

Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων  
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών  
"Κλιματική Κρίση και Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών  
(Msc In Climate Crisis & Information & Communication Technologies)

Διπλωματική Εργασία

## **Η τεχνολογία BIM (Building Information Modeling) και η εφαρμογή της σε τμήμα της Αττικής Οδού**

Χολέβας Νικόλαος

Επιβλέπων Καθηγητής: Μανιάτης Ιωάννης

Πειραιάς 2022

Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων  
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών  
“Κλιματική Κρίση και Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών”  
(MSc In Climate Crisis & Information & Communication Technologies)

Η τεχνολογία BIM (Building Information Modeling) και  
η εφαρμογή της σε τμήμα της Αττικής Οδού

Χολέβας Νικόλαος

Επιβλέπων Καθηγητής: Μανιάτης Ιωάννης

Πειραιάς 2022

### Δήλωση Πνευματικών Δικαιωμάτων

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν. 1599/1986 και τα άρθρα 2,4,6 παρ. 3 του Ν. 1256/1982, η παρούσα Διπλωματική Εργασία με τίτλο:

“ Η τεχνολογία BIM (Building Information Modeling) και η εφαρμογή της σε τμήμα της Αττικής Οδού”

καθώς και τα ηλεκτρονικά αρχεία και οι πηγαίοι κώδικες που αναπτύχθηκαν ή τροποποιήθηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας και αναφέρονται ρητώς μέσα στο κείμενο που συνοδεύουν και η οποία έχει εκπονηθεί στο Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων του Πανεπιστημίου Πειραιώς αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής εργασίας και δεν προσβάλλει κάθε μορφής πνευματικά δικαιώματα τρίτων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο, αρχεία ή / και πηγές άλλων συγγραφέων, αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και μόνο.

Copyright (C) Χολέβας Νικόλαος, 2022, Αθήνα

Υπογραφή Φοιτητή



## Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε από τον Χολέβα Νικόλαο, μεταπτυχιακό φοιτητή του τμήματος «Κλιματική Κρίση και Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών», του Πανεπιστημίου Πειραιώς, στα πλαίσια του μαθήματος «Έξυπνες Πόλεις – Έξυπνο Δημόσιο, Ψηφιακή Διακυβέρνηση.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τους επιβλέποντες καθηγητές κ. Μανιάτη Ιωάννη και κ. Δογάνη Αθανάσιο για την πολύτιμη βοήθεια και υποστήριξη, καθώς και για την ευκαιρία που μου δόθηκε να μελετήσω μια τόσο σημαντική τεχνολογία στον χώρο των κατασκευών και των υποδομών, την τεχνολογία BIM (Building Information Modeling).

Τέλος, ευχαριστώ όλους τους ανθρώπους που ήταν δίπλα μου σε όλη την διάρκεια των μεταπτυχιακών σπουδών.

# Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	4
Περιεχόμενα διαγραμμάτων.....	6
Περιεχόμενα εικόνων.....	6
Περιεχόμενα πινάκων.....	7
Περίληψη.....	8
Abstract.....	9
Κεφάλαιο 1 <sup>ο</sup> : Βιβλιογραφική ανασκόπηση της τεχνολογίας BIM.....	10
1.1.Γενική φιλοσοφία του μοντέλου BIM.....	11
1.2.Ιστορική αναδρομή και εξέλιξη.....	15
1.3.Τομείς εφαρμογής και εμπλεκόμενοι.....	22
1.4.Οφέλη που προκύπτουν από τη χρήση του BIM.....	25
1.5.Εμπόδια στην εφαρμογή της τεχνολογίας BIM.....	28
1.6.Επίπεδα ωριμότητας του BIM.....	30
1.7.Οι διαστάσεις του BIM.....	33
1.8.Η εφαρμογή της τεχνολογίας BIM παγκοσμίως.....	36
Κεφάλαιο 2 <sup>ο</sup> : BIM και βιώσιμος σχεδιασμός κτιρίων.....	42
2.1. Η έννοια της βιωσιμότητας στις κατασκευές.....	42
2.2. Η βιωσιμότητα στο σχεδιασμό έργων μέσω του BIM.....	45
2.2.1. Βιώσιμος σχεδιασμός BIM και ο προσανατολισμός του κτιρίου.....	50
2.2.2. Βιώσιμος σχεδιασμός BIM και η μάζα του κτιρίου.....	51
2.2.3. Βιώσιμος σχεδιασμός BIM και η διαχείριση του φυσικού φωτός.....	53
2.2.4. Βιώσιμος σχεδιασμός BIM και η συλλογή και χρήση του νερού.....	57
2.2.5. Βιώσιμος σχεδιασμός BIM και χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.....	59
Κεφάλαιο 3 <sup>ο</sup> : BIM και GIS για το σχεδιασμό έξυπνων πόλεων.....	63
3.1. Οι συνιστώσες της χρήσης του μοντέλου BIM για μια έξυπνη πόλη.....	63
3.2. Έξυπνες υποδομές.....	66
3.3. Χωρικοί υπολογισμοί.....	66
3.4 Έξυπνοι αυτοκινητόδρομοι, κυκλοφορία και σύστημα μεταφορών.....	66
3.5 Ενεργειακή μοντελοποίηση κτιρίων (BEM).....	67
3.6 Μεγάλα δεδομένα.....	68
3.7 Ενσωμάτωση BIM και συσκευών IoT.....	68
Κεφάλαιο 4 <sup>ο</sup> : Ενσωμάτωση BIM-GIS.....	70



4.1. Οφέλη και λειτουργίες από την ενοποίηση των μοντέλων.....	70
4.2 Προκλήσεις από την ενοποίηση των μοντέλων.....	73
Κεφάλαιο 5 <sup>ο</sup> : Ψηφιακό Αντίγραφο (Digital Twin) του κυκλικού κόμβου της Αττικής Οδού (Δακτυλίδι Α/Κ 11).....	76
5.1. Περιγραφικά στοιχεία .....	76
5.2. Μεθοδολογία.....	76
5.3. Δημιουργία Ψηφιακού Αντιγράφου.....	79
5.3.1. Κτηριακές Εγκαταστάσεις – Χώροι Η/Μ.....	79
5.3.2. Αττική Οδός .....	88
5.3.3. Λεωφόρος Κηφισίας .....	90
5.3.4. Κυκλικός Κόμβος - «Δακτυλίδι» Α/Κ 11 .....	94
Κεφάλαιο 6 <sup>ο</sup> : Συμπεράσματα .....	98
6.1. Το BIM ως εργαλείο στην ενίσχυση της ανθεκτικότητας .....	98
6.2. SWOT ανάλυση .....	100
Βιβλιογραφία.....	102

## Περιεχόμενα διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1: Η καμπύλη MacLeamy <sup>[6]</sup> .....	13
Διάγραμμα 2: Προσομοίωση μορφών σχεδιασμού <sup>[41]</sup> .....	52

## Περιεχόμενα εικόνων

Εικόνα 1: Επίπεδο ανάπτυξης LOD .....	19
Εικόνα 2: Μοντέλο BIM .....	21
Εικόνα 3: Εμπλεκόμενοι στον κύκλο ζωής του έργου <sup>[10]</sup> .....	22
Εικόνα 4: Αλληλεξάρτηση και διαδραστικότητα ομάδων <sup>[23]</sup> .....	24
Εικόνα 5: Επίπεδα ωριμότητας του BIM <sup>[26]</sup> .....	30
Εικόνα 6: Εφαρμογές των διαστάσεων του BIM <sup>[29]</sup> .....	33
Εικόνα 7: Διαστάσεις της τεχνολογίας BIM.....	35
Εικόνα 8: Τα επίπεδα υιοθέτησης της τεχνολογίας BIM <sup>[30]</sup> .....	37
Εικόνα 9: Βαθμός υιοθέτησης BIM παγκοσμίως.....	38
Εικόνα 10: Υιοθέτηση της τεχνολογίας BIM <sup>[31]</sup> .....	39
Εικόνα 11: Εκπομπές CO <sup>2</sup> στον κατασκευαστικό κλάδο.....	43
Εικόνα 12: Επίπεδα σχεδιασμού μέσω χαρτογράφησης <sup>[41]</sup> .....	55
Εικόνα 13: Δημιουργία ενός πλέγματος σημείων <sup>[41]</sup> .....	56
Εικόνα 14: Διαβάθμιση των χρωμάτων για τις διαφορετικές εντάσεις στην επιλεγμένη περιοχή.....	56
Εικόνα 15: Παράγοντες που επηρεάζουν τη δημιουργία μιας έξυπνης πόλης <sup>[48]</sup> .....	65

Εικόνα 16: Μελλοντική επίδραση και πιθανότητα ανάπτυξης τεχνολογιών.....	69
Εικόνα 17: Βελτιώσεις στο σχεδιασμό των πόλεων <sup>[51]</sup> .....	72
Εικόνα 18: Καθορισμός βασικών επιπέδων εργασίας.....	77
Εικόνα 19: Εισαγωγή σχεδίου οριζοντιογραφίας στο Revit ως υπόβαθρο.....	78
Εικόνα 20: Χορηγηθέν σχέδιο κάτοψης κτιρίου Η/Μ εγκαταστάσεων.....	80
Εικόνα 21: Σχέδιο κάτοψης κτιρίου Η/Μ εγκαταστάσεων (ψηφιακό αντίγραφο) .....	81
Εικόνα 22: Τυπική διατομή κτιρίου Η/Μ εγκαταστάσεων.....	82
Εικόνα 23: Τυπική διατομή κτιρίου Η/Μ εγκαταστάσεων (ψηφιακό αντίγραφο) .....	83
Εικόνα 24: Βόρεια όψη κτιρίου Η/Μ εγκαταστάσεων.....	83
Εικόνα 25: Βόρεια όψη κτιρίου Η/Μ εγκαταστάσεων (ψηφιακό αντίγραφο)....	84
Εικόνα 26 : Γεωμετρία βόρειου εξωτερικού τοίχου.....	84
Εικόνα 27: Γεωμετρία εσωτερικού τοίχου.....	85
Εικόνα 28 : Χαρακτηριστικά πόρτας κτιρίου Η/Μ εγκαταστάσεων.....	86
Εικόνα 29: 3D άποψη κτιρίου Η/Μ εγκαταστάσεων.....	87
Εικόνα 30: Τυπική διατομή Αττικής Οδού.....	88
Εικόνα 31: Τυπική διατομή Αττικής Οδού (ψηφιακό αντίγραφο).....	89
Εικόνα 32: 3D Απεικόνιση Αττικής Οδού (ψηφιακό αντίγραφο).....	89
Εικόνα 33: Οριζοντιογραφία Λεωφόρου Κηφισίας (ψηφιακό αντίγραφο).....	90
Εικόνα 34: Τυπική διατομή Λεωφόρου Κηφισίας (ψηφιακό αντίγραφο).....	91
Εικόνα 35: Όψη ακριανού τοιχίου γεφυρώματος Λεωφόρου Κηφισίας (ψηφιακό αντίγραφο).....	92
Εικόνα 36: Όψη κεντρικών εφέδρανων γεφυρώματος Λεωφόρου Κηφισίας (ψηφιακό αντίγραφο).....	92
Εικόνα 37: Κάτοψη πασσάλων και τοιχίων γεφυρώματος Λεωφόρου Κηφισίας (ψηφιακό αντίγραφο).....	93
Εικόνα 38: 3D απεικόνιση κυκλικού κόμβου (ψηφιακό αντίγραφο).....	94
Εικόνα 39: Τυπική διατομή κυκλικού κόμβου (ψηφιακό αντίγραφο).....	95
Εικόνα 40: Χαρακτηριστικά δαπέδου ανισόπεδων κόμβων (ψηφιακό αντίγραφο).....	96
Εικόνα 41: Μορφοποίηση δαπέδου ανισόπεδων κόμβων (ψηφιακό αντίγραφο).....	96
Εικόνα 42: Τυπική στηθαίου τύπου Jersey (ψηφιακό αντίγραφο).....	97

## Περιεχόμενα πινάκων

Πίνακας 1: Οφέλη BIM για τον κάθε χρήστη ξεχωριστά <sup>[1], [2], [5]</sup> .....	25
---	----

## Περίληψη

Βιώνοντας την έντονη αστικοποίηση, την θετική αλλά κυρίως την αρνητική της επίδραση, η πρόληψη για την κλιματική αλλαγή είναι αναγκαία. Τα κράτη λαμβάνουν μέτρα και εφαρμόζουν βιώσιμες πολιτικές, φιλικές προς το περιβάλλον για την προστασία του ίδιου του οικοσυστήματος αλλά και για την βελτίωση της ζωής των πολιτών. Τα κράτη γίνονται εξυπνότερα και μετασχηματίζονται ψηφιακά.

Η εξέλιξη της τεχνολογίας βοηθάει σημαντικά στην λήψη και στην εφαρμογή δράσεων προστασίας του περιβάλλοντος. Ένας κλάδος ο οποίος έχει μεγάλο αντίκτυπο στο περιβάλλον είναι αυτός των κατασκευών. Μελετώντας λοιπόν την τεχνολογία του BIM (Building Information Modeling) μπορέσαμε να δούμε αναλυτικά την συμβολή της στον κλάδο των κατασκευών και των υποδομών αλλά και στο περιβάλλον.

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, είναι η παρουσίαση της τεχνολογίας BIM (Building Information Modeling), η αξιοποίηση της για δράσεις και πολιτικές σε έξυπνες πόλεις, η συνεργασία με άλλες τεχνολογίες όπως αυτή των GIS (Geographic Information Systems) και τέλος γίνεται εφαρμογή σε ήδη υφιστάμενο έργο υποδομών, για την δημιουργία ψηφιακού διδύμου – αντιγράφου.

Λέξεις – Κλειδιά: Building Information Modelling, BIM, Πληροφοριακό Μοντέλο Έργου, Ψηφιακό δίδυμο, Τρισδιάστατη (3D) σχεδίαση, Revit®, Βιωσιμότητα, Κλιματική Κρίση, Έξυπνες πόλεις



## **Abstract**

Experiencing intense urbanization, its positive but mostly negative effect, the prevention of climate change is necessary. States take measures and implement sustainable, environmentally friendly policies to protect the ecosystem itself and improve the lives of citizens. States are also becoming smarter and digitally transformed.

The development of technology significantly helps in taking and implementing environmental protection actions. One industry that has a big impact on the environment is that of construction. Therefore, by studying BIM (Building Information Modeling) technology, we were able to see in detail its contribution to the construction and infrastructure industry, as well as to the environment.

The subject of this thesis is the presentation of BIM (Building Information Modeling) technology, its utilization for actions and policies in smart cities, the collaboration with other technologies, such as GIS (Geographic Information Systems) and finally a case study has been conducted on an already existing infrastructure project, to create a digital twin.

# Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>: Βιβλιογραφική ανασκόπηση της τεχνολογίας BIM

Στην παρούσα ενότητα, παρουσιάζεται το περιεχόμενο της τεχνολογίας BIM και ορισμένα ιστορικά στοιχεία για την εξέλιξη της. Γίνεται αναφορά στο εννοιολογικό πλαίσιο της εφαρμογής του Building Information Modelling (BIM) όπως αυτό αναφέρεται στη διεθνή βιβλιογραφία. Επίσης γίνεται αναφορά στα οφέλη που προκύπτουν από την εφαρμογή της τεχνολογίας, στα εμπόδια αλλά και τις προκλήσεις που μπορεί να εμφανιστούν κατά τη διαδικασία της εφαρμογής της. Επιπροσθέτως γίνεται αναφορά στα πρότυπα που έχουν αναπτυχθεί μέχρι σήμερα διεθνώς, όσον αφορά στη θεσμοθέτηση της μεθοδολογίας, των απαιτήσεων αλλά και των διεργασιών που κρίνονται ως απαραίτητες για την εφαρμογή του μοντέλου. Παράλληλα, αναλύονται εκείνα τα εργαλεία και ο τύπος του λογισμικού, που έχουν χρησιμοποιηθεί μέχρι σήμερα για τις εφαρμογές BIM, ενώ την ίδια στιγμή γίνεται αναφορά στην ανάγκη για τη διαλειτουργικότητα των μοντέλων που εξάγονται από τα προγράμματα αυτά.



## 1.1. Γενική φιλοσοφία του μοντέλου BIM

Επικρατεί μια διαδεδομένη άποψη, ότι το BIM αποτελεί ένα λογισμικό ή αντίστοιχα ένα πακέτο λογισμικών. Ωστόσο στην πραγματικότητα η τεχνολογία αυτή είναι μια ολοκληρωμένη μεθοδολογία που αξιοποιείται στο πεδίο της διαχείρισης των έργων στο σύνολο του κύκλου ζωής τους. Το κύριο μέσο χρήσης της μεθοδολογίας αυτής είναι η παραγωγική αξιοποίηση όλων των διαθέσιμων πληροφοριών.<sup>[1]</sup> Η αποτελεσματική διαχείριση των πληροφοριών αυτών, είναι ένα σημαντικό πλεονέκτημα όσον αφορά στην αλυσίδα αξίας ενός έργου, εφόσον αξιοποιείται στο πεδίο της εξάλειψης των διαδικασιών που δεν ενέχουν μεγάλη χρησιμότητα όπως είναι η αναζήτηση μιας πληροφορίας ή αντίστοιχα η αναμονή για την απόκτησή της. Παράλληλα, αποφεύγεται η επανάληψη εργασιών, λόγω των λανθασμένων πληροφοριών αλλά και της κακής οργάνωσης<sup>[2]</sup>.

Συγκριτικά με τις πρακτικές που εφαρμόζονταν μέχρι πρόσφατα στον τομέα του σχεδιασμού και τη διαχείριση ενός έργου, η τεχνολογία BIM εισάγει μια σημαντική καινοτομία στον τρόπο που πραγματοποιείται η διαχείριση και η διάχυση των πληροφοριών το σύνολο των στάδιο του κύκλου ζωής του έργου. Παράλληλα, όλοι οι εμπλεκόμενοι αποκτούν πρόσβαση στις πληροφορίες αυτές που είναι απαραίτητες για τη διεκπεραίωση του έργου, αντίθετα με τις συμβατικές μεθόδους, στις οποίες η πληροφορία περιέχεται σε διαφορετικά στάδια όπως είναι παραδείγματος χάριν οι υπολογισμοί και τα έγγραφα, στα οποία η διασύνδεση μεταξύ τους είναι δύσκολη<sup>[5]</sup>.

---

<sup>1</sup> N. O. Nawari and M. Kuenstle, *Building information modeling: framework for structural design*. Boca Raton: Crc Press, 2015.

<sup>2</sup> W. Kymmell, *Building information modeling: planning and managing construction projects with 4D CAD and simulations*. New York: Mcgraw-Hill, Cop, 2008.

<sup>5</sup> Yusuf Arayici, J. Counsell, Lamine Mahdjoubi, G. Nagy, Suhayr Zakī Ḥawwās, and Khaled Dweidar, *Heritage building information modelling*. Abingdon, Oxon: Routledge, 2017.

Οι μεθοδολογίες BIM, είναι εκείνες που διαμορφώνουν κατάλληλα τις υποδομές έτσι ώστε οι πληροφορίες να συγκεντρώνονται εντός ενός ενιαίου περιβάλλοντος εργασίας μέσα από το οποίο, είναι δυνατή η παραγωγή νέων παραδοτέων έργων στα οποία συμπεριλαμβάνονται οι πληροφορίες και διασυνδέονται έτσι ώστε ο συγχρονισμός αλλά και η ενημέρωση στα εμπλεκόμενα μέλη να γίνεται πιο εύκολα.

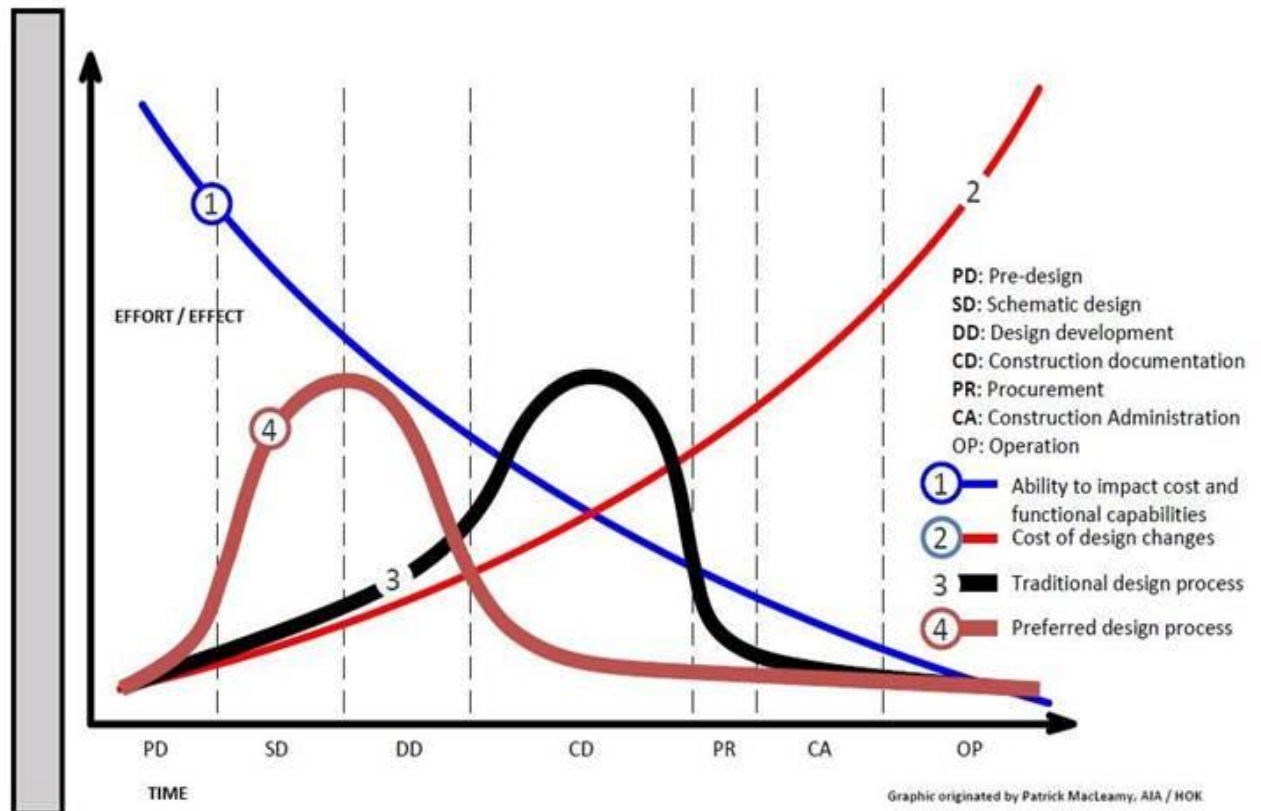
Βάση των προηγούμενων θα μπορούσε να ειπωθεί ότι, η εργαλειοθήκη της τεχνολογίας που περιγράφεται, συμπεριλαμβάνει ορισμένες διαδικασίες και πρότυπα που είναι απολύτως απαραίτητες αλλά και ειδικό τεχνολογικό εξοπλισμό γραφείου και πεδίου <sup>[3]</sup>. Όπως σχετικά αναφέρει η Jupp <sup>[7]</sup>, η τεχνολογία αυτή δεν είναι απλά ένα πακέτο τεχνολογίας αλλά αντίστοιχα μια συνολική μεθοδολογική φιλοσοφία η οποία συμπεριλαμβάνει ορισμένες στρατηγικές που συνεισφέρουν στο πεδίο της διασύνδεσης διαδικασιών. Κοινός παρονομαστής όλων των ορισμών που δίνονται στη διεθνή βιβλιογραφία για την τεχνολογία BIM, αποτελεί η δημιουργία διαδικασιών που συνεισφέρουν στην ανάπτυξη πιο αποτελεσματικής συνεργασίας όλων των εμπλεκόμενων μερών για τη διεκπεραίωση ενός τεχνικού έργου και τη δημιουργία αξίας.

Στην ουσία, η τεχνολογία BIM θέτει σαν στόχο τη μετακίνηση του φόρτου εργασίας, ειδικά κατά τα πρώτα στάδια ολοκλήρωσης του έργου σαν μια μορφή επένδυσης κατά την οποία η κερδοφορία είναι η ύπαρξη μικρότερη ζημιάς στα επόμενα στάδια λόγω των αλλαγών που παρατηρούνται συχνά στο σχεδιασμό. Η προσέγγιση αυτή που αναφέρεται, εξηγείται καλύτερα μέσω του διαγράμματος *MacLeamy* το οποίο παρατίθεται στη συνέχεια (Διάγραμμα 1).

---

<sup>3</sup> A. Farzaneh, D. Monfet, and D. Forgues, "Review of using Building Information Modeling for building energy modeling during the design process," *Journal of Building Engineering*, vol. 23, pp. 127–135, May 2019, doi: 10.1016/j.jobbe.2019.01.029.

<sup>7</sup> J. Jupp, "BIM INVESTMENT: UNDERSTANDING VALUE, RETURN AND MODELS OF ASSESSMENT," 2013.

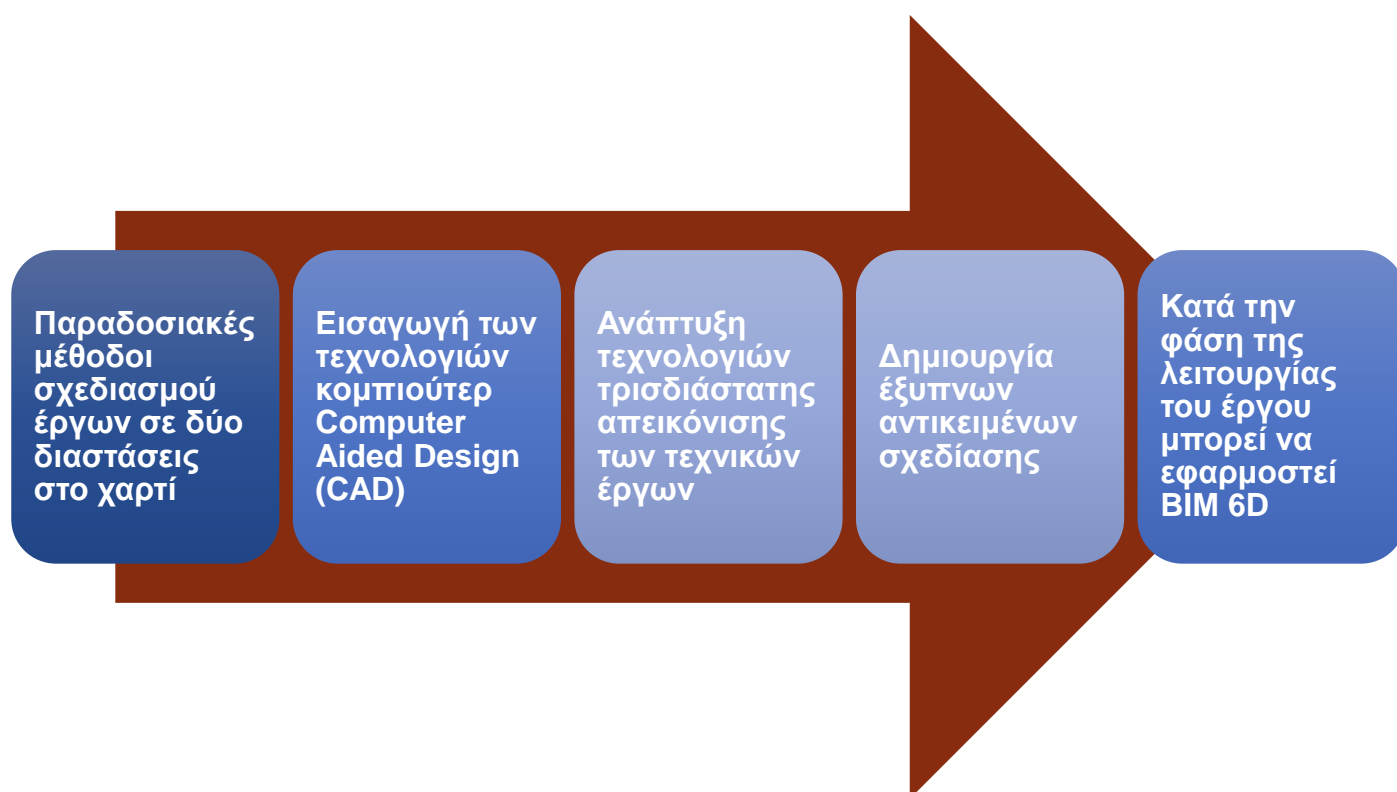


Διάγραμμα 1: Η καμπύλη MacLeamy <sup>[6]</sup>

Τα βασικά συμπεράσματα που προκύπτουν από το προηγούμενο διάγραμμα είναι ότι τα τεχνικά έργα είναι πιο δύσκολο να αλλάξουν ως προς τον αρχικό σχεδιασμό τους ενώ παράλληλα το κόστος που μπορεί να προκύψει στο έργο λόγω των αλλαγών στο σχεδιασμό, αυξάνεται εκθετικά <sup>[6]</sup>. Επίσης παρατηρείται ότι οι μεθοδολογίες όπως είναι παραδείγματος χάριν η μεθοδολογία BIM, βασίζονται στη μετατόπιση του φόρτου εργασίας ειδικά κατά τα πρώτα στάδια σχεδιασμού έχοντας σαν τελικό στόχο την ελαχιστοποίηση της ζημιάς η οποία προκύπτει λόγω των αλλαγών στα επόμενα στάδια.

<sup>6</sup> B. D. Ilzozor and D. J. Kelly, "Building Information Modeling and Integrated Project Delivery in the Commercial Construction Industry: A Conceptual Study," *Journal of Engineering, Project, and Production Management*, vol. 2, no. 1, pp. 23–36, Jan. 2012, doi: 10.32738/jepm.201201.0004.

Όπως απορρέει από τα προηγούμενα, η τεχνολογία BIM ουσιαστικά έχει σαν σημείο αναφορά της την πληροφορία και τις μορφές που αυτή μπορεί να λάβει έτσι ώστε να διαμοιραστεί εύκολα ανάμεσα στους εμπλεκόμενους και να επαναχρησιμοποιηθεί ανά πάσα στιγμή. Η τεχνολογία BIM, αποτελεί μια φυσική εξέλιξη στον τομέα της αρχιτεκτονικής και κατασκευών <sup>[3]</sup>. Η εξέλιξη αυτή, αφορά τη μετάβαση από το συνδυασμό στο χαρτί, σε ένα ψηφιακό αντικειμενοστραφές σύστημα στο οποίο υπάρχει διασύνδεση των βάσεων δεδομένων ακολουθώντας τη διαδρομή που περιγράφεται στο ακόλουθο σχήμα.



Σχήμα 1: Επίπεδα εφαρμογής της τεχνολογίας BM <sup>[2][1]</sup>

<sup>3</sup> A. Farzaneh, D. Monfet, and D. Forgues, "Review of using Building Information Modeling for building energy modeling during the design process," *Journal of Building Engineering*, vol. 23, pp. 127–135, May 2019, doi: 10.1016/j.jobbe.2019.01.029.



## 1.2. Ιστορική αναδρομή και εξέλιξη

Η διακυβέρνηση της συνεργασίας εδραιώθηκε στις κατασκευές με τη μορφή εταιρικών σχέσεων. Από τη δεκαετία του 1990, η συνεργασία είχε μελετηθεί εκτενώς <sup>[8]</sup>. Οι Black, Akintoye και Fitzgerald στόχευσαν στη διερεύνηση 19 παραγόντων επιτυχίας (π.χ. αμοιβαία εμπιστοσύνη, αποτελεσματική επικοινωνία) και τα οφέλη της συνεργασίας με τη χρήση δεδομένων που συλλέγονται από μια ταχυδρομική έρευνα <sup>[9]</sup>. Οι Wong και Cheung <sup>[10]</sup> διερευνούν την επίδραση της εμπιστοσύνης στην απόδοση του έργου χρησιμοποιώντας μοντέλα δομικών εξισώσεων (SEM). Οι Tang, Duffield και Young <sup>[11]</sup> προσπαθούν να εντοπίσουν τους κρίσιμους παράγοντες επιτυχίας των συμφωνιών συνεργασίας, ζητώντας από τους ερωτηθέντες της ταχυδρομικής έρευνας να βαθμολογήσουν σε κλίμακα Likert 5 σημείων τον βαθμό στον οποίο συμφωνούν με ένα σύνολο δηλώσεων που σχετίζονται με κρίσιμους παράγοντες επιτυχίας (ΚΠΣ) που προσδιορίζονται σε ένα εννοιολογικό πλαίσιο.

Ο El-adaway <sup>[12]</sup> παρουσιάζει μια περιπτωσιολογική μελέτη του τρόπου που η μέθοδος της IPD (Integrated Project Delivery) εισήχθη σε μια πολυεθνική εταιρεία συμβολαίων. Η μέθοδος περιλαμβάνει τρία στάδια: Πρώτον, ο συγγραφέας διεξήγαγε μια έρευνα σχετικά με την αλυσίδα εφοδιασμού της εταιρείας για να συλλέξει γενικές απόψεις σχετικά με τις συμβατικές απαιτήσεις που απαιτούνται για την IPD να λειτουργήσει. Δεύτερον, η ανατροφοδότηση που συγκεντρώθηκε από την έρευνα βασίστηκε στην ανάπτυξη των κατευθυντήριων γραμμών για τη σύνταξη πολυμερών

---

<sup>8</sup> L. E. Bygballe, M. Jahre, and A. Swärd, "Partnering relationships in construction: A literature review," *Journal of Purchasing and Supply Management*

<sup>9</sup> C. Black, A. Akintoye, and E. Fitzgerald, "An analysis of success factors and benefits of partnering in construction," *International Journal of Project Management*

<sup>10</sup> P. S. P. Wong and S. O. Cheung, "Structural Equation Model of Trust and Partnering Success," *Journal of Management in Engineering*, vol. 21, no. 2, pp. 70–80, Apr. 2005, doi: 10.1061/(asce)0742-597x(2005)21:2(70).

<sup>11</sup> W. Tang, C. F. Duffield, and D. M. Young, "Partnering Mechanism in Construction: An Empirical Study on the Chinese Construction Industry," *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 132, no. 3, pp. 217–229, Mar. 2006, doi: 10.1061/(asce)0733-9364(2006)132:3(217).

<sup>12</sup> I. H. El-adaway, "Integrated Project Delivery Case Study: Guidelines for Drafting Partnering Contract," *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction*, vol. 2, no. 4, pp. 248–254, Nov. 2010, doi: 10.1061/(asce)la.1943-4170.0000024.

συμφωνιών της IPD. Τρίτον, η εταιρεία ακολούθησε τις οδηγίες για την υλοποίηση της IPD σε ένα έργο 5 εκατομμυρίων δολαρίων. Τα θέματα που θίγονται στις κατευθυντήριες γραμμές, περιλαμβάνουν το περιβάλλον του έργου, τον διαχειριστή του έργου, τον σύμβουλο συνεργασίας, την διαδικασία σχεδιασμού, το χρονοδιάγραμμα έργου, τους προμηθευτές και κατασκευαστές, τις τιμές και τα κέρδη, κίνητρα, αλλαγές, προβλήματα, και διαφορές.

Η εφαρμογή των προηγμένων τεχνολογιών στον κατασκευαστικό κλάδο επιφέρει αλλαγές στις μεθόδους υλοποίησης των έργων <sup>[13]</sup> ιδίως στη προσέγγιση της IPD για την BIM με σκοπό τη μεγιστοποίηση της αποτελεσματικότητας για τα έργα. Η IPD εστιάζει στο σύνολο των βελτιώσεων των έργων ενσωματώνοντας το ανθρώπινο δυναμικό, τα εργαλεία και τις διαδικασίες σε ένα σύστημα. Διαθέτει υψηλές συνεργασίες σε ολοκληρωμένη πολυεπιστημονική εμπειρογνωμοσύνη στα πρώτα στάδια του κύκλου ζωής του έργου, ώστε να εξασφαλίζεται η τήρηση μιας αποτελεσματικής απόφασης σχεδιασμού <sup>[14]</sup>. Η IPD προσέγγιση εισάγεται για τη μετατροπή της υλοποίησης και διαχείρισης του έργου που έχει ως αποτέλεσμα καλύτερες επιδόσεις <sup>[16][15]</sup>.

Η προοπτική για την BIM είναι ο επαναστατικός παράγοντας αλλαγής στο τομέα των κατασκευών, διευκολύνοντας μια λιγότερο αντιφατική και περισσότερο αποτελεσματική διαδικασία παράδοσης μέσω της εφαρμογής ενός μετασχηματισμού πληροφοριών, που θα έχει σοβαρές επιπτώσεις όχι μόνο στον τρόπο δημιουργίας των ομάδων έργου αλλά και στον τρόπο διαχείρισης των «άλλων αναγνωρισμένων λειτουργιών σε έναν οργανισμό». <sup>[17]</sup> Αυτό συμβαίνει σε μια εποχή που οι εταιρείες στους τομείς της αρχιτεκτονικής,

---

<sup>13</sup> Z. Kahvandi, E. Saghatforoush, A. ZareRavasan, and M. L. Viana, "A Review and Classification of Integrated Project Delivery Implementation Enablers," *Journal of Construction in Developing Countries*, vol. 25, no. 2, pp. 219–236, Dec. 2020, doi: 10.21315/jcdc2020.25.2.9.

<sup>14</sup> M. Mihic, J. Sertic, and I. Zavrski, "Integrated Project Delivery as Integration between Solution Development and Solution Implementation," *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 119, pp. 557–565, Mar. 2014, doi: 10.1016/j.sbspro.2014.03.062.

<sup>16</sup> N. Azhar, Y. Kang, and I. U. Ahmad, "Factors Influencing Integrated Project Delivery in Publicly Owned Construction Projects: An Information Modelling Perspective," *Procedia Engineering*, vol. 77, pp. 213–221, 2014, doi: 10.1016/j.proeng.2014.07.019.

<sup>15</sup> "Integrated Project Delivery For Public and Private Owners." Accessed: Jun. 09, 2022. [Online]. Available: [https://cdn-files.nsba.org/s3fs-public/file/03\\_xb\\_Powell\\_Keith\\_Discussion\\_Solicitations\\_Minutes\\_Cost\\_Sheet.pdf?BF3Qu4FP92qyys2ncv44WfcUP9SoGWUV](https://cdn-files.nsba.org/s3fs-public/file/03_xb_Powell_Keith_Discussion_Solicitations_Minutes_Cost_Sheet.pdf?BF3Qu4FP92qyys2ncv44WfcUP9SoGWUV)

<sup>17</sup> J. Smallwood, "The practice of construction management," *Acta Structilia*, vol. 13, no. 2, pp. 62–89, Dec. 2006, Accessed: Jun. 09, 2022. [Online]. Available: <https://journals.ufs.ac.za/index.php/as/article/view/1521>

της μηχανικής και των κατασκευών (AEC) επικεντρώνονται στην εξεύρεση τρόπων για να κάνουν περισσότερα με λιγότερα, μέσα σε μια ολοένα και πιο ανταγωνιστική παγκόσμια αγορά, προκειμένου να παραμείνουν ανταγωνιστικές και επιχειρηματικές δραστηριότητες.

Έχει αποδειχθεί ότι «οι παρεμβάσεις που αποσκοπούν σε βελτιώσεις σε πολλαπλές «στρατηγικές» διαστάσεις, όπως ο χρόνος, το κόστος, η ποιότητα, η ικανοποίηση και η καινοτομία των προϊόντων» <sup>[18]</sup> έχουν τις μεγαλύτερες δυνατότητες να παράσχουν τις προβλεπόμενες αποδόσεις ώστε να καταστούν οι εταιρείες ανταγωνιστικές και να δημιουργήσουν ανάπτυξη μακροπρόθεσμα. Αν θεωρηθεί ότι δεν αποτελεί απλώς μια διαδικασία περικοπής δαπανών, με εφαρμογή που είναι πιο ολιστική από τη φύση της, μπορεί να δημιουργεί την ευκαιρία για προωθητική ανάπτυξη εντός αυτών των οργανισμών. Αυτό, από μόνο του, θα δημιουργήσει κίνητρο σε άλλους παρεμφερείς οργανισμούς να αλλάξουν επίσης τον τρόπο με τον οποίο λειτουργούν, δημιουργώντας ένα μεταδοτικό αποτέλεσμα που θα κυματίσει στην αλυσίδα εφοδιασμού.

Το ακρωνύμιο BIM (Building Information Modeling) επινοήθηκε στις αρχές του 2002 για να περιγράψει τον εικονικό σχεδιασμό, την κατασκευή και τη διαχείριση εγκαταστάσεων. Οι διαδικασίες του BIM περιστρέφονται γύρω από εικονικά μοντέλα που επιτρέπουν την ανταλλαγή πληροφοριών σε ολόκληρο τον οικοδομικό κλάδο. Αυτά τα εικονικά μοντέλα ενσωματώνονται με δεδομένα τα οποία, όταν μοιράζονται μεταξύ των μελών της ομάδας σχεδίασης, μειώνουν σημαντικά τα σφάλματα και βελτιώνουν τις εγκαταστάσεις. Το BIM προσφέρει στους ιδιοκτήτες τη δυνατότητα να γίνουν πιο αποτελεσματικοί και αποδοτικοί συνδέοντας τις επιχειρηματικές τους διαδικασίες με τις εγκαταστάσεις τους. Η ομοσπονδιακή κυβέρνηση των ΗΠΑ έχει προβλέψει εξοικονομήσεις πάνω από \$15,8 δις ετησίως από ενσωματωμένες διαδικασίες. Στα μεγάλα έργα σήμερα εξοικονομείται 5-12% όταν το BIM χρησιμοποιείται σωστά. <sup>[19]</sup>

---

<sup>18</sup> V. Grover and W. J. Kettinger, Process think : winning perspectives for business change in the information age. Hershey, Pa.: Idea Group Pub, 2000.

<sup>19</sup> F. Jernigan, Big Bim Little Bim: the Practical Approach to Building Information Modeling - Integrated Practice Done the Right Way! 2010.

Η μεθοδολογία BIM προέρχεται από τον κατασκευαστικό κλάδο και είναι μια προσέγγιση που επιτρέπει την απεικόνιση του έργου προσομοίωσης σχεδιασμού <sup>[8]</sup> παρέχοντας τη συνολική κατανόηση της λειτουργικότητας και λειτουργικότητα όλων των ενοποιημένων στοιχείων. Το μοντέλο Building Information Models (BIM) περιγράφεται ως ένα σύστημα που χρησιμοποιεί και αποθηκεύει όλες τις πληροφορίες σχετικά με την αρχιτεκτονική, τη δομή, την κατασκευή και τη μηχανική ενός κτιρίου κατά μήκος της διάρκειας ζωής του. Το σύστημα αυτό δημιουργεί και οπτικοποιεί ένα κτίριο μέσω έξυπνων αντικειμένων. Με άλλα λόγια: *BIM είναι η διαχείριση των πληροφοριών με τη χρήση των συστημάτων νέφους (cloud systems)*. <sup>[20]</sup>

Σήμερα, η BIM έχει τη δυνατότητα να αλλάξει το παιχνίδι στη κατασκευαστική βιομηχανία για τρεις λόγους: <sup>[21]</sup> Πρώτον, είναι ένας μοναδικός τρόπος ενσωμάτωσης πληροφοριών σε σχεδιαστικά διαγράμματα. Δεύτερον, το BIM μπορεί εύκολα να τυποποιηθεί. Τρίτον, η BIM, ενσωματώνοντας όλες τις πληροφορίες σε εικονικά μοντέλα, παρέχει τη δυνατότητα βελτίωσης της διασφάλισης ποιότητας μέσω της επισημοποίησης των προδιαγραφών των μοντέλων. Ως αποτέλεσμα, το BIM μπορεί να εκληφθεί τόσο ως «τεχνολογία» όσο και ως «διαδικασία». Για την επιδίωξη αυτών των παροχών, πολλές χώρες (π.χ., Σιγκαπούρη, Νότια Κορέα, Ηνωμένο Βασίλειο και Ηνωμένες Πολιτείες) έχουν δώσει εντολή για την υποχρεωτική χρήση του BIM σε δημόσια έργα <sup>[22]</sup>. Η επιτυχής χρήση του BIM στα κατασκευαστικά έργα κτιρίων, αποδεικνύοντας τα πλεονεκτήματα της εφαρμογής του, σημαίνει ότι, με ορισμένες αλλαγές προοπτικής, μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί σε έργα υποδομής, συμπεριλαμβανομένων γραμμικών έργων

---

<sup>8</sup> L. E. Bygballe, M. Jahre, and A. Swärd, "Partnering relationships in construction: A literature review," *Journal of Purchasing and Supply Management*, vol. 16, no. 4, pp. 239–253, Dec. 2010, doi: 10.1016/j.pursup.2010.08.002.

<sup>20</sup> K. M. Kensek, D. J. Noble, and C. Eastman, *Building information modeling : BIM in current and future practice*. Hoboken, New Jersey: Wiley, [ Of, 2015. [Online]. Available: <https://www.wiley.com/en-us/Building+Information+Modeling%3A+BIM+in+Current+and+Future+Practice-p-9781118766309>

<sup>21</sup> M. Ingemansson Havenvid, *The connectivity of innovation in the construction industry*. New York, Ny: Routledge, 2019.

<sup>22</sup> D. Cao, H. Li, and G. Wang, "Impacts of Isomorphic Pressures on BIM Adoption in Construction Projects," *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 140, no. 12, p. 04014056, Dec. 2014, doi: 10.1061/(asce)co.1943-7862.0000903.

Το κύριο θέμα που πρέπει να ληφθεί υπόψη για τη χρήση του BIM σε έργα υποδομής, όπως υδραυλικά έργα, δρόμοι, σιδηρόδρομοι, σύνθετες κατασκευές, σύνθετα θεμέλια, ακόμη και ιστορικά έργα αποκατάστασης είναι ότι τα έργα αυτά έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά σε σύγκριση με αρχιτεκτονικά έργα και η εφαρμογή BIM πρέπει να επιλυθεί με τη χρήση ειδικών λύσεων και εργαλείων. Αυτό πρέπει να ξεκινήσει με την εφαρμογή κλιμάκων που συνάδουν με το επίπεδο ανάπτυξης (LOD) του έργου, το οποίο με τη σειρά του θα να είναι συνεπής με τον ορισμό ή το επίπεδο λεπτομέρειας της ανάπτυξης του έργου (Εικόνα 1).

## LEVEL of DEVELOPMENT

**LOD 100**

**LOD 200**

**LOD 300**

**LOD 400**

**LOD 500**



Concept (Presentation)

Design Development

Documentation

Construction

Facilities Management

<b>DESCRIPTION:</b> <b>Office Chair</b> Arms, Wheels
<b>WIDTH:</b> 700
<b>DEPTH:</b> 450
<b>HEIGHT:</b> 1100
<b>MANUFACTURER:</b> Herman Miller, Inc.
<b>MODEL:</b> Mirra
<b>LOD:</b> 100

<b>DESCRIPTION:</b> <b>Office Chair</b> Arms, Wheels
<b>WIDTH:</b> 700
<b>DEPTH:</b> 450
<b>HEIGHT:</b> 1100
<b>MANUFACTURER:</b> Herman Miller, Inc.
<b>MODEL:</b> Mirra
<b>LOD:</b> 200

<b>DESCRIPTION:</b> <b>Office Chair</b> Arms, Wheels
<b>WIDTH:</b> 700
<b>DEPTH:</b> 450
<b>HEIGHT:</b> 1100
<b>MANUFACTURER:</b> Herman Miller, Inc.
<b>MODEL:</b> Mirra
<b>LOD:</b> 300

<b>DESCRIPTION:</b> <b>Office Chair</b> Arms, Wheels
<b>WIDTH:</b> 685
<b>DEPTH:</b> 430
<b>HEIGHT:</b> 1085
<b>MANUFACTURER:</b> Herman Miller, Inc
<b>MODEL:</b> Mirra
<b>LOD:</b> 400

<b>DESCRIPTION:</b> <b>Office Chair</b> Arms, Wheels
<b>WIDTH:</b> 685
<b>DEPTH:</b> 430
<b>HEIGHT:</b> 1085
<b>MANUFACTURER:</b> Herman Miller, Inc
<b>MODEL:</b> Mirra
<b>PURCHASE DATE:</b> 01/02/2013

(Only data in red is useable)

practicalBIM.net © 2013

Εικόνα 1: Επίπεδο ανάπτυξης LOD

Οι εμπειρίες από μεγάλης κλίμακας έργα αποκαλύπτουν ότι πολλά προβλήματα αποδίδονται στο σχεδιασμό (ή την επικοινωνία) σχετικά με το σχεδιασμό) και πάνω από το 50% των τροποποιήσεων των συμβάσεων σχετίζονται με ελλείψεις σχεδιασμού. Αυτό ορίζει την ανάγκη έγκαιρων προσπαθειών από όλους τους συμμετέχοντες στο έργο για τον εντοπισμό και την επίλυση πιθανών προβλημάτων, πλήρη και σωστή τεκμηρίωση σχεδιασμού και κατασκευής.

Ως εκ τούτου, όλες οι επιχειρήσεις που σχετίζονται με τις υποδομές, συμπεριλαμβανομένων των οδικών αρχών, χρειάζεται να βελτιώνουν της παραγωγικότητα, τις επιχειρηματικές διαδικασίες τους και την διαφάνειά τους σύμφωνα με την οικονομική πραγματικότητα, όπου η αναποτελεσματικότητα δεν είναι ανεκτή - δηλαδή, οι αρχές πρέπει να προγραμματίζουν, να κατασκευάζουν, να συντηρούν και να εκμεταλλεύονται οδικές υποδομές για να δημιουργήσουν κατάλληλη τιμή για τους πελάτες τους (στο πλαίσιο αυτό σημαίνει μεμονωμένοι χρήστες των οδών, εταιρείες διοικητικής μέριμνας ή υπηρεσίες δημόσιων συγκοινωνιών). Για την επίτευξη των στόχων αυτών, οι οδικές αρχές πρέπει να υιοθετήσουν κατάλληλο σύστημα που θα αποφέρει τα ακόλουθα οφέλη:

- Μεγαλύτερη διαφάνεια και συνεπείς ροές εργασίας σε όλη τη διαδικασία σχεδιασμού/κατασκευής/συντήρησης
- Μείωση των σφαλμάτων και μείωση των εντολών αλλαγής
- Αυξημένη παραγωγικότητα
- Καλύτερη συνεργασία μεταξύ των ενδιαφερομένων
- Εξοικονόμηση κόστους

Η εφαρμογή του BIM για υποδομές επιταχύνεται γρήγορα καθώς οι ιδιοκτήτες και οι πάροχοι υπηρεσιών μηχανικού όλο και περισσότερο αναγνωρίζουν τα οφέλη της μοντελοποίησης 3D και τη χρήση των έξυπνων αντικειμένων. Η δημιουργία εικονικών μοντέλων σε 3D ωφελεί όχι μόνο τους σχεδιαστές και τους κατασκευαστές. στην πραγματικότητα, τα περισσότερα από τα οφέλη μπορούν να τα απολαύσουν οι πελάτες, οι οποίοι στη συνέχεια είναι σε θέση να επιβλέπουν την πρόοδο του έργου, να παρακολουθούν τις ταμειακές ροές που βασίζονται στην απόδοση, να αναλύουν τις πτυχές της απόδοσης και της ασφάλειας και γενικά να διαχειρίζονται την εργασία με συντονισμένο τρόπο. <sup>[2][1]</sup>

---

<sup>2</sup> W. Kymmell, Building information modeling : planning and managing construction projects with 4D CAD and simulations. New York: Mcgraw-Hill, Cop, 2008.

<sup>1</sup> N. O. Nawari and M. Kuenstle, Building information modeling : framework for structural design. Boca Raton: Crc Press, 2015.



Η ύπαρξη μιας ψηφιακής πλατφόρμας που συνδέει με ασφάλεια διαφορετικές πηγές δεδομένων μπορεί να είναι χρήσιμη στους πελάτες για την αναζήτηση πληροφοριών και τη χαρτογράφηση όλων των πόρων τους. Τα μοντέλα πληροφοριών μπορούν να συνδεθούν με τις ιστοσελίδες του υπολογιστή-πελάτη για να πάρει μια σαφή εικόνα της κατάστασης και της θέσης του ακινήτου.



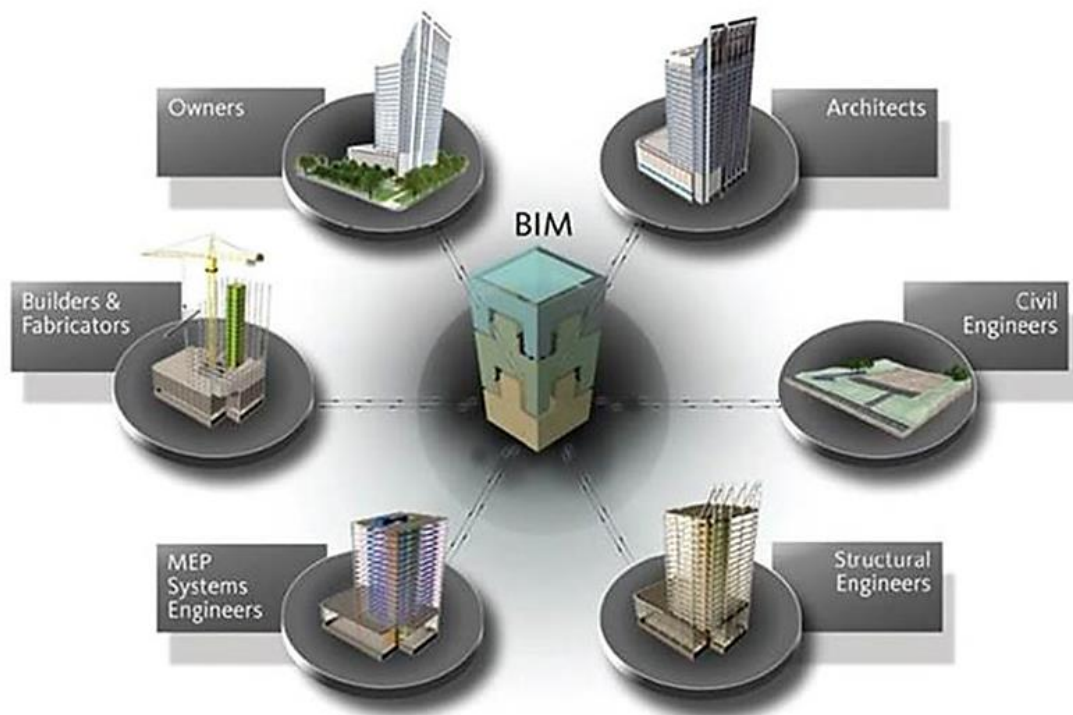
*Εικόνα 2: Μοντέλο BIM*

---

<sup>1</sup> N. O. Nawari and M. Kuenstle, Building information modeling : framework for structural design. Boca Raton: Crc Press, 2015.

### 1.3. Τομείς εφαρμογής και εμπλεκόμενοι

Πολλοί είναι οι κλάδοι που εμπλέκονται στην εφαρμογή της τεχνολογίας BIM, και καθορίζονται αναλόγως του σταδίου του κύκλου ζωής του έργου. Στο σχήμα που ακολουθεί, παρουσιάζονται οι εμπλεκόμενοι σε κάθε στάδιο του κύκλου ζωής του έργου.



Εικόνα 3: Εμπλεκόμενοι στον κύκλο ζωής του έργου <sup>[10]</sup>

Οι κλάδοι αυτοί, οι οποίοι εμπλέκονται στην εφαρμογή της τεχνολογίας BIM, δύναται να κατηγοριοποιηθούν και να ταξινομηθούν σε ομάδες. Όπως σχετικά ανέφερε ο Succar <sup>[24]</sup> η ομαδοποίηση των κλάδων αυτών μπορεί να γίνει όπως περιγράφονται στη συνέχεια.

<sup>24</sup> B. Succar, "Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders," *Automation in Construction*, vol. 18, no. 3, pp. 357–375, May 2009, doi: 10.1016/j.autcon.2008.10.003.

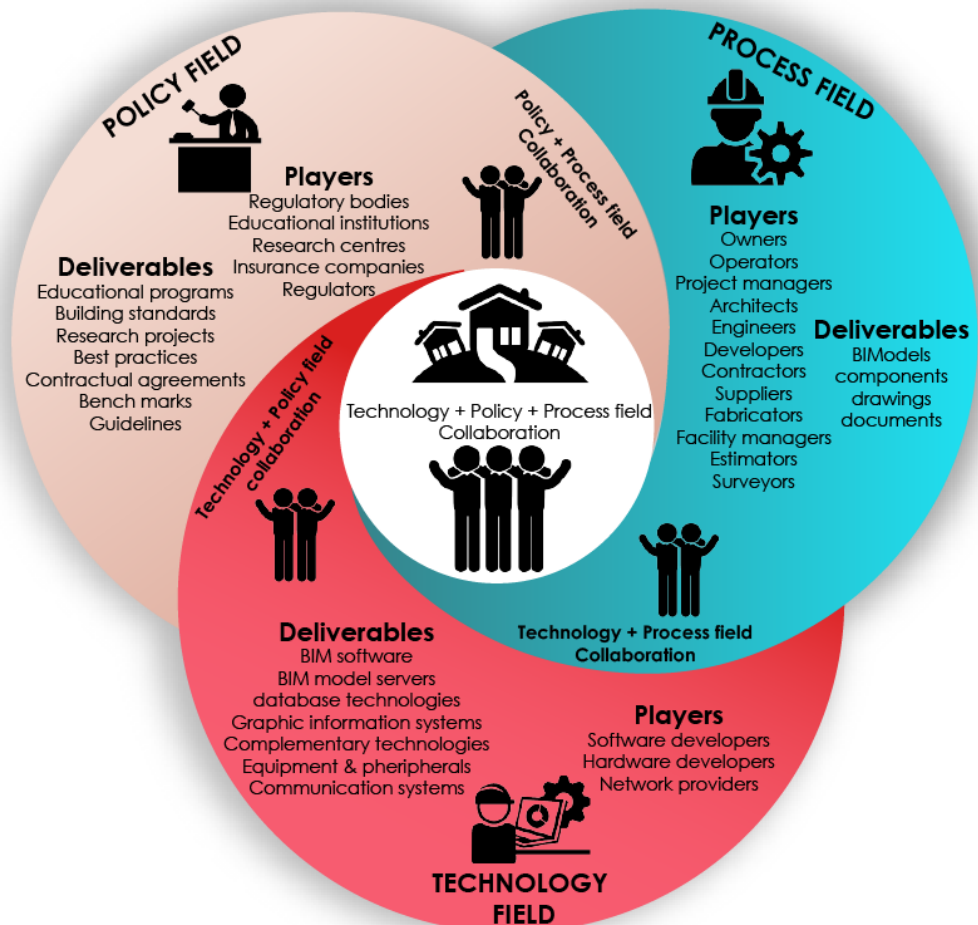
Αρχικά, η **BIM policy field**, είναι μια ομάδα ατόμων αλλά και οργανισμών που παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο όσον αφορά στην υλοποίηση της μεθοδολογίας BIM. Η ομάδα αυτή των ατόμων είναι υπεύθυνη για τη λήψη αποφάσεων και τον προσδιορισμό πολιτικών, μέσα από την έκδοση κανονισμών, τη διεξαγωγή έρευνας αλλά και το σχεδιασμό προγραμμάτων εκπαίδευσης. Στις ομάδες αυτές, ως βασικός στόχος της λειτουργίας τους ορίζεται η προώθηση της τεχνολογίας.<sup>[2]</sup>

Ύστερα, στην ομάδα **BIM Process Field**, συμπεριλαμβάνονται άτομα αλλά και οργανισμοί που είναι υπεύθυνα για το σχεδιασμό, την κατασκευή αλλά και τη συντήρηση τεχνικών έργων. Έτσι στις ομάδες αυτές συμπεριλαμβάνονται οι μηχανικοί, ηλεκτρολόγοι, εργολήπτες κι άλλοι διαχειριστές εγκαταστάσεων.

Τέλος, στην τελευταία ομάδα **BIM Technology Field**, συμπεριλαμβάνονται άτομα αλλά και οργανισμοί οι οποίοι έχουν νευραλγικό ρόλο όσον αφορά στην υλοποίηση του έργου και την ενσωμάτωση της απαραίτητης τεχνολογίας. Πιο συγκεκριμένα, βασικός τομέας ενασχόλησής τους είναι η ανάπτυξη λογισμικού και τεχνικών υποδομών στο έργο, μέσω των οποίων στοχεύεται η αύξηση της παραγωγικότητας. Η συνεργασία των εμπλεκόμενων, θα πρέπει να εξασφαλίζεται καθ' όλη τη διάρκεια της υλοποίησης του εκάστοτε έργου. Όπως φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί, η κάθε ομάδα αλληλεξαρτάται από την επόμενη και η συνύπαρξη τους είναι διαδραστική.

---

<sup>2</sup> W. Kymmell, Building information modeling : planning and managing construction projects with 4D CAD and simulations. New York: Mcgraw-Hill, Cop, 2008.




  
 Process + Policy + Technology  
 Fields, its players & deliverables

Εικόνα 4: Αλληλεξάρτηση και διαδραστικότητα ομάδων [23]

## 1.4. Οφέλη που προκύπτουν από τη χρήση του BIM

Τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από την εφαρμογή της τεχνολογίας, απορρέουν τόσο από τη δημιουργία μεθοδολογίας για την επίτευξη της πιο αποτελεσματικής διαχείρισης της πληροφορίας από τα εμπλεκόμενα μέρη του τεχνικού έργου, όσο και από τη βελτίωση της πληροφορίας που παράγεται. Μέχρι σήμερα, σε σχετικές έρευνες έχει αναφερθεί ότι ένα μεγάλο τμήμα του κόστους ενός έργου προκύπτει λόγω της μη βελτιστοποιημένης επικοινωνίας, της έλλειψης στον τομέα του συντονισμού αλλά και της κακής διαχείρισης των διαθέσιμων πόρων και υλικών. Η τεχνολογία BIM, μέσω της εργαλειοθήκης της, συμβάλλει ουσιαστικά στη μείωση των μη αποδοτικών πρακτικών που αναφέρθηκαν προηγουμένως έτσι ώστε να αυξηθεί η συνολική αξία του έργου<sup>[3][6]</sup>.

Στον πίνακα που ακολουθεί, παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από τη χρήση της τεχνολογίας BIM, τα οποία κατηγοριοποιούνται ξεχωριστά ανά χρήστη.

*Πίνακας 1: Οφέλη BIM για τον κάθε χρήστη ξεχωριστά <sup>[1], [2], [5]</sup>*

<b>Ωφελούμενος χρήστης</b>	<b>Περιγραφή του πλεονεκτήματος της χρήσης της τεχνολογίας BIM</b>
<b>Μηχανικός</b>	Καλύτερη κατανόηση του έργου, με τη χρήση τεχνολογιών 3-D απεικόνισης στα πρώτα στάδια της υλοποίησης του

<sup>3</sup> A. Farzaneh, D. Monfet, and D. Forgues, "Review of using Building Information Modeling for building energy modeling during the design process," Journal of Building Engineering, vol. 23, pp. 127–135, May 2019, doi: 10.1016/j.jobbe.2019.01.029.

<sup>6</sup> A. Farzaneh, D. Monfet, and D. Forgues, "Review of using Building Information Modeling for building energy modeling during the design process," Journal of Building Engineering, vol. 23, pp. 127–135, May 2019, doi: 10.1016/j.jobbe.2019.01.029.

<b>Μηχανικός</b>	Δυνατότητα πρόσβασης σε πιο μετρητικές ποσότητες για πιο αποτελεσματική διαχείριση του συνολικού κόστους του έργου
<b>Μηχανικός</b>	Ταχεία επεξεργασία και εύρεση εναλλακτικών λύσεων
<b>Μηχανικός και μελετητής</b>	Ταχεία εύρεση των συγκρούσεων ανάμεσα στις μελέτες που έχουν διενεργηθεί από τους επιμέρους μελετητές
<b>Μελετητής</b>	Ανάλυση του οικοδομήματος, στα πρώτα στάδια της εφαρμογής της τεχνολογίας BIM
<b>Κατασκευαστής και μελετητής</b>	Επεξεργασία και δημιουργία πιο αποδοτικών χρονοδιαγραμμάτων
<b>Τεχνικός διαχειριστής του έργου</b>	Πιο εύκολη δημιουργία βάσης δεδομένων με το σύνολο των χαρακτηριστικών του κατασκευαστικού έργου
<b>Το σύνολο των συμμετεχόντων</b>	Βελτιστοποίηση της συνεργασίας ανάμεσα στους εμπλεκόμενους
<b>Μελετητής και κατασκευαστής</b>	Διευκόλυνση της προετοιμασίας της παράδοσης του έργου μέσα τη διασύνδεση του συνόλου των αρχείων και της βελτιστοποίησης της επικοινωνίας
<b>Μελετητής</b>	Επίτευξη της πιο εύκολης ενσωμάτωσης κανονισμών και προτύπων κατά τη διαδικασία του σχεδιασμού



<b>Το σύνολο των εμπλεκομένων</b>	Πιο εύκολη διαχείριση των δεδομένων, και επαναχρησιμοποίηση των πληροφοριών στο σύνολο των σταδίων εξέλιξης του έργου
<b>Μελετητής και κατασκευαστής</b>	Ελαχιστοποίηση των αλλαγών στα στάδια του έργου

Σε σχέση με τη μέθοδος της επικοινωνίας μέσω του συμβατικού μοντέλου, η επικοινωνία που γίνεται μέσω της τεχνολογίας BIM προάγει μια πιο ξεκάθαρη και αποδοτική επικοινωνία.

Όπως γίνεται αντιληπτό, η βασική συνεισφορά της τεχνολογίας BIM, έγκειται στην αύξηση της αποδοτικότητας όσον αφορά στη διαχείριση της αξίας η οποία δημιουργείται στα πλαίσια της εξέλιξης ενός έργου. Όπως προκύπτει από το, βάσει των συμβατικών μεθόδων επικοινωνίας, η αξία που δημιουργείται από μειώνεται και στη συνέχεια δημιουργείται εξ αρχής σε κάθε μία φάση του έργου. Αντίθετα μέσα την εφαρμογή της τεχνολογίας BIM, η αξία αποθηκεύεται σε όλα τα στάδια έτσι ώστε να αξιοποιηθεί στη συνέχεια. <sup>[4]</sup>

Ολοκληρώνοντας την αναφορά στα οφέλη που προκύπτουν από την εφαρμογή της τεχνολογίας BIM, δεν θα μπορούσε να παραληφθεί η συμβολή της στη μείωση των αλλαγών στις εργολαβικές εργασίες. Οι αλλαγές αυτές, διαχρονικά για το κάθε έργο αποτελούν από τα μεγαλύτερα ρίσκα όσον αφορά στο πεδίο του εκτροχιασμού του κόστους. Βάση αποτελεσμάτων σχετικής έρευνας, η οποία συμπεριέλαβε σαν δείγμα 448 συνολικά τεχνικά έργα, παρατηρήθηκε ότι η μείωση των αλλαγών μπορεί να φτάσει σε τέτοιο επίπεδο μέσω της εφαρμογής της τεχνολογίας BIM, έτσι ώστε εν τέλει οι επιβαρύνσεις με επιπρόσθετα έξοδα να είναι ιδιαίτερα μειωμένες συγκριτικά με τις περιπτώσεις στις οποίες ακολουθείται η αποκλειστική εφαρμογή συμβατικών τεχνολογιών 2D, όπως φαίνεται στο διάγραμμα που ακολουθεί.

<sup>4</sup> A. Farzaneh, D. Monfet, and D. Forgues, "Review of using Building Information Modeling for building energy modeling during the design process," *Journal of Building Engineering*, vol. 23, pp. 127–135, May 2019, doi: 10.1016/j.jobbe.2019.01.029.

## 1.5. Εμπόδια στην εφαρμογή της τεχνολογίας BIM

Τα εμπόδια που προκύπτουν σε πολλές περιπτώσεις από την εφαρμογή της τεχνολογίας BIM, αφορούν ως επί το πλείστο στο γεγονός ότι οργανισμοί πολλές φορές έχουν μεγάλη διστακτικότητα για τη διενέργεια επενδύσεων σε μια μεθοδολογία, η οποία μπορεί να τους δώσει μέγιστο όφελος μόνο στην περίπτωση που το σύνολο των εμπλεκόμενων στο έργο, καταφέρουν να την εφαρμόσουν. Επίσης, το γεγονός ότι τα μεγαλύτερα οφέλη που προκύπτουν από τη χρήση της τεχνολογίας αφορούν κυρίως τον κατασκευαστή του έργου είναι ιδιαίτερα παράδοξο, από τη στιγμή που ο φόρτος της εργασίας είναι μεγαλύτερος σε όγκο για τα εμπλεκόμενα άτομα ιδιαίτερα κατά τα αρχικά στάδια διεκπεραίωσης του έργου.

Στα πλαίσια αυτά, προκύπτουν ορισμένες προκλήσεις και δυσκολίες που αφορούν κυρίως τους επίδοξους χρήστες της τεχνολογίας BIM. Οι χρήστες αυτοί, καλούνται να ξεπεράσουν τις δυσκολίες αυτές έτσι ώστε να αποκτήσουν πρόσβαση στα οφέλη που προσφέρει τεχνολογία. Στη συνέχεια, γίνεται αναφορά στις δυσκολίες αυτές.

Αρχικά, το κόστος της αρχικής επένδυσης είναι ιδιαίτερα υψηλό, εφόσον αφορά στην εγκατάσταση λογισμικών αλλά και τεχνικών υποδομών που απαιτούνται για τη διεκπεραίωση του. Σε πολλές περιπτώσεις, η τεχνογνωσία που χρειάζεται, δεν υπάρχει σε όλα τα μέλη της επιχείρησης ενώ παράλληλα, η εκπαίδευση των εμπλεκόμενων για την απόκτηση της, είναι πολυδάπανη. Επίσης, υπάρχει μια δυσκολία όσον αφορά στην ένταξη της τεχνολογίας στην πορεία ανάπτυξης του έργου, λαμβάνοντας υπόψιν ότι ως επί το πλείστο δεν απαιτείται από τον πελάτη. Δυσκολία υπάρχει παράλληλα και στην εύρεση ετοιμών βιβλιοθηκών αντικειμένων.<sup>[6]</sup> Η εισαγωγή της τεχνολογίας BIM στις επιχειρήσεις και η εκμάθηση της από όλους τους εμπλεκόμενους είναι ιδιαίτερα δύσκολη ενώ παράλληλα, η κουλτούρα της συνεργασίας, η οποία διαφέρει από τη συμβατική ανάπτυξη ενός έργου είναι δύσκολο να εισαχθεί και να

---

<sup>6</sup> B. D. Ilzor and D. J. Kelly, "Building Information Modeling and Integrated Project Delivery in the Commercial Construction Industry: A Conceptual Study," *Journal of Engineering, Project, and Production Management*, vol. 2, no. 1, pp. 23–36, Jan. 2012, doi: 10.32738/jepm.201201.0004.

ακολουθηθεί από τα μέλη της. Παράλληλα, παρουσιάζονται ορισμένα θέματα στη διαλειτουργικότητα και την ιδιοκτησία των δεδομένων. [21]

Πολλές προκλήσεις μπορεί να προκύψουν και από τη μετάβαση από το CAD στο BIM. Όπως σχετικά αναφέρεται στη βιβλιογραφία, η μετάβαση αυτή δεν έχει ορισμένα εμπόδια που σχετίζονται κυρίως με τη διαχείριση του έργου αλλά και την εκπαίδευση των χρηστών στην εφαρμογή της τεχνολογίας BIM. Τα εμπόδια αυτά περιγράφονται ως ακολούθως.

Αρχικά όσον αφορά στο πεδίο της διαχείρισης του έργου, οι μηχανικοί αλλά και οι χρήστες της τεχνολογίας CAD που συμμετέχουν στο έργο έχουν αξιοποιήσει ένα συγκεκριμένο τρόπο εργασίας μέσω του οποίου είναι πιο εύκολη η διαχείριση των έργων από την πλευρά τους, και η μετάβαση σε κάποιο διαφορετικό τρόπο ενέχει μεγάλη δυσκολία. Ωστόσο αν λάβουν την απόφαση της εφαρμογής της τεχνολογίας BIM, είναι πολύ εύκολο να κατανοήσουν ότι αποτελεί απλά μια προέκταση του CAD της οποίας η λειτουργία έχει να κάνει απλά με τη χρήση διαφορετικών εργαλείων. [25]

Μια ακόμη πρόκληση που διαμορφώνεται από τη μετάβαση αφορά στην εκπαίδευση στη χρήση της τεχνολογίας BIM. Όσον αφορά στο λογισμικό CAD αυτό στοχεύει κυρίως στην παραγωγή σχεδίων. Από την άλλη πλευρά το λογισμικό BIM, επικεντρώνεται στη διάδοση των πληροφοριών σε ένα έργο οι όποιες πληροφορίες αφορούν άμεσα όλους τους εμπλεκόμενους. Κατά συνέπεια, οι διαφορές τους και οι προκλήσεις που διαμορφώνονται από τη μετάβαση από το ένα στο άλλο, δεν αφορούν μόνο στο διαφορετικό λογισμικό αλλά και στη διαφορετική κουλτούρα και φιλοσοφία που ενέχουν οι δύο αυτές τεχνολογίες. Συνοψίζοντας, στη μεθοδολογία BIM, το σύνολο των συμμετεχόντων θα πρέπει να έχουν γνώσεις διαχείρισης του συστήματος, χωρίς αυτό ωστόσο να σημαίνει ότι απαραίτητως θα πρέπει να έχουν το ίδιο επίπεδο γνώσεων. Έτσι, προτού αναλυθεί οποιοδήποτε έργο, το σύνολο των μελετών θα πρέπει να έχουν λάβει την απαραίτητη εκπαίδευση έτσι ώστε το

---

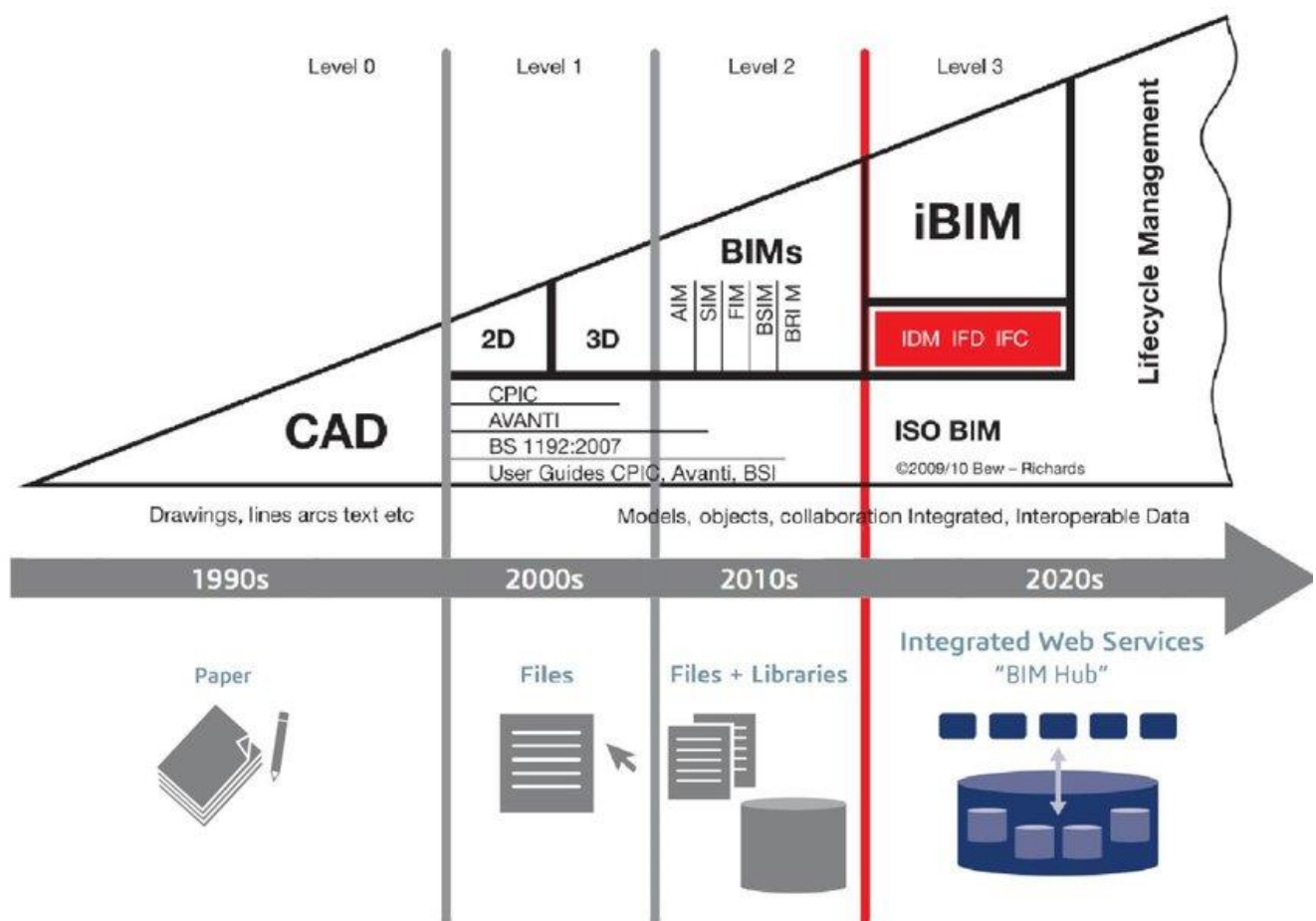
<sup>21</sup> M. Ingemansson Havenvind, *The connectivity of innovation in the construction industry*. New York, Ny: Routledge, 2019.

<sup>25</sup> B2Green, "Building Information Modeling: Ο ορισμός, τα οφέλη και τα εμπόδια στην ενσωμάτωση του BIM στην μελέτη – κατασκευή έργων," B2green.gr, 2012. <https://www.b2green.gr/el/post/52942/building-information-modeling-o-orismos-ta-ofeli-kai-ta-empodia-stin-ensomatosi-tou-vim-stin-meleti-%E2%80%93-kataskevi-ergon> (accessed Jun. 09, 2022).

αποτέλεσμα που θα προκύψει εν τέλει, να ανταποκρίνεται στα κριτήρια που έχουν τεθεί. [25]

## 1.6. Επίπεδα ωριμότητας του BIM

Τα επίπεδα ωριμότητας του BIM παρουσιάζονται στο σχήμα που ακολουθεί και περιγράφονται αναλυτικά στη συνέχεια.



Εικόνα 5: Επίπεδα ωριμότητας του BIM [26]

<sup>25</sup> B2Green, "Building Information Modeling: Ο ορισμός, τα οφέλη και τα εμπόδια στην ενσωμάτωση του BIM στην μελέτη – κατασκευή έργων," B2green.gr, 2012. <https://www.b2green.gr/el/post/52942/building-information-modeling-o-orismos-ta-ofeli-kai-ta-empodia-stin-ensomatosi-tou-vim-stin-meleti-%E2%80%93-kataskevi-ergon> (accessed Jun. 09, 2022).

Αρχικά στο **επίπεδο μηδέν (0)**, δεν εντοπίζεται κάποια σύνδεση των μελετών οι οποίες πραγματοποιούνται στα πλαίσια της διεξαγωγής ενός έργου. Ο κάθε μελέτης που συμμετέχει στο έργο εργάζεται στο δικό του περιβάλλον ανεξαρτήτως των υπολοίπων. Το σύνολο των μελετών υλοποιούνται σε μορφή 2D, υπό τη μορφή CAD. Στο συγκεκριμένο επίπεδο συμπεριλαμβάνονται και οι άλλες μελέτες όπως είναι η μελέτη κοστολόγησης και ο προγραμματισμός οι οποίες μελετώνται ανεξαρτήτως του αρχικού μοντέλου. Δεν εντοπίζεται κάποια συνδεσμολογία ανάμεσα στις μελέτες αυτές. <sup>[27]</sup>

Η επικοινωνία που διεξάγεται ανάμεσα στους εμπλεκόμενους γίνεται ως επί το πλείστο με τη μορφή χαρτιού. Παρόλο το επίπεδο αυτό θεωρείται απαρχαιωμένο από πολλές χώρες οι οποίες είναι πρωτοπόρες στον τομέα του BIM, στην Ελλάδα εξακολουθεί να αποτελεί το πιο συνηθισμένο τρόπο μελέτη των έργων.

Στη συνέχεια στο **επίπεδο ένα (1)**, υπάρχει ένας συνδυασμός σχεδίασης 2D και 3D, σε μορφή CAD. Η μεταφορά των αρχείων γίνεται με τη χρήση ενός κοινού δικτύου στο οποίο οι μελετητές του έργου έχουν πρόσβαση.

Ύστερα στο **επίπεδο δύο (2)**, οι μελετητές δημιουργούν ξεχωριστά τα δικά τους μοντέλα 3-D, τα οποία μπορεί να περιέχουν ακόμη και πληροφορίες αναφορικά με το χρονικό προγραμματισμό 4D αλλά και την κοστολόγηση 5D. Αναπτύσσεται η συνεργασία ανάμεσα στους μελετητές οι οποίοι επικεντρώνονται κυρίως στο διαμοιρασμό πληροφοριών και την επικοινωνία. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται με τη χρήση κοινού τύπου αρχείου. Στο επίπεδο αυτό, διαμορφώνεται ένα ομόσπονδο μοντέλο του έργου, όπου ο κάθε σπόνδουλος του μοντέλου συνθέτει και ένα ξεχωριστό μοντέλο. Ακολουθώντας τη λογική αυτή οι μελετητές έχουν τη δυνατότητα να αντιληφθούν τι γίνεται και στα υπόλοιπα τμήματα του έργου τα οποία τους αφορούν άμεσα και έτσι η εποπτεία του έργου βελτιστοποιείται. <sup>[28]</sup>

---

<sup>27</sup> R. Zieliński and M. Wójtowicz, "Different BIM levels during the design and construction stages on the example of public utility facilities," 2019, doi: 10.1063/1.5092078.

<sup>28</sup> B. McAuley, A. V. Hore, and R. P. West, "BIM Macro Adoption Study," International Journal of 3-D Information Modeling, vol. 7, no. 1, pp. 1–14, Jan. 2018, doi: 10.4018/ij3dim.2018010101.

Τέλος, το **επίπεδο τρία (3)** του έργου το οποίο είναι το ανώτατο, αφορά στο σχεδιασμό μεμονωμένα από ξεχωριστούς υπολογιστές του έργου, ωστόσο διαμέσου μιας ηλεκτρονικής πλατφόρμας η οποία ονομάζεται openBIM. Στα πλαίσια της συγκεκριμένης πλατφόρμας δίνεται η δυνατότητα στο σύνολο των συμμετεχόντων στο έργο, έτσι ώστε αυτοί να εργάζονται σε διαφορετικά τμήματα του τα οποία αποθηκεύονται με αυτοματοποιημένο τρόπο. Έτσι, ακολουθώντας τη διαδικασία αυτή γίνεται ενημέρωση άμεσα του συνολικού μοντέλου. <sup>[27]</sup>

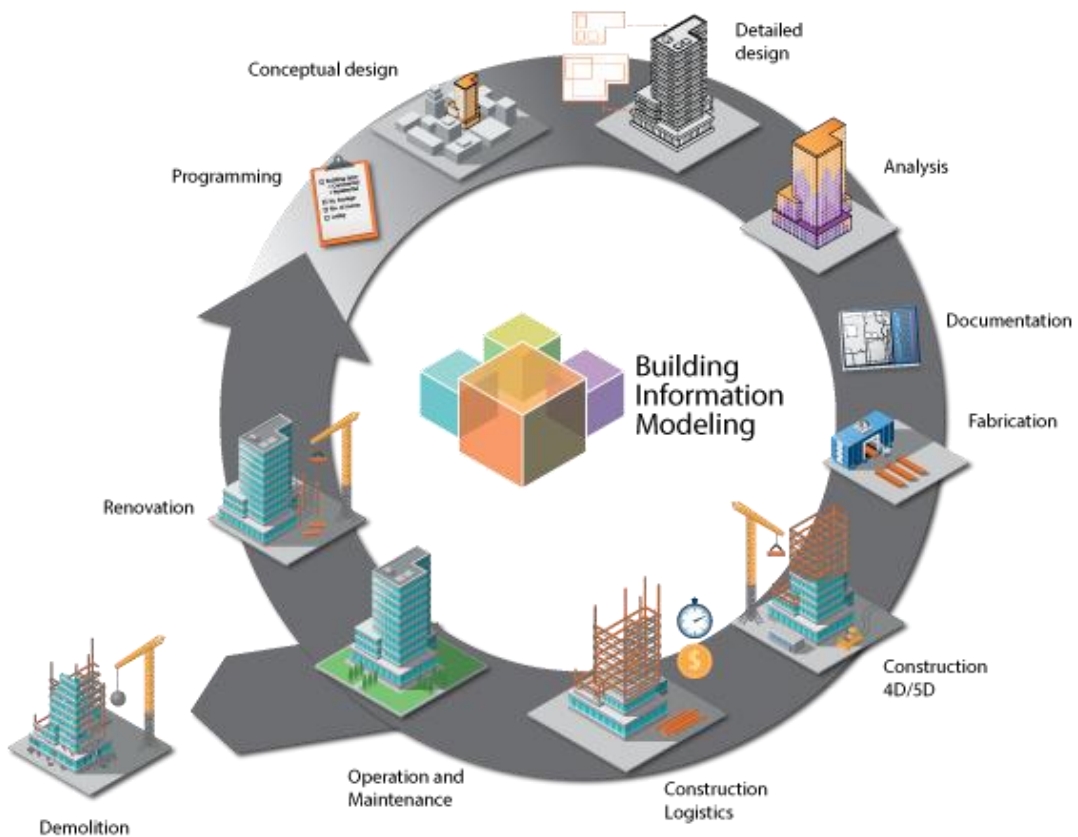
Η ευελιξία του συγκεκριμένου επιπέδου που περιγράφεται είναι πολύ μεγάλη και παρέχει μεγάλης διευκολύνσεις στους εμπλεκόμενους. Παραδείγματος χάριν, κάθε μελετητής μπορεί να ενημερώνεται για τα άτομα τα οποία εργάζονται σε μια άλλη μελέτη, και έτσι να πραγματοποιούνται οι ερωτήσεις και να δίδονται απαντήσεις σε πραγματικό χρόνο. Ακολουθώντας τη μεθοδολογία αυτή, είναι δυνατή η άμεση επίλυση των προβλημάτων που επέρχονται, έχοντας σαν συνέπεια τη μείωση του χρόνου που χρειάζεται και του κόστους.

---

<sup>27</sup> R. Zieliński and M. Wójtowicz, "Different BIM levels during the design and construction stages on the example of public utility facilities," 2019, doi: 10.1063/1.5092078.

## 1.7. Οι διαστάσεις του BIM

Εκτός από τα επίπεδα ωριμότητας του BIM, υπάρχουν και οι διαστάσεις με τις οποίες νοείται η κάθε πληροφορία ή αντίστοιχα οι πληροφορίες που παρέχονται από το μοντέλο BIM. Οι διαστάσεις του μοντέλου περιγράφονται στη συνέχεια.



Εικόνα 6: Εφαρμογές των διαστάσεων του BIM <sup>[29]</sup>

Αρχικά, η διάσταση **2D** αποτελεί μια απλοϊκή διάσταση. Τα σχέδια στη διάσταση αυτή δημιουργούνται σε δύο διαστάσεις και παρουσιάζονται οι γεωμετρικές πληροφορίες του κάθε έργου μεταφρασμένο σε δύο διαστάσεις, τη Χ και την Υ.

Στη διάσταση 2D, προστίθεται η γεωμετρική διάσταση Ζ και έτσι δημιουργείται η διάσταση **3D**. Τα μοντέλα μέσω της διάστασης 3D αποκτούν όγκο και είναι πιο εύκολα κατανοητά στους εμπλεκόμενους. Στη διάσταση αυτή είναι εφικτός ο έλεγχος ενδεχόμενων συγκρούσεων δηλαδή αν κάποια αντικείμενα τέμνονται χωρίς να υπάρχει κατασκευαστικός λόγος. Μ' αυτό τον τρόπο περιορίζονται τα λάθη. <sup>[6]</sup>

Ύστερα στη διάσταση **4D**, προστίθεται η διάσταση του χρόνου. Στη διάσταση αυτή είναι δυνατή η προσομοίωση της κατασκευής του έργου το οποίο χωρίζεται σε διαφορετικές κατασκευαστικές εργασίες οι οποίες συνενώνονται στα πλαίσια μιας αλληλεπίδρασης και έτσι, διαγράφονται τα χρονικά στοιχεία για κάθε μία εργασία.

Σε περίπτωση που στη διάσταση 4D προστεθεί ακόμη μία διάσταση δημιουργείται η **5D** η οποία έχει να κάνει με τη διαδικασία της κοστολόγησης του έργου. Τα αντικείμενα που προηγουμένως σχεδιάστηκαν, ενοποιούνται στις προηγούμενες διαστάσεις και δημιουργούν εργασίες. Στη διάσταση 5D κάθε μία εργασία αποκτά κόστος. Μ' αυτό τον τρόπο, με ακρίβεια γίνεται η κοστολόγηση του έργου που βρίσκεται υπό μελέτη. Επιπροσθέτως ο ενδιαφερόμενος, είτε αυτός είναι μελετητής ή κατασκευαστής έχει τη δυνατότητα να ελέγξει οποιαδήποτε στιγμή το κόστος. <sup>[32]</sup> Συνεχίζοντας με τη διάσταση 6D, αυτή αφορά την ανάλυση της ενεργειακής διάστασης του έργου. Στη διάσταση αυτή, ο εκάστοτε μελετητής μπορεί να αξιολογήσει την ενέργεια που χρειάζεται η καταναλώνεται για το έργο προσθέτοντας τα κατάλληλα υλικά στην κατασκευή όπως είναι παραδείγματος χάριν τα μονωτικά υλικά.

Στο επόμενο στάδιο στη διάσταση **7D**, γίνεται εισαγωγή των στοιχείων τα οποία σχετίζονται με τη συντήρηση του έργου αλλά και το προσδόκιμο ζωής

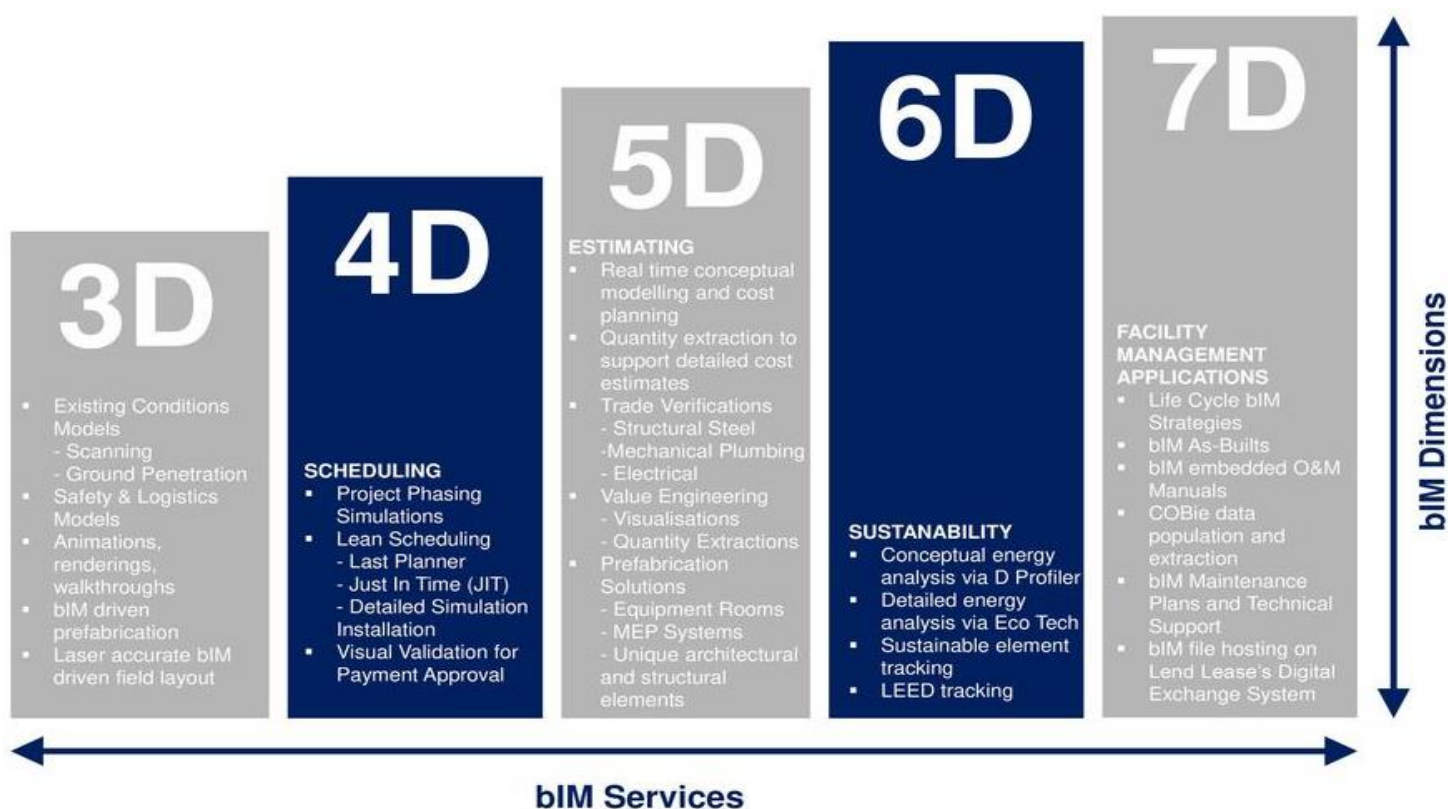
---

<sup>6</sup> B. D. Ilozor and D. J. Kelly, "Building Information Modeling and Integrated Project Delivery in the Commercial Construction Industry: A Conceptual Study," *Journal of Engineering, Project, and Production Management*, vol. 2, no. 1, pp. 23–36, Jan. 2012, doi: 10.32738/jepm.201201.0004.



των στοιχείων από τα οποία αποτελείται το έργο αυτό. Η συγκεκριμένη διάσταση στην ουσία συνιστά τη συνένωση όλων των προηγούμενων και συμπεριλαμβάνει το σύνολο των στοιχείων των έργων. Αναφέρεται στο έργο που κατασκευάστηκε, το χρονικό διάστημα κατασκευής του έργου στο συνολικό κόστος του έργου κ.α. Η διάσταση αυτή θα συνεχίσει να εμπλουτίζεται μέχρι ο κύκλος του έργου να ολοκληρωθεί. [32]

Ολοκληρώνοντας με τις διαστάσεις του έργου, υπάρχει διάσταση 8D η οποία έχει ως βασικό αντικείμενο τη διαχείριση αλλά και την πρόληψη των κινδύνων που μπορεί να προκύψουν στη διεξαγωγή των τεχνικών έργων. Μια πληθώρα ατυχημάτων συνδέονται άμεσα με τον αρχικό σχεδιασμό των έργων. Λαμβάνοντας υπόψη το δεδομένο αυτό, σε περίπτωση που από την αρχή με τη βοήθεια της τεχνολογίας μην εξαλείφονταν ο κίνδυνος, τότε το πλήθος των ατυχημάτων θα ήταν πολύ μικρότερο. [29]



Εικόνα 7: Διαστάσεις της τεχνολογίας BIM

<sup>32</sup> A. Koutamanis, “Dimensionality in BIM: Why BIM cannot have more than four dimensions?,” Automation in Construction, vol. 114, p. 103153, Jun. 2020, doi: 10.1016/j.autcon.2020.103153.

<sup>29</sup> asti.com, “Beyond 3D – The Next 5 Dimensions of BIM,” Applied Software, Jan. 25, 2021. <https://www.asti.com/beyond-3d-the-next-5-dimensions-of-bim/> (accessed Jun. 10, 2022).

## 1.8. Η εφαρμογή της τεχνολογίας BIM παγκοσμίως

Η τεχνολογία BIM σήμερα εφαρμόζεται διεθνώς σε πολλές χώρες από την αρχή κιόλας της προηγούμενης δεκαετίας. Πολλοί οργανισμοί αλλά και ερευνητές κατά τη διάρκεια των ετών αυτών έχουν επιχειρήσει να αναλύσουν το βαθμό διάδοσης της τεχνολογίας BIM, και τις επιδόσεις της μεθοδολογίας της. Μια πληθώρα ερευνών έχουν πραγματοποιηθεί για την αξιολόγηση του επιπέδου ενσωμάτωσης και στη συνέχεια αποδοχής της τεχνολογίας BIM σε κάποια χώρα ή ακόμη και σε διαφορετικές χώρες. Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθεί, ότι οι σημαντικότερες προσπάθειες που έχουν γίνει στο πεδίο της καταγραφής του επιπέδου χρήσης της τεχνολογίας BIM είναι το SmartMarket Report και το NBS International BIM Report. Η πρώτη αναφορά, διεξήχθη για να συγκρίνει τη χρήση της τεχνολογίας BIM ανάμεσα σε 10 διαφορετικές χώρες από τέσσερις ηπείρους ενώ στη συνέχεια η δεύτερη αναφορά σύγκρινε τέσσερις χώρες από τρεις διαφορετικές ηπείρους. Σύμφωνα με τις εκθέσεις αυτές, το 20% της βιομηχανίας έχει υιοθετήσει το BIM από το 2016. Σχεδόν τα τρία τέταρτα χρησιμοποιούν τώρα την τεχνολογία BIM, μια αύξηση 12% από το προηγούμενο έτος. Στο χάρτη που ακολουθεί παρουσιάζονται τα επίπεδα υιοθέτησης της τεχνολογίας BIM. <sup>[30]</sup>

---

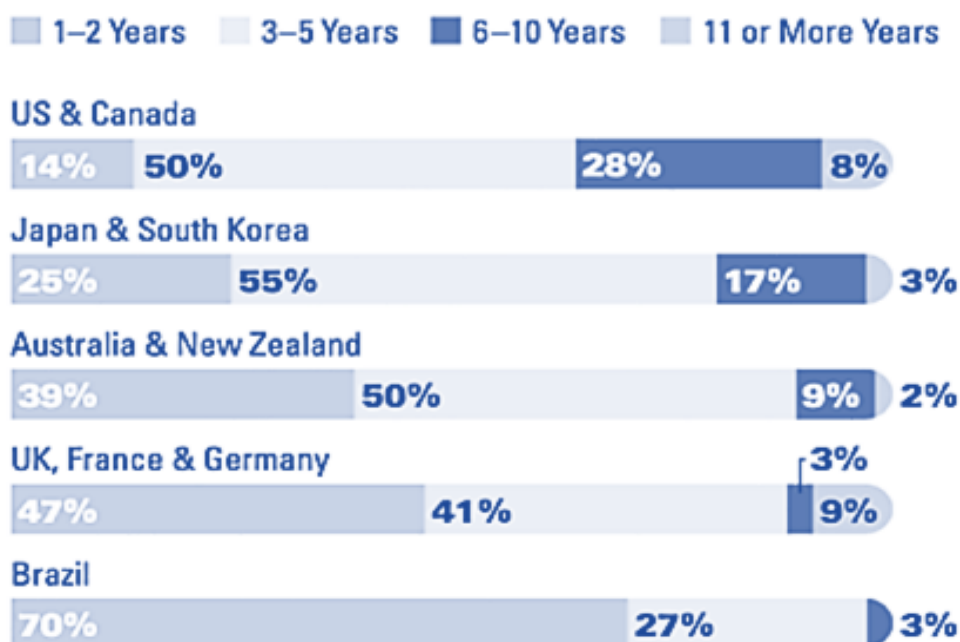
<sup>30</sup> S. Paul, "BIM adoption around the world: how good are we?," Geospatial World, Dec. 14, 2018. <https://www.geospatialworld.net/article/bim-adoption-around-the-world-how-good-are-we/#:~:text=As%20the%20mandate%20has%20come> (accessed Jun. 10, 2022).



Εικόνα 8: Τα επίπεδα υιοθέτησης της τεχνολογίας BIM [30]

Ειδικά για τον κατασκευαστικό κλάδο η μεθοδολογία BIM έχει ξεκινήσει εδώ και πολλά έτη να εφαρμόζεται, ωστόσο η εξέλιξη της έγινε με σχετικά αργούς ρυθμούς. Παρόλα αυτά, κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών η τεχνολογία BIM κερδίζει συνεχώς έδαφος εφόσον οργανισμοί του Δημοσίου και ιδιωτικού τομέα καταβάλουν προσπάθειες για τη διάδοσή της. Την ίδια στιγμή, ενώ η εφαρμογή της τεχνολογίας BIM είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη σε χώρες όπως οι ΗΠΑ, το Ηνωμένο Βασίλειο, η Γερμανία, η Γαλλία και ο Καναδάς, άλλες χώρες οι οποίες υιοθέτησαν αργότερα την τεχνολογία όπως είναι παραδείγματος χάριν η Ιαπωνία και η Νότια Κορέα, έχουν αποκτήσει δυναμική πιο γρήγορα σε σχέση με τις προηγούμενες σε βαθμό να ξεπερνούν σε κάποιους τομείς τις παραδοσιακές χώρες – χρήστες της τεχνολογίας μπει.

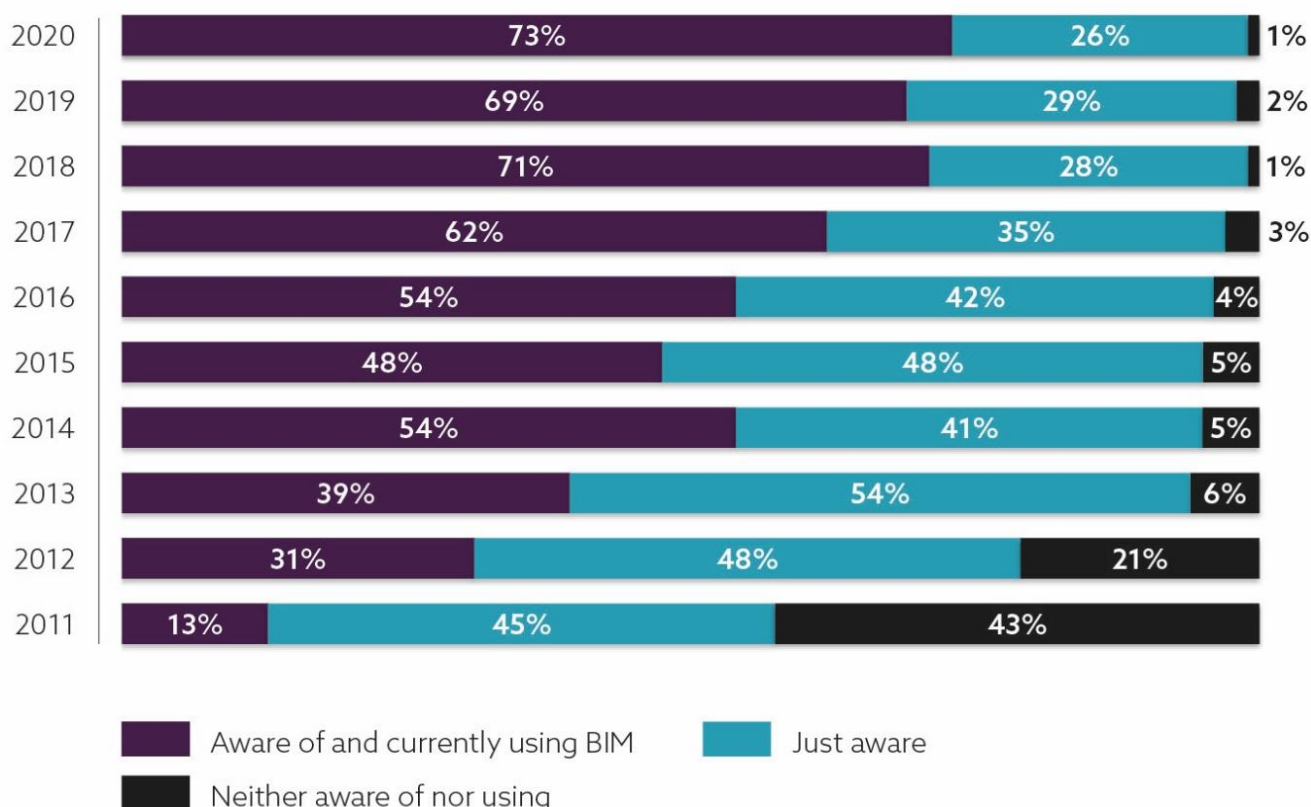
Βάση σχετικής έρευνας η οποία διεξήχθη το 2014, όπως φαίνεται στο διάγραμμα που ακολουθεί παρατηρείται ότι το 11% τουλάχιστον των εταιρειών που δραστηριοποιούνται στον τομέα των κατασκευών σε χώρες της ΕΕ όπως είναι παραδείγματος χάριν η Γερμανία και η Γαλλία κάνουν χρήση του BIM για περισσότερο από 6 έως 10 έτη. Αντιστοίχως, στη Βραζιλία το ποσοστό χρήσης της τεχνολογίας BIM είναι πολύ μεγαλύτερο (70%) κατά τελευταία δύο έτη. Αντιστοίχως, στον Καναδά και τις ΗΠΑ, το 36% των εταιρειών που δραστηριοποιούνται στον τομέα των κατασκευών χρησιμοποιεί την τεχνολογία BIM για πάνω από 6 έως 10 έτη.



Εικόνα 9: Βαθμός υιοθέτησης BIM παγκοσμίως

Σε άλλη έρευνα που εξέτασε την υιοθέτηση της τεχνολογίας BIM παγκοσμίως, διαχρονικά παρατηρείται πως κατά τα τελευταία έτη, όλο και περισσότεροι αποκτούν γνώσεις για την ύπαρξη και εφαρμογή της. Τα στοιχεία απεικονίζονται στο διάγραμμα που ακολουθεί.

### BIM adoption over time



Εικόνα 10: Υιοθέτηση της τεχνολογίας BIM <sup>[31]</sup>

Όσον αφορά στην Ελλάδα, η μεθοδολογία BIM δεν είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη και δεν εκτελείται σε μεγάλο βαθμό σε σχέση με άλλες μεθόδους, όπως γίνεται σε άλλες χώρες. Παρόλα αυτά μέχρι σήμερα έχουν πραγματοποιηθεί πολλά βήματα έτσι ώστε να γίνει γνωστή η μεθοδολογία και η εφαρμογή της. Ένα από τα σπουδαιότερα έργα που έχουν εκτελεστεί μέσω της μεθοδολογίας BIM σήμερα είναι η Εθνική Λυρική Σκηνή στο ίδρυμα Σταύρος Νιάρχος.

Όπως γίνεται αντιληπτό σήμερα, η χρήση της τεχνολογίας BIM εξαπλώνεται με όλο και μεγαλύτερους αριθμούς και καθοδηγείται από φορείς του Δημοσίου και ιδιωτικού τομέα που επιθυμούν να θεσμοθετήσουν τα προνόμια της μεθοδολογίας όσον αφορά στην πιο γρήγορη αλλά και πιο σίγουρη παράδοση των έργων, καθώς και στην εξασφάλιση της αξιοπιστίας, του κόστους και της ποιότητας. <sup>[31]</sup> Η απαίτηση της ενσωμάτωσης της τεχνολογίας μπει από ορισμένες κυβερνήσεις όπως είναι παραδείγματος χάριν αυτή των ΗΠΑ, του Ηνωμένου Βασιλείου και άλλων, οδηγεί στο συμπέρασμα ότι υπάρχουν ορισμένοι καινοτόμοι φορείς που μπορούν να θέσουν ορισμένους στόχους και να ωθήσουν τις επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται στον κατασκευαστικό τομέα να αξιοποιήσουν τον τύπο αυτό της τεχνολογίας, να ξεπεράσουν τους στόχους αυτούς και εξελίσσονται με αυτό τον τρόπο στο ευρύτερο οικοσύστημα του κατασκευαστικού τομέα.

---

<sup>31</sup> E. A. Hammoud, "COMPARING BIM ADOPTION AROUND THE WORLD, SYRIA'S CURRENT STATUS AND FUTURE," *International Journal of BIM and Engineering Science*, pp. 64–78, 2021, doi: 10.54216/ijbes.040204.





## **BIM & Βιώσιμος Σχεδιασμός**

# Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>: BIM και βιώσιμος σχεδιασμός κτιρίων

## 2.1. Η έννοια της βιωσιμότητας στις κατασκευές

Με τις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής να επηρεάζουν κάθε πτυχή της οικονομίας και της κοινωνίας σήμερα, είναι σημαντικό ειδικά στον κατασκευαστικό τομέα, που εκλύει τις μεγαλύτερες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα κατά τις εργασίες κατασκευής κτιρίων, καθίσταται όλο και περισσότερο σημαντική η εφαρμογή των αρχών της βιωσιμότητας και της αειφορίας έχοντας τον τελικό στόχο την ενεργειακή εξοικονόμηση, τη μείωση των αποβλήτων αλλά και το υγιές περιβάλλον. Η αρχή της βιωσιμότητας, στοχεύει στη βελτίωση της διαχείρισης του σχεδιασμού και της κατασκευαστικής διαδικασίας ενός έργου, καθ' όλη τη διάρκεια αυτής και αποτελεί ένα αντικείμενο σύγχρονων ερευνών. Η μεθοδολογία BIM στην ουσία είναι ένα εργαλείο που παρ' όλο που εξυπηρετεί το προηγούμενο σκοπό, η εφαρμογή του που έχει σαν τελικό στόχο την ενίσχυση των ήδη υπαρχόντων κατασκευών, αντιμετωπίζει διάφορες δυσκολίες και προκλήσεις λόγω κυρίως της πολύ επιστημονικής διαδικασίας ανταλλαγής πληροφοριών, του επίκαιρου χαρακτήρα της ανταλλαγής αυτής αλλά και του ευρέως φάσματος των τεχνολογικών στοιχείων που πρέπει να υπάρχουν έτσι ώστε να διενεργείται η βέλτιστη αυτή ανταλλαγή. <sup>[34][33]</sup>

Για να γίνει κατανοητή η εφαρμογή του μοντέλου BIM στο πεδίο του βιώσιμου σχεδιασμού των κτιρίων, απαραίτητη είναι μια αναφορά στην έννοια της βιωσιμότητας. Η έννοια της βιωσιμότητας χρησιμοποιείται ως επί το πλείστον, στην επιστημονική έρευνα για περιβαλλοντικά ζητήματα, πολιτικές που συνδέονται με την περιβαλλοντική διαχείριση, τη βιομηχανική και γεωργική παραγωγή. Όπως αναφέρεται στην σχετική βιβλιογραφία, η προοπτική αλλά και η αξία της βιώσιμης ανάπτυξης αναδεικνύεται σε παγκόσμιο επίπεδο και

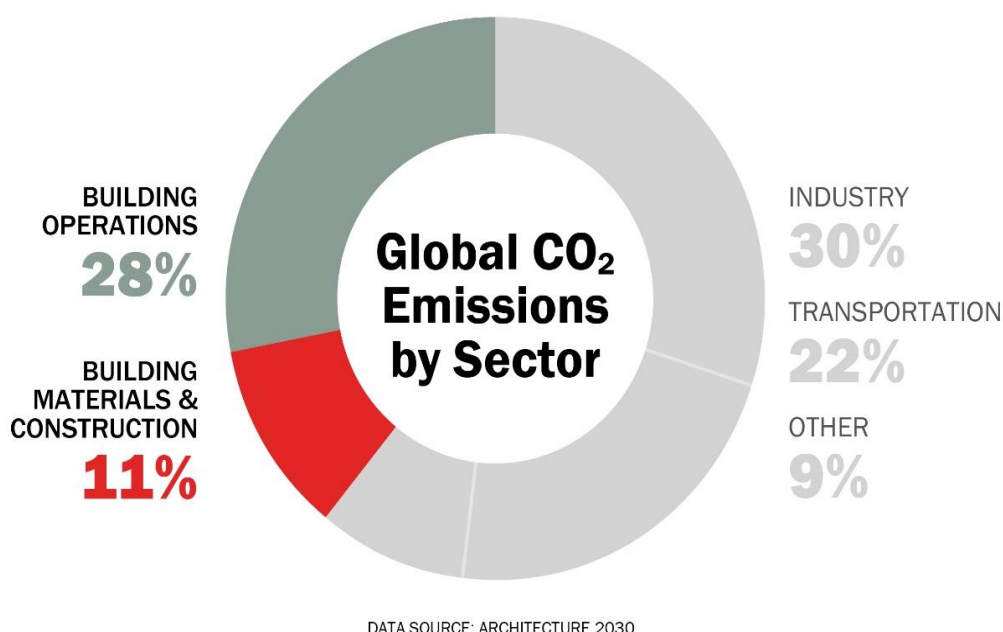
<sup>34</sup> Y. Lu, Z. Wu, R. Chang, and Y. Li, "Building Information Modeling (BIM) for green buildings: A critical review and future directions," *Automation in Construction*, vol. 83, no. 4, pp. 134–148, Nov. 2017, doi: 10.1016/j.autcon.2017.08.024.

<sup>33</sup> M. Khaddaj and I. Srour, "Using BIM to Retrofit Existing Buildings," *Procedia Engineering*, vol. 145, pp. 1526–1533, 2016, doi: 10.1016/j.proeng.2016.04.192.



εστιάζει στην μελέτη της σχέσης μεταξύ των στρατηγικών που εφαρμόζονται για την προστασία του περιβάλλοντος και την οικονομική ανάπτυξη. Ο ρόλος που διαδραματίζουν οι διεθνείς πολιτικοί και οικονομικοί οργανισμοί, όπως είναι ο ΟΗΕ και ο ΟΑΣΑ είναι κομβικός εφόσον μέσω της δραστηριοποίησης τους, στο πεδίο της αειφόρου και της βιώσιμης ανάπτυξης μπορούν να επιτευχθούν παγκόσμιοι στόχοι για την προστασία του περιβάλλοντος. Στις διεθνείς διασκέψεις που έχουν πραγματοποιηθεί διαχρονικά για τον περιβαλλοντικό προβληματισμό η βιώσιμη ανάπτυξη θεμελιώνεται θεωρητικά και σταδιακά καθιερώνεται το περιεχόμενο του ρόλου των εννοιών. [35]

Μέχρι σήμερα, κατά τη διαδικασία της σημασιολογικής απόδοσης των εννοιών, έχουν γίνει διάφορες εννοιολογικές προσεγγίσεις. Η έννοια της βιώσιμης ανάπτυξης έχει γίνει σημείο αναφοράς για την επιστημονική έρευνα για το περιβάλλον και αποτελεί ένα σημείο αναφοράς για την ανάπτυξη [35]. Η έννοια αυτή πρωτοεμφανίστηκε το 1987 στην Έκθεση Brundtland.



*Εικόνα 11: Εκπομπές CO<sup>2</sup> στον κατασκευαστικό κλάδο*

<sup>35</sup> A. Alvarado-Herrera, E. Bigne, J. Aldas-Manzano, and R. Curras-Perez, "A Scale for Measuring Consumer Perceptions of Corporate Social Responsibility Following the Sustainable Development Paradigm," *Journal of Business Ethics*, vol. 140, no. 2, pp. 243–262, Apr. 2015, doi: 10.1007/s10551-015-2654-9.

Από τη την Παγκόσμια Διάσκεψη Κορυφής του Ρίο για το Περιβάλλον, η έννοια της βιώσιμης ανάπτυξης έχει αποκτήσει πολύ μεγάλη σημασία και έχει ενσωματωθεί στις διεθνείς συνθήκες και στην εθνική νομοθεσία πολλών χωρών σε όλο τον κόσμο. Έχει επίσης χρησιμοποιηθεί σε μεγάλο βαθμό και στην επιχειρηματική πρακτική και σε θέματα που αφορούν στην βιώσιμη λειτουργία των επιχειρήσεων, τη γεωργική παραγωγή <sup>[36]</sup>, τη βιομηχανία και την αστική ανάπτυξη <sup>[37]</sup> και έχει γίνει το εννοιολογικό θεμέλιο θεωρητικών προσεγγίσεων όπως η πράσινη και η κυκλική οικονομία. Έχει γίνει ακόμη και μέρος της κοινής λογικής ενός μεγάλου ποσοστού του παγκόσμιου πληθυσμού και των συστημάτων για την προστασία του περιβάλλοντος.

Η λέξη βιωσιμότητα έχει πολλές σημασίες και οι προσδιορισμοί του περιεχομένου της συχνά διαφέρουν ανάλογα με την οργανωτική κουλτούρα της κάθε επιχείρησης ή την γενικότερη κουλτούρα της χώρας ή της κοινωνίας. Ο εννοιολογικός προσδιορισμός της δεν είναι απλός, αλλά αντίθετα πολυεπίπεδος και πολυσύνθετος. Σύμφωνα με τους Agyekum-Mensah et al <sup>[39]</sup>, η έννοια της βιωσιμότητας είναι σχετικά πρόσφατη και πρώτη φορά διατυπώθηκε τη δεκαετία του 1970. Οι Kamara et al <sup>[38]</sup> υποστηρίζουν ότι η έννοια της βιωσιμότητας προέκυψε από τη διάσκεψη του ΟΗΕ για το ανθρώπινο περιβάλλον. Ο πιο ευρέως χρησιμοποιούμενος ορισμός της αειφόρου ανάπτυξης είναι η «ανάπτυξη που ικανοποιεί τις ανάγκες του παρόντος χωρίς να διακυβεύεται η ικανότητα των μελλοντικών γενεών να καλύψουν τις δικές τους ανάγκες».

---

<sup>36</sup> M. J. Lathuillière et al., "Rain-fed and irrigated cropland-atmosphere water fluxes and their implications for agricultural production in Southern Amazonia," *Agricultural and Forest Meteorology*, vol. 256–257, pp. 407–419, Jun. 2018, doi: 10.1016/j.agrformet.2018.03.023.

<sup>37</sup> A. Shcherbina et al., "Accuracy in Wrist-Worn, Sensor-Based Measurements of Heart Rate and Energy Expenditure in a Diverse Cohort," *Journal of Personalized Medicine*, vol. 7, no. 2, p. 3, May 2017, doi: 10.3390/jpm7020003.

<sup>39</sup> G. Agyekum-Mensah, A. Knight, and C. Coffey, "4Es and 4 Poles model of sustainability," *Structural Survey*, vol. 30, no. 5, pp. 426–442, Nov. 2012, doi: 10.1108/02630801211288206.

<sup>38</sup> A. Y. Kamara, R. Abaidoo, J. Kwari, and L. Omoigui, "Influence of phosphorus application on growth and yield of soybean genotypes in the tropical savannas of northeast Nigeria," *Archives of Agronomy and Soil Science*, vol. 53, no. 5, pp. 539–552, Oct. 2007, doi: 10.1080/03650340701398452.

Όπως γίνεται αντιληπτό, ο όρος της βιωσιμότητας, γίνεται αντιληπτός εντελώς διαφορετικά από κάθε κράτος και πολιτισμό, εφόσον εξαρτάται από τις ισχύουσες συνθήκες. Η βιωσιμότητα, έχει διάφορες διαστάσεις οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές που πολλές φορές συγκρούονται μεταξύ τους. Παρ' όλο που δεν υπάρχει κάποια έννοια ως ορισμός της βιωσιμότητας συνήθως δίνεται έμφαση στην άνοδο κάποιου δείκτη ανθρώπινης υγείας και ευημερίας και στην εξέλιξη της οικονομίας με την πάροδο των ετών. Στα πλαίσια αυτά, ο στόχος των διεθνών οργανισμών είναι να εντοπίσουν και να προωθήσουν ένα σύνολο δεικτών μέσα των οποίων αποτιμώνται η κατάσταση του περιβάλλοντος, η οικονομία, η κοινωνία και οι πολιτικές που εφαρμόζονται έχοντας σαν τελικό στόχο την επίτευξη της βιώσιμης ανάπτυξης. <sup>[38][37]</sup>

## **2.2. Η βιωσιμότητα στο σχεδιασμό έργων μέσω του BIM**

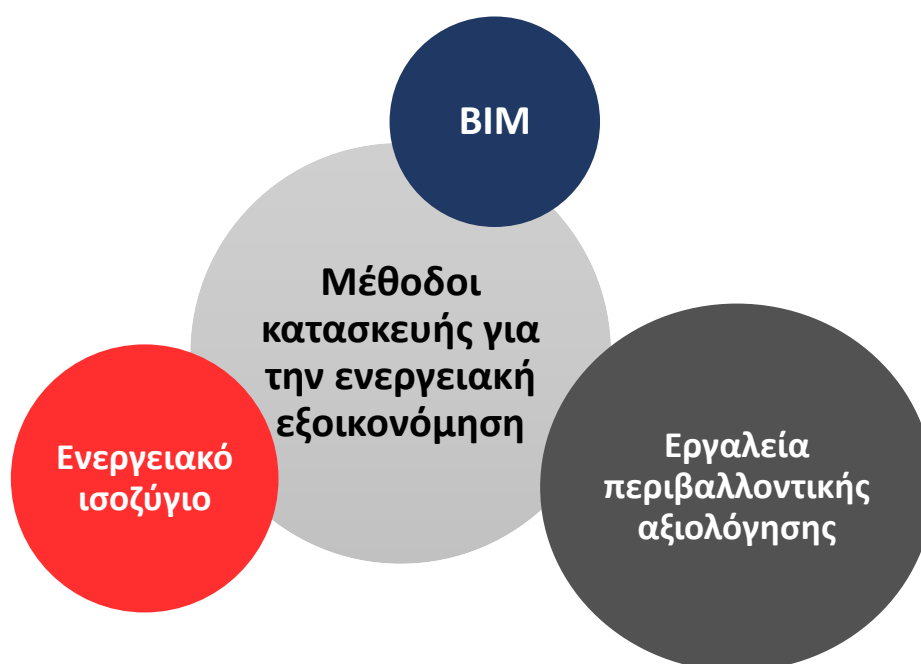
Η πιθανότητα ύπαρξης επικάλυψης ανάμεσα στη βιώσιμη ανάπτυξη και την εφαρμογή του μοντέλου BIM, συνδέεται κυρίως με την αξιοποίηση του μοντέλου έχοντας ως στόχο την ενεργειακή μοντελοποίηση και στη συνέχεια, τον καθορισμό του πεδίου εφαρμογής της ενίσχυσης των ήδη υπαρχόντων κατασκευών. Μέσω της χρήσης του μοντέλου BIM, η ενεργειακή αναβάθμιση των ήδη υπαρχόντων κατασκευών μπορεί να γίνει εφικτή, συμβάλλοντας με αυτό τον τρόπο στην πιστοποίηση και την ολοκλήρωση της αξιολόγησης σε μικρότερο χρονικό διάστημα. Παρόλα αυτά, εκτός του μοντέλου BIM ως μία στρατηγική διευκόλυνση της ανάλυσης των ενεργειακών αποδόσεων των κτιρίων, εφαρμόζονται κι άλλοι μέθοδοι κατασκευής έχοντας τον τελικό σκοπό

---

<sup>38</sup> A. Y. Kamara, R. Abaidoo, J. Kwari, and L. Omoigui, "Influence of phosphorus application on growth and yield of soybean genotypes in the tropical savannas of northeast Nigeria," *Archives of Agronomy and Soil Science*, vol. 53, no. 5, pp. 539–552, Oct. 2007, doi: 10.1080/03650340701398452.

<sup>37</sup> A. Shcherbina et al., "Accuracy in Wrist-Worn, Sensor-Based Measurements of Heart Rate and Energy Expenditure in a Diverse Cohort," *Journal of Personalized Medicine*, vol. 7, no. 2, p. 3, May 2017, doi: 10.3390/jpm7020003.

την εξασφάλιση της ενεργειακής οικονομίας. <sup>[34]</sup> Κάποιες από τις μεθόδους αυτές, παρουσιάζονται στο σχήμα που ακολουθεί.



Σχήμα 2: Μέθοδοι κατασκευής για την ενεργειακή εξοικονόμηση <sup>[34]</sup>

Αρχικά όσον αφορά στο ενεργειακό ισοζύγιο αυτό μπορεί να αξιοποιηθεί στο πεδίο των ανακαινίσεων των κτιρίων έτσι ώστε να διαπιστωθεί αν τα επίπεδα της ενεργειακής κατανάλωσης, και κατά συνέπεια τα ενεργειακά τους κόστη μπορούν να ενισχυθούν. Η πρόοδος των τεχνολογιών αυτών, προσφέρει πιο αξιόπιστες λύσεις και πληροφορίες. Στη συνέχεια όσον αφορά στα εργαλεία της περιβαλλοντικής αξιολόγησης, η κατηγορία αυτή προσφέρει ορισμένα πλαίσια για τον έλεγχο αλλά και την αναβάθμιση της ενεργειακής αποδοτικότητας των κτιρίων. Τα εργαλεία αξιολόγησης προόδου, έγιναν πολύ δημοφιλή μετά την ανάπτυξη των συστημάτων αξιολόγησης σύμφωνα με την

<sup>34</sup> Y. Lu, Z. Wu, R. Chang, and Y. Li, "Building Information Modeling (BIM) for green buildings: A critical review and future directions," *Automation in Construction*, vol. 83, no. 4, pp. 134–148, Nov. 2017, doi: 10.1016/j.autcon.2017.08.024.

οποία καθίσταται δυνατή η σύγκριση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων με τους δείκτες ποιοτικής και ποσοτικής αξιολόγησης. <sup>[35][34]</sup>

Οι στρατηγικές για την εξασφάλιση της βιωσιμότητας που ενσωματώνονται σήμερα στις κατασκευές, λειτουργούν αλληλένδετα. Υλοποιώντας έτσι, ποικίλες διαφορές βιώσιμες στρατηγικές σχεδιασμού, συνδυαστικά προκύπτει μια αύξηση των ωφελειών. Ειδικότερα, κατά το συνδυασμό των στρατηγικών για το βιώσιμο σχεδιασμό κτιρίων, τα υψηλά λειτουργικά κόστη τα οποία δαπανώνται στο πεδίο των τεχνιτών συστημάτων αλλά και των τεχνολογιών για την ενεργειακή απόδοση μειώνονται εφόσον οι απαιτήσεις ενέργειας συρρικνώνονται. Κατά συνέπεια, είναι πιο αποδοτικό σύστημα, παρόλο που θα παρουσιάζει μικρότερα λειτουργικά κόστη θα εμφανίζει παράλληλα αυξημένο αρχικό κόστος συγκριτικά με να μη αποδοτικό σύστημα. <sup>[40]</sup>

Παρόλα αυτά, για να γίνει κατανοητή και να υπάρχει η δυνατότητα εφαρμογής του αλληλεξαρτώμενου και συνδυαστικού τρόπου βελτίωσης της λειτουργίας των εφαρμοζόμενων στρατηγικών για τη βιώσιμη ανάπτυξη, είναι απαραίτητη μια πληθώρα επαναλήψεων αλλά και αναλύσεων σε διάφορα έργα. Η διαδικασία αυτή οδηγεί στη δημιουργία περιορισμών όσον αφορά στο σχεδιασμό των κτιρίων, ειδικά σε σχέση με τους συνδυασμούς και τις επιλογές τους ως προς την επίτευξη της μέγιστης αποδοτικότητας. Σ' αυτούς τους περιορισμούς δίνει λύση η εφαρμογή του μοντέλου BIM, μέσω των τεχνολογιών προσομοίωσης και των αναλύσεων τις οποίες ενσωματώνει, και στις οποίες είναι δυνατή η υποβολή των μοντέλων. <sup>[35]</sup>

---

<sup>35</sup> A. Alvarado-Herrera, E. Bigne, J. Aldas-Manzano, and R. Curras-Perez, "A Scale for Measuring Consumer Perceptions of Corporate Social Responsibility Following the Sustainable Development Paradigm," *Journal of Business Ethics*, vol. 140, no. 2, pp. 243–262, Apr. 2015, doi: 10.1007/s10551-015-2654-9.

<sup>34</sup> Y. Lu, Z. Wu, R. Chang, and Y. Li, "Building Information Modeling (BIM) for green buildings: A critical review and future directions," *Automation in Construction*, vol. 83, no. 4, pp. 134–148, Nov. 2017, doi: 10.1016/j.autcon.2017.08.024.

<sup>40</sup> H. Ferdosi, H. Abbasianjahromi, S. Banihashemi, and M. Ravanshadnia, "BIM applications in sustainable construction: scientometric and state-of-the-art review," *International Journal of Construction Management*, pp. 1–13, Jan. 2022, doi: 10.1080/15623599.2022.2029679

<sup>35</sup> A. Alvarado-Herrera, E. Bigne, J. Aldas-Manzano, and R. Curras-Perez, "A Scale for Measuring Consumer Perceptions of Corporate Social Responsibility Following the Sustainable Development Paradigm," *Journal of Business Ethics*, vol. 140, no. 2, pp. 243–262, Apr. 2015, doi: 10.1007/s10551-015-2654-9.

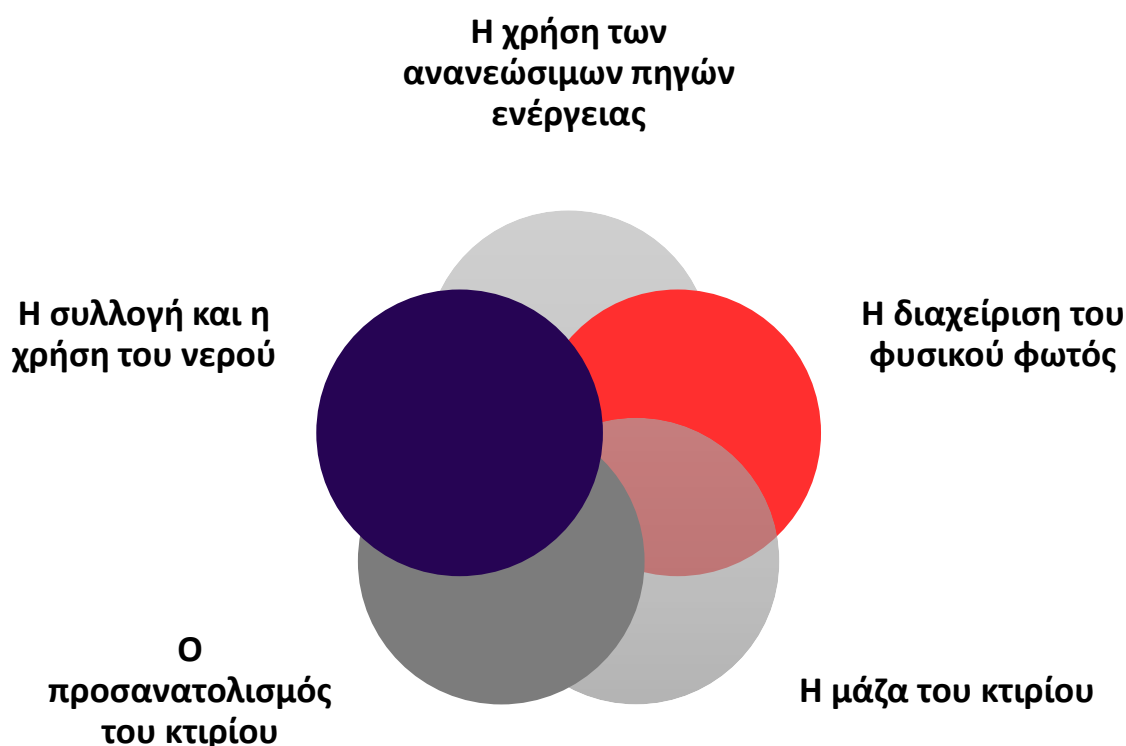
Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενες ενότητες, η ακρίβεια ενός μοντέλου BIM, εξαρτάται από την ποιότητα των πληροφοριών οι οποίες εισάγονται σε αυτό. Για την επιτυχημένη χρήση των δυνατοτήτων του, είναι απαραίτητο να γίνει επιτυχημένα εισαγωγή αξιόπιστων πληροφοριών. Η σημαντικότερη στιγμή, για την επιλογή των περιβαλλοντικά βιώσιμη στρατηγικών που πρόκειται να εφαρμοστούν σε ένα κτίριο, είναι τα στάδια του σχεδιασμού του σε περιβάλλον ηλεκτρονικού υπολογιστή. Το μοντέλο BIM, έχει τη δυνατότητα να ενσωματώσει επιστημονικές πληροφορίες και να δώσει στους διαφορετικούς κλάδους της διαδικασίας του σχεδιασμού την ευκαιρία να συνεργαστούν και να συνδυάσουν τις διαθέσιμες πληροφορίες στο πεδίο της ενσωμάτωσης των βιώσιμων στρατηγικών στον καθένα τομέα.

Μέσω του μοντέλου BIM, οι σχεδιαστές της κατασκευής μπορούν να υλοποιήσουν τις απαραίτητες επαναλήψεις σε ελάχιστο χρόνο με τη χρήση προσομοιώσεων και αναλύσεων σε ένα τρισδιάστατο μοντέλο έτσι ώστε εν τέλει να μπορέσουν να καταλήξουν στους πιο αποδοτικούς συνδυασμούς των στρατηγικών για την κάθε περίπτωση κατασκευής. <sup>[40]</sup>

---

<sup>40</sup> H. Ferdosi, H. Abbasianjahromi, S. Banihashemi, and M. Ravanshadnia, "BIM applications in sustainable construction: scientometric and state-of-the-art review," *International Journal of Construction Management*, pp. 1–13, Jan. 2022, doi: 10.1080/15623599.2022.2029679

Στη συνέχεια, στο σχήμα που ακολουθεί γίνεται η συνοπτική παράθεση των πτυχών του σχεδιασμού μιας κατασκευής στις οποίες το μοντέλο BIM μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά παρέχοντας στους σχεδιαστές τη δυνατότητα να μεγιστοποιήσουν το βιώσιμο σχεδιασμό.



*Σχήμα 3: Πτυχές σχεδιασμού μιας βιώσιμης κατασκευής μέσω του μοντέλου BIM [40]*

Τα χαρακτηριστικά και οι πτυχές αυτές που παρουσιάζονται στο προηγούμενο σχήμα, στις επόμενες παραγράφους προσεγγίζονται αναλυτικότερα.

## 2.2.1. Βιώσιμος σχεδιασμός BIM και ο προσανατολισμός του κτιρίου

Στο βιώσιμο σχεδιασμό, ο προσανατολισμός του κτιρίου συνδέεται με τον τρόπο εκείνο που το κτίριο τοποθετείται σε σχέση με τον ήλιο. Ο τρόπος που το κτίριο αντικρίζει τον ήλιο, και πως τοποθετείται αλλά και ο τρόπος που καθορίζεται το άνοιγμα στα τζάμια, μπορεί να επιδρά σε μεγάλο βαθμό στην ενεργειακή του αποδοτικότητα και στην άνεση των χρηστών του. Ο σωστός προσανατολισμός, συνεισφέρει σε πολύ μεγάλο βαθμό στην ενεργειακή αποδοτικότητα του κτιρίου εφόσον αξιοποιούνται ο ήλιος και ο άνεμος, και μειώνονται οι ενεργειακές απαιτήσεις και τα κόστη για τεχνητό φωτισμό, κλιματισμό και θέρμανση. <sup>[41]</sup>

Η τεχνολογία BIM μπορεί να συμβάλει με ουσιαστικό τρόπο στη διαδικασία της αναζήτησης του καλύτερου προσανατολισμού του κτιρίου με τη χρήση αναλύσεων και προσομοιώσεων, σχετικά με την επίδραση της σκίασης και της ηλιακής ακτινοβολίας στη συγκεκριμένη τοποθεσία οποιαδήποτε στιγμή της ημέρας. Εφόσον ληφθούν οι σχετικές αποφάσεις σχετικά με την εξυπηρέτηση του προσανατολισμού του κτιρίου, στη συνέχεια εφαρμόζεται το μοντέλο BIM έτσι ώστε να βρεθεί ο βέλτιστος προσανατολισμός. Η εφαρμογή του μοντέλου BIM, αποτελεί μια απλή διαδικασία στην οποία ως προαπαιτούμενο τίθεται αρχικά η ταύτιση του νότου στην οθόνη με το μαγνητικό νότιο προσανατολισμό στο λογισμικό. Για την εύρεση του μαγνητικού νότου στο λογισμικό αρχικά θα πρέπει να γίνει εισαγωγή των πληροφοριών σχετικά με την τοποθεσία στην οποία βρίσκεται το έργο, ορίζοντας στο λογισμικό BIM τις συντεταγμένες του. Ύστερα, το μοντέλο μπορεί να περιστραφεί έτσι ώστε να βρεθεί η κατάλληλη γωνία που θεωρείται ότι στην οποία το κτήριο είναι πιο αποδοτικό ενεργειακά. <sup>[40]</sup>

---

<sup>41</sup> E. Krygiel and B. Nies, *Green BIM : successful sustainable design with building information modeling*. Indianapolis, Indiana: Wiley Publishing, 2008.

<sup>40</sup> H. Ferdosi, H. Abbasianjahromi, S. Banihashemi, and M. Ravanshadnia, "BIM applications in sustainable construction: scientometric and state-of-the-art review," *International Journal of Construction Management*, pp. 1–13, Jan. 2022, doi: 10.1080/15623599.2022.2029679



## 2.2.2. Βιώσιμος σχεδιασμός BIM και η μάζα του κτιρίου

Κατά τη διαδικασία της επιλογής της κατάλληλης μάζας για ένα κτίριο έτσι ώστε αυτό να πληροί τις αρχές της βιωσιμότητας, θα πρέπει να ληφθούν υπόψιν στοιχεία όπως είναι ο τύπος του κτιρίου, οι λειτουργίες για τις οποίες προορίζεται το κτίριο αλλά και το μικρό κλίμα της τοποθεσίας στην οποία βρίσκεται. Μέσω της BIM είναι εφικτή η επιλογή του σχήματος του κτιρίου και μπορεί να επιτευχθεί καλύτερη πρόσβαση στην ηλιακή ακτινοβολία και η βέλτιστη θερμική απόδοση μειώνοντας με αυτό τον τρόπο τις ενεργειακές απαιτήσεις του κτιρίου. Η μείωση στο πεδίο των ενεργειακών απαιτήσεων του κτιρίου οδηγεί στη συρρίκνωση του κόστους κατασκευής ένα γεγονός το οποίο, οδηγεί με τη σειρά του στην ικανοποίηση των μειωμένων απαιτήσεων και μέσα από τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. <sup>[41]</sup>

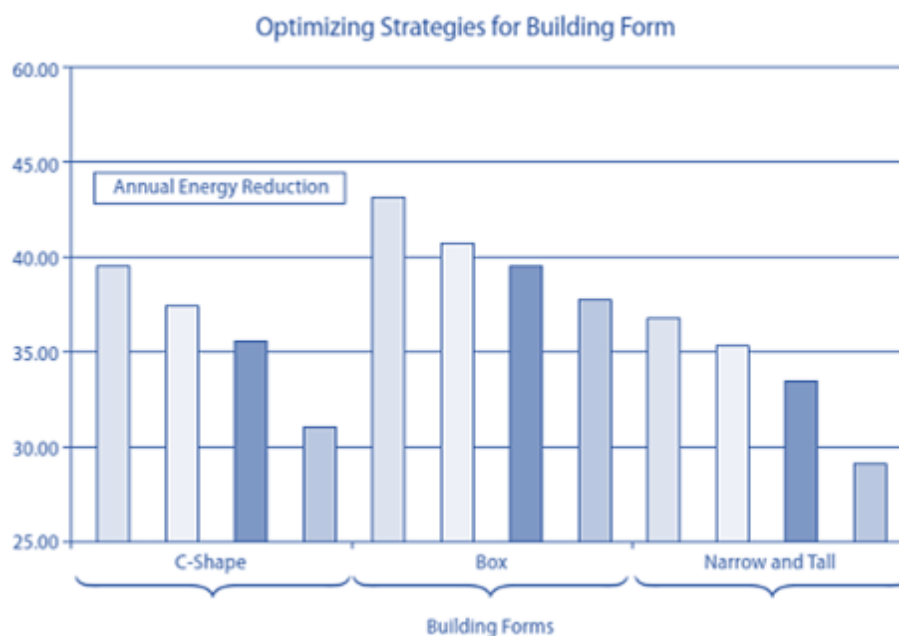
Το μοντέλο BIM μπορεί να συμβάλλει ουσιαστικά στην εύρεση πληροφοριών για τον καθορισμό της βέλτιστης μάζας του κτιρίου μέσα την εφαρμογή τεχνικών διαχείρισης, ανάλυσης και προσομοίωσης των επιλογών οι οποίες υπάρχουν, σε σχέση με τη μορφή που θα μπορεί να έχει τελικά το κτήριο. Όσο μεταβάλλεται η μάζα και το συνολικό κόστος αλλά και οι ανάγκες ενέργειας που θα πρέπει να δαπανηθούν στον τομέα της θέρμανσης του κλιματισμού. Το μοντέλο BIM, δίνει τη δυνατότητα κατά τη σχεδιαστική διαδικασία να προσδιοριστούν οι τιμές των διαστάσεων παραμετρικά, τις οποίες τιμές θα μπορεί να έχει το κτίριο σε σχέση με τον περιορισμό στο χώρο τοποθέτησης του. Συντηρώντας τα ίδια τετραγωνικά στο κατασκευαστικό έργο, μπορούν να προκύψουν διαφορετικές μάζες, ένα γεγονός που οδηγεί στην ανάπτυξη ευελιξίας όσον αφορά στην επιλογή της βέλτιστης λύσης.

Στη συνέχεια, για να επιλεγεί σωστή σωστά η μάζα του κτιρίου, έτσι ώστε να πληρούνται οι αρχές της βιωσιμότητας βασικό είναι να υλοποιηθούν οι

---

<sup>41</sup> E. Krygiel and B. Nies, Green BIM : successful sustainable design with building information modeling. Indianapolis, Indiana: Wiley Publishing, 2008.

λύσεις αυτές και στα τρισδιάστατα μοντέλα BIM έτσι ώστε να αναλυθούν ενεργειακά μέσα από προσομοιώσεις του λογισμικού. Στην εικόνα που ακολουθεί, απεικονίζεται με τη χρήση διαγράμματος το αποτέλεσμα που προκύπτει από την προσομοίωση των προηγούμενων μορφών.



Διάγραμμα 2: Προσομοίωση μορφών σχεδιασμού <sup>[41]</sup>

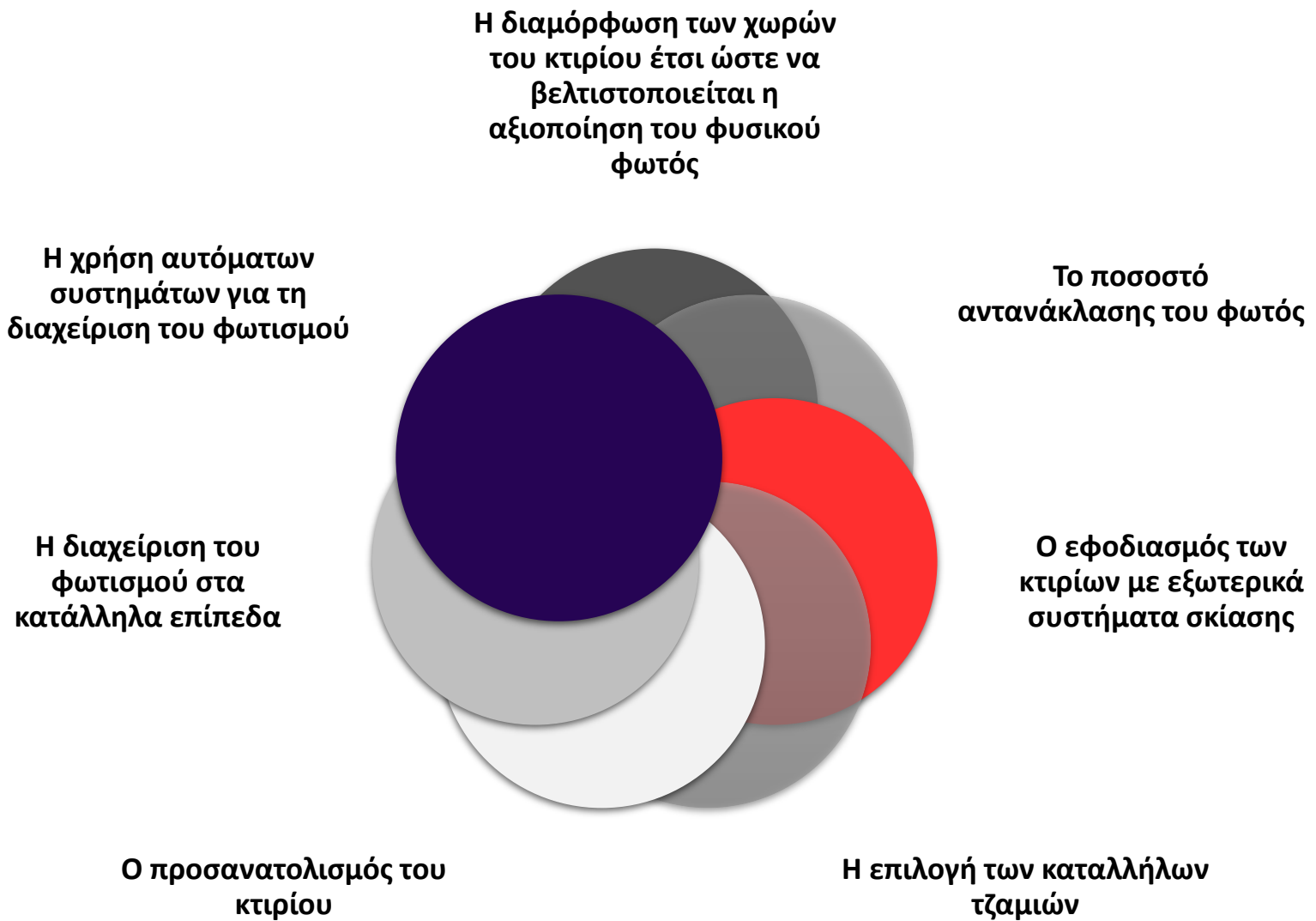
Η πρώτη μπάρα από τα αριστερά όπως φαίνεται στο προηγούμενο σχήμα, συνδέεται με την κατανάλωση ενέργειας ανά τετραγωνικό στο κτίριο ενώ οι υπόλοιπες μπάρες συνδέονται με την εφαρμογή στρατηγικών οι οποίες προστίθεται μία προς μία στο κτίριο. Παράλληλα αναφέρεται και ο αντίκτυπος που έχουν οι στρατηγικές αυτές στην κατανάλωση της ενέργειας. Η δεύτερη μπάρα συνδέεται με την προσθήκη του βέλτιστου κελύφους για την κάθε μία μορφή ενώ η τρίτη με την προσθήκη ενεργειακών τζαμιών. Η τέταρτη αφορά στην προσθήκη αυτόματων συστημάτων που χρησιμοποιούνται για τη συρρίκνωση της ανάγκης του τεχνητού φωτισμού, σε περίπτωση που υπάρχει στο κτίριο φυσικός φωτισμός. <sup>[41]</sup>

<sup>41</sup> E. Krygiel and B. Nies, Green BIM : successful sustainable design with building information modeling. Indianapolis, Indiana: Wiley Publishing, 2008.

### **2.2.3. Βιώσιμος σχεδιασμός BIM και η διαχείριση του φυσικού φωτός**

Η ηλιακή ακτινοβολία, παρέχει το φυσικό φως το οποίο βοηθάει στο φωτισμό της κατασκευής και κατά συνέπεια, οδηγεί στη συρρίκνωση των απαιτήσεων όσον αφορά στην χρήση τεχνητού φωτός, δηλαδή ενέργειας. Η αποτελεσματικότητα όσον αφορά στην αξιοποίηση του φωτός αυτού, κατά τη διαδικασία του σχεδιασμού εξαρτάται κατά βάση από τον προσανατολισμό, το κέλυφος αλλά και η μάζα του κτιρίου. Ένας κατάλληλος σχεδιασμός των προηγούμενων δίνει τη δυνατότητα της αύξησης της αποδοτικότητας όσον αφορά στην χρήση του φυσικού φωτός από το κτίριο ενώ την ίδια στιγμή μπορεί να οδηγήσει στην μείωση της εξάρτησης του κτιρίου από το τεχνητό φως. <sup>[41]</sup>

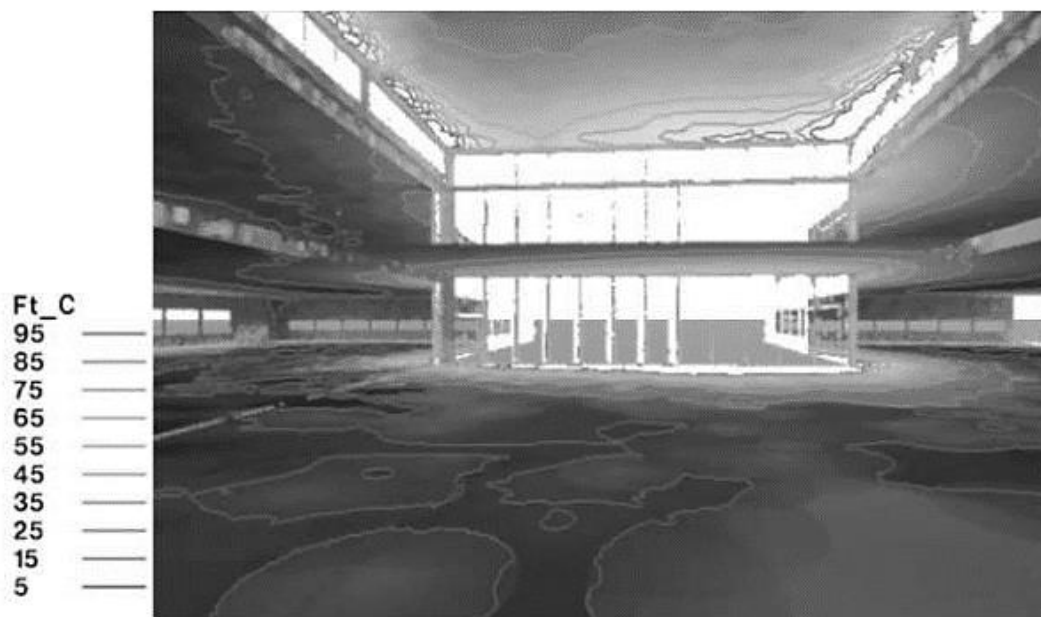
Ένα σύστημα διαχείρισης το οποίο είναι πλήρως ενσωματωμένο σε ένα κτίριο, μπορεί να οδηγήσει στη βελτίωση της οπτικής οξύτητας, της άνεσης αλλά και της αισθητικής του κτιρίου ελέγχοντας την ίδια στιγμή τα επίπεδα της εξωτερικής θερμοκρασίας. Για τη διασφάλιση των αποτελεσμάτων αυτών, κατά τη σχεδιαστική διαδικασία θα πρέπει να εξετάζονται ορισμένοι παράγοντες οι οποίοι παρουσιάζονται στο σχήμα που ακολουθεί.



*Σχήμα 4: Παράγοντες που θα πρέπει να εξετάζονται για την ενεργειακή εξοικονόμηση της ηλιακής ενέργειας <sup>[40], [41]</sup>*

Το μοντέλο BIM, μπορεί να συμβάλλει ουσιαστικά στην καλύτερη αξιοποίηση του φυσικού φωτός. Εφόσον οριστούν οι στόχοι αναφορικά με τον τρόπο αξιοποίησης του, ξεκινάει ο παραμετρικός σχεδιασμός και η συμπερίληψη του στο μοντέλο BIM. Εφόσον τοποθετηθούν, υλοποιούνται οι προσομοιώσεις στο συγκεκριμένο μοντέλο έτσι ώστε να εξεταστεί η πιθανότητα επίτευξης των στόχων και αναλόγως του αποτελέσματος, να υιοθετηθούν οι βιώσιμες στρατηγικές ή να γίνουν τροποποιήσεις. Οι προσομοιώσεις αναφορικά με το φυσικό φωτισμό, παρέχουν ορισμένες πληροφορίες του σχεδιαστή αναφορικά με την ομαλότητα και την ποσότητα του φυσικού φωτός στο χώρο. <sup>[41]</sup>

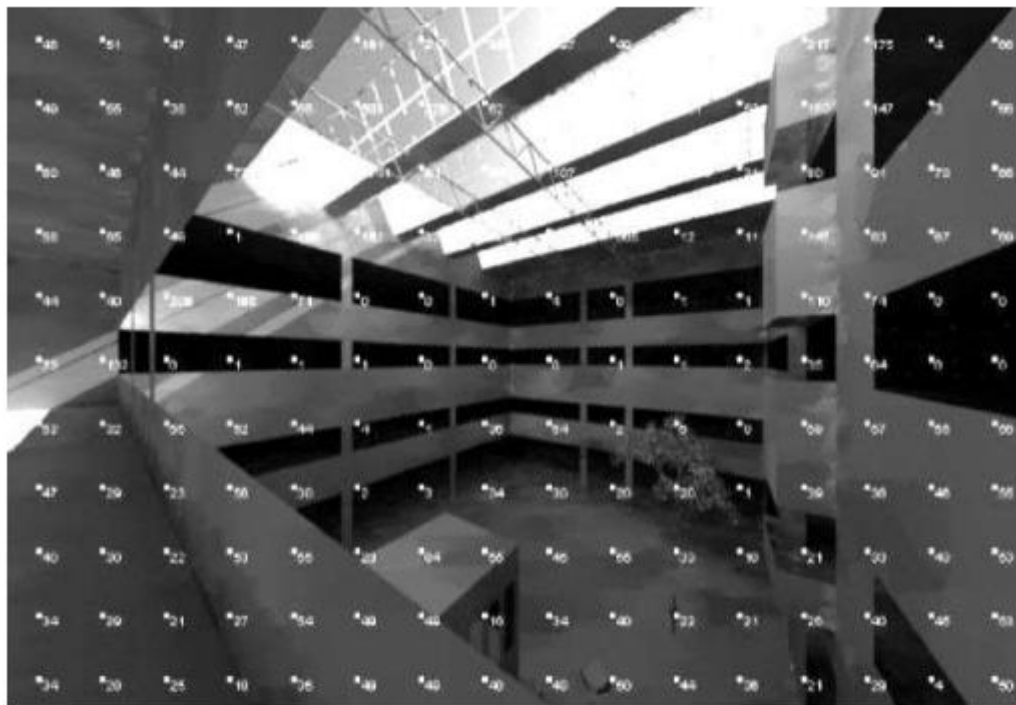
Σε ένα χώρο, τα επίπεδα του φυσικού φωτός ως επί το πλείστον παρουσιάζονται με διαφορετικούς τρόπους στα πλαίσια ενός μοντέλου BIM. Ο πρώτος τρόπος που παρουσιάζεται το φυσικό φως είναι μέσω της χαρτογράφησης των επιπέδων φωτισμού με τη χρήση ισοϋψών γραμμών στην επιλεγμένη περιοχή όπως φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί.



*Εικόνα 12: Επίπεδα σχεδιασμού μέσω χαρτογράφησης <sup>[41]</sup>*

<sup>41</sup> E. Krygiel and B. Nies, Green BIM : successful sustainable design with building information modeling. Indianapolis, Indiana: Wiley Publishing, 2008.

Στη συνέχεια, ο δεύτερος τρόπος αφορά στη δημιουργία ενός πλέγματος σημείων τα οποία συνοδεύονται από μέτρηση των επιπέδων φωτισμού της επιλεγμένης περιοχής όπως φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί.



*Εικόνα 13: Δημιουργία ενός πλέγματος σημείων [41]*

Τέλος ο τρίτος τρόπος συνδέεται με τη διαβάθμιση των χρωμάτων για τις διαφορετικές εντάσεις στην επιλεγμένη περιοχή όπως φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί.



*Εικόνα 14: Διαβάθμιση των χρωμάτων για τις διαφορετικές εντάσεις στην επιλεγμένη περιοχή*

## 2.2.4. Βιώσιμος σχεδιασμός BIM και η συλλογή και χρήση του νερού

Το νερό, αποτελεί έναν από τους πιο σημαντικούς πόρους και θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τη διαδικασία του βιώσιμου σχεδιασμού των κτιρίων εφόσον δίνεται μεγαλύτερη βαρύτητα στους τρόπους μείωσης της χρήσης ενέργειας, που τα αποτελέσματα είναι άμεσα εμφανή. Η εξοικονόμηση νερού, είναι ένα από τα πιο σημαντικά στοιχεία που θα πρέπει να λάβει υπόψη του ένας σχεδιαστής, εφόσον επιθυμεί να σχεδιάσει μια βιώσιμη κατασκευή. Η εφαρμογή της τεχνολογίας μπορεί να συμβάλλει ουσιαστικά στη διαδικασία αυτή εφόσον μέχρι σήμερα έχουν αναπτυχθεί τεχνολογίες που δίνουν τη δυνατότητα της μείωσης των απαιτήσεων σε νερό χωρίς να χρειαστεί να υπάρξουν θυσίες στην ασφάλεια και τον τρόπο ζωής των χρηστών. Κάποιες από τις στρατηγικές που χρησιμοποιούνται κατά τη διαδικασία του σχεδιασμού έχοντας τον τελικό στόχο την εξοικονόμηση του νερού παρουσιάζονται στη συνέχεια: <sup>[38][41]</sup>

- Η χρήση του νερού σε τομείς που δεν είναι απαραίτητο θα πρέπει να εξαλείφεται.
- Θα πρέπει να επιλέγεται ο κατάλληλος αποδοτικός εξοπλισμός.
- Θα πρέπει να συλλέγονται τα όμβρια ύδατα.
- Το νερό θα πρέπει να επαναχρησιμοποιείται.
- Θα πρέπει να γίνεται συντήρηση του εξοπλισμού και των συστημάτων.

Τα μοντέλα BIM συμβάλουν ουσιαστικά στη βέλτιστη συλλογή του βρόχινου νερού, στην επαναχρησιμοποίηση του αλλά και στην μείωση της χρήσης του. Στα πλαίσια αυτά, για την ανάλυση της δυνατότητας συλλογής του βρόχινου νερού μέσω των μοντέλων BIM, θα πρέπει να συγκεντρώνονται και να αναλύονται συνδυαστικά τα στοιχεία των βροχοπτώσεων με τη χρήση

---

<sup>38</sup> A. Y. Kamara, R. Abaidoo, J. Kwari, and L. Omoigui, "Influence of phosphorus application on growth and yield of soybean genotypes in the tropical savannas of northeast Nigeria," *Archives of Agronomy and Soil Science*, vol. 53, no. 5, pp. 539–552, Oct. 2007, doi: 10.1080/03650340701398452.

<sup>41</sup> E. Krygiel and B. Nies, *Green BIM : successful sustainable design with building information modeling*. Indianapolis, Indiana: Wiley Publishing, 2008.

πληροφοριών από εξωτερικές πηγές για τη δεδομένη τοποθεσία παράλληλα με τα στοιχεία του τοπίου και τα χαρακτηριστικά του τρισδιάστατου μοντέλου BIM.

Αναφορικά με το τοπίο, αναπτύσσεται η συνεργασία με τους αρχιτέκτονες τοπίου αλλά και τους πολιτικούς μηχανικούς. Έτσι μέσω αυτής της διεπιστημονικής συνεργασίας προσδιορίζονται οι στρατηγικές σχεδιασμού οι οποίες στη συνέχεια ενσωματώνονται στο μοντέλο BIM. Αφού ολοκληρωθεί ο σχεδιασμός του τοπίου από τους αρχιτέκτονες τοπίου, και προσδιοριστεί η φυτοκάλυψη, στη συνέχεια εκτιμώνται οι απαιτήσεις σε νερό που θα χρησιμοποιηθεί είτε για πότισμα των φυτών είτε για άλλα συστήματα. Ύστερα, ο ρόλος των πολιτικών μηχανικών είναι να σχεδιάσουν κατάλληλα τις δραστηριότητες έτσι ώστε η άρδευση να μειώνεται και να χρησιμοποιείται το νερό πιο αποδοτικά. Το μοντέλο BIM στην περίπτωση αυτή, εφόσον έχουν γίνει οι υπολογισμοί των ποσοστών των βροχοπτώσεων στην τοποθεσία του κτιρίου, και οι ανάγκες νερού στη συνέχεια, εφαρμόζεται για την εξέταση σχεδιαστικών προσεγγίσεων έχοντας τον τελικό στόχο τη βέλτιστη συγκέντρωση του νερού, κυρίως στην περιοχή της οροφής. <sup>[40][41]</sup>

Στην οροφή των κτιρίων, θα πρέπει να γίνει η κατάλληλη διαμόρφωση έτσι ώστε να γίνεται πιο εύκολη η συγκέντρωση του βρόχινου νερού που θα καλύπτει τις απαιτήσεις του ενώ την ίδια στιγμή, να μην περιορίζεται η εφαρμογή επιπρόσθετων στρατηγικών βιωσιμότητας όπως είναι παραδείγματος χάριν τα φωτοβολταϊκά. Ο σχεδιαστής του κτιρίου θα πρέπει να έχει ορίσει την περιοχή εκείνη της οροφής η οποία προσδιορίζεται για τη συγκέντρωση του νερού, και στη συνέχεια να εξετάσει κατά πόσο μπορεί να συλλεχθεί το νερό στην περιοχή αυτή. Μετά τον προσδιορισμό της συγκεκριμένης περιοχής, σχεδιάζονται παραμετρικά τα όρια της μέσω του τρισδιάστατου μοντέλου BIM έτσι ώστε να ακολουθούν τις σχεδιαστικές εναλλακτικές οι οποίες εξετάζονται χωρίς μεταβολή των ορίων. <sup>[42]</sup>

---

<sup>40</sup> H. Ferdosi, H. Abbasianjahromi, S. Banihashemi, and M. Ravanshadnia, "BIM applications in sustainable construction: scientometric and state-of-the-art review," *International Journal of Construction Management*, pp. 1–13, Jan. 2022, doi: 10.1080/15623599.2022.2029679

<sup>41</sup> E. Krygiel and B. Nies, *Green BIM : successful sustainable design with building information modeling*. Indianapolis, Indiana: Wiley Publishing, 2008.

<sup>42</sup> Tatjana Dzambazova, G. Demchak, and E. Krygiel, *Mastering Revit architecture 2008*. Hoboken: Wiley, 2008.



## 2.2.5. Βιώσιμος σχεδιασμός BIM και χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας παράγουν ενέργεια από πόρους οι οποίοι είναι μη πεπερασμένοι. Μέχρι σήμερα, πηγές ενέργειας όπως είναι η υδροηλεκτρική ενέργεια, η ηλιακή ενέργεια και η αιολική ενέργεια είναι αναγνωρισμένες σαν ανανεώσιμες μορφές ενέργειας. Για να μπορέσει μια κατασκευή να επωφεληθεί τα μέγιστα από την χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας θα πρέπει να γίνει η επιλογή των κατάλληλων πηγών αναλόγως του χώρου, του κόστους συντήρησης, του κλίματος και άλλων παραγόντων. Οι περιορισμοί στο πεδίο της χρήσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, συνδέεται άμεσα με την απόδοση κόστους – οφέλους για την τοποθέτηση και τη συντήρησή τους. <sup>[41][42]</sup>

Εφόσον έχει γίνει αναλυτική εμπειρική εξέταση των κατάλληλων πόρων οι οποίοι μπορούν να αξιοποιηθούν από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας χρησιμοποιώντας πληροφορίες τοποθεσίας και κλίματος, γίνεται εισαγωγή των πληροφοριών αυτών στα μοντέλα BIM έτσι ώστε να γίνει ο κατάλληλος σχεδιασμός του κτιρίου. Ύστερα, ρυθμίζονται οι παράγοντες που έχουν να κάνουν με τη διαδικασία του σχεδιασμού όπως είναι ο προσανατολισμός της κατασκευής, η οροφή αλλά κι άλλα στοιχεία που συνδέονται άμεσα με την ενεργειακή αποδοτικότητα του κτιρίου υπολογίζοντας παράλληλα τις πιθανές επιστροφές ενέργειας και της απόδοσης των συστημάτων αυτών.

Αναλυτικότερα, στα στάδια πρώτου εφαρμοστεί ο σχεδιασμός μέσω του μοντέλου BIM οι σχεδιαστές των κτιρίων είναι υπεύθυνοι για τη συγκέντρωση πληροφοριών αναφορικά με τις συνθήκες που επικρατούν, τα οφέλη αλλά και τις δυσκολίες που μπορεί να αντιμετωπίσουν στην εγκατάσταση συστημάτων για την εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, στη συγκεκριμένη τοποθεσία που βρίσκεται το κτίριο. Στα πρωταρχικά στάδια του σχεδιασμού με τη χρήση του μοντέλου BIM, οι σχεδιαστές μπορούν μέσω των πληροφοριών

---

<sup>41</sup> E. Krygiel and B. Nies, Green BIM : successful sustainable design with building information modeling. Indianapolis, Indiana: Wiley Publishing, 2008.

<sup>42</sup> Tatjana Dzambazova, G. Demchak, and E. Krygiel, Mastering Revit architecture 2008. Hoboken: Wiley, 2008.

που έχουν συγκεντρώσει να προσδιορίσουν την τελική στρατηγική για την χρήση και την αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, που θα ακολουθήσει το μοντέλο, και θα καθορίσουν τα χαρακτηριστικά του έχοντας τα βάση αυτή. <sup>[41][42]</sup>

Παραδείγματος χάριν, στην περίπτωση που έχει επιλεγεί η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών panel έτσι ώστε να γίνει εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, θα πρέπει η επιφάνεια, ο προσανατολισμός του κτιρίου αλλά και η οροφή να καθοριστούν κατάλληλα. Στη συνέχεια στα στάδια της σχεδιαστικής ανάπτυξης μέσω του μοντέλου BIM, οι σχεδιαστές έχουν ενσωματώσει στο μοντέλο της στρατηγικές συνδυασμό του κτιρίου. Κατά συνέπεια μπορούν να εκτελέσουν αναλύσεις κόστους και άλλες ενεργειακές αναλύσεις οι οποίες θα τους οδηγήσουν ενδεχομένως σε τροποποιήσεις στο σχεδιασμό έτσι ώστε να πετύχουν την καλύτερη ενεργειακή αποδοτικότητα των συστημάτων.

Όπως γίνεται αντιληπτό από το σύνολο των προαναφερθέντων οι στρατηγικές της βιωσιμότητας στο σχεδιασμό των κτιρίων, συνδέονται άμεσα με την εφαρμογή των νέων τεχνολογιών αλλά και του μοντέλου BIM. Αυτό συμβαίνει, εφόσον είναι αναγκαία η εφαρμογή συστημάτων που μπορούν να οδηγήσουν στη δημιουργία πιο αποδοτικών κτιρίων σε όρους πόρων. <sup>[41]</sup>

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, το μοντέλο BIM μπορεί να καλύψει διάφορες ανάγκες στη διαδικασία του σχεδιασμού, που αφορούν το φωτισμό των κτιρίων, στη θέρμανση τους, στις ανάγκες τους για νερό κ.α. Το μοντέλο BIM, όπως γίνεται αντιληπτό ήρθε να αλλάξει τα δεδομένα στο σχεδιασμό των κτιρίων. Τα οφέλη που προκύπτουν από την τρισδιάστατη παραμετρική μοντελοποίηση στο περιβάλλον του, προτείνουν μια συνολική στρατηγική στο κατασκευαστικό σχεδιασμό και παρέχουν πληροφορίες οι οποίες συντελούν ουσιαστικά στην υλοποίηση ψηφιακών προσομοιώσεων για την εξέταση όλων των προτεινόμενων σχεδιαστικών στρατηγικών

---

<sup>41</sup> E. Krygiel and B. Nies, Green BIM : successful sustainable design with building information modeling. Indianapolis, Indiana: Wiley Publishing, 2008.

<sup>42</sup> Tatjana Dzambazova, G. Demchak, and E. Krygiel, Mastering Revit architecture 2008. Hoboken: Wiley, 2008.

Μέσω της δυνατότητας του παραμετρικού σχεδιασμού που προσφέρει το μοντέλο BIM, είναι δυνατή η διεξαγωγή προσομοιώσεων και αναλύσεων αλλά και η δημιουργία προτεινόμενων σχεδιαστικών εναλλακτικών μέσα από τις οποίες οι σχεδιαστές μπορούν να προσαρμόσουν το σχεδιασμό τους στις βιώσιμες στρατηγικές. Μέσα από την εφαρμογή των τεχνικών αυτών, παράγονται πολλά οφέλη τα οποία με τη σειρά τους οδηγούν στην επιλογή του βέλτιστου δυνατού βιώσιμου σχεδιασμού για τις κατασκευές.



## **BIM και GIS για το σχεδιασμό έξυπνων πόλεων**

# Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>: BIM και GIS για το σχεδιασμό έξυπνων πόλεων

## 3.1. Οι συνιστώσες της χρήσης του μοντέλου BIM για μια έξυπνη πόλη

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, οι περιβαλλοντικές ανησυχίες σήμερα είναι όλο και αυξανόμενες και συνδέονται σε μεγάλο βαθμό με αυξανόμενο αστικό πληθυσμό. Η ραγδαία ανάπτυξη του πληθυσμού αυξάνει την αναγκαιότητα της αναδιαμόρφωσης των υπάρχοντων υποδομών καθώς και προσθήκη νέων υποδομών. Η αλλαγή στις κλιματικές σύνηθες και η αύξηση της θερμοκρασίας παγκοσμίως, το περιβάλλον, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας κ.λπ. είναι συνθήκες οι οποίες οδηγούν στην ανάδειξη της σημαντικότητας της χρήσης μη πεπερασμένων πόρων στις κατασκευές και τη δημιουργία έξυπνων πόλεων. [44]

Η βασική αρχή λειτουργίας μιας έξυπνης πόλης είναι να αντιμετωπίσει τις προκλήσεις που θέτουν οι σύγχρονες και αναπτυσσόμενες κοινωνίες. Είναι ένας συνδυασμός φυσικών, τεχνολογικών και παραδοσιακών συστημάτων. Μια έξυπνη πόλη είναι μια κοινότητα που ενσωματώνει τις ΤΠΕ για να βελτιώσει το επίπεδο των κοινοτικών υπηρεσιών και την υγεία των ανθρώπων. Η ιδέα της έξυπνης πόλης λαμβάνει υπόψη την καλύτερη δέσμευση των πολιτών της για βιώσιμη χρήση πόρων, κοινωνικό κεφάλαιο, διασφαλίζοντας παράλληλα την ποιότητα και την απόδοσή της. Ο όρος «έξυπνο» αναφέρεται στο ευφυές σύστημα που αποτελείται από ΤΠΕ και κυβερνοφυσικό (CPS). [45][44]

Το μοντέλο BIM στο πλαίσιο αυτό που περιγράφεται, αποτελεί μια ταχέως διαδεδομένη τεχνολογία που μπορεί να αναπαραστήσει πλούσια σε

πληροφορίες τρισδιάστατα μοντέλα των κτιριακών έργων για να βοηθήσει

---

<sup>44</sup> H. M. Habib and E. Kadhim R., "Employ 6D-BIM Model Features for Buildings Sustainability Assessment," IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol. 901, p. 012021, Sep. 2020, doi: 10.1088/1757-899x/901/1/012021.

<sup>44</sup> H. M. Habib and E. Kadhim R., "Employ 6D-BIM Model Features for Buildings Sustainability Assessment," IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol. 901, p. 012021, Sep. 2020, doi: 10.1088/1757-899x/901/1/012021.

όλους τους ενδιαφερόμενους στον τομέα του σχεδιασμού, της κατασκευής, της λειτουργίας και της διαχείρισης της εγκατάστασης να εργαστούν με τρόπο αποδοτικό και αποτελεσματικό. Για να επιτευχθεί ο στόχος αυτός, απαιτείται αποτελεσματική εφαρμογή του BIM κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής των έργων υποδομής για να προκύψουν οφέλη, όπως η λειτουργία μιας ενιαίας κεντρικής πηγή δεδομένων για την υποστήριξη της λήψης αποφάσεων σε όλα τα στάδια του έργου και ο μετριασμός των κινδύνων και των συγκρούσεων στα πρώιμα στάδια της διαδικασίας. <sup>[45]</sup>

Αν και το μοντέλο BIM σχεδιάστηκε για εφαρμογές στον κτιριακό τομέα, βρίσκει την αποδοχή και χρησιμότητά σε όλες τις αστικές υποδομές. Τα έξυπνα κτίρια τα οποία σχεδιάζονται με τη χρήση του μοντέλου BIM στην έξυπνη ενσωματώνουν σήμερα συσκευές IoT και άλλες υποδομές. Ειδικά για τις έξυπνες πόλεις αναπτύσσονται υποδομές όπως έξυπνες μεταφορές, δημοτικές υπηρεσίες κοινής ωφέλειας, έξυπνο δίκτυο κ.λπ. Τα έξυπνα κτίρια έχουν στόχο την ενεργειακή απόδοση, την άνεση, τη βιωσιμότητα και την ευκολία ενσωματώνοντας πρακτικές τεχνητής νοημοσύνης, βιομηχανίας, υλικών και κατασκευής. <sup>[46]</sup>

Μια πόλη μπορεί να χαρακτηριστεί ως «έξυπνη» μόνο με την ενεργό συμμετοχή των πολιτών της σε όλες τις εμπλεκόμενες υπηρεσίες. Η έννοια μιας έξυπνης πόλης περιλαμβάνει μια καλά συνδεδεμένη αλυσίδα αλληλοεξαρτώμενων συστημάτων. <sup>[47]</sup> Υπάρχει ενσωμάτωση της τεχνολογίας στις υποδομές, την υγεία που οδηγεί στην ευημερία για τη διευκόλυνση των πολιτών. Έτσι, οι πόλεις αναπτύσσονται με έξυπνο, βιώσιμο τρόπο αλληλοεπιδρώνοντας και επικοινωνώντας με τους φορείς και τις υπηρεσίες αλλά και άλλες ιδιωτικές πρωτοβουλίες μέσω της χρήσης τεχνολογίας και της ανάλυσης των σχετικών πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο.

---

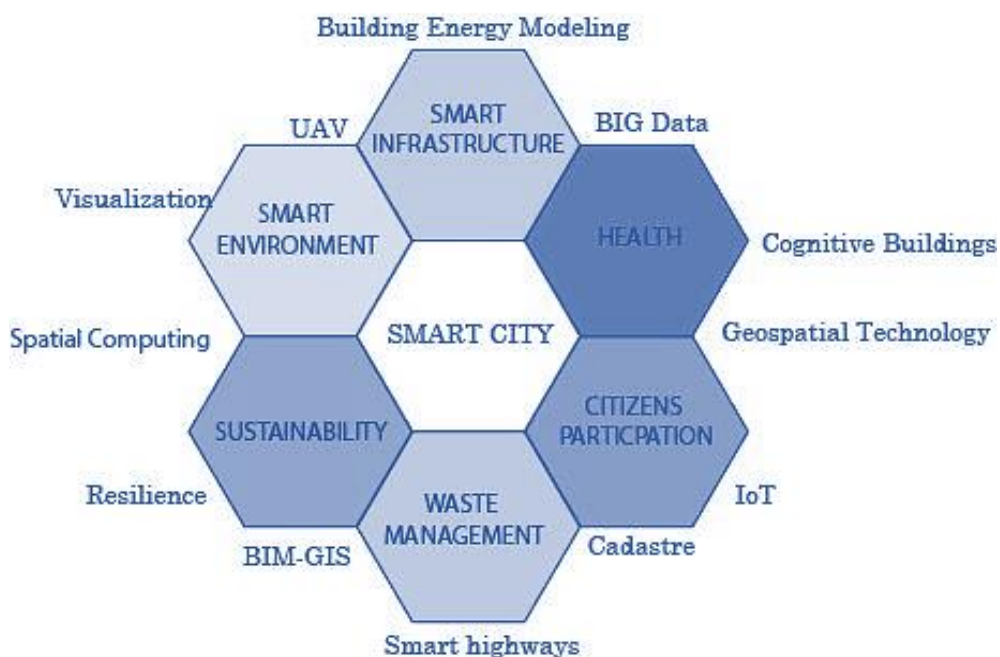
<sup>45</sup> A. Costin, A. Adibfar, H. Hu, and S. S. Chen, "Building Information Modeling (BIM) for transportation infrastructure – Literature review, applications, challenges, and recommendations," *Automation in Construction*, vol. 94, pp. 257–281, Oct. 2018, doi: 10.1016/j.autcon.2018.07.001.

<sup>46</sup> Sensing R 2016 BIM & GIS Connectivity paves the way for really Smart Cities. BIM GIS Connect. paves W. really Smart Cities. 14 pp19-24

<sup>47</sup> Shirowzhan S, Tan W and Sepasgozar 2020 SME Digital twin and CyberGIS for improving connectivity and measuring the impact of infrastructure construction planning in smart cities ISPRS Int. J. Geo-Information 9



Η διαχείριση των πόρων της έξυπνης πόλης γίνεται με την ενσωμάτωση των ΤΠΕ μαζί με τις υπηρεσίες διαδικτύου. Η ιδέα της έξυπνης πόλης υλοποιείται με την εφαρμογή καινοτόμων τεχνολογιών στα αρχικά, δηλαδή στα στάδια σχεδιασμού των κτιριακών υποδομών. Το επιχειρηματικό μοντέλο της έξυπνης πόλης καθοδηγεί την ανάπτυξη μελλοντικών αστικών ομίλων ετερογενών δραστηριοτήτων. Περιλαμβάνει την έξυπνη, βιώσιμη και αποτελεσματική χρήση και διαχείριση των πόρων της πόλης. Σήμερα υπάρχουν πολλές εφαρμογές και τεχνολογίες. Η ανάγκη για κατανόηση σύγχρονων εργαλείων όπως σαρωτές, ανίχνευση φωτός και εμβέλειας κ.λπ. στις έξυπνες πόλεις είναι μια σύγχρονη ανάγκη. <sup>[48]</sup> Το Σχήμα που ακολουθεί συνοψίζει τα διάφορα στοιχεία που συντελούν στο να γίνει μια πόλη έξυπνη.



Εικόνα 15: Παράγοντες που επηρεάζουν τη δημιουργία μιας έξυπνης πόλης <sup>[48]</sup>

Οι παράγοντες αυτοί που απεικονίζονται στο προηγούμενο σχήμα, για τη δημιουργία μιας έξυπνης πόλης, στη συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικότερα.

<sup>48</sup> Lü, G., Batty, M., Strobl, J., Lin, H., Zhu, A. X., & Chen, M. (2019). Reflections and speculations on the progress in Geographic Information Systems (GIS): a geographic perspective. *International journal of geographical information science*, 33(2), 346-367

## 3.2. Έξυπνες υποδομές

Η υποδομή είναι ένας γενικός όρος που αναφέρεται στο σύστημα μιας κοινωνίας. Η βασικές υποδομές μπορεί να περιλαμβάνουν συστήματα μεταφορών, τρόφιμα, δίκτυα επικοινωνίας, νερό, υγεία, απόβλητα και αποχέτευση, ηλεκτρικά συστήματα και κτίρια.

## 3.3. Χωρικοί υπολογισμοί

Είναι μια ιδέα που περιλαμβάνει λύσεις, τεχνολογία για χρήση και εξέταση των πληροφοριών με γεωγραφικά στοιχεία, βοηθώντας στη μεταρρύθμιση των υποδομών της πόλης. Η χωρική πληροφορική παρέχει πολλές δυνατότητες και ευκαιρίες στο πεδίο της ανάπτυξης έξυπνων πόλεων. Κίνδυνοι όπως η υπερθέρμανση του πλανήτη, η διεύρυνση της ανισότητας, τα ποσοστά γονιμότητας κ.λπ. και επιλογές όπως η αυτοματοποιημένη οδήγηση, η αποκεντρωμένη παραγωγή ενέργειας κ.λπ. αντιμετωπίζονται καλύτερα από το GIS (Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών). Οι ΤΠΕ πρέπει να χρησιμοποιούν μεγάλα δεδομένα του χωρικού υπολογισμού που περιλαμβάνουν τη χωρική φύση όλων των υποδομών της πόλης, του συστήματος μεταφορών, της ενέργειας, των κτιρίων, των τροφίμων, της υγείας και των συστημάτων κοινής ωφέλειας. Ο χωρικός υπολογισμός είναι υψίστης σημασίας για την επίτευξη των στόχων της έξυπνης πόλης, δηλαδή. άνεση, ασφάλεια, υγεία, ισότητα και βιωσιμότητα. <sup>[44]</sup>

## 3.4 Έξυπνοι αυτοκινητόδρομοι, κυκλοφορία και σύστημα μεταφορών

Η βελτιστοποίηση των διαδρομών γίνεται με χρήση πλοήγησης GPS και ψηφιακών χαρτών. Το μοντέλο της συμπεριφοράς του οδηγού στις εγκαταστάσεις έξυπνων οδικών δικτύων προσομοιώνεται και δημιουργούνται

---

<sup>44</sup> H. M. Habib and E. Kadhim R., "Employ 6D-BIM Model Features for Buildings Sustainability Assessment," IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol. 901, p. 012021, Sep. 2020, doi: 10.1088/1757-899x/901/1/012021.



κυκλοφοριακά πρότυπα. <sup>[44]</sup> Ένα μοντέλο πληροφοριών αστικής κυκλοφορίας μπορεί δημιουργηθεί με την κοινή χρήση μοντέλων BIM και GIS. Το τρισδιάστατο μοντέλο του συστήματος μεταφοράς μπορεί να προσομοιώσει το σύστημα αποχέτευσης, το όριο ταχύτητας για την ομαλή ροή της κυκλοφορίας και τη συμφόρηση στο δρόμο, στο στάδιο του σχεδιασμού. Τα έξυπνα σήματα μπορούν να προειδοποιούν τους χρήστες του δρόμου για τους επικείμενους κινδύνους ή την κυκλοφοριακή συμφόρηση. Το σύστημα αυτό ενισχύει την ασφάλεια ενώ η πρόοδος στον τομέα του IoT έχει ενισχύσει τη ζήτηση έξυπνες υποδομές στις σύγχρονες πόλεις.

### 3.5 Ενεργειακή μοντελοποίηση κτιρίων (BEM)

Ο κατασκευαστικός κλάδος είναι ο κλάδος με τη μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας. Απαιτούνται σημαντικές προσπάθειες για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, τη λήψη πράσινης πιστοποίησης και τη συμμόρφωση με τον κώδικα. Η πολλαπλών χρήσεων, ευέλικτη προσομοίωση BEM είναι ένας τρόπος για την προσομοίωση της κατανάλωσης ενέργειας ενός κτιρίου και τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης. <sup>[13]</sup> Μέσω της προσομοίωσης αυτής, αναλύονται πολυάριθμα χαρακτηριστικά της κατασκευής, όπως τα υλικά κατασκευής, το σύστημα HVAC, τα τοπικά καιρικά μοτίβα και τα δεδομένα θέρμανσης νερού. Το BEM είναι ένα κρίσιμο υπό-σύστημα του BIM που συνδυάζει το σχεδιασμό, την κατασκευή, τη λειτουργία, τη συντήρηση κτιρίου και την ανακαίνιση με την ενεργειακή ανάλυση. <sup>[44]</sup>

Ωστόσο, η αυτοματοποιημένη ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των BIM και του προσομοιωτή ισχύος είναι πράγματι ένας «διφορούμενος στόχος <sup>[45]</sup>». Πιο αποτελεσματικές εναλλακτικές σχεδιαστικές για την ενεργειακή απόδοση μπορούν να αναλυθούν στα ίδια τα στάδια του σχεδιασμού, εφαρμόζοντας τις

---

<sup>13</sup> Z. Kahvandi, E. Saghatforoush, A. ZareRavasan, and M. L. Viana, "A Review and Classification of Integrated Project Delivery Implementation Enablers," *Journal of Construction in Developing Countries*, vol. 25, no. 2, pp. 219–236, Dec. 2020, doi: 10.21315/jcdc2020.25.2.9.

<sup>44</sup> H. M. Habib and E. Kadhim R., "Employ 6D-BIM Model Features for Buildings Sustainability Assessment," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 901, p. 012021, Sep. 2020, doi: 10.1088/1757-899x/901/1/012021.

<sup>45</sup> A. Costin, A. Adibfar, H. Hu, and S. S. Chen, "Building Information Modeling (BIM) for transportation infrastructure – Literature review, applications, challenges, and recommendations," *Automation in Construction*, vol. 94, pp. 257–281, Oct. 2018, doi: 10.1016/j.autcon.2018.07.001.

κεντρικές, συνεργαζόμενες, διασυνδεδεμένες και συνεπείς πληροφορίες του μοντέλου BIM.

### **3.6 Μεγάλα δεδομένα**

Παράγοντες όπως όγκος, η ποικιλία και η ταχύτητα των δεδομένων σε όλο τον κύκλο ζωής ενός κτιρίου σε μια έξυπνη πόλη απαιτούν την υιοθέτηση της τεχνολογίας μεγάλων δεδομένων σε εφαρμογές BIM. Τα δεδομένα που αναπτύσσονται εκθετικά σε όλους τους τύπους μορφών που προέρχονται από την εφαρμογή του μοντέλου BIM, τις συσκευές IoT, την Τεχνητή Νοημοσύνη (AI), τα κινητά, τα μέσα κοινωνικής δικτύωσης, τα βίντεο και άλλα πρέπει να μεταδίδονται σε ροή με μεγάλη ταχύτητα. Η αλληλεπίδραση σε πραγματικό χρόνο με ετικέτες RFID, αισθητήρες, άλλες συσκευές IoT είναι ένα ουσιαστικό στοιχείο του παραδείγματος της έξυπνης πόλης. <sup>[44]</sup> Το BIM στοχεύει στον εντοπισμό λανθάνουσας πληροφορίας, όπως απαιτείται στη διαδικασία λήψης αποφάσεων, αναλύοντας μεγάλα δεδομένα.

### **3.7 Ενσωμάτωση BIM και συσκευών IoT**

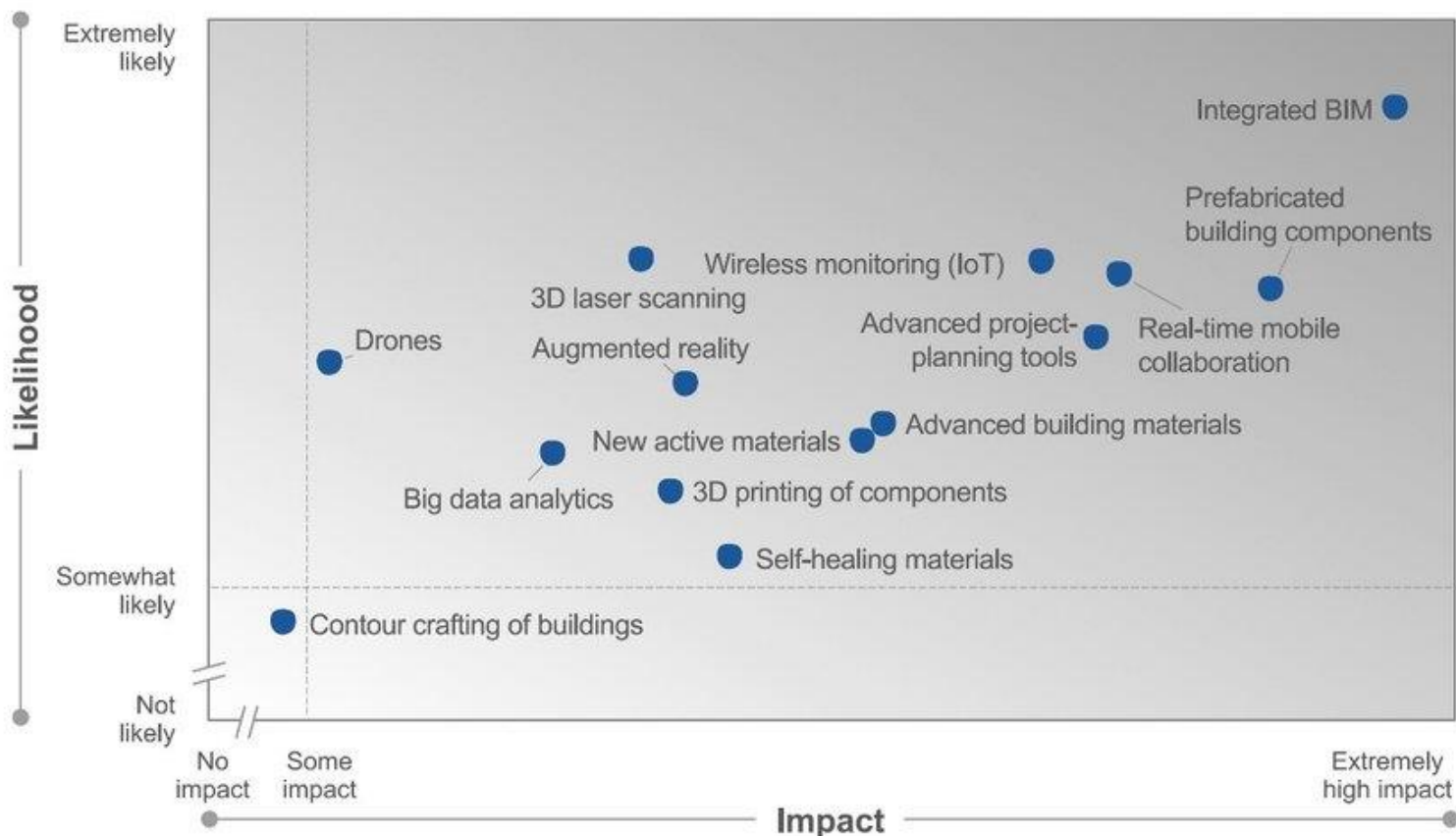
Η ενοποίηση των δεδομένων BIM σε πραγματικό χρόνο από συσκευές IoT βελτιώνουν τη λειτουργική και κατασκευαστική απόδοση. Η σύνδεση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο από τα δίκτυα αισθητήρων IoT με τα μοντέλα BIM υψηλής πιστότητας έχει οδηγήσει σε πολλές εφαρμογές. Ωστόσο, η ενσωμάτωση των μοντέλων BIM και των συσκευών IoT βρίσκεται μόλις στην αρχή της διεξαγωγής μιας ολοκληρωμένης αναθεώρησης. Η ενσωμάτωση BIM-IoT λειτουργεί για να διερευνήσει τυπικά πεδία εφαρμογής και σχεδιαστικά μοτίβα και να προβλέψει μελλοντικές εξελίξεις στον τομέα μιας εργασίας. <sup>[45][44]</sup>

---

<sup>45</sup> A. Costin, A. Adibfar, H. Hu, and S. S. Chen, "Building Information Modeling (BIM) for transportation infrastructure – Literature review, applications, challenges, and recommendations," *Automation in Construction*, vol. 94, pp. 257–281, Oct. 2018, doi: 10.1016/j.autcon.2018.07.001.

<sup>44</sup> H. M. Habib and E. Kadhim R., "Employ 6D-BIM Model Features for Buildings Sustainability Assessment," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 901, p. 012021, Sep. 2020, doi: 10.1088/1757-899x/901/1/012021.

### Impact-likelihood matrix of new technologies



Εικόνα 16: Μελλοντική επίδραση και πιθανότητα ανάπτυξης τεχνολογιών.

## Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>: Ενσωμάτωση BIM-GIS

Η ένωση των μοντέλων GIS-BIM είναι ένας σύγχρονος τρόπος εξόρυξης δεδομένων για τη συλλογή πληροφοριών για συστήματα υποστήριξης αποφάσεων. Η ενσωμάτωση του BIM και του GIS στον κατασκευαστικό κλάδο είναι σχετικά πρόσφατη. Το BIM παρέχει πλούσιες γεωμετρικές και σημασιολογικές πληροφορίες σχετικά με τα κατασκευασμένα στοιχεία. Το GIS είναι ένα ευρύ πεδίο εφαρμογών επισκόπησης γεω-οπτικοποίησης και γεωχωρικών μοντέλων.

### 4.1. Οφέλη και λειτουργίες από την ενοποίηση των μοντέλων

Με την ανάπτυξη της ψηφιακής τεχνολογίας, το BIM και τα GIS έχουν αναπτυχθεί τις τελευταίες δεκαετίες και συνεχίζουν να αποφέρουν οφέλη στους εμπλεκόμενους. Η εφαρμογή της τεχνολογίας BIM μπορεί να συμβάλει στη μείωση του κόστους του έργου, στη βελτίωση της παραγωγικότητας και της ποιότητας, στη μείωση του χρόνου παράδοσης, στη διευκόλυνση της βιώσιμης ανάπτυξης κτιρίων κατά τα στάδια σχεδιασμού, κατασκευής και λειτουργίας και υποστήριξη βιώσιμης αξιολόγησης και ανάλυσης κτιρίου. Εν τω μεταξύ, η χρήση GIS θα μπορούσε να παρέχει στους χρήστες 2D/3D οπτικές και ψηφιακές εικόνες του φυσικού κόσμου και η εφαρμογή του παρουσιάζει μια σειρά από πιθανά οφέλη. <sup>[49]</sup>

Τα πλεονεκτήματα του GIS περιλαμβάνουν ότι θα μπορούσε περαιτέρω να συλλέγει, να αποθηκεύει, να διαχειρίζεται, να υπολογίζει, να αναλύει και να περιγράφει χωρικές πληροφορίες. Ωστόσο, αυτά τα δύο συστήματα είναι εξαιρετικά διαφορετικά σε συστήματα αναφοράς, τρισδιάστατη γεωμετρική αναπαράσταση, μορφή δεδομένων και αποθήκευση δεδομένων. Για

---

<sup>49</sup> Zhu, J., Wright, G., Wang, J., & Wang, X. (2018). A critical review of the integration of geographic information system and building information modelling at the data level. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(2), 66.

παράδειγμα, το BIM δίνει προσοχή στα λεπτομερή στοιχεία του κτιρίου και πληροφορίες έργου, συμπεριλαμβανομένων των δομών και της εμφάνισης του κτιρίου, καθώς και στα χαρακτηριστικά που συνδέονται με τις προτιμήσεις του ιδιοκτήτη και το κόστος. Αντίθετα, το GIS εστιάζει συνήθως στο σχήμα των κτιρίων και των δομικών στοιχείων και στις σχετικές γεωγραφικές πληροφορίες. Οι διαφορές μεταξύ των δύο συστημάτων καθιστούν την ενσωμάτωση του BIM-GIS δύσκολη ως ένα βαθμό, αν και η ενοποίηση θα φέρει πλεονεκτήματα για ολοκληρωμένες εφαρμογές σε διαφορετικούς τομείς όπως η ενεργειακή ανάλυση, η εκτίμηση κόστους και η πλοήγηση σε εσωτερικούς χώρους. <sup>[50][49]</sup>

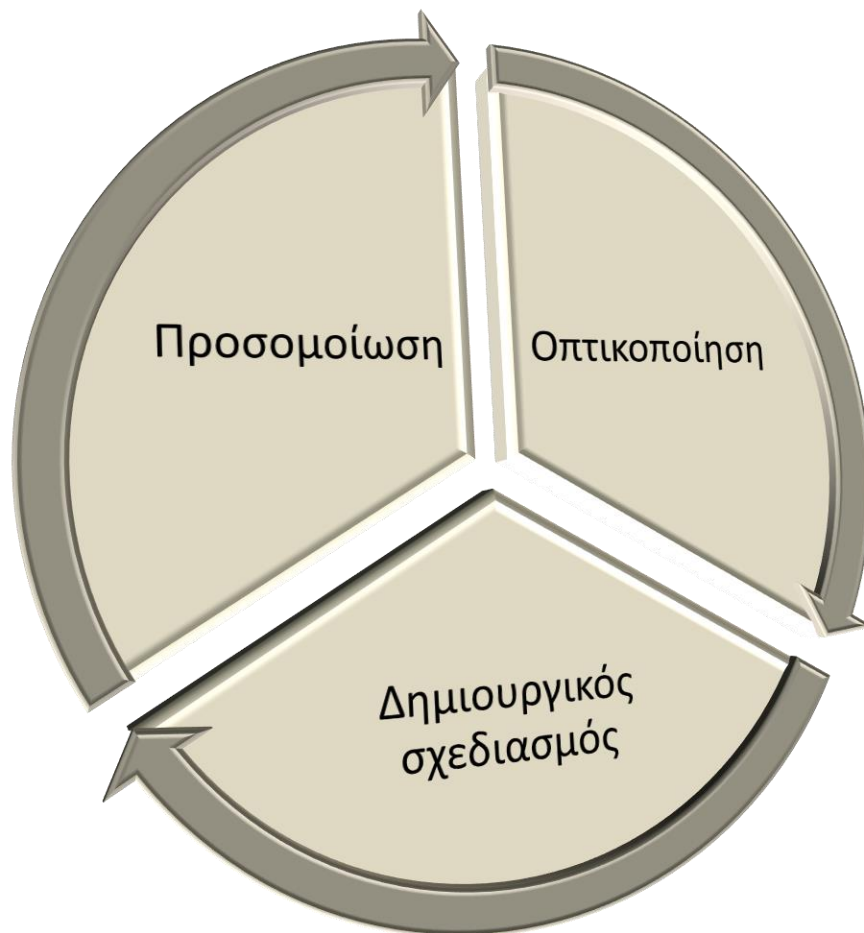
Η ενοποίηση του BIM και του GIS δίνουν τη δυνατότητα στους χρήστες να εισάγουν το γεωγραφικό πλαίσιο σε ένα έργο για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων από το πεδίο και τη βελτίωση της επικοινωνίας με τους ενδιαφερόμενους. Ωστόσο, για να αυξήσει την αποτελεσματικότητα και την παραγωγικότητα, μια έξυπνη πόλη χρησιμοποιεί δεδομένα και ολοκληρωμένες τεχνολογίες για τη βελτίωση των εσωτερικών διαδικασιών, βελτιώνοντας τελικά τη ζωή των πολιτών και των επιχειρήσεων. Τα δύο καινοτόμα μοντέλα που προγράφονται, οδηγούν τρεις βασικές βελτιώσεις στο σχεδιασμό των πόλεων: <sup>[51]</sup>

---

<sup>50</sup> Y., Zadeh, P. A., Staub-French, S., & Pottinger, R. (2017). Integrating GIS and BIM for Community-Scale Energy Modeling. In International Conference on Sustainable Infrastructure 2017 (pp. 185-196).

<sup>49</sup> A. Koutamanis, "Dimensionality in BIM: Why BIM cannot have more than four dimensions?," *Automation in Construction*, vol. 114, p. 103153, Jun. 2020, doi: 10.1016/j.autcon.2020.103153.

<sup>51</sup> Wang, H., Pana, Y., & Luo, X. (2019). Integration of BIM and GIS in sustainable built environment: A review and bibliometric analysis. *Automation in Construction*, Volume 103, July 2019, Pages 41-52. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.03.005>



*Εικόνα 17: Βελτιώσεις στο σχεδιασμό των πόλεων [51]*

Αρχικά όσον αφορά στην οπτικοποίηση, οι σχεδιαστές των κτιρίων έχουν εικόνα για την τρέχουσα κατάσταση, τις τάσεις και τα επείγοντα ζητήματα χρησιμοποιώντας μεγάλα δεδομένα, αναλυτικά στοιχεία, μηχανική μάθηση και τεχνητή νοημοσύνη. Οπτικοποιήσεις επαυξημένης και εικονικής πραγματικότητας σε συνδυασμό με επιχειρηματική ευφυΐα, πίνακες εργαλείων και 4D με βάση το χρόνο, καθώς και 5D οπτικοποιήσεις με βάση το χρόνο, που

αποτελούνται από ζωντανές πηγές δεδομένων, καθιστούν δυνατή την κατανόηση του πλαισίου της αλλαγής και του σχεδιασμού. [51]

Όσον αφορά στο δημιουργικό σχεδιασμό διάφορα εργαλεία σε συνδυασμό με γεωχωρικά δεδομένα υψηλής ακρίβειας και μηχανική μάθηση μπορούν να δημιουργήσουν σχέδια που είναι αισθητικά με το χαμηλότερο κόστος. Επίσης εφαρμόζονται καινοτομίες σε υλικά και τεχνικές κατασκευής.

Τέλος, αναφορικά με την προσομοίωση, η ικανότητα αυτή είναι βασισμένη σε πράκτορες για την έγκαιρη πρόβλεψη του αντίκτυπου των αλλαγών σχεδιασμού με προληπτικούς τρόπους. Μαζί, αυτές οι προσεγγίσεις μπορούν να μειώσουν το κόστος και τη διάρκεια των έργων μεταφορών, ενώ παράλληλα φροντίζουν καλύτερα τις κοινωνικές, υγειονομικές και οικονομικές συνέπειες των σχεδίων.

## 4.2 Προκλήσεις από την ενοποίηση των μοντέλων

Επί του παρόντος, έχουν γίνει πολλές έρευνες στο πεδίο της ενοποίησης των συστημάτων BIM-GIS οι οποίες έχουν επικεντρωθεί ιδίως στις προκλήσεις που σχετίζονται με τη μετατροπή δεδομένων. Αν και πολλά προβλήματα έχουν λυθεί θεωρητικά και πολλές λύσεις έχουν δοκιμαστεί επιτυχώς, ορισμένα τεχνικά και μη προβλήματα απομένουν να επιλυθούν.

Η αναντιστοιχία πληροφοριών είναι το κύριο πρόβλημα στη διαδικασία ενοποίησης δεδομένων στα μοντέλα. Σύμφωνα με τους Wang et al. (2019) [52], τα δεδομένα του μοντέλου BIM είναι πολλά σε όγκο και πολύπλοκα και τα αντικείμενα IFC διαθέτουν εκατοντάδες διαφορετικούς τύπους, στους οποίους οι αποθηκευμένες πληροφορίες έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά και γεωμετρικές εκφράσεις. Παρά τη σχετικά απλή δομή του τρισδιάστατου μοντέλου CityGML που αντιστοιχεί στο GIS, οι περισσότερες από τις

---

<sup>51</sup> Wang, H., Pana, Y., & Luo, X. (2019). Integration of BIM and GIS in sustainable built environment: A review and bibliometric analysis. *Automation in Construction*, Volume 103, July 2019, Pages 41-52. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.03.005>

<sup>52</sup> HERLE, Stefan, et al. GIM and BIM. *PFG-Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science*, 2020, 88.1: 33-42.

πληροφορίες που χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση της συσχέτισης και των χαρακτηριστικών μεταξύ χαρακτηριστικών στο IFC μπορεί να διαταράξουν τη διαδικασία γεωμετρικής χαρτογράφησης μεταξύ IFC και CityGML, με αποτέλεσμα την απώλεια γεωμετρικών δεδομένων.

Επιπλέον, ο γεωμετρικός μετασχηματισμός μπορεί να δημιουργεί ασάφειες που πρέπει να επιλυθούν επειδή τα γεωγραφικά δεδομένα από τα συστήματα BIM και GIS μοντελοποιούνται διαφορετικά. Μέχρι σήμερα, ο μετασχηματισμός διαφορετικής τρισδιάστατης αναπαράστασης μεταξύ BIM και GIS παρουσιάζει ορισμένα προβλήματα, αν και ο μετασχηματισμός από IFC CSG, sweep και B-rep σε CityGML B-rep ξεχωριστά έχει πραγματοποιηθεί και έχει προταθεί ορισμένες λύσεις ξεχωριστά. <sup>[53]</sup>

Εν τω μεταξύ, με την ενσωμάτωση BIM και GIS, οι επαγγελματίες πρέπει να κατανοήσουν τις πληροφορίες και τις λειτουργίες του BIM, του GIS και την ολοκληρωμένη τεχνολογική γνώση. <sup>[54]</sup> Επιπλέον, τα προβλήματα της ενοποίησης θα πρέπει να επιλύονται έτσι ώστε να γίνεται απρόσκοπτά η αποθήκευση δεδομένων, ειδικά για τα παλαιότερα κτίρια. Δεδομένου ότι τα παλαιότερα κτίρια δεν διαθέτουν σύστημα αποθήκευσης των πληροφοριών τους, θα ήταν δύσκολο να ενσωματωθούν τα μοντέλα BIM και GIS γι' αυτά. Η ενοποίηση του BIM και του GIS συνδέεται με διάφορους ενδιαφερόμενους φορείς που έχουν διαφορετικά δικαιώματα πρόσβασης και περιορισμούς για τη βάση δεδομένων. Ωστόσο, υπάρχουν ορισμένες βάσεις δεδομένων που δεν είναι διαθέσιμες για πολλούς οργανισμούς, όπως η κυβέρνηση. Ως εκ τούτου, το ζήτημα της ιδιωτικής ζωής είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την ενοποίηση του BIM και του GIS. <sup>[54]</sup> Αυτά τα εμπόδια πρέπει να λυθούν για την ανάπτυξη των ολοκληρωμένων μεθόδων.

---

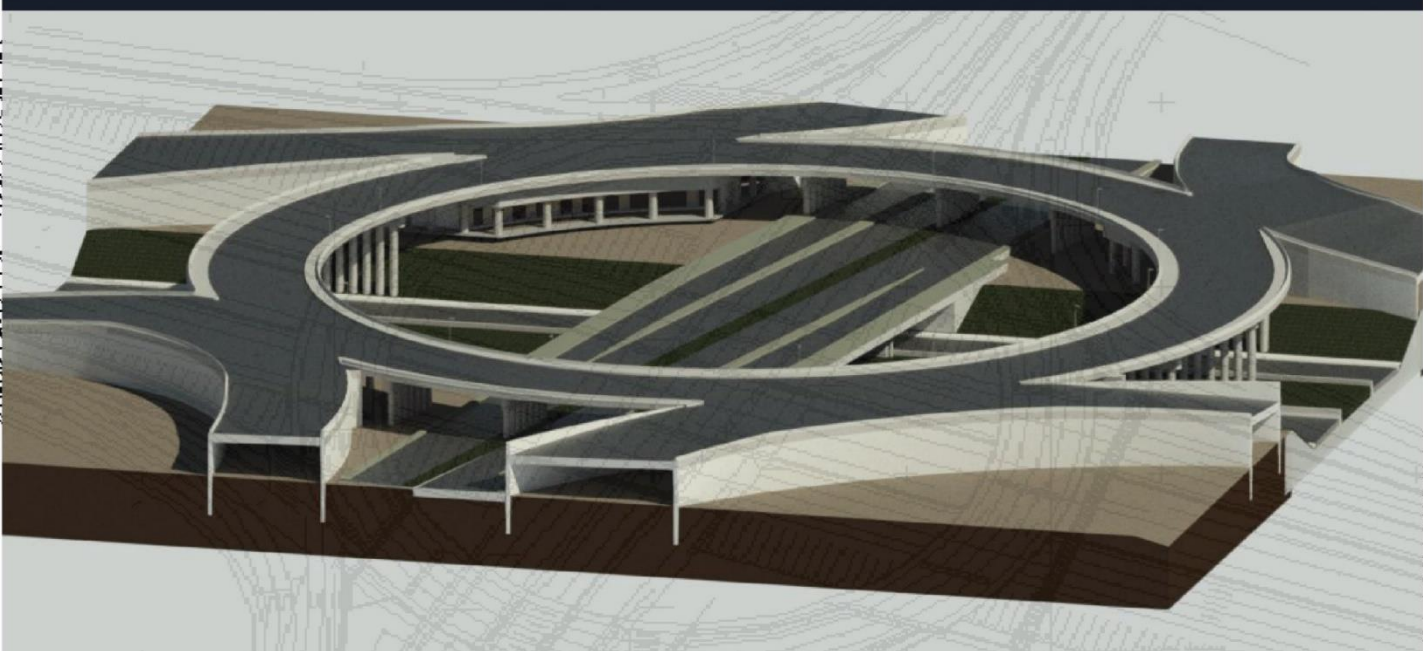
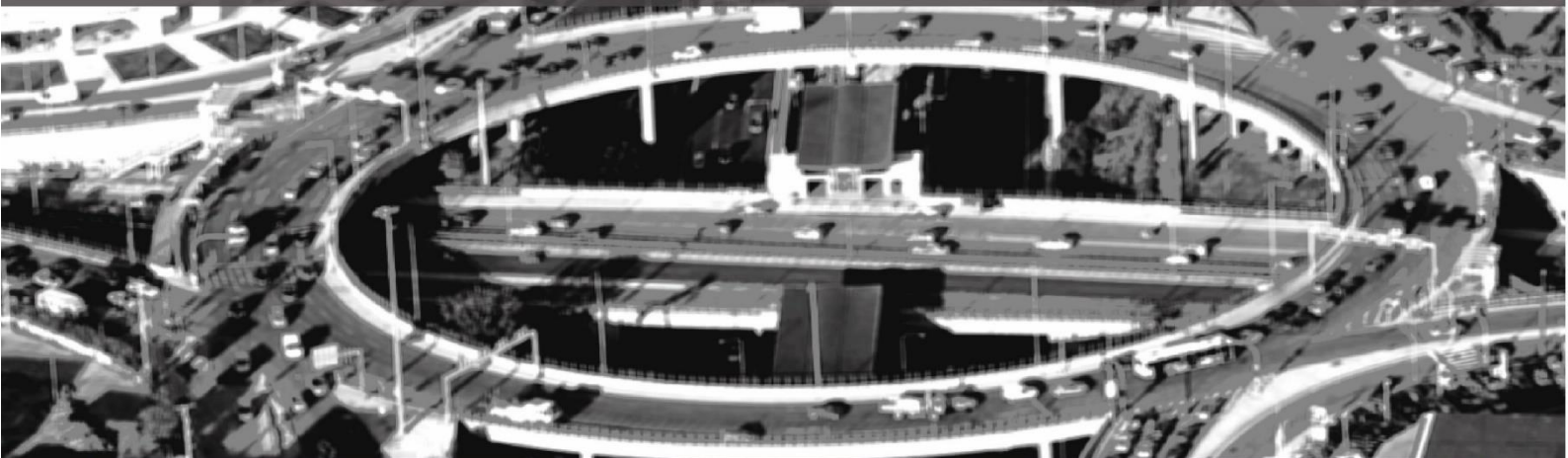
<sup>53</sup> Beck, F., Borrmann, A., & Kolbe, T. H. (2020). The need for a differentiation between heterogeneous information integration approaches in the field of "BIM-GIS Integration": a literature review. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 6, 21-28.

<sup>54</sup> Kumar K, Labetski A, Arroyo Ohori K, Ledoux H, Stoter J (2019) The LandInfra standard and its role in solving the BIM-GIS quagmire. *Open Geospatial Data Softw Stand* 4(5):1–16.

<sup>54</sup> Kumar K, Labetski A, Arroyo Ohori K, Ledoux H, Stoter J (2019) The LandInfra standard and its role in solving the BIM-GIS quagmire. *Open Geospatial Data Softw Stand* 4(5):1–16.



# Building Information Model (BIM). Εφαρμογή σε τμήμα της Αττικής Οδού (Ανισόπεδος Κόμβος 11)



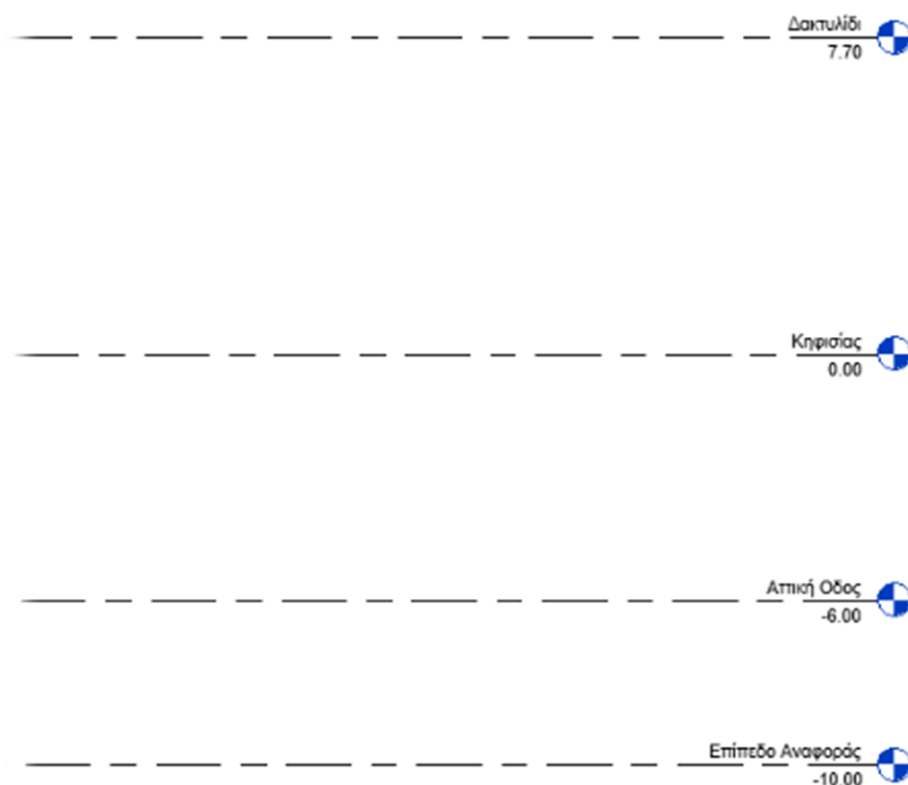
# **Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>: Ψηφιακό Αντίγραφο (Digital Twin) του κυκλικού κόμβου της Αττικής Οδού (Δακτυλίδι A/K 11)**

## **5.1. Περιγραφικά στοιχεία**

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η δημιουργία του ψηφιακού αντιγράφου (digital twin) του οδικού κόμβου της Αττικής Οδού στη Λεωφόρο Κηφισίας «Δακτυλίδι». Στη θέση αυτή διακλαδίζεται η Αττική Οδός, η Λεωφόρος Κηφισίας και οι επιμέρους κάθετες τοπικές οδοί, ενώ νοτιοανατολικά του κόμβου υπάρχει ο σταθμός διοδίων. Σημειώνεται ότι δεν έχει ληφθεί υπόψη στον σχεδιασμό η σιδηροδρομική υποδομή (γραμμές προαστιακού σιδηροδρόμου και επιβατικός σταθμός) δεδομένου ότι δεν δόθηκαν τα σχετικά κατασκευαστικά σχέδια.

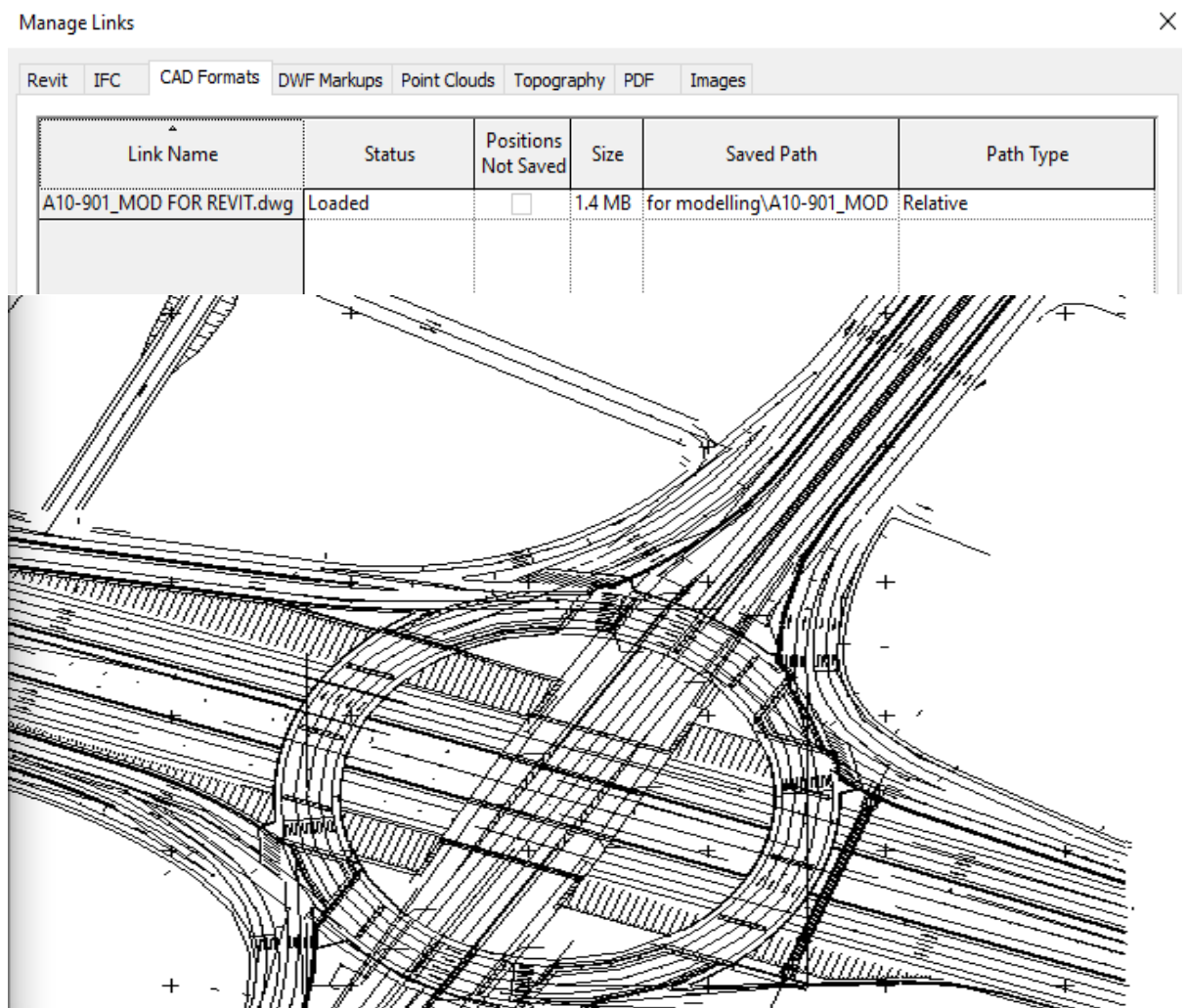
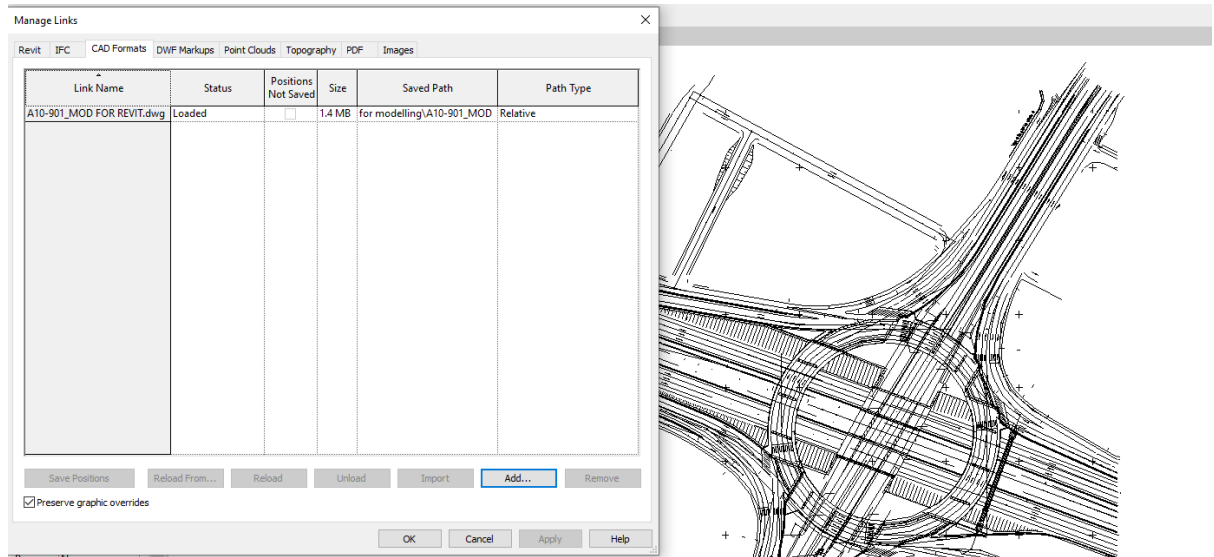
## **5.2. Μεθοδολογία**

Το ψηφιακό αντίγραφο του κυκλικού κόμβου της Αττικής Οδού (εφ' εξής «Δακτυλίδι») δημιουργήθηκε με τη χρήση του λογισμικού Revit της Autodesk. Η γεωμετρία των οδικών αξόνων βασίστηκε στα σχέδια (dwg αρχεία) κατόψεων, διατομών και μηκοτομών οδοποιίας που χορηγήθηκαν από την εταιρία Αττική Οδός Α.Ε. Τα διαθέσιμα αυτά σχέδια μελετήθηκαν και έγινε ο σχετικός συσχετισμός μεταξύ τους, έτσι να εξακριβωθεί η στάθμη κάθε επιπέδου και τα χαρακτηριστικά τους. Με βάση αυτή την πληροφορία καθορίστηκαν τα κύρια χαρακτηριστικά επίπεδα (levels) στα οποία βασίστηκε ο σχεδιασμός του ψηφιακού αντιγράφου.



*Εικόνα 18: Καθορισμός βασικών επιπέδων εργασίας*

Ως βάση για τον σχεδιασμό των επί μέρους τμημάτων χρησιμοποιήθηκε το σχέδιο της οριζοντιογραφίας, το οποίο εισήχθη στο λογισμικό Revit ως εξωτερικός σύνδεσμος.



Εικόνα 19: Εισαγωγή σχεδίου οριζοντιογραφίας στο Revit ως υπόβαθρο

Κάθε ένα από τα επιμέρους τμήματα του οδικού κόμβου σχεδιάστηκε χρησιμοποιώντας ως υπόβαθρο το σχέδιο της οριζοντιογραφίας. Ενώ για τα ύψη και τα λοιπά δομικά χαρακτηριστικά λήφθηκε υπόψη η πληροφορία από τα σχέδια διατομών. Στις επόμενες παραγράφους περιγράφεται αναλυτικά η πορεία εργασίας για κάθε οδικό άξονα, αλλά και για τα δύο πανομοιότυπα κτίρια Η/Μ εγκαταστάσεων.

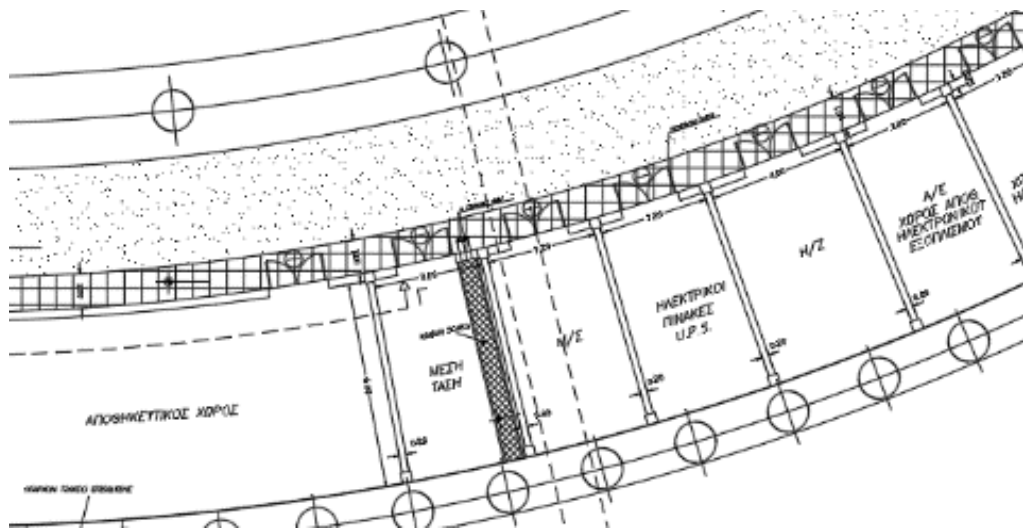
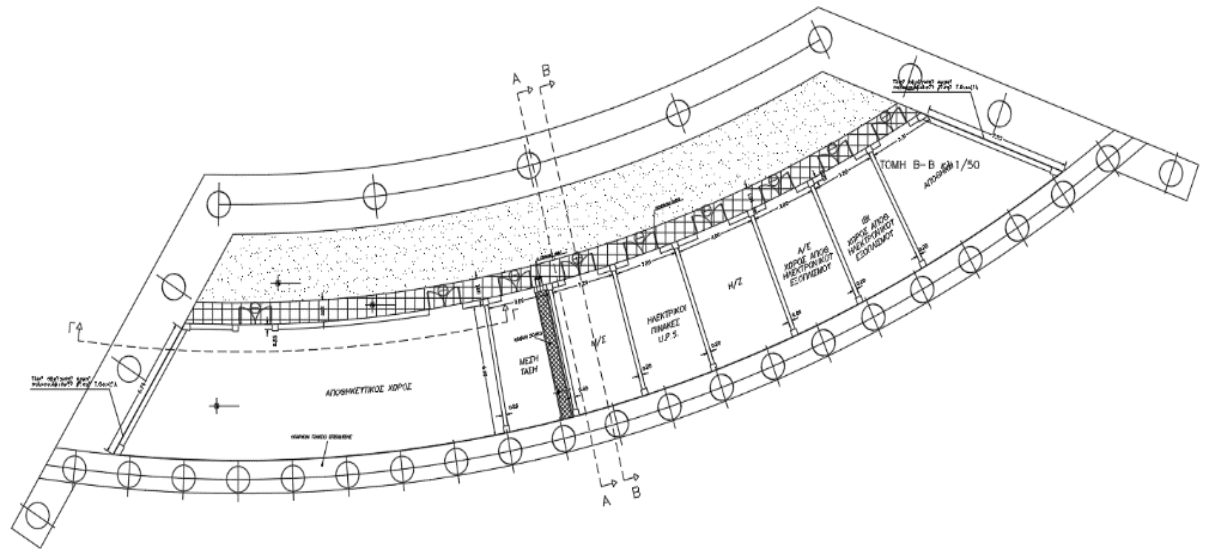
## **5.3. Δημιουργία Ψηφιακού Αντιγράφου**

### **5.3.1. Κτηριακές Εγκαταστάσεις – Χώροι Η/Μ**

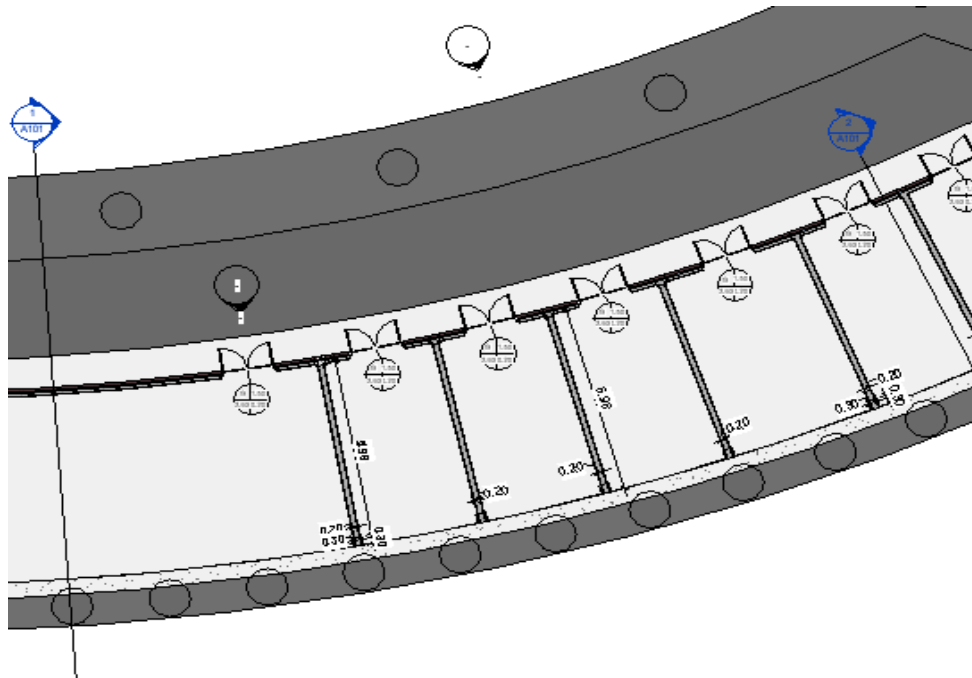
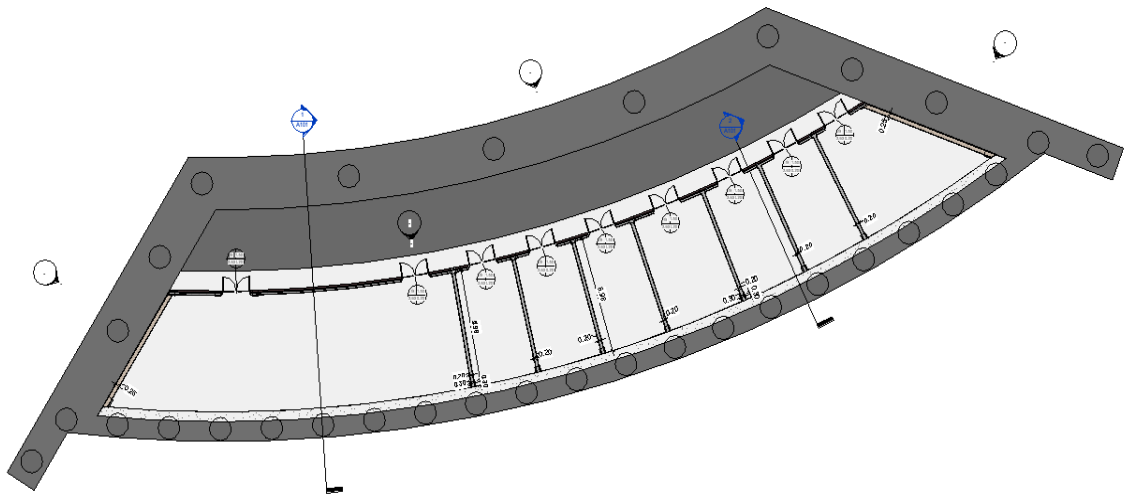
Στον οδικό κόμβο «Δακτυλίδι» και συγκεκριμένα κάτω από το οδόστρωμα του κυκλικού κόμβου βρίσκονται δύο κτίρια Η/Μ εγκαταστάσεων. Τα κτίρια αυτά έχουν κατασκευαστεί στο επίπεδο της Λεωφόρου Κηφισίας και βρίσκονται αντιδιαμετρικά το ένα από το άλλο. Έχουν κατασκευαστεί στο εσωτερικό του τεχνικού έργου θεμελίωσης του οδικού κόμβου, αξιοποιώντας τον χώρο αυτό για την ανάγκη στέγασης των Η/Μ εγκαταστάσεων του κόμβου.

Για τον σχεδιασμό των κτιρίων αυτών καθορίστηκαν επί μέρους επίπεδα εργασίας για να προσδιοριστεί με ακρίβεια η γεωμετρία των δομικών στοιχείων. Για τα κτίρια αυτά είχαν χορηγηθεί ξεχωριστά σχέδια κατόψεων, τομών και λεπτομερειών.





Εικόνα 20: Χορηγηθέν σχέδιο κάτοψης κτιρίου Η/Μ εγκαταστάσεων

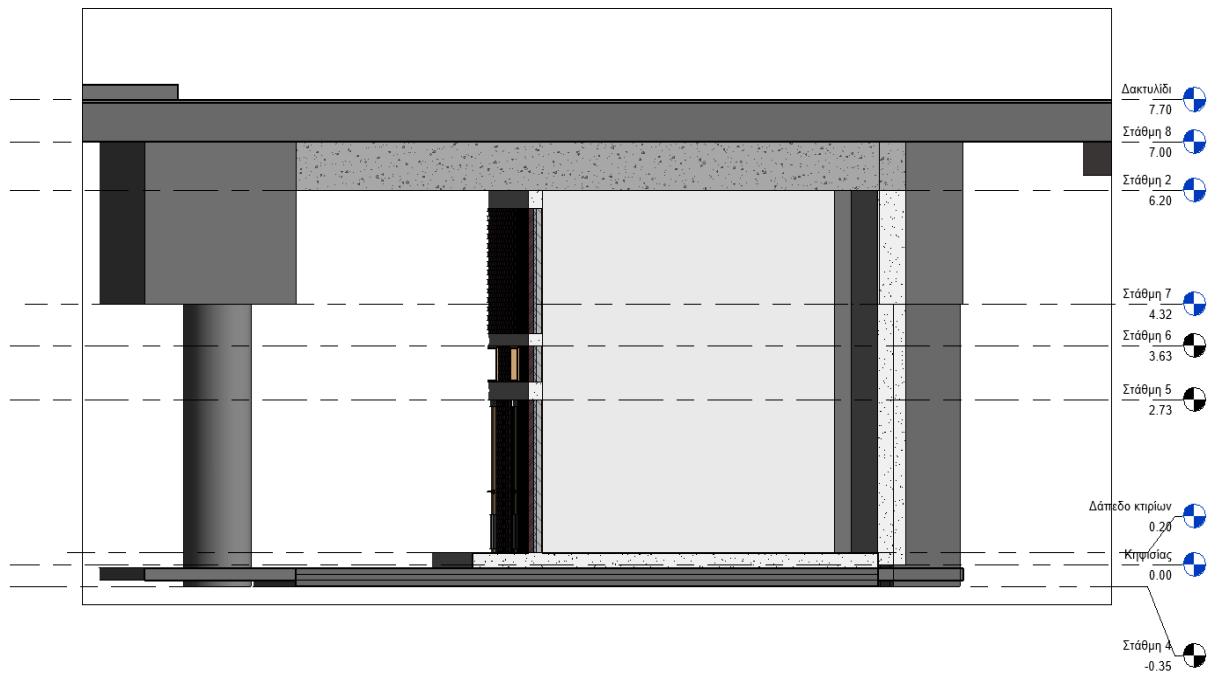


**Εικόνα 21: Σχέδιο κάτοψης κτιρίου Η/Μ εγκαταστάσεων (ψηφιακό αντίγραφο)**

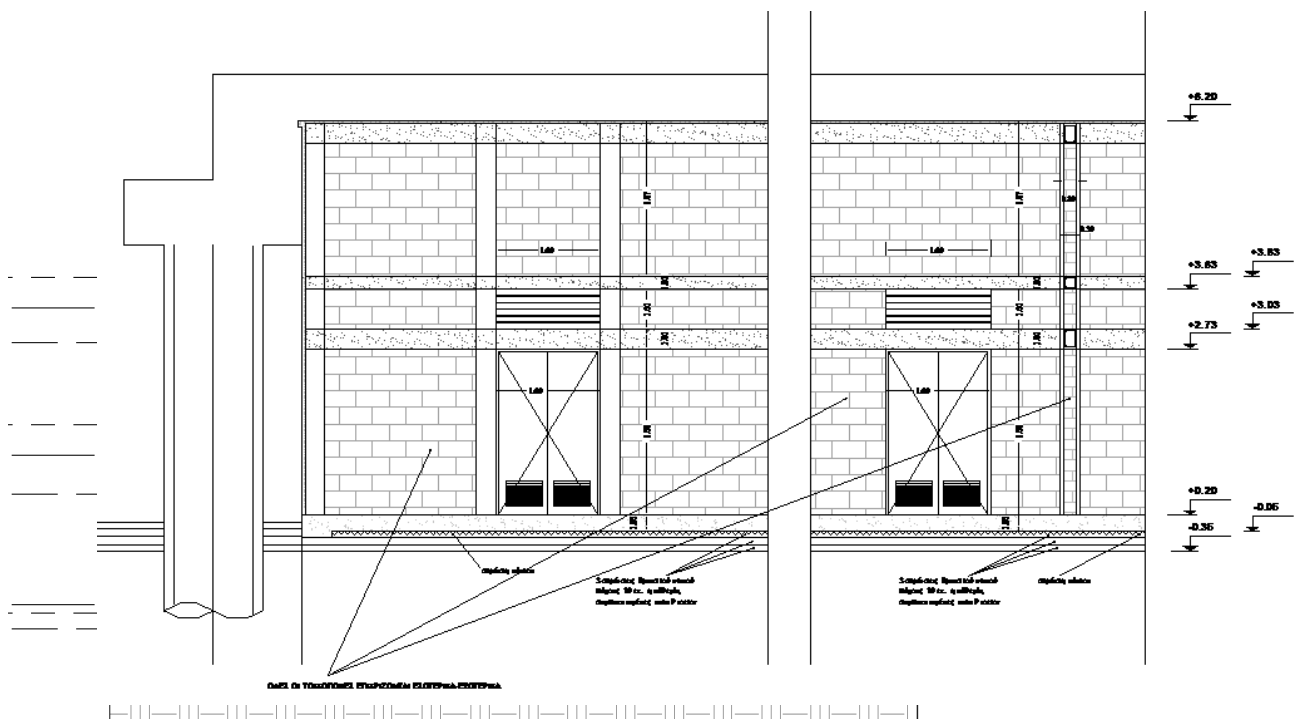
Αρχικά εισήχθη το σχέδιο της κάτοψης του κτιρίου στο Revit ως εξωτερικός σύνδεσμος (CAD Link). Στη συνέχεια το σχέδιο αυτό χρησιμοποιήθηκε ως υπόβαθρο για τη σχεδίαση των τοίχων, εξωτερικών και εσωτερικών) του κτιρίου. Οι δύο διαμήκεις τοίχοι του κτιρίου έχουν καμπύλο σχήμα (δεδομένου ότι βρίσκονται κάτω από το οδόστρωμα του κυκλικού κόμβου). Ο βόρειος εξωτερικός τοίχος είναι κατασκευασμένος από τούβλο με δύο οριζόντια σεναζ και πλάτος 25εκ. Ο νότιος εξωτερικός τοίχος, πλάτους 50εκ, είναι τοιχίο



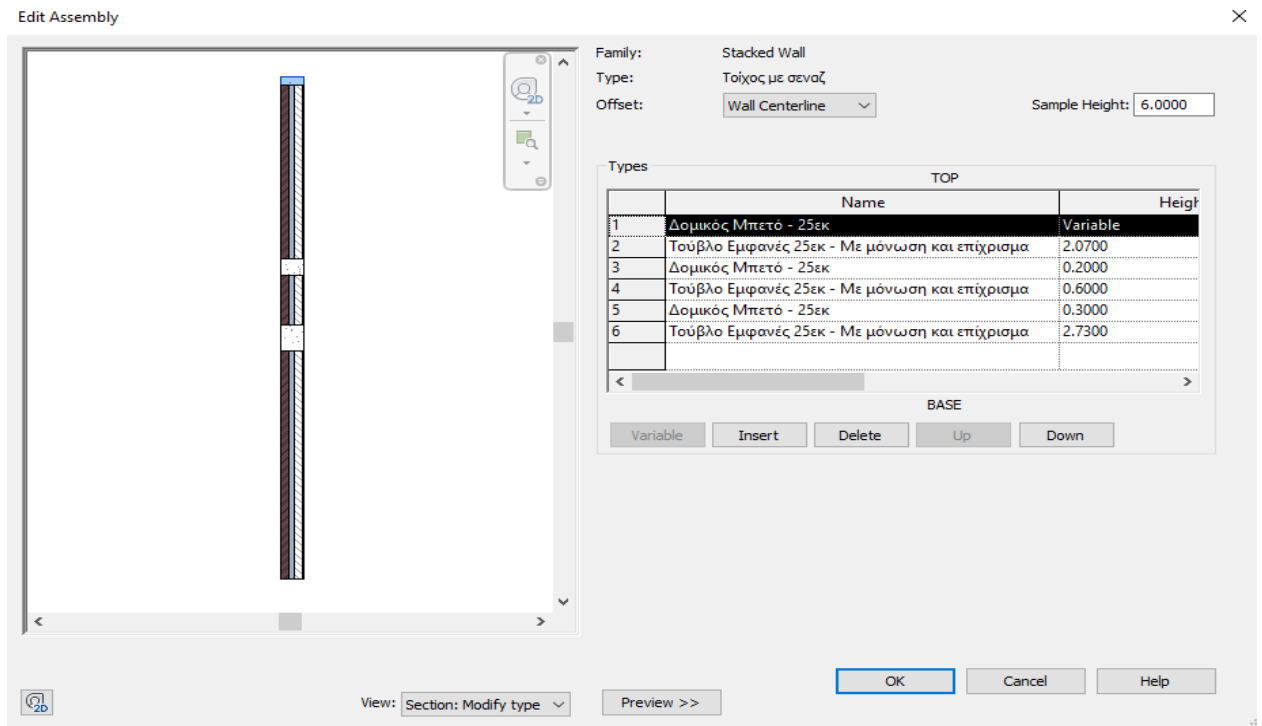




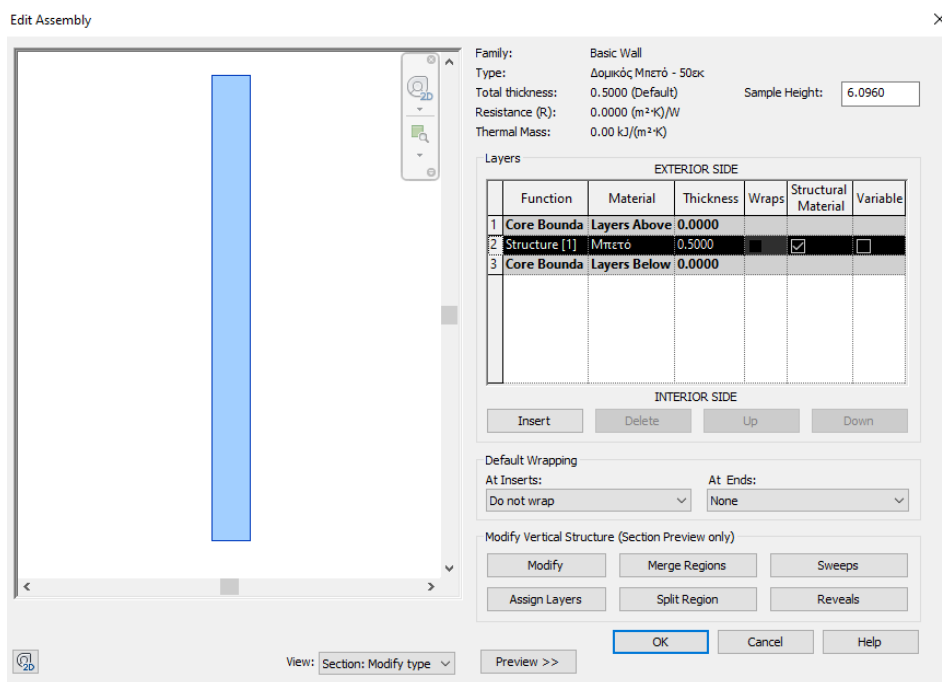
Εικόνα 23: Τυπική διατομή κτιρίου H/M εγκαταστάσεων (ψηφιακό αντίγραφο)



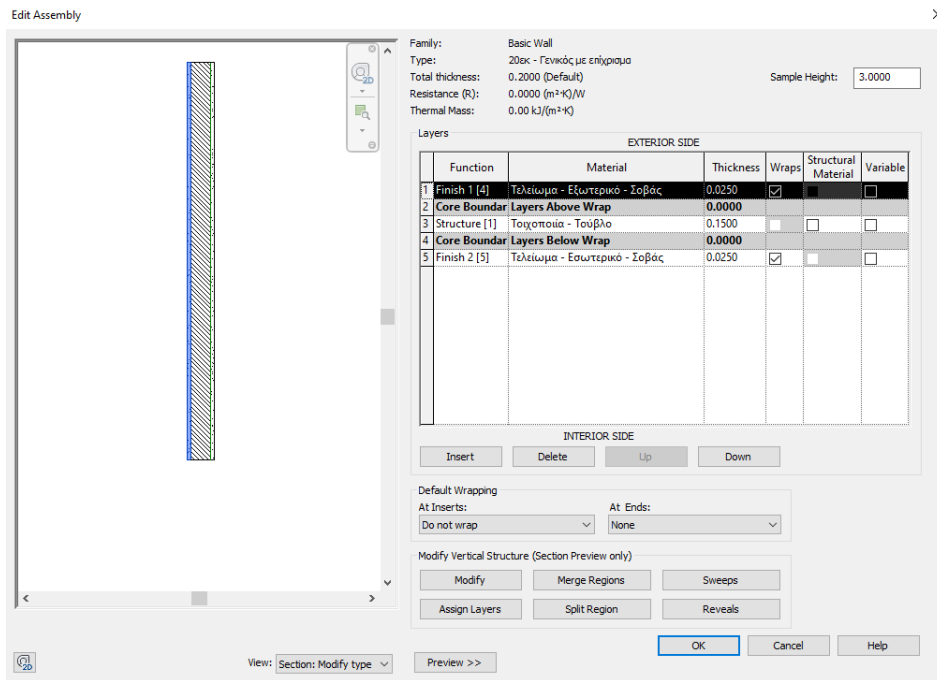
Εικόνα 24: Βόρεια όψη κτιρίου H/M εγκαταστάσεων



Εικόνα 25: Βόρεια όψη κτιρίου Η/Μ εγκαταστάσεων (ψηφιακό αντίγραφο)

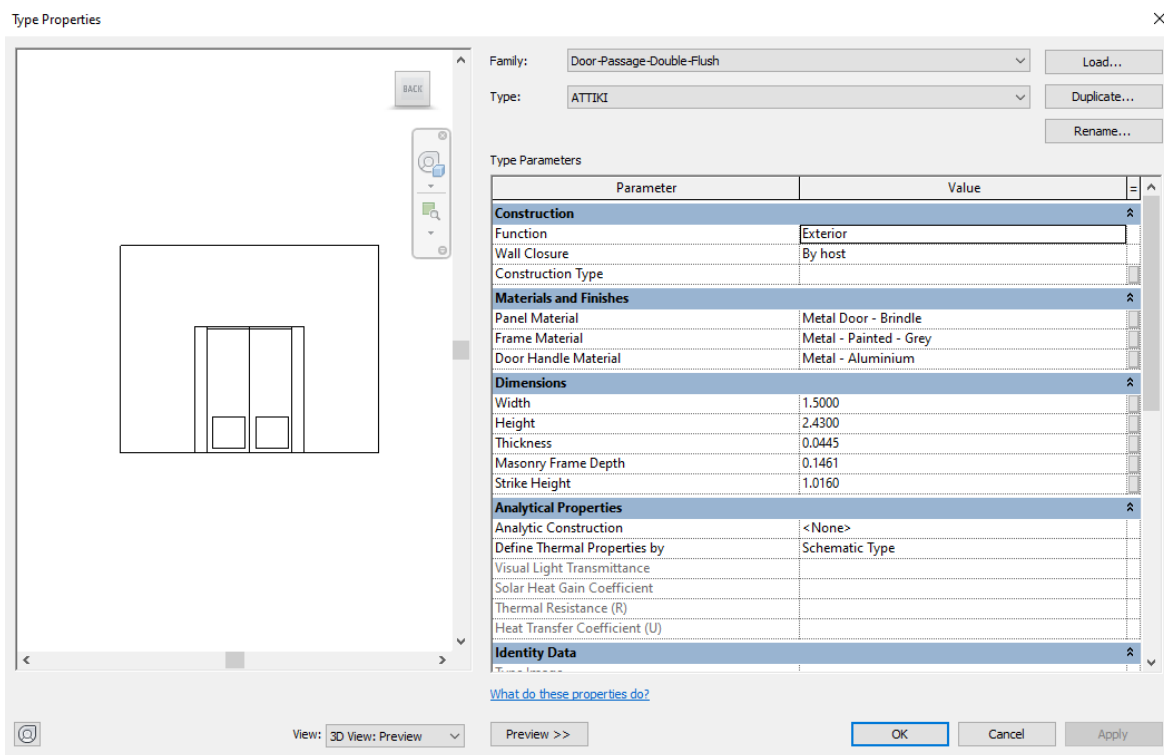


Εικόνα 26: Γεωμετρία βόρειου εξωτερικού τοίχου



**Εικόνα 27: Γεωμετρία εσωτερικού τοίχου**

Στη συνέχεια προστέθηκαν στις κατάλληλες θέσεις κολόνες σκυροδέματος, περιμετρικά τοιχία, πλάκα δαπέδου, πλάκα οροφής. Τέλος τοποθετήθηκαν πόρτες και παράθυρα στις κατάλληλες θέσεις.



Εικόνα 28: Χαρακτηριστικά πόρτας κτιρίου Η/Μ εγκαταστάσεων

Κάθε κτίριο διαθέτει 9 παράθυρα και πόρτες.

### Πίνακας 1. Πίνακας Θυρών

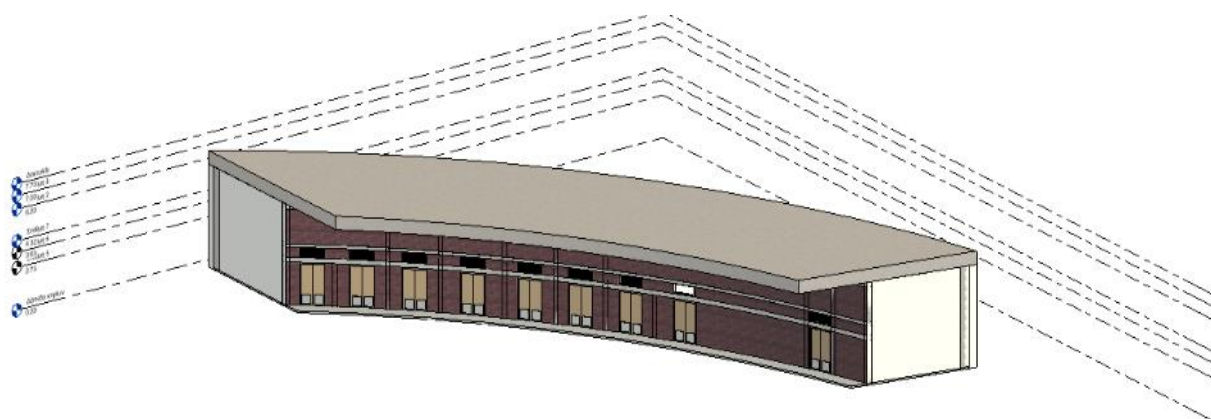
Πίνακας Θυρών				
Τύπος	Κατηγορία	Πλάτος	Ύψος	Στάθμη
Κηφισίας				
Door-Passage-Double-Flush	ΑΤΤΙΚΙ	1.50	2.43	Κηφισίας

Grand total: 18

## Πίνακας 2. Πίνακας Παραθύρων

Πίνακας Παραθύρων				
Τύπος	Κατηγορία	Ύψος	Πλάτος	Στάθμη
Στάθμη 5				
Window-Louvers	1.6X0.6	0.55	1.56	Στάθμη 5

Grand total: 18

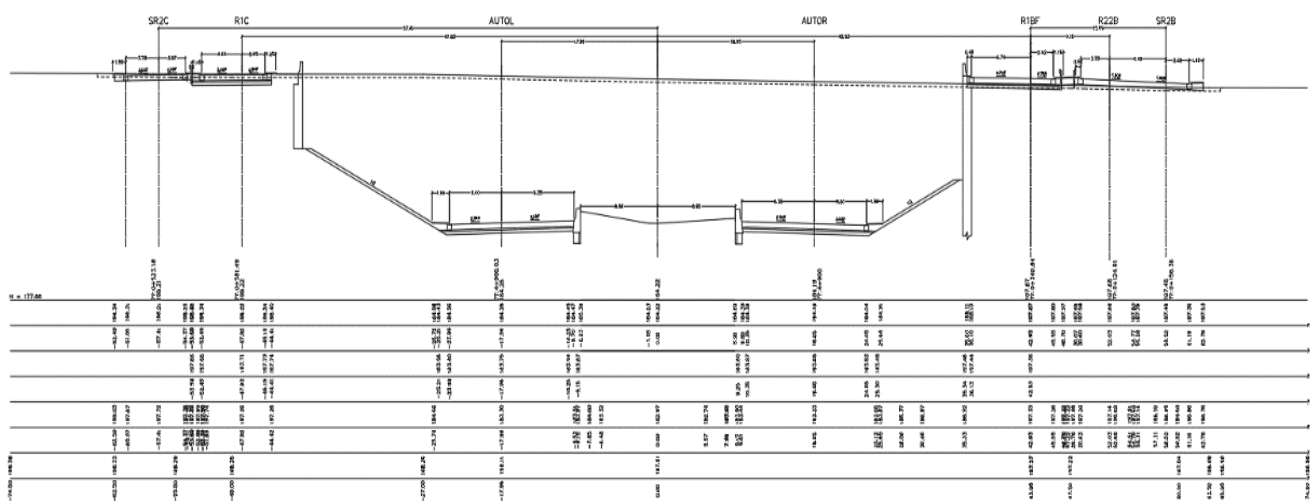


Εικόνα 29. 3D άποψη κτιρίου Η/Μ εγκαταστάσεων

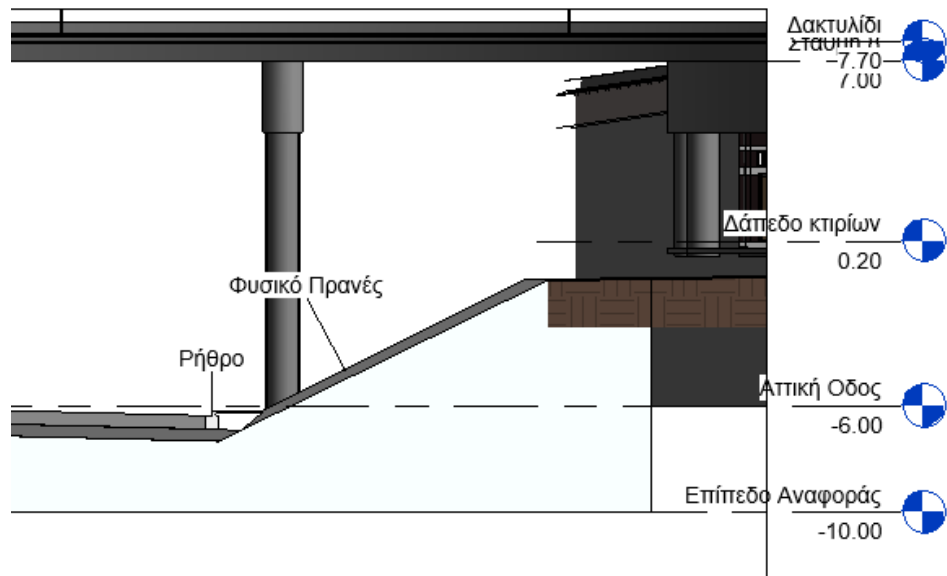
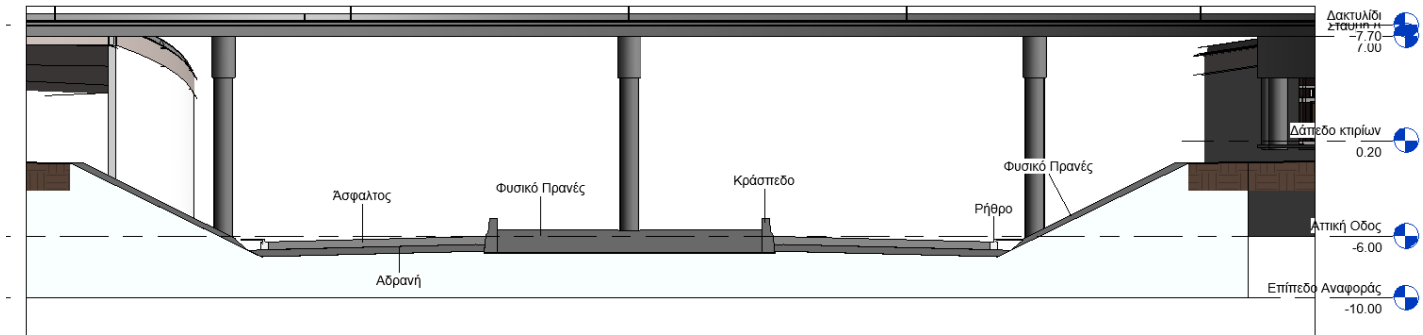
## 5.3.2. Απτική Οδός

Ο άξονας της Απτικής Οδού βρίσκεται χαμηλότερα από το επίπεδο έδρασης των κτιρίων Η/Μ εγκαταστάσεων και συγκεκριμένα σε όρυγμα που διέρχεται κάτω από το επίπεδο της Λεωφόρου Κηφισίας. Για τον σχεδιασμό του οδικού άξονα χρησιμοποιήθηκε ως τυπική διατομή η διατομή Ρ46 (Χ.Θ. 4+900μ) και η οποία εφαρμόστηκε σε μήκος 200μ, δηλαδή όσο μήκος καλύπτει ο κυκλικός κόμβος.

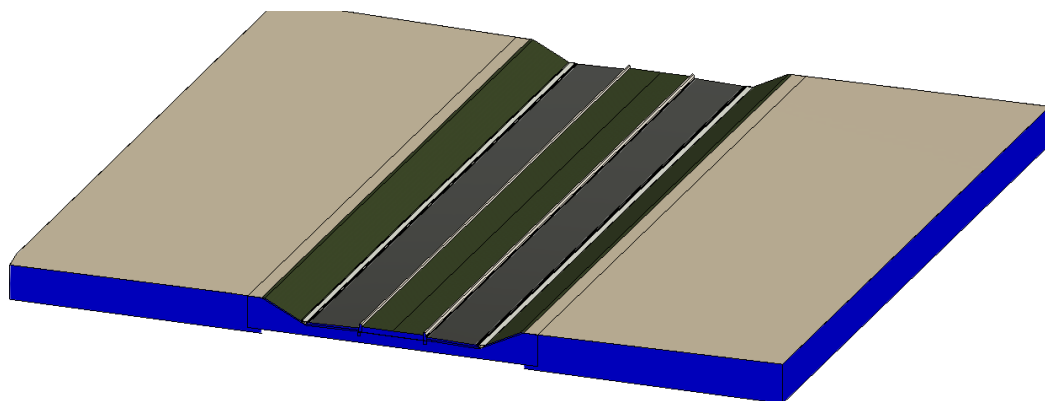
Η διατομή σχεδιάστηκε ως σύμπλεγμα αντικειμένων (οδόστρωμα, κράσπεδο, πρανή) χρησιμοποιώντας την εντολή Model In Place/ Extrusion.



Εικόνα 30: Τυπική διατομή Απτικής Οδού



Εικόνα 31: Τυπική διατομή Αττικής Οδού (ψηφιακό αντίγραφο)

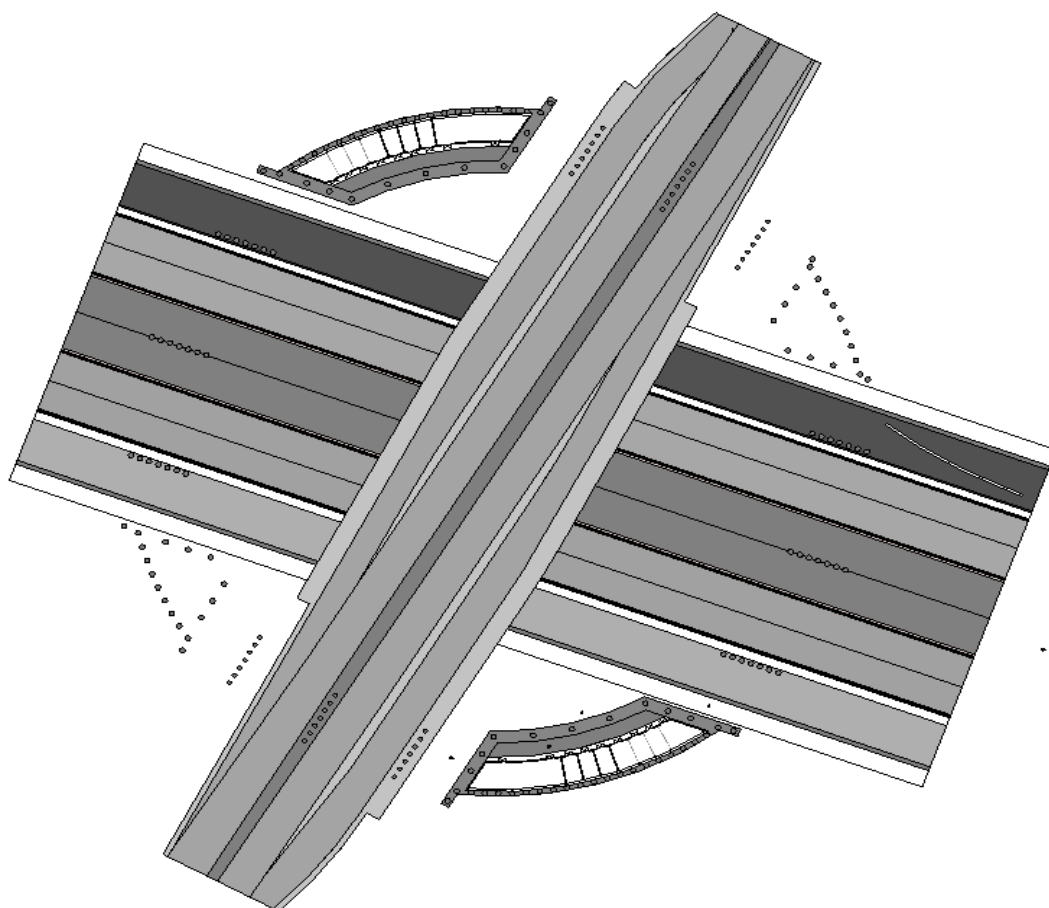


Εικόνα 32: 3D Απεικόνιση Αττικής Οδού (ψηφιακό αντίγραφο)

### 5.3.3. Λεωφόρος Κηφισίας

Ο άξονας της Λεωφόρου Κηφισίας τέμνει εγκάρσια τον άξονα της Αττικής Οδού. Στο σημείο τομής τους υπάρχει γεφύρωμα επί συστήματος πασσάλων και ανοίγματος περίπου 50μ, επί του οποίου διέρχεται η Λεωφόρος Κηφισίας.

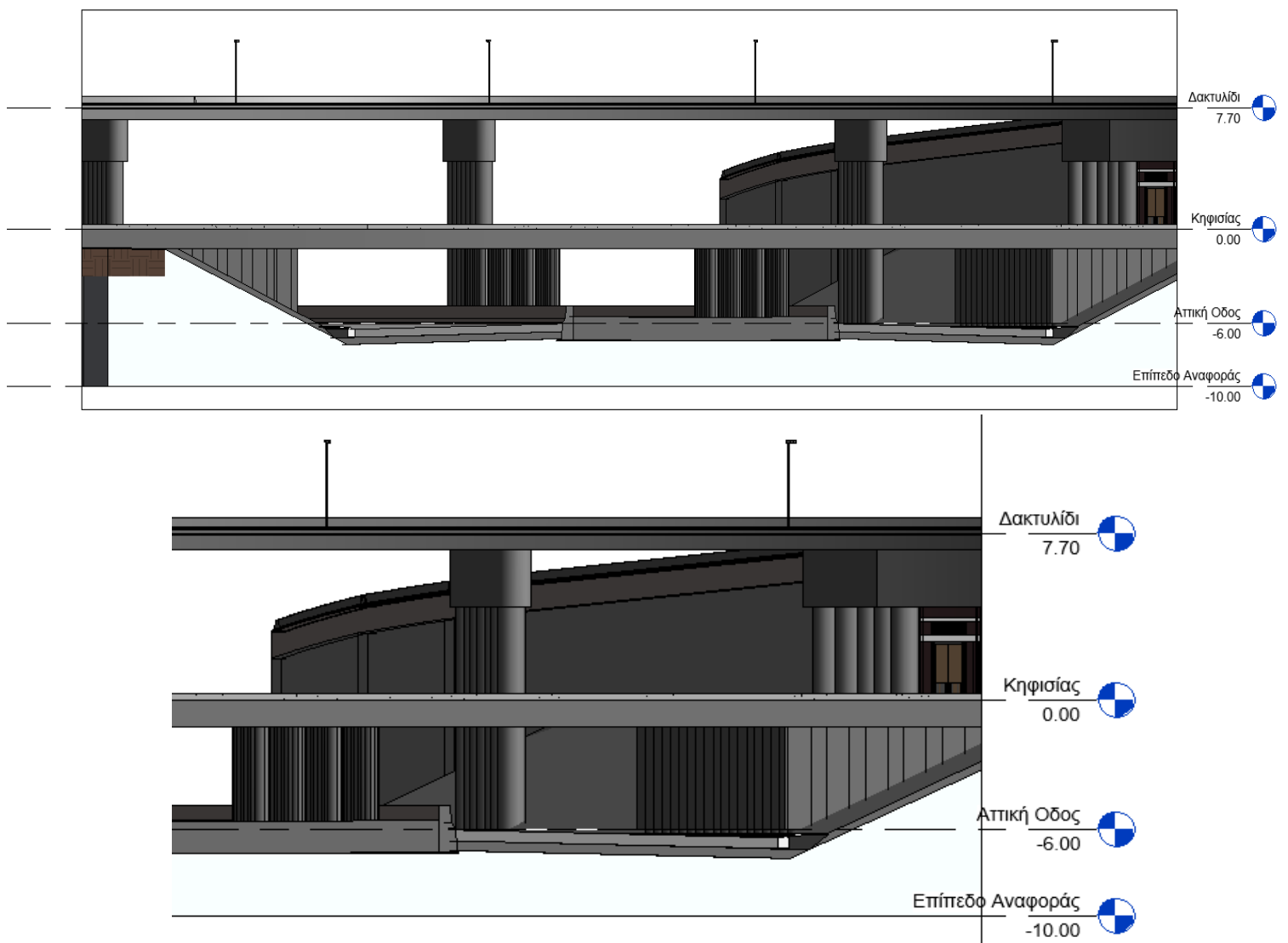
Στο παρακάτω σχήμα δίνεται η οριζοντιογραφία της Λεωφόρου Κηφισίας. Διακρίνεται η Αττική Οδός, οι πάσσαλοι θεμελίωσης του κυκλικού κόμβου και τα δύο κτίρια Η/Μ εγκαταστάσεων.



Εικόνα 33: Οριζοντιογραφία Λεωφόρου Κηφισίας (ψηφιακό αντίγραφο)



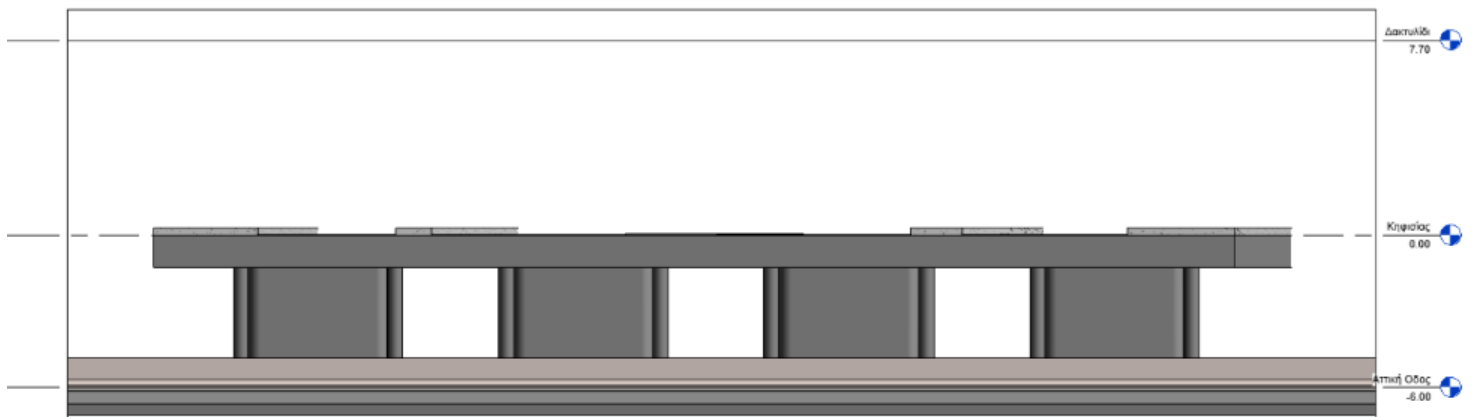
Ο οδικός αυτός άξονας σχεδιάστηκε οριζοντιογραφικά, χρησιμοποιώντας την εντολή Model In Place. Η διατομή της Λεωφόρου Κηφισίας στο συγκεκριμένο τμήμα είναι σχεδόν οριζόντια και κατά συνέπεια δεν αναμένονται μεγάλες διαφοροποιήσεις στον σχεδιασμό. Αρχικά σχεδιάστηκε ενιαίο το κατάστρωμα του οδοστρώματος και στη συνέχεια χρησιμοποιώντας την ίδια εντολή (Model In Place/Extrusion) σχεδιάστηκαν τα πεζοδρόμια και τα διαχωριστικά διαζώματα.



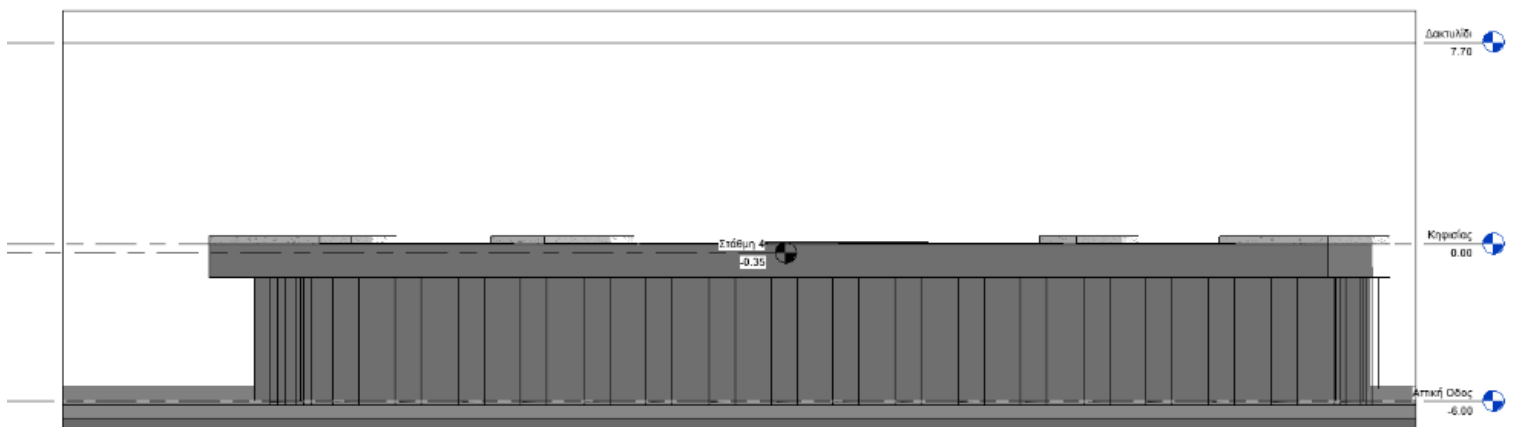
Εικόνα 34: Τυπική διατομή Λεωφόρου Κηφισίας (ψηφιακό αντίγραφο)

*Σχήμα 0.1. Τυπική διατομή Λεωφόρου Κηφισίας (ψηφιακό αντίγραφο)*

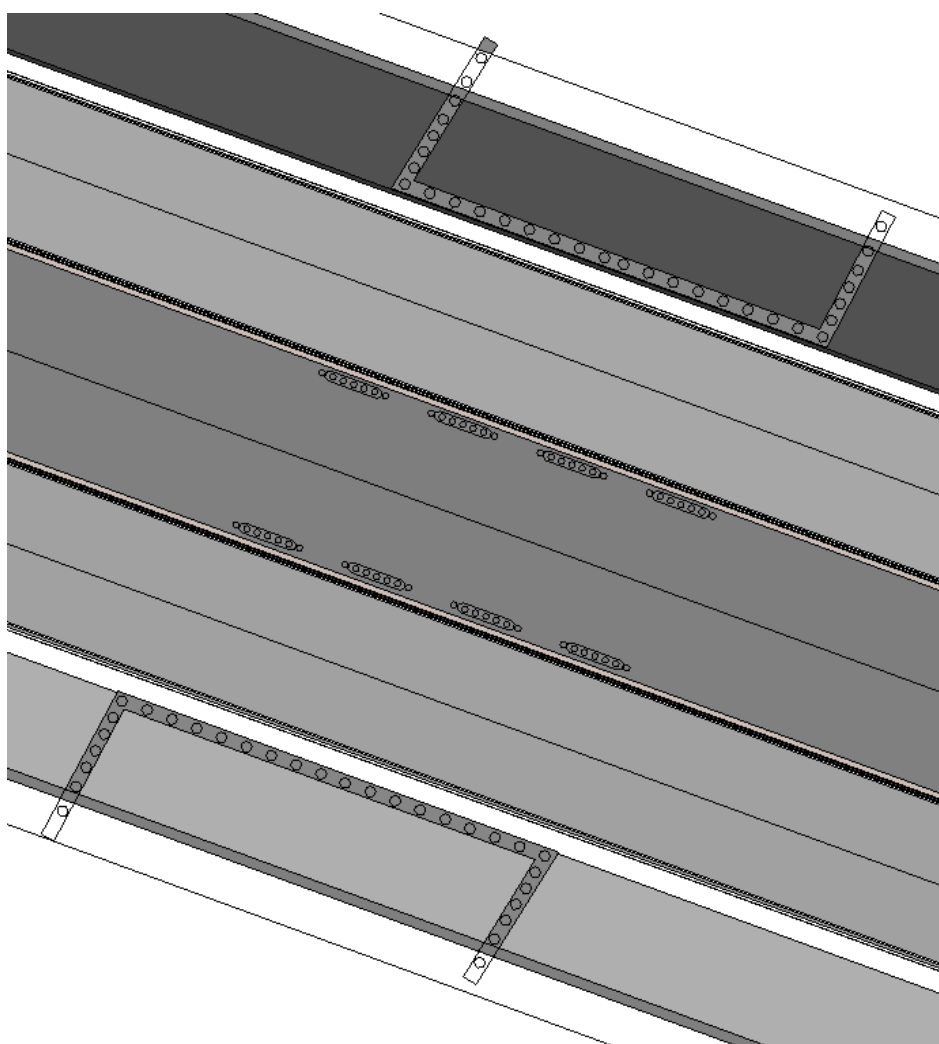
Το γεφύρωμα αποτελείται από πλάκα σκυροδέματος ενώ η θεμελίωσή του γίνεται από σύστημα πασσάλων και δοκών εκ σκυροδέματος. Οι πάσσαλοι στα ακριανά τοιχία είναι από σκυρόδεμα και έχουν διάμετρο 1.0μ, ενώ οι πάσσαλοι των εφένδρανων του γεφυρώματος έχουν διάμετρο 0,6μ. Για τη σχεδίαση των πασσάλων χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από την ομάδα (Family) M\_Round Column και δημιουργήθηκε νέος τύπος για κάθε ένα από τους διαφορετικούς πασσάλους που απαιτούνται. Οι δοκοί σύνδεσης των πασσάλων δημιουργήθηκαν με τη χρήση της εντολής Model in Place/ Extrusion.



*Εικόνα 36: Όψη κεντρικών εφένδρανων γεφυρώματος Λεωφόρου Κηφισίας (ψηφιακό αντίγραφο)*



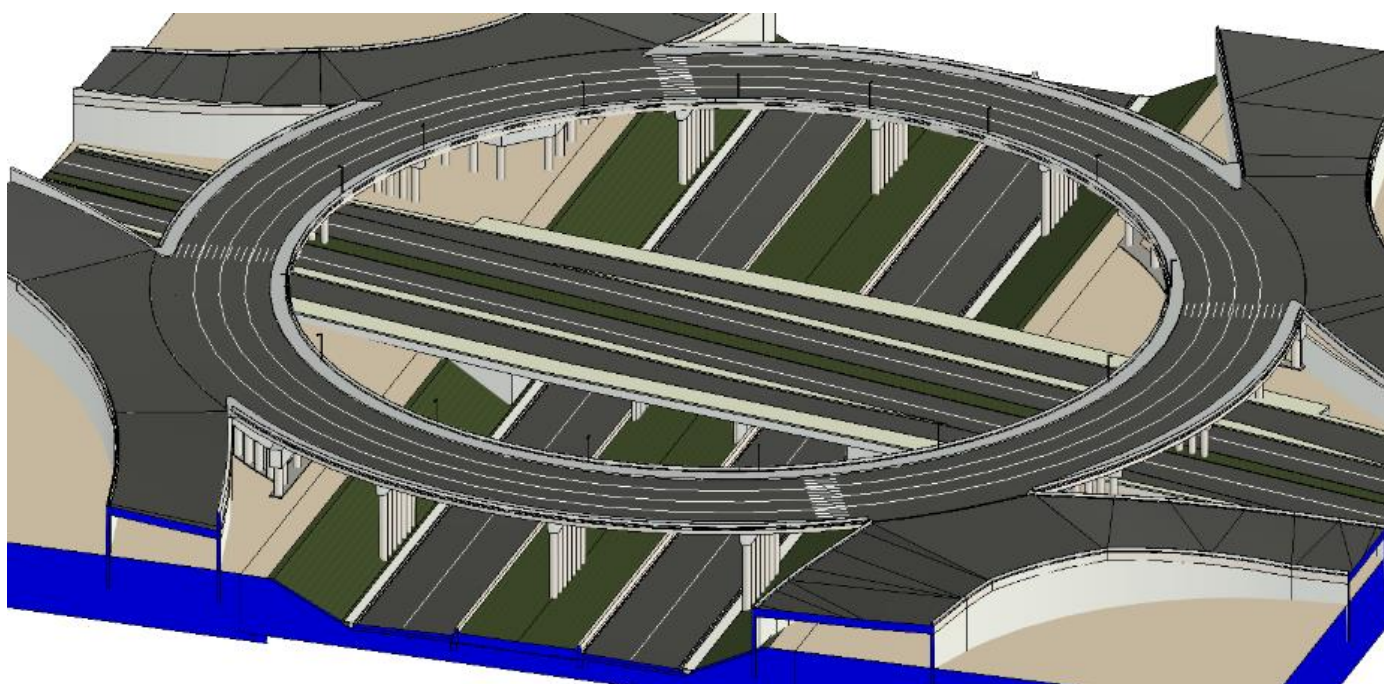
*Εικόνα 35: Όψη ακριανού τοιχίου γεφυρώματος Λεωφόρου Κηφισίας (ψηφιακό αντίγραφο)*



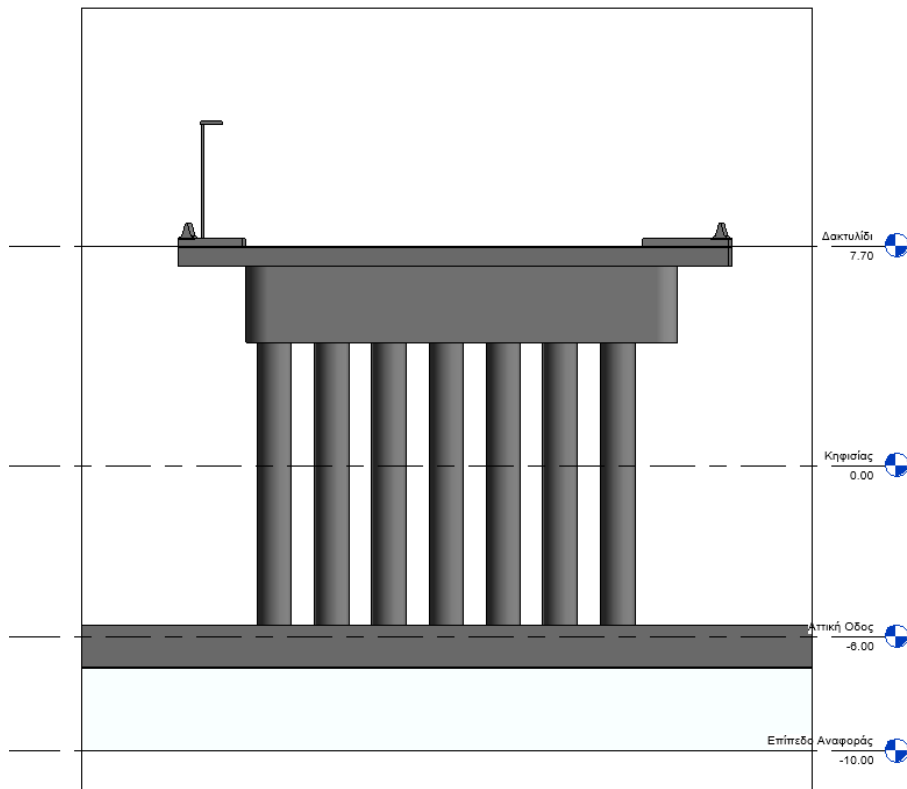
Εικόνα 37: Κάτοψη πασσάλων και τοιχίων γεφυρώματος Λεωφόρου Κηφισίας  
(ψηφιακό αντίγραφο)

### 5.3.4. Κυκλικός Κόμβος - «Δακτυλίδι» Α/Κ 11

Ο κυκλικός κόμβος «Δακτυλίδι» σχεδιάστηκε με την ίδια μεθοδολογία όπως και η Λεωφόρος Κηφισίας. Έχοντας το σχέδιο της οριζοντιογραφίας ως υπόβαθρο, σχεδιάστηκε το κατάστρωμα του οδοστρώματος με τη χρήση της εντολής Model in Place/Extrusion. Στη συνέχεια σχεδιάστηκαν τα περιμετρικά πεζοδρόμια με την ίδια μεθοδολογία.



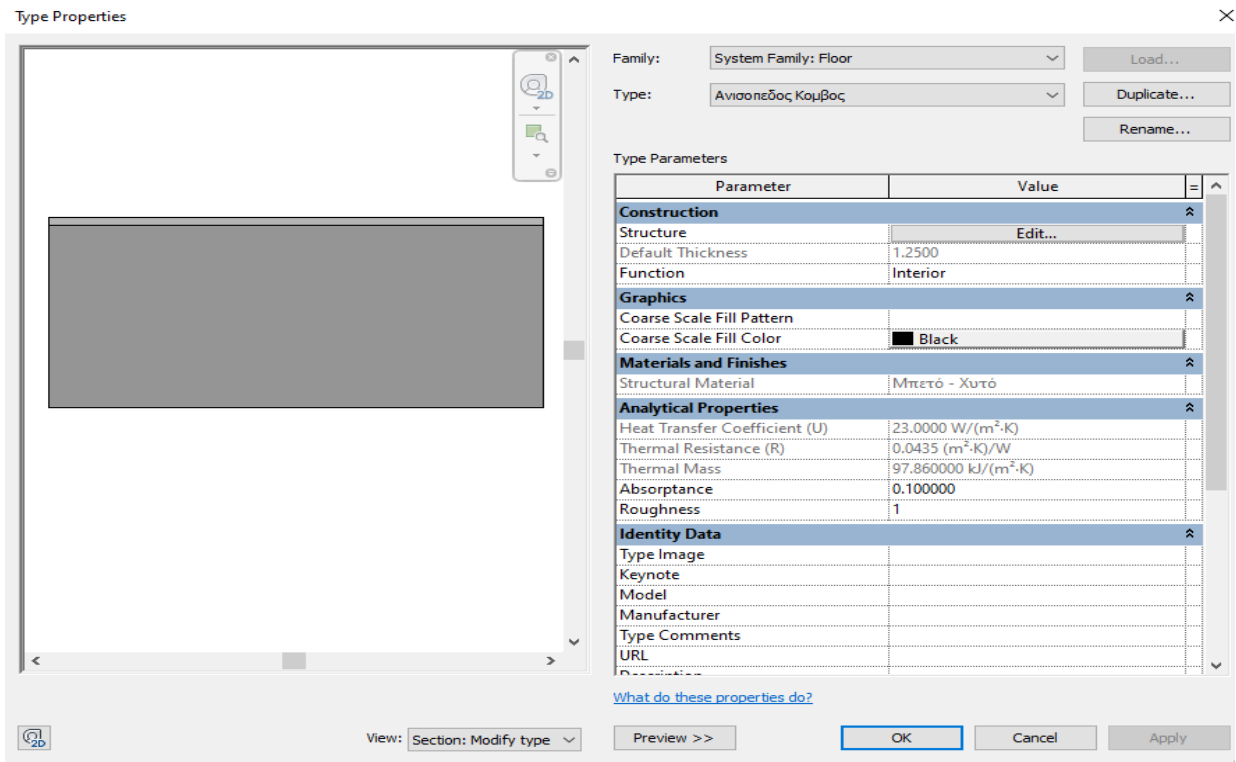
Εικόνα 38: 3D απεικόνιση κυκλικού κόμβου (ψηφιακό αντίγραφο)



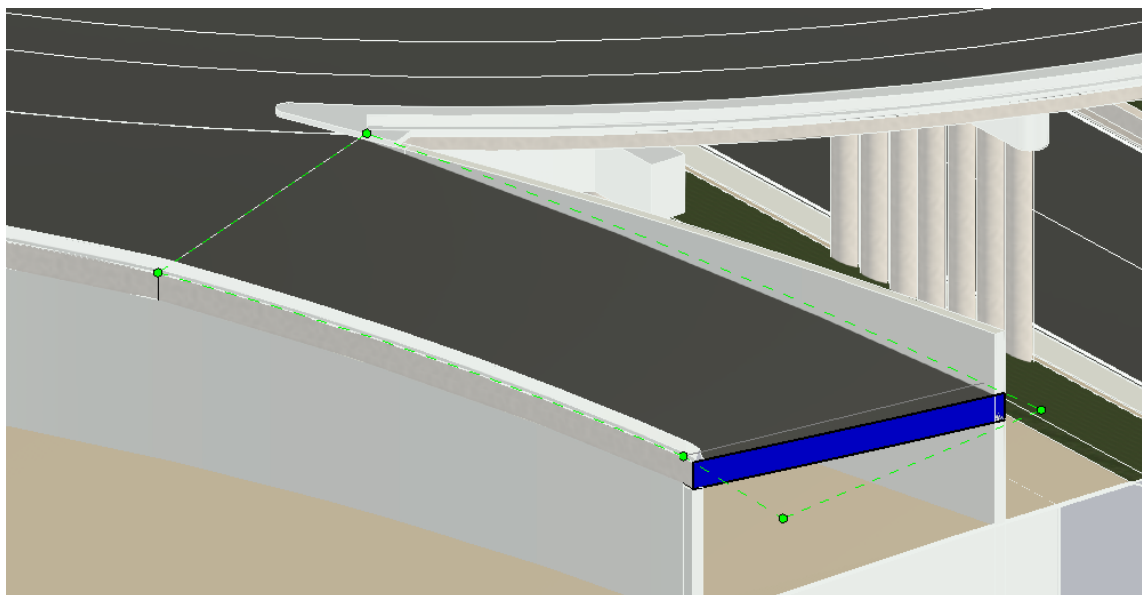
*Εικόνα 39: Τυπική διατομή κυκλικού κόμβου (ψηφιακό αντίγραφο)*

Η θεμελίωση του κυκλικού κόμβου γίνεται με τη χρήση συστήματος πασσάλων και δοκών από σκυρόδεμα. Η σχεδίαση των τμημάτων αυτών έγινε με τη χρήση τυποποιημένης κολώνας της ομάδας (Family) M\_Round Column και τύπων διαμέτρου 1,0μ και 1,2μ κατά περίπτωση. Οι δοκοί σύνδεσης σχεδιάστηκαν με τη χρήση της εντολής Model In place/ Extrusion.

Για τη σχεδίαση των τεσσάρων ανισόπεδων κόμβων αρχικά σχεδιάστηκαν τα πλευρικά τοιχία με χρήση τυπικού στοιχείου τοίχου (Basic Wall), και τύπου Δομικός Μπετό πλάτους 50εκ. Η σχεδίαση του οδοστρώματος έγινε με τη χρήση αντικειμένου δαπέδου (Floor) πάχους 1,25m. Για τη σχεδίαση του κεκλιμένου οδοστρώματος χρησιμοποιήθηκαν κατάλληλες εντολές μορφοποίησης.



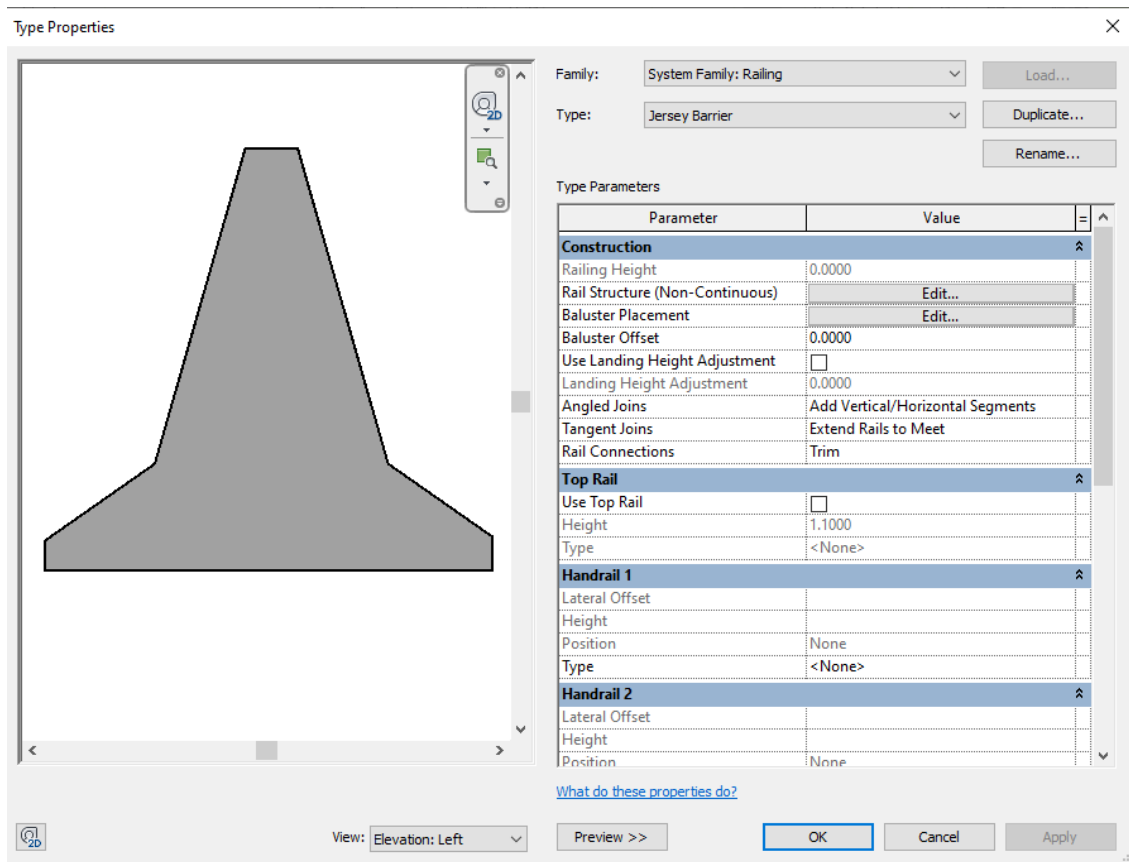
Εικόνα 40: Χαρακτηριστικά δαπέδου ανισόπεδων κόμβων (ψηφιακό αντίγραφο)



Εικόνα 41: Μορφοποίηση δαπέδου ανισόπεδων κόμβων (ψηφιακό αντίγραφο)

Η σχεδίαση των προκατασκευασμένων στηθαίων στην άκρη των οδικών αξόνων έγινε με τη χρήση της εντολής Railing. Συγκεκριμένα σχεδιάστηκε

εξαρχής το αντικείμενο και εφαρμόστηκε ως στοιχείο στηθαίου στην άκρη του δρόμου.



Εικόνα 42: Τυπική στηθαίου τύπου Jersey (ψηφιακό αντίγραφο)

# Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup>: Συμπεράσματα

## 6.1. Το BIM ως εργαλείο στην ενίσχυση της ανθεκτικότητας

Η τεχνολογία θα παίξει πολύ ζωτικό ρόλο. Η μετάβαση από την παραδοσιακή μέθοδο εργασίας στην χρήση τεχνολογιών BIM είναι βασικά μία μεγάλη επένδυση αλλά απαραίτητη. Τεράστια αναπτυξιακά έργα, περιβαλλοντικές ανησυχίες και οι αυξανόμενες ιδιωτικές επενδύσεις σε υποδομές οδηγούν στην υιοθέτηση ολοκληρωμένων λύσεων χρησιμοποιώντας τεχνολογίες BIM, γεωχωρικής και τρισδιάστατης απεικόνισης για την έξυπνη μοντελοποίηση υποδομών και περιβαλλόντων πόλης.

Με την ενσωμάτωση του BIM, η ανάπτυξη και η συντήρηση της υποδομής θα δημιουργήσει μοντέλα που θα εξαλείφουν τον πλεονασμό δεδομένων, την κακή επικοινωνία και την δαπανηρή κατασκευή, λειτουργία και συντήρηση.

Η τεχνολογία BIM μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τους εξής σκοπούς:

- Οραματισμός: οι τρισδιάστατες αποδόσεις μπορούν να δημιουργηθούν εύκολα με λιγότερη προσπάθεια.
- Σχέδια κατασκευής: μπορεί να βοηθήσει στην παραγωγή σχεδίων για διάφορες κατασκευές.
- Ανάλυση προσομοίωσης: ένα μοντέλο μπορεί εύκολα να προσαρμοστεί για να απεικονίσει γραφικά την απόδοση του κτιρίου, όπως μελέτη απευθείας ηλιακού φωτός, φυσικός αερισμός, κέρδος θερμότητας, σχέδια εκκένωσης κ.λπ.
- Διαχείριση εγκαταστάσεων: ένα μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ανακαινίσεις, σχεδιασμό χώρου και δραστηριότητες λειτουργίας και συντήρησης.
- Εκτίμηση κόστους: Ορισμένα λογισμικά BIM διαθέτουν ενσωματωμένες δυνατότητες εκτίμησης κόστους. Οι ποσότητες υλικών μπορούν να εξαχθούν και να ενημερωθούν αυτόματα όταν γίνονται αλλαγές σε ένα μοντέλο (Revit).

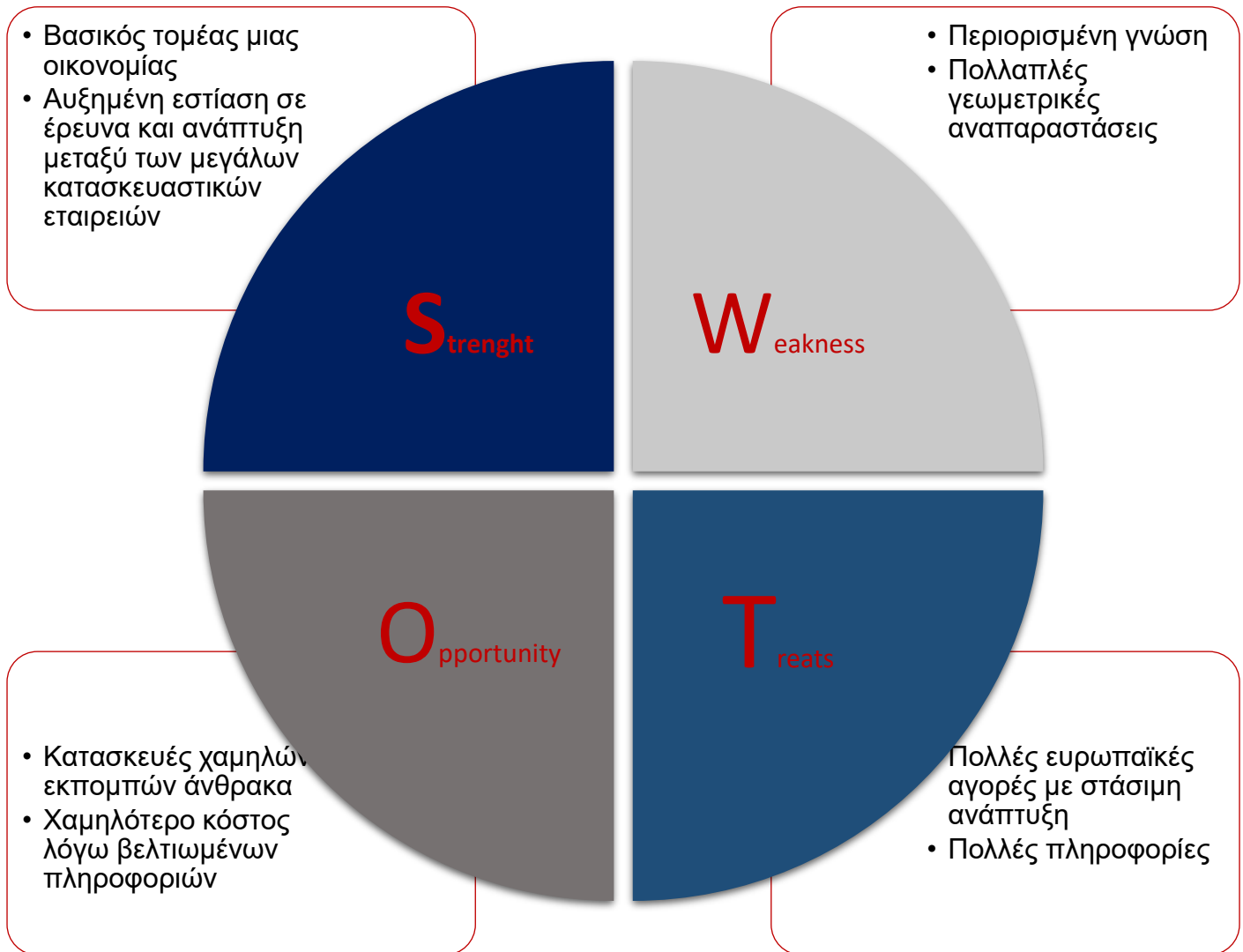


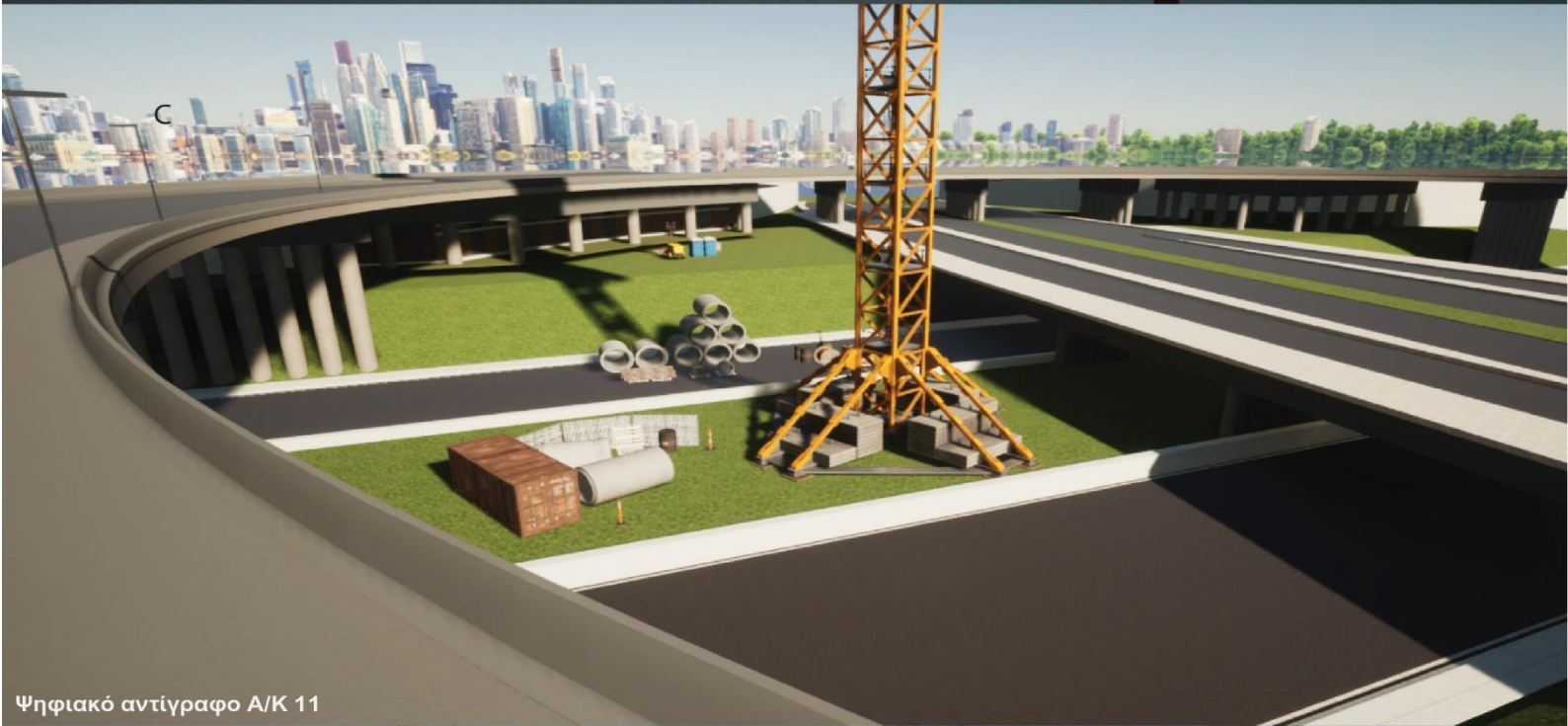
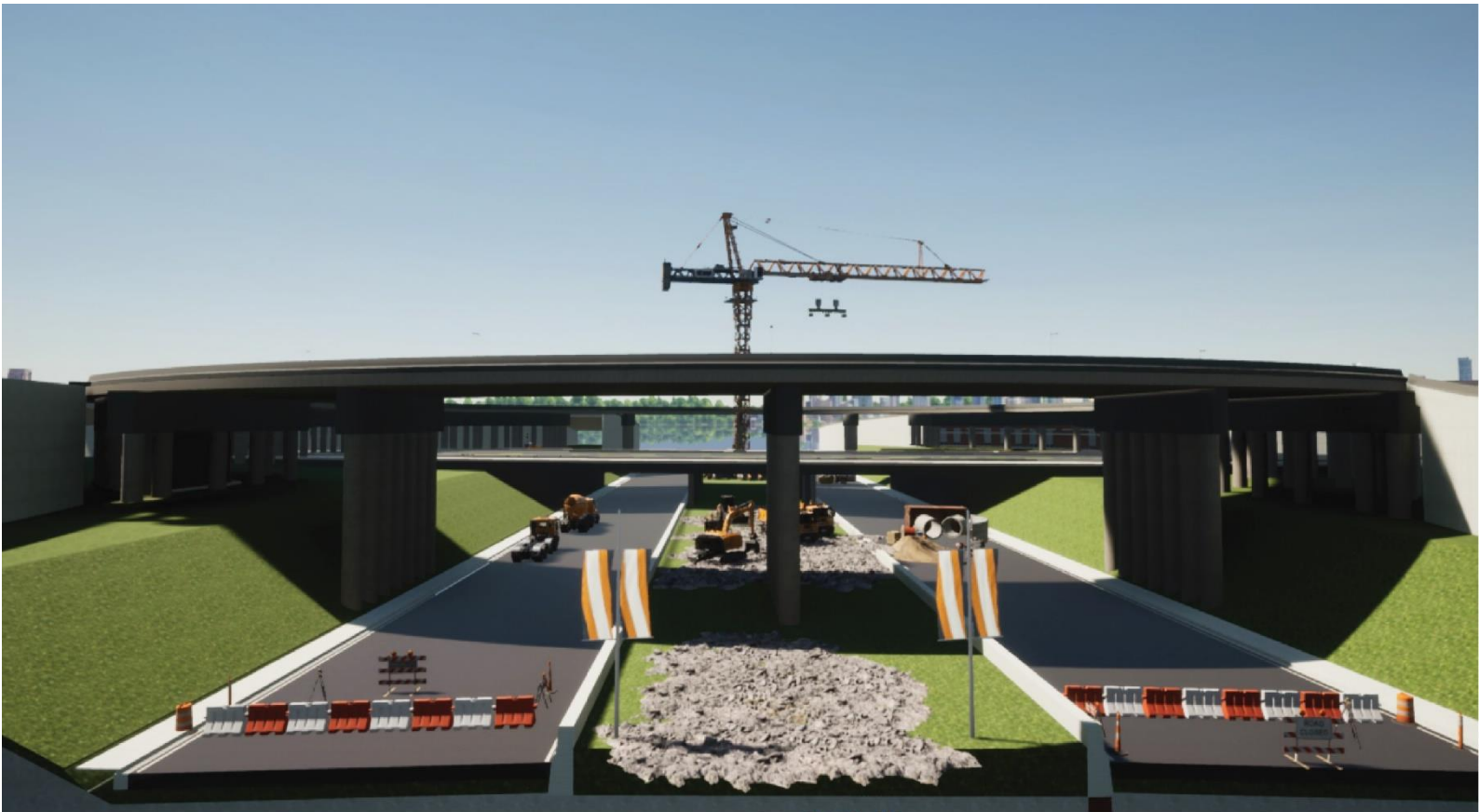
- Αλληλουχία κατασκευής: ένα μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά για την παροχή ακριβών πληροφοριών για παραγγελίες υλικών, κατασκευή και χρονοδιαγράμματα παράδοσης.
- Ανίχνευση/έλεγχος σύγκρουσης, παρεμβολής και σύγκρουσης: επειδή τα μοντέλα BIM δημιουργούνται για κλίμακα και στον τρισδιάστατο χώρο, όλα τα κύρια συστήματα μπορούν να ελεγχθούν για παρεμβολές. Ως εκ τούτου, αυτή η διαδικασία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να επαληθευτεί εάν τα δομικά στοιχεία έρχονται σε σύγκρουση μεταξύ τους.
- Βιωσιμότητα: Το BIM είναι συχνά το σημείο εκκίνησης για την ανάλυση ενεργειακής απόδοσης νέων ή υφιστάμενων κτιρίων.

Οι κυβερνήσεις βέβαια διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην προώθηση του BIM. Μπορούν να επιταχύνουν την υιοθέτησή της επιβάλλοντας την σε έργα, φέρνοντας άλλους ενδιαφερόμενους σε πιλοτικά έργα, προωθώντας την κατάρτιση και θεσπίζοντας οικονομικά και άλλα κίνητρα. Το BIM θα πετύχει μόνο εάν τα ενδιαφερόμενα μέρη συνεργαστούν για ένα κοινό όραμα μέσω ενός κοινού σχεδίου. Κάτι τέτοιο θα επιτρέψει στην κοινωνία να απολαύσει τα πολλά οφέλη του BIM, όπως πιο προσιτές υποδομές και στέγαση, ασφαλέστερη και πιο προβλέψιμη παράδοση έργων, πιο βιώσιμο και ανθεκτικό δομημένο περιβάλλον και παροχή υπηρεσιών υψηλότερης ποιότητας για τους τελικούς χρήστες.

Ωστόσο σε χώρες όπως η Ελλάδα, το BIM δεν έχει θέση στην αγορά. Οι εταιρείες δεν έχουν παραδείγματα επιτυχίας από την εφαρμογή BIM και τα δεδομένα αυτά δεν είναι αρκετά για τη διάδοση της τεχνολογίας. Ένας ακόμη παράγοντας που συμβάλει στη διστακτικότητα των εταιρειών σχετικά με το BIM, είναι η έλλειψη στήριξης και διάδοσης της τεχνολογίας από δημόσιους φορείς. Δεν είναι τυχαίο άλλωστε πως στις χώρες που ηγούνται της απόπειρας εφαρμογής BIM υπάρχουν κυβερνητικά προγράμματα προώθησης και στήριξης της εφαρμογής της τεχνολογίας.

## 6.2. SWOT ανάλυση





Ψηφιακό αντίγραφο A/K 11



## Βιβλιογραφία

[1]

N. O. Nawari and M. Kuenstle, *Building information modeling: framework for structural design*. Boca Raton: Crc Press, 2015.

[2]

W. Kymmell, *Building information modeling: planning and managing construction projects with 4D CAD and simulations*. New York: Mcgraw-Hill, Cop, 2008.

[3]

A. Farzaneh, D. Monfet, and D. Forgues, “Review of using Building Information Modeling for building energy modeling during the design process,” *Journal of Building Engineering*, vol. 23, pp. 127–135, May 2019, doi: 10.1016/j.jobe.2019.01.029.

[4]

B. Kumar, “Building Information Modeling,” *International Journal of 3-D Information Modeling*, vol. 1, no. 4, pp. 1–7, Oct. 2012, doi: 10.4018/ij3dim.2012100101.

[5]

Yusuf Arayici, J. Counsell, Lamine Mahdjoubi, G. Nagy, Suhayr Zakī Ḥawwās, and Khaled Dweidar, *Heritage building information modelling*. Abingdon, Oxon: Routledge, 2017.

[6]

B. D. Ilozor and D. J. Kelly, “Building Information Modeling and Integrated Project Delivery in the Commercial Construction Industry: A Conceptual Study,” *Journal of Engineering, Project, and Production Management*, vol. 2, no. 1, pp. 23–36, Jan. 2012, doi: 10.32738/jepm.201201.0004.

[7]

J. Jupp, “BIM INVESTMENT: UNDERSTANDING VALUE, RETURN AND MODELS OF ASSESSMENT,” 2013. [Online]. Available: <https://www.library.auckland.ac.nz/external/finalproceeding/Files/Papers/46530Final00075.pdf>

[8]

L. E. Bygballe, M. Jahre, and A. Swärd, "Partnering relationships in construction: A literature review," *Journal of Purchasing and Supply Management*, vol. 16, no. 4, pp. 239–253, Dec. 2010, doi: 10.1016/j.pursup.2010.08.002.

[9]

C. Black, A. Akintoye, and E. Fitzgerald, "An analysis of success factors and benefits of partnering in construction," *International Journal of Project Management*, vol. 18, no. 6, pp. 423–434, Dec. 2000, doi: 10.1016/s0263-7863(99)00046-0.

[10]

P. S. P. Wong and S. O. Cheung, "Structural Equation Model of Trust and Partnering Success," *Journal of Management in Engineering*, vol. 21, no. 2, pp. 70–80, Apr. 2005, doi: 10.1061/(asce)0742-597x(2005)21:2(70).

[11]

W. Tang, C. F. Duffield, and D. M. Young, "Partnering Mechanism in Construction: An Empirical Study on the Chinese Construction Industry," *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 132, no. 3, pp. 217–229, Mar. 2006, doi: 10.1061/(asce)0733-9364(2006)132:3(217).

[12]

I. H. El-adaway, "Integrated Project Delivery Case Study: Guidelines for Drafting Partnering Contract," *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction*, vol. 2, no. 4, pp. 248–254, Nov. 2010, doi: 10.1061/(asce)la.1943-4170.0000024.

[13]

Z. Kahvandi, E. Saghatforoush, A. ZareRavasan, and M. L. Viana, "A Review and Classification of Integrated Project Delivery Implementation Enablers," *Journal of Construction in Developing Countries*, vol. 25, no. 2, pp. 219–236, Dec. 2020, doi: 10.21315/jcdc2020.25.2.9.

[14]

M. Mihic, J. Sertic, and I. Zavrski, "Integrated Project Delivery as Integration between Solution Development and Solution Implementation," *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 119, pp. 557–565, Mar. 2014, doi: 10.1016/j.sbspro.2014.03.062.

[15]

“Integrated Project Delivery for Public and Private Owners.” Accessed: Jun. 09, 2022. [Online]. Available: [https://cdn-files.nsba.org/s3fs-public/file/03\\_xb\\_Powell\\_Keith\\_Discussion\\_Solicitations\\_Minutes\\_Cost\\_Sheet.pdf?BF3Qu4FP92qyys2ncv44WfcUP9SoGWUV](https://cdn-files.nsba.org/s3fs-public/file/03_xb_Powell_Keith_Discussion_Solicitations_Minutes_Cost_Sheet.pdf?BF3Qu4FP92qyys2ncv44WfcUP9SoGWUV)

[16]

N. Azhar, Y. Kang, and I. U. Ahmad, “Factors Influencing Integrated Project Delivery in Publicly Owned Construction Projects: An Information Modelling Perspective,” *Procedia Engineering*, vol. 77, pp. 213–221, 2014, doi: 10.1016/j.proeng.2014.07.019.

[17]

J. Smallwood, “The practice of construction management,” *Acta Structilia*, vol. 13, no. 2, pp. 62–89, Dec. 2006, Accessed: Jun. 09, 2022. [Online]. Available: <https://journals.ufs.ac.za/index.php/as/article/view/1521>

[18]

V. Grover and W. J. Kettinger, *Process think: winning perspectives for business change in the information age*. Hershey, Pa.: Idea Group Pub, 2000.

[19]

F. Jernigan, *Big Bim Little Bim: the Practical Approach to Building Information Modeling - Integrated Practice Done the Right Way!* 2010.

[20]

K. M. Kensek, D. J. Noble, and C. Eastman, *Building information modeling: BIM in current and future practice*. Hoboken, New Jersey: Wiley, [Of, 2015. [Online]. Available: <https://www.wiley.com/en-us/Building+Information+Modeling%3A+BIM+in+Current+and+Future+Practice-p-9781118766309>

[21]

M. Ingemansson Havensvid, *The connectivity of innovation in the construction industry*. New York, NY: Routledge, 2019.

[22]

D. Cao, H. Li, and G. Wang, “Impacts of Isomorphic Pressures on BIM Adoption in Construction Projects,” *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 140, no. 12, p. 04014056, Dec. 2014, doi: 10.1061/(asce)co.1943-7862.0000903.

[23]

X. Jiang, "Thesis Title: Developments in Cost Estimating and Scheduling in BIM technology," 2013. [Online]. Available: <https://repository.library.northeastern.edu/files/neu:835/fulltext.pdf>

[24]

B. Succar, "Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders," *Automation in Construction*, vol. 18, no. 3, pp. 357–375, May 2009, doi: 10.1016/j.autcon.2008.10.003.

[25]

B2Green, "Building Information Modeling: Ο ορισμός, τα οφέλη και τα εμπόδια στην ενσωμάτωση του BIM στην μελέτη – κατασκευή έργων," *B2green.gr*, 2012. <https://www.b2green.gr/el/post/52942/building-information-modeling-o-orismos-ta-ofeli-kai-ta-empodia-stin-ensomatosi-tou-vim-stin-meleti-%E2%80%93-kataskevi-ergon> (accessed Jun. 09, 2022).

[26]

BibLus, "BIM maturity Levels: from stage 0 to stage 3," *BibLus*, Oct. 08, 2019. <https://biblus.accasoftware.com/en/bim-maturity-levels-from-stage-0-to-stage-3/>

[27]

R. Zieliński and M. Wójtowicz, "Different BIM levels during the design and construction stages on the example of public utility facilities," 2019, doi: 10.1063/1.5092078.

[28]

B. McAuley, A. V. Hore, and R. P. West, "BIM Macro Adoption Study," *International Journal of 3-D Information Modeling*, vol. 7, no. 1, pp. 1–14, Jan. 2018, doi: 10.4018/ij3dim.2018010101.

[29]

asti.com, "Beyond 3D – The Next 5 Dimensions of BIM," *Applied Software*, Jan. 25, 2021. <https://www.asti.com/beyond-3d-the-next-5-dimensions-of-bim/> (accessed Jun. 10, 2022).

[30]

S. Paul, "BIM adoption around the world: how good are we?" *Geospatial World*, Dec. 14, 2018. <https://www.geospatialworld.net/article/bim-adoption-around-the-world-how-good-are->







*Personalized Medicine*, vol. 7, no. 2, p. 3, May 2017, doi:  
10.3390/jpm7020003.

[38]

A. Y. Kamara, R. Abaidoo, J. Kwari, and L. Omoigui, "Influence of phosphorus application on growth and yield of soybean genotypes in the tropical savannas of northeast Nigeria," *Archives of Agronomy and Soil Science*, vol. 53, no. 5, pp. 539–552, Oct. 2007, doi: 10.1080/03650340701398452.

[39]

G. Agyekum-Mensah, A. Knight, and C. Coffey, "4Es and 4 Poles model of sustainability," *Structural Survey*, vol. 30, no. 5, pp. 426–442, Nov. 2012, doi: 10.1108/02630801211288206.

[40]

H. Ferdosi, H. Abbasianjahromi, S. Banihashemi, and M. Ravanshadnia, "BIM applications in sustainable construction: scientometric and state-of-the-art review," *International Journal of Construction Management*, pp. 1–13, Jan. 2022, doi: 10.1080/15623599.2022.2029679.

[41]

E. Krygiel and B. Nies, *Green BIM: successful sustainable design with building information modeling*. Indianapolis, Indiana: Wiley Publishing, 2008.

[42]

Tatjana Dzambazova, G. Demchak, and E. Krygiel, *Mastering Revit architecture 2008*. Hoboken: Wiley, 2008.

[43]

I. Nassi, "Scalable computing systems for future smart cities," *IET Smart Cities*, Mar. 2022, doi: 10.1049/smc2.12026.

[44]

H. M. Habib and E. Kadhim R., "Employ 6D-BIM Model Features for Buildings Sustainability Assessment," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 901, p. 012021, Sep. 2020, doi: 10.1088/1757-899x/901/1/012021.

[45]

A. Costin, A. Adibfar, H. Hu, and S. S. Chen, "Building Information Modeling (BIM) for transportation infrastructure – Literature review, applications,

challenges, and recommendations,” *Automation in Construction*, vol. 94, pp. 257–281, Oct. 2018, doi: 10.1016/j.autcon.2018.07.001.

[46]

Sensing R 2016 BIM & GIS Connectivity paves the way for really Smart Cities. BIM GIS Connect. Paves W. really Smart Cities. 14 pp19-24

[47]

Shirowzhan S, Tan W and Sepasgozar 2020 SME Digital twin and CyberGIS for improving connectivity and measuring the impact of infrastructure construction planning in smart cities ISPRS *Int. J. Geo-Information* 9

[48]

Lü, G., Batty, M., Strobl, J., Lin, H., Zhu, A. X., & Chen, M. (2019). Reflections and speculations on the progress in Geographic Information Systems (GIS): a geographic perspective. *International journal of geographical information science*, 33(2), 346-367

[49]

Zhu, J., Wright, G., Wang, J., & Wang, X. (2018). A critical review of the integration of geographic information system and building information modelling at the data level. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(2), 66.

[50]

Y., Zadeh, P. A., Staub-French, S., & Pottinger, R. (2017). Integrating GIS and BIM for Community-Scale Energy Modeling. *In International Conference on Sustainable Infrastructure 2017* (pp. 185-196).

[51]

Wang, H., Pana, Y., & Luo, X. (2019). Integration of BIM and GIS in sustainable built environment: A review and bibliometric analysis. *Automation in Construction*, Volume 103, July 2019, Pages 41-52.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.03.005>

[52]

HERLE, Stefan, et al. GIM and BIM. PFG-Journal of Photogrammetry, *Remote Sensing and Geoinformation Science*, 2020, 88.1: 33-42.

[53]

Beck, F., Borrmann, A., & Kolbe, T. H. (2020). The need for a differentiation between heterogeneous information integration approaches in the field of “BIM-GIS Integration”: a literature review. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 6, 21-28.

[54]

Kumar K, Labetski A, Arroyo Ohori K, Ledoux H, Stoter J (2019) The LandInfra standard and its role in solving the BIM-GIS quagmire. *Open Geospatial Data Softw Stand* 4(5):1–16.