



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ Μ/Υ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Έξυπνες Πόλεις και Έξυπνα Κτίρια: Μελέτη του Δείκτη Ευφυούς Ετοιμότητας
Κτιρίων (SRI) και συγκριτική αξιολόγηση της εφαρμογής του

Γκεζερλή Αικατερίνη

Επιβλέπων:
Γεώργιος Ματσόπουλος
Καθηγητής Σχολής ΗΜΜΥ Ε.Μ.Π

Αθήνα, Ιούνιος 2023



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ Μ/Υ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Έξυπνες Πόλεις και Έξυπνα Κτίρια: Μελέτη του Δείκτη Ευφυούς Ετοιμότητας
Κτιρίων (SRI) και συγκριτική αξιολόγηση της εφαρμογής του

Γκεζερλή Αικατερίνη

Επιβλέπων:
Γεώργιος Ματσόπουλος
Καθηγητής Σχολής ΗΜΜΥ Ε.Μ.Π

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 14η Ιουνίου 2023

.....
Γ. Ματσόπουλος
Καθηγητής ΗΜΜΥ

.....
Α. Παναγόπουλος
Καθηγητής ΗΜΜΥ

.....
Σ. Παπαβασιλείου
Καθηγητής ΗΜΜΥ

Αθήνα, Ιούνιος 2023

.....
Γκεζερλή Αικατερίνη

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών ΕΜΠ

Copyright © – Γκεζερλή Αικατερίνη, 2023

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.
.....

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξολοκλήρου 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 το συγγραφέα.

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

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία επικεντρώνεται στον δείκτη ευφυούς ετοιμότητας κτιρίων-Smart Readiness Indicator (SRI) ο οποίος αναφέρθηκε για πρώτη φορά στην αναθεωρημένη ευρωπαϊκή οδηγία για την ενεργειακή απόδοση κτιρίων το 2018. Ο δείκτης αυτός αναπτύχθηκε για να μετρήσει την επίδοση των κτιρίων όσον αφορά την τεχνολογική ετοιμότητα και την ικανότητα να επωφελούνται από τις νέες τεχνολογίες, προκειμένου να βελτιωθεί η απόδοση και η βιωσιμότητά τους. Αναλύεται ο δείκτης SRI και εξετάζεται η χρησιμότητά του στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και της ποιότητας ζωής των κατοίκων τους.

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, εξετάζεται ο ορισμός και τα δομικά στοιχεία της ευφυούς πόλης η οποία αναφέρεται στον σχεδιασμό και τη χρήση νέων τεχνολογιών και καινοτόμων λύσεων για τη βελτίωση της ποιότητας ζωής των κατοίκων, την αειφόρο ανάπτυξη, την αποτελεσματική χρήση των πόρων και τη βελτίωση της ασφάλειας και της ασφάλειας των πολιτών.Ειδικότερα, εξετάζεται ο ορισμός του ευφυούς κτιρίου, στόχος του οποίου είναι να προσφέρει αποδοτική χρήση των πόρων, υψηλή ποιότητα ζωής για τους χρήστες και τη βιωσιμότητα και τέλος παρουσιάζονται κάποια παραδείγματα έξυπνων πόλεων τόσο στην Ευρώπη όσο και στην Ελλάδα.

Σε συνέχεια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, αναλύεται ο δείκτης ευφυούς ετοιμότητας. Ορίζονται οι ευφυώς έτοιμες υπηρεσίες, οι οποίες κατηγοριοποιούνται σε εννέα τεχνικούς τομείς και παρουσιάζονται οι τρεις βασικές λειτουργίες-κλειδιά που στοχεύει να αποτιμήσει ο δείκτης, οι οποίες αναλύονται στα επτά κριτήρια επίδρασης. Έπειτα, καταγράφεται η μέθοδος πολυκριτηριακής ανάλυσης που εμπεριέχει διαφορετικούς παράγοντες και συντελεστές βαρύτητας, λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω δεδομένα – δείκτες με στόχο τον υπολογισμό της τελικής τιμής του δείκτη ευφυούς ετοιμότητας.

Στην συνέχεια πραγματοποιείται η παρουσίαση μιας έρευνας όπου θα εφαρμοστεί η μεθοδολογία SRI σε δύο τυπολογίες τυπικών κτιρίων κατοικιών, μονοκατοικιών και πολυκατοικιών, σε διαφορετικές χώρες της ΕΕ, για την αξιολόγηση του κόστους δημιουργίας ενός έξυπνου κτιρίου και την αξιολόγηση του βαθμού SRI όταν εφαρμόζονται διαφορετικά σενάρια ανακατασκευής

Τέλος αναλύονται τα συμπεράσματα-αποτελέσματα της έρευνας και θα αποφανθεί αν αξίζει η εφαρμογή του SRI σύμφωνα με τις τρέχουσες τάσεις απανθρακοποίησης και ψηφιοποίησης στη βιομηχανία κατασκευών.

Λέξεις Κλειδιά: Έξυπνες πόλεις,έξυπνα κτίρια, έξυπνα υλικά,Δείκτης Ευφυούς Ετοιμότητας Κτιρίων, Μέθοδοι Εκτίμησης του Δείκτη SRI, μεθοδολογία SRI σε μονοκατοικίες και πολυκατοικίες, απόδοση βαρών τομέων,κριτήρια επίδρασης

ABSTRACT

This bachelor's thesis focuses on the Smart Readiness Indicator (SRI), which was first introduced in the revised European directive on the energy performance of buildings in 2018. The SRI was developed to measure the performance of buildings in terms of their technological readiness and their ability to benefit from new technologies in order to improve their performance and sustainability. The thesis analyzes the SRI and examines its usefulness in improving the energy performance of buildings and the quality of life for their occupants.

Within the scope of this thesis, the definition and structural elements of a smart city are examined. A smart city refers to the design and use of new technologies and innovative solutions to improve the quality of life for residents, achieve sustainable development, efficiently use resources, and enhance the safety and security of citizens. Specifically, the definition of a smart building is explored, which aims to provide efficient resource utilization, high-quality living conditions for users, and sustainability. Furthermore, some examples of smart cities in both Europe and Greece are presented.

The thesis then analyzes the Smart Readiness Indicator, defining the smart readiness services that are categorized into nine technical domains. It also presents the three key functions that the indicator aims to assess, which are further analyzed through seven impact criteria. Additionally, the multi-criteria analysis method is described, which incorporates different factors and weighting coefficients to calculate the final value of the SRI.

Subsequently, a research study is presented where the SRI methodology is applied to two typical types of residential buildings—single-family houses and multi-apartment buildings—in different EU countries. The study evaluates the cost of creating a smart building and assesses the SRI level when different refurbishment scenarios are implemented.

Finally, the conclusions and results of the research are analyzed, and a determination is made on whether the application of SRI is worthwhile based on current trends in decarbonization and digitization in the construction industry.

Keywords: Smart cities, smart buildings, smart materials, Smart Readiness Indicator (SRI) for buildings, Methods for assessing the SRI, SRI methodology for single-family houses and multi-apartment buildings, Weighting of criteria, Impact criteria.

Περιεχόμενα	
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	5
ABSTRACT.....	6
Περιεχόμενο Πινάκων.....	9
Περιεχόμενο Εικόνων	10
Κεφάλαιο 1	11
Ευφυείς Πόλεις	11
1.1 Ορισμός ευφυούς πόλης	11
1.2 Συστατικά στοιχεία ευφυούς πόλης.....	11
1.3 Ευφυείς πόλεις στην Ελλάδα.....	13
1.4 Ευφυείς πόλεις στην Ευρωπαϊκή Ένωση	21
Κεφάλαιο 2	29
Ευφυή Κτίρια	29
2.1 Ορισμός ευφυούς κτιρίου	29
2.2 Συστατικά Μέρη ενός Ευφυούς Κτιρίου.....	36
2.3 Έξυπνα Υλικά.....	39
2.3.1 Οφέλη της χρήσης έξυπνων υλικών.....	39
2.3.2. Χαρακτηριστικά έξυπνων υλικών.....	40
2.3.2. Τύποι Έξυπνων Υλικών	41
2.4 Προκλήσεις στην ανάπτυξη έξυπνων υλικών.....	46
Κεφάλαιο 3	48
Δείκτης Ευφυούς Ετοιμότητας Κτιρίων-SRI	48
3.1 Ορισμός Δείκτη Ευφυούς Ετοιμότητας Κτιρίων-SRI.....	48
3.2 Μεθοδολογικό πλαίσιο.....	49
3.3 Σχέδιο Αξιολόγησης του Δείκτη Ευφυούς Ετοιμότητας	50
3.4 Κριτήρια επίδρασης και λειτουργίες κλειδιά	53
3.5 Επιλογή Συντελεστών βαρύτητας τομέων.....	55
3.6 Απόδοση βαρών κριτηρίων επίδρασης.....	59
3.7 Διαδικασία επιλογής υπηρεσιών.....	60
3.7.1 Κατηγορίες Ευφών Υπηρεσιών	60
3.8 Μέθοδοι Εκτίμησης του Δείκτη SRI	65
3.9 Μεθοδολογία Υπολογισμού του Δείκτη SRI	67
Κεφάλαιο 4	72

Εφαρμογή SRI σε διαφορετικές τυπολογίες κτιρίων κατοικιών, μονοκατοικιών και πολυκατοικιών, σε διαφορετικές χώρες της ΕΕ.....	72
4.1 Ορισμός και αξιολόγηση του Δείκτη Ευφυούς Ετοιμότητας (SRI) για το σενάριο αναφοράς (baseline scenario)	74
4.2 Ορισμός και αξιολόγηση του Δείκτη Ευφυούς Ετοιμότητας για το Σενάριο Α	76
4.3 Ορισμός και αξιολόγηση του Δείκτη Ευφυούς Ετοιμότητας για το Σενάριο Β	81
4.4 Σύγκριση τιμών αγοράς για τα σενάρια Α και Β	81
4.5 Αποτελέσματα Έρευνας	82
Κεφάλαιο 5	98
5.1 Συμπεράσματα.....	98
5.2 Προτάσεις	99
Παράρτημα	101
Βιβλιογραφία	106

Περιεχόμενο Πινάκων

Πίνακας 1:Συντελεστής σχετικής σημασίας τομέα ανά κλιματική ζώνη - Κτίρια κατοικίας..	57
Πίνακας 2:Συντελεστής σχετικής σημασίας τομέα ανά κλιματική ζώνη - Κτίρια άλλων χρήσεων	57
Πίνακας 3:Απόδοση βαρών τομέων ανά κριτήριο επίδρασης - Κτίρια άλλων χρήσεων(Δυτική Ευρώπη).....	59
Πίνακας 4:Μέθοδος Α - Υπηρεσίες & επίπεδα λειτουργικότητας ανά τομέα [36].	66
Πίνακας 5:Μέθοδος Β - Υπηρεσίες & επίπεδα λειτουργικότητας ανά τομέα.....	67
Πίνακας 6:Μεθόδοι που μπορούν να εφαρμοστούν για την αξιολόγηση του SRI(Directorate-General for Energy (European Commission) 2020)	74
Πίνακας 7:Κύρια χαρακτηριστικά της περίπτωσης "Μονοκατοικίες" για το βασικό σενάριο.	75
Πίνακας 8:Βασικά χαρακτηριστικά της περίπτωσης "Πολυκατοικίες" για το βασικό σενάριο.	76
Πίνακας 9:Βασικά χαρακτηριστικά της περίπτωσης "Μονοκατοικίες" για το Σενάριο Α.....	79
Πίνακας 10:Βασικά χαρακτηριστικά της περίπτωσης "Πολυκατοικίες" για το Σενάριο Α. ...	80
Πίνακας 11:Κύρια χαρακτηριστικοί παράμετροι των "μονοκατοικιών" και των "πολυκατοικιών" για το Σενάριο Β.....	81
Πίνακας 12:Τιμές αγοράς των παρεμβάσεων του Σεναρίου Α και του Σεναρίου Β	82
Πίνακας 13:Συνολικές βαθμολογίες SRI και κατηγορία SRI για διάφορα σενάρια και εφαρμοσθείσες μεθόδους-Μονοκατοικίες	83
Πίνακας 14:Συνολικές βαθμολογίες SRI και κατηγορία SRI για διάφορα σενάρια και εφαρμοσθείσες μεθόδους-Πολυκατοικίες.....	83
Πίνακας 15:Συνολικοί βαθμοί για τις 3 βασικές λειτουργικότητες, για διάφορα σενάρια και μεθόδους που εφαρμόστηκαν(Μονοκατοικίες)	85
Πίνακας 16:Συνολικοί βαθμοί για τις 3 βασικές λειτουργικότητες, για διάφορα σενάρια και μεθόδους που εφαρμόστηκαν(Πολυκατοικίες).....	85
Πίνακας 17:Ανάλυση SRI-Κόστους για το Σενάριο Α-Μονοκατοικίες.....	94
Πίνακας 18:Ανάλυση SRI-Κόστους για το Σενάριο Α-Πολυκατοικίες	94
Πίνακας 19:Ανάλυση SRI-Κόστους για το Σενάριο Β-Μονοκατοικίες	95
Πίνακας 20:Πίνακας 16:Ανάλυση SRI-Κόστους για το Σενάριο Β-Πολυκατοικίες.....	96

Περιεχόμενο Εικόνων

Εικόνα 1:Χρονολογική εξέλιξη κτιρίου.....	31
Εικόνα 2:Χαρακτηριστικά ενός Έξυπνου Κτιρίου	32
Εικόνα 3:Η προσαρμοστικότητα σε διαφορετικά χρονικά πλαίσια σε ένα Έξυπνο Κτίριο. ...	33
Εικόνα 4:Συστατικά μέρη ενός έξυπνου κτιρίου	38
Εικόνα 5:Κατηγοριοποίηση των έξυπνων υλικών.....	40
Εικόνα 6: (α) Μια μονή διακοπτόμενη αγωγή ινα,(β) Ηλεκτρονικοί αισθητήρες	43
Εικόνα 7(α) Πρωτότυπο ασύρματου συστήματος αισθητήρων που ενσωματώνεται σε ένα τυπικό μέγεθος κεραμιδιού, (b) Σχεδιασμός ένας νέας γενιάς ασύρματων αισθητήρων που είναι υπό εξέλιξη.....	44
Εικόνα 8:Οι τομείς των Δεικτών Ευφυούς Ετοιμότητας και οι κατηγορίες επιδράσεων.....	50
Εικόνα 9: Κριτήρια επίδρασης.....	53
Εικόνα 10:Απόδοση βαρών τεχνικών τομέων ανά κριτήριο επίδρασης.....	55
Εικόνα 11:Επισκόπηση των βαρών τεχνικών τομέων	56
Εικόνα 12:Άθροισμα βαρών των κριτηρίων επίδρασης των 3 λειτουργιών - κλειδιών	60
Εικόνα 13:Υπολογισμός αποδόσεων κριτηρίων	69
Εικόνα 14:Υπολογισμός δείκτη ανά κριτήριο επίδρασης.....	70
Εικόνα 15:Συνολικοί βαθμοί για τα 7 κριτήρια επίδρασης που ορίζονται από το SRI για το σενάριο αναφοράς.....	86
Εικόνα 16:Συνολικοί βαθμοί για τα 7 κριτήρια επίδρασης που ορίζονται από το SRI για το σενάριο Α.....	87
Εικόνα 17:Συνολικοί βαθμοί για τα 7 κριτήρια επίδρασης που ορίζονται από το SRI για το σενάριο Β.....	87
Εικόνα 18:Οι συνολικοί βαθμοί για τους 9 τομείς για τη μέθοδο Α - Μονοκατοικίες-Σενάριο Αναφοράς.....	88
Εικόνα 19:Οι συνολικοί βαθμοί για τους 9 τομείς για τη μέθοδο Α - Μονοκατοικίες-Σενάριο Α.....	88
Εικόνα 20:Οι συνολικοί βαθμοί για τους 9 τομείς για τη μέθοδο Α - Μονοκατοικίες-Σενάριο Β.....	89
Εικόνα 21:Οι συνολικοί βαθμοί για τους 9 τομείς για τη μέθοδο Β - Μονοκατοικίες-Σενάριο Αναφοράς.....	89
Εικόνα 22:Οι συνολικοί βαθμοί για τους 9 τομείς για τη μέθοδο Β - Μονοκατοικίες-Σενάριο Α.....	90
Εικόνα 23:Οι συνολικοί βαθμοί για τους 9 τομείς για τη μέθοδο Β - Μονοκατοικίες-Σενάριο Β.....	90
Εικόνα 24:Οι συνολικοί βαθμοί για τους 9 τομείς για τη μέθοδο Β - Πολυκατοικίες-Σενάριο Αναφοράς.....	91
Εικόνα 25:Οι συνολικοί βαθμοί για τους 9 τομείς για τη μέθοδο Β - Πολυκατοικίες-Σενάριο Α.....	91
Εικόνα 26:Οι συνολικοί βαθμοί για τους 9 τομείς για τη μέθοδο Β - Πολυκατοικίες-Σενάριο Β.....	92
Εικόνα 27:Βαθμός SRI σε σχέση με το κόστος επένδυσης – Μονοκατοικίες	96
Εικόνα 28:Βαθμός SRI σε σχέση με το κόστος επένδυσης – Πολυκατοικίες.....	97

Κεφάλαιο 1

Ευφυείς Πόλεις

Στη σύγχρονη εποχή, οι πόλεις αναπτύσσονται με μεγάλους ρυθμούς και η ανάγκη για βιώσιμες και αποδοτικές λύσεις γίνεται ολοένα και πιο σημαντική. Οι "έξυπνες πόλεις" αναφέρονται σε αστικά κέντρα που χρησιμοποιούν τεχνολογία και καινοτομία για τη βελτίωση της ποιότητας ζωής των κατοίκων τους και τη μείωση της επίδρασης τους στο περιβάλλον. Στο κεφάλαιο αυτό, θα εξετάσουμε το τι είναι μια έξυπνη πόλη, ποιά είναι τα στοιχεία της και θα αναφέρουμε κάποια παραδείγματα έξυπνων πόλεων στην Ευρωπαϊκή Ένωση και στην Ελλάδα.

1.1 Ορισμός ευφυούς πόλης

Οι έξυπνες πόλεις είναι μια σχετικά νέα έννοια που αναφέρεται σε πόλεις που χρησιμοποιούν τεχνολογίες πληροφορικής και επικοινωνιών για τη βελτίωση της αποδοτικότητας των υπηρεσιών τους, της βιωσιμότητας και της ποιότητας ζωής των κατοίκων τους. Με τη χρήση αισθητήρων και τεχνολογιών συνδεσιμότητας, μια έξυπνη πόλη μπορεί να συλλέγει και να αναλύει δεδομένα για την κίνηση των πολιτών, την κατανάλωση ενέργειας, τη χρήση των μεταφορικών μέσων και πολλά άλλα, προκειμένου να λάβει αποφάσεις για τη βελτίωση της λειτουργίας της.

Η έννοια των έξυπνων πόλεων αναπτύχθηκε στη δεκαετία του 1990 και από τότε έχει εξελιχθεί σε μια διεθνή συζήτηση. Πολλές πόλεις σε όλο τον κόσμο έχουν υλοποιήσει σχέδια έξυπνων πόλεων, και ο αριθμός αυτός αναμένεται να αυξηθεί στο μέλλον.[1]

Η έννοια των smart cities είναι μια σύγχρονη προσέγγιση για την ανάπτυξη βιώσιμων και αποδοτικών πόλεων. Η τεχνολογία αποτελεί τον πυρήνα των smart cities, καθώς οι πόλεις χρησιμοποιούν διάφορα εργαλεία και συστήματα για να βελτιώσουν τη διαχείριση των πόρων και τις υπηρεσίες που προσφέρουν στους κατοίκους τους. Με τη βοήθεια της τεχνολογίας, οι πόλεις μπορούν να επιτύχουν αυξημένη αποδοτικότητα στους τομείς της ενέργειας, της κυκλοφορίας, των υπηρεσιών δημόσιας υγείας και της ασφάλειας.

Η ανάπτυξη smart cities είναι μια συνεχής διαδικασία, καθώς οι πόλεις πρέπει να ενσωματώνουν διαρκώς νέες τεχνολογίες και να βελτιώνουν τα υπάρχοντα συστήματα. Η προσέγγιση αυτή απαιτεί στενή συνεργασία μεταξύ δημόσιου και ιδιωτικού τομέα, καθώς και στενή επικοινωνία με τους κατοίκους και τις κοινότητες.

1.2 Συστατικά στοιχεία ευφυούς πόλης

Οι έξυπνες πόλεις χρησιμοποιούν την τεχνολογία και την καινοτομία για να βελτιώσουν την ποιότητα ζωής των κατοίκων τους, να αυξήσουν την αειφορία και τη βιωσιμότητα και να ενισχύσουν την οικονομική ανάπτυξη. Αυτό περιλαμβάνει τη χρήση διαφόρων τεχνολογιών, όπως οι αισθητήρες, οι μικροεπεξεργαστές, η τεχνητή νοημοσύνη, τα δίκτυα αισθητήρων, τα συστήματα διαχείρισης δεδομένων και η σύνδεση συσκευών στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT).

Οι έξυπνες πόλεις έχουν συνήθως διαφορετικούς τομείς εφαρμογής, όπως οι μεταφορές, η ενέργεια, η κατανάλωση νερού, η αποχέτευση, η διαχείριση αποβλήτων, η ασφάλεια, η υγεία, η εκπαίδευση και η κουλτούρα. Η εφαρμογή των τεχνολογιών αυτών βοηθά στη βελτίωση της διαχείρισης των πόρων, της αποτελεσματικότητας και της ασφάλειας, καθώς και στην ενίσχυση των υπηρεσιών που προσφέρονται στους κατοίκους.

Μερικά από τα βασικά στοιχεία των Έξυπνων Πόλεων περιλαμβάνουν:

1. Δίκτυα Συσκευών IoT (Internet of Things): Οι συσκευές IoT παρέχουν στις Έξυπνες Πόλεις πληροφορίες σχετικά με τη χρήση των πόρων της πόλης, όπως το νερό, την ενέργεια και τα απορρίμματα.

2. Εφαρμογές Μετάδοσης Δεδομένων (Data Analytics): Οι Έξυπνες Πόλεις χρησιμοποιούν εφαρμογές μετάδοσης δεδομένων για να αναλύουν τις πληροφορίες που συλλέγουν από τις συσκευές IoT και άλλες πηγές.

3. Εφαρμογές Διαχείρισης Συστημάτων (System Management Applications): Οι Έξυπνες Πόλεις χρησιμοποιούν εφαρμογές διαχείρισης συστημάτων για να βελτιστοποιήσουν την απόδοση των διάφορων συστημάτων που χρησιμοποιούνται στην πόλη, όπως τα συστήματα μεταφορών και τα συστήματα απορριμμάτων.

4. Πλατφόρμες Διαλειτουργικότητας (Interoperability Platforms): Οι Έξυπνες Πόλεις χρησιμοποιούν πλατφόρμες διαλειτουργικότητας για να διασφαλίσουν ότι οι διάφορες τεχνολογίες και συστήματα στην πόλη μπορούν να επικοινωνήσουν και να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους.

5. Υποδομή Δικτύων Επικοινωνίας (Communication Network Infrastructure): Οι Έξυπνες Πόλεις απαιτούν μια αξιόπιστη και ασφαλή υποδομή δικτύων επικοινωνίας, ώστε να εξασφαλίζουν την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των συστημάτων και των συσκευών IoT.

6. Συμμετοχή του Πληθυσμού (Citizen Participation): Οι Έξυπνες Πόλεις ενθαρρύνουν τη συμμετοχή του πληθυσμού στη διαμόρφωση της πόλης και της κοινότητας τους, χρησιμοποιώντας διαφορετικές μορφές συνεργασίας και συμμετοχής, όπως τις εφαρμογές συμμετοχικού προϋπολογισμού και τις πλατφόρμες διαβούλευσης με τους πολίτες.

7. Ασφάλεια Δεδομένων (Data Security): Οι Έξυπνες Πόλεις πρέπει να διασφαλίζουν την ασφάλεια και την προστασία των δεδομένων που συλλέγουν και χρησιμοποιούν, προκειμένου να αποφύγουν να αποφύγουν παραβιάσεις από κακόβουλους εισβολείς. Για τον σκοπό αυτό, χρησιμοποιούνται τεχνολογίες κρυπτογράφησης, ανώνυμων δεδομένων και εργαλεία ανίχνευσης και αντιμετώπισης των κινδύνων ασφαλείας.

8. Διαχείριση Ενέργειας (Energy Management): Οι Έξυπνες Πόλεις χρησιμοποιούν τεχνολογίες ενεργειακής απόδοσης για τη διαχείριση της κατανάλωσης ενέργειας και τη μείωση του οικολογικού αποτυπώματος της πόλης. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει τη χρήση ηλιακών πάνελ, τη διαχείριση των φωτιστικών σωμάτων και την υποστήριξη της χρήσης καθαρών ενεργειακών πηγών.

9. Μεταφορές (Transportation): Οι Έξυπνες Πόλεις αναζητούν τρόπους βελτίωσης της κινητικότητας και της προσβασιμότητας στις μεταφορές. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει τη χρήση τεχνολογιών που βελτιώνουν την κυκλοφορία και μειώνουν την κατανάλωση

καυσίμων, όπως τα συστήματα ελέγχου της κυκλοφορίας, τα έξυπνα συστήματα διαχείρισης πάρκινγκ και οι εφαρμογές μεταφοράς μετρό, λεωφορείων και ταξί.

10.Κοινωνική Συνοχή (Social Cohesion): Οι Έξυπνες Πόλεις πρέπει να προωθούν την κοινωνική συνοχή και την ισότητα. Αυτό μπορεί να γίνει μέσω της παροχής καλύτερων υπηρεσιών σε περιοχές με μικρότερη πρόσβαση, της διάθεσης πόρων για την καταπολέμηση των κοινωνικών ανισοτήτων και της δημιουργίας ευκαιριών για όλους τους πολίτες.

11.Ψηφιακή Καινοτομία (Digital Innovation): Οι Έξυπνες Πόλεις πρέπει να προωθούν την ψηφιακή καινοτομία και να χρησιμοποιούν τεχνολογίες όπως το Internet of Things (IoT), το cloud computing και η τεχνητή νοημοσύνη (AI) για να βελτιώσουν τις υπηρεσίες και τις λειτουργίες της πόλης. Με τη χρήση αισθητήρων και άλλων συστημάτων συλλογής δεδομένων, οι Έξυπνες Πόλεις μπορούν να αναπτύξουν και να υλοποιήσουν εφαρμογές για τη διαχείριση των απορριμμάτων, την εξοικονόμηση ενέργειας, τη διαχείριση της κυκλοφορίας και άλλες υπηρεσίες.

12.Αειφορία (Sustainability): Οι Έξυπνες Πόλεις πρέπει να επιδιώκουν την αειφορία και την προστασία του περιβάλλοντος. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω της ανακύκλωσης, της εξοικονόμησης ενέργειας, της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και της μείωσης της ρύπανσης. Οι Έξυπνες Πόλεις μπορούν επίσης να χρησιμοποιούν τεχνολογίες όπως η έξυπνη διαχείριση των συστημάτων υδροδότησης και αποχέτευσης, η έξυπνη καλλιέργεια και οι εναλλακτικές μεταφορικές λύσεις για τη μείωση της ρύπανσης του αέρα.

13.Ασφάλεια (Safety): Η ασφάλεια των κατοίκων είναι πολύ σημαντική για τις Έξυπνες Πόλεις. Με τη βοήθεια της τεχνολογίας, μπορούν να δημιουργηθούν συστήματα παρακολούθησης και πρόληψης εγκληματικών ενεργειών, αυξάνοντας την ασφάλεια των κατοίκων και των επισκεπτών. Επίσης, οι Έξυπνες Πόλεις μπορούν να εφαρμόσουν συστήματα έκτακτης ανάγκης, που θα βοηθήσουν στη διαχείριση έκτακτων καταστάσεων όπως φυσικές καταστροφές, τρομοκρατικές επιθέσεις και ιατρικές επειγόντων περιστατικών.

14.Διακυβέρνηση (Governance): Η επιτυχία των Έξυπνων Πόλεων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την καλή διακυβέρνηση. Αυτό σημαίνει ότι οι κυβερνήσεις και οι τοπικές αρχές πρέπει να συνεργαστούν με τον ιδιωτικό τομέα, τους κατοίκους και άλλους ενδιαφερόμενους φορείς, για να δημιουργήσουν μια στρατηγική για την ανάπτυξη της Έξυπνης Πόλης. Αυτή η στρατηγική πρέπει να περιλαμβάνει τους στόχους, τις προτεραιότητες και τα μέσα που θα χρησιμοποιηθούν για την υλοποίησή τους.

15.Συμμετοχή των κατοίκων (Citizen Participation): Οι κάτοικοι πρέπει να έχουν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη και λειτουργία των Έξυπνων Πόλεων. Η συμμετοχή τους μπορεί να γίνει μέσω της συλλογής δεδομένων από τους κατοίκους, της συμβολής τους σε δημοσιογραφικούς οργανισμούς και ομάδες συζήτησης, και της συμμετοχής τους σε αποφάσεις που αφορούν την πόλη[2].

1.3 Ευφυείς πόλεις στην Ελλάδα

Τις τελευταίες 2 δεκαετίες η Ελλάδα προστέθηκε στις χώρες της Ευρώπης που ενέταξαν τις Έξυπνες Πόλεις στο δυναμικό τους

Κάποια παραδείγματα ευφυών πόλεων στην Ελλάδα είναι:

1.Τρίκαλα

Πλατφόρμα ενίσχυσης της αστικής κινητικότητας για το Δήμο Τρικκαίων

Η πλατφόρμα SMARTA 2 (Sustainable shared mobility interconnected with public transport in European rural areas), αναπτύχθηκε για την Αναπτυξιακή Εταιρεία του Δήμου Τρικκαίων – Αναπτυξιακή Ανώνυμη Εταιρεία ΟΤΑ – “e-Trikala ΑΕ”.

Η on-line πλατφόρμα παρέχει τις ακόλουθες λειτουργίες:

- πληροφόρηση τύπου real-time σχετικά με την εκτιμώμενη ώρα άφιξης αστικού λεωφορείου σε συγκεκριμένη στάση. Η πληροφορία υπάρχει ήδη στο υφιστάμενο σύστημα ευφών μεταφορών των αστικών λεωφορείων και αποτυπώνεται σε συγκεκριμένες πινακίδες σε στάσεις λεωφορείων στην πόλη των Τρικάλων.
- δημιουργία εφαρμογής για carsharing και carpooling και πληροφόρηση σχετικά με τις διαθέσιμες κατά περίπτωση επιλογές. Κατά βάση χρησιμοποιούνται από/προς γειτονικούς οικισμούς/χωριά σε σχέση με την πόλη των Τρικάλων, και η ανάπτυξή της επιτρέπει την επέκτασή της σε νέους προορισμούς.
- μία on-demand υπηρεσία η οποία επιτρέπει την αποστολή αιτήματος για κράτηση λεωφορείου ή ταξί. Με τον τρόπο αυτό ο πάροχος αστικών μεταφορών γνωρίζει εκ των προτέρων την πραγματική ανάγκη για συγκεκριμένα δρομολόγια. Επικουρικά με την on-line έκδοση, υποστηρίζεται η υπηρεσία μέσω τηλεφωνικού κέντρου στο info point, το οποίο βρίσκεται στην κεντρική πλατεία της πόλης των Τρικάλων και είναι ήδη στελεχωμένο με κατάλληλο προσωπικό.
- μία εφαρμογή on-line κρατήσεων για τις υφιστάμενες υπηρεσίες οι οποίες προσφέρονται ήδη από το Δήμο Τρικκαίων μέσω του Info Point στην Κεντρική Πλατεία (ενδεικτικά αναφέρονται η «ενοικίαση» βραχυπρόθεσμου χρόνου για χρήση α) ποδηλάτου, β) scooter αναπηρικού αμαξιδίου και γ) θυρίδων με κλειδί για απόθεση αντικειμένων), και δυνατότητα επέκτασης σε νέες υπηρεσίες.

Σύστημα έξυπνης πεζοδιάβασης

Έχει παρατηρηθεί ότι πολλά θανατηφόρα ατυχήματα, συμβαίνουν μεταξύ οχημάτων και πεζών σε υποφωτισμένες και μή ασφαλείς πεζοδιαβάσεις. Το σύστημα έξυπνης πεζοδιάβασης της εταιρείας Bergman AS, παρέχει μία σειρά από εργαλεία για την προειδοποίηση του οδηγού που πλησιάζει την πεζοδιάβαση και του εφιστά την προσοχή με τρόπο που δεν τον αιφνιδιάζει.

Το σύστημα έξυπνης πεζοδιάβασης SPC-S® που εγκαταστάθηκε στο Δήμο Τρικκαίων αποτελείται από:

- Αισθητήρα Ανίχνευσης του πεζού που διέρχεται της πεζοδιάβασης.
- Αυτοφωτιζόμενη πινακίδα πεζοδιάβασης τεχνολογίας LED, επί ιστού, η φωτεινότητα της οποίας αυξομειώνεται ανάλογα με το φως του περιβάλλοντος.
- Προειδοποιητικούς αναλάμποντες φανούς επί ιστού, που ενεργοποιούνται μόνο όταν ανιχνευθεί πεζός που διέρχεται της πεζοδιάβασης.
- Διασύνδεση με οδοφωτισμό LED και αυξομείωση της έντασης φωτισμού, όταν διέρχεται πεζός της διάβασης

Το σύστημα επιδέχεται αναβάθμισης, σε SPS-M® με την προσθήκη:

- Μικροκυματικού Αισθητήρα (radar) για την ανίχνευση των οχημάτων που πλησιάζουν την διάβαση και συλλογή κυκλοφοριακών δεδομένων καθόλη την ημέρα.
- Αισθητήρες περιβαλλοντικών μετρήσεων (Θερμοκρασία, Υγρασία, Ατμοσφαιρική Πίεση, CO, NO, PM1,PM2.5, PM10 κτλ).

Κατά συνέπεια ο Δήμος έχει την δυνατότητα δημιουργίας, όχι απλά μίας ασφαλούς διάβασης, αλλά και ενός σταθμού λήψεως κυκλοφοριακών και περιβαλλοντικών δεδομένων για πάσα χρήση.

2.Πάτρα

Η Πάτρα έχει αναπτύξει διάφορα συστήματα καινοτομίας και ψηφιακής τεχνολογίας για να βελτιώσει την ποιότητα ζωής των κατοίκων της. Η πόλη έχει εφαρμόσει ένα σύστημα ηλεκτρονικής πληρωμής για τα λεωφορεία, και έχει δημιουργήσει ένα καταναμημένο δίκτυο έξυπνων αισθητήρων που μπορεί να μετρήσει πολλές παραμέτρους για μια πιο αποτελεσματική διαχείριση του περιβάλλοντος του Ιστορικού Κέντρου της πόλης. Μέσω του δικτύου έξυπνων αισθητήρων επιτυγχάνεται:

- Εφαρμογή λύσεων έξυπνης πόλης για την βελτίωση μικροκλίματος αστικών περιοχών και την προστασία του περιβάλλοντος.
- Μέτρηση των περιβαλλοντικών δεδομένων του Ιστορικού Κέντρου του Δήμου Πατρέων, ώστε να εντοπιστούν οι περιοχές που χρήζουν προστασίας και να γίνουν οι αναγκαίες παρεμβάσεις.
- Καταγραφή και έλεγχος περιβαλλοντικής ρύπανσης, ποιότητας του αέρα, ηχορύπανσης και φωτορύπανσης μέσω τεχνολογιών του Διαδικτύου των Πραγμάτων (Internet of Things – IoT) και προσδιορισμός υφιστάμενων και προβλεπόμενων ποσοστών/δεικτών.
- Έλεγχος και μετρήσεις ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στον αστικό ιστό.
- Βελτίωση ποιότητας παρεχόμενων υπηρεσιών ΤΠΕ μέσω πολυκαναλικής διάθεσης.
- Αύξηση της προσβασιμότητας σε ανοικτά δεδομένα

Στους πολίτες παρέχεται – μέσω εφαρμογών παρουσίασης δεδομένων έξυπνων υποδομών – η δυνατότητα προβολής χρήσιμων πληροφοριών συλλεγόμενων μέσω του δικτύου έξυπνων αισθητήρων που τοποθετήθηκαν σε 5 σημεία της πόλης και το οποίο βασίζεται σε τεχνολογίες του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT). Οι πολίτες παρακολουθούν σε πραγματικό χρόνο την ανάλυση των συλλεγόμενων δεδομένων σχετικά με την ποιότητα του αστικού περιβάλλοντος (π.χ. ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, επίπεδα θορύβου, μόλυνση της ατμόσφαιρας, κλπ.).[3]

3.Θεσσαλονίκη

Η Θεσσαλονίκη έχει εφαρμόσει μια σειρά από πρωτοβουλίες για την προώθηση της έξυπνης πόλης, όπως η ανάπτυξη μιας εφαρμογής που παρέχει πληροφορίες για τα δημόσια συγκοινωνιακά δίκτυα και η εγκατάσταση έξυπνων προτάσεων στάθμευσης που βοηθούν στην αποφυγή της κυκλοφοριακής συμφόρησης και την εξοικονόμηση ενέργειας.

Ο Δήμος Καλαμαριάς υλοποιεί ένα ολοκληρωμένο καινοτόμο έργο ψηφιακών εφαρμογών και υπηρεσιών έξυπνης πόλης με σκοπό την αναβάθμιση και βελτίωση της ποιότητας ζωής των δημοτών του. Σήμερα μια έξυπνη πόλη, μπορεί να νιώθει συνεχώς και σε πραγματικό χρόνο

το δικό της ρυθμό και παλμό. Ενσωματωμένοι αισθητήρες, αναλύουν και παρατηρούν μέσω δικτύων τα δεδομένα της πόλης.

Το έργο βασίζεται σε μια ενιαία πλατφόρμα λογισμικού και ενημέρωσης των πολιτών, η οποία συλλέγει τα δεδομένα και θα ελέγχει τις επιμέρους εφαρμογές έξυπνης πόλης. Το σύνολο του έργου περιλαμβάνει τα ακόλουθα τμήματα:

1. Ανάπτυξη και υλοποίηση «Συστήματος Έξυπνης Στάθμευσης», με το οποίο επιτυγχάνεται η εύρεση, η απεικόνιση και ο έλεγχος οριοθετημένων θέσεων στάθμευσης στο κέντρο της πόλης. Η υλοποίηση έγινε με εγκατάσταση δικτύου εξειδικευμένων αισθητήρων εντός του οδοστρώματος έτσι ώστε να αντιστοιχεί ένας αισθητήρας για κάθε διακριτή, διαγραμματισμένη θέση στάθμευσης. Ο αισθητήρας τροφοδοτεί τα σημεία συλλογής σημάτων του δικτύου (gateways) στέλνοντας τα ανάλογα σήματα όταν η θέση είναι ή δεν είναι κατειλημμένη
2. Ανάπτυξη και υλοποίηση «Συστήματος παρακολούθησης περιβαλλοντικών συνθηκών». Με τη χρήση ειδικών συσκευών περιβαλλοντικών μετρήσεων, όπως για τη συγκέντρωση αέριων ρύπων, αιωρούμενων σωματιδίων και θορύβου, δίνεται η δυνατότητα εκτίμησης της ποιότητας της ατμόσφαιρας και αξιολόγησης του πιθανού αντίκτυπου στη δημόσια υγεία. Επίσης απεικονίζονται σε πραγματικό χρόνο τυποποιημένοι δείκτες ποιότητας του περιβάλλοντος που επιτρέπουν συγκριτική αξιολόγηση (benchmarking), επισημάνσεις (alerts) και την αναγνώριση τάσεων που θα μπορούσαν να οδηγήσουν στην λήψη μέτρων
3. Ανάπτυξη και υλοποίηση εφαρμογής για την «Ασύρματη Πρόσβαση σε υπηρεσίες του Δήμου και στο Διαδίκτυο». Το δίκτυο έχει επανξήσει την υφιστάμενη υποδομή στην πόλη, καθώς είναι απαραίτητο για τη λειτουργία των υπόλοιπων εφαρμογών. Το σύστημα περιλαμβάνει Συλλογή και ανάλυση δεδομένων παραγόμενα από τη διασύνδεση χρηστών στο Δημοτικό Ασύρματο Δίκτυο. Η συλλογή γίνεται μέσω εφαρμογής η οποία επιτρέπει εύκολη και γρήγορη διασύνδεση των χρηστών στο δημοτικό ασύρματο δίκτυο.
4. Ανάπτυξη και υλοποίηση «Συστήματος παρακολούθησης και μέτρησης της πληρότητας των κάδων». Με την χρήση εξοπλισμού μέτρησης πληρότητας των κάδων ο Δήμος είναι σε θέση να παρακολουθεί την πληρότητα του κάθε κάδου και να επεμβαίνει στις περιπτώσεις που απαιτείται. Παράλληλα υπάρχει δυνατότητα σύνταξης αναφορών (reports) για την χρήση των κάδων και τα ποσοστά πλήρωσης.
5. Ανάπτυξη και υλοποίηση «Ενιαίας πλατφόρμας λογισμικού και ενημέρωσης των πολιτών», η οποία συλλέγει τα δεδομένα τα κανονικοποιεί, ελέγχει τις επιμέρους εφαρμογές έξυπνης πόλης και δημιουργεί χρονοσειρές «ανοιχτών» δεδομένων για περαιτέρω μελέτη και εκμετάλλευση από τα ενδιαφερόμενα μέρη (stakeholders).
6. Υπηρεσίες διασύνδεσης συστημάτων, πιλοτικής λειτουργίας και εκπαίδευσης χρηστών. Περιλαμβάνονται όλες οι υπηρεσίες διασύνδεσης με την υφιστάμενη διαδικτυακή πύλη του Δήμου Καλαμαριάς, πιλοτικής λειτουργίας και εκπαίδευσης για το σύνολο των υπολοίπων Τμημάτων.

4.Αθήνα

Ο Δήμος Αιγάλεω δημιούργησε μία εξειδικευμένη πλατφόρμα που θα ενισχύσει τη δημόσια διακυβέρνηση, μέσα από τη σύλληψη των πραγματικών αναγκών της κοινωνίας, τη δημιουργία πρόσθετης αξίας μέσω της εκμετάλλευσης ψηφιακών υποδομών και την ανάδειξη του πολιτιστικού αποθέματος του.

Το έργο στοχεύει στην ανάπτυξη των κατάλληλων εργαλείων και διεπαφών με την αξιοποίηση των οποίων θα εξυπηρετηθούν καλύτερα και πιο ολοκληρωμένα οι πολίτες και οι επιχειρήσεις του Δήμου, θέτοντας μετρήσιμους και ρεαλιστικούς στόχους, αναπτύσσοντας σταδιακά ένα ισχυρό οικοσύστημα καινοτομίας στους τομείς της πληροφορικής και επικοινωνιών.

Στην ενοποιημένη ψηφιακή πλατφόρμα, θα ενσωματωθούν οι υφιστάμενες «νησίδες» εφαρμογών του Δήμου Αιγάλεω και θα αναπτυχθούν νέες, για την παρακολούθηση της τρέχουσας κατάστασης της πόλης. Η πλατφόρμα θα αποτελέσει ένα ολοκληρωμένο κέντρο συντονισμού και ενορχήστρωσης της έξυπνης πόλης του Αιγάλεω. Σε αυτό πλαίσιο, όλες οι διακριτές πηγές πληροφόρησης και δεδομένων θα ενσωματώνονται σε ένα μοναδικό σημείο ελέγχου, όπου κατάλληλα καταρτισμένο προσωπικό με εξουσιοδοτημένη πρόσβαση θα είναι σε θέση να ελέγχει και να παραμετροποιεί τις πληροφορίες αυτές.

Οι εφαρμογές έξυπνης πόλης στο Δήμο Αιγάλεω στοχεύουν στην τοποθέτηση της περιοχής ως «νέου» προορισμού αναψυχής και πολιτισμού με αξιοποίηση βιωματικών εμπειριών πολιτών και επισκεπτών καθώς και στην ενίσχυση της επικοινωνίας Δήμου και πολιτών / επισκεπτών και στην αναβάθμιση της οργάνωσης και χρήσης ανθρώπινων και υλικών πόρων του Δήμου από Πολίτες, εργαζόμενους και επισκέπτες.

Ενδεικτικά τα «έξυπνα» υποσυστήματα που εμπεριέχονται στην λύση της έξυπνης πόλης του Δήμου Αιγάλεω και μπορούν να αξιοποιούνται από τις αντίστοιχες Διευθύνσεις / Υπηρεσίες του Δήμου και θα παρέχουν το πρώτο επίπεδο έξυπνων εφαρμογών που θα διαθέτει ο Δήμος προς τους πολίτες και τις επιχειρήσεις, προσφέροντας σημαντικά σε θέματα χάραξης πολιτικής και τοπικής αυτοδιοίκησης, με σκοπό το ψηφιακό μετασχηματισμό του Δήμου Αιγάλεω, περιγράφονται παρακάτω:

- Υπ-1: Υποσύστημα έξυπνης διακυβέρνησης (διαβουλεύσεις, αιτήματα, ψηφιακά πιστοποιητικά, αποθετήριο μελετών δήμου)
- Υπ-2: Υποσύστημα διαχείρισης αναψυχής και πολιτισμού (εικονική περιήγηση, ψηφιακό μουσείο, εθελοντικές δράσεις, βιβλιοθήκη, παιχνίδια, ψηφιακό βιβλίο επισκεπτών)
- Υπ-3: Υποσύστημα «Ηλεκτρονικού Οδηγού» της Πόλης του Αιγάλεω (ηλεκτρονικός οδηγός, αναψυχή και περίπατοι, γεωχωρικές πληροφορίες)
- Υπ-4: Υποσύστημα επιχειρηματικής ευφυίας (BI),
- Υπ-5: Υποσύστημα διεπαφών και λοιπές εφαρμογές χρηστών (chatbot, mobile app)

5. Καλαμάτα

Η Καλαμάτα, η οποία έχει αναπτύξει ένα σύστημα παρακολούθησης και προστασίας της υδροτόπου Παμισού. Επίσης, η πόλη έχει δημιουργήσει το πρόγραμμα "Καλαμάτα Smart City", το οποίο στοχεύει στη βελτίωση της ποιότητας ζωής των κατοίκων και της ασφάλειας στην πόλη. Το πρόγραμμα περιλαμβάνει δράσεις όπως η εγκατάσταση έξυπνων καμερών στους δρόμους, η βελτίωση του συστήματος κυκλοφορίας και η επέκταση των δικτύων αισθητήρων για τη μέτρηση της ποιότητας του αέρα και της θερμοκρασίας.

6. Αλεξανδρούπολη

Ο Δήμος Αλεξανδρούπολης έχει εγκαταστήσει ένα ολοκληρωμένο σύστημα τηλεματικής παρακολούθησης περιβαλλοντικών ποιοτικών και ποσοτικών παραμέτρων που σχετίζονται με το μικροκλίμα της περιοχής παρέμβασης. Παράλληλα, αναπτύχθηκε εξειδικευμένη εφαρμογή

για την συγκέντρωση χρήσιμων πληροφοριών για την επισκεψιμότητα των χώρων πολιτισμού στα γεωγραφικά όρια του Δήμου (visitor analytics), όπως συχνότητα επίσκεψης, αριθμός επισκεπτών βάσει ώρας/ ημέρας/ μήνα, σημεία συγκέντρωσης πολιτών κλπ. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παρουσιάζονται με την βοήθεια χρωματικών γραφημάτων και στατιστικών διαγραμμάτων.

Για τον επισκέπτη ο Δήμος έχει υλοποιήσει την εφαρμογή e-VXD με την οποία παρέχεται πολυμεσικό περιεχόμενο και ακουστική ξενάγηση σε 35 σημεία τουριστικού ενδιαφέροντος. Το σύνολο των εφαρμογών έχει ολοκληρωθεί σε μία Κεντρική Πλατφόρμα Έξυπνης Πόλης, η οποία ενοποιεί όλα τα υποσυστήματα:

- Περιβαλλοντικών Δεδομένων
- Μετεωρολογικών Δεδομένων
- Συνάθροισης κοινού
- Διαχείρισης πολιτιστικού περιεχομένου
- Διαχείρισης ραντεβού σε δημόσιες υπηρεσίες

Για την επικοινωνία του Δήμου με τους δημότες, έχει ενσωματωθεί στην πλατφόρμα η υπηρεσία ηλεκτρονικού ραντεβού ώστε ο Δημότης να έχει ένα σημείο ενημέρωσης για τις συνθήκες στην πόλη αλλά και την εξυπηρέτησή του. Με την βοήθεια διαδικτυακής πλατφόρμας είναι δυνατή η συλλογή, οργάνωση και επεξεργασία των δεδομένων μετρήσεων αισθητήρων πεδίου τα οποία εν συνεχεία προβάλλονται σε συγκεντρωτική οθόνη (dashboard), καθώς και σε χάρτη της περιοχής με την βοήθεια ιστορικών μετρήσεων, στατιστικών γραφημάτων (bar-charts, area-charts, pie-charts). Τα δεδομένα είναι προσβάσιμα προς όλους τους ενδιαφερόμενους (πολίτες, περιβαλλοντικές οργανώσεις, δημοτική αρχή, εκπαιδευτικά ιδρύματα κλπ), ενώ παράγονται έκτακτες ανακοινώσεις σε περίπτωση επιβλαβών για την δημόσια υγεία φαινομένων όπως ρύπανση, υψηλές θερμοκρασίες κ.λ.π.

Σύστημα φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων

Στα πλαίσια του έργου «Πράσινες αστικές περιοχές – Καλύτερος τόπος για να ζεις», ο Δήμος Αλεξανδρούπολης προχώρησε στην εγκατάσταση σταθμού φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων με στόχο τη διατήρηση και προστασία του περιβάλλοντος και την προώθηση της αποδοτικότητας των πόρων.

Ο κάτοχος του ηλεκτρικού αυτοκινήτου προς φόρτιση, σταθμεύει το αυτοκίνητο του σε κατάλληλη θέση και με την κάρτα RFID την οποία επιδεικνύει στον Ηλεκτροφορτιστή, δηλώνει τα στοιχεία του.

Στην οθόνη του φορτιστή μπορεί να δει όλες τις πληροφορίες που αφορούν την φόρτιση όπως υπολειπόμενη στάθμη μπαταρίας, τρεχούμενη φόρτιση, εναπομείναντας χρόνος για την πλήρη φόρτιση και άλλες χρήσιμες πληροφορίες.

Η διαδικασία φόρτισης ξεκινά και συνεχίζεται ανάλογα το αυτοκίνητο και την υποδοχή που διαθέτει.

7.Χανιά

Στο πλαίσιο του έργου ο Δήμος Χανίων, έχει θέσει σε παραγωγική λειτουργία ένα Ολοκληρωμένο Σύστημα Πληροφόρησης και Φωτεινής Σηματοδότησης το οποίο βελτιώνει την κυκλοφοριακή διαχείριση, μειώνει τις ουρές των οχημάτων και των χρόνιων διαδρομών και θα βοηθά στη μείωση των περιβαλλοντικών ρύπων που προέρχονται από την κυκλοφορία των οχημάτων στην περιοχή εγκατάστασής του.

Τα παραπάνω έχουν επιτευχθεί μέσω της προμήθειας και εγκατάστασης ενός συστήματος «έξυπνης» κυκλοφοριακής διαχείρισης σε μια από τις σημαντικότερες οδικές αρτηρίας εισόδου στην πόλη των Χανίων. Το ολοκληρωμένο σύστημα συνδυάζει τόσο τη διαχείριση της κυκλοφορίας μέσω της Φωτεινής Σηματοδότησης, όσο και της διαχείρισης της κυκλοφορίας μέσα από την ενημέρωση πολιτών για κυκλοφοριακές τις συνθήκες, έτσι ώστε να αποφεύγονται ουρές κατά την ώρα αιχμής και να μειώνονται οι ρύποι στην περιοχή εφαρμογής.

Το σύστημα εφαρμόζεται σε πέντε (5) διαδοχικούς φωτεινούς σηματοδοτούμενους κόμβους υψηλής κυκλοφοριακής ζήτησης επί της ίδιας οδού, δυναμικά προσαρμοσμένο στην κυκλοφορία για βελτίωση της κυκλοφοριακής ροής και των περιβαλλοντικών ρύπων. Το σύστημα αναγνωρίζει άμεσα ποια διαδρομή έχει αυξημένη ζήτηση και αυξάνει τους αντίστοιχους χρόνους πρασίνου (μειώνοντας τους πράσινους χρόνους των υπολοίπων φάσεων), ώστε η ζήτηση αυτή να ικανοποιείται με τις ελάχιστες δυνατές καθυστερήσεις.

Πέραν της διαδικασίας βελτιστοποίησης του ελέγχου λειτουργίας των προγραμμάτων φωτεινής σηματοδότησης (traffic control) το σύστημα αποτελεί την επέκταση των δυνατοτήτων ενός κέντρου ελέγχου κυκλοφορίας το οποίο παρέχει πληροφόρηση σε οδηγούς για την τρέχουσα κατάσταση της κυκλοφορίας (traffic information) αλλά και εναλλακτικές λύσεις για την αποφυγή καθυστερήσεων (traffic re-routing).

Επιπλέον των προαναφερθέντων σκοπεύει να εξετάσει τη δυνατότητα συστηματικής λήψης δεδομένων περιβαλλοντικής ρύπανσης (CO₂) που σχετίζονται με την κυκλοφορία (πυκνότητα, ποσότητα, μέση ταχύτητα κίνησης κλπ) προκειμένου να τα λάβει υπόψη μελλοντικά σε επιχειρησιακά σενάρια διαχείρισης του αστικού οδικού δικτύου.

Με την υλοποίηση του έργου ο Δήμος Χανίων επιτυγχάνει:

- τον έλεγχο της κυκλοφορίας μέσω της φωτεινής σηματοδότησης, τη βελτίωση της λειτουργίας μεμονωμένων κόμβων ή διασυνδεδεμένων κόμβων σε λειτουργία συντονισμένης αρτηρίας.
- τη χρήση ηλεκτρονικών πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων (Variable Message Signs – VMS) για την πληροφόρηση και καθοδήγηση των οδηγών.
- την πληροφόρηση των πολιτών/οδηγών σε όλα τα στάδια του ταξιδιού (pre-trip/on-trip) και με διάφορα μέσα (web site, ή mobile apps).
- τη συλλογή των απαραίτητων κυκλοφοριακών και άλλων δεδομένων για την επιλογή στρατηγικής φωτεινής σηματοδότησης σε πραγματικό χρόνο.
- τη βελτίωση της ποιότητας της κυκλοφορίας με ταυτόχρονη μείωση των επιπτώσεων στο περιβάλλον.
- τη δημιουργία στρατηγικών διαχείρισης οδικών αξόνων με διαφορετικές μεθόδους.

Η υλοποίηση του έργου συμβάλει στη βελτίωση των περιβαλλοντικών συνθηκών με ωφελομένους τους πολίτες της πόλης των Χανίων αλλά και τους φορείς αναφορικά με τη διαχείριση των δικτύων. Τα αποτελέσματα της πράξης χρησιμοποιούνται ως κατευθυντήριες οδηγίες γραμμές αξιολόγησης επιπτώσεων της κυκλοφορίας στη ρύπανση αστικών περιοχών κατά την μελλοντική εκπόνηση Σχεδίων Βιώσιμης Αστικής Κινητικότητας (ΣΒΑΚ). Θα δημιουργηθεί συγκεκριμένο πλαίσιο για την εκπόνηση ΣΒΑΚ, του οποίου εργαλείο θα θεωρηθεί το συγκεκριμένο έργο για την πόλη των Χανίων. Τα εγκατεστημένα συστήματα είναι πλήρως επεκτάσιμα για πρόσθετες λειτουργικές δυνατότητες αλλά και για γεωγραφική επέκταση.

8.Ιωάννινα

Το έργο βελτίωσης της αστικής κινητικότητας στο Δήμο Ιωαννιτών περιελάβανε την ανάπτυξη, προμήθεια και εγκατάσταση ευφυούς συστήματος διαχείρισης παρόδιας στάθμευσης και πλατφόρμας διαχείρισης.

Το έργο αποτελεί μία πρωτοποριακή υπηρεσία του Δήμου προς τους δημότες/επισκέπτες, η οποία έχει ως στόχο τα εξής:

- Τη προμήθεια ευφυούς συστήματος διαχείρισης της παρόδιας στάθμευσης με τη χρήση υπόγειων αισθητήρων για 100 θέσεις στην πόλη των Ιωαννίνων. Το σύστημα ευφυούς στάθμευσης προσφέρει μία λύση στο ζήτημα της βραχυπρόθεσμης στάθμευσης των πολιτών και των επισκεπτών για την εξυπηρέτηση «αστικών αναγκών». Το σύστημα καλύπτει και τις ειδικές θέσεις στάθμευσης για τα Άτομα με Ειδικές Ανάγκες.
- Τη συλλογή δεδομένων από την πιλοτική δράση για το μελλοντικό σχεδιασμό αντίστοιχων, ευφυών δράσεων ευρύτερης κλίμακας.
- Τη σύνδεση του ευφυούς συστήματος διαχείρισης της παρόδιας στάθμευσης με την υφιστάμενη πλατφόρμα διαχείρισης και παρακολούθησης της κυκλοφορίας μέσω πολλαπλών καναλιών επικοινωνίας.

Το τελικό αποτέλεσμα του έργου είναι μια ενιαία πλατφόρμα πληροφόρησης που αφορά στοιχεία ενημέρωσης για τις ελεύθερες θέσεις στάθμευσης στην πόλη των Ιωαννίνων, και χρησιμοποιεί ως κανάλια ενημέρωσης web site, mobile application και τις υφιστάμενες ηλεκτρονικές πινακίδες του Δήμου.

Η ενοποίηση των νέων συστημάτων με τα υφιστάμενα έχει γίνει μέσω τυποποιημένων διεπαφών χρήσης. Βασικός στόχος του έργου είναι η επίδειξη και προώθηση της υιοθέτησης ειδικών μέτρων βιώσιμης κινητικότητας προκειμένου να συμβάλει στην ανάπτυξη και ελκυστικότητα των πόλεων.

9.Αργίνιο

Εφαρμογές έξυπνης κινητικότητας στο Δήμο Αργινίου Σύστημα Διαχείρισης Ελεγχόμενης Στάθμευσης και Πληροφόρησης

Η πόλη του Αργινίου λειτουργεί ως εμπορικό κέντρο και εξυπηρετεί τις ανάγκες κατοίκων της ευρύτερης περιοχής του Δήμου και όχι μόνο. Χαρακτηρίζεται από τους στενούς δρόμους και τους περιορισμένους κοινόχρηστους χώρους. Εμφανίζει προβλήματα αστικής ρύπανσης και παρατηρείται, σε καθημερινή βάση, στην πόλη και ιδιαίτερα στο κέντρο της, μεγάλη συγκέντρωση επισκεπτών και κατά συνέπεια αντίστοιχος αριθμός επιβατικών αυτοκινήτων.

Ο μεγάλος αριθμός των προσερχόμενων επιβατικών αυτοκινήτων οδηγεί σε μεγάλες ανάγκες θέσεων στάθμευσης. Η διαφορά που παρατηρείται ανάμεσα στη ζήτηση θέσεων στάθμευσης και στην αντίστοιχη προσφορά, δημιουργεί την ανάγκη επεμβάσεων ώστε να παρέχεται η δυνατότητα στάθμευσης στον διατιθέμενο χώρο, σε όσο το δυνατό μεγαλύτερο αριθμό οχημάτων.

Παρατηρείται επίσης, ότι κατά την διάρκεια εξεύρεσης θέσης στάθμευσης από τους επισκέπτες, διανύονται πολλά χιλιόμετρα αφού δεν υπάρχει σύστημα καθοδήγησης στις

ελεύθερες θέσεις. Έτσι η περιβαλλοντική επιβάρυνση είναι μεγάλη καθώς και η ταλαιπωρία με ανάλογο κόστος των επισκεπτών.

Με το νέο Σύστημα Διαχείρισης Ελεγχόμενης Στάθμευσης και Πληροφόρησης το οποίο περιλαμβάνει 850 αισθητήρες στάθμευσης δίνεται η δυνατότητα να κατανεμηθούν σωστά και σύμφωνα με τις πραγματικές ανάγκες οι περιορισμένες θέσεις στάθμευσης, ώστε κάθε θέση να εξυπηρετεί περισσότερα του ενός οχήματα κατά την διάρκεια της εργάσιμης ημέρας.

Σύστημα διαχείρισης δημοτικού στόλου οχημάτων

Ο Δήμος Αγρινίου εγκατέστησε στο σύνολο του στόλου οχημάτων του (120 οχήματα) Σύστημα Τηλεματικής Διαχείρισης και Εποπτείας Οχημάτων. Μέσω του συστήματος ο Δήμος δημιούργησε τις κατάλληλες προϋποθέσεις για την ορθολογική διαχείριση του στόλου οχημάτων και τη βέλτιστη χρήση αυτών. Ο στόχος της εφαρμογής είναι η ολοκληρωμένη και καλύτερη παρακολούθηση των εργασιών που αφορούν την κίνηση των οχημάτων, επιφέροντας άμεσο αντίκτυπο στην καθημερινή ζωή των πολιτών. Με την εγκατάσταση ειδικής συσκευής στα οχήματα του Δήμου, θα επιτυγχάνεται η εποπτεία η διαχείριση και η αξιολόγηση του στόλου και θα μπορεί να επανακαθορίζεται ο τρόπος λειτουργίας τους, σύμφωνα με τις ανάγκες που θα προκύπτουν καθώς οι συσκευές θα στέλνουν δεδομένα μέσω δορυφορικού εντοπισμού GPS , σε πραγματικό χρόνο.

Επιπλέον, μέσω της άμεσης ενημέρωσης για έκτακτα συμβάντα στο όχημα, διασφαλίζεται στο έπακρο η ασφάλεια των εργαζομένων του Δήμου καθώς σε περίπτωση π.χ. σύγκρουσης, ανατροπής οχημάτων ειδοποιείται άμεσα το Κέντρο Ελέγχου για πιθανό κίνδυνο που μπορεί να διατρέχει ο οδηγός.

Τέλος, το σύστημα βοηθάει σημαντικά, κατά τη Φάση της αντιμετώπισης ενός έκτακτου συμβάντος/γεγονότος, στο συντονισμό του ανθρώπινου δυναμικού (Προσωπικό και Εθελοντές) και των μέσων επέμβασης. Επιπλέον βελτιώνει και επιταχύνει τις ενέργειες κατά τη Φάση Αποκατάστασης και Αρωγής.

- Συντονισμός των ομάδων και των οχημάτων πεδίου με το κέντρο διαχείρισης Έκτακτων Συμβάντων
- Ασφάλεια του ανθρώπινου δυναμικού στο πεδίο που καλείται να επιχειρήσει σε δυσμενείς συνθήκες
- Συνεχή ενημέρωση με νέα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο από τις δυνάμεις του πεδίου
- Ταχύτερη ενημέρωση των δυνάμεων πεδίου με χρήση οπτικοποιημένων μηνυμάτων
- Μεταφορά εικόνας από το πεδίο με αποστολή φωτογραφιών για τον συντονισμό των πόρων
- Απολογιστικός έλεγχος της εξέλιξης των δράσεων (με χρήση του ιστορικού καταγραφής των κινήσεων)

1.4 Ευφυείς πόλεις στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Από το 2010 και έπειτα, στην ευρωπαϊκή ένωση άρχισαν να προτείνονται και να εφαρμόζονται προγράμματα για την προώθηση της ευφυΐας των αστικών κέντρων. Οι τομείς στους οποίους δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση, η οποία μεταφράζεται σε χρηματοδότηση νέων έργων, ήταν κυρίως η ενέργεια, οι μεταφορές και οι τεχνολογίες επικοινωνίας - διαδικτύου. Σύμφωνα με

στατιστικά στοιχεία, που έχουν αναρτηθεί το 2014, η πλειοψηφία των πόλεων άνω των 500.000 κατοίκων έλαβαν μέρος σε αυτές τις πρωτοβουλίες και χαρακτηρίζονται ως έξυπνες ενώ για τις μικρότερες πόλεις των 100.000 - 200.000 κατοίκων το ποσοστό περιορίζεται στο 43%. Όσον αφορά στη γεωγραφική κατανομή τους υπάρχει ανομοιομορφία μεταξύ των κρατών – μελών ενώ το ίδιο ισχύει και τους επί μέρους εξεταζόμενους τομείς ευφυΐας

1.Βαρκελώνη

Σύμφωνα με το άρθρο "Smart cities in Europe" των Caragliu, Del Bo και Nijkamp (2011), η Βαρκελώνη αναπτύσσεται ως μια έξυπνη πόλη με τη χρήση τεχνολογιών και δεδομένων για τη βελτίωση της αστικής ζωής και της αειφορίας.

Η Βαρκελώνη θεωρείται μια από τις πιο έξυπνες πόλεις στον κόσμο και έχει επιτύχει αυτό τον τίτλο μέσω μιας σειράς συνδεδεμένων πρωτοβουλιών και εφαρμογών.[2]

Μια από τις σημαντικότερες πρωτοβουλίες της Βαρκελώνης είναι το "Barcelona Smart City" που ξεκίνησε το 2011. Αυτό το πρόγραμμα στοχεύει στη βελτίωση της ποιότητας ζωής των κατοίκων και των επισκεπτών της πόλης μέσω της χρήσης νέων τεχνολογιών και της ανάπτυξης βιώσιμων λύσεων για τα προβλήματα της πόλης.

Μερικά από τα συγκεκριμένα έργα και εφαρμογές του "Barcelona Smart City" περιλαμβάνουν:

- Ένα σύστημα παρακολούθησης της κίνησης των οχημάτων στους δρόμους της πόλης, το οποίο επιτρέπει στους οδηγούς να βρίσκουν πιο γρήγορα και εύκολα κενές θέσεις στάθμευσης.
- Η ανάπτυξη μιας πλατφόρμας επικοινωνίας μεταξύ των κατοίκων και της δημοτικής αρχής, ώστε να αναφέρουν ευκολότερα προβλήματα όπως καταστροφή οδοστρώματος, σπασμένους φωτισμούς, και ταχύτερη επίλυσή τους.
- Η εγκατάσταση αισθητήρων στους δρόμους για τη μέτρηση της ποιότητας του αέρα και της θορύβου στην πόλη.
- Η δημιουργία ενός συστήματος ελέγχου των φωτιστικών σωμάτων στους δρόμους, ώστε να μειωθεί η ενεργειακή κατανάλωση και οι ρυπογόνες εκπομπές.
- Η ανάπτυξη ενός συστήματος ενημέρωσης για τις δημόσιες συγκοινωνίες, που επιτρέπει στους χρήστες να βρουν την καλύτερη δυνατή διαδρομή και να γνωρίζουν τους χρόνους άφιξης των μέσων μαζικής μεταφοράς.

Άλλα παραδείγματα έξυπνων εφαρμογών στη Βαρκελώνη περιλαμβάνουν:

- Το "Superblocks" πρόγραμμα, το οποίο επιδιώκει τη μείωση της κυκλοφορίας των αυτοκινήτων στην πόλη. Η πόλη δημιούργησε 9 "superblocks" σε διάφορες περιοχές της, όπου οι δρόμοι έχουν μετατραπεί σε πεζοδρόμια και ποδηλατόδρομους, ενώ οι κάτοικοι μπορούν να χρησιμοποιήσουν ηλεκτρικά ποδήλατα και σκούτερ για να μετακινηθούν εντός των περιοχών αυτών.
- Η εγκατάσταση "έξυπνων" διαφημιστικών πινακίδων, οι οποίες προσφέρουν προσαρμοσμένα μηνύματα στους περαστικούς ανάλογα με τη διαθέσιμη πληροφορία, όπως η θερμοκρασία ή η πρόγνωση του καιρού.
- Η ανάπτυξη μιας εφαρμογής για τους τουρίστες, η οποία περιλαμβάνει πληροφορίες για τις αξιοθέατα, τα μουσεία, τα εστιατόρια και τα καταλύματα στην πόλη. Η εφαρμογή επιτρέπει στους χρήστες να κάνουν κρατήσεις, να πληρώνουν για τα εισιτήρια και να λαμβάνουν προσαρμοσμένες συστάσεις και προτάσεις για τα ενδιαφέροντά τους.

- Η χρήση αισθητήρων για την παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα και της θορύβου σε διάφορες περιοχές της πόλης. Η πληροφορία αυτή χρησιμοποιείται για τη λήψη μέτρων για τη μείωση της ρύπανσης και του θορύβου στην πόλη.
- Η εισαγωγή ενός συστήματος "έξυπνης" διαχείρισης των απορριμμάτων, το οποίο περιλαμβάνει τη χρήση αισθητήρων για την παρακολούθηση της συμπύκνωσης των απορριμμάτων σε διάφορες περιοχές της πόλης. Το σύστημα αυτό επιτρέπει την αποτελεσματική συλλογή και ανακύκλωση των απορριμμάτων στην πόλη.
- Η χρήση ενός συστήματος "έξυπνου" φωτισμού, το οποίο ρυθμίζει αυτόματα τη φωτεινότητα των δρόμων ανάλογα με την πυκνότητα της κυκλοφορίας και την ώρα της ημέρας. Αυτό μπορεί να μειώσει την κατανάλωση ενέργειας και να βελτιώσει την ασφάλεια των πεζών και των οδηγών.
- Η εισαγωγή ενός συστήματος "έξυπνων" πάρκινγκ, το οποίο χρησιμοποιεί αισθητήρες για την παρακολούθηση της διαθεσιμότητας θέσεων στάθμευσης σε διάφορες περιοχές της πόλης. Με αυτό τον τρόπο, οι οδηγοί μπορούν να βρίσκουν εύκολα θέσεις στάθμευσης και να μειώσουν τον χρόνο που αφιερώνουν στην αναζήτηση θέσης στάθμευσης. Επιπλέον, μπορεί να μειώσει την κατανάλωση καυσίμων και το επίπεδο του κυκλοφοριακού κατακερματισμού στην πόλη.
- Η χρήση ενός συστήματος "έξυπνης" κυκλοφορίας, το οποίο χρησιμοποιεί αισθητήρες και άλλες τεχνολογίες για να ελέγχει τη ροή της κυκλοφορίας στους δρόμους. Αυτό μπορεί να μειώσει τον χρόνο ταξιδιού, την κυκλοφοριακή συμφόρηση και την εκπομπή αερίων από τα οχήματα στην ατμόσφαιρα.
- Η εισαγωγή ενός συστήματος "έξυπνης" αστυνόμευσης, το οποίο χρησιμοποιεί τεχνολογίες όπως οι κάμερες και οι αισθητήρες για την ανίχνευση επικίνδυνων καταστάσεων στους δρόμους. Αυτό μπορεί να βελτιώσει την ασφάλεια των πολιτών και των αστυνομικών και να αυξάνει την αποτελεσματικότητα της αστυνόμευσης. Η τεχνολογία αυτή μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση της τήρησης των κανόνων κυκλοφορίας, όπως η ταχύτητα των οχημάτων και η στάθμευση σε περιορισμένες περιοχές. Η χρήση αυτής της τεχνολογίας μπορεί επίσης να βοηθήσει στην ανίχνευση και την αποτροπή της εγκληματικότητας, καθώς και στη διευκόλυνση των αστυνομικών σε έκτακτες καταστάσεις όπως ατυχήματα και καταστροφές.

Επίσης, η Βαρκελώνη έχει αναπτύξει ένα ολοκληρωμένο σύστημα επικοινωνιών και διακυβέρνησης με το όνομα "City OS", το οποίο συγκεντρώνει και αναλύει δεδομένα από διάφορους τομείς, όπως η κυκλοφορία, η κατανάλωση ενέργειας και η κατανάλωση νερού, προκειμένου να ληφθούν αποφάσεις βάσει πιο ακριβών και ενημερωμένων δεδομένων. Το "City OS" επιτρέπει στους πολίτες να παρακολουθούν και να συμμετέχουν στη λήψη αποφάσεων σχετικά με την ανάπτυξη της πόλης τους.

Η Βαρκελώνη έχει επίσης αναπτύξει διάφορες εφαρμογές για smartphone, όπως η "Barcelona Ciclo" που βοηθά τους χρήστες να βρουν την κοντινότερη σταθμό ενοικίασης ποδηλάτων, καθώς και να παρακολουθούν την πορεία τους κατά τη διάρκεια των διαδρομών τους. Αυτό συμβάλλει στην ενθάρρυνση της χρήσης ποδηλάτων ως μέσου μετακίνησης στην πόλη, με στόχο τη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης και των εκπομπών αερίων.

Συνολικά, η Βαρκελώνη αποτελεί ένα καλό παράδειγμα μιας έξυπνης πόλης που χρησιμοποιεί τεχνολογίες και δεδομένα για τη βελτίωση της αστικής ζωής και της αειφορίας. Η προσέγγιση αυτή έχει θετικό αντίκτυπο στους πολίτες και το περιβάλλον, καθώς και στην οικονομία της πόλης, προωθώντας την καινοτομία και τη δημιουργία θέσεων εργασίας στον τομέα της τεχνολογίας. Επιπλέον, η επιτυχημένη χρήση τεχνολογίας από τη Βαρκελώνη αποτελεί πρότυπο για άλλες πόλεις που επιδιώκουν να βελτιώσουν την ποιότητα ζωής των κατοίκων

τους, να μειώσουν τη ρύπανση και να διασφαλίσουν μια βιώσιμη και ανθρώπινη ανάπτυξη. Η Βαρκελώνη αποτελεί ένα καλό παράδειγμα που αποδεικνύει ότι η τεχνολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το καλό της κοινωνίας και του περιβάλλοντος.

2. Άμστερνταμ

Το Άμστερνταμ αποτελεί ένα ακόμη παράδειγμα ενός έξυπνου αστικού οικοσυστήματος. Η πόλη έχει επικεντρωθεί σε πολλά έξυπνα έργα, περιλαμβανομένης της χρήσης δεδομένων για τη βελτίωση των υπηρεσιών της πόλης και την ενθάρρυνση της συμμετοχής των πολιτών στην αστική διακυβέρνηση.[4]

Παραδείγματα από την Άμστερνταμ περιλαμβάνουν τη χρήση αισθητήρων για τη μέτρηση της ποιότητας του αέρα και της ποσότητας των οχημάτων στους δρόμους της πόλης, καθώς και τη χρήση τεχνολογιών ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στα δημόσια κτίρια.

Η Άμστερνταμ έχει επίσης αναπτύξει πολλές εφαρμογές για smartphone, που βοηθούν τους πολίτες να παρακολουθούν τα δρομολόγια των μέσων μαζικής μεταφοράς και να βρίσκουν τα κοντινότερα σημεία ενοικίασης ποδηλάτων. Επιπλέον, έχουν δημιουργηθεί πολλές πλατφόρμες συμμετοχής των πολιτών στην αστική διακυβέρνηση, που επιτρέπουν στους πολίτες να διατυπώνουν ανησυχίες και προτάσεις για τη βελτίωση της πόλης, και να συμμετέχουν σε δημοκρατικές αποφάσεις για την ανάπτυξη της πόλης. Μερικές από αυτές είναι:

- Iamsterdam: Πλατφόρμα συμμετοχής που συγκεντρώνει ιδέες και ανατροφοδοτήσεις από τους πολίτες σχετικά με τη βελτίωση της πόλης.
- Fix My Street: Πλατφόρμα που διευκολύνει την αναφορά προβλημάτων στους δημόσιους χώρους, όπως ρωγμές στο πεζοδρόμιο ή απορρίμματα.
- Amsterdam Smart City: Πλατφόρμα συμμετοχής που στοχεύει στην προώθηση της βιώσιμης ανάπτυξης στην πόλη και την ανταλλαγή ιδεών και καινοτομιών.
- Participatiegids: Πλατφόρμα που συγκεντρώνει πληροφορίες για τη συμμετοχή των πολιτών σε διάφορα θέματα, όπως ο σχεδιασμός της πόλης, η κατανομή των δημοσίων χώρων και η αειφορία.
- City-zen: Πλατφόρμα που συνδέει τους πολίτες με τις αρχές και τις επιχειρήσεις που εργάζονται για την αειφόρο ανάπτυξη της πόλης.
- Citadel: Προκειται για μια πλατφόρμα συμμετοχής των πολιτών στο Άμστερνταμ, που δημιουργήθηκε με στόχο την ενίσχυση της δημοκρατικής συμμετοχής στην πόλη. Η πλατφόρμα δίνει στους πολίτες τη δυνατότητα να συνεισφέρουν στη λήψη αποφάσεων σχετικά με θέματα που αφορούν την πόλη και να επικοινωνούν με τους αντιπροσώπους της αρχής.
Μέσω του Citadel, οι πολίτες μπορούν να συνεισφέρουν με ιδέες και προτάσεις για τη βελτίωση της πόλης, να συμμετέχουν σε δημόσιες διαβουλεύσεις και να ψηφίζουν σε διαφορετικά θέματα που αφορούν την πόλη. Επιπλέον, η πλατφόρμα παρέχει πληροφορίες σχετικά με τις αποφάσεις που λαμβάνονται από τις αρχές και τις δημόσιες συζητήσεις που διεξάγονται στην πόλη. Στόχος του Citadel είναι η δημιουργία ενός πιο διαφανούς και συνεργατικού συστήματος λήψης αποφάσεων, στο οποίο οι πολίτες θα

έχουν τη δυνατότητα να επηρεάζουν τη λήψη αποφάσεων που αφορούν τη ζωή τους στην πόλη

- **NICE**: Η πλατφόρμα NICE (Nature Inclusive City of the Future) στοχεύει στη συμμετοχή των πολιτών στον σχεδιασμό και την υλοποίηση μιας φιλικής προς τη φύση και βιώσιμης πόλης του μέλλοντος στο Άμστερνταμ. Στην πλατφόρμα, οι πολίτες μπορούν να προτείνουν ιδέες και να συμμετάσχουν σε δράσεις και εκδηλώσεις για τη διατήρηση και ανάπτυξη της φύσης στην πόλη, καθώς και για την προστασία της βιοποικιλότητας και της ποιότητας του αέρα και του νερού. Η πλατφόρμα είναι ανοικτή σε όλους τους πολίτες και είναι διαθέσιμη στα αγγλικά και τα ολλανδικά.
- **Common4U**: Η Common4U είναι μια πλατφόρμα συμμετοχής των πολιτών στο Άμστερνταμ, η οποία έχει σχεδιαστεί για να στηρίζει τη συνεργασία και την κοινοτική δράση στην πόλη. Η πλατφόρμα παρέχει διάφορα εργαλεία και πόρους που βοηθούν τους πολίτες να συνεργαστούν μεταξύ τους για να βελτιώσουν το περιβάλλον τους και να δημιουργήσουν κοινότητες που βασίζονται στην αλληλεγγύη και την αειφορία.
- **Digital Cities**: Η πλατφόρμα Digital Cities είναι μια πρωτοβουλία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής που στοχεύει στη στήριξη και προώθηση της ψηφιακής μετάβασης των πόλεων της Ευρώπης, σε συνεργασία με τους πολίτες. Στο πλαίσιο του προγράμματος Digital Cities, η πόλη του Άμστερνταμ έχει αναπτύξει τη δική της πλατφόρμα συμμετοχής των πολιτών, με την ονομασία "Digital City Amsterdam". Η πλατφόρμα αυτή συνδυάζει την τεχνολογία και τη συμμετοχή των πολιτών για τη βελτίωση της αστικής ζωής. Στην πλατφόρμα αυτή, οι πολίτες μπορούν να συνεισφέρουν σε διάφορα θέματα που αφορούν την ψηφιακή μετάβαση της πόλης, όπως η ενεργειακή απόδοση, η βιώσιμη κινητικότητα, η ψηφιακή εκπαίδευση και η προστασία των δεδομένων. Οι πολίτες μπορούν να υποβάλουν ιδέες και προτάσεις, να συζητήσουν και να ανταλλάξουν απόψεις με άλλους πολίτες και επαγγελματίες, και να παρακολουθήσουν την πρόοδο των έργων που υλοποιούνται στην πόλη. Η πλατφόρμα αυτή συνεργάζεται επίσης με τις τοπικές αρχές και τους επαγγελματίες της πόλης, προκειμένου να διασφαλιστεί η αποτελεσματική εφαρμογή των προτάσεων που υποβάλλονται από τους πολίτες. Μέσω αυτής της πλατφόρμας, οι πολίτες έχουν τη δυνατότητα να συνεργαστούν με τις τοπικές αρχές και να συμβάλουν στη λήψη αποφάσεων για τη βελτίωση της πόλης τους.
- **Open Cities**: Η πλατφόρμα Open Cities είναι μια πρωτοβουλία της δημοτικής αρχής του Άμστερνταμ που στοχεύει στην ανοικτή και διαφανή διακυβέρνηση της πόλης, με τη συμμετοχή των πολιτών. Στόχος της πλατφόρμας είναι η δημιουργία ενός καλύτερου κλίματος εργασίας μεταξύ των αρχών της πόλης και των πολιτών της. Μέσω της πλατφόρμας Open Cities, οι πολίτες μπορούν να ενημερώνονται για τα σχέδια και τα έργα της δημοτικής αρχής, να υποβάλλουν προτάσεις και ιδέες, να συζητούν και να ανταλλάσσουν απόψεις με άλλους πολίτες και επαγγελματίες. Επίσης, μπορούν να παρακολουθούν την πρόοδο των έργων και να συμμετέχουν σε ανοιχτές συναντήσεις και εκδηλώσεις που διοργανώνει η δημοτική αρχή. Με τη χρήση της πλατφόρμας Open Cities, οι πολίτες μπορούν να συμβάλλουν στην καλύτερη λειτουργία της πόλης και στην προώθηση βιώσιμων και κοινωνικά αποδεκτών λύσεων για τις προκλήσεις που αντιμετωπίζει η πόλη. Σε αυτό το πρόγραμμα είναι μέτοχοι επτά μεγάλες ευρωπαϊκές πόλεις, το Ελσίνκι, η Βαρκελώνη, η Μπολόνια, η Ρώμη, το Παρίσι, το Βερολίνο και το Άμστερνταμ.

Επιπλέον, η χρήση της τεχνολογίας για τη βελτίωση της κυκλοφορίας στην πόλη, όπως οι έξυπνοι φανοστάτες, μπορεί να μειώσει την κατανάλωση καυσίμων και τη ρύπανση του περιβάλλοντος. Η δέσμευση του Άμστερνταμ για τη βιωσιμότητα και την ανθρωπιστική πόλη είναι πολύ σημαντική, καθώς οι αστικές περιοχές συχνά αντιμετωπίζουν προκλήσεις στη διατήρηση μιας ισορροπημένης σχέσης μεταξύ της ανάπτυξης και της προστασίας του περιβάλλοντος.

Συνολικά, το Άμστερνταμ αποτελεί ένα καλό παράδειγμα για το πώς η χρήση της τεχνολογίας μπορεί να βοηθήσει στη βελτίωση της ποιότητας ζωής στις πόλεις. Οι πρωτοβουλίες της πόλης για τη διασφάλιση της συμμετοχής των πολιτών στη λήψη αποφάσεων και στην επίλυση προβλημάτων, σε συνδυασμό με τη χρήση έξυπνων τεχνολογιών για τη βελτίωση της κυκλοφορίας και της βιωσιμότητας, αποτελούν έναν σημαντικό τρόπο για την επίτευξη μιας ισορροπημένης ανάπτυξης στις αστικές περιοχές.

3. Βιέννη

Η Βιέννη είναι μια από τις πιο προηγμένες έξυπνες πόλεις της Ευρώπης. Η πόλη έχει αναπτύξει πολλές πρωτοποριακές λύσεις για τη διαχείριση της ενέργειας, των αποβλήτων, τη βελτίωση της κυκλοφορίας και την αειφορία.

Το πρόγραμμα "Smart City Wien" είναι ένα πρωτοποριακό πρόγραμμα που αναπτύχθηκε για να βελτιώσει την ποιότητα ζωής στην πόλη. Περιλαμβάνει μια σειρά από έξυπνες λύσεις για τη διαχείριση της ενέργειας, τη δημόσια μεταφορά, τη διαχείριση των αποβλήτων, την αειφορία και τη βελτίωση της ποιότητας ζωής των κατοίκων.

Επιπλέον, η Βιέννη έχει αναπτύξει ένα σύστημα παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα, το οποίο είναι ένα από τα πρώτα στην Ευρώπη. Το σύστημα αυτό συλλέγει δεδομένα για το επίπεδο ρύπανσης του αέρα στην πόλη και βοηθά στη λήψη μέτρων για την προστασία της υγείας των κατοίκων.

Επίσης, η Βιέννη έχει αναπτύξει ένα σύστημα "smart grid" για τη διαχείριση της ενέργειας, το οποίο επιτρέπει την έξυπνη διανομή της ενέργειας στους καταναλωτές. Το σύστημα αυτό επιτρέπει στους καταναλωτές να ελέγχουν την κατανάλωση ενέργειας στα σπίτια τους και να παράγουν τη δική τους ενέργεια μέσω ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Η Βιέννη επίσης έχει αναπτύξει ένα σύστημα "smart parking", το οποίο επιτρέπει στους οδηγούς να βρίσκουν εύκολα διαθέσιμες θέσεις στάθμευσης και να πληρώνουν για το πάρκινγκ μέσω κινητών τηλεφώνων ή ηλεκτρονικά.

Τέλος, η Βιέννη έχει αναπτύξει μια σειρά από "έξυπνες" κατασκευές, όπως "έξυπνα" κτίρια, που χρησιμοποιούν αισθητήρες για τη διαχείριση της κατανάλωσης ενέργειας και τη βελτίωση της απόδοσής τους. Επιπλέον, η πόλη έχει αναπτύξει ένα σύστημα "smart waste management", το οποίο βοηθά στην ανακύκλωση των αποβλήτων και τη μείωση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιεί αισθητήρες για την παρακολούθηση των επιπέδων απορριμμάτων σε διάφορες περιοχές της πόλης και επιτρέπει στους υπευθύνους της ανακύκλωσης να παραλαμβάνουν τα απορρίμματα από τους κάδους κατάλληλης στιγμής, αντιμετωπίζοντας έτσι τα προβλήματα της υπερχειλίσης και της μυρωδιάς.

Συνολικά, η Βιέννη είναι μια πρωτοπόρος πόλη όσον αφορά την αειφορία και την έξυπνη διαχείριση των πόρων της. Η πόλη αυτή δείχνει ότι είναι δυνατόν να συνδυάζουμε την

οικολογική βιωσιμότητα με την οικονομική ανάπτυξη και την καθημερινή άνεση των πολιτών(Η Αρχιτεκτονική των Έξυπνων Πόλεων" του Σταμάτη Ζουγρή).

4. Ζυρίχη

Η Ζυρίχη είναι μια από τις πρωτοπόρες ευρωπαϊκές πόλεις στην ανάπτυξη της έξυπνης πόλης και της πράσινης οικονομίας. Μερικά από τα σημαντικότερα στοιχεία της έξυπνης πόλης της Ζυρίχης είναι[5]:

- Το σύστημα "smart grid" της πόλης, το οποίο επιτρέπει την έξυπνη διανομή της ενέργειας στους καταναλωτές, καθώς και την παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές.
- Το σύστημα "smart waste management", το οποίο βοηθά στην ανακύκλωση των αποβλήτων και τη μείωση της περιβαλλοντικής επίπτωσης της απόρριψης αποβλήτων.
- Το σύστημα "smart parking", το οποίο επιτρέπει στους οδηγούς να βρίσκουν εύκολα διαθέσιμες θέσεις στάθμευσης και να πληρώνουν για το πάρκινγκ μέσω κινητών τηλεφώνων ή ηλεκτρονικά.
- Η χρήση τεχνολογιών "smart metering" στις κατοικίες και τις επιχειρήσεις της πόλης, η οποία επιτρέπει την παρακολούθηση και τον έλεγχο της κατανάλωσης ενέργειας.
- Η ανάπτυξη "έξυπνων κτιρίων" στην πόλη, τα οποία χρησιμοποιούνται για να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας και να βελτιώσουν την αειφορία των κτιρίων.

Επιπλέον, η Ζυρίχη έχει αναπτύξει προγράμματα για την προώθηση της πράσινης οικονομίας και της κοινωνικής καινοτομίας, όπως είναι η χρηματοδότηση start-ups που αναπτύσσουν τεχνολογίες πράσινης ενέργειας και αειφορικών λύσεων, καθώς και η προώθηση της κοινωνικής επιχειρηματικότητας. Επίσης, η πόλη έχει αναπτύξει πολιτικές για την προστασία της βιοποικιλότητας και του περιβάλλοντος, καθώς και για την προώθηση της βιώσιμης μετακίνησης, με τη χρήση ποδηλάτων, ηλεκτρικών αυτοκινήτων και δημόσιων μέσων μαζικής μεταφοράς.

5. Κοπεγχάγη

Η Κοπεγχάγη είναι μια από τις πρωτοπόρες πόλεις στον κόσμο στην ανάπτυξη της πράσινης οικονομίας και της βιωσιμότητας. Μερικά από τα σημαντικότερα στοιχεία της έξυπνης πόλης της Κοπεγχάγης είναι(Πράσινη Πόλη: Βιωσιμότητα και Καινοτομία στη Δανία" της Αναστασίας Κουλούρη):

- Η χρήση ποδηλάτων ως κυρίαρχου μέσου μετακίνησης στην πόλη, με εκτεταμένο δίκτυο ποδηλατοδρόμων και στάθμευσης ποδηλάτων.
- Η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, με στόχο την πλήρη αποχώρηση από τα ορυκτά καύσιμα.
- Η χρήση τεχνολογιών "smart grid" για την έξυπνη διανομή και χρήση της ενέργειας στους καταναλωτές.
- Η ανάπτυξη "έξυπνων κτιρίων" με ενσωματωμένες τεχνολογίες που ελαχιστοποιούν την κατανάλωση ενέργειας και μειώνουν τις εκπομπές CO₂.
- Η χρήση τεχνολογιών "smart lighting" για την αυτόματη ρύθμιση του φωτισμού στους δρόμους και τους δημόσιους χώρους της πόλης.
- Η ανάπτυξη πράσινων δαχτυλιδιών γύρω από την πόλη, που συνδέουν περιοχές με πάρκα και κήπους και προωθούν τη βιοποικιλότητα.

- Η ανάπτυξη συστημάτων ανακύκλωσης και αποτέφρωσης αποβλήτων, που βοηθούν στην επαναχρησιμοποίηση των υλικών και τη μείωση των εκπομπών.
- Η προώθηση της βιωσιμότητας σε όλους τους τομείς της πόλης, από τη γεωργία μέχρι την τοπική βιομηχανία και τις μεταφορές, με στόχο τη μείωση της κατανάλωσης πόρων και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Όλα αυτά τα μέτρα έχουν οδηγήσει σε μια πόλη που είναι πιο βιώσιμη, πιο ανθρώπινη και πιο ευχάριστη για τους κατοίκους και τους επισκέπτες της.

6. Σιγκαπούρη

Η Σιγκαπούρη έχει εξελιχθεί σε μια από τις πιο εξυπνες πόλεις στον κόσμο με τη χρήση τεχνολογικών καινοτομιών για τη βελτίωση της ποιότητας ζωής των κατοίκων της και την ανάπτυξη της βιωσιμότητας. Μερικά από τα σημαντικότερα στοιχεία της έξυπνης πόλης της Σιγκαπούρης είναι[6]:

- Η χρήση "έξυπνων κτιρίων" με ενσωματωμένες τεχνολογίες για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, τη διαχείριση των αποβλήτων και τη βελτίωση της επικοινωνίας μεταξύ των κατοίκων.
- Η χρήση αισθητήρων και τεχνολογιών "smart city" για τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων, όπως η κίνηση της κυκλοφορίας και η ποιότητα του αέρα, για τη βελτίωση της κυκλοφορίας και της περιβαλλοντικής υγείας.
- Η ανάπτυξη "έξυπνων" συστημάτων διαχείρισης των αποβλήτων για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.
- Η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως η ηλιακή και η αιολική ενέργεια, για την παραγωγή ενέργειας στη Σιγκαπούρη.
- Η χρήση τεχνολογιών "smart transportation" για τη βελτίωση της κινητικότητας στην πόλη, όπως η χρήση αισθητήρων και εφαρμογών για τη διαχείριση της κυκλοφορίας και την παροχή πληροφοριών στους οδηγούς.
- Η δημιουργία "έξυπνων" δημόσιων χώρων, όπως πάρκα και κήπους, με ενσωματωμένες τεχνολογίες για τη βελτίωση της περιβαλλοντικής ποιότητας και την παροχή υπηρεσιών στους επισκέπτες.
- Η ανάπτυξη ενός "έξυπνου" συστήματος διαχείρισης του νερού για τη μείωση της κατανάλωσης και την ανακύκλωση του νερού.

Κεφάλαιο 2

Ευφυή Κτίρια

Τα ευφυή κτίρια αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι των ευφυών πόλεων, όπως έχει ήδη αναφερθεί στο προηγούμενο κεφάλαιο. Είτε πρόκειται για κατοικίες είτε για κτίρια γραφείων, εκπαίδευσης, υγειονομικής περίθαλψης ή οποιασδήποτε άλλης χρήσης επηρεάζουν όλες τις πτυχές της καθημερινής ζωής του ανθρώπου και αλληλεπιδρούν με όλα τα υπόλοιπα δομικά συστατικά της έξυπνης πόλης. Σε αυτή την ενότητα γίνεται μια προσπάθεια παρουσίασης του ορισμού, όπως προκύπτει μέσα από τη βιβλιογραφία, καθώς και των βασικών χαρακτηριστικών ενός έξυπνου κτιρίου με χρήση κυρίως παραδειγμάτων. Τέλος, αναφέρονται οι προκλήσεις που αναπόφευκτα τα συνοδεύουν και οι τρόποι αποτίμησης της ευφυΐας τους.

2.1 Ορισμός ευφυούς κτιρίου

Ένα έξυπνο κτίριο είναι ένα κτίριο που χρησιμοποιεί προηγμένες τεχνολογίες για τη βελτίωση της απόδοσής του, της λειτουργικότητάς του, της ασφάλειάς του και της ενεργειακής του απόδοσης, και επιτρέπει την αλληλεπίδραση μεταξύ των ανθρώπων και του κτιρίου με τρόπο που βελτιώνει την απόδοσή του και την εμπειρία των ανθρώπων που το χρησιμοποιούν.

Σύμφωνα με το άρθρο των Buckman, Mayfield και Beck, ένα έξυπνο κτίριο είναι ένα κτίριο που χρησιμοποιεί τεχνολογίες και συστήματα πληροφορικής για να επιτύχει τους παρακάτω στόχους[7]:

- Βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και μείωση των εκπομπών CO₂
- Εξασφάλιση της ασφάλειας των ανθρώπων και της περιουσίας
- Βελτίωση της λειτουργικότητας και της απόδοσης των χώρων
- Βελτίωση της εμπειρίας των χρηστών και της ποιότητας ζωής τους.

Η λειτουργία του έξυπνου κτιρίου χαρακτηρίζεται από τη χρήση αισθητήρων και τη συλλογή δεδομένων για την παρακολούθηση της απόδοσής του σε πραγματικό χρόνο. Η ανάλυση των δεδομένων αυτών μπορεί να οδηγήσει στη λήψη αυτόματων αποφάσεων, όπως η ρύθμιση του συστήματος κλιματισμού ή φωτισμού, για τη βελτίωση της απόδοσης του κτιρίου και τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας.

Επιπλέον, ένα έξυπνο κτίριο μπορεί να επιτρέπει στους χρήστες του να αλληλεπιδρούν με το κτίριο μέσω εφαρμογών κινητών τηλεφώνων ή άλλων συσκευών, για τη διαχείριση της θέρμανσης, του φωτισμού, των ασφαλιστικών συστημάτων, των συστημάτων πυρασφάλειας και άλλων λειτουργιών του κτιρίου.

Επιπρόσθετα, ένα έξυπνο κτίριο μπορεί να ενσωματώνει συστήματα Τεχνητής Νοημοσύνης (AI) για την ανάλυση δεδομένων και τη λήψη αποφάσεων, καθώς και τη δημιουργία προβλέψεων για την απόδοση του κτιρίου και την κατανάλωση ενέργειας.

Η απόδοση ενός έξυπνου κτιρίου μπορεί να μετρηθεί με βάση διάφορες παραμέτρους, όπως η ενεργειακή απόδοση, η ασφάλεια, η λειτουργικότητα και η άνεση των χρηστών του. Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται σε ένα έξυπνο κτίριο μπορούν να περιλαμβάνουν αισθητήρες, συστήματα αυτοματισμού, δικτυακές τεχνολογίες, Τεχνητή Νοημοσύνη και άλλες σχετικές τεχνολογίες.

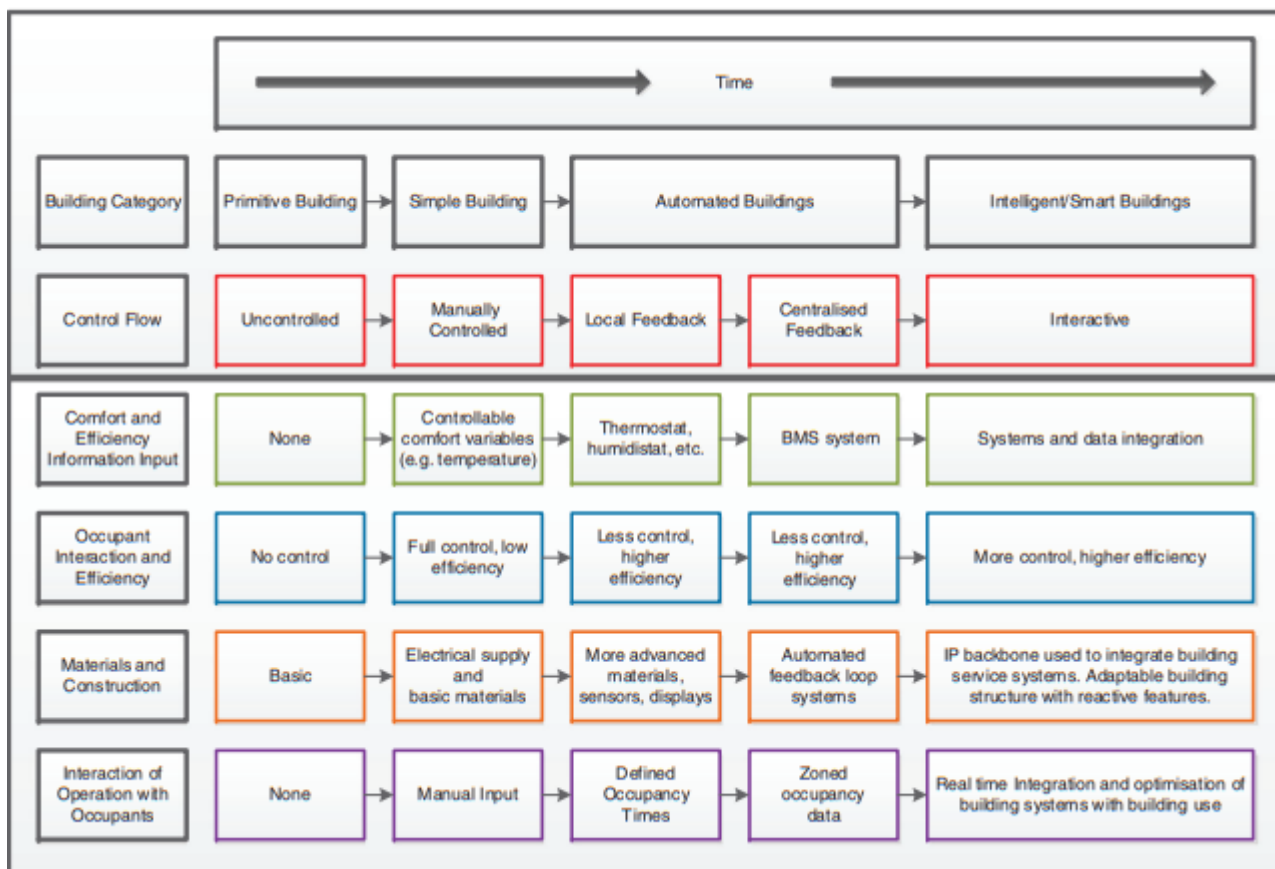
Το έξυπνο κτίριο αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο για την ενίσχυση της αειφορίας στον τομέα της κατασκευής και της λειτουργίας των κτιρίων. Με τη χρήση της τεχνολογίας και των έξυπνων συστημάτων, τα κτίρια μπορούν να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας και να βελτιώσουν την απόδοσή τους σε διάφορους τομείς, όπως η ασφάλεια, η άνεση των χρηστών και η λειτουργικότητα.

Οι τρεις βασικοί οδηγοί που ακολουθούνται στο σχεδιασμό, στην κατασκευή και στη λειτουργία των κτιρίων είναι οι ακόλουθοι:

- **Συνολική Αντίληψη:** Ο σχεδιασμός και η λειτουργία του κτιρίου πρέπει να εξετάζονται συνολικά, όχι μόνο ως ξεχωριστά συστήματα. Αυτό σημαίνει ότι ο σχεδιασμός του κτιρίου πρέπει να λαμβάνει υπόψη του τον τρόπο με τον οποίο όλα τα συστήματα λειτουργούν μαζί και επηρεάζουν την ενεργειακή απόδοση και την άνεση των χρηστών.
- **Ενσωμάτωση Τεχνολογίας:** Οι τεχνολογίες πρέπει να ενσωματώνονται στον σχεδιασμό και τη λειτουργία του κτιρίου, προκειμένου να βελτιωθεί η απόδοση του κτιρίου και η άνεση των χρηστών. Αυτό μπορεί να συμπεριλαμβάνει τη χρήση αισθητήρων, τη σύνδεση του κτιρίου στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT), τη χρήση λογισμικού για τη διαχείριση του κτιρίου κ.λπ.
- **Συνεχής Βελτίωση:** Η λειτουργία του κτιρίου πρέπει να είναι σε συνεχή βελτίωση, προκειμένου να διασφαλιστεί η βέλτιστη απόδοση και η αειφορία του κτιρίου. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω της συλλογής και της ανάλυσης δεδομένων από τα συστήματα του κτιρίου, της ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ των διαφόρων συστημάτων και της συνεχούς αναβάθμισης του εξοπλισμού και των τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται στο κτίριο.

Οι εξελισσόμενοι ορισμοί των Έξυπνων Κτιρίων έχουν αναπτυχθεί από τη δεκαετία του 1980 και συνεχίζουν να προτείνονται χρησιμοποιώντας τις πιο πρόσφατες γνώσεις και εμπειρίες. Το 1990, ο Powell ορίζει ένα Έξυπνο Κτίριο ως εξής: "Ένα κτίριο που ελέγχει πλήρως το δικό του περιβάλλον". Αυτό σημαίνει ότι είναι ο τεχνικός έλεγχος της θέρμανσης, του κλιματισμού, του φωτισμού, της ασφάλειας, της προστασίας από πυρκαγιά, των τηλεπικοινωνιακών και δεδομένων υπηρεσιών, των ανελκυστήρων και άλλων παρόμοιων λειτουργιών του κτιρίου που είναι σημαντικές - ένας έλεγχος που δίνεται συνήθως σε ένα σύστημα διαχείρισης του κτιρίου. Μια τέτοια έννοια για ένα συμβατικά Έξυπνο Κτίριο δεν υποδηλώνει καθόλου τη διαδραστικότητα του χρήστη (Powell, 1990).

Οι Wong et al. (2005) δείχνουν στην ανασκόπησή τους της έρευνας για τα Έξυπνα Κτίρια ότι οι περισσότεροι από τους πρώιμους ορισμούς περιστρέφονταν γύρω από τον ελάχιστο αριθμό των ανθρώπινων επεμβάσεων στο κτίριο. Οι πρώιμοι ορισμοί των Έξυπνων Κτιρίων είναι αυτό που θα αναμενόταν, αφού τότε οι αρχιτέκτονες και οι μηχανικοί κτιρίων προχωρούσαν από τα αυτοματοποιημένα κτίρια, όπως φαίνεται στο Εικόνα 1. Στην προσπάθεια ικανοποίησής τους μέσα στην πάροδο των ετών, καθώς οι κατασκευές γενικότερα και τα υλικά και τα κτιριακά συστήματα ειδικότερα, εξελισσόταν συντελεστήκαν αλλαγές σε βασικούς τομείς. Το αρχικό κτίριο, στο οποίο ο χρήστης δεν είχε κανένα έλεγχο επί της λειτουργίας του, εξελίχθηκε στο απλό, το οποίο χαρακτηρίζεται από χειροκίνητο χειρισμό των συστημάτων του, μετέπειτα στο αυτοματοποιημένο και τέλος στο ευφυές, στο οποίο όλα τα συστήματα έχουν ενιαία, οργανωμένη λειτουργία και υπάρχει διαδραστικότητα με το χρήστη



Εικόνα 1: Χρονολογική εξέλιξη κτιρίου

Ένα έξυπνο κτίριο λειτουργεί με βάση μια ολοκληρωμένη και οργανωμένη δομή, η οποία επιτρέπει την αλληλεπίδραση των διαφόρων συστημάτων και συσκευών που βρίσκονται μέσα στο κτίριο. Αυτό σημαίνει ότι το κτίριο δεν αποτελεί απλά μια συλλογή από μη αλληλεπιδραστικά συστήματα, αλλά ένα ενσωματωμένο σύστημα που λειτουργεί συνεργατικά και συγχρονισμένα. Η οργανωμένη δομή του έξυπνου κτιρίου προσφέρει τη δυνατότητα για έξυπνες λειτουργίες, όπως η αυτοματοποίηση και η αυτόματη διαχείριση των διαφόρων συστημάτων που βρίσκονται σε λειτουργία μέσα στο κτίριο. Προσαρμόζεται συνεχώς στις ανάγκες και τις προτιμήσεις των χρηστών του. Μέσω της ανίχνευσης και της ανάλυσης δεδομένων, το κτίριο μπορεί να "μάθει" πώς χρησιμοποιείται και να προσαρμόσει τη λειτουργία του ανάλογα.

Σύμφωνα με τους Buckman et al στην καρδιά του ορισμού ενός Έξυπνου Κτιρίου βρίσκεται η προσαρμοστικότητα

Προσαρμοστικότητα

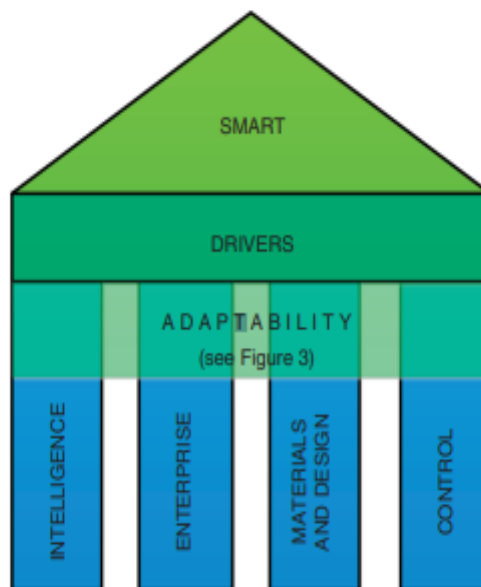
Η προσαρμοστικότητα εντός και η ενοποίηση μεταξύ όλων των πτυχών του κτιρίου θα επιτρέψει τη διαφοροποίηση μεταξύ προηγούμενων γενεών κτιρίων και Έξυπνων Κτιρίων. Η προσαρμοστικότητα χρησιμοποιεί πληροφορίες που συλλέγονται εσωτερικά και εξωτερικά από μια σειρά πηγών για να προετοιμάσει το κτίριο για ένα συγκεκριμένο γεγονός πριν συμβεί, το οποίο είναι θεμελιωδώς διαφορετικό από το να είναι αντιδραστικό. Ένα Έξυπνο Κτίριο είναι σε θέση να προσαρμόσει τις λειτουργίες και τη φυσική του μορφή για αυτά τα γεγονότα.

Παραδείγματα προσαρμοστικότητας είναι η ικανότητα να λαμβάνει υπόψη:

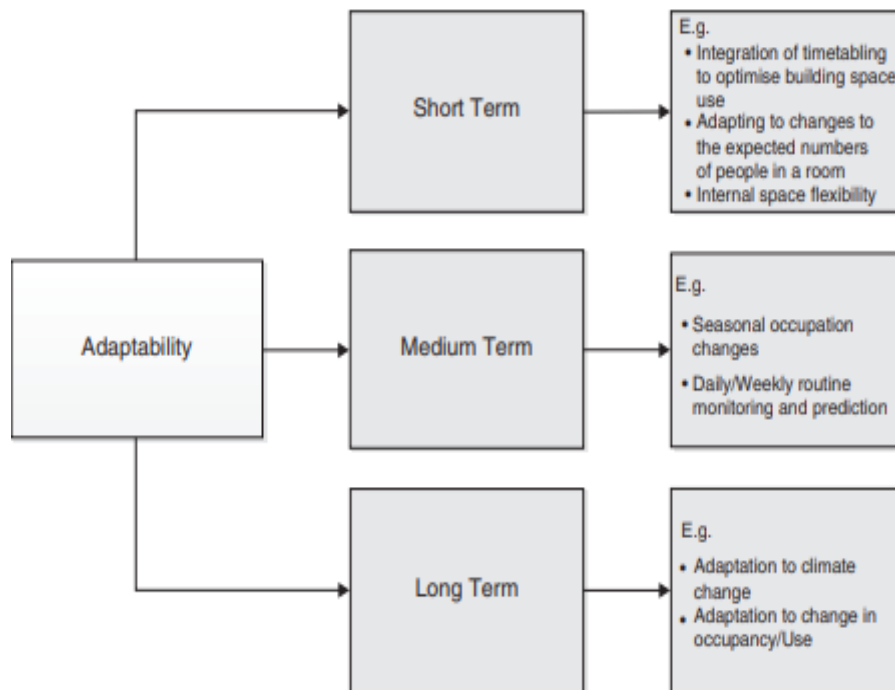
- οι διαφορετικές αντιλήψεις των ανθρώπων για την άνεση σε διαφορετικές ώρες της ημέρας και διαφορετικές εποχές του χρόνου
- οι αλλαγές στους ενοίκους ή στη χρήση του κτιρίου
- οι μεταβλητές χαρακτηριστικά δεδομένων κατοχής
- οι μεταβλητές μέσες ετήσιες εξωτερικές καιρικές συνθήκες.

Δημιουργώντας ένα κτίριο που είναι προσαρμόσιμο μέσω του σχεδιασμού και της ολοκλήρωσης των τεσσάρων μεθόδων που φαίνονται στην εικόνα 2 προκειμένου να ανταποκριθεί σε ένα ή περισσότερα από τα κίνητρα μπορεί να οριστεί ως ένα έξυπνο σύστημα. Η εικόνα 3 δείχνει τις διαφορετικές χρονικές κλίμακες στις οποίες λειτουργεί η έξυπνη προσαρμοστικότητα. Δεν είναι κάτι καινούργιο να συνδέεται η προσαρμοστικότητα με τα κτίρια, αλλά η χρήση της ολοκληρωμένης προσαρμοστικότητας αντί για την αντιδραστικότητα είναι μια σημαντική διαφορά μεταξύ των Έξυπνων και Ευφυών Κτιρίων. Η ικανότητα προσαρμογής σε απάντηση στις πληροφορίες που συλλέγονται από τη χρήση του κτιρίου είναι ουσιαστική για την επιτυχή λειτουργία ενός Έξυπνου Κτιρίου. Πρόσφατη έρευνα σε συστήματα Ευφυούς Κτιρίου, όπως οι ελεγκτές έξυπνων πρακτόρων, μπορεί να είναι προσαρμόσιμοι και αυτόνομοι αντί για την πα ραδοστατική ευφυΐα (Callaghan et al., 2009). Οι συγγραφείς θεωρούν αυτό ως μια μέθοδο μέσω της οποίας η ευφυΐα μπορεί να προσαρμοστεί, όπως απαιτείται στην εικόνα 2, και θα χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με τις τρεις άλλες μεθόδους για τη δημιουργία ενός Έξυπνου Κτιρίου. Εάν ένα Έξυπνο Κτίριο δεν λειτουργεί σύμφωνα με το προβλεπόμενο πρότυπο σχεδιασμού του, τα συστήματα του κτιρίου μπορούν να συλλέξουν πληροφορίες για τον λόγο και να προσαρμοστούν για να λειτουργούν στο επιθυμητό επίπεδο στο μέλλον σε παρόμοιες συνθήκες.

Η προσαρμοστικότητα για το μακροπρόθεσμο μέλλον θα εξελιχθεί κυρίως γύρω από τα υλικά και τον φυσικό σχεδιασμό του κτιρίου, αν και οποιαδήποτε υποδομή νοημοσύνης και επιχειρηματικότητας πρέπει να είναι σε θέση να επαρκεί για τις μακροπρόθεσμες αλλαγές.



Εικόνα 2: Χαρακτηριστικά ενός Έξυπνου Κτιρίου



Εικόνα 3: Η προσαρμοστικότητα σε διαφορετικά χρονικά πλαίσια σε ένα Έξυπνο Κτίριο.

Έλεγχος στα Έξυπνα Κτίρια

Ένα από τα πιο συζητημένα ζητήματα στον σχεδιασμό των σύγχρονων κτιρίων είναι ο έλεγχος. Όταν σχεδιάζονται, υλοποιούνται και χρησιμοποιούνται σωστά, τα κτίρια με κυρίως ανθρώπινο έλεγχο μπορούν να λειτουργήσουν πολύ καλά, όπως και τα κτίρια που είναι πλήρως αυτοματοποιημένα. Και οι δύο, ωστόσο, έχουν ενσωματωμένους κινδύνους που μπορούν να οδηγήσουν σε κακή απόδοση των κτιρίων εάν οποιοδήποτε από τους τρεις παράγοντες που αναφέρθηκαν παραπάνω αλλάξει, όπως παραδείγματος χάρη η συμπεριφορά που οδηγεί σε κακή απόδοση σε πολλά κτίρια, όπως αναφέρουν οι Masoso και Grobler (2010). Τα κτίρια που βασίζονται στον ανθρώπινο έλεγχο υποθέτουν ότι οι κάτοικοι θα χρησιμοποιήσουν το κτίριο με τον τρόπο που σχεδιάστηκε, ενώ τα αυτοματοποιημένα κτίρια σχεδιάζονται για τις θεωρητικές κλιματικές συνθήκες, κατοχυρώσεις και χρήση. Και οι δύο κατηγορίες εκτίθενται σε αλλαγές κατά τη διάρκεια της κατασκευής και της επιχείρησης που διαφέρουν από τη σχεδιαστική πρόθεση. Επομένως, και οι δύο κατηγορίες είναι ευαίσθητες σε μειώσεις της απόδοσης κατά την αλλαγή της χρήσης, της κατοχυρώσεως ή των κλιματικών συνθηκών.

Όπως φαίνεται στην εικόνα 1, τα σύγχρονα κτίρια αναγνωρίζουν τη σημασία της επανασύνδεσης των κατοίκων με το κτίριο προκειμένου να επιτρέψουν σε αυτούς να έχουν έλεγχο στο δικό τους περιβάλλον. Έχουν διενεργηθεί πολλές μελέτες που δείχνουν ότι δεν μπορεί να υπάρξει μια μόνο σειρά συνθηκών που θα είναι κατάλληλη για όλους τους κατοίκους (Fotios και Cheal, 2010 · Logadottir κ.ά., 2011), και πολλές μελέτες που δείχνουν ότι ένας βαθμός ελέγχου στον χώρο εργασίας έχει ως αποτέλεσμα οφέλη, όπως αύξηση της άνεσης, της

ποιότητας του φωτισμού (Boyce κ.ά., 2000) και της ικανοποίησης των κατοίκων (Becker, 1985).

Όπως υποδεικνύουν οι Dounis και Caraiscos (2009), η άνεση σε ένα κτίριο δεν είναι μονοδιάστατη, αλλά έχει πολλαπλές μεταβλητές. Στην παρακάτω λίστα, ο Leaman (2000) αναδεικνύει ορισμένα σημεία που αρέσουν και δεν αρέσουν στους κατοίκους ενός κτιρίου. Σε αυτά τα σημεία, αναφέρει ότι οι κάτοικοι ενός κτιρίου αρέσκονται στις κανονικές καταστάσεις που μπορούν να "χρησιμοποιούν συνήθως" και σε παραδοσιακά ελεγχόμενα κτίρια, η πολυδιάστατη φύση της άνεσης αντιτίθεται σε αυτήν την ικανότητα. Για παράδειγμα, το χειμώνα, ένα δωμάτιο μπορεί να είναι πολύ πιο κρύο από ό,τι αναμενόταν, κάτι που ενθαρρύνει τη χρήση ανεπαρκών ηλεκτρικών θερμάστρων, αλλά η ποιότητα του αέρα μπορεί να υποβαθμιστεί, με αποτέλεσμα να ανοίγονται παράθυρα που θα αναιρέσουν την επίδραση των ηλεκτρικών θερμάστρων και μπορεί ακόμη να έχουν αποτέλεσμα ψύξη στα γύρω δωμάτια. Υπάρχει ανάγκη να επιτευχθεί μια ισορροπία ανάμεσα στους επιτρεπόμενους χρήστες να έχουν έλεγχο του περιβάλλοντός τους και στο να δημιουργούνται σταθερές, αξιόπιστες και άνετες συνθήκες που επιτρέπουν στα συστήματα του κτιρίου να διαχειρίζονται αποτελεσματικά την κατανάλωση ενέργειας.

Σύμφωνα με τον Leaman, (2000), οι χρήστες προτιμούν:

- καταστάσεις όπου χρειάζεται να παρεμβαίνουν σπάνια, με προβλέψιμες "κανονικές" ή "προκαθορισμένες" καταστάσεις που μπορούν να χρησιμοποιούν συνήθως και στη συνέχεια να ξεχνάνε για το θέμα
- ευκαιρίες να δράσουν γρήγορα για να διορθώσουν ή να παρεμβάλλουν εάν οι συνθήκες αλλάξουν
- τη δυνατότητα να πραγματοποιούν παρεμβάσεις γρήγορα και αποτελεσματικά.

Για τους χρήστες κτιρίων, η μεγαλύτερη δυσαρέσκεια προκύπτει όταν:

- τους απαγορεύεται να παρεμβαίνουν για να αλλάξουν τις φυσικές ρυθμίσεις από μια αποδεκτή υπάρχουσα κατάσταση σε μια προτιμώμενη νέα κατάσταση
- υπόκεινται σε αυθαίρετες αλλαγές στις συνθήκες που αντιλαμβάνονται και επηρεάζονται αλλά δεν μπορούν να αναιρέσουν
- εργάζονται σε ένα άγνωστο περιβάλλον που μπορεί να απαιτεί παρέμβαση για να γίνουν τα πράγματα εφικτά ή άνετα
- απαιτείται να ενεργήσουν γρήγορα και σε καταστάσεις άγχους, για παράδειγμα σε μια έκτακτη ανάγκη.

Τα Έξυπνα Κτίρια είναι αυτά που συμβιβάζουν τον ανθρώπινο έλεγχο και την αυτοματοποίηση για να επιτύχουν τους κινητήρες για την πρόοδο του κτιρίου. Η αναγνώριση αυτής της ανάγκης αντιμετωπίζεται σε πρόσφατη έρευνα (Bourgeois et al., 2006, Cole και Brown, 2009). Στόχος του ελέγχου σε ένα Έξυπνο Κτίριο είναι να παρέχει στους κατοίκους πληροφορίες ώστε να προσαρμόζονται στο κτίριο, καθώς και να προσαρμόζεται το κτίριο στις προτιμήσεις και απαιτήσεις τους.

Παραδείγματα ελέγχου σε Έξυπνα Κτίρια

- Επηρεάζοντας την προσαρμοστική άνεση προειδοποιώντας τους χρήστες του κτιρίου για την πιθανή θερμοκρασία που θα επικρατεί στο εσωτερικό του κτιρίου πριν από την αναχώρησή τους από το σπίτι.

- Χρησιμοποιώντας πραγματικού χρόνου πληροφορίες για το περιβάλλον, επιτρέποντας στους χρήστες να κατευθύνονται σε μια περιοχή εντός των προσωπικών τους προτιμήσεων άνεσης. Για παράδειγμα, σε μια βιβλιοθήκη, ενημερώνοντας τους χρήστες κατά την άφιξή τους για τις διαφορετικές συνθήκες σε κάθε περιοχή.

Επιχείρηση στα Έξυπνα Κτίρια

Η επιχείρηση (enterprise) αποτελεί ένα αναδυόμενο θέμα στη βιβλιογραφία που αναφέρεται στα Έξυπνα Κτίρια. Ο Singer (2010) και ο Powell (2010) της Δημόσιας Υπηρεσίας Κτιρίων της GSA καθορίζουν ένα Έξυπνο Κτίριο ως ένα που "ενσωματώνει τα κύρια συστήματα κτιρίου σε ένα κοινό δίκτυο" και δείχνουν την ανάγκη να ενσωματωθεί ένα σύστημα επιχείρησης στο προηγούμενως ενσωματωμένο ευφυές σύστημα. Η επιχείρηση στο πλαίσιο των μη κατοικίσιμων κτιρίων αποτελείται από μια συνδυαστική χρήση υλικού και / ή λογισμικού που χρησιμοποιείται για να ξεπεραστούν διασπασμένα, μη συμβατά, μη ιδιόκτητα συστήματα κληρονομιάς (Robey et al., 2002) προκειμένου να επιτραπεί η βέλτιστη λειτουργία του κτιρίου.

Το enterprise αναφέρεται σε οποιαδήποτε μέθοδο μέσω της οποίας συλλέγονται πληροφορίες σχετικά με τη χρήση του κτηρίου, όπως για παράδειγμα κρατήσεις δωματίων σε ένα πανεπιστήμιο ή προγράμματα προβολής ταινιών σε έναν κινηματογράφο. Η ολοκλήρωση του enterprise με το BMS και τα συστήματα κτιρίου πραγματικού χρόνου δημιουργεί ένα τεράστιο δυναμικό για βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και την παροχή άνεσης, χρησιμοποιώντας πληροφορίες που σχετίζονται με τα περιβάλλοντα συνθήκες και υπάρχουν ήδη, αλλά δεν χρησιμοποιούνται για αυτόν τον σκοπό.

Οι Robey et al. τονίζουν τα οφέλη των πληροφοριών πραγματικού χρόνου στον ρόλο της επιχείρησης για να αυξήσουν τη λειτουργική αποδοτικότητα μιας μεσαίας έως μεγάλης οργάνωσης, ενώ η GSA υποδεικνύει ότι η επιχείρηση περιλαμβάνει στοιχεία όπως η ενσωμάτωση επιχειρήσεων, η διαχείριση επιχειρήσεων και οι πίνακες ελέγχου. Τα συστήματα και η αρχιτεκτονική επιχειρήσεων που ενσωματώνονται στις πραγματικές λειτουργίες κτιρίων, χρησιμοποιώντας middleware, βρίσκονται πέρα από το πεδίο των Έξυπνων Κτιρίων, αλλά αποτελούν ένα πτυχίο των Έξυπνων Κτιρίων.

Παραδείγματα της επιχείρησης εντός των Έξυπνων Κτιρίων

- Χρήση συστήματος κρατήσεων δωματίων σε πανεπιστήμιο ή σχολείο, για παράδειγμα, προκειμένου να οργανωθούν τα δωμάτια σε συγκεκριμένες περιοχές ενός ζωνοποιημένου κτιρίου, επιτρέποντας στο υπόλοιπο κτίριο να μην έχει ελεγχόμενο κλιματισμό. Κατά την είσοδο στο κτίριο, οι κάτοικοι θα ενημερώνονται για το πού βρίσκεται το δωμάτιό τους που έχουν κάνει κράτηση, αντί να κρατούν ένα συγκεκριμένο δωμάτιο.
- Σε ένα κτίριο γραφείων με hot-desking, θα μπορούσαν να γίνουν συγκεκριμένες προτάσεις για τον χώρο στον οποίο είναι πιθανότερο να είναι άνετοι οι εργαζόμενοι βάσει προηγούμενων σχολίων που έχουν δώσει (όπως επιλογές "πολύ ζεστό" ή "πολύ κρύο" στο γραφείο ή στον υπολογιστή) και οποιωνδήποτε παραμέτρων προσαρμοστικής άνεσης που μπορούν να καταγραφούν, όπως οι εξωτερικές συνθήκες.

- Όταν κρατιέται ένα δωμάτιο, όπως ένα δωμάτιο συνεδριάσεων, ο αριθμός των ανθρώπων που πιθανότατα θα παραστούν θα εισαχθεί στο σύστημα επιχειρήσεων και αυτό θα προσαρμόσει οποιεσδήποτε απαιτήσεις λειτουργικού συστήματος για να φιλοξενήσει τον συγκεκριμένο αριθμό ατόμων. Έτσι, ελέγχοντας τη θέρμανση, την ψύξη και τον αερισμό, μπορούν να επιτευχθούν οι περιβαλλοντικές συνθήκες που πιθανότατα είναι πιο άνετες και ευνοούν την αύξηση της παραγωγικότητας.

Χρησιμοποιώντας τις διαθέσιμες πληροφορίες και τις επιλογές των κατοίκων με τρόπο που θα επιτρέπει την προσαρμογή της λειτουργίας του κτιρίου εκ των προτέρων αντί να αντιδράσει μετά από αυτό, θα επιτρέπει μεγαλύτερη άνεση και μειωμένη κατανάλωση ενέργειας, που αντιβαίνει στην παραδοσιακή έξυπνη μέθοδο θέρμανσης ενός δωματίου αν θεωρείται πολύ κρύο, ή ψύξης ενός δωματίου αν θεωρείται πολύ ζεστό. Μέσα στο κτίριο, έξυπνα συστήματα ελέγχου, όπως οι βρόχοι ανάδρασης, εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται για να επιτρέψουν στα Έξυπνα Κτίρια να χτίσουν πάνω στις δεκαετίες έρευνας και εμπειρίας, να αντιδράσουν σε ανεξέλεγκτα γεγονότα και ασυμβατότητες, και να παρέχουν τη διαλειτουργικότητα των συστημάτων και των συστατικών του κτιρίου.

Υλικά και κατασκευή στα Έξυπνα Κτίρια

τα υλικά και η κατασκευή αποτελούν στοιχεία του ορισμού του Έξυπνου Κτιρίου και αντιπροσωπεύουν την κτιστή μορφή του. Η κατασκευή ενός Έξυπνου Κτιρίου πρέπει να αντανακλά και να στεγάζει τις έξυπνες λειτουργίες του. Ένα Έξυπνο Κτίριο κατασκευάζεται από υλικά και περιλαμβάνει χαρακτηριστικά που θα επιτρέψουν την προσαρμογή στις αλλαγές στη χρήση και το κλίμα. Η εσωτερική δομή πρέπει επίσης να αντικατοπτρίζει τη δυναμική φύση του κτιρίου, είναι προσαρμόσιμη στις ανάγκες των κατοίκων.

Παραδείγματα υλικών και κατασκευής σε Έξυπνα Κτίρια

- Η δομική κατασκευή του κτιρίου μπορεί καθ' αυτήν την φύση να προσαρμόζεται στις μελλοντικές προσδοκίες κλίματος μέσω της δυνατότητας αντικατάστασης χαρακτηριστικών στο μέλλον για να ληφθεί υπόψη η αλλαγή. Οι καθιερωμένες προηγούμενες διαδικασίες σε αυτόν τον τομέα είναι οι έννοιες σχεδιασμού για προσαρμοστικότητα και αποκατάστασης και σχεδιασμού για αποδόμηση και σχεδιασμού για αποκατάσταση (Webster, 2007)
- Με βάση τα δεδομένα καταλήψεων που είναι διαθέσιμα από τα συστήματα επιχείρησης, ένα Smart Building μπορεί να μπορεί να κλείνει ζώνες κατά τη διάρκεια περιόδων γνωστά χαμηλής καταληψης. Αυτό απαιτεί να είναι επίσης προσαρμόσιμη η εσωτερική δομή για να διατηρηθεί η αξία για τον χρήστη.

2.2 Συστατικά Μέρη ενός Ευφυούς Κτιρίου

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, η χρήση των έξυπνων κτιρίων έχει πολλαπλά πλεονεκτήματα τόσο για τους χρήστες όσο και για τον ιδιοκτήτη. Τα έξυπνα κτίρια αυξάνουν την παραγωγικότητα των χρηστών παρέχοντας ένα βέλτιστο επίπεδο ποιότητας αέρα, ασφάλειας, φωτισμού, άνεσης, υγιεινής και μέτρων διαθεσιμότητας χώρου.

Επιπλέον, η χρήση έξυπνων συσκευών, όπως κάμερες και αισθητήρες, παρέχει ακριβή δεδομένα σχετικά με τη χρήση των έξυπνων κτιρίων που βοηθούν στην αποτελεσματική

διαδικασία λήψης αποφάσεων. Οι αισθητήρες παρέχουν ακριβή δεδομένα που βοηθούν στη λήψη αποφάσεων. Οι αισθητήρες ανιχνεύουν αλλαγές, όπως ποιότητα αέρα, θερμοκρασία, κατάληψη, κίνηση κ.λπ., και μεταφέρουν αυτές τις πληροφορίες στα συστήματα διαχείρισης των κτιρίων. Αυτό το σύστημα βοηθά στην παρακολούθηση των συνθηκών, όπου οι χρήστες μπορούν να αλλάξουν αυτόματα τις ρυθμίσεις ανάλογα με τις προτιμήσεις τους ανάλογα με την περιοχή που βρίσκεται το κτίριο.

Επιπλέον, η φωτιστική είναι ένας ουσιώδης παράγοντας των έξυπνων κτιρίων. Σχεδιάζεται για ενεργειακή απόδοση και παρέχει πραγματικά λειτουργικά οφέλη και πραγματοποιεί προσαρμογές βάσει συνθηκών, όπως η πρόσβαση στο φως της ημέρας και η χρήση. Επιπλέον, σημαντικές λειτουργικές εξοικονομήσεις και προστασία δεδομένων είναι τα άλλα σημαντικά οφέλη των συστημάτων έξυπνων κτιρίων. Ορισμένα από τα βασικά στοιχεία του έξυπνου κτιρίου περιλαμβάνουν αισθητήρες και ενεργοποιητές, δίκτυο και μέσο επικοινωνίας, πλατφόρμες λογισμικού, συστήματα HVAC και έξυπνες συσκευές ελέγχου [8].

Μια σαφής απεικόνιση των συστατικών των έξυπνων κτιρίων παρουσιάζεται στην εικόνα 4. Οι αισθητήρες παρακολουθούν και αποστέλλουν πληροφορίες για το κτίριο σε έναν επεξεργαστή υπολογιστή για περαιτέρω επεξεργασία και αποθήκευση. Συνήθως, οι αισθητήρες επικοινωνούν μέσω των σημείων πρόσβασης που βρίσκονται μέσα στο κτίριο και στη συνέχεια επικοινωνούν μέσω μιας πύλης. Η πύλη λειτουργεί ως σημείο συγκέντρωσης που συλλέγει τα δεδομένα του αισθητήρα και τα αποστέλλει στο μέσο αποθήκευσης, όπως συστήματα cloud. Το δίκτυο καθορίζει τη συλλογή των αισθητήρων μέσω των οποίων συλλέγονται και οργανώνονται τα δεδομένα σε μια κεντρική τοποθεσία.

Οι πλατφόρμες λογισμικού λειτουργούν ως οικοδεσπότης μέσω του οποίου παρέχονται οι υπηρεσίες στους χρήστες του έξυπνου κτηρίου. Το HVAC είναι το σύστημα θέρμανσης, αερισμού και κλιματισμού. Το HVAC είναι ένα αισθητήριο που χρησιμοποιείται κυρίως για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας στις έξυπνες συσκευές. Συγκρίνει την πραγματική κατάσταση με την επιθυμητή κατάσταση και παράγει συμπεράσματα. Οι έξυπνες συσκευές ελέγχουν συσκευές και πρίζες. Επιτρέπουν στους ιδιοκτήτες και τους κατοίκους να ελέγχουν τις συσκευές τους απομακρυσμένα. Μερικά από τα σημαντικά παραδείγματα έξυπνων συσκευών περιλαμβάνουν συναγερμούς και αισθητήρες στο σπίτι. Τα έξυπνα κτίρια σχεδιάζουν δράσεις διόρθωσης και αυτοματισμού ως απόκριση σε συναγερμούς που δημιουργούνται από ένα σύστημα. Ωστόσο, ο ιδιοκτήτης χρησιμοποιεί το κινητό του τηλέφωνο για να ρυθμίσει το συναγερμό του και να ελέγξει τις συσκευές του ενεργοποιώντας και απενεργοποιώντας ή εκτελώντας άλλες εργασίες.[9]



Εικόνα 4: Συστατικά μέρη ενός έξυπνου κτιρίου

Σε απλούς όρους, η λειτουργία των υπαρχόντων έξυπνων κτιρίων περιγράφεται ως εξής: Οι αισθητήρες είναι εγκατεστημένοι σε όλο το κτίριο, και συνεχώς παρακολουθούν και συλλέγουν δεδομένα για το κτίριο. Τα δεδομένα που ανιχνεύονται μεταφέρονται στις πλατφόρμες αποθήκευσης μέσω του δικτύου και των μέσων επικοινωνίας. Με βάση τα δεδομένα ή την είσοδο που λαμβάνεται από τα δίκτυα αισθητήρων, οι υπηρεσίες προς τους τελικούς χρήστες προσφέρονται μέσω των πλατφορμών λογισμικού. Ο εξοπλισμός HVAC λειτουργεί ως μονάδα διαχείρισης ενέργειας, η οποία φροντίζει για τη θέρμανση, τον κλιματισμό και τις εγκαταστάσεις εξαερισμού. Ο ιδιοκτήτης και οι κάτοικοι ελέγχουν τις εγκαταστάσεις του έξυπνου κτιρίου χρησιμοποιώντας έξυπνες συσκευές ελέγχου.[34]

Πρόσφατα, οι ερευνητές έχουν αρχίσει να ασχολούνται με νευρωνικά δίκτυα και τεχνικές μάθησης μηχανής για έξυπνα κτίρια. Οι αλγόριθμοι, όπως οι Συνελκτικοί Νευρωνικοί Δίκτυα (CNN) και οι Τεχνητοί Νευρωνικοί Δίκτυοι (ANN), χρησιμοποιούνται ευρέως στις διαδικασίες κατασκευής έξυπνων κτιρίων. Ένα Συνελκτικό Νευρωνικό Δίκτυο (CNN) είναι ένας αλγόριθμος DL που μπορεί να λάβει μια εικόνα εισόδου και να αναθέσει σημασία σε διάφορα στοιχεία/αντικείμενα σε μια εικόνα και να τα διακρίνει το ένα από το άλλο. Τα σύγχρονα κτίρια προσαρμόζονται σε εσωτερικά και εξωτερικά στοιχεία και εξαρτώνται από την αύξηση των πηγών δεδομένων, όπως αισθητήρες και έξυπνες συσκευές.

Τα CNN σε ένα έξυπνο κτίριο βοηθούν στην ανάλυση της σχετικότητας μεταξύ μιας μεγάλης σειράς παραμέτρων, συμπεριλαμβανομένης της θερμοκρασίας της εσωτερικής πρόσοψης, της ηλιακής ακτινοβολίας, της ιστορίας της εξωτερικής θερμοκρασίας, της εξωτερικής υγρασίας και πολλά άλλα.

Οι αλγόριθμοι ANN εμπνέονται από τις δυνατότητες του ανθρώπινου εγκεφάλου και προβλέπουν τα μοτίβα από τα δεδομένα των αισθητήρων μέσω διαδικασιών μάθησης και ανάκλησης. Αυτοί οι αλγόριθμοι χρησιμοποιούνται κυρίως στα συστήματα κατασκευής έξυπνων κτιρίων για να προβλέψουν το ρυθμό κατανάλωσης ενέργειας των κτιρίων και να βελτιστοποιήσουν τη ροή ενέργειας σε διάφορες έξυπνες συσκευές.[35]

Η διαδικασία υλοποίησης έξυπνων συστημάτων σε ένα κτίριο έχει πολλά πλεονεκτήματα που κυμαίνονται από την οικονομική αποδοτικότητα έως τα μέτρα οικολογικής κατασκευής

κτιρίων. Τα έξυπνα κτίρια θεωρούνται μια νέα τεχνολογία σήμερα, και με την πληθώρα των πλεονεκτημάτων τους, σύντομα θα γίνουν αναπόφευκτο μέρος των σύγχρονων έξυπνων πόλεων. Για τους ιδιοκτήτες ακινήτων και τους αναπτυσσόμενους, τα έξυπνα κτίρια αυξάνουν την αξία του ακινήτου. Για τους διαχειριστές ακινήτων, τα έξυπνα κτίρια προσφέρουν τα πιο αποδοτικά υποσυστήματα με διάφορες επιλογές διαχείρισης. Παρόμοια, για τους μηχανικούς, αρχιτέκτονες και οικοδομικούς ανάδοχους, τα έξυπνα κτίρια διευκολύνουν την αποτελεσματική διαχείριση και προγραμματισμό των έργων.

2.3 Έξυπνα Υλικά

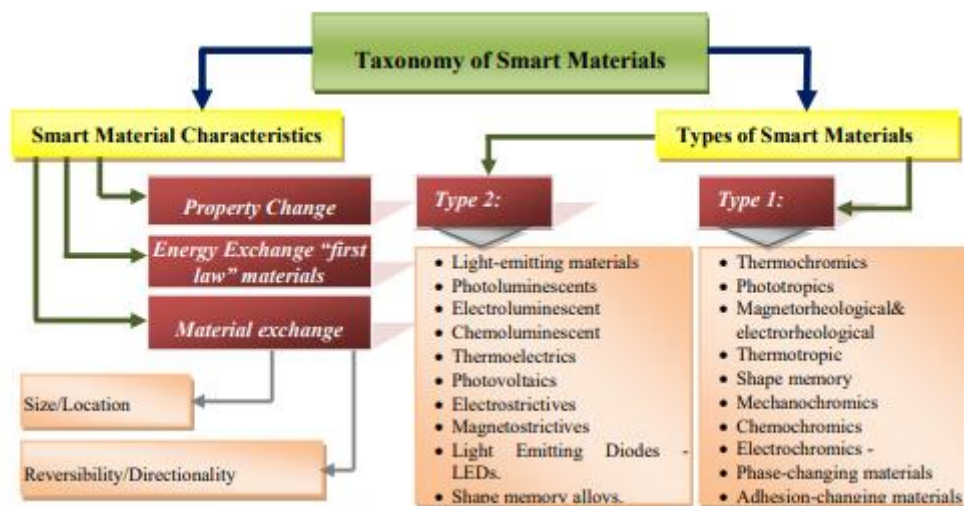
Ένα πολύ σημαντικό κομμάτι των ευφυών κτιρίων, που συχνά παραβλέπεται, καθώς το μεγαλύτερο βάρος αποδίδεται στα συστήματα αυτοματοποίησης, συνιστούν τα έξυπνα υλικά. Τα έξυπνα υλικά αντιλαμβάνονται τις αλλαγές στο εξωτερικό περιβάλλον και αλλάζουν τις ιδιότητές τους ανάλογα, προσδίδοντας στο κτίριο νέα επιθυμητά χαρακτηριστικά και βελτιώνοντας τη συνολική ενεργειακή του συμπεριφορά. Η εφαρμογή τέτοιων υλικών στο κέλυφος των κτιρίων είναι σημαντική για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης τους, καθώς μπορεί να ευθύνεται για μεγάλο ποσοστό της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσής τους. Έτσι, ο σωστός σχεδιασμός του κελύφους πριν από την κατασκευή του κτιρίου, αλλά και οι μεταγενέστερες επεμβάσεις κατά τη διάρκεια ζωής του κτιρίου, μπορούν να βελτιώσουν τη συνολική ενεργειακή του απόδοση.[31][32][33]

2.3.1 Οφέλη της χρήσης έξυπνων υλικών

Τα έξυπνα υλικά και οι διαδικασίες παραγωγής τους μπορούν να προσφέρουν μια ευρεία γκάμα οφελών στον τομέα της κατασκευής, συμπεριλαμβανομένων, [30, 12]:

- ❖ Ανώτερη αντοχή, ανθεκτικότητα και ευλυγισία.
- ❖ Βελτιωμένη ανθεκτικότητα / διάρκεια ζωής.
- ❖ Αυξημένη αντίσταση στην τριβή, τη διάβρωση, τα χημικά και την κόπωση.
- ❖ Αποδοτικότητα αρχικού κόστους και κόστους κύκλου ζωής.
- ❖ Βελτιωμένη αντίδραση σε ακραία γεγονότα, όπως φυσικές καταστροφές και πυρκαγιές.
- ❖ Ευκολία κατασκευής, εφαρμογής ή εγκατάστασης.
- ❖ Αισθητική και περιβαλλοντική συμβατότητα.
- ❖ Δυνατότητα αυτοδιάγνωσης, αυτοεπιδιόρθωσης και διαχείρισης της δομής.

Αυτά τα οφέλη προσφέρουν εισαγωγή στην ικανότητα του κλάδου του σχεδιασμού και της κατασκευής να σκέπτεται πέρα από τα τρέχοντα όρια και να προσπαθεί συνεχώς για βελτίωση, χρησιμοποιώντας τους πόρους του για να επιδιώξει πλήρως καινοτόμες ιδέες. Σύμφωνα με προηγούμενη κατηγοριοποίηση των οφελών των έξυπνων υλικών, όπως φαίνεται στην εικόνα 5.



Εικόνα 5: Κατηγοριοποίηση των έξυπνων υλικών

2.3.2. Χαρακτηριστικά έξυπνων υλικών

Σύμφωνα με τη διαφορετική ανταπόκριση στον ερέθισμα, τα έξυπνα υλικά μπορούν να αλλάξουν αντιστρεπτά τις ιδιότητές τους. Είτε πρόκειται για ένα μόριο, ένα υλικό, ένα σύνθετο, ένα συναρμολόγημα ή ένα σύστημα, τα πέντε βασικά χαρακτηριστικά που διαχωρίζουν ένα έξυπνο υλικό από τα πιο παραδοσιακά υλικά που χρησιμοποιούνται στην αρχιτεκτονική ορίζονται ως εξής [13]:

- ❖ Άμεση ανταπόκριση: ανταποκρίνονται σε πραγματικό χρόνο.
- ❖ Προσωρινότητα: ανταποκρίνονται σε περισσότερες από μία καταστάσεις του περιβάλλοντος.
- ❖ Αυτό-ενεργοποίηση: η νοημοσύνη είναι εσωτερική στο υλικό και όχι εξωτερική.
- ❖ Επιλεκτικότητα: η ανταπόκριση τους είναι διακριτή και προβλέψιμη.
- ❖ Άμεση ανταπόκριση: η ανταπόκριση είναι τοπική στο ενεργοποιητικό γεγονός.

Όλα τα έξυπνα υλικά μπορούν να ομαδοποιηθούν σε τρεις χαρακτηριστικές κατηγορίες, [14]:

- Υλικά που αλλάζουν ιδιότητες
 - Αυτά τα υλικά υπόκεινται σε αλλαγή σε μια ιδιότητα ή ιδιότητες, χημικές, θερμικές, μηχανικές, μαγνητικές, οπτικές ή ηλεκτρικές, ανταποκρινόμενα σε μια αλλαγή στις συνθήκες του περιβάλλοντος του υλικού, [12]. Οι συνθήκες του περιβάλλοντος μπορεί να είναι φυσικές ή μπορεί να παραχθούν μέσω ενέργειας εισόδου
- Υλικά που ανταλλάσσουν ενέργεια
 - Αυτά τα υλικά μπορούν επίσης να ονομαστούν ως "υλικά πρώτου νόμου", διότι μετατρέπουν μια είσοδο ενέργειας σε μια άλλη μορφή για να παράγουν μια έξοδο ενέργειας σύμφωνα με τον πρώτο νόμο της θερμοδυναμικής. Παρόλο που η απόδοση μετατροπής ενέργειας των έξυπνων υλικών, όπως οι φωτοβολταϊκοί και οι θερμοηλεκτρικοί μετατροπείς, είναι συνήθως πολύ χαμηλότερη από αυτή των συμβατικών τεχνολογιών μετατροπής ενέργειας, το δυναμικό χρήσης της ενέργειας είναι πολύ μεγαλύτερο. [14]
- Υλικά που ανταλλάσσουν υλικό (διακριτό μέγεθος/τοποθεσία - αντιστρεψιμότητα)

- Μέγεθος / τοποθεσία: Αυτά τα χαρακτηριστικά αναφέρονται στο διακριτό μέγεθος και στην άμεση ενέργεια του υλικού. Η εξάλειψη ή η μείωση των δευτερευόντων δικτύων μετατροπής, των επιπρόσθετων στοιχείων και, σε ορισμένες περιπτώσεις, ακόμη και της συσκευασίας και των συνδέσεων ισχύος, επιτρέπει την ελαχιστοποίηση του μεγέθους του ενεργού μέρους του υλικού. Ένα εξάρτημα ή στοιχείο που αποτελείται από ένα έξυπνο υλικό μπορεί να είναι πολύ μικρότερο από μια παρόμοια κατασκευή με τη χρήση παραδοσιακών υλικών και θα απαιτήσει επίσης λιγότερη υποδομική υποστήριξη [13]. Το μικρότερο μέγεθος σε συνδυασμό με την άμεση αλλαγή ιδιοτήτων ή ανταλλαγή ενέργειας καθιστά αυτά τα υλικά ιδιαίτερα αποτελεσματικά ως αισθητήρες.
- Αντιστρεψιμότητα/ κατευθυντικότητα [16]: Υλικά που έχουν διδρομική αλλαγή ιδιοτήτων ή ανταλλαγή ενέργειας μπορούν συχνά να επιτρέψουν περαιτέρω εκμετάλλευση της παροδικής τους αλλαγής αντί μόνο της εισόδου και εξόδου ενέργειας και/ή ιδιοτήτων. Οι χαρακτηριστικές ιδιότητες απορρόφησης ενέργειας των υλικών με αλλαγή φάσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε για τη σταθεροποίηση ενός περιβάλλοντος είτε για την απελευθέρωση ενέργειας στο περιβάλλον, ανάλογα με την κατεύθυνση της αλλαγής φάσης που λαμβάνει χώρα. Η διδρομική φύση των κραμάτων με μνήμη σχήματος μπορεί να εκμεταλλευτεί για την παραγωγή πολλαπλών ή εναλλασσόμενων εξόδων, επιτρέποντας στο υλικό να αντικαταστήσει εξαρτήματα που αποτελούνται από πολλά μέρη.

Η πρώτη κατηγορία έχει πολλές δυνατότητες εφαρμογής στην αρχιτεκτονική, ενώ η δεύτερη κατηγορία θα εφαρμοστεί στην υποστήριξη κτιρίων, όπως στους ενεργοποιητές και αισθητήρες και η τρίτη κατηγορία χρησιμοποιείται ως μονωτικό υλικό.

2.3.2. Τύποι Έξυπνων Υλικών

Τα έξυπνα υλικά και συστήματα μπορούν να διακριθούν σε δύο κατηγορίες: [13]

1^η Κατηγορία

Τα υλικά υφίστανται αλλαγές σε μία ή περισσότερες από τις ιδιότητές τους (χημικές, ηλεκτρικές, μαγνητικές, μηχανικές ή θερμικές) ανταποκρινόμενα άμεσα σε μια αλλαγή των εξωτερικών διεγέρσεων στο περιβάλλον τους. Η ενέργεια που εισέρχεται σε ένα υλικό επηρεάζει την εσωτερική ενέργεια του υλικού αλλάζοντας τη μικροδομή του υλικού και το αποτέλεσμα είναι η αλλαγή της ιδιότητας του υλικού, περιλαμβάνοντας τα ακόλουθα, [16]:

- Θερμοχρωμικά - η εισαγωγή θερμικής ενέργειας αλλάζει το χρώμα του υλικού.
- Φωτοτρόπικα - υλικά που αλλάζουν χρώμα όταν εκτίθενται στο φως.
- Μαγνητοροεολογικά και ηλεκτροροεολογικά - η εφαρμογή ενός μαγνητικού πεδίου (ή για ηλεκτροροεολογικά - ενός ηλεκτρικού πεδίου) προκαλεί αλλαγή στον μικροδομικό προσανατολισμό, με αποτέλεσμα αλλαγή στη θεία ιξώδες του υλικού.
- Θερμοτροπικά - η εισαγωγή θερμικής ενέργειας (ή ακτινοβολίας για θερμοτροπικά, ηλεκτρισμού για ηλεκτροτροπικά και άλλα) στο υλικό αλλάζει τη μικροδομή του μέσω αλλαγής φάσης. Σε μια διαφορετική φάση, τα περισσότερα υλικά επιδεικνύουν διαφορετικές ιδιότητες, συμπεριλαμβανομένης της αγωγιμότητας, της διαφάνειας, της όγκου διαστολής και της διαλυτότητας.

- Shape memory - μια είσοδος θερμικής ενέργειας (η οποία μπορεί επίσης να παραχθεί μέσω αντίστασης σε ηλεκτρικό ρεύμα) αλλάζει την μικροδομή μέσω αλλαγής φάσης κρυστάλλων. Αυτή η αλλαγή επιτρέπει πολλαπλά σχήματα σε σχέση με το περιβαλλοντικό stimulus.
- Mechanochromics - υλικά που αλλάζουν χρώμα λόγω επιβαλλόμενων αντιστάσεων ή παραμορφώσεων.
- Chemochromics - υλικά που αλλάζουν χρώμα όταν εκτίθενται σε συγκεκριμένα χημικά περιβάλλοντα.
- Electrochromics - υλικά που αλλάζουν χρώμα όταν εφαρμόζεται τάση. Συναφείς τεχνολογίες περιλαμβάνουν υγρά κρύσταλλα και συσκευές ανάρτησης σωματιδίων που αλλάζουν χρώμα ή διαφάνεια όταν ενεργοποιούνται ηλεκτρικά.
- Υλικά με αλλαγή φάσης - χρησιμοποιούν χημικούς δεσμούς για να αποθηκεύουν και να απελευθερώνουν θερμότητα.
- Υλικά με αλλαγή πρόσκλησης - αλλάζουν οι δυνάμεις έλξης της απορρόφησης ή απορρόφησης ατόμων ή μορίων όταν εκτίθενται σε φως ή ηλεκτρικό πεδίο

2^η Κατηγορία

Τα έξυπνα υλικά μετατρέπουν την ενέργεια από μια μορφή σε άλλη. Η είσοδος ενέργειας σε ένα υλικό αλλάζει την ενεργειακή κατάσταση της σύνθεσης του υλικού, αλλά δεν αλλάζει το υλικό καθεαυτό, παραμένει το ίδιο, αλλά η ενέργεια υφίσταται αλλαγή. Περιλαμβάνουν τα εξής:

- Υλικά που εκπέμπουν φως, μετατρέποντας μια είσοδο ενέργειας σε ακτινοβολία ενέργειας στο ορατό φάσμα, συμπεριλαμβανομένων [17]:
 - Φωτοφωτονικά υλικά (είσοδος ακτινοβολίας ενέργειας από το υπεριώδες φάσμα).
 - Ηλεκτροφωτονικά υλικά (είσοδος ηλεκτρικής ενέργειας).
 - Χημικοφωτονικά υλικά (είσοδος χημικής αντίδρασης).
 - Πιεζοηλεκτρικά (η είσοδος είναι ελαστική ενέργεια - παραμόρφωση που παράγει ηλεκτρικό ρεύμα. Τα περισσότερα πιεζοηλεκτρικά είναι διαδραστικά, δηλαδή η είσοδος μπορεί να αντιστραφεί και η εφαρμογή ηλεκτρικού ρεύματος θα παράγει μια παραμόρφωση - παραμόρφωση).
 - Θερμοηλεκτρικά (η είσοδος είναι ηλεκτρικό ρεύμα που δημιουργεί διαφορά θερμοκρασίας στις απέναντι πλευρές του υλικού).
 - Φωτοβολταϊκά (η είσοδος είναι ακτινοβολία ενέργειας από το ορατό φάσμα που παράγει ηλεκτρικό ρεύμα).
 - Ηλεκτροστρικτικά (η εφαρμογή μιας ηλεκτρικής τάσης παράγει ελαστική ενέργεια - καμπυλότητα που μεταβάλλει το σχήμα του υλικού).
 - Μαγνητοστρικτικά (η εφαρμογή ενός μαγνητικού πεδίου παράγει ελαστική ενέργεια - καμπυλότητα που μεταβάλλει το σχήμα του υλικού).
 - Δίοδοι εκπομπής φωτός - LED.

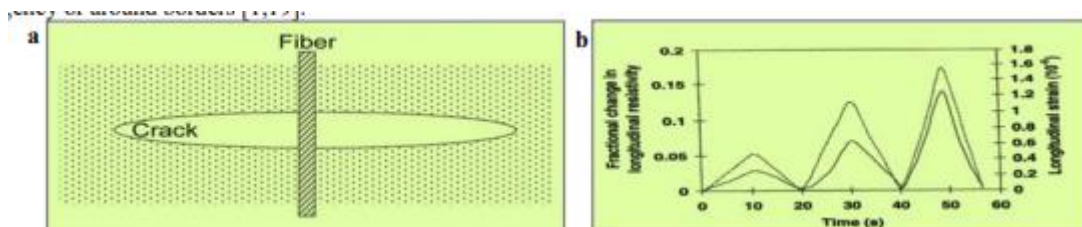
Η εφαρμογή προηγμένων τεχνολογιών, βασισμένων σε έξυπνα υλικά, έχει τη δυνατότητα να βελτιώσει σημαντικά τη βιωσιμότητα των κτιρίων, επικεντρώνοντας στα φαινόμενα και όχι στο υλικό αντικείμενο. Η ενέργεια μπορεί να μειωθεί χρησιμοποιώντας διακριτικά μόνο όπου είναι απαραίτητο και να λειτουργεί διακριτικά και τοπικά. Έτσι, πολλά από τα πλεονεκτήματα που προσφέρουν αυτές οι τεχνολογίες μπορούν να εφαρμοστούν σε μια μεγαλύτερη ποικιλία σχεδίων για νέα και ανακαινισμένα υπάρχοντα κτίρια. Οι ιδιότητες των υλικών καθορίζονται είτε από τη μοριακή δομή είτε από τη μικροδομή. Έτσι, οι

αρχιτέκτονες πρέπει να κατανοήσουν όλη τη συμπεριφορά των υλικών σε σχέση με τα φαινόμενα και τους περιβάλλοντες που δημιουργούν

- Έξυπνο σκυρόδεμα

Η καινοτομία είναι η εφεύρεση έξυπνου σκυροδέματος, που το σκυρόδεμα από μόνο του είναι αισθητήρας παραμόρφωσης ή έντασης. Η ικανότητα αισθητοποίησης δεν οφείλεται στο γεγονός ότι το σκυρόδεμα έχει τροποποιηθεί με τη χρήση προσμίξεων ώστε να γίνει αισθητήρας(εικόνα 6 (α) Μια μονή διακοπτόμενη αγώγιμη ίνα, γέφυρωνει μια μικρο-ρωγμή, η οποία είναι υπερβολικά μεγεθυνμένη για λόγους καθαρότητας,(β) Ηλεκτρονικοί αισθητήρες: η κλιμάκωση της ηλεκτρικής αντίστασης σχετίζεται με την παραμόρφωση (μετρείται με έναν συμβατικό αισθητήρα κλίσης)) , χωρίς τις προσμίξεις η ικανότητα αισθητοποίησης είναι φτωχή. Η ικανότητα αισθητοποίησης σχετίζεται με την αντιστρέψιμη αλλαγή της ηλεκτρικής αντίστασης του σκυροδέματος κατά την παραμόρφωση στο ελαστικό καθεστώς [18].

Στο συνηθισμένο μείγμα σκυροδέματος προστίθενται κοντά ίνες άνθρακα, αυτή η τροποποίηση δίνει στο σκυρόδεμα την ικανότητα να ανιχνεύει τάσεις και μικρές παραμορφώσεις στο σκυρόδεμα. Στην παρουσία δομικών ατελειών - σε ένα φράγμα φτιαγμένο από έξυπνο σκυρόδεμα, για παράδειγμα - η ηλεκτρική αντίσταση του σκυροδέματος αυξάνεται. Αυτή η αλλαγή μπορεί να ανιχνευθεί από ηλεκτρικές αισθητήρες που τοποθετούνται στο εξωτερικό των κτιρίων. Επίσης, οι ηλεκτρικές ιδιότητες του έξυπνου σκυροδέματος μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον ανιχνευτή του ενδογειωτικού στρες που οδηγεί σε σεισμούς, για την παρακολούθηση της κατοχής κτιρίων από εισβολείς ή για ανθρώπους που καθυστερούν κατά τη διάρκεια μιας εκκένωσης, και για την παρακολούθηση της ροής κυκλοφορίας σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης ή γύρω από σύνορα [30,19].

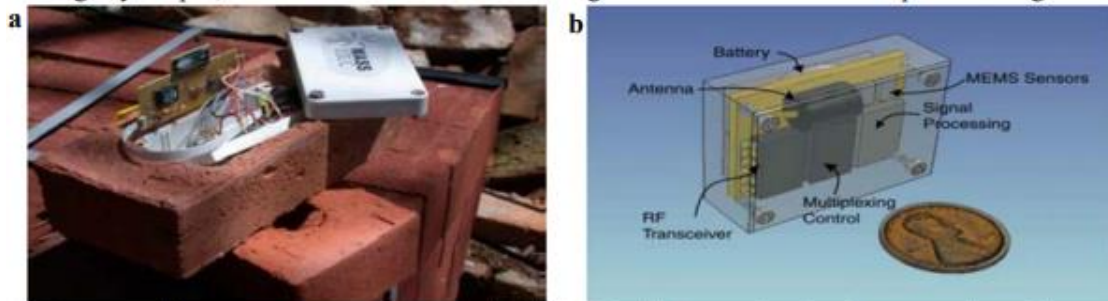


Εικόνα 6: (α) Μια μονή διακοπτόμενη αγώγιμη ίνα, (β) Ηλεκτρονικοί αισθητήρες

- Έξυπνα Κεραμίδια

Κεραμίδια γεμάτα με αισθητήρες, επεξεργαστές σημάτων και ασύρματους συνδέσμους επικοινωνίας που προειδοποιούν για κρυφές πιέσεις ή ζημιές μετά από φυσικές καταστροφές όπως σεισμούς, καταιγίδες ή τυφώνες. Διαθέτει ποικιλία πρόσθετων αισθητήρων ανάλογα με την εφαρμογή, όπως αισθητήρες για ανίχνευση υγρασίας, υγρασίας, ήχου, χημικών, πίεσης κ.λπ. Ενσωματωμένος σε έναν τοίχο, ο τοίχος μπορεί να παρακολουθεί τη θερμοκρασία, τον κραδασμό και την κίνηση του κτιρίου [30, 20] βλέπε Σχήμα 7. Ένας αισθητήρας μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πυρίμαχους τοίχους που βρίσκονται στις σκάλες για να στείλει πληροφορίες σχετικά με την ασφάλεια των εξόδων κτιρίων κατά τη διάρκεια μιας πυρκαγιάς. Οι αισθητήρες κλίσης και επιτάχυνσης θα παρέχουν δεδομένα για τη δομική ζημιά, ενώ οι αισθητήρες θερμοκρασίας θα υποδείχνουν περιοχές ενεργού καύσης ή μη ασφαλείς για έξοδο λόγω κατεστραμμένης πυρίμαχης κουρτίνας.

Τέτοια δεδομένα που συλλέγονται από το διανεμημένο δίκτυο αισθητήρων σε ένα μεγάλο κτήριο ή ουρανοξύστη μπορούν να αυξήσουν δραματικά την ασφάλεια των ενοίκων καθώς και των εκτάκτων συνθηκών. Επίσης, μπορούν να είναι ζωτικής σημασίας για τους πυροσβέστες που πολεμούν έναν φλεγόμενο ουρανοξύστη ή για τους εργαζόμενους διάσωσης που ελέγχουν την αντοχή ενός κτηρίου που έχει υποστεί ζημιά από σεισμό.



Εικόνα 7(a) Πρωτότυπο ασύρματου συστήματος αισθητήρων που ενσωματώνεται σε ένα τυπικό μέγεθος κεραμιδιού, (b) Σχεδιασμός ένας νέας γενιάς ασύρματων αισθητήρων που είναι υπό εξέλιξη.

- Εξυπνη επένδυση

Η έξυπνη επένδυση (Smart Wrap) είναι ένας σχεδιασμός που παρέχει καταφύγιο, έλεγχο κλίματος, φωτισμό, οθόνη πληροφοριών και ενέργεια με ένα εκτυπωμένο και στρωματοποιημένο πολυμερές σύνθετο υλικό. Η έξυπνη επένδυση ως υλικό κτιρίων του μέλλοντος μπορεί να αντικαταστήσει όλα τα υλικά τοίχων, εσωτερικά και εξωτερικά. Το υπερλεπτό, υπερελαφρές υλικό αποτελείται από 6 στρώσεις: μια εφαρμοσμένη στρώση νανοσωλήνων άνθρακα που του δίνει ακαμψία, τέσσερις οργανικές "έξυπνες" στρώσεις που αλλάζουν την εμφάνιση του σπιτιού σας, ελέγχουν τη θερμοκρασία, παρέχουν υλικό για θερμική ρύθμιση, παρέχουν οικολογική και οικονομική ενέργεια στον τοίχο και σε ολόκληρο το κτίριο ή σε άλλη εφαρμογή, και μια υποστρώματα PEN / PET που τα κρατά όλα μαζί και τα προστατεύει από τα στοιχεία. [21]

Οι δυνητικές εφαρμογές τέτοιων τεχνολογιών μπορούν να έχουν τα παρακάτω οφέλη [30, 21 και 22],:

- επιτρέπουν σε ένα άτομο να "προγραμματίσει" και να αναδιαμορφώσει γρήγορα και οικονομικά το σπίτι του για να ταιριάζει με τις μεταβαλλόμενες ανάγκες, γούστα και μόδες του,
- να είναι φορητό (να παίρνεις το σπίτι σου μαζί σου όταν μετακομίζεις),
- να εξοικονομήσουν τεράστια ποσότητα ενέργειας θέρμανσης / ψύξης / φωτισμού και να την παρέχουν με ανανεώσιμες ηλιακές πηγές,
- να εξαλείψουν την ανάγκη για περιβαλλοντικά καταστροφικά, βαριά και όγκον αντικείμενα κατασκευής.

- Εξυπνο γυαλί

Το έξυπνο γυαλί είναι μια κατηγορία υλικών επικάλυψης που αλλάζει τις ιδιότητες ελέγχου φωτός αντιδρώντας σε εξωτερικό ερέθισμα [24], γνωστό και ως εναλλασσόμενη επικάλυψη, δυναμική επικάλυψη και χρωμογενετική. Το έξυπνο γυαλί είναι μια σχετικά νέα κατηγορία υψηλής απόδοσης επικαλύψεων με σημαντικά χαρακτηριστικά καθαρής τεχνολογίας. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μια ευρεία γκάμα καθημερινών προϊόντων, όπως παράθυρα, πόρτες,

οροφωπαράθυρα, διαχωριστικούς τοίχους, ηλιακά ταμπλό, ηλιακά γυαλιά και πολλά άλλα. Οι προσδοκίες για ανάπτυξη στη ζήτηση έξυπνου γυαλιού είναι πολύ υψηλές. Το έξυπνο γυαλί μπορεί να ρυθμιστεί χειροκίνητα ή αυτόματα για να ελέγχει με ακρίβεια το ποσό του φωτός, του αντανάκλασμού και της θερμότητας που περνάει μέσα από ένα παράθυρο. Υπάρχουν δύο τύποι έξυπνου γυαλιού:

- Παθητικό έξυπνο γυαλί: Δεν απαιτεί ηλεκτρικό ερέθισμα. Αντιδρά στην παρουσία άλλων ερεθισμάτων, όπως το φως (φωτοχρωμικό γυαλί) ή η θερμότητα (θερμοχρωμικό γυαλί).
 - Ενεργό έξυπνο γυαλί: είναι εναλλασσόμενο γυαλί που αλλάζει τις οπτικές του ιδιότητες με την εφαρμογή τάσης. Επιτρέπει στους χρήστες να ελέγχουν την ποσότητα του φωτός και της θερμότητας που διέρχεται από αυτό. Με το πάτημα ενός κουμπιού, αλλάζει από διαφανές σε αδιαφανές, μερικώς αποκρύπτοντας το φως ενώ διατηρεί μια καθαρή θέα του αντικειμένου που βρίσκεται πίσω από το παράθυρο, παρέχοντας ιδιωτικότητα στο πάτημα ενός διακόπτη.
- Εξυπνα σύνθετα υλικά

Συνδυάζοντας δύο ή περισσότερα έξυπνα υλικά για να αξιοποιηθούν συνεργιστικά οι καλύτερες ιδιότητες των μεμονωμένων συστατικών τους είναι ο τελικός στόχος κάθε νέου συνθέτου έξυπνων υλικών. Οι πλεονεκτήματά τους και η προσαρμοστικότητά τους για την επίτευξη σχεδιαστικών απαιτήσεων έχουν οδηγήσει σε μια πληθώρα νέων προϊόντων [27]. Ουσιαστικά υπάρχουν δύο είδη:

- Ένα πλήρως εξατομικευμένο σύνθετο υλικό που κατασκευάζεται από ανθρώπινο χέρι. Σκοπός αυτού του υλικού είναι να βελτιώσει ή να προσθέσει αντοχή ή ακαμψία. Ένα πλήρως εξατομικευμένο σύνθετο υλικό ανθρωπογενούς κατασκευής. Σκοπός αυτού του υλικού είναι να βελτιώσει ή να προσθέσει αντοχή ή ακαμψία. Τα ακόλουθα παραδείγματα θα δώσουν μια ιδέα για τον τομέα: ένα προϊόν κατασκευάζεται ενσωματώνοντας ένα ισχυρό ινώδες υλικό με βόριο ή πυρίτιο σε έναν πίνακα από αλουμίνιο ή τιτάνιο, ένα άλλο αναμειγνύοντας ένα στερεό με ελάχιστες σφαίρες γυαλιού [28], κεραμικού ή πολυμερούς, και ένα τρίτο μετατρέποντας πολυμερές, γυαλί και μερικά μέταλλα σε ανθεκτικά αφρώδη υλικά. Τα αφρώδη υλικά συνήθως χρησιμοποιούν φυσαλλίδες που συνδυάζονται μηχανικά με ένα ρητίνη για τη δημιουργία ενός σύνθετου υλικού. Αυτά τα υλικά μπορούν να συνδυαστούν με λεπτά πάνελ ή εξωτερικά δέρματα για τη δημιουργία σανίδων σύνθετων υλικών ή σαντουιτσέδων. Ένα άλλο παράδειγμα αποτελείται από ένα μη μεταλλικό υλικό που εισάγεται σε ένα κράμα σκόνης για να δημιουργηθεί ένα σύμπλοκο μετάλλου.
- Μια συγχώνευση ενός μονού/σύνθετου υλικού με ίνες/ενισχυμένα πολυμερή (FRP). Τις τελευταίες δύο δεκαετίες, τα FRP έχουν χρησιμοποιηθεί ως ενίσχυση για το σκυρόδεμα, το ασφάλι ή άλλα κατασκευαστικά υλικά. Η επιλογή του FRP ως εναλλακτική λύση σε άλλα υλικά, ιδιαίτερα το ασφάλι [17], είναι δυνατή λόγω του ότι οι ανταλλαγές μεταξύ κόστους, βάρους, χειρισμού και μεταφοράς είναι πολύ ελκυστικές και οικονομικές. Ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημα είναι η ευελιξία των διαφόρων σχεδιαστικών διαμορφώσεων. Εάν το FRP συνδυαστεί με ινοοπτικούς αισθητήρες, το προϊόν που θα προκύψει θα είναι ένα έξυπνο σύνθετο υλικό, ελκυστικό και ιδιαίτερα οικονομικό.

- Εξυπνη πράσινη στέγη

Οι συμβατικές χρήσεις των πρασίνων στεγών αποσκοπούν στη βελτίωση του αποτελέσματος του νησιού θερμότητας, τη διαχείριση των νερών των καταιωνίσκων, την ποιότητα του αέρα και τη διατήρηση της ενέργειας. Ωστόσο, απαιτείται μόνωση για να κρατήσει τη θερμότητα έξω όταν είναι πολύ ζεστό ή για να κρατήσει τη θερμότητα μέσα όταν είναι πολύ κρύο στο εξωτερικό. Προτείνεται ένα έξυπνο σύστημα αερισμού που βελτιώνει τη θερμική απόδοση συνδέοντας ή αποσυνδέοντας τη θερμική μάζα κατά το ανάγκη [29]. Για να επιτευχθεί αυτό το σύστημα έχει ένα μονωμένο διάδρομο στον οποίο ένας ανεμιστήρας ενεργοποιείται από κανόνες βάσει θερμοκρασίας. Όταν ο ανεμιστήρας λειτουργεί, ο διάδρομος είναι εξαερισμένος και όταν απενεργοποιείται το ταβάνι λειτουργεί ως μόνωση. Ωστόσο, ο ανεμιστήρας χρειάζεται να είναι πιο ισχυρός ώστε αυτή η επίδραση να μεταφερθεί και στον υπόλοιπο χώρο.

- Έξυπνες βαφές και επικαλύψεις

Οι έξυπνες βαφές και επικαλύψεις είναι μία νέα κατηγορία υλικών που μπορούν να ανταποκριθούν σε εξωτερικούς παράγοντες, όπως η θερμοκρασία και η υγρασία, προκειμένου να προσφέρουν καλύτερη προστασία και άνεση. Μερικές έξυπνες βαφές και επικαλύψεις είναι σχεδιασμένες να μεταβάλλουν το χρώμα τους, προσαρμοζόμενες στη θερμοκρασία ή στην υγρασία, ενώ άλλες μπορούν να αλληλεπιδρούν με ηλεκτρικά πεδία ή να απορροφούν την ενέργεια του ηλιακού φωτός και να την απελευθερώνουν όταν χρειάζεται. Επίσης, κάποιες έξυπνες βαφές και επικαλύψεις μπορούν να απορροφήσουν τοξικές ουσίες από το περιβάλλον και να μειώσουν την ατμοσφαιρική ρύπανση. Με την ανάπτυξη και την περαιτέρω έρευνα αυτών των υλικών, αναμένεται να βελτιωθούν η απόδοσή τους και οι δυνατότητές τους στο μέλλον.

Οι ευφρείς βαφές και επικαλύψεις μπορούν να ταξινομηθούν γενικά σε:

- υλικά υψηλής απόδοσης,
- υλικά αλλαγής ιδιοτήτων και
- υλικά ανταλλαγής ενέργειας.

Τα χρωματικά πιγμέντα μπορεί να είναι αδιάλυτα ή διαλυτά μικροσκοπικά διασπαρμένα σωματίδια, η συγκολλητική ουσία δημιουργεί επιφανειακές μεμβράνες. Το υγρό μπορεί να είναι ατμοσφαιρικό ή μη ατμοσφαιρικό, αλλά συνήθως δεν γίνεται μέρος του στεγνωμένου υλικού. Οι επιστρώσεις είναι ένα πιο γενικός όρος από τα χρώματα και αναφέρονται σε μια πιο παχιά στρώση. Πολλές επιστρώσεις είναι μη ατμοσφαιρικές. Σε αυτά τα έξυπνα πιεζοηλεκτρικά χρώματα, συχνά χρησιμοποιούνται κεραμικά σωματίδια πιεζοηλεκτρικών υλικών κατασκευασμένα από PZT (ζirkονιοτιτανικό μόλυβδο) ή τιτανιοβάριο (BaTiO₃). Αυτά διασπώνται σε έναν εποξειδικό, ακρυλικό ή αλκυδικό βάση [26].

2.4 Προκλήσεις στην ανάπτυξη έξυπνων υλικών

Τα έξυπνα υλικά μπορούν να είναι αποτελεσματικά και εντυπωσιακά για το ζήτημα της περιβαλλοντικής κρίσης, αλλά δεν έχουν ευρεία χρήση στην κατασκευή κτιρίων. Ο λόγος για τον οποίο δεν είναι ευρέως διαδεδομένα μπορεί να προταθεί σε δύο πεδία: θεωρητικό και εφαρμοστικό

- Θεωρητικό πεδίο:

Η περιορισμένη γνώση και η περιορισμένη πρώτη ύλη καθιστούν μια νέα τεχνολογία δύσκολο να διαδοθεί ευρέως. Η ανάπτυξη νέων τεχνολογιών και υλικών συνήθως απαιτεί σημαντικές επενδύσεις σε έρευνα και ανάπτυξη, και ενδέχεται να απαιτήσει πολύ χρόνο για την εξέλιξή τους.

Μερικές τεχνολογίες έξυπνων υλικών είναι περιορισμένες στην προσαρμογή σε συγκεκριμένες εφαρμογές, ενώ δεν είναι εύκολο να αλλάξουν χαρακτηριστικά μετά την παραγωγή τους.

Η αξιοπιστία των έξυπνων υλικών μπορεί να είναι πρόβλημα, καθώς οι τεχνολογίες τους είναι συνήθως νέες και ακόμα δεν έχουν δοκιμαστεί επαρκώς σε πραγματικές συνθήκες χρήσης. Επίσης, ορισμένα έξυπνα υλικά μπορεί να περιλαμβάνουν επιβλαβείς ουσίες ή να δημιουργούν απόβλητα που δεν μπορούν να ανακτηθούν ή να ανακυκλωθούν εύκολα.

- Εφαρμοσμένο πεδίο:

Υπάρχουν τρεις κύριες δυσκολίες: ο φόβος του κινδύνου, η έλλειψη γνώσης και ο υψηλός κόστος. Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή έξυπνων υλικών συνήθως είναι πολύπλοκες και απαιτούν εξειδικευμένο εξοπλισμό και υλικά, οδηγώντας σε υψηλότερο κόστος παραγωγής.

Ορισμένα έξυπνα υλικά μπορεί να είναι ευάλωτα σε επιθέσεις και κακόβουλη χρήση, καθώς οι τεχνολογίες τους συνδέονται συνήθως με το διαδίκτυο και τα δίκτυα επικοινωνιών. Η χρήση έξυπνων υλικών μπορεί να σημαίνει ότι οι χρήστες πρέπει να δώσουν προσωπικά δεδομένα τους σε εταιρείες και οργανισμούς, προκαλώντας ανησυχίες σχετικά με την ιδιωτικότητα και την ασφάλεια των δεδομένων.

Για να ξεπεραστούν αυτά τα εμπόδια, τα έξυπνα υλικά πρέπει να γίνουν γνωστά στους ανθρώπους. Οι διαφημίσεις παίζουν μεγάλο ρόλο σε αυτόν τον τομέα. Στο επόμενο στάδιο, τα έξυπνα υλικά πρέπει να χρησιμοποιηθούν σε πολύ ορατές θέσεις. Με αυτόν τον τρόπο, οι άνθρωποι θα γίνουν εξοικειωμένοι και θα ενθαρρύνουν τη χρήση τους. Τελικά, η γενική αποδοχή της χρήσης των έξυπνων υλικών προκαλεί υψηλή ζήτηση και οδηγεί σε μαζική παραγωγή, μειώνοντας έτσι το κόστος.

Ως αποτέλεσμα, η αναγνώριση είναι το πρωταρχικό βήμα και στους δύο τομείς ανάπτυξης. Αυτό το πρόβλημα χρειάζεται προσοχή και ακριβή παρατήρηση για την ανάλυση προκλήσεων και την παροχή λύσεων.

Κεφάλαιο 3

Δείκτης Ευφυούς Ετοιμότητας Κτιρίων-SRI

3.1 Ορισμός Δείκτη Ευφυούς Ετοιμότητας Κτιρίων-SRI

Η πρόσβαση σε βιώσιμες πηγές ενέργειας αποτελεί εδώ και καιρό ένα σημαντικό πρόβλημα για ανεπτυγμένες και βιομηχανικές χώρες, ειδικά στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) η οποία αποτελεί τη μεγαλύτερη αγορά κατανάλωσης ενέργειας στον κόσμο και είναι υψηλά εξαρτημένη από εισαγόμενη ενέργεια, ειδικά από τη Ρωσία και τη Μέση Ανατολή. Παγκόσμια περιβαλλοντικά θέματα αποτελούν επίσης σοβαρή πρόκληση για τον κόσμο. Το ακίνητο κτηριακό στοκ στην Ευρώπη εξακολουθεί να είναι πολύ ανεπαρκώς αποδοτικό από άποψη ενέργειας και έχει αναγνωριστεί ως ένας από τους κύριους καταναλωτές ενέργειας και εκπομπείς αερίων του θερμοκηπίου. Σύμφωνα με την οδηγία για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων (EPBD) [36], σχεδόν το ήμισυ της τελικής κατανάλωσης ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση χρησιμοποιείται για θέρμανση και ψύξη, από το οποίο το 80% χρησιμοποιείται στα κτίρια.

Επιπλέον, τα κτίρια είναι υπεύθυνα για περίπου το 36% των εκπομπών CO₂ στην ΕΕ. Επομένως, φαίνεται αναγκαίο για τα κράτη μέλη να αναζητήσουν μια κοστο-αποτελεσματική ισορροπία μεταξύ της αποδεδειγμένης των συστημάτων ενέργειας και της μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας στα κτίρια. Αυτό απαιτεί την επιτάχυνση του ρυθμού ανακαίνισης των κτιρίων και την αξιοποίηση του δυναμικού των έξυπνων κτιρίων. Για να επιτευχθούν αυτοί οι στόχοι, στην πιο πρόσφατη αναθεωρημένη έκδοσή της, η Οδηγία Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (2018/844/ΕΕ) απαιτεί από τα κράτη μέλη να διευκρινίσουν τις προσδοκίες τους για μακροπρόθεσμες στρατηγικές ανακαίνισης, καθώς και να θέσουν εγχώριους δείκτες προόδου σύμφωνα με τις εθνικές συνθήκες τους για την παρακολούθηση των εξελίξεων.

Αυτές οι προσπάθειες υπογραμμίζουν την αξία της εφαρμογής έξυπνων υπηρεσιών στα κτίρια, ιδίως στα ανακαινισμένα κτίρια, για την εξοικονόμηση ενέργειας και τη βιώσιμη ανάπτυξη. Για να επιτευχθούν αυτοί οι στόχοι, η EPBD συνιστά την υιοθέτηση συστημάτων ελέγχου και αυτοματισμού κτιρίων, ιδίως σε μεγάλα μη κατοικημένα κτίρια, έως το 2050 και τη χρησιμοποίηση αυτορυθμιζόμενων συσκευών για τον έλεγχο της εσωτερικής θερμοκρασίας ανεξάρτητα, εάν είναι οικονομικά εφικτό. Υπάρχει ακόμα πολύς δρόμος μέχρι τα ευρωπαϊκά κτίρια να γίνουν έξυπνα. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή επικεντρώνεται στην υποστήριξη της αγοράς κατοικιών της ΕΕ για τη χρήση τεχνολογίας πληροφορικής και επικοινωνιών (ΤΠ). Αυτό περιλαμβάνει έξυπνη χρηματοδότηση για έξυπνα κτίρια το 2018 και το πρόγραμμα Horizon 2020.

Για τον σκοπό αυτό, απαιτείται ένας Δείκτης Ευφυούς Ετοιμότητας Κτιρίων (SRI) για να αξιολογηθεί ο βαθμός έτοιμότητας των υπηρεσιών κτιρίου για την καταγραφή και μεταφορά δεδομένων και τη διαδραστικότητα με τους κατοίκους και το δίκτυο, δηλαδή ο βαθμός ευφυΐας των υπηρεσιών του κτιρίου. Ο δείκτης αυτός εισήχθη στην αναθεωρημένη EPBD [36] ως εργαλείο για να αξιολογηθεί εάν ένα κτίριο μπορεί να προσαρμόσει τη λειτουργία του στις ανάγκες των κατοίκων και του δικτύου και να βελτιώσει την ενεργειακή του απόδοση και συνολική απόδοση. Ωστόσο, το πιο σημαντικό βήμα για την ανάπτυξη σχετικών τεχνολογιών και συστημάτων που σχετίζονται με τα έτοιμα-ευφυΐα κτίρια είναι να υπάρχει μια ενοποιημένη ερμηνεία των ευφυΐα κτιρίων ως αναφορά.

Πιο συγκεκριμένα, ο SRI μετρά την ικανότητα των κτιρίων να χρησιμοποιούν τεχνολογίες αυτοματισμού και επικοινωνίας κτιριακών συστημάτων, προκειμένου να προσαρμόζουν τη λειτουργία τους στις ανάγκες των χρηστών και του δικτύου, βελτιώνοντας τη συνολική ενεργειακή απόδοση. Ο SRI των κτιρίων στοχεύει στο να ευαισθητοποιήσει τους ιδιοκτήτες και τους ενοικιαστές σχετικά με την αξία του αυτοματισμού και της παρακολούθησης των τεχνικών συστημάτων των κτιρίων, και να ενθαρρύνει τους ενοικιαστές να υιοθετήσουν τεχνολογίες κτιρίων με νέα βελτιωμένα χαρακτηριστικά.

3.2 Μεθοδολογικό πλαίσιο

Η νέα διάταξη της αναθεωρημένης Οδηγίας για τα Κτίρια ορίζει τη θέσπιση ενός προαιρετικού Ευρωπαϊκού σχεδίου Έξυπνων Δεικτών Έτοιμότητας (Smart Readiness Indicator - SRI) ως κοινή γλώσσα για την αξιολόγηση της ικανότητας των κτιρίων να χρησιμοποιούν τεχνολογίες πληροφορικής και ηλεκτρικών συστημάτων. Αυτός ο δείκτης είναι ένα εργαλείο που διευκολύνει τις αναμενόμενες μετρήσεις αντικειμενικών στόχων για έξυπνα κτίρια, όσον αφορά τη βελτίωση της παραγωγής, αποθήκευσης και ανίχνευσης βλαβών σε ενέργεια, καθώς και μια πιο υγιή, άνετη και βολική ζωή για τους χρήστες του κτιρίου.

Προκειμένου να υποστηριχθούν οι νέες διατάξεις της αναθεωρημένης Οδηγίας για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων (EPBD) προς την εφαρμογή των Έξυπνων Τεχνολογιών (SRT), δύο τεχνικές μελέτες πραγματοποιήθηκαν και εποπτεύθηκαν από τις υπηρεσίες της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (DG ENERGY). Οι μελέτες είχαν στόχο να παράσχουν τεχνική υποστήριξη στη Γενική Διεύθυνση Ενέργειας των υπηρεσιών της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για τη θέσπιση του μεθοδολογικού πλαισίου του SRI. Η πρώτη τεχνική μελέτη, η οποία ολοκληρώθηκε τον Αύγουστο του 2018, ήταν μια προκαταρκτική έρευνα του δυνητικού πεδίου και των χαρακτηριστικών του δείκτη. Τα αποτελέσματα της μελέτης οδήγησαν σε μια πολυκριτηριακή μέθοδο υπολογισμού του SRI βασισμένη σε έναν κατάλογο διαφόρων έξυπνων συσκευών που πρέπει να ελεγχθούν στα κτίρια, βασισμένο σε διάφορους βαθμούς "έξυπνάδας" που αναφέρονται ως "επίπεδα λειτουργίας".

Οι υπηρεσίες χωρίζονται σε πολλούς τομείς (θέρμανση, ψύξη, αερισμός, κλπ.) και συσχετίζονται με βαθμολογίες επιδράσεων για τους χρήστες και το δίκτυο. Τα κριτήρια επιδράσεων των συσκευών, καθώς και οι βαρύτητές τους στο τελικό σκορ SRI, καθορίστηκαν επίσης στην πρώτη μελέτη. Προκειμένου να αποφευχθούν οι "ανεπιθύμητες" ή μη σχετικές υπηρεσίες, η μεθοδολογία του SRI ήταν κανονικοποιημένη έτσι ώστε οι βαθμολογίες επιδράσεων των εξεταζόμενων υπηρεσιών να είναι συναφείς με τα χαρακτηριστικά της θέσης και των κλιματικών συνθηκών.

Βασιζόμενη στην κεφαλαιοποίηση των τεχνικών εισαγωγών της πρώτης μελέτης, ξεκίνησε η δεύτερη τεχνική μελέτη υποστήριξης με στόχο την τελικοποίηση του ορισμού του SRI με την εμπλοκή τεχνικών εισόδων που σχετίζονται με τη μεθοδολογία υπολογισμού. Επιπλέον, η μελέτη διερεύνησε δυνητικούς δρόμους εφαρμογής καθώς και την επίδρασή τους στο επίπεδο της ΕΕ. Η δεύτερη μελέτη οδήγησε στη δημιουργία δύο μεθόδων αξιολόγησης του SRI, παρουσιάζοντας μια τρίτη για μελλοντική ανάπτυξη. Η Μέθοδος Α είναι μια απλοποιημένη μέθοδος κατάλληλη για κατοικίες και κτίρια μικρής κλίμακας που περιλαμβάνει μια απλοποιημένη και μειωμένη λίστα υπηρεσιών για τον έλεγχο. Αυτή η μέθοδος περιλαμβάνει ένα διαδικτυακό εργαλείο αξιολόγησης που μπορεί να πραγματοποιηθεί από τον χρήστη, εκτός από την αξιολόγηση από τρίτους. Βασιζόμενη στην κεφαλαιοποίηση των τεχνικών εισαγωγών της πρώτης μελέτης, ξεκίνησε η δεύτερη τεχνική μελέτη υποστήριξης με στόχο την τελικοποίηση του ορισμού του SRI με την εμπλοκή τεχνικών εισόδων που σχετίζονται με τη

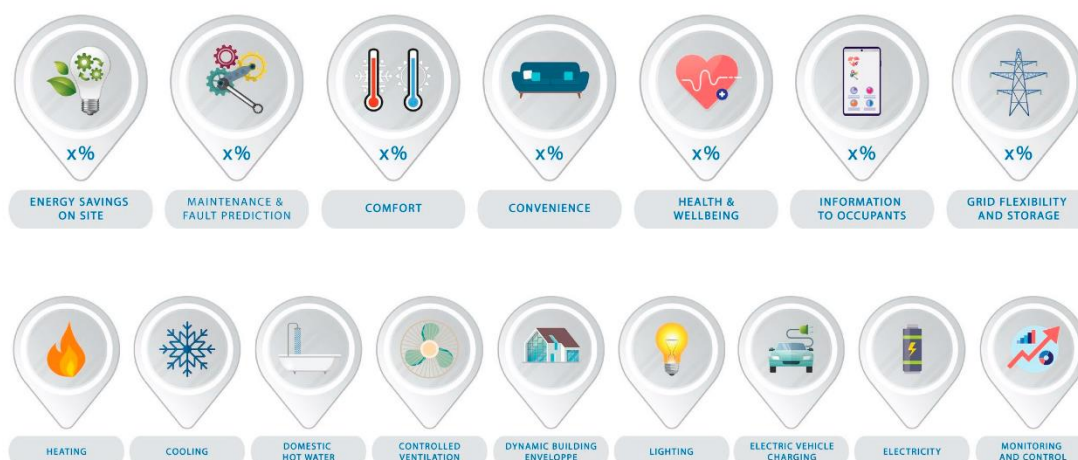
μεθοδολογία υπολογισμού. Επιπλέον, η μελέτη διερεύνησε δυνητικούς δρόμους εφαρμογής καθώς και την επίδρασή τους στο επίπεδο της ΕΕ. Η δεύτερη μελέτη οδήγησε στη δημιουργία δύο μεθόδων αξιολόγησης του SRI, παρουσιάζοντας μια τρίτη για μελλοντική ανάπτυξη. Η Μέθοδος Α είναι μια απλοποιημένη μέθοδος κατάλληλη για κατοικίες και κτίρια μικρής κλίμακας που περιλαμβάνει μια απλοποιημένη και μειωμένη λίστα υπηρεσιών για τον έλεγχο. Αυτή η μέθοδος περιλαμβάνει ένα διαδικτυακό εργαλείο αξιολόγησης που μπορεί να πραγματοποιηθεί από τον χρήστη, εκτός από την αξιολόγηση από τρίτους. Η Μέθοδος Β είναι μια λεπτομερής αξιολόγηση βασισμένη σε μια εμπλουτισμένη λίστα ελέγχου υπηρεσιών. Αυτή η μέθοδος απευθύνεται σε μη κατοικημένα κτίρια και μπορεί να πραγματοποιηθεί από εξειδικευμένους τρίτους εμπειρογνώμονες.

3.3 Σχέδιο Αξιολόγησης του Δείκτη Ευφυούς Ετοιμότητας

Για να καθιερώσει τη μεθοδολογία του SRI, τρεις τεχνικές μελέτες προετοιμάστηκαν και παραδόθηκαν από το Vito, με αίτημα της Ευρωπαϊκής Ένωσης[37]. Σε αυτές τις μελέτες, αναπτύχθηκε ένα σχήμα αξιολόγησης για μια συνοπτική και λεπτομερή ταξινόμηση του επιπέδου ευφυούς ετοιμότητας των κτιρίων. Το σχήμα αξιολόγησης του Vito αξιολογεί τους ακόλουθους εννέα τομείς:

- Θέρμανση
- Ψύξη
- Ζεστό νερό χρήσης
- Μηχανικός αερισμός
- Φωτισμός
- Δυναμικά μεταβαλλόμενο κέλυφος
- Ηλεκτρισμός
- Φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων
- Παρακολούθηση- έλεγχος.

Κάθε κατηγορία αξιολογείται βάσει συγκεκριμένων κριτηρίων που σχετίζονται με τη λειτουργικότητα του συστήματος σε αυτόν τον τομέα. Οι δυνατοί βαθμοί λειτουργικότητας καθορίζονται ανάλογα με την επιλεγόμενη μέθοδο εκτίμησης του δείκτη, δηλαδή είτε η απλοποιημένη είτε η αναλυτική μέθοδος.



Εικόνα 8: Οι τομείς των Δεικτών Ευφυούς Ετοιμότητας και οι κατηγορίες επιδράσεων.

Θέρμανση και Ψύξη

Το σύστημα θέρμανσης και ψύξης αξιολογείται με βάση δέκα μεμονωμένα στοιχεία, εκ των οποίων τέσσερα αξιολογούνται επίσης στο απλοποιημένο σχήμα. Οι μονάδες απόδοσης θερμότητας κατατάσσονται ανάλογα με τον έλεγχο των μονάδων. Οι κλίμακες έξυπνης λειτουργίας λαμβάνουν υπόψη διαφορετικά επίπεδα έλεγχου, συμπεριλαμβανομένου του κεντρικού, του ατομικού ή ακόμη και του έλεγχου μέσω ανίχνευσης κατοίκου, με το τελευταίο να θεωρείται η έξυπνη λειτουργία σε αυτό τον τομέα. Η έξυπνη λειτουργία των θερμαντήρων ορίζεται σύμφωνα με τη διακύμανση στον έλεγχο της θερμοκρασίας, η οποία μπορεί να εξαρτάται από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος ή από το φορτίο θέρμανσης. Ο διανομικός δίκτυο υγρού αξιολογείται σύμφωνα με τη χρήση εξισορρόπησης και ελέγχου βάσης ζήτησης. Η λειτουργικότητα των αποθηκευτικών χώρων θερμότητας αξιολογείται βάσει της διαθεσιμότητας των δοχείων αποθήκευσης και της ικανότητας έλεγχου της αποθήκευσης θερμότητας με τη χρήση εξωτερικών σημάτων. Όσον αφορά τους αντλιοστάτες διανομής, οι επίπεδα λειτουργικότητάς τους εξαρτώνται από τον έλεγχο ταχύτητας των αντλιοστατών. Παρόμοια επίπεδα λειτουργικότητας εφαρμόζονται και για μονάδες αντλιοστάσιου. Άλλες υπηρεσίες κτιρίων που περιλαμβάνονται στη βαθμολόγηση του συστήματος θέρμανσης περιλαμβάνουν την απόδοση των θερμικά ενεργοποιημένων συστημάτων κτιρίων (TABS), την ακολουθία επίδοσης διαφορετικών θερμαντήρων και τη διασύνδεση του συστήματος θέρμανσης με το δίκτυο. Η αναφορά της απόδοσης των συστημάτων θέρμανσης είναι παρόμοια σε διάφορους τομείς και λαμβάνει υπόψη την πραγματική χρονική καταγραφή δεδομένων και το ιστορικό τους, καθώς και τη δυνατότητα προληπτικής συντήρησης των συστημάτων. Παρόμοιοι τομείς αξιολογούνται και για τα συστήματα ψύξης. Ένα επιπλέον στοιχείο που λαμβάνεται υπόψη στα συστήματα ψύξης είναι η αλληλεπίδραση των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης στην ίδια θερμική ζώνη ("καμία αλληλεπίδραση", "μερική", "ολική αλληλεπίδραση που αποφεύγει την ταυτόχρονη θέρμανση και ψύξη")

Αξιολόγηση ζεστού νερού-Ζεστό νερό χρήσης

Η αξιολόγηση του ζεστού νερού στα νοικοκυριά βασίζεται σε πέντε κατηγορίες. Το σύστημα αξιολόγησης εκτιμάται ανάλογα με την πηγή ενέργειας για τη θέρμανση, δηλαδή θερμαντήρα αέρα, ηλεκτρική θέρμανση με στοιχείο θέρμανσης ή θερμοσυλλέκτη και αντλία θερμότητας. Για κάθε ένα από αυτές τις υπηρεσίες, τα επίπεδα λειτουργικότητας κυμαίνονται από on/off έως απολαβές και παροχή προς το δίκτυο. Η σειρά εκτέλεσης και η αναφορά λαμβάνονται επίσης υπόψη ως κριτήρια απόδοσης.

Φωτισμός

Τα φωτιστικά συστήματα αξιολογούνται ανάλογα με τον έλεγχο του συστήματος φωτισμού (on/off, dimmable, ανιχνευτές κατοχής) και την αλληλεπίδραση μεταξύ του τεχνητού και φυσικού φωτισμού σε έναν χώρο.

Μηχανικός αερισμός

Τα ελεγχόμενα συστήματα εξαερισμού αξιολογούνται βάσει έξι κατηγοριών, σύμφωνα με τη ροή αέρα, τη θερμοκρασία αέρα, την ανάκτηση θερμότητας, την ελεύθεροψύξη και την ποιότητα του εσωτερικού αέρα (indoor air quality-IAQ). Ο έλεγχος της ροής του αέρα σε επίπεδο δωματίου αξιολογείται βάσει των λειτουργιών ελέγχου του. Ο έλεγχος της ροής του

αέρα κυμαίνεται από ενεργοποίηση/απενεργοποίηση έως αυτόματο έλεγχο. Η αποτροπή υπερθέρμανσης καθορίζεται σύμφωνα με αισθητήρες στην εξαγωγή αέρα ή πολλαπλούς αισθητήρες θερμοκρασίας. Ο έλεγχος της θερμοκρασίας του αέρα στη μονάδα χειρισμού αέρα αξιολογείται βάσει του ελέγχου της θερμοκρασίας ρύθμισης του εξαεριστήρα. Η ελεύθερη ψύξη με το μηχανολογικό σύστημα εξαερισμού αξιολογείται σύμφωνα με τη νυχτερινή ψύξη, την ελεύθερη ψύξη και τον έλεγχο κατεύθυνσης. Ένα άλλο κριτήριο απόδοσης για αυτόν τον τομέα είναι η αναφορά

Δυναμικά μεταβαλλόμενο κέλυφος- Dynamic building envelope

Η κατηγορία Dynamic building envelope αξιολογείται στα συστήματα σκίασης των παραθύρων, με επίπεδα αξιολόγησης κλιμακούμενα ανάλογα με την ύπαρξη χειροκίνητου ή αυτόματου ελέγχου και εάν υπάρχει έλεγχος βάσει συνδυασμού με HVAC και προβλεπτικό έλεγχο των σκιαστικών.

Ηλεκτρισμός

Η αξιολόγηση του Demand side management βασίζεται σε επτά κριτήρια. Η αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας είναι μία από τις κατηγορίες και αξιολογείται ανάλογα με την τεχνολογία ενέργειας που αποθηκεύεται. Η βελτιστοποίηση της αυτοκατανάλωσης της τοπικά παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας καθορίζεται ανάλογα με την προγραμματισμένη ή αυτόματη διαχείριση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας βάσει της διαθεσιμότητας ανανεώσιμης ενέργειας και των προβλεπόμενων ενεργειακών αναγκών. Η συνδυασμένη παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού (CHP) αξιολογείται ανάλογα με τα διαφορετικά επίπεδα ελέγχου, βασισμένα στην προγραμματισμένη διαχείριση, τη διαθεσιμότητα ΑΠΕ και τη συσχέτιση με το δίκτυο. Η υποστήριξη των λειτουργιών λειτουργίας του δικτύου είναι επίσης κριτήριο αξιολόγησης και καθορίζεται ανάλογα με τη διακύμανση στην αυτοματοποιημένη διαχείριση της κατανάλωσης και παραγωγής ηλεκτρισμού. Η αναφορά σχετικά με την τοπική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, αποθήκευση ενέργειας και κατανάλωση ηλεκτρισμού χρησιμοποιείται για αξιολόγηση, λαμβάνοντας υπόψη τιμές, ιστορικά δεδομένα, πραγματικό χρόνο ανατροφοδότησης, απόδοση και σύγκριση.

Φόρτιση ηλεκτρικού οχήματος

Η αξιολόγηση της φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων βασίζεται στη χωρητικότητα φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, όπου οι επίπεδα λειτουργικότητας εξαρτώνται από το ποσοστό των θέσεων στάθμευσης με σημεία φόρτισης. Η αξιολόγηση βασίζεται επίσης στην ισορροπία του δικτύου φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, που καθορίζεται ανάλογα με τη μη ελεγχόμενη φόρτιση, τη μονόδρομη και τη διπλή ελεγχόμενη φόρτιση και, τέλος, βασίζεται στις πληροφορίες και τη συνδεσιμότητα της φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων.

Παρακολούθηση και έλεγχος.

Σχετικά με τον έλεγχο και την παρακολούθηση, η τελευταία κατηγορία βασίζεται σε οκτώ κατηγορίες. Οι κύριες πτυχές που εξετάζονται είναι η διαχείριση του HVAC συστήματος κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του και η δυνατότητα εντοπισμού βλαβών στα τεχνικά κτίρια των συστημάτων. Η ανίχνευση κατοχής, η κεντρική αναφορά, η ένταξη στο έξυπνο δίκτυο και η αλληλεπίδραση με το DSM επίσης αξιολογούνται.

3.4 Κριτήρια επίδρασης και λειτουργίες κλειδιά

Η αξιολόγηση του SRI βασίζεται στις "έξυπνες έτοιμες υπηρεσίες". Έξυπνη έτοιμη υπηρεσία σημαίνει μια λειτουργία, ή ένα σύνολο λειτουργιών που παρέχονται από ένα ή περισσότερα τεχνικά στοιχεία ή συστήματα. Παραδείγματα έξυπνων έτοιμων υπηρεσιών είναι ο έλεγχος των εκπομπών θερμότητας, ο έλεγχος των αντλιών διανομής, ο έλεγχος της γεννήτριας για ψύξη κ.λπ.

Η πηγή πληροφοριών για τον ορισμό της έξυπνης έτοιμης υπηρεσίας βασίζεται σε μεγάλο βαθμό σε ευρωπαϊκά πρότυπα. Μια έξυπνη έτοιμη υπηρεσία μπορεί να παρέχει διάφορες επιδράσεις. Ένα κριτήριο επίδρασης σημαίνει μια βασική επιδραση που οι έξυπνες έτοιμες υπηρεσίες έχουν σχεδιαστεί για να επιτύχουν. Στην προτεινόμενη προσέγγιση, αξιολογείται ένα σύνολο επτά "κριτηρίων επιδρασεων"



Εικόνα 9: Κριτήρια επίδρασης

1.Ενεργειακή απόδοση

Η ενεργειακή απόδοση αναφέρεται στις επιδράσεις των έξυπνων υπηρεσιών ετοιμότητας στην ικανότητα εξοικονόμησης ενέργειας. Δεν λαμβάνεται υπόψη η συνολική ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, αλλά μόνο η συνεισφορά των έξυπνων υπηρεσιών ετοιμότητας στην εξοικονόμηση ενέργειας, όπως για παράδειγμα η εξοικονόμηση ενέργειας που προκύπτει από τον καλύτερο έλεγχο των ρυθμίσεων θερμοκρασίας δωματίων.

2. Ευελιξία και αποθήκευση ενέργειας και Αυτοπαραγωγή

Η ευελιξία και αποθήκευση ενέργειας αναφέρεται στις επιδράσεις των υπηρεσιών στη δυνατότητα ενεργειακής ευελιξίας ενός κτιρίου.

Η αυτοπαραγωγή αναφέρεται στις επιδράσεις των υπηρεσιών στον όγκο και το μερίδιο της παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας από τα εγκατεστημένα στον χώρο ενεργειακά συστήματα και τον έλεγχο της αυτοκατανάλωσης ή αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας, προκειμένου να παρέχεται περισσότερη αυτονομία όσον αφορά την ασφάλεια εφοδιασμού του κτιρίου.

3.Άνεση

Η άνεση αναφέρεται στις επιδράσεις των υπηρεσιών στην άνεση των κατοίκων, δηλαδή τη συνειδητή και ασυνείδητη αντίληψη του φυσικού περιβάλλοντος, συμπεριλαμβανομένης της θερμικής άνεσης, της ακουστικής άνεσης και της οπτικής απόδοσης.

4.Ευκολία

Η ευκολία αναφέρεται στις επιδράσεις των υπηρεσιών στην ευκολία για τους κατοίκους, δηλαδή το βαθμό που οι υπηρεσίες "διευκολύνουν τη ζωή" του κατοίκου, όπως με τη μείωση των χειροκίνητων ενεργειών για τον έλεγχο του συστήματος της TBS

5. Υγεία και η ευημερία

Η υγεία και η ευημερία αναφέρονται στις επιδράσεις των υπηρεσιών στην ευεξία και την υγεία των κατοίκων. Η μη βλαβερότητα σε αυτήν την πτυχή είναι μια αυστηρή οριακή συνθήκη που απαιτείται για όλες τις υπηρεσίες που περιλαμβάνονται στην αξιολόγηση SRI. Εκτός από τις αυστηρές βασικές απαιτήσεις, αυτή η κατηγορία αξιολογεί επίσης τις επιπλέον θετικές επιδράσεις που μερικές υπηρεσίες θα μπορούσαν επίσης να παρέχουν, για παράδειγμα, έξυπνοι έλεγχοι μπορούν να παράσχουν βελτιωμένη ποιότητα εσωτερικού αέρα σε σχέση με τους παραδοσιακούς ελέγχους, βελτιώνοντας έτσι την ευημερία των κατοίκων.

6. Συντήρηση και η πρόβλεψη βλαβών

Η συντήρηση και η πρόβλεψη βλαβών αναφέρεται στην αυτόματη ανίχνευση και διάγνωση βλαβών, η οποία έχει τη δυνατότητα να βελτιώσει σημαντικά τη συντήρηση και λειτουργία του TBS. Έχει επίσης δυνητικές επιπτώσεις στην ενέργεια απόδοση των TBS με τον εντοπισμό και τη διάγνωση της μη αποδοτικής λειτουργίας.

7. Ενημέρωση των χρηστών

Η πληροφόρηση προς τους χρήστες αναφέρεται στις επιδράσεις των υπηρεσιών στην παροχή πληροφοριών στους χρήστες σχετικά με τη λειτουργία ενός κτιρίου.

Τα επτά κριτήρια επίδρασης συνδέονται με τις τρεις βασικές λειτουργίες- κλειδιά με που πρέπει να επιτευχθούν:

A) Η λειτουργία-κλειδί "Εξοικονόμηση ενέργειας και συντήρηση" συνδέεται με το κριτήριο επίδρασης:

1. Εξοικονόμηση ενέργειας του κτιρίου που αναφέρεται στις δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας (π.χ. αποτέλεσμα καλύτερου ελέγχου των ρυθμίσεων θερμοκρασίας δωματίων)
2. Συντήρηση και πρόβλεψη βλαβών που μπορεί να βελτιώσει σημαντικά τη λειτουργία των τεχνικών συστημάτων κτιρίου.

B) Η λειτουργία-κλειδί "Άνεση, ευκολία και ευημερία" συνδέεται με τα κριτήρια επίδρασης:

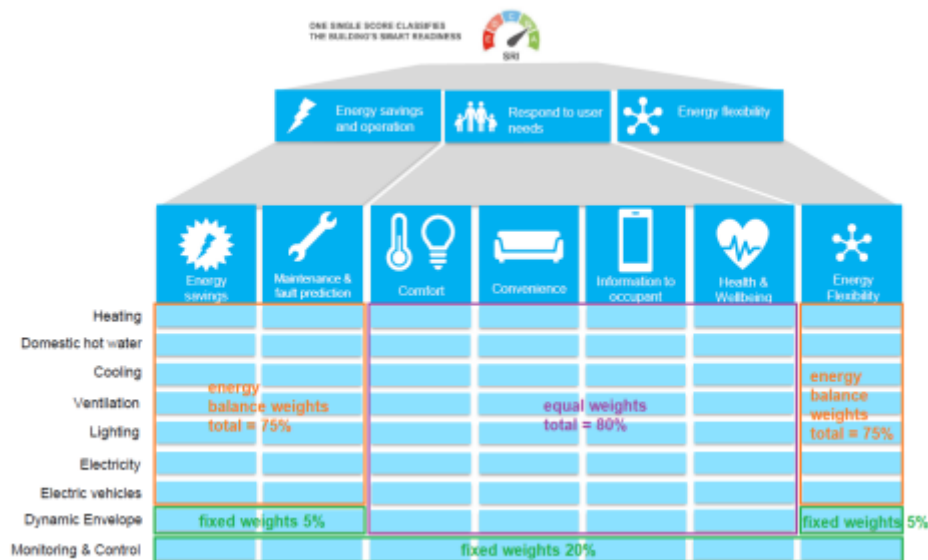
1. "Άνεση" που αναφέρεται στη συνείδηση και στην ασυνείδητη αντίληψη του φυσικού περιβάλλοντος, συμπεριλαμβανομένης της θερμικής άνεσης, της ακουστικής άνεσης και της οπτικής απόδοσης (π.χ. παροχή επαρκών επιπέδων φωτισμού χωρίς λάμψη).
2. "Ευκολία" που αναφέρεται σε υπηρεσίες που "διευκολύνουν τη ζωή" του κατοίκου (π.χ. συστήματα που απαιτούν λιγότερες χειροκίνητες ενέργειες).
3. "Υγεία και ευημερία" που αναφέρεται σε έξυπνους ελέγχους που μπορούν να παρέχουν βελτιωμένη ποιότητα εσωτερικού αέρα σε σύγκριση με τους παραδοσιακούς ελέγχους.
4. "Πληροφορίες προς τους κατοίκους" που αναφέρεται στην παροχή πληροφοριών σχετικά με τη λειτουργία του κτιρίου στους κατοίκους.

Γ) Η λειτουργία-κλειδί "Ευελιξία δικτύου" συνδέεται με το κριτήριο επίδρασης:

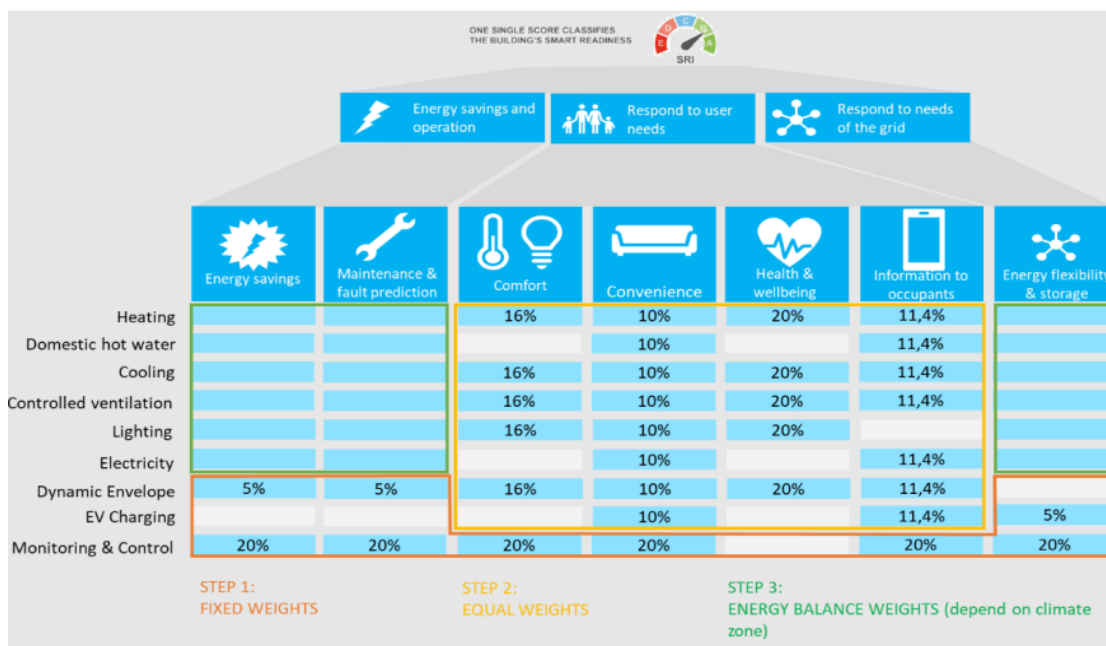
1. "Ενεργειακή ευελιξία και αποθήκευση" που αναφέρεται στην ενεργειακή ευελιξία του κτιρίου στο δίκτυο (π.χ. δίκτυα ηλεκτρισμού, καλοριφέρ)

3.5 Επιλογή Συντελεστών βαρύτητας τομέων

Όπως έχει αναφερθεί, οι τεχνικοί τομείς είναι στο σύνολο τους εννιά. Σε κάθε έναν, αποδίδεται ένα βάρος για κάθε ένα κριτήριο επίδρασης, το οποίο εκφράζεται ως ποσοστό. Το συνολικό άθροισμα των βαρών ενός κριτηρίου επίδρασης είναι 100%. Όπως αναφέρεται στην δεύτερη τεχνική μελέτη, οι συντελεστές βαρύτητας είναι τρεις. Οι σταθεροί, οι ισοδύναμοι και εκείνοι οι οποίοι είναι μεταβλητοί και υπολογίζονται μέσω του ενεργειακού ισοζυγίου κάθε χώρας [38].



Εικόνα 10: Απόδοση βαρών τεχνικών τομέων ανά κριτήριο επίδρασης



Εικόνα 11:Επισκόπηση των βαρών τεχνικών τομέων

Με βάση τα παραπάνω δεδομένα, αναλύονται οι συντελεστές βαρύτητας ξεχωριστά με σκοπό τη κατανόηση των τελικών μεγεθών:

Σταθερά βάρη:

Τα σταθερά βάρη δεν εξαρτώνται από το είδος του κτιρίου και της κλιματικής ζώνης στην οποία ανήκει. Τα σταθερά βάρη είναι βάρη που δεν αλλάζουν και παραμένουν σταθερά σε όλες τις περιπτώσεις αξιολόγησης. Συνήθως χρησιμοποιούνται για να αντιπροσωπεύουν τη σχετική σημασία μιας κατηγορίας επιδράσεων σε σχέση με τις άλλες κατηγορίες επιδράσεων που αξιολογούνται σε μια μελέτη. Τα σταθερά βάρη χρησιμοποιούνται για να επιτύχουν μια συνολική ισορροπία στην αξιολόγηση, καθώς εξισορροπούν τις διαφορές στη σημασία των διαφορετικών κατηγοριών επιδράσεων.

Το σταθερό βάρος που αποδίδεται στον τομέα επίβλεψη και έλεγχος είναι 20% για όλα τα κριτήρια επιδράσεων. Όσον αφορά στα κριτήρια ενεργειακά κέρδη και συντήρηση - πρόγνωση σφαλμάτων αποδίδεται βάρος ίσο με 5% για το δυναμικά μεταβαλλόμενο κέλυφος και για το κριτήριο ενεργειακή ευελιξία και αποθήκευση δίνεται ένα 5% στη φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων.

Ισοδύναμα βάρη:

Τα ισοδύναμα βάρη συμμετέχουν στον υπολογισμό του δείκτη μόνο για τη βασική λειτουργικότητα που ανταποκρίνεται στις ανάγκες των χρηστών για όλους τους τεχνικούς τομείς εκτός από τον τομέα της παρακολούθησης και ελέγχου. Ομοίως με τα σταθερά βάρη τα ισοδύναμα βάρη είναι επίσης ανεξάρτητα του είδους του κτιρίου και της κλιματικής ζώνης καθώς τα κριτήρια άνεσης, λειτουργικότητας, υγείας και ευεξίας και πληροφόρηση των χρηστών είναι για όλους τα ίδια. Ο υπολογισμός τους προκύπτει ως εξής :

$$f_{\text{domain, imp. criterion}} = \frac{100 - \Sigma(\text{fixed weights})}{\text{number of relevant domains}}$$

Όπου $f_{\text{domain, imp. criterion}}$ είναι το βάρος τομέα ανά κριτήριο επίδρασης

Βάρη ενεργειακού ισοζυγίου

Οι συντελεστές αυτοί είναι η μόνον που εξαρτώνται από το είδος του κτιρίου (κατοικήσιμο ή μη) και από τη κλιματική ζώνη στην οποία ανήκει το υπό μελέτη κτίριο. Αποδίδονται στους τεχνικούς τομείς θέρμανση, ζεστό νερό χρήσης, ψύξη, μηχανικός αερισμός, φωτισμός και ηλεκτρισμός, για τα κριτήρια επίδρασης ενεργειακή εξοικονόμηση, συντήρηση-πρόβλεψη σφαλμάτων και ενεργειακή ευελιξία-αποθήκευση. Υπολογίζονται με βάση το τύπο. Τα βάρη προκύπτουν από το γινόμενο :

$$f_{\text{domain, imp. criterion}} = (100 - \Sigma(\text{fixed weights})) \times a_{\text{domain}}$$

όπου fixed weights είναι τα σταθερά βάρη και a_{domain} ένας σταθμισμένος συντελεστής, ο καθορισμός του οποίου έγινε μέσω στατιστικών αναλύσεων των ενεργειακών αναγκών των κρατών-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης και δίνεται στους παρακάτω πίνακες

Βάρη	Βόρεια	Δυτική	Νότια	Βορειοανατολική	Νοτιοανατολική
Θέρμανση	39.9	45.3	42.2	40.5	27.5
Ζεστό νερό χρήσης	12.4	10.2	13.3	18.6	7.7
Ψύξη	0	4.1	9.2	0	19.5
Μηχανικός Αερισμός	25	23.8	12.3	25.4	14.4
Φωτισμός	4.9	2	3.6	0.8	1.2
Ηλεκτρισμός	17.8	14.8	19.5	14.7	29.6

Πίνακας 1: Συντελεστής σχετικής σημασίας τομέα ανά κλιματική ζώνη - Κτίρια κατοικίας

Βάρη	Βόρεια	Δυτική	Νότια	Βορειοανατολική	Νοτιοανατολική
Θέρμανση	41.8	36.4	40.3	39	38.3
Ζεστό νερό χρήσης	7.2	11	14.3	12.5	15.4
Ψύξη	12.5	16.9	15.7	11.2	9.9
Μηχανικός Αερισμός	26.2	19.1	11.7	24.4	20.1
Φωτισμός	10.4	13.8	16	9.7	11.9
Ηλεκτρισμός	2	2.8	2.1	3.1	4.4

Πίνακας 2: Συντελεστής σχετικής σημασίας τομέα ανά κλιματική ζώνη - Κτίρια άλλων χρήσεων

Προσαρμογή σε έναν ενεργειακό ισολογισμό EPC (ή άλλο ενεργειακό ισολογισμό).

Εάν ο αξιολογητής επιθυμεί να χρησιμοποιήσει έναν ενεργειακό ισολογισμό που αφορά συγκεκριμένο κτίριο (όπως από τον υπολογισμό EPC), οι πρωτεύοντες ενεργειακοί καταναλωτές για τη θέρμανση χώρων, το ζεστό νερό χρήσης, τον ψύξη χώρων, τον ελεγχόμενο αεραγωγισμό, το φωτισμό και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στον χώρο του κτιρίου θα πρέπει να είναι διαθέσιμοι.

Για κάθε ένα από αυτά τα 6 πεδία, ο συντελεστής διόρθωσης a_{domain} υπολογίζεται διαιρώντας την πρωτεύουσα ενεργειακή κατανάλωση του συγκεκριμένου πεδίου με το άθροισμα των έξι πρωτεύοντων ενεργειακών καταναλώσεων.

Οι συντελεστές μπορούν να υπολογιστούν ως ακολούθως:

$$a_{domain} = \frac{Q_{domain}}{Q_{total}}$$

Όπου, $Q_{domain} = \{Q_{HEAT}, Q_{DHW}, Q_{COOL}, Q_{VENT}, Q_{LIGHT}, Q_{RENEW}\}$

$$Q_{total} = Q_{HEAT} + Q_{DHW} + Q_{COOL} + Q_{VENT} + Q_{LIGHT} + Q_{RENEW}$$

Όπου:

- Q_{HEAT} είναι η πρωτεύουσα ενεργειακή κατανάλωση για τη θέρμανση του κτιρίου
- Q_{DHW} είναι η πρωτεύουσα ενεργειακή κατανάλωση για το ζεστό νερό χρήσης του κτιρίου
- Q_{COOL} είναι η πρωτεύουσα ενεργειακή κατανάλωση για την ψύξη του κτιρίου
- Q_{VENT} είναι η πρωτεύουσα ενεργειακή κατανάλωση για τον ελεγχόμενο εξαερισμό του κτιρίου
- Q_{LIGHT} είναι η πρωτεύουσα ενεργειακή κατανάλωση για το φωτισμό του κτιρίου
- Q_{RENEW} είναι η ενέργεια που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές στον τόπο κατασκευής του κτιρίου, εκφρασμένη ως πρωτεύουσα ενέργεια.

Εφόσον τα βάρη ενεργειακού ισοζυγίου είναι εξαρτώμενα από το είδος του κτιρίου και τη κλιματική ζώνη που αυτό ανήκει, είναι εύλογο να γίνει ομαδοποίηση των εν δυνάμει εξεταζόμενων κτιρίων. Τα κτίρια, αρχικά, διαχωρίζονται σε οικιστικά και κτίρια τριτογενούς τομέα (π.χ. σχολεία, γραφεία, εργοστάσια). Ανάμεσα σε αυτά τα δύο είδη υπάρχει αλλαγή στους συντελεστές βαρύτητας των τεχνικών τομέων. Οι συντελεστές βαρύτητας για τα μη κατοικήσιμα κτίρια είναι προς το παρόν ίδιοι, παρόλα αυτά εξετάζεται περαιτέρω διαχωρισμός, προκειμένου να υπάρχουν πιο χαρακτηριστικά αποτελέσματα για κάθε ένα από αυτά. Ο διαχωρισμός των κτιρίων, με σκοπό την αλλαγή των βαρών του ενεργειακού ισοζυγίου, γίνεται επίσης μέσω της γεωγραφικής θέσης που κατέχει το εξεταζόμενο κτίριο. Λόγω των παρόμοιων κλιματικών συνθηκών που επηρεάζουν τις εκάστοτε χώρες, η Ευρωπαϊκή ήπειρος έχει διαχωριστεί σε 5 κλιματικές ζώνες

- Βόρεια Ευρώπη
- Δυτική Ευρώπη
- Βορειοανατολική Ευρώπη
- Νοτιοανατολική Ευρώπη
- Νότια Ευρώπη.

Έτσι, προκύπτουν τελικά τα μητρώα απόδοσης βαρών στους τεχνικούς τομείς ανά κριτήριο επίδρασης. Παρακάτω, παρατίθενται ενδεικτικά ο πίνακας που αφορά σε κτίριο άλλης χρήσης (Πίνακας 3) στην Δυτική Ευρώπη.

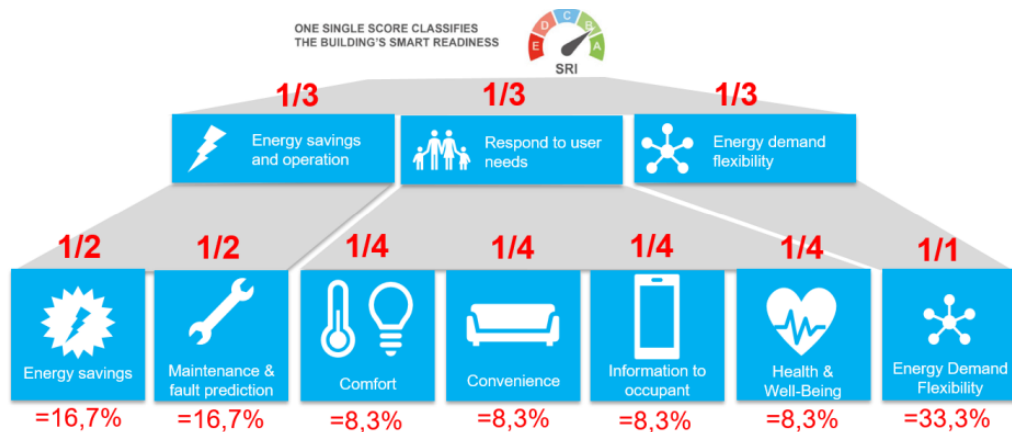
Βάρη	Ενεργειακή Εξοικονόμηση	Ενεργειακή «Ελαστικότητα» & Αποθήκευση	Άνεση	Λειτουργικότητα	Υγεία & Ευεξία	Συντήρηση & Πρόβλεψη Σφαλμάτων	Ενημέρωση Χρηστών
Θέρμανση	0.27	0.41	0.16	0.1	0.2	0.32	0.11
Ζεστό νερό χρήσης	0.08	0.12	0	0.1	0	0.1	0.11
Ψύξη	0.13	0.19	0.16	0.1	0.2	0.15	0.11
Μηχανικός Αερισμός	0.14	0	0.16	0.1	0.2	0.17	0.11
Φωτισμός	0.1	0	0.16	0.1	0	0	0
Ηλεκτρισμός	0.02	0.03	0	0.1	0	0.02	0.11
Δυναμικά Μεταβαλλόμενο Κέλυφος	0.05	0	0.16	0.1	0.2	0.05	0.11
Φόρτιση Ηλεκτρικών Οχημάτων	0	0.05	0	0.1	0	0	0.11
Παρακολούθηση & Έλεγχος	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

Πίνακας 3: Απόδοση βαρών τομέων ανά κριτήριο επίδρασης - Κτίρια άλλων χρήσεων (Αυτική Ευρώπη)

3.6 Απόδοση βαρών κριτηρίων επίδρασης

Οι τρεις βασικές λειτουργίες-κλειδιά θεωρούνται ισάξιες και έχουν ίσα βάρη ίσα με 1/3 του συνολικού συντελεστή του SRI, ο οποίος ισούται με μονάδα. Στη συνέχεια, τα επτά κριτήρια επίδρασης αντιστοιχίζονται στις τρεις βασικές λειτουργίες-κλειδιά και καθένα λαμβάνει ένα μοναδικό βάρος στη λειτουργία αυτή, ανάλογα με τη σημασία του για τη συγκεκριμένη λειτουργία. Έτσι, το τελικό βάρος κάθε κριτηρίου υπολογίζεται ως το γινόμενο του βάρους της αντιστοιχίας βασικής λειτουργίας-κλειδιού με το βάρος του κριτηρίου επίδρασης στη συγκεκριμένη λειτουργία-κλειδί.

- ✚ Τα κριτήρια επίδρασης Εξοικονόμηση ενέργειας του κτιρίου, Συντήρηση και πρόβλεψη βλαβών που αντιστοιχούν στην λειτουργία-κλειδί "Εξοικονόμηση ενέργειας και συντήρηση" καταλαμβάνουν βάρος 16,7% έκαστο
- ✚ Τα κριτήρια επίδρασης "Άνεση", "Ευκολία", "Υγεία και ευημερία", "Πληροφορίες προς τους κατοίκους" που αντιστοιχούν στην λειτουργία-κλειδί "Άνεση, ευκολία και ευημερία" καταλαμβάνουν το καθένα βάρος 8,3%.
- ✚ Το κριτήριο επίδρασης "Ενεργειακή ευελιξία και αποθήκευση" που αντιστοιχεί στην λειτουργία-κλειδί "Ευελιξία δικτύου" λαμβάνει όλο το βάρος του δηλαδή το 33,3%.



Εικόνα 12: Άθροισμα βαρών των κριτηρίων επίδρασης των 3 λειτουργιών - κλειδιών

3.7 Διαδικασία επιλογής υπηρεσιών

Στη μεθοδολογία υπολογισμού του δείκτη ευφυούς ετοιμότητας, το πρώτο βήμα είναι η αναγνώριση και καταγραφή των σχετικών υπηρεσιών στο κτίριο ή κτιριακό τομέα που εξετάζεται. Το βήμα αυτό είναι καθοριστικής σημασίας, λόγω της πολυπλοκότητας που έχει η διαδικασία διαλογής και σε αυτό θα εξαρτηθεί η υπόλοιπη διαδικασία. Αυτό συμβαίνει, διότι στα πλαίσια των οικοδομικών κανονισμών και κλιματικών συνθηκών κάθε χώρας, αρκετές φορές, κάποιες υπηρεσίες θεωρούνται μη σχετικές, μη εφαρμόσιμες ή μη θεμιτές. Σε κάθε περίπτωση, οι υπηρεσίες που καθορίζεται πως είναι υποχρεωτικό να υπάρχουν σε ένα κτίριο εντάσσονται στην αξιολόγηση του δείκτη.

3.7.1 Κατηγορίες Ευφύων Υπηρεσιών

Βάσει των παρατηρήσεων που σημειώθηκαν από τα ενδιαφερόμενα μέρη της πρώτης τεχνικής μελέτης, οι υπηρεσίες που κρίνονται ως σχετικές και πρέπει να ληφθούν υπόψη στη διαδικασία της διαλογής διακρίνονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες, τις ευφύως – έτοιμες και τις ευφύως - πιθανές υπηρεσίες.

- Ευφύως έτοιμες υπηρεσίες αναφέρονται σε υπηρεσίες που έχουν ήδη ενσωματωθεί στο κτίριο ή στο έργο και δεν απαιτούν περαιτέρω εγκατάσταση ή σύνδεση. Πρόκειται για υπηρεσίες που είναι πλήρως λειτουργικές και επιχειρησιακές από την πρώτη ημέρα λειτουργίας του κτιρίου ή του έργου. Οι ευφύως έτοιμες υπηρεσίες συνήθως προσφέρουν υψηλό επίπεδο αυτοματισμού και διαχείρισης, και είναι εξοπλισμένες με αισθητήρες και συστήματα ελέγχου για την ανίχνευση και την αντίδραση σε αλλαγές στις συνθήκες του περιβάλλοντος.

Μερικά παραδείγματα ευφύως έτοιμων υπηρεσιών περιλαμβάνουν:

- ❖ Συστήματα κλιματισμού και θέρμανσης με αυτόματο έλεγχο θερμοκρασίας και υγρασίας.
- ❖ Φωτιστικά συστήματα με αισθητήρες κίνησης και αυτόματη ρύθμιση φωτεινότητας.
- ❖ Συστήματα πυρανίχνευσης και αυτόματης κατάσβεσης πυρκαγιάς.

- ❖ Συστήματα ασφαλείας με αισθητήρες κίνησης και κάμερες ασφαλείας.
- ❖ Συστήματα παρακολούθησης της κατανάλωσης ενέργειας και νερού.
- ❖ Συστήματα ελέγχου πρόσβασης με κάρτες ή βιομετρικά συστήματα αναγνώρισης.
- ❖ Συστήματα αυτόματης διαχείρισης κτιρίου για την παρακολούθηση και τον έλεγχο της λειτουργίας των συστημάτων.
- ❖ Συστήματα ήχου και εικόνας για τη διασκέδαση και την επικοινωνία.

Αυτά τα συστήματα αυξάνουν την ασφάλεια και την άνεση των επισκεπτών και των κατοίκων του κτιρίου, ενώ ταυτόχρονα βοηθούν στη μείωση των ενεργειακών και οικολογικών επιπτώσεων. Επιπλέον, η χρήση τέτοιων συστημάτων μπορεί να βελτιώσει τη διαχείριση του κτιρίου, μειώνοντας το κόστος λειτουργίας και συντήρησης, καθώς επιτρέπει την παρακολούθηση και τη διαχείριση των διαφόρων συστημάτων από μια κεντρική τοποθεσία. Αυτό μπορεί να βοηθήσει στην πρόληψη προβλημάτων και στην ταχεία αντίδραση σε ενδεχόμενες βλάβες.

Οι ευφυώς έτοιμες υπηρεσίες είναι συχνά επιλογή για ορισμένους ιδιοκτήτες κτιρίων και επαγγελματικών χώρων, καθώς προσφέρουν ευκολία χρήσης και αποτελεσματικότητα στη διαχείριση του κτιρίου.

Ωστόσο εκτός των θετικών που παρουσιάζει αυτή η μέθοδος, δημιουργείται πρόβλημα αξιοπιστίας του δείκτη, καθόσον δύο ή και περισσότερα κτίρια, δύνανται να έχουν τον ίδιο δείκτη ευφυούς ετοιμότητας, αλλά διαφορετικές ευφυώς έτοιμες υπηρεσίες, λόγω διαφορετικής βάσης αναφοράς.

- **Ευφυώς πιθανές υπηρεσίες** είναι οι υπηρεσίες που απουσιάζουν από το εξεταζόμενο κτίριο, όμως θα ήταν θεμιτό και σε πολλές περιπτώσεις απαραίτητο να υπάρχουν. Είναι οι υπηρεσίες που χρησιμοποιούν την τεχνολογία του διαδικτύου των πραγμάτων (IoT) και την τεχνητή νοημοσύνη (AI) για να παρέχουν προηγμένες λειτουργίες και λύσεις. Αυτές οι υπηρεσίες απαιτούν συνήθως μια αρκετά προηγμένη τεχνική γνώση ή επιμέλεια για την εγκατάσταση, τη ρύθμιση και τη σύνδεσή τους στο δίκτυο.

Οι ευφυώς πιθανές υπηρεσίες μπορούν να περιλαμβάνουν:

- ❖ Συστήματα κτιριακής διαχείρισης: Αυτά τα συστήματα συνδέουν και διαχειρίζονται διάφορες λειτουργίες του κτιρίου, όπως το σύστημα κλιματισμού, το σύστημα φωτισμού, τα συστήματα ασφαλείας, τα συστήματα πυρασφάλειας και άλλα. Με τη βοήθεια αισθητήρων και συστημάτων αυτοματισμού, αυτά τα συστήματα μπορούν να παρακολουθούν και να ρυθμίζουν αυτόματα τη λειτουργία τους για να βελτιώσουν την ενεργειακή απόδοση και την ασφάλεια.
- ❖ Συστήματα παρακολούθησης της κατανάλωσης ενέργειας και νερού: Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούν αισθητήρες και λογισμικό για να παρακολουθούν την κατανάλωση ενέργειας και νερού στο κτίριο. Αυτές οι πληροφορίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να βελτιώσουν την απόδοση του κτιρίου και να μειώσουν το κόστος ενέργειας και νερού.
- ❖ Συστήματα ελέγχου πρόσβασης: Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούν κάρτα τεχνολογία για να παρέχουν ασφαλή πρόσβαση στους χώρους ενός κτιρίου. Μπορούν να περιλαμβάνουν κάρτες πρόσβασης, αισθητήρες δακτυλικών

αποτυπωμάτων, κωδικούς πρόσβασης και άλλες μεθόδους για να διασφαλίζουν ότι μόνο εξουσιοδοτημένα άτομα έχουν πρόσβαση στους χώρους.

- ❖ Συστήματα ελέγχου θερμοκρασίας: Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούν αισθητήρες και άλλες τεχνολογίες για να ρυθμίζουν τη θερμοκρασία στους χώρους του κτιρίου. Μπορούν να προσαρμοστούν ανάλογα με τις ανάγκες των χρηστών και των κλιματικών συνθηκών για να βελτιώσουν την άνεση και την ενεργειακή απόδοση.
- ❖ Συστήματα έξυπνου φωτισμού: Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούν αισθητήρες και άλλες τεχνολογίες για να παρακολουθούν το φωτισμό στους χώρους του κτιρίου. Μπορούν να ρυθμίζουν το φωτισμό ανάλογα με τις ανάγκες των χρηστών και την φυσική φωτεινότητα για να βελτιώσουν την άνεση και την ενεργειακή απόδοση.
- ❖ Συστήματα ηλεκτρονικής ασφαλείας: Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούν κάμερες και άλλους αισθητήρες για να παρακολουθούν τους χώρους του κτιρίου και να ανιχνεύουν ανωμαλίες και απειλές ασφαλείας. Μπορούν να συνδυαστούν με συστήματα ειδοποίησης και άλλες τεχνολογίες για να προστατεύουν το κτίριο και τους ανθρώπους μέσα του.
- ❖ Συστήματα έξυπνου ήχου: Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούνται για να βελτιώσουν την ακουστική εμπειρία στους χώρους του κτιρίου, όπως αίθουσες συνεδριάσεων ή αίθουσες παρουσιάσεων. Μπορούν να παρέχουν ισχυρό και καθαρό ήχο, να απομονώνουν τον θόρυβο και να προσαρμόζουν την ένταση του ήχου ανάλογα με τις ανάγκες των χρηστών.
- ❖ Συστήματα έξυπνης διαχείρισης κτιρίου: Αυτά τα συστήματα συλλέγουν και αναλύουν δεδομένα από διάφορους αισθητήρες και άλλες τεχνολογίες για να βελτιώσουν τη διαχείριση του κτιρίου και την ενεργειακή του απόδοση. Μπορούν να ρυθμίσουν τον φωτισμό, τη θερμοκρασία και άλλες παράμετρους για να βελτιστοποιήσουν την κατανάλωση ενέργειας και να μειώσουν το κόστος λειτουργίας του κτιρίου. Επίσης, μπορούν να παρέχουν πληροφορίες στους χρήστες του κτιρίου σχετικά με τις συνθήκες τους και να διευκολύνουν τη διαχείριση του χώρου.
- ❖ Συστήματα έξυπνης κατανομής ενέργειας: Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούνται για να βελτιστοποιήσουν τη διανομή ενέργειας σε ένα κτίριο. Χρησιμοποιούν αισθητήρες για να μετρήσουν την κατανάλωση ενέργειας σε διάφορες περιοχές του κτιρίου και να ρυθμίσουν την κατανομή ενέργειας ανάλογα. Μπορούν επίσης να διαχειριστούν την απόδοση των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και εξαερισμού για να βελτιώσουν την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου και να μειώσουν το κόστος λειτουργίας.

➤ **Υπηρεσίες που απουσιάζουν**, είναι οι υπηρεσίες που αναφέρονται σε υπηρεσίες που είναι επιθυμητές αλλά δεν είναι διαθέσιμες στην αγορά ή στο περιβάλλον. Μπορεί να οφείλεται σε πολλούς λόγους, όπως τεχνολογικούς περιορισμούς, αντικειμενικούς περιορισμούς ή περιορισμούς στο κόστος. Οι υπηρεσίες αυτές μπορεί να είναι πρωτοποριακές ιδέες που δεν έχουν ακόμα αναπτυχθεί, ή μπορεί να απαιτούν μεγάλες επενδύσεις σε υποδομές και τεχνολογίες για να γίνουν πραγματικότητα.

Οι τρεις διαφορετικές προσεγγίσεις που έχουν προταθεί για τις υπηρεσίες που απουσιάζουν είναι:

- ❖ Μη θεμιτές υπηρεσίες: Αυτές οι υπηρεσίες είναι επιθυμητές, αλλά δεν μπορούν να παρέχονται για διάφορους λόγους, όπως νομικούς περιορισμούς ή παραβίαση πνευματικών δικαιωμάτων.
- ❖ Μη σχετικές υπηρεσίες: Αυτές οι υπηρεσίες μπορεί να μην είναι σχετικές με την εύρυθμη λειτουργία του κτιρίου, δεν εισέρχονται στον υπολογισμό του δείκτη και δεν «τιμωρούν» για την απουσία τους. Χαρακτηριστικό παράδειγμα, είναι η ύπαρξη συστημάτων ψύξης στις βόρειες χώρες της Ευρώπης, όπου λόγω του ψυχρού κλίματος δε καθίσταται αναγκαίο.
- ❖ Μη εφαρμόσιμες υπηρεσίες: Αυτές οι υπηρεσίες μπορεί να είναι επιθυμητές αλλά δεν είναι εφαρμόσιμες λόγω τεχνολογικών ή πρακτικών περιορισμών. Μπορεί να απαιτούν μεγάλες επενδύσεις ή να είναι δύσκολο να τις υλοποιήσει κανείς στην πράξη.

Στη περίπτωση, κυρίως των μεγάλων κτιρίων του τριτογενή τομέα, συνήθως συναντώνται υπηρεσίες οι οποίες έχουν διαφορετικά επίπεδα λειτουργικότητας από χώρο σε χώρο (π.χ. η θέρμανση στους διαδρόμους ενός σχολείου είναι μικρότερη σε σχέση με τους χώρους διδασκαλίας). Αυτό το ζήτημα μπορεί να

προσεγγισθεί με τέσσερις διαφορετικούς τρόπους, ο καθένας εκ των οποίων οδηγεί σε διαφορετικό τελικό αποτέλεσμα και έχει τον δικό του βαθμό δυσκολίας στην εφαρμογή. Οι δύο πρώτοι αποδίδουν τον ίδιο μέγιστο ή ελάχιστο βαθμό λειτουργικότητας σε ολόκληρο το κτίριο ενώ οι δύο τελευταίοι διακρίτοποιούν τις υπηρεσίες βάσει χώρων κτιρίου πριν εξάγουν κάποιο τελικό συμπέρασμα.

Οι τέσσερις διαφορετικοί τρόποι προσέγγισης για τον συνδυασμό υπηρεσιών με διαφορετικά επίπεδα λειτουργικότητας σε ένα κτίριο που αναφέρετε μπορούν να είναι οι εξής:

- ✓ Ομοιόμορφη προσέγγιση: Σε αυτήν την προσέγγιση, όλες οι υπηρεσίες αντιμετωπίζονται με τον ίδιο βαθμό λειτουργικότητας σε ολόκληρο το κτίριο. Δηλαδή, όλοι οι χώροι στο κτίριο λαμβάνουν τις ίδιες υπηρεσίες σε όμοιο επίπεδο, ανεξάρτητα από τις ιδιαίτερες ανάγκες κάθε χώρου.
- ✓ Ελάχιστο επίπεδο λειτουργικότητας: Σε αυτήν την προσέγγιση, κάθε χώρος λαμβάνει το ελάχιστο απαιτούμενο επίπεδο λειτουργικότητας για την κάλυψη των βασικών αναγκών του. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει διακριτοποίηση μεταξύ των χώρων, και όλοι λαμβάνουν μόνο τις βασικές υπηρεσίες που απαιτούνται για την λειτουργία τους.
- ✓ Ανάθεση βαθμίδων λειτουργικότητας ανά χώρο: Σε αυτήν την προσέγγιση, οι υπηρεσίες αντιστοιχίζονται σε διάφορες βαθμίδες λειτουργικότητας ανάλογα με τις ανάγκες και τη χρήση του κάθε χώρου. Κάθε χώρος λαμβάνει μια προσαρμοσμένη συνδυασμένη υπηρεσία που ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις του. Με αυτόν τον τρόπο, δημιουργείται μια διακριτή κατανομή λειτουργικότητας ανά χώρο.
- ✓ Περιορισμένη προσέγγιση ανά χώρο: Σε αυτήν την προσέγγιση, κάθε χώρος αξιολογείται ξεχωριστά και λαμβάνει την καλύτερη δυνατή λειτουργικότητα για τις ανάγκες του. Οι υπηρεσίες προσαρμόζονται σε κάθε χώρο ξεχωριστά, λαμβάνοντας υπόψη τις ειδικές απαιτήσεις και περιορισμούς του. Αυτή η προσέγγιση επιτρέπει τη μεγαλύτερη ευελιξία στην παροχή των υπηρεσιών, αλλά σε πρακτικό επίπεδο μπορεί να είναι πιο περίπλοκη και απαιτεί προσαρμογή των υπηρεσιών σε κάθε χώρο ξεχωριστά.

Σε κάθε προσέγγιση, ο συνδυασμός των υπηρεσιών με διαφορετικά επίπεδα λειτουργικότητας στο ίδιο κτίριο εξαρτάται από τους στόχους, τις ανάγκες και τους περιορισμούς του

συγκεκριμένου έργου. Κάθε προσέγγιση έχει τα πλεονεκτήματά της και πρέπει να επιλεγεί ανάλογα με το περιβάλλον, τη χρήση και τις προτεραιότητες του κτιρίου.

Η επιλογή του κατάλληλου τρόπου προσέγγισης για τον συνδυασμό υπηρεσιών με διαφορετικά επίπεδα λειτουργικότητας σε ένα κτίριο εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Οι προτεραιότητες του έργου, οι ανάγκες των χρηστών, οι διαθέσιμοι πόροι και οι περιορισμοί του κτιρίου πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τη λήψη αποφάσεων.

Κάθε προσέγγιση έχει τα πλεονεκτήματά της. Για παράδειγμα, η ομοιόμορφη προσέγγιση προσφέρει απλότητα και συνοχή στον τρόπο λειτουργίας του κτιρίου, ενώ η προσέγγιση του ελάχιστου επιπέδου λειτουργικότητας εξασφαλίζει την οικονομική αποδοτικότητα. Από την άλλη πλευρά, η ανάθεση βαθμίδων λειτουργικότητας ανά χώρο παρέχει εξατομικευμένες λύσεις για κάθε χώρο, ενώ η περιορισμένη προσέγγιση ανά χώρο επιτρέπει τη μεγαλύτερη ευελιξία και προσαρμοστικότητα.

Κατά τη διαμόρφωση των υπηρεσιών σε ένα μεγάλο κτίριο, σημαντικό είναι να ληφθεί υπόψη η συνεργασία και η επικοινωνία μεταξύ των διάφορων υπηρεσιών και χώρων. Η ομαλή λειτουργία του κτιρίου εξαρτάται από τη συνεννόηση και τον συντονισμό μεταξύ των διαφορετικών λειτουργιών.

Επίσης, είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψη η ευελιξία του συστήματος ώστε να είναι δυνατή η προσαρμογή και η επέκταση των υπηρεσιών στο μέλλον. Οι τεχνολογικές επιλογές πρέπει να είναι ανοιχτές και ευέλικτες, επιτρέποντας την ενσωμάτωση νέων λειτουργιών και τεχνολογιών όπως απαιτείται.

Τέλος, η συνεχής παρακολούθηση, αξιολόγηση και βελτίωση του συστήματος είναι απαραίτητη. Οι ανάγκες των χρηστών και οι απαιτήσεις του κτιρίου μπορεί να αλλάξουν με τον χρόνο, και είναι σημαντικό να διατηρείται η αποδοτικότητα και η λειτουργικότητα του συστήματος μέσω συνεχούς παρακολούθησης και προσαρμογών.

Συνοψίζοντας, η επιλογή της κατάλληλης προσέγγισης για τον συνδυασμό υπηρεσιών με διαφορετικά επίπεδα λειτουργικότητας σε ένα κτίριο είναι ένα σύνθετο καθήκον που απαιτεί συνεκτικό σχεδιασμό και αξιολόγηση. Οι παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη περιλαμβάνουν:

1. Ανάγκες χρηστών: Πρέπει να γίνει μια διεξοδική ανάλυση των αναμενόμενων αναγκών και προτεραιοτήτων των χρηστών του κτιρίου. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει τις λειτουργίες που απαιτούνται, τη συχνότητα χρήσης, τις ανάγκες ασφάλειας και άλλες παράμετρους που επηρεάζουν τη σχεδίαση των υπηρεσιών.
2. Διαθέσιμοι πόροι: Οι περιορισμοί σε πόρους όπως οικονομικοί πόροι, χώρος, τεχνολογία και εργασιακή δύναμη επηρεάζουν τις επιλογές που μπορούν να γίνουν. Πρέπει να γίνει μια ισορροπία μεταξύ των αναγκών και της διαθεσιμότητας των πόρων.
3. Αρχιτεκτονική και υποδομή: Η δομή και η υποδομή του κτιρίου πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τον σχεδιασμό των υπηρεσιών. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει τις τεχνικές δυνατότητες του κτιρίου, τις υπάρχουσες δικτυακές υποδομές, τα συστήματα ενέργειας και κλιματισμού, καθώς και την αποθήκευση και διαχείριση δεδομένων.
4. Επικοινωνία και συνεργασία: Η συνεννόηση και ο συντονισμός μεταξύ των διάφορων υπηρεσιών και χώρων είναι ουσιώδης για την ομαλή λειτουργία του κτιρίου. Πρέπει να ληφθούν υπόψη οι αλληλεπιδράσεις και οι απαιτήσεις συνεργασίας μεταξύ των διαφορετικών υπηρεσιών.

5. Ευελιξία και επεκτασιμότητα: Το σύστημα πρέπει να είναι ευέλικτο και να διαθέτει τη δυνατότητα προσαρμογής και επέκτασης των υπηρεσιών στο μέλλον. Αυτό περιλαμβάνει τη χρήση ανοιχτών τεχνολογιών και πρωτοκόλλων που επιτρέπουν την ενσωμάτωση νέων λειτουργιών και τεχνολογιών κατά την ανάπτυξη του κτιρίου.
6. Συνεχής παρακολούθηση και βελτίωση: Η αξιολόγηση και βελτίωση του συστήματος πρέπει να είναι μια συνεχής διαδικασία. Οι ανάγκες των χρηστών και του κτιρίου πρέπει να παρακολουθούνται τακτικά και να γίνονται απαιτούμενες βελτιώσεις και προσαρμογές. Αυτό μπορεί να γίνει μέσω της συλλογής και ανάλυσης δεδομένων για την απόδοση των συστημάτων ενέργειας και κλιματισμού, τη χρήση της τεχνολογίας Internet of Things (IoT) για την παρακολούθηση και αναφορά σφαλμάτων και τη συλλογή ανάδρασης από τους χρήστες του κτιρίου.
7. Ασφάλεια και προστασία δεδομένων: Οι τεχνικές δυνατότητες του κτιρίου πρέπει να περιλαμβάνουν μέτρα ασφαλείας για την προστασία των δικτυακών υποδομών, των συστημάτων ενέργειας και κλιματισμού, καθώς και των δεδομένων που συλλέγονται και διαχειρίζονται. Αυτό περιλαμβάνει τη χρήση αυθεντικοποίησης και κρυπτογράφησης για την προστασία των δεδομένων, την εφαρμογή φυσικών και λογικών μέτρων ασφαλείας στο κτίριο και την ανάπτυξη ενός πλάνου αντιμετώπισης κινδύνων και αντιμετώπισης περιστατικών ασφαλείας.
8. Ενεργειακή απόδοση: Η αποδοτική χρήση ενέργειας είναι σημαντική για τη βιωσιμότητα του κτιρίου. Οι τεχνικές δυνατότητες πρέπει να περιλαμβάνουν συστήματα ενεργειακής απόδοσης, όπως ενεργειακά αποδοτικά φωτιστικά σώματα, θερμοκρασιακοί αισθητήρες και αυτοματοποιημένα συστήματα κλιματισμού για τη ρύθμιση της κατανάλωσης ενέργειας. Αποθήκευση και διαχείριση δεδομένων: Το κτίριο πρέπει να διαθέτει αποθηκευτικούς χώρους και συστήματα διαχείρισης δεδομένων για την αποθήκευση και ανάκτηση πληροφοριών. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει τη χρήση κέντρων δεδομένων, συστημάτων αποθήκευσης στον νέφος (cloud storage) και συστημάτων διαχείρισης βάσεων δεδομένων για την αποτελεσματική αποθήκευση και ανάκτηση των δεδομένων.

Όλες αυτές οι τεχνικές δυνατότητες συμβάλλουν στη βελτίωση της λειτουργίας του κτιρίου, την εξοικονόμηση ενέργειας, τη μείωση του κόστους και την παροχή ενός ασφαλούς και άνετου περιβάλλοντος για τους χρήστες.

3.8 Μέθοδοι Εκτίμησης του Δείκτη SRI

Οι μέθοδοι εκτίμησης του δείκτη ευφυούς ετοιμότητας, που έχουν προταθεί μέχρι στιγμής από την Ευρωπαϊκή οδηγία είναι τρεις, και σχετίζονται άμεσα, με τον χρόνο στον οποίο εκπονούνται. Αρχικά, υπάρχουν δύο κατηγορίες οι οποίες βασίζονται στην αξιολόγηση του δείκτη μέσω αναλυτικών καταλόγων υπηρεσιών, αλλά εξυπηρετούν διαφορετικά κτίρια και έχουν διαφορετική πολυπλοκότητα και χρόνο εκπόνησης. Υπάρχει επίσης και μια τρίτη κατηγορία, η οποία μελετά τη πραγματική απόδοση των συστημάτων, μέσω αξιολόγησης της υφιστάμενης κατάστασης του εξεταζόμενου κτιρίου. Η αναλυτική περιγραφή των παραπάνω μεθόδων ακολουθεί παρακάτω.

Μέθοδος Α - Απλοποιημένη μέθοδος

Η μέθοδος Α, ή απλοποιημένη μέθοδος, είναι η πιο απλή και σύντομη μέθοδος εκτίμησης του δείκτη ευφυούς ετοιμότητας κτιρίων. Η διάρκεια αξιολόγησης εκτιμάται να είναι μέχρι μία ώρα, και ο κατάλογος των ευφών υπηρεσιών είναι περιορισμένος.

Η μέθοδος αυτή περιλαμβάνει 27 υπηρεσίες διαφόρων επιπέδων λειτουργικότητας, όπως παρουσιάζονται στον πίνακα της αναφοράς. Αυτή η μέθοδος είναι κατάλληλη για μικρά κτίρια, όπως κατοικίες ή μικρά κτίρια άλλων χρήσεων, με εμβαδόν έως 500 τετραγωνικά μέτρα. Η εκτίμηση μπορεί να γίνεται είτε από τον ίδιο τον ιδιοκτήτη ή τον χρήστη μέσω κατάλληλου διαδικτυακού εργαλείου, είτε μέσω εξειδικευμένου εκτιμητή. Στη δεύτερη περίπτωση, μπορεί να παρασχεθεί επίσημο πιστοποιητικό. Ακόμη και η αξιολόγηση του κτιρίου χωρίς πιστοποίηση παρέχει πληροφορίες και προωθεί την εφαρμογή έξυπνων τεχνολογιών, οι οποίες είναι ένας από τους βασικούς στόχους του δείκτη ευφυούς ετοιμότητας κτιρίων.[39]

Μέθοδος Α						
Τομέας	Έξυπνες Υπηρεσίες	Επίπεδο Λειτουργικότητας				
		Ε.Λ 0	Ε.Λ 1	Ε.Λ 2	Ε.Λ 3	Ε.Λ 4
Θέρμανση	5	5	4	5	3	2
Ζεστό νερό για οικιακή χρήση	3	3	3	3	3	1
Ψύξη	4	4	4	4	4	3
Εξαερισμός	2	2	2	2	2	1
Φωτισμός	1	1	1	1	1	0
Δυναμικά μεταβαλλόμενο κέλυφος	2	2	2	2	2	2
Ηλεκτρισμός	4	4	4	4	4	4
Φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων	3	3	3	3	1	1
Παρακολούθηση και έλεγχος	3	3	3	3	2	0

Πίνακας 4: Μέθοδος Α - Υπηρεσίες & επίπεδα λειτουργικότητας ανά τομέα [36].

Μέθοδος Β - Λεπτομερής μέθοδος

Η μέθοδος Β, ή λεπτομερής μέθοδος, απαιτεί περισσότερο χρόνο σε σχέση με τη μέθοδο Α, καθώς η λίστα των ευφυών υπηρεσιών είναι πιο εκτενής. Αναφέρετε ότι εξετάζονται συνολικά 54 υπηρεσίες για τους εννέα τομείς, οι οποίες παρουσιάζουν υψηλότερα επίπεδα λειτουργικότητας συγκριτικά με τη μέθοδο Α.

Η εκτίμηση με τη λεπτομερή μέθοδο αναμένεται να απαιτεί μεταξύ 6 και 12 ωρών, και κυρίως χρησιμοποιείται για κτίρια που υπερβαίνουν το πλαίσιο της κατοικίας και είναι συνήθως πιο πολύπλοκα. Ωστόσο, η μέθοδος αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για κατοικίες, αν είναι επιθυμητό ή απαραίτητο. Λόγω της αυξημένης πολυπλοκότητας, η εκτίμηση αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο από εξειδικευμένο προσωπικό, είτε διαδικτυακά είτε μετά από επίτοπο έλεγχο, προκειμένου να ληφθεί επίσημη αξιολόγηση.

Μέθοδος Β						
Τομέας	Έξυπνες Υπηρεσίες	Επίπεδο Λειτουργικότητας				
		Ε.Λ 0	Ε.Λ 1	Ε.Λ 2	Ε.Λ 3	Ε.Λ 4
Θέρμανση	10	10	10	10	8	6
Ζεστό νερό για οικιακή χρήση	5	5	5	5	5	2
Ψύξη	10	10	10	10	8	5
Εξαερισμός	6	6	6	6	5	2
Φωτισμός	2	2	2	2	2	1
Δυναμικά μεταβαλλόμενο κέλυφος	3	3	3	3	3	2
Ηλεκτρισμός	6	6	6	6	5	3
Φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων	3	3	3	3	5	1
Παρακολούθηση και έλεγχος	8	8	8	8	2	1

Πίνακας 5: Μέθοδος Β - Υπηρεσίες & επίπεδα λειτουργικότητας ανά τομέα

ΜΕΘΟΔΟΣ C – Αποτύπωση της πραγματικής κατάστασης

Η μέθοδος C αναφέρεται ως μια μελλοντική εξέλιξη των προηγούμενων δύο μεθόδων. Ενώ οι μέθοδοι A και B καταγράφουν τα επίπεδα λειτουργικότητας των ευφυών έτοιμων υπηρεσιών με ποιοτικό τρόπο, η μέθοδος C καταγράφει την πραγματική κατάσταση του κτιρίου μέσω ποσοτικών μεγεθών. Αυτά τα μεγέθη μπορούν να προκύψουν από μετρήσεις στο κτίριο, ενεργειακά πιστοποιητικά ή πληροφορίες που προσφέρουν τα ευφυή αυτόματα συστήματα.

Η μέθοδος C μπορεί να εφαρμοστεί μόνο σε ήδη κατασκευασμένα κτίρια, και η διάρκειά της ποικίλλει ανάλογα με τις δυσκολίες που μπορεί να προκύψουν κατά την προσπάθεια εύρεσης όλων των απαραίτητων δεδομένων. Ως εκ τούτου, η μέθοδος C απαιτεί περισσότερο χρόνο και προσπάθεια για την αξιολόγηση της έτοιμης ευφυούς ετοιμότητας των κτιρίων.

3.9 Μεθοδολογία Υπολογισμού του Δείκτη SRI

Ανεξαρτήτως της επιλεγόμενης μεθόδου για τον υπολογισμό του δείκτη, μέθοδος A ή B εν προκειμένω, η λογική που ακολουθείται είναι ακριβώς η ίδια. Σε πρώτο στάδιο, αναγνωρίζονται, επιλέγονται και βαθμολογούνται οι ευφυώς έτοιμες υπηρεσίες του εξεταζόμενου κτιρίου. Έπειτα, μέσω απόδοσης βαρών σε κάθε τεχνικό τομέα εξάγονται οι βαθμολογίες των κριτηρίων επίδοσης και μέσω της πολυκριτηριακής μεθόδου η οποία αθροίζει τα παραπάνω αποτελέσματα, γίνεται η τελική αποτίμηση του δείκτη ευφυούς ετοιμότητας. Παρακάτω, δίνονται αναλυτικά τα βήματα της μεθοδολογίας υπολογισμού του δείκτη SRI.

1) Πρώτο βήμα: Επιλογή υπηρεσιών

Όπως αναφέρθηκε, το πρώτο βήμα που αποτελεί τη επιλογή, την αναγνώριση και καταγραφή των ευφυώς έτοιμων υπηρεσιών του κτιρίου ή του κτιριακού τομέα που είναι υπό μελέτη. Οι υπηρεσίες αυτές χωρίζονται σε εννέα τομείς, οι οποίοι είναι: η θέρμανση, η ψύξη, το ζεστό νερό οικιακής χρήσης, ο μηχανικός αερισμός, ο φωτισμός, το δυναμικά μεταβαλλόμενο

κτιριακό κέλυφος, ο ηλεκτρισμός, η φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων και η παρακολούθηση - έλεγχος.

2) Δεύτερο βήμα: Προσδιορισμός επιπέδου λειτουργικότητας υπηρεσιών

Στο δεύτερο βήμα της διαδικασίας, πραγματοποιείται ο ορισμός του επιπέδου λειτουργικότητας για κάθε υπηρεσία. Τα επίπεδα αυτά κυμαίνονται από το μηδέν έως το πέντε, όπου το μηδέν αντιστοιχεί σε υπηρεσίες χωρίς καμία λειτουργικότητα και το πέντε σε υπηρεσίες με μέγιστο επίπεδο λειτουργικότητας. Ο αριθμός των επιπέδων λειτουργικότητας μπορεί να διαφέρει ανά τομέα.

Η αξιολόγηση των υπηρεσιών μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους. Αυτή μπορεί να περιλαμβάνει αυτοψία στους χώρους του κτιρίου, μελέτη τεχνικών εγγράφων ή συνδυασμό αυτών των δύο. Η αξιολόγηση μπορεί να πραγματοποιηθεί από εξειδικευμένο προσωπικό με την ανάλογη εμπειρία και γνώση στον συγκεκριμένο τομέα.

3) Τρίτο βήμα: Υπολογισμός απόδοσης κριτηρίων επίδρασης

Για καθένα από τα επτά κριτήρια επίδρασης, εφόσον είναι γνωστά τα επίπεδα λειτουργικότητας των υπηρεσιών και οι επιδόσεις των αντίστοιχων τεχνικών τομέων, υπολογίζεται η απόδοση με βάση τον τύπο :

$$I(d, ic) = \sum_{i=1}^{N_d} I_{ic}(FL(S_{i,d}))$$

Όπου:

d είναι ο αριθμός του τεχνικού τομέα υπό εξέταση, $d \in \mathbb{N}$

i_c είναι ο αριθμός του κριτηρίου επίδρασης υπό εξέταση, $i_c \in \mathbb{N}$

N_d ο συνολικός αριθμός υπηρεσιών στο τεχνικό τομέα d , $N_d \in \mathbb{N}$

$S_{i,d}$ είναι η υπηρεσία i του τεχνικού τομέα d , $N_d \in \mathbb{N}$

$FL(S_{i,d})$ είναι το επίπεδο λειτουργικότητας της υπηρεσίας $S_{i,d}$ που είναι διαθέσιμο στο κτίριο ή στο τμήμα του κτιρίου

$I_{ic}(FL(S_{i,d}))$ είναι η απόδοση του κριτηρίου επίδρασης της υπηρεσίας $S_{i,d}$, για το κριτήριο επίδρασης i_c , σύμφωνα με το επίπεδο λειτουργικότητας της υπηρεσίας,

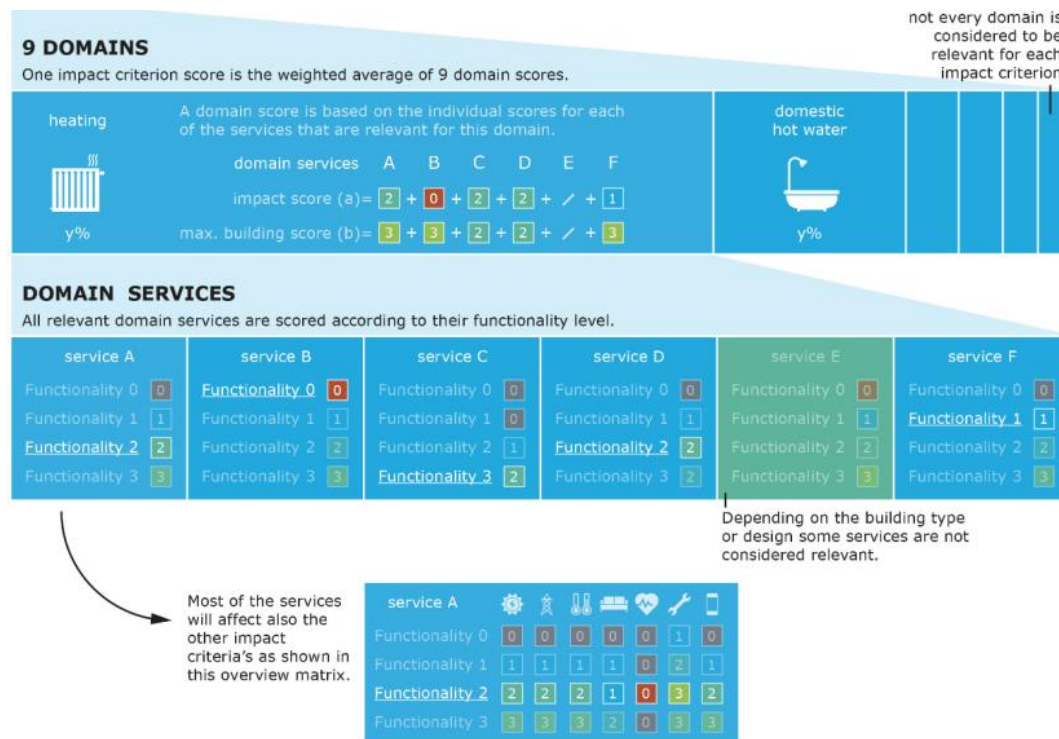
$I_{ic}(FL(S_{i,d})) \in \mathbb{N}$

$I(d, ic)$ είναι το σκορ του κριτηρίου επίδρασης του τεχνικού τομέα d για το κριτήριο επίδρασης i_c , $I(d, ic) \in \mathbb{N}$.

Σύμφωνα με την περιγραφή που δίνεται, αν μια ευφυώς έτοιμη υπηρεσία εμφανίζει διαφορετικά επίπεδα λειτουργικότητας για διαφορετικά τμήματα του κτιρίου, τότε ο υπολογισμός των αποδόσεων των κριτηρίων επίδρασης γίνεται για κάθε χώρο ξεχωριστά και στη συνέχεια παίρνεται ο σταθμισμένος μέσος όρος των αποτελεσμάτων.

Η διαδικασία αυτή μπορεί να είναι πολύπλοκη και απαιτεί την αξιολόγηση κάθε χώρου ξεχωριστά, χρησιμοποιώντας τον τύπο επίδρασης που αναφέρθηκε προηγουμένως (Επίδραση = Βαθμός λειτουργικότητας × Βαρύτητα κριτηρίου). Έπειτα, γίνεται ο σταθμισμένος μέσος όρος των αποτελεσμάτων για κάθε κριτήριο επίδρασης.

Η εικόνα 13 παρουσιάζει αυτήν τη διαδικασία και τη σχέση μεταξύ των διαφόρων υπολογιζόμενων μεγεθών.



Εικόνα 13: Υπολογισμός αποδόσεων κριτηρίων

4) Τέταρτο βήμα: Υπολογισμός μέγιστης απόδοσης κριτηρίων επίδρασης

Ο υπολογισμός αυτός στηρίζεται πάλι στους καταλόγους των ευφών έτοιμων υπηρεσιών. Η μέγιστη βαθμολογία των κριτηρίων επίδρασης για κάθε τεχνικό τομέα, δίνεται μέσω του τύπου:

$$I_{max}(d, i_c) = \sum_i^{N_d} I_{ic}(FL_{max}(S_{i,d})),$$

Όπου :

$FL_{max}(S_{i,d})$ είναι το μέγιστο επίπεδο λειτουργικότητας που μπορεί να έχει η υπηρεσία

$S_{i,d}$ σύμφωνα με τους καταλόγους υπηρεσιών

$I_{ic}(FL_{max}(S_{i,d}))$ είναι η βαθμολογία του κριτηρίου επίδρασης της υπηρεσίας $S_{i,d}$ για το μέγιστο επίπεδο της λειτουργικότητας της, που σημαίνει ότι είναι η μέγιστη βαθμολογία του κριτηρίου επίδρασης της υπηρεσίας $S_{i,d}$ για το κριτήριο επίδρασης i_c . $I_{max}(d, i_c)$ είναι η μέγιστη βαθμολογία του κριτηρίου επίδρασης του τεχνικό τομέα d για το κριτήριο επίδρασης i_c

5) Πέμπτο βήμα: Δείκτης ευφούς ετοιμότητας ανά κριτήριο επίδρασης

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το συνολικό αποτέλεσμα του δείκτη ευφούς ετοιμότητας για κάθε κριτήριο επίδρασης μπορεί να υπολογισθεί ως ο λόγος του σταθμισμένου άθροισματος των αποδόσεων (που υπολογίστηκαν στο τρίτο βήμα) προς το σταθμισμένο άθροισμα των μέγιστων αποδόσεων (που υπολογίστηκαν στο τέταρτο βήμα). Η εν λόγω στάθμιση γίνεται

λαμβάνοντας υπόψιν την σημασία του κάθε τομέα αναφορικά με το κάθε κριτήριο επίδρασης (Εικόνα 14).

$$SR_{ic} = \frac{\sum_{d=1}^N W_{d,ic} \times I(d,ic)}{\sum_{d=1}^N W_{d,ic} \times I_{max}(d,ic)} \times 100$$

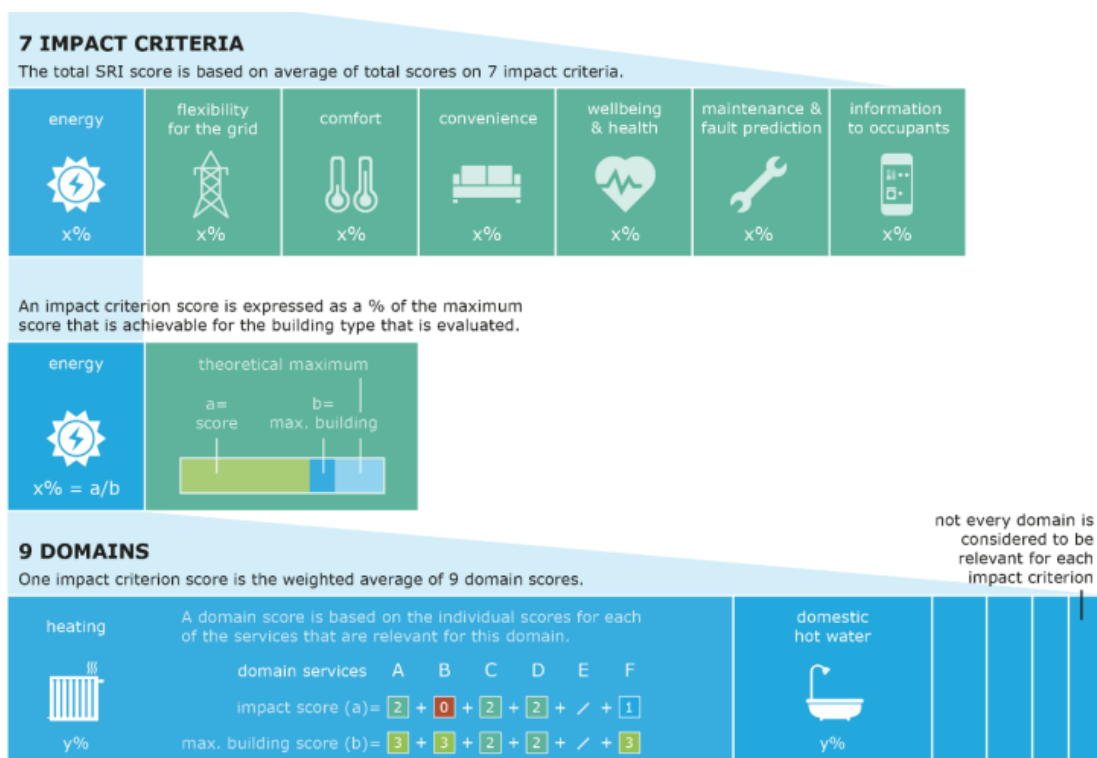
Όπου:

d είναι ο αριθμός του τεχνικού τομέα υπό εξέταση, $d \in \mathbb{N}$

N είναι ο συνολικός αριθμός τεχνικών τομέων, $N \in \mathbb{N}$

W_d , είναι ο συντελεστής βαρύτητας, εκφρασμένος σε μορφή ποσοστού, του τεχνικού τομέα αριθμού d για το κριτήριο επίδρασης αριθμού ic

SR_{ic} είναι το αποτέλεσμα του δείκτη ευφυούς ετοιμότητας, εκφρασμένο σε μορφή ποσοστού για το κριτήριο επίδρασης αριθμού ic .



Εικόνα 14:Υπολογισμός δείκτη ανά κριτήριο επίδρασης

Εναλλακτικά, σύμφωνα με την πρώτη τεχνική μελέτη, δίνεται η δυνατότητα παροχής λεπτομερούς πληροφορίας για τον δείκτη ευφυούς ετοιμότητας για κάθε τεχνικό τομέα ξεχωριστά ανά κριτήριο επίδρασης. Αυτό το υποσύνολο του δείκτη έχει τη χρησιμότητά του και μπορεί να υπολογισθεί σύμφωνα με την παρακάτω σχέση :

$$SR_{d,ic} = \frac{I(d,ic)}{I_{max}(d,ic)} \times 100$$

6) Έκτο βήμα: Δείκτης ευφυούς ετοιμότητας ανά λειτουργία – κλειδί

Για κάθε μία από τις τρεις λειτουργίες κλειδιά, ενεργειακή εξοικονόμηση και λειτουργία, ικανότητα ανταπόκρισης στις ανάγκες των χρηστών και ενεργειακή ευελιξία, υπολογίζονται οι αντίστοιχοι δείκτες ευφυούς ετοιμότητας, και εκφράζονται ως ποσοστό, μέσω της παρακάτω εξίσωσης :

$$SR_f = \sum_{ic=1}^M W_f(ic) \times SR_{ic},$$

όπου:

SR_f είναι το αποτέλεσμα του δείκτη ευφυούς ετοιμότητας για την λειτουργία -κλειδί f

M είναι ο συνολικός αριθμός κριτηρίων επίδρασης, $M \in \mathbb{N}$

W_f , είναι ο συντελεστής βαρύτητας, εκφρασμένος σε μορφή ποσοστού, του κριτηρίου επίδρασης αριθμού ic για την λειτουργία - κλειδί f

SR_{ic} είναι το αποτέλεσμα του δείκτη ευφυούς ετοιμότητας για το κριτήριο επίδρασης αριθμού ic

7) Έβδομο βήμα: Συνολικός δείκτης ευφυούς ετοιμότητας για το κτίριο ή για το τμήμα του κτιρίου

Τελικά, ο συνολικός δείκτης ευφυούς ετοιμότητας του κτιρίου ή της κτιριακής μονάδας, είναι ο σταθμισμένος μέσος όρος των επιμέρους δεικτών των τριών λειτουργιών-κλειδιών και εκφράζεται ως ποσοστό, μέσω της εξίσωσης

$$SR = \sum S_{rf},$$

Όπου :

SR ο συνολικός δείκτης ευφυούς ετοιμότητας

S_{rf} το αποτέλεσμα του δείκτη ευφυούς ετοιμότητας για την λειτουργία - κλειδί f

Κεφάλαιο 4

Εφαρμογή SRI σε διαφορετικές τυπολογίες κτιρίων κατοικιών, μονοκατοικιών και πολυκατοικιών, σε διαφορετικές χώρες της ΕΕ

Στο κεφάλαιο αυτό πραγματοποιείται η παρουσίαση μιας έρευνας που εφαρμόζει την μεθοδολογία SRI σε δύο τυπολογίες συνηθισμένων κατοικιών, μονοκατοικιών και πολυκατοικιών, σε πέντε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, για να αξιολογήσει το κόστος ανακαίνισης προς την έξυπνη επισκευή των κτιρίων και να αξιολογήσει τον βαθμό SRI όταν εφαρμόζονται διάφορα σενάρια ανακαίνισης.

Για τον σκοπό αυτό, υιοθετείται μια διαδικασία τριών βημάτων αξιολόγησης. Πρώτα, υπολογίζεται ο SRI για το αρχικό σενάριο που αντιπροσωπεύει τις εθνικές ελάχιστες απαιτήσεις σύμφωνα με την Οδηγία για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων (EPBD). Στη συνέχεια, υπολογίζεται ο SRI μετά την εφαρμογή ενός σεναρίου ανακαίνισης που περιλαμβάνει τεχνολογίες που είναι διαθέσιμες στην αγορά για τα κτίρια με σχεδόν μηδενική ενεργειακή κατανάλωση. Τέλος, αξιολογείται ένα πιο περιεκτικό σενάριο ανακαίνισης με ενσωματωμένες τεχνολογίες προς κτίρια με θετική ενεργειακή ισορροπία.

Στην παρούσα μελέτη, οι εκτιμήσεις του SRI πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση του πακέτου αξιολόγησης SRI που παρέχεται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, και συγκεκριμένα, του φύλλου υπολογισμού για τη μέθοδο αξιολόγησης SRI A/B Έκδοση 4.4.2. Ο υπολογισμός βασίζεται στα αποτελέσματα της δεύτερης τεχνικής αναφοράς (Γενική Διεύθυνση Ενέργειας της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, 2020). Η χρήση αυτού του εργαλείου αναμένεται να αυξήσει την ποιότητα των αποτελεσμάτων και τη συγκρισιμότητα με μελλοντικές μελέτες. Ο σχεδιασμός της έρευνας, καθώς και οι κύριες υποθέσεις που εφαρμόστηκαν σε αυτήν τη μελέτη, παρέχονται με περισσότερες λεπτομέρειες στην επόμενη ενότητα.

Αυτή η μελέτη σχεδιάστηκε για να αξιολογήσει το κόστος αναβάθμισης προς έξυπνες λειτουργίες για τα τυπικά κατοικίες, χρησιμοποιώντας τη μεθοδολογία SRI για την αξιολόγηση της μεταβολής της έξυπνης λειτουργίας, όταν εφαρμόζονται διάφορα σενάρια αναβάθμισης. Αρχικά, ο SRI υπολογίστηκε για ένα βασικό σενάριο, δηλαδή την τρέχουσα κατάσταση των τυπικών κατοικιών, και στη συνέχεια για δύο διαδοχικούς κύκλους αναβάθμισης προς έξυπνες λειτουργίες (Σενάριο A και Σενάριο B) με στόχο τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, αλλά κυρίως της έξυπνης λειτουργίας τους, λαμβάνοντας υπόψη επεμβάσεις "plug-and-play" που είναι αποδοτικές από πλευράς κόστους.

Το βασικό σενάριο αντιπροσωπεύει κτίρια που πληρούν τις ελάχιστες εθνικές απαιτήσεις ως προς την ενεργειακή απόδοση (σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία της σχετικής χώρας μετά την εφαρμογή της EPBD-Energy Performance of Buildings Directive) και είναι τυπικά όσον αφορά την οπτική εμφάνιση, τα κοινά στοιχεία κατασκευής και τις αντίστοιχες τιμές U. Τα επιλεγμένα κτίρια για το βασικό σενάριο είναι εξοπλισμένα με παραδειγματικά συστήματα παροχής θερμότητας με κοινά συστήματα που συναντώνται συχνά [40]. Καθώς τα κτίρια αυτά έχουν κατασκευαστεί μετά το 2010 (EPBD), μπορούν να θεωρηθούν ενεργειακά αποδοτικά και, επομένως, τα προτεινόμενα σενάρια αναβάθμισης περιορίζονται σε ενεργά συστήματα χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οι ανακαινίσεις του περιβλήματος του κτιρίου. Προς αυτήν την κατεύθυνση, το Σενάριο A λαμβάνει υπόψη τεχνολογίες που είναι ήδη διαθέσιμες στην αγορά και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να βοηθήσουν τα κτίρια να προχωρήσουν προς τα Κτίρια

Που Σχεδόν Δεν Καταναλώνουν Ενέργεια (Nearly Zero Energy Building-NZEB), ενώ το Σενάριο Β ενσωματώνει περισσότερες τεχνολογίες που υπερβαίνουν τα NZEB και μπορούν να συμβάλουν στην κατάταξη των κτιρίων ως Κτίρια Που Παράγουν Ενέργεια (PEB).

Η προτεινόμενη μέθοδος υπολογισμού του SRI εφαρμόστηκε σε δύο τυπικές κατηγορίες κτιρίων που καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος του υφιστάμενου ευρωπαϊκού κτιριακού αποθέματος. Οι δύο κατηγορίες κτιρίων εξετάστηκαν για πέντε ευρωπαϊκές χώρες, που αντιπροσωπεύουν τις πέντε κλιματικές ζώνες όπως ορίζονται από την Γενική Διεύθυνση Ενέργειας (Ευρωπαϊκή Επιτροπή) το 2020[41], δηλαδή Βόρεια Ευρώπη (Δανία), Δυτική Ευρώπη (Αυστρία), Νότια Ευρώπη (Ελλάδα), Βορειοανατολική Ευρώπη (Τσεχική Δημοκρατία) και Νοτιοανατολική Ευρώπη (Βουλγαρία). Όλα τα επιλεγμένα κτίρια έχουν κατασκευαστεί μετά την εφαρμογή της EPBD ως νομικού μέσου στην Ευρωπαϊκή Ένωση με την Οδηγία 2002/91/ΕΚ, τροποποιημένη από την Οδηγία 2010/31/ΕΕ, δηλαδή κατά την περίοδο κατασκευής μεταξύ 2009 και 2018. Η επιλογή των "νέων" κτιρίων για αυτήν τη μελέτη βασίζεται στο γεγονός ότι τα νεότερα κτίρια (κατασκευασμένα μετά την εφαρμογή της EPBD) έχουν μεγαλύτερη δυνατότητα για έξυπνη αναβάθμιση με σχετικά χαμηλότερο κόστος από τα κτίρια που κατασκευάστηκαν πριν από την εφαρμογή της EPBD.

Και η Μέθοδος Α και η Μέθοδος Β της μεθοδολογίας SRI εφαρμόστηκαν (βλέπε Πίνακα 4). Παρόλο που η Μέθοδος Β είναι κυρίως ευθυγραμμισμένη προς πιο πολύπλοκα κτίρια (μη κατοικίες), αυτή εφαρμόστηκε λόγω του υψηλότερου επιπέδου πληροφοριών που παρέχει σε ό,τι αφορά τις έξυπνες υπηρεσίες που εξετάζει. Αυτή η μελέτη χρησιμοποίησε τους προεπιλεγμένους παράγοντες βαρύτητας για πολυκριτήρια αξιολόγηση (Directorate-General for Energy (European Commission) 2020). Τα δεδομένα σχετικά με τις τοπολογίες των κτιρίων, καθώς και τα συστήματα θέρμανσης, εξαερισμού και ζεστού νερού χρήσης για τα τυπικά κτίρια, δηλαδή παρόμοια κτίρια ως προς την εμφάνιση και τη δομή που συνήθως συναντώνται στις εξεταζόμενες χώρες και αντιπροσωπεύουν τις δύο επιλεγμένες τυπολογίες (δηλαδή μονοκατοικία και πολυκατοικία), ανακτήθηκαν από το TABULA Web Tool (TABULA, 2022), το οποίο αναπτύχθηκε στο πλαίσιο των έργων Energy Europe "TABULA" (IEE Project TABULA, 2009[42]) και "EPISCOPE" (IEE Project EPISCOPE, 2013[43]) με κύριο στόχο τη διάδοση τυπικών εθνικών τοπολογιών κατοικιών στους εμπειρογνώμονες κτιριακής κατασκευής στην Ευρώπη και για την παρακολούθηση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων όσον αφορά την εξοικονόμηση ενέργειας και τους κλιματικούς στόχους. Τα ίδια σενάρια εφαρμόστηκαν τόσο για τις μονοκατοικίες όσο και για τις πολυκατοικίες, με σκοπό την υποστήριξη σκοπούς συγκριτικής αξιολόγησης καθώς και την ευθυγράμμιση του πεδίου της μελέτης με τις συστάσεις του TABULA και των εθνικών κανονισμών. Οι παρεμβάσεις επιλέχθηκαν εκμεταλλευόμενες τις συστάσεις του TABULA και τις αντίστοιχες απαιτήσεις της EPBD, καθώς και καθορίζοντας τις συγκεκριμένες ανάγκες του κτιρίου σε σχέση με τον τύπο του, την κλιματική ζώνη/χώρα, τις λειτουργικές ανάγκες και την προηγούμενη κατάσταση.

Ο διαδικασία εφαρμογής της μεθοδολογίας SRI για τα διάφορα σενάρια χωρίστηκε σε τρία εργαστηριακά βήματα, ακολουθούμενα από τον προσδιορισμό του κόστους ανά παρέμβαση σε κάθε σενάριο. Αναλυτικά, τα βήματα και οι πληροφορίες σχετικά με τα επιλεγμένα κτίρια για την ανάλυση περιγράφονται στις ακόλουθες ενότητες.

	Μέθοδος Α	Μέθοδος Β	Μέθοδος C
Κατάλογος Έξυπνων Υπηρεσιών	Αναφέρει έναν περιορισμένο, απλοποιημένο κατάλογο με 27 υπηρεσίες.	Αναφέρει τον πλήρη κατάλογο των 54 υπηρεσιών	Καταγραφή βασισζόμενη στα συστήματα αυτοματισμού και ελέγχου κτιρίων.
Εφαρμοσιμότητα	Κατοικημένα και μικρα μη κατοικημένα κτίρια (<500m2)	Μη κατοικημένα κτίρια	Κατοικημένα και μη κατοικημένα κτίρια (περιορισμένα σε κατοικημένα κτίρια).
Λοιπές Πληροφορίες	Προσέγγιση με βάση τον κατάλογο ελέγχου, αυτοαξιολόγηση από τον τελικό χρήστη (χωρίς πιστοποίηση) ή αξιολόγηση από τρίτο μέρος στον τόπο (επίσημη πιστοποίηση).	Προσέγγιση με βάση τον κατάλογο ελέγχου, αυτοαξιολόγηση σε απευθείας σύνδεση από τον τελικό χρήστη (χωρίς πιστοποίηση) ή αξιολόγηση από τρίτο μέρος στον τόπο (επίσημη πιστοποίηση)	Απαιτεί δεδομένα για μεγάλη χρονική περίοδο, λεπτομερείς προδιαγραφές δεν είναι ακόμη διαθέσιμες.

Πίνακας 6: Μεθόδοι που μπορούν να εφαρμοστούν για την αξιολόγηση του SRI(Directorate-General for Energy (European Commission) 2020)

4.1 Ορισμός και αξιολόγηση του Δείκτη Ευφυούς Ετοιμότητας (SRI) για το σενάριο αναφοράς (baseline scenario)

Αρχικά, ολοκληρώθηκε η αξιολόγηση του SRI για τις μονοκατοικίες (SFH- *Single-Family Houses*) και τις πολυκατοικίες (MFH- *Multi-Family Houses*) για το βασικό σενάριο, που αντιπροσωπεύει τις εθνικές ελάχιστες απαιτήσεις για τις επιλεγμένες τοπολογίες στις πέντε χώρες. Τα βασικά χαρακτηριστικά των επιλεγμένων κτιρίων παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες 7 και 8. Οι χώρες επιλέχθηκαν έτσι ώστε να εκπροσωπούν όλες τις πέντε κλιματικές ζώνες σύμφωνα με τη μεθοδολογία SRI.

Χώρα	Δανία	Τσεχία	Ελλάδα	Βουλγαρία	Αυστρία
					
Κλιματική Ζώνη	Βόρεια Ευρώπη	Βορειοανατολική Ευρώπη	Νότια Ευρώπη	Νοτιοανατολική Ευρώπη	Δυτική Ευρώπη
Έτος κατασκευής	2011	2010	2011	2009	2010
Εμβαδόν δαπέδου	151 m ²	105 m ²	128 m ²	111 m ²	153 m ²
Εθνικές ελάχιστες απαιτήσεις					
Θέρμανση	Απομακρυσμένη Θέρμανση	Σύστημα κεντρικής θέρμανσης με φυσικό αέριο, υψηλή απόδοση: συμπυκνωμένος λέβητας, καλή μόνωση των σωληνώσεων	Νέο μη συμπυκνούμενο λέβητα πετρελαίου με αντιστάθμιση εξωτερικής θερμοκρασίας / κεντρική διανομή, σωληνώσεις κυρίως μέσα σε θερμαινόμενους χώρους, καλή μόνωση.	Θέρμανση με βιομάζα (θέρμανση με ξυλόκαυστες παλέτες)	Κεντρική θέρμανση με πετρέλαιο, υψηλή απόδοση: συμπυκνωμένος λέβητας, ελαχιστοποίηση απωλειών θερμότητας στη διανομή
Εξαερισμός	Φυσικός εξαερισμός	Φυσικός εξαερισμός	Φυσικός εξαερισμός	Φυσικός εξαερισμός	Φυσικός εξαερισμός
Ζεστό νερό χρήσης	Απομακρυσμένη Θέρμανση	Κεντρικό σύστημα ζεστού νερού, μεσαία απόδοση: συνδυασμός θερμαντικού συστήματος με την παραγωγή ζεστού νερού (συμπυκνωμένος λέβητας), χωρίς παροχή κυκλοφορίας	Νέος λέβητας πετρελαίου με αποθήκη και επιπλέον αντίσταση εφεδρικής λειτουργίας. Ηλιακοί συλλέκτες για το 60% της ζεστού νερού χρήσης.	Ατομικός ηλεκτρικός θερμοσίφοντας	Κεντρικό σύστημα ζεστού νερού, υψηλή απόδοση: συνδυασμός παραγωγής θερμότητας με το θερμαντικό σύστημα (συμπυκνωμένος λέβητας)

Πίνακας 7: Κύρια χαρακτηριστικά της περίπτωσης "Μονοκατοικίες" για το βασικό σενάριο.

Χώρα	Δανία	Τσεχία	Ελλάδα	Βουλγαρία	Αυστρία
					
Κλιματική Ζώνη	Βόρεια Ευρώπη	Βορειοανατολική Ευρώπη	Νότια Ευρώπη	Νοτιοανατολική Ευρώπη	Δυτική Ευρώπη
Έτος κατασκευής	2010	2010	2011	2009	2010
Εμβαδόν δαπέδου	656 m ²	1876 m ²	638 m ²	387 m ²	906 m ²
Εθνικές ελάχιστες απαιτήσεις					
Θέρμανση	Απομακρυσμένη Θέρμανση	Απομακρυσμένη Θέρμανση	Νέος μη συμπυκνούμενος λέβητας πετρελαίου με αντισταθμιστή εξωτερικής θερμοκρασίας / κεντρική διανομή, σωληνώσεις κυρίως μέσα σε θερμαινόμενους χώρους, καλή μόνωση.	Απομακρυσμένη Θέρμανση	Κεντρική θέρμανση με φυσικό αέριο, υψηλή απόδοση: συμπυκνωμένος λέβητας, ελαχιστοποίηση απωλειών θερμότητας στη διανομή
Εξαερισμός	Σύστημα απαγωγής αέρα	Φυσικός εξαερισμός	Φυσικός εξαερισμός	Φυσικός εξαερισμός	Φυσικός εξαερισμός
Ζεστό νερό χρήσης	Απομακρυσμένη Θέρμανση	Απομακρυσμένη Θέρμανση	Νέος λέβητας πετρελαίου με αποθήκη και εφεδρική αντίσταση θέρμανσης. Ηλιακοί συλλέκτες για το 60% του ζεστού νερού χρήσης.	Ατομικός ηλεκτρικός θερμοσίφωνα	Κεντρικό σύστημα ζεστού νερού, υψηλή απόδοση: συνδυασμός παραγωγής θερμότητας με το θερμαντικό σύστημα (συμπυκνωμένος λέβητας)

Πίνακας 8: Βασικά χαρακτηριστικά της περίπτωσης "Πολυκατοικίες" για το βασικό σενάριο.

4.2 Ορισμός και αξιολόγηση του Δείκτη Ευφούς Ετοιμότητας για το Σενάριο Α

Στο επόμενο βήμα περιλαμβάνεται η εφαρμογή της μεθοδολογίας SRI στους ίδιους τύπους κτιρίων λαμβάνοντας υπόψη ότι έχει εφαρμοστεί η αναβάθμιση Σεναρίου Α. Στο Σενάριο Α λαμβάνονται υπόψη παρεμβάσεις που μπορούν να ληφθούν υπόψη για την αναβάθμιση του κτιρίου προς το Σχεδόν Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης Κτίριο (Nearly Zero Energy Building (NZEB)) [44], όπως προβλέπεται από την Οδηγία EPBD. Συνεπώς, οι παρεμβάσεις αναβάθμισης που λαμβάνονται υπόψη, στοχεύουν στη μετατροπή του κτιρίου σε κτίριο που συνδέεται στο δίκτυο με πολύ υψηλή ενεργειακή απόδοση και σχεδόν μηδενική ή πολύ χαμηλή κατανάλωση ενέργειας που απαιτείται να καλυφθεί από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ-

Renewable energy sources (RES)), συμπεριλαμβανομένων των ΑΠΕ που παράγονται στον τόπο ή κοντά σε αυτό (ανάλογα με τους κανονισμούς για τη NZEB για κάθε χώρα).

Παρακατω παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των παρεμβάσεων που λαμβάνονται υπόψη για το Σενάριο Α, αναφορικά με τις μονοκατοικίες και τις πολυκατοικίες αντίστοιχα. Γενικά, οι παρεμβάσεις που λαμβάνονται υπόψη για το Σενάριο Α επικεντρώνονται στην έξυπνη αναβάθμιση του κτιρίου και όχι τόσο στη δραστική αναβάθμιση των ενεργειακών συστημάτων, προκειμένου να αξιολογηθούν κυρίως αναβαθμίσεις που μπορούν να προκαλέσουν την έξυπνη αναβάθμιση των κτιρίων.

Απαιτήσεις Απαιτητικού Προτύπου(Σενάριο Α)					
	Θέρμανση	Εξαερισμός	Ζεστό νερό χρήσης	Παραγωγή/Αποθήκευση	Αυτοματισμός Κτιρίου
Δανία	Απομακρυσμένη θέρμανση με θερμοαντήρα ανταλλαγής θερμότητας	Σύστημα αερισμού με ανάκτηση θερμότητας	Απομακρυσμένη θέρμανση με θερμοαντήρα ανταλλαγής θερμότητας. Εγκατάσταση αποθήκης ζεστού νερού για υγιεινή χρήση	Σύστημα φωτοβολταϊκών (BAPV/BIPV)	Σύστημα διαχείρισης κτιρίου (BMS) για έλεγχο του συστήματος HVAC , φωτισμού και φόρτου για την παραγόμενη ανανεώσιμη ενέργεια Αισθητήρες ποιότητας αέρα (π.χ. CO2, PM κλπ.) και αισθητήρες φωτισμού
Τσεχία	Κεντρικό σύστημα θέρμανσης με φυσικό αέριο, υψηλή απόδοση: συμπτυκνωτικός λέβητας, καλή μόνωση των σωληνώσεων	Σύστημα αερισμού με ανάκτηση θερμότητας	Κεντρικό σύστημα ζεστού νερού, υψηλή απόδοση: συνδυασμός παραγωγής θερμότητας με το σύστημα θέρμανσης (συμπυκνωτικός λέβητας) Εγκατάσταση αποθήκης ζεστού νερού για χρήση υγιεινής	Σύστημα φωτοβολταϊκών (BAPV/BIPV)	Σύστημα διαχείρισης κτιρίου (BMS) για έλεγχο του συστήματος HVAC , φωτισμού και φόρτου για την παραγόμενη ανανεώσιμη ενέργεια Αισθητήρες ποιότητας αέρα (π.χ. CO2, PM κλπ.) και

					αισθητήρες φωτισμού
Ελλάδα	Συμπυκνωτικός λέβητας με αυτόματο ρύθμισης θερμοκρασίας εξωτερικού χώρου και ελέγχου δωματίων - πετρέλαιο / κεντρική διανομή, σωληνώσεις κυρίως εντός θερμαινόμενων χώρων, καλά μονωμένες	Φυσικός εξαερισμός	Εγκατάσταση αποθήκης ζεστού νερού για υγιεινή χρήση και χρήση ηλιακών θερμικών συλλεκτών	Σύστημα φωτοβολταϊκών (BAPV/BIPV)	Σύστημα διαχείρισης κτιρίου (BMS) για έλεγχο του συστήματος HVAC , φωτισμού και φόρτου για την παραγόμενη ανανεώσιμη ενέργεια Αισθητήρες ποιότητας αέρα (π.χ. CO2, PM κλπ.) και αισθητήρες φωτισμού
Βουλγαρία	Θέρμανση με βιομάζα (θέρμανση με ξυλοκάλυμμα)	Φυσικός εξαερισμός	Εγκατάσταση αποθήκης ζεστού νερού για υγιεινή χρήση και χρήση ηλιακών θερμικών συλλεκτών	Σύστημα φωτοβολταϊκών (BAPV/BIPV)	Σύστημα διαχείρισης κτιρίου (BMS) για έλεγχο του συστήματος HVAC , φωτισμού και φόρτου για την παραγόμενη ανανεώσιμη ενέργεια Αισθητήρες ποιότητας αέρα (π.χ. CO2, PM κλπ.) και αισθητήρες φωτισμού
Αυστρία	Κεντρική θέρμανση με πετρέλαιο, υψηλή απόδοση: συμπυκνωτικός λέβητας, ελαχιστοποίηση απωλειών θερμότητας στη διανομή	Φυσικός εξαερισμός	Κεντρικό σύστημα ζεστού νερού, υψηλή απόδοση: συνδυασμός παραγωγής θερμότητας με το σύστημα θέρμανσης, εγκατάσταση αποθήκης ζεστού νερού	Σύστημα φωτοβολταϊκών (BAPV/BIPV)	Σύστημα διαχείρισης κτιρίου (BMS) για έλεγχο του συστήματος HVAC , φωτισμού και φόρτου για την παραγόμενη ανανεώσιμη

			για υγιεινή χρήση.		ενέργεια Αισθητήρες ποιότητας αέρα (π.χ. CO ₂ , PM κλπ.) και αισθητήρες φωτισμού
--	--	--	--------------------	--	--

Πίνακας 9: Βασικά χαρακτηριστικά της περίπτωσης "Μονοκατοικίες" για το Σενάριο Α.

Απαιτήσεις Απαιτητικού Προτύπου(Σενάριο Α)					
	Θέρμανση	Εξαερισμός	Ζεστό νερό χρήσης	Παραγωγή/Αποθήκευση	Αυτοματισμός Κτιρίου
Δανία	Απομακρυσμένη θέρμανση με ανταλλάκτη θερμότητας	Νέο σύστημα αερισμού με ανάκτηση θερμότητας	Απομακρυσμένη θέρμανση με ανακυκλοφορία, εγκατάσταση αποθήκης ζεστού νερού για υγιεινή χρήση	Σύστημα φωτοβολταϊκών (BAPV/BIPV)	Σύστημα διαχείρισης κτιρίου (BMS) για έλεγχο του συστήματος HVAC , φωτισμού και φόρτου για την παραγόμενη ανανεώσιμη ενέργεια Αισθητήρες ποιότητας αέρα (π.χ. CO ₂ , PM κλπ.) και αισθητήρες φωτισμού
Τσεχία	Απομακρυσμένη θέρμανση με ανταλλάκτη θερμότητας	Σύστημα αερισμού με ανάκτηση θερμότητας	Απομακρυσμένη θέρμανση με ανακυκλοφορία, εγκατάσταση αποθήκης ζεστού νερού για υγιεινή χρήση	Σύστημα φωτοβολταϊκών (BAPV/BIPV)	Σύστημα διαχείρισης κτιρίου (BMS) για έλεγχο του συστήματος HVAC , φωτισμού και φόρτου για την παραγόμενη ανανεώσιμη ενέργεια Αισθητήρες ποιότητας αέρα (π.χ. CO ₂ , PM κλπ.) και αισθητήρες φωτισμού
Ελλάδα	Συμπυκνωμένος λέβητας με αντιστάθμιση εξωτερικής	Φυσικός αερισμός	Εγκατάσταση αποθήκης ζεστού νερού για υγιεινή	Σύστημα φωτοβολταϊκών (BAPV/BIPV)	Σύστημα διαχείρισης κτιρίου (BMS) για έλεγχο του

	θερμοκρασίας και έλεγχος δωματίων - πετρέλαιο / κεντρική διανομή, αγωγοί κυρίως μέσα σε θερμαινόμενους χώρους, καλή μόνωση		χρήση και χρήση ηλιακών θερμικών συλλεκτών		συστήματος HVAC , φωτισμού και φόρτου για την παραγόμενη ανανεώσιμη ενέργεια Αισθητήρες ποιότητας αέρα (π.χ. CO2, PM κλπ.) και αισθητήρες φωτισμού
Βουλγαρία	Απομακρυσμένη θέρμανση	Φυσικός αερισμός	Απομακρυσμένη θέρμανση με ανακυκλοφορία Εγκατάσταση αποθήκης ζεστού νερού για υγιεινή χρήση	Σύστημα φωτοβολταϊκών (BAPV/BIPV)	Σύστημα διαχείρισης κτιρίου (BMS) για έλεγχο του συστήματος HVAC , φωτισμού και φόρτου για την παραγόμενη ανανεώσιμη ενέργεια Αισθητήρες ποιότητας αέρα (π.χ. CO2, PM κλπ.) και αισθητήρες φωτισμού
Αυστρία	Απομακρυσμένη θέρμανση	Φυσικός αερισμός	Κεντρικό σύστημα ζεστού νερού, υψηλής απόδοσης: συνδυασμός θερμαντικού συστήματος με απομακρυσμένη θέρμανση Εγκατάσταση αποθήκης ζεστού νερού για υγιεινή χρήση	Σύστημα φωτοβολταϊκών (BAPV/BIPV)	Σύστημα διαχείρισης κτιρίου (BMS) για έλεγχο του συστήματος HVAC , φωτισμού και φόρτου για την παραγόμενη ανανεώσιμη ενέργεια Αισθητήρες ποιότητας αέρα (π.χ. CO2, PM κλπ.) και αισθητήρες φωτισμού

Πίνακας 10: Βασικά χαρακτηριστικά της περίπτωσης "Πολυκατοικίες" για το Σενάριο Α.

4.3 Ορισμός και αξιολόγηση του Δείκτη Ευφούς Ετοιμότητας για το Σενάριο B

Το τρίτο βήμα περιλαμβάνει την εφαρμογή της μεθοδολογίας SRI στα επιλεγμένα κτίρια, λαμβάνοντας υπόψη ένα διαδοχικό σενάριο ανακαίνισης (Σενάριο B) έχει εφαρμοστεί. Στο Σενάριο B λαμβάνουμε υπόψη ανακαινιστικά μέτρα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να προσφέρουν μεγαλύτερη ευελιξία στο δίκτυο, εάν τα κτίρια παράγουν περισσότερη ενέργεια από ό,τι καταναλώνουν, αφήνοντας τους χρήστες με περισσότερη ενέργεια για να τη χρησιμοποιήσουν με άλλους τρόπους, όπως να τροφοδοτήσουν φορητές συσκευές, ηλεκτρικά εργαλεία ή ηλεκτρικά αυτοκίνητα, δηλαδή να ανακαινίσουν τα κτίρια προς ένα Κτίριο Θετικής [45][46].

Ωστόσο, ο κύριος στόχος της ανακαίνισης για το Σενάριο B είναι η αύξηση της έξυπνης λειτουργικότητας, και για τον λόγο αυτό επιλέχθηκαν μέτρα που μπορούν να εφαρμοστούν με το χαμηλότερο δυνατό κόστος. Οι συγκεκριμένοι τύποι επεμβάσεων που λαμβάνονται υπόψη για το Σενάριο B παρουσιάζονται στον Πίνακα 9 και ισχύουν για τόσο για τα μονοκατοικίες όσο και για τα πολυκατοικίες σε όλες τις χώρες.

Τύπος Κτιρίου	Μονοκατοικίες	Πολυκατοικίες
<ul style="list-style-type: none"> • Δανία • Τσεχία • Ελλάδα • Βουλγαρία • Αυστρία 	Αντικατάσταση συστημάτων θέρμανσης με αντλίες θερμότητας ή με διασυνδεδεμένα συστήματα θέρμανσης όπου είναι διαθέσιμα.	Αντικατάσταση συστημάτων θέρμανσης με αντλίες θερμότητας ή με διασυνδεδεμένα συστήματα θέρμανσης όπου είναι διαθέσιμα.
	Αερισμός με ανάκτηση θερμότητας (όπου δεν είναι παρούσα).	Αερισμός με ανάκτηση θερμότητας (όπου δεν είναι παρούσα).
	Χρήση ευέλικτων θερμικών και/ή ηλεκτρικών αποθηκευτικών μέσων (αποθήκευση ηλεκτρικού αυτοκινήτου EV).	Χρήση ευέλικτων θερμικών και/ή ηλεκτρικών αποθηκευτικών μέσων (αποθήκευση ηλεκτρικού αυτοκινήτου EV).
	Σύστημα V2G (φόρτιση αυτοκινήτων EV με δυνατότητα αμφίδρομης φόρτισης)	Σύστημα V2G (φόρτιση αυτοκινήτων EV με δυνατότητα αμφίδρομης φόρτισης)

Πίνακας 11: Κύρια χαρακτηριστικοί παράμετροι των "μονοκατοικιών" και των "πολυκατοικιών" για το Σενάριο B

4.4 Σύγκριση τιμών αγοράς για τα σενάρια A και B

Η εκτίμηση του κόστους για όλες τις παρεμβάσεις βασίζεται σε συστηματική συλλογή, ανάλυση και αξιολόγηση πληροφοριών σχετικά με τις τρέχουσες αγορικές τιμές. Οι προτεινόμενες λύσεις προσαρμόζονται σε όρους χωρητικότητας/διάστασης και, στη συνέχεια, το κόστος της παρέμβασης προσαρμόζεται στο προφίλ φόρτου και τις ανάγκες του τύπου του κτιρίου. Ο Πίνακας 10 παρουσιάζει τις προσδιοριζόμενες τιμές αγοράς για τις παρεμβάσεις του Σεναρίου A και του Σεναρίου B αντίστοιχα.

Τομέας	Παρεμβάσεις	Τιμές Αγοράς
Θέρμανση	A) Συμπυκνωμένος λέβητας με αντιστάθμιση ελέγχου ανάλογα με την εξωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος (ανεξάρτητα από το καύσιμο) B) Θέρμανση με απομακρυσμένο θερμικό δίκτυο με ανταλλάκτη θερμότητας (εφόσον είναι εφαρμόσιμο) Γ) Θερμοσυσσωρευτές (αέρα προς νερό ή αέρα προς αέρα)	A) Μονοκατοικίες 800 – 1700 € (για 25kW _{th}) Πολυκατοικίες 1700 – 3400 € (max 50kW _{th}) B) 7000 - 8000 € [47] Γ) 300 - 500 €/kW _{th}
Εξαερισμός	Σύστημα εξαερισμού με ανάκτηση θερμότητας	19 - 40 €/m ²
Ζεστό νερό χρήσης	A) Ηλιακό θερμικό σύστημα με αποθήκευση ζεστού νερού B) Υπάρχον σύστημα θέρμανσης συνδεδεμένο με αποθήκευση ζεστού νερού	A) 150–500 €/ανα άτομο ανάλογα με την τοποθεσία B) 300 – 1000 € ανα κτίριο
Παραγωγή/Αποθήκευση	A) Σύστημα Φωτοβολταϊκών (BAPV/BIPV) B) Σύστημα V2G (διπλής κατεύθυνσης φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων)	A) Μονοκατοικίες 3500–6000 € (για 5kW _{el}) [48] Πολυκατοικίες 19,000–30,000 € (max 30kW _{el}) B) Μονοκατοικίες 5000 € Πολυκατοικίες 15,000 €
Αυτοματισμός Κτιρίου	Σύστημα διαχείρισης κτιρίου (BMS) για τον έλεγχο του συστήματος HVAC, του φωτισμού και του φορτίου για την παραγόμενη ανανεώσιμη ηλεκτρική ενέργεια, συμπεριλαμβανομένων αισθητήρων.	25 – 80 €/m ²

Πίνακας 12: Τιμές αγοράς των παρεμβάσεων του Σεναρίου A και του Σεναρίου B

4.5 Αποτελέσματα Έρευνας

Σε αυτήν την ενότητα γίνεται η ανάλυση των αποτελεσμάτων SRI για τις επιλεγμένες τυπολογίες κτιρίων και κλιματικές ζώνες. Πρώτα, εξετάζεται ο αντίκτυπος των έξυπνων σεναρίων ανακαίνισης στην αύξηση των επιπέδων έξυπνης λειτουργίας των κτιρίων και ο σχετιζόμενος βαθμός SRI που προκύπτει. Δεύτερον, ακολουθεί μια εκτίμηση του κόστους των προτεινόμενων έξυπνων παρεμβάσεων για διάφορα σενάρια ανακαίνισης, σενάρια A και B, με σκοπό την αξιολόγηση της αποδοτικότητάς τους σε σχέση με τη συνολική βελτίωση του SRI. Δεδομένα και αποτελέσματα που παράχθηκαν με τον υπολογιστικό φύλλο είναι διαθέσιμα κατόπιν αιτήματος. Οι βαθμολογίες SRI που προκύπτουν για κάθε χώρα και για τα διάφορα σενάρια και μεθόδους παρουσιάζονται στον Πίνακα 13 και 14.

Συνολικό Σκορ(%)-Τάξη SRI(A-G)	Σενάρια					
	Σενάριο αναφοράς (baseline scenario)		Σενάριο A		Σενάριο B	
	Μέθοδος A	Μέθοδος B	Μέθοδος A	Μέθοδος B	Μέθοδος A	Μέθοδος B
Μονοκατοικίες						
Δανία	7% (G)	7% (G)	37% (E)	32% (F)	70% (C)	68% (C)
Τσεχία	8% (G)	4% (G)	33% (F)	27% (F)	70% (C)	66% (C)
Ελλάδα	16% (G)	9% (G)	41% (E)	31% (F)	73% (C)	69% (C)
Βουλγαρία	4% (G)	2% (G)	28% (F)	26% (F)	66% (C)	64% (D)
Αυστρία	5% (G)	4% (G)	29% (F)	23% (F)	68% (C)	67% (C)
Μέσος όρος	8%	5%	34%	28%	70%	67%

Πίνακας 13: Συνολικές βαθμολογίες SRI και κατηγορία SRI για διάφορα σενάρια και εφαρμοσθείσες μεθόδους-Μονοκατοικίες

Συνολικό Σκορ(%)- Τάξη SRI(A- G)	Σενάρια					
	Σενάριο αναφοράς (baseline scenario)		Σενάριο A		Σενάριο B	
	Μέθοδος A	Μέθοδος B	Μέθοδος A	Μέθοδος B	Μέθοδος A	Μέθοδος B
Πολυκατοικίες						
Δανία		8% (G)		30% (F)		65% (C)
Τσεχία		4% (G)		27% (F)		65% (C)
Ελλάδα		12% (G)		30% (F)		65% (C)
Βουλγαρία		5% (G)		24% (F)		60% (D)
Αυστρία		5% (G)		27% (F)		69% (C)
Μέσος όρος		7%		28%		65%

Πίνακας 14: Συνολικές βαθμολογίες SRI και κατηγορία SRI για διάφορα σενάρια και εφαρμοσθείσες μεθόδους-Πολυκατοικίες

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, οι ελάχιστες εθνικές απαιτήσεις σύμφωνα με τις απαιτήσεις της Οδηγίας για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων (EPBD) οδηγούν γενικά σε κατηγορία G για μονοκατοικίες (SFH) και μέση βαθμολογία SRI 8% και 5% για τη Μέθοδο A και τη Μέθοδο B αντίστοιχα. Αντίστοιχα, η μέση βαθμολογία SRI που προκύπτει για τα πολυκατοικίες (MFH) είναι 7% (κατηγορία G) για τη Μέθοδο B, ενώ η Μέθοδος A δεν εφαρμόζεται για τις πολυκατοικίες [49]

Πιο συγκεκριμένα, η αξιολόγηση SRI της αρχικής κατάστασης οδήγησε σε βαθμολογίες που κυμαίνονται από 2% έως 9% στην περίπτωση των μονοκατοικιών και από 4% έως 12% στην περίπτωση των πολυκατοικιών (Μέθοδος B). Όταν χρησιμοποιείται η Μέθοδος A, οι βαθμολογίες SRI που προκύπτουν για τις μονοκατοικίες κυμαίνονται από 4% έως 16%. Στην Ελλάδα, η βαθμολογία SRI είναι υψηλότερη για το αρχικό σενάριο (16% για τη Μέθοδο A και 9% για τη Μέθοδο B), σε σύγκριση με τις άλλες χώρες, κυρίως λόγω του ηλιακού θερμικού συστήματος που καλύπτει το 60% του ζεστού νερού και της υψηλής απόδοσης, χαμηλού άνθρακα αντλίας θερμότητας αέρα προς αέρα που παρέχει θέρμανση και ψύξη.

Γενικά, η εφαρμογή της μεθοδολογίας SRI για τις δύο διαφορετικές τυπολογίες κτιρίων που εξετάστηκαν (δηλαδή μονοκατοικίες, πολυκατοικίες) δείχνει ότι τα κτίρια που

κατασκευάστηκαν μετά την εφαρμογή της EPBD, δηλαδή κτίρια που κατασκευάστηκαν μεταξύ των ετών 2009-2018, προκαλούν παρόμοιες βαθμολογίες SRI ανεξάρτητα από τη ζώνη κλίματος.

Μετά την εφαρμογή του σεναρίου αναβάθμισης A, με μέσο κόστος 103€/τ.μ. για τις μονοκατοικίες (SFHs) και 91€/τ.μ. για τις πολυκατοικίες (MFHs), οι προτεινόμενες παρεμβάσεις βελτίωσαν την έξυπνη λειτουργία των κτιρίων, οδηγώντας σε βαθμολογίες SRI που κυμαίνονται από 23% έως 41% ανάλογα με την εφαρμοζόμενη μέθοδο και την τυπολογία του κτιρίου που εξετάζεται. Οι βαθμολογίες SRI που προκύπτουν για τις μονοκατοικίες είναι κατά μέσο όρο 34% και 28% (κατηγορία F) για τη Μέθοδο A και τη Μέθοδο B αντίστοιχα, και 28% για τις πολυκατοικίες (Μέθοδος B).

Η αναβάθμιση με το σενάριο B, με μέσο κόστος 210€/τ.μ. για τις μονοκατοικίες και 134€/τ.μ. για τις πολυκατοικίες, οδήγησε σε βαθμολογίες SRI 70% και 67% για τις μεθόδους A και B αντίστοιχα για τις μονοκατοικίες, ενώ για τις πολυκατοικίες η βαθμολογία SRI που προκύπτει είναι κατά μέσο όρο 65%. Η εφαρμογή της Μεθόδου B οδηγεί γενικά σε χαμηλότερες βαθμολογίες SRI σε όλες τις περιπτώσεις, κυρίως λόγω της αξιολόγησης ενός ευρύτερου φάσματος έξυπνων υπηρεσιών. Οι τελικές βαθμολογίες SRI που προκύπτουν για τα κανονικά κτίρια των πέντε χωρών διαφέρουν ελαφρώς, καταλήγοντας σε ελάχιστη και μέγιστη βαθμολογία 64% και 69% αντίστοιχα για τις μονοκατοικίες, και 60% και 69% αντίστοιχα για τις πολυκατοικίες, όταν εφαρμοστεί η Μέθοδος B.

Συνολικά, η μέγιστη κατηγορία SRI που επιτυγχάνεται με τις αναβαθμίσεις που προτείνονται στα σενάρια A και B είναι "Κατηγορία C" μετά την εφαρμογή του σεναρίου B. Για να επιτευχθεί μια υψηλότερη κατηγορία SRI, απαιτείται πολύ υψηλότερο κόστος αναβάθμισης.

Οι συγκεντρωτικές βαθμολογίες για τις τρεις βασικές λειτουργίες: α) βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης και γενικά της λειτουργίας κατά τη χρήση, β) προσαρμογή της λειτουργίας στις ανάγκες των κατοίκων και γ) προσαρμογή σε σήματα από το δίκτυο, παρουσιάζονται στους πίνακες 15 και 16.

Η λειτουργία που σχετίζεται με "την προσαρμογή του κτιρίου στις ανάγκες των κατοίκων" έχει λάβει μια υψηλότερη βαθμολογία σχεδόν σε όλες τις χώρες, τόσο για τις μονοκατοικίες όσο και για τις πολυκατοικίες. Τα κτίρια που πληρούν τις ελάχιστες εθνικές απαιτήσεις και συμμορφώνονται με την Οδηγία για την Ενεργειακή Απόδοση της Ευρωπαϊκής Ένωσης (EPBD) είναι πιο έτοιμα να προσαρμόσουν τη λειτουργία τους σύμφωνα με τις απαιτήσεις των χρηστών, παρά να βελτιστοποιήσουν την ενεργειακή τους απόδοση και την γενική λειτουργία κατά τη χρήση, ή να προσαρμόσουν τη λειτουργία τους σε σήματα από το δίκτυο. Με την εφαρμογή των παρεμβάσεων αναβάθμισης του Σεναρίου A, παρατηρείται αύξηση της συγκεντρωτικής βαθμολογίας προς την βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης.

Αντίθετα, με την εφαρμογή των παρεμβάσεων αναβάθμισης του Σεναρίου B, παρατηρείται σημαντική αύξηση των συγκεντρωτικών βαθμολογιών που σχετίζονται με την προσαρμογή των κτιρίων σε σήματα από το δίκτυο. Παράλληλα, παρατηρείται και μια σημαντική, αλλά συγκριτικά μικρότερη αύξηση προς την βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης, καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι η βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης απαιτεί υψηλότερο κόστος επένδυσης. Η αύξηση της τρίτης βασικής λειτουργίας οφείλεται κυρίως στην εγκατάσταση φορτιστών ηλεκτρικών οχημάτων και ευέλικτης αποθήκευσης με δυνατότητα διπλής κατεύθυνσης (V2G) που εφαρμόζεται στο Σενάριο B

Μονοκατοικίες																		
Σενάρια																		
Βαθμολογίες κύριων λειτουργιών (%) (1: βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης και γενικής λειτουργίας κατά τη χρήση- 2: προσαρμογή της λειτουργίας στις ανάγκες των κατοίκων- 3: προσαρμογή σε σήματα από το δίκτυο)	Σενάριο αναφοράς (baseline scenario)						Σενάριο A						Σενάριο B					
	Μέθοδος A			Μέθοδος B			Μέθοδος A			Μέθοδος B			Μέθοδος A			Μέθοδος B		
	Κύριες Λειτουργικότητες																	
	1- Κτιριο	2- Χρήστης	3- Δίκτυο	1- Κτιριο	2- Χρήστης	3- Δίκτυο	1- Κτιριο	2- Χρήστης	3- Δίκτυο	1- Κτιριο	2- Χρήστης	3- Δίκτυο	1- Κτιριο	2- Χρήστης	3- Δίκτυο	1- Κτιριο	2- Χρήστης	3- Δίκτυο
Δανία	7	22	0	10	10	0	43	54	0	41	46	10	61	82	77	60	73	67
Τσεχία	7	22	0	6	10	0	38	46	0	37	42	7	59	82	80	59	73	63
Ελλάδα	11	28	15	7	17	5	46	60	17	41	46	13	58	78	88	58	72	70
Βουλγαρία	3	18	0	2	8	0	35	47	0	35	36	12	55	82	72	56	73	62
Αυστρία	4	18	0	5	8	0	34	47	0	34	36	7	58	82	76	59	73	66

Πίνακας 15:Συνολικοί βαθμοί για τις 3 βασικές λειτουργικότητες, για διάφορα σενάρια και μεθόδους που εφαρμόστηκαν(Μονοκατοικίες)

Πολυκατοικίες																			
Σενάρια																			
Βαθμολογίες κύριων λειτουργιών (%) (1: βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης και γενικής λειτουργίας κατά τη χρήση- 2: προσαρμογή της λειτουργίας στις ανάγκες των κατοίκων- 3: προσαρμογή σε σήματα από το δίκτυο)	Σενάριο αναφοράς (baseline scenario)						Σενάριο A						Σενάριο B						
	Μέθοδος A			Μέθοδος B			Μέθοδος A			Μέθοδος B			Μέθοδος A			Μέθοδος B			
	Κύριες Λειτουργικότητες																		
	1- Κτιριο	2- Χρήστης	3- Δίκτυο	1- Κτιριο	2- Χρήστης	3- Δίκτυο	1- Κτιριο	2- Χρήστης	3- Δίκτυο	1- Κτιριο	2- Χρήστης	3- Δίκτυο	1- Κτιριο	2- Χρήστης	3- Δίκτυο	1- Κτιριο	2- Χρήστης	3- Δίκτυο	
Δανία				10	10	0				38	47	8						72	54
Τσεχία				6	7	0				38	37	7						64	72
Ελλάδα				12	19	5				40	45	12						61	70
Βουλγαρία				6	10	0				35	37	8						58	69
Αυστρία				7	10	0				37	38	9						63	73

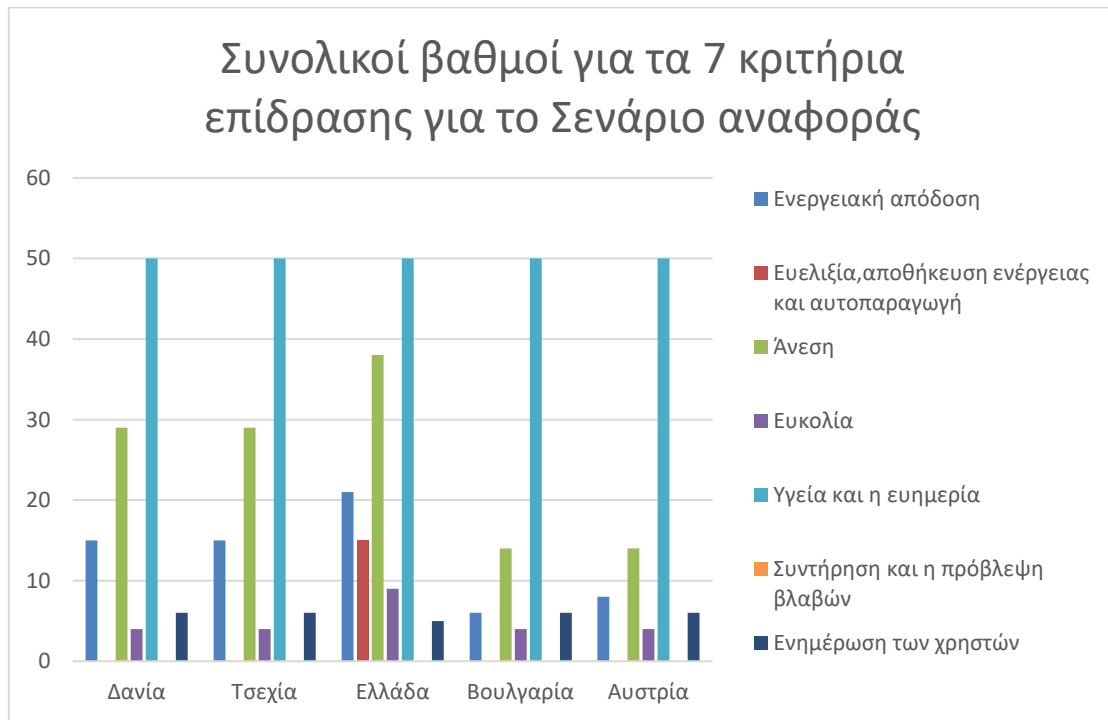
Πίνακας 16:Συνολικοί βαθμοί για τις 3 βασικές λειτουργικότητες, για διάφορα σενάρια και μεθόδους που εφαρμόστηκαν(Πολυκατοικίες)

Η δυνατότητα των κτιρίων να προσαρμόζουν τη λειτουργία τους σύμφωνα με τις ανάγκες των χρηστών αυξάνεται για και τα δύο σενάρια, αλλά με μεγαλύτερη αύξηση επιτυγχάνεται με το Σενάριο B.

Ωστόσο, στην Ελλάδα παρατηρείται υψηλότερος συνολικός βαθμός για τη λειτουργικότητα που σχετίζεται με την προσαρμογή σε σήματα από το δίκτυο (βασική λειτουργικότητα 3), η οποία οφείλεται κυρίως στο ηλεκτροκίνητο φορτίο για ψύξη κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και θέρμανση κατά τους χειμερινούς μήνες που παρέχεται από την αντλία θερμότητας αέρα προς αέρα. Παρόμοια, παρατηρείται υψηλότερος βαθμός για αυτή τη χώρα για τη βασική λειτουργικότητα 1 λόγω της υψηλής απόδοσης και χαμηλής ανθρακικής αποτύπωσης λύσης θέρμανσης/ψύξης.

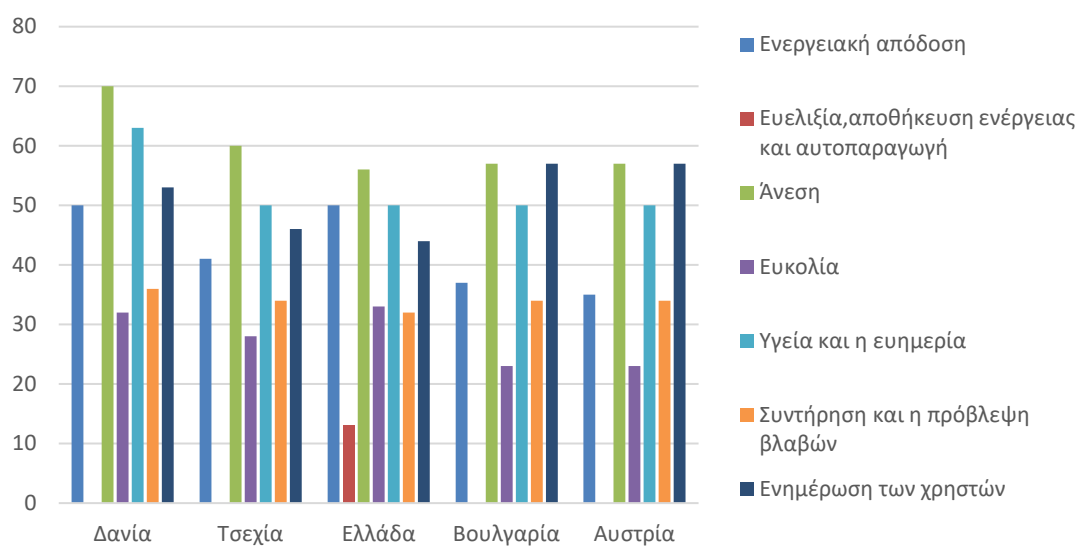
Οι συνολικοί βαθμοί για τις 7 επιπτώσεις που ορίζονται από το SRI, για τα διάφορα σενάρια και μεθόδους που εφαρμόστηκαν, παρουσιάζονται στα παρακάτω διαγράμματα. Οι κατηγορίες επιπτώσεων για τις οποίες τα κτίρια είχαν καλύτερη απόδοση ήταν "Υγεία, ευεξία και προσβασιμότητα" και "Ανεση", και στις δύο περιπτώσεις, λαμβάνοντας υπόψη τους αρχικούς βαθμούς και τη βελτίωση που επιτεύχθηκε από την υλοποίηση των σεναρίων (σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως Δανία, Τσεχία και Αυστρία, ακόμα και επιτυγχάνοντας το μέγιστο βαθμολογίας 100%). Οι έξυπνες προσαρμοσμένες παρεμβάσεις που προτείνονται σε αυτήν

τη μελέτη μπορούν να επιτύχουν πολύ υψηλές βαθμολογίες σε αυτές τις δύο κατηγορίες, υποδεικνύοντας ότι η έξυπνη λειτουργία των κτιρίων αντιλαμβάνεται κυρίως ως ένας τρόπος να ικανοποιηθούν οι ανάγκες των χρηστών με περισσότερο ανθρωποκεντρικό παρά ενεργειακό προσανατολισμό. Μια άλλη ερμηνεία αυτού του αποτελέσματος είναι ότι οι παρεμβάσεις με χαμηλότερο κόστος μπορούν να αντιμετωπίσουν αποτελεσματικότερα αυτά τα ζητήματα, αντί να επιδιώκουν επίδειξη επιπέδων ενεργειακής απόδοσης όπου συνήθως απαιτούνται υψηλοί αρχικοί κόστος για βαθιά ανακαίνιση.



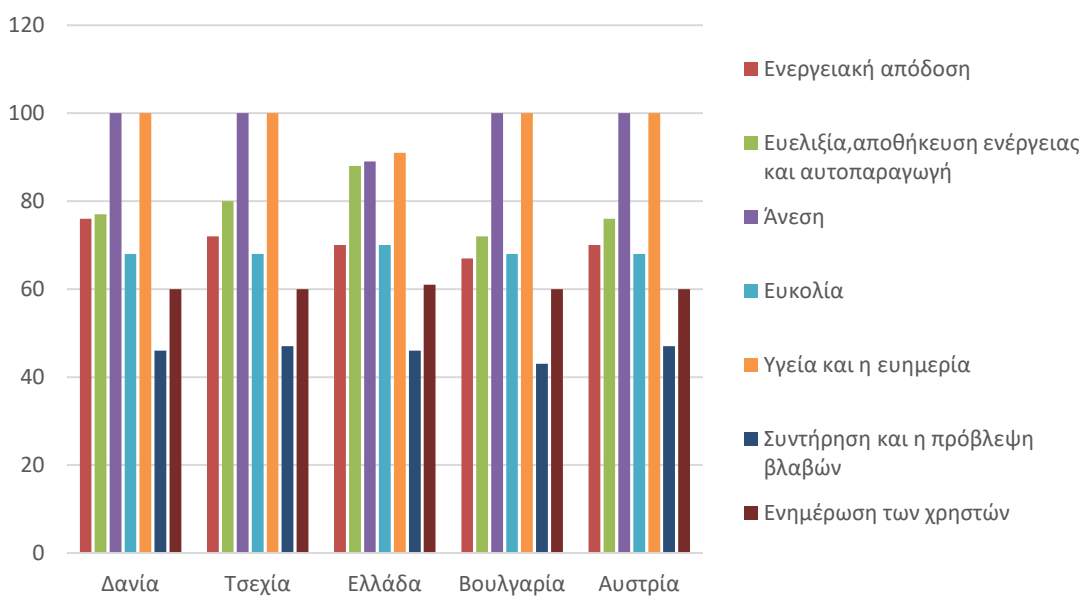
Εικόνα 15: Συνολικοί βαθμοί για τα 7 κριτήρια επίδρασης που ορίζονται από το SRI για το σενάριο αναφοράς

Συνολικοί βαθμοί για τα 7 κριτήρια επίδρασης για το Σενάριο Α



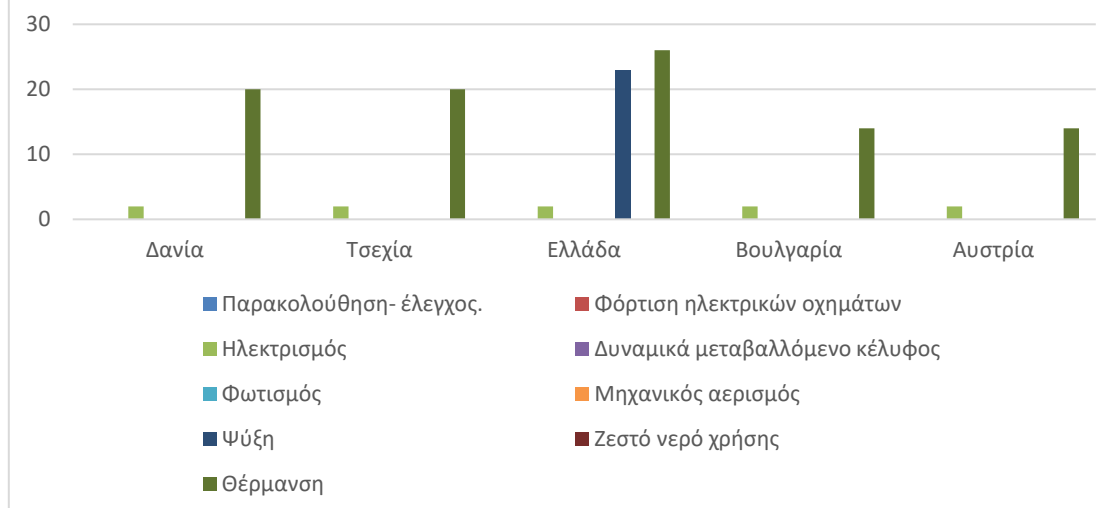
Εικόνα 16: Συνολικοί βαθμοί για τα 7 κριτήρια επίδρασης που ορίζονται από το SRI για το σενάριο Α

Συνολικοί βαθμοί για τα 7 κριτήρια επίδρασης για το Σενάριο Β



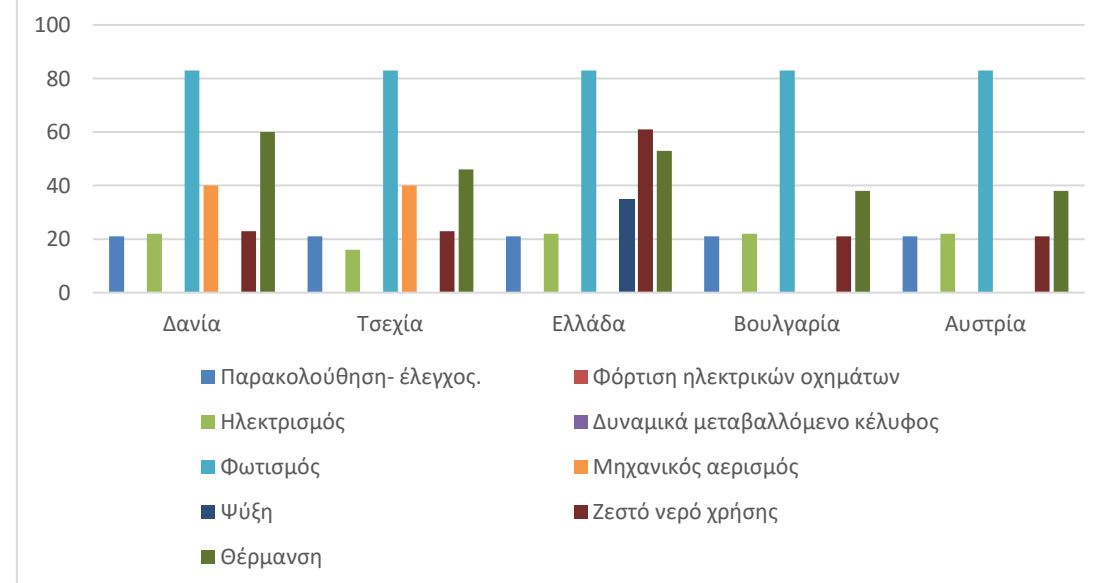
Εικόνα 17: Συνολικοί βαθμοί για τα 7 κριτήρια επίδρασης που ορίζονται από το SRI για το σενάριο Β

Οι συνολικοί βαθμοί για τους 9 τομείς για τη μέθοδο A - Μονοκατοικίες-Σενάριο Αναφοράς



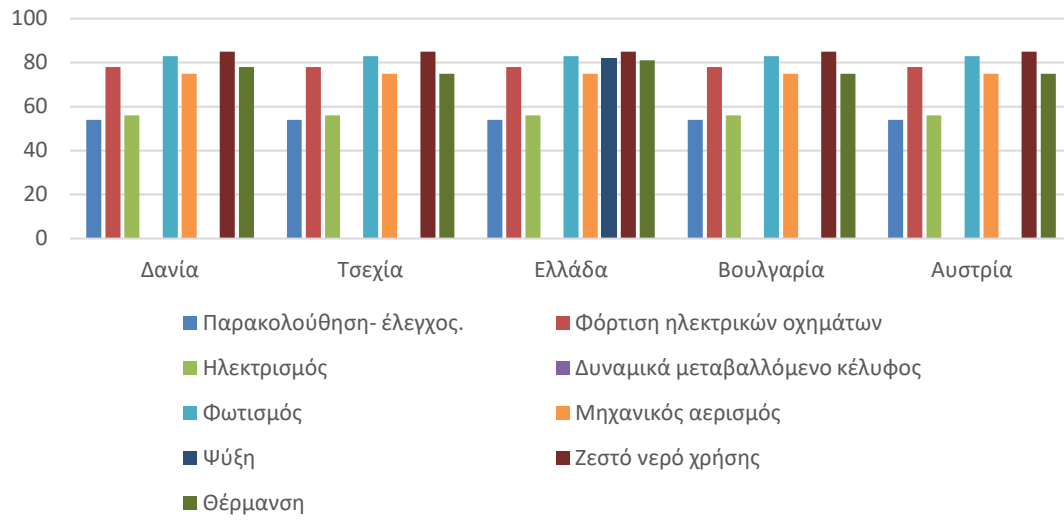
Εικόνα 18: Οι συνολικοί βαθμοί για τους 9 τομείς για τη μέθοδο A - Μονοκατοικίες-Σενάριο Αναφοράς

Οι συνολικοί βαθμοί για τους 9 τομείς για τη μέθοδο A - Μονοκατοικίες-Σενάριο A



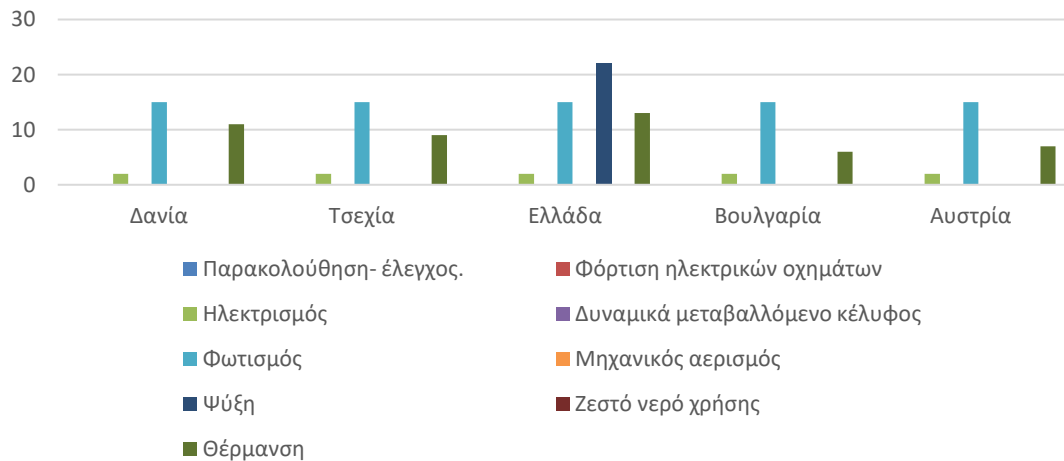
Εικόνα 19: Οι συνολικοί βαθμοί για τους 9 τομείς για τη μέθοδο A - Μονοκατοικίες-Σενάριο A

Οι συνολικοί βαθμοί για τους 9 τομείς για τη μέθοδο A - Μονοκατοικίες-Σενάριο B



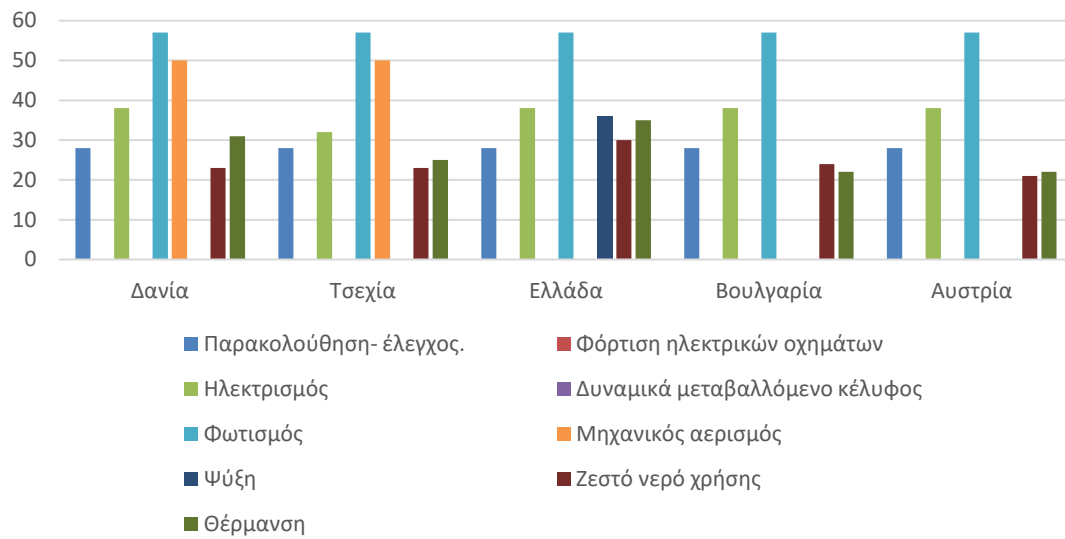
Εικόνα 20: Οι συνολικοί βαθμοί για τους 9 τομείς για τη μέθοδο A - Μονοκατοικίες-Σενάριο B

Οι συνολικοί βαθμοί για τους 9 τομείς για τη μέθοδο B - Μονοκατοικίες-Σενάριο Αναφοράς



Εικόνα 21: Οι συνολικοί βαθμοί για τους 9 τομείς για τη μέθοδο B - Μονοκατοικίες-Σενάριο Αναφοράς

Οι συνολικοί βαθμοί για τους 9 τομείς για τη μέθοδο Β - Μονοκατοικίες-Σενάριο Α



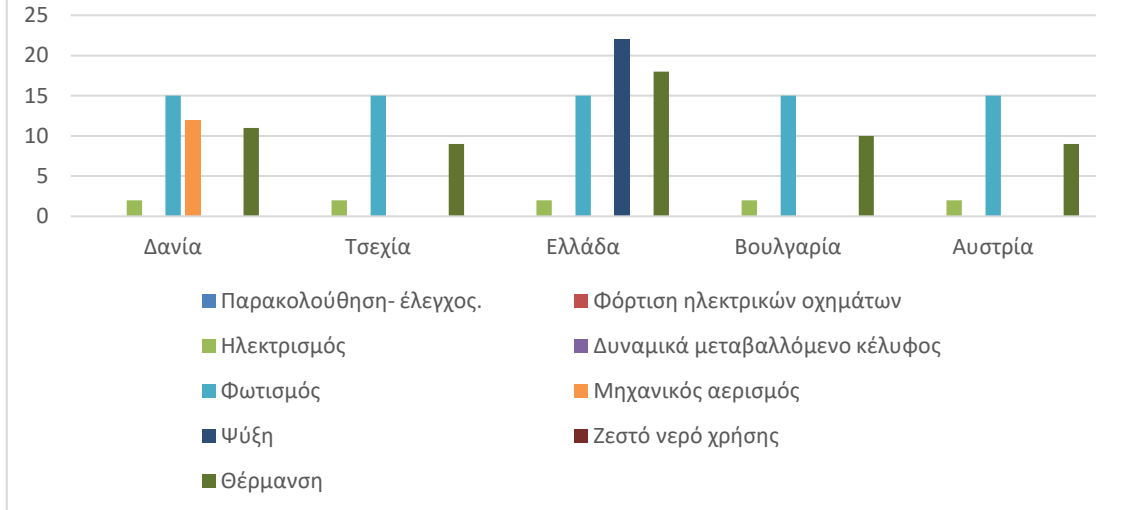
Εικόνα 22:Οι συνολικοί βαθμοί για τους 9 τομείς για τη μέθοδο Β - Μονοκατοικίες-Σενάριο Α

Οι συνολικοί βαθμοί για τους 9 τομείς για τη μέθοδο Β - Μονοκατοικίες-Σενάριο Β



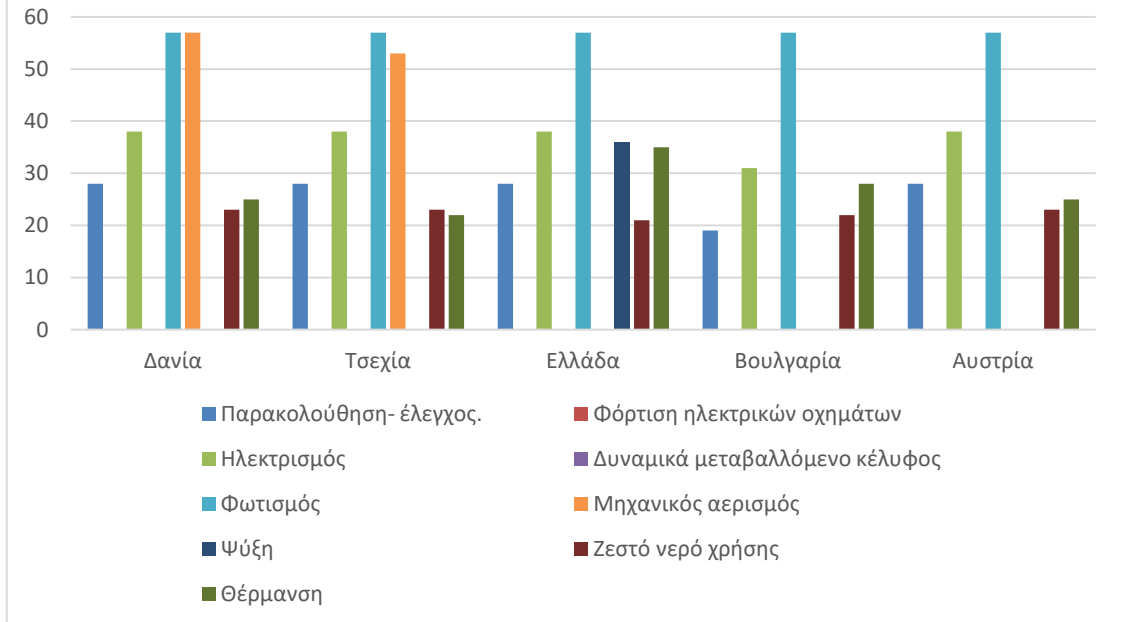
Εικόνα 23:Οι συνολικοί βαθμοί για τους 9 τομείς για τη μέθοδο Β - Μονοκατοικίες-Σενάριο Β

Οι συνολικοί βαθμοί για τους 9 τομείς για τη μέθοδο Β - Πολυκατοικίες-Σενάριο Αναφοράς

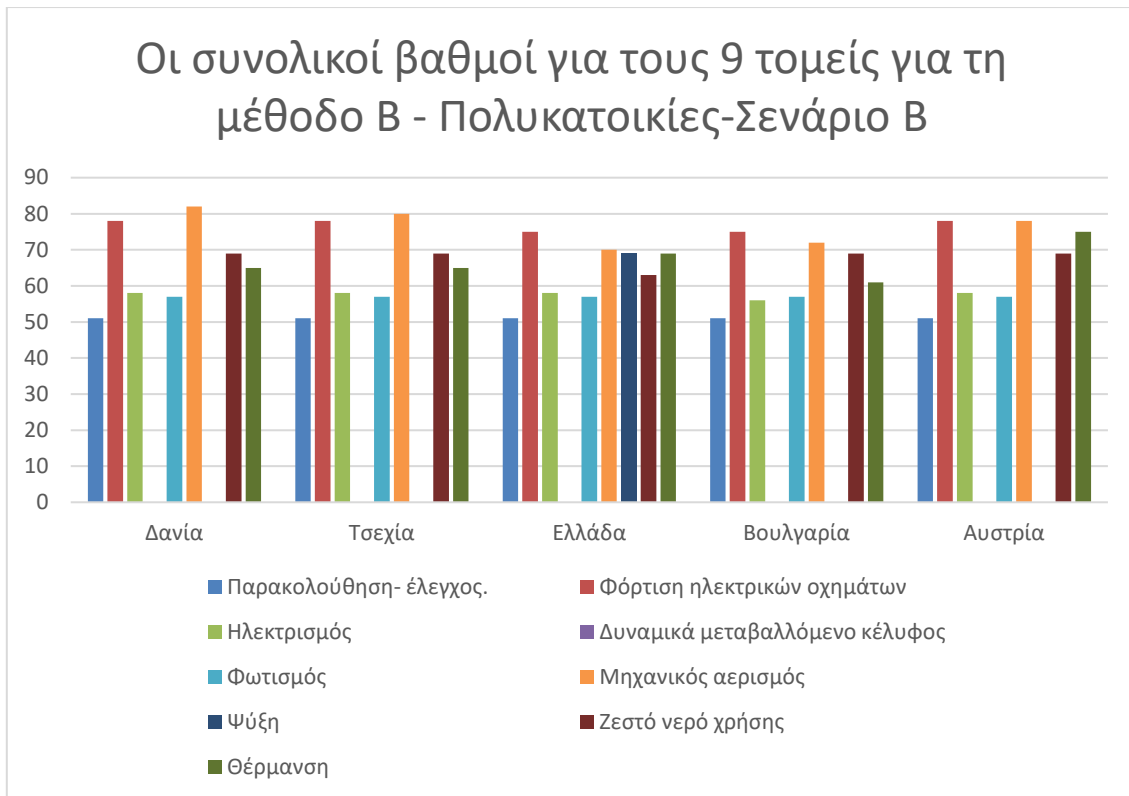


Εικόνα 24: Οι συνολικοί βαθμοί για τους 9 τομείς για τη μέθοδο Β - Πολυκατοικίες-Σενάριο Αναφοράς

Οι συνολικοί βαθμοί για τους 9 τομείς για τη μέθοδο Β - Πολυκατοικίες-Σενάριο Α



Εικόνα 25: Οι συνολικοί βαθμοί για τους 9 τομείς για τη μέθοδο Β - Πολυκατοικίες-Σενάριο Α



Εικόνα 26: Οι συνολικοί βαθμοί για τους 9 τομείς για τη μέθοδο B - Πολυκατοικίες-Σενάριο B

Τα προτεινόμενα σενάρια είχαν σημαντική αύξηση στις βαθμολογίες σε όλους τους τομείς (επίτευξη απόδοσης >50% για το Σενάριο B). Για το Σενάριο B, τα περισσότερα αποτελέσματα μεταξύ των διαφορετικών χωρών συμπίπτουν, υποδεικνύοντας ότι οι βαθμολογίες SRI επηρεάζονται κυρίως από τα εγκατεστημένα συστήματα, ενώ οι κλιματικές ζώνες και οι αντίστοιχοι προκαθορισμένοι συντελεστές βάρους δεν έχουν σημαντική επίδραση στις τελικές βαθμολογίες. Η απόδοση των ελληνικών κτιρίων στον τομέα "θέρμανση" ήταν ελαφρώς καλύτερη για δύο λόγους: α) το γεγονός ότι τα ελληνικά κτίρια χρησιμοποιούν εκτός από ένα σύστημα θέρμανσης, αερόθερμους αντλιοσυμπιεστές (για κάλυψη της ανάγκης ψύξης), οι οποίοι προσφέρουν μεγαλύτερη ελεγχσιμότητα σε σύγκριση με την απομακρυσμένη θέρμανση, β) εφαρμογή ελαφρώς μικρότερων βαρών στις βόρειες κλιματικές ζώνες για αυτόν τον τομέα σύμφωνα με την τρέχουσα μεθοδολογία SRI, π.χ. στη Δανία αντιστοιχεί συντελεστής βάρους 0,30 αντί για 0,32 για την Ελλάδα. Παρ' όλα αυτά, αυτό το αποτέλεσμα θέτει ερωτήματα σχετικά με το κατά πόσον η χρήση δικτύων θέρμανσης απομακρυσμένης περιοχής λαμβάνεται κατάλληλα υπόψη στην SRI, ένα ζήτημα που αναφέρθηκε και σε άλλες παρόμοιες μελέτες [50]. Η εισαγωγή μηχανικής αεραντλίας με ανάκτηση θερμότητας στο Σενάριο A για τη Δανία και την Τσεχία, προσφέροντας επιπλέον αυτοματοποιημένες και κεντρικές υπηρεσίες ελέγχου όταν εγκαθίστανται για όλα τα κτίρια στο Σενάριο B, βελτιώνει σημαντικά την απόδοση των κτιρίων σε αυτόν τον τομέα. Αξίζει να αναφερθεί ότι ακόμη και με την Οδηγία για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων (EPBD), όπου η θερμομόνωση του κτιρίου είναι πλήρης και τα παράθυρα έχουν πολύ χαμηλές τιμές U, ο μηχανικός εξαερισμός δεν υπάρχει σχεδόν σε όλες τις χώρες (στην αρχική κατάσταση), επηρεάζοντας κάπως την ενεργειακή απόδοση.

Για μια ακόμη φορά, η χρήση της Μεθόδου B οδηγεί σε χαμηλότερους ή παρόμοιους βαθμούς σε περισσότερους τομείς για τις μονοκατοικίες. Παρατηρήθηκαν κάποιες εξαιρέσεις, όπως για τον τομέα "Φωτισμός" όπου η χρήση της Μεθόδου B έκανε δυνατή την ενεργοποίηση μιας

επιπλέον έξυπνης υπηρεσίας (έλεγχος ισχύος του τεχνητού φωτισμού), η οποία είχε θετική επίδραση στα αποτελέσματα, αφού όλα τα κτίρια έχουν χειροκίνητο έλεγχο ανά δωμάτιο (που είναι καλύτερο σε σύγκριση με κεντρικό ανοιγο-κλείσιμο). Αυτό ισχύει επίσης για τους τομείς "Εξαερισμός", "Ηλεκτρισμός" και "Παρακολούθηση και έλεγχος". Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στους βαθμούς ανά τομέα μεταξύ μονοκατοικιών και πολυκατοικιών. Και οι δύο τύποι κτιρίων επιτυγχάνουν σημαντικά καλούς βαθμούς SRI μετά την εφαρμογή όλων των προτεινόμενων έξυπνων αναβαθμίσεων. Αυτό μπορεί να αποδοθεί κατά μεγάλο μέρος στην παρουσία έξυπνων υπηρεσιών που βοηθούν στην αλληλεπίδραση των κτιρίων με το δίκτυο, παρέχοντας ευέλικτο έλεγχο της θέρμανσης και της παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας βάσει των σημάτων από το δίκτυο και ευέλικτη αποθήκευση ενέργειας λόγω της εγκατάστασης σημείων V2G. Η χρήση βελτιστοποιημένων συστημάτων θέρμανσης και παραγωγής ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας παίζει επίσης σημαντικό ρόλο σε αυτό το θέμα. Οι τομείς που επηρεάζονται περισσότερο σε συνδυασμό με την αύξηση του συνολικού βαθμού SRI ήταν, και στις δύο περιπτώσεις, αυτοί της θέρμανσης και της φόρτισης V2G(φόρτιση αυτοκινήτων EV με δυνατότητα αμφίδρομης φόρτισης). Παρόλο που δεν είναι οι τομείς με τους υψηλότερους βαθμούς, τείνουν να έχουν μεγαλύτερη σημασία για τη βελτίωση των συνολικών επιπέδων έξυπνης λειτουργίας σε σχέση με το SRI, διότι επηρεάζουν περισσότερο τις υπηρεσίες που σχετίζονται με την ευελιξία του δικτύου.

Ως επόμενο βήμα, οι προτεινόμενες παρεμβάσεις για τα δύο σενάρια και για τους δύο τύπους κτιρίων αξιολογούνται από άποψη κόστους. Για τον σκοπό αυτό, χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές που παρουσιάζονται στον πίνακα 10 και το συνολικό κόστος των παρεμβάσεων για κάθε σενάριο παρουσιάζεται στους πίνακες 15,16 και 17,18. Εκτός από το αρχικό κόστος, παρουσιάζεται και το σχετικό κόστος ανά επιφάνεια δαπέδου, καθώς επίσης και η σχετική αύξηση του SRI ανά 5.000 ευρώ επένδυσης. Στον πίνακα 12, παρέχεται η σχετική βελτίωση τόσο σε σύγκριση με την αρχική κατάσταση όσο και σε σύγκριση με το Σενάριο A, καθώς οι παρεμβάσεις που εφαρμόζονται εκεί προστίθενται σε αυτές που έχουν ήδη ληφθεί υπόψη στο Σενάριο A.

Στο Σενάριο A, με μέσο κόστος 103 €/τ.μ., επιτυγχάνεται αύξηση 26% για τη Μέθοδο A και 23% για τη Μέθοδο B για τις μονοκατοικίες. Η Δανία έχει τη υψηλότερη απόδοση με μεγαλύτερη διαφορά από τις άλλες χώρες στη Μέθοδο A από ό,τι στη Μέθοδο B. Απαιτεί επίσης το υψηλότερο κόστος ανά τετραγωνικό μέτρο, με αποτέλεσμα τη χαμηλότερη αύξηση του SRI ανά 5.000 ευρώ επένδυσης. Όλες οι άλλες περιπτώσεις έχουν την ίδια αύξηση στο SRI, εκτός από την Αυστρία (για τη Μέθοδο B) που επιτυγχάνει μόνο 19% αύξηση. Το χαμηλό σχετικό κόστος και η αντίστοιχη αύξηση των τιμών του SRI ανά 5.000 ευρώ επένδυσης στην Ελλάδα και τη Βουλγαρία οφείλεται στο γεγονός ότι στην περίπτωση τους δεν απαιτείται μηχανικός εξαερισμός. Η ίδια τάση είναι εμφανής και για τις πολυκατοικίες στο Σενάριο A, όπου το μέσο κόστος μειώνεται σε 91€/τ.μ. και η μέση βελτίωση του SRI είναι 21%. Η βελτίωση είναι πρακτικά η ίδια σε όλες τις περιπτώσεις εκτός από την Ελλάδα, όπου υπάρχει μόνο 18% αύξηση λόγω του υψηλότερου αρχικού σκορ που αποδίδεται στην ύπαρξη συστήματος ψύξης. Η βελτίωση του SRI και το αρχικό κόστος δεν συσχετίζονται γραμμικά, όπως φαίνεται από το γεγονός ότι μέσα σε κάθε 5.000 ευρώ που επενδύονται, η επίτευξη βελτίωσης του SRI μειώνεται από 3,23% για τις μονοκατοικίες σε μόλις 1,04% για τις πολυκατοικίες, υποδηλώνοντας ότι δεν υπάρχουν οικονομίες κλίμακας.

Μονοκατοικίες						
Σενάριο A	Συνολικό Κόστος Επέμβασης(σε €)	Σχετικό Κόστος(σε €/m ²)	Επιτευχθείσα βελτίωση του SRI (%)		Επιτευχθείσα βελτίωση του SRI (%) ανά επένδυση 5.000€	
			Μέθοδος A	Μέθοδος B	Μέθοδος A	Μέθοδος B
Δανία	23,035 €	153 €/m ²	+30%	+25%	+6.51%	+4.46%
Τσεχία	14,823 €	141 €/m ²	+25%	+23%	+8.43%	+4.29%
Ελλάδα	10,020 €	78 €/m ²	+25%	+22%	+12.48%	+4.11%
Βουλγαρία	7,130 €	64 €/m ²	+24%	+24%	+16.83%	+5.24%
Αυστρία	12,385 €	81 €/m ²	+24%	+19%	+9.69%	+3.23%
Μέσος όρος	13,478 €	103 €/m ²	+26%	+23%	+10.80%	+4.3%

Πίνακας 17:Ανάλυση SRI-Κόστους για το Σενάριο A-Μονοκατοικίες

Πολυκατοικίες						
Σενάριο A	Συνολικό Κόστος Επέμβασης(σε €)	Σχετικό Κόστος(σε €/m ²)	Επιτευχθείσα βελτίωση του SRI (%)		Επιτευχθείσα βελτίωση του SRI (%) ανά επένδυση 5.000€	
			Μέθοδος A	Μέθοδος B	Μέθοδος A	Μέθοδος B
Δανία	90,272 €	138 €/m ²		+22%		+1.04%
Τσεχία	180,142 €	96 €/m ²		+23%		+0.59%
Ελλάδα	47,320 €	74€/m ²		+18%		+0.95%
Βουλγαρία	23,210 €	60€/m ²		+22%		+2.22%
Αυστρία	77,170 €	85€/m ²		+22%		+0.93%
Μέσος όρος	83,623 €	91€/m ²		+21%		+1.04%

Πίνακας 18:Ανάλυση SRI-Κόστους για το Σενάριο A-Πολυκατοικίες

Μονοκατοικίες						
Σενάριο Β	Συνολικό Κόστος Επέμβασης(σε €)	Σχετικό Κόστος(σε €/m ²)	Επιτευχθείσα βελτίωση του SRI (%)i) σε σύγκριση με το Σενάριο Αναφοράς (Baseline Scenario); ii) σε σύγκριση με το Σενάριο Α (Scenario A)		Επιτευχθείσα βελτίωση του SRI (%) ανά επένδυση 5.000€ i) σε σύγκριση με το Σενάριο Αναφοράς (Baseline Scenario); ii) σε σύγκριση με το Σενάριο Α (Scenario A)	
			Μέθοδος Α	Μέθοδος Β	Μέθοδος Α	Μέθοδος Β
Δανία	28,035 €	186 €/m ²	i) +63% ii) +33%	i) +61% ii) +36%	i) +13.68% ii) +7.16%	i) +10.88% ii) +6.42%
Τσεχία	26,823 €	255 €/m ²	i) +62% ii) +37%	i) +62% ii) +39%	i) +20.91% ii) +12.48%	i) +11.56% ii) +7.27%
Ελλάδα	26,796 €	209 €/m ²	i) +57% ii) +32%	i) +60% ii) +38%	i) +28.44% ii) +15.97%	i) +11.20% ii) +7.09%
Βουλγαρία	22,905 €	206 €/m ²	i) +62% ii) +38%	i) +62% ii) +38%	i) +43.48% ii) +26.65%	i) +13.53% ii) +8.30%
Αυστρία	29,399 €	192 €/m ²	i) +63% ii) +39%	i) +63% ii) +44%	i) +25.43% ii) +15.74%	i) +10.71% ii) +7.48%
Μέσος όρος	26,971 €	210 €/m ²	i) +61% ii) +36%	i) +61% ii) +39%	i) +26.39% ii) +15.60%	i) +11.58% ii) +7.31%

Πίνακας 19:Ανάλυση SRI-Κόστους για το Σενάριο Β-Μονοκατοικίες

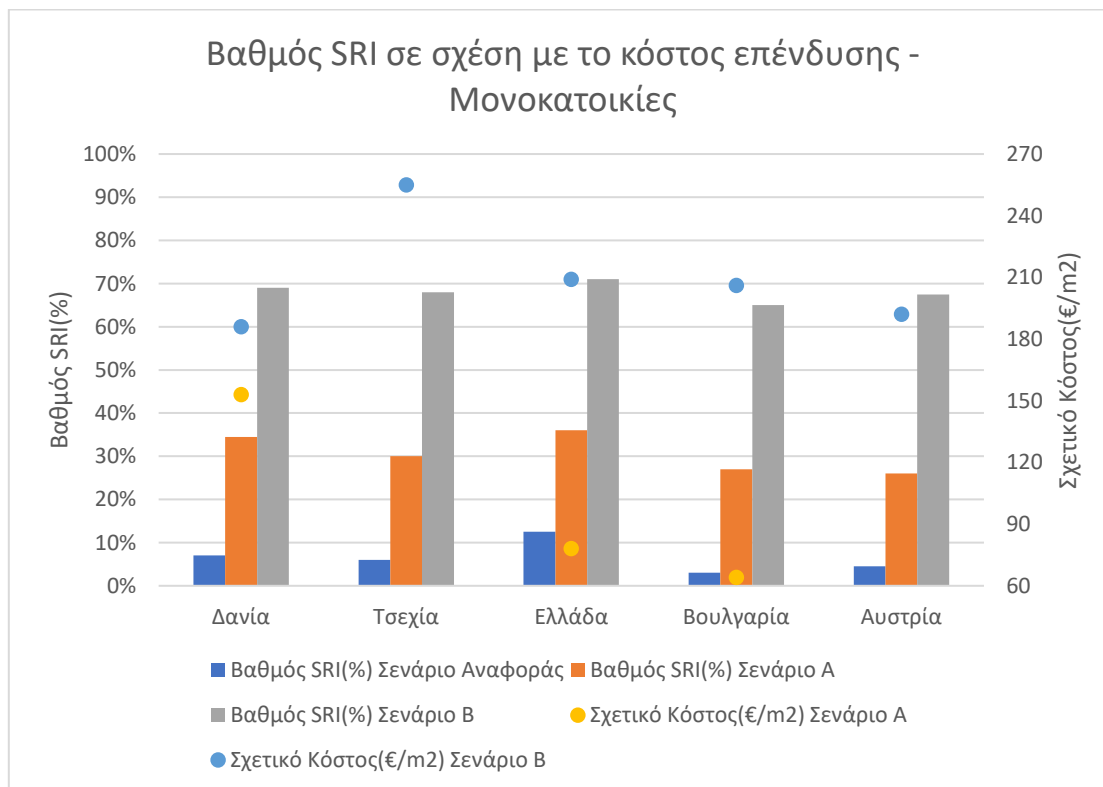
Πολυκατοικίες						
Σενάριο Β	Συνολικό Κόστος Επέμβασης(σε €)	Σχετικό Κόστος(σε €/m ²)	Επιτευχθείσα βελτίωση του SRI (%)i) σε σύγκριση με το Σενάριο Αναφοράς (Baseline Scenario); ii) σε σύγκριση με το Σενάριο Α (Scenario A)		Επιτευχθείσα βελτίωση του SRI (%) ανά επένδυση 5.000€ i) σε σύγκριση με το Σενάριο Αναφοράς (Baseline Scenario); ii) σε σύγκριση με το Σενάριο Α (Scenario A)	
			Μέθοδος Α	Μέθοδος Β	Μέθοδος Α	Μέθοδος Β
Δανία	105,272 €	160 €/m ²		i) +57% ii) +35%		i) +2.71% ii) +1.66%
Τσεχία	195,142 €	104 €/m ²		i) +61% ii) +38%		i) +1.56% ii) +0.97%
Ελλάδα	94,641 €	148 €/m ²		i) +53% ii) +35%		i) +2.80% ii) +1.85%
Βουλγαρία	49,627 €	128 €/m ²		i) +55% ii) +36%		i) +5.54% ii) +3.63%
Αυστρία	118,897 €	131 €/m ²		i) +64% ii) +42%		i) +2.69% ii) +1.77%

Μέσος όρος	112,716 €	134 €/m ²		i) +58%		i) +3.06%
				ii) +37%		ii) +1.98%

Πίνακας 20: Πίνακας 16: Ανάλυση SRI-Κόστους για το Σενάριο B-Πολυκατοικίες

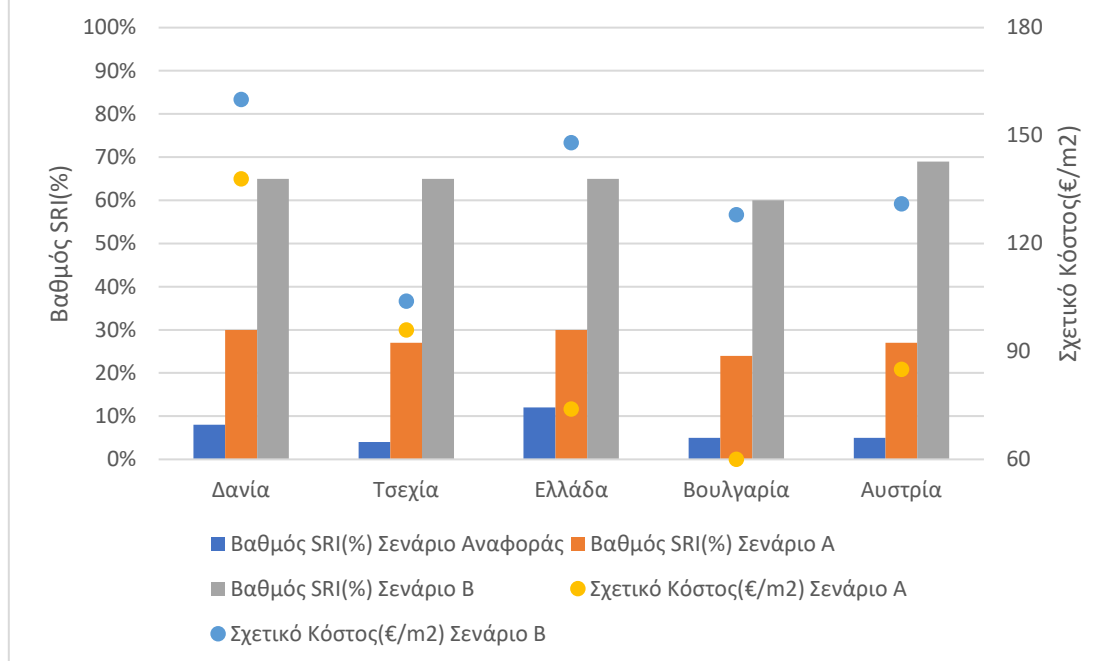
Στην περίπτωση του Σεναρίου B, η επιτευχθείσα βελτίωση είναι σημαντικά υψηλότερη, με μέση βελτίωση 61% σε σύγκριση με το σενάριο αναφοράς και με τις 2 μεθόδους για τις μονοκατοικίες και μέση βελτίωση 58% για τις Πολυκατοικίες. Το μέσο κόστος για τις Ατομικές Κατοικίες είναι 210 €/τ.μ., ενώ για τις Πολυκατοικίες είναι 134 €/τ.μ. Η επιτευχθείσα βελτίωση του SRI ανά αρχική επένδυση σε αυτήν την περίπτωση είναι γενικά σημαντικά καλύτερη από το Σενάριο A (Μέθοδος B), με μέση τιμή 11.58% για τις μονοκατοικίες και 3.06% για τις Πολυκατοικίες. Επομένως, αν οι αρχικά κεφάλαια είναι διαθέσιμα, έχει περισσότερο νόημα (από άποψη SRI) να εφαρμόσουμε το Σενάριο B σε όλες τις περιπτώσεις. Πρέπει να σημειωθεί ότι τα πιθανά οφέλη από τον κύκλο ζωής λόγω της αυξημένης ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και της χρήσης τοπικής ανανεώσιμης ενέργειας δεν λαμβάνονται υπόψη σε αυτήν την ανάλυση και θα εξεταστούν σε μελλοντικά στάδια. Επίσης, πρέπει να σημειωθεί ότι, καθώς τα επιλεγμένα κτίρια είναι ενεργειακά αποδοτικά και σχετικά νέα, εάν τα παραπάνω σενάρια εφαρμοζόντουσαν σε παλαιότερα κτίρια μαζί με την αναβάθμιση του εξωτερικού περιβλήματος, το συνολικό κόστος των παρεμβάσεων θα ήταν πολύ υψηλότερο, καθώς σε αυτήν την περίπτωση αντικαθιστούμε αποδοτικά συστήματα με πιο αποδοτικά και ευέλικτα πριν από το τέλος τους κύκλου ζωής τους.

Οι παρακάτω Εικόνες 27 και 28 απεικονίζουν την αύξηση του βαθμού SRI σε σύγκριση με τον σχετικό κόστος επέμβασης ανά επιφάνεια δαπέδου που απαιτείται για κάθε τυπικό κτίριο και για τις δύο διαφορετικές τυπολογίες κτιρίων, Μονοκατοικίες (SFH) και Πολυκατοικίες (MFH). Στην περίπτωση των μονοκατοικιών, λαμβάνεται υπόψη ο μέσος βαθμός SRI (%) των αποτελεσμάτων που προέρχονται από τις δύο μεθόδους (A και B).



Εικόνα 27: Βαθμός SRI σε σχέση με το κόστος επένδυσης – Μονοκατοικίες

Βαθμός SRI σε σχέση με το κόστος επένδυσης - Πολυκατοικίες



Εικόνα 28: Βαθμός SRI σε σχέση με το κόστος επένδυσης – Πολυκατοικίες

Κεφάλαιο 5

5.1 Συμπεράσματα

Η προώθηση και εφαρμογή έξυπνων τεχνολογιών και συστημάτων με στόχο τη βελτιστοποίηση της απόδοσης των κτιρίων προωθείται έντονα στην Ευρωπαϊκή Ένωση μέσω του πλαισίου SRI (Smart Readiness Indicator). Η παρούσα μελέτη είχε ως στόχο να: i) ερευνήσει εναλλακτικά έξυπνα σενάρια αναβάθμισης για δύο τύπους κτιρίων, ii) εφαρμόσει τη μεθοδολογία SRI σε πέντε ευρωπαϊκές χώρες που ανήκουν σε διάφορες κλιματικές ζώνες που καθορίζονται από το SRI, iii) χρησιμοποιήσει τις μεθόδους A και B για να αξιολογήσει τα κτίρια ως προς το SRI, iv) εντοπίσει τη δυνατότητα αύξησης του επιπέδου "έξυπνης λειτουργίας" σε σχέση με το σχετικό κόστος των προτεινόμενων επεμβάσεων.

Τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης μελέτης μπορούν να λειτουργήσουν ως πρακτικό παράδειγμα για τη συγκέντρωση εμπειριών σε όλη την ΕΕ για την εφαρμογή του SRI σύμφωνα με τις τρέχουσες τάσεις αποθεραπείας και ψηφιοποίησης στον κλάδο των κτιρίων.

Σύμφωνα με την αξιολόγηση του SRI για την αρχική κατάσταση, τα τυπικά κτίρια ταξινομούνται στην Κατηγορία G με μέσο όρο περίπου 8% και 5% στην περίπτωση των μονοκατοικιών (για την Μέθοδο A και B αντίστοιχα) και 7% στην περίπτωση των πολυκατοικιών. Οι επιλογές αναβάθμισης του Σεναρίου A οδήγησαν σε βελτιωμένες βαθμολογίες SRI που κατατάσσουν τα κτίρια της περίπτωσης στην Κατηγορία F του SRI. Η βαθμολογία για τις μονοκατοικίες ήταν κατά μέσο όρο 34% και 28% (ανάλογα με τη μέθοδο), ενώ ήταν 28% για τις πολυκατοικίες. Το Σενάριο B κατέστησε δυνατή την επίτευξη της Κατηγορίας C για το μεγαλύτερο μέρος των κτιρίων, με μέσες βαθμολογίες SRI περίπου 70% και 67% για τις Μέθόδους A και B αντίστοιχα στην περίπτωση των μονοκατοικιών, και 65% στην περίπτωση των πολυκατοικιών. Οι βαθμολογίες SRI επηρεάζονται κυρίως από τις έξυπνες παρεμβάσεις, ενώ η χρήση των προκαθορισμένων βαρών βάσει των κλιματικών ζωνών που ορίζονται από το SRI φαίνεται να έχει πολύ χαμηλή επίδραση στις τελικές επιτευχθείσες βαθμολογίες. Συνήθως, οι παρεμβάσεις που σχετίζονται με τα συστήματα διαχείρισης κτιρίων (BMS), την αναβάθμιση ή αντικατάσταση του συστήματος θέρμανσης, καθώς και τα συστήματα εξαερισμού με ανάκτηση θερμότητας και η υποδομή φόρτισης ηλεκτρικών αυτοκινήτων έχουν σημαντική επίδραση στο SRI.

Ως πρώτο αποτέλεσμα, η παρούσα μελέτη υποδεικνύει ότι τα κτίρια που κατασκευάστηκαν μετά την εφαρμογή της Οδηγίας για την Ενεργειακή Απόδοση των κτιρίων στην ΕΕ είναι κατάλληλα για την εγκατάσταση ορισμένων παρεμβάσεων με σχετικά χαμηλό κόστος για τη βελτίωση σημαντικά των επιτευχθέντων βαθμολογιών SRI. Τα κτίρια απαιτούν μέσο όρο 210 €/τ.μ. για τις μονοκατοικίες και 134 €/τ.μ. για τις πολυκατοικίες, προκειμένου να επιτευχθεί μια βαθμολογία άνω του 64% για τα μονοκατοικίες και μια βαθμολογία άνω του 60% για τα πολυκατοικίες (κατηγορίες SRI C και D). Ένα δεύτερο εύρημα είναι ότι η μεθοδολογία SRI οδήγησε σε ελαφρώς υψηλότερες βαθμολογίες SRI (2-6% κατά μέσο όρο) για τα δύο σενάρια στην περίπτωση των μονοκατοικιών. Αυτό υποδηλώνει την ανάγκη για θέσπιση μιας πιο προσαρμοσμένης μεθοδολογίας SRI που θα λαμβάνει υπόψη τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των διάφορων τύπων κτιρίων, βασισμένη στο μέγεθος του κτιρίου, την ημερομηνία κατασκευής, τον τύπο συστημάτων (αυτόνομα ή κεντρικά) και τις δραστηριότητες των χρηστών του κτιρίου, ένα κρίσιμο ζήτημα που πρέπει να αντιμετωπιστεί στο μέλλον από την προσέγγιση SRI.

Η μεθοδολογία SRI λαμβάνει υπόψη την κατάταξη των κτιρίων ως προς την έξυπνη λειτουργικότητα ως πρώτο βήμα προς τη θέσπιση συγκεκριμένων απαιτήσεων για τα επίπεδα SRI (%), ανοίγοντας επίσης τον δρόμο για σχήματα πιστοποίησης κτιρίων βασισμένα στο SRI. Σε αυτό το πλαίσιο, η ολοκλήρωση μέτρων ενεργειακής απόδοσης συνοδευόμενη από πακέτα έξυπνης ανακαίνισης στα κτίρια θα μπορούσε να αυξήσει περαιτέρω την εξοικονόμηση ενέργειας. Ωστόσο, τα έξυπνα συστήματα κτιρίων πρέπει να αποδείξουν τα οφέλη τους σε σχέση με τα κόστη επένδυσης, επιτυγχάνοντας επιθυμητά επίπεδα έξυπνης λειτουργικότητας και/ή ενεργειακής απόδοσης με ελκυστικούς χρόνους αποπληρωμής. Για τον λόγο αυτό, περαιτέρω έρευνα σε αυτόν τον τομέα θα πρέπει να καθορίσει την αποδοτικότητα κόστους των διάφορων έξυπνων τεχνολογιών στην ανακαίνιση των κτιρίων, ανάλογα με τον τύπο του κτιρίου ή το έτος κατασκευής. Περαιτέρω έρευνα θα πρέπει να διερευνήσει επίσης την επίδραση που μπορεί να έχουν οι επιλεγμένοι παράγοντες βάρους από τους χρήστες στο SRI, λαμβάνοντας υπόψη τεχνικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά του κτιρίου. Τα τελικά βάρη πρέπει να καθοριστούν εκμεταλλευόμενα τη διαδικασία υλοποίησης. Επιπλέον, η επίδραση της έξυπνης ανακαίνισης στην πιθανή ενεργειακή εξοικονόμηση πρέπει ακόμη να εξερευνηθεί περαιτέρω.

5.2 Προτάσεις

Στην κριτική ανασκόπηση του δείκτη ευφυούς ετοιμότητας που αναφέρθηκε, προκύπτουν ορισμένα σημεία που χρήζουν περαιτέρω διερεύνησης. Καταρχάς, επισημαίνεται ότι τα κτιριακά συστήματα αποτελούν το επίκεντρο της προσοχής και αναφέρεστε σε διάφορους τεχνικούς τομείς όπως η θέρμανση, η ψύξη, ο μηχανικός αερισμός, η φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων και άλλα.

Η χρήση δυναμικά μεταβαλλόμενων υλικών στα διαφανή και αδιαφανή δομικά στοιχεία μπορεί να βελτιώσει την ευφυή ετοιμότητα των κτιρίων. Οι ηλεκτροχρωμικοί υαλοπίνακες παρέχουν τη δυνατότητα αλλαγής του επιπέδου διαφάνειάς τους με τη χρήση ηλεκτρικού ρεύματος. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο του ηλιακού φωτισμού και της θερμικής ακτινοβολίας που εισέρχονται στο κτίριο μέσω των ανοιγμάτων. Με αυτόν τον τρόπο, μπορούν να βελτιώσουν την ενεργειακή απόδοση και την άνεση των χρηστών του κτιρίου.

Επίσης, η ενσωμάτωση φωτοβολταϊκών πάνελ σε δομικά στοιχεία του κτιρίου μπορεί να παράσχει πρόσθετη ενεργειακή απόδοση και να συμβάλει στη μείωση της εξάρτησης από το εξωτερικό ενεργειακό δίκτυο. Τα φωτοβολταϊκά πάνελ μπορούν να τροφοδοτήσουν το κτίριο με ηλεκτρική ενέργεια για τις ανάγκες του, όπως το φωτισμό, τις ηλεκτρικές συσκευές και ακόμη και τη φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων.

Το πεδίο της ευφυούς ετοιμότητας κτιρίων μπορεί επίσης να επεκταθεί σε άλλους τομείς, όπως ο έλεγχος του κλιματισμού, η διαχείριση της ενέργειας και η παροχή πληροφοριών στους χρήστες σχετικά με την απόδοση του κτιρίου. Για παράδειγμα, οι αισθητήρες και οι αυτοματισμοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να παρακολουθούν τις συνθήκες εντός του κτιρίου και να προσαρμόζουν αυτόματα τη θέρμανση, την ψύξη και τον αερισμό για την εξοικονόμηση ενέργειας και τη βελτίωση της άνεσης των χρηστών. Συνολικά, η ευφυή ετοιμότητα κτιρίων είναι ένας αναπτυσσόμενος τομέας με πολλές δυνατότητες για την εισαγωγή νέων υπηρεσιών και τεχνολογιών που θα βελτιώσουν την ενεργειακή απόδοση, την άνεση των χρηστών και τη βιωσιμότητα των κτιρίων.

Κατά την εφαρμογή της μεθοδολογίας, ένα ζήτημα που προέκυψε ήταν ο προσδιορισμός των υπηρεσιών και των συντελεστών βαρύτητας για την αξιολόγηση των τεχνικών τομέων. Οι απαιτούμενες υπηρεσίες για τα κτίρια διαφέρουν από χώρα σε χώρα και καθορίζονται από τη νομοθεσία. Στην Ελλάδα, για παράδειγμα, η μελέτη των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και ζεστού νερού είναι υποχρεωτική για τα κτίρια κατοικίας, ενώ για τα κτίρια του τριτογενούς τομέα προστίθενται ο φωτισμός και ο μηχανικός αερισμός και η παραγωγή ζεστού νερού είναι προαιρετική.

Για να αξιολογηθούν οι υπηρεσίες των υπόλοιπων τεχνικών τομέων, όπως ο ηλεκτρισμός, η φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων, το δυναμικά μεταβαλλόμενο κέλυφος και η παρακολούθηση και έλεγχος, καθώς και ο φωτισμός και ο μηχανικός αερισμός για τις κατοικίες, πρέπει να αντιμετωπιστούν με συντονισμένο τρόπο. Η κοινή και οργανωμένη προσέγγιση για τις υπάρχουσες, απουσιάζουσες και απαραίτητες υπηρεσίες, καθώς και ο καθορισμός των συντελεστών βαρύτητας, είναι αναγκαίες συνθήκες για τη χρήση του δείκτη ως μέτρο σύγκρισης και την επίτευξη των αναμενόμενων αποτελεσμάτων.

Εάν η αξιολόγηση εξαρτάται αποκλειστικά από την εκτίμηση του υπεύθυνου μηχανικού ή διαχειριστή, υπάρχει ο κίνδυνος απώλειας αξιοπιστίας και απόκλισης από τους στόχους της ευρωπαϊκής οδηγίας που αφορά τον κτιριακό τομέα. Επομένως, προτείνεται και αναμένεται η διερεύνηση και η αντιμετώπιση αυτού του θέματος με τη θέσπιση κανονισμών από τα ελληνικά νομοθετικά όργανα.

Η οικονομική διερεύνηση των οφελών έναντι των εξόδων που συνδέονται με την εφαρμογή των προτεινόμενων υπηρεσιών σε ένα κτίριο είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την επιτυχή υλοποίηση και υιοθέτηση του δείκτη ευφυούς ετοιμότητας. Μια τέτοια μελέτη θα επιτρέψει τη σύγκριση των κόστων και των οφελών της εφαρμογής των προτεινόμενων υπηρεσιών και θα παρέχει απτά δεδομένα για τη λήψη αποφάσεων.

Τέλος, η διασύνδεση της αξιολόγησης με την έκδοση πιστοποιητικών ενεργειακής απόδοσης είναι ένα άλλο ενδιαφέρον θέμα. Η εξέταση του πώς ο δείκτης ευφυούς ετοιμότητας μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου και να επηρεάσει την έκδοση πιστοποιητικών αποτελεί ένα ενδιαφέρον πεδίο έρευνας. Αυτή η εξέταση μπορεί να προσφέρει επιπλέον δεδομένα και επιχειρήματα υπέρ της εφαρμογής των προτεινόμενων υπηρεσιών και να ενισχύσει την υποστήριξη για τη λήψη αποφάσεων.

Παράρτημα

Τομέας	Έτοιμες Έξυπνες Υπηρεσίες-Μέθοδος Α	Έτοιμες Έξυπνες Υπηρεσίες-Μέθοδος Β
Θέρμανση	<ul style="list-style-type: none"> Έλεγχος εκπομπής θερμότητας Αποθήκευση και μετατόπιση θερμικής ενέργειας Έλεγχος θερμαντήρα (όλοι εκτός από αντλίες θερμότητας) Έλεγχος θερμαντήρα (για αντλίες θερμότητας) Αναφορά πληροφοριών σχετικά με την απόδοση του συστήματος θέρμανσης 	<ul style="list-style-type: none"> Έλεγχος εκπομπής για TABS (λειτουργία θέρμανσης) Έλεγχος αντλιών κατανομής σε δίκτυα Αποθήκευση θερμικής ενέργειας (TES) για θέρμανση κτιρίων (εξαιρουμένων των TABS) Σειρά ενεργοποίησης σε περίπτωση διαφορετικών θερμαντήρων Ευελιξία και αλληλεπίδραση με το δίκτυο
Ζεστό νερό για οικιακή χρήση	<ul style="list-style-type: none"> Έλεγχος φόρτισης αποθήκευσης ζεστού νερού (με άμεση ηλεκτρική θέρμανση ή ενσωματωμένη ηλεκτρική θερμοαντλία) Έλεγχος φόρτισης αποθήκευσης ζεστού νερού Αναφορά πληροφοριών σχετικά με την απόδοση του ζεστού νερού 	<ul style="list-style-type: none"> Έλεγχος φόρτισης αποθήκευσης ζεστού νερού (με ηλιακό συλλέκτη και επιπρόσθετη θερμική παραγωγή) Ακολουθία λειτουργίας σε περίπτωση διαφορετικών παραγωγών ζεστού νερού
Ψύξη	<ul style="list-style-type: none"> Έλεγχος εκπομπών ψύξης Έλεγχος γεννήτριας για τη ψύξη Αναφορά πληροφοριών σχετικά με την απόδοση του συστήματος ψύξης Ευελιξία και αλληλεπίδραση με το δίκτυο 	<ul style="list-style-type: none"> Έλεγχος εκπομπών για TABS (λειτουργία ψύξης) Έλεγχος θερμοκρασίας ψυγείου δικτύου διανομής (παροχή ή επιστροφή) Έλεγχος αντλιών διανομής στα δίκτυα Συνδεσμολογία: αποφυγή ταυτόχρονης θέρμανσης και ψύξης στον ίδιο χώρο Έλεγχος λειτουργίας αποθήκευσης θερμικής ενέργειας (TES) Σειρά ενεργοποίησης διαφορετικών γεννητριών ψύξης

Εξαερισμός	<ul style="list-style-type: none"> • Έλεγχος ροής παροχής αέρα στο επίπεδο του δωματίου • Αναφορά πληροφοριών σχετικά με την ποιότητα του εσωτερικού αέρα 	<ul style="list-style-type: none"> • Έλεγχος ροής αέρα ή πίεσης στη μονάδα χειρισμού αέρα • Έλεγχος ανάκτησης θερμότητας: πρόληψη υπερθέρμανσης • Έλεγχος θερμοκρασίας παροχής αέρα στη μονάδα χειρισμού αέρα • Δωρεάν ψύξη με μηχανικό σύστημα εξαερισμού
Φωτισμός	<ul style="list-style-type: none"> • Έλεγχος κατάστασης παρουσίας για τον εσωτερικό φωτισμό 	<ul style="list-style-type: none"> • Έλεγχος ισχύος τεχνητού φωτισμού με βάση τα επίπεδα φυσικού φωτός
Δυναμικά μεταβαλλόμενο κέλυφος	<ul style="list-style-type: none"> • Έλεγχος ηλιακής σκίασης παραθύρων • Αναφορά πληροφοριών σχετικά με την απόδοση των συστημάτων δυναμικής θερμομόρφωσης του κτιρίου 	<ul style="list-style-type: none"> • Έλεγχος ανοίγματος/κλεισίματος παραθύρων, σε συνδυασμό με το σύστημα κλιματισμού (HVAC)
Ηλεκτρισμός	<ul style="list-style-type: none"> • Αναφορά πληροφοριών σχετικά με την τοπική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας • Αποθήκευση (τοπικά παραγόμενης) ηλεκτρικής ενέργειας • Αναφορά πληροφοριών σχετικά με την αποθήκευση ενέργειας • Αναφορά πληροφοριών σχετικά με την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας 	<ul style="list-style-type: none"> • Βελτιστοποίηση αυτοκατανάλωσης της τοπικά παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας • Έλεγχος συνδυασμένου συστήματος παραγωγής θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας (CHP) • Υποστήριξη λειτουργικών καταστάσεων (μικρο)πλέγματος
Φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων	<ul style="list-style-type: none"> • Χωρητικότητα φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων • Ισορροπία του δικτύου φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων • Πληροφορίες και συνδεσιμότητα φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων 	

Παρακολούθηση και έλεγχος	<ul style="list-style-type: none"> Κεντρική αναφορά της απόδοσης και της ενεργειακής χρήσης του TBS Ένταξη στο Έξυπνο Δίκτυο Μια μοναδική πλατφόρμα που επιτρέπει τον αυτοματοποιημένο έλεγχο και συντονισμό μεταξύ του TBS + βελτιστοποίηση της ροής ενέργειας βάσει κατοίκων, καιρικών συνθηκών και σημάτων από το δίκτυο 	<ul style="list-style-type: none"> Διαχείριση χρόνου λειτουργίας των συστημάτων HVAC Ανίχνευση βλαβών τεχνικών κτιριακών συστημάτων και παροχή υποστήριξης στη διάγνωση αυτών των βλαβών Ανίχνευση παρουσίας: συνδεδεμένες υπηρεσίες Αναφορά πληροφοριών σχετικά με την απόδοση και τη λειτουργία της διαχείρισης της ζήτησης Παράκαμψη του ελέγχου DSM
---------------------------	---	---

Παράρτημα 1: Λίστα των έξυπνων υπηρεσιών SRI που περιλαμβάνονται στις μεθόδους A και B (πλήρης λίστα που λαμβάνει υπόψη όλους τους τομείς που είναι σχετικοί). Η Μέθοδος B περιλαμβάνει επίσης όλες τις έξυπνες υπηρεσίες της Μεθόδου A.

Τομείς Επιδράσεις	Ενεργειακή Απόδοση	Ευελιξία και αποθήκευση ενέργειας	Άνεση	Ευκολία	Υγεία, ευεξία και προσβασιμότητα	Συντήρηση και πρόβλεψη βλαβών	Ενημέρωση Χρηστών
Βόρεια Ευρώπη							
Θέρμανση	0.3	0.43	0.16	0.1	0.2	0.31	0.11
Ζεστό νερό για οικιακή χρήση	0.09	0.13	0	0.1	0	0.1	0.11
Ψύξη	0	0	0.16	0.1	0.2	0	0.11
Εξαερισμός	0.19	0	0.16	0.1	0.2	0.2	0.11
Φωτισμός	0.04	0	0.16	0.1	0	0	0
Δυναμικά μεταβαλλόμενο κέλυφος	0.13	0.19	0	0.1	0	0.14	0.11
Ηλεκτρισμός	0.05	0	0.16	0.1	0.2	0.05	0.11
Φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων	0	0.05	0	0.1	0	0	0.11
Παρακολούθηση και έλεγχος	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Δυτική Ευρώπη							
Θέρμανση	0.34	0.46	0.16	0.1	0.2	0.35	0.11
Ζεστό νερό για οικιακή χρήση	0.08	0.1	0	0.1	0	0.08	0.11
Ψύξη	0.03	0.04	0.16	0.1	0.2	0.03	0.11
Εξαερισμός	0.18	0	0.16	0.1	0.2	0.18	0.11
Φωτισμός	0.01	0	0.16	0.1	0	0	0

Δυναμικά μεταβαλλόμενο κέλυφος	0.11	0.15	0	0.1	0	0.11	0.11
Ηλεκτρισμός	0.05	0	0.16	0.1	0.2	0.05	0.11
Φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων	0	0.05	0	0.1	0	0	0.11
Παρακολούθηση και έλεγχος	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Νότια Ευρώπη							
Θέρμανση	0.32	0.38	0.16	0.1	0.2	0.33	0.11
Ζεστό νερό για οικιακή χρήση	0.1	0.12	0	0.1	0	0.1	0.11
Ψύξη	0.07	0.08	0.16	0.1	0.2	0.07	0.11
Εξαερισμός	0.09	0	0.16	0.1	0.2	0.1	0.11
Φωτισμός	0.03	0	0.16	0.1	0	0	0
Δυναμικά μεταβαλλόμενο κέλυφος	0.15	0.17	0	0.1	0	0.15	0.11
Ηλεκτρισμός	0.05	0	0.16	0.1	0.2	0.05	0.11
Φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων	0	0.05	0	0.1	0	0	0.11
Παρακολούθηση και έλεγχος	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Βορειοανατολική Ευρώπη							
Θέρμανση	0.3	0.41	0.16	0.1	0.2	0.31	0.11
Ζεστό νερό για οικιακή χρήση	0.14	0.19	0	0.1	0	0.14	0.11
Ψύξη	0	0	0.16	0.1	0.2	0	0.11
Εξαερισμός	0.19	0	0.16	0.1	0.2	0.19	0.11
Φωτισμός	0.01	0	0.16	0.1	0	0	0
Δυναμικά μεταβαλλόμενο κέλυφος	0.11	0.15	0	0.1	0	0.11	0.11
Ηλεκτρισμός	0.05	0	0.16	0.1	0.2	0.05	0.11
Φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων	0	0.05	0	0.1	0	0	0.11
Παρακολούθηση και έλεγχος	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Νοτιοανατολική Ευρώπη							
Θέρμανση	0.21	0.24	0.16	0.1	0.2	0.21	0.11
Ζεστό νερό για οικιακή χρήση	0.06	0.07	0	0.1	0	0.06	0.11
Ψύξη	0.15	0.17	0.16	0.1	0.2	0.15	0.11
Εξαερισμός	0.11	0	0.16	0.1	0.2	0.11	0.11

Φωτισμός	0.01	0	0.16	0.1	0	0	0
Δυναμικά μεταβαλλόμενο κέλυφος	0.22	0.26	0	0.1	0	0.22	0.11
Ηλεκτρισμός	0.05	0	0.16	0.1	0.2	0.05	0.11
Φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων	0	0.05	0	0.1	0	0	0.11
Παρακολούθηση και έλεγχος	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

Παράρτημα 2: Συντελεστές βαρύτητας τομέα SRI ανά κατηγορία επιπτώσεων και κλιματική ζώνη στην περίπτωση κατοικιών.

Βιβλιογραφία

- [1] Giffinger, R., Fertner, C., Kramar, H., Kalasek, R., Pichler-Milanovic, N., & Meijers, E. (2007). Smart cities
- [2] Caragliu, A., Del Bo, C., & Nijkamp, P. (2011). Smart cities in Europe. *Journal of urban technology*, 18(2), 65-82
- [3] <https://www.smartiscity.gr>
- [4] De Lange, M., De Waal, M., & Janssen, M. (2013). Smart citizens in smart cities: exploring the antecedents of civic engagement for urban governance. In *Proceedings of the 46th Hawaii International Conference on System Sciences*
- [5] Έξυπνη Πόλη: Η Ανάπτυξη της Πράσινης Οικονομίας και της Κοινωνικής Καινοτομίας" του Μανώλη Αντωνιάδη και του Νίκου Ζαχαρόπουλου
- [6] Η Σιγκαπούρη ως Έξυπνη Πόλη: Τεχνολογία και Βιωσιμότητα" του Σταύρου Συνοδινού
- [7] A. H. Buckman, M. Mayfield and S. B. Beck, "What is a Smart Building?," *Smart and Sustainable Built Environment*, no. 3, pp. 92-109, 2014
- [8] Robichaud, L.B.; Anantatmula, V.S. *Greening Project Management Practices for Sustainable Construction*.
- [9] Jaillon, L.; Poon, C.S. Design issues of using prefabrication in Hong Kong building construction. *Constr. Manag. Econ.* 2010, 28, 1025–1042
- [10] Mihashi, H., Kaneko, Y., Nishiwaki, T. & Otsuka, K. Fundamental study on development of intelligent concrete characterized by self-healing capability for strength, *Transactions of the Japan Concrete Institute*; 2000.
- [12] Behnoosh, M., Hamid, R. N., Saeid P. *Architecture Building Sustainability Regarding Smart Materials*, *Journal of Civil Engineering and Urbanism*, Volume 4, Issue 4. <http://www.ojceu.ir/main>; 2014. Access Date, (01.10.2016).
- [13] Addington, M., Shodek, D. *Smart materials and new technologies (for architecture and design professions)*, Harvard University, U.S.A; 2005.
- [14] Ritter, A. *Smart materials in architecture, interior architecture and design*. Translation of Alford Raymond Poat, springer science, Switzerland; 2007.
- [16] Gharabaghi M., Naghdi A. Identifying Smart Materials and Applying Them in Residential Spaces in Cold Climate Case Study: City of Hamadan, *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, Science Explorer Publications, www.irjabs.com; 2014. Vol, 9 (1): 51-62
- [17] Mohammed, T.B. Application of Smart Materials in the Interior Design of Smart Houses, *Civil and Environmental Research*, Vol.7, No.2, www.iiste.org; 2015. Access Date, (01.10.2016).
- [18] Nova Award Nomination 6. Concrete Senses Stress/Strain, *Construction Innovation Forum*, www.CIF.org; 2007.
- [19] Chung, D. Smart Concrete Could Improve Levees, *terra daily – news about planet earth*, Sep 27, University at Buffalo, <http://www.terradaily.com/news/materials-05zs.html>; 2005. Access Date, (01.10.2016).
- [20] Jonathan, M E., Lianhan, Z., Zhifang, F., J. C., Chang L., *Smart Brick - A Low Cost, Modular Wireless Sensor for Civil Structure Monitoring*, https://www.researchgate.net/publication/241872712_Smart_Brick_A_Low_Cost_Modular_Wireless_Sensor_For_Civil_Structure_Monitoring., Access Date, (01.1.2016).
- [21] www.icaphila.org/exhibitions/past/smartwrap.php, Access Date, (01.04.2016).
- [22] James, T. *SmartWrap Pavilion, Fabrication: Examining the Digital Practice of Architecture*, http://cumincad.architexturez.net/system/files/pdf/acadia04_046.content.pdf; 2003.

- [23] WallIck, K. Making Smartwrap: From Parts to Pixels, “Chapter in - The Green Braid: Towards an Architecture of Ecology, Economy, and Equity”, Taylor & Francis Inc., USA; 2007.
- [26]Wael S. B. Smart Glass and Its Benefits on Energy Consumption in Buildings, Chinese-Egyptian Research Journal Helwan University, <http://www.helwan.edu.eg/chinese/wp-content/uploads/2013/08/1-4-8.pdf>; 2013. Access Date, (01.10.2016).
- [27] Soojin, C., et al, Smart Wireless Sensor Technology for Structural Health Monitoring of Civil Structures, Steel Structures 8, www.ijoss.org; 2008. Access Date, (01.10.2016).
- [28] Mohammadjavad. M., et al. The Strategies of Outspreading Smart Materials in Building Construction Industry in Developing Countries; Case Study: Iran, International Conference on Intelligent Building and Management, Proc.of CSIT vol.5, IACSIT Press, Singapore; 2011.154 Abeer Samy Yousef Mohamed / Energy Procedia 115 (2017) 139–15416 Associate Prof. Dr. Abeer Samy/ Energy Procedia00 (2017) 000–000
- [29] Pablo, L. R., Eric, C. Smart Green Roofs: Cooling with Variable Insulation, <http://www.plea2012.pe/pdfs/T02-20120130-0095.pdf>; 2012. Access Date,(20.09.2016).
- [30] Sherif M.S. Elattar. Smart structures and material technologies in architecture applications, academic Journals; 2013. Vol. 8(31), pp. 1512-1521. of Engineering , AL Azhar University, Cairo, Egypt; 2014
- [31] Sharp, S.R., Clemena, G.G. State of the art survey of advanced materials and their potential application in highway infrastructure, Charlottesville, Virginia Transportation Research Council; 2004.
- [32] <http://virtualskies.arc.nasa>, Access Date, (20.09.2016).
- [33] Kroschwitz, J. Encyclopedia of Chemical Technology, John Wiley & Sons New York; 1992.
- [34]Jaillon, L.; Poon, C. Life cycle design and prefabrication in buildings: A review and case studies in Hong Kong. Autom. Constr. 2014, 39, 195–202.]
- [35]Wang, Z.; Wang, L.; Dounis, A.I.; Yang, R. Integration of plug-in hybrid electric vehicles into energy and comfort management for smart building. Energy Build. 2012, 47, 260–266.
- [36] The European Parliament and The Council of the European Union, Directive (EU) 2018/844 Of the European Parliament and of The Council of 30 May 2018 amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency. Official Journal of the European Union. 2018
- [37] VITO. Support for Setting up a Smart Readiness Indicator for Buildings and Related Impact Assessment (Tender Number ENER/C3/2016-554). 2020. Available online: <https://smartreadinessindicator.eu/> (accessed on 22 September 2020).
- [38] Verbeke, Stijn ; Aerts, Dorien ; Reynders, Glenn ; Ma, Yixiao ; Waide, Paul, "FINAL REPORT ON THE ON THE TECHNICAL SUPPORT TO THE DEVELOPMENT OF A SMART READINESS INDICATOR FOR BUILDINGS - Summary," [Online]. Available: <https://smartreadinessindicator.eu/milestones-and-documents>. [Accessed 18 October 52 2020
- [39]FINAL REPORT ON THE TECHNICAL SUPPORT TO THE DEVELOPMENT OF A SMART READINESS INDICATOR FOR BUILDINGS
- [40] G. Martinopoulos, K.T. Papakostas, A.M. Papadopoulos.A comparative review of heating systems in EU countries, based on efficiency and fuel cost Renewable and Sustainable Energy Reviews, 90 (2018), pp. 687-699
- [41] Directorate-General for Energy (European Commission); Vito; Verbeke, S.; Aerts, D.; Reynders, G.; Ma, Y.; Waide, P. *Final Report on the Technical Support to the Development of a Smart Readiness Indicator for Buildings: Final Report*; Publications Office of the European Union: LU, (2020).; ISBN 978-92-76-19197-1.

- [42] IEE Project TABULA (2009 .- 2012). “Typology Approach for Building Stock Energy Assessment”. Available online: <https://episcope.eu/iee-project/tabula/> (accessed on 21 February 2022).
- [43] IEE Project EPISCOPE (2013 .- 2016). “Energy Performance Indicator Tracking Schemes for the Continuous Optimisation of Refurbishment Processes in European Housing Stocks”. Available online: <https://episcope.eu/iee-project/episcope/> (accessed on 21 February 2022).
- [44] BPIE (Buildings Performance Institute Europe) (2011). Europe's Buildings under the Microscope. Country-by-Country Review of the Energy Performance of Europe's Buildings. Available online: <https://www.bpie.eu/publication/europes-buildings-under-the-microscope/> (accessed on 21 February 2022).
- [45] R.J. Cole, L. Fedoruk Shifting from net-zero to net-positive energy buildings Building Research & Information, 43 (2015), pp. 111-120, [10.1080/09613218.2014.950452](https://doi.org/10.1080/09613218.2014.950452)
- [46] A. Magrini, G. Lentini, S. Cuman, A. Bodrato, L. Marengo. From nearly zero energy buildings (NZEB) to positive energy buildings (PEB): The next challenge - the most recent European trends with some notes on the energy analysis of a forerunner PEB example Developments in the Built Environment, 3 (2020), Article 100019, [10.1016/j.dibe.2020.100019](https://doi.org/10.1016/j.dibe.2020.100019)
- [47] District Heat Prices | Helen. Available online: <https://www.helen.fi/en/heating-and-cooling/district-heat/district-heat-prices> (accessed on 21 February (2022)).
- [48] G. Martinopoulos. Are rooftop photovoltaic systems a sustainable solution for Europe? A life cycle impact assessment and cost analysis Applied Energy, 257 (2020), Article 114035, [10.1016/j.apenergy.2019.114035](https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.114035)
- [49] Directorate-General for Energy (European Commission); Vito; Verbeke, S.; Aerts, D.; Reynders, G.; Ma, Y.; Waide, P. *Final Report on the Technical Support to the Development of a Smart Readiness Indicator for Buildings: Final Report*; Publications Office of the European Union: LU, (2020).; ISBN 978-92-76-19197-1.
- [50] E. Janhunen, L. Pulkka, A. Säynäjoki, S. Junnila. Applicability of the smart readiness indicator for cold climate countries Buildings, 9 (2019), p. 102, [10.3390/buildings9040102](https://doi.org/10.3390/buildings9040102)