

Βιώσιμη Κατασκευή και Διαχείριση Κτηριακών Έργων: Τεχνική, Οικονομική και Ενεργειακή Προσέγγιση

Μαρίνα Ανδρεάδου (Α.Μ. 168093)

Πολιτικός Μηχανικός Τ.Ε. και

Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια Ε.Α.Π.

Διαχείριση Τεχνικών Έργων (ΔΧΤ)

Std168093@ac.eap.gr

Σωτήριος Δέμης

Πολιτικός Μηχανικός και

Μέλος ΣΕΠ ΔΧΤ / ΣΘΕΤ ΕΑΠ

demis.sotirios@ac.eap.gr

Περίληψη – Η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει τη διαχείριση κτηριακού έργου με ενεργειακά αποδοτικό τρόπο σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής του, από τον προγραμματισμό και τον σχεδιασμό έως την κατασκευή, τη λειτουργία και τη συντήρηση, με στόχο την κατασκευή κτηρίων υψηλής ενεργειακής απόδοσης και μειωμένου περιβαλλοντικού αποτυπώματος. Αρχικά, παρουσιάζεται το θεωρητικό πλαίσιο της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων, το νομοθετικό πλαίσιο, οι στρατηγικές βιώσιμου σχεδιασμού, τα συστήματα περιβαλλοντικής πιστοποίησης και οι σύγχρονες τεχνολογίες που συμβάλλουν στη βελτίωση της ενεργειακής τους συμπεριφοράς. Στη συνέχεια, αναλύεται η ενσωμάτωση ενεργειακών κριτηρίων σε κάθε στάδιο του κύκλου ζωής του έργου, ενώ πραγματοποιείται συγκριτική ανάλυση των κτηρίων Villa Savoye και Bullitt Center, καθώς και πρωτογενής έρευνα με δομημένο ερωτηματολόγιο για τη διερεύνηση των απόψεων επαγγελματιών του τεχνικού κλάδου και απλών χρηστών κτηρίων σχετικά με τη σημασία της ενεργειακής απόδοσης. Στόχος της εργασίας είναι να αναδείξει ότι η επίτευξη υψηλής ενεργειακής απόδοσης δεν αποτελεί αποτέλεσμα μεμονωμένων τεχνολογικών επιλογών, αλλά προϋποθέτει ολοκληρωμένη διαχείριση του κτηριακού έργου και συστηματική ενσωμάτωση ενεργειακών και περιβαλλοντικών κριτηρίων σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής του.

Λέξεις-Κλειδιά: Κύκλος Ζωής Κτηρίου, Βιώσιμη Κατασκευή,

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η βιώσιμη ανάπτυξη αποτελεί μία από τις σημαντικότερες προκλήσεις του σύγχρονου κατασκευαστικού τομέα, καθώς η συνεχώς αυξανόμενη κατανάλωση φυσικών πόρων και ενέργειας, σε συνδυασμό με τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, καθιστούν αναγκαία την υιοθέτηση νέων προσεγγίσεων στον σχεδιασμό, την κατασκευή και τη διαχείριση των κτηριακών έργων. Ο κτηριακός τομέας συγκαταλέγεται μεταξύ των μεγαλύτερων καταναλωτών ενέργειας και παράγει σημαντικό ποσοστό των συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, γεγονός που έχει οδηγήσει τόσο την Ευρωπαϊκή Ένωση όσο και τους διεθνείς οργανισμούς στη θέσπιση αυστηρότερων κανονισμών και πολιτικών για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των

κτηρίων και τη μείωση του περιβαλλοντικού τους αποτυπώματος.

Η έννοια της ενεργειακής απόδοσης δεν περιορίζεται μόνο στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας κατά τη λειτουργία ενός κτηρίου, αλλά αφορά ολόκληρο τον κύκλο ζωής του, από τον αρχικό σχεδιασμό και την επιλογή των δομικών υλικών έως την κατασκευή, τη λειτουργία, τη συντήρηση και την τελική αποξήλωση του. Η ολοκληρωμένη διαχείριση των κτηριακών έργων, με ενσωμάτωση ενεργειακών, περιβαλλοντικών και οικονομικών κριτηρίων σε κάθε στάδιο του κύκλου ζωής, αποτελεί βασική προϋπόθεση για την επίτευξη βιώσιμης ανάπτυξης στον κατασκευαστικό κλάδο.

Η διεθνής βιβλιογραφία επισημαίνει ότι η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης επιτυγχάνεται μέσω της εφαρμογής αρχών βιοκλιματικού σχεδιασμού, της επιλογής υλικών χαμηλού περιβαλλοντικού αποτυπώματος, της χρήσης ενεργειακά αποδοτικών ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων, της αξιοποίησης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και της εφαρμογής σύγχρονων τεχνολογιών αυτοματισμού και διαχείρισης ενέργειας. Παράλληλα, διεθνή συστήματα περιβαλλοντικής αξιολόγησης, όπως τα LEED και BREEAM, καθώς και η μεθοδολογία της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (Life Cycle Assessment – LCA), αποτελούν σημαντικά εργαλεία για την αξιολόγηση της περιβαλλοντικής και ενεργειακής επίδοσης των κτηρίων.

Παρά τη σημαντική πρόοδο που έχει σημειωθεί στον τομέα της ενεργειακής αποδοτικότητας, εξακολουθούν να υπάρχουν προκλήσεις όσον αφορά την εφαρμογή μιας ολοκληρωμένης προσέγγισης στη διαχείριση των κτηριακών έργων. Πολλές μελέτες εστιάζουν κυρίως στις τεχνολογικές λύσεις ή στη φάση λειτουργίας των κτηρίων, χωρίς να εξετάζουν συνολικά τον κύκλο ζωής τους και την αλληλεπίδραση μεταξύ τεχνικών, οικονομικών και περιβαλλοντικών παραμέτρων. Επιπλέον, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η διερεύνηση των αντιλήψεων τόσο των επαγγελματιών του τεχνικού κλάδου όσο και των χρηστών των κτηρίων σχετικά με τη σημασία της ενεργειακής απόδοσης και των βιώσιμων πρακτικών.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση της συμβολής της ολοκληρωμένης διαχείρισης των κτηριακών έργων στην επίτευξη υψηλής ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας. Για τον σκοπό αυτό

παρουσιάζεται το θεωρητικό πλαίσιο που διέπει τη βιώσιμη κατασκευή και την ενεργειακή διαχείριση των κτηρίων, πραγματοποιείται συγκριτική μελέτη δύο χαρακτηριστικών παραδειγμάτων σύγχρονης αρχιτεκτονικής, της Villa Savoye και του Bullitt Center, ενώ παράλληλα διεξάγεται πρωτογενής ποσοτική έρευνα με χρήση δομημένου ερωτηματολογίου, προκειμένου να διερευνηθούν οι απόψεις επαγγελματιών και χρηστών σχετικά με την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων και τους παράγοντες που επηρεάζουν τη λήψη αποφάσεων κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους.

Η συμβολή της εργασίας έγκειται στην ολοκληρωμένη προσέγγιση της ενεργειακής διαχείρισης των κτηριακών έργων, συνδυάζοντας τη θεωρητική τεκμηρίωση, τη συγκριτική αξιολόγηση αντιπροσωπευτικών κτηρίων και την ανάλυση πρωτογενών ερευνητικών δεδομένων. Τα αποτελέσματα της έρευνας μπορούν να αξιοποιηθούν από μηχανικούς, μελετητές, φορείς διαχείρισης έργων και υπεύθυνους χάραξης πολιτικής για την προώθηση πρακτικών που συμβάλλουν στη δημιουργία ενός περισσότερο βιώσιμου και ενεργειακά αποδοτικού κτηριακού περιβάλλοντος.

II. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η παρούσα έρευνα υιοθέτησε μια συνδυαστική μεθοδολογική προσέγγιση, αξιοποιώντας τόσο δευτερογενή όσο και πρωτογενή δεδομένα, με σκοπό τη διερεύνηση της συμβολής της βιώσιμης διαχείρισης στην ενεργειακή απόδοση των κτηριακών έργων. Η επιλογή της συγκεκριμένης μεθοδολογίας κρίθηκε κατάλληλη, καθώς το ερευνητικό αντικείμενο δεν περιορίζεται αποκλειστικά στην τεχνική αξιολόγηση των κτηρίων, αλλά επεκτείνεται στην εξέταση των διαδικασιών διαχείρισης, των σύγχρονων πρακτικών σχεδιασμού, των οικονομικών παραμέτρων και των αντιλήψεων των εμπλεκόμενων φορέων σχετικά με τη βιώσιμη ανάπτυξη.

Στο πρώτο στάδιο της έρευνας πραγματοποιήθηκε εκτενής βιβλιογραφική ανασκόπηση, η οποία αποτέλεσε τη βάση για τη θεωρητική τεκμηρίωση της εργασίας. Συγκεντρώθηκαν και αξιολογήθηκαν ελληνικές και διεθνείς επιστημονικές δημοσιεύσεις, βιβλία, άρθρα περιοδικών, τεχνικές εκθέσεις, ευρωπαϊκές οδηγίες, εθνικό νομοθετικό πλαίσιο και διεθνή πρότυπα που αφορούν τη βιώσιμη κατασκευή, τη διαχείριση τεχνικών έργων, την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων και τις πρακτικές περιβαλλοντικής πιστοποίησης. Η βιβλιογραφική διερεύνηση επέτρεψε την αποτύπωση της υφιστάμενης γνώσης, την αναγνώριση των κυριότερων προκλήσεων που αντιμετωπίζει ο κατασκευαστικός κλάδος και τον προσδιορισμό των παραγόντων που επηρεάζουν την ενεργειακή συμπεριφορά ενός κτηρίου κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του.

Με βάση τα ευρήματα της βιβλιογραφίας διαμορφώθηκε το θεωρητικό πλαίσιο της έρευνας, στο οποίο αναλύθηκαν τα στάδια διαχείρισης ενός κτηριακού έργου, από τον αρχικό σχεδιασμό και τη μελέτη έως την κατασκευή, τη λειτουργία, τη συντήρηση και την τελική απόσυρση ή επανάχρηση των υλικών. Παράλληλα εξετάστηκαν οι βασικές αρχές της βιώσιμης ανάπτυξης, οι στρατηγικές ενεργειακής αποδοτικότητας, καθώς και οι σύγχρονες τεχνολογίες που εφαρμόζονται στον σχεδιασμό και τη λειτουργία των ενεργειακά αποδοτικών κτηρίων.

Στο δεύτερο στάδιο εφαρμόστηκε η μέθοδος της συγκριτικής μελέτης περιπτώσεων, προκειμένου να αξιολογηθεί στην πράξη η εφαρμογή των αρχών της βιώσιμης κατασκευής. Για τον σκοπό αυτό επιλέχθηκαν δύο χαρακτηριστικά παραδείγματα κτηρίων με διαφορετική φιλοσοφία σχεδιασμού και διαφορετική χρονική περίοδο κατασκευής: η Villa Savoye και το Bullitt Center. Η επιλογή τους πραγματοποιήθηκε ώστε να αναδειχθούν οι διαφορές μεταξύ ενός εμβληματικού κτηρίου του μοντέρνου κινήματος και ενός σύγχρονου κτηρίου υψηλής ενεργειακής απόδοσης. Η συγκριτική αξιολόγηση βασίστηκε σε κοινά κριτήρια, όπως τα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά, τα δομικά υλικά, οι εφαρμοζόμενες ενεργειακές τεχνολογίες, η κατανάλωση ενέργειας, η περιβαλλοντική επίδοση, οι απαιτήσεις συντήρησης, το λειτουργικό κόστος και η συνολική διαχείριση του κύκλου ζωής. Η ανάλυση αυτή κατέστησε δυνατή την ανάδειξη των παραγόντων που συμβάλλουν στη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας και στη μακροχρόνια βιωσιμότητα των κτηριακών έργων.

Στο τρίτο στάδιο πραγματοποιήθηκε πρωτογενής ποσοτική έρευνα μέσω δομημένου ηλεκτρονικού ερωτηματολογίου, με στόχο την καταγραφή των απόψεων και των εμπειριών σχετικά με τη βιώσιμη κατασκευή και την ενεργειακή διαχείριση των κτηρίων. Το ερωτηματολόγιο περιλάμβανε κυρίως ερωτήσεις κλειστού τύπου, οργανωμένες σε θεματικές ενότητες που αφορούσαν τα δημογραφικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων, το επίπεδο γνώσεων για τις αρχές της βιώσιμης κατασκευής, τις αντιλήψεις σχετικά με τη σημασία της ενεργειακής απόδοσης, τους παράγοντες που επηρεάζουν τη λήψη αποφάσεων κατά τον σχεδιασμό και τη διαχείριση ενός κτηριακού έργου, καθώς και τα σημαντικότερα εμπόδια που δυσχεραίνουν την ευρύτερη εφαρμογή βιώσιμων πρακτικών στην ελληνική πραγματικότητα. Η συλλογή των δεδομένων πραγματοποιήθηκε διαδικτυακά. Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας συλλογής, τα δεδομένα οργανώθηκαν και υποβλήθηκαν σε περιγραφική στατιστική ανάλυση. Τα αποτελέσματα παρουσιάστηκαν με τη μορφή γραφημάτων, διευκολύνοντας την ανάδειξη των κυριότερων τάσεων, των ποσοστών και των σχέσεων μεταξύ των εξεταζόμενων μεταβλητών.

Η υιοθέτηση της συγκεκριμένης προσέγγισης ενίσχυσε την αξιοπιστία της έρευνας, καθώς επέτρεψε τη διασταύρωση των θεωρητικών δεδομένων με πραγματικά παραδείγματα εφαρμογής και εμπειρικά στοιχεία. Με τον τρόπο αυτό κατέστη δυνατή η εξαγωγή τεκμηριωμένων συμπερασμάτων σχετικά με τον ρόλο της ολοκληρωμένης διαχείρισης, του ενεργειακού σχεδιασμού και των σύγχρονων βιώσιμων πρακτικών στη δημιουργία κτηρίων με μειωμένο περιβαλλοντικό αποτύπωμα, χαμηλότερο λειτουργικό κόστος και αυξημένη ενεργειακή αποδοτικότητα.

III. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η ανάλυση της βιβλιογραφίας ανέδειξε ότι η ενεργειακή απόδοση των κτηρίων αποτελεί ένα πολυδιάστατο ζήτημα, το οποίο δεν περιορίζεται μόνο στη φάση λειτουργίας ενός κτηρίου, αλλά αφορά όλα τα στάδια του κύκλου ζωής του έργου. Η επίτευξη υψηλής ενεργειακής απόδοσης προϋποθέτει την ενσωμάτωση ενεργειακών

κριτηρίων ήδη από τον αρχικό σχεδιασμό, αλλά και τη συνεχή εφαρμογή αντίστοιχων πρακτικών κατά την κατασκευή, τη λειτουργία, τη συντήρηση και πιθανή ανακαίνιση του κτηρίου. Κατά τη φάση του σχεδιασμού, σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν επιλογές όπως ο σωστός προσανατολισμός του κτηρίου, η μορφολογία του κελύφους, η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού και αερισμού, καθώς και η επιλογή υλικών με υψηλή ενεργειακή και περιβαλλοντική απόδοση (Παπαδόπουλος, Μ., Αξαρλή, Κ. 2015). Κατά τη φάση της κατασκευής, η ενεργειακή προσέγγιση επεκτείνεται στην οργάνωση και λειτουργία του εργοταξίου (Ning X., Sepasgozar S., et al. 2019) και στην επιλογή και χρήση ενεργειακά αποδοτικού εξοπλισμού, μηχανημάτων και εργαλείων, σε συνδυασμό με την κατάλληλη συντήρησή τους (Kowalski, J., Lendo-Siwicka, M., et al 2023). Παράλληλα, ο σωστός προγραμματισμός των εργασιών, η μείωση των άσκοπων μετακινήσεων μηχανημάτων και υλικών, καθώς και η βελτιστοποίηση των διαδικασιών κατασκευής, συμβάλλει στη μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων και των εκπομπών που συνδέονται με το έργο. Επιπλέον, σημαντικό ρόλο διαδραματίζει η διαχείριση των υλικών στο εργοτάξιο, με στόχο τη μείωση των απωλειών, η επαναχρησιμοποίηση όπου είναι εφικτό και ο περιορισμός της παραγωγής αποβλήτων (Bachér, J., Bergmans, J., et al. 2020), η επιλογή τοπικών προμηθευτών για τη μείωση των μεταφορών και η χρήση προκατασκευασμένων ή βιομηχανικά παραγόμενων στοιχείων όπου αυτό είναι αποδοτικό.

Η ενεργειακή απόδοση ενός κτηρίου συνδέεται όχι μόνο με την ενέργεια που καταναλώνεται κατά τη λειτουργία του, αλλά και με την ενσωματωμένη ενέργεια των υλικών που χρησιμοποιούνται. Πολλά συμβατικά υλικά, όπως το σκυρόδεμα και ο χάλυβας, απαιτούν μεγάλες ποσότητες ενέργειας για την εξόρυξη των πρώτων υλών, την επεξεργασία και την παραγωγή τους, με αποτέλεσμα αυξημένες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (Barbhuiya S., Das B. 2023). Για τον λόγο αυτό, η χρήση εναλλακτικών υλικών χαμηλού περιβαλλοντικού αποτυπώματος αποτελεί σημαντική στρατηγική για τη μείωση της συνολικής ενεργειακής επιβάρυνσης ενός κτηρίου, όπως το ξύλο από πιστοποιημένες πηγές, τα ανακυκλωμένα ή επαναχρησιμοποιούμενα υλικά, καθώς και φυσικά μονωτικά υλικά. Παράλληλα, η επιλογή υλικών τοπικής προέλευσης μπορεί να περιορίσει τις ενεργειακές απαιτήσεις που σχετίζονται με τη μεταφορά, ενώ η δυνατότητα ανακύκλωσης ή επαναχρησιμοποίησής τους ενισχύει την εφαρμογή αρχών κυκλικής οικονομίας. Κατά τη φάση λειτουργίας, η ενεργειακή απόδοση εξαρτάται όχι μόνο από την ποιότητα του σχεδιασμού και των κατασκευαστικών επιλογών, αλλά και από τον τρόπο διαχείρισης και χρήσης του κτηρίου. Η εφαρμογή σύγχρονων συστημάτων ενεργειακής διαχείρισης κτηρίων (Building Energy Management Systems – BEMS) επιτρέπει τη συνεχή παρακολούθηση, τον έλεγχο και τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας των εγκαταστάσεων, προσαρμόζοντας την κατανάλωση στις πραγματικές ανάγκες του κτηρίου. Μέσω της χρήσης αισθητήρων και συστημάτων συλλογής δεδομένων μπορούν να παρακολουθούνται σε πραγματικό χρόνο παράμετροι όπως η θερμοκρασία, η υγρασία, η ποιότητα του εσωτερικού αέρα, τα επίπεδα φυσικού φωτισμού, η παρουσία χρηστών στους χώρους και η κατανάλωση

ηλεκτρικής ενέργειας ανά σύστημα ή ζώνη του κτηρίου. Για παράδειγμα, τα συστήματα έξυπνου φωτισμού μπορούν να προσαρμόζουν την ένταση του τεχνητού φωτισμού ανάλογα με τη διαθεσιμότητα φυσικού φωτός ή την παρουσία χρηστών, ενώ τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης μπορούν να ρυθμίζονται δυναμικά σύμφωνα με τις πραγματικές θερμικές ανάγκες των χώρων.

Παράλληλα, η ανακαίνιση κτηρίων αποτελεί συχνά πιο βιώσιμη επιλογή από την κατεδάφιση και την κατασκευή νέων, καθώς περιορίζει την κατανάλωση πόρων και την παραγωγή αποβλήτων. Η σύγχρονη προσέγγιση δίνει έμφαση στην επαναχρησιμοποίηση, την ανάκτηση και την ανακύκλωση υλικών, μέσω λύσεων που διευκολύνουν την αποσυναρμολόγηση και μειώνουν την ανάγκη παραγωγής νέων υλικών. Με αυτόν τον τρόπο, οι αρχές της κυκλικής οικονομίας συμβάλλουν στη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος και στην παράταση της διάρκειας ζωής των κτηρίων (Κτίριο Τεχνικές Εκδόσεις I.K.E., 2020).

Η συγκριτική αξιολόγηση των κτηρίων Villa Savoye και Bullitt Center ανέδειξε τη σημαντική εξέλιξη που έχει σημειωθεί από τις αρχές της μοντέρνας αρχιτεκτονικής έως τη σύγχρονη προσέγγιση του βιώσιμου σχεδιασμού. Η Villa Savoye, έργο του Le Corbusier, αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα της αρχιτεκτονικής του 20ού αιώνα και εισήγαγε νέες σχεδιαστικές αρχές, όπως η ελεύθερη κάτοψη, η χρήση πιλοτών, η ανεξάρτητη λειτουργία του φέροντος οργανισμού και η έντονη σχέση μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού χώρου. Παρόλο που το κτήριο δεν σχεδιάστηκε με βάση σύγχρονα ενεργειακά πρότυπα, στοιχεία όπως η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού μέσω των μεγάλων ανοιγμάτων, η οργάνωση των χώρων γύρω από τις ανάγκες των χρηστών και η ενσωμάτωση του φυσικού περιβάλλοντος στη σχεδιαστική λογική αποτέλεσαν σημαντικές αρχές που επηρέασαν μεταγενέστερες προσεγγίσεις στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό (Arch2O, χ.χ.).



Σχήμα 1. Villa Savoye

Αντίθετα, το Bullitt Center αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα κτηρίου υψηλής ενεργειακής απόδοσης, στο οποίο η βιωσιμότητα αποτέλεσε βασικό στόχο από τη φάση του σχεδιασμού έως και τη λειτουργία του. Το κτήριο εφαρμόζει στρατηγικές όπως η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω φωτοβολταϊκών συστημάτων, η χρήση ιδιαίτερα αποδοτικού κτηριακού κελύφους, η αξιοποίηση φυσικού φωτισμού και φυσικού αερισμού, καθώς και η εφαρμογή προηγμένων συστημάτων παρακολούθησης και διαχείρισης της ενεργειακής κατανάλωσης. Παράλληλα, η εξοικονόμηση νερού, η επιλογή υλικών χαμηλού περιβαλλοντικού αποτυπώματος

και η συνεχής αξιολόγηση της λειτουργίας του κτηρίου συμβάλλουν στη συνολική επίτευξη υψηλής περιβαλλοντικής απόδοσης (Pena, R. B. 2014). Η σύγκριση των δύο κτηρίων δείχνει τη μετάβαση από μια αρχιτεκτονική προσέγγιση που επικεντρωνόταν κυρίως στη μορφή, τη λειτουργικότητα και τη σχέση με το περιβάλλον, σε μια ολοκληρωμένη στρατηγική βιωσιμότητας που περιλαμβάνει ενεργειακή διαχείριση, τεχνολογική καινοτομία, επιλογή κατάλληλων υλικών και αξιολόγηση ολόκληρου του κύκλου ζωής του κτηρίου.



Σχήμα 1. Bullitt Center

Τα αποτελέσματα της πρωτογενούς έρευνας επιβεβαίωσαν σε μεγάλο βαθμό τα συμπεράσματα της βιβλιογραφικής ανάλυσης, καθώς οι συμμετέχοντες αναγνώρισαν τη σημαντική συμβολή της ενεργειακής απόδοσης στη σύγχρονη κατασκευή και διαχείριση των κτηρίων. Η πλειονότητα των ερωτηθέντων θεωρεί ότι τα ενεργειακά χαρακτηριστικά ενός κτηρίου πρέπει να λαμβάνονται υπόψη ήδη από τα πρώτα στάδια του σχεδιασμού, καθώς οι αρχικές αποφάσεις επηρεάζουν τη μελλοντική ενεργειακή συμπεριφορά, το λειτουργικό κόστος και το περιβαλλοντικό αποτύπωμα του έργου. Αναγνωρίστηκε ότι η ενεργειακή απόδοση δεν αποτελεί αποκλειστικά τεχνικό ζήτημα, αλλά αποτέλεσμα συνεργασίας μεταξύ όλων των εμπλεκόμενων φορέων. Παράλληλα, παρά τη θετική στάση απέναντι στις βιώσιμες πρακτικές, εντοπίστηκαν σημαντικά εμπόδια, με κυριότερο το υψηλό αρχικό κόστος επένδυσης. Επιπλέον, η έλλειψη ενημέρωσης και η περιορισμένη τεχνική γνώση αποτελούν παράγοντες που καθυστερούν την ευρύτερη υιοθέτηση ενεργειακά αποδοτικών λύσεων. Παρόλα αυτά, οι περισσότεροι συμμετέχοντες αναγνωρίζουν ότι τα μακροπρόθεσμα οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη, όπως η μείωση του κόστους λειτουργίας, η βελτίωση της άνεσης των χρηστών και ο περιορισμός των εκπομπών, υπερβαίνουν το αρχικό κόστος εφαρμογής.

Συνολικά, τα αποτελέσματα της έρευνας επιβεβαιώνουν ότι η ενεργειακή απόδοση των κτηρίων αποτελεί έναν σύνθετο παράγοντα που επηρεάζεται από τεχνικές επιλογές, τον σχεδιασμό, τη χρήση των κατάλληλων υλικών, την εφαρμογή σύγχρονων τεχνολογιών και την αποτελεσματική διαχείριση καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής ενός έργου. Παρά την αναγνώριση της σημασίας των ενεργειακά αποδοτικών πρακτικών και των σημαντικών οικονομικών και περιβαλλοντικών οφελών που προσφέρουν, η ευρεία

εφαρμογή τους εξακολουθεί να αντιμετωπίζει προκλήσεις, κυρίως λόγω του αρχικού κόστους και της ανάγκης για μεγαλύτερη ενημέρωση και τεχνική υποστήριξη. Επομένως, η επίτευξη βιώσιμων και ενεργειακά αποδοτικών κτηρίων προϋποθέτει μια ολοκληρωμένη προσέγγιση, όπου η ενεργειακή αποδοτικότητα ενσωματώνεται σε όλα τα στάδια του έργου, από τον αρχικό σχεδιασμό και την κατασκευή έως τη λειτουργία, την ανακαίνιση και το τέλος ζωής του κτηρίου.

IV. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα εργασία ανέδειξε ότι η ενεργειακή απόδοση των κτηρίων αποτελεί αποτέλεσμα μιας ολοκληρωμένης προσέγγισης, η οποία δεν περιορίζεται στην εφαρμογή μεμονωμένων τεχνολογικών λύσεων, αλλά απαιτεί τη συνδυασμένη αξιολόγηση του σχεδιασμού, της κατασκευής, της λειτουργίας και της διαχείρισης καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής ενός κτηρίου. Μέσα από τη βιβλιογραφική ανάλυση και την αξιολόγηση των επιμέρους σταδίων ενός έργου διαπιστώθηκε ότι οι αποφάσεις που λαμβάνονται ήδη από τα αρχικά στάδια σχεδιασμού επηρεάζουν καθοριστικά τη μελλοντική ενεργειακή συμπεριφορά, το λειτουργικό κόστος και το περιβαλλοντικό αποτύπωμα του κτηρίου.

Η συγκριτική ανάλυση της Villa Savoye και του Bullitt Center ανέδειξε τη μετάβαση από μια αρχιτεκτονική προσέγγιση που βασιζόταν κυρίως στη μορφολογία, τη λειτουργικότητα και τη σχέση με το φυσικό περιβάλλον, σε μια σύγχρονη αντίληψη όπου η ενεργειακή απόδοση αποτελεί αποτέλεσμα συνδυασμού σχεδιαστικών αρχών, τεχνολογικών εφαρμογών και συστημάτων διαχείρισης. Η μελέτη των δύο περιπτώσεων έδειξε ότι η βιωσιμότητα ενός κτηρίου δεν εξαρτάται μόνο από την ενσωμάτωση ενεργειακών συστημάτων, αλλά από τον συνολικό σχεδιασμό και τη συνεχή βελτιστοποίηση της λειτουργίας του.

Παράλληλα, τα αποτελέσματα της πρωτογενούς έρευνας ανέδειξαν ότι υπάρχει σημαντική αναγνώριση της αξίας της ενεργειακής απόδοσης από τους συμμετέχοντες, ιδιαίτερα όσον αφορά τη συμβολή της στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, του λειτουργικού κόστους και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Ωστόσο, εντοπίστηκαν σημαντικά εμπόδια για την ευρύτερη εφαρμογή ενεργειακά αποδοτικών πρακτικών, με κυριότερα το αρχικό κόστος επένδυσης, την έλλειψη ενημέρωσης και τις δυσκολίες εφαρμογής σε υφιστάμενα κτήρια. Τα ευρήματα αυτά υποδεικνύουν την ανάγκη ενίσχυσης της ενημέρωσης, της εκπαίδευσης και των κινήτρων για την υιοθέτηση βιώσιμων πρακτικών στον κατασκευαστικό τομέα.

Η παρούσα ΜΔΕ ανέδειξε ότι η ενεργειακή απόδοση δεν αποτελεί αποτέλεσμα μιας μεμονωμένης τεχνικής επιλογής, αλλά προκύπτει από τη συνδυασμένη εφαρμογή στρατηγικών σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής ενός κτηρίου. Ιδιαίτερα, η ανάλυση των Villa Savoye και Bullitt Center έδειξε τη διαχρονική εξέλιξη της έννοιας της βιωσιμότητας, ενώ τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου ανέδειξαν τη σημασία της ενημέρωσης, της τεχνογνωσίας και των κατάλληλων κινήτρων για την ευρύτερη εφαρμογή ενεργειακά αποδοτικών πρακτικών.

Για μελλοντική έρευνα προτείνεται η περαιτέρω διερεύνηση των μεθόδων διαχείρισης κτηριακών έργων

με ενσωματωμένα ενεργειακά και περιβαλλοντικά κριτήρια σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής τους. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η ανάπτυξη ολοκληρωμένων πλαισίων λήψης αποφάσεων, τα οποία θα επιτρέπουν την αξιολόγηση διαφορετικών σχεδιαστικών, κατασκευαστικών και λειτουργικών επιλογών από τα αρχικά στάδια ενός έργου. Παράλληλα, σημαντικό πεδίο μελλοντικής έρευνας αποτελεί η διερεύνηση της εφαρμογής καινοτόμων ενεργειακά αποδοτικών και εναλλακτικών δομικών λύσεων, τα οποία δεν έχουν ακόμη ευρεία εφαρμογή στον κατασκευαστικό τομέα, με στόχο την αξιολόγηση της ενεργειακής τους επίδρασης, της οικονομικής τους βιωσιμότητας και της δυνατότητας ενσωμάτωσής τους στις διαδικασίες διαχείρισης έργων. Επιπλέον, η αξιοποίηση ψηφιακών εργαλείων, όπως τα συστήματα Building Information Modeling (BIM), μπορεί να εξεταστεί ως μέσο καλύτερου συντονισμού των εμπλεκόμενων φορέων, υποστήριξης της λήψης αποφάσεων και παρακολούθησης της ενεργειακής απόδοσης καθ' όλη τη διάρκεια ζωής ενός κτηρίου.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Archeyes. (χ.χ.). The Villa Savoye – Le Corbusier. Διατίθεται σε: <https://archeyes.com/the-villa-savoye-le-corbusier/> Πρόσβαση 20/06/2026
- Arch2O. (χ.χ.). Villa Savoye: Le Corbusier's revolutionary masterpiece that changed architecture forever. Διατίθεται σε: <https://www.arch2o.com/villa-savoye-le-corbusiers-revolutionary-masterpiece-that-changed-architecture-forever/> Πρόσβαση 25/06/2026
- Bachér, J., Bergmans, J., et al. (2020). Construction and demolition waste: Challenges and opportunities in a circular economy (ETC/WMGE Report 1/2020). European Topic Centre on Waste and Materials in a Green Economy
- Barbhuiya, S., Das, B. B. (2023). Life cycle assessment of construction materials: Methodologies, applications and future directions for sustainable decision-making. Case Studies in Construction Materials, 19, e02326. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02326>
- Kowalski, J., Lendo-Siwicka, M., et al (2023). Verification of performance standards for construction equipment in terms of CO₂ emissions. Sustainability, 15(21), 15188. <https://doi.org/10.3390/su152115188>
- Ning, X., Sepasgozar, S.M.E., et al. (2019). Green performance evaluation system for energy-efficiency-based planning for construction site layout. Sustainability, 11(24), 7130. <https://doi.org/10.3390/su11247130>
- Pena, R. B. (2014). Living proof: The Bullitt Center: High performance building case study. University of Washington, Center for Integrated Design.
- Αξαρχή, Κ., Κορωνάκη, Ε. (2012). Οδηγός σχεδιασμού εγκαταστάσεων: Θέρμανση, ψύξη, εξαερισμός σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ. Εκδόσεις Κτίριο.
- Παπαδόπουλος, Μ., Αξαρχή, Κ. (2015). Ενεργειακός σχεδιασμός και παθητικά ηλιακά συστήματα κτιρίων. Εκδόσεις Κυριακίδη
- Πολύζος, Σ. (2018). Διοίκηση και διαχείριση των έργων: Μέθοδοι και τεχνικές (3η έκδοση). Εκδόσεις Κριτική.
- Συλλογικό έργο. (2020). Οδηγός ανακαίνισης κτιρίων: Σχεδιασμός και επεμβάσεις για οικοδομική, ενεργειακή & αισθητική αναβάθμιση. Εκδόσεις Κτίριο.