



ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Διαχείριση Τεχνικών Έργων (ΔΧΤ)

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

**Ενεργειακή αναβάθμιση δημόσιων κτηρίων με εφαρμογή αρχών
βιοκλιματικού σχεδιασμού. Η περίπτωση κτηρίου γραφείων
δημόσιου οργανισμού.**

Διονυσία Αγγελοπούλου

Επιβλέπων καθηγητής: Δημήτρης Μπάκος

Πάτρα, Ιούνιος 2024

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή/της φοιτήτριας («συγγραφέας/δημιουργός») που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο/η συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του/της συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του/της συγγραφέα/δημιουργού. Ο/Η συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.

**Ενεργειακή αναβάθμιση δημόσιων κτηρίων με εφαρμογή αρχών
βιοκλιματικού σχεδιασμού. Η περίπτωση κτηρίου γραφείων
δημόσιου οργανισμού.**

Διονυσία Αγγελοπούλου

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπων Καθηγητής:

Δημήτρης Μπάκος

Μηχανολόγος Μηχανικός και

Μέλος ΣΕΠ ΔΧΤ/ΣΘΕΤ ΕΑΠ

Συν-Επιβλέπων Καθηγητής:

Βασιλική Τσουκαλά

Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Ε.Μ.Π και

Μέλος ΣΕΠ ΔΧΤ/ΣΘΕΤ ΕΑΠ

Πάτρα, Ιούνιος 2024

«Ευχαριστίες ή Αφιέρωση»

Περίληψη

Σήμερα η ανάγκη εύρεσης και εφαρμογής μεθόδων εξοικονόμησης ενέργειας είναι καθοριστικής σημασίας για την αντιμετώπιση της κλιματικής κρίσης και την εξασφάλιση ποιότητας ζωής μελλοντικά. Με τον κτηριακό τομέα να αποτελεί τον μεγαλύτερο καταναλωτή ενέργειας παγκοσμίως, η ΕΕ θεσπίζει αυστηρό νομοθετικό πλαίσιο για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων και τη μείωση των εκπομπών αερίων αυτών.

Η παρούσα εργασία εστιάζει στην περίπτωση των ενεργοβόρων υφιστάμενων δημόσιων κτηρίων και στοχεύει, μέσα από την μελέτη βασικών αρχών του βιοκλιματικού σχεδιασμού, στην παρουσίαση μεθόδων και επεμβάσεων ενεργειακής αναβάθμισης, που θα καλύπτουν τις ιδιαίτερες απαιτήσεις του δημόσιου τομέα.

Για την τεκμηρίωση της έρευνας αρχικά παρουσιάζεται το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής και οι συνέπειες της, καθώς και στοιχεία για την ενεργειακή κατανάλωση στον δημόσιο κτηριακό τομέα, τις πολιτικές και τις δράσεις, σε ευρωπαϊκό και εθνικό επίπεδο, που λαμβάνονται για την εξοικονόμηση ενέργειας σε αυτόν. Στη συνέχεια αναλύεται ο βιοκλιματικός σχεδιασμός, ο οποίος εντάσσει στη διαδικασία συγκεκριμένες στρατηγικές που αφορούν στην εξοικονόμηση ενέργειας και στην εκμετάλλευση ήπιων μορφών ενέργειας, πάνω στις οποίες θα βασιστούν και οι προτεινόμενες επεμβάσεις στο υπό μελέτη κτήριο.

Με βάση τα παραπάνω εξετάζεται η περίπτωση του δημόσιου κτηρίου γραφείων του ΟΣΕ (Οργανισμός Σιδηροδρόμων Ελλάδος) και παρουσιάζονται τα βασικά αρχιτεκτονικά και κατασκευαστικά στοιχεία του καθώς και οι ενεργειακές καταναλώσεις για την κάλυψη των αναγκών του, που αποτελούν και το υπόβαθρο για τη διατύπωση αξιόπιστων και αποτελεσματικών προτάσεων ενεργειακής αναβάθμισης.

Με στόχο τη βιωσιμότητα και την εξασφάλιση των ιδανικών συνθηκών άνεσης στους χρήστες του κτηρίου, και λαμβάνοντας υπόψη την ενεργειακή αποτίμηση της υφιστάμενης κατάστασης του και τα βιοκλιματικά χαρακτηριστικά σχεδιασμού του, προτείνονται ολιστικές επεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης και μείωσης του λειτουργικού κόστους, οι οποίες μπορούν να εφαρμοστούν υπό προϋποθέσεις και σε άλλες περιπτώσεις υφιστάμενων κτηρίων του δημόσιου τομέα με κοινά χαρακτηριστικά.

Λέξεις – Κλειδιά

Κλιματική κρίση

Εξοικονόμηση ενέργειας

Ενεργειακή αναβάθμιση

Βιοκλιματικός σχεδιασμός

Δημόσια κτήρια

Abstract

Nowadays, the need to find and apply methods of energy saving is of the utmost importance for combatting the climate crisis and ensuring quality of life in the future. With the building sector being the world's largest energy consumer, the EU is establishing a strict legislative framework to improve the energy efficiency of buildings and reduce their emissions.

This Master thesis focuses on the case of energy-intensive existing public buildings and aims, through the study of the basic principles of bioclimatic design, to present methods and interventions for energy upgrading that meet the specific requirements of the public sector.

In order to document the research, the phenomenon of climate change and its consequences, as well as data on energy consumption in the public building sector, the policies and actions taken at the European and national levels to save energy in this sector are presented. The bioclimatic design is then analyzed, which incorporates specific energy-saving strategies and the use of mild/soft forms of energy, on which the proposed interventions in the building under study will be based.

Based on the above, the case of the public office building of OSE (Hellenic Railways Organization) is examined and its basic architectural and construction elements as well as the energy consumption to cover its needs are presented, which constitute the background for the formulation of reliable and effective energy upgrade proposals.

Aiming at sustainability and ensuring the ideal comfort conditions for the users of the building, and taking into account the energy assessment of its existing condition and its bioclimatic design features, holistic energy upgrade and operational cost reduction interventions are proposed, which can be applied under certain conditions in other cases of existing public sector buildings with common features as well.

Keywords

Climate crisis

Energy saving

Energy upgrade

Bioclimatic design

Public buildings

Περιεχόμενα

Περίληψη	v
Abstract	vii
Περιεχόμενα	viii
Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων	xi
Κατάλογος Πινάκων	xiv
Συντομογραφίες & Ακρωνύμια	xv
1. Εισαγωγή.....	1
1.1 Κίνητρο.....	1
1.2 Σκοπός και προσδοκώμενα αποτελέσματα	2
1.3 Μεθοδολογία	3
1.3.1 Μέθοδος συλλογής δεδομένων	3
1.3.2 Μέθοδος ανάλυσης δεδομένων	3
2 Κλιματική αλλαγή και πολιτική για την ενέργεια.....	5
2.1 Παρούσα κλιματική κατάσταση σε Ευρώπη και Ελλάδα	6
2.2 Αίτια και επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής	8
2.3 Πολιτικές για το κλίμα και την αντιμετώπιση της κρίσης.....	14
2.3.1 Πολιτική της ΕΕ για το κλίμα και την ενέργεια.....	14
2.3.2 Σημασία της εξοικονόμησης ενέργειας ως στρατηγική αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής.....	16
2.3.3 Θεσμικό πλαίσιο της ΕΕ και δράσεις για την εξοικονόμηση ενέργειας	17
2.3.4 Μακροπρόθεσμοι στόχοι στα πλαίσια της ενεργειακής στρατηγικής	19
3 Κατανάλωση και εξοικονόμηση ενέργειας στον κτηριακό τομέα	21
3.1 Ανάλυση κτηριακού αποθέματος στην Ελλάδα	21
3.1.1 Κτηριακό απόθεμα δημόσιου τομέα στην Ελλάδα	22
3.2 Πρακτικές συντήρησης κτηρίων που εφαρμόζονται σε Ευρώπη και Ελλάδα	23
3.3 Ενεργειακή κατανάλωση στον κτηριακό τομέα	24
3.3.1 Ενεργειακές απαιτήσεις κτηρίων σε Ευρώπη και Ελλάδα.....	25
3.3.2 Διάρθρωση ενεργειακής κατανάλωσης και παράγοντες που την επηρεάζουν 27	
3.3.3 Ενεργειακή συμπεριφορά δημόσιων κτηρίων και η συμβολή τους στην ενεργειακή κρίση.....	29
3.3.4 Επιβαρυντικοί παράγοντες στην ενεργειακή απόδοση των δημόσιων κτηρίων 30	
3.4 Δυνατότητες μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας στον κτηριακό τομέα	31
3.5 Θεσμικό πλαίσιο και πολιτικές για την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων.....	34
3.5.1 Ευρωπαϊκή νομοθεσία και κοινοτικές οδηγίες	34
3.5.2 Εθνικό νομοθετικό πλαίσιο – Πολιτικές για την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια 36	
3.5.3 Κτήρια (σχεδόν) μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης - (n)ZEB.....	38
3.5.4 Στόχοι νομοθετικού πλαισίου για την ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων 40	
3.6 Πολιτικές και δράσεις για την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια	42
3.6.1 Μέτρα και δράσεις για τη μείωση του κτηριακού αποτυπώματος στα πλαίσια επίτευξης των στόχων της ΕΕ	43
3.6.2 Κίνητρα και χρηματοδοτικά εργαλεία προς τους δημόσιους φορείς για την ενεργειακή αναβάθμιση του κτηριακού αποθέματος.....	45

3.7	Οφέλη από την ενεργειακή αναβάθμιση του κτηριακού αποθέματος.....	50
4	Ενεργειακή αναβάθμιση υφιστάμενων κτηρίων με πρακτικές βιοκλιματικού σχεδιασμού.....	52
4.1	Η σημασία του ενεργειακού σχεδιασμού	52
4.2	Εξασφάλιση θερμικής άνεσης	53
4.3	Βασικές αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού.....	55
4.4	Παράμετροι βιοκλιματικού σχεδιασμού.....	57
4.4.1	Προσδιορισμός αναγκών του χρήστη	57
4.4.2	Ανάλυση κλίματος	58
4.4.3	Ανάλυση τοπικών περιβαλλοντικών συνθηκών.....	59
4.4.4	Μορφή κτηρίου και χωροθέτηση	60
4.4.5	Κτηριακό κέλυφος.....	60
4.4.6	Λειτουργικότητα κτηρίου.....	61
4.5	Ενεργειακή απόδοση υφιστάμενων κτηρίων.....	62
4.5.1	Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (Κ.Εν.Α.Κ.), ως εργαλείο ενεργειακής αναβάθμισης	63
4.5.2	Χαρακτηριστικά αξιολόγησης ενεργειακής απόδοσης κτηρίων	65
4.5.3	Θερμικές ζώνες κτηρίου.....	66
4.6	Στρατηγικές βιοκλιματικού σχεδιασμού	68
4.7	Τεχνικές επεμβάσεις και πρακτικές βελτίωσης ενεργειακής απόδοσης υφιστάμενων κτηρίων	71
4.7.1	Βασικές αρχές λειτουργίας των παθητικών συστημάτων	72
4.7.2	Βασικές αρχές λειτουργίας των ενεργητικών συστημάτων	81
5	Μελέτη περίπτωσης – Δημόσιο κτήριο γραφείων.....	83
5.1	Ανάλυση κτηρίου	83
5.1.1	Τοποθεσία και χωροθέτηση κτηρίου.....	83
5.1.2	Γενική περιγραφή κτηρίου	85
5.1.3	Κέλυφος κτηρίου και τεχνικά χαρακτηριστικά κατασκευής	89
5.1.4	Ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις (θέρμανση, κλιματισμός, αερισμός και φωτισμός).....	91
5.2	Βιοκλιματικά στοιχεία κτηρίου	93
5.3	Υφιστάμενη κατάσταση κτηρίου.....	95
5.4	Ανάλυση ενεργειακής κατάστασης κτηρίου	96
5.4.1	Θερμοπερατότητα (θερμομονωτική επάρκεια) δομικών στοιχείων	96
5.4.2	Ενεργειακή ανάλυση ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων κτηρίου	97
5.4.3	Ενεργειακές καταναλώσεις κτηρίου	99
5.4.4	Ενεργειακή απόδοση κτηρίου με χρήση του εργαλείου KENAK	100
6	Ενεργειακή αναβάθμιση & βελτιστοποίηση ενεργειακής απόδοσης κτηρίου ...	105
6.1	Στόχοι προτεινόμενων παρεμβάσεων	105
6.2	Κριτήρια προτάσεων ενεργειακής αναβάθμισης.....	106
6.3	Παρεμβάσεις στο κέλυφος του κτηρίου για μείωση των ενεργειακών του απαιτήσεων.....	107
6.3.1	Εξωτερική θερμομόνωση δομικών στοιχείων.....	107
6.3.2	Τοποθέτηση νέων κουφωμάτων και υαλοπινάκων	108
6.3.3	Σύστημα σκίασης	108
6.4	Παρεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων	109
6.4.1	Εγκαταστάσεις θέρμανσης – κλιματισμού – αερισμού.....	110
6.4.2	Εγκαταστάσεις Ισχυρών Ρευμάτων.....	113

6.5	Ενεργειακή και οικονομική αξιολόγηση παρεμβάσεων ενεργειακής αναβάθμισης κτηρίου	114
6.6	Νέες επεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης με την εφαρμογή στρατηγικών βιοκλιματικού σχεδιασμού	115
6.6.1	Αξιοποίηση υφιστάμενων φωταγωγών	115
6.6.2	Αξιοποίηση της ετήσιας ηλιακής ακτινοβολίας.....	117
6.6.3	Ηλιακά panels	119
6.6.4	Δημιουργία χώρων πρασίνου	119
6.6.5	Προτεινόμενο κτηριολογικό πρόγραμμα	121
6.6.6	Διαγράμματα προτάσεων βιοκλιματικού σχεδιασμού	123
7	Συμπεράσματα - Προτάσεις	124
7.1	Συμπεράσματα.....	124
7.1.1	Συνοπτικά συμπεράσματα.....	128
7.2	Προοπτικές εφαρμογής και προτάσεις για περαιτέρω διερεύνηση	130
	Βιβλιογραφία	131
	Παράρτημα Α: Σχέδια υφιστάμενης κατάστασης Κτηρίου ΟΣΕ.....	136

Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων

Εικόνα 2.1 Greenhouse gases affect Earth's energy balance and climate (The Royal Society, 2024)	9
Εικόνα 2.2 Αέρια Θερμοκηπίου (Copernicus European Commission, 2019)	11
Εικόνα 2.3 Συγκεντρώσεις αερίων θερμοκηπίου (Copernicus European Commission, 2019)	11
Εικόνα 2.4 Καθαρή ροή αερίων θερμοκηπίου (Copernicus European Commission, 2019)	11
Εικόνα 2.5 Επιπτώσεις κλιματικής αλλαγής στην Ευρώπη (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2024) 13	
Εικόνα 2.6 Τάσεις για εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (European Environment Agency, 2021)	20
Εικόνα 3.1. Συνολική εξοικονόμηση λειτουργικών δαπανών (Μαναγούδης, 2015).....	51
Εικόνα 4.1 Επίδραση από την παρουσία δέντρων ή θάμνων στην επιφάνεια κτηρίου	71
Εικόνα 4.2 Λειτουργία ηλιακού συστήματος άμεσου κέρδους	74
Εικόνα 4.3 Θερμικός τοίχος.....	75
Εικόνα 4.4 Θυρίδες εξαερισμού τοίχων θερμικής αποθήκευσης.....	75
Εικόνα 4.5 Απομονωμένο κέρδος (Ξενάκης).....	76
Εικόνα 4.6 Φυσικός αερισμός - σκιασμός (Καραβασίλη, 2009)	77
Εικόνα 4.7 Σκιασμός ανοιγμάτων κτηρίου (Καραβασίλη, 2009)	78
Εικόνα 4.8 Στοιχεία φυτεμένου δώματος.....	79
Εικόνα 4.9 Στρατηγικές αερισμού (Καραβασίλη, 2009)	80
Εικόνα 5.1. Αεροφωτογραφία κτηρίου _ Τοπογραφικό	84
Εικόνα 5.2. Νοτιοδυτική άποψη κτηρίου ΟΣΕ	84
Εικόνα 5.3. Άποψη από την οδό Μάρνη	85
Εικόνα 5.4. Άποψη από την πλατεία Καραϊσκάκη	85
Εικόνα 5.5. Άποψη από την οδό Σατωβριάνδου	85
Εικόνα 5.6. Νότια άποψη κτηρίου ΟΣΕ.....	85
Εικόνα 5.9 Ενεργειακή κατηγορία κτηρίου	104
Σχήμα 0.1 Τοπογραφικό.....	136
Σχήμα 0.2 Κάτοψη Β' Υπογείου.....	136
Σχήμα 0.3 Κάτοψη Α' Υπογείου.....	137
Σχήμα 0.4 Κάτοψη Ισογείου	137
Σχήμα 0.5 Κάτοψη 1ου Ορόφου	137
Σχήμα 0.6 Κάτοψη 2ου Ορόφου	138
Σχήμα 0.7 Κάτοψη 3ου Ορόφου	138
Σχήμα 0.8 Κάτοψη 4ου Ορόφου	138
Σχήμα 0.9 Κάτοψη 5ου Ορόφου	138
Σχήμα 0.10 Κάτοψη 6ου Ορόφου	139
Σχήμα 0.11 Κάτοψη 7ου Ορόφου	139
Σχήμα 0.12 Κάτοψη 8ου Ορόφου	139
Σχήμα 0.13 Κάτοψη 9ου Ορόφου	139
Σχήμα 0.14 Κάτοψη δώματος	140
Σχήμα 0.15 Διαμήκης και εγκάρσια τομή κτηρίου	140

Διάγραμμα 2.1 Ετήσια θερμοκρασία στην Ευρώπη 1979-2019 (°C) (Copernicus European Commission, 2019)	6
Διάγραμμα 2.2 Προβλεπόμενες μεταβολές της ετήσιας μέγιστης ημερήσιας θερμοκρασίας, της μέσης ετήσιας συνολικής υγρασίας του εδάφους και της ετήσιας μέγιστης βροχόπτωσης σε επίπεδο υπερθέρμανσης του πλανήτη κατά 1,5°C, 2°C, 3°C και 4°C σε σχέση με το 1850-1900 (IPCC, 2023).....	7
Διάγραμμα 2.3 Παγκόσμια μέση μεταβολή της θερμοκρασίας της επιφάνειας	9
Διάγραμμα 3.1 Κατανάλωση ενέργειας κτηρίων στην ΕΕ ανά τομέα για το 2017 (Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο, 2020).....	25
Διάγραμμα 3.2. Χρονική περίοδος κατασκευής κτηρίων ανά χρήση (ΥΠΕΝ/Δ ΕΠΕΑ/20334/148 , 2021).....	26
Διάγραμμα 3.3: Μέση ετήσια ενεργειακή κατανάλωση κτηρίων τριτογενή τομέα ανά κλιματική ζώνη (2011-2018) (ΥΠΕΝ/Δ ΕΠΕΑ/20334/148 , 2021)	28
Διάγραμμα 3.4 Κατανάλωση ενέργειας στον τριτογενή τομέα (ΥΠΕΝ/Δ ΕΠΕΑ/20334/148 , 2021)	30
Διάγραμμα 3.5 Πρόοδος στην αντιμετώπιση της κλιματικής (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2021)	32
Διάγραμμα 3.6 Πρόοδος στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2021)	33
Διάγραμμα 3.7 Μείωση της ετήσιας κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας των δημόσιων κτηρίων (Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο, 2020)	41
Διάγραμμα 3.8 Κατανομή του προϋπολογισμού της πολιτικής συνοχής της ΕΕ στις επενδύσεις ενεργειακής απόδοσης την περίοδο 2014-2020 (Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο, 2020).....	46
Διάγραμμα 3.9 Κατηγοριοποίηση των επενδύσεων ενεργειακής απόδοσης	47
Διάγραμμα 3.10 Διάγραμμα πορείας για την υλοποίηση προγράμματος χρηματοδότησης της ενεργειακής ανακαίνισης κτηρίων με κονδύλια της πολιτικής συνοχής (Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο, 2020)	49
Διάγραμμα 4.1 Κατάσταση θερμικής ισορροπίας (Θεοδωρίδου, 2016).....	54
Διάγραμμα 4.2 Θερμική άνεση θερμοκρασία και σχετική υγρασία (Θεοδωρίδου, 2016)	54
Διάγραμμα 4.3 Θερμική άνεση σε συνάρτηση με θερμοκρασία και ταχύτητα ανέμου (Θεοδωρίδου, 2016)	54
Διάγραμμα 4.4 Παθητική θέρμανση-ψύξη με υπόγειους αγωγούς.....	82
Διάγραμμα 5.1 Κάτοψη Ισογείου.....	86
Διάγραμμα 5.2 Κάτοψη 1ου Ορόφου	87
Διάγραμμα 5.3 Κάτοψη 2ου-8ου Ορόφου _ Τυπικός όροφος γραφείων.....	87
Διάγραμμα 5.4 Κάτοψη 9ου Ορόφου	87
Διάγραμμα 5.5 Διαμήκης τομή κτηρίου.....	88
Διάγραμμα 5.6 Εγκάρσια τομή κτηρίου.....	88
Διάγραμμα 5.7 Στοιχεία κτηρίου	90
Διάγραμμα 5.8 Ετήσια κατεύθυνση ανέμου	94
Διάγραμμα 5.9 Ανάλυση ανέμου	94
Διάγραμμα 6.1 Διατήρηση στοιχείων κτηριακού κελύφους και νέες επεμβάσεις.....	107
Διάγραμμα 6.2 Φυσικός αερισμός γραφείων	108
Διάγραμμα 6.3 Διατήρηση αναλογιών και ανοιγόμενων τμημάτων παραθύρων	108
Διάγραμμα 6.4 Τομή στοιχείων όψης	109
Διάγραμμα 6.5 Αντικατάσταση ρολών σκίασης	109
Διάγραμμα 6.6 Αξιοποίηση υφιστάμενων φωταγωγών	115
Διάγραμμα 6.7 Χρήση των βόρειων ανέμων για φυσικό αερισμό του κτηρίου.	116

Διάγραμμα 6.8 «Άνοιγμα» των υφιστάμενων φωταγωγών για είσοδο του φωτός και στα χαμηλότερα επίπεδα.	116
Διάγραμμα 6.9 Φυσικός φωτισμός.....	117
Διάγραμμα 6.10 Φυσικός αερισμός	117
Διάγραμμα 6.11 Ηλιακή ακτινοβολία των όψεων του κτηρίου	118
Διάγραμμα 6.12 Χαρτογράφηση αναλογίας γυαλιού-σκιάστρου	118
Διάγραμμα 6.13 Ετήσια ηλιακή έκθεση 1 ^{ου} & 8 ^{ου} ορόφου γραφείων με τον υφιστάμενο σκελετό όψεως	118
Διάγραμμα 6.14 Δημιουργία πράσινων χώρων που βελτιώνουν το μικροκλίμα	121
Διάγραμμα 6.15 Προτεινόμενο κτηριολογικό πρόγραμμα ανά όροφο	122
Διάγραμμα 6.16 Σχεδιαστικό όραμα.....	123
Διάγραμμα 6.17 Στοιχεία σχεδιασμού	123

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 3.1. Κατανομή ελληνικών κτηρίων ανά χρήση	21
Πίνακας 3.2. Ιδιοκτησιακό καθεστώς δημόσιων κτηρίων (ΥΠΕΝ/ΔΕΠΕΑ/85251/242, 2018)	22
Πίνακας 5.1. Εμβαδά ορόφων κτηρίου	86
Πίνακας 5.2 Συντελεστές θερμοπερατότητας βασικών δομικών στοιχείων των θερμαινόμενων και των μη θερμαινόμενων χώρων του κτηρίου μελέτης.....	96
Πίνακας 5.3 Ισοδύναμοι συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων	97
Πίνακας 5.4 Συντελεστής θερμοπερατότητας κουφωμάτων	97
Πίνακας 5.5 Καταγραφή μονάδων διαιρούμενου τύπου split unit	98
Πίνακας 5.6 Ισχύς φωτισμού ανά θερμική ζώνη	99
Πίνακας 5.7 Καταγραφή ετήσιας δαπάνης θέρμανσης κτηρίου γραφείων ΟΣΕ	99
Πίνακας 5.8 Ηλεκτρικές καταναλώσεις κτηρίου	100
Πίνακας 5.9 Ενεργειακές απαιτήσεις υφιστάμενου κτηρίου	103
Πίνακας 5.10 Ενεργειακή κατανάλωση υφιστάμενου κτηρίου	103
Πίνακας 5.11 Κατανάλωση καυσίμων και εκπομπές αερίων	103
Πίνακας 5.12 Τελική χρήση – Πρωτογενής ενεργειακή κατανάλωση	104
Πίνακας 6.1 Ένταση φωτισμού ανά χρήση χώρου	114

Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

ASHRAE	American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers
BMS	Building Management Systems
BPIE	Buildings Performance Institute Europe
EPBD	Energy Performance of Buildings Directive
EPBD	Energy Performance of Buildings Directive (Ενεργειακή απόδοση των κτηρίων)
EU LTS	EU's Long Term Strategy
FCU	Fan-coil unit
FEC	Final Energy Consumption
MEPS	Minimum Energy Performance Standards
nZEB	Nearly Zero Energy Building (Κτήρια Σχεδόν Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης)
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
VRF	Variable Refrigerant Flow
VRV	Variable Refrigerant Temperature
ΕΕΥ	Επιχειρήσεις Ενεργειακών Υπηρεσιών
ΕΛΣΤΑΤ	Ελληνική Στατιστική Αρχή
ΕΣΕΚ	Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα
ΕΤΕΑΠ	Εθνικό Ταμείο Ενεργειακής Απόδοσης
ΕΤΕπ	Ευρωπαϊκή Τράπεζα Επενδύσεων
ΚΑΠΕ	Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας
ΚΕΝΑΚ	Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.)
ΚΚΕρ	Κοινό Κέντρο Ερευνών
Κ-Μ	Κράτη-Μέλη
ΚΣΜΚΕ	Κτήρια Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης Ενέργειας
Μ.Θ.Χ.	Μη Θερμαινόμενοι Χώροι
ΜΕΑ	Μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης
ΝΠΔΔ	Νομικά Πρόσωπα Δημοσίου Δικαίου
ΟΣΕ	Οργανισμός Σιδηροδρόμων Ελλάδος

ΠΕΑ	Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης
ΣΕΑ	Συμβάσεις Ενεργειακής Απόδοσης
ΥΑ	Υπουργική Απόφαση
Φ.Ε.	Φυσικό Έδαφος

1. Εισαγωγή

1.1 Κίνητρο

Η κλιματική αλλαγή εκδηλώνεται σήμερα με τρόπο που δεν μπορεί να αγνοηθεί, αποτελώντας ένα από τα κρισιμότερα προβλήματα που αντιμετωπίζει η παγκόσμια κοινότητα με πολλαπλές γεωπολιτικές, οικονομικές και κοινωνικές συνέπειες. Στα πλαίσια της ανάγκης δραστηριοποίησης για την αντιμετώπιση και αναχαίτιση του φαινομένου, η εξοικονόμηση ενέργειας αλλά και πόρων που επιβαρύνουν το περιβάλλον συνιστά μείζον θέμα προβληματισμού και έρευνας παγκοσμίως με σκοπό την εξασφάλιση ποιότητας ζωής μελλοντικά.

Σημαντικές ενεργειακές απώλειες καταγράφονται και στον κτηριακό τομέα και ειδικότερα στα δημόσια κτήρια, οι οποίες οφείλονται κυρίως στη μη διενέργεια ελέγχων των επιπέδων κατανάλωσης ενέργειας από τον ιδιοκτήτη τους, δηλαδή το ίδιο το κράτος, και παράλληλα στη χρόνια απουσία συντήρησης και αναβάθμισης. Άμεσο αποτέλεσμα αυτών είναι ο χαρακτηρισμός του δημόσιου κτηριακού αποθεματικού ως ένα από τους μεγαλύτερους καταναλωτές ενέργειας στην Ελλάδα, επιβαρύνοντας σημαντικά τόσο τον προϋπολογισμό του κράτους και όσο και το περιβάλλον.

Με τα δεδομένα αυτά, η εξοικονόμηση ενέργειας και στον κτηριακό τομέα αποτελεί σημαντικό αντικείμενο έρευνας και μελέτης, με δυναμική εξέλιξη μέσα στα επόμενα χρόνια. Η Ευρωπαϊκή Ένωση αναγνωρίζοντας την κρισιμότητα του ζητήματος για την ευημερία των πολιτών της, τον πλανήτη και την οικονομία, έχει θέσει σε εφαρμογή μέτρα, με πολύ αυστηρό χρονικό προγραμματισμό υλοποίησής τους, με στόχο την κλιματική ουδετερότητα και την προστασία του «σπιτιού» μας, της Ευρώπης.

Συνεπώς η αναγκαιότητα εξοικονόμησης ενέργειας σε συνδυασμό με την ανάγκη παροχής ποιοτικών συνθηκών στους χρήστες των δημόσιων κτηρίων (εργαζόμενοι και επισκέπτες), καθιστούν επιτακτική τη διερεύνηση τρόπων μείωσης της ενεργειακής κατανάλωσης και παράλληλα μεγιστοποίησης της αποδοτικότητας των κτηρίων.

Η διερεύνηση μεθόδων εξοικονόμησης ενέργειας στα κτήρια με ταυτόχρονη ικανοποίηση των αναγκών των χρηστών αποτέλεσε το κίνητρο για την εκπόνηση της παρούσας μελέτης.

1.2 Σκοπός και προσδοκώμενα αποτελέσματα

Στη σημερινή εποχή, με την περιβαλλοντική κρίση να συνιστά ζήτημα παγκόσμιου προβληματισμού και έρευνας, η ανάγκη εφαρμογής μιας ολοκληρωμένης στρατηγικής που υιοθετεί καινοτόμες μεθόδους εξοικονόμησης ενέργειας είναι καθοριστικής σημασίας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, την αειφόρο βιωσιμότητα των κοινωνιών και την εξασφάλιση της μελλοντικής ποιότητας ζωής.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, εξετάζεται το θέμα του βιοκλιματικού σχεδιασμού ως απάντηση στην αντιμετώπιση της ενεργειακής κρίσης. Στα πλαίσια της έρευνας θα διερευνηθούν και προταθούν ολιστικές επεμβάσεις στο προς μελέτη δημόσιο κτήριο, με δυνατότητα εφαρμογής και σε άλλα δημόσια κτήρια, που θα είναι βασισμένες σε καινοτόμες βιοκλιματικές αρχές και τεχνικές, εξασφαλίζοντας την εξοικονόμηση κεφαλαίων μέσω της ενεργειακά οικονομικότερης λειτουργίας τους, και παράλληλα οικολογικότερες κατασκευές που θα διασφαλίζουν υψηλότερη ποιότητα ζωής τόσο στους χρήστες των κτηρίων όσο και στο σύνολο της κοινωνίας. Ο επανασχεδιασμός θα γίνει βάσει σύγχρονων βιοκλιματικών αρχών σχεδιασμού, στοχεύοντας στη δημιουργία βιώσιμων κτηρίων σε όλο τον κύκλο ζωής τους.

Σκοπός είναι η δημιουργία ενός υποστηρικτικού πλαισίου αναφοράς αποτελούμενου από εργαλεία και μεθόδους, που θα απευθύνεται σε δημόσιους φορείς - διαχειριστές ή ιδιοκτήτες μεγάλου κτηριακού αποθέματος με τα προβλήματα που αναφέρθηκαν παραπάνω - το οποίο θα έχουν τη δυνατότητα να υιοθετήσουν και εφαρμόσουν σε έργα ενεργειακής αναβάθμισης κτηρίων ως ένα πλήρες επενδυτικό πρόγραμμα δράσεων, προσαρμοσμένο στις σύγχρονες περιβαλλοντικές, κοινωνικές και οικονομικές συνθήκες και μεγέθη.

Άμεσοι αποδέκτες των αποτελεσμάτων της διερεύνησης αποτελεί το σύνολο του πληθυσμού, ως εν δυνάμει χρήστες των δημόσιων κτηρίων, οι οποίοι θα έχουν τη δυνατότητα να έρθουν σε επαφή και να βιώσουν άμεσα τα αποτελέσματα και τα οφέλη από τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτηριακού αποθεματικού, και σε μεταγενέστερο χρόνο τα έμμεσα όπως μείωση του κόστους λειτουργίας και συντήρησης, με το οποίο επιβαρύνονται και οι ίδιοι, και αξιοποίηση του δημόσιου χρήματος που εξοικονομείται σε άλλες ανάγκες, όπως υγεία, παιδεία, κ.α. Τα παραπάνω σε συνδυασμό

με τις περιορισμένες επενδύσεις σε δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας στην Ελλάδα και ειδικότερα την εφαρμογή βιοκλιματικών αρχών στα δημόσια κτήρια, προσδίδουν στην έρευνα σημαντικό ενδιαφέρον, καθώς η πληροφορία που παρέχει αφορά στο σύνολο του πληθυσμού.

Από τα αποτελέσματα της έρευνας και την παρουσίαση των χαρακτηριστικών, των παραμέτρων και των μεθόδων ενός πλήρους προγράμματος δράσεων ενεργειακής αναβάθμισης δημόσιων κτηρίων αναμένεται να τεκμηριωθεί και αναδειχθεί η αναγκαιότητα και αποτελεσματικότητα μιας ολιστικής, ευαίσθητης, βιώσιμης και ρεαλιστικής λύσης με θετικό αποτύπωμα στο περιβάλλον και την κοινωνία, οικονομική αποδοτικότητα, καθώς και δυνατότητα άμεσης υιοθέτησης από τους δημόσιους φορείς.

1.3 Μεθοδολογία

Για την ανάλυση του προβλήματος θα ακολουθηθεί μια πολυμεθοδική προσέγγιση, η οποία περιλαμβάνει ενδελεχή μελέτη της υφιστάμενης βιβλιογραφίας, έρευνα συγκεκριμένης περίπτωσης μελέτης και ποιοτική ανάλυση των αποτελεσμάτων.

1.3.1 Μέθοδος συλλογής δεδομένων

Η προσέγγιση του θέματος αρχικά θα γίνει μέσα από την αναζήτηση και συλλογή βιβλιογραφίας σχετικά με τις έννοιες της ενεργειακής αναβάθμισης και της εξοικονόμησης ενέργειας, το υφιστάμενο θεσμικό πλαίσιο (νομοθεσία), τις πρακτικές βιοκλιματικού σχεδιασμού και τις εφαρμογές τους, τη συντήρηση δημόσιων κτηρίων κα., που αποτελούν το θεωρητικό πλαίσιο για την αποτελεσματική διερεύνηση. Η συλλογή δεδομένων θα γίνει μέσα από βιβλία και ερευνητικά άρθρα σε πραγματικές και ψηφιακές βιβλιοθήκες, προκειμένου να διασφαλιστεί η αξιοπιστία και η πληρότητα των δεδομένων. Επιπλέον σημειώνεται ότι θα αναζητηθούν και θα συλλεχθούν στοιχεία από τον ΟΣΕ, κυρίως σε ότι αφορά σε στοιχεία για το βασικό κτήριο μελέτης.

1.3.2 Μέθοδος ανάλυσης δεδομένων

Σε δεύτερη φάση θα ακολουθήσει η επεξεργασία και διαμόρφωση των δεδομένων που συλλέχθηκαν στην προηγούμενη φάση, ώστε να «παραχθούν» οι απαραίτητες πληροφορίες για την εξαγωγή και τεκμηρίωση των αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων.

Η επεξεργασία των δεδομένων στην παρούσα εργασία αφορά στη διερεύνηση και την ανάλυση των κρίσιμων παραμέτρων, και ακολούθως στις μεθόδους εφαρμογής αυτών στην περίπτωση μελέτης με ποιοτικά κριτήρια και χωρίς την επεξεργασία μετρήσιμων ποσοτήτων.

Τέλος θα ακολουθήσει η αξιολόγηση και παρουσίαση των αποτελεσμάτων καθώς και θεμάτων προς διερεύνηση, που προκύπτουν από την επεξεργασία των δεδομένων του προηγούμενου σταδίου. Στη φάση αυτή κρίσιμο ζήτημα αποτελεί η τεκμηρίωση των αποτελεσμάτων, καθώς και η δημιουργία ερωτημάτων που μπορεί να αποτελέσουν ζητούμενα για επόμενες έρευνες.

2 Κλιματική αλλαγή και πολιτική για την ενέργεια

Η κλιματική αλλαγή αφορά σε μια σημαντική και διαρκή αλλαγή της στατιστικής κατανομής των καιρικών προτύπων για χρονικό διάστημα που κυμαίνεται από δεκαετίες έως εκατομμύρια χρόνια. Μπορεί να είναι μια αλλαγή στις μέσες καιρικές συνθήκες ή στην κατανομή γύρω αυτές. Προκαλείται από παράγοντες που περιλαμβάνουν ωκεάνιες διεργασίες, διακυμάνσεις στην ηλιακή ακτινοβολία που δέχεται η γη, τεκτονικές πλακών και ηφαιστειακές εκρήξεις, καθώς και αλλοιώσεις του φυσικού κόσμου που προκαλούνται από τον άνθρωπο (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2024).

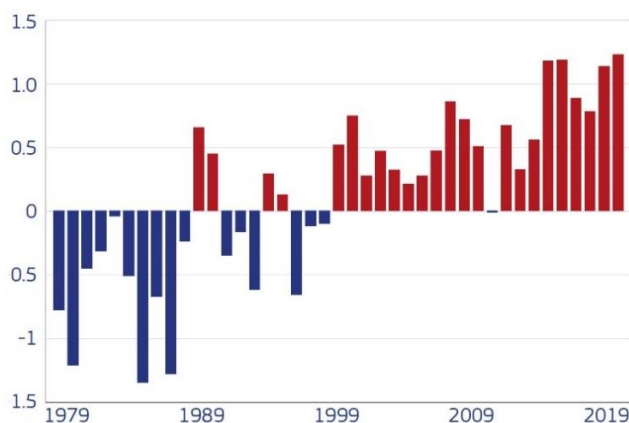
Σύμφωνα με τη σύμβαση-πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την κλιματική αλλαγή (UNFCCC), ορίζεται ως «μια αλλαγή του κλίματος» που αποδίδεται άμεσα ή έμμεσα στην ανθρώπινη δραστηριότητα, μεταβάλλοντας τη σύνθεση της παγκόσμιας ατμόσφαιρας και η οποία, πέραν της φυσιολογικής κλιματικής μεταβλητότητας, έχει παρατηρηθεί για συγκρίσιμο χρονικό διάστημα. Αποτέλεσμα αυτού είναι να παρατηρούνται μεγαλύτερες ποσότητες αερίων του θερμοκηπίου, και κυρίως διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) σε σχέση με αυτές που υπάρχουν φυσιολογικά στην ατμόσφαιρα, και οι οποίες προέρχονται ως επί των πλείστων από την καύση ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ενέργειας, την αποψίλωση των τροπικών δασών, τη γεωργία, την κτηνοτροφία, την παραγωγή χημικών ουσιών κ.α. (Reisinger, et al., 2023). Η παρουσία επιπλέον αερίων στην ατμόσφαιρα του πλανήτη εντείνει το «φαινόμενο του θερμοκηπίου», το οποίο οδηγεί σε αύξηση της θερμοκρασίας της γης με ραγδαίους ρυθμούς και γενικότερα σημαντικές αλλαγές στο κλίμα.

Η κλιματική αλλαγή αποτελεί επείγουσα απειλή για τον πλανήτη μας. Όσο περισσότερο διαταράσσουμε το κλίμα, τόσο εντείνονται οι κίνδυνοι για την κοινωνία και το περιβάλλον. Παράλληλα η συνεχής διόγκωση του προβλήματος συνεπάγεται και μεγαλύτερης δυσκολίας και κόστους λύσεις (Ευρωπαϊκή Ένωση, 2024). Συνεπώς είναι κρίσιμο να γίνουν προσπάθειες περιορισμού της, προκειμένου να οικοδομήσουμε ένα καλύτερο μέλλον.

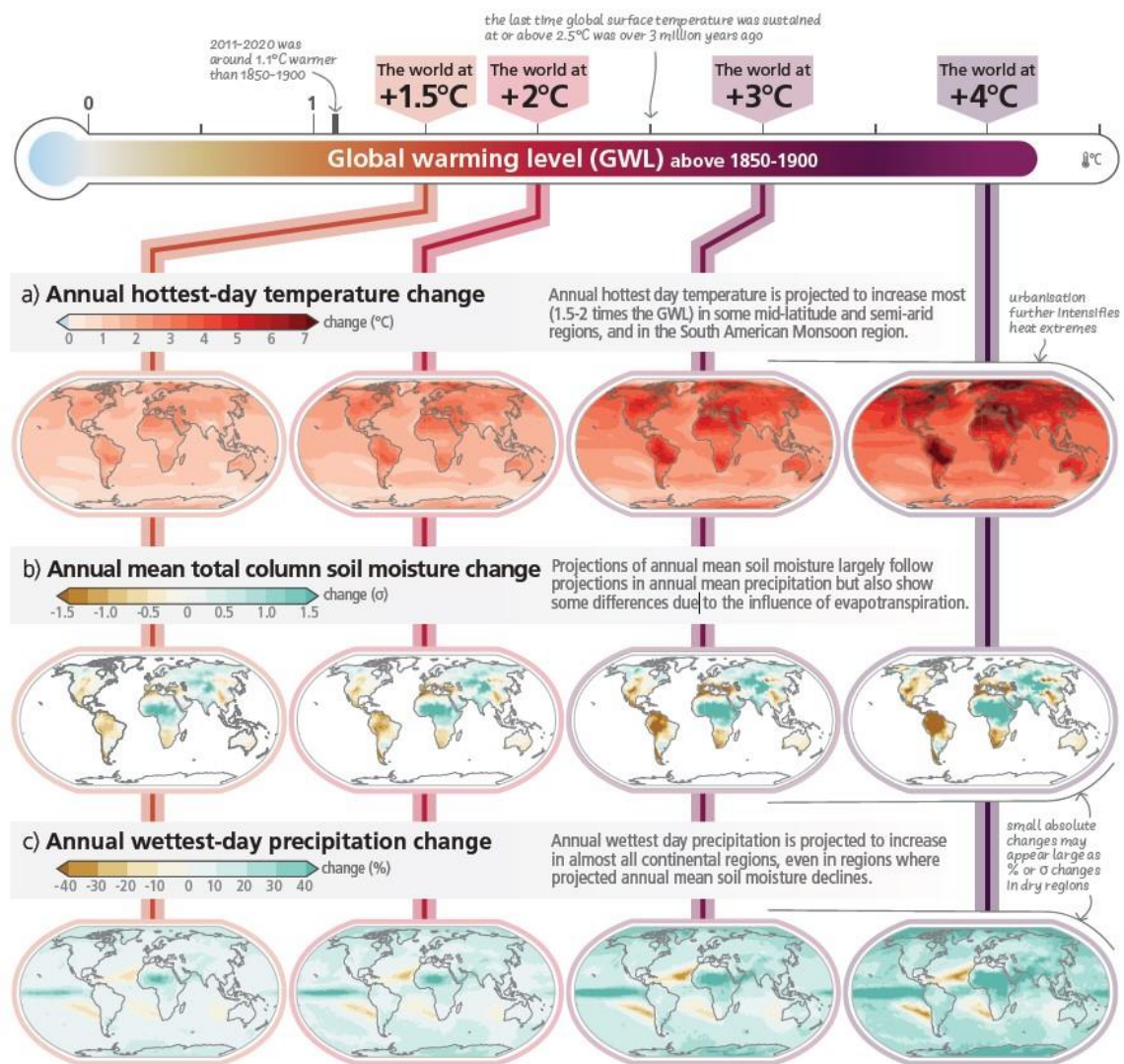
2.1 Παρούσα κλιματική κατάσταση σε Ευρώπη και Ελλάδα

Τις τελευταίες δεκαετίες παρατηρήθηκαν κλιματικές αλλαγές που περιλαμβάνουν αυξήσεις της θερμοκρασίας του αέρα και του νερού των ωκεανών, άνοδο της παγκόσμιας στάθμης της θάλασσας, μείωση της κάλυψης από χιόνι και πάγο, αλλαγές στην ατμοσφαιρική και ωκεάνια κυκλοφορία, καθώς και τοπικά καιρικά φαινόμενα. Οι αλλαγές αυτές εντείνονται από την πλεονάζουσα θερμότητα που «παγιδεύεται» στην ατμόσφαιρα και προκαλούν τα πρόσθετα αέρια του θερμοκηπίου, που παράγονται κυρίως από ανθρώπινες δραστηριότητες όπως η καύση ορυκτών καυσίμων (άνθρακας, πετρέλαιο και φυσικό αέριο), η αποψύλωση των δασών, η γεωργία και οι αλλαγές στη χρήση γης (Ευρωπαϊκή Ένωση, 2024).

Κατά την περίοδο 2013 – 2022 σημειώθηκε αύξηση της μέσης θερμοκρασίας κοντά στην επιφάνεια κατά 1,13 έως 1,17°C παγκοσμίως, συγκριτικά με τις θερμοκρασίες που καταγράφονταν την προβιομηχανική περίοδο, ενώ στην Ευρώπη την ίδια περίοδο η αύξηση κυμάνθηκε από 2,04 έως 2,10°C. Οι επιστήμονες της διακυβερνητικής επιτροπής για την κλιματική αλλαγή (IPCC) προειδοποιούν ότι η ενδεχόμενη αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας κατά περίπου 1,5°C θα επιφέρει σημαντικές και πιθανώς μη αναστρέψιμες συνέπειες για το περιβάλλον και τις κοινωνίες μας (IPCC, 2023). Αυτό οδήγησε τα κράτη μέλη της UNFCCC να δεσμεύονται στη Συμφωνία του Παρισιού να περιορίσουν την αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας σε επίπεδα αρκετά χαμηλότερα των 2°C, θέτοντας ως στόχο την αύξηση στους 1,5°C. Για την επίτευξη αυτού του στόχου κρίνεται αναγκαία η περικοπή των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, καθώς σε αντίθετη περίπτωση το όριο των 2°C θα έχει ήδη ξεπεραστεί μέχρι το 2050 (Διάγραμμα 2.1) (European Environment Agency, 2023).



Διάγραμμα 2.1 Ετήσια θερμοκρασία στην Ευρώπη 1979-2019 (°C) (Copernicus European Commission, 2019)



Διάγραμμα 2.2 Προβλεπόμενες μεταβολές της ετήσιας μέγιστης ημερήσιας θερμοκρασίας, της μέσης ετήσιας συνολικής υγρασίας του εδάφους και της ετήσιας μέγιστης βροχόπτωσης σε επίπεδο υπερθέρμανσης του πλανήτη κατά 1,5°C, 2°C, 3°C και 4°C σε σχέση με το 1850-1900 (IPCC, 2023)

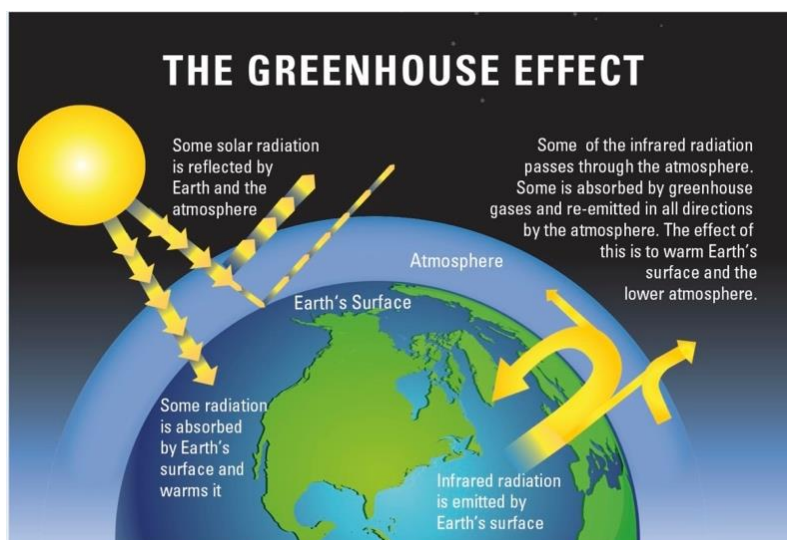
Η κλιματική αλλαγή συμβαίνει τώρα, και θα συνεχίσει να επηρεάζει τη ζωή μας στο άμεσο μέλλον ακόμη κι αν μειώσουμε ικανοποιητικά τις παγκόσμιες εκπομπές, προβλέπουν οι επιστήμονες. Πλημμύρες, ξηρασίες, καύσωνες και άλλα σχετιζόμενα με το κλίμα φαινόμενα γίνονται εντονότερα, μεγαλύτερα και συχνότερα επηρεάζοντας σημαντικά την υγεία και την οικονομία. Στην Ευρώπη, η καθημερινότητα των πολιτών επηρεάζεται πλέον σημαντικά από την κλιματική αλλαγή, με ορισμένες κοινότητες και περιοχές να κρίνονται πιο ευάλωτες. Τα τελευταία 40 χρόνια τα ακραία καιρικά φαινόμενα ευθύνονται για 85.000 έως 145.000 ανθρώπινες απώλειες σε όλη την Ευρώπη, με πάνω το 85% αυτών να οφείλονται σε καύσωνες. Οι οικονομικές απώλειες από τις

ακραίες καιρικές συνθήκες και το κλίμα στην Ευρώπη έφτασαν περίπου το μισό τρισεκατομμύριο ευρώ την ίδια περίοδο (Widuto, 2022).

Η Ευρώπη αναμένεται να γίνει θερμότερη, ορισμένες περιοχές θα γίνουν πιο ξηρές και άλλες πιο υγρές, με άμεση επίδραση τόσο στην υγεία μας όσο και στα οικοσυστήματα από τα οποία εξαρτόμαστε. Για την αντιμετώπιση αυτής της νέας κατάστασης η ΕΕ προετοιμάζεται ήδη για την προσαρμογή σε ένα μεταβαλλόμενο κλίμα μέσω διαφόρων μέτρων (European Environment Agency, 2024).

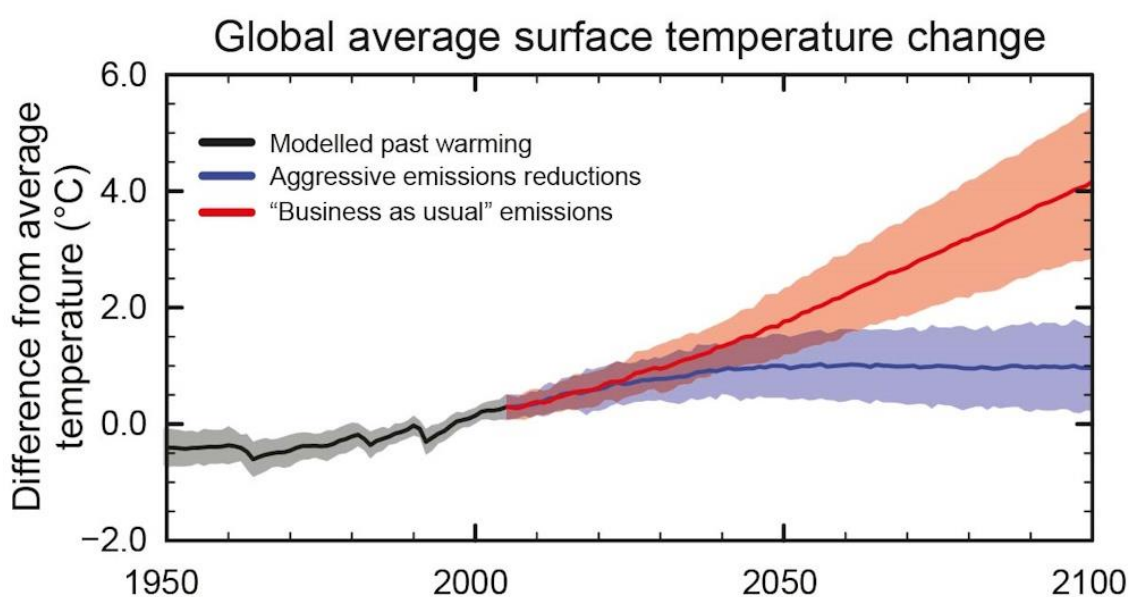
2.2 Αίτια και επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής

Τα επιστημονικά στοιχεία δείχνουν πλέον ξεκάθαρα ότι η κλιματική αλλαγή αποτελεί ένα σοβαρό και επείγον ζήτημα. Η θερμοκρασία της Γης εξαρτάται από την ισορροπία μεταξύ της ενέργειας που εισέρχεται και εξέρχεται από το πλανήτη. Μερικοί από τους βασικότερους παράγοντες που προκαλούν μεταβολές στο ενεργειακό ισοζύγιο της Γης, είναι οι διακυμάνσεις στην ηλιακή ενέργεια που φτάνει στη Γη, οι μεταβολές στην ανακλαστικότητα της ατμόσφαιρας και της επιφάνειας της Γης και οι αλλαγές στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, το οποίο επηρεάζει την ποσότητα θερμότητας που συγκρατείται από την ατμόσφαιρα της Γης. Έτσι, δραστηριότητες όπως η καύση ορυκτών καυσίμων, η αποψίλωση των δασών και η κτηνοτροφία επηρεάζουν ολοένα και περισσότερο το κλίμα και τη θερμοκρασία της γης, απελευθερώνοντας μεγάλες ποσότητες αερίων του θερμοκηπίου, πέραν όσων απαντώνται φυσικά στην ατμόσφαιρα, επιδεινώνοντας το φαινόμενο του θερμοκηπίου και την υπερθέρμανση του πλανήτη (Chauhan, 2014).



Εικόνα 2.1 Greenhouse gases affect Earth's energy balance and climate (The Royal Society, 2024)

Σύμφωνα με εκθέσεις των Ηνωμένων Εθνών, τα ορυκτά καύσιμα (άνθρακας, πετρέλαιο και αέριο) πρωταγωνιστούν στην παγκόσμια κλιματική αλλαγή, αντιπροσωπεύοντας πάνω από το 75% των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και σχεδόν το 90% όλων των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Αυτές οι εκπομπές αερίων που καλύπτουν τη Γη, παγιδεύουν τη θερμότητα του ήλιου, και οδηγούν στην υπερθέρμανση του πλανήτη. Σήμερα ο πλανήτης θερμαίνεται ταχύτερα από οποιοδήποτε άλλη χρονική περίοδο της ιστορίας, με τις υψηλότερες θερμοκρασίες να μεταβάλλουν σταδιακά τα καιρικά μοτίβα και να διαταράσσουν την ισορροπία της φύσης (Διάγραμμα 2.3) (United Nations, 2024).



Διάγραμμα 2.3 Παγκόσμια μέση μεταβολή της θερμοκρασίας της επιφάνειας (The Royal Society, 2024)

- **Αίτια κλιματικής αλλαγής**

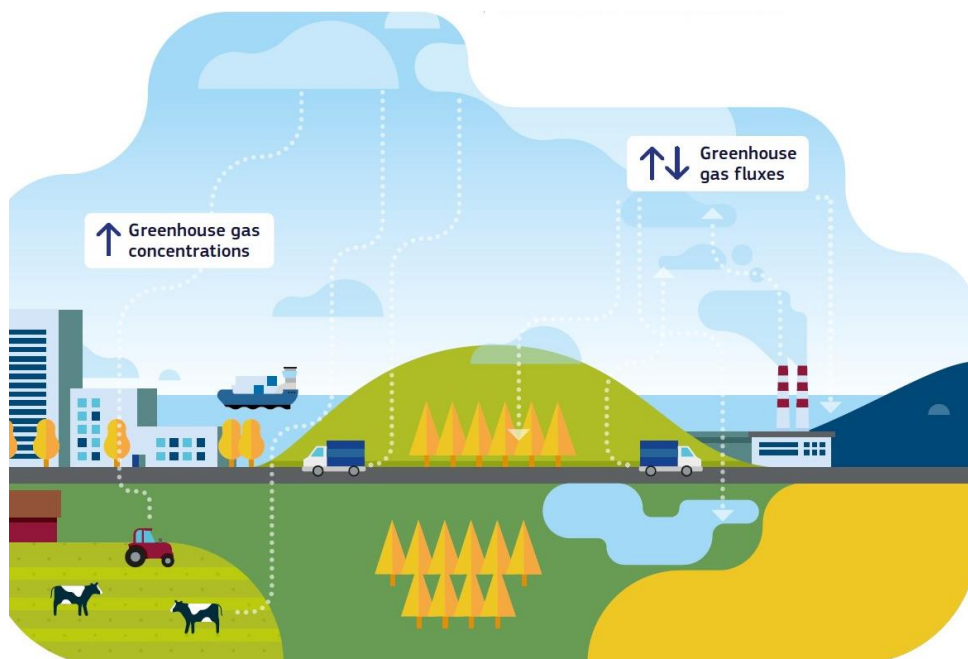
Παραγωγή ενέργειας: Ένα μεγάλο μέρος των παγκόσμιων εκπομπών σήμερα οφείλεται στην καύση ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας. Το μεγαλύτερο μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας συνεχίζει να παράγεται από την καύση άνθρακα, πετρελαίου ή αερίου, εκλύοντας ισχυρά αέρια θερμοκηπίου - διοξείδιο του άνθρακα και υποξείδιο του αζώτου - που καλύπτουν τη Γη και παγιδεύουν τη θερμότητα του ήλιου.

Βιομηχανικά αγαθά: Η βιομηχανία αποτελεί έναν από τους μεγαλύτερους παραγωγούς εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου παγκοσμίως. Η ενέργεια που απαιτείται στη βιομηχανία για την κατασκευή υλικών, όπως τσιμέντο, χάλυβας, ηλεκτρονικά είδη, πλαστικά και άλλα αγαθά, παράγει επίσης εκπομπές από την καύση ορυκτών καυσίμων. Από ορυκτά καύσιμα προέρχονται και οι χημικές ουσίες από τις οποίες κατασκευάζονται πολλά υλικά, όπως τα πλαστικά.

Αποψίλωση δασών: Καθώς τα δέντρα με την κοπή τους απελευθερώνουν τον άνθρακα που έχουν αποθηκεύσει, η αποψίλωση δασών προκαλεί επίσης σημαντικές εκπομπές. Παράλληλα καθώς τα δάση απορροφούν το διοξείδιο του άνθρακα, η μείωση τους περιορίζει επίσης και την ικανότητα της φύσης να συγκρατεί τις εκπομπές έξω από την ατμόσφαιρα.

Μεταφορές: Οι μεταφορές συνιστούν επίσης σημαντικό παραγωγό αερίων του θερμοκηπίου, και ιδιαίτερα εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, καθώς η πλειονότητα των οδικών οχημάτων, πλοίων και αεροπλάνων λειτουργούν με ορυκτά καύσιμα.

Λειτουργία κτηρίων: Τα εμπορικά και οικιστικά κτήρια καταναλώνουν σήμερα παγκοσμίως περισσότερο από το $\frac{1}{2}$ του συνόλου της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ παράλληλα εξακολουθούν να χρησιμοποιούν για θέρμανση και ψύξη πετρέλαιο, φυσικό αέριο και άνθρακα, τα οποία εκπέμπουν σημαντικές ποσότητες εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Τα τελευταία χρόνια η συνεχώς αυξανόμενη ενεργειακή ζήτηση για θέρμανση και ψύξη, καθώς και η αύξηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό και ρεύμα συνέβαλαν στην περαιτέρω άνοδο των εκπομπών που σχετίζονται με την ενέργεια των κτηρίων.



Εικόνα 2.2 Αέρια Θερμοκηπίου (Copernicus European Commission, 2019)

Greenhouse gas concentrations

The amount of a gas contained in a certain volume of air.



CO₂ increase by about

0.6% per year ▲

in atmospheric concentrations

CH₄ increase by about

0.4% per year ▲

in atmospheric concentrations



CO₂ annual net emissions about

5 PgC per year ▲

at the Earth's surface

CH₄ annual net emissions about

420 TgC per year ▲

at the Earth's surface

N₂O annual net emissions about

18 TgN per year ▲

at the Earth's surface

Εικόνα 2.3 Συγκεντρώσεις αερίων θερμοκηπίου (Copernicus European Commission, 2019)

Εικόνα 2.4 Καθαρή ροή αερίων θερμοκηπίου (Copernicus European Commission, 2019)

• Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής

Ήδη σήμερα οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής είναι αισθητές στο οικοσύστημα, την οικονομία και την ευημερία των πολιτών, ενώ οι επιστήμονες προβλέπουν στα επόμενα χρόνια να γίνονται ακόμη εντονότερες και συχνότερες (Ευρωπαϊκή Ένωση, 2024). Στη συνέχεια παρουσιάζονται μερικές από τις βασικότερες συνέπειες της κλιματικής αλλαγής (United Nations, 2024).

Υψηλότερες θερμοκρασίες: Η αύξηση των συγκεντρώσεων αερίων του θερμοκηπίου οδηγεί σε αύξηση και της παγκόσμιας θερμοκρασίας της επιφάνειας της Γης. Από το 1980 και έπειτα, κάθε δεκαετία είναι θερμότερη της προηγούμενης. Απόρροια των

υψηλών θερμοκρασιών είναι τα τακτικά κύματα καύσωνα, οι συχνές πυρκαγιές ως αποτέλεσμα των πολύ ζεστών συνθηκών που επικρατούν, καθώς και η εκδήλωση πολλών ασθενειών που σχετίζονται με τη ζέστη.

Εντονότερες καταιγίδες: Σε πολλές περιοχές οι καταστροφικές καταιγίδες έχουν γίνει εντονότερες και συχνότερες. Με την αύξηση των θερμοκρασιών εξατμίζεται περισσότερη υγρασία, εντείνοντας τις ακραίες βροχοπτώσεις και τις πλημμύρες. Η συχνότητα και η έκταση των τροπικών καταιγίδων επηρεάζεται επίσης από την υπερθέρμανση του ωκεανού, με τη δημιουργία περισσότερων κυκλώνων και τυφώνων.

Αυξημένη ξηρασία: Η υπερθέρμανση του πλανήτη μειώνει περαιτέρω τη διαθεσιμότητα νερού σε πολλές περιοχές και αυξάνει τον κίνδυνο τόσο της ξηρασίας των καλλιεργειών, όσο και της οικολογικής ξηρασίας με απόρροια την ευπάθεια των οικοσυστημάτων.

Άνοδος της στάθμης των ωκεανών: Ο ρυθμός αύξησης της θερμοκρασίας μεγαλώνει τα τελευταία είκοσι χρόνια, καθώς απορροφούν το μεγαλύτερο μέρος της θερμότητας από την υπερθέρμανση του πλανήτη. Λόγω της θέρμανσης, το νερό διαστέλλεται και ο όγκος των ωκεανών αυξάνεται. Επιπλέον η άνοδος της στάθμης της θάλασσας αυξάνεται από το λιώσιμο των πάγων, απειλώντας τις παράκτιες και νησιωτικές κοινότητες.

Απώλεια ειδών: Η κλιματική αλλαγή απειλεί με εξαφάνιση πολλά είδη στη γη και στον ωκεανό. Καθώς οι θερμοκρασίες ανεβαίνουν, η επιβίωση των ειδών επιδεινώνεται.

Περισσότεροι κίνδυνοι για την υγεία: Η κλιματική αλλαγή είναι η μεγαλύτερη απειλή για την ανθρώπινη υγεία σήμερα, καθώς την επηρεάζει ποικιλοτρόπως. Μια αναδυόμενη ευρύτερη προσέγγιση αντιμετωπίζει ένα ευρύτερο φάσμα κινδύνων για την υγεία λόγω των κοινωνικών, δημογραφικών και οικονομικών διαταραχών της κλιματικής αλλαγής.

ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ

Αρκτική

- 🌡️ Η θερμοκρασία αυξάνεται πολύ περισσότερο από τον παγκόσμιο μέσο όρο
Μείωση του πάγου που καλύπτει την Αρκτική θάλασσα
Μείωση του πάγου που καλύπτει τη Γροιλανδία
Μείωση των μόνιμα παγωμένων περιοχών
Υψηλότερος κίνδυνος απώλειας βιοποικιλότητας
- € Μερικές νέες ευκαιρίες για την εκμετάλλευση των φυσικών πόρων και τις θαλάσσιες μεταφορές
- 🏠 Κίνδυνος για τα μέσα βιοπορισμού των τοπικών πληθυσμών

Βόρεια περιοχή

- 🌡️ Πολλαπλασιασμός των έντονων βροχοπτώσεων
Μείωση των χιονοπτώσεων και του πάγου
Περισσότερες βροχοπτώσεις και μεγαλύτερες ροές ποταμών
Ταχύτερη ανάπτυξη των δασών και μεγαλύτερος κίνδυνος για δασικά παράσιτα
Οι χειμερινές καταγίδες γίνονται πιο καταστροφικές
- € Αύξηση της απόδοσης των καλλιεργειών
Μικρότερη ενεργειακή ζήτηση για θέρμανση
Περισσότερες ευκαιρίες για χρήση

Ορεινές περιοχές

- 🌡️ Η θερμοκρασία αυξάνεται περισσότερο από τον ευρωπαϊκό μέσο όρο.
Λιγότεροι και μικρότεροι παγετώνες
Τα φυτά και τα ζώα θα μετακινηθούν σε μεγαλύτερο υψόμετρο
Υψηλός κίνδυνος εξαφάνισης ειδών
Υψηλότερος κίνδυνος δασικών παρασίτων
Υψηλότερος κίνδυνος καταπτώσεων βράχων και κατολισθήσεων
Θα μπορούσε να επηρεαστεί η υδροηλεκτρική ενέργεια
- € Μείωση του χιονοδρομικού τουρισμού

Περιοχή της Μεσογείου

- 🌡️ Περισσότεροι καύσωνες
Λιγότερες βροχοπτώσεις και μικρότερες ροές ποταμών
Υψηλότερος κίνδυνος ξηρασίας
Υψηλότερος κίνδυνος απώλειας βιοποικιλότητας
Υψηλότερος κίνδυνος δασικών πυρκαγιών
- € Περισσότερος ανταγωνισμός για τα ύδατα
Αύξηση της ζήτησης υδάτων για τη γεωργία
Μείωση της απόδοσης των καλλιεργειών
Δυσκολότερες συνθήκες για την κτηνοτροφία
Δυσκολότερες συνθήκες για την παραγωγή ενέργειας
Απαιτείται περισσότερη ενέργεια για ψύξη
Μείωση του τουρισμού το καλοκαίρι, αλλά πιθανή αύξηση του τις άλλες εποχές
Αρνητικές επιπτώσεις στους περισσότερους τομείς της οικονομίας
Περιοχή ιδιαίτερα ευάλωτη στις δευτερογενείς επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής εκτός Ευρώπης
- 🏠 Αύξηση των θανάτων λόγω καύσωνα
Αύξηση των περιοχών όπου οι άνθρωποι μπορούν να προσβληθούν από νόσους που μεταδίδονται μέσω εντόμων.

Περιοχή του Ατλαντικού

- 🌡️ Πολλαπλασιασμός των έντονων βροχοπτώσεων
Μεγαλύτερες ροές των ποταμών
Υψηλότερος κίνδυνος πλημμυρών
Υψηλότερος κίνδυνος καταστροφών λόγω καταγίδων τον χειμώνα
Περισσότερα περιστατικά κακοκαιρίας
- € Μικρότερη ενεργειακή ζήτηση για θέρμανση

Ηπειρωτικές περιφέρειες

- 🌡️ Περισσότερα ακραία καιρικά φαινόμενα
Λιγότερες βροχοπτώσεις το καλοκαίρι
Υψηλότερος κίνδυνος πλημμυρών ποταμών
Υψηλότερος κίνδυνος δασικών πυρκαγιών
- € Μείωση της αξίας των δασών
Απαιτείται περισσότερη ενέργεια για ψύξη

Παράκτιες περιοχές και θάλασσες

- 🌡️ Άνοδος της στάθμης της θάλασσας
Υψηλότερες θερμοκρασίες της επιφάνειας της θάλασσας
Αύξηση της οξίνισης του ωκεανού
Μετανάστευση των θαλάσσιων ειδών προς τον Βορρά
Αλλαγές στις κοινότητες φυτοπλαγκτού
Περισσότερες θαλάσσιες νεκρές ζώνες
- € Κίνδυνοι και κάποιες ευκαιρίες για την αλιεία
- 🏠 Αυξανόμενος κίνδυνος νόσων που

Πηγή: Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος



Εικόνα 2.5 Επιπτώσεις κλιματικής αλλαγής στην Ευρώπη (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2024)

2.3 Πολιτικές για το κλίμα και την αντιμετώπιση της κρίσης

Η απειλή της ανθρωπότητας από την υπερθέρμανση του πλανήτη, την κλιματική αλλαγή και τις επιπτώσεις τους περιγράφεται με τον όρο κλιματική κρίση, και χρησιμοποιείται για να προκαλέσει τον μετριασμό του φαινομένου (Mukheibir & Mallam, 2019).

Τα τελευταία χρόνια έχουν εφαρμοστεί από κυβερνήσεις σε όλο τον κόσμο αρκετές επιτυχημένες πολιτικές για το κλίμα, οι οποίες προσπαθούν συνήθως να επιτύχουν πολλαπλούς στόχους ταυτόχρονα, όπως είναι η μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, η οικοδόμηση ενεργειακής ασφάλειας. Σύμφωνα με έκθεση του οργανισμού *The world bank*, η επιτυχημένη χάραξη πολιτικής για το κλίμα περιλαμβάνει και την εύρεση της μέσης λύσης, ώστε οι πολιτικές αυτές να μπορούν να εφαρμόζονται εύκολα από περισσότερους και να κερδίζουν υποστήριξη (The World Bank, 2024).

2.3.1 Πολιτική της ΕΕ για το κλίμα και την ενέργεια

Σύμφωνα με τη Συνθήκη για τη λειτουργία της Ευρωπαϊκής Ένωσης (*Άρθρο 191*), μέσω της περιβαλλοντικής της πολιτικής η ΕΕ θέτει ως στόχο τη διατήρηση, την προστασία και την επανόρθωση των καταστροφών του περιβάλλοντος, την προφύλαξη της ανθρώπινης υγείας, την έμμετρη και ορθολογική χρήση των φυσικών πόρων με τη θέσπιση μέτρων αντιμετώπισης των περιβαλλοντικών προβλημάτων και καταπολέμησης της κλιματικής αλλαγής (Ευρωπαϊκή Ένωση, 2016).

Στα πλαίσια αντιμετώπισης των σύνθετων περιβαλλοντικών ζητημάτων, όπως κλιματική αλλαγή, απώλεια βιοποικιλότητας, εξάντληση των πόρων και ρύπανση, και της στρατηγικής της για οικονομική ανάπτυξη, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δρομολόγησε την Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία (2019) (Curmei, 2023). Πρόκειται για μια σειρά δράσεων για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, που εξασφαλίζει ταυτόχρονα μια δίκαιη, υγιή και ευημερούσα κοινωνία για τις επόμενες γενιές. Παράλληλα η Ένωση επιδιώκει τη βελτίωση της ετοιμότητας και της ικανότητας αντιμετώπισης των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής σε εθνικό και τοπικό επίπεδο, προχωρώντας σε διεθνείς συνεργασίες, για τη στήριξη των πιο ευάλωτων κρατών-εταίρων (Ευρωπαϊκή Ένωση, 2024).

Στόχος της περιβαλλοντικής πολιτικής της Ένωσης είναι να γίνει η πρώτη κλιματικά ουδέτερη ήπειρος έως το 2050, που σημαίνει «μηδενικές καθαρές εκπομπές». Για την

επίτευξη αυτού η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εγκαινίασε το Σύμφωνο, ως μέρος της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας, που προϋποθέτει εξάλειψη των εκπομπών και παράλληλα αύξηση των απορροφήσεων αερίων του θερμοκηπίου από την ατμόσφαιρα. Επόμενος σταθμός του σχεδίου αυτού είναι το 2030, με στόχο τον περαιτέρω περιορισμό των εκπομπών κατά τουλάχιστον 55% σε σχέση με το 1990.

Το Σύμφωνο θέτει τους βασικούς άξονες προτεραιότητας εστιάζοντας σε δραστηριότητες που συνδέονται με την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και την προστασία του περιβάλλοντος. Παρουσιάζονται στη συνέχεια οι τέσσερις τομείς που επηρεάζουν το κλίμα, το περιβάλλον, καθώς και την υγεία και ευημερία των πολιτών (Ευρωπαϊκή Ένωση, 2024).

Χώροι πρασίνου: Επισημαίνεται η ανάγκη της Ευρώπης να αποκτήσει περισσότερους χώρους πρασίνου, που θα την βοηθήσουν να θωρακιστεί έναντι των κλιματικών απειλών. Η ανάγκη των αστικών κέντρων για φυτεύσεις είναι κομβική, καθώς τα φυτά απορροφούν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και παράλληλα μειώνουν τη θερμοκρασία (Ευρωπαϊκή Ένωση, Χώροι πρασίνου, 2024).

Πράσινη κινητικότητα: Το αντίκτυπο του τομέα των μεταφορών στο αποτύπωμα άνθρακα είναι σημαντικό. Είναι συνεπώς απαραίτητη η υιοθέτηση καινοτόμων λύσεων για τις δημόσιες μεταφορές, που συμβάλλουν στη δημιουργία καθαρότερων και πιο πράσινων πόλεων (Ευρωπαϊκή Ένωση, Πράσινη κινητικότητα, 2024).

Πράσινες δεξιότητες: Η μετάβαση σε μια κλιματικά ουδέτερη οικονομία θα δημιουργήσει μια νέα πραγματικότητα με διαφορετικές απαιτήσεις, για την οποία πρέπει να προετοιμαστούμε. Στον νέο αυτό μετασχηματισμό της Κοινότητας νέες θέσεις εργασίας θα δημιουργηθούν, και άλλες θα αντικατασταθούν ή θα επαναπροσδιοριστούν (Ευρωπαϊκή Ένωση, Πράσινες δεξιότητες, 2024).

Πράσινα κτήρια: Με τον κατασκευαστικό τομέα να αποτελεί τον μεγαλύτερο καταναλωτή ενέργειας στην ΕΕ, αντιλαμβανόμαστε ότι η αναβάθμιση των κτηρίων είναι καθοριστικής σημασίας στον αγώνα για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής. Στην προσπάθεια αυτή, είναι αναγκαίο να βελτιώσουμε τους τρόπους κατασκευής των νέων κτηρίων και παράλληλα να ανακαινίσουμε τα υπάρχοντα ώστε να γίνουν φιλικότερα προς το κλίμα (Ευρωπαϊκή Ένωση, Πράσινα κτήρια, 2024).

Η δράση της ΕΕ επεκτείνεται σε πολλά ακόμη πεδία καταρτίζοντας νομοθεσία, πολιτικές και προγράμματα. Έτσι η Ένωση θέτει ως βασικές τις αρχές την ενεργειακή απόδοση και την ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τον ασφαλή και οικονομικό ενεργειακό εφοδιασμό της καθώς και τη διασύνδεση και ψηφιοποίηση της ενεργειακής αγοράς της. Για τη στήριξη των προσπαθειών η Ένωση επενδύει στην έρευνα και καινοτομία σε ευρωπαϊκό και διεθνές επίπεδο, που θα την βοηθήσει να κατανοήσει τα αίτια της κλιματικής αλλαγής και εν συνεχεία να τα αντιμετωπίσει αποτελεσματικά (Ευρωπαϊκή Ένωση, 2024).

2.3.2 Σημασία της εξοικονόμησης ενέργειας ως στρατηγική αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής

Η Εξοικονόμηση της Ενέργειας συνδέεται με την ορθολογική και αποδοτική χρήση της ενέργειας. Η ενέργεια που εξοικονομείται δεν σπαταλάται, και συνεπώς δεν απαιτείται και να παραχθεί. Κατά τη διαδικασία χρήσης ενέργειας, δηλαδή τη μετατροπή της από μια μορφή σε μια άλλη, το κρίσιμο σημείο είναι ο βαθμός απόδοσης της μετατροπής στην τελική μορφή που παραλαμβάνει ο χρήστης προκειμένου να τη χρησιμοποιήσει. Έτσι, όταν ο βαθμός απόδοσης μιας συσκευής είναι υψηλότερος και οι απώλειες ενέργειας λιγότερες, μειώνεται η καταναλισκόμενη ενέργεια για τη συγκεκριμένη χρήση και αυξάνεται η εξοικονόμηση. Συνεπώς κάθε προσπάθεια μείωσης των ενεργειακών απωλειών και αύξησης της ενεργειακής απόδοσης συμβάλλει στον περιορισμό κατασπατάλησης της ενέργειας, την εξοικονόμηση ενεργειακών και οικονομικών πόρων, την προστασία του περιβάλλοντος και συνολικά στην ανάσχεση των επιπτώσεων της Κλιματικής Αλλαγής (Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας, 2024).

Πυρήνας λοιπόν της στρατηγικής για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής είναι η εξοικονόμηση ενέργειας, η οποία αποτελεί και βασική αρχή της πολιτική της Ενεργειακής Ένωσης. Βασικό μέσο για την επίτευξη των στόχων της εξοικονόμησης ενέργειας, της μείωσης των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, την ενίσχυση της εφοδιαστικής ασφάλειας και τον βιώσιμο ενεργειακό εφοδιασμό αποτελούν τα μέτρα ενεργειακής απόδοσης. Ως ενεργειακή απόδοση περιγράφεται η μείωση της χρησιμοποιούμενης ενέργειας για την ίδια υπηρεσία, συμβάλλοντας έτσι στην εξοικονόμηση ενέργειας και τη μείωση των εκπομπών CO₂ (Γενική Διεύθυνση Επικοινωνίας, 2024).

Η Ένωση αναγνωρίζοντας τον καθοριστικό ρόλο της εξοικονόμησης ενέργειας στον αγώνα κατά της κλιματικής αλλαγής, κατέληξε το Δεκέμβριο του 2022 σε συμφωνία σύμφωνα με την οποία στα εθνικά σχέδια ανάκαμψης και ανθεκτικότητας που θα υποβάλλουν τα κράτη μέλη θα πρέπει να περιλαμβάνονται και μέτρα για την εξοικονόμηση ενέργειας, την παραγωγή καθαρής ενέργειας και τη διαφοροποίηση του ενεργειακού εφοδιασμού. Κύριος στόχος είναι εκτός από την ενίσχυση της ανεξαρτησίας της ΕΕ από τα ρωσικά καύσιμα, και η επιτάχυνση της πράσινης μετάβασης (Γενική Διεύθυνση Επικοινωνίας, 2024).

Η ΕΕ λοιπόν, σχεδιάζει μέτρα μείωσης της ζήτησης φυσικού αερίου, με την εξασφάλιση επαρκών αποθεμάτων για το χειμώνα, μέτρα μείωσης της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στα πλαίσια καταπολέμησης των υψηλών τιμών της ενέργειας, καθώς και ένα πλάνο εξοικονόμησης ενέργειας.

2.3.3 Θεσμικό πλαίσιο της ΕΕ και δράσεις για την εξοικονόμηση ενέργειας

Στα πλαίσια της προσπάθειας της ΕΕ για μεγαλύτερη ενεργειακή απόδοση, την τελευταία δεκαετία έχει εξελιχθεί σημαντικά και η νομοθεσία προς αυτή την κατεύθυνση. Υπό το φως της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας του 2021 η ΕΕ αναθεωρεί και βελτιώνει συνεχώς το νομοθετικό της πλαίσιο για την ενεργειακή απόδοση που θεσπίστηκε το 2018, ώστε να επιτύχει τους κλιματικούς της στόχους.

Το Άρθρο 194 της Συνθήκης για τη λειτουργία της Ευρωπαϊκής Ένωσης αποτελεί τη νομική βάση της πολιτικής της ΕΕ για την ενεργειακή απόδοση. Τον Δεκέμβριο του 2012 τέθηκε σε ισχύ η Οδηγία (2012/27/ΕΕ), που υποχρέωνε τα μέλη της να θέτουν ενδεικτικούς εθνικούς στόχους ενεργειακής απόδοσης, με σκοπό τη διασφάλιση του πρωταρχικού στόχου για μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης της Ένωσης κατά 20% τουλάχιστον μέχρι το 2020. Επιπλέον με την Οδηγία εισήχθησαν μια δεσμευτική δέσμη μέτρων για να στηρίξει τα κράτη μέλη να επιτύχουν αυτόν τον στόχο, καθώς και νομικά δεσμευτικοί κανόνες προς τους τελικούς χρήστες και τους προμηθευτές ενέργειας. Για τον έλεγχο της προόδου τους, τα κράτη μέλη όφειλαν να δημοσιεύσουν τα τριετή εθνικά σχέδια δράσης τους για την ενεργειακή απόδοση.

Τον Νοέμβριο του 2018 εισάγεται νέα Οδηγία, με στόχο τη μείωση της κατανάλωσης πρωτογενούς και τελικής ενέργειας της ΕΕ στο 32,5 % έως το 2030. Με τη νέα οδηγία

επιβάλλεται στα κράτη μέλη να εφαρμόσουν περαιτέρω μέτρα που θα στοχεύουν στη μείωση της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας κατά μέσο όρο 4,4% έως το 2030. Παράλληλα σύμφωνα με τον κανονισμό (ΕΕ) 2018/1999, τα μέλη της Ένωσης καλούνται να υποβάλλουν προτάσεις εθνικών ενεργειακών στόχων και να θεσπίσουν δεκαετή εθνικά κλιματικά σχέδια (NECP) για την περίοδο 2021-2030, υποβάλλοντας τώρα διετείς εκθέσεις για αξιολόγηση της προόδου τους από την Επιτροπή. (Ciucci, 2023)

Ως μέρος της δέσμης «Fit for 55» και για τη νομοθετική ενσωμάτωση της αρχής προτεραιότητας στην ενεργειακή απόδοση στον πυρήνα της Ενεργειακής Ένωσης, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προχώρησε τον Ιούλιο του 2021 στην αναδιατύπωση της Οδηγίας (EED), προτείνοντας την αύξηση του ετήσιου στόχου ενεργειακής απόδοσης σε τουλάχιστον 9% έως το 2030 σε σύγκριση με το σενάριο αναφοράς του 2020, καθώς και την υποχρέωση των κρατών-μελών να διασφαλίζουν την αξιολόγηση των λύσεων εξοικονόμησης ενέργειας, προτού προβούν σε αποφάσεις σχεδιασμού και σημαντικές επενδύσεις (Widuto, 2022).

Σε συνέχεια της κρίσης ενεργειακού εφοδιασμού που προκλήθηκε από την επίθεση της Ρωσίας κατά της Ουκρανίας, η Επιτροπή θέτοντας σε εφαρμογή το σχέδιο REPowerEU, για την μεγαλύτερη ανεξαρτητοποίηση από τα ρωσικά ορυκτά καύσιμα και τον μετριασμό των υψηλών τιμών ενέργειας, προτείνει τον Μάιο του 2022 νέα αναθεώρηση με περαιτέρω αύξηση του στόχου από 9% σε 13%. Τους επόμενους μήνες η οδηγία συμπληρωνόταν συνεχώς με την εισαγωγή νέων στόχων για τη μείωση της ζήτησης στην εσωτερική αγορά ενέργειας. Τελικώς τον Οκτώβριο του 2023 τέθηκε σε ισχύ η νέα οδηγία για την ενεργειακή απόδοση (οδηγία (ΕΕ) 2023/1791), με την οποία το Κοινοβούλιο έθεσε υψηλότερα τον πήχη της εξοικονόμησης ενέργειας, μειώνοντας το στόχο της τελικής κατανάλωσης ενέργειας της Ένωσης μέχρι το 2030 στο 11,7%, σε σύγκριση με τις προβλέψεις του 2020, που συνεπάγεται ότι τα Κ-Μ θα πρέπει να εξοικονομούν 1,5% κατά μέσο όρο ετησίως (Ciucci, 2023). Ειδικότερα, η εξοικονόμηση ενέργειας μέχρι το τέλος του 2025 θα πρέπει να είναι 1,3% ετησίως, ώστε να φτάσει σταδιακά στο τέλος του 2030 στο 1,9%. Οι στόχοι αυτοί προϋποθέτουν τη συμμετοχή στην προσπάθεια όλων των τομέων όπως δημόσια διοίκηση, κτίρια, επιχειρήσεις, κέντρα δεδομένων, με τη λήψη επιμέρους τοπικών, περιφερειακών και εθνικών μέτρων. (Γενική Διεύθυνση Επικοινωνίας, 2024).

2.3.4 Μακροπρόθεσμοι στόχοι στα πλαίσια της ενεργειακής στρατηγικής

Μακροπρόθεσμο όραμα της ΕΕ είναι να καταστεί κλιματικά ουδέτερη μέχρι το 2050, δηλαδή μια κοινωνία ανθεκτική στην κλιματική αλλαγή και πλήρως προσαρμοσμένη στις αναπόφευκτες επιπτώσεις της. Με άξονα την κλιματική ουδετερότητα τα μέλη της Ένωσης έχουν θέσει υψηλούς στόχους αποτελώντας παγκόσμιο παράδειγμα, αν και η ίδια είναι υπεύθυνη μόνο για το 8% των αέριων.

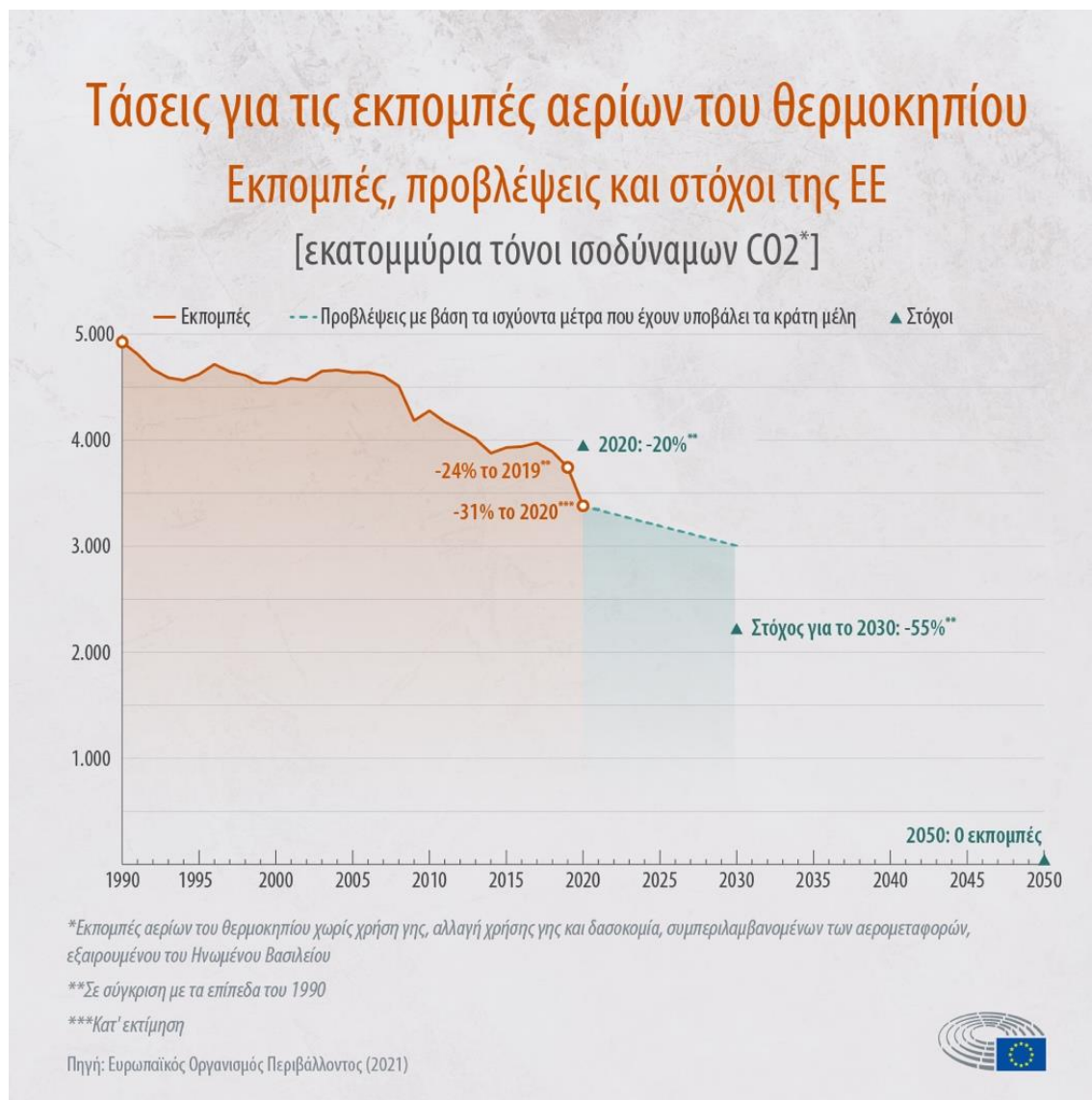
Μέρος της στρατηγικής της ΕΕ για την κλιματική ουδετερότητα αποτελεί η δέσμη «Fit for 55», δηλαδή η προσαρμογή των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου των κρατών - μελών στο στόχο του 55% μέχρι το 2030 και τελικό στόχο την κλιματικά ουδέτερη ΕΕ έως το 2050. Αφορά σε μια σειρά προτάσεων και πρωτοβουλιών που στοχεύουν στην αναθεώρηση του ισχύοντος θεσμικού πλαισίου, για την νομοθετική κατοχύρωση των κλιματικών στόχων, και θέτει κανόνες αναφορικά με την ενέργεια, τις μεταφορές, την εμπορία, τις μειώσεις εκπομπών, τη χρήση γης κλπ. (Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, 2024).

Το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, κατά τη θέσπιση του μακροπρόθεσμου στόχου του τον Δεκέμβριο του 2019, επισήμανε την σπουδαιότητα αυτής της μετάβασης καθώς παρέχει παράλληλα σημαντικές ευκαιρίες ανάπτυξης για την οικονομία, την αγορά εργασίας και την τεχνολογία. Κατόπιν αυτού οι ηγέτες των μελών της Ένωσης παρότρυναν την Ευρωπαϊκή Επιτροπή να θέσει σε ενεργοποίηση την Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία, αναγνωρίζοντας επιπλέον την κρισιμότητα να εξασφαλιστεί η οικονομική αποδοτικότητα, καθώς και η κοινωνική ισορροπία και δικαιοσύνη της πράσινης μετάβασης.

Προκειμένου να καταφέρουν να επιτύχουν τον στόχο του 2030, τα Κ-Μ ζήτησαν από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή να τους στηρίξει σε αυτή την προσπάθεια υποβάλλοντας προτάσεις βελτίωσης των προτύπων πράσινης χρηματοδότησης, προώθησης φιλικής προς το κλίμα καινοτομίας, ενίσχυσης του συστήματος εμπορίας εκπομπών της ΕΕ κ.α. Τελικώς, τον Ιούλιο του 2021, κατοχυρώθηκε στο Ενωσιακό Δίκαιο το ευρωπαϊκό νομοθέτημα για το κλίμα, πυρήνας της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας, κατά το οποίο όλα τα μέλη της ΕΕ είναι υποχρεωμένα να κατακτήσουν τους κλιματικούς στόχους του 2030 και 2050 (Ευρωπαϊκή Ένωση, Κλιματική αλλαγή, 2024).

Για την επίτευξη των μακροπρόθεσμων στόχων της, η ΕΕ θεσπίζει μια σειρά μέτρων, που εστιάζουν στην εξοικονόμηση ενέργειας (αναθεωρημένη οδηγία για την ενεργειακή

απόδοση - EED), στην αποδοτικότερη ενεργειακά οικοδόμηση και ανακαίνιση κτηρίων, στην ταχύτερη μετάβαση στη βιώσιμη και έξυπνη κινητικότητα, στον οικολογικό σχεδιασμό για βιώσιμα προϊόντα, στην απαλλαγή του περιβάλλοντος από τοξικές ουσίες και ρύπους (Widuto, 2022).



Εικόνα 2.6 Τάσεις για εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (European Environment Agency, 2021)

3 Κατανάλωση και εξοικονόμηση ενέργειας στον κτηριακό τομέα

Πέραν των κλιματικών συνθηκών και της χρήσης, η κατανάλωση ενέργειας του κτηριακού αποθέματος συνδέεται άμεσα και με την ηλικία του. Το 90% των κτηρίων στην Ευρώπη κατασκευάστηκε πριν το 1990 και το 50% περίπου πριν το 1970, με το 75% να κρίνεται μη αποδοτικό, σύμφωνα με τα ισχύοντα ενεργειακά πρότυπα, καθώς πριν το 1970 σπάνια εφαρμόζονταν κανονισμοί του οικοδομικού κώδικα σχετικά με τα επίπεδα ενεργειακής απόδοσης. Επιπλέον το γεγονός ότι το μεγαλύτερο μέρος του κτηριακού αποθέματος της ΕΕ σήμερα θεωρείται ενεργειακά μη αποδοτικό, οφείλεται και στο χαμηλό ποσοστό ανακαινίσεων (Filippidou & Jimenez Navarro, 2019).

3.1 Ανάλυση κτηριακού αποθέματος στην Ελλάδα

Το κτηριακό αποθεματικό της Ελλάδας, όπως καταγράφηκε από την Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ) κατά την Απογραφή Κτηρίων του 2011, αποτελείται σε ποσοστό 95,4% από κατοικίες. Το υπόλοιπο αφορά σε κτήρια του τριτογενή τομέα, και ειδικότερα σε εμπορικά καταστήματα (1,4%), γραφεία και άλλα κτήρια (1,1%), νοσοκομεία (0,8%), ξενοδοχεία και εστιατόρια (0,5%), σχολεία και εκπαιδευτικά ιδρύματα (0,4%), καθώς και αποθήκες και άλλες χρήσεις (0,4%) (ΥΠΕΝ/Δ ΕΠΕΑ/20334/148 , 2021).

ΧΡΗΣΗ ΚΤΗΡΙΟΥ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΤΗΡΙΩΝ
ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ	4.631.528
ΤΡΙΤΟΓΕΝΗΣ ΤΟΜΕΑΣ	221.643
Ξενοδοχεία και εστιατόρια	24.109
Σχολεία και εκπαιδευτικά ιδρύματα	19.167
Γραφείο και άλλα κτήρια	53.064
Νοσοκομεία, κλινικές	38.664
Εμπορικά Καταστήματα	65.957
Αποθήκες	20.374
Ψυκτικές αποθήκες	308
ΣΥΝΟΛΟ	4.853.172

Πίνακας 3.1. Κατανομή ελληνικών κτηρίων ανά χρήση

Από τα στοιχεία του Πίνακα 3.1 συμπεραίνουμε ότι το 97% του κτηριακού αποθεματικού της Ελλάδας ανήκει σε ιδιώτες, το 2,9% στο δημόσιο ενώ το υπόλοιπο 0,1% είναι μεικτής ιδιοκτησίας. (ΕΛΣΤΑΤ, 2015).

3.1.1 Κτηριακό απόθεμα δημόσιου τομέα στην Ελλάδα

Ως δημόσια χαρακτηρίζονται τα κτήρια στα οποία στεγάζονται δημόσιες υπηρεσίες, με δυνατότητα επίσκεψης του κοινού, και τα οποία ανήκουν ή ελέγχονται από δημόσιους φορείς. Σύμφωνα με στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ, το 34% των κτηρίων που στεγάζουν δημόσιες υπηρεσίες, δηλαδή περίπου 65.000 κτήρια, αποτελούν κρατική ιδιοκτησία. Τα κτήρια αυτά έχουν σχεδιαστεί και κατασκευαστεί σε διάφορες χρονικές και ιστορικές περιόδους, προκειμένου να καλύψουν κατά περίπτωση, και διαφορετικές ανάγκες από αυτές που εξυπηρετούν σήμερα. Αποτέλεσμα αυτού είναι να υπάρχει διαφοροποίηση ως προς τα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά και τις εγκαταστάσεις τους, ενώ λόγω της παλαιότητας η πλειοψηφία τους δεν πληροί τα σημερινά πρότυπα ενεργειακής αποδοτικότητας.

Κατά την απογραφή κτηρίων του 2011, το πλήθος των κτηρίων που στεγάζουν δημόσιες υπηρεσίες ανέρχεται σε συνολικά 112.056. Επιπλέον το μεγαλύτερο ποσοστό (37,2%) των δημοσίων κτηρίων είναι εκκλησίες, το 14,2% λειτουργεί ως σχολεία, ενώ σχετικά με το πλήθος των κτηρίων μεικτής ιδιοκτησίας η πλειοψηφία (33,1%) χρησιμοποιείται ως κατοικία και το 18,2% είναι μικτής χρήσης (ΕΛΣΤΑΤ, 2015).

Στον Πίνακα 3.2 παρουσιάζονται τα στοιχεία αναφορικά με τον φορέα ιδιοκτησίας και τον φορέα χρήσης των δημόσιων κτηρίων (ΥΠΕΝ/Δ ΕΠΕΑ/20334/148 , 2021).

Φορέας-Χρήστης	Σύνολο κτηρίων	Φορέας ιδιοκτησίας		
		Δημόσιο	Ιδιώτης	Και οι δύο
Κεντρική / Αποκεντρωμένη Διοίκηση	4.141	3.449	631	61
ΟΤΑ και φορείς τους	31.137	28.791	2.111	265
Άλλα Ν.Π.Δ.Δ.	57.959	55.838	1.876	245
Άλλα Ν.Π.Ι.Δ.	18.789	4.772	12.958	1.059

Πίνακας 3.2. Ιδιοκτησιακό καθεστώς δημόσιων κτηρίων (ΥΠΕΝ/ΔΕΠΕΑ/85251/242, 2018)

Το 39% περίπου του τριτογενή τομέα, όπου κατατάσσονται και τα δημόσια κτήρια, έχει οικοδομηθεί πριν το 1980, το 59% μέχρι το 2010, ενώ το υπόλοιπο 2% μετά το 2010.

Διαπιστώνεται συνεπώς ότι στον τριτογενή τομέα ο ρυθμός αντικατάστασης των παλαιών κτηρίων με νεόδμητα είναι μεγαλύτερος (ΥΠΕΝ/Δ ΕΠΕΑ/20334/148 , 2021).

3.2 Πρακτικές συντήρησης κτηρίων που εφαρμόζονται σε Ευρώπη και Ελλάδα

Το κτηριακό χαρτοφυλάκιο της ΕΕ παρουσιάζει σημαντικές ανισότητες ως προς την ηλικία, τη χρήση και τις ανάγκες του. Επιπλέον σημαντικές διαφοροποιήσεις παρατηρούνται και σε άλλα χαρακτηριστικά των κτηρίων όπως το μέγεθος, η κατασκευή, οι ενεργειακές απαιτήσεις, το περιφερειακό κλίμα και τα χαρακτηριστικά ενεργειακού εφοδιασμού.

Λόγω της έλλειψης ενημέρωσης σχετικά με τα ποικίλα οφέλη και της αντίληψης ότι απαιτείται η επένδυση μεγάλων χρηματικών ποσών, οι ανακαινίσεις κτηρίων αποφεύγονται μέχρι και σήμερα καθώς θεωρούνται δύσκολα και απαιτητικά έργα. Συγκεκριμένα εκτιμάται ότι σήμερα ένα ελάχιστο μόνο ποσοστό (0,4 - 1,2%) του κτηριακού αποθέματος της ΕΕ ανακαινίζεται ετησίως, με έντονες διαφοροποιήσεις μεταξύ των κρατών-μελών, και μόλις 1% των ανακαινίσεων έχουν ως στόχο τον περιορισμό της ενεργειακής κατανάλωσης (Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, 2024).

Σήμερα το μεγαλύτερο μέρος των ανακαινίσεων που διενεργούνται δεν εφαρμόζει όλες τις δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας που παρέχει η σύγχρονη τεχνολογία. Σύμφωνα με εκτιμήσεις του Buildings Performance Institute Europe (BPIE), το 85% των ανακαινίσεων που διενεργήθηκαν αφορούσαν σε μικρές επεμβάσεις, όπως αντικατάσταση λέβητα συμπίκνωσης, ενώ μόνο το 10% σε μεγαλύτερες ανακαινίσεις, όπως μόνωση. Παράλληλα άλλες έρευνες αναφέρουν ότι στην πλειονότητα των ανακαινίσεων εκτελούνται κυρίως εργασίες μικρής κλίμακας χαμηλού προϋπολογισμού και πραγματοποιούνται όταν έχει επέλθει πλέον η ανάγκη λόγω παλαιότητας, φθοράς κ.α. Παράλληλα καθώς το κτηριακό απόθεμα της Ευρώπης παρουσιάζει σημαντικές διαφοροποιήσεις ως προς τα χαρακτηριστικά του, είναι δύσκολο να βρεθεί και να εφαρμοστεί μια ενιαία λύση για το σύνολο των κτηρίων. Ένας ακόμη παράγοντας που δρα επιβαρυντικά στην αναβάθμιση των κτηρίων σε οικονομικά αποδοτικότερα είναι η ποικιλία στο ιδιοκτησιακό καθεστώς και στον κατασκευαστικό τομέα (Filippidou & Jimenez Navarro, 2019).

Συνεπώς με δεδομένη την παλαιότητα του κτηριακού χαρτοφυλακίου και τον σχετικά χαμηλό αριθμό νεόδμητων κτηρίων συμπεραίνουμε ότι η διενέργεια ενεργειακών αναβαθμίσεων υφιστάμενων κτηρίων είναι καθοριστική στα πλαίσια επίτευξης των στόχων της ΕΕ για το 2050 (Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, 2024).

3.3 Ενεργειακή κατανάλωση στον κτηριακό τομέα

Σήμερα ο κτηριακός κλάδος θεωρείται κύριος υπεύθυνος της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας, καθώς σε παγκόσμιο επίπεδο είναι υπαίτιος για το 40% της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας, που ισοδυναμεί κάθε χρόνο με 2.500 Mtoe, και για το 30% περίπου των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (GHG) που συνδέονται με την ενέργεια (Chauhan, 2014).

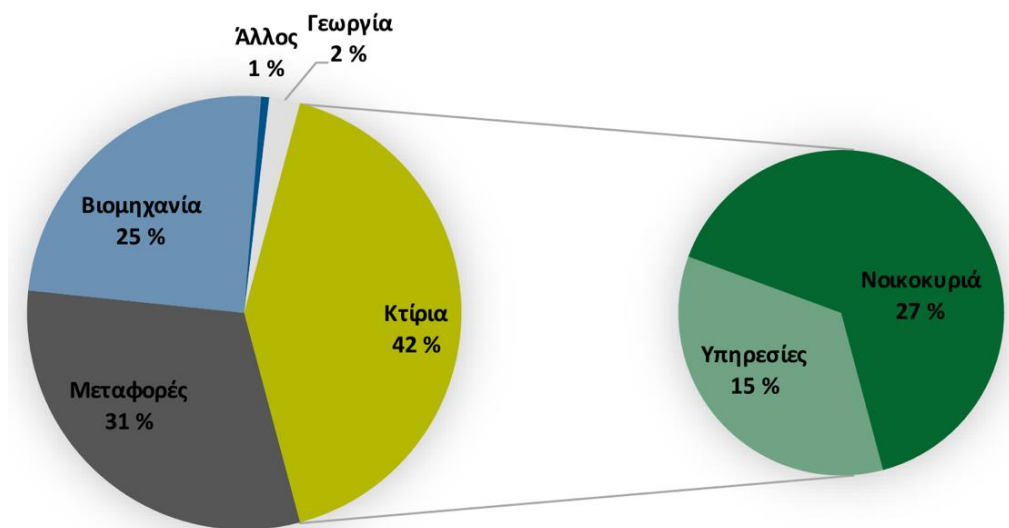
Τα κτήρια καταναλώνουν ενέργεια με διάφορους τρόπους, με την ενεργειακή κατανάλωση να διακρίνεται σε πέντε βασικές φάσεις. Η πρώτη φάση αφορά στην κατασκευή των δομικών υλικών, δηλαδή υλικά με υψηλότερα ενσωματωμένο ενεργειακό περιεχόμενο και μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών CO₂ όπως το σκυρόδεμα, το αλουμίνιο και ο χάλυβας, τα οποία χαρακτηρίζονται ως ενσωματωμένη ενέργεια. Η δεύτερη και η τρίτη φάση αναφέρονται στη γκρίζα ενέργεια, δηλαδή αυτή που χρησιμοποιείται για τη μεταφορά υλικών από τα εργοστάσια παραγωγής στο εργοτάξιο, καθώς και στην επαγόμενη ενέργεια που χρησιμοποιείται στην πραγματική κατασκευή του κτηρίου. Κατά την τέταρτη φάση η ενέργεια καταναλώνεται στη φάση λειτουργίας του κτηρίου (ενέργεια λειτουργίας), η οποία υπολογίζεται συνήθως από 60 έως 80 έτη. Σήμερα η περισσότερη ενέργεια καταναλώνεται κατά τη φάση λειτουργίας του κτηρίου, προκειμένου να εξασφαλιστούν στους ενοίκους συνθήκες άνεσης, με περισσότερη από τη μισή καταναλισκόμενη ενέργεια να προορίζεται για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης, ψύξης, αερισμού και φωτισμού (Daemei, Eghbali, & Khotbehsara, 2019). Κατά την τελική φάση η ενέργεια καταναλώνεται στη διαδικασία κατεδάφισης των κτηρίων και στην ανακύκλωση των μερών τους (ενέργεια ανακύκλωσης κατεδάφισης) (Chauhan, 2014).

Σημαντική επίδραση στη διαμόρφωση της τελικής ενεργειακής κατανάλωσης των κτηρίων έχει ακόμη η έλλειψη βασικών γνώσεων ορθολογικής χρήσης και διαχείρισης της ενέργειας, που έχει σαν αποτέλεσμα την κατανάλωση υπερβολικών ποσοτήτων ενέργειας,

λόγω χρήσης συσκευών χαμηλής απόδοσης, κακής ή ανύπαρκτης συντήρησης των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης κ.α. (Κονιδάρη, 2017)

3.3.1 Ενεργειακές απαιτήσεις κτηρίων σε Ευρώπη και Ελλάδα

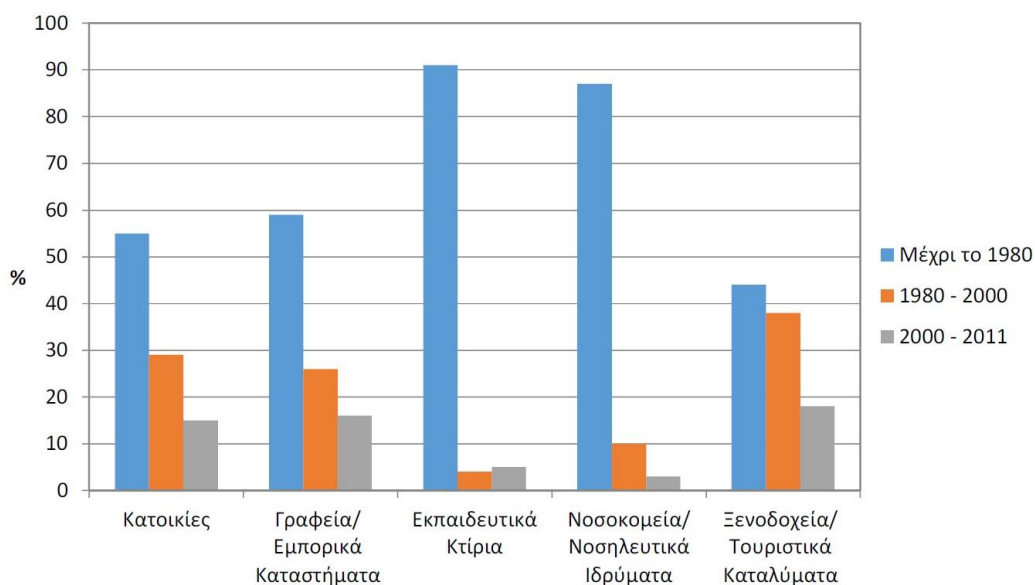
Η ενέργεια χρησιμοποιείται από όλους τους τομείς της οικονομίας, με τον κτηριακό τομέα να θεωρείται ο μεγαλύτερος καταναλωτής στην ΕΕ. Σήμερα η ενεργειακή απόδοση των κτηρίων στην ΕΕ κρίνεται ανεπαρκής, κατατάσσοντας τον κλάδο στην κορυφή των σημαντικότερων πηγών CO₂ στην Ευρώπη. Σύμφωνα με έκθεση του ΚΚΕρ (Κοινό Κέντρο Ερευνών), τα 2/3 του κτηριακού αποθέματος της Ευρώπης χαρακτηρίζονται ενεργειακά μη αποδοτικά, το 1/3 περίπου είναι άνω των 50 ετών ενώ πάνω από το 40% οικοδομήθηκε πριν το 1960, με το 85-95% αυτών να εκτιμάται ότι θα συνεχίσει να υφίσταται και να χρησιμοποιείται μέχρι το 2050 (Widuto, 2022). Επιπλέον στα κτήρια αποδίδεται το 40% της συνολικής τελικής κατανάλωσης ενέργειας (FEC) (Διάγραμμα 3.1), με το 54% αυτής να προορίζεται για θέρμανση και ψύξη, καθώς και το 36% των άμεσων και έμμεσων σχετιζόμενων με την ενέργεια εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (Filippidou & Jimenez Navarro, 2019). Στα πλαίσια λοιπόν της μακροπρόθεσμης στρατηγικής της ΕΕ (EU LTS) και της επίτευξης του στόχου της κλιματικής ουδετερότητας της ΕΕ γίνεται κατανοητό ότι η ενίσχυση της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων είναι καθοριστικής σημασίας (Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, 2024).



Διάγραμμα 3.1 Κατανάλωση ενέργειας κτηρίων στην ΕΕ ανά τομέα για το 2017 (Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο, 2020)

Ομοίως **σε εθνικό επίπεδο** η συμβολή των κτηρίων στο ενεργειακό ζήτημα είναι καθοριστική, καθώς αποτελεί τον τομέα με τη μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας, η οποία αγγίζει τα 6.605 Ktoe και αντιστοιχεί σε ποσοστό 42% της συνολικής τελικής ενεργειακής κατανάλωσης (ΥΠΕΝ/Δ ΕΠΕΑ/20334/148 , 2021).

Τα περισσότερα κτήρια στην Ελλάδα, κατασκευασμένα πριν το 1980, χαρακτηρίζονται ως ενεργοβόρα, που οφείλεται κυρίως στην απουσία θερμομονωτικής προστασίας, τη χρήση κουφωμάτων παλιάς τεχνολογίας, την ελλιπή συντήρηση των συστημάτων θέρμανσης-ψύξης. Η πλειονότητα του κτηριακού δυναμικού της Ελλάδας, που αντιστοιχεί σε ποσοστό περίπου 58%, οικοδομήθηκε πριν το 1980, όταν δεν είχε θεσμοθετηθεί ακόμη ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων. Αποτέλεσμα αυτού είναι τα κτήρια να παρουσιάζουν κακή ενεργειακή απόδοση, καθώς στερούνται θερμικής μόνωσης και διαθέτουν παλιάς τεχνολογίας ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις τους, σε περίπτωση μη ανακαίνισης. Συγκεκριμένα από τα αποτελέσματα της απογραφής προκύπτει ότι τα 2/3 των κτηρίων που κατασκευάστηκαν πριν το 1981 και το 40% περίπου αυτών που χρονολογούνται μεταξύ 1981-1990, δεν διαθέτουν μόνωση, ενώ βελτιωμένη κατάσταση παρουσιάζουν τα κατασκευασμένα μετά το 2001 κτήρια, με το ποσοστό των μη προστατευμένων μονωτικά να μειώνεται στο 9% (ΥΠΕΝ/Δ ΕΠΕΑ/20334/148 , 2021). Στο Διάγραμμα 3.2 παρουσιάζονται ανά χρονική περίοδο, τα ποσοστά κατασκευής κτηρίων ανά χρήση.



Διάγραμμα 3.2. Χρονική περίοδος κατασκευής κτηρίων ανά χρήση (ΥΠΕΝ/Δ ΕΠΕΑ/20334/148 , 2021)

Συνοψίζοντας, μετά το 1991 σημειώνεται πρόοδος στη μονωτική προστασία των κτηρίων, αν και μεγάλο μέρος του κτηριακού αποθέματος συνεχίζει να παρουσιάζει σημαντικές ελλείψεις, με άμεσο αντίκτυπο στην τελική κατανάλωση ενέργειας (ΕΛΣΤΑΤ, 2015). Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι τα διαφορετικά επίπεδα κατανάλωσης των κτηρίων σχετίζονται άμεσα με την περίοδο κατασκευής τους και την διαφορετική ενεργειακή ζήτηση. Έτσι τα κτήρια της περιόδου 1981-2000 καταναλώνουν περισσότερη ενέργεια, ενώ τα πιο σύγχρονα παρουσιάζουν καλύτερη ενεργειακή απόδοση που οφείλεται κυρίως στην αύξηση της μόνωσης του κελύφους τους σε συνδυασμό με τα υψηλότερης απόδοσης συστήματα θέρμανσης, όπως η αντλία αέρα θερμότητας, που εξομαλύνουν τις διαφορές (Filippidou & Jimenez Navarro, 2019).

Συγκεκριμένα από το σύνολο των κτηρίων 7 στα 10 είναι χωρίς μόνωση, με ελλιπή-μερική μόνωση το 10% και με πλήρη μόνωση μόνο το 20%. Παράλληλα το κτηριακό αποθεματικό της Ελλάδας χαρακτηρίζεται από έντονο ενεργειακό και περιβαλλοντικό αποτύπωμα, που οφείλεται κυρίως στη χρήση φυσικών πόρων, καθώς και στην παραγωγή αποβλήτων και ρυπογόνων ουσιών (Μπαλαράς, Δασκαλάκη, & Βιτάλη, 2014).

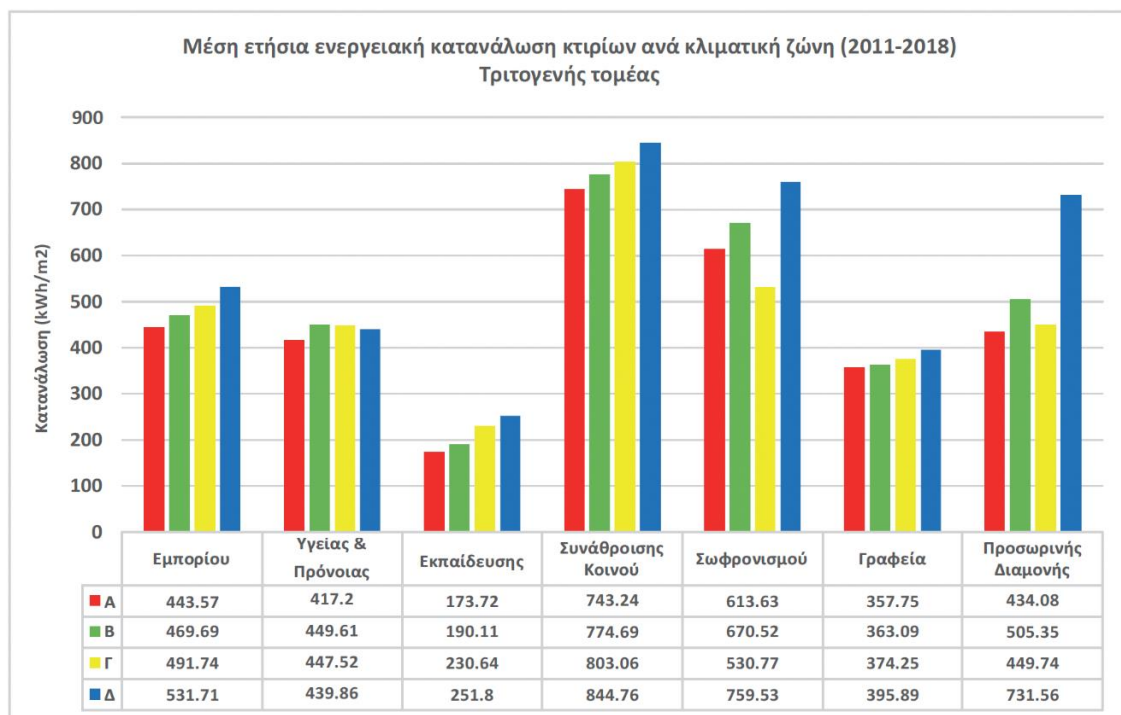
3.3.2 Διάρθρωση ενεργειακής κατανάλωσης και παράγοντες που την επηρεάζουν

Οι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την κατανάλωση ενέργειας στα κτήρια είναι ο τύπος του κτηρίου, η τοποθεσία του, το επίπεδο της τοπικής οικονομικής δραστηριότητας, καθώς και ο σύγχρονος τρόπος ζωής με τις αυξανόμενες ανθρώπινες ανάγκες. Επιπλέον επιβαρυντικό ενεργειακά παράγοντα συνιστά σήμερα η εκτεταμένη χρήση στα ελληνικά κτήρια συσκευών και εξοπλισμού υψηλών ενεργειακών απαιτήσεων, το μεγαλύτερο μέρος των οποίων στερείται σύγχρονων προτύπων υψηλής ενεργειακής αποτελεσματικότητας (Maleviti, Mulugetta, & Wehrmeyer, 2012).

Σύμφωνα με την *Οδηγία 27/2012/ΕΕ* του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, η ενέργεια που καταναλώνεται σε κατοικίες, δημόσια και εμπορικά κτήρια προορίζεται κυρίως για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης και ψύξης των χώρων, την παραγωγή ζεστού νερού, καθώς και άλλες ενεργειακές χρήσεις, όπως ηλεκτρικό ρεύμα για τη λειτουργία συστημάτων, συσκευών και λοιπού εξοπλισμού του κτηρίου. Επισημαίνεται ότι η αύξηση της ενεργειακής ζήτησης οφείλεται κυρίως στην αυξημένη ανάγκη για ηλεκτρική ενέργεια και λιγότερο για κατανάλωση προϊόντων πετρελαίου, ενώ τα

τελευταία χρόνια σημαντική αύξηση παρουσιάζει και η χρήση φυσικού αερίου. Ενδεικτικά τα κτήρια χρησιμοποιούν το 67% της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας και συμβάλλουν σε ποσοστό 43% περίπου στις συνολικές εκπομπές CO₂ (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 2012). Περαιτέρω αύξηση αναμένεται τα επόμενα χρόνια, με τις εκτιμήσεις να δείχνουν ότι μέχρι το 2050 το ποσοστό αύξησης της κατανάλωσης ενέργειας μόνο για ψύξη παγκοσμίως θα είναι 150%.

Στο Διάγραμμα 3.3 παρουσιάζονται οι μέσες καταναλώσεις ενέργειας¹ (kWh/m²/y) στον τριτογενή τομέα ανά χρήση κτηρίου και κλιματική ζώνη, με βάση τα δεδομένα από την έκδοση των Πιστοποιητικών Ενεργειακής Απόδοσης. Σύμφωνα με τα στοιχεία, τα κτήρια συνάθροισης κοινού είναι τα πιο ενεργοβόρα. Η κατανάλωση ενέργειας στα κτήρια εκπαίδευσης για την κάλυψη των υψηλών θερμικών αναγκών τους, είναι μεγαλύτερη στις ψυχρές κλιματικές ζώνες, ενώ τα κτήρια γραφείων και εμπορίου παρουσιάζουν παρόμοια ενεργειακή κατανάλωση σε όλες τις κλιματικές ζώνες. Όσον αφορά στα κτήρια υγείας, η κατανάλωση ενέργειας είναι μεγαλύτερη στην κλιματική ζώνη B, για την κάλυψη των αναγκών σε κλιματισμό (ΥΠΕΝ/Δ ΕΠΕΑ/20334/148 , 2021).



Διάγραμμα 3.3: Μέση ετήσια ενεργειακή κατανάλωση κτηρίων τριτογενή τομέα ανά κλιματική ζώνη (2011-2018) (ΥΠΕΝ/Δ ΕΠΕΑ/20334/148 , 2021)

¹ Επισημαίνεται ότι, η υπολογισθείσα κατανάλωση των αναφερθέντων κτηρίων είναι θεωρητική (αφορά τα χαρακτηριστικά του κτιρίου) και όχι πραγματική (με βάση τη λειτουργία του κτηρίου από τους χρήστες και με βάση τις πραγματικές καταναλώσεις των λογαριασμών).

3.3.3 Ενεργειακή συμπεριφορά δημόσιων κτηρίων και η συμβολή τους στην ενεργειακή κρίση

Ο δημόσιος τομέας ελέγχει το 12% του συνολικού κτηριακού αποθέματος της ΕΕ, είτε ως ιδιοκτήτης είτε ως απλός διαχειριστής. Για την κάλυψη των κτηριακών αναγκών εκτιμάται ότι ετησίως δαπανάται το 17% του ΑΕΠ της ΕΕ και περίπου το 40% του κύκλου εργασιών των έργων κατασκευής (Smartspaces, 2012).

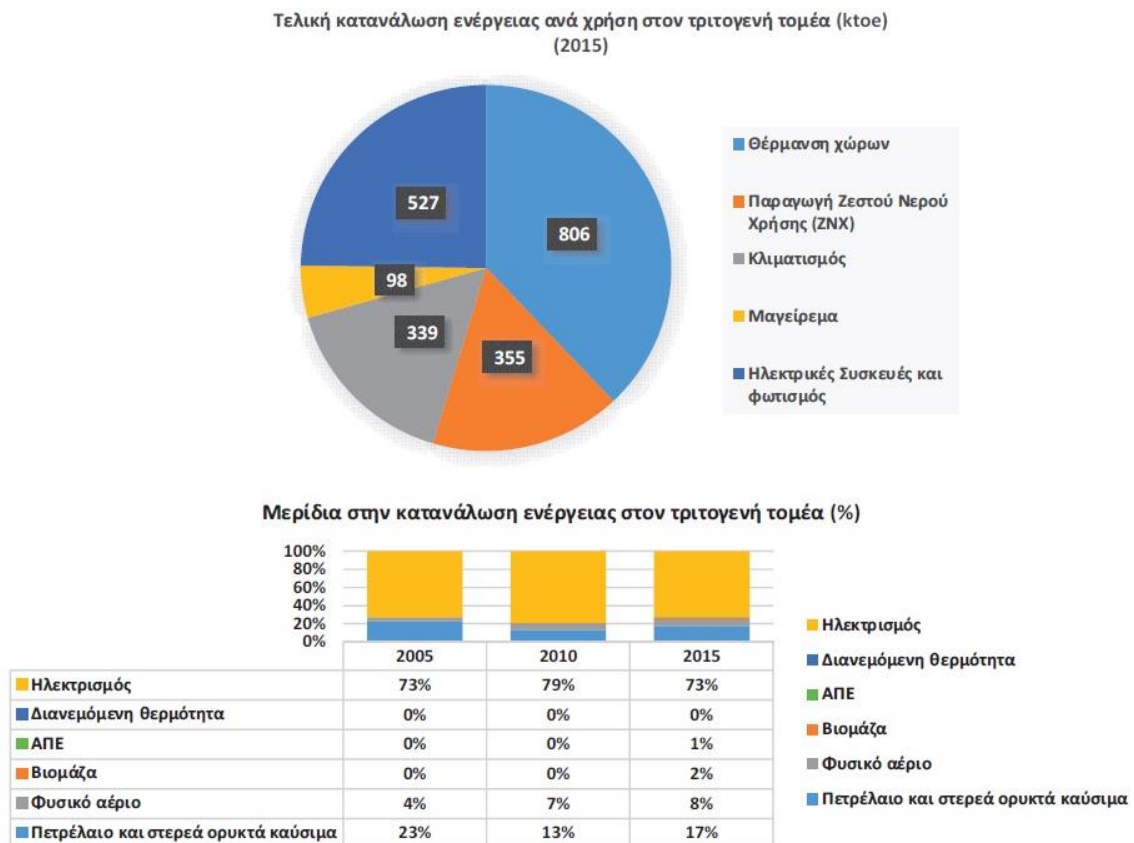
Σε εθνικό επίπεδο το 34% του κτηριακού δυναμικού που φιλοξενεί δημόσιες υπηρεσίες ανήκει στο κράτος, σύμφωνα με στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ. Ένα πολύ μικρό ποσοστό αυτών των κτηρίων έχει σχεδιαστεί με πρότυπα ενεργειακής απόδοσης, ενώ όσον αφορά στους χρήστες τους παρατηρείται απουσία ευαισθητοποίησης σχετικά με τα ενεργειακά ζητήματα, που οφείλεται κυρίως στην ελλιπή γνώση και ενημέρωση επί αυτών.

Οι ετήσιες ενεργειακές δαπάνες των δημόσιων κτηρίων στην Ελλάδα υπολογίζονται πάνω από 450 εκατ. ευρώ. Από έρευνα του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας προκύπτει ότι, εάν εφαρμοστούν μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί μέση ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας ίση με 22% της προβλεπόμενης συμβατικής κατανάλωσης στα νεόδμητα ή ανακαινιζόμενα δημόσια κτήρια, που ισοδυναμεί με 140.000 Tοe ανά έτος. Στα πλαίσια της ίδιας έρευνας διαπιστώθηκαν ότι εφαρμόζοντας μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας στα κτήρια, μειώνονται ετησίως κατά 425 χιλιάδες τόνους οι μέσες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, επιφέροντας παράλληλα οικονομικό όφελος ύψους 110 εκατομμυρίων ευρώ (ΚΑΠΕ, 2024).

Σύμφωνα με στοιχεία του Υπουργείου Περιβάλλοντος & Ενέργειας σχετικά με τις ενεργειακές επιθεωρήσεις κτηρίων, το έτος 2021 εκδόθηκαν μόνο 770 Π.Ε.Α. για κτήρια δημόσιων υπηρεσιών, που αντιστοιχούν σε μόλις 0,33% επί του συνόλου των Π.Ε.Α. Το μεγαλύτερο ποσοστό των κτηρίων (45,58%) κατατάσσεται στην ενεργειακή κατηγορία E-H, 40,26% στην ενεργειακή κατηγορία Γ-Δ και μόλις το 14,16% στην A-B. Επιπλέον, πιο ενεργοβόρα κτήρια δημόσιων υπηρεσιών για το έτος 2021 αναδείχθηκαν τα κλειστά γυμναστήρια και τα ιατρεία.²

² Μέση ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ίση με 1.100,08 kWh/m² και 848,91 kWh/m², αντίστοιχα

Επισημαίνεται ότι στα δημόσια κτήρια η πλειονότητα της ενέργειας καταναλώνεται για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης, ψύξης και φωτισμού, με μέση ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ίση με 155,95 kWh/m², 108,48 kWh/m² και 107,06 kWh/m² αντίστοιχα, όπως παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 3.4 (ΥΠΕΝ/Δ ΕΠΕΑ/20334/148 , 2021).



Διάγραμμα 3.4 Κατανάλωση ενέργειας στον τριτογενή τομέα (ΥΠΕΝ/Δ ΕΠΕΑ/20334/148 , 2021)

3.3.4 Επιβαρυντικοί παράγοντες στην ενεργειακή απόδοση των δημόσιων κτηρίων

Στα πλαίσια της βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης του δημόσιου κτηριακού αποθέματος είναι αναγκαίο να αντιμετωπιστούν αποτελεσματικά οι κύριοι παράγοντες που εμποδίζουν την εφαρμογή παρεμβάσεων προς αυτήν την κατεύθυνση (European Expertise Centre, 2012).

Τεχνικές προκλήσεις

Αρχικά μια κύρια δυσκολία που αντιμετωπίζει ο δημόσιος φορέας είναι η απειρία και η έλλειψη βασικών γνώσεων τόσο των διαχειριστών/ιδιοκτητών των δημόσιων κτηρίων όσο και των χρηστών τους, οι οποίοι στην πλειοψηφία τους δεν διαθέτουν το τεχνικό

υπόβαθρο που απαιτείται για να κατανοήσουν τις σύγχρονες πρακτικές μείωσης της ενεργειακής κατανάλωσης και αντικατάστασης με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Για το σκοπό αυτό είναι σημαντικό μέσα από επιμορφωτικά προγράμματα και σεμινάρια, όλοι οι εμπλεκόμενοι να ενημερωθούν για τις δυνατότητες μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας σήμερα, να συνειδητοποιήσουν την αναγκαιότητα εφαρμογής αυτών των τεχνολογιών, μεθόδων και υπηρεσιών και τελικώς να τις υλοποιήσουν.

Οικονομικές προκλήσεις

Ένα δεύτερο εμπόδιο που αντιμετωπίζουν οι διαχειριστές στην υλοποίηση επενδύσεων ενεργειακής αναβάθμισης των δημόσιων κτηρίων, αποτελούν αφενός η απόδειξη της αποτελεσματικότητας του οικονομικού κόστους της επένδυσης των έργων ενεργειακής αναβάθμισης κτηρίων και αφετέρου η εξασφάλιση της χρηματοδότησης τους. Αποτέλεσμα αυτού είναι σε μεγάλο ποσοστό των έργων ενεργειακής αναβάθμισης να μην επαρκούν οι δημόσιοι πόροι για την πλήρη κάλυψη των εργασιών του προϋπολογισμού της μελέτης, και ως εκ τούτου να υλοποιείται μόνο ένα μέρος αυτών. Γίνεται συνεπώς κατανοητό ότι κομβικό σημείο αποτελεί η παροχή τεχνικών (φυσική αποταμίευση) και οικονομικών (εξοικονόμηση χρημάτων) εγγυήσεων αναφορικά με την αποδοτικότητα των ανωτέρω επενδύσεων.

Θεσμικές προκλήσεις

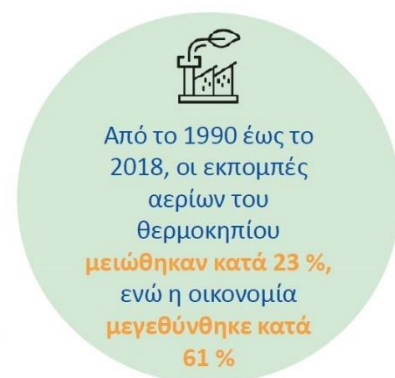
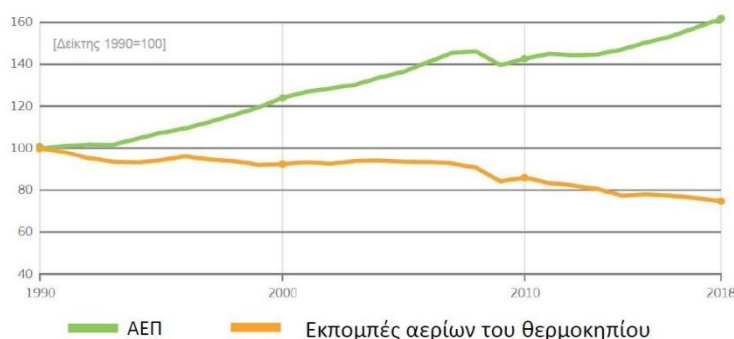
Τέλος πολλές είναι και οι νομικές και θεσμικές προκλήσεις στην υλοποίηση επενδύσεων ενεργειακής αναβάθμισης των δημόσιων κτηρίων, με ζητήματα που αφορούν σε νομικό, κανονιστικό ή θεσμικό πλαίσιο να αποτελούν επιπλέον ανασταλτικό παράγοντα, με αποτέλεσμα συχνά την καθυστέρηση ή ακόμη και την ακύρωση των έργων.

3.4 Δυνατότητες μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας στον κτηριακό τομέα

Ένα μεγάλο μέρος του κτηριακού αποθέματος της ΕΕ κατασκευάστηκε χωρίς καμία απαίτηση ενεργειακής απόδοσης, καθώς μόλις τη δεκαετία του 1970 άρχισαν να καθιερώνονται οι οικοδομικοί κώδικες με ειδική ρύθμιση για τη θερμοπροστασία του κελύφους του κτηρίου. Επιπλέον εκτιμάται ότι τα υφιστάμενα κτήρια, λόγω της μεγάλης διάρκειας ζωής τους, θα συνεχίσουν στις επόμενες δεκαετίες να αποτελούν σημαντικό

μέρος του ευρωπαϊκού κτηριακού αποθέματος. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι στην προσπάθεια μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας των κτηρίων, η ανακαίνιση των υφιστάμενων κτηρίων κατέχει σημαντικό ρόλο (Filippidou & Jimenez Navarro, 2019).

Με το δημόσιο κτηριακό αποθεματικό να αντιπροσωπεύει το 12% της ΕΕ και να απαιτεί το 17% του ΑΕΠ της για τη λειτουργία και τη συντήρησή του, ο δημόσιος κτηριακός τομέας αποτελεί σήμερα βασικό στοιχείο της εθνικής και κοινοτικής στρατηγικής για την εξοικονόμηση ενέργειας, όπως ρητά αναφέρεται στην «Οδηγία για την ενεργειακή απόδοση» που εγκρίθηκε από την ΕΕ το 2012.

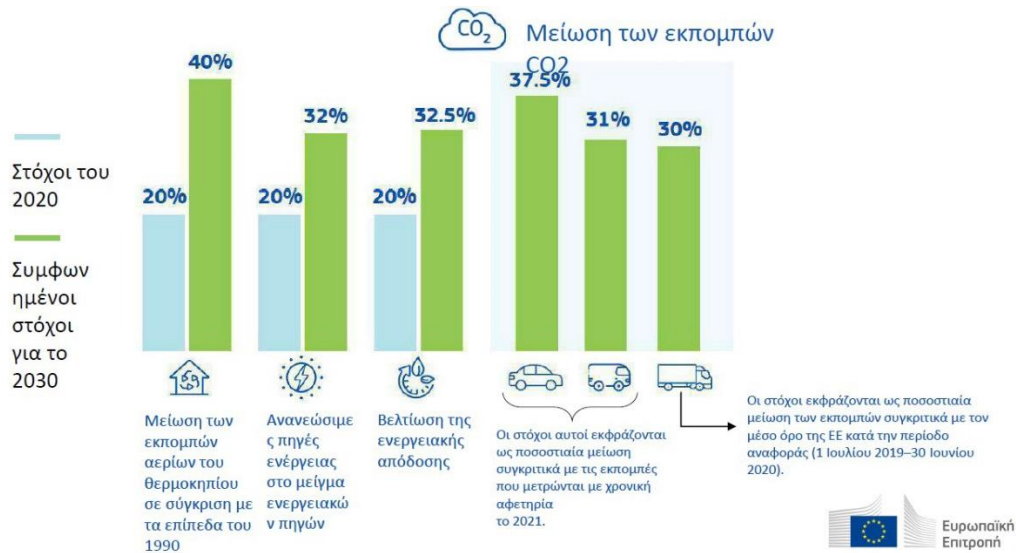


Διάγραμμα 3.5 Πρόοδος στην αντιμετώπιση της κλιματικής (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2021)

Στα πλαίσια των προκλήσεων που αντιμετωπίζουν οι πόλεις σήμερα και της ανάγκης εξεύρεσης βιώσιμων λύσεων που τις βοηθούν να προετοιμαστούν για το μέλλον, τα κτήρια, ως αναπόσπαστο μέρος της κοινωνίας και της καθημερινότητας όλων μας, είναι κρίσιμο να προσαρμοστούν κι αυτά στο ταχέως μεταβαλλόμενο κλίμα. Με προτεραιότητα τη βιωσιμότητα, την ανθεκτικότητα και την ποιότητα ζωής για τις επόμενες γενιές πρέπει να γίνουν παράλληλα πιο ανθεκτικά απέναντι στα όλο και πιο συχνά σοβαρά κλιματικά φαινόμενα.

Βασική πρόκληση που καλείται αρχικά να αντιμετωπίσει ο κτηριακός τομέας είναι η **μείωση των εκπομπών CO₂** στο δομημένο περιβάλλον. Δεδομένου ότι τα κτήρια ευθύνονται για το 37% των παγκόσμιων εκπομπών, η απανθρακοποίηση των κτηρίων είναι απαραίτητη για ένα καθαρό μηδενικό μέλλον. Οι κτηριακές λύσεις χαμηλών εκπομπών άνθρακα βοηθούν στον περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και προκαλούν χαμηλότερο αποτύπωμα άνθρακα. Με έξυπνο σχεδιασμό και την εφαρμογή νέων κτηριακών τεχνολογιών μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ελάχιστα υλικά για μέγιστη

αντοχή. Συνεπώς είναι πολύ σημαντικό οι νέες κατασκευές να είναι βιώσιμες, ειδικά αν λάβουμε υπόψη ότι το 60% περίπου κτηριακού αποθέματος μέχρι το 2050 δεν έχουν ακόμη κατασκευαστεί.



Διάγραμμα 3.6 Πρόδοος στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2021)

Παράλληλα με τον οικοδομικό τομέα και τα δομικά υλικά να είναι υπεύθυνοι για το 1/3 σχεδόν της παγκόσμιας κατανάλωσης πόρων, η επιτάχυνση της **κυκλικότητας στην κατασκευή** αποτελεί μια ακόμη πρόκληση που πρέπει να αντιμετωπιστεί. Μέχρι το 2025, τα υλικά κατεδάφισης κατασκευών εκτιμώνται σε 2,2 δις τόνους απορριμμάτων παγκοσμίως κάθε έτος. Γίνεται λοιπόν αντιληπτό ότι για τον σεβασμό των πλανητικών ορίων και τη βελτίωση του βιοτικού επιπέδου για όλους, η κυκλική κατασκευή με την επαναχρησιμοποίηση υλικών κατεδάφισης κατασκευών για την κατασκευή νέων από παλιά, και το κλείσιμο του βρόχου υλικού πρέπει να αποτελέσει κανόνα στον κατασκευαστικό τομέα.

Με το 75% περίπου της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας να συμβαίνει στις πόλεις, γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι τα κτήρια αποτελούν μια μοναδική ευκαιρία για επιτάχυνση της μετάβασης σε απανθρακωμένη ενέργεια και πόλεις υψηλής ενεργειακής απόδοσης. Επιπλέον η ενέργεια που χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία, τη θέρμανση και την ψύξη κτηρίων προκαλεί έως και το 80% των εκπομπών CO₂ στις πόλεις. Η αύξηση της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων με **πράσινες επεμβάσεις ανακαίνισης στο κέλυφος** και τις εγκαταστάσεις διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην προσπάθεια να γίνουν τα

κτήρια πιο βιώσιμα στη χρήση, και κατά συνέπεια την απαλλαγή των πόλεων από τον άνθρακα (Holcim, n.d.).

Συνεπώς το κτηριακό απόθεμα της Ευρώπης παρουσιάζει σημαντικό δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας.

3.5 Θεσμικό πλαίσιο και πολιτικές για την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων

Για την επίτευξη των στόχων της Ευρωπαϊκή Ένωσης για κλιματική ουδετερότητα έως το 2050, είναι άμεση η ανάγκη ενεργειακής αναβάθμισης του κτηριακού δυναμικού της. Στα πλαίσια αυτού το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο αρχικά και οι εθνικές ηγεσίες των κρατών μελών ακολούθως, έχουν θεσπίσει μια σειρά από νομοθετικές πρωτοβουλίες που υποχρεώνουν τα κράτη μέλη σε δράσεις με ποσοτικά αποτελέσματα, που προκύπτουν από παρεμβάσεις βελτίωσης του ενεργειακού αποτυπώματος με την εφαρμογή επιστημονικών μεθόδων και λογισμικών υπολογισμού των κρίσιμων δεικτών ενεργειακής αποδοτικότητας ενός κτηρίου (Furundzic, Kosoric, & Golic, 2012).

3.5.1 Ευρωπαϊκή νομοθεσία και κοινοτικές οδηγίες

Με τον κτηριακό τομέα να αποτελεί τον σημαντικότερο καταναλωτή ενέργειας και τη σημαντικότερη πηγή εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, η Ευρωπαϊκή Ένωση προέβη από πολύ νωρίς στη λήψη μέτρων, εκδίδοντας αρχικά την *Οδηγία SAVE 93/76/EOK*, με την οποία θέτει σε προτεραιότητα την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων των κρατών-μελών της. Ακολούθησε η καθοριστικής σημασίας για την κλιματική αλλαγή Συμφωνία του Παρισιού του 2015, με την οποία ενισχύονται οι προσπάθειες της ΕΕ για απαλλαγή του κτηριακού της αποθέματος από εκπομπές αερίων του διοξειδίου του άνθρακα (Γενική Διεύθυνση Επικοινωνίας, 2024).

Στα πλαίσια επίτευξης των στόχων της για την ενέργεια και το κλίμα και λαμβάνοντας υπόψη τα ποσοστά τελικής κατανάλωσης ενέργειας από τα κράτη μέλη της, με το 50% να χρησιμοποιείται γενικά για σκοπούς θέρμανσης και ψύξης και το 80% αυτού ειδικά σε κτήρια, η ΕΕ εστίασε τις προσπάθειές της στην ανακαίνιση του κτηριακού της δυναμικού με στόχο την ενεργειακή απόδοση, βάσει της αρχής της «προτεραιότητας της ενεργειακής απόδοσης» και με έμφαση στις δυνατότητες εγκατάστασης ανανεώσιμων πηγών

ενέργειας. Έτσι, στην Οδηγία για την Ενεργειακή Απόδοση (2012/27/ΕΕ-EED) ο κτηριακός τομέας κατέχει εξέχουσα θέση και παρουσιάζεται ως κλάδος με τις περισσότερες δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας, και συνεπώς ζωτικής σημασίας για την επίτευξη του στόχου της ΕΕ για μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (Filippidou & Jimenez Navarro, 2019).

Η Ευρωπαϊκή Κοινότητα έχει θέσει στρατηγικές και κανονισμούς για να διασφαλίσει τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του ευρωπαϊκού κτηριακού αποθέματος. Η **Οδηγία για την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων** (2010/31/EU – EPBD), η οποία τροποποιήθηκε το 2018 και αποτελεί το κύριο νομοθετικό και πολιτικό εργαλείο στην ΕΕ, εστιάζει τόσο σε νέα όσο και σε υφιστάμενα κτήρια και θέτει ως στόχο τη διασφάλιση κτηριακού αποθέματος υψηλής ενεργειακής απόδοσης και απαλλαγμένου από εκπομπές άνθρακα μέχρι το 2050 για κάθε κράτος μέλος. Για την υποστήριξη της ανακαίνισης του εθνικού κτηριακού αποθέματος του δημόσιου και ιδιωτικού τομέα εισήγαγε μακροπρόθεσμες στρατηγικές ανακαίνισης και ενεργειακής αναβάθμισης υποχρεωτικές για τα κράτη μέλη της. Έθεσε στα κράτη μέλη στόχο μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας κατά 20 % για το 2020 και στόχο 32,5 % για το 2030, τον οποίο και υπερέβη για το 2020, ενώ απαιτούνται ακόμη προσπάθειες για την επίτευξη των τιμών του 2030 (Widuto, 2022). Παράλληλα η αναθεώρηση του 2018 επιταχύνει μέχρι το 2050 την αναβάθμιση του υφιστάμενου δυναμικού σε «*κτήρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας*», με την απαίτηση της κατασκευής νέων κτηρίων μόνο σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας από το 2021 και έπειτα, και υποστηρίζει τον εκσυγχρονισμό όλων των κτηρίων με έξυπνες τεχνολογίες, ώστε να δημιουργήσει μια σαφέστερη σύνδεση με την καθαρή κινητικότητα.

Στην προτεινόμενη αναθεώρηση του 2021 καθορίζεται το όραμα και περιγράφονται τα μέσα για την επίτευξη κτηριακού δυναμικού μηδενικών εκπομπών μέχρι το 2050, εισάγεται νέος ορισμός των κτηρίων μηδενικών εκπομπών και βελτιώνονται ορισμοί, όπως τα «*κτήρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας*» και η «*φιζική ανακαίνιση*». Παράλληλα αντικαθίστανται οι μακροπρόθεσμες στρατηγικές ανακαίνισης κτηρίων με τα πιο λειτουργικά εθνικά σχέδια με προθεσμία υποβολής την 30 Ιουνίου 2024, που παρέχουν τη δυνατότητα καλύτερης παρακολούθησης. Επιπλέον αυξάνονται τα ελάχιστα ενεργειακά πρότυπα με την απαίτηση νέων κτηρίων αποκλειστικά μηδενικών εκπομπών από το 2030 και νέων δημόσιων κτηρίων από το 2027, αναβαθμίζεται η κατηγορία

ενεργειακής απόδοσης σε όλα τα μη οικιστικά κτήρια από κατηγορία Η σε Z έως το 2027 και σε κατηγορία E έως το 2030, ενώ στα οικιστικά σε κατηγορία Z έως το 2030 και σε E έως το 2033. Επιτυγχάνεται ακόμη η διασφάλιση συγκρίσιμων εθνικών πρότυπων, αναφορικά με τα πιστοποιητικά ενεργειακής απόδοσης έως το 2025, εισάγονται τα εθελοντικά διαβατήρια ανακαίνισης έως το 2024 και ένας δείκτης ευφούς ετοιμότητας έως το 2026, ενώ τέλος παρέχεται η απαραίτητη χρηματοδοτική στήριξη για την άμβλυνση της ενεργειακής φτώχειας.

Με αφορμή τη ρωσική εισβολή στην Ουκρανία και το σχέδιο REPowerEU, η Επιτροπή προχωρά το 2022 στην τροποποίηση της Οδηγίας για την ενίσχυση των μέτρων μείωσης της ενεργειακής ζήτησης, και ειδικότερα της εγκατάστασης ηλιακών συστημάτων στα κτήρια έως το 2030 ή νωρίτερα, στα πλαίσια αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας.

Προκειμένου η Επιτροπή να επιτύχει και να διασφαλίσει τον διπλασιασμό των ποσοστών ανακαινίσεων μέσα στην επόμενη δεκαετία, την ενίσχυση της ενεργειακής απόδοσης και αποδοτικής χρήσης των πόρων κ.α., προχώρησε το 2020 στην παρουσίαση της στρατηγικής της για το κύμα ανακαινίσεων.

Παράλληλα για την ενίσχυση της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων και την αύξηση της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, μέσω της αναβάθμισης των συνδέσεων μεταξύ των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας και των συστημάτων τηλεθέρμανσης, η ΕΕ το 2016 εκκίνησε τη στρατηγική της για τη θέρμανση και ψύξη (Ciucci, 2023).

3.5.2 Εθνικό νομοθετικό πλαίσιο – Πολιτικές για την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια

Η Ευρωπαϊκή Ένωση θέτοντας ως προτεραιότητα την εξοικονόμηση ενέργειας και τη μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα, προχώρησε στη θέσπιση Οδηγιών με έμφαση στη συμβολή του κτηριακού τομέα και την αναγκαιότητα θέσπισης μέτρων βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης. Το ελληνικό νομοθετικό, στην προσπάθεια συμμόρφωσης με τις Οδηγίες, διευρύνεται σταδιακά τις τελευταίες δεκαετίες προς αυτή την κατεύθυνση.

Στα πλαίσια βελτίωσης των όρων ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων, το 2000 (Ν.2381/2000) τροποποιείται ο Γενικός Οικοδομικός Κανονισμός (ΓΟΚ), που θεσπίστηκε

με τον Ν.1577/1985, και εισάγονται σε αυτόν οι εγκαταστάσεις ενεργητικών και παθητικών ηλιακών συστημάτων. Επιπλέον με τον Κτιριοδομικό Κανονισμό εισάγεται ο στόχος βελτίωσης της άνεσης, της υγείας και της ασφάλειας των ενοίκων και παράλληλα η προστασία του περιβάλλοντος, ιδίως μέσα από την εξοικονόμηση ενέργειας.

Καθοριστικής σημασίας υπήρξε επίσης ο Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτηρίων (ΦΕΚ 362/Δ'/1979), με τον οποίο θεσμοθετούνται για πρώτη φορά μέτρα ενεργειακής απόδοσης και ρύθμισης των θερμικών απαιτήσεων των κτηρίων, ενώ τίθεται και ο στόχος της μείωσης των θερμικών απωλειών μέσω της δημιουργίας μόνωσης στο εξωτερικό κέλυφος και της χρήσης θερμομονωτικών υλικών.

Με στόχο τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα μέσω της ενεργειακής αναβάθμισης του κτηριακού δυναμικού θεσπίζεται ο Κανονισμός Ορθολογικής Χρήσης και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΦΕΚ 880/ Β'/1998), ο οποίος το 2010 αντικαταστάθηκε από τον ΚΕΝΑΚ για τον καθορισμό ελάχιστων τεχνικών προδιαγραφών και απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης των νέων και ριζικά ανακαινιζόμενων κτηρίων, καθώς και η μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής τους απόδοσης.

Με τον Ν.3661/2008 η Ελλάδα προχώρησε στην εναρμόνιση της νομοθεσίας με την Οδηγία 2002/91/ΕΚ για την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων, θεσπίζοντας μέτρα μείωσης της ενεργειακής τους κατανάλωσης, ενώ παράλληλα εισάγει την υποχρέωση έκδοσης ΠΕΑ, καθώς και της διενέργειας ενεργειακών επιθεωρήσεων στα κτήρια.

Η Οδηγία 2006/32/ΕΚ για την ενεργειακή απόδοση κατά την τελική χρήση και τις ενεργειακές υπηρεσίες εναρμονίστηκε στο εθνικό δίκαιο με τον Νόμο 3855/2010, που καθορίζει τον αρχικό Εθνικό Ενδεικτικό Στόχο εξοικονόμησης ενέργειας (ΕΞΕ) σε όλους τους τομείς (νοικοκυριά, επιχειρήσεις βιομηχανία, μεταφορές, κλπ.) στο 9% μέχρι το 2016.

Ακολουθεί ο Νόμος 4122/2013 για την Ενεργειακή Απόδοση Κτηρίων σε εναρμόνιση με την Οδηγία 2010/31/ΕΕ, κύρια νομοθετική πράξη σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης, στον οποίο προβλέπεται Εθνικό Σχέδιο για την αύξηση του αριθμού των κτηρίων σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης (nZEB), με διαφοροποιήσεις ανά κατηγορία χρήσης και κοινοποίηση στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή, καθώς και η εφαρμογή μέτρων, χρηματοδοτικών προγραμμάτων και οικονομικών ενισχύσεων με σκοπό την ενεργειακή

βελτιστοποίηση υφιστάμενων και νέων κτηρίων (Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας, 2024).

Σε εναρμόνιση με την Οδηγία 2012/27/ΕΕ που τέθηκε σε ισχύ τον Δεκέμβριο του 2012, θεσπίστηκε ο Νόμος 4342/2015 «για την ενεργειακή απόδοση, την τροποποίηση των Οδηγιών 2009/125/ΕΚ και 2010/30/ΕΕ και την κατάργηση των Οδηγιών 2004/8/ΕΚ και 2006/32/ΕΚ». Ειδικότερα στο άρθρο 7 του νόμου, κατ' αντιστοιχία με το άρθρο 5 της Οδηγίας, αναφέρεται ο ρόλος του δημόσιου κτηρίου ως πρότυπο, στα πλαίσια της απαίτησης ανακαίνισης του 3% της συνολικής επιφάνειας θερμαινόμενων ή/και ψυχόμενων κτηρίων, ιδιόκτητων και καταλαμβανόμενων από την κεντρική δημόσια διοίκηση. Για την εκκίνηση της διαδικασίας ανακαίνισης του 3%, το Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας δημοσίευσε αρχικά λίστα με 82 ιδιόκτητα δημόσια κτήρια συνολικού εμβαδού περίπου 310.000τ.μ., που μεταφράζεται σε ανακαίνιση 10.000τ.μ. κατ' έτος (EnergyHub for All, 2024).

3.5.3 Κτήρια (σχεδόν) μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης - (n)ZEB

Η εξέλιξη στον τομέα της ενέργειας και των κατασκευών με την εισαγωγή νέων τεχνολογιών και τεχνικών παρέχει τη δυνατότητα ανάπτυξης σύγχρονων κτηρίων μηδενικής ενέργειας. Επιπλέον μέσω της έρευνας συλλέγονται ακριβή στοιχεία για τις ενεργειακές αποδόσεις των συμβατικών κτηρίων, τα οποία παρέχουν στοιχεία για την ανάπτυξη προηγμένων μοντέλων υπολογισμού με σκοπό την πρόβλεψη της αποτελεσματικότητας της μελέτης σχεδιασμού (Torcellini, Pless, & Deru, 2006).

Με στόχο την ανάπτυξη Κτηρίων Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης (Zero Energy Buildings – ZEB) και Κτηρίων Σχεδόν Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης (Nearly Zero Energy Buildings – nZEB) εκπονήθηκαν τις τελευταίες δεκαετίες πολλά ευρωπαϊκά και εθνικά προγράμματα για τη μελέτη και εφαρμογή τους. Στην Ελλάδα τα ZEB και nZEB κτήρια θεσπίστηκαν νομοθετικά τον Ιούνιο του 2010, σε συμμόρφωση με τις Ευρωπαϊκές Οδηγίες για την ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων. Τα εθνικά σχέδια αύξησης του αριθμού των nZEB κτηρίων καταρτίστηκαν με σκοπό την αύξηση του αριθμού των κτηρίων που ικανοποιούν τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης και χαρακτηρίζονται από υψηλότερη ενεργειακή απόδοση (Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας, 2024).

Η ιδέα ενός «κτηρίου μηδενικής ενέργειας» αποτελεί μια περαιτέρω προσπάθεια για την αντιμετώπιση της χαμηλής ενεργειακής απόδοσης και των λειτουργικών εκπομπών άνθρακα των κτηρίων. Σύμφωνα με τον καθορισμό ενός κτηρίου μηδενικών εκπομπών (ZEB), για την πιο πλήρη εξέταση των μέτρων μείωσης των ενεργειακών αναγκών είναι απαραίτητο να χρησιμοποιούνται δείκτες πρωτογενούς και τελικής κατανάλωσης ενέργειας, καθώς και η θέσπιση πιο φιλόδοξων κατώτατων ορίων (EuroACE – Energy Efficient Buildings, 2022).

Επιπλέον είναι σημαντικό να διαφοροποιηθούν με σαφέστερο τρόπο τα πρότυπα των ZEB και NZEB, με το ZEB να είναι πιο φιλόδοξο. Σύμφωνα με την Οδηγία 2010/31/ΕΕ όταν ένα κτήριο έχει πολύ μεγάλη ενεργειακή απόδοση και η ελάχιστη, σχεδόν μηδενική, ενέργεια που απαιτείται για τη λειτουργία του προέρχεται κυρίως από ανανεώσιμες πηγές, περιλαμβανομένης της παραγομένης επιτόπου ή πλησίον του κτηρίου, χαρακτηρίζεται ως «κτήριο με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας» (NZEB) (ΟΔΗΓΙΑ 2010/31/ΕΕ, 2010). Επιπροσθέτως στην Οδηγία 2012/27/ΕΚ, αναφέρεται ότι το βέλτιστο επίπεδο ελάχιστων προδιαγραφών, από άποψη κόστους, θα πρέπει να είναι εντός των επιπέδων απόδοσης στα οποία η ανάλυση της σχέσης κόστους - οφέλους είναι θετική για όλο τον εκτιμώμενο οικονομικό κύκλο ζωής και σε σύγκριση με τις ισχύουσες ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης.

Λαμβάνοντας υπόψη τη διαφορετικότητα στις πρακτικές οικοδόμησης και στις κλιματικές συνθήκες μεταξύ των κρατών μελών της ΕΕ, στην Οδηγία 2010/31/ΕΕ δεν γίνεται αναφορά σε μια κοινή προσέγγιση δημιουργίας κτηρίων nZEB ή σε μια ενιαία μεθοδολογία υπολογισμού του ενεργειακού ισοζυγίου. Τα κράτη μέλη διαθέτουν λοιπόν την ευελιξία να καταρτίσουν ειδικά σχεδιασμένα εθνικά σχέδια δράσης για την αύξηση του αριθμού των κτηρίων nZEB, τα οποία θα αντικατοπτρίζουν τις εθνικές, περιφερειακές ή τοπικές συνθήκες.

Στην περίπτωση της Ελλάδας σχετικά με την κατασκευή nZEB, ορίζεται στο θεσμικό πλαίσιο (άρθρο 9) (Ν.4122/2013, 2013) ότι κάθε νέο κτήριο του δημοσίου τομέα θα πρέπει να είναι σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης μετά την 1η Ιανουαρίου του 2019 και για το σύνολο των νέων κτηρίων μετά την 1η του Ιουνίου 2021. Αυτό σημαίνει ότι κάθε νέο κτήριο που κατασκευάζεται πρέπει να κατατάσσεται στην ενεργειακή

κατηγορία Α, πληρώντας νομοθετικά τις ελάχιστες ενεργειακές προδιαγραφές κατά KENAK και η Μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης (ΥΠΕΝ/ΔΕΠΕΑ/85251/242, 2018).

3.5.4 Στόχοι νομοθετικού πλαισίου για την ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

Η ΕΕ έχει θέσει ποσοτικούς στόχους, κανόνες και υποχρεώσεις που προωθούν την επίτευξη των επιθυμητών αποτελεσμάτων ενεργειακής αποδοτικότητας στον κτηριακό τομέα, τόσο σε υφιστάμενα όσο και σε νέα κτήρια, και διαδραματίζει πρωταρχικό ρόλο στον περιορισμό της ενεργειακής κατανάλωσης και στην προστασία του κλίματος.

Για την υποστήριξη των στόχων τους, τα κράτη μέλη τόσο σε εθνικό όσο και σε ενωσιακό επίπεδο βρίσκονται σε διαδικασία θέσπισης των νόμων και οδηγιών που αναφέρθηκαν στις προηγούμενες ενότητες.

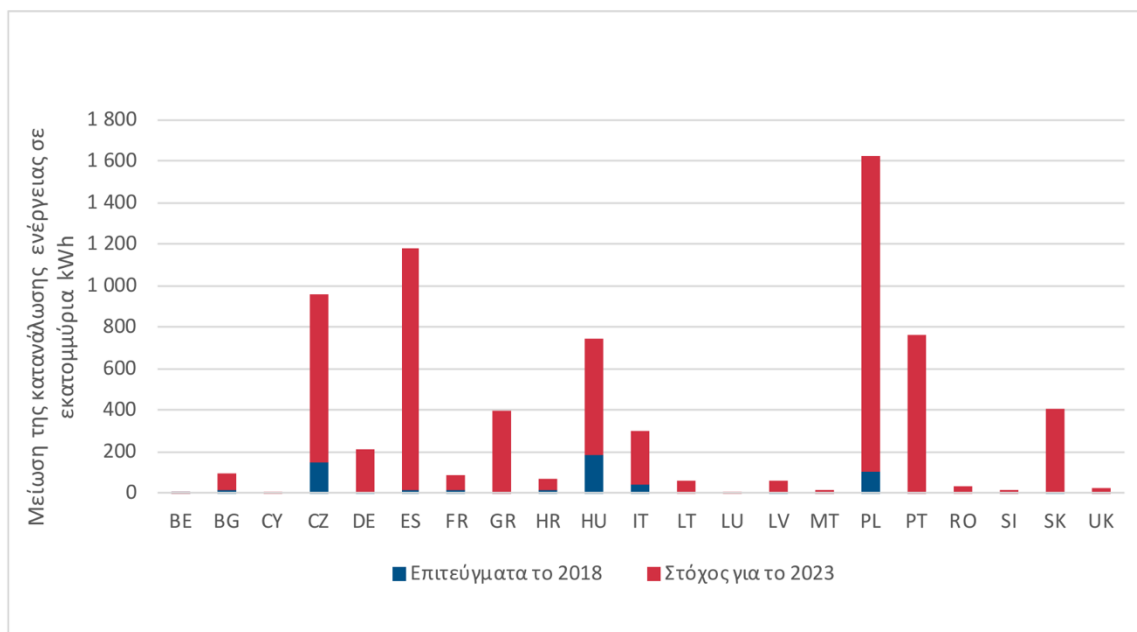
Είτε αυξάνοντας την ενεργειακή απόδοση είτε μειώνοντας την κατανάλωση ενέργειας, η μείωση των εκπομπών αερίων των κτηρίων είναι ιδιαίτερα σημαίνουσα για την επίτευξη του στόχου της κλιματικής ουδετερότητας το 2050. Ως μέρος της *Fit for 55* (Δέσμη προσαρμογής στον στόχο του 55%), η αναθεώρηση της Οδηγίας για την κτηριακή ενεργειακή απόδοση θέτει νέα και πιο απαιτητικά πρότυπα τόσο για τα νέα όσο και για τα υπάρχοντα κτήρια στην Ένωση. Πρωταρχικός στόχος είναι η παρακίνηση των ιδιοκτητών ακινήτων να προβούν σε ανακαινίσεις, προκειμένου το κτηριακό χαρτοφυλάκιο της ΕΕ το 2050 να μην εκπέμπει αέρια. Λόγω των μεγάλων ποσοστών ενεργειακής κατανάλωσης και εκπομπών αερίων, οι δυνατότητες περικοπών στον κτηριακό τομέα είναι μεγάλες, καθώς, με το 75% των υφιστάμενων κτηρίων να κρίνονται ανεπαρκή ενεργειακά, γίνεται αντιληπτό ότι απαιτείται μεγάλης κλίμακας ενεργειακή ανακαίνιση (EuroACE – Energy Efficient Buildings, 2022). Συνοπτικά η πολιτική της ΕΕ αποτυπώνεται στην εξίσωση:

$$\text{Λιγότερη κατανάλωση ενέργειας} + \text{Περισσότερη πράσινη ενέργεια} = \text{Λιγότερες εκπομπές}$$

Οι αλλαγές που προκύπτουν με το θεσμικό πλαίσιο της ΕΕ αφορούν στη δημιουργία νέων κατασκευών αποκλειστικά μηδενικών εκπομπών με χρόνο έναρξης της καθολικής εφαρμογής το 2028 για τα δημόσια κτήρια και το 2030 για τα υπόλοιπα. Αναφορικά με τα υφιστάμενα μη οικιστικά κτήρια, τα κράτη μέλη καλούνται να θέσουν τα δικά τους ελάχιστα πρότυπα ενεργειακής απόδοσης (ΕΠΕΑ), που θα ισοδυναμούν με το μέγιστο ποσό ενέργειας που έχουν τη δυνατότητα να καταναλώσουν ετησίως τα κτήρια ανά m²

(σύμφωνα με το κτηριακό δυναμικό το 2020). Αριθμητικά οι στόχοι ενεργειακής κατανάλωσης που τίθενται έως το 2030 είναι κάτω του 16%, και έως το 2033 κάτω του 26% των κτηρίων με τη χαμηλότερη απόδοση (Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, 2023).

Στο Διάγραμμα 3.7 παρουσιάζεται η πρόοδος που σημειώθηκε το 2018 έναντι της τιμής στόχου για το 2023 όσον αφορά στον κοινό δείκτη εκροής που μετρά την ενέργεια που εξοικονομείται από τις δαπάνες για την ενεργειακή ανακαίνιση δημόσιων κτηρίων σε κράτη μέλη της ΕΕ (Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο, 2020).



Διάγραμμα 3.7 Μείωση της ετήσιας κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας των δημόσιων κτηρίων (Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο, 2020)

Για την προσαρμογή στο στόχο ενεργειακής μείωσης στο 55% είναι καθοριστική η ανακαίνιση των κτηρίων με τις χειρότερες επιδόσεις. Για το σκοπό αυτό από το 2050 όλο το υφιστάμενο κτηριακό αποθεματικό, με ειδικές εξαιρέσεις, θα παράγει μηδενικές εκπομπές.

Όσον αφορά στην πράσινη ενέργεια προβλέπεται η ανάπτυξη κατάλληλων εγκαταστάσεων ηλιακής ενέργειας στα κτήρια, όπου κρίνεται εφικτό και λειτουργικό από οικονομοτεχνική σκοπιά, με εξαιρέσεις σε εθνικό επίπεδο. Ειδικότερα (Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, 2024):

Πιο πράσινη ενέργεια για τα κτήρια	
2027	νέα δημόσια και μη οικιστικά κτήρια ωφέλιμης επιφάνειας άνω των 250 m ²
2028	<ul style="list-style-type: none"> υφιστάμενα μη οικιστικά κτήρια ωφέλιμης επιφάνειας άνω των 500 m², όπου πραγματοποιούνται εργασίες για τις οποίες απαιτείται σχετική διοικητική άδεια υφιστάμενα δημόσια και μη οικιστικά κτήρια ωφέλιμης επιφάνειας άνω των 2000 m²
2029	υφιστάμενα δημόσια και μη οικιστικά κτήρια άνω των 750 m ²
2030	<ul style="list-style-type: none"> νέα οικιστικά κτήρια στεγασμένοι χώροι στάθμευσης δίπλα από τα κτήρια
2031	υφιστάμενα δημόσια και μη οικιστικά κτήρια με ωφέλιμη επιφάνεια άνω των 250 m ²

Επισημαίνεται ότι στα πλαίσια ενθάρρυνσης πρωτοβουλιών κτηριακών ανακαινίσεων, καθοριστική είναι η οικονομική και διοικητική στήριξη σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο.

Τέλος, σχετικά με τη σταδιακή κατάργηση των ορυκτών καυσίμων τα θεσμικά όργανα συμφώνησαν στην ενσωμάτωση στα εθνικά τους σχέδια ανακαίνισης ενός πλάνου σταδιακής κατάργησης των λεβήτων ορυκτών καυσίμων μέχρι το 2040.

3.6 Πολιτικές και δράσεις για την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια

Αναγνωρίζοντας τα οφέλη της εξοικονόμησης ενέργειας στα κτήρια για το σύνολο της οικονομίας της, η ΕΕ απαιτεί από τα κράτη μέλη της δράσεις βέλτιστης προσέγγισης από πλευράς κόστους, προκειμένου να καθοριστούν οι ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης για νέα και υφιστάμενα κτήρια και να επιτευχθεί η πλήρης δυνητική εξοικονόμηση πόρων. Παράλληλα τα κράτη μέλη οφείλουν να στοχεύουν σε μια οικονομικά αποδοτική ισορροπία μεταξύ της μείωσης της τελικής ενεργειακής κατανάλωσης και της απαλλαγής από τον άνθρακα του ενεργειακού εφοδιασμού (Filippidou & Jimenez Navarro, 2019).

Σύμφωνα με την EuroACE, Ευρωπαϊκή Συμμαχία Εταιρειών για την Ενεργειακή Απόδοση στα Κτήρια, είναι έντονη η ανάγκη μιας ολιστικής ανακαίνισης ενός κτηρίου με ψηφιακά εργαλεία και προσομοίωση της χρήσης ενέργειας κατά τη φάση σχεδιασμού. Οι ενεργειακά αποδοτικές ανακαινίσεις θα επιταχύνουν την επίτευξη του μηδενικού ενεργειακού προτύπου κτηρίων μέχρι τα μέσα του αιώνα, ενώ η μείωση της ενεργειακής

ζήτησης των κτηρίων θα συμβάλλει στην προώθηση των στόχων του σχεδίου REPowerEU (Widuto, 2022).

3.6.1 Μέτρα και δράσεις για τη μείωση του κτηριακού αποτυπώματος στα πλαίσια επίτευξης των στόχων της ΕΕ

Στην προσπάθεια επίτευξης των στόχων της είναι κρίσιμο τα όργανα της ΕΕ να διατηρήσουν τη συνοχή σε όλες τις σχετικές με τα κτήρια διατάξεις του πακέτου *Fit for 55* και να συμφωνήσουν σε ένα συνεκτικό πλαίσιο για την επίτευξη των στόχων για το 2030 και το 2050. Θα πρέπει να διασφαλιστεί ότι τα μέτρα που περιλαμβάνονται στην αναδιατυπωμένη Οδηγία (EPBD) είναι ευθυγραμμισμένες και σε συνοχή με την Πρώτη Αρχή Ενεργειακής Απόδοσης, καθώς και με άλλα μέσα που περιλαμβάνονται στο πακέτο *Fit for 55*, ιδιαίτερα με την Οδηγία για την Ενεργειακή Απόδοση (EED).

Στην προώθηση του ρυθμού και του βάθους της ενεργειακής ανακαίνισης στην Ευρωπαϊκή Ένωση θετική συμβολή θα έχει η επιβολή φόρου στα ορυκτά καύσιμα που χρησιμοποιούνται για θέρμανση των κτηρίων.

Για την επίτευξη των στόχων της στρατηγικής της ΕΕ για το κύμα ανακαίνισης είναι απαραίτητο να ενισχυθούν τα ελάχιστα πρότυπα ενεργειακής απόδοσης (MEPS), λαμβάνοντας πρωταρχικό ρόλο στις ολιστικές βαθιές ανακαινίσεις. Στα πλαίσια της καθορισμένης πορείας προς ένα κτηριακό απόθεμα μηδενικών εκπομπών μέχρι το 2050, τα κράτη μέλη θα πρέπει με τη σειρά τους να θέσουν τα εθνικά τους σχέδια ανακαίνισης κτηρίων σε τροχιά επιτάχυνσης της επίτευξης σταδιακά υψηλότερων ενεργειακών τάξεων.

Σημαντικό μέτρο αποτελεί ακόμη η εισαγωγή ενός κοινού προτύπου για την έκδοση Πιστοποιητικών Ενεργειακής Απόδοσης (EPC), με στόχο την ενίσχυση της αντιπαραβολής μεταξύ των κρατών μελών, την μεγαλύτερη σύγκλιση στον τρόπο που τα κράτη μέλη ορίζουν την κλίμακα από Α έως G έως το τέλος του 2025 και τελικώς την εξασφάλιση περισσότερης εναρμόνισης. Για μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα τα Πιστοποιητικά Ενεργειακής Απόδοσης θα συνδέονται με άλλα μέσα, όπως τα Διαβατήρια Ανακαίνισης (για ολιστικές ανακαινίσεις που συνδυάζουν ενεργητικές και παθητικές λύσεις), τον Έξυπνο δείκτη ετοιμότητας κ.α. μέσω Ψηφιακών Ημερολογίων Κτηρίων. Επιπροσθέτως την προσπάθεια θα ενισχύσει και η ψηφιοποίηση, μέσω της θέσπισης ενός

κοινού, εναρμονισμένου συστήματος στην ΕΕ για την αξιολόγηση της έξυπνης ετοιμότητας των κτηρίων της.

Θετική επίδραση στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτηρίων θα έχει επίσης η συμπερίληψη επιθεωρήσεων συστημάτων εξαερισμού και κλιματισμού. Επισημαίνεται ότι για τη μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα του μέτρου απαιτείται η καθιέρωση χρονοδιαγράμματος εφαρμογής των συστάσεων που προκύπτουν από τις εκθέσεις επιθεώρησης, καθώς και η ενσωμάτωση λειτουργιών συνεχούς ηλεκτρονικής παρακολούθησης και ελέγχου στα κτήρια (EuroACE – Energy Efficient Buildings, 2022).

Στην κατεύθυνση της βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας του εθνικού κτηριακού αποθέματος, έχει δρομολογηθεί για την περίοδο 2021-2030 η ενεργειακή αναβάθμιση του 12-15% των κτηρίων μέσω στοχευμένων μέτρων και δράσεων πολιτικής. Όσον αφορά στην ανακαίνιση του κτηριακού αποθέματος προγραμματίζεται τόσο η συνέχιση προγενέστερων μέτρων που εφαρμόστηκαν αποτελεσματικά, όσο και η λήψη νέων που θεωρούνται κρίσιμα για την επίτευξη των εθνικών στόχων για την ενέργεια και το κλίμα. Ειδικότερα:

- Σχεδιάζεται η αναθεώρηση του KENAK, στον οποίο θα ενσωματωθούν οι νέες ελάχιστες απαιτήσεις για την αύξηση του αριθμού των nZEB. Στα πλαίσια επίτευξης του στόχου κτηριακής ανακαίνισης για τη δεκαετία 2021-2030, απαιτείται η ακριβής αποτύπωση της ενεργειακής κατάστασης του κτηρίου, προκειμένου να παραχθεί το καλύτερο σενάριο παρεμβάσεων ανακαίνισης. Επιπλέον στα πλαίσια των μέτρων βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων του τριτογενούς τομέα κυρίως, προτείνεται η προσθήκη σχεδιασμού για την εξασφάλιση συνθηκών υγιεινής με παράλληλη αναβάθμιση των συστημάτων ορθολογικής διαχείρισης της ενέργειας κατά τη λειτουργία των κτηρίων.
- Εξετάζεται η αναβάθμιση του ρόλου του Ενεργειακού Υπευθύνου δημόσιων κτηρίων, ο οποίος επωμίζεται την ευθύνη της λειτουργίας καθώς και της πιθανής ανακαίνισης τους. Επιπλέον με την ηλεκτρονική πλατφόρμα παρακολούθησης της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτηρίων να αποτελεί ήδη σήμερα ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο, σχεδιάζεται η περαιτέρω εξέλιξη της σε ένα σύστημα ενεργειακής διαχείρισης.
- Προβλέπεται η εφαρμογή συστήματος ενεργειακής διαχείρισης σύμφωνα με το πρότυπο ISO 50001 αρχικά στα κτήρια της Γενικής Κυβέρνησης και εν συνεχεία στα

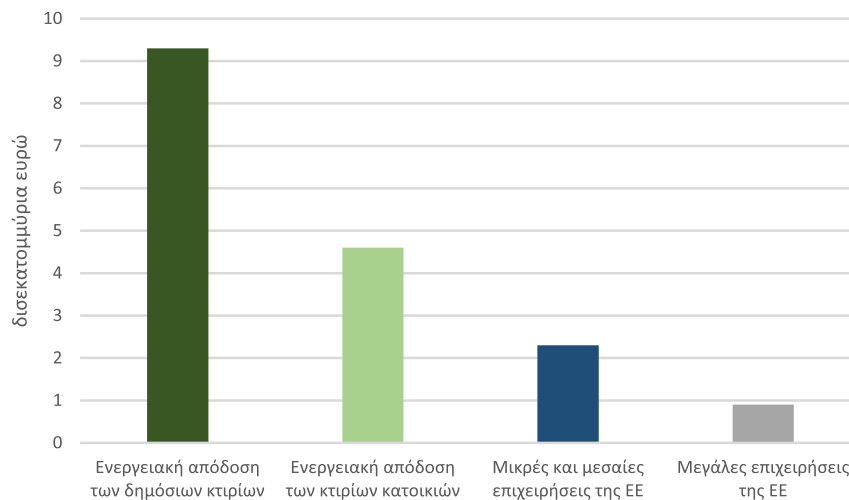
υπόλοιπα δημόσια κτήρια. Σκοπός του μέτρου αυτού είναι η ενεργειακή παρακολούθηση των δημόσιων κτηρίων, ο σχεδιασμός ανακαίνισής τους, ενώ θα αποτελέσει και χρήσιμο εργαλείο για του Ενεργειακούς Υπευθύνους.

- Στα κανονιστικά μέτρα του εθνικού σχεδίου περιλαμβάνονται ακόμη η κατάταξη μετά την 31.12.2023 όλων των κτηρίων που φιλοξενούν δημόσιες αρχές στην ενεργειακή κατηγορία B και άνω, νέες μισθώσεις ή αγορές κτηρίων από φορείς της Κεντρικής Κυβέρνησης από 01.01.2021 αποκλειστικά nZEB ενεργειακής κατηγορίας A και άνω, καθώς και η δήλωση του δείκτη ενεργειακής απόδοσης στις εμπορικές διαφημίσεις για τα κτήρια που διατίθενται προς πώληση ή μίσθωση (ΥΠΕΝ/Δ ΕΠΕΑ/20334/148 , 2021).

3.6.2 Κίνητρα και χρηματοδοτικά εργαλεία προς τους δημόσιους φορείς για την ενεργειακή αναβάθμιση του κτηριακού αποθέματος

Για την κλιματική μετάβαση της οικονομίας απαιτούνται σημαντικές δημόσιες και ιδιωτικές επενδύσεις. Για το σκοπό αυτό η ΕΕ έχει θεσπίσει μηχανισμό παροχής χρηματοδοτικής και τεχνικής υποστήριξης στα κράτη μέλη της για την εκτέλεση έργων σχετιζόμενων με το κλίμα και το περιβάλλον, μέσω προγραμμάτων χρηματοδότησης. Το 50% περίπου των κεφαλαίων θα αντληθεί από τον μακροπρόθεσμο προϋπολογισμό της ΕΕ και περιφερειακά κονδύλια για την κλιματική δράση (Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, Κλιματική αλλαγή: Η δράση της ΕΕ, 2024).

Την περίοδο 2014-2020 διατέθηκαν 14 δις ευρώ από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης και το Ταμείο Συνοχής, για επενδύσεις στον τομέα της ενεργειακής απόδοσης σε δημόσια κτήρια και κατοικίες. Οι προϋπολογισμοί συμπληρώθηκαν από τα κράτη μέλη με εθνική συγχρηματοδότηση ύψους 5 δις ευρώ. Στο Διάγραμμα 3.8 παρουσιάζεται η κατανομή του προϋπολογισμού της πολιτικής συνοχής της ΕΕ για επενδύσεις ενεργειακής απόδοσης που αφορούσαν στην περίοδο 2014-2020 (Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο, 2020).

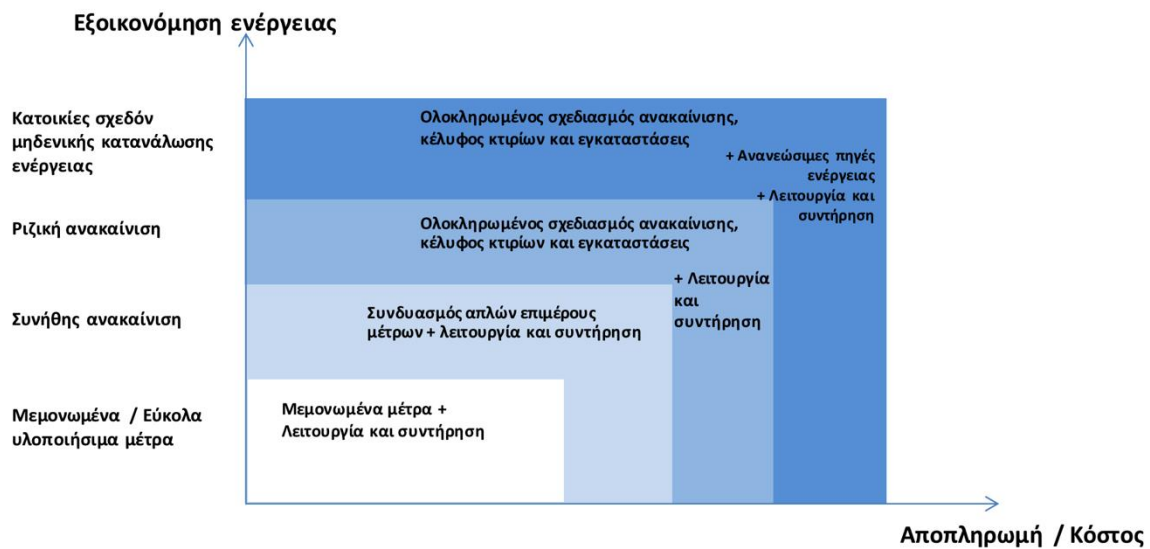


Διάγραμμα 3.8 Κατανομή του προϋπολογισμού της πολιτικής συνοχής της ΕΕ στις επενδύσεις ενεργειακής απόδοσης την περίοδο 2014-2020 (Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο, 2020)

Στα πλαίσια επίτευξης του στόχου της κλιματικής ουδετερότητας της ΕΕ μέχρι το 2050, έχουν σχεδιαστεί προγράμματα όπως το InvestEU, το Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών (ΣΕΔΕ) και ο Μηχανισμός Δίκαιης Μετάβασης, τα οποία θα προσελκύσουν πρόσθετες ιδιωτικές και δημόσιες επενδύσεις.

Σημαντικό εργαλείο που αναμένεται να κινητοποιήσει αξιόλογες δημόσιες επενδύσεις αποτελεί ο **μηχανισμός δανειοδότησης του δημόσιου τομέα** από το προϋπολογισμό της ΕΕ. Πρωταρχική θέση ανάμεσα στις επενδύσεις ενέργειας αναμένεται να κατέχουν και οι ανακαινίσεις κτηρίων. Στο πλαίσιο αυτού εγκρίθηκε τον Ιούνιο του 2021 από την Ευρωβουλή επιχορήγηση που αντιστοιχεί στο 25% του συνολικού ποσού της δανειακής διευκόλυνσης για τις λιγότερο αναπτυγμένες χώρες, καθώς και επιπλέον στήριξη για το σχεδιασμό προτάσεων έργων προς χρηματοδότηση. Επισημαίνεται ότι θα δοθεί προτεραιότητα στην επιλεξιμότητα έργων σε λιγότερο αναπτυγμένες περιοχές, καθώς και σε αυτά που αφορούν σε προτάσεις απαλλαγής από εκπομπές CO₂ (Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, 2024).

Ως προς τον σχεδιασμό προτάσεων, το Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο παρείχε κατευθύνσεις στα κράτη μέλη για την εφαρμογή κριτηρίων επιλογής, με προτεραιότητα στα οικονομικώς αποδοτικότερα έργα. Στο Διάγραμμα 3.9 παρουσιάζεται η προτεινόμενη κατηγοριοποίηση των επενδύσεων ενεργειακής απόδοσης, από την οποία προκύπτει ότι οι πιο σύνθετες και φιλόδοξες ανακαινίσεις προϋποθέτουν συνήθως και μεγαλύτερες περιόδους αποπληρωμής. (Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο, 2020)



Πηγή: Ευρωπαϊκή Επιτροπή, «Technical Guidance on Financing the energy renovation of buildings with Cohesion policy funding», 2014, σ. 46.

Διάγραμμα 3.9 Κατηγοριοποίηση των επενδύσεων ενεργειακής απόδοσης (Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο, 2020)

Στην επόμενη προγραμματική φάση τα νέα ενισχυμένα χρηματοδοτικά προγράμματα βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων θα εξελιχθούν, με στόχο την περαιτέρω αύξηση των επιπέδων μόχλευσης από τους ωφελούμενους. Επιπλέον τα εν λόγω προγράμματα αποβλέπουν στην απλούστευση της διαδικασίας πιστοποίησης των παρεμβάσεων, την αύξηση της συμμετοχής των χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων της χώρας στη χρηματοδότηση αυτών καθώς και την προώθηση της καινοτομίας στον εσωτερικό κατασκευαστικό και μεταποιητικό κλάδο (Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο, 2020).

Το **πρόγραμμα Ηλέκτρα** δημιουργήθηκε με στόχο το σχεδιασμό ελκυστικών και βιώσιμων επενδύσεων ενεργειακής αναβάθμισης του κτηριακού δυναμικού του δημόσιου τομέα. Μέσα από την αποδοτική μόχλευση δημόσιων και ιδιωτικών κεφαλαίων διευκολύνεται η επένδυση ιδιωτικού κεφαλαίου σε έναν αναπτυσσόμενο τομέα με σημαντική δυναμική, συνεισφέροντας στους στόχους περί ενεργειακής αναβάθμισης των κτηρίων. Ειδικότερα στο πρόγραμμα χρηματοδότησης εντάσσονται παρεμβάσεις ενεργειακής απόδοσης κτηρίων της Γενικής Κυβέρνησης και Νομικών Προσώπων Δημοσίου Δικαίου, με τη σύμπραξη των Επιχειρήσεων Ενεργειακών Υπηρεσιών μέσω Συμβάσεων Ενεργειακής Απόδοσης. Με αυτό τον τρόπο ενισχύεται η ενεργειακή αναβάθμιση δημόσιων κτηρίων, καθώς μέρος των επενδύσεων χρηματοδοτείται μέσω επενδυτικών δανείων, τα οποία θα αποπληρώνονται σταδιακά από το πρόγραμμα. Η

διαχείριση αυτή αναμένεται να συμβάλλει στην επίτευξη των στόχων με καλύτερα αποτελέσματα, καθώς και στην ευκολότερη μόχλευση ιδιωτικών κεφαλαίων λόγω της καλύτερης οικονομικής απόδοσης.

Το **καθεστώς επιβολής υποχρέωσης ενεργειακής απόδοσης** αποσκοπεί στην ενθάρρυνση των δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας στα πλαίσια των στόχων που έχουν τεθεί για την περίοδο 2021-2030. Τουλάχιστον το 20% του συνολικού στόχου εξοικονόμησης ενέργειας θα επιβαρύνει τα υπόχρεα μέρη στο καθεστώς επιβολής, στο οποίο θα συμμετέχουν πάροχοι ενέργειας και διαχειριστές δικτύων διανομής.

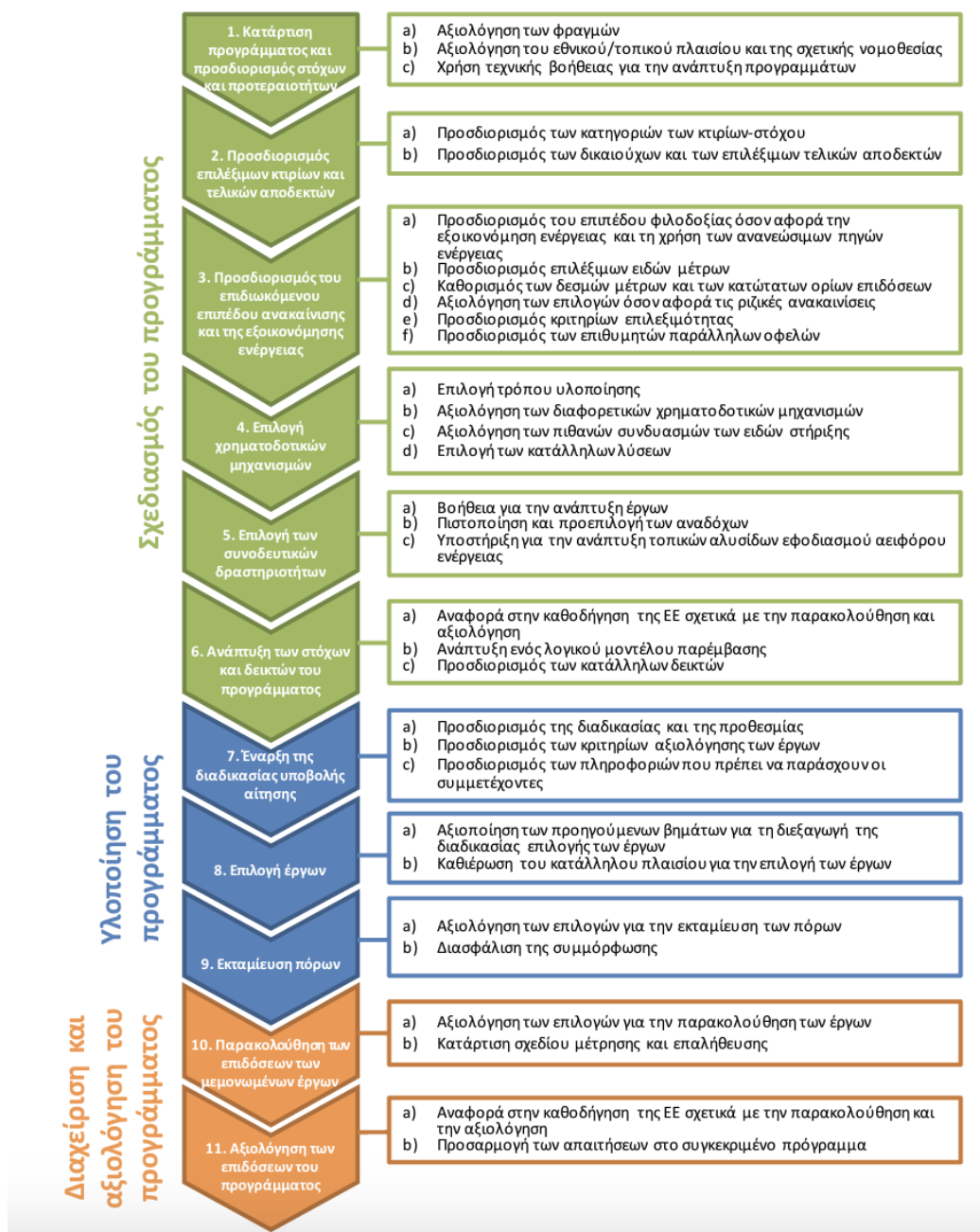
Ένα τρίτο μέτρο, που αναμένεται να αποτελέσει τον πυρήνα της ανάπτυξης πρόσθετων χρηματοδοτικών εργαλείων, αποτελεί το **Εθνικό Ταμείο Ενεργειακής Απόδοσης (ΕΤΕΑΠ)**, με σκοπό τη χρηματοδότηση προγραμμάτων και άλλων μέτρων βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας. Βασικές λειτουργίες του Ταμείου θα είναι ο δανεισμός καθώς και η καταβολή εγγυήσεων για την εκτέλεση των έργων εξοικονόμησης ενέργειας. Για την ενίσχυση της ελκυστικότητας των επενδύσεων, παρέχεται η δυνατότητα διάθεσης των κεφαλαίων τόσο για την χρηματοδότηση μέρους του κόστους των έργων όσο και για την ενίσχυση των όρων χρηματοδότησης των δανείων προς του ενεργειακούς φορείς.

Τέλος για την επίτευξη σημαντικού ενεργειακού και περιβαλλοντικού οφέλους προβλέπεται ο σχεδιασμός **καινοτόμων χρηματοδοτικών εργαλείων μικτής – υβριδικής χρηματοδότησης**, σε συνεργασία με χρηματοπιστωτικά ιδρύματα της χώρας. Μέσω του συνδυασμού δημόσιων και ιδιωτικών χρηματοδοτήσεων με ευνοϊκούς όρους θα ενισχυθεί η βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας σε δυναμικούς τομείς, όπως ο τριτογενής. Ενδεικτικά ανάμεσα στους εξεταζόμενους καινοτόμους μηχανισμούς περιλαμβάνονται η χρηματοδότηση μέσω χρονομίσθωσης, η μικτή χρηματοδότηση μέσω δανεισμού με ευνοϊκούς όρους, μέσα επιμερισμού κινδύνου κ.α. Έτσι, για τη χρηματοδότηση των σχεδίων ενεργειακής απόδοσης και την καλύτερη διαχείριση τους, οι Επιχειρήσεις Ενεργειακών Υπηρεσιών θα μπορούν να κάνουν χρήση αυτών των εργαλείων (Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, 2024).

Παράλληλα για την υποβοήθηση των κρατών μελών η Επιτροπή του Ευρωπαϊκού Ελεγκτικού Συνεδρίου εξέδωσε εκτεταμένες κατευθυντήριες οδηγίες σχετικά με τον τρόπο εκτίμησης των αναγκών τους και τον σχεδιασμό των προγραμμάτων τους για τη

χρηματοδότηση επενδύσεων ενεργειακής απόδοσης σε κτήρια. Το Διάγραμμα 3.10 παρουσιάζει την προτεινόμενη πορεία με τα βασικά στάδια που η Επιτροπή προτείνει να ακολουθούν οι διαχειριστικές αρχές.

Συνοψίζοντας η σωστή εφαρμογή των ανωτέρω μέτρων και στρατηγικών οδηγεί στην κατάκτηση των στόχων για την ανακαίνιση των κτηρίων και την εξοικονόμηση ενέργειας, με τελικό προορισμό την Μακροπρόθεσμη Στρατηγική Ανακαίνισης για το 2050 (ΥΠΕΝ/Δ ΕΠΕΑ/20334/148 , 2021).



Διάγραμμα 3.10 Διάγραμμα πορείας για την υλοποίηση προγράμματος χρηματοδότησης της ενεργειακής ανακαίνισης κτηρίων με κονδύλια της πολιτικής συνοχής (Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο, 2020)

3.7 Οφέλη από την ενεργειακή αναβάθμιση του κτηριακού αποθέματος

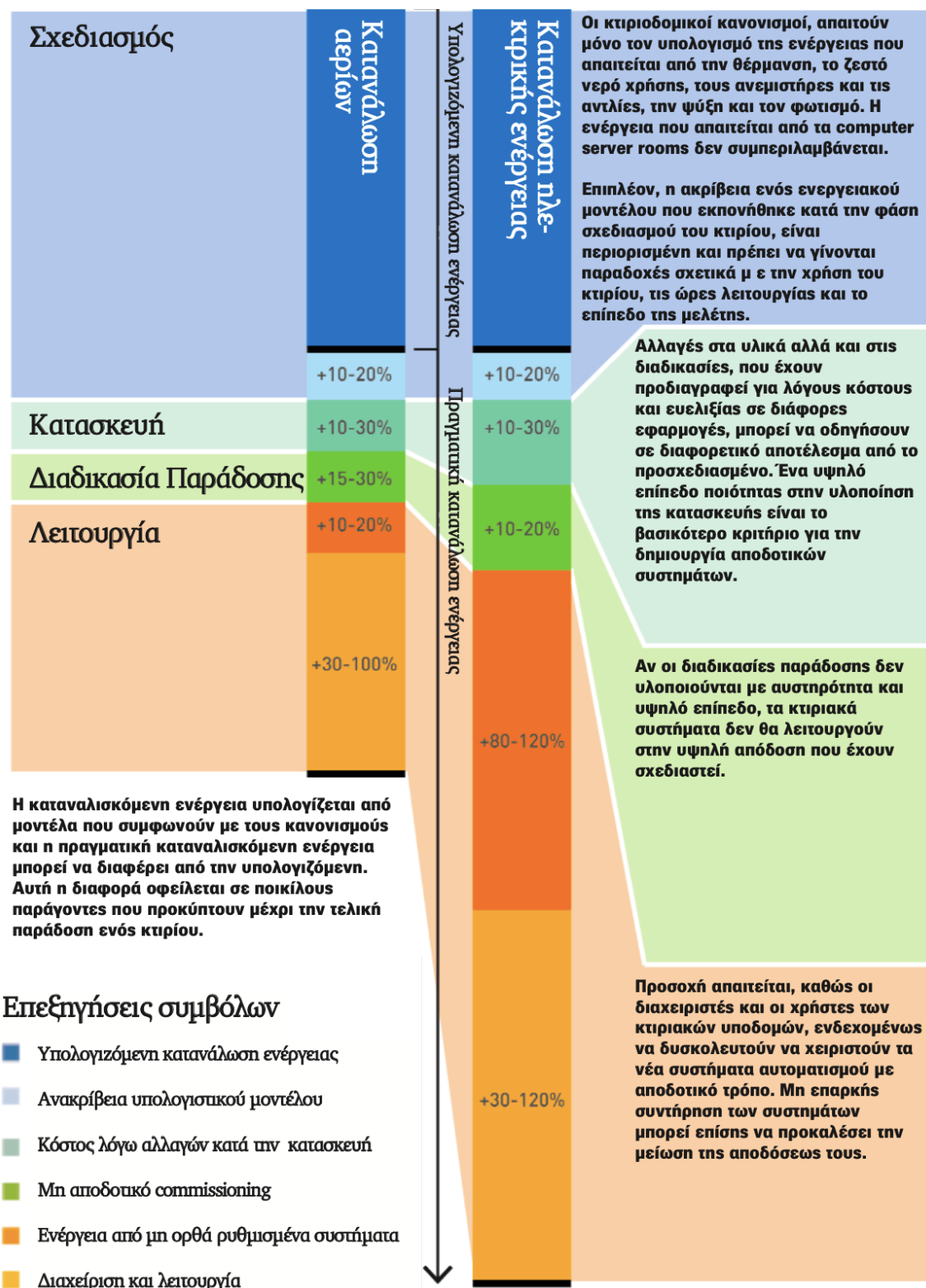
Τα θετικά αποτελέσματα που αναμένεται να προκύψουν από την εφαρμογή της μακροπρόθεσμης στρατηγικής για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, αποτελούν και τις βασικές επιδιώξεις της Πράσινης Συμφωνίας της ΕΕ, μέσω του κύματος ανακαίνισης των κτηρίων, και αφορούν κυρίως στην αναβάθμιση των συνθηκών διαβίωσης των ανθρώπων, την αποβολή των εκπομπών άνθρακα στο ενεργειακό σύστημα και τη διατήρηση της ανάπτυξης και προόδου (Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας, 2024).

Στο πλαίσιο επίτευξης των μακροπρόθεσμων στόχων της ΕΕ για την ενέργεια και το κλίμα, όπως ορίζονται στη Μακροπρόθεσμη Στρατηγική της ΕΕ (EU LTS), η ανακαίνιση υφιστάμενων κτηρίων μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας, καθώς και να διαδραματίσει βασικό ρόλο στη μετάβαση στην καθαρή ενέργεια. Με τις κατάλληλες επεμβάσεις τα δημόσια κτήρια θα μπορούσαν να εξοικονομούν μεγάλα ποσά ενέργειας, μειώνοντας το κόστος λειτουργίας τους, και σε ορισμένες περιπτώσεις να μεταβληθούν ακόμη και σε παραγωγούς ενέργειας. Πολλαπλές είναι ακόμη και οι θετικές έμμεσες επιπτώσεις της ενεργειακής αναβάθμισης του κτηριακού αποθέματος, όπως η βελτίωση της ανθρώπινης υγείας, χάρη στη μείωση των επιπέδων ατμοσφαιρικής ρύπανσης και κατά συνέπεια και του κόστους υγειονομικής περίθαλψης, καθώς και η τόνωση της οικονομικής δραστηριότητας (Fiorini, 2021).

Παράλληλα με τη συμβολή στη μείωση των εκπομπών και της ενεργειακής κατανάλωσης, οι ενεργειακά αποδοτικές ανακατασκευές κτηρίων μπορούν να συμβάλλουν στην ανάκαμψη από τις διάφορες κρίσεις (COVID-19 κλπ.), τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και την ενίσχυση της οικονομίας. Επιπλέον πολλά είναι τα οφέλη και για τους πολίτες, καθώς μειώνεται το ενεργειακό κόστος και βελτιώνεται η ποιότητα ζωής τους, εξασφαλίζοντας τη δίκαιη πράσινη μετάβαση (Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο, 2020).

Σε εθνικό επίπεδο η εφαρμογή του σχεδίου βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης του εγχώριου κτηριακού αποθέματος προβλέπεται να επιφέρει εξίσου πολύ σημαντικά μακροοικονομικά αποτελέσματα. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι οι επεμβάσεις στο κέλυφος των κτηρίων προς αναβάθμιση πρόκειται να αποφέρουν περίπου 8 δις € αύξηση της προστιθέμενης αξίας της χώρας. Παράλληλα αναμένεται η δημιουργία 22.000 νέων θέσεων εργασίας ετησίως κατά τη διάρκεια της περιόδου 2021-2030, με εκτιμώμενη αύξηση του εισοδήματος των εργαζομένων περί τα 3,4 δις € και περαιτέρω περιθώρια

αύξησης αυτού αν συνυπολογιστούν οι επενδύσεις σε αποδοτικότερα συστήματα θέρμανσης, ψύξης και λοιπές συσκευές (ΥΠΕΝ/Δ ΕΠΕΑ/20334/148 , 2021).



Εικόνα 3.1. Συνολική εξοικονόμηση λειτουργικών δαπανών (Μαναγουδής, 2015)

4 Ενεργειακή αναβάθμιση υφιστάμενων κτηρίων με πρακτικές βιοκλιματικού σχεδιασμού

4.1 Η σημασία του ενεργειακού σχεδιασμού

Η «βιωσιμότητα» και η «αιφορία» αποτελούν θέματα που απασχολούν συνολικά τη σύγχρονη κοινωνία, και κυρίως τον κτηριακό κλάδο. Στο πλαίσιο αυτής της οικολογικής στρατηγικής εντάσσεται και η βιοκλιματική αντίληψη για τον κτηριακό σχεδιασμό, δεδομένου ότι η κάλυψη των βασικών αναγκών για θέρμανση και ψύξη βασίζεται κυρίως στη χρήση πετρελαίου και ηλεκτρικής ενέργειας. Ο σχεδιασμός κτηρίων, σε συμμόρφωση με την προσπάθεια περιορισμού της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης, εντάσσει στη διαδικασία συγκεκριμένες αρχές και προδιαγραφές που αφορούν στην εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη, καθώς και στην εκμετάλλευση ήπιων μορφών ενέργειας για την κάλυψη απαραίτητου θερμικού και ψυκτικού φορτίου (Αξαρχή, 2009).

Ο όρος «ενεργειακός» ή «βιοκλιματικός» σχεδιασμός περιγράφει τη σχεδιαστική διαδικασία κατά την οποία λαμβάνονται υπόψη οι τοπικές κλιματικές συνθήκες του περιβάλλοντος, όπως η ηλιακή ακτινοβολία και ο άνεμος, οι οποίες τροποποιούνται μέσω του κτηριακού κελύφους ώστε να δημιουργείται ένα εσώκλιμα, το οποίο παρέχει στους χρήστες βέλτιστες συνθήκες θερμικής και οπτικής άνεσης με τη μικρότερη δυνατή κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη. Ειδικότερα κατά τη χειμερινή περίοδο ο βιοκλιματικός σχηματισμός αποβλέπει στον περιορισμό των θερμικών απωλειών, αγωγιμότητας, αερισμού και εξάτμισης και στην ταυτόχρονη αύξηση του θερμικού κέρδους από την ηλιακή ακτινοβολία, μειώνοντας έτσι τη διάρκεια της θερμαντικής περιόδου καθώς και τις δαπάνες θέρμανσης. Αντιστρόφως κατά τη θερινή περίοδο στόχος είναι η ελαχιστοποίηση των θερμικών κερδών λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας και η αναβάθμιση των μεθόδων φυσικού δροσισμού, προκειμένου να περιοριστεί ή ακόμη και να αποφευχθεί η ψύξη μέσω μηχανολογικού εξοπλισμού (Αξαρχή, 2009) (Building Green, 2024).

4.2 Εξασφάλιση θερμικής άνεσης

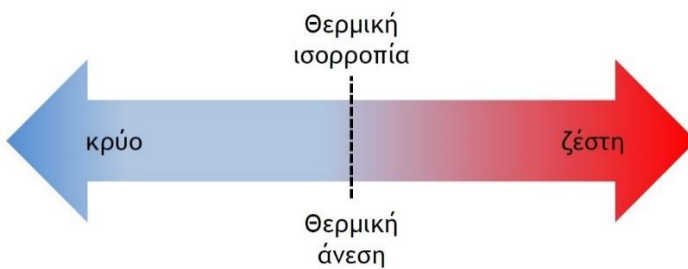
Με την έννοια θερμική άνεση αναφερόμαστε στις ιδανικές συνθήκες που πρέπει να επικρατούν σε ένα συγκεκριμένο θερμικό περιβάλλον, προκειμένου ο άνθρωπος να αισθάνεται άνετα. Ο όρος θερμική άνεση μπορεί να εξεταστεί από τρεις διαφορετικές διαστάσεις: την ψυχολογική, την θερμο-φυσιολογική και την ενεργειακή.

Σύμφωνα με το διεθνές πρότυπο ISO 7730, κατά την **ψυχολογική προσέγγιση** του όρου «η θερμική άνεση ορίζεται ως μια κατάσταση του νου που εκφράζει την ικανοποίηση με το θερμικό περιβάλλον», και αναφέρεται στην αίσθηση ικανοποίησης που νιώθουν οι άνθρωποι κατά τη διάρκεια της παραμονής τους σε ένα συγκεκριμένο θερμικό περιβάλλον. Αντίστοιχα στο αμερικανικό πρότυπο ASHRAE 55, η θερμική άνεση ορίζεται ως «εκείνη η κατάσταση στην οποία το μυαλό εκφράζει ικανοποίηση για το θερμικό περιβάλλον, με υποκειμενικά κριτήρια». Έτσι, στον ορισμό περί αίσθησης ικανοποίησης του νου στο θερμικό περιβάλλον, προστίθεται η έννοια της υποκειμενικότητας. Αυτό συμβαίνει καθώς οι άνθρωποι είναι διαφορετικοί μεταξύ τους, τόσο φυσιολογικά όσο και ψυχολογικά, και ως εκ τούτου οι περιβαλλοντικές συνθήκες που απαιτούνται για τη διασφάλιση της θερμικής άνεσης δεν είναι κοινές για όλους. Στο ASHRAE 55 αναφέρεται επιπλέον ότι σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν την αίσθηση θερμικής άνεσης των ανθρώπων είναι ο μεταβολικός ρυθμός, τα ρούχα, η θερμοκρασία του αέρα, η ακτινοβολία, η ταχύτητα του αέρα και η υγρασία (Θεοδωρίδου, 2016).

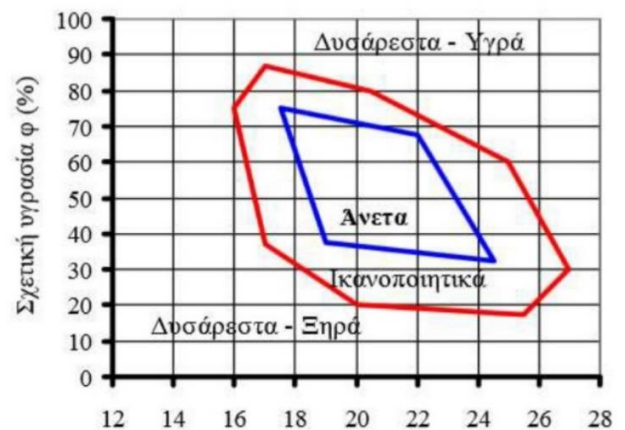
Η **θερμο-φυσιολογική προσέγγιση** της θερμικής άνεσης υποστηρίζει ότι η θερμική αντίληψη ενός ατόμου εξαρτάται από την ευαισθησία των νεύρων που βρίσκονται στα ανθρώπινα άκρα, στη θερμοκρασία ή στη μεταβολή αυτής. Βάσει του τύπου της ενεργειακής προσέγγισης, η θερμική άνεση συνδέεται με την παροχή θερμικής ισορροπίας μεταξύ εισροών και εκροών θερμότητας στο ανθρώπινο σώμα, προκειμένου να διατηρούνται τόσο η θερμοκρασία του σώματος και όσο και τα επίπεδα εφίδρωσης εντός των ανεκτών ορίων, ανάλογα με τη μεταβολική δραστηριότητα. Η αίσθημα θερμικής άνεσης, υπό κανονικές συνθήκες, προέρχεται από τη σωστή λειτουργία του σώματος, δηλαδή θερμοκρασίας σώματος 37°C και θερμοκρασία δέρματος 31-34°C (Givoni, 1992).

Συνοψίζοντας και σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN15251, «Μια ενεργειακή δήλωση χωρίς δήλωση σχετική με το εσωτερικό περιβάλλον δεν έχει νόημα». Για το λόγο αυτό, το εσωτερικό περιβάλλον των κτηρίων (θερμοκρασία, εξαερισμός και φωτισμός),

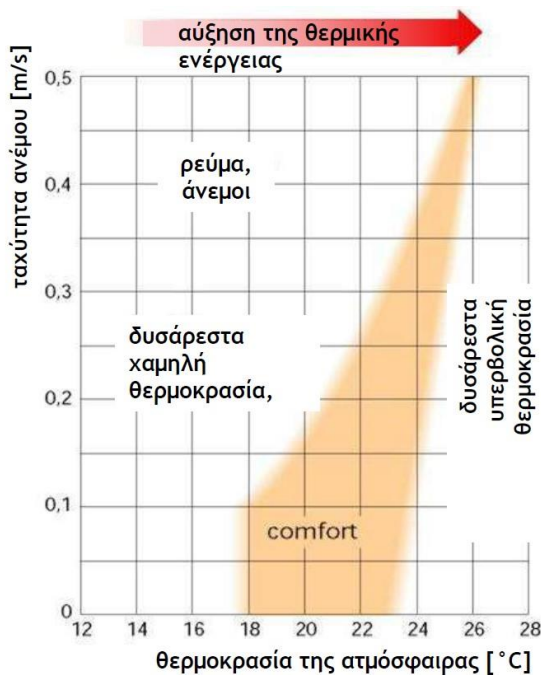
από το οποίο εξαρτάται άμεσα η υγεία, η παραγωγικότητα και η άνεση των ενοίκων, καθορίζει τα μέτρα που απαιτούνται για τον σχεδιασμό ενεργειακά αποδοτικών κτηρίων. Οι απαιτήσεις θερμικής άνεσης μέσα σε ένα κτίριο διαδραματίζουν βασικό ρόλο στο σχεδιασμό του. Είναι σημαντικό λοιπόν να προσδιοριστούν κατά το σχεδιασμό κτηρίων μειωμένης ενεργειακής κατανάλωσης, όλες οι παράμετροι από τις οποίες εξαρτάται η ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος και οι συνθήκες θερμικής άνεσης, οι οποίες επιδρούν ευεργετικά στην υγεία και ευημερία των ανθρώπων. Γίνεται λοιπόν κατανοητό ότι τα ευεργετικά αποτελέσματα του βιοκλιματικού σχεδιασμού δεν πρέπει να θεωρούνται πολυτέλεια και προνόμιο ενός περιορισμένου ποσοστού του πληθυσμού, αλλά δικαίωμα όλων (Giannarou, Tsatiris, & Kitikidou, 2018).



Διάγραμμα 4.1 Κατάσταση θερμικής ισορροπίας (Θεοδωρίδου, 2016)



Διάγραμμα 4.2 Θερμική άνεση θερμοκρασία και σχετική υγρασία (Θεοδωρίδου, 2016)



Η υγρασία και η θερμοκρασία αποτελούν από τις σημαντικότερες παραμέτρους που επηρεάζουν τη θερμική άνεση. Το επίπεδο θερμικής άνεσης εξαρτάται από την ταχύτητα του ανέμου, καθώς η συνάρτηση της ταχύτητας και της θερμοκρασίας ορίζει τη ζώνη του επιπέδου θερμοκρασιακής άνεσης, όπως παρουσιάζεται και στο Διάγραμμα 4.3.

Διάγραμμα 4.3 Θερμική άνεση σε συνάρτηση με θερμοκρασία και ταχύτητα ανέμου (Θεοδωρίδου, 2016)

4.3 Βασικές αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού

Πρωταρχικός στόχος του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι η διασφάλιση συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης για τον χρήστη με τη μικρότερη δυνατή κατανάλωση συμβατικής ενέργειας και την αξιοποίηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, λαμβάνοντας πάντα υπόψη τις τοπικές κλιματολογικές συνθήκες. Βασικό στοιχείο του είναι η διατήρηση του θερμικού ισοζυγίου του χώρου, δηλαδή η εξισορρόπηση των θερμικών κερδών με τις θερμικές απώλειές του. Σε αυτό το πλαίσιο οι μελετητές και κατασκευαστές κτηρίων αναζητούν καινοτόμες τεχνολογικά λύσεις προσαρμοσμένες στο τοπικό κλίμα, που συμβάλλουν στην προστασία του περιβάλλοντος και τη διατήρηση των φυσικών πόρων (Αξαρχή, 2009).

Πυρήνας του ενεργειακού σχεδιασμού, της κατασκευής και του τρόπου λειτουργίας των κτηρίων αποτελούν σήμερα οι αρχές της ορθολογικής χρήσης για τη διατήρηση του περιβάλλοντος, και την υγιεινή και ασφαλή διαβίωση των ενοίκων, χωρίς επιπτώσεις. Οι πρακτικές βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι αποτελεσματικές, αφού παρέχουν ένα μεγάλο μέρος της απαιτούμενης ενέργειας, αν όχι όλη, για τη διατήρηση των συνθηκών άνεσης (Markus & Morris, 1980).

Σε κτήρια υψηλών εσωτερικών φορτίων, όπως ο τριτογενής τομέας, καταγράφονται μεγάλα εσωτερικά κέρδη λόγω της θερμότητας από την πληρότητα, τα φώτα και τον εξοπλισμό. Στις περιπτώσεις αυτές, οι εξωτερικές κλιματικές συνθήκες επηρεάζουν πιθανώς σε μικρότερο βαθμό την επίτευξη άνεσης και τη χαμηλή χρήση ενέργειας. Ωστόσο, καθώς τα εσωτερικά φορτία μειώνονται μέσω του ενεργειακά αποδοτικού σχεδιασμού -φωτισμός χαμηλής ισχύος, ενεργειακά αποδοτικός εξοπλισμός, προγραμματισμός χωρητικότητας, χωροταξίας κ.α.- γίνονται άμεσα εμφανείς και οι επακόλουθες επιπτώσεις στο κλίμα.

Η θερμότητα ανακτάται μέσα από καθορισμένα «μονοπάτια» ή «χάνεται» μεταξύ του εσωτερικού και του εξωτερικού κλίματος, σύμφωνα με τους κανόνες της φυσικής για τη μεταφορά θερμότητας από θερμότερα σε ψυχρότερα αντικείμενα και τη θερμική αποθήκευση (Watson, 1989). Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός παρέχει φυσική ροή ενέργειας μέσα και γύρω από το κτήριο, λόγω της αλληλεπίδρασης ήλιου, ανέμου, βροχόπτωσης, βλάστησης, θερμοκρασίας και υγρασίας αέρα και εδάφους. Αυτή η «περιβάλλουσα ενέργεια» μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα ή να αποθηκευτεί για μελλοντική χρήση,

συμβάλλοντας έτσι στην εξοικονόμηση ενέργειας για την κάλυψη των λειτουργικών αναγκών των κτηρίων όπως θέρμανση, ψύξη, δροσισμό και φωτισμό, σε συνάρτηση και με το τοπικό κλίμα, μέσω των παρακάτω αρχών:

- **Αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας** για θέρμανση του κτηρίου κατά τους χειμερινούς μήνες και φυσικού φωτισμού όλο το χρόνο. Αυτό επιτυγχάνεται με:
 - σωστή διαρρύθμιση και προσανατολισμό των χώρων και των ανοιγμάτων (ιδανικά νότιος προσανατολισμός), σύμφωνα και με τις θερμικές τους ανάγκες,
 - παθητικά ηλιακά συστήματα για συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας, που συνιστούν παράλληλα και «φυσικά» συστήματα θέρμανσης και φωτισμού,
 - προστασία από τον καλοκαιρινό ήλιο, μέσω συστημάτων σκίασης, αλλά και
 - κατάλληλη κατασκευή του κτηριακού κελύφους.
- **Θερμική προστασία** των κτηρίων καθ' όλη τη διάρκεια του έτους με την εφαρμογή κατάλληλων τεχνικών στο εξωτερικό κέλυφος τους, όπως θερμομόνωση και αεροστεγάνωση του κτηρίου και των ανοιγμάτων του.
- **Προστασία από τον καλοκαιρινό ήλιο**, με μεθόδους σκίασης, φύτευση ή βλάστηση του περιβάλλοντος χώρου, φυτεμένα δώματα, και κυρίως κατάλληλο σχεδιασμό και κατασκευή του κελύφους με προεξοχές, σκίαστρα, κ.α.
- **Απομάκρυνση της θερμότητας** που συσσωρεύεται στο κτήριο κατά τους καλοκαιρινούς μήνες προς το εξωτερικό περιβάλλον με φυσικό τρόπο, όπως συστήματα και τεχνικές παθητικού δροσισμού και φυσικό αερισμό τις νυχτερινές ώρες. Ο δροσισμός των χώρων επιτυγχάνεται με εφαρμογές όπως διαμερή αερισμό, ηλιακές καμινάδες (για απομάκρυνση του ζεστού αέρα), επικλινείς στέγες με φεγγίτες, αεραγωγοί σωλήνες για τη διακίνηση αέρα από δροσερότερα σημεία, πύργοι ανέμου (αιολικές καμινάδες) κ.α.
- **Βελτίωση και ρύθμιση του εσωτερικού περιβάλλοντος** του κτηρίου, με στόχο τη δημιουργία ευχάριστων και άνετων συνθηκών για τον χρήστη.
- **Εξασφάλιση επαρκούς ηλιασμού και ελέγχου της ηλιακής ακτινοβολίας** για φυσικό φωτισμό των κτηρίων, ώστε να διαχέεται το φως επαρκώς και ομαλά στους κύριους χώρους. Όλα τα κτήρια μπορούν να επωφεληθούν από τον διαθέσιμο φυσικό φωτισμό. Ωστόσο η εκτεταμένη εφαρμογή υαλοπινάκων απαιτεί προσεκτικό έλεγχο της σκίασης, επιλογή κατάλληλων υαλοπινάκων και πιθανώς νυχτερινή μόνωση.

- **Αναβάθμιση των κλιματικών συνθηκών εντός και εκτός κτηρίου**, μέσω του βιοκλιματικού σχεδιασμού τόσο του εσωτερικού όσο και του περιβάλλοντος χώρου του.

4.4 Παράμετροι βιοκλιματικού σχεδιασμού

Οι ανάγκες του χρήστη, οι τοπικές επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες, το υπάρχον περιβάλλον, ο προσανατολισμός, η λειτουργικότητα, η ογκοπλασία και η χωροθέτηση επηρεάζουν την ενεργειακή κατανάλωση του κτηρίου. Η ανάλυση και ερμηνεία από τον μελετητή των παραμέτρων αυτών καθώς και των δυνατοτήτων μείωσης της ενεργειακής κατανάλωσης θα διαμορφώσουν το τελικό αποτέλεσμα του δομημένου χώρου (Building Green, 2024).

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός συνεπώς, εξαρτάται από το τοπικό κλίμα και αποσκοπεί στην προσαρμογή του κτηρίου στις κλιματικές και περιβαλλοντικές συνθήκες της περιοχής, λαμβάνοντας υπόψη τις ανάγκες του χρήστη. Τα στοιχεία αυτά τα συλλέγει και εν συνεχεία τα ερμηνεύει ο μελετητής, προκειμένου να διαμορφώσει το τελικό αποτέλεσμα, δηλαδή το κτήριο (Ροδίτη, 2013). Η μεθοδολογία αυτή του βιοκλιματικού σχεδιασμού περιγράφεται συνοπτικά στην παρακάτω εξίσωση:

$$o + (c + e)a + a o = b$$

όπου, o = occupant (χρήστης), c = climate (κλίμα), e = environment (περιβάλλον), a = architect (αρχιτέκτων), b = building (κτήριο)

4.4.1 Προσδιορισμός αναγκών του χρήστη

Ο χρήστης και οι επιθυμίες του αποτελούν τη σημαντικότερη ίσως παράμετρο σχεδιασμού ενός κτηρίου. Η ομαλή προσαρμογή στο φυσικό περιβάλλον εξασφαλίζει τη βιολογική και ψυχολογική ισορροπία του ανθρώπου. Παράμετροι όπως, το κλίμα, το φως, ο θόρυβος, η βλάστηση, η ατμόσφαιρας, κ.α., αλληλεπιδρούν μεταξύ τους συνθέτοντας το φυσικό περιβάλλον, ενώ παράλληλα επηρεάζουν την υγεία και την παραγωγικότητα του ανθρώπου. Αναφορικά με την κτηριακή εμπειρία και διαβίωση, η θερμική, οπτική και ηχητική άνεση αποτελούν τις σημαντικότερες συνισταμένες που καθορίζουν την ευεξία του ατόμου και εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από το κέλυφος και τα συστήματα ελέγχου του εσωκλίματος. Ο μηχανικός μέσα από τις σχεδιαστικές αποφάσεις έχει ως στόχο την

βελτίωση της ποιότητας ζωής του ανθρώπου μέσω της εξασφάλισης θερμικής και οπτικής άνεσης, και καλύτερων συνθηκών διαβίωσης σε έναν δομημένο χώρο (Αξαρχή, 2009).

4.4.2 Ανάλυση κλίματος

Βασική παράμετρος που λαμβάνεται υπόψη στην κλιματική ανάλυση είναι η **διακύμανση της θερμοκρασίας**. Είναι πολύ σημαντικό κατά το σχεδιασμό του κελύφους να προβλεφθεί η αντιμετώπιση ακραίων υψηλών ή χαμηλών θερμοκρασιών. Ειδικότερα, κατά τη διάρκεια της ημέρας τόσο η γη όσο και ο αέρας θερμαίνονται λόγω της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ κατά τη διάρκεια της νύχτας η επανεκπομπή της ακτινοβολίας στην ατμόσφαιρα συντελεί στη μείωση της θερμοκρασίας. Στόχος του σχεδιασμού είναι η επίτευξη συνθηκών θερμικής άνεσης στο εσωτερικό, με θερμοκρασιακή διακύμανση μεταξύ 20-26°C σε συνθήκες ξηρού βολβού.

Η **υγρασία** του αέρα επηρεάζει επίσης σημαντικά την αίσθηση θερμικής άνεσης, με τις χαμηλές τιμές υγρασίας να ευνοούν τις ανταλλαγές θερμότητας του ανθρώπινου σώματος, ενώ οι υψηλές τις δυσχεραίνουν. Για το λόγο αυτό σε κλίματα με υψηλά ποσοστά υγρασίας, χρειάζεται να δοθεί έμφαση στο φυσικό αερισμό.

Ανάλογα το **γεωγραφικό πλάτος** μιας περιοχής προκύπτει και η ποσότητα, η κλίση και συνεπώς η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας στη διάρκεια του έτους. Στα διάφορα στάδια του κτηριακού σχεδιασμού λοιπόν, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη οι γωνίες ύψους και αζιμούθιου του ήλιου, ο όγκος του κελύφους και οι εξωτερικές σκιάσεις. Επισημαίνεται ότι η πλήρης μελέτη της πορείας του ήλιου θα συμβάλλει στον αποτελεσματικό σκιασμό τη θερινή, και αντίστοιχα τον παθητικό ηλιασμό τη χειμερινή περίοδο.

Μια ακόμη σημαντική κλιματική παράμετρο αποτελούν οι **διευθύνσεις και εντάσεις των ανέμων** που επικρατούν στην περιοχή. Συνεπώς η μελέτη και κατανόηση των κατευθύνσεων του ανέμου συντελεί στον αποτελεσματικό φυσικό αερισμό και την πιθανή προστασία του κελύφους. Παράλληλα στον βιοκλιματικό σχεδιασμό πρέπει να συνεκτιμηθεί η **ποσότητα της βροχόπτωσης**, που θα καθορίσει τον τύπο των υδρομονώσεων των εξωτερικών επιφανειών, την πιθανή συλλογή όμβριων υδάτων αλλά και τον τύπο των φυτεύσεων.

Συνεπώς είναι σημαντική η συνεκτίμηση και συνετή ερμηνεία όλων των κλιματολογικών παραμέτρων, ώστε το κτήριο να προστατευθεί ή να ωφεληθεί από αυτές (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-6/2022 (Α' Έκδοση), 2022).

4.4.3 Ανάλυση τοπικών περιβαλλοντικών συνθηκών

Η διαμόρφωση τους εδάφους, οι περιμετρικές επιφάνειες και η γύρω βλάστηση είναι δυνατό να επηρεάσουν τα κλιματολογικά δεδομένα της περιοχής του κτηρίου. Για το λόγο αυτό είναι πολύ κρίσιμο ο μελετητής να καταγράψει προσεκτικά τα δεδομένα του μικροκλίματος της περιοχής προκειμένου στη συνέχεια να τα εντάξει στο σχεδιασμό του.

Ειδικότερα, οι φυσικές πτυχώσεις και πιθανά εμπόδια του εδάφους είναι πιθανό να μεταβάλλουν τις τοπικές θερμοκρασιακές διακυμάνσεις και τη σχετική υγρασία λόγω της κίνησης των ανέμων.

Η ύπαρξη βλάστησης συνιστά επίσης κρίσιμο στοιχείο τροποποίησης του μικροκλίματος της περιοχής με δυνατότητα απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας σε ποσοστό 90% και μείωσης της θερμοκρασίας του αέρα έως και 5°C κατά τη διάρκεια της ημέρας. Επιπλέον μπορεί να διατηρήσει σταθερή ή να αυξήσει τη νυχτερινή θερμοκρασία, καθώς και να μειώσει σημαντικά την ταχύτητα του αέρα. Η επίδραση των παραπάνω στοιχείων καθώς και η διαδικασία της εξατμισο-διαπνοής εξαρτάται κυρίως από το είδος των φυτών (ψηλά δέντρα ή χαμηλοί θάμνοι), αειθαλή ή φυλλοβόλα, με πυκνό ή αραιό φύλλωμα, συνεχή ή αραιή κάλυψη στο χώρο. Συνεπώς κατά τον σχεδιασμό πρέπει να συνεκτιμηθεί η υπάρχουσα χλωρίδα, το όφελος σκίασης που παρέχει και η δυνατότητα διατήρησής της στο σύνολό της προκειμένου να μειωθεί όσο το δυνατόν ο οικολογικός αντίκτυπος στην περιοχή.

Όσον αφορά στο πυκνό αστικό περιβάλλον οι δυνατότητες ηλιασμού, αερισμού αλλά και χωροθέτησης είναι περιορισμένες. Στα μεγάλα αστικά κέντρα παρατηρείται το φαινόμενο της θερμής αστικής νησίδας που οφείλεται κυρίως στην αυξημένη θερμοχωρητικότητα των δομικών στοιχείων, την απουσία πρασίνου, την αυξημένη θέρμανση των κτηρίων και κυκλοφορία των οχημάτων σε συνδυασμό και με την υψηλή ατμοσφαιρική ρύπανση (Building Green, 2024).

4.4.4 Μορφή κτηρίου και χωροθέτηση

Η ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται το κτήριο, καθώς και η έκθεση σε άνεμο εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη μορφή του κελύφους, τον προσανατολισμό και τη χωροθέτησή του στο οικοπέδο. Βασική αρχή σχεδιασμού είναι ότι όσο μεγαλύτερος είναι ο λόγος του όγκου του κτηρίου προς το σύνολο των εξωτερικών επιφανειών του, δηλαδή όσο πιο συμπαγές είναι, τόσο λιγότερες ανεπιθύμητες θερμικές απώλειες ή κέρδη υπάρχουν. Στο κλίμα της νότιας Ευρώπης ιδανικότερος θεωρείται ο προσανατολισμός του κτηρίου κατά τον άξονα ανατολής-δύσης με μεγαλύτερο ανάπτυγμα στη νότια όψη και όσο το δυνατόν μικρότερο σε ανατολή και δύση, με τη μέγιστη απόκλιση του άξονα να μην υπερβαίνει τις 30° προς την ανατολή ή τη δύση.

Σύμφωνα με την μελέτη Olgyay, στα θερμότερα κλίματα η ιδανική αναλογία πλευρών ανατολικής/δυτικής όψης προς νότια/βόρεια είναι από 1:1 έως 1:1,6, με ιδανικότερη την 1:1,3. Έτσι, στη νότια όψη προσπίπτει το μεγαλύτερο ποσό ηλιακής ακτινοβολίας κατά το χειμώνα, ενώ κατά το καλοκαίρι πρωτίστως η στέγη και ακολούθως η ανατολική και δυτική όψη. Τέλος, συνίσταται ο σχεδιασμός αρχιτεκτονικών στοιχείων με τα οποία παρέχεται σκιά σε άλλα σημεία του ίδιου κτηριακού όγκου.

4.4.5 Κτηριακό κέλυφος

Το κέλυφος των κτηρίων καλείται να επιτελέσει το ρόλο της επιδερμίδας σε μια κατασκευή, καθώς ρυθμίζει τις συνθήκες θερμικής άνεσης στον εσωτερικό χώρο αξιοποιώντας τα θετικά, κατά περίπτωση, κλιματικά στοιχεία και αποτρέποντας τα επιβλαβή. Η αποτελεσματικότητα του σχεδιασμού για την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης συνδέεται με την ορθολογική ανάλυση και επίλυση παραμέτρων σχετικών με τη λειτουργία, το κτηριολογικό πρόγραμμα, τα κλιματολογικά δεδομένα και τους επιθυμητούς στόχους. Σύμφωνα λοιπόν με τα κριτήρια του βιοκλιματικού σχεδιασμού, το κτηριακό κέλυφος καλείται να εκπληρώσει τρεις διακριτούς ρόλους (Αξαρχή, 2009):

Ο πρώτος αφορά στη λειτουργία του ως «επιλεκτικός ηλιακός συλλέκτης», συμμετέχοντας στη δέσμευση της διαθέσιμης προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, απαραίτητη κατά τη χειμερινή περίοδο, και αντίστοιχα στην απομάκρυνση της ανεπιθύμητης κατά τη θερινή. Η δέσμευση τη ηλιακής ακτινοβολίας εξαρτάται από τον

προσανατολισμό των ανοιγμάτων (διαφανή και αδιαφανή στοιχεία) και τον εξοπλισμό με ηλιοπροστατευτικές διατάξεις.

Επιπλέον το κέλυφος καλείται να λειτουργήσει ως «**φράγμα θερμικών απωλειών**», ρυθμίζοντας τα θερμικά κέρδη και τις απώλειες καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου, με στόχο την παρεμπόδιση της δεσμευμένης από την ηλιακή ακτινοβολία θερμότητας να διαφύγει στο εξωτερικό περιβάλλον. Όσο μεγαλύτερο διάστημα διαρκεί αυτή η λειτουργία του κελύφους, τόσο πιο επιτυχημένη κρίνεται η επιλογή του. Συνεπώς, η τοποθέτηση κατάλληλης θερμομόνωσης σύμφωνα με τις τοπικές κλιματολογικές συνθήκες, η αποφυγή θερμογεφυρών και η αεροστεγανότητα σε συνδυασμό με την επιλογή των κατάλληλων επιμέρους υλικών καθορίζουν επίσης την ενεργειακή επιτυχία του κτηρίου (Building Green, 2024).

Ο τρίτος ρόλος του κελύφους αφορά στη λειτουργία του ως «**θερμική αποθήκη**», όπου θα συλλεχθεί και θα αποθηκευτεί η θερμότητα κατά τις πρωινές ώρες, προκειμένου να αποδεσμευτεί τις βραδινές ή σε περιόδους με συννεφιά, και να αποδοθεί στους χρησιμοποιούμενους χώρους, προφυλάσσοντας έτσι τους χρήστες από ανεπιθύμητες απώλειες και κέρδη. Το ποσό της θερμότητας που μπορεί να αποθηκευτεί στα δομικά υλικά και στοιχεία εξαρτάται από το μέγεθος της θερμοχωρητικότητάς τους.

Συνοψίζοντας, κριτήριο αξιολόγησης του κτηριακού σχεδιασμού αποτελεί ο βαθμός ανταπόκρισης του κελύφους και των συστημάτων ελέγχου στις απαιτήσεις για την εξασφάλιση άνεσης.

4.4.6 Λειτουργικότητα κτηρίου

Βασικό μέρος της διαδικασίας σχεδιασμού αποτελεί η διαρρύθμιση των χώρων του κτηρίου και η χωροθέτηση των λειτουργιών του, βάσει του κτηριολογικού προγράμματος. Αν και η λειτουργική χωροθέτηση στην κάτοψη είναι ευέλικτη σε μεγάλο βαθμό, υπάρχουν σε κάθε κατηγορία κτηρίου ορισμένες αρχές που χρειάζεται να τηρηθούν.

Αρχικά προτείνεται η τοποθέτηση στο νότο των κύριων χώρων διημέρευσης, οι οποίοι χρησιμοποιούνται κυρίως κατά τη διάρκεια της ημέρας, όπως για παράδειγμα οι κυρίως χώροι εργασίας στην περίπτωση των κτηρίων γραφείων, με την προϋπόθεση ύπαρξης επαρκούς εξωτερικού σκιασμού και ελέγχου των συνθηκών οπτικής άνεσης. Από την άλλη πλευρά στο βορρά ενδείκνυται η χωροθέτηση της οριζόντιας και κατακόρυφης

κυκλοφορίας, όπως διάδρομοι και κλιμακοστάσια, των υγρών χώρων, όπως χώροι υγιεινής και των αποθηκευτικών – βοηθητικών χώρων. Η διάταξη αυτή αιτιολογείται από τη δυνατότητα θερμικής ευελιξίας, άνεσης και παθητικού ηλιασμού που παρέχει ο νότος· στοιχεία που κατά προτεραιότητα παρέχονται στους χώρους μεγαλύτερης διάρκειας χρήσης και εμβαδού. Ωστόσο για τη διευκόλυνση της διάταξης των λειτουργιών στο κτήριο υπάρχουν εναλλακτικά και δευτερεύουσες προτάσεις όπως η τοποθέτηση των χώρων εργασίας στο βορρά με το προνόμιο της εξασφάλισης σταθερού φωτισμού κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Επιπλέον αποφεύγεται η τοποθέτηση χώρων κύριας χρήσης στη δυτική πλευρά των κτηρίων καθώς, λόγω της χαμηλής γωνίας πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τις απογευματινές ώρες και της επακόλουθης θερμικής επιβάρυνσης του κτηρίου, που το καθιστούν δυσλειτουργικό για πολλές δραστηριότητες.

Ανάλογη σημασία κατά το σχεδιασμό πρέπει να δίνεται και στη διάταξη των υπαίθριων και ημιυπαίθριων χώρων, και πάντα σε συσχέτιση με την εσωτερική οργάνωση. Με τον ελεγχόμενο ηλιασμό των εξωτερικών χώρων είναι δυνατή η χρήση τους όλο τον χρόνο, καθώς είναι πιο ευχάριστοι και φιλόξενοι για τους χρήστες, συγκριτικά με αυτούς που βρίσκονται μόνιμα υπό σκιά.

4.5 Ενεργειακή απόδοση υφιστάμενων κτηρίων

Η επίτευξη του στόχου της μέγιστης ενεργειακής απόδοσης υλοποιείται μέσω του σχεδιασμού κτηρίων χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης, την εφαρμογή σύγχρονων και αποδοτικών τεχνολογικών μεθόδων κάλυψης των επικουρικών αναγκών σε ενέργεια, όπως για θέρμανση, ψύξη κλπ., καθώς και την τοποθέτηση συστημάτων ελέγχου της απόδοσης και λειτουργίας των εγκαταστάσεων του κτηρίου (ΚΑΠΕ, 2024β).

Η ενεργειακή απόδοση ενός κτηρίου υπολογίζεται σύμφωνα με την εκτιμώμενη ενέργεια που καταναλώνεται ετησίως, ώστε να ικανοποιηθούν οι λειτουργικές του ανάγκες. Ο υπολογισμός της πραγματοποιείται βάσει θεωρητικών σχέσεων και με συγκεκριμένες παραδοχές. Οι παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη σε κάθε περίπτωση κτηρίου μελέτης σχετίζονται με τον ανθρώπινο παράγοντα και τη συμμετοχή του στα εσωτερικά κέρδη,

καθώς και με τη συνετή χρήση των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων. Ο μελετητής κατά την επιλογή των παραμέτρων, δίνει προτεραιότητα στα στοιχεία που θα συλλέξει στην ενεργειακή επιθεώρηση, προκειμένου να προσεγγίσει με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια την πραγματική κατάσταση του κτηρίου (Cascone & Sciuto, 2018).

4.5.1 Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (Κ.Εν.Α.Κ.), ως εργαλείο ενεργειακής αναβάθμισης

Στα πλαίσια της εναρμόνισης με την Κοινοτική Οδηγία 91/2002/EΚ για την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων θεσμοθετείται, με την Κ.Υ.Α 5825/2010 η οποία αναθεωρήθηκε με την 178581/2017, ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας, 2024), που προβλέπει την ενσωμάτωση του ενεργειακού σχεδιασμού στην προσπάθεια βελτίωσης της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτηριακού αποθέματος μέσω της σωστής διαχείρισης, την εξοικονόμηση ενέργειας και την προστασία του περιβάλλοντος, με παράλληλη εξασφάλιση ιδανικών συνθηκών για τους χρήστες του (ΤΕΕ, 2011).

Ο Κ.Εν.Α.Κ. αποτελεί την πρώτη ολοκληρωμένη προσπάθεια στο ελληνικό θεσμικό πλαίσιο, για τον καθορισμό του συνόλου των παραμέτρων που επιδρούν στην ενεργειακή απόδοση ενός κτηρίου (ΤΕΕ, 2011). Ο Κανονισμός αποσκοπεί κυρίως στον περιορισμό της κατανάλωσης συμβατικής ενέργειας για επικουρικές ανάγκες όπως θέρμανση, ψύξη, φωτισμό κ.α., με την ταυτόχρονη διασφάλιση συνθηκών άνεσης στο εσωτερικό των κτηρίων, κυρίως με τον σχεδιασμό ενεργειακά αποδοτικών κελυφών, τη χρήση ενεργειακά αποδοτικών δομικών υλικών, ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων, ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας.

Μέσω της εφαρμογής του Κ.Εν.Α.Κ. ορίζεται μια μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων, οι ελάχιστες απαιτήσεις για την επίτευξη αυτής καθώς και οι κατηγορίες ενεργειακής κατάταξης των κτηρίων. Επιπλέον καθορίζονται οι βασικές προδιαγραφές για τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό των κτηρίων, τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κελύφους και οι προδιαγραφές των Η/Μ εγκαταστάσεων. Θέτει έτσι το πλαίσιο και το περιεχόμενο της Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης των κτηρίων, της μορφής και της διαδικασίας έκδοσης του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ), της διαδικασίας και της συχνότητας διενέργειας

ενεργειακών επιθεωρήσεων των κτηρίων και των Η/Μ εγκαταστάσεων, του ελέγχου της διαδικασίας ενεργειακής επιθεώρησης και τα όργανα διενέργειας αυτής, καθώς και κάθε άλλου ειδικότερου θέματος ή σημαντικής λεπτομέρειας.

Ο προσδιορισμός της ενεργειακής απόδοσης ενός κτηρίου αφορά στην υπολογιζόμενη ή πραγματική χρήση πρωτογενούς ενέργειας, δηλαδή αυτή που κατά μέσο όρο καταναλώνεται για θέρμανση ή δροσισμό του χώρου, ζεστό νερό χρήσης, αερισμό, φωτισμό και άλλα τεχνικά συστήματα του κτηρίου, έτσι ώστε να εξασφαλίζονται τα βέλτιστα επίπεδα υγιεινής, ποιότητας του εσωτερικού αέρα και άνεσης.

Η πρωτογενής ενέργεια υπολογίζεται βάσει των συντελεστών πρωτογενούς ενέργειας ή στάθμισης ανά φορέα ενέργειας, οι οποίοι καθορίζονται στον ΚΕΝΑΚ και συνδέονται με εθνικούς, περιφερειακούς ή τοπικούς, ετήσιους ή περιοδικούς σταθμισμένους μέσους όρους, ή σε πιο συγκεκριμένες πληροφορίες που διατίθενται για μεμονωμένα αστικά συστήματα (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 (Α' Έκδοση), 2017). Επισημαίνεται ότι στον καθορισμό των συντελεστών αυτών συνυπολογίζεται η ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές που παρέχει ο φορέας ενέργειας, ενώ δεν λαμβάνεται υπόψη αυτή που παράγεται και χρησιμοποιείται επιτόπου με τη διαδικασία του ενεργειακού συμψηφισμού.

Στη μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων βάσει των ευρωπαϊκών προτύπων, λαμβάνονται υπόψη (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 (Α' Έκδοση), 2017):

- Η θερμοχωρητικότητα, η θερμομόνωση και οι θερμογέφυρες, δηλαδή τα πραγματικά θερμικά χαρακτηριστικά του κτηρίου.
- Οι εγκαταστάσεις θέρμανσης, ψύξης και παροχής ζεστού νερού χρήσης.
- Ο φυσικός και τεχνητός αερισμός, συμπεριλαμβανομένης και της αεροστεγανότητας.
- Η εγκατάσταση γενικού φωτισμού στα κτήρια του τριτογενή τομέα, όπως τα γραφεία.
- Ο σχεδιασμός, η θέση και ο προσανατολισμός του κτηρίου, καθώς και οι εξωτερικές κλιματικές συνθήκες.
- Τα παθητικά και υβριδικά ηλιακά συστήματα και η ηλιακή προστασία.
- Η παθητική θέρμανση και ο δροσισμός.
- Οι κλιματικές συνθήκες του εσωτερικού χώρου.
- Τα εσωτερικά φορτία.

Επιπρόσθετα, λαμβάνεται υπόψη η θετική επίδραση των κατωτέρω παραγόντων:

- Τοπικές συνθήκες έκθεσης στον ήλιο, ενεργητικά ηλιακά συστήματα, συστήματα θέρμανσης, ψύξης και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, βασιζόμενα σε ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές.
- Ωφέλιμη θερμική και ηλεκτρική ενέργεια.
- Συστήματα τηλε-θέρμανσης και τηλε-ψύξης σε κλίμακα περιοχής ή οικοδομικού τετραγώνου.
- Φυσικός φωτισμός.

4.5.2 Χαρακτηριστικά αξιολόγησης ενεργειακής απόδοσης κτηρίων

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα βασικά στοιχεία για την αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων, βάσει των χαρακτηριστικών δομικών στοιχείων του, τα οποία ο μελετητής μπορεί να λάβει υπόψη του στο σχεδιασμό της ενεργειακής αναβάθμισης τους, ώστε μέσω απλών σχέσεων συσχέτισης απωλειών και κερδών, να προβεί εύκολα σε αποφάσεις σχετικά με τη βιοκλιματική στρατηγική που θα ακολουθήσει (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-6/2022 (Α' Έκδοση), 2022).

- **Ηλικία του αποθέματος**

Ένας από τους πιο αποτελεσματικούς τρόπους κατανόησης της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων αποτελεί η ηλικία του αποθέματος. Το έτος κατασκευής αποτελεί μόνο μία ένδειξη της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων. Για την περαιτέρω κατανόηση και ανάλυση της πραγματικής ενεργειακής απόδοσης χρειάζονται πληροφορίες σχετικά με τις τιμές θερμικής μετάδοσης του περιβλήματος και την ενεργειακή απόδοση των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης – μαζί με το μείγμα καυσίμων των κρατών μελών της ΕΕ (Filippidou & Jimenez Navarro, 2019).

- **Υφιστάμενη κατάσταση κελύφους του κτηρίου**

Προκειμένου να σχεδιαστούν αποτελεσματικές στρατηγικές για την απαλλαγή από τις ανθρακούχες εκπομπές του κτηριακού τομέα είναι απαραίτητο να εκτιμηθεί και η παρούσα κατάσταση του κτηρίου. Το κέλυφος του κτηρίου διαθέτει δομικά στοιχεία που διαχωρίζουν το εσωτερικό περιβάλλον από το εξωτερικό, όπως η οροφή, το δάπεδο, οι τοίχοι, τα παράθυρα και οι πόρτες (Givoni, 1998). Τα θερμικά

χαρακτηριστικά αυτών προσδιορίζουν το ποσό της θερμότητας που εκλύεται στο εξωτερικό και ως εκ τούτου, την ενέργεια που απαιτείται ώστε να διατηρηθούν οι συνθήκες θερμικής άνεσης σε ένα κτήριο. Η τιμή U περιγράφει τη θερμική μετάδοση των δομικών στοιχείων του κτηριακού κελύφους, η οποία καθορίζει και τη θερμική συμπεριφορά τους. Οι τιμές U ουσιαστικά περιγράφουν τα επίπεδα θερμομόνωσης του κελύφους του κτιρίου.

Η χαρτογράφηση των μέσων τιμών U του κτηριακού αποθέματος παρέχει κρίσιμες πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση της ενεργειακής απόδοσης του. Ωστόσο, για την ολοκληρωμένη εκτίμηση της ενεργειακής απόδοσης του κτηριακού αποθέματος, απαιτούνται επιπλέον πληροφορίες για τα τεχνικά κτηριακά συστήματα που καλύπτουν τις ανάγκες θέρμανσης και ψύξης.

- **Τύπος κτηρίου,**
- **Συστήματα θέρμανσης και ψύξης και**
- **Κλιματικά δεδομένα περιοχής**

Έτσι μέσα από έναν κατάλογο μέτρων ενεργειακής απόδοσης, συμπεριλαμβανομένων τόσο των αναβαθμίσεων του κελύφους του κτηρίου όσο και/ή των τεχνικών συστημάτων (θέρμανση, ψύξη, εξαερισμός και ανανεώσιμες πηγές), ο μελετητής επιλέγει αυτά που θα εφαρμόσει στον σχεδιασμό του και τα προσαρμόζει κάθε φορά στη συγκεκριμένη μελέτη περίπτωσης (Filippidou & Jimenez Navarro, 2019).

4.5.3 Θερμικές ζώνες κτηρίου

Ως «**Θερμική ζώνη κτηρίου**» περιγράφεται το σύνολο των χώρων στους οποίους διαιρείται το κτήριο, και χαρακτηρίζονται από κοινές απαιτούμενες εσωτερικές συνθήκες και χρήση.

Το κτήριο διαιρείται σε θερμικές ζώνες προκειμένου να υπολογιστεί η ενεργειακή του απόδοση, δηλαδή σε χώρους με παρόμοια χρήση, ίδιο προφίλ λειτουργίας και πιθανώς κοινές ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις. Ο διαχωρισμός αυτός προτείνεται να γίνεται βάσει των ακόλουθων Κανόνων KENAK (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 (Α' Έκδοση), 2017):

- Προσδιορισμός των θερμικών ζωνών, κατά τη μελέτη ή την επιθεώρηση, με την καταγραφή της πραγματικής εικόνας λειτουργίας του κτηρίου.
- Τμήματα του κτηρίου με εμβαδόν μικρότερο από το 10% του συνολικού εμβαδού του κτηρίου είναι δυνατό να ενσωματώνονται σε άλλες παρόμοιες θερμικές ζώνες, έστω και αν οι συνθήκες λειτουργίας τους αιτιολογούν τη θεώρησή τους ως ανεξάρτητων ζωνών.
- Μελέτη του κτηρίου ως μια ενιαία θερμική ζώνη ή διαχωρισμός του σε περισσότερες θερμικές ζώνες, κατά περίπτωση, προκειμένου να υπολογιστούν τα απαιτούμενα φορτία θέρμανσης και ψύξης.

Η απλοποίηση ή όχι των θερμικών ζωνών ενός κτηρίου εξαρτάται από τις εξής παραμέτρους:

- τη λεπτομέρεια του απαιτούμενου ελέγχου
- το είδος των αναμενόμενων αποτελεσμάτων, όπως συνθήκες θερμικής άνεσης σε χώρους ενός κτηρίου γραφείων
- το λογισμικό που χρησιμοποιείται για την ενεργειακή επιθεώρηση.

Διαχωρισμός κτηρίου

Για τον διαχωρισμό των θερμικών ζωνών, τα κυριότερα κριτήρια είναι τα εξής (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 (Α' Έκδοση), 2017):

- Η διαφορά μεταξύ της επιθυμητής θερμοκρασίας των εσωτερικών χώρων και του υπόλοιπου κτηρίου να είναι πάνω από 4°C κατά τους χειμερινούς ή/και θερινούς μήνες.
- Χώροι διαφορετικής χρήσης / λειτουργίας, και συνήθως διαφορετικών εσωτερικών συνθηκών σχεδιασμού (θερμοκρασία, σχετική υγρασία, νωπό αέρα κ.ά.).
- Χώροι του κτηρίου, με διακριτά συστήματα θέρμανσης ή/και κλιματισμού λόγω διαφορετικών εσωτερικών συνθηκών.
- Χώροι με σημαντικές, συγκριτικά με το υπόλοιπο κτήριο, συναλλαγές ενέργειας (εσωτερικά ηλιακά κέρδη, θερμικές απώλειες κλπ.), όπως η νότια πτέρυγα ενός κτηρίου με υψηλά ηλιακά κέρδη σε σχέση με τους υπόλοιπους χώρους.
- Χώροι με σύστημα μηχανικού αερισμού (παροχής νωπού αέρα ή κλιματισμού) που καλύπτει κάτω από το 80% της επιφάνειας του χώρου.

Συνθήκες λειτουργίας

Οι συνθήκες λειτουργίας του κτηρίου αφορούν στις ακόλουθες παραμέτρους:

α) Ωράριο και περίοδος λειτουργίας του κτηρίου ή της αντίστοιχης ζώνης

Το ωράριο λειτουργίας αποτελεί ανεξάρτητη θερμική ζώνη και εξαρτάται από:

- τη χρήση του κτηρίου
- τον ανθρώπινο παράγοντα, δηλαδή από τις επιλογές και συνήθειες των χρηστών του
- τις τοπικές συνθήκες, κλιματικές, λειτουργικές (ωράρια λειτουργίας) κ.ά.

β) Επιθυμητές εσωτερικές συνθήκες, όπως θερμοκρασία, υγρασία, νωπός αέρας.

Ο Κ.Εν.Α.Κ. αναφέρεται στον έλεγχο των δύο βασικότερων παραμέτρων θερμικής άνεσης, της **θερμοκρασίας** και της σχετικής **υγρασίας** του εσωτερικού αέρα. Με άξονα την επίτευξη αυτών σχεδιάζονται το σύστημα θέρμανσης, για τη ρύθμιση μόνο της θερμοκρασίας του αέρα, και κλιματισμού, που ρυθμίζει τόσο τη θερμοκρασία όσο και τη σχετική υγρασία του αέρα.

Η ανανέωση του εσωτερικού αέρα, δηλαδή η αντικατάσταση μέρους του από νωπό αέρα περιβάλλοντος, αποτελεί βασική προϋπόθεση ώστε να εξασφαλιστούν συνθήκες υγιεινής στο εσωτερικό του κτηρίου. Οι απαιτήσεις **νωπού αέρα** εξαρτώνται από:

- τη χρήση του κτηρίου ή της θερμικής ζώνης
- τον αριθμό των χρηστών και
- τους παραγόμενους ρύπους από τη χρήση του κτηρίου

γ) Στάθμη φωτισμού: Για την εξασφάλιση οπτικής άνεσης στους χώρους ορίζονται τα επίπεδα της στάθμης φωτισμού ανά χρήση κτηρίου ή θερμικής ζώνης.

δ) Κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης

ε) Εσωτερικά θερμικά κέρδη (από χρήστες, ηλεκτρικές συσκευές και φωτισμό)

Η παραγόμενη/εκλυόμενη θερμότητα στο εσωτερικό των κτηρίων επηρεάζει την εσωτερική θερμοκρασία των χώρων, και κατά συνέπεια τα πραγματικά φορτία θέρμανσης και ψύξης. Αυτά αφορούν κυρίως στον ηλεκτροφωτισμό, στον ανθρώπινο παράγοντα και στον εξοπλισμό της θερμικής ζώνης (συσκευές) (Θεοδωρίδου, 2016)

4.6 Στρατηγικές βιοκλιματικού σχεδιασμού

Στόχος του βιοκλιματικού σχεδιασμού στη διάρκεια του χειμώνα είναι η αντίσταση του κτηριακού κελύφους στην απώλεια θερμότητας και η προώθηση του κέρδους της ηλιακής

θερμότητας. Αντιστρόφως το καλοκαίρι επιδιώκεται η αντίσταση στο ηλιακό κέρδος και η απώθηση της θερμότητας από το εσωτερικό του κτηρίου. Οι βασικές στρατηγικές του ορίζονται ως εξής:

- **Ελαχιστοποίηση της αγωγίμης ροής θερμότητας.** Αυτή η στρατηγική επιτυγχάνεται με τη χρήση μόνωσης, και είναι αποδοτική όταν η εξωτερική θερμοκρασία διαφέρει σημαντικά, χαμηλότερη ή υψηλότερη, από το εύρος άνεσης του εσωτερικού.
- **Καθυστέρηση της περιοδικής ροής θερμότητας.** Παρά την αναγνωρισμένη αξία των οικοδομικών υλικών μόνωσης, αμφισβητείται η ικανότητα των υλικών κατασκευής των κτηριακών περιβλημάτων να καθυστερήσουν τις ροές θερμότητας, οι οποίες θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για τη βελτίωση της άνεσης και τη μείωση του ενεργειακού κόστους. Για παράδειγμα η χρονική υστέρηση μέσω της τοιχοποιίας μπορεί να καθυστερήσει τη θερμική επίδραση της ημέρας μέχρι το βράδυ και είναι μια ιδιαίτερα πολύτιμη τεχνική σε θερμά ξηρά κλίματα, με μεγάλες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας μεταξύ μέρας και νύχτας.
- **Ελαχιστοποίηση της «διείσδυσης».** Αναφέρεται στην ανεξέλεγκτη διαρροή αέρα περιμετρικά των ανοιγμάτων (θύρες και των παράθυρα), καθώς και μέσα από αρμούς, ρωγμές και ελαττωματικά σφραγίσματα στο περίβλημα του κελύφους. Η διείσδυση - και η ταυτόχρονη «διαφυγή» θερμαινόμενου ή ψυχρού αέρα- θεωρείται η μεγαλύτερη και δυνητικά η πιο δυσεπίλυτη αιτία απώλειας ενέργειας σε ένα κτήριο, εφόσον έχουν ληφθεί μέτρα μόνωσης.
- **Θερμική αποθήκευση.** Η θερμική μάζα στο εσωτερικό του μονωμένου περιβλήματος είναι κρίσιμη για τη μείωση των διακυμάνσεων στη θερμοκρασία του αέρα, στην αποθήκευση θερμότητας το χειμώνα και στη λειτουργία ως «ψύκτρα» το καλοκαίρι.
- **Αύξηση του ηλιακού οφέλους.** Μέσω του ήλιου είναι δυνατόν να παρέχεται ένα σημαντικό μέρος της ενέργειας για θέρμανση κατά τον χειμώνα μέσα από στοιχεία, όπως παράθυρα προσανατολισμένα στο νότο, καθώς και άλλες παθητικές ηλιακές τεχνικές για τη δημιουργία χώρων συλλογής, αποθήκευσης και μεταφοράς ηλιακής θερμότητας.
- **Ελαχιστοποίηση της ροής του εξωτερικού αέρα.**

Ο ρυθμός απώλειας θερμότητας από ένα κτήριο αυξάνεται το χειμώνα λόγω των ανέμων, οι οποίοι «απομακρύνουν» τη θερμότητα, επιταχύνοντας έτσι την ψύξη του

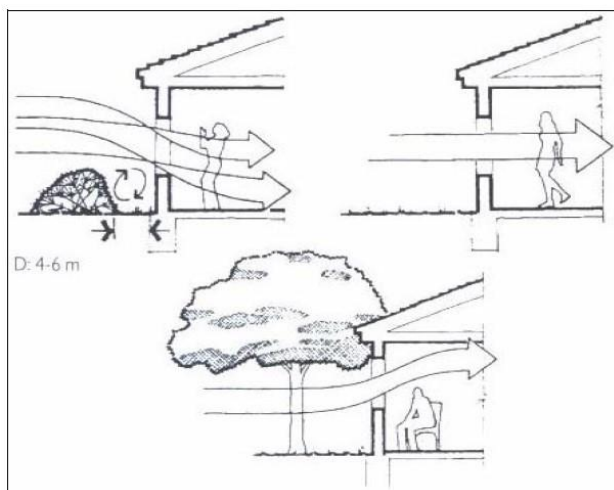
εξωτερικού κελύφους μέσω αγωγιμότητας και αυξάνοντας παράλληλα τις απώλειες από «διαφυγή». Οι επιπτώσεις των ανέμων είναι δυνατό να μειωθούν με την κατάλληλη χωροθέτηση και διαμόρφωση του κτηρίου, ώστε να επιτυγχάνεται η ελαχιστοποίηση της έκθεσης στον αέρα, ή με την τοποθέτηση ανεμοφρακτών.

- **Αερισμός.** Η ψύξη ενός εσωτερικού χώρου μέσω της ροής αέρα είναι δυνατή μέσω δύο φυσικών διεργασιών: τον διαμπερή αερισμό (αεροκινούμενος) και τον αερισμό κατακόρυφων αεραγωγών, ωθούμενος από την κίνηση του θερμαινόμενου αέρα προς τα πάνω, ακόμη και χωρίς την εξωτερική πίεση του ανέμου. Για παράδειγμα ένας ανεμιστήρας, τροφοδοτούμενος από φωτοβολταϊκά, αποτελεί ένα αποδοτικό μέσο για την ενίσχυση του φυσικού αερισμού ψύξης, απουσία επαρκούς ανέμου ή διαφοράς πίεσης.
- **Ελαχιστοποίηση του ηλιακού κέρδους.** Ιδανική πρακτική για την εξασφάλιση άνεσης από τη ζέστη του καλοκαιριού αποτελεί η ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων του άμεσου ήλιου με τη δημιουργία συστημάτων σκίασης στα παράθυρα ή εναλλακτικά με τον περιορισμό των επιφανειών του κτηρίου που εκτίθενται στον καλοκαιρινό ήλιο, μέσω της χρήσης μόνωσης, εμποδίων της ακτινοβολίας και φραγμών.
- **Προώθηση ψύξης με ακτινοβολία.** Η θερμότητα ενός κτηρίου μειώνεται σημαντικά εάν η μέση εκπέμπουσα θερμοκρασία των υλικών στην εξωτερική του επιφάνεια είναι μεγαλύτερη από αυτή του περιβάλλοντος, ιδιαίτερα κατά τις βραδινές ώρες. Η μέση εκπέμπουσα θερμοκρασία της επιφάνειας του κτηρίου καθορίζεται από την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, το υλικό του κελύφους και την ικανότητα του να αποβάλλει ή να εκπέμπει εκ νέου θερμότητα. Αυτή η συμβολή είναι οριακή, σε περίπτωση που η επιδερμίδα του κτηρίου είναι καλά μονωμένη.
- **Ψύξη με εξάτμιση.** Η εξάτμιση της υγρασίας με το εισερχόμενο ρεύμα αέρα παρέχει σημαντική ψύξη στο εσωτερικό ενός κτηρίου. Η τεχνητή ψύξη με εξάτμιση μπορεί να επιτευχθεί μέσω ενός οικονομικού συστήματος, μεμονωμένα ή σε συνδυασμό με κλιματισμό (Watson, 1989).

4.7 Τεχνικές επεμβάσεις και πρακτικές βελτίωσης ενεργειακής απόδοσης υφιστάμενων κτηρίων

Οι δυνατότητες ενεργειακής αναβάθμισης του υφιστάμενου κτηριακού αποθεματικού είναι πολλές, και αφορούν κυρίως στις ακόλουθες οικοδομικές παρεμβάσεις (Αξαρχή, 2009):

- Προσθήκη αναδρομικής **θερμομόνωσης στα δομικά στοιχεία και βελτίωση ή αντικατάσταση των κουφωμάτων** με νέα που διαθέτουν καλύτερο συντελεστή θερμοπερατότητας, προκειμένου να μειωθούν οι θερμικές απώλειες αγωγιμότητας από τα συμπαγή στοιχεία.
- Δημιουργία **ανεμοφρακτών** για τη βελτίωση της αεροστεγανότητας των ανοιγμάτων και μείωση των σημείων που αποτελούν οδούς διαφυγής της θερμότητας (όπως ρήγματα, οπές, καμινάδες κλπ.), περιορίζοντας έτσι τις θερμικές απώλειες αερισμού.
- Εφαρμογή κατά τις βραδινές ώρες **κινητής θερμομόνωσης στα ανοίγματα**, για τον περιορισμό των νυχτερινών θερμικών απωλειών, οπότε και καταγράφονται τα 2/3 περίπου των συνολικών ημερήσιων απωλειών.
- Δημιουργία **περισσότερων νότιων ανοιγμάτων, προσθήκη παθητικών συστημάτων ή και τοποθέτηση ανακλαστικών επιφανειών**, με σκοπό την αύξηση των ηλιακών θερμικών κερδών κατά τους χειμερινούς μήνες.
- Πρόβλεψη κατάλληλης **ηλιοπροστασίας**, για τη μείωση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη θερινή περίοδο
- Σωστή χρήση των **ανοιγμάτων και πιθανή αντικατάσταση των κουφωμάτων** από νέα με τα κατάλληλα ανοιγόμενα τμήματα, με στόχο την αύξηση του φυσικού αερισμού-δροσισμού.
- **Διαμόρφωση του άμεσου περιβάλλοντος χώρου** με διάφορες πρακτικές όπως η



δενδροφύτευση που λειτουργεί ως εμπόδιο στον ψυχρό άνεμο το χειμώνα και ως οδηγός των δροσερών ανέμων προς το κτήριο το καλοκαίρι, για την αποτελεσματική αντιμετώπιση των ανέμων, ανάλογα την εποχή, και ως εκ τούτου τη μείωση των θερμικών

Εικόνα 4.1 Επίδραση από την παρουσία δέντρων ή θάμνων στην επιφάνεια κτηρίου

απωλειών ή την αύξηση του φυσικού δροσισμού.

Για την **εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας** για τη θέρμανση και ψύξη των κτηρίων έχουν αναπτυχθεί παθητικά, ενεργητικά και υβριδικά τεχνολογικά συστήματα, που αποτελούν συνδυασμό των δύο (Αξαρχή, 2009).

- Τα **παθητικά συστήματα** λειτουργούν βάσει της φυσικής ροής θερμότητας για την αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας, εκμεταλλεύονται τις φυσικές ιδιότητες των υλικών του κτηρίου και χρησιμοποιούν τα δομικά στοιχεία του κελύφους, όπως τοίχους, δάπεδα, οροφές, δώμα, για τη συλλογή της ηλιακής ενέργειας και την αποθήκευση της θερμότητας, χωρίς να απαιτούνται μηχανικά μέσα υψηλής τεχνολογίας.
- Τα **ενεργητικά συστήματα** για τη δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας και διαχείριση της παραγόμενης θερμότητας, κάνουν χρήση μηχανικών απλών ή και υψηλής τεχνολογίας μέσων (αντλίες, εναλλάκτες θερμότητας, ανεμιστήρες, κλπ.) και απαιτούν σύνθετους μηχανισμούς συλλογής, μεταφοράς και αποθήκευσης αυτής.
- Τα **υβριδικά** συστήματα χρησιμοποιούν συνδυασμό φυσικής και μηχανικής θερμικής ροής. Για παράδειγμα για την υποβοήθηση της μεταφοράς θερμότητας στους πιο απομακρυσμένους χώρους ενός κτηρίου προτείνεται η εγκατάσταση πρόσθετου ανεμιστήρα σε ένα παθητικό σύστημα ή ενός θερμοστάτη για καλύτερο έλεγχο της απόδοσης θερμότητας, μετατρέποντας έτσι ένα παθητικό σύστημα σε υβριδικό.

4.7.1 Βασικές αρχές λειτουργίας των παθητικών συστημάτων

Τα παθητικά συστήματα χρησιμοποιούν τα κατασκευαστικά στοιχεία του κτηρίου -ή εντάσσονται σε αυτά - θερμομόνωση, ενεργειακοί υαλοπίνακες, κουφώματα με θερμοδιακοπή, τεχνικές σκίασης και δροσισμού, θερμοκήπια-κλειστοί ηλιακοί χώροι, ηλιακά αίθρια, ηλιακοί τοίχοι, τοίχοι trombe, κ.λπ. - για την αξιοποίηση των περιβαλλοντικών πηγών με σκοπό τη θέρμανση, ψύξη, φωτισμό κλπ., και αποτελούν κύρια στοιχεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού (ΚΑΠΕ, Παθητικά συστήματα και τεχνικές φυσικού δροσισμού, 2024).

Χαρακτηρίζονται ως συστήματα που δεν απαιτούν βοηθητική ενέργεια για τη λειτουργία τους. Ωστόσο για την ενίσχυση της ενεργειακής απολαβής και τη διατήρηση του ενεργειακού ισοζυγίου που διαθέτει κάθε κτήριο, επιστρατεύονται και συστήματα θέρμανσης και ψύξης, όπως ανεμιστήρες, αντλίες θερμότητας κ.λπ.

Τα παθητικά συστήματα προϋποθέτουν ένα ενεργειακά ορθά σχεδιασμένο κτήριο, κυρίως ως προς τη διαμόρφωση του κελύφους του, παρέχοντας τη μέγιστη εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας μέσα από τη διαδικασία συλλογή της, την αποθήκευση της παραχθείσας θερμικής ενέργειας και μειωμένες θερμικές απώλειες προς το εξωτερικό περιβάλλον. Η λειτουργία τους βασίζεται στο «φαινόμενο του θερμοκηπίου» και των θεμελιωδών νόμων της θερμοδυναμικής σχετικά με τη μεταφορά της θερμότητας από το χώρο συλλογής στην αποθήκη και στο χώρο θέρμανσης (Αξαρχή, 2009).

Ένα Παθητικό Κτήριο καταναλώνει έως και 90% λιγότερη ενέργεια για θέρμανση και ψύξη από τα συμβατικά κτήρια. Ιδιαίτερα σε ήπια, εύκρατα, μεσογειακά κλίματα, όπως της Ελλάδας, ο κατάλληλος σχεδιασμός και κατασκευή των κτηρίων είναι δυνατό να εξασφαλίσει κατά την χειμερινή περίοδο θέρμανση από τον ήλιο σε ποσοστό 70–80%, και αντίστοιχα το καλοκαίρι να διατηρήσει την αίσθηση δροσιάς χωρίς τη χρήση κλιματισμού.

Οι παθητικές τεχνολογίες στις οποίες εστιάζει ο βιοκλιματικός σχεδιασμός (Παθητικό κτήριο), περιλαμβάνουν εξωτερική τοιχοποιία με υψηλά επίπεδα θερμομόνωσης, παράθυρα και πόρτες υψηλών θερμομονωτικών προδιαγραφών, ενεργειακά τζάμια, καθώς και ένα αεροστεγές εσωτερικό του κτηρίου. Η σωστή εφαρμογή και λειτουργία των παθητικών συστημάτων μειώνει τη διαφορά που πρέπει να καλύψουν τα ενεργητικά για τη διατήρηση του ενεργειακού ισοζυγίου του κτηρίου.

4.7.1.1 Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα συμβάλλουν στη μείωση των αναγκών θέρμανσης των χώρων, επιτυγχάνοντας έτσι εξοικονόμηση ενέργειας. Ταξινομούνται σε τρεις βασικές κατηγορίες σύμφωνα με τον τρόπο θερμικής λειτουργίας:

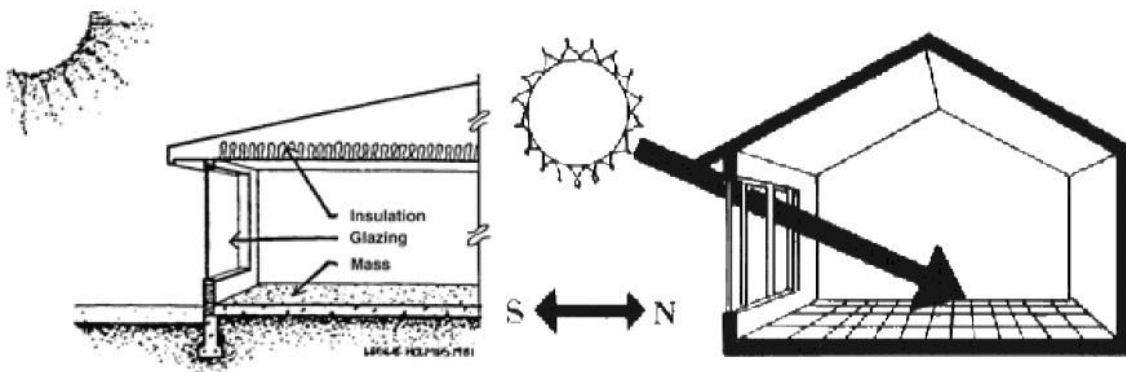
- **Συστήματα άμεσου ηλιακού κέρδους**

Αποτελούν τον πιο κοινό τρόπο εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση των κτηρίων. Η συλλογή της ενέργειας πραγματοποιείται από τα διαφανή στοιχεία (ανοίγματα) του κτηρίου με νότιο προσανατολισμό, καθώς αυτά συνεισφέρουν πάντα θετικά στο θερμικό ισοζύγιο, ανεξάρτητα από το σχεδιασμό τους. Ωστόσο το κτήριο που λειτουργεί παθητικά έχει το προνόμιο να εγκλωβίζει την ηλιακή θερμότητα που εισέρχεται σε αυτό και να την αποθηκεύει στα κατασκευασμένα από βαριά υλικά δομικά

του στοιχεία (τοίχοι, δάπεδα, οροφή), προκειμένου να την αποβάλλει στο εσωτερικό του κατά τη νύχτα ή σε περιόδους συννεφιάς (ΚΑΠΕ, Άμεσο Κέρδος, 2024).

Οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν τη λειτουργία και την αποτελεσματικότητα ενός τέτοιου συστήματος είναι ο προσανατολισμός, η θέση και το μέγεθος των ανοιγμάτων:

- η τοποθέτηση μεγάλων υαλοπετασμάτων στη νότια πρόσοψη
- η διαρρύθμιση των χώρων στο εσωτερικό του κτηρίου, με κύρια οργάνωση προς το νότο,
- η μεγάλη θερμική μάζα στο εσωτερικό του κτηρίου, ώστε να απορροφώνται οι απότομες μεταβολές της θερμοκρασίας
- η θερμική προστασία της εξωτερικής επιφάνειας του κτηριακού περιβλήματος
- η μείωση των θερμικών ανταλλαγών διαμέσου των ανοιγμάτων, με την εφαρμογή κινητών μονωτικών πετασμάτων



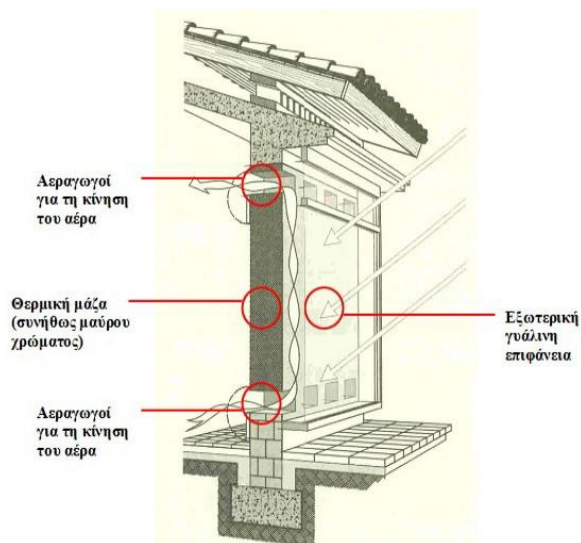
Εικόνα 4.2 Λειτουργία ηλιακού συστήματος άμεσου κέρδους

• Συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους

Αξιοποιούν έμμεσα την ηλιακή ενέργεια για τη θέρμανση των κτηρίων, καθώς απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στην επιφάνεια του κτηρίου και επιτρέπουν τη διείσδυση της θερμότητας στους χώρους διαβίωσης, όπως περιγράφεται στην ακόλουθη αλληλουχία θερμικών λειτουργιών:

*Ήλιος → Συλλογή (διαφανής επιφάνεια) → Αποθήκευση (θερμική μάζα) →
Θέρμανση (εσωτερικό χώρος).*

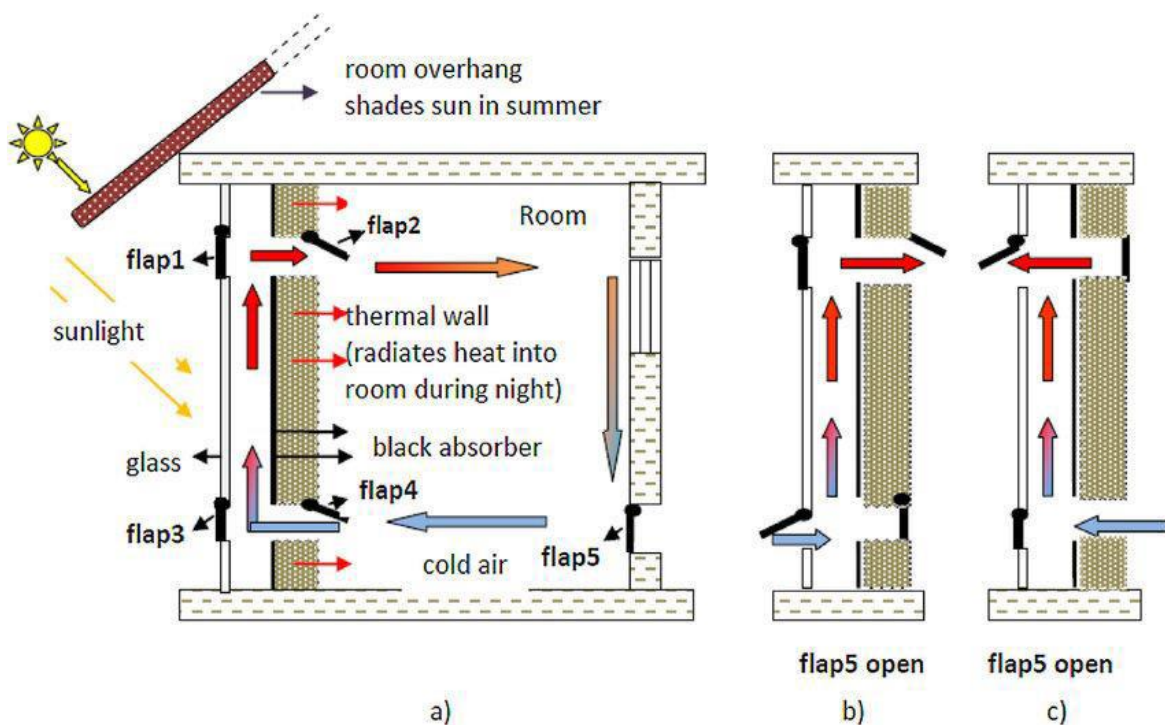
Κύρια συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους αποτελούν οι **τοίχοι συλλέκτες ή θερμικής αποθήκευσης**, που συνδέονται με νότια διαφανή ανοίγματα για τη συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας.



Εικόνα 4.3 Θερμικός τοίχος

θερμοκρασία, και αντιστοιχεί στη χρονική καθυστέρηση μετάδοσης (ΚΑΠΕ, Ηλιακοί τοίχοι, 2024).

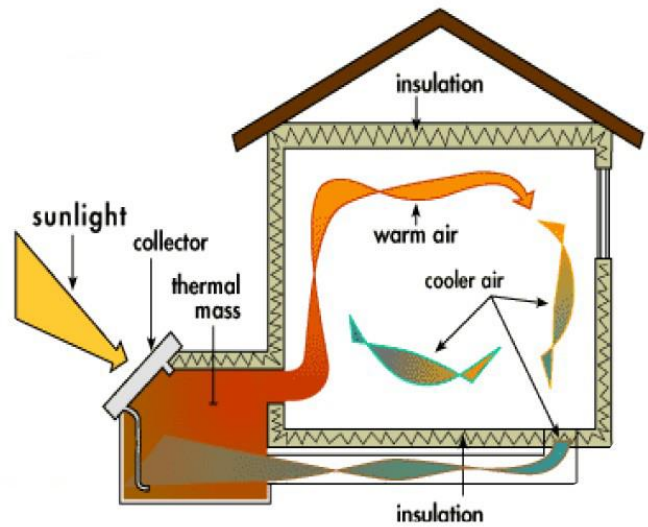
Η θερμική ενέργεια απορροφάται από τον τοίχο, θερμαίνοντας αρχικά την εξωτερική πλευρά του και ακολούθως, με κάποια χρονική καθυστέρηση και μικρότερη ένταση, τη μάζα του με αγωγιμότητα μέχρι την εσωτερική πλευρά του. Η παρατηρούμενη μέγιστη εσωτερική θερμοκρασία είναι ελαττωμένη κατά την ποσότητα της θερμότητας που αποθηκεύτηκε στον τοίχο, σε σχέση με την μέγιστη εξωτερική επιφανειακή



Εικόνα 4.4 Θυρίδες εξαερισμού τοίχων θερμικής αποθήκευσης

- **Συστήματα απομονωμένου ηλιακού κέρδους.**

Η επιφάνεια συλλογής ηλιακής ενέργειας δεν βρίσκεται σε επαφή με τον χώρο θέρμανσης, καθώς μεσολαβεί μεταξύ τους ένας μηχανισμός μετάδοσης της θερμότητας, όπως ένας ανεμιστήρας. Η μετάδοση της θερμότητας στα παθητικά ηλιακά συστήματα πραγματοποιείται χωρίς μηχανικά μέσα, βασιζόμενη κατεξοχήν στην άνωση, μεταγωγή και ακτινοβολία της θερμότητας, όπως το θερμοσιφωνικό πάνελο (Ξενάκης).

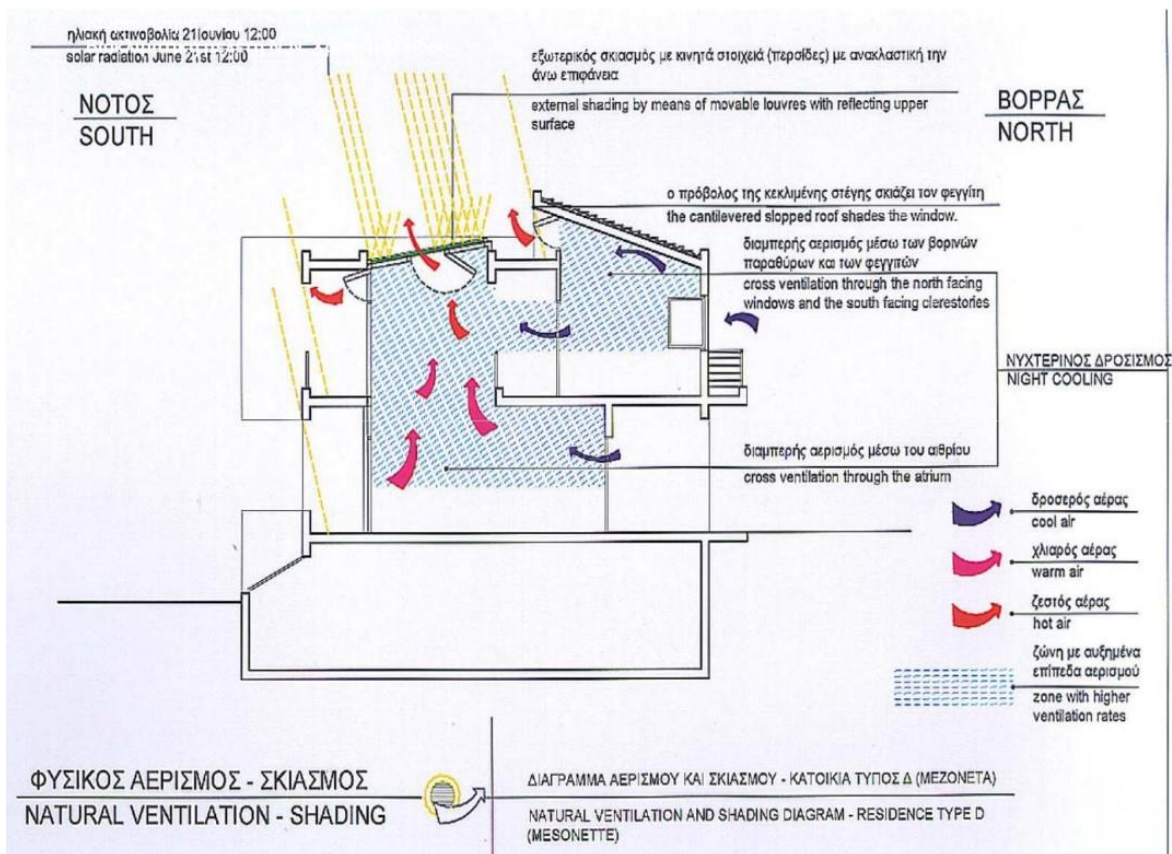


Εικόνα 4.5 Απομονωμένο κέρδος (Ξενάκης)

4.7.1.2 Παθητικά συστήματα φυσικού δροσισμού

Για την επίτευξη ευχάριστης εσωτερικής θερμοκρασίας, ιδιαίτερα κατά τη θερινή περίοδο, εφαρμόζονται παθητικά συστήματα δροσισμού, τα οποία εκμεταλλεύονται τον άνεμο για την ψύξη του εσωτερικού των κτηρίων, χωρίς τη χρήση τεχνητών μέσων. Τα παθητικά συστήματα δροσισμού διακρίνονται σε **συστήματα ηλιοπροστασίας**, **φυσικού αερισμού** και **δροσισμού με ακτινοβολία**.

Μέσω των συστημάτων αυτών εξοικονομείται ενέργεια, καθώς αντικαθιστούν τις κλιματιστικές μονάδες δροσισμού, περιορίζοντας έτσι την κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται για τη λειτουργία τους. Παράλληλα συμβάλλουν στη βελτίωση της ποιότητας του εσωτερικού αέρα και την αποφυγή προβλημάτων φορτίου αιχμής. Τέλος προστατεύουν το περιβάλλον με την ελάττωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, καθώς και άλλων αερίων υπεύθυνων για το φαινόμενο του θερμοκηπίου και την τρύπα του όζοντος (ΚΑΠΕ, Φυσικός δροσισμός, 2024).

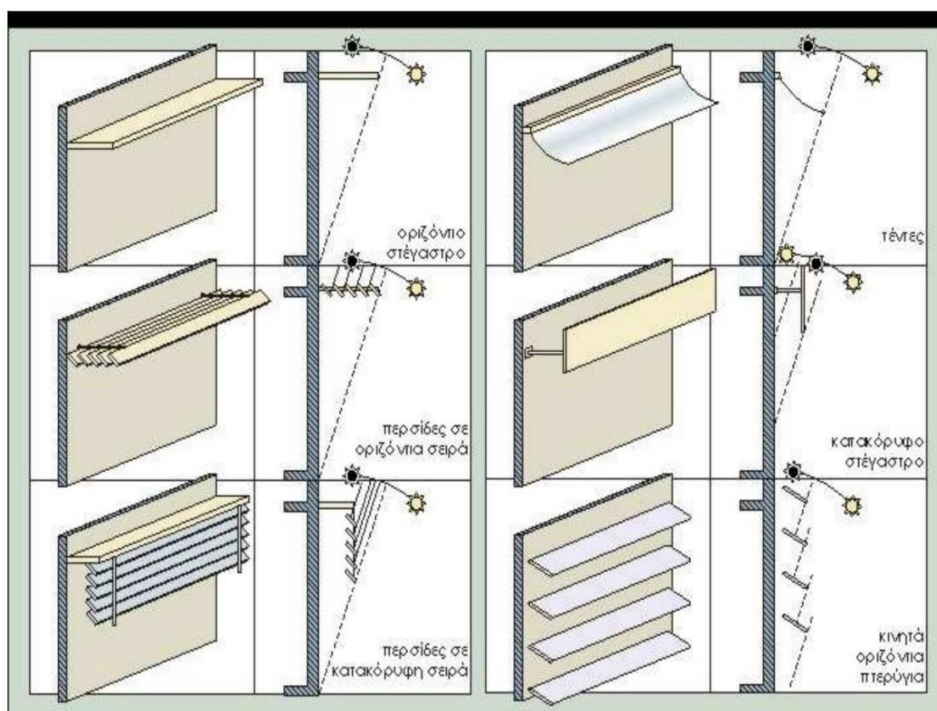


Εικόνα 4.6 Φυσικός αερισμός - σκιασμός (Καραβασιλή, 2009)

• Συστήματα ηλιοπροστασίας

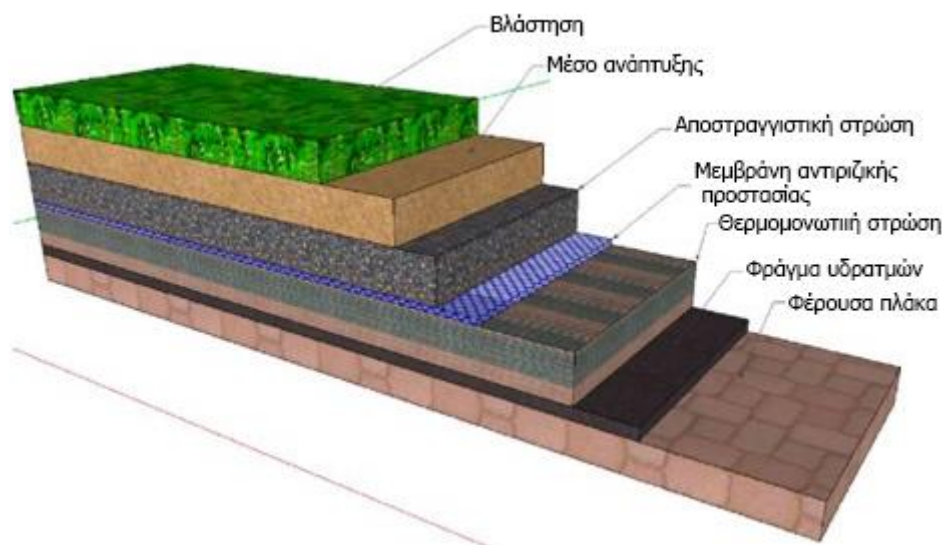
Κατά την καλοκαιρινή περίοδο, τα κτήρια σε θερμά και εύκρατα κλίματα απορροφούν μεγάλα ποσά θερμότητας με σημαντική πιθανότητα υπερθέρμανσης του εσωτερικού τους. Για την αποτροπή αυτής προτείνεται η εφαρμογή ηλιοπροστασίας του κτηρίου, η οποία λειτουργεί ως εμπόδιο στην διείσδυση της ηλιακής ακτινοβολίας. Βασικά συστήματα ηλιοπροστασίας αποτελούν τα παρακάτω:

- Σκιασμός κτηρίων και ανοιγμάτων: Επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση βλάστησης ή φυλλοβόλων δέντρων σε κατάλληλη θέση για τον περιορισμό του άμεσου ηλιασμού τους. Για τα ανοίγματα ενδείκνυται η χρήση σκιάστρων, που εμποδίζουν την προσπίπτουσα ακτινοβολία να εισέλθει και παγιδευτεί μέσα στο χώρο, με τα εξωτερικά να κρίνονται πιο αποτελεσματικά σε σχέση με τα εσωτερικά, ενώ τα κινητά ρυθμίζουν τη σκίαση των ανοιγμάτων ανάλογα με τις ανάγκες κάθε φορά.



Εικόνα 4.7 Σκιασμός ανοιγμάτων κτηρίου (Καραβασίλη, 2009)

- Χρήση ειδικών υαλοπινάκων: Χάρη στην τεχνολογική εξέλιξη, σήμερα διατίθενται διάφοροι τύποι υαλοπινάκων, οι οποίοι συμβάλλουν σημαντικά στην ηλιοπροστασία του κτηρίου.
- Εξωτερικοί χρωματισμοί: Επηρεάζουν σημαντικά το θερμικό και ψυκτικό φορτίο του κτηρίου. Για το λόγο αυτό στα θερμά κλίματα συνιστάται η χρήση ανοιχτών χρωμάτων στις εξωτερικές επιφάνειες, καθώς και υλικών με μικρό συντελεστή απορροφητικότητας και μεγάλο συντελεστή ανακλαστικότητας, ώστε να περιορίζεται η υπερθέρμανση του κτηρίου.
- Φυτεμένο δώμα: Αποτελεί ένα φυσικό μέσο θερμομόνωσης και προστασίας από τις υπεριώδεις ακτίνες του ήλιου, καθώς προφυλάσσει το κτήριο από τις υψηλές θερμοκρασίες το καλοκαίρι και από τις χαμηλές θερμοκρασίες το χειμώνα, συμβάλει στην παραγωγή οξυγόνου από τα φυτά και τους θάμνους που είναι φυτεμένα σε αυτό, ενώ παράλληλα ενισχύει την αισθητική του κτηρίου με το πράσινο τοπίο. Η εξοικονόμηση σε ενέργεια κλιματιστικού ενός κτηρίου με φύτευση στην οροφή του μπορεί να φτάσει μέχρι και 25% κατά τη διάρκεια του έτους, ενώ το καλοκαίρι έως και 50%. Ακόμη έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν ηχομόνωση στο κτήριο, να μειώνουν την απορροή των όμβριων υδάτων και γενικότερα βελτιώνουν τις περιβαλλοντικές συνθήκες.

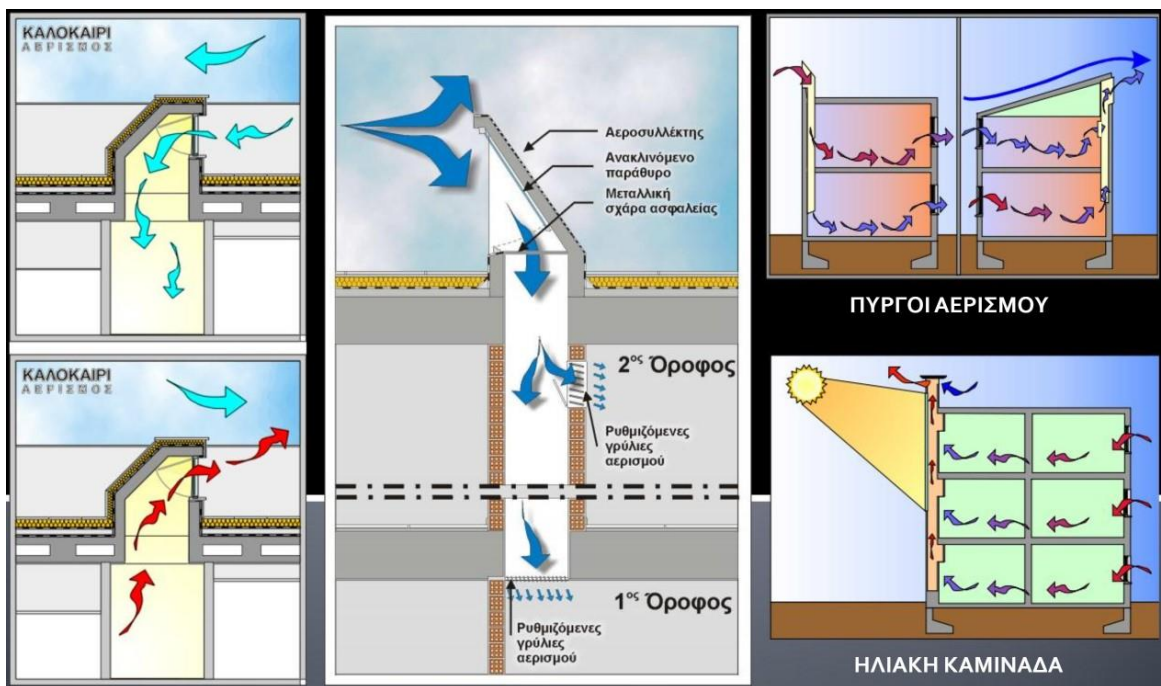


Εικόνα 4.8 Στοιχεία φυτεμένου δώματος

• Συστήματα φυσικού αερισμού

Ο φυσικός αερισμός αποτελεί τη σημαντικότερη τεχνική παθητικού δροσισμού, απομακρύνοντας τη θερμότητα από το κτήριο και το ανθρώπινο σώμα. Εφόσον οι εξωτερικές κλιματολογικές συνθήκες είναι ευνοϊκές, ελαττώνει το ψυκτικό φορτίο, με σκοπό την αύξηση της θερμικής άνεσης και τη διατήρηση της ποιότητας του εσωτερικού αέρα εντός του κτηρίου. Τα συστήματα φυσικού αερισμού διακρίνονται σε:

- Διαμπερής αερισμός: Πραγματοποιείται μέσω των ανοιγμάτων των όψεων του κτηρίου.
- Υβριδικός αερισμός: Προϋποθέτει τη χρήση ανεμιστήρων οροφής, κατά βάση, για την ενίσχυση του φυσικού αερισμού και την επίτευξη θερμικής άνεσης, αφού χάρη στην κίνηση του αέρα η θερμότητα μεταδίδεται από το ανθρώπινο σώμα με μετάβαση.
- Καμινάδα αερισμού: Βάσει του φαινομένου του φυσικού ελκυσμού, ο θερμός αέρας μεταφέρεται προς τα πάνω σαν πιο ελαφρύς, δημιουργώντας ένα κενό το οποίο καλύπτεται από τον βαρύτερο ψυχρό αέρα, που εισέρχεται από τα ανοίγματα του κτηρίου.
- Ηλιακή καμινάδα: Πρόκειται για μια καμινάδα με υαλοπίνακες στη νότια ή νοτιοδυτική της επιφάνεια και περσίδες στο πάνω μέρος της ίδιας πλευράς. Ο εισερχόμενος αέρας σε αυτήν θερμαίνεται από την ηλιακή ακτινοβολία και κινείται με μεγάλη ταχύτητα προς τα επάνω, ενισχύοντας σημαντικά το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού.
- Αεριζόμενο κέλυφος: Η οροφή ή οι εξωτερικοί τοίχοι του κτηρίου είναι κατασκευασμένοι από διπλό κέλυφος, με αποτέλεσμα να δημιουργείται διάκενο εντός του οποίου κυκλοφορεί αέρας, μεταφέροντας έτσι θερμότητα από το κέλυφος του κτηρίου προς το εξωτερικό περιβάλλον.



Εικόνα 4.9 Στρατηγικές αερισμού (Καραβασίλη, 2009)

• Συστήματα δροσισμού με ακτινοβολία

Η λειτουργία τους βασίζεται στη σημαντική απώλεια θερμικής ενέργειας χάρη στις εκπομπές ακτινοβολίας από ένα σώμα σε ένα άλλο γειτονικό του χαμηλότερης θερμοκρασίας, το οποίο συνιστά τη δεξαμενή θερμότητας. Όσον αφορά στα κτήρια, το κέλυφος λειτουργεί ως ψυχόμενο σώμα και ο ουράνιος θόλος ως δεξαμενή θερμότητας.

Τα συστήματα δροσισμού με ακτινοβολία είναι:

- Λευκή οροφή: Ο χρωματισμός της οροφής με λευκό χρώμα αποτελεί το πιο απλό σύστημα δροσισμού με ακτινοβολία. Κατά τη διάρκεια της ημέρας απορροφά μικρή ποσότητα θερμότητας, με αποτέλεσμα να διατηρείται χαμηλή η θερμοκρασία της κι έτσι να ψύχεται ευκολότερα τη νύχτα.
- Κινητή μόνωση: Πρόκειται για μονωτικό υλικό που καλύπτει την οροφή του κτηρίου, και μετακινείται χειροκίνητα ή μηχανικά. Η σωστή λειτουργία του συστήματος το καλοκαίρι προϋποθέτει την κάλυψη της οροφής κατά τη διάρκεια της ημέρας, και την απομάκρυνσή της το βράδυ, ώστε να διευκολύνεται η ψύξη της με ακτινοβολία. Αντιστρόφως κατά τους χειμερινούς μήνες, απαιτείται η ηλιακή έκθεση της οροφής την ημέρα για την πρόσληψη των ηλιακών κερδών και η μόνωση το βράδυ, ώστε να

ελαττωθούν οι θερμικές απώλειες και να μεταφερθεί η πλεονάζουσα θερμότητα στο εσωτερικό του κτηρίου.

4.7.2 Βασικές αρχές λειτουργίας των ενεργητικών συστημάτων

Τα **ενεργητικά συστήματα** αποτελούν μία σημαντική μέθοδο εξοικονόμησης ενέργειας, τα οποία σε αντιδιαστολή με τα παθητικά παρουσιάζουν χαμηλό βαθμό ενσωμάτωσης στο κτήριο. Επιπλέον η λειτουργία τους απαιτεί την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και την εγκατάσταση των αναγκαίων συσκευών (δοχεία αποθήκευσης, σωληνώσεις κλπ.) σε χώρους του κτηρίου. Αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια ή τις φυσικές πηγές δροσισμού (πισίνες, σιντριβάνια), συνεισφέρουν στη θέρμανση και ψύξη των κτηρίων μέσω της χρήσης μηχανικών μέσων (αντλίες, κυκλοφορητές κλπ.).

Ο ενεργός σχεδιασμός παρέχει στο κτήριο θέρμανση και εξαερισμό χρησιμοποιώντας τεχνολογίες όπως ηλιακούς συλλέκτες ή παροχής ζεστού νερού χρήσης, γεωθερμία, συστήματα ανάκτησης θερμότητας, ή ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως ανεμογεννήτριες, αντλίες θερμότητας, φωτοβολταϊκά στοιχεία κ.λπ. (Καούρης, 2001)

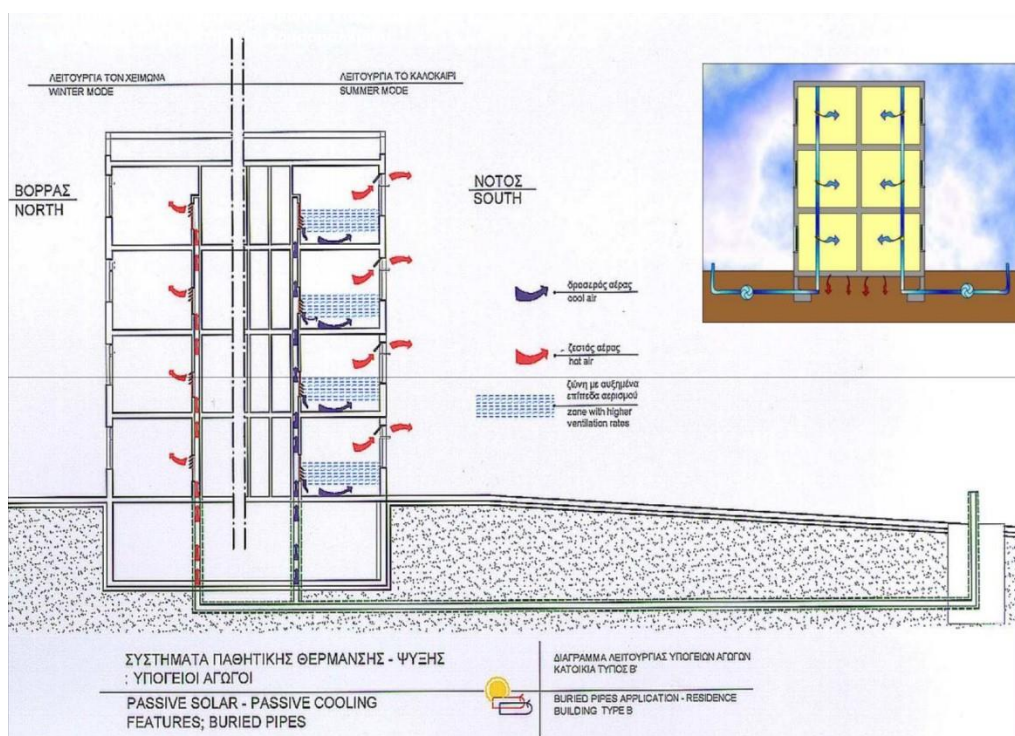
Στις περιπτώσεις που ο σχεδιασμός ενός κτηρίου δεν συμβάλει στην κατανάλωση της ελάχιστης απαιτούμενης ενέργειας για τη σωστή λειτουργία του, κρίνεται απαραίτητη η προσθήκη συστημάτων εξοικονόμησης ή/και παραγωγής ενέργειας. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν ο **ηλιακός συλλέκτης**, τα **φυτεμένα δώματα**, τα **φωτοβολταϊκά** και η **γεωθερμία** (MichanikosApps, 2013).

- Ο **ηλιακός συλλέκτης**, από τα κυριότερα ενεργητικά ηλιακά συστήματα, λειτουργεί σαν ένας συσσωρευτής ηλιακής ακτινοβολίας που στη συνέχεια την μετατρέπει σε θερμότητα. Πρόκειται για έναν ελαφρύ μεταλλικό απορροφητή, καλυμμένο με διαφανές υλικό που τοποθετείται εξωτερικά του τοίχου. Η κυκλοφορία του αέρα στο χώρο γίνεται είτε φυσικά είτε τεχνητά, ενώ είναι δυνατό να συνδυάσει και την αποθήκευση θερμότητας. Σε αντίθετη περίπτωση, το μέγιστο της θερμικής απολαβής συμπίπτει με το μέγιστο της ηλιακής απορρόφησης.
- Τα **φωτοβολταϊκά ηλιακά συστήματα** τοποθετούνται στις στέγες και τα δώματα των κτηρίων, προκειμένου να μετατρέψουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια, η οποία χρησιμοποιείται για την κάλυψη των αναγκών του ή αποθηκεύεται και πωλείται σε εταιρίες ηλεκτρικού ρεύματος. Το ηλιακό στοιχείο τους αποτελείται από έναν κατάλληλα επεξεργασμένο λεπτό ημιαγωγό τοποθετημένο πάνω σε επίπεδη

επιφάνεια, όπου με την πρόσπτωση των ηλιακών ακτινών δημιουργείται ηλεκτρική τάση από την οποία μέσω σύνδεσης παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα (Κιτσοπούλου, 2022).

Μερικά από τα κυριότερα πλεονεκτήματα των Φ/Β συστημάτων είναι:

- Το μηδενικό κόστος λειτουργίας, καθώς λειτουργούν με ηλιακή ακτινοβολία χωρίς να απαιτείται κάποια πρώτη ύλη.
 - Δεν επιβαρύνουν με ρύπους το περιβάλλον αφού δεν παράγουν υποπροϊόντα
 - Είναι αξιόπιστα συστήματα με μεγάλη διάρκεια ζωής.
 - Δεν έχουν υψηλές απαιτήσεις συντήρησης.
 - Παρέχουν πλήρη ενεργειακή ανεξαρτησία στο χρήστη, με δυνατότητα συνδυασμού και με άλλες πηγές ενέργειας.
 - Παρέχουν τη δυνατότητα άμεσης επέκτασης, προκειμένου να καλυφθούν τυχόν αυξημένες ενεργειακές ανάγκες.
- Τα **γεωθερμικά συστήματα** εκμεταλλεύονται τη σταθερή θερμοκρασία του εδάφους, αντικαθιστώντας πλήρως τη χρήση ορυκτών καυσίμων. Το σύστημα μέσω μιας αντλίας θερμότητας απορροφά θερμική ενέργεια από το έδαφος, προκειμένου καλυφθούν οι ανάγκες θέρμανσης, δροσισμού και ζεστού νερού του κτηρίου. Χρησιμοποιούνται ειδικές γεωθερμικές γεωτρήσεις για την εξαγωγή της ενέργειας, μέσω των οποίων μεταφέρεται στη γεωθερμική αντλία.



Διάγραμμα 4.4 Παθητική θέρμανση-ψύξη με υπόγειους αγωγούς

5 Μελέτη περίπτωσης – Δημόσιο κτήριο γραφείων

Στην παρούσα εργασία θα μελετηθεί το κεντρικό κτήριο γραφείων ιδιοκτησίας του Οργανισμού Σιδηροδρόμων Ελλάδος (ΟΣΕ), επί της οδού Καρόλου, το οποίο αποτελεί ένα εμβληματικό κτήριο στο κέντρο της Αθήνας. Το κτήριο, σχεδιασμένο και κατασκευασμένο το 1969, θεωρείται για την περίοδο αυτή πρωτοποριακό αρχιτεκτονικά με σημαντικά στοιχεία βιοκλιματικού σχεδιασμού, όπως η εφαρμογή διπλής όψης.

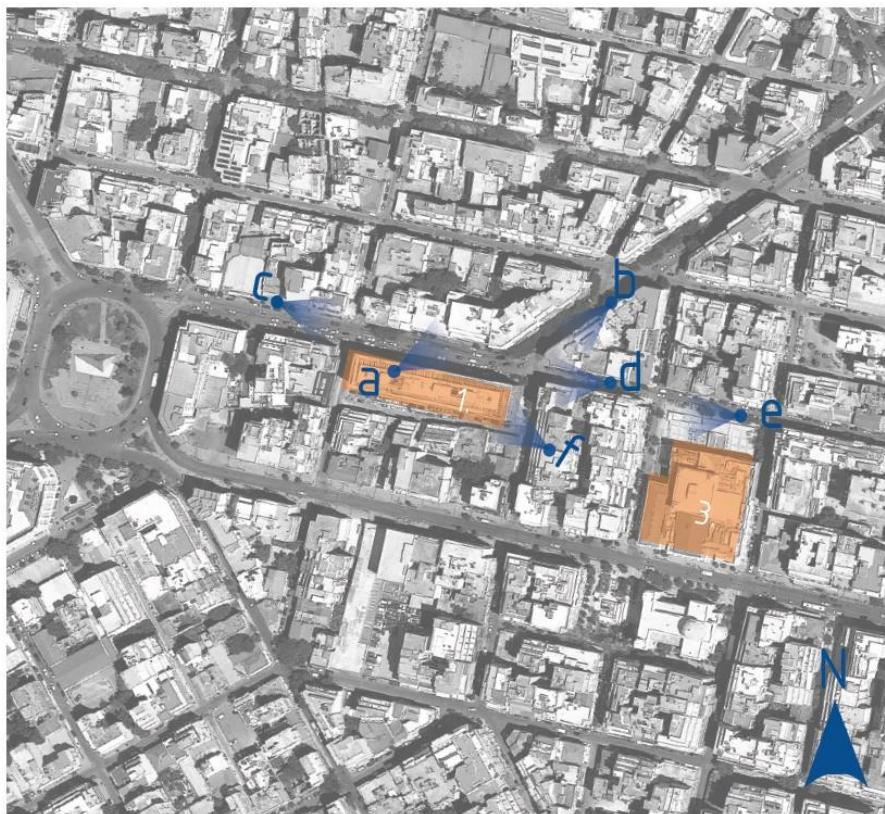
5.1 Ανάλυση κτηρίου

5.1.1 Τοποθεσία και χωροθέτηση κτηρίου

Το κτήριο βρίσκεται σε σημαντικό σημείο του ιστορικού κέντρου της Αθήνας, στην περιοχή του Μεταξουργείου (οικοδομικό τετράγωνο 73008), με άμεσες συνδέσεις με τοπόσημα και χώρους πολιτιστικού ενδιαφέροντος. Καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος του οικοπέδου, έκτασης περίπου 2.196,54 m² και εντός εγκεκριμένου ρυμοτομικού σχεδίου πόλεως, ενώ περιμετρικά αυτού αναπτύσσονται μεγάλου πλάτους πεζοδρόμια, χωρίς καθόλου χώρους πρασίνου. Η είσοδος του κτηρίου βρίσκεται επί της οδού Καρόλου, κατά μήκος της οποίας εκτείνεται μια φαρδιά ζώνη κίνησης πεζών, ενώ στις υπόλοιπες πλευρές του γειτνιάζει με οδικούς άξονες ήπιας κυκλοφορίας.

Ως προς τα μορφολογικά του χαρακτηριστικά, πρόκειται για ένα παραλληλόγραμμο κτήριο, με μεγάλες διπλές όψεις προς Βορρά και Νότο μήκους 85m, και μήκους 20m προς Ανατολή και Δύση.

Παρακάτω παρουσιάζονται η αεροφωτογραφία και φωτογραφίες του εν λόγω κτηρίου από τις τέσσερις όψεις του.



Εικόνα 5.1. Αεροφωτογραφία κτηρίου _ Τοπογραφικό



Εικόνα 5.2. Νοτιοδυτική άποψη κτηρίου ΟΣΕ



Εικόνα 5.3. Αποψη από την οδό Μάρνη



Εικόνα 5.4. Αποψη από την πλατεία Καραϊσκάκη



Εικόνα 5.5. Αποψη από την οδό Σατωβριάνδου



Εικόνα 5.6. Νότια άποψη κτηρίου ΟΣΕ

5.1.2 Γενική περιγραφή κτηρίου

Το κτήριο αναπτύσσεται σε 13 επίπεδα, με συνολικό εμβαδόν 17.161m^2 . Αποτελείται από δυο υπόγεια (Β και Α υπόγειο), τα οποία περιλαμβάνουν αποθήκες, μηχανοστάσιο, λεβητοστάσιο, υποσταθμό και λοιπούς δευτερεύοντες χώρους, ακολουθούν το ισόγειο και οι οκτώ όροφοι γραφείων του κτηρίου, ενώ ο 9^{ος} όροφος αποτελείται από δυο αίθουσες πολλαπλών χρήσεων.

Ειδικότερα, σύμφωνα με το υφιστάμενο κτηριολογικό πρόγραμμα, στο επίπεδο του ισογείου υπάρχουν ο κεντρικός χώρος υποδοχής και εξυπηρέτησης των επισκεπτών, τα δυο ανεξάρτητα κλιμακοστάσια εκατέρωθεν της κεντρικής εισόδου, οι έξι ανελκυστήρες,

κάποια γραφεία και αποθήκες. Οι όροφοι 1 έως 8 αποτελούνται κυρίως από γραφεία και χώρους υγιεινής, ενώ στον 9^ο όροφο βρίσκονται οι αίθουσες πολλαπλών χρήσεων και συνεδριάσεων, το κυλικείο και επίσης χώροι υγιεινής.

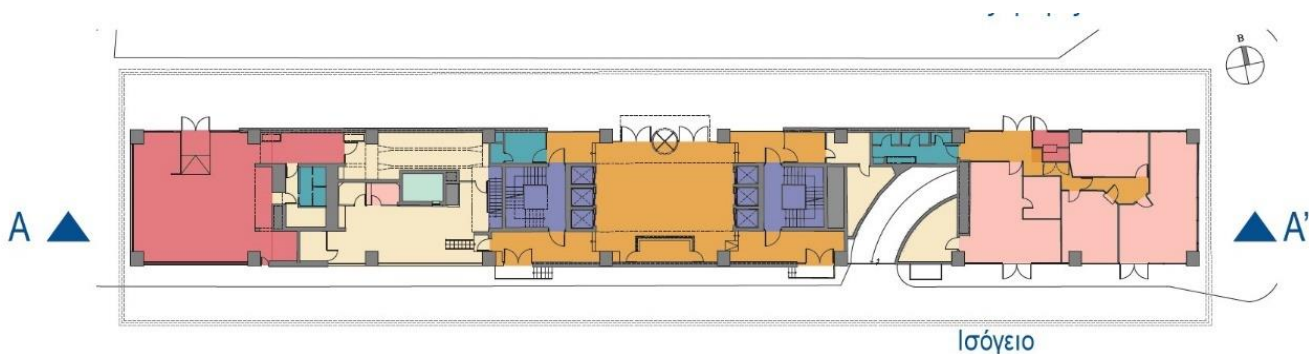
Στους θερμαινόμενους – ψυχρόμενους χώρους ανήκουν το ισόγειο, οι όροφοι και τα κλιμακοστάσια, με συνολική επιφάνεια περί τα 11.212 m², ενώ τα δυο υπόγεια δεν θερμαίνονται.

Στον επόμενο Πίνακα 5.1 παρουσιάζονται τα εμβαδά ανά όροφο:

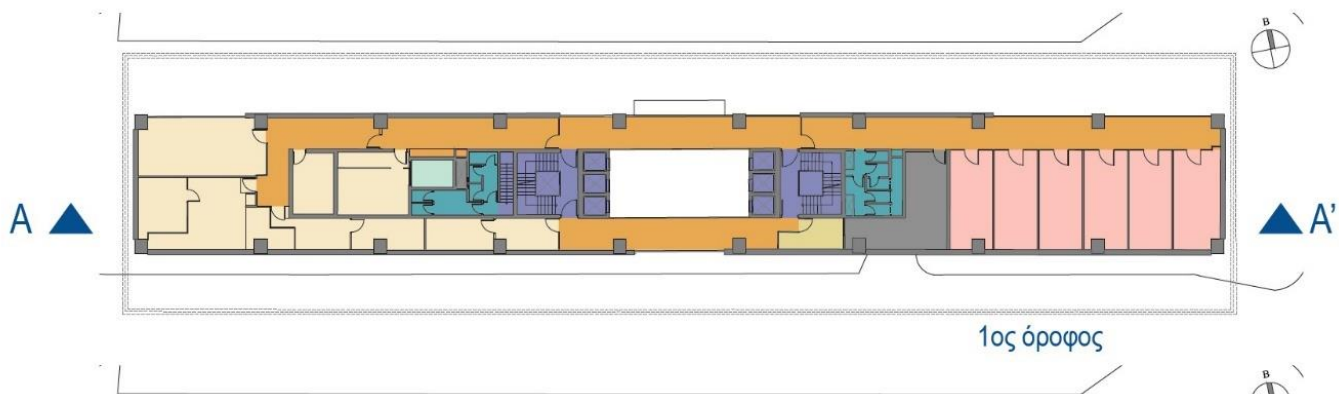
Όροφος	Εμβαδόν σε m ²
Ισόγειο	873,65
1 ^{ος}	805,03
2 ^{ος}	1589,62
3 ^{ος}	1588,30
4 ^{ος}	1588,27
5 ^{ος}	1587,99
6 ^{ος}	1588,13
7 ^{ος}	1588,02
8 ^{ος}	1588,07
9 ^{ος}	740,02

Πίνακας 5.1. Εμβαδά ορόφων κτηρίου

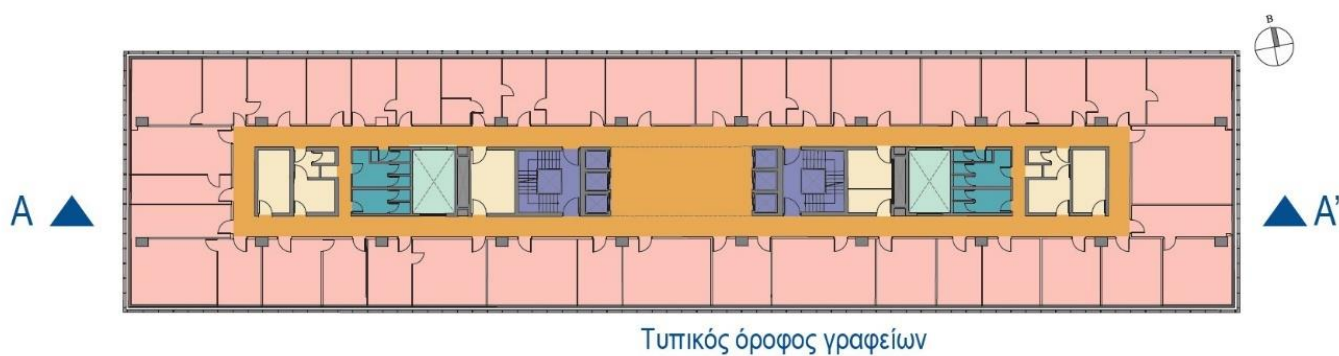
Η υφιστάμενη διάταξη κάθε ορόφου, καθώς και οι χρήσεις του υπό μελέτη κτηρίου παρουσιάζονται στις παρακάτω διαγραμματικές κατόψεις και τομές.



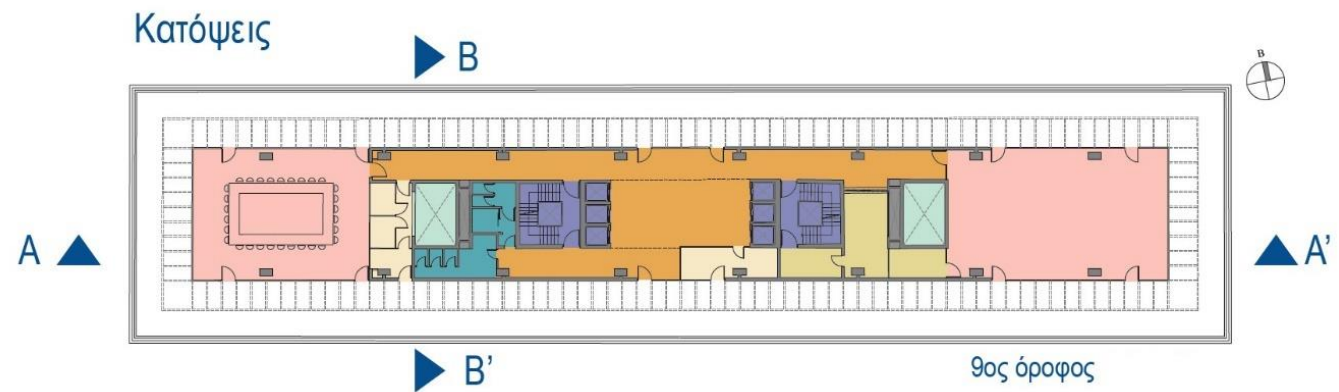
Διάγραμμα 5.1 Κάτοψη Ισογείου



Διάγραμμα 5.2 Κάτοψη 1ου Ορόφου

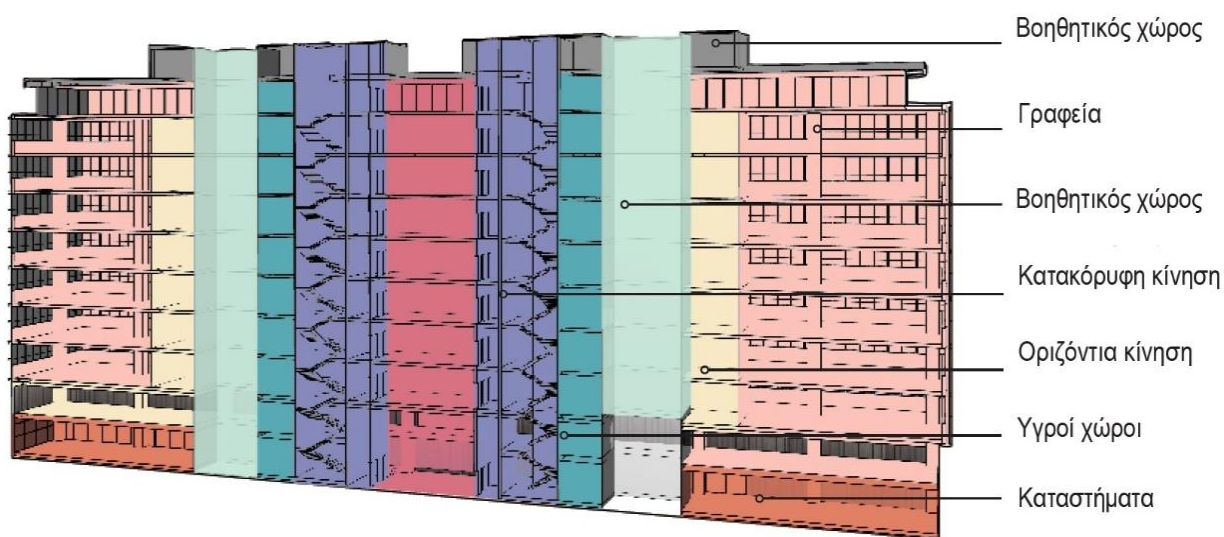


Διάγραμμα 5.3 Κάτοψη 2ου-8ου Ορόφου _ Τυπικός όροφος γραφείων

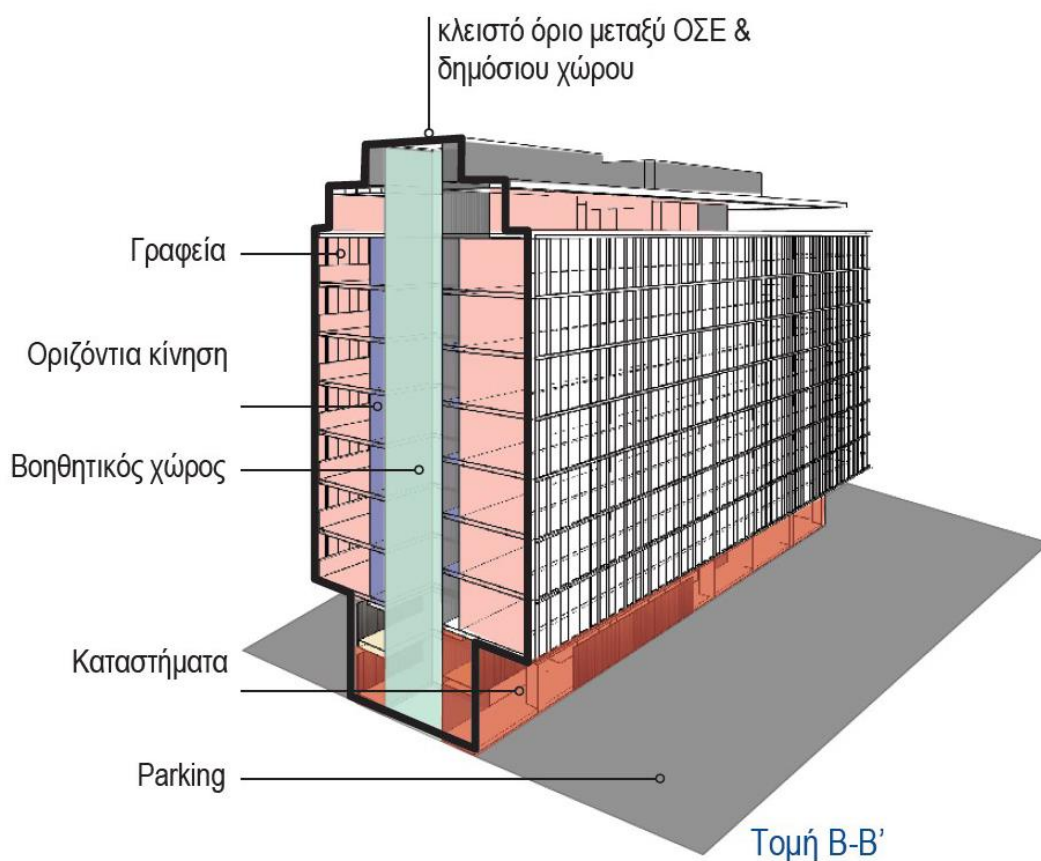


Διάγραμμα 5.4 Κάτοψη 9ου Ορόφου

χώρος εργασίας	εμπόριο	υγροί χώροι	μηχανολογικά
χώρος κίνησης	κάθετη κίνηση	βοηθητικές χρήσεις	φωταγωγός



Διάγραμμα 5.5 Διαμήκης τομή κτηρίου



Διάγραμμα 5.6 Εγκάρσια τομή κτηρίου

Στο Παράρτημα Α παρατίθενται το τοπογραφικό, οι κατόψεις όλων των επιπέδων του υφιστάμενου κτηρίου και οι τομές του.

5.1.3 Κέλυφος κτηρίου και τεχνικά χαρακτηριστικά κατασκευής

Το κέλυφος του κτηρίου είναι κατασκευασμένο από μέταλλο, βάσει ορθογώνιου καννάβου, ώστε να παραπέμπει σε σιδηροτροχιές. Ανάμεσα στο εξωτερικό κέλυφος και τα υαλοστάσια των όψεων δημιουργείται ένα κενό, στο οποίο είναι τοποθετημένα συρόμενα κατακόρυφα ρολλά, ώστε να είναι δυνατή η ρύθμιση της ηλιοπροστασίας ανάλογα με τις ανάγκες. Επιπλέον χάρη στο εξωτερικό κέλυφος του κτηρίου επιτυγχάνεται ο αερισμός της όψης του, μειώνοντας έτσι τα αναγκαία φορτία για τον κλιματισμό του.

Αδιαφανή στοιχεία

Το κτήριο διαθέτει μεγάλες επιφάνειες από υαλοπίνακες, οι οποίοι συγκεκριμένα καταλαμβάνουν το 52% περίπου της συνολικής εξωτερικής επιφάνειας του (3.654m^2), ενώ το υπόλοιπο μέρος του εξωτερικού περιβλήματος αποτελείται κυρίως από εμφανές μπετόν. Οι αδιαφανείς επιφάνειες τόσο στην τοιχοποιία από σκυρόδεμα όσο και στα δάπεδα και τις οροφές, δεν διαθέτουν θερμομόνωση, ενώ στην οροφή του κτηρίου έχει τοποθετηθεί υδρομόνωση.

Διαφανή στοιχεία

Οι διαφανείς επιφάνειες αποτελούνται από μονούς υαλοπίνακες εφαρμοσμένους πάνω σε κουφώματα αλουμινίου, μέτριας προς κακής κατάστασης, ενώ μόνο στον 9^ο όροφο έχουν τοποθετηθεί κουφώματα αλουμινίου χωρίς θερμοδιακοπή, με διπλούς υαλοπίνακες.

Σύστημα σκιασμού

Τοποθετημένο στην καρδιά του αστικού ιστού, το κτήριο γειτνιάζει με εξίσου πολυώροφα κτήρια μεγάλου ύψους ανατολικά και νότια, με αποτέλεσμα να επηρεάζεται σημαντικά η σκίαση του συνόλου των ορόφων, σε αντίθεση με τη δυτική και βόρεια πλευρά του, όπου τα γειτονικά κτήρια είναι μικρότερου ύψους και συμβάλλουν στη σκίαση του μισού περίπου κτηρίου, ενώ το υπόλοιπο παραμένει εκτεθειμένο στην ηλιακή ακτινοβολία. Στην προσπάθεια αντιμετώπισης της ηλιακής ακτινοβολίας και του θερμικού οφέλους από αυτή, λαμβάνοντας υπόψη και τη μεγάλη έκταση των διαφανών στοιχείων, σχεδιάστηκαν και τοποθετήθηκαν κινητά ρολλά – σκίαστρα περιμετρικά του κτηρίου, τα οποία ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να ρυθμίσει ανάλογα με τις ανάγκες κάθε χώρου, κάθε στιγμή του έτους. Ωστόσο σήμερα, λόγω παλαιότητας και έλλειψης συντήρησης, μεγάλο μέρος αυτών παρουσιάζει σημαντικές βλάβες στη λειτουργία του, με αποτέλεσμα να μη

χρησιμοποιούνται, παραμένοντας σταθερά, σχεδόν κλειστά τα περισσότερα. Κατά συνέπεια μειώνεται η θέα των χρηστών προς τα έξω, δημιουργούνται σκοτεινοί χώροι στο εσωτερικό και τελικώς αυξάνονται οι ενεργειακές απαιτήσεις σε θέρμανση, δροσισμό και φωτισμό.

Στο Διάγραμμα 5.7 παρουσιάζονται συνοπτικά τα βασικά στοιχεία κατασκευής του κτηρίου μελέτης, που αναλύθηκαν παραπάνω:

[1] Κατασκευές στην οροφή: Η απόληξη των φωταγωγών και των φεγγιτών των κλιμακοστασίων παραμένουν κλειστά εμποδίζοντας τον φυσικό φωτισμό να φτάσει στους παρακάτω ορόφους.

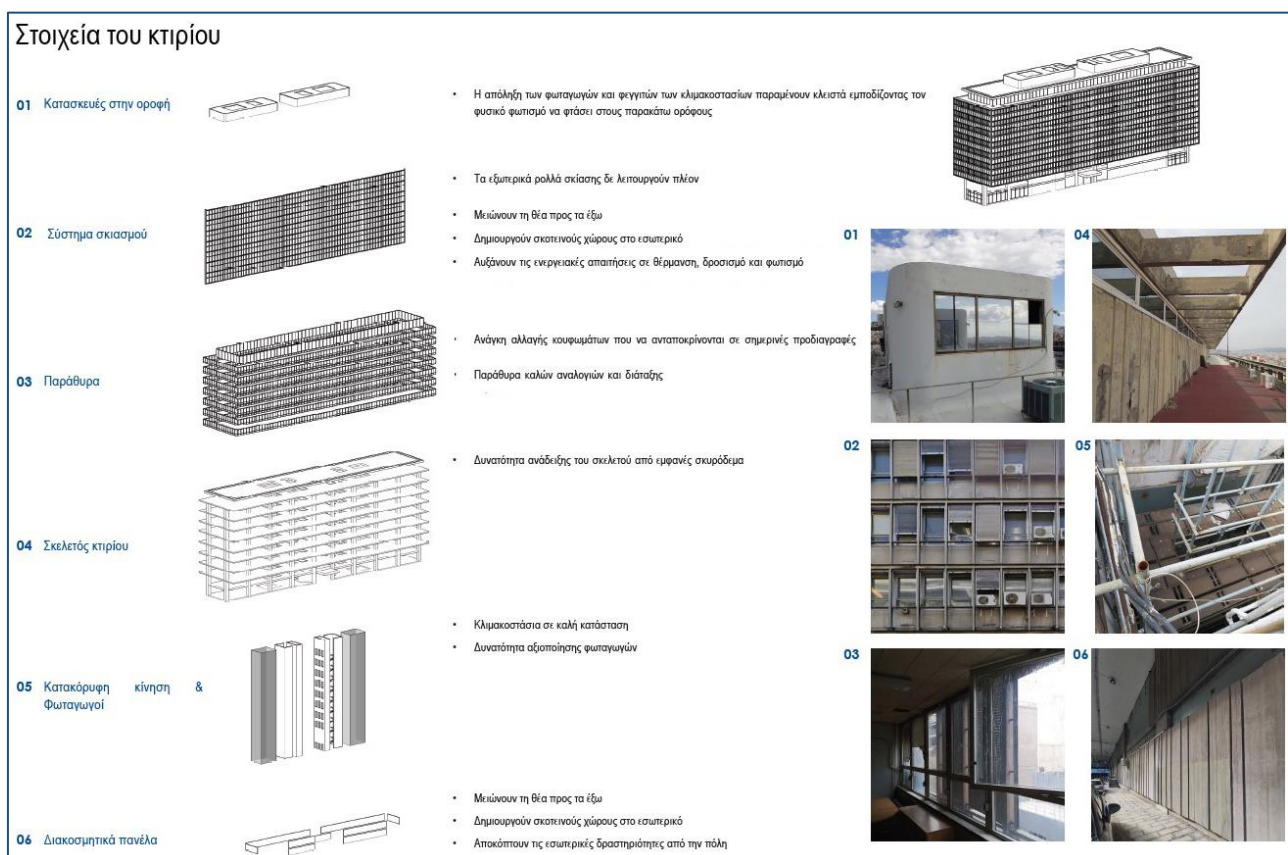
[2] Σύστημα σκιασμού

[3] Παράθυρα: Ανοίγματα καλών αναλογιών και διάταξης

[4] Σκελετός κτηρίου: Δυνατότητα ανάδειξης του σκελετού από εμφανές σκυρόδεμα.

[5] Κατακόρυφη κίνηση και φωταγωγοί

[6] Διακοσμητικά πανέλα ισογείου: Μειώνουν τη θέα προς τα έξω και δημιουργούν σκοτεινού χώρους στο εσωτερικό



Διάγραμμα 5.7 Στοιχεία κτηρίου

5.1.4 Ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις (θέρμανση, κλιματισμός, αερισμός και φωτισμός)

Κατά τη μελέτη και κατασκευή των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων του κτηρίου εφαρμόστηκαν καινοτόμες μέθοδοι κεντρικής θέρμανσης και κλιματισμού για εκείνη την περίοδο. Η φυσική φθορά του χρόνου και η ανεπαρκής συντήρηση του εγκατεστημένου εξοπλισμού είχαν ως αποτέλεσμα τη μεταβολή των λειτουργικών χαρακτηριστικών του κτηρίου. Ειδικότερα:

- **Συστήματα θέρμανσης**

Κεντρικό σύστημα θέρμανσης

Η κάλυψη των θερμικών αναγκών των χώρων του κτηρίου, πλην Ισογείου, 1^{ου} ορόφου και 9ου ορόφου που ψύχονται και θερμαίνονται μέσω πολλαπλών μονάδων split units, πραγματοποιείται από το κεντρικό σύστημα θέρμανσης, που αποτελείται από δυο σύγχρονους και καλά συντηρημένους λέβητες, ισχύος 800.000 Kcal/h (930kW) έκαστος, οι οποίοι μετατράπηκαν σε φυσικού αερίου και λειτουργούν παράλληλα. Η απαγωγή των καυσαερίων πραγματοποιείται από ξεχωριστή καμινάδα για τον κάθε λέβητα γεγονός που διευκολύνει το βαθμό απόδοσής τους, η οποία σύμφωνα με τα φύλλα ελέγχου του καυστήρα υπολογίζεται σε 95% και 92%. Η θερμοκρασία λειτουργίας των λεβήτων για την εξυπηρέτηση του εσωτερικού συστήματος διανομής θερμότητας είναι 80°C/60°C. Ο έλεγχος των καυστήρων είναι On/Off χειροκίνητο και δεν διαθέτουν κάποιο αυτοματισμό ελέγχου ή αντιστάθμισης λειτουργίας τους.

Δίκτυο διανομής θερμότητας – fan coil unit

Μέσω δικτύου σωληνώσεων και κατάλληλων διατάξεων στο χώρο του λεβητοστασίου το θερμό νερό οδηγείται στις μονάδες στοιχείου – ανεμιστήρα (fan coil unit), τα οποία είναι εγκαταστημένα στους χώρους των γραφείων. Οι σωληνώσεις αναχωρούν από το λεβητοστάσιο σε 6 κεντρικούς κλάδους, όπου ο καθένας διαμοιράζει σε διαφορετική πτέρυγα του κτηρίου, καθ' ύψος. Οι οδεύσεις των σωληνώσεων πραγματοποιούνται στην οροφή κάθε επιπέδου και διαμοιράζουν στα σώματα Fan coil του άνω επιπέδου. Στον κεντρικό συλλέκτη θέρμανσης διακρίνονται και άλλες τέσσερις αναχωρήσεις οι οποίες όμως αντιστοιχούν σε κυκλώματα κεντρικών κλιματιστικών μονάδων οι οποίες έχουν τεθεί εκτός λειτουργίας. Η κυκλοφορία των νερών στο δίκτυο, εξασφαλίζεται από

κυκλοφορητές–αντλίες σταθερών στροφών και ιδιαίτερα αυξημένης ηλεκτρικής κατανάλωσης.

Τόσο το δίκτυο των σωληνώσεων όσο και οι μονάδες fan coil, είναι εγκατεστημένα εξαρχής του κτηρίου. Ιδιαίτερα οι μονάδες fan coil παρουσιάζουν συχνά αναμενόμενες βλάβες ενώ το στοιχείο τους και τα φίλτρα τους είναι σε κακή κατάσταση, με αποτέλεσμα να έχουν μειωμένη απόδοση αλλά και προβληματική από άποψη υγιεινής της εργασίας, λειτουργία.

• Συστήματα ψύξης κτηρίου

Παράλληλα με το κεντρικό σύστημα θέρμανσης είχε σχεδιαστεί και λειτουργούσε για πολλά χρόνια στο κτήριο κεντρικό σύστημα ψύξης, αποτελούμενο από 2 κεντρικούς υδρόψυκτους ψύκτες παραγωγής ψυχρού νερού, ισχύος 757 KW έκαστος. Κάτω από το βάρος προβλημάτων συντήρησης, ιδιαίτερα στα τμήματα του πύργου ψύξης, αλλά και συμπυκνωμάτων στο δίκτυο σωληνώσεων προς τα fan coil (γεγονός που φανερώνει την κακή μόνωση των σωληνώσεων), τέθηκε εκτός λειτουργίας και προοδευτικά το σύστημα ψύξης αντικαταστάθηκε με αυτόνομες μονάδες διαιρούμενου τύπου, προκειμένου να καλυφθούν οι ψυκτικές και εν μέρει οι θερμικές ανάγκες του κτηρίου.

Σήμερα είναι εγκατεστημένες και λειτουργούν πλέον των 300 τοπικών μονάδων διαιρούμενου τύπου, συνολικής ψυκτικής ισχύος 1.104kW. Λόγω παλαιότητας των μονάδων η πλειοψηφία τους έχουν αρκετά χαμηλό βαθμό απόδοσης, που σύμφωνα με τις παραδοχές του KENAK, δεν υπερβαίνει το COP 2,5. Συγκριτικά με το κεντρικό σύστημα ψύξης, οδηγεί σε περίπου διπλάσιες ηλεκτρικές καταναλώσεις για την απόδοση του ίδιου ψυκτικού φορτίου.

Με τον κάθε χρήστη λοιπόν να ρυθμίζει με αυτονομία τη θερμοκρασία του χώρου του και τη γενικότερη χαμηλή απόδοση των μονάδων κλιματισμού, δημιουργείται σήμερα σε επίπεδο θέρμανσης και κλιματισμού ένα ιδιαίτερα ενεργοβόρο προφίλ κτηρίου.

• Συστήματα αερισμού κτηρίου

Το κτήριο είχε σχεδιαστεί και λειτούργησε με σύστημα κλιματισμού-αερισμού με κεντρικές κλιματιστικές μονάδες και εξαεριστήρες που είναι ανενεργό πάνω από είκοσι χρόνια. Για την εξασφάλιση του απαραίτητου νωπού αέρα χρησιμοποιούνταν κεντρικές

κλιματιστικές μονάδες στο ισόγειο και τον 1^ο όροφο και για τις ανάγκες του υπόλοιπου κτηρίου μονάδες Fan Coil Units με τροφοδοσία μέσω θυρίδων αερισμού.

Οι παραπάνω κεντρικές κλιματιστικές μονάδες-εξαεριστήρες είναι σε πολύ κακή κατάσταση και κρίνεται ότι είναι αδύνατον να επισκευαστούν, λόγω παλαιότητας και εμφανών και εκτεταμένων φθορών.

• Συστήματα φωτισμού

Παρά την επάρκεια φυσικού φωτισμού, σε πολλούς χώρους είναι αναγκαίος ο τεχνητός φωτισμός ο οποίος χαρακτηρίζεται απαρχαιωμένος, καθώς έχει χαμηλή απόδοση φωτεινότητας και απαιτεί υψηλή ενεργειακή κατανάλωση.

Στο σύνολο του κτηρίου, είναι υπάρχουν περίπου 473 φωτιστικά σημεία. Τα φωτιστικά σημεία διαθέτουν λαμπτήρες φθορισμού T8 σε πολύ κακή κατάσταση. Πολλά χωρίς καλύμματα και λάμπες. Τα όργανα εναύσεως (starters – μετασχηματιστές) πολλών εξ αυτών δεν λειτουργούν ή λείπουν. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των φωτιστικών σωμάτων ξεπερνά τα 240kW, γεγονός που φανερώνει ότι ο φωτισμός είναι μια από τις πλέον κρίσιμες πηγές ενεργειακής εξοικονόμησης.

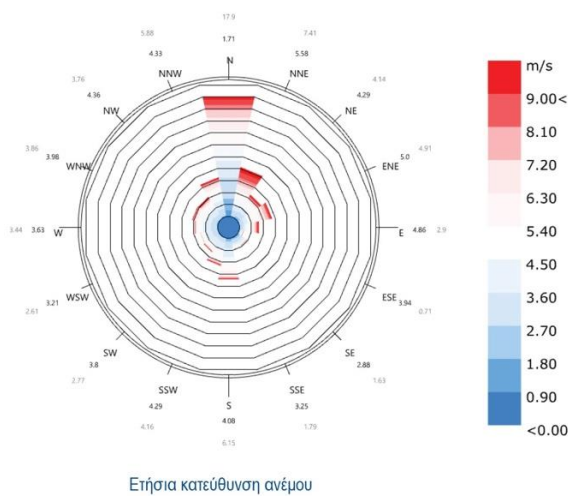
Οι κεντρικοί μηχανολογικοί χώροι των εγκαταστάσεων, δηλαδή το λεβητοστάσιο-ψυχοστάσιο, δεξαμενή καυσίμου, βρίσκονται στο Β' υπόγειο του κτηρίου. Οι εξωτερικές μονάδες κλιματισμού και οι πύργοι ψύξης τοποθετούνται στο δώμα του κτηρίου.

5.2 Βιοκλιματικά στοιχεία κτηρίου

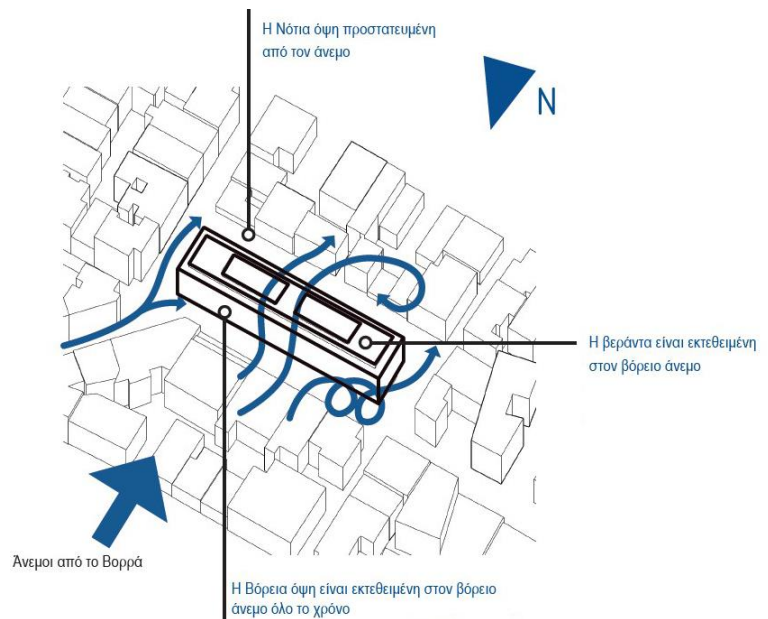
Το μέγαρο του ΟΣΕ ήταν το πρώτο κτήριο στην Ελλάδα κατασκευασμένο βάσει βιοκλιματικών αρχών, με αξιόλογα βιοκλιματικά στοιχεία όπως διπλή πρόσοψη για λόγους αειφορίας και φωταγωγούς. Μεταξύ των δύο κελυφών, ένα στρώμα αέρα λειτουργούσε ως φυσική μόνωση για να ρυθμίσει την επίδραση των διαφόρων καιρικών συνθηκών (ζέστη ή κρύο).

Ο προσανατολισμός του κτηρίου ευνοεί επίσης τον βιοκλιματικό χαρακτήρα του. Σύμφωνα με την ετήσια ανάλυση του ανέμου η επικρατέστερη μέση ωριαία κατεύθυνση του ανέμου στη συγκεκριμένη τοποθεσία είναι από το Βορρά όλο το χρόνο. Έτσι χάρη στην τοποθέτηση του κτηρίου στο οικόπεδο, η νότια όψη παραμένει προστατευμένη από

τον άνεμο, ενώ η βόρεια καθώς και η ταράτσα είναι εκτεθειμένες στο βόρειο άνεμο όλο το χρόνο.



Διάγραμμα 5.8 Ετήσια κατεύθυνση ανέμου



Διάγραμμα 5.9 Ανάλυση ανέμου

Η στρατηγική βιωσιμότητας ενισχύθηκε επίσης, με την τοποθέτηση περιμετρικά του κτηρίου κινητών συρόμενων πάνελ μπροστά από τη γυάλινη πρόσοψη (υαλοπίνακα) που ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να ρυθμίσει ο ίδιος, με σκοπό τη σκίαση του κτηρίου και την αντιμετώπιση της ηλιακής ακτινοβολίας και του θερμικού κέρδους από αυτή. Παράλληλα, λόγω της μεγάλης επιφάνειας των διαφανών στοιχείων, το κτήριο διαθέτει επάρκεια φυσικού φωτισμού, κυρίως από τον 5^ο όροφο και πάνω.

Κατά τον αρχικό σχεδιασμό του κτηρίου χρησιμοποιήθηκαν και καινοτόμες τεχνικές για τη θέρμανση και τον κλιματισμό του. Ειδικότερα εγκαταστάθηκε κεντρικό σύστημα υδρόψυκτων ψυκτών και λεβητών πετρελαίου, με τη χρήση κυρίως fan coil unit για τη διανομή της θερμότητας στους χώρους του κτηρίου. Η εξασφάλιση νωπού αέρα στο κτήριο γινόταν μέσω κεντρικών κλιματιστικών μονάδων στα επίπεδα του ισογείου και του 1^{ου} ορόφου, ενώ στο υπόλοιπο κτήριο μέσω θυρίδων αερισμού των μονάδων Fan Coil Unit.

Δυστυχώς η φυσική φθορά που επήλθε με το πέρασμα του χρόνου και η απουσία συντήρησης είχε σαν αποτέλεσμα τη μη λειτουργία αυτών των έξυπνων συστημάτων σήμερα

5.3 Υφιστάμενη κατάσταση κτηρίου

Το κτήριο σήμερα παρουσιάζει μεγάλες ενεργειακές απώλειες και φυσικές φθορές στους εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους του, με συνέπεια να μην προωθείται ένα υγιές εργασιακό περιβάλλον. Στη γενική του εικόνα το κτήριο παρουσιάζει έντονα σημάδια φθοράς από το χρόνο, που οφείλονται κατά κύριο λόγο στην ελλιπή και μη συστηματική συντήρησή του, στον μισό περίπου αιώνα λειτουργίας του. Στο διάστημα αυτό έχουν υλοποιηθεί τρεις βασικές παρεμβάσεις ανακαίνισης που επηρεάζουν στο ενεργειακό προφίλ του κτηρίου. Οι δύο αφορούν στην εγκατάσταση καυστήρα αερίου για την κεντρική θέρμανση και την τοποθέτηση διπλών υαλοπινάκων στον 9^ο όροφο, οι οποίες συνέβαλλαν στην ενίσχυση της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου. Η τρίτη αναφέρεται στη συνεχή τοποθέτηση ατομικών μονάδων κλιματισμού (AC) που πραγματοποιείται, και σε αντίθεση με τις προηγούμενες παρεμβάσεις, οδηγεί στην αύξηση του λειτουργικού κόστους και του κόστους συντήρησης.

Οι παρεμβάσεις αυτές συνέβαλαν στην αλλοίωση των λειτουργικών χαρακτηριστικών του κτηρίου και στην απομάκρυνση από το όραμα αειφορίας των αρχιτεκτόνων, καθιστώντας το κτήριο σήμερα μη βιοκλιματικό. Αντιθέτως η δυνατότητα κάθε χρήστη να ενεργεί κατά βούληση στη ρύθμιση της θερμοκρασίας για θέρμανση ή ψύξη του χώρου σε συνδυασμό με τη χαμηλή απόδοση των κλιματιστικών μονάδων οδήγησε στη μεταβολή του προφίλ του κτηρίου σήμερα σε εξαιρετικά ενεργοβόρο.

Όσον αφορά στα υπόλοιπα στοιχεία του κτηρίου οι υφιστάμενοι φωταγωγοί δεν αξιοποιούνται σήμερα για φυσικό φωτισμό και αερισμό, σύμφωνα με τον αρχικό σχεδιασμό. Η πλειονότητα των εξωτερικών ρολλών σκίασης δεν λειτουργούν πλέον, λόγω παλαιότητας και έλλειψης συντήρησης, με συνέπεια να δημιουργούν σκοτεινούς εσωτερικούς χώρους, να μειώνουν την θέα προς τα έξω και κυρίως να αυξάνουν τις ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση, δροσισμό και φωτισμό. Παράλληλα η απόληξη των φωταγωγών και των φεγγιτών των κλιμακοστασίων παραμένουν κλειστά, εμποδίζοντας τις ακτίνες του ήλιου να φτάσουν στους χαμηλότερους ορόφους. Παρατηρείται λοιπόν ανεπάρκεια φωτισμού, με τον υφιστάμενο τεχνητό φωτισμό να χαρακτηρίζεται παλιάς τεχνολογίας, μεγάλης ενεργειακής κατανάλωσης και χαμηλής απόδοσης φωτεινότητας.

5.4 Ανάλυση ενεργειακής κατάστασης κτηρίου

Η ενεργειακή ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης αποσκοπεί στην αποτύπωση και ανάλυση του ενεργειακού προφίλ του κτηρίου. Ουσιαστικά, μέσω της αποτύπωσης των ενεργειακών χαρακτηριστικών του κτηρίου, δίνεται η δυνατότητα για καλύτερη τεκμηρίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας των παρεμβάσεων.

Για τον υπολογισμό των πραγματικών καταναλώσεων του κτηρίου, την αποτύπωση και ανάλυση των ενεργειακών χαρακτηριστικών του έχει διενεργηθεί Μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης με χρήση του εργαλείου TEE-KENAK. Οι παράμετροι του υπολογισμού Κ.Εν.Α.Κ. για το κτήριο μελέτης είναι Β' κλιματική ζώνη (Αθήνα) και κύρια χρήση γραφεία.

5.4.1 Θερμοπερατότητα (θερμομονωτική επάρκεια) δομικών στοιχείων

Από άποψη θερμομονωτικής επάρκειας το κτήριο χαρακτηρίζεται μη μονωμένο, με βάση την ηλικία, την αποτύπωση της υφιστάμενης κατάστασης και τα στοιχεία που συλλέχθηκαν από αρμόδιους φορείς.

- **Αδιαφανή δομικά στοιχεία**

Για τον υπολογισμό της θερμομονωτικής επάρκειας των δομικών στοιχείων των θερμαινόμενων και μη θερμαινόμενων χώρων, οι συντελεστές μη μονωμένου κτηρίου λαμβάνονται από τον Πίνακα 3.5 της Τεχνικής Οδηγίας (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 (Α' Έκδοση)), ενώ δεν υπολογίζεται και το ποσοστό των θερμογεφυρών.

Δομικό στοιχείο	U[W/(m ² K)]
Εξωτερική τοιχοποιία από οπλισμένο σκυρόδεμα	3.65
Τοιχία υπογείου	4.3
Δάπεδο σε επαφή με Φ.Ε.	3.1
Οροφή σε επαφή με Μ.Θ.Χ.	2.9

Πίνακας 5.2 Συντελεστές θερμοπερατότητας βασικών δομικών στοιχείων των θερμαινόμενων και των μη θερμαινόμενων χώρων του κτηρίου μελέτης

Οι συντελεστές (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 (Α' Έκδοση)) (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701- 2/2017 Α') που χρησιμοποιούνται στον υπολογισμό του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του κτηρίου και της ενεργειακής κατανάλωσης είναι οι ισοδύναμοι συντελεστές U' , οι οποίοι παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.3 για τα δομικά στοιχεία των θερμαινόμενων και των μη θερμαινόμενων χώρων του κτηρίου σε επαφή με το έδαφος.

Δομικό στοιχείο	U [W/(m ² K)]	Εμβαδό A [m ²]	Μέσο βάθος έδρασης z [m]	U' [W/(m ² K)]
τοιχίο υπογείου	4,3	892,5	5,95	0,56
τοιχίο υπογείου	4,3	388	4,85	0,67
δάπεδο υπογείου	3,1	1988	5,95	0,13

Πίνακας 5.3 Ισοδύναμοι συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων

- **Διαφανή δομικά στοιχεία**

Κατά την αποτύπωση του κτηρίου έγινε έλεγχος και καταγραφή των ανοιγμάτων του, όπου διαπιστώθηκε ότι όλα τα κουφώματα διαθέτουν πλαίσιο αλουμινίου χωρίς θερμοδιακοπή με μονό υαλοπίνακα, με εξαίρεση αυτά του 9^{ου} ορόφου στα οποία έχουν τοποθετηθεί διπλοί υαλοπίνακες με διάκενο 12mm.

Ανάλογα με τον τύπο των κουφωμάτων του κτηρίου και το ποσοστό πλαισίου, οι συντελεστές θερμοπερατότητας αυτών (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 (Α' Έκδοση), Πίνακας 3.12), όπως παρουσιάζονται στο παρακάτω πίνακα:

Τύπος κουφώματος	U κουφώματος [W/(m ² K)]
Μεταλλικό πλαίσιο (20%) Μονός υαλοπίνακας	6,00
Μεταλλικό πλαίσιο (40%) Μονός υαλοπίνακας	6,20
Μεταλλικό πλαίσιο (20%) Διπλός υαλοπίνακας 12mm	3,70
Μεταλλικό πλαίσιο (30%) Διπλός υαλοπίνακας 12mm	4,10

Πίνακας 5.4 Συντελεστής θερμοπερατότητας κουφωμάτων

5.4.2 Ενεργειακή ανάλυση ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων κτηρίου

- **Σύστημα θέρμανσης χώρων**

Για τις ανάγκες θέρμανσης των χώρων υπάρχουν 2 μονάδες λέβητα φυσικού αερίου θερμικής ισχύος 800.000Kcal/h (930kW) η καθεμία, και απόδοση 95% και 92%, σύμφωνα με το φύλλο ελέγχου θέρμανσης. Οι αποδόσεις αυτές επιβεβαιώνονται και από τη σύγκριση της μέγιστης απαιτούμενης ισχύος του κτηρίου, υπολογισμένη σύμφωνα με

τη Σχέση 4.1 (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701- 2/2017 Α', 2017), με αυτή του λέβητα η οποία προκύπτει χαμηλότερη.

Επισημαίνεται ότι σήμερα οι μονάδες ανεμιστήρα στοιχείου είναι σε κακή κατάσταση, όπως και το δίκτυο σωληνώσεων διανομής το οποίο κρίνεται και μη επαρκώς μονωμένο.

- **Σύστημα ψύξης χώρων**

Το κεντρικό σύστημα ψύξης είναι εκτός λειτουργίας τα τελευταία χρόνια, με αποτέλεσμα οι ανάγκες δροσισμού των χώρων να καλύπτονται αποκλειστικά από τις τοπικές μονάδες διαιρούμενου τύπου split unit.

Από την καταγραφή των μονάδων προέκυψαν τα στοιχεία του Πίνακα 5.5.

Όροφος	Ισχύς (kW)		Απορ Ηλεκ. Ισχύς (kW)		EER	COP
	Ψυκτική	Θερμική	Ψύξη	Θέρμανση	Ψύξη	Θέρμανση
Ισόγειο - 1 ^{ος}	72,04	82,20	31,46	33,29	2,29	2,47
2 ^{ος}	123,87	137,91	50,53	51,52	2,45	2,68
3 ^{ος}	128,52	151,27	50,53	51,34	2,54	2,95
4 ^{ος}	116,86	136,53	47,09	47,02	2,48	2,90
5 ^{ος}	130,23	148,02	52,50	51,61	2,48	2,87
6 ^{ος}	174,36	198,28	68,13	65,97	2,56	3,01
7 ^{ος}	143,87	160,24	54,84	53,25	2,62	3,01
8 ^{ος}	160,23	177,08	66,19	64,75	2,42	2,73
9 ^{ος}	54,50	61,26	24,77	27,85	2,20	2,20

Πίνακας 5.5 Καταγραφή μονάδων διαιρούμενου τύπου split unit

Η ενεργειακή κλάση καθορίζεται από τον εποχιακό συντελεστή απόδοσης θέρμανσης (SCOP) και ψύξης (SEER) – όσο μεγαλύτεροι είναι οι δείκτες, τόσο πιο αποδοτικό είναι το κλιματιστικό και άρα χαμηλότερη είναι η κατανάλωση.

- **Σύστημα μηχανικού αερισμού**

Το σύστημα μηχανικού αερισμού που είναι εγκαταστημένο στο κτήριο έχει τεθεί εκτός λειτουργίας τα τελευταία χρόνια.

- **Σύστημα φωτισμού**

Τα φωτιστικά σώματα που χρησιμοποιούνται για τον τεχνητό φωτισμό του κτηρίου, με κύρια χρήση γραφεία, είναι μικρότερης απόδοσης από την απαιτούμενη σύμφωνα με τον Πίνακα 2.4 (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 (Α' Έκδοση), 2017), ήτοι 500Lx για κτήρια γραφείων, 100Lx για διάδρομους και 300Lx για αίθουσες πολλαπλών χρήσεων. Έτσι οι υπολογισμοί γίνονται βάσει της ελάχιστης εγκατεστημένης ισχύος φωτισμού φωτιστικών ίδιας τεχνολογίας, που πληρούν τα κριτήρια γενικού φωτισμού.

Στον Πίνακα 5.6 παρουσιάζεται η ισχύς φωτισμού ανά θερμική ζώνη του κτηρίου:

Θερμική Ζώνη 1 (2 ^{ος} -8 ^{ος})		Φωτισμός (W)
Διάδρομοι (24,68%)	2.406,58 m ²	10.108
Γραφεία (75,31%)	7.342,28 m ²	154.188
Θερμική Ζώνη 2 (Ισόγειο-1 ^{ος})		Φωτισμός (W)
Διάδρομοι (35,67%)	311,55 m ²	1.310
Γραφεία (64,32%)	561,69 m ²	11.794
Θερμική Ζώνη 3 (9 ^{ος})		Φωτισμός (W)
Διάδρομοι (40,48%)	238,82 m ²	1.003
Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων (59,51%)	351,01 m ²	4.423
Σύνολο κτηρίου	11.411,93 m²	182.826 W

Πίνακας 5.6 Ισχύς φωτισμού ανά θερμική ζώνη

5.4.3 Ενεργειακές καταναλώσεις κτηρίου

- Ετήσια δεδομένα καταναλώσεων φυσικού αερίου

Στα πλαίσια της μελέτης για την αξιολόγηση των ενεργειακών απαιτήσεων του κτηρίου συλλέχθηκαν οι λογαριασμοί φυσικού αερίου για μια πλήρη ετήσια λειτουργία. Σύμφωνα με αυτά τα δεδομένα η ετήσια δαπάνη ενέργειας για τη θέρμανση του κτηρίου ανέρχεται σε 549MWh, το οποίο αντιστοιχεί σε κόστος περίπου 31.200,00 ευρώ. Λαμβάνοντας υπόψη ότι μεγάλος όγκος γραφείων είναι κλειστός, το πραγματικό ετήσιο κόστος σε πλήρη λειτουργία θα είναι πολλαπλάσιο.

Αριθμός Μετρητή: 75067437										
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ										
ΛΕΒΗΤΟΣΤΑΣΙΟΥ										
	Εμετρ	Εδρθ	Θερμ	ΧΡ ΜΕΤ/ΡΑΣ	ΧΡ ΔΙΑΝΟΜΗΣ	Μονάδα χρ/σης	ΧΡ. ΕΝΕΡΓ.	ΕΦΚ	ΤΕΛΟΣ ΑΣΦ	Σύνολο
	NM ³	NM ³	kWh			€/ kWh	€	€	€	€
Σεπ	46	54	639		54,1	0,0426	27,25	3,45	0,05	85
Οκτ	6	7	83		55,9	0,0437	3,63	0,45	0,01	60
Νοε	3910	4791	55226		54,1	0,0466	2577,40	298,2	4,69	2934
Δεκ	8941	11168	131739		54,1		6310,30	758,02		7122
Ιαν	11066	13907	164425	384.75	2562,65		4885,07	949,19		8782
Φεβ	7968	9915	117452	466.28	1872,39		3719,70	680,33		6739
Μαρ	5531	6817	80565	299.7	1298,25		3129,95			4728
Απρ							0,00			0
Μαϊ	0	0	0		190,85		0,00	0,95		192
Ιουν	0	0	0		190,85		0,00			191
Ιουν	0	0	0		190,85		0,00			191
Αυγ	21	24	284	1,23	194,89		0,00			196
Σύνολο	37437	46622	549691							31220

Πίνακας 5.7 Καταγραφή ετήσιας δαπάνης θέρμανσης κτηρίου γραφείων ΟΣΕ

• Ηλεκτρικές καταναλώσεις κτηρίου

Για την εκτίμηση των καταναλώσεων ηλεκτρικής ενέργειας, υπολογίστηκε η ετήσια ηλεκτρική κατανάλωση του κτηρίου σύμφωνα με τους λογαριασμούς της ΔΕΗ, όπως παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα:

ΜΗΝΑΣ	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΣΥΝΟΛΟ
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (kW/h)	105329	93675	108199	118232	137892	111488	112069	92541	92474	110512	129092	119169	1330672
ΣΥΝΟΛΟ ΧΡΕΩΣΗΣ ΠΡΟΜΗΘΕΙΑΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (€)	10616	9348	10928	8574	11655	9402	9104	7410	5633	9635	10980	10103	113389
ΣΥΝΟΛΟ ΡΥΘΜΙΖΟΜΕΝΩΝ ΧΡΕΩΣΕΩΝ (€)	1380	1215	1421	4633	5399	4399	4248	3567	3536	4524	5176	4765	44263
ΣΥΝΟΛΟ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΧΡΕΩΣΕΩΝ-ΠΙΣΤΩΣΕΩΝ (€)	9	3	0	674	796	687	649	517	532	696	805	820	6188
ΣΥΝΟΛΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (€)	0	0	0	13881	17850	14487	14001	11494	9701	14856	16961	15688	128919
ΣΥΝΟΛΟ ΦΠΑ (€)	1380	1215	1421	1794	2307	1867	1809	1487	1252	1913	2184	2010	20638
ΣΥΝΟΛΟ ΗΛ. ΡΕΥΜΑΤΟΣ+ΦΠΑ (€)	13385	11781	13770	15675	20157	16354	15810	12981	10953	16769	19145	17698	184478
ΣΥΝΟΛΟ ΔΗΜΟΥ (€)	0	0	0	355	713	321	355	343	355	343	355	355	3494
ΣΥΝΟΛΟ ΕΡΤ (€)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	36
ΣΥΝΟΛΟ ΤΡΕΧΟΝΤΟΣ ΜΗΝΑ (€)	13704	12579	14609	16033	20872	16677	16168	13327	11311	17115	19503	18056	189954

Πίνακας 5.8 Ηλεκτρικές καταναλώσεις κτηρίου

Αξιολογώντας τα αποτελέσματα των μετρήσεων προκύπτει ότι οι καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας είναι πολύ αυξημένες συγκριτικά με τη λειτουργία του. Ιδιαίτερα κατά την καλοκαιρινή περίοδο και τους κρύους μήνες του χειμώνα η αύξηση αυτή είναι κατακόρυφη. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι οι κλιματιστικές μονάδες τύπου split unit, χαμηλής ενεργειακής απόδοσης, καλύπτουν και τις ανάγκες θέρμανσης, με αποτέλεσμα να αυξάνεται το λειτουργικό κόστος του κτηρίου.

5.4.4 Ενεργειακή απόδοση κτηρίου με χρήση του εργαλείου KENAK

Στα πλαίσια μελέτης, έγινε χρήση του υπολογιστικού εργαλείου TEE-KENAK, σύμφωνα με τα οριζόμενα (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 (Α' Έκδοση), 2017) (Ν. 3661/2008, 2008), προκειμένου να υπολογιστούν η ενεργειακή απόδοση του κτηρίου, καθώς και η κατάταξή του σε κατηγορία.

Στη συνέχεια αναφέρονται οι βασικές παράμετροι για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου.

• Κλιματικά δεδομένα

Πρόκειται για τα στοιχεία αναφορικά με το κλίμα της περιοχής του κτηρίου, όπως ορίζονται αναλυτικά στην τεχνική οδηγία. Επιπλέον το κτήριο ανήκει στη Β κλιματική ζώνη, σύμφωνα με την τοποθεσία του στο κέντρο της Αθήνας, και ως εκ τούτου οι

υπολογισμοί διενεργούνται με βάση τον Μετεωρολογικό Σταθμό Αθηνών, και χρησιμοποιούνται τα εξής δεδομένα (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-3/2010 (Β' Έκδοση), 2012):

- η μηνιαία θερμοκρασία ($^{\circ}\text{C}$),
- η μηνιαία ειδική υγρασία (g/kg),
- η μηνιαία ταχύτητα ανέμου (m/s),
- η μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο (kWh/m^2), καθώς και για κάθε προσανατολισμό και γωνία κλίσης

Σύμφωνα με τα παραπάνω, στις εξωτερικές συνθήκες υπολογισμού χειμώνα και καλοκαιριού λαμβάνεται υπόψη η περιοχή της Αθήνας με τον πλησιέστερο σταθμό στην περιοχή μελέτης, για συνθήκες σχεδιασμού 1% DB, χειμώνας: 0°C και καλοκαίρι: 34.8°C .

• Χρήσεις κτηρίου

Σύμφωνα με τις οριζόμενες προδιαγραφές, στη μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης απαιτείται ο προσδιορισμός των ακόλουθων στοιχείων και παραμέτρων του κτηρίου:

- Κύρια χρήση, ορίζονται «Γραφεία» και «Αίθουσες πολλαπλών χρήσεων», ($9^{\text{ος}}$ όροφος).
- Ιδανικές εσωτερικές συνθήκες και στοιχεία σχετικά με τη λειτουργία του κτηρίου.
- Τα δομικά στοιχεία του κελύφους ως προς τα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά τους, τον προσανατολισμό τους κ.λπ.
- Τα δομικά στοιχεία του κελύφους και ως προς τα θερμικά χαρακτηριστικά, όπως θερμοπερατότητα κ.λπ.
- Οι τεχνικές προδιαγραφές των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων.

• Δεδομένα κτηρίου μελέτης

Η περίπτωση μελέτης αφορά σε κτήριο γραφείων συνολικού εμβαδού 17.161m^2 , εκ των οποίων τα 11.212m^2 (40.137m^3 αντίστοιχα) θερμαίνονται και ψύχονται.

Σύμφωνα με τα οριζόμενα στον Κ.Εν.Α.Κ (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 (Α' Έκδοση), 2017), το κτήριο διαιρείται σε τρεις θερμικές ζώνες στα πλαίσια της ενεργειακής του ανάλυσης:

- 1^η Θερμική Ζώνη: $2^{\text{ος}}$ – $8^{\text{ος}}$ όροφος
- 2^η Θερμική Ζώνη: Ισόγειος - $1^{\text{ος}}$ όροφος
- 3^η Θερμική Ζώνη: $9^{\text{ος}}$ όροφος

Στα πλαίσια της ενεργειακής μελέτης έγινε ανάλυση των δεδομένων του κτηρίου (θερμοχωρητικότητα, στοιχεία αερισμού κλπ.). Αναφορικά με τον έλεγχο του Η/Μ εξοπλισμού και την εξισορρόπηση των θερμικών φορτίων, το κτήριο ικανοποιεί τις ελάχιστες απαιτήσεις, και συνεπώς κατατάσσεται στην κατηγορία αυτοματισμών Δ.

Καθορίστηκαν ακόμη, οι ιδανικές συνθήκες λειτουργίας στο εσωτερικό του κτηρίου ανά χρήση, σύμφωνα με την Τεχνική Οδηγία (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 (Α' Έκδοση), 2017), λαμβάνοντας υπόψη τις ημέρες και ώρες λειτουργίας, τις συνθήκες άνεσης ως προς τη θερμοκρασία, τον αερισμό κλπ., καθώς και τα θερμικά φορτία (χρήστες, συσκευές).

Σχετικά με τα διαφανή και αδιαφανή δομικά στοιχεία του κτηρίου, μετά την αποτύπωση και καταγραφή τους υπολογίστηκαν οι συντελεστές σκίασης από ορίζοντα, προστέγασμα και πλευρικό, σύμφωνα με τους προβλεπόμενους στην Τεχνική Οδηγία συντελεστές απορροφητικότητας και εκπομπών.

Όσον αφορά στα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα του κτηρίου, τα οποία αναλύονται σε προηγούμενα κεφάλαια, για τις εγκαταστάσεις θέρμανσης χρησιμοποιήθηκαν στους υπολογισμούς στοιχεία της εγκατάστασης κεντρικής θέρμανσης και των τοπικών μονάδων διαιρούμενου τύπου, ενώ για τα συστήματα ψύξης μόνο τα δεδομένα των εγκατεστημένων μονάδων split units. Επισημαίνεται ότι στους υπολογισμούς λαμβάνεται υπόψη ότι οι μονάδες τύπου split θερμαίνουν συμπληρωματικά μόνο κάποιους χώρους του κτηρίου. Σχετικά με τον αερισμό, καθώς το εγκατεστημένο σύστημα δε λειτουργεί σήμερα, τίθεται η συμβατική τιμή κατά τα προβλεπόμενα (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 (Α' Έκδοση), 2017). Τέλος οι τεχνικές προδιαγραφές του συστήματος φωτισμού προστίθενται σαν δεδομένα ανά θερμική ζώνη του κτηρίου.

• Αποτελέσματα ενεργειακής κατανάλωσης

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των υπολογισμών ενεργειακής κατανάλωσης (kWh/m²) με τις παραμέτρους που τέθηκαν:

- Απαραίτητα φορτία για θέρμανση και δροσισμό του κτηρίου, συμπεριλαμβανομένων των φορτίων αερισμού κάθε εποχής.
- Συνολική κατανάλωση ενέργειας και ανά τομέα (θέρμανση, δροσισμός κλπ.), θερμική ζώνη και πηγή (ηλεκτρισμός, φυσικό αέριο κλπ.).

- Ανηγγεμένη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά έτος και τομέα, καθώς και οι αντίστοιχες εκπομπές αερίων ρύπων CO₂.

Για τη μετατροπή της πρωτογενούς ενέργειας σε εκλύόμενους ρύπους χρησιμοποιούνται οι προβλεπόμενοι συντελεστές του Κ.Εν.Α.Κ (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 (Α' Έκδοση), 2017), και από τους οποίους προκύπτει ότι η υψηλή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας οδηγεί σε σημαντική επιβάρυνση της τελικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας, και κατά συνέπεια αύξηση των ρύπων.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, στους Πίνακες 5.9, 5.10 & 5.11 παρουσιάζονται οι τιμές των απαιτούμενων φορτίων για τη λειτουργία του κτηρίου, οι ενεργειακές καταναλώσεις ανά χρήση, καθώς και οι καταναλώσεις καυσίμων και οι εκπομπές των χρησιμοποιούμενων πηγών ενέργειας, όπως προέκυψαν από το υπολογιστικό εργαλείο KENAK.

Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m ²)	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Ετήσιο
Θέρμανση	7.5	5.7	4.2	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	5.8	26.1
Ψύξη	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8	17.2	34.5	31.6	5.3	0.0	0.0	0.0	92.3

Πίνακας 5.9 Ενεργειακές απαιτήσεις υφιστάμενου κτηρίου

Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m ²)	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Ετήσιο
Θέρμανση	16.8	13.2	10.4	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	6.6	13.6	62.4
Ψύξη	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	12.9	25.5	23.4	4.1	0.0	0.0	0.0	69.1
Φωτισμός	4.0	3.6	4.0	3.8	4.0	3.8	4.0	4.0	3.8	4.0	3.8	4.0	46.6
Σύνολο	20.7	16.8	14.4	5.4	7.0	16.8	29.5	27.4	8.0	4.2	10.4	17.5	178.1

Πίνακας 5.10 Ενεργειακή κατανάλωση υφιστάμενου κτηρίου

Πηγή ενέργειας	Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)
Ηλεκτρισμός	136.2	134.7
Πετρέλαιο	0.0	0.0
Φυσικό αέριο	41.9	8.2
Σύνολο	178.1	142.9

Πίνακας 5.11 Κατανάλωση καυσίμων και εκπομπές αερίων

• Εκτίμηση αποτελεσμάτων

Για την εκτίμηση της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτηρίου συνολικά γίνεται σύγκριση του κτηρίου στην υφιστάμενη κατάσταση, με το κτήριο αναφοράς. Σύμφωνα με το άρθρο 9 του ΚΕΝΑΚ, το κτήριο αναφοράς διαθέτει τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, θέση, προσανατολισμό, χρήση και χαρακτηριστικά λειτουργίας με το υπό μελέτη κτήριο, (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 (Α' Έκδοση), 2017).

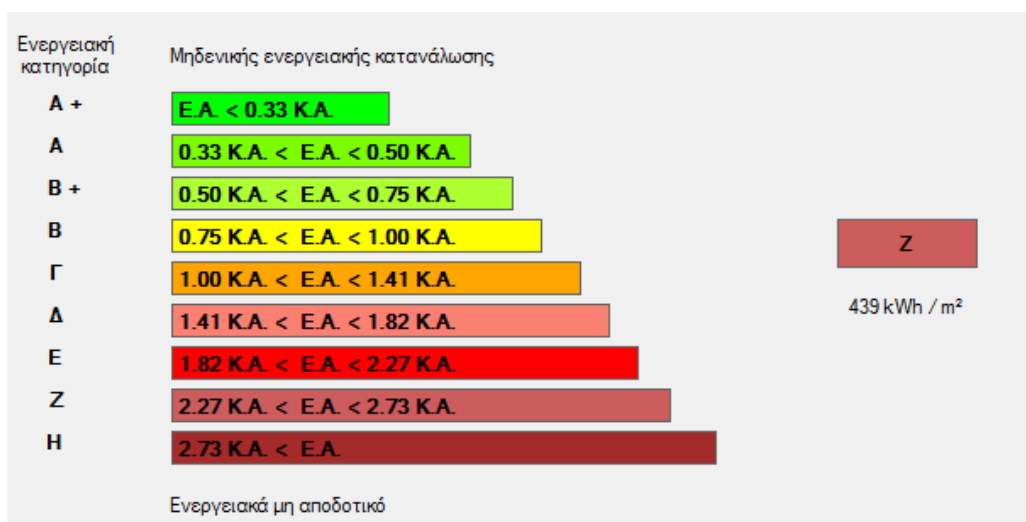
kWh/m ²	Κτήριο Αναφοράς	Υπάρχον	% Απόκλιση
Θέρμανση	28,9	103,4	257,79
Ψύξη	61,3	200,4	226,92
Φωτισμός	92,4	135,2	46,32
ΣΥΝΟΛΟ	182,6	439,0	140,42
Κατηγορία κατάταξης	-	Z	

Πίνακας 5.12 Τελική χρήση – Πρωτογενής ενεργειακή κατανάλωση

Συνεπώς το υπάρχον κτήριο απαιτεί μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με το κτήριο αναφοράς για την κάλυψη κάθε είδους λειτουργίας, και ειδικότερα απαιτεί:

- για θέρμανση κατά 250%
- για ψύξη κατά 226%
- για φωτισμό κατά 46%
- η συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κατά 140%.

Όπως προκύπτει από τους παραπάνω υπολογισμούς, σχετικά με την ανηγμένη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας των χώρων του κτηρίου γραφείων, το κτήριο κατατάσσεται στην **κατηγορία Z**.



Εικόνα 5.7 Ενεργειακή κατηγορία κτηρίου

6 Ενεργειακή αναβάθμιση & βελτιστοποίηση ενεργειακής απόδοσης κτηρίου

Με βάση την αποτίμηση της υφιστάμενης ενεργειακής κατάστασης, τις λειτουργικές απαιτήσεις, τις χρήσεις, τα βιοκλιματικά χαρακτηριστικά σχεδιασμού του κτηρίου και με στόχο τη βιωσιμότητα και την εξασφάλιση των ιδανικών συνθηκών άνεσης στους χρήστες του, προτείνονται μικρής και μεγάλης κλίμακας επεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης και μείωσης του λειτουργικού κόστους.

Παρεμβάσεις με την εφαρμογή ενεργειακής καινοτομίας στο σύνολο του κτηρίου, όπως στο κτηριακό κέλυφος και στις Η/Μ εγκαταστάσεις με τη χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ), καθώς και γενικότερα δράσεις Εξοικονόμησης Ενέργειας θα οδηγήσουν στην καλύτερη αξιοποίηση και ανάδειξη του.

Οι προτάσεις που θα αναλυθούν στη συνέχεια αφορούν σε βασικές και δευτερεύουσες παρεμβάσεις, που μπορούν να εφαρμοστούν συνολικά ή τμηματικά αποφέροντας τα αντίστοιχα οφέλη, ώστε το κτήριο να αναβαθμιστεί ενεργειακά και λειτουργικά.

6.1 Στόχοι προτεινόμενων παρεμβάσεων

Μετά την ανάλυση του ενεργειακού προφίλ του κτηρίου γραφείων του ΟΣΕ στο κέντρο της Αθήνας, θα διατυπωθούν προτάσεις ενεργειακής αναβάθμισης αυτού, με άξονα τον περιορισμό των ενεργειακών απαιτήσεων και ως εκ τούτου τη μείωση της ενεργειακής δαπάνης και του λειτουργικού κόστους του κτηρίου. Επιπλέον οι προτεινόμενες επεμβάσεις έχουν ως στόχο τη μετατροπή του κτηρίου του ΟΣΕ σε έναν σύγχρονο εργασιακό χώρο έχοντας ως γνώμονα την περιβαλλοντική και οικονομική βιωσιμότητα του. Η προτεινόμενη αναδιαμόρφωση του κτηρίου βασίζεται στους παρακάτω άξονες και την αλληλοσυσχέτισή τους:

- την ενίσχυση του βιοκλιματικού χαρακτήρα
- τη σχέση του κτηρίου με το γύρω περιβάλλον
- τη νέα μορφή και οργάνωση του εργασιακού χώρου

Η ανάπτυξη της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής καλείται να αντιμετωπίσει τα προβλήματα που ενυπάρχουν στα κτήρια με την ενσωμάτωση στρατηγικών που σχετίζονται με την ενέργεια και την αντιμετώπιση των διαφορετικών κλιματικών συνθηκών, προκειμένου να

εξασφαλίσουν στους χρήστες «αδανικές» συνθήκες διαβίωσης. Μέσω της προληπτικής ενεργειακής απόδοσης και την εφαρμογή προσιτών προτάσεων ανακατασκευής και αποδοτικών αρχών βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής επιδιώκεται η επίτευξη της εξοικονόμησης ενέργειας, και ως εκ τούτου ο περιορισμός και των αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

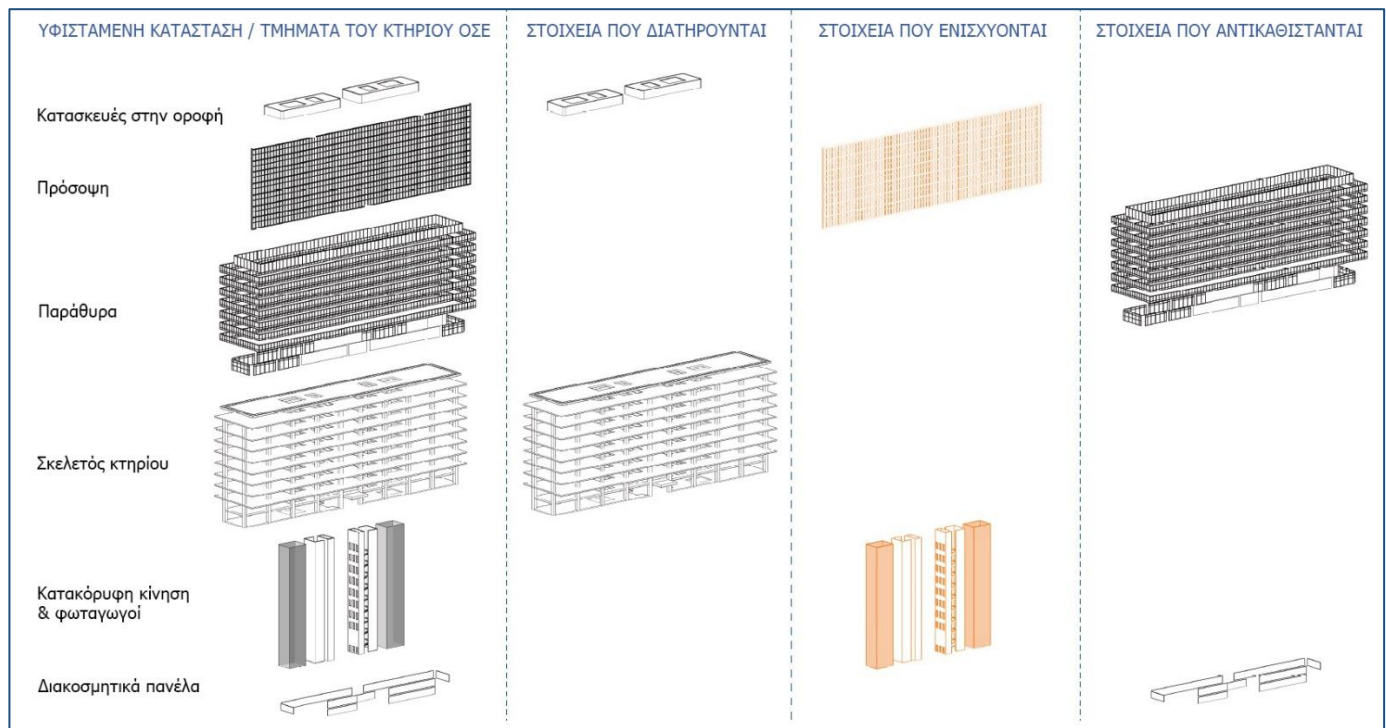
Το υπάρχον κατασκευαστικό πλαίσιο, οι λεπτομέρειες και τα φινιρίσματα του κτηρίου μελέτης αποκαλύπτουν διαχρονικές αξίες, ενώ η διάταξη της δομής του επιτρέπει την ευελιξία. Με τη δημιουργία φωτεινών, υγιών χώρων που προσκαλούν τον χρήστη, ενισχύεται η κλίμακα και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του κτηρίου, δημιουργώντας έναν αποδοτικό, σύγχρονο χώρο εργασίας και μια νέα εργασιακή εμπειρία. Ο τρόπος που εργαζόμαστε αλλάζει συνεχώς και θα συνεχίσει να το κάνει. Το νέο εργασιακό περιβάλλον είναι επικεντρωμένο στην αποδοτικότητα, την άνεση, την επικοινωνία και είναι χτισμένο με την ευελιξία να προσαρμόζεται στο άγνωστο. Ο προτεινόμενος σχεδιασμός θα μεγιστοποιήσει την απόδοση της επένδυσης, διευκολύνοντας τη συνεχή ανάπτυξη, παραμένοντας προσαρμοσμένο στις μεταβαλλόμενες πρακτικές.

6.2 Κριτήρια προτάσεων ενεργειακής αναβάθμισης

Τα βασικά κριτήρια της μελέτης για τη διατύπωση προτάσεων ενεργειακής αναβάθμισης του κτηρίου είναι:

- Η διατήρηση των βασικών στοιχείων του κτηρίου ως προς την όψη και το λειτουργικό του σχεδιασμό.
- Η επίτευξη της μέγιστης μείωσης της ενεργειακής δαπάνης και του λειτουργικού κόστους του κτηρίου.
- Η αξιοποίηση, κατά το τεχνικά εφικτό, των υφιστάμενων υποδομών και δικτύων.
- Η συνολική λειτουργική αναβάθμιση του κτηρίου, μέσα από την αντικατάσταση φθαρμένων ή παλαιωμένων εγκαταστάσεων και την τοποθέτηση νέων σύγχρονων μονάδων με βελτιωμένο ενεργειακό προφίλ κατανάλωσης.
- Η ευκολία εγκατάστασης, λειτουργίας και συντήρησης.
- Η οικονομοτεχνική σκοπιμότητα εφαρμογής των μέτρων.
- Η τελική ενεργειακή κατάταξη του κτηρίου μετά την πραγματοποίηση των προτεινόμενων παρεμβάσεων.

6.3 Παρεμβάσεις στο κέλυφος του κτηρίου για μείωση των ενεργειακών του απαιτήσεων



Διάγραμμα 6.1 Διατήρηση στοιχείων κτηριακού κελύφους και νέες επεμβάσεις

Στο Διάγραμμα 6.1 παρουσιάζονται συνοπτικά τα βασικά στοιχεία του κτηριακού κελύφους, στα οποία βασίζονται οι προτεινόμενες επεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης που να αναλυθούν στη συνέχεια.

6.3.1 Εξωτερική θερμομόνωση δομικών στοιχείων

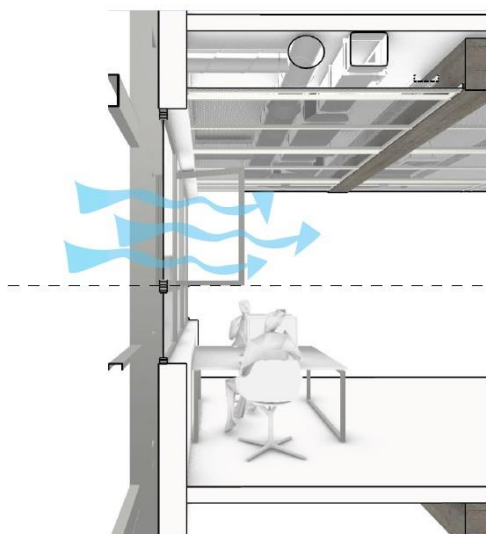
Προτείνεται η εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης σε όλα τα οριζόντια αδιαφανή στοιχεία του κελύφους, από εμφανές μπετόν. Θα εφαρμοστεί επίσης, κάτω από την ποδιά των παραθύρων με στόχο τη μεγαλύτερη μείωση των ενεργειακών απωλειών του κτηρίου. Στα σημεία όπου επί του οριζοντίου αδιάφανους στοιχείου αγκυρώνονται μεταλλικοί δοκοί η θερμομόνωση θα διακόπτεται, αλλά θα λαμβάνονται μέτρα στεγάνωσης και καλής αρμολόγησης.

Ειδικότερα, στις κατακόρυφες επιφάνειες των όψεων του κτηρίου θα εφαρμοσθεί πιστοποιημένο σύστημα εξωτερικής σύνθετης θερμομόνωσης (ETICS: External Thermal Insulation Composite System). Πρόκειται για επικολλούμενο σύστημα εξωτερικής

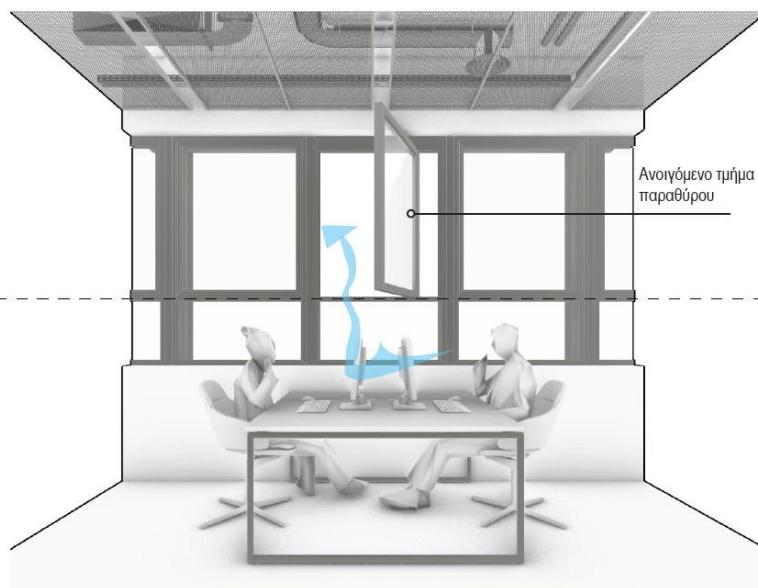
θερμομόνωσης (με βοηθητική μηχανική στερέωση), αποτελούμενο από θερμομονωτικές πλάκες, κόλλες, επιχρίσματα και άλλα υλικά.

6.3.2 Τοποθέτηση νέων κουφωμάτων και υαλοπινάκων

Προβλέπεται αντικατάσταση όλων των κουφωμάτων και υαλοπινάκων του κτηρίου με νέα ενεργειακά, διπλού υαλοπίνακα με προφίλ PVC-U, που ανταποκρίνονται στις σύγχρονες προδιαγραφές. Προτείνεται η διατήρηση των αναλογιών και των ανοιγόμενων τμημάτων των παραθύρων, με περιορισμό του ανοίγματος στα 20cm για λόγους ασφαλείας. Το κούφωμα θα είναι δίφυλλο ανοιγόμενο ανακλινόμενο δεξιά με σταθερό κάτω μέρος. Θα διαθέτουν χερούλι Standard σε χρώμα όμοιο με το προφίλ, με μηχανισμό με δύο θέσεις ανάκλησης με υδατοστεγανότητα κατηγορίας 6A, αεροδιαπερατότητα κατηγορίας 4A, αντοχή σε ανεμοπίεση κατηγορίας C4. Οι υαλοπίνακες που θα τοποθετηθούν θα είναι διπλοί 4mm με διάκενο 16mm, πληρωμένο με Argon. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τζαμιού θα είναι το μέγιστο $U_g=1,1\text{W/m}^2\text{K}$ και ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας του κουφώματος θα είναι το μέγιστο $U_f=1,29$.



Διάγραμμα 6.2 Φυσικός αερισμός γραφείων

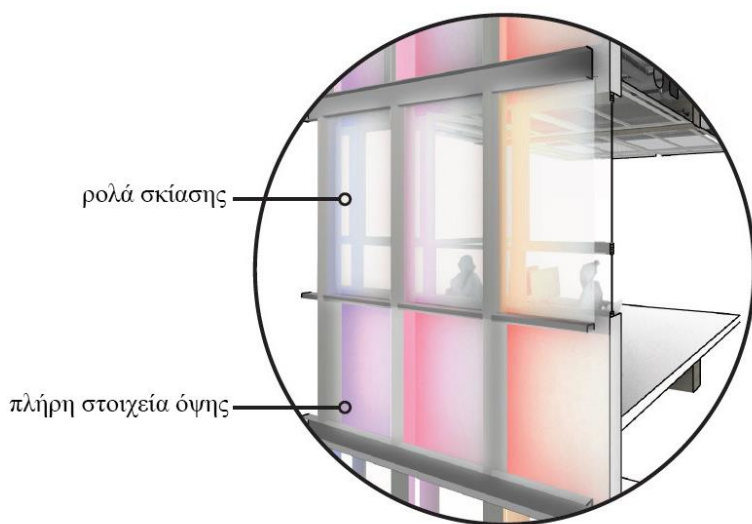


Διάγραμμα 6.3 Διατήρηση αναλογιών και ανοιγόμενων τμημάτων παραθύρων

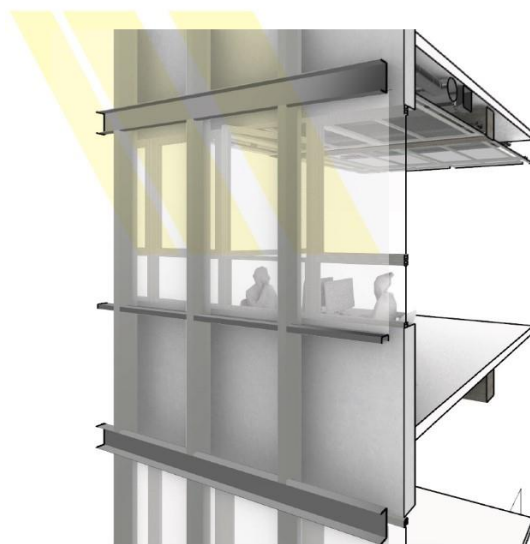
6.3.3 Σύστημα σκίασης

Το σύστημα σκίασης του κτηρίου θα είναι σταθερό και θα τοποθετηθεί σε όλη την περίμετρο του κτηρίου από τον 1^ο έως τον 9^ο όροφο, και για το ύψος των παραθύρων. Σε κάθε σειρά παραθύρων ορόφου και για όλο το ύψος αυτών, τοποθετούνται 16 σειρές

σκιάστρων. Η κλίση τοποθέτησης θα είναι 45° , και η απόσταση των κέντρων των περυγίων θα είναι 12cm επί του κεντρικού άξονα. Η τοποθέτηση των περυγίων σκίασης θα πραγματοποιηθεί οριζόντια και η στήριξη αυτών θα γίνει επί των υφιστάμενων κοιλοδοκών του εξωτερικού κελύφους του κτηρίου με τη χρήση εσωτερικά αυτών προφίλ στήριξης των σκιάστρων.



Διάγραμμα 6.4 Τομή στοιχείων όψης



Διάγραμμα 6.5 Αντικατάσταση ρολών σκίασης

Τα περύγια θα είναι κατασκευασμένα σύμφωνα με το πρότυπο EN 12020-2:2008 από κράμα αλουμινίου βαθμού σκληρότητας T6 και θα διαθέτουν ελάχιστο πάχος βαφής 75μm. Το συνολικό βάρος του σκιάστρου ανά μέτρο δεν θα υπερβαίνει τα 2,3 kg. Ο τύπος των σκιάστρων προτείνεται να είναι SH 3400 Aluminco 200mm ατρακτοειδούς μορφής ή ισοδύναμο.

6.4 Παρεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων

Στην προσπάθεια περιορισμού των καταναλώσεων ηλεκτρικού ρεύματος και φυσικού αερίου, καθώς και στη μείωση των αντίστοιχων δαπανών, εξετάζονται προτάσεις αναβάθμισης των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων θέρμανσης, κλιματισμού, αερισμού και ισχυρών ρευμάτων. Τα σενάρια αυτά βασίζονται στην επαναφορά του κεντρικού συστήματος θέρμανσης-ψύξης στον αρχικό σχεδιασμό λειτουργίας με την παράλληλη εφαρμογή σύγχρονων τεχνολογιών, καθώς και στην αντικατάσταση του τεχνητού φωτισμού με νέους λαμπτήρες.

Η προτεινόμενη μελέτη αναβάθμισης των Η/Μ εγκαταστάσεων έγινε σύμφωνα με τις προδιαγραφές της ενεργειακής πιστοποίησης των κτηρίων, σε εναρμόνιση με τις Υ.Α. που στοχεύουν στη μείωση των εκπομπών CO₂ και τη βελτίωση της ενεργειακής τους απόδοσης.

Η βελτίωση σημαίνει μείωση στην κατανάλωση φυσικού αερίου και ηλεκτρικού ρεύματος για θέρμανση, ψύξη, αερισμό, φωτισμό και συσκευές, χωρίς να διαταράσσονται οι συνθήκες άνεσης στο κτήριο. Για τη βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτηρίου εφαρμόζονται- πέραν των συστημάτων ελέγχου και αυτοματισμού – τεχνικές και συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας όπως η χρήση φωτιστικών νέας τεχνολογίας, η αντικατάσταση των συστημάτων θέρμανσης κλιματισμού αερισμού με νέα υψηλής ενεργειακής απόδοσης κ.α.

Η μελέτη και κατασκευή των εγκαταστάσεων θα γίνει σύμφωνα με τους ισχύοντες εθνικούς Κανονισμούς και Πρότυπα, καθώς και Ευρωπαϊκούς για όσα σημεία δεν καλύπτονται από τους Ελληνικούς.

Παράλληλα με τους κανονισμούς τίθενται τα ακόλουθα κριτήρια σχεδιασμού των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων:

- Ασφάλεια, εξυπηρέτηση και άνεση των χρηστών
- Χρησιμοποίηση υλικών με τη μέγιστη δυνατή αντοχή στο χρόνο
- Ελαχιστοποίηση του κόστους εγκατάστασης, λειτουργίας και συντήρησης
- Αποφυγή πιθανών βλαβών που θα οδηγήσουν στη δυσλειτουργία του κτηρίου
- Μέγιστη δυνατή επισκεψιμότητα των δικτύων και εγκαταστάσεων για συντήρηση κλπ.
- Ευελιξία των δικτύων και εγκαταστάσεων με δυνατότητα αυτονομίας, σε περίπτωση μελλοντικών αλλαγών στην εσωτερική διαρρύθμιση των χώρων
- Προστασία του περιβάλλοντος και μέγιστη δυνατή εξοικονόμηση ενέργειας

6.4.1 Εγκαταστάσεις θέρμανσης – κλιματισμού – αερισμού

• Συστήματα θέρμανσης-κλιματισμού και αερισμού

Για τη **θέρμανση και τον δροσισμό** των χώρων του κτηρίου προτείνεται να γίνει χρήση των υφιστάμενων συγκροτημάτων λεβήτων και υδροψυκτών ψυκτών που βρίσκονται στο υπόγειο του κτηρίου, με την αντικατάσταση όμως των πύργων ψύξης στο δώμα του

κτηρίου. Προβλέπεται ακόμη η αντικατάσταση των υφιστάμενων συστημάτων κλιματισμού freon - αέρα απευθείας εκτόνωσης με νέα συστήματα μεταβλητής ροής ψυκτικού υγρού, τεχνολογίας VRF, στα επίπεδα στα επίπεδα του Ισογείου, του 1^{ου} Ορόφου και του 9^{ου} Ορόφου. Στους υπόλοιπους ορόφους θα αντικατασταθούν οι μονάδες ψύξης-θέρμανσης, ανεμιστήρα - στοιχείου νερού (fan coil), με νέας τεχνολογίας καθώς και τα αντίστοιχα δίκτυα σωληνώσεων θερμού / ψυχρού ύδατος.

Ειδικότερα, στα πλαίσια ενεργειακής αναβάθμισης των συστημάτων θέρμανσης – ψύξης προτείνεται:

- η αντικατάσταση των μονάδων δαπέδου ανεμιστήρα - στοιχείου (fan coils)
- η αντικατάσταση του δικτύου σωληνώσεων με την εφαρμογή μόνωσης στα νέα δίκτυα
- η εγκατάσταση 2 νέων πύργων ψύξης ισχύος 930.000 kcal/h
- η αντικατάσταση των αντλιών στο λεβητοστάσιο – ψυχοστάσιο
- η αντικατάσταση δοχείων διαστολής
- η τοποθέτηση στο Ισόγειο, 1^ο όροφο και 9^ο όροφο νέων συστημάτων κλιματισμού - θέρμανσης απευθείας εκτόνωσης τεχνολογίας VRF

Αναλυτικότερα, προτείνεται η τοποθέτηση νέων τοπικών κλιματιστικών μονάδων (FCU's) στους χώρους των γραφείων με ταυτόχρονη κατασκευή νέων δικτύων σωληνώσεων, από γαλβανισμένους σιδηροσωλήνες βαρέως τύπου, για την προσαγωγή και επιστροφή θερμού και ψυχρού νερού. Οι μονάδες FCU's που προβλέπεται να χρησιμοποιηθούν, θα είναι κατακόρυφες δαπέδου με κέλυφος και θα τοποθετηθούν περιμετρικά στους χώρους του κτηρίου.

Η παραγωγή του ψυχρού και θερμού νερού που απαιτείται για τη λειτουργία των συστημάτων κλιματισμού του κτηρίου, πραγματοποιείται στο κεντρικό μηχανοστάσιο - λεβητοστάσιο του συγκροτήματος από 2 υφιστάμενους υδρόψυκτους ψύκτες σε συνδυασμό με 2 νέους πύργους ψύξης τύπου εμφύσησης (blow through), για την επαναχρησιμοποίηση του νερού συμπύκνωσης κάθε συγκροτήματος. Οι νέοι πύργοι ψύξης αντιθέτου ροής και ισχύος 930.000kcal/h ο καθένας, θα τοποθετηθούν στο δώμα του κτηρίου.

Για την (ανα)-κυκλοφορία του θερμού και ψυχρού νερού προς τις τερματικές μονάδες θα κατασκευαστεί νέο δίκτυο τύπου reverse-return. Η κυκλοφορία και διανομή του νερού

προς τις καταναλώσεις κλιματισμού FCU's θα γίνεται με τη βοήθεια κατάλληλων αντλιών πρωτεύοντος και δευτερεύοντος κυκλώματος, δηλαδή κάθε λέβητας θα έχει την δική του αντλία από και προς τους συλλέκτες προσαγωγής / επιστροφής (πρωτεύον κύκλωμα). Οι αντλίες θα είναι κοινές για το δίκτυο θέρμανσης και ψύξης. Στους κεντρικούς κλάδους του πρωτεύοντος κυκλώματος θα τοποθετηθεί τρίοδος αναλογική βάννα για τη μεταγωγή χειμώνα – θέρους, καθώς και ρυθμιστική βαλβίδα.

Για τον κλιματισμό των χώρων του ισόγειου, του 1^{ου} ορόφου και του 9^{ου} ορόφου θα τοποθετηθούν 4 νέα συστήματα πολυδιαιρούμενου κλιματισμού τεχνολογίας VRV, με δυνατότητα κλιματισμού και ελέγχου πολλαπλών ζωνών και μεταβαλλόμενη θερμοκρασία ψυκτικού μέσου για την αποτροπή δημιουργίας ρευμάτων αέρα. Οι θερμοκρασιακές συνθήκες λειτουργίας των συστημάτων θα είναι έως 10°C για θέρμανση και 5°C - 43°C για ψύξη. Οι εξωτερικές μονάδες των συστημάτων θα είναι τύπου αντλίας θερμότητας και θα τοποθετηθούν στο δώμα του κτηρίου. Οι εσωτερικές μονάδες είναι τύπου "καναλάτες" ψευδοροφής, τύπου κασέτας ψευδοροφής και επίτοιχες.

• Σύστημα αερισμού

Για τις ανάγκες **αερισμού** των χώρων του κτηρίου θα τοποθετηθούν σε όλους τους χώρους νέες τοπικές μονάδες ανάκτησης θερμότητας VAM εντός των ψευδοροφών, συνδεδεμένες με το σύστημα VRF ή ανεξάρτητες. Μέσω του συστήματος εναλλάκτη αέρα-αέρα ανακτάται η θερμότητα (Heat Reclaim Ventilation), με βαθμό απόδοσης θερμοκρασίας έως και 55%.

Το προτεινόμενο σύστημα διανομής αέρα θα λειτουργεί συνδυαστικά με το σύστημα κλιματισμού, καθώς ο νωπός αέρας θα κατευθύνεται μέσω των εσωτερικών μονάδων στα στόμια προσαγωγής. Πρόκειται για στόμια τεσσάρων κατευθύνσεων, με καμπύλα πτερύγια και δυνατότητα μεταβολής της κλίσης προς όλες τις κατευθύνσεις, ορθογωνικά στους ορόφους και κυκλικά μεγάλου βεληνεκούς στο ισόγειο.

• Σύστημα ελέγχου και διαχείρισης Η/Μ εγκαταστάσεων (Αυτοματισμοί Εγκατάστασης)

Τα συστήματα θέρμανσης, κλιματισμού και αερισμού θα ελέγχονται από ένα κεντρικό σύστημα ελέγχου και διαχείρισης των εγκαταστάσεων (BMS), το οποίο θα είναι

επεκτάσιμο με δυνατότητα αναβάθμισης, ώστε να παραλάβει και άλλους αυτοματισμούς μελλοντικά (π.χ. έλεγχος φωτισμού). Το BMS θα παρακολουθεί και θα καταγράφει τις ενεργειακές καταναλώσεις με σκοπό τον έλεγχο και τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας των συστημάτων. Ειδικότερα το κεντρικό σύστημα θα αποτελείται από:

- τον Ηλεκτρονικό Διερευνητή που θα εγκατασταθεί στον υπόγειο του μηχανοστασίου
- τον Κεντρικό Πίνακα του συστήματος, που θα εγκατασταθεί στο μηχανοστάσιο του κτηρίου (B υπόγειο) και υπο-πίνακες ελέγχου, οι οποίοι θα εγκατασταθούν σε κάθε όροφο
- «αισθητήρες» (sensors) που θα αντιλαμβάνονται καταστάσεις ή θα μετρούν μεγέθη, όπως θερμοστάτες, θερμόμετρα, αισθητήρες παρουσίας κλπ., όργανα εκτελέσεως εντολών όπως επαφείς, σειρήνες συναγερμού κλπ., και τέλος το υλικό διασυνδέσεως των αισθητηρίων και οργάνων εκτελέσεως εντολών προς τα απομακρυσμένα κέντρα συλλογής στοιχείων και των τελευταίων προς τον ηλεκτρονικό διερευνητή.
- το δίκτυο καλωδιώσεων ασθενών ρευμάτων

6.4.2 Εγκαταστάσεις Ισχυρών Ρευμάτων

Στα πλαίσια της μελέτης προβλέπεται η αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων του κτηρίου με νέας τεχνολογίας.

Με την ηλεκτρική εγκατάσταση ισχυρών ρευμάτων παρέχεται η απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια, προκειμένου να εξασφαλιστεί η ασφαλής και ομαλή λειτουργία του κτηρίου. Οι εγκαταστάσεις των συστημάτων φωτισμού-κίνησης συνδέονται αρχικά με το δίκτυο χαμηλής τάσης και στη συνέχεια με όλους τους πίνακες φωτισμού και κίνησης, καθώς και με τις εγκαταστάσεις φωτισμού, ρευματοδοτών και κίνησης.

Στο κτήριο μελέτης προτείνεται η εγκατάσταση πινάκων και παροχικών καλωδίων σε όλους τους ορόφους. Ειδικότερα, ο Γενικός Πίνακας του κτηρίου θα τοποθετηθεί στο Ισόγειο, σε χώρο απρόσιτο από το κοινό, ενώ ανεξάρτητοι ηλεκτρικοί πίνακες θα τοποθετηθούν σε κάθε όροφο, καθώς και στην αίθουσα πολλαπλών χρήσεων, στο λεβητοστάσιο, στο μηχανοστάσιο ανελκυστήρα και στο μηχανοστάσιο πυρόσβεσης. Για λόγους ασφαλείας, οι ηλεκτρικοί πίνακες του κτηρίου θα είναι μεταλλικοί με μεταλλική πόρτα και κλειδαριά.

Επιπλέον θα τοποθετηθούν ρευματοδότες σε όλους τους χώρους του κτηρίου, ανάλογα με τη διάταξη και τη χρήση τους. Συγκεκριμένα θα εγκατασταθεί ένας διπλός ρευματοδότης σε κάθε θέση εργασίας, ενώ στους υπόλοιπους χώρους η τοποθέτηση θα γίνει σύμφωνα με τη διαρρύθμιση τους. Στο λεβητοστάσιο θα τοποθετηθεί ρευματοδότης 42V για χρήση μπαλαντέζας και τριφασικός ρευματοδότης. Η τροφοδότηση των ρευματοδοτών θα γίνεται με χωριστές γραμμές με αγωγούς διατομής 2.5mm^2 που θα προστατεύονται με μικροαυτόματους.

Τέλος προβλέπεται η εγκατάσταση φωτιστικών με λαμπτήρες led για τον φωτισμό των γραφείων, προκειμένου να επιτυγχάνεται η ελάχιστη στάθμη φωτισμού 500LUX. Οι προδιαγραφές για τον φωτισμό των υπόλοιπων χώρων του κτηρίου, σύμφωνα με τον (Φ.Ε.Κ. 407/B/9.4.2010, 2010), είναι οι ακόλουθες:

Χώρος	Είδος φωτιστικού	Ένταση φωτισμού
Γραφεία	Με λαμπτήρες led	500
Αίθουσα εκδηλώσεων	Με λαμπτήρες led	300
Είσοδος - Διάδρομοι – κλιμακοστάσια	Με λαμπτήρες led	150
Αποθήκες, μηχανοστάσια Λεβητοστάσια	Με λαμπτήρες led	150-200
Χώροι υγιεινής	Με λαμπτήρες led	150-200

Πίνακας 6.1 Ένταση φωτισμού ανά χρήση χώρου

6.5 Ενεργειακή και οικονομική αξιολόγηση παρεμβάσεων ενεργειακής αναβάθμισης κτηρίου

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης σχετικά με την ενεργειακή κατάταξη του υφιστάμενου κτηρίου που παρουσιάστηκαν σε προηγούμενη ενότητα, το υπό μελέτη κτήριο χαρακτηρίζεται ενεργοβόρο και κατατάσσεται στην κατηγορία Z. Το θεωρητικό ετήσιο λειτουργικό κόστος του υφιστάμενου κτηρίου σε πλήρη λειτουργία υπολογίζεται σε 288.000 ευρώ ενώ οι εκπομπές CO₂ ανέρχονται σε 142,9 kg/m² το έτος.

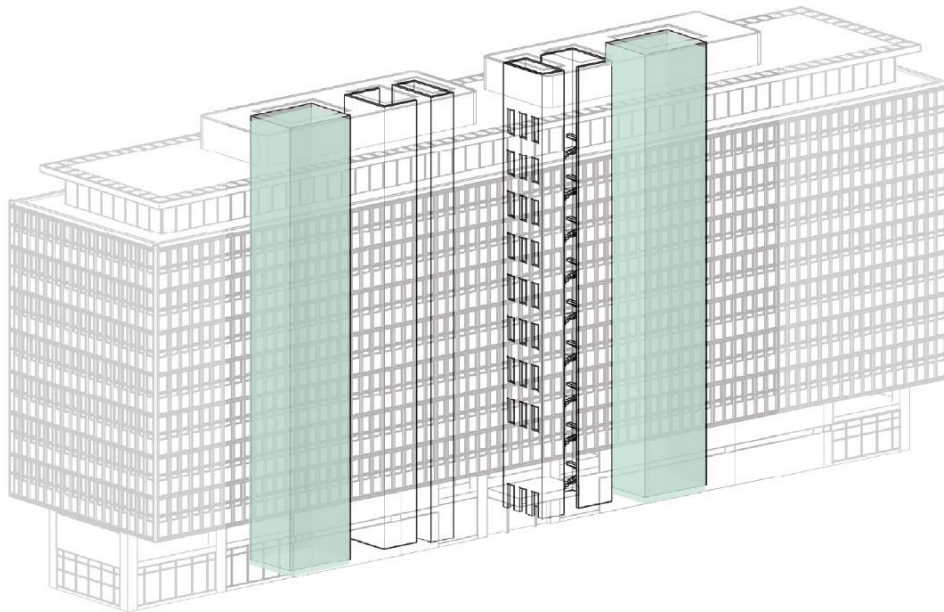
Με την εφαρμογή των παραπάνω προτεινόμενων παρεμβάσεων και μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας, είναι εφικτή η ενεργειακή και λειτουργική αναβάθμιση του κτηρίου καθώς και η τελική κατάταξή του στην κατηγορία B, με το θεωρητικό ετήσιο κόστος λειτουργίας να ανέρχεται κατ' εκτίμηση σε 118.000 ευρώ, επιτυγχάνοντας έτσι

μείωση του κόστους έως και 59% και ταυτόχρονη μείωση των εκπομπών του CO₂ έως και περίπου 55%.

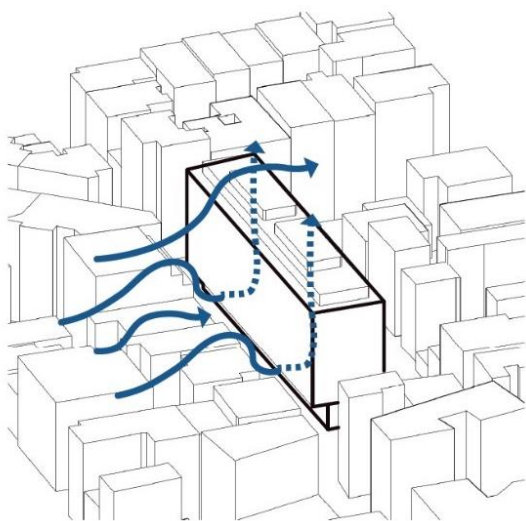
6.6 Νέες επεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης με την εφαρμογή στρατηγικών βιοκλιματικού σχεδιασμού

6.6.1 Αξιοποίηση υφιστάμενων φωταγωγών

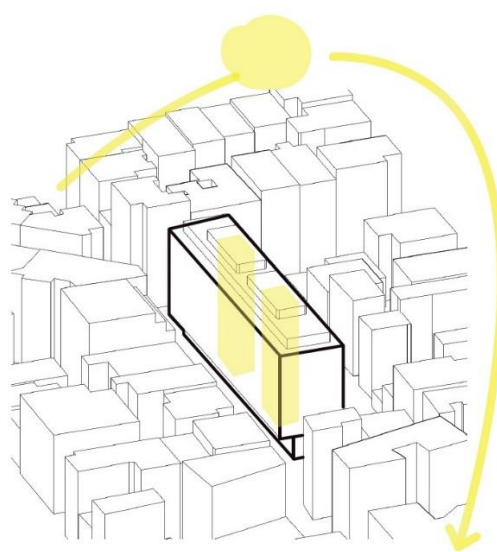
Ο προτεινόμενος σχεδιασμός, απευθυνόμενος στις μελλοντικές συνθήκες εργασίας, εκμεταλλεύεται τον χώρο των φωταγωγών και τον μετατρέπει σε εσωτερικά αίθρια. Διατηρώντας τις αρχές του καθαρού γυμνού κελύφους και αξιοποιώντας ποιότητες που υπάρχουν ήδη στο κτήριο, βελτιώνεται η λειτουργικότητα και αειφορία τόσο σε ενεργειακό επίπεδο, όσο και σε απόδοσης ανθρώπινου δυναμικού. Οι βεράντες και οι φωταγωγοί-αεραγωγοί κατευθύνουν τους ανέμους προς όφελος του κτηρίου και των εργαζομένων, ενώ παράλληλα αξιοποιούν το πλούσιο φως της ημέρας και το οδηγούν στα χαμηλότερα επίπεδα.



Διάγραμμα 6.6 Αξιοποίηση υφιστάμενων φωταγωγών



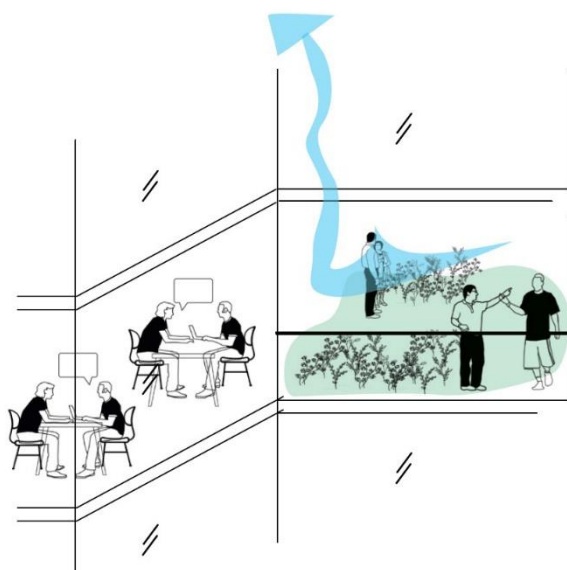
Διάγραμμα 6.7 Χρήση των βόρειων ανέμων για φυσικό αερισμό του κτηρίου.



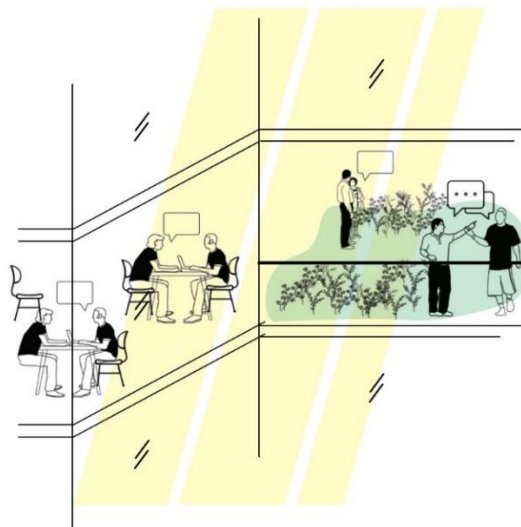
Διάγραμμα 6.8 «Άνοιγμα» των υφιστάμενων φωτογωγών για είσοδο του φωτός και στα χαμηλότερα επίπεδα.

Φυσικός αερισμός: Για την ενίσχυση του φυσικού αερισμού των χώρων του κτηρίου προτείνεται η αξιοποίηση της βόρειας κατεύθυνσης του ανέμου, η οποία είναι η συχνότερη βάση της ετήσιας ανάλυσης του. Η ενεργειακή απόδοση του κτηρίου ορίζεται από το σχεδιασμό του κατά 40-50%. Αξιοποιώντας τους φωτογωγούς μειώνεται η χρήση ηλεκτρικής ενέργειας εισάγοντας φυσικό εξαερισμό στο χώρο κυρίως μέσω των βόρειων ανέμων, όπως παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 6.7.

Φυσικός φωτισμός: Εισάγοντας το φως της ημέρας στο χώρο ενισχύεται η επαφή των εργαζόμενων με τους εξωτερικούς χώρους και μειώνεται η χρήση ηλεκτρικού φωτισμού. Έρευνες δείχνουν ότι καλές συνθήκες φωτισμού αυξάνουν την παραγωγικότητα έως και 18%.



Διάγραμμα 6.9 Φυσικός φωτισμός

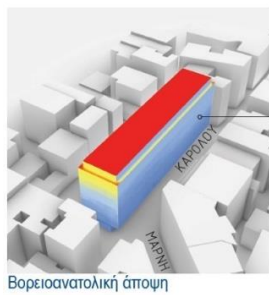


Διάγραμμα 6.10 Φυσικός αερισμός

Παράλληλα μέσω των επεμβάσεων αυτών και το άνοιγμα του χώρου τόσο σε οριζόντιο όσο και σε κατακόρυφο επίπεδο, αναπτύσσεται περαιτέρω η επικοινωνία και η ομαδικότητα μεταξύ των εργαζομένων. Η δημιουργία κοινόχρηστων χώρων, χάρη στη οπτική σύνδεση που επιτρέπουν οι φωταγωγοί, επιτρέπει τις άτυπες συναντήσεις σε καθημερινή βάση και την ανταλλαγή ιδεών και γνώσεων.

6.6.2 Αξιοποίηση της ετήσιας ηλιακής ακτινοβολίας

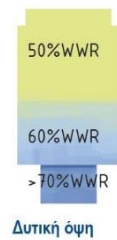
Με βάση την ετήσια ηλιακή ακτινοβολία απαιτείται εναλλαγή της αναλογίας γυαλιού-σκιάστρου λόγω των διαφορετικών αναγκών σκίασης, σύμφωνα με τον προσανατολισμό της κάθε όψης. Συνιστάται ένα μεταβαλλόμενο ποσοστό γυαλιού μεταξύ 40%-70% με βάση τη χαρτογράφηση των όψεων.



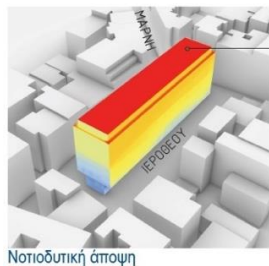
Δεν κρίνεται αναγκαία η χρήση βιοκλιματικού συστήματος στη βόρεια όψη.



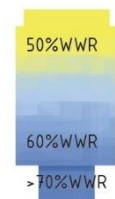
Βόρεια όψη



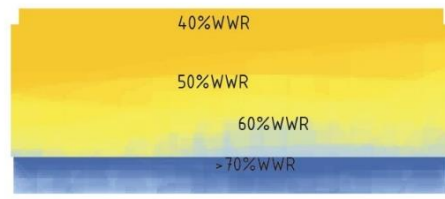
Δυτική όψη



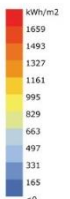
Οι υφιστάμενοι φωταγωγοί θα μπορούσαν να ξαναοιζούν φέρνοντας φυσικό φωτισμό στα χαμηλότερα επίπεδα



Ανατολική όψη



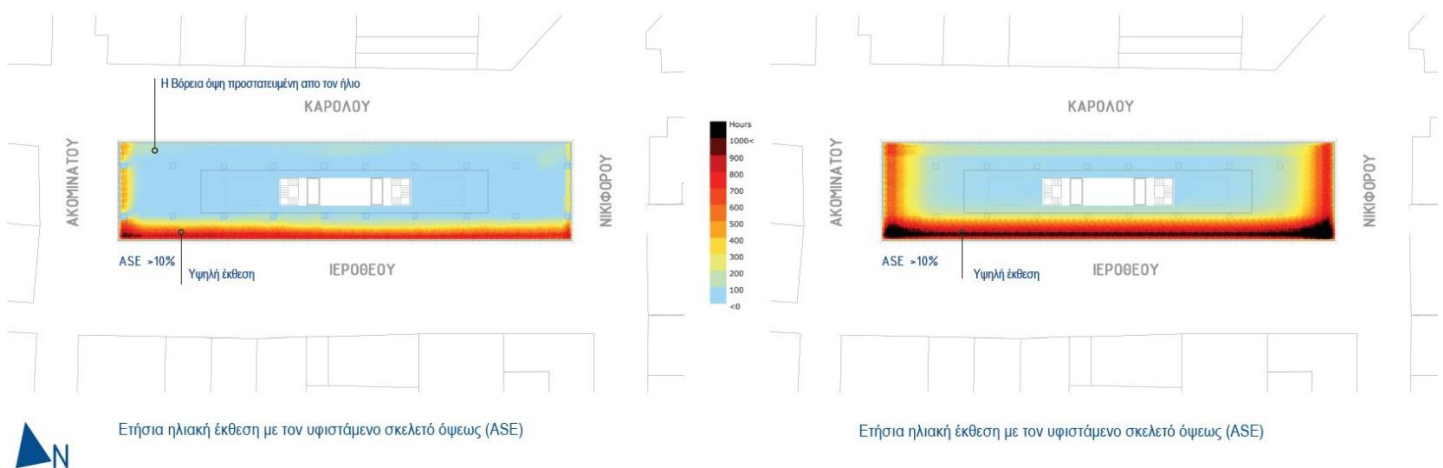
Νότια όψη



Διάγραμμα 6.11 Ηλιακή ακτινοβολία των όψεων του κτηρίου

Διάγραμμα 6.12 Χαρτογράφηση αναλογίας γυαλιού-σκιάστρου

Ο σχεδιασμός του συστήματος όψεως πρέπει να εξασφαλίζει καλές συνθήκες φωτισμού στα γραφεία. Τα διαγράμματα απεικονίζουν το ποσοστό της περιοχής που λαμβάνει περισσότερα από 1000lux άμεσου ήλιου για περισσότερες από 250 ώρες εργασίας ετησίως. Χώροι με περισσότερο από 10% ASE πιθανότατα θα οδηγήσουν σε οπτική ενόχληση.



Διάγραμμα 6.13 Ετήσια ηλιακή έκθεση 1^{ου} & 8^{ου} ορόφου γραφείων με τον υφιστάμενο σκελετό όψεως

Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω καθώς και με την ανάλυση της ηλιακής έκθεσης του κτηρίου, δεν κρίνεται αναγκαία η χρήση βιοκλιματικού συστήματος στη βόρεια όψη, η οποία θα μπορούσε να αξιοποιηθεί διαφορετικά. Αντιθέτως προτείνεται η εφαρμογή

βιοκλιματικής πρόσοψης σε νότο, ανατολή και δύση για την κάλυψη των αναγκών του κτηρίου.

6.6.3 Ηλιακά panels

Στα πλαίσια των επεμβάσεων για εξοικονόμηση ενέργειας προτείνεται η τοποθέτηση ηλιακών panels στο δώμα του κτηρίου. Μέσω των συστημάτων αυτών παράγεται ηλεκτρική ενέργεια, ενώ παράλληλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σαν δομικά στοιχεία του κτηρίου.

Τα οφέλη από την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι πολλαπλά. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω ηλιακών panels μπορεί να εφαρμοσθεί σε αστικό περιβάλλον με μηδενική ρύπανση, συμβάλλοντας και στη μείωση της εξάρτησης από τους ορυκτούς καυσίμους πόρους. Παράλληλα η κατανεμημένη παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας στα σημεία ζήτησης περιορίζει τη δημιουργία απωλειών στο σύστημα μεταφοράς και διανομής της. (ΚΑΠΕ, 2016). Τέλος σε περιόδους υψηλής ενεργειακής ζήτησης δρουν υποστηρικτικά στο κεντρικό σύστημα παραγωγής ενέργειας, ενώ για ακόμη μεγαλύτερη αυτονομία του κτηρίου προτείνεται η εγκατάσταση μπαταριών αποθήκευσης της ενέργειας για μελλοντική χρήση.

6.6.4 Δημιουργία χώρων πρασίνου

Μία από τις μεγαλύτερες αδυναμίες του υφιστάμενου κτηρίου είναι η απουσία χώρων πρασίνου. Για το λόγο αυτό είναι κρίσιμης σημασίας για τη βελτίωση των συνθηκών μέσα στο ίδιο το κτήριο, αλλά και του μικροκλίματος της ευρύτερης περιοχής, ή εισαγωγή με κάθε δυνατό τρόπο σημείων πρασίνου. Σύμφωνα με τα στοιχεία του κτηρίου μελέτης προτείνονται οι ακόλουθες επεμβάσεις:

• Φύτευση στο δώμα

Προτείνεται η προσθήκη φυτεύσεων στην οροφή του κτηρίου μελέτης, που θα συνεισφέρουν στην αειφορία του κτηρίου και τη βελτίωση του μικροκλίματος. Πλεονεκτήματα για τον αστικό ιστό από την εφαρμογή της αποτελούν η ενίσχυση της ισορροπίας του οικοσυστήματος, καθώς και η απορρόφηση μεγάλης ποσότητας σκόνης και νέφους.

Το φυτεμένο δώμα είναι από τις αποδοτικότερες τεχνικές θερμικής προστασίας ενός κτηρίου κατά τους χειμερινούς και κατά τους καλοκαιρινούς μήνες εξίσου. Πρόκειται

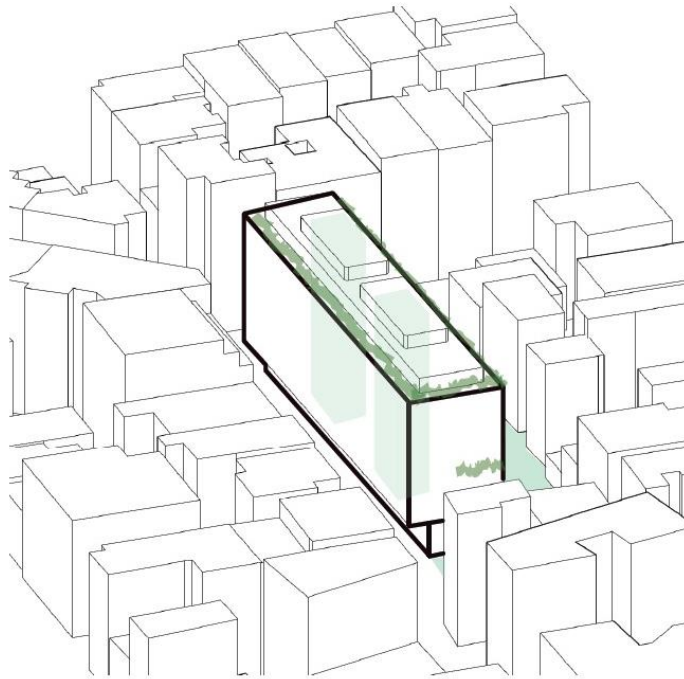
ουσιαστικά για ένα στρώμα βλάστησης που τοποθετείται συνήθως επάνω σε μια επίπεδη οροφή κτηρίου (δώμα) και αναπτύσσεται εντός ειδικά διαμορφωμένου πλαισίου. Οι θερμομονωτικές του ιδιότητες οφείλονται στη σύνθεση του, καθώς αποτελείται από χώμα ικανού πάχους και αέρα που εγκλωβίζεται μεταξύ των φυλλωμάτων των φυτών. Για μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα συνιστάται να συνδυάζεται με την εφαρμογή κατάλληλης θερμομόνωσης και υγραμόνωσης στην οροφή.

Σημαντικά είναι και τα περιβαλλοντικά, ενεργειακά και οικονομικά οφέλη που προσφέρει στο κτήριο. Μέσω της σκιάς που δημιουργούν τα φυτά στην επιφάνεια του κτηριακού κελύφους, εμποδίζεται η ηλιακή ακτινοβολία του καλοκαιριού να φθάσει στο κτήριο. Παράλληλα η πολυεπίπεδη διαστρωμάτωση της φύτευσης, ανάλογα με το πάχος της, λειτουργεί ως επιπλέον θερμομόνωση, μειώνοντας τις απώλειες θερμότητας. Ουσιαστικά λοιπόν εξαλείφει την επίδραση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στην οροφή του κτηρίου, που συνιστά βασική πηγή θερμικής επιβάρυνσης. Η εξάτμιση επίσης, από τα φύλλα των φυτών (εξατμισοδιαπνοή) συμβάλλει στην ψύξη της οροφής, δημιουργώντας έτσι ηπιότερες συνθήκες στους χώρους πάνω από τους οποίους τοποθετείται.

Η επιλογή των κατάλληλων φυτεύσεων και της κατασκευής που θα υλοποιηθεί θα γίνουν σύμφωνα με το είδος της οροφής, καθώς και τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή.

• **Εσωτερικοί κήποι**

Στα πλαίσια περαιτέρω αξιοποίησης των φωταγωγών, προτείνεται η εισαγωγή πρασίνου και η δημιουργία εσωτερικών κατακόρυφων κήπων. Πέραν της βελτίωσης της αισθητικής του κτηρίου λειτουργούν σαν ηχομόνωση, καθώς το φύλλωμα έχει την ιδιότητα να απορροφά τους ήχους. Με τον τρόπο αυτό μειώνονται οι επιπτώσεις της ηχορύπανσης, ενώ παράλληλα επεκτείνεται το όριο ζωής των επιφανειών του κτηρίου λόγω μεγαλύτερης προστασίας από τα καιρικά φαινόμενα. Τέλος η τεχνική αυτή, με την περαιτέρω ενίσχυση της μόνωσης και τον περιορισμό της αύξησης αλλά και της απώλειας θερμότητας που παρατηρείται, συμβάλλει σημαντικά και στην εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια.

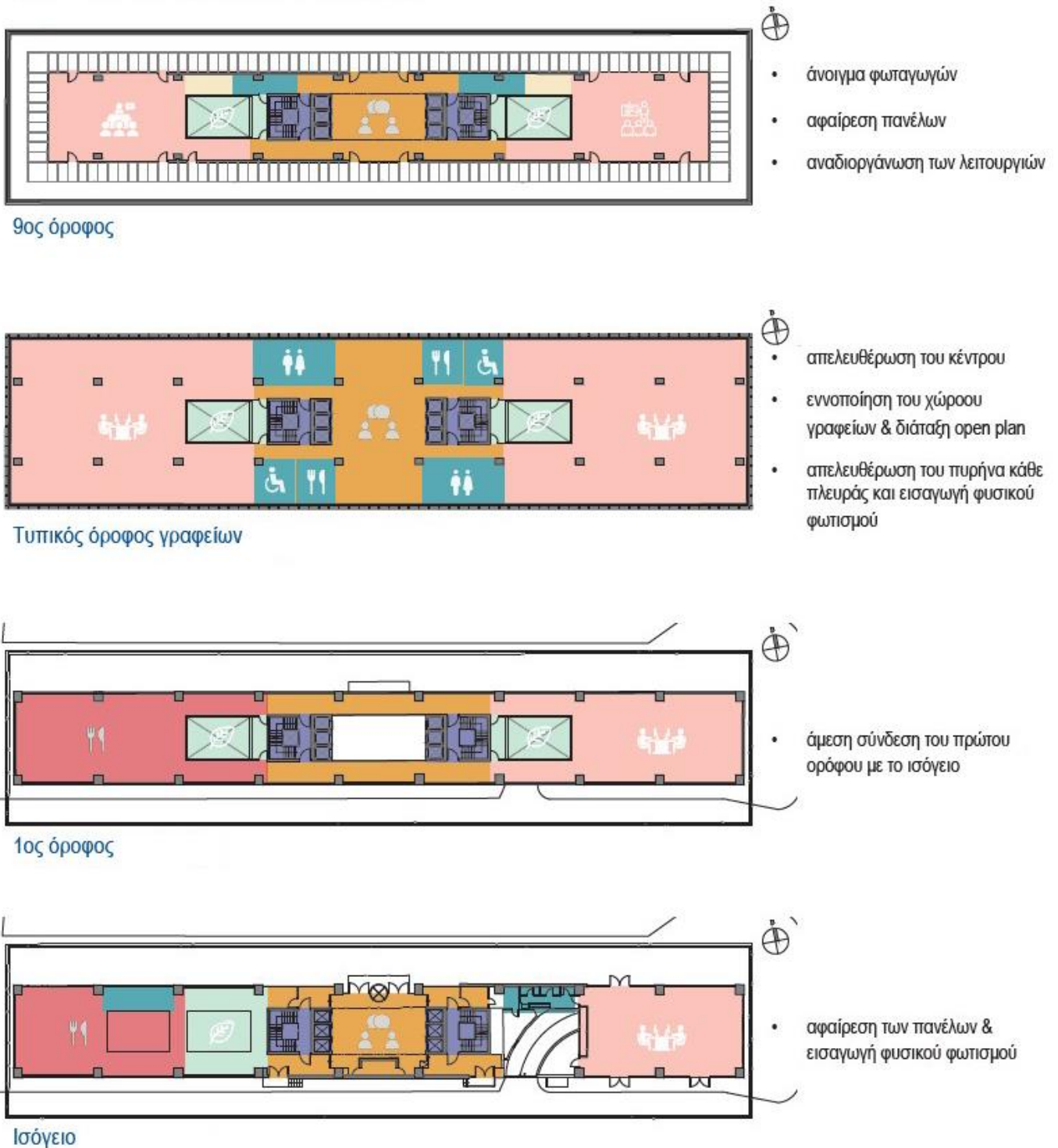


Διάγραμμα 6.14 Δημιουργία πράσινων χώρων που βελτιώνουν το μικροκλίμα

6.6.5 Προτεινόμενο κτηριολογικό πρόγραμμα

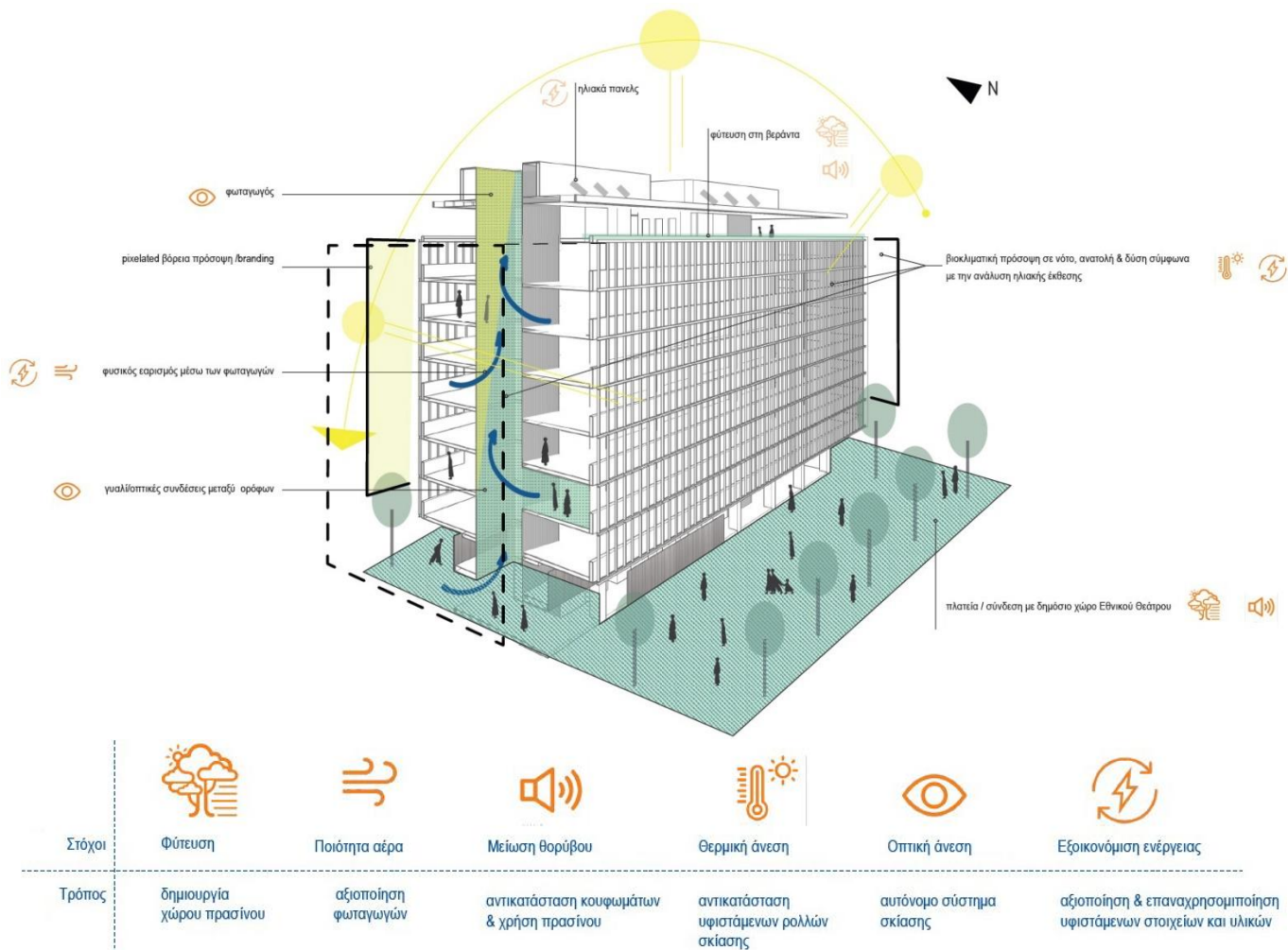
Στα πλαίσια επίτευξης του στόχου της οπτικής και θερμικής άνεσης των χρηστών του υπό μελέτη κτηρίου διερευνήθηκαν λύσεις βελτίωσης αυτών, μέσω της αναδιαμόρφωσης του εσωτερικού του για τη μέγιστη δυνατή εκμετάλλευση των θετικών στοιχείων του και την απαλοιφή των αρνητικών. Η αναδιαμόρφωση και ανακατάταξη των εσωτερικών χώρων μπορεί να συμβάλει στη μεγιστοποίηση και καλύτερη λειτουργία του εργασιακού χώρου.

Στο Διάγραμμα 6.15 παρουσιάζεται το προτεινόμενο κτηριολογικό πρόγραμμα για τη βελτίωση των εσωτερικών συνθηκών.

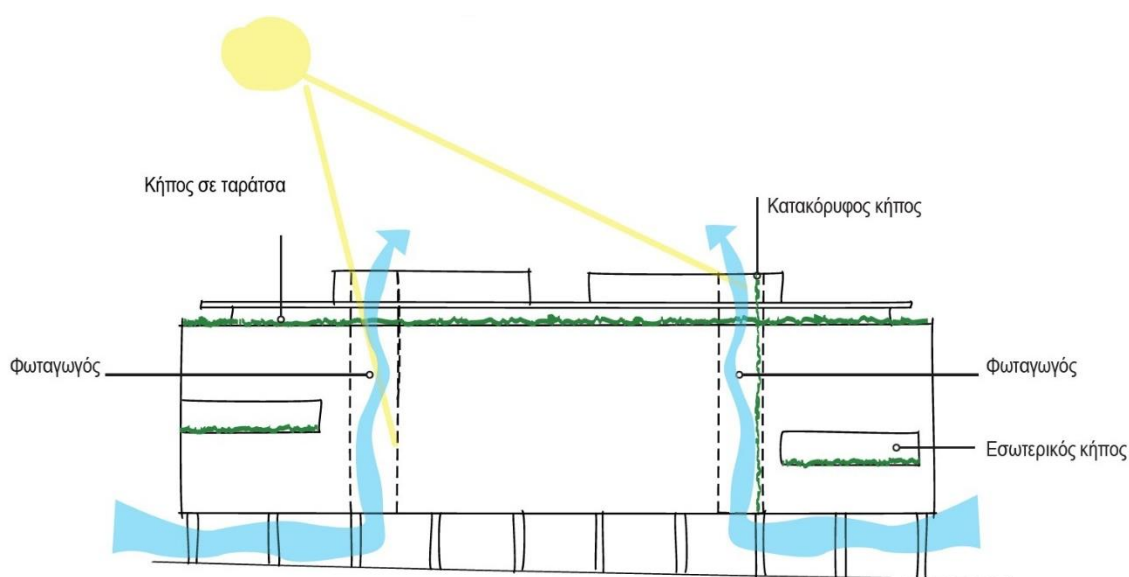


Διάγραμμα 6.15 Προτεινόμενο κτηριολογικό πρόγραμμα ανά όροφο

6.6.6 Διαγράμματα προτάσεων βιοκλιματικού σχεδιασμού



Διάγραμμα 6.16 Σχεδιαστικό όραμα



Διάγραμμα 6.17 Στοιχεία σχεδιασμού

7 Συμπεράσματα - Προτάσεις

7.1 Συμπεράσματα

Η ενεργειακή κρίση και το περιβαλλοντικό πρόβλημα αποτελούν κρίσιμα ζητήματα, που απασχολούν σήμερα έντονα τη διεθνή κοινότητα. Η κλιματική κρίση μέσω της εκδήλωσης ακραίων καιρικών φαινομένων επιβάλλει στα κράτη την άμεση ανάληψη μέτρων μείωσης των φαινομένων αυτών. Η αντιμετώπιση τους αποτελεί πλέον μονόδρομο, οδηγώντας στη χάραξη μιας νέας ενεργειακής κατάστασης. Πρωτοπόρος της δράσης αυτής η Ευρώπη· προχωρά στην έκδοση και αναθεώρηση Οδηγίων που στοχεύουν στην ενεργειακή αναβάθμιση, στηρίζει την επιστημονική έρευνα πάνω σε αυτό τον τομέα, προτρέπει και δίνει κίνητρα στα κράτη μέλη της να συμμετέχουν σε αυτή την προσπάθεια. Η Ελλάδα, στην προσπάθεια συμμόρφωσης με την ενεργειακή πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης, αναθεωρεί το θεσμικό της πλαίσιο και θεσπίζει αυστηρότερα μέτρα μείωσης της ενεργειακής κατανάλωσης. Στην ευρωπαϊκή και εθνική πολιτική για την ενεργειακή αποδοτικότητα κατέχει εξέχουσα θέση ο στόχος της εξοικονόμησης ενέργειας στο υφιστάμενο δημόσιο και ιδιωτικό κτηριακό τομέα.

Η προσπάθεια αυτή εκδηλώνεται στον κτηριακό τομέα με τις δράσεις ανακαίνισης του κτηριακού αποθέματος πανευρωπαϊκά, κατά τον ορισμό των nZEB. Σε εθνικό επίπεδο η Ελλάδα, ως ενεργειακά εξαρτώμενο κράτος και ακολουθώντας την ενεργειακή πολιτική της Ευρώπης, προχωράει σε δράσεις προώθησης της κτηριακής ενεργειακής αναβάθμισης. Μέσα από την εργασία υπογραμμίζεται η σημασία της βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων ως μια επένδυση αειφορίας, με στόχο την προστασία του περιβάλλοντος, τη μείωση των λειτουργικών δαπανών για θέρμανση και ψύξη καθώς και την ελαχιστοποίηση του ενεργειακού κτηριακού αποτυπώματος. Ειδικότερα η ενεργειακή αναβάθμιση ενός κτηρίου αποσκοπεί στον περιορισμό των καταναλώσεων ενέργειας (kWh) που απαιτούνται ώστε να εξασφαλίζονται οι κατάλληλες συνθήκες στο εσωτερικό του, δηλαδή ζέστη το χειμώνα και δροσιά το καλοκαίρι. Θέτονται λοιπόν τα ζητήματα του προσδιορισμού των κατάλληλων εφαρμογών ενεργειακής αναβάθμισης των κτηρίων καθώς και της χρηματοδοτικής ενίσχυσης τέτοιου είδους επεμβάσεων, προκειμένου να υπάρξει μια σταθερή πρόοδος της χώρας προς αυτή την κατεύθυνση.

Η παρούσα εργασία στοχεύει στην ανάδειξη της συμβολής της εξοικονόμησης ενέργειας στον κτηριακό τομέα στην προσπάθεια αντιμετώπισης της παγκόσμιας ενεργειακής

κρίσης. Στο πλαίσιο αυτό μελετώνται επεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης και μείωσης του λειτουργικού κόστους των κτηρίων, όπου λαμβάνοντας υπόψη την υφιστάμενη ενεργειακή κατάσταση, τις λειτουργικές απαιτήσεις, τις χρήσεις και τα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά τους, προτείνονται ολιστικές λύσεις βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας, όπως παρεμβάσεις στο κτηριακό κέλυφος και στις Η/Μ εγκαταστάσεις καθώς και χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ). Με άξονα τις βασικές βιοκλιματικές αρχές, κάθε υφιστάμενο κτήριο μπορεί να μετατραπεί σε ένα σύγχρονο, αποδοτικό και ασφαλές για τους χρήστες κτήριο, σε απόλυτη συμμόρφωση με τους θεσμικούς περιορισμούς για τη δημιουργία κτηρίων σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης. Ιδιαίτερα στο δημόσιο τομέα απαιτούνται μεγαλύτερη προσπάθεια και ειδικοί χειρισμοί λόγω των ιδιομορφιών του κτηριακού του αποθέματος, οι οποίες σχετίζονται κυρίως με το μέγεθος, τις χρήσεις και την παλαιότητά του, καθώς και με την υπάρχουσα διοικητική πρακτική και διαχείρισή του.

Το κεντρικό κτήριο γραφείων του ΟΣΕ στο κέντρο της Αθήνας που παρουσιάζεται και μελετάται στην εργασία, αποτελεί πρότυπο βιοκλιματικού κτηρίου και ένα δείγμα καινοτόμου σχεδιασμού για την εποχή του. Βασίζεται στην εφαρμογή θεμελιωδών βιοκλιματικών αρχών σχεδιασμού, οι οποίες με τις κατάλληλες τροποποιήσεις είναι δυνατό να εφαρμοστούν σε κάθε υφιστάμενο δημόσιο κτήριο, όπως ο προσανατολισμός, η εφαρμογή διπλής όψης και συστήματος σκιασμού με την τοποθέτηση συρόμενων κατακόρυφων ρολλών για τη ρύθμιση της ηλιοπροστασίας και τον φυσικό αερισμό του κτηρίου, κατασκευές στην οροφή για φυσικό φωτισμό, ανοίγματα καλών αναλογιών και διάταξης, κατακόρυφη κίνηση και φωταγωγοί. Σημαντικό στοιχείο του κτηρίου αποτελούν ακόμη οι καινοτόμες μέθοδοι κεντρικής θέρμανσης και κλιματισμού που εφαρμόστηκαν κατά την κατασκευή του.

Ακολούθησε η εκτίμηση της υφιστάμενης κατάστασης του κτηρίου μελέτης, το οποίο παρουσιάζει μεγάλες ενεργειακές απώλειες και φυσικές φθορές εσωτερικά και εξωτερικά, κυρίως λόγω της απουσίας συστηματικής συντήρησης, με συνέπεια τη μεταβολή των λειτουργικών χαρακτηριστικών του κτηρίου και τη δημιουργία ενός μη υγιούς εργασιακού περιβάλλοντος. Επιπλέον πολλά από τα βασικά βιοκλιματικά στοιχεία σχεδιασμού του κτηρίου, όπως οι υφιστάμενοι φωταγωγοί για φυσικό φωτισμό και αερισμό, παραμένουν σήμερα αναξιοποίητα. Αξιολογώντας παράλληλα και τις τρεις βασικές ενεργειακές

παρεμβάσεις ανακαίνισης που έχουν υλοποιηθεί μέχρι σήμερα, διαπιστώνεται ότι συνέβαλαν τελικώς στην αλλοίωση των λειτουργικών χαρακτηριστικών του και στην περαιτέρω απομάκρυνση από το όραμα αειφορίας των αρχιτεκτόνων, καθιστώντας το κτήριο σήμερα μη βιοκλιματικό.

Αναφορικά με τη μελέτη και την πληρέστερη τεκμηρίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας των προτεινόμενων παρεμβάσεων παρουσιάζεται η ενεργειακή ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης του κτηρίου και η αποτύπωση του ενεργειακού του προφίλ, από την οποία προκύπτει υψηλή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας με συνέπειες τη σημαντική επιβάρυνση της τελικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας και την αύξηση των ρύπων.

Στη συνέχεια με βάση την αποτίμηση της υφιστάμενης ενεργειακής κατάστασης, τις λειτουργικές απαιτήσεις, τις χρήσεις, τα βιοκλιματικά χαρακτηριστικά σχεδιασμού του κτηρίου, και με στόχο τη βιωσιμότητα και την εξασφάλιση των ιδανικών συνθηκών άνεσης στους χρήστες του, προτείνονται μικρής και μεγάλης κλίμακας επεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης και μείωσης του λειτουργικού κόστους. Στις προτάσεις αυτές λαμβάνονται υπόψη βασικά κριτήρια όπως η διατήρηση των βασικών αρχιτεκτονικών στοιχείων του κτηρίου, η ευκολία εγκατάστασης, λειτουργίας και συντήρησης, η οικονομοτεχνική σκοπιμότητα κ.α. Ειδικότερα η κεντρική ιδέα των προτεινόμενων παρεμβάσεων εστιάζει στην εξασφάλιση και ενίσχυση της θερμομονωτικής επάρκειας και αεροστεγανότητας, του φυσικού φωτισμού και αερισμού, και τον περιορισμό των καταναλώσεων ηλεκτρικού ρεύματος και φυσικού αερίου. Για το σκοπό αυτό προτείνονται η εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης σε όλα τα αδιαφανή στοιχεία του κελύφους, η τοποθέτηση νέων κουφωμάτων ενεργειακά αποδοτικών και κατάλληλων συστημάτων σκίασης και ηλιασμού, η αναβάθμιση των Η/Μ συστημάτων θέρμανσης, κλιματισμού, αερισμού και ισχυρών ρευμάτων, η αξιοποίηση των υφιστάμενων φωταγωγών και της ετήσιας ηλιακής ακτινοβολίας με την τοποθέτηση ηλιακών panels, η δημιουργία χώρων πρασίνου για τη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης, καθώς και η αναδιαμόρφωση του εσωτερικού του για μέγιστη δυνατή εκμετάλλευση των θετικών στοιχείων, απαλοιφή των αρνητικών κ.α.

Από την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των προτεινόμενων επεμβάσεων της μελέτης προκύπτουν σημαντικά πλεονεκτήματα όπως βελτίωση της ενεργειακής κατάταξης του

κτηρίου, μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης, και κατά συνέπεια μείωση του λειτουργικού κόστους και των εκπομπών του CO₂.

Συνοψίζοντας, στην παρούσα εργασία αναλύεται ένα πρωτοπόρο δημόσιο κτήριο γραφείων, που σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε με βιοκλιματικές αρχές πριν από περίπου μισό αιώνα, περιγράφεται η κατάστασή του σήμερα με τις σημαντικές ελλείψεις και την αδυναμία διαχείρισης των ενεργειακών απωλειών του και καταδεικνύεται η αναγκαιότητα της συνεχούς συντήρησης του κτηρίου με την εφαρμογή νέων και σύγχρονων μεθόδων. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την ενεργειακή μελέτη του κτηρίου επαληθεύουν τις υπέρμετρες καταναλώσεις ενέργειας του συμβατικού δημόσιου κτηριακού αποθέματος στην Ελλάδα, για την εξασφάλιση άνετων συνθηκών στους χρήστες τους. Η αναβάθμιση και ο εκσυγχρονισμός του κτηρίου του ΟΣΕ με επεμβάσεις βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσής του κρίνονται αναγκαίες, με σκοπό τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και των εκπομπών αερίων που προκαλούν την κλιματική αλλαγή. Οι προτάσεις ενεργειακής αναβάθμισης που παρουσιάζονται στην εργασία αφορούν σε βασικές και δευτερεύουσες παρεμβάσεις, που μπορούν να εφαρμοστούν συνολικά ή τμηματικά και σε άλλα δημόσια κτήρια, προσαρμοσμένες στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του καθενός, ώστε αυτά να αναβαθμιστούν ενεργειακά και λειτουργικά, αποφέροντας και τα αντίστοιχα οφέλη.

Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι οι πολλαπλές αιτίες της χαμηλής ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων απαιτούν και πολλαπλές λύσεις. Αυτό αφορά τόσο στην καλύτερη διαχείριση, με τη χρήση εξυπνότερων συστημάτων και τεχνικών εξοικονόμησης ενέργειας, καθώς και με οικονομικότερους όρους, όσο και στην πιο αποτελεσματική παραγωγή και κατανομή της προσφερόμενης ενέργειας.

7.1.1 Συνοπτικά συμπεράσματα

Τα κυριότερα συμπεράσματα που προκύπτουν από την παρούσα εργασία, συνοψίζονται ως ακολούθως:

- Η ενεργειακή κρίση και το περιβαλλοντικό πρόβλημα αποτελούν κρίσιμα ζητήματα, που επιβάλλουν στη διεθνή κοινότητα την άμεση λήψη μέτρων αντιμετώπισής τους.
- Πρωτοπόρος η Ευρώπη με τη θέσπιση συνεχών δράσεων, ενώ και σε εθνικό επίπεδο γίνεται σημαντική προσπάθεια συμμόρφωσης με την ευρωπαϊκή κλιματική πολιτική.
- Εξέχουσα θέση στην ευρωπαϊκή και εθνική πολιτική για την ενεργειακή αποδοτικότητα κατέχει ο στόχος της εξοικονόμησης ενέργειας και στον υφιστάμενο δημόσιο και ιδιωτικό κτηριακό τομέα.
- Η προσπάθεια αυτή εκδηλώνεται με τις δράσεις ανακαίνισης και προώθησης της ενεργειακής αναβάθμισης του κτηριακού αποθέματος, κατά τον ορισμό των nZEB.
- Η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων, ως μια επένδυση αειφορίας, προϋποθέτει τον περιορισμό των απαιτούμενων καταναλώσεων ενέργειας (kWh) για την εξασφάλιση κατάλληλων συνθηκών στο εσωτερικό τους.
- Στις προτεινόμενες επεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης και μείωσης του λειτουργικού κόστους των κτηρίων, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η υφιστάμενη ενεργειακή κατάσταση, οι λειτουργικές απαιτήσεις και οι χρήσεις τους.
- Η απουσία συστηματικής συντήρησης ενός κτηρίου οδηγεί σε μεγάλες ενεργειακές απώλειες και φυσικές φθορές εσωτερικά και εξωτερικά, και συνεπώς στη μεταβολή των λειτουργικών χαρακτηριστικών του και τη δημιουργία ενός μη υγιούς εργασιακού περιβάλλοντος, όπως προέκυψε από την εκτίμηση της υφιστάμενης κατάστασης του κτηρίου μελέτης.
- Με βάση την αποτίμηση της υφιστάμενης ενεργειακής κατάστασης, τις λειτουργικές απαιτήσεις, τις χρήσεις και τα βιοκλιματικά χαρακτηριστικά του κτηρίου, απαιτούνται μικρής και μεγάλης κλίμακας επεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης και μείωσης του λειτουργικού κόστους όπως, στην περίπτωση μελέτης:
 - εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης σε όλα τα αδιαφανή στοιχεία του κελύφους
 - τοποθέτηση νέων κουφωμάτων ενεργειακά αποδοτικών και κατάλληλων συστημάτων σκίασης και ηλιασμού
 - αναβάθμιση των H/M συστημάτων θέρμανσης, κλιματισμού, αερισμού και ισχυρών ρευμάτων

- αξιοποίηση των υφιστάμενων φωταγωγών και της ετήσιας ηλιακής ακτινοβολίας με την τοποθέτηση ηλιακών panels,
- δημιουργία χώρων πρασίνου για τη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης
- αναδιαμόρφωση του εσωτερικού για μέγιστη δυνατή εκμετάλλευση των θετικών στοιχείων
- Από την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των προτεινόμενων επεμβάσεων της μελέτης προκύπτουν σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως βελτίωση της ενεργειακής κατάταξης του κτηρίου και μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης, του λειτουργικού κόστους και των εκπομπών του CO₂.
- Μέσα από τη μελέτη και ανάλυση ενός πρωτοπόρου δημόσιου κτηρίου γραφείων, καταδεικνύεται η αναγκαιότητα της συνεχούς συντήρησης των κτηρίων με την εφαρμογή νέων και σύγχρονων μεθόδων.
- Οι προτεινόμενες επεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης μπορούν να εφαρμοστούν συνολικά ή τμηματικά και σε άλλα δημόσια κτήρια, αποφέροντας και τα αντίστοιχα οφέλη.
- Οι πολλαπλές αιτίες της χαμηλής ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων απαιτούν και πολλαπλές λύσεις· τόσο στην καλύτερη διαχείριση, με τη χρήση εξυπνότερων και με οικονομικότερους όρους συστημάτων εξοικονόμησης ενέργειας, όσο και στην πιο αποτελεσματική παραγωγή και κατανομή της προσφερόμενης ενέργειας.

7.2 Προοπτικές εφαρμογής και προτάσεις για περαιτέρω διερεύνηση

Η παρούσα εργασία αποτελεί μια θεωρητική προσέγγιση στο εγχείρημα της ενεργειακής αναβάθμισης ενός ενεργοβόρου δημόσιου κτηρίου. Για την υλοποίηση του απαιτείται η ανάλυση του κύκλου ζωής του υπό μελέτη κτηρίου, μέσω της εκπόνησης πλήρους οικονομοτεχνικής μελέτης, η οποία θα αποτελέσει πιθανώς και το κίνητρο για την μετέπειτα υλοποίηση του έργου ενεργειακής αναβάθμισης.

Το τελικό στάδιο αφορά στην υλοποίηση των επεμβάσεων ενεργειακής αναβάθμισης του κτηρίου και την πιστοποίησή του ως σχεδόν μηδενικών ενεργειακών καταναλώσεων (nZEB). Στο πλαίσιο αυτής της διαδικασίας, ιδιαίτερο ενδιαφέρον θα παρουσίαζε η τοποθέτηση μηχανισμών συλλογής δεδομένων για τη μέτρηση του ενεργειακού αποτυπώματος σε όλες τις φάσεις της ενεργειακής αναβάθμισης, καθώς και κατά τη λειτουργία του αναβαθμισμένου πια κτηρίου. Η σύγκριση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από τις ενεργειακές καταναλώσεις και τις συνθήκες που επικρατούν στο εσωτερικό του κτηρίου πριν, κατά τη διάρκεια αλλά και μετά την ενεργειακή αναβάθμιση θα είχε ιδιαίτερο ερευνητικό ενδιαφέρον.

Συνοψίζοντας, η εργασία αυτή ανέλυσε ένα μεγάλης έκτασης ενεργοβόρο δημόσιο κτήριο, σχεδιασμένο ωστόσο με βασικές βιοκλιματικές αρχές, τεκμηριώνοντας μέσα από την παρουσίαση συγκεκριμένων προτάσεων, τις πολλές δυνατότητες βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσής του. Προτείνεται λοιπόν μελλοντικά, στα πλαίσια και της προσπάθειας δημιουργίας κτηριακού δυναμικού μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας, η διεξαγωγή για αντίστοιχες περιπτώσεις κτηρίων που χρησιμοποιούνται από δημόσιους φορείς, ενεργειακού ελέγχου και ανάλυσης, ώστε εν συνεχεία να υλοποιηθούν οι κατάλληλες, κατά περίπτωση, παρεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης σε εναρμόνιση και με τις Οδηγίες της ΕΕ.

Βιβλιογραφία

- T.O.T.E.E 20701- 2/2017 A'. (2017). *Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων*. Αθήνα: Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας.
- Building Green, B. (2024). *Οι βασικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού*. Ανάκτηση από <https://buildinggreen.gr/vasikes-arxes-vioklimatikou-sxediasmou-1/#:~:text=%CE%9F%20%CE%B2%CE%B9%CE%BF%CE%BA%CE%BB%CE%B9%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CF%82%20%CF%83%CF%87%CE%B5%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82%20%CE%BA%CF%84%CE%B9%CF%81%CE>
- Cascone, S., & Sciuto, G. (2018). *Recovery and reuse of abandoned buildings for student housing: A case study in Catania, Italy*. Higher education Press. Ανάκτηση από www.sciencedirect.com
- Chauhan, V. (2014). *Sustainable Buildings: An Architectural Response to the Impact of*. Vadodara. Ανάκτηση Μαρτίου 10, 2024, από https://www.academia.edu/32244326/Sustainable_Buildings_An_Architectural_Response_to_the_Impact_of_Climate_Change?email_work_card=title
- Ciucci, M. (2023). *Ενεργειακή απόδοση*. Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο. Ανάκτηση από <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/el/sheet/69/%CE%B5%CE%BD%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%B7-%CE%B1%CF%80%CE%BF%CE%B4%CE%BF%CF%83%CE%B7>
- Copernicus European Commission. (2019). *European state of the climate 2019*. The EU Copernicus. Ανάκτηση από <https://www.copernicus.eu/en>
- Curmei, M. K. (2023). *Περιβαλλοντική πολιτική: γενικές αρχές και βασικό πλαίσιο*. Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο.
- Daemei, A. B., Eghbali, S. R., & Khotbehsara, E. M. (2019). *Bioclimatic design strategies: A guideline to enhance human thermal comfort in Cfa climate zones*. Journal of Building Engineering. Ανάκτηση Απριλίου 10, 2024, από <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352710218307381>
- EnergyHub for All. (2024). *Ενεργειακή Κατανάλωση κτιρίων*. Ανάκτηση Απριλίου 2024, 10, από EnergyHub for All: <http://www.cres.gr/energyhubforall/2.2.html>
- EnergyHub for All. (2024). *Εφαρμόζοντας τις Ευρωπαϊκές Οδηγίες στην Ελλάδα-Εναρμόνιση με την Οδηγία 2010/31/ΕΕ*. Ανάκτηση από <http://www.cres.gr/energyhubforall/2.4.2.html>
- EuroACE – Energy Efficient Buildings. (2022). *Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) RECAST Feedback to the EPBD RECAST Proposal*. .
- European Environment Agency. (2023, Ιούνιος 29). *Global and European temperatures*. Ανάκτηση από <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/global-and-european-temperatures>
- European Environment Agency. (2024, Μαΐου 03). *Climate change impacts, risks and adaptation*. Ανάκτηση από <https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/climate-change-impacts-risks-and-adaptation>
- European Expertise Centre. (2012). *Guidance on Energy Efficiency in Public Buildings*.
- Filippidou, F., & Jimenez Navarro, J. (2019). *Achieving the cost-effective energy transformation of Europe's buildings. Combinations of insulation and heating & cooling technologies renovations : methods and data*. Joint Research Centre (European Commission).

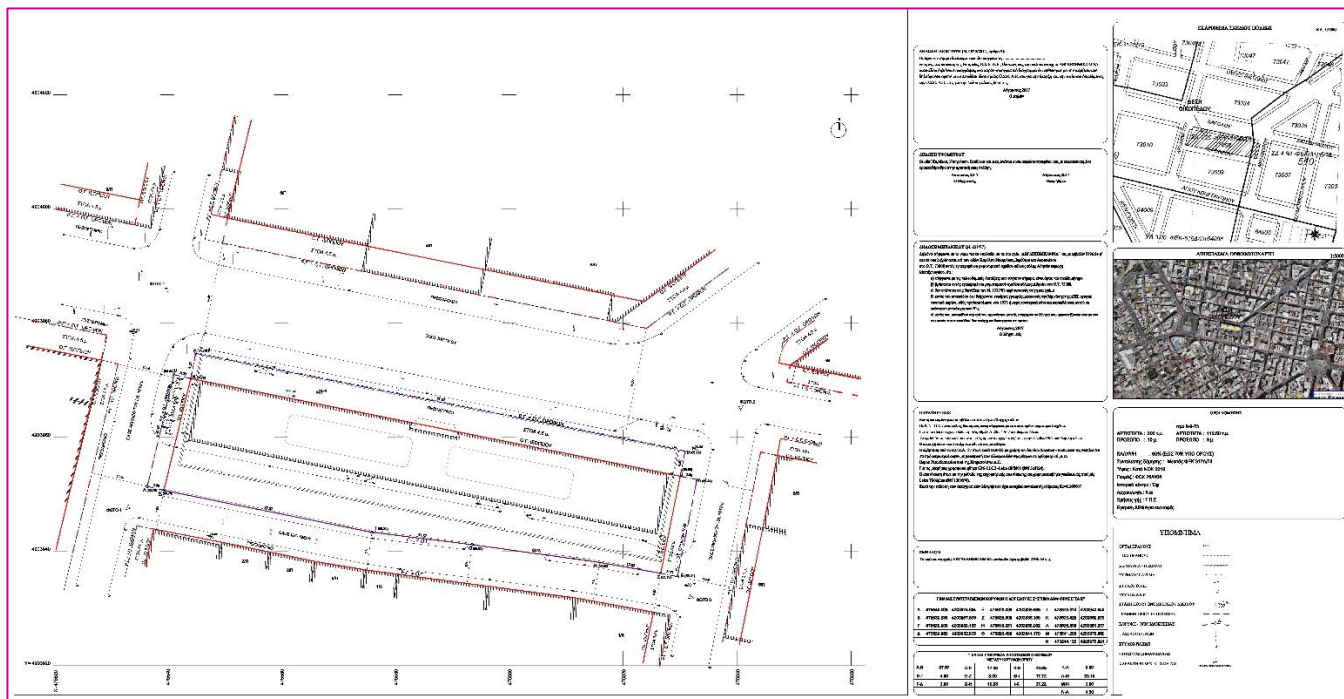
- Fiorini, A. (2021). *Fuel poverty and energy efficiency in EU*. Odysee-Mure. Ανάκτηση από <https://www.odyssee-mure.eu/>
- Furundzic, A., Kosoric, V., & Golic, K. (2012). *Potential for reduction of CO 2 emissions by integration of solar water heating systems on student dormitories through building refurbishment*. *Sustainable Cities and Society*, 2(1), 50-62.
- Giannarou, S., Tsatiris, M., & Kitikidou, K. (2018). *Bioclimatic analysis based on the climate of Greece, in order to minimize energy consumption in buildings*.
- Givoni, B. (1992). *Comfort, climate analysis and building design guidelines*. *Energy and Buildings*, 18, 11-23. Los Angeles. Ανάκτηση από [https://doi.org/10.1016/0378-7788\(92\)90047-K](https://doi.org/10.1016/0378-7788(92)90047-K)
- Givoni, B. (1998). *Climate considerations in building and urban design*. New York: John Wiley and sons.
- Holcim. (χ.χ.). *Building Resilient Cities*. Ανάκτηση Απρίλιος 15, 2024, από <https://www.holcim.com/who-we-are/our-stories/building-resilient-cities>
- IPCC. (2023). *CLIMATE CHANGE 2023 Synthesis Report*.
- Maleviti, E., Mulugetta, Y., & Wehrmeyer, W. (2012). *Energy consumption and attitudes for the promotion of sustainability in buildings*. *International Journal of Energy Sector Management*.
- Markus, T., & Morris, E. (1980). *Buildings, Climate and Energy*. London: Pitman Publishing Limited.
- MichanikosApps. (2013, Μάιος 25). *Βιοκλιματικός Σχεδιασμός: η πρώτη προσέγγιση*. Ανάκτηση από MichanikosApps: <https://michanikosapps.gr/blog/895>
- Mukheibir, P., & Mallam, P. (2019, Σεπτέμβριος 30). *Climate crisis – what’s it good for?* Ανάκτηση από <https://thefifthestate.com.au/urbanism/climate-change-news/climate-crisis-whats-it-good-for/>
- N. 3661/2008. (2008). *Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης*. (ΦΕΚ 89/Α΄/2008). Αθήνα: ΕΦΗΜΕΡΙΔΑ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ.
- Reisinger, A., Cammarano, D., Fischlin, A., Fuglestvedt, J., Hansen, G., Jung, Y., . . . Romero, J. (2023). *Annexes IPCC*. IPCC.
- The Royal Society. (2024). *Greenhouse gases affect Earth’s energy balance and climate*. Ανάκτηση από The Basics of Climate Change: <https://royalsociety.org/news-resources/projects/climate-change-evidence-causes/basics-of-climate-change/>
- The World Bank. (2024, Σεπτεμβρίου 19). *Climate Policies with Real-World Results*. Ανάκτηση από <https://www.worldbank.org/en/news/feature/2023/09/19/climate-policies-with-real-world-results>
- Torcellini, P., Pless, S., & Deru, M. (2006). *Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition*. National Renewable Energy Laboratory.
- United Nations. (2024). *Causes and Effects of Climate Change*. Ανάκτηση από Climate Action: <https://www.un.org/en/climatechange/science/causes-effects-climate-change>
- Watson, D. (1989). *Bioclimatic Design Principles and Practices*.
- Widuto, A. (2022, Μάρτιος 18). *Energy saving and demand reduction*. European Parliamentary Research Service. Ανάκτηση από <https://www.europarl.europa.eu/topics/el/article/20221128STO58002/exoikonomisi-energeias-draseis-tis-ee-gia-ti-meiosi-tis-energeiakis-katanalosis>
- Αξαρχή, Κ. (2009). *Ενεργειακός σχεδιασμός και ενεργειακή απόδοση κτιρίων: Γενικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού*.
- Γενική Διεύθυνση Επικοινωνίας. (2024, Μάρτιος 18). *Εξοικονόμηση ενέργειας: Δράσεις της ΕΕ για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης*. Ανάκτηση Μάρτιος 27, 2024,

- από
<https://www.europarl.europa.eu/topics/el/article/20221128STO58002/exoikonomis-i-energeias-drasesis-tis-ee-gia-ti-meiosi-tis-energeiakis-katanalosis>
- ΕΛΣΤΑΤ. (2015). *Απογραφή Κτιρίων 2011*. Πειραιάς.
- Ευρωπαϊκή Ένωση. (2016). *Ενοποιημένη Απόδοση της Συνθήκης για την Ευρωπαϊκή Ένωση και της Συνθήκης για τη λειτουργία της Ευρωπαϊκής Ένωσης (2016/c 202/01)*. Λουξεμβούργο: Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης.
- Ευρωπαϊκή Ένωση. (2024). *Θέματα προτεραιότητας*. Ανάκτηση Μαρτίου 2024, 24, από European Climate Pact: https://climate-pact.europa.eu/priority-topics_el
- Ευρωπαϊκή Ένωση. (2024). *Κλιματική αλλαγή*. Ανάκτηση από European Climate Pact: https://climate-pact.europa.eu/about/climate-change_el
- Ευρωπαϊκή Ένωση. (2024). *Πράσινα κτίρια*. Ανάκτηση Μάρτιος 23, 2024, από European Climate Pact: https://climate-pact.europa.eu/priority-topics/green-buildings_el
- Ευρωπαϊκή Ένωση. (2024). *Πράσινες δεξιότητες*. Ανάκτηση Μάρτιος 23, 2024, από https://climate-pact.europa.eu/priority-topics/green-skills_el: https://climate-pact.europa.eu/priority-topics/green-skills_el
- Ευρωπαϊκή Ένωση. (2024, Μάρτιος 23). *Πράσινη κινητικότητα*. Ανάκτηση από European Climate Pact: https://climate-pact.europa.eu/priority-topics/green-transport_el
- Ευρωπαϊκή Ένωση. (2024). *Χώροι πρασίνου*. Ανάκτηση Μάρτιος 26, 2024, από European Climate Pact: https://climate-pact.europa.eu/priority-topics/green-areas_el
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή. (2021). *Η Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία*.
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή. (2024). *Συνέπειες της κλιματικής αλλαγής*. Ανάκτηση από Climate Action: https://climate.ec.europa.eu/climate-change/consequences-climate-change_el
- Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο. (2020). *Ειδική έκθεση: Ενεργειακή απόδοση των κτιρίων: επιβεβλημένη η μεγαλύτερη εστίαση στην οικονομική αποδοτικότητα*. Λουξεμβούργο: Υπηρεσία Εκδόσεων της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Ανάκτηση Ιουνίου 03, 2024, από <https://www.eca.europa.eu/el>
- Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο. (2012). *ΟΔΗΓΙΑ 2012/27/ΕΕ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ*. Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης.
- Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο. (2023, Ιούλιος 04). *Κοινωνικό Ταμείο για το Κλίμα: οι προτάσεις του ΕΚ για μια δίκαιη ενεργειακή μετάβαση*. Ανάκτηση από <https://www.europarl.europa.eu/topics/el/article/20220519STO30401/to-koioniko-tameio-gia-to-klima-gia-mia-dikaii-energeiaki-metavasi>
- Ευρωπαϊκό Συμβούλιο. (2023, Δεκεμβρίου 7). *Fit for 55: Συμφωνία Συμβουλίου και Κοινοβουλίου σχετικά με την πρόταση αναθεώρησης της οδηγίας για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων*. Ανάκτηση από <https://www.consilium.europa.eu/el/press/press-releases/2023/12/07/fit-for-55-council-and-parliament-reach-deal-on-proposal-to-revise-energy-performance-of-buildings-directive/>
- Ευρωπαϊκό Συμβούλιο. (2024, Απριλίου 12). *Fit for 55: Οικολογικότερα κτίρια στην ΕΕ*. Ανάκτηση από <https://www.consilium.europa.eu/el/infographics/fit-for-55-making-buildings-in-the-eu-greener/>
- Ευρωπαϊκό Συμβούλιο. (2024, Ιανουάριος 27). *Κλιματική αλλαγή: Η δράση της ΕΕ*. Ανάκτηση από <https://www.consilium.europa.eu/el/policies/climate-change/>
- Ευρωπαϊκό Συμβούλιο. (2024, Ιανουαρίου 27). *Κύμα ανακαινίσεων: Δημιουργούμε πράσινα κτίρια για το μέλλον*. Ανάκτηση από <https://www.consilium.europa.eu/el/infographics/renovation-wave/>

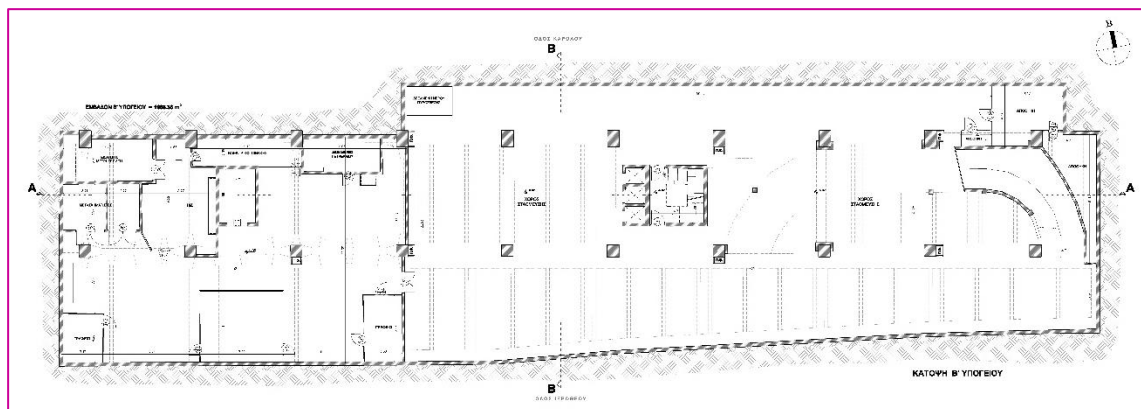
- Θεοδωρίδου, Ι. (2016). *Βιοκλιματικός σχεδιασμός και συνθήκες άνεσης*. Πανεπιστήμιο Πατρών.
- ΚΑΠΕ. (2024). *Άμεσο Κέρδος*. Ανάκτηση από Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας:
http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/pathitika_iliaka_systimata_ameso_kerdos.htm
- ΚΑΠΕ. (2024). *Βιοκλιματικός σχεδιασμός και παθητικά ηλιακά συστήματα*. Ανάκτηση από http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_bioclimatic.htm
- ΚΑΠΕ. (2024). *Ηλιακοί τοίχοι*. Ανάκτηση από Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας:
http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/pathitika_iliaka_systimata_emmeso_kerdos_iliakoi_toixoi.htm
- ΚΑΠΕ. (2024). *Παθητικά συστήματα και τεχνικές φυσικού δροσισμού*. Ανάκτηση από Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας:
http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_bioclimatic_drosismos.htm
- ΚΑΠΕ. (2024). *Φυσικός δροσισμός*. Ανάκτηση από Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας:
http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos.htm
- ΚΑΠΕ. (2024β). *Ενεργειακή απόδοση κτιρίων*. Ανάκτηση από Εξοικονόμηση ενέργειας:
<http://www.cres.gr/services/istos.chtm?prnbr=25340&locale=el>
- Καραβασίλη, Μ. (2009). *Παθητικά Ηλιακά Συστήματα*. Αθήνα: ΙΕΚΕΜ-ΤΕΕ. Ανάκτηση Ιούνιος 05, 2024, από https://issuu.com/cisdissuu/docs/27-05-09_passive_solar_systems_karavasili
- Κιτσοπούλου, Α. (2022). *Ενεργειακές Αναβαθμίσεις Κτιρίων*. Αθήνα: Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, ΕΜΠ.
- Κονιδάρη, Π. (2017, Νοέμβριος). *Ενεργειακή κατανάλωση στα ελληνικά κτήρια*. Ανάκτηση από <http://www.indeepanalysis.gr/perivallon/energeiakh-katanalwsh-sta-ellhnika-kthiria>: <http://www.indeepanalysis.gr/perivallon/energeiakh-katanalwsh-sta-ellhnika-kthiria>
- Μαναγούδης, Δ. (2015, Φεβρουάριος). Η «οικονομική ζωή» των αειφόρων κτιρίων. *Πράσινο σπίτι & κτίριο*, σσ. 56-59.
- Μπαλαράς, Κ., Δασκαλάκη, Ε., & Βιτάλη, Μ. (2014). *Βασικοί δείκτες ενεργειακής αποδοτικότητας ελληνικών κατοικιών*. Αθήνα: 10ο Εθνικό Συνέδριο για τις Ήπιες Μορφές Ενέργειας.
- N.4122/2013. (2013). *Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων – Εναρμόνιση με την Οδηγία 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου και λοιπές διατάξεις*. Αθήνα: Εφημερίδα της Κυβερνήσεως (ΦΕΚ 42/Α/19.02.2013).
- Ξενάκης, Μ. (χ.χ.). *Παθητικά ηλιακά συστήματα και η απόδοσή τους στην Ελλάδα*. Αθήνα. Ανάκτηση Μάιος 15, 2024, από www.ecoarchitects.gr
- ΟΔΗΓΙΑ 2010/31/ΕΕ. (2010). *ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ*. Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης.
- Ροδίτη, Ν. (2013, Νοέμβριος 1). *Βιοκλιματικός σχεδιασμός: Η συμβολή των αρχιτεκτόνων στην εξοικονόμηση ενέργειας | “αρχιτέκτονες”*. Ανάκτηση Απρίλιος 24, 2024, από <https://www.sadas-pea.gr/vioklimatikos-schediasmos-i-simvoli-ton-architektonon-stin-exikonomisi-energias/>
- Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-3/2010 (Β' Έκδοση). (2012). *Κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών*. Αθήνα: Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας.

- T.O.T.E.E. 20701-1/2017 (Α' Έκδοση). (2017). *Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης*. Αθήνα: Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας.
- T.O.T.E.E. 20701-6/2022 (Α' Έκδοση). (2022). *Βιοκλιματικός σχεδιασμός στον ελλαδικό χώρο*. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας.
- ΤΕΕ. (2011). *Κατάρτιση ενεργειακών επιθεωρητών εκπαιδευτικό υλικό, Α. Επιθεώρηση κτηρίων, Θεματική ενότητα ΔΚ3/ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΤΗΡΙΟΥ/Α' Έκδοση/*. Αθήνα: Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας.
- ΥΠΕΝ/Δ ΕΠΕΑ/20334/148 . (2021). *Έκθεση μακροπρόθεσμης στρατηγικής ανακαίνισης του δημόσιου και ιδιωτικού κτιριακού αποθέματος και μετατροπής του σε κτιριακό δυναμικό απαλλαγμένο από ανθρακούχες εκπομπές και υψηλής ενεργειακής απόδοσης έως το έτος 2050 (άρθρο 2Α του ν. 4122/2013)*. Εφημερίδα της Κυβέρνησης.
- ΥΠΕΝ/Δ ΕΠΕΑ/20334/148. (2021). *Έγκριση της έκθεσης μακροπρόθεσμης στρατηγικής ανακαίνισης του δημόσιου και ιδιωτικού κτιριακού αποθέματος και μετατροπής του σε κτιριακό δυναμικό απαλλαγμένο από ανθρακούχες εκπομπές και υψηλής ενεργειακής απόδοσης έως το έτος 2050, σύμφωνα με την παρ. 2*. Εφημερίδα της Κυβέρνησης. (ΦΕΚ 974/Β' /21.03.2021).
- ΥΠΕΝ/ΔΕΠΕΑ/85251/242. (2018). *Εθνικό Σχέδιο αύξησης του αριθμού των κτηρίων με Σχεδόν Μηδενική Κατανάλωσης Ενέργειας*. Αθήνα: Εφημερίδα της Κυβερνήσεως.
- Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας. (2024). *Εξοικονόμηση – Ενεργειακή Αποδοτικότητα*. Ανάκτηση Μάρτιος 2024, 30, από <https://ypen.gov.gr/energeia/energeiaki-exoikonomisi/>
- Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας. (2024). *Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων*. Ανάκτηση από <https://ypen.gov.gr/energeia/energeiaki-exoikonomisi/ktiria/kenak/>
- Φ.Ε.Κ. 407/Β'/9.4.2010. (2010). *Έγκριση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων*. Αθήνα: Εφημερίδα της Κυβερνήσεως.

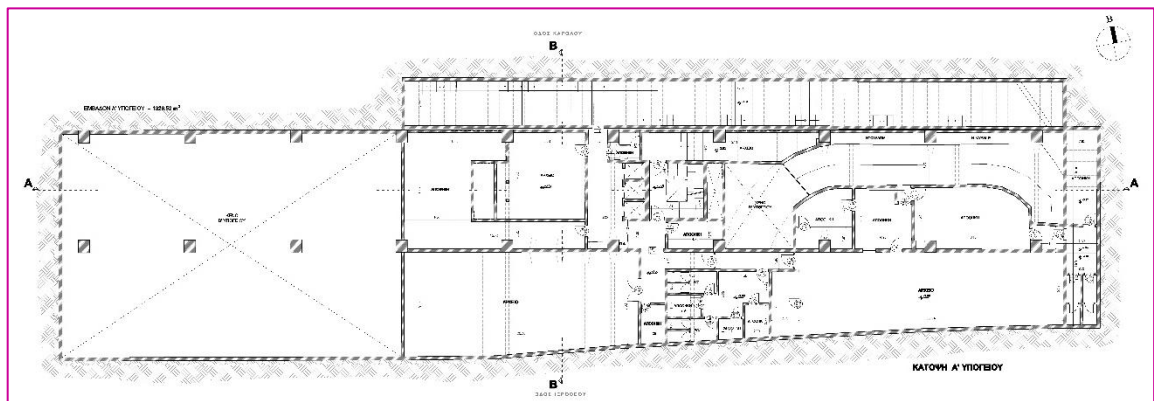
Παράρτημα Α: Σχέδια υφιστάμενης κατάστασης Κτηρίου ΟΣΕ



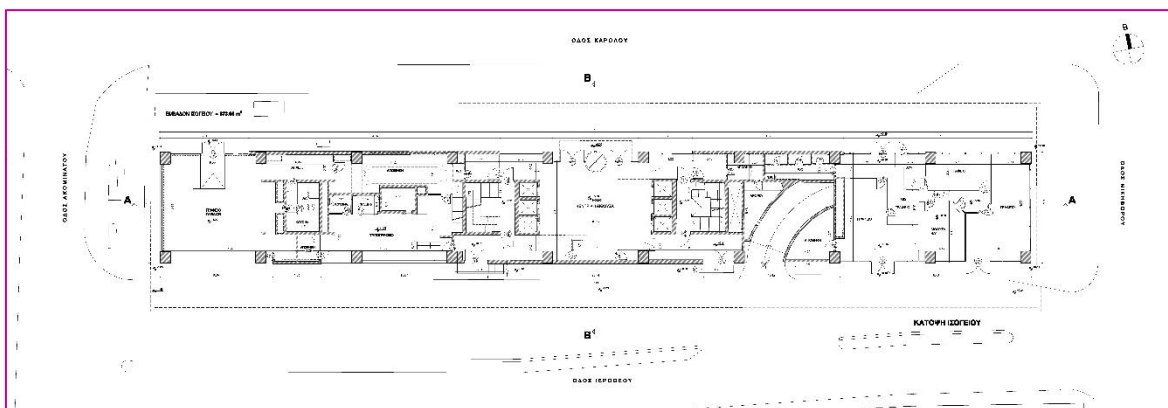
Σχήμα 0.1 Τοπογραφικό



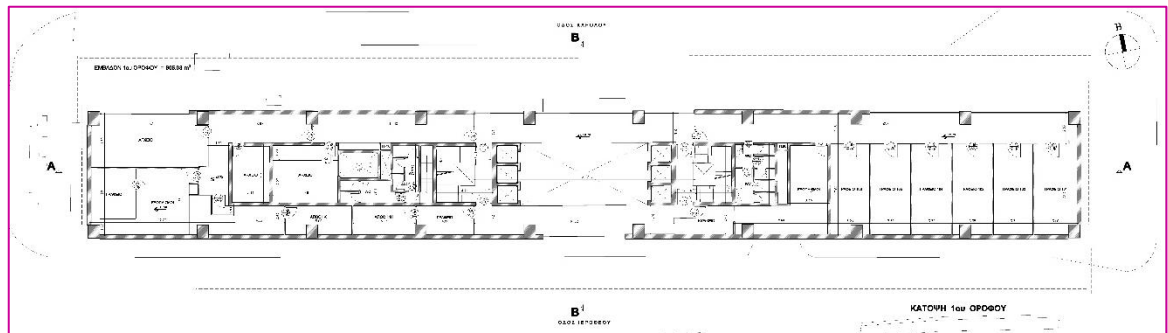
Σχήμα 0.2 Κάτοψη Β' Υπογείου



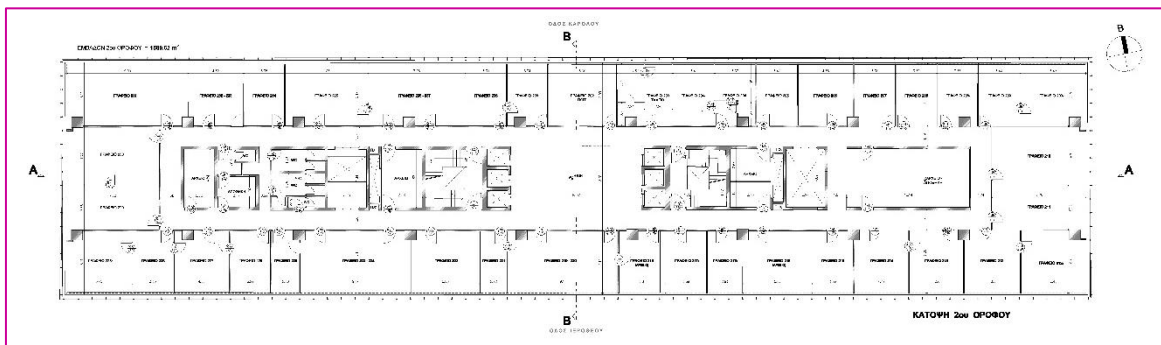
Σχήμα 0.3 Κάτοψη Α' Υπογείου



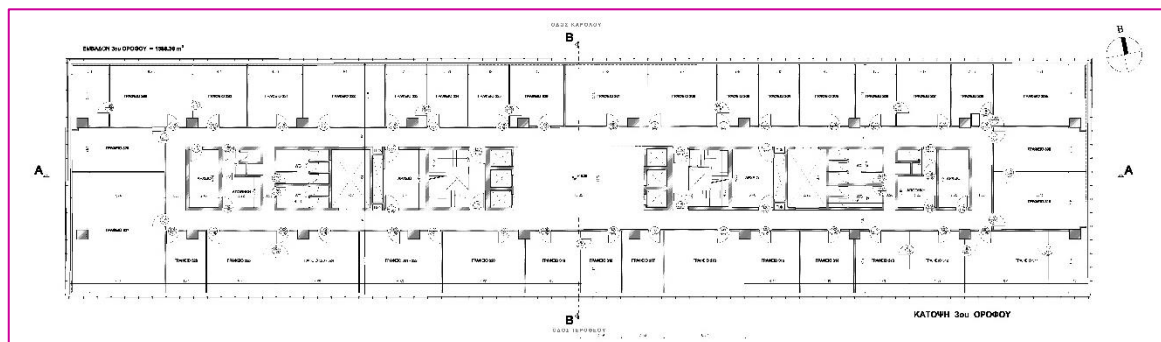
Σχήμα 0.4 Κάτοψη Ισογείου



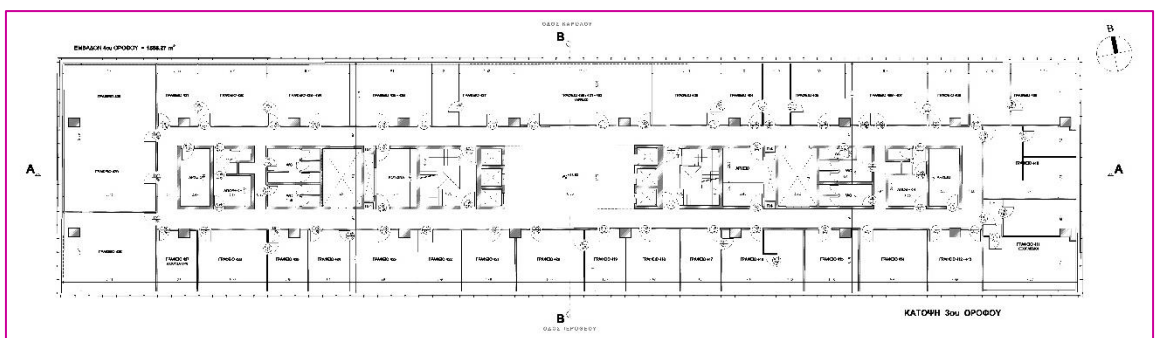
Σχήμα 0.5 Κάτοψη 1ου Ορόφου



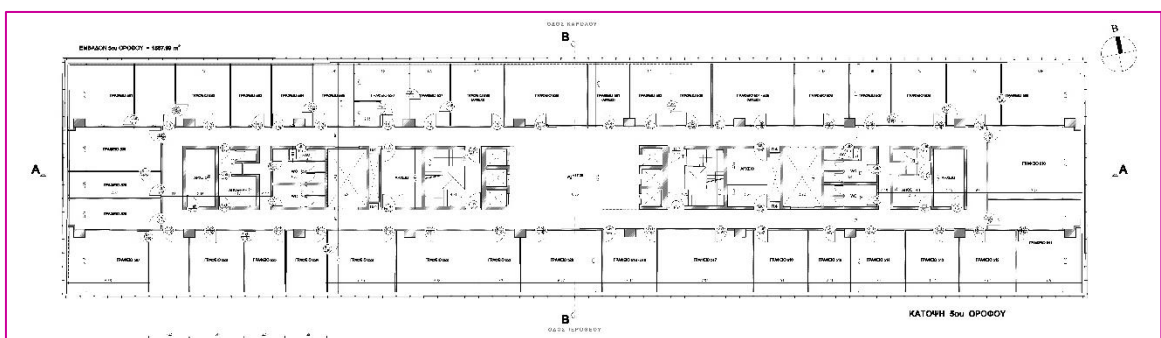
Σχήμα 0.6 Κάτοψη 2ου Ορόφου



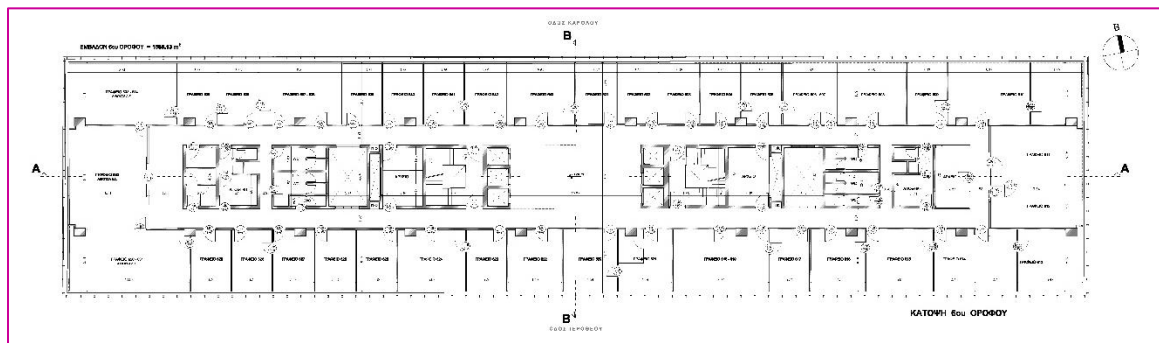
Σχήμα 0.7 Κάτοψη 3ου Ορόφου



Σχήμα 0.8 Κάτοψη 4ου Ορόφου



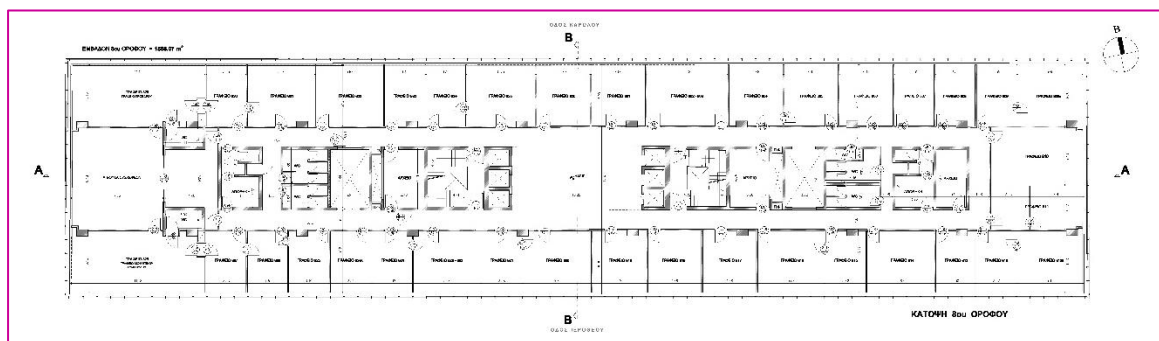
Σχήμα 0.9 Κάτοψη 5ου Ορόφου



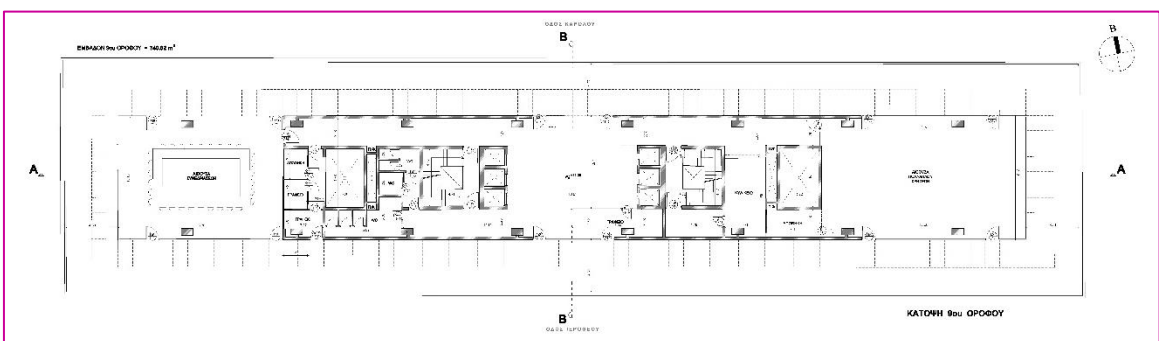
Σχήμα 0.10 Κάτοψη 6ου Ορόφου



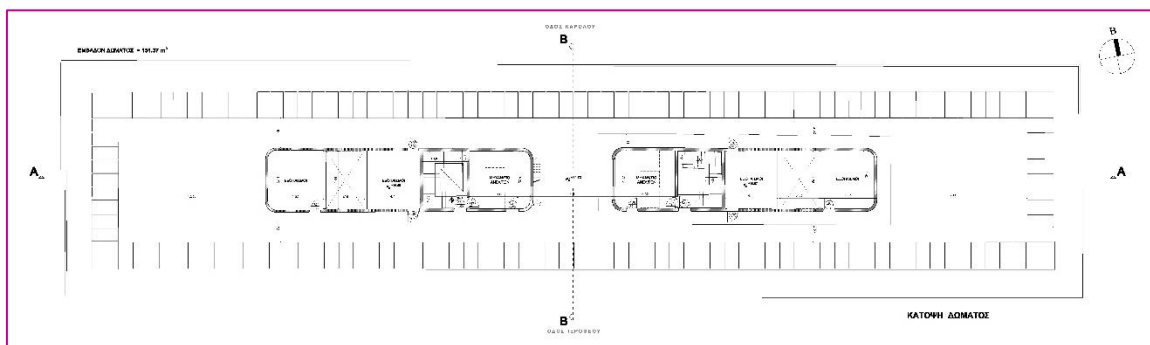
Σχήμα 0.11 Κάτοψη 7ου Ορόφου



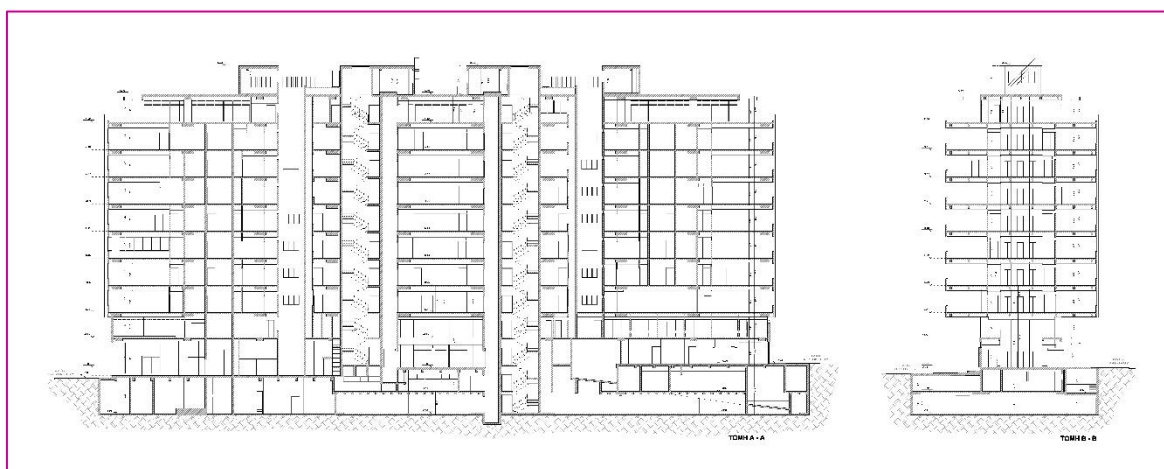
Σχήμα 0.12 Κάτοψη 8ου Ορόφου



Σχήμα 0.13 Κάτοψη 9ου Ορόφου



Σχήμα 0.14 Κάτοψη δώματος



Σχήμα 0.15 Διαμήκης και εγκάρσια τομή κτηρίου

Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν.1599/1986, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης.