

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ Η/Υ



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ &
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ



ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ
ΣΠΟΥΔΩΝ

«ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Μελέτη σεναρίων ενεργειακής μετάβασης στον οικιακό τομέα της
Περιφερειακής Ενότητας Πειραιά και του Δήμου Μοσχάτου- Ταύρου»**

Θανάσκο Αρετή

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

κ. Αλέξανδρος Φλάμος

Καθηγητής ΠΑ.ΠΕΙ.

Αθήνα, Φεβρουάριος 2023

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ Η/Υ



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ &
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ



ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ
ΣΠΟΥΔΩΝ

«ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Μελέτη σεναρίων ενεργειακής μετάβασης στον οικιακό τομέα της
Περιφερειακής Ενότητας Πειραιά και του Δήμου Μοσχάτου- Ταύρου»**

Θανάσκο Αρετή

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

κ. Αλέξανδρος Φλάμος

Καθηγητής ΠΑ.ΠΕΙ.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 13^η Φεβρουαρίου 2023

.....
Φλάμος Αλέξανδρος
Καθηγητής ΠΑΠΕΙ

.....
Ψαρράς Ιωάννης
Καθηγητής ΕΜΠ

.....
Δούκας Χρυσόστομος
Αν. Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Φεβρουάριος 2023

.....
Θανάσκο Αρετή

Διπλωματούχος Πολιτικός Μηχανικός Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου

© Θανάσκο Αρετή, Παπαντώνης Δημήτριος, Τζανή Δήμητρα, Σταύρακας Βασίλειος, Φλάμος Αλέξανδρος,
2023

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή προς 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 εργασίας 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 στα πλαίσια του Διαπανεπιστημιακού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών (ΔΠΜΣ) «Τεχνο-οικονομικά Συστήματα», της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών (ΗΜΜΥ) του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και του Τμήματος Βιομηχανικής Διοίκησης και Τεχνολογίας της Σχολής Ναυτιλίας & Βιομηχανίας του Πανεπιστημίου Πειραιώς, κατά το ακαδημαϊκό έτος 2021-2023.

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάλυση σεναρίων ενεργειακής μετάβασης στον οικιακό τομέα της Περιφερειακής Ενότητας Πειραιά και του Δήμου Μοσχάτου-Ταύρου.

Υπεύθυνος κατά την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας ήταν ο Καθηγητής κ. Αλέξανδρος Φλάμος, τον οποίο θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα για την ανάθεσή της. Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Παπαντώνη Δημήτριο, Υποψήφιο Διδάκτωρ (ΥΔ) και συνεργάτη του Εργαστηρίου Τεχνοοικονομικής Ενεργειακών Συστημάτων του Πα.Πει., για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του όλο το χρονικό διάστημα εκπόνησης της διπλωματικής, καθώς και την κα. Δήμητρα Τζανή (ΥΔ) και τον κ. Δρ. Σταύρακα Βασίλειο, συνεργάτες του εργαστηρίου για την επίβλεψη και καθοδήγησή τους.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένειά μου για τη στήριξη και τη βοήθεια σε όλα τα χρόνια των σπουδών μου.

Περιεχόμενα

Πρόλογος	8
Κατάλογος Διαγραμμάτων	11
Κατάλογος Εικόνων	12
Κατάλογος Πινάκων	12
Περίληψη	16
Abstract	18
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή	20
1.1 Αντικείμενο και σκοπός της διπλωματικής εργασίας.....	20
1.2 Στάδια υλοποίησης της διπλωματικής εργασίας	21
1.3 Οργάνωση και δομή του κειμένου	21
Κεφάλαιο 2: Κλιματική αλλαγή και μέτρα αντιμετώπισης στην Ε.Ε.και στην Ελλάδα	23
2.1 Κλιματική αλλαγή	23
2.2 Αέρια του θερμοκηπίου.....	24
2.3 Το πλαίσιο της ενεργειακής μετάβασης	27
2.4 Ενεργειακή Πολιτική στην Ελλάδα.....	30
2.4.1 Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ)	31
2.4.2 Μακροχρόνια Ενεργειακή Στρατηγική για το 2050	33
Κεφάλαιο 3: Το υπολογιστικό εργαλείο «DREEM»	41
3.1 Περιγραφή του υπολογιστικού εργαλείου	41
3.2 Τα δομικά χαρακτηριστικά του μοντέλου	42
3.2.1 Καιρικά-Κλιματικά δεδομένα (“Weather-Climate data”).....	42
3.2.2 Κτιριακό Κέλυφος (“Building envelope”).....	42
3.2.3 Ζήτηση Ενέργειας (“Energy demand”).....	43
3.2.4 Θερμική άνεση (“Thermal comfort”)	43
Κεφάλαιο 4: Εφαρμογή του μεθοδολογικού πλαισίου για την μελέτη σεναρίων ενεργειακής μετάβασης	45
4.1 Εισαγωγή.....	45
4.2 Παραμετροποίηση του “DREEM”	45
4.2.1 Καιρός- Κλίμα	45
4.2.2 Κέλυφος Κτιρίου	47
4.2.3 Ενεργειακή Ζήτηση	48
4.2.4 Θερμική άνεση.....	54
4.3 Σενάρια ενεργειακής μετάβασης.....	54
4.4 Παραδοχές.....	55
4.5 Ενεργειακές Ανακαινίσεις.....	58
4.6 Φυσικό Αέριο	59
4.7 Αντλίες Θερμότητας.....	60
4.8 Βιομάζα	61
Κεφάλαιο 5: Αποτελέσματα	62
5.1 Περιφερειακή Ενότητα Πειραιά	62
5.1.1 Κατανάλωση Ενέργειας.....	62

5.1.2	Περιβαλλοντικό αποτύπωμα.....	66
5.1.3	Οικονομική αποτίμηση	68
5.2	Δήμος Μοσχάτου-Ταύρου.....	77
5.2.1	Κατανάλωση Ενέργειας.....	77
5.2.2	Περιβαλλοντικό αποτύπωμα.....	81
5.2.3	Οικονομική αποτίμηση	84
Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα		93
Βιβλιογραφία.....		96

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 2.1. Οι ανθρώπινες και φυσικές επιδράσεις στην αύξηση της θερμοκρασίας [7].	24
Διάγραμμα 2.2. Οι ετήσιες εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου σε διάφορους τομείς [9].	25
Διάγραμμα 2.3. Οι παγκόσμιες εκπομπές CO ₂ από καύση ορυκτών καυσίμων από το 1758 έως το 2018 [10].	26
Διάγραμμα 2.4. Εκπομπές CO ₂ ανά τομέα στην Ελλάδα [11].	27
Διάγραμμα 2.5. Μείωση εκπομπών αερίων σε σχέση με την υφιστάμενη πολιτική εφαρμογής ενεργειακής.	30
Διάγραμμα 2.6. Εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας έως το 2030 [23].	33
Διάγραμμα 2.7. Εξέλιξη εκπομπών CO ₂ ανά τομέα έως το έτος 2030 [23].	33
Διάγραμμα 2.8. Σύνολο εκπομπών αερίων θερμοκηπίου στα σενάρια για την Ελλάδα [24].	36
Διάγραμμα 2.9. Τελική Κατανάλωση Ενέργειας ανά Καύσιμο στην Ελλάδα, 1990-2021 [25].	37
Διάγραμμα 2.10. Τελική Κατανάλωση Ενέργειας ανά Τομέα στην Ελλάδα, 1990-2020 [25].	38
Διάγραμμα 2.11. Κατανάλωση Ενέργειας στον οικιακό τομέα ανά καύσιμο [24].	40
Διάγραμμα 4.1. Μεταβολή διεθνών τιμών ορυκτών καυσίμων σύμφωνα με τη «ΜΣ-50» (σε χιλιάδες ευρώ) [24].	57
Διάγραμμα 4.2 Μεταβολή μοναδιαίου κόστους ηλεκτρικού συστήματος σύμφωνα με τη «ΜΣ-50» [24].	58
Διάγραμμα 5.1. Συνολικές ενεργειακές καταναλώσεις νοικοκυριών της περιφερειακής ενότητας Πειραιά για τα δύο σενάρια.	63
Διάγραμμα 5.2. Καταναλώσεις ανά καύσιμο και εξοικονόμηση ενέργειας στην Π.Ε. Πειραιά – Βασικό Σενάριο .	64
Διάγραμμα 5.3. Καταναλώσεις ανά καύσιμο και εξοικονόμηση ενέργειας στην Π.Ε. Πειραιά Σενάριο Πολιτικής .	65
Διάγραμμα 5.4. Περιβαλλοντικό αποτύπωμα στην Π.Ε. Πειραιά – Βασικό σενάριο .	66
Διάγραμμα 5.5. Περιβαλλοντικό αποτύπωμα Π.Ε. Πειραιά – Σενάριο Πολιτικής .	67
Διάγραμμα 5.6. Σύγκριση εκπομπών tn CO ₂ για τα δύο σενάρια, με και χωρίς ενεργειακές επεμβάσεις, για την Π.Ε. Πειραιά.	68
Διάγραμμα 5.7. Συνολική χρέωση νοικοκυριών με «ETS» 30 € – Π.Ε. Πειραιά.	75
Διάγραμμα 5.8. Συνολική χρέωση νοικοκυριών με «ETS» 30-100 € – Π.Ε. Πειραιά.	76
Διάγραμμα 5.9. Συνολικές ενεργειακές καταναλώσεις νοικοκυριών του δήμου Μοσχάτου-Ταύρου για τα δύο σενάρια.	78
Διάγραμμα 5.10. Καταναλώσεις ανά καύσιμο και εξοικονόμηση ενέργειας στον δήμο Μοσχάτου-Ταύρου – Βασικό Σενάριο .	79
Διάγραμμα 5.11. Καταναλώσεις ανά καύσιμο και εξοικονόμηση ενέργειας στον δήμο Μοσχάτου-Ταύρου – Σενάριο Πολιτικής .	80
Διάγραμμα 5.12. Περιβαλλοντικό αποτύπωμα δήμου Μοσχάτου-Ταύρου – Βασικό σενάριο .	81
Διάγραμμα 5.13. Περιβαλλοντικό αποτύπωμα δήμου Μοσχάτου-Ταύρου – Σενάριο Πολιτικής .	82
Διάγραμμα 5.14. Σύγκριση εκπομπών tn CO ₂ για τα δύο σενάρια, με και χωρίς ενεργειακές επεμβάσεις, για τον δήμο Μοσχάτου-Ταύρου.	83
Διάγραμμα 5.15. Συνολική χρέωση νοικοκυριών με «ETS» 30 € – Δήμος Μοσχάτου-Ταύρου.	91

Διάγραμμα 5.16. Συνολική χρέωση νοικοκυριών με «ETS» 30-100 € – Δήμος Μοσχάτου-Ταύρου.....	92
--	----

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 2.1. Επιδράσεις της κλιματικής αλλαγής [4].	23
Εικόνα 2.2. Ιστορική αναδρομή συσκέψεων για την κλιματική αλλαγή [12].....	28
Εικόνα 2.3. Οι ενεργειακοί στόχοι της Ε.Ε. για το 2030 και για το 2050 [20].	30
Εικόνα 3.1. Η δομή του υπολογιστικού εργαλείου «DREEM» [29].....	42
Εικόνα 4.1. Κλιματικές ζώνες ελληνικής επικράτειας κατά Κ.ΕΝ.Α.Κ [36].....	46

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.1. Σύνοψη εθνικών στόχων στο πλαίσιο του ΕΣΕΚ [23].	32
Πίνακας 2.2. Σχεδιασμός σεναρίων για το «ΜΣ50» [24].	35
Πίνακας 2.3. Μέσος ετήσιος ρυθμός ενεργειακών αναβαθμίσεων για τα σεναρία της «ΜΣ50» σύμφωνα με τον ΕΣΕΚ 2030 [24].	39
Πίνακας 3.1. Δείκτης «PMV» θερμικής άνεσης [31].	44
Πίνακας 4.1. Κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα [35].	46
Πίνακας 4.2. Κατανομή Νοικοκυριών ανά περίοδο κατασκευής – Π.Ε. Πειραιά.	47
Πίνακας 4.3. Κατανομή Νοικοκυριών ανά περίοδο κατασκευής – Δήμος Μοσχάτου-Ταύρου.	48
Πίνακας 4.4. Κατανομή Νοικοκυριών με βάση τον αριθμό μελών – Π.Ε. Πειραιά.	48
Πίνακας 4.5. Κατανομή Νοικοκυριών με βάση τον αριθμό μελών – Δήμος Μοσχάτου -Ταύρου.	48
Πίνακας 4.6. Προφίλ Νοικοκυριών Π.Ε. Πειραιά.	50
Πίνακας 4.7. Προφίλ Νοικοκυριών Δήμου Μοσχάτου – Ταύρου.	51
Πίνακας 4.8. Ποσοστό κτίσης και ονομαστική ισχύ Συσκευών Μαγειρέματος στην Περιφέρεια Αττικής.	52
Πίνακας 4.9. Ποσοστά υπόλοιπων οικιακών συσκευών στα νοικοκυριά της Περιφέρειας Αττικής.	52
Πίνακας 4.10. Ώρες Χρήσης Ηλεκτρικών συσκευών Μέσου Χρήστη- στην Περιφέρεια Αττικής.	53
Πίνακας 4.11. Συστήματα Θέρμανσης κατοικιών.	54
Πίνακας 4.12. Μεταβολή διείσδυσης καυστήρων φυσικού αερίου και αντλιών θερμότητας στο μείγμα ενεργειακής κατανάλωσης των νοικοκυριών στο Βασικό Σενάριο μελέτης και στο Σενάριο Πολιτικής	54
Πίνακας 4.13. Ανθρακικό αποτύπωμα στην ηλεκτροπαραγωγή [24].....	55
Πίνακας 4.14. Εκτίμηση μεταβολής ετήσιου συντελεστή εκπομπών CO ₂ στην ηλεκτροπαραγωγή.....	56
Πίνακας 4.15. Συντελεστές εκπομπών CO ₂ για καύσιμα θέρμανσης:	56
Πίνακας 4.16. Κόστος εγκατάστασης των διαφόρων τεχνολογιών.	57
Πίνακας 4.17. Εκτίμηση κόστους ενέργειας θέρμανσης [46].....	58
Πίνακας 4.18. Ανακαινίσεις ανά έτος στην Π.Ε. Πειραιά.	59
Πίνακας 4.19. Ανακαινίσεις ανά έτος στον Δήμο Μοσχάτου-Ταύρου.....	59
Πίνακας 4.20. Καυστήρες φυσικού αερίου Π.Ε. Πειραιά.	59

Πίνακας 4.21. Καυστήρες φυσικού αερίου στον Δήμο Μοσχάτου-Ταύρου.....	59
Πίνακας 4.22. Μεταβολή διείσδυσης καυστήρων φυσικού αερίου στο μείγμα ενεργειακής κατανάλωσης των νοικοκυριών στο Βασικό Σενάριο μελέτης και στο Σενάριο Πολιτικής	59
Πίνακας 4.23. Καυστήρες φυσικού αερίου Π.Ε. Πειραιά.	60
Πίνακας 4.24. Καυστήρες φυσικού αερίου στον Δήμο Μοσχάτου-Ταύρου.....	60
Πίνακας 4.25. Μεταβολή διείσδυσης αντλιών θερμότητας στο μείγμα ενεργειακής κατανάλωσης των νοικοκυριών στο Βασικό Σενάριο μελέτης και στο Σενάριο Πολιτικής	60
Πίνακας 4.26. Καυστήρες βιομάζας στην Π.Ε. Πειραιά.	61
Πίνακας 4.27. Καυστήρες βιομάζας στον δήμο Μοσχάτου-Ταύρου.....	61
Πίνακας 5.1. Καταναλώσεις νοικοκυριών στην Π.Ε. Πειραιά.	62
Πίνακας 5.2. Συνολικές ενεργειακές καταναλώσεις νοικοκυριών της Π.Ε. Πειραιά για τα δύο σενάρια.	63
Πίνακας 5.3 Καταναλώσεις ανά καύσιμο και εξοικονόμηση ενέργειας στην Π.Ε. Πειραιά – Βασικό Σενάριο	63
Πίνακας 5.4. Καταναλώσεις ανά καύσιμο και εξοικονόμηση ενέργειας στην Π.Ε. Πειραιά (ktoe) – Σενάριο Πολιτικής	65
Πίνακας 5.5. Σύγκριση εκπομπών $\text{t} \text{CO}_2$ για τα δύο σενάρια και για την περίπτωση να μην έχουμε καμία επέμβαση για την Π.Ε. Πειραιά.....	67
Πίνακας 5.6. Οικονομική επιβάρυνση λόγω εκπομπών CO_2 με τιμή 30 €/t CO_2 στην περίπτωση του Βασικού Σεναρίου – Π.Ε. Πειραιά.	68
Πίνακας 5.7. Οικονομική επιβάρυνση λόγω εκπομπών CO_2 με τιμή 30 €/t CO_2 στην περίπτωση του Σεναρίου Πολιτικής – Π.Ε. Πειραιά.	69
Πίνακας 5.8. Οικονομική επιβάρυνση λόγω εκπομπών CO_2 με μεταβλητή τιμή €/t CO_2 στην περίπτωση του Βασικού Σεναρίου – Π.Ε. Πειραιά.....	69
Πίνακας 5.9. Οικονομική επιβάρυνση λόγω εκπομπών CO_2 με μεταβλητή τιμή €/t CO_2 στην περίπτωση του Σεναρίου Πολιτικής – Π.Ε. Πειραιά.	70
Πίνακας 5.10. Κόστος επεμβάσεων για το Βασικό Σενάριο – Π.Ε. Πειραιά.	71
Πίνακας 5.11. Κόστος επεμβάσεων για το Σενάριο Πολιτικής – Π.Ε. Πειραιά.	71
Πίνακας 5.12. Κόστος καυσίμου για το Βασικό Σενάριο – Π.Ε. Πειραιά.....	72
Πίνακας 5.13. Κόστος καυσίμου για το Σενάριο Πολιτικής – Π.Ε. Πειραιά.....	73
Πίνακας 5.14. Οικονομική επιβάρυνση νοικοκυριών από το κόστος καυσίμου στην περίπτωση του Βασικού Σεναρίου – Π.Ε. Πειραιά.	73
Πίνακας 5.15. Οικονομική επιβάρυνση νοικοκυριών από το κόστος καυσίμου στην περίπτωση του Σεναρίου Πολιτικής . – Π.Ε. Πειραιά.	74
Πίνακας 5.16. Συνολική χρέωση νοικοκυριών με «ETS» 30 € – Π.Ε. Πειραιά.	74
Πίνακας 5.17. Συνολική χρέωση νοικοκυριών με «ETS» 30 -100 € – Π.Ε. Πειραιά.	75
Πίνακας 5.18. Συνολική χρέωση ανά νοικοκυριό για την χρονική περίοδο 2022-2040, για το Βασικό Σενάριο και το Σενάριο Πολιτικής – Π.Ε. Πειραιά.	76
Πίνακας 5.19. Καταναλώσεις νοικοκυριών στον δήμο Μοσχάτου-Ταύρου.....	77

Πίνακας 5.20. Συνολικές ενεργειακές καταναλώσεις νοικοκυριών του δήμου Μοσχάτου-Ταύρου για τα δύο σενάρια.	78
Πίνακας 5.21. Καταναλώσεις ανά καύσιμο και εξοικονόμηση ενέργειας στον δήμο Μοσχάτου-Ταύρου – Βασικό Σενάριο	79
Πίνακας 5.22. Καταναλώσεις ανά καύσιμο και εξοικονόμηση ενέργειας στον δήμο Μοσχάτου-Ταύρου (ktoe) – Σενάριο Πολιτικής	80
Πίνακας 5.23. Σύγκριση εκπομπών t _n CO ₂ για τα δύο σενάρια και για την περίπτωση να μην έχουμε καμία επέμβαση για δήμο Μοσχάτου-Ταύρου.	83
Πίνακας 5.24. Οικονομική επιβάρυνση λόγω εκπομπών CO ₂ με τιμή 30 €/t CO ₂ στην περίπτωση του Βασικού Σεναρίου – Δήμος Μοσχάτου-Ταύρου.	84
Πίνακας 5.25. Οικονομική επιβάρυνση λόγω εκπομπών CO ₂ με τιμή 30 €/t CO ₂ στην περίπτωση του Σεναρίου Πολιτικής . – Δήμος Μοσχάτου-Ταύρου.	85
Πίνακας 5.26. Οικονομική επιβάρυνση λόγω εκπομπών CO ₂ με μεταβλητή τιμή €/t CO ₂ στην περίπτωση του Βασικού Σεναρίου – Δήμος Μοσχάτου-Ταύρου.	85
Πίνακας 5.27. Οικονομική επιβάρυνση λόγω εκπομπών CO ₂ με μεταβλητή τιμή €/t CO ₂ στην περίπτωση του Σεναρίου Πολιτικής – Δήμος Μοσχάτου-Ταύρου.	86
Πίνακας 5.28. Κόστος επεμβάσεων για το Βασικό Σενάριο – Δήμος Μοσχάτου-Ταύρου.	87
Πίνακας 5.29. Κόστος επεμβάσεων για το Σενάριο Πολιτικής – Δήμος Μοσχάτου-Ταύρου.	87
Πίνακας 5.30. Κόστος καυσίμου για το Βασικό Σενάριο – Δήμος Μοσχάτου-Ταύρου.	88
Πίνακας 5.31. Κόστος καυσίμου για το Σενάριο Πολιτικής . – Δήμος Μοσχάτου-Ταύρου.	89
Πίνακας 5.32. Οικονομική επιβάρυνση νοικοκυριών από το κόστος καυσίμου στην περίπτωση του Βασικού Σεναρίου – Δήμος Μοσχάτου-Ταύρου.	89
Πίνακας 5.33. Οικονομική επιβάρυνση νοικοκυριών από το κόστος καυσίμου στην περίπτωση του Σεναρίου Πολιτικής – Δήμος Μοσχάτου-Ταύρου.	90
Πίνακας 5.34. Συνολική χρέωση νοικοκυριών με «ETS» 30 € – Δήμος Μοσχάτου-Ταύρου.	90
Πίνακας 5.35. Συνολική χρέωση νοικοκυριών με «ETS» 30 -100 € – Δήμος Μοσχάτου-Ταύρου.	91
Πίνακας 5.36. Συνολική χρέωση ανά νοικοκυριό για την χρονική περίοδο 2022-2040, για το Βασικό Σενάριο και το Σενάριο Πολιτικής – Δήμος Μοσχάτου-Ταύρου.	92

Περίληψη

Το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής, που έχει ως συνέπεια την συνεχιζόμενη αύξηση της θερμοκρασίας της γης και την άνοδο της στάθμης της θάλασσας, προκαλεί σοβαρές φυσικές καταστροφές στο οικοσύστημα και απειλεί ανθρώπινες ζωές. Έτσι, αποτελεί ένα από τα καίρια θέματα που απασχολούν την διεθνή κοινότητα, η οποία έχει λάβει σειρά δράσεων για την αντιμετώπισή της. Σε αυτό το πλαίσιο και η Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε.) έχει λάβει σειρά στρατηγικών και μέτρων ώστε να πετύχει, μεταξύ άλλων, την κλιματική ουδετερότητα της έως το 2050. Για να επιτευχθεί αυτό καθίσταται αναγκαία η ενεργειακή μετάβαση όλων των τομέων της κοινωνικής και οικονομικής ζωής, θέτοντας ως στόχους τη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου, την αύξηση της παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, και την εξοικονόμηση ενέργειας.

Στην κατεύθυνση αυτή, η Ελλάδα διαμόρφωσε το 2019 το δικό της Εθνικό Σχέδιο δράσης για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ), του οποίου η επικαιροποίηση αναμένεται το επόμενο χρονικό διάστημα. Οι κύριες πολιτικές που παρουσιάζονται στο υπάρχον ΕΣΕΚ είναι ο στόχος της τελικής ενεργειακής κατανάλωσης να προέρχεται κατά 35% από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), ο στόχος απολιγνιτοποίησης της χώρας έως το 2028, καθώς και η ενίσχυση της εξοικονόμησης ενέργειας. Για την επίτευξη αυτών των στόχων, ένας από τους σημαντικότερους τομείς είναι ο κτιριακός, στον οποίο αναλογεί περίπου το 36% της τελικής ενέργειας που καταναλώνεται στην χώρα. Παράλληλα, αξίζει να σημειωθεί ότι το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας που καταναλώνει ο κτιριακός και αρκετά σημαντικό κομμάτι της συνολικής τελικής ενέργειας που καταναλώνεται στην Ελλάδα (25%) αφορά τον οικιακό τομέα. Επομένως, η μελέτη του οικιακού τομέα αποτελεί εξαιρετικά σημαντικό κομμάτι της ενεργειακής μετάβασης σε εθνικό επίπεδο.

Έτσι, εν όψει και της επερχόμενης επικαιροποίησής του ΕΣΕΚ, σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη σεναρίων ενεργειακής μετάβασης του οικιακού τομέα σε περιφερειακό και τοπικό επίπεδο. Συγκεκριμένα, μελετάται η ενεργειακή μετάβαση του οικιακού τομέα της περιφερειακής ενότητας (Π.Ε.) Πειραιά και του δήμου Μοσχάτου - Ταύρου κατά την χρονική περίοδο 2022-2040. Στα πλαίσια της μελέτης, διερευνώνται διάφορα σενάρια ενεργειακής μετάβασης του οικιακού τομέα, που αφορούν την αύξηση της διείσδυσης τεχνολογιών και καυσίμων που είναι λιγότερο βλαβερές για το περιβάλλον, όπως για παράδειγμα οι αντλίες θερμότητας και το φυσικό αέριο. Επίσης, εξετάζεται η επίδραση των ενεργειακών ανακαινίσεων στα παλιότερα κτίρια έτσι ώστε να βελτιωθεί η ενεργειακή απόδοση στις εξεταζόμενες περιοχές.

Για την μελέτη των σεναρίων της ενεργειακής μετάβασης στις εξεταζόμενες περιοχές γίνεται χρήση του υπολογιστικού εργαλείου «DREEM» (“Dynamic high Resolution dEmand sidE Management model”), το οποίο αναπτύχθηκε από το εργαστήριο Τεχνοοικονομικών Ενεργειακών Συστημάτων («Technoeconomics of Energy Systems laboratory, TEESlab») του Πανεπιστημίου Πειραιώς (Πα.Πει.). Η παραμετροποίηση του υπολογιστικού εργαλείου γίνεται σύμφωνα με ερευνητικά και δημογραφικά δεδομένα για τον οικιακό τομέα στις περιοχές μελέτης.

Κύριο εύρημα της εργασίας αποτελεί το γεγονός ότι ο εξηλεκτρισμός και οι ενεργειακές ανακαινίσεις συνεισφέρουν σημαντικά στην ενεργειακή μετάβαση του οικιακού τομέα και στην επίτευξη των στόχων που έχει θέσει τόσο η χώρα μας όσο και η Ε.Ε., προσφέροντας παράλληλα και σημαντικά οφέλη σε οικονομικό, κοινωνικό και περιβαλλοντικό επίπεδο.

Συνολικά, η παρούσα εργασία επιδιώκει να παράσχει προτάσεις που μπορεί να χρησιμοποιηθούν τόσο σε επίπεδο δήμου όσο και σε επίπεδο περιφέρειας, από τις αντίστοιχες αρχές, παρουσιάζοντας τα εκτιμώμενα αποτελέσματα για την εξέλιξη της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας και του ενεργειακού μίγματος, το

οικονομικό και περιβαλλοντικό αποτύπωμα των διαφόρων σεναρίων ενεργειακής μετάβασης κατά το διάστημα 2022-2040.

Λέξεις κλειδιά

Κλιματική Αλλαγή, Κλιματική Ουδετερότητα, Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ), Ενεργειακή Μετάβαση, Μοντελοποίηση Ενεργειακής Ζήτησης, DREEM, Οικιακός τομέας, Σενάρια Ενεργειακής Μετάβασης.

Abstract

The rise of global temperature and sea levels are two of the main consequences of climate change, which causes serious natural disasters and threatens human lives. Due to the latter, climate change is one of the key issues that concern the global community, which has decided on several actions to address it. In this context, the European Union (EU) has also set several strategies and measures to achieve, among others, climate neutrality by 2050. To do so, the EU has set as its objectives the reduction of greenhouse gases, the increasing energy production from renewable sources, as well as improved energy efficiency, aiming to achieve the necessary energy transition of our societies.

In this direction, Greece formulated its own National Energy and Climate Action Plan (NECP) in 2019, which is currently under amendment processes. The main targets presented in the current NECP are that 35% of final energy consumption to come from renewable energy sources (RES), the country's decarbonization by 2028, as well as the improvement of energy efficiency. To achieve these goals, one of the most important sectors is the building sector, which accounts for about 36% of the final energy consumed in the country. At the same time, it is worth noting that most of the energy consumed by the building sector and a significant part of the total final energy consumed in Greece (25%) is consumed by the residential sector. Therefore, studying the residential sector is a significantly important aspect of achieving the necessary energy transition in the country.

In this respect, and because of the upcoming NECP amendment, this thesis investigates energy transition scenarios in the residential sector at the regional and local levels. More specifically, it investigates the energy transition in the residential sector of the regional unit of Piraeus and the municipality of Moschato – Tavros, for the period 2022-2040. To do so, various energy transition scenarios are explored, that foresee an increase in the penetration of technologies and fuels that are less harmful to the environment, such as heat pumps and natural gas. Moreover, the impact of energy renovations in older buildings in regard to their energy efficiency in the areas under consideration is also examined. For the study of the energy transition scenarios in the areas under study, we use the modeling tool "DREEM" ("Dynamic high Resolution dEmand sidE Management model"), which is developed by the "Technoeconomics of Energy Systems laboratory, TEESlab" of the University of Piraeus. The parameterization of DREEM is done according to available historic and demographic data for the residential sector in the subject contexts.

The main finding of our work is the fact that electrification and energy renovations in the residential sector contribute significantly to the energy transition and the achievement of the targets set by both Greece and the EU while offering significant economic, social and environmental benefits.

Overall, this paper seeks to provide recommendations that can be used both at the local and regional levels, by the respective authorities, presenting the estimated results for the evolution of total energy consumption and energy mix, as well as the economic and environmental footprint of the different energy transition scenarios in the period 2022-2040.

Keywords: climate change; climate neutrality; energy transition; residential sector; energy demand; energy efficiency; Piraeus region; municipality of Moschatos-Tavros; DREEM

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

1.1 Αντικείμενο και σκοπός της διπλωματικής εργασίας

Η κλιματική αλλαγή και η ενεργειακή μετάβαση αποτελούν καίρια θέματα όπου απασχολούν εθνική και διεθνή κοινότητα. Η ανθρώπινη παραγωγή και η οικονομική δραστηριότητα έχουν προκαλέσει μεγάλα προβλήματα στα οικοσυστήματα του πλανήτη, οδηγώντας στη συνεχιζόμενη αύξηση της θερμοκρασίας της γης και την επακόλουθη άνοδο της στάθμης της θάλασσας. Η μείωση των αερίων του θερμοκηπίου, η αύξηση της παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και η αύξηση της χρήσης κλιματικά ουδέτερων καυσίμων όπως το υδρογόνο και το βιομεθάνιο είναι απαραίτητα για την ενεργειακή μετάβαση σε ένα καλύτερο ενεργειακό μέλλον και μια κλιματικά ουδέτερη οικονομία έως το 2050, τόσο για το περιβάλλον όσο και για ολόκληρη την κοινωνία [52]. Με αυτό ως στόχο, η Ε.Ε. έδρασε και δρα μέσα από μια σειρά πρωτοβουλιών και κατευθύνσεων προς τα κράτη μέλη της. Αντίστοιχα και η Ελλάδα διαμόρφωσε, το 2019, το δικό της σχεδιασμό μέσω του ΕΣΕΚ.

Η Ε.Ε. έχει εφαρμόσει σειρά πολιτικών και στρατηγικών με σκοπό την ομαλή ενεργειακή μετάβαση και σταδιακή απεξάρτηση των χωρών της από τα ορυκτά καύσιμα. Για την επίτευξη του στόχου η Ε.Ε. έχει εστιάσει στην εξοικονόμηση ενέργειας μέσω της βελτίωσης του κτιριακού δυναμικού των κρατών μελών της. Τα σενάρια μακροχρόνιας στρατηγικής που θέτονται από την Ε.Ε. επιδιώκουν έως το 2050 οι ενεργειακές καταναλώσεις στα κτίρια να είναι μηδενικές ή ελάχιστες, οι οποίες θα καλύπτονται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Συγκεκριμένα, η εξοικονόμηση ενέργειας στον οικιακό τομέα αναμένεται να επιφέρει τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα ως προς το ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας με λιγότερη οικονομική επιβάρυνση.

Ειδικότερα για την Ελλάδα, το υπάρχον ΕΣΕΚ έχει ως στόχο η τελική κατανάλωση ενέργειας να προέρχεται κατά 35% από ΑΠΕ, την σταδιακή απολιγνιτοποίηση της χώρας μέχρι το 2028, καθώς και την ενίσχυση της ενεργειακής εξοικονόμησης. Για να επιτευχθούν οι αλλαγές αυτές είναι απαραίτητες δραστικές αλλαγές σε τομείς της παραγωγής, της οικονομικής και της κοινωνικής ζωής. Ένας τομέας εξαιρετικά σημαντικός κατά αυτήν τη διαδικασία είναι ο οικιακός, που καταναλώνει το 25% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας στην Ελλάδα. Συγκεκριμένα, καθίστανται απαραίτητες οι ενεργειακές ανακαινίσεις των υφιστάμενων κτιρίων, ώστε να καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια, η μεγαλύτερη διεξόδυση τεχνολογιών φιλικότερων προς το περιβάλλον, και η απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα. Αξίζει να σημειώσουμε ότι με βάση και τις τελευταίες εξελίξεις στο ενεργειακό πεδίο, το ΕΣΕΚ είναι πλέον αναχρονισμένο, κυρίως λόγω της ενεργειακής κρίσης, της ανάγκης για απεξάρτηση της χώρας από το φυσικό αέριο, καθώς και λόγω της επικείμενης εφαρμογής παράλληλου συστήματος εμπορίας αδειών εκπομπών (“ETS”) στον κτιριακό και κατά συνέπεια στον οικιακό τομέα.

Έτσι, η παρούσα μελέτη διερευνά και συγκρίνει σενάρια είτε εμπνευσμένα από το υπάρχον ΕΣΕΚ που εστιάζει στη διεξόδυση του φυσικού αερίου, είτε σενάρια που εστιάζουν στον εξηλεκτρισμό. Η ανάλυση των σεναρίων γίνεται σε περιφερειακό και τοπικό επίπεδο μιας και αυτά τα δύο επίπεδα έχουν καθοριστική σημασία για την επίτευξη της ενεργειακής μετάβασης. Συγκεκριμένα, στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη διαφορετικών σεναρίων ενεργειακής μετάβασης σε περιφερειακό (Π.Ε. Πειραιά) και τοπικό (δήμος Μοσχάτου-Ταύρου) επίπεδο. Έτσι, μελετώνται δύο σενάρια ενεργειακής μετάβασης για την χρονική περίοδο 2022-2040, το **Βασικό Σενάριο** και το **Σενάριο Πολιτικής**. Το **Βασικό σενάριο** ακολουθεί την κατεύθυνση του υπάρχοντος ΕΣΕΚ εστιάζοντας κυρίως στη διεξόδυση φυσικού αερίου, ενώ το **Σενάριο Πολιτικής** εστιάζει περισσότερο στον εξηλεκτρισμό. Και στα δύο σενάρια θεωρείται μεγαλύτερος αριθμός ετήσιων ενεργειακών παρεμβάσεων (120.000 κατοικίες ετησίως) μιας και

λαμβάνεται υπόψη η επικείμενη ενίσχυση του στόχου του υπάρχοντος ΕΣΕΚ (60.000 κατοικίες ετησίως). Η μελέτη των σεναρίων γίνεται μέσω του υπολογιστικού εργαλείου μοντελοποίησης «DREEM» (“Dynamic high Resolution demand side Management model”), το οποίο προσομοιώνει την ενεργειακή κατανάλωση των νοικοκυριών στα σεναρία που μελετώνται. Συνολικά, μέσω αυτής της μελέτης εξάγονται ευρήματα και συμπεράσματα σχετικά με την εξέλιξη της ενεργειακής κατανάλωσης και του μίγματος της, καθώς και του οικονομικού και περιβαλλοντικού αποτυπώματος στα διάφορα σεναρία ενεργειακής μετάβασης.

1.2 Στάδια υλοποίησης της διπλωματικής εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία διαρθρώνεται σε πέντε στάδια υλοποίησης τα οποία περιγράφονται παρακάτω:

Στο πρώτο στάδιο περιγράφεται το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής και γίνεται ιστορική αναδρομή, με αναφορά στις διασκέψεις που έχουν γίνει στο πέρασμα των χρόνων για την αντιμετώπιση του προβλήματος της κλιματικής αλλαγής. Επίσης, γίνεται αναφορά στους στόχους που έχει θέσει η Ε.Ε. αποσκοπώντας στην ενεργειακή μετάβαση και στην κλιματική ουδετερότητα έως το 2050. Τέλος, περιγράφονται και οι στόχοι που τίθενται από το ΕΣΕΚ στην περίπτωση της Ελλάδας, καθώς και η σημαντικότητα της ενεργειακής μετάβασης στον οικιακό τομέα.

Στο δεύτερο στάδιο γίνεται αναφορά στο υπολογιστικό εργαλείο «DREEM» που χρησιμοποιείται για την μοντελοποίηση της ενεργειακής ζήτησης στον οικιακό τομέα, της Π.Ε. Πειραιά και του δήμου Μοσχάτου-Ταύρου. Για την παραμετροποίηση του «DREEM» χρησιμοποιούνται καιρικά-κλιματικά δεδομένα των εξεταζόμενων περιοχών, στοιχεία κιτρικού κελύφους, τα μέλη των νοικοκυριών και οι καταναλώσεις των ηλεκτρικών συσκευών. Στην παρούσα διπλωματική γίνεται η συλλογή και επεξεργασία των παραπάνω δεδομένων ώστε να χρησιμοποιηθούν στο εργαλείο μοντελοποίησης «DREEM».

Στο τρίτο στάδιο, περιγράφεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την μελέτη των σεναρίων ενεργειακής μετάβασης στον οικιακό τομέα της Π.Ε. Πειραιά και του δήμου Μοσχάτου-Ταύρου. Συγκεκριμένα, γίνεται αναφορά και ανάλυση στα δεδομένα εισόδου για την παραμετροποίηση του υπολογιστικού εργαλείου. Επίσης, περιγράφονται οι κανονισμοί και παραδοχές που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη.

Στο τέταρτο στάδιο, παρατίθενται τα αποτελέσματα της μελέτης των σεναρίων ενεργειακής μετάβασης τόσο για το **Βασικό Σενάριο** όσο και για το **Σενάριο Πολιτικής**. Συγκεκριμένα, μέσα από πίνακες και διαγράμματα γίνεται η παρουσίαση και η σύγκριση των τελικών αποτελεσμάτων. Όπως επίσης, γίνεται και οικονομική αποτίμηση για την εφαρμογή των εξεταζόμενων σεναρίων και εκτιμάτε το περιβαλλοντικό αποτύπωμα από την εφαρμογή της ενεργειακής μετάβασης στον οικιακό τομέα.

Στο πέμπτο και τελευταίο στάδιο, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της διπλωματικής εργασίας, διατυπώνοντας χρήσιμες πολιτικές και μέτρα που θα συνεισφέρουν θετικά στην ενεργειακή μετάβαση του οικιακού τομέα. Επίσης, προτείνονται θέματα και εφαρμογές για περαιτέρω έρευνα.

1.3 Οργάνωση και δομή του κειμένου

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελείται από έξι κεφάλαια:

Το **Κεφάλαιο 1** είναι το εισαγωγικό κεφάλαιο της εργασίας, στο οποίο αναφέρεται ο σκοπός της, τα στάδια υλοποίησης και η δομή της.

Το **Κεφάλαιο 2** αναφέρεται στο φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής καθώς και στις προσπάθειες που έχουν γίνει στο παρελθόν για την αντιμετώπισή της. Επίσης, παρατίθεται το νομοθετικό πλαίσιο που ισχύει σήμερα στην Ε.Ε. και στην Ελλάδα για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής.

Το **Κεφάλαιο 3** εστιάζει στην περιγραφή του υπολογιστικού εργαλείου που χρησιμοποιείται για την μοντελοποίηση της ενεργειακής ζήτησης στον οικιακό τομέα.

Το **Κεφάλαιο 4** παρουσιάζει την εφαρμογή του μεθοδολογικού πλαισίου στον οικιακό τομέα της Π.Ε. Πειραιά και του Δήμου Μοσχάτου-Ταύρου.

Το **Κεφάλαιο 5** παραθέτει τα αποτελέσματα της ενεργειακής μετάβασης στον οικιακό τομέα Π.Ε. Πειραιά και του δήμου Μοσχάτου-Ταύρου.

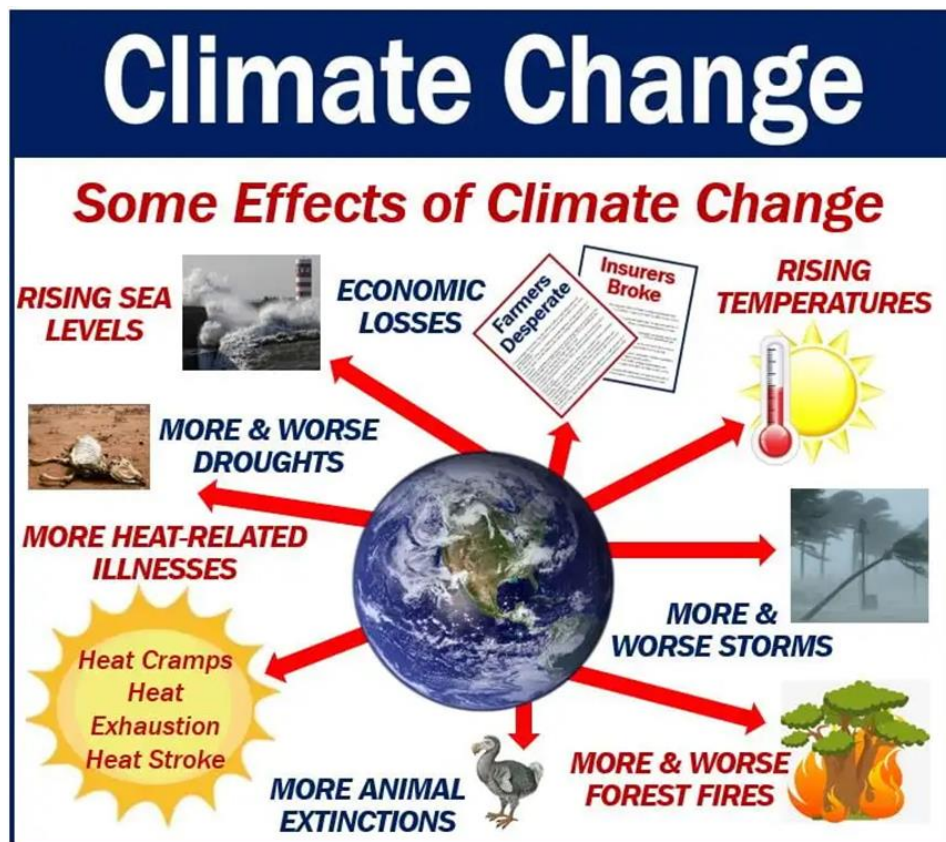
Το **Κεφάλαιο 6** διατυπώνει τα συμπεράσματα της μελέτης καθώς και παρουσιάζει χρήσιμες προτάσεις και πολιτικές που θα βελτιώσουν τον τομέα της ενέργειας στα κτίρια. Επίσης, προτείνονται θέματα και εφαρμογές για περαιτέρω έρευνα και ανάπτυξη.

Τέλος, ακολουθεί η Βιβλιογραφική ανασκόπηση.

Κεφάλαιο 2: Κλιματική αλλαγή και μέτρα αντιμετώπισης στην Ε.Ε. και στην Ελλάδα

2.1 Κλιματική αλλαγή

Το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής είναι παγκόσμιας κλίμακας, μακροπρόθεσμου χρονικού ορίζοντα, και αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα που απασχολεί τη διεθνή κοινότητα. Περιλαμβάνει σύνθετες αλληλεπιδράσεις μεταξύ περιβαλλοντικών, κοινωνικών, οικονομικών, πολιτικών και τεχνολογικών διεργασιών. Τα φαινόμενα όπως η αύξηση της θερμοκρασίας, η μεταβολή των κατακρημνίσεων και τα ακραία καιρικά φαινόμενα είναι μερικές από τις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής [1], στην **Εικόνα 2.1** φαίνονται αναλυτικά κάποιες από τις επιπτώσεις που έχει το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής στον πλανήτη μας. Κλιματική αλλαγή κατά την Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (Intergovernmental Panel for Climate Change, IPCC) είναι η μεταβολή του κλίματος με το πέρασμα του χρόνου, είτε αυτή η μεταβολή οφείλεται στην ανθρώπινη δραστηριότητα είτε σε φυσικές επιδράσεις [2]. Με αυτή την περιγραφή συμφωνεί εν μέρει και η διεθνής Συνθήκη Πλαισίου των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC), με την διαφορά ότι θεωρεί την ανθρώπινη δραστηριότητα, είτε είναι άμεση είτε έμμεση, υπεύθυνη για την αλλαγή του κλίματος. Ακόμα, αναφέρει πως οι δραστηριότητες αυτές αλλάζουν την σύνθεση της παγκόσμιας ατμόσφαιρας και παρατηρούνται μαζί με τις φυσικές διακυμάνσεις σε συγκρίσιμα χρονικά διαστήματα [3].



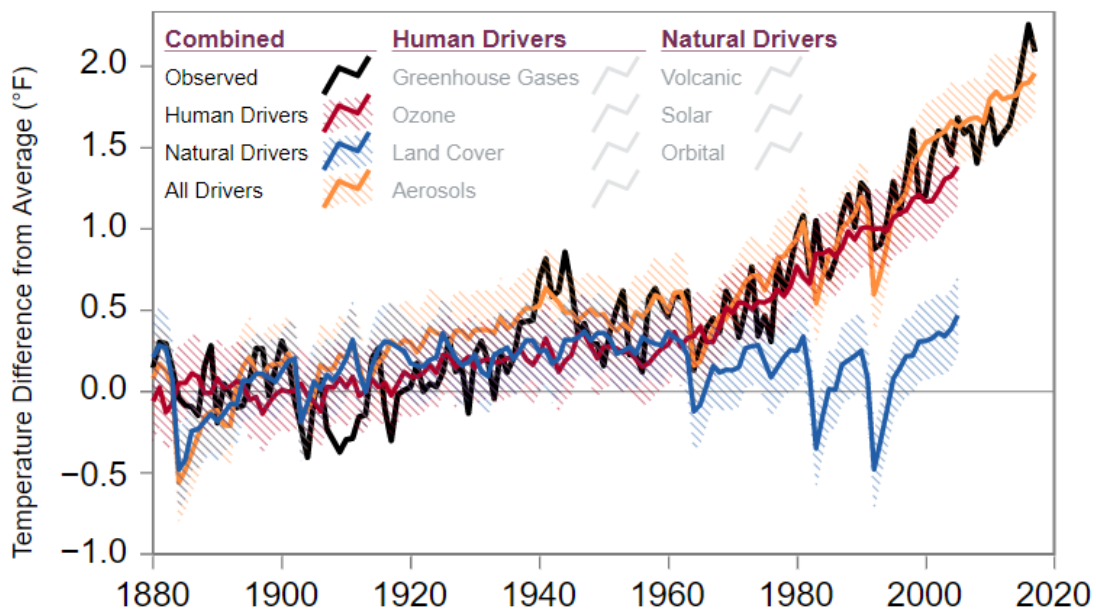
Εικόνα 2.1. Επιδράσεις της κλιματικής αλλαγής [4].

Σε παγκόσμιο επίπεδο η κλιματική αλλαγή έγινε πρώτη φορά αντιληπτή το 1850, όταν παρατηρήθηκε πως η θερμοκρασία εκείνης της χρονιάς είχε αυξηθεί κατά 0.76°C, ενώ στην Ευρώπη η αύξηση άγγιξε σχεδόν τον 1°C [5]. Σήμερα το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής είναι άμεσα αντιληπτό, καθώς αποδεικνύεται καθημερινά μέσω πληθώρας δεδομένων, όπως είναι το λιώσιμο των πάγων, η συνεχόμενη αύξηση της μέσης θερμοκρασίας και η συνεχόμενη άνοδος της στάθμης της θάλασσας [2].

Ειδικότερα, σύμφωνα με τα πιο πρόσφατα δεδομένα τα τελευταία 50 χρόνια, ανά 10 χρόνια η μέση θερμοκρασία της γης αυξάνεται κατά 0.13 °C. Ενώ η θερμότερη περίοδος στα χρονικά σημειώθηκε το διάστημα 2011 – 2020, συγκεκριμένα το 2019 η μέση θερμοκρασία αυξήθηκε κατά 1.1 °C σε σχέση με τις προηγούμενες χρονιές. Αξίζει να σημειωθεί ότι η ανθρώπινη δραστηριότητα αυξάνει τη θερμοκρασία κατά 0.2 °C ανά δεκαετία. Επακόλουθη είναι και η αύξηση της στάθμης της θάλασσας, η οποία μέσα στον εικοστό αιώνα έχει αυξηθεί κατά 0,17 μέτρα [6]. Αντιπροσωπευτικό της αύξησης της θερμοκρασίας που οφείλεται σε ανθρώπινες και φυσικές επιδράσεις είναι το **Διάγραμμα 2.1** στο οποίο παρουσιάζεται η μεταβολή της παγκόσμιας θερμοκρασίας την χρονική περίοδο 1880-2020.

Ταυτόχρονα, σύμφωνα με έρευνες η αύξηση κατά 2 °C σε σχέση με την προβιομηχανική εποχή θα έχει καταστροφικές συνέπειες τόσο για το φυσικό περιβάλλον όσο και για την ανθρώπινη υγεία. Με γνώμονα αυτό η διεθνής κοινότητα έχει θέσει ως στόχο να διατηρηθεί η συνεχόμενη αύξηση της θερμοκρασίας κάτω από τους 2 °C και να περιοριστεί στους 1.5 °C [2].

Human and Natural Influences on Global Temperature



Διάγραμμα 2.1. Οι ανθρώπινες και φυσικές επιδράσεις στην αύξηση της θερμοκρασίας [7].

2.2 Αέρια του θερμοκηπίου

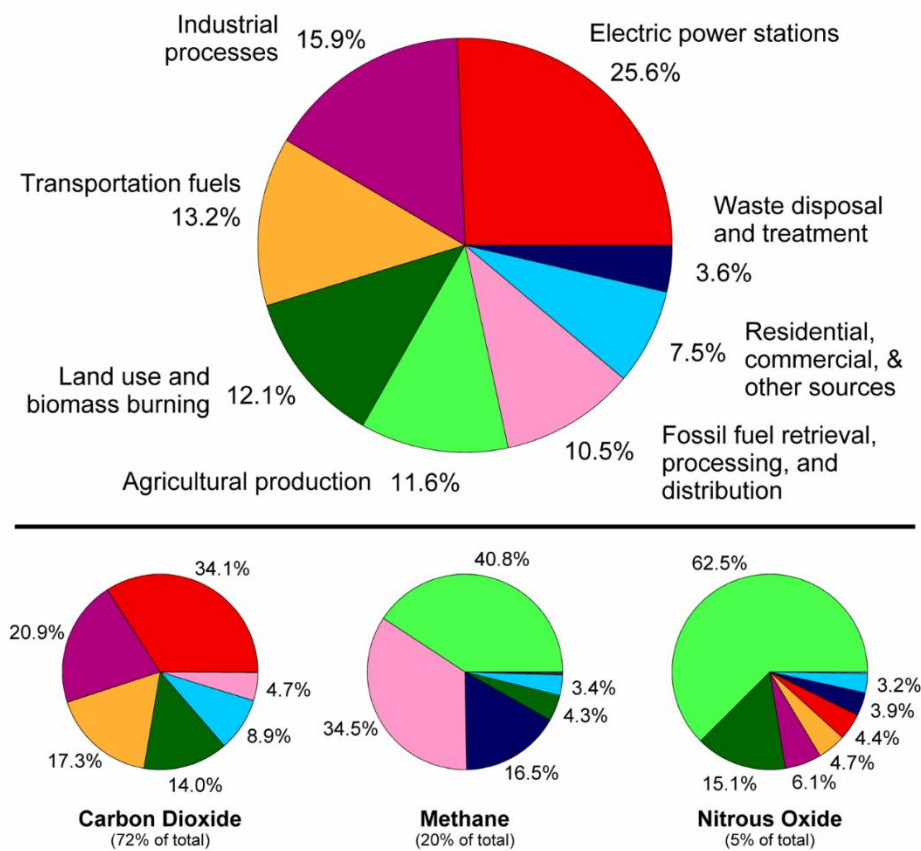
Άλλος ένας σημαντικός παράγοντας που συμβάλλει στην κλιματική αλλαγή είναι η ατμοσφαιρική ρύπανση και κατά συνέπεια το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Πιο συγκεκριμένα, εξαιτίας της συσσώρευσης αερίων στην ατμόσφαιρα εγκλωβίζονται σημαντικές ποσότητες ακτινοβολίας εμποδίζοντας τη διάχυση της στο διάστημα, με αποτέλεσμα την υπερθέρμανση του πλανήτη.

Τα αέρια του θερμοκηπίου υπάρχουν στη φύση, ωστόσο η ανθρώπινη δραστηριότητα συμβάλλει στην αύξηση των συγκεντρώσεών τους. Τα σημαντικότερα και με σειρά επικινδυνότητας είναι τα εξής :

1. διοξείδιο του άνθρακα (CO₂),
2. μεθάνιο (CH₄)
3. οξείδιο του αζώτου (N₂O),
4. φθοριούχα αέρια

Όπως παρατηρείται στο **Διάγραμμα 2.2**, το πιο επιβλαβές αέριο θεωρείται το διοξείδιο του άνθρακα καθώς το συναντάμε σε μεγαλύτερο ποσοστό σε σχέση με τα υπόλοιπα. Ενώ, το 2018 η συγκέντρωση του στην ατμόσφαιρα παρατηρήθηκε κατά 48% μεγαλύτερη σε σχέση με την προβιομηχανική περίοδο (πριν το 1750) **Διάγραμμα 2.3** [8].

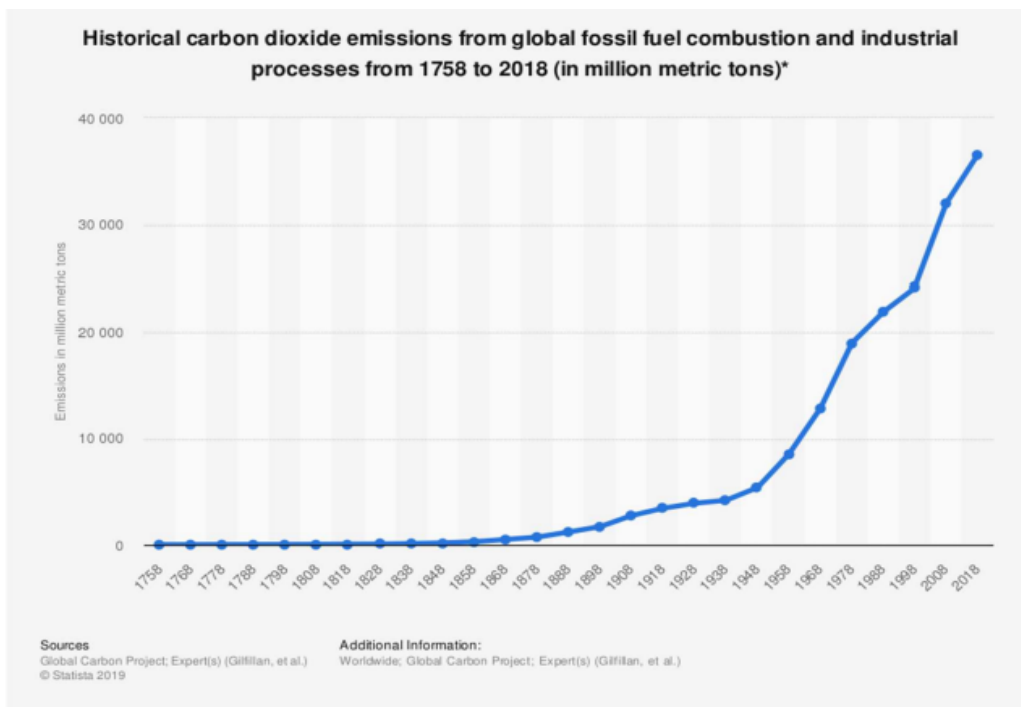
Annual Greenhouse Gas Emissions by Sector



Διάγραμμα 2.2. Οι ετήσιες εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου σε διάφορους τομείς [9].

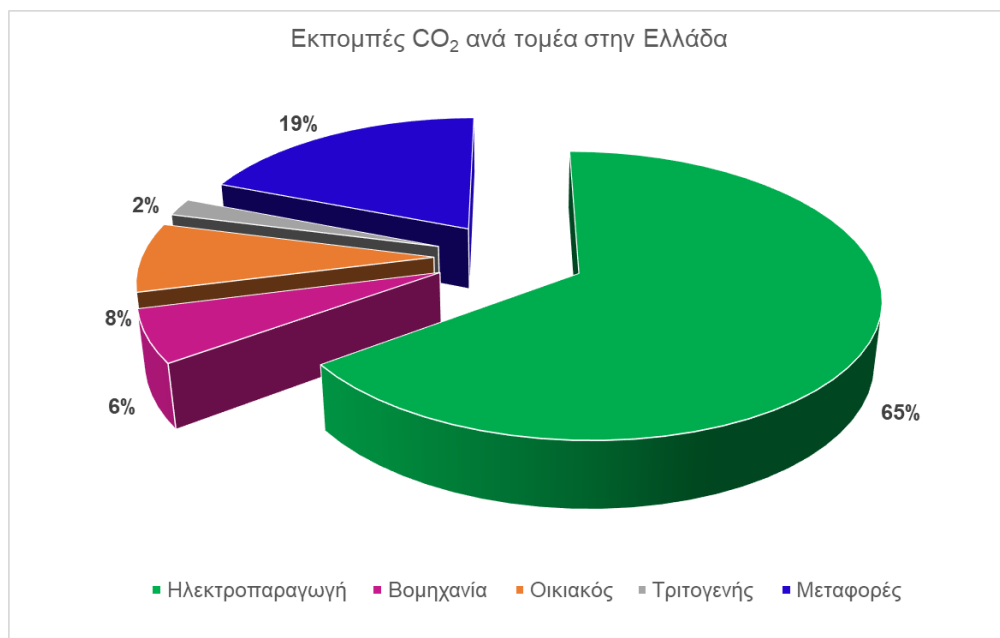
Οι σημαντικότερες αιτίες αύξησης των εκπομπών είναι [8]:

- Η καύση του άνθρακα, του πετρελαίου και του φυσικού αερίου από όπου παράγεται διοξείδιο του άνθρακα και οξείδιο του αζώτου.
- Η αποψίλωση των δασών με αποτέλεσμα να μην απορροφάτε σημαντική ποσότητα CO₂ από την ατμόσφαιρα μέσω της διαδικασίας της αναπνοής αλλά να εκλύεται πλέον στο περιβάλλον επιβαρύνοντας το φαινόμενο του θερμοκηπίου.
- Αύξηση της κτηνοτροφίας έχει αυξήσει τη ποσότητα μεθανίου που παράγεται κατά την πέψη της τροφής των ζώων.
- Τα λιπάσματα όπου συνδέονται με τις εκπομπές οξειδίου του αζώτου.
- Τα φθοριούχα αέρια συνδέονται με σημαντική αύξηση της θερμοκρασίας, έως και 23.000 φορές μεγαλύτερη από αυτή που προκαλεί το CO₂.



Διάγραμμα 2.3. Οι παγκόσμιες εκπομπές CO₂ από καύση ορυκτών καυσίμων από το 1758 έως το 2018 [10].

Όπως παρατηρείται στο **Διάγραμμα 2.4**, η ηλεκτροπαραγωγή αποτελεί την κυριότερη πηγή εκπομπής CO₂ στην Ελλάδα, ακολουθεί ο τομέας των μεταφορών, ενώ σημαντική συνεισφορά έχει και ο οικιακός τομέας.



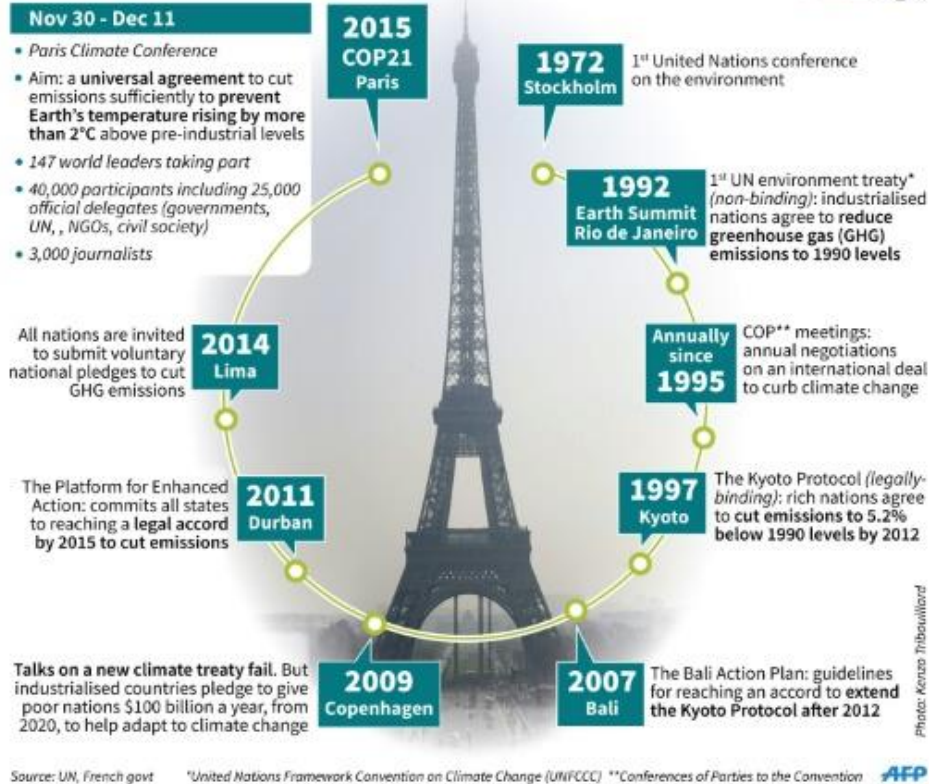
Διάγραμμα 2.4. Εκπομπές CO₂ ανά τομέα στην Ελλάδα [11].

Δεδομένου ότι κάθε τόνος CO₂ που εκπέμπεται συντελεί στην υπερθέρμανση του πλανήτη, η μείωση των εκπομπών οποιασδήποτε προέλευσης συμβάλλει στην επιβράδυνση του φαινομένου. Προκειμένου να αναχαιτιστεί πλήρως η υπερθέρμανση του πλανήτη, οι εκπομπές CO₂ πρέπει να φτάσουν σε μηδενικό επίπεδο παγκοσμίως. Επιπλέον, η μείωση των εκπομπών άλλων αερίων του θερμοκηπίου, όπως το μεθάνιο, μπορεί επίσης να έχει σημαντικό αντίκτυπο στην επιβράδυνση της υπερθέρμανσης του πλανήτη, ιδίως βραχυπρόθεσμα [8].

2.3 Το πλαίσιο της ενεργειακής μετάβασης

Διεθνώς έχουν γίνει προσπάθειες συνεργασίας μεταξύ των χωρών, με την υπογραφή διεθνών συμβάσεων, όπως είναι η Συνθήκη-Πλαίσιο για την Κλιματική Αλλαγή και το Πρωτόκολλο του Κιότο, και την εφαρμογή ειδικών προγραμμάτων για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής (**Εικόνα 2.2**).

Climate change: the long road to a global deal



Εικόνα 2.2. Ιστορική αναδρομή συσκέψεων για την κλιματική αλλαγή [12].

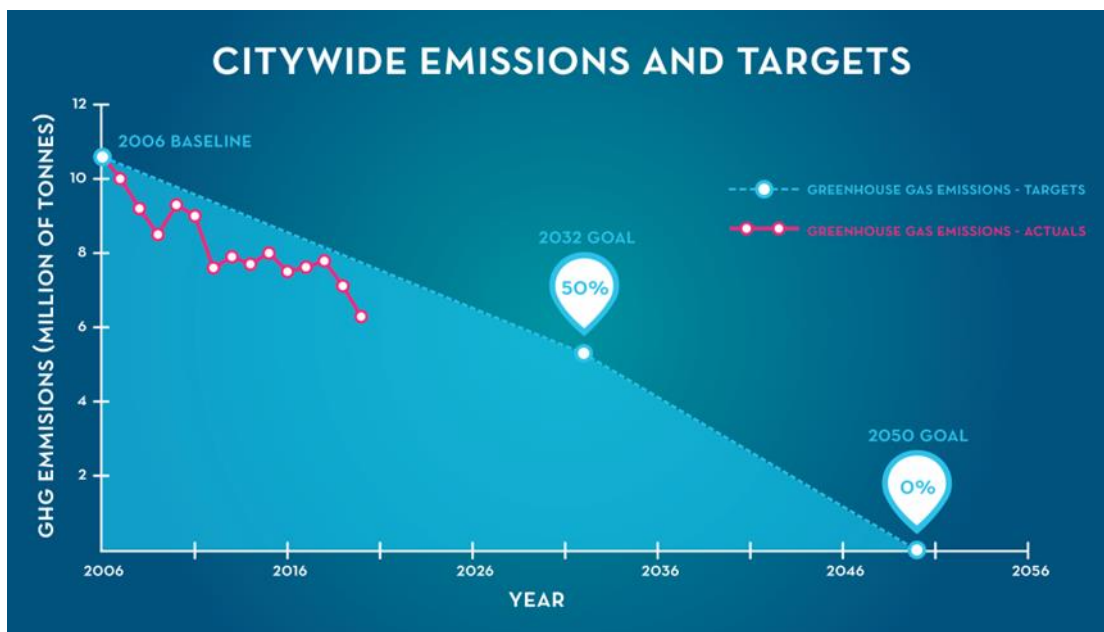
Η διεθνής κοινότητα από το 1972 έχει καταβάλει προσπάθεια συνεργασίας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής μέσω διεθνών συμβάσεων και εφαρμογής ειδικών προγραμμάτων. Οι πρώτες συνδιασκέψεις που πραγματοποιήθηκαν το 1972 και το 1992 στη Στοκχόλμη και το Ρίο αντίστοιχα, αποτελούν σημαντικά ορόσημα για τις αλλαγές στο περιβαλλοντικό δίκαιο και οικονομίας. Για πρώτη φορά αναφέρεται η πρόληψη των περιβαλλοντικών ζημιών και καθιερώνεται η ευθύνη του κράτους να μη προκαλεί ζημιά στο περιβάλλον, μέσω δραστηριοτήτων του και κυρίως βιομηχανικών, σε περιοχές πέραν της εθνικής δικαιοδοσίας. Το 1992 συγκεκριμένα, αποφάσισαν τη Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική αλλαγή (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC), κατά την οποία 191 χώρες και η Ε.Ε. συμφώνησαν τη σταθεροποίηση των συγκεντρώσεων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα που προέρχονται από ανθρώπινες δραστηριότητες και θα έχουν αρνητική επίπτωση στο κλίμα [13]. Ακολούθησαν και άλλες διεθνείς διασκέψεις με επόμενη σημαντική συνάντηση εκείνη στο Κιότο το 1997 όπου υπογράφηκε από τις συμμετέχουσες χώρες το λεγόμενο «Πρωτόκολλο του Κιότο», το 2004 υπογράφηκε και από την Ρωσία. Σύμφωνα με το Πρωτόκολλο του Κιότο οι χώρες που το υπέγραψαν συμφώνησαν στη μείωση των παραγόμενων ρύπων τους κατά 5% σε σχέση με τα επίπεδα αυτών του 1990 με καταληκτική ημερομηνία το 2012. Αυτό που κάνει τη συγκεκριμένη σύμβαση σημαντική είναι ότι εισήγαγε στην αγορά νέους μηχανισμούς για την μείωση των ρύπων, όπως τα συστήματα διεθνούς εμπορίας των εκπομπών κ.ά. [14]. Η Ε.Ε. το 2000 με τη σειρά της εφάρμοσε το «Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα για την Αλλαγή του Κλίματος» (“European Climate Change Programme”, “ECCP”), στο οποίο αναφέρονταν πιο αναλυτικά συγκεκριμένες στρατηγικές για την επίτευξη των στόχων που συμφωνήθηκαν με το Πρωτόκολλο του Κιότο καθώς εφαρμόστηκαν και πολιτικές για την μείωση των

εκπομπών του θερμοκηπίου, όπως το Ευρωπαϊκό σύστημα εμπορίας εκπομπών (“Emissions Trading System”, “ETS”) θέτοντας ανώτατα όρια εκπομπών αερίων για τον ενεργειακό και βιομηχανικό τομέα ανά κράτος. Επιπλέον διαμορφώθηκαν διάφορες προτάσεις σχετικά με την ενεργειακή σήμανση, την προώθηση της συμπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και των βιο-καυσίμων [15].

Επόμενη διάσκεψη ορόσημο αποτελεί αυτή του Μπαλί το 2007 όπου ξεκίνησαν οι διαπραγματεύσεις για μια διεθνή συμφωνία για μετά το 2012. Αναγνωρίζοντας τη κρισιμότητα του προβλήματος της κλιματικής αλλαγής οι συμμετέχουσες χώρες συμφώνησαν πως οι διαπραγματεύσεις πρέπει να ολοκληρωθούν έως το τέλος του 2009 στη διάσκεψη της Κοπεγχάγης. Το Σχέδιο Δράσης του Μπαλί αποτελεί τη πρώτη ολοκληρωμένη διαδικασία μέσω μακροπρόθεσμης συνεργασίας των χωρών για την αποτελεσματική και βιώσιμη εφαρμογή της Σύμβασης. Η σύμβαση θα είχε ως στόχο ένα μακροπρόθεσμο σχέδιο δράσης για την κλιματική αλλαγή και μείωσης των εκπομπών, ωστόσο το σχέδιο ήταν αρκετά φιλόδοξο όσο αφορά τα χρονικά όρια καθώς υποτιμήθηκε η πολυπλοκότητα της κλιματικής αλλαγής όπως και η δημιουργία μιας παγκόσμιας απόκρισης. Στα θετικά της διάσκεψης τοποθετούνται ότι έθεσε στο υψηλότερο πολιτικό επίπεδο την αλλαγή του κλίματος και ξεκίνησε ο διάλογος για τις υποδομές που απαιτούνται για τη σωστή λειτουργία της παγκόσμιας συμφωνίας [16]. Φτάνοντας στη διάσκεψη της Κοπεγχάγης οι χώρες δεν κατάφεραν να πάρουν κοινές αποφάσεις δράσεις και το συνέδριο κατέληξε σε χάος. Ενώ πολλές χώρες κατανόησαν τη σημαντικότητα της διατήρησης της θερμοκρασίας της γης κάτω από τους 2°C και τη μείωση των εκπομπών δεν τέθηκαν κάποιες βάσεις για την επίτευξη αυτού του στόχου. Ωστόσο, με τη συμφωνία της Κοπεγχάγης οι αναπτυσσόμενες χώρες δεσμεύτηκαν να δωρίζουν \$200 εκατομμύρια δολάρια το χρόνο στις πιο φτωχές χώρες από το 2020 και μετά, ώστε να μπορέσουν να προσαρμοστούν στη κλιματική αλλαγή [17].

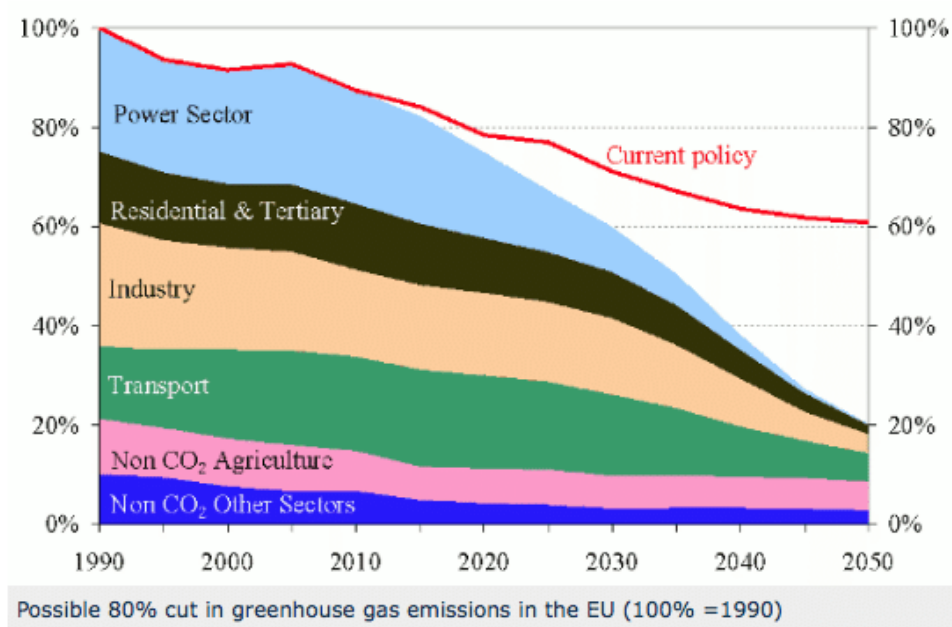
Ακολουθεί η Διάσκεψη των Παρισίων τον Δεκέμβρη του 2015 (Conference of Parties, COP21) κατά την οποία ο ΟΗΕ θέτει ως στόχο να περιορίσει την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της Γης στους 2°C σε σχέση με την μέση θερμοκρασία στην προβιομηχανική εποχή, ιδανικά να καταβληθούν προσπάθειες για να παραμείνει η αύξηση κάτω από τους 1.5°C [18].

Τέλος, η Ε.Ε. κατέθεσε την πρόταση “Fit for 55” τον Ιούλιο του 2020, κατά την οποία τίθεται ως μακροχρόνιος στόχος η κλιματική ουδετερότητα το 2050 και ως ενδιάμεσος στόχος η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 55% το 2030 σε σύγκριση με τα ποσοστά που υπήρχαν το 1990 (**Εικόνα 2.3**) [53]. Επίσης η πρόταση θέτει το 2035 ως καταληκτική χρονιά για την χρήση βενζινοκίνητων και πετρελαιοκίνητων οχημάτων, τη μείωση δικαιωμάτων εκπομπών CO₂ και την αύξηση της τιμής αγοράς δικαιωμάτων, δασμό άνθρακα στις εισαγωγές, αύξηση διείσδυσης κατά 40% των ΑΠΕ έως το 2030 κλπ.[54]. Ωστόσο ίσως το σημαντικότερο κομμάτι αυτής της πρότασης, το οποίο σχετίζεται και άμεσα με την παρούσα διπλωματική είναι η διεύρυνση του Συστήματος Αδειών Εμπορίας Εκπομπών CO₂ στον κτιριακό τομέα [19]. Στις πιο πρόσφατες εξελίξεις μετά και τις εξελίξεις στην Ουκρανία, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προκειμένου να αντιμετωπίσει τις δυσκολίες και διαταραχές της παγκόσμιας αγοράς ενέργειας παρουσίασε το σχέδιο “REPowerEU”, το οποίο αποσκοπεί στην εξοικονόμηση ενέργειας, την παραγωγή καθαρής ενέργειας και κυρίως στη διαφοροποίηση του ενεργειακού εφοδιασμού. Το “REPowerEU”, προβλέπει σειρά μέτρων για την ταχεία απεξάρτηση της Ε.Ε. από τα ρωσικά ορυκτά καύσιμα και την επιτάχυνση της πράσινης μετάβασης με ταυτόχρονη αύξηση της ανθεκτικότητας του ενεργειακού συστήματος σε επίπεδο Ε.Ε. [48].



Εικόνα 2.3. Οι ενεργειακοί στόχοι της Ε.Ε. για το 2030 και για το 2050 [20].

Σημαντικό είναι και το παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 2.5) στο οποίο συγκρίνεται η συνέχιση της υπάρχουσας πολιτικής σε σχέση με την εφαρμογή μέτρων ενεργειακής μετάβασης, η οποία επιφέρει 40% αύξηση των εκπομπών συγκριτικά με την εφαρμογή νέων μέτρων ενεργειακής μετάβασης.



Διάγραμμα 2.5. Μείωση εκπομπών αερίων σε σχέση με την υφιστάμενη πολιτική εφαρμογής ενεργειακής Μετάβασης [21].

2.4 Ενεργειακή Πολιτική στην Ελλάδα

Στην περίπτωση της Ελλάδας η διαδικασία της ενεργειακής μετάβασης δεν ήταν και τόσο εύκολη υπόθεση και αυτό κυρίως λόγω της οικονομικής κατάστασης που επικρατούσε στην χώρα τα τελευταία χρόνια, η

οποία προκαλούσε προβλήματα στις επενδύσεις υψηλού κόστους, όπως για παράδειγμα την κατασκευή τεχνολογιών ΑΠΕ [51]. Γενικότερα μπορούμε να πούμε ότι η εφαρμογή των μέτρων ενεργειακής μετάβασης στην Ελλάδα γίνονται με κάποια καθυστέρηση σε σχέση με τα υπόλοιπα κράτη μέλη της Ε.Ε. [22].

Σημαντική χρονιά στον τομέα της ενεργειακής μετάβασης ήταν το 2019, όπου έχουμε την επικαιροποίηση του ενεργειακού σχεδιασμού της Ελλάδας μέχρι το 2030 μέσω της δημοσίευσης του ΕΣΕΚ, και της Μακροχρόνιας Στρατηγικής έως το 2050 («ΜΣ-50»), που προβλέπει την ένταξη της χώρας στην κλιματική ουδετερότητα έχοντας ως κύριο στόχο την απανθρακοποίηση της παραγωγής και τη μετάβαση σε ένα πλέον καθαρό περιβάλλον, με δραστική μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, σύμφωνα με τους στόχους της Ε.Ε. [23].

2.4.1 Το υπάρχον Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ)

Το ΕΣΕΚ είναι ένα στρατηγικό σχέδιο με το οποίο σκοπεύει η ελληνική κυβέρνηση να αντιμετωπίσει το πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής και της ενεργειακής μετάβασης στην Ελλάδα, είναι ένας οδικός χάρτης για να επιτευχθούν ενεργειακοί και κλιματικοί στόχοι που έχει θέσει η Ε.Ε. για τα κράτη μέλη της, έως το έτος 2030. Οι στόχοι που παρουσιάζονται στο πλαίσιο του ΕΣΕΚ είναι ποσοτικοποιημένοι και κοστολογημένοι, ενώ έχουν τεθεί και ενδιάμεσα χρονικά όρια για την καλύτερη παρακολούθηση της πορείας επίτευξής τους. Στόχος της κυβέρνησης είναι μέσα από το ΕΣΕΚ να συμβάλλει αποτελεσματικά στην απαραίτητη ενεργειακή μετάβαση, με τον πιο οικονομικά ανταγωνιστικό τρόπο για την εθνική οικονομία. Επιπλέον, μέσω αυτών των στόχων επισκοπεί στην να μειωθούν δραματικά οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου και να αντιμετωπιστεί η χώρα μας ως ένα από τα κράτη μέλη της Ε.Ε. που έχει υιοθετήσει τους ενεργειακούς στόχους, ομοίως με τις ανεπτυγμένες χώρες μέλη της Ε.Ε, εντάσσοντας μας στο επίκεντρο των ενεργειακών εξελίξεων, τόσο για το έτος 2030 όσο και μακροχρόνια για τους στόχους του 2050.

Αναλυτικά, οι στόχοι του ΕΣΕΚ για το 2030 είναι:

α) Αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Η μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου να είναι μεγαλύτερη από 42% σε σχέση με τις εκπομπές του 1990, και μεγαλύτερη από 56% σε σχέση με τις εκπομπές του 2005. Στοχεύοντας σε μεγαλύτερη μείωση και από τους κεντρικούς ευρωπαϊκούς στόχους. Να σημειωθεί ότι στο αρχικό ΕΣΕΚ οι στόχοι αυτοί ήταν χαμηλότεροι, με ποσοστά 33% και 49% αντίστοιχα. Οι νέοι στόχοι είναι απαραίτητοι για την επίτευξη της ενεργειακής ουδετερότητας έως το 2050, προσφέροντας άμεσα καλύτερα αποτελέσματα.

β) Η συμμετοχή των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας να είναι κατ' ελάχιστο στο 35%, ποσοστό μεγαλύτερο από αυτό που είχε τεθεί στο αρχικό ΕΣΕΚ, το οποίο ήταν 31%. Όπως επίσης, και υψηλότερο ποσοστό σε σχέση με τους κεντρικούς ευρωπαϊκούς στόχους για την συμμετοχή των ΑΠΕ στην ενεργειακή κατανάλωση, όπου το ποσοστό είναι 32%.

γ) Βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης στην τελική κατανάλωση ενέργειας κατά 38%, ποσοστό που προκύπτει από συγκεκριμένη ευρωπαϊκή μεθοδολογία. Ο αντίστοιχος ευρωπαϊκός στόχος είναι στο 32,5%, ενώ στο αρχικό ΕΣΕΚ είχε τεθεί ως στόχος του 32%.

δ) Απολιγνιτοποίηση της ηλεκτροπαραγωγής μέσα στην επόμενη δεκαετία. Συγκεκριμένα, η κυβέρνηση θέτει τον σημαντικό στόχο της δραστικής μείωσης του λιγνίτη στην ηλεκτροπαραγωγή, με την ολοκληρωτική απόσυρση των λιγνιτικών μονάδων μέχρι το έτος 2028.

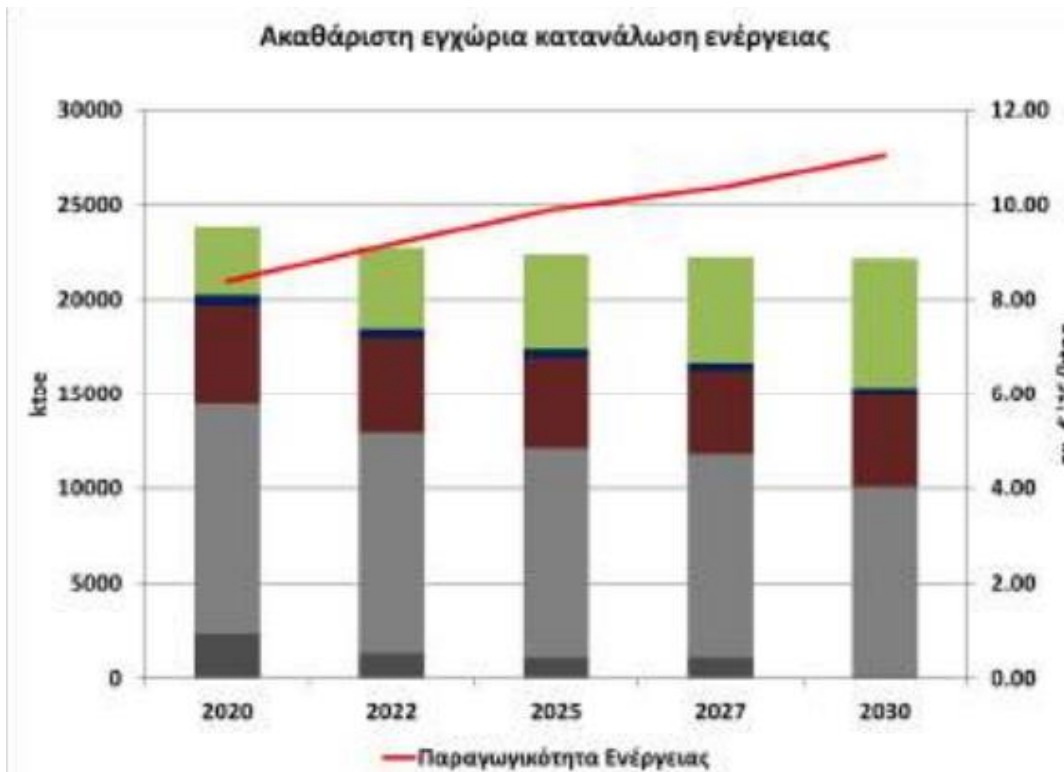
Το ΕΣΕΚ περιλαμβάνει πολιτικές και για άλλα σημαντικά η ενεργειακά ζητήματα, όπως για παράδειγμα η επίσπευση της ηλεκτρικής διασύνδεσης των νησιών, η άμεση λειτουργία του νέου μοντέλου αγοράς

ηλεκτρικής ενέργειας, η ενίσχυση των ενεργειακών διασυνδέσεων, η ανάπτυξη έργων αποθήκευσης ενέργειας, η ψηφιοποίηση των δικτύων ενέργειας, η προώθηση της ηλεκτροκίνησης και νέων τεχνολογιών, η σύζευξη των τελικών τομέων, η ανάπτυξη νέων χρηματοδοτικών εργαλείων καθώς και πρωτοβουλίες σε θέματα έρευνας και καινοτομίας και ενίσχυσης της ανταγωνιστικότητας, καταδεικνύοντας την ολιστική προσέγγιση της κυβέρνησης ως προς το σχεδιασμό πολιτικών και μέτρων στους τομείς κλίματος και ενέργειας [23].

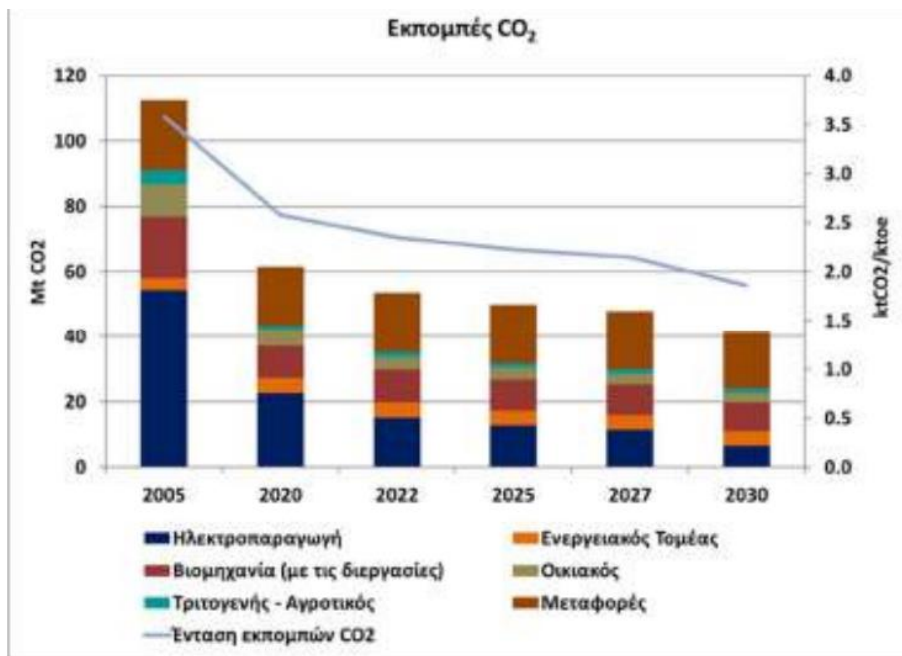
Παρακάτω (**Πίνακας 2.1**) παρουσιάζονται συνοπτικά οι εθνικοί στόχοι στο πλαίσιο του ΕΣΕΚ, καθώς επίσης και η σύγκριση του αρχικού με το τελικό ΕΣΕΚ. Στη συνέχεια, στο **Διάγραμμα 2.6** και **Διάγραμμα 2.7** παρουσιάζεται η εκτίμηση της ενεργειακής κατανάλωσης έως το 2030 καθώς και η εκτίμηση των εκπομπών CO₂ ανά τομέα έως το 2030.

Πίνακας 2.1. Σύνοψη εθνικών στόχων στο πλαίσιο του ΕΣΕΚ [23].

Έτος Στόχου 2030	Τελικό ΕΣΕΚ	Αρχικό Σχέδιο ΕΣΕΚ	Νέοι Στόχοι ΕΣΕΚ σε σχέση με στόχους Ευρωπαϊκής Ένωσης
Μερίδιο ΑΠΕ στην Ακαθάριστη Τελική Κατανάλωση Ενέργειας	≥ 35%	31%	Αυξημένος βαθμός φιλοδοξίας σε σχέση με Ευρωπαϊκό κεντρικό στόχο 32%
Μερίδιο ΑΠΕ στην Ακαθάριστη Τελική Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας	≈61-64%	56%	
Τελική Κατανάλωση Ενέργειας	≈16.1-16.5 Mtoe (≥38%)	18.1 Mtoe	Αυξημένος βαθμός φιλοδοξίας σε σχέση με Ευρωπαϊκό κεντρικό στόχο 32.5%
Μερίδιο Λιγνίτη στην Ηλεκτροπαραγωγή	0	16.5%	
Μείωση Αερίων του Θερμοκηπίου (ΑτΘ)	≥ 42% vs 1990, ≥55% vs 2005	32% vs 1990, 48% vs 2005	Σε ταύτιση με κεντρικούς Ευρωπαϊκούς στόχους



Διάγραμμα 2.6. Εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας έως το 2030 [23].



Διάγραμμα 2.7. Εξέλιξη εκπομπών CO₂ ανά τομέα έως το έτος 2030 [23].

2.4.2 Μακροχρόνια Ενεργειακή Στρατηγική για το 2050

Η Ελλάδα συμμετέχοντας στον ευρωπαϊκό στόχο που αποσκοπεί σε μια οικονομία κλιματικής ουδετερότητας έως το 2050 έθεσε εκτός από το ΕΣΕΚ του 2030 και την «ΜΣ50» η οποία διαφοροποιείται

από το ΕΣΕΚ στους μακροχρόνιους στόχους, αποσκοπώντας στον μηδενισμό των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα από την καύση ορυκτών καυσίμων για την ηλεκτροπαραγωγή, κατά τα άλλα το πλάνο αυτό έχει παρόμοιους στόχους με το ΕΣΕΚ και θεωρείται συνέχεια του.

Στην μακροχρόνια ενεργειακή στρατηγική η δεκαετία 2030-2040 θεωρείται μια δεκαετία εύρεσης των βέλτιστων τεχνολογικών λύσεων και υιοθέτησής τους. Για να επιτευχθεί με τον καλύτερο δυνατό τρόπο, τα μέτρα ενεργειακής μετάβασης που τέθηκαν στον προγραμματισμό καθώς επίσης, και την συνέχιση των επιτυχόντων πολιτικών και μέτρων που θα οδηγήσουν στην κλιματική ουδετερότητα σε συντομότερο χρονικό διάστημα. Επίσης αναλύονται μακροχρόνια σενάρια για την εξέλιξη του ενεργειακού συστήματος και καθορίζονται πρότυπα κατανάλωσης που αποσκοπούν σε κλιματικά ουδέτερη οικονομία έως το 2050, χωρίς ωστόσο να παρουσιάζονται νέα μέτρα.

Στην «ΜΣ50» αναλύονται τόσο το βασικό σενάριο πολιτικών που αποτελεί ουσιαστικά την συνέχεια του ΕΣΕΚ 2030, με τη διαφορά ότι η εφαρμογή των στόχων είναι πιο εντατική και περισσότερο φιλόδοξη. Όσο και άλλα τέσσερα σενάρια που λαμβάνουν υπόψιν τους τις αβεβαιότητες που μπορεί να υπάρχουν στην εφαρμογή και υλοποίηση των σχεδιασμένων πολιτικών.

Οι προτεραιότητες πολιτικής στο βασικό σενάριο ΕΣΕΚ 2050, που θεωρούνται αναλλοίωτες σε όλα τα σενάρια της μακροχρόνιας στρατηγικής είναι:

1. Η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης σε όλους τους τομείς, ιδιαίτερα στην ενεργειακή αναβάθμιση των κατοικιών και κτιρίων.
2. Η ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, σε όλους τους τομείς, ιδιαίτερα στην ηλεκτροπαραγωγή αποσκοπώντας στο μηδενισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από καύση στερεών καυσίμων.
3. Εξηλεκτρισμός των μεταφορών και της θερμότητας.
4. Ανάπτυξη εγχώριων καυσίμων και αερίου, από βιομάζα με καινοτόμες τεχνολογίες.
5. Επέκταση διασυνδέσεων για τα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας.

Το σενάριο βασικών πολιτικών ΕΣΕΚ 2050 ενώ μέσω των προβλέψεων δείχνει να είναι αποτελεσματικό στην σημαντική μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου μέχρι το 2050, ωστόσο δεν είναι ευέλικτο σε αβεβαιότητες που μπορεί να προκύψουν, έτσι ώστε να εξασφαλίσει τους ευρωπαϊκούς στόχους. Για αυτό και η μακροχρόνια στρατηγική «ΜΣ50» αναλύει τέσσερα επιπλέον σενάρια τα οποία φέρουν καλύτερα αποτελέσματα λαμβάνοντας υπόψιν την αβεβαιότητα. Τα σενάρια της μακροχρόνιας στρατηγικής είναι τα εξής:

- Σενάριο «EE2» (Εξηλεκτρισμός και βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης για τους 2°C)
- Σενάριο «NC2» (Νέοι ενεργειακοί φορείς για τους 2°C)
- Σενάριο «EE1.5» (Εξηλεκτρισμός και βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης για τον 1.5°C)
- Σενάριο «NC1.5» (Νέοι ενεργειακοί φορείς για τον 1.5°C)

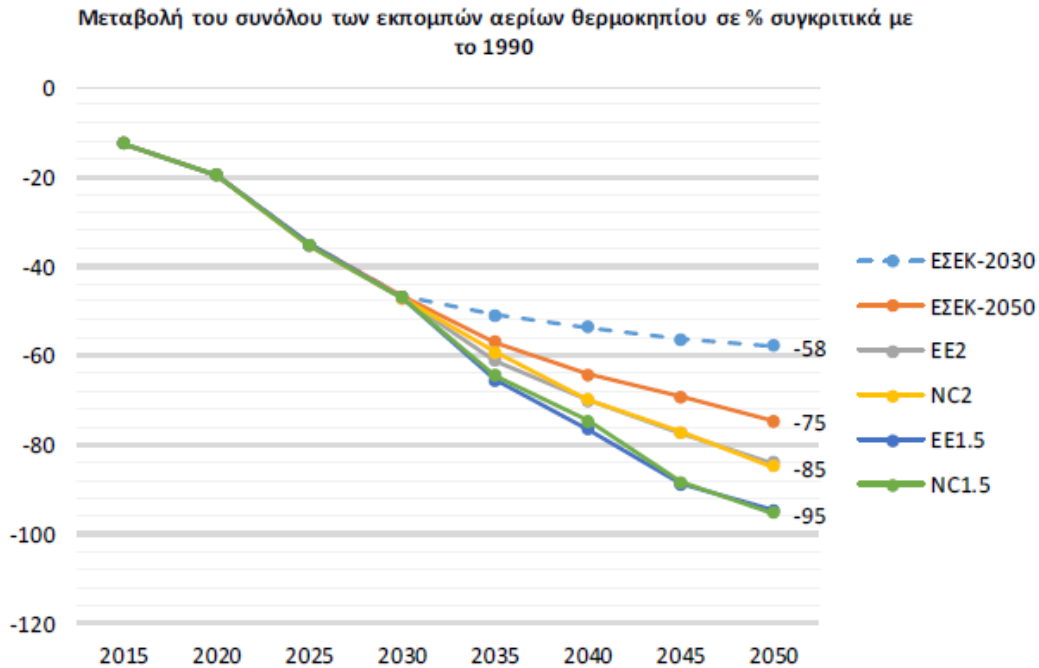
Τα σενάρια της Ε.Ε. επικεντρώνονται στην ενδεχόμενη οικονομική και τεχνολογική αβεβαιότητα για την επίτευξη της ενεργειακής ουδετερότητας και για την αντιμετώπισή της προωθεί σε μεγάλο βαθμό τον εξηλεκτρισμό των ενεργειακών χρήσεων σε όλους τους τομείς και την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης [57]. Περιλαμβάνουν επίσης την ανάπτυξη βιοκαυσίμων και αερίου ως υποκατάσταση ορυκτών καυσίμων όπου δεν είναι δυνατόν να γίνει πλήρης εξηλεκτρισμός. Αντίθετα, τα σενάρια, NC υποθέτουν ότι μέσα από κατάλληλες πολιτικές της Ε.Ε. θα εξασφαλιστεί η σταδιακή ωρίμανση τεχνολογιών και μέσων που παράγουν υδρογόνο και συνθετικό μεθάνιο, με κλιματικά ουδέτερες προδιαγραφές. Ωστε να πετύχουν τη μείωση του ανθρακικού αποτυπώματος στο περιβάλλον [24].

Ο Πίνακας 2.2 παρουσιάζει περιληπτικά τις υποθέσεις σχεδιασμού των σεναρίων.

Πίνακας 2.2. Σχεδιασμός σεναρίων για το «ΜΣ50» [24].

Σενάρια						
Παράμετροι διαμόρφωσης σεναρίων	ΕΣΕΚ-2030	Βασικές Πολιτικές (ΕΣΕΚ-2050)	EE2	EE1.5	NC2	NC1.5
	2030-2050					
Βασικές πολιτικές ΕΣΕΚ	Επιβράδυνση μετά το έτος 2030	Επιτάχυνση προτεραιοτήτων πολιτικής ΕΣΕΚ και επέκταση μετά το έτος 2030				
Επιπλέον μέτρα βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης	OXI	Όχι επιπλέον επέκταση	Πολύ φιλόδοξα	Μέγιστο	Πολύ φιλόδοξα	Πολύ φιλόδοξα
Επιπλέον μέτρα εξηλεκτρισμού θερμότητας και μεταφορών	OXI	Όχι επιπλέον επέκταση	Πολύ φιλόδοξα	Μέγιστο	Πολύ φιλόδοξα	Πολύ φιλόδοξα
Επιπλέον μέτρα για βιοκαύσιμα	OXI	Όχι επιπλέον επέκταση	Πολύ φιλόδοξα	Μέγιστο	Φιλόδοξα	Πολύ φιλόδοξα
Επιπλέον μέτρα για βιοαέριο	OXI	Όχι επιπλέον επέκταση	Πολύ φιλόδοξα	Μέγιστο	Πολύ φιλόδοξα	Μέγιστο
Κλιματικά ουδέτερο υδρογόνο και μεθάνιο	OXI	OXI	OXI	OXI	Πολύ φιλόδοξα	Μέγιστο

Στο Διάγραμμα 2.8 παρουσιάζονται οι ποσοστιαίες μεταβολές των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου συγκριτικά με το 1990, τόσο το πρόγραμμα που θέτει το ΕΣΕΚ του 2030, όσο και για το «ΜΣ50». Για το πρόγραμμα της μακροχρόνια στρατηγικής παρουσιάζονται τα αποτελέσματα τόσο για το βασικό **Σενάριο Πολιτικής** όσο και για τα υπόλοιπα τέσσερα σενάρια αβεβαιοτήτων.

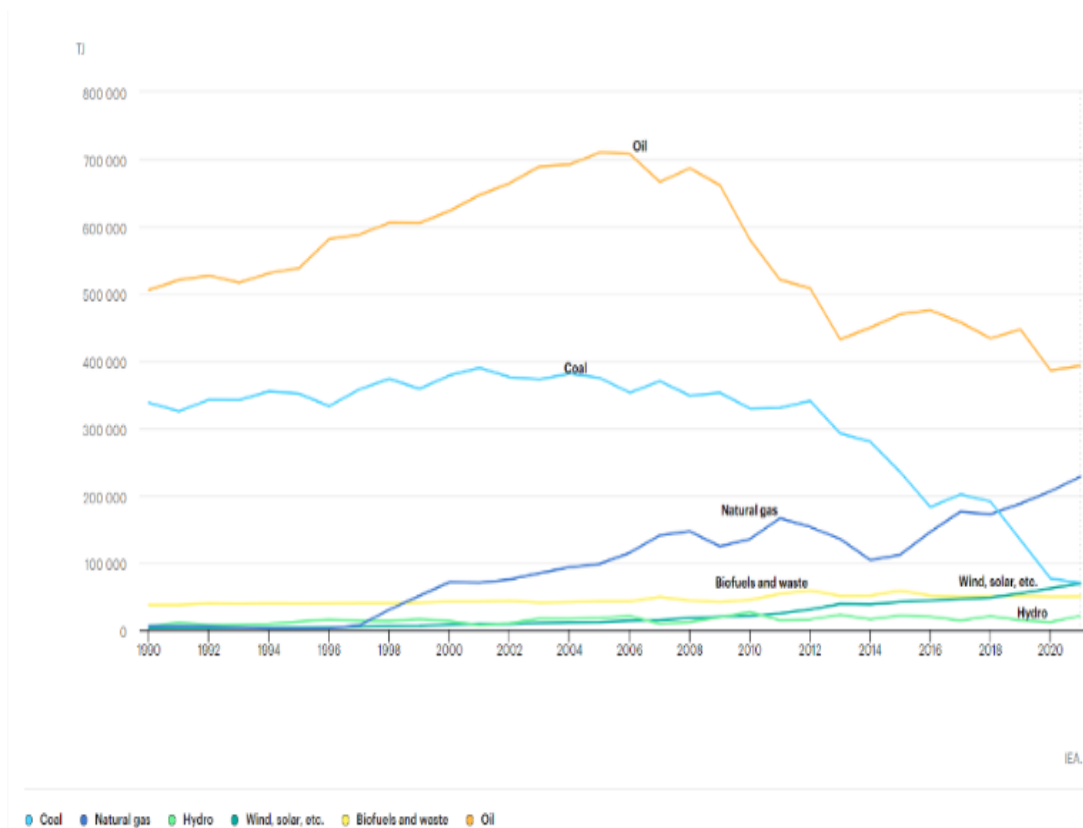


Διάγραμμα 2.8. Σύνολο εκπομπών αερίων θερμοκηπίου στα σενάρια για την Ελλάδα [24].

2.4.2.1 Κατανάλωση Ενέργειας στην Ελλάδα

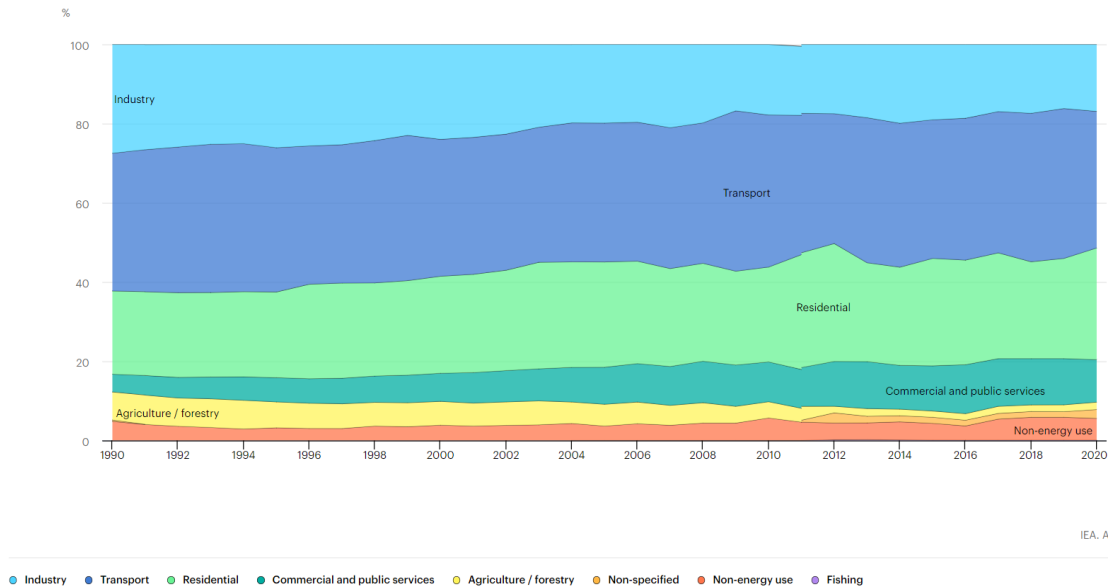
Το ενεργειακό σύστημα της Ελλάδας μεταβάλλεται ανάλογα με τις απαιτήσεις της εθνικής οικονομίας, τις οικονομικές δραστηριότητες, την ανάπτυξη και τις καταναλωτικές συνήθειες της χώρας καθώς και τις εκάστοτε ευρωπαϊκές πολιτικές που ισχύουν για την ενέργεια και το κλίμα.

Στο **Διάγραμμα 2.9** βλέπουμε την κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα την χρονική περίοδο 1990–2021 ανάλογα με την πηγή προέλευσής τους. Κυρίαρχη θέση στο μείγμα κατανάλωσης κατέχουν τα πετρελαϊκά προϊόντα ωστόσο, η μείωση τους τα τελευταία χρόνια είναι σημαντική. Σε αντίθεση με την μείωση του πετρελαίου παρατηρείται σημαντική αύξηση στην ενεργειακή κατανάλωση του φυσικού αερίου και των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.



Διάγραμμα 2.9. Τελική Κατανάλωση Ενέργειας ανά Καύσιμο στην Ελλάδα, 1990-2021 [25].

Στο **Διάγραμμα 2.10** παρουσιάζονται οι τομείς και τα ποσοστά της τελικής ενεργειακής κατανάλωσης στην Ελλάδα. Μελετώντας το παρακάτω διάγραμμα συμπεραίνουμε ότι πρωταρχικό ρόλο στην ενεργειακή κατανάλωση καταλαμβάνουν οι μεταφορές, ακολουθεί ο οικιακός τομέας, η βιομηχανία και σημαντική είναι η κατανάλωση που έχουν οι εμπορικές -δημόσιες υπηρεσίες και κτίρια. Η κατανάλωση στον βιομηχανικό τομέα παρατηρούμε ότι με την πάροδο του χρόνου μειώνεται, ενώ η ενεργειακή κατανάλωση στον κλάδο των μεταφορών μένει σχεδόν αμετάβλητη στο πέρασμα των χρόνων. Αύξηση παρατηρείται στην κατανάλωση του κτιριακού τομέα. Συγκεκριμένα, αξίζει να τονίσουμε ότι ο οικιακός τομέας που καταλαμβάνει το 84% του κτιριακού τομέα, καταναλώνει το 35% της τελικής ενεργειακής κατανάλωσης στην Ελλάδα. Για αυτόν τον λόγο η παρούσα διπλωματική εργασία ασχολείται με την μελέτη των σεναρίων ενεργειακής μετάβασης στον οικιακό τομέα για την Π.Ε. Πειραιά και τον δήμο Μοσχάτου – Ταύρου, στην Αθήνα.



Διάγραμμα 2.10. Τελική Κατανάλωση Ενέργειας ανά Τομέα στην Ελλάδα, 1990-2020 [25].

2.4.2.2 Ενεργειακή Κατανάλωση στον κτιριακό και οικιακό τομέα

Όπως είδαμε και προηγουμένως ο κτιριακός τομέας κατέχει σημαντική θέση στην τελική ενεργειακή κατανάλωση της Ελλάδας. Συγκεκριμένα, το 36% της συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται στην χώρα πηγαίνει για σκοπούς του κτιριακού τομέα η κατανάλωση αυτή είναι κυρίως θερμική, που προέρχεται κατά κύριο λόγο από το πετρέλαιο και ηλεκτρισμό [50]. Η ενεργειακή κατανάλωση στον κτιριακό τομέα ενισχύει το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής και επιβαρύνει την ατμόσφαιρα με ρύπους, κυρίως διοξείδιο του άνθρακα (CO₂). Σημαντική επίσης, είναι και η οικονομική επιβάρυνση των καταναλωτών λόγω του υψηλού ενεργειακού κόστους. Σημαντική είναι και η κατανάλωση ενέργειας στον οικιακό τομέα. Συγκεκριμένα, το 25% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης στην Ελλάδα, καταναλώνεται από τον οικιακό τομέα [26].

Στις κύριες πολιτικές της ενεργειακής αναβάθμισης εντάσσεται και η εξοικονόμηση ενέργειας στον οικιακό τομέα αποτελώντας μάλιστα έναν από τους τομείς με τις μεγαλύτερες δυνατότητες μείωσης της ενεργειακής κατανάλωσης χωρίς να είναι ιδιαίτερα κοστοβόρο [49]. Τα σενάρια μακροχρόνιας στρατηγικής θέτουν στόχους και πολιτικές που επισκοπούν στην δραστική μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης, ειδικά για θερμικές χρήσεις. Οι στόχοι αυτοί επιδιώκουν το κτιριακό απόθεμα να πλησιάσει το 2050 σχεδόν μηδενική ενεργειακή κατανάλωση. Κτίρια με πολύ υψηλή ενεργειακή απόδοση τα οποία να απαιτούν σχεδόν μηδενική ή πολύ χαμηλή ποσότητα ενέργειας για να καλύψουν τις ενεργειακές τους ανάγκες. Σκοπός είναι η ελάχιστη αυτή ενέργεια να προέρχεται εξ ολοκλήρου από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είτε αυτό θα γίνεται άμεσα, είτε έμμεσα χρησιμοποιώντας αντλίες θερμότητας. Η επίτευξη των στόχων αυτών προγραμματίζεται με την εφαρμογή αυστηρών προδιαγραφών για τα νέα κτίρια που κατασκευάζονται, έχοντας ενεργειακή επίδοση κελύφους. Ωστόσο, επειδή ο ρυθμός κατασκευής νέων κτιρίων είναι μικρός, προβλέπεται στα υπάρχοντα κτίρια να γίνει ενεργειακή αναβάθμιση. Ο ρυθμός ενεργειακής αναβάθμισης που προβλέπεται στην μακροχρόνια στρατηγική του 2050 είναι της τάξεως του 1,28% ανά έτος μέχρι το 2030 και στη συνέχεια, για την χρονική περίοδο 2031-2050 ο ρυθμός αυτός μεταβάλλεται, όπως παρουσιάζεται και παρακάτω (Πίνακας 2.3). Προβλέπεται ενεργειακή αναβάθμιση

σε ποσοστό 12%-15% των συνολικών νοικοκυριών της χώρας και ο ακριβής αριθμός αντιστοιχεί σε 60.000 ετήσιες ανακαινίσεις.

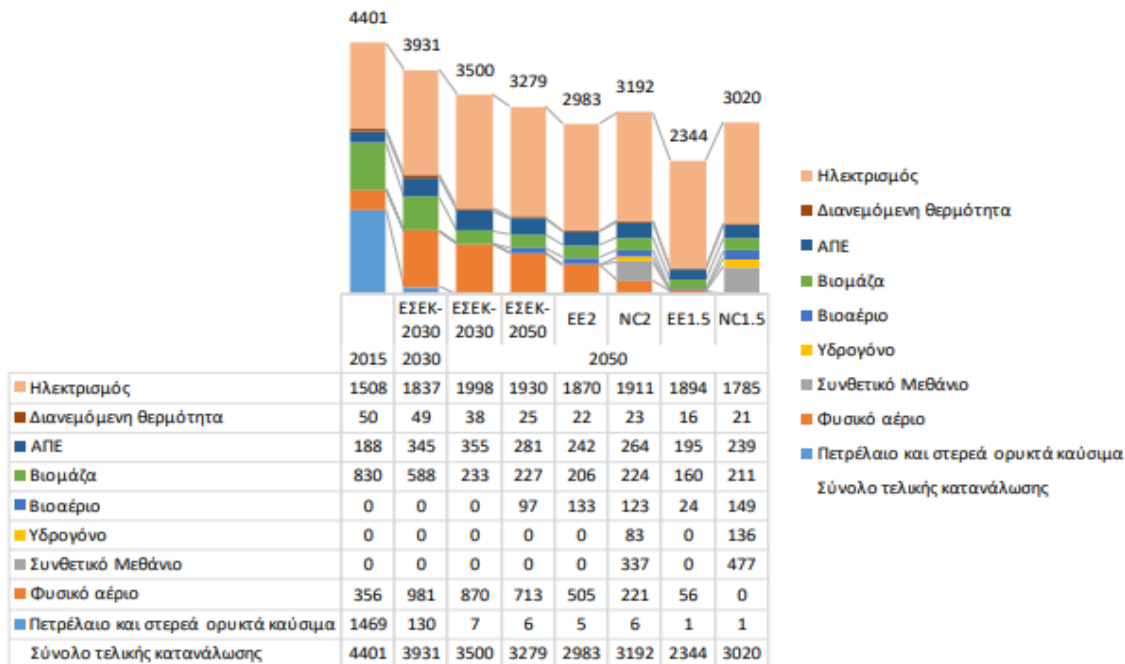
Πίνακας 2.3. Μέσος ετήσιος ρυθμός ενεργειακών αναβαθμίσεων για τα σενάρια της «ΜΣ50» σύμφωνα με τον ΕΣΕΚ 2030 [24].

	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%

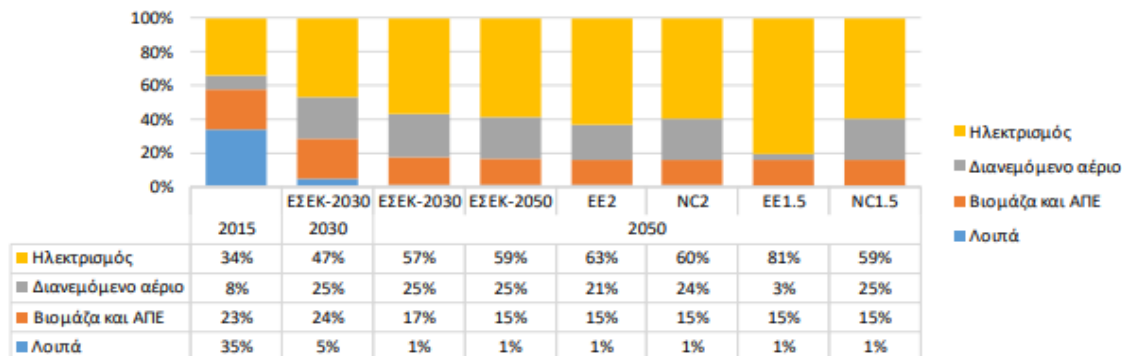
Στην μακροχρόνια στρατηγική του 2050 στοχεύοντας στην κλιματική ουδετερότητα, γίνεται πρόβλεψη της τελικής ενεργειακής κατανάλωσης στον οικιακό τομέα και διαχωρισμός τους βάση τεχνολογιών χρήσης και μορφών ενέργειας για κάθε σενάριο. Αυτό που παρατηρείται είναι ότι σε όλα τα σενάρια της μακροχρόνιας στρατηγικής ο εξηλεκτρισμός των θερμικών χρήσεων ακολουθεί ανοδική πορεία όπως αυτό παρατηρείται ήδη και από το ΕΣΕΚ του 2030. Σημαντική τεχνολογία που διευκολύνει τον εξηλεκτρισμό είναι η αντλίες θερμότητας και η χρήση τους στον οικιακό τομέα, συνδυάζοντας την θερμότητα και την ψύξη των κτιρίων με μειωμένο κόστος [24].

Παρακάτω στο **Διάγραμμα 2.11** βλέπουμε την πρόβλεψη της τελικής κατανάλωσης ενέργειας στον οικιακό τομέα σύμφωνα με τα διάφορα σενάρια της «ΜΣ50», καθώς και τα ποσοστά που καταλαμβάνει κάθε τεχνολογία στην τελική ενεργειακή κατανάλωση του οικιακού τομέα.

Τελική κατανάλωση ενέργειας στον οικιακό τομέα (ktoe)



Μερίδια στην κατανάλωση ενέργειας στον οικιακό τομέα (%)



Διάγραμμα 2.11. Κατανάλωση Ενέργειας στον οικιακό τομέα ανά καύσιμο [24].

Κεφάλαιο 3: Το υπολογιστικό εργαλείο «DREEM».

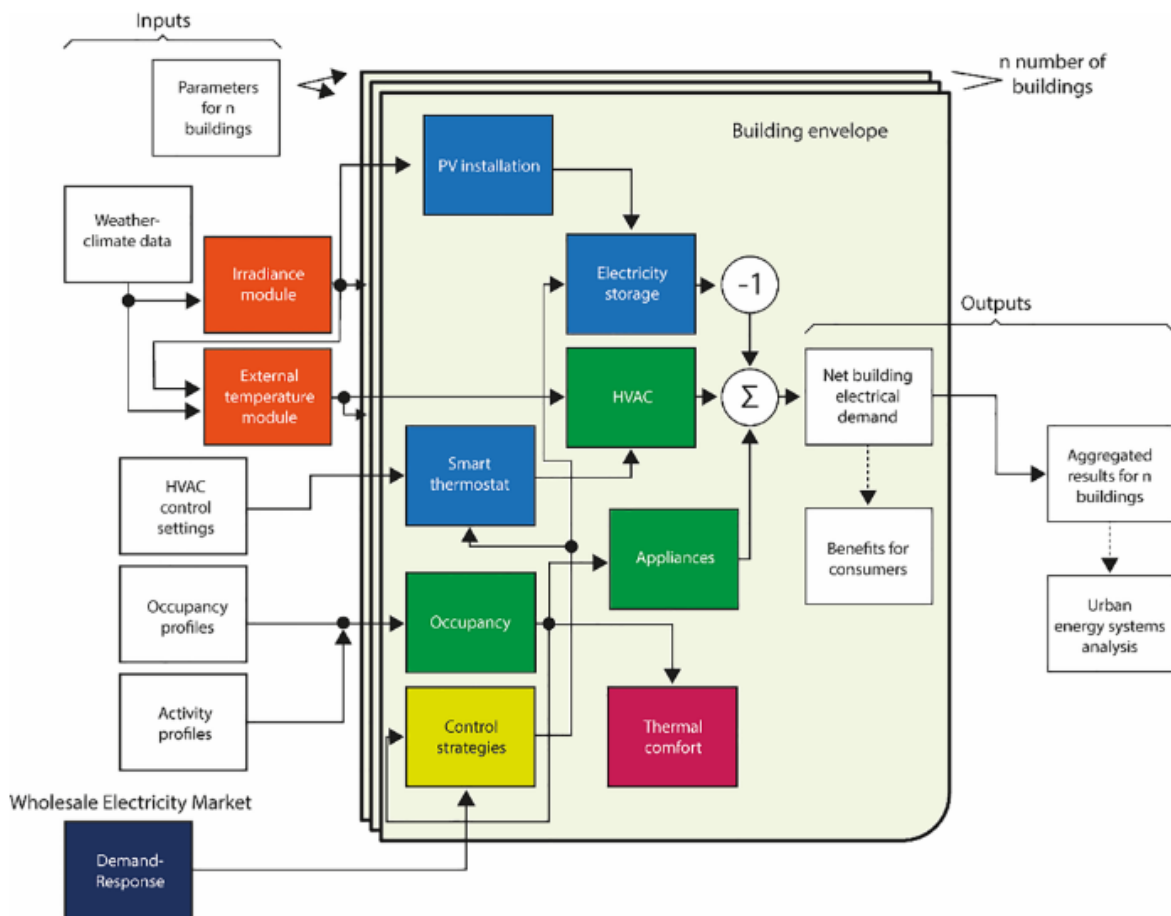
3.1 Περιγραφή του υπολογιστικού εργαλείου

Η μοντελοποίηση της ζήτησης αποτελεί σημαντικό εργαλείο για τις εύστοχες και αποτελεσματικές πολιτικές ενεργειακής μετάβασης [28].

Για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής είναι σημαντική η αποτελεσματική χάραξη πολιτικών, οι οποίες, όμως, πρέπει να σχεδιάζονται και να εφαρμόζονται με κατάλληλο τρόπο. Ο συνήθης τρόπος χάραξης πολιτικής είναι η διαμόρφωση στατικών σχεδίων στοχεύουν σε καλύτερο μελλοντικό αποτέλεσμα μόνο σε θεωρητικό επίπεδο [56]. Ωστόσο σε πολλές περιπτώσεις η πρόβλεψη αυτή έχει αποδειχθεί ανεπιτυχής καθώς δεν λαμβάνει υπόψιν τις αβέβαιες παραμέτρους που υπάρχουν [27]. Για να αντιμετωπίσουν την αβεβαιότητα τα μοντέλα ενεργειακών συστημάτων αλλάζουν με γρήγορους ρυθμούς, στα πλαίσια της βελτιστοποίησης προστίθενται νέοι τομείς όπως για παράδειγμα ο κτιριακός, ο βιομηχανικός, περισσότερες λεπτομέρειες για τις καταναλώσεις, με αποτέλεσμα να γίνονται πιο περίπλοκα αλλά πάντα υπολογίσιμα [28]. Έτσι προκύπτει η ανάγκη δημιουργίας μοντέλων που θα είναι περισσότερο ευέλικτα σε αβέβαιες παραμέτρους.

Την ανάγκη ικανοποιητικής πρόβλεψης της αβεβαιότητας και στοχαστικότητας γύρω από την ενεργειακή ζήτηση στον οικιακό έρχεται να καλύψει το υπολογιστικό εργαλείο «DREEM» (“Dynamic high Resolution dEmand sidE Management model”), το οποίο αναπτύχθηκε από το εργαστήριο Τεχνοοικονομικών Ενεργειακών Συστημάτων («Technoeconomics of Energy Systems laboratory, TEESlab») του Πανεπιστημίου Πειραιώς (Πα.Πει.). Το υπολογιστικό εργαλείο «DREEM» είναι ένα υβριδικό εργαλείο τύπου «bottom-up» το οποίο συνδυάζει στοιχεία στατιστικών και μηχανικών υπολογιστικών μοντέλων, καθιστώντας το κατάλληλο για την μοντελοποίηση της διαχείρισης της ενεργειακής ζήτησης στον κτιριακό τομέα. Βασίζεται στις υπολογιστικές δυνατότητες των μοντέλων ενεργειακών συστημάτων κτιρίων, εκτιμώντας παράλληλα τα οφέλη και τους περιορισμούς της ευελιξίας της ζήτησης, εστιάζοντας πρώτα στους τελικούς χρήστες και σε δεύτερο χρόνο στους υπόλοιπους παράγοντες που εμπλέκονται στο ενεργειακό σύστημα [29].

Η διαφοροποίηση του υπολογιστικού μοντέλου «DREEM» από τα υπόλοιπα έγκειται στην αρθρωτή του δομή. Οι διαφορετικές επιμέρους μονάδες από τις οποίες αποτελείται το καθιστούν ευέλικτο στη μοντελοποίηση μεγάλου πλήθους συστημάτων και εφαρμογών σχετικές με διαφορετικές πτυχές της ενεργειακής κατανάλωσης [55]. Επίσης, η αρθρωτή δομή του δίνει την δυνατότητα ενσωμάτωσης καινοτόμων τεχνολογιών όπως είναι οι αντλίες θερμότητας ή τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα, στα πλαίσια ανάλυσης σεναρίων ενεργειακής μετάβασης που αποσκοπούν στον εξηλεκτρισμό τόσο στον τομέα της θερμότητας όσο και στις μεταφορές. Ακόμη ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του μοντέλου είναι η δυνατότητα μοντελοποίησης πολλαπλών κτιρίων και η δυνατότητα προσομοίωσης της ενεργειακής ζήτησης στον οικιακό τομέα σε διαφορετικές γεωγραφικά και κοινωνικό-οικονομικά περιοχές, σε τοπικό, περιφερειακό, αλλά και εθνικό επίπεδο (**Εικόνα 3.1**).



Εικόνα 3.1. Η δομή του υπολογιστικού εργαλείου «DREEM» [29].

3.2 Τα δομικά χαρακτηριστικά του μοντέλου

Σε αυτό το υποκεφάλαιο αναλύονται τα δομικά χαρακτηριστικά του υπολογιστικού μοντέλου «DREEM» [29].

3.2.1 Καιρικά-Κλιματικά δεδομένα (“Weather-Climate data”)

Από το παραπάνω διάγραμμα βλέπουμε ότι ο καιρός-κλίμα είναι στις παραμέτρους εισόδου του συστήματος. Τα καιρικά-κλιματικά δεδομένα είναι από τις σημαντικές παραμέτρους του υπολογιστικού εργαλείου, καθώς η επιρροή του στη ενεργειακή ζήτηση του νοικοκυριού αλλά και γενικότερα του κτιρίου είναι καθοριστική στον προσδιορισμό της τελικής κατανάλωσης. Το «DREEM» λαμβάνει ιστορικά δεδομένα και παραμετροποιείται έτσι ώστε να έχει ως αποτέλεσμα την ακτινοβολία και τη θερμοκρασία περιβάλλοντος στην γεωγραφική περιοχή που μελετάται.

3.2.2 Κτιριακό Κέλυφος (“Building envelope”)

Σημαντικός παράγοντας για την μοντελοποίηση των ενεργειακών αναγκών είναι και η θερμική συμπεριφορά των κτιρίων. Το υπολογιστικό εργαλείο «DREEM» προσομοιάζει τη θερμοδυναμική του κτιρίου βασιζόμενο στη θεωρία των μοντέλων μειωμένης τάξης («reduced (low)-order»), θεωρώντας τις θερμικές ζώνες του συστήματος ότι αποτελούνται από θερμικές αντιστάσεις και θερμοχωρητικότητες

(«RC-network») [30]. Αυτοί οι συντελεστές μεταφοράς θερμότητας, οι θερμικές αντιστάσεις και οι θερμοχωρητικότητες προσδιορίζονται από ιστορικά δεδομένα και πρότυπα για κάθε κτίριο που εξετάζεται.

3.2.3 Ζήτηση Ενέργειας (“Energy demand”)

Το δομικό στοιχείο της ζήτησης ενέργειας χωρίζεται σε τρεις υποενότητες (“modules”), σκοπός του είναι η πρόβλεψη της ενεργειακής ζήτησης λαμβάνοντας υπόψιν την συμπεριφορά-συνήθειες των καταναλωτών και την χρήση των οικιακών συσκευών. Οι τρεις υποενότητες είναι:

➤ Ποσοστό πληρότητας («Occupancy»)

Στην πρώτη υποενότητα, βάση της σύνθεσης του νοικοκυριού και τα προφίλ πληρότητας δημιουργούνται μοτίβα που περιγράφουν τη δραστηριότητα και τη συμπεριφορά όλων των μελών του νοικοκυριού. Τα μοτίβα αυτά βασίζονται σε στατιστικά και ιστορικά δεδομένα και αφορούν για παράδειγμα τις ώρες αφύπνισης, εργασίας, μαγειρέματος των μελών του νοικοκυριού κλπ. Γίνεται επίσης διαχωρισμός των μερών σε καθημερινή ή Σαββατοκύριακο, εργάσιμη μέρα ή αργία κλπ. έτσι ώστε να είναι πιο ρεαλιστικά τα φορτία αναφορικά με το χρονικό διάστημα που εμφανίζονται.

➤ Ηλεκτρικές συσκευές («Appliances»)

Στην δεύτερη υποενότητα παρουσιάζονται οι ηλεκτρικές συσκευές, οι οποίες είναι άμεσα συνδεδεμένες με την πληρότητα και την σύνθεση των νοικοκυριών. Μέσω των χρόνων χρήσης των ηλεκτρικών συσκευών δημιουργούνται τα προφίλ ενεργειακής ζήτησης για κάθε χρήστη και προκύπτουν δεδομένα για τις ώρες χρήσης μιας συσκευής, χρόνους ενεργοποίησης – απενεργοποίησης συσκευής κλπ. Τέλος μέσω της ενεργειακής ζήτησης των χρηστών υπολογίζουμε την συνολική κατανάλωση του εξεταζόμενου κτιρίου.

➤ Θέρμανση, εξαερισμός και κλιματισμός («Heating, Ventilation, Air Conditioning»)

Στην τρίτη υποενότητα παραμετροποιούνται ξεχωριστά το σύστημα θέρμανσης, ο εξαερισμός και ο κλιματισμός του εξεταζόμενου κτιρίου, δίνοντας παράλληλα την δυνατότητα να προστεθούν επιπλέον τεχνολογίες στην ανάλυση όπως για παράδειγμα οι έξυπνοι θερμοστάτες, ενισχύοντας με αυτόν τον τρόπο την ευελιξία της ενεργειακής ζήτησης.

3.2.4 Θερμική άνεση (“Thermal comfort”)

Η έννοια της θερμικής άνεσης ορίζεται ως η κατάσταση κατά την οποία η θερμοκρασία του χώρου είναι ικανοποιητική για τους χρήστες, φέροντας τους σε μια θερμοκρασιακή αρμονία. Υψηλότερες ή αντίστοιχα χαμηλότερες θερμοκρασίες στο χώρο θα προκαλέσουν την δυσαρέσκεια των χρηστών και θα τους αναγκάζανε σε κατανάλωση ενέργειας. Επομένως, καταλαβαίνουμε πόσο σημαντικός παράγοντας είναι η θερμική άνεση στην συνολική κατανάλωση ενέργειας του οικιακού τομέα.

Στο υπολογιστικό εργαλείο «DREEM» το αποδεκτό θερμοκρασιακό εύρος για το οποίο υπάρχει θερμική άνεση στους κατοίκους καθορίζεται από την διεθνή βιβλιογραφία. Συγκεκριμένα τα θερμικά αυτά όρια έχουν προκύψει από μαθηματικά μοντέλα που βασίζονται σε εργαστηριακές έρευνες. Σύμφωνα με την θεωρία του Fanger το θερμοκρασιακό εύρος στο οποίο οι άνθρωποι ανεξαρτήτως φυλής, φύλου και ηλικίας νιώθουν ευχάριστα καθορίζεται από τον δείκτη «PMV» («Predicted Mean Vote»). Ο δείκτης «PMV» περιλαμβάνει τέσσερις μεταβλητές του περιβάλλοντος τη θερμοκρασία, την υγρασία, τη μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας και την ταχύτητα του αέρα. Επίσης, περιλαμβάνει δυο ατομικές μεταβλητές, τον μεταβολισμό και τη μόνωση λόγω ρουχισμού. Παρακάτω (Πίνακας 3.1) παρουσιάζονται οι διαφορετικές κατηγορίες θερμικής άνεσης ανάλογα με το εύρος θερμοκρασίας σε σχέση με το δείκτη «PMV» [31].

Πίνακας 3.1. Δείκτης «PMV» θερμικής άνεσης [31].

Κατηγορία	Εύρη Δείκτη «PMV»	Επεξήγηση
I	$-0.2 < PMV < +0.2$	Υψηλές προσδοκίες: Προτείνεται για χώρους όπου κατοικούν ευαίσθητες ομάδες με ιδιαίτερες απαιτήσεις
II	$-0.5 < PMV < +0.5$	Κανονικές προσδοκίες: Χρησιμοποιείται για νέα και ανακαινισμένα Κτίρια
III	$-0.7 < PMV < +0.7$	Αποδεκτές, μέτριες προσδοκίες: Χρησιμοποιείται για τα υπάρχοντα Κτίρια
IV (A)	$-1 < PMV < +1$	Οριακές προσδοκίες: Τιμές που είναι αποδεκτές μόνο για περιορισμένο χρονικό διάστημα εντός μια ημέρας
IV (B)	$PMV < -1$ ή $PMV > +1$	Μη αποδεκτές προσδοκίες: Τιμές εκτός των παραπάνω κριτηρίων , γίνονται αποδεκτές για πού περιορισμένο χρονικό διάστημα εντός ενός έτους

Κεφάλαιο 4: Εφαρμογή του μεθοδολογικού πλαισίου για την μελέτη σεναρίων ενεργειακής μετάβασης

4.1 Εισαγωγή

Η Ελλάδα αποτελείται από 13 διοικητικές περιφέρειες η μεγαλύτερη εκ των οποίων, βάσει πληθυσμού, είναι η περιφέρεια Αττικής. Η περιφέρεια Αττικής συγκεντρώνει τον μεγαλύτερο πληθυσμό της χώρας και θεωρείται η πιο πυκνοκατοικημένη περιφέρεια της Ελλάδας, καθώς σε αυτήν συγκεντρώνεται το 1/3 του συνολικού πληθυσμού της χώρας, το οποίο αντιστοιχεί σε 3.828.434 κατοίκους. Ενώ η συνολική έκταση της χώρας είναι 3808 km². Η Αττική διαιρείται με τη σειρά της σε 8 περιφερειακές ενότητες, οι οποίες περιφερειακές ενότητες διαιρούνται αντίστοιχα σε δήμους [32].

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετώνται σενάρια ενεργειακής μετάβασης σε μία από τις περιφερειακές ενότητες της Αττικής, συγκεκριμένα μελετάται η Π.Ε. Πειραιά. Επίσης, γίνεται και μια πιο μικροσκοπική μελέτη σε επίπεδο δήμου, ο δήμος που επιλέχθηκε για να γίνει η μελέτη των σεναρίων ενεργειακής μετάβασης είναι ο δήμος Μοσχάτου - Ταύρου.

Η Π.Ε. Πειραιώς αποτελείται από 448.997 κατοίκους, η πυκνότητα πληθυσμού της ανέρχεται στα 8905,67 κάτοικοι ανά km² και κατέχει έκταση 50,41 km². Η Π.Ε. Πειραιώς χωρίζεται σε 5 δήμους: στον δήμο Πειραιά, δήμο Κερατσινίου- Δραπετσώνας, δήμο Κορυδαλλού, δήμος Νίκαιας-Αγίου Ιωάννη Ρέντη και δήμος Περάματος, έδρα της Π.Ε. είναι ο Πειραιάς [33].

Ο δήμος Μοσχάτου-Ταύρου εντάσσεται στην περιφερειακή ενότητα του νότιου τομέα Αθηνών και αποτελεί την συνένωση των παλιότερων δήμων Μοσχάτου και Ταύρου. Ο πληθυσμός του ανέρχεται στους 40.413 κατοίκους και η έκτασή του είναι 5,24 km², έδρα του δήμου είναι το Μοσχάτο [34].

4.2 Παραμετροποίηση του «DREEM»

Στην παρακάτω υποενότητα γίνεται παραμετροποίηση του υπολογιστικού εργαλείου «DREEM», καθώς επίσης περιγράφεται και ο τρόπος εφαρμογής του στην μελέτη των σεναρίων ενεργειακής μετάβασης και στην μοντελοποίηση της ενεργειακής ζήτησης, που γίνεται για τα νοικοκυριά της Π.Ε. Πειραιώς και του δήμου Μοσχάτου -Ταύρου. Αναλυτικά για κάθε στοιχείο- υποομάδα έχουμε τα εξής:

4.2.1 Καιρός- Κλίμα

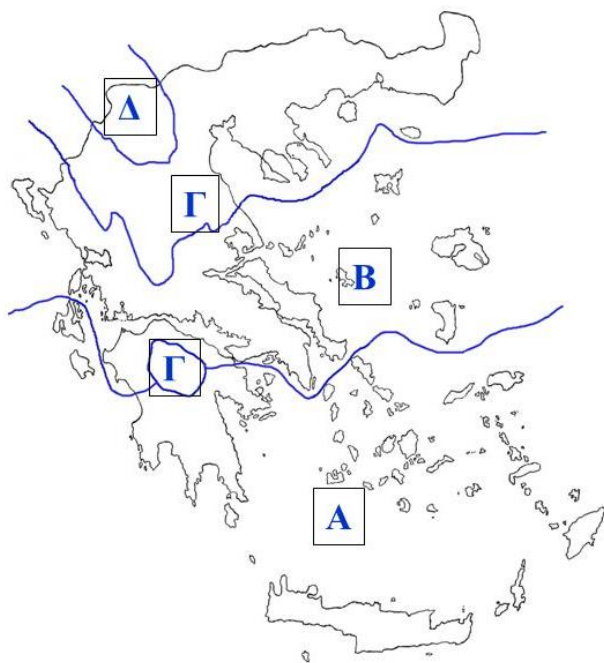
Στοιχείο παραμετροποίησης του υπολογιστικού εργαλείου «DREEM» αποτελούν τα καιρικά – κλιματικά δεδομένα. Τα καιρικά δεδομένα της ελληνικής επικράτειας διαφοροποιούνται ανάλογα με τις γεωγραφικές περιοχές. Συγκεκριμένα, η Ελλάδα χωρίζεται σε 4 κλιματικές ζώνες. Σε κάθε μια από τις οποίες, οι περιοχές που εντάσσονται έχουν παρόμοιο κλίμα. Ο διαχωρισμός γίνεται ανάλογα με τις βαθμομέρες θέρμανσης [35]. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι 4 κλιματικές ζώνες της Ελλάδας καθώς και οι νόμοι που εντάσσονται σε καθεμία από αυτές (**Πίνακας 4.1**).

Πίνακας 4.1. Κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα [35].

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ	ΝΟΜΟΣ
ΖΩΝΗ Α	Ηράκλειο, Χανιά, Ρέθυμνο, Λασιθί, Κυκλάδες, Δωδεκάνησα, Σάμος, Μεσσηνία, Λακωνία, Αργολίδα, Ζάκυνθος, Κεφαλονιά, Ιθάκη
ΖΩΝΗ Β	Κορινθία, Ηλεία, Αχαΐα, Αιτωλοακαρνανία, Φθιώτιδα, Φωκίδα Βοιωτία, Εύβοια Μαγνησία, Σποράδες Λέσβος Χίος Κέρκυρα, Λευκάδα, Πρέβεζα, Άρτα, Αττική Θεσπρωτία
ΖΩΝΗ Γ	Αρκαδία, Ευρυτανία, Ιωάννινα, Λάρισα, Καρδίτσα, Τρίκαλα, Πιερία, Πέλλα, Θεσσαλονίκη, Κιλκίς, Χαλκιδική, Σέρρες, Καβάλα, Δράμα
ΖΩΝΗ Δ	Γρεβενά, Κοζάνη, Καστοριά, Φλώρινα, Ημαθία, Θάσος

Ακολουθεί στην **Εικόνα 4.1** η σχηματική απεικόνιση των κλιματικών ζωνών της ελληνικής επικράτειας σύμφωνα με τον Κ.ΕΝ.Α.Κ στο Χάρτη της Ελλάδας.

ΚΕΝΑΚ - ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ



Εικόνα 4.1. Κλιματικές ζώνες ελληνικής επικράτειας κατά Κ.ΕΝ.Α.Κ [36].

Τα καιρικά δεδομένα που επικρατούν σε κάθε κλιματική ζώνη εντάσσονται στο υπολογιστικό εργαλείο μέσω της βάσης δεδομένων του Παγκόσμιου Μετεωρολογικού Οργανισμού (“World Meteorological

Organisation”, “WMO”) [37]. Τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται είναι από τις «Τυπικές Μετεωρολογικές Χρονιές», σε ωριαία βάση και έχουν σχηματιστεί για ολοκληρωμένα έτη. Τα δεδομένα για κάθε κλιματική ζώνη επιλέγονται της τον κοντινότερο σταθμό της περιοχής μελέτης.

Τόσο η Π.Ε. Πειραιά όσο και ο δήμος Μοσχάτου-Ταύρου, που αποτελούν το αντικείμενο μελέτης της παρούσας διπλωματικής εργασίας, ανήκουν στην περιφέρεια Αττικής. Όπως βλέπουμε από τον πίνακα (Πίνακας 4.1) και σχηματικά από την **Εικόνα 4.1** η περιφέρεια Αττικής εντάσσεται στην κλιματική ζώνη Β. Τα δεδομένα που επιλέχθηκαν για τις εξεταζόμενες περιοχές αντιστοιχούν στην πόλη της Αθήνας και αφορούν τα έτη, 2004-2018.

4.2.2 Κέλυφος Κτιρίου

Το κέλυφος κτιρίου είναι από τα βασικά στοιχεία παραμετροποίησης του υπολογιστικού εργαλείου, για την μοντελοποίηση της ενεργειακής ζήτησης των κατοικιών. Δεδομένα που αφορούν το κτιριακό κέλυφος χρησιμοποιούμε από το ευρωπαϊκό διαδικτυακό εργαλείο “TABULA” [38]. Το “TABULA” είναι βάση δεδομένων που περιέχει στοιχεία για τους τύπους κτιρίων σε εθνικό επίπεδο, για διαφορετικές ευρωπαϊκές χώρες.

Το βασικότερο στοιχείο που θέλουμε να γνωρίζουμε για τα κτίρια στις εξεταζόμενες περιοχές είναι η περίοδος κατασκευής τους. Συγκεκριμένα, η περίοδος της κατασκευής ενός κτιρίου το χαρακτηρίζει ως προς τον κτιριακό έλεγχο, τον βαθμό θερμομόνωσης και το είδος των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων που υπάρχουν σε αυτό. Στην Ελλάδα ο κτιριακός τομέας χωρίζεται από τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.ΕΝ.Α.Κ) σε 4 κατηγορίες, ανάλογα με την χρονική περίοδο της κατασκευής τους. Οι κατηγορίες είναι οι εξής:

- Κτισμένες κατοικίες πριν το 1980.
- Κτισμένες κατοικίες από το 1981 έως και το 2000.
- Κτισμένες κατοικίες από το 2001 έως και το 2010.
- Κτισμένες κατοικίες μετά το 2011.

Στην πρώτη κατηγορία που εντάσσονται οι κτισμένες κατοικίες πριν το 1980, αφορούν κυρίως μη μονωμένες κατοικίες καθώς σε αυτήν την χρονική περίοδο δεν ίσχυε ο Κανονισμού Θερμομόνωσης Κτιρίων στην Ελλάδα (ΚΘΚ). Στην δεύτερη κατηγορία, όπου εντάσσονται οι κτισμένες κατοικίες από το 1981 έως και το 2000 θεωρούμε ότι περιλαμβάνονται οι μερικώς μονωμένες κατοικίες. Καθώς ο ΚΘΚ δεν εφαρμοζόταν πλήρως, όπως προέβλεπε η νομοθεσία. Στην τρίτη κατηγορία όπου έχουμε τις κατοικίες που χτίστηκαν από του 2001 έως το 2010, θεωρούνται ότι είναι πλήρως μονωμένες βάση του ΚΘΚ. Οι κατοικίες οι οποίες χτίστηκαν μετά το 2011 και κατατάσσονται στην τέταρτη κατηγορία θεωρούνται πλήρως μονωμένες κατά ΚΕΝΑΚ, αυτό σημαίνει ότι έχουν εφαρμοστεί όλες οι σύγχρονες μέθοδοι και υλικά που φέρουν το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα μόνωσης [39].

Για την Π.Ε. Πειραιά και τον δήμο Μοσχάτου-Ταύρου λαμβάνουμε δεδομένα για την περίοδο κατασκευής των κατοικιών από δημογραφικά στοιχεία του 2011, όπου τα στοιχεία ανά δήμο, τα ανάγουμε σε στοιχεία που αφορούν την περίοδο 2019. Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζεται ο αριθμός των νοικοκυριών ανά περίοδο κατασκευής, **Πίνακας 4.2** για την Π.Ε. Πειραιά και **Πίνακας 4.3** για τον δήμο Μοσχάτου-Ταύρου.

Πίνακας 4.2. Κατανομή Νοικοκυριών ανά περίοδο κατασκευής – Π.Ε. Πειραιά.

Περίοδος κατασκευής	Αριθμός κατοικιών
---------------------	-------------------

Πριν το 1980	109.760
1981-2000	59.485
2001-2011	27.437
2012 και μετά	1.413
Σύνολο	198.095

Πίνακας 4.3. Κατανομή Νοικοκυριών ανά περίοδο κατασκευής – Δήμος Μοσχάτου-Ταύρου.

Περίοδος κατασκευής	Αριθμός κατοικιών
Πριν το 1980	9.929
1981-2000	5.381
2001-2011	2.482
2012 και μετά	128
Σύνολο	17.919

4.2.3 Ενεργειακή Ζήτηση

Η ενεργειακή ζήτηση, όπως είδαμε και σε προηγούμενο κεφάλαιο αποτελεί στοιχείο εισόδου του υπολογιστικού εργαλείου «DREEM». Η ενεργειακή ζήτηση καθορίζεται από την πληρότητα, της ηλεκτρικές συσκευές και την θέρμανση-εξαερισμό-κλιματισμό.

Για την παραμετροποίηση της ενεργειακής ζήτησης βασικό στοιχείο είναι να υπολογιστεί ο αριθμός των μελών που υπάρχουν σε κάθε νοικοκυριό. Ο υπολογισμός των αριθμών μελών ανά νοικοκυριό γίνεται βάση των δεδομένων από την Έρευνα Οικογενειακών Προϋπολογισμών (ΕΟΠ) 2019 – (αριθμός μελών) [40]. Στο ΕΟΠ 2019 αντλούμε δεδομένα για την περιφέρεια Αττικής, τα οποία τα ανάγουμε σε δεδομένα για την Π.Ε. Πειραιά και για τον Δήμο Μοσχάτου – Ταύρου ταξινόμηση νοικοκυριών ανά αριθμό μελών για τις εξεταζόμενες περιοχές παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες (**Πίνακας 4.4** και **Πίνακας 4.5**).

Πίνακας 4.4. Κατανομή Νοικοκυριών με βάση τον αριθμό μελών – Π.Ε. Πειραιά.

Μέλη	Νοικοκυριά
1	53.927
2	55.278
3	41.479
4+	47.412α
Σύνολο	198.095

Πίνακας 4.5. Κατανομή Νοικοκυριών με βάση τον αριθμό μελών – Δήμος Μοσχάτου -Ταύρου.

Μέλη	Νοικοκυριά
1	4.878
2	5.000
3	3.752
4+	4.289
Σύνολο	17.919

Χρησιμοποιώντας τις παραπάνω πληροφορίες, γίνεται ταξινόμηση των νοικοκυριών βάσει του αριθμού μελών, της περιόδου κατασκευής των κτιρίων, του αριθμού των εργαζομένων/ανέργων/μη οικονομικά ενεργών (παιδιά και ηλικιωμένοι) και τα προφίλ πληρότητας. Στα πλαίσια ανάλυσης της παρούσας διπλωματικής εργασίας προκύπτουν συνολικά 14 σενάρια μοντελοποίησης ενεργειακής ζήτησης του οικιακού τομέα στην Π.Ε. Πειραιά, καθώς και επίσης 14 σενάρια μοντελοποίησης ενεργειακής ζήτησης στον οικιακό τομέα για τον δήμο Μοσχάτου-Ταύρου. Τα σενάρια παρουσιάζονται παρακάτω **Πίνακας 4.6** και **Πίνακας 4.7**.

Πίνακας 4.6. Προφίλ Νοικοκυριών Π.Ε. Πειραιά.

Κλιματική Ζώνη	Μέλη	Νοικοκυριά από ΕΟΠ 2019	Περίοδος κατασκευής	Εργαζόμενοι	Μη οικονομικά ενεργοί/ Άνεργοι	Προφίλ πληρότητας
B	1	29.880	έως 1980	1	0	Ένας εργαζόμενος (25-74)
	1	16.193	1981-2000	0	1	Ένας ηλικιωμένος (65+)
	1	7.854	2000 και μετά	0	1	Ένας ηλικιωμένος (65+)
	2	30.628	έως 1980	0	2	Δύο ηλικιωμένοι (65+)
	2	16.599	1981-2000	1	1	Ένας εργαζόμενος (25-74) Ένα παιδί (15-24)
	2	8.051	2000 και μετά	2	0	Δύο εργαζόμενοι (25-74)
	3	22.982	έως 1980	3	0	Τρεις εργαζόμενοι (25-74)
	3	9.955	1981-2000	1	2	Ένας εργαζόμενος (25-74) Ένας άνεργος (25-74) Ένα παιδί (8-16)
	3	2.500	1981-2001	1	2	Ένας εργαζόμενος (25-74) Δύο παιδιά (8-16)
	3	6.041	2000 και μετά	2	1	Δύο εργαζόμενοι (25-74) Ένα παιδί (8-16)
	4+	26.270	έως 1980	2	2	Δύο εργαζόμενοι (25-74) Δύο παιδιά (15-24)
	4+	11.637	1981-2000	1	3	Ένας εργαζόμενος (25-74) Ένας άνεργος (25-74) Δύο παιδιά (8-16)
	4+	2.600	1981-2001	2	3	Δύο εργαζόμενοι (25-74) Τρία παιδιά (8-16)
	4+	6.905	2000 και μετά	2	2	Δύο εργαζόμενοι (25-74) Δύο παιδιά (8-16)

Πίνακας 4.7. Προφίλ Νοικοκυριών Δήμου Μοσχάτου – Ταύρου.

Κλιματική Ζώνη	Μέλη	Νοικοκυριά από ΕΟΠ 2019	Περίοδος κατασκευής	Εργαζόμενοι	Μη οικονομικά ενεργοί/ Άνεργοι	Προφίλ πληρότητας
B	1	2.703	έως 1980	1	0	Ένας εργαζόμενος (25-74)
	1	1.465	1981-2000	0	1	Ένας ηλικιωμένος (65+)
	1	710	2000 και μετά	0	1	Ένας ηλικιωμένος (65+)
	2	2.771	έως 1980	0	2	Δύο ηλικιωμένοι (65+)
	2	1.501	1981-2000	1	1	Ένας εργαζόμενος (25-74) Ένα παιδί (15-24)
	2	728	2000 και μετά	2	0	Δύο εργαζόμενοι (25-74)
	3	2.079	έως 1980	3	0	Τρεις εργαζόμενοι (25-74)
	3	902	1981-2000	1	2	Ένας εργαζόμενος (25-74) Ένας άνεργος (25-74) Ένα παιδί (8-16)
	3	225	1981-2001	1	2	Ένας εργαζόμενος (25-74) Δύο παιδιά (8-16)
	3	546	2000 και μετά	2	1	Δύο εργαζόμενοι (25-74) Ένα παιδί (8-16)
	4+	2.376	έως 1980	2	2	Δύο εργαζόμενοι (25-74) Δύο παιδιά (15-24)
	4+	1.063	1981-2000	1	3	Ένας εργαζόμενος (25-74) Ένας άνεργος (25-74) Δύο παιδιά (8-16)
	4+	225	1981-2001	2	3	Δύο εργαζόμενοι (25-74) Τρία παιδιά (8-16)
	4+	625	2000 και μετά	2	2	Δύο εργαζόμενοι (25-74) Δύο παιδιά (8-16)

Η ενεργειακή κατανάλωση που προέρχεται από τις ηλεκτρικές συσκευές προσδιορίζεται βάση δεδομένων που αντλούμε από το ΕΟΠ 2019 της ΕΛΣΤΑΤ και αφορούν την ονομαστική ισχύ ανάλογα με το είδος της συσκευής, τα ποσοστά κτήσης ανά περιφέρεια, καθώς και την χρήση τους σε ώρες ανά ημέρα. Ακολουθούν ο **Πίνακας 4.8** και **Πίνακας 4.9** στους οποίους παρουσιάζονται τα δεδομένα αυτά.

Πίνακας 4.8. Ποσοστό κτήσης και ονομαστική ισχύ Συσκευών Μαγειρέματος στην Περιφέρεια Αττικής.

Συσκευές Μαγειρέματος	Ποσοστά Κτήσης (%)	Ονομαστική Ισχύς (W)
Εστίες	96,02%	1.600
Ηλεκτρικός Φούρνος	90,29%	2.150
Φούρνος Μικροκυμάτων	61,22%	1.150
Τοστιέρα	79,10%	1.300
Καφετιέρα	49,44%	1.100
Βραστήρας	61,59%	1.250
Απορροφητήρας	95,12%	100

Πίνακας 4.9. Ποσοστά υπόλοιπων οικιακών συσκευών στα νοικοκυριά της Περιφέρειας Αττικής.

Υπόλοιπες Ηλεκτρικές Συσκευές	Ποσοστά Κτήσης (%)	Ονομαστική Ισχύς (W)
Ψυγιοκαταψύκτης	70,29%	150
Πλυντήριο πιάτων	41,01%	1.350
Πλυντήριο ρούχων	98,04%	500
Σίδερο	96,66%	1.000
Ηλεκτρική σκούπα	87,32%	450
Τηλεόραση	100,00%	100
DVD ή VCR	41,70%	40
Home Cinema	10,72%	200
Στέρεο	40,74%	24
Ηλεκτρονικός Υπολογιστής	74,38%	300
Περιφερειακές συσκευές (εκτυπωτής, σαρωτής κ.λπ.)	13,47%	50
Συσκευές Διαδικτύου (router, κ.λπ.)	74,38%	10
Ηλεκτρικός λέβητας θέρμανσης	64,77%	4.000
Κονσόλες βιντεοπαιχνιδιών	11,67%	160

Έχοντας έως δεδομένο το ποσοστό κυριότητας των ηλεκτρικών συσκευών και σε συνδυασμό με τα προφίλ και τον αριθμό των μελών ανά νοικοκυριό, δημιουργούμε τα ενεργειακά προφίλ των νοικοκυριών καθώς και τις ώρες χρήσης των ηλεκτρικών συσκευών. Ο **Πίνακας 4.10** παρουσιάζει ένα ενδεικτικό ενεργειακό προφίλ ενός νοικοκυριού της περιφέρειας Αττικής.

Πίνακας 4.10. Ώρες Χρήσης Ηλεκτρικών συσκευών Μέσου Χρήστη- στην Περιφέρεια Αττικής.

Ηλεκτρικές Συσκευές	Ώρες χρήσης/ημέρα
Εστίες	1,31
Ηλεκτρικός Φούρνος	0,37
Φούρνος Μικροκυμάτων	0,31
Τοστιέρα	0,07
Καφετιέρα	0,33
Βραστήρας	0,25
Απορροφητήρας	1,33
Ψυγιοκαταψύκτης	24,00
Πλυντήριο πιάτων	1,25
Πλυντήριο ρούχων	0,67
Σίδερο	0,42
Ηλεκτρική σκούπα	0,45
Τηλεόραση	6,11
DVD ή VCR	0,39
Στέρεο	0,28
Ηλεκτρονικός Υπολογιστής	4,24
Περιφερειακές συσκευές (εκτυπωτής, σαρωτής κ.λπ.)	0,40
Συσκευές Διαδικτύου (router, κ.λπ.)	24,00
Κονσόλες βιντεοπαιχνιδιών	0,56

Τέλος εξετάστηκε η συμμετοχή του συστήματος θέρμανση-εξαερισμού-κλιματισμού στο τελικό ενεργειακό μείγμα της περιφέρειας Αττικής. Για το σύστημα θέρμανσης στα δεδομένα της ΕΟΠ 2019 καταγράφονται 20 διαφορετικά συστήματα θέρμανσης, τα οποία τα διαχωρίζουμε βάση του καυσίμου που χρησιμοποιείται κατά την παραγωγή ενέργειας. Έτσι προκύπτουν 4 διαφορετικές τεχνολογίες θέρμανσης, οι οποίες είναι η θέρμανση από καυστήρα πετρελαίου, καυστήρα φυσικού αερίου, καυστήρα βιομάζας και τεχνολογίες ηλεκτρισμού. Το ποσοστό κτίσης των προαναφερθέντων τεχνολογιών θέρμανσης παρουσιάζεται παρακάτω, **Πίνακας 4.11.**

Πίνακας 4.11. Συστήματα Θέρμανσης κατοικιών.

Σύστημα Θέρμανσης κατοικιών	Ποσοστά Κτίσης(%)
Καυστήρας πετρελαίου	51,35%
Καυστήρας φυσικού αερίου	16,23%
Καυστήρας βιομάζας	1,86%
Τεχνολογίες ηλεκτρισμού	65,84%

Ενώ για το σύστημα ψύξης των κατοικιών θεωρούμε ότι χρησιμοποιούνται κλιματιστικές μονάδες διαχωρισμένου τύπου (“split unit”) με ονομαστική ισχύ 5kW και βαθμό απόδοσης (“Coefficient of Performance, COP”), ίσο με “COP”= 3,5 [41].

4.2.4 Θερμική άνεση

Η εφαρμογή του υπολογιστικού εργαλείου «DREEM» έγινε με την προϋπόθεση πώς η ψύξη και η θέρμανση των κατοικιών πληρούν τα όρια θερμικής άνεσης που θέτουν τα διεθνή πρότυπα.

4.3 Σενάρια ενεργειακής μετάβασης

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας μελετάμε δύο σενάρια ενεργειακής μετάβασης. Το **Βασικό Σενάριο** βασίζεται περισσότερο στους στόχους που θέτει το ΕΣΕΚ, ενώ το **Σενάριο Πολιτικής** βασίζεται περισσότερο στις τελευταίες προτάσεις που έχει θέσει η Ε.Ε. μέσω του πακέτου “Fit-for-55” Ακολουθεί αναλυτική περιγραφή των 2 σεναρίων που χρησιμοποιήσαμε για την μοντελοποίηση της ενεργειακής ζήτησης στην Π.Ε. Πειραιά και στον δήμο Μοσχάτου-Ταύρου.

➤ Σενάριο 1 - Βασικό Σενάριο:

Το **Βασικό Σενάριο** μελετά την μεγαλύτερη διείσδυση τεχνολογιών φυσικού αερίου στην θέρμανση των κατοικιών, όπως αυτό προβλέπεται από το ΕΣΕΚ για το 2030. Επίσης, έχουμε ετήσια αύξηση των αντλιών θερμότητας ώστε έως το 2030 να έχουν αυξηθεί κατά 300%. Παράλληλα, μελετώνται και οι ενεργειακές ανακαινίσεις στις κατασκευασμένες κατοικίες πριν το 2000, ο αριθμός των ανακαινισμένων κτιρίων φτάνει τις 120.000 ανά έτος σε εθνικό επίπεδο, το οποίο αντιστοιχεί σε ποσοστό 2% των κτιρίων ανά έτος. Οι παραπάνω παρεμβάσεις συνεχίζονται έως το έτος 2040.

➤ Σενάριο 2 – Σενάριο Πολιτικής:

Το **Σενάριο Πολιτικής** ακολουθεί την ίδια λογική έως το έτος 2030 με αυτήν του **Βασικού Σεναρίου**. Από το 2030 και μετά έχουμε την σταδιακή διακοπή διείσδυσης τεχνολογιών φυσικού αερίου. Συγκεκριμένα, στο χρονικό διάστημα 2031-2035 οι νέοι λέβητες φυσικού αερίου που θα εισέρχονταν στο σύστημα βάσει του **Βασικού Σεναρίου**, αντικαθίστανται από αντλίες θερμότητας. Ενώ στο χρονικό διάστημα 2036-2040 πραγματοποιείται και απεγκατάσταση των υφιστάμενων καυστήρων φυσικού αερίου με αντλίες θερμότητας. Τέλος, οι ενεργειακές ανακαινίσεις ακολουθούν τον ίδιο ρυθμό που ακολουθούσαν και στο **Βασικό Σενάριο**.

Πίνακας 4.12. Μεταβολή διείσδυσης καυστήρων φυσικού αερίου και αντλιών θερμότητας στο μείγμα ενεργειακής κατανάλωσης των νοικοκυριών στο **Βασικό Σενάριο** μελέτης και στο **Σενάριο Πολιτικής**.

2022-2030	2031-2035	2036-2040
-----------	-----------	-----------

Βασικό Σενάριο	Προσθήκη καυστήρων φυσικού αερίου και αντλιών θερμότητας με κατάλληλο ετήσιο ρυθμό.	Συνέχιση προσθήκης καυστήρων φυσικού αερίου και αντλιών θερμότητας με τον ίδιο ρυθμό ανά έτος, της χρονικής περιόδου 2022-2030.	
Σενάριο Πολιτικής	Προσθήκη καυστήρων φυσικού αερίου και αντλιών θερμότητας με τον ίδιο ρυθμό που γίνεται στο Βασικό Σενάριο.	Παύση προσθήκης νέων καυστήρων φυσικού αερίου και προσθήκη επιπλέον αντλιών θερμότητας που αντιστοιχούν στους καυστήρες φυσικού αερίου που επρόκειτο να προστεθούν αλλά δεν προστέθηκαν.	Απεγκατάσταση καυστήρων φυσικού αερίου με κατάλληλο ρυθμό και προσθήκη επιπλέον αντλιών θερμότητας που αντιστοιχούν στους καυστήρες φυσικού αερίου που απεγκαθίστανται.

Για καθένα από τα εξεταζόμενα σενάρια μελετάται η περίπτωση εισαγωγής των κτιρίων σε παράλληλο σύστημα εμπορίας αδειών εκπομπών όπως αυτό προβλέπεται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Στην ουσία η Ευρώπη αποσκοπώντας στην επίτευξη των στόχων που έχει θέσει για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, διαμορφώνονται 2 περιπτώσεις εξέλιξης της τιμής εκπομπών CO₂. Στην πρώτη περίπτωση η τιμή της άδειας εκπομπών CO₂ παραμένει σταθερή στα 30 €/t CO₂, ενώ στην δεύτερη περίπτωση η τιμή της άδειας εκπομπών μεταβάλλεται την χρονική περίοδο 2020-2040. Συγκεκριμένα, η μεταβολή της τιμής είναι 30 €/t CO₂ την χρονική περίοδο 2022-2025, από το διάστημα 2026-2030 η τιμή κοστολογείται 50 €/t CO₂, ενώ στο διάστημα 2030-2040 η τιμή φτάνει τα 100 €/t CO₂ [42].

4.4 Παραδοχές

Προκειμένου να μελετήσουμε το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των διαφόρων σεναρίων όπως και το κόστος που προκύπτει από την εφαρμογή τους, χρειάζεται να εκτιμηθεί η τιμή του συντελεστή εκπομπών CO₂ στην ηλεκτροπαραγωγή της μακροχρόνια στρατηγική 2050. Η εξέλιξη της τιμής του συντελεστή εκπομπών CO₂ στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας απεικονίζεται παρακάτω (Πίνακας 4.13).

Πίνακας 4.13. Ανθρακικό αποτύπωμα στην ηλεκτροπαραγωγή [24].

Γραμμάρια CO ₂ /kWh	2015	2030		2040		2050		
		ΕΣΕΚ-2030	ΕΣΕΚ-2050	EE2	NC2	EE1.5	NC1.5	
Σύνολο ηλεκτροπαραγωγής	600	112	58	40	3	10	-5	-3
Θερμικοί Σταθμοί	821	252	191	150	17	59	-27	-18
Βιομηχανικοί Λέβητες	208	128	118	70	41	13	1	0

Από τις παραπάνω προβλέψεις προκύπτει και η εξέλιξη του συντελεστή εκπομπών CO₂ σε ετήσια βάση για το χρονικό διάστημα 2022-2040. Οι τιμές αυτές παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4.14).

Πίνακας 4.14. Εκτίμηση μεταβολής ετήσιου συντελεστή εκπομπών CO₂ στην ηλεκτροπαραγωγή.

Ελλάδα		
Έτος	Συντελεστής Εκπομπών (tnCO ₂ /kWh)	Συντελεστής Εκπομπών (tnCO ₂ /ktoe)
2022	0,000476	5.535
2023	0,000430	5.006
2024	0,000385	4.476
2025	0,000339	3.947
2026	0,000294	3.418
2027	0,000248	2.889
2028	0,000203	2.360
2029	0,000157	1.831
2030	0,000112	1.301
2031	0,000107	1.240
2032	0,000101	1.177
2033	0,000096	1.114
2034	0,000090	1.051
2035	0,000085	989
2036	0,000080	926
2037	0,000074	863
2038	0,000069	800
2039	0,000063	737
2040	0,000058	675

Ακολουθούν οι εξελίξεις τιμών των συντελεστών εκπομπής CO₂ όσον αφορά τα υπόλοιπα καύσιμα που χρησιμοποιούνται στην θέρμανση των κατοικιών. Συγκεκριμένα, παρουσιάζονται οι συντελεστές εκπομπής CO₂ για το πετρέλαιο θέρμανσης, το φυσικό αέριο και την βιομάζα. Κάθε χρόνο η Ελλάδα υποβάλλει στη γραμματεία Σύμβασης των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή [43] την εθνική έκθεση απογραφής (“National Inventory Report”), οι συντελεστές εκπομπών CO₂ προκύπτουν από αυτήν την διαδικασία και θεωρούμε ότι δεν μεταβάλλονται στο χρονικό διάστημα μελέτης 2022-2040.

Πίνακας 4.15. Συντελεστές εκπομπών CO₂ για καύσιμα θέρμανσης:

Συντελεστής Εκπομπών (tn CO ₂ /ktoe)	
Πετρέλαιο Θέρμανσης	2.821,07
Φυσικό Αέριο	2.332,47
Βιομάζα	2.337,07

Στα πλαίσια της μελέτης ενεργειακής μετάβασης εξετάζοντας τα 2 προαναφερθέντα σενάρια είναι σημαντικό να αναφερθούμε και στην οικονομική αποτίμηση, συγκρίνοντας με αυτόν τον τρόπο τα σενάρια μεταξύ τους. Σημαντικό είναι το κόστος εγκατάστασης των διαφόρων τεχνολογιών που εκτιμώνται ότι θα χρησιμοποιηθούν έως το 2040. Η εξέλιξη του κόστους εγκατάστασης από την χρονική περίοδο 2022 έως 2040 φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα. Οι τιμές που χρησιμοποιούνται βασίζονται στην βιβλιογραφία καθώς και σε εκτιμήσεις αντίστοιχων οργανισμών και ερευνών. Συγκεκριμένα, η εξέλιξη της τιμής των αντλιών θερμότητας και των καυστήρων φυσικού αερίου βασίζεται σε μελέτες του ευρωπαϊκού προγράμματος “Asset” [44]. Ειδικότερα, για τις αντλίες θερμότητας βασιζόμαστε σε ανάλυση του

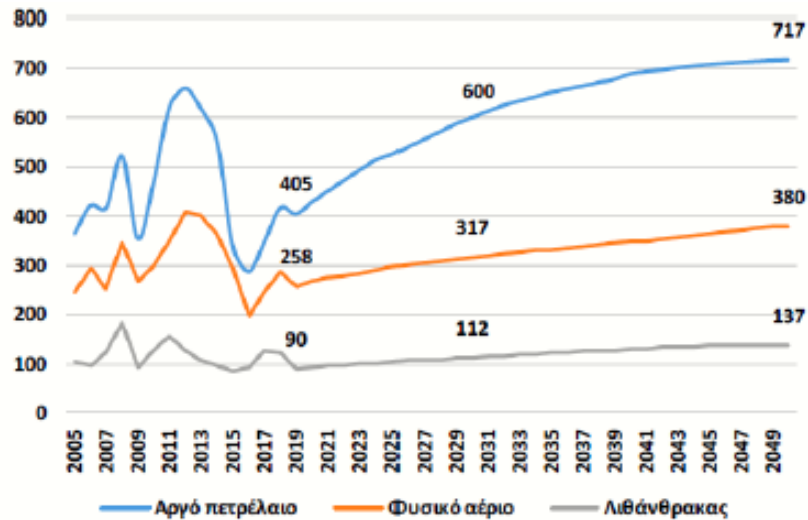
ευρωπαϊκού συνεταιρισμού αντλιών. Σύμφωνα με την οποία, έως το 2030 η τιμή των αντλιών θερμότητας θα μειωθεί κατά 36% [45]. Η βαθιά ανακαίνιση των κατοικιών εκτιμάται σε συνολικό κόστος 10.000 €, τιμή που θεωρείται σταθερή έως το 2040. Τέλος, όσον αφορά το φυσικό αέριο στο **Σενάριο Πολιτικής** που προβλέπεται η απεγκατάσταση καυστήρων φυσικού αερίου το κόστος αυτό κοστολογείται στα 1.000 €.

Ο **Πίνακας 4.16** συνοψίζει τα προαναφερθέντα κόστη.

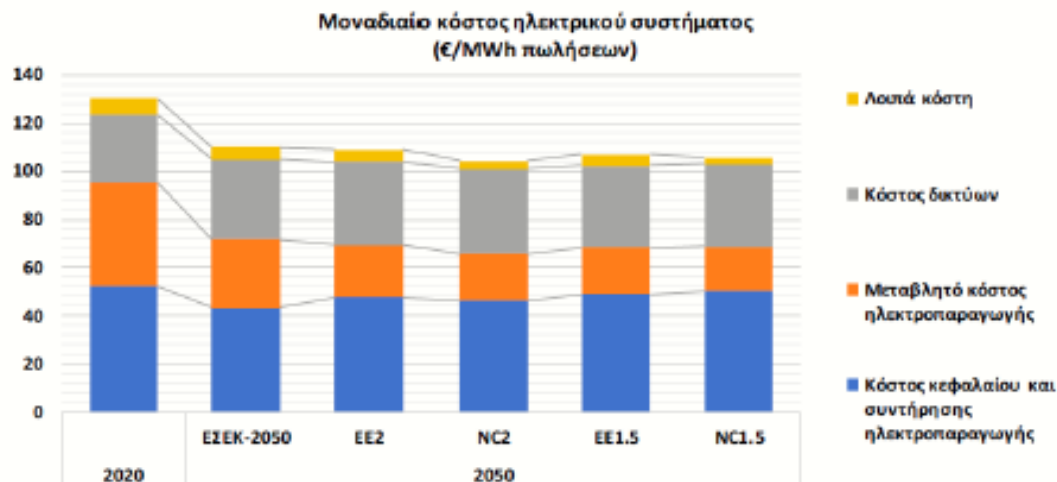
Πίνακας 4.16. Κόστος εγκατάστασης των διαφόρων τεχνολογιών.

	2022	2030	2040	(2022-2030) μείωση ανά έτος	(2030-2040) μείωση ανά έτος	Κόστος απεγκατάστασης
Αντλία Θερμότητας	12.000 €	7.680 €	4.087 €	432 €	359 €	0 €
Καυστήρας Φ.Α.	5.000 €	4.904 €	4.713 €	10 €	19 €	1.000 €
Ανακαίνιση	10.000 €	10.000 €	10.000 €	0 €	0 €	0 €

Τέλος, για την οικονομική αποτίμηση και σύγκριση των 2 σεναρίων που εξετάζουμε είναι απαραίτητο να λάβουμε υπόψη μας και την εξέλιξη των τιμών ορυκτών καυσίμων και το μοναδιαίο κόστος ηλεκτρικού συστήματος. Οι τιμές που λαμβάνουμε είναι από τις προβλέψεις της «ΜΣ-50». Στο **Διάγραμμα 4.1** και **Διάγραμμα 4.2** που ακολουθούν φαίνονται οι εξελίξεις των τιμών αυτών.



Διάγραμμα 4.1. Μεταβολή διεθνών τιμών ορυκτών καυσίμων σύμφωνα με τη «ΜΣ-50» (σε χιλιάδες ευρώ) [24].



Διάγραμμα 4.2 Μεταβολή μοναδιαίου κόστους ηλεκτρικού συστήματος σύμφωνα με τη «ΜΣ-50» [24].

Ο Πίνακας 4.17 παρουσιάζει το ενεργειακό κόστος για θέρμανση ανά καύσιμο.

Πίνακας 4.17. Εκτίμηση κόστους ενέργειας θέρμανσης [46].

Ενεργειακό Κόστος (€ /ktoe)	2022	2030	2040
Πετρέλαιο	1.638.776	2.214.562	2.430.481
Ηλεκτρισμός	2.446.952	2.336.128	2.197.597
Φυσικό Αέριο	1.660.764	1.951.305	2.145.205
Βιομάζα	712.041	712.041	712.041

4.5 Ενεργειακές Ανακαινίσεις

Τα σενάρια ενεργειακής μετάβασης που μελετώνται, τόσο το **Βασικό Σενάριο** όσο και το **Σενάριο Πολιτικής**, εκτιμάνε ότι η ενεργειακές ανακαινίσεις των κατοικιών γίνονται με διπλάσιο ρυθμό από αυτό που προβλέπει το ΕΣΕΚ. Δηλαδή, προβλέπεται οι ετήσιες ανακαινίσεις να είναι 120.000 ανά έτος σε εθνικό επίπεδο. Γίνεται η παραδοχή ότι οι κατοικίες που ανακαινίζονται ενεργειακά είναι αυτές που κατασκευάστηκαν πριν το 2000, καθώς οι νεότερες κατασκευές ακολουθούν τους νέους κανονισμούς υψηλής ενεργειακής απόδοσης. Ο Πίνακας 4.18 και ο Πίνακας 4.19 που ακολουθούν παρουσιάζουν τον ακριβή αριθμό των ενεργειακών ανακαινίσεων που γίνονται στην Π.Ε. Πειραιά και στον δήμο Μοσχάτου-Ταύρου, δηλαδή στις περιοχές που μελετώνται στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Πίνακας 4.18. Ανακαινίσεις ανά έτος στην Π.Ε. Πειραιά.

	Νοικοκυριά	Ανακαινίσεις ανά έτος
Π.Ε. Πειραιά	198.095	5.828

Πίνακας 4.19. Ανακαινίσεις ανά έτος στον Δήμο Μοσχάτου-Ταύρου.

	Νοικοκυριά	Ανακαινίσεις ανά έτος
Δήμος Μοσχάτου Ταύρου	17.919	527

4.6 Φυσικό Αέριο

Στην περιφέρεια Αττικής υπάρχει εγκατεστημένο δίκτυο διανομής φυσικού αερίου, βάση της ΕΟΠ του 2019 εκτιμάται ότι το 16,23% των νοικοκυριών που ανήκει στην περιφέρεια Αττικής έχει εγκατεστημένους καυστήρες φυσικού αερίου. Θεωρούμε ότι το ποσοστό αυτό ισχύει και στην Π.Ε. Πειραιά, καθώς και στον δήμο Μοσχάτου-Ταύρου. Στα σενάρια ενεργειακής μετάβασης προκύπτουν ότι χρειάζεται να εγκαταστήσουμε 1.413 νέους καυστήρες φυσικού αερίου ανά έτος στην Π.Ε. Πειραιά και αντίστοιχα 128 νέους καυστήρες φυσικού αερίου ανά έτος στον δήμο Μοσχάτου-Ταύρου έτσι ώστε να ικανοποιήσουμε τους στόχους του ΕΣΕΚ για την κατανάλωση (**Πίνακας 4.20** και **Πίνακας 4.21**).

Πίνακας 4.20. Καυστήρες φυσικού αερίου Π.Ε. Πειραιά.

	Καυστήρες φυσικού αερίου στην υφιστάμενη κατάσταση	Ετήσια προσθήκη καυστήρων φυσικού αερίου το 2022-2040
Π.Ε. Πειραιά	46.222	1.413

Πίνακας 4.21. Καυστήρες φυσικού αερίου στον Δήμο Μοσχάτου-Ταύρου.

	Καυστήρες φυσικού αερίου στην υφιστάμενη κατάσταση	Ετήσια προσθήκη καυστήρων φυσικού αερίου το 2022-2040
Δήμος Μοσχάτου-Ταύρου	2.908	128

Στο **Βασικό Σενάριο** το χρονικό διάστημα 2022-2030 καθώς και το χρονικό διάστημα 2030-2040 η ετήσια προσθήκη καυστήρων φυσικού αερίου είναι η ίδια. Αντιθέτως, στο **Σενάριο Πολιτικής** ενώ στο χρονικό διάστημα 2022-2030 η ετήσια αύξηση καυστήρων φυσικού αερίου είναι ίδια με το **Βασικό Σενάριο**, ωστόσο η διαφοροποίηση έγκειται στο χρονικό διάστημα 2030-2035, κατά το οποίο δεν προστίθενται επιπλέον λέβητες φυσικού αερίου. Ενώ το διάστημα 2035-2040 ξεκινάει η σταδιακή απεγκατάσταση των καυστήρων φυσικού αερίου, ενώ ταυτόχρονα γίνεται η αντικατάστασή τους με αντλίες θερμότητας. Η αντικατάσταση των καυστήρων φυσικού αερίου γίνεται με τρόπο τέτοιο ώστε να συμβαδίζει με το σενάριο ΕΣΕΚ 2050 της «ΜΣ-50» (**Πίνακας 4.22**).

Πίνακας 4.22. Μεταβολή διείσδυσης καυστήρων φυσικού αερίου στο μείγμα ενεργειακής κατανάλωσης των νοικοκυριών στο **Βασικό Σενάριο** μελέτης και στο **Σενάριο Πολιτικής**.

	2022-2030	2031-2035	2036-2040
--	-----------	-----------	-----------

Βασικό Σενάριο	Σταθερή προσθήκη καυστήρων φυσικού αερίου με κατάλληλο ετήσιο ρυθμό έτσι ώστε έως το 2030 να επιτευχθεί αύξηση 65,5% σε σχέση με το 2022.	Συνέχιση προσθήκης καυστήρων φυσικού αερίου με τον ίδιο ρυθμό ανά έτος, της χρονικής περιόδου 2022-2030.	
Σενάριο Πολιτικής	Σταθερή προσθήκη καυστήρων φυσικού αερίου με τον ίδιο ρυθμό που γίνεται στο βασικό σενάριο.	Παύση προσθήκης νέων καυστήρων φυσικού αερίου.	Απεγκατάσταση καυστήρων φυσικού αερίου.

4.7 Αντλίες Θερμότητας

Στην Π.Ε. Πειραιά βάση των στοιχείων της ΕΟΠ 2019 59.270 νοικοκυριά χρησιμοποιούν τις αντλίες θερμότητας ως μέσο θέρμανσης. Στον δήμο Μοσχάτου Ταύρου ο αντίστοιχος αριθμός νοικοκυριών είναι 5.361. Τόσο το **Βασικό Σενάριο** όσο και το **Σενάριο Πολιτικής** προβλέπει αύξηση κατά 300% έως το 2030. Η ετήσια αύξηση κατά την περίοδο 2022-2040, ώστε να επιτευχθεί ο στόχος του ΕΣΕΚ αντιστοιχεί σε 423 αντλίες θερμότητας στην Π.Ε. Πειραιά και σε 38 στον δήμο Μοσχάτο – Ταύρου.

Για κάθε μια από τις υπό εξέταση περιοχές έχουμε τους παρακάτω πίνακες (**Πίνακας 4.23** και **Πίνακας 4.24**).

Πίνακας 4.23. Καυστήρες φυσικού αερίου Π.Ε. Πειραιά.

	Αντλίες θερμότητας στην υφιστάμενη κατάσταση	Ετήσια προσθήκη αντλιών θερμότητας το 2022-2040
Π.Ε. Πειραιά	1.268	423

Πίνακας 4.24. Καυστήρες φυσικού αερίου στον Δήμο Μοσχάτου-Ταύρου.

	Αντλίες θερμότητας στην υφιστάμενη κατάσταση	Ετήσια προσθήκη αντλιών θερμότητας το 2022-2040
Δήμος Μοσχάτου-Ταύρου	115	38

Ενώ στο **Βασικό Σενάριο** θεωρούμε ότι η ετήσια αύξηση των αντλιών θερμότητας είναι σταθερή και αμετάβλητη την χρονική περίοδο 2022-2040. Στο **Σενάριο Πολιτικής** ακολουθείται διαφορετική τακτική, η οποία παρουσιάζεται αναλυτικά παρακάτω (**Πίνακας 4.25**).

Πίνακας 4.25. Μεταβολή διείσδυσης αντλιών θερμότητας στο μείγμα ενεργειακής κατανάλωσης των νοικοκυριών στο **Βασικό Σενάριο** μελέτης και στο **Σενάριο Πολιτικής**.

	2022-2030	2031-2035	2036-2040
Βασικό Σενάριο	Σταθερή προσθήκη με κατάλληλο ετήσιο ρυθμό έτσι ώστε έως το 2030 να επιτευχθεί αύξηση αντλιών θερμότητας κατά 300%.	Συνέχιση προσθήκης αντλιών θερμότητας με τον ίδιο ρυθμό ανά έτος, της χρονικής περιόδου 2022-2030.	
Σενάριο Πολιτικής	Σταθερή προσθήκη αντλιών θερμότητας με τον ίδιο ρυθμό που γίνεται στο βασικό σενάριο.	Επιπλέον προσθήκη αντλιών θερμότητας που αντιστοιχούν στους καυστήρες φυσικού αερίου που επρόκειτο να προστεθούν αλλά δεν προστέθηκαν.	Επιπλέον προσθήκη αντλιών θερμότητας που αντιστοιχούν στους καυστήρες φυσικού αερίου που απεγκαταστάθηκαν.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η προσθήκη των νέων αντλιών γίνεται στις κατοικίες που έχουν κατασκευαστεί μετά το 2000. Ενώ στο **Σενάριο Πολιτικής** που γίνεται αντικατάσταση των καυστήρων φυσικού αερίου, έχουμε προσθήκη αντλιών θερμότητας σε όλα τα κτίρια, ανεξαρτήτως του έτους κατασκευής τους.

4.8 Βιομάζα

Στην Π.Ε. Πειραιά βάση των στοιχείων της ΕΟΠ 2019 συνολικά 3.685 νοικοκυριά χρησιμοποιούν την βιομάζα ως μέσο θέρμανσης. Στον δήμο Μοσχάτου Ταύρου ο αντίστοιχος αριθμός νοικοκυριών είναι 333 (**Πίνακας 4.26** και **Πίνακας 4.27**). Στην παρούσα μελέτη ενεργειακών σεναρίων θεωρούμε ότι ο αριθμός των νοικοκυριών που χρησιμοποιεί την βιομάζα ως μέσο θέρμανσης παραμένει σταθερός στην περίοδο μελέτης 2022-2040.

Πίνακας 4.26. Καυστήρες βιομάζας στην Π.Ε. Πειραιά.

Καυστήρες βιομάζας στην υφιστάμενη κατάσταση	
Π.Ε. Πειραιά	3.685

Πίνακας 4.27. Καυστήρες βιομάζας στον δήμο Μοσχάτου-Ταύρου.

Καυστήρες βιομάζας στην υφιστάμενη κατάσταση	
Δήμος Μοσχάτου-Ταύρου	333

Κεφάλαιο 5: Αποτελέσματα

5.1 Περιφερειακή Ενότητα Πειραιά

5.1.1 Κατανάλωση Ενέργειας

Χρησιμοποιώντας το υπολογιστικό εργαλείο «DREEM», υπολογίζουμε τις ετήσιες ενεργειακές καταναλώσεις θέρμανσης και εξοικονόμησης ενέργειας των διαφόρων προφίλ νοικοκυριών. Οι τεχνολογίες θέρμανσης και εξοικονόμησης που χρησιμοποιούνται είναι συνολικά 8, ενώ τα διαφορετικά σενάρια με τα προφίλ νοικοκυριών είναι 14 στο σύνολο, τα οποία περιεγράφηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο. Ο Πίνακας 5.1 παρουσιάζει τα αποτελέσματα του μοντέλου «DREEM», όπως αυτά προέκυψαν για την Π.Ε. Πειραιά. Αξίζει να σημειώσουμε ότι η ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά νοικοκυριό αναφέρεται στην περιφέρεια Αττικής και θεωρείται ίδια και στην Π.Ε. Πειραιά και στον δήμο Μοσχάτου-Ταύρου.

Πίνακας 5.1. Καταναλώσεις νοικοκυριών στην Π.Ε. Πειραιά.

Ετήσια κατανάλωση ανά νοικοκυριό (kWh)								
Σενάριο	Εξοικονομήσεις (οροφή και τοίχοι) σε οικίες με Φ.Α.	Εξοικονομήσεις (οροφή και τοίχοι) σε οικίες με Πετρέλαιο	Πετρέλαιο	Συσκευές	Ηλεκτρικές συσκευές θέρμανσης	Αντλίες θερμότητας	Φ.Α	Βιομάζα
1	11.825	14.781	19.958	2.860	8.523	5.960	16.385	17.135
2	3.882	4.852	13.285	3.890	3.870	2.706	10.533	11.842
3	1.518	1.898	10.853	6.053	2.066	1.445	8.311	9.518
4	12.889	16.407	20.734	3.367	9.214	6.443	17.228	18.945
5	4.223	5.270	14.335	4.361	4.342	3.036	11.450	12.884
6	1.564	2.031	11.548	6.126	2.132	1.491	8.677	9.632
7	13.822	17.278	22.650	3.483	10.094	7.059	18.595	20.522
8	4.457	5.571	15.253	4.467	4.443	3.107	12.093	13.595
9	4.430	5.542	14.698	4.423	4.322	3.076	11.895	13.281
10	1.614	2.018	11.538	6.435	2.197	1.536	8.835	10.118
11	14.887	17.823	24.037	3.682	10.901	7.623	20.211	21.839
12	4.497	6.072	16.503	4.806	4.705	3.290	13.182	14.683
13	5.100	6.123	16.681	4.921	4.888	3.354	13.361	14.872
14	1.629	2.217	11.814	6.782	2.239	1.566	9.630	10.897

Ακολουθώντας την μεθοδολογία που παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο και τηρώντας τις παραδοχές που αναφέραμε, προέκυψαν τα αποτελέσματα που θα δούμε παρακάτω.

Αρχικά, για την Π.Ε. Πειραιά, από την εφαρμογή του **Βασικού Σεναρίου** και του **Σεναρίου Πολιτικής** υπολογίστηκαν οι συνολικές καταναλώσεις ενέργειας ανά έτος για την χρονική περίοδο 2022-2040. Ο Πίνακας 5.2 παρουσιάζει τις τιμές εξέλιξης της ετήσιας ενεργειακής κατανάλωσης.

Πίνακας 5.2. Συνολικές ενεργειακές καταναλώσεις νοικοκυριών της Π.Ε. Πειραιά για τα δύο σενάρια.

Σενάριο	2022	2025	2030	2035	2040
Βασικό Σενάριο (Ktoe)	306,79	297,58	282,22	266,86	252,05
Σενάριο Πολιτικής (Ktoe)	306,79	297,58	282,22	260,56	239,78

Από τον παραπάνω πίνακα βλέπουμε ότι η συνολική κατανάλωση στο **Βασικό Σενάριο** μειώνεται από το έτος 2022 έως το έτος 2040 κατά 17,84%. Ενώ, η μείωση στο **Σενάριο Πολιτικής** από το έτος 2022 έως το έτος 2040 είναι μεγαλύτερη, φτάνει το 21,84%.

Σχηματική απεικόνιση του παραπάνω πίνακα, αποτελεί το **Διάγραμμα 5.1** από το οποίο βλέπουμε και το συμπέρασμα που διατυπώθηκε προηγουμένως, ότι η τελική κατανάλωση που προκύπτει από το **Σενάριο Πολιτικής** είναι μικρότερη σε σχέση με το **Βασικό Σενάριο**. Η διαφοροποίηση των δύο σεναρίων ξεκινάει από το 2030, όπου έχουμε παύση προσθήκης καυστήρων φυσικού αερίου και αντικατάσταση τους με επιπλέον προσθήκη αντλιών θερμότητας. Και συνεχίζεται με μεγαλύτερους ρυθμούς μετά το 2035, όπου πλέον έχουμε απεγκατάσταση καυστήρων φυσικού αερίου και αντικατάσταση τους με αντλίες θερμότητας.

Συνολική κατανάλωση ενέργειας (ktoe) - Περιφερειακή ενότητα Πειραιά (2022-2040)



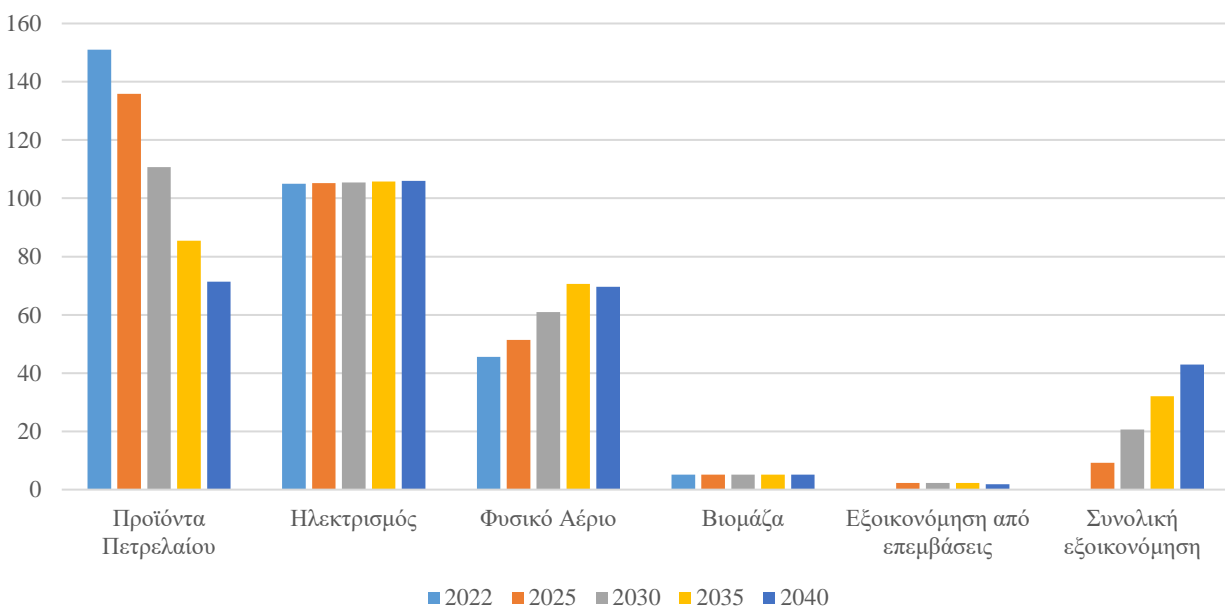
Διάγραμμα 5.1. Συνολικές ενεργειακές καταναλώσεις νοικοκυριών της περιφερειακής ενότητας Πειραιά για τα δύο σενάρια.

Στη συνέχεια ακολουθεί η ανάλυση του μείγματος ενεργειακής κατανάλωσης. Συγκεκριμένα για το **Βασικό Σενάριο**, ο **Πίνακας 5.3** και το **Διάγραμμα 5.2** παρουσιάζει την κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας ανά καύσιμο, καθώς και την εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται λόγω ενεργειακών επεμβάσεων ανά έτος στο χρονικό διάστημα 2022-2040. Τέλος, καταγράφεται και η αθροιστική κατανάλωση ενέργειας σε αυτήν την χρονική περίοδο.

Πίνακας 5.4. Καταναλώσεις ανά καύσιμο και εξοικονόμηση ενέργειας στην Π.Ε. Πειραιά – **Βασικό Σενάριο.**

Σενάριο	2022	2025	2030	2035	2040
Πετρέλαιο	151,03	135,89	110,66	85,39	71,33
Ηλεκτρισμός	105,02	105,18	105,46	105,73	106,00
Φυσικό Αέριο	45,60	51,37	60,97	70,57	69,58
Βιομάζα	5,13	5,13	5,13	5,13	5,13
Εξοικονόμηση από επεμβάσεις	0	2,29	2,29	2,29	1,84
Συνολική εξοικονόμηση	0	9,16	20,61	32,06	42,97

Βασικό Σενάριο - Κατανάλωση ενέργειας ανά καύσιμο σε ktoe



Διάγραμμα 5.2. Καταναλώσεις ανά καύσιμο και εξοικονόμηση ενέργειας στην Π.Ε. Πειραιά – **Βασικό Σενάριο.**

Από την μελέτη μεταβολής κατανάλωσης ενέργειας ανά καύσιμο στο ενεργειακό μείγμα, που βλέπουμε αναλυτικά στον παραπάνω πίνακα και διάγραμμα, συμπεραίνουμε ότι η κατανάλωση ενέργειας από το πετρέλαιο θέρμανσης την χρονική περίοδο 2022-2040 μειώνεται, ενώ η εξέλιξη της κατανάλωσης από ηλεκτρισμό μπορούμε να πούμε ότι παραμένει σχετικά σταθερή. Διακυμάνσεις παρατηρούμε στην κατανάλωση φυσικού αερίου, συγκεκριμένα, από το 2022 έως και το 2035 παρατηρούμε ότι η κατανάλωση του φυσικού αερίου αυξάνεται, ενώ στη συνέχεια μειώνεται. Επίσης, στο διάγραμμα απεικονίζεται και η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας λόγω ενεργειακών επεμβάσεων και όπως είναι λογικό, η συνολική εξοικονόμηση αυξάνεται την εξεταζόμενη χρονική περίοδο 2022-2040. Συγκεκριμένα, το ποσοστό μείωσης του πετρελαίου θέρμανσης είναι 52,78% έως το 2040. Ενώ οι τιμές του ηλεκτρισμού παρατηρούνται ότι το 2022 είναι 105,02 ktoe ενώ το 2040 είναι 106,00 ktoe, αυτό διότι στην αύξηση του ηλεκτρισμού συμβάλλει η διεύδυση των αντλιών θερμότητας, το ποσοστό των οποίων είναι πολύ μικρό,

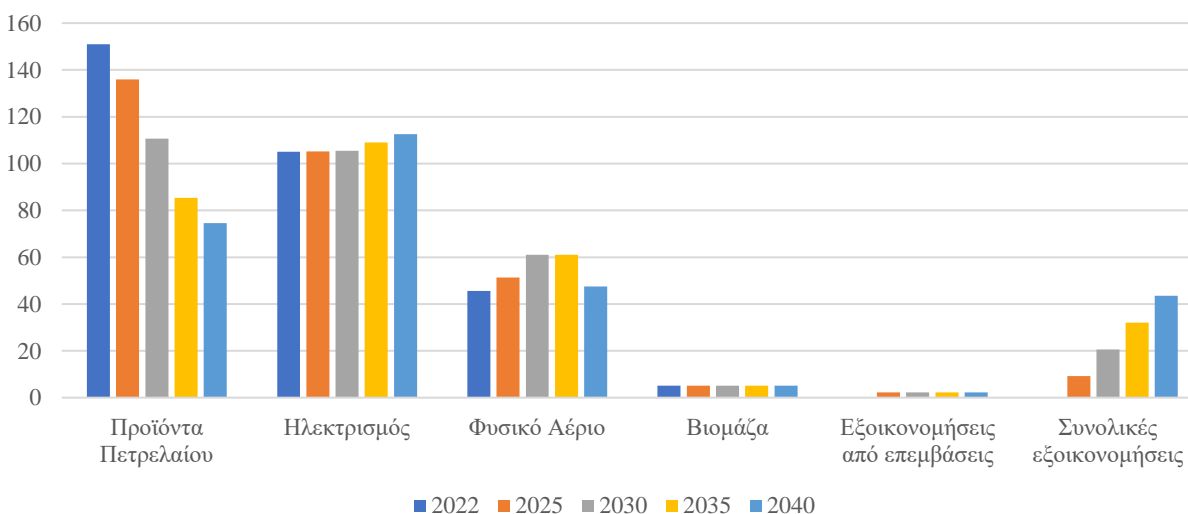
ενώ η κατανάλωση από ηλεκτρικές συσκευές θεωρούμε ότι μένει σταθερή στο εξεταζόμενο χρονικό διάστημα. Αξίζει επίσης να αναφερθεί ότι η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας λόγω ενεργειακών επεμβάσεων ανέρχεται στα 42,97 ktoe το 2040.

Ομοίως, για το **Σενάριο Πολιτικής** προκύπτει ο **Πίνακας 5.5** και το **Διάγραμμα 5.3**, στα οποία όπως είδαμε και προηγουμένως παρουσιάζεται η κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας ανά καύσιμο και η εξοικονόμηση ενέργειας λόγω ενεργειακών επεμβάσεων στην Π.Ε. Πειραιά.

Πίνακας 5.5. Καταναλώσεις ανά καύσιμο και εξοικονόμηση ενέργειας στην Π.Ε. Πειραιά (ktoe) – **Σενάριο Πολιτικής.**

(ktoe)	2022	2025	2030	2035	2040
Πετρέλαιο	151,03	135,89	110,66	85,43	74,50
Ηλεκτρισμός	105,02	105,18	105,46	109,03	112,59
Φυσικό Αέριο	45,60	51,37	60,97	60,97	47,55
Βιομάζα	5,13	5,13	5,13	5,13	5,13
Εξοικονόμηση από επεμβάσεις	0	2,29	2,29	2,29	1,88
Συνολική εξοικονόμηση	0	9,16	20,61	32,06	43,50

Σενάριο Πολιτικής - Κατανάλωση ενέργειας ανά καύσιμο σε ktoe



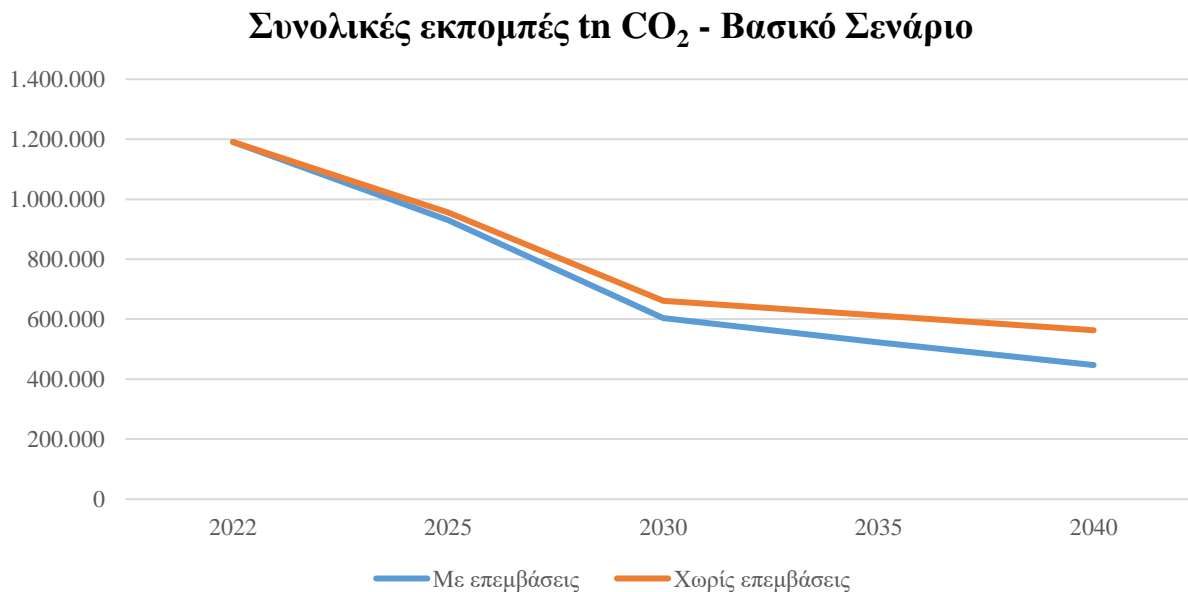
Διάγραμμα 5.3. Καταναλώσεις ανά καύσιμο και εξοικονόμηση ενέργειας στην Π.Ε. Πειραιά - **Σενάριο Πολιτικής.**

Παρατηρούμε τόσο από τον παραπάνω πίνακα όσο και από το διάγραμμα ότι η κατανάλωση ανά καύσιμο και εξοικονόμηση ενέργειας στην Π.Ε. Πειραιά, στο **Σενάριο Πολιτικής**, ακολουθούν την ίδια λογική με το **Βασικό Σενάριο**. Συγκεκριμένα, παρατηρείται ότι το πετρέλαιο θέρμανσης μειώνεται από το έτος 2022 στο έτος 2040, η μείωση είναι κατά 50,67%. Οι τιμές του ηλεκτρισμού βλέπουμε ότι στο **Σενάριο Πολιτικής** αυξάνονται από 105,02 ktoe σε 112,59 ktoe το έτος 2040, με μεγαλύτερο ρυθμό από το έτος 2030 έως το 2040 σε σχέση με το **Βασικό Σενάριο**. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι η διαφοροποίηση

του **Σεναρίου Πολιτικής** από το **Βασικό Σενάριο** έγκειται κατά κύριο λόγο στο ότι τη χρονική περίοδο 2030-2040 προστίθενται περισσότερες αντλίες θερμότητας για 2 λόγους, αφενός επειδή την χρονική περίοδο 2031-2035 σταματάνε οι προσθήκες επιπλέον καυστήρων φυσικού αερίου και την θέση τους παίρνουν οι αντλίες θερμότητας, ενώ από την χρονική περίοδο 2036-2040 έχουμε την απεγκατάσταση των ήδη υφιστάμενων καυστήρων φυσικού αερίου και την αντικατάστασή τους πλέον με αντλίες θερμότητας. Οπότε αυτό εξηγεί και την τάση του φυσικού αερίου που από το έτος 2022 έως το 2030, παρατηρούμε ότι αυξάνεται, ενώ από το 2030 έως το 2040 μειώνονται με μεγαλύτερο ρυθμό. Τέλος, να σημειώσουμε ότι η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας λόγω ενεργειακών παρεμβάσεων αυξάνεται από το 2022 έως το 2040 και η τιμή της ανέρχεται στα 43,50 ktoe, τιμή μεγαλύτερη από το **Βασικό Σενάριο**.

5.1.2 Περιβαλλοντικό αποτύπωμα

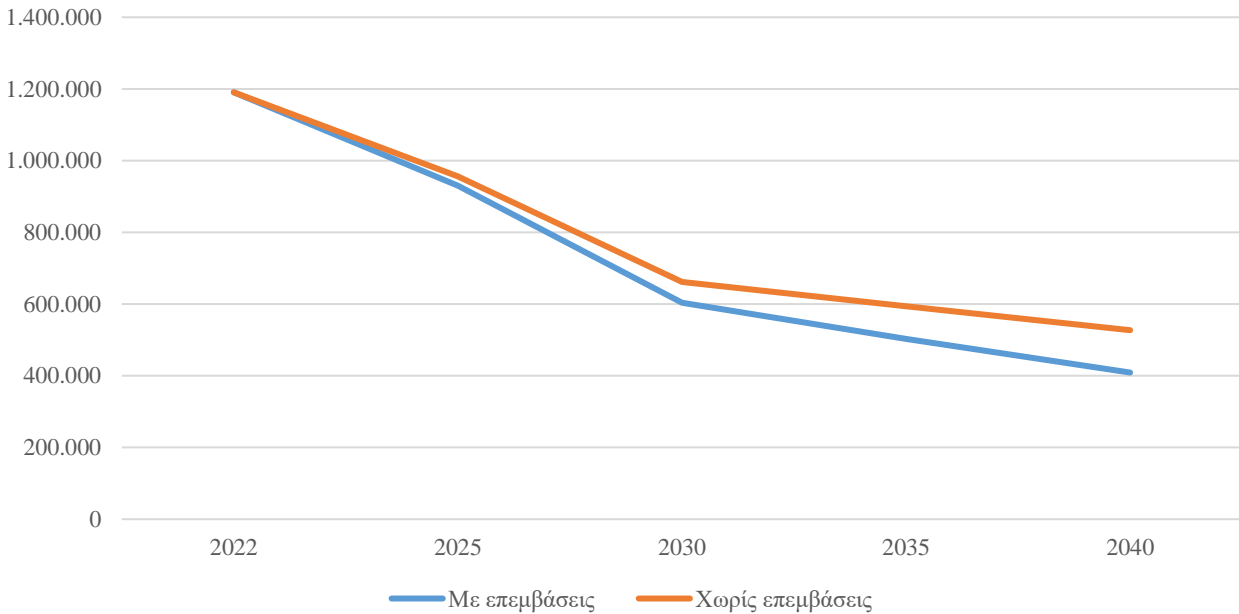
Από την μελέτη της ενεργειακής μετάβασης είναι σημαντικό να εκτιμήσουμε και το περιβαλλοντικό αποτύπωμα για την περίοδο 2022-2040. Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα θα υπολογιστεί σε εκπομπές t CO_2 για κάθε ένα από τα εξεταζόμενα σενάρια, για την περίοδο 2022-2040. Έχοντας ως δεδομένο την ενεργειακή κατανάλωση ανά καύσιμο, όπως αυτή προκύπτει από το **Βασικό Σενάριο** και το **Σενάριο Πολιτικής**, όπως επίσης χρησιμοποιώντας και τα δεδομένα των συντελεστών εκπομπών για το ηλεκτρισμό, καθώς και για τα υπόλοιπα καύσιμα, το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο και την βιομάζα, όπως είδαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, προκύπτουν οι τάσεις στις εκπομπές t CO_2 για την Π.Ε. Πειραιά.



Διάγραμμα 5.4. Περιβαλλοντικό αποτύπωμα στην Π.Ε. Πειραιά – **Βασικό σενάριο**.

Παρατηρώντας το παραπάνω διάγραμμα είναι εμφανές ότι με τις ενεργειακές επεμβάσεις οι συνολικές εκπομπές t CO_2 μειώνονται την χρονική περίοδο 2020-2040, με μεγαλύτερο ρυθμό από ότι θα μειώνονταν αν δεν γινότουσαν οι ενεργειακές αυτές επεμβάσεις. Συγκεκριμένα, για το **Βασικό Σενάριο** οι ενεργειακές ανακαινίσεις μειώνουν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατά 62,46% την χρονική περίοδο 2022-2040.

Συνολικές εκπομπές tn CO₂ - Σενάριο Πολιτικής



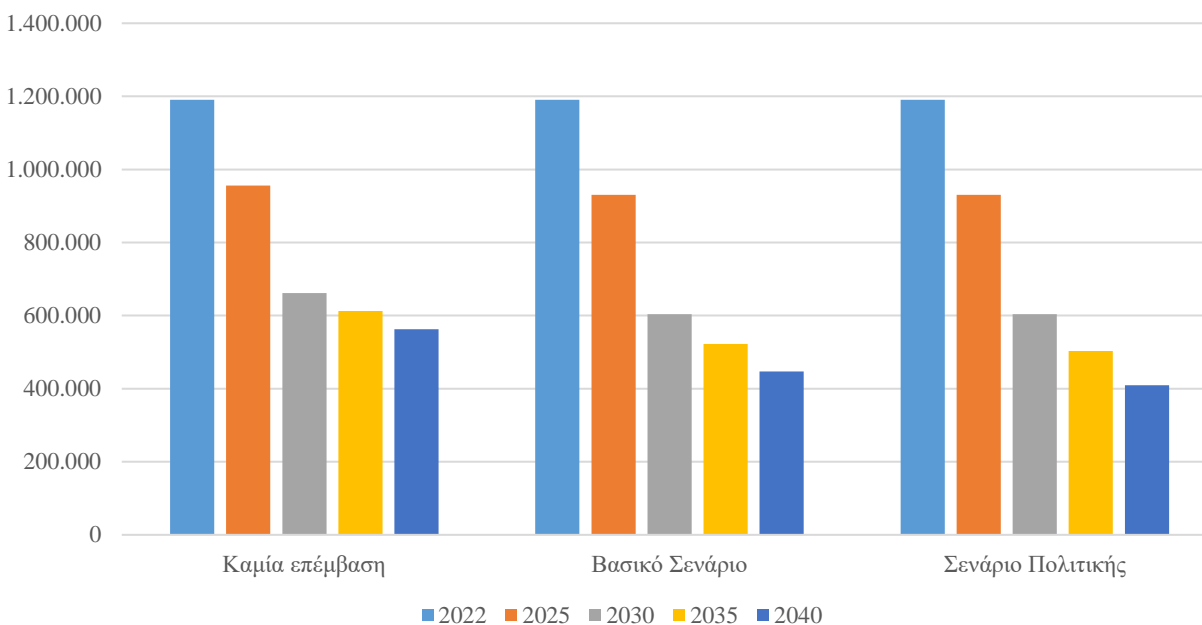
Διάγραμμα 5.5. Περιβαλλοντικό αποτύπωμα Π.Ε. Πειραιά – Σενάριο Πολιτικής.

Παρόμοια είναι τα αποτελέσματα και στο **Σενάριο Πολιτικής** καθώς παρατηρούμε ότι με τις ενεργειακές επεμβάσεις οι αναμενόμενες εκπομπές tn CO₂ μειώνονται. Ωστόσο, παρατηρείται ότι κυρίως το χρονικό διάστημα 2030-2040 οι μειώσεις εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα γίνονται με μεγαλύτερο ρυθμό, όπως είναι λογικό εξάλλου, καθώς σύμφωνα με το **Σενάριο Πολιτικής** αυτή την χρονική περίοδο αυξάνεται η διείσδυση του ηλεκτρισμού, που επιφέρει με τη σειρά του χαμηλότερες εκπομπές CO₂. Τέλος, οι ενεργειακές επεμβάσεις οδηγούν σε μείωση tn CO₂ κατά 65,64% από 2022 έως το 2040.

Πίνακας 5.6. Σύγκριση εκπομπών tn CO₂ για τα δύο σενάρια και για την περίπτωση να μην έχουμε καμία επέμβαση για την Π.Ε. Πειραιά.

tn CO ₂	2022	2025	2030	2035	2040
Καμία επέμβαση	1.190.700	956.207	661.788	612.578	563.083
Βασικό Σενάριο	1.190.700	930.363	603.640	522.125	447.032
Σενάριο Πολιτικής	1.190.700	930.363	603.640	502.988	409.028

Εκπομπές tn CO₂ - Σύγκριση Σεναρίων



Διάγραμμα 5.6. Σύγκριση εκπομπών tn CO₂ για τα δύο σενάρια, με και χωρίς ενεργειακές επεμβάσεις, για την Π.Ε. Πειραιά.

Συγκρίνοντας τα 2 σενάρια είναι εμφανές ότι το **Σενάριο Πολιτικής** οδηγεί σε μεγαλύτερη μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα σε σχέση με το **Βασικό Σενάριο**. Ειδικότερα, το ποσοστό του διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπεται από το **Σενάριο Πολιτικής** είναι κατά 8,52% μικρότερο σε σχέση με το **Βασικό Σενάριο**, το έτος 2040. Τις τιμές αυτές παρουσιάζει ο **Πίνακας 5.6** και το **Διάγραμμα 5.6**.

5.1.3 Οικονομική αποτίμηση

Η μελέτη του **Βασικού Σεναρίου** και του **Σεναρίου Πολιτικής** για την ενεργειακή μετάβαση στον οικιακό τομέα έχει ως σκοπό εκτός από τον προσδιορισμό της ενεργειακής κατανάλωσης, από τον οποίο προκύπτουν και στοιχεία για το περιβαλλοντικό αποτύπωμα και την εξέλιξη των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Σημαντικό στοιχείο που προκύπτει από την μελέτη αυτή αφορά και την οικονομική αποτίμηση της ενεργειακής μετάβασης, μέσω της οποίας αντλούμε στοιχεία για το κόστος ή όφελος του καταναλωτή, με την εφαρμογή των δυο διαφορετικών σεναρίων.

Αρχικά προσδιορίζεται το κόστος επιβάρυνσης από τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα, σύμφωνα με το σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών (ΣΕΔΕ) αερίων του θερμοκηπίου στην Ευρωπαϊκή Κοινότητα. Για την συγκεκριμένη περίπτωση μελετώνται δυο ξεχωριστά ενδεχόμενα. Στο πρώτο ενδεχόμενο, έχουμε την σταθερή τιμή εκπομπών, η οποία ανέρχεται στα 30 €/t CO₂.

Τα κόστη για το **Βασικό Σενάριο** παρουσιάζει ο **Πίνακας 5.7**.

Πίνακας 5.7. Οικονομική επιβάρυνση λόγω εκπομπών CO₂ με τιμή 30 €/t CO₂ στην περίπτωση του **Βασικού Σεναρίου** – Π.Ε. Πειραιά.

2022	2025	2030	2035	2040
------	------	------	------	------

Συνολικό κόστος εκπομπών (€)	35.721.005	27.910.903	18.109.186	15.663.741	13.410.975
Εξοικονόμηση λόγω των ενεργειακών επεμβάσεων (€)	0	775.313	1.744.455	2.713.596	3.481.506
Πιθανή έξτρα χρέωση ανά νοικοκυριό χωρίς ενεργειακές επεμβάσεις (€)	170	170	170	170	170
Πιθανή έξτρα χρέωση ανά νοικοκυριό με ενεργειακές επεμβάσεις (€)	170	141	91	79	68

Από τον παραπάνω πίνακα συμπεραίνουμε ότι η πιθανή έξτρα χρέωση ανά νοικοκυριό, από την εισαγωγή του συστήματος εμπορίας εκπομπών αερίων με σταθερή τιμή 30 €/t CO₂, στην περίπτωση των ενεργειακών επεμβάσεων μειώνεται κατά 62,22% το 2040.

Ομοίως για το **Σενάριο Πολιτικής** είναι ο **Πίνακας 5.8**.

Πίνακας 5.8. Οικονομική επιβάρυνση λόγω εκπομπών CO₂ με τιμή 30 €/t CO₂ στην περίπτωση του **Σεναρίου Πολιτικής** – Π.Ε. Πειραιά.

	2022	2025	2030	2035	2040
Συνολικό κόστος εκπομπών (€)	35.721.005	27.910.903	18.109.186	15.089.645	12.270.828
Εξοικονόμηση λόγω των ενεργειακών επεμβάσεων (€)	0	775.313	1.744.455	2.713.596	3.543.345
Πιθανή έξτρα χρέωση ανά νοικοκυριό χωρίς ενεργειακές επεμβάσεις (€)	170	170	170	170	170
Πιθανή έξτρα χρέωση ανά νοικοκυριό με ενεργειακές επεμβάσεις (€)	170	141	91	76	62

Όπως στο **Βασικό Σενάριο**, έτσι και στο **Σενάριο Πολιτικής** συμπεραίνουμε πως η εφαρμογή των ενεργειακών επεμβάσεων επιφέρει μείωση της τάξης του 65,56% στην πιθανή έξτρα χρέωση ανά νοικοκυριό από την εισαγωγή του συστήματος εμπορίας αδειών εκπομπών CO₂.

Από την σύγκριση των δύο σεναρίων είναι εμφανές ότι το **Σενάριο Πολιτικής** επιφέρει μεγαλύτερες μειώσεις στις πιθανές χρεώσεις των νοικοκυριών από το σύστημα εμπορίας εκπομπών CO₂, καθώς η τιμή ανέρχεται στα 62 €, ενώ στο **Βασικό Σενάριο** είναι στα 68 € για το έτος 2040.

Επιπλέον, εξετάζεται το ενδεχόμενο της μεταβαλλόμενης τιμής εκπομπών CO₂, συγκεκριμένα την χρονική περίοδο 2022-2025 είναι 30 €/t CO₂, το 2026-2030 είναι στα 50 €/t CO₂ ενώ το 2031-2040 η τιμή είναι 100€/t CO₂. Οι πιθανές χρεώσεις ανά νοικοκυριό από τις εκπομπές CO₂ για το **Βασικό Σενάριο** παρουσιάζονται παρακάτω, **Πίνακας 5.9** και για το **Σενάριο Πολιτικής** ο **Πίνακας 5.10**.

Πίνακας 5.9. Οικονομική επιβάρυνση λόγω εκπομπών CO₂ με μεταβλητή τιμή €/t CO₂ στην περίπτωση του **Βασικού Σεναρίου** – Π.Ε. Πειραιά.

	2022	2025	2030	2035	2040
Συνολικό κόστος εκπομπών (€)	35.721.005	27.910.903	30.181.977	52.212.471	44.703.250
Εξοικονόμηση λόγω των ενεργειακών επεμβάσεων (€)	0	775.313	2.907.425	9.045.321	11.605.020

Πιθανή έξτρα χρέωση ανά νοικοκυριό χωρίς ενεργειακές επεμβάσεις (€)	170	170	284	568	568
Πιθανή έξτρα χρέωση ανά νοικοκυριό με ενεργειακές επεμβάσεις (€)	170	141	152	264	226

Πίνακας 5.10. Οικονομική επιβάρυνση λόγω εκπομπών CO₂ με μεταβλητή τιμή €/t CO₂ στην περίπτωση του Σεναρίου Πολιτικής – Π.Ε. Πειραιά.

	2022	2025	2030	2035	2040
Συνολικό κόστος εκπομπών (€)	35.721.005	27.910.903	30.181.977	50.298.816	40.902.760
Εξοικονόμηση λόγω των ενεργειακών επεμβάσεων (€)	0	775.313	2.907.425	9.045.321	11.811.151
Πιθανή έξτρα χρέωση ανά νοικοκυριό χωρίς ενεργειακές επεμβάσεις (€)	170	170	284	568	568
Πιθανή έξτρα χρέωση ανά νοικοκυριό με ενεργειακές επεμβάσεις (€)	170	141	152	254	206

Όπως παρατηρούμε στους πάνω πίνακες είναι λογικό η αύξηση της τιμής εμπορίας εκπομπών CO₂ να επιφέρει και αύξηση στις πιθανές χρεώσεις ανά νοικοκυριό. Η αύξηση αυτή είναι λιγότερη στην περίπτωση των ενεργειακών επεμβάσεων τόσο στο **Βασικό Σενάριο** όσο και στο **Σενάριο Πολιτικής**. Συγκεκριμένα, οι ενεργειακές επεμβάσεις μειώνουν τις πιθανές χρεώσεις κατά 60,21% στο **Βασικό Σενάριο** και κατά 63,73% στο **Σενάριο Πολιτικής**.

Όπως και στην προηγούμενη περίπτωση με την σταθερή τιμή των εκπομπών, έτσι και στην περίπτωση της μεταβλητής τιμής οι μειώσεις στις πιθανές χρεώσεις ανά νοικοκυριό είναι μεγαλύτερες στο **Σενάριο Πολιτικής**.

Εκτός από τα κόστη που προκύπτουν από την εφαρμογή του συστήματος εμπορίας αδειών CO₂ στον οικιακό τομέα, κοστοβόρες είναι και οι ενεργειακές αναβαθμίσεις των οικιών όπως αυτές προβλέπονται από τα σενάρια ενεργειακής μετάβασης που μελετάμε. Την εξέλιξη τιμών για την εγκατάσταση αντλιών θερμότητας, καυστήρων φυσικού αερίου και ενεργειακών ανακαινίσεων παρουσιάσαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, για το χρονικό διάστημα 2022-2040. Στους παρακάτω πίνακες (**Πίνακας 5.11** και **Πίνακας 5.12**) παρουσιάζονται τα συνολικά κόστη για τις ενεργειακές επεμβάσεις, στο **Βασικό Σενάριο** και στο **Σενάριο Πολιτικής**.

Πίνακας 5.11. Κόστος επεμβάσεων για το **Βασικό Σενάριο** – Π.Ε. Πειραιά.

Βασικό σενάριο	2022	2025	2030	2035	2040
Συνολικό κόστος επεμβάσεων (€)	0	51.083.492	50.103.159	49.208.878	48.314.596
Κόστος εγκατάστασης αντλιών θερμότητας (€)	0	4.158.417	3.245.593	2.486.330	1.727.068
Κόστος εγκατάστασης καυστήρων φυσικού αερίου (€)	0	6.998.467	6.930.958	6.795.939	6.660.921
Κόστος ενεργειακών ανακαινίσεων (€)	0	39.926.608	39.926.608	39.926.608	39.926.608
Πιθανή έξτρα χρέωση ανά νοικοκυριό λόγω των επεμβάσεων (€)	0	258	253	248	244

Πίνακας 5.12. Κόστος επεμβάσεων για το **Σενάριο Πολιτικής** – Π.Ε. Πειραιά.

Σενάριο Πολιτικής	2022	2025	2030	2035	2040
Συνολικό κόστος επεμβάσεων (€)	0	51.083.492	50.103.159	50.727.286	48.014.027
Κόστος εγκατάστασης αντλιών θερμότητας (€)	0	4.158.417	3.245.593	10.800.678	7.502.422
Κόστος εγκατάστασης καυστήρων φυσικού αερίου (€)	0	6.998.467	6.930.958	0	584.997
Κόστος ενεργειακών ανακαινίσεων (€)	0	39.926.608	39.926.608	39.926.608	39.926.608
Πιθανή έξτρα χρέωση ανά νοικοκυριό λόγω των επεμβάσεων (€)	0	258	253	256	242

Από τους παραπάνω πίνακες παρατηρούμε ότι το συνολικό κόστος για την εγκατάσταση καυστήρων φυσικού αερίου μειώνεται και στα δύο σενάρια, στο **Σενάριο Πολιτικής** το 2035 μηδενίζεται καθώς έχουμε την παύση προσθήκης καυστήρων φυσικού αερίου, ενώ το 2040 η το κόστος πλέον είναι για την απεγκατάσταση των καυστήρων φυσικού αερίου και ανέρχεται στα 584.997 €. Ενώ για την περίοδο 2022-2040, σημαντικό είναι το συνολικό κόστος επεμβάσεων για τα δύο σενάρια. Συγκεκριμένα, για το **Βασικό Σενάριο** το συνολικό κόστος ανέρχεται στα 949.181.324 € ενώ για το **Σενάριο Πολιτικής** είναι στα 964.886.415 €. Το **Σενάριο Πολιτικής** είναι κατά 1,6% πιο ακριβό από το **Βασικό Σενάριο** στο συνολικό κόστος επεμβάσεων. Η διαφορά αυτή οφείλεται στην αύξηση προσθήκης αντλιών θερμότητας στο **Σενάριο Πολιτικής** και αντικατάσταση των καυστήρων φυσικού αερίου με αντλίες θερμότητας, όπως είδαμε και στο προηγούμενο κεφάλαιο το κόστος εγκατάστασης αντλιών θερμότητας ανά μονάδα είναι μεγαλύτερο από των καυστήρων φυσικού αερίου. Τέλος, η πιθανή έξτρα χρέωση ανά νοικοκυριό μέχρι το 2030 είναι ίδια και στα δύο σενάρια, ενώ το 2035 στο **Σενάριο Πολιτικής** αυξάνεται σε σχέση με το **Βασικό Σενάριο**

και στη συνέχεια έως το έτος 2040 ακολουθεί φθίνουσα πορεία, φτάνοντας να είναι μικρότερο από το **Βασικό Σενάριο** κατά σχεδόν 1%, αυτό γίνεται λόγω των αντλιών θερμότητας που αναφέραμε και προηγουμένως.

Μέσω του υπολογιστικού εργαλείου «DREEM» μπορούμε να υπολογίσουμε τα συνολικά κόστη ανά καύσιμο και την εξοικονόμηση καυσίμου που πετυχαίνουμε από τις ενεργειακές αναβαθμίσεις των οικιών στις εξεταζόμενες περιοχές, για το χρονικό διάστημα 2022-2040. Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται τα συνολικά κόστη καυσίμου με και χωρίς ενεργειακές επεμβάσεις, καθώς και οι συνολικές εξοικονομήσεις καυσίμου από τις ενεργειακές αναβαθμίσεις των κατοικιών.

Πίνακας 5.13. Κόστος καυσίμου για το **Βασικό Σενάριο** – Π.Ε. Πειραιά.

Βασικό Σενάριο	2022	2025	2030	2035	2040
Συνολικό κόστος καυσίμου με επεμβάσεις (€)	587.632.703	599.606.872	614.050.736	586.290.197	559.248.332
Συνολικό κόστος καυσίμου χωρίς επεμβάσεις (€)	587.632.703	616.597.729	659.697.813	660.758.331	660.667.262
Εξοικονόμηση καυσίμου λόγω ενεργειακών επεμβάσεων(€)	0	16.990.856	45.647.077	74.468.134	101.418.929
Εξοικονόμηση πετρελαίου θέρμανσης (€)	0	16.990.856	45.647.077	74.468.134	78.710.541
Εξοικονόμηση φυσικού αερίου (€)	0	0	0	0	22.708.389

Πίνακας 5.14. Κόστος καυσίμου για το **Σενάριο Πολιτικής** – Π.Ε. Πειραιά.

Σενάριο Πολιτικής	2022	2025	2030	2035	2040
Συνολικό κόστος καυσίμου με επεμβάσεις (€)	587.632.703	599.606.872	614.050.736	574.093.914	534.167.695
Συνολικό κόστος καυσίμου χωρίς επεμβάσεις (€)	587.632.703	616.597.729	659.697.813	648.562.048	637.207.123
Εξοικονόμηση καυσίμου λόγω ενεργειακών επεμβάσεων(€)	0	16.990.856	45.647.077	74.468.134	103.039.428
Εξοικονόμηση πετρελαίου θέρμανσης (€)	0	16.990.856	45.647.077	74.468.134	82.788.438
Εξοικονόμηση φυσικού αερίου (€)	0	0	0	0	20.250.991

Παρατηρούμε ότι το συνολικό κόστος καυσίμου χωρίς τις ενεργειακές επεμβάσεις είναι μεγαλύτερο από το αντίστοιχο κόστος με τις ενεργειακές επεμβάσεις, τόσο στο **Βασικό Σενάριο** όσο και στο **Σενάριο Πολιτικής**. Ενώ η συνολική εξοικονόμηση καυσίμου λόγω ενεργειακών επεμβάσεων είναι ίδια στα δύο σενάρια έως το έτος 2035, την περίοδο 2036-2040 αυξάνεται στο **Σενάριο Πολιτικής** φτάνοντας το έτος 2040 να είναι μεγαλύτερη κατά 1,6% από την αντίστοιχη εξοικονόμηση του **Βασικού Σεναρίου**. Από το έτος 2037 και μετά, εξαντλούνται τα νοικοκυριά με πετρέλαιο θέρμανσης που ανακαινίζονταν και γίνονται ανακαινίσεις με καυστήρες φυσικού αερίου. Για αυτό και βλέπουμε την χρονική περίοδο 2022-2035 να έχουμε ίδια εξοικονόμηση στα δύο σενάρια, ενώ το έτος 2040, η εξοικονόμηση είναι μεγαλύτερη στο **Σενάριο Πολιτικής**.

Ενώ το κόστος καυσίμου που επιβαρύνει το κάθε νοικοκυριό παρουσιάζεται στους πίνακες που ακολουθούν (**Πίνακας 5.15** και

Πίνακας 5.16).

Πίνακας 5.15. Οικονομική επιβάρυνση νοικοκυριών από το κόστος καυσίμου στην περίπτωση του **Βασικού Σεναρίου** – Π.Ε. Πειραιά.

	2022	2025	2030	2035	2040
Κόστος καυσίμου ανά νοικοκυριό χωρίς επεμβάσεις (€)	2.947	3.113	3.330	3.336	3.335
Κόστος καυσίμου ανά νοικοκυριό με επεμβάσεις (€)	2.947	3.027	3.100	2.960	2.823
Εξοικονόμηση καυσίμου ανά νοικοκυριό λόγω ενεργειακών επεμβάσεων (€)	0	86	230	376	512

Πίνακας 5.16. Οικονομική επιβάρυνση νοικοκυριών από το κόστος καυσίμου στην περίπτωση του **Σεναρίου Πολιτικής**. – Π.Ε. Πειραιά.

	2022	2025	2030	2035	2040
Κόστος καυσίμου ανά νοικοκυριό χωρίς επεμβάσεις (€)	2.947	3.113	3.330	3.274	3.217
Κόστος καυσίμου ανά νοικοκυριό με επεμβάσεις (€)	2.947	3.027	3.100	2.898	2.697
Εξοικονόμηση καυσίμου ανά νοικοκυριό λόγω ενεργειακών επεμβάσεων (€)	0	86	230	376	520

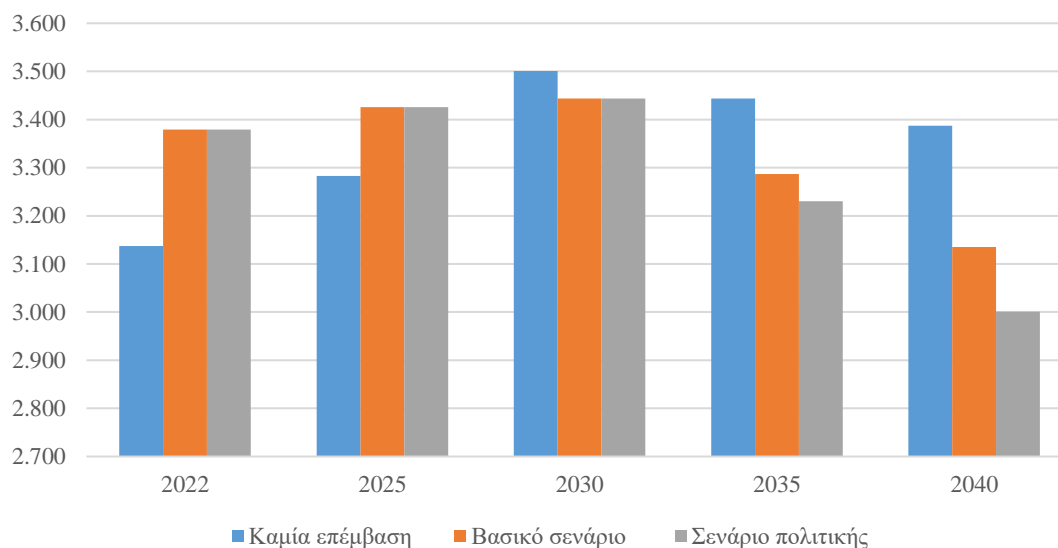
Σε κάθε περίπτωση οι ενεργειακές επεμβάσεις επιφέρουν εξοικονόμηση χρημάτων στα νοικοκυριά σε βάθος χρόνου, λόγω της εξοικονόμησης καυσίμου η οποία στην περίπτωση του **Σεναρίου Πολιτικής** είναι μεγαλύτερη από το **Βασικό Σενάριο**.

Συνοψίζοντας, η οικονομική επιβάρυνση στα νοικοκυριά προέρχεται από το κόστος καυσίμων, κόστος εγκατάστασης νέων τεχνολογιών όπως για παράδειγμα αντλίες θερμότητας ή επιπλέον καυστήρες φυσικού αερίου και τέλος, από το κόστος εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα λόγω εισαγωγής τους στο σύστημα εμπορίας εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Στους παρακάτω πίνακες (**Πίνακας 5.8** και **Πίνακας 5.9**) και διαγράμματα παρουσιάζεται η συνολική οικονομική επιβάρυνση ανά νοικοκυριό στην Π.Ε. Πειραιά για την περίπτωση ενεργειακών επεμβάσεων, αλλά και για την περίπτωση να μην κάνουμε τίποτα και το ενεργειακό σύστημα να μείνει ως έχει.

Πίνακας 5.17. Συνολική χρέωση νοικοκυριών με «ETS» 30 € – Π.Ε. Πειραιά.

	2022	2025	2030	2035	2040
Πιθανή έξτρα χρέωση και κόστος καυσίμων ανά νοικοκυριό χωρίς ενεργειακές επεμβάσεις με τιμή «ETS» 30 (€)	3.137	3.283	3.501	3.444	3.387
Πιθανή έξτρα χρέωση και κόστος καυσίμων ανά νοικοκυριό με «ETS» 30 (€) – Βασικό Σενάριο	3.379	3.426	3.444	3.287	3.135
Πιθανή έξτρα χρέωση και κόστος καυσίμων ανά νοικοκυριό με «ETS» 30 (€) – Σενάριο Πολιτικής	3.379	3.426	3.444	3.230	3.001

Συνολικές χρεώσεις ανά νοικοκυριό

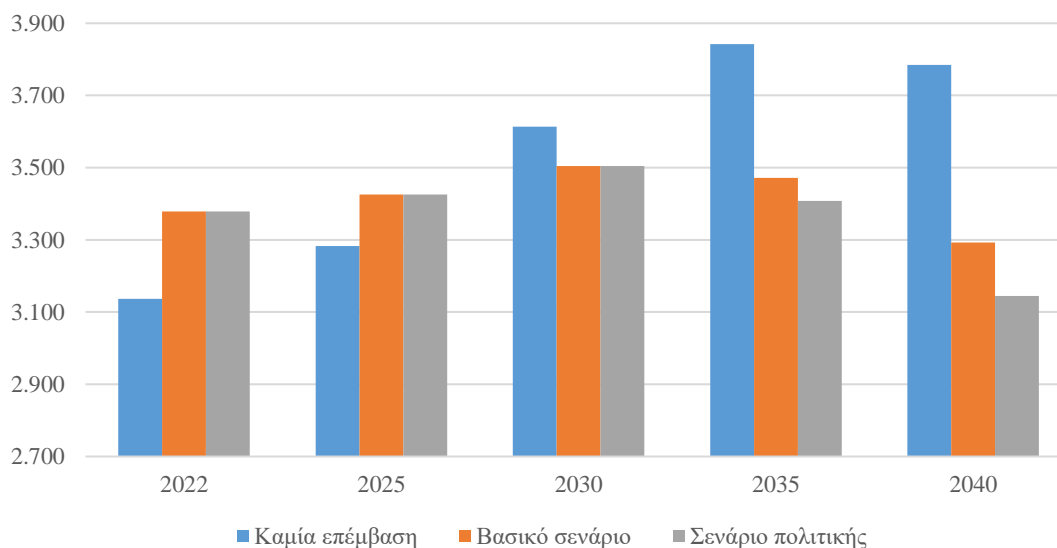


Διάγραμμα 5.7. Συνολική χρέωση νοικοκυριών με «ETS» 30 € – Π.Ε. Πειραιά.

Πίνακας 5.18. Συνολική χρέωση νοικοκυριών με «ETS» 30 -100 € – Π.Ε. Πειραιά.

	2022	2025	2030	2035	2040
Πιθανή έξτρα χρέωση και κόστος καυσίμων ανά νοικοκυριό χωρίς ενεργειακές επεμβάσεις με τιμή «ETS» 30-100(€)	3.137	3.283	3.614	3.842	3.785
Πιθανή έξτρα χρέωση και κόστος καυσίμων ανά νοικοκυριό με «ETS» 30-100 (€) – Βασικό Σενάριο	3.379	3.426	3.505	3.472	3.293
Πιθανή έξτρα χρέωση και κόστος καυσίμων ανά νοικοκυριό με «ETS» 30-100 (€) – Σενάριο Πολιτικής	3.379	3.426	3.505	3.408	3.145

Συνολικές χρεώσεις ανά νοικοκυριό



Διάγραμμα 5.8. Συνολική χρέωση νοικοκυριών με «ETS» 30-100 € – Π.Ε. Πειραιά.

Αυτό που παρατηρούμε από τους παραπάνω πίνακες και διαγράμματα είναι ότι οι ενεργειακές επεμβάσεις μακροπρόθεσμα επιφέρουν λιγότερες χρεώσεις στα νοικοκυριά. Ειδικά όταν οι τιμές εκπομπής του διοξειδίου του άνθρακα κυμαίνονται από 30 έως 100 €, παρατηρούμε ότι τόσο στο **Βασικό Σενάριο** όσο και στο **Σενάριο Πολιτικής** η διαφορά των ενεργειακών επεμβάσεων είναι σχεδόν 600 € λιγότερη για το έτος 2040 σε σύγκριση με το σενάριο να μην γίνει καμία επέμβαση. Ο **Πίνακας 5.19** παρουσιάζει και τις συνολικές χρεώσεις των νοικοκυριών για την χρονική περίοδο 2022-2040, για τα διάφορα σενάρια.

Πίνακας 5.19. Συνολική χρέωση ανά νοικοκυριό για την χρονική περίοδο 2022-2040, για το **Βασικό Σενάριο** και το **Σενάριο Πολιτικής** – Π.Ε. Πειραιά.

	Βασικό Σενάριο	Σενάριο Πολιτικής
Πιθανή έξτρα χρέωση και κόστος καυσίμων ανά νοικοκυριό χωρίς ενεργειακές επεμβάσεις με τιμή «ETS» 30 (€)	64.977	64.977
Πιθανή έξτρα χρέωση και κόστος καυσίμων ανά νοικοκυριό με ενεργειακές επεμβάσεις με τιμή «ETS» 30 (€)	63.535	62.902
Πιθανή έξτρα χρέωση και κόστος καυσίμων ανά νοικοκυριό χωρίς ενεργειακές επεμβάσεις με τιμή «ETS» 30-100 (€)	69.523	69.523
Πιθανή έξτρα χρέωση και κόστος καυσίμων ανά νοικοκυριό με ενεργειακές επεμβάσεις με τιμή «ETS» 30-100 (€)	65.726	65.019

5.2 Δήμος Μοσχάτου-Ταύρου

5.2.1 Κατανάλωση Ενέργειας

Χρησιμοποιώντας το υπολογιστικό εργαλείο «DREEM», υπολογίζουμε τις ετήσιες ενεργειακές καταναλώσεις θέρμανσης και εξοικονόμησης ενέργειας των διαφόρων προφίλ νοικοκυριών. Οι τεχνολογίες θέρμανσης και εξοικονόμησης που χρησιμοποιούνται είναι συνολικά 8, ενώ τα διαφορετικά σενάρια με τα προφίλ νοικοκυριών είναι 14 στο σύνολο, τα οποία περιεγράφηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο. Ο Πίνακας 5.20 παρουσιάζει τα αποτελέσματα του μοντέλου «DREEM», όπως αυτά προέκυψαν για τον δήμο Μοσχάτου-Ταύρου.

Πίνακας 5.20. Καταναλώσεις νοικοκυριών στον δήμο Μοσχάτου-Ταύρου.

Σενάριο	Ετήσια κατανάλωση ανά νοικοκυριό (kWh)							
	Εξοικονομήσεις (οροφή και τοίχοι) σε οικίες με Φ.Α.	Εξοικονομήσεις (οροφή και τοίχοι) σε οικίες με Πετρέλαιο	Πετρέλαιο	Συσκευές	Ηλεκτρικές συσκευές θέρμανσης	Αντλίες θερμότητας	Φ.Α	Βιομάζα
1	11.825	14.781	19.958	2.860	8.523	5.960	16.385	17.135
2	3.882	4.852	13.285	3.890	3.870	2.706	10.533	11.842
3	1.518	1.898	10.853	6.053	2.066	1.445	8.311	9.518
4	12.889	16.407	20.734	3.367	9.214	6.443	17.228	18.945
5	4.223	5.270	14.335	4.361	4.342	3.036	11.450	12.884
6	1.564	2.031	11.548	6.126	2.132	1.491	8.677	9.632
7	13.822	17.278	22.650	3.483	10.094	7.059	18.595	20.522
8	4.457	5.571	15.253	4.467	4.443	3.107	12.093	13.595
9	4.430	5.542	14.698	4.423	4.322	3.076	11.895	13.281
10	1.614	2.018	11.538	6.435	2.197	1.536	8.835	10.118
11	14.887	17.823	24.037	3.682	10.901	7.623	20.211	21.839
12	4.497	6.072	16.503	4.806	4.705	3.290	13.182	14.683
13	5.100	6.123	16.681	4.921	4.888	3.354	13.361	14.872
14	1.629	2.217	11.814	6.782	2.239	1.566	9.630	10.897

Ακολουθώντας την μεθοδολογία που παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο και τηρώντας τις παραδοχές που αναφέραμε, προέκυψαν τα αποτελέσματα που θα δούμε παρακάτω.

Για τον δήμο Μοσχάτου-Ταύρου, από την εφαρμογή του **Βασικού Σεναρίου** και του **Σεναρίου Πολιτικής** υπολογίστηκαν οι συνολικές καταναλώσεις ενέργειας ανά έτος για την χρονική περίοδο 2022-2040. Ο Πίνακας 5.21 παρουσιάζει τις τιμές εξέλιξης της ετήσιας ενεργειακής κατανάλωσης.

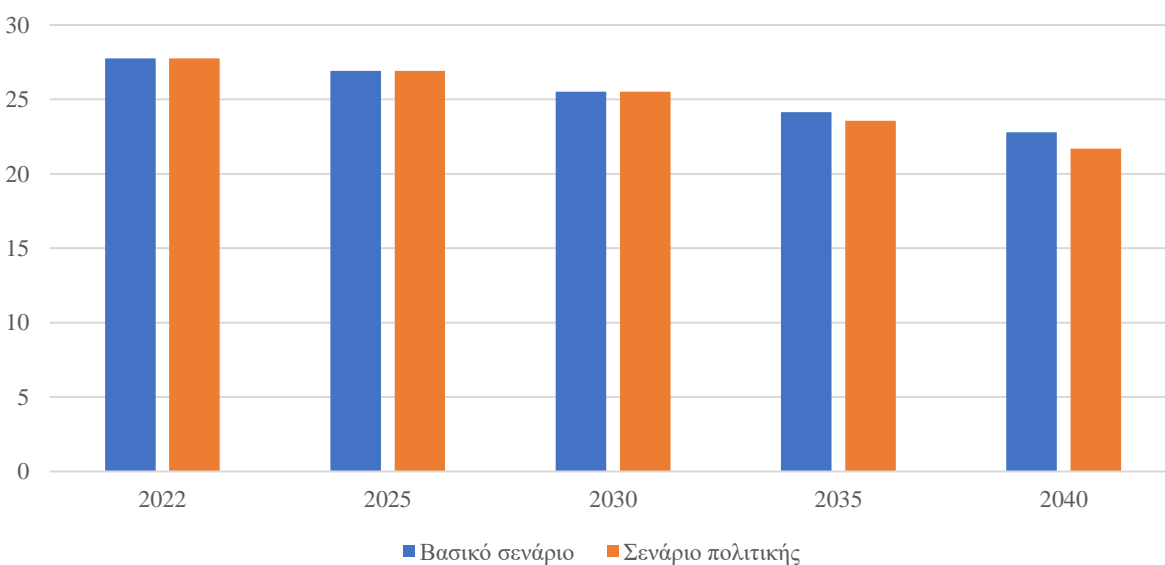
Πίνακας 5.21. Συνολικές ενεργειακές καταναλώσεις νοικοκυριών του δήμου Μοσχάτου-Ταύρου για τα δύο σενάρια.

Σενάριο	2022	2025	2030	2035	2040
Βασικό Σενάριο (ktoe)	27,75	26,92	25,53	24,14	22,80
Σενάριο Πολιτικής (ktoe)	27,75	26,92	25,53	23,57	21,69

Από τον παραπάνω πίνακα βλέπουμε ότι η συνολική κατανάλωση στο **Βασικό Σενάριο** μειώνεται από το έτος 2022 έως το έτος 2040 κατά 17,74%. Ενώ, η μείωση στο **Σενάριο Πολιτικής** από το έτος 2022 έως το έτος 2040 είναι μεγαλύτερη, φτάνει το 27,94%.

Σχηματική απεικόνιση του παραπάνω πίνακα, αποτελεί το **Διάγραμμα 5.9** από το οποίο βλέπουμε και το συμπέρασμα που διατυπώθηκε προηγουμένως, ότι η τελική κατανάλωση που προκύπτει από το **Σενάριο Πολιτικής** είναι μικρότερη σε σχέση με το **Βασικό Σενάριο**. Η διαφοροποίηση των δύο σεναρίων ξεκινάει από το 2030, όπου έχουμε παύση προσθήκης καυστήρων φυσικού αερίου και αντικατάσταση τους με επιπλέον προσθήκη αντλιών θερμότητας. Και συνεχίζεται με μεγαλύτερους ρυθμούς μετά το 2035, όπου πλέον έχουμε απεγκατάσταση καυστήρων φυσικού αερίου και αντικατάσταση τους με αντλίες θερμότητας.

Συνολική κατανάλωση ενέργειας (ktoe) - Δήμος Μοσχάτου (2022-2040)



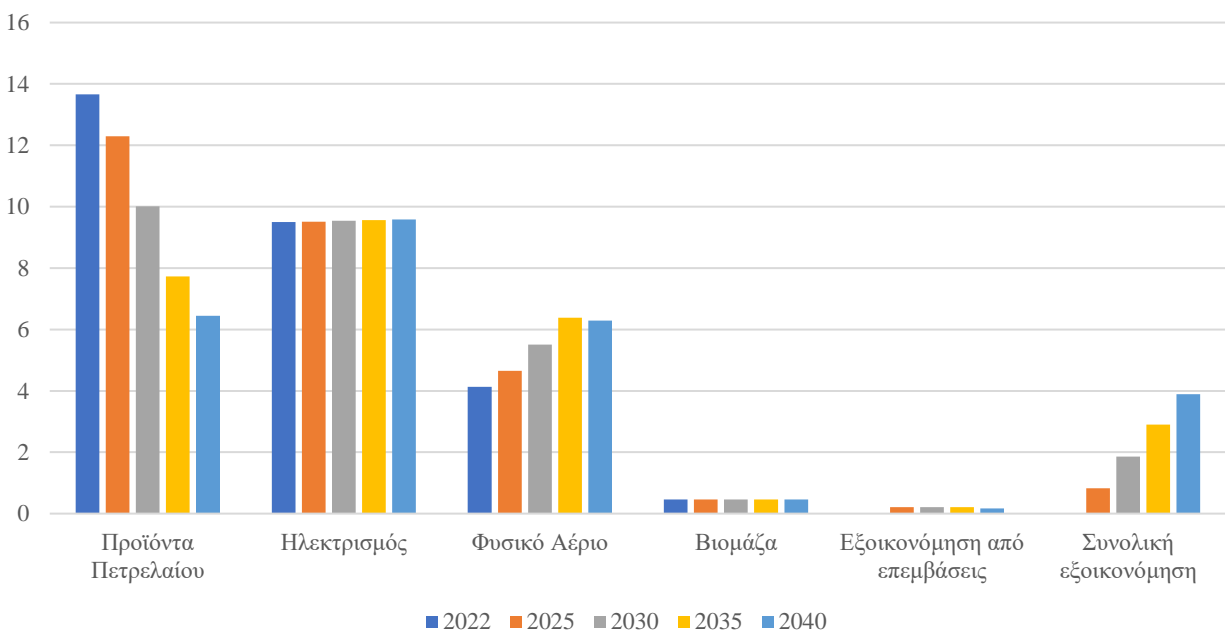
Διάγραμμα 5.9. Συνολικές ενεργειακές καταναλώσεις νοικοκυριών του δήμου Μοσχάτου-Ταύρου για τα δύο σενάρια.

Στη συνέχεια ακολουθεί η ανάλυση του μείγματος ενεργειακής κατανάλωσης. Συγκεκριμένα για το **Βασικό Σενάριο**, ο **Πίνακας 5.22** και το **Διάγραμμα 5.10** παρουσιάζει την κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας ανά καύσιμο, καθώς και την εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται λόγω ενεργειακών επεμβάσεων ανά έτος στο χρονικό διάστημα 2022-2040. Τέλος, καταγράφεται και η αθροιστική κατανάλωση ενέργειας σε αυτήν την χρονική περίοδο.

Πίνακας 5.22. Καταναλώσεις ανά καύσιμο και εξοικονόμηση ενέργειας στον δήμο Μοσχάτου-Ταύρου – **Βασικό Σενάριο.**

Σενάριο	2022	2025	2030	2035	2040
Πετρέλαιο	13,66	12,29	10,01	7,73	6,45
Ηλεκτρισμός	9,50	9,514	9,539	9,564	9,59
Φυσικό Αέριο	4,13	4,65	5,51	6,38	6,29
Βιομάζα	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46
Εξοικονόμηση από επεμβάσεις	0	0,21	0,21	0,21	0,17
Συνολική εξοικονόμηση	0	0,83	1,86	2,90	3,89

Βασικό Σενάριο - Κατανάλωση ενέργειας ανά καύσιμο σε ktoe



Διάγραμμα 5.10. Καταναλώσεις ανά καύσιμο και εξοικονόμηση ενέργειας στον δήμο Μοσχάτου-Ταύρου – **Βασικό Σενάριο.**

Από την μελέτη μεταβολής κατανάλωσης ενέργειας ανά καύσιμο στο ενεργειακό μείγμα, που βλέπουμε αναλυτικά στον παραπάνω πίνακα και διάγραμμα, συμπεραίνουμε ότι η κατανάλωση ενέργειας από το πετρέλαιο θέρμανσης την χρονική περίοδο 2022-2040 μειώνεται, ενώ η εξέλιξη της κατανάλωσης από ηλεκτρισμό μπορούμε να πούμε ότι παραμένει σχετικά σταθερή. Διακυμάνσεις παρατηρούμε στην κατανάλωση φυσικού αερίου, συγκεκριμένα, από το 2022 έως και το 2035 παρατηρούμε ότι η κατανάλωση του φυσικού αερίου αυξάνεται, ενώ στη συνέχεια μειώνεται. Επίσης, στο διάγραμμα απεικονίζεται και η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας λόγω ενεργειακών επεμβάσεων και όπως είναι λογικό, η συνολική εξοικονόμηση αυξάνεται την εξεταζόμενη χρονική περίοδο 2022-2040. Συγκεκριμένα, το ποσοστό

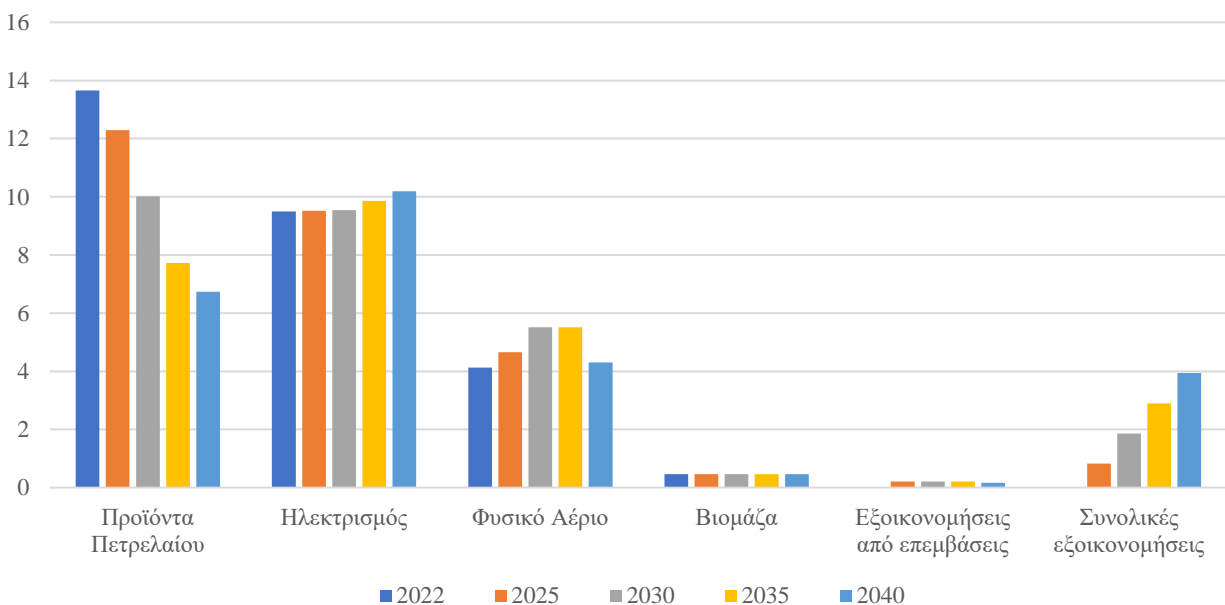
μείωσης του πετρελαίου θέρμανσης είναι 52,78% έως το 2040. Ενώ οι τιμές του ηλεκτρισμού παρατηρούνται ότι το 2022 είναι 9,50 ktoe ενώ το 2040 είναι 9,59 ktoe, αυτό διότι στην αύξηση του ηλεκτρισμού συμβάλλει η διείσδυση των αντλιών θερμότητας, το ποσοστό των οποίων είναι πολύ μικρό, ενώ η κατανάλωση από ηλεκτρικές συσκευές θεωρούμε ότι μένει σταθερή στο εξεταζόμενο χρονικό διάστημα. Αξίζει επίσης να αναφερθεί ότι η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας λόγω ενεργειακών επεμβάσεων ανέρχεται στα 3,89 ktoe το 2040.

Ομοίως, για το **Σενάριο Πολιτικής** προκύπτει ο **Πίνακας 5.23** και το **Διάγραμμα 5.11**, στα οποία όπως είδαμε και προηγουμένως παρουσιάζεται η κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας ανά καύσιμο και η εξοικονόμηση ενέργειας λόγω ενεργειακών επεμβάσεων στον δήμο Μοσχάτου-Ταύρου.

Πίνακας 5.23. Καταναλώσεις ανά καύσιμο και εξοικονόμηση ενέργειας στον δήμο Μοσχάτου-Ταύρου (ktoe) – **Σενάριο Πολιτικής.**

(ktoe)	2022	2025	2030	2035	2040
Πετρέλαιο	13,66	12,29	10,01	7,73	6,74
Ηλεκτρισμός	9,50	9,51	9,54	9,86	10,19
Φυσικό Αέριο	4,13	4,65	5,51	5,51	4,30
Βιομάζα	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46
Εξοικονόμηση από επεμβάσεις	0	0,21	0,21	0,21	0,17
Συνολική εξοικονόμηση	0	0,83	1,86	2,90	3,94

Σενάριο Πολιτικής - Κατανάλωση ενέργειας ανά καύσιμο σε ktoe



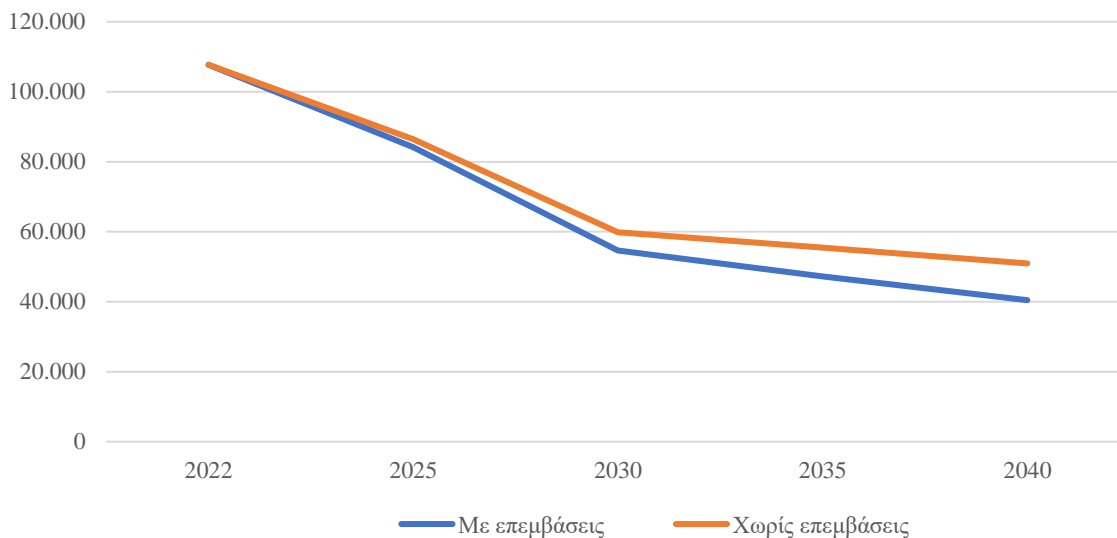
Διάγραμμα 5.11. Καταναλώσεις ανά καύσιμο και εξοικονόμηση ενέργειας στον δήμο Μοσχάτου-Ταύρου – **Σενάριο Πολιτικής.**

Παρατηρούμε τόσο από τον παραπάνω πίνακα όσο και από το διάγραμμα ότι η κατανάλωση ανά καύσιμο και εξοικονόμηση ενέργειας στον δήμο Μοσχάτου-Ταύρου, στο **Σενάριο Πολιτικής**, ακολουθούν την ίδια λογική με το **Βασικό Σενάριο**. Συγκεκριμένα, παρατηρείται ότι το πετρέλαιο θέρμανσης μειώνεται από το έτος 2022 στο έτος 2040, η μείωση είναι κατά 50,66%. Οι τιμές του ηλεκτρισμού βλέπουμε ότι στο **Σενάριο Πολιτικής** αυξάνονται από 9,50 ktoe σε 10,19 ktoe το έτος 2040, με μεγαλύτερο ρυθμό από το έτος 2030 έως το 2040 σε σχέση με το **Βασικό Σενάριο**. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι η διαφοροποίηση του Σεναρίου Πολιτικής από το **Βασικό Σενάριο** έγκειται κατά κύριο λόγο στο ότι τη χρονική περίοδος 2030-2040 προστίθενται περισσότερες αντλίες θερμότητας για 2 λόγους, αφενός επειδή την χρονική περίοδο 2031-2035 σταματάνε οι προσθήκες επιπλέον καυστήρων φυσικού αερίου και την θέση τους παίρνουν οι αντλίες θερμότητας, ενώ από την χρονική περίοδο 2036-2040 έχουμε την απεγκατάσταση των ήδη υφιστάμενων καυστήρων φυσικού αερίου και την αντικατάστασή τους πλέον με αντλίες θερμότητας. Οπότε αυτό εξηγεί και την τάση του φυσικού αερίου που από του έτους 2022 έως το 2030, παρατηρούμε ότι αυξάνεται, ενώ από το 2030 έως το 2040 μειώνονται με μεγαλύτερο ρυθμό. Τέλος, να σημειώσουμε ότι η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας λόγω ενεργειακών παρεμβάσεων αυξάνεται από το 2022 έως το 2040 και η τιμή της ανέρχεται στα 3,94 ktoe, τιμή μεγαλύτερη από το **Βασικό Σενάριο**.

5.2.2 Περιβαλλοντικό αποτύπωμα

Από την μελέτη της ενεργειακής μετάβασης είναι σημαντικό να εκτιμήσουμε και το περιβαλλοντικό αποτύπωμα για την περίοδο 2022-2040. Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα θα υπολογιστεί σε εκπομπές tCO_2 για κάθε ένα από τα εξεταζόμενα σενάρια, για την περίοδο 2022-2040. Έχοντας ως δεδομένο την ενεργειακή κατανάλωση ανά καύσιμο, όπως αυτή προκύπτει από το **Βασικό Σενάριο** και το **Σενάριο Πολιτικής**, όπως επίσης χρησιμοποιώντας και τα δεδομένα των συντελεστών εκπομπών για το ηλεκτρισμό, καθώς και για τα υπόλοιπα καύσιμα, το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο και την βιομάζα, όπως είδαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, προκύπτουν οι τάσεις στις εκπομπές tCO_2 για τον δήμο Μοσχάτου-Ταύρου.

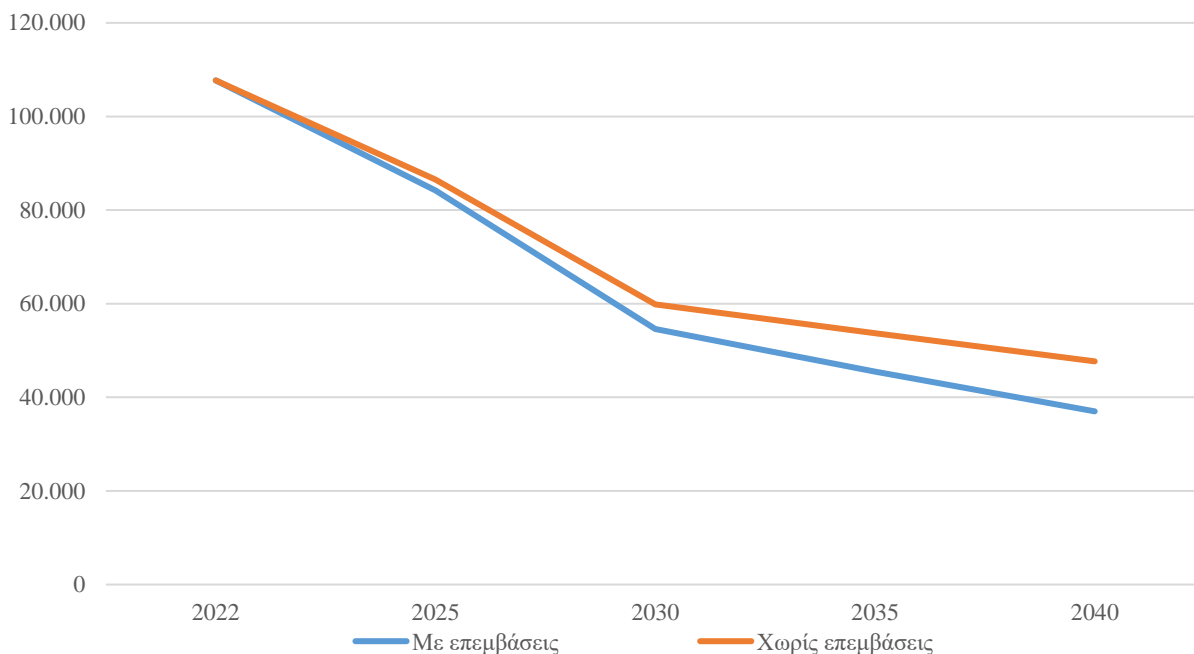
Συνολικές εκπομπές tCO_2 - Βασικό Σενάριο



Διάγραμμα 5.12. Περιβαλλοντικό αποτύπωμα δήμου Μοσχάτου-Ταύρου – Βασικό Σενάριο.

Παρατηρώντας το παραπάνω διάγραμμα είναι εμφανές ότι με τις ενεργειακές επεμβάσεις οι συνολικές εκπομπές tH CO_2 μειώνονται την χρονική περίοδο 2020-2040, με μεγαλύτερο ρυθμό από ότι θα μειώνονταν αν δεν γινότουσαν οι ενεργειακές αυτές επεμβάσεις. Συγκεκριμένα, για το **Βασικό Σενάριο** οι ενεργειακές ανακαινίσεις μειώνουν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατά 62,46% την χρονική περίοδο 2022-2040.

Συνολικές εκπομπές tH CO_2 - Σενάριο Πολιτικής



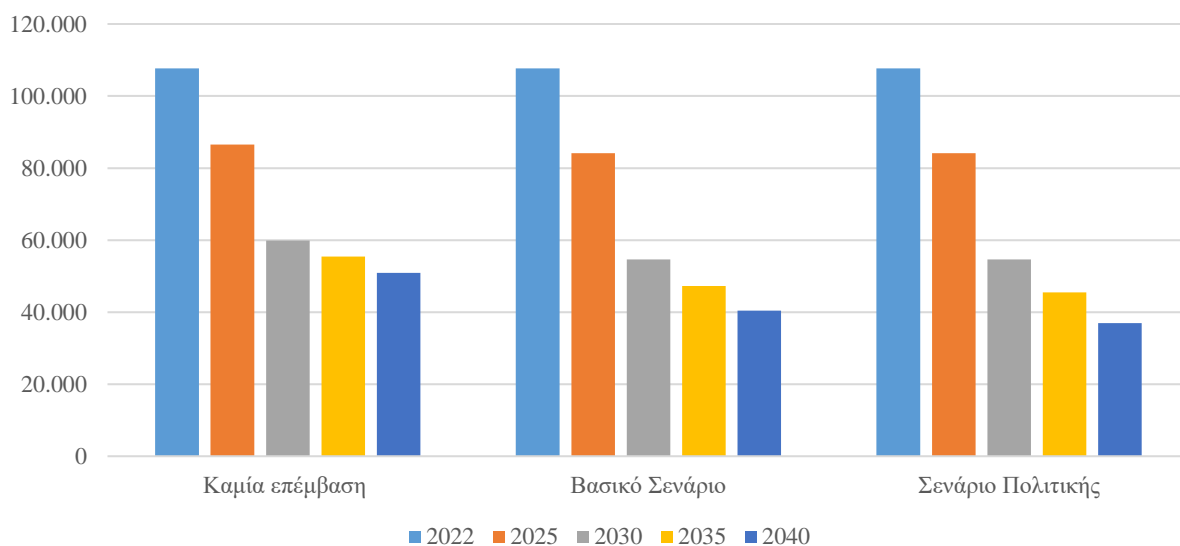
Διάγραμμα 5.13. Περιβαλλοντικό αποτύπωμα δήμου Μοσχάτου-Ταύρου – Σενάριο Πολιτικής.

Παρόμοια είναι τα αποτελέσματα και στο **Σενάριο Πολιτικής** καθώς παρατηρούμε ότι με τις ενεργειακές επεμβάσεις οι αναμενόμενες εκπομπές tH CO_2 μειώνονται. Ωστόσο, παρατηρείται ότι κυρίως το χρονικό διάστημα 2030-2040 οι μειώσεις εκπομπών CO_2 γίνονται με μεγαλύτερο ρυθμό, όπως είναι λογικό εξάλλου καθώς σύμφωνα με το **Σενάριο Πολιτικής** αυτή την χρονική περίοδο αυξάνεται η διείσδυση του ηλεκτρισμού, που επιφέρει με τη σειρά του χαμηλότερες εκπομπές CO_2 . Τέλος, οι ενεργειακές επεμβάσεις οδηγούν σε μείωση tH CO_2 κατά 65,65% από 2022 έως το 2040.

Πίνακας 5.24. Σύγκριση εκπομπών tn CO₂ για τα δύο σενάρια και για την περίπτωση να μην έχουμε καμία επέμβαση για δήμο Μοσχάτου-Ταύρου.

tn CO ₂	2022	2025	2030	2035	2040
Καμία επέμβαση	107.706	86.495	59.863	55.412	50.935
Βασικό Σενάριο	107.706	84.157	54.604	47.230	40.437
Σενάριο Πολιτικής	107.706	84.157	54.604	45.499	36.999

Εκπομπές tn CO₂ - Σύγκριση Σεναρίων



Διάγραμμα 5.14. Σύγκριση εκπομπών tn CO₂ για τα δύο σενάρια, με και χωρίς ενεργειακές επεμβάσεις, για τον δήμο Μοσχάτου-Ταύρου.

Συγκρίνοντας τα 2 σενάρια είναι εμφανές ότι το **Σενάριο Πολιτικής** οδηγεί σε μεγαλύτερη μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα σε σχέση με το **Βασικό Σενάριο**. Ειδικότερα, το ποσοστό του CO₂ που εκπέμπεται από το **Σενάριο Πολιτικής** είναι κατά 8,50% μικρότερο σε σχέση με το **Βασικό Σενάριο**, το έτος 2040. Οι τιμές αυτές παρουσιάζονται παραπάνω, **Πίνακας 5.24**.

5.2.3 Οικονομική αποτίμηση

Η μελέτη του **Βασικού Σεναρίου** και του **Σεναρίου Πολιτικής** για την ενεργειακή μετάβαση στον οικιακό τομέα έχει ως σκοπό εκτός από τον προσδιορισμό της ενεργειακής κατανάλωσης, από τον οποίο προκύπτουν και στοιχεία για το περιβαλλοντικό αποτύπωμα και την εξέλιξη των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Σημαντικό στοιχείο που προκύπτει από την μελέτη αυτή αφορά και την οικονομική αποτίμηση της ενεργειακής μετάβασης, μέσω της οποίας αντλούμε στοιχεία για το κόστος ή όφελος του καταναλωτή, με την εφαρμογή των δυο διαφορετικών σεναρίων.

Αρχικά προσδιορίζεται το κόστος επιβάρυνσης από τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα. σύμφωνα με το σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών (ΣΕΔΕ) αερίων του θερμοκηπίου στην Ευρωπαϊκή Κοινότητα. Για την συγκεκριμένη περίπτωση μελετώνται δυο ξεχωριστά ενδεχόμενα. Στο πρώτο ενδεχόμενο, έχουμε την σταθερή τιμή εκπομπών, η οποία ανέρχεται στα 30 €/t CO₂.

Τα κόστη για το **Βασικό Σενάριο** παρουσιάζει ο **Πίνακας 5.25**.

Πίνακας 5.25. Οικονομική επιβάρυνση λόγω εκπομπών CO₂ με τιμή 30 €/t CO₂ στην περίπτωση του **Βασικού Σεναρίου** – Δήμος Μοσχάτου-Ταύρου.

	2022	2025	2030	2035	2040
Συνολικό κόστος εκπομπών (€)	3.054.799	2.524.718	1.638.107	1.416.903	1.213.101
Εξοικονόμηση λόγω των ενεργειακών επεμβάσεων (€)	0	70.130	157.793	245.455	314.943
Πιθανή έξτρα χρέωση ανά νοικοκυριό χωρίς ενεργειακές επεμβάσεις (€)	170	170	170	170	170
Πιθανή έξτρα χρέωση ανά νοικοκυριό με ενεργειακές επεμβάσεις (€)	170	141	91	79	68

Από τον παραπάνω πίνακα συμπεραίνουμε ότι η πιθανή έξτρα χρέωση ανά νοικοκυριό, από την εισαγωγή του συστήματος εμπορίας εκπομπών αερίων με σταθερή τιμή 30 €/t CO₂, στην περίπτωση των ενεργειακών επεμβάσεων μειώνεται κατά 62,22% το 2040.

Ομοίως για το **Σενάριο Πολιτικής** είναι ο **Πίνακας 5.26**.

Πίνακας 5.26. Οικονομική επιβάρυνση λόγω εκπομπών CO₂ με τιμή 30 €/t CO₂ στην περίπτωση του **Σεναρίου Πολιτικής**. – Δήμος Μοσχάτου-Ταύρου.

	2022	2025	2030	2035	2040
Συνολικό κόστος εκπομπών (€)	3.054.799	2.524.718	1.638.107	1.364.971	1.109.964
Εξοικονόμηση λόγω των ενεργειακών επεμβάσεων (€)	0	70.130	157.793	245.455	320.536
Πιθανή έξτρα χρέωση ανά νοικοκυριό χωρίς ενεργειακές επεμβάσεις (€)	170	170	170	170	170
Πιθανή έξτρα χρέωση ανά νοικοκυριό με ενεργειακές επεμβάσεις (€)	170	141	91	76	62

Όπως στο **Βασικό Σενάριο**, έτσι και στο **Σενάριο Πολιτικής** συμπεραίνουμε πως η εφαρμογή των ενεργειακών επεμβάσεων επιφέρει μείωση της τάξης του 65,56% στην πιθανή έξτρα χρέωση ανά νοικοκυριό από την εισαγωγή του συστήματος εμπορίας αδειών εκπομπών CO₂.

Από την σύγκριση των δύο σεναρίων είναι εμφανές ότι το **Σενάριο Πολιτικής** επιφέρει μεγαλύτερες μειώσεις στις πιθανές χρεώσεις των νοικοκυριών από το σύστημα εμπορίας εκπομπών CO₂, καθώς η τιμή ανέρχεται στα 62 €, ενώ στο **Βασικό Σενάριο** είναι στα 68 € για το έτος 2040.

Επιπλέον, εξετάζεται το ενδεχόμενο της μεταβαλλόμενης τιμής εκπομπών CO₂, συγκεκριμένα την χρονική περίοδο 2022-2025 είναι 30 €/t CO₂, το 2026-2030 είναι στα 50 €/t CO₂ ενώ το 2031-2040 η τιμή είναι 100 €/t CO₂. Οι πιθανές χρεώσεις ανά νοικοκυριό από τις εκπομπές CO₂ για το **Βασικό Σενάριο** παρουσιάζει ο **Πίνακας 5.27** και για το **Σενάριο Πολιτικής** ο **Πίνακας 5.28**.

Πίνακας 5.27. Οικονομική επιβάρυνση λόγω εκπομπών CO₂ με μεταβλητή τιμή €/t CO₂ στην περίπτωση του **Βασικού Σεναρίου** – Δήμος Μοσχάτου-Ταύρου.

	2022	2025	2030	2035	2040
Συνολικό κόστος εκπομπών (€)	3.054.799	2.524.718	2.730.178	4.723.011	4.043.671
Εξοικονόμηση λόγω των ενεργειακών επεμβάσεων (€)	0	70.130	262.988	818.184	1.049.809
Πιθανή έξτρα χρέωση ανά νοικοκυριό χωρίς ενεργειακές επεμβάσεις (€)	170	170	284	568	568
Πιθανή έξτρα χρέωση ανά νοικοκυριό με ενεργειακές επεμβάσεις (€)	170	141	152	264	226

Πίνακας 5.28. Οικονομική επιβάρυνση λόγω εκπομπών CO₂ με μεταβλητή τιμή €/t CO₂ στην περίπτωση του **Σεναρίου Πολιτικής** – Δήμος Μοσχάτου-Ταύρου.

	2022	2025	2030	2035	2040
Συνολικό κόστος εκπομπών (€)	3.054.799	2.524.718	2.730.178	4.549.902	3.699.881
Εξοικονόμηση λόγω των ενεργειακών επεμβάσεων (€)	0	70.130	262.988	818.184	1.068.453
Πιθανή έξτρα χρέωση ανά νοικοκυριό χωρίς ενεργειακές επεμβάσεις (€)	170	170	284	568	568
Πιθανή έξτρα χρέωση ανά νοικοκυριό με ενεργειακές επεμβάσεις (€)	170	141	152	254	206

Όπως παρατηρούμε στους πάνω πίνακες είναι λογικό η αύξηση της τιμής εμπορίας εκπομπών CO₂ να επιφέρει και αύξηση στις πιθανές χρεώσεις ανά νοικοκυριό. Η αύξηση αυτή είναι λιγότερη στην περίπτωση των ενεργειακών επεμβάσεων τόσο στο **Βασικό Σενάριο** όσο και στο **Σενάριο Πολιτικής**. Συγκεκριμένα, οι ενεργειακές επεμβάσεις μειώνουν τις πιθανές χρεώσεις κατά 60,21% στο **Βασικό Σενάριο** και κατά 63,73% στο **Σενάριο Πολιτικής**.

Όπως και στην προηγούμενη περίπτωση με την σταθερή τιμή των εκπομπών, έτσι και στην περίπτωση της μεταβλητής τιμής οι μειώσεις στις πιθανές χρεώσεις ανά νοικοκυριό είναι μεγαλύτερες στο **Σενάριο Πολιτικής**.

Εκτός από τα κόστη που προκύπτουν από την εφαρμογή του συστήματος εμπορίας αδειών CO₂ στον οικιακό τομέα, κοστοβόρες είναι και οι ενεργειακές αναβαθμίσεις των οικιών όπως αυτές προβλέπονται από τα σενάρια ενεργειακής μετάβασης που μελετάμε. Την εξέλιξη τιμών για την εγκατάσταση αντλιών θερμότητας, καυστήρων φυσικού αερίου και ενεργειακών ανακαινίσεων παρουσιάσαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, για το χρονικό διάστημα 2022-2040. Στους παρακάτω πίνακες (**Πίνακας 5.29** και **Πίνακας 5.30**) παρουσιάζονται τα συνολικά κόστη για τις ενεργειακές επεμβάσεις, στο **Βασικό Σενάριο** και στο **Σενάριο Πολιτικής**.

Πίνακας 5.29. Κόστος επεμβάσεων για το **Βασικό Σενάριο** – Δήμος Μοσχάτου-Ταύρου.

Βασικό Σενάριο	2022	2025	2030	2035	2040
Συνολικό κόστος επεμβάσεων (€)	0	4.620.802	4.532.125	4.451.231	4.370.337
Κόστος εγκατάστασης αντλιών θερμότητας (€)	0	376.156	293.585	224.905	156.224
Κόστος εγκατάστασης καυστήρων φυσικού αερίου(€)	0	633.086	626.979	614.765	602.551
Κόστος ενεργειακών ανακαινίσεων (€)	0	3.611.561	3.611.561	3.611.561	3.611.561
Πιθανή έξτρα χρέωση ανά νοικοκυριό λόγω των επεμβάσεων (€)	0	258	253	248	244

Πίνακας 5.30. Κόστος επεμβάσεων για το **Σενάριο Πολιτικής** – Δήμος Μοσχάτου-Ταύρου.

Σενάριο Πολιτικής	2022	2025	2030	2035	2040
Συνολικό κόστος επεμβάσεων (€)	0	4.620.802	4.532.125	4.588.587	4.290.281
Κόστος εγκατάστασης αντλιών θερμότητας (€)	0	376.156	293.585	977.026	678.667
Κόστος εγκατάστασης καυστήρων φυσικού αερίου(€)	0	633.086	626.979	0	52.917
Κόστος ενεργειακών ανακαινίσεων (€)	0	3.611.561	3.611.561	3.611.561	3.611.561
Πιθανή έξτρα χρέωση ανά νοικοκυριό λόγω των επεμβάσεων (€)	0	258	253	256	242

Από τους παραπάνω πίνακες παρατηρούμε ότι το συνολικό κόστος για την εγκατάσταση καυστήρων φυσικού αερίου μειώνεται και στα δύο σενάρια, στο **Σενάριο Πολιτικής** το 2035 μηδενίζεται καθώς έχουμε την παύση προσθήκης καυστήρων φυσικού αερίου, ενώ το 2040 η το κόστος πλέον είναι για την απεγκατάσταση των καυστήρων φυσικού αερίου και ανέρχεται στα 52.917 €. Ενώ για την περίοδο 2022-2040, σημαντικό είναι το συνολικό κόστος επεμβάσεων για τα δύο σενάρια. Συγκεκριμένα, για το **Βασικό Σενάριο** το συνολικό κόστος ανέρχεται στα 85.859.014 € ενώ για το **Σενάριο Πολιτικής** είναι στα 87.015.375 €. Το **Σενάριο Πολιτικής** είναι κατά 1,33% πιο ακριβό από το **Βασικό Σενάριο** στο συνολικό κόστος επεμβάσεων. Η διαφορά αυτή οφείλεται στην αύξηση προσθήκης αντλιών θερμότητας στο **Σενάριο Πολιτικής** και αντικατάσταση των καυστήρων φυσικού αερίου με αντλίες θερμότητας, όπως είδαμε και στο προηγούμενο κεφάλαιο το κόστος εγκατάστασης αντλιών θερμότητας ανά μονάδα είναι μεγαλύτερο από των καυστήρων φυσικού αερίου. Τέλος, η πιθανή έξτρα χρέωση ανά νοικοκυριό μέχρι το 2030 είναι ίδια και στα δύο σενάρια, ενώ το 2035 στο **Σενάριο Πολιτικής** αυξάνεται σε σχέση με το **Βασικό Σενάριο**

και στη συνέχεια έως το έτος 2040 ακολουθεί φθίνουσα πορεία, φτάνοντας να είναι μικρότερο από το **Βασικό Σενάριο** κατά σχεδόν 1%, αυτό γίνεται λόγω των αντλιών θερμότητας που αναφέραμε και προηγουμένως.

Μέσω του υπολογιστικού εργαλείου «DREEM» μπορούμε να υπολογίσουμε τα συνολικά κόστη ανά καύσιμο και την εξοικονόμηση καυσίμου που πετυχαίνουμε από τις ενεργειακές αναβαθμίσεις των οικιών στις εξεταζόμενες περιοχές, για το χρονικό διάστημα 2022-2040. Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται τα συνολικά κόστη καυσίμου με και χωρίς ενεργειακές επεμβάσεις, καθώς και οι συνολικές εξοικονομήσεις καυσίμου από τις ενεργειακές αναβαθμίσεις των κατοικιών.

Πίνακας 5.31. Κόστος καυσίμου για το **Βασικό Σενάριο** – Δήμος Μοσχάτου-Ταύρου.

Βασικό Σενάριο	2022	2025	2030	2035	2040
Συνολικό κόστος καυσίμου με επεμβάσεις (€)	53.155.045	54.238.274	55.544.947	53.033.901	50.587.069
Συνολικό κόστος καυσίμου χωρίς επεμβάσεις (€)	53.155.045	55.775.162	59.673.900	59.769.829	59.761.586
Εξοικονόμηση καυσίμου λόγω ενεργειακών επεμβάσεων(€)	0	1.536.888	4.128.953	6.735.928	9.174.517
Εξοικονόμηση πετρελαίου θέρμανσης (€)	0	1.536.888	4.128.953	6.735.928	7.120.297
Εξοικονόμηση φυσικού αερίου (€)	0	0	0	0	2.054.220

Πίνακας 5.32. Κόστος καυσίμου για το **Σενάριο Πολιτικής**. – Δήμος Μοσχάτου-Ταύρου.

Σενάριο Πολιτικής	2022	2025	2030	2035	2040
Συνολικό κόστος καυσίμου με επεμβάσεις (€)	53.155.045	54.238.274	55.544.947	51.930.627	48.318.292
Συνολικό κόστος καυσίμου χωρίς επεμβάσεις (€)	53.155.045	55.775.162	59.673.900	58.666.556	57.639.380
Εξοικονόμηση καυσίμου λόγω ενεργειακών επεμβάσεων(€)	0	1.536.888	4.128.953	6.735.928	9.321.088
Εξοικονόμηση πετρελαίου θέρμανσης (€)	0	1.536.888	4.128.953	6.735.928	7.489.169
Εξοικονόμηση φυσικού αερίου (€)	0	0	0	0	1.831.919

Παρατηρούμε ότι το συνολικό κόστος καυσίμου χωρίς τις ενεργειακές επεμβάσεις είναι μεγαλύτερο από το αντίστοιχο κόστος με τις ενεργειακές επεμβάσεις, τόσο στο **Βασικό Σενάριο** όσο και στο **Σενάριο Πολιτικής**. Ενώ η συνολική εξοικονόμηση καυσίμου λόγω ενεργειακών επεμβάσεων είναι ίδια στα δύο σενάρια έως το έτος 2035, την περίοδο 2036-2040 αυξάνεται στο **Σενάριο Πολιτικής** φτάνοντας το έτος 2040 να είναι μεγαλύτερη κατά 1,3% από την αντίστοιχη εξοικονόμηση του **Βασικού Σεναρίου**. Από το έτος 2037 και μετά, εξαντλούνται τα νοικοκυριά με πετρέλαιο θέρμανσης που ανακαινίζονταν και γίνονται ανακαινίσεις με καυστήρες φυσικού αερίου. Για αυτό και βλέπουμε την χρονική περίοδο 2022-2035 να έχουμε ίδια εξοικονόμηση στα δύο σενάρια, ενώ το έτος 2040, η εξοικονόμηση είναι μεγαλύτερη στο **Σενάριο Πολιτικής**.

Ενώ το κόστος καυσίμου που επιβαρύνει το κάθε νοικοκυριό παρουσιάζεται παρακάτω, **Πίνακας 5.33** και **Πίνακας 5.34**.

Πίνακας 5.33. Οικονομική επιβάρυνση νοικοκυριών από το κόστος καυσίμου στην περίπτωση του **Βασικού Σεναρίου** – Δήμος Μοσχάτου-Ταύρου.

	2022	2025	2030	2035	2040
Κόστος καυσίμου ανά νοικοκυριό χωρίς επεμβάσεις (€)	2.947	3.113	3.330	3.336	3.335
Κόστος καυσίμου ανά νοικοκυριό με επεμβάσεις (€)	2.947	3.027	3.100	2.960	2.823
Εξοικονόμηση καυσίμου ανά νοικοκυριό λόγω ενεργειακών επεμβάσεων (€)	0	86	230	376	512

Πίνακας 5.34. Οικονομική επιβάρυνση νοικοκυριών από το κόστος καυσίμου στην περίπτωση του **Σεναρίου Πολιτικής** – Δήμος Μοσχάτου-Ταύρου.

	2022	2025	2030	2035	2040
Κόστος καυσίμου ανά νοικοκυριό χωρίς επεμβάσεις (€)	2.947	3.113	3.330	3.274	3.217
Κόστος καυσίμου ανά νοικοκυριό με επεμβάσεις (€)	2.947	3.027	3.100	2.898	2.696
Εξοικονόμηση καυσίμου ανά νοικοκυριό λόγω ενεργειακών επεμβάσεων (€)	0	86	230	376	520

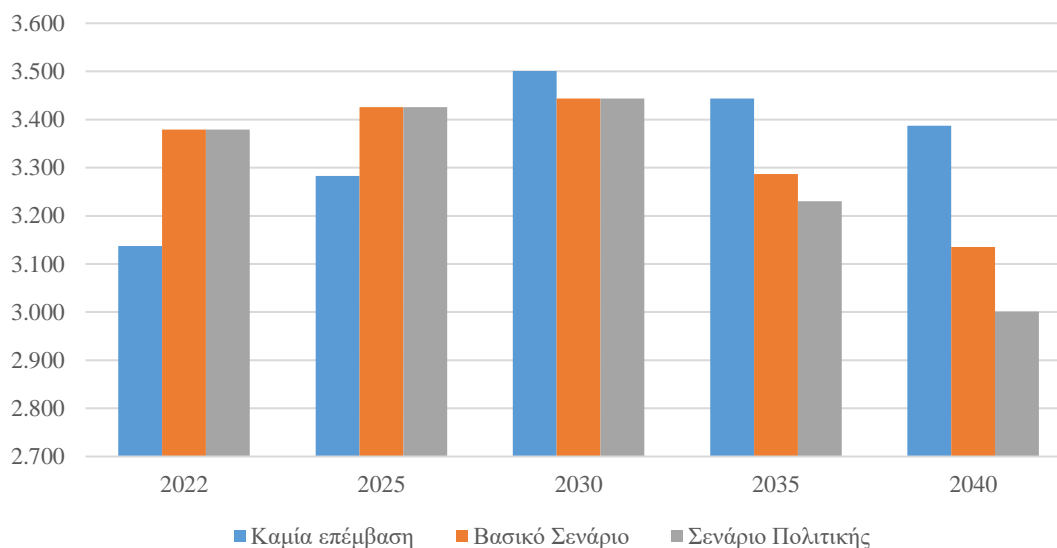
Σε κάθε περίπτωση οι ενεργειακές επεμβάσεις επιφέρουν εξοικονόμηση χρημάτων στα νοικοκυριά σε βάθος χρόνου, λόγω της εξοικονόμησης καυσίμου η οποία στην περίπτωση του **Σεναρίου Πολιτικής** είναι μεγαλύτερη από το **Βασικό Σενάριο**.

Συνοψίζοντας, η οικονομική επιβάρυνση στα νοικοκυριά προέρχεται από το κόστος καυσίμων, κόστος εγκατάστασης νέων τεχνολογιών όπως για παράδειγμα αντλίες θερμότητας ή επιπλέον καυστήρες φυσικού αερίου και τέλος, από το κόστος εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα λόγω εισαγωγής τους στο σύστημα εμπορίας εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Στους παρακάτω πίνακες (**Πίνακας 5.35**, **Πίνακας 5.36**) και **Διάγραμμα 5.15** και **Διάγραμμα 5.16** παρουσιάζεται η συνολική οικονομική επιβάρυνση ανά νοικοκυριό στον δήμο Μοσχάτου-Ταύρου για την περίπτωση ενεργειακών επεμβάσεων, αλλά και για την περίπτωση να μην κάνουμε τίποτα και το ενεργειακό σύστημα να μείνει ως έχει.

Πίνακας 5.35. Συνολική χρέωση νοικοκυριών με «ETS» 30 € – Δήμος Μοσχάτου-Ταύρου.

	2022	2025	2030	2035	2040
Πιθανή έξτρα χρέωση και κόστος καυσίμων ανά νοικοκυριό χωρίς ενεργειακές επεμβάσεις με τιμή «ETS» 30 (€)	3.137	3.283	3.501	3.444	3.387
Πιθανή έξτρα χρέωση και κόστος καυσίμων ανά νοικοκυριό με τιμή «ETS» 30 (€) – Βασικό Σενάριο	3.379	3.426	3.444	3.287	3.135
Πιθανή έξτρα χρέωση και κόστος καυσίμων ανά νοικοκυριό με τιμή «ETS» 30 (€) – Σενάριο Πολιτικής	3.379	3.426	3.444	3.230	3.001

Συνολικές χρεώσεις ανά νοικοκυριό

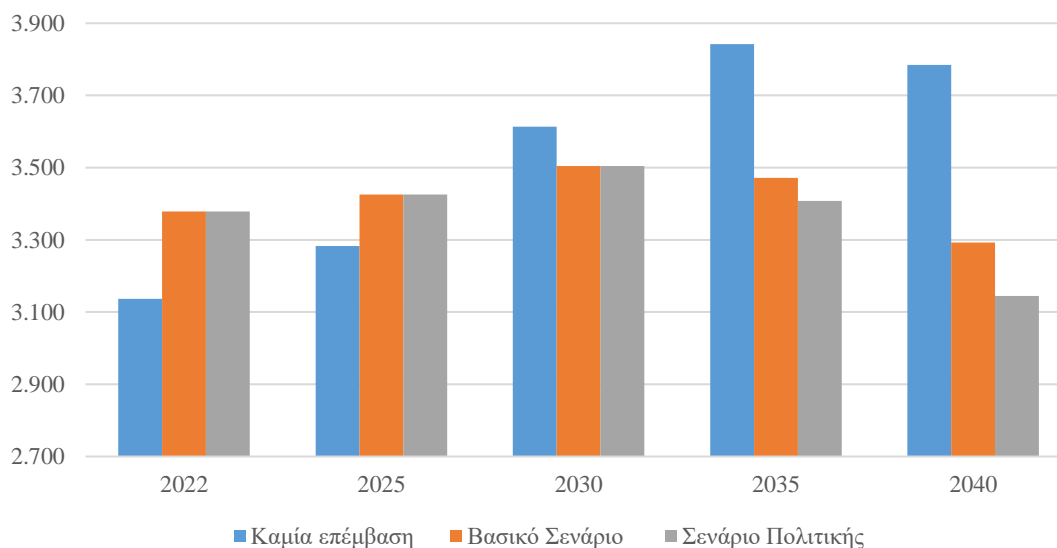


Διάγραμμα 5.15. Συνολική χρέωση νοικοκυριών με «ETS» 30 € – Δήμος Μοσχάτου-Ταύρου.

Πίνακας 5.36. Συνολική χρέωση νοικοκυριών με «ETS» 30 -100 € – Δήμος Μοσχάτου-Ταύρου.

	2022	2025	2030	2035	2040
Πιθανή έξτρα χρέωση και κόστος καυσίμων ανά νοικοκυριό χωρίς ενεργειακές επεμβάσεις με τιμή «ETS» 30-100(€)	3.137	3.283	3.614	3.842	3.785
Πιθανή έξτρα χρέωση και κόστος καυσίμων ανά νοικοκυριό με τιμή «ETS» 30-100 (€) – Βασικό Σενάριο	3.379	3.426	3.505	3.472	3.293
Πιθανή έξτρα χρέωση και κόστος καυσίμων ανά νοικοκυριό με τιμή «ETS» 30-100 (€) – Σενάριο Πολιτικής	3.379	3.426	3.505	3.408	3.145

Συνολικές χρεώσεις ανά νοικοκυριό



Διάγραμμα 5.16. Συνολική χρέωση νοικοκυριών με «ETS» 30-100 € – Δήμος Μοσχάτου-Ταύρου.

Αυτό που παρατηρούμε από τους παραπάνω πίνακες και διαγράμματα είναι ότι οι ενεργειακές επεμβάσεις μακροπρόθεσμα επιφέρουν λιγότερες χρεώσεις στα νοικοκυριά. Ειδικά όταν οι τιμές εκπομπής του διοξειδίου του άνθρακα κυμαίνονται από 30 έως 100 €, παρατηρούμε ότι τόσο στο **Βασικό Σενάριο** όσο και στο **Σενάριο Πολιτικής** η διαφορά των ενεργειακών επεμβάσεων είναι σχεδόν 600 € λιγότερη για το έτος 2040 σε σύγκριση με το σενάριο να μην γίνει καμία επέμβαση. Ο **Πίνακας 5.37** παρουσιάζει τις συνολικές χρεώσεις των νοικοκυριών για την χρονική περίοδο 2022-2040, για τα διάφορα σενάρια.

Πίνακας 5.37. Συνολική χρέωση ανά νοικοκυριό για την χρονική περίοδο 2022-2040, για το **Βασικό Σενάριο** και το **Σενάριο Πολιτικής** – Δήμος Μοσχάτου-Ταύρου.

	Βασικό Σενάριο	Σενάριο Πολιτικής
Πιθανή έξτρα χρέωση και κόστος καυσίμων ανά νοικοκυριό χωρίς ενεργειακές επεμβάσεις με τιμή «ETS» 30 (€)	64.977	64.977
Πιθανή έξτρα χρέωση και κόστος καυσίμων ανά νοικοκυριό με ενεργειακές επεμβάσεις με τιμή «ETS» 30 (€)	63.535	62.887
Πιθανή έξτρα χρέωση και κόστος καυσίμων ανά νοικοκυριό χωρίς ενεργειακές επεμβάσεις με τιμή «ETS» 30-100 (€)	69.523	69.523
Πιθανή έξτρα χρέωση και κόστος καυσίμων ανά νοικοκυριό με ενεργειακές επεμβάσεις με τιμή «ETS» 30-100 (€)	65.726	65.005

Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η μελέτη των σεναρίων ενεργειακής μετάβασης του οικιακού τομέα στην Π.Ε. Πειραιά και στον δήμο Μοσχάτου- Ταύρου, για το χρονικό διάστημα 2022-2040. Συγκεκριμένα, στα πλαίσια της μελέτης, διερευνώνται διάφορα σενάρια ενεργειακής μετάβασης του οικιακού τομέα, που αφορούν την αύξηση της διείσδυσης τεχνολογιών και καυσίμων που είναι λιγότερο βλαβερές για το περιβάλλον, όπως για παράδειγμα οι αντλίες θερμότητας και το φυσικό αέριο. Επίσης, εξετάζεται η σημαντικότητα των ενεργειακών ανακαινίσεων στα παλιότερα κτίρια έτσι ώστε να βελτιωθεί η ενεργειακή απόδοση στις εξεταζόμενες περιοχές. Στα πλαίσια της ανάλυσης ενεργειακής μετάβασης χρησιμοποιήθηκε το υπολογιστικό εργαλείο μοντελοποίησης της ενεργειακής ζήτησης «DREEM» με τη βοήθεια του οποίου προσομοιώνεται η ενεργειακή κατανάλωση των νοικοκυριών στις εξεταζόμενες περιοχές. Τέλος, εκτιμάται η τελική κατανάλωση ενέργειας από την εφαρμογή των σεναρίων ενεργειακής μετάβασης, καθώς και η διαμόρφωση του τελικού ενεργειακού μίγματος. Επίσης, εξετάζεται το περιβαλλοντικό αποτύπωμα και η οικονομική αποτίμηση από την εφαρμογή των σεναρίων ενεργειακής μετάβασης.

Η μελέτη ενεργειακής μετάβασης στον οικιακό τομέα των υπό μελέτη περιοχών έγινε για δύο διαφορετικά σενάρια:

➤ **Βασικό Σενάριο:**

Το **Βασικό Σενάριο** μελετά την μεγαλύτερη διείσδυση τεχνολογιών φυσικού αερίου στην θέρμανση των κατοικιών, όπως αυτό προβλέπεται από το ΕΣΕΚ για το 2030. Επίσης, έχουμε ετήσια αύξηση των αντλιών θερμότητας ώστε έως το 2030 να έχουν αυξηθεί κατά 300%. Παράλληλα, μελετώνται και οι ενεργειακές ανακαινίσεις στις κατασκευασμένες κατοικίες πριν το 2000, ο αριθμός των ανακαινισμένων κτιρίων φτάνει τις 120.000 ανά έτος σε εθνικό επίπεδο, το οποίο αντιστοιχεί σε ποσοστό 2% των κτιρίων ανά έτος. Οι παραπάνω ενεργειακές επεμβάσεις συνεχίζονται έως το έτος 2040.

➤ **Σενάριο Πολιτικής:**

Το **Σενάριο Πολιτικής** ακολουθεί την ίδια λογική έως το έτος 2030 με αυτήν του **Βασικού Σεναρίου**. Από το 2030 και μετά έχουμε την σταδιακή διακοπή διείσδυσης τεχνολογιών φυσικού αερίου. Συγκεκριμένα, στο χρονικό διάστημα 2031-2035 οι νέοι λέβητες φυσικού αερίου που θα εισέρχονταν στο σύστημα βάσει του **Βασικού Σεναρίου**, αντικαθίστανται από αντλίες θερμότητας. Ενώ στο χρονικό διάστημα 2036-2040 πραγματοποιείται και απεγκατάσταση των υφιστάμενων καυστήρων φυσικού αερίου με αντλίες θερμότητας. Τέλος, οι ενεργειακές ανακαινίσεις ακολουθούν τον ίδιο ρυθμό που ακολουθούσαν και στο **Βασικό Σενάριο**.

Το **Βασικό Σενάριο** και το **Σενάριο Πολιτικής** εφαρμόστηκαν τόσο σε επίπεδο περιφερειακής ενότητας για την Π.Ε. Πειραιά, όσο και σε επίπεδο δήμου για τον δήμο Μοσχάτου-Ταύρου, που εντάσσονται και τα δύο στην περιφέρεια Αττικής και στην κλιματική ζώνη Β της Ελλάδας. Για τα δύο σενάρια παρουσιάστηκαν αποτελέσματα για την συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας του οικιακού τομέα, για το χρονικό διάστημα 2022-2040. Όπως επίσης, και το ενεργειακό μείγμα κατανάλωσης για το χρονικό διάστημα μελέτης. Επιπλέον, εξετάστηκε το εκτιμώμενο περιβαλλοντικό αποτύπωμα, καθώς και η οικονομική αποτίμηση από την εφαρμογή των δύο σεναρίων. Στην μελέτη της οικονομικής αποτίμησης λαμβάνουμε υπόψιν δύο διαφορετικές περιπτώσεις εξέλιξης της τιμής εμπορίας αδειών εκπομπών CO₂. Στην πρώτη περίπτωση θεωρούμε ότι η τιμή των εκπομπών CO₂ παραμένει σταθερή και κυμαίνεται στα 30 €/t CO₂, ενώ στην δεύτερη περίπτωση έχουμε μεταβαλλόμενη τιμή εκπομπών CO₂ για το χρονικό

διάστημα 2022-2040 και η τιμή κυμαίνεται αρχικά στα 30 €/t CO₂, στη συνέχεια αυξάνεται στα 50 €/t CO₂ και καταλήγει στα 100 €/t CO₂.

Το πρώτο κύριο αποτέλεσμα της μελέτης αφορά την εξέλιξη της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης και του ενεργειακού μείγματος μέχρι το 2040. Συγκεκριμένα, προκύπτει ότι από την εφαρμογή του **Σεναρίου Πολιτικής** η συνολική ενεργειακή κατανάλωση στον οικιακό τομέα μειώνεται περισσότερο σε σχέση με το **Βασικό Σενάριο**. Αυτό διότι το **Σενάριο Πολιτικής** προβλέπει την αύξηση των αντλιών θερμότητας που έχουν μεγαλύτερο βαθμό ενεργειακής απόδοσης. Ειδικότερα, για την Π.Ε. Πειραιά το **Βασικό Σενάριο** προβλέπει 17,84% μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης το 2040 σε σχέση με το 2022. Ενώ το **Σενάριο Πολιτικής** προβλέπει 21,84% μείωση κατανάλωσης ενέργειας. Αντίστοιχα για τον δήμο Μοσχάτου-Ταύρου το **Βασικό Σενάριο** προβλέπει 17,74% μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης το 2040 σε σχέση με το 2022. Ενώ η μείωση στο **Σενάριο Πολιτικής** είναι 27,94%.

Εκτός από τα αποτελέσματα που προέκυψαν για την συνολική ενεργειακή κατανάλωση, σημαντικά είναι και τα αποτελέσματα που αφορούν το τελικό ενεργειακό μίγμα κατανάλωσης στο οποίο βλέπουμε και τις τάσεις που ακολουθούν η κατανάλωση διαφορετικών πηγών ενέργειας. Συγκεκριμένα, βλέπουμε πως εξελίσσεται η κατανάλωση πετρελαίου θέρμανσης, φυσικού αερίου, και ηλεκτρισμού. Σημαντική μείωση παρατηρείται στην κατανάλωση πετρελαίου θέρμανσης τόσο για την Π.Ε. Πειραιά όσο και για τον δήμο Μοσχάτου-Ταύρου. Ειδικότερα, στην Π.Ε. Πειραιά το **Βασικό Σενάριο** προβλέπει 52,78% μείωση της κατανάλωσης πετρελαίου, ενώ το **Σενάριο Πολιτικής** προβλέπει ποσοστό 50,67% μείωσης. Αντίστοιχα, είναι και τα ποσοστά που αφορούν τον δήμο Μοσχάτου-Ταύρου, όπου το **Βασικό Σενάριο** προβλέπει 52,77% μείωσης πετρελαίου θέρμανσης και το **Σενάριο Πολιτικής** προβλέπει 50,66% μείωση πετρελαίου θέρμανσης. Η κατανάλωση φυσικού αερίου τόσο στην Π.Ε. Πειραιά όσο και στον δήμο Μοσχάτου-Ταύρου στην περίπτωση του **Βασικού Σεναρίου** παρατηρούμε ότι αυξάνεται ως το έτος 2035, ενώ στη συνέχεια για το διάστημα 2036- 2040 ακολουθεί πτωτική πορεία. Στο **Σενάριο Πολιτικής** παρατηρούμε επίσης, αύξηση έως το έτος 2030 ενώ μετά το 2030 ακολουθεί σταθερή πορεία το χρονικό διάστημα 2030-2035 και μετά το 2035 έως το 2040 έχει πτωτική τάση. Τέλος, σχετικά με την κατανάλωση ηλεκτρισμού τόσο σε επίπεδο περιφερειακής ενότητας όσο και σε επίπεδο δήμου παρατηρείται μικρή αύξηση στην περίπτωση του **Βασικού Σεναρίου** ενώ στην περίπτωση του **Σεναρίου Πολιτικής** η αύξηση αυτή είναι μεγαλύτερη, καθώς έχουμε μεγαλύτερη διείσδυση αντλιών θερμότητας στο ενεργειακό μείγμα.

Τέλος, σημαντική είναι και η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας από την εφαρμογή των δύο διαφορετικών σεναρίων ενεργειακής μετάβασης. Συγκεκριμένα, για την Π.Ε. Πειραιά εφαρμόζοντας το **Βασικό Σενάριο** εξοικονομούνται συνολικά 42,97 ktoe ενέργειας έως το 2040, ενώ με την εφαρμογή του **Σεναρίου Πολιτικής** εξοικονομούνται 43,50 ktoe ενέργειας. Αντίστοιχα για τον δήμο Μοσχάτου-Ταύρου με την εφαρμογή του **Βασικού Σεναρίου** επιτυγχάνουμε συνολικά εξοικονόμηση ενέργειας 3,89 ktoe, ενώ με την εφαρμογή του **Σεναρίου Πολιτικής** η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας είναι 3,94 ktoe .

Στα πλαίσια της ενεργειακής μετάβασης του οικιακού τομέα για την Π.Ε. Πειραιά και για τον δήμο Μοσχάτου-Ταύρου, όπως είπαμε και προηγουμένως εξετάστηκαν και το περιβαλλοντικό αποτύπωμα, για την εξέταση του οποίου χρησιμοποιήθηκε ως δείκτης, οι εκπομπές t_n CO₂ σε ετήσια βάση, επιπλέον, έγινε και η ανάλυση για την οικονομική επιβάρυνση του καταναλωτή από την εφαρμογή των δύο διαφορετικών σεναρίων στον οικιακό τομέα.

Σε ότι αφορά το περιβαλλοντικό αποτύπωμα καθώς και την οικονομική επιβάρυνση των νοικοκυριών προκύπτει ότι η εφαρμογή του **Σεναρίου Πολιτικής** είναι πιο συμφέρουσα, καθώς οδηγεί σε λιγότερες ετήσιες εκπομπές CO₂ και για την περίπτωση της Π.Ε. Πειραιά και για τον δήμο Μοσχάτου-Ταύρου, ενώ ταυτόχρονα οδηγεί και σε λιγότερες χρεώσεις ανά νοικοκυριό.

Συγκεκριμένα, στην Π.Ε. Πειραιά η συνολική οικονομική επιβάρυνση για το διάστημα 2022-2040 στα νοικοκυριά που προέρχεται από το κόστος καυσίμων, το κόστος εγκατάστασης νέων τεχνολογιών όπως για παράδειγμα αντλίες θερμότητας ή επιπλέον καυστήρες φυσικού αέριου, καθώς και, από το κόστος εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα λόγω εισαγωγής τους στο σύστημα εμπορίας εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου ανέρχεται στα 64.977 € στην περίπτωση του **Βασικού Σεναρίου** και με σταθερή τιμή εκπομπών 30 €/t CO₂, ενώ στην περίπτωση του **Σεναρίου Πολιτικής** το πιθανό κόστος είναι 64.323 €. Για μεταβλητή τιμή εκπομπών 30-100 €/t CO₂ η συνολική χρέωση ανά νοικοκυριό ανέρχεται στα 69.523 € στην περίπτωση του **Βασικού Σεναρίου** και στα 68.869 € στην περίπτωση του **Σεναρίου Πολιτικής**. Παρόμοια είναι τα αποτελέσματα που αφορούν τον δήμο Μοσχάτου-Ταύρου, καθώς για σταθερή τιμή εκπομπών, το συνολικό κόστος ενεργειακών επεμβάσεων ανέρχεται στα 64.997 € στην περίπτωση του **Βασικού Σεναρίου**, έναντι 64.322 € στην περίπτωση του **Σεναρίου Πολιτικής**. Για μεταβλητό κόστος εκπομπών, η συνολική χρέωση ανά νοικοκυριό είναι 65.726 € στο **Βασικό Σενάριο**, έναντι 65.005 € στο **Σενάριο Πολιτικής**.

Συνοψίζοντας, στην παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζεται η μελέτη ενεργειακής μετάβασης τόσο σε επίπεδο περιφερειακής ενότητας όσο και σε επίπεδο δήμου, στον οικιακό τομέα. Ο οικιακός τομέας αποτελεί έναν από τους σημαντικούς τομείς της κοινωνικής και οικονομικής ζωής στην Ελλάδα και κατέχει σημαντική θέση στην ενεργειακή κατανάλωση της χώρας, καθώς το 1/4 της συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται στην Ελλάδα πηγαίνει στον οικιακό τομέα. Συνεπώς, η παρούσα μελέτη θα μπορούσε να αποτελέσει σημαντικό εργαλείο για την χάραξη νέων πολιτικών και μέτρων αντιμετώπισης της ενεργειακής κρίσης, τόσο σε επίπεδο περιφερειακής ενότητας όσο και σε επίπεδο δήμου.

Για περαιτέρω σχετική έρευνα προτείνεται η επέκταση των περιοχών μελέτης σε άλλους δήμους και περιφέρειες της Ελλάδας, που βρίσκονται σε διαφορετικές κλιματικές ζώνες. Αλλά και εφαρμογή της μεθοδολογίας για άλλες χώρες της Ε.Ε. αντίστοιχα σε εθνικό και σε περιφερειακό επίπεδο. Τέλος, στην παρούσα εργασία μελετήσαμε τον οικιακό τομέα, ωστόσο η ίδια μεθοδολογία θα μπορούσε να εφαρμοστεί και σε άλλους τομείς της κοινωνικής και οικονομικής ζωής, όπως είναι ο κτιριακός τομέας γενικότερα, οι μεταφορές, η βιομηχανία κλπ. ώστε να προκύψει ένα ενιαίο στρατηγικό σχέδιο ενεργειακής μετάβασης σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο.

Βιβλιογραφία

1. European Environment Agency, Climate Change. <https://www.eea.europa.eu/el/themes/climate/intro> [Ηλεκτρονικό]
2. IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. https://www.ipcc.ch/site/ass»ETS»/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full.pdf [Ηλεκτρονικό]
3. UNFCC- United Nations Framework Convention on Climate Change. <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf> [Ηλεκτρονικό]
4. MBN - Market Business News. <https://marketbusinessnews.com/financial-glossary/climate-change/> [Ηλεκτρονικό]
5. Causes of climate change | Climate Action n.d. https://ec.europa.eu/clima/change/causes_en
6. Gaitanarou Afr., Flamos Al., Stavrakas V. Tzani D. «Μοντελοποίηση της ενεργειακής ζήτησης στον οικιακό τομέα της Ελλάδας». Ιανουάριος 2021.
7. EPA - United States Environmental Protection Agency, Causes of climate change. www.epa.gov/climatechange-science/causes-climate-change [Ηλεκτρονικό]
8. European Commission. https://ec.europa.eu/clima/climate-change/causes-climate-change_en. <https://ec.europa.eu/>. [Ηλεκτρονικό]
9. Sources of Greenhouse Gas Emissions. https://commons.m.wikimedia.org/wiki/File:Greenhouse_Gas_by_Sector.png
10. Statista. <https://www.statista.com/statistics/264699/worldwide-co2-emissions/> [Ηλεκτρονικό]
11. Ελληνική Στατιστική Αρχή, Λογαριασμοί εκπομπών αερίων ρύπων. <https://www.statistics.gr/documents/20181/ba3629a6-0508-042a-7d85-1db7d1a55566> [Ηλεκτρονικό]
12. Daily Sabah World, China, US pledge to ratify Paris climate deal this year (2016). <https://www.dailysabah.com/world/2016/04/22/china-us-pledge-to-ratifyparis-climate-deal-this-year>.
13. Bodansky, D., Brunnée, J., & Hey, E., (2007), International environmental law, USA.
14. Kyoto 1st commitment period (2008-2012).
15. European Commission. European Climate Change Programme https://climate.ec.europa.eu/eu-action/european-climate-change-programme_en
16. United Nations-Bali Roadmap <https://unfccc.int/process/conferences/the-big-picture/milestones/bali-road-map>
17. United Nations-Climate Change-Copenhagen Climate Change Conference, December 2009 (2014) 16/02/2018. http://unfccc.int/meetings/copenhagen_dec_2009/meeting/6295.php

18. United Nations Climate Change, 2017. The Paris Agreement. <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-parisagreement>
19. 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, Vol. 90, pp. 102662, Energy Research & Social Science. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2022.102662>
20. Department of Energy & Environment. <https://doee.dc.gov/service/greenhouse-gas-inventories>
21. Study on the consequences of climate change for EU Agriculture: Follow up to the COP21 UN Climate Change conference. <https://research4committees.blog/585-914-figure-3/>
22. European Parliament and the Council of the European Union. Directive 2009/29/EC of the European Parliament and of the council of 23 april 2009 amending Directive 2003/87/EC so as to improve and extend the greenhouse gas emission allowance trading scheme of the Community. Off J Eur Union 2009;140:63–87.
23. Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα <https://ypen.gov.gr/energeia/esek/>
24. Μακροχρόνια Στρατηγική για το 2050 <https://ypen.gov.gr/energeia/esek/lts/>
25. International Energy Agency, 2020 <https://www.iea.org/countries/greece>
26. Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας, άρθρο 9, Οδηγίας 2010/31/ΕΕ για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων. Εθνικό Σχέδιο αύξησης του αριθμού των κτιρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας. 2017.
27. Michas S, Stavrakas V, Spyridaki NA, Flamos A. Identifying Research Priorities for the further development and deployment of Solar Photovoltaics. Int J Sustain Energy 2019;38:276–96. <https://doi.org/10.1080/14786451.2018.1495207>.
28. Diana Süsser, Hannes Gaschnig, Andrzej Ceglaz, Vassilis Stavrakas, Alexandros Flamos, Johan Lilliestam. Better suited or just more complex? On the fit between user needs and modeller-driven improvements of energy system models. 2022.
29. 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,
30. Charmeg.gr. https://www.charmeg.gr/media/_docs/AN012_1.pdf. <https://www.charmeg.gr/>
[Ηλεκτρονικό]
31. PO, Fanger. Thermal comfort: Analysis and applications in environmental engineering. Danish Tec. 1970.
32. <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fslideplayer.gr%2F&imgref=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2Fsearch%3Fq%3D%26amp%26imgref%3Dhttps%3A%2F%2Fwww.google.com%2Fsearch%3Fq%3D%26&source=images&cd=vfe&ved=0CBEQjhxqFwoTCLCur9LZvfwCFQAAAAAdAAAAABAE>

33. <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CE%B5%CF%81%CE%B9%CF%86%CE%B5%CF%81%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AE%CE%95%CE%BD%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1%CE%A0%CE%B5%CE%B9%CF%81%CE%B1%CE%B9%CF%8E%CF%82>
34. <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CE%AE%CE%BC%CE%BF%CF%82%CE%9C%CE%BF%CF%83%CF%87%CE%AC%CF%84%CE%BF%CF%85-%CE%A4%CE%B1%CF%8D%CF%81%CE%BF%CF%85>
35. Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων, <https://ypen.gov.gr/energeia/energeiaki-exoikonomisi/ktiria/kenak/>
36. ΓΑΓΓΙΑ, Α., 2015. SlidePlayer.<https://slideplayer.gr/slide/1936629/> [Ηλεκτρονικό]
37. WMO-World Metreorological Organisation. <https://public.wmo.int/en>. <https://public.wmo.int/en>. [Ηλεκτρονικό]
38. Loga T, Diefenbach N, Stein B, Dascalaki E, Balaras C a., Droutsas K, et al. Typology Approach for Building Stock Energy Assessment. 2012.
39. Εθνικό Σχέδιο αύξησης του αριθμού των κτιρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας ΕΦΗΜΕΡΙΔΑ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ (ypen.gov.gr)
40. Οικογενειακοί Προϋπολογισμοί (από 2008 και μετά) / 2019 Στατιστικές - ELSTAT (statistics.gr)
41. Energy Education Coefficient of performance Coefficient of performance - Energy Education
42. Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία. Fit for 55 – Το σχέδιο της ΕΕ για την πράσινη μετάβαση - Consilium (europa.eu)
43. Eueorean Commission-European Green Deal: Commission proposes transformation of EU economy and society to meet climate ambitions. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_21_3541 [Ηλεκτρονικό]
44. Prof. P. Capros, E. Dimopoulou, S. Evangelopoulou, T. Fotiou, M. Kannavou, P. Siskos., Technology pathways in decarbonisation. s.l. : ASSET , 2018.
45. The European Heat Pump Association tells us about the future of the industry Renewable Heating Hub. <https://renewableheatinghub.co.uk/european--heat--pump--association--interview--thomas--nowak> [Ηλεκτρονικό]
46. <https://www.haee.gr/FileServer?file=18c23f90-afd9-4ce0-afad-301de6412748>
47. European Committee of the Regions - The EU must provide local and regional authorities with technical and financial means to decarbonise the building stock by 2050 <https://cor.europa.eu/el/news/Pages/decarbonise-the-building-stock-by-2050.aspx>

48. European Commission - REPowerEU: affordable, secure and sustainable energy for Europe https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/repower-eu-affordable-secure-and-sustainable-energy-europe_en
49. D. Papantonis, D. Tzani, M. Burbidge, V. Stavrakas, S. Bouzarovski, and A. Flamos, “Energy Research & Social Science How to improve energy efficiency policies to address energy poverty? Literature and stakeholder insights for private rented housing in Europe,” *Energy Res. Soc. Sci.*, vol. 93, no. September, p. 102832, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.erss.2022.102832>.
50. M. Burbidge et al., “Structural Factors Impacting Energy Efficiency Policy Implementation in the European Private Rented Sector,” 2021. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5384732>
51. Papadelis S, Stavrakas V, Flamos A. What do capacity deployment rates tell us about the efficiency of electricity generation from renewable energy sources support measures in Greece? *Energies* 2016;9. <https://doi.org/10.3390/en9010038>.
52. Stavrakas V, Spyridaki NA, Flamos A. Striving towards the deployment of bio-energy with carbon capture and storage (BECCS): A review of research priorities and assessment needs. *Sustain* 2018;10. <https://doi.org/10.3390/su10072206>.
53. Süsser D, Ceglaz A, Gaschnig H, Stavrakas V, Flamos A, Giannakidis G, et al. Model-based policymaking or policy-based modelling? How energy models and energy policy interact. *Energy Res Soc Sci* 2021;75:101984. <https://doi.org/10.1016/J.ERSS.2021.101984>.
54. Stavrakas V, Kleanthis N, Flamos A. An ex-post assessment of RES-E support in Greece by investigating the monetary flows and the causal relationships in the electricity market. *Energies* 2020;13. <https://doi.org/10.3390/en13174575>.
55. Stavrakas V, Papadelis S, Flamos A. An agent-based model to simulate technology adoption quantifying behavioural uncertainty of consumers. *Appl Energy* 2019;255:113795. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.113795>.
56. Michas S, Stavrakas V, Papadelis S, Flamos A. A transdisciplinary modeling framework for the participatory design of dynamic adaptive policy pathways. *Energy Policy* 2020;139:111350. <https://doi.org/10.1016/J.ENPOL.2020.111350>.
57. Tzani, D., Stavrakas, V., Santini, M., Thomas, S., Rosenow, J., Flamos, A., 2022, Pioneering a performance based future for energy efficiency: Lessons learnt from a comparative review analysis of Pay-for-Performance programmes, Volume 158, pp.112162, *Renewable & Sustainable Energy Reviews*. ISI* <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112162>