



ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ:
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΡΓΟΥ (PROJECT
MANAGEMENT) ΣΤΗΝ ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΒΙΩΣΙΜΩΝ
ΠΡΑΚΤΙΚΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ
ΚΟΣΤΟΥΣ ΣΤΟΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΟ ΚΛΑΔΟ»**

ΚΩΝΣΤΑΝΤΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ Α' ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΤΣΟΥΚΑΛΑ ΒΑΣΙΛΙΚΗ
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ Β' ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΝΙΚΟΛΑΟΥ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΑΘΗΝΑ,
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2026

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη.....	3
Abstract	4
Κεφάλαιο 1 ^ο : Εισαγωγή	5
1.1. Πλαίσιο και σημασία θέματος	5
1.2. Αντικείμενο και σκοπός εργασίας	6
1.3. Ερευνητικοί Άξονες	7
1.4. Μεθοδολογική Προσέγγιση	7
Κεφάλαιο 2 ^ο : Βιβλιογραφική Ανασκόπηση.....	8
2.1. Θεωρητικές Προσεγγίσεις της Διοίκησης Έργου (Project Management)	8
2.1.1. Η Έννοια της Διοίκησης Έργου (Project Management).....	8
2.1.2. Διοίκηση Έργου στον Τομέα των Κατασκευών	9
2.1.3. Χαρακτηριστικά και Μέθοδοι	13
2.1.4. Διοίκηση Κόστους Έργου στη Βιβλιογραφία.....	22
2.2. Διοίκηση Έργου με Επίκεντρο τη Βιωσιμότητα στον Κατασκευαστικό Κλάδο	26
2.2.1. Η Έννοια της Βιωσιμότητας	26
2.2.2. Διαστάσεις Βιωσιμότητας στη Διοίκηση Έργου	29
2.2.3. Βιώσιμες Πρακτικές στον Κατασκευαστικό Κλάδο.....	33
2.3. Σύνδεση Βιώσιμων Πρακτικών και Βελτιστοποίηση Κόστους.....	45
2.3.1. Οικονομικά Οφέλη Βιώσιμων Πρακτικών	45
2.3.2. Συγκριτικές Μελέτες μεταξύ Βιώσιμων και Συμβατικών Έργων	48
2.3.3. Προκλήσεις κι Εμπόδια	52
2.4. Ρόλος Διοίκησης Έργου (Project Management) στη Βιωσιμότητα.....	55
2.4.1. Εργαλεία Project Management και Βιωσιμότητα	55
2.4.2. Στρατηγικός Ρόλος του Project Manager.....	63
Κεφάλαιο 3 ^ο : Συμπεράσματα	65
Κεφάλαιο 4 ^ο : Βιβλιογραφικές Αναφορές	67

Περίληψη

Ο κλάδος των κατασκευών αφορά έναν εκ των σημαντικότερων πυλώνων της διεθνούς οικονομίας, καθώς συμβάλλει με καθοριστικό τρόπο στην κατασκευή υποδομών, στην τόνωση της οικονομίας και στον πολλαπλασιασμό των θέσεων εργασίας. Ταυτόχρονα, όμως, αναγνωρίζεται για την υψηλή κατανάλωση φυσικών πόρων και τις αυξημένες ενεργειακές απαιτήσεις του και, συνακόλουθα, για το σημαντικό περιβαλλοντικό αποτύπωμά του, πράγμα που καθιστά επιτακτική τη μεταστροφή σε πιο βιώσιμες μεθόδους κατασκευής και διοίκησης των έργων. Στο πλαίσιο αυτό, η διοίκηση έργου (project management), αναδύεται ως καθοριστικός παράγοντας ενσωμάτωσης βιώσιμων πρακτικών, με παράλληλη επιδίωξη της βελτιστοποίησης του κόστους και της μακροχρόνιας αποδοτικότητας των έργων. Η παρούσα διπλωματική εργασία διερευνεί τη συμβολή της διοίκησης έργου στην υλοποίηση βιώσιμων κατασκευαστικών πρακτικών, αποδίδοντας έμφαση στη διαχείριση του κόστους και στη μακροπρόθεσμη αποδοτικότητα των έργων. Η έρευνα στηρίζεται στη μέθοδο της συστηματικής βιβλιογραφικής ανασκόπησης, μέσω αξιοποίησης επιστημονικών πηγών. Στην εργασία αναλύονται θέματα όπως η ενεργειακή απόδοση, τα βιώσιμα υλικά, η διαχείριση των αποβλήτων, ο έλεγχος κόστους κι ο στρατηγικός ρόλος του project manager, ενώ, ταυτόχρονα, εξετάζεται η συνεισφορά ψηφιακών εργαλείων, όπως το Building Information Modeling (BIM), η τεχνητή νοημοσύνη (AI) και τα Project Management Information Systems (PMIS) στην προώθηση της βιώσιμης ανάπτυξης, με παράλληλο έλεγχο του κόστους. Τα πορίσματα της παρούσας εργασίας υποδεικνύουν ότι οι βιώσιμες πρακτικές δύνανται να περιορίσουν το συνολικό κόστος του κύκλου ζωής των κατασκευαστικών έργων και να διατηρήσουν τη μακροπρόθεσμη αξία τους, υπό τον όρο επίτευξης αποτελεσματικής διοίκησης έργου και σωστής αξιοποίησης των διαθέσιμων τεχνολογικών εργαλείων.

Λέξεις-κλειδιά: *διοίκηση έργου, κατασκευαστικός κλάδος, βιωσιμότητα, βελτιστοποίηση κόστους.*

Abstract

The construction sector is one of the most important pillars of the global economy, as it plays a crucial role in infrastructure development, economic stimulation, and job creation. At the same time, however, it is recognized for its high consumption of natural resources and increased energy demands and, consequently, for its significant environmental footprint, making the shift to more sustainable construction and project management methods imperative. In this context, project management emerges as a key factor in integrating sustainable practices, while simultaneously seeking to optimize costs and ensure the long-term efficiency of projects. This thesis explores the contribution of project management to the implementation of sustainable construction practices, with an emphasis on cost management and the long-term efficiency of projects. The research is based on a systematic literature review, utilizing scientific sources. The study analyzes topics such as energy efficiency, sustainable materials, waste management, cost control, and the strategic role of the project manager, while simultaneously examining the contribution of digital tools, such as Building Information Modeling (BIM), artificial intelligence (AI), and Project Management Information Systems (PMIS) in promoting sustainable development, while maintaining cost control. The findings of this study indicate that sustainable practices can reduce the total life-cycle cost of construction projects and maintain their long-term value, provided that effective project management is achieved and available technological tools are properly utilized.

Keywords: project management, construction sector, sustainability, cost optimization.

Κεφάλαιο 1^ο: Εισαγωγή

1.1. Πλαίσιο και σημασία θέματος

Ο κατασκευαστικός κλάδος συνιστά έναν εκ των σημαντικότερων τομέων της διεθνούς κι εθνικής οικονομίας, συνεισφέροντας με ουσιαστικό τρόπο στη δημιουργία θέσεων εργασίας, στην κατασκευή υποδομών, καθώς και στην προώθηση της συνολικής αναπτυξιακής δυναμικής ενός κράτους. Σε διεθνές επίπεδο, οι κατασκευές είναι άμεσα συνδεδεμένες με την οικονομική άνοδο, το φαινόμενο της αστικοποίησης και την ενίσχυση της ποιότητας ζωής, καθώς προσφέρουν βασικές υποδομές, όπως κατοικίες, δίκτυα μεταφορών, ενεργειακές και κοινωνικές υποδομές.

Μολαταύτα, η οικονομική σημασία του τομέα αυτού συχνά ευθύνεται για κατάχρηση πόρων, ενώ επιφέρει σημαντικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Σύμφωνα με στοιχεία του United Nations Environmental Programme (2022), ο κατασκευαστικός κλάδος είναι υπεύθυνος περίπου για το 37% των παγκοσμίων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) που σχετίζονται με την ενέργεια. Την ίδια στιγμή, αξιοποιεί σημαντικό μέρος πρώτων υλών κι ενέργειας, ενώ ευθύνεται για σημαντικό μέρος των παραχθέντων αποβλήτων. Βάσει των παραπάνω, ο τομέας των κατασκευών τοποθετείται στο επίκεντρο του παγκοσμίου διαλόγου για τη βιώσιμη ανάπτυξη.

Οι σημερινές προκλήσεις στον κατασκευαστικό κλάδο έχουν δύο πτυχές, την περιβαλλοντική και την οικονομική. Από τη μία βρίσκεται το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής και η εξάντληση των φυσικών πόρων, με τις αυξανόμενες απαιτήσεις των περιβαλλοντικών νομοθεσιών να ασκούν πίεση υιοθέτησης βιώσιμων πρακτικών. Από την άλλη, ο πολλαπλασιασμός του κόστους για πρώτες ύλες, οι διακυμάνσεις των ενεργειακών αγορών και η επιταγή αυστηρού ελέγχου των προϋπολογισμών ενισχύουν τις απαιτήσεις αποτελεσματικής διαχείρισης του κόστους.

Η συμβατική προσέγγιση της διαχείρισης κατασκευαστικών έργων προσανατολιζόταν κατά κύριο λόγο στην «τριπλή περιοριστική συνθήκη», η οποία αφορά το κόστος, τον χρόνο, και την ποιότητα (PMI, 2021). Μολαταύτα, η σύγχρονη βιβλιογραφία υποστηρίζει ότι η βιωσιμότητα χρειάζεται να ενταχθεί ως τέταρτη διάσταση σε ό,τι αφορά τη διαχείριση έργων. Μια τέτοια προσέγγιση επαναπροσδιορίζει το ενδιαφέρον από τη βραχυπρόθεσμη οικονομική απόδοση, εστιάζοντας στη μακροπρόθεσμη αξία (Silvius & Schipper, 2014).

Η πεποίθηση ότι η βιωσιμότητα επιφέρει αυξημένο κόστος τίθεται υπό αμφισβήτηση ολοένα και περισσότερο. Σύμφωνα με τους Huemman και Silvius (2017), η έννοια του triple bottom line (οικονομική, περιβαλλοντική και κοινωνική διάσταση) επισημαίνει ότι η βιώσιμη ανάπτυξη δύναται να τονώσει τη συνολική απόδοση μιας επιχείρησης. Στο πλαίσιο μιας κατασκευής, η υλοποίηση πρακτικών όπως είναι ο σχεδιασμός του κύκλου ζωής (life cycle costing), η ενεργειακή απόδοση και η αξιοποίηση βιώσιμων υλικών δύναται να οδηγήσει σε λιγότερα λειτουργικά κόστη και σε αυξημένη μακροπρόθεσμη αξία.

Συνεπώς, καθίσταται απαραίτητη μια συστηματική διοικητική προσέγγιση, μέσω της οποίας θα είναι εφικτή η υιοθέτηση βιώσιμων πρακτικών χωρίς την υπονόμηση της οικονομικής αποδοτικότητας. Το εργαλείο που μπορεί να εκτελέσει αυτό το ρόλο είναι η διοίκηση έργου, ευρέως γνωστό ως «project management».

1.2. Αντικείμενο και σκοπός εργασίας

Η παρούσα εργασία αφορά ποιοτική ερευνητική προσέγγιση, η οποία στηρίζεται στη συστηματική βιβλιογραφική ανασκόπηση τόσο διεθνών, όσο κι ελληνικών επιστημονικών / ακαδημαϊκών πηγών. Η επιλογή της συγκεκριμένης μεθόδου έγκειται στον θεωρητικό και σύνθετο χαρακτήρα του θέματος, καθώς αποβλέπει στη συγκριτική ανάλυση διαφορετικών αναλυτικών προσεγγίσεων, με την ανάδειξη ομοιοτήτων κι αποκλίσεων. Μέσα από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση επιτυγχάνεται η κατανόηση της εξέλιξης της έννοιας της βιώσιμης διοίκησης έργου, καθώς και η αξιολόγηση των ερευνών που έχουν αναπτυχθεί προηγουμένως (Silvius, 2017).

Σκοπός της μελέτης αποτελεί η διερεύνηση του ρόλου της διοίκησης έργου στην υιοθέτηση βιώσιμων πρακτικών στον τομέα των κατασκευών, αποβλέποντας στη βελτιστοποίηση του κόστους και στην μεγιστοποίηση της μακροχρόνιας αποδοτικότητας εκάστου έργου.

Η διοίκηση έργου γίνεται αντιληπτή ως η εφαρμογή γνώσεων, ικανοτήτων, μεθόδων και εργαλείων στις δραστηριότητες ενός έργου, ώστε να επιτευχθούν οι στόχοι του. Στις μέρες μας, ο ρόλος της δεν περιορίζεται στην τήρηση χρονικών προθεσμιών και προϋπολογισμών, αλλά εκτείνεται και σε στρατηγικές αποφάσεις, οι οποίες επιδρούν με καθοριστικό ρόλο στη βιωσιμότητα και την κοινωνική υπευθυνότητα (PMI, 2021).

1.3. Ερευνητικοί Άξονες

Διοίκηση έργου και βιωσιμότητα

Ο πρώτος ερευνητικός άξονας αναφέρεται στο θεωρητικό συσχετισμό του project management και της βιωσιμότητας. Ο όρος «sustainable project management» ενσωματώνει περιβαλλοντικές, κοινωνικές κι οικονομικές παραμέτρους στον κύκλο ζωής ενός έργου. Μια τέτοια προσέγγιση χρειάζεται διαφοροποίηση της νοοτροπίας και επαναπροσδιορισμό των καθηκόντων ενός project manager.

Βιώσιμες πρακτικές και κόστος στον κατασκευαστικό κλάδο

Ο δεύτερος άξονας αναφέρεται στο συσχετισμό βιωσιμότητας και κόστους. Συγκεκριμένα, διερευνάται η έννοια του life cycle costing, βάσει της οποίας το συνολικό κόστος ενός κατασκευαστικού έργου δεν αφορά μόνο την κατασκευή, αλλά και τη λειτουργία, τις εργασίες συντήρησης κι αποξήλωσης (ISO 15686-5, 2017). Βάσει αυτής της προσέγγισης, οι βιώσιμες επιλογές ενδεχομένως να μεγιστοποιούν το αρχικό κόστος μιας επένδυσης, αλλά περιορίζουν το συνολικό κόστος του κύκλου ζωής.

Στρατηγικός ρόλος του project management

Ο τελευταίος άξονας προσανατολίζεται στον στρατηγικό ρόλο που διέπει τη διοίκηση έργου. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με το ISO 2150 (2020), η διαχείριση έργων πρέπει να εναρμονίζεται με τη στρατηγική κάθε οργανισμού. Βάσει αυτού, η βιωσιμότητα εντάσσεται ως στρατηγική προτεραιότητα κι όχι ως συμπληρωματική επιλογή. Στο πλαίσιο αυτό, ένας project manager καθίσταται θεμελιώδης φορέας αλλαγής, αφού είναι υπεύθυνος για την ισορρόπηση οικονομικών, περιβαλλοντικών και κοινωνικών στόχων, δημιουργώντας ένα ολοκληρωμένο σύστημα λήψης αποφάσεων (Huemann & Silviu, 2017).

1.4. Μεθοδολογική Προσέγγιση

Η παρούσα εργασία στηρίζεται στη μέθοδο της συστηματικής βιβλιογραφικής ανασκόπησης. Συγκεκριμένα, η διαδικασία δομείται ως ακολούθως:

- Εύρεση επιστημονικών άρθρων σε διεθνείς κι αναγνωρισμένες βάσεις δεδομένων (Scopus, ScienceDirect, Google Scholar),
- Επιλογή πηγών με βάση κριτήρια συσχετισμού κι επιστημονικής εγκυρότητας,
- Ανάλυση και εξαγωγή συμπερασμάτων

Η αξιοποίηση τόσο ξένων όσο κι ελληνικών πηγών διευκολύνει την προσαρμογή των συμπερασμάτων στο ελληνικό κατασκευαστικό πλαίσιο, έχοντας υπόψη και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της εγχώριας αγοράς.

Η μεθοδολογία αυτή καθίσταται κατάλληλη ώστε να διαμορφωθεί ένα ισχυρό θεωρητικό υπόβαθρο, το οποίο δύναται να υποστηρίξει επόμενες εμπειρικές μελέτες, καθώς και πρακτικές εφαρμογές.

Κεφάλαιο 2^ο: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

2.1. Θεωρητικές Προσεγγίσεις της Διοίκησης Έργου (Project Management)

2.1.1. Η Έννοια της Διοίκησης Έργου (Project Management)

Καθημερινά, τα μέλη εκάστου οργανισμού ασχολούνται με πληθώρα δραστηριοτήτων. Παρόλο που κάθε μέλος διαθέτει τη δική του λίστα αρμοδιοτήτων, οι εργασίες που τελούν τα διάφορα μέλη είναι συνήθως αλληλένδετες και, συνεπώς, απαιτούν ένα βαθμό συνεργασίας. Καθίσταται αδύνατη η παρακολούθηση όλων αυτών των δραστηριοτήτων χωρίς τον διαχωρισμό τους σε κατανοητές και ξεκάθαρες ενότητες. Ένας τρόπος για να επιτευχθεί αυτό αποτελεί η εξέταση της ροής εργασίας εντός της εταιρείας ως διάφορα έργα (projects) και να θεωρηθούν οι διευθυντές και οι υπάλληλοι που συμμετέχουν σε αυτά ως ομάδες. Εάν γίνει αποδεκτή η προσέγγιση αυτή, τότε καθίσταται προφανές ότι η διαχείριση έργων και ομάδων είναι σημαντικά ζητήματα κάθε επιχείρησης κι ότι τα μέλη της, ιδιαίτερα τα στελέχη και οι διευθυντές, πρέπει να εκπαιδεύονται στις πρακτικές αποτελεσματικού σχεδιασμού, διαχείρισης, και υλοποίησης έργων και συνεργασίας μεταξύ τους εντός ενός ομαδικού περιβάλλοντος (Kerzner, 2022).

Ένα έργο δεν αποτελεί απαραίτητα ένα σύνολο εργασιών και δραστηριοτήτων που πρέπει να εκτελεστούν. Συγκεκριμένα, ένα έργο ορίζεται ως μια προσωρινή διαδικασία ολοκλήρωσης ενός ξεκάθαρα προσδιορισμένου συνόλου εργασιών και δραστηριοτήτων εντός ενός καθορισμένου χρονικού διαστήματος, αποσκοπώντας

στην επιτυχή επίτευξη σαφών και συμφωνημένων στόχων και σκοπών. Γενικώς, τα έργα αξιοποιούνται ως καινούργιες ή εφάπαξ προσπάθειες, όπως είναι η ανάπτυξη ενός νέου προϊόντος ή μιας υπηρεσίας. Ωστόσο, κατόπιν ολοκλήρωσης ενός έργου, ορισμένες πτυχές των δραστηριοτήτων του ενδέχεται να ενσωματωθούν μόνιμα στην οργανωτική δομή της εταιρείας. Ένα έργο αποτελεί μια διαδικασία που πρέπει να εκτελεστεί σύμφωνα με πολύ συγκεκριμένες απαιτήσεις αναφορικά με τον χρόνο, τους πόρους, καθώς και τις προδιαγραφές απόδοσης των αποτελεσμάτων του έργου. Συνεπώς, ένα έργο απαιτείται να υπόκειται σε διαχείριση (management) προκειμένου να εξασφαλίζεται ότι οι στόχοι και οι επιδιώξεις είναι ξεκάθαρες, ότι η διαδικασία είναι καλά οργανωμένη και ότι τηρούνται και διασφαλίζονται οι περιορισμοί των πόρων που αφορούν το ανθρώπινο δυναμικό, τον χρηματικό προϋπολογισμό, το χρονικό ορίζοντα, τις πρώτες ύλες, καθώς και τον εξοπλισμό (PMI, 2021).

Βάσει των ανωτέρω, η διοίκηση έργου (project management) περιλαμβάνει το σύνολο των δεξιοτήτων και των εργαλείων που καθίστανται απαραίτητα για την επίτευξη του αποτελεσματικού καθορισμού, σχεδιασμού και της εκτέλεσης έργων. Με άλλα λόγια, η διοίκηση έργου συνιστά ένα εργαλείο διεξαγωγής κι ολοκλήρωσης μοναδικών έργων που είναι απαραίτητα για την εκτέλεση της στρατηγικής μιας εταιρείας, χωρίς την διατάραξη της κανονικής ροής εργασίας, η οποία είναι ενσωματωμένη στην επίσημη οργανωτική δομή (Kerzner, 2022).

Σύμφωνα με τον Harold Kerzner (1986), έναν από τους ηγέτες στη μελέτη του project management, η διοίκηση έργου ορίζεται ως «ο σχεδιασμός, η οργάνωση, η διεύθυνση κι ο έλεγχος των πόρων μιας εταιρείας για ένα σχετικά βραχυπρόθεσμο έργο, το οποίο έχει δημιουργηθεί για να επιτευχθούν συγκεκριμένοι στόχοι και σκοποί. Επιπρόσθετα, η διοίκηση έργου χρησιμοποιεί τη συστημική προσέγγιση της διαχείρισης, μέσω της ανάθεσης σε λειτουργικό προσωπικό (κάθετη ιεραρχία) ενός συγκεκριμένου έργου (οριζόντια ιεραρχία)».

2.1.2. Διοίκηση Έργου στον Τομέα των Κατασκευών

Η επιτυχής υλοποίηση έργων από εταιρείες στον κατασκευαστικό κλάδο καθίσταται αδύνατη χωρίς την κατάλληλη οργάνωση. Συγκεκριμένα, το ζήτημα υλοποίησης κατασκευαστικών έργων είναι ιδιαίτερα σημαντικό, καθώς η αποτελεσματική διοίκηση θεωρείται σημαντικό προαπαιτούμενο της σωστής και έγκαιρης υλοποίησης, όπως και για την πραγματοποίηση των σωστών και πιο αποτελεσματικών διοικητικών αποφάσεων που συνδέονται και με διορθωτικές

κινήσεις, εάν κριθεί απαραίτητο. Για το λόγο αυτό, καθίσταται απαραίτητη η διευκρίνιση της φύσης και των χαρακτηριστικών της διοίκησης έργου στον τομέα των κατασκευών (PMI, 2021).

Στην επιστημονική βιβλιογραφία, ιδιαίτερη σημασία αποδίδεται στο ζήτημα της διοίκησης έργου στον τομέα των κατασκευών. Την ίδια στιγμή, εντοπίζονται διαφορετικές οπτικές μεταξύ συγγραφέων. Παραδείγματος χάρη, ορισμένοι συγγραφείς περιορίζουν την διοίκηση στον κατασκευαστικό κλάδο στην διαχείριση της επεξεργασίας, του σχεδιασμού, και της κατασκευής (Nonv, Novakova, & Waldhans, 2012). Συγχρόνως, υποστηρίζουν ότι η διοίκηση έργου είναι το πιο κατάλληλο εργαλείο εξασφάλισης της επιτυχίας. Στον αντίποδα, οι Sears και συν. (2008) υποστηρίζουν ότι, εκ φύσεως, η διοίκηση έργου στον τομέα των κατασκευών δεν περιορίζεται στις σχεδιαστικές και κατασκευαστικές υπηρεσίες, αλλά αφορά και την κατεύθυνση της διοίκησης και τον έλεγχο των δραστηριοτήτων που έχουν οριστεί για τον σχεδιασμό και την κατασκευή.

Αναφορικά με τη διοίκηση έργου στον κατασκευαστικό κλάδο, σύμφωνα με τον Morris (2005), στον τομέα των κατασκευών, η διοίκηση έργου αποτελεί μια ευρέως αποδεκτή πρακτική, αλλά δεν θεωρείται θεμελιώδης επαγγελματική διάκριση. Στις οικοδομικές και πολιτικομηχανικές εργασίες, η διοίκηση έργου αφορά την υλοποίηση μιας περίπλοκης δραστηριότητας, κυρίως του επαρκούς ελέγχου ενός έργου (Tha, 2005).

Σε αντίθεση με τους προαναφερθέντες συγγραφείς, οι Dolmatov και Potovalova (2014) θεωρούν ότι η διοίκηση έργου δύναται να ορισθεί ως μια συστηματική προσέγγιση της οργάνωσης, του σχεδιασμού, της διαχείρισης και του συντονισμού υλικών και ανθρώπινων πόρων καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής ενός έργου. Ο σκοπός της είναι η αποτελεσματική εκπλήρωση των στόχων του έργου, μέσω της εφαρμογής ενός συστήματος εκσυγχρονισμένων μεθόδων, τεχνικών και τεχνολογιών διοίκησης για την παραγωγή των προσδοκώμενων αποτελεσμάτων του έργου, σε ό,τι αφορά τον φόρτο εργασίας και τη δομή. Μολαταύτα, σύμφωνα με μια άλλη προσέγγιση του Malakhov (2018), η διοίκηση έργου αφορά την διαχείριση της αλλαγής της κατάστασης των πόρων (χρήματα και πληροφορίες, γνώσεις και ικανότητες, υλικά και τεχνολογίες, εργαλεία), σε σχέση με την αρχική τους κατάσταση κατά την εκκίνηση ενός έργου, με την διοίκηση να επιφέρει μια καινούργια προσδοκώμενη συνθήκη (νέα προϊόντα ως αποτέλεσμα συνεργειών μεταξύ των πόρων).

Σύμφωνα με τους Sears και συν. (2008), είναι κρίσιμο να ληφθεί υπόψη ότι η διοίκηση κατασκευαστικών έργων περιορίζεται σε ένα συγκεκριμένο έργο κυρίως. Επιπρόσθετα, πληθώρα ομάδων αναμειγνύονται στην υλοποίηση των διαφορετικών φάσεων του έργου. Υπό αυτή την έννοια, ορισμένοι αναλυτές υποστηρίζουν ότι η διοίκηση κατασκευαστικών έργων περιορίζεται στη διαδικασία συντονισμού όλων των απαραίτητων στοιχείων υλοποίησης εκάστης εργασίας.

Επιπλέον, η διοίκηση έργου στον κατασκευαστικό τομέα δύναται να ορισθεί κι ως η κατεύθυνση, ρύθμιση κι επίβλεψη ενός έργου από τα πρώιμα στάδιά του έως και την ολοκλήρωση. Ο απώτερος στόχος της διοίκησης ενός κατασκευαστικού έργου αποτελεί η απόλυτη ικανοποίηση των απαιτήσεων του πελάτη, τόσο ως προς την λειτουργικότητα, όσο κι ως προς τον οικονομικό προϋπολογισμό. Με αυτόν τον τρόπο γίνεται αντιληπτό ότι η διοίκηση κατασκευαστικών έργων είναι στενά συνδεδεμένη με τεχνικές παραμέτρους, όπως ο προϋπολογισμός και η υλοποίηση. Ταυτόχρονα, όμως, απαιτεί και σωστή επικοινωνία μεταξύ όλων των συμβαλλόμενων μερών, ενώ η γνώση των παραγόντων που επηρεάζουν τη διοίκηση είναι επίσης σημαντική για την επιτυχή υλοποίηση κατασκευαστικών έργων. Βάσει των ανωτέρω, καθίσταται απαραίτητο να αναγνωρισθεί πως ο τύπος διοίκησης έργου στον τομέα των κατασκευών εξαρτάται από τους ακόλουθους βασικούς παράγοντες: το μέγεθος του κτηρίου υπό κατασκευή, της ανακαίνισης ή της επέκτασης του χώρου, τις φυσικές, κλιματικές κι άλλες τοπικές συνθήκες, τη διάρκεια κατασκευής, τα πιθανά ρίσκα, καθώς και της ικανότητας του πελάτη να διαχειρίζεται τις εργασίες, το σχεδιασμό και την άμεση υλοποίηση των δραστηριοτήτων κατασκευής κι εγκατάστασης (Koroleva και συν., 2019).

Με βάση τα παραπάνω, είναι επίσης σημαντικό να ξεκαθαρισθεί η φύση και τα χαρακτηριστικά ενός κατασκευαστικού έργου. Υπάρχει πληθώρα ορισμών για ένα κατασκευαστικό έργο, αλλά εκλείπει μια συντονισμένη προσέγγιση. Για παράδειγμα, στον ορισμό τους, οι Abeyasinghe και συν. (2001) επικεντρώνονται στην περιπλοκότητα υλοποίησης των κατασκευαστικών έργων. Σύμφωνα με εκείνους, η ουσία των έργων στον κατασκευαστικό κλάδο εκφράζεται σε περίπλοκα πακέτα εργασίας, τα οποία αφορούν την ευθύνη σχεδιασμού κι ανάθεσης εργασιών σε ομάδες. Την ίδια στιγμή, οι συγκεκριμένοι μελετητές επισημαίνουν ότι το προϊόν που κατασκευάζεται στον κλάδο είναι μεγάλο, ξεχωριστό, και πρωτότυπο. Στον ορισμό τους, οι Sears και συν. (2008) επίσης επικεντρώνονται στο γεγονός ότι τα κατασκευαστικά έργα είναι περίπλοκα, ενώ τονίζουν ότι απαιτούν χρόνο.

Η θέση του Tishchenko (2012) είναι ότι, ανεξαρτήτως του τύπου εργοταξίου, σε κάθε κατασκευή έχει προηγηθεί ο σχεδιασμός του έργου και η ανάπτυξη ενός συστήματος διοίκησης. Υποστηρίζει ότι το ζήτημα σχεδιασμού στον τομέα των κατασκευών δύναται να έχει διττή ερμηνεία, μια τεχνική και μια διοικητική. Επιπλέον, από τεχνική σκοπιά, το έργο αποτελεί ένα έγγραφο όπου ορίζεται η γενική τάξη και οι συγκεκριμένοι όροι για την κατασκευή, καθώς και για την παράδοση του εργοταξίου σε λειτουργία. Το έργο περιλαμβάνει λεπτομερείς, αλλά και συνοψισμένες πληροφορίες αναφορικά με τον όγκο των εργασιών, καθώς και την απαιτούμενη ποσότητα εργατικού δυναμικού, υλικών και τεχνικών πόρων. Σε αυτό το πλαίσιο, το κατασκευαστικό έργο αποτελεί ένα μοντέλο της μελλοντικής κατασκευής, καθώς και των σχετικών κόστων που επιφέρει η υλοποίηση της κατασκευής. Από διοικητική άποψη, σε ένα κατασκευαστικό έργο καθίσταται απαραίτητος ο ορισμός των υποχρεώσεων και του βαθμού ευθύνης εκάστου μέρους, οι τρόποι αναφοράς στον αιτούντα του έργου, κλπ. Αυτό σημαίνει ότι το κατασκευαστικό έργο πρέπει να συνδυάζει την μηχανική (τεχνική πλευρά) και την διοικητική πλευρά, καθώς και το γεγονός ότι κάθε κατασκευαστικό έργο έπεται του σχεδιασμού του έργου και της ανάπτυξης ενός διοικητικού συστήματος. Βάσει των ανωτέρω, σύμφωνα με τον Tishchenko (2012), ένα κατασκευαστικό έργο νοείται ως ένα επιτηδευμένο, χρονικά περιορισμένο γεγονός που αποβλέπει στην δημιουργία ενός νέου κατασκευαστικού έργου, στην ανακατασκευή, καθώς και στον εκμοντερνισμό ή στην επισκευή ενός υφιστάμενου κτηρίου.

Σε αυτό το σημείο, κρίνεται απαραίτητο να αποσαφηνιστούν τα εγγενή χαρακτηριστικά των κατασκευαστικών έργων. Σε αυτό το πλαίσιο, οι Zagorodnova και Hovorostukhina (2015) θεωρούν ότι τα χαρακτηριστικά αυτά είναι τα εξής: το προϊόν της υλοποίησης του έργου αφορά ένα κτήριο ή μια εγκατάσταση; οι φυσικές και γεωγραφικές συνθήκες συχνά επηρεάζουν την επιτυχή υλοποίηση των κατασκευαστικών έργων; οι φυσικές συνθήκες διαθέτουν υψηλή δυναμική για την εκτέλεση των εργασιών; η παρουσία υψηλού αριθμού συμμετεχόντων στο έργο επηρεάζει την υλοποίηση; λειτουργική λήψη αποφάσεων.

Αναφορικά με την υλοποίηση κατασκευαστικών έργων, ο Sprude (2012) θεωρεί ότι τα ακόλουθα χαρακτηριστικά των κατασκευαστικών έργων και της οργάνωσης εφαρμογής τους είναι βαρύνουσας σημασίας: η ανάγκη για ένα σύμπλεγμα γνώσεων σε ποικιλία διοικητικών πεδίων: γενική διοίκηση, οικονομική διοίκηση, διοίκηση ανθρώπινου δυναμικού και πολλά άλλα για την επιτυχή υλοποίηση ενός έργου;

διαθεσιμότητα συνηθειών εργασίας υπό συνθήκες περιορισμένων πόρων και πληροφοριακής αβεβαιότητας; η ανάγκη διαχείρισης των κατασκευαστικών έργων από ειδικά εκπαιδευμένους επαγγελματίες, οι οποίοι διαθέτουν τον απαιτούμενο βαθμό γνώσης και διαθέτουν επαρκή πρακτική εμπειρία.

Σύμφωνα με τον Sunke (2009), η αλλαγή εργοταξίων, ο χωρικός περιορισμός, η εποχιακή εξάρτηση, η νομοθεσία, ο συντονισμός χρόνου και πόρων, η ταυτόχρονη πραγματοποίηση πολλαπλών έργων, η υψηλή αβεβαιότητα που διέπει το περιβάλλον σχεδιασμού συνιστούν τα βασικά χαρακτηριστικά των κατασκευαστικών έργων με πολλαπλούς σκοπούς (χρόνος, κόστος, ποιότητα, εξισορρόπηση πόρων). Σε αυτό το πλαίσιο, θεωρείται ιδιαίτερα σημαντικό όταν διακρίνονται τα βασικά προβλήματα που διέπουν τα κατασκευαστικά έργα να λαμβάνεται υπόψη η κατηγοριοποίησή τους. Παραδείγματος χάρη, οι Zagorodnova και Hovorostukhina (2015) κατηγοριοποιούν τα κατασκευαστικά έργα βάσει διαφορετικών χαρακτηριστικών, δηλαδή βάσει του τύπου κατασκευής (οικιστική, βιομηχανική, αγροτική, ενεργειακή, κλπ.), βάσει των χρηματικών πηγών, της κλίμακας του έργου, της φύσης των δραστηριοτήτων της κατασκευαστικής εταιρείας (οικοδόμηση καινούργιων κτηρίων κι εγκαταστάσεων, επανοικοδόμηση, ή επέκταση υφιστάμενης υποδομής).

Οι Pshinko και συν. (2017) διαχωρίζουν τα κατασκευαστικά έργα στις ακόλουθες κατηγορίες: σύμφωνα με την πηγή χρηματοδότησης (έργα που χρηματοδοτούνται εις βάρος εισοδηματικών πηγών μεμονωμένων ατόμων ή νομικών οντοτήτων, με μετοχικά κεφάλαια, ή με συνδυασμό πηγών χρηματοδότησης); βάσει των αντικειμενικών σκοπών της επένδυσης (αύξηση του όγκου κατασκευαστικής παραγωγής, προκειμένου να αυξηθεί το εύρος παραγωγής / βελτίωση της ποιότητας παραγωγής, αποσκοπώντας στη μείωση του κόστους παραγωγής / εγκαθίδρυση κοινωνικών προγραμμάτων στις επιχειρήσεις που αφορούν την βελτίωση των εργασιακών και καθημερινών συνθηκών ζωής, την επίλυση περιβαλλοντικών προβλημάτων, κλπ.); βάσει του βαθμού περιπλοκότητας (μικρά, μεσαία, μεγάλα, περίπλοκα έργα); τέλος, βάσει των βραχυπρόθεσμων, μεσοπρόθεσμων και μακροπρόθεσμων όρων υλοποίησης.

2.1.3. Χαρακτηριστικά και Μέθοδοι

Διακρίνεται πληθώρα διαφορετικών χαρακτηριστικών που καθιστούν ένα έργο επιτυχές. Τα χαρακτηριστικά που οδηγούν σε πετυχημένα έργα

συμπεριλαμβάνουν ξεκάθαρα ορισμένους στόχους και σκοπούς, ένα καλά ορισμένο έργο με μια ξεκάθαρη διαδικασία διοίκησης, ένα συμφωνημένο σύνολο εργαλείων διαχείρισης, και πλήρη κατανόηση του ρόλου της διοίκησης έργου (project management). Ο μάνατζερ του έργου διαθέτει μια ευρεία συλλογή συμπεριφορικών και διοικητικών τεχνικών από τις οποίες μπορεί να επιλέξει εκείνες που, κατά την κρίση τη δική του και της ομάδας του, θα εξασφαλίσουν την υψηλή ποιότητα του έργου, την παράδοση του έργου εντός των τιθέμενων χρονικών προθεσμιών κι ενός έργου που είναι καλά προσαρμοσμένο στις εκάστοτε συνθήκες και το περιβάλλον του εκάστοτε κλάδου στον οποίο απευθύνεται (Al-Zwainy και συν., 2016).

Στη διεθνή βιβλιογραφία διακρίνονται εννέα τομείς γνώσεις, οι οποίοι διέπουν τις φάσεις ενός έργου. Ο πρώτος αφορά τη διαχείριση του πεδίου εφαρμογής: Ο τομέας αυτός συμπεριλαμβάνεται τις διαδικασίες που απαιτούνται προκειμένου να διασφαλισθεί ότι το έργο εμπεριέχει το σύνολο των απαιτούμενων, μόνο, εργασιών, χωρίς πρόσθετες και περιττές εργασίες, ώστε να ολοκληρωθεί επιτυχώς το έργο. Ο επόμενος τομέας αφορά τη διαχείριση επικοινωνιών, ο οποίος αφορά τις διαδικασίες που χρειάζονται για τη διασφάλιση της έγκαιρης και κατάλληλης παραγωγής, συλλογής, διάδοσης, αποθήκευσης και τελικής διάθεσης των πληροφοριών του έργου. Ο τρίτος τομέας σχετίζεται με τη διαχείριση κινδύνων και πρόκειται για τη συστηματική διαδικασία αναγνώρισης, ανάλυσης κι αντίδρασης στις δραστηριότητες του έργου. Ο τέταρτος γνωστικός τομέας είναι εκείνος της διαχείρισης του ανθρώπινου δυναμικού και εμπεριέχει τις διαδικασίες που χρειάζονται για την πιο αποτελεσματική αξιοποίηση των ατόμων που εμπλέκονται στις δραστηριότητες του έργου. Η διαχείριση των προμηθειών καθίσταται επίσης κρίσιμη, καθώς αφορά το σύνολο των διαδικασιών που απαιτούνται προκειμένου να αποκτηθούν αγαθά κι υπηρεσίες από εξωτερικούς φορείς (π.χ., προμηθευτές πρώτων υλών), για την επίτευξη του πεδίου εφαρμογής του έργου. Ακολουθεί η διαχείριση του χρόνου που ενσωματώνει τις απαιτούμενες διαδικασίες για τη διασφάλιση της ολοκλήρωσης του έργου εντός της συμφωνημένης χρονικής προθεσμίας. Ο τομέας της διαχείρισης του κόστους αποτελείται από τις διαδικασίες που απαιτούνται για να εξασφαλισθεί η ολοκλήρωση του έργου εντός του εγκεκριμένου προϋπολογισμού. Η διαχείριση της ποιότητας εμπεριέχει τις διαδικασίες εκείνες που απαιτούνται για να εξασφαλισθεί ότι το έργο θα ικανοποιήσει τις ανάγκες για τις οποίες αναλήφθηκε. Ένας άλλος τομέας είναι η διαχείριση της ενοποίησης, που περιλαμβάνει τις διαδικασίες που εξασφαλίζουν το σωστό συντονισμό των διαφόρων στοιχείων του έργου. Τέλος, η

διαχείριση των ενδιαφερομένων μερών συμπεριλαμβάνει τις διαδικασίες που απαιτούνται για τον προσδιορισμό των ατόμων, των ομάδων, ή των οργανισμών που δύνανται τόσο να επηρεάσουν όσο και να επηρεαστούν από το έργο (Al-Zwainy και συν., 2016).

Κατά τη διάρκεια της ζωής του έργου, οι διαχειριστές έργων εφαρμόζουν δοκιμασμένες και αποδεδειγμένες μεθόδους διαχείρισης έργων, καθώς και βέλτιστες πρακτικές. Οι μορφές και η έκταση των διαδικασιών που εφαρμόζονται είναι εξαρτημένες από τη φύση του έργου, δηλαδή το μέγεθος, την πιθανότητα αποτυχίας, καθώς και τις συνέπειες της αποτυχίας για τον οργανισμό ή το πρόγραμμα που υποστηρίζει το έργο. Οι αποτελεσματικοί ηγέτες εφαρμόζουν μια υποδομή για την εξασφάλιση της επιτυχίας, η οποία διέπεται από πειθαρχία για τη διασφάλιση της προστασίας του οργανισμού. Έκαστο έργο ακολουθεί τον ίδιο κύκλο ζωής, από την έναρξη, τον σχεδιασμό, την εκτέλεση, την προκατασκευή, την κατασκευή, την μετά-κατασκευή, τον έλεγχο και την ολοκλήρωση (Project Management Methodology Guidelines, 2010).

Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας προκύπτει ότι οι μέθοδοι της διοίκησης έργου έχουν κατασκευαστεί για την κάλυψη των συγκεκριμένων αναγκών που διέπουν ορισμένους κλάδους, είτε πρόκειται για την τεχνολογία των πληροφοριών, τις κατασκευές, τον χρηματοοικονομικό τομέα, ή τον κυβερνητικό τομέα. Ο κοινός παρονομαστής για το σύνολο των μεθόδων του project management, ανεξαρτήτων του κλάδου, είναι ότι στα αρχικά στάδια του έργου πραγματοποιείται μια διεξοδική ανάλυση των προσδοκώμενων κι απαραίτητων αποτελεσμάτων, των προϊόντων, των υπηρεσιών ή των συστημάτων. Ακολουθώντας, η εκάστοτε ομάδα επικεντρώνεται στη δημιουργία μιας βελτίωσης ποιότητας που θα αντικαταστήσει ή θα εισαχθεί στον οργανισμό ή τον πελάτη. Τέλος, γίνεται καταγραφή των διαδικασιών και των υλοποιήσεων, έτσι ώστε να είναι δυνατή η εύκολη πραγματοποίηση μελλοντικών βελτιώσεων και η διατήρηση των τρεχόντων αποτελεσμάτων (είτε πρόκειται για προϊόντα είτε για συστήματα) σε ενημερωμένη κατάσταση. Αυτοί οι παράγοντες αποτελούν συστατικά στοιχεία του συνόλου των μεθόδων της διοίκησης έργου. Με άλλα λόγια, μια καλή μέθοδος για τη διοίκηση έργου πρέπει να συμπεριλαμβάνει τη διαχείριση των προβλημάτων και της πολυπλοκότητας του έργου, τον εύκολο υπολογισμό του ποσοστού ολοκλήρωσης, την ικανότητα βελτίωσης του ελέγχου και της διοίκησης του έργου, τη ρύθμιση της εμπλοκής / συμμετοχής των ενδιαφερομένων μερών σε όλες τις φάσεις του έργου, τη

μέτρηση της προόδου σε σύγκριση με τα αρχικά σχέδια, την βελτιωμένη εκτίμηση των πιθανοτήτων για μελλοντικό σχεδιασμό, καθώς και την κατανόηση του πότε οι στόχοι δεν μπορούν να επιτευχθούν ή πότε θα ξεπεραστούν (Project Management Methodology Guidelines, 2010).

Ορισμένες μεθοδολογίες εφαρμόζονται στο σύνολο των τύπων έργων, ενώ άλλες απευθύνονται μόνο σε συγκεκριμένες περιπτώσεις. Παραδείγματος χάρη, μια μεθοδολογία δύναται να καθίσταται κατάλληλη για έργα οδοποιίας, ενώ μια άλλη για την ανάπτυξη ενός καινούργιου λογισμικού. Βάσει των παραπάνω, προκύπτει το συμπέρασμα ότι στην πράξη δεν υφίσταται «καλύτερη» μεθοδολογία, καθώς η επιλογή εξαρτάται από το είδος του έργου και τις ιδιαίτερες συνθήκες (Al-Zwainy και συν., 2016).

Η συμβατική μέθοδος του «Μοντέλου του Καταρράκτη – Waterfall) αξιοποιείται σε πληθώρα κλάδων, αλλά είναι πιο διαδεδομένη στον κατασκευαστικό τομέα. Η ονομασία του αποδίδεται στο γεγονός ότι τα στάδια του έργου ακολουθούν μια διαδοχική ροή, όπως στην περίπτωση ενός καταρράκτη. Σύμφωνα με το πρότυπο αυτό, ένα έργο χωρίζεται σε επτά διαδοχικές φάσεις: τον καθορισμό των απαιτήσεων, τον σχεδιασμό, την κατασκευή (προγραμματισμός), την ενοποίηση, την επικύρωση (δοκιμές), την εγκατάσταση, και τη συντήρηση. Έκαστο στάδιο ξεκινά μόνο εφόσον έχει ολοκληρωθεί το προηγούμενο. Η μέθοδος αυτή είναι κατάλληλη για έργα με υλικά παραδοτέα ή έργα που χρειάζονται αυστηρή σειρά ενεργειών. Επιπρόσθετα, δύναται η επαναχρησιμοποίηση των θεσπισμένων σχεδίων και σε μελλοντικά έργα (Al-Zwainy και συν., 2016).

Οι πιο σύγχρονες μέθοδοι δεν στηρίζονται σε γραμμικές διαδικασίες, ενώ προσφέρουν εναλλακτικές προσεγγίσεις για τη διαχείριση ενός έργου. Ορισμένες είναι κατάλληλες για τον τομέα της πληροφορικής και τη διαδικασία ανάπτυξης ενός λογισμικού, ενώ άλλες για παραγωγικές διαδικασίες, ή τη μηχανική προϊόντων. Οι πιο δημοφιλείς είναι οι ακόλουθες:

- PMBoK (Project Management, Body of Knowledge): η μέθοδος αυτή αφορά ένα σύνολο από πρότυπα και πρακτικές διοίκησης έργων από το PMI (Project Management Institute). Έχει αναγνωρισθεί ως εθνικό πρότυπο στις ΗΠΑ (Victorian Government CIO Council, 2013),
- PRINCE2 (Projects in a Controlled Environment): η συγκεκριμένη μέθοδος στηρίζεται στην εμπειρία των διαχειριστών έργων από αγγλοσαξονικές χώρες

κι εφαρμόζεται σε κάθε είδος project (Victorian Government CIO Council, 2013),

- CCPM (Critical Chain Project Management): στηρίζεται στη θεωρία των περιορισμών και χρησιμοποιεί «buffers», ώστε να γίνεται καλύτερη διαχείριση τόσο του χρόνου όσο και των πόρων (McConnell, 2010),
- Euromethod: η ανάπτυξη της μεθοδολογίας αυτής απορρέει από την ανάγκη αμοιβαίας κατανόησης ανάμεσα σε πελάτες και παρόχους υπηρεσιών στον τομέα της πληροφορικής σε κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Τον Ιούλιο του 1996 δημοσιεύθηκε η δεύτερη έκδοσή της, η οποία διατέθηκε κι εκτός Ένωσης με την επωνυμία «Information Services Procurement Library». Αποβλέπει στη βελτίωση των λειτουργιών και των έργων διευκολύνοντας τις διαδικασίες συμβάσεων και διαγωνισμών, καθώς και στην ενίσχυση της ανάπτυξης και της βελτίωσης των επιχειρησιακών διαδικασιών εντός των οργανισμών (Yousef και Samaraie, 2012).

Σε κάθε περίπτωση, προτάσσεται οι ομάδες της διαχείρισης έργου να διαλέγουν μεθοδολογία βάσει των οφελών της, του μεγέθους του οργανισμού, τη φύση και των αναγκών του έργου. Ωστόσο, οι μέθοδοι διαχείρισης έργων εξακολουθούν να εξελίσσονται σε διεθνές επίπεδο. Συνεπώς, καθίσταται απαραίτητο οι διαχειριστές έργων να κατανοούν εις βάθος τις επιταγές των πελατών τους, τις υπάρχουσες διαδικασίες και τις τεχνικές που δύνανται να βοηθήσουν στη βελτίωσή τους, για την εξασφάλιση ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος (Al-Zwainy και συν., 2016).

Υποστηρίζεται ότι υπάρχει μια πληθώρα λόγων που οδηγούν στην αξιοποίηση διεθνών πρακτικών για τη διοίκηση των έργων. Οι πιο σημαντικοί λόγοι αφορούν την αύξηση της αποτελεσματικότητας υλοποίησης ενός κατασκευαστικού έργου, τη βελτιστοποίηση των διαδικασιών της διοίκησης έργου, καθώς και την ανάπτυξη νέων εργοληπτικών εταιρειών ή την αναδιοργάνωση των υφιστάμενων (Al-Zwainy και συν., 2016).

Όσον αφορά στις προαναφερθέντες μεθόδους, PMBoK και PRINCE2, στη διεθνή βιβλιογραφία υποστηρίζεται ότι είναι συμπληρωματικές η μια για την άλλη, με την PMBoK να παρέχει τη γνώση, ενώ η PRINCE2 τις πρακτικές οδηγίες. Ακόμη, και οι δυο μέθοδοι αποτελούν μια καλή βάση υλοποίησης ενός έργου, ενώ προσφέρουν μια διεθνών αναγνωρισμένη προσέγγιση για την υλοποίηση έργων. Τέλος, και οι δυο

βασίζονται σε μια σειρά από βέλτιστες πρακτικές. Πιο συγκεκριμένα, η PMBoK είναι κατά κύριο λόγο περιγραφική μέθοδος, ενώ η PRINCE2 περισσότερο κανονιστική, με την δεύτερη να αποδίδει ιδιαίτερη έμφαση στις αλληλεπιδράσεις των διαδικασιών, αλλά υπόκειται σε προσαρμογές αναλόγως των αναγκών του έργου. Κατά την εκκίνηση του έργου, η PMBoK προσανατολίζεται στον πελάτη μέσω του project charter, ενώ η PRINCE2 στηρίζεται στο business case. Όσον αφορά στην εξουσιοδότηση του διαχειριστή του έργου, στην μέθοδο PMBoK πραγματοποιείται συνεκτίμηση από τον χορηγό κι από τα βασικά ενδιαφερόμενα μέρη, ενώ στην PRINCE2 τόσο ο έλεγχος όσο και η ιδιοκτησία του έργου πραγματοποιείται από την ανώτερη διοίκηση (Project Board). Σε ό,τι αφορά τυχόν αναπροσαρμογές της μεθόδου, η PMBoK αποδίδει την ευθύνη στον διαχειριστή του έργου, ενώ επιτρέπεται η παράλειψη ορισμένων διαδικασιών εφόσον χρειαστεί, ενώ σύμφωνα με την μέθοδο PRINCE2, απαιτείται η εξέταση του συνόλου των διαδικασιών, με τη δυνατότητα, ωστόσο, της προσαρμογής στις επιταγές του έργου. Τέλος, στην PMBoK οι έλεγχοι καθορίζονται από τον εκάστοτε διαχειριστή του έργου, ενώ στην PRINCE2 διακρίνονται διαφορετικά και πολυεπίπεδα σημεία ελέγχου για την διεξαγωγή της παρακολούθησης και της αναφοράς της προόδου του έργου (Al-Zwainy και συν., 2016).

Προηγούμενες μελέτες που εντοπίζονται στη διεθνή βιβλιογραφία προσφέρουν μια βάση για την πραγματοποίηση περαιτέρω έρευνας αναφορικά με την εφαρμογή διαφορετικών προσεγγίσεων και μεθόδων για την διοίκηση ενός έργου. Τόσο η παρούσα όσο και μελλοντικές έρευνες δύνανται να στηριχθούν στην ιδέα κατασκευής μιας μοναδικής μεθόδου για έκαστο έργο, μέσα από τον συνδυασμό διαφορετικών προσεγγίσεων διαχείρισης. Με τον τρόπο αυτόν, καθίσταται εφικτή η ανάπτυξη μεθοδολογιών με υψηλό βαθμό προσαρμοστικότητας στις επιταγές εκάστου έργου. Παρακάτω, παρατίθενται ορισμένες μελέτες που εντοπίζονται στην πρωτογενή και δευτερογενή βιβλιογραφία:

Ο Al-Khourī (2007) εφάρμοσε μια μεθοδολογία για τη διαχείριση μεγάλων έργων στον τομέα της πληροφορικής, η οποία δοκιμάστηκε κατά κύριο λόγο στα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα (ΗΑΕ) και σε τρεις ακόμη χώρες του Κόλπου. Η μελέτη έδειξε ότι η εφαρμογή μιας τυποποιημένης και καλά δομημένης μεθόδου επιτρέπει στην εκάστοτε κυβέρνηση να εποπτεύει και να ελέγχει καλύτερα τα έργα. Συγκεκριμένα, η υλοποίηση της μεθοδολογίας βοήθησε στη συνολική διαχείριση, τον σχεδιασμό και τον έλεγχο του έργου, ενθάρρυνε την επικοινωνία, ενίσχυσε τη σωστή

κι έγκαιρη διαχείριση των αναδυόμενων κινδύνων, ενώ διασφάλισε την εξαγωγή ποιοτικών αποτελεσμάτων. Τα βασικά οφέλη που παρατηρήθηκαν ήταν πιο ξεκάθαρα καθορισμένοι στόχοι του έργου, συστηματικές αναφορές προόδου, βελτιωμένοι έλεγχοι και αξιολογήσεις της απόδοσης, συστηματική παρακολούθηση της προόδου, καθώς και πετυχημένη διαχείριση των κινδύνων και των πολύπλοκων καταστάσεων. Συμπερασματικά, η συγκεκριμένη μελέτη υποστήριξε πως η απαιτούμενη μεθοδολογία για όλα τα στάδια του έργου θα πρέπει να προάγει την καλή ορατότητα και τον έλεγχο.

Οι Bassam και συν. (2008) εφάρμοσαν μια μελέτη στη Συρία, εξετάζοντας την αλληλεπίδραση ανάμεσα στην ωριμότητα της διοίκησης των έργων και της απόδοσης (χρόνος και κόστος). Βάσει αυτού, κατασκευάστηκε μια μέθοδος για την αξιολόγηση της ωριμότητας, με εφαρμογή στατιστικής ανάλυσης για τον εντοπισμό του συσχετισμού ανάμεσα στην ωριμότητα των διαδικασιών και τις αποκλίσεις κόστους και χρόνου. Τα πορίσματα κατέδειξαν ότι διακρίνεται θετικός συσχετισμός ανάμεσα στην ωριμότητα και την απόδοση του έργου, ενώ κατασκευάστηκε επιτυχώς ένα προσαρμοσμένο μοντέλο στηριζόμενο σε υπάρχον πρότυπο. Οι συστάσεις των μελετητών επικεντρώθηκαν στην επένδυση σε δεξιότητες και στην καλλιέργεια καινούργιων εργαλείων και μεθοδολογιών.

Οι Patah και de Carvalho (2009) πραγματοποίησαν μια μελέτη περίπτωσης στην Βραζιλία, εξετάζοντας τη διαδικασία και την αξία της διοίκησης έργων σε εταιρείες πληροφορικής, μέσα από την αξιοποίηση του μοντέλου ωριμότητας OPM3 (Organizational Project Management Maturity Model) του PMI. Πρόκειται για ένα μοντέλο που βοηθά τους οργανισμούς στην αξιολόγηση και στη βελτίωση του επιπέδου ωριμότητάς τους ως προς τη διοίκηση έργων (project management). Εξετάζει το βαθμό αποτελεσματικότητας των διαδικασιών σε έργα, προγράμματα και χαρτοφυλάκια, ενώ διευκολύνει τον εντοπισμό αδυναμιών και προτάσσει πρακτικές βελτίωσης. Μεταξύ των οφελών που καταγράφηκαν, ήταν τα εξής: αυξήθηκε η παραγωγικότητα και οι πωλήσεις, βελτιώθηκε η ικανοποίηση των πελατών και του μεριδίου της αγοράς, απέδωσαν καλύτερα οι εργαζόμενοι και μειώθηκαν οι αποχωρήσεις, ολοκληρώθηκαν ταχύτερα τα έργα, και μειώθηκαν τα λάθη και οι αλλαγές στο εύρος του έργου. Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η επένδυση στη διοίκηση έργων οδηγεί σε περιορισμό του κόστους και σε μεγιστοποίηση των κερδών.

Ο Jan de Messemaeker (2010) μέσα από την έρευνά του στην αγορά του Βελγίου, επιδίωξε την εξέταση του κατά πόσο οι πιο δομημένες μεθοδολογίες φέρουν καλύτερα αποτελέσματα από πιο απλές προσεγγίσεις. Οι συμμετέχοντες στην έρευνα χωρίστηκαν σε δυο ομάδες, σε εκείνους χωρίς εκπαίδευση, όπου δεν χρησιμοποιήθηκαν τυποποιημένες μέθοδοι και σε εκπαιδευμένους / πιστοποιημένους, όπου χρησιμοποιήθηκαν διεθνείς μεθοδολογίες. Η μελέτη επικεντρώθηκε κατά κύριο λόγο στις μεθοδολογίες PRINCE2 και PMBoK, καθώς πρόκειται για τις πιο δημοφιλείς διεθνώς. Εξήχθη το συμπέρασμα ότι οι μη εκπαιδευμένοι διαχειριστές έργων δυσκολεύονται στην τήρηση των χρονοδιαγραμμάτων και του προϋπολογισμού, καθώς και στην επίτευξη των απαιτούμενων επιπέδων ποιότητας, εν αντιθέσει με πιστοποιημένους διαχειριστές έργων. Βάσει των ανωτέρω, ο ερευνητής τόνισε τη σημασία πιστοποίησης των διοικητών έργων (project managers), ενώ πρότεινε την εφαρμογή διεθνών αναγνωρισμένων μεθόδων (π.χ., PMI).

Στην έρευνα των Mc Hugh και Hogan (2010), διαπιστώθηκε ότι οι οργανισμοί εξαρτώνται όλο και πιο πολύ από την εξέλιξη της τεχνολογίας, κάτι που κρίνει αναγκαία την αποτελεσματική διοίκηση έργων, για την ολοκλήρωσή τους εντός της συμφωνημένης χρονικής προθεσμίας, του προϋπολογισμού και της απαιτούμενης ποιότητας. Πρότεινε την υιοθέτηση διεθνών πρακτικών υποστηρίζοντας ότι μεγιστοποιούν την αποδοτικότητα, ενισχύουν την επικοινωνία μεταξύ των ενδιαφερόμενων μερών, ενώ προωθούν την εκπαίδευση της ομάδας έργου, καθώς απαιτούν τον κατάλληλο και προσεγμένο σχεδιασμό.

Σύμφωνα με τους Chin και Spowage (2010), οι μέθοδοι διοίκησης έργων διακρίνονται σε δύο θεμελιώδεις κατηγορίες, εκείνες της διαχείρισης έργων (γενικότερο πλαίσιο), κι εκείνες της ανάπτυξης πλαισίων εφαρμογών (λεπτομέρειες αναφορικά με τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη). Η διαφορά μεταξύ τους είναι ότι οι δεύτερες αποδίδουν μεγαλύτερη σημασία στις δοκιμές συστημάτων. Οι μεθοδολογίες κατατάσσονται σε πέντε επίπεδα, τα βέλτιστα πρότυπα και πρακτικές, τις μεθοδολογίες ανά τομέα, τις μεθοδολογίες που προσαρμόζονται στον οργανισμό, τις μεθοδολογίες που προσαρμόζονται στο εκάστοτε έργο, κι αυτές που είναι εξατομικευμένες.

Η μελέτη της Rozenes (2011) διερεύνησε τον βαθμό στον οποίο η αξιοποίηση μεθοδολογιών ενισχύει την απόδοση των έργων. Τα πορίσματα φανέρωσαν μια σημαντική αύξηση της πιθανότητας επιτυχίας και της αξίας για τον οργανισμό από την εφαρμογή μεθοδολογιών. Βάσει των ανωτέρω κρίθηκε απαραίτητο να

ενισχύονται τα εκπαιδευτικά κι επιμορφωτικά προγράμματα κι η απόδοση ιδιαίτερης σημασίας στους διοικητές των έργων και τις ομάδες τους.

Οι Chin και Spowage (2012) πραγματοποίησαν μια συγκριτική ανάλυση μεταξύ διαφορετικών μεθοδολογιών στην Μαλαισία καταδεικνύοντας την ανάγκη οι μέθοδοι να είναι ευέλικτες, να προσαρμόζονται στο μέγεθος και την κατηγορία του έργου, και να στηρίζονται σε βέλτιστες πρακτικές. Παράλληλα, υποστήριξαν ότι δε συνιστά πρακτική λύση να κατασκευάζονται καινούργιες μεθοδολογίες για κάθε έργο. Οι υφιστάμενες δύνανται να εφαρμοστούν στο σύνολο των τύπων έργων, μέσω των κατάλληλων προσαρμογών.

Ο Yousef (2012) προέβη σε αξιολόγηση της αξιοποίησης διαφόρων μεθόδων σε κατασκευαστικά έργα που έλαβαν χώρα στην Σαουδική Αραβία. Η έρευνά του ανέδειξε προκλήσεις όπως η απουσία εξειδικευμένης ηγεσίας, η έλλειψη γραφείου διοίκησης έργων (PMO), καθώς και η περιορισμένη γνώση της σημασίας της διοίκησης έργου (project management). Βάσει αυτών, πρότεινε την ανάπτυξη επιστημονικών και πρακτικών μεθοδολογιών, την αξιοποίηση διεθνών πρακτικών, καθώς και την εφαρμογή φερέγγυων δεικτών ελέγχου κι αξιολόγησης.

Ο Šprundak (2014) πραγματοποίησε συνδυασμό ανάμεσα σε ευέλικτες (agile) και παραδοσιακές μεθόδους στην Κροατία. Κατέληξε στο συμπέρασμα ότι δεν υφίσταται μια «ιδανική» μεθοδολογία, πως από κάθε προσέγγιση απορρέουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα και πως η επιλογή της κατάλληλης μεθοδολογίας είναι εξαρτημένη από τα χαρακτηριστικά του ανατιθέμενου έργου.

Οι Al-Zwainy και συν. (2016), μέσα από την έρευνά τους, έθεσαν ως στόχο την μελέτη της επίδρασης της εφαρμογής μεθόδων διοίκησης έργου (project management) στον κατασκευαστικό κλάδο στο Ιράκ. Η αξία της μελέτης αυτής στηρίζεται στο γεγονός ότι συνιστά μια γνωστική προσθήκη και δύναται να επωφελήσει τόσο τους μελετητές του ακαδημαϊκού χώρου, όσο και τους ίδιους τους μηχανικούς στον τομέα των κατασκευών. Η έρευνα διεξήχθη μέσω ερωτηματολογίου απευθυνόμενο σε δείγμα προερχόμενο από το Iraqi Ministry of Construction, Housing, and Public Municipalities. Το ερωτηματολόγιο απαρτιζόταν από τρεις άξονες: τα προσωπικά δεδομένα και τις πληροφορίες των συμμετεχόντων, την εκτίμηση της εφαρμογής του project management στον κατασκευαστικό κλάδο του Ιράκ, καθώς και τους λόγους για τη μη εφαρμογή διεθνών μεθόδων στη διοίκηση έργων στο Ιράκ. Ένα από τα σημαντικότερα συμπεράσματα της έρευνας είναι ότι ο

βασικός λόγος για την έλλειψη μεθοδολογιών διοίκησης έργων στις εταιρείες συνιστά η απουσία πεποίθησης και επαρκούς ενδιαφέροντος από την ανώτατη διοίκηση.

2.1.4. Διοίκηση Κόστους Έργου στη Βιβλιογραφία

Η διοίκηση του κόστους του έργου συνιστά έναν εκ των βασικότερων πυλώνων της διοίκησης έργου (project management), και ιδιαίτερα στον κατασκευαστικό κλάδο, όπου οι αποκλίσεις στα κόστη αποτελούν συχνό φαινόμενο και έχουν άμεση επιρροή στην επίτευξη της βιωσιμότητας και της επιτυχίας των έργων. Σύμφωνα με την ξενόγλωσση βιβλιογραφία, η διοίκηση κόστους αφορά έναν συγκερασμό διαδικασιών που σχετίζονται με τα στάδια του σχεδιασμού, της εκτίμησης, της κατάρτισης του προϋπολογισμού και του ελέγχου του κόστους σε όλη τη διάρκεια της ζωής του έργου (PMI, 2021).

Η σημαντικότητα της διοίκησης του κόστους στον τομέα των κατασκευών ενθαρρύνεται λόγω της πολυπλοκότητας που διέπει τα έργα, της αβεβαιότητας που συνδέονται με εξωτερικούς παράγοντες (λ.χ., τιμές υλικών, καθυστερήσεις προμηθειών) και την επιταγή για τη βέλτιστη χρήση των πόρων. Η αποτελεσματική διοίκηση του κόστους είναι άμεσα συνδεδεμένη με την εκπλήρωση των στόχων του έργου, ενώ ταυτόχρονα συνδράμει στη λήψη των σωστών στρατηγικών αποφάσεων (PMI, 2021).

Εκτίμηση κι έλεγχος κόστους

Η εκτίμηση του κόστους συνιστά το πρώτο κρίσιμο βήμα για την διοίκηση του κόστους κι αφορά τη διαδικασία εκτίμησης των οικονομικών πόρων που χρειάζονται για να ολοκληρωθεί ένα έργο. Σύμφωνα με τους Flyvbjerg και συν. (2003), τα έργα κατασκευής πολλές φορές εμφανίζουν σοβαρές υποεκτιμήσεις κόστους, κάτι που αποδίδεται όχι μόνο σε τεχνικά προβλήματα, αλλά και σε στρατηγικά σφάλματα εκτίμησης.

Οι κύριες πρακτικές εκτίμησης του κόστους συμπεριλαμβάνουν την αναλογική εκτίμηση (analogous estimating), την παραμετρική εκτίμηση (parametric estimating), καθώς και την αναλυτική εκτίμηση (bottom-up estimating). Η πρώτη στηρίζεται σε δεδομένα προερχόμενα από προηγούμενα έργα και αξιοποιείται κατά κύριο λόγο στα αρχικά στάδια. Αν και χαρακτηρίζεται για την ταχύτητά της, δέχεται και κριτικές περί ασθενέστερης ακρίβειας. Η δεύτερη αξιοποιεί στατιστικά μοντέλα και αλληλεπιδράσεις μεταξύ διαφορετικών μεταβλητών, όπως το κόστος ανά

τετραγωνικό μέτρο. Η τελευταία περιλαμβάνει ενδελεχή ανάλυση του συνόλου των δραστηριοτήτων και λογίζεται ως η πιο ακριβής, αλλά και χρονικά απαιτητική προσέγγιση (PMI, 2021). Η επιλογή της ιδανικής μεθόδου είναι εξαρτημένη από το μέγεθος των διαθέσιμων δεδομένων, τη φάση του έργου και τον απαιτούμενο βαθμό ακρίβειας.

Παράλληλα, ο έλεγχος του κόστους αναφέρεται και στο διαρκή έλεγχο των δαπανών και το συσχετισμό τους με τον αρχικώς συμφωνημένο προϋπολογισμό. Ένα από τα πιο δημοφιλή εργαλεία αποτελεί η μέθοδος Earned Value Management (EVM), η οποία αφορά την αξιολόγηση της προόδου του έργου με βάση το κόστος και το χρονοδιάγραμμά του (Fleming και Koppelman, 2016).

Στη βιβλιογραφία υποστηρίζεται ότι μέσω της αποτελεσματικής ενσωμάτωσης μηχανισμών για τον έλεγχο του κόστους δύναται να περιορισθούν δραματικά οι αποκλίσεις με ταυτόχρονη ενίσχυση της διαφάνειας στη διοίκηση των έργων (Love και συν., 2013). Επιπρόσθετα, η αξιοποίηση ψηφιακών εργαλείων, όπως το Building Information Modeling (BIM), συνδράμει στην ενίσχυση της ακρίβειας της εκτίμησης και του ελέγχου του κόστους.

Κύκλος ζωής έργου

Η διαχείριση του κόστους δεν αφορά μονάχα ένα στάδιο, αλλά συνδέεται με τον κύκλο της ζωής του έργου. Ο κύκλος ζωής του έργου απαρτίζεται από το σχεδιασμό, την ανάπτυξη, την υλοποίηση και την ολοκλήρωση, με κάθε στάδιο να συνοδεύεται από διαφορετικούς βαθμούς επιρροής στο κόστος. Πρόκειται για έναν εκ των πυλώνων της Διοίκησης Έργου, καθώς επιτρέπει την οργάνωση, τον σχεδιασμό και τον έλεγχο ενός έργου, από τη σύλληψη της ιδέας, έως και την εκπλήρωσή του. Στον τομέα των κατασκευών, ο κύκλος ζωής έχει ιδιαίτερη σημασία, καθώς οι αποφάσεις που λαμβάνονται σε εκάστη φάση επιδρούν σημαντικά και με άμεσο τρόπο στο συνολικό κόστος, την ποιότητα και τη βιωσιμότητα ενός έργου (Meredith και συν., 2017).

Σύμφωνα με το Project Management Institute (PMI, 2021), ο κύκλος ζωής των έργων αποτελείται, στην πλειονότητα των περιπτώσεων, από τέσσερα βασικά στάδια: την εκκίνηση, τον σχεδιασμό, την εκτέλεση, και, τέλος, την ολοκλήρωση. Μολαταύτα, στον κλάδο των κατασκευών, η βιβλιογραφία προτάσσει πιο αναλυτικές προσεγγίσεις που εμπεριέχουν επιπρόσθετα στάδια, όπως η μελέτη της σκοπιμότητας, ο λεπτομερής σχεδιασμός, οι προμήθειες, οι πρακτικές κατασκευές και η λειτουργία (Ashworth και Perera, 2018).

Βάσει, λοιπόν, των ανωτέρω, η αρχική φάση συμπεριλαμβάνει την θέσπιση των στόχων του έργου, τον ορισμό του σκοπού και τη λήψη των επενδυτικών αποφάσεων. Στο αρχικό αυτό στάδιο, η αβεβαιότητα είναι αρκετά υψηλή και, παράλληλα, η δυνατότητα αναπροσαρμογής του τελικού κόστους είναι υψηλότερη. Σύμφωνα με τον Kerzner (2017), μέχρι και το 80% του συνολικού κόστους του έργου ορίζεται στο στάδιο αυτό, κάτι που καταδεικνύει την αξία της σωστής εκτίμησης και του στρατηγικού σχεδιασμού. Η υιοθέτηση εργαλείων (π.χ., ανάλυση κόστους-οφέλους, ανάλυση κινδύνου) επιτρέπει την ανάληψη πιο εμπειριστωμένων αποφάσεων και συνδράμει στον περιορισμό μελλοντικών αποκλίσεων.

Κατά τον σχεδιασμό, διενεργείται λεπτομερής ανάπτυξη του έργου, στην οποία συμπεριλαμβάνεται ο καθορισμός του προϋπολογισμού, του χρονοδιαγράμματος και των πόρων που απαιτούνται. Οι εκτιμήσεις κόστους γίνονται πιο ακριβείς στο στάδιο αυτό, λόγω μεγαλύτερης διαθεσιμότητας των πληροφοριών. Στη διεθνή βιβλιογραφία τονίζεται η σημαντικότητα της ενσωμάτωσης της διοίκησης κόστους στο στάδιο του σχεδιασμού, προκειμένου να αποφεύγονται υπερβάσεις. Η αξιοποίηση τεχνολογιών όπως το Building Information Modeling (BIM) προάγει τον ακριβή υπολογισμό ποσοτήτων και την διαμόρφωση πιο φερέγγων προϋπολογισμών (Eastman και συν., 2011). Την ίδια στιγμή, η εφαρμογή της μεθόδου Value Engineering συνδράμει στη βελτιστοποίηση του κόστους μέσα από την ανάλυση διαφορετικών λύσεων που επιτρέπουν στο έργο να παραμένει λειτουργικό με πιο χαμηλό κόστος (Dell'Isola, 1997).

Το στάδιο της εκτέλεσης αποτελεί το πιο δαπανηρό και εμπεριέχει την εκπλήρωση των εργασιών κατασκευής / εκτέλεσης. Στο στάδιο αυτό, η διοίκηση κόστους προσανατολίζεται κατά κύριο λόγο στον έλεγχο και στην παρακολούθηση όλων των δαπανών. Η χρήση εργαλείων σαν το Earned Value Management (EVM) διευκολύνει την εκτίμηση της απόδοσης του έργου real-time και επιτρέπει την πραγματοποίηση σύγκρισης ανάμεσα στο προγραμματισμένο και στο πραγματικό κόστος. Ακόμη, η αποτελεσματική διαχείριση μεταβολών (change management) διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο, αφού οι αλλαγές στο αντικείμενο του έργου δύνανται να προκαλέσουν σοβαρές αυξήσεις κόστους (Fleming και Koppelman, 2016). Οι Love και συν. (2013) τονίζουν ότι η πλειονότητα των υπερβάσεων στο κόστος αναδύονται κατά το στάδιο της εκτέλεσης, εξαιτίας ανεπαρκούς σχεδιασμού κι επικοινωνίας, καθώς κι ανικανότητας διαχείρισης κινδύνων.

Το τελευταίο στάδιο συμπεριλαμβάνει την παράδοση του έργου, την αξιολόγηση της συνολικής απόδοσής του, καθώς και την τελική αποτίμηση του κόστους. Στην φάση αυτή, διενεργείται σύγκριση ανάμεσα στον αρχικό προϋπολογισμό και το πραγματικό κόστος, ενώ επιτρέπεται η εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων για επόμενα έργα.

Εκτός των επιμέρους φάσεων, η μοντέρνα βιβλιογραφία αποδίδεται ιδιαίτερη έμφαση στη συνολική προσέγγιση του κόστους μέσα από τον όρο «Life Cycle Costing (LCC)». Το LCC μελετά το συνολικό κόστος ενός έργου σε όλες τις φάσεις της ζωής του, όπου συμπεριλαμβάνονται τα στάδια της λειτουργίας, της συντήρησης και της απόσυρσης. Η προσέγγιση αυτή έχει μεγάλη αξία για τον κατασκευαστικό κλάδο, καθώς το αρχικό κόστος συνιστά μονάχα ένα μέρος από το συνολικό κόστος. Βάσει μελετών, τα λειτουργικά κόστη, καθώς και τα κόστη συντήρησης δύνανται να ξεπεράσουν το αρχικώς εκτιμώμενο κόστος με το πέρας του χρόνου. Η υιοθέτηση του LCC στο project management ενθαρρύνει την επιλογή πιο οικονομικά βιώσιμων λύσεων σε βάθος χρόνου, την ενίσχυση της ενεργειακής απόδοσης, καθώς και της βιωσιμότητας των κατασκευών.

Τις τελευταίες δεκαετίες, το Project Management στον κλάδο των κατασκευών κατευθύνεται προς μοντέλα πιο ολιστικού και συνεργατικού χαρακτήρα. Προσεγγίσεις όπως το Lean Construction και το Integrated Project Delivery (IPD) αποδίδουν ιδιαίτερη σημασία στον περιορισμό των σπαταλών, στην συνεργασία ανάμεσα στα εμπλεκόμενα μέρη και στη βελτιστοποίηση του κόστους. Επιπρόσθετα, ο ψηφιακός μετασχηματισμός και η αξιοποίηση τεχνολογιών, όπως τα Big Data, το BIM, η τεχνητή νοημοσύνη (artificial intelligence) συνδράμουν στην ενίσχυση της πρόβλεψης και του ελέγχου του κόστους στο σύνολο των σταδίων του κύκλου ζωής ενός έργου (Ballard και Howell, 2003).

Επιπρόσθετα, ο ψηφιακός μετασχηματισμός και η αξιοποίηση τεχνολογιών όπως το BIM, τα Big Data και η Τεχνητή Νοημοσύνη συνδράμουν στην ενίσχυση της πρόβλεψης και της διεξαγωγής ελέγχων κόστους στο σύνολο των σταδίων του κύκλου ζωής ενός έργου.

Βάσει των ανωτέρω, εξάγεται το συμπέρασμα ότι ο κύκλος ζωής ενός έργου συνιστά σημαντικό πλαίσιο κατανόησης και διαχείρισης του κόστους στον κατασκευαστικό κλάδο. Η αποτελεσματική υιοθέτηση πρακτικών για τη διοίκηση του κόστους στο σύνολο των φάσεων του έργου, από τον πρώιμο σχεδιασμό μέχρι και τη

λειτουργία του, δύναται να περιορίσει σε σημαντικό βαθμό τις αποκλίσεις και να υποστηρίξει τη βιωσιμότητα και την καλή απόδοση των κατασκευών.

2.2. Διοίκηση Έργου με Επίκεντρο τη Βιωσιμότητα στον Κατασκευαστικό Κλάδο

2.2.1. Η Έννοια της Βιωσιμότητας

Ένας από τους πιο διαδεδομένους ορισμούς για τη βιωσιμότητα / βιώσιμη ανάπτυξη υποστηρίζει ότι η βιώσιμη ανάπτυξη συνιστά την ανάπτυξη που ικανοποιεί τις επιταγές του παρόντος χωρίς να διακινδυνεύει τη δυνατότητα των επόμενων γενεών να ικανοποιήσουν και τις δικές τους ανάγκες (Bruntland, 1987). Αν και οι περισσότερες δημοσιεύσεις που συναντώνται στη διεθνή βιβλιογραφία δεν προσφέρουν έναν ξεκάθαρο ορισμό για τη βιωσιμότητα ή τη βιώσιμη ανάπτυξη, πολλές από εκείνες αναφέρονται στο πλαίσιο της «τριπλής βασικής γραμμής – triple bottom line» ή «triple-P (People, Planet, Profit)» (Elkington, 1997). Μολαταύτα, οι δημοσιεύσεις διαφέρουν βάσει του βαθμού ανάλυσης καθεμιάς εκ των διαστάσεων αυτών. Με άλλα λόγια, οι μελέτες που επικεντρώνονται σε βιώσιμα ή «πράσινα» κατασκευαστικά έργα και στο project management διερευνούν κατά κύριο λόγο τον συγκερασμό των οικονομικών και περιβαλλοντικών διαστάσεων, ενώ οι έρευνες που επικεντρώνονται σε έργα βιώσιμης ανάπτυξης αποδίδουν μεγαλύτερη προσοχή στην κοινωνική διάσταση.

Παρ' όλ' αυτά, πολλές μελέτες διερευνούν επιπρόσθετες διαστάσεις και «αρχές» της βιωσιμότητας, οι οποίες συνδέονται με τη διοίκηση έργων (project management). Παραδείγματος χάρη, οι Gareis και συν. (2011) ορίζουν τη βιωσιμότητα μέσα από τις ακόλουθες αρχές: προσανατολισμός με οικονομικό, κοινωνικό κι οικολογικό χαρακτήρα, με βραχυπρόθεσμο, μεσοπρόθεσμο και μακροπρόθεσμο ορίζοντα, σε τοπικό, περιφερειακό και παγκόσμιο επίπεδο, με επίκεντρο τις αξίες. Η τελευταία αρχή, δηλαδή ο προσανατολισμός προς τις αξίες, αντιλαμβάνεται τη βιωσιμότητα ως έναν κανονιστικό όρο που απαιτεί ορισμένες αξίες που κατευθύνουν τις αξίες και τη συμπεριφορά των ανθρώπων.

Από τα παραπάνω, προκύπτει ότι η βιωσιμότητα αναφέρεται στην εξισορρόπηση μεταξύ των κοινωνικών, περιβαλλοντικών κι οικονομικών διαστάσεων. Συγκεκριμένα, η προώθηση της βιώσιμης ανάπτυξης απαιτεί την

ταυτόχρονη ικανοποίηση όλων των πυλώνων της βιωσιμότητας (της κοινωνίας, του περιβάλλοντος και της οικονομίας). Οι διαστάσεις αυτές είναι άρρηκτα συνδεδεμένες μεταξύ τους κι επηρεάζουν η μια την άλλη (Elkington, 1997).

Ταυτόχρονα, η βιωσιμότητα σχετίζεται με τον συνδυασμό ανάμεσα στον βραχυπρόθεσμο και τον μακροπρόθεσμο προσανατολισμό. Με άλλα λόγια, ένας βιώσιμος οργανισμός οφείλει να αναλογίζεται όχι μόνο τις άμεσες, αλλά και τις μελλοντικές επιπτώσεις των πράξεών του, κι όχι μόνο τα βραχυπρόθεσμα, αλλά και τα μακροπρόθεσμα οφέλη. Η διάσταση αυτή είναι συνδεδεμένη με τον κύκλο ζωής ενός έργου και τη σημαντικότητα της μακροπρόθεσμης αποδοτικότητας των αποφάσεων (Gareis και συν., 2011).

Όπως προαναφέρθηκε, η βιωσιμότητα αναφέρεται τόσο στον τοπικό, όσο και στον παγκόσμιο προσανατολισμό. Συγκεκριμένα, η παγκοσμιοποίηση ασκεί επιρροή στις οργανώσεις σε πληθώρα επιπέδων. Οι ενέργειές τους έχουν συνέπειες τόσο σε τοπικό, όσο και σε διεθνές επίπεδο σε ό,τι αφορά τις οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές διαστάσεις. Σύμφωνα με τους Gareis και συν. (2011), η βιώσιμη ανάπτυξη χρειάζεται συντονισμένες ενέργειες σε διαφορετικά επίπεδα (δηλαδή σε τοπικό, περιφερειακό και διεθνές επίπεδο).

Παράλληλα, τονίστηκε ότι η βιωσιμότητα αφορά αξίες και την έννοια της ηθικής. Πρόκειται, δηλαδή, για μια κανονιστική έννοια που στηρίζεται σε αξίες κι ηθικές αρχές. Οι εν λόγω αξίες καθορίζουν τις συμπεριφορές των επαγγελματιών, των οργανισμών και των καταναλωτών και επιδρούν στον τρόπο που λαμβάνονται αποφάσεις (Martens, 2006).

Επιπρόσθετα, η βιωσιμότητα αφορά τις έννοιες της διαφάνειας και της λογοδοσίας. Η αρχή της διαφάνειας σημαίνει ότι μια επιχείρηση είναι ανοικτή αναφορικά με τις πολιτικές, τις αποφάσεις και τις συνέπειες των πράξεών του στο περιβάλλον και στην ευρύτερη κοινωνία. Κάτι τέτοιο προϋποθέτει την προσφορά ξεκάθαρης, έγκαιρης και σχετικής ενημέρωσης προς τα ενδιαφερόμενα μέρη, ώστε να δύνανται να αξιολογούν τις πράξεις του εκάστοτε οργανισμού και να διακρίνουν ενδεχόμενα προβλήματα που αναδύονται από τις ενέργειες αυτές. Την αρχή της διαφάνειας συμπληρώνει η αρχή της λογοδοσίας (accountability). Η αρχή αυτή ορίζει ότι έκαστος οργανισμός φέρει την ευθύνη για το σύνολο των πολιτικών, των αποφάσεων και των δράσεών του, καθώς και για τις συνέπειες που επιφέρουν στο περιβάλλον και το κοινωνικό σύνολο. Ταυτόχρονα, σημαίνει ότι ο οργανισμός

δέχεται την ανάληψη της ευθύνης αυτής και προθυμοποιείται να λογοδοτήσει για τις ενέργειές του (ISO, 2010).

Επιπλέον, η βιωσιμότητα συνδέεται με την έννοια της συμμετοχικότητας των ενδιαφερόμενων μερών. Ειδικότερα, καθοριστική σημασία για τη βιωσιμότητα διαδραματίζει η εξέταση και η προάσπιση των ενδεχόμενων συμφερόντων των ενδιαφερόμενων μερών. Σύμφωνα με το πρότυπο ISO 26000 (2010), πρέπει να αποδίδεται ιδιαίτερη σημασία στη συμπεριφορική διάσταση της εν λόγω αρχής, μέσω της προληπτικής εμπλοκής των ενδιαφερομένων μερών. Οι Goedknegt και Silvius (2012) υποστηρίζουν ότι η ανάμειξη των ενδιαφερόμενων μερών απαιτεί διάλογο και συμφωνία μεταξύ των εταίρων ως προς τον ορισμό των προβλημάτων, το σχεδιασμό πιθανών λύσεων, τη συνεργασία για την υλοποίηση των λύσεων αυτών και την παρακολούθηση και την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων.

Την ίδια στιγμή, η έννοια της βιωσιμότητας είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τον περιορισμό των κινδύνων. Η αρχή της προφύλαξης στηρίζεται στην πεποίθηση ότι τα συστήματα εντός των οποίων αλληλεπιδρούν το περιβάλλον και η κοινωνία έχουν διέπονται από τέτοιο επίπεδο πολυπλοκότητας, αβεβαιότητας, μη αναστρεψιμότητας και μη γραμμικότητας, όπου θεωρείται πιο αποτελεσματική η πρόληψη της ζημιάς, παρά η αποκατάστασή της (Turner, 2010).

Η επίτευξη της βιωσιμότητας σε έναν κλάδο προϋποθέτει και την εξάλειψη των σπαταλών. Σύμφωνα με τους Maltzman και Shirley (2013), διακρίνονται επτά μορφές σπατάλης, όπως ορίζονται στο παραγωγικό σύστημα της Toyota, κι αφορούν εκείνες της υπερπαραγωγής, της αναμονής, της μεταφοράς, της ακατάλληλης επεξεργασίας, των περιττών αποθεμάτων, των περιττών κινήσεων και των ελαττωμάτων. Η αρχή της εξάλειψης των σπαταλών είναι επίσης συνδεδεμένη με την προσέγγιση «cradle-to-cradle», η οποία στηρίζεται στην πεποίθηση ότι κάθε απόβλητο αποτελεί τροφή, με την έννοια ότι έκαστο υλικό δύναται να χρησιμοποιηθεί ξανά εντός ενός κλειστού κύκλου (McDonough και Braungart, 2002).

Τέλος, η βιωσιμότητα αφορά την αξιοποίηση εισοδήματος, παρά κεφαλαίου. Προϋπόθεση της βιωσιμότητας συνιστά η ικανότητα παραγωγής ή ανανέωσης των πόρων και της ενέργειας από τη φύση, διατηρώντας τα στοιχεία αυτά αδιατάρακτα. Με άλλα λόγια, απαιτείται η εξόρυξη ανανεώσιμων πόρων να μην ξεπερνά τον ρυθμό με τον οποίο εκείνοι ανανεώνονται, ενώ δεν πρέπει να αποδυναμώνεται η ικανότητα του περιβάλλοντος να απορροφά τα παραγόμενα απόβλητα. Η εν λόγω αρχή δύναται να εφαρμοσθεί και στον κοινωνικό πυλώνα της βιωσιμότητας, με την έννοια ότι οι

οργανισμοί δεν πρέπει να εκμεταλλεύονται στο έπακρο την ικανότητα των υπαλλήλων να προσφέρουν εργασία προκαλώντας σωματική ή / και ψυχική εξουθένωση. Προκειμένου να καταστούν βιώσιμες, οι οργανισμοί πρέπει να διαχειρίζονται όχι μονάχα το οικονομικό κεφάλαιό τους, αλλά τόσο το κοινωνικό όσο και το περιβαλλοντικό κεφάλαιό τους (Silvius και συν., 2012).

2.2.2. Διαστάσεις Βιωσιμότητας στη Διοίκηση Έργου

Περιβαλλοντική Διάσταση

Η ενσωμάτωση της περιβαλλοντικής διάστασης στη διοίκηση έργου συνιστά κρίσιμη μεταβλητή για τη βιώσιμη διοίκηση έργων. Το παρόν μέρος της βιβλιογραφικής ανασκόπησης διερευνά τον τρόπο με τον οποίο οι περιβαλλοντικές συνιστώσες εντάσσονται στη διοίκηση έργου, στηριζόμενο σε πρόσφατες μελέτες.

Οι Toljaga-Nikolic και συν. (2020) διερευνούν την υιοθέτηση των διαστάσεων της βιωσιμότητας σε μεθοδολογίες διοίκησης έργου διαφόρων τομέων δραστηριοποίησης. Η έρευνά τους αποκαλύπτει ότι η υλοποίηση των μεθοδολογιών αυτών λειτουργεί ως μοχλός εισαγωγής βιώσιμων διαστάσεων, και ειδικά της περιβαλλοντικής. Η μελέτη αυτή τονίζει την επιταγή απόκτησης των κατάλληλων γνώσεων και δεξιοτήτων ως προς τη βιώσιμη διαχείριση έργων από τους ίδιους τους διαχειριστές των έργων, επισημαίνοντας, ταυτόχρονα, τις προκλήσεις και τις ευκαιρίες που αναδύονται από την υιοθέτηση περιβαλλοντικών παραμέτρων.

Οι Nikolic και συν. (2016) επικεντρώθηκαν στην ενίσχυση των Συστημάτων Περιβαλλοντικής Διαχείρισης (Environmental Management Systems – EMS) σε μεταλλευτικές κι ενεργειακές υποδομές. Η έρευνά τους αξιοποιεί διαδικασίες διοίκησης έργου για την ενίσχυση των EMS, επιδεικνύοντας τη σοβαρή επίδραση που επιφέρουν οι τεράστιες μεταλλευτικές κι ενεργειακές υποδομές στην ποιότητα του περιβάλλοντος. Για τη διεξαγωγή της συγκεκριμένης έρευνας, αξιοποιήθηκε η Μέθοδος της Κρίσιμης Διαδρομής (Critical Path Method – CPM) στον δικτυωτό προγραμματισμό, για την αποτύπωση της λογικής δομής του συστήματος για την περιβαλλοντική προστασία, παρουσιάζοντας, με αυτόν τον τρόπο, μια πρακτική προσέγγιση ενσωμάτωσης των περιβαλλοντικών ζητημάτων στον τομέα της διοίκησης έργου.

Οι Gallo Vechi και συν. (2016) διερευνούν τις περιβαλλοντικές πτυχές της κατασκευαστικής βιομηχανίας, με έμφαση στις μικρομεσαίες επιχειρήσεις (MME). Η

μελέτη τους αναπτύσσει ένα πλαίσιο για τον εντοπισμό περιβαλλοντικών συνεπειών που συνδέονται με κατασκευαστικές δραστηριότητες, επιδοκιμάζοντας την εφαρμογή Συστημάτων Περιβαλλοντικής Διαχείρισης στον κατασκευαστικό κλάδο της Βραζιλίας. Η έρευνα αυτή επιδεικνύει τη σημασία αναγνώρισης των περιβαλλοντικών συνεπειών και της υλοποίησης συστημάτων διαχείρισης για την εξάλειψή τους.

Ο Gupta (2021) αξιολόγησε διάφορα θέματα που επιδρούν στη βιωσιμότητα στο πλαίσιο της διοίκησης έργων, όπου εντάσσονται και οι περιβαλλοντικές παράμετροι. Η μελέτη αυτή προβαίνει στον εντοπισμό και την ανάλυση της χρήσης υπολογιστικών διαδικασιών για να προσομοιωθούν και να βελτιστοποιηθούν οι προκλήσεις που επιφέρει η βιωσιμότητα στη διοίκηση έργων. Συνεχίζει προτάσσοντας ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο που εμπεριέχει λειτουργία ανατροφοδότησης, προκειμένου να αξιολογείται εκάστη απόφαση κι ενέργεια, αποσκοπώντας στην επίτευξη της μακροπρόθεσμης βιωσιμότητας των έργων.

Κοινωνική Διάσταση

Η υιοθέτηση κοινωνικών και, κατ' επέκταση, ηθικών συνιστωσών στη διοίκηση έργου συνιστά θεμελιώδες στοιχείο της βιωσιμότητας. Η συγκεκριμένη ενότητα διερευνά τον τρόπο με τον οποίο η διάσταση αυτή εντάσσεται στο project management, βάσει πρόσφατων ερευνών και μελετών της διεθνούς βιβλιογραφίας.

Οι Trocki και συν. (2020) διερευνούν την δημιουργία κοινωνικά υπεύθυνων ενεργειών που συνδέονται με projects, τονίζοντας ότι η κοινωνική ευθύνη ως έννοια αναδύεται ως φυσικό επόμενο του μετασχηματισμού των οργανισμών με γνώμονα την βιώσιμη ανάπτυξη. Η έρευνά τους ορίζει τη θέση και τον ρόλο που διαδραματίζει η διοίκηση έργων στην ανάπτυξη, η οποία είναι κοινωνικά υπεύθυνη, παρουσιάζοντας εναλλακτικές θεωρητικές προσεγγίσεις που έχουν εφαρμοσθεί σε διάφορες χώρες. Η μελέτη εμπεριέχει, επίσης, αποτελέσματα από έρευνες, οι οποίες επικεντρώνονται στο ρόλο και στην αξία της κοινωνικής ευθύνης στη διοίκηση έργων στην Πολωνία, προσφέροντας σημαντικές πληροφορίες αναφορικά με την υλοποίηση των εννοιών αυτών.

Οι Ershadi και συν. (2021) μελέτησαν την υιοθέτηση της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας στη διαχείριση έργων μέσω κατασκευαστικών αναδόχων. Η έρευνά τους αποβλέπει στην αναγνώριση των πλεονεκτημάτων που απορρέουν από την εφαρμογή της διοίκησης έργου με στόχο τη βιώσιμη ανάπτυξη. Από την έρευνα αυτή εξάγεται το συμπέρασμα ότι η θεώρηση της βιωσιμότητας καθίσταται σημαντικός παράγοντας για το πώς επιλέγονται κι εκτελούνται έργα, όσον αφορά στις ικανότητες

των αναδόχων και τις ηθικές συνέπειες των έργων. Η εν λόγω έρευνα διερευνά αρχές και μεθοδολογικές προσεγγίσεις της διοίκησης έργου που αποβλέπουν στην προσφορά υπηρεσιών οικοσυστήματος από οργανωσιακές δομές, λαμβάνοντας υπόψιν της αρχής της βιωσιμότητας. Πιο αναλυτικά, το άρθρο τονίζει την αξία μιας ολιστικής προσέγγισης που αναλογίζεται οικονομικές, περιβαλλοντικές και κοινωνικές διαστάσεις των έργων. Ταυτόχρονα, επισημαίνει τη σημασία της συμμετοχής του συνόλου των ενδιαφερόμενων μερών και συνεργατών για την επίτευξη των βέλτιστων αποτελεσμάτων, κάτι που αναδεικνύει τη σημασία της καινοτομίας, του ηθικού προσανατολισμού και της μακροπρόθεσμης προσέγγισης για το σχεδιασμό και την πρακτική εφαρμογή των έργων.

Οι Kyriakogkonas και συν. (2022) προτάσσουν ένα θεωρητικό πλαίσιο, το οποίο υποστηρίζει τις επιχειρήσεις και τους οργανισμούς στην ενσωμάτωση κριτηρίων βιωσιμότητας κατά τη διοίκηση έργων. Η έρευνα εστιάζει στα πλεονεκτήματα που επιφέρει η εφαρμογή πρακτικών βιωσιμότητας στη λήψη αποφάσεων, προκειμένου οι επιχειρήσεις να δραστηριοποιούνται με υπεύθυνο τρόπο και να αντανakλούν θετικό αντίκτυπο στο περιβάλλον και τους ανθρώπους που επηρεάζονται από τις ενέργειές τους.

Οι Silva και συν. (2020) παρουσίασαν την εμπειρική μελέτη τους αναφορικά με τις προσεγγίσεις των διαχειριστών έργων στον τομέα των κατασκευών της Κολομβίας όσον αφορά στην εφαρμογή βιώσιμων χαρακτηριστικών στα έργα. Η έρευνα, η οποία στηρίζεται στο μοντέλο ωριμότητας του Salem Azahrani, φανέρωσε περιορισμένο μέσο επίπεδο ωριμότητας αναφορικά με την ενσωμάτωση βιώσιμων πρακτικών, με μεγαλύτερη έμφαση σε οικονομικές πτυχές, παρά σε κοινωνικές ή περιβαλλοντικές.

Οι Armenia και συν. (2019) συνδράμουν στην ανάπτυξη του ερευνητικού γνωστικού πεδίου μέσα από συστηματική βιβλιογραφική ανασκόπηση αναφορικά με την υιοθέτηση της διοίκησης έργου και της βιωσιμότητας. Μέσα από την έρευνά τους προτάσσουν τη σύνδεση κι εφαρμογή βασικών διαστάσεων για την επίτευξη της βιώσιμης διοίκησης έργων, μεταξύ των οποίων είναι οι εταιρικές πολιτικές, η διαχείριση των πόρων, η έμφαση στον κύκλο ζωής του έργου, η συμμετοχή των μερών και η οργανωσιακή εκπαίδευση.

Ο Just (2020) μελέτησε τη διαχείριση των αναδυόμενων κινδύνων και των έργων σε σχέση με την απόδοση, έχοντας υπόψη τη βιωσιμότητα. Η έρευνα προσανατολίζεται στην επίτευξη ισορροπίας μεταξύ κοινωνικών, οικονομικών και

περιβαλλοντικών συνιστωσών, καθώς και στη διαχείριση συμβιβασμών (trade-offs) ως προς το χρόνο και το χώρο, τα οποία τοποθετούνται στο επίκεντρο της βιώσιμης σκέψης. Η μελέτη αυτή κατέδειξε την μεταβλητότητα των απαιτήσεων που απορρέουν από την επιδίωξη της βιωσιμότητας και τις διευρυνόμενες επιταγές αποδοτικότητας αναφορικά με το σχεδιασμό, την κατασκευή και τη διατήρηση του έργου.

Οικονομική Διάσταση

Η οικονομική διάσταση της βιωσιμότητας στη διοίκηση έργων συνδέεται με τη διασφάλιση του οικονομικά βιώσιμου χαρακτήρα των έργων, καθώς και στη θετική συνδρομή στην οικονομική ευημερία τόσο των ενδιαφερόμενων μερών, όσο και του κοινωνικού συνόλου.

Οι Kirchhof και Brandtweiner (2011) διερεύνησαν τη δυνατότητα υιοθέτησης της βιωσιμότητας στη διοίκηση έργων, αποδίδοντας έμφαση στην επιταγή εστίασης στο σύνολο των οικολογικών, κοινωνικών κι οικονομικών πτυχών. Η έρευνά τους επικεντρώθηκε στην κατασκευή παραπάνω αξίας για τους οργανισμούς μέσα από την εφαρμογή μιας ολοκληρωμένης προσέγγισης διοίκησης, που εμπεριέχει τη βιωσιμότητα. Η προσέγγιση αυτή τονίζει τη σημασία της οικονομικής βιωσιμότητας σε συνύπαρξη με την περιβαλλοντική διάσταση, αλλά και την κοινωνική, κατά τη διοίκηση των έργων.

Οι Toljaga-Nikolic (2020) επίσης διερεύνησαν την υιοθέτηση βιώσιμων διαστάσεων στις μεθόδους διοίκησης έργων σε ποικίλους τομείς. Η έρευνά τους έδειξε ότι οι συγκεκριμένες μέθοδοι προωθούν την ενσωμάτωση βιώσιμων διαστάσεων, στις οποίες συμπεριλαμβάνονται και οι οικονομικές πτυχές. Η μελέτη τονίζει και τις προκλήσεις που παρουσιάζονται στους διαχειριστές έργων όταν ενσωματώνουν τη βιωσιμότητα, ενώ καταδεικνύεται η ανάγκη κατάκτησης των απαραίτητων γνώσεων και των ικανοτήτων για τη βιώσιμη διοίκηση των έργων.

Οι Madureira και συν. (2022) συνεισφέρουν στην κατασκευή ενός καινούργιου παραδείγματος βιώσιμης διοίκησης (Sustainable Project Management – SPM), δίνοντας έμφαση στο ρόλο των ίδιων των διαχειριστών των έργων. Μέσα από την έρευνά τους παρουσίασαν τον «Κύβο Τριπλής Βιωσιμότητας στη Διοίκηση Έργων – Project Management Triple Sustainability Cube», το οποίο πρόκειται για ένα μοντέλο που έχει σχεδιαστεί για να καθοδηγεί τους διαχειριστές των έργων ως προς πώς να υιοθετούν ολοκληρωμένες πρακτικές βιωσιμότητας. Το συγκεκριμένο μοντέλο αποδίδει έμφαση και στις τρεις διαστάσεις της βιωσιμότητας, συνδέοντάς τις

με το σύνολο των ανθρώπων, των διαδικασιών και των καινοτόμων λύσεων, καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του έργου.

2.2.3. Βιώσιμες Πρακτικές στον Κατασκευαστικό Κλάδο

Η πρακτική εφαρμογή της βιωσιμότητας στη διοίκηση έργων του κατασκευαστικού κλάδου γίνεται πιο κατανοητή μέσω μελετών περίπτωσης και παραδειγμάτων πραγματικών πρακτικών. Οι μελέτες αυτές δίνουν πολύτιμες πληροφορίες αναφορικά με τον τρόπο με τον οποίο τα θεωρητικά πλαίσια υλοποιούνται, προσφέροντας διδάγματα και στρατηγικές που δύνανται να ενσωματωθούν σε πληθώρα διαφορετικών πλαισίων της διοίκησης έργων.

Ενεργειακή Απόδοση

Στην προσπάθεια προώθησης της βιωσιμότητας, ο κατασκευαστικός τομέας τοποθετείται σε ένα κρίσιμο σημείο καμπής, αφού καλείται να φέρει την ισορροπία μεταξύ της ανθρώπινης άνεσης και της περιβαλλοντικής ευθύνης. Καθώς τα κτήρια συνεχίζουν να συνιστούν κρίσιμους παράγοντες για την διεθνή ενεργειακή κατανάλωση και τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, η δημιουργία κι υιοθέτηση μεθόδων ενεργειακά αποδοτικών κατασκευών θεωρείται σοβαρή ανάγκη.

Γενικώς, η έννοια της «ενεργειακής απόδοσης» περιγράφει την αξιοποίηση μικρότερων ποσοτήτων ενέργειας διατηρώντας, όμως, το ίδιο αποτέλεσμα ή την ίδια λειτουργία. Όταν ένα οικοδόμημα αξιοποιεί λιγότερη ενέργεια από εξωτερικές πηγές για τη διατήρηση της λειτουργικότητάς του, δύναται να χαρακτηριστεί ως «πράσινο», «οικολογικό», ή «ενεργειακά αποδοτικό», σύμφωνα με το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (Building Energy Efficiency Certificate – BEEC), χωρίς, ωστόσο, να καθίσταται αναγκαστικά βιώσιμο (Kumar & Raheja, 2016). Συνεπώς, προκειμένου ο σχεδιασμός κτηρίων να θεωρείται βιώσιμος, θα πρέπει, σύμφωνα με τον Neyestani (2017), να εφαρμόζει φιλικές προς το περιβάλλον κατασκευαστικές πρακτικές, να εξοικονομεί ενέργεια, νερό και πρώτες ύλες, να μειώνει τα απόβλητα νερού, να περιορίζει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και να προωθεί την επαναχρησιμοποίηση και την ανακύκλωση των υλικών, αποβλέποντας στην ανέγερση άνετων, καθαρών, ασφαλών και παραγωγικών κτηρίων, αποδίδοντας έμφαση σε μια ολιστική σχεδιαστική φιλοσοφία στον κλάδο των κατασκευών.

Σύμφωνα με την έρευνα των Chen και συν. (2020), ο κατασκευαστικός τομέας καταναλώνει μεταξύ 30 και 40% της παγκόσμιας πρωτογενούς ενέργειας. Στατιστικές έρευνες καταδεικνύουν τη δυνατότητα να εξοικονομηθεί ενέργεια της τάξης του 20-40% στον τομέα των κατασκευών, κατά την εφαρμογή μέτρων ενεργειακής απόδοσης. Σύμφωνα, μάλιστα, με τον Διεθνή Οργανισμό Ενέργειας (International Energy Agency – IEA), τα εμπορικά κτήρια και οι κατοικίες εκπροσωπούν περίπου το 10% των συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα διεθνώς (Soares και συν., 2017).

Μέσα από τη μελέτη των Han και συν. (2021), περίπου το 40% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στα ευρωπαϊκά κράτη και στις ΗΠΑ αποδίδεται στον κατασκευαστικό κλάδο, κάτι που τον τοποθετεί μεταξύ των πιο σημαντικών παραγόντων ενεργειακής επιβάρυνσης. Γίνεται, λοιπόν, αντιληπτό ότι για τον περιορισμό των προαναφερθέντων, κρίνεται απαραίτητος ο εκσυγχρονισμός των κτηρίων μέσα από την εφαρμογή μέτρων ενεργειακής απόδοσης και του περιορισμού των περιβαλλοντικών συνεπειών εξαιτίας της κατασκευής, που συνιστούν θεμελιώδεις στόχους της διεθνούς ενεργειακής πολιτικής (Soares και συν., 2017).

Σύμφωνα με τους Harputlugil και de Wilde (2021), η ενεργειακή απόδοση χαρακτηρίζεται ως η ιδιότητα των κτηρίων και των τεχνικών του συστημάτων να εξασφαλίζει ορισμένο επίπεδο κατανάλωσης θερμικής ενέργειας προκειμένου να διατηρούνται οι βέλτιστες συνθήκες μικροκλίματος στο εσωτερικό του εκάστοτε κτηρίου. Άλλοι ερευνητές υποστηρίζουν ότι μέσα από την αξιοποίηση βιοκλιματικών τεχνικών σχεδιασμού, συνδυαστικά με ενεργειακά συστήματα υψηλής απόδοσης, καθίσταται εφικτός ο σημαντικός περιορισμός της ενέργειας που χρειάζεται για να ψυχθεί ή φωτιστεί ένα κτήριο (Ochedi και Taki, 2022).

Σημαντικά πορίσματα από επιστημονικές έρευνες που εντοπίζονται στη διεθνή βιβλιογραφία αποκαλύπτουν ότι η ιστορική εξέλιξη των ενεργειακά αποδοτικών κτηρίων είναι στενά συνδεδεμένη με πληθώρα παραγόντων, όπως είναι το κανονιστικό πλαίσιο. Συγκεκριμένα, οι Doaa και Khalil (2019) κατέδειξαν τις συστηματικές προσπάθειες από κυβερνητικούς φορείς να θεσπίσουν κανονισμούς και πρότυπα που αποβλέπουν στην ενίσχυση της ενεργειακής απόδοσης τόσο των κατοικιών, όσο και των εμπορικών κτηρίων. Οι κανονισμοί αυτοί λειτουργούν ως κατευθυντήριες γραμμές, ενώ επηρεάζουν τη μελέτη, την εκπαίδευση και την τεχνολογική εξέλιξη του κατασκευαστικού κλάδου.

Επιπρόσθετα, οι Gonzalez και συν. (2017) τόνισαν τις προκλήσεις που απορρέουν από την απουσία μηχανισμών αξιολόγησης της ενεργειακής αποδοτικότητας κατόπιν ανακαίνισης κτηρίων, με έμφαση στην Ευρώπη. Διευρύνοντας τη συζήτηση αυτή, οι Wójcicka-Migasiuk και Paśnikowska-Lukaszuk (2017), επισήμαναν μια σημαντική αλλαγή στις τάσεις εκμετάλλευσης των πόρων σε ενεργειακά αποδοτικά κτήρια. Οι μελετητές υποστήριξαν ότι οι πόροι απαιτείται να αξιοποιούνται μονάχα στο βαθμό που ικανοποιούν τις κοινωνικές ανάγκες κι οφέλη, εναρμονισμένα με τη βιώσιμη φιλοσοφία που διέπει τα κτήρια με χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση, καθώς και τα παθητικά κτήρια.

Σε σύνδεση με την παραπάνω κοινωνικοοικονομική διάσταση, οι Cristino και συν. (2018) τόνισαν το σημαντικό ρόλο των τεχνικών ανάλυσης δεδομένων στον ανασχεδιασμό της εκπαίδευσης αναφορικά με την ενέργεια και τα «έξυπνα» κτήρια. Η υιοθέτηση προσεγγίσεων που στηρίζονται στα δεδομένα αντικατοπτρίζει τη διαρκή εξέλιξη της εκπαίδευσης και τον τεχνολογικό μετασχηματισμό στον τομέα της ενεργειακής απόδοσης. Συμπληρωματικά, η έρευνα των Harputlugil και de Wilde (2021) καταδεικνύει το στενό δεσμό ανάμεσα στη θερμική άνεση, την παραγωγικότητα, την υγεία και το εθνικό εισόδημα, επισημαίνοντας ότι η κατασκευή ενεργειακά αποδοτικών οικημάτων φέρει συνέπειες που εκτείνονται πέραν της απλής εξοικονόμησης ενέργειας. Την ίδια στιγμή, οι Akram και συν. (2022) υποστήριξαν ότι η κατάλληλη συντήρηση των κεντρικών συστημάτων θέρμανσης σε κτήρια στο Ηνωμένο Βασίλειο δύναται να οδηγήσει σε ενεργειακή εξοικονόμηση μέχρι και 53%, καταδεικνύοντας τη σημασία των μεθόδων συντήρησης για την εξασφάλιση ουσιαστικών ενεργειακών πλεονεκτημάτων. Επιπρόσθετα, οι Du και Zhu (2023) ενσωμάτωσαν μια κλιματική διάσταση στην ενεργειακή αποδοτικότητα, υποστηρίζοντας ότι τα κτήρια υψηλής προσαρμοστικότητας στις κλιματικές συνθήκες και ισχυρή ικανότητα ρύθμισης του εσωτερικού περιβάλλοντος δύνανται να κατασκευάζουν άνετα μικρό-κλίματα και να τονώνουν συλλογικά την ενεργειακή απόδοσή τους.

Βάσει των ανωτέρω, εξάγεται το συμπέρασμα ότι εκτός των κανονιστικών πλαισίων, σημαντικοί παράγοντες για την εξέλιξη της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων είναι, μεταξύ άλλων, η εκτίμηση κατόπιν ανακαινίσεων, η σωστή αξιοποίηση των πόρων, η ανάλυση εκπαιδευτικών δεδομένων, η εξασφάλιση θερμικής άνεσης, οι ενέργειες συντήρησης, το αποτύπωμα στο περιβάλλον, καθώς και η κλιματική προσαρμοστικότητα των κτηρίων.

Όσον αφορά στις σύγχρονες τεχνολογίες και καινοτομίες προώθησης της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων, σε έρευνά τους, οι Hossain και συν. (2023) στην έρευνά τους τονίζουν την αξία που επιφέρουν τα ευφυή συστήματα της ενεργειακής διαχείρισης, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), καθώς και τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας (π.χ. μπαταρίες) ως θεμελιώδεις παράγοντες για την ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων. Μέσα από την εφαρμογή προηγμένων τεχνολογιών επιτρέπεται η διαχείριση και βελτιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας με μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα.

Επιπρόσθετα, ο Tong (2017) τόνισε ότι η ολοκληρωμένη υιοθέτηση τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας στο σύνολο των σταδίων του έργου (σχεδιασμός – κατασκευή – λειτουργία των κτηρίων) συνιστά θεμελιώδους προϋπόθεσης βιωσιμότητας των κατασκευών. Η προσέγγιση αυτή διασφαλίζει ότι η ενεργειακή αποδοτικότητα συνυπολογίζεται στο σύνολο του κύκλου ζωής του έργου.

Καθοριστικός στο πλαίσιο αυτό κρίνεται ο Δείκτης Ενεργειακής Απόδοσης (Energy Efficiency Ratio – EER). Πρόκειται για ένα εργαλείο αξιολόγησης της αποδοτικότητας από την ψύξη κλιματιστικών μονάδων (A/C) και αντλιών θερμότητας (heat pumps). Ο συγκεκριμένος δείκτης εκφράζει το λόγο της ψυκτικής ικανότητας ενός συστήματος (British Thermal Unit per hour - BTU/h), ως προς την απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύ (Watt). Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του ERR, τόσο πιο αποδοτικό χαρακτηρίζεται το ψυκτικό σύστημα. Ο εν λόγω δείκτης καθίσταται ιδιαίτερα σημαντικός όταν αξιολογείται η ενεργειακή απόδοση των συστημάτων HVAC (Heating, Ventilation και Air Conditioning), ειδικά κατά περιόδους υψηλών ψυκτικών αναγκών.

Σύμφωνα με τους Liu και συν. (2023), ο κλάδος της πολιτικής μηχανικής (civil engineering) διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην επίτευξη της ενεργειακής αποδοτικότητας, καθώς επηρεάζει πληθώρα πτυχών του σχεδιασμού, της κατασκευής, και της συντήρησης ενός κτηρίου. Η συνεισφορά της εμπεριέχει την εφαρμογή σύγχρονων κι ενεργειακά αποδοτικών συστημάτων, τεχνικών, τεχνολογιών κι υλικών. Μάλιστα, ο σχεδιασμός των έργων πολιτικής μηχανικής ασκεί επιρροή όχι μόνο στο περιβάλλον, αλλά και στην παγκόσμια ενεργειακή κατανάλωση. Γι' αυτό, σε διεθνές επίπεδο παρατηρείται αύξηση της τάσης δημιουργίας τεχνολογιών που προάγουν την εξοικονόμηση ενέργειας στον κατασκευαστικό κλάδο, ενώ πληθώρα χωρών εφαρμόζουν πρότυπα και κανονισμούς δόμησης, η οποία είναι ενεργειακά αποδοτική (Slimani και συν., 2025).

Σε γενικές γραμμές, η πολιτική μηχανική έχει εξελιχθεί με τέτοιον τρόπο ώστε να υιοθετεί καινούργιες εφαρμογές υποδομών και να αντιμετωπίζει τις αναδυόμενες κοινωνικές και περιβαλλοντικές προκλήσεις, όπως εκείνη της μείωσης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, της προστασίας των υδάτινων πόρων, και της διαχείρισης των οικολογικών συνεπειών των κατασκευών. Ταυτόχρονα, ο τομέας των κατασκευών έρχεται αντιμέτωπος με καινούργιες προκλήσεις δομοστατικής μηχανικής που συνδέονται με την κατασκευή συστημάτων ΑΠΕ, όπως είναι τα υπεράκτια αιολικά πάρκα (offshore wind plants). Η μετάβαση, λοιπόν, προς βιώσιμες πηγές ενέργειας απαιτεί από τους μηχανικούς καινούργιες επενδύσεις σε υποδομές, και βελτίωση των διαδικασιών λήψης αποφάσεων και διοίκησης των έργων (Hendrickson, 2012).

Η αυτοματοποίηση του σχεδιασμού των έργων κατασκευής επίσης συνδράμει σημαντικά στην ενίσχυση της ενεργειακής απόδοσης. Συγκεκριμένα, οι Khairulzaman και Usman (2018) επισημαίνουν ότι οι διαδικασίες σχεδιασμού, οι οποίες είναι ηλεκτρονικά υποστηριζόμενες, επιτρέπουν πιο ταχεία κι ακριβή ανάπτυξη τεχνικών λύσεων, ενώ οι Nag και Nag (2019) παρατήρησαν ότι τα μη οικιστικά κτήρια καταναλώνουν μεγάλο ποσοστό της διεθνούς ενέργειας, πράγμα που καθιστά κρίσιμη την εφαρμογή ενεργειακών κανονισμών δόμησης, προγραμμάτων που προωθούν την ενεργειακή απόδοση και πολιτικών που περιορίζουν την κατανάλωση ενέργειας, αποβλέποντας όχι μόνο στην εξοικονόμηση ενέργειας, αλλά και στον περιορισμό της κλιματικής υποβάθμισης. Βάσει των ανωτέρω, προκύπτει το συμπέρασμα ότι ο ρόλος της πολιτικής μηχανικής θεωρείται σημαντικός ώστε να διασφαλίζεται η ενεργειακή αποδοτικότητα ενός κτηρίου, καθώς περιορίζει την ενεργειακή κατανάλωση, μειώνει τις περιβαλλοντικές συνέπειες και βοηθά στην επίτευξη των στόχων περί βιωσιμότητας.

Υλικά Χαμηλού Περιβαλλοντικού Αποτυπώματος

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, ο κατασκευαστικός κλάδος συνιστά έναν εκ των πιο ρυπογόνων κλάδων σε διεθνές επίπεδο, κάτι που καθιστά επιτακτικό τον περιορισμό του ανθρακικού του αποτυπώματος. Στο πλαίσιο αυτό, τα υλικά χαμηλού περιβαλλοντικού αποτυπώματος προσφέρουν μια εξαιρετικά σημαντική δυνατότητα εξάλειψης του ζητήματος αυτού (Yrieix, 2019).

Τα υλικά αυτά διέπονται από περιορισμένο ενσωματωμένο άνθρακα (embodied carbon), καθώς χρήζουν μικρότερης κατανάλωσης ενέργειας και λιγότερων φυσικών πόρων κατά την παραγωγική τους διαδικασία. Παραδείγματα

τέτοιων δομικών υλικών αποτελούν οι μπάλες αχύρου (straw bale), το μπαμπού (bamboo), η ιπτάμενη τέφρα (fly ash), καθώς και οι συμπιεσμένοι γαιόλιθοι (compressed earth blocks – CEB) (Okoro, 2023), ενώ η συστηματική χρήση συμβατικών υλικών (τσιμέντο, αλουμίνιο, σκυρόδεμα) ευθύνεται για την αύξηση του ενεργειακού και περιβαλλοντικού κόστους διεθνώς.

Προκειμένου να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα αυτό, τα τελευταία χρόνια εντοπίζεται διευρυνόμενο ενδιαφέρον ανάπτυξης αρχιτεκτονικών υλικών που δύνανται να εξυπηρετήσουν τις πολύπλοκες και, πολλές φορές, αντιτιθέμενες ανάγκες της ενεργειακής αποδοτικότητας των κτηρίων. Παραδείγματα τέτοιων υλικών αποτελούν τα αφρώδη πολυμερή, ο ορυκτοβάμβακας, τα διάτρητα τούβλα, τα ελαφροβαρή σκυροδέματα, τα πάνελ κενού μόνωσης (vacuum insulation panels), καθώς και τα υπερμονωτικά υλικά ατμοσφαιρικής πίεσης. Τέτοια υλικά αποβλέπουν στην ενίσχυση σημαντικών ικανοτήτων, όπως εκείνες της θερμομόνωσης, της στεγανότητας, της απορρόφησης και της διαπερατότητας της υγρασίας, της αισθητικής, και της περιβαλλοντικής απόδοσης (Ustaoglu και συν., 2021).

Καινοτόμες πρακτικές βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης στον κατασκευαστικό κλάδο αποτελούν επίσης η ανάπτυξη προηγμένων αρχιτεκτονικών υλικών, καθώς και η αξιοποίηση υλικών αλλαγής φάσης (phase change materials – PCMs). Τα υλικά αυτά έχουν την ικανότητα απορρόφησης, αποθήκευσης και απελευθέρωσης ενέργειας αναλόγως των μεταβολών της θερμοκρασίας (Sarcinella και συν., 2022). Τα υλικά αυτά δύνανται να ενσωματωθούν στο κέλυφος ενός κτηρίου συνδράμοντας στον περιορισμό των διακυμάνσεων του επιπέδου εσωτερικής θερμοκρασίας, καθώς και στην ενίσχυση της θερμικής ανθεκτικότητας των εσωτερικών χώρων. Την ίδια στιγμή, έχουν δημιουργηθεί καινοτόμα κατασκευαστικά υλικά αποβλέποντας στην βελτίωση της βιωσιμότητας των κτηρίων, καθώς και στον περιορισμό των περιβαλλοντικών συνεπειών των κατασκευαστικών έργων (Waqar και συν., 2023).

Ακόμη, έχει διερευνηθεί η ενσωμάτωση φωτοβολταϊκών πάνελ με υλικά αλλαγής φάσης σε ολοκληρωμένα κτηριακά συστήματα, αποβλέποντας στην ενίσχυση τόσο της θερμικής, όσο και της ηλεκτρικής αποτελεσματικότητας των κτηρίων (Nouira και συν., 2022).

Η συγκριτική ανάλυση των σύγχρονων δομικών υλικών δείχνει ότι έκαστο υλικό εμφανίζει διαφορετικά πλεονεκτήματα και περιορισμούς, αναλόγως της χρήσης και των απαιτήσεων του εκάστοτε έργου:

- Τα αφρώδη πολυμερή (foamed polymers) προσφέρουν σημαντικές θερμομονωτικές ιδιότητες, αφού περιορίζουν δραματικά τη μεταφορά θερμότητας εντός του κελύφους του κτηρίου. Την ίδια στιγμή, εμφανίζουν χαμηλή διαπερατότητα, δρώντας ως αποτελεσματικά εμπόδια για την υγρασία και τον αέρα. Μολαταύτα, το περιβαλλοντικό αποτύπωμά τους χαρακτηρίζεται ως μεταβλητό, καθώς πολλές φορές στηρίζονται σε πετροχημικά υλικά, αν και σε ορισμένες περιπτώσεις δημιουργούνται μέσω ανακυκλωμένων υλικών,
- Τα κοίλα τούβλα (hollow bricks) επίσης διέπονται από ικανοποιητική θερμομόνωση, δεδομένων των εγκλωβισμένων στρωμάτων αέρα στο εσωτερικό τους. Η διαπερατότητά τους θεωρείται από μέτρια μέχρι υψηλή, αναλόγως της σύνθεσης και της δομής τους. Παρ' όλ' αυτά, διέπονται από χαμηλότερη ενσωματωμένη ενέργεια συγκριτικά με τα συμπαγή τούβλα, κάτι που τα καθιστά πιο φιλικά προς το περιβάλλον,
- Τα πάνελ κενού μόνωσης (vacuum insulation panels – VIPs) συνιστούν από τα πιο αποδοτικά υλικά σχετικά με τη θερμομόνωση, εξασφαλίζοντας τρομερά υψηλή θερμική αντίσταση. Την ίδια στιγμή, έχουν σχεδόν μηδενική διαπερατότητα θερμότητας. Ωστόσο, η παραγωγική τους διαδικασία είναι ενεργοβόρος και υψηλή σε απαιτούμενους πόρους, κάτι που περιορίζει την αξιοποίησή τους κατά κύριο λόγο σε εφαρμογές περιορισμένου χώρου, όπου απαιτείται μέγιστη απόδοση,
- Ο ορυκτοβάμβακας (mineral wool) προσφέρει υψηλή θερμομονωτική ικανότητα και, συγχρόνως, εξαιρετικά καλή πυραντίσταση, κάτι που τον καθιστά πολύ δημοφιλή στον κατασκευαστικό κλάδο. Λόγω της μέτριας διαπερατότητάς του, επιτρέπεται η «αναπνοή» των δομικών στοιχείων, συνδράμοντας, έτσι, στον περιορισμό της πιθανότητας εμφάνισης μούχλας ή υγρασίας. Παράλληλα, η παραγωγή του στηρίζεται σε φυσικά ή ανακυκλωμένα υλικά, με αποτέλεσμα να φέρει χαμηλό προς μέτριο περιβαλλοντικό αποτύπωμα,
- Το ελαφρύ σκυρόδεμα (lightweight concrete) έχει καλή θερμομονωτική συμπεριφορά, η οποία είναι εξαρτημένη από την κατηγορία αδρανών που χρησιμοποιούνται. Η διαπερατότητά του είναι χαμηλή με μέτρια και δύναται να προσαρμοστεί αναλόγως των αναγκών του έργου. Ένα σοβαρό

πλεονέκτημά του είναι ο περιορισμός του δομικού βάρους, κάτι που οδηγεί σε μικρότερη κατανάλωση υλικών και, ως εκ τούτου, σε περιορισμένο περιβαλλοντικό αντίκτυπο,

- Τα υλικά αλλαγής φάσης (phase change materials – PCMs) προσφέρουν εξαιρετική θερμική προσαρμοστικότητα, καθώς έχουν ικανότητες απορρόφησης, αποθήκευσης κι απελευθέρωσης θερμικής ενέργειας αναλόγως των μεταβολών της θερμοκρασίας. Όταν αξιοποιούνται σε δομικά στοιχεία, εμφανίζουν περιορισμένη διαπερατότητα και συνδράμουν στη σταθεροποίηση του εσωτερικού μικροκλίματος. Συγχρόνως, περιορίζουν σε σημαντικό βαθμό το φορτίο των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης, ενισχύοντας τη συνολική περιβαλλοντική απόδοση των κτηρίων.

Για την πλήρη κατανόηση του αντίκτυπου των παραπάνω ενεργειακά αποδοτικών υλικών στον κατασκευαστικό τομέα, καθίσταται σημαντική η διερεύνηση όχι μόνο των άμεσων οφελών τους, αλλά και ο ρόλος που διαδραματίζουν στην μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα του κλάδου. Η υιοθέτηση καινοτόμων υλικών, όπως τα PCMs, τα πάνελ κενού μόνωσης και τα αεροτζέλ / αεροπηκτώματα (aerogels) («παγωμένος καπνός») σημάνει έναν ουσιαστικό μετασχηματισμό προς κτήρια που όχι μόνο είναι ενεργειακά αποδοτικά, αλλά και ικανά στην προσαρμογή σε μελλοντικούς περιβαλλοντικούς και τεχνολογικούς μετασχηματισμούς.

Η προώθηση των προαναφερθέντων υλικών συμπορεύεται κι από την εντεινόμενη έμφαση στις αναλύσεις του κύκλου ζωής (life cycle assessments), κατά τη διάρκεια επιλογής των υλικών. Μέσα από τις αναλύσεις αυτές επιτρέπεται η αξιολόγηση του συνολικού περιβαλλοντικού κόστους των υλικών καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής τους, από την παραγωγική φάση μέχρι την τελική απόρριψη ή την ανακύκλωση. Μέσω της προσέγγισης αυτής, ενθαρρύνεται η επιλογή υλικών που, παρότι ενδεχομένως να επιφέρουν υψηλότερο αρχικό κόστος, προσφέρουν σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως περιορισμένες περιβαλλοντικές συνέπειες και χαμηλότερο λειτουργικό κόστος με την πάροδο του χρόνου.

Εκτός των περιβαλλοντικών πλεονεκτημάτων, τα εκσυγχρονισμένα υλικά ενεργειακής απόδοσης προσφέρουν και διευρυμένη αισθητική ευελιξία, δίνοντας την επιλογή σε αρχιτέκτονες και σχεδιαστές εξερεύνησης καινούργιων μορφών κι εκφράσεων κατά το σχεδιασμό κτηρίων. Μέσα από το συνδυασμό της

λειτουργικότητας και της αισθητικής, ενισχύεται η αποδοχή των βιώσιμων κατασκευών και προωθείται η ευρύτερη υλοποίηση πρακτικών πράσινων κατασκευών.

Διαχείριση Αποβλήτων

Αποτελεί κοινή παραδοχή ότι ο κατασκευαστικός κλάδος συνιστά έναν εκ των μεγαλύτερων παραγωγών αποβλήτων διεθνώς, καθώς οι δραστηριότητες για την κατασκευή και την κατεδάφιση οικοδομημάτων καλύπτουν περίπου το 30-40% της συνολικής ποσότητας διεθνών αποβλήτων σε διεθνές επίπεδο. Ο όγκος της παραγωγής αποβλήτων επιφέρει σοβαρές περιβαλλοντικές, οικονομικές, αλλά και κοινωνικές συνέπειες, καθώς προκαλεί την εξάντληση των φυσικών πόρων, ενώ αυξάνει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και υποβαθμίζει το οικοσύστημα. Στα ταχέως αναπτυσσόμενα αστικά κέντρα, το πρόβλημα αυτό είναι πιο έντονο, καθώς η αύξηση των υποδομών και η κατεδάφιση παλιότερων κτηρίων προκαλούν μεγάλες ποσότητες αποβλήτων, για τις οποίες διακρίνονται λίγες επιλογές βιώσιμης διαχείρισης (Adell και συν., 2024).

Στο πλαίσιο αυτό, η έννοια της «κυκλικής οικονομίας (circular economy)» αναδεικνύεται ως ένα μετασχηματιστικό πρότυπο. Πιο συγκεκριμένα, η κυκλική οικονομία προάγει την αποφυγή παραγωγής αποβλήτων, προωθεί την ανάκτηση των πόρων, ενώ υποστηρίζεται τα κλειστά κυκλώματα για την αξιοποίηση υλικών. Με αυτόν τον τρόπο, ευθυγραμμίζονται οι κατασκευαστικές πρακτικές με τις αξίες της βιώσιμης ανάπτυξης. Η προσέγγιση της κυκλικής οικονομίας στον κατασκευαστικό κλάδο στηρίζεται στις αρχές της μείωσης (reduction), της επαναχρησιμοποίησης (reuse), καθώς και της ανακύκλωσης (recycling), με έμφαση σε στρατηγικές που επιδιώκουν τον περιορισμό της χρήσης υλικών ήδη από τα πρώιμα στάδια ενός έργου (Adell και συν., 2024).

Η επιλεκτική κατεδάφιση, που ονομάζεται και «αποδόμηση (deconstruction)», συνιστά θεμελιώδες βήμα για την επίτευξη της κυκλικότητας, αφού επιτρέπει την μεθοδική αποσυναρμολόγηση των κατασκευών, προκειμένου να παραμένουν ακέραια υλικά που δύνανται να επαναχρησιμοποιηθούν, όπως είναι η ξυλεία, ο χάλυβας και τα δομικά στοιχεία τοιχοποιίας (Adell και συν., 2024).

Μέσα από την ανάκτηση υλικών επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση υλικών από ένα έργο σε κάποιο άλλο, περιορίζοντας, έτσι, τη ζήτηση πρωτογενών φυσικών πόρων. Οι αγορές που προσφέρουν επαναχρησιμοποιούμενα υλικά, όπως είναι οι πόρτες, τα παράθυρα, τα δάπεδα και τα δομικά υλικά, παρατηρείται ότι

αναπτύσσονται σε πληθώρα περιοχών, ενώ υποστηρίζονται μέσω ψηφιακών πλατφορμών που φέρνουν σε επαφή προμηθευτές ανακτημένων υλικών με αγοραστές, οι οποίοι χρήζουν οικονομικών και βιώσιμων λύσεων (Trachte, 2023).

Μέσω της ανακύκλωσης, μετατρέπονται τα απόβλητα σε καινούργιες πρώτες ύλες και αξιοποιούνται ολοένα και περισσότερο στον τομέα των κατασκευών, ενώ υλικά όπως τα ανακυκλωμένα αδρανή, η ανακυκλωμένη ασφαλτος (reclaimed asphalt pavement), καθώς και το αδρανές σκυρόδεμα (recycled concrete aggregates) αποκτούν ολοένα και πιο μεγάλη αποδοχή τόσο σε δημόσια, όσο και σε ιδιωτικά έργα (Trachte, 2023).

Μέσω των τεχνολογικών εξελίξεων έχουν διευρυνθεί σε σημαντικό βαθμό οι δυνατότητες ανακύκλωσης εντός του κατασκευαστικού τομέα. Οι συμβατικές μέθοδοι θραύσης των υλικών ενισχύονται πλέον μέσω προηγμένων τεχνολογιών διαλογής, οι οποίες βελτιστοποιούν τη διαδικασία διαχωρισμού υλικών, όπως το σκυρόδεμα, τα μέταλλα και τα τούβλα, κι έτσι εξασφαλίζεται υψηλότερη ποιότητα των ανακυκλωμένων προϊόντων. Την ίδια στιγμή, μέσω καινοτομιών στη χημική ανακύκλωση επεκτείνονται οι δυνατότητες για την επαναχρησιμοποίηση, αφού διασπώνται πλαστικά, σύνθετα υλικά κι άλλα πολύπλοκα απόβλητα σε πρώτες ύλες που δύνανται να επαναχρησιμοποιηθούν. Παραδείγματος χάρη, μέσα από τον αποπολυμερισμό, επιτρέπεται η επανένταξη πλαστικών σε προϊόντα του κατασκευαστικού κλάδου, όπως είναι τα πάνελ μονώσεων και οι σωληνώσεις. Η αξιοποίηση ανακυκλωμένων αδρανών σκυροδέματος είναι σημαντικά δημοφιλής, με έρευνες να αποδεικνύουν ότι δύνανται να αντικαταστήσουν φυσικά αδρανή, παρόλο που εξακολουθούν να υφίστανται ανησυχίες αναφορικά με τον βαθμό μηχανικής αντοχής κι ανθεκτικότητάς τους. Παρομοίως, η ανακυκλωμένη ασφαλτος, όταν υπόκειται στην κατάλληλη επεξεργασία, εμφανίζει σημαντικές δυνατότητες περιορισμού όχι μόνο του κόστους, αλλά και του ανθρακικού αποτυπώματος σε έργα οδοποιίας. Οι λύσεις αυτές περιορίζουν σε σημαντικό βαθμό την εξάρτηση από πρωτογενή υλικά, καθώς περιορίζεται η ενσωματωμένη ενέργεια των έργων και οι συνολικές περιβαλλοντικές συνέπειες (Almusaed και συν., 2024).

Οι ψηφιακές τεχνολογίες θεωρούνται ολοένα και πιο πολύ ως μέσο εφαρμογής κυκλικών πρακτικών στον τομέα των κατασκευών. Λόγου χάρη, το Building Information Modeling (BIM), προσφέρει ψηφιακή αναπαράσταση των δομικών υλικών σε ένα έργο, μέσα από την οποία επιτρέπεται η ακριβής παρακολούθηση κι αξιοποίηση των υλικών. Πιο συγκεκριμένα, μέσω του BIM, οι

ομάδες έργου δύνανται να εκτιμήσουν τις ποσότητες των υλικών, να προβλέψουν την παραγωγή αποβλήτων, και να ανιχνεύσουν ευκαιρίες για την επαναχρησιμοποίηση και την ανακύκλωση στοιχείων όχι μόνο στο στάδιο σχεδιασμού, αλλά και στην κατασκευή του έργου (Dautremont και συν., 2018).

Την ίδια στιγμή, αποκτούν έδαφος και τα «διαβατήρια υλικών (material passports), τα οποία πρόκεινται για ψηφιακά έγγραφα που προσφέρουν πληροφορίες για τις ιδιότητες του εκάστοτε υλικού, την προέλευσή τους και τις ικανότητες επαναχρησιμοποίησής τους στη διάρκεια του κύκλου ζωής των κτηρίων. Όταν πραγματοποιείται ενσωμάτωση των εργαλείων αυτών μέσω του BIM, υποστηρίζονται οι κλειστές αλυσίδες εφοδιασμού, καθώς εξασφαλίζουν τη δυνατότητα αποσυναρμολόγησης, καταγραφής κι αποτελεσματικής επαναχρησιμοποίησης των υλικών. Επιπρόσθετα, αναδυόμενες τεχνολογίες όπως τα ψηφιακά δίδυμα (digital twins), που αφορούν εικονικά αντίγραφα από τις κατασκευασμένες υποδομές, διευρύνουν τις δυνατότητες αυτές, καθώς επιτρέπεται η διαρκής παρακολούθηση της απόδοσης των υλικών και των συνεπειών του κύκλου ζωής τους, οδηγώντας σε αποφάσεις για την επαναχρησιμοποίηση και την ανακύκλωση του τέλους ζωής των κατασκευών (Dautremont και συν., 2018).

Μελέτες περίπτωσης από κάποιες χώρες φανερώνουν τόσο τα δυνατά σημεία, όσο και τις αδυναμίες των μεθόδων κυκλικής οικονομίας στον τομέα των κατασκευών. Παραδείγματος χάρη, η ολλανδική κυβέρνηση έχει θεσπίσει τον στόχο της πλήρους μετάβασης σε μια κυκλική οικονομία μέχρι το 2050, με τον κλάδο των κατασκευών να συνιστά θεμελιώδες πεδίο εφαρμογής. Πιλοτικά έργα στην πόλη του Άμστερνταμ απέδειξαν την ικανότητα σχεδιασμού κτηρίων για αποσυναρμολόγηση, μέσω της χρήσης αρθρωτών δομικών στοιχείων που δύνανται να επαναχρησιμοποιηθούν με ευκολία (Bartean και συν., 2017).

Η υλοποίηση μεθόδων διαχείρισης αποβλήτων και κυκλικής οικονομίας στον ευρωπαϊκό κατασκευαστικό κλάδο ορίζεται από συγκεκριμένα κανονιστικά πλαίσια, όπως είναι η Οδηγία 2008/98/ΕΚ «Πλαίσιο για τα Απόβλητα», ο Κανονισμός 305/2011/ΕΕ για τα δομικά προϊόντα, καθώς και το Σχέδιο Δράσης για την Κυκλική Οικονομία του 2020. Τα κανονιστικά αυτά εργαλεία προσφέρουν νομική υποστήριξη και κίνητρα ώστε να εφαρμόζονται κυκλικές πρακτικές στα κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Εν αντιθέσει, πληθώρα αναπτυσσόμενων χωρών έρχονται αντιμέτωπες με ορισμένες σημαντικές δυσκολίες, όπως είναι ο περιορισμένος αριθμών και χώρος υποδομών συλλογής και ανακύκλωσης, η μη αυστηρή εφαρμογή

των κανονισμών και η απουσία οικονομικών κινήτρων. Στις περιπτώσεις αυτές, τα άτυπα συστήματα ανακύκλωσης αποκτούν σημαντικό ρόλο, αλλά στις περισσότερες περιπτώσεις δραστηριοποιούνται με ανεπαρκή πρότυπα ασφάλειας ή τεχνολογική αρωγή. Η ανισότητα ανάμεσα σε ανεπτυγμένες κι αναπτυσσόμενες περιοχές αναδεικνύει την επιταγή προσαρμοσμένων προσεγγίσεων στα χαρακτηριστικά τοπικού, οικονομικού, κοινωνικού και θεσμικού χαρακτήρα (Bartean και συν., 2017).

Πέραν της σημαντικής προόδου, αρκετά εμπόδια συνεχίζουν να περιορίζουν την ευρεία υιοθέτηση μεθόδων κυκλικής οικονομίας στον τομέα των κατασκευών. Στην κατηγορία των τεχνικών προκλήσεων συμπεριλαμβάνεται η μεταβλητότητα στην ποιότητα των ανακυκλωμένων υλικών, καθώς και οι περιορισμοί στην αξιοποίησή τους σε δομικές εφαρμογές που έχουν υψηλές απαιτήσεις. Η απουσία τυποποίησης συνιστά ένα άλλο σοβαρό πρόβλημα, καθώς διακρίνονται λίγα παγκοσμίως αποδεκτά πρότυπα για την αξιολόγηση της απόδοσης των ανακυκλωμένων υλικών. Ακόμη, τα εμπόδια της αγοράς πρέπει επίσης να επισημανθούν, αφού η ζήτηση για ανακυκλωμένα προϊόντα πολλές φορές υπολείπεται της προσφοράς, καθώς εξακολουθούν να επικρατούν αντιλήψεις ότι τα ανακυκλωμένα υλικά φέρουν χαμηλότερη ποιότητα, σε σύγκριση με τα συμβατικά (Bartean και συν., 2017).

Το οικονομικό κόστος συνιστά επίσης πρόκληση, αφού οι διαδικασίες για τη συλλογή, την μεταφορά και την επεξεργασία των αποβλήτων μπορούν να καταστήσουν την ανακύκλωση λιγότερο ελκυστική οικονομικά, σε σχέση με την υγειονομική ταφή. Η εξάλειψη των προκλήσεων αυτών χρήζει συντονισμένης δράσης πολλαπλών επιπέδων. Κίνητρα πολιτικής, όπως είναι οι φορολογικές απαλλαγές κι ελαφρύνσεις, τα προγράμματα επιδοτήσεων και τα συστήματα διευρυμένης ευθύνης του παραγωγού (extended producer responsibility – EPR), δύνανται να καταστήσουν την ανακύκλωση και την επαναχρησιμοποίηση των υλικών πιο βιώσιμες σε οικονομικό επίπεδο (Bartean και συν., 2017).

Παράλληλα, και οι κυβερνήσεις δύνανται να ζητήσουν υποχρεωτική αξιοποίηση ανακυκλωμένων υλικών σε έργα του δημοσίου, πυροδοτώντας, με αυτόν τον τρόπο, σταθερή ζήτηση δευτερογενών υλικών. Την ίδια στιγμή, η τυποποίηση των ανακυκλωμένων υλικών μέσα από συστήματα πιστοποίησης και πρωτοκόλλων δοκιμών δύναται να τονώσει την εμπιστοσύνη μεταξύ των εμπλεκόμενων φορέων και να υποστηρίξει την υιοθέτησή τους (Bartean και συν., 2017).

Σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν και οι πολιτισμικές μεταβολές, καθώς η εξάλειψη των αποβλήτων ως πόρου χρήζει εκστρατειών ενημέρωσης, προγραμμάτων κατάρτισης και ηγετικές παρουσίες από τη βιομηχανία και τον ακαδημαϊκό χώρο (Barteau και συν., 2017).

Οι συμπράξεις ανάμεσα στον δημόσιο και τον ιδιωτικό τομέα (Public-Private Partnerships – PPPs) επίσης συνιστούν σημαντικό μέσο για την προώθηση της κυκλικής οικονομίας, αφού κινητοποιούν μέσα χρηματοδότησης, τεχνογνωσίας και καινοτομίας προερχόμενα από διαφορετικούς φορείς (Schönenberg, 2021).

Μελλοντικά, η υιοθέτηση αρχών της κυκλικής οικονομίας στον τομέα των κατασκευών εμφανίζει σημαντικές δυνατότητες για τον περιορισμό των περιβαλλοντικών συνεπειών και την προώθηση της βιωσιμότητας. Καινοτομίες όπως η προώθηση των δομικών υλικών βιολογικής προέλευσης (π.χ. hempcrete και σύνθετα υλικά φτιαγμένα από μπαμπού), η τρισδιάστατη εκτύπωση, η θετική αξιοποίηση της τεχνητής νοημοσύνης και του διαδικτύου των πραγμάτων (Internet of Things – IoT) αναμένεται να παίζουν καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη των βιώσιμων και κυκλικών κατασκευαστικών τεχνικών.

Η διαχείριση των αποβλήτων και οι μέθοδοι κυκλικής οικονομίας στον κατασκευαστικό κλάδο συνιστούν ένα σημαντικό πεδίο στο πλαίσιο της προσπάθειας προώθησης της βιωσιμότητας. Μέσα από τη μετάβαση από τις γραμμικές στις κυκλικές μεθόδους παραγωγής και κατανάλωσης, ο κατασκευαστικός κλάδος δύναται να περιορίσει το περιβαλλοντικό αποτύπωμά του σε σημαντικό βαθμό, καθώς και να διατηρήσει τους φυσικούς πόρους που βρίσκονται στο περιβάλλον και να συνδράμει στη δημιουργία νέων οικονομικών ευκαιριών.

2.3. Σύνδεση Βιώσιμων Πρακτικών και Βελτιστοποίηση Κόστους

2.3.1. Οικονομικά Οφέλη Βιώσιμων Πρακτικών

Σε γενικές γραμμές, η αξιοποίηση κατασκευαστικού εξοπλισμού αποτελεί θεμέλιο οικονομικής ανάπτυξης της εκάστοτε περιοχής, δεδομένης της ενίσχυσης των τοπικών οικονομιών μέσα από τη δημιουργία θέσεων εργασίας, της ανάπτυξης υποδομών και της αύξησης της ζήτησης για επενδύσεις στην περιοχή. Η κατασκευή μεγάλων έργων χρήζει εξειδικευμένου κι ανειδίκευτου εργατικού δυναμικού, κάτι που δημιουργεί ευκαιρίες απασχόλησης σε πληθώρα τομέων, όπως είναι οι μηχανικοί,

οι τεχνικοί, οι εργάτες και οι διαχειριστές των έργων. Ειδικότερα, αναφορικά με το εξειδικευμένο κι ανειδίκευτο εργατικό δυναμικό, αξίζει να σημειωθεί ότι τα μεγάλα κατασκευαστικά έργα χρήζουν ενός ευρέος φάσματος δεξιοτήτων, κάτι που αναδύει ευκαιρίες απασχόλησης για πληθώρα εκπαιδευτικών κι εμπειρικών επιπέδων. Η επιταγή εξειδικευμένου εργατικού δυναμικού ωθεί σε επενδύσεις εκπαίδευσης και κατάρτισης, εγείροντας, έτσι, την καλλιέργεια δεξιοτήτων. Επιπρόσθετα, η μετέπειτα επιταγή συντήρησης του εξοπλισμού και των υποδομών διασφαλίζει την ανάπτυξη θέσεων εργασίας σε μακροπρόθεσμο ορίζοντα που ξεπερνούν τη φάση κατασκευής, προάγοντας τη σταθερότητα της τοπικής οικονομίας. Παράλληλα, συνδράμει στην κοινωνική, αλλά και οικονομική ενίσχυση, δεδομένου ότι τα κατασκευαστικά έργα πολλές φορές τονώνουν την τοπική οικονομία, καθώς προσελκύουν επενδύσεις και βελτιώνουν την ποιότητα ζωής μέσα από την ανάπτυξη υποδομών, όπως είναι οι δρόμοι, τα δίκτυα ενέργειας, οι γέφυρες, κλπ. (Hoedemaekers, 2024).

Εστιάζοντας τώρα στα οικονομικά οφέλη των βιώσιμων κατασκευών, σύμφωνα με τον Bauer (2010), η κατανάλωση ενέργειας αναγνωρίζεται ως μια εκ των σημαντικότερων παραμέτρων στις διαδικασίες της βιώσιμης ανάπτυξης. Ο κύριος λόγος που οδηγεί τους μηχανικούς κατασκευών και τους ειδήμονες στον χώρο της αρχιτεκτονικής να θεσπίσουν τα θεμέλια του συστήματος «πράσινων» κτηρίων είναι ο περιορισμός της ενεργειακής κατανάλωσης, με την έννοια της συνολικής ποσότητας ενέργειας, η οποία καταναλώνεται από την κατασκευή έως και την ολοκλήρωση του έργου. Εναλλακτικά, οι μηχανικοί αναλογίζονται την ενέργεια που αξιοποιείται κατά τη φάση μεταφοράς (π.χ., τα φορτηγά που μεταφέρουν τις πρώτες ύλες στα εργοστάσια, οι οποίες μετατρέπονται σε δομικά υλικά). Ταυτόχρονα, υπολογίζουν τα κόστη μεταφοράς των υλικών και των μηχανημάτων προς τα εργοτάξια, ενώ προωθούν την χρήση ανακυκλωμένων υλικών, τα οποία προέρχονται από κατεδαφισμένες ή ανακαινισμένες υποδομές, προκειμένου να περιορίσουν την κατανάλωση ενέργειας στο σύνολο των σταδίων κατασκευής. Ενώ η χρήση ανακυκλωμένων αγαθών συνδράμει στον περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και περιορίζει την κατανάλωση ενέργειας, συγχρόνως μειώνει τα έξοδα καυσίμων που χρειάζονται κατά τη διάρκεια της κατασκευής από τα μέσα μεταφοράς, κάτι που μειώνει τις εθνικές και διεθνείς οικονομικές δαπάνες που χρειάζονται όταν εφαρμόζονται προγράμματα για την προστασία του περιβάλλοντος εξαιτίας του φαινομένου υπερθέρμανσης του πλανήτη.

Για την διατήρηση των αποτελεσμάτων της βιωσιμότητας, χρειάζεται ένας πράσινος μετασχηματισμός στο σύνολο των τομέων, όπως είναι η εκπαίδευση, η βιομηχανία, ο πολιτισμός και οι κατασκευές. Σύμφωνα με ειδήμονες της βιώσιμης ανάπτυξης, η αξιοποίηση βιώσιμων οικονομικών πρακτικών χρήζει μιας κοινωνίας, μιας εκπαίδευσης και μιας κουλτούρας, οι οποίες είναι προσανατολισμένες προς τη βιωσιμότητα. Όλοι αυτοί οι τομείς απαρτίζουν ένα ενιαίο σύστημα προώθησης της βιωσιμότητας (Barlow και συν., 2018). Υπό το πλαίσιο αυτό, οι βιώσιμες κατασκευές αλληλεπιδρούν κι επηρεάζουν με άμεσο τρόπο τους κοινωνικούς και τους οικονομικούς τομείς. Παραδείγματος χάρη, οι επιχειρήσεις για πράσινες κατασκευές δημιουργούν καινούργιες θέσεις εργασίας για ανέργους, ενώ, συγχρόνως, παρέχουν πιστοποιήσεις κι επαγγελματικά προγράμματα κατάρτισης που αφορούν τη βιωσιμότητα των κτηρίων και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η τάση αυτή συνδράμει στη διάδοση της βιώσιμης στάσης ζωής στις κοινωνίες και στον περιορισμό των ποσοστών ανεργίας (Kamara και συν., 2017).

Ο Langdon (2013) επισημαίνει ότι στο μέλλον οι υδάτινοι πόροι θα γίνονται ολοένα και πιο περιορισμένοι, κάτι που θα οδηγήσει σε αυξημένο κόστος νερού, αυξάνοντας την εξάρτηση σε λύσεις όπως είναι η ανακύκλωση του νερού, η μέθοδος της αφαλάτωσης, της αξιοποίησης γκριζών και μαύρων υδάτων, καθώς και οι δεξαμενές αποθήκευσης νερού. Οι στρατηγικές που εφαρμόζονται στα βιώσιμα κτήρια ανταποκρίνονται στην επιταγή αποδοτικής και μειωμένης κατανάλωσης νερού μέσα από τεχνικές εξοικονόμησης. Το σύστημα LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), που αφορά το κορυφαίο διεθνώς σύστημα για την αξιολόγηση και πιστοποίηση των πράσινων κτηρίων, εξυπηρετεί την ανάγκη αυτή και, μέσα από τον πράσινο σχεδιασμό, περιορίζει σε σημαντικό βαθμό τη ζήτηση πόσιμου νερού σε ένα κτήριο, συνδράμοντας με θετικό τρόπο στα οικονομικά αποτελέσματα ενός οργανισμού.

Στη μελέτη των O'Mara και Bates (2012), επισημαίνεται ότι τα βιώσιμα κτήρια ξεπερνούν τις ηθικές και περιβαλλοντικές συνιστώσες της βιωσιμότητας, αποδεικνύοντας ότι συναντώνται και ουσιαστικοί λόγοι οικονομικού χαρακτήρα, οι οποίοι χαρακτηρίζουν τις πρακτικές βιώσιμης κατασκευής συμφέρουσες επενδύσεις. Η απόσβεση μιας επένδυσης σε βιώσιμο κτήριο βελτιώνεται με την αύξηση των τιμών ενέργειας, κάτι που καθιστά τις ενεργειακές αναβαθμίσεις περισσότερο ελκυστικές σε οικονομικό επίπεδο. Η ανάλυση Green Outlook φανέρωσε ότι η απόδοση της επένδυσης (return of investment – ROI) των βιώσιμων κτηρίων είναι πιο

υψηλή τόσο στα καινούργια κατασκευαστικά έργα, όσο και στις υφιστάμενες υποδομές, συγκριτικά με τις συμβατικές κατασκευές, καθώς τα ενεργειακά συστήματα που αξιοποιούνται στα πράσινα κτήρια ενισχύουν την οικονομική απόδοση. Στις ΗΠΑ, βάσει στοιχείων που κατέγραψαν ιδιοκτήτες κτηριακών υποδομών, το ROI βελτιώθηκε κατά 9.9% σε καινούργια κατασκευαστικά έργα και κατά 19.2% σε ανακαινισμένα κι αναβαθμισμένα υφιστάμενα κτήρια.

Στην έκθεση της Υπηρεσίας Συμβουλευτικής Βιωσιμότητας της Colliers International (2013) αναφέρεται ότι το ανθρώπινο κεφάλαιο, το κόστος, δηλαδή, των εργαζομένων, αποτελεί συνήθως την πιο μεγάλη δαπάνη μιας επιχείρησης, καθώς καταλαμβάνει το 70-80% των συνολικών εξόδων του οργανισμού, συγκριτικά με το ενοίκιο που καταλαμβάνει μόνο το 5% και το ενεργειακό κόστος που κυμαίνεται μεταξύ 1% και 2%. Καθίσταται, λοιπόν, ολοφάνερο ότι η αυξημένη παραγωγικότητα, η οποία είναι συνδεδεμένη με τα πράσινα κτήρια, δύναται να επιδράσει σημαντικά την κερδοφορία μιας επιχείρησης και να ωθήσει την γρηγορότερη απόσβεση των επενδύσεων που υλοποιούνται για ενεργειακές αναβαθμίσεις και για την ανάληψη πράσινων πρωτοβουλιών.

Ταυτόχρονα, οι Ries και Bilec (2006) υποστήριξαν ότι ένα υγιές εσωτερικό περιβάλλον, σαν εκείνο που εξασφαλίζουν τα πράσινα κτήρια, συνδράμει στον περιορισμό των ασθενειών, των απουσιών από την εργασία, καθώς και σε λιγότερη εναλλαγή μεταξύ του προσωπικού, αλλά και στην προσέλκυση εξειδικευμένων υπαλλήλων που φέρουν υπηρεσίες υψηλής ποιότητας. Στη μελέτη τους, οι συγγραφείς κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι στα βιώσιμα κτήρια η παραγωγικότητα αυξήθηκε περίπου κατά 25%, ενώ την ίδια στιγμή παρατηρήθηκε και σημαντικός περιορισμός των απουσιών και της ενεργειακής κατανάλωσης κατά περίπου 30%.

2.3.2. Συγκριτικές Μελέτες μεταξύ Βιώσιμων και Συμβατικών Έργων

Όσον αφορά στη συγκριτική ανάλυση μεταξύ των παραδοσιακών και των καινοτόμων δομικών υλικών όσον αφορά στη βελτιστοποίηση του κόστους στον κατασκευαστικό τομέα, η επιλογή των κατάλληλων υλικών διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο όχι μόνο στο αρχικό κόστος κατασκευής, αλλά και στο συνολικό κόστος του κύκλου ζωής του έργου. Η σημερινή προσέγγιση της Διοίκησης Έργου δεν περιορίζεται μονάχα στον περιορισμό του άμεσου κατασκευαστικού κόστους, αλλά αναλογίζεται το συνολικό οικονομικό αποτύπωμα του έργου, αναλογιζόμενη το

κόστος λειτουργίας, συντήρησης, ενεργειακής κατανάλωσης και λήξης των κατασκευών.

Συγκεκριμένα, τα συμβατικά δομικά υλικά, όπως είναι το συμβατικό σκυρόδεμα, ο χάλυβας και τα κλασικά τούβλα, κατά την πλειονότητα των περιπτώσεων, φέρουν πιο χαμηλό αρχικό κόστος προμήθειας, ενώ είναι ευρέως διαθέσιμα στην αγορά. Μολαταύτα, η παραγωγή και η αξιοποίησή τους είναι συνδεδεμένη με υψηλή ενεργειακή κατανάλωση, υψηλό ενσωματωμένο άνθρακα (embodied carbon) και σοβαρές περιβαλλοντικές συνέπειες (Abavisani και συν., 2021). Επιπρόσθετα, οι διαδικασίες για την εξόρυξη, την παραγωγή και τη μεταφορά των υλικών αυτών απαιτούν σημαντικές ποσότητες ενέργειας, κάτι που μεγιστοποιεί το συνολικό ενεργειακό και χρηματικό κόστος των έργων αυτών. Την ίδια στιγμή, οι περιορισμένες θερμομονωτικές δυνατότητες κάποιων συμβατικών υλικών οδηγούν σε πιο υψηλή κατανάλωση ενέργειας κατά τη διάρκεια λειτουργίας των κτηρίων, μεγιστοποιώντας, έτσι, το κόστος λειτουργίας σε βάθος χρόνου (Farghali και συν., 2023).

Αντιθέτως, τα καινοτόμα κι ενεργειακά αποδοτικά υλικά, απαιτούν μεν υψηλότερο αρχικό επενδυτικό κόστος, αλλά συνδράμουν σημαντικά στον περιορισμό του συνολικού κόστους του κύκλου ζωής του έργου. Η αξιοποίηση τέτοιων υλικών ενθαρρύνει τη θερμική απόδοση των κτηρίων και περιορίζει τις ενεργειακές επιταγές θέρμανσης και ψύξης, περιορίζοντας, έτσι, τα έξοδα λειτουργίας και το ενεργειακό κόστος (Ustaoglu και συν., 2021). Συγχρόνως, τα προηγμένα υλικά συνδράμουν στον περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και στην ενίσχυση της συνολικής περιβαλλοντικής απόδοσης των κατασκευαστικών έργων (Arman και συν., 2022).

Βάσει των ανωτέρω, λοιπόν, εξάγεται το συμπέρασμα ότι η μεταφορά προς βιώσιμα και καινοτόμα υλικά δε συνιστά μονάχα περιβαλλοντική επιλογή, αλλά και στρατηγική για την οικονομική βελτιστοποίηση. Παρ' όλο που τα καινούργια υλικά πολλές φορές χρήζουν αυξημένου αρχικού κεφαλαίου, δεδομένης της μακροπρόθεσμης εξοικονόμησης ενέργειας, της μειωμένης ανάγκης συντήρησης, της μεγαλύτερης διάρκειας ζωής των κατασκευών και τις συμμόρφωσης με τις σημερινές περιβαλλοντικές απαιτήσεις, αναγνωρίζονται τα τελικά οικονομικά τους οφέλη και από τους οργανισμούς, και από τους ίδιους τους επενδυτές (Jiang και συν., 2021).

Κατόπιν ολοκλήρωσης της εμπειρικής έρευνας των Smit και Toit (2015), διαπιστώθηκε ότι το μεγαλύτερο μέρος των ειδικών του κλάδου ακινήτων στην Νότια Αφρική συνεχίζει να υποστηρίζει ότι τα βιώσιμα κτήρια είναι πιο ακριβά συγκριτικά

με τα συμβατικά κτήρια. Μολαταύτα, παρά την αντίληψη αυτή, η πλειονότητα των συμμετεχόντων αναγνώρισε ότι τα βιώσιμα έργα φέρουν σημαντικά οικονομικά πλεονεκτήματα, είτε με άμεσο είτε με έμμεσο τρόπο, όταν συνδέονται με την εφαρμογή πράσινων πρακτικών. Η συγκριτική ανάλυσή τους ανάμεσα σε βιώσιμα και συμβατικά κατασκευαστικά έργα ανέδειξε ουσιαστικές διαφορές που σχετίζονται τόσο με το αρχικό κόστος, όσο και με την μακροπρόθεσμη οικονομική απόδοση των κατασκευαστικών έργων:

- **Αρχικό κόστος κατασκευής:** η πλειονότητα των ειδικών θεωρεί ότι το αρχικό κόστος για την κατασκευή βιώσιμων κτηρίων είναι σημαντικά πιο υψηλό, συγκριτικά με εκείνο των συμβατικών έργων. Η αντίληψη αυτή απορρέει, κατά κύριο λόγο, από το αυξημένο κόστος που διέπει κάποια πράσινα υλικά, από την ανάγκη ενσωμάτωσης ακριβών τεχνολογιών ενεργειακής απόδοσης και της τάσης σύνδεσης της βιωσιμότητας με ακριβές αρχιτεκτονικές λύσεις. Μολαταύτα, η βιβλιογραφία αποκαλύπτει ότι το πρόσθετο κόστος που φέρουν τα πράσινα κτήρια είναι πολλές φορές περιορισμένο ή και ίσο εκείνου των συμβατικών έργων και ειδικά σε περιπτώσεις όπου εφαρμόζονται ολιστικές στρατηγικές για το σχεδιασμό και τη διαχείριση του κόστους, κατά τα πρώιμα στάδια ανάπτυξης του έργου. Συνεπώς, ενώ τα συμβατικά έργα παρουσιάζουν πιο χαμηλό αρχικό επενδυτικό κόστος, τα βιώσιμα έργα πετυχαίνουν πιο καλή οικονομική απόδοση μακροπρόθεσμα,
- **Έλλειψη γνώσης και τεχνογνωσίας:** Ταυτόχρονα, η έρευνα κατέδειξε ότι εξακολουθεί να υφίσταται σημαντικό έλλειμμα γνώσεις αναφορικά με τα πράσινα κτήρια και τις βιώσιμες τεχνολογίες. Η περιορισμένη εξειδίκευση αποτελεί ανασταλτικός παράγοντας της ευρύτερης εφαρμογής βιώσιμων πρακτικών. Αντιθέτως, τα συμβατικά έργα στηρίζονται σε καθιερωμένες πρακτικές και υλικά, κάτι που περιορίζει την αβεβαιότητα και διευκολύνει την εφαρμογή τους. Μολαταύτα, η διαρκής επιμόρφωση επαγγελματιών μέσα από πιστοποιήσεις, σεμινάρια και προγράμματα πράσινων κατασκευών υποστηρίζεται ότι δύναται σταδιακά να εκμηδενίσει το κενό αυτό και να ενισχύσει τη στροφή προς πιο βιώσιμα κατασκευαστικά πρότυπα,
- **Κόστος υλικών και λειτουργική εξοικονόμηση:** Περίπου το 50% της συγκεκριμένης έρευνας συμφώνησε ότι το κόστος των οικολογικών υλικών περιορίζεται σταδιακά, κάτι που ενισχύει την ανταγωνιστικότητα των

βιώσιμων έργων. Εν αντιθέσει με τα συμβατικά υλικά, τα βιώσιμα πολλές φορές φέρουν πιο περιορισμένη ενεργειακή κατανάλωση, χαρακτηρίζονται από υψηλότερη ανθεκτικότητα, ενώ έχουν λιγότερες απαιτήσεις για να συντηρηθούν. Ως εκ τούτου, τα συμβατικά έργα μπορεί μεν να παρουσιάζουν χαμηλότερο αρχικό κόστος, ωστόσο συνοδεύονται από πιο υψηλά λειτουργικά κόστη, καθώς και κόστη συντήρησης, με το πέρασ του χρόνου,

- **Μακροπρόθεσμη οικονομική απόδοση και ROI:** Στη δημοσίευσή τους, οι μελετητές εξήγαγαν το συμπέρασμα ότι τα συμβατικά έργα είναι περισσότερο εξαρτημένα από τις διακυμάνσεις στις τιμές της ενέργειας και των φυσικών πόρων, κάτι που μεγεθύνει το οικονομικό ρίσκο σε μακροπρόθεσμο επίπεδο,
- **Εμπορευσιμότητα κι ανταγωνιστικότητα:** Τα βιώσιμα κτήρια αποκτούν όλο και περισσότερη ζήτηση στην αγορά ακινήτων, λόγω της καλύτερης περιβαλλοντικής εικόνας τους, της αυξημένης εταιρικής κοινωνικής ευθύνης και της υψηλότερης ελκυστικότητας για ενοικιαστές κι επενδυτές. Οι συμμετέχοντες στην έρευνα ήρθαν σε συμφωνία ότι τα βιώσιμα κτήρια λαμβάνουν αυξανόμενη δημοσιότητα, ενώ τονώνουν και την εικόνα των επιχειρήσεων που τα υιοθετούν. Ταυτόχρονα, εμφανίζουν πιο αδύναμη κινητικότητα των ενοικιαστών, κάτι που μεγιστοποιεί τη σταθερότητα εσόδων των ιδιοκτητών,
- **Διαχείριση κινδύνου και μελλοντική βιωσιμότητα:** Τα βιώσιμα έργα συνεισφέρουν στον περιορισμό των κινδύνων που συνδέονται με την άνοδο των ενεργειακών τιμών, τον κορεσμό των φυσικών πόρων και την αusterοποίηση των περιβαλλοντικών θεσμικών πλαισίων. Η υιοθέτηση πράσινων πρακτικών δρα ως στρατηγική ασφάλειας απέναντι σε οικονομικές και οικολογικές πιέσεις του μέλλοντος. Αντιθέτως, τα συμβατικά έργα εμφανίζουν ήδη αυξημένη ευαλωτότητα σε μελλοντικές κανονιστικές κι ενεργειακές μεταβολές.

Σε έρευνά τους, οι Rajabi και συν. (2024) παρουσίασαν συγκριτική ανάλυση ανάμεσα στη συμβατική μέθοδο Earned Value Management (EVM) και του μοντέλου Sustainable Earned Value Management (SEVM). Το EVM αφορά τη μεθοδολογία ενσωμάτωσης του χρονοδιαγράμματος, του κόστους και του εύρους εργασιών για την αντικειμενική μέτρηση της προόδου του έργου. Το SEVM, από την άλλη, επεκτείνει την προαναφερθείσα συμβατική μέθοδο παρακολούθησης έργων, υπολογίζοντας τους

δείκτες απόδοσης της βιωσιμότητας συγχρόνως με το χρόνο και τον προϋπολογισμό, διασφαλίζοντας την επίτευξη περιβαλλοντικών και κοινωνικών στόχων. Τα πορίσματα της έρευνας καταδεικνύουν ότι το συνολικό εκτιμώμενο κόστος για την ολοκλήρωση του έργου (total estimated cost at completion – TEAC) ήταν πιο χαμηλό κατά την εφαρμογή πρακτικών βιωσιμότητας μέσα από το SEVM, συγκριτικά με το συμβατικό μοντέλο EVM. Το αποτέλεσμα αυτό τονίζει ότι η ένταξη της βιωσιμότητας δεν φέρει αναγκαστικά αύξηση στο κόστος της επένδυσης, αλλά δύναται να οδηγήσει σε πιο αποτελεσματική διαχείριση των πόρων, σε περιορισμένες σπατάλες και σε βελτίωση των λειτουργικών διαδικασιών των έργων.

2.3.3. Προκλήσεις κι Εμπόδια

Καθίσταται αδύνατη η ενσωμάτωση πρακτικών που προάγουν τη βιωσιμότητα στον κατασκευαστικό κλάδο χωρίς την ανάδυση προκλήσεων κι εμποδίων. Η εν λόγω ενότητα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης διερευνά τους θεμελιώδεις παράγοντες που δυσκολεύουν την εφαρμογή βιώσιμων πρακτικών στις κατασκευές, αποδίδοντας ιδιαίτερη σημασία στον οικονομικό παράγοντα, καθώς και σε μια σειρά κανονιστικών, τεχνολογικών και πολιτισμικών περιορισμών.

Μια εκ των σημαντικότερων προκλήσεων για την προώθηση της βιωσιμότητας στον τομέα των κατασκευών σχετίζεται με το περίπλοκο κανονιστικό πλαίσιο που διέπει αρκετά κράτη. Συγκεκριμένα, το σύνολο των οικοδομικών κανονισμών, των πολεοδομικών διατάξεων και των περιβαλλοντικών αδειοδοτήσεων παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές από μέρος σε μέρος, εγείροντας, έτσι τροχοπέδη σε εργολάβους κι επενδυτές που επιδιώκουν την εφαρμογή βιώσιμων πρακτικών. Επιπρόσθετα, τα χαρακτηριστικά της αβεβαιότητας και της ασυνέπειας των κανονισμών ευθύνονται για την αποθάρρυνση για επενδύσεις πάνω σε βιώσιμες τεχνολογίες και εγείρουν εμπόδια στην καινοτομία του κατασκευαστικού τομέα. Σύμφωνα με τον Akinbolaji (2024), προκειμένου να προωθηθεί η βιώσιμη ανάπτυξη στον κατασκευαστικό κλάδο, πρέπει να αρθούν τα κανονιστικά εμπόδια και να εναρμονιστούν τα πρότυπα σε τοπικό, εθνικό και διεθνές επίπεδο.

Τα οικονομικά εμπόδια αποτελούν ίσως το πιο σημαντικό εμπόδιο για την υιοθέτηση βιώσιμων τεχνικών. Παρόλο που τα βιώσιμα κτήρια εξασφαλίζουν μακροχρόνια οικονομικά οφέλη μέσα από τον περιορισμό της ενεργειακής κατανάλωσης και των εξόδων λειτουργίας, το αρχικό κόστος της επένδυσης είναι

πολλές φορές ιδιαίτερα υψηλό τόσο για τους εργολάβους, όσο και για τους επενδυτές. Εξαιτίας της περιορισμένης πρόσβασης σε χρηματοδοτήσεις, της απουσίας ενημέρωσης αναφορικά με τα οικονομικά πλεονεκτήματα της βιωσιμότητας και της αντίληψης αυξημένου ρίσκου αναφορικά με καινούργιες τεχνολογίες, αποτρέπεται η υλοποίηση βιώσιμων έργων. Στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρεται ότι μηχανισμοί όπως είναι τα πράσινα ομόλογα (green bonds), οι φορολογικές ελαφρύνσεις και οι συνεργασίες μεταξύ του δημοσίου και του ιδιωτικού τομέα (Public Private Partnerships – PPPs) δύνανται να συνδράμουν στον ουσιαστικό περιορισμό του οικονομικού βάρους και στην ενίσχυση της βιώσιμης κατασκευαστικής δραστηριότητας (Umar και συν., 2024).

Επιπλέον, οι τεχνολογικές προκλήσεις θέτουν περαιτέρω εμπόδια στην υλοποίηση πράσινων πρακτικών στον τομέα των κατασκευών. Ανεξαρτήτως της σημαντικής προόδου που έχει επιτευχθεί στην κατηγορία των πράσινων δομικών υλικών, στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και των ψηφιακών εργαλείων κατασκευής, η εφαρμογή τους εξακολουθεί να είναι άνιση εντός του κλάδου. Η απουσία εξειδικευμένου προσωπικού, τα ζητήματα δυσλειτουργικότητας και η δυσκολία υιοθέτησης καινούργιων τεχνολογιών στις υφιστάμενες υποδομές θέτουν εμπόδια στην υλοποίηση καινοτόμων λύσεων. Την ίδια στιγμή, η ταχύτητα με την οποία η τεχνολογία εξελίσσεται χρήζει συστηματικής επένδυσης σε έρευνα, επιμόρφωση και καλλιέργεια δεξιοτήτων, κάτι που μεγιστοποιεί ακόμη περισσότερο το οικονομικό κόστος που επιβαρύνει τις επιχειρήσεις του κλάδου αυτού (Umar και συν., 2024).

Σημαντικοί καθίστανται και οι πολιτισμικοί κι οργανωσιακοί παράγοντες, οι οποίοι δρουν ανασταλτικά στην προώθηση της βιώσιμης ανάπτυξης. Οι θεσπισμένες βιομηχανικές πρακτικές, η αντίσταση στο καινούργιο, η ελλιπής ενημέρωση για τα πλεονεκτήματα της βιωσιμότητας και η αποφυγή λήψης ρίσκου συνιστούν θεμελιώδη τροχοπέδη μετάβασης σε πιο βιώσιμα κατασκευαστικά μοντέλα. Προκειμένου να ξεπεραστούν τα εμπόδια αυτά, χρειάζεται ισχυρή ηγεσία, εκπαίδευση και συνεργασία ανάμεσα σε όλα τα εμπλεκόμενα μέρη της αλυσίδας εφοδιασμού των κατασκευών. Ταυτόχρονα, για να μετασχηματισθεί ο κατασκευαστικός κλάδος, πρέπει να αναπτυχθεί μια «κουλτούρα βιωσιμότητας», η οποία θα προτεραιοποιεί την προστασία του περιβάλλοντος, την κοινωνική ευθύνη και την καινοτομία (Umar και συν., 2024).

Ο διάλογος αναφορικά με τα κύρια εμπόδια εφαρμογής πράσινων κατασκευαστικών έργων και λήψης βιώσιμων πρωτοβουλιών επαληθεύει ότι το οικονομικό κριτήριο συνιστά το επίκεντρο της πλειονότητας των δυσκολιών. Οι Saharuddin και συν. (2022) υποστήριξαν ότι οι εργολάβοι στην Μαλαισία αναγνωρίζουν το αυξημένο κόστος και τον περισσότερο χρόνο υλοποίησης ως τα πιο σημαντικά εμπόδια εφαρμογής βιώσιμων κατασκευαστικών λύσεων. Το πόρισμα αυτό αντικατοπτρίζει τη γενικότερη τάση που επικρατεί στο συγκεκριμένο κλάδο, όπου το υψηλό αρχικό κόστος της επένδυσης και η επιμήκυνση του χρονοδιαγράμματος λειτουργούν ως αποθαρρυντικοί παράγοντες υιοθέτησης πράσινων λύσεων, αγνοώντας, κάποιες φορές, τα μακροπρόθεσμα οφέλη οικονομικού και περιβαλλοντικού χαρακτήρα.

Συγχρόνως, η περιορισμένη ζήτηση πράσινων κατασκευών και η ανεπαρκής κρατική πίεση αναγνωρίζονται κι αυτά ως σοβαρά εμπόδια. Οι Powmya και Abidin (2014) αναγνώρισαν ότι στο κράτος του Ομάν η απουσία ενδιαφέροντος από τους καταναλωτές και η έλλειψη επαρκών κυβερνητικών κινήτρων θέτουν σημαντικούς περιορισμούς στην υλοποίηση βιώσιμων πρακτικών. Η τάση αυτή αναδεικνύει την ανάγκη ισχυρότερων νομοθετικών πλαισίων, οικονομικών κινήτρων και ευαισθητοποίησης τόσο των επιχειρήσεων, όσο και του κοινού αναφορικά με τα θετικά χαρακτηριστικά των βιώσιμων κατασκευών.

Αντιστοίχως, οι Wong και συν. (2023) διερευνώντας την εφαρμογή της Πράσινης Διαχείρισης Εφοδιαστικής Αλυσίδας (Green Supply Chain Management – GSCM) στην Μαλαισία, παρατηρούν ότι η απουσία ηγεσίας, οργανωτικής στήριξης και γνώσης βιώσιμων τεχνικών συνιστούν σημαντικά εμπόδια ακόμη κι από το στάδιο προγραμματισμού ενός έργου. Η έλλειψη ενσωματωμένων περιβαλλοντικών κριτηρίων από τα πρώιμα στάδια του κύκλου ζωής του έργου προκαλεί πολλές φορές διευρυμένο λειτουργικό κόστος και περιορισμένη ενεργειακή απόδοση σε επόμενες φάσεις του έργου.

Σοβαρά εμπόδια ανιχνεύονται και στις διαδικασίες πράσινων προμηθειών (green procurement). Οι Alqadami και συν. (2020) τόνισαν ότι το μεγάλο κόστος των οικολογικών προϊόντων και οι δυσκολίες υλοποίησης αποτελεσματικών συστημάτων περιβαλλοντικής διοίκησης περιορίζουν την αξιοποίηση πράσινων προμηθειών στα έργα κατασκευής. Η παρατήρηση αυτή είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη διοίκηση κόστους του έργου (project cost management), καθώς η επιλογή βιώσιμων υλικών και

τεχνολογιών χρήζει αποτελεσματικού οικονομικού σχεδιασμού, εκτίμησης του κόστους κύκλου ζωής και μακροπρόθεσμης αξιολόγησης της επένδυσης.

Συνολικά, ο μετασχηματισμός του κατασκευαστικού κλάδου με κατεύθυνση τη βιωσιμότητα και τις πράσινες υποδομές επιφέρει πολύπλοκα οικονομικά, θεσμικά και τεχνολογικά εμπόδια. Προκειμένου να ενσωματώνονται επιτυχώς οι βιώσιμες πρακτικές στον κατασκευαστικό κλάδο, κρίνεται απαραίτητη η αποτελεσματική διαχείριση του κόστους μέσα από πρακτικές Διοίκησης Έργου. Μέσω του στρατηγικού σχεδιασμού, της βελτιστοποίησης πόρων, της ανάλυσης του κύκλου ζωής του κόστους και της αξιοποίησης εκσυγχρονισμένων εργαλείων χρηματοδότησης, οι οργανισμοί δύνανται να περιορίσουν τα εμπόδια υλοποίησης βιώσιμων λύσεων και να ενθαρρύνουν τη μακροχρόνια οικονομική και περιβαλλοντική απόδοση των έργων (Umar και συν., 2024).

2.4. Ρόλος Διοίκησης Έργου (Project Management) στη Βιωσιμότητα

Διακρίνεται πληθώρα ερευνών στη βιβλιογραφία που διερευνά τη σχέση ανάμεσα στη Διοίκηση Έργου (Project Management) και τη βιωσιμότητα. Οι περισσότερες μελέτες προσανατολίζονται στον καθορισμό των διαδικασιών και των εργαλείων ή σε μακροπρόθεσμες προσεγγίσεις της διοίκησης έργου.

2.4.1. Εργαλεία Project Management και Βιωσιμότητα

Building Information Modeling (BIM)

Ένας εκ των παλαιότερων και έως σήμερα πιο δημοφιλείς ορισμούς του Building Information Modeling (BIM) είναι εκείνος που αποδόθηκε από την επιτροπή National BIM Standard – United States Project Committee (NBIMS-US). Σύμφωνα με εκείνον, το BIM αφορά μια ψηφιακή αναπαράσταση του συνόλου των φυσικών ή λειτουργικών χαρακτηριστικών ενός έργου ή ενός αντικειμένου. Δρα ως κοινή πηγή γνώσης και πληροφοριών αναφορικά με το αντικείμενο και σχηματίζει μια φερέγγυα βάση λήψης αποφάσεων καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του έργου. Ο ορισμός αυτός αναδύει τρία ιδιαίτερα κρίσιμα στάδια. Πρώτα απ' όλα, σε μια επενδυτική διαδικασία που στηρίζεται στο BIM, διαμορφώνεται μια «πηγή γνώσης και πληροφοριών», η οποία γίνεται αντιληπτή ως ένα εργαλείο για τη συσσώρευση γνώσεων και τεχνογνωσίας. Ακολούθως, η γνώση αυτή συνιστά τη βάση λήψης

αποφάσεων, καθώς συνδράμει στον περιορισμό της αβεβαιότητας και στη βέλτιστη κατανόηση των φαινομένων και των αναγκών του έργου. Τέλος, οι ανταλλασσόμενες πληροφορίες συνοδεύουν το κατασκευαστικό έργο στο σύνολο του κύκλου ζωής του, από το σχεδιασμό έως και την αποξήλωσή του (Borkowski, 2023).

Σύμφωνα με τους Xue και συν. (2021), ως καινοτόμα τεχνολογία, το BIM διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην αξιοποίηση των αρχών της κυκλικής οικονομίας στον τομέα των κατασκευών. Η κυκλική οικονομία αποδίδει έμφαση στη βέλτιστη χρήση των πόρων, τον περιορισμό των αποβλήτων, τη μεγιστοποίηση της διάρκειας ζωής των υλικών, καθώς και τη δυνατότητά τους να ανακυκλώνονται. Ως ψηφιακό εργαλείο, το BIM, δύναται να υποστηρίξει με ουσιαστικό τρόπο όλες αυτές τις διαδικασίες.

Βάσει των Aljaber και συν. (2023), μια εκ των σημαντικότερων συνεισφορών του BIM στην κυκλική οικονομία αποτελεί η κατασκευή μιας ολοκληρωμένης βάσης δεδομένων πληροφοριών του κτηρίου σε όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του. Στα συμβατικά συστήματα, κατόπιν ολοκλήρωσης ενός έργου, οι πληροφορίες που σχετίζονται με τα υλικά, το σχεδιασμό και την κατασκευή του κτηρίου πολλές φορές ξεχνιούνται, ή κατακερματίζονται και δε θεωρούνται αξιοποιήσιμες. Εν αντιθέσει, μέσα από το BIM, το σύνολο των δεδομένων αποθηκεύεται σε ένα ψηφιακό μοντέλο και δύνανται να αξιοποιηθούν στο μέλλον για την πραγματοποίηση αναλύσεων, συντηρήσεων, επισκευών, μέχρι και για την ανακύκλωση της υποδομής. Η δυνατότητα αυτή συνδράμει με άμεσο τρόπο στις αρχές της κυκλικής οικονομίας, αφού επιτρέπει τη στοχευμένη ανακύκλωση των δομικών υλικών, με επαναλαμβανόμενη χρήση τους.

Σύμφωνα με τους Eftekhari και συν. (2024), ένα ακόμη σημαντικό πλεονέκτημα του BIM σε ό,τι αφορά την κυκλική οικονομία είναι η βελτιστοποίηση του σχεδιασμού των κτηρίων αποβλέποντας στην μεγιστοποίηση της διάρκειας ζωής και της ευελιξίας τους. Σε πληθώρα συμβατικών έργων, τα κτήρια σχεδιάζονται δίχως να λαμβάνονται υπόψη μελλοντικές μεταβολές ή προσαρμογές, με αποτέλεσμα οι κατεδαφίσεις και οι ανακατασκευές να αποτελούν πολλές φορές τη μόνη λύση σε περιπτώσεις μετατροπών, κάτι που προκαλεί σπατάλη πόρων. Μολαταύτα, το BIM επιτρέπει να προσομοιώνονται διαφορετικά σενάρια, προκειμένου τα κτήρια να σχεδιάζονται με ευελιξία, κάτι που διευκολύνει τις μελλοντικές τροποποιήσεις, καθώς διενεργούνται ελάχιστες καταστροφές και παράγονται λιγότερα απόβλητα.

Έτσι, περιορίζεται η παραγωγή αποβλήτων, τονώνεται η οικονομική αποδοτικότητα και μειώνονται τα κόστη που απορρέουν από εκτεταμένες ανακαινίσεις.

Την ίδια στιγμή, το BIM συνδράμει στη βελτιστοποίηση της κατασκευαστικής διαδικασίας, κάτι που συνδέεται με άμεσο τρόπο με τις αρχές της κυκλικής οικονομίας. Ένα εκ των συχνότερων προβλημάτων στον κατασκευαστικό κλάδο αφορά τη λάθος εκτίμηση των υλικών που απαιτούνται, η οποία προκαλεί την παραγωγή σημαντικών ποσοτήτων αποβλήτων. Μέσα από ακριβή ψηφιακά μοντέλα και προηγμένα αναλυτικά εργαλεία, το BIM επιτρέπει τον ακριβή υπολογισμό της ποσότητας των υλικών που απαιτείται, συνδράμοντας με αυτόν τον τρόπο στον περιορισμό των αποβλήτων και στην πιο αποδοτική αξιοποίηση των πόρων (Efthekhari και συν., 2024). Επιπρόσθετα, μέσα από την προσομοίωση εναλλακτικών μεθόδων υλοποίησης, το BIM δύναται να βελτιστοποιήσει την κατασκευαστική διαδικασία, μέσω της υποστήριξης επιλογής της πιο αποδοτικής λύσης. Η δυνατότητα αυτή οδηγεί σε περιορισμό της κατανάλωσης ενέργειας, του χρόνου υλοποίησης, ενώ αυξάνει συνολικά την παραγωγικότητα του έργου (Moradabadi και συν., 2024).

Όσο για την κατεδάφιση και την ανακύκλωση, το BIM μπορεί να μετασχηματίσει με ριζικό τρόπο τη διαχείριση των αποβλήτων που απορρέουν από την κατασκευαστική διαδικασία. Στις συμβατικές πρακτικές, η κατεδάφιση συνήθως λαμβάνει χώρα δίχως πρόβλεψη διαχωρισμού κι ανακύκλωσης των υλικών. Εν αντιθέσει, το BIM επιτρέπει να αναγνωρίζονται και να κατηγοριοποιούνται τα δομικά στοιχεία πριν την κατεδάφιση, κάτι που διευκολύνει το σχεδιασμό επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσής τους. Έτσι, περιορίζονται σε σημαντικό βαθμό τα απόβλητα των κατασκευών και δίνεται παράταση στον κύκλο ζωής των υλικών, κάτι που συνιστά έναν εκ των βασικότερων στόχων της κυκλικής οικονομίας (Moradabadi και συν., 2024).

Σύμφωνα με τους Sanhudo και συν. (2018), το BIM δύναται να αξιοποιηθεί για την αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης παρεμβάσεων ανακαίνισης, μέσα από προσομοιώσεις, ιδιαίτερα σε έργα που πραγματοποιούνται για την ενεργειακή αναβάθμιση υπαρχόντων κτηρίων. Την ίδια στιγμή, η τεχνολογία BIM δύναται να συνδυαστεί και με άλλα ψηφιακά εργαλεία, όπως είναι τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS), για την ενίσχυση της ενεργειακής αποδοτικότητας όχι μόνο σε επίπεδο κτηρίου, αλλά κι ολόκληρης γειτονιάς ή πόλης.

Επιπρόσθετα, το BIM ενισχύσει τη διαδικασία επιλογής των πιο κατάλληλων λύσεων για την αξιοποίηση υφιστάμενων κτηρίων, όπως η ανακαίνιση, η

ανακατασκευή, η επαναχρησιμοποίηση μιας υποδομής, αποβλέποντας στην ενίσχυση της ενεργειακής απόδοσής τους (Jung και συν., 2023).

Κατά το στάδιο του σχεδιασμού, το BIM επιτρέπει την αξιολόγηση της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτηρίων, μέσα από την ανάλυση εναλλακτικών επιλογών σχεδιασμού και σεναρίων λειτουργίας, συνδράμοντας στη βελτιστοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης. Παράλληλα, αξιοποιείται για την εκτίμηση της ενεργειακής ζήτησης των κτηρίων και κατευθύνει προς την πιο αποδοτική σχεδιαστική εναλλακτική (Watfa και συν., 2021).

Το εργαλείο αυτό προσφέρει, επίσης, τη δυνατότητα ανάλυσης των δομικών στοιχείων και υλικών, για την βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης από το πιο πρώιμο στάδιο ζωής του έργου. Μέσα από την τεχνολογία αυτή, δύνανται να υλοποιούνται φερέγγυες, ταχείες κι ολιστικές ενεργειακές αξιολογήσεις, οι οποίες επιτρέπουν τη σύγκριση ανάμεσα σε διαφορετικές παρεμβάσεις βελτίωσης (Allothman και συν., 2021).

Την ίδια στιγμή, μέσα από το BIM επιτρέπεται στους εμπλεκόμενους φορείς η προσομοίωση κι ο εικονικός υπολογισμός των ενεργειακών αναγκών των κτηριακών στοιχείων, ενθαρρύνοντας την ανάπτυξη κτηρίων με σχεδόν μηδενική ενεργειακή κατανάλωση, και, συνακόλουθα, εξοικονομώντας σημαντικό κόστος κατά τη διάρκεια της ζωής του κτηρίου. Σε γενικές γραμμές, μέσα από τη χρήση BIM εξασφαλίζεται ο περιορισμός των κατασκευαστικών αποβλήτων, της ενεργειακής κατανάλωσης των κτηρίων, ενώ περιορίζονται και οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (Lu και συν., 2020).

Η εξίσωση που αξιοποιείται στα λογισμικά BIM για να υπολογισθεί η ενεργειακή απόδοση των κτηρίων στηρίζεται στην υιοθέτηση αρχιτεκτονικών και μηχανολογικών παραμέτρων, όπως είναι η επιφάνεια του κτηρίου, ο συντελεστής θερμοπερατότητας (U-value), ο λόγος των παραθύρων προς τους τοίχους (window to wall ratio – WWR), ο ηλιακός συντελεστής θερμικού κέρδους, και η απόδοση των συστημάτων HVAC:

$$E_{\text{building}} = \frac{\text{Area} \times U \times A \times \text{WWR} \times g}{\eta \times \text{HVAC Efficiency}}$$

Η παραπάνω εξίσωση επιτρέπει τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης σε ένα κτήριο μέσα από την προσομοίωση διαφορετικών σεναρίων που αφορούν το σχεδιασμό και τη λειτουργία. Έτσι, οι μελετητές δύνανται να λαμβάνουν αποφάσεις

βελτίωσης της ενεργειακής συμπεριφοράς των κατασκευών και επιτυγχάνουν περιορισμό των ενεργειακών απαιτήσεων (Sanhudo και συν., 2018).

Η αξιοποίηση του BIM είναι άμεσα συνδεδεμένη και με τον έλεγχο κόστους (cost control) στο Project Management, καθώς παρέχει σοβαρά πλεονεκτήματα στη διοίκηση των οικονομικών πόρων και στη βελτιστοποίηση του συνολικού κόστους των έργων κατασκευής. Μέσα από την ακριβή μοντελοποίηση και τη ψηφιακή διαχείριση των πληροφοριών, το BIM συνδράμει στον περιορισμό των σφαλμάτων κατά το σχεδιασμό, καθώς και των επαναληπτικών εργασιών, στην κατάλληλη επιλογή της ποσότητας των υλικών, καθώς και γενικότερα στον πιο καλό προγραμματισμό του έργου. Η δυνατότητα να προβλέπεται η ενεργειακή συμπεριφορά ενός κτηρίου ήδη από τη φάση σχεδιασμού του προσφέρει τη δυνατότητα στους project managers να διαλέγουν λύσεις χαμηλότερου λειτουργικού κόστους και μεγαλύτερης ενεργειακής αποδοτικότητας. Την ίδια στιγμή, ο περιορισμός των αποβλήτων και η βελτιστοποιημένη διαχείριση των υλικών μέσω του BIM συνδράμουν στον περιορισμό του κόστους προμηθειών και της διαχείρισης του εργοταξίου (Sanhudo και συν., 2018).

Γενικότερα, η σύνδεση του BIM με τις αρχές της κυκλικής οικονομίας δύναται να μετασχηματίσει τον κατασκευαστικό κλάδο σε έναν περισσότερο βιώσιμο και αποδοτικό τομέα. Οι Aljaber και συν. (2023) υποστήριξαν ότι το BIM διαδραματίζει σπουδαίο ρόλο στην βελτίωση της διαχείρισης των κτηρίων κατά το τέλος της ζωής τους, καθώς και στον περιορισμό του κόστους του κύκλου ζωής σε κυκλικά κατασκευαστικά έργα. Παρομοίως, οι Eftekhari και συν. (2024) επισήμαναν ότι η αξιοποίηση ενός πλαισίου για τη διαχείριση αποβλήτων, το οποίο στηρίζεται στο BIM ενισχύει σημαντικά την κυκλικότητα και την απόδοση των πόρων στις κατασκευές. Μάλιστα, οι de Lima και συν. (2023) υποστήριξαν ότι η ενσωμάτωση του BIM στο σχεδιασμό αποσυναρμολόγησης (design for deconstruction) βελτιώνει την κυκλική οικονομία ενός κτηρίου. Την ίδια στιγμή, οι Behún και Behúnoná (2023) τόνισαν ότι οι μοντέρνες πληροφοριακές τεχνολογίες δύνανται να αυξήσουν την αξιοποίηση ανακυκλωμένων πρώτων υλών, τονώνοντας την κυκλική οικονομία και τη βιώσιμη ανάπτυξη. Τέλος, οι Sudarsan και Gavali (2023) παρατήρησαν ότι η εφαρμογή του BIM συνδυαστικά με τις αρχές της κυκλικής οικονομίας και της βιώσιμης κατασκευής δύναται να περιορίσει το συνολικό κόστος μέχρι και κατά 25%, ενώ τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα έως και κατά 20%.

Project Management Information Systems – PMIS

Μέσω των εργαλείων PMIS, οργανώνονται οι ροές εργασίας μέσω της διαχείρισης της επικοινωνίας, της τεκμηρίωσης, του ελέγχου εκδόσεων και της παρακολούθησης της συμμόρφωσης. Προσφέρουν διαφάνεια στις ομάδες έργου, ορίζουν ρόλους κι ενισχύουν τη διαδικασία ιχνηλασιμότητας των διαδικασιών. Στο πλαίσιο των βιώσιμων κατασκευών, τα PMIS προάγουν την έγκαιρη αναφορά των περιβαλλοντικών δεικτών, τον έλεγχο της διαδικασίας έγκρισης, καθώς και της ενίσχυσης της σύμπραξης ανάμεσα στα εμπλεκόμενα μέρη. Ταυτόχρονα, τα PMIS διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη συνεργασία ανάμεσα σε πολλαπλούς φορείς και προάγουν τη λογοδοσία εντός μεγάλων έργων βιώσιμης κατασκευής. Μέσα από λειτουργίες, όπως είναι η διαχείριση των δικαιωμάτων περί πρόσβασης, της αυτοματοποίησης των διαδικασιών και των audit logs, διευκολύνεται η διαφανής παρακολούθηση δεικτών βιωσιμότητας, συμπεριλαμβανομένης της ενεργειακής απόδοσης, της κατανάλωσης νερού και της διαχείρισης των αποβλήτων. Συγχρόνως, δύνανται να συνδεθούν με συστήματα πιστοποιήσεων, κάτι που αυτοματοποιεί την αντιστοίχιση δεδομένων του έργου με τις απαιτήσεις πιστοποίησης και απλοποιεί τη διαδικασία υποβολής (Gao & Wang, 2026).

Sustainable Earned Value Management - SEVM

Οι Rajabi και συν. (2024) διερεύνησαν τη συμβολή του Sustainable Earned Value Management (SEVM) στον τομέα των βιώσιμων κατασκευών. Η συγκεκριμένη έννοια αφορά τη σύγχρονη εξέλιξη των συμβατικών μεθόδων διοίκησης έργων, καθώς εντάσσει τη βιωσιμότητα στους μηχανισμούς ελέγχου κι αξιολόγησης των έργων κατασκευής. Σύμφωνα με τους συγγραφείς, θεμελιώδες πλεονέκτημα του SEVM αποτελεί η ικανότητα ενσωμάτωσης δεικτών βιωσιμότητας στη διαδικασία παρακολούθησης της προόδου ενός έργου, με παράλληλη διατήρηση του ελέγχου των συμβατικών παραμέτρων διοίκησης, δηλαδή του κόστους, του χρόνου και του υλικού αντικειμένου του έργου. Έτσι, το μοντέλο δεν σχετίζεται μονάχα με την οικονομική απόδοση, αλλά αναλογίζεται και το σύνολο των περιβαλλοντικών και των κοινωνικών επιπτώσεων των κατασκευαστικών εργασιών. Πιο συγκεκριμένα, το εν λόγω μοντέλο λειτουργεί ως ένα ολιστικό σύστημα ελέγχου του έργου, καθώς επιτρέπει στους αναδόχους και στους project managers την ταυτόχρονη παρακολούθηση της προόδου του έργου αναφορικά με το χρονοδιάγραμμα, το κόστος, τη χρήση πόρων, το εύρος των εργασιών και την προώθηση της βιωσιμότητας. Προκειμένου να μετρηθεί η βιωσιμότητα, αξιοποιούνται ειδικοί δείκτες sustainability indicators, οι οποίοι υπόκεινται σε αξιολόγηση κατά την

εκτέλεση του έργου και προσφέρουν διαρκώς εικόνα της συνολικής περιβαλλοντικής και κοινωνικής απόδοσης. Η ίδια έρευνα αναδεικνύει την αξία που επιφέρει η ενσωμάτωση της βιωσιμότητας στις τεχνικές διοίκησης έργου και ελέγχου του έργου, ενσωματώνοντας μια καινούργια διάσταση πέραν των συμβατικών παραγόντων κόστους, χρόνου και ποιότητας. Η υλοποίηση τέτοιων μοντέλων δύναται να παρακινήσει τους εργολάβους και τους φορείς ενδιαφέροντος να αναλογίζονται τη βιωσιμότητα ως στρατηγικό στόχο των έργων κι όχι ως δευτερεύουσα απαίτηση.

Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence)

Στην έρευνά τους, οι Gao και Wang (2026), αντιλαμβάνονται την τεχνητή νοημοσύνη (Artificial Intelligence – AI) ως ένα μέσο σημαντικής βελτίωσης της διαχείρισης των ψηφιακών έργων στον κατασκευαστικό τομέα, προσφέροντας τη δυνατότητα πρόβλεψης και ανάλυσης που ξεπερνούν τις ανθρώπινες ικανότητες επεξεργασίας δεδομένων. Μέσα από αλγόριθμους μηχανικής μάθησης (machine learning), καθίσταται εφικτή η πρόβλεψη καθυστερήσεων, αποκλίσεων στο κόστος και ενδεχόμενων κινδύνων κατά την υλοποίηση των έργων, συνδράμοντας στην ενίσχυση του προγραμματισμού και της λήψης αποφάσεων. Συγχρόνως, τεχνολογίες computer vision συνδράμουν στην παρακολούθηση της ποιότητας και της διατήρησης της ασφάλειας σε αληθινό χρόνο στα εργοτάξια, ενώ εργαλεία επεξεργασίας της φυσικής γλώσσας (natural language processing – NLP) καθιστούν πιο εύκολη την κατηγοριοποίηση και τη διαχείριση της τεχνικής τεκμηρίωσης και των εγγράφων έργου. Στο πλαίσιο των βιώσιμων κατασκευών, η τεχνητή νοημοσύνη συνδράμει στη βελτιστοποίηση της χρήσης υλικών, εξοπλισμού κι ανθρωπίνων πόρων, θέτοντας περιορισμούς στην ανούσια κατανάλωση πόρων και ενισχύοντας την αξιοπιστία των χρονοδιαγραμμάτων. Ιδιαίτερη αξία έχει η χρήση της στη διαχείριση βιώσιμων εφοδιαστικών αλυσίδων (sustainable supply chain management), όπου αλγόριθμοι machine learning επεξεργάζονται δεδομένα για τις προμήθειες, τις μεταφορές και τις διακυμάνσεις της αγοράς, για τη βελτιστοποίηση των αγορών υλικών και των διαδρομών μεταφοράς. Έτσι, περιορίζονται οι εκπομπές άνθρακα που συνδέονται με τις μεταφορές και μειώνεται η σπατάλη πόρων και υλικών. Σε κάθε περίπτωση, οι μελετητές τονίζουν ότι η αποτελεσματικότητα της τεχνητής νοημοσύνης στον κατασκευαστικό κλάδο είναι εξαρτημένη από την ποιότητα των δεδομένων που προέρχονται από BIM και συστήματα διαχείρισης έργων. Την ίδια στιγμή, ζητήματα όπως η αλγοριθμική μεροληψία, η φερεγγυότητα των δεδομένων και η υψηλή ενεργειακή κατανάλωση των υπολογιστικών διαδικασιών μπορεί να παρεμποδίσουν

τη συμβολή της στην προώθηση της βιωσιμότητας. Ωστόσο, μέσω της συνδυαστικής αξιοποίησης AI, του BIM και λοιπών τεχνολογιών (π.χ., blockchain), εγείρονται σοβαρές προοπτικές αποτελεσματικής παρακολούθησης των εκπομπών άνθρακα, διαχείρισης της βιώσιμης χρηματοδότησης και, γενικότερα, πιο βιώσιμων κατασκευαστικών έργων.

Λοιπά εργαλεία

Οι Silvius και Schipper (2014) δημιούργησαν μια μεθοδολογία διερεύνησης του συσχετισμού ανάμεσα στη βιωσιμότητα και τη διοίκηση έργων. Το μοντέλο που ανέπτυξαν εμπεριέχει έννοιες της βιώσιμης ανάπτυξης, μεταξύ των οποίων η ολιστική προσέγγιση, ο προσανατολισμός μακροπρόθεσμου χαρακτήρα, η κλίμακα γεωγραφικού και θεσμικού χαρακτήρα, ο περιορισμός των κινδύνων και της αβεβαιότητας, οι αξίες και οι ηθικές ανησυχίες, και η επιθυμία συμμετοχής από τα ενδιαφερόμενα μέρη. Συγχρόνως, η μεθοδολογία τους συμπεριλαμβάνει και πρωτοβουλίες στη διοίκηση έργων, όπως εκείνες των στόχων του έργου, του εύρους, του χρονοδιαγράμματος, των πόρων, της οργανωτικής δομής, του πλαισίου του έργου, και του σχεδιασμού του project management. Ως αποτέλεσμα, εντοπίστηκαν καινούργιοι ερευνητικοί στόχοι και κατευθύνσεις της βιώσιμης διοίκησης έργων, αποδίδοντας ιδιαίτερη σημασία στη βιώσιμη διοίκηση των έργων.

Ακολούθως, οι Silvius και Schipper (2016) κατασκεύασαν ένα εργαλείο, το οποίο κατευθύνει ερευνητές κι επαγγελματίες σε δεξιότητες που δύνανται να προκύψουν μέσω του συνδυασμού της βιωσιμότητας και της διοίκησης έργων. Το μοντέλο αυτό εξετάζει τον βαθμό στον οποίο λαμβάνονται υπόψη εναλλακτικές συνιστώσες της βιωσιμότητας στο πλαίσιο ενός έργου, όπως το σύνολο των πόρων, των επιχειρησιακών διαδικασιών, το επιλεγμένο επιχειρηματικό μοντέλο, καθώς και των προϊόντων ή των υπηρεσιών που παραδίδονται μέσα από το έργο.

Οι Labuschagne και Brent (2005) προτάσσουν ένα ολιστικό πλαίσιο για την αξιολόγηση της βιωσιμότητας μέσα από την αξιολόγηση των έργων από τα πρώιμα στάδια του κύκλου ζωής τους, ως προς την επιρροή τους στη βιωσιμότητα μελλοντικών υποδομών και προϊόντων. Το συγκεκριμένο πλαίσιο παρουσιάζει κριτήρια γενικού χαρακτήρα και ορισμένους δείκτες αξιολόγησης. Σε επόμενη έρευνά τους, οι συγκεκριμένοι συγγραφείς (Labuschagne και Brent, 2008) υποστήριξαν ότι τα τρία πιο κρίσιμα στάδια του κύκλου ζωής που πρέπει να υποβάλλονται σε αξιολόγηση είναι: το στάδιο κατασκευής του έργου, το στάδιο λειτουργίας του, όπου

συμπεριλαμβάνονται και οι συνέπειες του κύκλου ζωής των προϊόντων, καθώς και το στάδιο αποξήλωσης ή κι ολοκληρωτικής διάλυσης της υποδομής.

Οι Vandaele και Decouttere (2013) διερεύνουν το θέμα της επιλογής του καλύτερου χαρτοφυλακίου έργων με γνώμονα τη στρατηγική του εκάστοτε οργανισμού και τους μακροπρόθεσμους στόχους του. Οι μελετητές δημιούργησαν μια μεθοδολογία που προωθεί τη διαχείριση στρατηγικών χαρτοφυλακίων έρευνας κι ανάπτυξης. Προτάσσουν την αξιοποίηση μελετών περίπτωσης, οι οποίες ασχολούνται με το κόστος για την ανάπτυξη του έργου, τις δαπάνες επενδυτικού χαρακτήρα, καθώς και τους κινδύνους σε τεχνικό επίπεδο, ενώ ως αποτέλεσμα για την πραγματοποίηση αξιολόγησης αξιοποιούν το μέγεθος της αγοράς, τον ανταγωνισμό, τις δυνατότητες για πωλήσεις, την κερδοφορία και τις πιθανότητες τεχνικής επιτυχίας.

2.4.2. Στρατηγικός Ρόλος του Project Manager

Οι project managers των βιώσιμων κατασκευαστικών έργων κλείνονται να έρθουν αντιμέτωποι με σοβαρές προκλήσεις για την αποτελεσματική ενσωμάτωση της έννοιας της βιωσιμότητας στα κατασκευαστικά έργα. Οι βιώσιμες κατασκευές δεν περιορίζονται μονάχα στην εξυπηρέτηση τεχνικών κι οικονομικών στόχων, αλλά, ταυτόχρονα, απαιτούν τον περιορισμό της εξάντλησης φυσικών πόρων, της περιβαλλοντικής υποβάθμισης και της διαμόρφωσης ενός υγιούς κι ασφαλούς οικοσυστήματος. Οι νέες αυτές απαιτήσεις μεγιστοποιούν την πολυπλοκότητα των έργων και αναδύουν καινούργιες επιταγές διαχείρισης, οι οποίες προϋποθέτουν την ύπαρξη εξειδικευμένων γνώσεων, δεξιοτήτων και στρατηγικής προσέγγισης από τον project manager.

Η διεθνής βιβλιογραφία φανερώνει ότι η βιωσιμότητα φέρει στην επιφάνεια επιπρόσθετες μεταβλητές για τη λήψη αποφάσεων στον κατασκευαστικό τομέα, που επηρεάζουν το σύνολο των σταδίων του κύκλου ζωής των κατασκευαστικών έργων. Στο άρθρο των Silviu και Schipper (2014), υποστηρίζεται ότι η υιοθέτηση της βιωσιμότητας στη διοίκηση των έργων προϋποθέτει την απόκτηση καινούργιων ικανοτήτων από τους project managers, οι οποίες διέπονται από στοιχεία συστημικής σκέψης κι οράματος εξισορρόπησης ανάμεσα σε οικονομικούς, περιβαλλοντικούς και κοινωνικούς στόχους.

Στο στάδιο του σχεδιασμού, ο project manager οφείλει να διασφαλίσει ότι οι στόχοι περί βιώσιμης ανάπτυξης λαμβάνονται υπόψη εξ αρχής στο σχεδιασμό του έργου. Η ανάγκη ολοκληρωμένου σχεδιασμού (integrated design) αναδύεται ως κρίσιμη προϋπόθεση για την επιτυχία, καθώς προωθεί το συντονισμό ανάμεσα σε αρχιτέκτονες, μηχανικούς κι άλλους εμπλεκόμενους (Marcelino-Sadaba και συν., 2015).

Επίσης, η βιώσιμη διοίκηση των έργων χρήζει ισχυρής οργανωσιακής υποστήριξης και μεταβολής του τρόπου με τον οποίο λαμβάνονται οι αποφάσεις. Οι Martens και Carvalho (2017) τονίζουν ότι οι project managers πρέπει να καλλιεργήσουν δεξιότητες, οι οποίες συνδέονται με την ανάλυση τη βιωσιμότητας, τη σωστή διαχείριση κινδύνων και την υιοθέτηση παραμέτρων ESG κατά τη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Γίνεται ολοφάνερο, λοιπόν, ότι σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής του έργου, ο project manager ενεργεί ως κρίσιμος συνδετικός κρίκος και συντονιστικός κόμβος ανάμεσα στα εμπλεκόμενα μέρη. Μονάχα μέσω της αποτελεσματικής επικοινωνίας και της προσεκτικής διαχείρισης των εμπλεκόμενων (stakeholder management) καθίσταται εφικτή η επιτυχής υλοποίηση βιώσιμων πρακτικών, καθώς ασκούν επιρροή όχι μόνο στη λήψη αποφάσεων, αλλά και στην αποδοχή των πρακτικών αυτών από την ευρύτερη αγορά και κοινωνία.

Συγχρόνως, η ενσωμάτωση της βιώσιμης ανάπτυξης προϋποθέτει καινούργιες προσεγγίσεις περί διαχείρισης ρίσκου κι αβεβαιότητας, καθώς πληθώρα των πλεονεκτημάτων που απορρέουν έχουν μακροπρόθεσμο χαρακτήρα και καθίσταται δύσκολη η ποσοτικοποίησή τους. Οι Gareis και συν. (2013) επισημαίνουν ότι η βιώσιμη διοίκηση των έργων προϋποθέτει να αναθεωρηθούν τα συμβατικά εργαλεία της διοίκησης έργου, προκειμένου να συμπεριλαμβάνουν δείκτες απόδοσης περιβαλλοντικού και κοινωνικού χαρακτήρα.

Ακόμη, σύμφωνα με το Project Management Institute – PMI (2017), η βιωσιμότητα λογίζεται πια ως σημαντική δεξιότητα των project managers, οι οποίοι καλούνται να υιοθετούν υπευθυνότητα και μακροχρόνια αξία κατά τη διαδικασία λήψεως των αποφάσεών τους, εκτός των στενών ορίων του τριπλού περιορισμού (time – cost – scope).

Γίνεται, λοιπόν, αντιληπτό, ότι ο στρατηγικός ρόλος του project manager στον τομέα των βιώσιμων κατασκευών δεν αφορά απλώς τη διοίκηση του εκάστοτε έργου, αλλά επεκτείνεται στην οικοδόμηση κουλτούρας, συνεργασίας, υπευθυνότητας και συνείδησης για το περιβάλλον. Η καλλιέργεια των καταλλήλων δεξιοτήτων, η σωστή

επικοινωνία και η ικανότητα διαχείρισης της πολυπλοκότητας συνιστούν θεμελιώδεις παράγοντες για την επιτυχία στο σύγχρονο κατασκευαστικό κλάδο που θέτει ως γνώμονα τη βιωσιμότητα.

Κεφάλαιο 3^ο: Συμπεράσματα

Μέσα από την παρούσα βιβλιογραφική ανασκόπηση αναδεικνύεται ότι η Διοίκηση Έργου (Project Management) συνιστά καθοριστικό παράγοντα της επιτυχούς ενσωμάτωσης βιώσιμων πρακτικών στον τομέα των κατασκευών, με άμεση επιρροή στη βελτιστοποίηση του κόστους καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής ενός έργου. Στη διεθνή βιβλιογραφία επισημαίνεται ότι η βιωσιμότητα δεν αφορά μονάχα τις περιβαλλοντικές συνιστώσες, αλλά είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τον οικονομικό σχεδιασμό, τον έλεγχο του κόστους και τη γενικότερη απόδοση του έργου.

Όσον αφορά στις διαδικασίες διοίκησης έργου, η υιοθέτηση περιβαλλοντικών και κοινωνικών διαστάσεων προϋποθέτει την καλλιέργεια καινούργιων δεξιοτήτων, την υιοθέτηση διευρυμένων πλαισίων διαχείρισης, καθώς κι αποτελεσματικών εργαλείων λήψης αποφάσεων. Στο πλαίσιο αυτό, οι έρευνες που εντοπίστηκαν στη διεθνή βιβλιογραφία υπογραμμίζουν, επίσης, ότι οι project managers της σημερινής εποχής έρχονται αντιμέτωποι με συνθήκες αυξημένης πολυπλοκότητας, καθώς εκτός των κλασικών κριτηρίων κόστους, χρόνου και ποιότητας, υιοθετούν πλέον δείκτες βιωσιμότητας, όπως είναι η κατανάλωση πόρων, το περιβαλλοντικό αποτύπωμα, καθώς και η επιδίωξη της υγείας και της ασφάλειας των εν δυνάμει χρηστών των κατασκευών.

Περαιτέρω, η αξιοποίηση ψηφιακών εργαλείων, όπως το BIM, η τεχνητή νοημοσύνη (AI) και τα PMIS, προάγει την παρακολούθηση και τον έλεγχο τόσο του κόστους, όσο και των περιβαλλοντικών συνεπειών. Τα εργαλεία αυτά προωθούν τη βελτιστοποίηση των αξιοποιούμενων πόρων, την πρόβλεψη στις αποκλίσεις κόστους, ενώ βελτιώνουν τη συνεργασία ανάμεσα στα εμπλεκόμενα μέρη (stakeholders), συνεισφέροντας στην πιο αποδοτική διοίκηση των έργων. Σε κάθε περίπτωση, όμως, ο βαθμός αποτελεσματικότητάς τους είναι εξαρτημένος από την ποιότητα των δεδομένων, το βαθμό ψηφιακής ωριμότητας και το επίπεδο της οργανωσιακής κουλτούρας.

Οι έρευνες που εξετάστηκαν υπογραμμίζουν, επίσης, ότι οι βιώσιμες κατασκευές εμφανίζουν σημαντικά οικονομικά πλεονεκτήματα σε μακροπρόθεσμο επίπεδο, κυρίως μέσα από τον περιορισμό του λειτουργικού κόστους, της εξοικονόμησης ενέργειας και της πιο αποδοτικής διαχείρισης των δομικών υλικών. Παρά το γεγονός ότι οι αρχικές επενδύσεις φαίνεται να είναι πιο ακριβές, η συνολική ανάλυση του κόστους του κύκλου ζωής ενός έργου φανερώνει ότι οι βιώσιμες τεχνικές δύνανται να αποφέρουν καλύτερη οικονομική απόδοση και αυξημένη αξία του έργου.

Μολαταύτα, παρά τα σημαντικά ευρήματα που απορρέουν από τη βιβλιογραφία αναφορικά με το ρόλο της διοίκησης έργου στην υιοθέτηση βιώσιμων πρακτικών και τη συνεισφορά τους στη βελτιστοποίηση του κόστους, εξακολουθούν να υπάρχουν κρίσιμες ερευνητικές ελλείψεις, ειδικά ως προς την υλοποίησή τους στον ελληνικό κατασκευαστικό τομέα. Πιο συγκεκριμένα, ενώ σε διεθνές επίπεδο έχουν καλλιεργηθεί πλαίσια, τα οποία συνδέουν τη βιωσιμότητα με τον έλεγχο του κόστους και την απόδοση του έργου, στο ελληνικό κράτος, η ενσωμάτωση τέτοιων μεθόδων θεωρείται αποσπασματική, λόγω της περιορισμένης αξιοποίησης ολιστικών μοντέλων κόστους κύκλου ζωής και της άνισης ενσωμάτωσης ψηφιακών εργαλείων, όπως είναι το BIM, η τεχνητή νοημοσύνη και τα PMIs, ειδικά σε μικρομεσαίες τεχνικές επιχειρήσεις. Ταυτοχρόνως, η υφιστάμενη βιβλιογραφία δεν προσφέρει επαρκή τεκμηρίωση των τρόπων με τους οποίους ένας project manager δύναται να ενεργήσει ως στρατηγικός συντονιστής ανάμεσα στη βιωσιμότητα, τις κανονιστικές απαιτήσεις και την οικονομική αποδοτικότητα σε ένα θεσμικό περιβάλλον σαν το ελληνικό, το οποίο είναι αρκετά σύνθετο, λόγω του ότι οι δημόσιες συμβάσεις και η γραφειοκρατία επιδρούν σημαντικά στη διαδικασία λήψης αποφάσεων.

Υπό το φως των ανωτέρω, γίνεται ξεκάθαρο ότι απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση που να προσανατολίζεται στην εφαρμογή διεθνών μοντέλων στην ελληνική αγορά, στην δημιουργία πρακτικών εργαλείων κόστους-βιωσιμότητας για έργα με διαφορετική κλίμακα μεταξύ τους, καθώς και στην τόνωση της τεχνολογικής ωριμότητας του τομέα, προκειμένου η διοίκηση έργου να μπορεί να συνδράμει με ουσιαστικό τρόπο στο μετασχηματισμό προς έναν πιο αποδοτικό και οικονομικά βελτιστοποιημένο κατασκευαστικό κλάδο.

Κεφάλαιο 4^ο: Βιβλιογραφικές Αναφορές

- Abeyasinghe, M.C., Greenwood, D., J., & Johansen, D.E. (2001). An efficient method for scheduling construction projects with resource constraints. *International Journal of Project Management*, 19(1), 29-45.
- Adell, A., Gauthier, A., Teigeiro, S., Choquette, C., & Dufour, M., H. (2024). *Introduire la Circularité dans la Conception des Projets de Rénovation et de Construction de Bâtiments*; CERIEC: Montreal, QC, Canada.
- Akinbolaji, T.J., (2024). Novel strategies for cost optimization and performance enhancement in cloud-based systems. *International Journal of Modern Science and Research Technology*, 2(10), σσ.66-79.
- AlJaber, A., Alasmari, E., Martinez-Vazquez, P. & Baniotopoulos, C. (2023). Life Cycle Cost in Circular Economy of Buildings by Applying Building Information Modeling (BIM): A State of the Art, *Buildings*, 13(7)
- Alqadami, A., Zawawi, N.A., Rahmawati, Y. and Alaloul, W., (2020). Challenges of implementing green procurement in public construction projects in Malaysia. Στο *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 849(1).
- Al-Khoury, A.M. (2007). " A Methodology for Managing Large-Scale IT Projects", Warwick University.
- Almusaed, A., Yitmen, I., Myhren, J., A., & Almssad, A. (2024). Assessing the impact of recycled building materials on environmental sustainability and energy efficiency: A comprehensive framework for reducing greenhouse gas emissions, *Buildings*, 14, 1566.
- Al-Zwainy, F. M. S., Mohammed, I. A., & Raheem, S., H. (2016). Application Project Management Methodology in Construction Sector: Review, *International Journal of Scientific and Engineering Research*, 7(3), σσ. 244-253.
- Armenia, S., Dangelico, R.M., Nonino, F. and Pompei, A., (2019). Sustainable project management: A conceptualization-oriented review and a framework proposal for future studies. *Sustainability*, 11(9), σ. 2664. DOI: 10.3390/SU11092664.
- Ashworth, A., & Perera, S. (2018). *Cost Studies of Buildings* (6th ed.). Routledge.
- Ballard, G., & Howell, G. (2003). Lean Project Management. *Building Research and Information*, 31(2), 119-133.

- Barlow, J. & συν. (2018). *Sustainable futures in the built environment to 2050: a foresight approach to construction and development*. John Wiley & Sons: United Kingdom.
- Barteau, A., Rivière, M., Taconet, N., & Vergnet, J. (2017). *Filière Béton et Économie Circulaire: Les Enjeux*.
- Bassam, H., Jamal, O. and Rana, M. (2008). "Methodology of Project Management Assessment and the Financial Effects of Its Practices", Tishreen University, *Engineering Sciences Series*, 30(1).
- Bauer, M. (2010). *Green Building: Guidebook for Sustainable Architecture*. Springer: New York.
- Behún, M. & A. Behúnová, A. (2023). Advanced Innovation Technology of BIM in a Circular Economy, *Applied Sciences*, 13(13).
- Borkowski, A., S. (2023). A Literature Review of BIM Definitions: Narrow and Broad Views, *Technologies*, 11.
- Bruntland, G.H. (1987). *Our Common Future: World Commission on Environment and Development*. Oxford: Oxford University Press.
- Chin, C.M.M. & Spowage, A.C. (2010). Defining & Classifying Project Management Methodologies, *PM World Today*, 7(5).
- Chin, C.M.M. & Spowage, A.C., (2012). Project Management Methodologies: A Comparative Analysis, *Journal for the Advancement of Performance Information and Value*, 4(1).
- Dautremont, C., Dagnelie, C., & Jancart, S. (2018). Le BIM6D comme levier pour une architecture circulaire. In *SHS Web of Conferences*; EDP Sciences: Les Ulis, France.
- Dolmatov, A. & Potovalova, A. (2014). Project management body of knowledge, Project Management Institute, Sylva, North Carolina.
- Eftekhari, A., F., Khodabakhshian, A., Cecconi, F., R., & Daniotti, B. (2024). "Improving circularity in construction through a BIM-based waste management framework", *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1.
- Elkington, J. (1997). *Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business*. Oxford: Capstone Publishing.
- Ershadi, M., Jefferies, M., Davis, P. and Mojtahedi, M., (2021). Incorporating environmental sustainability in project portfolio management by construction

- contractors. *International Journal of Structural and Civil Engineering Research*, 10(3), p.5. DOI: 10.18178/ijscer.10.3.123-127.
- Gao, Y., & Wang, B. (2026). Digital project management in the construction industry: Bim, AI, and Pmis as drivers of sustainable performance, *International Journal of Multidisciplinary Research*, 2(1), σσ. 20-24.
- Gallo Vechi, N.R., Casteli Figueiredo Gallardo, A.L. and Teixeira, C.E., (2016). ENVIRONMENTAL ASPECTS OF THE CONSTRUCTION INDUSTRY: FRAMEWORK FOR THE ADOPTION OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT SYSTEM FOR SMALL AND MEDIUM ENTERPRISES OF PROVIDING SERVICES. *SISTEMAS & GESTAO*, 11(1), σσ. 17-30.
- Gareis, R., Huemann, M., Martinuzzi, R.-A., Sedlacko, M., & Weninger, C. (2011b). The SustPM Matrix: Relating sustainability principles to project assignment and project management. *EURAM11, Talinn*.
- Goedknecht, D., & Silvius, A.J.G. (2012). The implementation of sustainability principles in project management. *Proceedings of the 26th IPMA World Congress, Crete*, σσ. 875-882.
- Gupta, S.S., (2021). Study on the Sustainable Project Management. *Samvakti J. Res. Bus. Manag*, 2, σσ. 9-16. DOI: 10.46402/2021.01.13.
- Gutterman, A. S. (2023). Project Management. Διαθέσιμο στο SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4526048>
- Hoedemaekers, C. (2024). *The role of infrastructure development in driving economic growth: A study on the United States economy and the oil and gas sector*.
- Huemann, M., & Silvius, G. (2017). Projects to create the future: Managing projects meets sustainable development. *International Journal of Project Management*, 35(6), 1066–1070. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2017.04.014>
- ISO 15686-5. (2017). *Buildings and constructed assets — Service life planning — Part 5: Life-cycle costing*. International Organization for Standardization.
- ISO 21502. (2020). *Project, programme and portfolio management — Guidance on project management*. International Organization for Standardization.
- ISO 2600. (2010). *Guidance on Social Responsibility*. International Organization for Standardization.

Just, V., (2020). Investigating Risk And Project Management In Business Performance, Considering Sustainability Issues. Sustainable Business Processes in Global Companies: Current Perspectives and Future Trends in Regard to Efficiency and Risk Management, σσ.41-75. DOI: 10.1007/978-3-658-28196-0_4

Kamara, A. και συν. (2017). Sustainability focused decision-making in building renovation, *International Journal of Sustainable Built Environment*, 6(330-350).

Kerzner, H. (2022). *Project management: A systems approach to planning, scheduling, and controlling* (13^η έκδοση). Wiley.

Kerzner, H. (1986). Project management. In C. Heyel & B. Menkus (Eds.), *Handbook of management for the growing business* (p. 424). Van Nostrand Reinhold.

Kirchhof, S., & Brandtweiner, R. (2011). Sustainability in projects: an analysis of relevant sustainability aspects in the project management process based on the three pillars model. DOI: 10.2495/SDP110441

Koroleva, M., Kondyukova, E., Daineko, L., & Karavaeva, N. (2019). Economics of a construction enterprise: textbook manual / Master of Science and Higher education Ross. Federations, Urals. Feder. Univ. Yekaterinburg: Ural Publishing House University, σ. 202.

Kyriakogkonas, P., Garefalakis, A., Pappa, E. and Kagias, P., (2022). Sustainable Project Management under the Light of ESG Criteria: A Theoretical Approach. *Theoretical Economics Letters*, 12(6), σσ.1517-1538. DOI: 10.4236/tel.2022.126083.

Labuschagne, C., & Brent, A., C., (2008). An industry perspective of the completeness and relevance of a social assessment framework for project and technology management in the manufacturing sector. *Journal of Cleaner Production*, 16, σσ. 253-262.

Labuschagne, C., Brent, A., C., & Van Erck, R. P. G. (2005). Assessing the sustainability performances of industries. *Journal of Cleaner Production*, 13, σσ. 373-385.

Lima, P., R., B., de Souza Rodrigues, C., & Post, J., M. (2023). Integration of BIM and Design for Deconstruction to Improve Circular Economy of Buildings, *Journal of Building Engineering*, 80.

Lu, W., Xu, J., & Soderlund, J. (2020). Exploring the effects of building information modeling on projects: longitudinal social network analysis, *Journal of Construction Engineering Management*, 146(5).

Madureira, R.C., Silva, C.S., Amorim, M., Ferreira Dias, M., Lins, B. and Mello, G., (2022). Think Twice to Achieve a Sustainable Project Management: From Ecological Sustainability towards the Sustainable Project Management Cube Model. *Sustainability*, 14(6), p.3436. DOI: 10.3390/su14063436.

Malakhov, V. (2018). Modern technologies project management in construction. Moscow.

Maltzman, R., & Shirley, D. (2013). Project Manager as a Pivot Point for Implementing Sustainability in an Enterprise. Στο A.J.G. Silvius & J.Tharp (Eds.), *Sustainability Integration for Effective Project Management* (Κεφάλαιο 16, σσ. 262-278). Hershey, PA: IGI Global Publishing.

Martens, P. (2006). Sustainability: science or fiction? *Sustainability: Science, Practice, & Policy*, 2(1), 36-41.

McDonough, W., & Braungart, M. (2002). *Cradle To Cradle: Remaking The Way We Make Things*. New York: North Point Press.

Mc Hugh, O., & Hogan, M. (2010). Investigating the rationale for adopting an internationally-recognised project management methodology in Ireland: The view of the project manager, *International Journal of Project Management*, 1(124), σ. 10.

Messemaeker, J. (2010). "Adoption of structured project management methodologies: a project manager's gain?", Vrije Universiteit Brussel.

Molaei, M., Hertogh, M.J., Bosch-Rekveltdt, M.G. and Tamak, R., (2020). Factors affecting the integration of sustainability in the early project phases in an integrated project management model. Research on Project, Programme and Portfolio Management: Integrating Sustainability into Project Management, σσ. 25-39. DOI: 10.1007/978-3-030-60139-3_3.

Moradabadi, B., Noorzai, E., & Abbasi, S. (2024). BIM-Based Optimization Approach to Reduce Life Cycle Costs by Focusing on the Integration of Construction

and Operation Phases in Office-Commercial Buildings, *Journal of Building Engineering*, 98(4).

Nikolic, M.M Vasovic, D., Filipovic, I., Musicki, S., & Ristovic, I. (2016). Application of Project Management process on environmental management system improvement in mining-energy complexes. *Energies*, 9(12), σ. 1071. DOI: 10.3390/EN9121071.

Novy, M., Novakova, J., & Waldhans, M. (2012). Project management in building industry management. *Acta Universitatis Agruculturae et Siviluculturae Mendelianae Brunensis*, 60(7), σ. 189. DOI : 10.11118/actaun2012600701898

PMI (Project Management Institute). (2021). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK Guide)* (7^η εκδ.). Project Management Institute.

Powmya, A., & Abidin, N. Z. (2014). The challenges of green construction in Oman. *International journal of sustainable construction engineering and technology*, 5(1), σσ. 33-41.

Project Management Methodology Guidelines. (2010). *Project Management Methodology & Step-by-Step Guide to Managing Successful Projects*. Arizona: City of Chandler.

Pshinko, A., Radkevich, A., & Dadiverina, L. (2017). Construction project management, Dnipropetrovsk. National University of Science and Technology transp. Them Academician V. Lazaryana. Dnipro.

Rajabi, S., El-Sayegh, S., & Romdhane, L. (2024). Project Controls Model for Sustainable Construction Projects, *Sustainability*, 16(20).

Saharuddin, A., Hassan, R., & Mohd Kamar, K. A. (2022). Barriers to sustainable construction practices in Malaysia. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 12(8), σσ. 1475-1482.

Sanhudo, L., Ramos, N., M., Martins, J. P., Almedia, R., M., Barreira, E., Simoes, M., L., & Cardoso, V. (2018). *Renewable Sustainable Energy Review*, 89, σσ. 249-260.

Schönenberger, A. (2021). *Partenariat Public-Privé PPP Innergia*; Université de Neuchâtel: Neuchâtel, Switzerland.

Sears, S.K., Sears, G.A., & Clough, R.H. (2008). Construction project management: a practical guide to field construction management. 5^η έκδοση, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey.

Silva, H.F.C., Rincón-González, C.H. and Diez-Silva, H.M., (2020). Sustainability on Project Management: An Analysis of the Construction Industry in Colombia. Στο

Handbook of Research on Project Management Strategies and Tools for Organizational Success (σσ. 281-304). IGI Global. DOI: 10.4018/978-1-7998-1934-9.ch012.

Silvius, G., van den Brink, J. & Köhler, A. (2012). The impact of sustainability on Project Management. Στο H. Linger & J. Owen (Eds.), *The Project as a Social System* (σσ. 183-200). Victoria: Monash University Publishing. ISBN: 978-1-921867-04-0

Silvius, G. (2017). Sustainability as a new school of thought in project management. *Journal of Cleaner Production*, 166, 1479-1493.

Silvius, G., & Schipper, R. P. (2014). Sustainability in Project Management: A Literature Review and Impact Analysis. *Social Business*, 4, 63-96. <https://doi.org/10.1362/204440814X13948909253866>

Silvius, G. and Schipper, R. P., (2016). Exploring the relationship between sustainability and project success-conceptual model and expected relationships. *International Journal of Information Systems and Project Management*, 4(3), σσ.5-22.

Sprude, A. (2012). Construction project management. Trends and nuances of modernity, “StroyPROFI”, no. 5.

Sudarsan, J., S., & Gavali, H. (2023). Application of BIM in conjunction with circular economy principles for sustainable construction, *Environment Development and Sustainability*, 26(3), σσ. 1-14.

Sunke, N. (2009). Planning of construction projects: a managerial approach. Siegen, σ.7.

Tha, J.H.M. (2005). Towards an agent-based construction supply network modeling and simulation platform. *Automation in Construction*, 14, 353-359.

Toljaga-Nikolić, D., Todorović, M., Dobrota, M., Obradović, T. and Obradović, V., (2020). Project management and sustainability: Playing trick or treat with the planet. *Sustainability*, 12(20), p.8619. DOI: 10.3390/su12208619

Trocki, M., Juchniewicz, M. and Bukłaha, E., (2020). Socially responsible project management. *Journal of Management and Financial Sciences*, (41), pp.45-60. DOI: 10.33119/jmfs.2020.41.3

Turner, J.R. (2010). Responsibilities for Sustainable Development in Project and Program Management. Στο H. Knoepfel (Ed.), *Survival and Sustainability as Challenges for Projects* (σσ. 161-174). Zurich: International Project Management Association.

- Umar, M., O., Umana, A., U., Garba, P., Omowole, B., & Olufemi-Phillips, A. Q. (2024), Green infrastructure and sustainability initiatives in the construction industry: A review of current practices and future directions, *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 24(2), σσ. 1061-1081.
- UNEP. (2022). 2022 Global status report for buildings and construction. United Nations Environment Programme.
- Vandaele, N. J., & Decouttere, C. J. (2013). Sustainable R&D portfolio assessment. *Decision Support Systems*, 54, σσ. 1521-1532.
- Victorian Government CIO Council. (2013). "Selecting a project management methodology", Victorian Government Chief Technology Advocate.
- Watfa, M., K., Hawash, A., E., & Jaafar, K. (2021). Using building information and energy modelling for energy efficient designs, *International Journal of Technological Construction*, 26.
- Wong, W. P., Wah, C. Y., & Wong, S. L. (2023). Barriers of Green Supply Chain Management Implementation in Malaysian Construction Industry, *Journal of Surveying, Construction, and Property*, 14(1), σσ. 1-13.
- Xue, K., Hossain, M., U., Liu, M. (2021). BIM Integrated LCA for Promoting Circular Economy Towards Sustainable Construction: An Analytical Review, *Sustainability*, 13(3).
- Yousef, G., AL Samaraie, S. (2012). "Assessing using Project Management Methodology in Managing Construction Projects in Saudi Arabia", Arab Academy in Denmark, College of Business and Economics. (Arabic).
- Zagorodnova, E., & Hvorostukhina, O. (2015). Assessment of the maturity level of project management in the regulation of ego processes in organizations of the construction industry.