



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ
ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Διαδικτυακή εφαρμογή αξιολόγησης κτιρίων πολιτιστικής κληρονομιάς

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΤΣΟΚΑΣ

Επιβλέπων : Ευάγγελος Μαρινάκης,
Επίκουρος Καθηγητής, Ε.Μ.Π.
Υπεύθυνοι : Ευάγγελος Σπηλιώτης
Σωκράτης Διβόλης

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2024



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ
ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Διαδικτυακή εφαρμογή αξιολόγησης κτιρίων πολιτιστικής κληρονομιάς

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΤΣΟΚΑΣ

Επιβλέπων : Ευάγγελος Μαρινάκης
Επίκουρος Καθηγητής, Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 15η Οκτωβρίου 2024.

.....

Ευάγγελος Μαρινάκης

Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....

Ιωάννης Ψαρράς

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....

Δημήτριος Ασκούνης

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2024

.....
Κωνσταντίνος Ν. Τσόκας

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Κωνσταντίνος Ν. Τσόκας 2024

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου

Περίληψη

Η διπλωματική αυτή εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια των ερευνητικών δραστηριοτήτων της μονάδας Energy Policy Unit (EPU) κατά το ακαδημαϊκό έτος 2023-2024. Η μονάδα υπάγεται στον Τομέα Βιομηχανικών Διατάξεων και Συστημάτων Αποφάσεων της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Ο γενικός στόχος της διατριβής είναι η ανάπτυξη μιας διαδικτυακής εφαρμογής που θα επιτρέπει στους διαχειριστές κτιρίων πολιτιστικής αξίας να αξιολογούν την συνολική εικόνα των κτιρίων σε σημαντικούς τομείς. Περίπου το 35% των κτιρίων στην Ευρωπαϊκή Ένωση έχει ηλικία μεγαλύτερη των 50 ετών. Τέτοια κτίρια είναι συνήθως ενεργοβόρα, με έντονο περιβαλλοντικό αντίκτυπο ενώ δεν προσφέρουν τις ιδανικές συνθήκες διαβίωσης ή την συμπερίληψη που απαιτείται. Οι κατευθυντήριες γραμμές και οι οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης επισημαίνουν την ανάγκη για ανακαίνιση και αναβάθμιση των κτιρίων αυτών προκειμένου να επιτύχουν τις σημερινές προδιαγραφές διαβίωσης.

Η διαδικτυακή εφαρμογή που αναπτύχθηκε προσφέρει έναν ολοκληρωμένο τρόπο μέτρησης και παρακολούθησης της εξέλιξης των κτιρίων, αξιολογώντας τα με βάση την ενεργειακή απόδοση, την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος, την κυκλικότητα και αξιοποίηση περιβαλλοντικών πόρων, καθώς και την προσβασιμότητα και την συμπερίληψη. Η εφαρμοζόμενη μέθοδος αξιολόγησης βασίζεται σε τεχνικές πολυκριτήριας ανάλυσης και χρησιμότητας. Εξαιτίας της ποικιλομορφίας και ετερογένειας των κτιρίων που καλύπτει η εφαρμογή, δίνεται η δυνατότητα προσαρμογής των βαρών των κριτηρίων ώστε να αντανακλώνται καλύτερα οι συγκεκριμένες ανάγκες και χαρακτηριστικά του κτιρίου που αξιολογείται. Η κατάλληλη παρουσίαση της προόδου ενός κτιρίου είναι κρίσιμη για την επιτυχία της αναβάθμισης του, καθώς καθορίζει τη σωστή πορεία για την επίτευξη των στόχων του κτιρίου βάσει των προτεραιοτήτων του.

Για την υλοποίηση της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκαν διάφορες τεχνολογίες αιχμής. Στο back-end, η γλώσσα προγραμματισμού Java σε συνδυασμό με τα πλαίσια Spring Boot και Hibernate διασφάλισαν την αποτελεσματική διαχείριση και οργάνωση των δεδομένων. Το front-end αναπτύχθηκε με JavaScript και React, προσφέροντας μια διαδραστική και εύχρηστη εμπειρία για τον χρήστη. Η διαχείριση και συγγραφή του κώδικα πραγματοποιήθηκε μέσω του εργαλείου Visual Studio Code. Για τη βάση δεδομένων χρησιμοποιήθηκε η γλώσσα PostgreSQL και για τη διαχείριση της και παρακολούθηση των δεδομένων της το εργαλείο pgAdmin4. Ένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά της εφαρμογής είναι η σχεδιάσή της με επίκεντρο τον χρήστη, προσφέροντας ένα απλό και κατανοητό περιβάλλον, ακόμα και για μη ειδικούς χρήστες, ενώ παρέχει αναλυτικές και χρήσιμες πληροφορίες για την κατάσταση των ιστορικών κτιρίων.

Λέξεις κλειδιά: Αξιολόγηση κτιρίων, Θεωρία χρησιμότητας πολλαπλών χαρακτηριστικών (MAUT), Πολιτιστική κληρονομιά, Διαδικτυακή Εφαρμογή, Βιωσιμότητα, Ενεργειακή απόδοση κτιρίων, Περιβαλλοντικό αποτύπωμα κτιρίων

Abstract

This thesis was prepared in the framework of the research activities of the Energy Policy Unit (EPU) during the academic year 2023-2024. The unit is part of the Department of Industrial Devices and Decision Systems of the Faculty of Electrical and Computer Engineering of the National Technical University of Athens.

The overall objective of the thesis is to develop a web application that will allow managers of buildings of cultural value to evaluate the overall image of the buildings in important areas. About 35% of buildings in the European Union are older than 50 years. Such buildings are usually energy-intensive, have a high environmental impact and do not offer the ideal living conditions or the inclusiveness required. European Union guidelines and directives highlight the need to renovate and upgrade these buildings to meet current living standards.

The web application developed offers a comprehensive way to measure and monitor the evolution of buildings, assessing them on the basis of energy efficiency, indoor environmental quality, cyclicity and utilization of environmental resources, as well as accessibility and inclusion. The applied assessment method is based on multi-criteria analysis and utility techniques. Due to the diversity and heterogeneity of the buildings covered by the application, it is possible to adjust the weights of the criteria to better reflect the specific needs and characteristics of the building being assessed. Appropriate reporting of a building's progress is critical to the success of its upgrade, as it sets the right path for the building to achieve its prioritized objectives.

Various cutting-edge technologies were used for the implementation of the application. On the back-end, the Java programming language combined with the Spring Boot and Hibernate frameworks ensured efficient data management and organization. The front-end was developed with JavaScript and React, providing an interactive and user-friendly experience for the user. Code management and authoring was performed using the Visual Studio Code tool. The PostgreSQL language was used for the database and the pgAdmin4 tool was used for its management and data monitoring. One of the most important features of the application is its user-centered design, offering a simple and understandable interface, even for non-expert users, and providing detailed and useful information about the condition of historic buildings.

Keywords: Building evaluation, Multi-attribute utility theory (MAUT), Cultural heritage, Web-based application, Sustainability, Energy efficiency of buildings, Environmental footprint of buildings

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω την ειλικρινή μου ευγνωμοσύνη σε όλους όσους με στήριξαν καθ' όλη τη διάρκεια αυτής της διατριβής.

Πρώτα απ' όλα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, Ευάγγελο Μαρινάκη, για την πολύτιμη καθοδήγησή του και την ευκαιρία που μου έδωσε να εκπονήσω την διπλωματική μου εργασία σε ένα τόσο επίκαιρο και ενδιαφέρον θέμα στον τομέα της βιωσιμότητας των κτιρίων. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές μου κ. Ιωάννη Ψαρρά και κ. Δημήτριο Ασκούνη για την συμμετοχή τους στην επιτροπή εξέτασης αυτής της διπλωματικής εργασίας.

Ακόμη θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Βαγγέλη Σπηλιώτη και τον κ. Σωκράτη Διβόλη για την βοήθεια και καθοδήγηση τους κατά την διάρκεια εκπόνησης της εργασίας. Η εκτεταμένη εμπειρία τους έπαιξε καταλυτικό ρόλο στην τελειοποίηση της μεθόδου αξιολόγησης και στη βελτίωση της εμπειρίας του χρήστη της εφαρμογής.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου που ήταν δίπλα μου σε κάθε βήμα της πορείας μου και συνεχίζουν να με στηρίζουν σε κάθε βήμα. Τους ευχαριστώ και για την αρχή της «μέγιστης αποδοτικότητας» που μου εμφύσησαν.

Τους φίλους μου για την συνεχή εμπύχωση και στήριξη τους.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την σχολή μου και το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο για τις ακαδημαϊκές και πρακτικές γνώσεις που μου παρείχε.

Περιεχόμενα

Περίληψη	6
Abstract	8
Ευχαριστίες	10
Περιεχόμενα.....	12
Κατάλογος εικόνων	15
Κατάλογος πινάκων	16
Κεφάλαιο 1°. Εισαγωγή.....	17
1.1 Εισαγωγή	17
1.2 Στόχος Διπλωματικής Εργασίας	19
1.3 Δομή Διπλωματικής Εργασίας	20
Κεφάλαιο 2°. Άξονες και κριτήρια αξιολόγησης	21
2.1 Επιλογή αξόνων και κριτηρίων	21
2.2 Ανάλυση αξόνων και κριτηρίων	23
2.2.1 Ενεργειακή Απόδοση	23
2.2.2 Ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος	30
2.2.3 Περιβάλλον και κυκλικότητα	39
2.2.4 Προσβασιμότητα και συμπερίληψη.....	46
Κεφάλαιο 3°. Μεθοδολογία αξιολόγησης.....	49
3.1 Πολυκριτήρια χρησιμότητα και μέθοδος άμεσης εκτίμησης	49
3.2 Πολυκριτήρια ανάλυση και βασικές μέθοδοι	51
3.2.1 Μέθοδος TOPSIS	51
3.2.2 Μέθοδος VIKOR.....	51
3.2.3 Μέθοδος PROMETHEE	52
3.2.4 Μέθοδος ELECTRE.....	53
3.3 Μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε	53
3.4 Ταξινόμηση κτιρίων	55
Κεφάλαιο 4°. Αρχιτεκτονική εφαρμογής και εργαλεία ανάπτυξης	57
4.1 Αρχιτεκτονική	57
4.2 Χρησιμοποιούμενη υποδομή λογισμικού	58
4.2.1 Back-end	59
4.2.2 Front-end	61
4.2.3 Βάση και διαχείριση δεδομένων	63
Κεφάλαιο 5°. Η εφαρμογή.....	67
5.1 Ανάπτυξη ιδέας έργου	67
5.2 Ανάλυση απαιτήσεων	68
5.2.1 Απαιτήσεις	68
	12

5.2.2 UML Diagrams – Αναπαράσταση στοιχείων	70
5.3 Η εφαρμογή.....	76
5.3.1 Login Page – Σελίδα σύνδεσης	76
5.3.2 Main menu page – Σελίδα βασικού μενού	79
5.3.3 New evaluation page – Σελίδα νέας αξιολόγησης	80
5.3.4 Evaluation form page – Σελίδα φόρμας αξιολόγησης.....	81
5.3.5 My evaluations page – Σελίδα προβολής αξιολογήσεων	82
5.3.5 My buildings page – Σελίδα διαχείρισης κτιρίων	84
5.3.6 About us page	86
Κεφάλαιο 6°. Επίλογος	87
6.1 Σύνοψη της διπλωματικής.....	87
6.2 Μελλοντικές επεκτάσεις	89
Κεφάλαιο 7°. Βιβλιογραφία	91

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1.1 Μέση ηλικία του κτιριακού αποθέματος σε επίπεδο NUTS2	17
Εικόνα 2.1 Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά τομέα, ΕΕ, 2022	23
Εικόνα 2.2 Μέση Ετήσια Ενεργειακή κατανάλωση για οικιστικά κτίρια στην Ευρώπη για την χρονιά 2013.	27
Εικόνα 2.3 Τυπική οικιακή χρήση νερού (2016)	41
Εικόνα 2.4 Οικιστική χρήση νερού από δημόσιες πηγές ύδρευσης, 1990-2022	42
Εικόνα 3.1 Κτιριακές κλάσεις όπως προκύπτουν από το πλαίσιο αξιολόγησης.....	56
Εικόνα 4.1 Η αρχιτεκτονική mvc	58
Εικόνα 4.2 Η δομή του backend	60
Εικόνα 4.3 Η δομή του front-end	63
Εικόνα 4.4 Διάγραμμα σχέσης οντοτήτων	64
Εικόνα 5.1 Class diagram	71
Εικόνα 5.2 Use Case Diagram – Login Page	72
Εικόνα 5.3 Use Case Diagram – Register/Sign Up	73
Εικόνα 5.4 Use Case Diagram – Sign In	73
Εικόνα 5.5 Use Case Diagram – Main Menu.....	74
Εικόνα 5.6 Use Case Diagram – Create New Evaluation	74
Εικόνα 5.7 Use Case Diagram – Add New Building	75
Εικόνα 5.8 Use Case Diagram – Edit Building	75
Εικόνα 5.9 Η σελίδα σύνδεσης	76
Εικόνα 5.10 Ειδοποίηση επιτυχούς εγγραφής.....	77
Εικόνα 5.11 Ειδοποίηση ανεπιτυχούς εγγραφής λόγω email ήδη σε χρήση.....	77
Εικόνα 5.12 Sign up form	77
Εικόνα 5.13 Sign in with Google Button	78
Εικόνα 5.14 Ειδοποίηση μη χρήσεως email.....	78
Εικόνα 5.15 Ειδοποίηση email συνδεδεμένου μόνο μέσω Google	78
Εικόνα 5.16 Ειδοποίηση λανθασμένου κωδικού	79
Εικόνα 5.17 Η σελίδα βασικό μενού.....	80
Εικόνα 5.18 Η σελίδα νέας αξιολόγησης	80
Εικόνα 5.19 Ειδοποίηση προϋπάρχουσας αξιολόγησης	81
Εικόνα 5.20 Η σελίδα φόρμας αξιολόγησης	82
Εικόνα 5.21 Σελίδα προβολής αξιολογήσεων – Διάγραμμα συνολική βαθμολογίας ανά έτος	83
Εικόνα 5.22 Σελίδα προβολής αξιολογήσεων – Ανάλυση αξιολόγησης κτιρίου	83
Εικόνα 5.23 Σελίδα προβολής αξιολογήσεων – Κατηγορία κτιρίου	84
Εικόνα 5.24 Σελίδα διαχείρισης κτιρίων – Διαχείριση κτιρίων	85
Εικόνα 5.25 Σελίδα διαχείρισης κτιρίων – Προσθήκη κτιρίου	85
Εικόνα 5.26 About us page.....	86

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 3.1 Περιγραφή κλιμακας σπουδαιοτητων	54
--	----

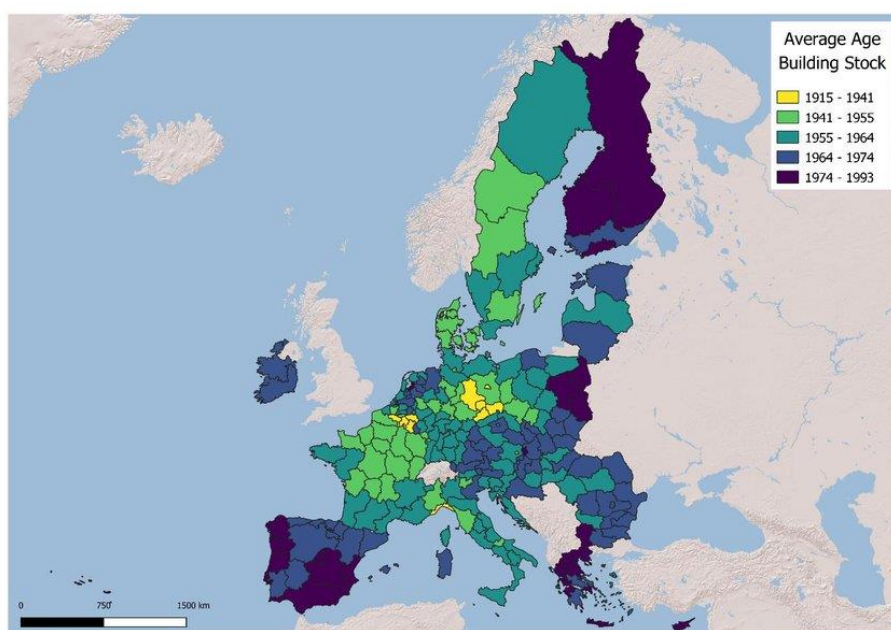
Πίνακας 5.1 Λειτουργικές προδιαγραφές και απαιτήσεις με περιγραφή για μη εγγεγραμμένους ή μη συνδεδεμένους χρήστες	68
---	----

Πίνακας 5.2 Λειτουργικές προδιαγραφές και απαιτήσεις με περιγραφή για συνδεδεμένους χρήστες	69
---	----

Κεφάλαιο 1°. Εισαγωγή

1.1 Εισαγωγή

Τις τελευταίες δεκαετίες, η διατήρηση και ο εκσυγχρονισμός των ιστορικών κτιρίων έχουν γίνει κεντρικά θέματα στις συζητήσεις για την αστική ανάπτυξη, την πολιτιστική κληρονομιά και την περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Οι κατασκευές αυτές όχι μόνο κατέχουν σημαντική πολιτιστική, ιστορική και αρχιτεκτονική αξία, αλλά χρησιμεύουν επίσης ως ζωντανά μνημεία περασμένων εποχών. Ωστόσο, με πάνω από το 35% των κτιρίων στην Ευρωπαϊκή Ένωση να είναι ηλικίας άνω των 50 ετών, ένα σημαντικό τμήμα του δομημένου περιβάλλοντος αντιμετωπίζει σημαντικές προκλήσεις [1]. Πολλά από αυτά τα κτίρια κατασκευάστηκαν σε μια εποχή που η ενεργειακή απόδοση, η προσβασιμότητα και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις δεν αποτελούσαν πρωταρχικό μέλημα. Ως αποτέλεσμα, σήμερα δυσκολεύονται να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις της σύγχρονης ζωής, τόσο από άποψη άνεσης όσο και βιωσιμότητας.



ΕΙΚΟΝΑ 1.1 ΜΕΣΗ ΗΛΙΚΙΑ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΑΚΟΥ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΣ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ NUTS2

Οι πολιτικές και οι οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, συμπεριλαμβανομένης της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας[2] και της πρωτοβουλίας Renovation Wave[3], επικεντρώνονται στη βελτίωση του υφιστάμενου κτιριακού αποθέματος για την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης, τη μείωση του αποτυπώματος άνθρακα και την αύξηση της ποιότητας ζωής. Οι στόχοι αυτοί συνάδουν με τους διεθνείς στόχους για τη μείωση της κλιματικής αλλαγής και την ενίσχυση της βιωσιμότητας. Ωστόσο, η ανακαίνιση των ιστορικών κτιρίων συνοδεύεται από προκλήσεις, διότι περιλαμβάνει τον εκσυγχρονισμό των κατασκευών με ταυτόχρονη διατήρηση της ιστορικής και αρχιτεκτονικής τους αξίας. Τα κτίρια αυτά πρέπει να προσαρμοστούν και να αναβαθμιστούν με τρόπο που να συνάδει με

τον αρχιτεκτονικό τους χαρακτήρα και ταυτόχρονα να βελτιστοποιεί τις περιβαλλοντικές τους επιδόσεις.

Επομένως, είναι σημαντικό να αξιολογηθεί η απόδοση και η κατάσταση αυτών των κτιρίων πολιτιστικής κληρονομιάς, προκειμένου να ληφθούν οι απαραίτητες διατάξεις για τη συνεχή βιωσιμότητά τους. Η αξιολόγηση αυτή πρέπει να λαμβάνει υπόψη διάφορους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένης της κατανάλωσης ενέργειας, της ποιότητας του εσωτερικού περιβάλλοντος του κτιρίου, του περιβάλλοντος και της κυκλικότητας, και της προσβασιμότητας και συμπερίληψης.

Η αξιολόγηση της ενεργειακής κατανάλωσης κρίνεται σημαντική για τη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος όσον αφορά την ενέργεια και τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου. Η χρήση αποδοτικών ενεργειακών συστημάτων μπορεί να μειώσει το κόστος λειτουργίας και να βελτιώσει την περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Η ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος αναφέρεται στην θερμική άνεση εντός του κτιρίου, στην ακουστική και οπτική άνεση καθώς και στην ποιότητα του αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου. Οι βέλτιστες συνθήκες διαβίωσης προάγουν την υγεία και την ευημερία των κατοίκων. Το περιβάλλον και η κυκλικότητα αντιστοιχεί στο αντίκτυπο ενός κτιρίου στο περιβάλλον και αξιολογεί τους υδάτινους πόρους που καταναλώνει και τα απόβλητα που παράγει. Τέλος η προσβασιμότητα και συμπερίληψη βαθμολογεί την δυνατότητα πρόσβασης σε όλους τους ανθρώπους, ανεξάρτητα από τις φυσικές τους ικανότητες. Τα κτίρια πρέπει να είναι σχεδιασμένα για να υποστηρίζουν την ισότιμη χρήση από άτομα με διαφορετικές ανάγκες και κοινωνικές ομάδες, προωθώντας τη συμμετοχικότητα και τη διαφορετικότητα.

Για να επιτευχθεί μια πλήρης αξιολόγηση, χρειάζονται πολλαπλοί δείκτες και κριτήρια για κάθε άξονα, οι οποίοι θα πρέπει να κανονικοποιηθούν με βάση πρότυπα ή άλλες μελέτες. Αυτό διασφαλίζει ότι τα αποτελέσματα της αξιολόγησης είναι ακριβή και συγκρίσιμα. Επιπλέον, κάθε κτίριο έχει διαφορετικές ανάγκες και χαρακτηριστικά ανάλογα με τη χρήση του, την ιστορική του σημασία και τους στόχους που έχουν τεθεί. Κατά συνέπεια, η σπουδαιότητα των κριτηρίων διαφέρει, και οι χρήστες πρέπει να έχουν την ευελιξία να προσαρμόσουν τις βαρύτητες των δεικτών σύμφωνα με τους συγκεκριμένους στόχους και ανάγκες του κτιρίου τους.

Ακόμα η αξιολόγηση αυτή πρέπει να γίνεται εύκολα και αποτελεσματικά, γι' αυτόν τον λόγο απαιτούνται ανοιχτά και προσιτά εργαλεία που θα επιτρέπουν σε μη ειδικούς χρήστες να κατανοούν τα αποτελέσματα και να αναλαμβάνουν δράση. Υπάρχουν έργα όπως το INHERIT, τα οποία χρηματοδοτούνται από την Ευρωπαϊκή Ένωση και επικεντρώνονται στη δημιουργία εργαλείων και μεθόδων για τη βιώσιμη ανακαίνιση και τη διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς, προωθώντας λύσεις που συνδυάζουν τον εκσυγχρονισμό με τη διατήρηση της ιστορικής αξίας των κτιρίων. Αυτά τα έργα αποτελούν σημαντική πηγή έμπνευσης για την ανάπτυξη της εφαρμογής και της συνολικής προσέγγισης αξιολόγησης.

Ωστόσο, οι παραδοσιακές μέθοδοι αξιολόγησης συνήθως αποτυγχάνουν να παρέχουν μια ολοκληρωμένη άποψη που να περιλαμβάνει την πολύπλοκη φύση των ιστορικών κτιρίων. Τα περισσότερα από τα τρέχοντα εργαλεία και πλαίσια είναι μεροληπτικά, υπό την έννοια ότι εξετάζουν μία ή δύο πτυχές, όπως η ενεργειακή απόδοση, ενώ αγνοούν άλλες σημαντικές πτυχές, όπως η αποδοτικότητα των πόρων ή η κοινωνική βιωσιμότητα. Μια ακόμη πρόκληση προκύπτει από το γεγονός πως οι διάφορες πτυχές που πρέπει να εξεταστούν για την απόδοση ενός κτιρίου είναι αλληλοσυγκρουόμενες. Για παράδειγμα η διατήρηση καλύτερων συνθηκών διαβίωσης απαιτεί συνήθως περισσότερη ενέργεια και άρα αυξάνει την ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου. Η έλλειψη μιας σφαιρικής και ενιαίας προσέγγισης της αξιολόγησης των κτιρίων δυσχεραίνει την λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων σχετικά με τις στρατηγικές ανακαίνισης και διαχείρισης τους.

1.2 Στόχος Διπλωματικής Εργασίας

Για την αντιμετώπιση των προκλήσεων που αναφέρθηκαν προωότερα, υπάρχει αυξανόμενη ζήτηση για εργαλεία που μπορούν να παρέχουν μια πιο ολιστική αξιολόγηση των ιστορικών δομών. Τέτοια εργαλεία δεν θα αξιολογούν μόνο έναν άξονα όπως το πόσο ενεργειακά αποδοτική είναι η δομή, αλλά και το πώς η δομή θα επηρεάσει το περιβάλλον, πόσο κατάλληλη είναι η δομή για τη σύγχρονη κοινωνία και αν η δομή είναι φιλική προς τα άτομα με ειδικές ανάγκες. Για παράδειγμα, ένα από τα σημερινά εργαλεία που χρησιμοποιούνται έντονα για την αξιολόγηση κτιριακών δομών, το EPC[4], εστιάζει αποκλειστικά στην ενεργειακή απόδοση, χωρίς να λαμβάνει υπόψη κοινωνικές και περιβαλλοντικές παραμέτρους. Αντίστοιχα, τα εργαλεία LEED[5] και BREEAM[6] εξετάζουν ευρύτερα περιβαλλοντικά ζητήματα, αλλά δεν καλύπτουν επαρκώς την κοινωνική προσβασιμότητα.

Στο πλαίσιο αυτό, η παρούσα διατριβή επικεντρώνεται στη δημιουργία μιας διαδικτυακής εφαρμογής που θα επιτρέπει την αξιολόγηση κτιρίων πολιτιστικής σημασίας. Η εφαρμογή παρέχει μια ολοκληρωμένη ανάλυση των διαφόρων κρίσιμων αξόνων, όπως η ενεργειακή απόδοση, οι συνθήκες διαβίωσης, η βιωσιμότητα, η χρήση των περιβαλλοντικών πόρων και η κοινωνική ισότητα.

Η εφαρμογή που αναπτύχθηκε ονομάστηκε «Περιβάλλον Αξιολόγησης Κτιρίων Πολιτισμικής Κληρονομιάς» (Cultural Heritage Building Evaluation Environment – CH-BEE) και έχει ως στόχο να προσφέρει στους διαχειριστές κτιρίων ένα εργαλείο που θα προσαρμόζεται στις απαιτήσεις κάθε ιστορικού κτιρίου. Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του συστήματος είναι η ευελιξία της στάθμισης των κριτηρίων αξιολόγησης ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του κτιρίου και του χρήστη. Αυτή η προσαρμογή είναι απαραίτητη επειδή τα ιστορικά κτίρια διαφέρουν όχι μόνο ως προς τον τύπο κατασκευής και τα υλικά που χρησιμοποιούνται, αλλά και ως προς τον σκοπό της χρήσης τους και τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν.

Για την ανάπτυξη αυτού του εργαλείου, ακολουθήθηκε μια λεπτομερής διαδικασία, ξεκινώντας με την επιλογή των κριτηρίων αξιολόγησης. Ο στόχος ήταν να καλυφθούν όλοι οι σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη βιωσιμότητα και λειτουργικότητα των ιστορικών κτιρίων. Η επιλογή των κριτηρίων έγινε μετά από εκτεταμένη έρευνα, λαμβάνοντας υπόψη διεθνείς κατευθυντήριες γραμμές και μελέτες που προσδιορίζουν τις βασικές ανάγκες για τα κτίρια πολιτιστικής κληρονομιάς. Κάθε κριτήριο αντανakλούσε μια συγκεκριμένη διάσταση, όπως η ενεργειακή απόδοση, η προσβασιμότητα, το περιβαλλοντικό αποτύπωμα και η ποιότητα των συνθηκών διαβίωσης.

Στη συνέχεια, εξετάστηκαν διαφορετικές προσεγγίσεις για την υλοποίηση της αξιολόγησης, με την πολυκριτήρια ανάλυση αποφάσεων (MCDA) να αναδεικνύεται ως η πλέον κατάλληλη. Η MCDA επιλέχθηκε για την ευελιξία της στην προσαρμογή της βαρύτητας των κριτηρίων, επιτρέποντας την αναπροσαρμογή της αξιολόγησης βάσει των ειδικών αναγκών του κάθε κτιρίου. Για παράδειγμα, τα κτίρια με έμφαση στη βιωσιμότητα μπορούν να δώσουν μεγαλύτερη βαρύτητα στην ενεργειακή απόδοση, ενώ άλλα, με ιστορική αξία, ενδέχεται να εστιάσουν περισσότερο στη προσβασιμότητα και συμπερίληψη.

Αφού προσδιορίστηκε το πλαίσιο αξιολόγησης, το επόμενο βήμα ήταν η αρχιτεκτονική της εφαρμογής. Ο σχεδιασμός της έγινε με κύριο στόχο την απλότητα στη χρήση, ώστε οι διαχειριστές των κτιρίων πολιτισμικής σημασίας να μπορούν εύκολα να εισάγουν και να επεξεργάζονται δεδομένα. Η φιλική προς το χρήστη διάταξη του συστήματος εξασφαλίζει ότι οι χρήστες μπορούν να πλοηγηθούν με ευκολία στην εφαρμογή και να έχουν πρόσβαση στις αναγκαίες πληροφορίες με γρήγορο και αποτελεσματικό τρόπο.

Η τελευταία φάση της ανάπτυξης αφορούσε την υλοποίηση της εφαρμογής. Χρησιμοποιώντας τεχνολογίες αιχμής, όπως το React για το front-end και το Spring Boot για το back-end, η εφαρμογή

κατασκευάστηκε με γνώμονα την αξιοπιστία και την απόδοση. Μετά την αρχική ανάπτυξη, πραγματοποιήθηκε σειρά δοκιμών για την ανίχνευση και διόρθωση προβλημάτων. Οι δοκιμές επικεντρώθηκαν στην ακρίβεια των αποτελεσμάτων αξιολόγησης και στη βελτιστοποίηση της εμπειρίας χρήστη, προκειμένου η εφαρμογή να είναι όσο το δυνατόν πιο αποδοτική και πρακτική.

Οι τελικές διορθώσεις και βελτιώσεις πραγματοποιήθηκαν βάσει των παρατηρήσεων από τις δοκιμές, διασφαλίζοντας ότι το εργαλείο προσφέρει αξιόπιστες πληροφορίες και επιτρέπει στους χρήστες να διαχειρίζονται εύκολα και με ακρίβεια τα ιστορικά κτίρια που αναλαμβάνουν.

Συνοψίζοντας, ο εκσυγχρονισμός και η διατήρηση των ιστορικών κτιρίων αποτελούν πολύπλοκες προκλήσεις που απαιτούν προσεκτική εξέταση της ενεργειακής απόδοσης, των συνθηκών διαβίωσης, των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και της προσβασιμότητας, παράλληλα με την ανάγκη διατήρησης της πολιτιστικής κληρονομιάς. Το περιβάλλον αξιολόγησης κτιρίων που αναπτύχθηκε στην παρούσα διατριβή αντιμετωπίζει αυτές τις προκλήσεις παρέχοντας ένα ολοκληρωμένο, ευέλικτο εργαλείο για την αξιολόγηση της συνολικής κατάστασης τέτοιων κτιρίων. Προσφέροντας μια πολυδιάστατη ανάλυση, η εφαρμογή επιτρέπει στους διαχειριστές κτιρίων να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις σχετικά με τις ανακαινίσεις, διασφαλίζοντας ότι τα ιστορικά κτίρια μπορούν να συνεχίσουν να εξυπηρετούν τις σύγχρονες ανάγκες, διατηρώντας παράλληλα τη μοναδική τους αξία.

1.3 Δομή Διπλωματικής Εργασίας

Για την επίτευξη της διπλωματικής εργασίας αρχικά πραγματοποιήθηκε εκτενής βιβλιογραφική αναζήτηση και έρευνα με σκοπό τον ορισμό δεικτών για την εκτίμηση της κατάστασης των ιστορικών κτιρίων. Επιλέχθηκαν άξονες που θα επιτρέπουν μια ολοκληρωμένη και σφαιρική αξιολόγηση της δομής, εξασφαλίζοντας ότι καλύπτονται όλες οι σημαντικές πτυχές του κτιρίου. Παράλληλα αποφασίστηκαν τα διάφορα κριτήρια μέσω των οποίων θα βαθμολογείται ο κάθε άξονας. Τα κριτήρια επιλέχθηκαν με γνώμονα την σωστή και ολιστική βαθμολόγηση του άξονα, ενώ δόθηκε έμφαση στην ευκολία τους στον υπολογισμό και την κατανόηση από τον χρήστη. Οι άξονες και τα κριτήρια αυτά παρουσιάζονται αναλυτικά στο 2^ο κεφάλαιο, «Άξονες και Κριτήρια».

Στο επόμενο κεφάλαιο, περιγράφεται η ανάπτυξη της μεθόδου αξιολόγησης των ιστορικών κτιρίων με βάση τις τιμές των κριτηρίων. Ακολουθήθηκαν οι βασικές αρχές της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης Αποφάσεων. Η αξιολόγηση γίνεται με ευέλικτο τρόπο. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να καθορίσει τη βαρύτητα κάθε άξονα και κριτηρίου, προσαρμόζοντας την αξιολόγηση στις ιδιαίτερες ανάγκες, απαιτήσεις και λειτουργικές ανάγκες της δομής, καθώς και στις προσωπικές προτιμήσεις του.

Το τέταρτο κεφάλαιο και βήμα αυτής της διπλωματικής περιλαμβάνει τον σχεδιασμό της αρχιτεκτονικής της εφαρμογής. Για την υλοποίηση της επιλέχθηκε η γλώσσα Java για το Backend και η JavaScript για το Frontend. Η βάση δεδομένων χρησιμοποιεί PostgreSQL. Ο σχεδιασμός και επιλογή των γλωσσών βασίστηκε στις απαιτήσεις και λειτουργικότητες της εφαρμογής καθώς και στις δυνατότητες των γλωσσών και τα πλαίσια που τις υποστηρίζουν.

Το πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάζει την ολοκληρωμένη εφαρμογή, περιγράφοντας τις περιπτώσεις χρήσης (use cases) και τις λειτουργικότητές της. Σε αυτό το στάδιο, ο χρήστης μπορεί να αξιολογήσει το κτίριο με βάση τα κριτήρια που έχουν οριστεί, ενώ η εφαρμογή προσφέρει ευέλικτες δυνατότητες προσαρμογής και αλληλεπίδρασης. Αναλύονται οι διάφορες λειτουργίες της εφαρμογής, όπως η καταχώρηση δεδομένων, η αξιολόγηση, και η απεικόνιση των αποτελεσμάτων

Κεφάλαιο 2°. Άξονες και κριτήρια αξιολόγησης

2.1 Επιλογή αξόνων και κριτηρίων

Στα αρχικά στάδια της ανάπτυξης της μεθόδου αξιολόγησης ιστορικών κτιρίων εξετάστηκε ένα ευρύ φάσμα πιθανών αξόνων για να εξασφαλισθεί μια ολοκληρωμένη εκτίμησης της συνολικής απόδοσης και αξίας ενός κτιρίου. Αυτοί οι άξονες είχαν ως στόχο να καλύψουν κρίσιμες πτυχές της λειτουργικότητας, της βιωσιμότητας, της άνεσης και της μακροπρόθεσμης ανθεκτικότητας. Ορισμένοι από τους βασικούς άξονες που διερευνήσαμε περιλάμβαναν:

Κατανάλωση ενέργειας: Αξιολόγηση του πόσο αποτελεσματικά το κτίριο χρησιμοποιεί τους ενεργειακούς πόρους.

Αποτελεσματική χρήση των υδάτινων πόρων: Αξιολόγηση της κατανάλωσης νερού και των υφιστάμενων συστημάτων επαναχρησιμοποίησης.

Περιβάλλον και ανακύκλωση: Αξιολόγηση του περιβαλλοντικού αντίκτυπου σε άλλα θέματα και της ανακύκλωσης υλικών που λαμβάνει χώρα στο κτίριο.

Ποιότητα και άνεση εσωτερικών χώρων: Επικεντρώνεται στην ποιότητα του αέρα, τη θερμική άνεση και τα επίπεδα φωτισμού και ακουστικής άνεσης.

Εργονομία και σχεδιασμός: Αξιολόγηση του σχεδιασμού από την άποψη της φιλικότητας προς το χρήστη και της πρακτικής διάταξης.

Συμπερίληψη: Διασφάλιση ότι το κτίριο είναι προσβάσιμο σε όλους τους χρήστες, ανεξάρτητα από την κινητικότητα ή άλλες προκλήσεις.

Ασφάλεια: Αξιολόγηση πρωτοκόλλων, χαρακτηριστικών και υποδομών ασφαλείας.

Εξοπλισμός και έξυπνα συστήματα: Αξιολόγηση της χρήσης της τεχνολογίας για τη βελτίωση της λειτουργικότητας και της ενεργειακής απόδοσης.

Κτίριο ως επένδυση: Εξέταση της μακροπρόθεσμης αξίας του κτιρίου, της βιωσιμότητας και των δυνατοτήτων μελλοντικής ανάπτυξης.

Για να διασφαλισθεί ότι η αξιολόγηση ήταν ολοκληρωμένη και ακριβής, εξετάστηκε πληθώρα κριτηρίων για κάθε άξονα. Τα κριτήρια επιλέχθηκαν με τρόπο που να αποτυπώνει τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά κάθε μιας από τις κατηγορίες. Κάθε άξονας αντιστοιχίστηκε με ένα σύνολο κριτηρίων που επέτρεπαν τόσο το βάθος όσο και την ευελιξία της αξιολόγησης, διασφαλίζοντας ότι η μέθοδος θα μπορούσε να προσαρμοστεί στα μοναδικά χαρακτηριστικά και τις ανάγκες διαφορετικών κτιρίων. Τα κριτήρια επιλέχθηκαν να είναι όσο το δυνατόν πιο εξαντλητικά, αλλά ταυτόχρονα εφαρμόσιμα, μετρήσιμα και ρεαλιστικά.

Μετά από ενδελεχή έρευνα και ανάλυση, κατέστη σαφές ότι ορισμένοι άξονες και κριτήρια θα μπορούσαν να συγχωνευθούν, να βελτιωθούν ή να απορριφθούν ώστε να εξαλειφθεί ο πλεονασμός και να επικεντρωθεί η προσοχή στους τομείς με τον μεγαλύτερο αντίκτυπο.

- Ο άξονας της ενεργειακής απόδοσης συνδυάστηκε με τον άξονα του εξοπλισμού και των έξυπνων συστημάτων, καθώς οι σύγχρονες τεχνολογίες (όπως οι έξυπνοι θερμοστάτες και συστήματα ελέγχου) αποτελούν κρίσιμα στοιχεία για την ενίσχυση της ενεργειακής αποδοτικότητας. Έτσι, δημιουργήθηκε ένας ενιαίος άξονας που καλύπτει τόσο την ενεργειακή απόδοση όσο και τη χρήση τεχνολογίας.
- Οι άξονες που αξιολογούσαν την κατανάλωση νερού και τα συστήματα επαναχρησιμοποίησης, καθώς και τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο και την ανακύκλωση υλικών, συγχωνεύθηκαν σε έναν ενιαίο άξονα. Η νέα ενότητα «Περιβάλλον και Κυκλικότητα» συνδυάζει την αξιολόγηση της αποτελεσματικής χρήσης των υδάτινων πόρων με την ανακύκλωση και την περιβαλλοντική διαχείριση, προσφέροντας μια πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση για την αξιολόγηση των βιώσιμων πρακτικών του κτιρίου.
- Ο άξονας κτίριο ως επένδυση που εξέταζε τη μακροπρόθεσμη αξία του κτιρίου, τη βιωσιμότητα και τις δυνατότητες μελλοντικής ανάπτυξης, δεν θεωρήθηκε κρίσιμος για τα αρχικά στάδια της αξιολόγησης, θεωρείται ότι μπορεί να αποτελέσει πλαίσιο μελλοντικής επέκτασης της εφαρμογής.
- Ο αρχικός άξονας της ασφάλειας συγχωνεύθηκε με τον άξονα της Προσβασιμότητας και Συμπερίληψης. Τα κριτήρια ασφάλειας, όπως τα πρωτόκολλα και οι υποδομές ασφαλείας, ενσωματώθηκαν στις αξιολογήσεις για προσβάσιμες υποδομές και διευκολύνσεις, δημιουργώντας μια πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση για την ασφάλεια και την προσβασιμότητα. Η ασφάλεια μπορεί να αποτελέσει το πλαίσιο για μελλοντική επέκταση της αξιολόγησης.

Αυτό οδήγησε στην επιλογή των παρακάτω τεσσάρων τελικών αξόνων και των κριτηρίων τους:

1. Ενεργειακή απόδοση:
 - Ενεργειακή ένταση
 - Ενεργειακή αυτονομία
2. Ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος:
 - Ποιότητα αέρα
 - Θερμική άνεση με βάση τη θερμοκρασία
 - Θερμική άνεση με βάση την υγρασία
 - Οπτική άνεση
 - Ακουστική άνεση
3. Περιβάλλον και κυκλικότητα:
 - Κατανάλωση νερού
 - Ανακύκλωση νερού
 - Ανακύκλωση καθημερινών υλικών
4. Προσβασιμότητα και συμπερίληψη:
 - Ανελκυστήρας για κάθε όροφο

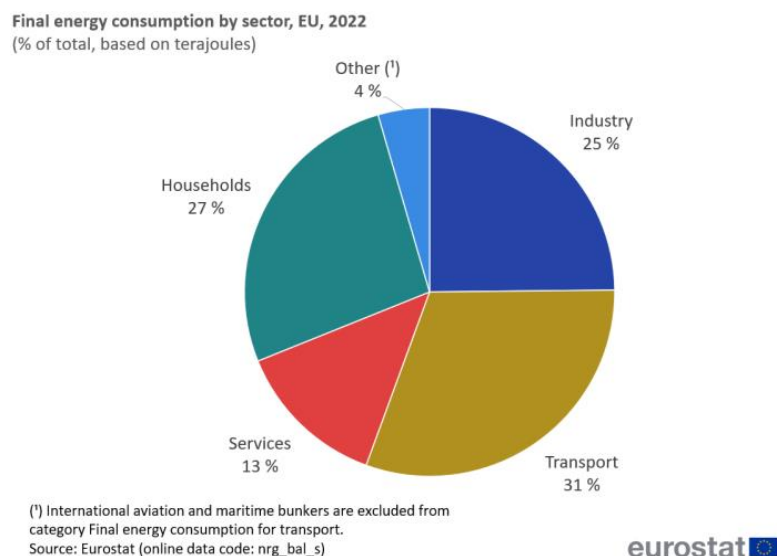
- Ράμπα ή είσοδος για άτομα με ειδικές ανάγκες
- Τουαλέτες για άτομα με ειδικές ανάγκες
- Πλάτος πύλης μεγαλύτερο από 1 μέτρο
- Δημόσιες συγκοινωνίες σε κοντινή απόσταση
- Χώρος στάθμευσης

Στις επόμενες ενότητες παρουσιάζονται αναλυτικά καθένας από τους επιλεγμένους άξονες και τα κριτήρια που συνδέονται με αυτούς, καθώς και η διαδικασία βαθμολόγησης. Περιγράφονται τα κριτήρια που επιλέχθηκαν για την αξιολόγηση και τη σύγκριση των διαφόρων πτυχών κάθε επιλεγμένου άξονα. Επίσης, παρουσιάζονται οι διαδικασίες βαθμολόγησης των κριτηρίων, ώστε να καταστεί η διαδικασία σαφής και απλή, καθώς και να αξιολογηθεί η γενική απόδοση των κτιρίων. Αυτή η συστηματική ανασκόπηση θα προσπαθήσει να παράσχει μια σαφή εικόνα για το πώς κάθε άξονας εντάσσεται στο πλαίσιο αξιολόγησης και πώς τα κριτήρια επιτρέπουν μια αποτελεσματική και αποδοτική αξιολόγηση.

2.2 Ανάλυση αξόνων και κριτηρίων

2.2.1 Ενεργειακή Απόδοση

Ο κύριος παράγοντας της ανθρωπογενούς κλιματικής αλλαγής είναι ο τομέας της ενέργειας, ιδίως της ηλεκτρικής ενέργειας και της θερμότητας. Τα κτίρια διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στη συνολική κατανάλωση ενέργειας των κρατών παγκοσμίως. Το 2022, τα κτίρια αντιπροσώπευαν περίπου το 41% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στα 28 κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης και το 36% στην Ελλάδα. Μόνο ο οικιακός τομέας συνεισέφερε περίπου το 27% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στις ευρωπαϊκές χώρες και το 25% στην Ελλάδα [7].



ΕΙΚΟΝΑ 2.1 ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΑ ΤΟΜΕΑ, ΕΕ, 2022

Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τα κτίρια είναι επίσης σημαντικές. Το 2012, ο κτιριακός τομέας στην Ευρώπη ήταν υπεύθυνος για το 30% των συνολικών εκπομπών, που αντιστοιχούν σε 25,5 εκατομμύρια τόνους CO₂ από τους 85,1 εκατομμύρια τόνους ισοδύναμου CO₂ που εκπέμφθηκαν εκείνο το έτος.

Η μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας για τα κτίρια κατοικιών στην ΕΕ-28 ήταν περίπου 184 kWh ανά τετραγωνικό μέτρο ετησίως (kWh/m²/yr) το 2013 [8]. Ωστόσο, ο αριθμός αυτός διαφέρει σημαντικά μεταξύ των χωρών. Για παράδειγμα, η Μάλτα κατέγραψε ένα από τα χαμηλότερα ποσοστά κατανάλωσης ενέργειας με 47 kWh/m²/έτος, ακολουθούμενη από την Πορτογαλία και την Κύπρο με 70 kWh/m²/έτος. Από την άλλη πλευρά, η Ρουμανία, η Λετονία και η Εσθονία παρουσίασαν μερικά από τα υψηλότερα ποσοστά κατανάλωσης, με 308 kWh/m²/yr, 292 kWh/m²/yr και 289 kWh/m²/yr, αντίστοιχα - σημαντικά υψηλότερα από τον μέσο όρο της ΕΕ-28. Στην Ελλάδα, η μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας ήταν 121 kWh/m²/yr το 2013 [9].

Η ενέργεια που καταναλώνεται στα κτίρια για θέρμανση, ψύξη, εξαερισμό (HVAC), μαγείρεμα, φωτισμό και άλλες υπηρεσίες αποσκοπεί στη δημιουργία άνετων, ήσυχων και ασφαλών περιβαλλόντων που υποστηρίζουν τις δραστηριότητες σε εσωτερικούς χώρους. Ωστόσο, η επίτευξη τέτοιων ελεγχόμενων, χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης περιβαλλόντων αποτελεί ολόένα και μεγαλύτερη πρόκληση, ιδίως σε μολυσμένα αστικά περιβάλλοντα. Ως εκ τούτου, η ακριβής μέτρηση και κατανόηση της ενεργειακής χρήσης των κτιρίων είναι απαραίτητη για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης [10], τη βελτιστοποίηση της διαχείρισης της ζήτησης και την αύξηση της υιοθέτησης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Από το 2010 έως το 2020, η αύξηση της συνολικής επιφάνειας των κτιρίων κατά 22% συνέβαλε στην αύξηση της τελικής χρήσης ενέργειας στον κτιριακό τομέα. Παρά την αύξηση αυτή, σημειώθηκε μείωση κατά 7% της κατανάλωσης ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας, γεγονός που υποδηλώνει ότι η ενεργειακή απόδοση των κτιρίων βελτιώνεται. Με την αναμενόμενη αύξηση της συνολικής επιφάνειας των κτιρίων κατά 70% από το 2020 έως το 2050 [11], υπάρχει κρίσιμη ανάγκη για περαιτέρω βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων ώστε να επιτευχθούν οι παγκόσμιοι περιβαλλοντικοί στόχοι [12].

Ο κτιριακός τομέας στην ΕΕ αποτελεί σημαντικό καταναλωτή ενέργειας [13], κυρίως λόγω της γήρανσης των κτιρίων και της ανεπαρκούς μόνωσης [14]. Περίπου το 85% των κτιρίων της ΕΕ κατασκευάστηκαν πριν από το 2000 και από αυτά, το 75% παρουσιάζει κακή ενεργειακή απόδοση - σύμφωνα με τα ενεργειακά ισοζύγια της Eurostat και την απογραφή αερίων θερμοκηπίου του ΕΟΠ, 2023 [15]. Η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης αυτών των κτιρίων είναι ζωτικής σημασίας για την εξοικονόμηση ενέργειας, τη μείωση του κόστους τόσο για τους πολίτες όσο και για τις μικρές επιχειρήσεις και την υλοποίηση του στόχου για ένα κτιριακό απόθεμα με μηδενικές εκπομπές και πλήρη απαλλαγή από τις ανθρακούχες εκπομπές έως το 2050.

Η κατάσταση αυτή υπογραμμίζει την επείγουσα ανάγκη ανακαίνισης και βελτίωσης των παλαιότερων κτιρίων με σκοπό την βελτίωση της ενεργειακής τους απόδοσης.

Επιλογή κριτηρίων προς αξιολόγηση

Κατά τον σχεδιασμό της εφαρμογής και της μεθόδου μέσω της οποίας θα γίνεται η αξιολόγηση της Ενεργειακής Απόδοσης ενός κτιρίου, εξετάστηκαν διάφορα βασικά κριτήρια για να εξασφαλιστεί μια ολοκληρωμένη αξιολόγηση.

Το πρώτο κριτήριο ήταν η ενεργειακή ένταση (energy intensity), που μετρά την ολική κατανάλωση ανά τετραγωνικό μέτρο του κτιρίου. Επιτρέπει συγκρίσεις μεταξύ κτιρίων διαφορετικών μεγεθών και τοποθεσιών, παρέχοντας ένα κανονικοποιημένο μέτρο της ενεργειακής απόδοσης

Το δεύτερο κριτήριο αναφερόταν στην αυτονομία του κτιρίου όσον αφορά τις ενεργειακές του ανάγκες. Η παραγωγή ενέργειας από τα κτίρια είναι ένας πολύ σημαντικός τομέας με έντονο ενδιαφέρον τα τελευταία χρόνια.

Ένα τρίτο κριτήριο που εξετάστηκε ήταν το ποσοστό ενέργειας που χρησιμοποιείται κατά τη διάρκεια των περιόδων εκτός αιχμής. Αυτή η μέτρηση αξιολογεί πόσο μεγάλο μέρος της κατανάλωσης ενέργειας του κτιρίου πραγματοποιείται σε ώρες εκτός αιχμής, γεγονός που είναι σημαντικό για τη μείωση της επιβάρυνσης του ηλεκτρικού δικτύου και τη μείωση του ενεργειακού κόστους.

Επιπλέον πιθανό κριτήριο θα μπορούσε να αποτελέσει ο δείκτης SRI (Smart Readiness Indicator), που αντικατοπτρίζει το πόσο καλά είναι εξοπλισμένο ένα κτίριο για να αξιοποιήσει ψηφιακές τεχνολογίες με στόχο την βελτιστοποίηση της ενεργειακής του απόδοσης του κτιρίου, την αποτελεσματικότερη διαχείριση των πόρων και τη βελτίωση της άνεσης και της ευκολίας των ενοίκων του.

Τέλος ένα άλλο κριτήριο ήταν η ύπαρξη και η αποτελεσματικότητα των σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων (EV).

Μέσω λεπτομερούς μελέτης και ανασκόπησης, οι ακόλουθοι παράγοντες προσδιορίστηκαν ως οι σημαντικότεροι δείκτες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση της Ενεργειακής Απόδοσης ενός κτιρίου:

- Ενεργειακή ένταση
- Ενεργειακή αυτονομία.

Το ποσοστό ενέργειας που χρησιμοποιείται σε περιόδους εκτός αιχμής αποφασίστηκε ότι εξαρτάται σημαντικά από τις συνθήκες των κατοίκων και δεν είναι ιδιόζουσας σημασίας για την αξιολόγηση. Ο δείκτης SRI δεν επιλέχθηκε για την αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου, καθώς αποτελεί μια σχετικά καινούργια τεχνολογία που δεν έχει ακόμα εδραιωθεί πλήρως. Τέλος η αποτελεσματικότητα και ύπαρξη σταθμών φόρτισης δεν θεωρήθηκε αρκετά σημαντική για να συμπεριληφθεί.

Ο δείκτης ενεργειακής έντασης προσφέρει μια ευρεία και γενική προσέγγιση, η οποία επιτρέπει τη σωστή σύγκριση διαφορετικών κτιρίων και της αποδοτικότητάς τους, κάτι που είναι ζωτικής σημασίας κατά τη διενέργεια συγκρίσεων. Από την άλλη πλευρά, η εξέταση της ενεργειακής αυτονομίας παρέχει μια απλή και ξεκάθαρη κατανόηση της ικανότητας ενός κτιρίου να παράγει την ενέργειά του, η οποία είναι απαραίτητη για τη μετάβαση προς το βιώσιμο ενεργειακό σύστημα. Τα δύο αυτά κριτήρια επιλέχθηκαν επειδή, όταν συνδυάζονται, δίνουν μια ολοκληρωμένη εικόνα της ενεργειακής απόδοσης ενός κτιρίου και δεν περιορίζουν την ανάλυση μόνο στην κατανάλωση ενέργειας ή στην παραγωγή ενέργειας.

2.2.1.1 Ενεργειακή ένταση- EUI

Η πρώτη μέτρηση που χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης ενός κτιρίου είναι η ενεργειακή ένταση. Αποτελεί έναν βασικό δείκτη που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της ενεργειακής απόδοσης ενός κτιρίου και ορίζεται ως η ποσότητα ενέργειας που καταναλώνεται από ένα κτίριο ανά μονάδα επιφάνειας, συνήθως εκφρασμένη σε κιλοβατώρες ανά τετραγωνικό μέτρο ανά έτος (kWh/m²/yr). Αυτή η μέτρηση παρέχει έναν τυποποιημένο τρόπο σύγκρισης της κατανάλωσης ενέργειας μεταξύ διαφορετικών κτιρίων, ανεξάρτητα από το μέγεθος ή τη λειτουργία τους.

Η συνολική κατανάλωση ενέργειας περιλαμβάνει όλες τις μορφές ενέργειας που χρησιμοποιούνται εντός του κτιρίου, όπως ηλεκτρική ενέργεια, φυσικό αέριο, πετρέλαιο θέρμανσης και άλλα καύσιμα. Η προκύπτουσα τιμή δίνει μια σαφή ένδειξη του πόσο αποτελεσματικά χρησιμοποιεί ενέργεια ένα κτίριο σε σχέση με το μέγεθός του.

Χαμηλότερες τιμές ενεργειακής έντασης υποδηλώνουν υψηλότερη ενεργειακή απόδοση, δηλαδή το κτίριο χρησιμοποιεί λιγότερη ενέργεια ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας. Αντίθετα, υψηλότερες τιμές ενεργειακής έντασης υποδηλώνουν χαμηλότερη ενεργειακή απόδοση, που σημαίνει ότι το κτίριο καταναλώνει περισσότερη ενέργεια σε σχέση με το μέγεθός του.

Υπολογισμός της ενεργειακής έντασης

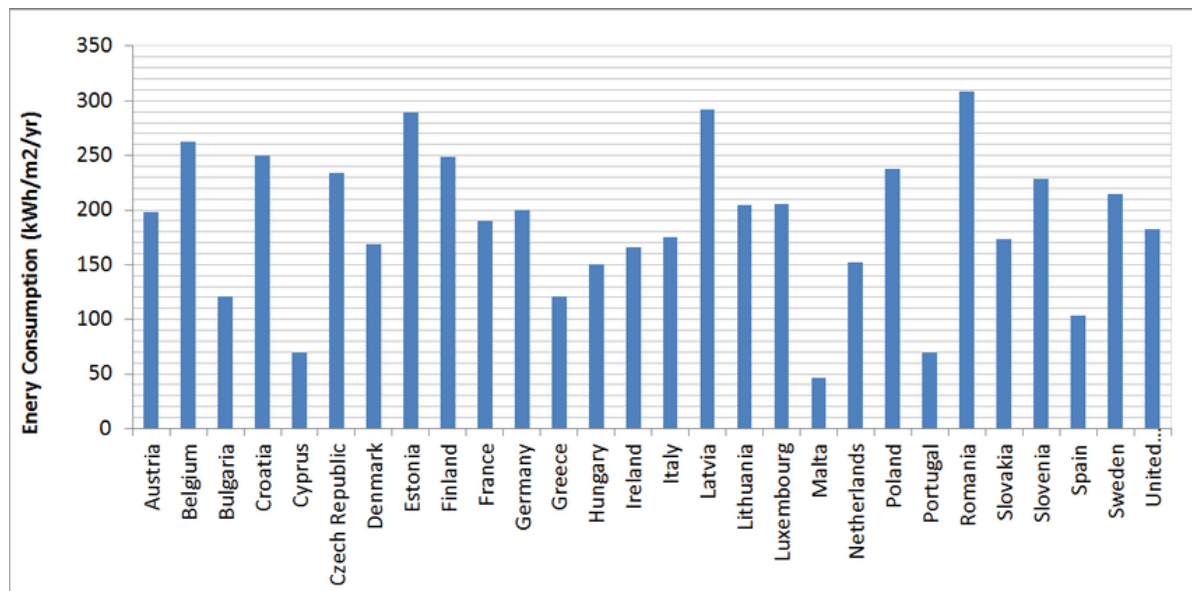
1. Προσδιορισμός όλων τις πηγές ενέργειας: Η διαδικασία ξεκινά με προσδιορισμό όλων των πηγών ενέργειας που χρησιμοποιούνται στο κτίριο. Αυτές μπορεί να περιλαμβάνουν:
 - Ηλεκτρική ενέργεια: Χρησιμοποιείται για φωτισμό, συσκευές, συστήματα HVAC, ανελκυστήρες και άλλο ηλεκτρικό εξοπλισμό.
 - Φυσικό αέριο: Χρησιμοποιείται συχνά για θέρμανση, μαγείρεμα και θέρμανση νερού.
 - Πετρέλαιο θέρμανσης: Χρησιμοποιείται σε ορισμένα κτίρια για θέρμανση χώρων.
 - Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας: Όπως η ηλιακή ή η αιολική ενέργεια, εάν υπάρχει.
 - Άλλα καύσιμα: Συμπεριλαμβανομένου του προπάνιου, της βιομάζας ή άλλων πηγών ενέργειας που χρησιμοποιούνται από το κτίριο.
2. Υπολογισμός κατανάλωσης: Σε αυτό το βήμα πρέπει να υπολογιστεί η ποσότητα ενέργειας που καταναλώνεται από κάθε πηγή κατά τη διάρκεια ενός έτους. Τα δεδομένα αυτά μπορούν να ληφθούν από λογαριασμούς κοινής ωφέλειας, μετρητές ενέργειας ή συστήματα παρακολούθησης. Η κατανάλωση μετριέται συνήθως σε κιλοβατώρες (kWh) για την ηλεκτρική ενέργεια, κυβικά μέτρα (m^3) για το φυσικό αέριο ή λίτρα (L) για το πετρέλαιο θέρμανσης, τα οποία μπορούν στη συνέχεια να μετατραπούν σε kWh, όπως περιγράφεται στο επόμενο βήμα.
3. Μετατροπή όλων των ενεργειακών μονάδων σε μια κοινή μετρική: Εάν οι πηγές ενέργειας μετρούνται σε διαφορετικές μονάδες, πρέπει να μετατραπούν σε μια κοινή μετρική, στην προκειμένη περίπτωση σε κιλοβατώρες (kWh). Οι συντελεστές μετατροπής ποικίλλουν ανάλογα με την πηγή ενέργειας:
 - Φυσικό αέριο: $1 m^3$ φυσικού αερίου = $\sim 10,55$ kWh (η τιμή αυτή μπορεί να διαφέρει ελαφρώς ανάλογα με τη σύνθεση του αερίου).
 - Πετρέλαιο θέρμανσης: 1 λίτρο πετρελαίου θέρμανσης = $\sim 10,2$ kWh.
 - Προπάνιο: 1 λίτρο προπάνιου = $\sim 6,6$ kWh.
 - Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας: Η ενέργεια που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές μετριέται συνήθως ήδη σε kWh.

4. Υπολογισμός της συνολικής ενέργειας: Η συνολική κατανάλωση ενέργειας προκύπτει από το άθροισμα των ενεργειακών καταναλώσεων σε kWh όλων των πηγών.
5. Υπολογισμός ενεργειακής έντασης: Τέλος η ενεργειακή ένταση μπορεί να βρεθεί με διαίρεση της συνολικής ενέργειας με την συνολική επιφάνεια του κτιρίου που εξετάζεται σε τετραγωνικά μέτρα.

Αξιολόγηση κτιρίου βάσει της ενεργειακής έντασης:

Όπως αναφέρθηκε προτύτερα η μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια διαφέρει σημαντικά ανάλογα με την χώρα στην οποία βρίσκεται το κτίριο. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στις περιβαλλοντικές, οικονομικές, και κοινωνικές διαφορές των διάφορων χωρών. Σε ψυχρότερα κλίματα, τα κτίρια απαιτούν γενικά περισσότερη ενέργεια για θέρμανση κατά τους μακρούς χειμερινούς μήνες, ενώ σε θερμότερες περιοχές, οι ενεργειακές απαιτήσεις είναι συχνά υψηλότερες για ψύξη. Επιπλέον, οι χώρες με αυστηρότερους οικοδομικούς κώδικες μπορεί να έχουν πιο ενεργειακά αποδοτικά κτίρια, οδηγώντας σε χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας. Αντίθετα, σε χώρες με λιγότερο αυστηρούς κανονισμούς, τα παλαιότερα ή κακώς μονωμένα κτίρια μπορεί να καταναλώνουν περισσότερη ενέργεια. Η διαθεσιμότητα και το κόστος των πηγών ενέργειας, καθώς και οι τοπικές πρακτικές που σχετίζονται με τη χρήση ενέργειας, διαδραματίζουν επίσης καθοριστικό ρόλο στον καθορισμό των συνολικών ενεργειακών αναγκών των κτιρίων και των νοικοκυριών στις διάφορες χώρες.

Η συνολική κατανάλωση ενέργειας για οικιστικά κτίρια για τις διάφορες χώρες της Ευρώπης παρουσιάζεται στην εικόνα 2.2.



ΕΙΚΟΝΑ 2.2 ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΓΙΑ ΟΙΚΙΣΤΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΧΡΟΝΙΑ 2013 [8].

Η ενεργειακή κατανάλωση ενός κτιρίου είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την τοποθεσία του. Ως εκ τούτου, κατά την αξιολόγηση αυτού του κριτηρίου, η τιμή της ενεργειακής έντασης του κτιρίου

συγκρίνεται με την μέση ενεργειακή ένταση της χώρας στην οποία βρίσκεται. Δεδομένου ότι η εφαρμογή αφορά κτίρια πολιτιστικής αξίας ή παλαιά κτίρια, μια κατανάλωση παρόμοια με την μέση ενεργειακή ένταση της χώρας θεωρείται ικανοποιητική και βαθμολογείται υψηλά. Συγκεκριμένα, η βαθμολόγηση γίνεται βάσει του εξής τύπου:

$$Score_{EUI} = 100 - \frac{EUI - best_{EUI}}{best_{EUI} - worst_{EUI}}$$

Όπου, $best_{EUI}$ = μέσο EUI της χώρας και $worst_{EUI} = 2 * \text{μέσο EUI της χώρας}$

Σύμφωνα με τον παραπάνω τύπο επιτυγχάνεται γραμμικός μετασχηματισμός της τιμής EUI και αντιστοίχιση της σε μια βαθμολογία από το 0 έως το 100 με βάση τις ακραίες τιμές όπως αυτές ορίζονται παραπάνω.

2.2.1.2 Ενεργειακή αυτονομία

Το δεύτερο και τελευταίο κριτήριο για την αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης ενός κτιρίου είναι η ενεργειακή αυτονομία. Το κριτήριο αυτό αξιολογεί την ποσότητα ενέργειας που παράγεται από το ίδιο το κτίριο για την κάλυψη των ενεργειακών του αναγκών. Με την αυξανόμενη έμφαση στη βιωσιμότητα και τη μετάβαση σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, πολλά κτίρια είναι πλέον εξοπλισμένα με συστήματα που παράγουν ενέργεια εντός του κτιρίου. Τα συστήματα αυτά μπορεί να περιλαμβάνουν ηλιακούς συλλέκτες, ανεμογεννήτριες, γεωθερμικά συστήματα και άλλες τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Η παραγωγή ενέργειας διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στη μείωση της εξάρτησης ενός κτιρίου από εξωτερικές πηγές ενέργειας και στην ελαχιστοποίηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος. Παράγοντας ενέργεια επιτόπου, τα κτίρια μπορούν να αντισταθμίσουν σημαντικό μέρος της ενεργειακής τους κατανάλωσης, οδηγώντας σε χαμηλότερους λογαριασμούς ενέργειας και μειωμένο αποτύπωμα άνθρακα. Σε ορισμένες περιπτώσεις, τα ενεργειακά αποδοτικά κτίρια μπορούν ακόμη και να παράγουν περισσότερη ενέργεια από όση καταναλώνουν, διοχετεύοντας το πλεόνασμα πίσω στο δίκτυο, μια έννοια γνωστή ως κτίρια με μηδενική κατανάλωση ενέργειας (Net Zero Energy Buildings).

Η εκτίμηση της ικανότητας παραγωγής ενέργειας ενός κτιρίου αποτελεί επομένως ουσιαστική πτυχή της συνολικής ενεργειακής του απόδοσης. Τα κτίρια που παράγουν ένα σημαντικό μέρος των ενεργειακών τους αναγκών στο εσωτερικό τους είναι όχι μόνο πιο βιώσιμα αλλά και πιο ανθεκτικά στις διακυμάνσεις των τιμών της ενέργειας και στις διαταραχές του εφοδιασμού. Το κριτήριο αυτό συμπληρώνει τη μέτρηση της έντασης χρήσης ενέργειας (EUI) παρέχοντας μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου και της συμβολής του στους ευρύτερους περιβαλλοντικούς στόχους.

Συστήματα παραγωγής ενέργειας

Για την βελτίωση της ενεργειακής αυτονομίας υπάρχουν πολλές επιλογές συστημάτων παραγωγής ενέργειας. Αυτά τα συστήματα επιτρέπουν στο κτίριο να καλύπτει μέρος ή το σύνολο των ενεργειακών του αναγκών, μειώνοντας έτσι την εξάρτηση από εξωτερικές πηγές ενέργειας και ενισχύοντας τη βιωσιμότητά του. Κάθε σύστημα έχει διαφορετική αποδοτικότητα και δυνατότητες,

ανάλογα με την τοποθεσία και τις ανάγκες του κτιρίου. Μερικά παραδείγματα τέτοιων συστημάτων είναι:

- Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας:

Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας, επίσης γνωστές ως αντλίες θερμότητας από το έδαφος ή από το νερό, μεταφέρουν θερμότητα μέσα και έξω από το σπίτι, χρησιμοποιώντας το έδαφος τόσο ως πηγή όσο και ως απορροφητήρα θερμότητας. Αυτές οι αντλίες μπορούν να επιτύχουν απόδοση δύο έως τρεις φορές μεγαλύτερη από τις ευρέως χρησιμοποιούμενες αντλίες θερμότητας πηγής αέρα (ASHP), επειδή βασίζονται στις σχετικά σταθερές θερμοκρασίες του εδάφους για τη μεταφορά θερμότητας προς ή από το σπίτι. Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας είναι μακράς διάρκειας και ανθεκτικές, ενώ τα ειδικά εξοπλισμένα συστήματα μπορούν επίσης να παρέχουν ζεστό νερό κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.

- Ηλιακή θερμοσίφωνες νερού:

Οι ηλιακοί θερμοσίφωνες χρησιμοποιούν το ηλιακό φως για τη θέρμανση του νερού στο σπίτι. Τα ηλιακά συστήματα θέρμανσης νερού χρησιμοποιούν μονωμένες δεξαμενές αποθήκευσης και ηλιακούς συλλέκτες για τη σύλληψη και τη διατήρηση της θερμότητας από τον ήλιο και τη θέρμανση του νερού που κυκλοφορεί. Οι ηλιακοί θερμοσίφωνες απαιτούν ένα εφεδρικό σύστημα, όπως οι συμβατικοί θερμοσίφωνες, όταν δεν υπάρχει επαρκής ηλιακή ακτινοβολία.

- Συστήματα ηλιακής ενέργειας

Τα ηλιακά φωτοβολταϊκά (PV) συστήματα μετατρέπουν το ηλιακό φως σε ηλεκτρική ενέργεια. Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να παράγει το σύνολο ή μέρος των αναγκών ενός σπιτιού σε ηλεκτρική ενέργεια, ανάλογα με τον αριθμό των ηλιακών συλλεκτών που χρησιμοποιούνται, και μπορεί επίσης να ζεστάνει το νερό. Με άφθονο ηλιακό φως, τα φωτοβολταϊκά συστήματα μπορούν να αξιοποιήσουν την ενέργεια σε θερμά και ψυχρά κλίματα. Τα πάνελ τυπικά ομαδοποιούνται στην οροφή ενός κτιρίου ή στο επίπεδο του εδάφους σε ένα ράφι για να σχηματίσουν μια φωτοβολταϊκή συστοιχία. Η συστοιχία μπορεί να είναι τοποθετημένη σε σταθερή γωνία ή σε μια συσκευή παρακολούθησης που ακολουθεί τον ήλιο για να μεγιστοποιήσει τη δέσμευση του ηλιακού φωτός.

- Συστήματα αιολικής ενέργειας

Τα μικρά οικιακά συστήματα αιολικής ενέργειας μπορούν να παράγουν το σύνολο ή μέρος των αναγκών ενός σπιτιού σε ηλεκτρική ενέργεια (εάν υπάρχει επαρκής έκταση και μέση ταχύτητα ανέμου) και μπορούν να ενσωματωθούν με ηλιακή ενέργεια και αποθήκευση μπαταριών για την παροχή εφεδρικής ενέργειας έκτακτης ανάγκης. Οι ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούν την κίνηση του ανέμου για να περιστρέφουν έναν άξονα συνδεδεμένο με μια γεννήτρια, η οποία παράγει ηλεκτρική ενέργεια. Το μέγεθος της ανεμογεννήτριας και η ταχύτητα του ανέμου καθορίζουν πόση ηλεκτρική ενέργεια θα παράγει. Τα τυπικά οικιακά συστήματα αιολικής ενέργειας έχουν ονομαστική ισχύ που κυμαίνεται από 5 έως 30 κιλοβάτ.

Αξιολόγηση κτιρίου βάσει της ενεργειακής αυτονομίας:

Ένα κτίριο βαθμολογείται στην ενεργειακή αυτονομία με βάση το ποσοστό των ενεργειακών αναγκών που κάλυψε μέσω συστημάτων παραγωγής ενέργειας. Το ποσοστό αυτό μεταφράζεται άμεσα στην βαθμολογία του κτιρίου. Προφανώς ένα κτίριο που υπερκαλύπτει τις ανάγκες σε ενέργεια βαθμολογείται με την υψηλότερη βαθμολογία.

2.2.2 Ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος

Ως ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος (IEQ) περιγράφονται οι συνθήκες στο εσωτερικό του κτιρίου. Σε αυτές περιλαμβάνονται οι ποιότητα του αέρα, η πρόσβαση στο φως της ημέρας, οι ευχάριστες ακουστικές συνθήκες και ο έλεγχος του φωτισμού και της θερμικής άνεσης από τους χρήστες. Οι στρατηγικές για την βελτίωση της ποιότητας του εσωτερικού περιβάλλοντος περιλαμβάνουν εκείνες που προστατεύουν την ανθρώπινη υγεία, βελτιώνουν την ποιότητα ζωής και μειώνουν το άγχος. Καλύτερη ποιότητα εσωτερικού χώρου σημαίνει ευκολότερη και πιο υγιής ζωή των κατοίκων του κτιρίου και αύξηση της αξίας του.

Κατά την ανάπτυξη και λειτουργία του κτιρίου παρουσιάζεται η πρόκληση της εξισορρόπησης μεταξύ της εξοικονόμησης πόρων όπως ενέργεια, νερό και άλλα υλικά και της δημιουργίας ενός ικανοποιητικού περιβάλλοντος για τους κατοίκους. Τα κτίρια πρέπει να είναι χώροι όπου οι άνθρωποι αισθάνονται καλά, αποδίδουν καλά και νιώθουν ασφαλείς. Πρέπει να ανταποκρίνονται στις ανάγκες των ενοίκων και προάγουν την ευημερία, χωρίς όμως την κατασπατάληση των πόρων.

Τα ιστορικά κτίρια χρήζουν συνήθως μεγάλης ανάγκης για βελτίωση της ποιότητας του εσωτερικού χώρου τους. Κατά την κατασκευή τους το κύριο βάρος δόθηκε συνήθως στην αρχιτεκτονική, την ανθεκτικότητα, και τη λειτουργία τους και σε πολύ μικρότερο βαθμό στις απαιτήσεις υγείας και ικανοποίησης του χρήστη. Στις περισσότερες περιπτώσεις δεν υπάρχει καλή μόνωση και ένα μεγάλο μέρος των ψυχρότερων περιοχών της Ευρώπης αντιμετωπίζει προβλήματα από το πάγωμα των τοίχων[16]. Αποτέλεσμα είναι χαμηλή θερμοκρασία του κτιρίου αλλά και η εμφάνιση μυκητολογικών προβλημάτων. Το ανεπαρκώς ελεγχόμενο εσωτερικό περιβάλλον τους επηρεάζει συχνά την υγεία, την άνεση και την αποδοτικότητα της εργασίας των ενοίκων. Για λόγους εξοικονόμησης ενέργειας, τα ανακαινισμένα κτίρια γίνονται συχνά αεροστεγή.

Αρκετά συχνά, η τεχνική κατάσταση των ιστορικών κτιρίων, τα προβλήματα που σχετίζονται με τη θερμότητα και την υγρασία τους, η συνακόλουθη κακή ποιότητα του εσωτερικού αέρα και η ανάπτυξη μούχλας, αναγκάζουν τους ιδιοκτήτες να εκτελούν εργασίες ανακαίνισης, οι οποίες ωστόσο υπόκεινται σε σημαντικούς περιορισμούς. Λόγω της ανάγκης διατήρησης των αρχιτεκτονικών και ιστορικών αγαθών και της πολιτιστικής κληρονομιάς, δεν είναι πάντοτε δυνατόν να πραγματοποιηθεί εξωτερική θερμομόνωση του κτιρίου. Αντίθετα η εσωτερικής θερμομόνωση οδηγεί σε περιορισμό της ωφέλιμης επιφάνειας του κτιρίου. Αντίστοιχα προβλήματα εμφανίζονται σε θέματα ηχομόνωσης και καλύτερης αξιοποίησης του φυσικού φωτός. Επιπλέον υπάρχει περιορισμός των υλικών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πολλά κτίρια προκειμένου να διατηρηθεί η πολιτιστική τους ακεραιότητα[16].

Οι στόχοι για την βελτίωση της ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος επικεντρώνονται στην παροχή κτιρίων που είναι άνετα, ελκυστικά και παραγωγικά για να ζει και να εργάζεται κανείς και τα οποία προστατεύουν την ανθρώπινη υγεία. Σε αυτό το τμήμα συμπεριλαμβάνεται η αξιολόγηση:

- Της ποιότητας του αέρα
- Της θερμικής άνεσης με βάση την θερμοκρασία
- Της θερμικής άνεσης με βάση την υγρασία
- Της οπτικής άνεσης
- Της ακουστικής άνεσης

προκειμένου να κριθεί η επάρκεια του κτιρίου να κατοικηθεί με ασφάλεια.

2.2.2.1 Ποιότητα αέρα

Η ποιότητα του αέρα εσωτερικών χώρων (IAQ) αναφέρεται στην ποιότητα του αέρα εντός των κτιρίων, και αφορά την υγεία και την άνεση των κατοίκων των κτιρίων. Ο έλεγχος των κοινών ρύπων σε εσωτερικούς χώρους μπορεί να συμβάλει στη μείωση του κινδύνου εμφάνισης προβλημάτων υγείας στους χώρους αυτούς. Οι επιπτώσεις στην υγεία από τους ρύπους του αέρα εσωτερικών χώρων μπορεί να εμφανιστούν σύντομα μετά την έκθεση ή ακόμα και χρόνια αργότερα.

Ορισμένες επιπτώσεις στην υγεία εμφανίζονται μετά από μόλις μια έκθεση ή επανειλημμένες εκθέσεις σε έναν ρύπο. Συχνά συμπτώματα είναι ο ερεθισμός των ματιών, της μύτης και του λαιμού, συχνόι πονοκέφαλοι, ζάλη και κόπωση. Αυτές οι άμεσες επιπτώσεις είναι συνήθως βραχυπρόθεσμες και θεραπεύσιμες. Ορισμένες φορές η θεραπεία συνίσταται απλώς στην εξάλειψη της έκθεσης του ατόμου στην πηγή της ρύπανσης, εφόσον αυτή μπορεί να εντοπιστεί. Λίγο μετά την έκθεση σε ορισμένους ρύπους του αέρα εσωτερικών χώρων, μπορεί να εμφανιστούν ή να επιδεινωθούν τα συμπτώματα ορισμένων ασθενειών, όπως το άσθμα [17].

Άλλες πιο σημαντικές επιπτώσεις στην υγεία μπορεί να εμφανιστούν είτε χρόνια μετά την έκθεση είτε μόνο μετά από μακρές ή επαναλαμβανόμενες περιόδους έκθεσης. Αυτές οι επιπτώσεις, οι οποίες περιλαμβάνουν ορισμένες αναπνευστικές παθήσεις, καρδιακές παθήσεις και καρκίνο, μπορεί να είναι σοβαρά εξουθενωτικές ή θανατηφόρες [17].

Η κακή ποιότητα του αέρα συνήθως οφείλεται σε πηγές ρύπανσης εσωτερικών χώρων που απελευθερώνουν αέρια ή σωματίδια. Τα επίπεδα των ρύπων αυξάνονται αν δεν υπάρχει επαρκής εξαερισμός, και έτσι δεν εισέρχεται αρκετός καθαρός αέρας προκειμένου να αραιώνονται οι εκπομπές από εσωτερικές πηγές και δεν γίνεται απομάκρυνση τους προς τα έξω. Τα υψηλά επίπεδα θερμοκρασίας και υγρασίας μπορούν επίσης να αυξήσουν τις συγκεντρώσεις ορισμένων ρύπων.

Οι κυριότερες πηγές ρύπανσης του εσωτερικού αέρα είναι:

- Συσκευές καύσης καυσίμων
- Προϊόντα καπνού
- Οικοδομικά υλικά και έπιπλα όπως:
 - Υποβαθμισμένη μόνωση που περιέχει αμιάντο
 - Πρόσφατα εγκατεστημένα δάπεδα, ταπετσαρίες ή χαλιά
 - Επιπλοποιία ή έπιπλα κατασκευασμένα από ορισμένα προϊόντα συμπιεσμένου ξύλου
- Προϊόντα για τον καθαρισμό και τη συντήρηση του νοικοκυριού
- Κεντρικά συστήματα θέρμανσης και ψύξης και συσκευές ύγρανσης
- Έντομα και κατοικίδια
- Υπερβολική υγρασία
- Εξωτερικές πηγές όπως:
 - Ραδόνιο
 - Παρασιτοκτόνα
 - Εξωτερική ατμοσφαιρική ρύπανση.

Η εγκατάσταση συστημάτων καλύτερου εξαερισμού και η μείωση των πηγών ρύπανσης κρίνεται αναπόφευκτη σε κάθε κατοικία με χαμηλή ποιότητα αέρα για την προστασία της υγείας των κατοίκων.

Αξιολόγηση κτιρίου βάσει της ποιότητας εσωτερικού αέρα:

Η αξιολόγηση της ποιότητας του εσωτερικού αέρα γίνεται μέσω της καταμέτρησης των ρυπογόνων ουσιών και σωματιδίων στον αέρα, μέσω αισθητήρων. Για την καταμέτρηση τους χρησιμοποιείται η μονάδα ppm (parts per million). Η τιμή υπολογίζεται διαιρώντας τη μάζα ή τον όγκο των ρύπων με τη συνολική μάζα ή τον όγκο του οικήματος και στη συνέχεια πολλαπλασιάζοντας το αποτέλεσμα με το ένα εκατομμύριο. Όσο μικρότερη είναι η συγκέντρωση των σωματιδίων τόσο μικρότερη θα είναι η τιμή σε ppm και ο χώρος είναι ασφαλέστερος. Όσο μεγαλύτερη είναι η συγκέντρωση των σωματιδίων τόσο μεγαλύτερη θα είναι η τιμή σε ppm και ο χώρος είναι πιο επικίνδυνος για διαμονή.

Για την βαθμολόγηση του κτιρίου χρησιμοποιείται το ποσοστό του χρόνου κατά τον οποίον η συγκέντρωση των ουσιών και σωματιδίων στον αέρα είναι μικρότερη του ορίου των 950 ppm, όπως αυτό εισάγεται από τον χρήστη. Στον υπολογισμό του αποδεκτού αυτού ορίου λήφθηκε υπόψη το πρότυπο EN 16798 - 1:2019 για διάφορες παραμέτρους ποιότητας περιβάλλοντος εσωτερικών χώρων για κτίρια κατηγορίας τύπου 3 (Moderate level of expectation - existing buildings) και έχει συνυπολογιστεί η φύση των ιστορικών κτιρίων στα οποία αναφέρεται η εφαρμογή και οι ηλικίες τους.

Συνιστάται η πραγματοποίηση πολλαπλών μετρήσεων σε διαφορετικές χρονικές περιόδους από τον χρήστη για ένα ποιο αντιπροσωπευτικό αποτέλεσμα.

2.2.2.2 Θερμική άνεση με βάση την θερμοκρασία

Η ιδανική θερμοκρασία σε ένα σπίτι εξαρτάται από πολλαπλούς παράγοντες όπως η ηλικία και η κατάσταση υγείας των κατοίκων, οι προσωπικές προτιμήσεις τους και το εξωτερικό κλίμα της περιοχής. Η διατήρηση μιας άνετης θερμοκρασίας στο σπίτι είναι απαραίτητη για την υγεία και την ευεξία των κατοίκων,

Κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, η ιδανική θερμοκρασία για ένα σπίτι είναι περίπου 25,5°C (78°F)[18]. Για την ψύξη του κτιρίου και προστασία από την ζέστη χρησιμοποιούνται μέσα όπως οι θερμομονώσεις, κλιματισμός και καλύτερος εξαερισμός – κίνηση του αέρα.

Κατά τους χειμερινούς μήνες, η ιδανική θερμοκρασία ορίζεται περίπου στους 20°C (68°F). Θερμοκρασία κάτω από 16°C αυξάνει τον κίνδυνο άσθματος και άλλων αναπνευστικών παθήσεων, ενώ η πτώση κάτω από 12°C θέτει το καρδιαγγειακό σύστημα υπό πίεση [18]. Επιπλέον ένα κρύο σπίτι μπορεί να αυξήσει τον κίνδυνο κατάθλιψης και να προκαλέσει επιδείνωση των χρόνιων πόνων.

Η εσωτερική θερμοκρασία του υπνοδωματίου αποτελεί καθοριστικό παράγοντα της ποιότητας του ύπνου. Υπερβολικά χαμηλές ή υψηλές θερμοκρασίες μπορούν να επιδεινώσουν τον ύπνο ακόμα και ανθρώπων χωρίς αϋπνίες. Ένας διαταραγμένος ύπνος μπορεί να προκαλέσει επιπλοκές τόσο στην υγεία, όπως παχυσαρκία, κατάθλιψη, χειρότερη ποιότητα ζωής ακόμα και θνησιμότητα, όσο και στις καθημερινές δραστηριότητες και την παραγωγικότητα του ανθρώπου. Τα ευρήματα αυτά υποδεικνύουν ακόμα πιο έντονα πως η διατήρηση ενός άνετου θερμικού περιβάλλοντος επηρεάζει άμεσα την ποιότητα της ζωής των κατοίκων.[19]

Επομένως, η διατήρηση μιας ιδανικής εσωτερικής θερμοκρασίας είναι ζωτικής σημασίας για την υγεία και την άνεση. Η ιδανική θερμοκρασία μπορεί να διαφέρει ανάλογα με τις προσωπικές

προτιμήσεις και το κλίμα της περιοχής, αλλά συνιστάται να βρίσκεται κοντά στους 20°C (68°F) κατά τους χειμερινούς μήνες και γύρω στους 25,5°C (78°F) κατά τους καλοκαιρινούς μήνες.

Οι σημαντικότεροι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν τη θερμοκρασία εσωτερικού χώρου είναι:

1.Θερμομόνωση

Χωρίς καλή θερμική μόνωση μπορεί να υπάρξει απώλεια θερμότητας ή έντονη αύξηση της ανάλογα με το εξωτερικό περιβάλλον. Αυτό καθιστά δύσκολη τη διατήρηση μιας άνετης θερμοκρασίας στους εσωτερικούς χώρους καθώς απαιτείται περισσότερη ενέργεια για να θέρμανση ή την ψύξη του κτιρίου.

2.Οικοδομικά υλικά

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται κατά την κατασκευή του κτιρίου σας μπορούν επίσης να επηρεάσουν τη θερμοκρασία του. Σπίτια από τούβλα ή πέτρα τείνουν να διατηρούν τη θερμότητα καλύτερα από εκείνα που είναι κατασκευασμένα από ξύλο. Το πάχος των τοίχων σας μπορεί επίσης να επηρεάσει τη θερμοκρασία του σπιτιού σας.

3.Το φως του ήλιου

Η υπερβολική έκθεση στο ηλιακό φως μπορεί να οδηγήσει σε υπερβολική αύξηση της εσωτερικής θερμοκρασίας του σπιτιού. Ειδικά σε πιο θερμά κλίματα όπως εκείνο της Ελλάδας κατά τους καλοκαιρινούς μήνες κρίνεται απαραίτητη η σκίαση των παραθύρων ή η χρήση κουρτινών ώστε να διατηρείται το κτίριο πιο δροσερό.

4.Ροή αέρα και εξαερισμός

Ο σωστός εξαερισμός είναι ζωτικής σημασίας για τη διατήρηση μιας άνετης εσωτερικής θερμοκρασίας. Η ροή του αέρα μπορεί να βελτιωθεί με το άνοιγμα των παραθύρων, τη χρήση ανεμιστήρων ή την εγκατάσταση συστήματος κλιματισμού. Η αυξημένη κίνηση του αέρα μπορεί να βοηθήσει στη διατήρηση μιας δροσερής εσωτερικής θερμοκρασίας όσο και στην μείωση του αριθμού των ρύπων και αύξηση της ποιότητας του αέρα στο κτίριο.

5.Εξωτερική θερμοκρασία

Η εξωτερική θερμοκρασία του περιβάλλοντος να επηρεάσει άμεσα και έντονα τη θερμοκρασία στο εσωτερικό. Κατά τους χειμερινούς μήνες, οι ψυχρότερες θερμοκρασίες έξω μπορούν να οδηγήσουν σε χαμηλότερες εσωτερικές θερμοκρασίες, ενώ κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, οι θερμότερες θερμοκρασίες έξω μπορούν να προκαλέσουν αύξηση της θερμοκρασίας του κτιρίου.

Ο έλεγχος της θερμοκρασίας στα παλιά κτίρια είναι πολλές φορές αρκετά δύσκολος λόγω των τεχνικών κατασκευής και των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν κατά την κατασκευή τους, τα οποία δεν συνάδουν με τις σημερινές μεθόδους και κατευθυντήριες γραμμές προς εξοικονόμηση ενέργειας. Η έλλειψη μόνωσης είναι αρκετά διαδεδομένη, ιδίως στην περίπτωση παλαιότερων κατασκευών, οι οποίες κατασκευάστηκαν με πέτρα, τούβλα ή ξύλο, τα οποία δεν είναι τόσο αποτελεσματικοί μονωτές όσο τα σύγχρονα υλικά. Αυτό οδηγεί σε υψηλές απώλειες θερμότητας το χειμώνα και έντονη άνοδο της θερμοκρασίας το καλοκαίρι, γεγονός που καθιστά δύσκολο τον έλεγχο του εσωτερικού κλίματος. Επιπλέον, οι προσπάθειες βελτίωσης της μόνωσης ή τοποθέτησης ενός σύγχρονου συστήματος θέρμανσης/ψύξης, για παράδειγμα διπλά τζάμια ή εξωτερική μόνωση, περιορίζονται από το γεγονός ότι το κτίριο πρέπει να διατηρήσει την ιστορική και αρχιτεκτονική του αξία. Τα νέα παράθυρα, η εξωτερική μόνωση ή το απλό βάψιμο μπορούν να αλλάξουν σημαντικά την εμφάνιση αυτών των κατασκευών, κάτι που συνήθως απαγορεύεται από τις πράξεις διατήρησης της πολιτιστικής

κληρονομιάς. Επιπλέον, οι περισσότερες από τις παλιές κατασκευές δεν διαθέτουν κεντρικά συστήματα κλιματισμού και θέρμανσης και, ως εκ τούτου, η ρύθμιση της θερμοκρασίας καθίσταται πολύ δαπανηρή. Τα προβλήματα αυτά απαιτούν λεπτές λύσεις, οι οποίες είναι συχνά δαπανηρές και περιλαμβάνουν μια διαδικασία στάθμισης της εξοικονόμησης ενέργειας έναντι της αρχιτεκτονικής και ιστορικής σημασίας του κτιρίου.

Αξιολόγηση κτιρίου βάσει της θερμικής άνεσης με βάση την θερμοκρασία:

Η αξιολόγηση της εσωτερικής θερμοκρασίας του κτιρίου γίνεται μέσω πολλαπλών δειγμάτων θερμοκρασίας σε διάφορα χρονικά διαστήματα και περιόδους, μέσω αισθητήρων και δεδομένων θερμοστατών. Ο χρήστης υπολογίζει και εισάγει στην εφαρμογή το ποσοστό του χρόνου κατά τον οποίο το κτίριο έχει εσωτερική θερμοκρασία εντός ενός ιδανικού εύρους μεταξύ 19 και 27 βαθμών Κελσίου (19-27°C) ή αντίστοιχα 66-81 βαθμούς Fahrenheit (66-81°F). Όσο περισσότερο χρόνο το κτίριο βρίσκεται εντός αυτών των θερμοκρασιών τόσο υψηλότερα βαθμολογείται και τόσο πιο ασφαλές, υγιές και άνετο είναι το περιβάλλον για τους κατοίκους. Στον υπολογισμό του ιδανικού εύρους θερμοκρασιών λήφθηκε υπόψη το πρότυπο EN 16798 - 1:2019 για διάφορες παραμέτρους ποιότητας περιβάλλοντος εσωτερικών χώρων για κτίρια κατηγορίας τύπου 3 (Moderate level of expectation -existing buildings) και έχει συνυπολογιστεί η φύση των ιστορικών κτιρίων στα οποία αναφέρεται η εφαρμογή και οι ηλικίες τους.

Συνιστάται η πραγματοποίηση πολλαπλών μετρήσεων σε διαφορετικές χρονικές περιόδους από τον χρήστη για ένα πιο αντιπροσωπευτικό αποτέλεσμα.

2.2.2.3 Θερμική άνεση με βάση την υγρασία

Όταν πρόκειται για το σύστημα θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού (HVAC), η κύρια εστίασή μπορεί να είναι ο έλεγχος της θερμοκρασίας, αλλά ο έλεγχος της υγρασίας είναι εξίσου, αν όχι περισσότερο, κρίσιμος. Τα επίπεδα υγρασίας του αέρα μιας εγκατάστασης επηρεάζουν τους ανθρώπους που βρίσκονται στο εσωτερικό της και το ίδιο το κτίριο. Υψηλά επίπεδα υγρασίας μπορούν να προκαλέσουν εκτεταμένες ζημιές στα κτίρια και να δημιουργήσουν ένα ανθυγιεινό περιβάλλον για τους κατοίκους.

Η υγρασία αναφέρεται στην συγκέντρωση των υδρατμών που υπάρχουν στον αέρα. Η σχετική υγρασία ορίζεται ως το ποσοστό υδρατμών που υπάρχουν στον αέρα σε σχέση με την μέγιστη ποσότητα υδρατμών τους οποίους ο αέρας μπορεί να συγκρατήσει στην συγκεκριμένη θερμοκρασία. Με την αύξηση της θερμοκρασίας αυξάνεται και η δυνατότητα απορρόφησης υδρατμών στον αέρα, ενώ με την πτώση της μειώνεται η μέγιστη δυνατή απορρόφηση [20]. Η υγρασία μπορεί επίσης να εξαρτηθεί από την πίεση. Οι υδρατμοί είναι η αέρια κατάσταση του νερού και είναι γενικά αόρατοι στο ανθρώπινο μάτι.

Όταν υπάρχει υψηλή υγρασία ο αέρας είναι κορεσμένος και δεν μπορεί να απορροφήσει εύκολα άλλους υδρατμούς. Σε αυτές τις συνθήκες το σύστημα θερμορύθμισης του ανθρώπινου σώματος υπολειπεται καθώς ο ιδρώτας δεν μπορεί να εξατμιστεί στον αέρα όπως πρέπει [21]. Λόγω της υπερθέρμανσης του σώματος στέλνεται περισσότερο αίμα στο δέρμα και διαστέλλονται τα αιμοφόρα αγγεία για να αυξηθεί η εφίδρωση. Αυτό μπορεί να οδηγήσει το σώμα σε αφυδάτωση και μείωση του διαθέσιμου νερού, αλατιού καθώς και πολλών χημικών ουσιών απαραίτητων για το σώμα. Ταυτόχρονα η εκτρεπόμενη ροή του αίματος στερεί από τα άλλα όργανα την κανονική παροχή αίματος.

Υπό ακατάλληλες συνθήκες υγρασίας οι σωματικές λειτουργίες και αντιδράσεις δεν λειτουργούν το ίδιο καλά [22]. Κάτοικοι κτιρίων με υψηλά επίπεδα υγρασίας είναι πιο ευάλωτοι σε μια σειρά από παρενέργειες, όπως η κόπωση, οι μυϊκές κράμπες και οι δυσκολίες στην αναπνοή [21]. Εκτεταμένη έκθεση σε τέτοια περιβάλλοντα μπορεί να προκαλέσει πιο σοβαρές καταστάσεις, όπως:

- **Λιποθυμία:** Λιποθυμία μπορεί να συμβεί όταν μειώνεται η πίεση του αίματος στον εγκέφαλο καθώς το αίμα σπεύδει σε άλλες περιοχές του σώματός για να καταπολεμήσει τη ζέστη
- **Εξάνθημα από τη ζέστη:** Η υπερβολική εφίδρωση μπορεί να οδηγήσει σε εξάνθημα από τη ζέστη, όταν ο ιδρώτας παγιδεύεται κάτω από το δέρμα.
- **Εξάντληση από τη ζέστη:** Η συνεχής απώλεια υγρών μέσω της υπερβολικής εφίδρωσης μπορεί να οδηγήσει σε θερμική εξάντληση. Συμπτώματα της θερμικής εξάντλησης είναι αδυναμία, ναυτία ή ζάλη μετά από παραμονή στον χώρο. Αν δεν αντιμετωπιστεί, η θερμική εξάντληση μπορεί να εξελιχθεί σε θερμοπληξία.
- **Θερμοπληξία (υπερθερμία):** Η θερμοπληξία συμβαίνει όταν το σώμα υπερθερμαίνεται, φτάνοντας σε εσωτερικές θερμοκρασίες 104°F και άνω. Η θερμοπληξία απαιτεί άμεση ιατρική φροντίδα.

Ταυτόχρονα διάφορες χρόνιες παθήσεις μπορούν να επιδεινωθούν από την υγρασία, όπως:

- **Άσθμα:** Τα υψηλά επίπεδα υγρασίας στον αέρα μπορεί να προκαλέσουν βρογχοσυστολή, ή στένωση των αεραγωγών, σε άτομα με άσθμα. Αυτό οδηγεί σε έξαρση των συμπτωμάτων του άσθματος, όπως ο βήχας, ο συριγμός και η δύσπνοια.
- **Καρδιακές παθήσεις και υψηλή αρτηριακή πίεση:** Η καρδιά αναγκάζεται να αντλεί σημαντικά περισσότερο αίμα τις ζεστές και υγρές ημέρες προκειμένου να επιτύχει ρύθμιση της εσωτερικής θερμοκρασίας. Επιβαρύνεται τόσο η καρδιά όσο και το κυκλοφορικό σύστημα. Άτομα με καρδιακές νόσους ή υψηλή αρτηριακή πίεση κινδυνεύουν από σε περιστατικά καρδιακής αρρυθμίας, καρδιακής προσβολής και καρδιακής ανεπάρκειας όταν η επιβάρυνση της καρδιάς γίνεται εκτεταμένα.
- **Χρόνια νεφρική νόσος:** Η συνεχής εφίδρωση στη ζέστη απαιτεί μεγάλη προσπάθεια από τα νεφρά, καθώς συμβάλλουν στη διαχείριση της αρτηριακής πίεσης και στην παροχή νερού και ηλεκτρολυτών στο υπόλοιπο σώμα. Η χρόνια νεφρική νόσος μπορεί να διαταράξει αυτές τις διαδικασίες.
- **Αλλεργίες:** Η υγρασία δημιουργεί ιδανικές συνθήκες για την ανάπτυξη μούχλας και ο υγρός αέρας συγκρατεί τη γύρη και άλλους ερεθιστικούς παράγοντες. Συμπτώματα αλλεργιών πολλές φορές εντείνονται σε εσωτερικούς χώρους με υψηλή υγρασία.

Τέλος το επίπεδο υγρασίας του αέρα ενός κτιρίου μπορεί να διαδραματίσει τεράστιο ρόλο στη μετάδοση αερομεταφερόμενων ιών και σταγονιδίων και στην ικανότητα του ανοσοποιητικού συστήματος των κατοίκων να τους αντιμετωπίσει.

Σύμφωνα με τον Οργανισμό Προστασίας Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής η υπερβολική υγρασία σε ένα κτίριο μπορεί επίσης να προκαλέσει σημαντικές ζημιές στο ίδιο το κτίριο [23],για παράδειγμα:

- Μούχλα, βακτήρια και έντομα-παράσιτα, όπως τερμίτες.

- Διάβρωση των δομικών στοιχείων του κτιρίου, συμπεριλαμβανομένων των καλωδίων, της μεταλλικής στέγης, των συγκολλητικών υλικών δαπέδων και των συγκολλητικών υλικών στέγης.
- Υδατοδιαλυτά δομικά υλικά που επιστρέφουν στο διάλυμα.
- Στρέβλωση, διόγκωση ή σήψη ξύλινων υλικών.
- Ζημιές σε τούβλα ή σκυρόδεμα κατά τη διάρκεια κύκλων ψύξης-απόψυξης και από την υποεπιφανειακή εναπόθεση αλατιού.
- Βλάβες σε χρώματα και βερνίκια.
- Μείωση της θερμομονωτικής αξίας της θερμομόνωσης (R-value).

Αξιολόγηση κτιρίου βάσει της θερμικής άνεσης με βάση την υγρασία:

Η αξιολόγηση της εσωτερικής υγρασίας του κτιρίου γίνεται μέσω πολλαπλών δειγμάτων υγρασίας σε διάφορα χρονικά διαστήματα και περιόδους, με χρήση αισθητήρων. Ο χρήστης υπολογίζει και εισάγει στην εφαρμογή το ποσοστό του χρόνου κατά τον οποίο το κτίριο έχει εσωτερική υγρασία εντός ενός ιδανικού εύρους μεταξύ 20-70% . Όσο περισσότερο χρόνο το κτίριο βρίσκεται εντός αυτών των ποσοστών υγρασίας τόσο υψηλότερα βαθμολογείται και τόσο πιο ασφαλές, υγιές και άνετο είναι το περιβάλλον για τους κατοίκους. Στον υπολογισμό του ιδανικού εύρους υγρασίας λήφθηκε υπόψη το πρότυπο EN 16798 - 1:2019 για διάφορες παραμέτρους ποιότητας περιβάλλοντος εσωτερικών χώρων για κτίρια κατηγορίας τύπου 3 (Moderate level of expectation -existing buildings) και έχει συνυπολογιστεί η φύση των ιστορικών κτιρίων στα οποία αναφέρεται η εφαρμογή και οι ηλικίες τους.

Συνιστάται η πραγματοποίηση πολλαπλών μετρήσεων σε διαφορετικές χρονικές περιόδους από τον χρήστη για ένα ποιο αντιπροσωπευτικό αποτέλεσμα.

2.2.2.4 Οπτική άνεση

Ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός ενός κτιρίου επηρεάζεται έντονα από αποφάσεις που αφορούν τον φωτισμό και την οπτική άνεση του κτιρίου. Ο λόγος είναι σημασία του φωτισμού τόσο στην ενεργειακή απόδοση όσο και στην ευημερία, την υγεία και την άνεση των κατοίκων.

Η οπτική άνεση δεν συνεπάγεται απαραίτητα την παροχή όσο το δυνατόν περισσότερου φωτός στους εσωτερικούς χώρους, αλλά μάλλον τη βελτιστοποίηση της χρήσης του φωτός, πράγμα που σημαίνει ότι άλλοτε επιτρέπεται η είσοδος του φωτός στους εσωτερικούς χώρους και άλλοτε εμποδίζεται. Η έννοια της οπτικής άνεσης περιλαμβάνει, επομένως, την ποιότητα, την ποσότητα και την κατανομή του φωτός, την θάμβωσης , τη διάταξη του χώρου, τη χρήση του και την πρόσβαση στην εξωτερική θέα. Ο φυσικός και ο τεχνητός φωτισμός είναι πολύ σημαντικοί όταν πρόκειται για την επίτευξη της καλύτερης φωτεινής άνεσης. Ο ημερήσιος φωτισμός είναι σημαντικός κατά τη διάρκεια της ημέρας, καθώς προσφέρει ακρίβεια και ομορφιά στους εσωτερικούς χώρους, ενώ τη νύχτα ο τεχνητός φωτισμός είναι ζωτικής σημασίας. Ο φωτισμός μπορεί επίσης να βελτιώσει την ποιότητα των εσωτερικών χώρων και επίσης, να δημιουργήσει μοναδικές διαθέσεις οι οποίες είναι αρκετά κρίσιμες σε ιστορικές δομές. Ο σχεδιασμός πρέπει να βασίζεται στις ανάγκες και απαιτήσεις του χώρου με βάση το πλαίσιο στο οποίο βρίσκεται.

Για την επίτευξη υψηλού φυσικού φωτισμού χρησιμοποιούνται στρατηγικές όπως ύπαρξη μεγάλων παραθύρων, μπαλκονιών με θέα, αυλαίων, παραθύρων με κρηπιδώματα και φεγγιτών. Για την παρεμπόδιση και έλεγχο του φωτός χρησιμοποιούνται ηλιοπροστατευτικά στοιχεία, πλέγματα πλέγματος, μπλοκ οθόνης, πέργκολες και άλλα.

Όπως αναφέρθηκε, η οπτική άνεση που απαιτείται εξαρτάται από παράγοντες που σχετίζονται με τους ενοίκους και την φύση του κτιρίου. Η ποιότητα και η ποσότητα του φωτός σε ένα χώρο μπορεί να επηρεάσει έντονα τόσο την παραγωγικότητα όσο και την ευχαρίστηση των χρηστών του χώρου. Για παράδειγμα, έρευνες σε μαθησιακά περιβάλλοντα όπως βιβλιοθήκες, αίθουσες διδασκαλίας και εργαστήρια έδειξαν υψηλή συσχέτιση μεταξύ της οπτικής άνεσης και των ακαδημαϊκών επιδόσεων και της ικανοποίησης των φοιτητών [24]. Η έννοια του «φωτεινού περιβάλλοντος», που περιλαμβάνει τόσο τις φυσικές όσο και τις τεχνητές πηγές φωτός, συμβάλλει στην ατμόσφαιρα και τη λειτουργικότητα των εσωτερικών χώρων.

Σε προηγούμενα κεφάλαια συζητήθηκε η σπουδαιότητα της θερμικής άνεσης και της ποιότητα του αέρα εσωτερικού χώρου τα οποία και έχουν την μεγαλύτερη επίδραση στην άνεση και την παραγωγικότητα των κατοίκων. Η οπτική άνεση και ο φωτισμός διαδραματίζουν επίσης σημαντικό ρόλο στην ενίσχυση της άνεσης σε εσωτερικούς χώρους.

Αξιολόγηση κτιρίου βάσει της οπτικής άνεσης:

Η αξιολόγηση της οπτικής άνεσης του κτιρίου γίνεται μέσω πολλαπλών δειγμάτων φωτεινότητας σε διάφορα χρονικά διαστήματα και περιόδους. Η φωτεινότητα του κτιρίου μετριέται με φωτομετρήσεις, μέσω αισθητήρων, οι οποίες υπολογίζουν την ένταση και το ποσό της φωτεινής ροής που απλώνεται σε μία επιφάνεια. Μέτρο της φωτεινότητας είναι το λουξ, η μονάδα SI του φωτισμού, που αντικατοπτρίζει την φωτεινή ισχύ ανά περιοχή. Ο χρήστης υπολογίζει και εισάγει στην εφαρμογή το ποσοστό του χρόνου κατά τον οποίο το κτίριο έχει φωτεινότητα εντός ενός ιδανικού εύρους δηλαδή μεγαλύτερης των 500 λουξ. Όσο περισσότερο χρόνο το κτίριο βρίσκεται σε αυτά τα επίπεδα φωτεινότητας τόσο υψηλότερα βαθμολογείται και τόσο πιο παραγωγικό και άνετο είναι το περιβάλλον για τους κατοίκους. Στον υπολογισμό του ιδανικού εύρους φωτεινότητας λήφθηκε υπόψη το πρότυπο EN 16798 - 1:2019 για διάφορες παραμέτρους ποιότητας περιβάλλοντος εσωτερικών χώρων για κτίρια κατηγορίας τύπου 3 (Moderate level of expectation -existing buildings) και έχει συνυπολογιστεί η φύση των ιστορικών κτιρίων στα οποία αναφέρεται η εφαρμογή και οι ηλικίες τους.

Συνιστάται η πραγματοποίηση πολλαπλών μετρήσεων σε διαφορετικές χρονικές περιόδους από τον χρήστη για ένα ποιο αντιπροσωπευτικό αποτέλεσμα.

2.2.2.5 Ακουστική άνεση

Η ακουστική άνεση ορίζεται ως «μια κατάσταση ικανοποίησης από τις ακουστικές συνθήκες». Ένα ποιοτικό ακουστικό περιβάλλον πρέπει να προστατεύει τον άνθρωπο από τις πιθανές φυσικές, φυσιολογικές ή ψυχολογικές επιπτώσεις που μπορούν να δημιουργηθούν από συνεχή έκθεση σε δυνατούς ήχους. Η ποσότητα του θορύβου και η ακουστική άνεση του ατόμου παίζουν επίσης καθοριστικό ρόλο στην αντίληψη του περιβάλλοντος του και στην ευημερία του. Τα επίπεδα και οι ανάγκες για ακουστική άνεση εξαρτώνται από τον χώρο και τον σκοπό του καθώς και τις δραστηριότητες που διαδραματίζονται σε αυτόν. Το εργασιακό περιβάλλον ενός ατόμου θα πρέπει να προάγει την συγκέντρωση και να κρατάει σε ελεγχόμενο βαθμό τις πηγές θορύβου και απόσπασης προσοχής. Αντίθετα ένα σπίτι ή ένα ξενοδοχείο οφείλει να προάγει την χαλάρωση και την ηρεμία.

Η συνεχής έκθεση σε έντονους θορύβους μπορεί, εκτός από μείωση της παραγωγικότητας, να προκαλέσει προβλήματα υγείας -ακοής και μη- ενώ σε άλλες περιπτώσεις μπορεί να επηρεάσει την ποιότητα ζωής και την αντιλαμβανόμενη ευημερία.

Η ακουστική άνεση είναι μία από τις πτυχές που παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον τόσο στην οικοδόμηση. Έρευνα από τους Leccese et al. (2021) έδειξε ότι η ακουστική αποτελεί τον πιο κρίσιμο παράγοντα για την αντίληψη της ποιότητας του εσωτερικού περιβάλλοντος από τον άνθρωπο. Μετά από υποκειμενική έρευνα σε δείγμα 100 επιβατών κρουαζιερόπλοιων, οι Goujard κ.ά. (2005) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι μεταξύ των κύριων παραγόντων άνεσης (εργονομία, φωτισμός, θερμική άνεση κ.λπ.) η ακουστική είναι η πιο κρίσιμη και συνεπώς η πιο σημαντική πτυχή [25]. Το γεγονός αυτό μπορεί να αποδοθεί στο ότι η ακουστική ποιότητα ενός περιβάλλοντος σχετίζεται κυρίως με την πρόληψη της εμφάνισης δυσφορίας. Ο διαχωρισμός ενός θορυβώδους περιβάλλον από ένα ακουστικά άνετο είναι ένας μηχανισμός που γίνεται αυτόματα και πολύ εύκολα από τον άνθρωπο.

Η εκτίμηση της ικανοποίησης των ανθρώπων όσον αφορά την προστασία από τον θόρυβο είναι πολύ δύσκολο να εκτιμηθεί λόγω των διαφορετικών υποκειμενικών παραγόντων και ανοχών των ανθρώπων και των διαφόρων ειδών περιβάλλοντος. Ορισμένοι από τους πιο ευρέως χρησιμοποιούμενους παράγοντες για την αξιολόγηση της ποιότητας του ήχου είναι: το χρονικό εντός ενός αποδεκτού ορίου, η στάθμη ηχητικής πίεσης, ο χρόνος έκθεσης, η σύνθεση της συχνότητας και η επανάληψη με την πάροδο του χρόνου. Στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής επιλέγεται ο πρώτος τρόπος ως ένας εύκολα μετρήσιμος και ουσιώδης τρόπος για την αξιολόγηση του κτιρίου.

Αξιολόγηση κτιρίου βάσει της ακουστικής άνεσης:

Η αξιολόγηση της ακουστικής άνεσης του κτιρίου γίνεται μέσω πολλαπλών δειγμάτων θορύβου σε διάφορα χρονικά διαστήματα και περιόδους. Ο θόρυβος του κτιρίου μετριέται με ηχομετρήσεις μέσω αισθητήρων οι οποίες υπολογίζουν την ένταση του ήχου στον χώρο. Μέτρο έντασης του ήχου είναι το ντεσιμπέλ (dB) που αντικατοπτρίζει την ισχύς του ηχητικού κύματος ανά μονάδα επιφανείας. Ο χρήστης υπολογίζει και εισάγει στην εφαρμογή το ποσοστό του χρόνου κατά τον οποίο το κτίριο έχει ένταση ήχου εντός ενός ιδανικού εύρους δηλαδή μικρότερης των 35 ντεσιμπέλ (dB). Όσο περισσότερο χρόνο το κτίριο βρίσκεται σε αυτά τα επίπεδα θορύβου τόσο υψηλότερα βαθμολογείται και τόσο πιο παραγωγικό και άνετο είναι το περιβάλλον για τους κατοίκους. Στον τον υπολογισμό του ιδανικού εύρους έντασης ήχου λήφθηκε υπόψη το πρότυπο EN 16798 - 1:2019 για διάφορες παραμέτρους ποιότητας περιβάλλοντος εσωτερικών χώρων για κτίρια κατηγορίας τύπου 3 (Moderate level of expectation -existing buildings) και έχει συνυπολογιστεί η φύση των ιστορικών κτιρίων στα οποία αναφέρεται η εφαρμογή και οι ηλικίες τους..

Συνιστάται η πραγματοποίηση πολλαπλών μετρήσεων σε διαφορετικές χρονικές περιόδους από τον χρήστη για ένα πιο αντιπροσωπευτικό αποτέλεσμα.

2.2.3 Περιβάλλον και κυκλικότητα

Καθώς οι περιβαλλοντικές ανησυχίες συνεχίζουν να αυξάνονται παγκοσμίως, η ανάγκη υιοθέτησης βιώσιμων πρακτικών από τα κτίρια έχει γίνει πιο επιτακτική από ποτέ.

Το νερό είναι ένας πεπερασμένος πόρος και με την αυξανόμενη συχνότητα ξηρασιών και ελλείψεων νερού παγκοσμίως, είναι απαραίτητο τα κτίρια να ελαχιστοποιούν το υδάτινο αποτύπωμά τους. Η αποδοτική κατανάλωση νερού και η εφαρμογή συστημάτων επαναχρησιμοποίησης νερού μπορούν να μειώσουν σημαντικά την επιβάρυνση των τοπικών αποθεμάτων νερού και να συμβάλουν στη βιώσιμη διαχείριση αυτού του ζωτικού πόρου. Με την επαναχρησιμοποίηση του νερού, τα κτίρια μπορούν να μειώσουν τη ζήτησή τους για γλυκό νερό και να μειώσουν τις επιπτώσεις τους στο περιβάλλον.

Η ανακύκλωση είναι ένα άλλο κρίσιμο στοιχείο της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας. Η λειτουργία των κτιρίων παράγει σημαντικές ποσότητες αποβλήτων, οι οποίες, εάν δεν τύχουν σωστής διαχείρισης, μπορούν να οδηγήσουν σε περιβαλλοντική υποβάθμιση. Με τη μεγιστοποίηση των προσπαθειών ανακύκλωσης, τα κτίρια μπορούν να ελαχιστοποιήσουν τα απόβλητα που αποστέλλονται στις χωματερές, να μειώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και να συμβάλουν στη διατήρηση των φυσικών πόρων.

Συνολικά, η ενσωμάτωση βιώσιμων πρακτικών στη διαχείριση του νερού και την ανακύκλωση των αποβλήτων όχι μόνο βελτιώνει τις περιβαλλοντικές επιδόσεις ενός κτιρίου, αλλά συμβάλλει και στους ευρύτερους στόχους της κυκλικότητας και της αποδοτικότητας των πόρων. Δίνοντας προτεραιότητα σε αυτά τα στοιχεία, τα κτίρια μπορούν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στη μείωση των περιβαλλοντικών τους επιπτώσεων και στην προώθηση ενός πιο βιώσιμου μέλλοντος.

2.2.3.1 Κατανάλωση νερού

Η έλλειψη νερού γίνεται όλο και πιο κοινό ζήτημα παγκοσμίως, με πόλεις όπως το Κέιπ Τάουν της Νότιας Αφρικής και το Κάιρο της Αιγύπτου να αντιμετωπίζουν ήδη ή να αναμένεται σύντομα να αντιμετωπίσουν σοβαρή λειψυδρία. Παρόλο που η Ευρώπη φιλοξενεί πολυάριθμα μεγάλα ποτάμια και λίμνες, δεν είναι απίθανη η δημιουργία προβλήματος έλλειψης νερού. Στην πραγματικότητα, η έλλειψη νερού επηρεάζει δισεκατομμύρια ανθρώπους παγκοσμίως, συμπεριλαμβανομένων περισσότερων από 100 εκατομμυρίων ανθρώπων στην Ευρώπη[26]. Οι ανησυχίες για λειψυδρία αυξάνονται και στην Ευρώπη, ιδίως με τον αυξημένο κίνδυνο ξηρασίας λόγω της κλιματικής αλλαγής. Περίπου το 88,2% της χρήσης γλυκού νερού στην Ευρώπη, συμπεριλαμβανομένου του πόσιμου νερού και άλλων εφαρμογών, προέρχεται από ποτάμια και υπόγεια ύδατα [26]. Το υπόλοιπο 11,8% προέρχεται από ταμιευτήρες (10,3%) και λίμνες (1,5%), καθιστώντας τις πηγές αυτές ιδιαίτερα ευάλωτες στους κινδύνους της υπερεκμετάλλευσης, της ρύπανσης και της κλιματικής αλλαγής.

Το νερό είναι ζωτικής σημασίας για τη ζωή, αλλά και για τις οικονομικές δραστηριότητες και παίζει ουσιαστικό ρόλο στη ρύθμιση του κλιματικού κύκλου. Ως εκ τούτου, η διαχείριση και η προστασία των υδάτινων πόρων -συμπεριλαμβανομένων των οικοσυστημάτων γλυκού και αλμυρού νερού και του νερού που καταναλώνουμε και χρησιμοποιούμε καθημερινά- αποτελούν θεμελιώδεις πυλώνες της διατήρησης του περιβάλλοντος. Τα τελευταία 30 χρόνια, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει επικεντρώσει την πολιτική της για τα ύδατα στη διασφάλιση των υδάτινων πόρων, διασφαλίζοντας ότι το νερό υψηλής ποιότητας είναι διαθέσιμο σε επαρκείς ποσότητες για όλες τις χρήσεις [27].

Ενώ η συνολική χρήση των υδάτινων πόρων στην Ευρώπη μπορεί να θεωρηθεί βιώσιμη μακροπρόθεσμα, ορισμένες περιοχές εξακολουθούν να αντιμετωπίζουν προκλήσεις που σχετίζονται

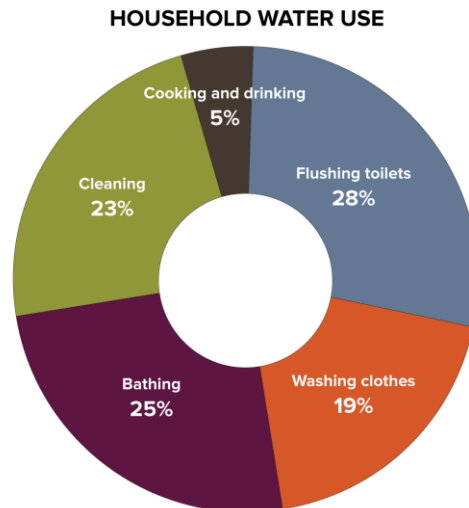
με τη λειψυδρία. Τα τελευταία 50 χρόνια, η ζήτηση νερού σε ολόκληρη την Ευρώπη αυξήθηκε σταθερά, εν μέρει λόγω της αύξησης του πληθυσμού, με αποτέλεσμα να μειωθούν κατά 24% οι ανανεώσιμοι υδατικοί πόροι ανά κάτοικο σε ολόκληρη την ήπειρο. Η μείωση αυτή είναι ιδιαίτερα αισθητή στη νότια Ευρώπη, όπου τα χαμηλότερα επίπεδα βροχόπτωσης είχαν σημαντικό αντίκτυπο, όπως επισημαίνεται από έναν δείκτη του ΕΟΧ. Για παράδειγμα, κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού του 2015, οι ανανεώσιμοι πόροι γλυκού νερού, συμπεριλαμβανομένων των υπόγειων υδάτων, των λιμνών, των ποταμών και των ταμιευτήρων, ήταν κατά 20% χαμηλότεροι σε σχέση με την ίδια περίοδο του 2014, κυρίως λόγω της μείωσης των βροχοπτώσεων κατά 10% [26]. Η αστικοποίηση, ιδίως στις πυκνοκατοικημένες περιοχές, έχει αυξήσει περαιτέρω τη ζήτηση νερού.

Για να αποφευχθεί η εποχιακή λειψυδρία, θα είναι ζωτικής σημασίας να επιτευχθεί μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα τόσο στη γεωργική όσο και στην οικιακή χρήση του νερού. Οι περιοχές που χαρακτηρίζονται από χαμηλές βροχοπτώσεις, υψηλή πληθυσμιακή πυκνότητα ή εντατική γεωργική ή βιομηχανική δραστηριότητα ενδέχεται να αντιμετωπίσουν σημαντικές προκλήσεις βιωσιμότητας τα επόμενα χρόνια, προκλήσεις που θα μπορούσαν να επιδεινωθούν από τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στη διαθεσιμότητα και τις πρακτικές διαχείρισης του νερού.

Αξιολόγηση κτιρίου βάσει της κατανάλωσης νερού:

Το νερό παρέχεται είτε μέσω δημόσιων συστημάτων ύδρευσης, τα οποία μπορεί να είναι υπό δημόσια ή ιδιωτική διαχείριση, αλλά είναι προσβάσιμα στο γενικό πληθυσμό, είτε μέσω μεθόδων αυτοπρομήθειας, όπως τα ιδιωτικά πηγάδια. Το ποσοστό του νερού που αντλείται από τα δημόσια συστήματα παροχής σε μια χώρα εξαρτάται από την οικονομική της διάρθρωση και μπορεί να αντιπροσωπεύει ένα σχετικά μικρό μερίδιο της συνολικής υδροληψίας. Ωστόσο, ο τομέας αυτός συγκεντρώνει συχνά σημαντική δημόσια προσοχή, καθώς περιλαμβάνει τις ποσότητες νερού που χρησιμοποιούνται άμεσα από τον πληθυσμό. Για τα νοικοκυριά, η πλειονότητα του νερού προέρχεται συνήθως από τα δημόσια συστήματα ύδρευσης [27].

Η χρήση νερού στα οικιστικά κτίρια συνδέεται με διάφορες δραστηριότητες των νοικοκυριών. Σύμφωνα με έκθεση του Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (ΟΟΣΑ) (OECD, 2002), περίπου το 35-40% του νερού των νοικοκυριών στις χώρες του ΟΟΣΑ χρησιμοποιείται για την προσωπική υγιεινή, όπως ντους και μπάνιο, το 20-30% για το καζανάκι της τουαλέτας και το 10%-20% για το πλύσιμο των ρούχων. Στο γράφημα 2.3 παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο κατανέμεται η χρήση του νερού ανάμεσα στις διάφορες δραστηριότητες και ανάγκες, δίνοντας μια συνοπτική εικόνα για την κατανομή του σε καθημερινές λειτουργίες.



ΕΙΚΟΝΑ 2.3 ΤΥΠΙΚΗ ΟΙΚΙΑΚΗ ΧΡΗΣΗ ΝΕΡΟΥ (2016)

Κατά την αξιολόγηση της κατανάλωσης νερού σε οικιστικά κτίρια, η μέτρηση της χρήσης νερού ανά νοικοκυριό ανά έτος προσφέρει μόνο περιορισμένες πληροφορίες για την αποδοτικότητα του νερού. Μια πιο ακριβής μέτρηση της αποδοτικότητας επιτυγχάνεται διαιρώντας το σύνολο αυτό με τον αριθμό των κατοίκων, με αποτέλεσμα μια τιμή εκφρασμένη σε λίτρα ανά κάτοικο ανά έτος [27]. Αυτή η μέτρηση παρέχει μια σαφέστερη ένδειξη του πόσο αποτελεσματικά χρησιμοποιείται το νερό στα κτίρια κατοικιών.

Επιπλέον η χρήση του νερού ποικίλλει ανάλογα με την πηγή του νερού και τους δημογραφικούς παράγοντες. Τα πρότυπα κατανάλωσης νερού από τα νοικοκυριά για διάφορες δραστηριότητες θα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ χωρών λόγω των διαφορών στις συνθήκες διαβίωσης, τα συστήματα παροχής νερού και τις συνήθειες χρήσης [28]. Αυτό υποδηλώνει ότι οι στατιστικές σχετικά με την «οικιακή» χρήση νερού θα πρέπει να ερμηνεύονται με προσοχή.

Στον πίνακα 2.4 παρουσιάζεται η χρήση νερού από τα νοικοκυριά από τη δημόσια παροχή για τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης ανά τα διάφορα έτη σύμφωνα με μετρήσεις της Eurostat [28]. Η μέση τιμή είναι περίπου 40-50 κυβικά μέτρα ανά κάτοικο και παρουσιάζει ελαφρά μείωση τις τελευταίες δεκαετίες.

Household water use from public water supply, 1990-2022

(m³ per inhabitant)

	1990	2000	2010	2020	2021	2022
Belgium ⁽²⁾	.	32	35	32	32	.
Bulgaria	48	36	36	37	37	.
Czechia	53	34	31	32	33	31
Denmark ⁽²⁾	66	47	42	43	42	40
Germany ⁽²⁾	52	46	44	46	.	.
Estonia	.	.	.	.	.	.
Ireland	.	.	.	.	.	.
Greece ⁽²⁾	.	32	.	107	109	110
Spain	.	61	59	47	.	.
France	.	.	.	.	.	.
Croatia	.	41	44	42	43	45
Italy ⁽²⁾	78	74	.	.	.	.
Cyprus	.	69	96	98	105	.
Latvia	.	37	38	38	20	18
Lithuania	.	.	19	27	28	27
Luxembourg	.	.	.	.	.	.
Hungary	56	38	34	37	38	39
Malta	.	37	41	43	42	41
Netherlands	47	51	47	49	46	.
Austria	46	44	46	43	44	44
Poland	50	36	31	34	35	35
Portugal ⁽²⁾	38	67	59	.	.	.
Romania	52	49	.	31	30	32
Slovenia	43	44	41	40	40	41
Slovakia	.	.	.	.	.	.
Finland ⁽²⁾	85	78	.	.	.	.
Sweden	63	59	52	48	.	.
Iceland ⁽²⁾	.	108	.	.	.	.
Norway	71	66	73	66	66	65
Switzerland	95	92	72	61	59	59
Bosnia and Herzegovina	.	.	31	.	.	.
Montenegro	.	.	.	55	55	55
North Macedonia ⁽²⁾	34	36	.	.	.	.
Albania	.	.	.	49	40	40
Serbia	.	48	45	47	48	49
Türkiye	.	.	33	44	.	44
Kosovo ⁽¹⁾ ⁽²⁾	.	.	21	27	.	.
United Kingdom ⁽²⁾	.	.	46	.	.	.

(.) not available

⁽¹⁾ This designation is without prejudice to positions on status, and is in line with UNSCR 1244/1999 and the ICJ Opinion on the Kosovo declaration of independence.

⁽²⁾ Partly neighbouring reference years if not available

Source: Eurostat (online data codes: env_wat_cat and demo_gind)

ΕΙΚΟΝΑ 2.4 ΟΙΚΙΣΤΙΚΗ ΧΡΗΣΗ ΝΕΡΟΥ ΑΠΟ ΔΗΜΟΣΙΕΣ ΠΗΓΕΣ ΥΔΡΕΥΣΗΣ, 1990-2022

Σύμφωνα με τα παραπάνω, οι ανάγκες ενός νοικοκυριού σε νερό εξαρτώνται έντονα από την τοποθεσία του. Ως εκ τούτου, κατά την αξιολόγηση αυτού του κριτηρίου, η ποσότητα του νερού που καταναλώθηκε εντός του κτιρίου ανά κάτοικο συγκρίνεται με την μέση κατανάλωση νερού ανά κάτοικο της χώρας στην οποία βρίσκεται. Η ποσότητα νερού που καταναλώθηκε μπορεί να βρεθεί πολύ εύκολα από λογαριασμούς των εταιρειών παροχής νερού και μετρείται σε κυβικά μέτρα. Η

τελική κατανάλωση νερού του δικτύου προκύπτει από την διαίρεση της ποσότητας νερού που καταναλώθηκε με τον αριθμό των κατοίκων. Δεδομένου ότι η εφαρμογή αφορά κτίρια πολιτιστικής αξίας ή παλαιά κτίρια, μια κατανάλωση παρόμοια με τη μέση της χώρας θεωρείται ικανοποιητική και βαθμολογείται υψηλά. Συγκεκριμένα, η βαθμολόγηση γίνεται βάσει του εξής τύπου:

$$Score_{WC} = 100 - \frac{WC - best_{WC}}{best_{WC} - worst_{WC}}$$

Όπου $best_{WC}$ = μέσο WC της χώρας και $worst_{WC} = 2 * \text{μέσο WC της χώρας}$,

WC = water consumption per occupant

Σύμφωνα με τον παραπάνω τύπο επιτυγχάνεται γραμμικός μετασχηματισμός της τιμής κατανάλωσης νερού ανά κάτοικο και αντιστοίχιση της σε μια βαθμολογία από το 0 έως το 100 με βάση τις ακραίες τιμές όπως αυτές ορίζονται παραπάνω. Για τον υπολογισμό της κατανάλωσης νερού στο κτίριο αρκούν οι λογαριασμοί νερού από τον πάροχο.

2.2.3.2 Ανακύκλωση Νερού

Τα απόνερα των διάφορων χρήσεων μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά προσφέροντας μια εναλλακτική λύση αποσυμφόρησης του δικτύου ύδρευσης. Με τις ανάγκες σε νερό να αυξάνονται σε ολόκληρη την Ευρώπη ενώ ταυτόχρονα όλο και περισσότερες χώρες πλήττονται από ξηρασίες λόγω της κλιματικής αλλαγής είναι επιτακτικό ζήτημα η εύρεση μεθόδων μέσω των οποίων θα γίνεται πιο αποτελεσματική χρήση των διαθέσιμων πόρων. Η Ευρωπαϊκή Ένωση αποσκοπεί στην ενθάρρυνση και διευκόλυνση της επαναχρησιμοποίησης του νερού μέσω των εγκαταστάσεων επεξεργασίας αστικών λυμάτων, όπου μετά από κατάλληλη επεξεργασία μπορεί να παραταθεί ο κύκλος ζωής του νερού. Ταυτόχρονα επαναχρησιμοποίηση του νερού μπορεί να επιτευχθεί εντός των νοικοκυριών με εγκατάσταση ειδικών συστημάτων αξιοποίησης του νερού της βροχής (rainwater) ή του νερού που έχει ήδη χρησιμοποιηθεί (greywater).

Χρήση του νερού της Βροχής:

Η συλλογή βρόχινου νερού ξεκινάει με την αποθήκευσης της βροχής συνήθως από επιφάνειες όπως οι στέγες και η ανακατεύθυνση και περισυλλογή της σε δεξαμενές, λάγκους, πηγάδια ή γεωτρήσεις. Τα συστήματα συλλογής βρόχινου νερού κυμαίνονται από απλά βαρέλια βροχής έως πιο περίπλοκες κατασκευές με αντλίες, δεξαμενές και συστήματα καθαρισμού. Το μη πόσιμο νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την άρδευση, το καζανάκι, το πλύσιμο των αυτοκινήτων ή το πλύσιμο των ρούχων, και μπορεί ακόμη και να καθαριστεί για ανθρώπινη κατανάλωση.

Χρήση «γκρίζου νερού»

Το γκρίζο νερό είναι νερό που έχει ήδη χρησιμοποιηθεί τουλάχιστον μία φορά, αλλά μπορεί να εξακολουθεί να είναι χρήσιμο για άλλους σκοπούς. Το γκρίζο νερό διακρίνεται από το μαύρο νερό, όπως το νερό της τουαλέτας, το οποίο μπορεί να έχει υψηλές συγκεντρώσεις ανθρώπινων αποβλήτων και/ή να περιλαμβάνει επιβλαβή βακτήρια και παθογόνα που θα μπορούσαν να επηρεάσουν την ανθρώπινη υγεία.

Για παράδειγμα γκρίζο θεωρείται το νερό που συλλέγεται μετά από ένα μπάνιο ή ντους καθώς και το νερό που χρησιμοποιείται για το πλύσιμο των ρούχων αφού είναι αρκετά καθαρό και μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί. Ένα σύστημα γκρίζου νερού φιλτράρει το νερό χρησιμοποιώντας ένα σύστημα φιλτραρίσματος πολλαπλών σταδίων για την απομάκρυνση χνουδιών, τριχών και ακαθαρσιών. Έπειτα το επεξεργασμένο νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί αντί καθαρού νερού από την παροχή για το καζανάκι και την άρδευση.

Η επαναχρησιμοποίηση του νερού έχει ήδη ξεκινήσει να εφαρμόζεται σε αρκετές χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Ωστόσο υπάρχουν η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης περισσότερου από το εξαπλάσιο του νερού που επαναχρησιμοποιείται σήμερα σύμφωνα με την Eurostat. Η περιορισμένη ευαισθητοποίηση των ενδιαφερόμενων φορέων και του κοινού σχετικά με τα δυνητικά οφέλη και η έλλειψη ενός υποστηρικτικού και συνεκτικού πλαισίου για την επαναχρησιμοποίηση του νερού είναι δύο σημαντικά εμπόδια που εμποδίζουν την ευρύτερη εξάπλωση αυτής της πρακτικής. Η Ευρωπαϊκή Ένωση αποσκοπεί στην αύξηση του ποσοστού νερού που επαναχρησιμοποιείται στο βραχύ μέλλον ώστε να μειωθεί το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των κτιρίων και να επιτευχθεί αποσυμφόρηση του συστήματος ύδρευσης των πόλεων.

Αξιολόγηση κτιρίου βάσει της ανακύκλωσης νερού:

Ένα κτίριο βαθμολογείται στην ανακύκλωση νερού με βάση το ποσοστό των αναγκών νερού που κάλυψε μέσω των συστημάτων αξιοποίησης του βρόχινου νερού και του γκρίζου νερού. Η συνολική ποσότητα νερού ανά κάτοικο που επαναχρησιμοποιήθηκε (m^3 /κάτοικο) συγκρίνεται με τη συνολική κατανάλωση νερού, όπως αυτή υπολογίστηκε στο προηγούμενο βήμα. Δεδομένου ότι η εφαρμογή αφορά κτίρια πολιτιστικής αξίας ή παλαιά κτίρια, η επαναχρησιμοποίηση τουλάχιστον του 50% του νερού θεωρείται άριστη. Το παραπάνω όριο επιλέχθηκε καθώς το γκρίζο νερό, που αποτελεί τον πιο σταθερό τρόπο για επαναχρησιμοποίηση νερού ανεξαρτήτως κλίματος, μπορεί να χρησιμοποιηθεί εσωτερικά του σπιτιού κυρίως για χρήση σε καζανάκια ή τον καθαρισμό[29] που αντιστοιχούν περίπου στο 50% της κατανάλωσης ενός κτιρίου, σύμφωνα με την εικόνα 2.3. Για τη βαθμολόγηση πραγματοποιείται γραμμικός μετασχηματισμός και κανονικοποίηση των τιμών.

2.2.3.3 Ανακύκλωση Καθημερινών Υλικών

Η ποσότητα των παραγόμενων αποβλήτων όλο και αυξάνεται εξαιτίας των αλλαγών στον τρόπο ζωής και της αυξανόμενης χρήσης αναλώσιμων υλικών και συσκευασιών. Η αποτελεσματική διαχείριση των αποβλήτων είναι πλέον μια παγκόσμια ανησυχία, που επηρεάζει την ποιότητα του εδάφους και των υδάτων, αλλά και την κλιματική αλλαγή.

Τα αστικά απόβλητα περιλαμβάνουν όλα τα απόβλητα που παράγονται από τα νοικοκυριά, τα γραφεία και τα δημόσια κτίρια, χωρίς να συνυπολογίζονται τα βιομηχανικά, επικίνδυνα και κατασκευαστικά απόβλητα. Από το 1980 έως και το 2005, στις χώρες του ΟΟΣΑ, έχει παρατηρηθεί αύξηση της παραγωγής αστικών αποβλήτων κατά 2.5% ετησίως, εκ των οποίων η παραγωγή αποβλήτων από τα νοικοκυριά αυξάνεται κατά περίπου 0.8%. Υποθέτοντας ότι δεν εισάγονται νέες πολιτικές, η συνολική παραγωγή αστικών αποβλήτων είναι πιθανό να αυξηθεί κατά 1,3 % ετησίως μέχρι το 2030 (ΟΟΣΑ, 2008).

Τα οικιακά απόβλητα αντιπροσωπεύουν συνήθως πάνω από το ήμισυ του συνόλου των δημοτικών αποβλήτων . Οι τρέχουσες πολιτικές για τα απόβλητα σε όλο τον ΟΟΣΑ αποσκοπούν στην εκτροπή όλο και μεγαλύτερων ποσοτήτων πολύτιμων υλικών από τους χώρους υγειονομικής ταφής προς ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση [30]. Ωστόσο , οι συνεχώς αυξανόμενες περιβαλλοντικές πιέσεις από τα ρεύματα αποβλήτων αναγκάζουν τις κυβερνήσεις να επανεκτιμήσουν τις πολιτικές τους για τη διαχείριση των αποβλήτων . Αυτό περιλαμβάνει την εφαρμογή περισσότερων πρωτοβουλιών , όπως προγράμματα διευρυμένης ευθύνης του παραγωγού και βελτιωμένα συστήματα συλλογής , για να ενθαρρύνουν τα νοικοκυριά και τις επιχειρήσεις να ανακυκλώνουν περισσότερα από τα απόβλητα που παράγουν .

Η ανακύκλωση είναι μία από τις σημαντικότερες προσεγγίσεις διαχείρισης αποβλήτων που πρέπει να εφαρμόζονται στα κτίρια. Η ανακύκλωση συμβάλλει στην εξοικονόμηση των περιορισμένων πόρων, καθώς και στη μείωση των επιπέδων ρύπανσης και των επιπτώσεων στα οικοσυστήματα της Γης, μειώνοντας την ποσότητα των αποβλήτων που απορρίπτονται στις χωματερές. Είναι προφανές ότι η εισαγωγή προγραμμάτων ανακύκλωσης, όπως η αντισταθμιστική ανακύκλωση, δίνει τη δυνατότητα στα άτομα να συμμετέχουν ενεργά με αποτέλεσμα τη μείωση των αποβλήτων. Εκτός από τη μείωση της ζήτησης πρώτων υλών και ενέργειας, η πρακτική αυτή μειώνει επίσης τη ρύπανση του αέρα, του νερού και του εδάφους, η οποία με τη σειρά της διατηρεί την υγεία του πληθυσμού και της άγριας ζωής. Όσον αφορά την οικονομική πτυχή, η ανακύκλωση δημιουργεί ευκαιρίες απασχόλησης σε διάφορες βιομηχανίες, συμπεριλαμβανομένης της συλλογής, της ανακύκλωσης και της πώλησης των ανακυκλωμένων υλικών, ενώ εξοικονομεί επίσης χρήματα για τις τοπικές αρχές μειώνοντας την ποσότητα των αποβλήτων που πρέπει να διατίθενται μέσω της υγειονομικής ταφής. Επίσης, η ανακύκλωση υποστηρίζει τη μετάβαση στην κυκλική οικονομία, όπου τα υλικά χρησιμοποιούνται ξανά και ξανά για να παράγουν σταθερή αξία. Σε κοινωνικό επίπεδο, η αντισταθμιστική ανακύκλωση ευαισθητοποιεί τους πολίτες σχετικά με την ανακύκλωση και τους παρακινεί να συμμετέχουν ενεργά και τους κάνει να αισθάνονται ότι είναι μαζί στην κοινωνία.

Παρόλο που το ποσοστό της ανακύκλωσης επηρεάζεται σημαντικά από τις συνήθειες και την περιβαλλοντική συνείδηση των κατοίκων, αναδεικνύει επίσης το κατά πόσο το κτίριο παρέχει την απαραίτητη υποδομή για την υποστήριξη τέτοιων πρακτικών. Η αποτελεσματική ανακύκλωση απαιτεί υποχρεωτικές εγκαταστάσεις, όπως καθορισμένους κάδους και κατάλληλα οργανωμένους χώρους για τη συλλογή και τη διαλογή των ανακυκλώσιμων υλικών. Σημαντική είναι επίσης η ύπαρξη κατάλληλης σήμανσης και προσβασιμότητας στους κάδους ανακύκλωσης. Ειδικά σε δημόσια κτίρια, η ύπαρξη και εύκολη πρόσβαση σε αυτές τις υποδομές διαδραματίζει καίριο ρόλο στο αν θα επιτευχθεί ένα καλό ποσοστό ανακύκλωσης ή όχι.

Αξιολόγηση κτιρίου βάσει της ανακύκλωσης καθημερινών υλικών:

Το κτίριο αξιολογείται βάσει του ποσοστού ανακύκλωσης σε σχέση με τον συνολικό όγκο ανακυκλώσιμων υλικών που θα μπορούσαν να ανακυκλωθούν. Για τη μέτρηση, προτείνεται να καταγράφεται ο όγκος των υλικών που διατίθενται για ανακύκλωση και να συγκρίνεται με τον συνολικό όγκο απορριμμάτων που παράγεται. Το ποσοστό αυτό μεταφράζεται άμεσα στην βαθμολογία του κτιρίου.

2.2.4 Προσβασιμότητα και συμπερίληψη

Η συμπερίληψη όλων των ομάδων ατόμων, ανεξάρτητα από την αναπηρία ή τη φυσική τους ικανότητα μετακίνησης, αποτελεί πολύ σημαντικό παράγοντα κατά την κατασκευή και λειτουργία ενός κτιρίου. Αυτό είναι ιδιαίτερος σημαντικός για τις ιστορικές δομές και κτίρια ιστορικής σημασίας που ως πολιτιστικοί χώροι που πρέπει να είναι ανοιχτοί για όλους. Η προσαρμογή των κτιρίων αυτών με βάση τις σημερινές ανάγκες απαιτεί λεπτό χειρισμό ώστε να εξασφαλιστεί η πλήρης προσβασιμότητας σε αυτά χωρίς όμως να υποβαθμιστεί η αρχιτεκτονική, η ατμόσφαιρα και η ιστορική φύση τους.

Ένα σημαντικό ποσοστό δημόσιων και οικιστικών κτιρίων σε όλο τον κόσμο δεν είναι ακόμη πλήρως προσβάσιμο στα άτομα με αναπηρία. Η έλλειψη ραμπών, ανελκυστήρων, φαρδιών θυρών και προσβάσιμων τουαλετών περιορίζει την ένταξη, επηρεάζοντας εκατομμύρια άτομα. Η διασφάλιση της συμμετοχικότητας των κτιρίων είναι κρίσιμη όχι μόνο για την προώθηση της ισότιμης πρόσβασης σε χώρους και υπηρεσίες, αλλά και για την προώθηση της ανεξαρτησίας και της συμμετοχής σε επαγγελματικές και ψυχαγωγικές δραστηριότητες. Η αναβάθμιση των κτιρίων ώστε να πληρούν τα σύγχρονα πρότυπα προσβασιμότητας υποστηρίζει τη γήρανση του πληθυσμού και βελτιώνει την ποιότητα ζωής για όλους, δημιουργώντας μια πιο δίκαιη κοινωνία.

Οι βελτιώσεις της προσβασιμότητας, συμπεριλαμβανομένης της παροχής ανελκυστήρων, ραμπών και όλων των άλλων τροποποιήσεων, καθιστούν τα κτίρια αυτά προσβάσιμα σε όλους τους ανθρώπους. Όλες αυτές οι προσαρμογές δεν βελτιώνουν μόνο τη λειτουργικότητα του κτιρίου αλλά αυξάνουν και τη διάρκεια ζωής του κτιρίου ώστε να μπορεί να φιλοξενήσει μεγαλύτερη ομάδα ανθρώπων στο μέλλον.

Ο κατάλληλος σχεδιασμός και ανακαίνιση βοηθά επίσης στην κοινωνική ένταξη, καθώς εξαλείφει τα εμπόδια που μπορεί να εμποδίζουν τα άτομα να έχουν πρόσβαση σε ορισμένες δραστηριότητες. Από την άποψη των ιστορικών κτιρίων, η προσβασιμότητα μπορεί επίσης να λειτουργήσει για την αναβάθμιση της δομής με τρόπο που να είναι συμπαθητικός, αλλά να ενσωματώνει νέες τεχνολογίες και σχεδιασμό που είναι συμβατός με τον ιστορικό ιστό βελτιώνοντας τη χρηστικότητα του κτιρίου. Ο σχεδιασμός ευκολότερα προσιτών κτιρίων μπορεί να κλιμακώσει το ενδιαφέρον για αυτά και αυξάνει το ποσοστό του πληθυσμού που μπορούν να τα χρησιμοποιήσουν και να διαμείνουν σε αυτά.

Επιλογή κριτηρίων προς αξιολόγηση:

Κατά την αξιολόγηση της προσβασιμότητας ενός κτιρίου, εξετάστηκε ένα ευρύ φάσμα κριτηρίων για να διασφαλιστεί μια διεξοδική αξιολόγηση. Τα κριτήρια αυτά περιελάμβαναν παράγοντες όπως το ύψος των σκαλοπατιών, τη διαθεσιμότητα πληροφοριών σχετικά με το κτίριο σε προσβάσιμες μορφές, τη παρουσία φωτεινών σηματοδοτών για τις διαβάσεις πεζών κοντά στο κτίριο, την ύπαρξη χειρολαβών σε σκάλες και ράμπες, την ύπαρξη ακουστικών ενδείξεων, την ύπαρξη απτικού πλακόστρωτου με σήμανση braille, τις εγκαταστάσεις εκκένωσης έκτακτης ανάγκης και πολλά άλλα. Από αυτόν τον εκτεταμένο κατάλογο, επιλέχθηκαν έξι βασικά κριτήρια για τον σημαντικό αντίκτυπό τους στην προσβασιμότητα: Ανελκυστήρας για κάθε όροφο, ράμπα ή είσοδος για άτομα με αναπηρία, μπάνιο για άτομα με αναπηρία, πλάτος πύλης μεγαλύτερο από 1m, δημόσιες συγκοινωνίες σε κοντινή απόσταση και χώρος στάθμευσης. Αυτά τα κριτήρια επιλέχθηκαν επειδή αντιμετωπίζουν τις πιο κρίσιμες πτυχές της προσβασιμότητας, εξασφαλίζοντας ότι το κτίριο μπορεί να εξυπηρετήσει ένα ευρύ φάσμα αναγκών και να παρέχει ασφαλή και άνετη πρόσβαση για όλους. Εστιάζοντας σε αυτά τα στοιχεία, η αξιολόγηση στοχεύει στην εξισορρόπηση της διατήρησης της ιστορικής αξίας με τις πρακτικές απαιτήσεις των σύγχρονων προτύπων προσβασιμότητας. Επιδιώκεται η δημιουργία χώρων

που ταιριάζουν σε όλους, ανεξάρτητα από την ηλικία, τον σεξουαλικό προσανατολισμό, το φύλο, τις συνθήκες υγείας ή τις αναπηρίες ή την εθνικότητα.

Με περισσότερη λεπτομέρεια τα κριτήρια προς αξιολόγηση που επιλέχθηκαν είναι:

1. Ανελκυστήρας για κάθε όροφο:

Δείχνει αν το κτίριο διαθέτει ανελκυστήρες που παρέχουν πρόσβαση σε διαφορετικούς ορόφους για άτομα με αναπηρία ή κινητικά προβλήματα. Η πρόσβαση με ανελκυστήρα είναι απαραίτητη για να διασφαλιστεί ότι όλοι οι χώροι του κτιρίου είναι προσβάσιμοι σε όλους.

2. Ράμπα ή είσοδος για άτομα με ειδικές ανάγκες

Δείχνει αν το κτίριο διαθέτει ράμπες για να διασφαλίζεται η προσβασιμότητα ατόμων που χρησιμοποιούν αναπηρικά αμαξίδια ή ατόμων με κινητικά προβλήματα. Η ύπαρξη κατάλληλων εισόδων και εξόδων είναι κρίσιμη για τη συμμόρφωση με τους κανονισμούς προσβασιμότητας, αλλά και για την εξασφάλιση ότι όλοι μπορούν να εισέλθουν ή να εξέλθουν από το κτίριο με ασφάλεια και ανεξαρτησία.

3. Τουαλέτες για άτομα με ειδικές ανάγκες

Δείχνει αν το κτίριο περιλαμβάνει τουαλέτες που έχουν σχεδιαστεί ώστε να είναι προσβάσιμες από άτομα με αναπηρία. Οι προσβάσιμες τουαλέτες διαθέτουν συνήθως μπάρες χειρισμού, φαρδύτερους πάγκους και άλλες διευκολύνσεις για την τήρηση των προτύπων προσβασιμότητας.

4. Πλάτος πύλης μεγαλύτερο από 1m

Δείχνει αν οι πόρτες του κτιρίου έχουν πλάτος μεγαλύτερο από 1 μέτρο, παρέχοντας επαρκή χώρο για αναπηρικά αμαξίδια, καροτσάκια και άλλα βοηθήματα μετακίνησης. Οι φαρδύτερες πύλες είναι απαραίτητες για την εξασφάλιση ομαλής και ασφαλούς πρόσβασης για όλους τους χρήστες.

5. Δημόσιες συγκοινωνίες σε κοντινή απόσταση

Δείχνει αν υπάρχει πρόσβαση σε δημόσια συγκοινωνία σε κοντινή απόσταση με τα πόδια (500 μέτρα) από το κτίριο. Η εγγύτητα σε επιλογές δημόσιων μεταφορών είναι ζωτικής σημασίας για τη βελτίωση της προσβασιμότητας και τη μείωση της εξάρτησης από τα προσωπικά οχήματα.

6. Χώρος στάθμευσης

Δείχνει αν το κτίριο παρέχει χώρους στάθμευσης, συμπεριλαμβανομένων καθορισμένων προσβάσιμων χώρων στάθμευσης.

Αξιολόγηση κτιρίου βάσει της προσβασιμότητας και συμπερίληψης:

Για την αξιολόγηση της προσβασιμότητας και συμπερίληψης ενός κτιρίου χρησιμοποιούνται απαραίτητα όλα τα παραπάνω κριτήρια ώστε να εξασφαλιστεί ότι καλύπτονται πλήρως οι ανάγκες διάφορων κοινωνικών ομάδων. Η διαφοροποίηση στον τρόπο βαθμολόγησης προκύπτει γιατί δεν θεωρείται θεμιτό να λαμβάνει υποκειμενικές αποφάσεις ο χρήστης για το ποια κριτήρια είναι αναγκαία για την προσβασιμότητα. Έτσι, όλα τα κριτήρια αντιμετωπίζονται ως εξίσου απαραίτητα για να διασφαλιστεί ότι δεν μπορεί να βαθμολογηθεί υψηλά ένα κτίριο, επιλέγοντας μόνο τα κριτήρια που αυτό πληροί.

Ο χρήστης επιλέγει για κάθε κριτήριο αν πληρούνται οι προϋποθέσεις και μαρκάρει τα αντίστοιχα κουτάκια. Τα κουτάκια αντιπροσωπεύουν την τιμή «αληθής» όταν είναι μαρκαρισμένα και υπονοούν την ικανοποίηση της αντίστοιχης προϋπόθεσης ενώ όταν δεν είναι μαρκαρισμένα υπονοούν πως η προϋπόθεση του κριτηρίου δεν ικανοποιείται και αντιπροσωπεύουν την τιμή «ψευδής». Τα κριτήρια είναι ισοβαρή και κάθε ένα αντιστοιχεί στο 16.67% ή στο ένα έκτο της συνολικής βαθμολογίας. Ένα κτίριο που πληροί όλες τις απαιτήσεις προσβασιμότητας βαθμολογείται ως εξαιρετικό (100%), υποδηλώνοντας ότι όχι μόνο συμμορφώνεται αλλά και υπερβαίνει τα θεμελιώδη πρότυπα και τις κατευθυντήριες γραμμές για την ένταξη, διασφαλίζοντας ότι όλα τα άτομα, ανεξάρτητα από τις φυσικές τους ικανότητες, μπορούν να έχουν πλήρη και ασφαλή πρόσβαση και να χρησιμοποιούν τις εγκαταστάσεις του κτιρίου.

Κεφάλαιο 3°. Μεθοδολογία αξιολόγησης

Για τη δημιουργία της μεθόδου αξιολόγησης των κτιρίων πολιτισμικής σημασίας εφαρμόστηκαν βασικές αρχές και μέθοδοι από τη θεωρία πολλαπλών χαρακτηριστικών χρησιμότητας (MAUT) και την πολυκριτήρια ανάλυση αποφάσεων (MCDA). Για τη στάθμιση επιλέχθηκε η μέθοδος άμεσης εκτίμησης, καθώς παρέχει έναν απλό και ευέλικτο τρόπο για τους χρήστες να προσαρμόζουν τη σημασία κάθε κριτηρίου ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του κτιρίου και τις προτιμήσεις τους. Σε αυτό το κεφάλαιο, παρουσιάζεται η βασική θεωρία πίσω από τη MAUT και τη μέθοδο άμεσης κατάταξης και ακολουθεί η επεξήγηση της διαδικασίας αξιολόγησης.

3.1 Πολυκριτήρια χρησιμότητα και μέθοδος άμεσης εκτίμησης

Η θεωρία πολυκριτήριας χρησιμότητας αποτελεί θεμελιώδες στοιχείο της πολυκριτήριας ανάλυσης από τα πρώτα της στάδια. Η θεωρία πολυκριτήριας χρησιμότητας αποτελεί επέκταση της κλασσικής θεωρίας χρησιμότητας και στοχεύει στην αναπαράσταση και μοντελοποίηση του συστήματος αξιών που ακολουθεί ο αποφασίζων [31]. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω μια συνάρτησης χρησιμότητας που συμβολίζεται συνήθως με $U(g)$ η οποία διαμορφώνεται από το σύνολο των κριτηρίων αξιολόγησης και εκφράζεται:

$$U(g) = U(g_1, g_2, \dots, g_n)$$

Όπου g είναι το διάνυσμα των κριτηρίων αξιολόγησης του προβλήματος.

Οι συναρτήσεις χρησιμότητας είναι συνήθως μη γραμμικές αύξουσες συναρτήσεις που ορίζονται στο πεδίο τιμών των αντίστοιχων κριτηρίων αξιολόγησης. Οι συναρτήσεις αυτές συμμορφώνονται στις ιδιότητες:

$$U(g_\mu) > U(g_\nu) \Leftrightarrow \mu > \nu$$

$$U(g_\mu) = U(g_\nu) \Leftrightarrow \mu = \nu$$

Σύμφωνα με τις ιδιότητες αυτές η τιμή της συνάρτησης χρησιμότητας λαμβάνει υψηλότερη (καλύτερη) τιμή αν και η τιμή του κριτηρίου είναι καλύτερη. Σε περίπτωση ίσων τιμών των κριτηρίων η χρησιμότητα προκύπτει η ίδια.

Η πιο συνηθισμένη μορφή συνάρτησης χρησιμότητας είναι η προσθετική [31]. Χρησιμοποιείται συχνά σε ερευνητικό αλλά και πρακτικό επίπεδο και έχει την μορφή:

$$U(g) = \sum_i^n p_i * u_i(g_i)$$

Όπου, $u_1, u_2, \dots, u_n$ είναι οι συναρτήσεις μερικών χρησιμοτήτων των κριτηρίων αξιολόγησης. Κάθε συνάρτηση μερικής χρησιμότητας $u_i(g_i)$ καθορίζει την αξία/χρησιμότητα των εναλλακτικών δραστηριοτήτων βάσει των επιδόσεων τους στο κριτήριο g_i . Οι σταθερές $p_1, p_2, \dots, p_n$ υποδηλώνουν τη σημαντικότητα (βάρος) των κριτηρίων αξιολόγησης, τέτοιες ώστε:

$$\sum_i^n p_i = 1$$

Τα στάδια επίλυσης ενός προβλήματος θεωρίας πολυκριτήριας χρησιμότητας [31] είναι:

1. Καθορισμός κριτηρίων αξιολόγησης:

Αρχικά πρέπει να καθοριστούν τα κριτήρια και χαρακτηριστικά των επιλογών πάνω στα οποία θα αξιολογηθούν. Το σύνολο των κριτηρίων αυτών οφείλει να είναι:

- Ολοκληρωμένο: Καλύπτει όλες τις σημαντικές πτυχές του προβλήματος.
- Λειτουργικό: Είναι χρήσιμο για τη διαδικασία λήψης αποφάσεων.
- Μονοτονικό: Οι βαθμολογίες που συνδέονται με τα επίπεδα των κριτηρίων (όχι απαραίτητα τα ίδια τα επίπεδα) πρέπει να παρουσιάζουν μονοτονία.
- Μη πλεονάζον: Η αφαίρεση οποιουδήποτε κριτηρίου θέτει σε κίνδυνο την πληρότητα, τη λειτουργικότητα ή τη μονοτονία του συνόλου.

2. Αξιολόγηση κάθε εναλλακτικής ξεχωριστά για κάθε κριτήριο:

Κάθε κριτήριο αξιολογείται και μετατρέπεται σε μια τιμή μιας συγκεκριμένης κλίμακας. Η βαθμολογία αυτή μεταφράζει την προτίμηση του αποφασίζοντα του πάνω στην τιμή του κριτηρίου.

3. Απόδοση σχετικών βαρών στα κριτήρια

Το βάρος ενός κριτηρίου αντιστοιχεί στην σημαντικότητα του. Υπάρχουν πολλές μέθοδοι απόδοσης βαρών στα κριτήρια βάσει των προτιμήσεων του αποφασίζοντα και των αναγκών του προβλήματος. Στα πλαίσια της διπλωματικής χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος άμεσης εκτίμησης (direct assessment) η οποία περιγράφεται στην επόμενη ενότητα.

4. Υπολογισμός της πολυκριτήριας χρησιμότητας

Η πολυκριτήρια χρησιμότητα υπολογίζεται τελικά μέσω του τύπου της προσθετικής συνάρτησης χρησιμότητας, όπως ορίστηκε προωτέρα. Οι τιμές u_i και p_i προκύπτουν από τα βήματα 2 και 3 αντίστοιχα, όπως περιγράφεται παραπάνω.

Μέθοδος άμεσης εκτίμησης

Η μέθοδος άμεσης εκτίμησης είναι μια απλή, διαισθητική και φιλική προς τον χρήστη προσέγγιση για την απόδοση βαρών στα κριτήρια. Περιλαμβάνει την απόδοση βαρύτητας σε κάθε κριτήριο με βάση την αντιληπτή σημασία του, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη το εύρος των πιθανών αποτελεσμάτων. Ο χρήστης επιλέγει άμεσα για κάθε κριτήριο μια βαθμολογία από μια ορισμένη κλίμακα. Στα κριτήρια υψηλής σημαντικότητας αποδίδονται υψηλές βαθμολογίες, ενώ τα κριτήρια με χαμηλή σημαντικότητα βαθμολογούνται χαμηλότερα στην κλίμακα. Για κάθε άξονα οι βαθμολογίες των κριτηρίων που επιλέχθηκαν προστίθενται προκειμένου να υπολογιστεί το άθροισμα των βαρυτήτων των κριτηρίων. Τα τελικά κανονικοποιημένα βάρη προκύπτουν από την διαίρεση κάθε βαθμολογίας κριτηρίου του κάθε άξονα με το αντίστοιχο άθροισμα των βαρών του άξονα. Τα κανονικοποιημένα βάρη έχουν σύνολο την μονάδα, όπως απαιτείται. Η διαδικασία αυτή διασφαλίζει ότι η βαρύτητα κάθε κριτηρίου είναι ανάλογη της εκτιμώμενης σημασίας του.

3.2 Πολυκριτήρια ανάλυση και βασικές μέθοδοι

Δεδομένου ότι η μέθοδος που χρησιμοποιείται στην παρούσα διατριβή βασίζεται στην πολυκριτήρια ανάλυση αποφάσεων (MCDA), είναι σκόπιμο να εξετάσουμε ορισμένες από τις μεθόδους και πρακτικές της MCDA. Η MCDA λειτουργεί ως ένα ισχυρό εργαλείο λήψης αποφάσεων που χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση πολλών αντικρουόμενων παραγόντων σε προβλήματα λήψης αποφάσεων. Στις επόμενες ενότητες, θα συζητηθούν ορισμένες από τις πιο δημοφιλείς τεχνικές MCDA, συμπεριλαμβανομένων των TOPSIS, VIKOR, PROMETHEE και ELECTRE, για να καταδειχθεί πώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί η καθεμία από αυτές στη διαδικασία λήψης αποφάσεων και ποια οφέλη και μειονεκτήματα συνδέονται με την καθεμία από αυτές.

3.2.1 Μέθοδος TOPSIS

Η μέθοδος πολυκριτήριας ανάλυσης Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) αναπτύχθηκε από τους Hwang και Yoon το 1981 [32] ως μία από τις εναλλακτικές λύσεις της οικογένειας μεθόδων ELECTRE. Βασίζεται στην παραδοχή ότι η καλύτερη εναλλακτική λύση πρέπει να φέρει τη μικρότερη γεωμετρική απόσταση από την θετική ιδεατή λύση και τη μεγαλύτερη γεωμετρική απόσταση από την αρνητική.

Η διαδικασία TOPSIS περιλαμβάνει την κανονικοποίηση του πίνακα αποφάσεων, τον υπολογισμό του σταθμισμένου πίνακα αποφάσεων και τον προσδιορισμό των θετικών και αρνητικών ιδανικών λύσεων. Στη συνέχεια, οι εναλλακτικές λύσεις συγκρίνονται και κατατάσσονται ανάλογα με τις αποστάσεις που έχουν από αυτές τις ιδανικές λύσεις[33].

Ένα από τα πλεονεκτήματα της TOPSIS είναι η απλή λογική του, η οποία εξισορροπεί μεταξύ ιδανικών και μη ιδανικών λύσεων. Είναι υπολογιστικά αποδοτικό και μπορεί να χειριστεί μεγάλο αριθμό κριτηρίων και εναλλακτικών λύσεων[33]. Αργότερα, η μέθοδος επεκτάθηκε σε Fuzzy TOPSIS, η οποία καθιστά δυνατή την αντιμετώπιση των ασαφών τύπων δεδομένων και της αβεβαιότητας (Chen, 2000). Η TOPSIS είναι εύκολη στην ερμηνεία και τον προγραμματισμό, αλλά ένα μειονέκτημα είναι ότι τα βάρη είναι ευαίσθητα στην κανονικοποίηση των δεδομένων εισόδου και στην ακρίβεια των βαρών.

3.2.2 Μέθοδος VIKOR

Η μέθοδος VIKOR, που εισήχθη από τον Opricovic το 1998[34], έχει σχεδιαστεί για τη λήψη αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια, ιδίως όταν πρέπει να αντιμετωπιστούν αντικρουόμενα κριτήρια. Βοηθάει στην κατάταξη και επιλογή εναλλακτικών λύσεων με τον προσδιορισμό μιας συμβιβαστικής λύσης με βάση την εγγύτητα κάθε επιλογής σε μια ιδανική λύση, η οποία μετριέται από την Lp-μετρική. Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει στους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων να προσαρμόζουν τη στρατηγική τους, εστιάζοντας είτε στη συνολική απόδοση ($p=1$) είτε στην ελαχιστοποίηση της δυσανεξίας σε κάθε κριτήριο ξεχωριστά ($p=\infty$).

Ο αλγόριθμος ξεκινά με την κατασκευή ενός πίνακα αποφάσεων, την αξιολόγηση των εναλλακτικών επιλογών με βάση διάφορα κριτήρια και την απόδοση βαρών που αντικατοπτρίζουν τη σημασία τους.

Προσδιορίζει την καλύτερη και τη χειρότερη απόδοση για κάθε κριτήριο, υπολογίζοντας τις τιμές των S_i (συνολική χρησιμότητα) και R_i (ατομική δυσαρέσκεια) για κάθε εναλλακτική λύση. Χρησιμοποιώντας αυτές τις τιμές, βρίσκεται μια συμβιβαστική λύση με τον υπολογισμό Q_i , μια τελική βαθμολογία που συνδυάζει τόσο τη χρησιμότητα όσο και τη δυσαρέσκεια[35].

Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα της VIKOR είναι η ικανότητά της να διευκολύνει τον συμβιβασμό όταν τα κριτήρια είναι αντικρουόμενα, καθιστώντας το κατάλληλο για περιπτώσεις όπου οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων πρέπει να εξισορροπήσουν πολλαπλούς στόχους[35]. Σε αντίθεση με τη TOPSIS, που εξετάζει τόσο τη θετική όσο και την αρνητική ιδανική λύση, η VIKOR δίνει έμφαση μόνο στη θετική ιδανική λύση. Αυτή η εστίαση στη μεγιστοποίηση του οφέλους καθιστά τη VIKOR πιο κατάλληλη για λιγότερο προσεκτικούς αποφασίζοντες, καθώς δεν δίνει προτεραιότητα στον κίνδυνο τόσο έντονα όσο άλλες μέθοδοι. Ωστόσο, αυτό μπορεί επίσης να θεωρηθεί ως μειονέκτημα, καθώς δεν αντιμετωπίζει τις αρνητικές ιδανικές λύσεις, οδηγώντας ενδεχομένως σε αποτελέσματα που αποφεύγουν λιγότερο τον κίνδυνο.

Παρόλα αυτά, η ικανότητα της VIKOR να χειρίζεται σύνθετα σενάρια λήψης αποφάσεων την έχει καταστήσει χρήσιμο εργαλείο, το οποίο συχνά συγκρίνεται με την TOPSIS, αν και οι διαφορετικές λειτουργίες κανονικοποίησης και συνάθροισης προσφέρουν μια ξεχωριστή προσέγγιση στην υποστήριξη αποφάσεων.

3.2.3 Μέθοδος PROMETHEE

Η PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations) είναι μια οικογένεια μεθόδων κατάταξης που προτάθηκε από τους Brans και Vincke το 1986[36] για τη λήψη αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια. Η μέθοδος συγκρίνει τις επιλογές με βάση τα πολλαπλά κριτήρια δημιουργώντας μια σχέση προτίμησης μεταξύ των δύο επιλογών κάθε φορά. Η PROMETHEE I δίνει μόνο μερική κατάταξη, ενώ η PROMETHEE II δίνει πλήρη κατάταξη των εναλλακτικών επιλογών.

Στο πρώτο στάδιο, προσδιορίζονται τα βάρη των κριτηρίων, τα οποία μπορεί να αποδίδονται από τον υπεύθυνο λήψης αποφάσεων, να είναι ίσα ή να καθορίζονται με μια συγκεκριμένη μέθοδο. Τα βάρη αυτά πρέπει να αθροίζουν στο 1. Στη συνέχεια, υπολογίζεται η συνάρτηση προτίμησης για κάθε ζεύγος εναλλακτικών λύσεων, η οποία αντιπροσωπεύει την προτίμηση του αποφασίζοντος για τη διαφορά στην απόδοση των εναλλακτικών λύσεων σε κάθε κριτήριο. Με βάση αυτές τις συναρτήσεις, προσδιορίζεται ο πολυκριτήριος δείκτης προτίμησης, ο οποίος ορίζει την προτίμηση ενός αντικειμένου έναντι ενός άλλου. Στο επόμενο βήμα, υπολογίζονται οι ροές προτίμησης, οι οποίες είναι η θετική ροή και η αρνητική ροή- η θετική ροή δείχνει πόσο καλύτερη είναι μια εναλλακτική λύση από τις άλλες εναλλακτικές λύσεις, ενώ η αρνητική ροή δείχνει πόσο λιγότερο προτιμητέα είναι μια εναλλακτική λύση από τις άλλες εναλλακτικές λύσεις. Η καθαρή ροή προκύπτει από την αφαίρεση της αρνητικής ροής από τη θετική ροή, δίνοντας έτσι μια συνολική βαθμολογία της ροής κάθε μιας από τις εναλλακτικές λύσεις. Τέλος, οι εναλλακτικές κατατάσσονται με βάση τις καθαρές ροές, ώστε να υπάρχει πλήρης αξιολόγηση και κατάταξη των εναλλακτικών λύσεων[37].

Ένα άλλο πλεονέκτημα της PROMETHEE είναι η ικανότητά της να χρησιμοποιεί κατώτατα όρια για την αδιαφορία (q), την προτίμηση (p) και για τις ενδιάμεσες τιμές (s), τα οποία είναι χρήσιμα κατά την αξιολόγηση αβεβαιοτήτων. Χρησιμοποιεί ψευδοκριτήρια για την αντιμετώπιση ανακριβών ή διφορούμενων πληροφοριών και παρουσιάζει διάφορες συναρτήσεις προτίμησης, όπως γραμμικές ή αυστηρές προτιμήσεις, γεγονός που το καθιστά πιο ευέλικτο σε διαφορετικά προβλήματα λήψης αποφάσεων. Η μέθοδος αυτή είναι πιο αποτελεσματική όσον αφορά την απλότητα των

αποτελεσμάτων που λαμβάνονται και είναι λιγότερο ευαίσθητη στις αλλαγές των δεδομένων εισόδου σε σύγκριση με άλλες μεθόδους όπως η ELECTRE[37].

3.2.4 Μέθοδος ELECTRE

Η ELECTRE (ELimination Et Choix Traduisant la REalité) αναπτύχθηκε αρχικά από τον Bernard Roy το 1968[38]. Το αρχικό πλαίσιο της ELECTRE, στην πορεία του χρόνου εξελίχθηκε στην μέθοδο ELECTRE I, ενώ η εξέλιξη συνεχίστηκε με την ανάπτυξη παραπάνω παραλλαγών όπως οι ELECTRE II, ELECTRE III, ELECTRE IV, ELECTRE IS και η ELECTRE TRI με εφαρμογές σε διαφορετικούς τομείς των αποφάσεων. Όπως και η μέθοδος PROMETHEE η ELECTRE ανήκει στην ευρύτερη κατηγορία των μεθόδων σχέσεων υπεροχής (outranking methods).

Την απλούστερη εκδοχή της οικογένειας αποτελεί η μέθοδος ELECTRE I. Στόχος της είναι η εύρεση ενός υποσυνόλου των συνολικών εναλλακτικών, K το οποίο υπερέχει των υπολοίπων. Η διαδικασία ξεκινά με την σχεδίαση του πίνακα απόφασης A , ο οποίος αποτελείται από εναλλακτικές, κριτήρια αξιολόγησης, βάρη και βέτο. Έπειτα καθορίζονται ο πίνακας συμφωνίας με βάση τα βάρη των κριτηρίων, και ο πίνακας ασυμφωνίας αν η διαφορά μεταξύ δυο κριτηρίων ξεπερνάει το αντίστοιχο βέτο. Τέλος χρησιμοποιώντας τους παραπάνω πίνακες κατασκευάζεται ο πίνακας και το γράφημα υπεροχής[39].

3.3 Μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε

Η προσέγγιση που χρησιμοποιήθηκε είναι παρόμοια με τη χρήση συναρτήσεων χρησιμότητας σε μεθόδους λήψης αποφάσεων. Η αξιολόγηση ενός κτιρίου χωρίζεται σε άξονες, όπως αυτοί έχουν οριστεί νωρίτερα με τα αντίστοιχα κριτήρια τους.

Η διαδικασία ξεκινά με τον καθορισμό των βαρών, όπου χρησιμοποιείται η μέθοδος άμεσης εκτίμησης. Μέσω της εφαρμογής, οι χρήστες αξιολογούν άμεσα τη σημασία κάθε άξονα και των σχετικών κριτηρίων επιλέγοντας μια από τις κατηγορίες irrelevant, minor, medium, important, and critical. Στις κατηγορίες αυτές αποδίδονται αριθμητικές τιμές που κυμαίνονται από 0 έως 4. Για τον προσδιορισμό της σχετικής σπουδαιότητας κάθε κριτηρίου ενός άξονα, υπολογίζεται πρώτα το άθροισμα των τιμών σπουδαιότητας που αποδίδονται σε όλα τα κριτήρια του συγκεκριμένου άξονα. Το τελικό κανονικοποιημένο βάρος των κριτηρίων προκύπτει διαιρώντας την αρχική τιμή του κριτηρίου με το άθροισμα των τιμών σπουδαιότητας. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται σε κάθε άξονα αλλά και με τον ίδιο ακριβώς τρόπο σε επίπεδο αξόνων. Παρακάτω παρουσιάζεται η κλίμακα σπουδαιότητας από την οποία καλείται να επιλέξει ο χρήστης:

Σπουδαιότητα	Περιγραφή
Irrelevant	Αυτό το κριτήριο δεν έχει καμία σημασία στη διαδικασία λήψης αποφάσεων και δεν επηρεάζει το αποτέλεσμα.
Minor	Το κριτήριο έχει κάποια συνάφεια αλλά μικρή επίδραση, δηλαδή συμβάλλει ελάχιστα στην απόφαση.
Medium	Το κριτήριο αυτό έχει μέτρια σημασία και επηρεάζει ισορροπημένα το τελικό αποτέλεσμα.
Important	Το κριτήριο είναι σημαντικό και επηρεάζει σημαντικά τη διαδικασία λήψης αποφάσεων.
Critical	Το κριτήριο αυτό είναι ουσιώδες και έχει τον μεγαλύτερο αντίκτυπο, καθορίζοντας συχνά τη συνολική επιτυχία της απόφασης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΗΤΩΝ

Η μέθοδος αυτή επιλέχθηκε για να προσφέρει ευελιξία στην αξιολόγηση, εξασφαλίζοντας ότι μπορεί να προσαρμοστεί στις μοναδικές ανάγκες και χαρακτηριστικά διάφορων κτιρίων. Για παράδειγμα, η αρχιτεκτονική παλαιών εκκλησιών καθιστά δύσκολη την αναβάθμιση του φωτισμού, καθώς δεν είναι εφικτό να προστεθούν νέα παράθυρα για βελτίωση της φυσικής φωτεινότητας ή να εγκατασταθούν ισχυρές λάμπες. Επιπλέον, ένας χρήστης που αξιολογεί τέτοιες δομές μπορεί να μην ενδιαφέρεται για τη διαχείριση και ανακύκλωση νερού ή γενικότερα για θέματα περιβάλλοντος και κυκλικότητας. Σε τέτοιες περιπτώσεις επιλέγει τον άξονα αυτόν και τα αντίστοιχα κριτήρια ως αδιάφορα ενώ αποδίδει την τιμή της μικρής σπουδαιότητας στο κριτήριο οπτικής άνεσης.

Ταυτόχρονα με την απόδοση βαρών υπολογίζεται η βαθμολογία του εκάστοτε κριτηρίου σύμφωνα με τις μεθόδους που αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο 2.

Ακολουθεί ο υπολογισμός της πολυκριτήριας χρησιμότητας για τους τρεις άξονες «Ενεργειακή απόδοση», «Ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος» και «Περιβάλλοντος και κυκλικότητας» μέσω του τύπου

$$Section\ Score(\mathbf{building}_i) = \sum_{k=1}^n p_{ik} * u_{ik}(g_{ik})$$

Section Score είναι η βαθμολογία που θα καταφέρει το κτίριο i σε κάποιον άξονα. Για κάθε ένα από τα n κριτήρια του άξονα υπολογίζεται το γινόμενο του κανονικοποιημένου βάρους ενός κριτηρίου, p_{ik} , με την βαθμολογία που πέτυχε το κτίριο στο αντίστοιχο κριτήριο. Καθώς οι βαθμολογίες κυμαίνονται από 0 έως 100 και τα βάρη είναι κανονικοποιημένα τότε η βαθμολογία που θα προκύψει είναι επίσης κανονικοποιημένη στην κλίμακα 0-100.

Εξαίρεση στον παραπάνω τύπο αποτελεί ο άξονας της «Προσβασιμότητας και συμπερίληψης» όπου η απόδοση βαρών στα κριτήρια δεν εξαρτάται από τον χρήστη και έχει υπολογισθεί με βάση την μέθοδο equal weighting. Για την αξιολόγηση της προσβασιμότητας και συμπερίληψης ενός κτιρίου χρησιμοποιούνται απαραίτητα όλα τα κριτήρια ώστε να εξασφαλιστεί ότι καλύπτονται πλήρως οι ανάγκες διάφορων κοινωνικών ομάδων. Κάθε κριτήριο που πληρείται συμβάλλει στην βαθμολογία με 16.67%. Έτσι η βαθμολογία του κτιρίου στον συγκεκριμένο άξονα προκύπτει άμεσα από τον άθροισμα των κριτηρίων-προϋποθέσεων που ικανοποιεί το κτίριο, πολλαπλασιασμένα με 16.67.

Τέλος με παρόμοια διαδικασία υπολογίζεται η συνολική βαθμολογία του κτιρίου. Τα βάρη του κάθε άξονα αποφασίζονται και κανονικοποιούνται σύμφωνα με την ίδια μέθοδο της άμεσης εκτίμησης. Η βαθμολογία που πέτυχε το κτίριο σε κάθε άξονα πολλαπλασιάζεται με το κανονικοποιημένο βάρος του. Αθροίζοντας τα παραπάνω γινόμενα προκύπτει η συνολική βαθμολογία του κτιρίου όπως περιγράφεται και από τον τύπο:

$$Total\ Score(\mathbf{building}_i) = \sum_{k=1}^4 p_{ik} * u_{ik}(g_{ik})$$

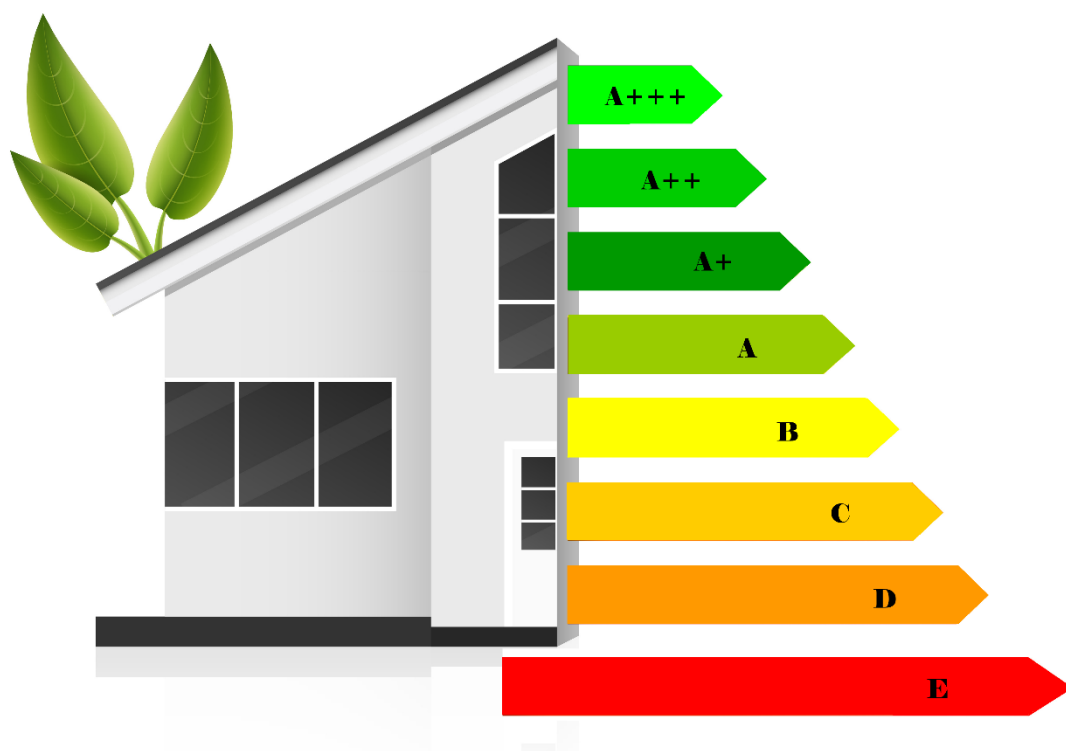
3.4 Ταξινόμηση κτιρίων

Μετά την ολοκλήρωση της αξιολόγησης των ιστορικών κτιρίων, τα αποτελέσματα ταξινομούνται σε κατηγορίες από A+++ έως E, προκειμένου να αναδείξουν την συνολική απόδοση του κάθε κτιρίου στους άξονες που αξιολογούνται. Οι κατηγορίες είναι οι εξής:

- **A+++**: Σκορ 95 και άνω – Υψηλότερη απόδοση
- **A++**: Σκορ από 85 έως 94 – Πολύ καλή απόδοση
- **A+**: Σκορ από 75 έως 84 – Καλή απόδοση
- **A**: Σκορ από 65 έως 74 – Αρκετά καλή απόδοση
- **B**: Σκορ από 55 έως 64 – Μέτρια απόδοση
- **Γ**: Σκορ από 45 έως 54 – Χαμηλή απόδοση
- **Δ**: Σκορ από 35 έως 44 – Πολύ χαμηλή απόδοση
- **E**: Σκορ κάτω από 35 – Ελάχιστη απόδοση

Τα όρια σχεδιάστηκαν λαμβάνοντας υπόψη τα καθιερωμένα πρότυπα και τα συνηθισμένα επίπεδα αξιολόγησης σε παρόμοιες μεθόδους αξιολόγησης, όπως αυτές που χρησιμοποιούνται για ενεργειακή απόδοση ή βιωσιμότητα κτιρίων. Τα υψηλότερα όρια, όπως το >95 για την κατηγορία A+++, επιλέχθηκαν για να αναγνωρίζουν κτίρια που επιδεικνύουν εξαιρετική απόδοση, ξεπερνώντας τα συνήθη υψηλά επίπεδα επιδόσεων. Τα όρια είναι σχεδιασμένα να παρέχουν μια σαφή διαφοροποίηση μεταξύ των επιπέδων απόδοσης. Για παράδειγμα, το όριο >95 για την κατηγορία A+++ αναγνωρίζει μόνο τα καλύτερα κτίρια, ενώ τα όρια για τις υπόλοιπες κατηγορίες (όπως το >85 για A++ και >75 για A+) είναι ελαφρώς πιο προσιτά, αλλά ακόμα απαιτητικά, διασφαλίζοντας ότι κάθε κατηγορία αντιπροσωπεύει ουσιαστικά και αναγνωρίσιμα επίπεδα απόδοσης.

Αυτή η ταξινόμηση στοχεύει στην ενθάρρυνση των χρηστών να βελτιώσουν την κατηγορία του κτιρίου τους. Με την κατάταξη σε αυτές τις κατηγορίες, οι χρήστες προτρέπονται να εντοπίσουν περιοχές προς βελτίωση και να εφαρμόσουν βέλτιστες πρακτικές για να πετύχουν καλύτερες βαθμολογίες. Η αναβάθμιση σε υψηλότερες κατηγορίες μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικά οφέλη, όπως η μείωση των λειτουργικών εξόδων και η βελτίωση της συνολικής βιωσιμότητας του κτιρίου.



ΕΙΚΟΝΑ 3.1 ΚΤΙΡΙΑΚΕΣ ΚΛΑΣΕΙΣ ΟΠΩΣ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΑΠΟ ΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

Κεφάλαιο 4°. Αρχιτεκτονική εφαρμογής και εργαλεία ανάπτυξης

Το κεφάλαιο αυτό επικεντρώνεται στην αρχιτεκτονική της εφαρμογής και τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξή της. Αναλύονται οι τεχνολογίες που επιλέχθηκαν για το back-end, το front-end και τη βάση δεδομένων, αναδεικνύοντας τη δομή και τις λειτουργικές δυνατότητες της εφαρμογής. Το σύνολο των χρησιμοποιούμενων γλωσσών προγραμματισμού, frameworks και τεχνολογιών περιγράφεται με στόχο την κατανόηση της ολοκληρωμένης αρχιτεκτονικής της εφαρμογής. Το κεφάλαιο προσφέρει μια αναλυτική εικόνα της υλοποίησης, εστιάζοντας στις επιλογές που διασφαλίζουν την αποδοτικότητα, την επεκτασιμότητα και την ευχρηστία της εφαρμογής.

4.1 Αρχιτεκτονική

Η επιλογή της αρχιτεκτονικής του συστήματος είναι ένα από τα πιο κρίσιμα στάδια της ανάπτυξης λογισμικού. Περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο θα σχεδιαστεί η εφαρμογή, τον τρόπο με τον οποίο θα γίνει ο χειρισμός των δεδομένων, τον τρόπο με τον οποίο θα διασυνδεθούν οι χρήστες και τον τρόπο με τον οποίο θα ικανοποιηθούν οι λειτουργικές προδιαγραφές της εφαρμογής. Συνεπώς, ο αριθμός των παραγόντων που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την επιλογή της αρχιτεκτονικής είναι ευρύς. Ο πρώτος από αυτούς είναι η λειτουργικότητα της εφαρμογής καθώς και τα επιμέρους χαρακτηριστικά της. Οι απαιτήσεις μπορεί να περιλαμβάνουν πτυχές όπως η ικανότητα αποτελεσματικής διαχείρισης δεδομένων, η παροχή δυνατότητας ενοποίησης δεδομένων μεταξύ συστημάτων, η εργασία με υψηλά φορτία ή η προσαρμογή σε μελλοντική ανάπτυξη. Ωστόσο, πρέπει επίσης να λαμβάνονται υπόψη και άλλα χαρακτηριστικά, όπως η απόδοση, η ασφάλεια, η ευελιξία, η συντηρησιμότητα και η διαθεσιμότητα. Για παράδειγμα, εάν η εφαρμογή απαιτεί υψηλές επιδόσεις, τότε μπορεί να απαιτείται η αρχιτεκτονική που είναι ικανή να υποστηρίξει παράλληλη επεξεργασία ή κατανεμημένα συστήματα. Η επιλογή πρέπει επίσης να λαμβάνει υπόψη τους περιορισμούς και τις δυνατότητες που περιλαμβάνουν: τον οικονομικό προϋπολογισμό, το χρόνο ανάπτυξης και τις δεξιότητες της ομάδας ανάπτυξης. Η φάση αυτή περιλαμβάνει σημαντικές αποφάσεις που καθορίζουν την απόδοση της εφαρμογής και τις δυνατότητες για τη μελλοντική της ανάπτυξη.

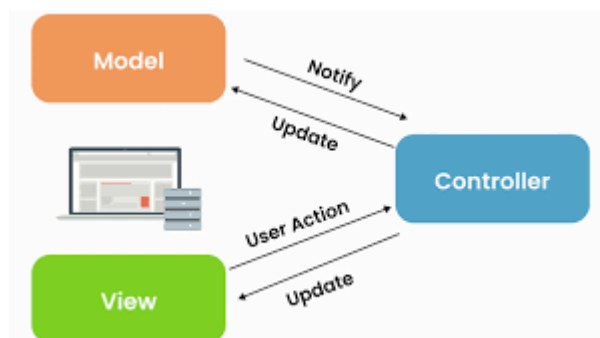
Σε απλές έως μέτριας πολυπλοκότητας εφαρμογές όπου οι πόροι είναι περιορισμένοι η καλύτερη αρχιτεκτονική είναι η αρχιτεκτονική MVC (Model-View-Controller). Αυτή η αρχιτεκτονική είναι αρκετά εύκολη στην υλοποίηση ενώ ο διαχωρισμός μεταξύ model, view και controller καθιστά τον κώδικα αρκετά διαχειρίσιμο. Στα πλαίσια της ανάπτυξης της εφαρμογής CH-BEE επιλέχθηκε η παραπάνω αρχιτεκτονική λόγω της ευκολίας στον σχεδιασμό και την διαχείριση. Έτσι η εφαρμογή μπορεί να χωριστεί σε τρία μέρη:

Το μοντέλο (model): Το μοντέλο περιέχει τα κύρια δεδομένα και την επιχειρησιακή λογική της εφαρμογής. Χρησιμοποιείται για την αποθήκευση, τον χειρισμό και την ανάκτηση δεδομένων και για την εκτέλεση των συναρτήσεων και των μεθόδων που απαιτούνται. Είναι πλήρως αποσυνδεδεμένο από τον τρόπο παρουσίασης των δεδομένων και δεν αλληλεπιδρά άμεσα με τον χρήστη.

Την προβολή (view): Η προβολή χειρίζεται το επίπεδο παρουσίασης, εμφανίζοντας τα δεδομένα στους χρήστες σε μορφή κατανοητή και φιλική προς το χρήστη. Ασχολείται αποκλειστικά με τον

τρόπο οπτικής αναπαράστασης των πληροφοριών, χωρίς να περιλαμβάνει καμία λογική. Η προβολή βασίζεται στο μοντέλο για την παροχή των απαραίτητων δεδομένων και επικεντρώνεται στην αποτελεσματική απόδοση αυτών των δεδομένων στον χρήστη.

Τον ελεγκτή (controller): Ο ελεγκτής ενεργεί ως ενδιάμεσος μεταξύ του μοντέλου και της προβολής. Διαχειρίζεται τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ αυτών των δύο συστατικών, ανταποκρινόμενος σε ενέργειες του χρήστη, όπως κλικ κουμπιών ή υποβολές φόρμας. Ο ελεγκτής ενημερώνει το μοντέλο ή την προβολή ανάλογα με τις ανάγκες, εκτελώντας την κατάλληλη λογική για να διασφαλίσει ότι η εφαρμογή λειτουργεί όπως προβλέπεται με βάση την είσοδο του χρήστη.



ΕΙΚΟΝΑ 4.1 Η ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ MVC

4.2 Χρησιμοποιούμενη υποδομή λογισμικού

Μια άλλη σημαντική απόφαση για την ανάπτυξη εφαρμογής είναι οι γλώσσες και τα εργαλεία που θα χρησιμοποιηθούν. Η επιλογή γίνεται με βάση διάφορα κριτήρια όπως την λειτουργικότητα της, τις δυνατότητες που προσφέρει, την λογική της και την εξοικείωση του προγραμματιστή με αυτήν.

Στα πλαίσια της ανάπτυξης της εφαρμογής CH-BEE για την επιλογή γλωσσών, εργαλείων και πλαισίων ανάπτυξης (framework) ή υλοποίηση της εφαρμογής χωρίστηκε σε δύο κύριους άξονες. Ο πρώτος άξονας είναι το πίσω μέρος (back-end) στο οποίο υλοποιείται κατά κύριο λόγο η επιχειρησιακή λογική της εφαρμογής και αποτελεί το κυριότερο μέρος του μοντέλου με βάση την αρχιτεκτονική MVC. Ο δεύτερος άξονας είναι το μπροστά μέρος (front-end) που αναφέρεται κυρίως στην οργάνωση και προβολή των δεδομένων και των σχεδιασμό των σελίδων με τις οποίες αλληλοεπιδρά ο χρήστης και το UI, και αποτελεί το κυριότερο μέρος της προβολής με βάση την αρχιτεκτονική MVC.

Το τελευταίο βήμα στην επιλογή και την οργάνωση του έργου ήταν η δημιουργία της βάσης δεδομένων, η οποία αποτελεί τη θεμελιώδη υποδομή για την αποθήκευση και διαχείριση των δεδομένων της εφαρμογής.

4.2.1 Back-end

4.2.1.1 Γλώσσα προγραμματισμού Java

Για την ανάπτυξη του back-end επιλέχθηκε η γλώσσα Java. Είναι μια υψηλού επιπέδου, αντικειμενοστραφής γλώσσα προγραμματισμού που κυκλοφόρησε από τη Sun Microsystems το 1995. Η Java χρησιμοποιείται ευρέως σε ανάπτυξη λογισμικού και εφαρμογών λόγω της ευρωστίας, της επεκτασιμότητας και της συντηρησιμότητάς της. Επιλέχθηκε χάρη στο πλούσιο σύνολο API της και την υποστήριξη της από διάφορα πλαίσια, όπως το Spring Boot και το Hibernate, καθώς και την ευκολία της στην χρήση και λογική.

4.2.1.2 To Spring Boot framework

Το Spring Boot είναι ένα framework στο ευρύτερο οικοσύστημα της Spring που αποσκοπεί στην απλοποίηση τη διαδικασία δημιουργίας έτοιμων για παραγωγή εφαρμογών. Αναπτύχθηκε από την Pivotal Software και έχει σχεδιαστεί για να βελτιώσει την ανάπτυξη νέων εφαρμογών Spring, ελαχιστοποιώντας την ανάγκη για boilerplate ρυθμίσεις και επιτρέποντας ευκολότερη ανάπτυξη.

Μέσω του Spring Boot επιτεύχθηκε ταχύτερη ανάπτυξη της εφαρμογής χάρη στις διάφορες δυνατότητες του. Το Spring Boot μπορεί να διαμορφώσει με αυτόματο τρόπο τις ρυθμίσεις της εφαρμογής με βάση τις εξαρτήσεις που υπήρχαν στο έργο. Έτσι μειώθηκε η ανάγκη για χειροκίνητη διαμόρφωση ενώ δόθηκε βάση στην δόμηση και υλοποίηση της επιχειρησιακής λογικής. Επιπλέον το Spring Boot ενσωματώνει στις εφαρμογές ένα διακομιστή ιστού όπως ο Tomcat ή ο Jetty. Έτσι η εφαρμογή είναι αυτοτελής και μπορεί να εκτελεστεί ως αυτόνομη εφαρμογή Java χωρίς την ανάγκη εξωτερικού διακομιστή ιστού.

Η έμφαση που δίνει το Spring Boot στην απλότητα και τη σύμβαση έναντι της διαμόρφωσης έχει καταστήσει το Spring Boot μια δημοφιλή επιλογή για την ανάπτυξη σύγχρονων, κλιμακούμενων εφαρμογών ιστού.

4.2.1.3 To ORM Hibernate framework

Ένα ακόμα πλαίσιο ανάπτυξης που χρησιμοποιήθηκε για την υλοποίηση της επιχειρησιακής λογικής και του back-end είναι το Hibernate. Αποτελεί ένα πλαίσιο αντικειμενοσχεσιακής απεικόνισης (ORM) για Java, το οποίο αναπτύχθηκε από την Red Hat.

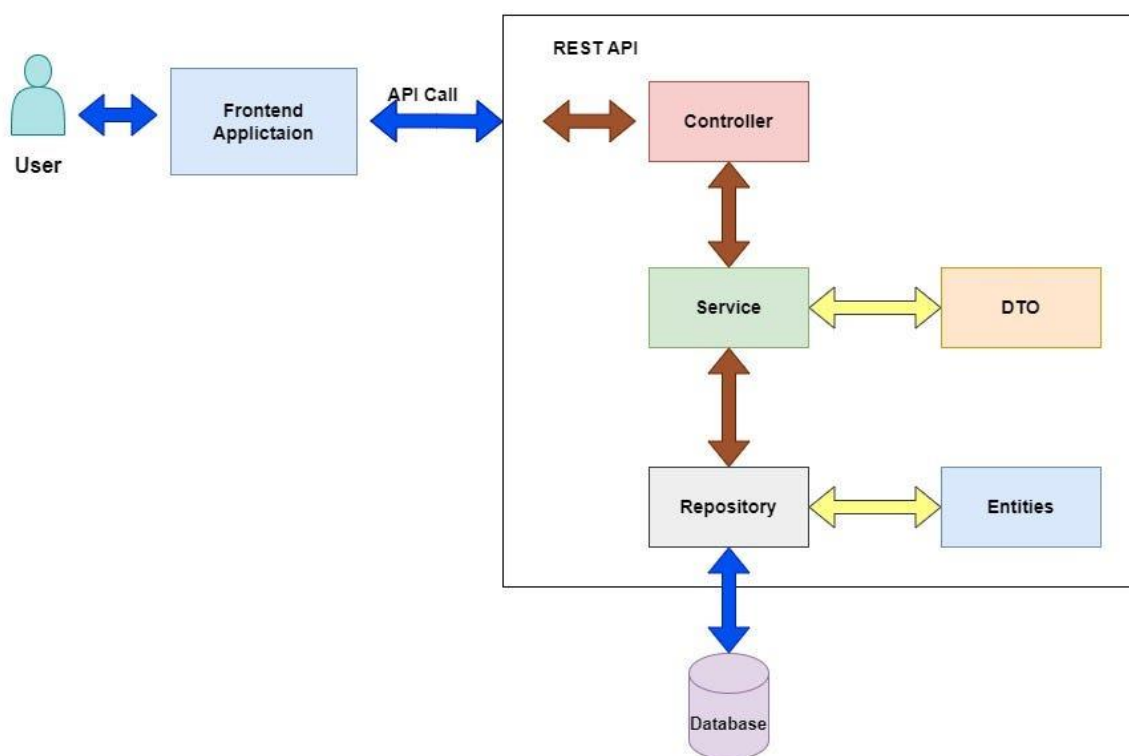
Το Hibernate απλοποιεί την αλληλεπίδραση της εφαρμογής με την σχεσιακή βάση δεδομένων. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της αντιστοίχισης των κλάσεων Java σε πίνακες της βάσης δεδομένων, επιτρέποντας την εκτέλεση λειτουργιών CRUD (Create, Read, Update, Delete) σε αντικείμενα Java. Αυτή η χαρτογράφηση μειώνει την ανάγκη για επαναλαμβανόμενο κώδικα SQL και βοηθά στη διατήρηση ενός συνεπούς μοντέλου δεδομένων. Επιπλέον, το Hibernate περιλαμβάνει ενσωματωμένους μηχανισμούς caching που βελτιώνουν την απόδοση μειώνοντας τον αριθμό των ερωτημάτων στη βάση δεδομένων. Υποστηρίζει τόσο την προσωρινή αποθήκευση πρώτου επιπέδου (σύνοδος) όσο και την προσωρινή αποθήκευση δεύτερου επιπέδου (εργοστάσιο συνόδου). Τέλος, το Hibernate ενσωματώνεται με το Java Transaction API (JTA) για να παρέχει ισχυρές δυνατότητες

διαχείρισης συναλλαγών, διασφαλίζοντας την ακεραιότητα και τη συνέπεια των δεδομένων σε πολλαπλές λειτουργίες.

4.2.1.4 Σχεδιασμός και υλοποίηση Backend

Για τη δημιουργία και τη συγγραφή του back-end κώδικα χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο Visual Studio Code (VSCode). Ο κώδικας αναπτύχθηκε ακολουθώντας την κατάλληλη αρχιτεκτονική για μια εφαρμογή Spring Boot REST.

Οι ελεγκτές (controllers) χειρίζονται τις κλήσεις API από το front-end και δρομολογούν τις απαραίτητες διεργασίες καλώντας τις κατάλληλες υπηρεσίες (services). Η επιχειρησιακή λογική ενσωματώνεται σε αυτές τις υπηρεσίες, οι οποίες χρησιμοποιούν αντικείμενα μεταφοράς δεδομένων (Data Transfer Objects - DTOs) για τη διαχείριση και τη μεταφορά δεδομένων. Όταν χρειάζεται, οι υπηρεσίες αλληλεπιδρούν με τα Repositories, τα οποία λειτουργούν ως ενδιάμεσοι μεταξύ των οντοτήτων - αντικειμένων της Java που αντιστοιχίζονται σε πίνακες της βάσης δεδομένων - και της ίδιας της βάσης δεδομένων. Τα Repositories είναι υπεύθυνα για τη διαμόρφωση και την ενημέρωση της βάσης δεδομένων.



ΕΙΚΟΝΑ 4.2 Η ΔΟΜΗ ΤΟΥ BACKEND

4.2.2 Front-end

Για την υλοποίηση του front-end αποφασίστηκε η χρήση της ευρέως διαδεδομένης γλώσσας JavaScript (JS) και μάλιστα η επέκταση της JSX (JavaScript XML) που επιτρέπει την χρήση κώδικα όμοιου με HTML εντός της JavaScript. Αυτές σε συνδυασμό με την γλώσσα CSS (Cascading Style Sheets) χρησιμοποιούνται πολύ συχνά για την δημιουργία ενός περιβάλλοντος προβολής φιλικού προς το χρήστη.

4.2.2.1 Γλώσσα προγραμματισμού JavaScript

Η JavaScript (JS) είναι μια υψηλού επιπέδου, διερμηνευμένη γλώσσα προγραμματισμού που είναι απαραίτητη για τη δημιουργία δυναμικών και διαδραστικών εφαρμογών ιστού. Εκτελείται στο πρόγραμμα περιήγησης, επιτρέποντας στους προγραμματιστές να χειρίζονται το DOM (Document Object Model), να χειρίζονται συμβάντα και να εκτελούν λογική από την πλευρά του πελάτη.

Η JavaScript επιτρέπει την αλληλεπίδραση και την τροποποίηση της HTML και της CSS μιας ιστοσελίδας σε πραγματικό χρόνο. Αυτό επιτρέπει δυναμικές ενημερώσεις του περιεχομένου, της δομής και των στυλ με βάση τις αλληλεπιδράσεις του χρήστη ή άλλα συμβάντα. Για τον χειρισμό των συμβάντων μέσω αλληλεπιδράσεων του χρήστη η JavaScript παρέχει πολλαπλούς μηχανισμούς όπως κλικ, υποβολή φόρμας και εισόδους πληκτρολογίου. Διάφοροι χειριστές (handlers) μπορούν να προσαρτηθούν σε στοιχεία για την εκτέλεση λειτουργιών ως απόκριση σε συγκεκριμένα συμβάντα.

Για την επαφή με το πίσω μέρος χρησιμοποιήθηκε η βιβλιοθήκη Axios μέσω αιτήσεων HTTP. Αυτό έγινε εφικτό χάρη στην δυνατότητα της JavaScript να αλληλεπιδρά με εξωτερικά API και βιβλιοθήκες για την επέκταση της λειτουργικότητας. Οι κλήσεις και τα αιτήματα προς το πίσω μέρος έγιναν με ασύγχρονο τρόπο για αύξηση της αποδοτικότητας. Η JavaScript υποστηρίζει τον ασύγχρονο προγραμματισμό μέσω χαρακτηριστικών όπως οι Promises και το async/await, τα οποία είναι απαραίτητα για το χειρισμό λειτουργιών όπως η άντληση δεδομένων και άλλες εργασίες που πραγματοποιούνται ταυτόχρονα.

4.2.2.2 JSX (JavaScript XML)

Το JSX (JavaScript XML) είναι μια επέκταση σύνταξης για τη JavaScript που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή διεπαφών χρήστη. Το JSX επέτρεψε τη συγγραφή κώδικα που μοιάζει με HTML μέσα στη JavaScript, διευκολύνοντας τη δημιουργία και τη διαχείριση στοιχείων UI.

4.2.2.3 HTML (HyperText Markup Language)

Η HyperText Markup Language (HTML) είναι η τυποποιημένη γλώσσα σήμανσης που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία και τη διάρθρωση του περιεχομένου στο διαδίκτυο. Η HTML παρέχει τα θεμέλια για τα έγγραφα ιστού και χρησιμοποιείται για τον καθορισμό της διάταξης, του περιεχομένου και της δομής μιας ιστοσελίδας. Αποτελείται από διάφορα στοιχεία (elements) που αντιπροσωπεύονται από ετικέτες (tags), τα οποία μπορεί να περιλαμβάνουν κείμενο, εικόνες, συνδέσμους, φόρμες και άλλα πολυμέσα. Τα στοιχεία χρησιμοποιούνται για τον εγκλεισμό, την

εμφώλευση και το τύλιγμα του περιεχομένου προκειμένου αυτό να εμφανίζεται και να λειτουργεί με τον ορισμένο τρόπο.

4.2.2.4 CSS (Cascading Style Sheets)

Τα Cascading Style Sheets (CSS) είναι μια γλώσσα που χρησιμοποιήθηκε για την περιγραφή της εμφάνισης και του οπτικού στυλ των εγγράφων HTML. Η CSS επιτρέπει τον διαχωρισμό του περιεχομένου από το σχεδιασμό, δίνοντας μεγαλύτερη ευελιξία και έλεγχο στην εμφάνιση των ιστοσελίδων.

Τα πιο βασικά χαρακτηριστικά της CSS που χρησιμοποιήθηκαν για την δημιουργία της εφαρμογής ήταν οι επιλογείς και οι ιδιότητες των στοιχείων, το μοντέλο πλαισίου, ο αποκριτικός σχεδιασμός και το σύστημα διάταξης flexbox.

Επιλογείς και ιδιότητες: Η CSS χρησιμοποιεί επιλογείς για τη στόχευση στοιχείων HTML και την εφαρμογή στυλ σε αυτά. Ιδιότητες όπως το χρώμα, το μέγεθος γραμματοσειράς, το περιθώριο και το padding ελέγχουν διάφορες πτυχές της εμφάνισης ενός στοιχείου.

Μοντέλο πλαισίου: Το μοντέλο πλαισίου CSS περιγράφει τα ορθογώνια πλαίσια που δημιουργούνται για τα στοιχεία σε μια ιστοσελίδα, συμπεριλαμβανομένων των περιθωρίων, των περιθωρίων, της επένδυσης και της περιοχής περιεχομένου. Η κατανόηση του μοντέλου πλαισίου είναι ζωτικής σημασίας για το σχεδιασμό διάταξης και διαστήματος.

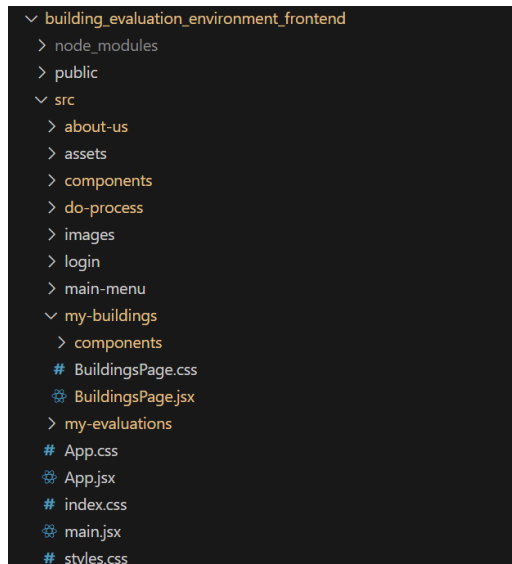
Αποκριτικός σχεδιασμός: Η CSS υποστηρίζει τον αποκριτικό σχεδιασμό ιστού μέσω των ερωτημάτων πολυμέσων, τα οποία επιτρέπουν στα στυλ να προσαρμόζονται με βάση τα χαρακτηριστικά της συσκευής, όπως το μέγεθος και ο προσανατολισμός της οθόνης. Αυτό διασφαλίζει ότι οι εφαρμογές ιστού παρέχουν μια συνεπή εμπειρία χρήστη σε διαφορετικές συσκευές.

Flexbox και διατάξεις πλέγματος: Η CSS παρέχει ισχυρά συστήματα διάταξης, όπως το Flexbox και το CSS Grid, τα οποία απλοποιούν τη δημιουργία σύνθετων και ευέλικτων διατάξεων. Το Flexbox είναι ιδανικό για μονοδιάστατες διατάξεις, ενώ το Grid υπερέρχει σε δισδιάστατες διατάξεις.

Η CSS διαδραμάτισε καθοριστικό ρόλο στην εμφάνιση και την αισθητική της εφαρμογής Building Evaluation Environment, επιτρέποντας το διαχωρισμό μεταξύ δομής (HTML) και παρουσίασης (CSS) κατά την ανάπτυξη της εφαρμογής.

4.2.2.5 Σχεδιασμός και υλοποίηση front-end

Για τη δημιουργία και συγγραφή του front-end κώδικα χρησιμοποιήθηκε επίσης το εργαλείο Visual Studio Code (VSCode). Η δομή και η διαχείριση του κώδικα παρουσιάζονται στην εικόνα 4.3. Κάθε σελίδα της εφαρμογής αντιστοιχεί σε έναν φάκελο που περιλαμβάνει τον JavaScript κώδικα, τον CSS κώδικα, καθώς και όλα τα δομικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν. Ακολουθώντας τις αρχές του SOLID, κάθε δομικό στοιχείο έχει μόνο μία ευθύνη, ενώ η σελίδα αναλαμβάνει να συνθέσει αυτά τα στοιχεία σε ένα ενιαίο σύνολο.



ΕΙΚΟΝΑ 4.3 Η ΔΟΜΗ ΤΟΥ FRONT-END

4.2.3 Βάση και διαχείριση δεδομένων

Η εφαρμογή χειρίζεται σχετικά μικρό όγκο δεδομένων με μικρή αλληλεπίδραση μεταξύ τους, γεγονός που προσφέρει πολλές επιλογές για την επιλογή της βάσης δεδομένων που θα χρησιμοποιηθεί. Λόγω προϋπάρχουσας εξοικείωσης και της συμβατότητας της γλώσσας με τα πλαίσια Hibernate και Spring Boot και την γλώσσα Java, αποφασίστηκε η χρήση PostgreSQL για την δημιουργία και διαχείριση της βάσης δεδομένων. Η PostgreSQL είναι ένα ισχυρό, ανοικτού κώδικα σύστημα αντικειμενο-σχεσιακών βάσεων δεδομένων που χρησιμοποιεί και επεκτείνει τη γλώσσα SQL σε συνδυασμό με πολλά χαρακτηριστικά που αποθηκεύουν και κλιμακώνουν με ασφάλεια τους πιο περίπλοκους φόρτους εργασίας δεδομένων.

Στην εικόνα 4.3 παρουσιάζεται το διάγραμμα σχέσης οντοτήτων όπως αυτό σχεδιάστηκε και χρησιμοποιήθηκε στην εφαρμογή για την αποθήκευση και επεξεργασία των δεδομένων. Η βάση αποτελείται από έξι πίνακες οι οποίοι μέσω του Hibernate αντιστοιχίζονται σε έξι αντίστοιχες οντότητες (Entities) Java.

Στον πίνακα “Users” αποθηκεύονται οι πληροφορίες που απαιτεί η εφαρμογή για τους χρήστες της. Κατά την εγγραφή του χρήστη μέσω της εφαρμογής αποθηκεύεται η διεύθυνση ηλεκτρονικού ταχυδρομείου του, το όνομα χρήστη που προτιμάει και ο κωδικός του. Σε περίπτωση που ο χρήστης συνδεθεί στην εφαρμογή μέσω Google τότε δεν αποθηκεύεται κάποιος κωδικός, παρά μόνο η διεύθυνση ηλεκτρονικού ταχυδρομείου του και το όνομα χρήστη με βάση τα στοιχεία που έχουν εισαχθεί στην Google. Η μεταβλητή Google login σε αυτή την περίπτωση θα είναι αληθής και σημειώνει πως η συγκεκριμένη διεύθυνση email έχει συνδεθεί μόνο μέσω της Google και άρα ο χρήστης δεν μπορεί να συνδεθεί μέσω της εφαρμογής εκτός αν κάνει εγγραφή.

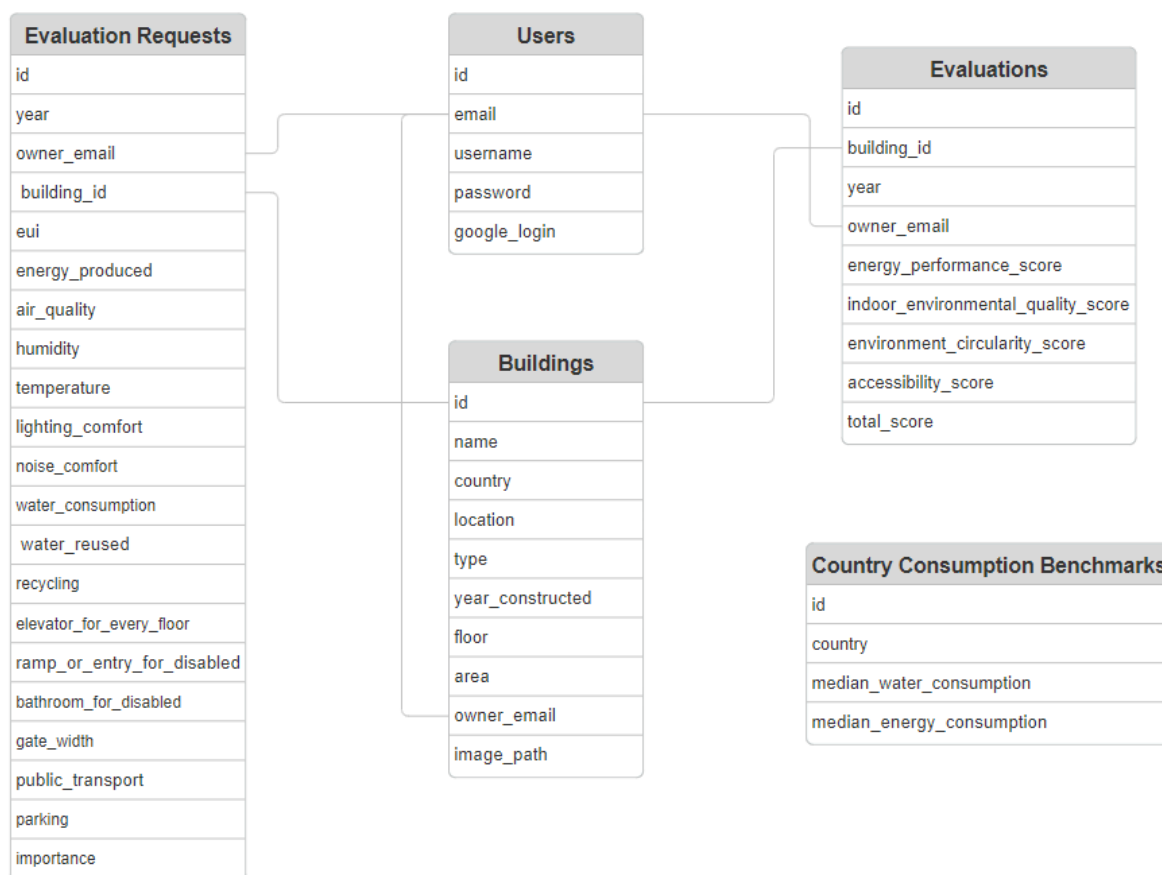
Στον πίνακα “Buildings” αποθηκεύονται οι πληροφορίες που απαιτεί η εφαρμογή για τα κτίρια των χρηστών. Για κάθε κτίριο αποθηκεύεται το όνομα του, η χώρα στην οποία βρίσκεται, η διεύθυνσή του, ο τύπος του κτιρίου, το έτος κατασκευής, ο όροφος και η επιφάνεια του κτιρίου. Επιπλέον η ηλεκτρονική διεύθυνση του ιδιοκτήτη χρησιμοποιείται σαν κλειδί για την αντιστοίχιση του κάθε

κτιρίου με έναν χρήστη. Η μεταβλητή `image_path` υποδεικνύει την τοποθεσία στη οποία έχει αποθηκευτεί η εικόνα του κτιρίου, αν αυτή υπάρχει.

Ο πίνακας “Country Consumption Benchmarks” είναι σταθερός και έχει αποθηκεύσει πληροφορίες, απαραίτητες για τις αξιολογήσεις μερικών κριτηρίων. Μέσω της μεταβλητής “`median_water_consumption`” γίνεται η εύρεση της μέσης κατανάλωσης νερού ανά κάτοικο σε κάθε χώρα που είναι απαραίτητη για την αξιολόγηση του κριτηρίου «Κατανάλωση Νερού» στον άξονα «Περιβάλλον και κυκλικότητα». Μέσω της μεταβλητής “`median_energy_consumption`” γίνεται η εύρεση της μέσης κατανάλωσης ενέργειας ανά τετραγωνικό μέτρο σε κάθε χώρα που είναι απαραίτητη για την αξιολόγηση του κριτηρίου «EUI» στον άξονα «Ενεργειακή απόδοση».

Ο πίνακας “Evaluations” περιέχει τις τελικές πληροφορίες και βαθμολογίες της αξιολόγησης ενός κτιρίου. Η μεταβλητή “`building_id`” λειτουργεί σαν κλειδί για αντιστοίχιση της αξιολόγησης με το κατάλληλο κτίριο ενώ η μεταβλητή “`owner_email`” δίνει την αξιολόγηση με τον ιδιοκτήτη του κτιρίου. Για κάθε αξιολόγηση αποθηκεύεται το τελικό σκορ του κτιρίου για την χρονιά αξιολόγησης αλλά και οι επί μέρους βαθμολογίες σε κάθε άξονα.

Τέλος ο πίνακας Evaluations Requests αποθηκεύει όλες τις πληροφορίες και τιμές που εισήγαγε ο χρήστης στην φόρμα αξιολόγησης μιας εφαρμογής σε περίπτωση που θέλει να επιστρέψει στην ίδια χρονιά και να την επεξεργαστεί. Η μεταβλητή Importance περιέχει σε κωδικοποιημένο κείμενο τις σπουδαιότητες για κάθε κριτήριο και άξονα σε τέτοια μορφή ώστε να είναι εύκολη η μετατροπή του σε αντικείμενο JSON για χρήση. Οι μεταβλητές “`building_id`” και “`owner_email`” λειτουργούν με παρόμοιο τρόπο με τον πίνακα “Evaluations”.



ΕΙΚΟΝΑ 4.4 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΣΧΕΣΗΣ ΟΝΤΟΤΗΤΩΝ

Το εργαλείο pgAdmin

Για τη δημιουργία, διαχείριση και έλεγχο της βάσης δεδομένων, χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο pgAdmin για PostgreSQL. Το pgAdmin είναι ένα ισχυρό και ευέλικτο εργαλείο διαχείρισης βάσεων δεδομένων, σχεδιασμένο να παρέχει ολοκληρωμένες δυνατότητες για την αλληλεπίδραση με τις βάσεις δεδομένων PostgreSQL. Παρέχει ένα φιλικό προς τον χρήστη περιβάλλον εργασίας που διευκολύνει την πλοήγηση και την οργάνωση των δεδομένων, επιτρέποντας την εύκολη επεξεργασία, δημιουργία και εκτέλεση ερωτημάτων SQL. Επιπλέον, το pgAdmin υποστηρίζει την παρακολούθηση της απόδοσης της βάσης δεδομένων, τη διαχείριση χρηστών και δικαιωμάτων, καθώς και την εκτέλεση αναλύσεων για τη βελτιστοποίηση των επιδόσεων.

Κεφάλαιο 5°. Η εφαρμογή

Για το σχεδιασμό και την ανάπτυξη της εφαρμογής, ακολουθήθηκε η μέθοδος LUCID (Logical User-Centered Interactive Design). Η προσέγγιση αυτή επικεντρώνεται στη δημιουργία διαισθητικών, φιλικών προς τον χρήστη διεπαφών, εστιάζοντας τη διαδικασία σχεδιασμού γύρω από τις ανάγκες και τις αλληλεπιδράσεις του χρήστη. Η LUCID αποτελείται από έξι φάσεις:

- Ανάπτυξη ιδέας έργου
- Ανάλυση απαιτήσεων
- Σχεδιασμός συστήματος και πρωτοτύπων οθόνης
- Επαναληπτικός σχεδιασμός και βελτίωση πρωτοτύπου
- Ανάπτυξη συστήματος
- Αρχική λειτουργία και υποστήριξη

Αυτές οι φάσεις καθοδήγησαν τη δημιουργία της εφαρμογής από την αρχική ιδέα έως την τελική υλοποίηση, διασφαλίζοντας ότι η δομή, η λειτουργικότητα και ο σχεδιασμός της εφαρμογής είναι προσαρμοσμένα ώστε να ανταποκρίνονται στις προσδοκίες των χρηστών και να διευκολύνουν την χρήση της. Κάθε φάση συνέβαλε στην τελειοποίηση τόσο της διεπαφής όσο και της εμπειρίας του χρήστη.

Σε αυτό το κεφάλαιο θα επεξηγηθεί λεπτομερώς η λειτουργία της εφαρμογής και η πορεία της δημιουργίας της σύμφωνα με τα βήματα της μεθόδου LUCID. Αρχικά παρουσιάζεται η αρχική ιδέα του έργου. Στην συνέχεια παρουσιάζονται οι λειτουργικές απαιτήσεις, ορίζοντας σαφώς τα βασικά χαρακτηριστικά και τις ανάγκες των χρηστών που καλύπτει. Το πρωτότυπο, ο επαναληπτικός σχεδιασμός, η ανάπτυξη και η λειτουργία παρουσιάζονται ως ένα βήμα με την επεξήγηση του τελικού σταδίου της εφαρμογής. Για αυτόν τον σκοπό παρατίθενται διαγράμματα UML, συμπεριλαμβανομένου ενός διαγράμματος κλάσεων που απεικονίζει τη δομή και τις σχέσεις της εφαρμογής, καθώς και διαγράμματα περιπτώσεων χρήσης που απεικονίζουν τις αλληλεπιδράσεις των χρηστών και ένας οδηγός χρήσης που εξηγεί την πλοήγηση στην εφαρμογή, με συνοδευτικά στιγμιότυπα οθόνης των βασικών σελίδων που θα βοηθήσουν οπτικά στην κατανόηση

5.1 Ανάπτυξη ιδέας έργου

Σύμφωνα και με το θέμα της διπλωματικής εργασίας, βασικός στόχος της ήταν η ανάπτυξη μιας διαδικτυακής πλατφόρμας για την συλλογή, την ανάλυση και την διαχείριση δεδομένων που αφορούν κτίρια πολιτιστικής κληρονομιάς. Συγκεκριμένα, αναπτύχθηκε ένα σύστημα στο οποίο ο χρήστης εισάγει στοιχεία που αφορούν το κτίριο του όπως ενεργειακή κατανάλωση, τις εσωτερικές περιβαλλοντικές συνθήκες, την κατανάλωση νερού και άλλα, καθώς και την σπουδαιότητα του κάθε στοιχείου στην αξιολόγηση του κτιρίου. Έπειτα η εφαρμογή αξιολογεί το κτίριο κατατάσσοντας στην αντίστοιχη κατηγορία. Ο χρήστης μπορεί να εξετάσει τα αποτελέσματα και, με την βοήθεια διαγραμμάτων που παρουσιάζουν την χρονική εξέλιξη του κτιρίου και την απόδοση του σε κάθε

άξονα, να αποφανθεί για τις μελλοντικές ενέργειες και στρατηγικές που θα ακολουθήσει. Το περιβάλλον δίνει έναν ξεκάθαρο τρόπο αποθήκευσης και διαχείρισης πολλαπλών κτιρίων και δομών.

Η εφαρμογή ονομάστηκε **CH-BEE**, ακρωνύμιο των λέξεων Cultural Heritage Building Evaluation Environment. Το όνομα αυτό αντικατοπτρίζει πλήρως τη βασική λειτουργία της εφαρμογής, που επικεντρώνεται στην αξιολόγηση κτιρίων. Το όνομα "BEE" συμβολίζει επίσης την οργανωμένη και αποδοτική προσέγγιση της εφαρμογής στην ανάλυση και αξιολόγηση των κτιριακών χαρακτηριστικών, όπως μια μέλισσα οργανώνει και εργάζεται αποτελεσματικά μέσα σε ένα περιβάλλον.

5.2 Ανάλυση απαιτήσεων

5.2.1 Απαιτήσεις

Για την ανάλυση των απαιτήσεων χωρίζουμε τις κατηγορίες των χρηστών της διαδικτυακής πλατφόρμας: τους συνδεδεμένους χρήστες και τους μη εγγεγραμμένους χρήστες ή μη συνδεδεμένους. Παρακάτω παρουσιάζονται δύο πίνακες που αναλύουν τις λειτουργικές απαιτήσεις και προδιαγραφές για κάθε μία από αυτές τις κατηγορίες.

- 1^η Κατηγορία: μη εγγεγραμμένοι ή μη συνδεδεμένοι χρήστες (επισκέπτες)

Στην κατηγορία μη εγγεγραμμένων χρηστών εντάσσονται όλοι οι χρήστες που επισκέπτονται για πρώτη φορά την πλατφόρμα και δεν έχουν ακόμα εγγραφθεί σε αυτή. Στους χρήστες αυτούς επιτρέπεται η πρόσβαση μόνο στην αρχική σελίδα με σκοπό την εγγραφή τους και έπειτα την σύνδεση τους στην εφαρμογή. Η εγγραφή είναι απαραίτητη για την καταγραφή των στοιχείων των κτιρίων και την αποθήκευση των αποτελεσμάτων των αξιολογήσεων τους.

Λειτουργικές Απαιτήσεις	Λειτουργικές Προδιαγραφές	Περιγραφή
Δημιουργία Λογαριασμού	Συμπλήρωση φόρμας εγγραφής	Δυνατότητα εγγραφής και δημιουργίας λογαριασμού από τον χρήστη μέσω συμπλήρωσης φόρμας εγγραφής
Σύνδεση σε ήδη υπάρχον λογαριασμό	Δυνατότητα σύνδεσης στην εφαρμογή με 2 τρόπους	Για την σύνδεση του στην εφαρμογή ο χρήστης επιλέγει είτε σύνδεση μέσω Google ή σύνδεση μέσω των διαπιστευτηρίων του.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΚΑΙ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΜΕ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΓΙΑ ΜΗ ΕΓΓΕΓΡΑΜΜΕΝΟΥΣ Η ΜΗ ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟΥΣ ΧΡΗΣΤΕΣ

• 2^η Κατηγορία: συνδεδεμένοι χρήστες

Στην κατηγορία των συνδεδεμένων χρηστών εντάσσονται όλοι οι χρήστες που έχουν συνδεθεί είτε μέσω Google είτε με τα διαπιστευτήριά τους σε κάποιον λογαριασμό. Οι χρήστες αυτοί έχουν πρόσβαση σε όλες τις λειτουργικότητες της εφαρμογής που αφορούν τα κτίρια και τις αξιολογήσεις του. Μπορούν να δουν τα κτίρια τους, προσθέτοντας νέα ή αλλάζοντας τα, να ξεκινήσουν μια νέα ή να επεξεργαστούν μια παλαιότερη αξιολόγηση και να δουν τα αποτελέσματα των αξιολογήσεων τους. Τέλος μπορούν να αποσυνδεθούν από τον λογαριασμό τους.

Λειτουργικές Απαιτήσεις	Λειτουργικές Προδιαγραφές	Περιγραφή
Προσθήκη νέου κτιρίου	Συμπλήρωση φόρμας κτιρίου	Δυνατότητα προσθήκης νέου κτιρίου μέσω της συμπλήρωσης της κατάλληλης φόρμας. Αποθηκεύονται τα βασικά στοιχεία του κτιρίου και μια εικόνα του.
Επεξεργασία κτιρίου	Επιλογή υπάρχοντος κτιρίου και συμπλήρωση φόρμας κτιρίου	Δυνατότητα επεξεργασίας δεδομένων υπάρχοντος κτιρίου μέσω της συμπλήρωσης της κατάλληλης φόρμας. Στοιχεία όπως το όνομα και η χώρα δεν μπορούν να αλλάξουν.
Διαγραφή κτιρίου	Επιλογή υπάρχοντος κτιρίου	Οριστική διαγραφή των δεδομένων και των αξιολογήσεων ενός κτιρίου. Επιβεβαίωση χρήστη πριν την εκτέλεση.
Δημιουργία νέας αξιολόγησης ή επεξεργασία παλαιάς	Συμπλήρωση φόρμας αξιολόγησης	Δυνατότητα δημιουργίας ή επεξεργασίας αξιολόγησης για κάποιο κτίριο κάποια ορισμένη χρονιά.
Διαγραφή αξιολόγησης	Επιλογή υπάρχοντος κτιρίου	Οριστική διαγραφή της αξιολόγησης ενός κτιρίου για κάποια χρονιά. Επιβεβαίωση χρήστη πριν την εκτέλεση.
Προβολή αποτελεσμάτων αξιολογήσεων	-	Δυνατότητα προβολής των αποτελεσμάτων των αξιολογήσεων διαχρονικά για ένα κτίριο αλλά και πιο λεπτομερώς για την εκάστοτε χρονιά.
Αποσύνδεση λογαριασμού	-	Πιέζοντας το κουμπί αποσύνδεση ο χρήστης αποσυνδέεται από την εφαρμογή και εμφανίζεται η αρχική οθόνη σύνδεσης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΚΑΙ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΜΕ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΓΙΑ ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟΥΣ ΧΡΗΣΤΕΣ

Τα παραπάνω αποτελούν τις απαιτήσεις που ορίστηκαν για την επίτευξη του επιθυμητού αποτελέσματος. Οι λειτουργικές απαιτήσεις βοήθησαν να καθοριστεί μια σαφής πορεία και συγκεκριμένα βήματα για την υλοποίηση του λογισμικού, εξασφαλίζοντας ότι όλες οι βασικές

ανάγκες και στόχοι της εφαρμογής λήφθηκαν υπόψη. Ο προσδιορισμός τους έθεσε τα θεμέλια για τη σχεδίαση, ανάπτυξη και επιτυχία του τελικού προϊόντος, με έμφαση στην αποδοτική και εύκολη χρήση από τους τελικούς χρήστες.

5.2.2 UML Diagrams – Αναπαράσταση στοιχείων

Τα διαγράμματα UML (Unified Modeling Language - Ενοποιημένη Γλώσσα Μοντελοποίησης) είναι γραφικές αναπαραστάσεις της δομής και της συμπεριφοράς των συστημάτων λογισμικού με τυποποιημένο τρόπο. Λειτουργούν ως οδηγός για την ανάπτυξη μιας εφαρμογής τόσο από πλευράς δομής όσο και από πλευράς σχεδιασμού, καθώς δείχνουν τα συστατικά, τον τρόπο με τον οποίο συνδέονται και αλληλεπιδρούν. Είναι πολύ σημαντικά στην ανάπτυξη συστημάτων λογισμικού, αφού βοηθούν στην παρουσίαση των συστημάτων λογισμικού σε απλές και κατανοητές μορφές. Η UML απλοποιεί τις τεχνικές λεπτομέρειες σε διαγράμματα που βοηθούν τους προγραμματιστές και τα ενδιαφερόμενα μέρη να κατανοήσουν το σύστημα και τη λειτουργικότητά του, ενώ παράλληλα τους βοηθούν να εντοπίσουν τα προβλήματα που μπορεί να προκύψουν κατά τη διαδικασία.

Για τον σχεδιασμό της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκαν τα διαγράμματα UML επειδή είναι ευέλικτα και γνωστά σε όλους. Επιτρέπουν τη διάσπαση των συστατικών στοιχείων και των σχέσεών τους, κάτι που είναι απαραίτητο για να εξασφαλιστεί ότι η εφαρμογή έχει τις λειτουργικές απαιτήσεις που απαιτούνται και είναι κατανοητή τόσο από τεχνικούς όσο και από μη τεχνικούς χρήστες. Τα διαγράμματα αυτά αποτελούν τη βάση για τη λογική δομή της εφαρμογής και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να διευκολύνουν την ανάπτυξη της εφαρμογής.

Τα διαγράμματα UML χωρίζονται σε δύο κύριες κατηγορίες: τα δομικά διαγράμματα (structure diagrams) και τα διαγράμματα συμπεριφοράς (behavior diagrams).

Τα δομικά διαγράμματα αναπαριστούν τις στατικές πτυχές ενός συστήματος καθώς και την μεταξύ τους συσχέτιση. Τα στοιχεία σε ένα τέτοιο διάγραμμα αντιπροσωπεύουν τις πιο σημαντικές έννοιες του συστήματος. Περιλαμβάνουν:

- Class Diagram: Απεικονίζει τις κλάσεις, τα χαρακτηριστικά, τις μεθόδους και τις σχέσεις.
- Object Diagram: Παρουσιάζει τις περιπτώσεις αντικειμένων και τις σχέσεις τους.
- Component Diagram: Οπτικοποιεί την οργάνωση των συστατικών.
- Deployment Diagram: χρησιμοποιούνται για τη μοντελοποίηση της στατικής ανάπτυξης ενός συστήματος (τοπολογία του hardware).
- Package Diagram: Αναπαριστά ομαδοποιημένα στοιχεία.

Τα διαγράμματα συμπεριφοράς αποτυπώνουν δυναμικές πτυχές, όπως αλληλεπιδράσεις και διαδικασίες:

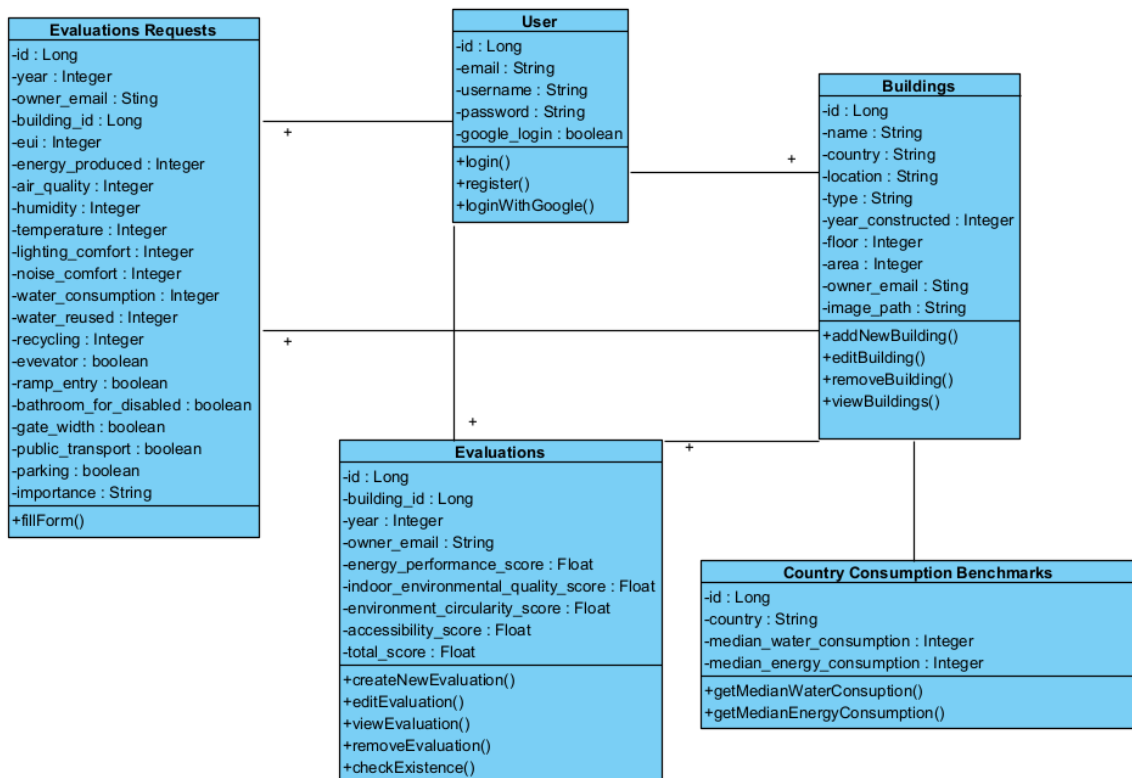
- Use Case Diagram: Απεικονίζει τις αλληλεπιδράσεις των χρηστών.

- Sequence Diagram: Απεικονίζει αλληλεπιδράσεις αντικειμένων με την πάροδο του χρόνου.
- Activity Diagram: Αναπαριστά ροές εργασίας και διαδικασίες.
- State Diagram: Μοντελοποιεί τις καταστάσεις των αντικειμένων.
- Communication Diagram: Δείχνει τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ αντικειμένων.

Στις επόμενες ενότητες, θα παρουσιαστεί ένα διάγραμμα κλάσεων για την παρουσίαση των δομικών πτυχών του συστήματος. Το διάγραμμα αυτό αναδεικνύει τα βασικά στοιχεία του συστήματος, τις ιδιότητές τους και τις σχέσεις τους. Επιπλέον, θα παρατεθούν Διαγράμματα Περιπτώσεων Χρήσης για την επίδειξη της συμπεριφοράς του συστήματος, εστιάζοντας στον τρόπο με τον οποίο οι χρήστες αλληλεπιδρούν με το σύστημα και τη λειτουργικότητά του. Μαζί, αυτά τα διαγράμματα παρέχουν μια σαφή οπτική αναπαράσταση της συνολικής αρχιτεκτονικής και των λειτουργιών της εφαρμογής. Για την δημιουργία των διαγραμμάτων έγινε χρήση του λογισμικού Visual Paradigm.

5.2.2.1 Διάγραμμα κλάσεων – Class diagram

Το διάγραμμα κλάσεων είναι ένα διάγραμμα δομής που περιγράφει την δομή ενός συστήματος παρουσιάζοντας τις κλάσεις του συστήματος, τις λειτουργίες και μεθόδους του, τα χαρακτηριστικά του και τις σχέσεις μεταξύ των αντικειμένων. Αποτελεί κύριο δομικό στοιχείο στην αντικειμενοστραφή μοντελοποίηση. Οι κλάσεις σε ένα διάγραμμα κλάσεων αναπαριστούν τόσο τα κύρια στοιχεία, τις αλληλεπιδράσεις στην εφαρμογή, όσο και τις κλάσεις προς προγραμματισμό.

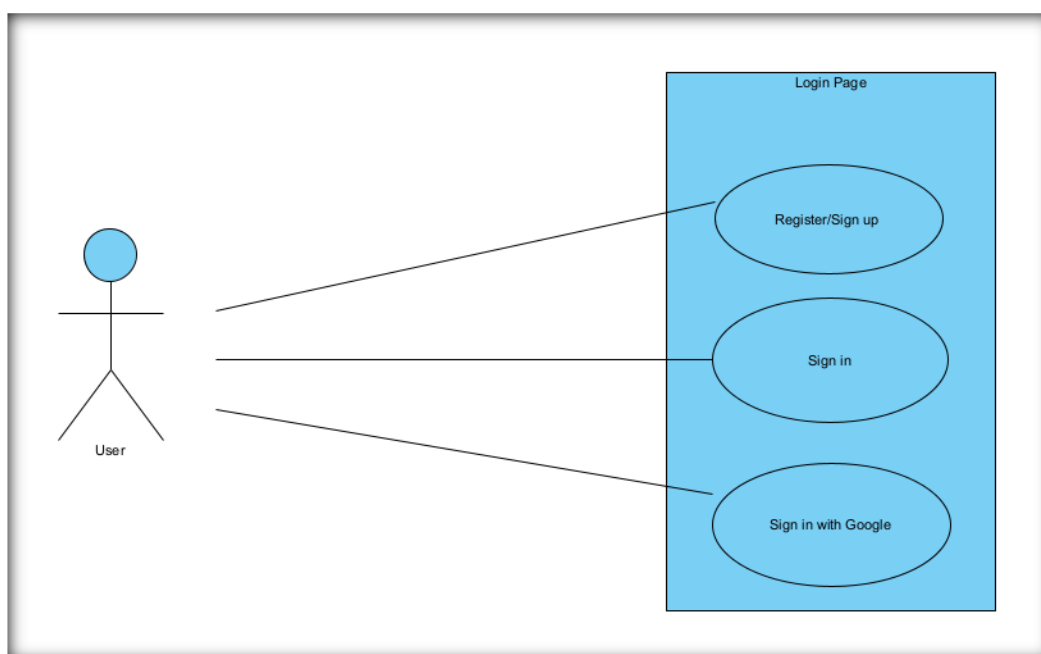


ΕΙΚΟΝΑ 5.1 CLASS DIAGRAM

5.2.2.2 Διαγράμματα περιπτώσεων χρήσης – Use case diagrams

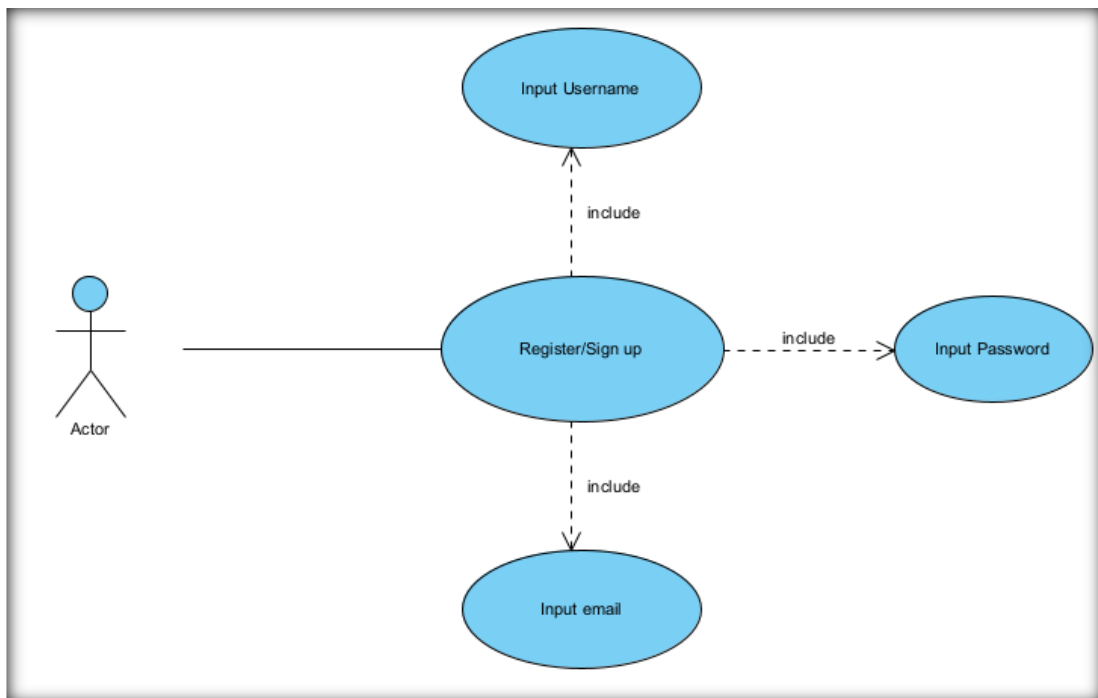
Το Διάγραμμα Περιπτώσεων Χρήσης είναι ένα διάγραμμα συμπεριφοράς της UML που απεικονίζει τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των χρηστών (φορέων) και ενός συστήματος, αναπαριστώντας τη λειτουργικότητα του συστήματος από τη σκοπιά του χρήστη. Δείχνει διάφορες περιπτώσεις χρήσης που οι χρήστες μπορεί να εκτελούν με το σύστημα και πώς αυτές οι περιπτώσεις χρήσης σχετίζονται μεταξύ τους. Οι δράστες μπορεί να είναι άνθρωποι, εξωτερικά συστήματα ή συσκευές που αλληλεπιδρούν με την εφαρμογή. Τα διαγράμματα περιπτώσεων χρήσης είναι χρήσιμα για τον καθορισμό των απαιτήσεων του συστήματος και την αποσαφήνιση του τρόπου με τον οποίο τα διάφορα μέρη του συστήματος ανταποκρίνονται στις ανάγκες και τους στόχους των χρηστών.

Από την αρχική σελίδα ο χρήστης μπορεί να επιλέξει να δημιουργήσει νέο λογαριασμό ή να συνδεθεί με δύο τρόπους, με διαπιστευτήρια ή μέσω google.



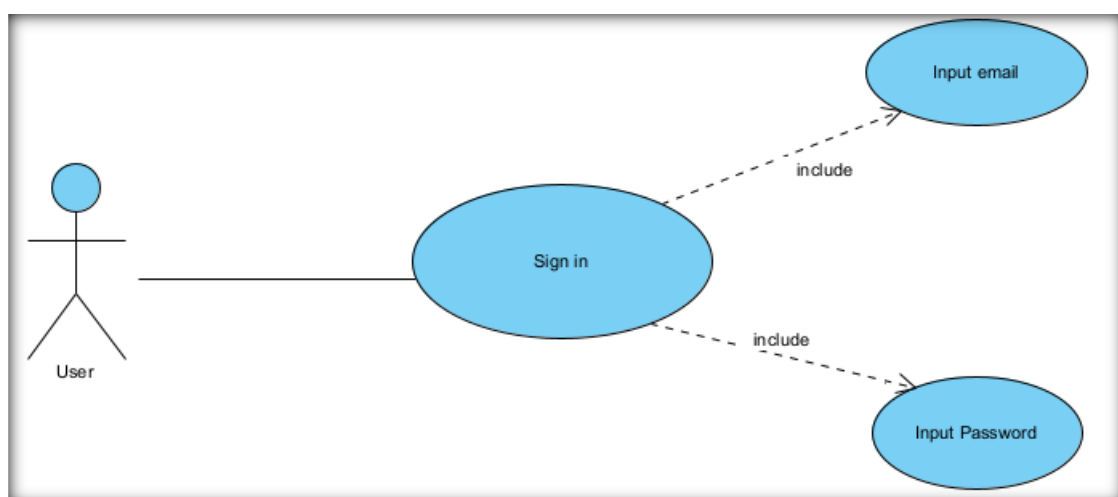
ΕΙΚΟΝΑ 5.2 USE CASE DIAGRAM – LOGIN PAGE

Για την εγγραφή νέου χρήστη απαιτείται η συμπλήρωση τριών πεδίων, του ονόματος χρήστη, μιας ηλεκτρονικής διεύθυνσης και του κωδικού που επιθυμεί να χρησιμοποιεί ο χρήστης.



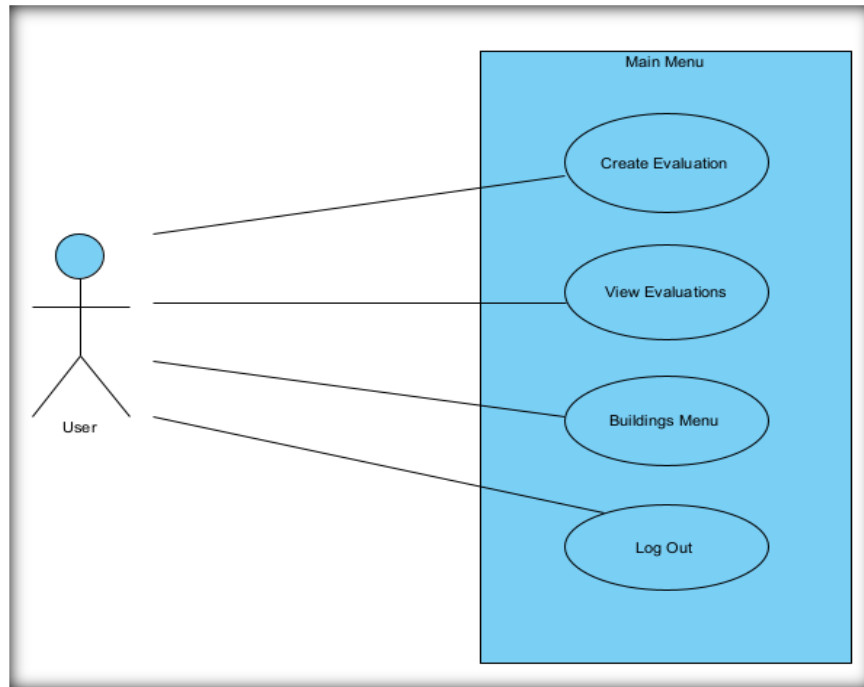
ΕΙΚΟΝΑ 5.3 USE CASE DIAGRAM – REGISTER/SIGN UP

Για την σύνδεση στην εφαρμογή σε ήδη υπάρχτο λογαριασμό απαιτείται η συμπλήρωση των πεδίων ηλεκτρονικής διεύθυνσης και κωδικού. Αν τα πεδία είναι σωστά τότε ο χρήστης συνδέεται στον λογαριασμό του.



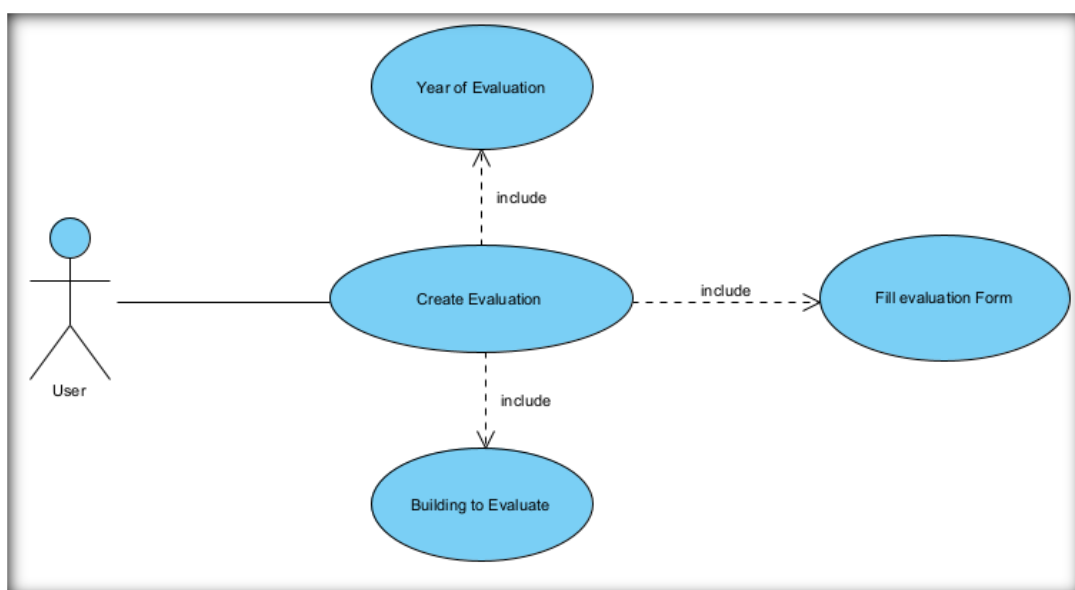
ΕΙΚΟΝΑ 5.4 USE CASE DIAGRAM – SIGN IN

Αφού συνδεθεί ο χρήστης μπορεί να επιλέξει από το κεντρικό μενού την επιθυμητή δραστηριότητα μεταξύ της δημιουργίας νέας αξιολόγησης, της προβολής των αξιολογήσεων που περιέχουν διαγράμματα και αναλύσεις ή να επισκεφθεί την σελίδα των κτιρίων όπου μπορεί να δει τα κτίρια του, προσθέσει νέο κτίριο ή να επεξεργαστεί ή διαγράψει τα ήδη υπάρχοντα. Τέλος ο χρήστης έχει την επιλογή της αποσύνδεσης.



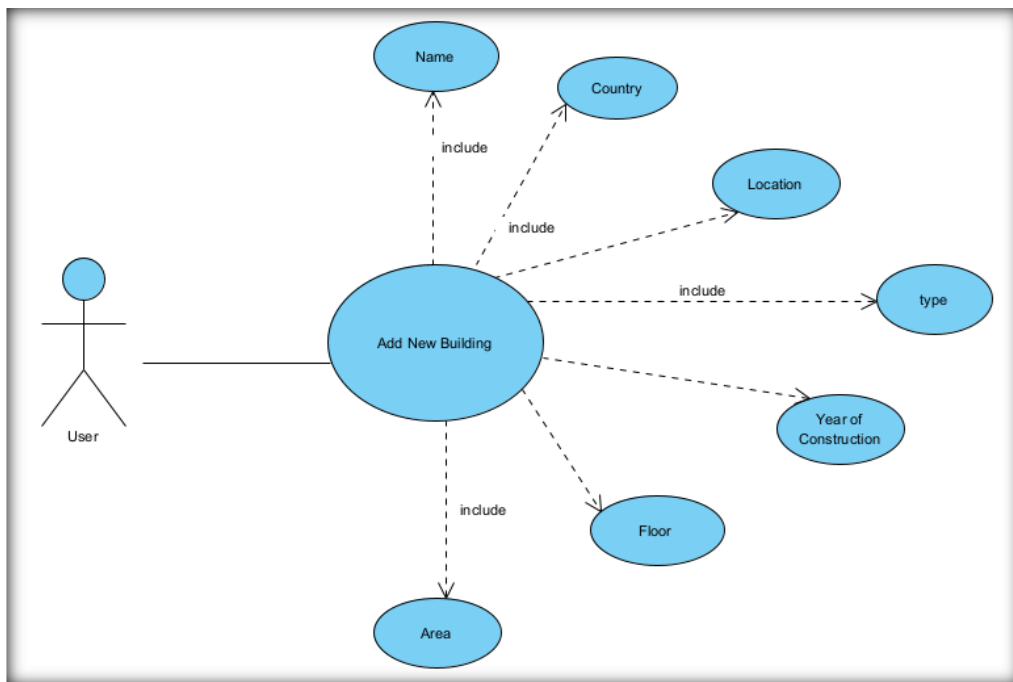
ΕΙΚΟΝΑ 5.5 USE CASE DIAGRAM – MAIN MENU

Για την δημιουργία νέας αξιολόγησης ο χρήστης πρέπει να επιλέξει την χρονιά αξιολόγησης και το κτίριο προς αξιολόγηση και έπειτα να συμπληρώσει την αντίστοιχη φόρμα.



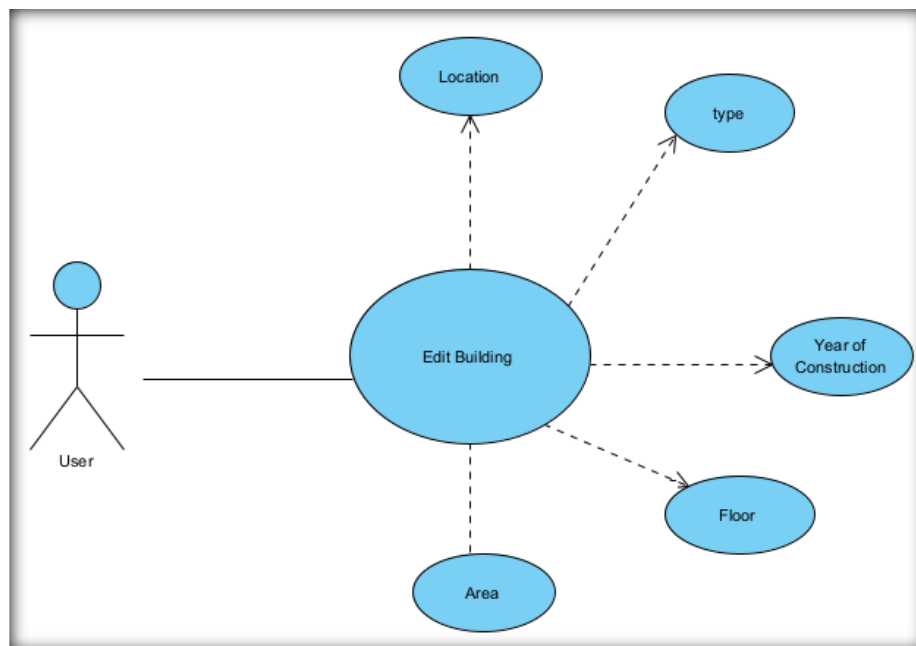
ΕΙΚΟΝΑ 5.6 USE CASE DIAGRAM – CREATE NEW EVALUATION

Στην σελίδα των κτιρίων ο χρήστης μπορεί να προσθέσει νέο κτίριο. Τα πεδία name, country, type και area είναι υποχρεωτικά ενώ τα υπόλοιπα προαιρετικά.



ΕΙΚΟΝΑ 5.7 USE CASE DIAGRAM – ADD NEW BUILDING

Τέλος παρουσιάζεται σε use case διάγραμμα η περίπτωση που ο χρήστης επιθυμεί να επεξεργαστεί ένα ήδη υπάρχον κτίριο αλλάζοντας τα στοιχεία του.



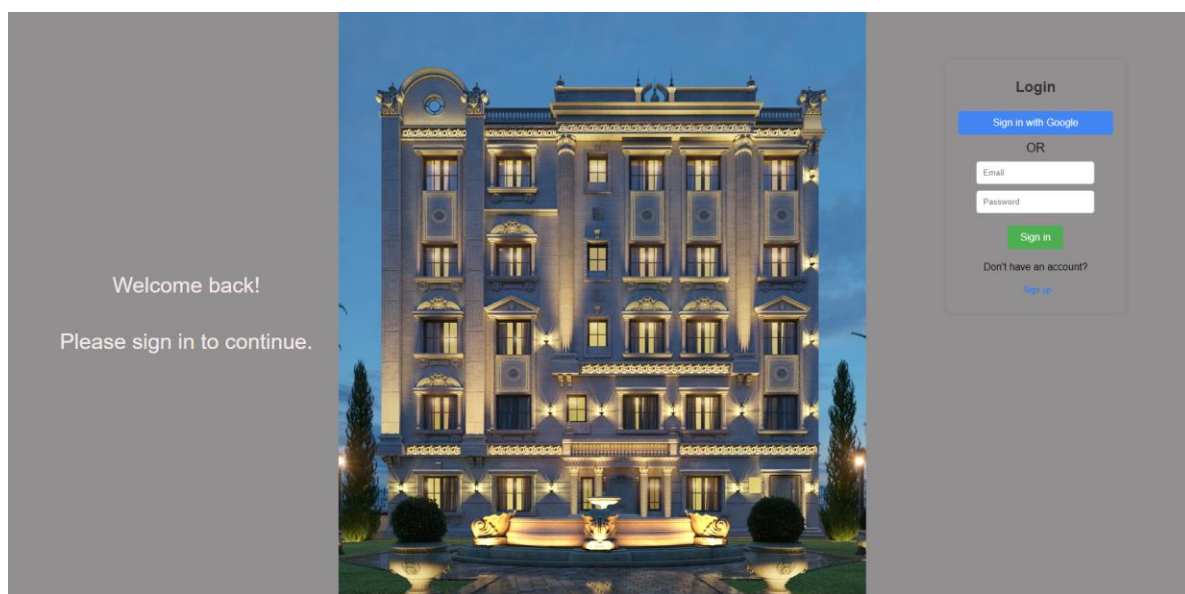
ΕΙΚΟΝΑ 5.8 USE CASE DIAGRAM – EDIT BUILDING

5.3 Η εφαρμογή

Η εφαρμογή CH-BEE προσφέρει μια εύκολη και φιλική προς τον χρήστη πλοήγηση, σχεδιασμένη να διευκολύνει την αξιολόγηση κτιρίων με βάση κριτήρια προσβασιμότητας, ενέργειας και άλλων παραμέτρων. Στο υποκεφάλαιο αυτό, παρουσιάζεται ένας αναλυτικός οδηγός πλοήγησης, που εξηγεί βήμα-βήμα τη χρήση της εφαρμογής, ξεκινώντας από την αρχική σελίδα και προχωρώντας στις κύριες λειτουργίες και επιλογές που έχει στη διάθεσή του ο χρήστης. Με τη βοήθεια εικόνων και αναλυτικών περιγραφών, θα καταδειχθεί η λειτουργικότητα της εφαρμογής σε κάθε στάδιο.

5.3.1 Login Page – Σελίδα σύνδεσης

Η σελίδα σύνδεσης (εικόνα 5.9) είναι η πρώτη σελίδα που συναντά ο χρήστης κατά την επίσκεψη του στο διαδικτυακό περιβάλλον της εφαρμογής CH-BEE. Η σελίδα αυτή δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να δημιουργήσει έναν νέο λογαριασμό ή να συνδεθεί σε κάποιον υπάρχον. Οποιοσδήποτε μη εγγεγραμμένος χρήστης ανακατευθύνεται αυτόματα σε αυτή την σελίδα ανεξαρτήτως της σελίδας της εφαρμογής την οποία προσπαθεί να επισκεφθεί.



ΕΙΚΟΝΑ 5.9 Η ΣΕΛΙΔΑ ΣΥΝΔΕΣΗΣ

Δημιουργία νέου λογαριασμού – Sign up:

Η μία από τις δύο βασικές λειτουργίες που προσφέρει η σελίδα αυτή είναι η δυνατότητα εγγραφής του χρήστη στην εφαρμογή για την δημιουργία λογαριασμού. Πιέζοντας το κουμπί “Sign Up” το πλαίσιο σύνδεσης επιμηκώνεται και εμφανίζονται τρία νέα πεδία. Στα πεδία αυτά ο χρήστης εισάγει το επιθυμητό username, email και password που θα χρησιμοποιεί στις επόμενες τους συνδέσεις στην εφαρμογή. Για την έναρξη της διαδικασίας εγγραφής ο χρήστης πιέζει το κουμπί sign up στο τέλος του πλαισίου, το οποίο υπογραμμίζεται όταν το ποντίκι βρίσκεται από πάνω του. Το email απαιτείται

να είναι μοναδικό για κάθε χρήστη. Σε περίπτωση που ο χρήστης προσπαθήσει να εισάγει email που ήδη χρησιμοποιείται, ειδοποιείται για το γεγονός και η εγγραφή αποτυγχάνει. Σε περίπτωση που το email δεν χρησιμοποιείται τότε η εγγραφή του χρήστη μπορεί να συμβεί και αν είναι επιτυχής πάλι εμφανίζεται η ανάλογη ειδοποίηση. Για οποιαδήποτε άλλο σφάλμα κατά την εγγραφή ο χρήστης ενημερώνεται κατάλληλα με την αντίστοιχη ειδοποίηση του συστήματος. Σημειώνεται επίσης ότι δημιουργία λογαριασμού του χρήστη μπορεί να γίνει και μέσω της σύνδεσης με Google, όπως αναφέρεται στην συνέχεια. Ωστόσο σε αυτή την περίπτωση ο χρήστης μπορεί να συνδεθεί στην εφαρμογή μόνο μέσω Google και όχι μέσω των διαπιστευτηρίων του. Παρακάτω παρουσιάζεται το πλαίσιο εγγραφής με κυκλωμένο το κουμπί για επιμήκυνση του πλαισίου καθώς και οι ειδοποιήσεις στην περίπτωση επιτυχούς εγγραφής και χρήσης του email σε άλλον λογαριασμό.

ΕΙΚΟΝΑ 5.12 SIGN UP FORM

ΕΙΚΟΝΑ 5.10 ΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗ ΕΠΙΤΥΧΟΥΣ ΕΓΓΡΑΦΗΣ

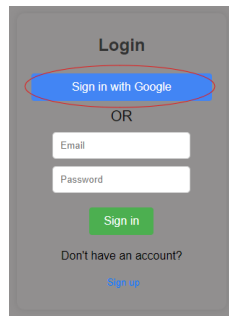
ΕΙΚΟΝΑ 5.11 ΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗ ΑΝΕΠΙΤΥΧΟΥΣ ΕΓΓΡΑΦΗΣ ΛΟΓΩ EMAIL ΗΔΗ ΣΕ ΧΡΗΣΗ

Σύνδεση σε λογαριασμό – Sign in:

Για την σύνδεση του χρήστη η εφαρμογή προσφέρει δύο διαφορετικούς τρόπους. Την σύνδεση μέσω google ή την σύνδεση μέσω των διαπιστευτηρίων της εφαρμογής:

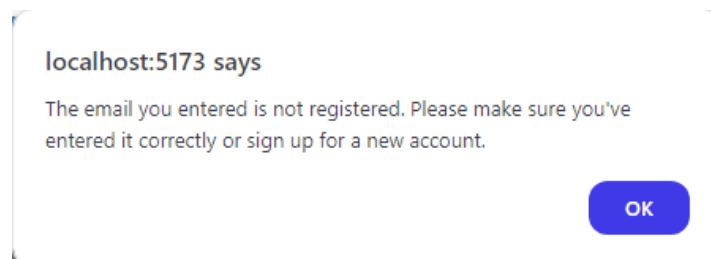
1. Η σύνδεση μέσω Google, απαιτεί την ύπαρξη λογαριασμού Google στην οποία έχει πρόσβαση ο χρήστης. Επιλέγοντας το κουμπί “Sign in with Google” εμφανίζεται ένα pop-up window που προτρέπει τον χρήστη να επιλέξει ένα από τους ήδη συνδεδεμένους στον υπολογιστή λογαριασμούς Google ή να συνδεθεί με email και κωδικό σε έναν νέο. Αφού εισαχθούν τα στοιχεία γίνεται κλήση σε ένα API της Google το οποίο τα επαληθεύει και συνδέει τον χρήστη στην εφαρμογή. Αν το email δεν χρησιμοποιείται ήδη στην εφαρμογή τότε δημιουργείται ένας νέος λογαριασμός χρήστη. Σε αντίθετη περίπτωση ο χρήστης απλά συνδέεται στην εφαρμογή

στον λογαριασμό του και ανακατευθύνεται στο βασικό μενού προκειμένου να συνεχίσει τις επιθυμητές δραστηριότητές του.

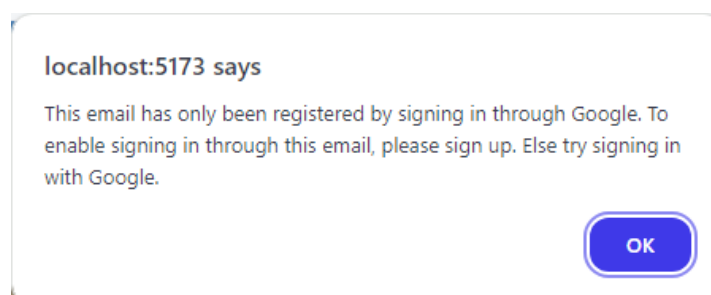


**ΕΙΚΟΝΑ 5.13 SIGN
IN WITH GOOGLE
BUTTON**

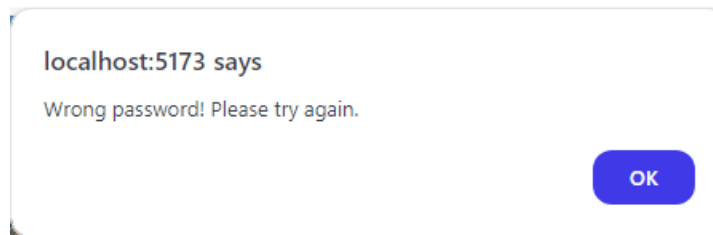
2. Για σύνδεση μέσω των διαπιστευτηρίων του απαιτείται να έχει πρώτα συμβεί εγγραφή μέσω της εφαρμογής. Αν ο χρήστης εισάγει στο αντίστοιχο πεδίο, email που δεν χρησιμοποιείται από την εφαρμογή τότε ενημερώνεται κατάλληλα (εικόνα 5.14). Στην περίπτωση που ο χρήστης προσπαθεί να εισέλθει στην εφαρμογή χρησιμοποιώντας κάποιο email με το οποίο έχει συμβεί σύνδεση μόνο μέσω google, ενημερώνεται πως για την σύνδεση του πρέπει είτε να συνδεθεί με google είτε να κάνει εγγραφή με αυτό το email (εικόνα 5.15). Επιπλέον υπάρχει ενημέρωση του χρήστη αν ο συνδυασμός email και κωδικού δεν είναι σωστός (εικόνα 5.16). Με την εισαγωγή σωστών στοιχείων ο χρήστης ανακατευθύνεται αυτόματα στο βασικό μενού.



ΕΙΚΟΝΑ 5.14 ΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗ ΜΗ ΧΡΗΣΕΩΣ EMAIL



ΕΙΚΟΝΑ 5.15 ΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗ EMAIL ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟΥ ΜΟΝΟ ΜΕΣΩ GOOGLE



ΕΙΚΟΝΑ 5.16 ΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗ ΛΑΝΘΑΣΜΕΝΟΥ ΚΩΔΙΚΟΥ

Κατά τη διαδικασία σύνδεσης του χρήστη, το backend της εφαρμογής αποστέλλει ένα κρυπτογραφημένο token που περιλαμβάνει το όνομα και το email του χρήστη. Αυτό το token χρησιμοποιείται από το frontend της εφαρμογής, όπου αποκωδικοποιούνται τα στοιχεία και αποθηκεύονται στο Local Storage του προγράμματος περιήγησης. Με αυτόν τον τρόπο, οι πληροφορίες παραμένουν διαθέσιμες για χρήση εντός της εφαρμογής, επιτρέποντας την ασφαλή και προσωποποιημένη εμπειρία χρήσης χωρίς να απαιτείται εκ νέου εισαγωγή στοιχείων από τον χρήστη.

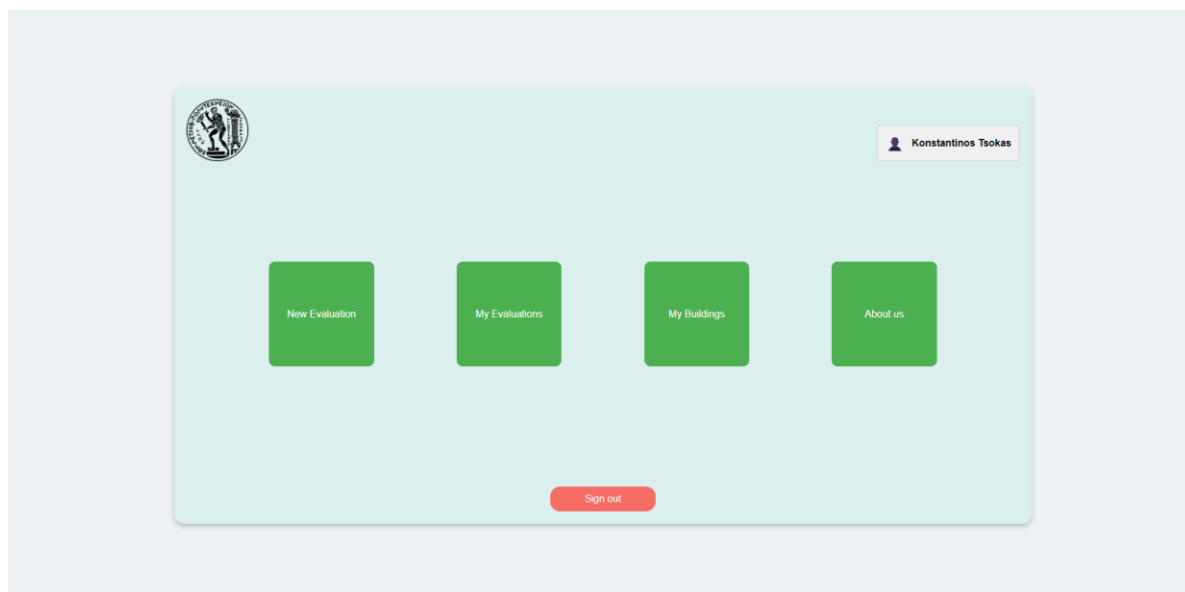
5.3.2 Main menu page – Σελίδα βασικού μενού

Η σελίδα "Βασικό Μενού" (εικόνα 5.17) έχει σχεδιαστεί ώστε να παρέχει μια εύκολη και γρήγορη πλοήγηση στην εφαρμογή CH-BEE. Στην πάνω δεξιά γωνία της σελίδας εμφανίζεται το όνομα χρήστη, επιτρέποντας στον χρήστη να αναγνωρίσει τον λογαριασμό με τον οποίο έχει συνδεθεί.

Το "Βασικό Μενού" περιλαμβάνει τέσσερα κύρια κουμπιά, τα οποία ανακατευθύνουν τον χρήστη σε συγκεκριμένες ενότητες της εφαρμογής, ανάλογα με τη δράση που επιθυμεί να πραγματοποιήσει:

- Το πρώτο κουμπί "New Evaluation" κατευθύνει τον χρήστη στην σελίδα για να ξεκινήσει μία νέα αξιολόγηση κτιρίου.
- Το δεύτερο κουμπί "My Evaluations" τον οδηγεί στην προβολή και ανάλυση των ήδη ολοκληρωμένων αξιολογήσεών του.
- Το τρίτο κουμπί "My Buildings" επιτρέπει στον χρήστη να διαχειριστεί τα στοιχεία των κτιρίων του, με δυνατότητες επεξεργασίας, διαγραφής ή προσθήκης νέου κτιρίου.
- Το τέταρτο κουμπί "About Us" παρέχει πληροφορίες για τον δημιουργό της εφαρμογής και το εργαστήριο ανάπτυξής της.

Στην ίδια σελίδα βρίσκεται και το κουμπί "Log out", το οποίο διαγράφει τα αποθηκευμένα tokens σύνδεσης, εξασφαλίζοντας την ασφαλή αποσύνδεση του χρήστη. Αμέσως μετά, ο χρήστης ανακατευθύνεται στην αρχική σελίδα σύνδεσης, όπου μπορεί να επανεισαγάγει τα στοιχεία του για να συνδεθεί εκ νέου.



ΕΙΚΟΝΑ 5.17 Η ΣΕΛΙΔΑ ΒΑΣΙΚΟ ΜΕΝΟΥ

Στην συνέχεια παρουσιάζονται όλες οι σελίδες στις οποίες μπορεί να μεταβεί ο χρήστης από το βασικό μενού σύμφωνα με σειρά των κουμπιών από τα αριστερά προς τα δεξιά.

5.3.3 New evaluation page – Σελίδα νέας αξιολόγησης

ΕΙΚΟΝΑ 5.18 Η ΣΕΛΙΔΑ ΝΕΑΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

Η σελίδα νέας αξιολόγησης (εικόνα 5.18) αποτελεί το πρώτο βήμα στη διαδικασία αξιολόγησης ενός κτιρίου. Ο χρήστης καλείται να επιλέξει το κτίριο που θέλει να αξιολογήσει από ένα αναπτυσσόμενο μενού και να καθορίσει τη χρονιά για την οποία επιθυμεί να πραγματοποιήσει την αξιολόγηση. Εφόσον το κτίριο έχει ήδη αξιολογηθεί για την ίδια χρονιά, εμφανίζεται μια ειδοποίηση (εικόνα 5.19), και ο χρήστης μπορεί να επεξεργαστεί την προηγούμενη αξιολόγηση. Σε αυτή την περίπτωση, η φόρμα αξιολόγησης θα είναι ήδη συμπληρωμένη με τα δεδομένα της προηγούμενης αξιολόγησης.

The screenshot shows a web interface for starting an evaluation. On the left, a form titled "Start an Evaluation" contains two sections: "Select a building:" with a text input field containing "ECE Ntua", and "Select the year of evaluation:" with a dropdown menu showing "2024". Below these is a blue button labeled "Start Evaluation". On the right, a white modal dialog box is open, displaying the text "localhost:5173 says" and "An evaluation already exists for this building and year. Do you want to edit the previous evaluation?". The dialog has two buttons: "OK" and "Cancel".

ΕΙΚΟΝΑ 5.19 ΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗ ΠΡΟΥΠΑΡΧΟΥΣΑΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

5.3.4 Evaluation form page – Σελίδα φόρμας αξιολόγησης

Η σελίδα φόρμας αξιολόγησης (εικόνα 5.20) αποτελεί το κύριο εργαλείο για την αξιολόγηση των κτιρίων. Στη φόρμα, οι άξονες αξιολόγησης και τα αντίστοιχα κριτήρια, όπως αναλύονται στο κεφάλαιο 2, είναι οργανωμένα σε ομάδες. Κάθε άξονας και κάθε κριτήριο συνοδεύονται από ένα αναπτυσσόμενο μενού για την επιλογή της σπουδαιότητάς τους (irrelevant, minor, medium, important, critical). Με ένα πέρασμα του ποντικιού πάνω από τα εικονίδια "i", ο χρήστης μπορεί να δει επιπλέον πληροφορίες για τα κριτήρια. Ο άξονας της προσβασιμότητας και συμπερίληψης λειτουργεί διαφορετικά, καθώς ο χρήστης δεν μπορεί να ορίσει σπουδαιότητες για τα επιμέρους κριτήρια, παρά μόνο για τον συνολικό άξονα. Με την υποβολή της φόρμας, τα αποτελέσματα αποθηκεύονται, και το συνολικό σκορ εμφανίζεται στο κάτω μέρος της σελίδας.

Παράλληλα, παρέχεται η δυνατότητα μεταφοράς στη σελίδα προβολής αξιολογήσεων για περαιτέρω ανάλυση των αποτελεσμάτων. Με επιλογή του κουμπιού "View Evaluation" ο χρήστης ανακατευθύνεται στην σελίδα προβολής αξιολογήσεων με επιλεγμένο το κτίριο και την αξιολόγηση που μόλις εκτέλεσε. Στο πάνω μέρος της σελίδας υπάρχει κουμπί για επιστροφή στο βασικό μενού.

Evaluation Form

Energy Performance

Section Importance:

EUI: Importance:

Energy autonomy: Importance:

Indoor Environmental Quality

Section Importance:

Air Quality Level: Importance:

Thermal comfort in terms of humidity: Importance:

Thermal comfort in terms of Temperature: Importance:

Acoustic Comfort: Importance:

Visual Comfort: Importance:

Environment and Circularity

Section Importance:

Water Consumption per occupant: Importance:

Water Recycling: Importance:

Material Recycling: Importance:

Accessibility

Section Importance:

Elevator for Every Floor: ☐

Ramp or Entry for Disabled: ☐

Bathroom for Disabled: ☐

Gate Width Larger than 1m: ☐

Public Transport within Walking Distance: ☐

Parking: ☐

Submit

Score:

Score will be calculated after submission.

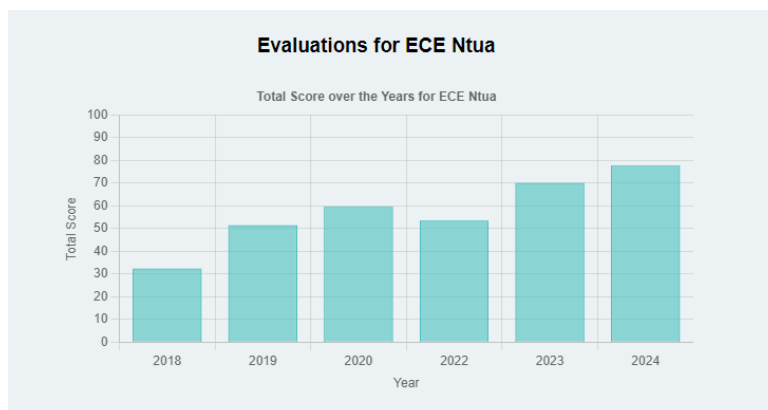
© 2024, National Technical University of Athens, Decision Support Systems Laboratory
EPU
Thesis by Konstantinos Tsokas | Supervisor: Vaggelis Marinakis | 2024
Contact: en19073@mail.ntua.gr

ΕΙΚΟΝΑ 5.20 Η ΣΕΛΙΔΑ ΦΟΡΜΑΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

5.3.5 My evaluations page – Σελίδα προβολής αξιολογήσεων

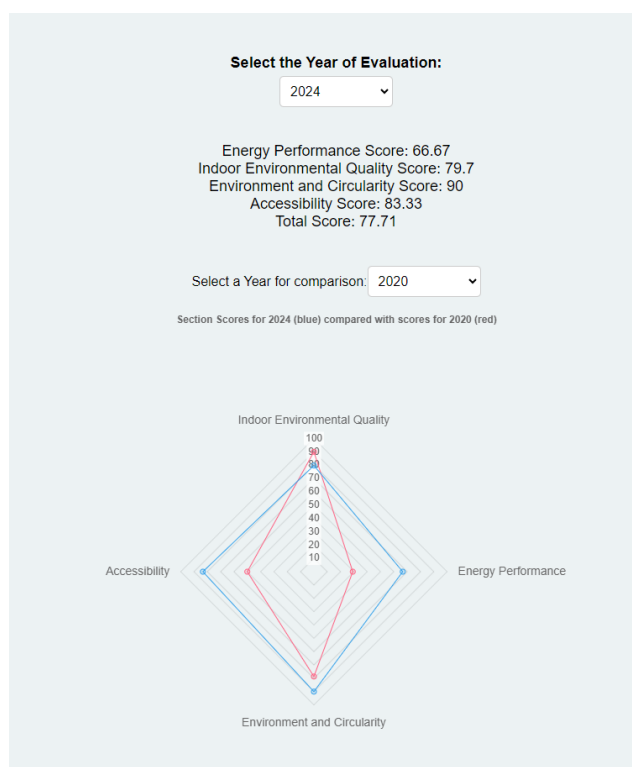
Η σελίδα προβολής αξιολογήσεων προσφέρει στον χρήστη μια συνολική εικόνα των αξιολογήσεων του κτιρίου του μέσα στον χρόνο. Στην πάνω αριστερή γωνία, υπάρχει ένα drop-down μενού, όπου ο χρήστης επιλέγει το κτίριο για το οποίο επιθυμεί να δει τις αξιολογήσεις. Στο κεντρικό τμήμα της σελίδας εμφανίζεται ένα διάγραμμα τύπου bar chart, το οποίο απεικονίζει τις βαθμολογίες του επιλεγμένου κτιρίου ανά χρονιά, (εικόνα 5.21), δίνοντας μια σαφή απεικόνιση της προόδου και της

εξέλιξής του. Αυτή η αναπαράσταση είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για τη σύγκριση των επιδόσεων του κτιρίου σε διαφορετικές χρονικές περιόδους.



ΕΙΚΟΝΑ 5.21 ΣΕΛΙΔΑ ΠΡΟΒΟΛΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΕΩΝ – ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑΣ ΑΝΑ ΕΤΟΣ

Για πιο αναλυτική εξέταση, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει μια συγκεκριμένη χρονιά από το δεύτερο αναπτυσσόμενο μενού. Με την επιλογή χρονιάς, εμφανίζονται οι βαθμολογίες ανά άξονα, καθώς και το συνολικό σκορ του κτιρίου για εκείνη την περίοδο. Παράλληλα, ένα διάγραμμα τύπου radar προσφέρει οπτική αναπαράσταση των επιδόσεων στους διάφορους άξονες, δίνοντας στον χρήστη μια πιο ολοκληρωμένη και κατανοητή εικόνα των αποτελεσμάτων. Για σύγκριση, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να επιλέξει άλλη χρονιά αξιολόγησης του ίδιου κτιρίου, συγκρίνοντας τις βαθμολογίες και παρατηρώντας την πρόοδο ή τις αλλαγές που έχουν συμβεί με την πάροδο του χρόνου. Τα παραπάνω παρουσιάζονται στην εικόνα 5.22.



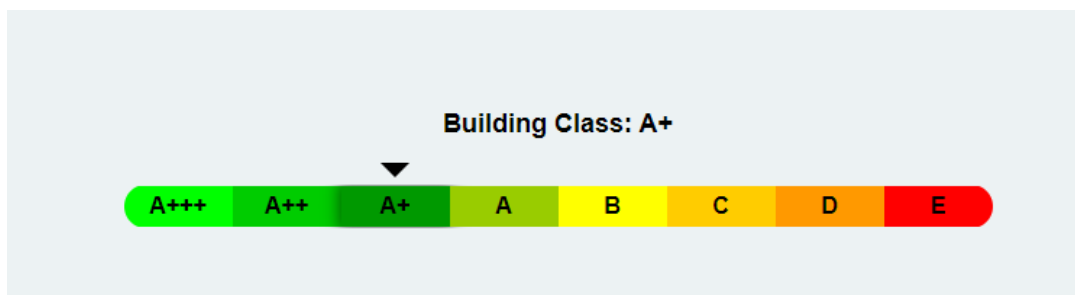
ΕΙΚΟΝΑ 5.22 ΣΕΛΙΔΑ ΠΡΟΒΟΛΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΕΩΝ – ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

Στο κάτω μέρος της σελίδας, η εφαρμογή κατατάσσει το κτίριο σε μια κατηγορία, βάσει της συνολικής του απόδοσης για τη συγκεκριμένη χρονιά. Η κτιριακή κατηγορία στην οποία κατατάσσεται το κτίριο δίνει μια σαφή και συγκρίσιμη εικόνα της γενικής κατάστασης του κτιρίου.

Όπως παρουσιάστηκε και στο κεφάλαιο 3.3 οι κατηγορίες είναι οι εξής:

- **A+++**: Σκορ 95 και άνω – Υψηλότερη απόδοση
- **A++**: Σκορ από 85 έως 94 – Πολύ καλή απόδοση
- **A+**: Σκορ από 75 έως 84 – Καλή απόδοση
- **A**: Σκορ από 65 έως 74 – Αρκετά καλή απόδοση
- **B**: Σκορ από 55 έως 64 – Μέτρια απόδοση
- **C**: Σκορ από 45 έως 54 – Χαμηλή απόδοση
- **D**: Σκορ από 35 έως 44 – Πολύ χαμηλή απόδοση
- **E**: Σκορ κάτω από 35 – Ελάχιστη απόδοση

Η κλάση του κτιρίου εμφανίζεται τόσο γραπτά όσο και μέσω διαγράμματος, όπως φαίνεται στην εικόνα 5.23.



ΕΙΚΟΝΑ 5.23 ΣΕΛΙΔΑ ΠΡΟΒΟΛΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΕΩΝ – ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

Τέλος στο κάτω μέρος της σελίδας υπάρχει το κουμπί “Delete this evaluation” το οποίο δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να διαγράψει την αξιολόγηση για κάποια συγκεκριμένη χρονιά. Ο χρήστης καλείται να επιβεβαιώσει αυτήν την επιλογή καθώς είναι μη αναστρέψιμη. Μετά την επιβεβαίωση η αξιολόγηση διαγράφεται και άρα δεν εμφανίζεται πλέον στο διάγραμμα συνολικής βαθμολογίας ανά χρονιά του κτιρίου.

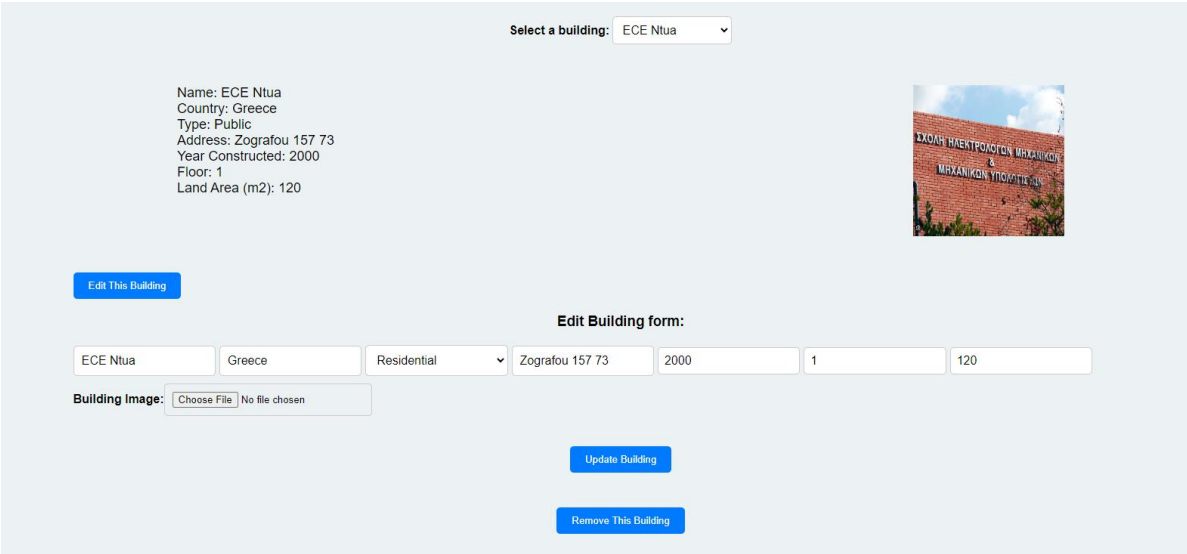
5.3.5 My buildings page – Σελίδα διαχείρισης κτιρίων

Η σελίδα διαχείρισης κτιρίων επιτρέπει στον χρήστη να ελέγχει, να επεξεργάζεται και να διαγράφει τα κτίριά του. Μέσω ενός drop-down μενού, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει το κτίριο που επιθυμεί να διαχειριστεί και να δει τις σχετικές πληροφορίες και φωτογραφίες του, εφόσον υπάρχουν.

Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει να επεξεργαστεί το κτίριο μέσω του κουμπιού "Edit This Building". Με το πάτημα εμφανίζεται μια φόρμα με τα στοιχεία του κτιρίου, τα οποία μπορεί να επεξεργαστεί και να αλλάξει με εξαίρεση το όνομα και την χώρα στην οποία βρίσκεται το κτίριο.

Μέσω του κουμπιού "Remove This Building", το κτίριο διαγράφεται οριστικά μαζί με όλες τις αξιολογήσεις του. Πριν από τη διαγραφή, απαιτείται επιβεβαίωση καθώς η ενέργεια δεν είναι αναστρέψιμη.

Οι πληροφορίες για το κτίριο, το κουμπί "Edit this building", η φόρμα επεξεργασίας και το κουμπί "Remove this Building", παρουσιάζονται στην εικόνα 5.24.



Select a building: ECE Ntua

Name: ECE Ntua
Country: Greece
Type: Public
Address: Zografou 157 73
Year Constructed: 2000
Floor: 1
Land Area (m2): 120

Εικόνα κτιρίου: ΕΚΘΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Edit This Building

Edit Building form:

ECE Ntua Greece Residential Zografou 157 73 2000 1 120

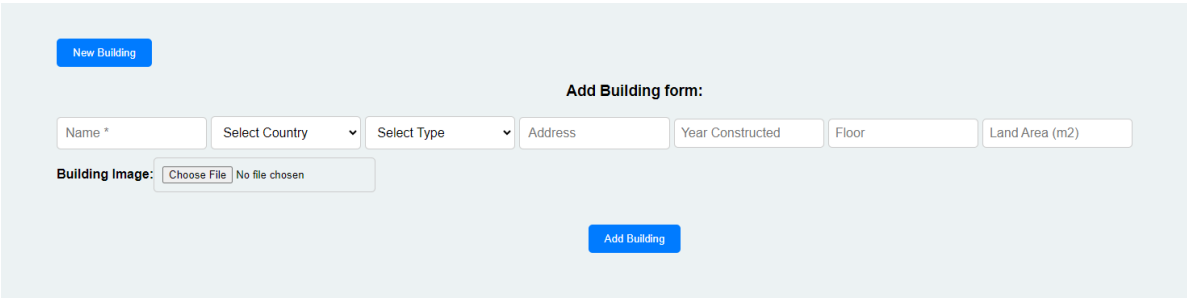
Building Image: Choose File No file chosen

Update Building

Remove This Building

ΕΙΚΟΝΑ 5.24 ΣΕΛΙΔΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ – ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ

Επιπλέον, ο χρήστης μπορεί να προσθέσει νέο κτίριο μέσω του κουμπιού "new building", το οποίο ανοίγει μια φόρμα εισαγωγής με πεδία για τα στοιχεία του νέου κτιρίου και τη δυνατότητα προσθήκης εικόνας (εικόνα 5.25). Με το πάτημα του "add new building", δημιουργείται το νέο κτίριο και αποθηκεύεται στην εφαρμογή.



New Building

Add Building form:

Name * Select Country Select Type Address Year Constructed Floor Land Area (m2)

Building Image: Choose File No file chosen

Add Building

ΕΙΚΟΝΑ 5.25 ΣΕΛΙΔΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ – ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΚΤΙΡΙΟΥ

5.3.6 About us page

Η σελίδα « About us » (εικόνα 5.26) έχει ως στόχο να παρουσιάσει το άτομο που δημιούργησε την εφαρμογή καθώς και το ακαδημαϊκό πλαίσιο του έργου. Παρέχει πληροφορίες σχετικά με εμένα, τον προγραμματιστή της εφαρμογής και συγγραφέα της παρούσας διπλωματικής εργασίας, και τους ρόλους μου στο έργο, τις δεξιότητες που χρησιμοποιήθηκαν και τους στόχους που επιτεύχθηκαν. Επιπλέον, δίνει πληροφορίες για το εργαστήριο στο οποίο διεξήχθη η έρευνα και η ανάπτυξη, ώστε να τονιστεί η σημασία του εργαστηρίου στην υποστήριξη της διατριβής και στην προώθηση της γνώσης του τομέα. Η σελίδα «About us» έχει σχεδιαστεί ώστε να είναι φιλική προς τον χρήστη και να τον εξοικειώνει με την ομάδα ανάπτυξης δίνοντας του την δυνατότητα να επικοινωνήσει με εκείνη για οποιοδήποτε ζήτημα και θωρακίζει την εμπιστοσύνη του.

Konstantinos Tsokas

Hi! I'm Konstantinos Tsokas, an enthusiastic student currently completing my diploma in Electrical and Computer Engineering at the National Technical University of Athens. My passion for programming drives me to constantly explore new technologies and deepen my understanding of complex systems. I thrive on challenges and am always eager to learn something new. Beyond my academic interests, I enjoy long-distance running and playing board games with friends, finding them to be a great way to unwind and strategize in a fun and engaging way. You can reach me at el19073@mail.ntua.gr

Energy Policy Unit

The platform is connected to the European H2020 INHERIT project, in which EPU-NTUA actively participates. EPU-NTUA is a multidisciplinary scientific unit within the School of Electrical and Computer Engineering. EPU-NTUA specialize in research on energy efficiency, renewable energy technologies, environmental planning, and sustainable development. Our team has extensive experience in working with financial institutions and implementing relevant projects, as well as developing advanced ICT systems and platforms. About INHERIT, the project aims to create sustainable, inclusive, and resource-efficient cultural heritage (CH) solutions through the application of advanced technologies such as IoT, AI, and data analytics. The project will support innovative interventions at urban scales, focusing on the design, management, and preservation of heritage sites. Piloted at eight locations across the EU, INHERIT will also establish a capacity-building program for stakeholders and contribute to policy recommendations, particularly within the framework of the New European Bauhaus (NEB) initiative.

© 2024, National Technical University of Athens, Decision Support Systems Laboratory, Energy Policy Unit

Thesis by Konstantinos Tsokas | Supervisor: Vaggelis Marinakis | 2024

Contact: el19073@mail.ntua.gr

EIKONA 5.26 ABOUT US PAGE

Κεφάλαιο 6°. Επίλογος

6.1 Σύνοψη της διπλωματικής

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η δημιουργία μιας φιλικής προς το χρήστη διαδικτυακής εφαρμογής που θα του επέτρεπε εύκολη διαχείριση και αξιολόγηση των κτιρίων του. Έμπνευση της διπλωματικής εργασίας αποτέλεσε η τρέχουσα κατάσταση των κτιρίων της Ευρώπης. Περίπου το 85% των κτιρίων της Ευρωπαϊκής Ένωση κατασκευάστηκαν πριν από το 2000 ενώ το 35% έχει ηλικία μεγαλύτερη των 50 χρόνων. Τα κτίρια αυτά συνήθως είναι ενεργειακά ανεπαρκή, έχουν μεγάλο περιβαλλοντικό αποτύπωμα και δεν προσφέρουν τις κατάλληλες συνθήκες διαβίωσης και προσβασιμότητας. Η εφαρμογή BEE είναι ένα εύχρηστο εργαλείο που μπορεί να χρησιμοποιήσουν οι υπεύθυνοι του κτιρίου προκειμένου να έχουν μια καθαρή εικόνα για την εξέλιξη του κτιρίου και την πρόοδο της εκάστοτε ανακαίνισης. Η εφαρμογή υποστηρίζει ένα καλά δομημένο και εύχρηστο περιβάλλον εργασίας. Εστιάζοντας στον σχεδιασμό με επίκεντρο τον χρήστη, η εφαρμογή διασφαλίζει ότι ακόμη και οι μη ειδικοί χρήστες μπορούν να περιηγηθούν αποτελεσματικά σε αυτήν, παρέχοντας παράλληλα πολύτιμη ανατροφοδότηση σχετικά με την απόδοση του κτιρίου.

Η επιλογή των αξόνων και των κριτηρίων που συμπεριλαμβάνονται στην αξιολόγηση του κτιρίου από την εφαρμογή έγινε από μια εκτενή λίστα. Οι τελικοί άξονες και τα κριτήρια που αποφασίσθηκε να χρησιμοποιηθούν είναι:

1. Ενεργειακή απόδοση:
 - Ενεργειακή ένταση
 - Ενεργειακή αυτονομία
2. Ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος:
 - Ποιότητα εσωτερικού αέρα
 - Θερμική άνεση με βάση την θερμοκρασία
 - Θερμική άνεση με βάση την υγρασία
 - Φωτισμός και οπτική άνεση
 - Θόρυβος και ακουστική άνεση
3. Περιβάλλον και κυκλικότητα:
 - Κατανάλωση νερού ανά κάτοικο
 - Ανακύκλωση νερού
 - Ανακύκλωση καθημερινών υλικών
4. Προσβασιμότητα και Συμπερίληψη:
 - Ανελκυστήρας για κάθε όροφο
 - Ράμπα ή είσοδος για άτομα με ειδικές ανάγκες

- Τουαλέτες για άτομα με ειδικές ανάγκες
- Πλάτος πύλης μεγαλύτερο από 1 μέτρο
- Δημόσιες συγκοινωνίες σε κοντινή απόσταση
- Χώρος στάθμευσης

Τα παραπάνω αναλύονται λεπτομερώς στο κεφάλαιο 2. Κάθε άξονας έχει τα υποκριτήρια του που καθορίζουν την βαθμολογία του. Η συνολική βαθμολογία του κτιρίου προκύπτει από τις επί μέρους βαθμολογίες των βασικών αξόνων και με βάση τις σπουδαιότητες που έχει ορίσει ο χρήστης.

Η μέθοδος που εφαρμόστηκε στην αξιολόγηση βασίζεται στη θεωρία πολλαπλών χαρακτηριστικών χρησιμότητας (MAUT) και στην πολυκριτήρια ανάλυση αποφάσεων (MCDA) για την ικανοποίηση των απαιτήσεων κάθε κτιρίου. Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει μια ευέλικτη διαδικασία αξιολόγησης μέσω της οποίας διάφορα κριτήρια μπορούν να έχουν διαφορετική σημασία ανάλογα με το κτίριο. Ο χρήστης εισάγει απευθείας στο σύστημα συγκεκριμένα βάρη σε κάθε κριτήριο, με την μέθοδο της άμεσης εκτίμησης, καθιστώντας την αξιολόγηση σχετική με τις προτιμήσεις του χρήστη και τις συγκεκριμένες ανάγκες του κτιρίου.

Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας ανάπτυξης, χρησιμοποιήθηκε η μεθοδολογία LUCID (Logical User-Centered Interactive Design) για τη διευκόλυνση της διαδικασίας σχεδιασμού και υλοποίησης. Κάθε βήμα, από τη διαδικασία παραγωγής ιδεών μέχρι τη φάση ανάπτυξης, επικεντρώθηκε στις ανάγκες του χρήστη. Η προσέγγιση αυτή κατέστησε δυνατή την ανάπτυξη ενός συστήματος που είναι όχι μόνο αποτελεσματικό αλλά και φιλικό προς το χρήστη.

Κατά την ανάπτυξη της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκαν διάφορα εργαλεία και γλώσσες προκειμένου να καταστεί η εφαρμογή λειτουργική και εύχρηστη. Για την ανάπτυξη του back-end χρησιμοποιήθηκε Java και το πλαίσιο Spring Boot και για τις λειτουργίες της βάσης δεδομένων η Hibernate. Η βάση δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε ήταν η PostgreSQL και για τη διαχείριση και την παρακολούθηση χρησιμοποιήθηκε το PGAdmin4. Στο front-end, χρησιμοποιήθηκαν JavaScript και React για την ανάπτυξη μιας ελκυστικής διεπαφής χρήστη. Όλοι οι κώδικες χειρίστηκαν και κωδικοποιήθηκαν στον επεξεργαστή Visual Studio Code.

Στο τέλος της διαδικασίας ανάπτυξης, η BEE κατάφερε να επιτύχει τους στόχους που είχαν τεθεί στην αρχή της εργασίας. Η εφαρμογή παρέχει μια ευέλικτη λύση για την αξιολόγηση των κτιρίων όσον αφορά την ενεργειακή απόδοση, την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος, το περιβαλλοντικό αποτύπωμα και την κυκλικότητα και την προσβασιμότητα. Διαδραματίζει το ρόλο ενός εργαλείου για τους χρήστες και τους αξιολογητές για να παρέχει ολοκληρωμένες πληροφορίες σχετικά με την απόδοση του κτιρίου στις διάφορες πτυχές.

6.2 Μελλοντικές επεκτάσεις

Υπάρχει επίσης μεγάλη δυνατότητα επέκτασης της εφαρμογής καθώς αυτή συνεχίζει να αναπτύσσεται στο μέλλον. Οι επόμενες εκδόσεις θα μπορούσαν να συμπεριλάβουν και άλλους άξονες που δεν συμπεριλήφθηκαν στο πρώτο πρωτότυπο, για παράδειγμα, την ασφάλεια του κτιρίου και την αποδοτικότητά του ως επένδυση. Μια επιπλέον δυνατότητα θα ήταν να μπορεί ο χρήστης να επιλέγει μεταξύ διαφόρων μεθόδων Πολυκριτήριας Ανάλυσης Αποφάσεων (MCDA), προσαρμόζοντας την αξιολόγηση στις δικές του ανάγκες και προτιμήσεις, καθώς και στα χαρακτηριστικά του κτιρίου, για την επίτευξη του επιθυμητού αποτελέσματος. Αυτές οι βελτιώσεις θα επέτρεπαν μια πολύ πιο λεπτομερή αξιολόγηση, η οποία θα κάλυπτε ακόμη περισσότερες πτυχές της απόδοσης και της βιωσιμότητας ενός κτιρίου.

Επιπλέον, η πλατφόρμα θα μπορούσε να επεκταθεί σε ένα δίκτυο που θα συνδέει τους χρήστες, όπου οι διαχειριστές κτιρίων, οι μεσίτες και οι εργολάβοι θα μπορούσαν να μοιράζονται την πρόοδο και τις ενημερώσεις για τα συγκεκριμένα κτίρια. Αυτή η συνδεσιμότητα θα επέτρεπε την ανταλλαγή πληροφοριών και πόρων, η οποία θα παρείχε μια κοινοτική προσέγγιση στη διαχείριση των κτιρίων. Θα μπορούσε να μετατραπεί σε ένα χρήσιμο μέσο τόσο για τους επαγγελματίες όσο και για τον πληθυσμό, προωθώντας τη διαφάνεια και τη συνεχή εποπτεία.

Μακροπρόθεσμα, η εφαρμογή θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ακόμη και ως αρχείο των κτιρίων, όπου θα μπορούσε κανείς να δει πώς έχουν εξελιχθεί οι κατασκευές με την πάροδο του χρόνου και τι έχει γίνει σε αυτές. Θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί όχι μόνο από τους ιδιοκτήτες αλλά και από ιστορικούς, πολεοδόμους ή κυβερνητικές αρχές- ως αναφορά στον κύκλο ζωής, την ιστορία και τις δυνατότητες του κτιρίου. Μια πιθανή βελτίωση είναι η ενσωμάτωση της πλατφόρμας σε ένα repository της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων, συμβάλλοντας στις ευρωπαϊκές πρωτοβουλίες για βιώσιμες πόλεις. Αυτή η εξέλιξη θα καθιστούσε την εφαρμογή ένα ανεκτίμητο εργαλείο στους τομείς των ακινήτων, των κατασκευών και της διατήρησης πολιτιστικών αγαθών.

Τέλος, μια άλλη προέκταση θα ήταν η ανάπτυξη εργαλείων προσομοίωσης μελλοντικών σεναρίων, που θα επέτρεπαν την πρόβλεψη της ενεργειακής απόδοσης ή της βιωσιμότητας ενός κτιρίου με βάση διαφορετικές παραμέτρους, όπως οι αλλαγές στον κλιματισμό, η χρήση πράσινων υλικών ή οι μεταβολές στη ζήτηση της αγοράς. Με την ενσωμάτωση τεχνολογιών τεχνητής νοημοσύνης και μηχανικής μάθησης, η πλατφόρμα θα μπορούσε να αναλύει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, παρέχοντας έξυπνες προτάσεις για βελτιστοποίηση της διαχείρισης και της απόδοσης των κτιρίων.

Κεφάλαιο 7°. Βιβλιογραφία

1. Camarasa, C., Nägeli, C., Salzer, C., Saraf, S., & Ostermeyer, Y. (2015). Specific barriers to massive scale energetic refurbishment for sample markets in Europe. *IFOU*. <https://doi.org/10.3390/ifou-E010>
2. European Commission. (n.d.). A European Green Deal. Retrieved from https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
3. European Commission. (n.d.). Renovation Wave. Retrieved from https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/renovation-wave_en
4. European Commission. (2023). Energy performance certificates and inspections. Available at: https://wayback.archive-it.org/12090/20230929230701/https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/certificates-and-inspections_en
5. U.S. Green Building Council. (2023). LEED rating system. Available at: <https://www.usgbc.org/leed>
6. BRE Group. (2023). BREEAM – Built environment sustainability assessment. Available at: <https://bregroup.com/products/breeam>
7. Eurostat. (2024). Energy statistics - An overview. European Commission. Available at: <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php>? [Accessed: 05-Jul-2024].
8. EU Building Stock Observatory, Eurostat. (2016). Available at: <https://ec.europa.eu/energy/en/eu-buildings-factsheets>, <https://ec.europa.eu/energy/en/eu-buildings-datamapper>.
9. Gaglia, A., Tsikaloudaki, K., Laskos, K., Dialynas, E. N., & Argiriou, A. (2017). The impact of the energy performance regulations' update on the construction technology, economics, and energy aspects of new residential buildings: The case of Greece. *Energy and Buildings*, 155, 10.1016/j.enbuild.2017.09.008.
10. Zhao, H.-X., & Magoulès, F. (2012). A review on the prediction of building energy consumption. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 3586–3592.
11. International Energy Agency (IEA). (2021). Global building energy use and floor area growth in the net zero scenario, 2010-2030. Technical report, IEA, Paris.
12. Melo, F., Carrilho Da Graça, G., & Oliveira Pinao, M. (2023). A review of annual, monthly, and hourly electricity use in buildings. *Energy and Buildings*, 293, 113201. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113201>.
13. European Commission. (2019). The European green deal.
14. Buckley, N., Mills, G., Reinhart, C., & Berzolla, Z. M. (2021). Using urban building energy modelling (UBEM) to support the new European Union's Green Deal: Case study of Dublin Ireland. *Energy and Buildings*, 247, 111–115.
15. European Commission. (2024). Energy performance of buildings directive. European Commission. Available at: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/energy-performance-buildings-directive_en [Accessed: 12-Jul-2024].

16. Piasecki, M., Radziszewska-Zielina, E., Czerski, P., Fedorczak-Cisak, M., Zielina, M., Krzyściak, P., & Kwaśniewska-Sip, P. (2020). Implementation of the indoor environmental quality (IEQ) model for the assessment of a retrofitted historical masonry building. *Energies*, 13(22), 6051.
17. U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (2024). Introduction to indoor air quality. Available at: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/introduction-indoor-air-quality> [Accessed: 17-Aug-2024].
18. Always Plumbing & Heating. (n.d.). How your home's temperature can affect your health. Retrieved from <https://alwaysplumbing.ca/heating/how-your-homes-temperature-can-affect-your-health>
19. Okamoto-Mizuno, K., & Mizuno, K. (2012). Effects of thermal environment on sleep and circadian rhythm. *Journal of Physiological Anthropology*, 31(1), 14. <https://doi.org/10.1186/1880-6805-31-14>
20. National Geographic Society. (2023). Humidity. *National Geographic Education*. Available at: <https://education.nationalgeographic.org/resource/humidity> [Accessed: 05-Sep-2024].
21. HealthPartners. (2022). Can humidity make you sick? *HealthPartners Blog*. Available at: <https://www.healthpartners.com/blog/humidity-can-make-you-sick> [Accessed: 05-Sep-2024].
22. Guarnieri, G., Olivieri, B., Senna, G., & Vianello, A. (2023). Relative humidity and its impact on the immune system and infections. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(11), 9456. <https://doi.org/10.3390/ijms24119456>
23. WattLogic. (2023). How humidity affects buildings. *WattLogic Blog*. Available at: <https://wattlogic.com/blog/how-humidity-affects-buildings> [Accessed: 05-Sep-2024].
24. Dhayal, P., & Jha, B. (2023). Indoor visual comfort: A review of factors and assessments. *International Society for the Study of Vernacular Settlements*, 10, 38-59. <https://doi.org/10.61275/ISVSej-2023-10-11-03>
25. Rocca, M., Di Puccio, F., Forte, P., & Leccese, F. (2022). Acoustic comfort requirements and classifications: Buildings vs. yachts. *Ocean Engineering*, 255, 111374. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.111374>
26. European Environment Agency. (2018). Water use in Europe: Quantity and quality face big challenges. *European Environment Agency*. Available at: <https://www.eea.europa.eu/signals-archived/signals-2018-content-list/articles/water-use-in-europe-2014> [Accessed: 20-Aug-2024].
27. Benito, P., Mudgal, S., Dias, D., Jean-Baptiste, V., Kong, M. A., Inman, D., & Muro, M. (2009). Water efficiency standards. Bio Intelligence Service and Cranfield University, Report for European Commission (DG Environment).
28. Eurostat. (2023). Water statistics: Water as a resource. European Commission. Available at: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Water_statistics#Water_as_a_resource
29. De Gisi, S., Casella, P., Notarnicola, M., & Farina, R. (2015). Grey water in buildings: A mini-review of guidelines, technologies, and case studies. *Civil Engineering and Environmental Systems*, 33, 10.1080/10286608.2015.1124868.
30. OECD. (2011). *Greening household behaviour: Overview from the 2011 survey - Revised edition*.

31. Doukas, H., & Psarras, I. (n.d.). Θεωρία πολυκριτήριας χρησιμότητας [MAUT WSM] [PDF]. Course title: Πολυκριτηρια ανάλυση αποφάσεων. University of NTUA.
32. Hwang, C. L., & Yoon, K. (1981). *Multiple attribute decision making: Methods and applications*. Springer.
33. Doukas, H., & Psarras, I. (n.d.). TOPSIS behavioural TOPSIS [PDF]. Course title: Πολυκριτηρια ανάλυση αποφάσεων. University of NTUA.
34. Opricovic, S. (1998). Multicriteria optimization of civil engineering systems. *Faculty of Civil Engineering, Belgrade*, 2(1), 5–21.
35. Doukas, H., & Psarras, I. (n.d.). VIKOR [PDF]. Course title: Πολυκριτηρια ανάλυση αποφάσεων. University of NTUA.
36. Brans, J. P., Vincke, P., & Mareschal, B. (1986). How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method. *European Journal of Operational Research*, 24(2), 228-238.
37. Doukas, H., & Psarras, I. (n.d.). Σχέσεις υπεροχής (PROMETHEE) [PDF]. Course title: Πολυκριτηρια ανάλυση αποφάσεων. University of NTUA.
38. Roy, B. (1968). Classement et choix en présence de points de vue multiples: La méthode ELECTRE. *La Revue d'Informatique et de Recherche Opérationnelle (RIRO)*, 8.
39. Doukas, H., & Psarras, I. (n.d.). Σχέσεις υπεροχής (ELECTRE) [PDF]. Course title: Πολυκριτηρια ανάλυση αποφάσεων. University of NTUA.