



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»



ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ – ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»

**Επίδραση του Κλίματος στις Παρεμβάσεις Ανακαινίσεων Κτιρίων:
Βιβλιογραφική Ανασκόπηση**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

της

Σοφίας Β. Κομνηνού

Επιβλέπων: Δ. Ασκούνης
Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Φεβρουάριος 2025



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»



**Επίδραση του Κλίματος στις Παρεμβάσεις Ανακαινίσεων
Κτιρίων:
Βιβλιογραφική Ανασκόπηση**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Της

Σοφίας Β. Κομνηνού

Επιβλέπων: Δ. Ασκούνης
Καθηγητής ΕΜΠ

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 20^η Φεβρουαρίου 2025.

.....
Δ. Ασκούνης
Καθηγητής ΕΜΠ

.....
Ι. Ψαρράς
Καθηγητής ΕΜΠ

.....
Ε. Μαρινάκης
Επίκουρος καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Φεβρουάριος 2025

.....
Σοφία Β. Κομνηνού

Διπλωματούχος Μεταπτυχιακού Προγράμματος «Τεχνο-οικονομικά Συστήματα» της
Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών Ε.Μ.Π

Copyright © Σοφία Κομνηνού, 2025

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία αναλύεται η επίδραση του κλίματος στις ενεργειακές ανακαινίσεις - αναβαθμίσεις των κτιρίων, καθώς το κτιριακό απόθεμα παγκοσμίως αποτελείται κατά βάση από παλιά κτίρια. Λόγω αυτού, απαιτείται μια ολοκληρωμένη στρατηγική για το βέλτιστο, από άποψη κόστους και ενεργειακής απόδοσης, επίπεδο ανακαίνισης.

Μέσω μιας εκτενούς βιβλιογραφικής ανασκόπησης, μελετώνται οι διάφοροι τύποι παρεμβάσεων, ανάλογα με τις κλιματικές παραμέτρους κάθε περιοχής. Η ανασκόπηση επικεντρώνεται στη σύνδεση του κλίματος με την ενεργειακή αποδοτικότητα των κτιρίων, καθώς και στις προκλήσεις που προκύπτουν κατά την εφαρμογή ανακαινιστικών έργων σε διαφορετικά κλιματικά περιβάλλοντα. Η εργασία αναλύει παραδείγματα από όλο τον κόσμο και κάθε κλίμα, από τις βόρειες χώρες με τα ψυχρά και υγρά κλίματα, μέχρι τα μεσογειακά, αλλά και τα τροπικά κλίματα. Η μελέτη γίνεται με σύγκριση της κάθε παρέμβασης και των αποτελεσμάτων και της ενεργειακής της απόδοσης, ανάλογα με το κλίμα της περιοχής.

Σημαντικό ρόλο στη μελέτη διαδραματίζει και ο τύπος του κτιρίου, δηλαδή αν είναι συγκρότημα κατοικιών, δημόσιο κτίριο, εμπορικό, κτίριο γραφείων κλπ.. Για τον λόγο αυτό, είναι κομβική, όχι μόνο η ανάλυση των ανακαινίσεων ανά κλίμα, αλλά και ανά τύπο κτιρίου, ο οποίος προσδιορίζει τις ανάγκες των χρηστών των κτιρίων σε θέρμανση, ψύξη, εξαερισμό κ.α..

Ένας εξίσου σημαντικός παράγοντας είναι τα υλικά και οι τεχνικές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διαφορετικές κλιματικές ζώνες για τις ίδιες παρεμβάσεις, σε ίδιο τύπο κτιρίου και τη διαφορετική επίδραση που θα έχουν αυτά στη συνολική ανακαίνιση.

Σκοπός της εργασίας είναι η συσχέτιση κλιματικών δεδομένων και παρεμβάσεων, ώστε να διαμορφωθεί μία λίστα προτάσεων για τις βέλτιστες ενεργειακές παρεμβάσεις, προσαρμοσμένες στις ειδικές κλιματικές συνθήκες κάθε περιοχής. Αυτή η λίστα θα αποτελέσει κατευθυντήρια γραμμή για άλλους μελετητές και τον σχεδιασμό αποδοτικών παρεμβάσεων για κάθε τύπο κτιρίου, με βάση τη γεωγραφική τοποθεσία και τις τοπικές καιρικές συνθήκες.

Λέξεις - κλειδιά: Αναβάθμιση κτιρίων, ενεργειακές παρεμβάσεις, ενεργειακή απόδοση κτιρίων, εξοικονόμηση ενέργειας.

ABSTRACT:

This paper analyses the effect of the climate on the energy renovations- upgrades of the buildings, as the building stock worldwide consists mainly of old buildings. Because of that, a comprehensive strategy is required for the optimal, cost and energy efficient level of renovation.

Through an extensive literature review, the various types of interventions are studied, depending on the climatic parameters of each region. The review focuses on the link between climate and building energy efficiency, as well as the challenges that arise when implementing renovation projects in different climate environments. The paper analyses examples from all over the world and every climate, from northern countries with cold and humid climates, to Mediterranean and even tropical climates. The study is comparing each intervention and its results and energy efficiency, depending on the climate of the area.

The type of building also plays an important role in the study, i.e. whether it is a residential complex, public building, commercial building, office building, etc.. For this reason, it is crucial not only to analyse the renovations by climate, but also by building type, which determines the needs of the users of the buildings in terms of heating, cooling, ventilation.

An equally important factor is the materials and techniques that can be used in different climatic zones for the same interventions, in the same type of building and the different effect they will have on the overall renovation.

The purpose of the paper is the correlation of climate data and interventions, in order to formulate a list of proposals for the optimal energy interventions, adapted to the specific climate conditions of each region. This list will serve as a guideline for other researchers and the design of efficient interventions for each type of building, based on geographic location and local weather conditions.

Key words: Building retrofitting, energy interventions, building energy efficiency, energy savings.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
1.1.	Ο ρόλος του κτιριακού τομέα στην τρέχουσα κατάσταση.....	9
1.2.	Λήψη αποφάσεων.....	9
1.3.	Προοπτικές εξοικονόμησης ενέργειας.....	10
1.4.	Η κατάσταση στην Ελλάδα.....	11
1.5.	Η κατάσταση στην Ευρώπη και τον κόσμο.....	11
1.6.	Οι προσπάθειες για την αναβάθμιση ιστορικών και των εμπορικών κτιρίων....	13
1.7.	Η σημασία της αναβάθμισης του κτιριακού τομέα.....	14
1.8.	Ελλείψεις στη βιβλιογραφία.....	15
1.9.	Σκοπός και αντικείμενο της μελέτης.....	15
2.	ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ.....	16
2.1.	Κλίματα προς μελέτη.....	16
2.1.1.	Θερμά κλίματα.....	16
2.1.2.	Κρύα και πολύ κρύα κλίματα.....	17
2.1.3.	Κρύοι χειμώνες- ζεστά καλοκαίρια.....	18
2.1.4.	Εύκρατο- μεσογειακό κλίμα.....	19
2.2.	Κτίρια προς μελέτη.....	20
2.2.1.	Κτίρια κατοικιών.....	21
2.2.2.	Δημόσια και κοινωνικά κτίρια.....	21
2.2.3.	Εμπορικά κτίρια- κτίρια γραφείων.....	23
2.2.4.	Ιστορικά και παραδοσιακά κτίρια.....	24
2.3.	Παρεμβάσεις σε κτίρια.....	25
2.3.1.	Θερμομόνωση.....	25
2.3.2.	Ψυχρές- Πράσινες οροφές.....	26
2.3.3.	Σκίαστρα.....	27
2.3.4.	Αντλίες θερμότητας.....	28
2.3.5.	Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων.....	29
2.3.6.	Αντικατάσταση μη ενεργειακών παραθύρων.....	30
2.3.7.	Αντικατάσταση λαμπτήρων.....	33
2.3.8.	Μηχανικός εξαερισμός.....	33
3.	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	36
3.1.	Στρατηγική αναζήτησης.....	36
3.2.	Κριτήρια.....	37
3.3.	Κατηγοριοποίηση.....	39
4.	ΑΝΑΛΥΣΗ.....	41
4.1.	Γενικά στοιχεία.....	41
4.2.	Ανασκόπηση.....	43
4.3.	Παρεμβάσεις ανά κλίμα.....	45
4.4.	Παρεμβάσεις ανά τύπο κτιρίου.....	53
4.4.1.	Κτίρια κατοικιών.....	53
4.4.2.	Ιστορικά και παραδοσιακά κτίρια.....	55
4.4.3.	Εμπορικά κτίρια και κτίρια γραφείων.....	57
4.4.4.	Δημόσια και κοινωνικά κτίρια.....	59
5.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ- ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	63
5.1.	Γενικά στοιχεία.....	63
5.2.	Προτεινόμενες παρεμβάσεις και αποτελέσματα.....	64
6.	ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ - ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΕΚΤΑΣΕΙΣ.....	68
7.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	70

Παράρτημα Α΄	77
---------------------------	-----------

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Λέξεις- κλειδιά που χρησιμοποιήθηκαν στην μελέτη	36
Πίνακας 2: Κατανομή κατανάλωσης ενέργειας ανά χρήση κτιρίου [5].....	60
Πίνακας 3: Βέλτιστες προτεινόμενες παρεμβάσεις ανά κλίμα	67
Πίνακας 4: Προτεινόμενες παρεμβάσεις ανά κλίμα.....	77
Πίνακας 5: Προτεινόμενες παρεμβάσεις ανά τύπο κτιρίου	78
Πίνακας 6: Κατάλογος μελετών	80

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Κλιματικές ζώνες [20]	18
Εικόνα 2: Κλιματικές ζώνες (με πράσινο χρώμα απεικονίζονται οι εύκρατες περιοχές) [21]	20
Εικόνα 3: Ο τρόπος λειτουργίας της αντλίας θερμότητας [24].....	28
Εικόνα 4: Φ/Β πάνελ σε πρόσοψη σχολείου προσφέρουν ενέργεια και σκιά [26]	30
Εικόνα 5: Ο τρόπος λειτουργίας των ενεργειακών υαλοπινάκων [27]	31
Εικόνα 6: Τα πλεονεκτήματα των λαμπτήρων LED [29]	33
Εικόνα 7: Ο τρόπος λειτουργίας της ηλιακής καμινάδας [30]	35
Εικόνα 8: Η μέθοδος επιλογής μελετών.....	37
Εικόνα 9: Κατανομή δημοσιευμάτων ανά έτος έκδοσης	37
Εικόνα 10: Πλήθος δημοσιευμάτων ανά επιστημονικό περιοδικό	38
Εικόνα 11: Κατανομή τύπων κτιρίων στα δημοσιεύματα που μελετήθηκαν.....	44
Εικόνα 12: Κατανομή τύπου κλίματος στα δημοσιεύματα που μελετήθηκαν.....	44
Εικόνα 13: Η συχνότητα που εμφανίζονται οι παρεμβάσεις	45
Εικόνα 14: Διάγραμμα Venn κατανομής κλιμάτων- παρεμβάσεων	48

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Ο ρόλος του κτιριακού τομέα στην τρέχουσα κατάσταση

Τα τελευταία χρόνια, η παγκόσμια πληθυσμιακή αύξηση και η ταχεία οικονομική ανάπτυξη, έχουν προκαλέσει αυξημένες ενεργειακές ανάγκες στον κτιριακό τομέα. Στην Ευρώπη, τα περισσότερα κτίρια είναι άνω των 50 ετών [1], αλλά και σε παγκόσμιο επίπεδο, η παλαιότητα του κτιριακού αποθέματος είναι ανησυχητική. Ως αποτέλεσμα, τα κτίρια είναι μη ενεργειακά αποδοτικά και υπεύθυνα για το μεγαλύτερο ποσοστό της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Σύμφωνα με την International Energy Agency [2], ο τομέας αυτός ευθύνεται περίπου για το 40% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας και το 36% των εκπομπών ρύπων παγκοσμίως, γεγονός που τον καθιστά έναν από τους τομείς με τις μεγαλύτερες προοπτικές για τη μείωση των εκπομπών και την επίτευξη των στόχων για τη μείωση της θερμοκρασίας. Δεδομένων των ενεργειακών και περιβαλλοντικών προκλήσεων που αντιμετωπίζει η ανθρωπότητα, ο κτιριακός τομέας βρίσκεται στην πρώτη γραμμή της προσπάθειας αειφορίας, λόγω του προφανούς του πλεονεκτήματος έναντι άλλων τομέων, όπως η βιομηχανία και οι μεταφορές, όσον αφορά τις δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας [3].

Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου συνδέονται άμεσα με την κλιματική αλλαγή και την αύξηση της θερμοκρασίας, η οποία προκαλεί την αύξηση της έντασης και της συχνότητας ακραίων καιρικών φαινομένων, όπως παρατεταμένους καύσωνες και πλημμύρες. Η Συνθήκη του Παρισιού, η οποία υπογράφηκε το 2015 από 195 χώρες, έχει ως στόχο τη μείωση του ρυθμού της αύξησης της παγκόσμιας θερμοκρασίας και την προσπάθεια για τον περιορισμό της στους 1,5°C. Η επιτυχία της Συνθήκης εξαρτάται από την άμεση μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, με τη σημαντική συνεισφορά της ενεργειακής αποδοτικότητας και των ανακαινίσεων των κτιρίων ως μέσο επίτευξης αυτού του στόχου [4].

1.2. Λήψη αποφάσεων

Η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων απαιτεί τη διευκόλυνση της λήψης τεκμηριωμένων αποφάσεων, προσφέροντας στους ενδιαφερόμενους μια απλή και αποτελεσματική μέθοδο αξιολόγησης για τις διάφορες παρεμβάσεις. Η επιλογή σχετικά με τις τεχνικές ανακαίνισης που θα πρέπει να εφαρμοστούν, μπορεί να είναι δύσκολη, λόγω της διάθεσης ποικίλων τεχνολογιών. Η λήψη σωστών αποφάσεων για την αναβάθμιση των

κτιρίων απαιτεί την εφαρμογή ενός πλαισίου που να συνδυάζει οικονομικές, τεχνικές, περιβαλλοντικές, κανονιστικές και κοινωνικές πτυχές, βοηθώντας τα ενδιαφερόμενα μέρη να επιλέξουν τις κατάλληλες στρατηγικές αναβάθμισης. Τα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων (decision - support systems, DSS) είναι κρίσιμα εργαλεία, καθώς επιτρέπουν την αξιολόγηση της απόδοσης και του κόστους των παρεμβάσεων, προσφέροντας δεδομένα και εργαλεία ανάλυσης που διευκολύνουν τη λήψη αποφάσεων, διασφαλίζοντας τη βιωσιμότητα των αναβαθμίσεων. Η χρήση των DSS καθιστά τις διαδικασίες λήψης αποφάσεων πιο διαφανείς και βοηθά στην αποφυγή της αβεβαιότητας που προκαλείται από τον όγκο πληροφοριών [5]. Επίσης, η παρούσα διπλωματική εργασία έχει σκοπό να διευκολύνει τη διαδικασία αυτή, όσον αφορά το κλίμα και τους τύπους κτιρίων.

1.3. Προοπτικές εξοικονόμησης ενέργειας

Καθώς η οικονομία συνεχώς αναπτύσσεται και η αστικοποίηση αυξάνεται, η κατανάλωση ενέργειας στον κτιριακό τομέα συνεχώς μεγαλώνει. Η πλειονότητα των υφιστάμενων κτιρίων κατασκευάστηκε πριν την εισαγωγή αυστηρών προτύπων ενεργειακής απόδοσης, και πολλά από αυτά θα συνεχίσουν να λειτουργούν μέχρι το 2050. Ωστόσο, αν πραγματοποιηθούν βιώσιμες ανακαινίσεις, η κατανάλωση ενέργειας μπορεί να μειωθεί έως και 75% [6]. Τα συστήματα HVAC (θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού) καταναλώνουν πάνω από το 40% της συνολικής ενέργειας στα κτίρια και, επομένως, αποτελούν μία πολύ κρίσιμη παρέμβαση, η οποία μπορεί να επηρεάσει τα αποτελέσματα ολόκληρης της ανακαίνισης [6]. Η οδηγία EPBD απαιτεί από τις χώρες της ΕΕ να ενισχύσουν τους οικοδομικούς κανονισμούς τους και να εφαρμόσουν κίνητρα για την ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων, ενώ μελέτες αναδεικνύουν τη σημασία των στρατηγικών αντικατάστασης συστημάτων θέρμανσης και τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για τη μείωση των εκπομπών CO₂ [7].

Τα κτίρια έχουν καθοριστικό ρόλο στις καθημερινές δραστηριότητες των ανθρώπων, καθώς περνούν περίπου το 85% του χρόνου τους σε εσωτερικούς χώρους [7]. Ένας από τους βασικούς στόχους των κτιρίων είναι η παροχή προστασίας ενάντια στις ακραίες καιρικές συνθήκες που βρίσκονται σε έξαρση, εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής. Λόγω αυτής και της αύξησης τη θερμοκρασίας, η ανάγκη για ψύξη αυξάνεται συνεχώς. Η υπερβολική χρήση κλιματιστικών συστημάτων αποτελεί σοβαρό πρόβλημα, καθώς ενισχύει την κατανάλωση ορυκτών καυσίμων, αυξάνοντας ταυτόχρονα το κόστος της ενέργειας και τη ρύπανση. Η ψύξη κτιρίων προκαλεί την αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας παγκοσμίως και εκτιμάται

πως οι εκπομπές από τα κτίρια είναι πιθανό να διπλασιαστούν μέχρι το 2030, αν δεν ληφθούν κατάλληλα μέτρα. Ωστόσο, οι εκθέσεις του IPCC επισημαίνουν ότι ο κτιριακός τομέας έχει μεγάλες δυνατότητες μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας, με τις διαθέσιμες τεχνολογίες να προσφέρουν μείωση κατά 30-50% χωρίς σημαντική αύξηση του κόστους επένδυσης [7]. Η μείωση της υπερθέρμανσης του πλανήτη απαιτεί την ανάπτυξη στρατηγικών ενεργειακής αναβάθμισης και τη μείωση των εκπομπών κατά 45% έως το 2030. Στο πλαίσιο των καθαρών μηδενικών εκπομπών μέχρι το 2050, υπογραμμίζεται η σημασία της επιτάχυνσης της απανθρακοποίησης των κτιρίων, με πιο ενεργειακά αποδοτικές παρεμβάσεις [8].

1.4. Η κατάσταση στην Ελλάδα

Η Ελλάδα, αν και μέλος της ΕΕ, βρίσκεται σε δυσχερή θέση. Αξιοσημείωτο είναι ότι το 71% των ελληνικών κτιρίων κατασκευάστηκαν πριν από την εφαρμογή του πρώτου κανονισμού μόνωσης, με αποτέλεσμα ένα τεράστιο ανεπαρκές κτιριακό απόθεμα, όσον αφορά τη θερμομόνωση και την θερμοκρασιακή άνεση [8]. Η χώρα καταναλώνει τη μεγαλύτερη ποσότητα ενέργειας στην Ευρώπη για οικιακή χρήση, με το 54% των κτιρίων να έχουν κατασκευαστεί πριν από το 1980 [9]. Τα περισσότερα από αυτά τα κτίρια, εκτός από την έλλειψη επαρκούς θερμομόνωσης, χρησιμοποιούν ενεργοβόρα και απαρχαιωμένα ενεργειακά συστήματα.

Παρά τις κοινές παρανοήσεις ότι η κατανάλωση ενέργειας σε κτίρια της Νότιας Ευρώπης αφορά αποκλειστικά την ψύξη, η εφαρμογή των κατάλληλων στρατηγικών πρέπει να διασφαλίζει τη σωστή εξισορρόπηση της ζήτησης για θέρμανση και ψύξη. Ο υπερβάλλοντας ζήλος για μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για ψύξη των κτιρίων, μπορεί ακούσια να αυξήσει την κατανάλωση κατά τη θέρμανσή τους, τους χειμερινούς μήνες [8].

1.5. Η κατάσταση στην Ευρώπη και τον κόσμο

Σήμερα, περίπου το 35% των κτιρίων στην ΕΕ είναι άνω των 50 ετών, περίπου το 75% έχουν κατασκευαστεί πριν το 1990 και η συντριπτική πλειοψηφία αυτών είναι ενεργειακά αναποτελεσματικά [9]. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει θέσει στόχους για την ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων μέχρι το 2050, με στόχο τη μείωση των εκπομπών CO₂ κατά τουλάχιστον 60% έως το 2030. Η Ευρώπη αποτελεί την ήπειρο με τα πιο επιθετικά μέτρα για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας [10]. Παρά αυτό το γεγονός, περίπου το 8% του

πληθυσμού της ΕΕ δεν μπόρεσε να διατηρήσει το σπίτι του επαρκώς ζεστό το 2020, με βάση στοιχεία από τη Eurostat.

Σύμφωνα με μελέτες του ΙΕΑ, σε μερικές χώρες, ενώ έχει εφαρμοστεί εθνική πολιτική για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, η μέση κατανάλωση ανά πολίτη παραμένει αμετάβλητη από το 1990 [11]. Παρά τις προθέσεις, οι κλιματικές και κοινωνικοοικονομικές διαφορές μεταξύ των κρατών-μελών της ΕΕ καθιστούν την επίτευξη αυτών των στόχων δύσκολη, με τις χώρες του Νότου, όπως η Ιταλία και η Ισπανία, όπου τα κτίρια που κατασκευάστηκαν πριν από το 1945 είναι αρκετά, να αντιμετωπίζουν τις μεγαλύτερες προκλήσεις [9]. Στη Σουηδία και τη Νορβηγία, όπου οι ανάγκες για θέρμανση είναι υψηλότερες λόγω των ψυχρών κλιμάτων, οι στρατηγικές ανακαίνισης εστιάζουν στην αποδοτική χρήση της ενέργειας για θέρμανση, ενώ στην Ελλάδα και άλλες νότιες χώρες, η κατανάλωση ενέργειας για ψύξη είναι καθοριστικός παράγοντας.

Η ανάγκη για ενεργειακή αναβάθμιση παραμένει, με πολλές χώρες να προσφέρουν κίνητρα για ανακαίνιση των υφιστάμενων κτιρίων και βελτίωση της ενεργειακής τους απόδοσης. Η γερμανική κυβέρνηση, έχοντας φιλόδοξους στόχους για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, δηλαδή μείωση κατά 80% έως το 2050, σε σύγκριση με το 1990, το 2012 προσέφερε χαμηλά επιτόκια δανεισμού (1-2%), για ενεργειακές αναβαθμίσεις κτιρίων [11]. Σύμφωνα με τα στοιχεία, το 30,1% των ιταλικών κτιρίων κατασκευάστηκαν πριν από τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο, ενώ το 2004, η ιταλική κυβέρνηση υιοθέτησε νόμο που ταξινομεί τα κτίρια άνω των 50 ετών ως «προστατευόμενα» [11]. Αντίστοιχα, το 75% των κτιρίων στο Ηνωμένο Βασίλειο χτίστηκαν πριν από το 1985 [11].

Το πρόβλημα, όμως, δεν περιορίζεται στην ΕΕ. Αντιστοίχως στις ΗΠΑ, πάνω από το 65% του κτιριακού αποθέματος είναι άνω των 35 ετών [12]. Επίσης, στην Κορέα, το 36% των κτιρίων ξεπερνά τα 30 έτη, ήδη από το 2016 [12], ενώ υπάρχουν αυστηροί περιορισμοί για την αναβάθμιση των πολιτιστικών κέντρων ιστορικής σημασίας, καθώς απαγορεύεται κάθε παρέμβαση που δύναται να τροποποιήσει την εξωτερική εμφάνιση των κτιρίων [13]. Παρά τους παρόμοιους περιορισμούς για τα ιστορικά κτίρια στο Ηνωμένο Βασίλειο, αυτό κατάφερε να μειώσει επιτυχώς τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά 25%, από το 1970 έως το 2010 [11].

Οι στρατηγικές ενεργειακής αναβάθμισης απαιτούν κατάλληλα κίνητρα και πολιτικές, ενώ σε αναπτυσσόμενες χώρες, η ανάγκη για αναβάθμιση παλαιών κτιρίων παραμένει επισκιασμένη από τη κατασκευή νέων ενεργειακά αποδοτικών κτιρίων [3].

1.6. Οι προσπάθειες για την αναβάθμιση ιστορικών και των εμπορικών κτιρίων

Στην Ιταλία, η ανακαίνιση αυτών των ιστορικών κτιρίων θα μπορούσε να επιτύχει εξοικονόμηση ενέργειας 55%-83%, [11] με τη χρήση τεχνολογιών, όπως τα φωτοβολταϊκά και η αναβάθμιση του περιβλήματος του κτιρίου, όπως μόνωση στους τοίχους και τις οροφές κλπ.. Παρόλα αυτά, τα ιστορικά κτίρια συχνά δεν μπορούν να ανακαινιστούν επαρκώς, λόγω των περιορισμών σχετικά με την πολιτιστική κληρονομιά, ειδικά σε χώρες όπως η Ιταλία, όπου το 13% των ιστορικών κτιρίων φιλοξενούν γραφεία [11]. Παρόμοια προβλήματα παρουσιάζονται και στο Ηνωμένο Βασίλειο, όπου τα ιστορικά κτίρια, τα οποία είναι χτισμένα πριν από το 1919, είναι δύσκολο να αναβαθμιστούν, λόγω αυστηρών κανονισμών [11].

Ωστόσο, οι παρεμβάσεις με σκοπό τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και τη διατήρηση της ιστορικής αξίας των κτιρίων είναι απαραίτητες για την ενσωμάτωση τεχνολογιών, όπως οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, για να επιτευχθεί μείωση των εκπομπών CO₂ και ενίσχυση της ενεργειακής παραγωγικότητας των κτιρίων.

Η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σε ιστορικά κτίρια, όπως στο μουσείο του Βελιγραδίου, αναδεικνύει τη δυνατότητα της ενεργειακής αναβάθμισης να επιτυγχάνει μηδενικές εκπομπές CO₂, ενώ παράλληλα διατηρεί την ιστορική αξία των κτιρίων. Η στρατηγική αυτή περιλαμβάνει συνδυασμό παθητικών και ενεργητικών τεχνολογιών, όπως και την ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Με πάνω από το 60% του κτιριακού αποθέματος να είναι άνω των τριάντα ετών, τα εμπορικά κτίρια- κτίρια γραφείων αντιπροσωπεύουν έναν κρίσιμο τομέα για την ενεργειακή εξοικονόμηση [14]. Ενέργειες για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης αυτών των κτιρίων, όπως η αναβάθμιση του κτιριακού περιβλήματος και η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, αποτελούν καίρια στρατηγική για τη μείωση των εκπομπών CO₂ και την επίτευξη των παγκόσμιων στόχων για την κλιματική αλλαγή.

Οι προσπάθειες που καταβάλλονται για την αναβάθμιση των εμπορικών κτιρίων- γραφείων στην Αυστραλία, αν και περιορισμένες σε ετήσιες μειώσεις εκπομπών της τάξης του 1-3%, καταδεικνύουν τη σημασία της εφαρμογής στρατηγικών ενεργειακής αναβάθμισης για την επίτευξη των παγκόσμιων στόχων βιωσιμότητας [15].

1.7. Η σημασία της αναβάθμισης του κτιριακού τομέα

Η ΕΕ έχει θέσει υψηλούς στόχους για τον κτιριακό τομέα, στοχεύοντας στην επίτευξη μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης έως το 2050. Αυτό απαιτεί τη συνδυαστική χρήση καινοτόμων τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας, την ενίσχυση της ενεργειακής ανακαίνισης και την πλήρη ενεργειακή αυτονομία των νέων κτιρίων. Σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Κτιριακό Κώδικα, κάθε κράτος μέλος οφείλει να επιτύχει ετήσιο ποσοστό ανακαίνισης 3% του κτιριακού αποθέματος, προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι για καθαρές μηδενικές εκπομπές.

Η ενεργειακή ανακαίνιση των κτιρίων, πέρα από τα οφέλη της σε περιβαλλοντικό επίπεδο, δημιουργεί νέες θέσεις εργασίας στον τομέα της κατασκευής και των πράσινων τεχνολογιών. Σύμφωνα με το International Renewable Energy Agency (IRENA), η ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων μπορεί να δημιουργήσει περίπου 10 εκατομμύρια νέες θέσεις εργασίας παγκοσμίως μέχρι το 2030, στην κατασκευή και αναβάθμιση κτιρίων, εξοπλισμού και υποδομών [16].

Επίσης, οι ενεργειακές παρεμβάσεις οδηγούν σε αύξηση της αξίας των ακινήτων. Κτίρια με υψηλή ενεργειακή απόδοση έχουν τη δυνατότητα να πωλούνται σε υψηλότερες τιμές, καθώς οι καταναλωτές προτιμούν πλέον τα κτίρια που προσφέρουν ενεργειακή αποδοτικότητα και χαμηλότερα κόστη λειτουργίας [17].

Η αναβάθμιση των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και αερισμού και η βελτίωση της ποιότητας του αέρα στα κτίρια, ως μέρος μιας ενεργειακής ανακαίνισης, έχει θετική επίδραση στην υγεία των κατοίκων. Σύμφωνα με μελέτες του World Health Organization (WHO), τα κτίρια που δεν είναι ενεργειακά αποδοτικά και έχουν ελλειπή εξαερισμό, συνδέονται με προβλήματα υγείας, όπως αναπνευστικά νοσήματα, καθώς και καταναλώνουν μεγάλα ποσά ενέργειας για θέρμανση και ψύξη, μέσω παλαιών συστημάτων. Η ενεργειακή αναβάθμιση μπορεί να βελτιώσει την ποιότητα του αέρα και να μειώσει την ανάγκη για θέρμανση ή ψύξη, προσφέροντας καλύτερες συνθήκες διαβίωσης [18].

Η ενεργειακή αναβάθμιση δεν είναι απλώς μια οικολογική αναγκαιότητα, αλλά μια προτεραιότητα για την ενίσχυση της ασφάλειας και της βελτίωσης της ποιότητας ζωής των πολιτών. Η ανακαίνιση υφιστάμενων κτιρίων αναγνωρίζεται ως η πιο εφικτή και οικονομικά αποδοτική λύση για την επίτευξη πράσινων κτιρίων και έχει μικρότερο περιβαλλοντικό αντίκτυπο από την κατεδάφιση και ανακατασκευή νέων κτιρίων [7].

1.8. Ελλείψεις στη βιβλιογραφία

Από όλα τα παραπάνω, προκύπτει η αναγκαιότητα για την ενεργειακή ανακαίνιση των κτιρίων. Παρά τις πολυάριθμες μελέτες πάνω στις ενεργειακές ανακαινίσεις κτιρίων, η πλειονότητα αυτών περιορίζεται σε μοντελοποιήσεις και προσομοιώσεις των παρεμβάσεων σε υπολογιστικά προγράμματα και σχεδόν καμία δεν αφορά υλοποιημένα έργα. Ως αποτέλεσμα, ενώ στην αγορά υπάρχει μεγάλος όγκος πληροφοριών πάνω σε αυτό το θέμα, οι πραγματικές επιδράσεις των πιθανών παρεμβάσεων δεν μπορούν να εκτιμηθούν με βεβαιότητα και οι θεωρητικές αποδόσεις μπορεί να είναι παραπλανητικές [3]. Ειδικότερα, σε χώρες της Μέσης Ανατολής, ακόμη και η θεωρητική ανάλυση ενεργειακής αναβάθμισης είναι ελλιπής και απαιτεί περαιτέρω μελέτη.

1.9. Σκοπός και αντικείμενο της μελέτης

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι, μέσω της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, να συλλεχθούν όλα τα διαθέσιμα δεδομένα, για τη βαθύτερη κατανόηση της σχέσης ενεργειακών παρεμβάσεων και κλίματος, που θα οδηγήσει στη δημιουργία μίας κατευθυντήριας οδηγίας για τις ενεργειακές αναβαθμίσεις των κτιρίων. Πέρα από τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην εκάστοτε περιοχή, κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή παρεμβάσεων είναι ο τύπος του κτιρίου και η χρήση για την οποία προορίζεται. Άλλοι παράγοντες, όπως το κόστος και η οικονομία της κάθε χώρας διαδραματίζουν, επίσης, σημαντικό ρόλο, αλλά δεν αναλύθηκαν στα πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας.

2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

2.1. Κλίματα προς μελέτη

Οι κλιματικές συνθήκες στη Γη ποικίλλουν ανάλογα με την γεωγραφική θέση της κάθε περιοχής. Ως αποτέλεσμα, οι περιοχές ομαδοποιούνται σε διαφορετικές κλιματικές ζώνες. Μέσω της ανασκόπησης προέκυψαν τέσσερις (4) βασικές κατηγορίες κλιμάτων, που καλύπτουν το μεγαλύτερο ποσοστό παγκοσμίως [19]. Αυτές οι κατηγορίες περιλαμβάνουν: (α) τα θερμά κλίματα με ζέστη όλο το χρόνο, τόσο υγρά όσο και ξηρά, (β) τα ψυχρά και πολύ ψυχρά κλίματα, (γ) τα κλίματα με ζεστά καλοκαίρια και παγωμένους χειμώνες, καθώς και (δ) τα εύκρατα κλίματα, όπως αυτά της Μεσογείου, με ήπια και σταθερά καιρικά φαινόμενα.

2.1.1. Θερμά κλίματα

Τα θερμά και τροπικά κλίματα παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Τα ξηρά, θερμά κλίματα χαρακτηρίζονται από υψηλές θερμοκρασίες καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, έντονη ηλιοφάνεια και ελάχιστες βροχές. Η μέση θερμοκρασία κυμαίνεται από 20°C έως και 30°C, με ελάχιστες διακυμάνσεις ακόμη και τη νύχτα. Σε αυτά τα κλίματα, οι θερμοκρασιακές διαφορές μεταξύ καλοκαιριού και χειμώνα είναι περιορισμένες, με τη θερμοκρασία να μεταβάλλεται ελαφρώς. Λόγω της έλλειψης βροχοπτώσεων, οι περιοχές με αυτό το κλίμα συχνά βιώνουν ξηρασία.

Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί πως δεν χαρακτηρίζονται όλα τα θερμά κλίματα από ξηρασία. Οι περιοχές με τροπικό κλίμα, όπως η Νοτιοανατολική Ασία και ο Αμαζόνιος, χαρακτηρίζονται από συνδυασμό υψηλών θερμοκρασιών και υγρασίας, που δημιουργούν ένα πολύ διαφορετικό περιβάλλον, σε σχέση με άλλες θερμές περιοχές με ξηρό κλίμα, όπως οι χώρες της Αφρικής και οι έρημοι.

Τα θερμά κλίματα εντοπίζονται κυρίως κοντά στον ισημερινό και σε περιοχές με χαμηλό γεωγραφικό πλάτος, με χαρακτηριστικά παραδείγματα την Αφρική, τη Νότια Ασία, τη Μέση Ανατολή και τη Λατινική Αμερική. Κάποιες από αυτές τις περιοχές χαρακτηρίζονται από θερμό και ξηρό κλίμα, ενώ άλλες, που βρίσκονται στην τροπική και υποτροπική ζώνη, έχουν υψηλές θερμοκρασίες με αυξημένη υγρασία και βροχοπτώσεις. Στις περιοχές, όπου επικρατούν οι καύσωνες και η ξηρασία, η ανάπτυξη της χλωρίδας είναι δύσκολη και περιορισμένη, ενώ το υγρό, τροπικό κλίμα ευνοεί την ανάπτυξη τροπικών δασών και οικοσυστημάτων.

Οι επιπτώσεις των θερμών κλιμάτων στην ανθρώπινη ζωή διαφέρουν ανάλογα με την κλιματική ζώνη που ανήκει η εκάστοτε περιοχή. Κοινά τους χαρακτηριστικά είναι ο θερμός καιρός και οι ηλιόλουστες μέρες, που ευνοούν τον τουρισμό και, σε ορισμένες περιπτώσεις, την γεωργία. Ωστόσο, η λειψυδρία στα ξηρά κλίματα και η παρατεταμένη έντονη ζέστη περιορίζουν άλλες καλλιέργειες, ενώ οι δύσκολες συνθήκες δυσχεραίνουν τη ζωή των κατοίκων και την προστασία τους από τα καιρικά φαινόμενα, ενώ συχνά απειλείται και το περιβάλλον.

Για το λόγο αυτό, κρίνεται σκόπιμο να ληφθεί υπόψη η δυναμική αυτών των κλιμάτων, προκειμένου να επιλεγούν οι κατάλληλες παρεμβάσεις για τα κτίρια στις συγκεκριμένες περιοχές, ώστε να ανταπεξέρχονται σε αυτές τις καιρικές συνθήκες. Τα κτίσματα πρέπει να προσφέρουν χαμηλότερες θερμοκρασίες στους εσωτερικούς χώρους και προστασία από την έντονη ηλιακή ακτινοβολία, με την καλύτερη δυνατή ποιότητα του αέρα και το χαμηλότερο δυνατό ενεργειακό και περιβαλλοντικό κόστος.

2.1.2. Κρύα και πολύ κρύα κλίματα

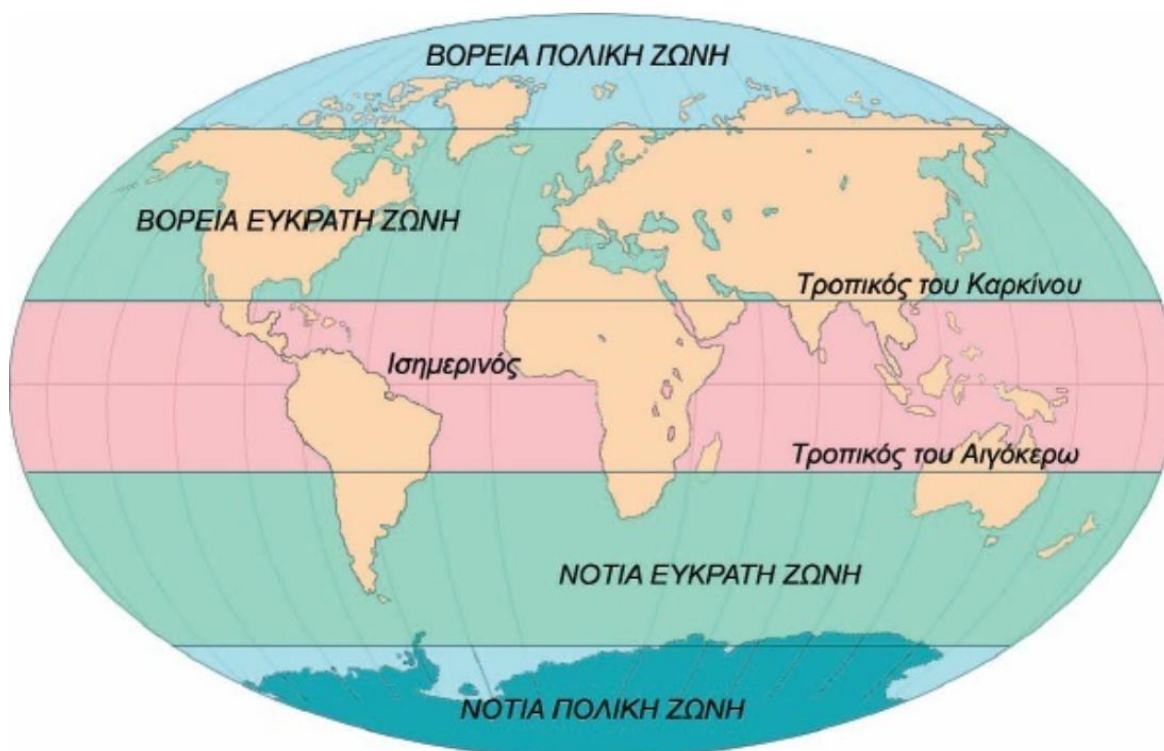
Ψυχρά και πολύ ψυχρά κλίματα συναντώνται σε περιοχές που βρίσκονται κοντά στους πόλους της Γης, αλλά και σε περιοχές με μεγάλο υψόμετρο. Οι περιοχές αυτές διακρίνονται για τις χαμηλές θερμοκρασίες, οι οποίες καθιστούν την επιβίωση πιο απαιτητική, έως απαγορευτική.

Τα κρύα κλίματα εντοπίζονται αρκετά βορειότερα του Ισημερινού, όπου οι θερμοκρασίες το χειμώνα πέφτουν κάτω από το μηδέν και το χιόνι είναι σύνηθες φαινόμενο. Αντιπροσωπευτικές περιοχές με ψυχρό κλίμα είναι η Κεντρική και Βόρεια Ευρώπη και τμήματα της Βόρειας Αμερικής, της Ρωσίας και της Κίνας.

Πολύ κρύα κλίματα εντοπίζονται κυρίως κοντά στη Βόρεια Πολική Ζώνη, όπως στο βόρειο Καναδά, αλλά και κοντά σε βουνά με μεγάλο υψόμετρο, όπως τα Ιμαλάια και οι Άλπεις. Οι θερμοκρασίες σε αυτά τα κλίματα κυμαίνονται από -10°C έως 5°C κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, ενώ το χειμώνα είναι ιδιαίτερα χαμηλές. Αν και στα πολύ κρύα κλίματα συγκαταλέγονται και πιο ακραία κλίματα με εξαιρετικά χαμηλότερες θερμοκρασίες, η συγκεκριμένη εργασία δεν εστιάζει σε αυτά, λόγω του πολύ περιορισμένου αριθμού κατοίκων και υποδομών. Σε αυτές τις περιοχές, το έδαφος παραμένει παγωμένο για μεγάλο μέρος του έτους και η ηλιοφάνεια είναι περιορισμένη, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών, όπως στην Ανταρκτική, όπου η ανθρώπινη παρουσία είναι σχεδόν ανύπαρκτη.

Επίδραση του Κλίματος στις Παρεμβάσεις Ανακαινίσεων Κτιρίων: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Οι επιπτώσεις των κρύων κλιμάτων στην ανθρώπινη ζωή είναι ποικίλες, ανάλογα με την κλιματική ζώνη που ανήκει η εκάστοτε περιοχή. Το κοινό τους γνώρισμα είναι οι κρύοι, ή και παγωμένοι, χειμώνες που δυσκολεύουν τη ζωή των κατοίκων και εμποδίζουν την ανάπτυξη των καλλιεργειών. Γι' αυτό το λόγο, τα κτίρια των βορειότερων περιοχών πρέπει να είναι ικανά να προστατέψουν τους κατοίκους από τις δυσμενείς καιρικές συνθήκες. Έτσι, εντείνεται η ανάγκη για λιγότερο ενεργοβόρες και κοστοβόρες κτιριακές ανακαινίσεις, που θα παρέχουν επαρκή θερμομόνωση και θα προσφέρουν ικανοποιητική θέρμανση και ζεστό νερό.



Εικόνα 1: Κλιματικές ζώνες [20]

2.1.3. Κρύοι χειμώνες- ζεστά καλοκαίρια

Αναμφίβολα, αυτός ο τύπος κλίματος παρουσιάζει το μεγαλύτερο ενδιαφέρον από πλευράς μελέτης, καθώς συνιστά και τη μεγαλύτερη πρόκληση όσον αφορά την ανακαίνιση του κτιριακού αποθέματος, αν και δεν απαντάται σε πολλές γεωγραφικές περιοχές.

Τα κλίματα με ζεστά καλοκαίρια και κρύους χειμώνες χαρακτηρίζονται από την έντονη θερμοκρασιακή διακύμανση μεταξύ των εποχών. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, οι θερμοκρασίες είναι υψηλές, με παρατεταμένες περιόδους ηλιοφάνειας, ενώ το χειμώνα σημειώνεται σημαντική πτώση της θερμοκρασίας, φτάνοντας σε πολύ χαμηλότερες τιμές. Αυτά τα κλίματα συναντώνται κυρίως σε περιοχές με ηπειρωτικό χαρακτήρα, όπου οι

θερμοκρασίες της θάλασσας δεν έχουν την ίδια επίδραση στο κλίμα, σε αντίθεση με τις παραθαλάσσιες περιοχές. Στις ηπειρωτικές περιοχές της Κεντρικής Ασίας, όπως στην Κίνα και στο Θιβέτ, καθώς και σε μεγάλες εκτάσεις της Βόρειας Αμερικής, οι θερμοκρασιακές διαφορές μεταξύ καλοκαιριού και χειμώνα είναι εξαιρετικά έντονες. Το χειμώνα, οι θερμοκρασίες αγγίζουν τους -20°C στις βόρειες περιοχές, ενώ το καλοκαίρι ξεπερνούν τους 30°C , φτάνοντας σε ορισμένες περιπτώσεις τους 40°C .

Οι μεγάλες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις και οι έντονες διαφοροποιήσεις μεταξύ καλοκαιριού και χειμώνα επιδρούν σε μεγάλο βαθμό στη γεωργία και επηρεάζουν την ανθρώπινη δραστηριότητα, απαιτώντας από τους κατοίκους να προσαρμόζονται στις σφοδρές αλλαγές, χρησιμοποιώντας κατάλληλα καταλύματα για να προστατευτούν από τις ακραίες θερμοκρασίες της κάθε εποχής. Με δεδομένο ότι, το μεγαλύτερο ποσοστό των υποδομών είναι κατασκευασμένο με παλαιότερα πρότυπα και τα κτίρια πλέον έχουν υποστεί φθορά αρκετών ετών, η ανάγκη για ανακαινίσεις διογκώνεται. Στόχος είναι, τα κτίρια να εξασφαλίζουν επαρκή θερμομόνωση από τις εξωτερικές συνθήκες ζέστης και ψύχους, προσφέροντας ένα πιο άνετο και βιώσιμο περιβάλλον, προσιτό σε κάθε κάτοικο.

2.1.4. Εύκρατο- μεσογειακό κλίμα

Το εύκρατο κλίμα συναντάται σε περιοχές που βρίσκονται βόρεια και νότια της τροπικής ζώνης, όπως η Βόρεια και η Νότια Ευρώπη, μεγάλο μέρος της Ασίας, η Βόρεια Αμερική και τμήματα της Νότιας Αμερικής. Ο καιρός του εύκρατου κλίματος χαρακτηρίζεται από μέτριες θερμοκρασίες, χωρίς ακραία καιρικά φαινόμενα, και τέσσερις (4) σαφώς καθορισμένες εποχές. Οι χειμώνες είναι ήπιοι και τα καλοκαίρια είναι θερμά, χωρίς να υπερβαίνουν τους 30°C . Οι βροχοπτώσεις στις περιοχές με εύκρατο κλίμα είναι συχνές, κυρίως κατά τη διάρκεια της άνοιξης και του φθινοπώρου, ενώ το καλοκαίρι η βροχή είναι πιο σπάνια.

Το μεσογειακό κλίμα αποτελεί υποκατηγορία του εύκρατου κλίματος και απαντάται κυρίως σε χώρες που βρίσκονται κατά μήκος της Μεσογείου, δηλαδή τη Νότια Ευρώπη και τη Βόρεια Αφρική, αλλά και περιοχές της Δυτικής Αμερικής, της Χιλής και της Νότιας Αυστραλίας. Το χειμώνα, οι θερμοκρασίες παραμένουν πάνω από τους 5°C , ενώ, το καλοκαίρι, ξεπερνούν τους 30°C , με περιορισμένες βροχοπτώσεις.

Συνολικά, το εύκρατο και το εύκρατο μεσογειακό κλίμα αποτελούν τα πιο ευνοϊκά κλίματα για τη ζωή και την καλλιέργεια, καθώς συνδυάζουν ιδανικές συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας, με εποχιακές μεταβολές, που ενισχύουν τη βιοποικιλότητα και τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Το εύκρατο κλίμα είναι, επίσης, ιδανικό για ανθρώπινη κατοίκηση,

Επίδραση του Κλίματος στις Παρεμβάσεις Ανακαινίσεων Κτιρίων: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

προσφέροντας άνετες συνθήκες διαβίωσης και υποστηρίζοντας σημαντικούς οικονομικούς τομείς, όπως η γεωργία και η βιομηχανία. Ακόμη, το κλίμα αυτό είναι ελκυστικό για τον τουρισμό, αφού οι ήπιες χειμερινές συνθήκες και οι ηλιόλουστες καλοκαιρινές μέρες αυξάνουν την επισκεψιμότητα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Ωστόσο, η ξηρασία του καλοκαιριού ενδέχεται να προκαλέσει προβλήματα, όπως πυρκαγιές και περιορισμένη διαθεσιμότητα νερού, καθιστώντας αναγκαία την μέριμνα και εφαρμογή ειδικών στρατηγικών για τη διαχείριση των φυσικών πόρων και την προστασία των τοπικών οικοσυστημάτων.

Οι σταθερές θερμοκρασίες και τα ποσοστά υγρασίας, καθώς και η εναλλαγή των εποχών, συνθέτουν μεν ένα ήπιο και φιλικό προς τους κατοίκους κλίμα, δεν παύουν δε, να απαιτούν ειδική προσέγγιση στη δόμηση και ανακαίνιση των κτιρίων, για να διασφαλιστεί ένα άνετο και δροσερό εσωτερικό περιβάλλον, ιδίως το καλοκαίρι, όταν οι θερμοκρασίες είναι υψηλές, με χαμηλό περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

Με πράσινο εμφανίζονται οι εύκρατες περιοχές.



Εικόνα 2: Κλιματικές ζώνες (με πράσινο χρώμα απεικονίζονται οι εύκρατες περιοχές) [21]

2.2. Κτίρια προς μελέτη

Για τη διευκόλυνση της μελέτης, τα κτίρια έχουν χωριστεί σε τέσσερις (4) μεγάλες κατηγορίες: (α) τα κτίρια κατοικιών, (β) τα δημόσια και κοινωνικά κτίρια, (γ) τα εμπορικά κτίρια- κτίρια γραφείων και (δ) τα ιστορικά και παραδοσιακά κτίρια.

2.2.1. Κτίρια κατοικιών

Τα κτίρια κατοικιών προορίζονται για τη στέγαση ατόμων και οικογενειών. Αυτά ανήκουν στον τομέα των κτιριακών υποδομών και κατέχουν το μεγαλύτερο ποσοστό των συνολικών κτισμάτων παγκοσμίως. Τα κτίρια κατοικιών χαρακτηρίζονται από ποικιλία σχεδίων και κατασκευαστικών υλικών, προσαρμοσμένων στις ανάγκες των χρηστών και τις τοπικές κλιματικές συνθήκες. Τα κτίρια αυτά συνήθως αποτελούνται από υπνοδωμάτια, κουζίνα, μπάνιο, σαλόνι, αποθηκευτικούς χώρους και, σε ορισμένες περιπτώσεις, γραφεία ή χώρους εργασίας. Το μέγεθος και ο αριθμός των δωματίων εξαρτάται από τον τύπο και τη διάταξη του σπιτιού και την οικογενειακή δομή.

Χαρακτηριστικά που πρέπει να διακρίνουν τα κτίρια κατοικιών, περιλαμβάνουν τη δομική αντοχή, την ενεργειακή αποδοτικότητα και την ασφάλεια. Από άποψη αρχιτεκτονικής, παρατηρείται πολυμορφία, από παραδοσιακού τύπου κατοικίες μέχρι πιο μοντέρνες και σύγχρονες. Η μορφή των κτιρίων εξαρτάται από πολιτισμικές, κοινωνικές και οικονομικές παραμέτρους. Η σύγχρονη τάση που κυριαρχεί στην κατασκευή κατοικιών και άλλων κτιρίων εστιάζει στη βιωσιμότητα και την ενεργειακή απόδοση, με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και οικολογικών υλικών. Οι κατασκευές προσαρμόζονται για να είναι φιλικές προς το περιβάλλον και να μειώνουν τις επιπτώσεις στον πλανήτη.

Για την επιτυχή κατασκευή των κτιρίων κατοικιών πρέπει να μελετώνται οι τοπικές κλιματικές συνθήκες και να επιλέγεται η χρήση ποιοτικών υλικών για θερμομόνωση, ηχομόνωση και στεγανότητα. Αυτός ο σχεδιασμός βοηθά στη διατήρηση των εσωτερικών θερμοκρασιών, παρά τις εξωτερικές συνθήκες και εξασφαλίζει ένα άνετο και ασφαλές περιβάλλον για τους κατοίκους. Η ανακαίνιση των κτιρίων κατοικιών, ιδιαίτερα στις περιοχές με ακραίες κλιματικές συνθήκες, κρίνεται απαραίτητη, εφόσον το κτιριακό απόθεμα στην πλειοψηφία του είναι παλιού τύπου και δεν μπορεί να ανταπεξέλθει στις σύγχρονες ανάγκες. Για τη διασφάλιση της βελτίωσης της ποιότητας ζωής, η ανακαίνιση επικεντρώνεται στην αναβάθμιση της ενεργειακής απόδοσης και της θερμοκρασιακής άνεσης, με ταυτόχρονη μείωση των ενεργειακών δαπανών.

2.2.2. Δημόσια και κοινωνικά κτίρια

Τα δημόσια και τα κοινωνικά κτίρια αποτελούν θεμελιώδη στοιχεία των αστικών υποδομών, καθώς στεγάζουν υπηρεσίες και δραστηριότητες που εξυπηρετούν το ευρύ κοινό. Τυπικά παραδείγματα δημοσίων κτιρίων είναι τα σχολεία, τα νοσοκομεία, οι δημόσιες υπηρεσίες, τα δικαστήρια, τα μουσεία και οι βιβλιοθήκες. Ο σχεδιασμός αυτών

Επίδραση του Κλίματος στις Παρεμβάσεις Ανακαινίσεων Κτιρίων: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

των κτιρίων επικεντρώνεται στην εξυπηρέτηση του κοινωνικού συνόλου, προσφέροντας λειτουργικούς και ασφαλείς χώρους για τις δραστηριότητες που φιλοξενούν.

Τα κοινωνικά κτίρια έχουν σκοπό την εξυπηρέτηση της κοινότητας και την ενίσχυση της κοινωνικής ευημερίας. Αυτά φιλοξενούν υπηρεσίες και δραστηριότητες που προάγουν τη συνοχή και την αλληλεγγύη στον κοινωνικό ιστό. Ενδεικτικά παραδείγματα κοινωνικών κτιρίων περιλαμβάνουν κέντρα υγείας, δημόσιες βιβλιοθήκες, γυμναστήρια, κέντρα αλληλεγγύης, πολιτιστικά κέντρα και κοινωνικούς ξενώνες.

Ο σχεδιασμός των δημόσιων κτιρίων επικεντρώνεται στην υψηλή ανθεκτικότητα και την ασφάλεια. Συνήθως, κατασκευάζονται με υλικά που εξασφαλίζουν τη μακροχρόνια χρήση τους, ενώ πολλές φορές τηρούνται αυστηροί κανονισμοί και πρότυπα για την προσβασιμότητα, ώστε να εξυπηρετούν άτομα με κινητικά προβλήματα ή άλλες ειδικές ανάγκες. Από αρχιτεκτονικής άποψης, τα δημόσια κτίρια συνήθως σχεδιάζονται με μεγάλες αίθουσες και ανοικτούς χώρους, προκειμένου να ανταποκρίνονται στις ανάγκες της μεγάλης ροής επισκεπτών.

Τα κοινωνικά κτίρια διακρίνονται για τη λειτουργικότητά τους και την εύκολη πρόσβαση για τα άτομα όλων των ικανοτήτων, ακριβώς όπως τα δημόσια κτίρια. Συνήθως απαιτούν ευρύχωρους και ευέλικτους χώρους για την υλοποίηση διαφόρων κοινωνικών και πολιτιστικών δραστηριοτήτων, από μεγάλο αριθμό ατόμων. Στην αρχιτεκτονική τους, δίνεται προτεραιότητα στους κοινόχρηστους χώρους που επιτρέπουν την ελεύθερη κίνηση και την εύκολη πρόσβαση σε όλους.

Πολλές φορές, τα δημόσια κτίρια αποτελούν πρότυπο για τις υπόλοιπες υποδομές, ενσωματώνοντας καινοτόμες τεχνολογίες, όπως η ηλιακή ενέργεια και οι ενεργειακά αποδοτικές εγκαταστάσεις, ώστε να μειώσουν το περιβαλλοντικό τους αποτύπωμα και να είναι οικονομικά βιώσιμοι. Η διαχείριση των κοινωνικών κτιρίων συνήθως εξαρτάται από δημόσιους φορείς ή μη κερδοσκοπικούς οργανισμούς και ενδέχεται να υποστηρίζονται από εθελοντές ή κοινοτικές οργανώσεις, οπότε η οικονομική βιωσιμότητα αποτελεί μεγάλη πρόκληση.

Συνολικά, τα δημόσια κτίρια είναι ουσιώδη για τη λειτουργία της κοινωνίας, καθώς εξασφαλίζουν την ομαλή ροή των δημόσιων υπηρεσιών και την ευημερία των πολιτών. Τα κοινωνικά κτίρια, επίσης, διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην ενίσχυση της κοινωνικής συνοχής και την βελτίωση της ποιότητας ζωής των πολιτών, προσφέροντας πρόσβαση σε απαραίτητες υπηρεσίες και δημιουργώντας χώρους συνεργασίας και υποστήριξης για όλους. Για να διασφαλιστεί η συνεχής λειτουργικότητα των κτιρίων αυτών για την κοινωνία, πρέπει να υποβληθούν σε κατάλληλες παρεμβάσεων, οι οποίες θα τα

καταστήσουν ενεργειακά αποδοτικά και θα προσφέρουν την καλύτερη δυνατή εμπειρία στους χρήστες, καθώς και τη μέγιστη προστασία από τα καιρικά φαινόμενα.

2.2.3. Εμπορικά κτίρια- κτίρια γραφείων

Τα εμπορικά κτίρια και τα κτίρια κατέχουν καθοριστική θέση στα σύγχρονα κοινωνικά και οικονομικά πλαίσια. Τα εμπορικά κτίρια είναι σχεδιασμένα για να στεγάζουν καταστήματα, εστιατόρια, υπεραγορές και εμπορικά κέντρα. Αυτά τα κτίρια συχνά εντοπίζονται σε κεντρικές περιοχές ή εμπορικές ζώνες, διευκολύνοντας την πρόσβαση για τους καταναλωτές και ενισχύοντας την οικονομική κίνηση.

Σε αντίθεση με τα εμπορικά, τα κτίρια γραφείων προορίζονται για τη στέγαση επιχειρήσεων, οργανισμών και επαγγελματιών. Αυτά, συνήθως, περιλαμβάνουν πολλαπλά επίπεδα γραφείων, αίθουσες συνεδριάσεων και κοινόχρηστους χώρους, και βρίσκονται σε περιοχές με υψηλή επιχειρηματική δραστηριότητα, όπως τα κέντρα των μεγάλων πόλεων. Ο σκοπός αυτών των κτιρίων είναι η υποστήριξη των επιχειρηματικών διαδικασιών, προσφέροντας λειτουργικούς και άνετους χώρους εργασίας. Σε ορισμένες περιπτώσεις, μεγάλες εταιρείες, στην προσπάθειά τους να προσδώσουν μοναδικότητα στο κτίριο που τις στεγάζει, συνδυάζουν τη λειτουργικότητα με προσεγμένη αισθητική, τόσο στο εσωτερικό, όσο και στο εξωτερικό τους. Ωστόσο, αυτή η προσέγγιση ενδέχεται να έχει αρνητική επίδραση στην ενεργειακή απόδοση των εν λόγω κτιρίων. Οι κτιριακές υποδομές αυτών των κτιρίων περιλαμβάνουν συστήματα κλιματισμού, τηλεπικοινωνιακές υποδομές και σύγχρονα συστήματα ασφάλειας.

Στα χαρακτηριστικά των εμπορικών κτιρίων συγκαταλέγονται η μεγάλη πρόσοψη, οι ευρύχωρες βιτρίνες και η εύκολη πρόσβαση για τους πελάτες. Στα συνήθη υλικά κατασκευής περιλαμβάνονται γυαλί, μέταλλο και σκυρόδεμα, εξασφαλίζοντας την ορατότητα στο εσωτερικό των καταστημάτων και την προσβασιμότητα. Όσον αφορά τα κτίρια γραφείων, το πιο σημαντικό στοιχείο είναι η λειτουργική οργάνωση των χώρων.

Επιπλέον, τόσο τα εμπορικά κτίρια όσο και τα κτίρια γραφείων υιοθετούν συχνά τις αρχές της βιωσιμότητας, αξιοποιώντας ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και ενεργειακά αποδοτικά συστήματα. Αυτή η πρακτική συμβάλλει στη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος και λειτουργεί ως μέσο διαφήμισης για την επιχείρηση, ενισχύοντας την εταιρική της εικόνα.

Συνολικά, τα εμπορικά κτίρια και τα κτίρια γραφείων αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της οικονομικής υποδομής κάθε πόλης. Προκειμένου να εξασφαλίζουν άνεση και αποδοτικότητα για τους εργαζόμενους και φιλικότητα προς τους πελάτες/καταναλωτές, τα

κτίρια πρέπει να παρέχουν κατάλληλες εσωτερικές συνθήκες, όπως ένα ικανοποιητικό θερμοκρασιακό περιβάλλον. Δεδομένου ότι τα περισσότερα κτίρια είναι μεγάλης κλίμακας, η ανακατασκευή τους δεν κρίνεται συμφέρουσα, με αποτέλεσμα οι ιδιοκτήτες να στρέφονται στην ενεργειακή ανακαίνιση. Ιδιαίτερα τα ψηλά, γυάλινα κτίρια γραφείων που ήταν τάση στο παρελθόν, χωρίς καμία οδηγία για το περιβαλλοντικό τους αποτύπωμα, χρήζουν άμεσης ανακαίνισης, κυρίως σε περιοχές με πολύ υψηλές ή χαμηλές θερμοκρασίες, μιας και τέτοιου είδους κτίρια είναι πιο εκτεθειμένα στις καιρικές συνθήκες.

2.2.4. Ιστορικά και παραδοσιακά κτίρια

Τα ιστορικά και παραδοσιακά κτίρια αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της πολιτιστικής κληρονομιάς κάθε περιοχής. Μέσα από την αρχιτεκτονική τους, τα κτίρια αυτά αντικατοπτρίζουν την ιστορία, την τέχνη και τις κοινωνικές συνθήκες μιας παλαιότερης εποχής, ενώ συχνά συνδέονται με τοπικές παραδόσεις και πολιτιστικά στοιχεία. Είτε πρόκειται για ναούς, παλάτια, οικίες ή δημόσια κτίρια, αυτά διατηρούν την αυθεντική τους αρχιτεκτονική και αποτελούν ζωντανά ιστορικά μνημεία.

Η συντήρηση και η προστασία των ιστορικών κτιρίων είναι καίριας σημασίας, καθώς η φθορά του χρόνου και η αστικοποίηση συχνά απειλούν την ακεραιότητά τους. Η ατμόσφαιρα που δημιουργείται από τα παραδοσιακά υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή τους, όπως το ξύλο, η πέτρα και το τούβλο, είναι ιδιαίτερα χαρακτηριστική. Η διατήρηση αυτών των κτισμάτων ενδυναμώνει τον τουρισμό και ενισχύει την οικονομία της περιοχής, καθώς αναδεικνύει την πολιτιστική ταυτότητα του τόπου.

Οι ανακαινίσεις των ιστορικών και παραδοσιακών κτιρίων αποτελούν μια κρίσιμη διαδικασία για την διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς και την ενσωμάτωσή τους στις σύγχρονες ανάγκες και απαιτήσεις. Η ανακαίνισή τους απαιτεί εξειδικευμένες γνώσεις και ευαισθησία, προκειμένου να διατηρήσουν τα μοναδικά χαρακτηριστικά τους, αλλά και να κατασταθούν λειτουργικά, με σύγχρονες ανέσεις και τεχνολογίες. Σκοπός είναι να βελτιωθεί η ασφάλεια, η ενεργειακή απόδοση και η βιωσιμότητα του κτιρίου, χωρίς να αλλοιωθεί ο αρχικός του χαρακτήρας. Η χρήση παραδοσιακών υλικών είναι απαραίτητη για τη διατήρηση της αυθεντικότητας του κτιρίου και απαιτεί ειδικές τεχνικές αποκατάστασης. Παράλληλα, οι τεχνικές που θα εφαρμοστούν, είναι αναγκαίο να συμμορφώνονται με τις προστατευτικές διατάξεις για τα μνημεία. Οι κατάλληλες παρεμβάσεις επιτυγχάνουν έναν αρμονικό συνδυασμό μεταξύ της παράδοσης και του σύγχρονου τρόπου ζωής.

Συνολικά, η διαχείριση των ιστορικών κτιρίων προϋποθέτει σεβασμό προς την αρχιτεκτονική τους, αλλά και την εφαρμογή σύγχρονων τεχνικών συντήρησης για να

εξασφαλιστεί η μακροβιότητά τους. Με προσεκτική αντιμετώπιση, τα παραδοσιακά κτίρια μεταφέρουν την ιστορία τους και γεφυρώνουν το παρελθόν με το παρόν και το μέλλον.

2.3. Παρεμβάσεις σε κτίρια

Όπως έχει αναφερθεί παραπάνω, η πλειονότητα των κτιρίων σε παγκόσμιο επίπεδο είναι παλαιού τύπου, γεγονός που τα καθιστά ανίκανα να ανταποκριθούν στις σύγχρονες απαιτήσεις και ανάγκες του πληθυσμού, ενώ επιβαρύνουν με εκθετικό βαθμό το περιβάλλον. Οι ανακαινίσεις και οι ενεργειακές παρεμβάσεις είναι απαραίτητες σε όλους τους τύπους κτιρίων, ώστε να βελτιωθεί, κατά το δυνατόν, η βιωσιμότητά τους και να μειωθεί το περιβαλλοντικό τους αποτύπωμα. Για να επιτευχθεί ο στόχος αυτός, είναι ζωτικής σημασίας να επιλέγονται οι κατάλληλες παρεμβάσεις που ταιριάζουν σε κάθε κτίριο και προσαρμόζονται στις ιδιαίτερες κλιματικές συνθήκες κάθε περιοχής. Οι κύριες παρεμβάσεις που θα μελετηθούν στην παρούσα εργασία περιλαμβάνουν τη θερμομόνωση, τη μόνωση οροφών, την εφαρμογή σκιάστρων, τη χρήση αντλιών θερμότητας, την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών, την αντικατάσταση απλών παραθύρων και των λαμπτήρων και τον μηχανικό εξαερισμό. Μία ενδιαφέρουσα παρέμβαση στην οποία θα γίνει αναφορά, παρά το γεγονός πως δεν είναι τόσο γνωστή, είναι η ηλιακή καμινάδα και η καμινάδα αερισμού.

2.3.1. Θερμομόνωση

Η θερμομόνωση αποτελεί μια από τις βασικότερες και πιο διαδεδομένες ενεργειακές παρεμβάσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης ενός κτιρίου. Σκοπός της είναι να περιορίσει τις θερμικές απώλειες το χειμώνα και τη θερμική απορρόφηση το καλοκαίρι, διατηρώντας σταθερές τις εσωτερικές θερμοκρασίες. Η εφαρμογή θερμομονωτικών υλικών στην εξωτερική επιφάνεια ή/και στη στέγη του κτιρίου, μειώνει τις απώλειες θερμότητας και ψύξης, συμβάλλοντας στην εξοικονόμηση ενέργειας και τη μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος. Πέρα από τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, η θερμομόνωση εξασφαλίζει ευχάριστες συνθήκες διαβίωσης καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου. Επίσης, λειτουργώντας ως ένας μονωτικός μανδύας προστασίας, περιορίζει και την εμφάνιση μούχλας και υγρασίας στο εσωτερικό του κτιρίου, καθώς ελαχιστοποιεί την πιθανότητα συμπύκνωσης υδρατμών του εσωτερικού αέρα πάνω στον τοίχο που οδηγεί στην εμφάνισή της. Με αυτόν τον τρόπο, μειώνονται και τα έξοδα συντήρησης και αποκατάστασης των φθορών που ενδέχεται να προκληθούν από την παρουσία τέτοιων φαινομένων. Τέλος, το

κτίριο αναβαθμίζεται και αισθητικά, καθώς προσφέρεται ευρεία γκάμα σε τελικές υφές και χρώματα.

Η επιλογή των θερμομονωτικών υλικών πραγματοποιείται με βάση την τοποθεσία του κτιρίου, τις επικρατούσες κλιματικές συνθήκες και το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα. Επιπλέον, εξετάζονται τα σημεία τοποθέτησης των υλικών, για παράδειγμα αν η μόνωση θα τοποθετηθεί εσωτερικά ή εξωτερικά μιας επιφάνειας.

2.3.2. Ψυχρές- Πράσινες οροφές

Η Ελλάδα και άλλες Μεσογειακές χώρες παρουσιάζουν σημαντικά υψηλότερες μέσες ετήσιες τιμές ηλιακής ακτινοβολίας σε σύγκριση με βορειότερες χώρες. Κατά συνέπεια, το καλοκαίρι είναι δύσκολο να επιτευχθούν οι επιθυμητές θερμοκρασίες και απαιτούνται αυξημένα ψυκτικά φορτία. Για τον περιορισμό των ενεργειακών αναγκών ψύξης, σημαντικό ρόλο διαδραματίζει η μόνωση με τη μέθοδο των «ψυχρών οροφών».

Ο όρος «ψυχρή οροφή» αναφέρεται σε ένα σύστημα προστασίας της οροφής από τον ήλιο. Το σύστημα είναι ικανό να ανακλά την ηλιακή ακτινοβολία και να διατηρεί την οροφή δροσερή, ακόμη και σε συνθήκες έντονης ηλιοφάνειας και ζέστης. Αυτό επιτυγχάνεται με τη συνδυαστική χρήση θερμομονωτικών υλικών και ειδικών βαφών, που ονομάζονται «ψυχρά υλικά» και έχουν την ιδιότητα να ανακλούν την ηλιακή ακτινοβολία πίσω στην ατμόσφαιρα. Λόγω των ανοιχτών χρωμάτων των βαφών, ο όρος «λευκές οροφές» χρησιμοποιείται επίσης.

Η υψηλή ανακλαστικότητα και ο υψηλός συντελεστής εκπομπής υπέρυθρης ακτινοβολίας των ψυχρών υλικών, συμβάλλουν ώστε οι οροφές να απορροφούν λιγότερη θερμότητα και να παραμένουν έως και 33°C ψυχρότερες από τις συμβατικές οροφές, κατά την διάρκεια της θερινής περιόδου.

Συνολικά, τα οφέλη από μία ψυχρή οροφή μπορούν να συνοψιστούν στα εξής:

- Μείωση στην κατανάλωση ενέργειας, λόγω περιορισμένης χρήσης των κλιματιστικών.
- Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής για τις κλιματιστικές μονάδες, λόγω μείωσης των ψυκτικών φορτίων.
- Βελτίωση των θερμοκρασιακών συνθηκών εσωτερικών χώρων για τους χρήστες του κτιρίου.
- Μείωση των αναγκών συντήρησης και του κόστους επισκευών, λόγω επιμήκυνσης του χρόνου ζωής των στεγανοποιητικών υλικών. [22]

Πέρα από τις ψυχρές ή λευκές οροφές, υπάρχουν και οι «πράσινες στέγες», οι οποίες είναι λιγότερο διαδεδομένες στην Ελλάδα και χαρακτηρίζονται από την παρουσία φυτών ή χλοοτάπητα για την κάλυψη των οροφών των κτιρίων. Η δημιουργία μιας «πράσινης στέγης» ωφελεί τόσο το κτίριο και τους κατοίκους του, όσο και το περιβάλλον.

- Προστατεύει τη υδατομόνωση του κτιρίου από την φθορά που προκαλούν τα ακραία καιρικά φαινόμενα, παρατείνοντας τη διάρκεια ζωής της.
- Ενισχύει την θερμική μόνωση, συμβάλλοντας στη μείωση των απωλειών θερμότητας και της ενεργειακής κατανάλωσης.
- Στις έντονες βροχοπτώσεις, περιορίζει την απότομη απορροή των όμβριων, επιτρέποντας έως και στο 50% του νερού να επανέλθει στο φυσικό υδρολογικό του κύκλο.
- Βελτιώνει την ηχομόνωση των χώρων.
- Φιλτράρει τον αέρα στην πόλη, συγκρατώντας σωματίδια και σκόνη, και βελτιώνει την ποιότητα του μικροκλίματος.
- Απορροφά το θόρυβο και την ηλιακή ακτινοβολία, συντελώντας στη μείωση του φαινομένου της «αστικής νησίδας θερμότητας».
- Παρέχει έναν «πράσινο» χώρο αναψυχής για τους κατοίκους του κτιρίου. [23]

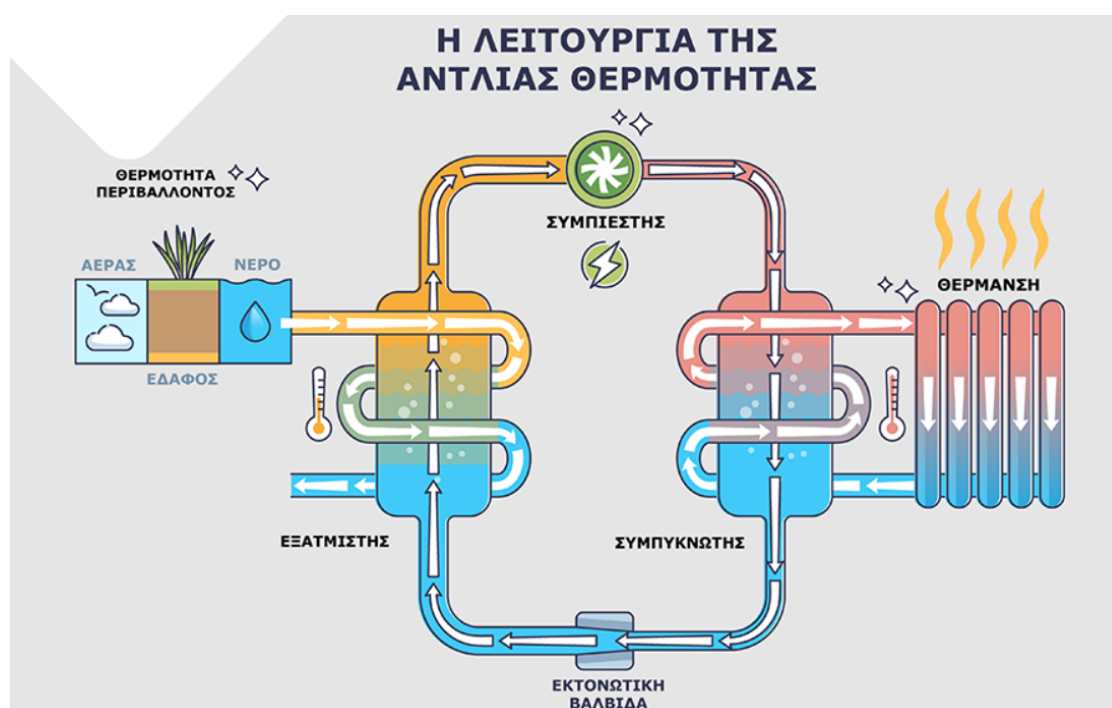
2.3.3. Σκίαστρα

Τα σκίαστρα στα κτίρια αποτελούν έναν αποτελεσματικό και οικονομικό τρόπο ελέγχου και περιορισμού της ηλιακής ακτινοβολίας και της θερμότητας που εισέρχεται στο εσωτερικό των κτιρίων. Με την κατάλληλη τοποθέτηση, τα σκίαστρα συμβάλλουν στη μείωση της ανάγκης για ψύξη, μειώνοντας και την κατανάλωση ενέργειας. Επιπλέον, προστατεύουν τις επιφάνειες του κτιρίου από την υπερβολική θερμότητα, παρατείνοντας τη διάρκεια ζωής των υλικών. Παράλληλα, βελτιώνουν την οπτική, ελαττώνοντας τις αντανakλάσεις και την υπερβολική φωτεινότητα. Σήμερα, πέρα από την συμβατική εφαρμογή, τα σκίαστρα μπορούν να εγκατασταθούν και να χρησιμοποιηθούν σε ένα κτίριο με σύγχρονες τεχνικές, όπως θα αναφερθεί παρακάτω. Έτσι, εκτός από τις λειτουργικές τους ιδιότητες, συμβάλλουν και στην αισθητική αναβάθμιση του κτιρίου, προσδίδοντας μια ανανεωμένη εμφάνιση.

2.3.4. Αντλίες θερμότητας

Οι αντλίες θερμότητας είναι καινοτόμες συσκευές που προσφέρουν αποδοτικές λύσεις για τη θέρμανση και τη ψύξη των κτιρίων, αντλώντας θερμότητα από εξωτερικές πηγές στο εσωτερικό των κτιρίων και αντίστροφα. Οι λειτουργία τους βασίζεται στις αρχές της θερμοδυναμικής και, πιο συγκεκριμένα, στην αρχή του ψυκτικού κύκλου, όπου με τη συμπίεση και διαστολή ενός ψυκτικού υγρού, πραγματοποιείται η μεταφορά ενέργειας από έναν χώρο χαμηλής θερμοκρασίας σε έναν υψηλότερης θερμοκρασίας και το ανάποδο. Η τροφοδοσία τους γίνεται κυρίως με ηλεκτρική ενέργεια, αλλά η κατανάλωση είναι σημαντικά μικρότερη σε σχέση με τα παραδοσιακά συστήματα θέρμανσης και ψύξης, γεγονός που επιτρέπει την εξοικονόμηση ενέργειας. Αυτό τις καθιστά πιο βιώσιμες και φιλικότερες προς το περιβάλλον, καθώς συμβάλλει στην μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, που παράγονται από την καύση άλλων θερμαντικών υλικών. Οι αντλίες καλύπτουν, τόσο τις σύγχρονες απαιτήσεις για ρύθμιση της θερμοκρασίας στους εσωτερικούς χώρους, όσο και για την παραγωγή ζεστού νερού, προσφέροντας μια ολοκληρωμένη λύση.

Οι αντλίες θερμότητας κατηγοριοποιούνται σε διάφορους τύπους, ανάλογα με την πηγή ενέργειας που αξιοποιούν και τον τρόπο εγκατάστασής τους. Η επιλογή της κατάλληλης αντλίας θερμότητας εξαρτάται από παράγοντες, όπως η γεωγραφική τοποθεσία του κτιρίου, ο τύπος του και η διαθέσιμη πηγή ενέργειας και πρέπει να γίνεται με βάση τις ιδιαίτερες ανάγκες κάθε εγκατάστασης.



Εικόνα 3: Ο τρόπος λειτουργίας της αντλίας θερμότητας [24]

Οι κατηγορίες των αντλιών είναι οι εξής [24]:

1. **Αντλίες θερμότητας αέρα/νερού.** Οι αντλίες θερμότητας αέρα είναι ο πιο δημοφιλής τύπος αντλίας θερμότητας, οι οποίες αντλούν θερμότητα από το εξωτερικό περιβάλλον και τη διοχετεύουν σε κυκλώματα νερού.
2. **Αντλίες θερμότητας εδάφους/νερού (γεωθερμικές).** Οι αντλίες αυτής της κατηγορίας χρησιμοποιούν ένα σύστημα τοποθετημένο μέσα στο έδαφος ως πηγή για την εξαγωγή θερμότητας. Οι αντλίες εδάφους/ νερού θεωρούνται ως η πιο αξιόπιστη πηγή για την παραγωγή ζεστού νερού και θέρμανσης, χάρη στη σταθερή θερμοκρασία του εδάφους, αλλά απαιτεί επαρκή διαθέσιμο χώρο.
3. **Υβριδικές αντλίες θερμότητας.** Συνδυάζοντας παραδοσιακούς λέβητες με αντλίες θερμότητας, οι υβριδικές αντλίες θερμότητας προσαρμόζονται αυτόματα ή χειροκίνητα σε εξωτερικές συνθήκες, βελτιστοποιώντας την απόδοση και μειώνοντας τη συνολική κατανάλωση ενέργειας του συστήματος θέρμανση του κτιρίου.
4. **Αντλίες θερμότητας ζεστού νερού.** Σε αντίθεση με τους παραδοσιακούς θερμοσίφωνες που παράγουν θερμότητα άμεσα, οι αντλίες θερμότητας ζεστού νερού μεταφέρουν θερμότητα από τον αέρα ή το έδαφος στο νερό.

2.3.5. Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων

Η ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει πάνω στην Γη, είναι περίπου 15.000 φορές περισσότερη από την παγκόσμια ζήτηση ενέργειας ανά έτος. Η ηλιακή ενέργεια είναι μια ανεξάντλητη και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, η εκμετάλλευση της οποίας συμβάλλει στην αποδέσμευση από άλλες μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως τα ορυκτά καύσιμα. Η τεχνολογία φωτοβολταϊκών συστημάτων και ηλιακών θερμικών συλλεκτών έχει σημειώσει σημαντική πρόοδο τα τελευταία χρόνια, καθιστώντας την ηλιακή ενέργεια όλο και πιο αποδοτική και οικονομικά προσιτή. Με τη σωστή υποδομή και την κατάλληλη πολιτική στήριξη, η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας μπορεί να συνεισφέρει στην κάλυψη των παγκόσμιων ενεργειακών αναγκών, περιορίζοντας τις εκπομπές CO₂ και βοηθώντας στην καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα επηρεάζουν σημαντικά τη λειτουργία των κτιρίων, παρέχοντας βιώσιμες και ολοκληρωμένες λύσεις για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η παραγόμενη ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση και ψύξη εσωτερικών χώρων και παραγωγή ζεστού νερού και να καλύψει τις ανάγκες των ενοίκων των κτιρίων. Εγκαθιστώντας φωτοβολταϊκές συστοιχίες στην οροφή ή σε άλλες κατάλληλες επιφάνειες,

Επίδραση του Κλίματος στις Παρεμβάσεις Ανακαινίσεων Κτιρίων: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

τα κτίρια μειώνουν την εξάρτησή τους από το δίκτυο και εξοικονομούν κόστος από τους λογαριασμούς ηλεκτρικής ενέργειας. Η ενσωμάτωση των φωτοβολταϊκών σε νέες ή υφιστάμενες κατασκευές καθιστά τα κτίρια πιο φιλικά προς το περιβάλλον και συμβάλλει στη βελτίωση της ενεργειακής τους απόδοσης.

Τα φωτοβολταϊκά μπορούν να εγκατασταθούν σε πολλές επιφάνειες, όπως οικόπεδα, στέγες (επίπεδες ή κεκλιμένες) ή και σε προσόψεις κτιρίων. Σήμερα, κατασκευάζονται και φωτοβολταϊκά κεραμίδια που αντικαθιστούν τα κανονικά. Ακόμη, τα φωτοβολταϊκά μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως σκίαστρα πάνω από παράθυρα, βοηθώντας στη μείωση των ψυκτικών φορτίων.

Για την τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών πλαισίων σε ένα κτίριο, υπάρχουν τέσσερις (4) εναλλακτικές: α) Τοποθέτηση σε κεκλιμένα στηρίγματα, β) Τοποθέτηση σε ειδική βάση προσαρμοζόμενη στο εξωτερικό του κελύφους, γ) Απ' ευθείας τοποθέτηση και δ) Ενσωμάτωση των φωτοβολταϊκών στο κέλυφος του κτιρίου. [25]



Εικόνα 4: Φ/Β πάνελ σε πρόσοψη σχολείου προσφέρουν ενέργεια και σκιά [26]

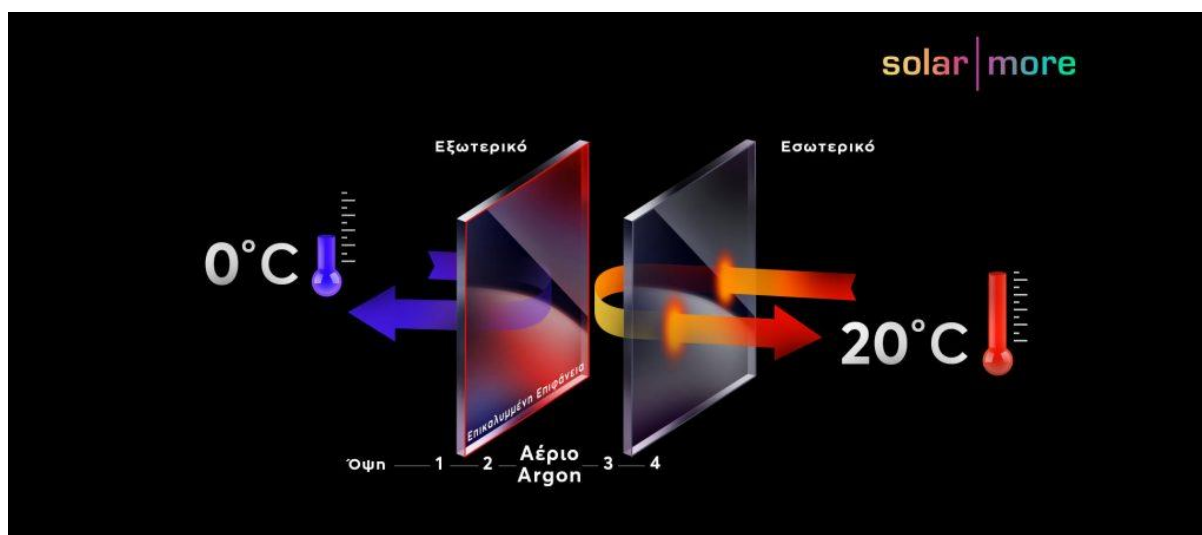
2.3.6. Αντικατάσταση μη ενεργειακών παραθύρων

Τα παράθυρα σε ένα κτίριο είναι υπεύθυνα για το μεγαλύτερο ποσοστό απωλειών θερμότητας. Οι απώλειες αυτές οφείλονται στο δάπεδο, στην τοιχοποιία, στη σκεπή/ οροφή και στα παράθυρα κατά 35-40% [27]. Τα ενεργειακά παράθυρα εξασφαλίζουν, επίσης, υψηλότερα επίπεδα ασφαλείας, ηχομόνωσης και καλύτερο έλεγχο της φωτεινότητας. Η

ενσωμάτωσή τους σε νέα και ανακαινισμένα κτίρια συμβάλλει στην αειφορία και στην ελάττωση των εκπομπών CO₂.

Ως ενεργειακοί υαλοπίνακες ή υαλοπίνακες νέας γενιάς χαμηλής εκπομπής (Low Emissivity ή Low-E) θεωρούνται τα διπλά ή τριπλά τζάμια, τα οποία είναι επενδυμένα με μία ειδική επίστρωση από αδιαφανή μεταλλικά οξείδια, συνήθως αργύρου, η οποία δεν διακρίνεται με γυμνό μάτι. Τα οξείδια αυτά τοποθετούνται στο εσωτερικό μέρος ανάμεσα στα δύο ή τρία τζάμια και έχουν την ικανότητα να απορροφούν, είτε να εκπέμπουν ενέργεια, εμποδίζοντας την μεταφορά θερμότητας από τη μία πλευρά στην άλλη.

Η επίστρωση των οξειδίων ανακλά αποτελεσματικά το υπέρυθρο τμήμα της ηλιακής ακτινοβολίας, προσφέροντας προστασία από τις βλαβερές ακτίνες UV. Ως αποτέλεσμα, επιτρέπει τη διέλευση του φωτός, ενώ ταυτόχρονα προσφέρει θερμική μόνωση.



Εικόνα 5: Ο τρόπος λειτουργίας των ενεργειακών υαλοπινάκων [27]

Ανάμεσα στους υαλοπίνακες των διπλών και τριπλών τζαμιών, μπορεί να τοποθετηθεί ειδικό αέριο, που αντικαθιστά τον ατμοσφαιρικό αέρα, ενισχύοντας τις μονωτικές τους δυνατότητες. Το Αργό, ένα ευγενές αέριο, μη τοξικό, άοσμο και άχρωμο, είναι το πιο δημοφιλές αέριο για την πλήρωση αυτού του διαστήματος.

Οι βασικότερες κατηγορίες ενεργειακών τζαμιών είναι των 2 και των 4 εποχών. Η βασική διαφορά τους έγκειται στη συμπεριφορά τους κατά τους θερινούς μήνες. Τα ενεργειακά τζάμια 2 εποχών επιτρέπουν στην ηλιακή ενέργεια να εισέλθει στον εσωτερικό χώρο και να τον θερμάνει. Αυτός ο τύπος υαλοπινάκων είναι ιδανικός για χώρες με κρύο κλίμα, αλλά ασύμφορος για χώρες με έντονη ηλιοφάνεια, όπως η Ελλάδα. Οι υαλοπίνακες των 4 εποχών

είναι εκείνοι που διαθέτουν την ειδική επίστρωση που εμποδίζει την ηλιακή ακτινοβολία, με αποτέλεσμα να εξοικονομείται ενέργεια λόγω της μειωμένης χρήσης κλιματιστικών. [28] Συνολικά, τα υαλοπίνακες low-e αποτελούν μια αξιόλογη επένδυση. Η αντικατάσταση των υπάρχοντων παραθύρων με υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής (low-e), βελτιώνει την ενεργειακή απόδοση του σπιτιού, περιορίζει τους λογαριασμούς ενέργειας και ελαχιστοποιεί το ανθρακικό αποτύπωμα. Οι υαλοπίνακες low-e διπλασιάζουν την ενεργειακή αποδοτικότητα του κτιρίου, σε σύγκριση με τα παραδοσιακά διπλά τζάμια χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής. [27]

Μία ακόμη σημαντική αναδυόμενη τεχνολογία για την ενεργειακή εξοικονόμηση των κτιρίων και, συγκεκριμένα στον τομέα των ενεργειακών παραθύρων, αποτελούν τα ηλεκτροχρωμικά τζάμια. Τα ηλεκτροχρωμικά τζάμια είναι καινοτόμες επιφάνειες που προσαρμόζουν το χρώμα τους ή τη διαφάνειά τους σε απάντηση σε ηλεκτρικό ρεύμα. Αυτή η τεχνολογία χρησιμοποιείται ευρέως σε παράθυρα, οθόνες και οχήματα, καθώς η δυνατότητά των τζαμιών να σκουραίνουν ή να φωτίζουν ανάλογα με τις συνθήκες, βοηθά στη μείωση της θερμικής επιβάρυνσης και την καλύτερη ρύθμιση του φωτισμού.

Η λειτουργία των ηλεκτροχρωμικών τζαμιών βασίζεται στην εφαρμογή τάσης στο ηλεκτροχρωμικό υλικό, που προκαλεί την μετακίνηση των ηλεκτρονίων μέσα σε αυτό και την αναδιάταξη των ιόντων. Αυτή η αλλαγή τροποποιεί το χρώμα ή τη διαφάνεια του τζαμιού, κάνοντάς το πιο σκουρόχρωμο ή πιο διαυγές. Όταν αφαιρεθεί η τάση, η διαδικασία αντιστρέφεται και το τζάμι επιστρέφει στην αρχική του κατάσταση.

Η τεχνολογία των ηλεκτροχρωμικών τζαμιών επιτρέπει τον έλεγχο και την ρύθμιση της ποσότητας του φωτός και της θερμότητας που διέρχεται μέσα από αυτό. Σε έντονη ηλιοφάνεια, το τζάμι σκουραίνει, περιορίζοντας τη θερμότητα και το φως που διέρχονται. Αντίστοιχα, σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού, το τζάμι γίνεται πιο διαυγές, επιτρέποντας την είσοδο φυσικού φωτός. Μέσω αυτής της τεχνολογίας, επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας, καθώς μειώνεται η ανάγκη για κλιματισμό και τεχνητό φωτισμό.

Η εγκατάσταση των κατάλληλων ενεργειακών υαλοπινάκων αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για τη θερμική συμπεριφορά του κτιρίου. Ο σχεδιασμός των παραθύρων και η επιλογή των τζαμιών οφείλουν να συμβαδίζουν με τις γενικές ενεργειακές απαιτήσεις του κτιρίου για ψύξη, θέρμανση και φωτισμό. Τα κύρια κριτήρια επιλογής υαλοπινάκων περιλαμβάνουν τη θερμομόνωση, την ηχομόνωση, την ασφάλεια, την ανθεκτικότητα και την οικονομία.

2.3.7. Αντικατάσταση λαμπτήρων

Στο παρελθόν οι κλασικοί λαμπτήρες πυράκτωσης ήταν η μοναδική επιλογή φωτισμού για ένα σπίτι. Εξαιτίας της χαμηλής ενεργειακής αποδοτικότητας και του υψηλού κόστους λειτουργίας τους, οι λαμπτήρες πυράκτωσης έχουν αποσυρθεί από την αγορά. Ως διάδοχοι τους, χρησιμοποιήθηκαν οι λαμπτήρες αλογόνου και οι λαμπτήρες φθορίου, που ήταν πιο αποδοτικοί, αλλά είχαν ακόμα σημαντικά μειονεκτήματα. Η τεχνολογική καινοτομία παρουσιάστηκε με τους λαμπτήρες LED, οι οποίοι αποτελούν μια ανθεκτικότερη και οικονομική λύση στο φωτισμό.



Εικόνα 6: Τα πλεονεκτήματα των λαμπτήρων LED [29]

Η αντικατάσταση των παλαιών λαμπτήρων με ενεργειακούς LED αποτελεί μια από τις πιο αποδοτικές και οικολογικές λύσεις για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας. Οι λαμπτήρες LED καταναλώνουν έως και 80% λιγότερη ενέργεια, σε σύγκριση με τους παραδοσιακούς λαμπτήρες, παρέχοντας μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και καλύτερη ποιότητα φωτισμού. Η υιοθέτηση αυτής της τεχνολογίας συμβάλλει στη μείωση των εκπομπών CO₂ και του κόστους ηλεκτρικής ενέργειας, κατακτώντας το μεγαλύτερο μέρος της αγοράς για κάθε χρήση, οικιακή ή επαγγελματική. Παράλληλα, προσφέρουν επιπλέον δυνατότητες, όπως έξυπνες λειτουργίες και ποικιλία χρωμάτων, ενώ μπορούν να ανακυκλωθούν, καθιστώντας τους ακόμα πιο φιλικούς προς το περιβάλλον. Τέλος, είναι ειδικά σχεδιασμένοι, ώστε σε περίπτωση βραχυκυκλώματος να είναι απόλυτα ασφαλείς και δεν αναπτύσσουν θερμότητα, σε αντίθεση με τους παραδοσιακούς λαμπτήρες που μπορούσαν να προκαλέσουν τραυματισμούς από υπερθέρμανση.

2.3.8. Μηχανικός εξαερισμός

Ο μηχανικός εξαερισμός είναι ένα σύστημα που εξασφαλίζει την ανανέωση του αέρα σε κλειστούς χώρους, βελτιώνοντας την ποιότητά του και την άνεση των ενοίκων. Αντί να βασίζεται στον φυσικό εξαερισμό, ο οποίος συχνά είναι αναποτελεσματικός ή αδύνατος, ο

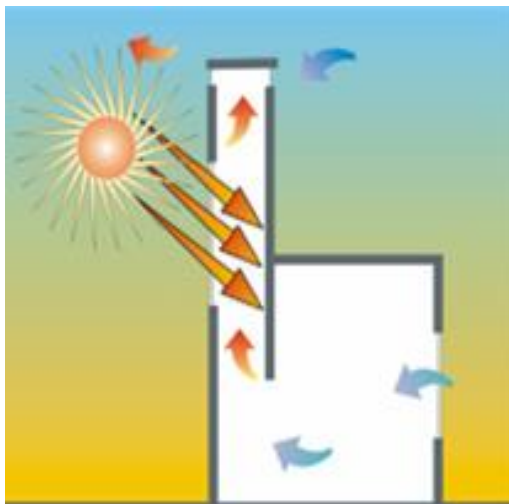
μηχανικός εξαερισμός χρησιμοποιεί ανεμιστήρες και άλλες συσκευές για τη διοχέτευση του αέρα, διασφαλίζοντας επαρκή εισροή φρέσκου αέρα και απομάκρυνση του ρυπασμένου.

Τα σύγχρονα συστήματα ενσωματώνουν προηγμένους μηχανισμούς, οι οποίοι ανακτούν ενέργεια από τον εξαγόμενο αέρα, επιτρέποντας τη θέρμανση ή την ψύξη του εισερχόμενου, βελτιώνοντας την ενεργειακή αποδοτικότητα των κτιρίων. Τα συστήματα αυτά φιλτράρουν τον εισερχόμενο αέρα, ενώ, παράλληλα, τον προθερμαίνουν ή τον προψύχουν. Με αυτόν τον τρόπο, οι απώλειες θερμότητας περιορίζονται στο ελάχιστο, επιτυγχάνοντας σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας.

2.3.9. Ηλιακή καμινάδα/ καμινάδα αερισμού

Η αρχή λειτουργίας μίας καμινάδας αερισμού βασίζεται στο φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού. Σύμφωνα με αυτό, ο θερμός αέρας κινείται προ τα πάνω, δημιουργώντας ρεύμα στο χώρο και, τελικά, μεταφέροντας τη θερμότητα, μέσω της καμινάδας, εκτός του κτιρίου. Ο αερισμός μέσω της καμινάδας βελτιώνεται με την παράλληλη χρήση στρατηγικά τοποθετημένων αεραγωγών στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου. Όταν αυτοί απουσιάζουν και η κίνηση του αέρα είναι ασθενής εξωτερικά του κτιρίου, μπορεί να ενσωματωθεί στο σύστημα ένας ανεμιστήρας (υβριδικός αερισμός), ο οποίος τοποθετείται στην κορυφή της καμινάδας και διασφαλίζει την αδιάλειπτη ροή του αέρα.

Σε περιοχές όπου επικρατούν ισχυροί άνεμοι, είναι εφικτό να εγκατασταθούν πύργοι αερισμού, που προεξέχουν από την οροφή του κτιρίου και διαθέτουν οπές προς την επικρατούσα κατεύθυνση του. Έτσι, επιτυγχάνεται η απορρόφηση των ψυχρών ρευμάτων αέρα, τα οποία οδηγούνται στο εσωτερικό του κτιρίου, υποβοηθούμενα, αν κριθεί απαραίτητο, με ανεμιστήρα.



Εικόνα 7: Ο τρόπος λειτουργίας της ηλιακής καμινάδας [30]

Η ηλιακή καμινάδα διαθέτει στην νότια ή νοτιοδυτική πλευρά της υαλοπίνακα αντί για τοίχο, ενώ στο άνω τμήμα της φέρει περσίδες. Η λειτουργία της ηλιακής καμινάδας στηρίζεται στο φαινόμενο Venturi, διευκολύνοντας τον αερισμό και την απομάκρυνση της υγρασίας από τους εσωτερικούς χώρους. Η υψηλή θερμοκρασία του αέρα που δημιουργείται μέσα στην καμινάδα ενισχύει το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού, οδηγώντας στην ανανέωση του εσωτερικού αέρα. Λόγω της συνεχούς ανανέωσης του αέρα στους εσωτερικούς χώρους, η ηλιακή καμινάδα ενδείκνυται για περιοχές με υψηλή σχετική υγρασία κατά τη θερινή περίοδο. [30]

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

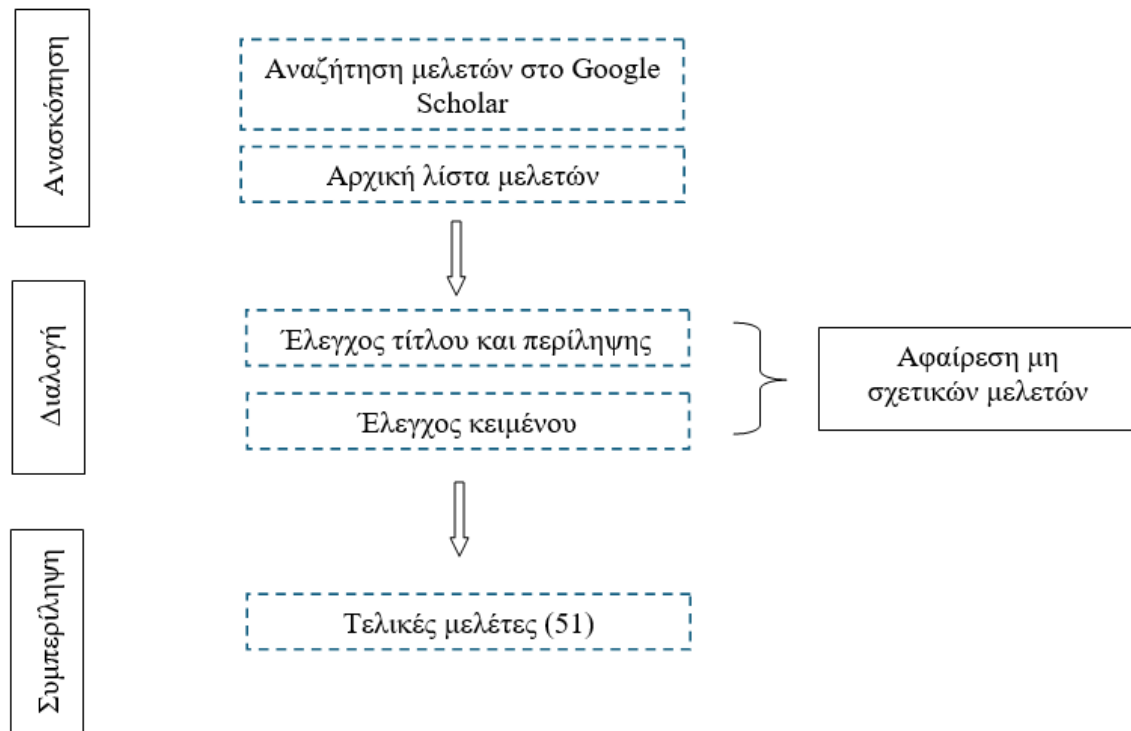
3.1. Στρατηγική αναζήτησης

Η παρούσα εργασία αποσκοπεί στην ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας, με θέμα την ενεργειακή ανακαίνιση κτιρίων, σύμφωνα με τις κλιματικές ζώνες. Στο στάδιο αυτό, πραγματοποιήθηκε αρχική αναζήτηση μελετών και δημοσιεύσεων στην πλατφόρμα Google Scholar. Ο χρονικός περιορισμός που τέθηκε είναι τα 6 έτη, με την πλειοψηφία των εγγράφων να έχουν δημοσιευθεί από το 2019 και μετά, εκτός ορισμένων εξαιρέσεων με πιο γενικό περιεχόμενο. Για πιο στοχευμένη αναζήτηση, χρησιμοποιήθηκαν λέξεις- κλειδιά στην αγγλική γλώσσα, προκειμένου να αυξηθεί ο αριθμός των αποτελεσμάτων. Στον παρακάτω πίνακα παρατίθεται η λίστα με τις λέξεις-κλειδιά που χρησιμοποιήθηκαν.

Πίνακας 1: Λέξεις- κλειδιά που χρησιμοποιήθηκαν στην μελέτη

No.	Keywords
1	Climate AND retrofit buildings
2	Cold climates AND building retrofitting
3	Hot climates AND building retrofitting
4	Retrofitting AND historic OR traditional buildings
5	Retrofitting AND social OR public buildings
6	Retrofitting AND commercial OR office buildings

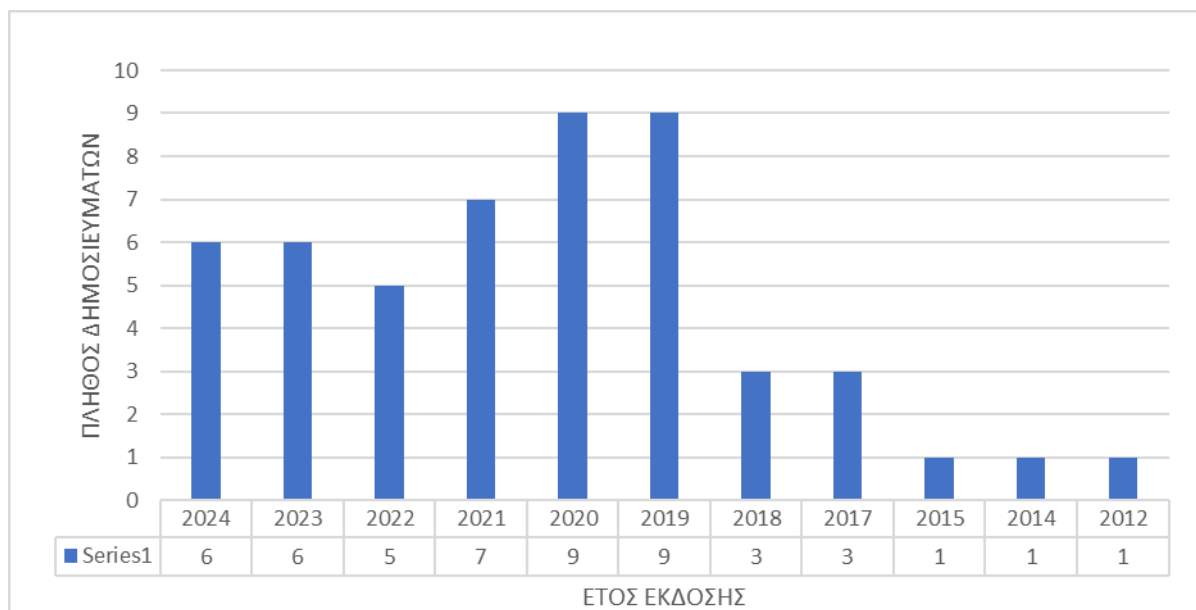
Από το σύνολο των δημοσιευμάτων, καταρτίστηκε μια αρχική λίστα μελετών. Σε αυτό το στάδιο, ελέγχθηκε ο τίτλος και η περίληψη του κειμένου, ώστε να περιοριστούν τα αρχικά αποτελέσματα στα πιο σχετικά. Σε επόμενη φάση, πραγματοποιήθηκε έλεγχος του κυρίως κειμένου για περαιτέρω περιορισμό των αποτελεσμάτων. Τελικά, επιλέχθηκαν 51 δημοσιεύματα που κρίθηκαν σημαντικά και επαρκή για την εξαγωγή ικανοποιητικών συμπερασμάτων, τα οποία συμπεριλήφθηκαν στην ανάλυση, προκειμένου να καλυφθούν πλήρως οι απαιτήσεις της μελέτης.



Εικόνα 8: Η μέθοδος επιλογής μελετών

3.2. Κριτήρια

Όπως αναφέρθηκε, πρώτο κριτήριο για την επιλογή των δημοσιευμάτων αποτέλεσε το έτος που συγγράθηκαν και εκδόθηκαν.



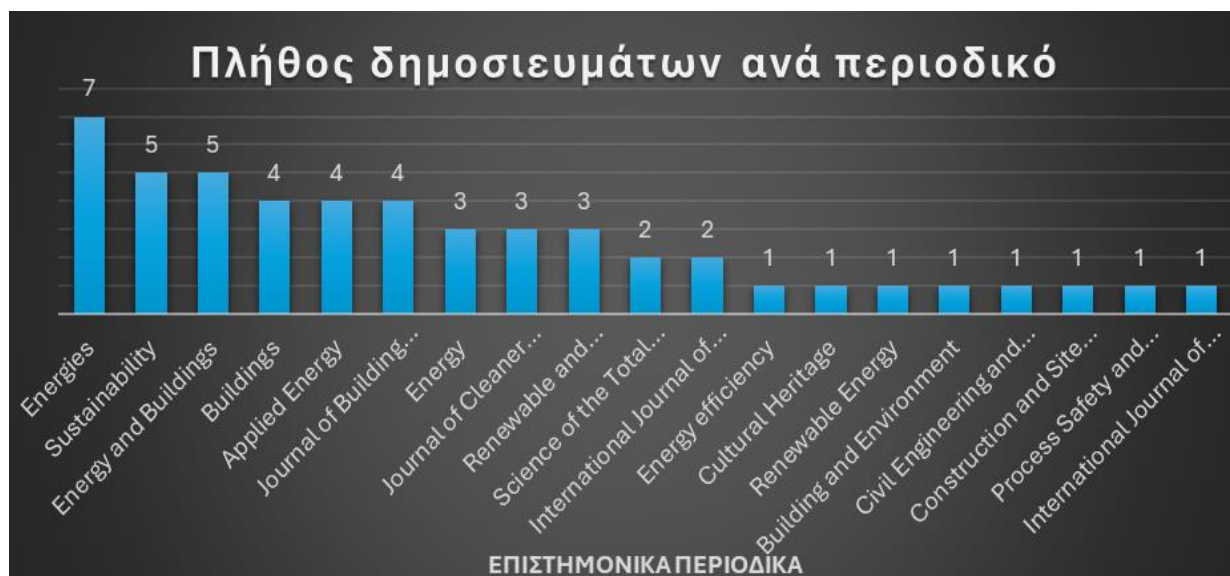
Εικόνα 9: Κατανομή δημοσιευμάτων ανά έτος έκδοσης

Στο παραπάνω διάγραμμα απεικονίζεται η κατανομή των δημοσιευμάτων ανά έτος έκδοσης.

Τα περιοδικά που φιλοξένησαν τα εν λόγω άρθρα, διαδραμάτισαν καθοριστικό ρόλο στη διαδικασία επιλογής τους. Η πλειονότητα των άρθρων (50 στα 51) έχει δημοσιευθεί σε επιστημονικά περιοδικά, όπως το «Energies» και το «Buildings».

Πέρα από αυτά, υπάρχει ένα δημοσίευμα που προέρχεται από μια συλλογή άρθρων από συνέδρια. Αυτό φέρει τον τίτλο «A systematic review of retrofitting tools for residential buildings».

Στο παρακάτω σχήμα, ακολουθεί η κατανομή των άρθρων στα επιστημονικά περιοδικά.



Εικόνα 10: Πλήθος δημοσιευμάτων ανά επιστημονικό περιοδικό

Κύριο κριτήριο για την επιλογή των δημοσιευμάτων ήταν το θέμα τους, το οποίο πρέπει να σχετίζεται με την ενεργειακή ανακαίνιση κτιρίων σε ποικίλα κλίματα. Τα επιλεγμένα δημοσιεύματα αναλύουν παραμέτρους, όπως το κλίμα και ο τύπος του κτιρίου, εξετάζοντας πώς αυτές επηρεάζουν τις ενδεδειγμένες παρεμβάσεις και τα αποτελέσματά τους, ανάλογα με την κλιματική ζώνη. Θέματα οικονομικής φύσης λαμβάνονται υπόψη, αλλά δεν αποτελούν πρωτορχικό παράγοντα επιλογής των δημοσιευμάτων. Επίσης, για τη σύνταξη μίας ολοκληρωμένης ανάλυσης, είναι σημαντικό να συμπεριληφθούν διαφορετικοί τύποι κτιρίων και κλιματικές συνθήκες. Εξαιτίας αυτού, ορισμένα δημοσιεύματα παραλήφθηκαν, αφού υπήρχε κορεσμός για το συγκεκριμένο κλίμα ή τύπο κτιρίου. Δεν υπήρξε περιορισμός ως προς την τοποθεσία ή τον τύπο των κτιρίων που εξετάστηκαν, ούτε ως προς τη χώρα προέλευσης των συγγραφέων.

Τα τελικά δημοσιεύματα εξετάζουν παρεμβάσεις στο εξωτερικό περίβλημα και στους εσωτερικούς χώρους των κτιρίων, αξιολογώντας την επίδραση της κάθε παρέμβασης στην

Επίδραση του Κλίματος στις Παρεμβάσεις Ανακαινίσεων Κτιρίων: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

ενεργειακή του αποδοτικότητα και τη μείωση του ανθρακικού του αποτυπώματος, συγκριτικά με τα αποτελέσματα πριν την ανακαίνιση, καθώς και το κόστος αγοράς και εγκατάστασης των παρεμβάσεων και τις περιόδους απόσβεσης.

Αφού συγκεντρώθηκαν τα δημοσιεύματα, καταγράφηκαν στον πίνακα 6 «κατάλογος μελετών» (Παράρτημα Α'), ο οποίος περιλαμβάνει την ημερομηνία και το περιοδικό δημοσίευσης, καθώς και το πρόβλημα που εξετάζεται. Επίσης, στον πίνακα παρουσιάζεται μια σύνοψη των τεχνικών προτάσεων κάθε δημοσιεύματος.

- Πίνακας «κατάλογος μελετών»

ID	DOI	Title	Year	Problem	Renovation activities	Technical approach	Journal
1							
2							

Όπου:

ID: Ο Αύξων Αριθμός της Μελέτης για λόγους αναφοράς και εύκολης αναζήτησης

DOI: Το μοναδικό αναγνωριστικό κάθε μελέτης

Title: Ο τίτλος της μελέτης

Year: Το έτος δημοσίευσης της μελέτης

Problem: Το πρόβλημα που πραγματεύεται το κείμενο

Renovation activities: Οι δραστηριότητες ανακαίνισης που προτείνονται στο κείμενο

Technical approach: Οι συγκεκριμένες παρεμβάσεις που προτείνονται για να υλοποιηθεί η ανακαίνιση

Journal: Το περιοδικό στο οποίο έχει δημοσιευθεί η μελέτη

3.3. Κατηγοριοποίηση

Έπειτα από την επιλογή και καταγραφή των δημοσιευμάτων, ακολούθησε η κατηγοριοποίησή τους, με βάση τον τύπο του κλίματος και των κτιρίων. Στους πίνακες 4 και 5 του Παραρτήματος Α', αναγράφεται ο αριθμός των δημοσιευμάτων που αναφέρονται στον κάθε τύπο κτιρίου ή κλίματος, καθώς και οι προτεινόμενες παρεμβάσεις για κάθε περίπτωση.

- Πίνακας: Προτεινόμενες παρεμβάσεις ανά κλίμα

Climate	Relevant articles	Retrofitting
---------	-------------------	--------------

Επίδραση του Κλίματος στις Παρεμβάσεις Ανακαινίσεων Κτιρίων: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

--	--	--

Όπου:

Climate: Ο τύπος κλίματος

Relevant articles: Τα άρθρα που αναφέρονται σε αυτόν τον τύπο κλίματος

Retrofitting: Οι παρεμβάσεις που προτείνονται για αυτόν τον τύπο κλίματος

- Πίνακας: Προτεινόμενες παρεμβάσεων ανά τύπο κτιρίου

Building type	Relevant articles	Retrofitting

Όπου:

Building type: Ο τύπος του κτιρίου

Relevant articles: Τα άρθρα που αναφέρονται σε αυτόν τον τύπο κτιρίου

Retrofitting: Οι παρεμβάσεις που προτείνονται για αυτόν τον τύπο κτιρίου

4. ΑΝΑΛΥΣΗ

4.1. Γενικά στοιχεία

Η συγκεκριμένη μελέτη αναπτύχθηκε γύρω από τρεις (3) άξονες: το κλίμα, τον τύπο των κτιρίων και τις προτεινόμενες παρεμβάσεις. Το κόστος και η περίοδος απόσβεσης κάθε παρέμβασης ενδέχεται να αναφερθούν, ωστόσο δεν θα εξεταστούν σε βάθος στα πλαίσια αυτής της εργασίας. Αυτά τα μεγέθη είναι πολύ ρευστά και διαφοροποιούνται ανά χώρα, καθιστώντας αδύνατη την ανάλυσή τους σε μία εργασία, η οποία αναφέρεται σε παγκόσμια δεδομένα. Για παράδειγμα, στη Ν. Κορέα, η τιμή του ρεύματος είναι πολύ χαμηλή, σε αντίθεση με το κόστος των παρεμβάσεων [12]. Έτσι, η περίοδος απόσβεσης της ενεργειακής ανακαίνισης των κτιρίων είναι αρκετά αυξημένη, συγκριτικά με άλλες χώρες, όπου η τιμή του ρεύματος είναι πολύ υψηλότερη.

Μέσω της ενεργειακής ανακαίνισης, πέραν του περιβαλλοντικού και του άμεσου οικονομικού οφέλους, η αναβάθμιση του ακινήτου οδηγεί σε εκθετική αύξηση της αξίας του. Για να επιτευχθούν αυτοί οι στόχοι, απαιτείται η διενέργεια ενδεδειγμένης μελέτης πριν την έναρξη των εργασιών, καθώς και η λεπτομερής ανάλυση όλων των παραμέτρων. Οι βασικές παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη κατά την επιλογή των κατάλληλων μεθόδων είναι τέσσερις (4):

- a) η οικονομική παράμετρος, το κόστος κάθε παρέμβασης και ο χρόνος απόσβεσης,
- b) η περιβαλλοντική παράμετρος, το περιβαλλοντικό όφελος της κάθε παρέμβασης και το ποσοστό μείωσης των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου,
- c) η κοινωνική παράμετρος, η άνεση που θα προσφέρουν αυτές οι παρεμβάσεις στους χρήστες του κάθε κτιρίου και το συνολικό αντίκτυπο στην κοινωνία και
- d) η τεχνική παράμετρος, δηλαδή η ενσωμάτωση των παρεμβάσεων στο κτίριο και η συνδεσιμότητά τους με τις υφιστάμενες τεχνικές υποδομές.

Η κάθε κατηγορία περιλαμβάνει πλήθος παραγόντων που δύναται να καθορίσουν την τελική επιλογή και επηρεάζεται άμεσα από τις οικονομικές συνθήκες που επικρατούν σε κάθε χώρα, όπως αναφέρθηκε στο παράδειγμα που παρατέθηκε παραπάνω. Πιο αναλυτικά, οι παράγοντες είναι οι εξής [31]:

- Το κόστος εγκατάστασης, το οποίο περιλαμβάνει το κόστος προμήθειας των υλικών και μηχανημάτων που θα χρησιμοποιηθούν, καθώς και τα εργατικά έξοδα. Η συμμετοχή ειδικών επαγγελματιών, για την προκαταρκτική μελέτη και ανάλυση των δεδομένων, καθώς και για τον κατάλληλο σχεδιασμό και προγραμματισμό των

επερχόμενων εργασιών, πρέπει να συμπεριληφθεί στο κόστος. Στο συνολικό κόστος πρέπει να προστεθεί και αυτό της συντήρησης και επισκευής των νέων συστημάτων, καθώς και αναβαθμίσεων που ενδέχεται να απαιτηθούν μελλοντικά, δεδομένου ότι όλα τα μηχανήματα και τα συστήματα έχουν μία αναμενόμενη διάρκεια ζωής.

- Συνυπολογίζοντας τα ανωτέρω, σε συνδυασμό με την εξοικονόμηση στους λογαριασμούς ενέργειας, προκύπτει η περίοδος απόσβεσης, από την οποία εκτιμάται η βιωσιμότητα της κάθε παρέμβασης.
- Επίσης, πέρα από την περίοδο απόσβεσης, είναι σημαντικό να υπολογιστεί η αύξηση στην αξία του ακινήτου, σε σύγκριση με την αξία του πριν από την ανακαίνιση, ως ένα μη ενεργειακά αποδοτικό κτίριο.
- Στο πλαίσιο του προκαταρκτικού σχεδιασμού, θα πρέπει να εξεταστεί ο τρόπος ενσωμάτωσης των νέων μηχανισμών και η συνδεσιμότητά τους με τα προϋπάρχοντα συστήματα.
- Από την ανακαίνιση αναμένεται η παραγωγή αποβλήτων, για τα οποία απαιτείται η ύπαρξη οργανωμένου σχεδίου διαχείρισης.
- Ακόμη, είναι πιθανό να υπάρξουν ογκώδη μηχανήματα προς απομάκρυνση. Το κόστος απομάκρυνσης πρέπει να συμπεριληφθεί στο συνολικό κόστος και να έχει προβλεφθεί από την αρχική μελέτη. Σε ορισμένες περιπτώσεις, η πολιτεία ή οι εταιρείες προσφέρουν εκπτώσεις και επιδοτήσεις για την ανακύκλωση τέτοιων συσκευών.
- Ακόμη, η εκάστοτε κυβέρνηση και κάποια διακρατικά προγράμματα παρέχουν επιδοτήσεις για ενεργειακές αναβαθμίσεις κτιρίων, καθώς και φορολογικές ελαφρύνσεις για επιχειρήσεις.
- Κατά το στάδιο επιλογής των εργολάβων που θα αναλάβουν την ανακαίνιση, είναι ουσιώδες να επιλεγούν αξιόπιστες εταιρείες που θα προσφέρουν εγγυήσεις για την απόδοση των υλικών ή συστημάτων που θα εγκατασταθούν.
- Από τη διαδικασία προκαταρκτικού σχεδιασμού και μελέτης, πρέπει να διασφαλιστεί ότι τα αποτελέσματα που θα επιτευχθούν, συμβαδίζουν με τα επιθυμητά αποτελέσματα και συμμορφώνονται με τις διεθνείς περιβαλλοντικές κατευθυντήριες οδηγίες.
- Μετά την ολοκλήρωση της εγκατάστασης, πρέπει να γίνει σύγκριση των πραγματικών αποτελεσμάτων με τα αρχικά υπολογισθέντα αποτελέσματα, ώστε να

εντοπιστούν τυχόν αποκλίσεις και να καταρτιστεί σχέδιο δράσης για τη διόρθωσή τους.

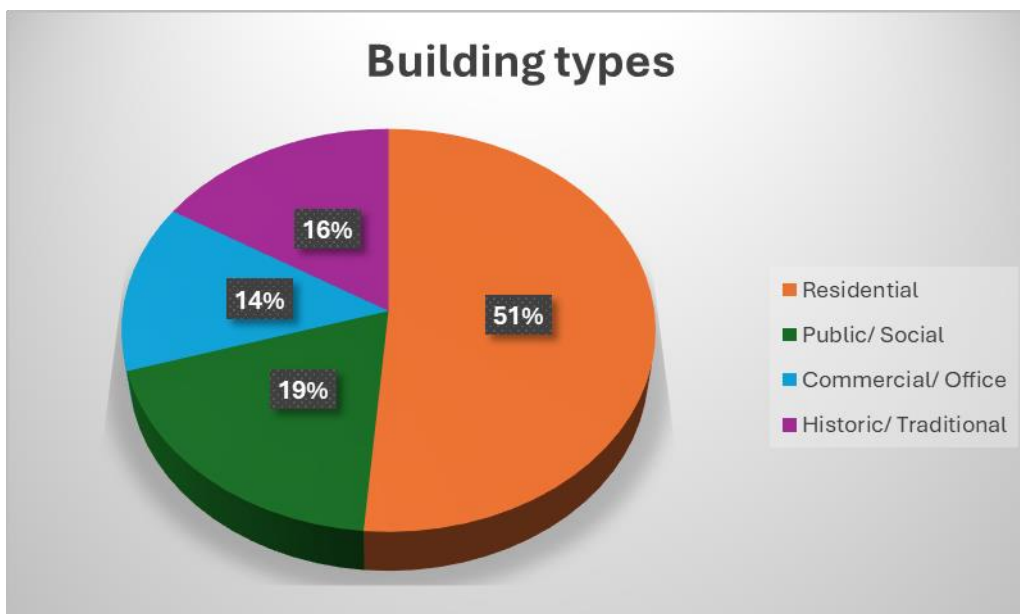
- Επιπλέον, πρέπει να διασφαλιστεί η ομαλή μετάβαση στα νέα δεδομένα, ώστε οι χρήστες του κτιρίου να μην επηρεαστούν αρνητικά από τη διαδικασία της ανακαίνισης. Οι νέες τεχνολογίες πρέπει να είναι σχεδιασμένες ώστε να γίνονται εύκολα αντιληπτές από τους χρήστες και είναι πρακτικές και εύχρηστες στη λειτουργία τους, εξασφαλίζοντας την πλήρη αποδοχή από το κοινό.
- Τέλος, είναι κρίσιμο να τηρηθούν τα χαμηλότερα δυνατά επίπεδα οπτικής και ακουστικής όχλησης, τόσο κατά τη διάρκεια των εργασιών όσο και κατά τη λειτουργία των νέων συστημάτων. Για παράδειγμα, ένα νέο σύστημα θέρμανσης, ψύξης και αερισμού πρέπει να είναι εξαιρετικά αθόρυβο και σαφώς πιο αθόρυβο από τον προκατόχό του.

Λαμβάνοντας τα κατάλληλα μέτρα και αξιολογώντας σωστά την κατάσταση του κτιρίου και τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής από την αρχή, όλοι ωφελούνται από τη νέα πραγματικότητα. Αρχικά, το περιβάλλον ωφελείται από την απουσία των βλαβερών αερίων που παράγονται από την καύση ορυκτών καυσίμων, οι χρήστες των κτιρίων απολαμβάνουν βελτιωμένες εσωτερικές συνθήκες, ενώ οι ιδιοκτήτες, μέτοχοι και ένοικοι εξασφαλίζουν χαμηλότερους λογαριασμούς ηλεκτρικής ενέργειας και αυξημένη αξία των ακινήτων τους.

4.2. Ανασκόπηση

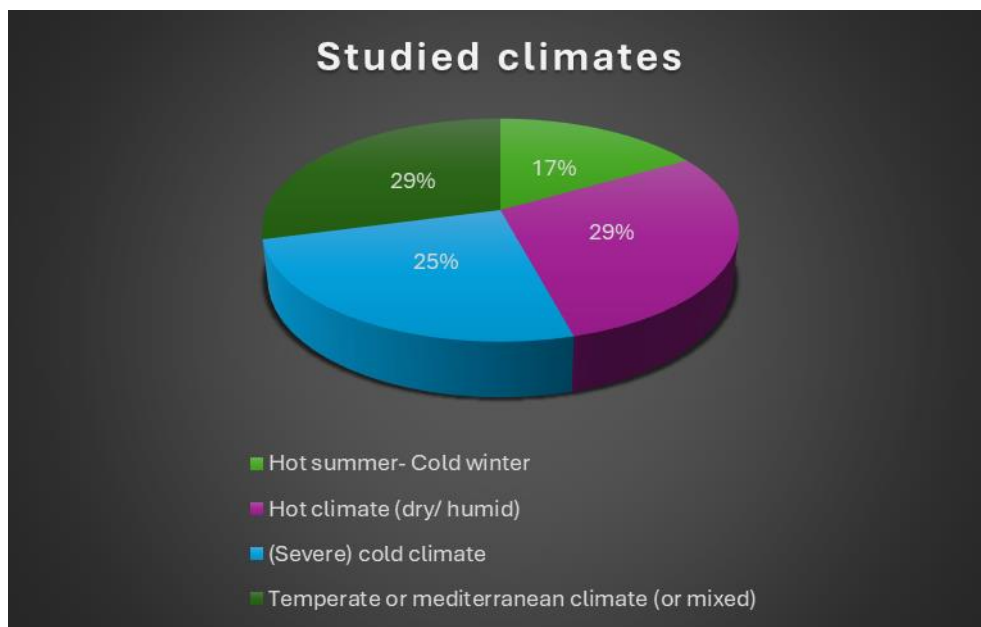
Στην αρχική φάση της ανασκόπησης, παρατηρήθηκε πως τα μισά δημοσιεύματα αφορούν κτίρια κατοικιών. Αυτό συμβαίνει, λόγω του ότι η πλειοψηφία των κτιρίων είναι οικιστικά, το οποίο είναι αναμενόμενο, καθώς κάθε οικογένεια και κάθε άνθρωπος έχει την ανάγκη για έναν χώρο κατοικίας. Τα σπίτια, άλλωστε, έχουν μικρότερη μέγιστη χωρητικότητα, συγκριτικά με εμπορικά ή δημόσια κτίρια, με τυπικό όριο φιλοξενίας 4-5 ατόμων. Ως εκ τούτου, είναι λογικό να απαιτείται μεγαλύτερος αριθμός κτιρίων κατοικιών, για να καλύψει τις οικιστικές ανάγκες.

Από το διάγραμμα που ακολουθεί, φαίνεται ότι τα δημοσιεύματα για κτίρια κατοικιών ανέρχονται στο 51%, ενώ τα υπόλοιπα ποσοστά κατανέμονται σχεδόν ισόποσα, με το μικρότερο ποσοστό (14%) να αφορά εμπορικά κτίρια ή κτίρια γραφείων.



Εικόνα 11: Κατανομή τύπων κτιρίων στα δημοσιεύματα που μελετήθηκαν

Όπως προκύπτει από το παρακάτω διάγραμμα, οι τύποι κλιμάτων είναι κατανεμημένοι σχεδόν ισομερώς στα δημοσιεύματα, με τα ψυχρά, τα θερμά και τα εύκρατα/ μικτά κλίματα να καταλαμβάνουν ποσοστά μεταξύ 25% και 29%. Αντιθέτως, τα κλίματα με ζεστά καλοκαίρια και κρύους χειμώνες καλύπτονται, ευλόγως, μόνο από το 17% των δημοσιευμάτων, καθώς συναντώνται σε πιο περιορισμένες περιοχές, όπως η Κίνα.



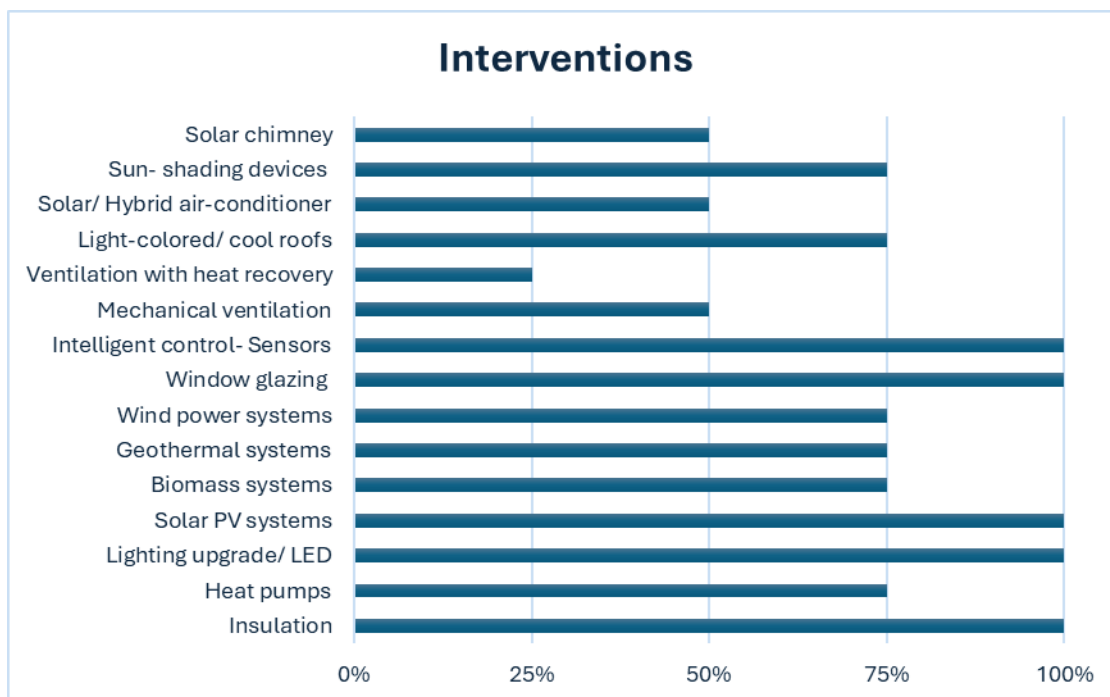
Εικόνα 12: Κατανομή τύπου κλίματος στα δημοσιεύματα που μελετήθηκαν

Οι κατηγορίες παρεμβάσεων που παρουσιάστηκαν μέσω της ανασκόπησης των δημοσιευμάτων είναι οι εξής:

Επίδραση του Κλίματος στις Παρεμβάσεις Ανακαινίσεων Κτιρίων: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

1. Θερμομόνωση
2. Αντλίες θερμότητας/ Αναβάθμιση συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και εξαερισμού
3. Αναβάθμιση λαμπτήρων
4. Φωτοβολταϊκά συστήματα
5. Συστήματα βιομάζας, γεωθερμικά και αιολικά
6. Αναβάθμιση παραθύρων
7. «Εξυπνοι» αισθητήρες- Συστήματα κτιριακής διαχείρισης
8. Μηχανικός εξαερισμός
9. Εξαερισμός με ανάκτηση θερμότητας
10. Ψυχρές- λευκές και πράσινες οροφές
11. Υβριδικά συστήματα κλιματισμού
12. Συσκευές σκίασης
13. Ηλιακή καμινάδα/ καμινάδα αερισμού

4.3. Παρεμβάσεις ανά κλίμα



Εικόνα 13: Η συχνότητα που εμφανίζονται οι παρεμβάσεις

Όπου:

Solar chimney: Η ηλιακή καμινάδα

Sun-shading devices: Οι συσκευές σκίασης

Solar/ Hybrid Air-Conditioner: Τα αμιγώς ηλιακά ή υβριδικά κλιματιστικά

Light- colored/ Cool roofs: Οι ψυχρές οροφές

Ventilation with heat recovery: Ο μηχανικός εξαερισμός με ανάκτηση θερμότητας

Mechanical ventilation: Ο μηχανικός εξαερισμός

Intelligent control- Sensors: Τα συστήματα κτιριακής διαχείρισης και οι «έξυπνοι» αισθητήρες

Window glazing: Τα τζάμια με ειδικές επιστρώσεις

Wind power systems: Συστήματα που αξιοποιούν την αιολική ενέργεια/ ανεμογεννήτριες

Geothermal systems: Συστήματα που αξιοποιούν τη γεωθερμία

Biomass systems: Συστήματα που αξιοποιούν την ενέργεια από βιομάζα

Solar PV systems: Συστήματα που αξιοποιούν την ηλιακή ενέργεια/ φωτοβολταϊκά συστήματα

Lighting upgrade/ LED: Αναβάθμιση του φωτισμού με LED λαμπτήρες

Heat pumps: Οι αντλίες θερμότητας

Insulation: Η θερμομόνωση

Στο παραπάνω διάγραμμα, παρουσιάζεται η συχνότητα με την οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάθε παρέμβαση, ανάλογα με το κλίμα που επικρατεί, με το 25% να υποδεικνύει πως η παρέμβαση δύναται να εφαρμοστεί μόνο σε έναν τύπο κλίματος, ενώ το 100% καλύπτει και τους τέσσερις τύπους. Πιο συγκεκριμένα, η μόνωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κάθε κτίριο, με τις απαραίτητες τροποποιήσεις σύμφωνα με το κλίμα, καθώς προσφέρει προστασία από τις υψηλές, αλλά και τις χαμηλές θερμοκρασίες. Άλλες παρεμβάσεις που είναι εφαρμόσιμες σε κάθε κλίμα περιλαμβάνουν αισθητήρες που ελέγχουν την θερμοκρασία κάθε στιγμή και ρυθμίζουν τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης, φωτοβολταϊκά συστήματα, καθώς και αναβαθμίσεις στα παράθυρα, τα οποία, επίσης, μπορούν να μειώσουν τις θερμικές απώλειες σε συνθήκες κρύου και ζέστης. Ακόμη, σε όλες τις κλιματικές συνθήκες, προτείνεται να πραγματοποιηθεί η αναβάθμιση των λαμπτήρων, καθώς, ενώ είναι ιδιαίτερα οικονομική, έχει τη δυνατότητα να μειώσει κατά πολύ την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

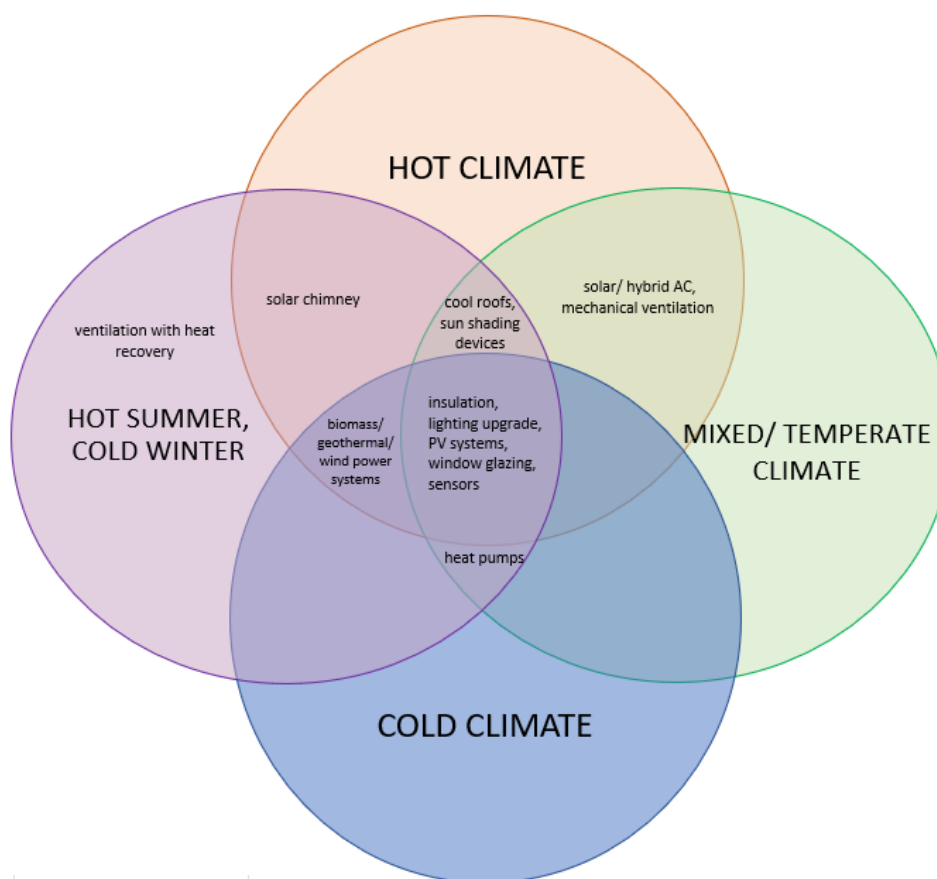
Αντιθέτως, παρατηρείται πως ο εξαερισμός με ανάκτηση θερμότητας προτείνεται να χρησιμοποιείται μόνο σε ψυχρά και πολύ ψυχρά κλίματα, τα οποία απαιτούν θέρμανση καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου.

Συνδυαστικά με τον πίνακα 4 (Παράρτημα Α'), εξάγονται επιπλέον τα εξής συμπεράσματα:

- Οι αντλίες θερμότητας μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο 75% των περιπτώσεων, καθώς είναι κατάλληλες για εύκρατα και (πολύ) ψυχρά κλίματα, καθώς και για

περιοχές με κρύους χειμώνες. Οι αντλίες είναι τόσο διαδεδομένες σε αυτές τις περιοχές, επειδή απαιτείται αποδοτική θέρμανση για μεγάλο μέρος του έτους, ενώ παράλληλα η εγκατάσταση και η συντήρησή τους είναι σχετικά οικονομικές.

- Άλλες δύο παρεμβάσεις που ενδείκνυνται για 75% των περιπτώσεων είναι οι ψυχρές οροφές και οι συσκευές σκίασης, οι οποίες χρησιμοποιούνται σε θερμά και εύκρατα κλίματα, όπως και σε περιοχές με ζεστά καλοκαίρια. Αυτές οι παρεμβάσεις προτιμώνται σε αυτές τις περιοχές, καθώς προσφέρουν προστασία από τον ήλιο και τις υψηλές θερμοκρασίες, ενώ είναι πολύ οικονομικές και έχουν μικρή περίοδο απόσβεσης.
- Τα πιο εναλλακτικά συστήματα βιομάζας, γεωθερμίας και αιολικής ενέργειας έχουν αναφερθεί σε δημοσιεύματα για κλίματα με ζεστά καλοκαίρια και κρύους χειμώνες και ψυχρά κλίματα, δηλαδή συναντώνται με πιθανότητα 50%. Η επιλογή τους συστήνεται σε περιοχές που δεν υπάρχει άφθονη ηλιοφάνεια, ως εναλλακτική των φωτοβολταϊκών συστημάτων, για την παραγωγή ενέργειας.
- Επίσης, από τη βιβλιογραφία προκύπτει πως ο μηχανικός εξαερισμός και τα υβριδικά/ ηλιακά συστήματα κλιματισμού τείνουν να χρησιμοποιούνται σε θερμά και εύκρατα/ μικτά κλίματα. Σε αυτές τις κλιματικές ζώνες υπάρχει ανάγκη για πιο οικονομικούς και αποδοτικούς τρόπους ψύξης, για παρατεταμένες περιόδους. Επίσης, σε αυτές παρατηρείται έντονη ηλιοφάνεια για το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου, οπότε παρέχουν ιδανικές συνθήκες για χρήση ηλιακών συστημάτων.
- Πιο σπάνια, εντοπίζεται και η χρήση της ηλιακής καμινάδας, ως μέσο ψύξης και αερισμού, στα δημοσιεύματα για θερμά κλίματα, αλλά και για κλίματα με ζεστά καλοκαίρια. Συγκεκριμένα, η ηλιακή καμινάδα πετυχαίνει βέλτιστα αποτελέσματα σε περιοχές με υψηλή υγρασία, καθώς βοηθά να κινείται ο αέρας μέσα στο κτίριο. Η χρήση της δεν είναι τόσο διαδεδομένη, καθώς απευθύνεται σε πολύ συγκεκριμένες κλιματικές συνθήκες και απαιτεί μεγαλύτερης κλίμακας ανακαίνιση, σε σχέση με άλλες παρεμβάσεις που αποδίδουν παρόμοια αποτελέσματα, όπως τα υβριδικά/ ηλιακά κλιματιστικά.



Εικόνα 14: Διάγραμμα Venn κατανομής κλιμάτων- παρεμβάσεων

Αυτά τα συμπεράσματα, συνοψίζονται στο διάγραμμα Venn που προηγήθηκε.

Ακόμα, από το διάγραμμα και τον πίνακα 4 (Παράρτημα Α'), προκύπτει πως για την ψύξη των κτιρίων- η οποία απαιτείται σε θερμά και εύκρατα κλίματα- υπάρχουν περισσότερες δυνατότητες παρέμβασης για την επίτευξη πιο αποδοτικών και οικονομικών αποτελεσμάτων (ψύξη- αερισμός), κυρίως λόγω της άφθονης ηλιοφάνειας, που συμβάλλει καθοριστικά στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, μέσω της ηλιακής.

Κάποιες από τις αναφερόμενες παρεμβάσεις εφαρμόζονται συχνότερα σε σχέση με άλλες. Η αποτελεσματικότητά τους, σε συνδυασμό με το βαθμό δυσκολίας της τοποθέτησης και το κόστος εγκατάστασης και συντήρησης, καθώς και η περίοδος απόσβεσης, διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη συχνότητα χρήσης τους.

Αναμφίβολα, η **θερμομόνωση** συγκαταλέγεται ανάμεσα στις πλέον διαδεδομένες και αποδοτικές παρεμβάσεις, με εφαρμογές τόσο εσωτερικά και εξωτερικά των κτιρίων, όσο και στις οροφές τους. Η θερμομόνωση είναι μια τεχνική που χρησιμοποιείται για αρκετά χρόνια και δεν προϋποθέτει εκτεταμένες ανακαινίσεις για την τοποθέτησή της, γεγονός που την καθιστά συμφέρουσα και ιδιαίτερα ελκυστική για τους κατοίκους. Το κύριο πλεονέκτημά της είναι πως μπορεί να εφαρμοστεί σε κάθε κλίμα, με τις απαραίτητες

διαφοροποιήσεις και να προσφέρει εξίσου θετικά αποτελέσματα, ενώ, παράλληλα, συμβάλλει στην βελτίωση δευτερευόντων ζητημάτων, όπως η εξωτερική όψη του κτιρίου. Οι διαφοροποιήσεις αυτές αφορούν το σημείο εφαρμογής της θερμομόνωσης, εσωτερικά ή εξωτερικά του κτιρίου, σε κάθετους τοίχους ή οροφές, ή και τα δύο, καθώς και τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν.

Πιο συγκεκριμένα, από την ανασκόπηση προκύπτει πως σε ψυχρά κλίματα, η μόνωση ενδείκνυται να τοποθετείται εξωτερικά του κτιρίου. Σε θερμά κλίματα, η εξωτερική μόνωση συνίσταται να περιέχει ανακλαστικά υλικά, ώστε να ανακλά την ηλιακή ακτινοβολία, εμποδίζοντάς τη να διαπερνά τα τοιχώματα. Αυτά τα υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για τη μόνωση στις οροφές των κτιρίων. Όσον αφορά τη μόνωση των οροφών, διαπιστώθηκε ότι για τα θερμά κλίματα ενδείκνυται η χρήση υλικού με πολύ-αιθέριο. Άλλο γνωστό υλικό που χρησιμοποιείται στις μονώσεις κτιρίων θερμών κλιμάτων είναι και η πολυστερίνη, η οποία εφαρμόζεται -κυρίως- στους τοίχους των κτιρίων. Σε κάθε τύπο κλίματος, ενδείκνυται η χρήση υλικών αλλαγής φάσης, ανάλογων με τις απαιτήσεις κάθε περιοχής. Παράλληλα, στην βιβλιογραφία αναφέρεται πως, σε περιοχές με μικρές θερμοκρασιακές μεταπτώσεις κατά τη διάρκεια της μέρας, προτείνεται μόνωση στο εσωτερικό των τοίχων, ενώ, σε αυτές με μεγάλες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις, είναι πιο αποτελεσματικό η μόνωση να εφαρμόζεται στο εξωτερικό τους. Ως μέρος της μόνωσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ειδικές λωρίδες/ ταινίες, που σφραγίζουν και τις πιο ευάλωτες περιοχές για θερμικές απώλειες, όπως γύρω από τα κουφώματα.

Αντίστοιχα διαδεδομένες είναι και οι **παρεμβάσεις στα παράθυρα**. Τα τελευταία χρόνια, οι κάτοικοι έχουν αναγνωρίσει τα οφέλη των διπλών και τριπλών τζαμιών και των ειδικών επιστρώσεων (υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής). Με την πρόοδο της τεχνολογίας, έχουν αναπτυχθεί νέοι τύποι ενεργειακών τζαμιών, ικανών να καλύψουν μια ευρεία γκάμα αναγκών, προσαρμοσμένων στο κλίμα της περιοχής και στον προϋπολογισμό κάθε νοικοκυριού. Με την αντικατάσταση των παλαιών παραθύρων, με νέα, ενεργειακά, μειώνονται οι απώλειες θερμότητας τον χειμώνα έως 65% και η εισερχόμενη θερμότητα το καλοκαίρι έως 62% [27]. Σε περιοχές θερμών κλιμάτων, για την επίτευξη της ελάχιστης θερμοκρασίας δωματίου, προτιμάται η εφαρμογή διπλών τζαμιών χαμηλής εκπομπής πληρωμένων με αέριο. Οι διπλοί υαλοπίνακες βοηθούν στη μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας, ενώ έχουν μικρή προς μέτρια περίοδο απόσβεσης, λόγω του χαμηλού κόστους εγκατάστασης. Τα τριπλά τζάμια είναι πιο αποδοτικά στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης, αλλά με ένα ελαφρώς αυξημένο κόστος. Τα διπλά και τριπλά τζάμια χαμηλής εκπομπής ελαττώνουν τις θερμικές απώλειες και στα ψυχρά και πολύ ψυχρά κλίματα. Για

τα πιο θερμά κλίματα με έντονη ηλιοφάνεια, στα τζάμια μπορεί να εφαρμοστεί και ειδική ανακλαστική επίστρωση, η οποία ανακλά την ηλιακή ακτινοβολία, περιορίζοντας την είσοδό της εντός του κτιρίου. Ακόμη, τα ηλεκτροχρωμικά τζάμια παρουσιάζουν εξαιρετική αποδοτικότητα, με μελέτες να υποδεικνύουν πως είναι ικανά να μειώσουν τη θερμότητα που εισέρχεται στο κτίριο έως και 50% [32].

Μία απλή τεχνική, η οποία, όμως, εφαρμόζεται ευκολότερα κατά την κατασκευή των κτιρίων, παρά κατά τη διάρκεια μιας ανακαίνισης, είναι αυτή της στρατηγικής τοποθέτησης και επιλογής μεγέθους των παραθύρων. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία [12], η ελαχιστοποίηση του μεγέθους των παραθύρων που έχουν νότιο προσανατολισμό, με αντίστοιχη μεγιστοποίηση του μεγέθους αυτών που είναι προσανατολισμένα προς το βορρά, μπορεί να επιφέρει μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, λόγω της μικρότερης ποσότητας ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται στο κτίριο, με παράλληλη βελτίωση της φωτεινότητας.

Παράλληλα με τα παραδοσιακά **κλιματιστικά**, έχουν αναπτυχθεί και νέες, πιο σύγχρονες συσκευές που λειτουργούν με ηλιακή ενέργεια, οι οποίες έχουν μηδενικό κόστος χρήσης, ενώ υπάρχουν και υβριδικά μοντέλα, που συνδυάζουν ηλιακή και ηλεκτρική ενέργεια για καλύτερες επιδόσεις.

Επιπροσθέτως, οι καταναλωτές έχουν στραφεί σε ένα προϊόν πολύ οικονομικό και αποτελεσματικό, το οποίο, ενώ δεν επηρεάζει άμεσα τη θέρμανση και τη ψύξη των κτιρίων, συμβάλλει στη μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Το εν λόγω προϊόν είναι οι **λαμπτήρες LED**, οι οποίοι έχουν κυριαρχήσει στην αγορά και έχουν εισαχθεί σε ένα σημαντικό ποσοστό των κτιρίων παγκοσμίως, χάρη στα πλεονεκτήματά τους, που έχουν αναλυθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο. Οι ενεργειακά αποδοτικοί λαμπτήρες LED, πέρα από την πολύ μικρή περίοδο απόσβεσης -από λίγους μήνες έως 2 χρόνια, ανάλογα το κτίριο- που προσφέρουν [3], μπορούν να συνδυαστούν με φωτισμό μειωμένης πυκνότητας ισχύος, για να επιτευχθούν τα βέλτιστα αποτελέσματα στην κατανάλωση ενέργειας.

Εύκολοι στην τοποθέτηση και με μικρό σχετικά κόστος είναι και οι «**έξυπνοι**» **αισθητήρες**, οι οποίοι μπορούν να λειτουργήσουν συνδυαστικά με άλλες παρεμβάσεις για να επιτευχθούν τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα. Ιδιαίτερα σε θερμοστάτες και υβριδικά συστήματα, μπορούν να ρυθμίσουν τη θερμοκρασία και να ενεργοποιούν ή να απενεργοποιούν συσκευές, ανάλογα με τις ανάγκες του χώρου. Έτσι, διασφαλίζεται η ιδανική θερμοκρασία και η επαρκής ποσότητα ζεστού νερού, χωρίς να απαιτείται καμία ενέργεια από τους κατοίκους, ακόμη και κατά τη διάρκεια της νύχτας. Στην κατηγορία των «έξυπνων» αισθητήρων ανήκουν και συσκευές, όπως τα φωτοκύτταρα, τα οποία

ενεργοποιούν τους λαμπτήρες όταν ανιχνεύουν κίνηση και τους σβήνουν όταν δεν υπάρχει ανάγκη. Ως αποτέλεσμα των παραπάνω, επιτυγχάνεται μείωση της περιττής καταναλισκόμενης ενέργειας. Οι «έξυπνοι» αισθητήρες έχουν ήδη αρχίσει να ενσωματώνονται σε πολλές συσκευές, συνήθως με τη μορφή θερμοστάτη σε συστήματα θέρμανσης και ψύξης, αλλά και σε πρίζες, θερμοσίφωνες, αφυγραντήρες, λάμπες κ.α.. Η νέα πρόταση στοχεύει στη διεύρυνση της εφαρμογής τους σε μεγαλύτερης κλίμακας συστήματα, συνδυαστικά με τις νέες τεχνολογίες, και της αποδοχής τους από το ευρύτερο καταναλωτικό κοινό.

Το βασικό πλεονέκτημα των προαναφερόμενων παρεμβάσεων είναι η ευελιξία τους να εφαρμόζονται, με τις ανάλογες τροποποιήσεις, σε κτίρια σε κάθε κλιματική ζώνη.

Μία παρέμβαση που, μπορεί να εφαρμοστεί σε κάθε κλίμα, αλλά δεν αποδίδει τα βέλτιστα σε όλες τις κλιματικές συνθήκες είναι τα **φωτοβολταϊκά συστήματα**, τα οποία εξ ορισμού απαιτούν ηλιοφάνεια για τη μεγιστοποίηση της παραγωγής ενέργειας. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα στις στέγες των κτιρίων έχουν σημειώσει σημαντική πρόοδο τα τελευταία χρόνια, χάρη στις επιδοτήσεις και τις πολιτικές προώθησης από τις χώρες της ΕΕ, επιτρέποντας στους πολίτες να παράγουν τη δική τους «καθαρή» ενέργεια, χωρίς την περιβαλλοντική επιβάρυνση από την καύση ορυκτών καυσίμων. Όπως τα φωτοβολταϊκά συστήματα, έτσι και **οι ηλιακές καμινάδες** απαιτούν, κατά κύριο λόγο, ηλιοφάνεια για να επιτύχουν τη μέγιστη απόδοση και συστήνονται σε περιοχές που απαιτούν βελτίωση του αερισμού, κυρίως λόγω υψηλών επιπέδων υγρασίας.

Η **μόνωση στις οροφές** των κτιρίων συνιστά μια ξεχωριστή κατηγορία μόνωσης και ανεξάρτητα από τα διαφορετικά υλικά που χρησιμοποιούνται, σε σχέση με την απλή θερμομόνωση στους τοίχους και τις οροφές. Η θερμομόνωση στις στέγες, που διακρίνεται σε δύο βασικές υποκατηγορίες παρεμβάσεων, τις ψυχρές οροφές και τις πράσινες οροφές, όπως έχει ήδη αναφερθεί στο 2^ο κεφάλαιο, απευθύνεται κυρίως στα θερμά, στα εύκρατα κλίματα και στα κλίματα με ζεστά καλοκαίρια.

Στην πρώτη κατηγορία, η υψηλή ανακλαστικότητα των ψυχρών υλικών, συμβάλλουν ώστε οι οροφές να απορροφούν λιγότερη θερμότητα και να παραμένουν έως και 33°C ψυχρότερες από τις συμβατικές οροφές, κατά την διάρκεια της θερινής περιόδου. Ενδεικτικά, μια **ψυχρή οροφή** δύναται να παρουσιάζει επιφανειακή θερμοκρασία 25°C, όταν, υπό παρόμοιες συνθήκες, οι συμβατικές οροφές φθάνουν σε θερμοκρασίες πλησίον των 60°C. Στο εσωτερικό του κτιρίου, η θερμοκρασία είναι περίπου 20°C χαμηλότερη, σε σχέση με ένα παρόμοιο κτίριο, χωρίς ανακλαστική επίστρωση. Ως αποτέλεσμα, αυτή η τεχνική δύναται να εξοικονομήσει έως και 20% ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη [22].

Στη δεύτερη κατηγορία, οι **πράσινες οροφές** έχουν τη δυνατότητα να απορροφήσουν έως και 30% της ηλιακής ακτινοβολίας, συμβάλλοντας στη μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη. Πέρα από την ηλιακή ακτινοβολία, το πράσινο στοιχείο έχει την ικανότητα να απορροφά σωματίδια, σκόνη, αλλά και μέρος του θορύβου. Επίσης, η εφαρμογή του είναι εφικτή και σε περιοχές με έντονες βροχοπτώσεις, καθώς περιορίζει την απότομη απορροή των όμβριων, επιτρέποντας έως και στο 50% του νερού να επανέλθει στο φυσικό υδρολογικό του κύκλο [24]. Με αυτόν τον τρόπο, προστατεύει τα κτίρια από την φθορά που ενδέχεται να προκαλέσει η συσσώρευση νερού ή υγρασίας, όπως η ανάπτυξη μούχλας. Παρά τα πλεονεκτήματα που προσφέρει η πράσινη οροφή, η εφαρμογή της συνεπάγεται μεγαλύτερο κόστος, απαιτεί περισσότερο διαθέσιμο χώρο και η συντήρησή της είναι πιο απαιτητική, σε σχέση με τις μονώσεις ψυχρών υλικών.

Οι **αντλίες θερμότητας** εντάσσονται στην κατηγορία των ανερχόμενων ενεργειακών παρεμβάσεων, καθώς προωθούνται, επίσης, αρκετά. Η εγκατάστασή τους είναι εύκολη και απαιτεί περιορισμένο χώρο και κόστος, εξαρτώμενα από την κατηγορία της αντλίας. Όπως είναι λογικό, δεν παρουσιάζουν την ίδια απήχηση σε περιοχές με ζέστη καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Μια μελέτη εξήτασε την αντικατάσταση των λεβητών φυσικού αερίου με αντλίες θέρμανσης υψηλής απόδοσης στην Ευρώπη. Σε σύγκριση με τους λέβητες φυσικού αερίου, η προτεινόμενη στρατηγική αλλαγής καυσίμου φαίνεται να μειώνει την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κατά 60% και τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατά 90% στην ΕΕ έως το 2050. Επιπλέον, οι εισαγωγές του φυσικού αερίου μπορούν να ελαττωθούν κατά 50% από αυτή τη στρατηγική, συμβάλλοντας περίπου 3,5% προς τον στόχο περιορισμού των εκπομπών. Η προτεινόμενη στρατηγική θα συμβάλλει, επίσης, στην αύξηση του μεριδίου των ΑΠΕ στην συνολική κατανάλωση ενέργειας, που επιδιώκεται να αντιπροσωπεύει το 5,6 % έως το 2050 [7].

Μία ακόμη τεχνική για προστασία από τον ήλιο αποτελούν τα **σκίαστρα**, τα οποία τοποθετούνται εδώ και χρόνια στα σπίτια με την μορφή τέντας. Στις μέρες μας, έχουν αναπτυχθεί πολλά είδη συστημάτων, τα οποία προσαρμόζονται σύμφωνα με τη θέση και την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, αλλά και συστήματα για «έξυπνη» σκίαση. Ενδεικτικά, μπορούν να αναφερθούν και τα ηλεκτροχρωμικά τζάμια, που έχουν τη δυνατότητα να μεταβάλλουν τη διαφάνειά τους, ανάλογα με την ένταση του ηλιακού φωτός.

Κάποιες μορφές παραγωγής ενέργειας, παρά την υψηλή τους απόδοση, δεν προτιμώνται ιδιαίτερα από το ευρύ κοινό, λόγω του κόστους, της μεγάλης κλίμακας ανακαίνισης και των εγκαταστάσεων που απαιτούνται, καθώς και των προβλημάτων που ανακύπτουν από τη

χρήση τους. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η **αιολική ενέργεια**, η οποία, αν και μπορεί να παράγει σημαντική ποσότητα ενέργειας, δεν επιλέγεται σε κατοικημένες περιοχές, λόγω της οπτικής και ακουστικής όχλησης που προκαλεί η εγκατάσταση και η λειτουργία των ανεμογεννητριών, δεδομένου ότι είναι ιδιαίτερα θορυβώδεις και απαιτούν αρκετό χώρο για να τοποθετηθούν [33]. Επιπλέον, οι κάτοικοι δεν είναι δυσαρεστημένοι μόνο από τον θόρυβο, αλλά και από τις μεγάλες διαστάσεις τους, οι οποίες περιορίζουν τον ελεύθερο χώρο.

Για να επιτευχθούν τα βέλτιστα αποτελέσματα, πρέπει να γίνεται αξιολόγηση και επιλογή του καταλληλότερου συνδυασμού παρεμβάσεων για την κάθε περίπτωση κλίματος και αναγκών.

4.4. Παρεμβάσεις ανά τύπο κτιρίου

Όπως έχει επισημανθεί νωρίτερα, πριν από την υλοποίηση οποιασδήποτε παρέμβασης, απαιτείται μία ενδελεχής ανάλυση των ενεργειακών αναγκών του κτιρίου, οι οποίες εξαρτώνται και από τη χρήση του. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει την καταγραφή των υφιστάμενων ενεργειακών συστημάτων, τη μέτρηση της κατανάλωσης ενέργειας και την εκτίμηση των δυνατοτήτων εξοικονόμησης. Ανάλογα με το είδος του κτιρίου, επιλέγονται οι τεχνικές παρεμβάσεις που θα ανταποκριθούν στις απαιτήσεις του. Επιπλέον, εξετάζονται οι ανάγκες των χρηστών του, όπως οι ένοικοι, οι υπάλληλοι σε γραφεία ή τα άτομα που βρίσκονται σε νοσοκομεία, σχολεία, κλπ.. Οι νέες τεχνολογίες πρέπει να είναι εύχρηστες και να μην επηρεάζουν αρνητικά την καθημερινότητα των χρηστών.

4.4.1. Κτίρια κατοικιών

Σύμφωνα με τον πίνακα 5 (Παράρτημα Α'), οι περισσότερες παρεμβάσεις μπορούν να εφαρμοστούν σε κτίρια κατοικιών, τα οποία κατέχουν και το μεγαλύτερο ποσοστό κτιρίων. Αυτό προϋποθέτει ότι δεν στεγάζονται σε διατηρητέα κτίρια ή κτίρια που υπόκεινται σε ειδικές διατάξεις.

Μία από τις βασικότερες παρεμβάσεις, η οποία μπορεί εύκολα να εφαρμοστεί σε κάθε σπίτι σε οποιοδήποτε κλιματικές συνθήκες είναι η θερμομόνωση. Η θερμομόνωση θεωρείται απαραίτητη σε κτίρια κατοικιών, καθώς μειώνει σημαντικά τις θερμικές απώλειες και εξοικονομεί ηλεκτρική ενέργεια για θέρμανση και ψύξη. Συνεπώς, βελτιώνει τη θερμοκρασιακή άνεση των ενοίκων, το οποίο είναι πολύ βασικό, καθώς όλοι οι άνθρωποι επιθυμούν να μπορούν να ψύξουν και να θερμάνουν επαρκώς το σπίτι τους και να νιώθουν άνετα μέσα σε αυτό. Η αντικατάσταση των παλαιών παραθύρων, με ενεργειακά αποδοτικά

διπλά ή τριπλά τζάμια χαμηλής εκπομπής, με την κατάλληλη ειδική επίστρωση ενισχύει τη λειτουργία της θερμομόνωσης, συμβάλλοντας καθοριστικά στη μείωση των θερμικών απωλειών. Σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν και τα κουφώματα των παραθύρων, τα οποία σε πολλές κατοικίες είναι ξύλινα και επιτρέπουν τη διείσδυση του κρύου ή ζεστού αέρα στον εσωτερικό χώρο. Για τα βέλτιστα αποτελέσματα από την αντικατάσταση των τζαμιών, προτείνεται και η αντικατάσταση των κουφωμάτων. Διαφορετικά, μπορούν να τοποθετηθούν μονωτικά υλικά και ειδικές ταινίες, που σφραγίζουν τις ευάλωτες περιοχές.

Στα ψυχρά κλίματα και τα κλίματα με κρύους χειμώνες, σκοπός είναι να βελτιωθεί η απόδοση των συσκευών θέρμανσης. Γι' αυτό το λόγο, προτείνεται η εγκατάσταση αντλιών θερμότητας, οι οποίες είναι πολύ πιο αποδοτικές από τα υπάρχοντα συστήματα κεντρικής θέρμανσης και τον παραδοσιακό κλιματισμό, μειώνοντας την απαιτούμενη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας για θέρμανση του σπιτιού. Επίσης, μπορεί να αντικατασταθεί και ο απλός εξαερισμός με μηχανικό εξαερισμό με ανάκτηση θερμότητας, ώστε να περιοριστούν οι απώλειες. Αντιστοίχως, στα θερμά, εύκρατα κλίματα, καθώς και στις περιοχές με ζεστά καλοκαίρια, που απαιτείται αποδοτική ψύξη για το μεγαλύτερο μέρος του έτους, προτείνεται η αντικατάσταση των συμβατικών κλιματιστικών, με υβριδικά ή αμιγώς ηλιακά κλιματιστικά. Σημαντικός για τη μείωση του φόρτου των κλιματιστικών είναι και ο ικανοποιητικός εξαερισμός, μηχανικός ή φυσικός. Εύκολες εφαρμόσιμες με μικρό κόστος είναι οι συσκευές σκίασης, οι οποίες εμποδίζουν την ηλιακή ακτινοβολία να εισέλθει στο κτίριο, με αποτέλεσμα να μειώνονται οι ανάγκες ψύξης.

Λόγω της ενεργειακής κρίσης, ευρέως εφαρμόζεται και η τεχνική της συνετής χρήσης των **κλιματιστικών** σε κάθε σπίτι. Οι άνθρωποι που διαμένουν σε κτίρια χαμηλής ενεργειακής απόδοσης και δεν έχουν τη δυνατότητα να επενδύσουν σε νέες τεχνολογίες, μπορούν να περιορίσουν την κατανάλωσή τους σε ηλεκτρική ενέργεια, μειώνοντας την λειτουργία ή την ένταση του κλιματιστικού. Σύμφωνα με μελέτες, η μείωση κατά έναν (1) βαθμό στην ένταση του συμβατικού κλιματιστικού, συνεπάγεται εξοικονόμηση 1-8% στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, γεγονός που επιφέρει άμεσο οικονομικό αντίκρισμα. Πολύ μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας, η οποία αγγίζει το 20%, προκύπτει από τη μη χρήση του κλιματισμού κατά τη διάρκεια της νύχτας, όταν υπάρχει επαρκής αερισμός στα δωμάτια [34].

Η πιο δραστική παρέμβαση είναι η παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, όπως η ηλιακή, η αιολική ενέργεια και η γεωθερμία. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι τα πιο διαδεδομένα, καθώς είναι πιο γνώριμα στο ευρύ κοινό, μπορούν να τοποθετηθούν σε διάφορα σημεία, επιδοτούνται από το κράτος και είναι πολύ αποδοτικά, κυρίως σε περιοχές

με έντονη ηλιοφάνεια. Τα πιθανά σημεία τοποθέτησής τους είναι στις οροφές, στις προσόψεις των κτιρίων, καθώς και στον προαύλιο χώρο. Λόγω της ευελιξίας τους είναι εύκολο να βρεθεί σε κάθε κτίριο επαρκής χώρος για να εγκατασταθούν. Οι άλλες δύο μέθοδοι δεν είναι τόσο γνωστές, καθώς προϋποθέτουν περισσότερο διαθέσιμο χώρο και μεγαλύτερο αρχικό κεφάλαιο, ειδικά οι ανεμογεννήτριες που αξιοποιούν την αιολική ενέργεια. Η γεωθερμία έχει αρχίσει να αξιοποιείται από κατοικίες, μέσω των αντλιών θερμότητας νερού/ εδάφους, οι οποίες επιδοτούνται, επίσης, από μερικά προγράμματα.

4.4.2. Ιστορικά και παραδοσιακά κτίρια

Αντίθετα με τα κτίρια κατοικιών, τα ιστορικά κτίρια απαιτούν πιο λεπτούς χειρισμούς στην ανακαίνισή τους, περιορίζοντας τις επιλογές. Εξαιτίας της ιστορικής τους σημασίας, δεν ενδείκνυται ή απαγορεύεται η ανακατασκευή. Λόγω παλαιότητας, δεν είναι καθόλου αποδοτικά ενεργειακά και, έτσι, ακόμα και μικρές ενεργειακές παρεμβάσεις έχουν προοπτική να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας, σε ποσοστό έως και 60% [13]. Κάποιες απλές παρεμβάσεις που μπορούν να εφαρμοστούν, χωρίς να επηρεαστεί το ύψος των κτιρίων είναι η αναβάθμιση των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και αερισμού, με νέα, πιο αποδοτικά και φιλικά προς το περιβάλλον συστήματα. Τα υπάρχοντα συστήματα είναι υπεύθυνα για τη μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας εντός των κτιρίων, χωρίς να έχουν τα επιθυμητά αποτελέσματα σε όλους τους χώρους. Ο εξαερισμός διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο για την ατμόσφαιρα και την άνεση των χρηστών, εντός του κτιρίου. Επομένως, τα συστήματα εξαερισμού θα πρέπει να αποτελούν προτεραιότητα για αναβάθμιση, δεδομένου ότι δεν επηρεάζουν την ιστορική αξία των κτιρίων, ενώ παράλληλα έχουν χαμηλό κόστος.

Ακόμη, θερμομόνωση μπορεί να τοποθετηθεί εσωτερικά των τοιχωμάτων, αλλά και στις οροφές. Σε ορισμένες περιπτώσεις, συνίσταται και η εξωτερική μόνωση στους τοίχους, εφόσον δεν πρόκειται να αλλοιώσει την εξωτερική όψη του κτιρίου. Σημαντικό είναι να αναβαθμιστούν και τα συστήματα φωτισμού, με ενεργειακούς λαμπτήρες LED, οι οποίοι θα βελτιώσουν σημαντικά τη φωτεινότητα των κτιρίων και, συνεπώς, θα γίνουν πιο φιλικά προς τους χρήστες. Η αναβάθμιση των λαμπτήρων αποτελεί μία από τις απλές και οικονομικές δράσεις προς τη μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας και θα πρέπει να καθιερωθεί ως μία από τις πρώτες κινήσεις των υπευθύνων.

Καθώς πολλά κτίρια αυτού του τύπου δεν χρησιμοποιούνται καθημερινά, αλλά το ποσοστό πληρότητάς τους είναι ρευστό, καλό είναι να τοποθετούνται και συστήματα «έξυπνων» αισθητήρων, που είναι ικανά να ρυθμίζουν τη θερμοκρασία, τη φωτεινότητα κλπ., ανάλογα με τη χρήση κάθε χώρου. Σε ευμεγέθη κτίρια, οι «έξυπνοι» αισθητήρες δύναται να

αποτελούν μέρος ενός καθολικού συστήματος διαχείρισης του εκάστοτε κτιρίου, το οποίο έχει την αρμοδιότητα να παρατηρεί και να καταγράφει λεπτομερή στοιχεία, για τον ρυθμό ροής του αέρα και του νερού, τα ποσοστά υγρασίας και τις θερμοκρασιακές διακυμάνσεις. Αξιοποιώντας αυτά τα δεδομένα, μπορεί να προσαρμόσει τις ρυθμίσεις στα συστήματα θέρμανσης, ψύξης και αερισμού, με γνώμονα την πιο ευχάριστη ατμόσφαιρα, αναλόγως και με την πληρότητα του κτιρίου, σε συνδυασμό με τη μέγιστη εξοικονόμηση ενέργειας.

Στα συγκεκριμένα κτίρια, δεν επιτρέπονται οι παρεμβάσεις στις αναλογίες τοίχου-παραθύρου και η μετακίνηση των ανοιγμάτων. Εύκολα, όμως, μπορούν να τοποθετηθούν περσίδες, εσωτερικά των παραθύρων, επιτρέποντας τη ρύθμιση της εισροής ηλιακής ενέργειας, περιορίζοντας τη χρήση των κλιματιστικών, κατά τη θερινή περίοδο. Σε ορισμένα κτίρια, δύναται να τοποθετηθούν και εξωτερικές προεξοχές για την εγκατάσταση ειδικών συσκευών για την ενίσχυση της σκίασης. Επίσης, μια παρέμβαση που μειώνει σημαντικά τις θερμικές απώλειες, είναι η αντικατάσταση των παραθύρων, με ενεργειακά διπλά ή τριπλά τζάμια χαμηλής εκπομπής, σε συνδυασμό με τα κατάλληλα κουφώματα και αεροστεγείς ταινίες, όπου είναι απαραίτητο και εφικτό, ανάλογα με τη δομή και την ιστορικότητα του κτιρίου.

Σε περιπτώσεις που υπάρχει η δυνατότητα εφαρμογής πιο δραστικών τεχνολογιών για την ενεργειακή αναβάθμιση παραδοσιακών κτιρίων, είναι σημαντικό να επιλεγεί το κατάλληλο σύστημα ανανεώσιμης ενέργειας για να τα τροφοδοτεί. Το πιο διαδεδομένο και ευρέως χρησιμοποιούμενο σύστημα είναι τα φωτοβολταϊκά συστήματα, που τοποθετούνται στις οροφές των κτιρίων. Με τις νέες τεχνικές, τα φωτοβολταϊκά μπορούν να εφαρμοστούν και σε στέγες με κεραμίδια. Ωστόσο, η εγκατάστασή τους σε ένα κτίριο μεγάλης παλαιότητας, μερικές φορές κρίνεται αδύνατη. Μια λεπτομερής μελέτη πρέπει να προηγηθεί, σχετικά με την κατάσταση του κτίσματος και την ικανότητά του να υποστηρίξει την εγκατάσταση και τη συντήρηση του συστήματος. Έπειτα, συνίσταται να πραγματοποιηθεί αξιολόγηση κόστους-οφέλους, μιας και στην πλειοψηφία αυτών των κτιρίων δεν είναι δυνατό να τοποθετηθεί επαρκής αριθμός πάνελ, ώστε να καλυφθούν εξ ολοκλήρου οι ανάγκες ενός μεγάλου κτιρίου με πολλούς χρήστες, οπότε η εφαρμογή τους μπορεί να κριθεί μη συμφέρουσα. Επίσης, πρέπει να δοθούν οι απαιτούμενες άδειες από τις αρμόδιες αρχές, καθώς συχνά τέτοιου τύπου κτίρια διαχειρίζονται από το κράτος ή άλλες δομές και απαιτούνται εγκρίσεις από διάφορες υπηρεσίες, για παράδειγμα από την αρχαιολογική υπηρεσία. Σε συγκεκριμένα κτίρια, όπως οι εκκλησίες, είναι δεδομένο ότι τέτοιες τεχνικές δεν μπορούν να εφαρμοστούν.

Λόγω των ανωτέρω, όπου υπάρχει ο απαιτούμενος διαθέσιμος χώρος, μπορεί να τοποθετηθεί φωτοβολταϊκή εγκατάσταση σε κοντινό σημείο του κτιρίου, όπως στον προαύλιο χώρο του, χωρίς να απαιτείται η ενσωμάτωσή της στο ίδιο το κτίριο, προκειμένου να αποφευχθεί κάθε πιθανή ζημιά και επιρροή στην ιστορική αξία του κτιρίου και να μην χρειάζεται να εμπλακούν οι αρμόδιες υπηρεσίες [11]. Η ίδια προσέγγιση δύναται να εφαρμοστεί και σε μη ιστορικά κτίρια, τα οποία είναι αρκετά παλιά και διατρέχουν τον κίνδυνο κατάρρευσης ή ζημιάς στην οροφή, ή απλά δεν διαθέτουν επαρκή χώρο για την τοποθέτηση φωτοβολταϊκής εγκατάστασης στην επιφάνεια του κτιρίου.

4.4.3. Εμπορικά κτίρια και κτίρια γραφείων

Σε μεγάλης κλίμακας κτίρια, όπως τα εμπορικά κτίρια και τα κτίρια που στεγάζουν τα γραφεία εταιρειών με μεγάλο αριθμό εργαζομένων, συνήθως υπάρχει ένα κεντρικό σύστημα υπεύθυνο για τη θέρμανση, τη ψύξη και τον αερισμό των χώρων. Το εν λόγω σύστημα συναντάται και σε δημόσια/ κοινωνικά κτίρια, καθώς και σε παραδοσιακά κτίρια που εξυπηρετούν πλέον μεγάλο αριθμό ατόμων, όπως είναι τα ιστορικά κτίρια που έχουν μετατραπεί σε εκπαιδευτικά ιδρύματα κ.ά.. Σε αντίθεση με την παραδοσιακή πρακτική της χώρας μας, όπου χρησιμοποιούνται καλοριφέρ για τη θέρμανση, κλιματιστικά ή ανεμιστήρες για την ψύξη και παράθυρα για τον αερισμό, σε ορισμένες χώρες το σύστημα HVAC, Heating, Ventilation and Air- Conditioning (Θέρμανση, Αερισμός και Κλιματισμός) καλύπτει και τις ανάγκες των κτιρίων κατοικιών. Κατά πλειοψηφία, το σύστημα αυτό είτε έχει την ίδια ηλικία με το κτίριο στο οποίο είναι εγκατεστημένο, είτε έχει τοποθετηθεί εκ των υστέρων, αλλά πριν την ενεργειακή κρίση. Σε κάθε περίπτωση, λοιπόν, δεν πληροί τις σύγχρονες προδιαγραφές και απαιτήσεις για ενεργειακή απόδοση. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία [3], τα παλαιά συστήματα HVAC ευθύνονται για πάνω από το 40% της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας των κτιρίων, ιδίως σε περιοχές με θερμά κλίματα και υψηλά επίπεδα υγρασίας [6]. Η αναβάθμιση αυτού του συστήματος ενδέχεται να επιφέρει υψηλότερο κόστος και, συνεπώς, μεγαλύτερη περίοδο απόσβεσης, συγκριτικά με άλλες παρεμβάσεις, ωστόσο προσφέρει το μεγαλύτερο αντίκρισμα στην εξοικονόμηση ενέργειας, οπότε και στη μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου. Για το λόγο αυτό, η αναβάθμισή του είναι καθοριστικής σημασίας για όλους τους τύπους κτιρίων, με προοπτική μείωσης της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας έως και 30% [5, 11].

Στα κτίρια, που δεν στεγάζουν κατοικίες, γίνεται αναφορά πως το σύστημα HVAC παραμένει σε λειτουργία καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, ακόμη και όταν δεν είναι κανένας υπάλληλος παρόν. Καθίσταται, λοιπόν, απαραίτητο το αναβαθμισμένο σύστημα να

ενσωματώνει έναν μηχανισμό ελέγχου ή ένα «έξυπνο» σύστημα αισθητήρων, το οποίο θα ενεργοποιείται πριν από την έναρξη των εργασιμών ωρών, ώστε να εξασφαλίζει εγκαίρως τα επιθυμητά επίπεδα θερμοκρασίας και θα απενεργοποιείται αυτόματα κατά τις ώρες αδράνειας του κτιρίου. Με αυτήν την παρέμβαση, η οποία έχει μηδενικό κόστος, μπορεί να επιτευχθεί εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας της τάξης του 25% [3]. Σε κτίρια κατοικιών μπορεί να εφαρμοστεί μια αντίστοιχη στρατηγική, κατά την οποία οι κάτοικοι θα ρυθμίζουν το σύστημα, ώστε να λειτουργεί μόνο τις ώρες που τους εξυπηρετούν, αντί να παραμένει ενεργό όλο το 24ωρο.

Ακόμη, σε κτίρια που στεγάζουν κυρίως γραφεία, υπηρεσίες και εμπορικές εγκαταστάσεις, μπορεί να ρυθμιστεί η επιθυμητή θερμοκρασία μέσω θερμοστάτη, αυξάνοντας τη θερμοκρασία κατά έναν βαθμό το καλοκαίρι και μειώνοντάς τη κατά έναν βαθμό το χειμώνα. Με αυτόν τον τρόπο, επιτυγχάνεται μείωση στην καταναλισκόμενη ενέργεια, χωρίς να θυσιάζεται η άνεση των χρηστών.

Σύμφωνα με το ίδιο δημοσίευμα, ο δεύτερος πιο σημαντικός παράγοντας προς αναβάθμιση, για τη μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στα μεγάλα εμπορικά κτίρια είναι ο φωτισμός. Βάσει αναλυτικών μοντέλων, προκύπτει πως, οι λαμπτήρες φθορισμού είναι υπεύθυνοι για το 20% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης σε αυτόν τον τύπο κτιρίου. Η αντικατάσταση αυτών των λαμπτήρων με νέους λαμπτήρες τύπου LED έχει ως αποτέλεσμα την ελάττωση της ενεργειακής κατανάλωσης κατά 7% [3]. Επιπλέον, αυτή η παρέμβαση είναι ιδιαίτερα οικονομική και έχει εκτιμώμενο χρόνο απόσβεσης λιγότερο από δύο χρόνια, όπως αναφέρθηκε παραπάνω.

Στο πλαίσιο των ενεργειακών ανακαινίσεων σε εμπορικά και άλλα κτίρια, το επόμενο βήμα είναι η αναβάθμιση των παραθύρων, καθώς αποτελούν τα πιο ευάλωτα σημεία σε θερμικές απώλειες, ιδιαίτερα σε περιοχές με έντονα καιρικά φαινόμενα, ζέστης ή ψύχους. Η αντικατάσταση των συμβατικών παραθύρων με διπλά ή τριπλά τζάμια χαμηλής εκπομπής, με ή χωρίς ειδική ανακλαστική επίστρωση, θεωρείται επιτακτική και μπορεί να οδηγήσει σε μείωση των θερμικών απωλειών και, συνεπώς, της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, έως και 15% σε ορισμένα κτίρια [3]. Όπως και στους υπόλοιπους τύπους κτιρίων, έτσι και στα εμπορικά κτίρια, η αντικατάσταση των παραθύρων, είναι αναμενόμενο να συνδυάζεται με εφαρμογή θερμομόνωσης στους τοίχους και τις οροφές, προκειμένου να επιτευχθούν τα βέλτιστα αποτελέσματα στον περιορισμό των θερμικών φορτίων λόγω απωλειών. Ο χρόνος απόσβεσης εξαρτάται από το κάθε κτίριο, τις ανάγκες του, καθώς και από την τελική επιλογή των παραθύρων, των υλικών μόνωσης και τις οικονομικές συνθήκες της εκάστοτε χώρας.

Μία ακόμη δυνατή παρέμβαση σε μεγάλου μεγέθους κτίρια είναι η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το ίδιο το κτίριο, με στόχο την ανεξαρτητοποίησή του από τα εθνικά δίκτυα. Τα εν λόγω κτίρια συνήθως διαθέτουν επαρκή χώρο στις οροφές τους, επιτρέποντας την εγκατάσταση ικανοποιητικού αριθμού φωτοβολταϊκών. Αυτή η παρέμβαση απαιτεί αυξημένο αρχικό κεφάλαιο και χρόνο απόσβεσης, αν δεν επιδοτείται μερικώς από τρέχοντα προγράμματα, ωστόσο προσφέρει σημαντική μείωση στους λογαριασμούς ηλεκτρικής ενέργειας, αγγίζοντας σχεδόν μηδενικές τιμές σε ορισμένες περιπτώσεις και παράγει καθαρή ενέργεια, συνεισφέροντας σημαντικά στην προστασία του περιβάλλοντος.

Διαφορετικά, ο διαθέσιμος χώρος στις οροφές των εμπορικών κτιρίων, μπορεί να αξιοποιηθεί μέσω της τοποθέτησης φυτών, δημιουργώντας μία πράσινη οροφή, που προσφέρει θερμομόνωση και, ενδεχομένως, χώρο αναψυχής για τους εργαζομένους και τους πελάτες. Με την κατάλληλη διαχείριση του χώρου, είναι δυνατό να προκύψει και επιπλέον κέρδος από εξωτερικούς επισκέπτες.

Στα εμπορικά κτίρια, ωστόσο, οι μέτοχοι τείνουν να προτιμούν τις παρεμβάσεις με μικρούς χρόνους απόσβεσης και άμεσα αποτελέσματα, όπως η αναβάθμιση του φωτισμού, της μόνωσης και των συστημάτων HVAC. Η συνδυασμένη εφαρμογή αυτών των παρεμβάσεων, με παράλληλη εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων –χωρίς την πλήρη κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων– μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας έως 30%, μείωση των εκπομπών αερίων ρύπων κατά 25%, αυξημένη θερμοκρασιακή άνεση και βελτίωση της ποιότητας του αέρα στους εσωτερικούς χώρους [5, 11].

4.4.4. Δημόσια και κοινωνικά κτίρια

Τα δημόσια κτίρια δύναται να εξυπηρετήσουν πολλούς διαφορετικούς σκοπούς. Οι ενεργειακές ανάγκες των δημόσιων κτιρίων ποικίλλουν ανάλογα με τις υπηρεσίες που προσφέρουν, με την κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας να διανέμεται διαφορετικά, όπως αποτυπώνεται στον πίνακα που ακολουθεί, ο οποίος έχει συνταχθεί βάσει επίσημων ευρωπαϊκών στοιχείων [5].

Η ενίσχυση της ενεργειακής αποδοτικότητας στα δημόσια κτίρια είναι κρίσιμη για τη μείωση του ενεργειακού κόστους και την προστασία του περιβάλλοντος. Οι παρεμβάσεις που προτείνονται στα δημόσια κτίρια, εστιάζουν στην αναβάθμιση των υποδομών με σύγχρονα συστήματα, που συνδυάζουν την ενεργειακή εξοικονόμηση με τη

Επίδραση του Κλίματος στις Παρεμβάσεις Ανακαινίσεων Κτιρίων: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

λειτουργικότητα, προσφέροντας μειωμένη κατανάλωση ενέργειας και βελτιωμένη εμπειρία των χρηστών.

Πίνακας 2: Κατανομή κατανάλωσης ενέργειας ανά χρήση κτιρίου [5]

Χρήση ενέργειας	Σχολεία	Κέντρα γυμναστικής	Νοσοκομεία	Κυβερνητικά γραφεία	Πισίνες κολύμβησης
Θέρμανση/ψύξη	40-50%	45-55%	35-45%	30-40%	55-65%*
Φωτισμός	20-30%	15-25%	20-30%	25-35%	10-20%
Θέρμανση νερού	8-12%	8-12%	8-12%	8-12%	8-12%
Εξοπλισμός	4-6%	4-6%	8-12%	8-12%	4-6%
Εξαερισμός	4-6%	4-6%	4-6%	4-6%	2-4%

*σε αυτήν την κατηγορία υπολογίζεται και η ενέργεια που καταναλώνεται για τη θέρμανση του νερού της πισίνας

Από τον πίνακα, παρατηρείται πως, σε όλες τις περιπτώσεις, η κύρια κατανάλωση ενέργειας αφορά τη θέρμανση και ψύξη των κτιρίων, ακολουθούμενη από τον φωτισμό. Οι εν λόγω κατηγορίες πρέπει να είναι οι πρώτες που θα αναβαθμιστούν, προκειμένου να σημειωθεί αξιόλογη μείωση στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Όπως αναμένεται, η μεγαλύτερη κατανάλωση για θέρμανση εντοπίζεται στις πισίνες κολύμβησης, δεδομένου ότι, μεγάλο μέρος της συνολικής ενέργειας δαπανάται για να διατηρείται η θερμοκρασία του νερού στα επιθυμητά επίπεδα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, ακόμη και υπό εξαιρετικά χαμηλές εξωτερικές θερμοκρασίες. Επίσης, τα σχολεία και τα κέντρα γυμναστικής θα πρέπει να επικεντρωθούν κυρίως στην αναβάθμιση των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης, ενώ τα γραφεία πρέπει να μεριμνήσουν και για την ενέργεια που καταναλώνεται για φωτισμό. Ο πιο ενδεδειγμένος τρόπος για να το επιτύχουν, ο οποίος προτείνεται για όλους τους τύπους κτιρίων, είναι η αντικατάσταση των παλαιών λαμπτήρων φθορισμού με LED, καθώς είναι πολύ πιο αποδοτικοί και προσφέρουν καλύτερες συνθήκες φωτισμού, με πολύ χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας.

Πιο αναλυτικά, στα νοσοκομεία, η αναβάθμιση των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και εξαερισμού είναι κρίσιμη για την εύρυθμη λειτουργία των εγκαταστάσεων και για την άνετη διαμονή των ατόμων που αντιμετωπίζουν διάφορα προβλήματα υγείας. Η τοποθέτηση σύγχρονων συστημάτων HVAC συμβάλλει στη μείωση της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας, ενώ η εφαρμογή συστημάτων ενεργειακής διαχείρισης επιτρέπει

την αποτελεσματική παρακολούθηση της κατανάλωσης και τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας τους. Η θερμομόνωση στους τοίχους και τις οροφές και η αντικατάσταση των παλαιών παραθύρων με διπλά ή τριπλά τζάμια με ειδικές επιστρώσεις αποτελούν αποτελεσματικές λύσεις για την ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών και την ενίσχυση της θερμικής άνεσης. Αυτές οι παρεμβάσεις, παράλληλα με την αναβάθμιση του φωτισμού με LED, βελτιώνουν την ενεργειακή απόδοση και συντελούν σε σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας, αναβαθμίζοντας την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος, κάτι ιδιαίτερα σημαντικό για μια ιατρική υποδομή.

Στα σχολεία, η αναβάθμιση του κτιριακού περιβλήματος, με βελτίωση της θερμομόνωσης των τοίχων, των οροφών και της αντικατάστασης των παραθύρων, έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση των θερμικών απωλειών και την εξοικονόμηση ενέργειας. Έπειτα, απαιτείται και η αναβάθμιση του συστήματος HVAC, προκειμένου να διατηρηθεί ευχάριστη η θερμοκρασία στους εσωτερικούς χώρους, που φιλοξενούν παιδιά και διδακτικό προσωπικό. Δεδομένου ότι τα σχολικά κτίρια παραμένουν κενά για μεγάλα χρονικά διαστήματα, επιβάλλεται η εγκατάσταση ενός συστήματος διαχείρισης, που θα απενεργοποιεί αυτόματα τα συστήματα τις ώρες εκτός σχολικού ωραρίου και σε περιόδους διακοπών. Επιπλέον, η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων σε τοίχους, οροφές ή προαύλιο χώρο για την παραγωγή ενέργειας, μπορεί να συνεισφέρει σε μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης κατά έως και 30% και τις εκπομπές αέριων ρύπων κατά 25% [5]. Κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών, η παραγωγή ενέργειας αυξάνεται, λόγω της παρατεταμένης ηλιοφάνειας, ενώ τα σχολεία παραμένουν κλειστά και δαπανούν ελάχιστη ενέργεια. Ένα μέρος της επιπλέον παραγόμενης ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά θα μπορούσε να διατεθεί σε γειτονικές κατοικίες και καταστήματα. Παράλληλα, τα εκπαιδευτικά ιδρύματα αποτελούν τον πλέον κατάλληλο χώρο για την ευαισθητοποίηση μαθητών και προσωπικού και την ενίσχυση της σημασίας της εξοικονόμησης ενέργειας, μέσω εκπαιδευτικών δράσεων.

Σε πιο εξειδικευμένες εγκαταστάσεις, όπως τα κολυμβητήρια, απαιτούνται και πιο συγκεκριμένες λύσεις, όπως η αντικατάσταση των παραδοσιακών συστημάτων θέρμανσης νερού με ηλιακούς θερμοσίφωνες ή αντλίες θερμότητας, οι οποίες βελτιώνουν την ενεργειακή απόδοση. Στις εν λόγω υποδομές είναι εφικτή η ανακύκλωση της θερμότητας από το νερό για τη θέρμανση άλλων χώρων, λειτουργώντας παρόμοια με ένα καλοριφέρ. Με αυτόν τον τρόπο, η ενέργεια που προοριζόταν για μία μόνο εφαρμογή, μπορεί να καλύψει δύο βασικές ανάγκες θέρμανσης, οδηγώντας σε ουσιαστική εξοικονόμηση ενέργειας. Με αυτές τις παρεμβάσεις, σε συνδυασμό με λαμπτήρες LED, η θερμοκρασιακή

άνεση των χρηστών ενισχύεται, ενώ ταυτόχρονα μειώνεται το περιβαλλοντικό αποτύπωμα του κτιρίου.

Η αναβάθμιση των συστημάτων κλιματισμού και φωτισμού στα μουσεία είναι κρίσιμη για την εξοικονόμηση ενέργειας και για την προστασία των εκθεμάτων, τα οποία απαιτούν πολύ συγκεκριμένες συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας και ακτινοβολίας. Η υιοθέτηση συστημάτων φωτισμού LED συμβάλλει στη μείωση της εκπομπής θερμότητας και UV ακτινοβολίας, ενώ συνιστά έναν εύκολο και αποτελεσματικό τρόπο για την άμεση μείωση του ενεργειακού κόστους. Μέσω των συστημάτων ενεργειακής διαχείρισης, οι συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας παρακολουθούνται και διατηρούνται στα επιθυμητά επίπεδα, ανεξάρτητα από τις εξωτερικές καιρικές συνθήκες. Η βελτιωμένη ποιότητα του αέρα και η σταθερή θερμοκρασία προστατεύουν τα εκθέματα και ενισχύουν την άνεση των επισκεπτών. Για μεγαλύτερη προστασία από την ηλιακή ακτινοβολία, μπορούν να τοποθετηθούν εσωτερικά ή εξωτερικά του κτιρίου, σκίαστρα με «έξυπνους» αισθητήρες, οι οποίοι προσαρμόζουν αυτόματα την κάλυψη, ανάλογα με τη θέση και την ένταση του ήλιου.

Αυτές οι παρεμβάσεις συμβάλλουν στη δημιουργία βιώσιμων και ενεργειακά αποδοτικών δημοσίων κτιρίων και μπορούν να εφαρμοστούν σε όλες τις κλιματικές ζώνες. Ταυτόχρονα, προάγουν τη συνείδηση για την προστασία του περιβάλλοντος και την εξοικονόμηση πόρων.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ- ΣΥΖΗΤΗΣΗ

5.1. Γενικά στοιχεία

Το μεγαλύτερο μέρος του κτιριακού αποθέματος είναι άνω των 50 ετών και, συνεπώς, μη ενεργειακά αποδοτικό, καταναλώνοντας 40% της συνολικής καταναλισκόμενης ενέργειας παγκοσμίως [2]. Ταυτόχρονα, η κλιματική αλλαγή απασχολεί τις κυβερνήσεις σε όλο τον κόσμο για την ραγδαία αύξηση της θερμοκρασίας. Έτσι, ο κτιριακός τομέας κυριαρχεί στις συζητήσεις για ενεργειακή αναβάθμιση, δείχνοντας τις καλύτερες προοπτικές για μείωση της ενέργειας που καταναλώνεται και των εκπομπών αέριων ρύπων, μέσω των ενεργειακών παρεμβάσεων.

Η διαδικασία επιλογής των κατάλληλων παρεμβάσεων για την ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων είναι πολύπλοκη, επειδή περιλαμβάνει πολλούς παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη, για να καταρτιστεί ένα ολοκληρωμένο πλάνο. Οι βασικότεροι παράγοντες που καθορίζουν την επιλογή είναι το κλίμα της περιοχής, ο τύπος του κτιρίου, καθώς και η οικονομία της εκάστοτε χώρας. Σε αυτή τη μελέτη αναλύθηκαν οι δύο πρώτοι παράγοντες και συλλέχθηκαν όλα τα διαθέσιμα στοιχεία από μελέτες μεμονωμένων κτιρίων, με στόχο να αποτελέσει οδηγό για τις προτεινόμενες παρεμβάσεις σε όλες τις κλιματικές συνθήκες και όλους τους τύπους κτιρίων.

Τα γενικά συμπεράσματα που εξήχθησαν σχετικά με τους τύπους κτιρίων είναι τα εξής:

- Η συντριπτική πλειοψηφία των κτιρίων είναι οικιστικά, καθώς και η γκάμα παρεμβάσεων που μπορούν να εφαρμοστούν σε αυτά είναι ευρύτατη.
- Τα ιστορικά κτίρια ενέχουν τους περισσότερους περιορισμούς, καθώς υπόκεινται σε διατάξεις για προστασία μνημείων και κάθε παρέμβαση πρέπει να εγκρίνεται από τις αρμόδιες υπηρεσίες, ώστε να μην επηρεαστεί η ιστορική τους αξία.
- Η επιλογή παρεμβάσεων για τα δημόσια κτίρια πρέπει να λαμβάνει υπόψη τη χρήση για την οποία προορίζονται, καθώς μπορούν να εξυπηρετούν ανάγκες μάθησης, γυμναστικής κ.ο.κ. και να χρήζουν εξειδικευμένων παρεμβάσεων [5].
- Για τα εμπορικά κτίρια, οι μέτοχοι έχουν τον πρώτο λόγο για την επιλογή παρεμβάσεων και τείνουν να επιλέγουν παρεμβάσεις με μικρό αρχικό κόστος και βραχυπρόθεσμα αποτελέσματα [11].

5.2. Προτεινόμενες παρεμβάσεις και αποτελέσματα

Από την ανωτέρω ανάλυση, εξάγονται σημαντικά συμπεράσματα για τις προτεινόμενες παρεμβάσεις ανά κλίμα και ανά τύπο κτιρίου.

- Η θερμομόνωση αποτελεί μία από τις πλέον διαδεδομένες παρεμβάσεις για τη μείωση των θερμικών απωλειών, καθώς μπορεί να ανταπεξέλθει σε όλες τις κλιματικές συνθήκες και να τοποθετηθεί εσωτερικά ή εξωτερικά των τοίχων και στις οροφές, ανάλογα τις ανάγκες. Ειδικά σε θερμά κλίματα, η μόνωση με ανακλαστικά υλικά δύναται να οδηγήσει σε μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας κατά 25% [33]. Σε αυτήν την περίπτωση, η θερμομόνωση είναι προφανές πως πρέπει να τοποθετείται στην εξωτερική επιφάνεια των εξωτερικών τοίχων του κτιρίου.
- Στα θερμά κλίματα προτείνεται και η εφαρμογή μόνωσης στις οροφές των κτιρίων με τη μορφή ψυχρής ή πράσινης οροφής. Η τοποθέτηση τους ανακλά ή απορροφά την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία, αντίστοιχα, με αποτέλεσμα να μειώνονται οι ενεργειακές ανάγκες για ψύξη κατά 20 - 30% [22, 23]. Οι πράσινες οροφές, ωστόσο, απαιτούν μεγαλύτερο αρχικό κεφάλαιο και πιο απαιτητική συντήρηση, οπότε δεν χρησιμοποιούνται τόσο συχνά, όσο οι υπόλοιπες μορφές μόνωσης.
- Οι παρεμβάσεις στα παράθυρα είναι από τις πιο αποτελεσματικές μεθόδους σε κάθε κλιματική ζώνη και τύπο κτιρίου, μιας και με την αντικατάσταση των παλαιών παραθύρων με τα κατάλληλα ενεργειακά τζάμια χαμηλής εκπομπής μπορούν να μειωθούν οι θερμικές απώλειες έως και 65% [27]. Στα θερμά κλίματα συστήνεται η ειδική επίστρωση των υαλοπινάκων να περιλαμβάνει ανακλαστικά υλικά, ώστε να ανακλάται η ηλιακή ακτινοβολία. Ειδικά, μπορούν να τοποθετηθούν ηλεκτροχρωμικά τζάμια, τα οποία, προσαρμόζοντας τη διαφάνειά τους ανάλογα με τη θέση και την ένταση του εισερχόμενου φωτός, μειώνουν την θερμότητα στο εσωτερικό του κτιρίου έως και 50% [32].
- Από τις μελέτες προκύπτει πως στα κλίματα με υψηλές θερμοκρασίες, είναι προτιμότερο να ελαχιστοποιηθεί το άνοιγμα των παραθύρων προς το νότο και να μεγιστοποιηθεί αυτό προς το βορρά, ώστε να μειωθεί η κατανάλωση της ενέργειας για ψύξη του κτιρίου, με παράλληλη βελτίωση της φωτεινότητας [12]. Παρά την αποτελεσματικότητα της μετακίνησης, αυτή η παρέμβαση δεν επιλέγεται συχνά, λόγω της διευρυμένης ανακαίνισης που απαιτείται.
- Ο ρόλος των συστημάτων HVAC είναι καθοριστικός, καθώς χρησιμοποιούνται κατά κόρον σε μεγάλα κτίρια με πολλούς χρήστες, ενοίκους και επισκέπτες. Δεδομένου πως

αυτά τα συστήματα δαπανούν έως και 70% της συνολικής ενέργειας του εκάστοτε κτιρίου, η αντικατάστασή τους με ενεργειακά αποδοτικά συστήματα, μπορούν να μειώσουν τους λογαριασμούς ηλεκτρικής ενέργειας με ποσοστά που αγγίζουν το 35% [3, 6].

- Ο συνδυασμός αυτής της παρέμβασης με τα συστήματα διαχείρισης, τα οποία ρυθμίζουν τις ώρες λειτουργίας και τα επιθυμητά επίπεδα θερμοκρασίας και υγρασίας στο χώρο, το ποσοστό εξοικονόμησης τείνει να αυξηθεί κατά 25%, ενώ η λειτουργία τους έχει μηδενικό κόστος [35]. Γι' αυτό το λόγο, τα συστήματα κτιριακής διαχείρισης κρίνονται αναγκαία για τα κτίρια κάθε τύπου και σε κάθε κλιματική ζώνη.
- Οι λαμπτήρες φθορισμού είναι υπεύθυνοι περίπου για το 20% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης σε μεγάλα κτίρια εμπορικά, κοινωνικά ή γραφεία [3]. Η αντικατάσταση αυτών με νέους λαμπτήρες τύπου LED μπορεί να οδηγήσει σε μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων, καθώς καταναλώνουν έως και 80% λιγότερη ενέργεια [29]. Λόγω του μικρού κόστους αντικατάστασης και της μικρής περιόδου απόσβεσης, σε συνδυασμό με την μεγαλύτερη διάρκεια ζωής αυτών των λαμπτήρων και τις καλύτερες συνθήκες φωτισμού που προσφέρουν, είναι από τις παρεμβάσεις που εύκολα εφαρμόζονται σε κάθε τύπο κτιρίου, αλλά και σε κάθε περιοχή, καθώς δεν επηρεάζονται από τις κλιματικές συνθήκες. Τα συστήματα κτιριακής διαχείρισης μπορούν να ενσωματωθούν και στο σύστημα φωτισμού.
- Η παρέμβαση που αναμφισβήτητα μπορεί να μειώσει αισθητά τους λογαριασμούς ηλεκτρικής ενέργειας και να βελτιώσει κατά πολύ το ανθρακικό αποτύπωμα του κτιρίου είναι η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων, για παραγωγή «καθαρής» ενέργειας και ανεξαρτητοποίηση από το δίκτυο. Για βελτιστοποίηση των αποτελεσμάτων απαιτείται αρκετός διαθέσιμος χώρος για την εγκατάστασή τους είναι καλύτερο να τοποθετούνται σε κλιματικές ζώνες με ηλιοφάνεια κατά το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου, ώστε να επιτυγχάνεται η μεγαλύτερη δυνατή παραγωγή ενέργειας. Λόγω της ευελιξίας τους, από άποψη σημείου τοποθέτησης, μπορούν να εγκαθίστανται και στον προάυλιο χώρο ιστορικών κτιρίων, χωρίς να μειώνουν την ιστορική τους αξία ή να προκαλούν θέματα ασφαλείας. Η εγκατάστασή τους απαιτεί ένα μεγαλύτερο αρχικό κεφάλαιο, σε σχέση με άλλες παρεμβάσεις, αλλά υπάρχουν αρκετά κρατικά προγράμματα που επιδοτούν την ενεργειακή αναβάθμιση μέσω των φωτοβολταϊκών και επιταχύνουν την απόσβεση.

Επίδραση του Κλίματος στις Παρεμβάσεις Ανακαινίσεων Κτιρίων: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

- Για την παραγωγή ενέργειας είναι δυνατό να εγκατασταθούν και συστήματα που αξιοποιούν άλλους τύπους ανανεώσιμης ενέργειας, όπως η αιολική και η γεωθερμία, αλλά καμία δεν είναι τόσο εύκολο να εφαρμοστεί σε αστικό ιστό, καθώς απαιτούν περισσότερο διαθέσιμο χώρο, μεγαλύτερο αρχικό κεφάλαιο και μπορούν να προκαλέσουν έντονη ενόχληση στους κατοίκους της περιοχής [36].
- Οι αντλίες θερμότητας επιδοτούνται από προγράμματα και εισάγονται σε κτίρια, σε περιοχές που απαιτείται αποδοτική θέρμανση. Κατά κύριο λόγο, η εγκατάστασή τους είναι εύκολη και σχετικά οικονομική, ενώ βοηθά στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, συγκριτικά με άλλους τρόπους θέρμανσης, όπως τα παραδοσιακά κλιματιστικά και οι κεντρικές εγκαταστάσεις θέρμανσης.
- Εύλογο είναι το συμπέρασμα πως, ο συνδυασμός των κατάλληλων μεθόδων, προσαρμοσμένων στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του κτιρίου και του κλίματος, οδηγεί σε βέλτιστα αποτελέσματα, με ποσοστά που δύναται να αγγίζουν 70-80% εξοικονόμησης ενέργειας.
- Για τα θερμά κλίματα προέκυψαν περισσότερες επιλογές παρεμβάσεων για αποδοτικότερη και οικονομικότερη ψύξη, καθώς αυτά, σε συνδυασμό με τα εύκρατα και τα κλίματα με ζεστά καλοκαίρια, κατείχαν την πλειοψηφία των αναλυθέντων δημοσιευμάτων (75%).

Επίδραση του Κλίματος στις Παρεμβάσεις Ανακαινίσεων Κτιρίων: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Πίνακας 3: Βέλτιστες προτεινόμενες παρεμβάσεις ανά κλίμα

ΚΛΙΜΑ	ΒΕΛΤΙΣΤΕΣ ΕΠΙΛΟΓΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ	ΤΥΠΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΣΧΟΛΙΑ
Θερμά, εύκρατα κλίματα και κλίματα με ζεστά καλοκαίρια	Ανακλαστική μόνωση σε εξωτερικούς τοίχους και οροφές	Όλοι οι τύποι κτιρίων	Υπό προϋποθέσεις στα ιστορικά κτίρια- 25% -50% εξοικον. ενέργειας
	Φωτοβολταϊκά συστήματα	Όλοι οι τύποι κτιρίων	Υπό προϋποθέσεις στα ιστορικά και εμπορικά κτίρια
	Ηλιακά/ υβριδικά κλιματιστικά- Αναβάθμιση συστημάτων ψύξης και αερισμού	Όλοι οι τύποι κτιρίων	
	Ανακλαστική ειδική επίστρωση σε διπλά/ τριπλά ενεργειακά τζάμια / Ηλεκτροχρωμικά τζάμια	Όλοι οι τύποι κτιρίων	Υπό προϋποθέσεις στα ιστορικά κτίρια- Έως 50% μείωση εισερχόμενης θερμότητας
Ψυχρά κλίματα και κλίματα με κρύους χειμώνες	Μόνωση σε εσωτερικούς τοίχους	Όλοι οι τύποι κτιρίων	
	Αντλίες θερμότητας- Αναβάθμιση συστημάτων θέρμανσης	Όλοι οι τύποι κτιρίων	
	Αντικατάσταση παραθύρων και κουφωμάτων	Όλοι οι τύποι κτιρίων	Υπό προϋποθέσεις στα ιστορικά κτίρια- 60% μείωση θερμικών απωλειών
Όλα τα κλίματα	Αντικατάσταση λαμπτήρων με LED	Όλοι οι τύποι κτιρίων	80% λιγότερη απαιτούμενη ενέργεια
	Συστήματα κτιριακής διαχείρισης	Όλοι οι τύποι κτιρίων	25% εξοικον. ενέργειας

6. ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ - ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΕΚΤΑΣΕΙΣ

Εν κατακλείδι, κατά την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, προέκυψε πως τα περισσότερα κτίρια που έχουν μελετηθεί είναι τα οικιστικά, καθώς αποτελούν και την πλειοψηφία των κτιρίων παγκοσμίως. Παράλληλα, δεν βρέθηκαν πολλά άρθρα σχετικά με μελέτες στην Αμερική και την Αυστραλία. Επίσης, ελλιπή στοιχεία υπάρχουν και για τη Σαουδική Αραβία και τις γειτονικές της χώρες. Μελλοντικές μελέτες θα μπορούσαν να επικεντρωθούν στην αναζήτηση στοιχείων και προτάσεις κατάλληλων παρεμβάσεων για αυτές τις περιοχές.

Πέρα, όμως, από την προφανή έλλειψη σχετικών μελετών και παρά το πλήθος των μελετών για την Ευρώπη και την Ασία, οι περισσότερες από αυτές βασίζονται σε μοντελοποιήσεις και προσομοιώσεις των ενεργειακών παρεμβάσεων σε θεωρητικό επίπεδο. Συνεπώς, δημιουργείται ένα κενό, το οποίο σχετίζεται με πραγματικά δεδομένα και επιβεβαιωμένες αποδόσεις των εν λόγω παρεμβάσεων στα κτίρια που εξετάζονται [3]. Το στοιχείο που απουσιάζει από αυτές τις μελέτες, είναι μια εφαρμοσμένη μεθοδολογία και η σύγκριση των αναμενόμενων αποτελεσμάτων από το μοντελοποιημένο σενάριο, με τα πραγματικά, τελικά αποτελέσματα [8]. Αυτό μπορεί να προκαλέσει σύγχυση στους ενδιαφερόμενους, αλλά και περιορίζει σημαντικά το εύρος αυτής της βιβλιογραφικής μελέτης, καθώς τα αποτελέσματα δεν έχουν προκύψει από υλοποιημένα έργα. Το κενό μπορούν να καλύψουν μελλοντικές μελέτες πάνω στις ενεργειακές αναβαθμίσεις κτιρίων.

Ακόμη, αυτό που λείπει από τις περισσότερες μελέτες είναι μια συνολική πρόταση, η οποία να είναι ικανή να ανταποκριθεί, πάντα με τις απαραίτητες διαφοροποιήσεις, σε απαιτήσεις μεγάλου αριθμού κτιρίων και να μην περιορίζεται σε συγκεκριμένα κτίσματα, που εξετάζονται μέσω μοντελοποίησης στο εκάστοτε άρθρο (case studies). Η παρούσα εργασία εντόπισε αυτό το έλλειμμα της έρευνας και προσπάθησε να πληρώσει το κενό, ως ένα βαθμό. Γι' αυτό το λόγο, η ανάλυση δεν περιορίστηκε σε μία περιοχή ή ένα συγκεκριμένο κτίριο, αλλά πραγματοποιήθηκε μια καθολικότερη μελέτη, η οποία παρουσιάζει ολοκληρωμένες προτάσεις, βασισμένη σε δύο άξονες: το κλίμα και τον τύπο κτιρίου. Ως αποτέλεσμα, ο κάθε ένοικος, ιδιοκτήτης, μέτοχος και υπεύθυνος διαχείρισης κτιρίου, ο οποίος σκοπεύει να προβεί σε κτιριακή αναβάθμιση, μπορεί να ανατρέξει σε αυτήν την μελέτη και να εντοπίσει τις παρεμβάσεις που προτείνονται για το εκάστοτε κτίριο, ανάλογα τη χρήση του και τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής.

Με δεδομένο πως η έλλειψη αρχικών κεφαλαίων και το υψηλό κόστος ολοκληρωμένων ανακαινίσεων αποτελούν ένα από τα εμπόδια στην αναβάθμιση των κτιρίων, σε δεύτερο στάδιο, για την επιλογή των καταλληλότερων παρεμβάσεων, πρέπει να υλοποιηθεί τεχνοοικονομική μελέτη, στην οποία θα παρουσιάζεται η βιωσιμότητα του εγχειρήματος. Παράγοντες, όπως το κόστος και η περίοδος απόσβεσης κάθε παρέμβασης διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στη λήψη της τελικής απόφασης [37]. Αυτοί οι παράγοντες δεν αναλύθηκαν στα πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας, αλλά δίνουν το πάτημα για προέκτασή της σε αυτούς τους τομείς. Παρ'όλα αυτά, η οικονομική μελέτη σε παγκόσμιο επίπεδο είναι δύσκολο να πραγματοποιηθεί, καθώς τα κόστη και οι περίοδοι απόσβεσης επηρεάζονται άμεσα από την οικονομία της κάθε χώρας. Ωστόσο, μπορεί να γίνει μια ανάλυση με ενδεικτικά κόστη για Ευρωπαϊκές χώρες, στις οποίες έχουν τεθεί τα πιο αυστηρά μέτρα για την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, και χώρες, όπως η Κίνα, με πλούσια βιβλιογραφία πάνω στα ενεργειακά θέματα.

Μερικές ακόμα προτάσεις για μελλοντικές προεκτάσεις των υπάρχοντων μελετών είναι οι εξής:

- Από την ανακαίνιση είναι δυνατό να παραχθούν απόβλητα και επιπλέον εκπομπές ρύπων. Συνεπώς, σε μελλοντικές μελέτες είναι συνετό να γίνεται διερεύνηση και αυτής της παραμέτρου [37].
- Σημαντικό θέμα για μελλοντικές εργασίες αποτελεί η μελέτη σε κοινοτικό επίπεδο και όχι εξατομικευμένες μελέτες, ώστε να βελτιώνεται η συνολική ενεργειακή απόδοση ανά περιοχή.
- Οι μελλοντικές βελτιώσεις των συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων πρέπει να επικεντρωθούν στη διαδραστική χρήση μεθοδολογιών, λαμβάνοντας δεδομένα από υλοποιημένα έργα και να δίνουν προτάσεις που να αντιστοιχούν σε πραγματικό χρόνο. Σε συνδυασμό με στοιχεία από συμπεριληπτικές μελέτες, μπορούν να συμβάλλουν αρκετά στη διευκόλυνση της λήψης αποφάσεων [5].

Τέλος, είναι δεδομένο πως οι ενεργειακές απαιτήσεις συνεχίζουν να αυξάνονται συνεχώς και δεν είναι εύκολο να επιτευχθούν οι στόχοι που έχουν τεθεί για το 2050. Γι'αυτό το λόγο, η έρευνα σχετικά με την ενεργειακή αποδοτικότητα των κτιρίων δεν πρέπει να παραμένει στάσιμη, αλλά να προσφέρει συνεχώς νέες λύσεις και παρεμβάσεις για μεγαλύτερη εξοικονόμηση.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. https://www.bpie.eu/wp-content/uploads/2017/12/State-of-the-building-stock-briefing_Dic6.pdf
2. IEA - <https://www.iea.com/energy/>
3. Alazazmeh, A., & Asif, M. (2021). Commercial building retrofitting: Assessment of improvements in energy performance and indoor air quality. In Case Studies in Thermal Engineering (Vol. 26, p. 100946). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2021.100946>
4. <https://eur-lex.europa.eu/EL/legal-content/glossary/paris-agreement.html>
5. Papadakis, N., & Katsaprakakis, D. Al. (2023). A Review of Energy Efficiency Interventions in Public Buildings. In Energies (Vol. 16, Issue 17, p. 6329). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/en16176329>
6. Huang, Y., Niu, J., & Chung, T. (2013). Study on performance of energy-efficient retrofitting measures on commercial building external walls in cooling-dominant cities. In Applied Energy (Vol. 103, pp. 97–108). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.09.003>
7. Vallati, A., V. Fiorini, C., Grignaffini, S., Ocloń, P., Di Matteo, M., & Kobylarczyk, J. (2023). Energy retrofit optimization for social building in temperate climate zone. In Energy and Buildings (Vol. 282, p. 112771). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.112771>
8. Kitsopoulou, A., Ziozas, N., Iliadis, P., Bellos, E., Tzivanidis, C., & Nikolopoulos, N. (2024). Energy performance analysis of alternative building retrofit interventions for the four climatic zones of Greece. In Journal of Building Engineering (Vol. 87, p. 109015). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2024.109015>
9. <https://www.deltaengineering.gr>
10. Teamah, H. M., Kabeel, A. E., & Teamah, M. (2022). Potential retrofits in office buildings located in harsh Northern climate for better energy efficiency, cost effectiveness, and environmental impact. In Process Safety and Environmental Protection (Vol. 162, pp. 124–133). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2022.03.067>
11. Galatioto, A., Ricciu, R., Salem, T., & Kinab, E. (2019). Energy and economic analysis on retrofit actions for Italian public historic buildings. In Energy (Vol. 176, pp. 58–66). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.03.167>

12. Lee, J., McCuskey Shepley, M., & Choi, J. (2019). Exploring the effects of a building retrofit to improve energy performance and sustainability: A case study of Korean public buildings. In Journal of Building Engineering (Vol. 25, p. 100822). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2019.100822>
13. Cho, H. M., Yun, B. Y., Yang, S., Wi, S., Chang, S. J., & Kim, S. (2020). Optimal energy retrofit plan for conservation and sustainable use of historic campus building: Case of cultural property building. In Applied Energy (Vol. 275, p. 115313). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115313>
14. Anarene, C. B., Saha, P. S., Davies, P. P., & Kamrul, D. M. (2024). Decision Support System for Sustainable Retrofitting of Existing Commercial Office Buildings. In International Journal of Scientific Research and Management (IJSRM) (Vol. 12, Issue 08, pp. 7191–7212). Valley International. <https://doi.org/10.18535/ijssrm/v12i08.em20>
15. <https://www.climateworkscentre.org/>
16. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Annual-report/IRENA_DG_AnnualReport_2024.pdf
17. <https://www2.nrel.gov/buildings/>
18. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241550376/>
19. <https://eclass.upatras.gr/modules/units/?course=ENV109&id=7097>
20. <https://astro.planitario.gr/stoixeia-astronomias-erotisi-7-klimatikes-zones/>
21. https://photodentro.edu.gr/photodentro/d-w-mapklimatikesv1.5_pidx0013988/story_html5
22. <https://kgreen.gr/blog>
23. <https://fibran.gr/prasines-steges/>
24. <https://www.dedietrich.gr/kategoria-proiontos/antlies-thermotitas-dedietrich/>
25. <https://eclass.upatras.gr/modules/document/index.php?course=ECON1210&download=/0323749mcc7l/0323749sl97d/0323749uwer8.pdf>
26. <https://www.news.gr/perivallon/exoikonomhsh-energeias/article/53503/fotovoltaikh-prosopsh-sholeiay-prosferei-energeia-k.html>
27. <https://www.thermoplastiki.gr/energeiakoi-yalopinakes-chamilis-ekpobis-low-e/>
28. <https://fenestral.gr/>
29. <https://www.anastasiadi.gr/10-pleonektimata-lamptiron-led/>
30. http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_fysikos_aerismos.htm

31. Anarene, B. (2024). Advanced Decision- Making Framework for Sustainable Energy Retrofit of Existing Commercial Office Buildings. In International Journal of Scientific Research and Management (IJSRM) (Vol. 12, Issue 08, pp. 7269–7297). Valley International. <https://doi.org/10.18535/ijrm/v12i08.em26>
32. https://ikee.lib.auth.gr/record/333355/files/GEORGOUDI_AIKATERINI.pdf
33. Timothy Ayodele, T., Taki, A., Oyinlola, M., & Subhes, B. (2020). A Review of Retrofit Interventions for Residential Buildings in Hot Humid Climates. In International Journal of Environmental Science and Development (Vol. 11, Issue 5, pp. 251–257). EJournal Publishing. <https://doi.org/10.18178/ijesd.2020.11.5.1258>
34. Ji, Y., Li, G., Su, F., Chen, Y., & Zhang, R. (2023). Retrofit Analysis of City-Scale Residential Buildings in the Hot Summer and Cold Winter Climate Zone. In Energies (Vol. 16, Issue 17, p. 6152). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/en16176152>
35. Schibuola, L., Scarpa, M., & Tambani, C. (2018). Innovative technologies for energy retrofit of historic buildings: An experimental validation. In Journal of Cultural Heritage (Vol. 30, pp. 147–154). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2017.09.011>
36. Hong, Y., Ezech, C. I., Deng, W., Hong, S.-H., & Peng, Z. (2019). Building Energy Retrofit Measures in Hot-Summer–Cold-Winter Climates: A Case Study in Shanghai. In Energies (Vol. 12, Issue 17, p. 3393). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/en12173393>
37. Liu, C., Ma, W., Hao, J., Luo, D., Zuo, J., & Zhang, C. (2022). Energy Retrofitting Assessment of Public Building Envelopes in China’s Hot Summer and Cold Winter Climate Region. In Buildings (Vol. 12, Issue 11, p. 1866). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/buildings12111866>
38. Liu, C., Sharples, S., & Mohammadpourkarbasi, H. (2023). A Review of Building Energy Retrofit Measures, Passive Design Strategies and Building Regulation for the Low Carbon Development of Existing Dwellings in the Hot Summer–Cold Winter Region of China. In Energies (Vol. 16, Issue 10, p. 4115). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/en16104115>
39. Ohene, E., Hsu, S.-C., & Chan, A. P. C. (2022). Feasibility and retrofit guidelines towards net-zero energy buildings in tropical climates: A case of Ghana. In Energy and Buildings (Vol. 269, p. 112252). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112252>

40. Kwame, A. B. O., Troy, N. V., & Hamidreza, N. (2020). A Multi-Facet Retrofit Approach to Improve Energy Efficiency of Existing Class of Single-Family Residential Buildings in Hot-Humid Climate Zones. In *Energies* (Vol. 13, Issue 5, p. 1178). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/en13051178>
41. Ibrahim, H. S. S., Khan, A. Z., Serag, Y., & Attia, S. (2021). Towards Nearly-Zero Energy in Heritage Residential Buildings Retrofitting in Hot, Dry Climates. In *Sustainability* (Vol. 13, Issue 24, p. 13934). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/su132413934>
42. Ibrahim, H. S. S., Khan, A. Z., Mahar, W. A., Attia, S., & Serag, Y. (2021). Assessment of Passive Retrofitting Scenarios in Heritage Residential Buildings in Hot, Dry Climates. In *Energies* (Vol. 14, Issue 11, p. 3359). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/en14113359>
43. Ahmed, W., & Asif, M. (2020). BIM-based techno-economic assessment of energy retrofitting residential buildings in hot humid climate. In *Energy and Buildings* (Vol. 227, p. 110406). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110406>
44. Shaik, S., Maduru, V. R., Kontoleon, K. J., Arıcı, M., Gorantla, K., & Afzal, A. (2022). Building glass retrofitting strategies in hot and dry climates: Cost savings on cooling, diurnal lighting, color rendering, and payback timeframes. In *Energy* (Vol. 243, p. 123106). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.123106>
45. Felius, L. C., Dessen, F., & Hrynyszyn, B. D. (2019). Retrofitting towards energy-efficient homes in European cold climates: a review. In *Energy Efficiency* (Vol. 13, Issue 1, pp. 101–125). Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1007/s12053-019-09834-7>
46. He, Q., Hossain, Md. U., Ng, S. T., & Augenbroe, G. L. (2020). Retrofitting High-Rise Residential Building in Cold and Severe Cold Zones of China—A Deterministic Decision-Making Mechanism. In *Sustainability* (Vol. 12, Issue 14, p. 5831). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/su12145831>
47. Felius, L., Hamdy, M., Dessen, F., & Hrynyszyn, B. (2020). Upgrading the Smartness of Retrofitting Packages towards Energy-Efficient Residential Buildings in Cold Climate Countries: Two Case Studies. In *Buildings* (Vol. 10, Issue 11, p. 200). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/buildings10110200>
48. Endrik Arumägi, Targo Kalamees, (2014). Analysis of energy economic renovation for historic wooden apartment buildings in cold climates. In *Applied Energy* (Vol. 115, p. 540-548). <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.10.041>

49. Jiang, W., Ju, Z., Tian, H., Liu, Y., Arıcı, M., Tang, X., Li, Q., Li, D., & Qi, H. (2022). Net-zero energy retrofit of rural house in severe cold region based on passive insulation and BAPV technology. In *Journal of Cleaner Production* (Vol. 360, p. 132198). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132198>
50. He, Q., Hossain, Md. U., Ng, S. T., Skitmore, M., & Augenbroe, G. (2021). A cost-effective building retrofit decision-making model – Example of China’s temperate and mixed climate zones. In *Journal of Cleaner Production* (Vol. 280, p. 124370). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124370>
51. Lozoya-Peral, A., Pérez-Carramiñana, C., Galiano-Garrigós, A., González-Avilés, Á. B., & Emmitt, S. (2023). Exploring Energy Retrofitting Strategies and Their Effect on Comfort in a Vernacular Building in a Dry Mediterranean Climate. In *Buildings* (Vol. 13, Issue 6, p. 1381). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/buildings13061381>
52. Ascione, F., Bianco, N., Mauro, G. M., & Napolitano, D. F. (2019). Retrofit of villas on Mediterranean coastlines: Pareto optimization with a view to energy-efficiency and cost-effectiveness. In *Applied Energy* (Vol. 254, p. 113705). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.113705>
53. Curado, A., & de Freitas, V. P. (2019). Influence of thermal insulation of facades on the performance of retrofitted social housing buildings in Southern European countries. In *Sustainable Cities and Society* (Vol. 48, p. 101534). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101534>
54. Cantatore, E., & Fatiguso, F. (2021). An Energy-Resilient Retrofit Methodology to Climate Change for Historic Districts. Application in the Mediterranean Area. In *Sustainability* (Vol. 13, Issue 3, p. 1422). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/su13031422>
55. Sarihi, S., Mehdizadeh Saradj, F., & Faizi, M. (2021). A Critical Review of Façade Retrofit Measures for Minimizing Heating and Cooling Demand in Existing Buildings. In *Sustainable Cities and Society* (Vol. 64, p. 102525). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102525>
56. Ochoa, C. E., & Capeluto, I. G. (2015). Decision methodology for the development of an expert system applied in an adaptable energy retrofit façade system for residential buildings. In *Renewable Energy* (Vol. 78, pp. 498–508). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.01.036>

57. Ibrahim, M., Harkouss, F., Biwole, P., Fardoun, F., & Ouldboukhittine, S. (2024). Building retrofitting towards net zero energy: A review. In *Energy and Buildings* (Vol. 322, p. 114707). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.114707>
58. Liyanage, D. R., Hewage, K., Hussain, S. A., Razi, F., & Sadiq, R. (2024). Climate adaptation of existing buildings: A critical review on planning energy retrofit strategies for future climate. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 199, p. 114476). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.114476>
59. He, Q., Ng, S. T., Hossain, Md. U., & Augenbroe, G. L. (2020). A Data-driven Approach for Sustainable Building Retrofit—A Case Study of Different Climate Zones in China. In *Sustainability* (Vol. 12, Issue 11, p. 4726). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/su12114726>
60. Bonakdar, F., Sasic Kalagasidis, A., & Mahapatra, K. (2017). The Implications of Climate Zones on the Cost-Optimal Level and Cost-Effectiveness of Building Envelope Energy Renovation and Space Heat Demand Reduction. In *Buildings* (Vol. 7, Issue 2, p. 39). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/buildings7020039>
61. He, Q., Hossain, Md. U., Ng, S. T., & Augenbroe, G. (2021). Identifying practical sustainable retrofit measures for existing high-rise residential buildings in various climate zones through an integrated energy-cost model. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 151, p. 111578). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111578>
62. Tahsildoost, M., & Zomorodian, Z. (2020). Energy, carbon, and cost analysis of rural housing retrofit in different climates. In *Journal of Building Engineering* (Vol. 30, p. 101277). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2020.101277>
63. Webb, A. L. (2017). Energy retrofits in historic and traditional buildings: A review of problems and methods. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 77, pp. 748–759). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.145>
64. Citadini de Oliveira, C., Catão Martins Vaz, I., & Ghisi, E. (2024). Retrofit strategies to improve energy efficiency in buildings: An integrative review. In *Energy and Buildings* (Vol. 321, p. 114624). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.114624>
65. Shandilya, A., Hauer, M., & Streicher, W. (2020). Optimization of Thermal Behavior and Energy Efficiency of a Residential House Using Energy Retrofitting in Different Climates. In *Civil Engineering and Architecture* (Vol. 8, Issue 3, pp. 335–349). Horizon Research Publishing Co., Ltd. <https://doi.org/10.13189/cea.2020.080318>

66. Furtado, A., Rodrigues, H., & Varum, H. (2023). Simplified Guidelines for Retrofitting Scenarios in the European Countries. In *Energies* (Vol. 16, Issue 5, p. 2408). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/en16052408>
67. He, Q., Ng, S. T., Hossain, Md. U., & Skitmore, M. (2019). Energy-Efficient Window Retrofit for High-Rise Residential Buildings in Different Climatic Zones of China. In *Sustainability* (Vol. 11, Issue 22, p. 6473). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/su11226473>
68. Madushika, U. G. D., Ramachandra, T., Karunasena, G., & Udakara, P. A. D. S. (2023). Energy Retrofitting Technologies of Buildings: A Review-Based Assessment. In *Energies* (Vol. 16, Issue 13, p. 4924). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/en16134924>
69. Ali, H., & Hashlamun, R. (2019). Envelope retrofitting strategies for public school buildings in Jordan. In *Journal of Building Engineering* (Vol. 25, p. 100819). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2019.100819>
70. Bertone, E., Stewart, R. A., Sahin, O., Alam, M., Zou, P. X. W., Buntine, C., & Marshall, C. (2018). Guidelines, barriers and strategies for energy and water retrofits of public buildings. In *Journal of Cleaner Production* (Vol. 174, pp. 1064–1078). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.065>
71. Gonzalez-Caceres, A., Rabani, M., & Wegertseder Martínez, P. A. (2019). A systematic review of retrofitting tools for residential buildings. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 294, Issue 1, p. 012035). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/294/1/012035>
72. Tan, Y., Liu, G., Zhang, Y., Shuai, C., & Shen, G. Q. (2018). Green retrofit of aged residential buildings in Hong Kong: A preliminary study. In *Building and Environment* (Vol. 143, pp. 89–98). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.06.058>

Παράρτημα Α΄

Πίνακας 4: Προτεινόμενες παρεμβάσεις ανά κλίμα

Climate	Relevant articles	Retrofitting
Hot summer- Cold winter	2 [36], 17 [37], 32 [38], 36 [34]	Insulation, cool roofs, control upgrade, lighting upgrade, thermal storage and heat recovery, solar PV/PVT systems, solar thermal systems, biomass systems, geothermal systems, wind power systems/ turbines, double/ triple- glazed windows, electrochromic windows, sun- shading windows, radiative cooling, solar chimney, light- colored zones, green walls, heat pumps
Hot climate (dry/ humid)	4 [33], 5 [39], 12 [40], 25 [41], 28 [42], 30 [43], 31 [44], 41 [3]	Insulation, reflective insulation material, thermal mass materials, light-colored and cool roofs, green walls, solar PVCs, sensors, mechanical ventilation, intelligent BMS, lighting upgrade, wind power systems, low- e double glazing units, electrochromic smart windows, windows upgrade, sun- shading windows, radiative cooling, solar chimney, solar/ hybrid AC, shading devices like vertical fins, window reveals and overhangs and shelves
(Severe) cold climate	3 [45], 8 [46], 18 [47], 24 [48], 35 [10], 39 [49]	Heat pumps, combined heat and power, wall and roof thermal insulation, thermal energy storage, ventilation with heat recovery, intelligent control, lighting upgrade, solar PV/PVT systems, solar thermal systems, (argon filled) glazed windows

Temperate or mediterranean climate (or mixed)	16 [7], 22 [50], 29 [51], 43 [11], 46 [52], 47 [53], 51 [54]	Insulation, light-colored and cool roofs, green walls, solar PVCs, mechanical ventilation, sensors, intelligent BMS, lighting upgrade, low-e double glazing units, sun- shading windows, solar/ hybrid AC, (hybrid) heat pumps
---	--	--

Πίνακας 5: Προτεινόμενες παρεμβάσεις ανά τύπο κτιρίου

Building type	Relevant articles	Retrofitting
Residential	3, 4, 7, 8, 12, 15, 16, 18, 19, 25, 28, 30, 32, 33, 36, 39, 47, 49, 50	Sun- shading devices, (filled with gas) double/ triple glazed windows, electrochromic glazing, new window structures, radiative cooling, solar chimney, insulation, air sealing, (hybrid) heat pumps, thermal energy storage, ventilation with heat recovery, building management systems (BMS), green/ white roofs, ventilated roofs, PVCs, solar/ hybrid AC, LED
Public/ Social	16, 17, 20, 29, 42, 44, 45	(Hybrid) heat pump, insulation, low-e glass windows, relocating and replacing windows, high efficiency doors, horizontal and vertical green roof and wall, inverted roof component system, shades, LED lightnings, building management systems (BMS), PVC panels
Commercial/ Office	1, 35, 40, 41, 48	Roof and wall external/ internal insulation, high-reflectivity coating, (argon filled) double/ triple glass on doors and windows, solar thermal heating, PVCs, LEDs, HVAC system improvements, building management systems (BMS)

**Επίδραση του Κλίματος στις Παρεμβάσεις Ανακαινίσεων Κτιρίων: Βιβλιογραφική
Ανασκόπηση**

Historic/ Traditional	21, 24, 37, 38, 43, 51	Roof and wall external/ internal insulation, air sealing, low-e double/ triple glazing with a polyvinyl chloride (PVC) frame, LED lights, building management systems (BMS), PVCs panels , high-efficiency HVAC system, internal blinds, exterior overhang, (water) heat pump, demand controlled ventilation (DCV)
-----------------------	------------------------	--

Πίνακας 6: Κατάλογος μελετών

ID	DOI	Title	Year	Problem	Renovation activities	Technical approach	Journal
1 [6]	10.1016/j.apenergy.2012.09.003	Study on performance of energy-efficient retrofitting measures on commercial building external walls in cooling-dominant cities	2013	Cooling-dominant cities-energy consumption	Building envelope retrofitting, retrofitting measures on building facades	External and Internal insulation, high-reflectivity coating	Applied Energy
2 [36]	10.3390/en12173393	Building Energy Retrofit Measures in Hot-Summer–Cold-Winter Climates: A Case Study in Shanghai	2019	Hot Summer- Cold Winter- Energy consumption	Building envelope, equipment system, renewable energy, energy-conserving behaviours, control systems, ventilation	Insulation, Cool roofs and coatings, Control upgrade, Lighting upgrade, Thermal storage and heat recovery, solar PV/PVT systems, solar thermal systems, biomass systems, geothermal systems, wind power systems	Energy
3 [45]	10.1007/s12053-019-09834-7	Retrofitting towards energy-efficient homes in European cold climates: a review	2019	Cold climates- Energy consumption- Carbon emissions	Building envelope, airtightness, HVAC, on-site energy sources, ventilation, lighting and	Heat pumps, combined heat and power, thermal insulation, glazing windows, thermal bridges, thermal energy storage,	Energy efficiency

Επίδραση του Κλίματος στις Παρεμβάσεις Ανακαινίσεων Κτιρίων: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

					electrical appliances, building control systems, user interaction	ventilation with heat recovery, intelligent control	
4 [33]	10.18178/ ijesd.2020.11. 5.1258	A review of retrofit interventions for residential buildings in hot humid climates	2017+	Hot Climates- Energy consumption	Renewable energy systems, building envelope, "umbrella concept", ventilation	Insulation, thermal mass materials, reflective insulation material (radiant barrier), green/ white roofs, ventilated roofs, natural ventilation, (filled with gas) double/ triple glazing, low emittance coating on glass, electrochromic glazing system, shading devices like vertical fins, window reveals and overhangs, wind energy, solar PVs	International Journal of Environmental Science and Development
5 [39]	10.1016/ j.enbuild.2022. 112252	Feasibility and retrofit guidelines towards net-zero energy buildings in tropical climates: A case of Ghana	2022	NZEB- tropical climates	Enhance daylight, ventilation, improve envelope, energy-efficient air-conditioning and	Light-colored and cool roofs, air conditioner or heat pump, solar PV, sensors, mechanical ventilation, intelligent BMS	Energy and Buildings

Επίδραση του Κλίματος στις Παρεμβάσεις Ανακαινίσεων Κτιρίων: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

					lighting, solar energy		
6 [55]	10.1016/ j.scs.2020. 102525	A Critical Review of Facade Retrofit Measures for Minimizing Heating and Cooling Demand in Existing Buildings	2021	Minimize cooling and heating demand through insulation	Building envelope	Wall and windows insulation, glazed windows	Science of the Total Environment
7 [56]	10.1016/ j.renene.2015. 01.036	Decision methodology for the development of an expert system applied in an adaptable energy retrofit facade system for residential buildings	2015	Performance improvements, coordination with the current regulations	Building envelope	Wall insulation, DSS, air-conditioning replacement	Renewable Energy
8 [46]	10.3390/ su12145831	Retrofitting High-Rise Residential Building in Cold and Severe Cold Zones of China—A Deterministic Decision-Making Mechanism	2020	Decision-making mechanism for finding the optimum retrofit solutions	Solar energy, building envelope, HVAC improvements	Wall and grounds insulation, PVCs, HAC replacement, LED, shades as shelves, thermostat	Sustainability
9	10.1016/	Building retrofitting towards	2024	Retrofit measures	Renewable energy	Solar panels, wind turbines,	Energy and

Επίδραση του Κλίματος στις Παρεμβάσεις Ανακαινίσεων Κτιρίων: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

[57]	j.enbuild.2024.114707	net zero energy: A review		towards NZEB	systems, HVAC improvements	geothermal energy, HVAC upgrade, triple glazed windows	Buildings
10 [58]	10.1016/j.rser.2024.114476	Climate adaptation of existing buildings: A critical review on planning energy retrofit strategies for future climate	2024	Reducing environmental impacts and costs	Building envelope, air-conditioning replacement	Insulation, air-conditioning, solar systems, renewable energy systems, ventilation improvement	Renewable and Sustainable Energy Reviews
11 [59]	10.3390/su12114726	A Data-driven Approach for Sustainable Building Retrofit—A Case Study of Different Climate Zones in China	2020	Dominant energy needs in 5 different climatic zones	Building envelope, HVAC and lighting improvements	External insulation improvement, window replacement with high efficiency glass, HVAC replacement, LED, BMS	Sustainability
12 [40]	10.3390/en13051178	A Multi-Facet Retrofit Approach to Improve Energy Efficiency of Existing Class of Single-Family Residential Buildings in Hot-Humid Climate Zones	2020	Hot- humid climates- Potential energy savings	HVAC replacement	Heat pump HVAC system improvements, LED, solar systems, BMS	Energies
13 [60]	10.3390/buildings	The Implications of Climate Zones on the Cost-Optimal	2017	Climate zones- cost-optimal level-	Building envelope, HVAC	HVAC improvements, external insulation and walls upgrade,	Buildings

Επίδραση του Κλίματος στις Παρεμβάσεις Ανακαινίσεων Κτιρίων: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

	7020039	Level and Cost-Effectiveness of Building Envelope Energy Renovation and Space Heat Demand Reduction		residential building		shades, green roofs and rain water collection	
14 [8]	10.1016/ j.jobbe.2024. 109015	Energy performance analysis of alternative building retrofit interventions for the four climatic zones of Greece	2024	Greek climatic zones- improvement of the building's energy performance	Building envelope, insulation, mechanical ventilation	External wall insulation, rooftop PCM integration, mechanical ventilation system with a summer operation, rooftop cool coating application, heat pumps	Journal of Building Engineering
15 [61]	10.1016/ j.rser.2021. 111578	Identifying practical sustainable retrofit measures for existing high-rise residential buildings in various climate zones through an integrated energy-cost model	2021	Energy-cost model- retrofit measures based on climates, building features and retrofit cost	Building envelope, window and HVAC replacement, solar systems	Wall and roof insulation, double/ triple glazed windows, heat pumps, HVAC replacement, LED, PVCs for energy and hot water production, BMS, mechanical ventilation with heat recovery, external shades	Renewable and Sustainable Energy Reviews
16 [7]	10.1016/ j.enbuild.2023. 112771	Energy retrofit optimization for social building in temperate climate zone	2022	Social housing- Reduction of the emission of	Hybrid generation system, control systems	Hybrid heat pump- natural gas boiler system, on-off air to water heat pump, thermostat	Energy and Buildings

Επίδραση του Κλίματος στις Παρεμβάσεις Ανακαινίσεων Κτιρίων: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

				greenhouse gases- Comfort temperature			
17 [37]	10.3390/ buildings 12111866	Energy Retrofitting Assessment of Public Building Envelopes in China's Hot Summer and Cold Winter Climate Region	2022	HSCW- Save energy and reduce carbon emissions	Building envelope- insulation, windows replacement	Insulation layer inside the external wall, low-E glassing windows, partial horizontal and vertical green roof and wall	Buildings
18 [47]	10.3390/ buildings 10110200	Upgrading the Smartness of Retrofitting Packages towards Energy-Efficient Residential Buildings in Cold Climate Countries: Two Case Studies	2020	Building automation control strategies	Building envelope, automation systems, heating system replacement	BMS for heating, ventilation, lighting, hot water, external insulation, air/ water heat pumps	Buildings
19 [62]	10.1016/ j.jobee.2020. 101277	Energy, carbon, and cost analysis of rural housing retrofit in different climates	2020	Energy and cost effective retrofit strategies - 4 climates	Building envelope, heating systems replacement, solar systems	Wall, roof and ground insulation, high efficiency heating systems, PVCs for energy and hot water production, shades	Journal of Building Engineering
20 [12]	10.1016/ j.jobee.2019. 100822	Exploring the effects of a building retrofit to improve energy performance and	2019	Public building- green remodelling	Building envelope, HVAC, plug loads, lightnings, and	Insulation, relocating and replacing windows with triple glazed low-e Argon, high	Journal of Building Engineering

Επίδραση του Κλίματος στις Παρεμβάσεις Ανακαινίσεων Κτιρίων: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

		sustainability: A case study of Korean public buildings			renewable energy	efficiency doors, electric heat pumps (EHP), on/off control of office equipment, LED lightnings, on/off sensors, PV panels, inverted roof component system	
21 [63]	10.1016/ j.rser.2017.01. 145	Energy retrofits in historic and traditional buildings: A review of problems and methods	2017	Criteria, analysis methods, and decision-making processes	Building envelope, HVAC and window replacement, renewable energy	Wall and roof insulation, high efficiency heating systems like heat pumps, glazed windows, external shades	Renewable and Sustainable Energy Reviews
22 [50]	10.1016/ j.jclepro.2020. 124370	A cost-effective building retrofit decision-making model - Example of China's temperate and mixed climate zones	2020	Sustainable building retrofitting- NPV	Building envelope, HVAC replacement, lighting	Wall and roof insulation, heat pumps, ventilation upgrade, LED, shades	Journal of Cleaner Production
23 [64]	10.1016/ j.enbuild.2024. 114624	Retrofit strategies to improve energy efficiency in buildings: An integrative review	2024	Natural resources and suitable conditions- Different climates	Building envelope, renewable sources	Improvement of HVAC, water heating and light systems, insulation, phase change materials, ventilation, green façade, green roof and cold roof, rational use of water	Energy and Buildings

Επίδραση του Κλίματος στις Παρεμβάσεις Ανακαινίσεων Κτιρίων: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

24 [48]	10.1016/ j.apenergy.2013. 10.041	Analysis of energy economic renovation for historic wooden apartment buildings in cold climates	2013	Energy consumption and potential energy savings	HVAC systems, air tightness, windows	External insulation, mechanical ventilation with heat recovery, double glazed windows, heating system improvements	Applied Energy
25 [41]	10.3390/ su132413934	Towards Nearly-Zero Energy in Heritage Residential Buildings Retrofitting in Hot, Dry Climates	2021	Evaluation of the potential of turning heritage building stock into NZE- hot, dry climates	Building envelope, lights, solar energy, ventilation upgrade	Wall and roof insulation, PVCs, solar thermal systems, LED, BMS, mechanical ventilation	Sustainability
26 [65]	10.13189/ cea.2020.080318	Optimization of Thermal Behavior and Energy Efficiency of a Residential House Using Energy Retrofitting in Different Climates	2020	Strategies and potentials of energy savings	Building envelope, HVAC, windows	HVAC upgrade and heat pumps, wall and roofs insulation, BMS, window replacement	Civil Engineering and Architecture
27 [66]	10.3390/ en16052408	Simplified Guidelines for Retrofitting Scenarios in the European Countries	2023	European countries- priority scenarios	Building envelope, VAC systems, solar energy	Window and AC replacement, insulation, PVCs, mechanical ventilation	Energies

Επίδραση του Κλίματος στις Παρεμβάσεις Ανακαινίσεων Κτιρίων: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

28 [42]	10.3390/ en14113359	Assessment of Passive Retrofitting Scenarios in Heritage Residential Buildings in Hot, Dry Climates	2021	Indoor thermal comfort -passive retrofitting	Building envelope, solar energy	Insulation upgrade, solar heating and AC systems, ventilation upgrade, shades	Energies
29 [51]	10.3390/ buildings 13061381	Exploring Energy Retrofitting Strategies and Their Effect on Comfort in a Vernacular Building in a Dry Mediterranean Climate	2023	Optimal passive strategies for rehabilitating a traditional house	Building envelope, ventilation upgrade	Insulation, window size, ventilation with fans, shades	Buildings
30 [43]	10.1016/ j.enbuild.2020. 110406	BIM-based techno-economic assessment of energy retrofitting residential buildings in hot humid climate	2020	Techno-economic feasibility of retrofitting	Building envelope, HVAC, lighting, renewable energy,	HVAC, insulation and window upgrade, LED, PVCs, shades	Energy and Buildings
31 [44]	10.1016/ j.energy.2022. 123106	Building glass retrofitting strategies in hot and dry climates: Cost savings on cooling, diurnal lighting, color rendering, and payback	2021	Glazing retrofit- Air-conditioning cost saving- Payback period- Hot climates	Various retrofitting glazing arrangements, thermal/ solar transmittance	Multi- panes, insulation, PCMs, low-e double glazing units, hydrogels, PVCs, solar control layers, electrochromic smart windows, stained/ reflective/	Energy

Επίδραση του Κλίματος στις Παρεμβάσεις Ανακαινίσεων Κτιρίων: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

		timeframes				tinted/ clear texture brick glasses, laminated glazing system, film of micro-sized Liquid Crystals molecules	
32 [38]	10.3390/en16104115	A review of Building Energy Retrofit Measures, Passive Design Strategies and Building Regulation for the Low Carbon Development of Existing Dwellings in the Hot Summer–Cold Winter Region of China	2023	Low carbon future-Hot summer- Cold winter- Residential building	Building envelope, solar heating and electricity, smart control/ management technologies, active cooling and heating	Sun- shading windows, triple-glazed windows, high-performance windows, radiative cooling, solar chimney, insulation	Energies
33 [67]	10.3390/su11226473	Energy-Efficient Window Retrofit for High-Rise Residential Buildings in Different Climatic Zones of China	2019	Window retrofit-different climates	Window glazing, window- wall ratio, window direction, coating, light reflection, thermal transmittance, air sealing	Light- coloured zones, thermo-chromic glazing, tinted glass, single/ double glazed windows, low- e glass, electrochromic	Sustainability
34 [68]	10.3390/en16134924	Energy Retrofitting Technologies of Buildings: A	2023	Energy consumption	Building envelope, HVAC, lighting,	Insulation, shading devices, green walls, low- emissivity	Energies

Επίδραση του Κλίματος στις Παρεμβάσεις Ανακαινίσεων Κτιρίων: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

		Review-Based Assessment			renewable energy	glazing, ventilation systems, split AC, solar AC, hybrid AC, LED, lighting control, sensors, photovoltaics, wind turbines	
35 [10]	10.1016/ j.psep.2022.03. 067	Potential retrofits in office buildings located in harsh Northern climate for better energy efficiency, cost effectiveness, and environmental impact	2022	Commercial building-harsh climate- energy consumption and greenhouse gas emission reduction	Building envelope, water heating system, air tightness, renewable energy system	Increasing wall and roof thermal insulation, HVAC system, replacing the old hot water boiler, argon filled double glass windows, solar thermal heating and electricity generation using photovoltaics	Process Safety and Environmental Protection
36 [34]	10.3390/ en16176152	Retrofit Analysis of City-Scale Residential Buildings in the Hot Summer and Cold Winter Climate Zone	2023	HSCW- Air-conditioner control-payback period	Diverse AC operation strategies, lighting systems upgrades	EPS material for renovation of exterior walls and roofs, new window structures, vertical overhangs for external shading, air sealing, low-e glass	Energies
37 [13]	10.1016/ j.apenergy.2020. 115313	Optimal energy retrofit plan for conservation and sustainable use of historic campus building: Case of	2020	Low energy performance and conservation of cultural/ historical	Passive, active, and renewable energy technologies (BER3)	Roof and wall insulation, low-e double glazing and low-e triple glazing windows with a polyvinyl chloride(PVC) frame, LED lights,	Applied Energy

Επίδραση του Κλίματος στις Παρεμβάσεις Ανακαινίσεων Κτιρίων: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

		cultural property building		wooden building		internal blinds, infiltration, PVS panels , high-efficiency HVAC system, exterior overhangs	
38 [35]	10.1016/ j.culher.2017. 09.011	Innovative technologies for energy retrofit of historic buildings: An experimental validation	2018	Historical buildings- Lower energy consumption and increase comfort	HVAC systems and control strategies	Surface Water Heat Pump (SWHP), Demand Controlled Ventilation (DCV), trigeneration, building management system (BMS)	Cultural Heritage
39 [49]	10.1016/ j.jclepro.2022. 132198	Net-zero energy retrofit of rural house in severe cold region based on passive insulation and BAPV technology	2022	Non-renewable resources and carbon emissions reduction-rural houses	Building envelope, PV system	High thermal insulation foaming cement, PV panels in the roof and facades	Journal of Cleaner Production
40 [31]	10.18535/ ijsrm/v12i08. em26	Advanced Decision-Making Framework for Sustainable Energy Retrofit of Existing Commercial Office Buildings	2024	Life-cycle cost analysis, economic valuation, multi-criteria decision analysis tools and criteria- Commercial building	HVAC system upgrade, window replacement, lighting retrofit, insulation improvement, solar power	High-efficiency variable refrigerant flow (VRF) system, double-glazed single low-e glass on doors and windows, LED lighting systems with proper controls, insulation of walls and roofs, solar panels	International Journal of Scientific Research and Management

Επίδραση του Κλίματος στις Παρεμβάσεις Ανακαινίσεων Κτιρίων: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

41 [3]	10.1016/ j.csite.2021. 100946	Commercial building retrofitting: Assessment of improvements in energy performance and indoor air quality	2021	Energy efficiency- indoor environmental quality-energy savings- cost	Thermal comfort, lighting, noise control, building envelope insulation, HVAC improvement, operational schedule	Thermal insulation of roof, walls and windows, double-glazed windows tinted with low-e coating and reflective coating, LEDs, HVAC system improvements, change thermostat setpoint	Construction and Site Management
42 [69]	10.1016/ j.job.2019. 100819	Envelope retrofitting strategies for public school buildings in Jordan	2019	Envelope retrofitting- uninsulated buildings	Building envelope, mechanical system upgrade, electrical system retrofitting	Wall, roof, windows insulation, roof reflectance, reduced air leakage, heat recovery ventilation, shades like horizontal overhangs	Journal of Building Engineering
43 [11]	10.1016/ j.energy. 2019.03.167	Energy and economic analysis on retrofit actions for Italian public historic buildings	2019	Historic (public) building- effectiveness of national measures- four different climatic zones of Italy	Building envelope, lighting, solar system	Internal thermal insulation, roof insulation, shading devices, window substitution, LED, lighting control system, PV system	Energy
44 [5]	10.3390/ en16176329	A Review of Energy Efficiency Interventions in Public	2023	Different types of public buildings-	Building envelope, lighting, HVAC	Insulation, HVAC improvement, LED lights, solar heating systems,	Energies

Επίδραση του Κλίματος στις Παρεμβάσεις Ανακαινίσεων Κτιρίων: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

		Buildings		energy efficiency-carbon footprint reduction		BMS, PV, public awareness	
45 [70]	10.1016/j.jclepro.2017.11.065	Guidelines, barriers and strategies for energy and water retrofits of public buildings	2018	Scenario modelling, stakeholder workshops, interviews	Building envelope, lighting, HVAC, renewable energy	New HVAC systems, insulation of walls, roofs and windows, BMS, LED, educational programs, window sealing, tap aerators, renewable energy generation	Journal of Cleaner Production
46 [52]	10.1016/j.apenergy.2019.113705	Retrofit of villas on Mediterranean coastlines: Pareto optimization with a view to energy-efficiency and cost-effectiveness	2019	Energy efficiency-pareto model	Building envelope, lighting, renewable energy	Heat pumps, external insulation of walls, windows replacement, BMS, LED, PV panels	Applied Energy
47 [53]	10.1016/j.scs.2019.101534	Influence of thermal insulation of facades on the performance of retrofitted social housing buildings in Southern European countries	2019	Housing buildings-thermal insulation	Building envelope, lighting, HVAC	HVAC systems, external insulation of walls, LED	Science of the Total Environment
48	10.18535/ijrm/	Decision Support System for	2024	Emissions reduction,	HVAC, lighting,	HVAC, lighting, equipment	International

Επίδραση του Κλίματος στις Παρεμβάσεις Ανακαινίσεων Κτιρίων: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

[14]	v12i08.em20	Sustainable Retrofitting of Existing Commercial Office Buildings		energy and cost savings, PBP- lower to medium- high rise commercial buildings	equipment improvements	improvements	Journal of Scientific Research and Management
49 [71]	10.1088/ 1755-1315/294/1/012035	A systematic review of retrofitting tools for residential buildings	2019	Renovation assessment, financial assessment, transfer of knowledge	Building envelope, lighting, heating/cooling systems improvements	Heat pumps, insulation improvements, LED, BMS	IOP Conference Series: Earth and Environmental Science
50 [72]	10.1016/j.buildenv.2018.06.058	Green retrofit of aged residential buildings in Hong Kong: A preliminary study	2018	Green retrofit- energy consumption and gas emissions reduction	Building envelope, solar systems, lighting	Insulation of external walls, window replacement with double- glazed, solar systems for water heating/PVs, LED	Building and Environment
51 [54]	10.3390/su13031422	An Energy-Resilient Retrofit Methodology to Climate Change for Historic Districts. Application in the Mediterranean Area	2021	Historic regions- climate change	Building envelope, heating/cooling systems improvements	Insulation of walls, roofs, windows, heat pumps, PVs	Sustainability

Όπου:

Non- specific climates, όλα τα κλίματα

hot summer- cold winter, ζεστά καλοκαίρια- κρύοι χειμώνες

Επίδραση του Κλίματος στις Παρεμβάσεις Ανακαινίσεων Κτιρίων: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

	hot climate (dry/ humid), ζεστά κλίματα (ξηρά και υγρά)
	cold (and severe) climate, ψυχρά και πολύ ψυχρά κλίματα
	(mixed) or temperate or mediterranean climate, μικτά, ήπια και εύκρατα κλίματα