ BIM ΣΤΗΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΘΕΣΗΣ ΕΡΓΟΥ.....	20
2.4.3 ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΠΑΡΑΔΟΣΗ ΕΡΓΩΝ - BIM INTEGRATED PROJECT DELIVERY (IPD). 21	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. Η ΔΙΑΔΟΣΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ BUILDING INFORMATION MODELLING ΣΕ ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ	24
3.1 ΑΥΞΗΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΟΦΕΛΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ BUILDING INFORMATION MODELLING	24
3.2 Ο ΔΗΜΟΣΙΟΣ ΤΟΜΕΑΣ ΚΑΙ Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΣΤΗΝ ΕΝΘΑΡΡΥΝΣΗ ΤΟΥ BIM	26
3.2.1 ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΟΥ BIM ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΧΩΡΕΣ	27
3.3 ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ ΠΡΩΤΟΒΟΥΛΙΑ (EU BIM Task Group) ΚΑΙ ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΦΟΡΕΙΣ (bSI) ΣΤΗΝ ΠΡΟΩΘΗΣΗ ΤΟΥ BIM – ΤΟ ΑΝΟΙΧΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ IFC.....	32
3.3.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ BIM.....	36
3.4 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΤΥΧΗ ΥΙΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ BUILDING INFORMATION MODELLING	38
3.4.1 ΝΟΜΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ ΠΟΥ ΕΓΕΙΡΟΝΤΑΙ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ BIM39	

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. Η ΑΞΙΑ ΤΟΥ BIM ΑΠΟ ΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΕΩΣ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΝΟΣ ΕΡΓΟΥ.....	41
4.1 ΟΜΑΛΗ ΡΟΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΚΑΙ ΑΥΞΗΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΤΗΤΑΣ	41
4.2 ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ (INTEROPERABILITY)	42
4.3 ΤΑ ΟΦΕΛΗ ΣΤΙΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΟΥ BUILDING INFORMATION MODELLING	44
4.3.1 BIM 3D: ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ ΚΑΙ ΕΠΙΛΥΣΗ ΣΥΓΚΡΟΥΣΕΩΝ (CLASH RESOLUTION).....	44
4.3.2 BIM 4D: ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΡΓΟΥ ΚΑΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	47
4.3.3 BIM 5D: ΕΠΙΜΕΤΡΗΣΗ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΟΣΤΟΥΣ.....	50
4.3.4 BIM 6D: ΒΙΩΣΙΜΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ	51
4.3.5 BIM 7D: ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ (OPERATIONS AND FACILITY MANAGEMENT)	53
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ – AL BUSTAN ROAD WORK, QATAR.....	55
5.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ.....	55
5.2 ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΣΤΑ ΠΛΑΙΣΙΑ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΤΟΥ BUILDING INFORMATION MODELLING	56
5.2.1 ΚΛΑΔΟΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	56
5.2.2 ΕΠΙΠΕΔΟ ΩΡΙΜΟΤΗΤΑΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ BIM	58
5.2.3 ΕΠΙΠΕΔΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ (LOD).....	59
5.2.4 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ - ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ	60
5.3 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΕΡΓΟΥ ΣΕ 3D	60
5.3.1 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	60
5.3.2 ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΣΥΓΚΡΟΥΣΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΚΛΑΔΩΝ.....	72
5.4 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΕΡΓΟΥ ΣΕ 4D	74
5.4.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΖΩΝΗΣ B04 ΓΙΑ ΤΟΝ ΧΡΟΝΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	74
5.4.2 ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΔΟΜΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ - WORK BREAKDOWN STRUCTURE (WBS) - ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ BIM 4D.....	75
5.4.3 ΔΟΜΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΕΡΓΟΥ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ WBS 76	
5.4.4 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΖΩΝΗΣ B04 ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ NAVISWORKS.....	80
5.5 ΕΠΙΜΕΤΡΗΣΗ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ BIM 5D	84
5.5.1 MATERIAL TAKE - OFF ΖΩΝΗΣ B04	84
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	90
6.1 Η ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ ΤΟΥ BUILDING INFORMATION MODELLING ΣΕ ΟΛΙΣΤΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ	90
6.1.1 Η ΝΕΑ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ.....	90
6.1.2 ΤΟ BIM ΩΣ ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΣΤΗΝ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΗΣ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΠΟΛΕΩΝ	91

6.1.3	“SMART CITIES” ΚΑΙ BUILDING INFORMATION MODELLING	92
6.2	ΟΙ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΙΟΘΕΤΗΣΗ ΤΟΥ BUILDING INFORMATION MODELLING ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ	93
6.2.1	BIM ΚΑΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ.....	93
6.2.2	BIM ΚΑΙ ΔΗΜΟΣΙΟΙ ΦΟΡΕΙΣ	94
6.3	Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ BUILDING INFORMATION MODELLING ΣΤΟ AL BUSTAN STREET NORTH PROJECT	95
ΑΝΑΦΟΡΕΣ	97
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	98
	ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ	101
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α:	ΟΡΟΙ ΤΟΥ BUILDING INFORMATION MODELLING	106
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β:	BUILDING INFORMATION MODELLING STANDARDS (bSI & UKBIM ALLIANCE)	109

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2- 1: Το 3D BIM Model	6
Εικόνα 2-2: Το Building Information Modeling στον κύκλο ζωής ενός έργου (https://www.researchgate.net , 2015)	9
Εικόνα 2-3: Τα Επίπεδα Ωριμότητας του BIM (https://www.linkedin.com/pulse/bim-maturity-levels-explained-nick-erasmus)	12
Εικόνα 2-4: Επίπεδα Ανάπτυξης της Πληροφορίας (LOD) (BIMForum)	14
Εικόνα 2- 5: Σχηματική απεικόνιση των Επιπέδων Ανάπτυξης Πληροφορίας -LOD (AIA G2002-2013)	15
Εικόνα 2- 6: 3D Πληροφοριακά Μοντέλα Έργου ανα κλάδο (Προσωπικό αρχείο).....	16
Εικόνα 2- 7: Οι διαστάσεις του Building information Modeling (BibLus, 2018).....	17
Εικόνα 2- 8: Τριμερής συμφωνία μεταξύ του ιδιοκτήτη, των μελετητών και των κατασκευαστών (IPD) (http://ipdfi.net/why-us/benefits-of-ipd/)	22
Εικόνα 3-1: «Ομοσπονδιακό» Πληροφοριακό Μοντέλο Έργου της νέας Εθνικής Λυρικής Σκηνής, στο κέντρο πολιτισμού Σταύρος Νιάρχος (Emmanuel Bogris and Associates, 2011).....	31
Εικόνα 3-2: Άποψη του Κέντρου Πολιτισμού Ίδρυμα Σταύρος Νιάρχος (ΚΠΙΣΝ) (https://www.nationalopera.gr).....	31
Εικόνα 3-3: Τα πρότυπα BS EN ISO 19650 -1 & BS EN ISO 19650-2	35
Εικόνα 3-4: Με την εφαρμογή του BIM βελτιώνεται η επικοινωνία και διευκολύνεται η συνεργασία μεταξύ όλων των εμπλεκόμενων.....	39
Εικόνα 4-1: Προσομοίωση της κατασκευαστικής διαδικασίας.....	41
Εικόνα 4-2: Αποθήκευση δεδομένων σε μια κοινή βάση και βελτίωση επικοινωνίας και αποδοτικότητας με την εφαρμογή του BIM (BibLus, 2017).....	42
Εικόνα 4-3: Η σημασία της διαλειτουργικότητας στην ανταλλαγή πληροφοριών (Thomas Liebich, 2014).....	43
Εικόνα 4-5: Clash Detection Analysis μεταξύ στατικών, αρχιτεκτονικών και μηχανολογικών συστημάτων.....	45
Εικόνα 4-4: Clash Detection: Πραγματική κατασκευή Vs Οπτική αναπαράσταση στο BIM, SNFCC (Emmanuel Bogris and Associates, 2011).....	45
Εικόνα 4-6: Pavilions, Abu Dhabi Terminal (Προσωπικό αρχείο, ιδία επεξεργασία)	46
Εικόνα 4-7: Προκατασκευασμένα πανέλα για το Abu Dhabi Terminal (Προσωπικό αρχείο, ιδία επεξεργασία).....	47
Εικόνα 4-8: Porto Rafti Show-Room	49
Εικόνα 4-9: Ροή Πληροφοριών BIM 5D για την διαμόρφωση ολοκληρωμένου προϋπολογισμού (VicoSoftware)	50
Εικόνα 4-10: BIM 5D = 3D + TIME SCHEDULE + COST (TEKLA).....	51
Εικόνα 4-11: Sustainability Analysis Model (Hardin, B. και McCool, D., 2016)	52
Εικόνα 5-1: Τοποθεσία Έργου - Project Layout (Προσωπικό αρχείο, ιδία επεξεργασία)	55
Εικόνα 5-2: Zonning Plan (Προσωπικό αρχείο, ιδία επεξεργασία).....	57
Εικόνα 5-3: Στιγμιότυπο μέσα από το μοντέλο και φωτογραφία εργοταξίου (Προσωπικό αρχείο, ιδία επεξεργασία).....	62
Εικόνα 5-4: Στιγμιότυπο μέσα από το πρόγραμμα	63

Εικόνα 5-5: Επεξηγηματικό σχεδιάγραμμα προβολών οδού (Αποστολέρης Αναστάσιος Ι., 2015)....	64
Εικόνα 5-6: Στιγμιότυπο από την διαδικασίας εισαγωγής της Οριζοντιογραφίας	67
Εικόνα 5-7: Στιγμιότυπο από την διαδικασίας δημιουργίας Άξονα - Centerline	67
Εικόνα 5-8: Στιγμιότυπο μέσα από το πρόγραμμα	68
Εικόνα 5-9: Στιγμιότυπο μέσα από το πρόγραμμα	70
Εικόνα 5-10: Στιγμιότυπο μέσα από το πρόγραμμα από την δημιουργία προτύπου –template βάση Διατομής	70
Εικόνα 5-12: Στιγμιότυπο τελικού αποτελέσματος	71
Εικόνα 5-13: Όψεις της Γέφυρας στην Ζώνη B04	71
Εικόνα 5-14: 3D Clash analysis με το AECOSim building design suite.....	72
Εικόνα 5-15: Σύγκρουση υδρολογικών σωλήνων (Potable water pipe) με θεμελιώσεις	73
Εικόνα 5-16: Σύγκρουση ηλεκτρολογικών καλωδίων με θεμελιώσεις	73
Εικόνα 5-17: Πλάνο με τον διαχωρισμό των ζωνών του Al Bustan Street North Project	74
Εικόνα 5-18: Στιγμιότυπο από την εξαγωγή αρχείου .dgn σε μορφή NWC	80
Εικόνα 5-19: Στιγμιότυπο από την εντολή Add Data Source του TimeLiner	81
Εικόνα 5-20: Navisworks TimeLiner Rules	81
Εικόνα 5-21: Προσομοίωση της Κατασκευής έως Ιανουάριο του 2018.....	82
Εικόνα 5-22: Προσομοίωση της Κατασκευής έως Ιούνιο του 2018	82
Εικόνα 5-24: Προσομοίωση της Κατασκευής έως Ιανουάριο του 2019.....	83
Εικόνα 5-23: : Προσομοίωση της Κατασκευής έως Αύγουστο του 2018	83
Εικόνα 5-25: Family & Part Library μέσα από το πρόγραμμα	85
Εικόνα 5-26: Αντιστοίχιση των Family & Part Library με τα Component Library, μέσα από το περιβάλλον του OpenRoads	85

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 2-1: Στα αρχικά στάδια σχεδιασμού, το κόστος υλοποίησης μιας αλλαγής είναι συγκριτικά μικρότερο από ότι κατά την φάση της κατασκευής	8
Διάγραμμα 2-2: Επίπεδα Ωριμότητας (BIM Levels of Maturity) (PAS 1192-2:2013)	10
Διάγραμμα 2-3: ΚαμπύληMcLeamy – Η επιρροή των αλλαγών ως προς το κόστος, σε πρώιμη και μεταγενέστερη φάση εκτέλεσης έργου.....	19
Διάγραμμα 2-4: Σύγκριση της ομαλής ροής των εργασιών με το BIM σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους	20
Διάγραμμα 2-5: Σύγκριση της Ολοκληρωμένης Παράδοσης Έργων (IPD) με παραδοσιακές μεθόδους (AIA California Council)	23
Διάγραμμα 3-1: Ο ρυθμός υιοθέτησης του BIM στο Η.Β. (NBS National BIM Report 2018)	25
Διάγραμμα 3-2: Ποσοστό υιοθέτησης του BIM το 2013 και το 2015 (McGraw Hill Construction, 2014)	27
Διάγραμμα 4-1: Κόστος διαχείρισης και λειτουργίας στον κύκλο ζωής ενός έργου (NIBS, 2008).....	54
Διάγραμμα 5-1: Υπό-Μοντέλα διαφορετικών κλάδων συνθέτουν ένα «ομοσπονδιακό» μοντέλο. (Προσωπικό αρχείο, ιδία επεξεργασία)	59
Διάγραμμα 5-2: Διάγραμμα Gantt Chart.....	77

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 3-1: Έρευνα ως προς το υιοθέτηση του BIM με επίπεδο ενσωμάτωσης Level 2 (Adrian Malleon, NBS, 2018)	28
Πίνακας 3-2: Το χρονικό ανάπτυξης των IFC (Thomas Liebich, 2014)	33
Πίνακας 3-3: CSI MasterFormat _Division 3: Concrete	36
Πίνακας 3-4: Σύγκριση μεταξύ των τεσσάρων συστημάτων ταξινόμησης με βάση τα καθορισμένα κριτήρια (Afsari, K. and Eastman, C. M., 2016).....	37
Πίνακας 5-1: Library Family σε .xml μορφή	61
Πίνακας 5-2 Πίνακας Οργάνωσης BIM αντικειμένων βάση WBS Project	79
Πίνακας 5- 3: Απόσπασμα από τον αναλυτικό πίνακα του Material take-off των Civil & Structural Works	86
Πίνακας 5-4: Συγκεντρωτικός πίνακας του Material take-off των Civil & Structural Works	86
Πίνακας 5-6: Συγκεντρωτικός πίνακας του Material take-off των Electrical Works	87
Πίνακας 5-5: Απόσπασμα από τον αναλυτικό πίνακα του Material take-off των Electrical Works ...	87
Πίνακας 5-7: Απόσπασμα από τον αναλυτικό πίνακα του Material take-off των Wet Utilities Foul Water (Υπόνομοι)	88
Πίνακας 5-8: Συγκεντρωτικός πίνακας του Material take-off των Wet Utilities Foul Water (Υπόνομοι)	88
Πίνακας 5-9: Απόσπασμα από τον αναλυτικό πίνακα του Material take-off των Civil Road Signage	89
Πίνακας 5-10: Συγκεντρωτικός πίνακας του Material take-off των Civil Road Signage	89

Αξιοποίηση της τεχνολογίας

Building Information Modelling (BIM)

Σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής ενός Τεχνικού Έργου

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ανάπτυξη του Building Information Modelling (BIM) αποτελεί μια καινοτόμα και πολλά υποσχόμενη τεχνολογία, που κερδίζει την αποδοχή του κατασκευαστικού κλάδου, αφήνοντας πίσω τις παραδοσιακές μεθόδους σχεδιασμού και κατασκευής. Η πρωτοπορία του BIM, έγκειται στο ότι εισάγει νέες διαδικασίες και εργαλεία που αποσκοπούν στην εικονική προσομοίωση ενός τεχνικού έργου, την ανάλυση των δεδομένων του και την εφόρου ζωής διαχείριση του.

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής, είναι η παρουσίαση της μεθοδολογίας του Building Information Modelling (BIM), των βασικών παραμέτρων που πρέπει να απαντώνται κατά την δημιουργία ενός Πληροφοριακού Μοντέλου Έργου (Building Information Model), όπως είναι το Επίπεδο Ανάπτυξης της Πληροφορίας (Level of Development, LOD) και κυρίως, η πεμπτούσια του BIM, που δεν είναι άλλη από την εισαγωγή διαστάσεων δεδομένων πέραν του 3D.

Ο χρόνος -4D και το κόστος -5D, ενσωματώνονται στα λειτουργικά χαρακτηριστικά του Πληροφοριακού Μοντέλου Έργου και μαζί με τις νέες δυνατότητες επίλυσης αστοχιών και συγκρούσεων (Clash Detection), δείχνουν τον δρόμο προς μια νέα πραγματικότητα. Ο κλάδος αλλάζει έπειτα από τέσσερις δεκαετίες στάσιμης παραγωγικότητας και με την εκμετάλλευση της σύγχρονης τεχνολογίας αυξάνει τα επίπεδα αποδοτικότητας και μαζί συμπαρασύρει τις έως τώρα συμβατικές Μεθόδους Παράδοσης Έργων. Καταγράφονται τα οφέλη της νέας αυτής μεθοδολογίας, η συνεισφορά του BIM στην ενίσχυση της βιωσιμότητας των νέων υποδομών -6D και στην εκμετάλλευση της ψηφιακής βάσης δεδομένων για την διαχείριση των εγκαταστάσεων -7D. Επιπλέον, παρουσιάζονται οι διεθνείς πρωτοβουλίες προώθησης της Μοντελοποίησης Κατασκευαστικών Πληροφοριών ανά τον κόσμο και αναλύεται η σημασία του ρόλου των κυβερνήσεων προς αυτό τον σκοπό.

Η εργασία ολοκληρώνεται με την παρουσίαση ενός υπό κατασκευή Mega Project, του Al Bustan Street North Project (BSNP), στο οποίο συμμετείχα ενεργά σαν BIM Engineer το 2018 στο Κατάρ. Η μελέτη του έργου παραθέτει τμήμα του 3D στατικού μοντέλου στο περιβάλλον του OpenRoads της Bentley, γίνεται χρονική προσομοίωση 4D στην πλατφόρμα του Navisworks της Autodesk και τέλος παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των επιμετρήσεων 5D από διαφορετικούς κλάδους (στατικό – υδρολογικό – ηλεκτρολογικό), αναδεικνύοντας μερικά από τα σημαντικότερα οφέλη του BIM που είναι ο συντονισμός και η συνεργασία μεταξύ διαφορετικών κλάδων.

Λέξεις – Κλειδιά: Building Information Modelling, BIM, Πληροφοριακό Μοντέλο Έργου, Ψηφιακή Βάση Δεδομένων, LOD, Clash Detection, Χρονική Προσομοίωση, Εφόρου Ζωής, Συνεργασία

ABSTRACT

Building Information Modeling (BIM) is an innovative and promising technology that gains increasing acceptance in the construction industry today, leaving behind traditional design and construction methods. BIM's innovation lies in the introduction of new processes and tools, designed to visualize a technical project, analyze its data and manage its lifecycle.

The purpose of this dissertation is to present the methodology of Building Information Modeling (BIM), to denote the key parameters that must be met when creating a Building Information Model, such as the Level of Development (LOD) and above all, the essence of BIM, which is the introduction of data dimensions beyond 3D.

Time - 4D and Cost - 5D attributes are incorporated into the physical characteristics of the Building Information Model and along with Clash Detection capabilities, point the way towards a new reality. The industry is changing after four decades of stagnant productivity, and with the aid of modern technology, reaches new levels of efficiency and alongside, changes the standardized and conventional, Project Delivery Methods, as well. The overwhelming benefits of this new methodology, include Sustainable approaches for Technical Projects (BIM 6D) and utilization of the models' database, for Management and Operations (BIM 7D), during their Lifecycle. In addition, international initiatives promoting Building Information Modeling around the world, as well as the importance of governments' role to this end, are presented and analyzed.

The scope of this thesis, concludes with the presentation of an under construction Mega Project, Al Bustan Street North Project (BSNP), in which I participated as a BIM Engineer during 2018, in Qatar. The practical implementation of this project lists part of the 3D Structural Model in Bentley's OpenRoads environment, attempts a BIM 4D time schedule simulation using Autodesk's Navisworks platform and finally displays the results of inter-discipline model quantification 5D (structural - hydrological - electrical), highlighting the silver lining of BIM, which is Project Controls and collaboration among disciplines.

Key – Words: Building Information Modelling, BIM, Building Information Model, Digital Data Base, LOD, Clash Detection, Time Simulation, Life Cycle, Cooperation

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η παρουσίαση της μεθοδολογίας του Building Information Modelling στην διαχείριση ενός έργου, από τα αρχικά στάδια σχεδιασμού και κατασκευής, μέχρι την ολοκλήρωση και μετέπειτα λειτουργία, σε όλο τον κύκλο ζωής του έργου.

Βασικές συνιστώσες αυτής της ανάλυσης είναι οι επτά διαστάσεις του Building Information Modelling (Μοντελοποίηση Κατασκευαστικών Πληροφοριών) με πρωταρχικούς άξονες αναφοράς τον χρονικό προγραμματισμό – 4D, το κόστος – 5D, την δυνατότητα ενεργειακής ανάλυσης – 6D, καθώς και την διαχείριση – 7D, ενός έργου, με το πέρας των εργασιών. Η τεχνολογία του BIM, παρουσιάζεται στην πορεία της εργασίας, σε πρακτικό επίπεδο, μέσα από την μελέτη περίπτωσης (case study) ενός έργου υποδομής στο Κατάρ, του Al Bustan Street North Project (BSNP).

1.2 ΣΤΟΧΟΙ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ

Η παρούσα εργασία έχει ως στόχο την περιγραφή της λογικής του BIM και τα οφέλη που προκύπτουν μέσα από την εφαρμογή του. Η κατανόηση των πολλαπλών δυνατοτήτων του Building Information Modelling, μέσα από ένα ευρύ φάσμα επτά διαστάσεων που ξεφεύγει από την καθιερωμένη αντίληψη 2D & 3D της μεθοδολογίας του CAD (Computer Aided Design), είναι η κύρια συνιστώσα της εργασίας αυτής και ερευνάται σε θεωρητικό και πρακτικό επίπεδο.

Το κίνητρο για την ανάληψη αυτού του θέματος, αποτέλεσε η προσωπική μου εμπειρία και γνώση επί του αντικειμένου, λόγω του ότι τα τελευταία πέντε χρόνια εργάζομαι ως BIM Engineer και έχω συμμετάσχει σε έργα υποδομής και γενικότερα μεγάλης κλίμακας τεχνικά έργα, με εφαρμογή τεχνολογιών BIM. Η εμπειρία αυτή εμπλουτίστηκε και από ταξίδια σε χώρες της Μέσης Ανατολής και συγκεκριμένα στο Κατάρ, όπου συμμετείχα στην κατασκευή του Qatar Metro Stations (QRMS) το 2017 και του Al Bustan Street North Project (BSNP) το 2018, τμήμα του οποίου θα αναλυθεί στο πρακτικό μέρος της εργασίας.

Απώτεροι στόχοι της μελέτης αυτής, είναι η γνωριμία και η κατανόηση της μεθοδολογίας του BIM, η εξοικείωση με την νέα ορολογία και κυρίως η ενθάρρυνση της εφαρμογής του, λόγω των αναρίθμητων πλεονεκτημάτων που έχει να προσφέρει στην κατασκευαστική κοινότητα. Στα πλαίσια της έρευνας που διενεργείται, γίνεται προσπάθεια να απαντηθούν τα παρακάτω ερωτήματα:

- Πως ορίζεται και τι συνεπάγεται η μεθοδολογία του BIM. Ποιες είναι επιμέρους δομές και σε τι αφορούν βασικά σημεία ορολογίας, όπως το Επίπεδο Ανάπτυξης της Πληροφορίας (Level of Development, LOD) ή το επίπεδο ενσωμάτωσης Level 2 στην εφαρμογή του Building Information Modelling
- Ποια είναι η σημασία της τεχνολογίας στον κατασκευαστικό τομέα και ποια είναι τα βαθύτερα αίτια και οι ιδιαίτεροι λόγοι που οδήγησαν στην ανάπτυξη του BIM. Ακόμα, ποιοι είναι οι λόγοι που η εφαρμογή του CAD αδυνατεί να συμβαδίσει με τις απαιτήσεις των σημερινών τεχνικών έργων και αποτελεί πλέον ξεπερασμένη μεθοδολογία.
- Ποιος είναι ο βαθμός στον οποίο εφαρμόζονται και υιοθετούνται τα εργαλεία του BIM σε παγκόσμιο επίπεδο, ποια είναι τα παραδείγματα των χωρών που εφαρμόζουν ήδη την τεχνολογία και ποια τα οφέλη και οι δυσκολίες από την εφαρμογή του.
- Πως η εφαρμογή του Building Information Modelling συμπαρασύρει και άλλους κλάδους του σχεδιασμού και κατασκευής και ποιοι επηρεάζονται από αυτές αλλαγές
- Ποια είναι τα οφέλη που προκύπτουν από την εφαρμογή του BIM και η συνεισφορά του σε τεχνικό, οικονομικό, περιβαλλοντικό αλλά και κοινωνικό επίπεδο.
- Με ποιο τρόπο εφαρμόζεται σε πρακτικό επίπεδο η σύγχρονη τεχνολογία του BIM, κυρίως σε Mega Project, όπως είναι το BSNP

1.3 ΔΟΜΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία διαρθρώνεται σε δυο μέρη. Το πρώτο μέρος (Κεφ. 2, Κεφ. 3 & Κεφ. 4), περιλαμβάνει βιβλιογραφική έρευνα και ανάλυση της μεθοδολογίας του BIM σε θεωρητικό επίπεδο, ενώ στο δεύτερο μέρος (Κεφ. 5) παρουσιάζεται η πρακτική εφαρμογή της τεχνολογίας του BIM με παράδειγμα έργου (Case Study). Πιο συγκεκριμένα:

Στο κεφάλαιο 1 γίνεται εισαγωγική περιγραφή του αντικειμένου έρευνας και των στόχων της παρούσας εργασίας.

Στο κεφάλαιο 2 γίνεται εκτενής βιβλιογραφική μελέτη του αντικειμένου και της μεθοδολογίας του BIM και περιγράφονται τα αίτια που οδήγησαν στην ανάπτυξη του όρου. Αναλύονται με σαφήνεια τα στάδια ανάπτυξης και επίπεδα οργάνωσης (Maturity Levels, Level of Development, BIM Dimensions) του BIM και πραγματοποιείται μια συγκριτική ανάλυση της τεχνολογίας αυτής σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους.

Έπειτα, στο κεφάλαιο 3, περιγράφεται η υιοθέτηση και εφαρμογή του Building information Modelling ανά τον κόσμο, μέσα από αναφορές χωρών που προωθούν το BIM ως στρατηγικό εργαλείο των κυβερνητικών προγραμμάτων τους, ενώ γίνεται και ιδιαίτερη αναφορά σε διεθνείς πρωτοβουλίες προώθησης και ενσωμάτωσης του BIM στην διαδικασία κατασκευής και προγραμματισμού ενός έργου. Τέλος, αναφέρονται τα καθιερωμένα συστήματα ταξινόμησης που εξυπηρετούν τον τρόπο λειτουργίας αυτής της μεθόδου.

Στο 4^ο κεφάλαιο, εξετάζονται τα οφέλη της μεθοδολογίας από την οπτική των επτά διαστάσεων του BIM (3D – 7D) και αναλύεται η γενικότερη συνεισφορά του Building Information Modelling στον τομέα της συνεργασίας και της επικοινωνίας μεταξύ των εμπλεκομένων.

Στο κεφάλαιο 5, παρατίθεται η μελέτη περίπτωσης (Case Study) που αφορά σε Mega Project της Μέσης Ανατολής. Παρουσιάζεται η πρακτική εφαρμογή του Building Information Modelling, στον σχεδιασμό, κατασκευή και διαχείριση έργου υποδομής, συνολικού μήκους 3,6χλμ. και το οποίο περιλαμβάνει αυτοκινητόδρομο, υπογειοποιήσεις και γέφυρες. Στα πλαίσια της μελέτης αυτής, περιγράφεται η διαδικασία μοντελοποίησης μιας εκ των γεφυρών, η χρονική προσομοίωση των εργασιών (4D) καθώς και το προϊόν κοστολόγησης αυτής σε 5D.

Σε 6^ο κεφάλαιο, αναπτύσσονται τα συμπεράσματα από την εκπόνηση αυτής της μελέτης που αφορούν στο μέλλον της κατασκευαστικής βιομηχανίας και γενικότερα στις «Smart Cities» του αύριο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. Η ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ BUILDING INFORMATION MODELLING

2.1 Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΟΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΟ ΤΟΜΕΑ

Ο κατασκευαστικός τομέας για πολλά χρόνια δεν κατάφερε να συμβαδίσει με τις τεράστιες τεχνολογικές εξελίξεις και τις νέες τεχνικές αυτοματοποίησης, κάτι που οδήγησε στην δημιουργία γόνιμου εδάφους για την εισήγηση νέων εργαλείων και προϊόντων ικανών να βελτιώσουν αισθητά την διαδικασία σχεδιασμού και ολοκλήρωσης ενός έργου¹. Πριν την έλευση του BIM, οι επαγγελματίες διαφορετικών κλάδων της κατασκευής δούλευαν ανεξάρτητα ο ένας από τον άλλον και η κάθε πλευρά ενδιαφερόταν αποκλειστικά για την πορεία της δικής της εργασίας και όχι για την γενικότερη εξέλιξη του έργου. Επιπλέον, η επικράτηση της παραδοσιακής μεθόδου παράδοσης έργου Design-Bid-Build (Σχεδιασμός – Προσφορά – Κατασκευή, βλ. Κεφάλαιο 2.4.2), ευνόησε ακόμα περισσότερο την δημιουργία απομονωμένων πυρήνων εργασίας, αφού πλέον όλοι οι συμμετέχοντες εργάζονταν ξεχωριστά βάση συμβολαίου. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα, πολλές φορές να επικρατεί πνεύμα ανταγωνιστικότητας αντί συνεργασίας μεταξύ συντελεστών, κάτι που επηρέαζε αρνητικά την υλοποίηση ενός έργου. Με την ανάπτυξη των Τεχνολογιών Πληροφοριών και Επικοινωνιών (Information and Communication Technology, ICT) και την εξέλιξη των τεχνολογικών εφαρμογών και εργαλείων, ο τομέας της επικοινωνίας και η αποδοτικότητα του ανθρώπινου δυναμικού, βελτιώθηκαν σε βαθμό που επέτρεψαν την ενσωμάτωση (Integration) όλων των συντελεστών σε ένα κοινό σκοπό, που είναι η εξυπηρέτηση του Project. Η κατασκευαστική βιομηχανία πλέον βρίσκεται στο μέσο μιας τεχνολογικής αναγέννησης με το BIM να διατελεί ως ο πρωταρχικός καταλύτης σε αυτή την περίοδο καινοτομίας με την δημιουργία μοντέλων πλούσιων σε πληροφορία από όλους τους κλάδους, ικανά να εξερευνήσουν προοπτικές και σενάρια και να διευκολύνουν την ομαλή ροή εργασιών. Στη σύγχρονη εποχή, ο κλάδος του σχεδιασμού και οργάνωσης της κατασκευής αρχίζει να αντιλαμβάνεται ότι οι παλιές μέθοδοι δεν μπορούν πλέον να εξυπηρετήσουν τις νέες ανάγκες που προκύπτουν και την υλοποίηση πετυχημένων Project.

2.1.1 Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΑΠΟ ΤΟ 2D CAD ΣΤΟ BIM ΚΑΙ ΟΙ ΙΔΙΑΙΤΕΡΟΙ ΛΟΓΟΙ ΠΟΥ ΕΝΘΑΡΡΥΝΑΝ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ

Το τοπίο στην βιομηχανία και της κατασκευής αλλάζει καθώς νέες τεχνολογίες βελτιώνουν τις διαδικασίες σχεδιασμού αυξάνοντας την ακρίβεια και την ταχύτητα παραγωγής. Παραδοσιακά, ο μελετητής ενός έργου έφτιαχνε σχέδια με το χέρι, κατόψεις αρχικά και εν συνεχεία όψεις, τομές και

¹Hardin, B. και McCool, D. (2016), *BIM and Construction Management. Proven Tools, Methods, and Workflows*. Canada: WILEY, σ.3.

λεπτομέρειες, μια διαδικασία αρκετά επίπονη και χρονοβόρα. Με την πάροδο του χρόνου, οι μέθοδοι γραφικής αναπαράστασης ενός αρχιτεκτονικού έργου χρειάστηκαν να εξελιχθούν και να προσαρμοστούν στις νέες ανάγκες του κατασκευαστικού κλάδου. Κατά αυτό τον τρόπο, έγινε η πλήρης μετάβαση από τον σχεδιασμό στο χέρι στο ψηφιακό σχεδιασμό, αρχικά με την εμφάνιση της τεχνολογίας σχεδιασμού με υπολογιστή (Computer aided Design, CAD) και στην συνέχεια, με τη χρήση της τεχνολογίας προσομοίωσης κτιρίων (BIM) για τον σχεδιασμό, την κατασκευή και την διαχείριση μιας εγκατάστασης, καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής της². Εξαιτίας αυτού, η ταξινόμηση της διαδικασίας παραγωγής σχεδίων χωρίζεται σε τρεις φάσεις: τον σχεδιασμό στο χέρι, τον ψηφιακό σχεδιασμό (CAD) και τον σχεδιασμό με BIM, με την μετάβαση από την μια φάση στην άλλη, όπως είναι φυσικό, να απαιτεί πάντα μια περίοδο αναγκαστικής προσαρμογής και εξοικείωσης.

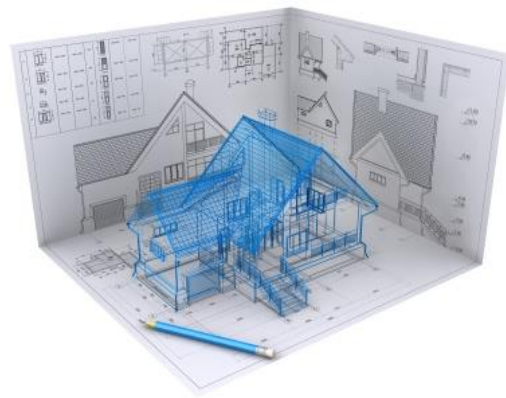
Το CAD (Computer Aided Design) αναφέρεται στη χρήση ψηφιακών συστημάτων για την δημιουργία σχεδίων, πιο γρήγορα και με μεγαλύτερη λεπτομέρεια. Σύμφωνα με την Autodesk, το CAD είναι «η χρήση της τεχνολογίας των υπολογιστών για τον σχεδιασμό και την παραγωγή σχεδίων με μια αυτοματοποιημένη διαδικασία³». Έτσι λοιπόν, η μετάβαση από την χειρωνακτική διαδικασία σχεδιασμού στην ψηφιακή εποχή, αποτέλεσε μια τεχνολογική εξέλιξη στην διαδικασία διεκπεραίωσης μιας μελέτης. Τα συστήματα CAD διασφάλισαν καλύτερα αποτελέσματα και μεγαλύτερη αποδοτικότητα από άποψη ταχύτητας και ακρίβειας, παρ' όλα αυτά, η χρήση CAD δεν αποτελεί παρά μια ψηφιακή προσομοίωση της σχεδίασης με το χέρι. Η ψηφιακή προσέγγιση μέσω CAD συστημάτων, στηρίζεται στην παραδοσιακή μεθοδολογία όπου η αναπαράσταση ενός έργου γίνεται μέσω πολλών και ανεξάρτητων σχεδίων 2D (ή σπανίως 3D), τα οποία μπορούν αργότερα να τροποποιηθούν από τον μελετητή. Λόγω του ότι όλα τα σχέδια είναι ξεχωριστά, δεν υπάρχει *διαδραστικότητα* και συσχέτιση μεταξύ των σχεδίων, με αποτέλεσμα την μέριμνα και την ευθύνη όλων των αλλαγών και του συντονισμού των μελετών και σχεδίων να την έχει ο σχεδιαστής. Οποιαδήποτε αλλαγή σε ένα σχέδιο, η οποία επηρεάζει και άλλα σχέδια, πρέπει να εφαρμοστεί με χειροκίνητα μέσα χωρίς να υπάρχει η δυνατότητα αυτόματης ενημέρωσης. Λαμβάνοντας υπόψη τη δυσκολία για την παρακολούθηση και τον έλεγχο των τροποποιήσεων, τα 2D λογισμικά CAD δεν έχουν καταφέρει να ελαχιστοποιήσουν την εμφάνιση των σφαλμάτων σχεδιασμού στο έργο. Ως εκ τούτου, η διαδικασία ενημέρωσης σχεδίων μέσω εργαλείων CAD ακολουθεί παρόμοιες μεθόδους –

²“The Top 10 Tips for Transitioning From CAD to BIM”, <https://academy.archistar.ai/the-top-10-tips-for-transitioning-from-cad-to-bim>

³Taylor, D. (2017), “BIM vs CAD: What’s the Difference”, <https://blog.capterra.com/bim-vs-cad-whats-the-difference/>

αν όχι ίδιες – με την παραδοσιακή μέθοδο σχεδιασμού στο χέρι⁴. Οι παλιές μεθοδολογίες όμως δεν αποδίδουν κυρίως σε μεγάλα έργα υποδομής, ιδιαίτερης πολυπλοκότητας και τα συστήματα CAD αδυνατούν να συμβαδίσουν με την τεράστια εισροή πληροφοριών που περιέχουν.

Εδώ εισέρχεται το Building Information Modelling (BIM). Η καινοτομία του βασίζεται στην *συνεργατικότητα* και την μέγιστη *αποδοτικότητα*. Συγκεντρώνει όλες τις πληροφορίες, μοντέλα και σχέδια σε μια κοινή βάση δεδομένων και τα συνδέει μεταξύ τους, βελτιώνοντας την ακρίβεια και ελαχιστοποιώντας τυχόν λάθη και αποκλίσεις στα σχέδια που παράγονται. Αν πραγματοποιηθεί μια αλλαγή σε ένα μοντέλο τότε αυτομάτως η αλλαγή μεταφέρεται στα αντίστοιχα μοντέλα και τα σχέδια ενημερώνονται αναλόγως. Εάν τροποποιηθεί για παράδειγμα η διατομή μιας κολώνας, ενημερώνονται αυτόματα όλα τα σχέδια, οι τομές, οι κατόψεις, οι πίνακες προσμέτρησης, κ.ο.κ.. Το 3D BIM μοντέλο αναπαριστά πλέον ένα συγκεντρωτικό μοντέλο με λεπτομερή ανάλυση της κατασκευαστικής διαδικασίας πριν την ολοκλήρωση της πραγματικής κατασκευής.



Εικόνα 2- 1: Το 3D BIM Model

ΟΙ ΙΔΙΑΙΤΕΡΟΙ ΛΟΓΟΙ ΠΟΥ ΕΝΘΑΡΡΥΝΑΝ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ BIM

Η εμφάνιση του Building Information Modelling και η ανάπτυξη προηγμένων τεχνολογικών μέσων για την εξυπηρέτηση της κατασκευαστικής βιομηχανίας, δεν έγινε τυχαία. Ο κλάδος της κατασκευής είχε μείνει πίσω τα τελευταία 40 χρόνια σε σχέση με άλλους κλάδους και βιομηχανίες⁵, οι οποίες από πολύ νωρίς απολάμβαναν τα οφέλη της τεχνολογίας και της αυτοματοποίησης και την συνακόλουθη αύξηση της παραγωγικότητας και ανταγωνιστικότητας τους⁶.

Επιπλέον, οι σύγχρονες απαιτήσεις στον κατασκευαστικό τομέα, ώθησαν την εξέλιξη καινοτόμων εργαλείων και μεθοδολογιών με σκοπό την συντονισμένη διαχείριση της κατασκευής και την βελτίωση της συνεργασίας μεταξύ των συντελεστών ενός έργου. Τα εργαλεία του BIM, αποκτούν ολοένα και μεγαλύτερη εφαρμογή λόγω των καλύτερων αποτελεσμάτων που προσφέρουν σε

⁴J. C. Perez - Sanchez, R. T. Mora - Garcia, V. R. Perez – Sanchez, και B. Piedecausa – Garcia (2017), “FROM CAD TO BIM:A NEW WAY TO UNDERSTAND ARCHITECTURE”, **Building Information Modelling (BIM) in Design, Construction and Operations II**, Spain: Department of Building and Urbanism, University of Alicante, σ. 46

⁵Hardin, B. και McCool, D. (2016), **BIM and Construction Management. Proven Tools, Methods, and Workflows**. Canada: WILEY, σ.3

⁶Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι και ο κλάδος των Τηλεπικοινωνιών που τα τελευταία χρόνια βιώνουν τεράστια ανάπτυξη και πλέον έχουν μετασηματιστεί σε ICT δηλαδή Information and Communication Technologies.

επίπεδο αποδοτικότητας, επικοινωνίας και καλύτερης διαχείρισης του τεράστιου όγκου πληροφορίας που συνοδεύει ένα έργο. Η μεθοδολογία αυτή, απέχει κατά πολύ από τις παραδοσιακές μεθόδους σχεδίασης και κατασκευής και επιτρέπει στην ομάδα των μελετητών και εργολάβων να αντιληφθούν τυχόν θέματα πριν αυτά να φτάσουν στην κατασκευή. Παρ' όλα αυτά, όπως και η υιοθέτηση του CAD χρειάστηκε αρκετά χρόνια μέχρι τελικά να επικρατήσει στον κατασκευαστικό κλάδο (AEC Industry, Architectural, Engineering, Construction), έτσι και η μεθοδολογία του BIM αρχίζει δειλά δειλά να αποκτά έδαφος, ιδίως σε Mega Projects και να γίνεται ήδη απαιτητή σε εφαρμογές δημοσίων έργων σε χώρες όπως Ηνωμένο Βασίλειο, Ηνωμένες Πολιτείες, Σκανδιναβικές χώρες, κλπ.

2.2 ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ BUILDING INFORMATION MODELLING

Η έννοια του Building Information Modelling προϋπήρχε της καθιέρωσης του όρου υπό την σημερινή του μορφή, ως «Ομοίωμα Κτιρίου» (Building Model), ήδη από τα μέσα της δεκαετίας του 80'. Ο όρος «Building Information Modelling» χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον Αμερικανό αρχιτέκτονα Phil Bernstein αλλά ως επίσημη ορολογία «Building Information Model» και «Building Information Modelling», συμπεριλαμβανομένου του ακρωνυμίου «BIM», άρχισε να αποκτά αναγνώριση μετά το 2002 όταν η εταιρία Autodesk δημοσίευσε το ομότιτλο White Paper δίνοντας ώθηση και σε άλλες εταιρίες λογισμικών (Autodesk, Bentley, Graphisoft), να ενδιαφερθούν ενεργά προς αυτή την κατεύθυνση. Έπειτα, ο Jerry Laiserin⁷ συνετέλεσε στην καθιέρωση του όρου ως κοινή ονομασία για την ψηφιακή αναπαράσταση της κατασκευαστικής διαδικασίας και ως το μέσο ανταλλαγής πληροφοριών σε ψηφιακή μορφή⁸.

Η «Μοντελοποίηση Κατασκευαστικής Πληροφορίας», όπως αποδίδεται στα Ελληνικά ο όρος, αποτελεί τον σύγχρονο τρόπο σχεδιασμού και κατασκευής ενός τεχνικού έργου. Το επαναστατικό χαρακτηριστικό του BIM είναι ότι ξεφεύγει από τον συμβατικό 2D και 3D σχεδιασμό και εισάγει για πρώτη φορά την διάσταση του χρόνου – 4D και του κόστους - 5D⁹ στην διαδικασία σχεδιασμού και συνδέει τις αντίστοιχες πληροφορίες, γραφικές και μη, σε ένα Πληροφοριακό Μοντέλο Έργου. *Η μελέτη, η κατασκευή και η διαχείριση του έργου περνούν από την δισδιάστατη απεικόνιση (2D) στην τρισδιάστατη (3D) οπτικοποίηση με τη βοήθεια έξυπνων αντικειμένων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την έγκαιρη πρόγνωση και αντιμετώπιση των σχεδιαστικών αναντιστοιχιών και την*

⁷Jerry Laiserin, Industry Analyst, Consultant

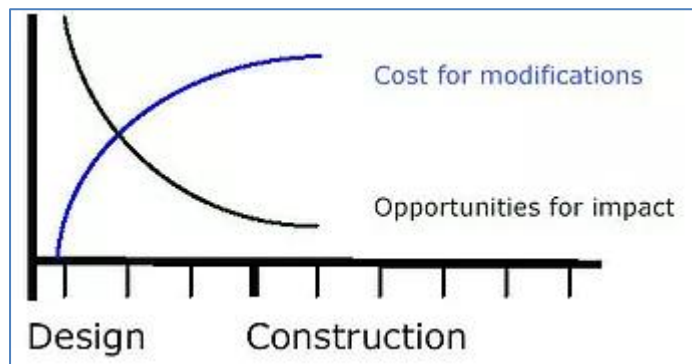
⁸“BIM origins and elements”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: https://en.wikipedia.org/wiki/Building_information_modeling#BIM_origins_and_elements

⁹Αργότερα, με την περαιτέρω ανάπτυξη της μεθοδολογίας, έχουμε την εισαγωγή του 6D-Sustainability και 7D-Facility Management, όπως θα δούμε στο κεφάλαιο 2.3.3

χρονική και οικονομική βελτιστοποίηση του έργου. Το μοντέλο αυτό θα αποτελεί πηγή αναφοράς για όλα τα ενδιαφερόμενα μέλη, τους αρχιτέκτονες, τους μηχανικούς, τους ιδιοκτήτες ή τους Κυρίους του Έργου, τους υπεύθυνους χρηματοδότησης, λειτουργίας και διαχείρισης της τελικής εγκατάστασης, σε όλο τον κύκλο ζωής του έργου και το σύνολο των εργασιών που σχετίζονται με το έργο¹⁰.

Σύμφωνα με την Εθνική Επιτροπή Προτύπων BIM των ΗΠΑ (National Building Information Model Standard Committee – NBIMS), το Building Information Modelling ορίζεται ως «μια ψηφιακή αναπαράσταση των φυσικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών ενός έργου. Ένα μοντέλο BIM ή αλλιώς Πληροφοριακό Μοντέλο Έργου, εξυπηρετεί ως μια διαμοιραζόμενη βάση πληροφοριών σχετικά με το έργο, αποτελώντας μια αξιόπιστη πηγή δεδομένων, κοινή για όλους τους ενδιαφερόμενους, για λήψη αποφάσεων κατά την διάρκεια ζωής ενός έργου ιδίως όταν πρόκειται για μεγάλης κλίμακας τεχνικά έργα, από τα αρχικά στάδια σύλληψης του και έπειτα»¹¹.

Η βασική ιδέα του BIM είναι η δημιουργία ενός Πληροφοριακού Μοντέλου Έργου (Π.Μ.Ε.) με σκοπό την εικονική κατασκευή και αποτύπωση ενός έργου πριν την πραγματική κατασκευή. Η παραπάνω πρακτική επιτρέπει στα εμπλεκόμενα μέρη, να σχεδιάζουν, να αναλύουν και να προγραμματίζουν ένα έργο μέσα από ένα ψηφιακό περιβάλλον, όπου η οποιαδήποτε αλλαγή έχει συγκριτικά πολύ μικρότερο κόστος, σε σχέση με μια αλλαγή στο πεδίο (Site) κατά την διάρκεια της κατασκευής¹². Σκοπός λοιπόν είναι να αναγνωριστούν και να επιλυθούν προβλήματα που θα προέκυπταν στην πορεία και θα είχαν αρνητικό αντίκτυπο στο χρονοδιάγραμμα, προϋπολογισμό και την ποιότητα της κατασκευής.



Διάγραμμα 2-1: Στα αρχικά στάδια σχεδιασμού, το κόστος υλοποίησης μιας αλλαγής είναι συγκριτικά μικρότερο από ότι κατά την φάση της κατασκευής

Βασική προϋπόθεση είναι η άμεση και απρόσκοπτη συνεργασία μεταξύ των ενδιαφερόμενων μελών και εμπλεκόμενων, στις διάφορες φάσεις του κύκλου ζωής ενός έργου, ώστε να μπορούν να διαχειρίζονται, να εισάγουν, να τροποποιούν ή να εξάγουν τις πληροφορίες που περιέχονται μέσα

¹⁰ Wikipedia, “Μοντέλο δομικών πληροφοριών”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο:

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%BF%CE%BD%CF%84%CE%AD%CE%BB%CE%BF%CE%B4%CE%BF%CE%BC%CE%B9%CE%BA%CF%8E%CE%BD%CF%80%CE%BB%CE%B7%CF%81%CE%BF%CF%86%CE%BF%CF%81%CE%B9%CF%8E%CE%BD#cite_note-1

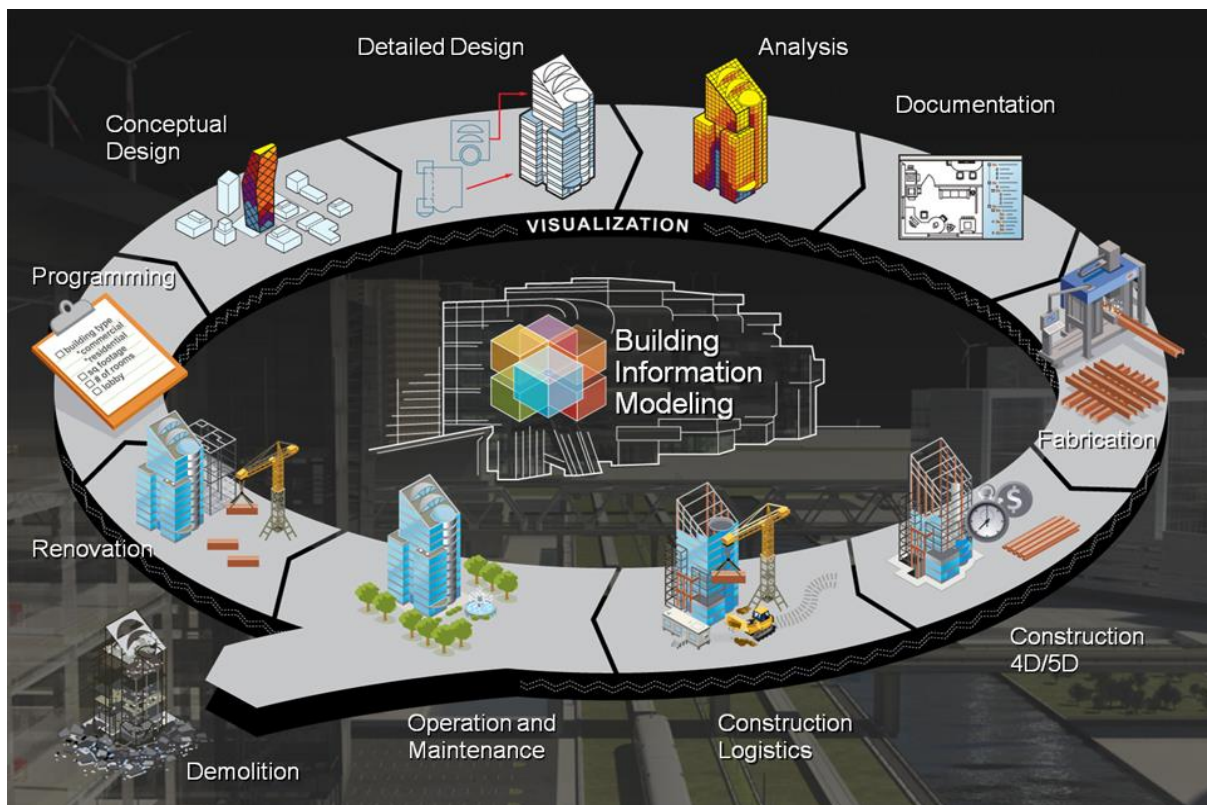
¹¹ National Building Information Model Standard, “What is a BIM”, <https://www.nationalbimstandard.org/faqs>

¹² Hardin, B. και McCool, D. (2016), **BIM and Construction Management. Proven Tools, Methods, and Workflows**. Canada: WILEY, σ.2.

στο εκάστοτε Πληροφοριακό Μοντέλο Έργου και να αντικατοπτρίζουν το ακριβές πεδίο εφαρμογής (score), τους ρόλους και τις εργασίες τους.

Κοινός στόχος όλων των μελετητών και συντελεστών είναι ο σχεδιασμός και η κατασκευή ενός τεχνικού έργου που να ανταποκρίνεται στην αρχιτεκτονική σύλληψη, να είναι ασφαλές, να υλοποιείται εντός του χρονικού προγραμματισμού και να μην ξεφεύγει από τον αρχικό προϋπολογισμό¹³. Ιδίως λόγω της πολυπλοκότητας των Mega Projects, ένα μοντέλο BIM εξυπηρετεί την λήψη αποφάσεων μέσα από «έξυπνα» αντικείμενα που συλλέγουν σε μια κοινή βάση δεδομένων τόσο τα φυσικά χαρακτηριστικά τους, όπως γεωμετρία, τις χωρικές σχέσεις μεταξύ τους, γεωγραφικές συντεταγμένες, όσο και περιγραφικά στοιχεία όπως ποσότητες υλικών, κοστολογικές αναφορές, ενημέρωση κατάστασης παράδοσης (order status), έτσι ώστε να διευκολύνεται ο συντονισμός μεταξύ των διαφορετικών εργασιών για την κατασκευή του έργου.

Επιπλέον, η τεχνολογία του BIM, βελτιώνει την επικοινωνία και μειώνει σημαντικά τις αποκλίσεις ανάμεσα στην δουλειά του αρχιτέκτονα, του πολιτικού μηχανικού και των λοιπών ειδικοτήτων ελαχιστοποιώντας τα λάθη στην κατασκευή. Οι εργασίες αναδιανέμονται καταλλήλως στα διαφορετικά στάδια και προσομοιώνεται η διαδικασία κατασκευής σε ένα εικονικό περιβάλλον .



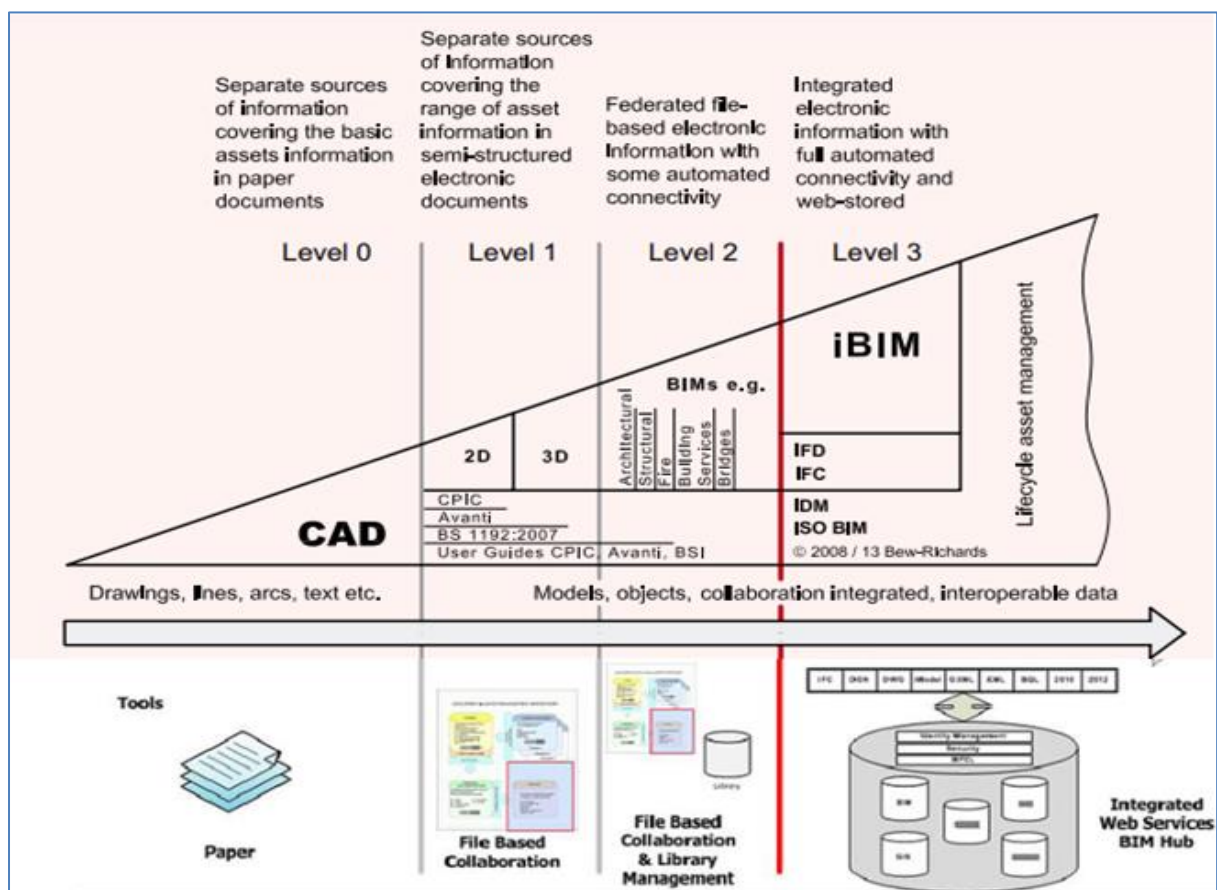
Εικόνα 2-2: Το Building Information Modeling στον κύκλο ζωής ενός έργου (<https://www.researchgate.net>, 2015)

¹³B. Succar, W. Sher και A. Williams (2012), "Measuring BIM performance: Five metrics", *Architectural Engineering and Design Management*, 8(2), σσ. 120-142

2.3 ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΤΟΥ BUILDING INFORMATION MODELLING

2.3.1 ΕΠΙΠΕΔΑ ΩΡΙΜΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ BIM (BIM MATURITY LEVELS)

Το Building Information Modelling απαντά σε ένα ευρύ όρο που αφορά στην διαδικασία μοντελοποίησης ψηφιακών δεδομένων για κάθετες (Vertical Infrastructure) ή οριζόντιες υποδομές (Horizontal Infrastructure), όπως είναι ο σχεδιασμός και η κατασκευή ενός κτιρίου ή ενός οδικού δικτύου αντίστοιχα. Ο βαθμός στον οποίο επιτυγχάνεται η εφαρμογή και η ενσωμάτωση του BIM σε μία μελέτη έργου περιγράφεται μέσα από την έννοια των «Επιπέδων Ωριμότητας BIM» (BIM Maturity Levels).



Διάγραμμα 2-2: Επίπεδα Ωριμότητας (BIM Levels of Maturity) (PAS 1192-2:2013)

Τα «Επίπεδα Ωριμότητας» αποτελούν τον πλέον αποδεκτό όρο, βάση του οποίου υποδεικνύονται τα ελάχιστα κριτήρια που πρέπει να πληρούνται προκειμένου να γίνει ευδιάκριτος ο βαθμός στον οποίο υιοθετούνται οι πρακτικές του BIM. Ο διαχωρισμός των επιπέδων συνοψίζει τα βήματα και την εξέλιξη της 2D CAD πρακτικής στην ψηφιακή εποχή¹⁴. Αναγνωρίσιμα ορόσημα, εν μέσω των διαδικασιών που ορίζονται σε κάθε επίπεδο, απαντώνται σε ένα εύρος από το μηδέν έως το τρία (0-3).

¹⁴McPartland, R. (2014), "BIM Levels explained", <https://www.thenbs.com/knowledge/bim-levels-explained>

Επίπεδο 0– Level 0: Πρόκειται για την απλούστερη μορφή σχεδιασμού όπου ουσιαστικά βασίζεται στον συμβατικό και παραδοσιακό σχεδιασμό σε δυο διαστάσεις. Σε αυτή την μορφή τα διασδιάστατα σχέδια παράγονται σε ψηφιακό περιβάλλον και έπειτα η διανομή γίνεται μέσω απλής εκτύπωσης σε χαρτί ή αποστολής με ψηφιακά μέσα (PDF) ή συνδυασμό και των δύο. Ένας μεγάλος όγκος πληροφοριών παράγεται από διαφορετικές πηγές, κατακερματίζοντας τα δεδομένα και την διασυνδεσιμότητα μεταξύ των αρχείων. Πρόκειται για μία ξεπερασμένη μέθοδο η οποία αποτελεί προέκταση της παλαιότερης πρακτικής σχεδιασμού στο χέρι. Σήμερα, η πλειοψηφία του κατασκευαστικού κλάδου σε χώρες με έντονη οικοδομική δραστηριότητας και προηγμένες τεχνολογίες τείνουν να αποκλείουν αυτό το επίπεδο διαχείρισης και παραγωγής πληροφορίας καθ' ότι μειώνει την αποδοτικότητα και εμποδίζει την ανταγωνιστικότητα σε τοπικό αλλά και διεθνές επίπεδο¹⁵. Η Ελλάδα κατά κύριο λόγο βρίσκεται σε επίπεδο μηδέν αφού επιλέγεται ο παραδοσιακός 2D σχεδιασμός κατά κανόνα εκτός ελαχίστων εξαιρέσεων όπως είναι η κατασκευή του Ιδρύματος Σταύρου Νιάρχου.

Επίπεδο 1 – Level 1: Το επίπεδο 1 προκύπτει από τον συνδυασμό τρισδιάστατων και διασδιάστατων σχεδίων. Το αρχικό 3D μοντέλο σύλληψης αξιοποιείται για την παραγωγή των επίσημων πλέον διασδιάστατων σχεδίων, η διανομή των οποίων επιτυγχάνεται μέσα από ένα κοινό περιβάλλον δεδομένων (Common Data Environment, CDE) και σύμφωνα με το πρότυπο BS 1192:2007¹⁶. Παρ' όλη την αυξανόμενη ανάγκη για υιοθέτηση κοινών πρακτικών και δομών εργασίας, το επίπεδο συνεργασίας μεταξύ των εμπλεκόμενων βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα και περιορίζεται στον αρχικό διαχωρισμό ρόλων και αρμοδιοτήτων και τον καθορισμό συμβάσεων αναφορικά με τον τρόπο, την ιεραρχία και την διάθεση της πληροφορίας, για αυτό τον λόγο το επίπεδο 1 αναφέρεται και ως «Lonely BIM» (Μοναχικό BIM)¹⁷.

Επίπεδο 2 – Level 2: πρόκειται για ένα ελεγχόμενο 3D περιβάλλον, με ενσωματωμένες βάσεις δεδομένων, που όμως απαρτίζεται από ξεχωριστά υπομοντέλα διαφορετικών κλάδων (πχ στατικό, αρχιτεκτονικό, μηχανολογικό μοντέλο). Αυτά τα ξεχωριστά μοντέλα συνθέτουν ένα «ομοσπονδιακό» κοινό μοντέλο, χωρίς όμως να ενοποιείται η πληροφορία ή να χάνεται η αυτονομία των υπό-μοντέλων¹⁸. Όλοι οι κλάδοι παράγουν 3D μοντέλα, πλούσια σε πληροφορίες και δεδομένα ανάλογα με τον τομέα τους, χωρίς να απαιτείται να δουλεύουν όλοι ταυτόχρονα σε ένα κοινό μοντέλο. Το χαρακτηριστικό αυτού του επιπέδου είναι το συνεργατικό πνεύμα, ο

¹⁵R. Waterhouse, M. Bew, K. Parkinson, A. Malleson, I. May, R. Lane, P. Dodd και S. Hamil (2017), **NBS National BIM Report 2017**. United Kingdom: NBS

¹⁶Bsi Group (2007), **BS 1192:2007 Collaborative production of architectural, engineering and construction information – Code of practice**. United Kingdom: British Standards Institution.

¹⁷McPartland, R. (2014), “BIM Levels explained”, <https://www.thenbs.com/knowledge/bim-levels-explained>

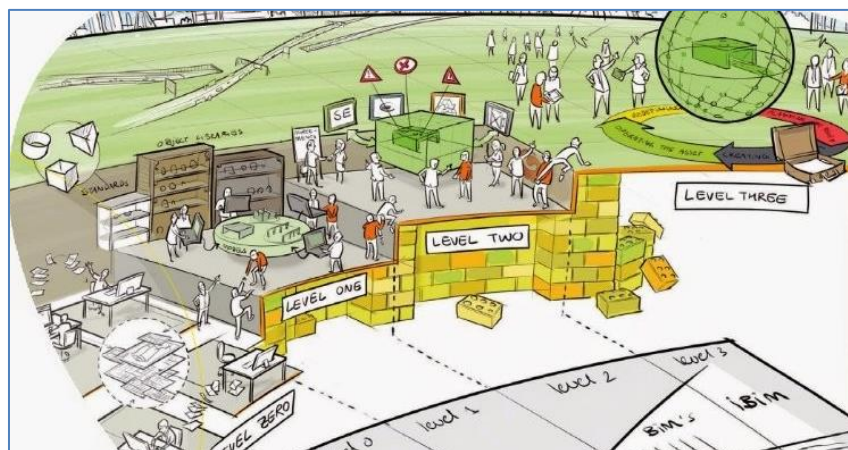
¹⁸Erasmus, N. (2017), “BIM Maturity Levels Explained”, <https://www.linkedin.com/pulse/bim-maturity-levels-explained-nick-erasmus>

συντονισμός του έργου και η επικοινωνία μεταξύ των μελών. Βασική επιδίωξη είναι ο διαμοιρασμός και η ανταλλαγή της πληροφορίας μέσω ενός κοινού τύπου αρχείου, διευκολύνοντας τον κάθε οργανισμό να εισάγει τα δικά του δεδομένα και να αξιοποιήσει τα δεδομένα των υπολοίπων μέσα σε μια κοινή πλατφόρμα. Κρίνεται αναγκαία λοιπόν η χρήση λογισμικού, από όλους τους συντελεστές, που να υποστηρίζει διαλειτουργικά πρότυπα (βλ. Κεφάλαιο 3.3), όπως είναι το IFC (Industry Foundation Class) ή COBie (Construction Operations Building information exchange), για τον διαμοιρασμό της πληροφορίας.

Το επίπεδο 2, αναφέρεται και ως «ιδιόκτητο» BIM (Proprietary BIM) και κρίνεται ως το ελάχιστο προαπαιτούμενο επίπεδο BIM για την εξυπηρέτηση δημοσίων έργων στην Αγγλία από το 2016¹⁹.

Επίπεδο 3 – Level 3: Το Level 3, αποτελεί μια φιλόδοξη εκδοχή της εφαρμογής του BIM και αποσκοπεί στο να είναι μια πλήρως ολοκληρωμένη και συνεργατική διαδικασία. Σε αυτό το επίπεδο, όλοι οι επιμέρους κλάδοι εισάγουν πληροφορίες σε ένα ενιαίο, διαμοιραζόμενο Πληροφοριακό Μοντέλο το οποίο θα αποθηκεύει όλες τις πληροφορίες του σε μια κεντρική πλατφόρμα. Η πλατφόρμα αυτή θα είναι προσβάσιμη από τους χρήστες σε πραγματικό χρόνο και φιλοδοξεί να αποβάλει το όποιο περιθώριο υπάρχει για αντικρουόμενες πληροφορίες ανάμεσα στα υπό-μοντέλα²⁰. Το Πληροφοριακό Μοντέλο Έργου θα επιτρέπει την απρόσκοπτη επικοινωνία μεταξύ γραφείου και εργοταξίου και την ανάλογη διάθεση πληροφοριών. Αυτό το επίπεδο αναφέρεται και ως «iBIM» δηλαδή «Ολοκληρωμένο» BIM (Integrated BIM) και αποσκοπεί στην επίτευξη καλύτερων αποτελεσμάτων.

Το επίπεδο 3 αποτελεί μια πολλά υποσχόμενη εξέλιξη στο χώρο της κατασκευής αλλά πρώτα πρέπει να επιλυθούν νομικά θέματα που αφορούν σε ζητήματα ευθύνης και ιδιοκτησίας²¹.



Εικόνα 2-3: Τα Επίπεδα Ωριμότητας του BIM

(<https://www.linkedin.com/pulse/bim-maturity-levels-explained-nick-erasmus>)

¹⁹EU BIM TASK GROUP (2018), "Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector", σ. 37, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <http://www.eubim.eu/handbook/>

²⁰Erasmus, N. (2017), "BIM Maturity Levels Explained", <https://www.linkedin.com/pulse/bim-maturity-levels-explained-nick-erasmus>

²¹McPartland, R. (2014), "BIM Levels explained", <https://www.thenbs.com/knowledge/bim-levels-explained>

2.3.2 ΕΠΙΠΕΔΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ (LEVEL OF DEVELOPMENT, LOD)

Το Επίπεδο Ανάπτυξης Πληροφορίας είναι μια έννοια με πολλές εφαρμογές και χρησιμοποιείται ως βάση για την σύναψη συμβολαίων αλλά και ως εργαλείο επικοινωνίας των αναγκών που χρειάζεται να εκπληρωθούν σε ένα έργο. Κεντρική ιδέα του ορισμού είναι ότι καθορίζεται εκ των προτέρων το περιεχόμενο και η αξιοπιστία των «έξυπνων» αντικειμένων που απαντώνται σε ένα Πληροφοριακό Μοντέλο Έργου. Το περιεχόμενο μπορεί να αφορά σε γεωμετρικά χαρακτηριστικά, ποσοτικές πληροφορίες, περιγραφικά στοιχεία και διασυνδεδεμένα έγγραφα όπως ο λεπτομερής προϋπολογισμός ενός τεχνικού έργου. Ο όρος αξιοπιστία αφορά στο βαθμό τον οποίο οι χρήστες του Πληροφοριακού Μοντέλου BIM μπορούν να εμπιστεύονται την ακρίβεια και την ποιότητα του περιεχομένου²². Βασική παράμετρος του LOD είναι ότι αναγνωρίζει τα διάφορα στάδια του κύκλου ζωής ενός έργου και εξυπηρετεί τις εκάστοτε ανάγκες αλλά και τους περιορισμούς στον σχεδιασμό, ανάλογα με τον κλάδο και τομέα εφαρμογής.

Τα Επίπεδα Ανάπτυξης Πληροφορίας χρησιμοποιούν αριθμούς για να περιγράψουν τα διάφορα στάδια. Αρχικά, ο όρος αναπτύχθηκε από την Vico Software με την ονομασία Επίπεδο Ανάπτυξης Λεπτομέρειας (Level of Detail) και με ακρωνύμιο LOD²³. Έπειτα, τα πρότυπα αυτά χρησιμοποιήθηκαν από το Αμερικανικό Ινστιτούτο Αρχιτεκτόνων (American Institute of Architects, AIA) και μετονομάστηκαν σε Επίπεδο Ανάπτυξης Πληροφορίας (Level of Development).

Η διάρθρωση των Επιπέδων σύμφωνα με τον οργανισμό AIA (AI-G202-2013) είναι η ακόλουθη²⁴:

LOD 100: Πρόκειται για την γραφική απεικόνιση του μοντέλου (Conceptual) όπου αναπαρίσταται με σύμβολα ή άλλες γενικές πληροφορίες, παράμετροι όπως είναι το εμβαδόν, το ύψος, ο όγκος ή ο προσανατολισμός. Συνήθως, αυτό το επίπεδο εφαρμόζεται σε επίπεδο σύλληψης και αρχικής σύνθεσης ενός έργου όπου τίθενται οι βάσεις και τα αρχικά δεδομένα (Conceptual Design).

LOD 200: Σε αυτό το επίπεδο, τα στοιχεία του Μοντέλου αναπαρίσταται γραφικά σαν ένα γενικό σύστημα, αντικείμενο ή μια σύνθεση επιμέρους αντικειμένων που φέρουν προσεγγιστικές ιδιότητες όπως είναι οι ποσότητες, το μέγεθος, το σχήμα, η θέση και ο προσανατολισμός. Μη γραφικές πληροφορίες μπορούν επίσης να συμπεριληφθούν σε αυτό το επίπεδο. Σε αυτή την φάση, το

²²Grani, H. K. (2016), "Level of Development - LOD - as a Lifecycle BIM tool", <https://blog.areo.io/level-of-development/>

²³Alderton, M. (2017), "How Level of Development Is Bringing a New Standard of Excellence to AEC", <https://www.autodesk.com/redshift/level-of-development/>

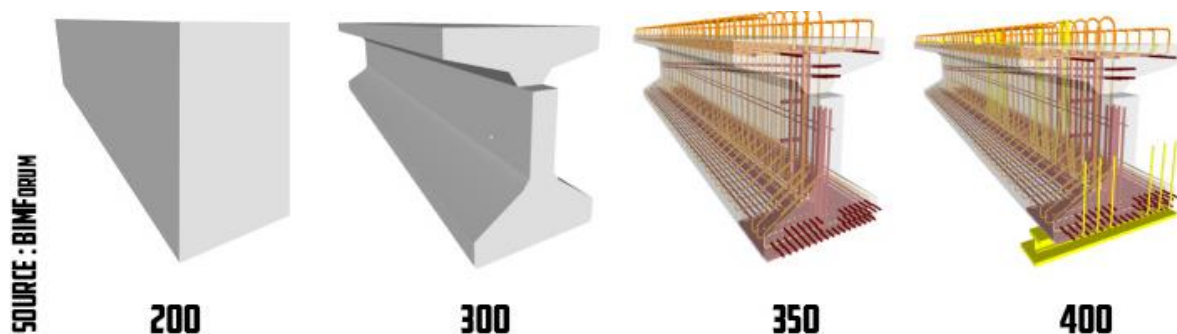
²⁴American institute of architects (2013), "AIA Document G202™ - 2013. Project Building Information Modeling Protocol Form", <http://content.aia.org/sites/default/files/2016-09/AIA-G202-2013-OmniClass-Free-Sample-Preview.pdf>

μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μια πρώτη προσεγγιστική κοστολόγηση ή προγραμματισμό έργου κατά την διάρκεια εκπόνησης μιας μελέτης (Schematic Design).

LOD 300: Το περιεχόμενο του Μοντέλου αναπαρίσταται σαν ένα συγκεκριμένο σύστημα, αντικείμενο ή μια σύνθεση επιμέρους αντικειμένων και φέρουν ακριβείς ιδιότητες γεωμετρίας, ποσοτήτων, μεγεθών, θέσης και γεωγραφικού προσδιορισμού. Μη γραφικές πληροφορίες συμπεριλαμβάνονται επίσης σε αυτό το Επίπεδο. Το μοντέλο δύναται να αναλυθεί ως προς την απόδοση συστημάτων ή να εφαρμοστούν συγκεκριμένα κριτήρια και προδιαγραφές απόδοσης. Επιπλέον, τα αντικείμενα που περιλαμβάνονται σε αυτή τη φάση υποστηρίζουν διαδικασίες κοστολόγησης και προσφοράς και επιτρέπουν την παραγωγή σχεδίων μέσα από το μοντέλο (Detailed Design).

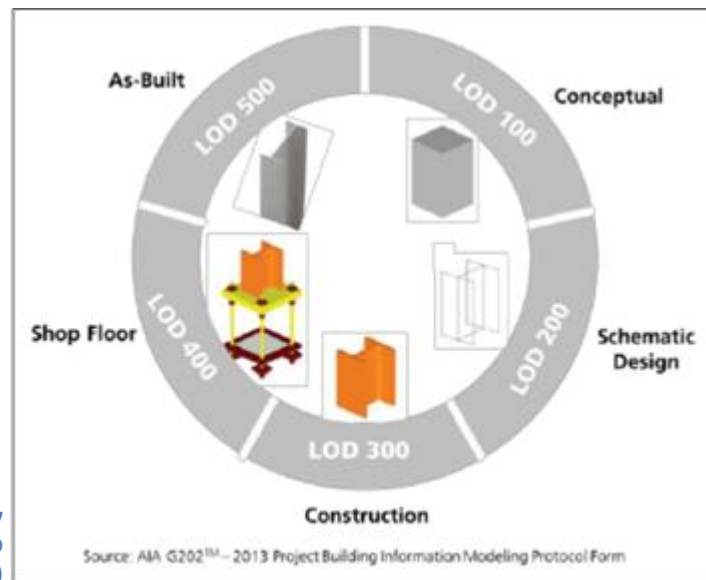
LOD 350: Στο LOD 350, το μοντέλο απαρτίζεται από συγκεκριμένο σύστημα, αντικείμενο ή σύνολο αντικειμένων και φέρει τις ιδιότητες του LOD 300 αλλά συνδέεται και αλληλεπιδρά με διάφορα συστήματα όλων των κλάδων της κατασκευής (στατικό, αρχιτεκτονικό, μηχανολογικό, ηλεκτρολογικό, κλπ), βάση προδιαγραφών και συγκεκριμένων απαιτήσεων (Issued for Construction). Σε αυτό το επίπεδο, οι αστοχίες στον συντονισμό των επιμέρους συστημάτων έχουν επιλυθεί (Clash resolution) και είναι δυνατή η εξαγωγή λεπτομερών κατασκευαστικών σχεδίων (Shop-Drawings).

LOD 400: Σε αυτό το επίπεδο, τα στοιχεία του Μοντέλου αναπαρίσταται γραφικά σαν ένα συγκεκριμένο σύστημα, αντικείμενο ή σύνθεση επιμέρους αντικειμένων και φέρουν ακριβείς ιδιότητες γεωμετρίας, ποσοτήτων, μεγεθών, θέσης, γεωγραφικού προσδιορισμού με επιπλέον κατασκευαστικές γραφικές λεπτομέρειες και πληροφορίες για την *συναρμολόγηση* (Fabrication) και τοποθέτηση τους στο εργοτάξιο. Μη γραφικές πληροφορίες εξακολουθούν να συνάπτονται σε αυτό το επίπεδο. Σε αυτή την φάση έχει γίνει επιλογή του υπερεργολάβου και λοιπών εργολάβων και συμμετέχουν ενεργά στην διαδικασία αποφάσεων και εύρεσης βέλτιστων λύσεων στο πεδίο εξειδίκευσής τους.



Εικόνα 2-4: Επίπεδα Ανάπτυξης της Πληροφορίας (LOD) (BIMForum)

LOD 500: Τα στοιχεία του Μοντέλου σε αυτό το επίπεδο αποτελούν την εξακριβωμένη αναπαράσταση όλων των αντικειμένων ακριβώς όπως έχουν κατασκευαστεί στην πραγματικότητα. Μη γραφικές πληροφορίες εξακολουθούν να υπάρχουν εντός του Πληροφοριακού Μοντέλου Έργου. Το επίπεδο αυτό αποτελεί ουσιαστικά την “as built” («Όπως Κατασκευάστηκε») εκδοχή του έργου και χρησιμοποιείται για την ορθή διαχείριση και λειτουργία της εγκατάστασης (Facility Management).



Εικόνα 2- 5: Σχηματική απεικόνιση των Επιπέδων Ανάπτυξης Πληροφορίας -LOD (AIA G2002-2013)

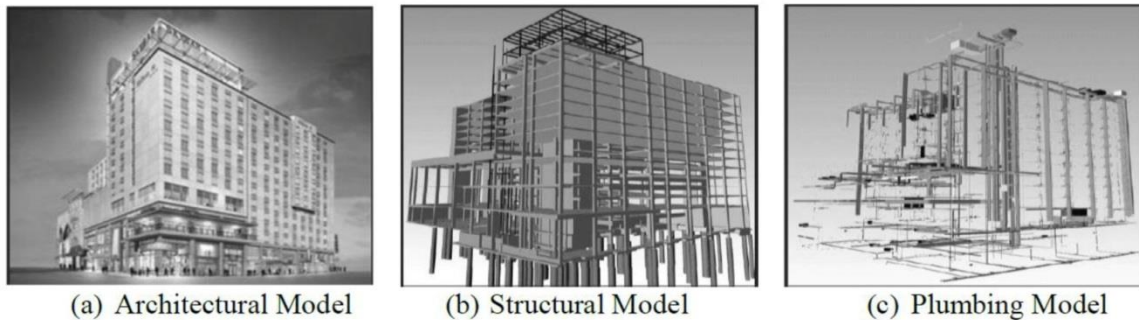
2.3.3 ΕΠΙΠΕΔΑ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ ΤΟΥ BIM (BIM DIMENSION LEVELS)

Οι διαστάσεις στο Building Information Modelling αφορούν στο είδος και την χρηστικότητα της πληροφορίας που εισάγεται στο Πληροφοριακό Μοντέλου Έργου. Με την προσθήκη περισσότερων τύπων – διαστάσεων πληροφορίας, το έργο εφαρμογής γίνεται πληρέστερο και οι πληροφορίες της κατασκευής αποκτούν συνοχή και υπάρχει καλύτερη και σφαιρικότερη αντίληψη του έργου. Οι διαστάσεις αυτές μπορούν να συμπεριληφθούν σε έργα επιπέδου Ωριμότητας 2 και πάνω (BIM Level 2)²⁵.

BIM 3D (3D Geometry): Το BIM 3D είναι ίσως η πιο αναγνωρίσιμη μορφή του BIM. Το 3D μοντέλο περιέχει όλη την γεωμετρική πληροφορία η οποία εμπλουτίζεται σε λεπτομέρεια καθώς το έργο εξελίσσεται. Οι ομάδες μελετητών δημιουργούν ξεχωριστά μοντέλα ανάλογα με τον κλάδο εφαρμογής τους (αρχιτεκτονικό, στατικό, μηχανολογικό, κλπ), τα οποία εξυπηρετούν στην οπτικοποίηση του έργου. Επιπλέον, τα 3D μοντέλα παράγονται ως συνδυασμός «έξυπνων»

²⁵McPartland (2017), “BIM dimensions - 3D, 4D, 5D, 6D BIM explained”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://www.thenbs.com/knowledge/bim-dimensions-3d-4d-5d-6d-bim-explained>

αντικειμένων σε δια-λειτουργική μορφή (IFC ή COBie) ώστε να συνδυαστούν όλα μαζί σε μια κοινή πλατφόρμα και να εντοπιστούν λάθη και ασυμβατότητες, σε πρώιμο στάδιο και όχι κατά την διάρκεια της κατασκευής, όπου το κόστος των αλλαγών είναι πλέον μεγάλο.



Εικόνα 2- 6: 3D Πληροφοριακά Μοντέλα Έργου ανα κλάδο (Προσωπικό αρχείο)

BIM 4D (Time): Το ακρωνύμιο BIM 4D είναι ένας όρος που χρησιμοποιείται σε μεγάλη κλίμακα στον κατασκευαστικό τομέα και ενσωματώνει στο 3D BIM μοντέλο την διάσταση του χρόνου. Η δημιουργία 4D μοντέλων επιτρέπει σε όλους τους εμπλεκόμενους, από τους μελετητές μέχρι τους εργολάβους και τους πελάτες, να εφαρμόσουν χρονικό προγραμματισμό στο έργο και να οπτικοποιήσουν τις διάφορες φάσεις κατασκευής αξιολογώντας διαφορετικά σενάρια εφαρμογής. Η αντικειμενοστραφής ανάπτυξη των μοντέλων με ενσωματωμένη την διάσταση του χρόνου διασφαλίζει την ασφαλή, σωστή αλληλουχία των δραστηριοτήτων και τον ασφαλή προγραμματισμό ενός έργου, ανεξαρτήτως μεγέθους και πολυπλοκότητας²⁶.

BIM 5D (Cost): Ο όρος BIM 5D χρησιμοποιείται για να αποδώσει στα χαρακτηριστικά ενός 3D BIM μοντέλου τις ιδιότητες του χρονικού προγραμματισμού μαζί με δεδομένα κόστους (5D=3D+Schedule+Cost)²⁷. Ουσιαστικά, όλα τα στοιχεία ενός μοντέλου είναι συνδεδεμένα (linked) με υλικά, δραστηριότητες και εργασίες και αυτές αντίστοιχα με συγκεκριμένα κόστη. Ανά πάσα στιγμή, οι συμμετέχοντες μπορούν να έχουν πλήρη εικόνα του κόστους των εργασιών και των υλικών και κατ' επέκταση τον έλεγχο του οικονομικού προϋπολογισμού του έργου. Η ακρίβεια των υπολογισμών εξαρτάται άμεσα από την ακρίβεια των «έξυπνων» αντικειμένων και την ορθότητα του σχεδιασμού.

BIM 6D (Sustainability): Η αξιοποίηση της 6D τεχνολογίας του BIM συμβάλει στην βελτίωση της διαχείρισης της ενεργειακής κατανάλωσης. Τα δεδομένα που συγκεντρώνονται στην κεντρική πλατφόρμα, χρησιμοποιούνται για ολοκληρωμένες και ακριβείς ενεργειακές αναλύσεις, νωρίς στη διαδικασία σχεδιασμού, επιτρέποντας την εξέταση και την επαλήθευση εναλλακτικών σχεδίων. Σε

²⁶“4D BIM”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: https://en.wikipedia.org/wiki/4D_BIM

²⁷“5D BIM”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: https://en.wikipedia.org/wiki/5D_BIM

συνδυασμό με επιμέρους εργαλεία ανάλυσης, γίνεται εξακρίβωση της ενεργειακής απόδοσης της κατασκευής, ώστε να βελτιωθεί το πλάνο βιωσιμότητας και να συμβαδίζει με τους στόχους που έχουν τεθεί για εξοικονόμηση ενέργειας²⁸.

BIM 7D²⁹ (Facility Management): Είναι το ακρωνύμιο που χρησιμοποιείται στην κατασκευαστική κοινότητα για να περιγράψει την έβδομη διάσταση του Building Information Modelling. Αφορά στην σύνδεση όλων των «έξυπνων» αντικειμένων ή συστημάτων με όλες τις πληροφορίες που τις αφορούν για την συντήρηση ενός τεχνικού έργου, σε όλο τον κύκλο ζωής του. Το μοντέλο διάστασης 7D, ανταποκρίνεται τεχνικά στο Επίπεδο Ανάπτυξης Πληροφορίας LOD 500 και παραδίδεται στον πελάτη ενός έργου μόλις αυτό ολοκληρωθεί. Το «As Built» BIM μοντέλο, είναι ενημερωμένο με όλες τις σχετικές πληροφορίες όλων των αντικειμένων και εξυπηρετεί ως βάση δεδομένων για την διαχείριση και λειτουργία ενός έργου. Τα δεδομένα αυτά περιλαμβάνουν πληροφορίες σχετικά με τον κατασκευαστή, τον προμηθευτή, την ημερομηνία εγκατάστασης, λεπτομέρειες για την απαιτούμενη συντήρηση, την ενεργειακή απόδοση και την διάρκειας ζωής ενός αντικειμένου³⁰. Η συγκεκριμένη βάση δεδομένων είναι προσβάσιμη απ' όλους τους χρήστες μέσω ενός ιδιόκτητου δικτυακού περιβάλλοντος προκειμένου να εξυπηρετηθούν οι διαχειριστές στην λειτουργία και συντήρηση των φυσικών εγκαταστάσεων³¹.



Εικόνα 2- 7: Οι διαστάσεις του Building information Modeling (BibLus, 2018)

²⁸“6D BIM”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: https://en.wikipedia.org/wiki/6D_BIM

²⁹Η αναφορά στο Asset και Facility Management μπορεί να απαντηθεί και ως 6D. Με την ανάπτυξη και εκμετάλλευση των Πληροφοριακών Μοντέλων Έργου σε επίπεδο βιωσιμότητας και ενεργειακής ανάλυσης, το Asset και Facility Management «πέρασε» στο επόμενο επίπεδο διάστασης του BIM.

³⁰McPartland (2017), “BIM dimensions - 3D, 4D, 5D, 6D BIM explained”, <https://www.thenbs.com/knowledge/bim-dimensions-3d-4d-5d-6d-bim-explained>

³¹“BIM 3D, 4D, 5D, 6D, 7D”, <http://www.bimpanzee.com/bim-3d-4d-5d-6d-7d.html>

2.4 Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ Η ΠΑΡΑΔΟΣΗ ΕΡΓΟΥ ΜΕ BIM

2.4.1 Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ – INTEGRATED DESIGN PROCESS (IDP)

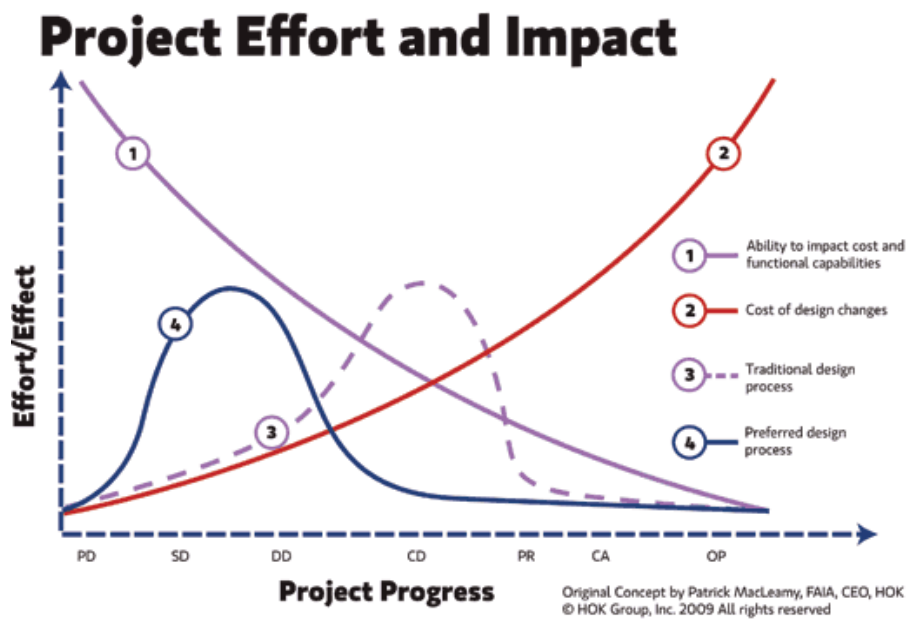
Η Διαδικασία Ολοκληρωμένου Σχεδιασμού (Integrated Design Process - IDP) διαφοροποιείται από μια συμβατική διαδικασία σχεδιασμού από πολλές απόψεις. Στις παραδοσιακές μεθόδους, η σύλληψη, ο σχεδιασμός και η εκτέλεση ενός έργου υλοποιείται τμηματικά και η μια ομάδα – ειδικότητα διαδέχεται την άλλη, πολλές φορές αναιρώντας βασικά σημεία και αποφάσεις που έχουν προηγηθεί. Η αυτόνομη δράση των εμπλεκόμενων ομάδων, δυσχεραίνει την συνεργασία και την ολιστική θεώρηση του project οδηγώντας σε σφάλματα και αλλαγές που εν συνεχεία αυξάνουν τον συνολικό χρόνο και κόστος που απαιτείται για την ολοκλήρωση μιας κατασκευής. Δίνεται έμφαση στις αρχικές δαπάνες, αγνοώντας τις επιπτώσεις που φέρουν οι διάφορες επιλογές στον κύκλο ζωής ενός έργου (Life Cycle Cost). Τέλος, αν και ο Κύριος του Έργου (ΚΤΕ) έχει την ψευδαίσθηση ότι ελέγχει καλύτερα τα μεμονωμένα στάδια σχεδιασμού, στην πραγματικότητα αδυνατεί να αντιληφθεί το πλήρες εύρος του έργου και τον τρόπο με τον οποίο τα διάφορα συστήματα αλληλοεξαρτώνται.

Αντίθετα, στην IDP, ο πελάτης έχει έναν πιο ενεργό ρόλο, ο αρχιτέκτονας και οι μελετητές βρίσκονται σε πλήρη συνεννόηση, ενώ οι μηχανολόγοι μηχανικοί και ηλεκτρολόγοι μηχανικοί αναλαμβάνουν ενεργούς ρόλους από τα πρώτα στάδια σχεδιασμού. Με άλλα λόγια, η διαδικασία του IDP ενσωματώνει την ιδέα της συστημικής προσέγγισης στα πλαίσια μιας συνολικής διαδικασίας, με την συγκρότηση μιας ομάδας αποτελούμενη από όλες τις ειδικότητες μηχανικών και λοιπών ειδικών, καθώς και πιο εξειδικευμένων συμβούλων, που ενσωματώνονται στο αρχικό σχεδιαστικό επίπεδο, λαμβάνοντας από κοινού αποφάσεις.

Ο φόρτος εργασίας για την μελέτη και την λήψη σημαντικών αποφάσεων που αφορούν στην κατασκευή, μετατοπίζεται στα αρχικά στάδια προσθέτοντας μεγαλύτερη ακρίβεια και αξιοπιστία στις σχεδιαστικές επιλογές του έργου. Οι αποφάσεις αυτές σχετίζονται με τεχνικά θέματα και λειτουργικά χαρακτηριστικά μιας κατασκευής, όπως είναι η επιλογή κατάλληλων μηχανολογικών συστημάτων. Η ενεργειακή ανάλυση θέρμανσης – ψύξης δεν μπορεί να γίνει ανεξάρτητα της αρχιτεκτονικής διαμόρφωσης ενός κτιρίου καθώς μεγαλύτερα ανοίγματα σημαίνει καλύτερος φωτισμός μεν αλλά ταυτόχρονα συνεπάγεται μεγαλύτερες θερμικές απώλειες τον χειμώνα και μεγαλύτερη ανάγκη για κλιματισμό κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Η συνεργατική προσέγγιση επηρεάζει την συνολική σύνθεση, λειτουργία και απόδοση μιας υποδομής και στοχεύει σε καλύτερες αποφάσεις για την αειφορία (sustainability) και τις περιβαλλοντικές επιδόσεις μιας κατασκευής.

Η ιδέα του IDP βασίζεται στην παρατήρηση ότι οι αλλαγές σε ένα έργο είναι πιο εύκολο να γίνουν στην αρχή της διαδικασίας σχεδιασμού και πιο δύσκολο κατά την μετέπειτα φάση της κατασκευής³². Για τον παραπάνω λόγο, ο χρόνος που απαιτείται για τα στάδια σχεδιασμού και μελέτης, είναι αναπόφευκτα μεγαλύτερος από εκείνον της συμβατικής διαδικασίας γραμμικού σχεδιασμού. Ωστόσο, αυτός ο πρόσθετος χρόνος καλύπτεται από τον συντομότερο χρόνο που απαιτείται για τον συντονισμό και την εκτέλεση εργασιών στα μεταγενέστερα στάδια της εκτέλεσης ενός έργου (ROI³³).

Το παρακάτω διάγραμμα δείχνει την επιρροή της μετατόπισης του φόρτου εργασίας ως προς τον χρόνο και την επίδρασή της στο συνολικό κόστος.



Διάγραμμα 2- 3: ΚαμπύληMcLeamy – Η επιρροή των αλλαγών ως προς το κόστος, σε πρώιμη και μεταγενέστερη φάση εκτέλεσης έργου

Η διαδικασία ολοκληρωμένου σχεδιασμού περιλαμβάνει μεθόδους και εργαλεία που ευνοούν την πολύ – κλαδική συνεργασία και επικοινωνία των συντελεστών, ώστε να παράγουν ένα ολοκληρωμένο και άρτιο αποτέλεσμα. Το Building information Modelling μπορεί να αποτελέσει βασικό κομμάτι του IDP αφού το μεγαλύτερο μέρος των πληροφοριών παράγεται στο αρχικό στάδιο του σχεδιασμού. Η εφαρμογή του BIM περιλαμβάνει αυτοματοποιημένες μεθόδους που επιταχύνουν τις διαδικασίες, βελτιώνουν την παραγωγικότητα και εξυπηρετούν την ανάπτυξη της IDP, δημιουργώντας ισχυρές συνέργιες μεταξύ των δυο.

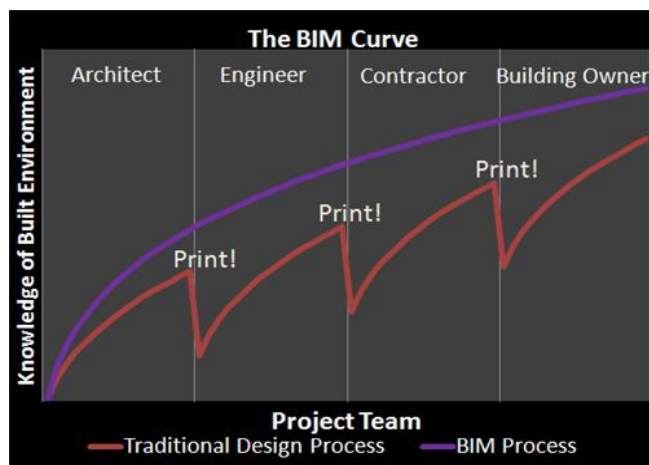
³²iisBE, “The Integrated Design Process”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: http://www.iisbe.org/download/gbc2005/Other_presentations/IDP_overview.pdf

³³ Η επιστροφή επί της επένδυσης ή ROI – Return on Investment ή απόδοση της επένδυσης, είναι το κέρδος του επενδυτή από την επένδυση κάποιας πηγής

2.4.2 Η ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ BIM ΣΤΗΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΘΕΣΗΣ ΕΡΓΟΥ

Μία από τις πιο σημαντικές αποφάσεις κατά την εκκίνηση ενός έργου είναι και ο καθορισμός του τρόπου παράδοσης ενός έργου. Η μέθοδος Design-Bid-Built, (DBB) (Σχεδιασμός-Πρόσφορα-Κατασκευή), Construction Management at Risk, (CMAR) (Διαχείριση Κινδύνων Κατασκευής) και Design-Build, (DB) (Μελέτη – Κατασκευή), αντιπροσωπεύουν την πλειοψηφία των συστημάτων παράδοσης έργων που χρησιμοποιούνται σήμερα. Υπάρχει, ωστόσο, και μια τέταρτη προσέγγιση παράδοσης που έχει ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια, γνωστή ως Ολοκληρωμένη Παράδοση Έργου - Integrated Project Delivery, (IPD).

Κατά την κλασσική μέθοδο παράδοσης έργου σύμφωνα με την Design-Bid-Built (DBB) διαδικασία, ο εργοδότης του έργου συνάπτει ξεχωριστές συμβάσεις για το σχεδιασμό και την κατασκευή ενός έργου. Υπάρχουν τρεις κύριες διαδοχικές φάσεις στη μέθοδο Σχεδιασμού-Προσφοράς-Κατασκευής, όπου η μια ακολουθεί την άλλη σε μια γραμμική πορεία. Αν και αποτελεί ίσως την πιο συνηθισμένη μέθοδο παράδοσης έργου, προκύπτουν αρκετά μειονεκτήματα από την εφαρμογή της με κυριότερο την αδυναμία της ομάδας σχεδιασμού να έχει γνώση τεχνικών θεμάτων από την αρχή της μελέτης ώστε να συμπεριληφθούν στο αρχικό σχεδιασμό³⁴. Το πλεονέκτημα της εικονικής κατασκευής που προσφέρει το Building Information Modelling, δεν αξιοποιείται πλήρως στην συγκεκριμένη περίπτωση και σε ανάθεση έργου με απαίτηση BIM, αναπτύσσονται δύο ξεχωριστά Πληροφοριακά Μοντέλα, ένα στην φάση του σχεδιασμού και ένα στη φάση της κατασκευής.



Διάγραμμα 2- 4: Σύγκριση της ομαλής ροής των εργασιών με το BIM σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους

Στην μέθοδο Construction Management at Risk (CMAR), η διαδικασία παράδοσης έργου αποκτά συνεργατικό χαρακτήρα όπου ο κύριος μελετητής του έργου συνεργάζεται με τον κατασκευαστή και υπεύθυνο εργοταξίου πριν την ολοκλήρωση της σχεδιαστικής φάσης. Με τη μέθοδο παράδοσης CMAR, ο πελάτης αρχικά επιλέγει την εταιρία σχεδιασμού, παρόμοια με την μέθοδο Σχεδιασμού-Προσφοράς-Κατασκευής, αλλά με την πρόθεση να ξεκινήσει μια δεύτερη σύμβαση με τον υπεύθυνο κατασκευής όταν ο σχεδιασμός του έργου φτάσει να κυμαίνεται από 30 έως 60 τοις

³⁴Spellerberg, J. (2019), "Project Delivery Methods: The Basics of Design-Bid-Build", Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://www.levelset.com/blog/design-bid-build/>

εκατό της ολοκλήρωσης του³⁵. Με αυτό τον τρόπο, οι παραδοσιακά ξεχωριστές φάσεις σχεδιασμού και κατασκευής εξελίσσονται παράλληλα με εκκίνηση δραστηριοτήτων, όπως εκσκαφές και άντληση υδάτων, πριν την τελική ολοκλήρωση του σχεδιασμού. Αυτό σημαίνει ότι είναι δυνατή η χρήση του BIM, στα αρχικά στάδια σχεδιασμού, με εισαγωγή δεδομένων τεχνικού χαρακτήρα, δίνοντας ώθηση στο χρονοδιάγραμμα του έργου³⁶.

Το Design-Build (DB) είναι μια μέθοδος παράδοσης κατασκευών όπου ένας ανάδοχος αναλαμβάνει να εκτελέσει τόσο την αρχιτεκτονική και στατική μελέτη όσο και την μετέπειτα κατασκευή του έργου, σύμφωνα με μία σύμβαση³⁷. Στην περίπτωση αυτή, η φάση της κατασκευής συμπίπτει με την φάση του σχεδιασμού και την ευθύνη για κάθε πτυχή της εκτέλεσης του έργου την έχει αποκλειστικά ο ανάδοχος του έργου (single point of responsibility). Το πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι επιτρέπει την εφαρμογή της μεθοδολογίας του BIM ήδη από πολύ νωρίς, λόγω του ότι όλοι οι βασικοί συντελεστές εμπλέκονται εξ' αρχής στο έργο. Στον αντίλογο αυτής της μεθόδου βρίσκεται το ότι «πέφτει» η ποιότητα του σχεδιασμού και πως ο εργοδότης – πελάτης, δεν συμμετέχει ενεργά στην λήψη αποφάσεων.

2.4.3 ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΠΑΡΑΔΟΣΗ ΕΡΓΩΝ - BIM INTEGRATED PROJECT DELIVERY (IPD)

Η Ολοκληρωμένη Παράδοση Έργου - Integrated Project Delivery (IPD) αποτελεί μια συνεργατική προσέγγιση παράδοσης έργων όπου όλοι οι εμπλεκόμενοι στο έργο, από τους μηχανικούς και σχεδιαστές μέχρι υπέρ-εργολάβους και ιδιοκτήτες, έχουν κοινό συμφέρον από την καλύτερη συνεργασία μεταξύ τους. Το Αμερικάνικο Ινστιτούτο Αρχιτεκτόνων (AIA) ορίζει πως αυτή η προσέγγιση *«ενσωματώνει ανθρώπους, συστήματα, επιχειρηματικές δομές και πρακτικές, σε μια διαδικασία που αξιοποιεί συνεργατικά τα ταλέντα και τις ιδέες όλων των συμμετεχόντων, για τη βελτιστοποίηση των αποτελεσμάτων του έργου, την αύξηση της αξίας του ιδιοκτήτη, τη μείωση των αποβλήτων και τη μεγιστοποίηση της απόδοσης σε όλες τις φάσεις του σχεδιασμού και της κατασκευής»*³⁸.

³⁵Brennan, T. (2016), “What Is Construction Management-At-Risk (CMAR)?”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <http://info.waterdesignbuild.com/blog/what-is-construction-management-at-risk-cmar>

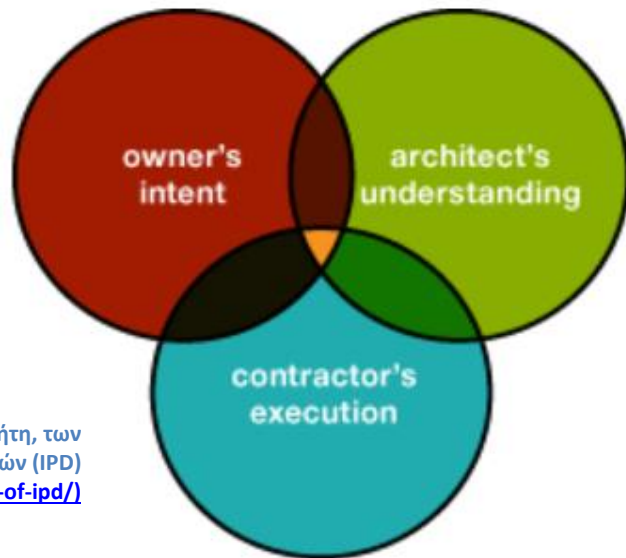
³⁶Το κομμάτι του ρίσκου αφορά στην εκτίμηση κόστους, αφού ο υπεύθυνος κατασκευής καλείται να δώσει μια μέγιστη δεδομένη τιμή (GMP) κάπου εντός της φάσης σχεδιασμού μεταξύ 60% και 90% του έργου.

³⁷“JCT Design and Build Contract”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο:

https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/JCT_Design_and_Build_Contract

³⁸The American Institute of Architects (AIA) and AIA California Council (2007), *Integrated Project Delivery: A Guide.*, Version 1., U.S.: AIA

Στον πυρήνα της, η IPD αποτελείται από μια τριμερή συμφωνία. Πρόκειται για μια συμβατική συμφωνία μεταξύ του ιδιοκτήτη, των μελετητών και των κατασκευαστών, όπου ευθυγραμμίζονται τα επιχειρηματικά συμφέροντα όλων των μερών. Η IPD είναι μάλλον κάτι περισσότερο από μία σύμβαση· αποτελεί μια σύμπραξη μεταξύ όλων των κύριων συμμετεχόντων, όπου υπάρχει αμοιβαία εμπιστοσύνη και τα μέλη της ομάδας απολαμβάνουν από κοινού τα κέρδη, αλλά μοιράζονται επίσης ισάξια τις ευθύνες και τα ρίσκα (shared reward- risk agreement)³⁹.



Εικόνα 2- 8: Τριμερής συμφωνία μεταξύ του ιδιοκτήτη, των μελετητών και των κατασκευαστών (IPD) (<http://ipdfi.net/why-us/benefits-of-ipd/>)

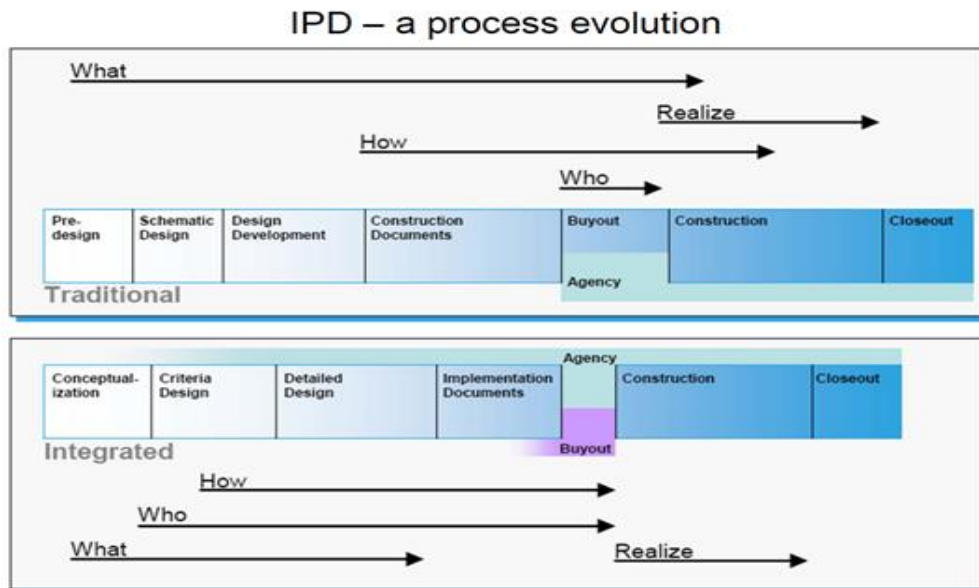
Αντί για μεμονωμένες επιτυχίες ή αποτυχίες, τα συνολικά αποτελέσματα καθορίζουν και τις συλλογικές ανταμοιβές, συνδυάζοντας κίνητρα για την ομάδα του έργου στο σύνολό της και όχι ξεχωριστά⁴⁰. Επιπλέον, οι επικαλυπτόμενες φάσεις σχεδιασμού ευνοούν την ανοιχτή επικοινωνία, την καλύτερη κατανόηση των στόχων αλλά και των κινδύνων, και μπορούν να οδηγήσουν σε μια πιο αξιόπιστη ροή πληροφοριών μεταξύ των μελετητών.

Η Ολοκληρωμένη Παράδοση Έργων (IPD) και η Μοντελοποίηση Πληροφοριών Κτιρίων (BIM) χρησιμοποιούνται συνδυαστικά στην κατασκευή για την ενίσχυση της επικοινωνίας και της αποτελεσματικότητας της ομάδας η οποία συγκροτείται από την αρχή και υφίσταται καθ'όλη την διάρκεια εκτέλεσης του έργου. Το BIM χρησιμοποιεί τρισδιάστατα μοντέλα για να βοηθήσει στην κατανόηση του έργου κατά τον σχεδιασμό και την κατασκευή του έργου και σε συνδυασμό η IPD και BIM αποφέρουν θετικά αποτελέσματα. Είτε αυξάνοντας τη ροή και την ποιότητα των

³⁹“The strengths and challenges of integrated project delivery”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://www.constructiondive.com/news/the-strengths-and-challenges-of-integrated-project-delivery/519561/>

⁴⁰Academic Resource Center, IIT, “Integrated Project Delivery (IPD)& Building Information Modeling (BIM)”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: https://web.iit.edu/sites/web/files/departments/academic-affairs/academic-resource-center/pdfs/integrated_project_delivery.pdf

πληροφοριών, είτε παρουσιάζοντας διαφορετικά σενάρια σε ένα 3D μοντέλο τα οφέλη της IPD είναι πως η σύμβαση που συνάπτεται, καταργεί τους φραγμούς στην συνεργασία και ευνοεί την καινοτομία και την ανταλλαγή γνώσεων και τεχνολογιών.



Διάγραμμα 2- 5: Σύγκριση της Ολοκληρωμένης Παράδοσης Έργων (IPD) με παραδοσιακές μεθόδους (AIA California Council)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. Η ΔΙΑΔΟΣΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ BUILDING INFORMATION MODELLING ΣΕ ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

3.1 ΑΥΞΗΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΟΦΕΛΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ BUILDING INFORMATION MODELLING

Η ανάπτυξη έργων μεγάλης κλίμακας, οι αυξανόμενες ιδιωτικές επενδύσεις σε έργα υποδομής και οι περιβαλλοντικές ανησυχίες, οδηγούν στην υιοθέτηση ολοκληρωμένων λύσεων και εφαρμογών BIM, αξιοποιώντας τις διευρυμένες τεχνολογικές δυνατότητες τρισδιάστατης απεικόνισης, ώστε να διαμορφώνουν έξυπνες αστικές υποδομές και πόλεις. Πολλές κυβερνήσεις παγκοσμίως καθιστούν την εφαρμογή του BIM υποχρεωτική καθώς έρευνες δείχνουν ότι η υιοθέτηση του παρέχει μετρήσιμα επιχειρηματικά οφέλη, λόγω του ότι βελτιώνει την συνεργασία μεταξύ ετερόκλιτων μελών και μειώνει το κόστος και τον κίνδυνο υπερβάσεων χρόνου, κατά την φάση του σχεδιασμού και κατασκευής ενός έργου.

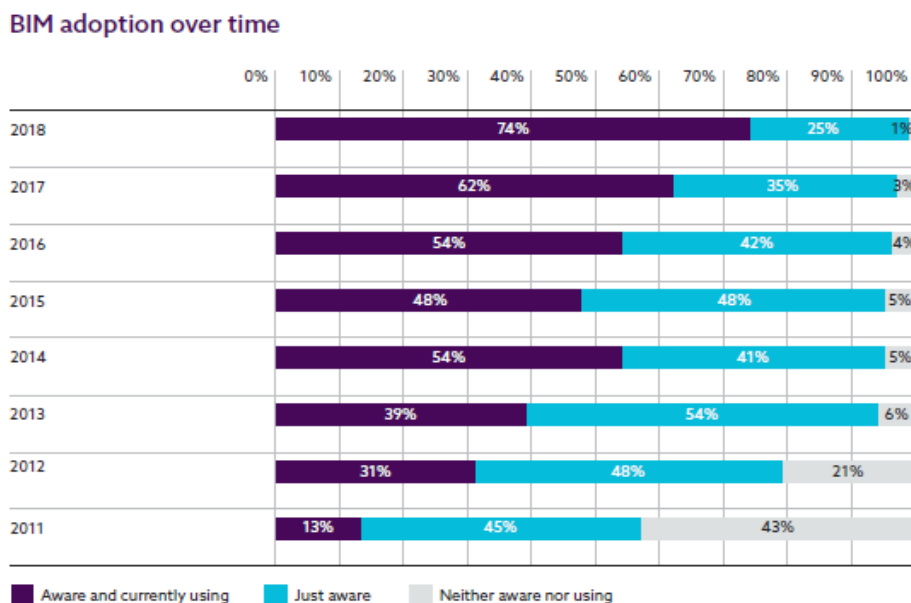
Η ανάγκη για αποδοτικότερη χρήση των πόρων και οι εν γένει μεγαλύτερες απαιτήσεις των τεχνικών έργων, αποτελούν προκλήσεις της σύγχρονης εποχής που μπορούν να ικανοποιηθούν μόνο μέσω ενός καινοτόμου και ανταγωνιστικού κατασκευαστικού κλάδου. Όπως έχει αναφερθεί ήδη στο κεφάλαιο 2.1, η κατασκευαστική βιομηχανία βιώνει σήμερα την δική της “ψηφιακή επανάσταση” με το Building Information Modeling να υιοθετείται με ταχείς ρυθμούς ως ένα στρατηγικό εργαλείο που στοχεύει στην αύξηση της παραγωγικότητας, τη μείωση του κατασκευαστικού ρίσκου και τις καλύτερες περιβαλλοντικές επιδόσεις⁴¹. Η χρήση της μεθοδολογίας BIM σηματοδοτεί το πέρασμα του κατασκευαστικού κλάδου στην ψηφιακή εποχή. Η διευρυμένη χρήση της τεχνολογίας, οι αυτοματοποιημένες μέθοδοι και η εφαρμογή σύγχρονων πρακτικών και εργαλείων διασφαλίζουν οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη. Σύμφωνα με τον EU BIM Task Group, ο κλάδος των κατασκευών είναι στρατηγικά σημαντικός για τις οικονομίες των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης αφού αντιπροσωπεύει περίπου το 9% του ΑΕΠ της Ευρώπης. Το παραπάνω ποσοστό μεταφράζεται στην πράξη σε κατασκευαστική δραστηριότητα ύψος 1,3 τρις. Ευρώ και σε απασχόληση περίπου 18 εκατ. εργαζομένων⁴² (εκ των οποίων το 95% ανοίγει σε μικρομεσαίες επιχειρήσεις). Παρόλα αυτά και σε αντίθεση με άλλους επιχειρηματικούς κλάδους που αξιοποίησαν σε πολύ μεγάλο βαθμό τις τεχνολογικές εξελίξεις των τελευταίων δεκαετιών, αυξάνοντας συγκριτικά και σε μεγάλο ποσοστό την αποδοτικότητα τους, η παραγωγικότητα του κατασκευαστικού κλάδου σημείωνε το πολύ 1% αύξηση ετησίως στην

⁴¹EU BIM TASK GROUP (2018), “Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector”, σ. 2, <http://www.eubim.eu/handbook/>

⁴²FIEC, Annual Report, 2017 και Ευρωπαϊκή Επιτροπή

τελευταία εικοσαετία. Τα προβλήματα στην κατασκευαστική βιομηχανία εντοπίζονται κυρίως στον ελλειμματικό βαθμό συνεργασίας και την ανεπαρκή διαχείριση του τεράστιου όγκου πληροφοριών που προκύπτει από την εκτέλεση ενός έργου. Όλα τα παραπάνω προβλήματα, έχουν ως αποτέλεσμα την κακή αξιοποίηση των δημόσιων πόρων, τις απρόβλεπτες υπερβάσεις στον προϋπολογισμό και σημαντικές καθυστερήσεις στην τελική παράδοση. Σύμφωνα με την EU BIM Task Group, εκτιμάται πως «το οικονομικό όφελος από την αξιοποίηση της Μοντελοποίησης Κατασκευαστικής Πληροφορίας θα ανέρχεται στο 10% - 20% του αρχικού κεφαλαιουχικού κόστους σε δημόσια έργα. Ακόμα και αν ληφθεί υπόψη το χαμηλότερο ποσοστό, μια βελτίωση της παραγωγικότητας του ευρωπαϊκού κλάδου κατασκευών κατά 10% θα είχε ως αποτέλεσμα εξοικονόμηση 130 δις. Ευρώ.»⁴³ Για τις κυβερνήσεις και το δημόσιο τομέα αυτό συνεπάγεται συγκριτικά οφέλη, αφού η κατασκευή και η συντήρηση νέων κτιριακών έργων και υποδομών θα επιτυγχάνεται με τα ίδια ή μικρότερα κονδύλια αφήνοντας χώρο για νέες επενδύσεις.

Σύμφωνα με το NBS National BIM Report 2018, η υιοθέτηση του BIM από επαγγελματίες όλων των κλάδων, άγγιξε το 2018 το 74% σε σχέση με το 2011 που ήταν μόλις 13%. Όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα, δύο χρόνια μετά την απαίτηση του BIM για όλα τα δημόσια έργα από τη Βρετανική κυβέρνηση, η χρήση του BIM αυξήθηκε περισσότερο από 20%⁴⁴ (βλ. Διάγραμμα 3-1).



Διάγραμμα 3-1: Ο ρυθμός υιοθέτησης του BIM στο Η.Β. (NBS National BIM Report 2018)

⁴³EU BIM TASK GROUP (2018), “Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector”, σ. 8, <http://www.eubim.eu/handbook/>

⁴⁴R. Waterhouse, J. Johnston, P. Barker, A. Malleon, D. Sinclair, D. Philp, S. Powel, W. May και S. Rock (2018), **NBS National BIM Report 2018**. United Kingdom: NBS

3.2 Ο ΔΗΜΟΣΙΟΣ ΤΟΜΕΑΣ ΚΑΙ Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΣΤΗΝ ΕΝΘΑΡΡΥΝΣΗ ΤΟΥ BIM

Η σταθερά αυξανόμενη αναγνώριση της αξίας του BIM δημιούργησε την κατάλληλη ευκαιρία για ανάληψη ηγετικού ρόλου από το δημόσιο τομέα διαφόρων χωρών με στόχο την ενθάρρυνση της τεχνολογίας του BIM και την ευθυγράμμισή του σε ένα κοινό στρατηγικό πλαίσιο. Η δημόσια πολιτική και ανάθεση κρατικών έργων συνιστούν τα κατάλληλα εργαλεία για την προώθηση του BIM ως κοινή γλώσσα και μεθοδολογία για εκτέλεση τεχνικών έργων υποδομής σε παγκόσμιο επίπεδο. Η καθοδήγηση του δημόσιου φορέα και η συνεργασία του ιδιωτικού τομέα σε αυτό το εγχείρημα, προάγει την οικοδόμηση μιας ανταγωνιστικής και ανοικτής ψηφιακής αγοράς στον κλάδο των κατασκευών. Η υιοθέτηση του BIM οδηγεί σε μεγαλύτερη παραγωγικότητα και στην υλοποίηση περισσότερων τεχνικών έργων ή στην οικονομικότερη διαχείριση αυτών, χάρη στην εξοικονόμηση πόρων που επιτυγχάνεται⁴⁵. Επιπλέον, η καλύτερη ποιότητα των παραγόμενων δημοσίων έργων, η μεγαλύτερη διαφάνεια ανάμεσα στους εμπλεκόμενους φορείς και η προσαρμογή σε ένα βιώσιμο δομημένο περιβάλλον, είναι μερικά από τα κυριότερα πλεονεκτήματα στα οποία προσβλέπουν οι σύγχρονες κυβερνήσεις. Σύμφωνα με την οδηγία 2014/25/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου για δημόσιες συμβάσεις δημοσίων έργων και διαγωνισμούς μελετών, τα κράτη μέλη μπορούν να απαιτούν τη χρήση συγκεκριμένων ηλεκτρονικών μέσων και εργαλείων BIM.

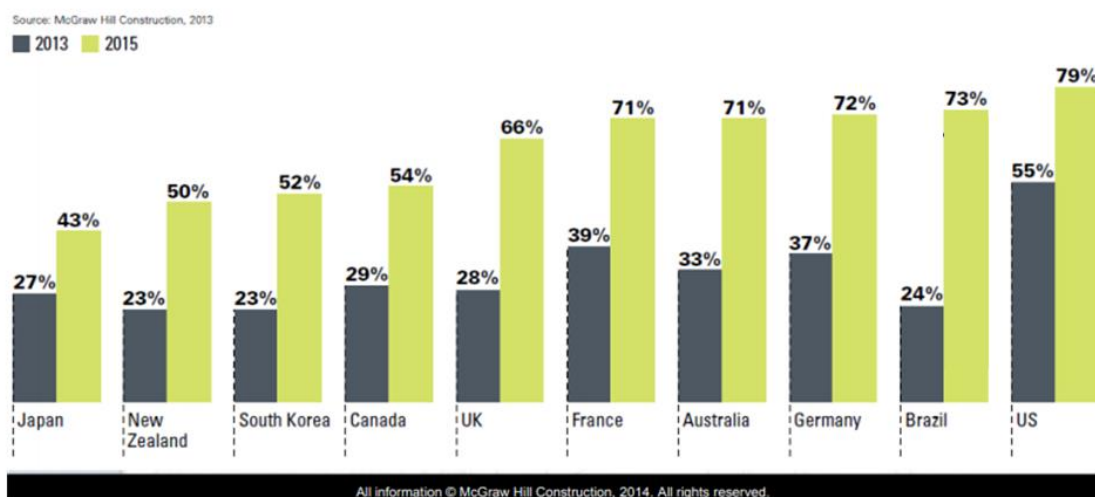
Η θεμελίωση ενός ηγετικού ρόλου από την πλευρά του δημόσιου τομέα, προϋποθέτει τη δημιουργία ισχυρών κινήτρων και ενιαίου οράματος με συγκεκριμένους στόχους, ώστε να αναπτυχθεί ένα κοινό πλαίσιο δράσης για την διάδοση και εφαρμογή του BIM. Ιδίως λόγω του ότι στον κλάδο των κατασκευών το 90% απαρτίζεται από μικρομεσαίες επιχειρήσεις, είναι εξαιρετικά δύσκολο εγχείρημα αρχικά η ευρύτερη υιοθέτηση μιας νέας μεθοδολογίας και έπειτα ο συντονισμός και η οργάνωση ενός κοινού πλαισίου, χωρίς την επιρροή των κυβερνήσεων, που είναι εξάλλου και οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής⁴⁶. Η εξειδίκευση στην Μοντελοποίηση Κατασκευαστικών Πληροφοριών, σε επίπεδο ιδιωτικών φορέων ή σε εθνικό επίπεδο, προϋποθέτει τη χρήση κοινών προτύπων και διαδικασιών προκειμένου να επιτευχθεί απρόσκοπτη συνεργασία μεταξύ των συμμετεχόντων, ιδίως όταν πρόκειται για ανάθεση Mega Project με εμπλεκόμενες ομάδες από όλο τον κόσμο.

⁴⁵ EU BIM TASK GROUP (2018), "Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector", σ. 16, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <http://www.eubim.eu/handbook/>

⁴⁶ *ibid.*, σ. 20.

3.2.1 ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΟΥ BIM ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΧΩΡΕΣ

Ηνωμένες Πολιτείες: Η Κυβέρνηση των Ηνωμένων Πολιτειών ενθάρρυνε την εφαρμογή της τεχνολογίας BIM από πολύ νωρίς. Ο υπεύθυνος φορέας για την κατασκευή και διαχείριση των δημόσιων εγκαταστάσεων στις Ηνωμένες Πολιτείες, US General Services Administration (GSA), δημιούργησε το 2003 ένα Εθνικό πρόγραμμα εφαρμογής το National 3D - 4D - BIM Program και κατέστησε υποχρεωτική τη χρήση του Building Information Modelling σε όλα τα δημόσια έργα από το 2007⁴⁷. Η πρωτοβουλία του GSA δεν περιορίζεται μόνο στη διατύπωση και εφαρμογή της συγκεκριμένης πολιτικής αλλά επεκτείνεται και σε ενεργή συνεργασία με ακαδημαϊκά προγράμματα και οργανισμούς “ανοιχτών” διαλειτουργικών προτύπων προκειμένου να δημιουργηθεί και να καθιερωθεί μία δυναμική βιομηχανία με πρωτοπόρους του BIM. Σήμερα, υπολογίζεται ότι πάνω από το 79% των κατασκευαστικών εταιρειών στις Ηνωμένες Πολιτείες χρησιμοποιούν την τεχνολογία του BIM για την επίτευξη σημαντικής απόσβεσης κόστους σε κτιριακά έργα και υποδομές (Βλ. Διάγραμμα 3-2).



Διάγραμμα 3-2: Ποσοστό υιοθέτησης του BIM το 2013 και το 2015 (McGraw Hill Construction, 2014)

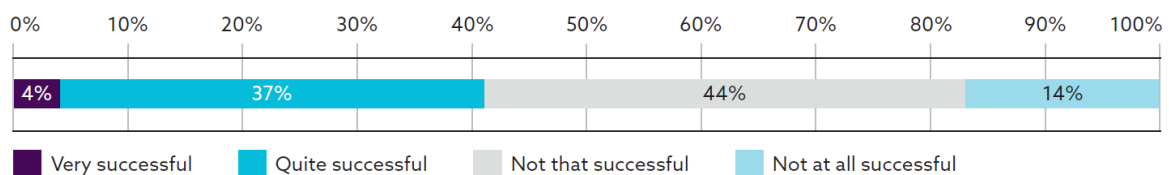
Ηνωμένο Βασίλειο: Η πρωτοβουλία του Ηνωμένου Βασιλείου να θέσει στα πλαίσια της εθνικής στρατηγικής της την εφαρμογή του BIM σε δημόσια έργα, την κατατάσσει στις πρώτες θέσεις των πρωτοπόρων του BIM. Το 2011, το κυβερνητικό πρόγραμμα του Ηνωμένου Βασιλείου κοινοποίησε ένα στρατηγικό πλάνο, πενταετούς προσαρμογής του κατασκευαστικού κλάδου και των εταιρειών που εμπλέκονται στην κατασκευή δημοσίων έργων με ενσωμάτωση BIM επιπέδου ωριμότητας 2 με σκοπό την επίτευξη εξοικονόμησης δαπανών ύψους έως 20% σε κεντρικά χρηματοδοτούμενα

⁴⁷ Singh, I. (2017), “BIM adoption and implementation around the world: Initiatives by major nations”, <https://www.geospatialworld.net/blogs/bim-adoption-around-the-world/>

τεχνικά έργα. Η κίνηση αυτή αποτέλεσε το κίνητρο ολόκληρης της κατασκευαστικής βιομηχανίας να προσανατολιστεί στην μεθοδολογία του BIM και επιτάχυνε τις διαδικασίες υιοθέτησης αφού εάν μία εταιρεία δεν ήταν συμβατή με BIM επιπέδου 2, δεν θα μπορούσε να συμμετάσχει σε διαγωνισμούς ανάθεσης δημοσίων έργων. Ο καθορισμός ενός μακροπρόθεσμου και κλιμακωτού πλάνου έδωσε τον κατάλληλο χρόνο, εξοικείωσης και προσαρμογής, σε όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη του κατασκευαστικού κλάδου, με καταληκτική ημερομηνία τον Απρίλιο του 2016, για την συμμόρφωση στην απαίτηση μοντέλου BIM, με διαλειτουργική χρήση και ψηφιακή πρόσβαση σε όλες τις πληροφορίες του έργου. Το Construction Industry Council⁴⁸(CIC) ίδρυσε μία ομάδα εργασίας το BIM Task Group, με στόχο τη διάχυση του οράματος στον κλάδο, τον καθορισμό προτύπων και προδιαγραφών και την καθοδήγηση πάνω στην εφαρμογή του BIM. Στα πλαίσια αυτής της προσπάθειας δημιουργήθηκε ιστοσελίδα level2BIM.org και η εθνική βιβλιοθήκη του BIM του Ηνωμένου Βασιλείου (National BIM Library) με σκοπό την άμεση και δωρεάν διαδικτυακή πρόσβαση σε βρετανικά πρότυπα και προδιαγραφές⁴⁹.

Τέλος, ο οργανισμός National Building Specification (NBS) στην 6η ετήσια έκθεση του 2016, ανέφερε ότι η υιοθέτηση και χρήση των τεχνολογιών του Building Information Modeling έφτανε το 54% ενώ στην τελευταία έκθεση του 2018 στο 74% και αναμένεται να αυξηθεί και άλλο στα επόμενα έτη⁵⁰.

How successful do you think UK Government's 2016 BIM Mandate has been?



Πίνακας 3-1: Έρευνα ως προς την υιοθέτηση του BIM με επίπεδο ενσωμάτωσης Level 2 (Adrian Malleeson, NBS, 2018)

Το στρατηγικό πλάνο που έχει οριστεί για το 2025 από τη Βρετανική κυβέρνηση φιλοδοξεί να επιτύχει μείωση κόστους κατασκευής και διαχείρισης έως και 33% καθώς και μείωση κατά 50% των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου στο δομημένο περιβάλλον, μεταξύ άλλων⁵¹.

⁴⁸ Ο υπεύθυνος φορέας για την χάραξη Στρατηγικής στον τομέα των κατασκευών στην Αγγλία.

⁴⁹ EU BIM TASK GROUP (2018), "Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector", EU, σ.37, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <http://www.eubim.eu/handbook/>

⁵⁰ R. Waterhouse, J. Johnston, P. Barker, A. Malleeson, D. Sinclair, D. Philp, S. Powel, W. May και S. Rock (2018), **NBS National BIM Report 2018**. United Kingdom: NBS

⁵¹ EU BIM TASK GROUP (2018), "Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector", EU, σ.37, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <http://www.eubim.eu/handbook/>

Γερμανία: Η κυβέρνηση και ο κατασκευαστικός κλάδος της Γερμανίας έχουν ενστερνιστεί την τελευταία πενταετία τις επιταγές της σύγχρονης βιομηχανίας των κατασκευών. Οι πρόσφατες μεγάλες αστοχίες σε κρατικά έργα όπως του Berlin Brandenburg Airport με τη θεαματική αστοχία στο σύστημα διανομής αποσκευών ή του κεντρικού σιδηροδρομικού σταθμού Stuttgart 21 Railway Station με καθυστερήσεις και υπερβάσεις κόστους οδήγησε στην ανάληψη πρωτοβουλιών από μέρους της Κυβέρνησης ώστε να καταστεί ο κλάδος εξίσου ανταγωνιστικός έναντι άλλων χωρών. Έτσι λοιπόν το Δεκέμβριο του 2015, το Ομοσπονδιακό Υπουργείο Μεταφορών και Ψηφιακών Υποδομών (BMVI) ανακοίνωσε το σχηματισμό της Ψηφιακής Κτιριακής Πλατφόρμας (Digital Building Platform) και εξέδωσε ένα έγγραφο “German Roadmap for Digitalization in Construction” στο οποίο περιγράφεται το στρατηγικό πλάνο της Κυβέρνησης για την καθιέρωση και την εφαρμογή του BIM σε όλα τα νέα Δημόσια Έργα από το 2020 και έπειτα. Ο πενταετής ορίζοντας που δόθηκε, όπως και στην περίπτωση της Αγγλίας, έτσι και εδώ αποσκοπεί στο να επιτρέψει την ομαλή μετάβαση στην ψηφιοποίηση της κατασκευής και το μετασχηματισμό του κλάδου. Σύμφωνα με την έρευνα της McGraw-Hill Construction Report για το BIM, το 90% των πελατών στη Γερμανία συχνά απαιτούν παροχή υπηρεσιών BIM.

Σκανδιναβικές Χώρες: Οι Σκανδιναβικές χώρες της Φινλανδίας, της Δανίας, της Νορβηγίας και της Σουηδίας βρίσκονται ανάμεσα στους πρώτους υποστηρικτές του Building Information Modeling με σαφώς ορισμένους στόχους και διαδικασίες ήδη από πολύ νωρίς. Η Φινλανδία ξεκίνησε να εφαρμόζει τεχνολογίες BIM από το 2002 με τη χρήση του λογισμικού ArchiCAD, ενώ από το 2007 η συνομοσπονδία του Φινλανδικού Κατασκευαστικού Φορέα κατέστησε υποχρεωτική τη χρήση ανοικτών προτύπων IFC (Industry Foundation Class) για την επίτευξη διαλειτουργικότητας και διαφάνειας ανάμεσα στα συνεργαζόμενα μέρη.

Η δανική κυβέρνηση έχει επίσης ενεργή συμμετοχή στην επένδυση και εφαρμογή του BIM. Η κυβέρνηση απαίτησε από εταιρείες που είναι υπεύθυνες για την κατασκευή δημοσίων έργων (Palaces & Properties Agency, Danish University Property Agency, Defence Construction Service) να υιοθετήσουν την μεθοδολογία του BIM με στόχο την καλύτερη απόδοση των επενδυτικών έργων. Λόγω της επιβεβλημένης, από την κυβέρνηση, ανάγκης για εφαρμογή του Building Information Modeling, πολλοί ιδιωτικοί φορείς και πανεπιστημιακοί θεσμοί διενεργούν συνεχή έρευνα πάνω στο BIM και την εφαρμογή του.

Στη Νορβηγία οι εταιρείες Statsbygg και Norwegian Homebuilders Association, που είναι υπεύθυνες για την κατασκευή δημοσίων έργων, προωθούν ενεργά τη χρήση του BIM στη φάση του σχεδιασμού και κατασκευής και από το 2010 όλα τα δημόσια έργα είναι υποχρεωμένα να ακολουθούν τα πρότυπα IFC και να στηρίζονται στο BIM για κάθε στάδιο κατασκευής. Τέλος, η

Νορβηγία συμμετέχει ενεργά στην ανάπτυξη της μεθοδολογίας στα πλαίσια μιας ευρύτερης Εθνικής στρατηγικής με κύριο μέλημα τη διερεύνηση των βιοκλιματικών δυνατοτήτων ώστε να βελτιωθεί η ενεργειακή απόδοση των κτιριακών κατασκευών⁵².

Στην Σουηδία, η εφαρμογή του BIM ξεκίνησε από πολύ νωρίς με τη χρήση τρισδιάστατων μοντέλων οπτικοποίησης και υποκινήθηκε αρχικά από τον ιδιωτικό φορέα και χωρίς ξεκάθαρη κυβερνητική καθοδήγηση. Από το 2012, η κυβέρνηση συνέστησε την ευρεία χρήση του BIM από τον κατασκευαστικό τομέα και την εφαρμογή του στα πλαίσια στρατηγικής πολιτικής και επενδυτικής ανάπτυξης. Το Υπουργείο Μεταφορών της Σουηδίας (Swedish Transport Administration) δημοσίευσε ένα έγγραφο με λεπτομερές πλάνο αναφορικά με τις απαιτήσεις των δεδομένων σε κάθε στάδιο κατασκευής και όρισε ένα βραχυπρόθεσμο στόχο (2015) και ένα μακροπρόθεσμο (2025) υποχρεωτικής εφαρμογής του BIM⁵³.

Οι παραπάνω χώρες αποτελούν μερικά παραδείγματα κυβερνήσεων με ενεργό ρόλο στη διάχυση του οράματος του Building Information Modeling. Επιπλέον χώρες όπως η **Σιγκαπούρη** έχουν βάση νομοθεσίας υποχρεωτική ηλεκτρονική και διαλειτουργική παράδοση έργων (BIM Electronic Submission) για κατασκευές πάνω από 5.000 τετραγωνικά μέτρα ενώ η πρωτοβουλία της **Γαλλίας** με τη δημιουργία ενός αποκλειστικά διαδικτυακού τύπου με στόχο τη μετάβαση της κατασκευαστικής κοινότητας σε ψηφιακές πρακτικές την εντάσσει στις χώρες που φιλοδοξούν να αναπτύξουν την ανταγωνιστικότητά τους στον κλάδο της κατασκευής, με τη χρήση του Building Information Modeling. Επίσης το 2014, η κυβέρνηση της Γαλλίας έθεσε σε εφαρμογή ένα καινούργιο αναπτυξιακό και ερευνητικό πρόγραμμα, το MINnD με στόχο την ανάπτυξη ανοιχτών προτύπων αποκλειστικά για έργα υποδομής (Infrastructure).

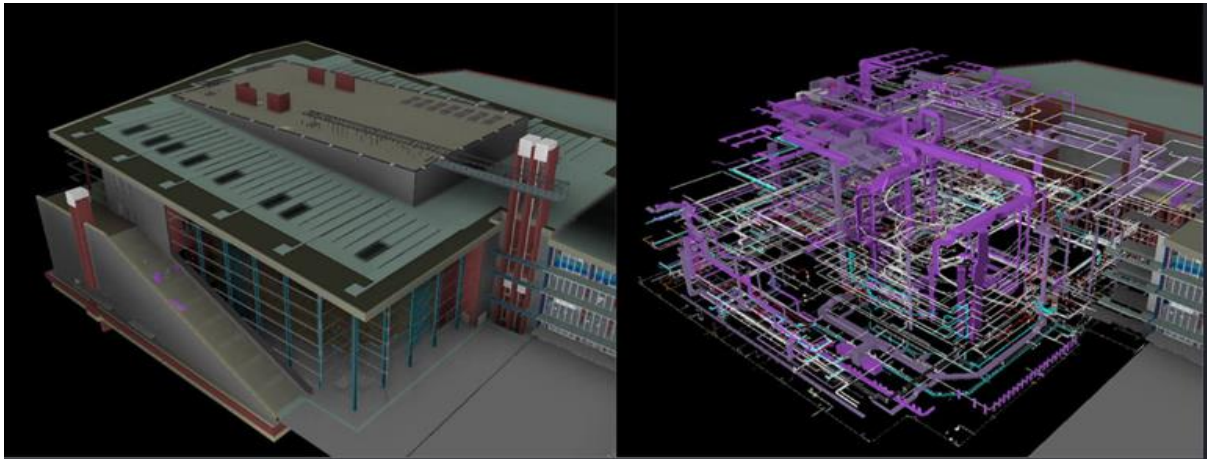
Η **Νότια Κορέα** ανήκει στην κατηγορία των πρώιμων χρηστών των τεχνολογιών του BIM, ενώ από το 2016 ο υπεύθυνος φορέας για την κατασκευή Δημοσίων Έργων κατέστησε υποχρεωτική την εφαρμογή του Building Information Modeling για έργα άνω των 50 εκατομμυρίων δολαρίων⁵⁴. Γενικότερα, σύμφωνα με τον EU BIM Task Group *“ο αριθμός των προγραμμάτων BIM που αποτελούν πρωτοβουλία του δημόσιου τομέα διαφόρων χωρών έχει αυξηθεί σημαντικά από το 2011 έως σήμερα (σε περίπου 11 υπό εξέλιξη προγράμματα) προσφέροντας έτσι την δυνατότητα*

⁵²Singh, I. (2017), “BIM adoption and implementation around the world: Initiatives by major nations”, <https://www.geospatialworld.net/blogs/bim-adoption-around-the-world/>

⁵³EU BIM TASK GROUP (2018), “Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector”, EU, σ.39, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <http://www.eubim.eu/handbook/>

⁵⁴Singh, I. (2017), “BIM adoption and implementation around the world: Initiatives by major nations”, <https://www.geospatialworld.net/blogs/bim-adoption-around-the-world/>

για ανταλλαγή κοινών πρακτικών”⁵⁵. Τέλος, στην Ελλάδα η μεθοδολογία του BIM αρχίζει να αποκτά σιγά-σιγά έδαφος, βρίσκεται όμως ακόμα σε αρχικά στάδια. Κυριότερο έργο αναφοράς αποτελεί η κατασκευή της νέας Εθνικής Λυρικής Σκηνής, στο κέντρο πολιτισμού Σταύρος Νιάρχος, όπου κατόπιν απαίτησης του πελάτη, έγινε χρήση της μεθοδολογίας BIM σε όλα τα στάδια κατασκευής και θα αξιοποιηθεί στην εφόρου ζωής διαχείριση των κτιριακών εγκαταστάσεων.



Εικόνα 3-1: «Ομοσπονδιακό» Πληροφοριακό Μοντέλο Έργου της νέας Εθνικής Λυρικής Σκηνής, στο κέντρο πολιτισμού Σταύρος Νιάρχος (Emmanuel Bogris and Associates, 2011)



Εικόνα 3-2: Άποψη του Κέντρου Πολιτισμού Ίδρυμα Σταύρος Νιάρχος (ΚΠΙΣΝ)
(<https://www.nationalopera.gr>)

⁵⁵EU BIM TASK GROUP (2018), “Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector”, EU, σ.13, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <http://www.eubim.eu/handbook/>

3.3 ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ ΠΡΩΤΟΒΟΥΛΙΑ (EU BIM Task Group) ΚΑΙ ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΦΟΡΕΙΣ (bSI) ΣΤΗΝ ΠΡΟΩΘΗΣΗ ΤΟΥ BIM – ΤΟ ΑΝΟΙΧΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ IFC

Η Πρωτοβουλία της Ευρωπαϊκής Ένωσης έθεσε ως στόχο τη δημιουργία ενός συνεργατικού φορέα, με πανευρωπαϊκή συνεργασία, στην ενθάρρυνση και χάραξη μιας κοινής πορείας στην υιοθέτηση του Building Information Modelling. Οι σύγχρονες οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές προκλήσεις σε συνδυασμό με το μέγεθος και τη σημασία του κατασκευαστικού κλάδου στην ευρωζώνη (βλ. Κεφάλαιο 3.1), οδήγησε τη δημιουργία μιας ομάδας εργασίας την **EU BIM Task Group** με στόχο την ανάπτυξη μιας κοινής γραμμής στην υιοθέτηση και εφαρμογή του BIM από τον δημόσιο τομέα στην Ευρώπη⁵⁶. Στα πλαίσια της πανευρωπαϊκής⁵⁷ αυτής συνεργασίας φορέων του δημόσιου τομέα, ολοκληρώθηκε η σύνταξη ενός εγχειριδίου με κατευθυντήριες γραμμές, παραδείγματα και οφέλη της μεθοδολογίας του BIM, ώστε να δοθεί μία ώθηση στην οικονομία του κατασκευαστικού κλάδου και να συνεισφέρει στην δημιουργία ανταγωνιστικότερων και παραγωγικότερων μεθόδων. Η ανάγκη σύστασης μίας ευθυγραμμισμένης κοινής προσπάθειας, τόσο σε Εθνικό όσο και σε Ευρωπαϊκό επίπεδο είναι υψίστης σημασίας για την επίτευξη του ψηφιακού μετασχηματισμού του κατασκευαστικού κλάδου και την αποφυγή του κινδύνου απόκλισης των πρακτικών μεταξύ των διαφόρων ευρωπαϊκών αγορών

BuildingSMART International: Ο οργανισμός BuildingSMART International (bSI) αποτελεί μία διεθνή, ανεξάρτητη και μη κερδοσκοπική συνομοσπονδία από κράτη και στοχεύει στην ανάπτυξη ανοιχτών και διαλειτουργικών προτύπων ώστε να αξιοποιούνται όλες οι πληροφορίες που αφορούν σε ένα δομικό έργο, σε όλα τα στάδια ζωής του και από όλους τους συμμετέχοντες, ανεξαρτήτως λογισμικού που χρησιμοποιείται⁵⁸. Η αρχή για την δημιουργία του buildingSMART International έγινε το 1995 όταν η εταιρία Autodesk οργάνωσε μια ομάδα από 12 μεγάλες εταιρίες⁵⁹ των Ηνωμένων Πολιτειών, προερχόμενες από τον κλάδο της κατασκευής, της μηχανικής και του προγραμματισμού, με σκοπό την εξεύρεση μιας λύσης στο θέμα της *διαλειτουργικότητας* μεταξύ διαφορετικών λογισμικών. Αρχικά (1996) η σύσταση του οργανισμού έφερε την ονομασία

⁵⁶EU BIM TASK GROUP (2018), “Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector”, EU, σ.2, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <http://www.eubim.eu/handbook/>

⁵⁷Οι χώρες- μέλη που συμμετείχαν στη διαδικασία σύνταξης του εγχειριδίου είναι οι εξής Βέλγιο, Γαλλία, Γερμανία, Δανία, Εσθονία, Ηνωμένο Βασίλειο, Ιρλανδία, Ισλανδία, Ισπανία, Ιταλία, Κάτω Χώρες, Λιθουανία, Λουξεμβούργο, Νορβηγία, Πολωνία, Πορτογαλία, Σλοβακία, Σλοβενία, Σουηδία, Τσεχική Δημοκρατία και Φινλανδία.

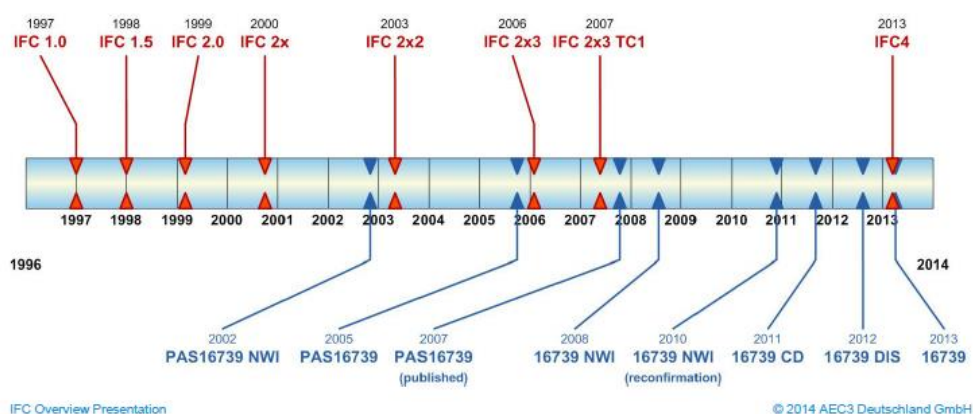
⁵⁸“BuildingSMART”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://www.buildingsmart.org/>

⁵⁹Οι 12 εταιρίες ήταν η Autodesk, η AT&T, η ARCHIBUS, η Carrier Corporation, η Hellmuth, Obata & Kassabaum (HOK), η Honeywell, η Jaros, Baum & Bolles (JB&B), η Lawrence Berkeley Laboratory, η Primavera Systems, η Softdesk, η Timberline Software Corp και η Tishman Research.

Alliance for Interoperability (IAI) ενώ το 2008 μετονομάστηκε σε buildingSMART International ώστε να αντανακλά την φύση και τον χαρακτήρα του οργανισμού⁶⁰.

Ο κατασκευαστικός κλάδος είναι χωρισμένος σε πολλές ειδικότητες, οι οποίες καλούνται να συνεργαστούν αποτελεσματικά κάνοντας χρήση των ίδιων πληροφοριών. Στις συμβατικές μεθόδους, όλες οι πληροφορίες διαμοιράζονται μέσω χαρτιού αφήνοντας χώρο για δημιουργία παρερμηνεύσεων που οδηγούν σε λάθη. Στόχος του BuildingSMART International (bSI) είναι η δημιουργία μιας κοινής ψηφιακής γλώσσας που θα είναι κατανοητή και θα επιτρέπει τον διαμοιρασμό των δεδομένων χωρίς να υφίσταται σημαντικές αλλοιώσεις το περιεχόμενό τους. Για κάθε δομικό έργο θα υπάρχουν δύο εκδοχές, η πραγματική - φυσική και η ψηφιακή αναπαράσταση, με την τελευταία να εξυπηρετεί ως βάση δεδομένων, άμεσα διαθέσιμη προς κάθε ενδιαφερόμενο. Το κεντρικό σημείο δράσης του bSI ήταν η δημιουργία του ανοιχτού προτύπου IFC (Industry Foundation Class) το οποίο αποτελεί έναν αντικειμενοστραφή μορφότυπο αρχείου με τρισδιάστατη απεικόνιση δεδομένων και στοχεύει στη διευκόλυνση της συνεργασίας και διαλειτουργικότητας μεταξύ των διαφόρων κλάδων της κατασκευαστικής βιομηχανίας. Είναι συμβατή με όλα τα υπάρχοντα λογισμικά, είτε αφορούν τον τομέα της κατασκευής είτε της διαχείρισης και γενικότερα ολόκληρης της εφοδιαστικής αλυσίδας και χρησιμοποιείται κυρίως σε BIM-based projects⁶¹.

Η έκδοση του πρώτου IFC ήταν τον Ιούνιο του 1996 ενώ η τρέχουσα έκδοση που δημοσιεύτηκε το 2016 είναι η IFC4 Add2. Αυτή την περίοδο ετοιμάζεται το IFC5.0 που αφορά σε έργα υποδομής και συγκεκριμένα δρόμους, γέφυρες, υπογειοποιήσεις και τούνελ⁶².



Πίνακας 3-2: Το χρονικό ανάπτυξης των IFC (Thomas Liebich, 2014)

⁶⁰“BuildingSMART”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://en.wikipedia.org/wiki/BuildingSMART>,

⁶¹“BuildingSMART”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://www.buildingsmart.org/>

⁶²Thomas Liebich (2014), “IFC Overview Presentation”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://www.bre.co.uk/filelibrary/events/BRE%20Events/BIM%20Conference%20Season/Delivery%20of%20IFC/2-Thomas-Liebich.pdf>

Το IFC είναι το πρώτο από τους πέντε τύπους ανοιχτών προτύπων που αναπτύχθηκαν από τον BuildingSMART International, και χρησιμοποιείται για να ανταλλάσσει την γεωμετρία και την πληροφορία των αντικειμενοστραφών δεδομένων του.

Τα υπόλοιπα πρότυπα που αναπτύχθηκαν είναι τα ακόλουθα:

- Το International Framework for Dictionaries (IFD) είναι βασικό στοιχείο της τεχνολογίας που προάγει ο bSI. Το building SMART Data Dictionary (bSDD) τυποποιεί όλα τα είδη πληροφορίας που αφορούν σε οντότητες, ιδιότητες και επίπεδα ταξινόμησης και παρέχει μια ευέλικτη και αξιόπιστη μέθοδο σύνδεσης διαφορετικών βάσεων δεδομένων - λογισμικών με τις πληροφορίες κατασκευής σε ένα BIM μοντέλο.
- Το Model View Definition (MVD), είναι υποκατηγορία μοντέλου IFC και χρησιμοποιείται για την παρουσίαση συγκεκριμένου πεδίου εφαρμογής και δεδομένων (π.χ. MVD αρχιτεκτονικό μοντέλο, MVD Μηχανολογικό μοντέλο, MVD μοντέλο θερμικής απόδοσης, κλπ).
- Το πρότυπο Information Delivery Manual (IDM) καταγράφει και προοδευτικά ενσωματώνει τις βέλτιστες διαδικασίες διεκπεραίωσης ενός έργου, ενώ ταυτόχρονα παρέχει και λεπτομερείς κατευθύνσεις ως προς τον τύπο πληροφορίας που ο χρήστης καλείται να αναπτύξει.
- Τέλος, το πρότυπο BIM Collaboration Format (BCF) είναι ένα απλοποιημένο σχήμα ανοιχτού προτύπου που εξυπηρετεί την επικοινωνία και τον συντονισμό μεταξύ διαφορετικών ομάδων και λογισμικών⁶³.

Από πολύ νωρίς διαφάνηκε η σημασία και το εύρος της επενδυτικής αξίας των διαλειτουργικών προτύπων και αποφασίστηκε ότι έπρεπε να είναι ανοιχτά και ανεξάρτητα λογισμικής εταιρίας και όχι ιδιωτικά και ιδιόκτητα. Επίσης κρίθηκε σκόπιμο, ο οργανισμός να είναι μη κερδοσκοπικός, διεθνής και ανοιχτός προς όλους τους κλάδους⁶⁴.

Ακόμα, ο buildingSMART International συνεργάζεται άμεσα και με άλλους διεθνείς φορείς όπως είναι ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης ISO, η διεθνής κοινοπραξία Open Geospatial Consortium (OGC), το UK Task Force, το National Institute of Building Sciences (NIBS) και το UKBIM ALLIANCE. Τέλος αξίζει να αναφερθεί, ότι σε συνεργασία με το UKBIM ALLIANCE, εκδόθηκαν οι οδηγίες BS EN

⁶³“bSI Standards”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://www.buildingsmart.org/standards/bsi-standards/>

⁶⁴Σήμερα, στον φορέα συμμετέχουν ενεργά πέρα από τις Ηνωμένες Πολιτείες, η Αυστραλία, η Αυστρία, το Βέλγιο, η Γαλλία, η Γερμανία, η Δανία, η Ελβετία, η Εσθονία, το Ηνωμένο Βασίλειο, η Ιαπωνία, η Ιρλανδία, η Ισλανδία, η Ισπανία, η Ιταλία, ο Καναδάς, οι Κάτω Χώρες, η Κίνα, η Κορέα, η Λιθουανία, το Λουξεμβούργο, η Νορβηγία, η Πολωνία, η Πορτογαλία, η Ρωσία, η Σιγκαπούρη, η Σλοβακία, η Σλοβενία, η Σουηδία, η Τσεχική Δημοκρατία και η Φινλανδία.

ISO 19650 Part 1: Concepts & Part 2: Processes for Project Delivery, οι οποίες παρέχουν συστάσεις για τον τρόπο διαχείρισης των πληροφοριών και υποστηρίζουν έργα με ενσωμάτωση BIM, επιπέδου ωριμότητας 2. Το έγγραφο BS EN ISO 19650 Part 1: Concepts περιλαμβάνει όλες τις απαραίτητες έννοιες που εξηγούν σε όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη τι πρέπει να περιμένουν κατά την εφαρμογή του Building Information Modelling, ενώ το BS EN ISO 19650 Part 2: Processes for Project Delivery περιγράφει όλες τις σχετικές διαδικασίες. Τα έγγραφα αυτά αποτελούν την μετάβαση από τις οδηγίες BS 1192:2007+A2:2016 και PAS 1192-2:2013 και στόχος είναι να εξυπηρετήσουν την υλοποίηση τεχνικών έργων με προδιαγραφές BIM ανά τον κόσμο, ακολουθώντας έναν ενιαίο τρόπο εργασίας με βάση τα ίδια πρότυπα.



Εικόνα 3-3: Τα πρότυπα BS EN ISO 19650 -1 & BS EN ISO 19650-2

3.3.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ BIM

Τα ταξινομικά συστήματα είναι μία προσπάθεια τυποποίησης και κατηγοριοποίησης του δομημένου περιβάλλοντος και αφορούν την καθιέρωση συγκεκριμένης ορολογίας και σημασιολογίας κάθε αντικειμένου ή δραστηριότητας που σχετίζεται με τεχνικά έργα. Όλες οι δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια ζωής ενός έργου, παράγουν τεράστιο όγκο πληροφορίας η οποία πρέπει να μπορεί να αποθηκεύεται, να ανακτάται και να επικοινωνείται ανάμεσα σε όλους τους ενδιαφερόμενους. Το μέγεθος και η πολυπλοκότητα των δεδομένων και η συνακόλουθη άμεση εξάρτηση του κατασκευαστικού τομέα από αυτά, καθιστούν απαραίτητη την οργάνωση της πληροφορίας με τέτοιο τρόπο πού να γίνεται άμεσα κατανοητή και χωρίς να προκαλείται σύγχυση η παρανόηση. Ιδίως στις περιπτώσεις που τα δεδομένα αυτά απευθύνονται σε διασκορπισμένες ομάδες σε διάφορες χώρες ανά τον κόσμο, η ταξινόμηση των συστημάτων επιτρέπει την εύκολη επανάχρηση των δεδομένων ενός BIM μοντέλου και αποτελεί βασική παράμετρο στην επιτυχή εφαρμογή της μεθοδολογίας⁶⁵. Συγκεκριμένα, η διαχείριση πληροφοριών που σχετίζονται με προδιαγραφές, πρότυπα και λειτουργίες καθώς και η οργάνωση αρχείων, ο καταμερισμός εργασιών και η διαφοροποίηση των υλικών, διευκολύνεται μέσα από την καθοδήγηση των ταξινομικών συστημάτων. Δίνοντας έναν μοναδικό κωδικό ταξινόμησης σε κάθε αντικείμενο του μοντέλου, αποθηκεύεται και αξιοποιείται η πληροφορία ανά πάσα στιγμή μέσα από βιβλιοθήκες προϊόντων του Πληροφοριακού Μοντέλου. Με τα συστήματα ταξινόμησης, όλες οι οντότητες οργανώνονται σε διάφορες κατηγορίες ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους και η δόμηση των δεδομένων γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να υποδεικνύεται η τελική χρήση. Η κάθε κατηγορία αφορά σε ένα σύνολο αντικειμένων με κοινές ιδιότητες μεταξύ τους, όπου η κάθε μία π.χ. Σκυρόδεμα (βλ. Πίνακα 3-3) οργανώνεται με τη σειρά της και διαιρείται σε υποκατηγορίες⁶⁶.

CSI MasterFormat™ Division List
Division 3: Concrete
03050 Basic Concrete Materials and Methods
03100 Concrete Forms and Accessories
03200 Concrete Reinforcement
03300 Cast-in-Place Concrete
03400 Precast Concrete
03500 Cementitious Decks and Underlayment
03600 Grouts
03700 Mass Concrete
03900 Concrete Restoration and Cleaning

Πίνακας 3-3: CSI MasterFormat _Division 3: Concrete

⁶⁵EU BIM TASK GROUP (2018), "Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector", EU: Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <http://www.eubim.eu/handbook/>,

⁶⁶Afsari, K. and Eastman, C. M. (2016), *A Comparison of Construction Classification Systems Used for Classifying Building Product Models*, Atlanta: Georgia Institute of Technology.

Τα τελευταία 50 χρόνια έχουν δημιουργηθεί πολλά συστήματα ταξινόμησης από διάφορες χώρες και οργανισμούς με πιο διαδεδομένα τα OmniClass, MasterFormat και UniFormat που αναπτύχθηκαν στη Βόρεια Αμερική και το UniClass από το Ηνωμένο Βασίλειο⁶⁷. Τα παραπάνω συστήματα ταξινόμησης χρησιμοποιούνται για διαφορετικούς σκοπούς το καθένα και οργανώνονται με βάση διαφορετικά κριτήρια και αρχές.

Classification systems	OmniClass	MasterFormat	UniFormat	Uniclass
Country of origin	North America	North America	North America	UK
Produced by	CSI and CSC	CSI and CSC	CSI and CSC	CPIc and NBS
Language	English	English	English	English
Purpose and properties	Organization, sorting and retrieval of product information for all objects in the built environment in the project life cycle.	A master list for organizing construction work results, requirements, products and activities. Mostly used in bidding and specifications.	For arranging construction information, organized around the physical parts of a facility known as functional elements mainly used for cost estimates.	For all aspects of the design and construction process. For organizing library materials and structuring product literature and project information
Framework	ISO 12006-2, ISO 12006-3, MasterFormat, UniFormat, EPIC	Industry practice and gradual development	ISO 12006-2 , Professional judgment	ISO 12006-2 , Sfb, CAWS, EPIC, CESMM
Grouping principle	faceted	hierarchical	hierarchical	faceted
Organization and taxonomies	15 inter-related tables categorized by number and name. A combination of Table 21, Table 22 & Table 23 allows for classifying a product precisely.	One table with a series of six numbers and name: Level one with 50 divisions (2004 version) each is made up of level two, level three, and sometimes level four numbers and titles for more detailed areas of work results.	One table with alphanumeric designations and titles in five levels: level one is in nine categories separated by their special function. Level 2 separates them into constituent parts, level 3, 4 and 5 further subdivide them.	The division among facets is based on the alphabet in 11 tables and within each facet by decimal scale up to 6 digits. Table G, J, K and L can be used for classifying product models.

Πίνακας 3-5: Σύγκριση μεταξύ των τεσσάρων συστημάτων ταξινόμησης με βάση τα καθορισμένα κριτήρια (Afsari, K. and Eastman, C. M., 2016)

Πολλές φορές κρίνεται απαραίτητη η χρήση περισσότερων του ενός, συστημάτων ταξινόμησης. Η αντιστοίχιση μεταξύ των συστημάτων για να συλλέξει κανείς διαφορετικές πληροφορίες δεν είναι σε όλες τις περιπτώσεις εύκολη. Η επιρροή της παγκοσμιοποίησης στην τάση προμήθειας και χρήσης υλικών και τεχνολογιών από όλο τον κόσμο, απαιτεί συντονισμό των προτύπων και συστημάτων ταξινόμησης σε διεθνές επίπεδο⁶⁸. Τα πρότυπα IFC σε συνδυασμό με το building Smart Data Dictionary (bSDD), επιτρέπουν έως ένα βαθμό τη διεθνή αντιστοίχιση όρων και εννοιών μεταξύ των συστημάτων ταξινόμησης, εκπληρώνοντας μοντέλα με αρχές BIM.

⁶⁷ Οι υπεύθυνοι φορείς δημιουργίας των Συστημάτων ταξινόμησης είναι οι Construction Specification Institute (CSI) & Construction Specification Canada (CSC) για τη Βόρεια Αμερική, και Construction Project Information Committee (CPIc) & National Building Specification (NBS) για το Ηνωμένο Βασίλειο

⁶⁸ Afsari, K. and Eastman, C. M. (2016), *A Comparison of Construction Classification Systems Used for Classifying Building Product Models*, Atlanta: Georgia Institute of Technology.

3.4 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΤΥΧΗ ΥΙΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ BUILDING INFORMATION MODELLING

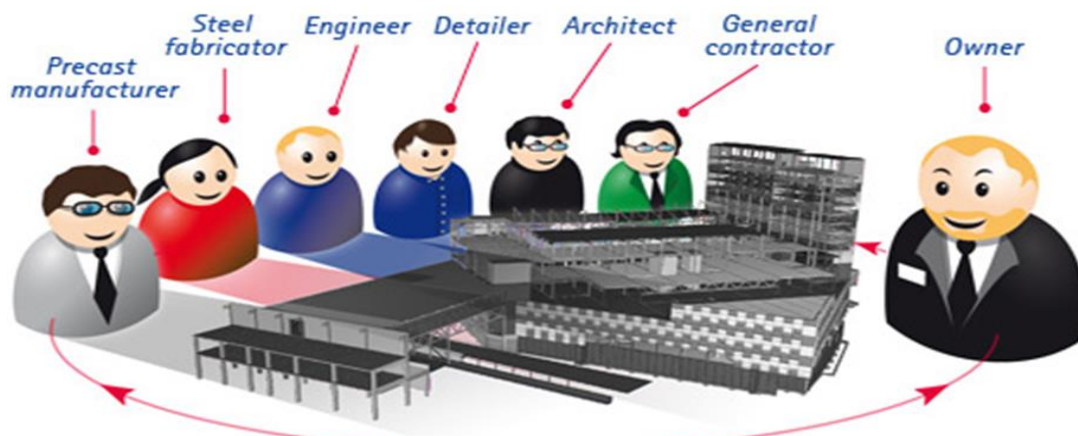
Οι αυξημένες απαιτήσεις στην κατασκευή σε συνδυασμό με τον ολοένα αυξανόμενο αριθμό αναδόχων ενός έργου, απαιτούν τη δυνατότητα διασυνδεσιμότητας μεταξύ των διαφορετικών πακέτων λογισμικού που χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια σχεδιασμού, κατασκευής και διαχείρισης μιας εγκατάστασης. Ένα *διεθνές πρότυπο ανταλλαγής δεδομένων* όπως είναι το πρότυπο IFC (Industry Foundation Class), μη αποκλειστικής εκμετάλλευσης και ουδέτερου προμηθευτή, διευκολύνουν την ανταλλαγή δεδομένων⁶⁹. Επιπλέον, εξαιτίας της συνεχόμενης τεχνολογικής εξέλιξης των συστημάτων πληροφοριών, τα μοντέλα, τα σχέδια και τα έγγραφα που δημιουργούνται είναι δυνατόν να καταστούν μη αναγνώσιμα σε μερικά χρόνια αν δεν αποθηκεύονται σε ανοιχτούς μορφότυπους. Για αυτό τον λόγο, η χρήση ανοικτών προτύπων είναι κρίσιμη για την αρχειοθέτηση και διαχείριση όλων των ειδών δεδομένων, στον κύκλο ζωής ενός έργου. Η συνεργασία όλων των εμπλεκόμενων στην κατασκευή και διαχείριση ενός τεχνικού έργου είναι καίριας σημασίας για την αποτελεσματική λειτουργία και διαχείριση του έργου. Η δυνατότητα διαβίβασης και κοινής χρήσης των δεδομένων χωρίς απώλειες, αντιφάσεις οι παρερμηνείες επιτυγχάνεται με την ύπαρξη ενός *κοινού περιβάλλοντος δεδομένων* (Common Data Environment, CDE). Το κοινό περιβάλλον δεδομένων (CDE) αποτελεί ένα σύστημα διαχείρισης δεδομένων και πληροφοριών, υποστηρίζει IFC πρότυπα και εκτός των άλλων περιλαμβάνει τις απαιτούμενες διαδικασίες ώστε να διασφαλίζεται η χρήση της τρέχουσας έκδοσης ενός αρχείου.

Ένας επιπλέον άξονας εφαρμογής της μεθοδολογίας είναι η «*αντικειμενοστραφής*» προσέγγιση και οργάνωση όλων των τύπων δεδομένων. Οι οντότητες που βρίσκονται μέσα σε ένα μοντέλο μπορούν να είναι στοιχεία κατασκευών όπως κολώνες, πόρτες ή ακόμα και εξαρτήματα αντικειμένων όπως π.χ. πόμολα μέχρι και “εικονικά” αντικείμενα όπως δωμάτια, ονομασίες χώρων, ζώνες, σύνορα, κλπ. Στην “αντικειμενοστραφή” προσέγγιση, όλες οι οντότητες κατηγοριοποιούνται με βάση τις ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά τους και μετρώνται ανάλογα, προαιρετικά εκφράζομενες σε μονάδες μέτρησης. Αναπτύσσονται ως «Κομμάτια – Parts» ή «Επίπεδα – Levels», εντός ενός ευρύτερου πλαισίου «Οικογένειας – Family», ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους και κατά αυτό τον τρόπο μπορούν να συνδέονται με τα συστήματα ταξινόμησης διευκολύνοντας τις μελλοντικές διεργασίες προγραμματισμού, κόστους και διαχείρισης⁷⁰.

⁶⁹ EU BIM TASK GROUP (2018), “Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector”, EU, σ. 70

⁷⁰ *ibid*, σ.72.

Τέλος, σημαντική συνιστώσα στην επιτυχία του BIM είναι το *ανθρώπινο δυναμικό* και οι δεξιότητες βάσει των οποίων εκπληρώνεται ένα έργο. Ο πολύπλευρος χαρακτήρας της νέας αυτής μεθοδολογίας απαιτεί την συνεργασία των μελετητών και την ευελιξία σε επίπεδο τεχνικό και τεχνολογικό. Η σύσταση μονομερών πυρήνων εργασίας δεν είναι αποδοτική και οι συντελεστές ενός έργου, αν και έχουν σαφή ρόλο και αρμοδιότητες, πρέπει να γνωρίζουν πως να διαχειρίζονται τις πληροφορίες που αφορούν στο γενικό πεδίο εφαρμογής ενός έργου και να μην περιορίζονται στο αντικείμενο του κλάδου τους. Αυτό έχει ως κύριο όφελος στη λήψη αποφάσεων για την πρόληψη λαθών πριν αυτά «φτάσουν» στο εργοτάξιο. Προκειμένου να καταστεί αυτό δυνατό χρειάζεται *εκπαίδευση και ενημέρωση* πάνω στη μεθοδολογία του Building Information Modelling, εξοικείωση με τους ρόλους και τις ευθύνες όλων των κλάδων, καλύτερη κατανόηση ως προς τον τρόπο που αλληλεπιδρούν όλα τα συστήματα σε ένα έργο και ειδίκευση σε τεχνολογικά ζητήματα που αφορούν σε λογισμικά και διαδικασίες. Δημόσιοι φορείς όπως κυβέρνηση και πανεπιστήμια μπορούν να προσφέρουν ώθηση υπό τη μορφή νομοθεσίας και εκπαιδευτικής κατάρτισης αντίστοιχα ενώ και η υποστήριξη του ιδιωτικού τομέα είναι καταλυτική ως προς την υιοθέτηση του BIM.



Εικόνα 3-4: Με την εφαρμογή του BIM βελτιώνεται η επικοινωνία και διευκολύνεται η συνεργασία μεταξύ όλων των εμπλεκόμενων.

3.4.1 ΝΟΜΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ ΠΟΥ ΕΓΕΙΡΟΝΤΑΙ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ BIM

Με την εφαρμογή της τεχνολογίας BIM με επίπεδο ενσωμάτωσης 2, τουλάχιστον για δημόσια έργα σε διάφορες χώρες ανά τον κόσμο (βλ. Κεφάλαιο 3.2.1), απαιτείται η πλήρης συνεργασία μεταξύ των συντελεστών, με όλες τις πληροφορίες και τα δεδομένα σχετικά με ένα έργο να βρίσκονται σε ψηφιακή μορφή. Τα ερωτήματα που εγείρονται αφορούν στο κατά πόσο η συνεργασία πολλών συντελεστών με την ακόλουθη διαχείριση *κοινών δεδομένων*, αλλοιώνει τις σχέσεις συνεργασίας μεταξύ των μελών και κατά επέκταση τις ευθύνες που φέρει ο κάθε εμπλεκόμενος στο έργο. Ζητήματα όπως ποιος είναι ο υπεύθυνος διαχειριστής του «ομοσπονδιακού» μοντέλου ή σε ποιόν

αναλογεί η ευθύνη για ένα λάθος, είναι ερωτήματα που πρέπει να απαντηθούν, ώστε να μην αναιρείται η αξιοπιστία των παραγόμενων δεδομένων⁷¹.

Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ BIM EXECUTION PLAN (BEP)

Ένα Σχέδιο Εκτέλεσης BIM, ή BEP για συντομία, είναι ένα πολύτιμο και απαραίτητο νομικό εργαλείο για κάθε νέο έργο κατασκευής, καθώς εξασφαλίζει ότι όλοι οι συμμετέχοντες στο έργο βρίσκονται στην ίδια σελίδα και συνεργάζονται βάσει κοινών στόχων. Η ανάπτυξη ενός τέτοιου σχεδίου για τη διευκόλυνση της διαχείρισης πληροφοριών ενός έργου BIM ορίζεται από το [PAS 1192-2:2013](#) ως ένα «σχέδιο δράσης των υπευθύνων διεκπεραίωσης του έργου, για να εξηγήσουν πώς θα διαμορφωθεί και περαιωθεί η Μοντελοποίηση Κατασκευαστικών Πληροφοριών ενός έργου» και αναπτύσσεται ως άμεση απάντηση στις Απαιτήσεις Πληροφοριών Εργοδότη (EIR). Ένα καλά διαρθρωμένο BEP, διευκολύνει την απρόσκοπτη επικοινωνία και συνεργασία μεταξύ πολλών διαφορετικών ομάδων, ορίζοντας με σαφήνεια τους ρόλους και τις ευθύνες του κάθε μέλους. Με την ανάθεση της σύμβασης, ο ανάδοχος πρέπει να καθορίσει διεξοδικά τον τρόπο με τον οποίο θα παρασχεθούν οι πληροφορίες που ζητούνται στις Απαιτήσεις Πληροφοριών Εργοδότη (EIR) και να απαριθμεί τους συμφωνημένους στόχους για την έγκαιρη παράδοση, ανταλλαγή, επαναχρησιμοποίηση και τελική παράδοση του έργου στους πελάτες⁷².

Γενικά, παρόλο που η εφαρμογή τεχνολογίας BIM επίπεδου 2 έχει αλλάξει δραματικά το τοπίο της κατασκευαστικής βιομηχανίας, είναι μάλλον απίθανο να μεταβάλει τις παραδοσιακές νομικές ευθύνες, όπως αυτές νοούνται σε ένα έργο που δεν ακολουθεί αρχές BIM. Οι ρόλοι, οι ευθύνες και τα καθήκοντα αποσαφηνίζονται ξεκάθαρα σε νομικά έγγραφα και κάθε ενέργεια δύναται να ανιχνευτεί ακριβώς όπως και στις συμβατικές μεθόδους, όπου κάθε εμπλεκόμενος είναι υπεύθυνος για συγκεκριμένες εργασίες.

Στην εφαρμογή BIM Level 3 από την άλλη, - το οποίο αναμένεται να είναι μια πλήρως ανοιχτή και συνεργατική διαδικασία με όλους τους σχεδιαστές να εισάγουν δεδομένα σε ένα κοινό Μοντέλο - μπορεί να είναι δύσκολο να προσδιοριστεί το ποσοστό συμβολής του κάθε μέλους και οι αντίστοιχες ευθύνες σε περίπτωση σφάλματος. Τα νομικά θέματα που αφορούν σε ζητήματα ευθύνης και ιδιοκτησίας θα πρέπει να επιλυθούν πρώτα μέσα από συγκεκριμένες συμβάσεις, προκειμένου να επιτραπεί η υιοθέτηση αυτού του επιπέδου ενσωμάτωσης BIM⁷³.

⁷¹Lesley Currie (2014), *Building Information Modelling: It's Impact on Insurance, Intellectual Property Rights and Design Liability*, UK: Society of Construction Law.

⁷²McPartland, R. (2017), "What is a BIM Execution Plan (BEP)?", Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://www.thenbs.com/knowledge/what-is-a-bim-execution-plan-bep>

⁷³Lesley Currie, *op. cit.*, σελ. 12.

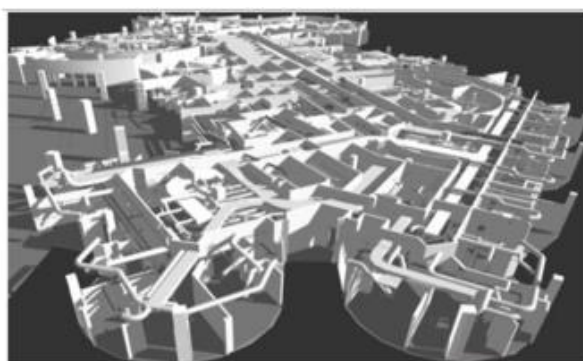
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. Η ΑΞΙΑ ΤΟΥ BIM ΑΠΟ ΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΕΩΣ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΝΟΣ ΕΡΓΟΥ

4.1 ΟΜΑΛΗ ΡΟΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΚΑΙ ΑΥΞΗΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΤΗΤΑΣ

Η εφαρμογή του Building Information Modelling συνιστά περισσότερο μια επιχειρηματική κίνηση παρά μια τεχνική προσέγγιση. Η βιομηχανία της κατασκευής (AEC Industry – Architectural, Engineering, Construction), όπως έχει ήδη αναφερθεί (βλ. Κεφάλαιο 2.1.1), δεν έχει καταφέρει να επιτύχει τα επίπεδα αποδοτικότητας που έχουν επιτύχει άλλες βιομηχανίες εκμεταλλευόμενες την ραγδαία τεχνολογική ανάπτυξη, στο ίδιο διάστημα. Η χρήση του BIM πλέον στις διαδικασίες σχεδιασμού, κατασκευής και διαχείρισης ενός έργου, σηματοδοτεί την μετάβαση από τις παραδοσιακές μεθόδους σχεδιασμού και υλοποίησης σε μια νέα μεθοδολογία προσομοίωσης της κατασκευαστικής διαδικασίας από όπου προκύπτουν νέα οφέλη.



(a) 3D Architectural Model



(b) Integrated Structural and MEP Model



(c) Site Logistic Planning Model

Item	Description	Quantity	Unit	Material	Volume	Area	Weight	Value
1.1.1.1	100mm Thick Concrete Wall	1000	m ²	Concrete	100	1000	1000	1000
1.1.1.2	200mm Thick Concrete Wall	500	m ²	Concrete	200	500	500	500
1.1.1.3	100mm Thick Brick Wall	2000	m ²	Brick	2000	2000	2000	2000
1.1.1.4	100mm Thick Plaster	1000	m ²	Plaster	1000	1000	1000	1000
1.1.1.5	100mm Thick Gypsum Board	1000	m ²	Gypsum	1000	1000	1000	1000
1.1.1.6	100mm Thick Insulation	1000	m ²	Insulation	1000	1000	1000	1000
1.1.1.7	100mm Thick Drywall	1000	m ²	Drywall	1000	1000	1000	1000
1.1.1.8	100mm Thick Ceiling	1000	m ²	Ceiling	1000	1000	1000	1000
1.1.1.9	100mm Thick Floor	1000	m ²	Floor	1000	1000	1000	1000
1.1.1.10	100mm Thick Foundation	1000	m ²	Foundation	1000	1000	1000	1000

(d) Quantity Estimates

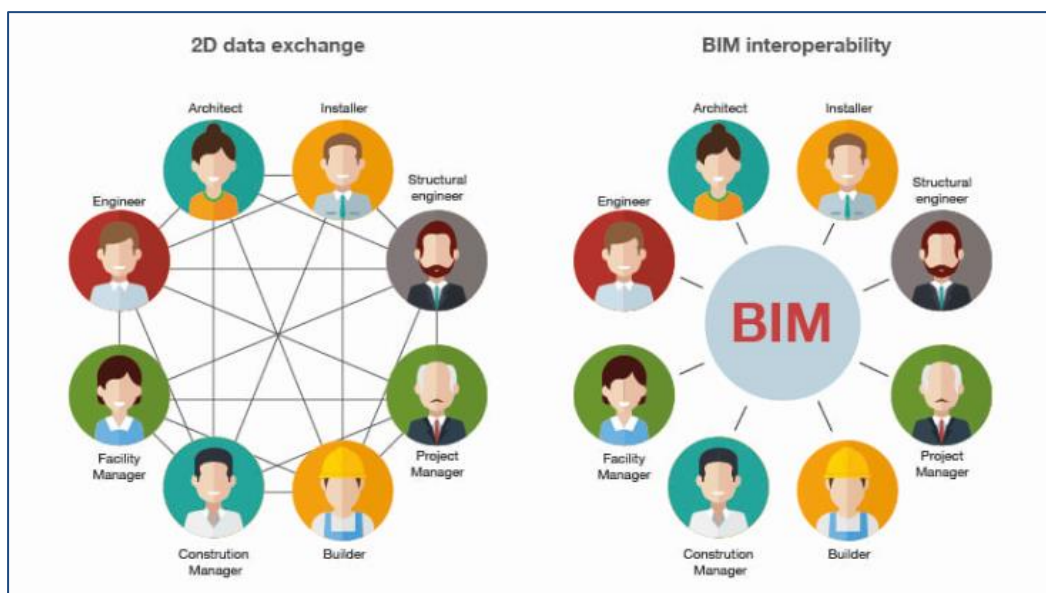
Εικόνα 4-1: Προσομοίωση της κατασκευαστικής διαδικασίας

Τα μοντέλα BIM ενσωματώνουν όλη την πληροφορία που απαιτείται και αντικατοπτρίζουν το ακριβές πεδίο εφαρμογής (scope) που πρόκειται να υλοποιηθεί, δια μέσου του μοντέλου. Η αύξηση της παραγωγικότητας οφείλεται στην διαδικασία παραγωγής *συντονισμένων* και καλύτερης ποιότητας πληροφοριών, που αφορούν στον σχεδιασμό και την υλοποίηση μιας κατασκευής. Η διάθεση τους γίνεται σε *πραγματικό χρόνο* μέσω μιας κοινής πλατφόρμας – βάσης δεδομένων –

όπου και αποθηκεύονται όλες οι πληροφορίες ενός έργου. Τα δεδομένα αυτά αφορούν σε γραφικές και μη γραφικές πληροφορίες, όλων των σταδίων μελέτης και κατασκευής και μπορούν να ανατροφοδοτούν και να ενημερώνονται από όλους τους ενδιαφερόμενους που έχουν πρόσβαση στο BIM μοντέλο. Ο μεγάλος όγκος πληροφοριών που προκύπτει είναι πιο ακριβής και σαφής και γίνεται πιο διαχειρίσιμος αφού πλέον η πληροφορία που εισάγεται από πληθώρα πηγών, αποκτά μια συνέχεια και συνέπεια διακόπτοντας τον φαύλο κύκλο του κατακερματισμού της, όπως συνέβαινε με τις παλιές σχεδιαστικές μεθόδους. Η συνέπεια στην πληροφορία επιτρέπει στον χρήστη του μοντέλου να γνωρίζει όλο το ιστορικό και τα δεδομένα που περιβάλλουν ένα έργο, να τα διαχειρίζεται με τον βέλτιστο τρόπο και να λαμβάνει ορθότερες αποφάσεις ήδη από πολύ νωρίς. Βέβαια, προκειμένου η παραγόμενη πληροφορία να έχει τις παραπάνω ιδιότητες και να εξυπηρετεί με καθαρό και άμεσο τρόπο (lean production of information) πρέπει να προσδιορίζεται εξ' αρχής ο σκοπός και η μεταγενέστερη χρήση των πληροφοριών ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν και να επαναχρησιμοποιηθούν καθ 'όλη τη διάρκεια κατασκευής του έργου και γενικότερα διάρκεια ζωής της εγκατάστασης.

4.2 ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ (INTEROPERABILITY)

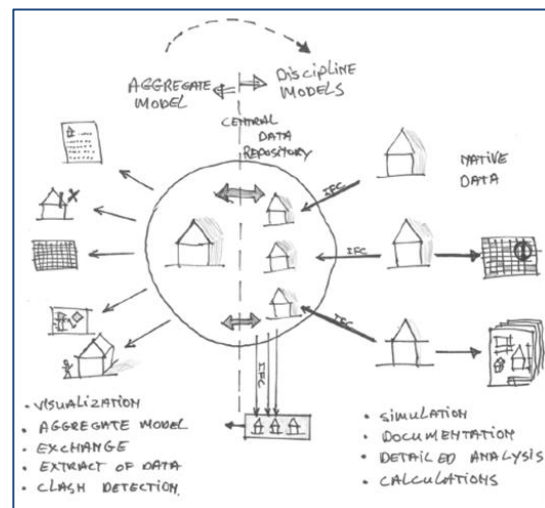
Όλοι οι μελετητές και εμπλεκόμενοι σε ένα έργο, έχουν κοινό στόχο να κατασκευάσουν υποδομές που να ανταποκρίνονται στον σχεδιασμό, να είναι ασφαλείς, να κατασκευάζονται έγκαιρα και εντός προϋπολογισμού. Η τεχνολογία του Building Information Modelling βελτιώνει την επικοινωνία μεταξύ συμμετεχόντων, ελαχιστοποιεί τις παραλείψεις σε σχέδια λόγω της αυτοματοποιημένης διαδικασίας και μειώνει δραματικά τα σφάλματα στο εργοτάξιο – Site.



Εικόνα 4-2: Αποθήκευση δεδομένων σε μια κοινή βάση και βελτίωση επικοινωνίας και αποδοτικότητας με την εφαρμογή του BIM (BibLus, 2017)

Η πληροφορία που παράγεται διαμοιράζεται ανάμεσα στα ενδιαφερόμενα μέρη με τρόπο πιο εύκολο και αποτελεσματικό αφού όλες οι πληροφορίες αποθηκεύονται σε μια κεντρική βάση δεδομένων, επιτρέποντας την άμεση πρόσβαση σε αυτή. Η πολύπλευρη συνεργασία προϋποθέτει την αμοιβαία κατανόηση των ρόλων μέσα στην ομάδα και την προσαρμογή σε συμφωνημένα πρότυπα και μεθόδους ώστε να παραχθούν συνεπή δεδομένα. Τα οφέλη της εργασίας με αυτόν τον τρόπο περιλαμβάνουν λιγότερες καθυστερήσεις και διαφωνίες εντός της ομάδας, καλύτερη διαχείριση του κίνδυνου του έργου (Risk Management) και καλύτερη κατανόηση του κόστους που πραγματοποιείται.

Ο συντονισμός του σχεδιασμού και της κατασκευής, αποτελεί μια ομαδική σύμπραξη διαφορετικών κλάδων και απαιτεί συγκεκριμένη αλληλουχία εργασιών και στον αντίστοιχο χρόνο. Η διαλειτουργικότητα υποστηρίζει την άρτια μεταβίβαση δεδομένων μεταξύ λογισμικών και εξαλείφει την ανάγκη αναπαραγωγής των ίδιων δεδομένων εκ νέου, διευκολύνοντας έτσι την ομαλή ροή εργασιών και την προώθηση της αυτοματοποίησης. Τα ανοικτά πρότυπα, όπως είναι τα πρότυπα IFC (ISO PAS 16739:2005, Industry Foundation Classes), υποστηρίζουν αντικείμενα με προδιαγραφές BIM και διευκολύνουν την επικοινωνία μεταξύ της διεπιστημονικής ομάδας, χωρίς η πληροφορία που μεταβιβάζεται να υπόκειται σε αλλοιώσεις που απαιτούν τον επανασχεδιασμό ή απώλειες στην ακρίβεια και την ποιότητα του περιεχομένου τους.



Εικόνα 4-3: Η σημασία της διαλειτουργικότητας στην ανταλλαγή πληροφοριών (Thomas Liebich, 2014)

4.3 ΤΑ ΟΦΕΛΗ ΣΤΙΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΟΥ BUILDING INFORMATION MODELLING

4.3.1 BIM 3D: ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ ΚΑΙ ΕΠΙΛΥΣΗ ΣΥΓΚΡΟΥΣΕΩΝ (CLASH RESOLUTION)

Στην απλή μορφή του, το BIM είναι μια βάση δεδομένων με πληροφορίες που αντιπροσωπεύονται από τρισδιάστατα παραμετρικά αντικείμενα επιτρέποντας έτσι την σύνδεση μεταξύ αντικειμένων και δεδομένων. Η ανάπτυξη «έξυπνων» αντικειμενοστραφών μοντέλων επιτρέπει την τρισδιάστατη προσομοίωση ενός έργου, βελτιώνοντας την ευρύτερη κατανόηση του και των υπόλοιπων διαδικασιών που ακολουθούν. Η Μοντελοποίηση της Κατασκευαστικής Πληροφορίας αποτελεί μια συνεργατική διαδικασία παραγωγής γραφικών και μη γραφικών δεδομένων, που προκύπτουν κατά την σχεδιαστική και κατασκευαστική δραστηριότητα. Η υπεραξία των δεδομένων αυτών, έγκειται στην καταλληλότητα τους για ερμηνεία, επεξεργασία ή επικοινωνία μεταξύ των συμμετεχόντων και στην εξάλειψη των μη προστιθέμενης αξίας δραστηριοτήτων που προκύπτουν από τον ανεπαρκή συντονισμό των διαφορετικών κλάδων.

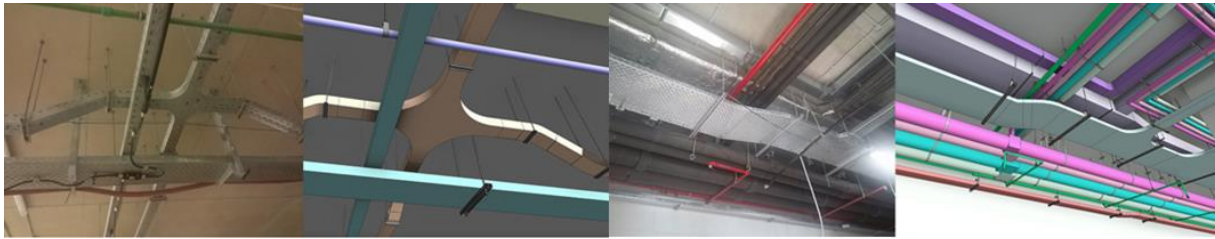
Η αξιοποίηση όλων των επιμέρους διεπιστημονικών μοντέλων σε μια κοινή βάση δεδομένων επιτρέπει τον άμεσο εντοπισμό των συγκρούσεων (clash detection, “hard” clash/“soft” clash⁷⁴) μεταξύ αρχιτεκτονικών, στατικών και μηχανολογικών στοιχείων, επιτρέποντας τον έλεγχο κατασκευασιμότητας, την έγκαιρη λήψη αποφάσεων και την ευθυγράμμιση των διαπιστωμένων σφαλμάτων με ορθότερες λύσεις, προτού τα λάθη αυτά «φτάσουν» στο εργοτάξιο.

Στην πραγματικότητα, ο μόνος τρόπος για να επιτευχθεί εξακρίβωση συγκρούσεων μεταξύ διαφορετικών στοιχείων, είναι μέσω ενός σύνθετου 3D μοντέλου. Η χρήση αυτών των εργαλείων για το συντονισμό των διαφορετικών κλάδων, είναι ένας από τους τομείς όπου το BIM πραγματικά ξεχωρίζει, αποκτώντας μια αυξανόμενη αποδοχή. Η δυνατότητα τοποθέτησης πολλών μοντέλων σε ένα αρχείο για την διεξαγωγή ανάλυσης σύγκρουσης, εξοπλίζει την κατασκευαστική ομάδα με την ικανότητα να εκτελεί πιο αποτελεσματική και παραγωγική εργασία⁷⁵. Τέλος, ο συντονισμός ενός «ομοσπονδιακού» μοντέλου δεν αφορά μόνο στην ανίχνευση συγκρούσεων μεταξύ δομικών

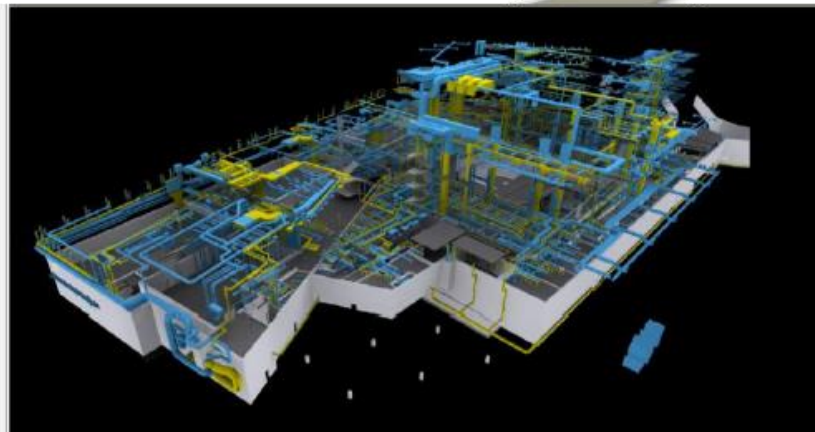
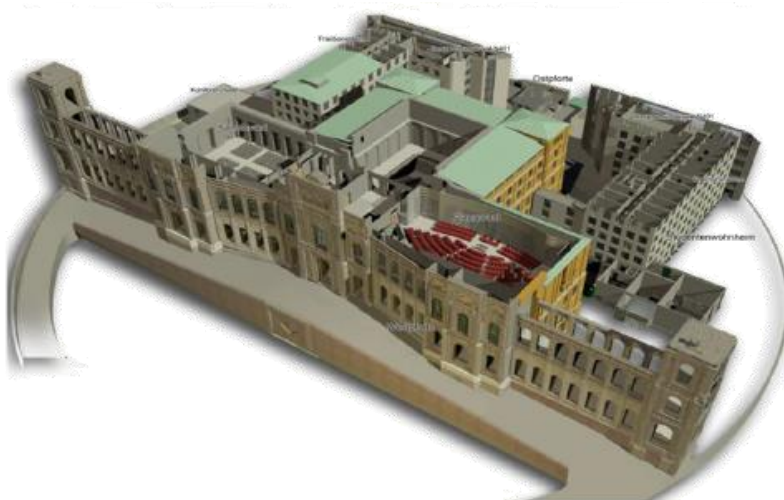
⁷⁴ Ιδιαίτερη προσοχή δίνεται κατά την διάρκεια του σχεδιασμού ώστε να εντοπιστούν τα λεγόμενα “hard” clashes όπως είναι η σύγκρουση μεταξύ π.χ. στατικών και μηχανολογικών στοιχείων (π.χ. σύγκρουση δοκαριού με αεραγωγούς) και ελέγχεται ταυτόχρονα το κατασκευαστικό περιθώριο ανοχής. Επιπλέον, ελέγχονται και για “soft” clashes που αφορούν σε αστοχίες που έπονται της κατασκευής όπως είναι η τοποθέτηση π.χ. μόνωσης σε σωληνώσεις και αεραγωγούς. Πρέπει να προβλέπεται ικανός χώρος τόσο για την τοποθέτηση της μόνωσης όσο και ο απαραίτητος χώρος για την προσβασιμότητα στο χώρο εργασίας.

⁷⁵ Rui Pedro Lopes Fernandes (2013), *Advantages and Disadvantages of BIM Platforms on Construction Site*, Portugal: Faculdade de Engenharia da Universidade dp Porto, σ.32

στοιχείων αλλά χρησιμεύει και για την καλύτερη κατανόηση της πραγματικής κατασκευής, αξιοποιώντας προς αυτή την κατεύθυνση όλα τα δεδομένα του BIM⁷⁶.



Εικόνα 4-4: Clash Detection: Πραγματική κατασκευή Vs Οπτική αναπαράσταση στο BIM, SNFCC (Emmanuel Bogris and Associates, 2011)



Εικόνα 4-5: Clash Detection Analysis μεταξύ στατικών, αρχιτεκτονικών και μηχανολογικών συστημάτων

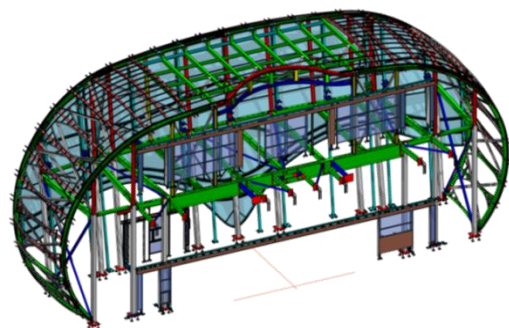
⁷⁶ Hardin, B. και McCool, D. (2016), *BIM and Construction Management. Proven Tools, Methods, and Workflows*, Canada: WILEY, σ. 194

ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΜΑΖΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (FABRICATION)

Τα λογισμικά CAD (Computer Aided Design) που χρησιμοποιούνται παραδοσιακά στον κατασκευαστικό κλάδο, αφορούν κυρίως στην δισδιάστατη γραφική αναπαράσταση και απλά προσομοιώνουν την παραδοσιακή διαδικασία σχεδιασμού στο χέρι. Αυτό συνεπάγεται πως, η διαδικασία ενημέρωσης και αναθεώρησης των σχεδίων απαιτεί χειρωνακτικές μεθόδους κάτι που αποτελεί ιδιαίτερως επίπονη και χρονοβόρα διαδικασία. Αντίθετα με την παραδοσιακή διαδικασία, σε ένα σύνθετο μοντέλο BIM, όλες οι αλλαγές ταυτοποιούνται και επαληθεύονται κατά την σχεδιαστική διαδικασία, μέσω αυτοματοποιημένων διεργασιών (Interactive Models). Με άλλα λόγια, όποια αλλαγή πραγματοποιείται, μεταφέρεται αυτόματα και στα αντίστοιχα σχέδια διευκολύνοντας κατά αυτό τον τρόπο την αυτοματοποιημένη παραγωγή σχεδίων (shop drawings) και την αυτόματη ενημέρωση των λοιπών εξαρτημένων δεδομένων όπως είναι οι επιμετρήσεις. Στην μεθοδολογία CAD λοιπόν, δαπανάται πολύτιμος χρόνος σε επαναλαμβανόμενες εργασίες που δεν έχουν αξία, ενώ αντίθετα στο BIM ο χρόνος δαπανάται στον συντονισμό και τον έλεγχο όλων των διακλαδικών μοντέλων⁷⁷.

Η ιδέα της προκατασκευής δεν είναι καινούργια στην βιομηχανία της κατασκευής. Ο πύργος του Gustav Eiffel το 1889 συναρμολογήθηκε με προκατασκευασμένα σιδερένια στοιχεία στο Παρίσι με αποτέλεσμα να χτιστεί πολύ γρήγορα, μειώνοντας σημαντικά το κόστος και την εργασία που απαιτείτο για την οικοδόμηση του εικονικού αυτού μνημείου⁷⁸. Η προκατασκευή επιτρέπει την δημιουργία δομικών στοιχείων εκτός εργοταξίου σε κάποιο εργοστάσιο και την συναρμολόγηση τους επί του τόπου (on Site), εξοικονομώντας χρόνο κατά την εγκατάστασή τους. Επιπλέον, οι εργασίες ολοκληρώνονται σε ελεγχόμενο περιβάλλον, καθιστώντας ασφαλέστερες τις συνθήκες εργασίας, σε εσωτερικούς ή προστατευμένους από καιρικά φαινόμενα χώρους, αφήνοντας ανεπηρέαστη τη γραμμή παραγωγής.

Η προκατασκευή ειδικών δομικών στοιχείων (engineer-to-order (ETO)), που δεν βρίσκονται τυποποιημένα στο εμπόριο, έχει ως στόχο τον σχεδιασμό και την κατασκευή στοιχείων βάση ειδικών απαιτήσεων και περίπλοκης συνήθως γεωμετρίας, που εξυπηρετούν συγκεκριμένες λειτουργίες και

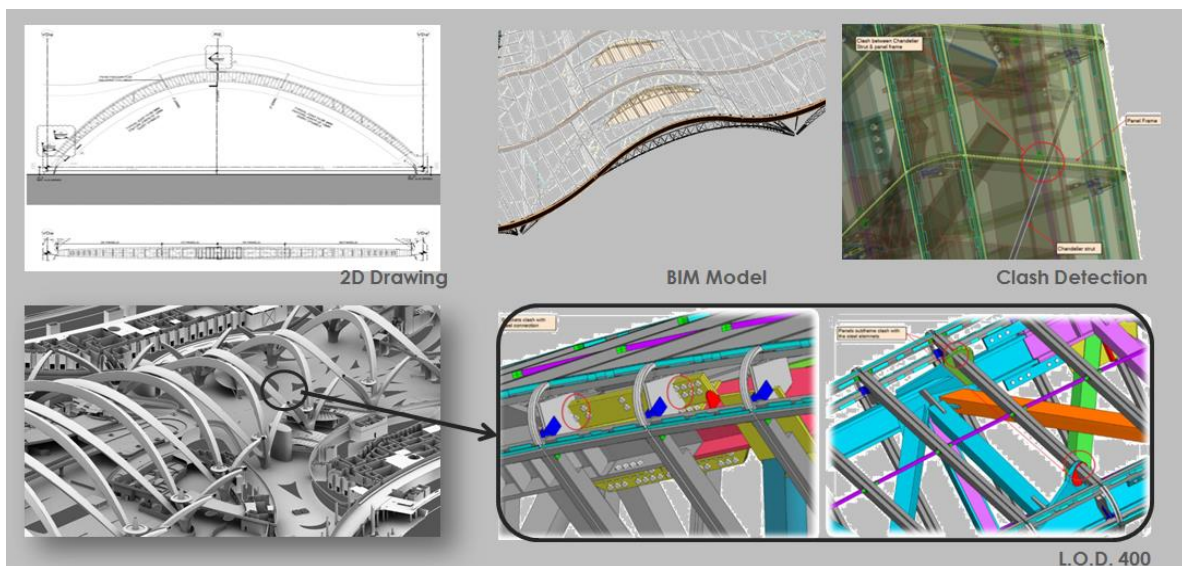


Εικόνα 4-6: Pavilions, Abu Dhabi Terminal
(Προσωπικό αρχείο, ίδια επεξεργασία)

⁷⁷Rui Pedro Lopes Fernandes (2013), *Advantages and Disadvantages of BIM Platforms on Construction Site*, Portugal: Faculdade de Engenharia da Universidade dp Porto, σ. 32

⁷⁸“The History of Prefabrication, From Roman Forts to Modern Modular Housing”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://www.autodesk.com/redshift/history-of-prefabrication/>

χρήσεις⁷⁹. Τα στοιχεία αυτά πρέπει να ελεγχθούν για την εξατομικευμένη γεωμετρία τους, σε σχέση με την συναρμολόγηση και την τοποθέτηση τους ώστε να μην υπάρχουν συγκρούσεις με άλλα δομικά στοιχεία. Στο νέο αεροδρόμιο του Abu Dhabi Terminal, χρησιμοποιήθηκε το BIM σε όλα τα στάδια σχεδιασμού και κατασκευής, και βάση αυτού ελέγχθηκαν και δόθηκαν για παραγγελία περίπου 17.000, μοναδικά ως προς την γεωμετρία τους, καμπυλωτά πανέλα των τοξωτών αντηρίδων εσωτερικά του αεροδρομίου (βλ. Εικόνα 4- 7).



Εικόνα 4-7: Προκατασκευασμένα πανέλα για το Abu Dhabi Terminal (Προσωπικό αρχείο, ίδια επεξεργασία)

4.3.2 BIM 4D: ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΡΓΟΥ ΚΑΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

Ο προγραμματισμός ενός έργου αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για την επιτυχή ολοκλήρωση του έργου εντός προθεσμίας και χωρίς υπερβάσεις κόστους, καθώς παρέχει καθοδήγηση σε όλα τα μέλη της ομάδας για το πού και πότε πρέπει να εκτελέσουν μια εργασία⁸⁰. Η χρήση της μεθοδολογίας του BIM επιτρέπει την σύνδεση των μοντέλων, με τον χρονικό προγραμματισμό του έργου και την προσομοίωση της ακολουθίας των εργασιών, δίνοντας ακριβή εικόνα για την εξέλιξη της κατασκευής, ανά πάσα στιγμή. Η διαχείριση του εργατικού δυναμικού για τον συντονισμό των εργασιών, οι παραγγελίες σε σωστό χρόνο, οι παραδόσεις και η αποθήκευση των υλικών, ο ποιοτικός έλεγχος, η διαχείριση του εξοπλισμού και η υποβολή εκθέσεων, καθώς και πλήθος άλλων

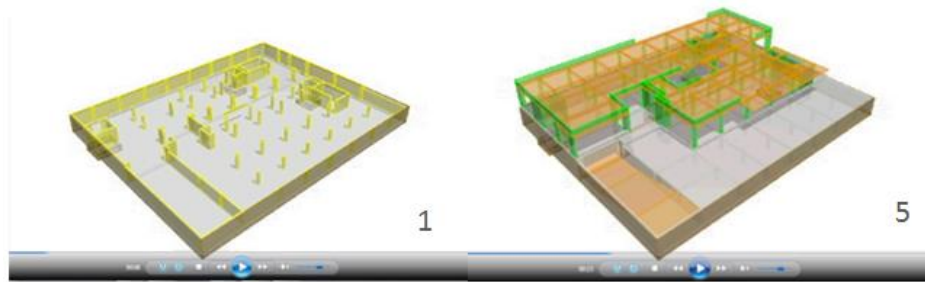
⁷⁹“What makes engineer-to-order (ETO) products unique?”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://www.arenasolutions.com/resources/articles/engineered-to-order/>

⁸⁰Hardin, B. και McCool, D. (2016), BIM and Construction Management. Proven Tools, Methods, and Workflows, Canada: WILEY, σ. 213

δραστηριοτήτων συντονισμού, καθιστά το BIM βασικό εργαλείο για την ενίσχυση της ομαλής ροής των εργασιών. Με το BIM παρέχεται η δυνατότητα στους Κυρίους του Έργου (ΚτΕ) να γνωρίζουν σε κάθε στάδιο της κατασκευής, το ακριβές κόστος των εργασιών που έχουν ολοκληρωθεί και να επαναπροσδιορίζουν το δυναμικό, όταν απαιτείται, για την επίτευξη των στόχων του έργου. Η οπτική αναπαράσταση και προσομοίωση των εργασιών δείχνει σε 3D την υποδομή που κατασκευάζεται από την αρχή μέχρι το τέλος, συμβάλλοντας στην ενημέρωση των ιδιοκτητών σχετικά με τις ημερομηνίες ολοκλήρωσης, δίνοντας στους εργολάβους καλύτερη κατανόηση του εύρους και της χρονικής διάρκειας της εργασίας τους και βοηθώντας τους μελετητές να επαληθεύσουν ότι το έργο βρίσκεται σε καλό δρόμο⁸¹.

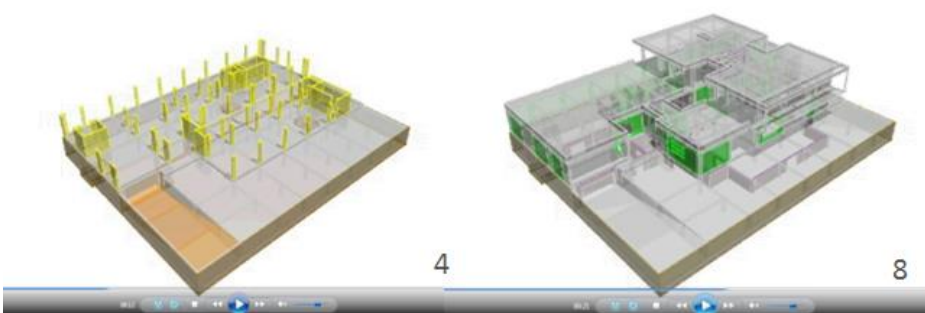
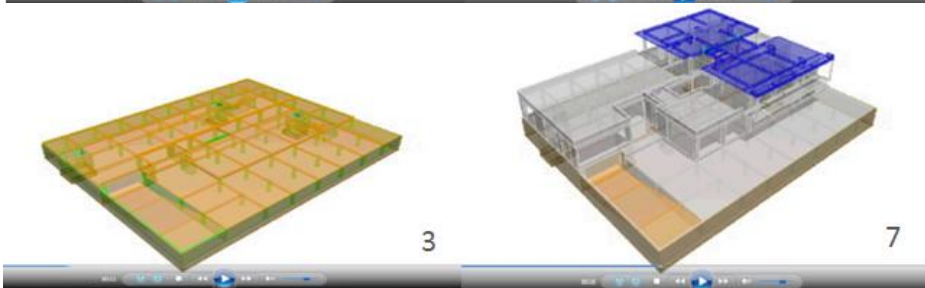
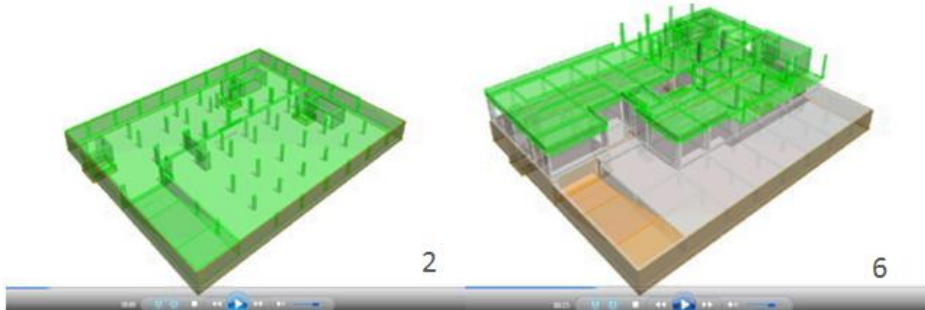
Ένα τυπικό χρονοδιάγραμμα κατασκευής, όπως το γράφημα Gantt, είναι ένα εκλεπτυσμένο διάγραμμα που δείχνει τα καθήκοντα και τους χρόνους που απαιτούνται για την ολοκλήρωση των εργασιών. Αν και υπάρχει συνάφεια μεταξύ μιας εργασίας και ενός κατασκευαστικού στοιχείου, με τις παραδοσιακές μεθόδους δεν υπάρχει άμεση σχέση μεταξύ των σχεδίων και του χρονοδιαγράμματος κατασκευής. Αυτό σημαίνει ότι τα χρονοδιαγράμματα γίνονται βάση εμπειρίας από προηγούμενες εφαρμογές. Ο προγραμματισμός βάσει μοντέλου BIM, συνδέει τα αντικείμενα με τις αντίστοιχες εργασίες, σε όλα τα στάδια του έργου και ενημερώνει καλύτερα την ομάδα για την πρόοδο του έργου. Το Επίπεδο Ανάπτυξης (LOD), παίζει σημαντικό ρόλο στη σύσταση του χρονοδιαγράμματος και σύμφωνα με τον οργανισμό AIA E203, όσο πιο λεπτομερές είναι το μοντέλο, τόσο πιο αναλυτικό είναι το χρονοδιάγραμμα, το οποίο παρουσιάζει σε τρισδιάστατη κινούμενη απεικόνιση (4D animation) τις διαδοχικές εργασίες στην πάροδο του χρόνου, από την αρχή μέχρι την ολοκλήρωση της κατασκευής.

⁸¹Hardin, B. και McCool, D. (2016), BIM and Construction Management. Proven Tools, Methods, and Workflows, Canada: WILEY, σ.72



Εικόνα 4-8: Porto Rafti Show-Room
 Προσομοίωση διαδοχικών εργασιών
 στην πάροδο του χρόνου – BIM 4D
 Animation

(Προσωπικό αρχείο, ίδια επεξεργασία)

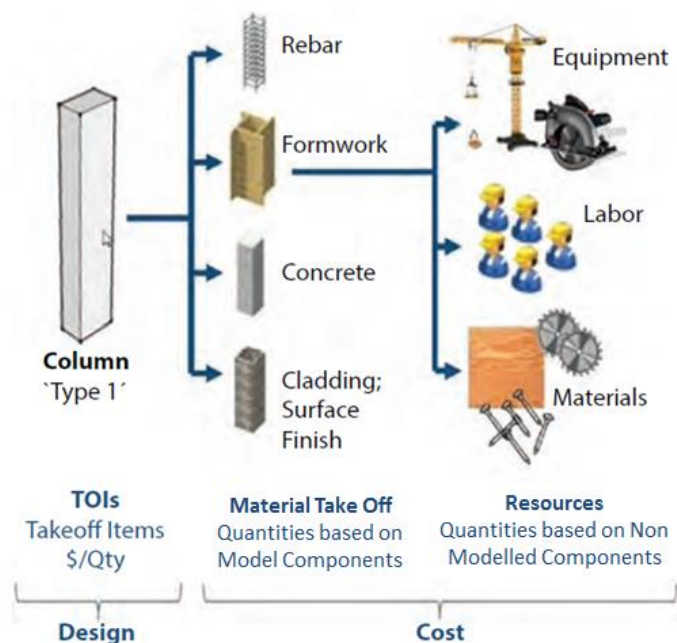


4.3.3 BIM 5D: ΕΠΙΜΕΤΡΗΣΗ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΟΣΤΟΥΣ

Η ακριβής εκτίμηση κόστους ενός έργου, αποτελεί ένα από τα κυριότερα πλεονεκτήματα που προσφέρει το Building Information Modelling. Οι συμβατικές μέθοδοι υπολογισμού ακολουθούν χρονοβόρες διαδικασίες και είναι επιρρεπείς σε ανθρώπινα λάθη που συχνά οδηγούν σε λανθασμένες εκτιμήσεις.

Ο υπολογισμός κόστους με την μεθοδολογία BIM (BIM 5D), προσφέρει υψηλή ακρίβεια και πληροφόρηση για τον συνολικό προϋπολογισμό του έργου, σε πρώιμο στάδιο, όπου οι αλλαγές είναι ευκολότερες και δεν οδηγούν σε χαμένα κόστη. Το Material take-off⁸² αποτελεί προϊόν του Πληροφοριακού Μοντέλου έργου και περιλαμβάνει ποσότητες υλικών, ο υπολογισμός των οποίων γίνεται αυτόματα με την βοήθεια συγκεκριμένης φόρμουλας για κάθε τύπο αντικειμένου και ενημερώνεται άμεσα, κάθε φορά που πραγματοποιείται μια αλλαγή στο μοντέλο.

Η ποιότητα των επιμετρήσεων εξαρτάται από την ακρίβεια των 3D αντικειμένων που βρίσκονται μέσα στο Πληροφοριακό Μοντέλο Έργου. Όμως, όπως είναι αναμενόμενο, δεν μοντελοποιούνται όλες οι πληροφορίες που αφορούν στις δαπάνες ενός έργου. Ο υπολογισμός κόστους με την μεθοδολογία BIM, συνδέει τις ποσότητες των αντικειμένων (Quantities based on Model Components⁸³) με πληροφορίες που αφορούν στο κόστος των υλικών, το εργατικό δυναμικό, το ωριαίο κόστος εργασίας ανά άτομο, τα ποσοστά παραγωγικότητας (Quantities based on Non Modelled Components), κ.ο.κ., ώστε να διαμορφωθεί ένας ολοκληρωμένος προϋπολογισμός.



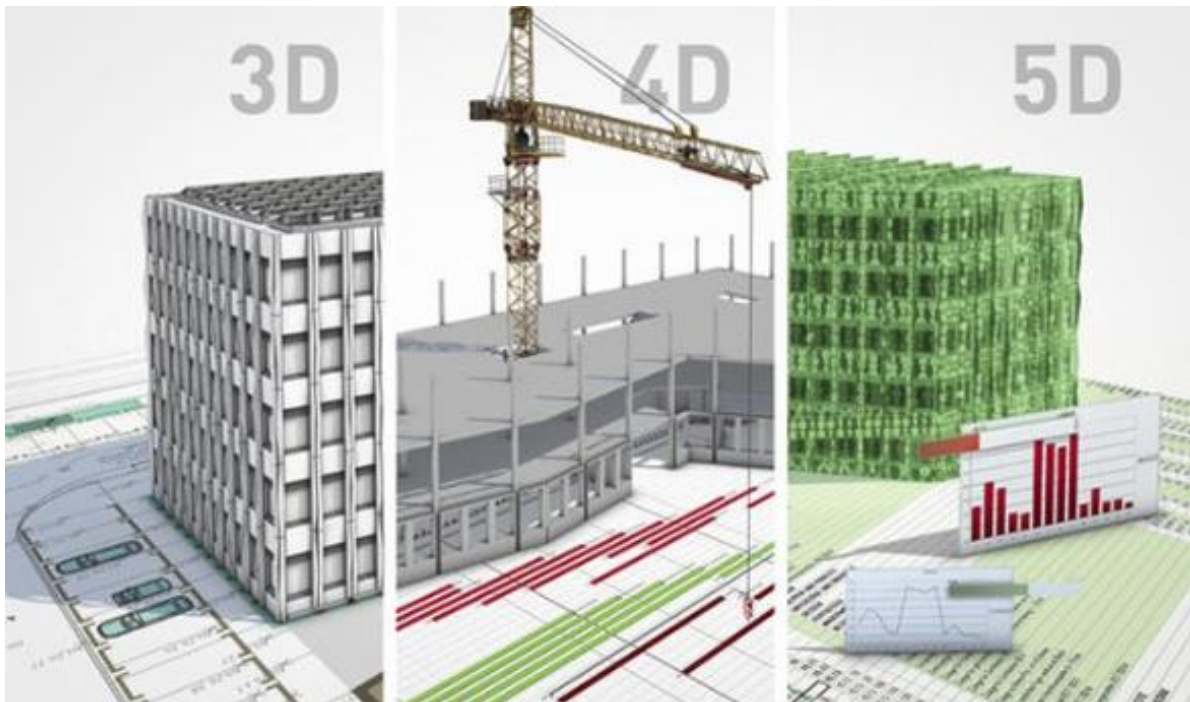
Εικόνα 4-9: Ροή Πληροφοριών BIM 5D για την διαμόρφωση ολοκληρωμένου προϋπολογισμού (VicoSoftware)

⁸² "BIM Quantity Takeoff Services", Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://www.truecadd.com/bim-quantity-take-off.php>

⁸³ Quantities based on Model Components π.χ πλακίδια πατώματος, Quantities derived from Model Components π.χ κόλλα για τα πλακίδια

Με αυτόν τον τρόπο, προσαρτώνται πληροφορίες ως προς τον χρόνο που απαιτείται για την ολοκλήρωση μιας εργασίας και το ακριβές κόστος αυτής, προσθέτοντας μια επιπλέον διάσταση στα οφέλη του Building Information Modelling: **5D = 3D + TIME SCHEDULE + COST**.

Η πρόβλεψη του συνολικού κόστους, αποκτά μεγαλύτερη αξία και εγκυρότητα με το BIM και επιπλέον προσφέρει την δυνατότητα στον ΚτΕ-πελάτη να ελέγχει την πορεία του έργου, αν οι στόχοι βρίσκονται ευθυγραμμισμένοι με τα παραδοτέα και τέλος να επικυρώνει το κόστος των εργασιών που έχουν ολοκληρωθεί.



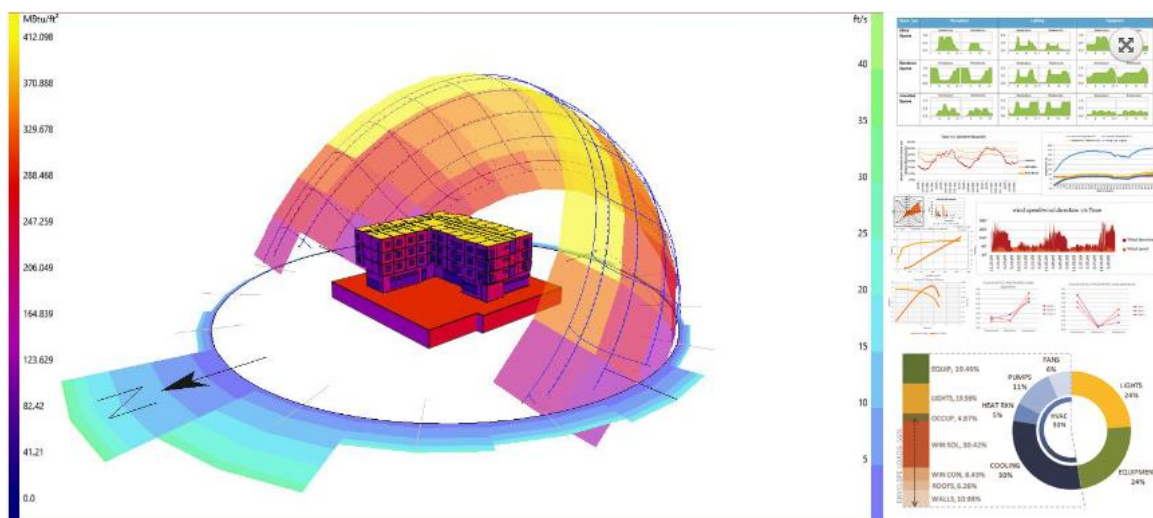
Εικόνα 4-10: BIM 5D = 3D + TIME SCHEDULE + COST (TEKLA)

4.3.4 BIM 6D: ΒΙΩΣΙΜΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

Η οικοδομική δραστηριότητα αντιστοιχεί στο 40% κατανάλωσης της συνολικής ενέργειας παγκοσμίως και στο 1/3 των εκπομπών CO₂ που ευθύνονται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Η συνειδητοποίηση αυτής της κατάστασης έχει οδηγήσει πολλές κυβερνήσεις ανά τον κόσμο να πάρουν προληπτικά, επανορθωτικά μέτρα. Ένα τέτοιο παράδειγμα αποτελεί και το 40-ετές πρόγραμμα της Γερμανίας, που έχει θέσει σαν στόχο την εφαρμογή νέων προτύπων και προδιαγραφών μόνωσης κτιρίων, με σκοπό να καταφέρει να μειώσει τις ενεργειακές απαιτήσεις για

θέρμανση αρχικά κατά 20% μέχρι το 2020 και κατά 80% μέχρι το 2050⁸⁴. Επιπλέον, μεγάλες οικονομίες παγκοσμίως, όπως της Ευρωπαϊκής Ένωσης και των ΗΠΑ, υιοθετούν στρατηγικές σχεδιασμού και κατασκευής υποδομών με σχεδόν μηδενική ενέργεια⁸⁵.

Η χρήση του BIM και η εκμετάλλευση των γεωχωρικών δεδομένων και τεχνολογιών κατά την διαδικασία σχεδιασμού, επιτρέπει την ανάλυση και προσομοίωση σε πραγματικό χρόνο, της ενεργειακής κατανάλωσης και απόδοσης μιας κατασκευής. Η ανάλυση ενεργειακής απόδοσης, επιτρέπει στους μηχανικούς την εξέταση και αξιολόγηση διαφόρων σεναρίων με σκοπό την βέλτιστη εξοικονόμηση ενέργειας και την κατασκευή περιβαλλοντικά «φιλικών» υποδομών, που ανταποκρίνονται σε πραγματικά κοινωνικό - οικονομικά δεδομένα.



Εικόνα 4-11: Sustainability Analysis Model (Hardin, B. και McCool, D., 2016)

ΠΡΑΣΙΝΟ BIM (GREEN BIM)

Η διαχείριση των εγκαταστάσεων (Facility Management) μέσα από το Πληροφοριακό μοντέλο απορρέει από την ανάγκη μείωσης του λειτουργικού κόστους για τον πελάτη, ενώ η ενεργειακή ανάλυση μέσα από το μοντέλο BIM αναδεικνύει τα ποιοτικά οφέλη που μπορεί να αποκομίσει ο ίδιος ο χρήστης και τα περιβαλλοντικά κέρδη που προκύπτουν από τις «πράσινες» κατασκευές⁸⁶.

Η έννοια του «Πράσινου BIM», ακολουθεί τις επιταγές του βιώσιμου σχεδιασμού και έχει σημαντικό ρόλο στην ενεργειακή ανάλυση και διερεύνηση μιας κατασκευής, ήδη από τα πρώτα

⁸⁴Zeiss, G. (2013), "Building on BIM – BIM Adoption Globally", Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://www.geospatialworld.net/article/building-on-bim/>

⁸⁵The Architecture 2030 (2030) program (www.architecture2030.org) states that all new residential buildings and all new commercial buildings shall be zero net energy by 2030

⁸⁶Hardin, B. και McCool, D. (2016), **BIM and Construction Management. Proven Tools, Methods, and Workflows**, Canada: WILEY, σ.74

βήματα της συνθετικής διαδικασίας. Στην πρώτη φάση της μελέτης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σχηματικά μοντέλα σε επίπεδο ανάπτυξης LOD 200, για να αναλυθεί η τοποθεσία του έργου, ο προσανατολισμός για την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας και η γεωμετρία του κτιρίου για την επίτευξη των μέγιστων πλεονεκτημάτων των παθητικών ενεργειακών συστημάτων για θέρμανση, φυσικό φωτισμό και φυσικό εξαερισμό. Όταν η αρχιτεκτονική σύνθεση ολοκληρωθεί, το Πληροφοριακό Μοντέλο εμπλουτίζεται με πληροφορίες που συμπεριλαμβάνουν τα μηχανολογικά και ηλεκτρολογικά συστήματα, τις ιδιότητες των δομικών στοιχείων και το είδος και τύπο υλικών, φτάνοντας το μοντέλο σε επίπεδο ανάπτυξης LOD 300 - LOD 350. Το «Πράσινο BIM» αφορά στην Μοντελοποίηση της ενεργειακής απόδοσης ενός βιώσιμου έργου, φιλικό προς το περιβάλλον, και την διαχείριση των δεδομένων του για την λήψη καλύτερων αποφάσεων σε όλο τον κύκλο ζωής του έργου. Οι πληροφορίες αυτές, συνδράμουν στην βελτίωση του σχεδιασμού και της ανάλυσης των συστημάτων που συμμετέχουν στην ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου, εξετάζοντας διάφορα σενάρια με την βοήθεια των εργαλείων του BIM.

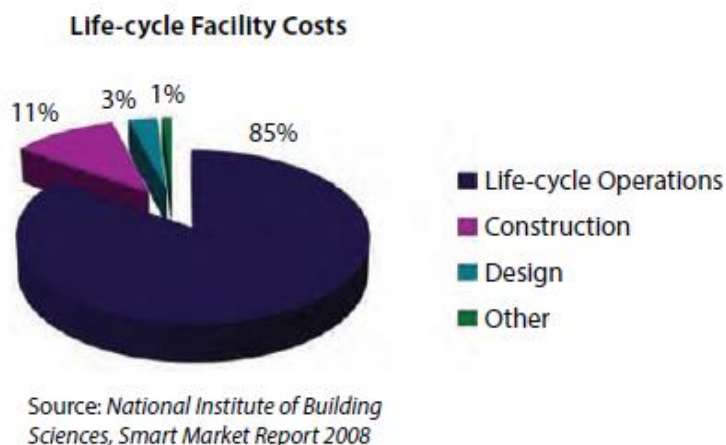
4.3.5 BIM 7D: ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ (OPERATIONS AND FACILITY MANAGEMENT)

One BIM = One Source of Information

Οι πληροφορίες που παρέχονται μέσα από την τεχνολογία του BIM αφορούν σε γραφικές και μη γραφικές πληροφορίες, ο συσχετισμός των οποίων, επιτρέπει την ομαλή διεκπεραίωση των εργασιών κατά την φάση της κατασκευής και την μετέπειτα διαχείριση και συντήρηση του έργου. Βασικός παράγοντας στην όλη διαδικασία και από την οποία εξαρτάται η «υπεραξία» του BIM, είναι η ακρίβεια των δεδομένων που εισάγονται και η ενημερότητα αυτών, ώστε να αντικατοπτρίζουν τις τελευταίες αλλαγές και την τελική κατάσταση των εγκαταστάσεων. Για τον λόγο αυτό, η διατήρηση και χρήση ενός αρχείου BIM μετά το πέρας της κατασκευής, ισοδυναμεί με την διατήρηση και συντήρηση της ίδιας της κατασκευής. Καθώς διάφορα τμήματα ή αντικείμενα της υποδομής ενδέχεται να αντικατασταθούν, να επισκευαστούν ή να καταργηθούν στον κύκλο ζωής του έργου, οι αλλαγές αυτές πρέπει να ενημερώνονται και στο αρχείο BIM ώστε να απεικονίζονται με ακρίβεια όλες οι πληροφορίες που το αφορούν και να παραμένει αξιόπιστη πηγή δεδομένων σε βάθος χρόνου. Ο χρήστης του αρχείου μπορεί να ανακτά τις σωστές πληροφορίες, χωρίς κόπο και περιττές καθυστερήσεις, όταν απαιτείται. Οι πληροφορίες αυτές μπορεί να αφορούν σε ένα νέο προμηθευτή ή την αντικατάσταση εξαρτημάτων ή ακόμα και ενός ολόκληρου συστήματος. Ένα κτίριο παραδείγματος χάριν, μπορεί να περιέχει εκατοντάδες διαφορετικούς λαμπτήρες που αντικαθίστανται συνεχώς καθ' όλη τη διάρκεια ζωής ενός κτιρίου. Το αντίστοιχο

αντικείμενο στο μοντέλο περιέχει πληροφορίες που αφορούν στον σειριακό αριθμό, τον κατασκευαστή, τις πληροφορίες εγγύησης, την ισχύ και όποια άλλη πληροφορία απαιτείται για την συντήρηση τους⁸⁷.

Η διαχείριση βάση μοντέλου εστιάζει στην εκμετάλλευση της βάσης δεδομένων του Πληροφοριακού Μοντέλου ώστε να επιτευχθεί μείωση του κόστους συντήρησης καθ' όλη την διάρκεια ζωής και λειτουργίας του έργου. Το κύριο μέλημα του κατασκευαστικού κλάδου εστιάζεται στο αρχικό κόστος κατασκευής και στην επένδυση κεφαλαίου και όχι στο μετέπειτα κόστος διαχείρισης και συντήρησης. Έρευνες υποδεικνύουν ότι το 20% του συνολικού κόστους μιας υποδομής, σε επίπεδο κύκλου ζωής, αφορά στον σχεδιασμό και την κατασκευή ενώ το υπόλοιπο 80% αφορά σε έξοδα λειτουργίας και συντήρησης. Αυτού του είδους η πληροφορία «as built», συνθέτει την 7^η διάσταση του BIM και δημιουργεί υπέρ-αξία για τον πελάτη.



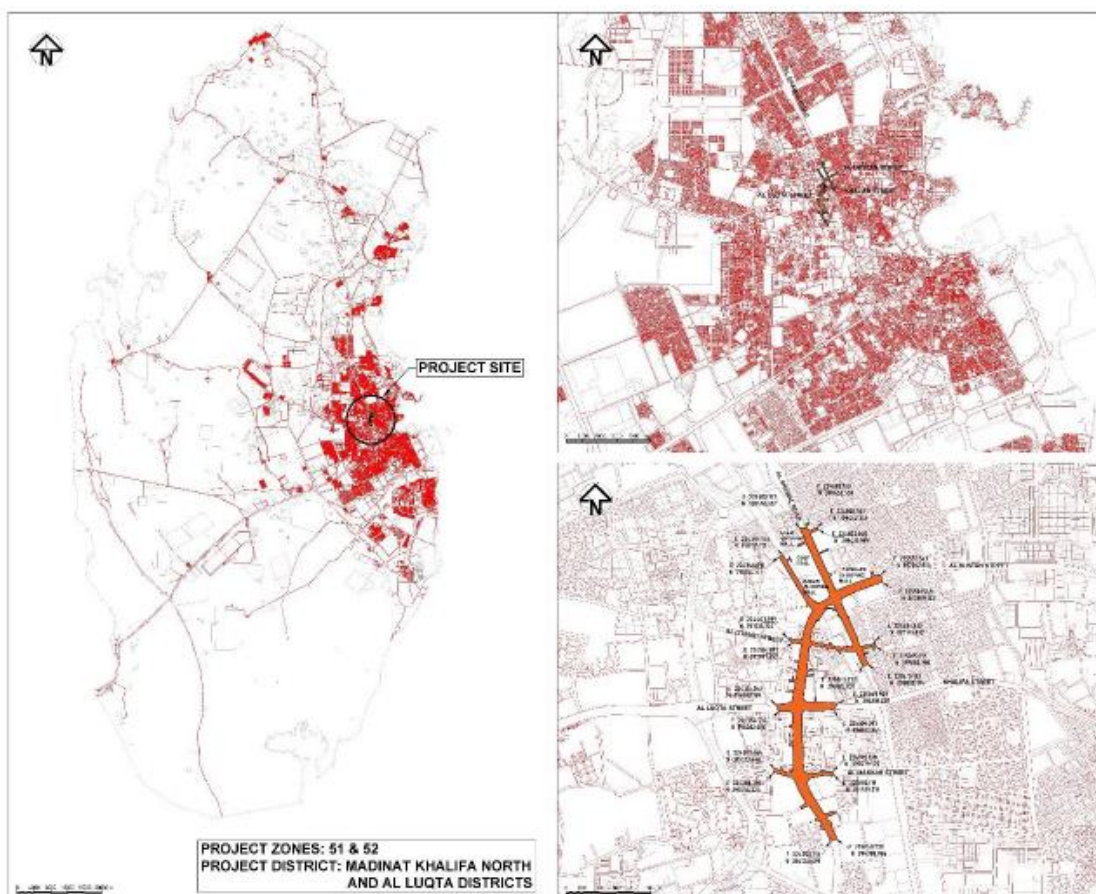
Διάγραμμα 4-1: Κόστος διαχείρισης και λειτουργίας στον κύκλο ζωής ενός έργου (NIBS, 2008)

⁸⁷Hardin, B. και McCool, D. (2016), *BIM and Construction Management. Proven Tools, Methods, and Workflows*, Canada: WILEY, σ.334

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ – AL BUSTAN ROAD WORK, QATAR

5.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ

Για την πραγματοποίηση της παρούσας μελέτης χρησιμοποιήθηκε Πληροφοριακό Μοντέλο Έργου από τον σχεδιασμό και την κατασκευή της νέας οδού ταχείας κυκλοφορίας στην πρωτεύουσα του Κατάρ, Ντόχα και στο οποίο συμμετείχα ενεργά ως BIM Engineer στα πλαίσια της επαγγελματικής μου δραστηριότητας. Η παρούσα εργασία αποτελεί συνοπτική παρουσίαση μέρους του έργου, με εφαρμογή της τεχνολογίας του Building Information Modelling. Το Al Bustan Street North Project (BSNP), αφορά την ανάπτυξη μήκους 3,6χλμ ταχείας κυκλοφορίας αυτοκινητόδρομου και την επέκταση της Al Markhiya Street ανατολικά της Al Shamal, με τέσσερις λωρίδες προς κάθε κατεύθυνση.



Εικόνα 5-1: Τοποθεσία Έργου - Project Layout (Προσωπικό αρχείο, ίδια επεξεργασία)

Το πεδίο εφαρμογής του έργου περιλαμβάνει πέντε κεντρικές αρτηρίες με ανισόπεδους κόμβους έως τεσσάρων επιπέδων, παράπλευρο οδικό δίκτυο και διασταυρώσεις δρόμων, γέφυρες και υπόγειες κατασκευές με σήραγγες και υπογειοποιήσεις, τοίχους αντιστήριξης, πεζοδρόμια καθώς και όλες τις σχετικές υποδομές που αφορούν στην διαμόρφωση του τοπίου, των δικτύων

αποχέτευσης και συλλογής όμβριων υδάτων, τις Τεχνολογίες Πληροφοριών και Τηλεπικοινωνιών (Information and Communication Technology, ICT) και λυιές ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις σχετικά με τον φωτισμό των δρόμων και τις φωτεινές σηματοδοτήσεις. Τέλος, στο Πληροφοριακό Μοντέλο, αναπαρίστανται πλήρως και η σήμανση της κυκλοφορίας με πληροφοριακές πινακίδες που θα τοποθετηθούν κατά την ολοκλήρωση του έργου. Το έργο σχεδιάστηκε και μελετήθηκε από την εταιρία ATKINS Design, Engineering and Project Management Consultancies, ενώ ο ανάδοχος κατασκευής είναι η κοινοπραξία μεταξύ της CCC και τοπικής κατασκευαστικής (aka Construction JointVenture CJV), με χρηματοδότηση από την Δημόσια Αρχή Έργων του Κατάρ, PWA Ashghal. Το συγκεκριμένο έργο, αναμένεται να εγκαινιαστεί τον Μάιο του 2021.

5.2 ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΣΤΑ ΠΛΑΙΣΙΑ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΤΟΥ BUILDING INFORMATION MODELLING

5.2.1 ΚΛΑΔΟΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Οι στόχοι που τέθηκαν εξ' αρχής στις Απαιτήσεις Πληροφοριών Εργοδότη⁸⁸ (EIR) αναφορικά με την ανάπτυξη 3D BIM Μοντέλων αφορούν στα εξής:

- Ανάπτυξη διεπιστημονικών και πλήρως συντονισμένων μοντέλων όλων των απαιτούμενων κλάδων
- Επίλυση συγκρούσεων για αποφυγή σχεδιαστικού και κατασκευαστικού ρίσκου
- Εξαγωγή 2D σχεδίων (Shop – Drawings) από τα Πληροφοριακά Μοντέλα Έργου
- Παράδοση τελικών μοντέλων και σχεδίων (as-built) σε καθορισμένη μορφή προτύπου

Η στρατηγική που χρησιμοποιείται είναι η υιοθέτηση του BIM ως εργαλείο για τη διευκόλυνση του σχεδιασμού και της κατασκευής του έργου και τα μοντέλα που θα δημιουργούνται θα μπορούν να συμπεριλάβουν όλες τις δραστηριότητες που σχετίζονται άμεσα ή έμμεσα με το σχεδιασμό, την κατασκευή και την τεκμηρίωση του έργου.

⁸⁸Οι Απαιτήσεις Πληροφοριών Εργοδότη (EIR), καθορίζουν τον τύπο και είδος πληροφοριών που απαιτούνται από τον εργοδότη – πελάτη του έργου, σε συνδυασμό με τις ανάγκες των προμηθευτών, για την επιτυχή και ολοκληρωμένη ανάπτυξη και λειτουργία ενός έργου. Οι απαιτήσεις πληροφοριών του εργοδότη περιλαμβάνονται σε νομικά έγγραφα και συμβόλαια που αφορούν στην ανάθεση εργασιών, εργολάβους, συμβούλους, και ούτω καθεξής.

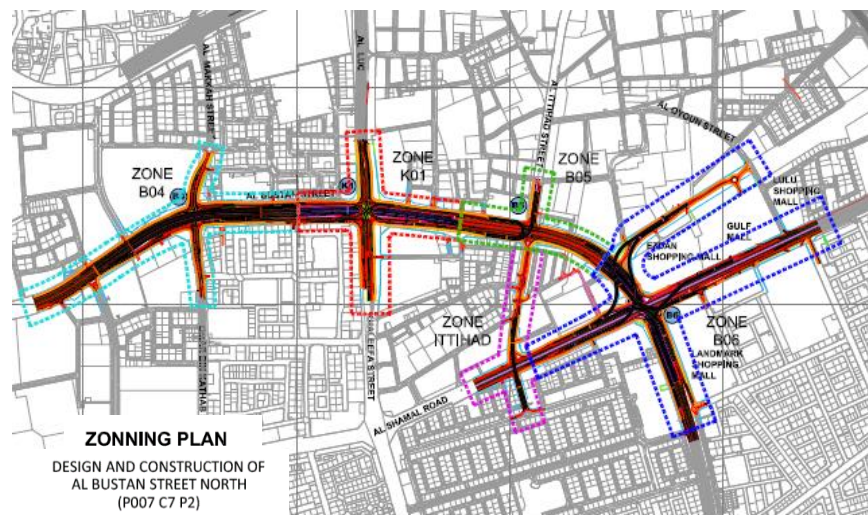
BIM Wiki (2019), "Employer's information requirements EIR", Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο:https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Employer%27s_information_requirements_EIR,

Οι κλάδοι ανάπτυξης είναι οι ακόλουθοι:

- Στατικό Μοντέλο Υπέργειων και Υπόγειων Κατασκευών Οπλισμένου Σκυροδέματος (Civil and Structural Works)
- Στατικό Μοντέλο Μεταλλικών Κατασκευών (Structural Steel)
- Αρχιτεκτονικό Μοντέλο
- Μοντέλο Ηλεκτρολογικού Δικτύου
- Μοντέλο Συστημάτων οδικού φωτισμού (Lighting System For Roads)
- Μοντέλο Συστημάτων Τεχνολογιών Πληροφοριών και Τηλεπικοινωνιών (Information and Communication Technology, ICT)
- Μοντέλο Δικτύου χαμηλής τάσεις (Extra Low Voltage)
- Μοντέλο Δικτύου Αποχέτευσης (Wet Utilities Foul Water)
- Μοντέλο Δικτύου Συλλογής Όμβριων Υδάτων (Wet Utilities Storm Water)
- Μοντέλο Δικτύου Πόσιμου Νερού (Wet Utilities Potable Water)
- Μοντέλο Δικτύου Άρδευσης (Wet Utilities Irrigation Water)
- Μοντέλο Δικτύου Πυρόσβεσης (Wet Utilities Firefight Water)
- Μοντέλο Σήμανσης Κυκλοφορίας (Civil Road Signage)

Οι παραπάνω κλάδοι θα αναπτυχθούν και για τις πέντε κεντρικές αρτηρίες και συγκεκριμένα για τις ζώνες:

- Junction B4
- Junction K1
- Junction B5
- Junction ITTIHAD
- Junction B6



Εικόνα 5-2: Zoning Plan (Προσωπικό αρχείο, ίδια επεξεργασία)

5.2.2 ΕΠΙΠΕΔΟ ΩΡΙΜΟΤΗΤΑΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ BIM

Το επιθυμητό επίπεδο ενσωμάτωσης του Building Information Modelling για την εκτέλεση του έργου, είναι το Επίπεδο Ωριμότητας 2. Αυτό συνεπάγεται ότι όλες οι πληροφορίες σχεδιασμού και κατασκευής θα μοντελοποιηθούν σε ξεχωριστά υπό-μοντέλα διαφορετικών κλάδων (πχ στατικό, αρχιτεκτονικό, μοντέλο δικτύων), τα οποία θα καταρτίσουν ένα «ομοσπονδιακό» σύνθετο μοντέλο, χωρίς να ενοποιείται η πληροφορία, για την μετέπειτα ανάλυση και συντονισμό.

Τα επιμέρους μοντέλα αναπτύσσονται σε επίπεδο διαστάσεων BIM 3D, 4D και 5D. Λόγω του ότι το έργο δεν έχει ολοκληρωθεί, τα «as-built» δεδομένα, σε Επίπεδο Ανάπτυξης Πληροφορίας LOD 500, δεν είναι διαθέσιμα για την εξέταση του BIM 7D.

Τα 3D μοντέλα αφορούν στην παραμετρική μοντελοποίηση των παρακάτω αντικειμένων:

ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΟΙ

ΦΥΣΙΚΟ ΕΔΑΦΟΣ - ΠΡΑΝΕΣ

ΕΚΣΚΑΦΕΣ

ΔΡΟΜΟΙ

ΠΕΖΟΔΡΟΜΙΑ

ΠΕΡΙΦΡΑΞΕΙΣ

ΝΗΣΙΔΕΣ ΕΞΟΔΟΥ

ΥΠΟΝΟΜΟΙ

ΣΗΜΑΝΣΗ ΔΡΟΜΩΝ

ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

ΓΕΦΥΡΕΣ

ΣΗΡΑΓΓΕΣ

ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ

ΤΟΙΧΟΙ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ

ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

ΠΥΛΩΝΕΣ ΟΔΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΚΑΙ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΥΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΕΙΣ

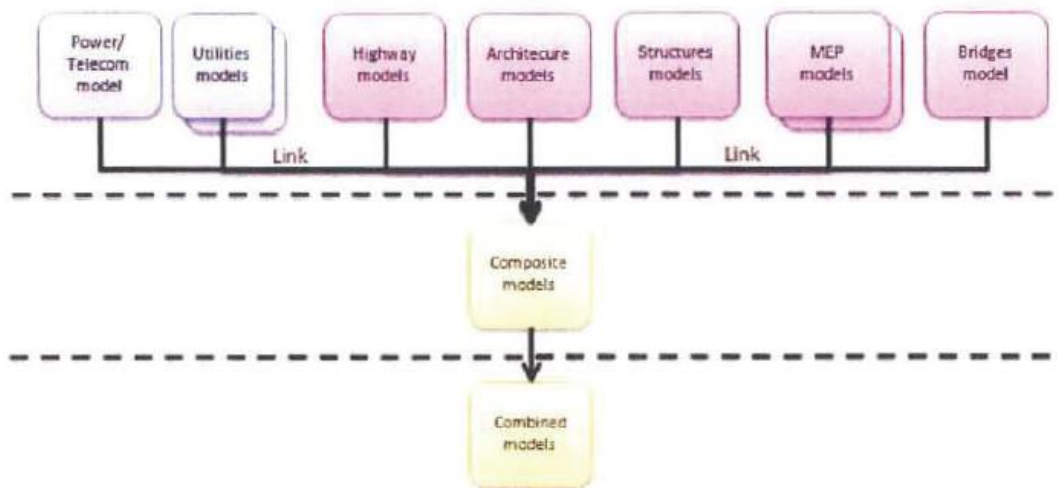
ΔΙΚΤΥΑ ΚΑΙ ΚΑΛΩΔΙΩΣΕΙΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΔΙΚΤΥΑ

ΔΙΚΤΥΟ ΚΑΙ ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

ΔΙΚΤΥΟ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

ΔΙΚΤΥΟ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ



Διάγραμμα 5-1: Υπό-Μοντέλα διαφορετικών κλάδων συνθέτουν ένα «ομοσπονδιακό» μοντέλο.
(Προσωπικό αρχείο, ιδία επεξεργασία)

Τα παραπάνω αντικείμενα αναπτύσσονται στο απαιτούμενο, από τον πελάτη, Επίπεδο Ανάπτυξης Πληροφορίας (LOD), ώστε να συνδεθούν με πακέτα εργασιών (activities) για την μελέτη χρονικού προγραμματισμού (BIM 4D) και την αυτόματη εξαγωγή των ποσοτήτων (Material Take-Off, BIM 5D).

5.2.3 ΕΠΙΠΕΔΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ (LOD)

Ο σχεδιασμός θα αναπτυχθεί προοδευτικά στα στάδια του έργου. Το Επίπεδο Ανάπτυξης Πληροφορίας των γραφικών (Μοντέλα) και μη γραφικών δεδομένων, θα γίνει αρχικά σε LOD 300 και θα φέρουν ακριβείς ιδιότητες γεωμετρίας, ποσοτήτων, μεγεθών, θέσης και γεωγραφικού προσδιορισμού. Στόχος είναι να εξασφαλιστεί ότι η κατασκευή μπορεί να ολοκληρωθεί με τις ελάχιστες δυνατές αποκλίσεις από τις πληροφορίες που έχουν αναπτυχθεί, ώστε να φτάσει κατά την ολοκλήρωσή του, σε LOD 500 («as-built»). Αλλαγές που προκύπτουν κατά την διάρκεια της εκτέλεσης του έργου θα μεταφέρονται στο αντίστοιχο Πληροφοριακό Μοντέλο Έργου και από εκεί θα ενημερώνονται αυτομάτως τα χρονοδιαγράμματα και οι κοστολογήσεις.

Επιπλέον, για την επιτυχή ένταξη και ολοκλήρωση του νέου οδικού δικτύου, έγινε η μοντελοποίηση της υφιστάμενης υποδομής και των συστημάτων, σε LOD 200. Τα μοντέλα αυτά θα παρέχουν πληροφορίες γενικής γεωμετρίας, μεγέθους, θέσης και προσανατολισμού, ώστε να εξυπηρετήσουν την εναρμόνιση της υπάρχουσας με την μέλλουσα κατασκευή.

5.2.4 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ - ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ

Ο σχεδιασμός και η κατασκευή του έργου θα πραγματοποιηθεί με την βοήθεια 3D λογισμικών, που υποστηρίζουν την ανάπτυξη πλούσιων σε πληροφορίες μοντέλων. Οι εφαρμογές 3D, που βρίσκονται στον πυρήνα της διαδικασίας μοντελοποίησης, είναι τα εργαλεία Civil 3d της Autodesk, το AECOsim building design Suite και το OpenRoads της Bentley. Τα εργαλεία ελέγχου, ανάλυσης και συντονισμού που εφαρμόζονται για τη μελέτη των διαθέσιμων πληροφοριών είναι το AECOsim building design Suite και το Navisworks της Autodesk. Τα λογισμικά Civil 3d και AutoCad της Autodesk χρησιμοποιήθηκαν για την επεξεργασία των σχεδίων, ενώ η υλοποίηση του χρονοδιαγράμματος παρουσιάζεται μέσα από το Navisworks της Autodesk.

Επιπλέον, όλες οι πληροφορίες του έργου αποθηκεύονται σε ένα κοινό περιβάλλον δεδομένων (CDE) που επιτρέπει την αποτελεσματική και ακριβή κοινή χρήση των πληροφοριών μεταξύ όλων των μελών της ομάδας του έργου. Το CDE επιτρέπει στις διεπιστημονικές ομάδες σχεδιασμού να συνεργαστούν σε ένα ελεγχόμενο περιβάλλον, όπου η ανάπτυξη των δεδομένων ακολουθεί την πορεία σχεδιασμού, κατασκευής και λειτουργίας.

5.3 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΕΡΓΟΥ ΣΕ 3D

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας θα παρουσιαστεί η μεθοδολογία ανάπτυξης ενός τμήματος του Al Bustan Street North Project (BSNP) και συγκεκριμένα της αρτηρίας B4 με ανάπτυξη γέφυρας μήκους 764μ.

5.3.1 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Το πρώτο βήμα προς την παράδοση έργου με βάση το BIM αρχίζει με την ανάπτυξη διεπιστημονικών μοντέλων που ακολουθούν ορισμένους κανονισμούς μοντελοποίησης για να εξασφαλίσουν την άψογη ανταλλαγή δεδομένων. Τα παραμετρικά αντικείμενα που δημιουργήθηκαν στις πλατφόρμες της Bentley, AECOsim building design suite και OpenRoads, περιέχουν μη γραφικές πληροφορίες που ορίζουν εξ' αρχής τις κατηγορίες στις οποίες θα υπάγεται το κάθε αντικείμενο (Family) και τον τύπο του αντικειμένου (Part). Για παράδειγμα, τα τοιχώματα (Pier), τα εφέδρανα (Pier Bearings) και οι θεμελιώσεις τους (Pier Foundations), υπάγονται στην ίδια οικογένεια (Family): **BSNP-B04-STRUCTURE-BRIDGES** αλλά σε διαφορετικές υποκατηγορίες (Part) ανάλογα με την ιδιότητα τους, όπως φαίνεται και στον πίνακα 5-1.

Family	Part	Description3	Level	Component	Formula
BSNP-B04-STRUCTURE-BRIDGES	BLIND-100mm	plain concrete f'c=24 Mpa, Blinding bed 100mm Thick_FREE FORM	S-PR-BLINDING	G3/3.3/01-B04-T-001	VOL
BSNP-B04-STRUCTURE-BRIDGES	BLIND-100mm	plain concrete f'c=24 Mpa, Blinding bed 100mm Thick_FREE FORM	S-PR-BLINDING	G3/3.3/01-B04-T-018	SA-(SB+ST)
BSNP-B04-STRUCTURE-BRIDGES	Abutment-Footing	Reinforcement concrete f'c=32 Mpa, Abutment-Footing_FREE FORM	S_PR_Abutment_FOOTING	G3/3.3/01-B04-T-002	VOL
BSNP-B04-STRUCTURE-BRIDGES	Abutment-Footing	Reinforcement concrete f'c=32 Mpa, Abutment-Footing_FREE FORM	S_PR_Abutment_FOOTING	G3/3.3/01-B04-T-019	SA-(SB+ST)
BSNP-B04-STRUCTURE-BRIDGES	Pier-Footing	Reinforcement concrete f'c=32 Mpa, Pier-Footing_FREE FORM	S_PR_PIER_FOOTING	G3/3.3/01-B04-T-002	VOL
BSNP-B04-STRUCTURE-BRIDGES	Pier-Footing	Reinforcement concrete f'c=32 Mpa, Pier-Footing_FREE FORM	S_PR_PIER_FOOTING	G3/3.3/01-B04-T-019	SA-(SB+ST)
BSNP-B04-STRUCTURE-BRIDGES	Abutment-Column	Reinforcement concrete f'c=32 Mpa, Abutment-Column_FREE FORM	S_PR_ABUTMENT_COLUMN	G3/3.3/01-B04-T-003	VOL
BSNP-B04-STRUCTURE-BRIDGES	Abutment-Column	Reinforcement concrete f'c=32 Mpa, Abutment-Column_FREE FORM	S_PR_ABUTMENT_COLUMN	G3/3.3/01-B04-T-017	SA-(SB+ST)
BSNP-B04-STRUCTURE-BRIDGES	Pier-Column	Reinforcement concrete f'c=32 Mpa, Pier-Column_FREE FORM	S_PR_PIER_COLUMN	G3/3.3/01-B04-T-003	VOL
BSNP-B04-STRUCTURE-BRIDGES	Pier-Column	Reinforcement concrete f'c=32 Mpa, Pier-Column_FREE FORM	S_PR_PIER_COLUMN	G3/3.3/01-B04-T-017	SA-(SB+ST)
BSNP-B04-STRUCTURE-BRIDGES	PIER PILECAP	Reinforcement concrete f'c=32 Mpa, PIER PILECAP_FREE FORM	S_PR_PIER_PILECAP	G3/3.3/01-B04-T-025	VOL
BSNP-B04-STRUCTURE-BRIDGES	PIER PILECAP	Reinforcement concrete f'c=32 Mpa, PIER PILECAP_FREE FORM	S_PR_PIER_PILECAP	G3/3.3/01-B04-T-026	SA-(SB+ST)
BSNP-B04-STRUCTURE-BRIDGES	Pile-Pier	Reinforcement concrete f'c=32 Mpa, Pile-Pier_FREE FORM	S_PR_PIER_PILE	G3/3.3/01-B04-T-027	VOL
BSNP-B04-STRUCTURE-BRIDGES	CURTAIN-WALL	Reinforcement concrete f'c=32 Mpa, CURTAIN WALL, At Abutment Sides	S_PR_CURTAIN-WALL	G3/3.3/01-B04-T-006	VOL
BSNP-B04-STRUCTURE-BRIDGES	CURTAIN-WALL	Reinforcement concrete f'c=32 Mpa, CURTAIN WALL, At Abutment Sides	S_PR_CURTAIN-WALL	G3/3.3/01-B04-T-022	SR+SL
BSNP-B04-STRUCTURE-BRIDGES	ABUTMENT-GIRDER	Reinforcement concrete f'c=32 Mpa, ABUTMENT-GIRDER_FREE FORM	S_PR_ABUTMENT	G3/3.3/01-B04-T-007	VOL
BSNP-B04-STRUCTURE-BRIDGES	ABUTMENT-GIRDER	Reinforcement concrete f'c=32 Mpa, ABUTMENT-GIRDER_FREE FORM	S_PR_ABUTMENT	G3/3.3/01-B04-T-023	SA-(SB+ST)
BSNP-B04-STRUCTURE-BRIDGES	Bearing-Pier	Bearing-Pier_FREE FORM	S_PR_PIER_BEARING	G3/3.3/01-B04-T-010	VOL
BSNP-B04-STRUCTURE-BRIDGES	Bearing-Pier	Bearing-Pier_FREE FORM	S_PR_PIER_BEARING	G3/3.3/01-B04-T-028	1
BSNP-B04-STRUCTURE-BRIDGES	Bearing-Abutment	Bearing-Abutment_FREE FORM	S_PR_ABUTMENT_BEARING	G3/3.3/01-B04-T-010	VOL
BSNP-B04-STRUCTURE-BRIDGES	Bearing-Abutment	Bearing-Abutment_FREE FORM	S_PR_ABUTMENT_BEARING	G3/3.3/01-B04-T-028	1
BSNP-B04-STRUCTURE-BRIDGES	PROTECTION-BOARD	VERTICAL PROTECTION BOARD_LINEAR FORM	S_PR_PROTECTION-BOARD	G3/3.3/01-B04-T-013	SR
BSNP-B04-STRUCTURE-BRIDGES	PROTECTION-SCREED 50 THK. Sand/cement protection screed	PROTECTION-SCREED_LINEAR FORM	S_PR_PROTECTION-SCREED	G3/3.3/01-B04-T-014	SA/2
BSNP-B04-STRUCTURE-BRIDGES	COMPRESSIBLE-FILLER 100 THK. COMPRESSIBLE FILLER	COMPRESSIBLE FILLER_LINEAR FORM	S_PR_COMPRESSIBLE-FILLER-100MM	G3/3.3/01-B04-T-015	LC

Πίνακας 5-1: Library Family σε .xml μορφή

Οι πληροφορίες αυτές αρχειοθετούνται σε βιβλιοθήκες τύπου αρχείου .xml και σε κάθε τύπο αντικείμενου (Part) αναλογεί η αντίστοιχη φόρμουλα επιμετρήσεως, το αντίστοιχο υλικό (Component) και το κόστος ανά μονάδα μετρήσεως, που θα χρησιμοποιηθεί σε δεύτερη φάση για την αυτόματη εξαγωγή των ποσοτήτων.

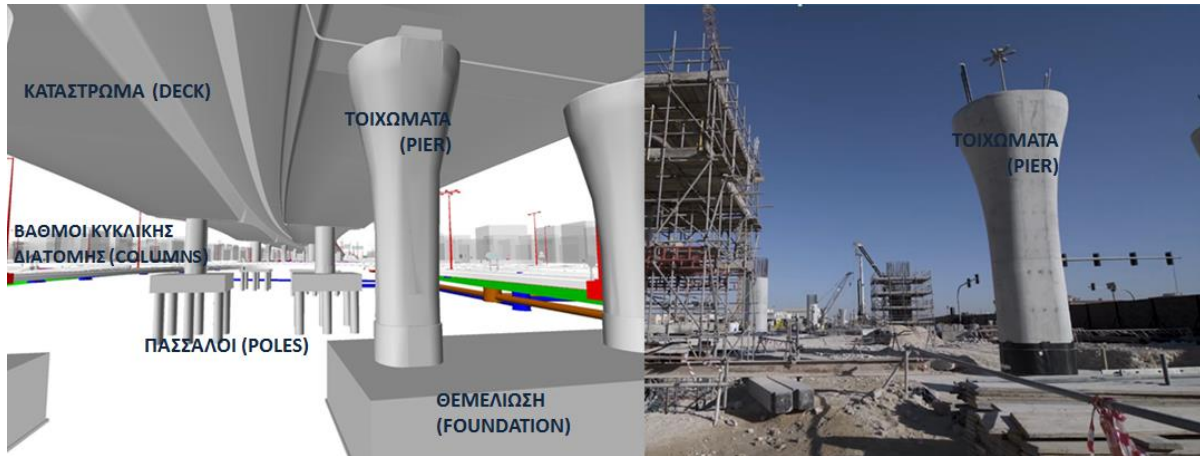
Family	Part	Component	Formula
BSNP-B04-STRUCTURE-BRIDGES	Pier-Footing	G3/3.3/01-B04-T-002	VOL
BSNP-B04-STRUCTURE-BRIDGES	Pier-Column	G3/3.3/01-B04-T-003	VOL
BSNP-B04-STRUCTURE-BRIDGES	Bearing-Pier	G3/3.3/01-B04-T-010	VOL

ΒΗΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ

Τα παραμετρικά αντικείμενα, δημιουργήθηκαν από διάφορες πλατφόρμες. Οι μεταλλικές στατικές κατασκευές μοντελοποιήθηκαν με την βοήθεια του Civil 3d της Autodesk, το AECOSim Building Design Suite χρησιμοποιήθηκε για τα στατικά μοντέλα οπλισμένου σκυροδέματος (κολώνες, τοιχώματα, εφέδρανα, θεμελιώσεις, κλπ) και το Power InRoads της Bentley για την μοντελοποίηση του καταστρώματος⁸⁹. Οι υδρολογικές, μηχανολογικές και ηλεκτρολογικές μελέτες πραγματοποιήθηκαν με την αντίστοιχη σουίτα του AECOSim Building Design όπως και οι κατακόρυφες σημάνσεις των αυτοκινητόδρομων.

⁸⁹ Κατάστρωμα: το σύνολο του οδοστρώματος και των ερεισμάτων

Στα πλαίσια αυτής της εργασίας, θα εξεταστούν τα βήματα για την κατασκευή του καταστρώματος της αρτηρίας Β4 (Junction Β4), μέσα από το λογισμικό του OpenRoads. Πρόκειται για ένα σύνθετο τεχνικό έργο κατασκευής γέφυρας στηριζόμενη σε τοιχώματα (Piers), βαθμούς κυκλικής διατομής (Columns) και ακρόβαθρα (Abutment).



ΣΤΙΓΜΙΟΤΥΠΟ ΑΠΟ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

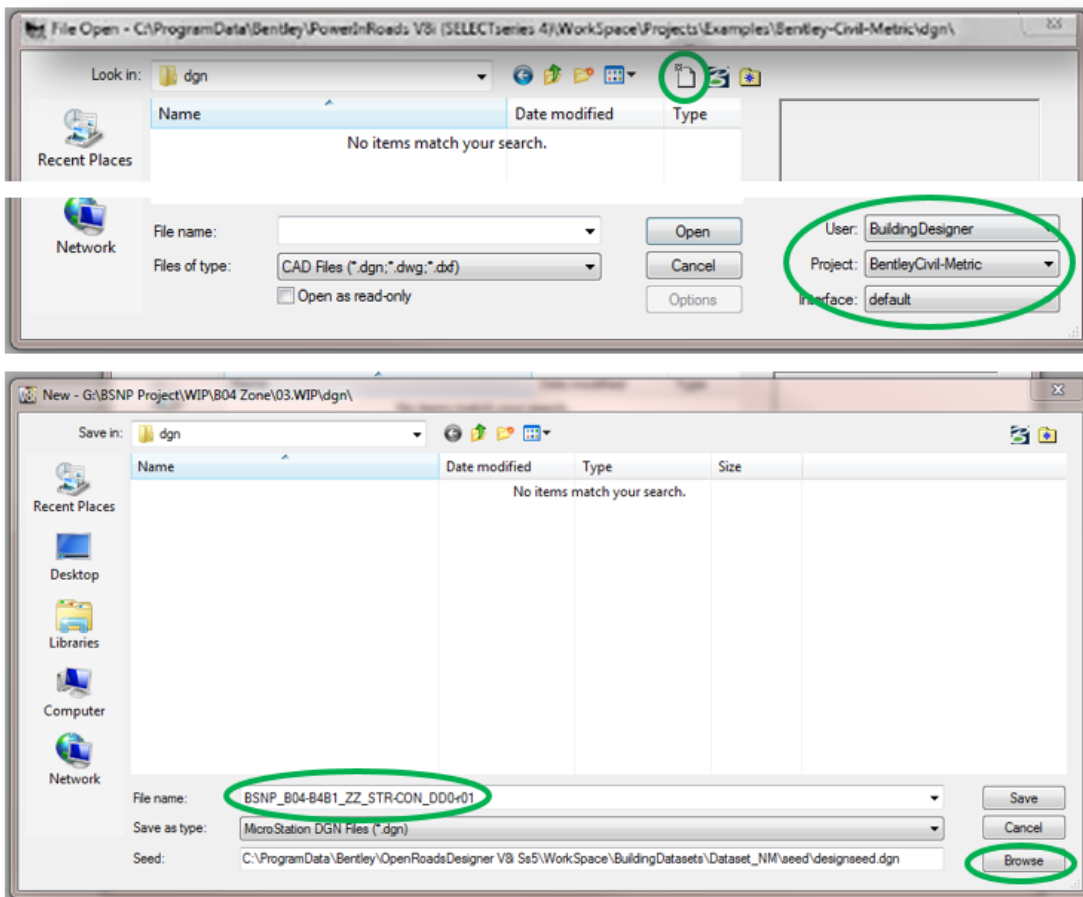
ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΑΠΟ ΤΟ ΕΡΓΟΤΑΞΙΟ

Εικόνα 5-3: Στιγμιότυπο μέσα από το μοντέλο και φωτογραφία εργοταξίου (Προσωπικό αρχείο, ιδία επεξεργασία)

Η συγκεκριμένη γέφυρα αποσκοπεί στο να ενισχύσει τις χερσαίες μεταφορικές υποδομές της ευρύτερης περιοχής και να αποσυμφορήσει την έντονη κίνηση σε μια κεντρική αστική ζώνη της Ντόχα, με έντονο εμπορικό χαρακτήρα.

Για την μοντελοποίηση του καταστρώματος χρησιμοποιήθηκαν η στατική μελέτη, η μελέτη χάραξης και η οριζοντιογραφία οδού καθώς και διατομές ανά 50μ. οδοποιίας ή και λιγότερο αναλόγως με την γεωμετρία της κάτοψης.

Αρχικά, επιλέγουμε τον χώρο εργασίας και δημιουργούμε νέο αρχείο που ακολουθεί τα πρότυπα του έργου (OpenRoads BentleyCivil -Metric):

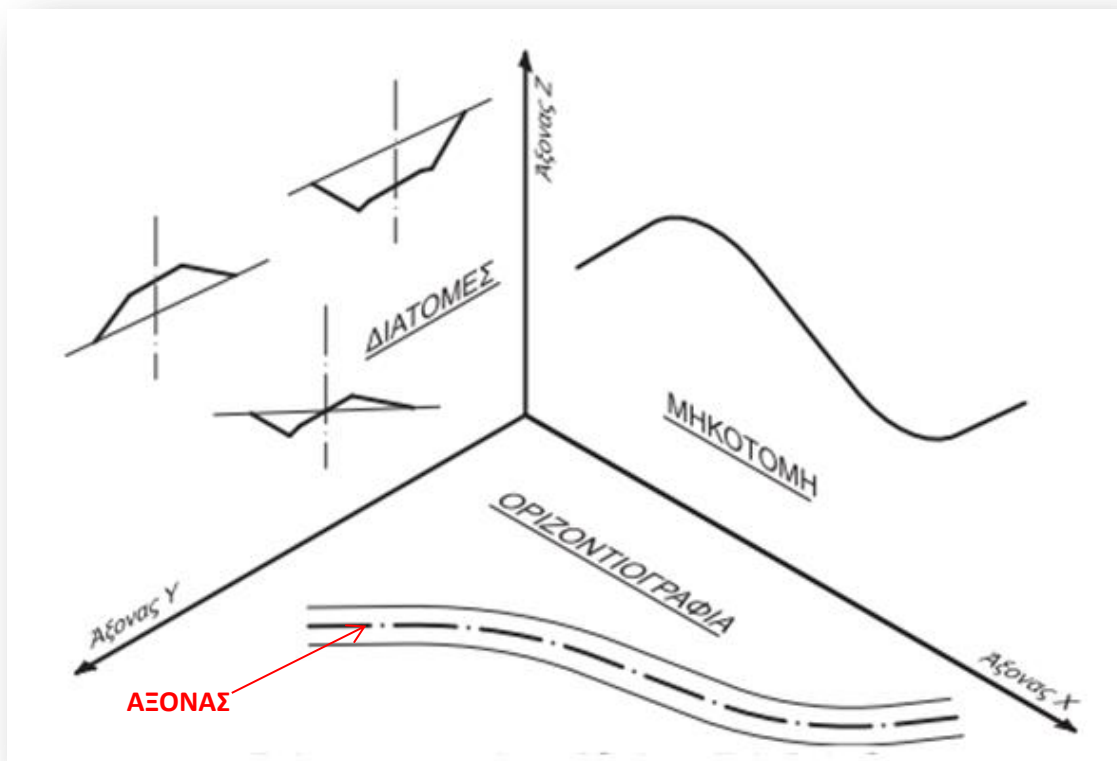


Εικόνα 5-4: Στιγμιότυπο μέσα από το πρόγραμμα

Τα επόμενα βήματα περιλαμβάνουν:

- Την μοντελοποίηση της οριζοντιογραφίας και μηκοτομής (3D Alignment Geometry)
- Την μοντελοποίηση των διατομών (Cross-section Template)
- Την μοντελοποίηση του καταστρώματος (Deck Corridor)

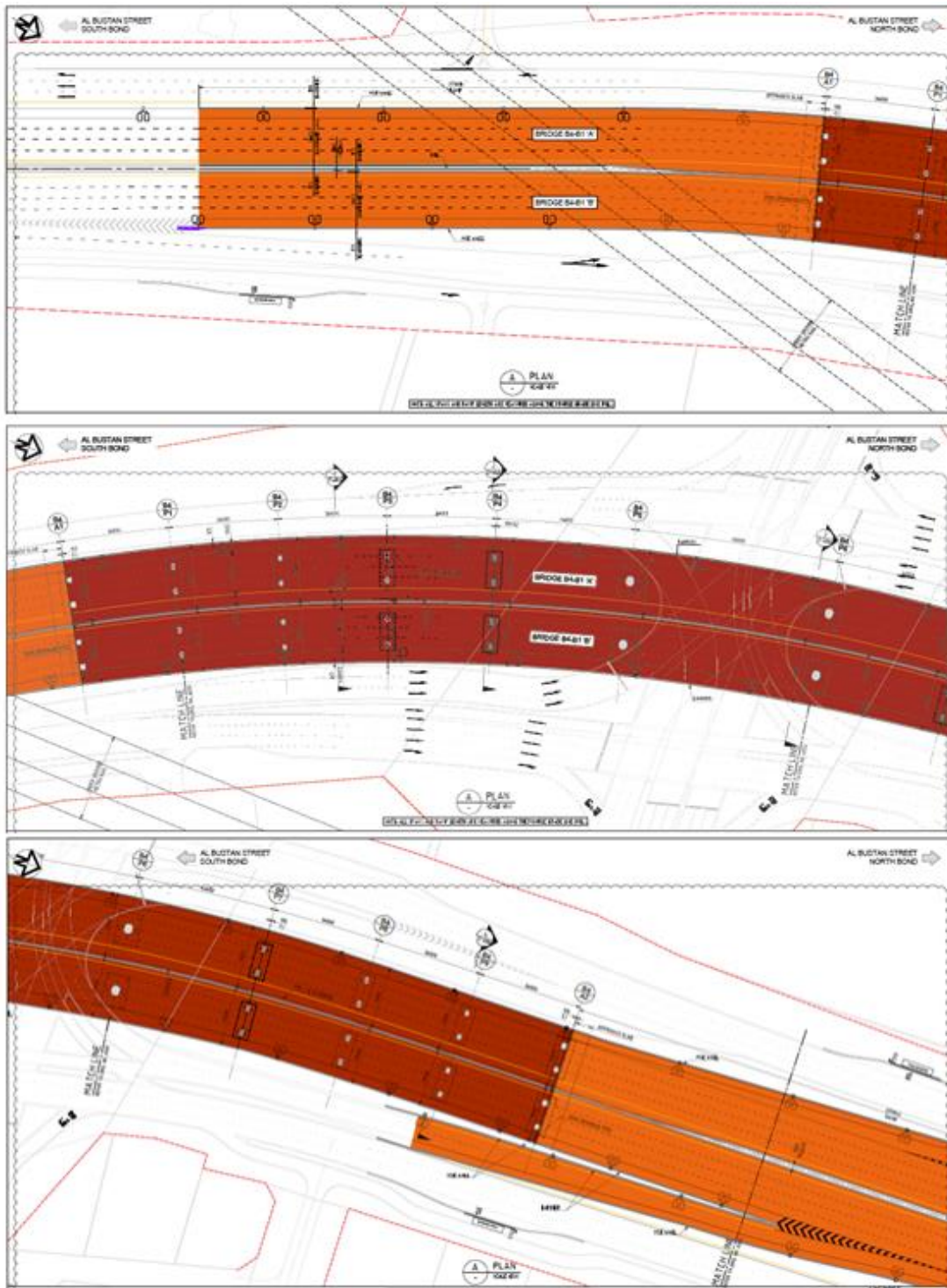
Για να μπορέσουμε να απεικονίσουμε σε 3D μοντέλο την γεωμετρία της γέφυρας, χρησιμοποιούμε τις προβολές της οδού στα 3 επί μέρους επίπεδα, δηλαδή την Οριζοντιογραφία (XY), την Μηκοτομή (XZ) και τις διατομές του καταστρώματος (YZ).



Εικόνα 5-5: Επεξηγηματικό σχεδιάγραμμα προβολών οδού (Αποστολέρης Αναστάσιος Ι., 2015)

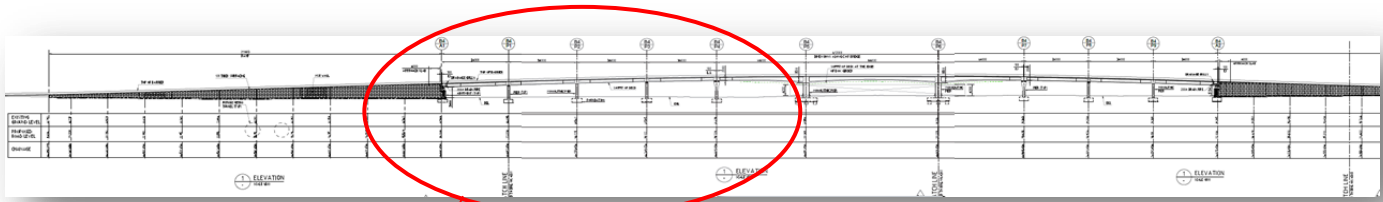
Το 3D Alignment (Horizontal & Vertical Alignment), αφορά την κατακόρυφη προβολή του καταστρώματος της γέφυρας στο οριζόντιο επίπεδο (Οριζοντιογραφία) και την πλάγια προβολή της στο κατακόρυφο επίπεδο (Μηκοτομή). Επειδή το κατάστρωμα σε κάτοψη, αποτελείται από αλληλουχία ευθύγραμμων και καμπύλων τμημάτων, το πρώτο βήμα είναι να μοντελοποιήσουμε τον άξονα του καταστρώματος που θεωρητικά βρίσκεται στο μέσο, μεταξύ της δεξιάς και της αριστερής οριογραμμής. Για την ώρα δεν θα μας απασχολήσει το πλάτος και η μορφολογία του καταστρώματος. Έπειτα θα συνδέσουμε τον άξονα του καταστρώματος με την Μηκοτομή, που αποτελεί την προβολή του άξονα στο κατακόρυφο επίπεδο (επίπεδο XZ), ώστε να πάρουμε τα τελικά ύψη του δρόμου κατά μήκος του άξονα. Τα υψόμετρα αυτά, υποδεικνύουν πάλι μια αλληλουχία ευθύγραμμων και καμπύλων τμημάτων που στην περίπτωση αυτή αφορούν σε ανηφόρες και κατηφόρες.

Για την μοντελοποίηση του 3D Alignment λοιπόν θα χρησιμοποιηθούν τα εξής σχέδια για την Οριζοντιογραφία:



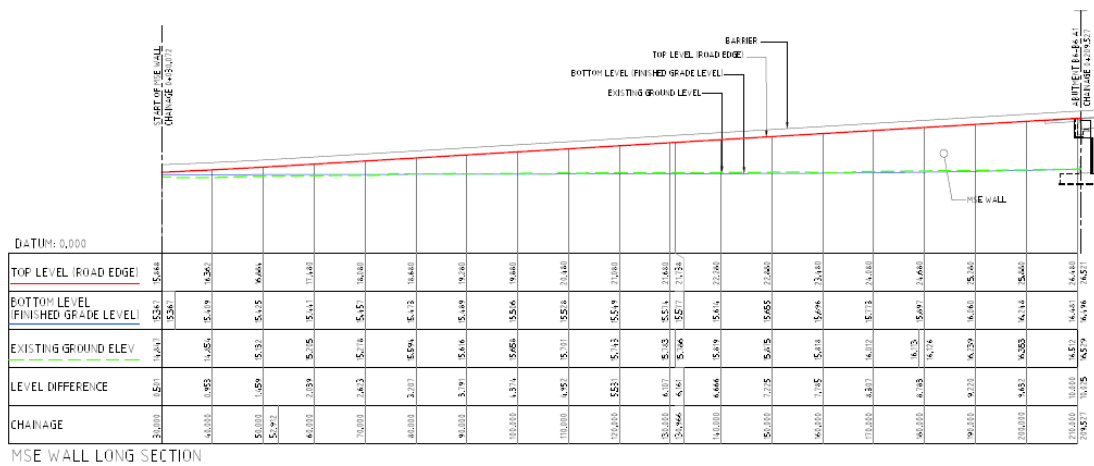
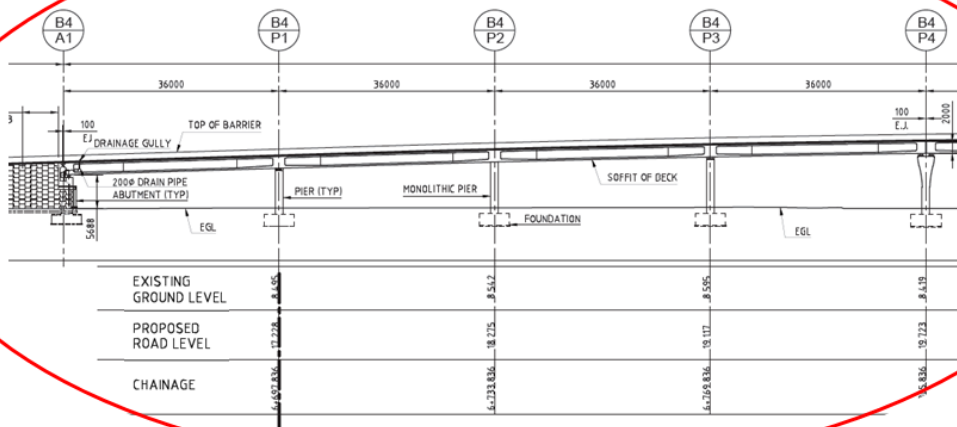
Σχέδιο 5- 1: Σχέδια κάτοψης – Οριζοντιογραφία ((Προσωπικό αρχείο, ίδια επεξεργασία)

Και οι Μηκοτομές κατά μήκος του άξονα:



Σχέδιο 5- 2: Μηκοτομή - Ανάπτυγμα της προβολής του άξονα σε κατακόρυφο επίπεδο (Προσωπικό αρχείο, ιδία επεξεργασία)

Λεπτομέρεια Μηκοτομής

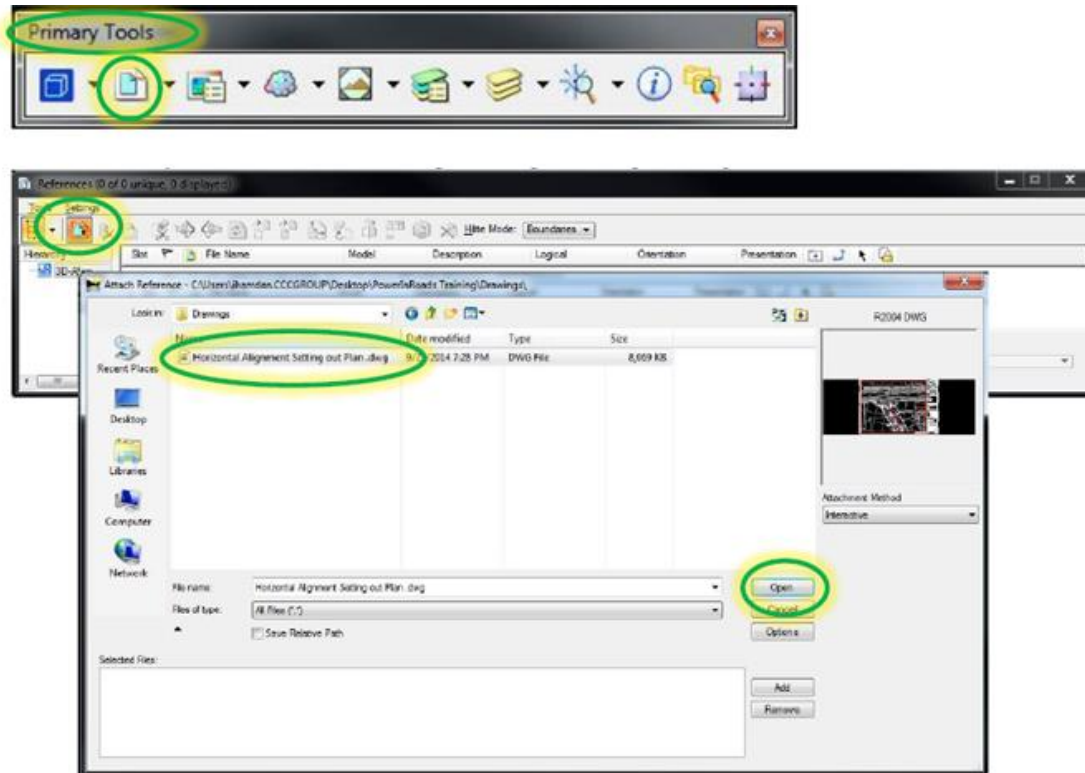


Σχέδιο 5- 3: Προβολή Αναπτύγματος Μηκοτομής ανά Χιλιομετρική θέση

Στη συνέχεια, τα βήματα που ακολουθούν αφορούν στην εισαγωγή των δεδομένων της μελέτης, που περιλαμβάνονται στα παραπάνω σχέδια, στην πλατφόρμα του OpenRoads.

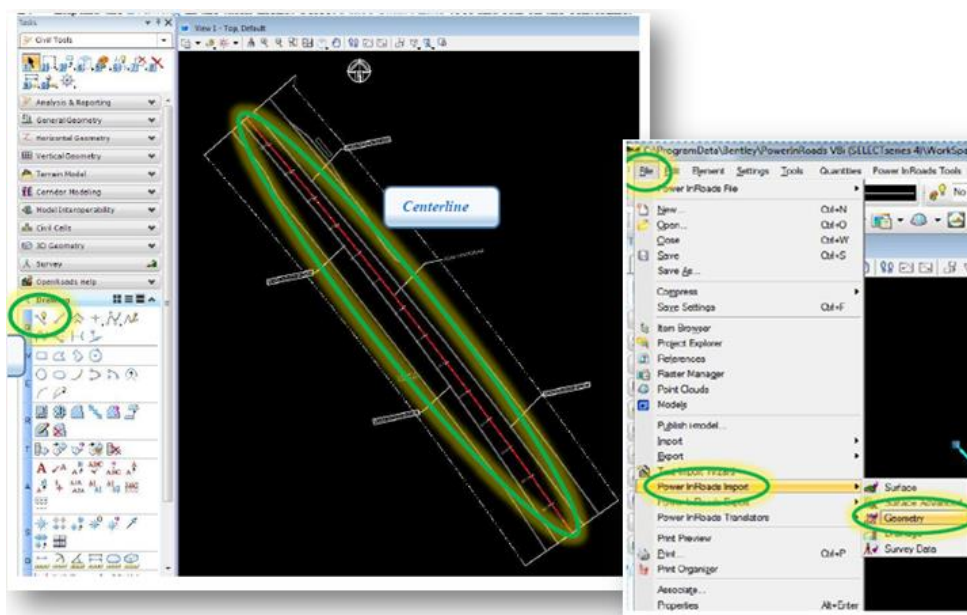
ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΑΞΟΝΑ ΑΠΌ ΤΟ ΠΛΑΝΟ ΤΗΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑΣ:

A. Επιλογή των αντίστοιχων σχεδίων (Reference) από το *Primary Tools* box



Εικόνα 5-6: Στιγμιότυπο από την διαδικασίας εισαγωγής της Οριζοντιογραφίας

B. Αφού κλείσουμε τα Επίπεδα – Layers των αντικειμένων που δεν χρειαζόμαστε, σχεδιάζουμε εκ νέου τον άξονα του καταστρώματος και κάνουμε *Import* την γεωμετρία του:



Εικόνα 5-7: Στιγμιότυπο από την διαδικασίας δημιουργίας Άξονα - Centerline

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΜΗΚΟΤΟΜΗΣ:

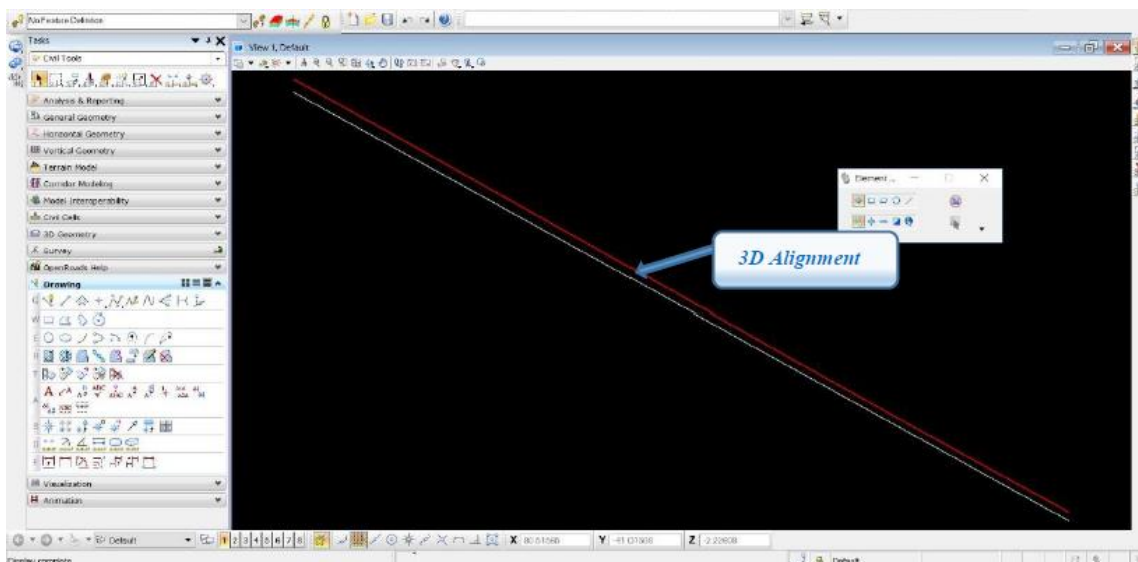
Γ. Επιλέγουμε από τα αντίστοιχα σχέδια Μηκοτομών, τα πεδία που αφορούν στην Χιλιομετρική Θέση - *Chainage* και το Τελικό Υψόμετρο - *Proposed Road Level*.

DATUM: 0,000	
TOP LEVEL (ROAD EDGE)	5,244
BOTTOM LEVEL	5,241
FINISHED GRADE LEVEL	5,241
EXISTING GROUND ELEV	5,241
LEVEL DIFFERENCE	0,003
CHAINAGE	0,000

MSE WALL LONG SECTION

Σχέδιο 5- 4: Chainage και Proposed Road Level

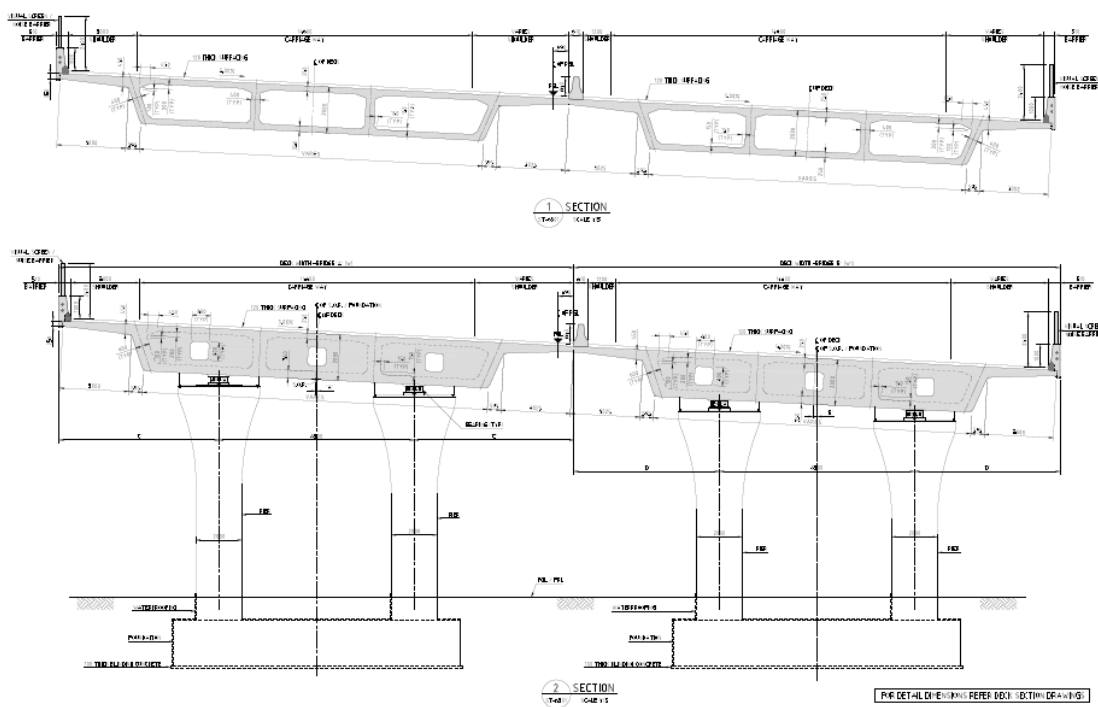
Έπειτα με τις κατάλληλες ενέργειες, εισάγουμε τα παραπάνω δεδομένα στο πρόγραμμα ώστε να προσθέσουμε στον άξονα την υψομετρική χάραξη, με τις κατά μήκος κλίσεις και καμπυλώσεις και να φτιάξουμε την τελική γεωμετρία του 3D Alignment:



Εικόνα 5-8: Στιγμιότυπο μέσα από το πρόγραμμα

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΠΡΟΤΥΠΩΝ ΔΙΑΤΟΜΩΝ (CROSS SECTION TEMPLATE)

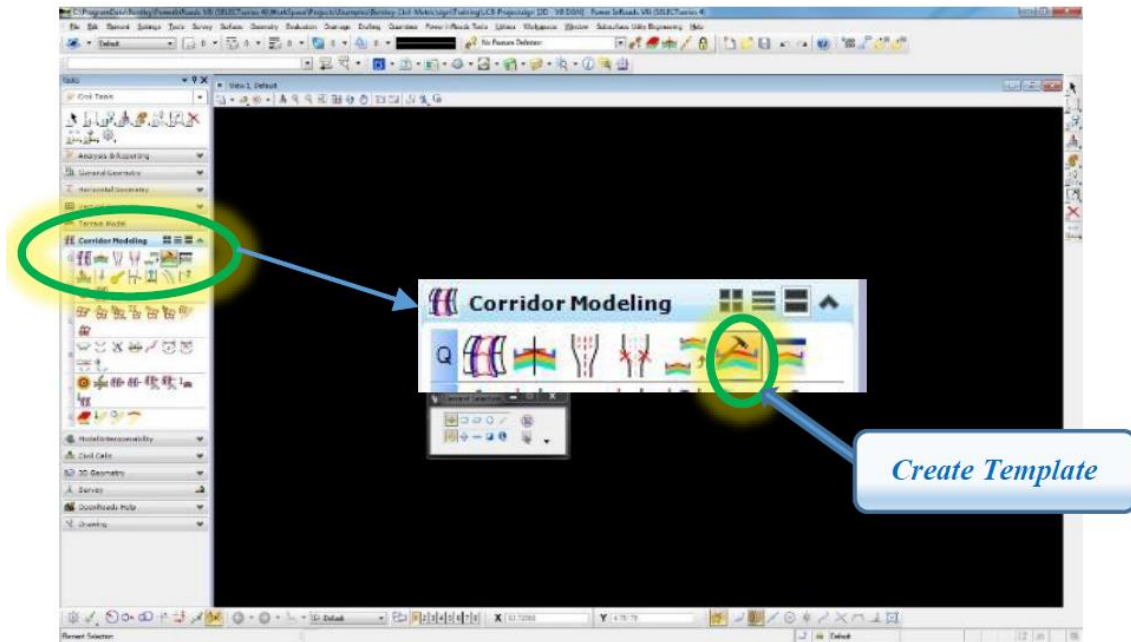
Το επόμενο βήμα αφορά στην μοντελοποίηση των διατομών της γέφυρας, οι οποίες διαφέρουν από θέση σε θέση, κατά μήκος του άξονα. Η διατομή, αποτελεί την προβολή μίας Κατά Πλάτος Τομής (κάθετης στον άξονά) μιας γέφυρας, στο κατακόρυφο επίπεδο (επίπεδο YZ). Οι πληροφορίες που λαμβάνουμε από τις διατομές, έχουν να κάνουν με το πλάτος του καταστρώματος (Bridge deck), τα δομικά στοιχεία του οδοστρώματος, τον φορέα της ανωδομής, τα τοιχώματα, τους βαθμούς κυκλικής διατομής και γενικότερα την στατική γεωμετρία της γέφυρας (βλ. Σχ. 5-5).



Σχέδιο 5- 5: Σχέδιο Διατομής καταστρώματος γέφυρας

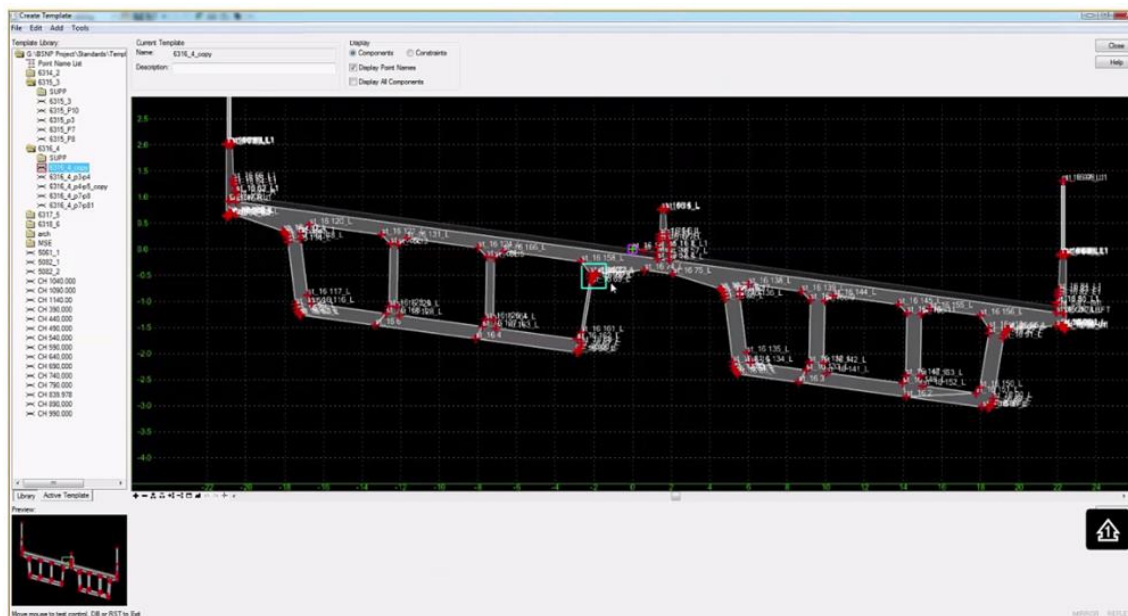
Επειδή οι προβολές κατά πλάτος, διαφέρουν από θέση σε θέση, θα χρειαστούμε πολλά σχέδια διατομών, στα σημεία όπου διαφοροποιείται η μορφολογία του καταστρώματος. Η κάθε μία διατομή, θα έχει ισχύ για συγκεκριμένο τμήμα του άξονα και οι εναλλαγές θα ορίζονται σε συγκεκριμένες χιλιομετρικές θέσεις (Chainage). Σκοπός είναι να σχεδιαστούν πρότυπα – **templates**, βάση αυτών των διατομών, στα σημεία που γίνονται οι εναλλαγές ώστε να χρησιμοποιηθούν στο επόμενο και τελευταίο βήμα μοντελοποίησης του Bridge deck.

Αρχικά, επιλέγουμε την εντολή για την δημιουργία πρότυπου – *template*



Εικόνα 5-9: Στιγμιότυπο μέσα από το πρόγραμμα

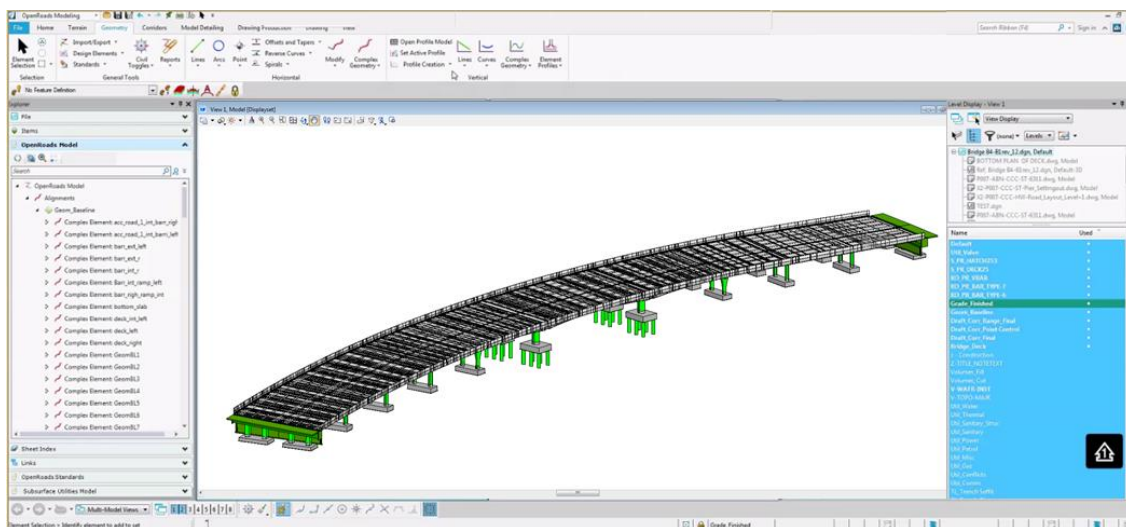
Έπειτα, με την βοήθεια των σχεδίων Διατομών, σχεδιάζουμε σε καινούργιο παράθυρο το template της κάθε Διατομής, ώστε να είναι διαθέσιμα για την ανάπτυξη τους κατά μήκος του άξονα.



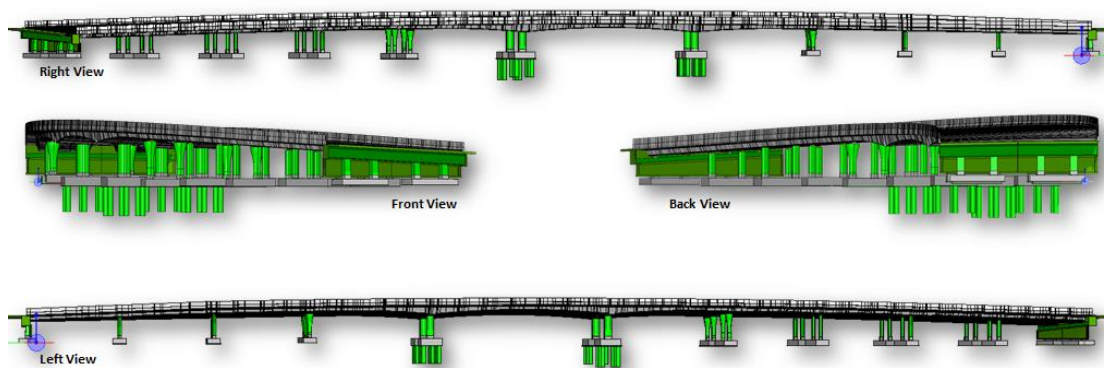
Εικόνα 5-10: Στιγμιότυπο μέσα από το πρόγραμμα από την δημιουργία προτύπου –template βάση Διατομής

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΓΕΦΥΡΑΣ – DECK CORRIDOR

Η γέφυρα έχει επιφάνεια αρκετά μεγάλου πλάτους και μήκους και σε κάτοψη έχει τρεις γραμμές, τον άξονα, την δεξιά οριογραμμή και την αριστερή οριογραμμή. Τα πρότυπα των διατομών που δημιουργήθηκαν στο προηγούμενο βήμα, έρχονται τώρα να συνδυαστούν με τον άξονα, την μηκοτομή και τις οριογραμμές. Δίνοντας ένα «σημείο ελέγχου» σε κάθε πρότυπο – template, το εισάγουμε για συγκεκριμένο τμήμα κατά μήκος του άξονα, ακολουθώντας τα δεδομένα του chainage. Αυτό που δημιουργείται λοιπόν, είναι ένα ανάπτυγμα της διατομής που διατρέχει ανά συγκεκριμένα μέτρα τον άξονα και προσαρμόζει το πλάτος του στις οριογραμμές. Όταν τοποθετηθούν όλα τα πρότυπα και αναπτυχθούν στο τμήμα που τους αναλογεί, έχουμε την δημιουργία του 3D μοντέλου της γέφυρας, με ευθύγραμμα και καμπύλα τμήματα και όλες τις σχετικές κλίσεις.



Εικόνα 5-12: Στιγμιότυπο τελικού αποτελέσματος

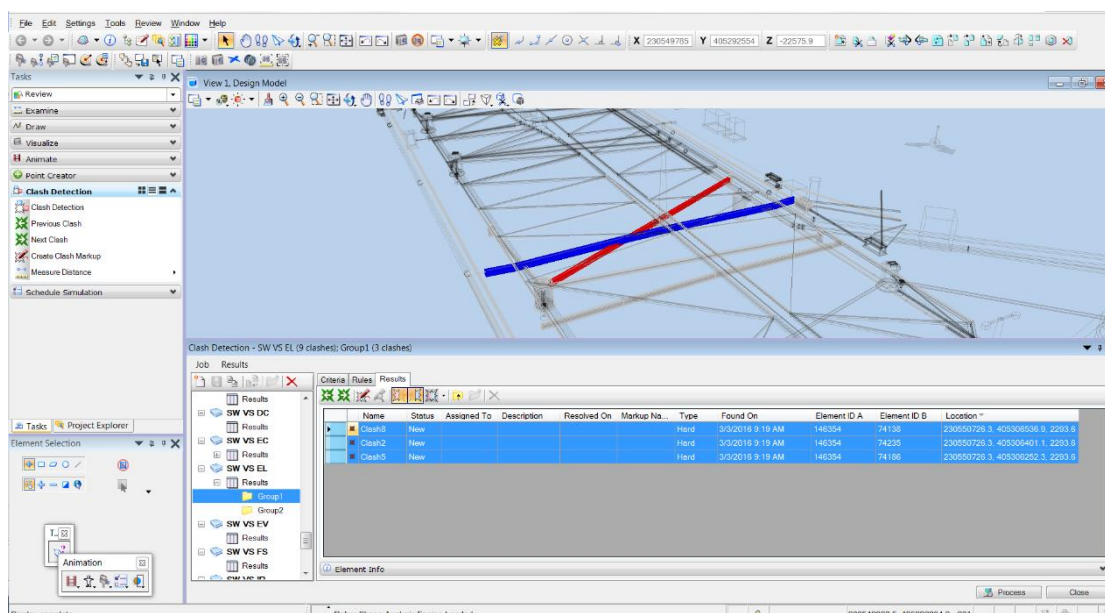


Εικόνα 5-13: Όψεις της Γέφυρας στην Ζώνη B04

5.3.2 ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΣΥΓΚΡΟΥΣΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΚΛΑΔΩΝ

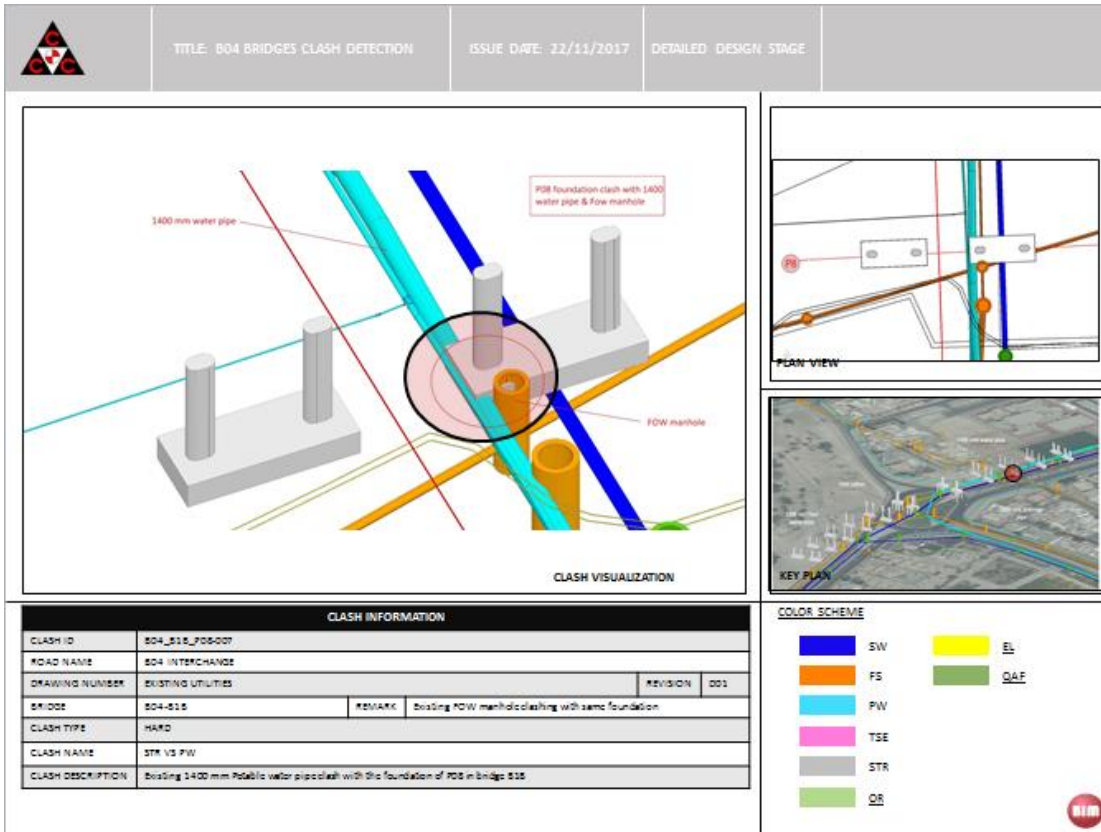
Ο χωρικός συντονισμός των διαφορετικών κλάδων (structural, steel, wet utilities, κλπ), πραγματοποιείται με βάση τα αντίστοιχα 3D Πληροφοριακά Μοντέλα μέσα από το περιβάλλον του Navisworks. Η εκτέλεση του έργου συντονίζεται με την βοήθεια ενός «ομοσπονδιακού» 3D μοντέλου το οποίο χρησιμοποιείται για την επαλήθευση του συντονισμού των επιμέρους κατασκευών και λειτουργιών, σε όλη τη διαδικασία ανάπτυξης του έργου.

Στην ανίχνευση συγκρούσεων (Clash Detection Analysis, βλ. εικόνα 5-14), εντοπίζονται παρεμβολές συστημάτων μεταξύ τους και κατόπιν, τα αποτελέσματα της ανάλυσης αποτυπώνονται σε Clash Report.

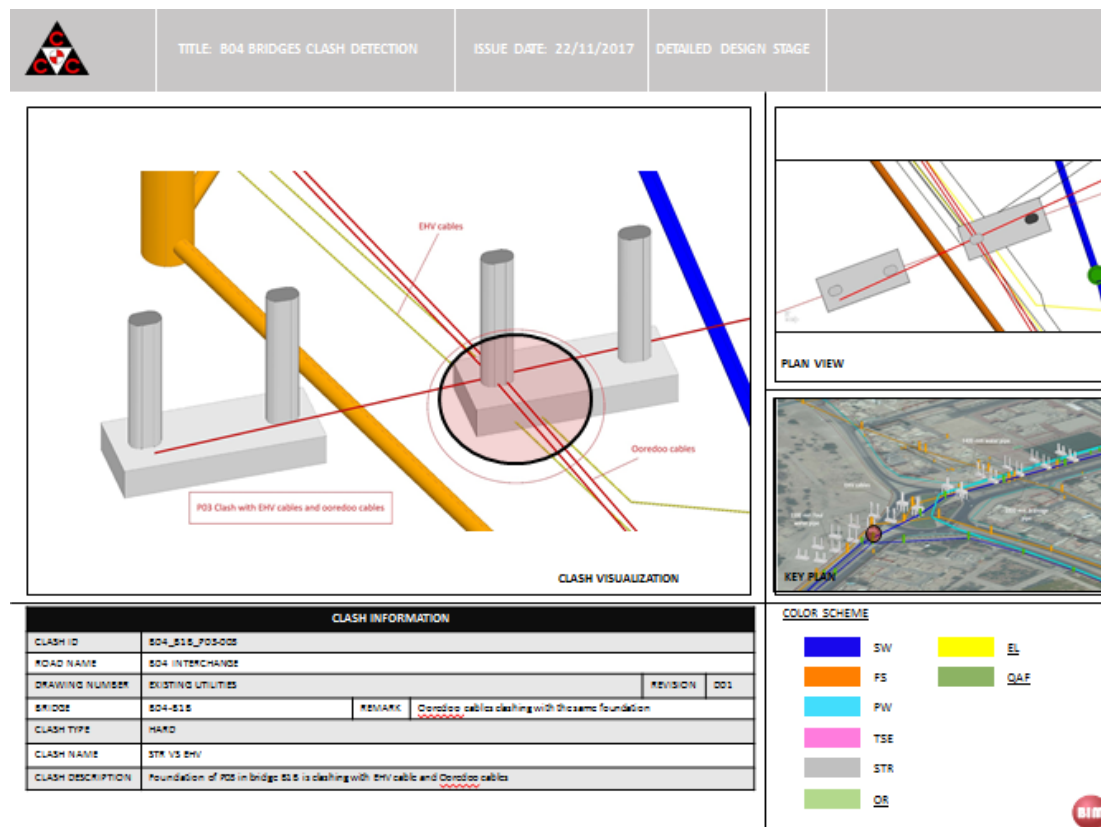


Εικόνα 5-14: 3D Clash analysis με το AECOsim building design suite

Τα Clash Report (βλ. εικόνα 5-15, 5-16) διανέμονται στις αντίστοιχες ομάδες σχεδιασμού και κατασκευής, ώστε να επιλυθούν οι χωρικές συγκρούσεις και τα μοντέλα να «αγγίξουν» το LOD 350. Στην συνέχεια εξάγονται Shop - Drawings για να προχωρήσει η κατασκευή και να προληφθούν λάθη πριν αυτά να φτάσουν στο εργοτάξιο («do it right the first time»). Στην ανάλυση των συγκρούσεων θα συμπεριληφθούν και τα 3D μοντέλα των υφιστάμενων δομών που έχουν αποτυπωθεί σε LOD 200.



Εικόνα 5-15: Σύγκρουση υδρολογικών σωλήνων (Potable water pipe) με θεμελιώσεις



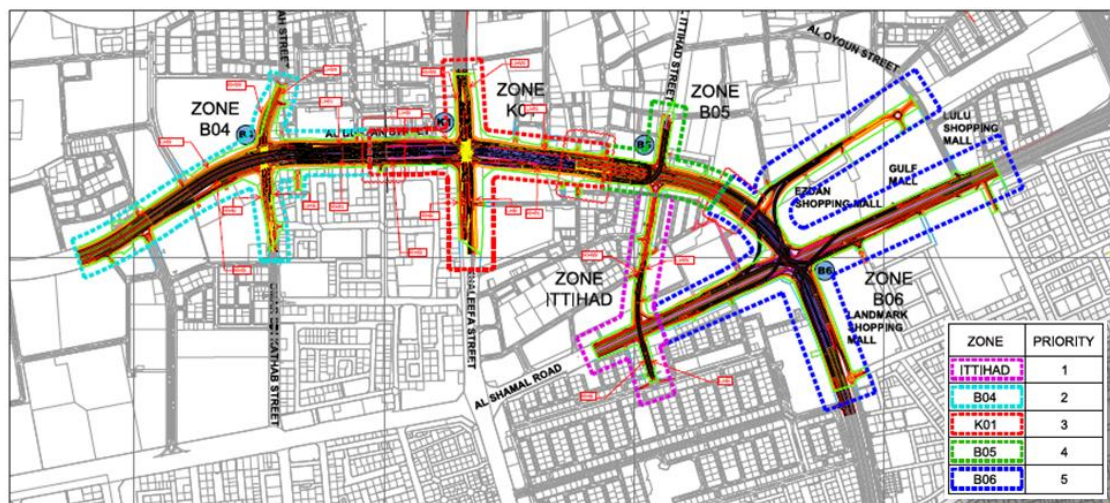
Εικόνα 5-16: Σύγκρουση ηλεκτρολογικών καλωδίων με θεμελιώσεις

5.4 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΕΡΓΟΥ ΣΕ 4D

5.4.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΖΩΝΗΣ B04 ΓΙΑ ΤΟΝ ΧΡΟΝΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει στο κεφάλαιο 2.3.3, η 4D προσομοίωση του BIM περιγράφει την διαδικασία στην οποία ένα μοντέλο 4D (3D μοντέλο με την πρόσθετη διάσταση του χρόνου) χρησιμοποιείται για να δείξει την προγραμματισμένη ακολουθία κατασκευής. Το μοντέλο 4D βελτιώνει την επικοινωνία μεταξύ των μελών μιας ομάδας, συμπεριλαμβανομένου του ιδιοκτήτη, και επιτρέπει την οπτικοποίηση του έργου, του χρονοδιαγράμματος και της μεθοδολογίας κατασκευής.

Η κατασκευή του BSNP Project ξεκίνησε τον Μάιο του 2017 και ως στόχος ολοκλήρωσης των εργασιών έχει τεθεί ο Μάιος του 2021. Λόγω της πολυπλοκότητας του έργου, ο σχεδιασμός και η κατασκευή του Al Bustan Street North Project, χωρίστηκε σε ζώνες και συγκεκριμένα στις Ζώνες B04, K01, B05, ΙΤΤΙΗΑD και B06, όπως απεικονίζονται και στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 5-17: Πλάνο με τον διαχωρισμό των ζωνών του Al Bustan Street North Project

Ο διαχωρισμός σε ζώνες, επέτρεψε τον εκ παραλλήλου σχεδιασμό και κατασκευή των ξεχωριστών περιοχών – στα πλαίσια της μεθόδου Ολοκληρωμένης Παράδοσης Έργου (Integrated Project Delivery – IPD) – βάση προτεραιοτήτων και την ομαλή ροή εργασιών. Για κάθε ζώνη, δημιουργήθηκε ξεχωριστό χρονοδιάγραμμα, το οποίο ταυτοποιεί την αλληλουχία των εργασιών με τα 3D αντικείμενα των αντίστοιχων (διακλαδικών) μοντέλων. Για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας, χρησιμοποιήθηκε ένα ενδεικτικό χρονοδιάγραμμα για την ζώνη B04 και βάση αυτού θα γίνει η προσομοίωση της κατασκευής στις επόμενες ενότητες.

5.4.2 ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΔΟΜΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ - WORK BREAKDOWN STRUCTURE (WBS) - ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ BIM 4D

Βασική παράμετρος για την αποτελεσματική ανάπτυξη και αξιοποίηση του 4D μοντέλου, είναι η συνεργασία σε πρώιμο στάδιο μεταξύ της ομάδας σχεδιασμού και της ομάδας κατασκευής, ώστε να διασφαλιστεί ότι η *δομή του μοντέλου* και η *δομή της κατανομής των εργασιών* είναι συμβατές. Σκοπός είναι τα τρισδιάστατα στοιχεία των μοντέλων να μπορούν να συνδεθούν με τις δραστηριότητες κατασκευής του *χρονοδιαγράμματος*, ώστε να αναπτυχθούν τα μοντέλα 4D. Η ανάπτυξη ενός μοντέλου 4D δείχνει την κατασκευαστική λογική, οπτικοποιεί και τεκμηριώνει την αλληλουχία των προγραμματισμένων δραστηριοτήτων στο χρονοδιάγραμμα κατασκευής και διευκολύνει την μελέτη εναλλακτικών σεναρίων όπου απαιτείται.

Η ανάπτυξη του χρονοδιαγράμματος γίνεται σε συντονισμό με τα εμπλεκόμενα τμήματα, ώστε να συμφωνηθούν εξ αρχής οι παράμετροι μοντελοποίησης και σύνδεσης με τα πακέτα εργασιών του χρονοδιαγράμματος, βάση της Δομής Ανάλυσης Εργασιών (Work Breakdown Structure - WBS), διατηρώντας μια συμβατότητα μεταξύ των δύο, ανά πάσα στιγμή στην πορεία του έργου.

Το WBS χαρτογραφεί και οργανώνει το πλήρες φάσμα των εργασιών που απαιτούνται για την ολοκλήρωση ενός έργου σε επιμέρους εργασίες. Πρόκειται για μια ιεραρχία παραδοτέων προσανατολισμένη σε επίπεδα. Το πρώτο επίπεδο είναι το ίδιο το έργο (Project). Στο επόμενο επίπεδο βρίσκεται ένα συγκεκριμένο πακέτο εργασιών- φάση (Work package) το οποίο στην συνέχεια αναλύεται σε μια ή περισσότερες δραστηριότητες (activities) και έπειτα σε συγκεκριμένα καθήκοντα (Tasks). Η ανάλυση των εργασιών διευκολύνει την εκτίμηση του κόστους και του χρόνου που απαιτείται για την ολοκλήρωση ενός έργου αλλά και τον προγραμματισμό των πόρων και την παρακολούθηση της προόδου του έργου. Η ιδέα είναι να αναλυθούν οι επιμέρους δραστηριότητες σε απτά και επαληθεύσιμα παραδοτέα τα οποία να μπορούν εύκολα να προγραμματιστούν και να εκτελεστούν⁹⁰.

⁹⁰ Heldman, K. (2013), *PMP Project Management Professional Exam Study Guide*. Canada: Sybex

5.4.3 ΔΟΜΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΕΡΓΟΥ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ WBS

Η δομή των Πληροφοριακών Μοντέλων συμμορφώνεται με τα διεθνή πρότυπα BS1192: 2007 και η οργάνωση των επιμέρους στοιχείων και τρισδιάστατων αντικειμένων τους ακολουθεί την δομή του WBS. Η δομή οργάνωσης του BIM (Αρχεία Μοντέλων και αντικείμενα) χρησιμοποιεί ένα πρότυπο ονομασίας, το οποίο είναι παρόμοιο με την δομή του Project WBS. Και οι δύο δομές οργάνωσης βασίζονται σε ίδια κριτήρια όπως είναι η ονομασία του έργου, οι περιοχές ή ζώνες (B4, B5, K1, ITTIHAD, B6), οι υποκατηγορίες (αυτοκινητόδρομοι, γέφυρες, υπογειοποιήσεις και τούνελ), οι κλάδοι (στατικό, υδρολογικό, ηλεκτρολογικό, μηχανολογικό, κλπ) και λοιπές υποκατηγορίες, όπως έχουν οριστεί από την ομάδα προγραμματισμού του έργου (planning department). Η διαδικασία αυτή καθιστά εύκολη την μετέπειτα σύνδεση (σε περιβάλλον Navisworks), των πεδίων του χρονοδιαγράμματος που αναφέρονται στις δραστηριότητες (activities), με τα αντίστοιχα τρισδιάστατα αντικείμενα.

Το αναγνωριστικό των δραστηριοτήτων ορίζεται σε πέντε πεδία (βλ. διάγραμμα xxx):

[Project Scope] _ [Zone – Sub Zone] _ [Level]_[Discipline-Trade]_[Activity]

Για παράδειγμα η δραστηριότητα σκυροδέτησης βαθμού κυκλικής διατομής θα ακολουθεί την ονομασία: **BSNP_BO4-MB50_MCW_STR-CON_CO**

Οι δραστηριότητες μπορούν να αναλυθούν περαιτέρω σε συγκεκριμένα παραδοτέα:

[Project Scope] _ [Zone – Sub Zone] _ [Level]_[Discipline-Trade]_[Activity]_[Task-No]

με την ονομασία, π.χ.: **BSNP_BO4-MB50_MCW_STR-CON_CO_PIER-001**

Το χρονοδιάγραμμα δημιουργείται και συμπληρώνεται επίσης από την ομάδα προγραμματισμού του έργου όπου ορίζονται με σαφήνεια οι δραστηριότητες (activities), οι ημερομηνίες έναρξης και λήξης των εργασιών καθώς και η αλληλουχία και η χρονική σχέση αυτών. Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας, δημιουργήθηκε χρονοδιάγραμμα Gantt και ο χρόνος κατασκευής της Ζώνης B04 εκτιμήθηκε σε 688 μέρες.

L1		L2				L3	
Project Scope		Zone		SUB-ZONES		LEVEL	
Code (AAAA)	Description	Code (BBB)	Description	Code (CCCC)	Description	Code (DDD)	Description
BSNP	AL BUSTAN STREET NORTH PROJECT	B04	ZONE B04	JNB4	JUNCTION B4	MCW	Main carriageway
				MB40	AL MAKKAH STREET	SRD	Service Road
				MB43	BRIDGE B4-B2	RMP	Ramp Road
				MC00	BUSTAN STREET	TMR	Temporary Road
				MC10	BUSTAN STREET RHS SR-01	MTL	Main Tunnel
				MC20	BUSTAN STREET LHS SR-01	WTL	West Tunnel
				MC30	BUSTAN STREET LHS SR-02	B01	Bridge 01
				RS02	BUSTAN STREET RHS SR-02	B02	Bridge 02
				K1S1	Servic Road K1S1	B03	Bridge 03
		B01	ZONE K01	JNK1	JUNCTION K1	B04	Bridge 04
				MC00	BUSTAN STREET	B05	Bridge 05
				MC10	BUSTAN STREET RHS SR-01	B06	Bridge 06
				MC20	BUSTAN STREET LHS SR-01	B07	Bridge 07
				MB4A	BUSTAN STREET MB4A	B08	Bridge 08
				M320	BRIDGE B5-B2, CH (0_464.915)	RW1	Retaining wall 01
				K1S1	Servic Road K1S1	RW2	Retaining wall 02
				K1S2	Servic Road K1S2	RW3	Retaining wall 03
				MK10	KHALIFA STREET	RW4	Retaining wall 04
				MK80	UNDERPASS K1-UP2, CH (0-400.103)	RW5	Retaining wall 05
				MK00	UNDERPASS K1-UP3, CH (0-355.238)	RW6	Retaining wall 06
		B05	ZONE B05	JNB5	JUNCTION B5	RW7	Retaining wall 07
				JUNA	BUSTAN STREET, JUNCTION A, CH (0300_0375)	UTB	Utility building
				JUNB	BUSTAN STREET, JUNCTION B, CH (0160_0215)	ATT	Attenuation Tank
				JUNC	BUSTAN STREET, JUNCTION C, CH (0320_0375)	SST	SUB STATION
				MC00	BUSTAN STREET, CH (8130_8830)		
				M320	BRIDGE B5-B2, CH (0_464.915)		
				M32A	Supports BRIDGE B5-B2, CH (0_464.915)		
		B06	ZONE B06	MC00	BUSTAN STREET		
				MA00	AL SHAMAL STREET, CH (300_1777.35)		
				M610	BRIDGE B6-B1		
				M61A	Supports BRIDGE B6-B1, CH (0_340.994)		
				M620	BRIDGE B6-B2		
				M62A	Supports BRIDGE B6-B2, CH (0_726.21)		
				M630	BRIDGE B6-B3		
				M63A	Supports BRIDGE B6-B3, CH (0_919.005)		
				M640	BRIDGE B6-B4		
				M64A	Supports BRIDGE B6-B4, CH (0_890.474)		
				M650	BRIDGE B6-B5		
				M65A	Supports BRIDGE B6-B5, CH (0_373.799)		
				M660	BRIDGE B6-B6		
				M66A	Supports BRIDGE B6-B6, CH (0_897.379)		
				M670	BRIDGE B6-B7		
				M67A	Supports BRIDGE B6-B7, CH (0_1143.268)		
				M680	BRIDGE B6-B8		
				M68A	Supports BRIDGE B6-B8, CH (0_1358.051)		

A_BBB-CCCC_DDD_EEE-FFF_HH-I*

L2 L3 L4 L5 L6

_BO4-MB50_MCW_STR-CON_CO-PIER-001

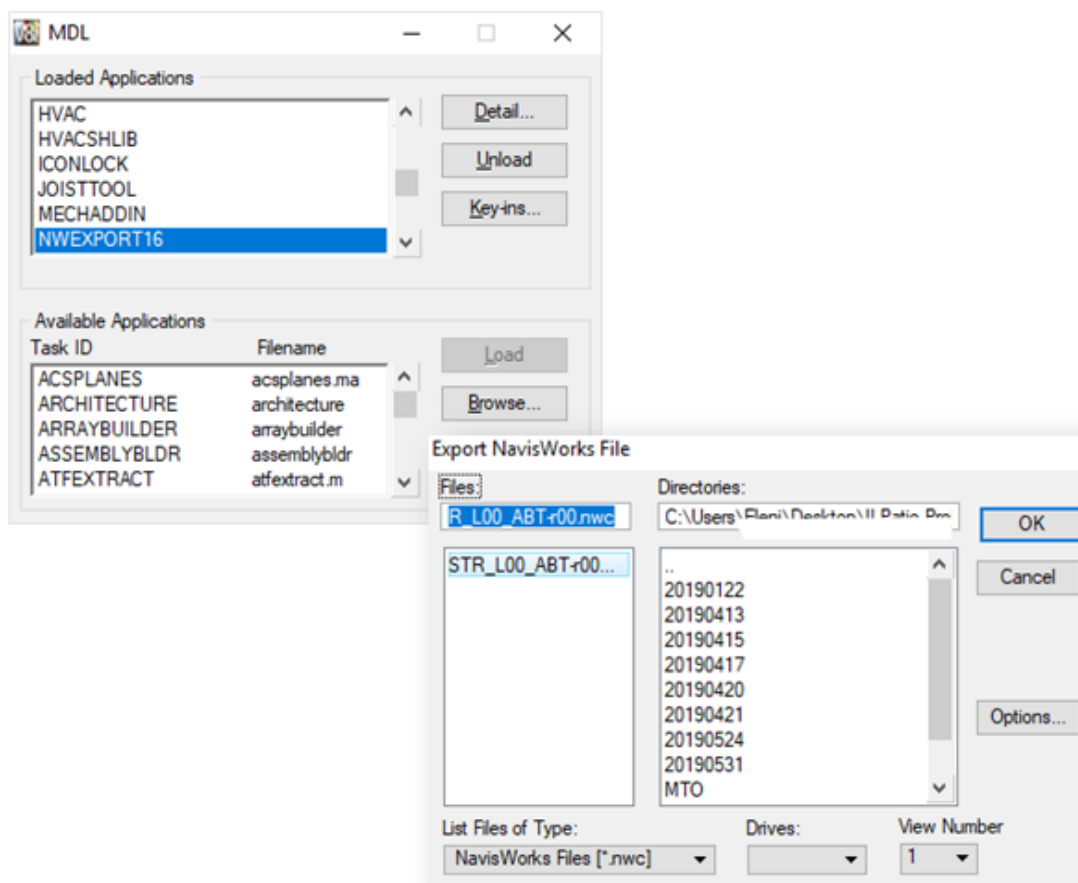
L4				L5		L6	
Discipline		Sub Discipline		L5 Activity Abbreviation		L6 Element Identification (Optional)	
Code (EEE)	Description	Code (FFF)	Description	Code (HH)	Description	Code (I*)	Description
STR	Structure	STL	Steel Structure				
		CON	Civil and Structural Works	XX	Activity action	XXXX-XXX	Task Item - No
		ZZZ	Multiple sub disciplines				
Refer to BSNP L5-L6-ABB LIST & LOD MATRIX Sheet for Abbreviations							
ARC	Architecture	FAC	Architectural Facility				
		ZZZ	Multiple sub disciplines				
WUT	Wet Utilities	STW	Storm Water				
		FDW	Foul Water				
		POW	Potable Water				
		TSE	Treated Sewage Effluent				
		ZZZ	Multiple sub disciplines				
DUT	Dry Utilities	STL	Street Lighting				
		ELE	Electrical - EHV, HV, MV, LV				
		ITS	Intelligent Transportation System				
		ORD	Telecom - Ooredoo				
		O&F	Telecom - Qatar Armed Forces				
CIV	Civil Work	ROD	Road				
		RDF	Road Marking (Road Furniture)				
		RDF	Road Signage (Road Furniture)				
		MSE	MSE Retaining wall				
		ZZZ	Multiple sub disciplines				
LDS	Landscaping	IRR	Irrigation				
		HSC	Hard scape				
		SSC	Softscape				
		LIF	Light Fixture				
MEP	Tunnel MEP	DRA	Drainage system				
		EQP	Equipment				
		EAR	Earthing system				
		FDA	Fire alarm system				
		FRS	Fire Suppression system				
		LTG	Lighting system				
		LOV	Low current system				
		MHV	Ventilation System				
		POW	Potable water system				
		PWR	Small power system				
		SCD	SCADA system				
		SGN	Emergency signage layout				

Πίνακας 5-2 Πίνακας Οργάνωσης BIM αντικειμένων βάση WBS Project

5.4.4 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΖΩΝΗΣ Β04 ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ NAVISWORKS

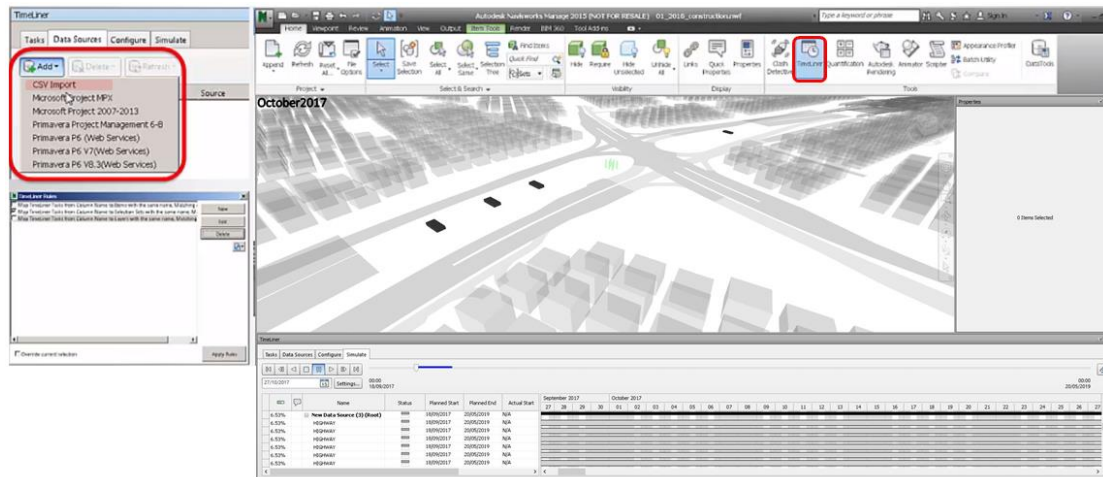
Με την ολοκλήρωση του χρονοδιαγράμματος βάση των παραμέτρων του WBS, είναι δυνατή η εισαγωγή του σε περιβάλλον Navisworks, ώστε να γίνει η σύνδεση των 3D αντικειμένων του Πληροφοριακού Μοντέλου με τις δραστηριότητες – activities του χρονοδιαγράμματος.

Αρχικά, το μοντέλο που έχουμε δημιουργήσει στην πλατφόρμα του OpenRoads πρέπει να το εξάγουμε σε μορφότυπο NWC για να είναι συμβατό με το περιβάλλον του Navisworks. Το καινούργιο αυτό αρχείο, θα περιέχει όλες τις γραφικές και μη γραφικές πληροφορίες των αντικειμένων που το απαρτίζουν. Το σημαντικό σε αυτό το σημείο είναι ότι δίνεται η δυνατότητα να εξαχθούν όλα τα δεδομένα ή μέρος αυτών, ανάλογα με το πεδίο εργασιών που θέλουμε να εξετάσουμε. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, θέλουμε να γίνει προσομοίωση της κατασκευής ολόκληρης της Ζώνης Β4, οπότε θα δημιουργήσουμε ένα 3D View όπου θα έχουμε «ανοιχτά» όλα τα επίπεδα – Levels των αντικειμένων μέσα από το Level Display του OpenRoads.



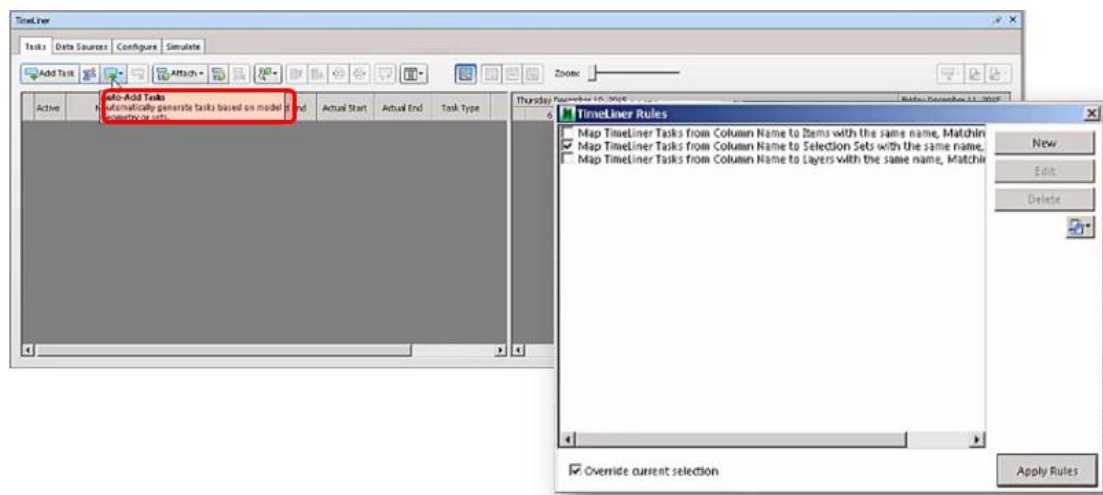
Εικόνα 5-18: Στιγμιότυπο από την εξαγωγή αρχείου .dgn σε μορφή NWC

Πλέον βρισκόμαστε στην πλατφόρμα του Navisworks με όλα τα δεδομένα του τρισδιάστατου μοντέλου μας. Το επόμενο βήμα, είναι να συνδέσουμε τα 3D αντικείμενα του αρχείου μας με το χρονοδιάγραμμα, το οποίο, όπως έχουμε αναφέρει, δείχνει την χρονική σειρά και διάρκεια των εργασιών – activities καθώς και την μεταξύ τους διαδοχή και σχέση. Για να γίνει αυτό, χρησιμοποιούμε το εργαλείο TimeLiner του Navisworks και συγκεκριμένα μέσα από την καρτέλα Data Sources εισάγουμε το CSV αρχείο που περιέχει το χρονοδιάγραμμα.



Εικόνα 5-19: Στιγμιότυπο από την εντολή Add Data Source του TimeLiner

Έπειτα, επιλέγουμε από το TimeLiner την εντολή Auto-Add Task, ώστε να συνδεθούν αυτόματα οι εργασίες του χρονοδιαγράμματος με τα 3D αντικείμενα του μοντέλου, βάση των κοινών κριτηρίων ονομασίας που ορίστηκαν από το WBS. Κατόπιν, επιλέγουμε μέσα από την καρτέλα Tasks, την εντολή TimeLiner Rules και συγκεκριμένα την επιλογή Map TimeLiner Tasks from Column Name to Selection Sets with the same Name. Matching case.



Εικόνα 5-20: Navisworks TimeLiner Rules

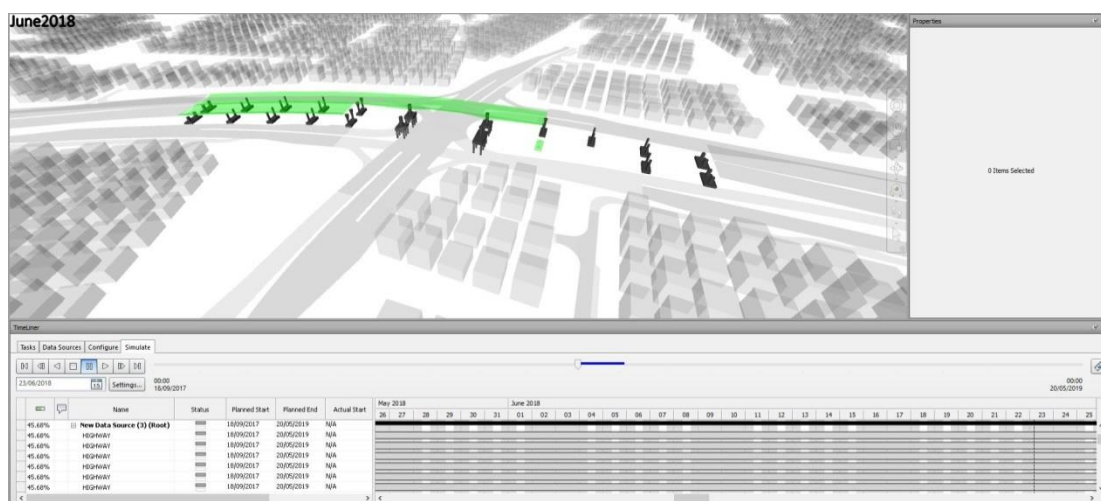
Έτσι δημιουργούνται Selection Sets όπου ομαδοποιούνται τα 3D αντικείμενα και αντιστοιχίζονται βάση εργασίας, δημιουργώντας μια δυναμική σύνδεση μεταξύ χρονοδιαγράμματος και μοντέλου.

Τέλος, μέσα από την καρτέλα Simulate, δίνεται η δυνατότητα προσομοίωσης της κατασκευής, δείχνοντας τις διαδοχικές χρονικές στιγμές του έργου. Μετακινώντας το Time Stamp, μπορούμε να βλέπουμε τι κατασκευάζεται, ποια χρονική στιγμή καθώς και την διάρκεια αυτού που κατασκευάζεται, συμβάλλοντας στον οπτικό έλεγχο και στην καλύτερη κατανόηση της αλληλουχίας των εργασιών. Ακόμα, μέσω χρωματικής κωδικοποίησης, μπορούν να αποδοθούν επιπλέον χαρακτηριστικά, όπως πληροφορίες σχετικά με το στάδιο εξέλιξης των εργασιών (π.χ. πράσινο: 100% ολοκληρωμένο, κίτρινο: υπό εξέλιξη).

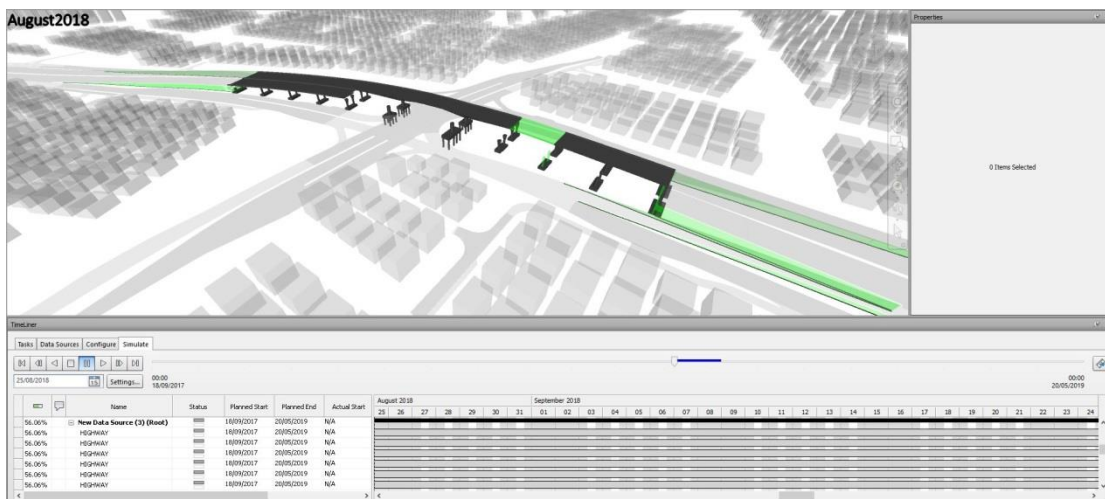
Οι επόμενες εικόνες αποτελούν στιγμιότυπα της προσομοίωσης της κατασκευής της Ζώνης Β4, σε διάφορες χρονικές στιγμές.



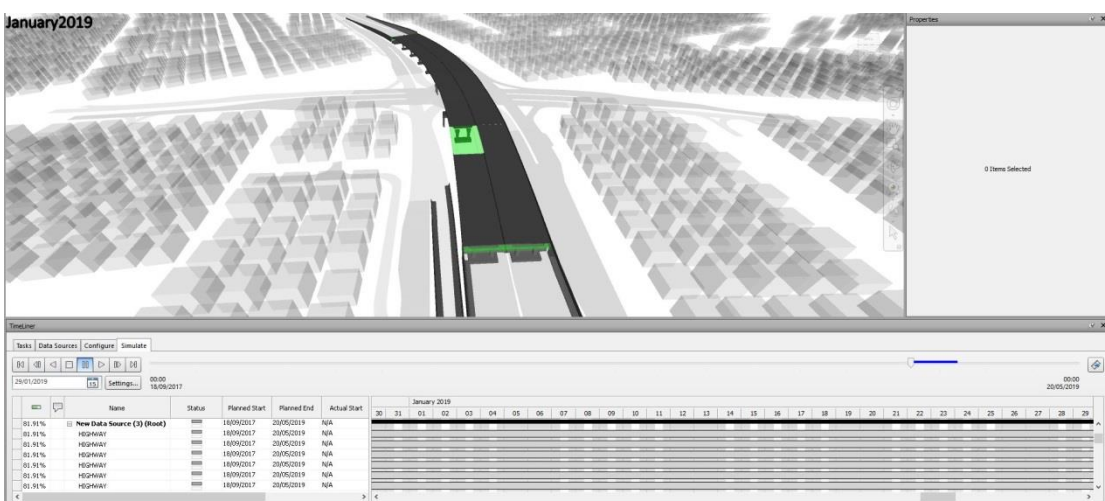
Εικόνα 5-21: Προσομοίωση της Κατασκευής έως Ιανουάριο του 2018



Εικόνα 5-22: Προσομοίωση της Κατασκευής έως Ιούνιο του 2018



Εικόνα 5-23: Προσομοίωση της Κατασκευής έως Αύγουστο του 2018



Εικόνα 5-24: Προσομοίωση της Κατασκευής έως Ιανουάριο του 2019

5.5 ΕΠΙΜΕΤΡΗΣΗ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ BIM 5D

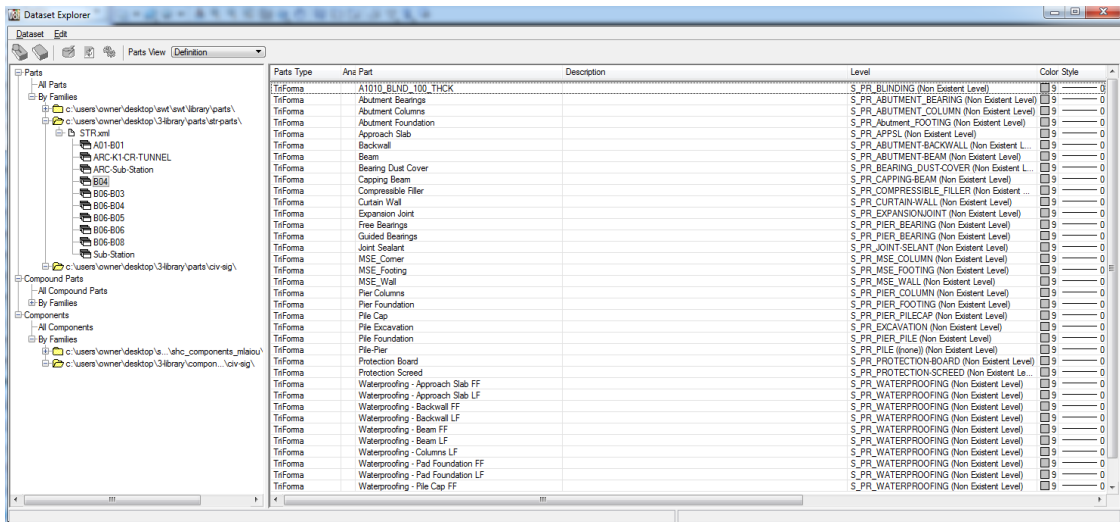
5.5.1 MATERIAL TAKE - OFF ΖΩΝΗΣ B04

Το Πληροφοριακό Μοντέλο που έχει δημιουργηθεί, είναι πλούσιο σε πληροφορίες και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εξαγωγή των ποσοτήτων των υλικών (Material Take-Off) της γέφυρας B04. Η διαδικασία πραγματοποιείται εύκολα και γρήγορα με αυτοματοποιημένο τρόπο και η ακρίβεια των δεδομένων εξαρτάται άμεσα από την ακρίβεια και την διάρθρωση του ίδιου του μοντέλου. Η επιμέτρηση των υλικών (Material Take-Off) από το 3D μοντέλο, εξάγεται σε αρχείο φύλλου εργασίας Excel (XLSX) όπου καταχωρείται και το αντίστοιχο κόστος. Οι ποσότητες του Material Take-Off διαμοιράζονται στα ενδιαφερόμενα μέρη για περαιτέρω χρήση και συσχέτισμό με τις εργασίες που απαιτούνται ώστε να διαμορφωθούν στο τέλος ολοκληρωμένα κόστη που θα συμπεριλαμβάνουν και το κόστος εργασίας. Αυτό επιτυγχάνεται εύκολα αφού κάθε τρισδιάστατο αντικείμενο μέσα στο Πληροφοριακό Μοντέλο είναι συνδεδεμένο με συγκεκριμένη εργασία – Activity.

Για την επιτυχή επιμέτρηση και κοστολόγηση των υλικών και εργασιών της Ζώνης B04, πρέπει να αποδοθούν συγκεκριμένα κριτήρια και χαρακτηριστικά (παράμετροι) στα «έξυπνα» αντικείμενα του 3D μοντέλου. Οι παράμετροι αυτοί, προσθέτουν και αποθηκεύουν επιπλέον πληροφορίες και χαρακτηριστικά στα αντικείμενα αυτά καθιστώντας τα παραμετρικά. Η ιδιότητα ως παραμετρικό αντικείμενο σημαίνει ότι το κάθε στοιχείο δεν εκλαμβάνεται μόνο ως γεωμετρία αλλά και ως ένα σύνολο μη – γραφικών πληροφοριών, που διευκολύνουν την εξαγωγή της 3D γεωμετρίας τους στην διάσταση του χρόνου (4D) και στην διάσταση του κόστους (5D). Για να γίνει αυτό, όλα τα αντικείμενα πρέπει να οργανωθούν στα πλαίσια βιβλιοθηκών Family & Part. Οι παράμετροι οικογένειας αποθηκεύουν και ταξινομούν πληροφορίες όπως το είδος ενός αντικειμένου (π.χ. τοιχώματα οπλισμένου σκυροδέματος), τις διαστάσεις ή το υλικό (component) και την φόρμουλα επιμετρήσεως του υλικού που του αναλογεί (βλ. κεφ. 5.3.1).

π.χ. Vol για τον όγκο του σκυροδέματος που απαιτείται για μια κολώνα ή το εμβαδόν για τον υπολογισμό των τετραγωνικών της ασφαλτόστρωσης ενός δρόμου.

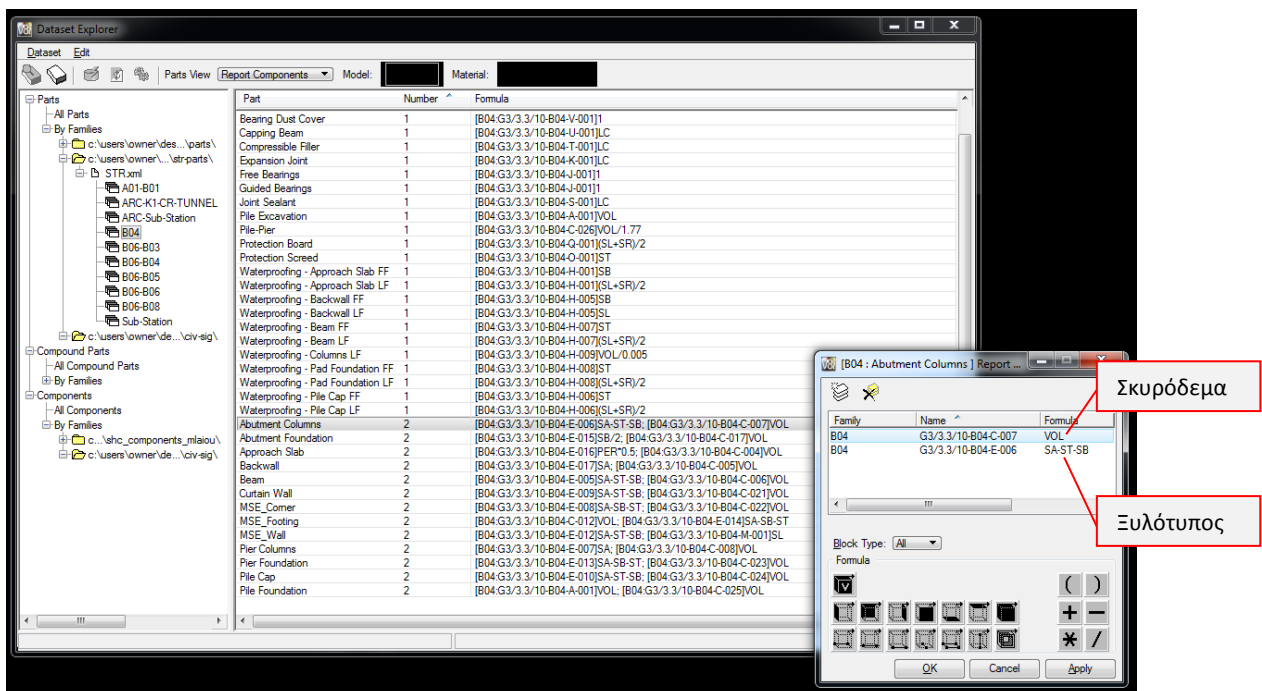
Family	Part	Component	Formula
BSNP-B04-STRUCTURE-BRIDGES	Pier-Column	G3/3.3/01-B04-T-003	VOL



Εικόνα 5-25: Family & Part Library μέσα από το πρόγραμμα

Οι βιβλιοθήκες των αντικειμένων (Family & Part Library), συνδέονται έπειτα με τις βιβλιοθήκες υλικών (Component Library) μέσα από το πρόγραμμα. Στις βιβλιοθήκες υλικών (Component Family) αποθηκεύονται πληροφορίες που αφορούν στην μονάδα μέτρησης και την λεπτομερή περιγραφή του υλικού.

Επιπλέον, το σημαντικό με την αντιστοίχιση του Component Library είναι πως ένα αντικείμενο μπορεί εύκολα να συσχετιστεί με περισσότερα του ενός υλικά και τις αντίστοιχες φόρμουλες και μονάδες μετρήσεως (βλ. Εικόνα 5-26).



Εικόνα 5-26: Αντιστοίχιση των Family & Part Library με τα Component Library, μέσα από το περιβάλλον του OpenRoads

Αντιλαμβανόμαστε λοιπόν, ότι η ποιότητα και ακρίβεια των επιμετρήσεων εξαρτάται και από την ποιότητα της δομής των Βιβλιοθηκών.

Η εξαγωγή των ποσοτήτων έγινε με αυτόματο τρόπο μέσα από την πλατφόρμα του OpenRoads και συγκεκριμένα με το εργαλείο Quantify του DataGroup System.



Παρακάτω ακολουθούν πίνακες επιμετρήσεων (Material take-Off) ανά κλάδο, για την Ζώνη Β04. Είναι σημαντικό σε αυτό το σημείο να αναφέρουμε ότι για κάθε ξεχωριστό μοντέλο αναλογεί και το αντίστοιχο ΜΤΟ.

File Name	Level Name	L4	L6	Unique Code Per Object	Component Family	Component Description	Quantity	Unit	
17	BSNP_B04-B4B1_ZZ_STR-CON_DDO-r01	S-BLND	STR-CON	B-BLND-ABT1-B	BSNP_B04-B4B1_ZZ_STR-CON_B-BLND-ABT1-B	G3/3.3/10-B04-C-001	Blinding bed 100mm thick	95,14	m2
18	BSNP_B04-B4B1_ZZ_STR-CON_DDO-r01	S-BLND	STR-CON	B-BLND-ABT1-A	BSNP_B04-B4B1_ZZ_STR-CON_B-BLND-ABT1-A	G3/3.3/10-B04-C-001	Blinding bed 100mm thick	95,14	m2
19	BSNP_B04-B4B1_ZZ_STR-CON_DDO-r01	S-BLND	STR-CON	B-BLND-ABT2-A	BSNP_B04-B4B1_ZZ_STR-CON_B-BLND-ABT2-A	G3/3.3/10-B04-C-001	Blinding bed 100mm thick	95,14	m2
20	BSNP_B04-B4B1_ZZ_STR-CON_DDO-r01	S-BLND	STR-CON	B-BLND-ABT2-B	BSNP_B04-B4B1_ZZ_STR-CON_B-BLND-ABT2-B	G3/3.3/10-B04-C-001	Blinding bed 100mm thick	95,14	m2
21	BSNP_B04-B4B1_ZZ_STR-CON_DDO-r01	S-BLND	STR-CON	B-BLND-PIR4-A	BSNP_B04-B4B1_ZZ_STR-CON_B-BLND-PIR4-A	G3/3.3/10-B04-C-001	Blinding bed 100mm thick	66,04	m2
22	BSNP_B04-B4B1_ZZ_STR-CON_DDO-r01	S-BLND	STR-CON	B-BLND-PIR4-B	BSNP_B04-B4B1_ZZ_STR-CON_B-BLND-PIR4-B	G3/3.3/10-B04-C-001	Blinding bed 100mm thick	66,04	m2
23	BSNP_B04-B4B1_ZZ_STR-CON_DDO-r01	S-BLND	STR-CON	B-BLND-PIR9-A	BSNP_B04-B4B1_ZZ_STR-CON_B-BLND-PIR9-A	G3/3.3/10-B04-C-001	Blinding bed 100mm thick	66,04	m2
24	BSNP_B04-B4B1_ZZ_STR-CON_DDO-r01	S-BLND	STR-CON	B-BLND-PIR9-B	BSNP_B04-B4B1_ZZ_STR-CON_B-BLND-PIR9-B	G3/3.3/10-B04-C-001	Blinding bed 100mm thick	66,04	m2
25	BSNP_B04-B4B1_ZZ_STR-CON_DDO-r01	S-BLND	STR-CON	B-BLND-PIR8-A	BSNP_B04-B4B1_ZZ_STR-CON_B-BLND-PIR8-A	G3/3.3/10-B04-C-001	Blinding bed 100mm thick	66,04	m2
26	BSNP_B04-B4B1_ZZ_STR-CON_DDO-r01	S-BLND	STR-CON	B-BLND-PIR8-B	BSNP_B04-B4B1_ZZ_STR-CON_B-BLND-PIR8-B	G3/3.3/10-B04-C-001	Blinding bed 100mm thick	66,04	m2
27	BSNP_B04-B4B1_ZZ_STR-CON_DDO-r01	S-BLND	STR-CON	B-BLND-PIR3-A	BSNP_B04-B4B1_ZZ_STR-CON_B-BLND-PIR3-A	G3/3.3/10-B04-C-001	Blinding bed 100mm thick	66,04	m2
28	BSNP_B04-B4B1_ZZ_STR-CON_DDO-r01	S-BLND	STR-CON	B-BLND-PIR3-B	BSNP_B04-B4B1_ZZ_STR-CON_B-BLND-PIR3-B	G3/3.3/10-B04-C-001	Blinding bed 100mm thick	66,04	m2
29	BSNP_B04-B4B1_ZZ_STR-CON_DDO-r01	S-BLND	STR-CON	B-BLND-PIR2-A	BSNP_B04-B4B1_ZZ_STR-CON_B-BLND-PIR2-A	G3/3.3/10-B04-C-001	Blinding bed 100mm thick	66,04	m2
30	BSNP_B04-B4B1_ZZ_STR-CON_DDO-r01	S-BLND	STR-CON	B-BLND-PIR2-B	BSNP_B04-B4B1_ZZ_STR-CON_B-BLND-PIR2-B	G3/3.3/10-B04-C-001	Blinding bed 100mm thick	66,04	m2
31	BSNP_B04-B4B1_ZZ_STR-CON_DDO-r01	S-BLND	STR-CON	B-BLND-PIR1-A	BSNP_B04-B4B1_ZZ_STR-CON_B-BLND-PIR1-A	G3/3.3/10-B04-C-001	Blinding bed 100mm thick	66,04	m2
32	BSNP_B04-B4B1_ZZ_STR-CON_DDO-r01	S-BLND	STR-CON	B-BLND-PIR1-B	BSNP_B04-B4B1_ZZ_STR-CON_B-BLND-PIR1-B	G3/3.3/10-B04-C-001	Blinding bed 100mm thick	66,04	m2
33	BSNP_B04-B4B1_ZZ_STR-CON_DDO-r01	S-BLND	STR-CON	B-BLND-PIR6-A	BSNP_B04-B4B1_ZZ_STR-CON_B-BLND-PIR6-A	G3/3.3/10-B04-C-001	Blinding bed 100mm thick	83,187	m2
34	BSNP_B04-B4B1_ZZ_STR-CON_DDO-r01	S-BLND	STR-CON	B-BLND-PIR6-B	BSNP_B04-B4B1_ZZ_STR-CON_B-BLND-PIR6-B	G3/3.3/10-B04-C-001	Blinding bed 100mm thick	83,187	m2
35	BSNP_B04-B4B1_ZZ_STR-CON_DDO-r01	S-BLND	STR-CON	B-BLND-PIR5-A	BSNP_B04-B4B1_ZZ_STR-CON_B-BLND-PIR5-A	G3/3.3/10-B04-C-001	Blinding bed 100mm thick	83,187	m2
36	BSNP_B04-B4B1_ZZ_STR-CON_DDO-r01	S-BLND	STR-CON	B-BLND-PIR5-B	BSNP_B04-B4B1_ZZ_STR-CON_B-BLND-PIR5-B	G3/3.3/10-B04-C-001	Blinding bed 100mm thick	83,187	m2
37	BSNP_B04-B4B1_ZZ_STR-CON_DDO-r01	S-BLND	STR-CON	B-BLND-PIR7-A	BSNP_B04-B4B1_ZZ_STR-CON_B-BLND-PIR7-A	G3/3.3/10-B04-C-001	Blinding bed 100mm thick	66,04	m2

Πίνακας 5- 3: Απόσπασμα από τον αναλυτικό πίνακα του Material take-off των Civil & Structural Works

Row Labels	Component Code	Component Description	Unit	Sum of Quantity
B04	G3/3.3/10-B04-C-001	Blinding bed 100mm thick	m2	1637,868
	G3/3.3/10-B04-C-002	Column necks	m3	1013,53
	G3/3.3/10-B04-C-003	Isolated foundations	m3	3209,32
	G3/3.3/10-B04-C-004	Approach Slab	m3	260,695
	G3/3.3/10-B04-C-005	Capping Beam	m3	13,588
	G3/3.3/10-B04-C-006	Corner Mse	m3	7,164
	G3/3.3/10-B04-C-007	Curtain Wall	m3	28,257
	G3/3.3/10-B04-C-008	Bridge CIS_Diaphragm	m3	361,581
	G3/3.3/10-B04-C-009	Concrete for MSE walls footings	m3	16,697
	G3/3.3/10-B04-C-010	Bridge Deck slab	m3	11539,7611
	G3/3.3/10-B04-H-001	4mm thick bituminous membrane to sides of underground concrete surfaces	m2	5101,033
	G3/3.3/10-B04-J-001	Bridge bearings (free)	pc	18
	G3/3.3/10-B04-J-002	Bridge bearings (Guided)	pc	18
	G3/3.3/10-B04-K-001	Expansion joints	m	82,603
	G3/3.3/10-B04-M-001	MSE walls	m2	311,492
	G3/3.3/10-B04-N-001	Pile	m3	310,674
	G3/3.3/1-B04-E-004	Precast concrete Barrier Type 7	m	845,4129
	G3/3.3/1-B04-F-007	Precast concrete Barrier Type 3 Nose	m	3776,5279
Grand Total				28552,2039

Πίνακας 5-4: Συγκεντρωτικός πίνακας του Material take-off των Civil & Structural Works

File	LevelName	Unique Code Per Object	Part Fam	Part	Component Family	Description	Quantity	Unit	X	Y	Z
1	BSNP_004-ZZZZ_ZZZ_DUT-ELE_DDD-001+8 SVE_PR_UG_DUCT-H	BSNP_004-MC00_ZZZ_DUT-ELE_B-EIHD ELE	DUCT-H	G3/3.3/3-004-A-001	Excavation for trenching and backfilling for Duct	6.3191 m	224689.848	395193.823	6,675002		
2	BSNP_004-ZZZZ_ZZZ_DUT-ELE_DDD-001+8 SVE_PR_UG_DUCT-H	BSNP_004-MC00_ZZZ_DUT-ELE_B-EIHD ELE	DUCT-H	G3/3.3/3-004-C-001	Road crossing duct Construction for Duct-H	6.3191 m	224689.848	395193.823	6,675002		
3	BSNP_004-ZZZZ_ZZZ_DUT-ELE_DDD-001+8 SVE_PR_UG_DUCT-H	BSNP_004-MC00_ZZZ_DUT-ELE_B-EIHD ELE	DUCT-H	G3/3.3/3-004-F-001	Concrete Protection for Duct-H	6.3191 m	224689.848	395193.823	6,675002		
4	BSNP_004-ZZZZ_ZZZ_DUT-ELE_DDD-001+8 SVE_PR_UG_DUCT-H	BSNP_004-MC00_ZZZ_DUT-ELE_B-EIHD ELE	DUCT-H	G3/3.3/3-004-A-001	Excavation for trenching and backfilling for Duct	13.0771 m	224822.213	395014.682	8,124178		
5	BSNP_004-ZZZZ_ZZZ_DUT-ELE_DDD-001+8 SVE_PR_UG_DUCT-H	BSNP_004-MC00_ZZZ_DUT-ELE_B-EIHD ELE	DUCT-H	G3/3.3/3-004-C-001	Road crossing duct Construction for Duct-H	13.0771 m	224822.213	395014.682	8,124178		
6	BSNP_004-ZZZZ_ZZZ_DUT-ELE_DDD-001+8 SVE_PR_UG_DUCT-H	BSNP_004-MC00_ZZZ_DUT-ELE_B-EIHD ELE	DUCT-H	G3/3.3/3-004-F-001	Concrete Protection for Duct-H	13.0771 m	224822.213	395014.682	8,124178		
7	BSNP_004-ZZZZ_ZZZ_DUT-ELE_DDD-001+8 SVE_PR_UG_DUCT-H	BSNP_004-MB40_ZZZ_DUT-ELE_B-EIHD ELE	DUCT-H	G3/3.3/3-004-A-001	Excavation for trenching and backfilling for Duct	42.8085 m	224511.212	395536.035	7,2851085		
8	BSNP_004-ZZZZ_ZZZ_DUT-ELE_DDD-001+8 SVE_PR_UG_DUCT-H	BSNP_004-MB40_ZZZ_DUT-ELE_B-EIHD ELE	DUCT-H	G3/3.3/3-004-C-001	Road crossing duct Construction for Duct-H	42.8085 m	224511.212	395536.035	7,2851085		
9	BSNP_004-ZZZZ_ZZZ_DUT-ELE_DDD-001+8 SVE_PR_UG_DUCT-H	BSNP_004-MB40_ZZZ_DUT-ELE_B-EIHD ELE	DUCT-H	G3/3.3/3-004-F-001	Concrete Protection for Duct-H	42.8085 m	224511.212	395536.035	7,2851085		
10	BSNP_004-ZZZZ_ZZZ_DUT-ELE_DDD-001+8 SVE_PR_UG_DUCT-H	BSNP_004-MC00_ZZZ_DUT-ELE_B-EIHD ELE	DUCT-H	G3/3.3/3-004-A-001	Excavation for trenching and backfilling for Duct	44.3919 m	224690.388	395532.47	7,098595		
11	BSNP_004-ZZZZ_ZZZ_DUT-ELE_DDD-001+8 SVE_PR_UG_DUCT-H	BSNP_004-MC00_ZZZ_DUT-ELE_B-EIHD ELE	DUCT-H	G3/3.3/3-004-C-001	Road crossing duct Construction for Duct-H	44.3919 m	224690.388	395532.47	7,098595		
12	BSNP_004-ZZZZ_ZZZ_DUT-ELE_DDD-001+8 SVE_PR_UG_DUCT-H	BSNP_004-MC00_ZZZ_DUT-ELE_B-EIHD ELE	DUCT-H	G3/3.3/3-004-F-001	Concrete Protection for Duct-H	44.3919 m	224690.388	395532.47	7,098595		
13	BSNP_004-ZZZZ_ZZZ_DUT-ELE_DDD-001+8 SVE_PR_UG_DUCT-H	BSNP_004-MB40_ZZZ_DUT-ELE_B-EIHD ELE	DUCT-H	G3/3.3/3-004-A-001	Excavation for trenching and backfilling for Duct	10.6998 m	224872.64	395572.054	5,916228		
14	BSNP_004-ZZZZ_ZZZ_DUT-ELE_DDD-001+8 SVE_PR_UG_DUCT-H	BSNP_004-MB40_ZZZ_DUT-ELE_B-EIHD ELE	DUCT-H	G3/3.3/3-004-C-001	Road crossing duct Construction for Duct-H	10.6998 m	224872.64	395572.054	5,916228		
15	BSNP_004-ZZZZ_ZZZ_DUT-ELE_DDD-001+8 SVE_PR_UG_DUCT-H	BSNP_004-MB40_ZZZ_DUT-ELE_B-EIHD ELE	DUCT-H	G3/3.3/3-004-F-001	Concrete Protection for Duct-H	10.6998 m	224872.64	395572.054	5,916228		
16	BSNP_004-ZZZZ_ZZZ_DUT-ELE_DDD-001+8 SVE_PR_UG_DUCT-H	BSNP_004-MC00_ZZZ_DUT-ELE_B-EIHD ELE	DUCT-H	G3/3.3/3-004-A-001	Excavation for trenching and backfilling for Duct	19.4172 m	224381.615	395587.376	6,7625925		
17	BSNP_004-ZZZZ_ZZZ_DUT-ELE_DDD-001+8 SVE_PR_UG_DUCT-H	BSNP_004-MC00_ZZZ_DUT-ELE_B-EIHD ELE	DUCT-H	G3/3.3/3-004-C-001	Road crossing duct Construction for Duct-H	19.4172 m	224381.615	395587.376	6,7625925		
18	BSNP_004-ZZZZ_ZZZ_DUT-ELE_DDD-001+8 SVE_PR_UG_DUCT-H	BSNP_004-MC00_ZZZ_DUT-ELE_B-EIHD ELE	DUCT-H	G3/3.3/3-004-F-001	Concrete Protection for Duct-H	19.4172 m	224381.615	395587.376	6,7625925		
19	BSNP_004-ZZZZ_ZZZ_DUT-ELE_DDD-001+8 SVE_PR_UG_DUCT-H	BSNP_004-MB40_ZZZ_DUT-ELE_B-EIHD ELE	DUCT-H	G3/3.3/3-004-A-001	Excavation for trenching and backfilling for Duct	95.8235 m	224580.75	395933.083	8,8971605		
20	BSNP_004-ZZZZ_ZZZ_DUT-ELE_DDD-001+8 SVE_PR_UG_DUCT-H	BSNP_004-MC00_ZZZ_DUT-ELE_B-EIHD ELE	DUCT-H	G3/3.3/3-004-C-001	Road crossing duct Construction for Duct-H	95.8235 m	224580.75	395933.083	8,8971605		
21	BSNP_004-ZZZZ_ZZZ_DUT-ELE_DDD-001+8 SVE_PR_UG_DUCT-H	BSNP_004-MC00_ZZZ_DUT-ELE_B-EIHD ELE	DUCT-H	G3/3.3/3-004-F-001	Concrete Protection for Duct-H	95.8235 m	224580.75	395933.083	8,8971605		
22	BSNP_004-ZZZZ_ZZZ_DUT-ELE_DDD-001+8 SVE_PR_UG_DUCT-H	BSNP_004-MB40_ZZZ_DUT-ELE_B-EIHD ELE	DUCT-H	G3/3.3/3-004-A-001	Excavation for trenching and backfilling for Duct	28.3465 m	224399.94	395559.271	7,0865755		
23	BSNP_004-ZZZZ_ZZZ_DUT-ELE_DDD-001+8 SVE_PR_UG_DUCT-H	BSNP_004-MB40_ZZZ_DUT-ELE_B-EIHD ELE	DUCT-H	G3/3.3/3-004-C-001	Road crossing duct Construction for Duct-H	28.3465 m	224399.94	395559.271	7,0865755		
24	BSNP_004-ZZZZ_ZZZ_DUT-ELE_DDD-001+8 SVE_PR_UG_DUCT-H	BSNP_004-MB40_ZZZ_DUT-ELE_B-EIHD ELE	DUCT-H	G3/3.3/3-004-F-001	Concrete Protection for Duct-H	28.3465 m	224399.94	395559.271	7,0865755		
25	BSNP_004-ZZZZ_ZZZ_DUT-ELE_DDD-001+8 SVE_PR_UG_DUCT-H	BSNP_004-MC00_ZZZ_DUT-ELE_B-EIHD ELE	DUCT-H	G3/3.3/3-004-A-001	Excavation for trenching and backfilling for Duct	20.2839 m	224347.895	395577.19	6,989108		
26	BSNP_004-ZZZZ_ZZZ_DUT-ELE_DDD-001+8 SVE_PR_UG_DUCT-H	BSNP_004-MC00_ZZZ_DUT-ELE_B-EIHD ELE	DUCT-H	G3/3.3/3-004-C-001	Road crossing duct Construction for Duct-H	20.2839 m	224347.895	395577.19	6,989108		
27	BSNP_004-ZZZZ_ZZZ_DUT-ELE_DDD-001+8 SVE_PR_UG_DUCT-H	BSNP_004-MC00_ZZZ_DUT-ELE_B-EIHD ELE	DUCT-H	G3/3.3/3-004-F-001	Concrete Protection for Duct-H	20.2839 m	224347.895	395577.19	6,989108		
28	BSNP_004-ZZZZ_ZZZ_DUT-ELE_DDD-001+8 SVE_PR_UG_DUCT-H	BSNP_004-MB40_ZZZ_DUT-ELE_B-EIHD ELE	DUCT-H	G3/3.3/3-004-A-001	Excavation for trenching and backfilling for Duct	27.6427 m	224850.783	395545.785	6,2238775		
29	BSNP_004-ZZZZ_ZZZ_DUT-ELE_DDD-001+8 SVE_PR_UG_DUCT-H	BSNP_004-MB40_ZZZ_DUT-ELE_B-EIHD ELE	DUCT-H	G3/3.3/3-004-C-001	Road crossing duct Construction for Duct-H	27.6427 m	224850.783	395545.785	6,2238775		
30	BSNP_004-ZZZZ_ZZZ_DUT-ELE_DDD-001+8 SVE_PR_UG_DUCT-H	BSNP_004-MB40_ZZZ_DUT-ELE_B-EIHD ELE	DUCT-H	G3/3.3/3-004-F-001	Concrete Protection for Duct-H	27.6427 m	224850.783	395545.785	6,2238775		
31	BSNP_004-ZZZZ_ZZZ_DUT-ELE_DDD-001+8 SVE_PR_UG_DUCT-H	BSNP_004-MC00_ZZZ_DUT-ELE_B-EIHD ELE	DUCT-H	G3/3.3/3-004-A-001	Excavation for trenching and backfilling for Duct	27.9232 m	224907.606	395522.991	6,0353715		
32	BSNP_004-ZZZZ_ZZZ_DUT-ELE_DDD-001+8 SVE_PR_UG_DUCT-H	BSNP_004-MC00_ZZZ_DUT-ELE_B-EIHD ELE	DUCT-H	G3/3.3/3-004-C-001	Road crossing duct Construction for Duct-H	27.9232 m	224907.606	395522.991	6,0353715		
33	BSNP_004-ZZZZ_ZZZ_DUT-ELE_DDD-001+8 SVE_PR_UG_DUCT-H	BSNP_004-MC00_ZZZ_DUT-ELE_B-EIHD ELE	DUCT-H	G3/3.3/3-004-F-001	Concrete Protection for Duct-H	27.9232 m	224907.606	395522.991	6,0353715		
34	BSNP_004-ZZZZ_ZZZ_DUT-ELE_DDD-001+8 SVE_PR_UG_DUCT-H	BSNP_004-MB40_ZZZ_DUT-ELE_B-EIHD ELE	DUCT-H	G3/3.3/3-004-A-001	Excavation for trenching and backfilling for Duct	7.5069 m	224999.737	394902.262	11,446089		
35	BSNP_004-ZZZZ_ZZZ_DUT-ELE_DDD-001+8 SVE_PR_UG_DUCT-H	BSNP_004-MB40_ZZZ_DUT-ELE_B-EIHD ELE	DUCT-H	G3/3.3/3-004-C-001	Road crossing duct Construction for Duct-H	7.5069 m	224999.737	394902.262	11,446089		
36	BSNP_004-ZZZZ_ZZZ_DUT-ELE_DDD-001+8 SVE_PR_UG_DUCT-H	BSNP_004-MB40_ZZZ_DUT-ELE_B-EIHD ELE	DUCT-H	G3/3.3/3-004-F-001	Concrete Protection for Duct-H	7.5069 m	224999.737	394902.262	11,446089		
37	BSNP_004-ZZZZ_ZZZ_DUT-ELE_DDD-001+8 SVE_PR_UG_DUCT-H	BSNP_004-MC00_ZZZ_DUT-ELE_B-EIHD ELE	DUCT-H	G3/3.3/3-004-A-001	Excavation for trenching and backfilling for Duct	55.6423 m	224951.313	394890.296	10,718562		
38	BSNP_004-ZZZZ_ZZZ_DUT-ELE_DDD-001+8 SVE_PR_UG_DUCT-H	BSNP_004-MC00_ZZZ_DUT-ELE_B-EIHD ELE	DUCT-H	G3/3.3/3-004-C-001	Road crossing duct Construction for Duct-H	55.6423 m	224951.313	394890.296	10,718562		
39	BSNP_004-ZZZZ_ZZZ_DUT-ELE_DDD-001+8 SVE_PR_UG_DUCT-H	BSNP_004-MC00_ZZZ_DUT-ELE_B-EIHD ELE	DUCT-H	G3/3.3/3-004-F-001	Concrete Protection for Duct-H	55.6423 m	224951.313	394890.296	10,718562		
40	BSNP_004-ZZZZ_ZZZ_DUT-ELE_DDD-001+8 SVE_PR_UG_DUCT-H	BSNP_004-MB40_ZZZ_DUT-ELE_B-EIHD ELE	DUCT-H	G3/3.3/3-004-A-001	Excavation for trenching and backfilling for Duct	26.6883 m	224846.736	395122.432	7,484388		
41	BSNP_004-ZZZZ_ZZZ_DUT-ELE_DDD-001+8 SVE_PR_UG_DUCT-H	BSNP_004-MB40_ZZZ_DUT-ELE_B-EIHD ELE	DUCT-H	G3/3.3/3-004-C-001	Road crossing duct Construction for Duct-H	26.6883 m	224846.736	395122.432	7,484388		
42	BSNP_004-ZZZZ_ZZZ_DUT-ELE_DDD-001+8 SVE_PR_UG_DUCT-H	BSNP_004-MB40_ZZZ_DUT-ELE_B-EIHD ELE	DUCT-H	G3/3.3/3-004-F-001	Concrete Protection for Duct-H	26.6883 m	224846.736	395122.432	7,484388		
43	BSNP_004-ZZZZ_ZZZ_DUT-ELE_DDD-001+8 SVE_PR_UG_DUCT-H	BSNP_004-MC00_ZZZ_DUT-ELE_B-EIHD ELE	DUCT-H	G3/3.3/3-004-A-001	Excavation for trenching and backfilling for Duct	31.5478 m	224845.093	395120.78	7,4921995		
44	BSNP_004-ZZZZ_ZZZ_DUT-ELE_DDD-001+8 SVE_PR_UG_DUCT-H	BSNP_004-MC00_ZZZ_DUT-ELE_B-EIHD ELE	DUCT-H	G3/3.3/3-004-C-001	Road crossing duct Construction for Duct-H	31.5478 m	224845.093	395120.78	7,4921995		
45	BSNP_004-ZZZZ_ZZZ_DUT-ELE_DDD-001+8 SVE_PR_UG_DUCT-H	BSNP_004-MC00_ZZZ_DUT-ELE_B-EIHD ELE	DUCT-H	G3/3.3/3-004-F-001	Concrete Protection for Duct-H	31.5478 m	224845.093	395120.78	7,4921995		
46	BSNP_004-ZZZZ_ZZZ_DUT-ELE_DDD-001+8 SVE_PR_UG_DUCT-H	BSNP_004-MB40_ZZZ_DUT-ELE_B-EIHD ELE	DUCT-H	G3/3.3/3-004-A-001	Excavation for trenching and backfilling for Duct	14.1588 m	224905.181	395035.224	8,8957795		
47	BSNP_004-ZZZZ_ZZZ_DUT-ELE_DDD-001+8 SVE_PR_UG_DUCT-H	BSNP_004-MB40_ZZZ_DUT-ELE_B-EIHD ELE	DUCT-H	G3/3.3/3-004-C-001	Road crossing duct Construction for Duct-H	14.1588 m	224905.181	395035.224	8,8957795		
48	BSNP_004-ZZZZ_ZZZ_DUT-ELE_DDD-001+8 SVE_PR_UG_DUCT-H	BSNP_004-MB40_ZZZ_DUT-ELE_B-EIHD ELE	DUCT-H	G3/3.3/3-004-F-001	Concrete Protection for Duct-H	14.1588 m	224905.181	395035.224	8,8957795		
49	BSNP_004-ZZZZ_ZZZ_DUT-ELE_DDD-001+8 SVE_PR_UG_DUCT-H	BSNP_004-MC00_ZZZ_DUT-ELE_B-EIHD ELE	DUCT-H	G3/3.3/3-004-A-001	Excavation for trenching and backfilling for Duct	59.8814 m	224890.245	394992.031	9,3047715		
50	BSNP_004-ZZZZ_ZZZ_DUT-ELE_DDD-001+8 SVE_PR_UG_DUCT-H	BSNP_004-MC00_ZZZ_DUT-ELE_B-EIHD ELE	DUCT-H	G3/3.3/3-004-C-001	Road crossing duct Construction for Duct-H	59.8814 m	224890.245	394992.031	9,3047715		

Πίνακας 5-5: Απόσπασμα από τον αναλυτικό πίνακα του Material take-off των Electrical Works

Παρατηρούμε στον παραπάνω πίνακα ότι για τον εντοπισμό της ακριβούς θέσης των ηλεκτρολογικών δικτύων, δίνονται ακριβείς γεωγραφικές συντεταγμένες του κάθε στοιχείου, στις στήλες X, Y, Z.

Row Labels	Component	Description	Unit	Sum of quantity
5	G3/3.3/3-004-A-001	Excavation for trenching and backfilling for Duct-H	m	880,6381
6	G3/3.3/3-004-A-002	Excavation for trenching and backfilling for Duct-2H	m	603,8708
7	G3/3.3/3-004-A-003	Excavation for trenching and backfilling for Duct-EN6	m	804,6394
8	G3/3.3/3-004-A-004	Excavation for trenching and backfilling for Cable-HV(66KV-3X1CX500 MM ² , CU/XLPE + FOC) - (Trench for the 3 lines)	m	1491,9893
9	G3/3.3/3-004-A-005	Excavation for trenching and backfilling for Cable-MV (1X3C 300 mm2 XLPE + PILOT)	m	1003,7478
10	G3/3.3/3-004-A-006	Excavation for trenching and backfilling for Cable-MV (11KV-3CX240 MM ² , CU/XLPE + PILOT)	m	2262,4824
11	G3/3.3/3-004-A-007	Excavation for trenching and backfilling for Cable-LV (MAIN 600/1000V-4CX300MM ² , CU/XLPE)	m	2974,6271
12	G3/3.3/3-004-A-008	Excavation for trenching and backfilling for Cable-LV-(4CX70MM ² , CU/XLPE)	m	76,351
13	G3/3.3/3-004-A-009	Excavation for trenching and backfilling for Cable-LV-(4CX35MM ² , CU/XLPE)	m	57,2808
14	G3/3.3/3-004-B-001	Cable laying, marker tapes and joints for Cable-HV(66KV-1CX500 MM ² , CU/XLPE + FOC)	m	4475,9675
15	G3/3.3/3-004-B-002	Cable laying, marker tapes and joints for Cable-MV (1X3C 300 mm2 XLPE + PILOT)	m	1003,7478
16	G3/3.3/3-004-B-003	Cable laying, marker tapes and joints for Cable-MV (11KV-3CX240 MM ² , CU/XLPE + PILOT)	m	2262,4824
17	G3/3.3/3-004-B-004	Cable laying, marker tapes and joints for Cable-LV (MAIN)600/1000V-4CX300MM ² , CU/XLPE)	m	2974,6271
18	G3/3.3/3-004-B-005	Cable laying, marker tapes and joints for Cable-LV-(4CX70MM ² , CU/XLPE)	m	76,351
19	G3/3.3/3-004-B-006	Cable laying, marker tapes and joints for Cable-LV-(4CX35MM ² , CU/XLPE)	m	57,2808
20	G3/3.3/3-004-C-001	Road crossing duct Construction for Duct-H	m	880,6381
21	G3/3.3/3-004-C-002	Road crossing duct Construction for Duct-2H	m	603,8708
22	G3/3.3/3-004-C-003	Road crossing duct Construction for Duct-EN6	m	804,6394
23	G3/3.3/3-004-C-004	Split Duct installation as per drawings & details	m	3109,8994
24	G3/3.3/3-004-D-001	Construction/Relocation Of 11355 Sh.Mohd Bin Hamad Althani I/D Private Substation Indoor 11.5mx14.5m	Item	1
25	G3/3.3/3-004-F-001	Concrete Protection for Duct-H	m	880,6381
26	G3/3.3/3-004-F-002	Concrete Protection for Duct-2H	m	603,8708
27	G3/3.3/3-004-F-003	Concrete Protection for Duct-EN6	m	804,6394
28	G3/3.3/3-004-F-004	Concrete Protection for Split Duct as per drawings and details	m	1312,1394

Πίνακας 5-6: Συγκεντρωτικός πίνακας του Material take-off των Electrical Works

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 Η ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ ΤΟΥ BUILDING INFORMATION MODELLING ΣΕ ΟΛΙΣΤΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

6.1.1 Η ΝΕΑ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ

Το Building Information Modelling αποτελεί μια νέα δυναμική μεθοδολογία, που επιτρέπει την ανάλυση και την προσομοίωση μιας κατασκευής, σε πραγματικό χρόνο και πριν την φυσική της ολοκλήρωση, συμβάλλοντας στην καλύτερη κατανόηση ενός έργου.

Οι παραδοσιακές διαδικασίες είχαν αφήσει στάσιμη την κατασκευαστική βιομηχανία από πλευράς παραγωγικότητας. Η νέα διαθέσιμη τεχνολογία, που ευνόησε τόσο τους άλλους κλάδους, αποτέλεσε την διέξοδο από την στασιμότητα και ευνόησε την εξέλιξη μιας νέας γενιάς μεθοδολογίας, μετά τον παραδοσιακό σχεδιασμό στο χέρι και το CAD. Η εμφάνιση του CAD αύξησε την αποδοτικότητα του σχεδιασμού και της συνθετικής διαδικασίας, ως ένα βαθμό, από άποψη ταχύτητας περαίωσης των σχεδίων, όμως η κατασκευαστική διαδικασία παρέμεινε ανεπηρέαστη ως προς τις πρακτικές της.

Το Building Information Modelling είναι ένα εργαλείο που αλλάζει τον τρόπο με τον οποίο ο κατασκευαστικός κλάδος φέρνει εις πέρας την ολοκλήρωση μιας κατασκευής. Η επικοινωνία και η συνεργασία μεταξύ των συντελεστών ενισχύεται αφού όλες οι πληροφορίες αποθηκεύονται σε μια κοινή βάση δεδομένων, στην οποία έχουν πρόσβαση όλα τα ενδιαφερόμενα μέλη, από τον ΚΤΕ μέχρι τους μελετητές και κατασκευαστές του έργου. Πλέον δεν έχουμε ανεξάρτητα 2D σχέδια αλλά *παραμετρικά* αντικείμενα που φέρουν, στο σύνολό τους, έναν τεράστιο όγκο πληροφοριών. Οι πληροφορίες αυτές ενημερώνονται, σε όλο τον κύκλο ζωής ενός έργου, εξυπηρετώντας και στην μετέπειτα *διαχείριση* του, όταν πια έχουν ολοκληρωθεί οι κατασκευαστικές εργασίες. Επιπλέον, το Πληροφοριακό Μοντέλο Έργου, παρέχει δεδομένα που δεν αναπαρίστανται σε τρισδιάστατη μορφή αλλά πρόκειται για μη-γραφικές πληροφορίες που έχουν να κάνουν με τον χρονικό προγραμματισμό (BIM 4D), τις εργασίες και τις δραστηριότητες που απαιτούνται για την εκπλήρωση του έργου, τις ποσότητες και το εκτιμώμενο κόστος (5D) επί του συνόλου ή σε μια δεδομένη στιγμή, καθώς και τον αντίκτυπο ενδεχόμενων τροποποιήσεων στον προϋπολογισμό.

Παρόλο που το BIM προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα, δεν είναι σε θέση να εξαλείψει κάθε αβεβαιότητα που συνδέεται με τις δραστηριότητες κατασκευών. Μια από τις πιο μεγάλες προκλήσεις στην εφαρμογή του BIM είναι η επίτευξη *διαλειτουργικότητας*. Ο σχεδιασμός και η κατασκευή μιας υποδομής αποτελεί ομαδική προσπάθεια και απαιτεί χρήση διαφόρων λογισμικών για την υποστήριξη των διαφορετικών και πολλές φορές περίπλοκων δραστηριοτήτων. Η διαλειτουργικότητα εξυπηρετεί τον διαμοιρασμό των δεδομένων μεταξύ διαφορετικών λογισμικών,

εξαλείφοντας την ανάγκη για αναπαραγωγή δεδομένων και συμβάλλοντας στην ομαλή ροή εργασιών. Οργανισμοί όπως ο buildingSMART International (bSI) και το National Building Specification (NBS), εργάζονται προς αυτή την κατεύθυνση και έχουν ήδη επιφέρει θετικά αποτελέσματα κυρίως με την ανάπτυξη του προτύπου IFC.

Οι παραπάνω νέες δυνατότητες, καθιστούν το Building Information Modelling την τρίτη γενιά μεθοδολογίας, στον σχεδιασμό και την κατασκευή.

6.1.2 ΤΟ BIM ΩΣ ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΣΤΗΝ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΗΣ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΠΟΛΕΩΝ

Το BIM ενθαρρύνει το σχηματισμό νέων ομάδων και ως τεχνολογία έχει τη δυνατότητα να μεταμορφώσει τη βιομηχανία της κατασκευής αλλά και το μέλλον άλλων τομέων, όπως του Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών (GIS), του Παγκόσμιου Συστήματος Εντοπισμού Θέσης (GPS), της Διαχείρισης Έργου (Project Management), του Βιώσιμου σχεδιασμού και της Αντιμετώπισης Έκτακτων Αναγκών, μεταξύ άλλων⁹¹. Με τα ψηφιακά ευφυή μοντέλα παρέχονται πρόσθετες πληροφορίες, οι οποίες γίνονται ακόμα πιο αποτελεσματικές όταν μοιραστούν και συνδεθούν με άλλα συστήματα, απαντώντας σε νέα σενάρια και σκιαγραφώντας έναν νέο χαρακτήρα των πόλεων.

Με δεδομένο ότι οι πόλεις εμπλέκονται σε σύνθετα προβλήματα και αντιμετωπίζουν ταυτόχρονα οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές προκλήσεις, οι σύγχρονες διαδικασίες πολεοδομικού σχεδιασμού, συνδυάζουν στρατηγικές για την αντιμετώπιση χρόνιων πιέσεων και ξαφνικών κρίσεων με τις επιταγές των σύγχρονων τεχνολογικών εργαλείων. Στα πλαίσια αυτών προσπαθειών, έχουν αναπτυχθεί ευρωπαϊκά (URBACT II) και διεθνή προγράμματα (Rockefeller Institute) που αποσκοπούν στην δημιουργία δράσεων με σκοπό την ενίσχυση της Ανθεκτικότητας των Πόλεων. Η ιδέα της συγκρότησης πόλεων με την δυναμική να ανταποκρίνονται σε αστικές προκλήσεις όπως είναι η αλλαγή του κλίματος και οι απρόβλεπτες φυσικές καταστροφές (πλημμύρες, σεισμοί, τυφώνες, κλπ), ωρίμασε την έννοια των *Ανθεκτικών Πόλεων* με συγκεκριμένη δομή και χαρακτηριστικά⁹². Η έννοια της ανθεκτικότητας ενσωματώνει αρχές βιωσιμότητας αλλά αφορά σε μια πιο ολιστική και ενεργή δράση και αναζητά τρόπους με τους οποίους οι πόλεις μπορούν να υπομείνουν ή και ακόμη να ευδοκμήσουν σε έναν δύσκολο περιβάλλον⁹³. Το Building Information Modelling, είναι ένα εργαλείο που μπορεί να ενισχύσει την προσπάθεια αυτή. Με την διευρυμένη

⁹¹ Hardin, B. και McCool, D. (2016), BIM and Construction Management · Proven Tools, Methods, and Workflows. Canada: WILEY, σ. 354

⁹² Da Silva, J., Parker, E., 2012, *Visions of a resilient City*, Arup Publishing, p. 8

⁹³ 100 Resilient Cities, <http://www.100resilientcities.org/FAQ/#/-/>

εφαρμογή του BIM, σενάρια διαχείρισης κρίσεων μπορούν να τεθούν σε εφαρμογή, όπως για παράδειγμα σε περίπτωση πυρκαγιάς σε ένα κτίριο, οι πυροσβέστες μπορούν να «τραβήξουν» πληροφορίες από το Πληροφοριακό Μοντέλο Έργου, για τον προσδιορισμό της θέσης των πυροσβεστήρων, των εντοπισμό των βαλβίδων διακοπής λειτουργίας και τις εξόδους κινδύνου. Ακόμα, οι κυβερνητικές υπηρεσίες μπορούν να χρησιμοποιήσουν πληροφορίες με GIS και BIM 3D, για την προσομοίωση διαχείρισης φυσικών καταστροφών ή την αντιμετώπιση τρομοκρατικών επιθέσεων, μέσα από τη βάση δεδομένων της πόλης. Τελικά, το BIM είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για πολλούς άλλους φορείς, πέρα από τον κατασκευαστικό κλάδο και αποτελεί ένα καλύτερο και πιο ανεπτυγμένο, από προηγούμενες τεχνολογίες, μέσο για την αντιμετώπιση και την κατανόηση όλων των αγνώστων στοιχείων, τόσο πριν την φυσική κατασκευή αλλά και κατά την λειτουργία της.

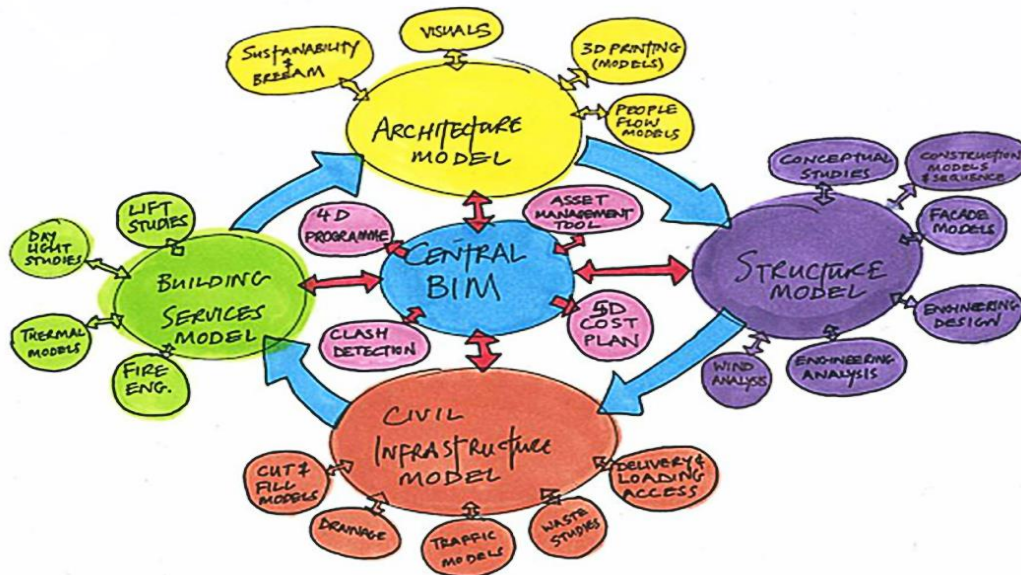
6.1.3 “SMART CITIES” ΚΑΙ BUILDING INFORMATION MODELLING

Η Smart City περιγράφει «Μια έξυπνη και βιώσιμη πόλη η οποία χρησιμοποιεί καινοτόμες τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνιών (ICT) και άλλα μέσα με σκοπό να βελτιώσει την ποιότητα ζωής των πολιτών της, την αποτελεσματικότητα των αστικών λειτουργιών και υπηρεσιών της εξασφαλίζοντας με αυτό τον τρόπο την εξυπηρέτηση των αναγκών των σημερινών και μελλοντικών γενεών σε οικονομικό, κοινωνικό και περιβαλλοντικό επίπεδο⁹⁴».

Ως υποδομές μιας πόλης νοούνται όλες οι τεχνητές κατασκευές που συνθέτουν την υλική δομή μιας πόλης, όπως είναι οι αυτοκινητόδρομοι, το δίκτυο ύδρευσης και οι δημόσιες υποδομές που αφορούν στην περίθαλψη και την εκπαίδευση, κοκ. Πέρα από τις κατασκευές με φυσική υπόσταση, ως υποδομές θεωρούνται και οι ψηφιακές δομές που αποτελούν και τη ραχοκοκαλιά της έξυπνης πόλης. Η αξιοποίηση της τεχνολογίας αποτελεί το κλειδί για το σχεδιασμό, την υλοποίηση και τη λειτουργία των έξυπνων πόλεων και το Building Information Modelling συνιστά ένα ισχυρό εργαλείο της σύγχρονης τεχνολογίας. Οι βάσεις δεδομένων και πληροφοριών του BIM συνδυαζόμενες, συνθέτουν λύσεις βιώσιμες για τους κατοίκους και για καλύτερη χρήση των πόρων. Με την βοήθεια του BIM 6D, εξετάζονται εναλλακτικές για το μικρότερο δυνατό περιβαλλοντικό αποτύπωμα των νέων κατασκευών, μέσα από διαφορετικά σενάρια που αφορούν την επιλογή κατάλληλων υλικών, τον προσανατολισμό και την επιλογή κατάλληλων συστημάτων σε σχέση με την γενικότερη αρχιτεκτονική σύνθεση. Επιπλέον, το BIM εξυπηρετεί την ανάπτυξη μιας έξυπνης πόλης με την πλήρη καταγραφή της διαχείρισης και λειτουργίας των υποδομών της (Facility Management, BIM 7D). Ένα τέτοιο παράδειγμα αποτελούν τα συστήματα διαχείρισης ενέργειας και

⁹⁴ Mohanty, P. Saraju & Choppali, Uma & Kougiianos, Elias (2016), *Everything you wanted to know about Smart Cities*, Texas, University of North Texas, σ. 1

ελέγχου φωτισμού καθώς και αυτόματες λειτουργίες συμπεριλαμβανομένων των δικτύων Wi-Fi και συστημάτων παρακολούθησης (Closed Circuit TV, CCTV) στοχεύοντας στην εξοικονόμηση ενέργειας, την έξυπνη κατανάλωση και την ενίσχυση της αειφορίας. Το BIM λοιπόν πρεσβεύει την καινοτομία και λειτουργεί ως εργαλείο στην οικοδόμηση μιας έξυπνης κοινωνίας, και καθώς η τεχνολογία θα συνεχίζει να αναπτύσσεται έτσι θα συνεχίσει να αναπτύσσεται και το Building Information Modelling, διαμορφώνοντας νέα οφέλη και ευκαιρίες.



6.2 ΟΙ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΙΟΘΕΤΗΣΗ ΤΟΥ BUILDING INFORMATION MODELLING ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ

6.2.1 BIM ΚΑΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, το BIM αναπτύσσεται σε συνεργατικό περιβάλλον και αξιοποιείται από νωρίς στη διαδικασία σχεδιασμού. Τα πανεπιστήμια και οι εκπαιδευτικοί φορείς, αποτελούν το ιδανικό περιβάλλον για την γνωριμία των νέων μηχανικών με την έννοια του Building Information Modelling και την εξοικείωση τους με τις νέες τεχνολογίες και διαδικασίες, στις οποίες θα εκτεθούν αργότερα. Η εξερεύνηση των νέων εργαλείων σχεδιασμού και κατασκευής σε εκπαιδευτικό επίπεδο, μπορεί να δώσει ώθηση στην εφαρμογή του BIM και την αντικατάσταση των συμβατικών και μη αποτελεσματικών πλέον, μεθόδων της κατασκευαστικής βιομηχανίας. Οι νέες δυνατότητες, απαιτούν την συνεργασία μεταξύ ειδικοτήτων όλων των κλάδων και η συνεργατική αυτή λογική, μπορεί να αναπτυχθεί από νωρίς, κατανοώντας τους ρόλους που έχει ο κάθε συντελεστής στην ομάδα. Επιπλέον, τα πανεπιστήμια έχουν τη δυνατότητα να εξοικονομήσουν χρήματα στα μελετητικά γραφεία και τις κατασκευαστικές επιχειρήσεις, καταρτίζοντας το

μελλοντικό προσωπικό στην μεθοδολογία του BIM. Στα πλαίσια των παραπάνω, δημιουργήθηκε το 2017 στην Ελλάδα, μια πρότυπη εκπαιδευτική ενότητα στο Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, με αντικείμενο διδασκαλίας την «Τεχνολογία Μοντέλων Δομικών Πληροφοριών» για τον τεχνικό σχεδιασμό και τη διαχείριση της κατασκευής και της λειτουργίας τεχνικών έργων.

Ακόμα, η ανάπτυξη και διεξαγωγή σεμιναρίων για την ενημέρωση και γνωριμία με το BIM, μπορεί να ωφελήσει τόσο σπουδαστές όσο και επαγγελματίες του χώρου, που έχουν προσαρμοστεί στις συμβατικές μεθόδους εκτέλεσης ενός έργου. Προς αυτή την κατεύθυνση και με πρωτοβουλία του ΠΕΔΜΕΔΕ (Πανελλήνια Ένωση Διπλωματούχων Μηχανικών Εργοληπτών Δημοσίων Έργων), διεξάγεται για πρώτη φορά στην Ελλάδα, σεμινάριο κατάρτισης για την θέση «Τεχνικού προγραμματισμού Smart Buildings (πρόγραμμα BIM)»⁹⁵ με συγχρηματοδότηση του ΕΣΠΑ 2014-2020.

6.2.2 BIM ΚΑΙ ΔΗΜΟΣΙΟΙ ΦΟΡΕΙΣ

Όπως έχει αναφερθεί στο κεφάλαιο 3.2, οι δημόσιοι φορείς παίζουν καταλυτικό ρόλο στην διάδοση και εφαρμογή του Building Information Modelling. Η πρόκληση στην υιοθέτηση μιας νέας μεθοδολογίας είναι να δοθούν ισχυρά κίνητρα, κυρίως για τους επαγγελματίες των μικρομεσαίων επιχειρήσεων, που συνιστούν το 90% του κλάδου των κατασκευών, ώστε να αφήσουν πίσω τις παραδοσιακές νόρμες και μεθόδους κατασκευής, οι οποίες τους είναι ήδη γνώριμες και κατανοητές. Η ευρύτερη υιοθέτηση μιας νέας μεθοδολογίας θέλει χρόνο και απαιτεί συντονισμένες κινήσεις και δράσεις για την χάραξη ενός κοινού πλαισίου, στο οποίο θα προσαρμοστεί η σύγχρονη κατασκευαστική βιομηχανία.

Οι χώρες που έχουν ήδη εντάξει τις πρακτικές του BIM στα κυβερνητικά τους προγράμματα (Βλ. Κεφάλαιο 3.2.1), έχουν επιτύχει σε μεγάλο βαθμό την διάδοση της μεθοδολογίας, μέσω ισχυρών κινήτρων που έχουν να κάνουν με την απαίτηση ψηφιακών μοντέλων στην ανάθεση-παράδοση δημόσιων έργων. Επιπλέον, η εφαρμογή του BIM έχει οδηγήσει στην εξοικονόμηση πόρων και στην αναδιανομή τους σε νέα έργα και ο κατασκευαστικός κλάδος στην Ελλάδα θα μπορούσε να επωφεληθεί εξ' ίσου. Συγκεκριμένα, μια πρόταση θα ήταν, η Ελλάδα να ενταχθεί στην πανευρωπαϊκή προσπάθεια του EU BIM Task Group, με στόχο την ανάπτυξη μιας κοινής γραμμής στην υιοθέτηση και εφαρμογή του BIM, ώστε να κερδίσει το στοίχημα του οικονομικού κέρδους μεταξύ 10% - 20% του αρχικού κεφαλαιουχικού κόστους για δημόσια έργα (Βλ. Κεφάλαιο 3.1).

⁹⁵ "ΠΕΔΜΕΔΕ", Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο:
<https://pedmede.gr/%cf%80%cf%81%ce%bf%ce%b3%cf%81%ce%b1%ce%bc%ce%bc%ce%b1%cf%84%ce%b1/>

6.3 Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ BUILDING INFORMATION MODELLING ΣΤΟ AL BUSTAN STREET NORTH PROJECT

Στα πλαίσια αυτής της εργασίας κρίνεται σκόπιμο να αναφερθεί η συμβολή του Building Information Modelling στην εκτέλεση του Al Bustan Street North Project. Το έργο αφορά σε ένα ιδιαίτερα πολύπλοκο Mega Project με αυξημένες απαιτήσεις ως προς την υλοποίηση του. Οι κύριες προκλήσεις αφορούσαν στην ομαλή εκτέλεση του έργου, χωρίς να παρεμποδίζεται η ομαλή κυκλοφορία της κίνησης, καθότι οι εργασίες θα λάμβαναν χώρα σε κεντρικούς δρόμους της Ντόχα. Επιπλέον, η συνύπαρξη διαφορετικών ομάδων σχεδιασμού από όλο τον κόσμο και η έγκαιρη και χωρίς καθυστερήσεις, παράδοση του έργου, πριν την έναρξη του Παγκόσμιου Κυπέλλου Ποδοσφαίρου 2022 της FIFA, αποτέλεσαν κρίσιμα σημεία για την επιτυχή περαίωση του έργου.

Η Ολοκληρωμένη Παράδοση Έργου - Integrated Project Delivery (IPD) (Βλ. Κεφάλαιο 2.4.2), ευνόησε τον εκ παραλλήλου σχεδιασμό και κατασκευή του σύνθετου αυτού έργου, επιτρέποντας την διαχείριση και επανατοποθέτηση του ανθρώπινου δυναμικού, προοδευτικά, στα διάφορα στάδια και φάσεις του έργου. Η ανάπτυξη πολλών επιμέρους Πληροφοριακών Μοντέλων, ανά ζώνη και κλάδο, στοχεύει στην πλήρη προσομοίωση της κατασκευής, στην καλύτερη αντίληψη του εύρους του έργου και στην πρόληψη και επίλυση προβλημάτων, πριν αυτά ανακαλυφθούν στο εργοτάξιο.

Με την 3D αναπαράσταση του έργου αλλά και των υφιστάμενων υποδομών (υδρολογικά, ηλεκτρολογικά και οδικά δίκτυα) των γειτονικών περιοχών, οι μελετητές αξιολογούν τα στοιχεία αυτά κατά τον σχεδιασμό των νέων υποδομών και προσαρμόζουν τις λύσεις έχοντας πλήρη εικόνα μέσα από την τρισδιάστατη απεικόνιση. Επιπλέον, με την βοήθεια του BIM, μελετήθηκαν διαφορετικά σενάρια, για την παράλληλη εξυπηρέτηση της κυκλοφορίας κατά την εξέλιξη των έργων, με διευθέτηση οδικών εκτροπών και παρακάμψεων (diversion routes).

Επιπλέον, ο χρονικός προγραμματισμός του έργου (BIM 4D) και η δυνατότητα αυτόματης επιμέτρησης υλικών (BIM 5D), συνετέλεσαν στον καλύτερο έλεγχο και εποπτεία της προόδου των εργασιών, διασπώντας σε απτά παραδοτέα, όλα τα πακέτα εργασιών.

Η επίλυση των συγκρούσεων και αστοχιών, υπήρξε βασικό σημείο αναφοράς στην εφαρμογή του BIM κατά την διάρκεια του Project και επέτρεψε την Ανάπτυξη της Πληροφορίας σε LOD 350 και την εξαγωγή Shop-Drawings με αυτόματες διαδικασίες. Οποιαδήποτε αλλαγή συνέβαινε στα Πληροφοριακά Μοντέλα Έργου, αμέσως μεταφερόταν με αυτόματο τρόπο, σε όλα τα σχέδια που επηρεάζονταν.

Τα τελικά μοντέλα «As Built» σε LOD 500, θα χρησιμοποιηθούν για την διαχείριση και λειτουργία του έργου (BIM 7D), σε όλο τον κύκλο ζωής του, από τον πελάτη. Φυσικά, εντοπίστηκαν και προβλήματα κατά την διάρκεια της κατασκευής που είχαν να κάνουν με τις μεθόδους συνεργασίας των διαφόρων ομάδων καθώς και άλλα τεχνικά θέματα, όμως με το BIM μειώθηκε η ένταση και η συχνότητα εμφάνισης τους.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Afsari, K. and Eastman, C. M. (2016), ***A Comparison of Construction Classification Systems Used for Classifying Building Product Models***. Atlanta: Georgia Institute of Technology.
- AEC3 Deutschland GmbH (2014), “IFC Overview Presentation”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://www.bre.co.uk/filelibrary/events/BRE%20Events/BIM%20Conference%20Season/Delivery%20of%20IFC/2-Thomas-Liebich.pdf>, τελευταία επίσκεψη: 03/08/2019.
- Ανδρουτσοπούλου Άρτεμις (2015), ***Δράσεις και πολιτικές για την υιοθέτηση του Building Information Modeling (BIM) σε εθνικό και υπερεθνικό επίπεδο***. Αθήνα: Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Αποστολέρης Αναστάσιος Ι. (2015), ***Οδοποιία Ι - Χαράξεις και υπολογισμός χωματισμών θεωρία και πρακτική***. Αθήνα: Ιδιωτική Έκδοση
- Autodesk, Inc. (2008), ***Improving Building Industry Results through Integrated Project Delivery and Building Information Modeling***.
- Autodesk, Inc., Autodesk Whitepaper, ***Classification Systems and Their Use in Autodesk Revit, Managing the “I” in BIM***.
- BSi Group (2007), ***BS 1192:2007 Collaborative production of architectural, engineering and construction information – Code of practice***. United Kingdom: British Standards Institution.
- Γκένα Ευαγγελία (2016), ***Εφαρμογή της Τεχνολογίας BIM στον Χρονικό Προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)***. Αθήνα: Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Γωνιανάκης, Παύλος Βασίλειος (2014), ***Παρουσίαση της μεθόδου ΠΟΚ (Πληροφοριακό Ομοίωμα Κτηρίου – BIM) και πρακτική εφαρμογή της για τον προγραμματισμό έργου, με χρήση του προγράμματος Synchro***. Αθήνα: Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Lesley Currie (2014), ***Building Information Modelling: It’s Impact on Insurance, Intellectual Property Rights and Design Liability***, UK: Society of Construction Law.
- EU BIM TASK GROUP (2018), “Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector”, EU: Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <http://www.eubim.eu/handbook/>, τελευταία επίσκεψη: 03/08/2019.

- C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks και K. Liston (2008), ***BIM Handbook· A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors.*** Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- Hardin, B. και McCool, D. (2016), ***BIM and Construction Management · Proven Tools, Methods, and Workflows.*** Canada: WILEY.
- Heldman, K. (2013), ***PMP Project Management Professional Exam Study Guide.*** Canada: Sybex.
- J. Kent Holland (2016), ***Construction Management at Risk (CMAR).*** Zurich: LLC
- Rui Pedro Lopes Fernandes (2013), ***Advantages and Disadvantages of BIM Platforms on Construction Site.*** Portugal: Faculdade de Engenharia da Universidade de Porto.
- iiSBE, “The Integrated Design Process”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: http://www.iisbe.org/down/gbc2005/Other_presentations/IDP_overview.pdf, τελευταία επίσκεψη: 03/08/2019.
- Κεφεκέ Μαρία (2014), ***Εφαρμογές BIM στη Διαχείριση Τεχνικών Έργων με χρήση των λογισμικών REVIT και NAVISWORKS.*** Αθήνα: Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Μαντόγιαννης Βασίλειος (2016), ***Χρονικός Προγραμματισμός και Κοστολόγηση Τεχνικών Έργων με τη χρήση της τεχνολογίας του Building Information Modeling (BIM).*** Αθήνα: Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- McGraw-Hill Construction (2014), ***The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets: How Contractors Around the World Are Driving Innovation With Building Information Modeling.***
- Mohanty, P., Saraju & Choppali, Uma & Kougiianos, Elias (2016), ***Everything you wanted to know about Smart Cities.*** Texas: University of North Texas.
- Μπάνος Ευάγγελος (2017), ***Κατασκευή Πληροφοριακού Προσομοιώματος Κατασκευών - B.I.M.***

- J. C. Perez - Sanchez, R. T. Mora - Garcia, V. R. Perez – Sanchez, και B. Piedecausa – Garcia (2017), “FROM CAD TO BIM:A NEW WAY TO UNDERSTAND ARCHITECTURE”, ***Building Information Modelling (BIM) in Design, Construction and Operations II***, Spain: Department of Building and Urbanism, University of Alicante.
- RIBA (2013), ***RIBA Plan of Work 2013 Overview***. London: RIBA
- Da Silva, J., Parker, E. (2012), ***Visions of a resilient City***, Arup Publishing
- B. Succar, W. Sher και A. Williams (2012), “Measuring BIM performance: Five metrics”, ***Architectural Engineering and Design Management***, 8(2), σσ. 120-142
- B. Succar, “The Five Components of BIM Performance Measurement”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο:
<https://changeagents.blogs.com/thinkspace/files/The%20Five%20Components%20of%20BIM%20Performance%20Measurement.pdf>, τελευταία επίσκεψη: 03/08/2019.
- The American Institute of Architects (AIA) and AIA California Council (2007), ***Integrated Project Delivery: A Guide***, Version 1. U.S.: AIA
- The American institute of architects (2013), ***AIA Document G202™ - 2013. Project Building Information Modeling Protocol Form***. U.S.: AIA
- R. Waterhouse, M. Bew, K. Parkinson, A. Malleson, I. May, R. Lane, P. Dodd και S. Hamil (2017), ***NBS National BIM Report 2017***. United Kingdom: NBS
- R. Waterhouse, J. Johnston, P. Barker, A. Malleson, D. Sinclair, D. Philp, S. Powel, W. May και S. Rock (2018), ***NBS National BIM Report 2018***. United Kingdom: NBS
- Ζέρβας, Παντελεήμων, (2011), ***Εφαρμογές της ΨΑΚΠ (Ψηφιακή Απεικόνιση Κτιριακών Πληροφοριών – BIM) στη Διαχείριση Τεχνικών Έργων***. Αθήνα: Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

- Alderton, M. (2017), “How Level of Development Is Bringing a New Standard of Excellence to AEC”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://www.autodesk.com/redshift/level-of-development/>, τελευταία επίσκεψη: 03/08/2019.
- Autodesk, “The History of Prefabrication, From Roman Forts to Modern Modular Housing”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://www.autodesk.com/redshift/history-of-prefabrication/>, τελευταία επίσκεψη: 03/08/2019.
- Academic Resource Center, IIT, “Integrated Project Delivery (IPD)& Building Information Modeling (BIM)”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: https://web.iit.edu/Sites/web/files/departments/academic-affairs/academic-resource-center/pdfs/integrated_project_delivery.pdf τελευταία επίσκεψη: 03/08/2019.
- “The Top 10 Tips for Transitioning From CAD to BIM”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://academy.archistar.ai/the-top-10-tips-for-transitioning-from-cad-to-bim>, τελευταία επίσκεψη: 03/08/2019.
- “A Comparison between CAD and BIM”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://academy.archistar.ai/a-comparison-between-cad-and-bim>, τελευταία επίσκεψη: 03/08/2019.
- “What makes engineer-to-order (ETO) products unique?”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://www.arenasolutions.com/resources/articles/engineered-to-order/>, τελευταία επίσκεψη: 03/08/2019.
- “BIM 3D, 4D, 5D, 6D, 7D”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <http://www.bimpanzee.com/bim-3d-4d-5d-6d-7d.html>, τελευταία επίσκεψη: 03/08/2019.
- BIM Wiki (2019), “Employer's information requirements EIR”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Employer%27s_information_requirements_EIR, τελευταία επίσκεψη: 03/08/2019.
- “bSI Standards”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://www.buildingsmart.org/standards/bsi-standards/>, τελευταία επίσκεψη: 03/08/2019.
- Brennan, T. (2016), “What Is Construction Management-At-Risk (CMAR)?”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <http://info.waterdesignbuild.com/blog/what-is-construction-management-at-risk-cmar>, τελευταία επίσκεψη: 03/08/2019.
- “BuildingSMART”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://www.buildingsmart.org/>, τελευταία επίσκεψη: 03/08/2019.

- Coorey, B. (2017), “A Comparison between CAD and BIM”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://www.linkedin.com/pulse/comparison-between-cad-bim-dr-benjamin-coorey/>, τελευταία επίσκεψη: 03/08/2019.
- “The strengths and challenges of integrated project delivery”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://www.constructiondive.com/news/the-strengths-and-challenges-of-integrated-project-delivery/519561/>
- “JCT Design and Build Contract”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/JCT_Design_and_Build_Contract, τελευταία επίσκεψη: 03/08/2019.
- Erasmus, N. (2017), “BIM Maturity Levels Explained”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://www.linkedin.com/pulse/bim-maturity-levels-explained-nick-erasmus>, τελευταία επίσκεψη: 03/08/2019.
- Grani, H. K. (2016), “Level of Development - LOD - as a Lifecycle BIM tool”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://blog.areo.io/level-of-development/>, τελευταία επίσκεψη: 03/08/2019.
- McPartland, R. (2014), “BIM Levels explained”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://www.thenbs.com/knowledge/bim-levels-explained>, τελευταία επίσκεψη: 03/08/2019.
- McPartland (2017), “BIM dimensions - 3D, 4D, 5D, 6D BIM explained”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://www.thenbs.com/knowledge/bim-dimensions-3d-4d-5d-6d-bim-explained>, τελευταία επίσκεψη: 03/08/2019.
- McPartland, R. (2017), “What is a BIM Execution Plan (BEP)?”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://www.thenbs.com/knowledge/what-is-a-bim-execution-plan-bep>, τελευταία επίσκεψη: 03/08/2019.
- Διονύσιος Ε. Μπισκίνης (2016), “ΓΕΦΥΡΟΠΟΪΑ: ΕΙΔΗ ΓΕΦΥΡΩΝ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: https://eclass.pat.teiwest.gr/eclass/modules/document/file.php/768106/2016_Eidh_gefyrown_%26_methodoi_kataskevis.pdf, τελευταία επίσκεψη: 03/08/2019.

- Mordue, S. (2019), “Explaining the levels of BIM”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <http://www.bimplus.co.uk/analysis/explaining-levels-bim/>, τελευταία επίσκεψη: 03/08/2019.
- National Building Information Model Standard, “What is a BIM”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://www.nationalbimstandard.org/faqs>, τελευταία επίσκεψη: 03/08/2019.
- Powell, S. (2018), “The strengths and challenges of integrated project delivery”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://www.constructiondive.com/news/the-strengths-and-challenges-of-integrated-project-delivery/519561/>, τελευταία επίσκεψη: 03/08/2019.
- 100 Resilient Cities, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <http://www.100resilientcities.org/FAQ/#/-/>, τελευταία επίσκεψη: 03/08/2019.
- Singh, I. (2017), “BIM adoption and implementation around the world: Initiatives by major nations”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://www.geospatialworld.net/blogs/bim-adoption-around-the-world/>, τελευταία επίσκεψη: 03/08/2019.
- Spellerberg, J. (2019), “Project Delivery Methods: The Basics of Design-Bid-Build”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://www.levelset.com/blog/design-bid-build/>, τελευταία επίσκεψη: 03/08/2019.
- Taylor, D. (2017), “BIM vs CAD: What’s the Difference”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://blog.capterra.com/bim-vs-cad-whats-the-difference/>, τελευταία επίσκεψη: 03/08/2019.
- Thomas Liebich (2014), “IFC Overview Presentation”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://www.bre.co.uk/filelibrary/events/BRE%20Events/BIM%20Conference%20Season/Deliverable%20of%20IFC/2-Thomas-Liebich.pdf>, τελευταία επίσκεψη: 03/08/2019.
- “BIM Quantity Takeoff Services”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://www.truecadd.com/bim-quantity-take-off.php>, τελευταία επίσκεψη: 03/08/2019.
- “The impact of buildings”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://new.usgbc.org/leed>, τελευταία επίσκεψη: 03/08/2019.

- Wikipedia, “BIM origins and elements”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: https://en.wikipedia.org/wiki/Building_information_modeling#BIM_origins_and_elements, τελευταία επίσκεψη: 03/08/2019.
- Wikipedia, “4D BIM”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: https://en.wikipedia.org/wiki/4D_BIM, τελευταία επίσκεψη: 03/08/2019.
- Wikipedia, “5D BIM”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: https://en.wikipedia.org/wiki/5D_BIM, τελευταία επίσκεψη: 03/08/2019.
- Wikipedia, “6D BIM”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: https://en.wikipedia.org/wiki/6D_BIM, τελευταία επίσκεψη: 03/08/2019.
- Wikipedia, “BuildingSMART”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://en.wikipedia.org/wiki/BuildingSMART>, τελευταία επίσκεψη: 03/08/2019.
- Wikipedia, “COBie”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://en.wikipedia.org/wiki/COBie>, τελευταία επίσκεψη: 03/08/2019.
- Wikipedia, “Industry Foundation Classes”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: https://en.wikipedia.org/wiki/Industry_Foundation_Classes, τελευταία επίσκεψη: 03/08/2019.
- Wikipedia, “Μοντέλο δομικών πληροφοριών”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%BF%CE%BD%CF%84%CE%AD%CE%BB%CE%BF_%CE%B4%CE%BF%CE%BC%CE%B9%CE%BA%CF%8E%CE%BD_%CF%80%CE%BB%CE%B7%CF%81%CE%BF%CF%86%CE%BF%CF%81%CE%B9%CF%8E%CE%BD#cite_note-1, τελευταία επίσκεψη: 03/08/2019.
- Zeiss, G. (2013), “Building on BIM – BIM Adoption Globally”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://www.geospatialworld.net/article/building-on-bim/>, τελευταία επίσκεψη: 03/08/2019.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΟΡΟΙ ΤΟΥ BUILDING INFORMATION MODELLING

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΟΡΟΙ ΤΟΥ BUILDING INFORMATION MODELLING

3D	Τρισδιάστατη γεωμετρία
4D	Πληροφορίες χρονικής αλληλουχίας εργασιών κατασκευής
5D	Πληροφορίες κόστους
6D	Πληροφορίες για την διαχείριση ενός έργου στον κύκλο ζωής του (Operation & Management information)
7D	Πληροφορίες και στοιχεία ενεργειακής ανάλυσης έργου (Sustainability)
BIM Execution Plan (BEP)	Σύμβαση που καταρτίζεται από ανάδοχο έργου, μελετητές και προμηθευτές και περιλαμβάνει προτεινόμενο σχέδιο εκτέλεσης Έργου πριν από τη σύμβαση BIM και έπειτα ένα σχέδιο εκτέλεσης Έργου μετά τη συμφωνηθείσα σύμβαση
BIM Maturity Levels	Επίπεδο ανάπτυξης και ενσωμάτωσης του Πληροφοριακού Μοντέλου Έργου
EU BIM Task Group	Ευρωπαϊκή σύμπραξη του δημόσιου τομέα για την ενίσχυση της εφαρμογής της Μοντελοποίησης Κατασκευαστικών Πληροφοριών
Building Information Modelling (BIM)	Η Μοντελοποίησης Κατασκευαστικών Πληροφοριών είναι ένας πολύ ευρύς όρος που περιγράφει την ολοκληρωμένη ψηφιακή αναπαράσταση των φυσικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών μιας υποδομής
Building Information Model (BIM Model)	Πληροφοριακό Μοντέλο Έργου
BuildingSMART Data Dictionary (bSDD)	Κατάλογος ονομασίας αντικειμένων
CAD	Computer-Aided Design
Common Data Environment (CDE)	Ενιαίο περιβάλλον πληροφοριών για το έργο, που χρησιμοποιείται για τη συλλογή, διαχείριση και διάδοση της τεκμηρίωσης του ψηφιακού μοντέλου και των μη γραφικών δεδομένων του για όλη την ομάδα του έργου
Construction Operations Building Information Exchange (COBie)	Μη ιδιόκτητη Φόρμα Δεδομένων (xlsx.) για την δημοσίευση ενός υποσυνόλου πληροφοριών εστιάζοντας σε δεδομένα περιουσιακών στοιχείων παρά σε γεωμετρικά χαρακτηριστικά
CPI	Πληροφορίες κατασκευαστικών έργων
DGN	MicroStation και Bentley μορφή αρχείου
DWG	AutoCAD μορφή αρχείου
Employer's Information Requirements(EIR)	Οι πληροφορίες που απαιτούνται από τον εργοδότη και πρέπει να απαντώνται στο σχέδιο εκτέλεσης BIM (BEP), ώστε να ευθυγραμμίζονται τα βασικά σημεία λήψης αποφάσεων ή τα στάδια των εργασιών των προμηθευτών με τις απαιτήσεις του πελάτη
iBIM	Ολοκληρωμένο Πληροφοριακό Μοντέλο Έργου, ή BIM επιπέδου ενσωμάτωσης 3 (Level 3 BIM)
ICT	Τεχνολογίες Πληροφοριών και Επικοινωνιών
Industry Foundation Classes (IFC)	Μια ουδέτερη, μη-ιδιόκτητη μορφή δεδομένων που χρησιμοποιείται για την περιγραφή και την ανταλλαγή πληροφοριών

Information Delivery Manual (IDM)	Καθορίζει πότε απαιτούνται συγκεκριμένοι τύποι πληροφοριών κατά την κατασκευή ή τη λειτουργία ενός έργου
International Framework for Dictionaries (IFD)	Πρότυπο για ανάπτυξη βιβλιοθηκών ορολογίας
Model View Definition (MVD)	Υποκατηγορία μοντέλου IFC και χρησιμοποιείται για την παρουσίαση συγκεκριμένου πεδίου εφαρμογής και δεδομένων
BIM Collaboration Format (BCF)	Απλοποιημένο σχήμα ανοιχτού προτύπου που εξυπηρετεί την επικοινωνία και τον συντονισμό μεταξύ διαφορετικών ομάδων και λογισμικών.
Level 0 BIM	Δημιουργία και διαμοιρασμός 2D σχεδίων (CAD) και μη-γραφικών πληροφοριών σε χαρτί ή σε ηλεκτρονική μορφή αλλά χωρίς κοινά πρότυπα και διαδικασίες
Level 1 BIM	Δημιουργία και διαμοιρασμός τρισδιάστατων και δισδιάστατων σχεδίων και μη-γραφικών πληροφοριών μέσα από ένα κοινό περιβάλλον (CDE) και σύμφωνα με το πρότυπο BS 1192:2007
Level 2 BIM	Ελεγχόμενο 3D περιβάλλον, με ενσωματωμένες βάσεις δεδομένων, που όμως απαρτίζεται από ξεχωριστά υπομοντέλα διαφορετικών κλάδων
Level 3 BIM	Ελεγχόμενο 3D περιβάλλον όπου όλοι οι επιμέρους κλάδοι εισάγουν πληροφορίες σε ένα ενιαίο, διαμοιραζόμενο Πληροφοριακό Μοντέλο το οποίο θα αποθηκεύει όλες τις πληροφορίες του σε μια κεντρική πλατφόρμα. Αυτό το επίπεδο αναφέρεται και ως «iBIM» δηλαδή «Ολοκληρωμένο» BIM (Integrated BIM)
Level of definition	Γενικός όρος που περιγράφει το επίπεδο λεπτομέρειας των γραφικών και μη-γραφικών πληροφοριών ενός Πληροφοριακού Μοντέλου Έργου
Level of model detail (LOD)	Το επίπεδο λεπτομέρειας του γραφικού περιεχομένου των Πληροφοριακών Μοντέλων Έργου
Level of model information (LOI)	Το επίπεδο λεπτομέρειας των μη-γραφικών περιεχομένων των Πληροφοριακών Μοντέλων Έργου
NBS BIM object standard	Ορίζει τι συνιστά ένα αντικείμενο BIM υψηλής ποιότητας με ενσωμάτωση BIM επιπέδου 2, με τα σωστά επίπεδα πληροφοριών, κατάλληλη γεωμετρία και μια συνεπή, δομημένη και εύκολη στη χρήση μορφή.
Parametric modelling	Η δημιουργία ενός μοντέλου που βασίζεται σε μια σειρά προ-προγραμματισμένων κανόνων ή αλγορίθμων
PAS 1192-2	Εγχειρίδιο προδιαγραφών για τη διαχείριση πληροφοριών στη φάση παράδοσης του έργου χρησιμοποιώντας την Μοντελοποίηση Κατασκευαστικών Πληροφοριών
PAS 1192-3	Εγχειρίδιο προδιαγραφών για τη διαχείριση πληροφοριών για την κατασκευαστική φάση των έργων χρησιμοποιώντας την Μοντελοποίηση Κατασκευαστικών Πληροφοριών
PAS 1192-5	Εγχειρίδιο προδιαγραφών για την προσομοίωση των συστημάτων ασφάλειας των κτιρίων και την έξυπνη διαχείριση περιουσιακών στοιχείων
Order Status	Ενημέρωση κατάστασης παράδοσης

Virtual construction model	Οπτική αναπαράσταση της προθεσης σχεδιασμού και κατασκευής σε 3D ψηφιακό μοντέλο
BS EN ISO 19650 Part 0: Transition guide	Επεξηγηματικός οδηγός για την κατανόηση των BS EN ISO 19650 Part 1: Concepts & BS EN ISO 19650 Part 2: Processes for Project Delivery
BS EN ISO 19650 Part 1: Concepts	Παρέχει συστάσεις για τον τρόπο διαχείρισης των πληροφοριών Τεχνικών έργων με ενσωμάτωση BIM, επιπέδου ωριμότητας 2 και περιλαμβάνει όλες τις απαραίτητες έννοιες που εξηγούν σε όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη τι πρέπει να περιμένουν κατά την εφαρμογή του BIM
BS EN ISO 19650 Part 2: Processes for Project Delivery	Παρέχει συστάσεις για τον τρόπο διαχείρισης των πληροφοριών Τεχνικών έργων με ενσωμάτωση BIM, επιπέδου ωριμότητας 2 και περιγράφει όλες τις σχετικές διαδικασίες

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: BUILDING INFORMATION MODELLING STANDARDS
(bSI & UKBIM ALLIANCE)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: BUILDING INFORMATION MODELLING STANDARDS (bsi & UKBIM ALLIANCE)

BIM Standards 2018	Standards Changes 2018/2019 Now Published	Standards Changes 2020 Onwards Exact Date TBC
Core Standards		
BS 1192:2007+A2:2016 Collaborative production of architectural, engineering and construction information, and PAS 1192-2:2013 Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling	BS EN ISO 19650-1:2018 Information management using building information modelling - Concepts and principles, and BS EN ISO 19650-2:2018 Delivery phase of the assets	No Change
PAS 1192-3:2014 Specification for information management for the operational phase of assets using building information modelling	No Change	BS EN ISO 19650-3 Operational phase of assets
PAS 1192-5:2015 Specification for security-minded building information modelling, digital built environments and smart asset management	No Change	BS EN ISO 19650-5 Security-minded approach to information management
BS 8536-1:2015 Briefing for design and construction (buildings) and/or BS 8536-2:2016 Briefing for design and construction (infrastructure)	No Change	No Change
BS 1192-4:2014 Fulfilling employer's information exchange requirements using COBie	No Change	No Change
As Required		
PAS 1192-6:2018 Specification for collaborative sharing and use of structured Health and Safety information using BIM	No Change	No Change
BS 7000-4:2013 Design management systems - guide to managing design in construction	No Change	No Change
BS 8541 series Library objects for architecture, engineering and construction	No Change	ISO 22014 and ISO 22057 are under development at the time of writing to supersede BS 8541 Parts 1 to 6

