



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



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ : «Μελέτη σεναρίων ενεργειακής μετάβασης στον οικιακό τομέα των
Περιφερειών Στερεάς Ελλάδας και Αττικής»

ΠΕΦΑΝΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

Επιβλέπων :

Φλάμος Αλέξανδρος

Καθηγητής ΠΑ.ΠΕΙ.

Αθήνα, Ιούνιος 2022



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



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ : «Μελέτη σεναρίων ενεργειακής μετάβασης στον οικιακό τομέα των
Περιφερειών Στερεάς Ελλάδας και Αττικής»

ΠΕΦΑΝΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

Επιβλέπων :

Φλάμος Αλέξανδρος

Καθηγητής ΠΑ.ΠΕΙ.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 8^η Ιουνίου 2022

.....
Φλάμος Αλέξανδρος
Καθηγητής ΠΑΠΕΙ

.....
Ψαρράς Ιωάννης
Καθηγητής ΕΜΠ

.....
Δούκας Χρυσόστομος
Αν. Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Ιούνιος 2022

.....

Πεφάνης Παναγιώτης

Διπλωματούχος Μηχανικός Οικονομίας & Διοίκησης, Πολυτεχνική Σχολή
Πανεπιστημίου Αιγαίου

© Πεφάνης Παναγιώτης, Παπαντώνης Δημήτριος, Τζανή Δήμητρα, Σταύρακας
Βασίλειος, Φλάμος Αλέξανδρος, 2022

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και σε καμία περίπτωση δεν αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε από το Σεπτέμβριο του 2021 μέχρι τον Ιούνιο του 2022 στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ), στα πλαίσια του Διαπανεπιστημιακού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών (ΔΠΜΣ) της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών (ΗΜΜΥ) του ΕΜΠ και του Τμήματος Βιομηχανικής Διοίκησης και Τεχνολογίας της Σχολής Ναυτιλίας & Βιομηχανίας του Πανεπιστημίου Πειραιώς, «Τεχνο-οικονομικά Συστήματα».

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάλυση σεναρίων ενεργειακής μετάβασης στον οικιακό τομέα των Περιφερειών Στερεάς Ελλάδας και Αττικής.

Καταρχάς, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στον επιβλέποντα Δρ. Αλέξανδρο Φλάμο, Καθηγητή Πανεπιστημίου Πειραιώς (Πα.Πει.), για τη δυνατότητα που μου πρόσφερε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον και επίκαιρο θέμα, καθώς και για την άψογη συνεργασία και την καθοδήγησή του σε κάθε βήμα εκπόνησης της παρούσας εργασίας.

Ακόμη, ευχαριστώ θερμά τον κο Δημήτριο Παπαντώνη, Υποψήφιο Διδάκτωρ (ΥΔ) και συνεργάτη του Εργαστηρίου Τεχνοοικονομικής Ενεργειακών Συστημάτων του Πα.Πει., για την καθοριστική συμβολή του όλο το χρονικό διάστημα εκπόνησης της διπλωματικής, καθώς και την κα Δήμητρα Τζανή (ΥΔ) και τον Δρ. Βασίλειο Σταύρακα, συνεργάτες του εργαστηρίου για την επίβλεψη και καθοδήγησή τους.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τη σύζυγο μου και την κόρη μου, για τη συνεχή στήριξη που μου προσέφεραν και την υπομονή που υπέδειξαν καθ' όλη τη διάρκεια της προσπάθειάς μου για την εκπόνηση της εργασίας αυτής.

Πίνακας περιεχομένων

Πρόλογος.....	7
Κατάλογος Εικόνων.....	10
Κατάλογος Διαγραμμάτων.....	10
Κατάλογος Πινάκων.....	12
Περίληψη.....	17
Abstract.....	19
Κεφάλαιο 1 - Εισαγωγή.....	21
1.1 Αντικείμενο και σκοπός.....	21
1.2 Στάδια υλοποίησης.....	22
1.3 Δομή εργασίας.....	23
Κεφάλαιο 2 – Ενεργειακή αναβάθμιση στον οικιακού τομέα για περιορισμό των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής.....	25
2.1 Κλιματική αλλαγή.....	25
2.2 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου.....	26
2.3 Πολιτικές αντιμετώπισης στην Ευρωπαϊκή Ένωση.....	30
2.4 Δράσεις και μέτρα σε Εθνικό επίπεδο.....	33
2.5 Ενεργειακή απόδοση κτιρίων και οικιακός τομέας.....	36
Κεφάλαιο 3 - Το υπολογιστικό εργαλείο μοντελοποίησης “DREEM”.....	42
3.1 Περιγραφή του υπολογιστικού μοντέλου.....	42
3.2 Ιεραρχική δομή μοντέλου.....	43
Κεφάλαιο 4 – Μεθοδολογία για τη μελέτη σεναρίων ενεργειακής μετάβασης	45
4.1 Παραμετροποίηση «DREEM».....	45
4.1.1 Καιρός – Κλίμα.....	45
4.1.2 Κέλυφος κτιρίου.....	47
4.1.3 Ενεργειακή Ζήτηση.....	48
4.1.4 Θερμική άνεση.....	53
4.2 Σενάρια ενεργειακής μετάβασης.....	54
4.3 Παραδοχές.....	56

4.3.1 Γενικά.....	56
4.3.2 Ανακαινίσεις	58
4.3.3 Φυσικό αέριο.....	58
4.3.4 Αντλίες θερμότητας.....	59
4.3.5 Βιομάζα	60
Κεφάλαιο 5 - Αποτελέσματα	61
5.1 Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας – Κλιματική Ζώνη Β (Φθιώτιδα, Φωκίδα, Βοιωτία, Εύβοια).....	61
5.1.1 Ενεργειακή κατανάλωση.....	61
5.1.2 Περιβαλλοντικό αποτύπωμα	64
5.1.3 Κόστος και εξοικονόμηση καταναλωτή.....	66
5.2 Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας – Κλιματική Ζώνη Γ (Ευρυτανία).....	72
5.2.1 Ενεργειακή κατανάλωση.....	72
5.2.2 Περιβαλλοντικό αποτύπωμα	75
5.2.3 Κόστος και εξοικονόμηση καταναλωτή.....	77
5.3 Σύνολο Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας	83
5.3.1 Ενεργειακή κατανάλωση.....	83
5.3.2 Περιβαλλοντικό αποτύπωμα	85
5.3.3 Κόστος και εξοικονόμηση καταναλωτή.....	87
5.4 Περιφέρεια Αττικής.....	93
5.4.1 Ενεργειακή κατανάλωση.....	93
5.4.2 Περιβαλλοντικό αποτύπωμα	96
5.4.3 Κόστος και εξοικονόμηση καταναλωτή.....	98
Κεφάλαιο 6 – Συμπεράσματα.....	104
Βιβλιογραφία - Πηγές	108

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 2.1. Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην Ε.Ε. ανά ρύπο.....	27
Εικόνα 2.2. Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά τομέα στην Ε.Ε..	28
Εικόνα 2.3. Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ισοδυνάμου CO ₂	29
Εικόνα 2.4. Η εξέλιξη των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην Ε.Ε.....	31
Εικόνα 2.5. Διάρθρωση της κατανάλωσης ενέργειας στον οικιακό τομέα.....	41
Εικόνα 3.1. Η αρχιτεκτονική του υπολογιστικού εργαλείου “DREEM”.....	43
Εικόνα 4.1. Γεωγραφική απεικόνιση κλιματικών ζωνών ελληνικής επικράτειας.	47

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 5.1. Συνολική κατανάλωση ενέργειας για τα δυο σενάρια της κλιματικής ζώνης Β, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.....	62
Διάγραμμα 5.2. Κατανάλωση ανά καύσιμο και η εξοικονόμηση ενέργειας στο διάστημα 2021-2040, για το Σενάριο 1 της κλιματικής ζώνης Β, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.....	63
Διάγραμμα 5.3. Κατανάλωση ανά καύσιμο και η εξοικονόμηση ενέργειας στο διάστημα 2021-2040, για το Σενάριο 2 της κλιματικής ζώνης Β, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.....	64
Διάγραμμα 5.4. Περιβαλλοντικό αποτύπωμα στο διάστημα 2021-2040, του Σεναρίου 1 της κλιματικής ζώνης Β, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.	65
Διάγραμμα 5.5. Περιβαλλοντικό αποτύπωμα στο διάστημα 2021-2040, του Σεναρίου 2 της κλιματικής ζώνης Β, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.	65
Διάγραμμα 5.6. Σύγκριση αναμενόμενων εκπομπών CO ₂ για τα Σενάρια 1 & 2 με και χωρίς ανακαινίσεις κατοικιών της κλιματικής ζώνης Β, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.....	66
Διάγραμμα 5.7. Συνολική κατανάλωση ενέργειας για τα δυο σενάρια της κλιματικής ζώνης Γ, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.	73
Διάγραμμα 5.8. Κατανάλωση ανά καύσιμο και η εξοικονόμηση ενέργειας για το Σενάριο 1 της κλιματικής ζώνης Γ, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.	74
Διάγραμμα 5.9. Κατανάλωση ανά καύσιμο και η εξοικονόμηση ενέργειας για το Σενάριο 2 της κλιματικής ζώνης Γ, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.	75

Διάγραμμα 5.10. Περιβαλλοντικό αποτύπωμα του Σεναρίου 1 της κλιματικής ζώνης Γ, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.	76
Διάγραμμα 5.11. Περιβαλλοντικό αποτύπωμα του Σεναρίου 2 της κλιματικής ζώνης Γ, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.	76
Διάγραμμα 5.12. Σύγκριση αναμενόμενων εκπομπών CO ₂ για τα Σενάρια 1 & 2 με και χωρίς ανακαινίσεις κατοικιών της κλιματικής ζώνης Γ, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.	77
Διάγραμμα 5.13. Συνολική κατανάλωση ενέργειας για τα δυο σενάρια της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.	83
Διάγραμμα 5.14. Κατανάλωση ανά καύσιμο και η εξοικονόμηση ενέργειας για το Σενάριο 1 της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.	84
Διάγραμμα 5.15. Κατανάλωση ανά καύσιμο και η εξοικονόμηση ενέργειας για το Σενάριο 2 της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.	85
Διάγραμμα 5.16. Περιβαλλοντικό αποτύπωμα του Σεναρίου 1 της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.	86
Διάγραμμα 5.17. Περιβαλλοντικό αποτύπωμα του Σεναρίου 2 της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.	86
Διάγραμμα 5.18. Σύγκριση αναμενόμενων εκπομπών CO ₂ για τα Σενάρια 1 & 2 με και χωρίς ανακαινίσεις κατοικιών της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.	87
Διάγραμμα 5.19. Συνολική κατανάλωση ενέργειας για τα δυο σενάρια της Περιφέρειας Αττικής.	94
Διάγραμμα 5.20. Κατανάλωση ανά καύσιμο και η εξοικονόμηση ενέργειας για το Σενάριο 1 της Περιφέρειας Αττικής.	95
Διάγραμμα 5.21. Κατανάλωση ανά καύσιμο και η εξοικονόμηση ενέργειας για το Σενάριο 2 της Περιφέρειας Αττικής.	96
Διάγραμμα 5.22. Περιβαλλοντικό αποτύπωμα του Σεναρίου 1 της Περιφέρειας Αττικής.	97
Διάγραμμα 5.23. Περιβαλλοντικό αποτύπωμα του Σεναρίου 2 της Περιφέρειας Αττικής.	97
Διάγραμμα 5.24. Σύγκριση αναμενόμενων εκπομπών CO ₂ για τα Σενάρια 1 & 2 με και χωρίς ανακαινίσεις κατοικιών της Περιφέρειας Αττικής.	98

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.1. Επενδυτικές δαπάνες και δείκτες κόστους-οφέλους για την ενεργειακή αναβάθμιση του κελύφους κτιρίων.....	39
Πίνακας 4.1. Νομοί ελληνικής επικράτειας ανά κλιματική ζώνη.	45
Πίνακας 4.2. Ταξινόμηση νοικοκυριών ανά περίοδο κατασκευής.....	47
Πίνακας 4.3. Ταξινόμηση νοικοκυριών ανά αριθμό μελών.	48
Πίνακας 4.4. Ταξινόμηση συνολικών νοικοκυριών περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας. .	48
Πίνακας 4.5. Ταξινόμηση συνολικών νοικοκυριών περιφέρειας Αττικής.	50
Πίνακας 4.6. Ποσοστό κυριότητας, ονομαστική ισχύς, και ημερήσια χρήση συσκευών στην Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας.....	52
Πίνακας 4.7. Ποσοστό κυριότητας, ονομαστική ισχύς, και ημερήσια χρήση συσκευών στην Περιφέρεια Αττικής.....	53
Πίνακας 4.8. Η εξέλιξη της διείσδυσης του φυσικού αερίου και των αντλιών θερμότητας στο μείγμα της ενεργειακής κατανάλωσης του οικιακού τομέα των δυο Περιφερειών στα δύο σενάρια ενεργειακής μετάβασης που εξετάζονται.	55
Πίνακας 4.9. Εκτίμηση εξέλιξης ετήσιου συντελεστή εκπομπών CO ₂ στην ηλεκτροπαραγωγή σε tn/kWh και tn/ktoe.....	56
Πίνακας 4.10. Συντελεστές εκπομπών CO ₂ καυσίμων για χρήση θέρμανσης νοικοκυριών.....	57
Πίνακας 4.11. Κόστος εγκατάστασης τεχνολογιών.....	57
Πίνακας 4.12. Εκτίμηση κόστους ενέργειας θέρμανσης.....	57
Πίνακας 4.13. Αριθμός κατοικιών προς ετήσια ανακαίνιση ανά Περιφέρεια.....	58
Πίνακας 4.14. Κατανάλωση ενέργειας οικιακού τομέα μέχρι το έτος 2030, σύμφωνα με το σενάριο επίτευξης στόχων ΕΣΕΚ.....	59
Πίνακας 4.15. Αντλίες θερμότητας ανά Περιφέρεια και αριθμός νέων προσθηκών ανά έτος.....	59
Πίνακας 4.16. Καυστήρες βιομάζας ανά Περιφέρεια.....	60
Πίνακας 5.1. Καταναλώσεις ανά τύπο νοικοκυριού της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας, κλιματική ζώνη Β.....	61
Πίνακας 5.2. Η εξέλιξη της συνολικής κατανάλωσης για τα δυο σενάρια της κλιματικής ζώνης Β, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.	62

Πίνακας 5.3. Εξέλιξη πιθανής επιπλέον χρέωσης ανά νοικοκυριό στην περίπτωση του Σεναρίου 1 για σταθερή τιμή εκπομπών CO ₂ της κλιματικής ζώνης Β, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.....	66
Πίνακας 5.4. Εξέλιξη πιθανής επιπλέον χρέωσης ανά νοικοκυριό στην περίπτωση του Σεναρίου 2 για σταθερή τιμή εκπομπών CO ₂ της κλιματικής ζώνης Β, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.....	67
Πίνακας 5.5. Εξέλιξη πιθανής επιπλέον χρέωσης ανά νοικοκυριό στην περίπτωση του Σεναρίου 1 για αυξανόμενη τιμή εκπομπών CO ₂ της κλιματικής ζώνης Β, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.....	67
Πίνακας 5.6. Εξέλιξη πιθανής επιπλέον χρέωσης ανά νοικοκυριό στην περίπτωση του Σεναρίου 2 για αυξανόμενη τιμή εκπομπών CO ₂ της κλιματικής ζώνης Β, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.....	68
Πίνακας 5.7. Κόστος επεμβάσεων για το Σενάριο 1 της κλιματικής ζώνης Β, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.....	69
Πίνακας 5.8. Κόστος επεμβάσεων για το Σενάριο 2 της κλιματικής ζώνης Β, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.....	69
Πίνακας 5.9. Εξοικονόμηση καυσίμου λόγω ενεργειακών ανακαινίσεων στο Σενάριο 1 της κλιματικής ζώνης Β, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.....	70
Πίνακας 5.10. Εξοικονόμηση καυσίμου λόγω ενεργειακών ανακαινίσεων στο Σενάριο 2 της κλιματικής ζώνης Β, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.....	70
Πίνακας 5.11. Συνολική εξοικονόμηση λόγω των ενεργειακών ανακαινίσεων της κλιματικής ζώνης Β, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.....	71
Πίνακας 5.12. Ετήσια χρηματικά οφέλη από την εξοικονόμηση καυσίμων ανά νοικοκυριό (€) της κλιματικής ζώνης Β, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.....	71
Πίνακας 5.13. Καταναλώσεις ανά τύπο νοικοκυριού της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας, κλιματική ζώνη Γ.....	72
Πίνακας 5.14. Η εξέλιξη της συνολικής κατανάλωσης για τα δυο σενάρια της κλιματικής ζώνης Γ, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.....	72
Πίνακας 5.15. Εξέλιξη πιθανής επιπλέον χρέωσης ανά νοικοκυριό στην περίπτωση του Σεναρίου 1 για σταθερή τιμή εκπομπών CO ₂ της κλιματικής ζώνης Γ, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.....	77

Πίνακας 5.16. Εξέλιξη πιθανής επιπλέον χρέωσης ανά νοικοκυριό στην περίπτωση του Σεναρίου 2 για σταθερή τιμή εκπομπών CO ₂ της κλιματικής ζώνης Γ, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.....	78
Πίνακας 5.17. Εξέλιξη πιθανής επιπλέον χρέωσης ανά νοικοκυριό στην περίπτωση του Σεναρίου 1 για αυξανόμενη τιμή εκπομπών CO ₂ της κλιματικής ζώνης Γ, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.....	78
Πίνακας 5.18. Εξέλιξη πιθανής επιπλέον χρέωσης ανά νοικοκυριό στην περίπτωση του Σεναρίου 2 για αυξανόμενη τιμή εκπομπών CO ₂ της κλιματικής ζώνης Γ, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.....	79
Πίνακας 5.19. Κόστος επεμβάσεων για το Σενάριο 1 της κλιματικής ζώνης Γ, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.....	80
Πίνακας 5.20. Κόστος επεμβάσεων για το Σενάριο 2 της κλιματικής ζώνης Γ, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.....	80
Πίνακας 5.21. Εξοικονόμηση καυσίμου λόγω ενεργειακών ανακαινίσεων στο Σενάριο 1 της κλιματικής ζώνης Γ, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.	81
Πίνακας 5.22. Εξοικονόμηση καυσίμου λόγω ενεργειακών ανακαινίσεων στο Σενάριο 2 της κλιματικής ζώνης Γ, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.	81
Πίνακας 5.23. Συνολική εξοικονόμηση λόγω των ενεργειακών ανακαινίσεων της κλιματικής ζώνης Γ, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.....	82
Πίνακας 5.24. Ετήσια χρηματικά οφέλη από την εξοικονόμηση καυσίμων ανά νοικοκυριό (€) της κλιματικής ζώνης Γ, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.....	82
Πίνακας 5.25. Η εξέλιξη της συνολικής κατανάλωσης για τα δυο σενάρια της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.....	83
Πίνακας 5.26. Εξέλιξη πιθανής επιπλέον χρέωσης ανά νοικοκυριό στην περίπτωση του Σεναρίου 1 για σταθερή τιμή εκπομπών CO ₂ της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.	87
Πίνακας 5.27. Εξέλιξη πιθανής επιπλέον χρέωσης ανά νοικοκυριό στην περίπτωση του Σεναρίου 2 για σταθερή τιμή εκπομπών CO ₂ της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.	88
Πίνακας 5.28. Εξέλιξη πιθανής επιπλέον χρέωσης ανά νοικοκυριό στην περίπτωση του Σεναρίου 1 για αυξανόμενη τιμή εκπομπών CO ₂ της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.....	88

Πίνακας 5.29. Εξέλιξη πιθανής επιπλέον χρέωσης ανά νοικοκυριό στην περίπτωση του Σεναρίου 2 για αυξανόμενη τιμή εκπομπών CO ₂ της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.....	89
Πίνακας 5.30. Κόστος επεμβάσεων για το Σενάριο 1 της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.....	89
Πίνακας 5.31. Κόστος επεμβάσεων για το Σενάριο 2 της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.....	90
Πίνακας 5.32. Εξοικονόμηση καυσίμου λόγω ενεργειακών ανακαινίσεων στο Σενάριο 1 της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.	91
Πίνακας 5.33. Εξοικονόμηση καυσίμου λόγω ενεργειακών ανακαινίσεων στο Σενάριο 2 της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.	91
Πίνακας 5.34. Συνολική εξοικονόμηση λόγω των ενεργειακών ανακαινίσεων της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.....	92
Πίνακας 5.35. Ετήσια χρηματικά οφέλη από την εξοικονόμηση καυσίμων ανά νοικοκυριό της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.	92
Πίνακας 5.36. Καταναλώσεις ανά τύπο νοικοκυριού για την Περιφέρεια Αττικής. ..	93
Πίνακας 5.37. Η εξέλιξη της συνολικής κατανάλωσης για τα δυο σενάρια της Περιφέρειας Αττικής.....	93
Πίνακας 5.38. Εξέλιξη πιθανής επιπλέον χρέωσης ανά νοικοκυριό στην περίπτωση του Σεναρίου 1 για σταθερή τιμή εκπομπών CO ₂ της Περιφέρειας Αττικής.	98
Πίνακας 5.39. Εξέλιξη πιθανής επιπλέον χρέωσης ανά νοικοκυριό στην περίπτωση του Σεναρίου 2 για σταθερή τιμή εκπομπών CO ₂ της Περιφέρειας Αττικής.	99
Πίνακας 5.40. Εξέλιξη πιθανής επιπλέον χρέωσης ανά νοικοκυριό στην περίπτωση του Σεναρίου 1 για αυξανόμενη τιμή εκπομπών CO ₂ της Περιφέρειας Αττικής.	99
Πίνακας 5.41. Εξέλιξη πιθανής επιπλέον χρέωσης ανά νοικοκυριό στην περίπτωση του Σεναρίου 2 για αυξανόμενη τιμή εκπομπών CO ₂ της Περιφέρειας Αττικής.	100
Πίνακας 5.42. Κόστος επεμβάσεων για το Σενάριο 1 της Περιφέρειας Αττικής.	100
Πίνακας 5.43. Κόστος επεμβάσεων για το Σενάριο 2 της Περιφέρειας Αττικής.	101
Πίνακας 5.44. Εξοικονόμηση καυσίμου λόγω ενεργειακών ανακαινίσεων στο Σενάριο 1 της Περιφέρειας Αττικής.	102

Πίνακας 5.45. Εξοικονόμηση καυσίμου λόγω ενεργειακών ανακαινίσεων στο Σενάριο 2 της Περιφέρειας Αττικής.	102
Πίνακας 5.46. Συνολική εξοικονόμηση λόγω των ενεργειακών ανακαινίσεων της Περιφέρειας Αττικής.....	103
Πίνακας 5.47. Ετήσια χρηματικά οφέλη από την εξοικονόμηση καυσίμων ανά νοικοκυριό (€) της Περιφέρειας Αττικής.....	103

Περίληψη

Η συνεχής αύξηση της θερμοκρασίας, οι αλλαγές στα χαρακτηριστικά των βροχοπτώσεων, το λιώσιμο των πάγων και η παγκόσμια άνοδος της μέσης στάθμης της θάλασσας καταδεικνύουν πως η κλιματική αλλαγή δεν αποτελεί πια υποθετικό σενάριο αλλά «ενεστώσα» κατάσταση, η οποία απαιτεί άμεσες δράσεις-λύσεις που θα στοχεύουν στο μετριασμό των αρνητικών συνεπειών της. Επομένως, καθίσταται απαραίτητη η λήψη και εφαρμογή βιώσιμων μέτρων και πολιτικών για την επίτευξη της αναγκαίας ενεργειακής μετάβασης. Η ενεργειακή μετάβαση περιλαμβάνει τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, την αυξημένη χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ), καθώς και την ενίσχυση της ενεργειακής απόδοσης. Είναι γεγονός πως στην προσπάθεια αυτή η Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε.) επιδιώκει να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο παρέχοντας οδηγίες και κατευθύνσεις προς τα κράτη μέλη.

Στο πλαίσιο αυτό στην Ελλάδα έχει συνταχτεί το Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ), που αποτελεί το στρατηγικό σχέδιο της Ελλάδας για θέματα κλίματος και ενέργειας. Στο ΕΣΕΚ παρουσιάζονται αναλυτικές οδηγίες για την επίτευξη συγκριμένων ενεργειακών και κλιματικών στόχων, έως το έτος 2030. Ειδικότερα, θέτει ως στόχο μεταξύ άλλων, τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, αποσκοπώντας η τελική κατανάλωση ενέργειας να είναι χαμηλότερη από αυτή που είχε καταγραφεί κατά το έτος 2017, αγγίζοντας στο απόλυτο τον σχετικό Ευρωπαϊκό δείκτη. Συνεπώς, είναι προφανές πως η επίτευξη τέτοιων στόχων πρόκειται να επηρεάσει τους σημαντικότερους τομείς της κοινωνικής και οικονομικής ζωής, μεταξύ αυτών και τον κτιριακό τομέα στον οποίο αντιστοιχεί το περίπου το 36% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας στην Ελλάδα. Σημαντικό είναι, επίσης, πως ο ελληνικός κτιριακός τομέας αποτελείται κατά 79% από νοικοκυριά (οικιακός τομέας) στα οποία αντιστοιχεί το 25% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας σε εθνικό επίπεδο, καθιστώντας τον έναν από τους σημαντικότερους τομείς ενεργειακής κατανάλωσης.

Με δεδομένα τα άνωθεν, η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία επικεντρώνεται στη μελέτη σεναρίων ενεργειακής μετάβασης, του οικιακού τομέα, δυο σημαντικών Περιφερειών της Ελλάδας, της Στερεάς Ελλάδας και Αττικής, κατά την περίοδο 2021-2040. Ειδικότερα, μελετάται η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κατοικιών μέσω της επέκτασης χρήσης καυσίμων και τεχνολογιών φιλικότερων προς

το περιβάλλον (φυσικό αέριο και αντλίες θερμότητας), καθώς και μέσω ενεργειακών ανακαινίσεων (εγκατάσταση μονώσεων σε τοίχους και οροφές.). Αυτή η μελέτη γίνεται σε επίπεδο Περιφερειών, των οποίων οι Περιφερειακές Ενότητες (Π.Ε.) είναι ταξινομημένες ανά κλιματική ζώνη. Για τις ανάγκες της ανάλυσης γίνεται χρήση του υπολογιστικού εργαλείου υψηλής ευκρίνειας “DREEM” (“Dynamic high-Resolution dEmand-side Management”) το οποίο είναι σε θέση να μοντελοποιεί την ενεργειακή ζήτηση στον οικιακό τομέα. Η παραμετροποίηση του έγινε σύμφωνα με διαθέσιμα ερευνητικά και δημογραφικά δεδομένα για τον οικιακό τομέα των Περιφερειών Στερεάς Ελλάδας και Αττικής. Το κύριο συμπέρασμα της μελέτης είναι, πως μέσω της εφαρμογής σεναρίων με αυξημένη διείσδυση ηλεκτρισμού και ενίσχυση των ενεργειακών αναβαθμίσεων, τα περιβαλλοντικά, οικονομικά και κοινωνικά οφέλη αυξάνονται. Επιπρόσθετα, αυτά τα σενάρια οδηγούν σε μεγαλύτερες μειώσεις και εξοικονομήσεις ενέργειας.

Συνολικά, η παρούσα εργασία επιδιώκει να μελετήσει μονοπάτια ενεργειακής μετάβασης του οικιακού τομέα σε περιφερειακό επίπεδο (συμπεριλαμβανομένης της μεγαλύτερης Περιφέρειας της Ελλάδας, την Αττική), καθώς και τις συνέπειες των διαφορετικών σεναρίων μετάβασης σε οικονομικό, περιβαλλοντικό και κοινωνικό επίπεδο. Με αυτό τον τρόπο φιλοδοξεί να παράσχει χρήσιμα συμπεράσματα και πληροφορίες σε ενδιαφερόμενα μέρη από το χώρο σχεδιασμού και χάραξης πολιτικών.

Λέξεις κλειδιά: μοντελοποίηση ενεργειακών συστημάτων, οικιακός τομέας, κλιματική αλλαγή, ενεργειακή μετάβαση, κατανάλωση ενέργειας.

Abstract

On-going increasing global warming, rainfall changes, ice melting and global sea-level changes demonstrate that dealing with climate change is not an option anymore, but an absolute necessity. Therefore, in order to minimize the harmful consequences of climate change, there is a need of long-term strategies and policies suited to the environmental, financial, and social needs that can lead to our society's energy transition, which requires the reduction of greenhouse gas emissions, increased use of Renewable Energy Sources (RES), as well as improved energy efficiency. To this direction the European Union is playing a major role with several directions and policies headed to its Member States.

In this context, Greece has developed a National Energy and Climate Plan (NECP), which includes comprehensive guidelines for achieving energy and climate targets, by 2030. In particular, the NECP sets as priority, among other goals, the improvement of energy efficiency, which leads to higher energy consumption reductions than 2017 and compete the European standards. Obviously, such targets require adjustments and changes in key sectors of the economic and social life, such as the building sector, which consumes around 36% of the final energy consumption. More specifically, the residential sector uses around 79% of the building stock and accounts for approximately 25% of the total final consumption, indicating its importance when in it comes to establishing a national energy efficiency strategy.

To this end, the current thesis examines scenarios of energy transition in the residential sector of two major Greek regions, the Central Greece region and the Attica region, for the period 2021-2040. More specifically, the study investigates the improvement of households' energy efficiency through the higher penetration of environmentally friendly fuels and technologies (such as natural gas and heat pumps), and energy renovations (such as wall and rooftop insulation). To do so, we use the Dynamic high-Resolution demand - side Management (DREEM) model, configured according to available research and demographic data for the residential sector of Central Greece and Attica regions. The model is used to simulate energy consumption based on assumptions and specifications for each scenario under consideration. The key finding of the study is that promoting scenarios of increased electrification of the heating sector and improving energy efficiency in buildings, increase environmental,

economic, and social benefits. Additionally, such scenarios also lead to reduced energy consumption and increased energy savings.

Conclusively, this thesis aims to examine energy transition pathways in the residential sector at the regional level (including Attica, the biggest Greek region) investigating each pathway's consequences at the financial, environmental, and social levels. By doing so, the thesis aims to provide specific conclusions and useful information to policymakers and relevant key agents from the field of policy and practice.

Keywords: energy system modeling, residential sector; climate change; energy transition; energy consumption.

Κεφάλαιο 1 - Εισαγωγή

1.1 Αντικείμενο και σκοπός

Οι μεταβολές στο κλίμα έχουν ήδη ορατές επιδράσεις, που κυμαίνονται από την άνοδο της θερμοκρασίας έως την αύξηση της στάθμης των θαλασσών σαν απόρροια της τήξης των πολικών παγετών, καθώς και τη συχνότερη εμφάνιση έντονων καταιγίδων και πλημμυρών. Οι αλλαγές αυτές με τη σειρά τους θα προκαλέσουν σημαντικές αρνητικές εξελίξεις στην ακεραιότητα των οικοσυστημάτων, στις γεωργικές καλλιέργειες, στους υδάτινους πόρους, στις υποδομές, στις μεταφορές, στην προσφορά τροφής, στη δημόσια υγεία και στη βιομηχανία. Η κρισιμότητα των επικείμενων επιδράσεων της κλιματικής αλλαγής ποικίλει ανάλογα με την Περιφέρεια [1].

Τα αποτελέσματα, από τα τελευταία επιστημονικά συμπεράσματα στα οποία προέβη η Διακυβερνητική Ομάδα για την Κλιματική Αλλαγή (“Intergovernmental Panel for Climate Change, IPCC”) στο πλαίσιο της 5ης έκθεσης αξιολόγησης (“5th Assessment Report, AR5”), καταδεικνύουν με απόλυτη βεβαιότητα τις αρνητικές επιπτώσεις της αλλαγής του κλίματος. Για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής απαιτούνται να ληφθούν μέτρα που περιορίζουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και να προσαρμοστούν σε παγκόσμιο αλλά και περιφερειακό επίπεδο. Τέτοια βιώσιμα μέτρα είναι η προώθηση των ΑΠΕ, χρήση περισσότερων φιλικών καυσίμων προς το περιβάλλον και εν γένει αύξηση της ενεργειακής απόδοσης.

Η εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια και στις κατοικίες εμπεριέχεται στις κύριες πολιτικές της Ευρωπαϊκής Ένωσης με αδιάψευστα οφέλη, ενώ κάλλιστα αποτελεί την ενότητα με τις μεγαλύτερες προοπτικές ελαχιστοποίησης των ενεργειακών καταναλώσεων με οικονομικά πρόσφορο τρόπο. Τα σενάρια μακροχρόνιας στρατηγικής με τους στόχους που έχουν τεθεί, επιδιώκουν το 2050, το κτιριακό απόθεμα να αγγίξει προδιαγραφές σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας. Αυτό σημαίνει να απαρτίζεται από κτίρια με αρκετά υψηλή ενεργειακή απόδοση, των οποίων η σχεδόν μηδενική ή πολύ χαμηλή ποσότητα ενέργειας που χρειάζεται για την ικανοποίηση των ενεργειακών τους αναγκών, να αντισταθμίζεται στο μέγιστο δυνατό βαθμό από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είτε άμεσα χρησιμοποιούμενες είτε έμμεσα μέσω αντλιών θερμότητας.

Σε εθνικό επίπεδο και βάσει του ΕΣΕΚ, η ανάγκη ανακαινίσεως του υφιστάμενου κτιριακού αποθέματος είναι αδιαμφισβήτητη, καθώς με αυτόν τον τρόπο

εξοικονομούνται μεγάλα ποσοστά ενέργειας αλλά και κόστους για τους καταναλωτές, ενώ βελτιώνονται οι συνθήκες άνεσης, υγείας και ασφάλειας στη διάρκεια χρήσης των κτιρίων. Παράλληλα βασική επιδίωξη του ΕΣΕΚ είναι η σημαντική αύξηση της συμμετοχής του φυσικού αερίου σε όλους τους τομείς τελικής κατανάλωσης και, κυρίως, η εκτεταμένη χρήση του να υποκαταστήσει κομμάτι της τωρινής κατανάλωσης προϊόντων πετρελαίου στους εν λόγω τομείς, ως ενδιάμεσο καύσιμο. Παρόλα αυτά οι τελευταίες εξελίξεις γύρω από το ενεργειακό γίνεσθαι καθώς και η πρόταση “Fit-for-55” την Ευρωπαϊκής Επιτροπής θέτουν υπό αμφισβήτηση τη διεύρυνση χρήσης του καθιστώντας απαραίτητη την εξεύρεση εναλλακτικών.

Στο πλαίσιο αυτό στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετώνται διαφορετικά σενάρια πολιτικής που αφορούν τη μεσοπρόθεσμη ενεργειακή μετάβαση του οικιακού τομέα των Περιφερειών Στερεάς Ελλάδας και Αττικής με ορίζοντα το 2040. Ειδικότερα, μελετώνται σενάρια διαφοροποίησης του τελικού μίγματος κατανάλωσης, βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των κατοικιών, όπως επίσης και οι επιδράσεις τους σε περιβαλλοντικό και οικονομικό επίπεδο. Στη συγκεκριμένη μελέτη χρησιμοποιείται το υπολογιστικό εργαλείο μοντελοποίησης “DREEM” (“Dynamic high-Resolution dEmand-sidE Management”), το οποίο αξιοποιείται για την προσομοίωση της ενεργειακής κατανάλωσης των νοικοκυριών στα υπό μελέτη σενάρια.

1.2 Στάδια υλοποίησης

Η διπλωματική εργασία διαρθρώνεται σε πέντε στάδια υλοποίησης τα οποία αναφέρονται συνοπτικά παρακάτω:

Στο πρώτο στάδιο γίνεται παρουσίαση του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής, της αύξησης εκπομπών αερίων θερμοκηπίου και των συνεπειών τους. Παράλληλα, γίνεται ειδική μνεία σε πολιτικές αντιμετώπισης τους σε Ευρωπαϊκό και Εθνικό επίπεδο, με ιστορική παραβολή της εξέλιξής τους, με παράθεση επικαιροποιημένων συμφωνιών, συμβάσεων και νομοσχεδίων, τα οποία αφορούν μέτρα και πολιτικές αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής. Γίνεται αναλυτική παρουσίαση δεδομένων της ενεργειακής κατανάλωσης του Ελληνικού οικιακού τομέα, καθώς και των στόχων που τίθενται για την από-ανθρακοποίησή του.

Στο δεύτερο στάδιο παρουσιάζεται το υποστηρικτικό πλαίσιο υλοποίησης της μελέτης, ώστε να διερευνηθεί η ενεργειακή μετάβαση στις Περιφέρειες Στερεάς Ελλάδας και Αττικής. Γίνεται αναφορά στο υπολογιστικό εργαλείο μοντελοποίησης

“DREEM” και στον τρόπο χρήσης και εφαρμογής του στα όρια της παρούσας εργασίας.

Στο τρίτο στάδιο παρατίθεται το μεθοδολογικό πλαίσιο που ακολουθήθηκε για τη μελέτη και σύγκριση των σεναρίων ενεργειακής μετάβασης του οικιακού τομέα των Περιφερειών Στερεάς Ελλάδας και Αττικής. Αναλύονται τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την παραμετροποίηση του υπολογιστικού εργαλείου “DREEM”, των σεναρίων που προσομοιώθηκαν, καθώς και των γενικών παραδοχών που τα συνοδεύουν.

Στο τέταρτο στάδιο γίνεται παράθεση των αποτελεσμάτων της μελέτης, μέσα από πίνακες, διαγράμματα και αναφορές που σχετίζονται με τις ετήσιες καταναλώσεις ανά τύπο νοικοκυριού, την εξέλιξη της κατανάλωσης ενέργειας του οικιακού τομέα σε επίπεδο περιφερειών, καθώς επίσης και το εκτιμώμενο περιβαλλοντικό και οικονομικό αποτύπωμα.

Στο πέμπτο στάδιο ανακύπτουν τα συμπεράσματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας, αναδεικνύονται χρήσιμες προτάσεις για φορείς χάραξης πολιτικών και λοιπά ενδιαφερόμενα μέρη, και παρουσιάζονται κατευθύνσεις για περαιτέρω έρευνα και εφαρμογές.

1.3 Δομή εργασίας

Η διπλωματική εργασία αποτελείται από έξι κεφάλαια:

Το **Κεφάλαιο 1** αποτελεί την εισαγωγή της εργασίας, όπου αναφέρεται ο σκοπός της, το θέμα που μελετάται και πώς οργανώνεται η ανάλυση του.

Το **Κεφάλαιο 2** περιγράφει το υπό μελέτη πρόβλημα του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής με βιβλιογραφική ανασκόπηση για το φαινόμενο του θερμοκηπίου, της αύξησης των εκπομπών αερίων και τις πολιτικές αντιμετώπισης του, τόσο σε ευρωπαϊκό όσο και σε εθνικό επίπεδο. Παρουσιάζονται ακόμη στοιχεία για την παρούσα κατάσταση στην ενεργειακή κατανάλωση του οικιακού τομέα στην Ελλάδα, την ενεργειακή ζήτηση και τη μετάβαση της σε άλλες μορφές.

Το **Κεφάλαιο 3** παρουσιάζει το υπολογιστικό μοντέλο διαχείρισης της ενεργειακής ζήτησης από πλευράς καταναλωτή που χρησιμοποιήθηκε για τη μελέτη σεναρίων ενεργειακής μετάβασης στον οικιακό τομέα των Περιφερειών Στερεάς Ελλάδας και Αττικής.

Το **Κεφάλαιο 4** περιγράφει τα βήματα που έγιναν κατά τον υπολογισμό των ενεργειακών καταναλώσεων, των δεδομένων και των παραδοχών για τη σύγκριση των σεναρίων ενεργειακής μετάβασης του οικιακού τομέα των Περιφερειών Στερεάς Ελλάδας και Αττικής.

Το **Κεφάλαιο 5** παρουσιάζει τα αποτελέσματα της μελέτης για την εκτιμώμενη κατανάλωση και το μίγμα της κατά την ενεργειακή μετάβαση για το διάστημα 2021-2040 ανά περιφέρεια και κλιματική ζώνη, το προβλεπόμενο περιβαλλοντικό και οικονομικό της αντίκτυπο.

Το **Κεφάλαιο 6** περιλαμβάνει όλα τα συμπεράσματα που ανακύπτουν από τη μελέτη, χρήσιμες προτάσεις για φορείς χάραξης πολιτικών και άλλα ενδιαφερόμενα μέρη, καθώς και προοπτικές για περαιτέρω έρευνα.

Κεφάλαιο 2 – Ενεργειακή αναβάθμιση στον οικιακό τομέα για περιορισμό των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής

2.1 Κλιματική αλλαγή

Η μεταβολή του κλίματος σε παγκόσμια κλίμακα και δη οι αλλαγές στις μετεωρολογικές συνθήκες που εμφανίζονται σε μεγάλο χρονικό εύρος καλούνται ως κλιματική αλλαγή. Αντιστοίχως, στη Σύμβαση Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για τις Κλιματικές Μεταβολές (“UNFCCC”), κλιματική αλλαγή καλείται η μεταβολή στο κλίμα που είναι έμμεση ή άμεση απόρροια ανθρώπινης δραστηριότητας, ενώ συνάμα υιοθετεί και τον όρο κλιματική μεταβλητότητα που ορίζεται η μεταβολή στο κλίμα από φυσικά αίτια.

Τα αρνητικά αποτελέσματα της κλιματικής αλλαγής είναι αισθητά σε ολόκληρο τον πλανήτη και σύμφωνα με μελέτες οι επιπτώσεις θα είναι συχνότερες και εντονότερες τις δεκαετίες που θα ακολουθήσουν. Αν δεν ληφθούν άμεσα μέτρα για την αντιμετώπιση των δυσμενών συνεπειών της κλιματικής αλλαγής, η Ε.Ε. ενδέχεται να κληθεί να αντιμετωπίσει τα επόμενα χρόνια , τα κάτωθι:

- 400.000 πρόωρους θανάτους ανά έτος εξαιτίας της ατμοσφαιρικής ρύπανσης
- 90.000 θανάτους ανά έτος λόγω πολύ υψηλών θερμοκρασιών
- 40% μείωση της διαθεσιμότητας σε νερό στις νότιες περιοχές της Ε.Ε.
- Κίνδυνος ζωής για 2,2 εκατομμύριων ανθρώπων, ανά έτος, από παράκτιες πλημμύρες
- Αύξηση των ετησίων οικονομικών ζημιών κατά 190 δισ. ευρώ

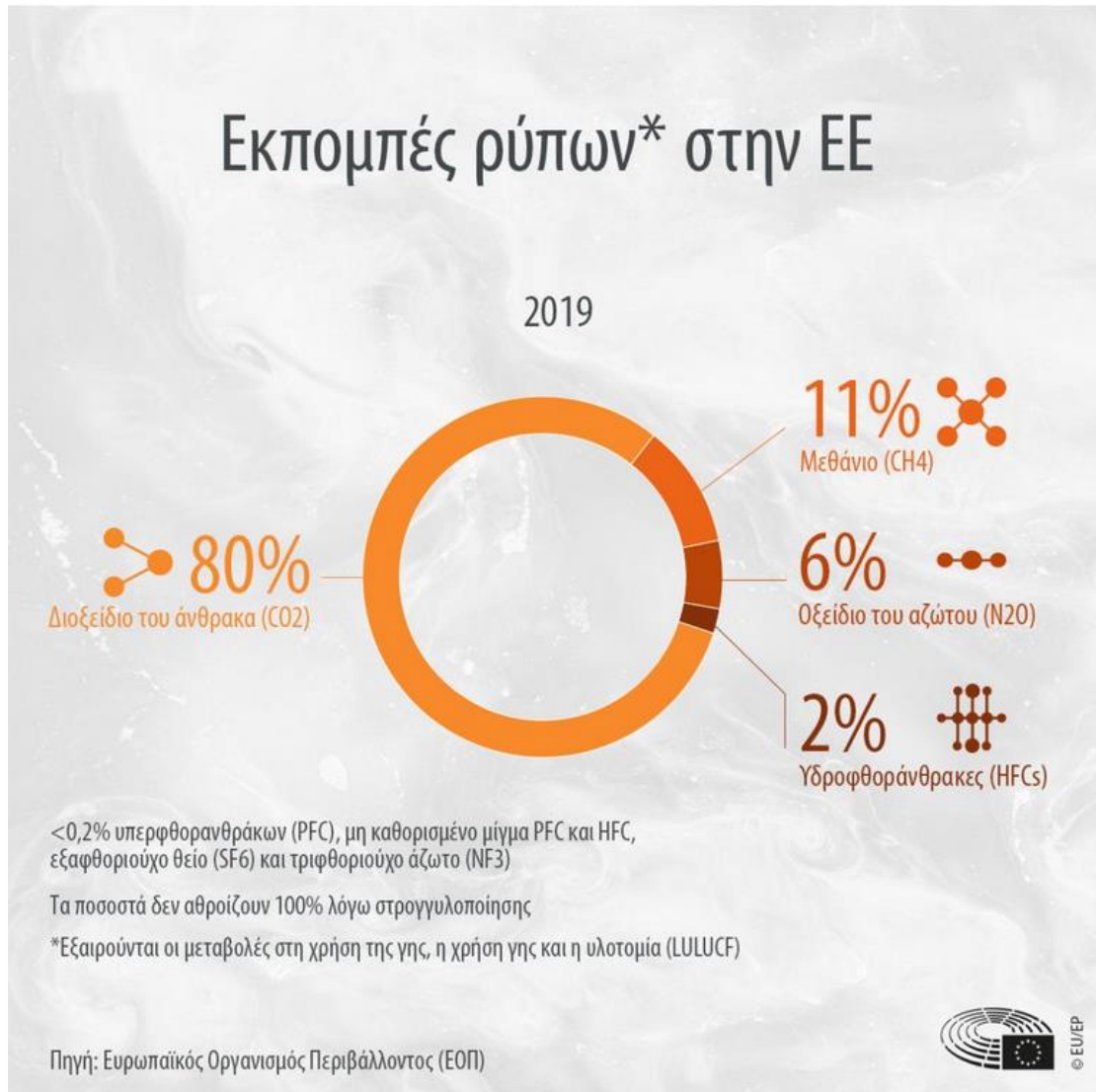
Ως γίνεται αντιληπτό, τα ανωτέρω δύνανται να αλλάξουν άρδην τον πλανήτη, καθώς είναι σε θέση να επηρεάσουν τα αποθέματα σε τρόφιμα και νερό και, εν συνεχεία, την υγεία των ανθρώπων. Οι επιπτώσεις και οι κίνδυνοι από την κλιματική αλλαγή δεν κάνουν κοινωνικές και οικονομικές διακρίσεις, όμως οι φτωχοί και ευάλωτοι πλήττονται αμεσότερα και εντονότερα, μη δυνάμενοι να υιοθετήσουν άμεσα «μέτρα άμυνας». Όσο οι δράσεις και τα μέτρα αναβάλλονται, τόσο τα προβλήματα διογκώνονται και καθιστούν δυσκολότερη και πιο δαπανηρή την αντιμετώπισή τους. Η άμεση ανάληψη δράσης, επομένως, είναι η σοφότερη επιλογή.[2].

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες και ως επί το πλείστον η καύση ορυκτών καυσίμων, τα τελευταία πενήντα έτη, έχουν αυξήσει τις ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα και λοιπών αερίων, των καλούμενων «αερίων του θερμοκηπίου». Η ονομασία, δε, αυτή

έχει δοθεί γιατί λειτουργούν ακριβώς κατά τον τρόπο που λειτουργεί ένα θερμοκήπιο, ήτοι τα αέρια αυτά αντί να επιτρέπουν την ελεύθερη διαφυγή της υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπεται από τη Γη στο διάστημα, την απορροφούν. Λόγω, μάλιστα, αυτού του φαινομένου, επιπρόσθετη θερμότητα παγιδεύεται στα χαμηλότερα ατμοσφαιρικά στρώματα. Ειδικότερα, τα τελευταία 100 χρόνια η παγκόσμια θερμοκρασία έχει αυξηθεί κατά 0.75°C περίπου, και τα τελευταία 25 έτη, ο ρυθμός θέρμανσης του πλανήτη έχει αυξηθεί πάνω των 0.18°C κάθε δεκαετία [3].

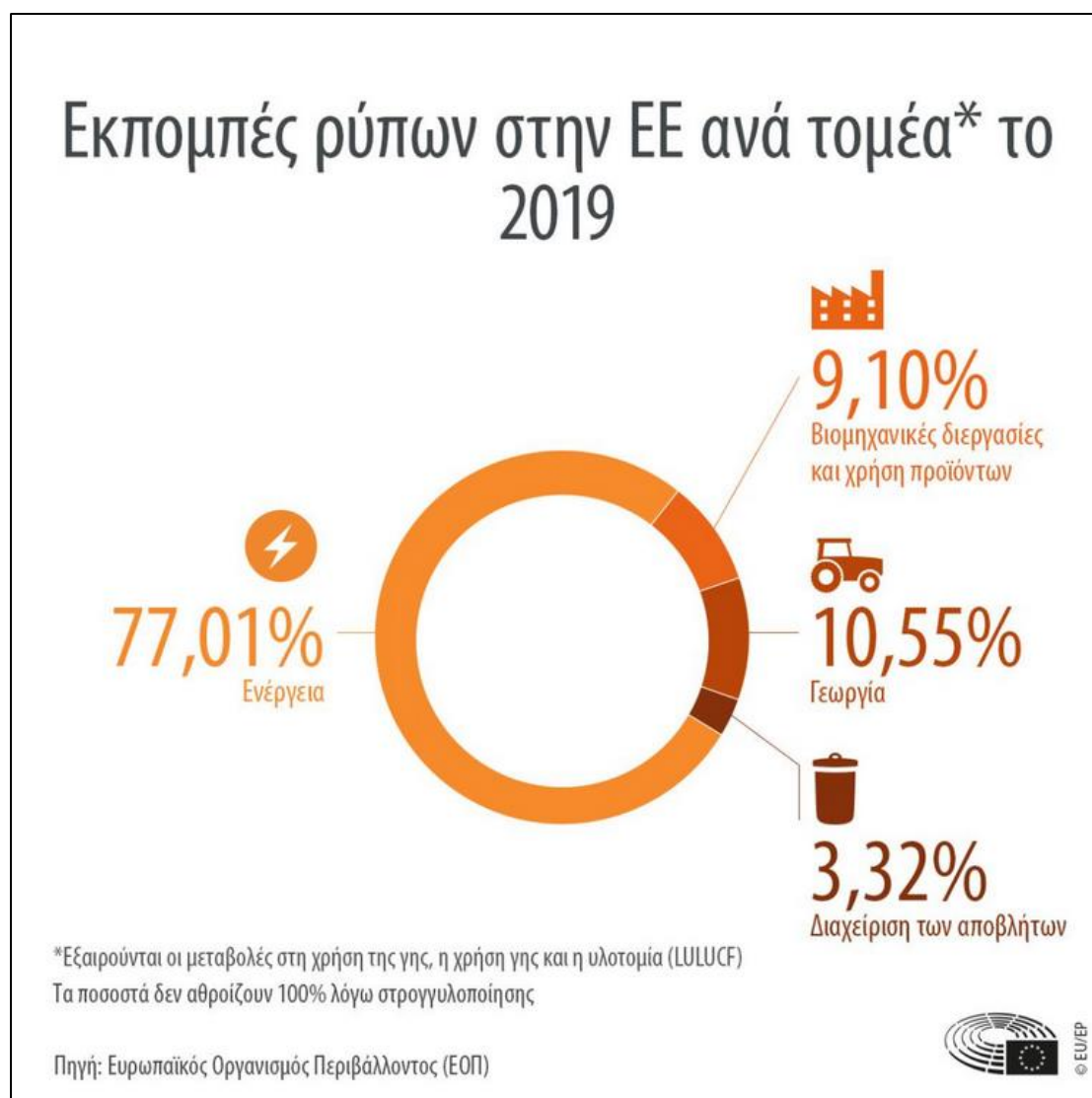
2.2 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι πολύ σημαντικό για την επιβίωσή των ανθρώπων πάνω στη Γη, όμως η συγκέντρωση στην ατμόσφαιρα των αερίων που προκαλούν το φαινόμενο, έχει αυξηθεί υπερβολικά τον τελευταίο αιώνα προκαλώντας την πλανητική θέρμανση. Τα έξι κύρια αέρια που προκαλούν το φαινόμενο θερμοκηπίου είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), το οξείδιο του αζώτου (N_2O), το μεθάνιο (CH_4), οι υδροφθοράνθρακες (HFCs), οι υπερφθοριωμένοι υδρογονάνθρακες (PFCs), το εξαφθοριούχο θείο (SF_6).



Εικόνα 2.1. Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην Ε.Ε. ανά ρύπο. Πηγή: [4]

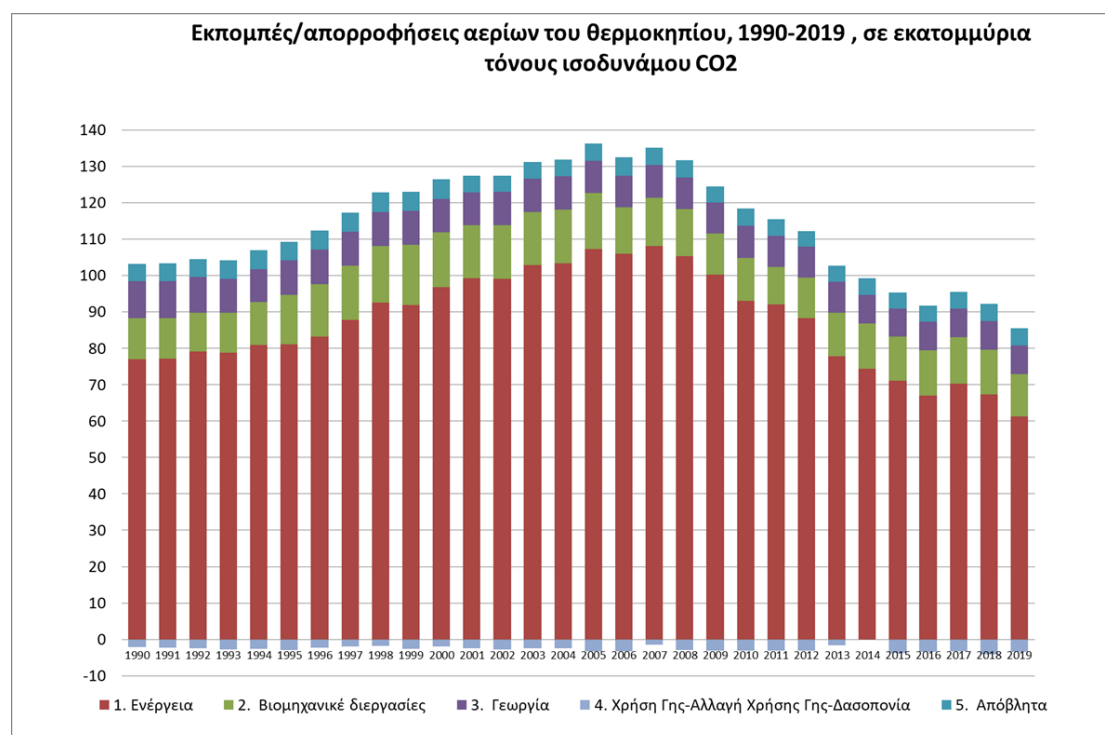
Όπως αποτυπώνεται ανωτέρω (**Εικόνα 2.1**), το σημαντικότερο αέριο θερμοκηπίου είναι το διοξείδιο του άνθρακα, η παραγωγή του οποίου οφείλεται σε ανθρώπινες δραστηριότητες. Σε αντίθεση με το διοξείδιο του άνθρακα, υπάρχουν άλλα αέρια, τα οποία παρόλο που εκπέμπονται σε μικρότερες ποσότητες δύνανται να παγιδεύσουν τη θερμότητα με αποτελεσματικότερο τρόπο. Για παράδειγμα, το μεθάνιο είναι περισσότερες από 80 φορές ισχυρότερο, ανά μονάδα μάζας, από το διοξείδιο του άνθρακα, σε μια περίοδο 20 ετών [4].



Εικόνα 2.2. Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά τομέα στην Ε.Ε.. Πηγή: [4]

Σύμφωνα με την 6η έκθεση αξιολόγησης της Διακυβερνητικής Ομάδας για τις Κλιματικές Μεταβολές (“IPCC”), από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα, οι ανθρώπινες δραστηριότητες που οδηγούν σε εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ευθύνονται για περίπου το 1,1°C της θέρμανσης του πλανήτη. Η καύση του άνθρακα, πετρελαίου και φυσικού αερίου, η αποψίλωση των δασών και η γεωργία είναι κάποιες από αυτές τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Οι συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην Ε.Ε. για το έτος 2019, κατανεμημένες σε βασικούς τομείς πηγών, αποτυπώνεται στην **Εικόνα 2.2**. Πιο συγκεκριμένα, το 77,1% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, για το έτος 2019, οφείλεται στην ενέργεια, με το ένα τρίτο αυτών να εμπίπτει στον τομέα των μεταφορών. Ακολούθως, το 10,55% εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου προέρχονται από τη γεωργία, το 9,10% από βιομηχανικές διεργασίες και χρήση προϊόντων και το 3,32% από τη διαχείριση των αποβλήτων [4].

Στη διαδικασία παρακολούθησης των μέτρων που αποσκοπούν στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, αλλά και πρωτογενώς στην χάραξη περιβαλλοντικής πολιτικής, με τον αυτό σκοπό, συνεισφέρουν τα μέγιστα οι απογραφές εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, ανά έτος, καθώς και άλλων αερίων. Αποτελούν απαραίτητο εργαλείο παρακολούθησης των μέτρων για τη μείωση των εκπομπών σε διάφορους τομείς, όπως στην ενέργεια, στις μεταφορές, στις βιομηχανικές διεργασίες, στη γεωργία, στα απόβλητα, στον τομέα χρήσης γης, στην αλλαγή χρήσης γης και στη δασοπονία [5].



Εικόνα 2.3. Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ισοδυνάμου CO₂. Πηγή: [5]

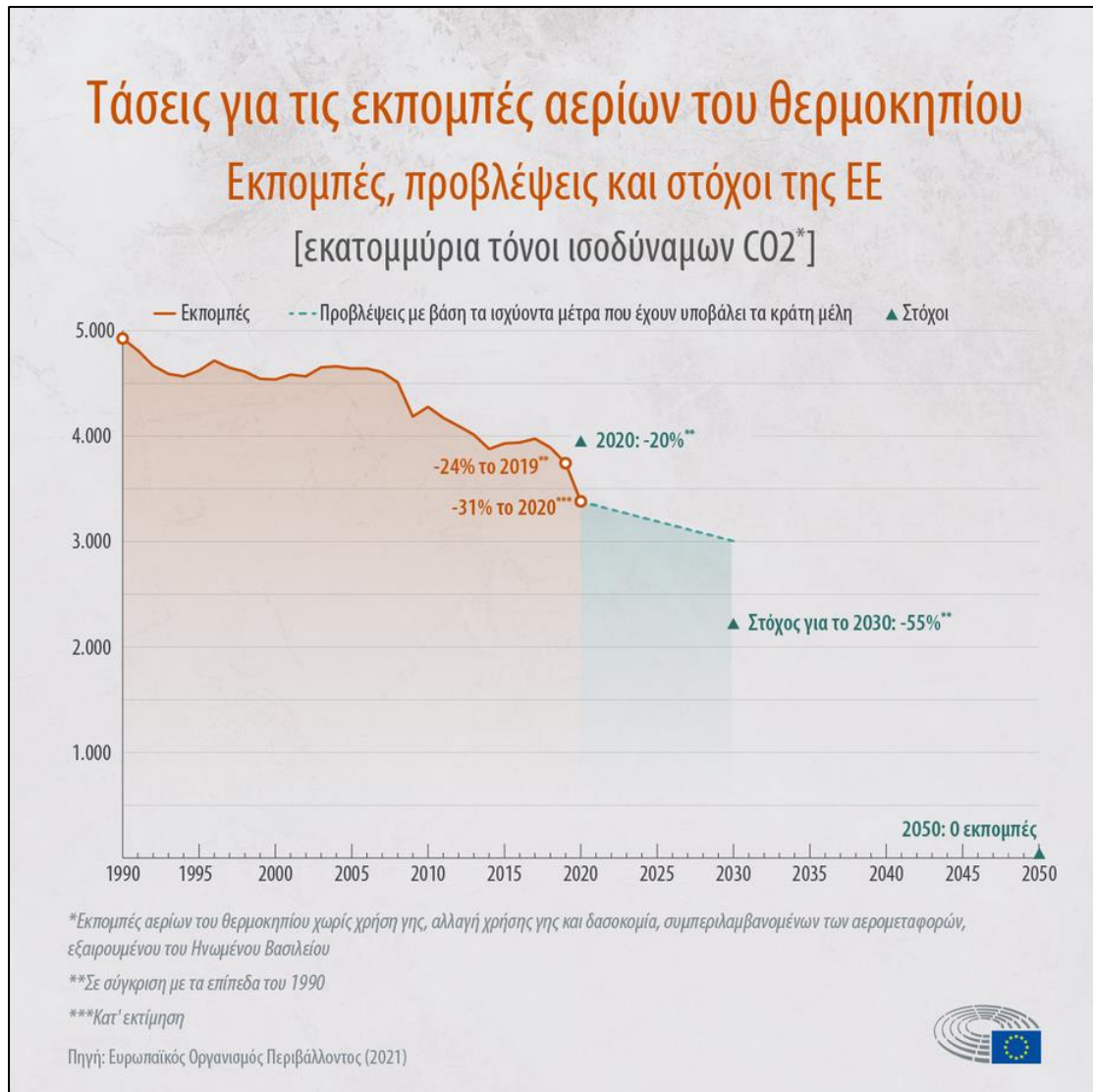
Στην ανωτέρω **Εικόνα 2.3** αποτυπώνεται η εξέλιξη των εθνικών εκπομπών/απορροφήσεων των αερίων του θερμοκηπίου από το 1990 έως το 2019, σύμφωνα με την τελευταία έκθεση απογραφής του 2021.

Περιγραφή των μεθόδων υπολογισμού των εκπομπών, παρουσιάσεις των δεδομένων δραστηριότητας και των συντελεστών εκπομπής που χρησιμοποιήθηκαν και υπολογισμοί της αβεβαιότητας κατά την εκτίμηση των εκπομπών αποτελούν περιεχόμενο των απογραφών. Οι τελευταίες κατευθυντήριες οδηγίες της Διακυβερνητικής Επιτροπής των Ηνωμένων Εθνών “Intergovernmental Panel on Climate Change” εφαρμόζονται κατά την απογραφή (“IPCC 2006 GLs”) [5].

2.3 Πολιτικές αντιμετώπισης στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Πολιτικές, με στόχο την αποτροπή της επικίνδυνης κλιματικής αλλαγής και την κλιματική ουδετερότητα έως το 2050, αποτελούν δέσμευση των ηγετών της Ε.Ε.. Οι επιμέρους αυτές συμφωνίες και δεσμεύσεις θα αποτελέσουν την απαρχή για την ψήφιση του ευρωπαϊκού νόμου για το κλίμα κατόπιν συμφωνίας από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο, και δεν θα εναπόκεινται στην διακριτική ευχέρεια των κρατών- μελών θα καταστούν νομικά δεσμευτικοί, τόσο η κλιματική ουδετερότητα έως το 2050 όσο και ο ενδιάμεσος στόχος για τη μείωση των εκπομπών έως το 2030 [6].

Ο ευρωπαϊκός νόμος για το κλίμα αποτελεί μέρος της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας, δηλαδή του χάρτη πορείας της Ε.Ε. για την ουδετερότητα του κλίματος. Το Κοινοβούλιο, στα πλαίσια πίεσης που ασκεί για την επίτευξη πιο φιλόδοξων στόχων για το κλίμα, τοποθετήθηκε σχετικά με τη νέα νομοθεσία στις 7 Οκτωβρίου 2020. Οι ευρωβουλευτές κάλεσαν να τεθεί ως στόχος η μείωση των εκπομπών αερίων κατά 60% έως το 2030, σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990, και ζήτησαν από τις χώρες της Ε.Ε. να επιτύχουν κλιματική ουδετερότητα έως το 2050 [6].



Εικόνα 2.4. Η εξέλιξη των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην Ε.Ε.. Πηγή: [7]

Στα πλαίσια της Διάσκεψης για την Κλιματική Αλλαγή που έλαβε χώρα στο Παρίσι τον Δεκέμβριο του 2015 (“COP21”) [29], η Ευρωπαϊκή Ένωση δεσμεύθηκε να περιορίσει, και στη συνέχεια να διατηρήσει, τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου σε χαμηλά επίπεδα, συνθήκη που είναι απαραίτητη για να διατηρηθεί η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη κάτω από τους 2°C, πάνω από τα προβιομηχανικά επίπεδα. Για την επίτευξη του προαναφερθέντος στόχου, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει υιοθετήσει, επισήμως, στόχο μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου τουλάχιστον κατά 80%, έως το 2050, συγκριτικά με τα επίπεδα του 1990 [8], όπως αποτυπώνεται και στην **Εικόνα 2.4**.

Στον αντίποδα, η συμφωνία του Παρισιού ρητά αναφέρει ότι οι προσπάθειες που πρέπει να καταβληθούν οφείλουν να στοχεύουν στον περιορισμό της αύξησης της παγκόσμιας θερμοκρασίας σε 1.5°C πάνω από τα προβιομηχανικά επίπεδα, καθώς τα

επίπεδα αυτά είναι τα ελάχιστα επιθυμητά ώστε να μειωθούν σημαντικά οι κίνδυνοι και οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Για να καταστεί εφικτός αυτός ο φιλόδοξος στόχος, απαιτείται μηδενισμός των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου αμέσως μετά το 2050 και κατά το δεύτερο μισό του αιώνα [39]. Για τον λόγο αυτό, οι προτάσεις της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, τον Νοέμβριο του 2018, ήταν μακροπρόθεσμη στρατηγική, η οποία συνίσταται σε πολιτικές που επιδιώκουν τη μείωση κατά 95%, κατ' ελάχιστον, των εκπομπών το 2050 έναντι των επιπέδων του 1990. Με γνώμονα την συμβατότητα των στόχων με τον 1.5°C, η επιδίωξη έγκειται στην κλιματική ουδετερότητα του ενεργειακού συστήματος και της οικονομίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης, μέχρι το 2050. Στη σχετική μελέτη της Ε.Ε. αναφέρονται και σενάρια που προβλέπουν μείωση εκπομπών λίγο πάνω από το 80% το 2050, τα οποία άπτονται στο πλαίσιο των στόχων για τους 2°C. Τα υποθετικά σενάρια της Ε.Ε. διαφοροποιούνται μεταξύ τους σχετικά με την τεχνολογική εξέλιξη και τις προτεραιότητες των δράσεων, για τη δραστική μείωση του ανθρακικού αποτυπώματος του ενεργειακού συστήματος, μετά το 2030 [8].

Η «ουδετερότητα ως προς το κλίμα» είναι ταυτόσημη με την επίτευξη μηδενικών συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, ήτοι το άθροισμα θετικών και αρνητικών εκπομπών φέρει μηδενικό αποτέλεσμα. Η «ουδετερότητα ως προς το διοξείδιο του άνθρακα» είναι παρόμοια έννοια αλλά περιορίζεται στις εκπομπές CO₂. Τα αέρια θερμοκηπίου περιλαμβάνουν το διοξείδιο του άνθρακα που εκπέμπεται είτε από την καύση ορυκτών καυσίμων (ενεργειακός τομέας), είτε από βιομηχανικές διεργασίες (χωρίς καύση), αλλά και λοιπά αέρια που εκπέμπονται από πλήθος άλλων διεργασιών. Λίγο λιγότερο από το 80% των συνολικών εκπομπών αερίων θερμοκηπίου εκπέμπεται από τον ενεργειακό τομέα. «Κλιματική ουδετερότητα» για τον ενεργειακό τομέα σημαίνει μηδέν καθαρές εκπομπές (δηλαδή αλγεβρικό άθροισμα θετικών και αρνητικών εκπομπών) από καύση ορυκτών καυσίμων [8]. Σημαντικά βήματα για την αποανθρακοποίηση αποτελούν η περαιτέρω διείσδυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και η μείωση της συνολικής ζήτησης [40, 41]

Οι επιδιώξεις για το κλίμα και την ενέργεια για το σύνολο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, έως το έτος 2030, περιλαμβάνουν μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (40-45% κάτω από τα επίπεδα του 1990), βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά 32.5% (μείωση πρωτογενούς και τελικής ενέργειας σε σύγκριση με το σενάριο του 2007 για το έτος 2030) και 32% μερίδιο συμμετοχής των ΑΠΕ στην ακαθάριστη

τελική κατανάλωση ενέργειας. Τα μέτρα πολιτικής περιλαμβάνουν τομεακές οδηγίες τόσο για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όσο και την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, την μεταρρύθμιση του ευρωπαϊκού συστήματος εμπορίας εκπομπών (“EU-ETS”), καθώς και εθνικά σχέδια για την ενέργεια και το κλίμα [8].

Προς αυτή την κατεύθυνση οδηγεί η πρόταση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα κατά 55% το 2030 (συγκριτικά με το 1990), με το σχέδιο “Fit-for-55”. Το Σχέδιο αυτό προβλέπει σε πρώτη φάση τη μείωση των δικαιωμάτων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα για τους κλάδους της ενέργειας και της βιομηχανίας και σε δεύτερη φάση την εφαρμογή του συστήματος στις οδικές μεταφορές και στην οικιακή θέρμανση. Επιπροσθέτως, αποσκοπεί στην αύξηση των στόχων για την παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές (κυρίως ηλιακή και αιολική) ώστε να διαμορφωθεί σε 40% το 2030, και προσθέτει την υποχρέωση το 50% περίπου της ενέργειας που χρησιμοποιείται στον κτιριακό τομέα να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές, και πάλι μέχρι το 2030. Αν κατά συνέπεια, ως αναφέρθηκε, το 50% περίπου της ενέργειας που χρησιμοποιείται στον κτιριακό τομέα προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές, το 2030, τότε το μερίδιο της ενέργειας από ΑΠΕ που χρησιμοποιείται στη θέρμανση ή στη ψύξη των κτιρίων θα πρέπει να αυξάνει κατά 1.1% ετησίως. Περαιτέρω, η Ε.Ε. εγείρει μέτρα και πολιτικές από τα κράτη μέλη ώστε η ενεργειακή αναβάθμιση των δημόσιων κτιρίων να διαμορφωθεί σε 3% ετησίως [35].

2.4 Δράσεις και μέτρα σε Εθνικό επίπεδο

Το Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας εκπόνησε Εθνικό Πρόγραμμα μείωσης εκπομπών αερίων φαινομένου θερμοκηπίου για την περίοδο 2000-2010, προκειμένου να ανταποκριθεί ή χώρα μας στις υποχρεώσεις που απορρέουν από την κύρωση του Πρωτοκόλλου του Κιότο (ΦΕΚ 117/Α/30-5-02) όπως αυτή εναρμονίστηκε στο εθνικό σύστημα με την αντίστοιχη κοινοτική συμφωνία. Στο Πρόγραμμα αυτό προβλέπονται μέτρα στον οικιακό και τριτογενή τομέα, στις μεταφορές, στη βιομηχανία, στην ηλεκτροπαραγωγή, στη διαχείριση απορριμμάτων, στη γεωργία και στις βιομηχανικές διεργασίες, σε μια προσπάθεια συντονισμού των δραστηριοτήτων του ιδιωτικού και του δημόσιου τομέα με στόχο τον περιορισμό των αερίων του θερμοκηπίου [9].

Τον Δεκέμβριο του 2014 υπεγράφη μεταξύ του Υπουργείου Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (νυν Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας /

ΥΠΕΝ), του Ιδρύματος Ιατροβιολογικών Ερευνών της Ακαδημίας Αθηνών και της Τράπεζας της Ελλάδος (ΤτΕ) μνημόνιο συνεργασίας που, μεταξύ άλλων, αφορούσε την σύνθεση του κειμένου της Εθνικής Στρατηγικής για την Προσαρμογή στη Κλιματική Αλλαγή (ΕΣΠΚΑ). Έτσι, η Επιτροπή Μελέτης των Επιπτώσεων της Κλιματικής Αλλαγής της Τράπεζας της Ελλάδος (ΕΜΕΚΑ), με την συνεισφορά της ΤτΕ και την στήριξη της Διεύθυνσης Κλιματικής Αλλαγής και Ποιότητας της Ατμόσφαιρας του ΥΠΕΝ, συνέταξαν σχέδιο ΕΣΠΚΑ, το οποίο τέθηκε σε δημόσια διαβούλευση (από 24/11/2015 έως 08/12/2015), τα αποτελέσματα της οποίας αξιολογήθηκαν από άτυπη ομάδα στην οποία μετείχαν μέλη της ΕΜΕΚΑ, της ΤτΕ καθώς και στελέχη της Δ/σης Κλιματικής Αλλαγής και Ποιότητας της Ατμόσφαιρας [10].

Οι σημαντικότεροι στόχοι της ΕΣΠΚΑ είναι:

1. η βελτίωση της διαδικασίας για τη λήψη αποφάσεων δια της απόκτησης πληρέστερων πληροφοριών και επιστημονικών δεδομένων που αφορούν την προσαρμογή,
2. η προώθηση της ανάπτυξης και εφαρμογής περιφερειακών/τοπικών σχεδίων δράσης σε συνδυασμό με την παρούσα στρατηγική,
3. η προώθηση δράσεων και πολιτικών προσαρμογής σε όλους τους τομείς, με έμφαση στους ευάλωτους πληθυσμούς,
4. η δημιουργία σχετικού μηχανισμού για την παρακολούθηση και αξιολόγηση των δράσεων και των πολιτικών προσαρμογής, και
5. η ενημέρωση και ευαισθητοποίηση του κοινωνικού συνόλου.

Το Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα, ΕΣΕΚ, (“National Energy and Climate Plan, NECP”) κυρώθηκε με την με αριθμό 4/23.12.2019 Απόφαση του Κυβερνητικού Συμβουλίου Οικονομικής Πολιτικής (ΦΕΚ Β΄4893). Το ΕΣΕΚ περιλαμβάνει έναν αναλυτικό οδικό χάρτη για την επίτευξη συγκριμένων Ενεργειακών και Κλιματικών Στόχων έως το 2030, και αποτελεί εν γένει ένα Στρατηγικό Σχέδιο για τα θέματα του Κλίματος και της Ενέργειας. Ο τρόπος που προσεγγίζει και αναλύει, σε ένα ευρύ φάσμα αναπτυξιακών και οικονομικών δραστηριοτήτων, τις Προτεραιότητες και τα Μέτρα Πολιτικής, αποσκοπώντας να προσδώσει όφελος στην Ελληνική κοινωνία, το καθιστά κείμενο σταθμό για την επόμενη δεκαετία. Επιπλέον, στο ΕΣΕΚ αποτυπώνεται μια μακροπρόθεσμη στρατηγική (Μακροχρόνια Στρατηγική) για το έτος 2050 (ΜΣ-50) για τα θέματα του

Κλίματος και της Ενέργειας, στα πλαίσια συνεισφοράς της Ελλάδας, σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης, στο συλλογικό Ευρωπαϊκό στόχο της επιτυχούς και βιώσιμης μετάβασης σε μια οικονομία κλιματικής ουδετερότητας έως το 2050. Η Μακροχρόνια Στρατηγική έχει ως σημείο αναφοράς και εκκίνησης το έτος 2030 και στοχεύει στην επίτευξη των σχετικών επιδιώξεων του ΕΣΕΚ [11].

Η Μακροχρόνια Στρατηγική για το έτος 2050 (“Long Term Strategy 2050 – LTS”), δρα συμπληρωματικά στο ΕΣΕΚ, τον βασικό πυλώνα βάσει του οποίου εφαρμόζονται συγκεκριμένα μέτρα πολιτικής στους τομείς της ενέργειας και του κλίματος, με σημείο αναφοράς το έτος 2030 για την επίτευξη των σχετικών στόχων του ΕΣΕΚ. Στόχος της Μακροχρόνιας Στρατηγικής (για το έτος 2050) είναι να παρουσιάσει το σύνολο των διαθέσιμων και εφαρμόσιμων τεχνολογικών λύσεων στο εγχώριο πεδίο, αποφεύγοντας τη μεμονωμένη επιλογή κάποιων εξ’ αυτών, με σκοπό να παράσχει την δυνατότητα και την ευελιξία, σε επίπεδο ενεργειακής πολιτικής, για υιοθέτηση των μέτρων σε αναλογία με την τεχνολογική πρόοδο και τη διάρθρωση της τελικής κατανάλωσης ενέργειας, στους κλάδους οικονομικής δραστηριότητας, μετά το έτος 2030. Συνοψίζοντας τα ανωτέρω, η μακροχρόνια στρατηγική μελετά το εύρος των διαθέσιμων επιλογών και των πιθανών σεναρίων εξέλιξης του ενεργειακού συστήματος, για την επίτευξη της ενεργειακής μετάβασης, με τον πιο οικονομικό και ανταγωνιστικό τρόπο για την εθνική οικονομία, στοχεύοντας στη δραστική μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και στον εκσυγχρονισμό της οικονομίας [12].

Τα σενάρια της μακροχρόνιας στρατηγικής ορίζονται ως εξής:

- Σενάριο “EE2” (Εξηλεκτρισμός και βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης για τους 2°C – “Energy Efficiency and Electrification for 2°C”).
- Σενάριο “NC2” (Νέοι ενεργειακοί φορείς για τους 2°C – “New energy carriers for 2°C”).
- Σενάριο “EE1.5” (Εξηλεκτρισμός και βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης για τον 1,5°C – “Energy Efficiency and Electrification for 1,5°C”).
- Σενάριο “NC1.5” (Νέοι ενεργειακοί φορείς για τον 1,5°C – “New energy carriers for 1,5°C”).

Σε αντίθεση με τους σχετικά βραχυπρόθεσμους στόχους για το ενεργειακό σύστημα έως το 2030, οι οποίοι είναι καλά ορισμένοι, οι μακροπρόθεσμοι για το έτος 2050 είναι ακόμα υπό εξέταση, με αποτέλεσμα να διατυπώνονται διάφορες πιθανές επιλογές και διαφορετικά σενάρια [42].

2.5 Ενεργειακή απόδοση κτιρίων και οικιακός τομέας

Η μεγαλύτερη πρόκληση για τις δημόσιες πολιτικές που θα υλοποιηθούν κατά την επόμενη δεκαετία δεν είναι άλλη από την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, σε όλους τους τομείς κατανάλωσης. Γι' αυτό, δε, το λόγο αποτελεί απόλυτη και οριζόντια προτεραιότητα σε όλο το εύρος και μείγμα των πολιτικών και των μέτρων που θα υιοθετηθούν. Η επίτευξη της εξοικονόμησης ενέργειας, δια της βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης, έχει άμεσες συνέπειες στον τρόπο κατανάλωσης της ενέργειας, στις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται, στην κάλυψη καταναλωτικών ενεργειακών αναγκών, και πέραν αυτού είναι κομβικής σημασίας για την βελτίωση της ανταγωνιστικότητας όλων των κλάδων οικονομικής δραστηριότητας [13].

Το ΕΣΕΚ θέτει ως στόχο, μεταξύ άλλων, για το έτος 2030, την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης σε ποσοστά υψηλότερα και από τα αντίστοιχα Ευρωπαϊκά. Πιο συγκεκριμένα, επιδιώκει η τελική κατανάλωση ενέργειας, το έτος 2030, να είναι χαμηλότερη από την καταγεγραμμένη τελική κατανάλωση για το έτος 2017, οδύοντας σε μια ποιοτική βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης στην τελική κατανάλωση ενέργειας κατά 38%, σε αντίθεση με τον αντίστοιχο κεντρικό ευρωπαϊκό στόχο, ο οποίος ανέρχεται στο 32,5%. Στο σύνολο των μέτρων του ΕΣΕΚ για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης έμφαση δίδεται στα μέτρα που αφορούν στον κτιριακό τομέα και στον τομέα των μεταφορών.

Λαμβάνοντας ως δεδομένο πως ο κτιριακό τομέας ευθύνεται για το 40% περίπου της κατανάλωσης ενέργειας, σήμερα, καθίσταται αναγκαιότητα η προώθηση της βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων μέσω ανακαίνισης και εκσυγχρονισμού. Ακόμα, θα πρέπει να προβλεφθούν σχετικά μέτρα ανανέωσης του κτιριακού αποθέματος, που έχει ολοκληρώσει τον κύκλο ζωής του, με ταυτόχρονη αξιοποίηση των παραγόμενων απόβλητων εκσκαφών κατασκευών & κατεδαφίσεων (ΑΕΕΚ) κατά τις αρχές της κυκλικής οικονομίας. Για την μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων απαιτείται αυξημένη χρήση ενεργειακά αποδοτικών και χαμηλών εκπομπών συστημάτων θέρμανσης, αλλά και η ανακαίνιση ή κατασκευή πιο έξυπνων κτιρίων, με βελτιωμένα υλικά για τη μόνωση, ομοίως σε εναρμόνιση με τις αρχές της κυκλικής οικονομίας. Η οδηγία για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων συμβάλλει στη βελτίωση της ποιότητας ζωής, ενώ ταυτόχρονα συνεισφέρει σημαντικά στη μείωση των εκπομπών ΑτΘ έως το έτος 2050. Παράλληλα, πολιτική μέγιστης σημασίας αποτελεί και η βέλτιστη χρήση των τεχνολογιών ΑΠΕ για την

κάλυψη αναγκών θέρμανσης και ψύξης, καθώς και συστημάτων αυτοπαραγωγής από ΑΠΕ για την κάλυψη κτιριακών αναγκών για ηλεκτρική ενέργεια, μέσω της ενίσχυσης του ρόλου των καταναλωτών. Οι προαναφερόμενες δράσεις θα οδηγήσουν σε χαμηλότερο κόστος διαβίωσης, αλλά προκειμένου να εφαρμοσθούν θα πρέπει να παρασχεθούν οι τρόποι και τα μέσα, που είναι απαραίτητα στους πολίτες για να πραγματοποιήσουν τη μετάβαση αυτή [13].

Ο ελληνικός τομέας των κτιρίων έχει έντονο ενεργειακό και περιβαλλοντικό αποτύπωμα, λόγω της χρήσης πρωτογενών υλών, της κατανάλωσης φυσικών πόρων και της παραγωγής ρύπων και αποβλήτων [27]. Είναι αναμφισβήτητο πως είναι αναγκαία η ανακαίνιση του υπάρχοντος κτιριακού αποθέματος, καθώς μέσω αυτής θα επιτευχθεί σημαντική ποσοστιαία εξοικονόμηση ενέργειας και κόστους για τους πολίτες, ενώ, συνάμα, οι συνθήκες άνεσης, ασφάλειας και υγείας, κατά τη χρήση των κτιρίων αυτών, θα σημειώσουν βελτίωση. Προς τούτο, απαιτείται να καθορισθεί ένας κεντρικός, ποσοτικός στόχος ανακαίνισης και αντικατάστασης των υπαρχόντων κτιρίων κατοικίας, με νέα σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης, το ποσοστό του οποίου θα μπορούσε συνδυαστικά να ανέλθει στο 12-15% του συνόλου των κατοικιών, μέχρι το 2030. Η ετήσια στοχοθεσία είναι να αναβαθμίζονται ενεργειακά κατά μέσο όρο 60.000 κτίρια ή κτιριακές μονάδες ή να αντικαθίστανται από νέα ενεργειακά αποδοτικότερα. Ο στόχος αυτός θα συμβάλλει ριζικά στην αναβάθμιση του παλαιωμένου κτιριακού αποθέματος και θα δώσει σημαντική ώθηση στον κατασκευαστικό τομέα, μέσω τεχνολογιών υψηλής προστιθέμενης αξίας. Γενικότερα, θα προσφέρει υψηλά οικονομικά και λειτουργικά οφέλη στα ελληνικά νοικοκυριά με ταυτόχρονη κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών. Παράλληλα βασική επιδίωξη του ΕΣΕΚ είναι η αύξηση της συμμετοχής του φυσικού αερίου σε όλους τους τομείς τελικής κατανάλωσης και, επί της ουσίας, με την αύξηση αυτή η διευρυμένη χρήση του να αντικαταστήσει μέρος της παρούσας κατανάλωσης πετρελαϊκών προϊόντων στους συγκεκριμένους τομείς, ως ενδιάμεσο καύσιμο. Ο ποσοτικός στόχος που έχει τεθεί είναι η αύξηση της άμεσης χρήσης φυσικού αερίου στους τελικούς τομείς κατανάλωσης κατ' ελάχιστον κατά 50% εν συγκρίσει με το έτος 2017 [13]. Παρόλα αυτά οι τελευταίες εξελίξεις γύρω από το ενεργειακό γίνεσθαι καθώς και η πρόταση “Fit-for-55” την Ευρωπαϊκής Επιτροπής θέτουν υπό αμφισβήτηση τη διεύρυνση χρήσης του καθιστώντας απαραίτητη την εξεύρεση εναλλακτικών.

Η εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια και στις κατοικίες αποτελεί έναν από τους τομείς με τις μεγαλύτερες δυνατότητες μείωσης των ενεργειακών καταναλώσεων με οικονομικά αποτελεσματικό τρόπο [36]. Τα σενάρια μακροπρόθεσμης στρατηγικής, αλλά και το ΕΣΕΚ-2050, εμπεριέχουν στόχους και πολιτικές που σκοπό έχουν να την δραστική μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, ιδιαίτερα για θερμικές χρήσεις. Οι στόχοι των σεναρίων αυτών στηρίζονται στην επιθυμία το κτιριακό απόθεμα να πλησιάσει επίπεδα σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας, το 2050, δηλαδή να αποτελείται από κτίρια με πολύ υψηλή ενεργειακή απόδοση, των οποίων η ποσότητα ενέργειας που απαιτείται για την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών να καλύπτεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, είτε άμεσα χρησιμοποιούμενες, είτε έμμεσα μέσω αντλιών θερμότητας. Για να πλησιάσει το κτιριακό απόθεμα τη μηδενική καθαρή ενέργεια θα πρέπει:

- i. για τα νέα κτίρια να εφαρμοσθούν αυστηρές προδιαγραφές σχετικά με την ενεργειακή επίδοση του κελύφους και
- ii. να αναβαθμισθούν ενεργειακά σε μεγάλη έκταση τα παλαιά κτίρια ώστε το σύνολο, σχεδόν, του παλαιού κτιριακού αποθέματος που θα παραμείνει έως το 2050 να είναι τουλάχιστον, ενεργειακά αναβαθμισμένο.

Ρόλο στην μεγάλη σημασία της ενεργειακή αναβάθμισης των παλαιών κτιρίων παίζει και ο σχετικά μικρός ρυθμός κατασκευής νέων κτιρίων, ο οποίος αναμένεται να διατηρηθεί χαμηλός και στο μέλλον.

Η χρήση αντλιών θερμότητας καθίσταται πιο συμφέρουσα συγκριτικά με άλλες τεχνολογίες θέρμανσης χώρων, ως απόρροια της μεγάλης έκτασης μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας στα κτίρια λόγω της ενεργειακής αναβάθμισης του κελύφους. Κυρίαρχο σενάριο της μακροχρόνιας στρατηγικής φέρεται ο εξηλεκτρισμός των θερμικών χρήσεων στα κτίρια, που μπορεί να οδηγήσει σε σχεδόν μηδενισμό των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου στον κτιριακό τομέα. Ωστόσο, η πορεία προς την κλιματική ουδετερότητα περιλαμβάνει την εξάλειψη κάθε χρήσης στερεών και υγρών ορυκτών καυσίμων στα κτίρια. Ο εξηλεκτρισμός θερμικών χρήσεων στα κτίρια διευκολύνεται από τη μείωση του κόστους των αντλιών θερμότητας στο μέλλον, το συνδυασμό θερμότητας και ψύξης που επιτρέπεται από τις αντλίες θερμότητας και την ευκολία χρήσης της ηλεκτρικής ενέργειας.

Ευλόγως η επενδυτική απόφαση για την ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων προσμετρά στη δαπάνη επένδυσης και τα ετήσια οφέλη από τη μείωση του

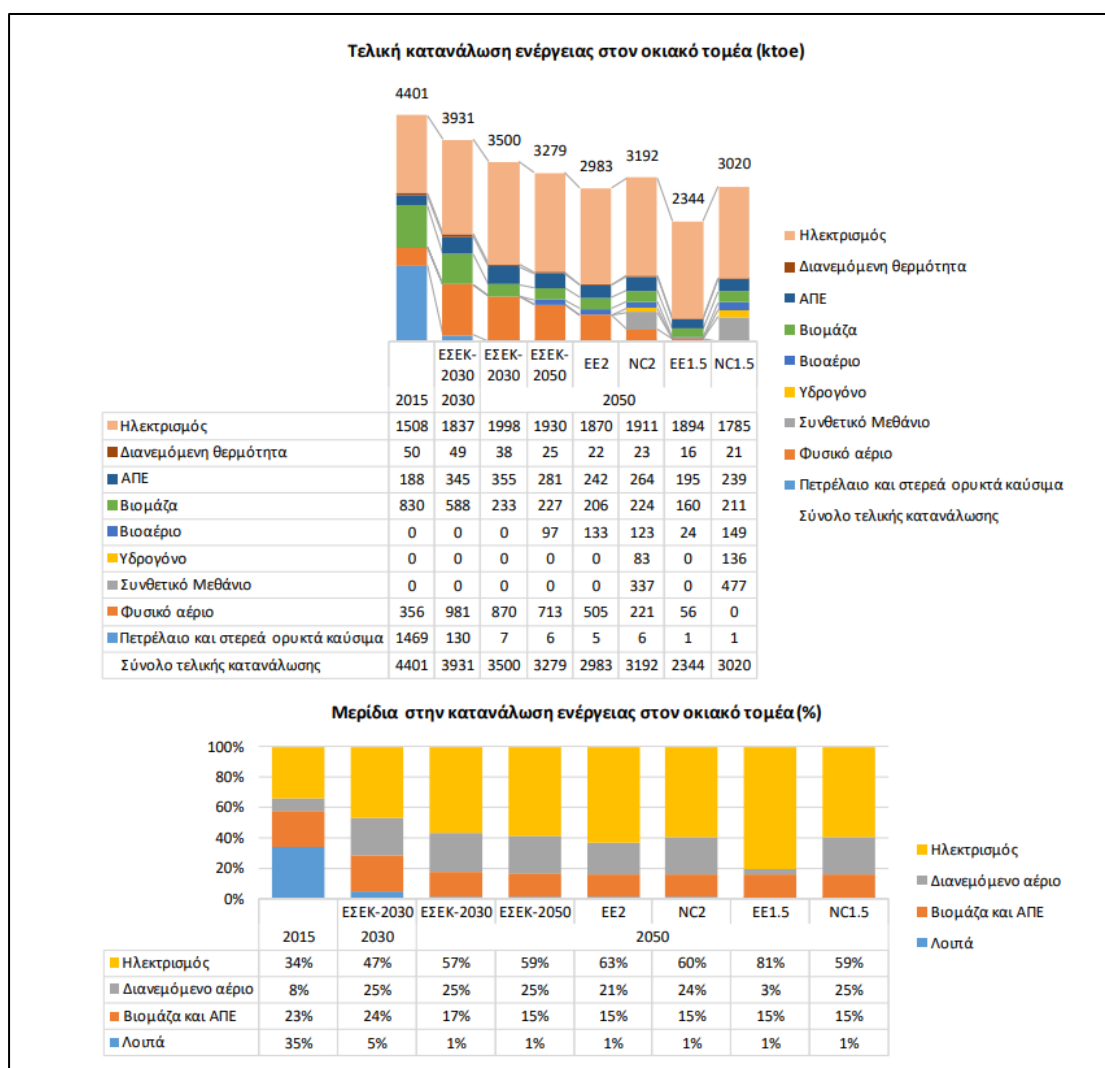
λογαριασμού ενέργειας. Στα οφέλη, ωστόσο, συνυπολογίζονται και έμμεσα οφέλη, τα οποία δεν είναι εύκολο να αναδειχθούν παρά μόνο μέσω κατάλληλων πολιτικών. Τα έμμεσα οφέλη πιθανόν να προκύψουν από τη βελτίωση της ενεργειακής ποιότητας του κτιρίου, μέσω της οποίας αναβαθμίζεται η αξία του στην αγορά ακινήτων. Μπορεί, επίσης, τα οφέλη να συνίστανται σε αποφυγή κυρώσεων και προστίμων όταν πλέον, λόγω της ανακαίνισης, τα χαρακτηριστικά του κτιρίου συμμορφώνονται με σχετικά πρότυπα και κανονισμούς. Η συμμόρφωση στους κανονισμούς ωφελεί, διότι πέραν του προφανούς, διευκολύνει την ενοικίαση ή πώληση του ακινήτου στο μέλλον. Με τους προαναφερόμενους τρόπους, η κανονιστική πολιτική επιφέρει έμμεσα κίνητρα για τη βελτίωση της ανακαίνισης και της αποδοτικότητας. Το οικονομικό όφελος που προστίθεται στην εξοικονόμηση λογαριασμών ενέργειας μπορεί απλά να αναπαριστά την μοναδιαία αξία ή την τιμή εκκαθάρισης αγοράς πιστοποιητικών, των λεγόμενων λευκών πιστοποιητικών, ή την έμμεση αξία που αντιστοιχεί σε πολιτική που υποχρεώνει τις επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας να πραγματοποιούν εξοικονόμηση ενέργειας στις εγκαταστάσεις των πελατών τους. Το ύψος του έμμεσου χρηματικού οφέλους, που προστίθεται στο όφελος από τη μείωση της δαπάνης αγοράς ενέργειας, αποτελεί μεταβλητή ελέγχου ώστε να προσομοιωθεί κατά σενάριο η ένταση και η ταχύτητα ενεργειακής αναβάθμισης των κτιρίων. Ενδεικτικά, παρουσιάζεται η μέση τιμή του έμμεσου χρηματικού οφέλους παρακάτω (Πίνακας 2.1).

Πίνακας 2.1. Επενδυτικές δαπάνες και δείκτες κόστους-οφέλους για την ενεργειακή αναβάθμιση του κελύφους κτιρίων. Πηγή: [8]

	2020-2030	2031-2050					
	“ΕΣΕΚ 2030”	“ΕΣΕΚ 2030”	“ΕΣΕΚ 2050”	“EE2”	“NC2”	“EE1.5”	“NC1.5”
Κατοικίες							
Ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίων							
Μέσος ετήσιος ρυθμός ενεργειακής αναβάθμισης	1,28%	1,01%	1,24%	1,29%	1,24%	1,52%	1,32%
Μέση ετήσια επενδυτική δαπάνη (εκατ. €)	593	306	454	551	473	838	616
Μέσο ετήσιο χρηματικό όφελος επιπλέον της μείωσης δαπάνης αγοράς καυσίμου (€/τιπ εξοικ.)	305	90	944	1373	1040	1557	1421
Κατανάλωση ενέργειας σε θερμικές χρήσεις κτηρίων							
Μέση ετήσια επενδυτική δαπάνη για την αγορά εξοπλισμού	3488	3712	3687	3896	3721	4553	3759
Ετήσιο κόστος εξυπηρέτησης κεφαλαίου ανά μονάδα δαπάνης για αγορά ενέργειας (CAPEX/OPEX)	33%	31%	31%	35%	30%	50%	30%

Μέση ετήσια απόδοση ενεργειακών εξοπλισμών κτιρίων για θερμικές χρήσεις	1,03	1,34	1,35	1,44	1,37	1,65	1,36
Τελική κατανάλωση ενέργειας σε όλες τις χρήσεις ανά μονάδα επιφανείας κατοικιών (kwh/τμ)	60,5	48,4	45,1	40,6	44,1	31,3	57,2

Το μεγαλύτερο ποσοστό του ελληνικού κτιριακού τομέα αποτελείται από κατοικίες. Συγκεκριμένα τα κτίρια κατοικιών αντιπροσωπεύουν το 79% του κτιριακού αποθέματος [30]. Σύμφωνα με τα τελευταία στοιχεία, μετά το 2015, η συνολική κατανάλωση ενέργειας στον ελληνικό οικιακό τομέα έχει πτωτικές τάσεις. Συγκεκριμένα, το 2019 η τελική οικιακή κατανάλωση αγγίζει περίπου τα 4.042 ktoe και αντιστοιχεί στο 25% της συνολικής τελικής κατανάλωσης στην Ελλάδα [33]. Για το έτος 2018 το σχετικό ποσοστό στην Ε.Ε. διαμορφωνόταν στο 26,3% [43]. Παρακάτω στην **Εικόνα 2.5** φαίνεται η τελική κατανάλωση ενέργειας στον οικιακό τομέα ανά ktoe καθώς και τα μερίδια στην κατανάλωση ενέργειας στον οικιακό τομέα [8].



Εικόνα 2.5. Διάρθρωση της κατανάλωσης ενέργειας στον οικιακό τομέα. Πηγή: [8]

Ο χρόνος ζωής των κτιρίων μπορεί να κατανεμηθεί σε 3 βασικές περιόδους, οι οποίες κατανέμονται με βάση το υφιστάμενο νομικό πλαίσιο, το οποίο, αρχικά, υιοθετήθηκε το 1980, με τον Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτιρίων (ΚΘΚ) και, στη συνέχεια, το 2010, με τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης των Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ). Ακολουθούν οι ηλικιακές κλάσεις που επηρεάζουν την ενεργειακή απόδοση:

- πριν το 1981, δεν υπάρχει κανονισμός Θερμομόνωσης, τα κτίρια είναι θερμικά απροστάτευτα,
- από το 1981 έως το 2000, εφαρμόζεται ο ΚΘΚ ,
- από το 2001 έως το 2010, εφαρμόζεται ο ΚΘΚ, ο Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός 2000 και ο Ελληνικός Κανονισμός Οπλισμένου Σκυροδέματος 2000,
- από το 2010 έως σήμερα, εφαρμόζεται ο ΚΕΝΑΚ.

Σύμφωνα με τα δεδομένα της απογραφής του 2011 (ΕΛΣΤΑΤ 2014), το 55% των κτιρίων της Ελλάδας που χρησιμοποιούνται ως κατοικία έχει κατασκευαστεί πριν το 1980, και κατά συνέπεια είναι θερμικά απροστάτευτα, ενώ, και λόγω της οικονομικής δυσπραγίας, το ποσοστό των κτιρίων που κατασκευάστηκαν μετά το 2010, με τις ελάχιστες απαιτήσεις του ΚΕΝΑΚ, ανέρχεται μόλις στο 1,5%. Αναφορικά με μέγεθος των κατοικιών, με βάση τα στοιχεία της απογραφής του 2011, το 59% είναι 50-99 τμ, το 14% κάτω από 49 τμ, και το 27% πάνω από 100 τμ [30].

Σημαντικές είναι και οι κοινωνικές διαστάσεις της υψηλής κατανάλωσης καθώς η κατανάλωση ενέργειας είναι σχεδόν διπλάσια για τους πολίτες με χαμηλό εισόδημα, που κατά κύριο λόγο διαμένουν σε θερμικά μη προστατευμένα κτίρια σε σύγκριση με τους πολίτες με υψηλά εισοδήματα οι οποίοι ζουν σε θερμικά προστατευμένα κτίρια [31].

Το ενεργειακό μίγμα του οικιακού τομέα στην χώρα μας διαφοροποιήθηκε αρκετά, την περίοδο 2000-2013. Το πετρέλαιο και τα υποπροϊόντα του πετρελαίου συνιστούσαν το βασικό καύσιμο, έως το 2006. Από το 2006, με την εισαγωγή του φυσικού αερίου, το πετρέλαιο συμμετείχε σε μικρότερα ποσοστά στο τελικό μίγμα. Μετά το 2012, ο ηλεκτρισμός είναι το κύριο καύσιμο που καταναλώνεται στον οικιακό τομέα (40%), λόγω του υψηλού κόστους του πετρελαίου. Τέλος, από το 2016 και έπειτα, αυξάνεται και το ποσοστό κατανάλωσης που προέρχεται από ΑΠΕ, γεγονός για το οποίο συνετέλεσαν τα μέτρα προώθησής τους [32].

Κεφάλαιο 3 - Το υπολογιστικό εργαλείο μοντελοποίησης “DREEM”

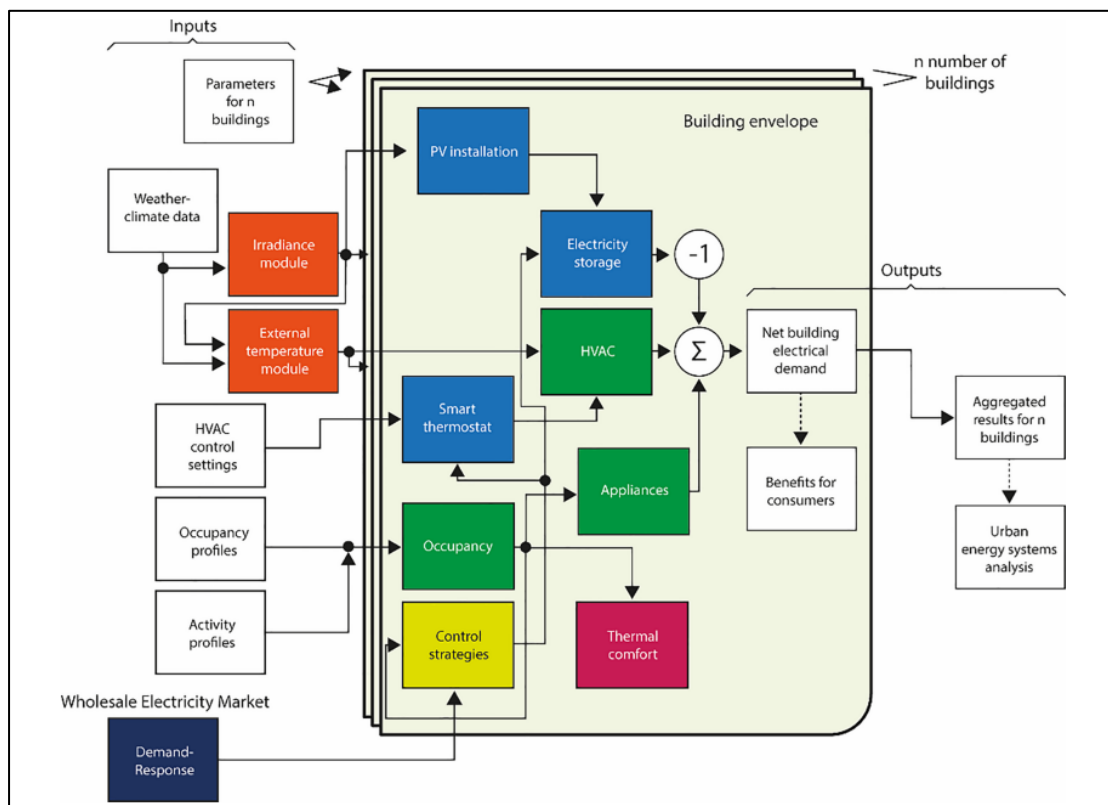
Για τη μελέτη και εκτίμηση των σεναρίων ενεργειακής μετάβασης σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν τα υπολογιστικά εργαλεία μοντελοποίησης που χρησιμοποιούνται [14]. Παράλληλα, η διεπιστημονική προσέγγιση κατά τη μοντελοποίηση τους είναι αναγκαία όταν στόχο αποτελεί η παροχή ουσιαστικής βοήθειας σε εκείνους που σχεδιάζουν πολιτικές [44 ,45]. Η μοντελοποίηση της ενεργειακής ζήτησης στον οικιακό τομέα δύναται να χρησιμοποιηθεί για τη μελέτη της συμπεριφοράς των καταναλωτών, της ενεργειακής απόδοσης και των προφίλ χρήσης του ηλεκτρικού ρεύματος [46]. Είθισται κατά τη μοντελοποίηση να λαμβάνονται υπόψη αρκετοί παράγοντες, όπως για παράδειγμα τα χαρακτηριστικά του υπό μελέτη συστήματος, οι κλιματικές συνθήκες, η συμπεριφορά και παρουσία των καταναλωτών [37], η θερμοκρασία εσωτερικού χώρου, τα προφίλ παραγωγής ενέργειας στην περίπτωση που υπάρχουν ΑΠΕ στο σύστημα κ.λπ. [15], αλλά και ζητήματα της αγοράς και ευστάθειας του συστήματος [38].

3.1 Περιγραφή του υπολογιστικού μοντέλου

Σε αυτήν τη περίπτωση για την διερεύνηση της ενεργειακής μετάβασης στις δυο Περιφέρειες της Στερεάς Ελλάδας και της Αττικής, χρησιμοποιήθηκε το υπολογιστικό μοντέλο διαχείρισης της ενεργειακής ζήτησης από πλευράς καταναλωτή “DREEM” (“Dynamic high-Resolution dEmand-side Management model”) [15], που αναπτύχθηκε στο Εργαστήριο Τεχνοοικονομικής Ενεργειακών Συστημάτων (“Technoeconomics of Energy Systems laboratory, TEESlab”) του Πανεπιστημίου Πειραιώς (Πα.Πει.). Μέσω του εργαλείου αυτού υπολογίστηκαν οι ενεργειακές καταναλώσεις σε επίπεδο Περιφερειών για όλα τα διαφορετικά σενάρια ενεργειακής μετάβασης.

Το εργαλείο “DREEM” συνδυάζει τα χαρακτηριστικά υπολογιστικών μοντέλων μηχανικής και στατιστικής σε ένα πλήρως ολοκληρωμένο υβριδικό εργαλείο τύπου “bottom-up”. Με τον τρόπο αυτό, επιτυγχάνεται η μοντελοποίηση της διαχείρισης της ενεργειακής ζήτησης στον κτιριακό τομέα, καθώς επεκτείνει τις υπολογιστικές ικανότητες των μοντέλων ενεργειακών συστημάτων κτιρίων προκειμένου να εκτιμηθούν τα οφέλη και οι περιορισμοί της ευελιξίας της ζήτησης, πρώτον για τους καταναλωτές και δεύτερον για τους υπόλοιπους παράγοντες που εμπλέκονται στο ενεργειακό σύστημα [15].

Το “DREEM” έχει τη δυνατότητα μοντελοποίησης πολλαπλών κτιρίων και μπορεί να χρησιμοποιείται για προσομοιώσεις ενεργειακής ζήτησης του οικιακού τομέα, σε διαφορετικά γεωγραφικά, κοινωνικά και οικονομικά περιβάλλοντα, τόσο σε περιφερειακό όσο και σε εθνικό επίπεδο. Επιπρόσθετα, η αρθρωτή δομή του εργαλείου, του παρέχει τη δυνατότητα να ενσωματώνει με λεπτομέρεια καινοτόμες τεχνολογίες, όπως για παράδειγμα τις αντλίες θερμότητας, στα πλαίσια της ανάλυσης διαφόρων σεναρίων ενεργειακής μετάβασης που στοχεύουν στον πλήρη εξηλεκτρισμό των τομέων θερμότητας [15].



Εικόνα 3.1. Η αρχιτεκτονική του υπολογιστικού εργαλείου “DREEM”. Πηγή: [15]

3.2 Ιεραρχική δομή μοντέλου

Μια σύντομη περιγραφή μερικών επιμέρους συστατικών του μοντέλου που συνθέτουν την αρχιτεκτονική του, ακολουθεί παρακάτω [15]:

1. **Καιρός – Κλίμα** (“Weather-climate”). Το στοιχείο αυτό είναι υπεύθυνο για την παραμετροποίηση των κλιματικών συνθηκών μιας γεωγραφικής περιοχής. Συγκεντρώνει τα καιρικά δεδομένα και στην συνέχεια τα προωθεί όπου αυτά απαιτηθούν.

2. **Κέλυφος κτιρίου** (“Building envelope”). Κατηγοριοποίηση των διαφορετικών κτιριακών τυπολογιών, ανάλογα με τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά, ιδιότητες και συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας.
3. **Ενεργειακή Ζήτηση** (“Energy demand”). Το συγκεκριμένο στοιχείο υποδιαιρείται σε τρεις υποκατηγορίες και αφορά την πρόβλεψη της ενεργειακής ζήτησης βάσει της συμπεριφοράς – συνηθειών των καταναλωτών και της χρήσης των οικιακών συσκευών.
 - 3.1. **Πληρότητα** (“Occupancy”). Παραμετροποίηση των συμπεριφορών και δραστηριοτήτων των ενοίκων, όπως οι ώρες ύπνου, οι ώρες απουσίας λόγω εργασίας και οι ώρες χρήσης διαφόρων ηλεκτρικών συσκευών.
 - 3.2. **Συσκευές** (“Appliances”). Από τα παραπάνω προφίλ δραστηριότητας του κάθε ενοίκου δημιουργούνται προφίλ ενεργειακής ζήτησης των συσκευών. Με τα διαθέσιμα στοιχεία για τις ώρες που λειτουργεί ή δεν λειτουργεί κάθε ηλεκτρική συσκευή και ανάλογα σε ποιον χρήστη ανήκει η κάθε συσκευή, με το χρόνο χρήσης της και της ενεργειακής της απόδοσης, γίνεται ο υπολογισμός της κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος των συσκευών του υπό εξέταση κτιρίου.
 - 3.3. **Θέρμανση, εξαερισμός και κλιματισμός** (“Heating, ventilation and air-conditioning”). Ρύθμιση των συστημάτων θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού στο εσωτερικό του κτιρίου με δυνατότητα ενσωμάτωσης επιπλέον τεχνολογιών που επιτρέπουν μεγαλύτερη ευελιξία στη ζήτηση ενέργειας, όπως για παράδειγμα οι έξυπνοι θερμοστάτες.
4. **Θερμική άνεση** (“Thermal comfort”). Καθορισμός των κατάλληλων θερμικών συνθηκών βάσει διεθνών προτύπων, για το αποδεκτό εύρος θερμοκρασίας που παρέχει άνεση και ικανοποίηση στους ενοίκους εντός των κατοικιών τους.

Κεφάλαιο 4 – Μεθοδολογία για τη μελέτη σεναρίων ενεργειακής μετάβασης

Η Ελλάδα διαιρείται διοικητικά σε δεκατρείς (13) Περιφέρειες, εκ των οποίων δυο θα μελετηθούν, της Στερεάς Ελλάδας και της Αττικής. Η Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας αποτελείται από πέντε (5) περιφερειακές ενότητες, Βοιωτίας, Εύβοιας, Ευρυτανίας, Φθιώτιδας και Φωκίδας, καταλαμβάνει συνολική έκταση 15.549 km², (ποσοστό 11,8% της συνολικής έκτασης της χώρας) και συνορεύει νότια με την Αττική [16]. Έδρα της είναι η Λαμία (πρωτεύουσα του νομού Φθιώτιδας) ενώ πληθυσμιακά μεγαλύτερος δήμος είναι ο Δήμος Χαλκιδέων. Βάσει της απογραφής 2011 της ΕΛΣΤΑΤ, ο συνολικός πληθυσμός της Περιφέρειας ανέρχεται σε 547.390 κατοίκους [17].

Η Περιφέρεια Αττικής χωρίζεται σε οκτώ (8) περιφερειακές ενότητες: Κεντρικός Τομέας Αθηνών, Βόρειος Τομέας Αθηνών, Δυτικός Τομέας Αθηνών, Νότιος Τομέας Αθηνών, Πειραιώς, Νήσων Αττικής, Ανατολικής Αττικής και Δυτικής Αττικής (η Π.Ε. Νήσων Αττικής δεν περιλαμβάνεται στην μελέτη της παρούσας εργασίας). Καταλαμβάνει συνολική έκταση 3.808 km², είναι η πρώτη σε πληθυσμό αλλά και πιο πυκνοκατοικημένη περιφέρεια της Ελλάδας, συγκεντρώνοντας περίπου το 1/3 του πληθυσμού της χώρας, δηλαδή 3.828.434 κατοίκους [17]. Έχει έδρα την Αθήνα με πληθυσμιακά μεγαλύτερο δήμο, το Δήμο Αθηναίων.

4.1 Παραμετροποίηση «DREEM»

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται παρουσίαση της παραμετροποίησης του υπολογιστικού εργαλείου “DREEM” καθώς και του τρόπου εφαρμογής του στη μοντελοποίηση της ενεργειακής ζήτησης στον οικιακό τομέα των δυο ανωτέρω Περιφερειών.

4.1.1 Καιρός – Κλίμα

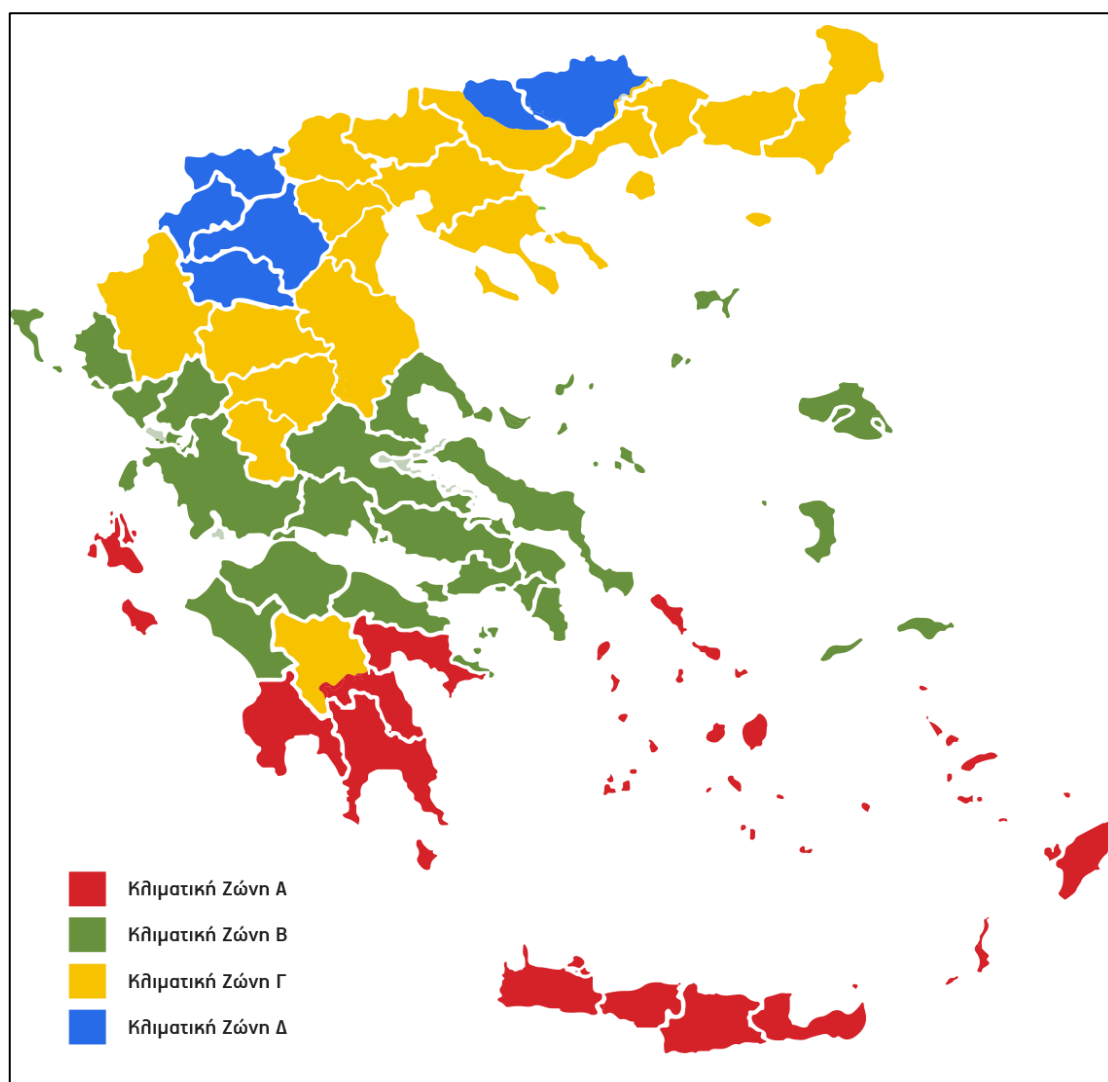
Βάσει τις βαθμομημέρες θέρμανσης, η ελληνική επικράτεια χωρίζεται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες. Ο Πίνακας 4.1 κατηγοριοποιεί τους νομούς ανάλογα με την κλιματική ζώνη που ανήκουν (από θερμότερη προς ψυχρότερη).

Πίνακας 4.1. Νομοί ελληνικής επικράτειας ανά κλιματική ζώνη. Πηγή: [18]

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ	ΝΟΜΟΣ
ΖΩΝΗ Α	Ηρακλείου, Χανίων, Ρεθύμνης, Λασιθίου, Κυκλάδων, Δωδεκανήσων, Σάμου, Μεσσηνίας, Λακωνίας, Αργολίδος,

	Ζακύνθου, Κεφαλονιάς, Ιθάκης
ΖΩΝΗ Β	Κορινθίας, Ηλείας, Αχαΐας, Αιτωλοακαρνανίας, Φθιώτιδος, Φωκίδος, Βοιωτίας, Αττικής, Ευβοίας, Μαγνησίας, Σποράδων, Λέσβου, Χίου, Κέρκυρας, Λευκάδος, Θεσπρωτίας, Πρεβέζης, Άρτας
ΖΩΝΗ Γ	Αρκαδίας, Ευρυτανίας, Ιωαννίνων, Λαρίσης, Καρδίτσας, Τρικάλων, Πιερίας, Ημαθίας, Πέλλας, Θεσσαλονίκης, Κιλκίς, Χαλκιδικής, Σερρών, Καβάλας, Δράμας, Θάσου, Σαμοθράκης, Ξάνθης, Ροδόπης, Έβρου
ΖΩΝΗ Δ	Γρεβενών, Κοζάνης, Καστοριάς, Φλωρίνης, Σερρών (ΒΑ τμήμα), Δράμας

Επιπρόσθετα η σχηματική απεικόνιση των παραπάνω ζωνών παρατίθεται στην **Εικόνα 4.1**.



Εικόνα 4.1. Γεωγραφική απεικόνιση κλιματικών ζωνών ελληνικής επικράτειας. Πηγή: [18]

Όπως φαίνεται και στην **Εικόνα 4.1**, οι νομοί της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας ανήκουν σε δυο διαφορετικές κλιματικές ζώνες. Οι νομοί Φθιώτιδος, Φωκίδος, Βοιωτίας και Ευβοίας ανήκουν στην κλιματική ζώνη Β ενώ ο νομός Ευρυτανίας ανήκει στην κλιματική ζώνη Γ. Η Αττική ανήκει στην κλιματική ζώνη Β.

4.1.2 Κέλυφος κτιρίου

Για το κτιριακό κέλυφος των υπό εξέταση κατοικιών ελήφθησαν στοιχεία από τις βάσεις δεδομένων ενός ευρωπαϊκού διαδικτυακού εργαλείου “TABULA”, το οποίο περιέχει τις περισσότερες εθνικές τυπολογίες κτιρίων του οικιακού τομέα, για κάθε χώρα της Ευρώπης. Ο καθορισμός του τύπου του κτιριακού κελύφους, του βαθμού θερμομόνωσης και του είδους των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων ενός κτιρίου γίνεται βάσει της περιόδου κατασκευής του. Στον ελληνικό κτιριακό τομέα, σύμφωνα με την τυπολογία του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ) οι κατοικίες υποδιαιρούνται σε τέσσερις (4) κατηγορίες ανάλογα με την περίοδο κατασκευής:

1. Πριν το 1980.
2. Από το 1981 έως και το 2000.
3. Από το 2001 έως και το 2010.
4. Μετά το 2011.

Την περίοδο πριν το 1980 περιλαμβάνονται κυρίως κατοικίες μη μονωμένες καθώς τότε δεν εφαρμοζόταν ο Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτηρίων (ΚΘΚ). Οι κατοικίες της δεύτερης περιόδου θεωρούνται μερικώς μονωμένες, καθώς ο ΚΘΚ δεν εφαρμόστηκε πλήρως όπως προβλεπόταν. Η τρίτη περίοδος περιλαμβάνει κατοικίες που θεωρούνται πλήρως μονωμένες βάσει ΚΘΚ, ενώ η τέταρτη περίοδος περιλαμβάνει ανεγερμένες κατοικίες που θεωρούνται πλήρως μονωμένες βάσει ΚΕΝΑΚ [30].

Για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης τα δεδομένα για την περίοδο κατασκευής των νοικοκυριών των Περιφερειών Στερεάς Ελλάδας και της Αττικής ελήφθησαν από αναγωγές δημογραφικών στοιχείων της Ελλάδας του 2011 σε εκείνα του 2019 [19]. Παρακάτω (**Πίνακας 4.2**) παρουσιάζονται τα νοικοκυριά ανά περίοδο κατασκευής.

Πίνακας 4.2. Ταξινόμηση νοικοκυριών ανά περίοδο κατασκευής.

Περίοδος κατασκευής	Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας	Περιφέρεια Αττικής
---------------------	----------------------------	--------------------

πριν το 1981	96.593	920.349
1981-2000	44.860	498.786
2001 και μετά	14.022	241.913
Συνολικά:	155.475	1.661.048

4.1.3 Ενεργειακή Ζήτηση

Η παραμετροποίηση της Ενεργειακής Ζήτησης του μοντέλου απαιτεί την παραμετροποίηση των τριών υποκατηγοριών που τη συνθέτουν, δηλαδή πληρότητα, συσκευές και θέρμανση - εξαερισμός - κλιματισμός.

Σημαντικό βήμα για την ορθή παραμετροποίηση της Ενεργειακής Ζήτησης είναι ο υπολογισμός του αριθμού μελών ανά νοικοκυριό. Για το σκοπό αυτό έγινε χρήση δεδομένων από την Έρευνα Οικογενειακών Προϋπολογισμών (ΕΟΠ) του 2019 [20], τα οποία μας παρέχουν πληροφορίες για τον αριθμό μελών ανά νοικοκυριό της κάθε Περιφέρειας. Τα δεδομένα αυτά παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 4.3) .

Πίνακας 4.3. Ταξινόμηση νοικοκυριών ανά αριθμό μελών.

Μέλη	Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας	Περιφέρεια Αττικής
1	38.876	452.184
2	48.574	463.507
3	27.637	347.801
4	40.388	397.555
Συνολικά:	155.475	1.661.048

Με βάση την ανάλυση της παρούσας εργασίας διαμορφώθηκαν 31 σενάρια μοντελοποίησης του οικιακού τομέα της περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας και 18 σενάρια μοντελοποίησης του οικιακού τομέα της περιφέρειας Αττικής , τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω (Πίνακας 4.4 και Πίνακας 4.5). Η ταξινόμηση των νοικοκυριών έγινε βάσει του αριθμού μελών, της περιόδου κατασκευής των κτιρίων, του αριθμού των εργαζομένων / μη οικονομικά ενεργών- ανέργων, καθώς και των προφίλ πληρότητας.

Πίνακας 4.4. Ταξινόμηση συνολικών νοικοκυριών περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

a/a	Κλιματική Ζώνη	Αριθμός Μελών	Αριθμός νοικοκυριών	Περίοδος κατασκευής	Εργαζόμενοι	Μη οικονομικά ενεργοί/Ανεργοί	Προφίλ πληρότητας
1	B	1	23.253	έως 1980	0	1	Ένας ηλικιωμένος (65+)
2		1	5.799	1981-2000	0	1	Ένας άνεργος (25-74)

3	1	5.000	1981-2000	0	1	Ένας ηλικιωμένος (65+)
4	1	3.376	2000 και μετά	1	0	Ένας εργαζόμενος (25-74)
5	2	28.824	έως 1980	0	2	Δύο ηλικιωμένοι (65+)
6	2	230	έως 1980	1	1	Ένας εργαζόμενος (25-74) Ένα παιδί (0-15)
7	2	5.493	1981-2000	1	1	Ένας εργαζόμενος (25-74) Ένας άνεργος (25-74)
8	2	8.000	1981-2000	1	1	Ένας εργαζόμενος (25-74) Ένα παιδί (16-24)
9	2	4.218	2000 και μετά	2	0	Δύο εργαζόμενοι (25-74)
10	3	4.030	έως 1980	1	2	Ένας εργαζόμενος (25-74) Ένας άνεργος (25-74) Ένα παιδί (0-15)
11	3	12.500	έως 1980	1	2	Ένας εργαζόμενος (25-74) Ένας άνεργος (25-74) Ένα παιδί (16-24)
12	3	7.677	1981-2000	1	2	Ένας εργαζόμενος (25-74) Ένας άνεργος (25-74) Ένα παιδί (0-15)
13	3	2.400	2000 και μετά	2	1	Δύο εργαζόμενοι (25-74) Ένα παιδί (0-15)
14	4+	5.257	έως 1980	1	3	Ένας εργαζόμενος (25-74) Ένας άνεργος (25-74) Δύο παιδιά (0-15)
15	4+	8.600	έως 1980	3	1	Τρεις εργαζόμενοι (25-74) Ένα παιδί (16-24)
16	4+	4.800	έως 1980	2	3	Δύο εργαζόμενοι (25-74) Τρία παιδιά (0-15)
17	4+	5.500	έως 1980	1	3	Ένας εργαζόμενος (25-74)

							Ένας άνεργος (25-74) Δύο παιδιά (16-24)
18		4+	11.219	1981-2000	2	2	Δύο εργαζόμενοι (25-74) Δύο παιδιά (0-15)
19		4+	3.507	2000 και μετά	3	1	Τρεις εργαζόμενοι (25-74) Ένα παιδί (16 -24)
20	Γ	1	900	έως 1980	0	1	Ένας ηλικιωμένος (65+)
21		1	418	1981-2000	0	1	Ένας άνεργος (25-74)
22		1	131	2000 και μετά	1	0	Ένας εργαζόμενος (25-74)
23		2	1.125	έως 1980	0	2	Δύο ηλικιωμένοι (65+)
24		2	522	1981-2000	1	1	Ένας εργαζόμενος (25-74) Ένας άνεργος (25-74)
25		2	163	2000 και μετά	2	0	Δύο εργαζόμενοι (25-74)
26		3	640	έως 1980	1	2	Δύο ηλικιωμένοι (65+) Ένας εργαζόμενος (25-74)
27		3	297	1981-2000	2	1	Δύο εργαζόμενοι (25-74) Ένα παιδί (0-15)
28		3	93	2000 και μετά	2	1	Δύο εργαζόμενοι (25-74) Ένα παιδί (0-15)
29		4+	935	έως 1980	1	3	Ένας εργαζόμενος (25-74) Ένας άνεργος (25-74) Δύο παιδιά (0-15)
30		4+	434	1981-2000	1	4	Ένας εργαζόμενος (25-74) Ένας άνεργος (25-74) Δύο παιδιά (16-24) Ένας ηλικιωμένος (65+)
31		4+	136	2000 και μετά	2	2	Δύο εργαζόμενοι (25-74) Δύο παιδιά (0-15)

Πίνακας 4.5. Ταξινόμηση συνολικών νοικοκυριών περιφέρειας Αττικής.

α/α	Κλιματική Ζώνη	Αριθμός Μελών	Αριθμός νοικοκυριών	Περίοδος κατασκευής	Εργαζόμενοι	Μη οικονομικά ενεργοί/Άνεργοι	Προφίλ πληρότητας
1	B	1	212.545	έως 1980	0	1	Ένας ηλικιωμένος (65+)
2		1	38.000	έως 1980	1	0	Ένας εργαζόμενος (25-74)
3		1	135.784	1981-2000	0	1	Ένας άνεργος (25-74)
4		1	65.856	2001 και μετά	1	0	Ένας εργαζόμενος (25-74)
5		2	185.819	έως 1980	0	2	Δύο ηλικιωμένοι (65+)
6		2	50.000	έως 1980	2	0	Δύο εργαζόμενοι (25-74)
7		2	21.000	έως 1980	1	1	Ένας εργαζόμενος (25-74) Ένα παιδί (0-15)
8		2	139.184	1981-2000	1	1	Ένας εργαζόμενος (25-74) Ένας άνεργος (25-74)
9		2	67.505	2001 και μετά	2	0	Δύο εργαζόμενοι (25-74)
10		3	192.709	έως 1980	1	2	Ένας εργαζόμενος (25-74) Ένας άνεργος (25-74) Ένα παιδί (16-24)
11		3	84.439	1981-2000	1	2	Ένας εργαζόμενος (25-74) Ένας άνεργος (25-74) Ένα παιδί (0-15)
12		3	20.000	1981-2000	1	2	Ένας εργαζόμενος (25-74) Ένας άνεργος (25-74) Ένα παιδί (16-24)
13		3	50.653	2001 και μετά	2	1	Δύο εργαζόμενοι (25-74) Ένα παιδί (0-15)
14		4+	74.276	έως 1980	1	3	Ένας εργαζόμενος (25-74) Ένας άνεργος (25-74) Ένα παιδί (16-24) Ένας ηλικιωμένος (65+)
15		4+	125.000	έως 1980	2	2	Δύο εργαζόμενοι (25-74)

							Δύο παιδιά (16-24)
16	4+	21.000	έως 1980	2	3		Δύο εργαζόμενοι (25-74) Τρία παιδιά (0-15)
17	4+	119.379	1981-2000	2	2		Δύο εργαζόμενοι (25-74) Δύο παιδιά (0-15)
18	4+	57.899	2001 και μετά	3	1		Τρεις εργαζόμενοι (25-74) Ένα παιδί (16 -24)

Για την ενέργεια που καταναλώνεται κατά τη χρήση των ηλεκτρικών συσκευών, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από την ΕΟΠ 2019 της ΕΛΣΤΑΤ. Στους πίνακες που ακολουθούν (**Πίνακας 4.6** και **Πίνακας 4.7**) εμφανίζεται η ονομασία της συσκευής, τα ποσοστά κυριότητας ανά Περιφέρεια, η ονομαστική ισχύς, και η χρήση σε ώρες/ημέρα.

Πίνακας 4.6. Ποσοστό κυριότητας, ονομαστική ισχύς, και ημερήσια χρήση συσκευών στην Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας.

Ηλεκτρικές Συσκευές	Κυριότητα (%)	Ονομαστική Ισχύς (W)	Χρήση (ώρες /ημέρα)
Μαγείρεμα			
Εστίες	88,70%	1600	1,29
Ηλεκτρικός Φούρνος	76,37%	2150	0,35
Φούρνος μικροκυμάτων	22,60%	1150	0,31
Τοστιέρα	33,56%	1300	0,07
Μηχανή καφέ	11,30%	1100	0,25
Βραστήρας νερού	11,99%	1250	0,48
Απορροφητήρας	90,41%	100	1,47
Άλλες συσκευές			
Ψυγιοκαταψύκτης	80,48%	150	24,00
Πλυντήριο πιάτων	19,18%	1.350	1,75
Πλυντήριο ρούχων	97,26%	500	0,99
Σίδερο	92,12%	1.000	0,91
Ηλεκτρική σκούπα	77,05%	450	0,89
Τηλεόραση	98,63%	100	6,39
“DVD”/“VCR”	18,15%	40	0,60
Στερεοφωνικό	15,41%	24	0,77
Ηλεκτρονικός υπολογιστής	36,99%	300	2,45
Περιφερειακές συσκευές (εκτυπωτής, “scanner”, κ.ά.)	1,37%	50	0,95
Διαδικτυακές συσκευές (“router”, κ.ά.)	35,00%	10	24,00
Κονσόλες βιντεοπαιχνιδιών	3,08%	160	1,69

Πίνακας 4.7. Ποσοστό κυριότητας, ονομαστική ισχύς, και ημερήσια χρήση συσκευών στην Περιφέρεια Αττικής.

Ηλεκτρικές Συσκευές	Κυριότητα (%)	Ονομαστική Ισχύς (W)	Χρήση (ώρες /ημέρα)
Μαγείρεμα			
Εστίες	96,02%	1600	1,31
Ηλεκτρικός Φούρνος	90,29%	2150	0,37
Φούρνος μικροκυμάτων	61,11%	1150	0,31
Τοστιέρα	79,10%	1300	0,07
Μηχανή καφέ	49,44%	1100	0,33
Βραστήρας νερού	61,59%	1250	0,25
Απορροφητήρας	95,12%	100	1,33
Άλλες συσκευές			
Ψυγιοκαταψύκτης	70,29%	150	24,00
Πλυντήριο πιάτων	41,01%	1.350	1,39
Πλυντήριο ρούχων	98,04%	500	0,70
Σίδερο	96,66%	1.000	0,45
Ηλεκτρική σκούπα	87,32%	450	0,48
Τηλεόραση	100,00%	100	6,11
“DVD”/“VCR”	41,70%	40	0,39
Στερεοφωνικό	40,74%	24	0,32
Ηλεκτρονικός υπολογιστής	74,38%	300	4,24
Περιφερειακές συσκευές (εκτυπωτής, “scanner”, κ.ά.)	13,47%	50	0,44
Διαδικτυακές συσκευές (“router”, κ.ά.)	73,00%	10	24,00
Κονσόλες βιντεοπαιχνιδιών	11,67%	160	0,59

Η κατανάλωση ενέργειας κατά τη χρήση των ηλεκτρικών συσκευών ουσιαστικά προκύπτει συνδυαστικά από την παραπάνω πληροφορία και των προφίλ μελών από τα στοιχεία της υποκατηγορίας «Πληρότητα».

Όσον αφορά τη μελέτη μίγματος ενεργειακής κατανάλωσης στα διάφορα σενάρια διείσδυσης των διάφορων τεχνολογιών στη θέρμανση των κατοικιών ελήφθησαν υπόψη τέσσερις διαφορετικές τεχνολογίες, καυστήρας πετρελαίου, καυστήρας φυσικού αερίου, καυστήρας βιομάζας και αντλία θερμότητας. Όσο για το σύστημα ψύξης, θεωρείται ότι οι κατοικίες διαθέτουν μια διαχωρισμένη μονάδα κλιματισμού ονομαστικής ισχύος 5kW με βαθμό απόδοσης (“Coefficient of Performance, COP”) ίσο με 3,5 [25].

4.1.4 Θερμική άνεση

Η προσομοίωση του υπολογιστικού εργαλείου μοντελοποίησης “DREEM” για όλα τα σενάρια που εξετάστηκαν, πραγματοποιήθηκε με την προϋπόθεση πως η ψύξη και η

θέρμανση των κατοικιών έγινε με κατάλληλο τρόπο που δεν υπερβαίνει τα επιτρεπτά όρια θερμικής άνεσης, όπως αυτά διαμορφώνονται από τα διεθνή πρότυπα.

4.2 Σενάρια ενεργειακής μετάβασης

Με βάση τις τελευταίες εξελίξεις γύρω από το ενεργειακό γίνεσθαι, τους υπάρχοντες στόχους του ΕΣΕΚ, αλλά και τις τελευταίες προτάσεις της Ευρωπαϊκής Επιτροπής μέσω του προτεινόμενου πακέτου “Fit-for-55” που θέτουν υπό αμφισβήτηση τη χρήση ορυκτών καυσίμων (όπως το φυσικό αέριο) για τη θέρμανση των κατοικιών επιλέχθηκαν δύο σενάρια μελέτης της ενεργειακής μετάβασης. Το Σενάριο 1 είναι βασισμένο στους στόχους του ΕΣΕΚ με χρήση φυσικού αερίου και με ενισχυμένες δράσεις ενεργειακών ανακαινίσεων που περιλαμβάνουν τη μόνωση των τοίχων και των οροφών των κτιρίων, ενώ το Σενάριο 2 αφορά τη μελέτη της σταδιακής απεξάρτησης από το φυσικό αέριο και την περαιτέρω «ηλεκτροποίηση» της θέρμανσης του οικιακού τομέα, μέσω της υψηλότερης διείσδυσης αντλιών θερμότητας.

Τα δυο βασικά σενάρια που εξετάστηκαν στη μελέτη των νοικοκυριών των Περιφερειών Στερεάς Ελλάδας και Αττικής είναι τα ακόλουθα:

Σενάριο 1:

Είσοδος τεχνολογιών φυσικού αερίου στη θέρμανση κατοικιών για την Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας που αυτή τη στιγμή δεν υπάρχουν, καλύπτοντας το 10% της συνολικής ζήτησης του 2030 και αντίστοιχο ποσοστό για την Περιφέρεια Αττικής, όπως προκύπτει από αναγωγές σύμφωνα με τους στόχους του ΕΣΕΚ [13]. Αύξηση των αντλιών θερμότητας κατά 300% έως το 2030. Οι ετήσιες ανακαινίσεις των κτιρίων φτάνουν στο διπλάσιο από αυτό που αναφέρεται στο ΕΣΕΚ, ήτοι 120.000 κατοικίες το χρόνο σε εθνικό επίπεδο.

Σενάριο 2:

Ίδιο έως το έτος 2030 με το προηγούμενο σενάριο. Από το 2030 και έπειτα γίνεται σταδιακή διακοπή διείσδυσης του φυσικού αερίου. Αναλυτικότερα, παύει η εγκατάσταση νέων λεβήτων φυσικού αερίου που υποκαθίστανται με αντλίες θερμότητας, ενώ από το 2035 πραγματοποιείται απεγκατάσταση των υφιστάμενων καυστήρων φυσικού αερίου με αντλίες θερμότητας. Παράλληλα, στο σενάριο αυτό οι ανακαινίσεις κατοικιών προχωρούν με τον ίδιο ρυθμό όπως στο Σενάριο 1.

Ο Πίνακας 4.8 που ακολουθεί παρουσιάζει συνοπτικά τα δυο υπό εξέταση σενάρια.

Πίνακας 4.8. Η εξέλιξη της διείσδυσης του φυσικού αερίου και των αντλιών θερμότητας στο μείγμα της ενεργειακής κατανάλωσης του οικιακού τομέα των δυο Περιφερειών στα δύο σενάρια ενεργειακής μετάβασης που εξετάζονται.

	2022-2030	2031-2035	2036-2040
Σενάριο 1	Προσθήκη καυστήρων φυσικού αερίου και αντλιών θερμότητας με κατάλληλο ετήσιο ρυθμό	Συνέχιση προσθήκης καυστήρων φυσικού αερίου και αντλιών θερμότητας με τον ετήσιο ρυθμό της περιόδου 2022- 2030	
Σενάριο 2	Προσθήκη καυστήρων φυσικού αερίου και αντλιών θερμότητας με κατάλληλο ετήσιο ρυθμό (παρόμοιο με το Σενάριο 1)	Παύση προσθήκης νέων καυστήρων φυσικού αερίου και προσθήκη περαιτέρω αντλιών θερμότητας που αντιστοιχούν στους καυστήρες φυσικού αερίου που επρόκειτο να προστεθούν αλλά δεν προστέθηκαν	Απεγκατάσταση καυστήρων φυσικού αερίου με κατάλληλο ρυθμό και προσθήκη περαιτέρω αντλιών θερμότητας που αντιστοιχούν στους καυστήρες φυσικού αερίου που απεγκαθίστανται.

Σε κάθε σενάριο μελετάται η περίπτωση εισαγωγής των κτιρίων στο παράλληλο σύστημα Εμπορίας Αδειών Εκπομπών της Ευρωπαϊκή Επιτροπή [21]. Σε συνέχεια της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας, η Ε.Ε. νομοθέτησε για το κλίμα, θέτοντας ένα δεσμευτικό στόχο στον εαυτό της, την πραγματοποίηση κλιματικής ουδετερότητας έως το 2050. Για να καταστεί αυτό δυνατό, θα πρέπει κατά τις επόμενες δεκαετίες να μειωθούν σε μεγάλο βαθμό, τα σημερινά επίπεδα εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Ως ενδιάμεσα βήματα προς την κλιματική ουδετερότητα, η Ε.Ε. αύξησε τις φιλοδοξίες της για το κλίμα με στόχο το 2030, δεσμευόμενη να μειωθούν οι εκπομπές κατά τουλάχιστον 55% έως το 2030. Στην Ε.Ε. επεξεργάζονται την αναθεώρηση του νομοθετικού πλαισίου αναφορικά με το κλίμα, την ενέργεια και τις μεταφορές με την επονομαζόμενη δέσμη “Fit-for-55”, έτσι ώστε να ευθυγραμμιστεί το ισχύον δίκαιο με τους στόχους για το 2030 και το 2050. Στη δέσμη αυτή, περιλαμβάνονται επίσης επιπλέον πρωτοβουλίες όπως η δημιουργία ενός νέου αυτόνομου συστήματος εμπορίας εκπομπών για τα κτίρια, το οποίο θα στηρίζει τα κράτη μέλη στην επίτευξη των εθνικών τους στόχων βάσει του κανονισμού για τον επιμερισμό των προσπαθειών με οικονομικά αποδοτικό τρόπο [34].

Βάσει των ανωτέρω λοιπόν, διαμορφώνονται δύο περιπτώσεις διακύμανσης της τιμής εκπομπών CO₂. Η πρώτη είναι η τιμή της άδειας εκπομπών να παραμένει σταθερή στα 30 €/t CO₂ κάθε έτος ενώ η δεύτερη είναι να αυξάνεται από 30 €/t CO₂ το 2020

σε 100 €/t CO₂ το 2040 (30 €/t CO₂ από 2020-2025, 50 €/t CO₂ από 2026-2030, και 100 €/t CO₂ από 2031-2040).

4.3 Παραδοχές

4.3.1 Γενικά

Η ενεργειακή μετάβαση στην παρούσα μελέτη έχει αφετηρία το έτος 2022. Για να μελετηθεί το περιβαλλοντικό αποτύπωμα του κάθε σεναρίου, καθώς και το κόστος που προκύπτει από αυτό, είναι ανάγκη να εκτιμηθεί η εξέλιξη της τιμής του συντελεστή εκπομπών CO₂ στην ηλεκτροπαραγωγή. Από τις σχετικές προβλέψεις της «ΜΣ-50» για το σενάριο ΕΣΕΚ 2050 [8], προκύπτει η ετήσια εξέλιξη της τιμής του συντελεστή εκπομπών για το διάστημα 2021- 2040 (Πίνακας 4.9).

Πίνακας 4.9. Εκτίμηση εξέλιξης ετήσιου συντελεστή εκπομπών CO₂ στην ηλεκτροπαραγωγή σε tn/kWh και tn/ktoe.

Έτος	Συντελεστής εκπομπών (tnCO ₂ /kWh)	Συντελεστής εκπομπών (tnCO ₂ /ktoe)
2021	0,000521	6064
2022	0,000476	5535
2023	0,000430	5006
2024	0,000385	4476
2025	0,000339	3947
2026	0,000294	3418
2027	0,000248	2889
2028	0,000203	2360
2029	0,000157	1831
2030	0,000112	1301
2031	0,000107	1240
2032	0,000101	1177
2033	0,000096	1114
2034	0,000090	1051
2035	0,000085	989
2036	0,000080	926
2037	0,000074	863
2038	0,000069	800
2039	0,000063	737
2040	0,000058	675

Η ετήσια υποβολή της Εθνικής έκθεσης απογραφής (“National Inventory Report”) από την Ελλάδα στη Γραμματεία Σύμβασης των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή [22], συνέβαλε στον υπολογισμό των συντελεστών εκπομπών CO₂ των καύσιμων (πετρέλαιο θέρμανσης, φυσικό αέριο, βιομάζα) που χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση των νοικοκυριών. Οι συντελεστές εκπομπών παρουσιάζονται σε τόνους

CO₂ ανά ktοe (**Πίνακας 4.10**). Οι τιμές αυτές θεωρούνται σταθερές για όλο το διάστημα 2021-2040.

Πίνακας 4.10. Συντελεστές εκπομπών CO₂ καυσίμων για χρήση θέρμανσης νοικοκυριών. Πηγή: [22]

Συντελεστής εκπομπών (tnCO ₂ /ktοe)	
Πετρέλαιο	2.821,07
Φυσικό αέριο	2.332,47
Βιομάζα	2.337,07

Για την συγκριτική ανάλυση του κόστους οφέλους των σεναρίων είναι αναγκαία η εκτίμηση της εξέλιξης τους κόστους εγκατάστασης των νέων τεχνολογιών, όπως δείχνει και ο **Πίνακας 4.11**. Για την εκτίμηση της τιμής των αντλιών θερμότητας και των καυστήρων φυσικού αερίου έως το 2040, γίνεται χρήση αντίστοιχης μελέτης του Ευρωπαϊκού προγράμματος “Asset” [23]. Όσον αφορά τις αντλίες θερμότητας και την ακριβέστερη εκτίμηση της εξέλιξης της τιμής τους, χρησιμοποιείται επιπλέον και μια ανάλυση του Ευρωπαϊκού Συνεταιρισμού Αντλιών, στην οποία προβλέπεται μείωση 36% έως το 2030 [24]. Η τιμή βαθιάς ανακαίνισης κατοικιών, ορίζεται συνολικά στα 10.000€ και θεωρείται σταθερή έως το 2040. Τέλος, για τις ανάγκες του Σεναρίου 2 το κόστος απεγκατάστασης των καυστήρων φυσικού αερίου ορίζεται στα 1.000€.

Πίνακας 4.11. Κόστος εγκατάστασης τεχνολογιών.

Κόστος Εγκατάστασης (€)						
	2020	2030	(2020-2030) απόσβεση	2040	(2030-2040) απόσβεση	Απεγκατάσταση
Καυστήρας ΦΑ	5.000	4.904	10	4.713	19	1.000
Αντλία θερμότητας	12.000	7.680	432	4.087	359	-
Βαθιά ανακαίνιση	10.000	10.000	0	10.000	0	-

Οι προβλέψεις για την εξέλιξη των διεθνών τιμών ορυκτών καυσίμων και του μοναδιαίου κόστους ηλεκτρικού συστήματος της «ΜΣ-50» [8], μας βοηθούν να συγκρίνουμε το κόστος των υπό εξέταση σεναρίων. Ο **Πίνακας 4.12** που ακολουθεί παρουσιάζει το ενεργειακό κόστος για θέρμανση ανά καύσιμο. Σημειώνεται πως στην Ελλάδα σήμερα οι πραγματικές τιμές για τα ορυκτά καύσιμα διαφέρουν από τις διεθνείς τιμές.

Πίνακας 4.12. Εκτίμηση κόστους ενέργειας θέρμανσης.

Κόστος Ενέργειας (€/ktοe)	2020	2030	2040
Πετρέλαιο	405.000	600.000	658.500
Ηλεκτρισμός	1.522.548	1.437.316	1.352.085

Φυσικό αέριο	258.000	317.000	348.500
--------------	---------	---------	---------

4.3.2 Ανακαινίσεις

Για τα δυο σενάρια που μελετώνται, ο ετήσιος ρυθμός ανακαινίσεων κατοικιών, όπως έχει ήδη αναφερθεί, είναι σε διπλάσιο βαθμό από αυτό που προστάζει το ΕΣΕΚ (60.000 σε εθνικό επίπεδο). Οι ενεργειακές ανακαινίσεις αφορούν κατοικίες που κατασκευάστηκαν πριν το 2000, καθώς χρήζουν μεγαλύτερης ενεργειακής αναβάθμισης. Στόχος των ανακαινίσεων είναι η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και η μείωση του κόστους για τους καταναλωτές. Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 4.13) αποτυπώνεται ο αριθμός των κατοικιών προς ανακαίνιση σε επίπεδο περιφερειών.

Πίνακας 4.13. Αριθμός κατοικιών προς ετήσια ανακαίνιση ανά Περιφέρεια.

Περιφέρεια	Νοικοκυριά	Κατοικίες προς ανακαίνιση
Κλιματική Β (Φθιώτιδα, Φωκίδα, Βοιωτία, Εύβοια)	149.682	4.404
Κλιματική Γ (Ευρυτανία)	5.793	170
Σύνολο Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας	155.475	4.574
Σύνολο Περιφέρειας Αττικής	1.661.048	48.872

4.3.3 Φυσικό αέριο

Στην Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας δεν υπάρχουν ακόμα εγκαταστάσεις φυσικού αερίου, καθώς οι εργασίες επέκτασης του δικτύου διανομής φυσικού αερίου ξεκίνησαν το 2021 και αναμένεται να ολοκληρωθούν το 2023 [26]. Έτσι, έχουμε μηδενικούς λέβητες φυσικού αερίου στην υφιστάμενη κατάσταση, όπως φαίνεται και από τα στοιχεία της ΕΟΠ 2019. Ο αριθμός των καυστήρων φυσικού αερίου που εγκαθίστανται κάθε χρόνο είναι ο κατάλληλος ώστε, βάσει των σεναρίων του ΕΣΕΚ (Πίνακας 4.14), το 2030 το φυσικό αέριο να συμμετέχει κατά 10% στην τελική κατανάλωση ενέργειας του οικιακού τομέα. Στο Σενάριο 1 θεωρείται πως στο διάστημα 2030-2040 ο ετήσιος ρυθμός εγκατάστασης λεβήτων φυσικού αερίου παραμένει όμοιος με εκείνον του διαστήματος 2022-2030. Αναφορικά με το Σενάριο 2, από το 2030 έως το 2035 δεν εγκαθίστανται επιπλέον λέβητες φυσικού αερίου, ενώ στο διάστημα 2035-2040 αρχίζει η αντικατάστασή τους με αντλίες θερμότητας. Για την απεγκατάσταση ακολουθείται κατάλληλος ρυθμός ώστε το 2040 η συμμετοχή του φυσικού αερίου στην τελική κατανάλωση ενέργειας του οικιακού τομέα να συμβαδίζει με το σενάριο ΕΣΕΚ 2050 της «ΜΣ-50».

Πίνακας 4.14. Κατανάλωση ενέργειας οικιακού τομέα μέχρι το έτος 2030, σύμφωνα με το σενάριο επίτευξης στόχων ΕΣΕΚ. Πηγή: [13]

Κατανάλωση ανά καύσιμο (ktoe)	2020	2022	2025	2027	2030
Πετρελαϊκά	1.260	958	676	571	433
Φυσικό Αέριο	432	470	618	654	673
Ηλεκτρική Ενέργεια	1.719	1.726	1.744	1.729	1.748
Βιοενέργεια	830	835	843	841	860

Στην Περιφέρεια Αττικής που υπάρχει ολοκληρωμένο δίκτυο διανομής φυσικού αερίου, ο αριθμός των υφιστάμενων λεβήτων ανέρχεται σε 268.758 (16,18%), βάσει της ΕΟΠ 2019 για τις κατοικίες. Ο αριθμός των νέων εγκαταστάσεων που απαιτούνται είναι 8.941 ετησίως, για να συμβαδίζουν με τους στόχους του ΕΣΕΚ για την κατανάλωση. Στο Σενάριο 1, υποθέτουμε πως για το διάστημα 2030-2040 ο ετήσιος ρυθμός εγκατάστασης λεβήτων φυσικού αερίου είναι όμοιος με το διάστημα 2022-2030. Στο Σενάριο 2, από το 2030 έως το 2035 δεν γίνεται προσθήκη επιπλέον λεβήτων φυσικού αερίου, ενώ για το διάστημα 2035-2040 ξεκινά η αντικατάσταση τους με αντλίες θερμότητας, με ρυθμό αντίστοιχο όπως αυτό στην περίπτωση της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας παραπάνω.

4.3.4 Αντλίες θερμότητας

Στην Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας, σύμφωνα με τα δεδομένα της ΕΟΠ 2019, υπάρχουν 1.057 κατοικίες με αντλίες θερμότητας ενώ στην Περιφέρεια Αττικής 10.631 κατοικίες. Στα εξεταζόμενα σενάρια, στόχος είναι η αύξηση κατά 300% με ετήσια εγκατάσταση νέων αντλιών θερμότητας για κατοικίες κατασκευασμένες μετά το έτος 2001. Στον παρακάτω πίνακα (**Πίνακας 4.15**) αποτυπώνεται η παρούσα κατάσταση και η ετήσια προσθήκη νέων αντλιών θερμότητας.

Πίνακας 4.15. Αντλίες θερμότητας ανά Περιφέρεια και αριθμός νέων προσθηκών ανά έτος.

Περιφέρεια	Αντλίες θερμότητας το 2021	Ετήσια προσθήκη 2022-2040
Κλιματική Β (Φθιώτιδα, Φωκίδα, Βοιωτία, Εύβοια)	1.018	339
Κλιματική Γ (Ευρυτανία)	39	13
Σύνολο Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας	1.057	352
Σύνολο Περιφέρειας Αττικής	10.631	3.544

Παράλληλα, εκτός των ετήσιων προσθηκών αντλιών θερμότητας που παρουσιάζονται παραπάνω, στο Σενάριο 2 για το διάστημα 2031-2035, προστίθενται επιπλέον αντλίες θερμότητας αντί των καυστήρων φυσικού αερίου σε κατοικίες πριν το 2000, ενώ στο διάστημα 2036-2040 προστίθενται επιπλέον αντλίες θερμότητας στη θέση καυστήρων φυσικού αερίου που απεγκαθίστανται.

4.3.5 Βιομάζα

Στην Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας, σύμφωνα με τα δεδομένα της ΕΟΠ 2019, υπάρχουν 31.950 κατοικίες με καυστήρες βιομάζας ως μέσο θέρμανσης, ενώ στην Περιφέρεια Αττικής 29.899 κατοικίες. Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4.16) φαίνονται οι κατοικίες που χρησιμοποιούν καυστήρα βιομάζας. Στα υπό μελέτη Σενάρια για το διάστημα 2021-2040 ο αριθμός των καυστήρων βιομάζας παραμένει αμετάβλητος.

Πίνακας 4.16. Καυστήρες βιομάζας ανά Περιφέρεια.

Περιφέρεια	Καυστήρες βιομάζας το 2021
Κλιματική Β (Φθιώτιδα, Φωκίδα, Βοιωτία, Εύβοια)	30.760
Κλιματική Γ (Ευρυτανία)	1.190
Σύνολο Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας	31.950
Σύνολο Περιφέρειας Αττικής	29.899

Κεφάλαιο 5 - Αποτελέσματα

5.1 Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας – Κλιματική Ζώνη Β (Φθιώτιδα, Φωκίδα, Βοιωτία, Εύβοια)

5.1.1 Ενεργειακή κατανάλωση

Οι ετήσιες καταναλώσεις διαφορετικών τεχνολογιών θέρμανσης και εξοικονόμησης, ανά τύπο νοικοκυριού, υπολογιστήκαν με τη χρήση του μοντέλου “DREEM”. Οι καταναλώσεις που αντιστοιχούν στα δεκαεννέα (19) σενάρια της κλιματικής ζώνης Β τα παρουσιάζει ο Πίνακας 5.1.

Πίνακας 5.1. Καταναλώσεις ανά τύπο νοικοκυριού της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας, κλιματική ζώνη Β.

Ετήσια κατανάλωση kWh/νοικοκυριό											
	Σενάρια	Εξοικονόμηση ανακαίνισης Φυσικού Αερίου	Εξοικονόμηση ανακαίνισης Πετρελαίου	Εξοικονόμηση ανακαίνισης ηλεκτρικών συστημάτων θέρμανσης	Εξοικονόμηση ανακαίνισης αντλίας θερμότητας	Πετρέλαιο	Ηλεκτρικές Συσκευές	Ηλεκτρικά συστήματα θέρμανσης	Αντλία θερμότητας	Φυσικό αέριο	Βιομάζα
Στερεά Ελλάδα, Κλιματική Ζώνη Β	1	12.018	15.023	4.651	3.231	20.285	2.907	8.663	6.058	16.653	17.415
	2	3.945	4.932	1.522	1.063	13.502	3.954	3.933	2.750	10.706	12.035
	3	3.945	4.932	1.522	1.063	13.502	3.954	3.933	2.750	10.706	12.035
	4	1.543	1.929	605	422	11.031	6.152	2.100	1.469	8.447	9.673
	5	13.100	16.676	5.144	3.582	21.073	3.422	9.365	6.549	17.510	19.255
	6	12.838	16.309	5.035	3.510	20.335	3.360	9.178	6.418	17.352	18.793
	7	4.292	5.356	1.654	1.155	14.569	4.433	4.413	3.086	11.637	13.095
	8	4.292	5.356	1.654	1.155	14.569	4.433	4.413	3.086	11.637	13.095
	9	1.590	2.064	641	448	11.737	6.226	2.167	1.516	8.819	9.789
	10	13.992	17.490	5.401	3.765	22.928	3.525	10.218	7.145	18.823	20.774
	11	13.992	17.490	5.401	3.765	22.928	3.525	10.218	7.145	18.823	20.774
	12	4.530	5.662	1.750	1.221	15.502	4.540	4.515	3.158	12.291	13.818
	13	1.641	2.051	637	445	11.727	6.540	2.233	1.561	8.980	10.283
	14	15.131	18.114	5.586	3.887	24.430	3.742	11.080	7.748	20.542	22.196
	15	14.904	17.806	5.491	3.824	24.039	3.690	10.880	7.609	20.151	21.869
	16	15.585	18.567	5.727	3.988	25.114	3.825	11.423	7.988	21.107	22.862
	17	15.131	18.114	5.587	3.887	24.430	3.742	11.080	7.748	20.542	22.196
	18	4.570	6.172	1.907	1.322	16.773	4.885	4.782	3.344	13.397	14.923
	19	1.655	2.254	697	487	12.007	6.893	2.275	1.591	9.788	11.075

Τα ανωτέρω δεδομένα, με χρήση του μεθοδολογικού πλαισίου και των παραδοχών που αποτυπώνονται στο προηγούμενο κεφάλαιο, επεξεργάστηκαν για τα δυο σενάρια

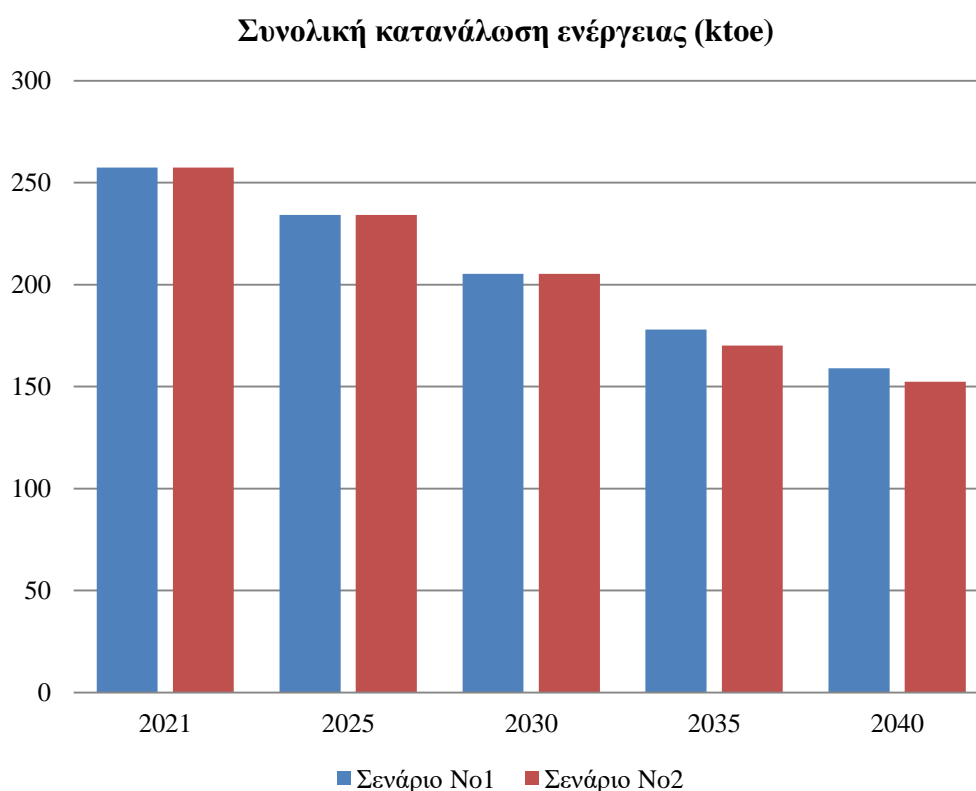
μελέτης της παρούσας εργασίας σε επίπεδο κλιματικής ζώνης, συγκεκριμένα για την περίπτωση της κλιματικής ζώνης Β της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Αρχικά υπολογιστήκαν οι ετήσιες συνολικές καταναλώσεις για τα δυο διαφορετικά σενάρια όπως παρουσιάζεται παρακάτω.

Πίνακας 5.2. Η εξέλιξη της συνολικής κατανάλωσης για τα δυο σενάρια της κλιματικής ζώνης Β, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Συνολική κατανάλωση ενέργειας (ktoe)		
Έτος	Σενάριο 1	Σενάριο 2
2021	257,36	257,36
2025	234,20	234,20
2030	205,25	205,25
2035	177,97	170,12
2040	158,92	152,43

Η συνολική κατανάλωση ενέργειας, για το Σενάριο 1, μειώνεται 38,13% από το 2021 έως το 2040. Στο Σενάριο 2, η εξοικονόμηση ενέργειας είναι μεγαλύτερη, καθώς η συνολική κατανάλωση μειώνεται 40,86% από το 2021 έως το 2040.

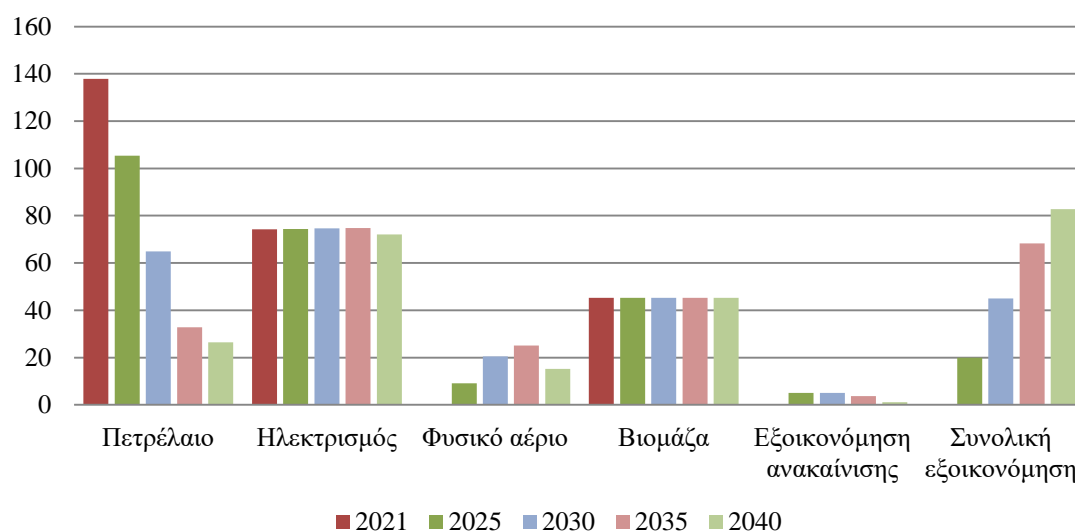


Διάγραμμα 5.1. Συνολική κατανάλωση ενέργειας για τα δυο σενάρια της κλιματικής ζώνης Β, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Συμπερασματικά, το Σενάριο 2 οδηγεί σε μεγαλύτερη μείωση της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η εξέλιξη του μίγματος ενεργειακής κατανάλωσης. Πιο συγκεκριμένα, για το Σενάριο 1 προκύπτει το **Διάγραμμα 5.2**, το οποίο παρουσιάζει την κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας ανά καύσιμο και την εξοικονόμηση στην κλιματική ζώνη Β, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας για το διάστημα 2021-2040.

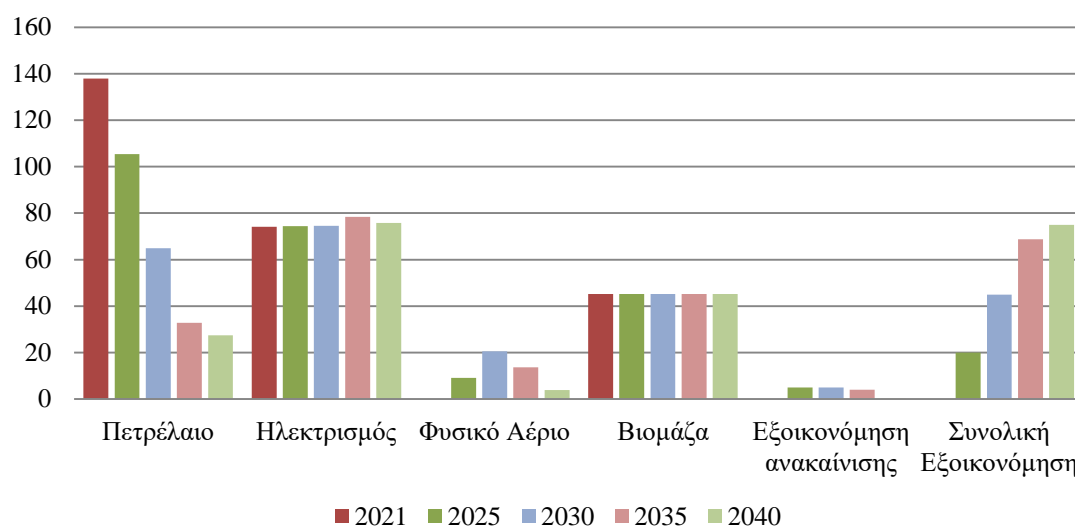
Σενάριο 1 - Κατανάλωση σε ktoe



Διάγραμμα 5.2. Κατανάλωση ανά καύσιμο και η εξοικονόμηση ενέργειας στο διάστημα 2021-2040, για το Σενάριο 1 της κλιματικής ζώνης Β, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Διαπιστώνουμε ότι η κατανάλωση ενέργειας από πετρέλαιο θέρμανσης μειώνεται, ο ηλεκτρισμός παραμένει σχετικά σταθερός, ενώ αυξάνεται η κατανάλωση του φυσικού αερίου και η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας από τις ενεργειακές ανακαινίσεις. Συγκεκριμένα, η κατανάλωση πετρελαίου μειώνεται 80,83% από το 2021 έως το 2040. Οι τιμές ηλεκτρισμού σημειώνουν μικρή μείωση από 74,20 ktoe σε 72,05 ktoe. Αυτό συμβαίνει διότι η διείσδυση αντλιών θερμότητας είναι πολύ μικρή και η κατανάλωση σε ηλεκτρικές συσκευές θεωρείται σταθερή στο διάστημα 2021-2040. Αυξητική είναι η τιμή κατανάλωσης του φυσικού αερίου έως το 2035 ενώ μειώνεται το 2040. Η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας από ανακαινίσεις ανέρχεται στα 82,80 ktoe το 2040.

Αντίστοιχα για το Σενάριο 2 προκύπτει το **Διάγραμμα 5.3**, το οποίο παρουσιάζει την κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας ανά καύσιμο και την εξοικονόμηση στην κλιματική ζώνη Β, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας για το διάστημα 2021-2040.

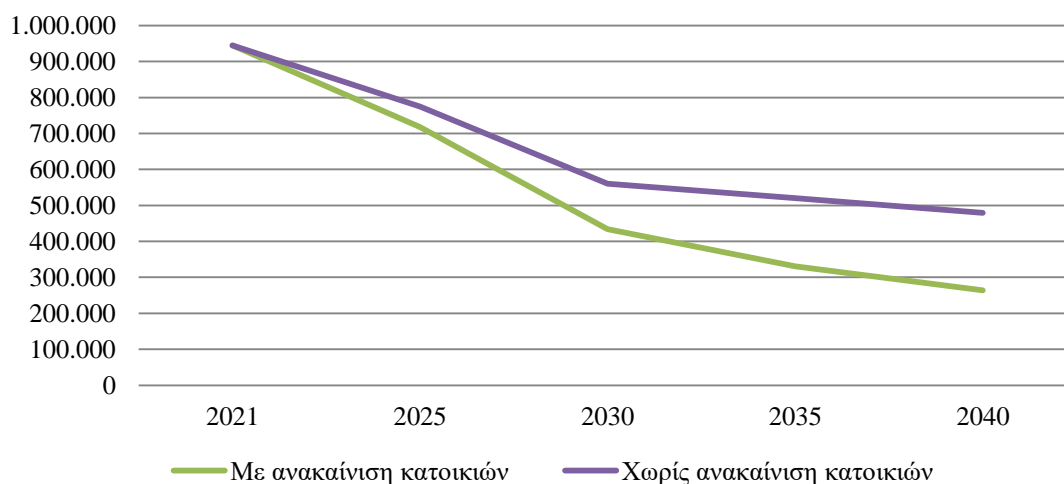
Σενάριο 2 - Κατανάλωση σε ktoe

Διάγραμμα 5.3. Κατανάλωση ανά καύσιμο και η εξοικονόμηση ενέργειας στο διάστημα 2021-2040, για το Σενάριο 2 της κλιματικής ζώνης Β, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Ακολουθώντας τώρα, παρατηρείται μείωση της κατανάλωσης πετρελαίου, αύξηση της κατανάλωσης ηλεκτρισμού, φυσικού αερίου, καθώς και της συνολικής εξοικονόμησης ενέργειας από τις ενεργειακές ανακαινίσεις. Συγκεκριμένα για το Σενάριο 2 η κατανάλωση πετρελαίου μειώνεται 80,11% από το 2021 έως το 2040. Οι τιμές ηλεκτρισμού σημειώνουν αύξηση από 74,20 ktoe σε 75,83 ktoe. Αυτό συμβαίνει γιατί κατά την περίοδο 2030-2040 προστίθενται περισσότερες αντλίες θερμότητας, είτε αντί για καυστήρες φυσικού αερίου το 2031-2035, είτε αντικαθιστώντας τους το 2036-2040. Η κατανάλωση του φυσικού αερίου έχει αυξητική τάση κατά την περίοδο 2021-2030, ενώ μειώνεται κατά το διάστημα 2031-2040. Επιπρόσθετα, η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας από ανακαινίσεις ανέρχεται στα 74,91 ktoe το 2040.

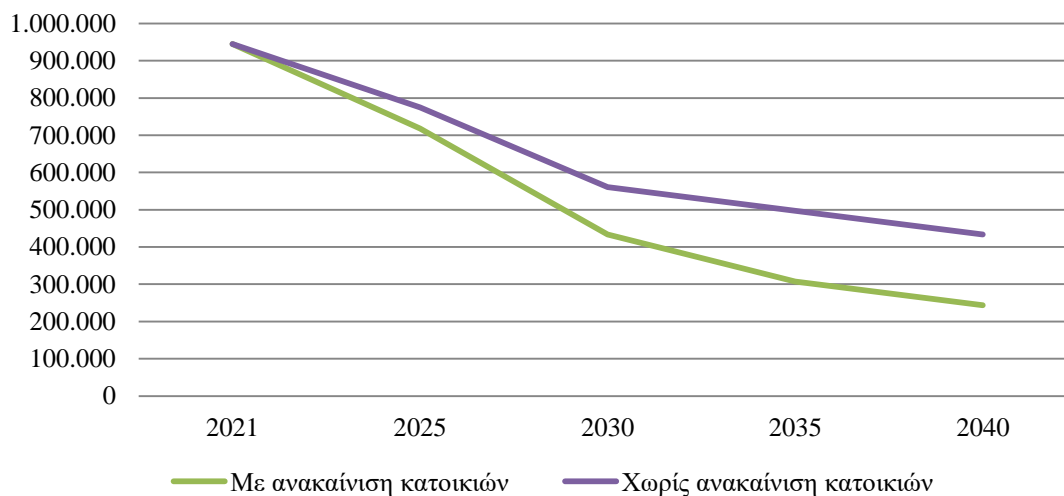
5.1.2 Περιβαλλοντικό αποτύπωμα

Με δεδομένο τους συντελεστές εκπομπών για τον ηλεκτρισμό και τα υπόλοιπα καύσιμα (πετρέλαιο, φυσικό αέριο και βιομάζα) της Ενότητας 4.3 (**Πίνακας 4.9** και **Πίνακας 4.10**), καθώς και το μείγμα ενεργειακής κατανάλωσης των διαφόρων σεναρίων από τα **Διάγραμμα 5.2** και **Διάγραμμα 5.3**, προκύπτει παρακάτω (**Διάγραμμα 5.4**) η εκτίμηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος για την περίοδο 2021-2040 σε τόνους CO₂ για κάθε σενάριο.

Συνολικές εκπομπές tn CO₂ του Σεναρίου 1

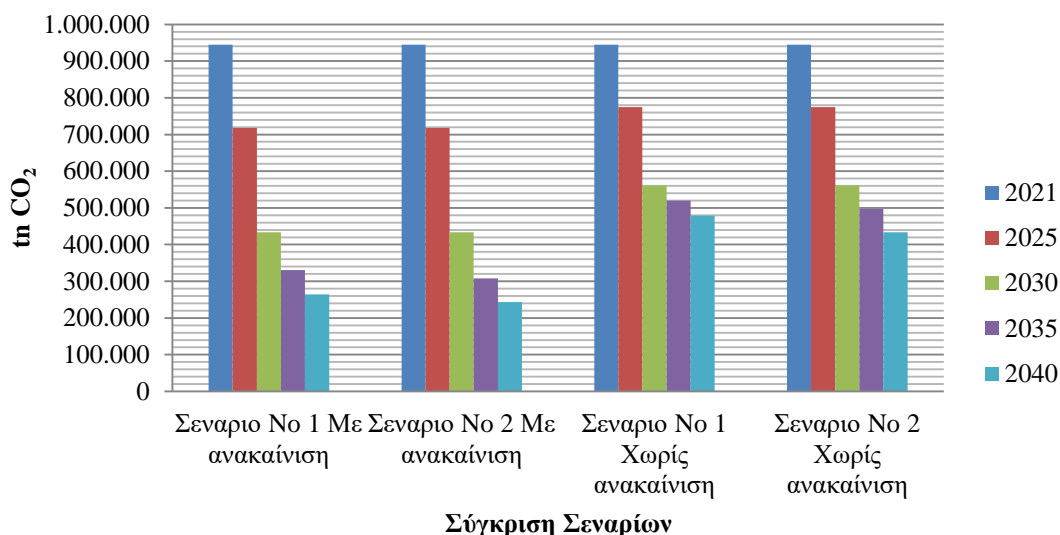
Διάγραμμα 5.4. Περιβαλλοντικό αποτύπωμα στο διάστημα 2021-2040, του Σεναρίου 1 της κλιματικής ζώνης Β, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Είναι προφανές, πως με τις ανακαινίσεις κατοικιών μειώνονται οι εκτιμώμενες εκπομπές CO₂. Ειδικότερα στο Σενάριο 1, οι ανακαινίσεις κατοικιών μειώνουν από το 2021 στο 2040 τις εκπομπές CO₂ κατά 72,02%.

Συνολικές εκπομπές tn CO₂ του Σεναρίου 2

Διάγραμμα 5.5. Περιβαλλοντικό αποτύπωμα στο διάστημα 2021-2040, του Σεναρίου 2 της κλιματικής ζώνης Β, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Παρομοίως στο Σενάριο 2, με τις ανακαινίσεις κατοικιών οι εκτιμώμενες εκπομπές CO₂ μειώνονται (**Διάγραμμα 5.5**). Συγκεκριμένα, οι ανακαινίσεις κατοικιών επιφέρουν μείωση κατά 74,23% έως το 2040. Παρατηρούμε συγκριτικά, πως στο Σενάριο 2, η αύξηση της διείσδυσης του ηλεκτρισμού, επιφέρει χαμηλότερες εκπομπές CO₂.



Διάγραμμα 5.6. Σύγκριση αναμενόμενων εκπομπών CO₂ για τα Σενάρια 1 & 2 με και χωρίς ανακαινίσεις κατοικιών της κλιματικής ζώνης Β, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Στο **Διάγραμμα 5.6** φαίνεται πως στο Σενάριο 2 με ανακαινίσεις κατοικιών, οι εκπομπές CO₂ είναι μειωμένες κατά 7,91% σε σχέση με το Σενάριο 1 το 2040. Στην περίπτωση απουσίας ανακαινίσεων το Σενάριο 2 οδηγεί σε εκπομπές CO₂ μειωμένες κατά 9,43% το 2040 σε σχέση με το Σενάριο 1.

5.1.3 Κόστος και εξοικονόμηση καταναλωτή

Η μελέτη των δυο διαφορετικών σεναρίων μετάβασης, αποσκοπεί πέραν του υπολογισμού της ενεργειακής κατανάλωσης και του περιβαλλοντικού αποτυπώματος σε εκπομπές CO₂, στον προσδιορισμό του κόστους ή οφέλους για τον τελικό καταναλωτή.

Πρώτα παρουσιάζεται το οικονομικό κόστος από την πιθανή επέκταση στον κτιριακό τομέα, του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών (ΣΕΔΕ) αερίων του θερμοκηπίου στην Ευρωπαϊκή Κοινότητα (“EU emissions trading system – EU ETS”) [28], για την περίπτωση σταθερής τιμής εκπομπών στα 30 €/t CO₂. Για το Σενάριο 1 ο **Πίνακας 5.3** που ακολουθεί παρουσιάζει τα παραπάνω.

Πίνακας 5.3. Εξέλιξη πιθανής επιπλέον χρέωσης ανά νοικοκυριό στην περίπτωση του Σεναρίου 1 για σταθερή τιμή εκπομπών CO₂ της κλιματικής ζώνης Β, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Σενάριο 1	2021	2025	2030	2035	2040
Συνολικό κόστος εκπομπών (€)	28.342.360	21.542.847	13.011.537	9.923.616	7.930.054
Όφελος ανακαινίσεων (€)	0	1.692.705	3.808.587	5.682.264	6.442.130
Πιθανή επιπλέον χρέωση ανά νοικοκυριό χωρίς ανακαίνιση (€)	189	155	112	104	96

Πιθανή επιπλέον χρέωση ανά νοικοκυριό με ανακαίνιση (€)	189	144	87	66	53
---	-----	-----	----	----	----

Παρατηρούμε σε ότι αφορά την πιθανή επιπλέον χρέωση από την εισαγωγή του ΣΕΔΕ στον κτιριακό τομέα, η πραγματοποίηση ενεργειακών ανακαινίσεων τη μειώνει, σε ποσοστό 44,79% ανά νοικοκυριό το 2040, μιας και, όπως είναι λογικό, μειώνεται το συνολικό κόστος λόγω εξοικονόμησης.

Σε ότι αφορά το Σενάριο 2 την εξέλιξη των πιθανών χρεώσεων παρουσιάζει ο **Πίνακας 5.4** που ακολουθεί.

Πίνακας 5.4. Εξέλιξη πιθανής επιπλέον χρέωσης ανά νοικοκυριό στην περίπτωση του Σεναρίου 2 για σταθερή τιμή εκπομπών CO₂ της κλιματικής ζώνης B, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Σενάριο 2	2021	2025	2030	2035	2040
Συνολικό κόστος εκπομπών (€)	28.342.360	21.542.847	13.011.537	9.231.004	7.302.531
Όφελος ανακαινίσεων (€)	0	1.692.705	3.808.587	5.694.043	5.713.752
Πιθανή επιπλέον χρέωση ανά νοικοκυριό χωρίς ανακαίνιση (€)	189	155	112	100	87
Πιθανή επιπλέον χρέωση ανά νοικοκυριό με ανακαίνιση (€)	189	144	87	62	49

Και εδώ παρατηρείται πως η πραγματοποίηση ενεργειακών ανακαινίσεων μειώνει την πιθανή επιπλέον χρέωση που αντιστοιχεί σε κάθε νοικοκυριό, κατά 43,68% το 2040, μιας και, όπως είναι λογικό, μειώνεται το συνολικό κόστος λόγω εξοικονόμησης.

Παράλληλα συγκρίνοντας τα δυο Σενάρια, το Σενάριο 2 επιφέρει μεγαλύτερες μειώσεις στην πιθανή επιπλέον χρέωση ανά νοικοκυριό, τόσο στην περίπτωση απουσίας ανακαινίσεων, όσο και στην περίπτωση πραγματοποίησής τους. Ενδεικτικά, για νοικοκυριά με ανακαίνιση η πιθανή επιπλέον χρέωση το 2040 στο Σενάριο 2 είναι 49 €, ενώ στο Σενάριο 1 είναι 53 €.

Στην περίπτωση της αυξανόμενης τιμής εκπομπών CO₂, δηλαδή 30 €/t CO₂ το 2021-2025, 50 €/t CO₂ το 2026-2030 και 100 €/t CO₂ το 2031-2040, ο **Πίνακας 5.5** παρουσιάζει για το Σενάριο 1 το συνολικό κόστος εκπομπών, την εξοικονόμηση λόγω ανακαινίσεων, καθώς και την πιθανή επιπλέον χρέωση ανά νοικοκυριό χωρίς/με ανακαίνιση. Τις αντίστοιχες πληροφορίες για το Σενάριο 2 παρουσιάζει ο **Πίνακας 5.6**.

Πίνακας 5.5. Εξέλιξη πιθανής επιπλέον χρέωσης ανά νοικοκυριό στην περίπτωση του Σεναρίου 1 για αυξανόμενη τιμή εκπομπών CO₂ της κλιματικής ζώνης B, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Σενάριο 1	2021	2025	2030	2035	2040
-----------	------	------	------	------	------

Συνολικό κόστος εκπομπών (€)	28.342.360	21.542.847	21.685.896	33.078.719	26.433.514
Όφελος ανακαινίσεων (€)	0	1.692.705	6.347.645	18.940.881	21.473.514
Πιθανή επιπλέον χρέωση ανά νοικοκυριό χωρίς ανακαίνιση (€)	189	155	187	348	320
Πιθανή επιπλέον χρέωση ανά νοικοκυριό με ανακαίνιση (€)	189	144	145	221	177

Πίνακας 5.6. Εξέλιξη πιθανής επιπλέον χρέωσης ανά νοικοκυριό στην περίπτωση του Σεναρίου 2 για αυξανόμενη τιμή εκπομπών CO₂ της κλιματικής ζώνης B, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Σενάριο 2	2021	2025	2030	2035	2040
Συνολικό κόστος εκπομπών (€)	28.342.360	21.542.847	21.685.896	30.770.013	24.341.771
Όφελος ανακαινίσεων (€)	0	1.692.705	6.347.645	18.980.143	19.045.839
Πιθανή επιπλέον χρέωση ανά νοικοκυριό χωρίς ανακαίνιση (€)	189	155	187	332	290
Πιθανή επιπλέον χρέωση ανά νοικοκυριό με ανακαίνιση (€)	189	144	145	206	163

Όπως αναμενόταν με την αύξηση της τιμής εμπορίας εκπομπών οι πιθανές χρεώσεις ανά νοικοκυριό αυξάνονται. Επίσης παρατηρούμε πως οι ενεργειακές ανακαινίσεις μειώνουν την πιθανή επιπλέον χρέωση που αντιστοιχεί σε κάθε νοικοκυριό, κατά 44,69% για το Σενάριο 1 και κατά 43,79% για το Σενάριο 2, αφού μειώνεται το συνολικό κόστος λόγω της αύξησης των χρημάτων που εξοικονομούνται.

Ακόμη, και σε αυτή την περίπτωση παρατηρούμε πως συγκρινόμενο με το Σενάριο 1, το Σενάριο 2 επιφέρει μεγαλύτερες μειώσεις στην πιθανή επιπλέον χρέωση ανά νοικοκυριό, τόσο στην περίπτωση απουσίας ανακαινίσεων, όσο και στην περίπτωση πραγματοποίησής τους. Ενδεικτικά, για νοικοκυριά με ανακαίνιση η πιθανή επιπλέον χρέωση το 2040 στο Σενάριο 2 είναι 163 €, ενώ στο Σενάριο 1 είναι 177 €.

Πέρα από τα κόστη που προκύπτουν από το σύστημα εμπορίας αδειών εκπομπών CO₂ και την επέκτασή του στον κτιριακό τομέα, κάθε επέμβαση ενεργειακής αναβάθμισης έχει και το δικό της κόστος. Η εξέλιξή τους το διάστημα 2021-2040 παρουσιάστηκε στην Ενότητα **4.3 Παραδοχές** της εργασίας και συγκεκριμένα ο **Πίνακας 4.11**. Επομένως, ανάλογα με το σενάριο είναι φυσιολογικό το συνολικό κόστος για το διάστημα 2021-2040 να διαφοροποιείται. Ο **Πίνακας 5.7** και **Πίνακας 5.8** παρουσιάζει το κόστος των επεμβάσεων για την εγκατάσταση αντλιών θερμότητας, καυστήρων φυσικού αερίου, καθώς και για τη διενέργεια ενεργειακών ανακαινίσεων για το Σενάριο 1 και το Σενάριο 2 αντίστοιχα.

Πίνακας 5.7. Κόστος επεμβάσεων για το Σενάριο 1 της κλιματικής ζώνης Β, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Σενάριο 1	2021	2025	2030	2035	2040
Συνολικό κόστος επεμβάσεων (€)	0	55.437.926	54.627.341	53.862.298	53.097.255
Κόστος αντλιών θερμότητας (€/μονάδα)	11.568	9.840	7.680	5.883	4.087
Συνολικό κόστος εγκατάστασης αντλιών θερμότητας (€)	0	3.338.513	2.605.669	1.996.108	1.386.546
Κόστος καυστήρων φυσικού αερίου (€/μονάδα)	4.990	4.952	4.904	4.809	4.713
Συνολικό κόστος εγκατάστασης καυστήρων φυσικού αερίου (€)	0	8.059.146	7.981.405	7.825.924	7.670.442
Κόστος ενεργειακών ανακαινίσεων (€/μονάδα)	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
Συνολικό κόστος ενεργειακών ανακαινίσεων (€)	0	44.040.267	44.040.267	44.040.267	44.040.267

Πίνακας 5.8. Κόστος επεμβάσεων για το Σενάριο 2 της κλιματικής ζώνης Β, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Σενάριο 2	2021	2025	2030	2035	2040
Συνολικό κόστος επεμβάσεων (€)	0	55.437.926	54.627.341	55.610.834	52.423.885
Κόστος αντλιών θερμότητας (€/μονάδα)	11.568	9.840	7.680	5.883	4.087
Συνολικό κόστος εγκατάστασης αντλιών θερμότητας (€)	0	3.338.513	2.605.669	11.570.567	8.037.206
Κόστος καυστήρων φυσικού αερίου (€/μονάδα)	4.990	4.952	4.904	4.809	1.000
Συνολικό κόστος εγκατάστασης καυστήρων φυσικού αερίου (€)	0	8.059.146	7.981.405	0	346.412
Κόστος ενεργειακών ανακαινίσεων (€/μονάδα)	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
Συνολικό κόστος ενεργειακών ανακαινίσεων (€)	0	44.040.267	44.040.267	44.040.267	44.040.267

ανακαινίσεων (€)					
------------------	--	--	--	--	--

Παρατηρούμε πως το συνολικό κόστος εγκατάστασης καυστήρων φυσικού αερίου μειώνεται. Το συνολικό κόστος για την περίοδο 2021-2040 είναι 1.035.340.219 € για το Σενάριο 1, ενώ για το Σενάριο 2 το συνολικό κόστος για το ίδιο διάστημα είναι περίπου 1% μεγαλύτερο, και ανέρχεται στα 1.051.789.319 €. Αυτή η διαφορά στο κόστος οφείλεται κυρίως στο ότι από το 2030 και μετά, κατά το Σενάριο 2, προστίθενται αντλίες θερμότητας αντί για καυστήρες φυσικού αερίου, οι οποίες έχουν μεγαλύτερη τιμή εγκατάστασης ανά μονάδα. Τέλος, προκύπτει πως το ετήσιο κόστος ανακαίνισης ανέρχεται στα 294 € ανά νοικοκυριό.

Οι ενεργειακές ανακαινίσεις οδηγούν στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των νοικοκυριών στα οποία λαμβάνουν χώρα. Όπως δείχνει ο **Πίνακας 5.1** για τα υπό μελέτη νοικοκυριά, το μοντέλο “DREEM” είναι σε θέση να υπολογίσει την εξοικονόμηση ενέργειας που προκύπτει από τις ανακαινίσεις ανά καύσιμο. Με αυτά τα δεδομένα μπορεί να γίνει εκτίμηση της ετήσιας συνολικής εξοικονόμησης καυσίμου σε ευρώ (€). Ο **Πίνακας 5.9** παρουσιάζει την εξοικονόμηση πετρελαίου θέρμανσης, φυσικού αερίου και ηλεκτρικής ενέργειας για το Σενάριο 1, ενώ ο **Πίνακας 5.10** για το Σενάριο 2.

Πίνακας 5.9. Εξοικονόμηση καυσίμου λόγω ενεργειακών ανακαινίσεων στο Σενάριο 1 της κλιματικής ζώνης Β, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Σενάριο 1	2021	2025	2030	2035	2040
Πετρέλαιο θέρμανσης (€)	0	10.050.392	27.001.052	38.693.338	34.408.489
Φυσικό αέριο (€)	0	0	0	2.273.730	9.821.889
Ηλεκτρισμός (€)	0	0	0	0	3.191.792

Πίνακας 5.10. Εξοικονόμηση καυσίμου λόγω ενεργειακών ανακαινίσεων στο Σενάριο 2 της κλιματικής ζώνης Β, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Σενάριο 2	2021	2025	2030	2035	2040
Πετρέλαιο θέρμανσης (€)	0	10.050.392	27.001.052	38.693.338	35.703.446
Φυσικό αέριο (€)	0	0	0	2.273.730	4.949.338
Ηλεκτρισμός (€)	0	0	0	553.929	8.772.955

Από το έτος 2034 και μετά, λόγω της εξάντλησης των νοικοκυριών με καυστήρα πετρελαίου, οι προβλεπόμενες ετήσιες ανακαινίσεις αφορούν και νοικοκυριά με

καυστήρα φυσικού αερίου, σύμφωνα με την αναλογία των μη ανακαινισμένων σπιτιών με τα δύο αυτά μέσα θέρμανσης. Για το διάστημα 2021-2035 η εξοικονόμηση πετρελαίου και φυσικού αερίου για τα δύο σενάρια είναι η ίδια. Στο Σενάριο 1 από το 2039 εξαντλούνται τα νοικοκυριά με καυστήρα φυσικού αερίου και αρχίζει η ανακαίνιση σπιτιών με ηλεκτρικά συστήματα θέρμανσης κατά αντίστοιχη αναλογία. Στο Σενάριο 2 από το 2035 προστίθενται ανακαινίσεις νοικοκυριών με αντλίες θερμότητας, ενώ από το 2037 εξαντλούνται τα νοικοκυριά με καυστήρα φυσικού αερίου και αρχίζει η ανακαίνιση σπιτιών με ηλεκτρικά συστήματα θέρμανσης κατά αντίστοιχη αναλογία. Το διάστημα 2036-2040 υπάρχει διαφοροποίηση μιας και αλλάζει η αναλογία νοικοκυριών με λέβητα πετρελαίου, φυσικού αερίου και αντλίας θερμότητας.

Τη συνολική ετήσια εξοικονόμηση χρημάτων που προκύπτει για κάθε σενάριο παρουσιάζει ο **Πίνακας 5.11** που ακολουθεί.

Πίνακας 5.11. Συνολική εξοικονόμηση λόγω των ενεργειακών ανακαινίσεων της κλιματικής ζώνης Β, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Συνολική εξοικονόμηση (€)	2021	2025	2030	2035	2040
Σενάριο 1	0	10.050.392	27.001.052	40.967.068	47.422.170
Σενάριο 2	0	10.050.392	27.001.052	41.520.997	49.425.739

Τα ετήσια χρηματικά οφέλη που αντιστοιχούν σε κάθε νοικοκυριό της κλιματικής ζώνης Β της Περιφέρειας παρουσιάζει ο **Πίνακας 5.12** και για τα δύο σενάρια.

Πίνακας 5.12. Ετήσια χρηματικά οφέλη από την εξοικονόμηση καυσίμων ανά νοικοκυριό (€) της κλιματικής ζώνης Β, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Εξοικονόμηση /νοικοκυριό (€)	2021	2025	2030	2035	2040
Σενάριο 1	0	67	180	274	317
Σενάριο 2	0	67	180	277	330

5.2 Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας – Κλιματική Ζώνη Γ (Ευρυτανία)

5.2.1 Ενεργειακή κατανάλωση

Οι ετήσιες καταναλώσεις διαφορετικών τεχνολογιών θέρμανσης και εξοικονόμησης, ανά τύπο νοικοκυριού, υπολογιστήκαν με τη χρήση του μοντέλου “DREEM”. Οι καταναλώσεις που αντιστοιχούν στα δώδεκα (12) σενάρια της κλιματικής ζώνης Γ (Πίνακας 4.4), παρουσιάζονται παρακάτω (Πίνακας 5.13).

Πίνακας 5.13. Καταναλώσεις ανά τύπο νοικοκυριού της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας, κλιματική ζώνη Γ.

Ετήσια κατανάλωση kWh/νοικοκυριό											
	Σενάρια	Εξοικονόμηση ανακαίνισης Φυσικού Αερίου	Εξοικονόμηση ανακαίνισης Πετρελαίου	Εξοικονόμηση ανακαίνισης ηλεκτρικών συστημάτων θέρμανσης	Εξοικονόμηση ανακαίνισης αντλίας θερμότητας	Πετρέλαιο	Ηλεκτρικές Συσκευές	Ηλεκτρικά συστήματα θέρμανσης	Αντλία θερμότητας	Φυσικό αέριο	Βιομάζα
Στερεά Ελλάδα, Κλιματική Ζώνη Γ	1	4.407	5.508	1.701	1.182	39.511	5.288	11.296	7.899	31.379	33.398
	2	1.490	1.862	578	401	27.089	7.408	5.282	3.694	20.778	23.773
	3	571	713	224	155	21.666	11.285	2.761	1.931	16.050	18.706
	4	4.837	6.158	1.899	1.323	41.338	6.269	12.298	8.600	33.229	37.189
	5	1.569	1.958	606	422	28.294	8.039	5.737	4.012	21.863	25.038
	6	587	762	236	167	23.022	11.405	2.846	1.990	16.734	18.906
	7	5.193	6.491	2.005	1.397	45.204	6.491	13.487	9.431	35.901	40.325
	8	4.624	5.780	1.790	1.252	27.779	3.250	9.742	6.813	22.326	24.919
	9	604	681	221	155	22.609	11.643	2.905	2.032	17.902	19.320
	10	5.813	6.959	2.149	1.497	49.860	7.133	15.139	10.587	40.557	44.602
	11	1.809	2.442	761	532	35.260	9.589	6.730	4.706	27.245	30.887
	12	694	945	301	221	26.755	14.344	3.394	2.374	21.099	24.298

Τα ανωτέρω δεδομένα, με χρήση του μεθοδολογικού πλαισίου και των παραδοχών που αποτυπώνονται στο προηγούμενο κεφάλαιο, επεξεργάστηκαν για τα δυο σενάρια μελέτης της παρούσας εργασίας σε επίπεδο κλιματικής ζώνης, συγκεκριμένα για την περίπτωση της κλιματικής ζώνης Γ της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Αρχικά υπολογιστήκαν οι ετήσιες συνολικές καταναλώσεις για τα δυο διαφορετικά σενάρια όπως παρουσιάζεται παρακάτω.

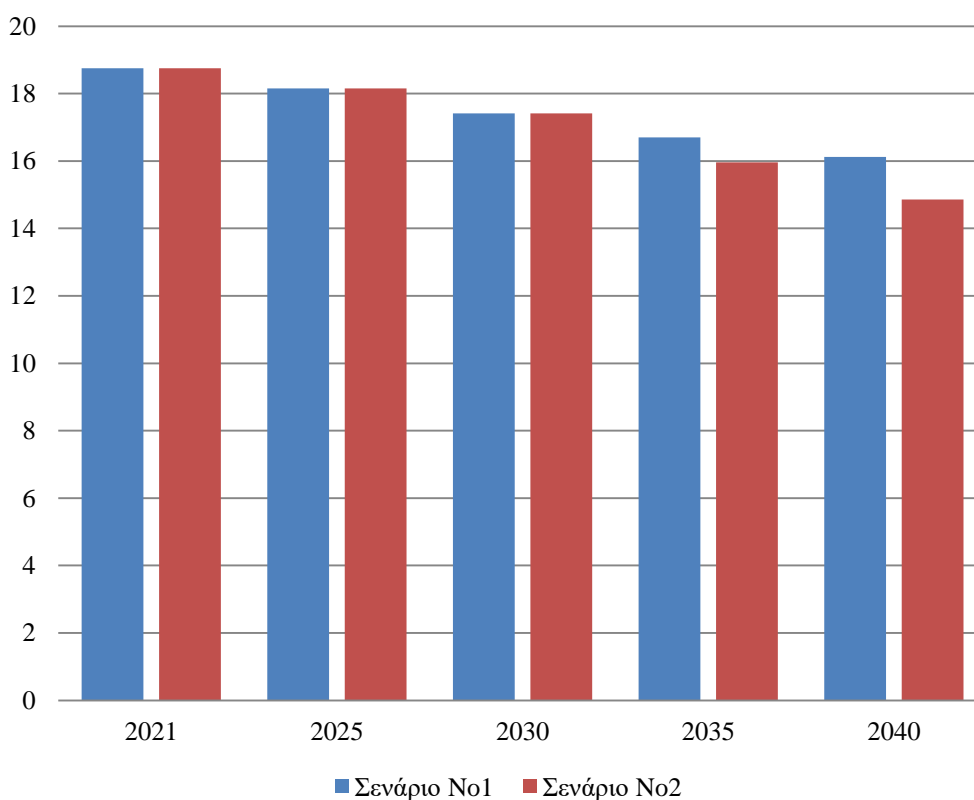
Πίνακας 5.14. Η εξέλιξη της συνολικής κατανάλωσης για τα δυο σενάρια της κλιματικής ζώνης Γ, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Συνολική κατανάλωση ενέργειας (ktoe)		
Έτος	Σενάριο 1	Σενάριο 2

2021	18,75	18,75
2025	18,15	18,15
2030	17,41	17,41
2035	16,70	15,96
2040	16,12	14,86

Η συνολική κατανάλωση ενέργειας, για το Σενάριο 1, μειώνεται 14,05% από το 2021 έως το 2040. Στο Σενάριο 2, η εξοικονόμηση ενέργειας είναι μεγαλύτερη, καθώς η συνολική κατανάλωση μειώνεται 20,77% από το 2021 έως το 2040.

Συνολική κατανάλωση ενέργειας (ktoe)

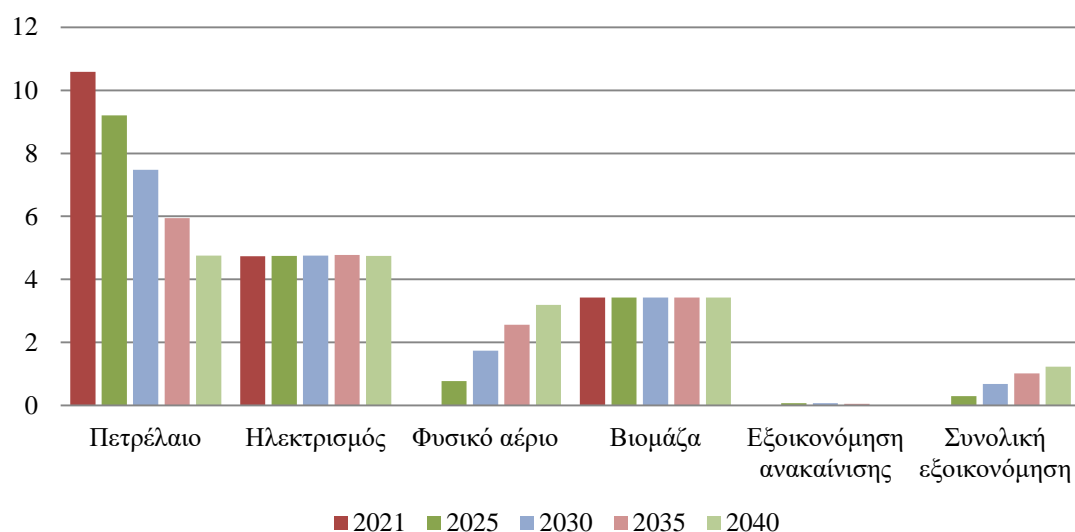


Διάγραμμα 5.7. Συνολική κατανάλωση ενέργειας για τα δυο σενάρια της κλιματικής ζώνης Γ, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Συμπερασματικά, το Σενάριο 2 οδηγεί σε μεγαλύτερη μείωση της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η εξέλιξη του μίγματος ενεργειακής κατανάλωσης. Πιο συγκεκριμένα, για το Σενάριο 1 προκύπτει το **Διάγραμμα 5.8**, το οποίο παρουσιάζει την κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας ανά καύσιμο και την εξοικονόμηση στην κλιματική ζώνη Γ, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας για το διάστημα 2021-2040.

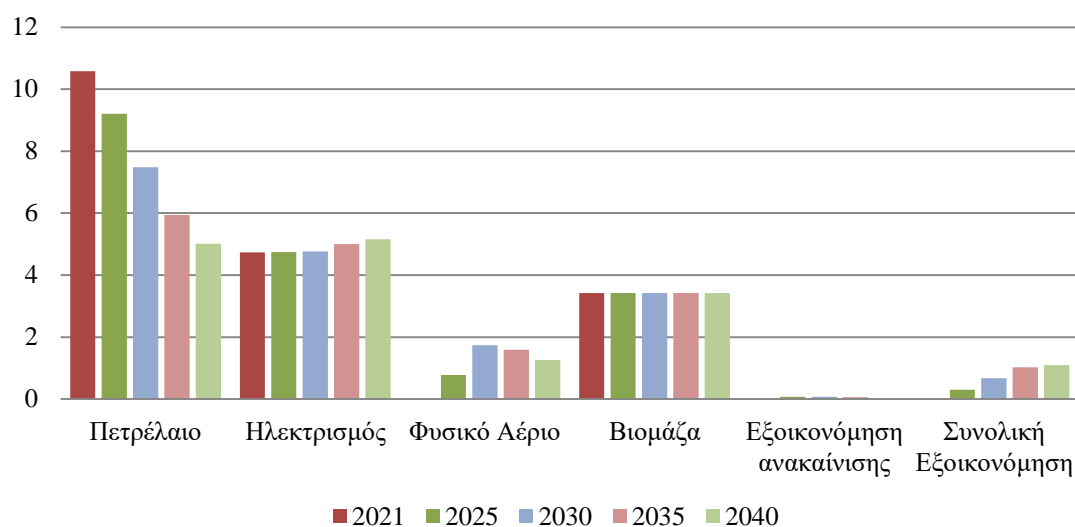
Σενάριο 1 - Κατανάλωση σε ktoe



Διάγραμμα 5.8. Κατανάλωση ανά καύσιμο και η εξοικονόμηση ενέργειας για το Σενάριο 1 της κλιματικής ζώνης Γ, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Διαπιστώνουμε ότι η κατανάλωση ενέργειας από πετρέλαιο θέρμανσης μειώνεται, ο ηλεκτρισμός παραμένει σχετικά σταθερός, ενώ αυξάνεται η κατανάλωση του φυσικού αερίου και η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας από τις ενεργειακές ανακαινίσεις. Συγκεκριμένα, η κατανάλωση πετρελαίου μειώνεται 55,15% από το 2021 έως το 2040. Οι τιμές ηλεκτρισμού παραμένουν σχεδόν αμετάβλητες από 4,74 ktoe σε 4,75 ktoe. Αυτό συμβαίνει διότι η διεύθυνση αντλιών θερμότητας είναι πολύ μικρή και η κατανάλωση σε ηλεκτρικές συσκευές θεωρείται σταθερή στο διάστημα 2021-2040. Αυξητική είναι η τιμή κατανάλωσης του φυσικού αερίου έως το 2040. Η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας από ανακαινίσεις ανέρχεται στα 1,23 ktoe το 2040.

Αντίστοιχα για το Σενάριο 2 προκύπτει το **Διάγραμμα 5.9**, το οποίο παρουσιάζει την κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας ανά καύσιμο και την εξοικονόμηση στην κλιματική ζώνη Γ, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας για το διάστημα 2021-2040.

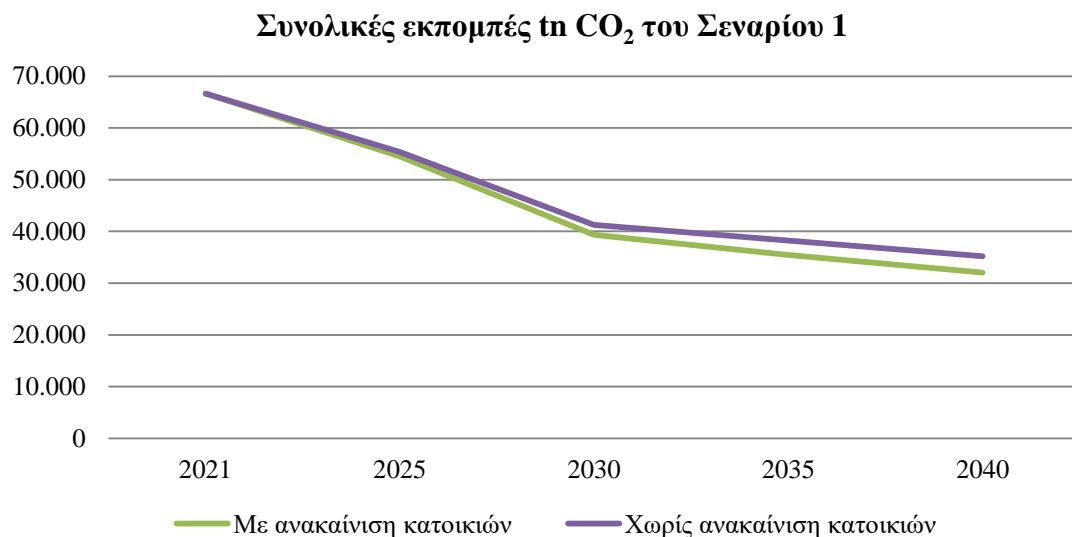
Σενάριο 2 - Κατανάλωση σε ktoe

Διάγραμμα 5.9. Κατανάλωση ανά καύσιμο και η εξοικονόμηση ενέργειας για το Σενάριο 2 της κλιματικής ζώνης Γ, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Ακολουθώντας τώρα, παρατηρείται μείωση της κατανάλωσης πετρελαίου, αύξηση της κατανάλωσης ηλεκτρισμού, φυσικού αερίου, καθώς και της συνολικής εξοικονόμησης ενέργειας από τις ενεργειακές ανακαινίσεις. Συγκεκριμένα για το Σενάριο 2 η κατανάλωση πετρελαίου μειώνεται 52,69% από το 2021 έως το 2040. Οι τιμές ηλεκτρισμού σημειώνουν αύξηση από 4,74 ktoe σε 5,16 ktoe. Αυτό συμβαίνει γιατί κατά την περίοδο 2030-2040 προστίθενται περισσότερες αντλίες θερμότητας, είτε αντί για καυστήρες φυσικού αερίου το 2031-2035, είτε αντικαθιστώντας τους το 2036-2040. Η κατανάλωση του φυσικού αερίου έχει αυξητική τάση κατά την περίοδο 2021-2030, ενώ μειώνεται κατά το διάστημα 2031-2040. Επιπρόσθετα, η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας από ανακαινίσεις ανέρχεται στα 1,09 ktoe το 2040.

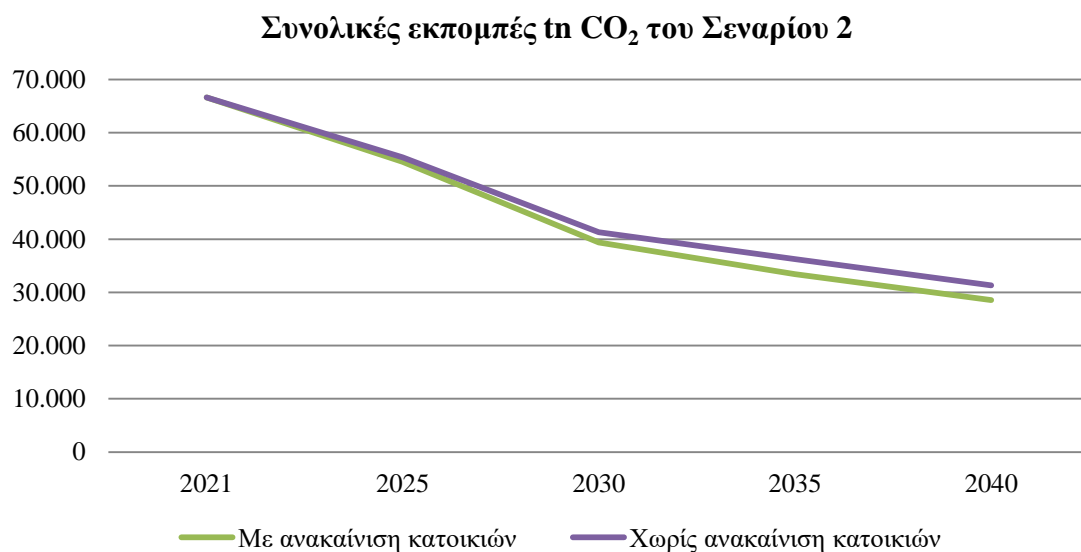
5.2.2 Περιβαλλοντικό αποτύπωμα

Με δεδομένο τους συντελεστές εκπομπών για τον ηλεκτρισμό και τα υπόλοιπα καύσιμα (πετρέλαιο, φυσικό αέριο και βιομάζα) της Ενότητας 4.3 (**Πίνακας 4.9** και **Πίνακας 4.10**), καθώς και το μείγμα ενεργειακής κατανάλωσης των διαφόρων σεναρίων από τα **Διάγραμμα 5.8** και **Διάγραμμα 5.9**, προκύπτει η εκτίμηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος για την περίοδο 2021-2040 σε τόνους CO₂ για κάθε σενάριο.



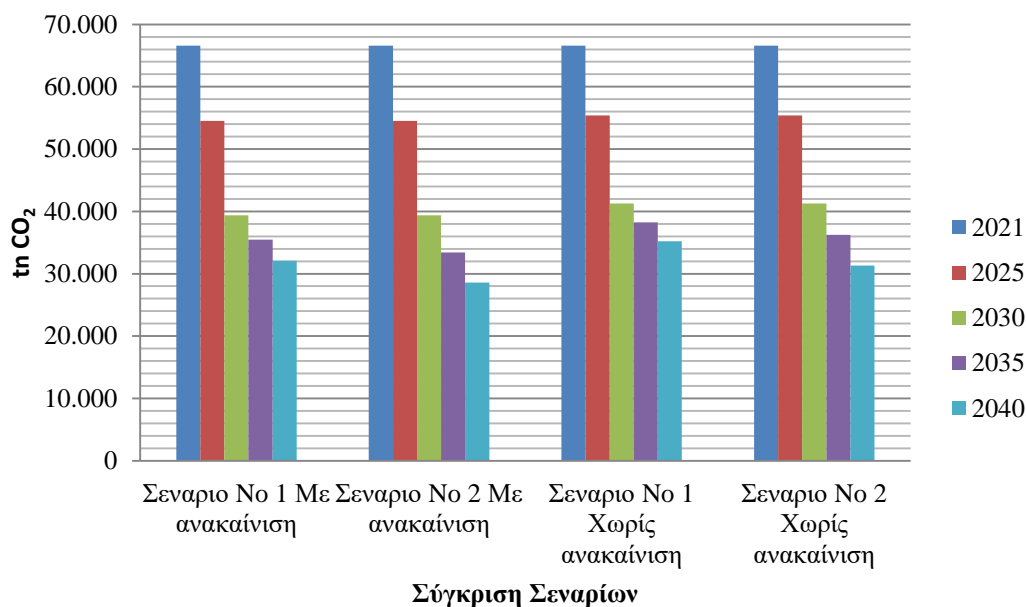
Διάγραμμα 5.10. Περιβαλλοντικό αποτύπωμα του Σεναρίου 1 της κλιματικής ζώνης Γ, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Είναι προφανές, πως με τις ανακαινίσεις κατοικιών μειώνονται οι εκτιμώμενες εκπομπές CO₂. Ειδικότερα στο Σενάριο 1, οι ανακαινίσεις κατοικιών μειώνουν από το 2021 στο 2040 τις εκπομπές CO₂ κατά 51,87%.



Διάγραμμα 5.11. Περιβαλλοντικό αποτύπωμα του Σεναρίου 2 της κλιματικής ζώνης Γ, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Παρομοίως στο Σενάριο 2, με τις ανακαινίσεις κατοικιών οι εκτιμώμενες εκπομπές CO₂ μειώνονται. Συγκεκριμένα, οι ανακαινίσεις κατοικιών επιφέρουν μείωση κατά 57,12% έως το 2040. Παρατηρούμε συγκριτικά, πως στο Σενάριο 2, η αύξηση της διείσδυσης του ηλεκτρισμού, επιφέρει χαμηλότερες εκπομπές CO₂.



Διάγραμμα 5.12. Σύγκριση αναμενόμενων εκπομπών CO₂ για τα Σενάρια 1 & 2 με και χωρίς ανακαινίσεις κατοικιών της κλιματικής ζώνης Γ, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Στο **Διάγραμμα 5.12** φαίνεται πως στο Σενάριο 2 με ανακαινίσεις κατοικιών, οι εκπομπές CO₂ είναι μειωμένες κατά 10,89% σε σχέση με το Σενάριο 1 το 2040. Στην περίπτωση απουσίας ανακαινίσεων το Σενάριο 2 οδηγεί σε εκπομπές CO₂ μειωμένες κατά 11,08% το 2040 σε σχέση με το Σενάριο 1.

5.2.3 Κόστος και εξοικονόμηση καταναλωτή

Η μελέτη των δυο διαφορετικών σεναρίων μετάβασης, αποσκοπεί πέραν του υπολογισμού της ενεργειακής κατανάλωσης και του περιβαλλοντικού αποτυπώματος σε εκπομπές CO₂, στον προσδιορισμό του κόστους ή οφέλους για τον τελικό καταναλωτή.

Πρώτα παρουσιάζεται το οικονομικό κόστος από την πιθανή επέκταση στον κτιριακό τομέα, του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών (ΣΕΔΕ) αερίων του θερμοκηπίου στην Ευρωπαϊκή Κοινότητα (“EU emissions trading system – EU ETS”) [28], για την περίπτωση σταθερής τιμής εκπομπών στα 30 €/t CO₂. Για το Σενάριο 1 τα παραπάνω παρουσιάζονται κάτωθι (**Πίνακας 5.15**).

Πίνακας 5.15. Εξέλιξη πιθανής επιπλέον χρέωσης ανά νοικοκυριό στην περίπτωση του Σεναρίου 1 για σταθερή τιμή εκπομπών CO₂ της κλιματικής ζώνης Γ, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Σενάριο 1	2021	2025	2030	2035	2040
Συνολικό κόστος εκπομπών (€)	1.998.281	1.635.819	1.181.061	1.063.661	961.685
Όφελος ανακαινίσεων (€)	0	25.528	57.439	84.132	95.026

Πιθανή επιπλέον χρέωση ανά νοικοκυριό χωρίς ανακαίνιση (€)	345	287	214	198	182
Πιθανή επιπλέον χρέωση ανά νοικοκυριό με ανακαίνιση (€)	345	282	204	184	166

Παρατηρούμε σε ότι αφορά την πιθανή επιπλέον χρέωση από την εισαγωγή του ΣΕΔΕ στον κτιριακό τομέα, η πραγματοποίηση ενεργειακών ανακαινίσεων τη μειώνει, σε ποσοστό 8,79% ανά νοικοκυριό το 2040, μιας και, όπως είναι λογικό, μειώνεται το συνολικό κόστος λόγω εξοικονόμησης.

Σε ότι αφορά το Σενάριο 2 η εξέλιξη των πιθανών χρεώσεων παρουσιάζονται κάτωθι (**Πίνακας 5.16**).

Πίνακας 5.16. Εξέλιξη πιθανής επιπλέον χρέωσης ανά νοικοκυριό στην περίπτωση του Σεναρίου 2 για σταθερή τιμή εκπομπών CO₂ της κλιματικής ζώνης Γ, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Σενάριο 2	2021	2025	2030	2035	2040
Συνολικό κόστος εκπομπών (€)	1.998.281	1.635.819	1.181.061	1.002.804	856.933
Όφελος ανακαινίσεων (€)	0	25.528	57.439	84.335	82.672
Πιθανή επιπλέον χρέωση ανά νοικοκυριό χωρίς ανακαίνιση (€)	345	287	214	188	162
Πιθανή επιπλέον χρέωση ανά νοικοκυριό με ανακαίνιση (€)	345	282	204	173	148

Και εδώ παρατηρείται πως η πραγματοποίηση ενεργειακών ανακαινίσεων μειώνει την πιθανή επιπλέον χρέωση που αντιστοιχεί σε κάθε νοικοκυριό, κατά 8,64% το 2040, μιας και, όπως είναι λογικό, μειώνεται το συνολικό κόστος λόγω εξοικονόμησης.

Παράλληλα συγκρίνοντας τα δυο Σενάρια, το Σενάριο 2 επιφέρει μεγαλύτερες μειώσεις στην πιθανή επιπλέον χρέωση ανά νοικοκυριό, τόσο στην περίπτωση απουσίας ανακαινίσεων, όσο και στην περίπτωση πραγματοποίησης τους. Ενδεικτικά, για νοικοκυριά με ανακαίνιση η πιθανή επιπλέον χρέωση το 2040 στο Σενάριο 2 είναι 148 €, ενώ στο Σενάριο 1 είναι 166 €.

Στην περίπτωση τώρα της αυξανόμενης τιμής εκπομπών CO₂, δηλαδή 30 €/t CO₂ το 2021-2025, 50 €/t CO₂ το 2026-2030 και 100 €/t CO₂ το 2031-2040, το συνολικό κόστος εκπομπών, η εξοικονόμηση λόγω ανακαινίσεων, καθώς και η πιθανή επιπλέον χρέωση ανά νοικοκυριό χωρίς/με ανακαίνιση παρουσιάζονται παρακάτω (**Πίνακας 5.17** και **Πίνακας 5.18**), για το Σενάριο 1 και το Σενάριο 2 αντίστοιχα.

Πίνακας 5.17. Εξέλιξη πιθανής επιπλέον χρέωσης ανά νοικοκυριό στην περίπτωση του Σεναρίου 1 για αυξανόμενη τιμή εκπομπών CO₂ της κλιματικής ζώνης Γ, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Σενάριο 1	2021	2025	2030	2035	2040
Συνολικό κόστος εκπομπών (€)	1.998.281	1.635.819	1.968.435	3.545.537	3.205.618
Όφελος ανακαινίσεων (€)	0	25.528	95.732	280.441	316.754
Πιθανή επιπλέον χρέωση ανά νοικοκυριό χωρίς ανακαίνιση (€)	345	287	356	660	608
Πιθανή επιπλέον χρέωση ανά νοικοκυριό με ανακαίνιση (€)	345	282	340	612	553

Πίνακας 5.18. Εξέλιξη πιθανής επιπλέον χρέωσης ανά νοικοκυριό στην περίπτωση του Σεναρίου 2 για αυξανόμενη τιμή εκπομπών CO₂ της κλιματικής ζώνης Γ, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Σενάριο 2	2021	2025	2030	2035	2040
Συνολικό κόστος εκπομπών (€)	1.998.281	1.635.819	1.968.435	3.342.679	2.856.445
Όφελος ανακαινίσεων (€)	0	25.528	95.732	281.117	275.573
Πιθανή επιπλέον χρέωση ανά νοικοκυριό χωρίς ανακαίνιση (€)	345	287	356	626	541
Πιθανή επιπλέον χρέωση ανά νοικοκυριό με ανακαίνιση (€)	345	282	340	577	493

Όπως αναμενόταν με την αύξηση της τιμής εμπορίας εκπομπών οι πιθανές χρεώσεις ανά νοικοκυριό αυξάνονται. Επίσης παρατηρούμε πως οι ενεργειακές ανακαινίσεις μειώνουν την πιθανή επιπλέον χρέωση που αντιστοιχεί σε κάθε νοικοκυριό, κατά 9,05% για το Σενάριο 1 και κατά 8,87% για το Σενάριο 2, αφού μειώνεται το συνολικό κόστος λόγω της αύξησης των χρημάτων που εξοικονομούνται.

Ακόμη, και σε αυτή την περίπτωση παρατηρούμε πως συγκρινόμενο με το Σενάριο 1, το Σενάριο 2 επιφέρει μεγαλύτερες μειώσεις στην πιθανή επιπλέον χρέωση ανά νοικοκυριό, τόσο στην περίπτωση απουσίας ανακαινίσεων, όσο και στην περίπτωση πραγματοποίησής τους. Ενδεικτικά, για νοικοκυριά με ανακαίνιση η πιθανή επιπλέον χρέωση το 2040 στο Σενάριο 2 είναι 493 €, ενώ στο Σενάριο 1 είναι 553 €.

Πέρα από τα κόστη που προκύπτουν από το σύστημα εμπορίας αδειών εκπομπών CO₂ και την επέκτασή του στον κτιριακό τομέα, κάθε επέμβαση ενεργειακής αναβάθμισης έχει και το δικό της κόστος. Η εξέλιξή τους το διάστημα 2021-2040 παρουσιάστηκε στην Ενότητα **4.3 Παραδοχές** της εργασίας (**Πίνακας 4.11**). Επομένως, ανάλογα με το σενάριο είναι φυσιολογικό το συνολικό κόστος για το διάστημα 2021-2040 να διαφοροποιείται. Ο **Πίνακας 5.19** και **Πίνακας 5.20** παρουσιάζει το κόστος των επεμβάσεων για την εγκατάσταση αντλιών θερμότητας, καυστήρων φυσικού αερίου και της διενέργεια ενεργειακών ανακαινίσεων για το Σενάριο 1 και το Σενάριο 2 αντίστοιχα.

Πίνακας 5.19. Κόστος επεμβάσεων για το Σενάριο 1 της κλιματικής ζώνης Γ, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Σενάριο 1	2021	2025	2030	2035	2040
Συνολικό κόστος επεμβάσεων (€)	0	2.189.407	2.157.613	2.127.158	2.096.703
Κόστος αντλιών θερμότητας (€/μονάδα)	11.568	9.840	7.680	5.883	4.087
Συνολικό κόστος εγκατάστασης αντλιών θερμότητας (€)	0	129.207	100.845	77.253	53.662
Κόστος καυστήρων φυσικού αερίου (€/μονάδα)	4.990	4.952	4.904	4.809	4.713
Συνολικό κόστος εγκατάστασης καυστήρων φυσικού αερίου (€)	0	355.754	352.323	345.459	338.596
Κόστος ενεργειακών ανακαινίσεων (€/μονάδα)	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
Συνολικό κόστος ενεργειακών ανακαινίσεων (€)	0	1.704.446	1.704.446	1.704.446	1.704.446

Πίνακας 5.20. Κόστος επεμβάσεων για το Σενάριο 2 της κλιματικής ζώνης Γ, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Σενάριο 2	2021	2025	2030	2035	2040
Συνολικό κόστος επεμβάσεων (€)	0	2.189.407	2.157.613	2.204.344	2.069.424
Κόστος αντλιών θερμότητας (€/μονάδα)	11.568	9.840	7.680	5.883	4.087
Συνολικό κόστος εγκατάστασης αντλιών θερμότητας (€)	0	129.207	100.845	499.898	347.242
Κόστος καυστήρων φυσικού αερίου (€/μονάδα)	4.990	4.952	4.904	4.809	1.000
Συνολικό κόστος εγκατάστασης καυστήρων φυσικού αερίου (€)	0	355.754	352.323	0	17.736
Κόστος ενεργειακών ανακαινίσεων (€/μονάδα)	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
Συνολικό κόστος ενεργειακών	0	1.704.446	1.704.446	1.704.446	1.704.446

ανακαινίσεων (€)					
------------------	--	--	--	--	--

Παρατηρούμε πως το συνολικό κόστος εγκατάστασης καυστήρων φυσικού αερίου μειώνεται. Το συνολικό κόστος για την περίοδο 2021-2040 είναι 40.888.559 € για το Σενάριο 1, ενώ για το Σενάριο 2 το συνολικό κόστος για το ίδιο διάστημα είναι περίπου 2% μεγαλύτερο, και ανέρχεται στα 41.626.894 €. Αυτή η διαφορά στο κόστος οφείλεται κυρίως στο ότι από το 2030 και μετά, κατά το Σενάριο 2, προστίθενται αντλίες θερμότητας αντί για καυστήρες φυσικού αερίου, οι οποίες έχουν μεγαλύτερη τιμή εγκατάστασης ανά μονάδα. Τέλος, προκύπτει πως το ετήσιο κόστος ανακαίνισης ανέρχεται στα 294 € ανά νοικοκυριό.

Οι ενεργειακές ανακαινίσεις οδηγούν στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των νοικοκυριών στα οποία λαμβάνουν χώρα. Όπως φαίνεται παραπάνω (**Πίνακας 5.13**), για τα υπό μελέτη νοικοκυριά, το μοντέλο “DREEM” είναι σε θέση να υπολογίσει την εξοικονόμηση ενέργειας που προκύπτει από τις ανακαινίσεις ανά καύσιμο. Με αυτά τα δεδομένα μπορεί να γίνει εκτίμηση της ετήσιας συνολικής εξοικονόμησης καυσίμου σε ευρώ (€). Ο **Πίνακας 5.21** παρουσιάζει την εξοικονόμηση πετρελαίου θέρμανσης, φυσικού αερίου και ηλεκτρικής ενέργειας για το Σενάριο 1, ενώ ο **Πίνακας 5.22** αντίστοιχα για το Σενάριο 2.

Πίνακας 5.21. Εξοικονόμηση καυσίμου λόγω ενεργειακών ανακαινίσεων στο Σενάριο 1 της κλιματικής ζώνης Γ, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Σενάριο 1	2021	2025	2030	2035	2040
Πετρέλαιο θέρμανσης (€)	0	151.574	407.215	549.040	469.915
Φυσικό αέριο (€)	0	0	0	48.924	168.890
Ηλεκτρισμός (€)	0	0	0	0	48.163

Πίνακας 5.22. Εξοικονόμηση καυσίμου λόγω ενεργειακών ανακαινίσεων στο Σενάριο 2 της κλιματικής ζώνης Γ, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Σενάριο 2	2021	2025	2030	2035	2040
Πετρέλαιο θέρμανσης (€)	0	151.574	407.215	549.040	495.752
Φυσικό αέριο (€)	0	0	0	48.924	84.500
Ηλεκτρισμός (€)	0	0	0	9.539	132.966

Από το έτος 2034 και μετά, λόγω της εξάντλησης των νοικοκυριών με καυστήρα πετρελαίου, οι προβλεπόμενες ετήσιες ανακαινίσεις αφορούν και νοικοκυριά με

καυστήρα φυσικού αερίου, σύμφωνα με την αναλογία των μη ανακαινισμένων σπιτιών με τα δύο αυτά μέσα θέρμανσης. Για το διάστημα 2021-2035 η εξοικονόμηση πετρελαίου και φυσικού αερίου για τα δύο σενάρια είναι η ίδια. Στο Σενάριο 1 από το 2039 εξαντλούνται τα νοικοκυριά με καυστήρα φυσικού αερίου και αρχίζει η ανακαίνιση σπιτιών με ηλεκτρικά συστήματα θέρμανσης κατά αντίστοιχη αναλογία. Στο Σενάριο 2 από το 2035 προστίθενται ανακαινίσεις νοικοκυριών με αντλίες θερμότητας, ενώ από το 2037 εξαντλούνται τα νοικοκυριά με καυστήρα φυσικού αερίου και αρχίζει η ανακαίνιση σπιτιών με ηλεκτρικά συστήματα θέρμανσης κατά αντίστοιχη αναλογία. Το διάστημα 2036-2040 υπάρχει διαφοροποίηση μιας και αλλάζει η αναλογία νοικοκυριών με λέβητα πετρελαίου, φυσικού αερίου και αντλίας θερμότητας.

Η συνολική ετήσια εξοικονόμηση χρημάτων που προκύπτει για κάθε σενάριο παρουσιάζονται παρακάτω (**Πίνακας 5.23**).

Πίνακας 5.23. Συνολική εξοικονόμηση λόγω των ενεργειακών ανακαινίσεων της κλιματικής ζώνης Γ, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Συνολική εξοικονόμηση (€)	2021	2025	2030	2035	2040
Σενάριο 1	0	151.574	407.215	597.964	686.969
Σενάριο 2	0	151.574	407.215	607.503	713.219

Τα ετήσια χρηματικά οφέλη που αντιστοιχούν σε κάθε νοικοκυριό της κλιματικής ζώνης Γ της Περιφέρειας παρουσιάζονται παρακάτω (**Πίνακας 5.24**) και για τα δύο σενάρια.

Πίνακας 5.24. Ετήσια χρηματικά οφέλη από την εξοικονόμηση καυσίμων ανά νοικοκυριό (€) της κλιματικής ζώνης Γ, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Εξοικονόμηση /νοικοκυριό (€)	2021	2025	2030	2035	2040
Σενάριο 1	0	26	70	103	119
Σενάριο 2	0	26	70	105	123

5.3 Σύνολο Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας

5.3.1 Ενεργειακή κατανάλωση

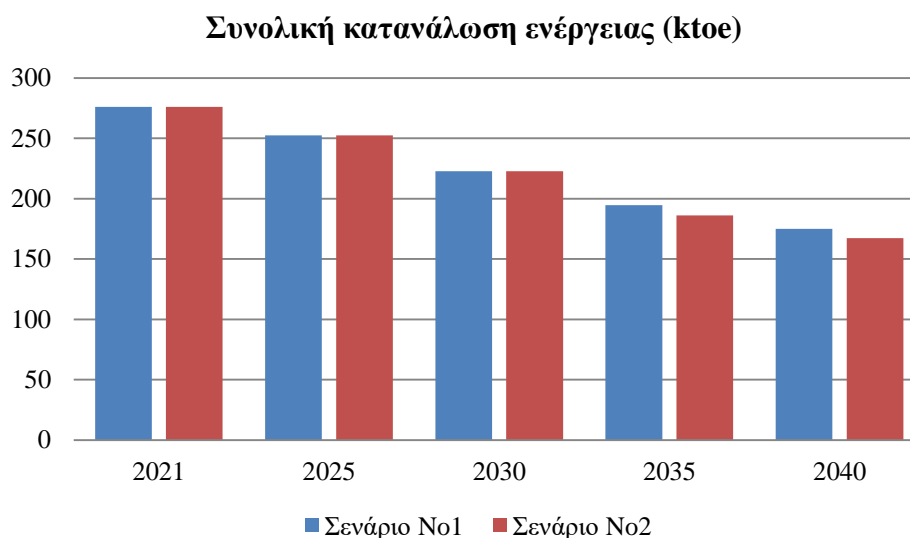
Τα παραπάνω δεδομένα (Πίνακας 5.1 και Πίνακας 5.13), με χρήση του μεθοδολογικού πλαισίου και των παραδοχών που αποτυπώνονται στο προηγούμενο κεφάλαιο, επεξεργάστηκαν σε επίπεδο Περιφέρειας, για τα δυο σενάρια μελέτης της παρούσας εργασίας.

Αρχικά υπολογιστήκαν οι ετήσιες συνολικές καταναλώσεις για τα δυο διαφορετικά σενάρια όπως παρουσιάζεται παρακάτω.

Πίνακας 5.25. Η εξέλιξη της συνολικής κατανάλωσης για τα δυο σενάρια της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Συνολική κατανάλωση ενέργειας (ktoe)		
Έτος	Σενάριο 1	Σενάριο 2
2021	276,11	276,11
2025	252,36	252,36
2030	222,66	222,66
2035	194,67	186,09
2040	175,03	167,28

Η συνολική κατανάλωση ενέργειας, για το Σενάριο 1, μειώνεται 36,61% από το 2021 έως το 2040. Στο Σενάριο 2, η εξοικονόμηση ενέργειας είναι μεγαλύτερη, καθώς η συνολική κατανάλωση μειώνεται 39,42% από το 2021 έως το 2040.

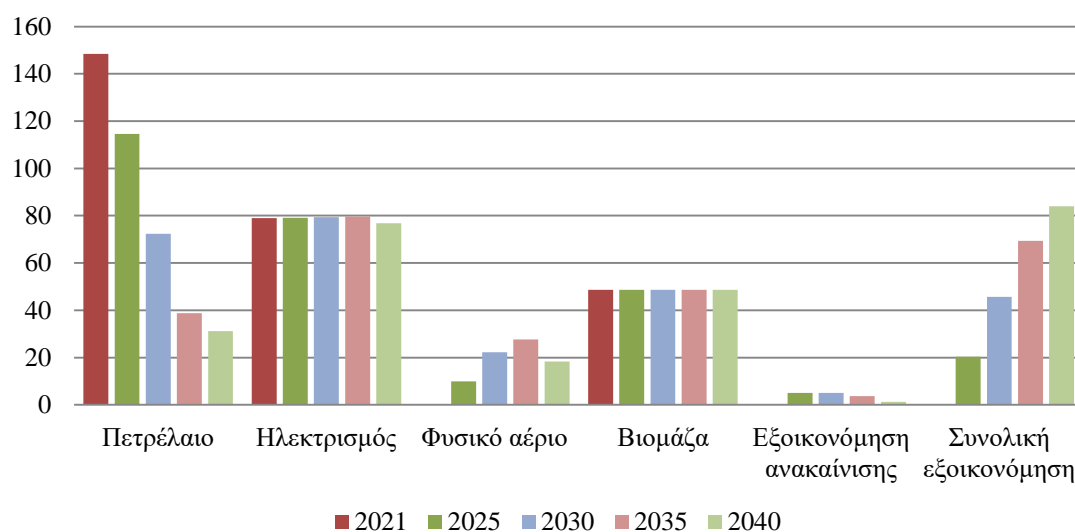


Διάγραμμα 5.13. Συνολική κατανάλωση ενέργειας για τα δυο σενάρια της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Συμπερασματικά, το Σενάριο 2 οδηγεί σε μεγαλύτερη μείωση της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η εξέλιξη του μίγματος ενεργειακής κατανάλωσης. Πιο συγκεκριμένα, για το Σενάριο 1 προκύπτει το **Διάγραμμα 5.14**, το οποίο παρουσιάζει την κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας ανά καύσιμο και την εξοικονόμηση στην Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας για το διάστημα 2021-2040.

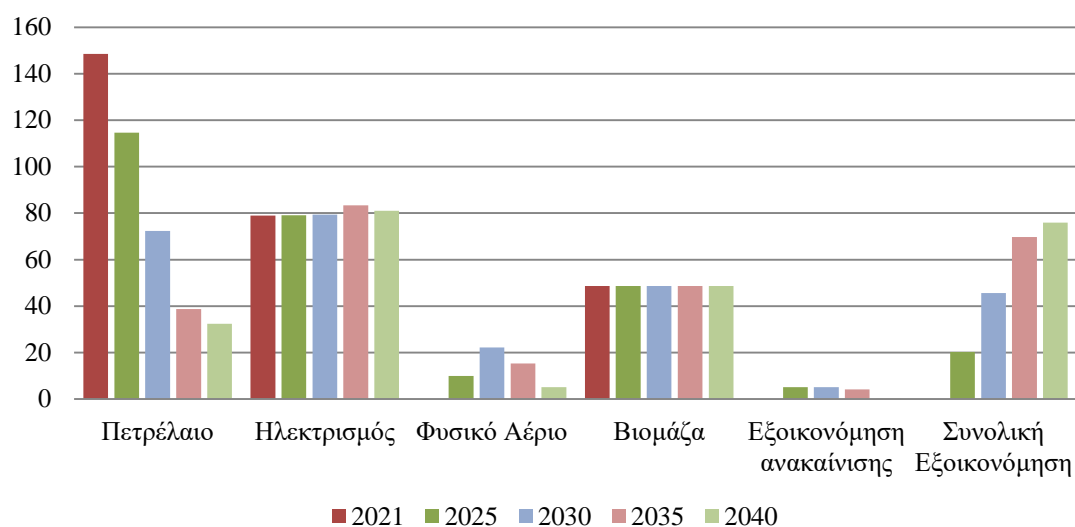
Σενάριο 1 - Κατανάλωση σε ktoe



Διάγραμμα 5.14. Κατανάλωση ανά καύσιμο και η εξοικονόμηση ενέργειας για το Σενάριο 1 της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Διαπιστώνουμε ότι η κατανάλωση ενέργειας από πετρέλαιο θέρμανσης μειώνεται, ο ηλεκτρισμός παραμένει σχετικά σταθερός, ενώ αυξάνεται η κατανάλωση του φυσικού αερίου και η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας από τις ενεργειακές ανακαινίσεις. Συγκεκριμένα, η κατανάλωση πετρελαίου μειώνεται 78,99% από το 2021 έως το 2040. Οι τιμές ηλεκτρισμού από 78,94 ktoe μειώνονται σε 76,80 ktoe. Αυτό συμβαίνει διότι η διείσδυση αντλιών θερμότητας είναι πολύ μικρή και η κατανάλωση σε ηλεκτρικές συσκευές θεωρείται σταθερή στο διάστημα 2021-2040. Η κατανάλωση του φυσικού αερίου το 2040 έχει ανέλθει στα 18,35 ktoe. Η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας από ανακαινίσεις ανέρχεται στα 84,03 ktoe το 2040.

Αντίστοιχα για το Σενάριο 2 προκύπτει το **Διάγραμμα 5.15**, το οποίο παρουσιάζει την κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας ανά καύσιμο και την εξοικονόμηση στην Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας για το διάστημα 2021-2040.

Σενάριο 2 - Κατανάλωση σε ktoe

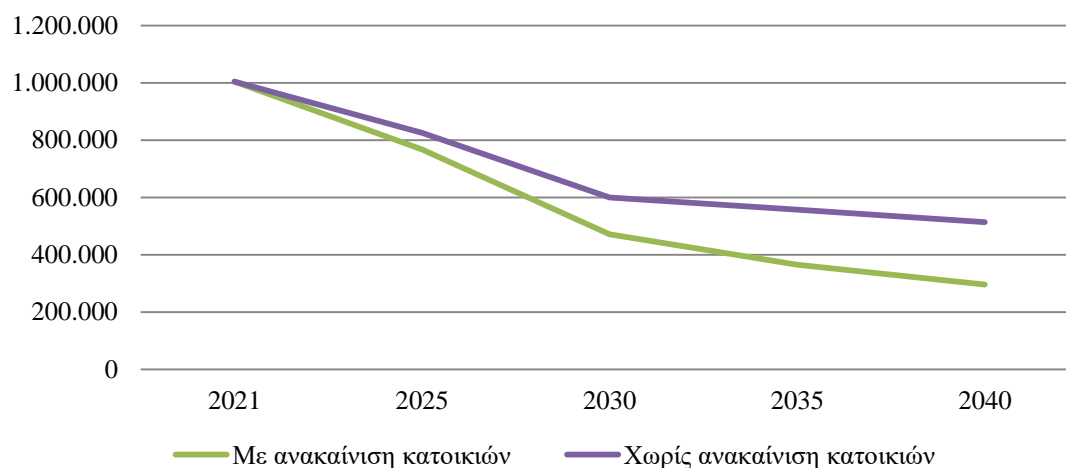
Διάγραμμα 5.15. Κατανάλωση ανά καύσιμο και η εξοικονόμηση ενέργειας για το Σενάριο 2 της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Ακολούθως τώρα, παρατηρείται μείωση της κατανάλωσης πετρελαίου, αύξηση της κατανάλωσης ηλεκτρισμού, φυσικού αερίου, καθώς και της συνολικής εξοικονόμησης ενέργειας από τις ενεργειακές ανακαινίσεις. Συγκεκριμένα για το Σενάριο 2 η κατανάλωση πετρελαίου μειώνεται 78,15% από το 2021 έως το 2040. Οι τιμές ηλεκτρισμού σημειώνουν αύξηση από 78,94 ktoe σε 80,99 ktoe. Αυτό συμβαίνει γιατί κατά την περίοδο 2030-2040 προστίθενται περισσότερες αντλίες θερμότητας, είτε αντί για καυστήρες φυσικού αερίου το 2031-2035, είτε αντικαθιστώντας τους το 2036-2040. Η κατανάλωση του φυσικού αερίου έχει αυξητική τάση κατά την περίοδο 2021-2030, ενώ μειώνεται κατά το διάστημα 2031-2040. Επιπρόσθετα, η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας από ανακαινίσεις ανέρχεται στα 76,00 ktoe το 2040.

5.3.2 Περιβαλλοντικό αποτύπωμα

Με δεδομένο τους συντελεστές εκπομπών για τον ηλεκτρισμό και τα υπόλοιπα καύσιμα (πετρέλαιο, φυσικό αέριο και βιομάζα) της Ενότητας 4.3 (Πίνακας 4.9 και Πίνακας 4.10), καθώς και το μείγμα ενεργειακής κατανάλωσης των διαφόρων σεναρίων από τα Διάγραμμα 5.14 και Διάγραμμα 5.15, προκύπτει η εκτίμηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος για την περίοδο 2021-2040 σε τόνους CO₂ για κάθε σενάριο.

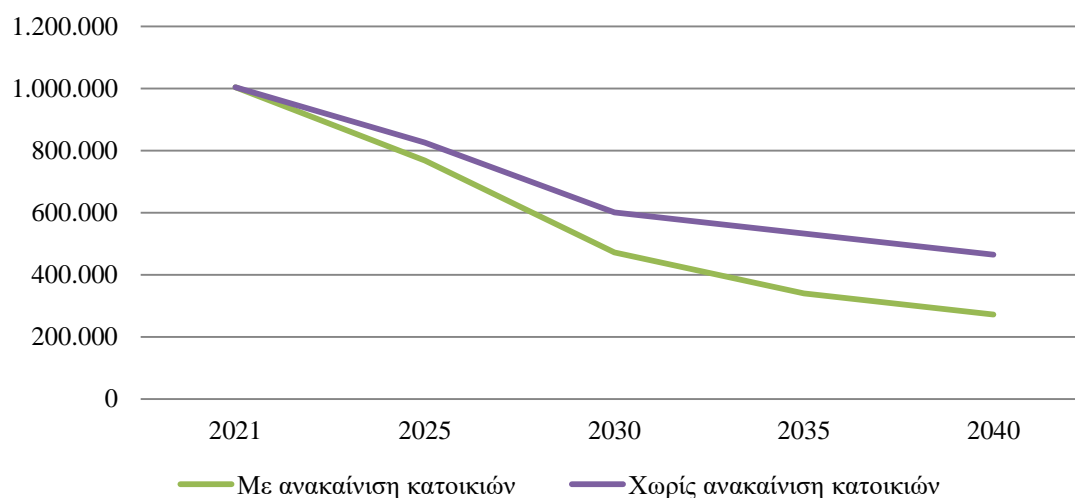
Συνολικές εκπομπές t_n CO₂ του Σεναρίου 1



Διάγραμμα 5.16. Περιβαλλοντικό αποτύπωμα του Σεναρίου 1 της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

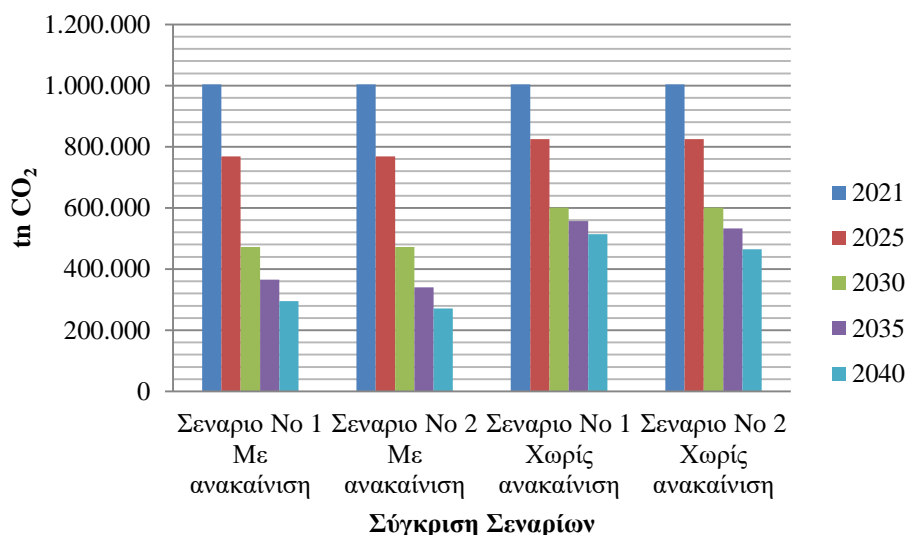
Είναι προφανές, πως με τις ανακαινίσεις κατοικιών μειώνονται οι εκτιμώμενες εκπομπές CO₂. Ειδικότερα στο Σενάριο 1, οι ανακαινίσεις κατοικιών μειώνουν από το 2021 στο 2040 τις εκπομπές CO₂ κατά 70,56%.

Συνολικές εκπομπές t_n CO₂ του Σεναρίου 2



Διάγραμμα 5.17. Περιβαλλοντικό αποτύπωμα του Σεναρίου 2 της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Παρομοίως στο Σενάριο 2, με τις ανακαινίσεις κατοικιών οι εκτιμώμενες εκπομπές CO₂ μειώνονται. Συγκεκριμένα, οι ανακαινίσεις κατοικιών επιφέρουν μείωση κατά 72,96% έως το 2040. Παρατηρούμε συγκριτικά, πως στο Σενάριο 2, η αύξηση της διείσδυσης του ηλεκτρισμού, επιφέρει χαμηλότερες εκπομπές CO₂.



Διάγραμμα 5.18. Σύγκριση αναμενόμενων εκπομπών CO₂ για τα Σενάρια 1 & 2 με και χωρίς ανακαινίσεις κατοικιών της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Στο **Διάγραμμα 5.18** φαίνεται πως στο Σενάριο 2 με ανακαινίσεις κατοικιών, οι εκπομπές CO₂ είναι μειωμένες κατά 8,14% σε σχέση με το Σενάριο 1 το 2040. Στην περίπτωση απουσίας ανακαινίσεων το Σενάριο 2 οδηγεί σε εκπομπές CO₂ μειωμένες κατά 9,49% το 2040 σε σχέση με το Σενάριο 1.

5.3.3 Κόστος και εξοικονόμηση καταναλωτή

Η μελέτη των δυο διαφορετικών σεναρίων μετάβασης, αποσκοπεί πέραν του υπολογισμού της ενεργειακής κατανάλωσης και του περιβαλλοντικού αποτυπώματος σε εκπομπές CO₂, στον προσδιορισμό του κόστους ή οφέλους για τον τελικό καταναλωτή.

Πρώτα παρουσιάζεται το οικονομικό κόστος από την πιθανή επέκταση στον κτιριακό τομέα, του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών (ΣΕΔΕ) αερίων του θερμοκηπίου στην Ευρωπαϊκή Κοινότητα (“EU emissions trading system – EU ETS”) [28], για την περίπτωση σταθερής τιμής εκπομπών στα 30 €/t CO₂. Για το Σενάριο 1 τα παραπάνω παρουσιάζονται κάτωθι (**Πίνακας 5.26**).

Πίνακας 5.26. Εξέλιξη πιθανής επιπλέον χρέωσης ανά νοικοκυριό στην περίπτωση του Σεναρίου 1 για σταθερή τιμή εκπομπών CO₂ της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Σενάριο 1	2021	2025	2030	2035	2040
Συνολικό κόστος εκπομπών (€)	30.128.852	23.041.917	14.147.969	10.953.727	8.869.806
Όφελος ανακαινίσεων (€)	0	1.718.234	3.866.026	5.766.397	6.537.157
Πιθανή επιπλέον χρέωση ανά νοικοκυριό χωρίς ανακαίνιση (€)	194	159	116	108	99

Πιθανή επιπλέον χρέωση ανά νοικοκυριό με ανακαίνιση (€)	194	148	91	70	57
---	-----	-----	----	----	----

Παρατηρούμε σε ότι αφορά την πιθανή επιπλέον χρέωση από την εισαγωγή του ΣΕΔΕ στον κτιριακό τομέα, η πραγματοποίηση ενεργειακών ανακαινίσεων τη μειώνει, σε ποσοστό 42,42% ανά νοικοκυριό το 2040, μιας και, όπως είναι λογικό, μειώνεται το συνολικό κόστος λόγω εξοικονόμησης.

Σε ότι αφορά το Σενάριο 2 η εξέλιξη των πιθανών χρεώσεων παρουσιάζονται παρακάτω (**Πίνακας 5.27**).

Πίνακας 5.27. Εξέλιξη πιθανής επιπλέον χρέωσης ανά νοικοκυριό στην περίπτωση του Σεναρίου 2 για σταθερή τιμή εκπομπών CO₂ της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Σενάριο 2	2021	2025	2030	2035	2040
Συνολικό κόστος εκπομπών (€)	30.128.852	23.041.917	14.147.969	10.207.079	8.148.177
Όφελος ανακαινίσεων (€)	0	1.718.234	3.866.026	5.778.378	5.796.424
Πιθανή επιπλέον χρέωση ανά νοικοκυριό χωρίς ανακαίνιση (€)	194	159	116	103	90
Πιθανή επιπλέον χρέωση ανά νοικοκυριό με ανακαίνιση (€)	194	148	91	66	52

Και εδώ παρατηρείται πως η πραγματοποίηση ενεργειακών ανακαινίσεων μειώνει την πιθανή επιπλέον χρέωση που αντιστοιχεί σε κάθε νοικοκυριό, κατά 42,22% το 2040, μιας και, όπως είναι λογικό, μειώνεται το συνολικό κόστος λόγω εξοικονόμησης.

Παράλληλα συγκρίνοντας τα δυο Σενάρια, το Σενάριο 2 επιφέρει μεγαλύτερες μειώσεις στην πιθανή επιπλέον χρέωση ανά νοικοκυριό, τόσο στην περίπτωση απουσίας ανακαινίσεων, όσο και στην περίπτωση πραγματοποίησής τους. Ενδεικτικά, για νοικοκυριά με ανακαίνιση η πιθανή επιπλέον χρέωση το 2040 στο Σενάριο 2 είναι 52 €, ενώ στο Σενάριο 1 είναι 57 €.

Στην περίπτωση τώρα της αυξανόμενης τιμής εκπομπών CO₂, δηλαδή 30 €/t CO₂ το 2021-2025, 50 €/t CO₂ το 2026-2030 και 100 €/t CO₂ το 2031-2040, το συνολικό κόστος εκπομπών, η εξοικονόμηση λόγω ανακαινίσεων, καθώς και η πιθανή επιπλέον χρέωση ανά νοικοκυριό χωρίς/με ανακαίνιση παρουσιάζονται παρακάτω (**Πίνακας 5.28** και **Πίνακας 5.29**), για το Σενάριο 1 και το Σενάριο 2 αντίστοιχα.

Πίνακας 5.28. Εξέλιξη πιθανής επιπλέον χρέωσης ανά νοικοκυριό στην περίπτωση του Σεναρίου 1 για αυξανόμενη τιμή εκπομπών CO₂ της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Σενάριο 1	2021	2025	2030	2035	2040
Συνολικό κόστος εκπομπών (€)	30.128.852	23.041.917	23.579.949	36.512.424	29.566.019

Όφελος ανακαινίσεων (€)	0	1.718.234	6.443.377	19.221.322	21.790.523
Πιθανή επιπλέον χρέωση ανά νοικοκυριό χωρίς ανακαίνιση (€)	194	159	193	358	330
Πιθανή επιπλέον χρέωση ανά νοικοκυριό με ανακαίνιση (€)	194	148	152	235	190

Πίνακας 5.29. Εξέλιξη πιθανής επιπλέον χρέωσης ανά νοικοκυριό στην περίπτωση του Σεναρίου 2 για αυξανόμενη τιμή εκπομπών CO₂ της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Σενάριο 2	2021	2025	2030	2035	2040
Συνολικό κόστος εκπομπών (€)	30.128.852	23.041.917	23.579.949	34.023.596	27.160.590
Όφελος ανακαινίσεων (€)	0	1.718.234	6.443.377	19.261.260	19.321.412
Πιθανή επιπλέον χρέωση ανά νοικοκυριό χωρίς ανακαίνιση (€)	194	159	193	343	299
Πιθανή επιπλέον χρέωση ανά νοικοκυριό με ανακαίνιση (€)	194	148	152	219	175

Όπως αναμενόταν με την αύξηση της τιμής εμπορίας εκπομπών οι πιθανές χρεώσεις ανά νοικοκυριό αυξάνονται. Επίσης παρατηρούμε πως οι ενεργειακές ανακαινίσεις μειώνουν την πιθανή επιπλέον χρέωση που αντιστοιχεί σε κάθε νοικοκυριό, κατά 42,42% για το Σενάριο 1 και κατά 41,47% για το Σενάριο 2, αφού μειώνεται το συνολικό κόστος λόγω της αύξησης των χρημάτων που εξοικονομούνται.

Ακόμη, και σε αυτή την περίπτωση παρατηρούμε πως συγκρινόμενο με το Σενάριο 1, το Σενάριο 2 επιφέρει μεγαλύτερες μειώσεις στην πιθανή επιπλέον χρέωση ανά νοικοκυριό, τόσο στην περίπτωση απουσίας ανακαινίσεων, όσο και στην περίπτωση πραγματοποίησής τους. Ενδεικτικά, για νοικοκυριά με ανακαίνιση η πιθανή επιπλέον χρέωση το 2040 στο Σενάριο 2 είναι 175 €, ενώ στο Σενάριο 1 είναι 190 €.

Πέρα από τα κόστη που προκύπτουν από το σύστημα εμπορίας αδειών εκπομπών CO₂ και την επέκτασή του στον κτιριακό τομέα, κάθε επέμβαση ενεργειακής αναβάθμισης έχει και το δικό της κόστος. Η εξέλιξή τους το διάστημα 2021-2040 παρουσιάστηκε στην Ενότητα 4.3 **Παραδοχές** της εργασίας (**Πίνακας 4.11**). Επομένως, ανάλογα με το σενάριο είναι φυσιολογικό το συνολικό κόστος για το διάστημα 2021-2040 να διαφοροποιείται. Ο **Πίνακας 5.30** και **Πίνακας 5.31** παρουσιάζουν το κόστος των επεμβάσεων για την εγκατάσταση αντλιών θερμότητας, καυστήρων φυσικού αερίου, καθώς και για τη διενέργεια ενεργειακών ανακαινίσεων για το Σενάριο 1 και το Σενάριο 2 αντίστοιχα.

Πίνακας 5.30. Κόστος επεμβάσεων για το Σενάριο 1 της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Σενάριο 1	2021	2025	2030	2035	2040
Συνολικό κόστος επεμβάσεων (€)	0	57.627.333	56.784.954	55.989.456	55.193.958
Κόστος αντλιών θερμότητας (€/μονάδα)	11.568	9.840	7.680	5.883	4.087
Συνολικό κόστος εγκατάστασης αντλιών θερμότητας (€)	0	3.467.720	2.706.513	2.073.361	1.440.209
Κόστος καυστήρων φυσικού αερίου (€/μονάδα)	4.990	4.952	4.904	4.809	4.713
Συνολικό κόστος εγκατάστασης καυστήρων φυσικού αερίου (€)	0	8.414.901	8.333.728	8.171.383	8.009.037
Κόστος ενεργειακών ανακαινίσεων (€/μονάδα)	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
Συνολικό κόστος ενεργειακών ανακαινίσεων (€)	0	45.744.712	45.744.712	45.744.712	45.744.712

Πίνακας 5.31. Κόστος επεμβάσεων για το Σενάριο 2 της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Σενάριο 2	2021	2025	2030	2035	2040
Συνολικό κόστος επεμβάσεων (€)	0	57.627.333	56.784.954	57.815.177	54.493.308
Κόστος αντλιών θερμότητας (€/μονάδα)	11.568	9.840	7.680	5.883	4.087
Συνολικό κόστος εγκατάστασης αντλιών θερμότητας (€)	0	3.467.720	2.706.513	12.070.465	8.384.448
Κόστος καυστήρων φυσικού αερίου (€/μονάδα)	4.990	4.952	4.904	4.809	4.713
Συνολικό κόστος εγκατάστασης καυστήρων φυσικού αερίου (€)	0	8.414.901	8.333.728	0	364.148
Κόστος ενεργειακών ανακαινίσεων (€/μονάδα)	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
Συνολικό κόστος ενεργειακών ανακαινίσεων (€)	0	45.744.712	45.744.712	45.744.712	45.744.712

Παρατηρούμε πως το συνολικό κόστος εγκατάστασης καυστήρων φυσικού αερίου μειώνεται. Το συνολικό κόστος για την περίοδο 2021-2040 είναι 1.076.228.778 € για

το Σενάριο 1, ενώ για το Σενάριο 2 το συνολικό κόστος για το ίδιο διάστημα είναι περίπου 2% μεγαλύτερο, και ανέρχεται στα 1.093.416.212 €. Αυτή η διαφορά στο κόστος οφείλεται κυρίως στο ότι από το 2030 και μετά, κατά το Σενάριο 2, προστίθενται αντλίες θερμότητας αντί για καυστήρες φυσικού αερίου, οι οποίες έχουν μεγαλύτερη τιμή εγκατάστασης ανά μονάδα. Τέλος, προκύπτει πως το ετήσιο κόστος ανακαίνισης ανέρχεται στα 294 € ανά νοικοκυριό.

Οι ενεργειακές ανακαινίσεις οδηγούν στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των νοικοκυριών στα οποία λαμβάνουν χώρα. Όπως φαίνεται παραπάνω (**Πίνακας 5.1** και **Πίνακας 5.13**) για τα υπό μελέτη νοικοκυριά, το μοντέλο “DREEM” είναι σε θέση να υπολογίσει την εξοικονόμηση ενέργειας που προκύπτει από τις ανακαινίσεις ανά καύσιμο. Με αυτά τα δεδομένα μπορεί να γίνει εκτίμηση της ετήσιας συνολικής εξοικονόμησης καυσίμου σε ευρώ (€). Ο **Πίνακας 5.32** παρουσιάζει την εξοικονόμηση πετρελαίου θέρμανσης, φυσικού αερίου και ηλεκτρικής ενέργειας για το Σενάριο 1, ενώ ο **Πίνακας 5.33** για το Σενάριο 2.

Πίνακας 5.32. Εξοικονόμηση καυσίμου λόγω ενεργειακών ανακαινίσεων στο Σενάριο 1 της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Σενάριο 1	2021	2025	2030	2035	2040
Πετρέλαιο θέρμανσης (€)	0	10.201.966	27.408.266	39.242.377	34.878.405
Φυσικό αέριο (€)	0	0	0	2.322.654	9.990.779
Ηλεκτρισμός (€)	0	0	0	0	3.239.955

Πίνακας 5.33. Εξοικονόμηση καυσίμου λόγω ενεργειακών ανακαινίσεων στο Σενάριο 2 της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Σενάριο 2	2021	2025	2030	2035	2040
Πετρέλαιο θέρμανσης (€)	0	10.201.966	27.408.266	39.242.377	36.199.198
Φυσικό αέριο (€)	0	0	0	2.322.654	5.033.838
Ηλεκτρισμός (€)	0	0	0	563.468	8.905.922

Από το έτος 2034 και μετά, λόγω της εξάντλησης των νοικοκυριών με καυστήρα πετρελαίου, οι προβλεπόμενες ετήσιες ανακαινίσεις αφορούν και νοικοκυριά με καυστήρα φυσικού αερίου, σύμφωνα με την αναλογία των μη ανακαινισμένων σπιτιών με τα δύο αυτά μέσα θέρμανσης. Για το διάστημα 2021-2035 η εξοικονόμηση πετρελαίου και φυσικού αερίου για τα δύο σενάρια είναι η ίδια. Στο

Σενάριο 1 από το 2039 εξαντλούνται τα νοικοκυριά με καυστήρα φυσικού αερίου και αρχίζει η ανακαίνιση σπιτιών με ηλεκτρικά συστήματα θέρμανσης κατά αντίστοιχη αναλογία. Στο Σενάριο 2 από το 2035 προστίθενται ανακαινίσεις νοικοκυριών με αντλίες θερμότητας, ενώ από το 2037 εξαντλούνται τα νοικοκυριά με καυστήρα φυσικού αερίου και αρχίζει η ανακαίνιση σπιτιών με ηλεκτρικά συστήματα θέρμανσης κατά αντίστοιχη αναλογία. Το διάστημα 2036-2040 υπάρχει διαφοροποίηση μιας και αλλάζει η αναλογία νοικοκυριών με λέβητα πετρελαίου, φυσικού αερίου και αντλίας θερμότητας.

Η συνολική ετήσια εξοικονόμηση χρημάτων που προκύπτει για κάθε σενάριο παρουσιάζονται παρακάτω (**Πίνακας 5.34**).

Πίνακας 5.34. Συνολική εξοικονόμηση λόγω των ενεργειακών ανακαινίσεων της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Συνολική εξοικονόμηση (€)	2021	2025	2030	2035	2040
Σενάριο 1	0	10.201.966	27.408.266	41.565.031	48.109.139
Σενάριο 2	0	10.201.966	27.408.266	42.128.499	50.138.958

Τα ετήσια χρηματικά οφέλη που αντιστοιχούν σε κάθε νοικοκυριό της Περιφέρειας παρουσιάζονται παρακάτω (**Πίνακας 5.35**) και για τα δύο σενάρια.

Πίνακας 5.35. Ετήσια χρηματικά οφέλη από την εξοικονόμηση καυσίμων ανά νοικοκυριό της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Εξοικονόμηση /νοικοκυριό (€)	2021	2025	2030	2035	2040
Σενάριο 1	0	66	176	267	309
Σενάριο 2	0	66	176	271	322

5.4 Περιφέρεια Αττικής

5.4.1 Ενεργειακή κατανάλωση

Οι ετήσιες καταναλώσεις διαφορετικών τεχνολογιών θέρμανσης και εξοικονόμησης, ανά τύπο νοικοκυριού, υπολογιστήκαν με τη χρήση του μοντέλου “DREEM”. Οι καταναλώσεις που αντιστοιχούν στα δεκαοκτώ (18) σενάρια της Περιφέρειας Αττικής (Πίνακας 4.5), παρουσιάζονται παρακάτω (Πίνακας 5.36).

Πίνακας 5.36. Καταναλώσεις ανά τύπο νοικοκυριού για την Περιφέρεια Αττικής.

Ετήσια κατανάλωση kWh/νοικοκυριό									
	Σενάρια	Εξοικονόμηση ανακαίνισης Φυσικού Αερίου	Εξοικονόμηση ανακαίνισης Πετρελαίου	Πετρέλαιο	Ηλεκτρικές Συσκευές	Ηλεκτρικά συστήματα θέρμανσης	Αντλία θερμότητας	Φυσικό αέριο	Βιομάζα
Αττική, Κλιματική Ζώνη Β	1	11.825	14.781	19.958	2.860	8.523	5.960	16.385	17.135
	2	10.054	14.299	19.002	2.834	8.444	5.683	16.201	16.976
	3	3.882	4.852	13.285	3.890	3.870	2.706	10.533	11.842
	4	1.518	1.898	10.853	6.053	2.066	1.445	8.311	9.518
	5	12.889	16.407	20.734	3.367	9.214	6.443	17.228	18.945
	6	11.987	15.692	19.241	3.001	8.921	6.238	16.983	17.982
	7	12.351	16.002	19.832	3.152	9.003	6.295	17.023	18.452
	8	4.223	5.270	14.335	4.361	4.342	3.036	11.450	12.884
	9	1.564	2.031	11.548	6.126	2.132	1.491	8.677	9.632
	10	13.822	17.278	22.650	3.483	10.094	7.059	18.595	20.522
	11	4.457	5.571	15.253	4.467	4.443	3.107	12.093	13.595
	12	4.457	5.571	15.253	4.467	4.443	3.107	12.093	13.595
	13	1.614	2.018	11.538	6.435	2.197	1.536	8.835	10.118
	14	14.887	17.823	24.037	3.682	10.901	7.623	20.211	21.839
	15	14.221	17.321	23.111	3.501	9.981	6.979	19.892	20.971
	16	14.679	17.765	23.992	3.572	10.471	7.322	20.185	21.452
	17	4.497	6.072	16.503	4.806	4.705	3.290	13.182	14.683
	18	1.629	2.217	11.814	6.782	2.239	1.566	9.630	10.897

Τα ανωτέρω δεδομένα, με χρήση του μεθοδολογικού πλαισίου και των παραδοχών που αποτυπώνονται στο προηγούμενο κεφάλαιο, επεξεργάστηκαν σε επίπεδο Περιφέρειας, για τα δυο σενάρια μελέτης της παρούσας εργασίας.

Αρχικά υπολογιστήκαν οι ετήσιες συνολικές καταναλώσεις για τα δυο διαφορετικά σενάρια όπως παρουσιάζεται παρακάτω.

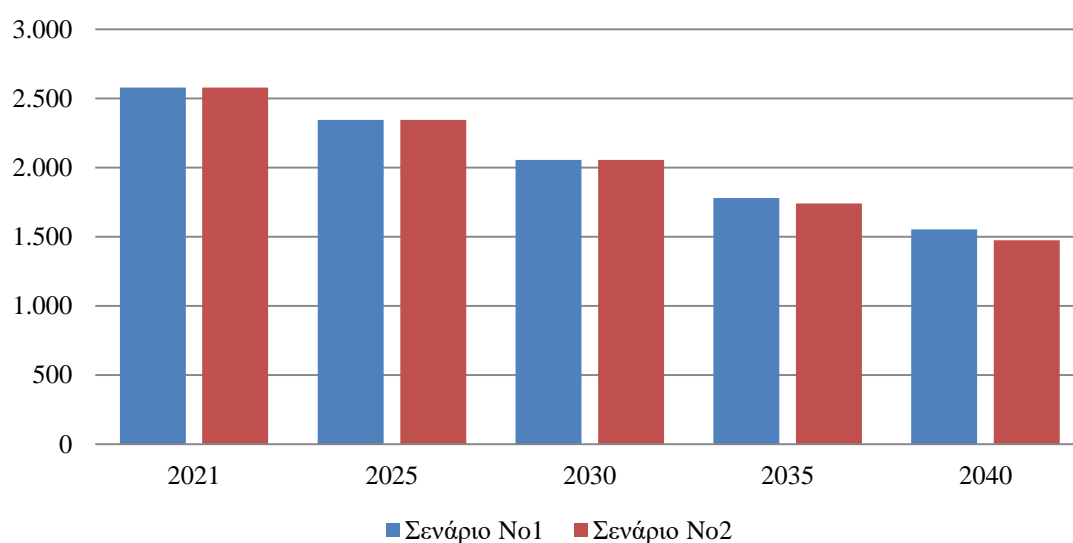
Πίνακας 5.37. Η εξέλιξη της συνολικής κατανάλωσης για τα δυο σενάρια της Περιφέρειας Αττικής.

Συνολική κατανάλωση ενέργειας (ktoe)		
Έτος	Σενάριο 1	Σενάριο 2

2021	2.577,32	2.577,32
2025	2.344,78	2.344,78
2030	2.054,12	2.054,12
2035	1.779,66	1.739,64
2040	1.552,45	1.473,42

Η συνολική κατανάλωση ενέργειας, για το Σενάριο 1, μειώνεται 39,76% έως το 2040. Στο Σενάριο 2, η εξοικονόμηση ενέργειας είναι μεγαλύτερη, καθώς η συνολική κατανάλωση μειώνεται 42,83% έως το 2040.

Συνολική κατανάλωση ενέργειας (ktoe)

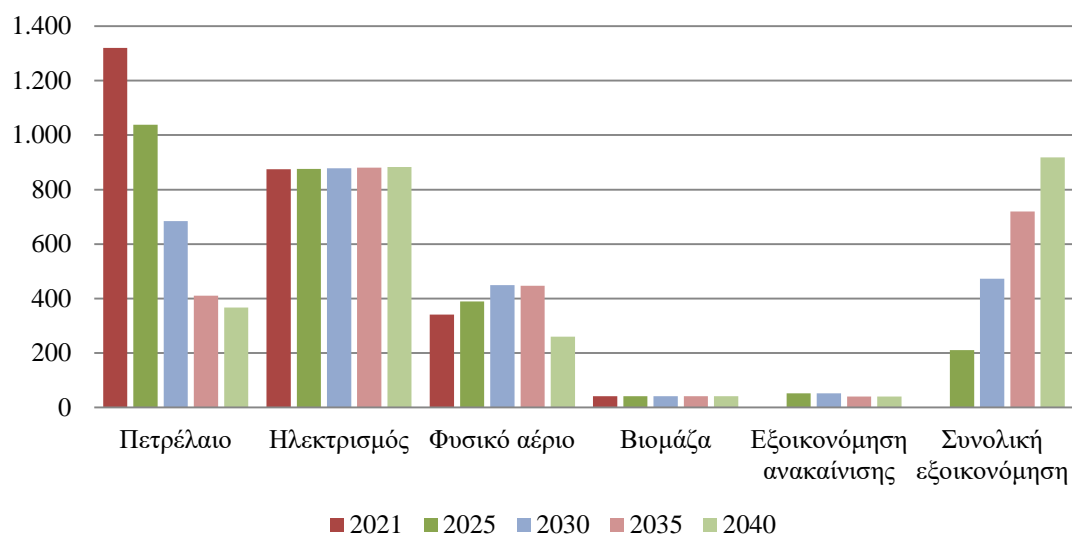


Διάγραμμα 5.19. Συνολική κατανάλωση ενέργειας για τα δυο σενάρια της Περιφέρειας Αττικής.

Συμπερασματικά, το Σενάριο 2 οδηγεί σε μεγαλύτερη μείωση της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η εξέλιξη του μίγματος ενεργειακής κατανάλωσης. Πιο συγκεκριμένα, για το Σενάριο 1 προκύπτει το **Διάγραμμα 5.20** το οποίο παρουσιάζει την κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας ανά καύσιμο και την εξοικονόμηση στην Περιφέρεια Αττικής για το διάστημα 2021-2040.

Σενάριο 1 - Κατανάλωση σε ktoe

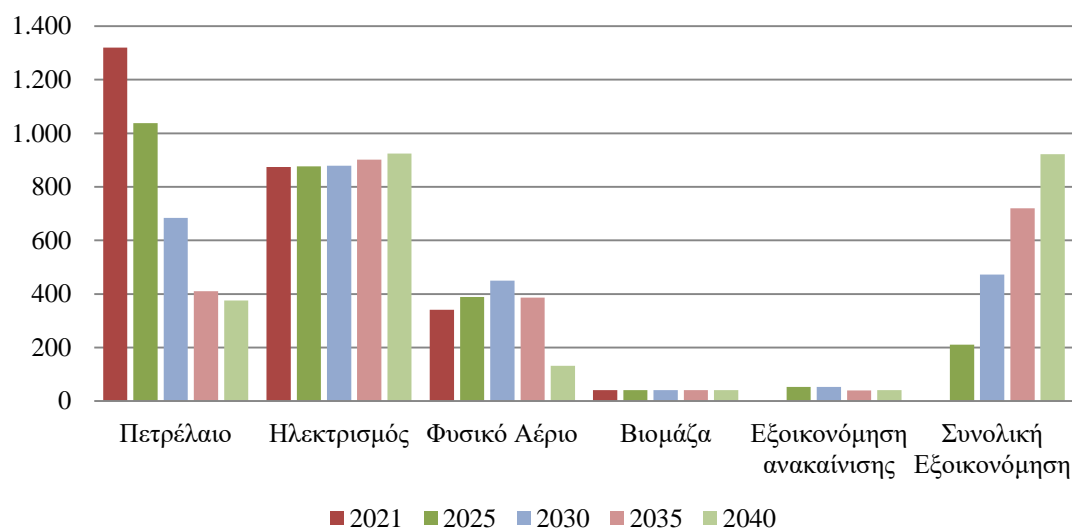


Διάγραμμα 5.20. Κατανάλωση ανά καύσιμο και η εξοικονόμηση ενέργειας για το Σενάριο 1 της Περιφέρειας Αττικής.

Διαπιστώνουμε ότι η κατανάλωση ενέργειας από πετρέλαιο θέρμανσης μειώνεται, ο ηλεκτρισμός παραμένει σχετικά σταθερός, ενώ αυξάνεται η κατανάλωση του φυσικού αερίου και η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας από τις ενεργειακές ανακαινίσεις. Συγκεκριμένα, η κατανάλωση πετρελαίου μειώνεται 72,19% έως το 2040. Οι τιμές ηλεκτρισμού σημειώνουν μικρή αύξηση από 874,65 ktoe σε 883,37 ktoe. Αυτό συμβαίνει διότι η διείσδυση αντλιών θερμότητας είναι πολύ μικρή και η κατανάλωση σε ηλεκτρικές συσκευές θεωρείται σταθερή στο διάστημα 2021-2040. Αυξητική είναι η τιμή κατανάλωσης του φυσικού αερίου έως το 2035 ενώ μειώνεται το 2040. Η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας από ανακαινίσεις ανέρχεται στα 918,69 ktoe το 2040.

Αντίστοιχα για το Σενάριο 2 προκύπτει το **Διάγραμμα 5.21** το οποίο παρουσιάζει την κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας ανά καύσιμο και την εξοικονόμηση στην Περιφέρεια Αττικής για το διάστημα 2021-2040.

Σενάριο 2 - Κατανάλωση σε ktοe

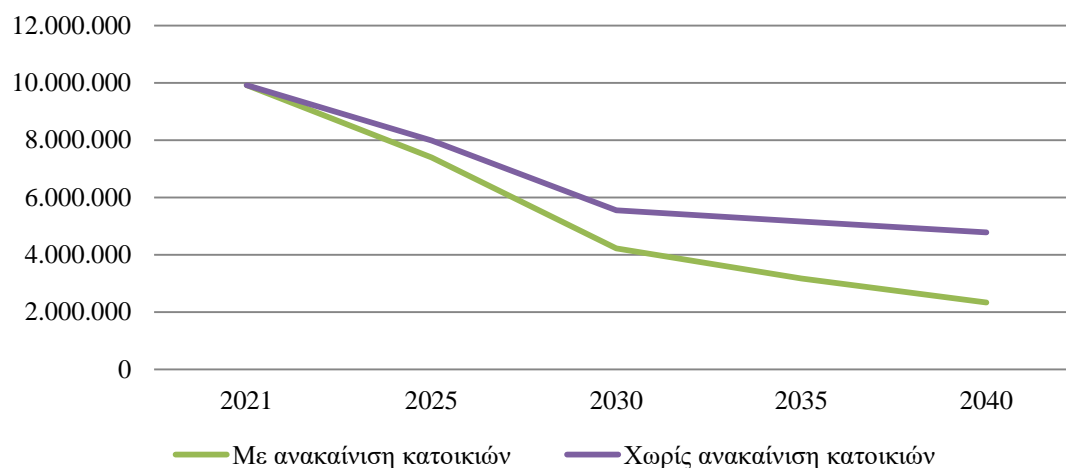


Διάγραμμα 5.21. Κατανάλωση ανά καύσιμο και η εξοικονόμηση ενέργειας για το Σενάριο 2 της Περιφέρειας Αττικής.

Ακολουθώντας τώρα, παρατηρείται μείωση της κατανάλωσης πετρελαίου, αύξηση της κατανάλωσης ηλεκτρισμού, φυσικού αερίου, καθώς και της συνολικής εξοικονόμησης ενέργειας από τις ενεργειακές ανακαινίσεις. Συγκεκριμένα για το Σενάριο 2 η κατανάλωση πετρελαίου μειώνεται 71,54% έως το 2040. Οι τιμές ηλεκτρισμού σημειώνουν αύξηση από 874,65 ktοe σε 924,45 ktοe. Αυτό συμβαίνει γιατί κατά την περίοδο 2030-2040 προστίθενται περισσότερες αντλίες θερμότητας, είτε αντί για καυστήρες φυσικού αερίου το 2031-2035, είτε αντικαθιστώντας τους το 2036-2040. Η κατανάλωση του φυσικού αερίου έχει αυξητική τάση κατά την περίοδο 2021-2030, ενώ μειώνεται κατά το διάστημα 2031-2040. Επιπρόσθετα, η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας από ανακαινίσεις ανέρχεται στα 922 ktοe το 2040.

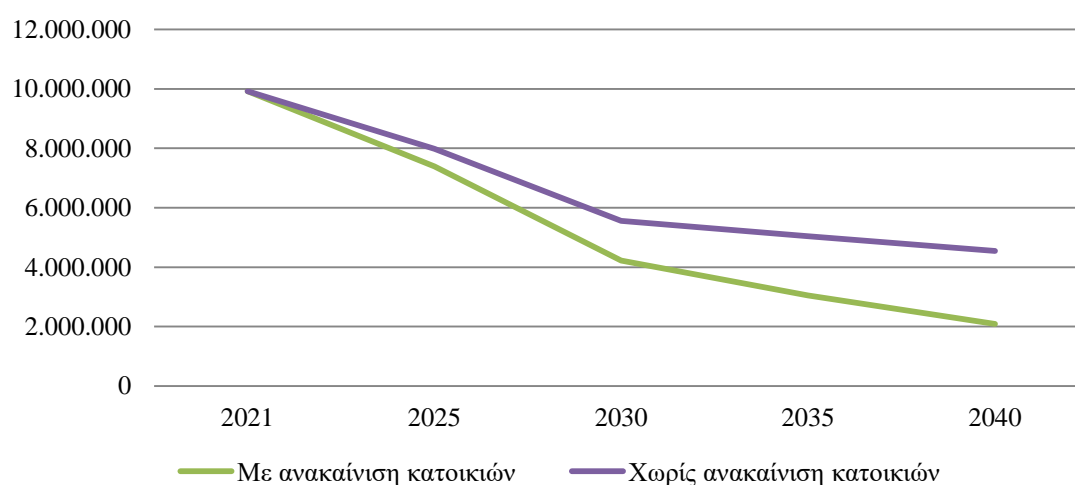
5.4.2 Περιβαλλοντικό αποτύπωμα

Με δεδομένο τους συντελεστές εκπομπών για τον ηλεκτρισμό και τα υπόλοιπα καύσιμα (πετρέλαιο, φυσικό αέριο και βιομάζα) της Ενότητας 4.3 (Πίνακας 4.9 και Πίνακας 4.10), καθώς και το μείγμα ενεργειακής κατανάλωσης των διαφόρων σεναρίων από τα Διάγραμμα 5.20 Διάγραμμα 5.21, προκύπτει η εκτίμηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος για την περίοδο 2021-2040 σε τόνους CO₂ για κάθε σενάριο.

Συνολικές εκπομπές tn CO₂ του Σεναρίου 1

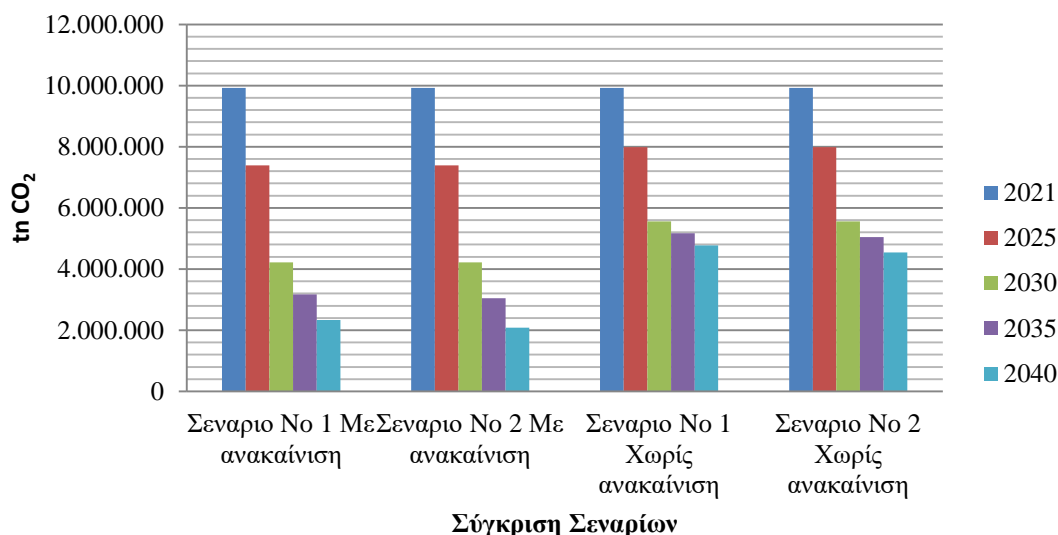
Διάγραμμα 5.22. Περιβαλλοντικό αποτύπωμα του Σεναρίου 1 της Περιφέρειας Αττικής.

Είναι προφανές, πως με τις ανακαινίσεις κατοικιών μειώνονται οι εκτιμώμενες εκπομπές CO₂. Ειδικότερα στο Σενάριο 1, οι ανακαινίσεις κατοικιών μειώνουν από το 2021 στο 2040 τις εκπομπές CO₂ κατά 76,45%.

Συνολικές εκπομπές tn CO₂ του Σεναρίου 2

Διάγραμμα 5.23. Περιβαλλοντικό αποτύπωμα του Σεναρίου 2 της Περιφέρειας Αττικής.

Παρομοίως στο Σενάριο 2, με τις ανακαινίσεις κατοικιών οι εκτιμώμενες εκπομπές CO₂ μειώνονται. Συγκεκριμένα, οι ανακαινίσεις κατοικιών επιφέρουν μείωση κατά 78,95% έως το 2040. Παρατηρούμε συγκριτικά, πως στο Σενάριο 2, η αύξηση της διείσδυσης του ηλεκτρισμού, επιφέρει χαμηλότερες εκπομπές CO₂.



Διάγραμμα 5.24. Σύγκριση αναμενόμενων εκπομπών CO₂ για τα Σενάρια 1 & 2 με και χωρίς ανακαινίσεις κατοικιών της Περιφέρειας Αττικής.

Στο **Διάγραμμα 5.24** φαίνεται πως στο Σενάριο 2 με ανακαινίσεις κατοικιών, οι εκπομπές CO₂ είναι μειωμένες κατά 10,63% σε σχέση με το Σενάριο 1 το 2040. Στην περίπτωση απουσίας ανακαινίσεων το Σενάριο 2 οδηγεί σε εκπομπές CO₂ μειωμένες κατά 4,87% το 2040 σε σχέση με το Σενάριο 1.

5.4.3 Κόστος και εξοικονόμηση καταναλωτή

Η μελέτη των δυο διαφορετικών σεναρίων μετάβασης, αποσκοπεί πέραν του υπολογισμού της ενεργειακής κατανάλωσης και του περιβαλλοντικού αποτυπώματος σε εκπομπές CO₂, στον προσδιορισμό του κόστους ή οφέλους για τον τελικό καταναλωτή.

Πρώτα παρουσιάζεται το οικονομικό κόστος από την πιθανή επέκταση στον κτιριακό τομέα, του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών (ΣΕΔΕ) αερίων του θερμοκηπίου στην Ευρωπαϊκή Κοινότητα (“EU emissions trading system – EU ETS”) [28], για την περίπτωση σταθερής τιμής εκπομπών στα 30 €/t CO₂. Για το Σενάριο 1 τα παραπάνω παρουσιάζονται κάτωθι (**Πίνακας 5.38**).

Πίνακας 5.38. Εξέλιξη πιθανής επιπλέον χρέωσης ανά νοικοκυριό στην περίπτωση του Σεναρίου 1 για σταθερή τιμή εκπομπών CO₂ της Περιφέρειας Αττικής.

Σενάριο 1	2021	2025	2030	2035	2040
Συνολικό κόστος εκπομπών (€)	297.618.749	221.750.650	126.587.762	95.022.119	70.083.070
Όφελος ανακαινίσεων (€)	0	17.788.117	40.023.263	59.960.357	73.199.314
Πιθανή επιπλέον χρέωση ανά νοικοκυριό χωρίς ανακαίνιση (€)	179	144	100	93	86

Πιθανή επιπλέον χρέωση ανά νοικοκυριό με ανακαίνιση (€)	179	134	76	57	42
---	-----	-----	----	----	----

Παρατηρούμε σε ότι αφορά την πιθανή επιπλέον χρέωση από την εισαγωγή του ΣΕΔΕ στον κτιριακό τομέα, η πραγματοποίηση ενεργειακών ανακαινίσεων τη μειώνει, σε ποσοστό 51,16% ανά νοικοκυριό το 2040, μιας και, όπως είναι λογικό, μειώνεται το συνολικό κόστος λόγω εξοικονόμησης.

Σε ότι αφορά το Σενάριο 2 η εξέλιξη των πιθανών χρεώσεων παρουσιάζονται παρακάτω (**Πίνακας 5.39**).

Πίνακας 5.39. Εξέλιξη πιθανής επιπλέον χρέωσης ανά νοικοκυριό στην περίπτωση του Σεναρίου 2 για σταθερή τιμή εκπομπών CO₂ της Περιφέρειας Αττικής.

Σενάριο 2	2021	2025	2030	2035	2040
Συνολικό κόστος εκπομπών (€)	297.618.749	221.750.650	126.587.762	91.393.224	62.634.614
Όφελος ανακαινίσεων (€)	0	17.788.117	40.023.263	59.960.357	73.667.991
Πιθανή επιπλέον χρέωση ανά νοικοκυριό χωρίς ανακαίνιση (€)	179	144	100	91	82
Πιθανή επιπλέον χρέωση ανά νοικοκυριό με ανακαίνιση (€)	179	134	76	55	38

Και εδώ παρατηρείται πως η πραγματοποίηση ενεργειακών ανακαινίσεων μειώνει την πιθανή επιπλέον χρέωση που αντιστοιχεί σε κάθε νοικοκυριό, κατά 53,66% το 2040, μιας και, όπως είναι λογικό, μειώνεται το συνολικό κόστος λόγω εξοικονόμησης.

Παράλληλα συγκρίνοντας τα δυο Σενάρια, το Σενάριο 2 επιφέρει μεγαλύτερες μειώσεις στην πιθανή επιπλέον χρέωση ανά νοικοκυριό, τόσο στην περίπτωση απουσίας ανακαινίσεων, όσο και στην περίπτωση πραγματοποίησής τους. Ενδεικτικά, για νοικοκυριά με ανακαίνιση η πιθανή επιπλέον χρέωση το 2040 στο Σενάριο 2 είναι 38 €, ενώ στο Σενάριο 1 είναι 42 €.

Στην περίπτωση τώρα της αυξανόμενης τιμής εκπομπών CO₂, δηλαδή 30 €/t CO₂ το 2021-2025, 50 €/t CO₂ το 2026-2030 και 100 €/t CO₂ το 2031-2040, το συνολικό κόστος εκπομπών, η εξοικονόμηση λόγω ανακαινίσεων, καθώς και η πιθανή επιπλέον χρέωση ανά νοικοκυριό χωρίς/με ανακαίνιση παρουσιάζονται παρακάτω (**Πίνακας 5.40** και **Πίνακας 5.41**), για το Σενάριο 1 και το Σενάριο 2 αντίστοιχα.

Πίνακας 5.40. Εξέλιξη πιθανής επιπλέον χρέωσης ανά νοικοκυριό στην περίπτωση του Σεναρίου 1 για αυξανόμενη τιμή εκπομπών CO₂ της Περιφέρειας Αττικής.

Σενάριο 1	2021	2025	2030	2035	2040
Συνολικό κόστος εκπομπών (€)	297.618.749	221.750.650	210.979.604	316.740.396	233.610.233

Όφελος ανακαινίσεων (€)	0	17.788.117	66.705.439	199.867.856	243.997.714
Πιθανή επιπλέον χρέωση ανά νοικοκυριό χωρίς ανακαίνιση (€)	179	144	167	311	288
Πιθανή επιπλέον χρέωση ανά νοικοκυριό με ανακαίνιση (€)	179	134	127	191	141

Πίνακας 5.41. Εξέλιξη πιθανής επιπλέον χρέωσης ανά νοικοκυριό στην περίπτωση του Σεναρίου 2 για αυξανόμενη τιμή εκπομπών CO₂ της Περιφέρειας Αττικής.

Σενάριο 2	2021	2025	2030	2035	2040
Συνολικό κόστος εκπομπών (€)	297.618.749	221.750.650	210.979.604	304.644.080	208.782.045
Όφελος ανακαινίσεων (€)	0	17.788.117	66.705.439	199.867.856	245.559.971
Πιθανή επιπλέον χρέωση ανά νοικοκυριό χωρίς ανακαίνιση (€)	179	144	167	304	274
Πιθανή επιπλέον χρέωση ανά νοικοκυριό με ανακαίνιση (€)	179	134	127	183	126

Όπως αναμενόταν με την αύξηση της τιμής εμπορίας εκπομπών οι πιθανές χρεώσεις ανά νοικοκυριό αυξάνονται. Επίσης παρατηρούμε πως οι ενεργειακές ανακαινίσεις μειώνουν την πιθανή επιπλέον χρέωση που αντιστοιχεί σε κάθε νοικοκυριό, κατά 51,04% για το Σενάριο 1 και κατά 54,01% για το Σενάριο 2, αφού μειώνεται το συνολικό κόστος λόγω της αύξησης των χρημάτων που εξοικονομούνται.

Ακόμη, και σε αυτή την περίπτωση παρατηρούμε πως συγκρινόμενο με το Σενάριο 1, το Σενάριο 2 επιφέρει μεγαλύτερες μειώσεις στην πιθανή επιπλέον χρέωση ανά νοικοκυριό, τόσο στην περίπτωση απουσίας ανακαινίσεων, όσο και στην περίπτωση πραγματοποίησής τους. Ενδεικτικά, για νοικοκυριά με ανακαίνιση η πιθανή επιπλέον χρέωση το 2040 στο Σενάριο 2 είναι 126 €, ενώ στο Σενάριο 1 είναι 141 €.

Πέρα από τα κόστη που προκύπτουν από το σύστημα εμπορίας αδειών εκπομπών CO₂ και την επέκτασή του στον κτιριακό τομέα, κάθε επέμβαση ενεργειακής αναβάθμισης έχει και το δικό της κόστος. Η εξέλιξή τους το διάστημα 2021-2040 παρουσιάστηκε στην Ενότητα 4.3 **Παραδοχές** της εργασίας (**Πίνακας 4.11**). Επομένως, ανάλογα με το σενάριο είναι φυσιολογικό το συνολικό κόστος για το διάστημα 2021-2040 να διαφοροποιείται. Ο **Πίνακας 5.42** και ο **Πίνακας 5.43** παρουσιάζουν το κόστος των επεμβάσεων για την εγκατάσταση αντλιών θερμότητας, καυστήρων φυσικού αερίου, καθώς και για τη διενέργεια ενεργειακών ανακαινίσεων για το Σενάριο 1 και το Σενάριο 2 αντίστοιχα.

Πίνακας 5.42. Κόστος επεμβάσεων για το Σενάριο 1 της Περιφέρειας Αττικής.

Σενάριο 1	2021	2025	2030	2035	2040
Συνολικό κόστος επεμβάσεων (€)	0	567.866.167	559.784.964	552.564.282	545.343.599
Κόστος αντλιών θερμότητας (€/μονάδα)	11.568	9.840	7.680	5.883	4.087
Συνολικό κόστος εγκατάστασης αντλιών θερμότητας (€)	0	34.868.708	27.214.601	20.848.112	14.481.622
Κόστος καυστήρων φυσικού αερίου (€/μονάδα)	4.990	4.952	4.904	4.809	4.713
Συνολικό κόστος εγκατάστασης καυστήρων φυσικού αερίου (€)	0	44.275.651	43.848.555	42.994.362	42.140.170
Κόστος ενεργειακών ανακαινίσεων (€/μονάδα)	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
Συνολικό κόστος ενεργειακών ανακαινίσεων (€)	0	488.721.808	488.721.808	488.721.808	488.721.808

Πίνακας 5.43. Κόστος επεμβάσεων για το Σενάριο 2 της Περιφέρειας Αττικής.

Σενάριο 2	2021	2025	2030	2035	2040
Συνολικό κόστος επεμβάσεων (€)	0	567.866.167	559.784.964	562.170.457	542.752.971
Κόστος αντλιών θερμότητας (€/μονάδα)	11.568	9.840	7.680	5.883	4.087
Συνολικό κόστος εγκατάστασης αντλιών θερμότητας (€)	0	34.868.708	27.214.601	73.448.649	51.019.276
Κόστος καυστήρων φυσικού αερίου (€/μονάδα)	4.990	4.952	4.904	4.809	4.713
Συνολικό κόστος εγκατάστασης καυστήρων φυσικού αερίου (€)	0	44.275.651	43.848.555	0	3.011.887
Κόστος ενεργειακών ανακαινίσεων (€/μονάδα)	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
Συνολικό κόστος ενεργειακών ανακαινίσεων (€)	0	488.721.808	488.721.808	488.721.808	488.721.808

Παρατηρούμε πως το συνολικό κόστος εγκατάστασης καυστήρων φυσικού αερίου μειώνεται. Το συνολικό κόστος για την περίοδο 2021-2040 είναι 10.614.671.475 € για το Σενάριο 1, ενώ για το Σενάριο 2 το συνολικό κόστος για το ίδιο διάστημα είναι περίπου 1% μεγαλύτερο, και ανέρχεται στα 10.710.583.968 €. Αυτή η διαφορά στο

κόστος οφείλεται κυρίως στο ότι από το 2030 και μετά κατά το Σενάριο 2 προστίθενται αντλίες θερμότητας αντί για καυστήρες φυσικού αερίου, οι οποίες έχουν μεγαλύτερη τιμή εγκατάστασης ανά μονάδα. Τέλος, προκύπτει πως το ετήσιο κόστος ανακαίνισης ανέρχεται στα 294 € ανά νοικοκυριό.

Οι ενεργειακές ανακαινίσεις οδηγούν στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των νοικοκυριών στα οποία λαμβάνουν χώρα. Όπως φαίνεται παραπάνω (**Πίνακας 5.36**) για τα υπό μελέτη νοικοκυριά, το μοντέλο “DREEM” είναι σε θέση να υπολογίσει την εξοικονόμηση ενέργειας που προκύπτει από τις ανακαινίσεις ανά καύσιμο. Με αυτά τα δεδομένα μπορεί να γίνει εκτίμηση της ετήσιας συνολικής εξοικονόμησης καυσίμου σε ευρώ (€). Ο **Πίνακας 5.44** παρουσιάζει την εξοικονόμηση πετρελαίου θέρμανσης και φυσικού αερίου για το Σενάριο 1, ενώ ο **Πίνακας 5.45** για το Σενάριο 2.

Πίνακας 5.44. Εξοικονόμηση καυσίμου λόγω ενεργειακών ανακαινίσεων στο Σενάριο 1 της Περιφέρειας Αττικής.

Σενάριο 1	2021	2025	2030	2035	2040
Πετρέλαιο θέρμανσης (€)	0	105.616.451	283.745.688	412.943.066	400.488.997
Φυσικό αέριο (€)	0	0	0	21.022.996	108.212.233

Πίνακας 5.45. Εξοικονόμηση καυσίμου λόγω ενεργειακών ανακαινίσεων στο Σενάριο 2 της Περιφέρειας Αττικής.

Σενάριο 2	2021	2025	2030	2035	2040
Πετρέλαιο θέρμανσης (€)	0	105.616.451	283.745.688	412.943.066	411.150.987
Φυσικό αέριο (€)	0	0	0	21.022.996	103.721.750

Από το έτος 2034 και μετά, λόγω της εξάντλησης των νοικοκυριών με καυστήρα πετρελαίου, οι προβλεπόμενες ετήσιες ανακαινίσεις αφορούν και νοικοκυριά με καυστήρα φυσικού αερίου, σύμφωνα με την αναλογία των μη ανακαινισμένων σπιτιών με τα δύο αυτά μέσα θέρμανσης. Για το διάστημα 2021-2035 η εξοικονόμηση καυσίμου για τα δύο σενάρια είναι η ίδια, μιας και ανακαινίζεται ο ίδιος αριθμός νοικοκυριών και στις δύο περιπτώσεις. Διαφοροποιείται το διάστημα 2036-2040 μιας και αλλάζει η αναλογία νοικοκυριών με λέβητα πετρελαίου και φυσικού αερίου.

Η συνολική ετήσια εξοικονόμηση χρημάτων που προκύπτει για κάθε σενάριο παρουσιάζονται παρακάτω (**Πίνακας 5.46**).

Πίνακας 5.46. Συνολική εξοικονόμηση λόγω των ενεργειακών ανακαινίσεων της Περιφέρειας Αττικής.

Συνολική εξοικονόμηση (€)	2021	2025	2030	2035	2040
Σενάριο 1	0	105.616.451	283.745.688	433.966.061	508.701.230
Σενάριο 2	0	105.616.451	283.745.688	433.966.061	514.872.737

Τα ετήσια χρηματικά οφέλη που αντιστοιχούν σε κάθε νοικοκυριό της Περιφέρειας παρουσιάζει ο **Πίνακας 5.47** και για τα δύο σενάρια.

Πίνακας 5.47. Ετήσια χρηματικά οφέλη από την εξοικονόμηση καυσίμων ανά νοικοκυριό (€) της Περιφέρειας Αττικής.

Εξοικονόμηση /νοικοκυριό (€)	2021	2025	2030	2035	2040
Σενάριο 1	0	64	171	261	306
Σενάριο 2	0	64	171	261	310

Κεφάλαιο 6 – Συμπεράσματα

Στόχος της εργασίας είναι η μελέτη σεναρίων πολιτικής που αφορούν την ενεργειακή μετάβαση του οικιακού τομέα των Περιφερειών Στερεάς Ελλάδας και Αττικής για το διάστημα 2021-2040. Ειδικότερα, μελετήθηκαν σεσάρια που αφορούν στη διαμόρφωση τελικού μίγματος καύσιμου κατανάλωσης, στην ενίσχυση της ενεργειακής απόδοσης των κατοικιών, καθώς και στις συνέπειες τους τόσο σε περιβαλλοντικό όσο και οικονομικό επίπεδο. Για το σκοπό αυτό έγινε χρήση του υπολογιστικού εργαλείου μοντελοποίησης “DREEM”, το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την προσομοίωση της ενεργειακής κατανάλωσης των νοικοκυριών στα υπό μελέτη σεσάρια. Αναλυτικότερα, μέσα στα πλαίσια της εργασίας εξετάστηκαν δύο σεσάρια διαφορετικής ενεργειακής μετάβασης του οικιακού τομέα:

(α). Το Σεσάριο 1 που περιλαμβάνει την είσοδο του φυσικού αερίου στη θέρμανση κατοικιών της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας, που δεν υπάρχει προς το παρόν και θα καλύπτει το 10% της συνολικής ζήτησης το 2030, ενώ για την Περιφέρεια Αττικής αύξηση σύμφωνα με τους στόχους του ΕΣΕΚ. Οι αντλίες θερμότητας αυξάνονται κατά 300% μέχρι το 2030 και οι ανακαινίσεις των κτιρίων ανέρχονται στο διπλάσιο των στόχων του ΕΣΕΚ.

(β). Το Σεσάριο 2 που περιλαμβάνει τις ίδιες αλλαγές με το προηγούμενο σεσάριο έως το 2030, ενώ από το 2030 και μετά προκύπτει σταδιακή διακοπή της διείσδυσης φυσικού αερίου. Πιο αναλυτικά, από το 2030 γίνεται υποκατάσταση των νέων λεβήτων φυσικού αερίου με αντλίες θερμότητας και από το 2035 γίνεται απομάκρυνση των υφιστάμενων καυστήρων φυσικού αερίου με αντλίες θερμότητας. Οι ανακαινίσεις κατοικιών μελετώνται με τον ίδιο ρυθμό όπως στο Σεσάριο 1.

Κάθε σεσάριο εξετάστηκε σε επίπεδο Περιφερειακών Ενοτήτων της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας διαχωρισμένες ανά κλιματική ζώνη Β και Γ, καθώς και σε επίπεδο Περιφέρειας, τόσο για τη Στερεά Ελλάδα όσο και την Αττική. Παρουσιάστηκαν και για τα δύο σεσάρια, οι επιπτώσεις στην συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας του οικιακού τομέα για το διάστημα 2021-2040, καθώς και στο μίγμα της. Παράλληλα, παρουσιάστηκε το εκτιμώμενο περιβαλλοντικό αποτύπωμα, καθώς και η σύγκριση του κόστους - οφέλους των καταναλωτών για κάθε εναλλακτική περίπτωση. Η σύγκριση κέρδους και ζημίας των καταναλωτών έγινε βάσει δύο διαφορετικών περιπτώσεων εξέλιξης της τιμής εμπορίας Αδειών Εκπομπών. Η πρώτη περίπτωση

είναι η τιμή του CO₂ να παραμείνει σταθερή στα 30 €/tn CO₂ και η δεύτερη να αυξάνεται κατά το διάστημα 2021-2040 από 30 €/tn CO₂ στα 100 €/tn CO₂.

Ένα από τα βασικά πορίσματα της μελέτης, αναφορικά με την εξέλιξη της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας και του μίγματος της, είναι πως εφαρμόζοντας το Σενάριο 2, η συνολική κατανάλωση ενέργειας του οικιακού τομέα μειώνεται περισσότερο, καθώς αυξάνεται η χρήση τεχνολογιών, όπως οι αντλίες θερμότητας, με μεγαλύτερους βαθμούς απόδοσης. Για παράδειγμα, σε επίπεδο Περιφέρειας, για τη Στερεά Ελλάδα, το Σενάριο 1 οδηγεί σε 36,61% μείωση της κατανάλωσης ενέργειας το 2040 συγκριτικά με το 2021, ενώ το Σενάριο 2 οδηγεί σε 39,42% μείωση της. Για την Αττική, το Σενάριο 1 οδηγεί σε 39,76% μείωση της κατανάλωσης ενέργειας το 2040 σε σχέση με το 2021, ενώ το Σενάριο 2 οδηγεί σε 42,83% μείωση της.

Επιπλέον, η μελέτη κατέδειξε την ουσιαστική συνεισφορά των ενεργειακών ανακαινίσεων κατοικιών στην εξοικονόμηση ενέργειας καθώς και τη μείωση της κατανάλωσης. Συγκεκριμένα, σε επίπεδο Περιφέρειας, για τη Στερεά Ελλάδα, με το Σενάριο 1 εξοικονομούνται 84,03 ktoe ενέργειας το 2040, ενώ με το Σενάριο 2, 76 ktoe. Για την Αττική, με το Σενάριο 1 εξοικονομούνται 918,69 ktoe ενέργειας το 2040, ενώ με το Σενάριο 2, 922 ktoe.

Πέραν των επιδράσεων στη συνολική κατανάλωση ενέργειας, σημαντικό ενδιαφέρον παρουσιάζει και το τελικό μίγμα, καθώς και οι επιμέρους αυξομειώσεις στη χρήση των διαφορετικών πηγών ενέργειας (πετρέλαιο, φυσικό αέριο, ηλεκτρισμός). Αναμφισβήτητα, επιτεύχθηκε ιδιαίτερη μείωση της κατανάλωσης πετρελαίου. Ενδεικτικά σε επίπεδο Περιφέρειας, για τη Στερεά Ελλάδα, το Σενάριο 1 οδηγεί σε 78,99% μείωση της κατανάλωσης πετρελαίου, ενώ για το Σενάριο 2 η μείωση φτάνει το 78,15%. Για την Αττική, το Σενάριο 1 οδηγεί σε 72,19% μείωση της κατανάλωσης πετρελαίου, ενώ για το Σενάριο 2 η μείωση φτάνει το 71,54%. Η κατανάλωση φυσικού αερίου στις δυο Περιφέρειες, για το Σενάριο 1 αυξάνεται έως το 2030, το 2030 - 2035 παραμένει σχεδόν σταθερή και το διάστημα 2035 - 2040 μειώνεται. Για το Σενάριο 2 η κατανάλωση φυσικού αερίου αυξάνεται έως το 2030, ενώ για το υπόλοιπο διάστημα έως και το 2040 ακολουθεί πτωτική τάση. Σε ότι αφορά την κατανάλωση ηλεκτρισμού στις δυο Περιφέρειες, σημειώνεται πολύ μικρή αύξηση στο Σενάριο 1, ενώ στο Σενάριο 2 που υπάρχει μεγαλύτερη διείσδυση αντλιών θερμότητας, αυξάνεται περισσότερο.

Για τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο που έχουν τα δυο σενάρια, ως δείκτες χρησιμοποιήθηκαν οι συνολικοί ετήσιοι τόνοι CO₂. Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων παρατηρείται πως το Σενάριο 2 οδηγεί σε κάθε περίπτωση (με ανακαινίσεις κατοικιών ή χωρίς) σε λιγότερες ετήσιες εκπομπές CO₂ στην Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας καθώς και στην Περιφέρεια Αττικής. Παρομοίως, σε ότι αφορά τη σύγκριση κόστους - οφέλους για τους καταναλωτές στις δύο πιθανές εξελίξεις των τιμών των εκπομπών CO₂, προκύπτει πως το Σενάριο 2 οδηγεί σε μικρότερες χρεώσεις για τους καταναλωτές σε σχέση με το Σενάριο 1, τόσο στην Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας όσο και στην Περιφέρεια Αττικής. Ειδικότερα, στην Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας για νοικοκυριά με ανακαίνιση η πιθανή χρηματική επιβάρυνση το 2040, για σταθερή χρέωση εκπομπών CO₂, του Σεναρίου 2 είναι 52 €, έναντι 57 € του Σεναρίου 1, ενώ για μεταβαλλόμενη χρέωση εκπομπών CO₂, του Σεναρίου 2 είναι 175 €, έναντι 190 € του Σεναρίου 1. Για την Περιφέρεια Αττικής και νοικοκυριά με ανακαίνιση, η πιθανή χρηματική επιβάρυνση το 2040, για σταθερή χρέωση εκπομπών CO₂, του Σεναρίου 2 είναι 38 €, έναντι 42 € του Σεναρίου 1, ενώ για μεταβαλλόμενη χρέωση εκπομπών CO₂, του Σεναρίου 2 είναι 126 €, έναντι 141 € του Σεναρίου 1.

Συνολικά με την παρούσα εργασία, επιχειρείται να παρασχεθεί μια ειδικότερη προσέγγιση τρόπων ενεργειακής μετάβασης, σε περιφερειακό επίπεδο, στον οικιακό τομέα, που αποτελεί έναν από τους βασικότερους τομείς της κοινωνικής και οικονομικής ζωής, στην Ελλάδα. Έτσι η παρούσα μελέτη θα μπορούσε να αποτελέσει συμβουλευτικό εργαλείο χάραξης πολιτικών και λήψεως αποφάσεων για την επίτευξη περιβαλλοντικών και ενεργειακών αλλαγών. Η καταγραφή των επιπτώσεων-συνεπειών των διάφορων σταδίων, και τρόπων, ενεργειακής μετάβασης, μεταξύ άλλων, και σε περιβαλλοντικό και οικονομικό επίπεδο, δύναται να συμβάλλει σε έναν πιο εύστοχο σχεδιασμό πολιτικών, αντισταθμίζοντας τους οικονομικούς πόρους που θα χρειαστεί να επενδυθούν στον οικιακό τομέα τα επόμενα χρόνια, με την εξοικονόμηση ενέργειας και πόρων σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο. Για πληρέστερη εικόνα προτείνεται, περαιτέρω, η εφαρμογή της μεθοδολογίας για την εξέταση και άλλων περιφερειών της Ελλάδας, καθώς και άλλων χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, τόσο σε εθνικό όσο και σε περιφερειακό επίπεδο. Με μία ενδελεχή μελέτη, σε μεγαλύτερο εύρος περιοχών, θα δοθεί μία πληρέστερη εικόνα για τον βέλτιστο δυνατό σχεδιασμό της ενεργειακής μετάβασης στον οικιακό τομέα, σε επίπεδο εφαρμογής και μείωσης «κόστους», σε περιφερειακό και σε εθνικό επίπεδο.

Αυτονόητο, δε, είναι πως αντίστοιχη έρευνα θα μπορούσε να λάβει χώρα και για άλλους σημαντικούς τομείς της κοινωνικής και οικονομικής ζωής, όπως ο κτιριακός τομέας εν γένει, οι μεταφορές και η βιομηχανία, γεγονός που θα συνεισέφερε σε πιο ολοκληρωμένο σχεδιασμό στρατηγικών.

Βιβλιογραφία - Πηγές

- [1] Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας, Περιβάλλον, “Κλιματική Αλλαγή”, <https://ypen.gov.gr/perivallon/klimatiki-allagi>, (accessed April 05, 2022).
- [2] European Commission, “European Climate Pact”, https://europa.eu/climate-pact/about/climate-change_en, (accessed April 05, 2022).
- [3] Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tigr, M. and Miller, H.L. (2007), “IPCC: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change”, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- [4] Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, Επικαιρότητα, “Τελευταίες ειδήσεις, Κοινωνία” <https://www.europarl.europa.eu/news/el/headlines/society/20180301STO98928/ek-pompes-aerion-tou-thermokiριου-ana-chora-kai-tomea-grafima>, (accessed April 05, 2022).
- [5] Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας, Περιβάλλον, Κλιματική Αλλαγή, “Εκθέσεις και υφιστάμενη κατάσταση”, <https://ypen.gov.gr/perivallon/klimatiki-allagi/ektheseis-kai-yfistameni-katastasi/>, (accessed April 05, 2022).
- [6] Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, Προτεραιότητες, Κλιματική Αλλαγή, “Οι δράσεις της Ε.Ε.”, <https://www.europarl.europa.eu/news/el/headlines/priorities/klimatiki-allagi/20180305STO99003/oi-drasesis-tis-ee-gia-tin-meiosi-ton-ekprompon-anthraka>, (accessed April 10, 2022).
- [7] Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, Επικαιρότητα, “Η πρόοδος της Ε.Ε. προς τους στόχους της για την κλιματική αλλαγή”, <https://www.europarl.europa.eu/news/el/headlines/society/20180706STO07407/i-proodos-tis-ee-pros-tous-stochous-tis-gia-tin-klimatiki-allagi-grafima>, (accessed April 10, 2022).
- [8] Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας, “Μακροχρόνια Στρατηγική για το έτος 2050 (Long Term Strategy 2050 – LTS)”, Αθήνα, 2020.
- [9] Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας, Περιβάλλον, Κλιματική Αλλαγή, Πολιτικές και Δράσεις Αντιμετώπισης, “Εθνικό Πρόγραμμα Δράσης”, <https://ypen.gov.gr/perivallon/klimatiki-allagi/politikes-kai-drasesis-antimetopisis-klimatikis-allagis/ethniko-programma-drasis/>, (accessed April 10, 2022).

- [10] Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας, Περιβάλλον, Κλιματική Αλλαγή, “Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή”, <https://ypen.gov.gr/perivallon/klimatiki-allagi/prosarmogi-stin-klimatiki-allagi/>, (accessed April 10, 2022).
- [11] Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας, Ενέργεια, “Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα”, <https://ypen.gov.gr/energeia/esek/>, (accessed April 10, 2022).
- [12] Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας, Ενέργεια, “Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα, Μακροχρόνια Στρατηγική για το 2050”, <https://ypen.gov.gr/energeia/esek/lts/>, (accessed April 10, 2022).
- [13] Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας, “Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ) [National Energy and Climate Plan (NECP)]”, Αθήνα, 2019.
- [14] Süsser, D., Gaschnig, H., Ceglaz, A., Stavrakas, V., Flamos, A., Lilliestam, J. (2021), “Better suited or just more complex? On the fit between user needs and modeller-driven improvements of energy system models”, *Energy*, pp. 121909, doi:10.1016/J.ENERGY.2021.121909.
- [15] Stavrakas, V. and Flamos, A. (2020), “A modular high-resolution demand-side management model to quantify benefits of demand-flexibility in the residential sector”, *Energy Conversion and Management*, vol. 205, pp. 112339, doi:10.1016/j.enconman.2019.112339.
- [16] Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας, Περιφέρεια, <https://pste.gov.gr/periferia-2/>, (accessed April 15, 2022).
- [17] Ελληνική Στατιστική Αρχή, Στατιστικές, Πληθυσμός και Κοινωνικές Συνθήκες, “Δημογραφικά χαρακτηριστικά/2011”, <https://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SAM03/->, (accessed April 15, 2022).
- [18] Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας, Έγκριση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ), Φ.Ε.Κ. 2367/12-07-2017 τ. Β΄.
- [19] Ελληνική Στατιστική Αρχή, Απογραφή 2011, “Απογραφή Πληθυσμού-Κατοικιών 2011”, <https://www.statistics.gr/el/2011-census-pop-hous>, (accessed April 15, 2022).
- [20] Ελληνική Στατιστική Αρχή, Στατιστικές, “Οικογενειακοί Προϋπολογισμοί (από 2008 και μετά) / 2019”, <https://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SFA05/2019>, (accessed April 15, 2022).

- [21] European Commission, Press Corner, “EU economy and society to meet climate ambitions”, https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_21_3541, (accessed April 15, 2022).
- [22] Ministry of Environment and Energy, Climate Change, Emissions Inventory, “National Inventory Report of Greece for greenhouse and other gases for the years 1990-2019”, Athens, March 2021.
- [23] De Vita, A., Kielichowska, I., Mandatowa, P., Capros, P., Dimopoulou, E., Evangelopoulou, S., et al. (2018), “Technology pathways in decarbonisation scenarios”, Asset, p. 1-62.
- [24] Renewable Heating Hub, European heat pump association, <https://renewableheatinghub.co.uk/european-heat-pump-association-interview-thomas-wak>, (accessed April 15, 2022).
- [25] Energy education, “Coefficient of performance”, https://energyeducation.ca/encyclopedia/Coefficient_of_performance, (accessed April 20, 2022).
- [26] ΔΕΔΑ, Δημόσια Επιχείρηση Δικτύων Διανομής Αερίου, “Το φυσικό αέριο επεκτείνεται στη Στερεά Ελλάδα, με αφετηρία τη Λαμία”, <https://deda.gr/το-φυσικό-αέριο-επεκτείνεται-στη-στερ/>, (accessed April 20, 2022).
- [27] Δρούτσα, Κ.Γ., Κοντογιαννίδης, Σ., Δασκαλάκη, Ε.Γ., Μπαλαράς, Κ.Α. (2014), “Αποτύπωση της ενεργειακής συμπεριφοράς των ελληνικών κτιρίων μέσω των ενεργειακών πιστοποιητικών”, 10ο Εθνικό Συνέδριο για τις Ήπιες Μορφές Ενέργειας, Θεσσαλονίκη.
- [28] European Commission, Climate Action, EU Action, “EU Emissions Trading System (EU ETS)”, https://ec.europa.eu/clima/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets_en, (accessed April 20, 2022).
- [29] Sustainable Innovation Forum 2015, <https://www.cop21paris.org/>, (accessed April 22, 2022).
- [30] Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας, Κτίρια Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης Ενέργειας, Υπουργική Απόφαση ΥΠΕΝ/ΔΕΠΕΑ/85251/242/27.11.2018 (ΦΕΚ Β’ 5447).
- [31] Asimakopoulos, D.A., Santamouris, M., Farrou, I., Laskari, M., Saliari, M., Zanis, G., et al. (2012), “Modelling the energy demand projection of the

- building sector in Greece in the 21st century”, *Energy and Buildings*, vol. 49, p. 488–498, doi:10.1016/j.enbuild.2012.02.043.
- [32] CRES, Centre for renewable energy sources and saving, “Energy Efficiency Trends and Policies in Greece”, November 2021, <https://www.odysseemure.eu/publications/national-reports/energy-efficiency-greece.pdf>.
- [33] Data tables – Data & Statistics – IEA <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tables?country=GREECE>, (accessed May 12, 2022).
- [34] Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία, <https://www.consilium.europa.eu/el/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/>, (accessed May 12, 2022).
- [35] Energypress, “Fit for 55 – Τι σημαίνει για την Ελλάδα”, <https://energypress.gr/news/fit-55-ti-simainei-gia-tin-ellada>, (accessed May 22, 2022).
- [36] Spyridaki, N., Stavrakas, V., Dendramis, Y., Flamos, A. (2020), “Understanding technology ownership to reveal adoption trends for energy efficiency measures in the Greek residential sector”, *Energy policy*, vol. 140, pp. 111413, doi:10.1016/j.enpol.2020.111413.
- [37] Stavrakas, V., Papadelis, S., Flamos, A. (2019), “An agent-based model to simulate technology adoption quantifying behavioural uncertainty of consumers”, *Applied Energy*, vol. 255, pp. 113795, doi:10.1016/j.apenergy.2019.113795.
- [38] Kontochristopoulos, Y., Michas, S., Kleanthis, N., Flamos, A. (2021), “Investigating the market effects of increased RES penetration with BSAM: A wholesale electricity market simulator”, *Energy Reports*, vol. 7, p. 4905–4929, doi:10.1016/J.EGYR.2021.07.052.
- [39] Süsser, D., Ceglaz, A., Gaschnig, H., Stavrakas, V., Flamos, A., Giannakidis, G., et al. (2021), “Model-based policymaking or policy-based modelling? How energy models and energy policy interact”, *Energy Research & Social Science*, vol. 75, pp. 101984, doi:10.1016/J.ERSS.2021.101984.
- [40] Nikas, A., Stavrakas, V., Arsenopoulos, A., Doukas, H., Antosiewicz, M., Witajewski-Baltvilks, J., et al. (2020), “Barriers to and consequences of a solar-based energy transition in Greece”, *Environmental Innovation and Society Transitions*, vol. 35, p. 383–399, doi:10.1016/j.eist.2018.12.004.

- [41] Stavrakas, V., Kleanthis, N., Flamos, A. (2020), “An ex-post assessment of RES-E support in Greece by investigating the monetary flows and the causal relationships in the electricity market”, *Energies*, vol. 13, pp. 4575, doi:10.3390/en13174575.
- [42] Stavrakas, V., Kleanthis, N., Giannakidis, G., Ceglarz, A., Schibline, A., Süsser, D., Lilliestam, J., Psyri, A., Flamos, A. (2021), “LC-SC3-CC-2-2018 of the Horizon 2020 work program : Modelling in support to the transition to a Low-Carbon Energy System in Europe”, project number: 837089, p. 1–103.
- [43] Burbidge, M., Bouzarovski, S., Papantonis, D., Stavrakas, V., Flamos, A., Martini, E., et al. (2021), “Structural Factors Impacting Energy Efficiency Policy Implementation in the European Private Rented Sector”, doi:10.5281/ZENODO.5384732.
- [44] Michas, S., Stavrakas, V., Papadelis, S., Flamos, A. (2020), “A transdisciplinary modeling framework for the participatory design of dynamic adaptive policy pathways”, *Energy Policy*, vol. 139, pp. 111350, doi:10.1016/J.ENPOL.2020.111350.
- [45] Nikas, A., Gambhir, A., Trutnevte, E., Koasidis, K., Lund, H., Thellufsen, J.Z., et al. (2021), “Perspective of comprehensive and comprehensible multi-model energy and climate science in Europe”, *Energy*, vol. 215, pp. 119153, doi:10.1016/j.energy.2020.119153.
- [46] Chatterjee, S., Stavrakas, V., Oreggioni, G., Süsser, D., Staffell, I., Lilliestam, J., Molnar, G., Flamos, A., Ürge-Vorsatz, D. (2022), “Existing tools, user needs and required model adjustments for energy demand modelling of a carbon-neutral Europe”, *Energy Research & Social Science*, vol. 90, pp. 102662, doi:10.1016/j.erss.2022.102662.