



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Μελέτη σεναρίων ενεργειακής μετάβασης στον οικιακό τομέα των Περιφερειών Κεντρικής Μακεδονίας και Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης»

Πέτρος Λεόντιος

Επιβλέπων: Φλάμος Αλέξανδρος, Καθηγητής ΠΑ.ΠΕΙ.

Πειραιάς, Ιούνιος 2022

.....
Λεόντιος Πέτρος

Διπλωματούχος Μηχανολόγος και Αεροναυπηγός Μηχανικός, Πανεπιστημίου Πατρών

Copyright © Λεόντιος Πέτρος, Φλάμος Αλέξανδρος, Σταύρακας Βασίλειος, Παπαντώνης Δημήτριος, 2022

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η εργασία αυτή είναι πρωτότυπη και εκπονήθηκε αποκλειστικά και μόνο για την απόκτηση του συγκεκριμένου μεταπτυχιακού τίτλου.

Τα πνευματικά δικαιώματα χρησιμοποίησης του μη πρωτότυπου υλικού ΜΔΕ ανήκουν στο μεταπτυχιακό φοιτητή και το επιβλέπον μέλος ΔΕΠ εις ολόκληρο, δηλαδή εκάτερος μπορεί να κάνει χρήση αυτών χωρίς τη συναίνεση άλλου. Τα πνευματικά δικαιώματα χρησιμοποίησης του πρωτότυπου μέρους ΜΔΕ ανήκουν στον μεταπτυχιακό φοιτητή και τον επιβλέποντα από κοινού, δηλαδή δεν μπορεί ο ένας από τους δύο να κάνει χρήση αυτού χωρίς τη συναίνεση του άλλου. Κατ' εξαίρεση, επιτρέπεται η δημοσίευση του πρωτότυπου μέρους της διπλωματικής εργασίας σε επιστημονικό περιοδικό ή πρακτικά συνεδρίου από τον ένα εκ των δύο, με την προϋπόθεση ότι αναφέρονται τα ονόματα και των δύο (ή των τριών σε περίπτωση συνεπιβλέποντα) ως συν-συγγραφέων. Στην περίπτωση αυτή προηγείται γραπτή ενημέρωση του μη συμμετέχοντα στη συγγραφή του επιστημονικού άρθρου. Δεν επιτρέπεται η κατά οποιοδήποτε τρόπο δημοσιοποίηση υλικού το οποίο έχει δηλωθεί εγγράφως ως απόρρητο.

Περίληψη

Η κλιματική αλλαγή, η επιδείνωση του φαινομένου του θερμοκηπίου καθώς και τα επικίνδυνα καιρικά φαινόμενα που μπορεί να προκληθούν από αυτά καθιστούν απαραίτητη τη λήψη μέτρων και την υλοποίηση δράσεων για το μετριασμό τους, σε παγκόσμιο και εθνικό επίπεδο. Βασικούς πυλώνες για την επίτευξη του παραπάνω στόχου, αποτελούν ο προγραμματισμός μιας ενεργειακής μετάβασης με αυξημένο το μερίδιο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στο ενεργειακό μίγμα και η ταυτόχρονη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, κατευθύνσεις που η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει ήδη πάρει, πρωτοστατώντας παγκοσμίως με δράσεις για την επίτευξή τους. Στο πλαίσιο αυτό και η Ελλάδα, λαμβάνει μέτρα σύμφωνα με ορισμένους ενεργειακούς και κλιματικούς στόχους που έχουν τεθεί στο Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ) και τη Μακροχρόνια Στρατηγική για το 2050 (ΜΣ-2050).

Οι στόχοι αυτοί σχετίζονται με τη διαδικασία της ενεργειακής μετάβασης των τομέων από τους οποίους προέρχεται ο μεγαλύτερος όγκος αέριων ρύπων, δηλαδή τον τομέα των μεταφορών, τη βιομηχανία, τον κτιριακό τομέα και την ηλεκτροπαραγωγή. Συγκεκριμένα για τον κτιριακό τομέα, και δη τον οικιακό που αποτελεί το μεγαλύτερο μέρος του, η ενεργειακή μετάβαση καθίσταται αναγκαία, μιας και καταναλώνει περίπου το 25% της τελικής κατανάλωσης στην Ελλάδα. Ο οικιακός τομέας και η υλοποίηση μιας ομαλής και αποδοτικής ενεργειακής μετάβασης σε αυτόν είναι το αντικείμενο που πραγματεύεται η παρούσα διπλωματική.

Υπό το πρίσμα αυτό και με γνώμονα τους στόχους που έχουν τεθεί από το ΕΣΕΚ και τη ΜΣ-2050, η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στη μελέτη σεναρίων ενεργειακής μετάβασης που

αφορούν τον οικιακό τομέα των Περιφερειών της Κεντρικής Μακεδονίας και Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης για την περίοδο 2021-2040. Για να επιτευχθεί η μετάβαση, απαραίτητη προϋπόθεση αποτελεί η γνώση των προφίλ κατανάλωσης και εν συνεχεία η μοντελοποίηση της ενεργειακής ζήτησης του οικιακού τομέα των παραπάνω Περιφερειών. Αυτό υλοποιείται με τη χρήση του υπολογιστικού εργαλείου υψηλής ευκρίνειας “DREEM” (“Dynamic high-Resolution dEmand-sidE Management”), το οποίο παραμετροποιείται χρησιμοποιώντας ερευνητικά και δημογραφικά δεδομένα της ελληνικής επικράτειας και των εξεταζόμενων Περιφερειών ειδικότερα, εκτιμώντας με μεγάλη ακρίβεια την ενεργειακή ζήτηση των νοικοκυριών ανά καύσιμο.

Τα εξεταζόμενα σενάρια δείχνουν πως με τον εξηλεκτρισμό του μίγματος ηλεκτρικής ενέργειας, τη μετατροπή των υφιστάμενων τεχνολογιών θέρμανσης σε πιο αποδοτικές και λιγότερο ρυπογόνες και τις ανακαινίσεις των παλαιότερων κτιρίων μπορούν να επωφεληθούν οι καταναλωτές των Περιφερειών και η ίδια η Περιφέρεια κατ’ επέκταση, εξοικονομώντας ενέργεια και μειώνοντας το ανθρακικό της αποτύπωμα. Τέλος, η ανάλυση των αποτελεσμάτων και τα εξαγόμενα συμπεράσματα δύναται να φανούν χρήσιμα σε αρμόδιους φορείς και ενδιαφερόμενα μέρη για τη χάραξη στρατηγικών ενεργειακής μετάβασης.

Abstract

Climate change, the decrease of the greenhouse effect and the extreme weather occurrences that can be caused by them, make the energy transition of our societies more than necessary. The main pillars of such a transition are an increased share of Renewable Energy Sources (RES) in the energy mix and the simultaneous improvement of energy efficiency. In this context the European Union (EU) plays a major role for the achievement of the energy transition and the alleviation of climate change. The EU has formulated several directives and strategies in this direction also providing guidance to its Member States. Given the latter, Greece has also entered that process, taking measures in accordance with certain energy and climate targets set in the National Energy and Climate Plan (NECP) and the 2050 Long-Term Strategy.

These targets are related to the process of energy transition of the most consuming sectors, namely the transport sector, the industry, the building sector and the power sector. The building sector, and especially the residential which consumes around 25% of the final energy consumption in Greece, is considered more than critical for the achievement of such a transition.

Building on the latter and based on the targets that the NECP and the 2050 Long-Term Strategy have set, this thesis focuses on the study of energy transition scenarios on the residential sector of the Regions of Central Macedonia and Eastern Macedonia-Thrace for the period 2021-2040. In order to achieve the transition, it is necessary to know the consumption profiles and then model the energy demand of the residential sector of the above regions. This is implemented by using the high-resolution computational tool "DREEM"

("Dynamic high-Resolution dEmand-side Management"), which is parameterized using research and demographic data of the Greek territory and the regions under consideration in particular, estimating with high accuracy the household energy demand per fuel.

The examined scenarios show that by electrifying the power generation mix, converting the existing heating technologies into more efficient and less polluting ones, and renovating older buildings, the regions' consumers, and the region itself can benefit by saving energy and reducing its carbon footprint. Finally, the results analysis and the conclusions drawn may be useful to competent bodies and stakeholders for the development of energy transition strategies and policy-making.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	6
Abstract	8
Κατάλογος Πινάκων	14
Κατάλογος Διαγραμμάτων	16
Κατάλογος Σχημάτων	17
Κεφάλαιο 1: Αντικείμενο και στόχος της διπλωματικής.....	18
Κεφάλαιο 2: Κλιματική αλλαγή-ανάγκη ενεργειακής μετάβασης στον οικιακό τομέα..	21
1.1 Κλιματική αλλαγή	21
1.2 Το πλαίσιο της ενεργειακής μετάβασης.....	26
2.2.1 Το Πρωτόκολλο του Κιότο	26
2.2.2 Η μετάβαση στην Ευρωπαϊκή Ένωση	27
2.3 Η περίπτωση της Ελλάδας	31
2.3.1 Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα	32
2.3.2 Μακροχρόνια στρατηγική για το 2050	35
2.4 Ενεργειακή κατανάλωση στην Ελλάδα	38
2.4.1 Οικιακός τομέας: ενεργειακή μετάβαση.....	40
Κεφάλαιο 3: Ανάλυση υπολογιστικού εργαλείου μοντελοποίησης της ενεργειακής ζήτησης στον οικιακό τομέα	45
3.1 Περιγραφή του “DREEM”.....	45
3.1.1 “Components” και “Modules” του μοντέλου “DREEM”.....	48

Κεφάλαιο 4: Το μεθοδολογικό πλαίσιο της μελέτης σεναρίων ενεργειακής μετάβασης στις Περιφέρειες Κεντρικής Μακεδονίας και Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης	51
4.1 Μοντελοποίηση οικιακού τομέα Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας	51
4.1.1 “Component” 1: Καιρικά-Κλιματικά δεδομένα (“Weather-climate”)	51
4.1.2 “Component” 2: Κτιριακό κέλυφος (“Building envelope”)	54
4.1.3 “Component” 3: Ζήτηση ενέργειας (“Energy demand”)	56
4.2 Μοντελοποίηση οικιακού τομέα Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης	69
4.2.1 “Component” 1: Καιρικά-Κλιματικά δεδομένα (“Weather-climate”)	69
4.2.2 “Component” 2: Κτιριακό κέλυφος (“Building envelope”)	70
4.2.3 “Component” 3: Ζήτηση ενέργειας (“Energy demand”)	71
4.3 Σενάρια ενεργειακής μετάβασης	76
4.4 Παραδοχές	78
4.4.1 Παραδοχές διερεύνησης των σεναρίων	79
4.4.2 Άλλες παραδοχές	82
4.4.3 Παραδοχές: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας	88
4.4.4 Παραδοχές: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης	90
Κεφάλαιο 5: Αποτελέσματα	93
5.1 Ετήσιες καταναλώσεις ανά σύστημα θέρμανσης και ανά σενάριο νοικοκυριού: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας	93

5.2	Ετήσιες καταναλώσεις ανά σύστημα θέρμανσης και ανά σενάριο νοικοκυριού: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης.....	96
5.3	Κατανάλωση και εξοικονόμηση ενέργειας: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας	98
5.3.1	Εξέλιξη ενεργειακής κατανάλωσης.....	98
5.3.2	Εξέλιξη ενεργειακής εξοικονόμησης.....	102
5.4	Κατανάλωση και εξοικονόμηση ενέργειας: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης	105
5.4.1	Εξέλιξη ενεργειακής κατανάλωσης.....	105
5.4.2	Εξέλιξη ενεργειακής εξοικονόμησης.....	110
5.5	Ανθρακικό αποτύπωμα: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας	115
5.6	Ανθρακικό αποτύπωμα: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης.....	119
5.7	Προβλεπόμενες χρεώσεις για τους καταναλωτές.....	123
5.7.1	Πιθανό κόστος εκπομπών: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας	124
5.7.2	Κόστος παρεμβάσεων: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας	126
5.7.3	Συνολικό κόστος καυσίμων: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας	128
5.7.4	Συνολικό κόστος σεναρίων: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας	130
5.7.5	Πιθανό κόστος εκπομπών: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης..	135
5.7.6	Κόστος παρεμβάσεων: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης	137
5.7.7	Συνολικό κόστος καυσίμων: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης	

5.7.8	Συνολικό κόστος σεναρίων: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης	141
Κεφάλαιο 6:	Σχόλια και συμπεράσματα	146
6.1	Συμπεράσματα: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας	148
6.2	Συμπεράσματα: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης	150
	Βιβλιογραφία	153

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.1. Ελληνικό κτιριακό απόθεμα: ΕΛΣΤΑΤ (2011).....	41
Πίνακας 2.2. Μέσος ετήσιος ρυθμός ενεργειακών αναβαθμίσεων για τα σενάρια της «ΜΣ50» σύμφωνα με τον ΕΣΕΚ 2030.....	44
Πίνακας 4.1. Νομοί της Ελλάδος ανά Κλιματική Ζώνη.....	53
Πίνακας 4.2. Ταξινόμηση νοικοκυριών Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας ανά περίοδο κατασκευής κατοικιών.....	55
Πίνακας 4.3. Ταξινόμηση νοικοκυριών Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας ανά αριθμό μελών.....	56
Πίνακας 4.4. Χρόνος εντός και εκτός οικίας ανά φύλο και ηλικιακή ομάδα.....	59
Πίνακας 4.5. Κατανομή χρόνου (ώρες-λεπτά) κατοίκων ανδρών-γυναϊκών, σύμφωνα με την εργασιακή τους κατάσταση.....	60
Πίνακας 4.6. Ταξινόμηση και καθορισμός προφίλ νοικοκυριών Κεντρικής Μακεδονίας.....	63
Πίνακας 4.7. Ονομαστική ισχύς, ποσοστό κτίσης και χρήση ηλεκτρικών συσκευών μαγειρέματος Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας.....	65
Πίνακας 4.8. Ονομαστική ισχύς και ποσοστό κτίσης τεχνολογιών φωτισμού Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας.....	66
Πίνακας 4.9. Ονομαστική ισχύς, ποσοστό κτίσης και χρήση διαφόρων ηλεκτρικών συσκευών Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας.....	66
Πίνακας 4.10. Τεχνολογίες θέρμανσης και ποσοστό κτίσης Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας.....	68
Πίνακας 4.11. Ταξινόμηση νοικοκυριών Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης ανά περίοδο κατασκευής κατοικιών.....	70
Πίνακας 4.12. Ταξινόμηση νοικοκυριών Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης ανά αριθμό μελών.....	71
Πίνακας 4.13. Ταξινόμηση και καθορισμός προφίλ νοικοκυριών Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης.....	72
Πίνακας 4.14. Ονομαστική ισχύς, ποσοστό κτίσης και χρήση ηλεκτρικών συσκευών μαγειρέματος Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης.....	74
Πίνακας 4.15. Ονομαστική ισχύς και ποσοστό κτίσης τεχνολογιών φωτισμού Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης.....	75
Πίνακας 4.16: Ονομαστική ισχύς, ποσοστό κτίσης και χρήση διαφόρων ηλεκτρικών συσκευών Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης.....	75
Πίνακας 4.17. Τεχνολογίες θέρμανσης και ποσοστό κτίσης Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης.....	76
Πίνακας 4.18. Η διαδικασία διεύθυνσης του φυσικού αερίου στο ενεργειακό μίγμα του οικιακού τομέα ανά εξεταζόμενο σενάριο ενεργειακής μετάβασης.....	80
Πίνακας 4.19. Πρόβλεψη εξέλιξης τιμής συντελεστή εκπομπών CO ₂ στην ηλεκτροπαραγωγή της χώρας (σε grCO ₂ /kWh), κατά τη "ΜΣ-50".....	83
Πίνακας 4.20. Εκτίμηση ετήσιας εξέλιξης τιμής του συντελεστή εκπομπής CO ₂ στην ηλεκτροπαραγωγή για τα έτη 2021-2040 (σε tnCO ₂ /kWh και tnCO ₂ /ktoe).....	83
Πίνακας 4.21. Συντελεστής εκπομπών CO ₂ για πετρέλαιο, φυσικό αέριο, βιομάζα.....	84
Πίνακας 4.22. Εξέλιξη κόστους επένδυσης τεχνολογιών θέρμανσης.....	85
Πίνακας 4.23. Εκτίμηση ετήσιου κόστους καυσίμων θέρμανσης για το διάστημα 2021-2040.....	87
Πίνακας 4.24. Υπάρχουσα κατάσταση κτιριακού αποθέματος Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας (μέσα θέρμανσης).....	88
Πίνακας 4.25. Στρατηγική διεύθυνσης αντλιών θερμότητας κατά την ενεργειακή μετάβαση του οικιακού τομέα της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας (Σενάριο πολιτικής).....	89
Πίνακας 4.26. Υπάρχουσα κατάσταση κτιριακού αποθέματος Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης (μέσα θέρμανσης).....	90
Πίνακας 4.27. Στρατηγική διεύθυνσης αντλιών θερμότητας κατά την ενεργειακή μετάβαση του οικιακού τομέα της Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας- Θράκης (Σενάριο πολιτικής).....	91
Πίνακας 5.1. Ετήσια κατανάλωση/εξοικονόμηση ανά σενάριο νοικοκυριού (σενάρια 1-7) για κάθε σύστημα θέρμανσης/εξοικονόμησης: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας.....	94
Πίνακας 5.2. Ετήσια κατανάλωση/εξοικονόμηση ανά σενάριο νοικοκυριού (σενάρια 8-14) για κάθε σύστημα θέρμανσης/εξοικονόμησης: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας.....	95

Πίνακας 5.3. Ετήσια κατανάλωση/εξοικονόμηση ανά σενάριο νοικοκυριού (σενάρια 1-6) για κάθε σύστημα θέρμανσης/εξοικονόμησης: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης	96
Πίνακας 5.4. Ετήσια κατανάλωση/εξοικονόμηση ανά σενάριο νοικοκυριού (σενάρια 7-13) για κάθε σύστημα θέρμανσης/εξοικονόμησης: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης	97
Πίνακας 5.5. Εξέλιξη ενεργειακής κατανάλωσης για το Βασικό σενάριο: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας	98
Πίνακας 5.6. Εξέλιξη ενεργειακής κατανάλωσης για το Σενάριο πολιτικής: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας	98
Πίνακας 5.7. Εξέλιξη ενεργειακής κατανάλωσης για το Βασικό σενάριο: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης.....	105
Πίνακας 5.8. Εξέλιξη ενεργειακής κατανάλωσης για το Σενάριο πολιτικής: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης.....	105
Πίνακας 5.9. Ανθρακικό αποτύπωμα Βασικού σεναρίου, με και χωρίς ανακαινίσεις (χιλιάδες tnCO ₂): Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας.....	115
Πίνακας 5.10. Ανθρακικό αποτύπωμα Σεναρίου πολιτικής, με και χωρίς ανακαινίσεις (χιλιάδες tnCO ₂): Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας.....	115
Πίνακας 5.11. Ανθρακικό αποτύπωμα Βασικού σεναρίου, με και χωρίς ανακαινίσεις (χιλιάδες tnCO ₂): Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης	119
Πίνακας 5.12. Ανθρακικό αποτύπωμα Σεναρίου πολιτικής, με και χωρίς ανακαινίσεις (χιλιάδες tnCO ₂): Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης	119
Πίνακας 5.13. Συνολικό κόστος εκπομπών ανά πενταετία στο Βασικό σενάριο για σταθερή τιμή εκπομπών 30€/tnCO ₂ : Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας	124
Πίνακας 5.14. Συνολικό κόστος εκπομπών ανά πενταετία στο Σενάριο πολιτικής για σταθερή τιμή εκπομπών 30€/tnCO ₂ : Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας	124
Πίνακας 5.15. Συνολικό κόστος παρεμβάσεων ανά πενταετία στο Βασικό σενάριο: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας.....	126
Πίνακας 5.16. Συνολικό κόστος παρεμβάσεων ανά πενταετία στο Σενάριο πολιτικής: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας.....	126
Πίνακας 5.17. Συνολικό κόστος καυσίμων (πλην κόστους βιομάζας) ανά πενταετία στο Βασικό σενάριο: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας.....	128
Πίνακας 5.18. Συνολικό κόστος καυσίμων (πλην κόστους βιομάζας) ανά πενταετία στο Σενάριο πολιτικής: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας.....	128
Πίνακας 5.19. Συνολικό κόστος Βασικού σεναρίου ανά πενταετία για σταθερή τιμή εκπομπών 30€/tnCO ₂ : Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας.....	130
Πίνακας 5.20. Συνολικό κόστος Σεναρίου πολιτικής ανά πενταετία για σταθερή τιμή εκπομπών 30€/tnCO ₂ : Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας.....	130
Πίνακας 5.21. Συνολικό κόστος Βασικού σεναρίου ανά πενταετία για μεταβλητή τιμή εκπομπών 30-100€/tnCO ₂ : Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας.....	132
Πίνακας 5.22. Συνολικό κόστος Σεναρίου πολιτικής ανά πενταετία για μεταβλητή τιμή εκπομπών 30-100€/tnCO ₂ : Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας.....	133
Πίνακας 5.23. Συνολικό κόστος εκπομπών στο Βασικό σενάριο για σταθερή τιμή εκπομπών 30€/tnCO ₂ : Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης	135
Πίνακας 5.24. Συνολικό κόστος εκπομπών στο Σενάριο πολιτικής για σταθερή τιμή εκπομπών 30€/tnCO ₂ : Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης	135
Πίνακας 5.25. Συνολικό κόστος παρεμβάσεων στο Βασικό σενάριο: Περιφέρεια Ανατολικής-Μακεδονίας Θράκης.....	137
Πίνακας 5.26. Συνολικό κόστος παρεμβάσεων στο Σενάριο πολιτικής: Περιφέρεια Ανατολικής-Μακεδονίας Θράκης.....	137
Πίνακας 5.27. Συνολικό κόστος καυσίμων στο Βασικό σενάριο: Περιφέρεια Ανατολικής-Μακεδονίας Θράκης	139
Πίνακας 5.28. Συνολικό κόστος καυσίμων στο Σενάριο πολιτικής: Περιφέρεια Ανατολικής-Μακεδονίας Θράκης.....	139
Πίνακας 5.29. Συνολικό κόστος Βασικού σεναρίου για σταθερή τιμή εκπομπών 30€/tnCO ₂ : Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης.....	141

Πίνακας 5.30. Συνολικό κόστος Σεναρίου πολιτικής για σταθερή τιμή εκπομπών 30€/tnCO ₂ : Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης.....	142
Πίνακας 5.31. Συνολικό κόστος Βασικού σεναρίου ανά πενταετία για μεταβλητή τιμή εκπομπών 30-100€/tnCO ₂ : Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης.....	144
Πίνακας 5.32. Συνολικό κόστος Σεναρίου πολιτικής ανά πενταετία για μεταβλητή τιμή εκπομπών 30-100€/tnCO ₂ : Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης.....	144

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 2.1. Παγκόσμια μέση ετήσια συγκέντρωση CO ₂ μετρημένη σε ppm (1-2018 μΧ).....	25
Διάγραμμα 2.2. Συνολική τελική κατανάλωση ενέργειας ανά τομέα (%), Ελλάδα 1990-2019.....	39
Διάγραμμα 2.3. Συνολική τελική κατανάλωση ενέργειας ανά πηγή (TJ), Ελλάδα 1990-2019.....	40
Διάγραμμα 2.4. Εξέλιξη τελικής κατανάλωσης στον οικιακό τομέα έως το 2030.....	43
Διάγραμμα 4.1. Μέση ετήσια κατανομή χρόνου ανά δραστηριότητα (%) ανδρών-γυναικών.....	58
Διάγραμμα 4.2. Χρήση χρόνου (ώρες ανά ημέρα) εργαζομένων τις καθημερινές και τα Σαββατοκύριακα. ..	61
Διάγραμμα 4.3. Σενάριο εξέλιξης διεθνών τιμών ορυκτών καυσίμων ("ΜΣ-50").....	86
Διάγραμμα 4.4. Διάρθρωση κόστους και μέση τιμή ηλεκτρικής ενέργειας για την Ελλάδα ("ΜΣ-50").....	86
Διάγραμμα 5.1. Σύγκριση σεναρίων για εξέλιξη ενεργειακής κατανάλωσης: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας.....	99
Διάγραμμα 5.2. Εξέλιξη μίγματος ενεργειακής κατανάλωσης για το Βασικό σενάριο: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας.....	100
Διάγραμμα 5.3. Εξέλιξη μίγματος ενεργειακής κατανάλωσης για το Σενάριο πολιτικής: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας.....	100
Διάγραμμα 5.4. Σύγκριση σεναρίων σχετικά με την εξέλιξη της συνολικής ενεργειακής εξοικονόμησης (ktoe) για το διάστημα 2022-2040: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας.....	103
Διάγραμμα 5.5. Σύγκριση σεναρίων για εξέλιξη ενεργειακής κατανάλωσης: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης.....	106
Διάγραμμα 5.6. Σύγκριση των δύο σεναρίων, σχετικά με την ετήσια μεταβολή της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης (ktoe): Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης.....	107
Διάγραμμα 5.7. Εξέλιξη μίγματος ενεργειακής κατανάλωσης για το Βασικό σενάριο: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης.....	108
Διάγραμμα 5.8. Εξέλιξη μίγματος ενεργειακής κατανάλωσης για το Σενάριο πολιτικής: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης.....	108
Διάγραμμα 5.9. Ετήσια και συνολική ενεργειακή εξοικονόμηση (ktoe) ανά πενταετία για ρυθμό ανακαίνισης 2% στο Βασικό σενάριο: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης.....	111
Διάγραμμα 5.10. Ετήσια και συνολική ενεργειακή εξοικονόμηση (ktoe) ανά πενταετία για ρυθμό ανακαίνισης 2% στο Σενάριο πολιτικής: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης.....	111
Διάγραμμα 5.11. Σύγκριση σεναρίων σχετικά με την εξέλιξη της συνολικής ενεργειακής εξοικονόμησης (ktoe) για το διάστημα 2022-2040: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης.....	112
Διάγραμμα 5.12. Σύγκριση σεναρίων σχετικά με την εξέλιξη των συνολικών εκπομπών CO ₂ την περίοδο 2021-2040: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας.....	116
Διάγραμμα 5.13. Ποσοστιαία μεταβολή εκπομπών CO ₂ ανά καύσιμο (και συνολικά) για την περίοδο 2021-2040 στο Βασικό σενάριο: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας.....	117
Διάγραμμα 5.14. Ποσοστιαία μεταβολή εκπομπών CO ₂ ανά καύσιμο (και συνολικά) για την περίοδο 2021-2040 στο Σενάριο πολιτικής: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας.....	118
Διάγραμμα 5.15. Σύγκριση σεναρίων σχετικά με την εξέλιξη των συνολικών εκπομπών CO ₂ την περίοδο 2021-2040: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης.....	120
Διάγραμμα 5.16. Ποσοστιαία μεταβολή εκπομπών CO ₂ ανά καύσιμο (και συνολικά) για την περίοδο 2021-2040 στο Βασικό σενάριο: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης.....	122
Διάγραμμα 5.17. Ποσοστιαία μεταβολή εκπομπών CO ₂ ανά καύσιμο (και συνολικά) για την περίοδο 2021-2040 στο Σενάριο πολιτικής: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης.....	122
Διάγραμμα 5.18. Σύγκριση σεναρίων σχετικά με την εξέλιξη του συνολικού κόστους εκπομπών CO ₂ την περίοδο 2021-2040 για μεταβλητή τιμή εκπομπών 30-100€/tnCO ₂ : Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας....	125
Διάγραμμα 5.19. Σύγκριση σεναρίων σχετικά με την εξέλιξη του συνολικού κόστους παρεμβάσεων την περίοδο 2022-2040: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας.....	127

Διάγραμμα 5.20. Σύγκριση σεναρίων σχετικά με την εξέλιξη του συνολικού κόστους καυσίμων την περίοδο 2021-2040: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας	129
Διάγραμμα 5.21. Σύγκριση σεναρίων σχετικά με την εξέλιξη του συνολικού κόστους την περίοδο 2021-2040, για σταθερή τιμή εκπομπών 30€/tnCO ₂ : Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας.....	131
Διάγραμμα 5.22. Σύγκριση σεναρίων σχετικά με την εξέλιξη του συνολικού κόστους την περίοδο 2021-2040, για μεταβλητή τιμή εκπομπών 30-100€/tnCO ₂ : Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας	133
Διάγραμμα 5.23. Σύγκριση σεναρίων σχετικά με την εξέλιξη του συνολικού κόστους εκπομπών CO ₂ την περίοδο 2021-2040 για μεταβλητή τιμή εκπομπών 30-100€/tnCO ₂ : Περιφέρεια Ανατολικής-Μακεδονίας Θράκης.....	136
Διάγραμμα 5.24. Σύγκριση σεναρίων σχετικά με την εξέλιξη του συνολικού κόστους παρεμβάσεων την περίοδο 2022-2040: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης.....	138
Διάγραμμα 5.25. Σύγκριση σεναρίων σχετικά με την εξέλιξη του συνολικού κόστους καυσίμων την περίοδο 2021-2040: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονία-Θράκης	140
Διάγραμμα 5.26. Σύγκριση σεναρίων σχετικά με την εξέλιξη του συνολικού κόστους την περίοδο 2021-2040, για σταθερή τιμή εκπομπών 30€/tnCO ₂ : Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης	142
Διάγραμμα 5.27. Σύγκριση σεναρίων σχετικά με την εξέλιξη του συνολικού κόστους την περίοδο 2021-2040, για μεταβλητή τιμή εκπομπών 30-100€/tnCO ₂ : Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης.....	144

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 2.1. Παγκόσμιες ανθρωπογενείς εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά αέριο, 2015.....	23
Σχήμα 3.1. Η δομή και η αρχιτεκτονική του υπολογιστικού εργαλείου "DREEM".....	47
Σχήμα 4.1. Κλιματικές ζώνες ελληνικής επικράτειας κατά Κ.ΕΝ.Α.Κ.	52

Κεφάλαιο 1: Αντικείμενο και στόχος της διπλωματικής

Από τις αρχές της δεκαετίας του 90' οι συζητήσεις γύρω από την κλιματική αλλαγή και την επιδείνωση του φαινομένου του θερμοκηπίου όλο και εντείνονται σε παγκόσμια κλίμακα, αφού οι κίνδυνοι που μπορεί να προκληθούν από τη συνεχή αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη είναι πλέον ορατοί και επιβάλλεται να αποφευχθούν. Η άνοδος αυτή της θερμοκρασίας μπορεί να προκαλέσει το λιώσιμο των πάγων, με αποτέλεσμα την άνοδο της στάθμης της θάλασσας, με σημαντικές συνέπειες, όπως πλημμύρες κι άλλες φυσικές καταστροφές, ενώ πολύ σοβαρές θα είναι και οι επιπτώσεις στην ακεραιότητα των οικοσυστημάτων, των υδάτινων πόρων, της δημόσιας υγείας, κ.α.. Οποιαδήποτε δράση είναι ικανή να συμβάλει στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (ΑτΘ) και άρα στην αποτροπή της κλιματικής αλλαγής, κρίνεται επιβεβλημένη, τόσο σε παγκόσμιο όσο και σε εθνικό επίπεδο. Ο κύριος όγκος εκπομπών αερίων ρύπων προέρχεται από τους τομείς των μεταφορών, τη βιομηχανία, τον οικιακό τομέα και την ηλεκτροπαραγωγή -η οποία και ευθύνεται για περισσότερο από το ένα-τρίτο των εκπομπών CO₂ παγκοσμίως από πηγές ενέργειας (Alexandros Flamos, 2020)-. Επομένως, τα βασικότερα μέτρα που λαμβάνονται για τον περιορισμό των εκπομπών στοχεύουν κυρίως στη διείσδυση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στο μίγμα της ηλεκτροπαραγωγής (Alexandros Flamos, 2016), στην αντικατάσταση των καυσίμων στις μεταφορές με εναλλακτικά-λιγότερο ρυπογόνα, και στην εξοικονόμηση ενέργειας και βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης γενικότερα.

Ενώ η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με τη χρήση καθαρών και φιλικών προς το περιβάλλον τεχνολογιών θεωρείται μία κατεύθυνση μείζονος σημασίας για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής, εξίσου κρίσιμη θεωρείται και η προσπάθεια για

ενεργειακή εξοικονόμηση. Διαδικασία η οποία θα πρέπει να επεκταθεί σε όλους τους τομείς, είτε στη βιομηχανία με συνεχή έλεγχο των ενεργειακών καταναλώσεων, είτε στον τομέα των μεταφορών με τη χρήση αποδοτικότερων κινητήρων, είτε στον οικιακό τομέα με την μετατροπή των κατοικιών σε ενεργειακά αποδοτικότερες, πράγμα που αποτελεί και το αντικείμενο το οποίο πραγματεύεται η εργασία αυτή.

Ποικίλες πολιτικές και δράσεις δε θα μπορούσαν να απουσιάζουν από την ατζέντα διαφόρων κρατών σε παγκόσμια κλίμακα, όπως επίσης και από αυτήν της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε.) και κατά συνέπεια των κρατών-μελών της. Μία Ε.Ε. η οποία, σε σχέση με τις υπόλοιπες παγκόσμιες δυνάμεις, αποτελεί σημαντικό τέτοιων ενεργειών που στοχεύουν στην καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής, προσυπογράφοντας μακροπρόθεσμες πολιτικές και στρατηγικές με βασικό πυλώνα τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και την επίτευξη ενεργειακής εξοικονόμησης σε γενικότερο πλαίσιο και συνεπώς στον οικιακό τομέα, ο οποίος και αποτελεί τον δεύτερο πιο ενεργοβόρο τομέα στα πλαίσια της Ε.Ε. (Manon Burbidge, 2021).

Με γνώμονα την ανάγκη αυτή για ενεργειακά αποδοτικότερο κτιριακό δυναμικό, απαραίτητη θεωρείται η εύρεση πρακτικών και τεχνολογιών ικανών να συμβάλλουν στον υπολογισμό και τη διαχείριση της ενεργειακής ζήτησης. Ενώ επιπλέον, πολύ σημαντική είναι και η ποσοτικοποίηση των οφελών για τους καταναλωτές, μέσω της επίτευξης ενεργειακής εξοικονόμησης, ένεκα της ευελιξίας ζήτησης στον οικιακό τομέα. Έτσι, στην παρούσα διπλωματική εργασία, με τη χρήση του μοντέλου διαχείρισης της ζήτησης «DREEM» και σύμφωνα με τις ενεργειακές ανάγκες -ηλεκτρικές και θερμικές- του οικιακού τομέα των Περιφερειών Κεντρικής Μακεδονίας και Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης, θα μελετηθούν

σενάρια ενεργειακής μετάβασης για τις περιοχές αυτές, εξάγοντας τα κατάλληλα αποτελέσματα και συμπεράσματα για μια αποδοτική και ωφέλιμη ενεργειακή μετάβαση.

Κεφάλαιο 2: Κλιματική αλλαγή-ανάγκη ενεργειακής μετάβασης στον οικιακό τομέα

1.1 Κλιματική αλλαγή

Όταν μιλάμε για κλίμα, αναφερόμαστε στη μέση καιρική συνθήκη που επικρατεί σε έναν τόπο -ή ακόμα και έναν πλανήτη- για χρονική περίοδο που μπορεί να ξεπερνάει ακόμα και τα 20-25 έτη (Παπαμανώλη, 2018). Το κλίμα της Γης, κατά τη διάρκεια της «ζωής» της έχει αλλάξει ουκ ολίγες φορές, περνώντας από διάφορες ακραίες συνθήκες όπως εποχές παγετώνων με το μεγαλύτερο κομμάτι του πλανήτη να καλύπτεται από πάγο ή θερμικών περιόδων όπου ο Αρκτικός Ωκεανός είχε μια μέση θερμοκρασία κοντά στους 20°C (Follows, 2016). Οι αλλαγές αυτές του κλίματος έρχονται ως αποτέλεσμα πολλών αλληλένδετων παραγόντων που μπορεί να είναι (Παπαμανώλη, 2018):

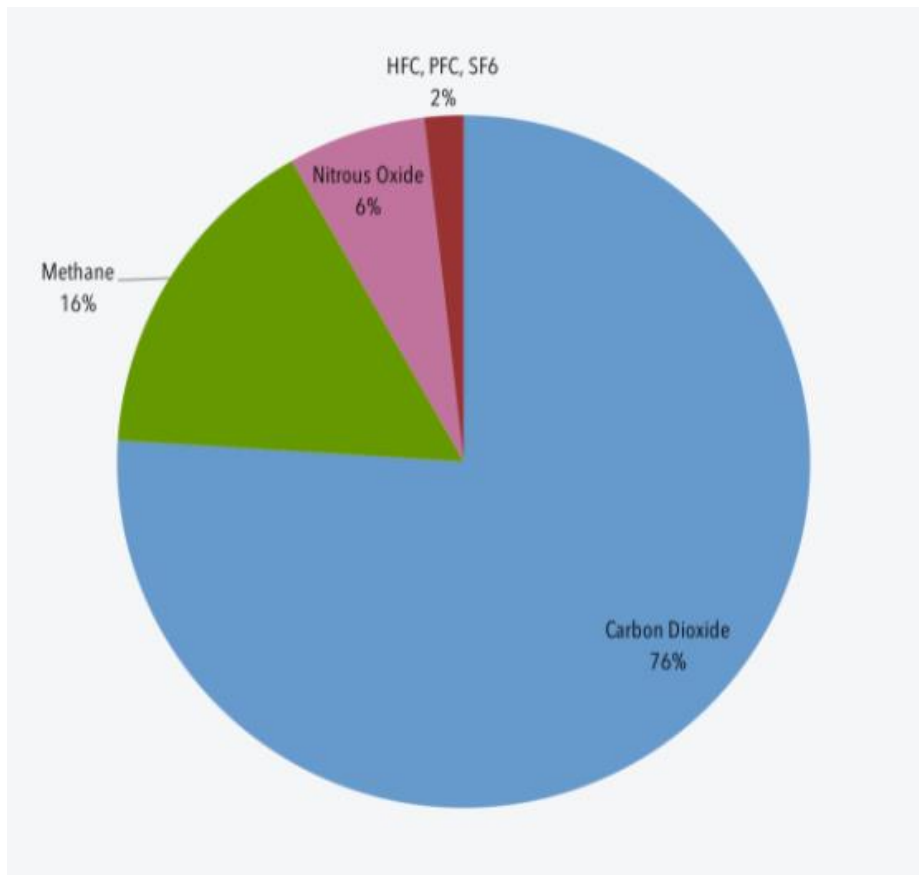
- Εξωγενείς: Τροχιά της Γης, μετεωρίτες και ουράνια σώματα που την προσεγγίζουν, ηλιακή δραστηριότητα κ.ά.
- Ενδογενείς: Ηφαιστειακές εκρήξεις, μετακινήσεις εδάφους στην επιφάνεια της Γης, απρόβλεπτα φυσικά φαινόμενα κ.ά.
- Ανθρωπογενείς: Γεωργία, αποψίλωση δασών, καύση ορυκτών καυσίμων κ.ά.

Εδώ, αξίζει να αναφερθεί πως η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος («Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC») έχει ορίσει την έννοια της «κλιματικής αλλαγής» ως την οποιαδήποτε μεταβολή στο κλίμα κατά τη διάρκεια του χρόνου, είτε έχει να κάνει με φυσικές μεταβολές, είτε με ανθρωπογενείς επιδράσεις (J.B.R. Matthews, 2018). Ωστόσο, σύμφωνα με τη Σύμβαση Πλαισίου Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή («United Nations Framework-Convention for Climate Change,

UNFCCC»), ο όρος «κλιματική αλλαγή» ορίζεται ως η αλλαγή του κλίματος που αποδίδεται, άμεσα ή έμμεσα, στην ανθρώπινη δραστηριότητα που αλλάζει τη σύνθεση της παγκόσμιας ατμόσφαιρας και η οποία είναι επιπρόσθετη της φυσικής κλιματικής μεταβλητότητας που παρατηρείται σε κάθε περίπτωση, ανά τακτές συγκρίσιμες χρονικές περιόδους (NATIONS, 2007).

Ανεξαρτήτου προσέγγισης λοιπόν, παρατηρούμε πως η ανθρώπινη δραστηριότητα αποτελεί, αν όχι τη βασικότερη, μία από τις βασικότερες αιτίες της κλιματικής αλλαγής και της άρρηκτα συνδεδεμένης με αυτή, επιδείνωσης του «Φαινομένου του Θερμοκηπίου». Παρόλο που για τους περισσότερους ανθρώπους η έννοια του φαινομένου του θερμοκηπίου έχει αρνητική χροιά, στην πραγματικότητα κάτι τέτοιο δεν ισχύει. Εν αντιθέσει, χάρις στο φαινόμενο του θερμοκηπίου η μέση θερμοκρασία της Γης κατορθώνει να διατηρείται περίπου στους 14°C, ενώ χωρίς αυτό θα βυθιζόταν περίπου στους -15°C. Τα βασικότερα αέρια που συντελούν στη δημιουργία του «θερμοκηπίου» -όπως παρουσιάζονται και στο *Σχήμα 2.1* (SOLUTIONS, 2021) είναι το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο, το υποξείδιο

του αζώτου και οι χλωροφθοράνθρακες, των οποίων η αύξηση της συγκέντρωσης προκαλεί και την επιδείνωση του φαινομένου (ΣΙΟΝΤΟΡΟΥ, 2019).



Σχήμα 2.1. Παγκόσμιες ανθρωπογενείς εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά αέριο, 2015.

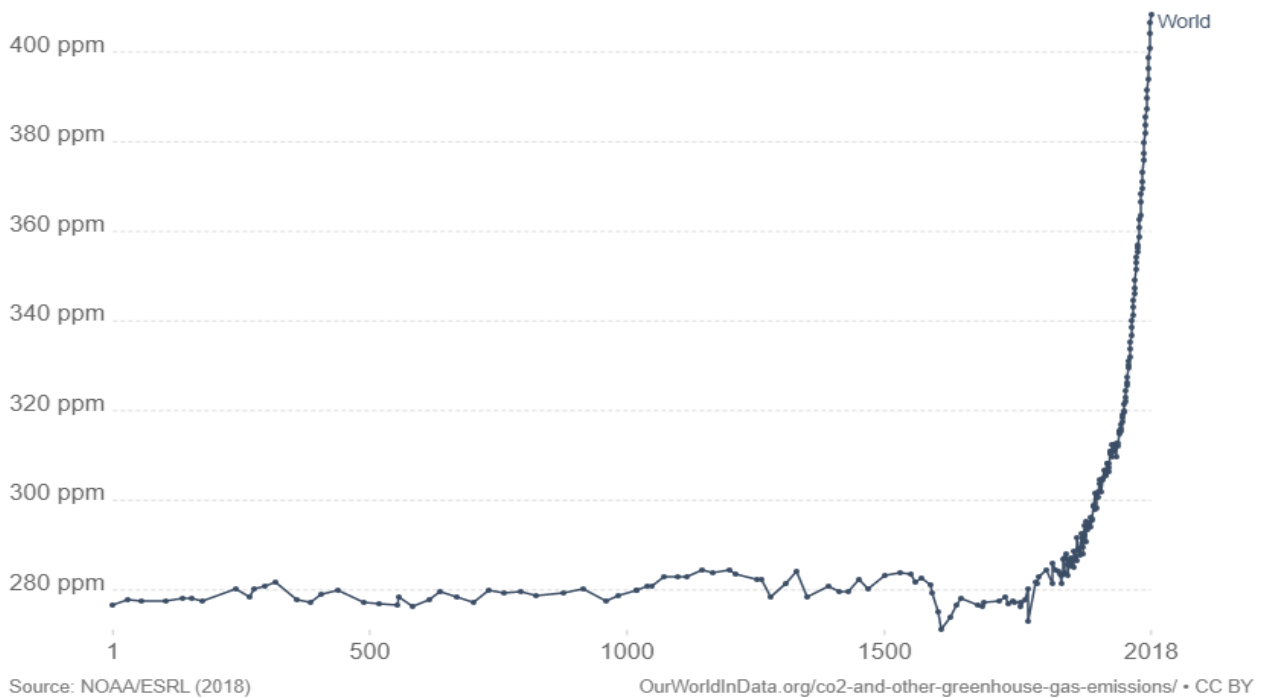
Η χρησιμότητα των αερίων αυτών έγκειται στο γεγονός πως απορροφούν την ακτινοβολία που εκπέμπεται από τη Γη επανεκπέμποντας θερμική ακτινοβολία. Έτσι, θερμαίνουν την επιφάνεια του πλανήτη διατηρώντας με αυτόν τον τρόπο τη μέση θερμοκρασία του σε φυσιολογικά επίπεδα ώστε να είναι δυνατή η επιβίωση όλων των οργανισμών μέσα σε αυτόν.

Όπως σημειώθηκε και προηγουμένως η επίδραση της ανθρωπογενούς δραστηριότητας στην επιδείνωση του φαινομένου είναι άκρως σημαντική, αφού συμβάλλει σε μεγάλο βαθμό στην αύξηση της συγκέντρωσης των αερίων του θερμοκηπίου, και ιδιαίτερα σε αυτή του

διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Τα κυριότερα αίτια που προκαλούν αυτή την αύξηση είναι η καύση ορυκτών καυσίμων , όπως το πετρέλαιο, ο άνθρακας και το φυσικό αέριο, για την παραγωγή ενέργειας, η αλόγιστη χρήση φυσικών πόρων από βιομηχανικές, κτηνοτροφικές και αγροτικές δραστηριότητες, η αποψίλωση των δασών, αλλά και οι πυρκαγιές (Ευρωπαϊκή Ένωση, 2020). Ενώ η αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού και επομένως της ενεργειακής ζήτησης δε θα έπρεπε να θεωρείται αμελητέα. Από την άλλη, η απορρόφηση του CO₂ επιτυγχάνεται κυρίως στους ωκεανούς, οι οποίοι ενεργούν ως μία τεράστια δεξαμενή άνθρακα, και από τα φυτά κατά τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης (Βικιπαίδεια, 2022). Τις τελευταίες δεκαετίες, η ισορροπία αυτή μεταξύ παραγωγής και απορρόφησης CO₂ έχει διαταραχθεί, με αποτέλεσμα η συγκέντρωσή του να αυξάνεται ραγδαία στα ανώτερα στρώματα αλλά και στους ωκεανούς. Χαρακτηριστικό είναι πως η συγκέντρωση του διοξειδίου πριν από την εκβιομηχάνιση (τη θεωρούμε μεταξύ 1720-1800 μΧ.) και για πολλά χρόνια διατηρούνταν σε σταθερά επίπεδα, περίπου στα 280ppm, όπως παρατηρούμε και στο *Διάγραμμα 2.1* (Ritchie & Roser, 2021). Ωστόσο μετά από αυτήν κάθε χρόνο σημειώνε ανοδική πορεία, με αποτέλεσμα από το 2018 και έπειτα, να ξεπεράσει το κατώφλι των 400ppm και μάλιστα το 2021 να αγγίζει τα 417 ppm (MBE, 2021) δηλαδή ποσοστιαία αύξηση της τάξης του 50% συγκριτικά με την εποχή της βιομηχανικής επανάστασης.

Global CO₂ atmospheric concentration

Global mean annual concentration of carbon dioxide (CO₂) measured in parts per million (ppm).



Διάγραμμα 2.1. Παγκόσμια μέση ετήσια συγκέντρωση CO₂ μετρημένη σε ppm (1-2018 μΧ).

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής ποικίλλουν και θα πρέπει να γίνει προσπάθεια να περιοριστούν. Ορισμένες από αυτές είναι το λιώσιμο των πάγων στους πόλους της Γης και η άνοδος της στάθμης της θάλασσας κατά συνέπεια. Αυτό εγείρει κινδύνους για πολλές περιοχές οι οποίες είναι πολύ πιθανό να βυθιστούν σταδιακά κάτω από τη θάλασσα με χαρακτηριστικά παραδείγματα τη Βενετία, την Μπανγκόκ, την Τζακάρτα αλλά και διάφορες πόλεις της Αμερικής. Ένας ακόμα κίνδυνος είναι η έξαρση των ακραίων καιρικών φαινομένων όπως οι καταστροφικές καταιγίδες και χιονιάδες, αλλά και τα πολύ συχνά κύματα καύσωνα που εμφανίζονται κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Καιρικά φαινόμενα τα οποία μπορούν να προκαλέσουν κακό και στην ανθρώπινη υγεία με τους θανάτους λόγω υπερβολικής ζέστης ή παγετού να μην απουσιάζουν. Τέλος, οι επιπτώσεις μπορεί να είναι

και οικονομικές. Χαρακτηριστικό είναι πως μεταξύ 1980 και 2011 οι πλημμύρες επηρέασαν περισσότερους από 5,5 εκατομμύρια ανθρώπους και προκάλεσαν άμεσες οικονομικές απώλειες άνω των 90 δισεκατομμυρίων ευρώ (European Commission, 2020).

1.2 Το πλαίσιο της ενεργειακής μετάβασης

Όπως τονίστηκε και σε προηγούμενη παράγραφο, η καύση ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ενέργειας αποτελεί κύριο παράγοντα για την αύξηση του CO₂, με το βιομηχανικό, τον οικιακό και τις μεταφορές να αποτελούν τους τομείς με τις υψηλότερες ενεργειακές απαιτήσεις αλλά και καταναλώσεις παγκοσμίως. Λαμβάνοντας υπόψιν τα παραπάνω, έχουν ξεκινήσει σε παγκόσμια και ευρωπαϊκή κλίμακα δράσεις και έχουν εφαρμοστεί πολιτικές με στόχο τη μείωση των αέριων ρύπων και συνεπώς των εκπομπών CO₂.

2.2.1 Το Πρωτόκολλο του Κιότο

Η πρώτη αναφορά αποτίμησης για την κλιματική αλλαγή γίνεται το 1990 από την IPCC, με τη χρονολογία αυτή να αποτελεί τη βάση για τις περισσότερες πολιτικές, αποφάσεις και μέτρα που έπονται. Αμέσως υπήρξε κινητικότητα στις τάξεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης (E.E.), με την πρώτη απόφαση που λαμβάνει το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο να αφορά τη σταθεροποίηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου το 2000, στα επίπεδα του 1990 (European Parliament, 2000). Στη συνέχεια, σε Σύνοδο Κορυφής που πραγματοποιήθηκε το Δεκέμβριο του 1997 στο Κιότο, επήλθε μια διεθνής συμφωνία των ανεπτυγμένων χωρών για μείωση των εκπομπών αερίων. Συγκεκριμένα, το Πρωτόκολλο του Κιότο δεσμεύει 38 εκβιομηχανισμένες χώρες να μειώσουν τις εκπομπές των 6 αερίων του θερμοκηπίου (εκφρασμένες σε ισοδύναμες εκπομπές CO₂) το λιγότερο κατά 5% συγκριτικά με τις εκπομπές του 1990 έως την περίοδο 2008-2012. Ο στόχος κατανέμεται στις αντίστοιχες

χώρες, με τις Η.Π.Α. να υποχρεούνται σε 7% μείωση των εκπομπών την περίοδο 2008-2012 (σε σχέση με το 1990) και την Ε.Ε. σε μείωση 8% (Φλάμος, 2020). Το Πρωτόκολλο του Κιότο οδήγησε στην εφαρμογή ευέλικτων μηχανισμών όπως το Μηχανισμό Καθαρής Ανάπτυξης (ΜΚΑ), τα Προγράμματα από Κοινού (ΠΚ) και τη Εμπορία Δικαιωμάτων Εκπομπών (ΕΔΕ), όργανα απαραίτητα για την οικονομικά αποτελεσματική επίτευξη των στόχων και τη διοχέτευση της τεχνολογίας στις αναπτυσσόμενες χώρες.

2.2.2 Η μετάβαση στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Το 2000 λοιπόν, η Ε.Ε. οδηγήθηκε στην καθιέρωση του «Ευρωπαϊκού Προγράμματος για την Κλιματική Αλλαγή» (“European Climate Change Programme”, “ECCP”) έτσι ώστε να συμβάλλει στον εντοπισμό των πιο αποδοτικών περιβαλλοντικά και οικονομικά πολιτικών και μέτρων που μπορούν να ληφθούν σε ευρωπαϊκό επίπεδο για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και την επίτευξη των στόχων στο πλαίσιο του Πρωτοκόλλου του Κιότο (European Commission, 2014). Κάποιες από τις δράσεις ήταν η καθιέρωση του ευρωπαϊκού συστήματος Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών (“Emissions Trading System”, “ETS”), τον ακρογωνιαίο λίθο της πολιτικής της ΕΕ για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και το βασικό εργαλείο για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου με οικονομικά αποδοτικό τρόπο (European Commission, 2021), καθώς και η υποχρέωση κάθε κράτους-μέλους της Ε.Ε. να καταθέσει το Εθνικό Σχέδιο Κατανομής Δικαιωμάτων Εκπομπών (ΕΣΚΔΕ, “National Allocation Plan” – “NAP”). Επιπλέον, το Μάρτιο του 2007 τίθεται μια νέα, αρκετά φιλόδοξη, δέσμη μέτρων για την ενέργεια και το κλίμα -θεσπίστηκε στη νομοθεσία τον Απρίλιο του 2009- γνωστή με τον

τίτλο «20-20-20 για το 2020», η οποία θέτει 3 καίριους στόχους για το 2020 (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 2021):

- i. 20% μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου της Ε.Ε. σε σχέση με τα επίπεδα του 1990
- ii. 20% βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης της Ε.Ε.
- iii. 20% της ενέργειας της Ε.Ε. να προέρχεται από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (“ΑΠΕ”-αιολική, ηλιακή, βιομάζα κ.λπ.)

Στόχους τους οποίους η Ε.Ε. διασφαλίζει πως θα εκπληρωθούν με τη δημοσίευση το 2008 του «Πακέτου για το Κλίμα και την Ενέργεια» (“Climate and Energy Package”) (European Commission, 2012). Ορισμένες από τις στρατηγικές του είναι η εισαγωγή περισσότερων κρατών-μελών στο “ETS”, η αύξηση του μεριδίου των ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο των χωρών σύμφωνα με την «Οδηγία για την Ανανεώσιμη Ενέργεια» (“Renewable Energy Directive”, “RED”) (European Commission, 2012) και η οδηγία για δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα (“Carbon Capture and Storage Directive”, “CCSD”) (European Commission, 2010).

Μέχρι το 2012 δεν υπήρξε κάποια δέσμη μέτρων ή υποχρέωση των κρατών για ενεργειακή απόδοση, ώσπου τον Οκτώβριο του 2012 δημοσιεύεται η ομώνυμη οδηγία (“Energy Efficiency Directive”, “EED”) (European Commission, 2018), με σκοπό να βοηθήσει την Ε.Ε. να επιτύχει το στόχο της ενεργειακής απόδοσης του 20% έως το 2020. Σύμφωνα με την οδηγία, όλες οι χώρες της ΕΕ υποχρεούνται να χρησιμοποιούν την ενέργεια πιο αποτελεσματικά σε όλα τα στάδια της ενεργειακής αλυσίδας, συμπεριλαμβανομένης της παραγωγής, της μεταφοράς, της διανομής και της τελικής χρήσης ενέργειας, ενώ παράλληλα

προτείνονται και ποικίλα μέτρα με στόχο την ικανοποίηση της υποχρέωσης αυτής με έμφαση στα κτίρια (οικιακά ή επαγγελματικά) και τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης αυτών.

Ημερομηνία σταθμός επίσης, θεωρείται ο Δεκέμβριος του 2015, όπου στη Διάσκεψη COP21 (“Conference of the Parties”) για το Κλίμα στο Παρίσι, η Ε.Ε. δεσμεύτηκε να περιορίσει τις εκπομπές ΑτΘ σε χαμηλά επίπεδα, με σκοπό τη διατήρηση της αύξησης της μέσης θερμοκρασίας κάτω από τους 2°C, ιδανικά στους 1.5°C σε σχέση με τα προβιομηχανικά επίπεδα ([United Nations Climate Change, 2017](#)). Για την ικανοποίηση του πρώτου σεναρίου, απαιτείται μείωση των ΑτΘ κατά 80% έως το 2050 (συγκριτικά με το 1990), ενώ για τη διατήρηση της αύξησης της μέσης θερμοκρασίας στους 1.5°C σε σχέση με την προβιομηχανική περίοδο, θα πρέπει το 2050 να επιτευχθεί κλιματική ουδετερότητα, δηλαδή μηδενικές εκπομπές. Οι στόχοι που θεσπίστηκαν για την ενέργεια και το κλίμα στο σύνολο της Ε.Ε. κατά τη συμφωνία αυτή, για το 2030, σαν πρώτο βήμα ώστε να ικανοποιηθούν οι παραπάνω συνθήκες μέσης θερμοκρασίας, ήταν οι εξής ([European Commission, 2015](#)):

- Μείωση τουλάχιστον 40% των ΑτΘ σε σύγκριση με το 1990
- Βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά 32.5%, το λιγότερο, και
- Το μερίδιο συμμετοχής των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας να αγγίζει το 32%

Κάθε στόχος που τίθεται έπειτα από τις συνεδριάσεις του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου είναι λογικό πως επανεξετάζεται και παρακολουθείται χρόνο με το χρόνο. Γι’ αυτό λοιπόν, μόλις παρατηρήθηκε πως ο στόχος του «20-20-20» που αφορά την 20% μείωση των εκπομπών μέχρι το 2020, επιτεύχθηκε τρία χρόνια νωρίτερα -το 2017 η Ε.Ε. είχε ήδη μειώσει

κατά 22% τις εκπομπές της συγκριτικά με το 1990-, η Ε.Ε. αποφάσισε να αυξήσει τη φιλοδοξία της για το κλίμα κατά τα οριζόμενα στη Συμφωνία του Παρισιού. Έτσι, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή κατέθεσε νέα πρόταση το Δεκέμβριο του 2020, με ονομασία “Fit for 55”, κατά την οποία πιστοποιείται ως μακροχρόνιος στόχος για το 2050 η επίτευξη κλιματικής ουδετερότητας και ως ενδιάμεσος η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 55% έως το 2030 σε σύγκριση με το 1990, μια σημαντική αύξηση σε σχέση με τον προηγούμενο στόχο του 40% έως το 2030 (Souran Chatterjee, 2022). Μεταξύ άλλων, η πρόταση εμπεριέχει αναθεώρηση του κανονισμού για την κατανομή των προσπαθειών, με ισχυρότερους στόχους μείωσης για κάθε κράτος μέλος στους τομείς των κτιρίων, των οδικών και εσωτερικών θαλάσσιων μεταφορών, της γεωργίας, των αποβλήτων και της μικρής βιομηχανίας. Επιπλέον, η Επιτροπή προτείνει την αναθεώρηση των κανόνων για τις εκπομπές CO₂ για αυτοκίνητα και φορτηγά, ενώ παράλληλά θέτει το ως στόχο από το 2035 να μην είναι πλέον δυνατή η διάθεση αυτοκινήτων και φορτηγών με κινητήρα εσωτερικής καύσης στην αγορά της Ε.Ε.. Αξίζει να σημειωθεί πως η εισαγωγή αυστηρότερων πρότυπων CO₂ για τα προαναφερθέντα οχήματα μπορεί να ενθαρρύνει την τεχνολογική καινοτομία στον τομέα των μεταφορών (European Council, 2022). Μια επιπλέον αναθεώρηση που έγινε, αφορά το μερίδιο των ΑΠΕ στο ενεργειακό μίγμα, το οποίο από 32% μέχρι το 2030 που είχε αποφασιστεί (Diana Susser, 2021), ανεβαίνει τουλάχιστον στο 40%, ενώ ακόμα προτάθηκε και η αύξηση του ενεργειακού στόχου σε επίπεδο Ε.Ε. για την ενεργειακή απόδοση από το 32.5% σε 36% μείωση της τελικής και 39% μείωση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας (European Council, 2022). Τέλος, μια επιπλέον πρόταση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (εξετάστηκε το Μάρτιο του 2022), η οποία απασχολεί στενά και την παρούσα διπλωματική, αφορά τη δημιουργία ενός νέου αυτόνομου

Συστήματος Εμπορίας Εκπομπών CO₂ στον κτιριακό τομέα -και τις οδικές μεταφορές-, όπου και θα πρέπει να επιτευχθούν μειώσεις των εκπομπών κατά 43% για αυτούς τους τομείς έως το 2030, σε σύγκριση με το 2005 (European Council, 2022).

Παρατηρούμε λοιπόν, πως η διαδικασία της ενεργειακής μετάβασης απαιτεί θεμελιώδεις αλλαγές στην ηλεκτροπαραγωγή, στον οικιακό τομέα και τον τομέα των μεταφορών, καθώς και στις βιομηχανικές διαδικασίες. Πολύ σημαντικοί παράγοντες για την επίτευξη των παραπάνω στόχων είναι ο κατάλληλος σχεδιασμός στρατηγικών για εξοικονόμηση ενέργειας, η χρήση και παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ και η μείωση της ζήτησης.

2.3 Η περίπτωση της Ελλάδας

Όσον αφορά την περίπτωση της Ελλάδας η διαδικασία της ενεργειακής μετάβασης θεωρείται μια εύκολη υπόθεση, κυρίως λόγω των προκλήσεων που εμφανίζονται σχετικά με την οικονομική κατάσταση της χώρας, η οποία είναι αποτρεπτική για επενδύσεις υψηλού κόστους όπως για παράδειγμα η κατασκευή τεχνολογιών ΑΠΕ. Σε γενικότερο πλαίσιο, η εφαρμογή πολιτικών και η λήψη μέτρων σε εθνικό επίπεδο πραγματοποιείται με κάποια χρόνια καθυστέρηση συγκριτικά με τα αντίστοιχα κράτη-μέλη της Ε.Ε.

Τα πρώτα χρόνια, οι πολιτικές που στόχευαν σε ένα κλιματικά φιλικότερο μέλλον αφορούσαν κυρίως την εισαγωγή του Συστήματος Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών (Σ.Ε.Δ.Ε.) αρχικά στη βιομηχανία και μετέπειτα στις αερομεταφορές. Επιπλέον, από τα πρώτα μέτρα που λήφθηκαν ήταν και η εισαγωγή καθεστώτων στήριξης ΑΠΕ (όπως το “feed-in tariff”) έτσι ώστε να διευκολυνθούν οι επενδυτές και να κατορθώσει η χώρα να αυξήσει το μερίδιο της «καθαρής ενέργειας» στο ενεργειακό της μίγμα. Με το πέρασμα το χρόνων τα παραπάνω μέτρα εξελίχθηκαν, είτε με την εισχώρηση του Σ.Ε.Δ.Ε και σε άλλους

τομείς -ή ακόμα και με την αυστηροποίηση των κανόνων του-, είτε με τη νέα καθεστώτα στήριξης ΑΠΕ (“feed-in premium”, διαγωνιστικές διαδικασίες κ.ά.), αλλά άρχισαν να λαμβάνονται πια και μέτρα που αφορούν την ενεργειακή εξοικονόμηση και την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης (προγράμματα Εξοικονομώ κ.ά.). Γενικότερα οι στόχοι της Ελλάδας για το 2020 ήταν εναρμονισμένοι με τους στόχους της Ε.Ε. (στόχος 20-20-20 για το 2020) (Γαϊτανάρου, 2021).

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί πως η μεγάλη ενεργειακή εξάρτηση της Ελλάδας, είτε πετρελαίου είτε φυσικού αερίου -περίπου το 82% των ενεργειακών της αναγκών προέρχεται από εισαγωγές- (Κούρταλη, 2022) προκαλεί σίγουρα πολύ μεγάλη αβεβαιότητα και εγκυμονεί κινδύνους όσον αφορά την ασφάλεια του ενεργειακού της εφοδιασμού. Συνεπώς, απαραίτητη πρέπει να θεωρείται η βελτίωση της ενεργειακής δομής της χώρας, καθώς και η χάραξη στρατηγικής στην περίπτωση της ενεργειακής μετάβασης θα πρέπει να μελετηθεί αυστηρά και να ληφθούν σοβαρά υπόψη όλες οι παραπάνω προκλήσεις και δυσκολίες.

2.3.1 Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα

Προκειμένου να επιτευχθούν οι νέοι στόχοι της Ε.Ε. για την ενέργεια και το κλίμα για το 2030, όλα τα κράτη-μέλη της, και εν προκειμένω η Ελλάδα, οφείλουν να θεσπίσουν ένα δεκαετές πλάνο για την περίοδο 2021-2030. Το πλάνο αυτό, γνωστό ως «Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα» (ΕΣΕΚ), έπρεπε να υποβληθεί στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή έως τα τέλη του 2019, προθεσμία την οποία τήρησε η Ελλάδα. Συνοπτικά, το σχέδιο αυτό πρέπει να περιλαμβάνει τον τρόπο με τον οποίο οι χώρες της Ε.Ε. σκοπεύουν να αντιμετωπίσουν:

- την ενεργειακή απόδοση,
- τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας,
- τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου,
- τις μεταξύ τους διασυνδέσεις, και
- την έρευνα και καινοτομία

Η προσέγγιση αυτή απαιτεί συντονισμό όλων των κυβερνητικών τμημάτων, ενώ ταυτόχρονα παρέχει ένα επίπεδο σχεδιασμού που θα διευκολύνει τις δημόσιες και ιδιωτικές επενδύσεις. Τέλος, στα πλεονεκτήματα συγκαταλέγεται και το γεγονός ότι καταστρώνεται ένα πλάνο με κοινή συνισταμένη και παρόμοιο πρότυπο σχεδιασμού για όλα τα κράτη-μέλη, ενθαρρύνοντας έτσι ενδεχόμενες διακρατικές συνεργασίες με σκοπό την αύξηση της αποτελεσματικότητας (European Commission, 2019).

Όσον αφορά το ελληνικό ΕΣΕΚ, παρουσιάζει και εμβαθύνει σε διάφορα μέτρα πολιτικής που πρέπει να παρθούν και αφορούν ποικίλες οικονομικές και αναπτυξιακές δραστηριότητες με στόχο την ευημερία και ικανοποίηση της κοινωνίας μας. Συγκεκριμένα, θεσπίζει εθνικούς κλιματικούς και ενεργειακούς στόχους, ορισμένοι αρκετά πιο φιλόδοξοι σε σχέση με τους αντίστοιχους ευρωπαϊκούς, ενώ παράλληλα αναδεικνύεται σαν σημείο αναφοράς της εγχώριας ενεργειακής και κλιματικής στρατηγικής μέχρι το 2030. Με γνώμονα τις απαιτήσεις της Ε.Ε. από κάθε χώρα, η ενεργειακή μετάβαση της Ελλάδας μέσω του ΕΣΕΚ καταστρώνεται έχοντας σαν κεντρικούς άξονες (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2019):

- Τη μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου:

Σχετικά με τις εκπομπές ΑτΘ, το ελληνικό ΕΣΕΚ θέτει πιο αυστηρούς στόχους συγκριτικά με τους αντίστοιχους που έχει επιβάλλει η Ε.Ε., αφού απαιτεί μείωση μεγαλύτερη του 42% σε σχέση με το 1990 (προτού προταθεί η δέσμη μέτρων «fit for 55», δηλαδή δύο χρόνια μετά τη σύνταξη του ΕΣΕΚ, και τεθεί ο στόχος μείωσης στο 55%, η Ε.Ε. είχε θέσει σαν αντίστοιχο στόχο μείωσης το 40%) και μεγαλύτερη του 55% συγκριτικά με τις εκπομπές του έτους 2005 (ενώ ο αντίστοιχος στόχος που συζητείται αυτή την εποχή στην Ε.Ε. αγγίζει το 43%).

- Την απολιγνιτοποίηση της ηλεκτροπαραγωγής:

Ένας πολύ σημαντικός στόχος, αν όχι ο σημαντικότερος, στη διάρκεια αυτής της μετάβασης εντός των συνόρων, και πιο συγκεκριμένα στο πλαίσιο της στρατηγικής του ΕΣΕΚ είναι η απολιγνιτοποίηση. Ένα αρκετά τολμηρό και παράλληλα εφικτό σχέδιο, που έχει ως στόχο την απεξάρτηση της διαδικασίας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από λιγνίτη. Το πλάνο είναι να πραγματοποιηθεί μείωση της χρήσης του λιγνίτη στην ηλεκτροπαραγωγή με σταδιακό κλείσιμο των λιγνιτικών μονάδων (Μεγαλόπολη, Πτολεμαΐδα κ.λπ.), και οριστική απεξάρτηση του εγχώριου συστήματος από αυτόν μέχρι το 2028

- Την αύξηση του μεριδίου των ΑΠΕ στην ενεργειακή κατανάλωση:

Ο στόχος αναφορικά με το μερίδιο συμμετοχής των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας είναι και αυτός υψηλότερος από τον αντίστοιχο που είχε

επιβάλλει αρχικά η Ε.Ε. (32%, πριν την εφαρμογή του «fit for 55» και την αναθεώρησή του σε 40%) αφού αγγίζει το 35%, τουλάχιστον.

- Την εξοικονόμηση ενέργειας μέσω της βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης:

Τελευταία συνιστώσα του σχεδίου αποτελεί η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, με πρωταρχικό μέλημα, ποσοτικά, να είναι η επίτευξη χαμηλότερης τελικής κατανάλωσης το 2030 σε σχέση με το 2017 και ποιοτικά η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά 38% συγκριτικά με το 1990, σύμφωνα με την ευρωπαϊκή μεθοδολογία. Να σημειωθεί και πάλι πως ο αντίστοιχος κεντρικός ευρωπαϊκός ποιοτικός στόχος είχε τεθεί στα 32.5% αρχικά, πριν την αναθεώρηση του 2021 όπου και ανέβηκε στα 36% για την τελική και 39% για την πρωτογενή κατανάλωση.

2.3.2 Μακροχρόνια στρατηγική για το 2050

Τα ΕΣΕΚ που υποχρεούνται να υποβάλλουν όλα τα κράτη-μέλη της Ε.Ε. στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή, μπορεί να θεωρηθούν ως το «ενδιάμεσο πλάνο» ή οι «ενδιάμεσοι στόχοι» που θέτει το κάθε ένα από αυτά. Ωστόσο, στο πλαίσιο της πολιτικής της Ε.Ε. για την ενέργεια και το κλίμα -όπως αναφέρεται στη Συμφωνία των Παρισίων-, η κάθε χώρα-μέλος είναι υποχρεωμένη να καθορίσει και τη μακροχρόνια στόχευσή της για το 2050, αναφορικά με τη μείωση των εκπομπών ΑτΘ για την επιδίωξη των 2°C, αλλά και για το αισιόδοξο σενάριο της κλιματικής ουδετερότητας των 1.5 °C (European Commission, 2019). Έτσι λοιπόν, διαμορφώθηκε από το Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας το εθνικό σχέδιο με τίτλο «Μακροχρόνια στρατηγική για το 2050» (ΜΣ50), του οποίου σκοπός είναι να αξιολογήσει πιθανές λύσεις και μεθόδους για τη μετάβαση της χώρας σε μία οικονομία που θα προσεγγίσει την κλιματική ουδετερότητα (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2019).

Οι πολιτικές και τα μέτρα που θα ληφθούν αποσκοπούν στη δραστική μείωση των εκπομπών ΑτΘ μέχρι το 2050 με την επιλογή δύο στρατηγικών. Η μία θα στοχεύει στην ελάττωση των εκπομπών με προγραμματισμό που θα οδηγεί στην επιδίωξη των 2°C, και ο προγραμματισμός της άλλης στρατηγικής θα γίνει με βάση την επίτευξη κλιματικής ουδετερότητας και τη μείωση των εκπομπών για την επιδίωξη του 1.5°C.

Για να ικανοποιηθούν οι παραπάνω στόχοι, παρατίθενται στη ΜΣ50 σενάρια πολιτικών με ορισμένες βασικές προτεραιότητες, οι οποίες κρίνονται ως αναλλοίωτες σε καθένα από αυτά τα σενάρια και είναι οι εξής (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2019):

- i. Επίτευξη καλύτερης ενεργειακής απόδοσης σε όλους τους τομείς, με κύριο μέλημα την ενεργειακή αναβάθμιση των νοικοκυριών και των κτηρίων γενικότερα.
- ii. Διείσδυση του ηλεκτρισμού στον τομέα των μεταφορών και της θέρμανσης, με ταυτόχρονη μείωση του ανθρακικού αποτυπώματος της ηλεκτροπαραγωγής.
- iii. Ολοκλήρωση της ενοποίησης των αγορών (market coupling) στην ευρύτερη περιοχή και επιπλέον εξάπλωση των διασυνοριακών διασυνδέσεων για τα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας.
- iv. Μηδενισμός των εκπομπών CO₂ στην ηλεκτροπαραγωγή από καύση ορυκτών καυσίμων με παράλληλη χρήση «πράσινης ενέργειας» από ΑΠΕ σε όλους τους τομείς, με έμφαση στην ηλεκτροπαραγωγή.
- v. Δημιουργία εγχώριων καυσίμων και αερίου μέσω αεριοποίησης της βιομάζας, με χρήση καινοτόμων τεχνικών και μηχανισμών.

Οι παραπάνω βασικές προτεραιότητες είναι ενσωματωμένες με συμβατικό τρόπο στο σενάριο «Βασικών πολιτικών –ΕΣΕΚ-2050» το οποίο θεωρείται πως και να ακολουθηθεί

κατά γράμμα, εξαντλώντας κάθε διαθέσιμο τεχνικό και οικονομικό πόρο, πολύ δύσκολα θα εξασφαλίσει την επίτευξη των στόχων μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου, είτε στο πλαίσιο των στρατηγικών για τους 1.5°C, ακόμα και γι' αυτών των 2°C. Για το λόγο αυτό, κι επειδή η διαδρομή για την επίτευξη των στόχων για το 2050 είναι ακόμα υπό εξέταση, έχουν αναπτυχθεί άλλα τέσσερα (4) πιθανά σενάρια πολιτικών. Αυτά έχουν κατηγοριοποιηθεί με βάση το μέγεθος του στόχου μείωσης των εκπομπών, ενώ ο περαιτέρω διαχωρισμός τους γίνεται με βάση την προτεραιότητα που δίνει το κάθε ένα στους μετασχηματισμούς και τις τεχνολογίες που ενσωματώνουν, επιπλέον των βασικών πολιτικών τους. Τα σενάρια αυτά είναι (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2019):

- 1 **Σενάριο “EE2”** (Εξηλεκτρισμός και βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης για τους 2°C “Energy Efficiency and Electrification for 2°C”).
- 2 **Σενάριο “NC2”** (Νέοι ενεργειακοί φορείς για τους 2°C – “New energy carriers for 2°C”).
- 3 **Σενάριο “EE1.5”** (Εξηλεκτρισμός και βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης για τον 1.5°C – “Energy Efficiency and Electrification for 1.5°C”).
- 4 **Σενάριο “NC1.5”** (Νέοι ενεργειακοί φορείς για τον 1.5°C – “New energy carriers for 1.5°C”).

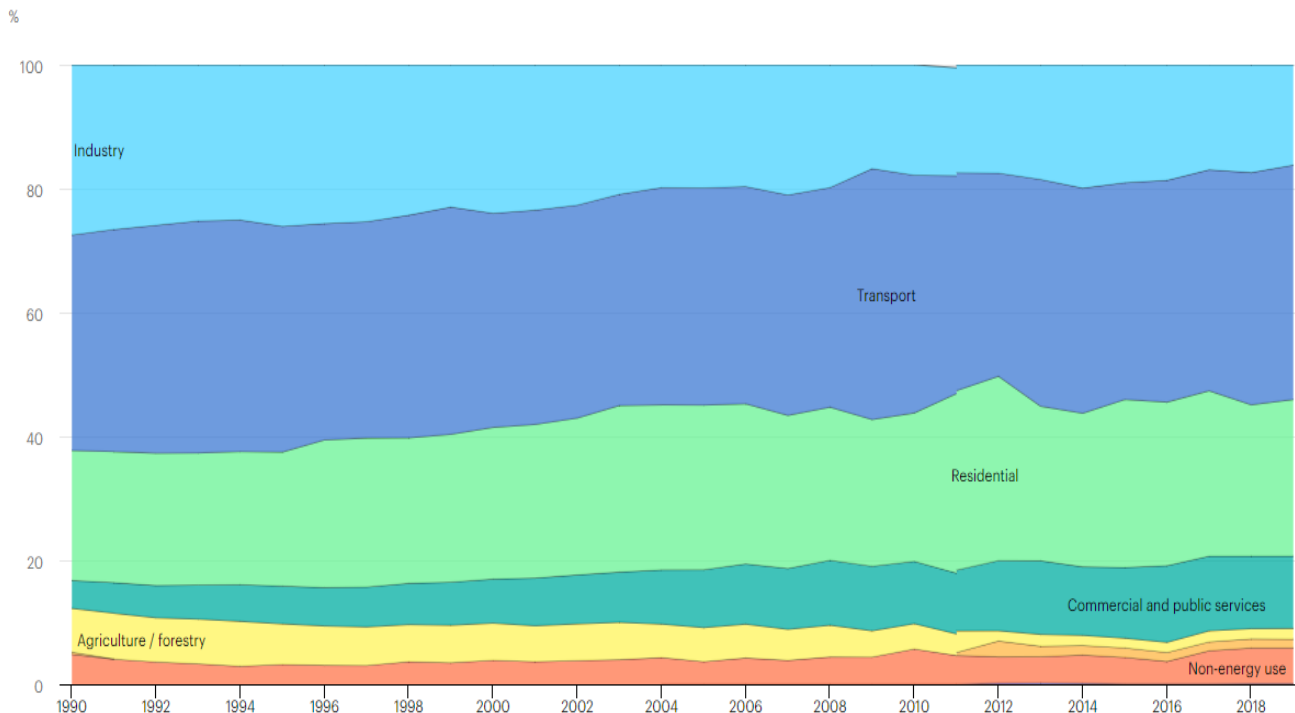
Όσον αφορά τα σενάρια “EE” στοχεύουν στην υποκατάσταση των ορυκτών καυσίμων με βιοκαύσιμα και βιοαέριο, όπου δεν είναι εφικτό να υπάρξει ολοκληρωτικός εξηλεκτρισμός, ενώ παράλληλα εντάσσουν αρκετά έντονα τον ηλεκτρισμό στις ενεργειακές χρήσεις όλων των τομέων. Τέλος, αποσκοπούν στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και στην ισχυρή διεύθυνση των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή, διαδικασία ιδιαίτερα σημαντική και κρίσιμη

για το ενεργειακό μέλλον της χώρας (Alexandros Flamos, 2021). Από την άλλη, τα σενάρια “NC” υποστηρίζουν πως με τη σταδιακή ανάπτυξη των τεχνολογιών παραγωγής υδρογόνου, βιοαερίου και συνθετικού μεθανίου θα επιτευχθεί η κλιματικά ουδέτερη χρήση του διανεμόμενου αερίου. Αξίζει να σημειωθεί πως τα σενάρια “EE” έχουν υψηλότερους στόχους αναφορικά με τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και τον εξηλεκτρισμό. Επιπλέον, ενώ στα σενάρια “NC” κατορθώνεται η αισθητή μείωση των εκπομπών λόγω της χρήσης αερίων και υδρογονανθράκων ελάχιστου ανθρακικού αποτυπώματος, στα “EE” οι εκπομπές αυτές δεν υφίστανται λόγω της αρκετά αισιόδοξης εκτίμησης για πλήρη εξηλεκτρισμό (κοντά στο 95%), αυξημένη χρήση βιομάζας και μεγάλη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης.

2.4 Ενεργειακή κατανάλωση στην Ελλάδα

Κάνοντας μια γενική επισκόπηση της τελικής ενεργειακής κατανάλωσης στην Ελλάδα, διαπιστώνουμε πως οι πιο ενεργοβόροι τομείς για το έτος 2019 είναι οι μεταφορές, ο οικιακός τομέας, η βιομηχανία και οι εμπορικές και δημόσιες υπηρεσίες και κτίρια. Συγκεκριμένα, οι τέσσερις αυτοί τομείς -όπως φαίνεται και στο *Διάγραμμα 2.2* (International Energy Agency, 2020)- είναι υπεύθυνοι για περισσότερο από το 90% της τελικής κατανάλωσης στη χώρα μας, με το ποσοστό τους να χωρίζεται προσεγγιστικά σε 38% για τις μεταφορές, 25% για τον οικιακό τομέα, 16% για τη βιομηχανία και 12% για τις εμπορικές και δημόσιες υπηρεσίες και κτίρια. Δεδομένο, το οποίο παρατηρούμε πως διατηρείται καθ’ όλη τη διάρκεια της εικοσαετίας 1990-2019, με μια μικρή εξαίρεση κατά την πρώτη πενταετία όπου ο τομέας της γεωργίας/δασοκομίας ξεπερνούσε σε ποσότητα τελικής

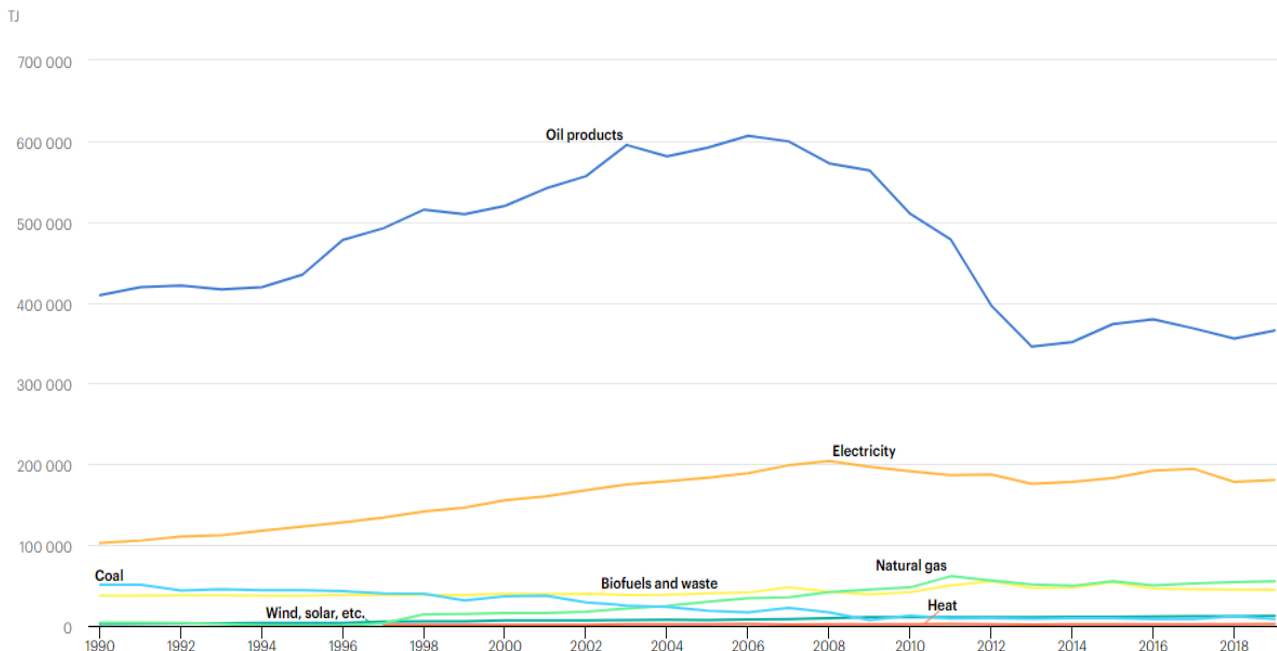
ενεργειακής κατανάλωσης τις εμπορικές και δημόσιες υπηρεσίες. Ενώ επίσης, αξίζει να σημειωθεί πως με την πάροδο του χρόνου το μερίδιο της βιομηχανίας συνεχώς μειώνεται.



Διάγραμμα 2.2. Συνολική τελική κατανάλωση ενέργειας ανά τομέα (%), Ελλάδα 1990-2019

Παράλληλα, ενδιαφέρον παρουσιάζει το *Διάγραμμα 2.3* στο οποίο παρουσιάζεται το μίγμα της τελικής ενεργειακής κατανάλωσης στην Ελλάδα κατά τη διάρκεια των ετών 1990-2019. Άξια αναφοράς είναι η μεγάλη πτώση που παρουσιάζει το μερίδιο των πετρελαϊκών προϊόντων από το 2006 και έπειτα, με εξαίρεση την τριετία 2013-2016 όπου και εμφανίζει μια μικρή ανοδική πορεία. Συγκεκριμένα η πτώση αυτή -από το pick του το 2006, μέχρι το 2019- αγγίζει το 40%. Σε αντιδιαστολή με τα πετρελαϊκά προϊόντα, οι τιμές τελικής ενεργειακής κατανάλωσης φυσικού αερίου και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αυξάνονται κάθε χρόνο, σε όλη την εξεταζόμενη περίοδο, ενώ οι αντίστοιχες του ηλεκτρισμού

παρουσιάζουν αρχικά αυξητικές τάσεις και από το 2008 και έπειτα η πορεία τους είναι σχετικά στάσιμη.



Διάγραμμα 2.3. Συνολική τελική κατανάλωση ενέργειας ανά πηγή (TJ), Ελλάδα 1990-2019

2.4.1 Οικιακός τομέας: ενεργειακή μετάβαση

Όπως σημειώθηκε και προηγουμένως, ο ελληνικός κτιριακός τομέας αποτελείται κατά κύριο λόγο από νοικοκυριά, αλλά και από εμπορικά ή δημόσια κτίρια. Τα τελευταία επίσημα στατιστικά στοιχεία που διατίθενται σχετικά με τον αριθμό των κτιρίων και την κατηγορία τους (νοικοκυριά, εμπορικά, ξενοδοχεία κ.λπ.) είναι αυτά της έρευνας της ΕΛΣΤΑΤ του 2011 (Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2011) τα οποία αποτυπώνει ο Πίνακας 2.1:

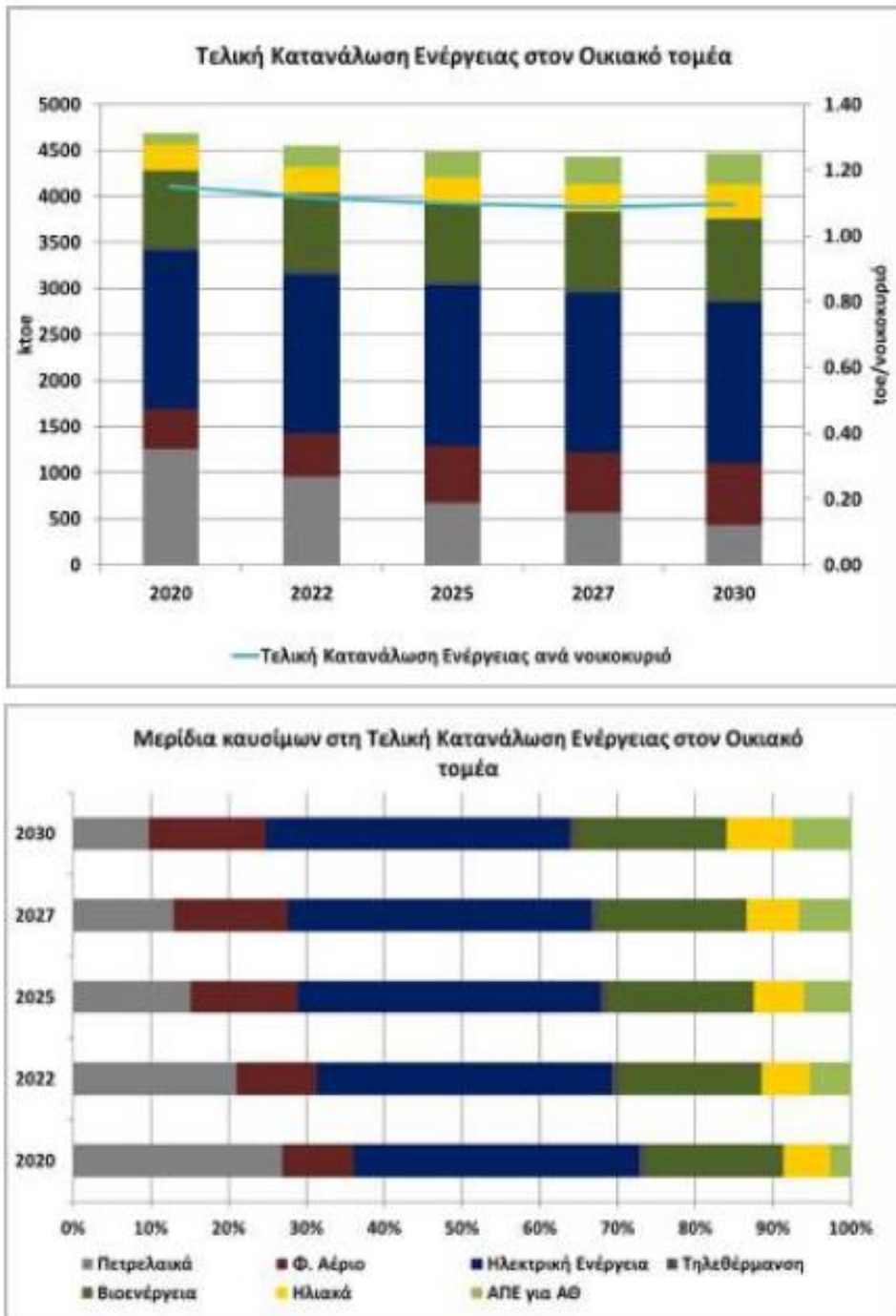
Πίνακας 2.1. Ελληνικό κτιριακό απόθεμα: ΕΛΣΤΑΤ (2011)

ΧΡΗΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ
ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ	3.246.008
ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑ	43.516
ΣΧΟΛΙΚΑ-ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΑ	21.853
ΓΡΑΦΕΙΑ-ΚΑΤΑΣΤΗΜΑΤΑ	206.254
ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΑ-ΚΛΙΝΙΚΕΣ	1.973
ΑΛΛΑ	586.033
ΣΥΝΟΛΟ	4.105.637

Τα κτίρια που καταγράφονται παραπάνω ευθύνονται για το 37% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης της χώρας, όντας έτσι ένας από τους πιο ενεργοβόρους τομείς, επιβαρύνοντας παράλληλα σε μεγάλο βαθμό -λόγω των καταναλώσεων αυτών- και την ατμόσφαιρα με αέριους ρύπους. Κρίνεται λοιπόν, ύστατη η ανάγκη για αύξηση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων μέσω της επίτευξης ενεργειακής εξοικονόμησης, είτε στο κομμάτι του κτιρίου (καλή μόνωση, ενεργειακά αποδοτικά δομικά στοιχεία κ.λπ.) είτε στο κομμάτι της χρήσης (ενεργειακά αποδοτική συμπεριφορά χρηστών εντός των κτιρίων (Konstantinos Koasidis, 2022)).

Όπως δείχνει ο **Πίνακας 2.1** (και το **Διάγραμμα 2.2**) ο οικιακός είναι ο βασικότερος τομέας όσον αφορά το μέγεθος της τελικής ενεργειακής κατανάλωσης του ελληνικού κτιριακού αποθέματος. Επομένως, γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι ο ρόλος του σχετικά με τις προσπάθειες μείωσης των εκπομπών αερίων ρύπων, είναι μείζονος σημασίας. Δε θα

μπορούσαν λοιπόν να απουσιάζουν από τα εθνικά σχέδια και στρατηγικές, δράσεις και στόχοι που αφορούν τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας των νοικοκυριών, αλλά και τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και των εκπομπών ΑτΘ. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με το σενάριο επίτευξης στόχων που μελετάει το ΕΣΕΚ -το οποίο αποτελεί και οδηγό για τα σενάρια που θα εξεταστούν σε αυτή την εργασία- και όπως φαίνεται και στο πάνω γράφημα στο *Διάγραμμα 2.4* (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2019) η ενεργειακή κατανάλωση στον οικιακό τομέα παρουσιάζει μείωση της τάξεως του 0,2 Mtoe έως το 2030 συγκριτικά με το 2020. Παράλληλα, τα μερίδια της ηλεκτρικής ενέργειας, της βιοενέργειας και του φυσικού αερίου καταλαμβάνουν πλέον το μεγαλύτερο τμήμα της τελικής ενεργειακής κατανάλωσης με ποσοστό που αγγίζει το 73%, το οποίο ισοδυναμεί με αύξηση περίπου 9% σε σχέση με το 2020 (κάτω γράφημα στο *Διάγραμμα 2.4*), ενώ σύμφωνα με τα εξεταζόμενα σενάρια της «ΜΣ50» (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2019) το διάστημα μετά το 2030 η έντονη διείσδυση του ηλεκτρισμού σε όλες τις θερμικές χρήσεις των κατοικιών αναμένεται να αποτελέσει καταλυτικό παράγοντα στην προσπάθεια εκμηδενισμού των εκπομπών ΑτΘ.



Διάγραμμα 2.4. Εξέλιξη τελικής κατανάλωσης στον οικιακό τομέα έως το 2030

Εξίσου σημαντική διαδικασία που αναφέρεται στο ΕΣΕΚ και αφορά το εθνικό κτιριακό απόθεμα είναι οι ενεργειακές αναβαθμίσεις που πρόκειται να συντελεστούν. Αναβαθμίσεις

που περιλαμβάνουν και μεγάλο αριθμό κατοικιών ευάλωτων νοικοκυριών που παρουσιάζουν έντονη ενεργειακή ένδεια. Σαν αποτέλεσμα αυτών αναμένεται και η αύξηση του ρυθμού ανακαίνισης των ελληνικών κατοικιών, ξεπερνώντας το 1% ανά έτος που είναι και ο ευρωπαϊκός μέσος ρυθμός ανακαίνισης. Χαρακτηριστικά, μέχρι το 2030 προβλέπεται να αναβαθμιστεί ενεργειακά ένα ποσοστό της τάξης του 12% με 15% των συνολικών νοικοκυριών της χώρας, όπου σε απόλυτο αριθμό αντιστοιχεί μέχρι και σε 60000 ετήσιες ανακαινίσεις (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2019). Συγκεκριμένα, όπως παρουσιάζεται και στη «ΜΣ50», το παραπάνω ποσοστό δύναται να επιτευχθεί με ένα μέσο ετήσιο ρυθμό ενεργειακών αναβαθμίσεων της τάξης του 1.28% μέχρι το 2030 (Πίνακας 2.2) (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2019).

Πίνακας 2.2. Μέσος ετήσιος ρυθμός ενεργειακών αναβαθμίσεων για τα σενάρια της «ΜΣ50» σύμφωνα με τον ΕΣΕΚ 2030

	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%

Ωστόσο, πολύ σημαντικός παράγοντας που θα οδηγήσει στην επίτευξη των προαναφερθέντων στόχων και άρα σε ένα κλιματικά καθαρότερο μέλλον, είναι η διάθεση που θα δείξουν οι περιφέρειες και οι εκάστοτε πόλεις για χάραξη μακροπρόθεσμων τοπικών στρατηγικών και λήψη κατάλληλων μέτρων. Σε αυτή τη βάση κινείται και η παρούσα Διπλωματική εργασία, κατά την οποία θα μελετηθούν και θα αξιολογηθούν δύο διαφορετικά σενάρια όσον αφορά την ενεργειακή μετάβαση του οικιακού τομέα στις Περιφέρειες της Κεντρικής Μακεδονίας και Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης.

Κεφάλαιο 3: Ανάλυση υπολογιστικού εργαλείου μοντελοποίησης της ενεργειακής ζήτησης στον οικιακό τομέα

Μείζονος σημασίας, στη διαδικασία μελέτης σεναρίων ενεργειακής μετάβασης και τη χάραξη στρατηγικών και πολιτικών από τους αρμόδιους φορείς, κρίνεται η χρήση υπολογιστικών εργαλείων μοντελοποίησης. Η ικανότητά τους να λαμβάνουν ποικίλα στατιστικά δεδομένα, να τα επεξεργάζονται με κατάλληλο τρόπο και να εξάγουν τα κατάλληλα αποτελέσματα έπειτα από μια διαδικασία προσομοιώσεων τα καθιστά πολύ βοηθητικά και απαραίτητα για τους σχεδιαστές των πολιτικών (Diana Süsser, 2022). Στη συγκεκριμένη εργασία, το μοντέλο που παρουσιάζεται στην επόμενη ενότητα, χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό των ενεργειακών καταναλώσεων -και εξοικονομήσεων- σε επίπεδο Περιφέρειας για τα υπό μελέτη σενάρια ενεργειακής μετάβασης που αναλύονται στην ενότητα 4.3.

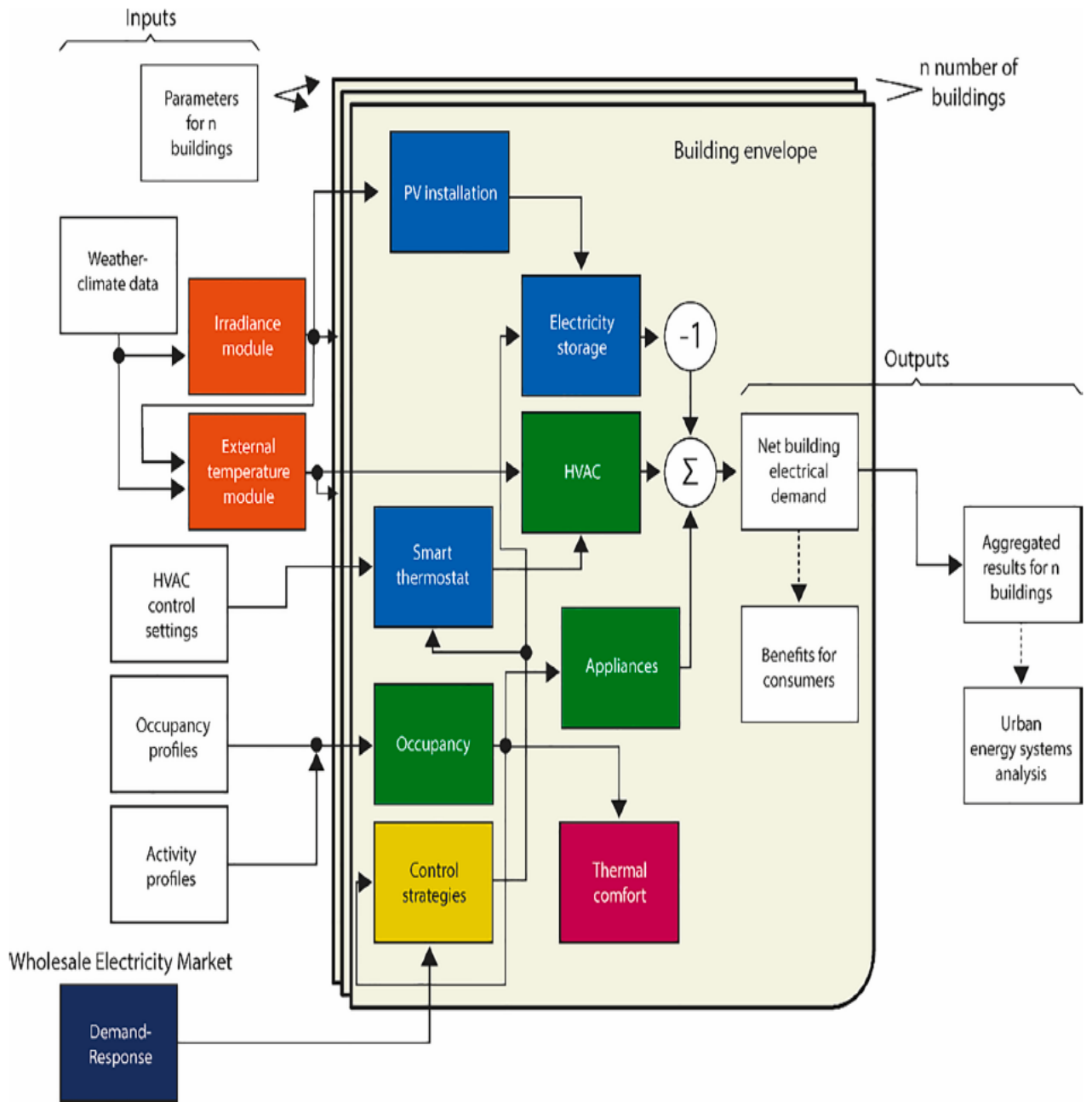
3.1 Περιγραφή του “DREEM”

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω χαρακτηριστικά, στόχος ήταν να δημιουργηθεί ένα μοντέλο που θα ενσωματώνει όλα αυτά τα στοιχεία τα οποία δε συναντώνται ταυτόχρονα σε κανένα άλλο υπάρχον μοντέλο. Αυτό είναι το **DREEM** (**D**ynamic **h**igh-**R**esolution **dE**mand-**s**id**E** **M**anagement), ένα υβριδικό εργαλείο μοντελοποίησης το οποίο συνδυάζει τα κύρια χαρακτηριστικά τόσο στατιστικών όσο και μηχανικών μοντέλων, με «bottom-up» προσέγγιση. Το εργαλείο αυτό έχει αναπτυχθεί -και συνεχίζει να αναπτύσσεται- από το εργαστήριο Τεχνοοικονομικών Ενεργειακών Συστημάτων («Technoeconomics of Energy Systems laboratory», «TEESlab») του Πανεπιστημίου Πειραιώς (Πα.Πει.). Η καινοτομία του μοντέλου βρίσκεται στην αρθρωτή δομή του (“modularity”). Το κύριο πλαίσιο μοντελοποίησης δηλαδή, αποσυντίθεται σε μεμονωμένα τμήματα-ενότητες οι οποίες

χαρακτηρίζονται από τις βασικές αρχές της τμηματικής προσέγγισης της μοντελοποίησης συστημάτων (Pereverza, et al., 2019):

- Η αλληλεξάρτηση των αποφάσεων εντός των ενοτήτων-τμημάτων,
- η ανεξαρτησία των αποφάσεων μεταξύ των ενοτήτων-τμημάτων, και
- η ιεραρχική εξάρτηση των ενοτήτων-τμημάτων από συστατικά που ενσωματώνουν πρότυπα και κανόνες σχεδιασμού.

Επιπλέον, χάρη στην αρθρωτή του δομή, το DREEM μπορεί να υποστηρίξει τη μοντελοποίηση υψηλής ακρίβειας, ενσωματώνοντας διάφορα χαρακτηριστικά πολλαπλών κτιρίων όπως τη μόνωσή τους, την εσωτερική τους θερμοκρασία, τα χαρακτηριστικά των επιμέρους συσκευών που διαθέτουν κ.ά.. Ακόμα, για την προσομοίωση της ενεργειακής ζήτησης στον οικιακό τομέα, συνυπολογίζει λεπτομερώς τις καινοτόμες τεχνολογίες -όπως αντλίες θερμότητας-, τα συμπεριφορικά χαρακτηριστικά των κατοίκων, αλλά και τα γεωγραφικά, κλιματικά και κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά σε εθνικό ή σε περιφερειακό επίπεδο. Στο Σχήμα 3.1 που ακολουθεί, απεικονίζεται η δομή και η αρχιτεκτονική του μοντέλου (Flamos & Stavrakas, 2020):



Σχήμα 3.1. Η δομή και η αρχιτεκτονική του υπολογιστικού εργαλείου "DREEM".

3.1.1 “Components” και “Modules” του μοντέλου “DREEM”

Στην υπό-ενότητα αυτή θα γίνει μια συνοπτική παρουσίαση ορισμένων βασικών συστατικών (“components”) και τμημάτων (“modules”) του εργαλείου (Flamos & Stavrakas, 2020):

“Component” 1: Καιρικά- Κλιματικά δεδομένα (“Weather-climate”)

Το μοντέλο, ενσωματώνοντας στην αρχιτεκτονική του τα καιρικά και κλιματικά δεδομένα που επικρατούν στην εκάστοτε εξεταζόμενη περιοχή, είναι ικανό να δημιουργήσει τις οριακές κλιματικές συνθήκες (ηλιακή ακτινοβολία, ηλιοφάνεια, θερμοκρασία, υγρασία κ.ά.) και να τις παρέχει στα υπόλοιπα συστατικά στοιχεία όταν αυτό χρειαστεί. Μια διαδικασία αρκετά σημαντική, αν αναλογιστούμε την επίδραση των καιρικών και κλιματικών συνθηκών μιας τοποθεσίας στη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας.

“Component” 2: Κτιριακό κέλυφος (“Building envelope”)

Αυτό το συστατικό στοιχείο του εργαλείου μοντελοποιεί διαφορετικές τυπολογίες κτιρίων με τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά και ιδιότητες που διαθέτουν, ενώ παράλληλα είναι υπεύθυνο και για την προσομοίωση και μοντελοποίηση της θερμικής τους συμπεριφοράς. Ωστόσο, λόγω του ότι η διαδικασία των υπολογισμών αυτών είναι αρκετά χρονοβόρα το “DREEM” χάριν αποδοτικότητας, προσομοιώνει τις θερμικές ζώνες των κτιρίων με θερμικές αντιστάσεις και θερμικά φορτία, τα οποία προσδιορίζονται με τη χρήση ιστορικών δεδομένων και προτύπων.

“Component” 3: Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας (“Energy demand”)

Η χρονική μετατόπιση των ενεργειακών φορτίων από τις ώρες αιχμής στις ώρες εκτός αιχμής αναμένεται να αλλάξει το προφίλ της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, απαιτώντας έτσι μεγαλύτερη ακρίβεια κατά τη μοντελοποίησή της. Ωστόσο, αφού η ακριβής πρόβλεψη της συμπεριφοράς των καταναλωτών και της χρήσης των συσκευών είναι αρκετά δύσκολη, είναι απαραίτητο κατά τη μοντελοποίηση της ζήτησης να ληφθούν διάφορα στατιστικά δεδομένα μέσω ερευνών ή απογραφών ώστε να υπάρξει μια καλύτερη προσέγγιση των ζητούμενων. Έτσι, το μοντέλο “DREEM” παραμετροποιείται με τρόπο ώστε να παράξει όσο το δυνατόν πιο ακριβή και ρεαλιστικά προφίλ ενεργειακής ζήτησης, επιτυγχάνοντας την ισορροπία μεταξύ της πολυπλοκότητας των δεδομένων, της ακρίβειας και της υπολογιστικής αποδοτικότητας. Η διαφορά του συγκεκριμένου συστατικού στοιχείου με τα προηγούμενα δύο είναι πως αυτό διακλαδώνεται σε τρία ξεχωριστά τμήματα (“modules”), το ποσοστό πληρότητας των κατοικιών (“Occupancy”), τις ηλεκτρικές συσκευές που αυτές διαθέτουν (“Appliances”) και τις εγκαταστάσεις θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού (“Heating, Ventilation, Air-Conditioning”, “HVAC”):

“Module” 1: Ποσοστό πληρότητας (“Occupancy”)

Στο πρώτο τμήμα, δημιουργούνται και αποθηκεύονται προκαθορισμένα μοτίβα τα οποία αφορούν τη δραστηριότητα και τη συμπεριφορά όσων διαμένουν σε κάθε κατοικία. Ορισμένα παραδείγματα τέτοιων συμπεριφορών μπορεί να είναι οι ώρες που οι διαμένοντες κοιμούνται, το χρονικό διάστημα που βρίσκονται στη δουλειά -ή γενικότερα εκτός οικίας-, τις ώρες που μαγειρεύουν κ.ά..

“Module” 2: Ηλεκτρικές συσκευές (“Appliances”)

Σε αυτό το τμήμα του μοντέλου δημιουργούνται τα προφίλ ενεργειακής ζήτησης των κατοίκων αναφορικά με τη χρήση των ηλεκτρικών συσκευών. Έτσι προκύπτουν δεδομένα σχετικά με τις ώρες που η κάθε συσκευή έχει χρησιμοποιηθεί στην εκάστοτε οικία, καταλήγοντας στη μέση συνολική ημερήσια ζήτηση ενέργειας και τα σχετικά χαρακτηριστικά ισχύος. Οι ώρες χρήσης των συσκευών καθορίζεται από το “Occurpancy”.

“Module” 3: Θέρμανση εξαερισμός και κλιματισμός (“HVAC”)

Στο τρίτο “Module” παραμετροποιούνται οι τρεις λειτουργίες που αναγράφονται και στον τίτλο του, δηλαδή η θέρμανση, ο εξαερισμός και ο κλιματισμός της κάθε κατοικίας. Επιπλέον, λαμβάνεται υπόψιν η τεχνολογία του κύριου συστήματος θέρμανσης/ψύξης που διαθέτει η υπό μελέτη κατοικία, καθώς και τα επιμέρους χαρακτηριστικά της. Αξίζει να σημειωθεί πως σε αντίθεση με τα «top-down» μοντέλα που η προσέγγιση της ενεργειακής ζήτησης γίνεται συνολικά, σε αυτήν την περίπτωση το σύστημα θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού παραμετροποιείται ξεχωριστά.

Αυτά ήταν τα κύρια “components” και τα επιμέρους “modules” του μοντέλου τα οποία και μας απασχόλησαν σ’ αυτήν την εργασία. Ωστόσο, σε περίπτωση ενδιαφέροντος σχετικά και με τα υπόλοιπα συστατικά στοιχεία και τμήματα και της αναλυτικής τους περιγραφής, παραπέμπουμε τον αναγνώστη στη δημοσίευση των (Flamos & Stavrakas, 2020) που αφορά το υπολογιστικό εργαλείο προσομοίωσης “DREEM”.

Κεφάλαιο 4: Το μεθοδολογικό πλαίσιο της μελέτης σεναρίων ενεργειακής μετάβασης στις Περιφέρειες Κεντρικής Μακεδονίας και Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης

4.1 Μοντελοποίηση οικιακού τομέα Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας

Η Ελλάδα χωρίζεται διοικητικά σε δεκατρείς (13) Περιφέρειες, με την Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας να αποτελεί τη μεγαλύτερη σε έκταση (Βικιπαίδεια, 2022) και δεύτερη μεγαλύτερη σε πληθυσμό και αριθμό νοικοκυριών, σύμφωνα με την απογραφή της ΕΛΣΤΑΤ του 2011 (Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2011), και την Έρευνα Οικογενειακών Προϋπολογισμών του 2019 (ΕΟΠ 2019) αντίστοιχα (Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2019). Οι επτά (7) νομοί που περιλαμβάνει είναι της Θεσσαλονίκης, Ημαθίας, Κιλκίς, Πέλλας, Πιερίας, Σερρών και Χαλκιδικής & Αγίου Όρους (αυτοδιοίκητο), με τη Θεσσαλονίκη να αποτελεί και έδρα της Περιφέρειας όντας παράλληλα και η μεγαλύτερη πόλη αφού στην ευρύτερη περιοχή της συγκεντρώνεται λίγο παραπάνω από το ήμισυ του πληθυσμού της Περιφέρειας. Ο συνολικός πληθυσμός της Κεντρικής Μακεδονίας, σύμφωνα με την τελευταία απογραφή της ΕΛΣΤΑΤ του 2011 είναι 1.874.590 (Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2011).

Στη συνέχεια ακολουθεί η παραμετροποίηση του “DREEM” και ο τρόπος εφαρμογής του κατά τη μοντελοποίηση της ενεργειακής ζήτησης του οικιακού τομέα της προαναφερθείσας Περιφέρειας.

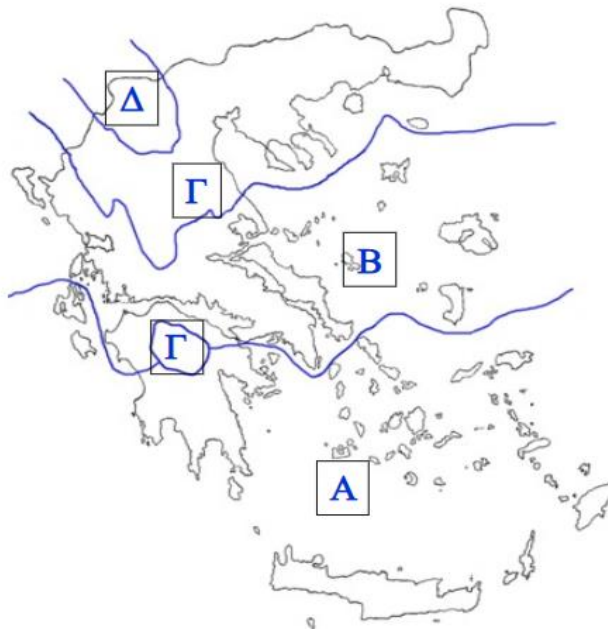
4.1.1 “Component” 1: Καιρικά-Κλιματικά δεδομένα (“Weather-climate”)

Η κάθε γεωγραφική περιοχή της Ελλάδας διαφέρει όσον αφορά τις καιρικές και κλιματικές της συνθήκες, δεδομένο που πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη κατά την

παραμετροποίηση του μοντέλου. Αυτό διότι άλλες ενεργειακές/θερμικές ανάγκες θα έχει μία κατοικία που βρίσκεται στην Κρήτη όπου οι χειμώνες και τα καλοκαίρια είναι ηπιότερα και άλλες μία κατοικία που βρίσκεται στο βόρειο τμήμα της χώρας, όπου ο χειμώνας είναι πολύ πιο ψυχρός και οι βροχοπτώσεις εντονότερες. Έτσι, η χώρα έχει κατηγοριοποιήσει τους νομούς της σε τέσσερις κλιματικές ζώνες ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν στον καθένα, σύμφωνα με τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιριακού Τομέα (Κ.ΕΝ.Α.Κ), όπως φαίνεται παρακάτω στο Σχήμα 4.1 (ΓΑΓΛΙΑ, 2015), στο οποίο και βασίζεται ο αναλυτικότερος Πίνακας 4.1 (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2008).



ΚΕΝΑΚ - ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ



Σχήμα 4.1. Κλιματικές ζώνες ελληνικής επικράτειας κατά Κ.ΕΝ.Α.Κ.

Πίνακας 4.1. Νομοί της Ελλάδος ανά Κλιματική Ζώνη.

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

Όπως δείχνει και ο Πίνακας 4.1, όλοι οι νομοί της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας βρίσκονται στην κλιματική **Ζώνη Γ**. Η ενσωμάτωση των καιρικών συνθηκών που επικρατούν σε αυτήν την κλιματική ζώνη, έγινε μέσω της βάσης δεδομένων του Παγκόσμιου Μετεωρολογικού Οργανισμού («World Meteorological Organisation, WMO»)¹ (Climate.OneBuilding.Org, 2021). Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν προέρχονται από τις Τυπικές Μετεωρολογικές Χρονιές («Typical Meteorological Years, TMY»), όπου εμπεριέχονται πληροφορίες σχετικά με τις συνθήκες που επικρατούν ανά ώρα κατά τη διάρκεια του έτους. Συγκεκριμένα, για την κλιματική ζώνη Γ που αφορά την εργασία, επιλέχθηκαν δεδομένα που αντιστοιχούν στην πόλη της Θεσσαλονίκης -ως μεγαλύτερη- για τα έτη 2004-2018.

¹ https://climate.onebuilding.org/WMO_Region_6_Europe/GRC_Greece/index.html

4.1.2 “Component” 2: Κτιριακό κέλυφος (“Building envelope”)

Σε προηγούμενη ενότητα σημειώθηκε πως η ενεργειακή συμπεριφορά κάθε κατοικίας είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τα χαρακτηριστικά και τον τύπο της. Το συστατικό στοιχείο που παρουσιάζεται εδώ εξετάζει την ηλικία της κάθε κατοικίας και τη θερμική της συμπεριφορά σύμφωνα με αυτή. Ειδικότερα, η περίοδος κατασκευής των κατοικιών είναι αυτή που καθορίζει και τον τύπο του κτηριακού τους κελύφους, τον βαθμό θερμομόνωσής τους και εν μέρει το είδος των ηλεκτρομηχανολογικών τους εγκαταστάσεων. Σύμφωνα με τον Κ.ΕΝ.Α.Κ, οι κατοικίες χωρίζονται στις εξής τέσσερις (4) κατηγορίες ανάλογα με την περίοδο κατασκευής τους:

- Κατοικίες κτισμένες μέχρι το 1980
- Κατοικίες κτισμένες μεταξύ 1981-2000
- Κατοικίες κτισμένες μεταξύ 2001-2010
- Κατοικίες κτισμένες από το 2011 και μετά

Ο διαχωρισμός αυτός δεν έγινε τυχαία, αφού λήφθηκε υπόψιν πως η έναρξη εφαρμογής του προγενέστερου Κανονισμού Θερμομόνωσης Κτηρίων (ΚΘΚ) (MINISTRY OF THE ENVIRONMENT AND ENERGY, 2017) πραγματοποιήθηκε το 1980, επομένως οι κατοικίες της πρώτης κατηγορίας θεωρούνται ως μη μονωμένες, παρόλο που ενδεχομένως ορισμένες από αυτές να έχουν ανακαινιστεί. Οι κατοικίες που κτίστηκαν μεταξύ 1981-2000, λόγω του ότι κατά την πρώτη δεκαετία ισχύος του ΚΘΚ η εφαρμογή των θερμομονώσεων δεν έγινε με τον προβλεπόμενο τρόπο, θεωρούνται μερικώς μονωμένες. Συγκεκριμένα, αυτήν την πρώτη δεκαετία «προσαρμογής» στον κανονισμό, η τοποθέτηση των θερμομονώσεων δεν προέβλεπαν και μόνωση του φέροντος οργανισμού των κτιρίων, με

αποτέλεσμα να δημιουργούνται θερμογέφυρες κάνοντας λιγότερο αποτελεσματική την παρέμβαση αυτή. Στην Τρίτη κατηγορία, οι κατασκευασμένες την περίοδο 2001-2010 κατοικίες θεωρούνται πλήρως μονωμένες κατά τον ΚΘΚ, ενώ αυτές που κτίστηκαν την περίοδο 2011 και έπειτα -της τελευταίας κατηγορίας- είναι θεωρημένες ως πλήρως μονωμένες κατά Κ.ΕΝ.Α.Κ (Κανονισμός ο οποίος αντικατέστησε τον ισχύοντα επί τριάντα περίπου χρόνια ΚΘΚ) (Δασκαλάκη, et al., 2016).

Για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης, η άντληση των δεδομένων σχετικά με την περίοδο κατασκευής των νοικοκυριών έγινε από την ΕΟΠ 2019 (Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2019) (Πίνακας 4.2):

Πίνακας 4.2. Ταξινόμηση νοικοκυριών Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας ανά περίοδο κατασκευής κατοικιών.

Έτος κατασκευής κατοικιών	Σύνολο κατοικιών Κεντρικής Μακεδονίας
Πριν το 1946	10.844
1946-1960	68.497
1961-1980	276.568
1981-1995	154.264
1996-2005	115.647
2006-2011	33.217
2012 και μετά	1.455
ΣΥΝΟΛΙΚΑ:	660.492

4.1.3 “Component” 3: Ζήτηση ενέργειας (“Energy demand”)

Η παραμετροποίηση των συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων θα προκύψει παραμετροποιώντας τα επιμέρους τμήματα αυτού του συστατικού στοιχείου, τα οποία παρατέθηκαν στην υπό-ενότητα **3.1.1**.

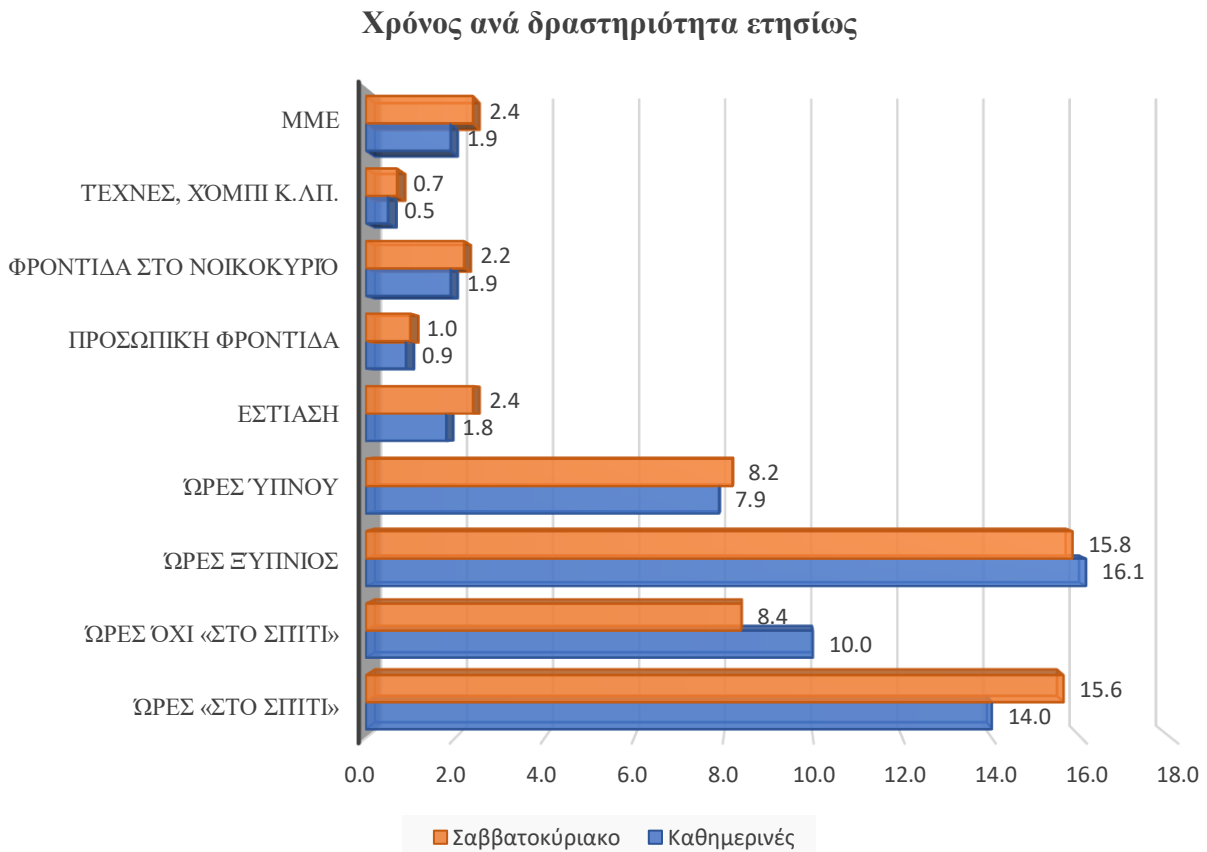
“Module” 1: Ποσοστό πληρότητας (“Occupancy”)

Η παραμετροποίηση αυτού του τμήματος αποτελείται από δύο σκέλη, με την ταξινόμηση των νοικοκυριών ανά αριθμό μελών να αποτελεί το πρώτο εξ αυτών. Τα δεδομένα αυτά (Πίνακας 4.3) αντλήθηκαν από την ΕΟΠ 2019 (Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2019), και μας παρουσιάζουν τον αριθμό των νοικοκυριών καταταγμένα με βάση το πόσα άτομα τα αποτελούν.

Πίνακας 4.3. Ταξινόμηση νοικοκυριών Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας ανά αριθμό μελών.

Αριθμός μελών του νοικοκυριού	Νοικοκυριά Κεντρικής Μακεδονίας
Νοικοκυριά με 1 μέλος	178.066
Νοικοκυριά με 2 μέλη	199.507
Νοικοκυριά με 3 μέλη	127.240
Νοικοκυριά με 4 μέλη	102.624
Νοικοκυριά με 5 μέλη	35.135
Νοικοκυριά με 6 μέλη και άνω	17.920
ΣΥΝΟΛΙΚΑ:	660.492

Στο δεύτερο σκέλος αυτού του τμήματος δημιουργούνται τα προφίλ δραστηριότητας των μελών του κάθε νοικοκυριού, εξετάζοντας το χρόνο που αυτοί είναι ενεργοί εντός της οικίας τους. Η άντληση των στοιχείων σε αυτήν την περίπτωση έγινε από την ΕΛΣΤΑΤ και την Έρευνα Χρήσης Χρόνου για το 2013-2014 (Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2014). Η συγκεκριμένη έρευνα διεξήχθη εντός ενός έτους, και συγκεκριμένα μεταξύ Μαρτίου 2013 και Φεβρουαρίου 2014, εξετάζοντας ένα δείγμα 3.371 νοικοκυριών από όλη την ελληνική επικράτεια -ισομερώς καταμερισμένα ανά τρίμηνο- ενώ ο αριθμός των ερωτηθέντων κατοίκων (άνω των 10 ετών) ανήλθε στα 7.137 άτομα (Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2014). Τα δεδομένα αυτά θεωρούμε ότι ισχύουν σε κάθε εξεταζόμενη Περιφέρεια. Με επεξεργασία των στοιχείων της έρευνας που έγινε κατά την εκπόνηση της Διπλωματικής εργασίας «Μοντελοποίηση της ζήτησης του οικιακού τομέα της Ελλάδας» (Γαϊτανάρου, 2021) από την κ. Γαϊτανάρου, προέκυψαν τα στοιχεία που παρουσιάζονται στο *Διάγραμμα 4.1*.



Διάγραμμα 4.1. Μέση ετήσια κατανομή χρόνου ανά δραστηριότητα (%) ανδρών-γυναικών.

Ακόμα δύο απαραίτητες πληροφορίες για την ολοκλήρωση της διαδικασίας μοντελοποίησης αυτού του τμήματος είναι οι ώρες που τα μέλη βρίσκονται εντός και εκτός σπιτιού, εξεταζόμενα ανά ηλικία και φύλο, αλλά και πώς κατανέμουν το χρόνο τους διακρίνοντάς τους σύμφωνα με την εργασιακή τους κατάσταση -όπου δίνεται βάση στο διαχωρισμό μεταξύ καθημερινής και Σαββατοκύριακου-. Η επεξεργασία των στοιχείων της Έρευνας Χρήσης Χρόνου της ΕΛΣΤΑΤ (Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2014) και σε αυτήν την περίπτωση έγινε από την κ. Γαϊτανάρου στην προαναφερθείσα διπλωματική. Ο Πίνακας 4.4 αποτυπώνει τα αποτελέσματα σύμφωνα με το φύλο και την ηλικία:

Πίνακας 4.4. Χρόνος εντός και εκτός οικίας ανά φύλο και ηλικιακή ομάδα.

	Ηλικία (ετών)	Ώρες το 24ωρο	
		Γυναίκες	Άνδρες
«στο σπίτι»	15-24	17,4	16,4
«όχι στο σπίτι»		6,6	7,6
«στο σπίτι»	25-34	17,5	15,7
«όχι στο σπίτι»		6,5	8,3
«στο σπίτι»	35-44	18,4	15,3
«όχι στο σπίτι»		5,6	8,7
«στο σπίτι»	45-64	19,4	16,6
«όχι στο σπίτι»		4,6	7,4
«στο σπίτι»	65+	21,6	19,7
«όχι στο σπίτι»		2,5	4,4
«στο σπίτι»	Σύνολο	19,3	16,9
«όχι στο σπίτι»		4,7	7,2

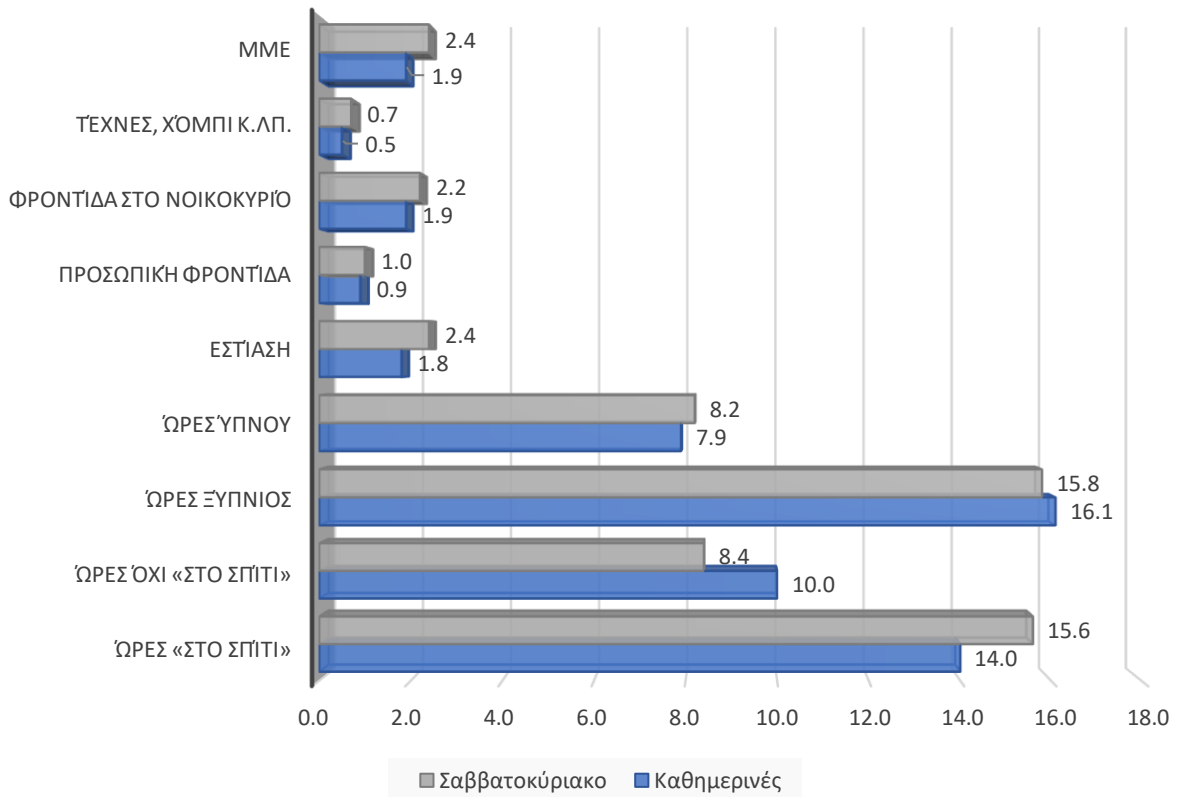
Εν συνεχεία, ο Πίνακας 4.5 περιέχει τα στοιχεία που αφορούν το πώς κατανέμουν το χρόνο τους τα μέλη των νοικοκυριών, διαχωρίζοντάς τα ανάλογα με την εργασιακή τους κατάσταση.

Πίνακας 4.5. Κατανομή χρόνου (ώρες-λεπτά) κατοίκων ανδρών-γυναικών, σύμφωνα με την εργασιακή τους κατάσταση.

	<i>Εργαζόμενοι</i>		<i>Άνεργοι</i>		<i>Οικονομικά μη ενεργοί</i>	
	<i>Γυναίκες</i>	<i>Άνδρες</i>	<i>Γυναίκες</i>	<i>Άνδρες</i>	<i>Γυναίκες</i>	<i>Άνδρες</i>
<i>Ώρες «στο σπίτι»</i>	15:27	13:59	19:17	18:12	19:22	18:17
<i>Ώρες όχι «στο σπίτι»</i>	8:33	10:01	4:43	5:48	4:38	5:43
<i>Ώρες ξύπνιος</i>	16:07	15:58	15:17	15:15	15:22	15:04
<i>Ώρες ύπνου</i>	7:53	8:02	8:43	8:45	8:38	8:56
<i>Εστίαση</i>	1:46	2:01	2:29	2:41	2:14	2:41
<i>Προσωπική φροντίδα</i>	1:00	0:54	1:01	0:52	0:58	0:56
<i>Φροντίδα στο νοικοκυριό</i>	3:15	1:04	4:13	1:54	5:17	2:09
<i>Τέχνες, χόμπι κ.λπ.</i>	0:35	0:43	0:54	1:35	0:29	1:04
<i>ΜΜΕ</i>	1:51	2:15	3:11	3:45	2:53	3:51

Τέλος στο *Διάγραμμα 4.2* απεικονίζεται η κατανομή του χρόνου των εργαζομένων, σχετικά με τις δραστηριότητές τους κατά τη διάρκεια των καθημερινών και του Σαββατοκύριακου.

Μέσος χρόνος ανά δραστηριότητα στη διάρκεια της ημέρας



Διάγραμμα 4.2. Χρήση χρόνου (ώρες ανά ημέρα) εργαζομένων τις καθημερινές και τα Σαββατοκύριακα.

Όλα τα παραπάνω αποτελέσματα έχουν προκύψει από στοιχεία για τους κατοίκους ολόκληρης της ελληνικής επικράτειας, μιας και δεν υπάρχουν διαθέσιμα στατιστικά σε περιφερειακό επίπεδο. Ωστόσο μπορεί να γίνει μια ικανοποιητική προσέγγιση όσον αφορά τη δραστηριότητα του πληθυσμού των επιθυμητών περιφερειών.

Για την όσο το δυνατόν λεπτομερέστερη μοντελοποίηση, αναγκαίο ήταν να καθοριστούν οι εξής παραδοχές σχετικά με τα στοιχεία χρήσης χρόνου των μελών:

- i. Η αρχική παραδοχή ήταν πως κατά τη διάρκεια των διακοπών τα μέλη απουσίαζαν από τις μόνιμες κατοικίες τους. Οπότε θεωρήθηκε πως δεν υφίστανται ενεργειακές καταναλώσεις κατά τις εξής περιόδους:
 - Χριστούγεννα (24-31 Δεκεμβρίου)
 - Πάσχα (1-7 Μαΐου)
 - Διακοπές καλοκαιριού (1-15 Αυγούστου)
- ii. Έπειτα, πάρθηκε ως δεδομένο πως τα εργαζόμενα μέλη που ερωτήθηκαν, βρίσκονται στο χώρο εργασίας τους -και συνεπώς εκτός οικίας- κατά τις πρωινές ώρες.
- iii. Και τέλος, αναλόγως με το προφίλ του κάθε νοικοκυριού και την εργασιακή, ηλικιακή και οικονομική του κατάσταση, προσαρμόστηκαν εμπειρικά και με βάση τη λογική τα διαστήματα της ημέρας όπου τα μέλη καταναλώνουν ενέργεια στις διάφορες δραστηριότητες. Σκοπός ήταν να προσεγγιστεί με ρεαλιστικό τρόπο η καθημερινότητα των κατοίκων.

Με τη μέχρι στιγμής ανάλυση που έγινε στις τρεις παραπάνω ενότητες, καταστρώνεται ο Πίνακας 4.6, με τα 14 σενάρια μοντελοποίησης του οικιακού τομέα της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας.

Πίνακας 4.6. Ταξινόμηση και καθορισμός προφίλ νοικοκυριών Κεντρικής Μακεδονίας

α/α	Κλιματική Ζώνη	Αριθμός Μελών	Αριθμός Νοικοκυριών	Περίοδος Κατασκευής	Εργαζόμενοι	Οικονομικά μη ενεργοί/ Άνεργοι	Προφίλ Πληρότητας
1	Γ	1	95.952	έως 1980	0	1	Ένας ηλικιωμένος (65+)
2		1	57.178	1981-2000	0	1	Ένας άνεργος (25-74)
3		1	24.936	2001 και μετά	1	0	Ένας εργαζόμενος (25-74)
4		2	107.505	έως 1980	0	2	Δύο ηλικιωμένοι (65+)
5		2	64.063	1981-2000	1	1	Ένας εργαζόμενος (25-74) Ένας άνεργος (25-74)
6		2	27.939	2001 και μετά	2	0	Δύο εργαζόμενοι (25-74)
7		3	68.564	έως 1980	1	2	Δύο ηλικιωμένοι (65+) Ένας εργαζόμενος (25-74)
8		3	40.857	1981-2000	2	1	Δύο εργαζόμενοι (25-74) Ένα παιδί (8-15)

9		3	12.819	2001 και μετά	2	1	Δύο εργαζόμενοι (25-74) Ένα παιδί (15-24)
10			5.000	2001 και μετά	1	2	Ένας εργαζόμενος (25-74) Ένας άνεργος (25-74) Ένα παιδί (8-15)
11		4+	70.888	έως 1980	1	3	Ένας εργαζόμενος (25-74) Ένας άνεργος (25-74) Δύο παιδιά (15-24)
12			13.000	έως 1980	2	3	Δύο εργαζόμενοι (25-74) Τρία παιδιά (15-24)
13		4+	49.989	1981-2000	2	2	Δύο εργαζόμενοι (25-74) Δύο παιδιά (8-15)
14		4+	21.801	2001 και μετά	2	2	Δύο εργαζόμενοι (25-74) Δύο παιδιά (15-24)

“Module” 2: Ηλεκτρικές συσκευές (“Appliances”)

Για την παραμετροποίηση του δεύτερου τμήματος που αφορά τις καταναλώσεις ηλεκτρικών συσκευών εντός των κατοικιών, χρησιμοποιήθηκαν και πάλι τα στοιχεία της ΕΟΠ 2019. Κατά την έρευνα που διεξήχθη, το δείγμα των νοικοκυριών που έλαβε μέρος ανέρχεται στα 1011, ενώ στη συνέχεια έγινε η αναγωγή στο σύνολο των νοικοκυριών της Περιφέρειας. Οι συσκευές των οποίων οι καταναλώσεις μάς ενδιαφέρουν και για τις οποίες ερωτήθηκαν οι κάτοικοι είναι οι συσκευές μαγειρέματος που περιέχει ο Πίνακας 4.7, οι τεχνολογίες φωτισμού (Πίνακας 4.8), και άλλες ηλεκτρικές συσκευές (Πίνακας 4.9). Τα δεδομένα που απαιτούνται για τη μοντελοποίηση των ηλεκτρικών συσκευών μαγειρέματος είναι η ονομαστική ισχύς της κάθε ηλεκτρικής συσκευής, το ποσοστό κτίσης των συσκευών αυτών σε επίπεδο Περιφέρειας- τι ποσοστό δηλαδή των νοικοκυριών χρησιμοποιούν την εκάστοτε συσκευή- και η χρήση της σε ώρες ανά ημέρα.

Πίνακας 4.7. Ονομαστική ισχύς, ποσοστό κτίσης και χρήση ηλεκτρικών συσκευών μαγειρέματος Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας

Συσκευές μαγειρέματος	Ονομαστική ισχύς (W)	Ποσοστό κτίσης	Χρήση (ώρες/ημέρα)
Μάτια κουζίνας	1.600	94,96%	1,15
Ηλεκτρικός φούρνος	2.150	88,82%	0,35
Φούρνος μικροκυμάτων	1.150	44,11%	0,31
Τοστιέρα	1.300	78,24%	0,07
Μηχανή καφέ	1.100	49,06%	0,33
Βραστήρας νερού	1.250	49,65%	0,25
Απορροφητήρας	108	96,93%	1,15

Εν συνεχεία, για τη μοντελοποίηση των λαμπτήρων λήφθηκαν υπόψη η ονομαστική ισχύς του κάθε τύπου και το ποσοστό κτίσης τους στην εξεταζόμενη Περιφέρεια. Στην έρευνα της ΕΟΠ 2019 εξετάστηκαν επτά (7) τύποι λαμπτήρων, ωστόσο χάριν υπολογιστικής αποδοτικότητας, στο μοντέλο χρησιμοποιήθηκαν οι τρεις που περιέχει ο **Πίνακας 4.8**.

Πίνακας 4.8. Ονομαστική ισχύς και ποσοστό κτίσης τεχνολογιών φωτισμού Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας

Τύπος λαμπτήρα	Ονομαστική ισχύς (W)	Ποσοστό κτίσης
Λαμπτήρες πυρακτώσεως	80	29,48%
Λαμπτήρες LED	10	48,66%
Λαμπτήρες νυκτός	1	95,00%

Η τελευταία κατηγορία ηλεκτρικών συσκευών που ενσωματώθηκε στο μοντέλο (**Πίνακας 4.9**) είναι διάφορες άλλες οικιακές ηλεκτρικές συσκευές, για τις οποίες εξετάστηκαν -όπως και στην περίπτωση των συσκευών μαγειρέματος- η ονομαστική τους ισχύς, το ποσοστό κτίσης τους και η χρήση τους σε ώρες ανά ημέρα.

Πίνακας 4.9. Ονομαστική ισχύς, ποσοστό κτίσης και χρήση διαφόρων ηλεκτρικών συσκευών Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας

Συσκευές	Ονομαστική ισχύς (W)	Ποσοστό κτίσης	Χρήση (ώρες/ημέρα)
Ψυγείοκαταψύκτης	150	92,58%	24,00
Πλυντήριο πιάτων	1.350	32,34%	0,66
Πλυντήριο ρούχων	500	96,04%	0,38
Σίδερο	1.000	97,82%	0,17

Ηλεκτρική σκούπα	450	94,46%	0,18
Τηλεόραση	100	100,00%	5,88
DVD ή VCR	40	21,46%	0,03
Home Cinema	200	3,46%	0,25
Στερεοφωνικό	24	30,46%	0,26
Ηλεκτρονικός Υπολογιστής (desktop, laptop, κ.λπ.)	300	62,71%	2,98
Περιφερειακές συσκευές (εκτυπωτής, scanner, κ.λπ.)	50	9,69%	1,13
Συσκευές Internet (router, κ.λπ.)	10	60,00%	24,00
Ηλεκτρικός θερμοσίφωνας	4.000	55,19%	0,33
Κονσόλες video-game	160	5,54%	0,30

Να σημειωθεί πως για να βρεθεί η ενεργειακή κατανάλωση των ηλεκτρικών συσκευών και η κατανομή της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας κατά τη διάρκεια του 24ώρου, συνδυάστηκαν τα στοιχεία που παρατίθενται στους τρεις παραπάνω Πίνακες με αυτά του πρώτου τμήματος (“Occupancy”), όπου με ρεαλιστικές υποθέσεις -ανάλογα με το προφίλ των νοικοκυριών- θεωρήθηκαν οι ώρες χρήσεις των συσκευών κατά τη διάρκεια της ημέρας.

“Module” 3: Θέρμανση εξαερισμός και κλιματισμός (“HVAC”)

Τέλος, σχετικά με τη διαδικασία παραμετροποίησης των συστημάτων θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού (“HVAC”), κατά την έρευνα της ΕΟΠ 2019 εξετάστηκαν είκοσι (20) διαφορετικοί τύποι συστημάτων, οι οποίοι κατηγοριοποιήθηκαν με βάση το καύσιμο που χρησιμοποιούν για την παραγωγή ενέργειας, σε τέσσερις διαφορετικές τεχνολογίες. Ο Πίνακας 4.10 δείχνει το διαχωρισμό αυτό, καθώς και το ποσοστό κτίσης της κάθε τεχνολογίας θέρμανσης στις κατοικίες της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας:

Πίνακας 4.10. Τεχνολογίες θέρμανσης και ποσοστό κτίσης Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας

Τεχνολογία θέρμανσης	Ποσοστό κτίσης (%)
Καυστήρας Πετρελαίου	32,74%
Καυστήρας Φυσικού Αερίου	30,76%
Καυστήρας Βιομάζας	21,27%
Τεχνολογίες ηλεκτρισμού	31,45%

Όσον αφορά το σύστημα ψύξης των κατοικιών, έγινε η υπόθεση πως εξυπηρετούν τις ανάγκες τους μέσω κλιματιστικών μονάδων διαχωρισμένου τύπου (“split unit”) ονομαστικής ισχύος 5kW με βαθμό απόδοσης (“Coefficient of Performance, COP”), ίσο με COP= 3,51.

4.2 Μοντελοποίηση οικιακού τομέα Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης

Η Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης, η οποία χαρακτηρίζεται από την ιδιαίτερη γεωγραφική της σημασία λόγω του ότι αποτελεί ένα από τα χερσαία σύνορα της Ελλάδας με άλλες χώρες, χωρίζεται στους εξής πέντε (5) νομούς: Έβρου, Ξάνθης, Ροδόπης, Δράμας και Καβάλας, με την Κομοτηνή να αποτελεί την έδρα της, παρότι η Αλεξανδρούπολη είναι η πολυπληθέστερη πόλη της Περιφέρειας. Ο συνολικός της πληθυσμός σύμφωνα με την απογραφή της ΕΛΣΤΑΤ του 2011 ανέρχεται στους 608.182 κατοίκους (Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2011). Στο σημείο αυτό, να σημειωθεί πως καθ' όλη τη διαδικασία παραμετροποίησης του υπολογιστικού εργαλείου και μελέτης των σεναρίων γι' αυτή την Περιφέρεια, εξαιρέθηκαν οι κάτοικοι και τα νοικοκυριά των δύο Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών («ΜΔΝ»), της Θάσου και της Σαμοθράκης, τα οποία ανήκουν στους νομούς Καβάλας και Έβρου αντίστοιχα

Στη συνέχεια ακολουθεί η παραμετροποίηση του “DREEM” για τον οικιακό τομέα της Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης, με τη διαδικασία εφαρμογής του κατά τη μοντελοποίηση της ζήτησης να είναι πανομοιότυπη με αυτή της Κεντρικής Μακεδονίας.

4.2.1 “Component” 1: Καιρικά-Κλιματικά δεδομένα (“Weather-climate”)

Όπως προαναφέρθηκε στην ενότητα **4.1.1 (Πίνακας 4.1)** όλοι οι νομοί της Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης βρίσκονται στην κλιματική **Ζώνη Γ**, ενώ ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία για την ενσωμάτωση των καιρικών συνθηκών.

4.2.2 “Component” 2: Κτιριακό κέλυφος (“Building envelope”)

Και σε αυτό το συστατικό στοιχείο, ομοίως με την ενότητα **4.1.2** χωρίστηκαν οι κατοικίες στις εξής τέσσερις (4) κατηγορίες σύμφωνα με την περίοδο κατασκευής τους:

- Κατοικίες κτισμένες μέχρι το 1980
- Κατοικίες κτισμένες μεταξύ 1981-2000
- Κατοικίες κτισμένες μεταξύ 2001-2010
- Κατοικίες κτισμένες από το 2011 και μετά

Ενώ τα δεδομένα που αντλούνται από την ΕΟΠ 2019 (Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2019) σχετικά με τα νοικοκυριά της Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης (αφαιρώντας κατ’ αναλογία τα νοικοκυριά των ΜΔΝ) όσον αφορά την περίοδο κατασκευής τους είναι αυτά που παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4.11):

Πίνακας 4.11. Ταξινόμηση νοικοκυριών Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης ανά περίοδο κατασκευής κατοικιών.

Έτος κατασκευής κατοικιών	Σύνολο κατοικιών Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης
Πριν το 1946	8.625
1946-1960	17.066
1961-1980	72.914
1981-1995	36.645
1996-2005	52.081
2006-2011	14.556
2012 και μετά	3.373
ΣΥΝΟΛΙΚΑ:	205.259

4.2.3 “Component” 3: Ζήτηση ενέργειας (“Energy demand”)

Ακολουθείται και πάλι η ίδια διαδικασία όπως στην περίπτωση της Κεντρικής Μακεδονίας και τα αποτελέσματα που προκύπτουν, για τα επιμέρους τμήματα και το συστατικό στοιχείο της ενεργειακής ζήτησης συνολικά, είναι τα εξής:

“Module” 1: Ποσοστό πληρότητας (“Occurancy”)

Το πρώτο σκέλος αυτού του τμήματος, όπου γίνεται η ταξινόμηση των νοικοκυριών της Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης σύμφωνα με τον αριθμό των μελών που τα αποτελούν (δίχως να υπολογίζονται αυτά των ΜΔΝ) καταδεικνύει ο Πίνακας 4.12:

Πίνακας 4.12. Ταξινόμηση νοικοκυριών Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης ανά αριθμό μελών.

Αριθμός μελών του νοικοκυριού	Νοικοκυριά Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης
Νοικοκυριά με 1 μέλος	49.382
Νοικοκυριά με 2 μέλη	64.212
Νοικοκυριά με 3 μέλη	34.010
Νοικοκυριά με 4 μέλη	39.389
Νοικοκυριά με 5 μέλη	13.738
Νοικοκυριά με 6 μέλη και άνω	4.529
ΣΥΝΟΛΙΚΑ:	205.259

Περνώντας στο δεύτερο σκέλος της πληρότητας των νοικοκυριών, όλα τα στοιχεία της Έρευνας Χρήσης Χρόνου της ΕΛΣΤΑΤ του 2013-2014 (Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2014) παραμένουν ίδια με αυτά της ενότητας 4.1.3 όπως επίσης και οι παραδοχές που πάρθηκαν κατά τη μοντελοποίηση της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας. Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω, καταστρώθηκαν τα 13 σενάρια μοντελοποίησης του οικιακού τομέα της Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης που περιέχει ο Πίνακας 4.13.

Πίνακας 4.13. Ταξινόμηση και καθορισμός προφίλ νοικοκυριών Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης

α/α	Κλιματική Ζώνη	Αριθμός Μελών	Αριθμός Νοικοκυριών	Περίοδος Κατασκευής	Εργαζόμενοι	Οικονομικά μη ενεργοί/ Άνεργοι	Προφίλ Πληρότητας
1	Γ	1	23.748	έως 1980	0	1	Ένας ηλικιωμένος (65+)
2		1	15.076	1981-2000	0	1	Ένας άνεργος (25-74)
3		1	10.557	2001 και μετά	0	1	Ένας ηλικιωμένος (65+)
4		2	30.880	έως 1980	0	2	Δύο ηλικιωμένοι (65+)
5		2	19.604	1981-2000	1	1	Ένας εργαζόμενος (25-74) Ένας άνεργος (25-74)
6		2	13.728	2001 και μετά	2	0	Δύο εργαζόμενοι (25-74)
7		3	16.356	έως 1980	1	2	Δύο ηλικιωμένοι (65+) Ένας εργαζόμενος (25-74)

8		3	10.383	1981-2000	2	1	Δύο εργαζόμενοι (25-74) Ένα παιδί (15-24)
9		3	7.271	2001 και μετά	2	1	Δύο εργαζόμενοι (25-74) Ένα παιδί (15-24)
10		4+	22.727	έως 1980	1	3	Ένας εργαζόμενος (25-74) Ένας άνεργος (25-74) Ένα παιδί (15-24) Ένας ηλικιωμένος (65+)
11			5.000	έως 1980	2	3	Δύο εργαζόμενοι (25-74) Τρία παιδιά (15-24)
12		4+	17.602	1981-2000	1	4	Ένας εργαζόμενος (25-74) Ένας άνεργος (25-74) Δύο παιδιά (15-24) Ένας ηλικιωμένος (65+)
13		4+	12.326	2001 και μετά	2	2	Δύο εργαζόμενοι (25-74) Δύο παιδιά (15-24)

“Module” 2: Ηλεκτρικές συσκευές (“Appliances”)

Σε αυτήν την Περιφέρεια, το δείγμα των νοικοκυριών που έλαβε μέρος στην έρευνα της ΕΟΠ 2019 ανέρχεται στα 369. Η διαδικασία μοντελοποίησής τους γίνεται και πάλι όπως στην Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας. Εν συνεχεία, ο Πίνακας 4.14 δείχνει τις συσκευές μαγειρέματος με την ονομαστική τους ισχύ, το ποσοστό κτίσης και τη χρήση τους σε ώρες ανά ημέρα στην Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης. Ο Πίνακας 4.15 περιέχει τις τεχνολογίες φωτισμού με την ονομαστική τους ισχύ και το ποσοστό κτίσης και τέλος, ο Πίνακας 4.16 παρουσιάζει τις διάφορες άλλες ηλεκτρικές συσκευές με τα ίδια χαρακτηριστικά που ταξινομήθηκαν και οι συσκευές μαγειρέματος.

Πίνακας 4.14. Ονομαστική ισχύς, ποσοστό κτίσης και χρήση ηλεκτρικών συσκευών μαγειρέματος Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης

Συσκευές μαγειρέματος	Ονομαστική ισχύς (W)	Ποσοστό κτίσης	Χρήση (ώρες/ημέρα)
Μάτια κουζίνας	1.600	88,35%	1,03
Ηλεκτρικός φούρνος	2.150	86,99%	0,46
Φούρνος μικροκυμάτων	1.150	59,08%	0,31
Τοστιέρα	1.300	62,60%	0,07
Μηχανή καφέ	1.100	43,90%	0,33
Βραστήρας νερού	1.250	50,41%	0,25
Απορροφητήρας	108	91,87%	1,14

Πίνακας 4.15. Ονομαστική ισχύς και ποσοστό κτίσης τεχνολογιών φωτισμού Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης

Τύπος λαμπτήρα	Ονομαστική ισχύς (W)	Ποσοστό κτίσης
Λαμπτήρες πυρακτώσεως	80	54,47%
Λαμπτήρες LED	10	46,88%
Λαμπτήρες νυκτός	1	95,00%

Πίνακας 4.16: Ονομαστική ισχύς, ποσοστό κτίσης και χρήση διαφόρων ηλεκτρικών συσκευών Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης

Συσκευές	Ονομαστική ισχύς (W)	Ποσοστό κτίσης	Χρήση (ώρες/ημέρα)
Ψυγείοκαταψύκτης	150	78,59%	24,00
Πλυντήριο πιάτων	1350	33,06%	0,46
Πλυντήριο ρούχων	500	96,48%	0,19
Σίδερο	1000	94,58%	0,10
Ηλεκτρική σκούπα	450	88,89%	0,15
Τηλεόραση	100	100,00%	6,24
DVD ή VCR	40	22,76%	0,04
Home Cinema	200	3,25%	0,12
Στερεοφωνικό	24	35,50%	0,11
Ηλεκτρονικός Υπολογιστής (desktop, laptop, κ.λπ.)	300	57,18%	2,93
Περιφερειακές συσκευές (εκτυπωτής, scanner, κ.λπ.)	50	8,13%	0,17

Συσκευές Internet (router, κ.λπ.)	10	55,00%	24,00
Ηλεκτρικός θερμοσίφωνας	4000	85,91%	0,13
Κονσόλες video-game	160	5,96%	0,23

“Module” 3: Θέρμανση εξαερισμός και κλιματισμός (“HVAC”)

Ομοίως με 4.1.3, η κατηγοριοποίηση των τεχνολογιών θέρμανσης με βάση το καύσιμό τους στην Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης είναι η εξής (Πίνακας 4.17):

Πίνακας 4.17. Τεχνολογίες θέρμανσης και ποσοστό κτίσης Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης

Τεχνολογία θέρμανσης	Ποσοστό κτίσης (%)
Καυστήρας Πετρελαίου	46,07%
Καυστήρας Φυσικού Αερίου	11,11%
Καυστήρας Βιομάζας	43,63%
Τεχνολογίες ηλεκτρισμού	52,30%

Για το σύστημα ψύξης των κατοικιών της Περιφέρειας ισχύει η παραδοχή της προηγούμενης ενότητας για την Κεντρική Μακεδονία.

4.3 Σενάρια ενεργειακής μετάβασης

Με βάση την τάση που επικρατεί σε ευρωπαϊκό και παγκόσμιο επίπεδο για απεξάρτηση του ενεργειακού τομέα από ρυπογόνα καύσιμα (λιγνίτης, πετρέλαιο, φυσικό αέριο κ.λπ.), τους στόχους που έχουν τεθεί στο ΕΣΕΚ για τις επόμενες τρεις δεκαετίες, αλλά και τις προτάσεις της Ευρωπαϊκής Επιτροπής μέσω του πακέτου “Fit-for-55” που στοχεύει στην κλιματική ουδετερότητα το 2050 με όχημα την απομάκρυνση των ορυκτών καυσίμων

(φυσικό αέριο) μέσω διαφόρων μέτρων (“ETS”, διείσδυση ΑΠΕ, ενεργειακή απόδοση κ.λπ.), μελετώνται τα εξής δύο σενάρια ενεργειακής μετάβασης για τις Περιφέρειες Κεντρικής Μακεδονίας και Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης για την περίοδο 2021-2040:

1. Βασικό σενάριο

Στο πρώτο σενάριο που εξετάζεται -βασικό σενάριο-, θεωρήθηκε διείσδυση τεχνολογιών Φυσικού Αερίου (ΦΑ) με σταθερό ετήσιο ρυθμό τέτοιο ώστε η συμμετοχή του καυσίμου στην τελική κατανάλωση του οικιακού τομέα και των δύο Περιφερειών το 2030 να είναι αυξημένη σε σχέση με το 2021 με βάση τους στόχους του ΕΣΕΚ για τον οικιακό τομέα. Επιπλέον, τίθεται υψηλή προτεραιότητα στον εξηλεκτρισμό, αφού ο στόχος αγγίζει την 300% αύξηση των αντλιών θερμότητας μέχρι το 2030, ενώ παράλληλα θα υπάρχει ενισχυμένη ανακαίνιση των κατοικιών και των δύο Περιφερειών με ρυθμό ίσο με το 2% του υπάρχοντος κτηριακού αποθέματος της Ελλάδος, δηλαδή διπλάσιος από αυτόν που αναφέρει το ΕΣΕΚ. Για το διάστημα 2031-2040 συνεχίζεται η διείσδυση τεχνολογιών ΦΑ, η αύξηση των αντλιών θερμότητας και οι ανακαινίσεις με ρυθμό ίδιο με αυτόν της περιόδου 2021-2030.

2. Σενάριο πολιτικής

Στο δεύτερο υπό εξέταση σενάριο -σενάριο πολιτικής-, η διαδικασία μέχρι το 2030 παραμένει η ίδια με αυτή του βασικού σεναρίου. Από το 2031 και μέχρι το 2035, ξεκινάει η υποκατάσταση των τεχνολογιών ΦΑ που ήταν προγραμματισμένες να εγκατασταθούν, με αντλίες θερμότητας. Και τέλος, από το 2036 μέχρι το 2040, απομακρύνονται οι υφιστάμενοι καυστήρες Φυσικού Αερίου και αντικαθίστανται από αντλίες θερμότητας. Ο ρυθμός των ανακαινίσεων παραμένει ο ίδιος.

Και στα δύο σενάρια, οποιαδήποτε τεχνολογία διεισδύει στο σύστημα αντικαθιστά πάντα τεχνολογίες πετρελαίου, είτε αυτοί είναι καυστήρες ΦΑ, είτε είναι αντλίες θερμότητας (εκτός από την περίοδο 2036-2040 του σεναρίου πολιτικής όπου ακολουθείται συγκεκριμένη στρατηγική -Πίνακας 4.25 και Πίνακας 4.27-).

Επιπλέον, και στις δύο περιπτώσεις, θεωρείται πως έχει εισαχθεί στον οικιακό τομέα το σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών, με τη μορφή που προτάθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (European Commission, 2021), διαμορφώνοντας τα δύο σενάρια τιμών εκπομπών CO₂. Στο πρώτο η τιμή της άδειας εκπομπών τίθεται κάθε χρόνο στα 30€/tCO₂, ενώ στο δεύτερο ξεκινάει από 30€/tCO₂ το διάστημα 2021-2025, να ανέβει στα 50€/tCO₂ κατά την πενταετία 2026-2030 και τέλος, να φτάσει στα 100€/tCO₂ την περίοδο 2031-2040.

4.4 Παραδοχές

Αρχικά να σημειωθεί πως η χρονιά-βάση (ή υπάρχουσα κατάσταση) θεωρείται το 2021, επομένως η διαδικασία της μετάβασης ξεκινάει από το 2022. Οι παραδοχές οι οποίες τέθηκαν χωρίζονται σε δύο κατηγορίες. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν αυτές που χρησιμοποιήθηκαν σαν οδηγοί για την εκτενή διερεύνηση των δύο παραπάνω σεναρίων ενεργειακής μετάβασης. Ενώ στη δεύτερη ανήκουν οι παραδοχές οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν κυρίως κατά την εξαγωγή των αποτελεσμάτων και σχετίζονται με τα κόστη και τη μελέτη του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των δύο αυτών σεναρίων. Στη συνέχεια θα αναπτυχθούν όλες οι παραδοχές ανά κατηγορία και ανά τεχνολογία θέρμανσης/κατανάλωσης.

4.4.1 Παραδοχές διερεύνησης των σεναρίων

Σε αυτή την υπό-ενότητα παρατίθενται όλες οι παραδοχές της πρώτης κατηγορίας εξετάζοντας την κάθε τεχνολογία θέρμανσης/κατανάλωσης και τις ανακαινίσεις ξεχωριστά:

Φυσικό Αέριο

- Η αρχική παραδοχή που γίνεται είναι πως οι νέες τεχνολογίες ΦΑ εγκαθίστανται **μόνο** σε κατοικίες οι οποίες είναι κτισμένες **πριν το 2000**.
- Κατά τη διερεύνηση του βασικού σεναρίου, όπως περιγράφηκε και στην ενότητα **4.3**, την περίοδο 2031-2040 πραγματοποιείται διείσδυση τεχνολογιών φυσικού αερίου με ετήσιο ρυθμό ίδιο με την περίοδο 2022-2030. Αντιθέτως, στο σενάριο πολιτικής κατά το διάστημα 2031-3035 παύει η εισαγωγή τεχνολογιών φυσικού αερίου και τέλος, το διάστημα 2036-2040, ξεκινάει η απεγκατάσταση των καυστήρων φυσικού αερίου, οι οποίοι και αντικαθίστανται από αντλίες θερμότητας. Ο ρυθμός με τον οποίον αυτοί απεγκαθίστανται είναι διαφορετικός σε κάθε Περιφέρεια και περιγράφεται στη συνέχεια στους δύο πίνακες (**Πίνακας 4.25** και **Πίνακας 4.27**). Συνοπτικά, η μετάβαση των τεχνολογιών φυσικού αερίου είναι αυτή που αναλύεται στον παρακάτω πίνακα (**Πίνακας 4.18**).

Πίνακας 4.18. Η διαδικασία διείσδυσης του φυσικού αερίου στο ενεργειακό μίγμα του οικιακού τομέα ανά εξεταζόμενο σενάριο ενεργειακής μετάβασης

Περίοδος	Βασικό σενάριο	Σενάριο πολιτικής
2022-2030	Διείσδυση νέων καυστήρων φυσικού αερίου με ετήσιο ρυθμό τέτοιο ώστε η συμμετοχή του καυσίμου στην τελική κατανάλωση του οικιακού τομέα να είναι αυξημένη σε σχέση με το 2021 κατά 63,80%	Διείσδυση νέων καυστήρων φυσικού αερίου με ετήσιο ρυθμό τέτοιο ώστε η συμμετοχή του καυσίμου στην τελική κατανάλωση του οικιακού τομέα να είναι αυξημένη σε σχέση με το 2021 κατά 63,80%
2031-2035	Συνεχίζεται η προσθήκη καυστήρων φυσικού αερίου με ετήσιο ρυθμό	Παύει η διείσδυση νέων καυστήρων του φυσικού αερίου
2036-2040	ίδιο με αυτόν της περιόδου 2022-2030	Απεγκατάσταση καυστήρων φυσικού αερίου και αντικατάστασή τους με αντλίες θερμότητας

- Κατά τη μετατροπή των τεχνολογιών θέρμανσης των κατοικιών σε φυσικό αέριο, προτεραιότητα έχουν **πάντα** οι μη ανακαινισμένες κατοικίες. Μόνο στην περίπτωση που δε μένουν άλλα μη ανακαινισμένα σπίτια διαθέσιμα για αλλαγή τεχνολογίας, ξεκινάμε να μετατρέπουμε τους καυστήρες πετρελαίου σε φυσικού αερίου στα ανακαινισμένα.

Αντλίες θερμότητας

- Αρχικά, θεωρείται πως στην υφιστάμενη κατάσταση οι κατοικίες που διαθέτουν αντλίες θερμότητας είναι αυτές με χρονολογία κατασκευής μετά το 2000.
- Μια επιπλέον παραδοχή είναι πως οι νέες αντλίες θερμότητας εγκαθίστανται σε κατοικίες κτισμένες μετά το 2000
- Ομοίως με προηγουμένως, κατά τη μετατροπή τεχνολογίας θέρμανσης από φυσικό αέριο σε αντλίες θερμότητας ή από τη μετατροπή καυστήρων πετρελαίου σε αντλίες θερμότητας, προτεραιότητα έχουν πάντα οι μη ανακαινισμένες κατοικίες.

Βιομάζα

- Σε αυτήν την περίπτωση, τα νοικοκυριά παραμένουν σταθερά καθ' όλη τη διάρκεια της ενεργειακής μετάβασης.

Ενεργειακές ανακαινίσεις

- Το ΕΣΕΚ ορίζει δύο περιπτώσεις ρυθμού ανακαίνισης, η μία είναι 1% και η άλλη 2% του συνολικού ελληνικού κτηριακού αποθέματος η οποία είναι και η περίπτωση που εξετάζεται σε αυτήν την εργασία. Με τον τρόπο αυτό θα υπολογιστεί και η συνεισφορά των ενεργειακών ανακαινίσεων στη γενικότερη επιδίωξη εξοικονόμησης ενέργειας, αλλά και η επιρροή τους όσον αφορά τα κόστη των καταναλωτών.
- Η βασική παραδοχή που αφορά τις ενεργειακές ανακαινίσεις είναι πως ανακαινίζονται μόνο κτίρια τα οποία είναι κατασκευασμένα πριν το 2000, λόγω των μεγαλύτερων αναγκών ενεργειακής αναβάθμισης.

- Επιπλέον, δίνεται προτεραιότητα στα νοικοκυριά τα οποία για κύριο σύστημα θέρμανσης διαθέτουν καυστήρες πετρελαίου.
- Σε περίπτωση που ανακαινιστούν όλα τα διαθέσιμα κτίρια με πετρέλαιο, συνεχίζονται οι ανακαινίσεις σε νοικοκυριά που θερμαίνονται με φυσικό αέριο.
- Αν τελειώσουν και όλα τα διαθέσιμα προς ανακαίνιση κτίρια με φυσικό αέριο, ξεκινάνε οι ανακαινίσεις των κτιρίων που χρησιμοποιούν ηλεκτρικές συσκευές για τη θέρμανσή τους.

Όλες οι παραπάνω παραδοχές ισχύουν στη μελέτη ενεργειακής μετάβασης **και των δύο σεναρίων**.

4.4.2 Άλλες παραδοχές

Στη δεύτερη κατηγορία παραδοχών, όσον αφορά το κομμάτι της μελέτης του ανθρακικού αποτυπώματος των δύο σεναρίων, λαμβάνοντας υπόψη τα στοιχεία που δείχνει ο *Πίνακας 4.19* με τις προβλέψεις της «ΜΣ-50» για το ΕΣΕΚ 2050 ([Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2019](#)) αλλά και επιπλέον έρευνες που έχουν γίνει και αφορούν το ανθρακικό αποτύπωμα της ηλεκτροπαραγωγής στη χώρα ([Carbon Footprint, 2019](#)), προκύπτει ο *Πίνακας 4.20* ο οποίος αποτυπώνει την εκτίμηση της ετήσιας εξέλιξης της τιμής του συντελεστή εκπομπών σε τόνους CO₂ ανά kWh και ανά ktoe, από το 2021 έως το 2040.

Πίνακας 4.19. Πρόβλεψη εξέλιξης τιμής συντελεστή εκπομπών CO₂ στην ηλεκτροπαραγωγή της χώρας (σε grCO₂/kWh), κατά τη "ΜΣ-50".

grCO ₂ /kWh	2015	2030	2040	2050				
		ΕΣΕΚ-2030	ΕΣΕΚ-2050		EE2	NC2	EE1.5	NC1.5
Σύνολο ηλεκτροπαραγωγής	600	112	58	40	3	9	-5	-3
Μόνο θερμικοί σταθμοί	821	252	191	150	17	56	-27	-18
Βιομηχανικοί λέβητες	208	128	118	70	41	12	1	0

Πίνακας 4.20. Εκτίμηση ετήσιας εξέλιξης τιμής του συντελεστή εκπομπής CO₂ στην ηλεκτροπαραγωγή για τα έτη 2021-2040 (σε tnCO₂/kWh και tnCO₂/ktoe)

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

Όσον αφορά τους συντελεστές εκπομπής CO₂ των υπόλοιπων καυσίμων (πετρέλαιο θέρμανσης, φυσικό αέριο, βιομάζα), οι αντίστοιχες τιμές αντλήθηκαν από την «Εθνική έκθεση απογραφής της Ελλάδος για τα αέρια του θερμοκηπίου και άλλα αέρια, για τα έτη 1990-2019» (“NATIONAL INVENTORY REPORT OF GREECE FOR GREENHOUSE AND OTHER GASES FOR THE YEARS 1990-2019”) (MINISTRY OF ENVIRONMENT AND ENERGY, 2021) που υποβλήθηκε το 2021. Οι καταγραφές τους γίνεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4.21) και θεωρούνται αμετάβλητες για όλη την εξεταζόμενη περίοδο 2021-2040.

Πίνακας 4.21. Συντελεστής εκπομπών CO₂ για πετρέλαιο, φυσικό αέριο, βιομάζα.

Συντελεστής εκπομπών CO₂

<i>Πετρέλαιο θέρμανσης</i>	2.821,07	tnCO₂/ktoe
<i>Φυσικό αέριο</i>	2.332,47	tnCO₂/ktoe
<i>Βιομάζα</i>	2.337,07	tnCO₂/ktoe

Εν συνεχεία, οι επιπλέον παραδοχές που λαμβάνονται, συνεισφέρουν στη σύγκριση του κόστους των υπό εξέταση σεναρίων και σχετίζονται με την εκτίμηση της εξέλιξης του κόστους των χρησιμοποιούμενων τεχνολογιών θέρμανσης μέχρι το 2040. Για την εκτίμηση της εξέλιξης της τιμής των καυστήρων φυσικού αερίου και των αντλιών θερμότητας αντλήθηκαν στοιχεία από μελέτη του ευρωπαϊκού προγράμματος “Asset” (“Advanced System Studies for Energy Transition”) (De Vita, et al., 2018) το οποίο εξετάζει τεχνολογικές μεθόδους και στρατηγικές σε σενάρια απανθρακοποίησης. Επιπλέον στοιχεία, όσον αφορά την εξέλιξη της τιμής των αντλιών θερμότητας, λαμβάνονται και από αναλύσεις του

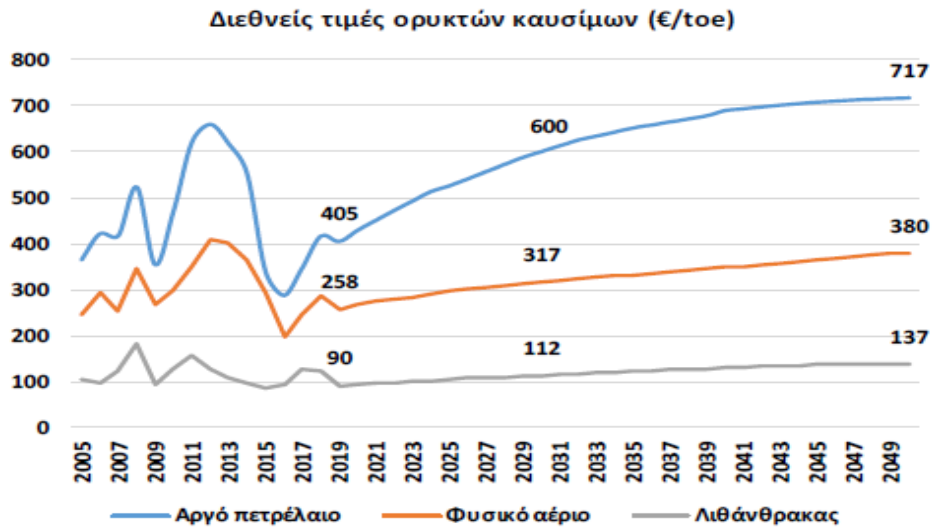
Ευρωπαϊκού Συνεταιρισμού Αντλιών (“European Heat Pump Association”) (European Heat Pump Association, 2021). Αυτή, προβλέπει μείωση της τιμής των μονάδων που αγγίζει το 36% μέχρι το 2030 (σε σχέση με την αντίστοιχη του 2021), ενώ τέλος θεωρείται σταθερό κόστος ριζικής ανακαίνισης, έως το 2040, ίσο με 10.000€ (5.000€ για μόνωση τοίχων και 5.000€ για μόνωση ταράτσας) (Παπαντώνης, 2021). Τις παραπάνω παραδοχές τις παρουσιάζει συνοπτικά ο Πίνακας 4.22.

Πίνακας 4.22. Εξέλιξη κόστους επένδυσης τεχνολογιών θέρμανσης

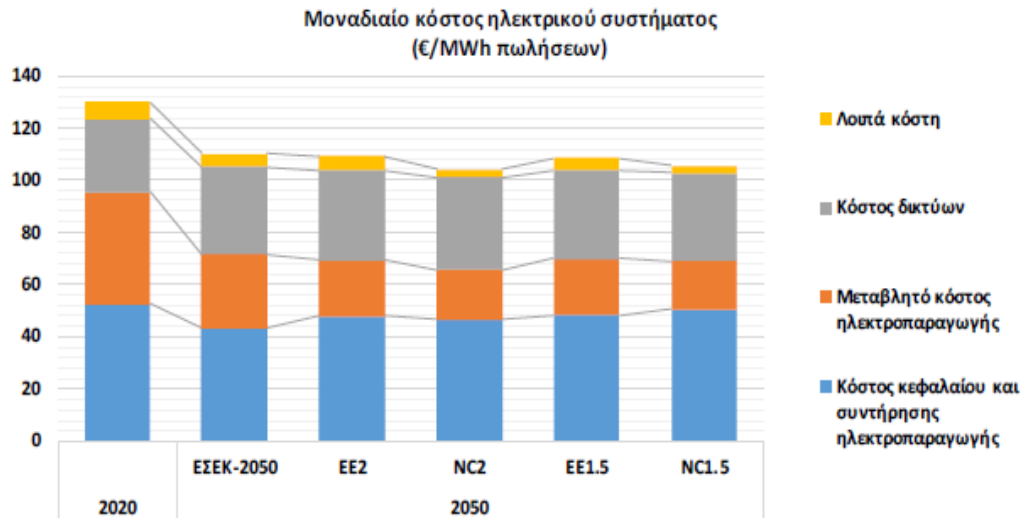
	Κόστος επένδυσης				
	2021	2030	(2021-2030) ετήσια μείωση	2040	(2031-2040) ετήσια μείωση
Λέβητας φυσικού αερίου (€)	5.000	4.904	9,6	4.713,4	19,1
Αντλία θερμότητας (€)	12.000	7.680	432	4.086,7	359,3
Ριζική ανακαίνιση (€)	10.000	10.000	0	10.000	0
Ταράτσα (€)	5.000	5.000	0	5.000	0
Τοίχος (€)	5.000	5.000	0	5.000	0

Τέλος, πολύ σημαντικό στοιχείο για τη μελέτη των σεναρίων και την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων, αποτελεί και η τιμή των καυσίμων/μέσων που χρησιμοποιούν τα νοικοκυριά για τη θέρμανση τους (φυσικό αέριο, πετρέλαιο, ηλεκτρισμός). Για την εύρεση της εξέλιξης της τιμής τους, χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από προβλέψεις της «ΜΣ-50», τα

οποία και παρουσιάζονται στα διαγράμματα που ακολουθούν. Συγκεκριμένα στο *Διάγραμμα 4.3* καταγράφεται η πιθανή εξέλιξη των διεθνών τιμών των ορυκτών καυσίμων και στο *Διάγραμμα 4.4* το μοναδιαίο κόστος του ελληνικού ηλεκτρικού συστήματος.



Διάγραμμα 4.3. Σενάριο εξέλιξης διεθνών τιμών ορυκτών καυσίμων ("ΜΣ-50").



Διάγραμμα 4.4. Διάρθρωση κόστους και μέση τιμή ηλεκτρικής ενέργειας για την Ελλάδα ("ΜΣ-50").

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω στοιχεία, σχηματίζεται ο Πίνακας 4.23 στον οποίον καταγράφεται η εκτίμηση του κόστους ενέργειας θέρμανσης ετησίως, για όλο το διάστημα 2021-2040.

Πίνακας 4.23. Εκτίμηση ετήσιου κόστους καυσίμων θέρμανσης για το διάστημα 2021-2040

<i>Έτος</i>	Πετρέλαιο θέρμανσης	Φυσικό Αέριο	Ηλεκτρισμός
2021	424.500	263.900	1.514.025
2022	444.000	269.800	1.505.502
2023	463.500	275.700	1.496.978
2024	483.000	281.600	1.488.455
2025	502.500	287.500	1.479.932
2026	522.000	293.400	1.471.409
2027	541.500	299.300	1.462.886
2028	561.000	305.200	1.454.363
2029	580.500	311.100	1.445.839
2030	600.000	317.000	1.437.316
2031	605.850	320.150	1.428.793
2032	611.700	323.300	1.420.270
2033	617.550	326.450	1.411.747
2034	623.400	329.600	1.403.224
2035	629.250	332.750	1.394.700
2036	635.100	335.900	1.386.177
2037	640.950	339.050	1.377.654
2038	646.800	342.200	1.396.131
2039	652.650	345.350	1.360.608
2040	658.500	348.500	1.352.085

4.4.3 Παραδοχές: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας

Αρχικά, η υπάρχουσα κατάσταση όσον αφορά τα μέσα θέρμανσης των νοικοκυριών της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας είναι αυτή που καταδεικνύει ο Πίνακας 4.24:

Πίνακας 4.24. Υπάρχουσα κατάσταση κτιριακού αποθέματος Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας (μέσα θέρμανσης)

2021	
Συνολικά νοικοκυριά	660.491
Καυστήρας πετρελαίου	216.243
Ηλεκτρικά συστήματα θέρμανσης	189.459
Αντλίες θερμότητας	2.613
Καυστήρας φυσικού αερίου	203.178
Καυστήρας βιομάζας	48.998

Αντλίες θερμότητας

- Το σύνολο των νοικοκυριών της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας που χρησιμοποιεί αντλίες θερμότητας σαν κύριο μέσο θέρμανσης προκύπτει από την ΕΟΠ 2019 και είναι ίσο με **2613** νοικοκυριά. Επομένως, σύμφωνα με το ρυθμό διείσδυσης νέων μονάδων αντλιών θερμότητας που περιγράφηκε στην ενότητα **4.3** για την επίτευξη της 300% αύξησης των μονάδων μέχρι το 2030, οι ετήσιες προσθήκες υπολογίζονται στις **871**. Ο ρυθμός αυτός διατηρείται σταθερός μέχρι και το 2040 στο βασικό σενάριο. Από την άλλη, στο σενάριο πολιτικής, η στρατηγική που ακολουθείται είναι αυτή που αναφέρει ο Πίνακας 4.25:

Πίνακας 4.25. Στρατηγική διεξόδου αντλιών θερμότητας κατά την ενεργειακή μετάβαση του οικιακού τομέα της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας (Σενάριο πολιτικής)

Περίοδος	Σενάριο πολιτικής
2022-2030	Προσθήκη νέων αντλιών θερμότητας με ετήσιο ρυθμό όπως περιγράφεται στο βασικό σενάριο (871 προσθήκες ετησίως).
2031-2035	Ο ρυθμός νέων εγκαταστάσεων αντλιών θερμότητας παραμένει ο ίδιος με την προηγούμενη περίοδο. Προστίθενται όμως επιπλέον αντλίες θερμότητας -στις κατοικίες που έχουν κτιστεί πριν το 2000- υποκαθιστώντας τους καυστήρες φυσικού αερίου που ήταν προγραμματισμένοι να τοποθετηθούν σε αυτά τα νοικοκυριά. Οι ετήσιες προσθήκες αυξάνονται στις 13716 .
2036-2040	Κατά τη διάρκεια της τελευταίας πενταετίας, οι ετήσιες προσθήκες αντλιών παραμένουν 13716. Αυτό που αλλάζει σε σχέση με την προηγούμενη περίοδο είναι πως, στις κατοικίες κτισμένες πριν το 2000, οι αντλίες θερμότητας αντικαθιστούν καυστήρες φυσικού αερίου (και καυστήρες πετρελαίου σε περίπτωση που έχουν απομείνει). Η αναλογία αντικατάστασης προκύπτει από τις εναπομείναντες τεχνολογίες πετρελαίου και φυσικού αερίου αντίστοιχα.

Βιομάζα

- Από τα στοιχεία της ΕΟΠ 2019 προέκυψε πως στην Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας, όπως δείχνει και ο Πίνακας 4.10, το 21,27% των νοικοκυριών χρησιμοποιούν καυστήρα βιομάζας για τη θέρμανσή τους, το οποίο αντιστοιχεί σε **48.998** νοικοκυριά.

Ενεργειακές ανακαινίσεις

- Με τον εξεταζόμενο ρυθμό ανακαίνισης στο 2%, κατ' αναλογία υπολογίζεται πως στην Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας ανακαινίζονται ετησίως **19433** κατοικίες καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου 2022-2040.

4.4.4 Παραδοχές: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης

Την υπάρχουσα κατάσταση όσον αφορά τα μέσα θέρμανσης των νοικοκυριών σε αυτήν την Περιφέρεια αποτυπώνει ο Πίνακας 4.26:

Πίνακας 4.26. Υπάρχουσα κατάσταση κτιριακού αποθέματος Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης (μέσα θέρμανσης)

2021	
Συνολικά νοικοκυριά	205.258
Καυστήρας πετρελαίου	94.563
Ηλεκτρικά συστήματα θέρμανσης	72.313
Αντλίες θερμότητας	2.781
Καυστήρας φυσικού αερίου	22.807
Καυστήρας βιομάζας	12.794

Αντλίες θερμότητας

- Το σύνολο των νοικοκυριών της Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης που χρησιμοποιεί αντλίες θερμότητας σαν κύριο μέσο θέρμανσης προκύπτει από την ΕΟΠ 2019 και είναι ίσο με **2781** νοικοκυριά. Επομένως, σύμφωνα με το ρυθμό διεξόδου νέων μονάδων αντλιών θερμότητας που περιγράφηκε στην ενότητα **4.3** για την επίτευξη

της 300% αύξησης των μονάδων μέχρι το 2030, οι ετήσιες προσθήκες υπολογίζονται στις **927**. Ο ρυθμός αυτός διατηρείται σταθερός μέχρι και το 2040 στο βασικό σενάριο. Από την άλλη, στο σενάριο πολιτικής, η στρατηγική που ακολουθείται είναι αυτή που παρουσιάζει ο Πίνακας 4.27:

Πίνακας 4.27. Στρατηγική διείσδυσης αντλιών θερμότητας κατά την ενεργειακή μετάβαση του οικιακού τομέα της Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας- Θράκης (Σενάριο πολιτικής)

Περίοδος	Σενάριο πολιτικής
2022-2030	Προσθήκη νέων αντλιών θερμότητας με ετήσιο ρυθμό όπως περιγράφεται στο βασικό σενάριο (927 προσθήκες ετησίως).
2031-2035	Ο ρυθμός νέων εγκαταστάσεων αντλιών θερμότητας παραμένει ο ίδιος με την προηγούμενη περίοδο. Προστίθενται όμως επιπλέον αντλίες θερμότητας -στις κατοικίες που έχουν κτιστεί πριν το 2000- υποκαθιστώντας τους καυστήρες φυσικού αερίου που ήταν προγραμματισμένοι να τοποθετηθούν σε αυτά τα νοικοκυριά. Οι ετήσιες προσθήκες αυξάνονται στις 2093 .
2036-2040	Κατά τη διάρκεια της τελευταίας πενταετίας, οι ετήσιες προσθήκες αντλιών παραμένουν 2093. Αυτό που αλλάζει σε σχέση με την προηγούμενη περίοδο είναι πως, στις κατοικίες κτισμένες πριν το 2000, οι αντλίες θερμότητας αντικαθιστούν καυστήρες φυσικού αερίου (και καυστήρες πετρελαίου σε περίπτωση που έχουν απομείνει). Η αναλογία αντικατάστασης προκύπτει από τις εναπομείναντες τεχνολογίες πετρελαίου και φυσικού αερίου αντίστοιχα.

Βιομάζα

- Από τα στοιχεία της ΕΟΠ 2019 προέκυψε πως στην Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης, όπως αναφέρει και ο Πίνακας 4.17, το 43,63% των νοικοκυριών χρησιμοποιούν καυστήρα βιομάζας για τη θέρμανσή τους, το οποίο αντιστοιχεί σε **12.794** νοικοκυριά

Ενεργειακές ανακαινίσεις

- Όπως και στην περίπτωση της Κεντρικής Μακεδονίας, έτσι και στην Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης εξετάζεται η περίπτωση του 2%, και κατ' αναλογία υπολογίζεται πως ανακαινίζονται ετησίως **6039** κατοικίες καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου 2022-2040.

Κεφάλαιο 5: Αποτελέσματα

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται η παρουσίαση των αποτελεσμάτων που αφορούν την κατανάλωση και εξοικονόμηση ενέργειας κατά την εξεταζόμενη περίοδο, το ανθρακικό αποτύπωμα των υπό μελέτη σεναρίων, καθώς και το αναμενόμενο κόστος για τους καταναλωτές. Όλα τα παραπάνω θα καταγραφούν για κάθε Περιφέρεια ξεχωριστά και στη συνέχεια θα γίνει σύγκριση των δύο σεναρίων ενεργειακής μετάβασης, και πάλι ανά εξεταζόμενη Περιφέρεια.

5.1 Ετήσιες καταναλώσεις ανά σύστημα θέρμανσης και ανά σενάριο νοικοκυριού: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας

Πρώτο βήμα, πριν τη μελέτη των σεναρίων και την εξαγωγή των αντίστοιχων αποτελεσμάτων, αποτελεί η εύρεση των ετήσιων καταναλώσεων -και εξοικονομήσεων λόγω ανακαίνισης- από τη χρήση κάθε συστήματος θέρμανσης, που αφορούν τα 14 προφίλ νοικοκυριών της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας (**Πίνακας 4.6** **Πίνακας 4.6**). Για να βρεθούν οι ετήσιες καταναλώσεις/εξοικονομήσεις λοιπόν, έγινε χρήση του μοντέλου “DREEM” και τα αποτελέσματα είναι αυτά που δείχνει ο *Πίνακας 5.1* (για τα σενάρια 1-7) και ο *Πίνακας 5.2* (για τα σενάρια 8-14).

Πίνακας 5.1. Ετήσια κατανάλωση/εξοικονόμηση ανά σενάριο νοικοκυριού (σενάρια 1-7) για κάθε σύστημα θέρμανσης/εξοικονόμησης: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας

**Ετήσια κατανάλωση/εξοικονόμηση ανά νοικοκυριό (kWh)
(Σενάρια 1-7)**

Σενάριο	1	2	3	4	5	6	7
Εξοικονόμηση λόγω ανακαίνισης (κατοικίες με καυστήρα Φ.Α.)	5.875	1.987	761	6.282	2.092	783	6.450
Εξοικονόμηση λόγω ανακαίνισης (κατοικίες με καυστήρα πετρελαίου)	7.344	2.483	951	7.852	2.611	1.016	8.210
Εξοικονόμηση λόγω ανακαίνισης (κατοικίες με ηλ. συσκευές)	2.262	771	294	2.425	807	315	2.534
Εξοικονόμηση λόγω ανακαίνισης (κατοικίες αντλίες θερμότητας)	52.681	36.118	28.888	54.683	37.725	30.695	55.116
Πετρέλαιο θέρμανσης	7.050	9.878	15.046	7.852	10.718	15.206	8.358
Ηλεκτρικές συσκευές (λοιπές)	15.131	7.076	3.699	16.390	7.685	3.812	16.474
Ηλεκτρικές συσκευές (για θέρμανση)	10.532	4.925	2.575	11.409	5.349	2.654	11.467
Αντλίες θερμότητας	41.838	27.703	21.400	43.428	29.150	22.311	44.304
Φυσικό αέριο	44.530	31.697	24.941	48.780	33.383	25.207	49.585
Βιομάζα	5.875	1.987	761	6.282	2.092	783	6.450

Πίνακας 5.2. Ετήσια κατανάλωση/εξοικονόμηση ανά σενάριο νοικοκυριού (σενάρια 8-14) για κάθε σύστημα θέρμανσης/εξοικονόμησης: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας

**Ετήσια κατανάλωση/εξοικονόμηση ανά νοικοκυριό (kWh)
(Σενάρια 8-14)**

Σενάριο	8	9	10	11	12	13	14
Εξοικονόμηση λόγω ανακαίνισης (κατοικίες με καυστήρα Φ.Α.)	6.165	805	992	7.751	7.743	2.411	926
Εξοικονόμηση λόγω ανακαίνισης (κατοικίες με καυστήρα πετρελαίου)	7.706	908	1.083	9.279	9.265	3.256	1.260
Εξοικονόμηση λόγω ανακαίνισης (κατοικίες με ηλ. συσκευές)	2.381	304	337	2.869	2.861	1.006	391
Εξοικονόμηση λόγω ανακαίνισης (κατοικίες αντλίες θερμότητας)	37.038	30.145	31.105	66.478	67.002	47.013	35.673
Πετρέλαιο θέρμανσης	4.333	15.502	15.523	9.510	9.532	12.786	19.125
Ηλεκτρικές συσκευές (λοιπές)	13.050	3.892	7.163	20.279	21.004	9.015	4.547
Ηλεκτρικές συσκευές (για θέρμανση)	9.083	2.709	4.986	14.115	14.231	6.275	3.165
Αντλίες θερμότητας	29.767	23.869	24.144	54.076	54.321	36.327	28.132
Φυσικό αέριο	33.224	25.759	27.450	59.468	58.364	41.182	32.397
Βιομάζα	6.165	805	992	7.751	7.743	2.411	926

5.2 Ετήσιες καταναλώσεις ανά σύστημα θέρμανσης και ανά σενάριο νοικοκυριού: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης

Στην περίπτωση της Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης, τις ετήσιες καταναλώσεις και εξοικονομήσεις ανά νοικοκυριό, όπως αυτές προέκυψαν από τα τρεξίματα του μοντέλου “DREEM”, καταδεικνύει ο Πίνακας 5.3 (για τα σενάρια 1-6) και ο Πίνακας 5.4 (για τα σενάρια 7-13):

Πίνακας 5.3. Ετήσια κατανάλωση/εξοικονόμηση ανά σενάριο νοικοκυριού (σενάρια 1-6) για κάθε σύστημα θέρμανσης/εξοικονόμησης: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης

Ετήσια κατανάλωση/εξοικονόμηση ανά νοικοκυριό (kWh) (Σενάρια 1-6)

Σενάριο	1	2	3	4	5	6
Εξοικονόμηση λόγω ανακαίνισης (κατοικίες με καυστήρα Φ.Α.)	6.933	2.404	914	7.611	2.532	941
Εξοικονόμηση λόγω ανακαίνισης (κατοικίες με καυστήρα πετρελαίου)	8.887	2.987	1.146	9.934	3.141	1.224
Εξοικονόμηση λόγω ανακαίνισης (κατοικίες με ηλ. συσκευές)	2.916	992	383	3.258	1.031	421
Εξοικονόμηση λόγω ανακαίνισης (κατοικίες αντλίες θερμότητας)	61.742	42.980	30.332	64.596	44.892	32.230
Πετρέλαιο θέρμανσης	8.475	11.685	16.400	10.046	12.680	16.575
Ηλεκτρικές συσκευές (λοιπές)	18.127	8.385	4.369	19.736	9.107	4.502
Ηλεκτρικές συσκευές (για θέρμανση)	12.617	5.836	3.041	13.737	6.339	3.134
Αντλίες θερμότητας	49.662	32.967	25.530	52.589	34.689	26.618
Φυσικό αέριο	53.570	38.037	25.440	59.650	40.060	25.711
Βιομάζα	6.933	2.404	914	7.611	2.532	941

Πίνακας 5.4. Ετήσια κατανάλωση/εξοικονόμηση ανά σενάριο νοικοκυριού (σενάρια 7-13) για κάθε σύστημα θέρμανσης/εξοικονόμησης: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης

**Ετήσια κατανάλωση/εξοικονόμηση ανά νοικοκυριό (kWh)
(Σενάρια 7-13)**

Σενάριο	7	8	9	10	11	12	13
Εξοικονόμηση λόγω ανακαίνισης (κατοικίες με καυστήρα Φ.Α.)	7.412	7.459	968	8.526	8.415	8.526	1.037
Εξοικονόμηση λόγω ανακαίνισης (κατοικίες με καυστήρα πετρελαίου)	9.501	9.270	1.094	10.392	10.257	10.392	1.412
Εξοικονόμηση λόγω ανακαίνισης (κατοικίες με ηλ. συσκευές)	3.120	3.041	362	3.411	3.368	3.411	465
Εξοικονόμηση λόγω ανακαίνισης (κατοικίες αντλίες θερμότητας)	64.088	44.076	31.652	75.785	74.800	75.785	39.953
Πετρέλαιο θέρμανσης	9.438	5.126	16.920	10.271	10.138	10.271	21.419
Ηλεκτρικές συσκευές (λοιπές)	19.636	15.464	4.596	22.104	21.817	22.104	5.093
Ηλεκτρικές συσκευές (για θέρμανση)	13.668	10.764	3.199	15.386	15.186	15.386	3.545
Αντλίες θερμότητας	51.549	35.423	28.475	60.078	59.297	60.078	31.508
Φυσικό αέριο	58.682	39.869	26.274	65.236	64.388	65.236	36.284
Βιομάζα	7.412	7.459	968	8.526	8.415	8.526	1.037

5.3 Κατανάλωση και εξοικονόμηση ενέργειας: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας

5.3.1 Εξέλιξη ενεργειακής κατανάλωσης

Η εξέλιξη της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στον οικιακό τομέα της Κεντρικής Μακεδονίας είναι το πρώτο μέγεθος που εξετάζεται και την οποία δείχνει ο Πίνακας 5.5 για το διάστημα 2021-2040, ανά πενταετία, για το βασικό σενάριο:

Πίνακας 5.5. Εξέλιξη ενεργειακής κατανάλωσης για το Βασικό σενάριο: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας

Έτος	2021	2025	2030	2035	2040
Συνολική ενεργειακή κατανάλωση (ktoe)	2.488,9	2.393,9	2.285,5	2.184,0	2.118,3

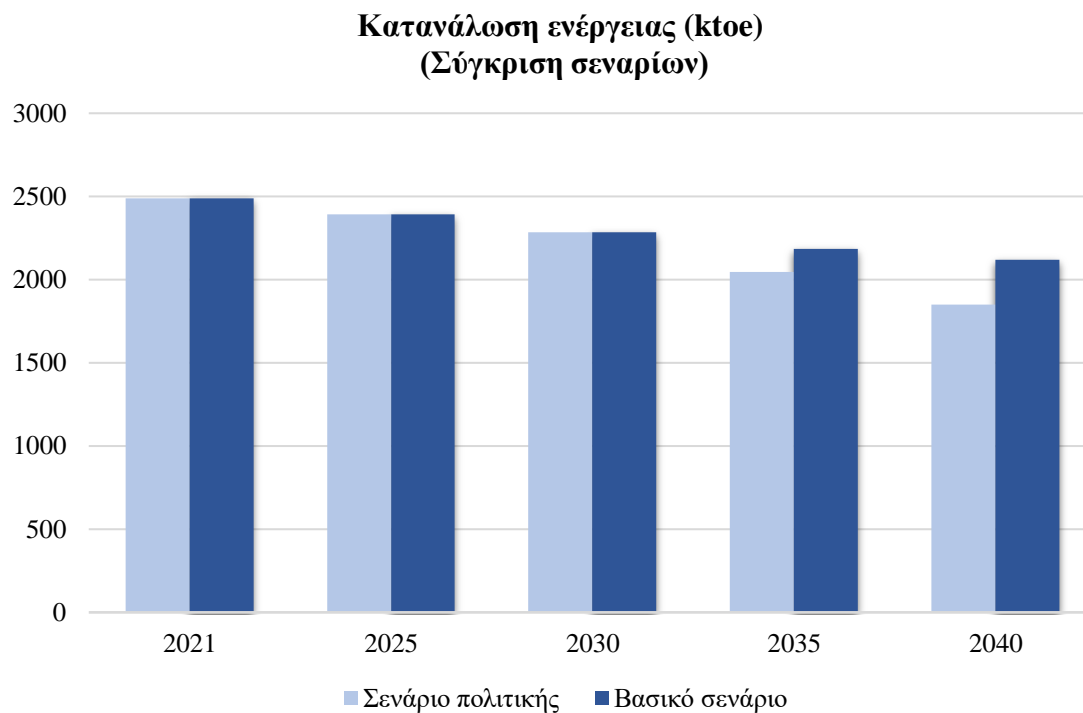
Ενώ ο Πίνακας 5.6 απεικονίζει την εξέλιξη της ενεργειακής κατανάλωσης, με τον ίδιο τρόπο, για το σενάριο πολιτικής:

Πίνακας 5.6. Εξέλιξη ενεργειακής κατανάλωσης για το Σενάριο πολιτικής: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας

Έτος	2021	2025	2030	2035	2040
Συνολική ενεργειακή κατανάλωση (ktoe)	2.488,9	2.393,9	2.285,5	2.045,8	1.850,3

Όπως παρατηρούμε και στο Διάγραμμα 5.1, η μείωση την συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης είναι μεγαλύτερη στο σενάριο πολιτικής από αυτή του βασικού σεναρίου. Συγκεκριμένα, στο βασικό σενάριο, η συνολική κατανάλωση πέφτει από τα 2488,9 ktoe του 2021, στα 2118,3 ktoe το 2040, το οποίο ισοδυναμεί με ποσοστιαία μείωση **14,89%**. Από

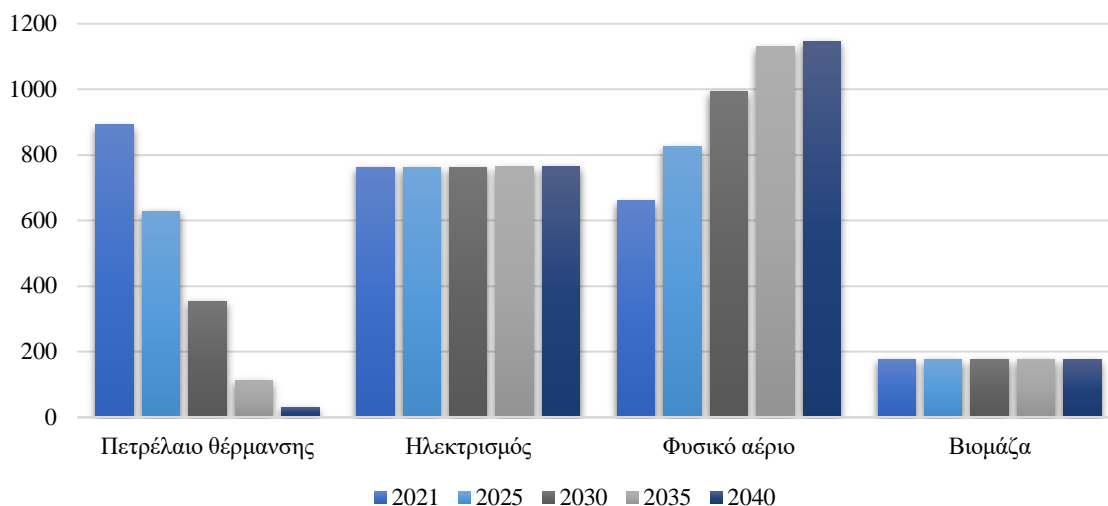
την άλλη, στο σενάριο πολιτικής, το 2040 η συνολική κατανάλωση αγγίζει τα 1850,3 ktoe, το οποίο αντιστοιχεί σε σχεδόν διπλάσια μείωση, ίση με **25,66%**.



Διάγραμμα 5.1. Σύγκριση σεναρίων για εξέλιξη ενεργειακής κατανάλωσης: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας

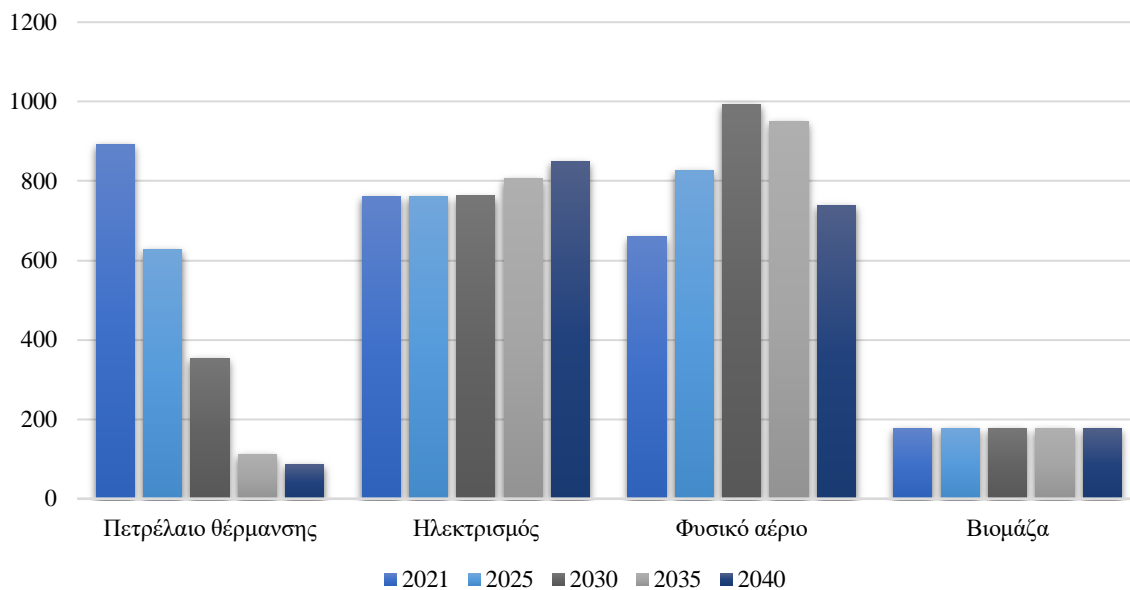
Στα διαγράμματα που ακολουθούν (*Διάγραμμα 5.2* και *Διάγραμμα 5.3*), φανερώνεται το μίγμα της ενεργειακής κατανάλωσης ανά τεχνολογία θέρμανσης και η εξέλιξή του ανά πενταετία, για τα δύο σενάρια που εξετάζονται:

**Ενεργειακή κατανάλωση ανά τεχνολογία θέρμανσης (ktoe)
(Βασικό σενάριο)**



Διάγραμμα 5.2. Εξέλιξη μίγματος ενεργειακής κατανάλωσης για το Βασικό σενάριο: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας

**Ενεργειακή κατανάλωση ανά τεχνολογία θέρμανσης (ktoe)
(Σενάριο πολιτικής)**



Διάγραμμα 5.3. Εξέλιξη μίγματος ενεργειακής κατανάλωσης για το Σενάριο πολιτικής: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας

Αρχικά, όπως έχει ήδη σημειωθεί, η κατανάλωση της βιομάζας παραμένει και στα δύο σενάρια σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια της ενεργειακής μετάβασης.

Επιπλέον, είναι φανερό από τα παραπάνω διαγράμματα, πως η εξέλιξη της κατανάλωσης του πετρελαίου θέρμανσης είναι παρόμοια και στα δύο σενάρια. Συγκεκριμένα, μέχρι το 2035 σημειώνεται η ίδια ακριβώς μείωση, της τάξης του **87,38%**, ενώ μέχρι το 2040 η μείωση στην κατανάλωση πετρελαίου στο βασικό σενάριο συγκριτικά με το 2021 είναι **96,53%**, λίγο μεγαλύτερη από την αντίστοιχη του σεναρίου πολιτικής που αγγίζει το **90,29%**.

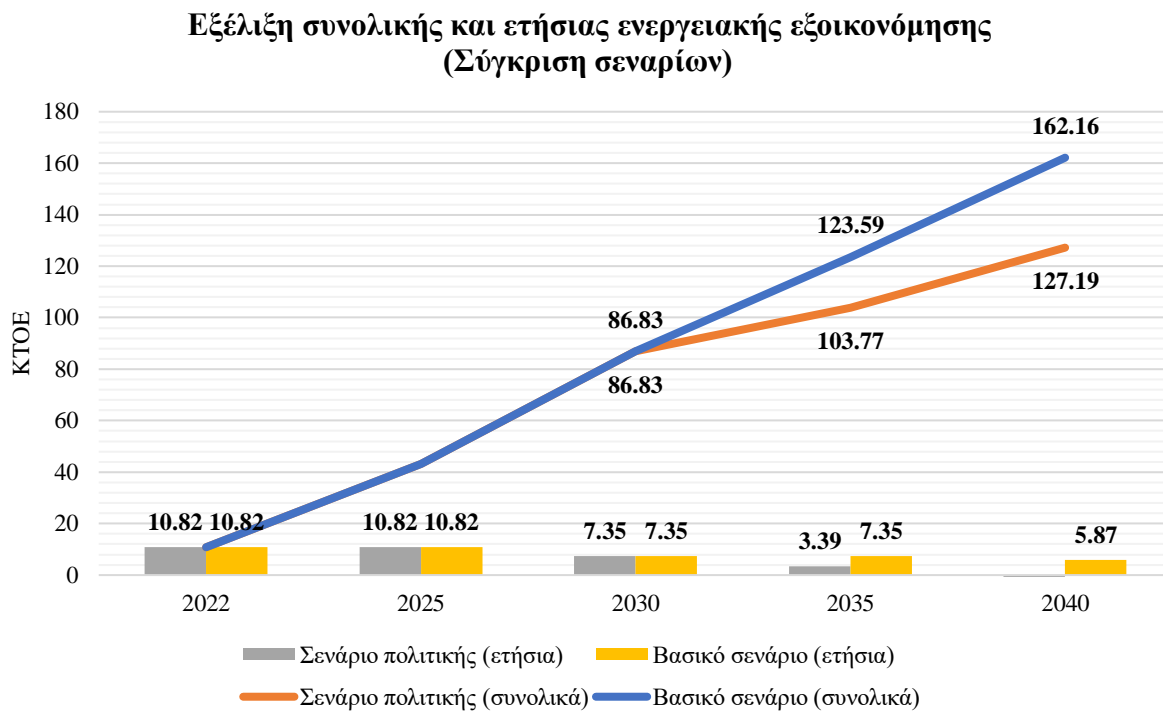
Αντιθέτως, τα δύο σημεία που εντοπίζονται οι μεγαλύτερες αποκλίσεις είναι η εξέλιξη της κατανάλωσης του φυσικού αερίου και του ηλεκτρισμού. Όσον αφορά την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, κατά τη μελέτη του βασικού σεναρίου δε διακρίνεται ιδιαίτερη μεταβολή, αφού αυτή είναι μια μικρή αύξηση του **0,54%**, εν αντιθέσει με το σενάριο πολιτικής, κατά το οποίο οι τεχνολογίες που λειτουργούν με ηλεκτρισμό χρησιμοποιούνται **11,57%** περισσότερο το 2040 σε σχέση με το 2021. Να σημειωθεί πως αυτή η διαφορά χιτίζεται από το 2031 και έπειτα, όπου διαφοροποιείται η στρατηγική των δύο σεναρίων όσον αφορά τη διείσδυση του ηλεκτρισμού στο μίγμα ενεργειακής κατανάλωσης.

Τέλος, σχετικά με την κατανάλωση φυσικού αερίου, ίδια πορεία διαγράφεται και στα δύο εξεταζόμενα σενάρια, μέχρι το 2030, όπου η χρήση του καυσίμου αυξάνεται κατά **50,46%** συγκριτικά με το 2021. Ωστόσο, τις επόμενες δύο πενταετίες, λόγω της προσέγγισης του σεναρίου πολιτικής για προσωρινή παύση της διείσδυσης του φυσικού αερίου στο μίγμα κατανάλωσης (2031-2035) και στη συνέχεια την επιλογή της αντικατάστασής του από αντλίες θερμότητας (2036-2040), παρατηρείται αισθητή μείωση στην κατανάλωση αυτού

του καυσίμου. Αριθμητικά αυτό αντιστοιχεί σε μείωση της κατανάλωσης φυσικού αερίου ίση με **34,49%** κατά την περίοδο 2031-2040 στο σενάριο πολιτικής. Εν αντιθέσει με το βασικό σενάριο, όπου την αντίστοιχη δεκαετία η κατανάλωση του φυσικού αερίου για τη θέρμανση των νοικοκυριών αυξάνεται κατά **15,41%**. Συγκεντρωτικά οι παραπάνω διαδικασίες, για ολόκληρη την περίοδο της ενεργειακής μετάβασης, μεταφράζεται σε **73,65%** αύξηση της χρήσης του καυσίμου στο βασικό σενάριο και μόλις **11,87%** αύξηση στο σενάριο πολιτικής.

5.3.2 Εξέλιξη ενεργειακής εξοικονόμησης

Η ενεργειακή εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται στον οικιακό τομέα οφείλεται στις ετήσιες ριζικές ανακαινίσεις που λαμβάνουν χώρα κατά την ενεργειακή μετάβαση, οι οποίες όπως τονίστηκε και στην υπό-ενότητα **4.4.1** γίνονται με ρυθμό 2%. Στο *Διάγραμμα 5.4* παρουσιάζεται η ετήσια αλλά και η συνολική εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται ανά πενταετία, για το βασικό σενάριο και το σενάριο πολιτικής αντίστοιχα ενώ οπτικοποιείται και η σύγκριση των δύο σεναρίων όσον αφορά την πορεία της συνολικής ενεργειακής εξοικονόμησης για όλο το διάστημα της ενεργειακής μετάβασης 2022-2040 (το 2022 ξεκινάνε οι πρώτες ανακαινίσεις).



Διάγραμμα 5.4. Σύγκριση σεναρίων σχετικά με την εξέλιξη της συνολικής ενεργειακής εξοικονόμησης (ktoe) για το διάστημα 2022-2040: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας

Είναι φανερό πως η πορεία της ενεργειακής εξοικονόμησης είναι συνεχώς ανοδική, ξεκινώντας και στα δύο σεναρία από τα **10,82 ktOE** ανά έτος, μέχρι το 2026. Στη συνέχεια, στο διάστημα 2028-2030, οι ετήσιες εξοικονομήσεις υπολογίζονται στα **7,35 ktOE** ενώ το 2027 κατεβαίνουν στα **10,69 ktOE**. Αυτό συμβαίνει διότι το 2027 ανακαινίζονται και οι τελευταίες κατοικίες με πετρέλαιο θέρμανσης και οι περισσευούμενες προγραμματισμένες ανακαινίσεις γίνονται σε κατοικίες με φυσικό αέριο, τεχνολογία η οποία προσφέρει μικρότερες εξοικονομήσεις συγκριτικά με το πετρέλαιο. Ενώ από το 2028, μέχρι το 2030, όλες οι νέες ανακαινίσεις αφορούν, στο σύνολό τους, νοικοκυριά με κύριο σύστημα θέρμανσης τούς λέβητες φυσικού αερίου.

Ωστόσο, από το 2031 μέχρι και το 2035, παρατηρείται πτώση στο ρυθμό εξοικονόμησης του σεναρίου πολιτικής σε σχέση με το βασικό σενάριο όπου ο ρυθμός παραμένει σταθερός. Συγκεκριμένα, οι ετήσιες εξοικονομήσεις στο βασικό σενάριο παραμένουν στα **7,35 ktoe**, έως το 2035, με τη σωρευτική εξοικονόμηση να ισούται με **123,59 ktoe**, ενώ στο σενάριο πολιτικής -την ίδια περίοδο- πέφτουν στα **3,39 ktoe**, με τη συνολική να είναι ίση με **103,77 ktoe**. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι από το 2031, στο σενάριο πολιτικής τα νοικοκυριά με πετρέλαιο θέρμανσης αλλάζουν την τεχνολογία τους σε αντλίες θερμότητας -και όχι σε φυσικό αέριο όπως στο βασικό σενάριο- και όπως δείχνει και ο **Πίνακας 5.1** και ο **Πίνακας 5.2** οι εξοικονομήσεις που επιτυγχάνονται από ανακαινίσεις κατοικιών με αντλίες θερμότητας είναι αισθητά μικρότερες από αυτές με καυστήρα φυσικού αερίου.

Τέλος, την τελευταία πενταετία συνεχίζουν στο σενάριο πολιτικής να επιτυγχάνονται εξοικονομήσεις με χαμηλότερο ρυθμό σε σχέση με το βασικό (**31,21%** αύξηση από το 2035 έως το 2040 στο βασικό και **22.58%** αντίστοιχα στο σενάριο πολιτικής) λόγω και πάλι της στρατηγικής που ακολουθείται σε αυτό.

5.4 Κατανάλωση και εξοικονόμηση ενέργειας: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης

5.4.1 Εξέλιξη ενεργειακής κατανάλωσης

Περνώντας στον οικιακό τομέα της Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης, ο Πίνακας 5.7 δείχνει την εξέλιξη της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης ανά πενταετία, για το βασικό σενάριο:

Πίνακας 5.7. Εξέλιξη ενεργειακής κατανάλωσης για το Βασικό σενάριο: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης

Έτος	2021	2025	2030	2035	2040
Συνολική ενεργειακή κατανάλωση (ktoe)	897,1	865,0	824,9	788,4	760,3

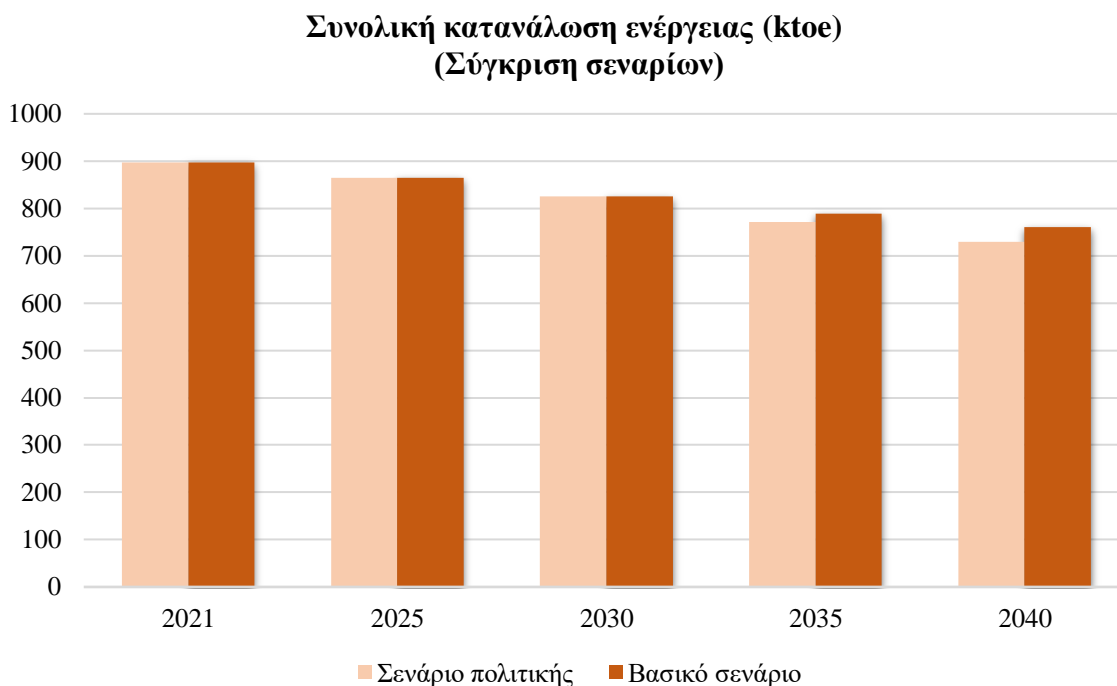
Από την άλλη, ο Πίνακας 5.8 παρουσιάζει την εξέλιξη της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης όπως αυτή υπολογίζεται στο σενάριο πολιτικής:

Πίνακας 5.8. Εξέλιξη ενεργειακής κατανάλωσης για το Σενάριο πολιτικής: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης

Έτος	2021	2025	2030	2035	2040
Συνολική ενεργειακή κατανάλωση (ktoe)	897,1	865,0	824,9	771,4	729,8

Από τα παραπάνω στοιχεία, αλλά και από το συγκριτικό Διάγραμμα 5.5 των δύο σεναρίων, παρατηρούμε πως και σε αυτήν την περίπτωση, η μείωση της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης αναμένεται μεγαλύτερη στο σενάριο πολιτικής, με μικρότερη όμως διαφορά

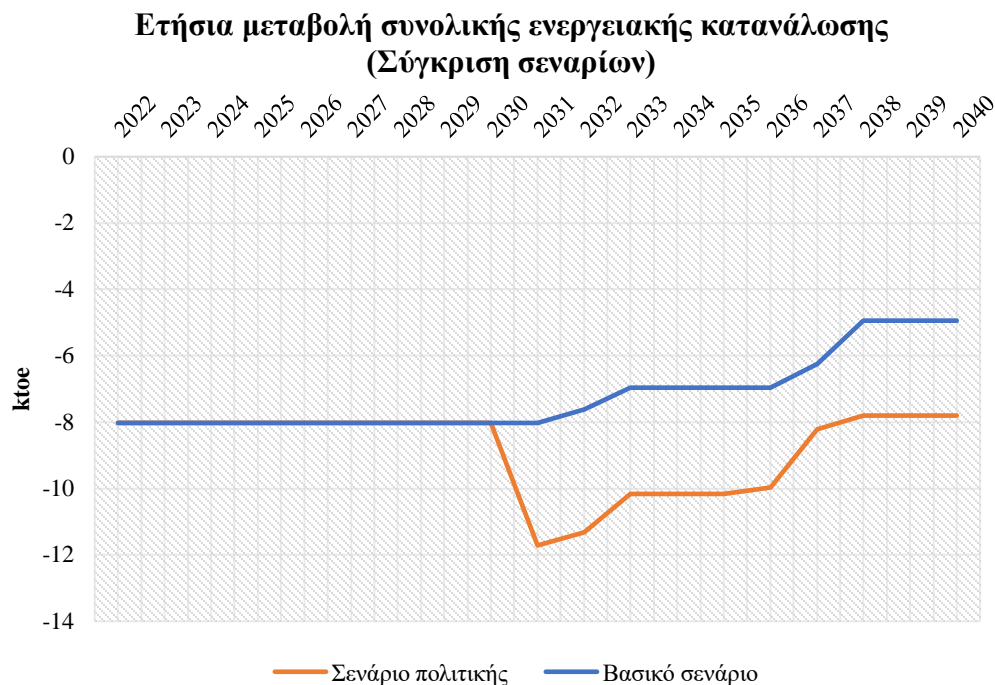
από την περίπτωση της Κεντρικής Μακεδονίας., όπου η διαφορά ήταν σχεδόν διπλάσια. Για την ακρίβεια, σε αυτήν την Περιφέρεια η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης από το 2021 μέχρι το 2040 είναι ίση με **15,25%** στο βασικό σενάριο, και **18,66%** στο σενάριο πολιτικής.



Διάγραμμα 5.5. Σύγκριση σεναρίων για εξέλιξη ενεργειακής κατανάλωσης: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης

Στο *Διάγραμμα 5.6*, το οποίο απεικονίζει την ετήσια μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης ανά σενάριο, διαπιστώνεται πως η πορεία των δύο είναι ίδια μέχρι το 2030, όπως είναι λογικό. Από το 2031 και μέχρι το τέλος της ενεργειακής μετάβασης η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης είναι μεγαλύτερη στο σενάριο πολιτικής. Αυτό οφείλεται κυρίως στο ότι η διαδικασία του εξηλεκτρισμού είναι εντονότερη σε αυτό το σενάριο, ενώ ταυτόχρονα απεγκαθίστανται σταδιακά και οι καυστήρες φυσικού αερίου, μειώνοντας περαιτέρω τις καταναλώσεις. Τέλος παρατηρείται και στα δύο σενάρια από το 2037

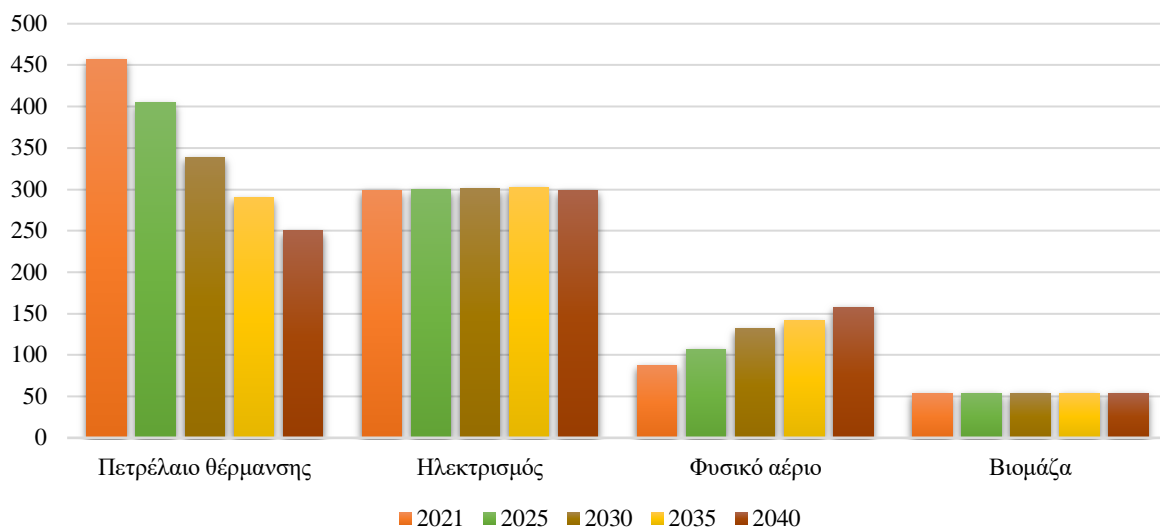
μικρότερη μείωση στη συνολική κατανάλωση, εξ' αιτίας της έναρξης ανακαινίσεων κατοικιών με ηλεκτρικά συστήματα θέρμανσης (τα οποία προσφέρουν μικρότερες εξοικονομήσεις από τα ανακαινισμένα κτίρια με φυσικό αέριο).



Διάγραμμα 5.6. Σύγκριση των δύο σεναρίων, σχετικά με την ετήσια μεταβολή της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης (ktoe): Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης

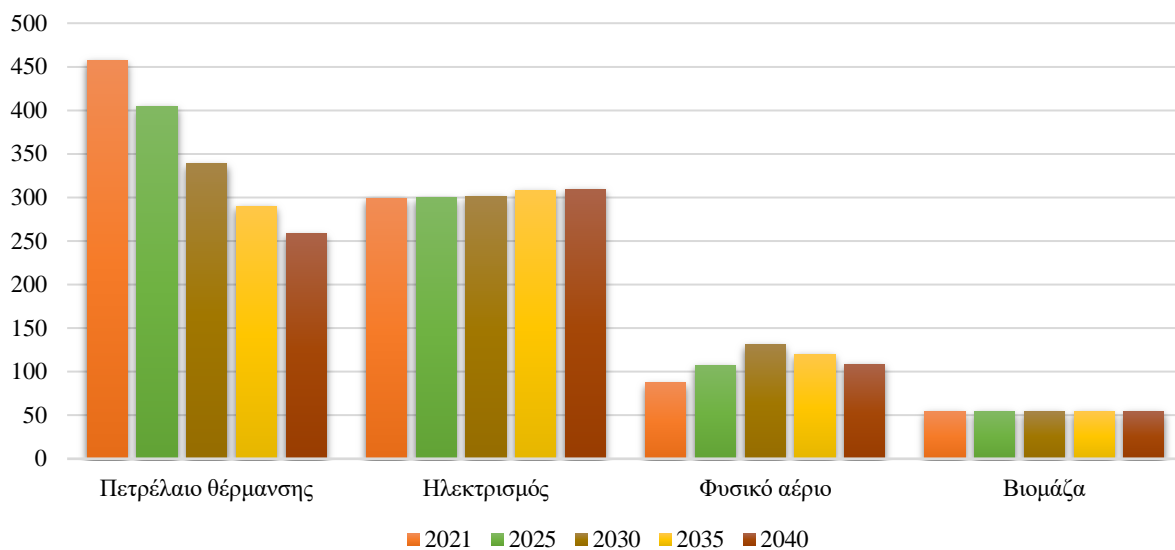
Στο *Διάγραμμα 5.7* και το *Διάγραμμα 5.8* φαίνεται το μίγμα της ενεργειακής κατανάλωσης ανά τεχνολογία θέρμανσης και η εξέλιξή του ανά πενταετία, για τα δύο σενάρια:

**Ενεργειακή κατανάλωση ανά τεχνολογία θέρμανσης (ktoe)
(Βασικό σενάριο)**



Διάγραμμα 5.7. Εξέλιξη μίγματος ενεργειακής κατανάλωσης για το Βασικό σενάριο: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης

**Ενεργειακή κατανάλωση ανά τεχνολογία θέρμανσης (ktoe)
(Σενάριο πολιτικής)**



Διάγραμμα 5.8. Εξέλιξη μίγματος ενεργειακής κατανάλωσης για το Σενάριο πολιτικής: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης

Και σε αυτήν την περίπτωση, η κατανάλωση της βιομάζας παραμένει και στα δύο σενάρια σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια της ενεργειακής μετάβασης.

Όσον αφορά την κατανάλωση του πετρελαίου θέρμανσης, παρατηρείται ίδια μείωση και στα δύο σενάρια μέχρι το 2035, της τάξης του **36,59%**. Ωστόσο, κατά την τελευταία πενταετία, παρόλο που στο σενάριο πολιτικής οι καυστήρες αντικαθίστανται με χαμηλότερο ρυθμό, δεν εντοπίζεται μεγάλη διαφορά στο βαθμό μείωσης της κατανάλωσης πετρελαίου, αφού στο βασικό σενάριο η μείωση είναι ίση με **13,84%** (από 289,93 ktoe σε 249,80 ktoe) σε σχέση με το 2035, ενώ η αντίστοιχη μεταβολή στο σενάριο πολιτικής **10,89%** (από 289,93 ktoe σε 258,35 ktoe). Η συνολική μεταβολή στο βασικό σενάριο ισούται με **45,36%** και στο σενάριο πολιτικής **43,49%**.

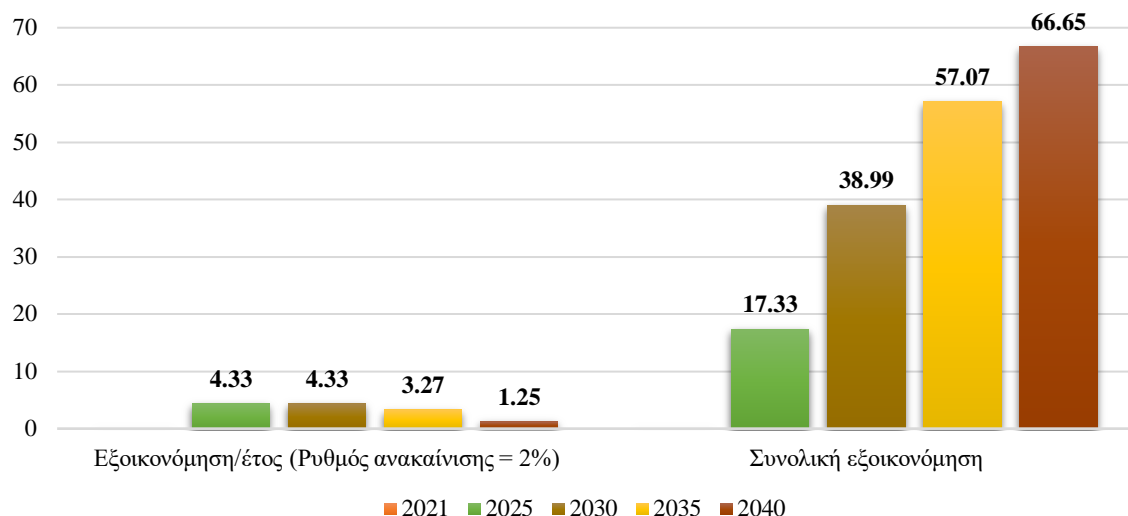
Σε αντίθεση με την Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας, στην Ανατολική Μακεδονία-Θράκη η μεταβολή στην κατανάλωση του ηλεκτρισμού δεν παρουσιάζει μεγάλες αποκλίσεις στα δύο εξεταζόμενα σενάρια. Στο βασικό σενάριο σημειώνεται ελάχιστη αύξηση, ύψους **0,04%** και στο σενάριο πολιτικής **3,45%**. Οι μεταβολές κινούνται σε χαμηλά επίπεδα διότι στο μεν βασικό σενάριο εγκαθίστανται αντλίες θερμότητας μόνο στις κατοικίες οι οποίες έχουν κατασκευαστεί μετά το 2000 (δηλαδή μόνο στα 4 από τα 13 σενάρια νοικοκυριών που αναγράφει ο Πίνακας 4.13), ενώ και στα δύο σενάρια ξεκινάνε από το 2037 οι ανακαινίσεις των κατοικιών με κύριο σύστημα θέρμανσης τις ηλεκτρικές συσκευές, οδηγώντας έτσι στη μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Η μεγαλύτερη αύξηση στο σενάριο πολιτικής οφείλεται στην αλλαγή στρατηγικής και τη μεγαλύτερη διείσδυση του ηλεκτρισμού.

Στην περίπτωση του φυσικού αερίου, η κατανάλωσή του αυξάνεται κατά **50,63%** και στα δύο σενάρια, μέχρι το 2030. Το επόμενο διάστημα, η έναρξη ανακαινίσεων των κατοικιών με καυστήρες φυσικού αερίου (ξεκινώντας από το 2032) αλλά και η πολιτική απεγκατάστασης αυτών στο σενάριο πολιτικής (από το 2036 και έπειτα) φέρνει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της κατανάλωσης αερίου σε αυτό το σενάριο κατά **17,50%** μέχρι το 2040. Έτσι, το φυσικό αέριο καταναλώνεται κατά **24,28%** περισσότερο στο τέλος της ενεργειακής μετάβασης συγκριτικά με το 2021 (στο σενάριο πολιτικής). Από την άλλη, στο βασικό σενάριο, η συνεχής διείσδυση του αερίου αντικατοπτρίζεται στη συνολική αύξηση της κατανάλωσής του που αγγίζει το **80,73%** το 2040, σε σχέση με την εκκίνηση της μετάβασης.

5.4.2 Εξέλιξη ενεργειακής εξοικονόμησης

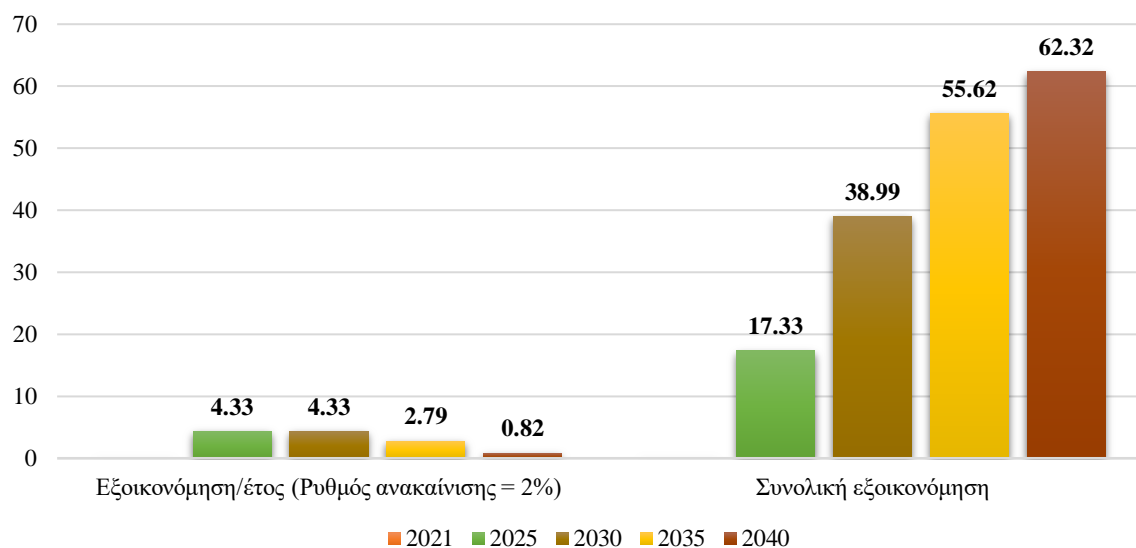
Όπως φαίνεται στο *Διάγραμμα 5.9* και το *Διάγραμμα 5.10* η ετήσια ενεργειακή εξοικονόμηση παραμένει σταθερή και στα δύο σενάρια μέχρι το 2030. Στη συνέχεια, ακολουθεί πτωτική πορεία λόγω της έναρξης ανακαινίσεων σε κατοικίες με φυσικό αέριο (προσδίδουν μικρότερη εξοικονόμηση από τα ανακαινιζόμενα σπίτια με πετρέλαιο) (**Πίνακας 5.3** και **Πίνακας 5.4**) καταλήγοντας σε ακόμα μικρότερες εξοικονομήσεις το 2040, μιας και από το 2037 ανακαινίζονται πια κατοικίες με ηλεκτρικές συσκευές οι οποίες προσδίδουν ακόμα μικρότερες ποσότητες εξοικονόμησης από αυτές με φυσικό αέριο (**Πίνακας 5.3** και **Πίνακας 5.4**).

**Ετήσια και συνολική Εξοικονόμηση (ktoe)
(Βασικό σενάριο)**

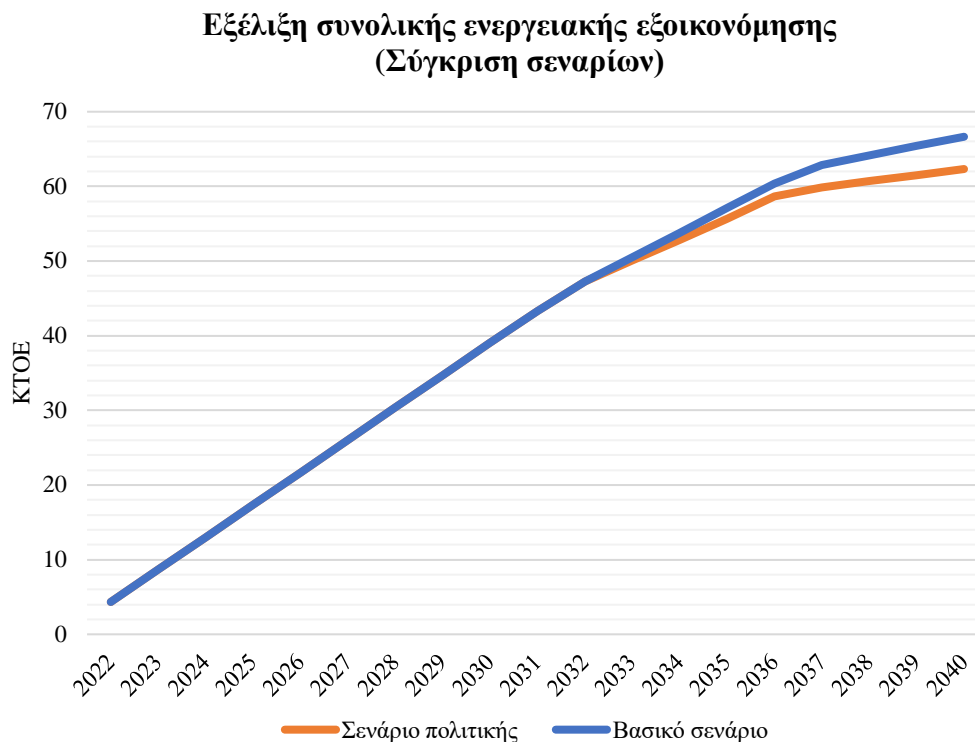


Διάγραμμα 5.9. Ετήσια και συνολική ενεργειακή εξοικονόμηση (ktoe) ανά πενταετία για ρυθμό ανακαίνισης 2% στο Βασικό σενάριο: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης

**Ετήσια και συνολική Εξοικονόμηση (ktoe)
(Σενάριο πολιτικής)**



Διάγραμμα 5.10. Ετήσια και συνολική ενεργειακή εξοικονόμηση (ktoe) ανά πενταετία για ρυθμό ανακαίνισης 2% στο Σενάριο πολιτικής: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης



Διάγραμμα 5.11. Σύγκριση σεναρίων σχετικά με την εξέλιξη της συνολικής ενεργειακής εξοικονόμησης (ktoe) για το διάστημα 2022-2040: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης

Είναι φανερό από τα τρία διαγράμματα πως η πορεία της ενεργειακής εξοικονόμησης είναι συνεχώς ανοδική, ξεκινώντας και στα δύο σεναρία από τα **4,33 ktoe** ανά έτος, μέχρι το 2031, ενώ σε γενικότερο πλαίσιο δεν εντοπίζονται υψηλές διαφορές στην εξοικονομούμενη ενέργεια στα δύο σεναρία καθ' όλη τη διάρκεια της μετάβασης.

Πιο αναλυτικά, μετά το 2031 κάθε χρόνο οι ετήσιες εξοικονομήσεις είναι κατάτι περισσότερες στο βασικό σενάριο, με εξαίρεση το 2032 όπου και στα δύο σεναρία πέφτουν στα **3,93 ktoe**. Αυτό οφείλεται στο ότι το 2032 είναι η χρονιά που ανακαινίζονται οι εναπομείναντες μη ανακαινισμένες κατοικίες με πετρέλαιο θέρμανσης, με την ταυτόχρονη ανακαίνιση κτιρίων με φυσικό αέριο, όπως ορίζεται από τις παραδοχές που καταγράφηκαν στην υπό-ενότητα **4.4.1** -για να εκπληρωθούν όλες οι προγραμματισμένες ανακαινίσεις-. Και

εφόσον οι εξοικονομήσεις που προέρχονται από κατοικίες με φυσικό αέριο είναι μικρότερες σε σχέση με αυτές των κατοικιών με πετρέλαιο (**Πίνακας 5.3** και **Πίνακας 5.4**), μειώνεται το μέγεθος της ετήσιας επιτευχθείσας εξοικονόμησης. Όσο για τα υπόλοιπα χρόνια, ο λόγος για τον οποίο οι ετήσιες εξοικονομήσεις του βασικού σεναρίου ξεπερνούν αυτές του σεναρίου πολιτικής είναι πως οι ανακαινισμένες κατοικίες με καυστήρες πετρελαίου -στο δεύτερο- δε μετατρέπονται σε φυσικού αερίου, αλλά σε αντλίες θερμότητας, μέχρι το 2035, και από το 2036 μέχρι το 2040 αντικαθίστανται και οι καυστήρες αερίου από αντλίες θερμότητας, οι οποίες προσφέρουν χαμηλότερες ποσότητες εξοικονόμησης από τις παραπάνω δύο τεχνολογίες (**Πίνακας 5.3** και **Πίνακας 5.4**).

Τέλος, η κλίση των καμπυλών στο *Διάγραμμα 5.11* είναι διακριτό πως φθίνει από το 2032 και έπειτα και στα δύο σενάρια. Αυτό σημαίνει πως ο ρυθμός με τον οποίο αυξάνεται κάθε έτος η ενεργειακή εξοικονόμηση στην Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης πέφτει. Ο λόγος που συμβαίνει αυτό, είναι πως ξεκινάνε οι ανακαινίσεις σε κατοικίες με συστήματα θέρμανσης που προσφέρουν μικρότερες ποσότητες εξοικονόμησης (όταν αυτές ανακαινίζονται). Συγκεκριμένα:

- Στο βασικό σενάριο εντοπίζεται η πρώτη πτώση στην ετήσια εξοικονόμηση το 2032 - όπως περιγράφηκε στην προηγούμενη παράγραφο-, μετά σταθεροποιείται στα **3,27 ktoe** μέχρι και το 2036, το 2037 πέφτει στα **2,55 ktoe** λόγω των ταυτόχρονων ανακαινίσεων σε κατοικίες με φυσικό αέριο και ηλεκτρικά συστήματα θέρμανσης, και από το 2038 μέχρι το 2040 αγγίζει τα **1,25 ktoe**, διότι ανακαινίζονται μόνο κατοικίες με ηλεκτρικά συστήματα, οι οποίες προσφέρουν και τις μικρότερες εξοικονομήσεις (**Πίνακας 5.3** και **Πίνακας 5.4**).

- Από την άλλη, στο σενάριο πολιτικής, μετά την πρώτη πτώση του 2032 σταθεροποιείται στα **2,79 ktoe** μέχρι το 2035. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η αύξηση του 2036 όπου οι ετήσια εξοικονόμηση αγγίζει τα **3,00 ktoe**. Αυτό οφείλεται στο ότι κατά την αλλαγή στρατηγικής, οι νέες αντλίες θερμότητας που προστίθενται στα σπίτια αντικαθιστούν κατ' αναλογία -με τον αριθμό των κατοικιών που διαθέτουν το εκάστοτε σύστημα θέρμανσης- μία ποσότητα καυστήρων πετρελαίου και μία ποσότητα καυστήρων φυσικού αερίου. Όλα τα σπίτια που διέθεταν φυσικό αέριο και άλλαξαν την τεχνολογία τους σε αντλία θερμότητας είναι μη ανακαινισμένα και τα σπίτια με πετρέλαιο θέρμανσης που μετέτρεψαν την τεχνολογία τους -όντας όλα ανακαινισμένα- είναι λιγότερα από το 2035, λόγω της αναλογίας που αναφέρθηκε. Ωστόσο, το 2037 σημειώνεται πτώση στα **1,24 ktoe** μιας και ξεκινάνε οι ανακαινίσεις των κατοικιών με ηλεκτρικά συστήματα (ταυτόχρονα με τα τελευταία σπίτια που διαθέτουν αέριο), και την τελευταία τριετία οι ετήσιες εξοικονομήσεις μειώνονται στα **0,82 ktoe** λόγω των αποκλειστικών ανακαινίσεων κατοικιών με ηλεκτρικές συσκευές.

5.5 Ανθρακικό αποτύπωμα: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας

Για την εύρεση των ετήσιων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) τα δεδομένα μάς τα δίνουν ο Πίνακας 4.20 και ο Πίνακας 4.21 στους οποίους καταγράφονται οι συντελεστές εκπομπών των διαφόρων καυσίμων -και ηλεκτρισμού- σε **tnCO₂/ktoe**. Τα δεδομένα αυτά, σε συνδυασμό με τις καταναλώσεις που αφορούν όλα τα συστήματα θέρμανσης και παρουσιάστηκαν στην ενότητα 5.3, συμβάλλουν στην εκτίμηση του ανθρακικού αποτυπώματος της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας κατά τη μελέτη των δύο σεναρίων. Οι δύο παρακάτω πίνακες (Πίνακας 5.9 και

Πίνακας 5.10), καθώς και το Διάγραμμα 5.12 καταδεικνύουν τη μεταβολή του ανθρακικού αποτυπώματος έτσι όπως αυτό εκτιμάται στα εξεταζόμενα σενάρια, ανά πενταετία, δείχνοντας παράλληλα και το ποσοστό εκπομπών CO₂ που αποφεύγονται χάρη στις ανακαινίσεις:

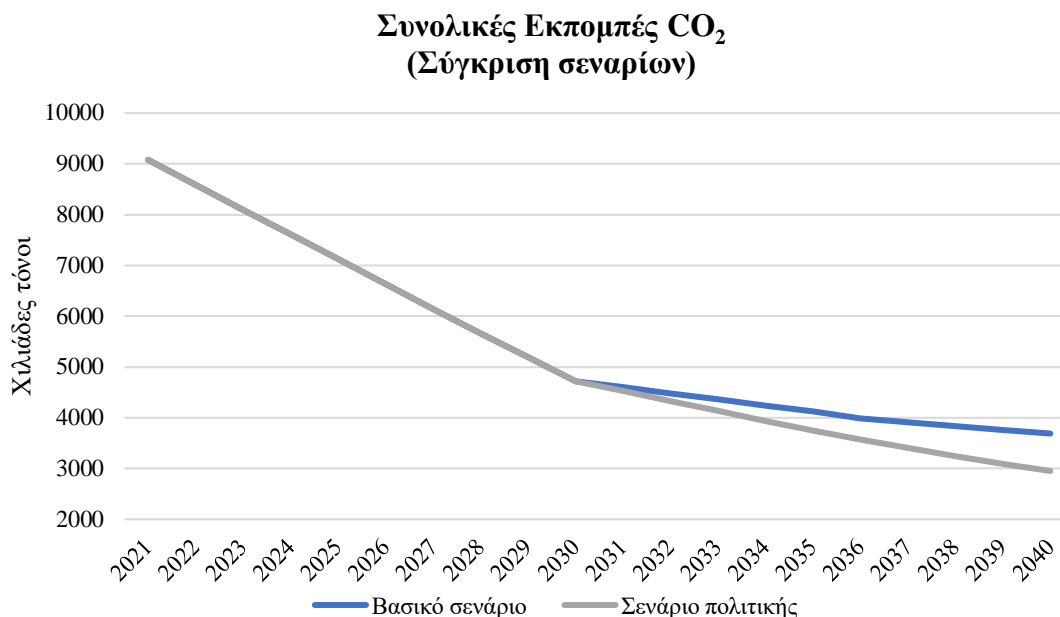
Πίνακας 5.9. Ανθρακικό αποτύπωμα Βασικού σεναρίου, με και χωρίς ανακαινίσεις (χιλιάδες tnCO₂): Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας

χιλιάδες τόνοι CO ₂	2021	2025	2030	2035	2040
Συνολικές εκπομπές CO₂ (χωρίς ανακαινίσεις)	9.080,18	7.243,38	4.942,23	4.416,93	4.067,11
Συνολικές εκπομπές CO₂ (με ανακαινίσεις)	9.080,18	7.121,32	4.718,19	4.123,64	3.688,89

Πίνακας 5.10. Ανθρακικό αποτύπωμα Σεναρίου πολιτικής, με και χωρίς ανακαινίσεις (χιλιάδες tnCO₂): Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας

χιλιάδες τόνοι CO ₂	2021	2025	2030	2035	2040
Συνολικές εκπομπές CO₂ (χωρίς ανακαινίσεις)	9.080,18	7.243,38	4.942,23	3.980,20	3.223,94

Συνολικές εκπομπές CO₂ (με ανακαινίσεις)	9.080,18	7.121,32	4.718,19	3.742,90	2.951,97
----------------------------------------------------------------------	----------	----------	----------	----------	----------



Διάγραμμα 5.12. Σύγκριση σεναρίων σχετικά με την εξέλιξη των συνολικών εκπομπών CO₂ την περίοδο 2021-2040: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας

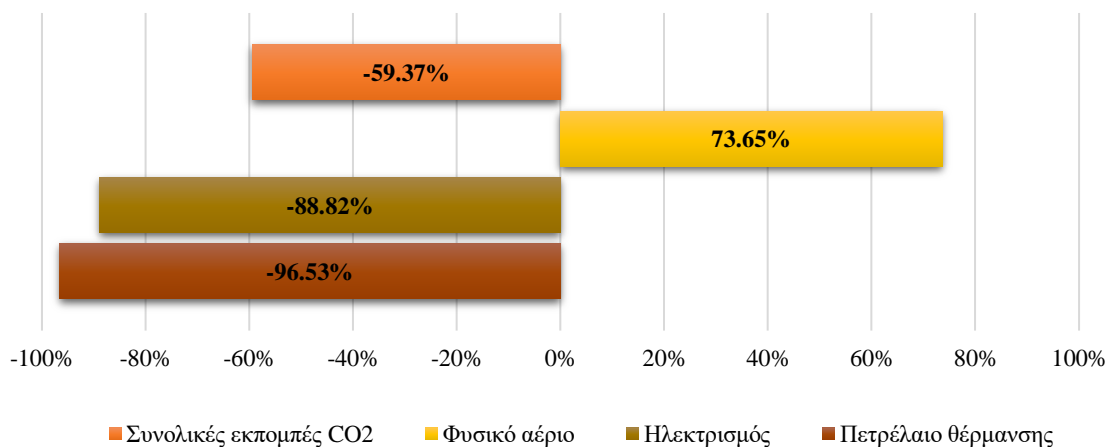
Φανερό είναι πως όσο προχωράει η διαδικασία της μετάβασης -και στα δύο σεσνάρια- η πορεία των συνολικών εκπομπών διοξειδίου είναι πτωτική. Συγκεκριμένα, στο βασικό σεσνάριο, η πτώση αυτή αγγίζει το 55,21% χωρίς τις ανακαινίσεις και το **59,37%** με αυτές για όλη τη διάρκεια της μετάβασης. Από την άλλη, στο σεσνάριο πολιτικής, τα αντίστοιχα ποσοστά είναι μείωση 64,49% και **67,49%**. Οι ανακαινίσεις δηλαδή, συνεισφέρουν στη μεγαλύτερη κατά 3-4% πτώση των εκπομπών (ή μεγαλύτερη κατά 600-700 χιλιάδες tnCO₂) στα δύο σεσνάρια.

Ένα ακόμα σημείο που αξίζει να τονιστεί, για το ανθρακικό αποτύπωμα, είναι πως και στα δύο σεσνάρια παρατηρείται η ίδια εξέλιξη μέχρι το 2030, φαινόμενο λογικό μιας και η

στρατηγική και των δύο παραμένει όμοια μέχρι τότε. Ωστόσο, από το 2031 και έπειτα, παρατηρείται εντονότερη μείωση των εκπομπών στο σενάριο πολιτικής, γεγονός που οφείλεται στην προσπάθεια εξηλεκτρισμού, ο οποίος ηλεκτρισμός σύμφωνα όπως δείχνει ο **Πίνακας 4.20** και ο **Πίνακας 4.21** αναμένεται να εκπέμπει πολύ μικρότερες ποσότητες CO₂ σε σχέση με τα άλλα καύσιμα από το 2029 και μετά (κυρίως λόγω της επικείμενης διεύδυσης των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή).

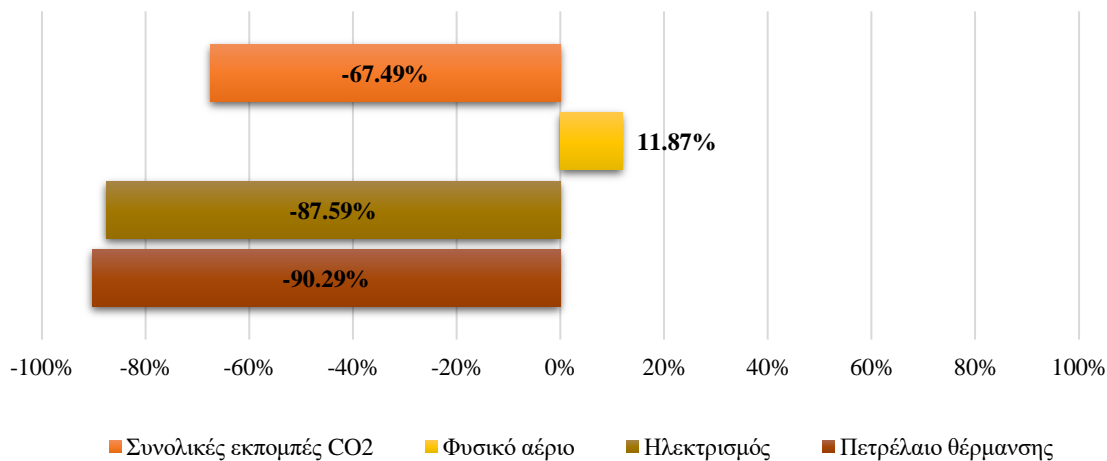
Η παραπάνω διαπίστωση μεταφράζεται εύκολα στα επόμενα διαγράμματα (*Διάγραμμα 5.13* και *Διάγραμμα 5.14*), όπου είναι εμφανές πως η πολύ μεγάλη αύξηση στις εκπομπές CO₂ που προέρχονται από τεχνολογίες φυσικού αερίου στο βασικό σενάριο (**73,65%**, έναντι **11,87%** στο σενάριο πολιτικής) είναι και η κύρια αιτία που καταλήγει να είναι περισσότερο ρυπογόνο. Παρ' όλα αυτά, οι ρύποι που προέρχονται από τους καυστήρες πετρελαίου και από τις ηλεκτρικές συσκευές (αντλίες θερμότητας και λοιπές) παρουσιάζουν μεγαλύτερη μείωση στο βασικό σενάριο, όχι όμως ικανοποιητικά μεγάλη ώστε να υπερκαλύψουν την υψηλή αύξηση των εκπομπών από το φυσικό αέριο, καταλήγοντας έτσι στη μεγαλύτερη συνολική ελάττωση του ανθρακικού αποτυπώματος στο σενάριο πολιτικής.

**Μεταβολή εκπομπών CO₂ ανά καύσιμο 2021-2040
(Βασικό σενάριο)**



Διάγραμμα 5.13. Ποσοστιαία μεταβολή εκπομπών CO₂ ανά καύσιμο (και συνολικά) για την περίοδο 2021-2040 στο Βασικό σενάριο: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας

**Μεταβολή εκπομπών CO₂ ανά καύσιμο 2021-2040
(Σενάριο πολιτικής)**



Διάγραμμα 5.14. Ποσοστιαία μεταβολή εκπομπών CO₂ ανά καύσιμο (και συνολικά) για την περίοδο 2021-2040 στο Σενάριο πολιτικής: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας

5.6 Ανθρακικό αποτύπωμα: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης

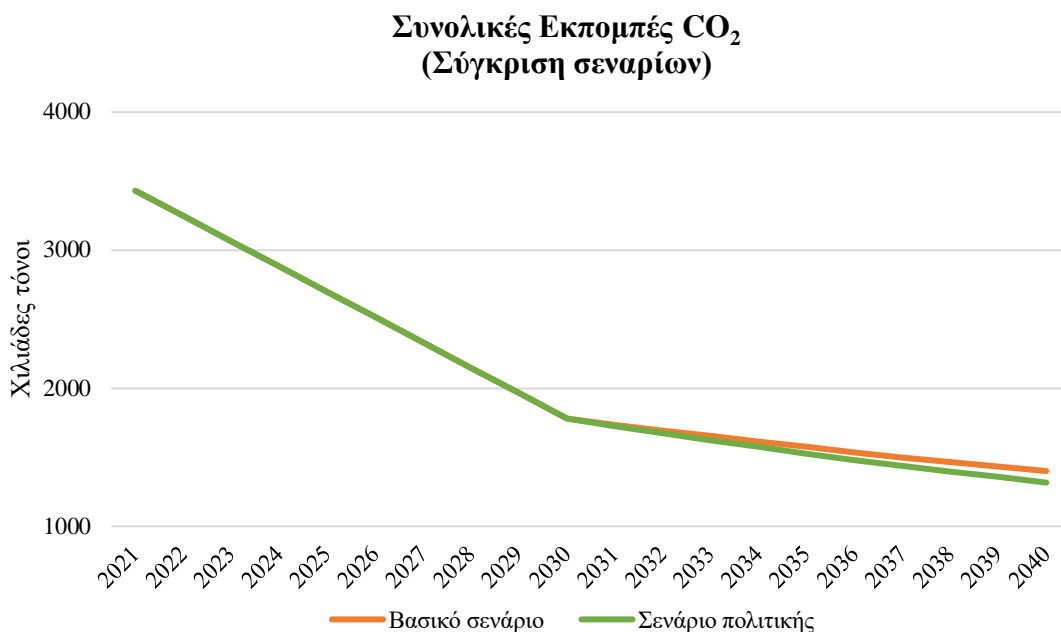
Όπως και στην περίπτωση της Κεντρικής Μακεδονίας, έτσι και εδώ, τα δεδομένα των Πίνακας 4.20 και Πίνακας 4.21 και η ανάλυση της ενότητας 5.4 συνέβαλλαν στην εκτίμηση του ανθρακικού αποτυπώματος του οικιακού τομέα της Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης κατά τη μελέτη και των δύο σεναρίων. Στους δύο επόμενους πίνακες (Πίνακας 5.11 και Πίνακας 5.12), καθώς και στο Διάγραμμα 5.15 καταδεικνύονται η μεταβολή του ανθρακικού αποτυπώματος έτσι όπως αυτή εκτιμάται στα δύο σενάρια και το ποσοστό των εκπομπών διοξειδίου που αποφεύγονται χάρη στις ανακαινίσεις:

Πίνακας 5.11. Ανθρακικό αποτύπωμα Βασικού σεναρίου, με και χωρίς ανακαινίσεις (χιλιάδες tnCO₂): Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης

χιλιάδες τόνοι CO ₂	2021	2025	2030	2035	2040
Συνολικές εκπομπές CO₂ (χωρίς ανακαινίσεις)	3.430,57	2.748,32	1.889,37	1.728,75	1.567,00
Συνολικές εκπομπές CO₂ (με ανακαινίσεις)	3.430,57	2.699,43	1.779,36	1.574,52	1.400,40

Πίνακας 5.12. Ανθρακικό αποτύπωμα Σεναρίου πολιτικής, με και χωρίς ανακαινίσεις (χιλιάδες tnCO₂): Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης

χιλιάδες τόνοι CO ₂	2021	2025	2030	2035	2040
Συνολικές εκπομπές CO₂ (χωρίς ανακαινίσεις)	3.430,57	2.748,32	1.889,37	1.677,49	1.470,15
Συνολικές εκπομπές CO₂ (με ανακαινίσεις)	3.430,57	2.699,43	1.779,36	1.527,37	1.316,37



Διάγραμμα 5.15. Σύγκριση σεναρίων σχετικά με την εξέλιξη των συνολικών εκπομπών CO₂ την περίοδο 2021-2040: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης

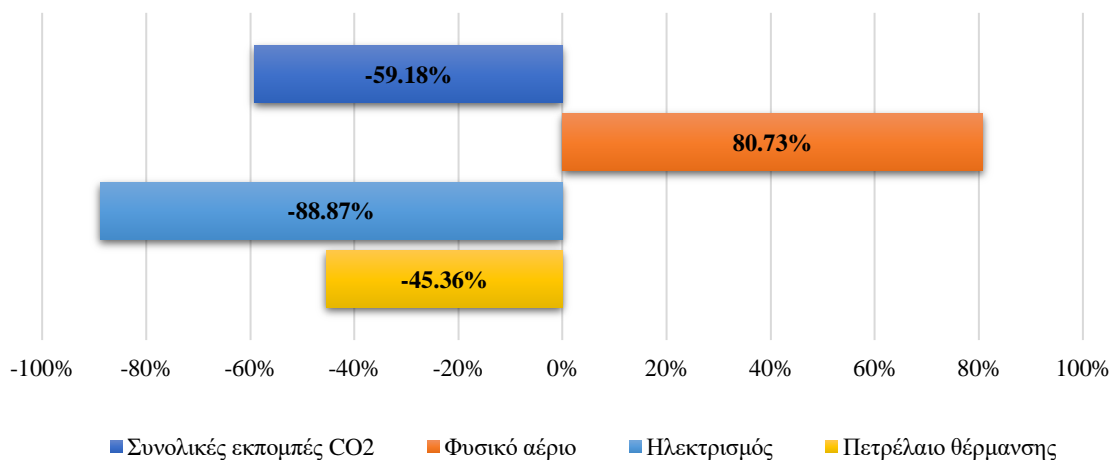
Στην Ανατολική Μακεδονία-Θράκη, πάλι η πορεία των εκπομπών CO₂ είναι πτωτική, πετυχαίνοντας στο βασικό σενάριο μία μείωση ύψους **59,18%** με τις ανακαινίσεις και 54,32% χωρίς αυτές, ενώ στο σενάριο πολιτικής τα αντίστοιχα ποσοστά είναι **61,63%** και 57,15%. Οι διαφορές δηλαδή που κάνουν οι ανακαινίσεις κυμαίνονται στις τέσσερις (4%) με πέντε (5%) ποσοστιαίες μονάδες.

Επιπλέον, κάτι που εντοπίζεται στο **Διάγραμμα 5.15** είναι πως ενώ και πάλι το ανθρακικό αποτύπωμα διαγράφει την ίδια πορεία στα δύο σενάρια μέχρι το 2030, την επόμενη δεκαετία η μείωση στο σενάριο πολιτικής δεν είναι τόσο μεγάλη συγκριτικά με το βασικό σενάριο, όσο στην Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας. Αυτό οφείλεται στο γεγονός πως το μερίδιο του φυσικού αερίου στο μίγμα της Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης το 2021 ήταν σε αρκετά χαμηλά επίπεδα (9,7% της συνολικής κατανάλωσης και

15,95% το 2030) μην επιτρέποντας έτσι το “phase-out” που επιδιώκεται στο δεύτερο σενάριο να επηρεάσει τόσο έντονα το σύνολο των εκπομπών διοξειδίου. Χαρακτηριστικό είναι πως στην Κεντρική Μακεδονία η διαφορά στη μείωση των εκπομπών μεταξύ των δύο σεναρίων ήταν στο 8,3% -λόγω του ότι απεγκαταστάθηκαν πολλοί περισσότεροι καυστήρες φυσικού αερίου- ενώ σε αυτήν την Περιφέρεια είναι μόλις 2,5%. Το αντίστοιχο μερίδιο του αερίου στην Κεντρική Μακεδονία είναι 26,50% το 2021 και 43,43% το 2030.

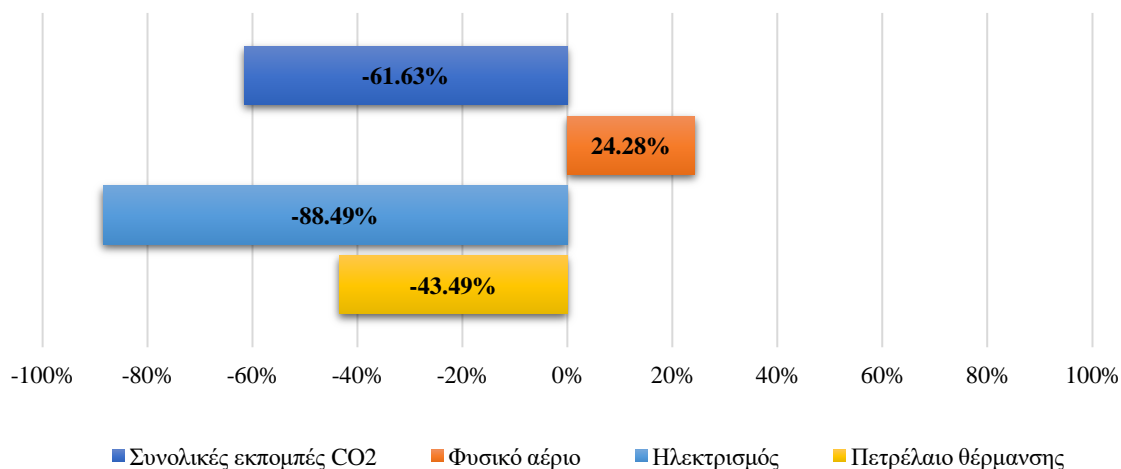
Τα παραπάνω επιβεβαιώνονται και στα δύο διαγράμματα που ακολουθούν (*Διάγραμμα 5.16* και *Διάγραμμα 5.17*). Εκεί γίνεται αντιληπτό πως, παρόλο που στο βασικό σενάριο οι εκπομπές οι οποίες προέρχονται από την καύση φυσικού αερίου αυξάνονται κατά **80,73%** και στο σενάριο πολιτικής μόλις **24,28%**, και παράλληλα η μείωση στις εκπομπές των άλλων δύο τεχνολογιών είναι στα ίδια επίπεδα, η μείωση των συνολικών εκπομπών διαφέρει μόνο κατά 2,5 ποσοστιαίες μονάδες.

**Μεταβολή εκπομπών CO₂ ανά καύσιμο 2021-2040
(Βασικό σενάριο)**



Διάγραμμα 5.16. Ποσοστιαία μεταβολή εκπομπών CO₂ ανά καύσιμο (και συνολικά) για την περίοδο 2021-2040 στο Βασικό σενάριο: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης

**Μεταβολή εκπομπών CO₂ ανά καύσιμο 2021-2040
(Σενάριο πολιτικής)**



Διάγραμμα 5.17. Ποσοστιαία μεταβολή εκπομπών CO₂ ανά καύσιμο (και συνολικά) για την περίοδο 2021-2040 στο Σενάριο πολιτικής: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης

5.7 Προβλεπόμενες χρεώσεις για τους καταναλωτές

Ένα άλλο πολύ σημαντικό κομμάτι που χρήζει ανάλυσης είναι οι πιθανές χρεώσεις, που θα προκύψουν για τους καταναλωτές, και η σύγκρισή τους κατά τα δύο εξεταζόμενα σενάρια. Οι εκτιμήσεις αυτών γίνονται με κριτήριο τρεις παράγοντες:

- Ο πρώτος έχει σχέση με την αναφορά που έγινε στην ενότητα **4.3** για πιθανή εισαγωγή Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών στον οικιακό τομέα. Τα δύο σενάρια εξέλιξης της τιμής αδείας εκπομπών διερευνούν, το μεν πρώτο την περίπτωση σταθερής τιμής ίσης με **30€/tnCO₂** καθ' όλη τη διάρκεια της μετάβασης και το δε δεύτερο τη σταδιακή αύξησή της από **30€/tnCO₂** το 2021 έως **100€/tnCO₂** το 2040.
- Ο δεύτερος παράγοντας που λαμβάνεται υπόψη είναι το κόστος παρεμβάσεων που θα προκύψει από τις αλλαγές τεχνολογιών που συντελούνται καθ' όλη τη διάρκεια της μετάβασης. Δηλαδή την εγκατάσταση των νέων καυστήρων φυσικού αερίου και αντλιών θερμότητας, αλλά και από το κόστος των ανακαινίσεων που εκτελούνται κάθε χρόνο.
- Τελευταίο στοιχείο που εξετάζεται είναι το συνολικό κόστος των καυσίμων. Για να βρεθεί αυτό, λαμβάνεται υπόψη η συνολική κατανάλωση των καυσίμων (πετρέλαιο, φυσικό αέριο, ηλεκτρισμός) καθώς και το αντίστοιχο κόστος ενέργειας όπως αυτό εκτιμήθηκε και δείχνει ο **Πίνακας 4.23**. Το κόστος της βιομάζας δε συνυπολογίζεται διότι είναι σταθερό και ίσο και στα δύο σενάρια, οπότε δεν επηρεάζει τη σύγκριση.

Επομένως, για τα δύο σενάρια θα προκύψουν ένα προβλεπόμενο συνολικό κόστος για σταθερή τιμή εκπομπών ίση με 30€/tnCO₂ και ένα για τιμή εκπομπών που αυξάνεται από τα 30€/tnCO₂ στα 50€/tnCO₂ και μετέπειτα στα 100€/tnCO₂.

5.7.1 Πιθανό κόστος εκπομπών: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας

- Για σταθερή τιμή εκπομπών ίση με 30€/tnCO₂:

Στους δύο παρακάτω πίνακες (Πίνακας 5.13 και Πίνακας 5.14) καταγράφονται, για τα δύο σενάρια αντίστοιχα, η ανά πενταετία εξέλιξη του συνολικού κόστους εκπομπών όπως αυτή προέκυψε από το άθροισμα του κόστους εκπομπών όλων των καυσίμων.

Πίνακας 5.13. Συνολικό κόστος εκπομπών ανά πενταετία στο Βασικό σενάριο για σταθερή τιμή εκπομπών 30€/tnCO₂: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας

Βασικό σενάριο	2021	2025	2030	2035	2040
<i>Κόστος εκπομπών(€)</i> (για “ETS” = 30€/tnCO ₂)	272.405.287	213.639.551	141.545.674	123.709.306	110.666.723

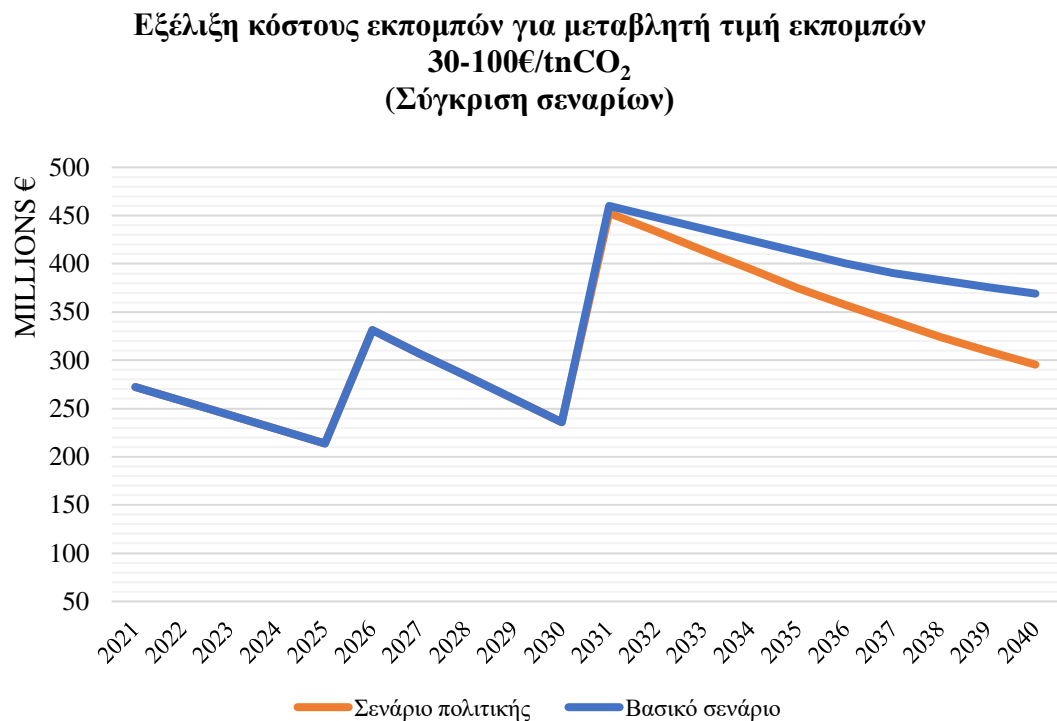
Πίνακας 5.14. Συνολικό κόστος εκπομπών ανά πενταετία στο Σενάριο πολιτικής για σταθερή τιμή εκπομπών 30€/tnCO₂: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας

Σενάριο πολιτικής	2021	2025	2030	2035	2040
<i>Κόστος εκπομπών (€)</i> (για “ETS” = 30€/tnCO ₂)	272.405.287	213.639.551	141.545.674	112.287.113	88.559.024

Η πορεία του συνολικού κόστους εκπομπών, με σταθερή τιμή αδείας, είναι ίδια με την εξέλιξη του ανθρακικού αποτυπώματος των δύο σεναρίων που καταγράφηκε στην παράγραφο 5.5. Δηλαδή ίδια μέχρι το 2030 και στη συνέχεια πτωτική για το σενάριο πολιτικής λόγω της διαφορετικής στρατηγικής που ακολουθείται.

- Για αυξανόμενη τιμή εκπομπών από 30€/tnCO₂ έως 100€/tnCO₂:

Το Διάγραμμα 5.18 δείχνει την πιθανή εξέλιξη του συνολικού κόστους εκπομπών καθ' όλη τη διάρκεια της ενεργειακής μετάβασης καθώς η τιμή τους αυξάνεται από τα 30€/tnCO₂ (2021-2025), στα 50€/tnCO₂ (2026-2030) και τέλος στα 100€/tnCO₂ (2031-2040).



Διάγραμμα 5.18. Σύγκριση σεναρίων σχετικά με την εξέλιξη του συνολικού κόστους εκπομπών CO₂ την περίοδο 2021-2040 για μεταβλητή τιμή εκπομπών 30-100€/tnCO₂: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας

Σε αυτήν την περίπτωση η γενική εικόνα είναι πως το κόστος εκπομπών ακολουθεί πτωτική πορεία (λόγω της εξέλιξης του ανθρακικού αποτυπώματος), σημειώνοντας δύο τοπικά μέγιστα τα έτη 2026 και 2031 λόγω της αύξησης της τιμής αδείας εκπομπών εκείνες τις χρονιές. Επιπλέον, από το 2031 μέχρι το τέλος της μετάβασης στο σενάριο πολιτικής οι μειώσεις του κόστους είναι μεγαλύτερες λόγω του

εξηλεκτρισμού που πραγματοποιείται αυτήν την περίοδο και την ταυτόχρονη μείωση του συντελεστή εκπομπών του ηλεκτρισμού (**Πίνακας 4.20**).

5.7.2 Κόστος παρεμβάσεων: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας

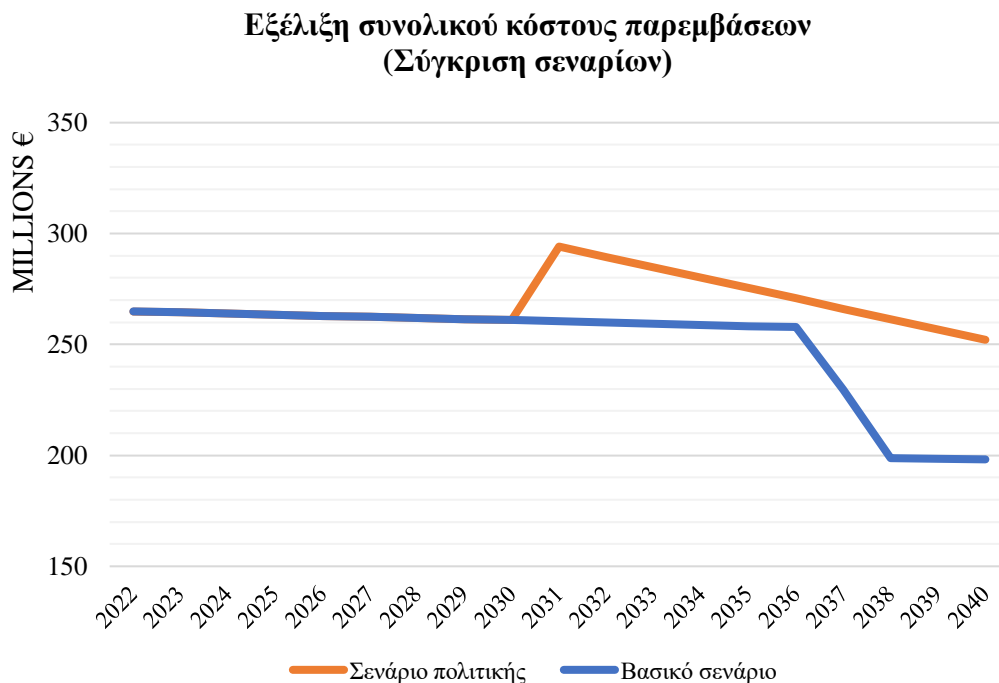
Οι παρεμβάσεις που πραγματοποιούνται και αυξάνουν το συνολικό κόστος της μετάβασης είναι η εγκατάσταση λεβήτων φυσικού αερίου, η εγκατάσταση μονάδων αντλιών θερμότητας και οι ετήσιες προγραμματισμένες ανακαινίσεις κατοικιών. Το επενδυτικό κόστος των παραπάνω αλλά και οι προβλεπόμενες ετήσιες μειώσεις τους έχουν καταγραφεί στις παραδοχές της υπό-ενότητας 4.4.2 (**Πίνακας 4.22**). Σύμφωνα με τα παραπάνω, προκύπτουν ο *Πίνακας 5.15* και ο *Πίνακας 5.16* για τα δύο σενάρια ξεχωριστά (ανά πενταετία) και το συγκριτικό *Διάγραμμα 5.19*:

Πίνακας 5.15. Συνολικό κόστος παρεμβάσεων ανά πενταετία στο Βασικό σενάριο: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας

Βασικό σενάριο	2022	2025	2030	2035	2040
<i>Κόστος παρεμβάσεων (€)</i>	264.907.763	263.431.474	260.970.991	258.300.404	198.205.582

Πίνακας 5.16. Συνολικό κόστος παρεμβάσεων ανά πενταετία στο Σενάριο πολιτικής: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας

Σενάριο πολιτικής	2022	2025	2030	2035	2040
<i>Κόστος παρεμβάσεων (€)</i>	264.907.763	263.431.474	260.970.991	275.450.371	252.105.000



Διάγραμμα 5.19. Σύγκριση σεναρίων σχετικά με την εξέλιξη του συνολικού κόστους παρεμβάσεων την περίοδο 2022-2040: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας

Αυτό που εντοπίζεται στους παραπάνω πίνακες και στο διάγραμμα είναι πως μέχρι το 2030 το ετήσιο κόστος των παρεμβάσεων παραμένει ίδιο για τα δύο σεναρία και μειώνεται με σταθερό ρυθμό ύψους περίπου **0,2%** (ή 492.097€ ετησίως) λόγω της προβλεπόμενης μείωσης της τιμής των μονάδων.

Η ομαλή μείωση στο κόστος των παρεμβάσεων συνεχίζεται στο βασικό σενάριο μέχρι το 2036, πέφτοντας αρκετά το 2037 (**10,91%** μείωση) με τη μετατροπή των εναπομεινάντων καυστήρων πετρελαίου σε φυσικού αερίου, οι οποίες από το 2038 σταματάνε εξ' ολοκλήρου. Χρονιά κατά την οποία σημειώνεται και η μεγαλύτερη απόκλιση στο ετήσιο κόστος των δύο σεναρίων.

Από την άλλη, στο σενάριο πολιτικής, παρατηρείται υψηλή αύξηση το 2031, της τάξης του **12,70%** η οποία οφείλεται στο μεγάλο αριθμό αντλιών θερμότητας που αρχίζουν να εγκαθίστανται από εκείνη τη χρονιά και έπειτα, ακολουθώντας φθίνουσα πορεία μέχρι το τέλος της μετάβασης, με το συνολικό κόστος παρεμβάσεων για τα νοικοκυριά της Περιφέρειας να φτάνει το 2040 στα **252.105.000€**, ενώ στο βασικό σενάριο περιορίζεται στα **198.205.582€**.

5.7.3 Συνολικό κόστος καυσίμων: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας

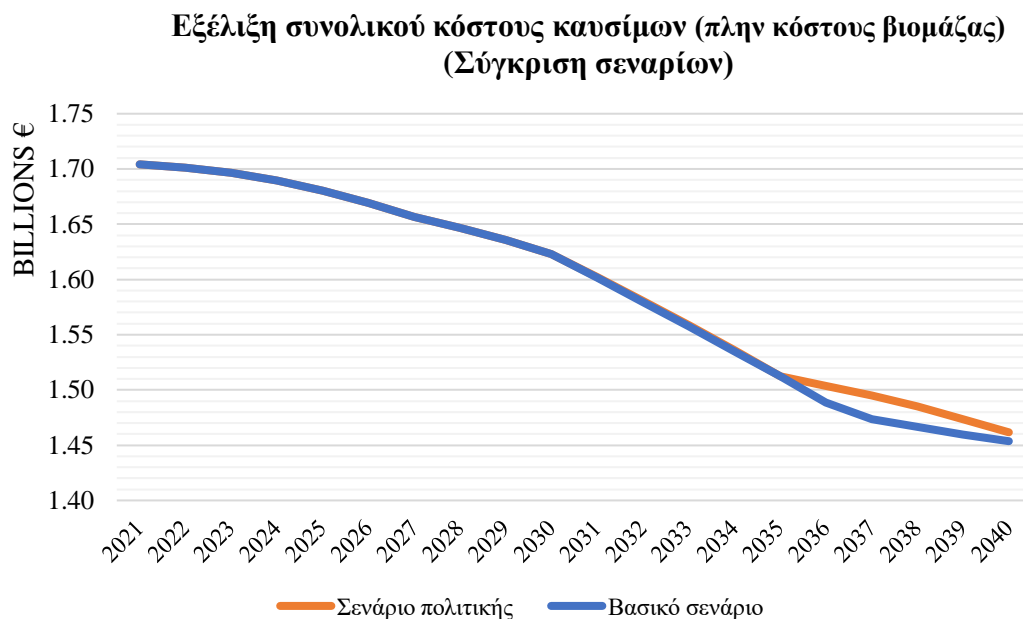
Ο υπολογισμός του συνολικού κόστους καυσίμων γίνεται με τον τρόπο που περιγράφηκε στην ενότητα **5.7** και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες (*Πίνακας 5.17* και *Πίνακας 5.18*) και στο *Διάγραμμα 5.20* όπου αποτυπώνεται και η διαφορά μεταξύ των δύο σεναρίων:

Πίνακας 5.17. Συνολικό κόστος καυσίμων (πλην κόστους βιομάζας) ανά πενταετία στο Βασικό σενάριο: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας

Βασικό σενάριο	2021	2025	2030	2035	2040
<i>Κόστος καυσίμων (€)</i>	1.704.194.655	1.680.543.919	1.622.730.543	1.512.168.125	1.453.610.971

Πίνακας 5.18. Συνολικό κόστος καυσίμων (πλην κόστους βιομάζας) ανά πενταετία στο Σενάριο πολιτικής: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας

Σενάριο πολιτικής	2021	2025	2030	2035	2040
<i>Κόστος καυσίμων (€)</i>	1.704.194.655	1.680.543.919	1.622.730.543	1.512.225.874	1.461.658.264



Διάγραμμα 5.20. Σύγκριση σεναρίων σχετικά με την εξέλιξη του συνολικού κόστους καυσίμων την περίοδο 2021-2040: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας

Είναι εμφανές πως το συνολικό κόστος καυσίμων ακολουθεί φθίνουσα πορεία καθ' όλη τη διάρκεια της μετάβασης, δίχως να εμφανίζει έντονες μεταβολές. Από την αρχή της μετάβασης, μέχρι και το 2035 το συνολικό κόστος που προέρχεται από την κατανάλωση των καυσίμων -εκτός από αυτό της βιομάζας, το οποίο διατηρείται ίδιο και στα δύο σεναρια- κυμαίνεται σε ίδια επίπεδα, με πολύ μικρές διαφορές να εμφανίζονται από το 2031 και μετά. Συγκεκριμένα το 2021 τα νοικοκυριά της Κεντρικής Μακεδονίας «χρεώνονται» συνολικά από την κατανάλωση καυσίμων με το ποσό των **1.704.194.655€**, το οποίο πέφτει στα **1.622.730.543€** το 2030, ενώ από το 2031 μέχρι το 2035 οι αποκλίσεις στο κόστος μεταξύ των δύο σεναρίων είναι μικρότερες του 1,2εκ.€. Ωστόσο, από το 2036 μέχρι το 2040, οι διαφορές που εντοπίζονται στο συνολικό κόστος καυσίμων ανάμεσα στα δύο σεναρία είναι πιο εμφανείς (**Διάγραμμα 5.20**) αφού κυμαίνονται στα 8-22εκ.€ ετησίως, με αυτές του βασικού σεναρίου να διατηρούνται σε χαμηλότερα επίπεδα.

5.7.4 Συνολικό κόστος σεναρίων: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας

Για τη σύγκριση και την εξαγωγή των απαραίτητων συμπερασμάτων αναφορικά με το συνολικό κόστος των δύο σεναρίων, αθροίζονται όλες οι παραπάνω επιμέρους χρεώσεις που προκύπτουν για τα νοικοκυριά ετησίως. Η σύγκριση πραγματοποιείται εξετάζοντας τις δύο διαφορετικές περιπτώσεις όπου στη μεν η τιμή εμπορίας αδειών είναι σταθερή και ίση με 30€/tnCO₂, και στην άλλη αυξάνεται σταδιακά μέχρι τα 100€/tnCO₂.

- Για σταθερή τιμή εκπομπών ίση με 30€/tnCO₂:

Ο Πίνακας 5.19 και ο Πίνακας 5.20 παρουσιάζουν το συνολικό κόστος του βασικού σεναρίου και του σεναρίου πολιτικής αντίστοιχα, ανά πενταετία, στην περίπτωση σταθερής τιμής αδειάς εκπομπών, ενώ η συνολική του πορεία για όλη την εξεταζόμενη περίοδο φαίνεται στο συγκριτικό Διάγραμμα 5.21.

Πίνακας 5.19. Συνολικό κόστος Βασικού σεναρίου ανά πενταετία για σταθερή τιμή εκπομπών 30€/tnCO₂ : Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας

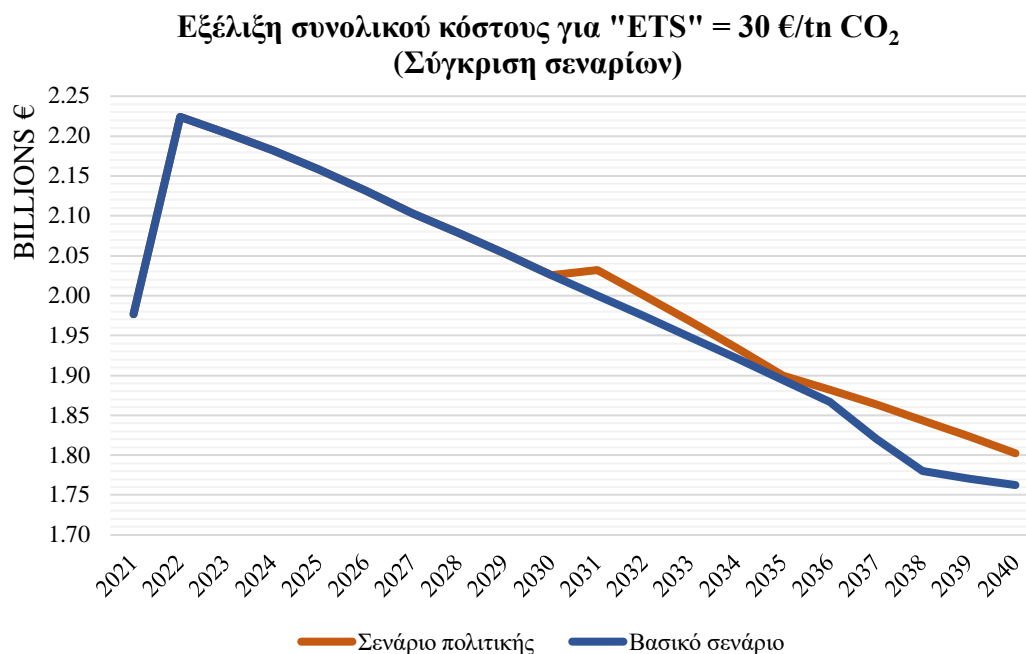
Βασικό

σενάριο	2021	2025	2030	2035	2040
<i>Συνολικό κόστος (€)</i>	1.976.599.943	2.157.614.944	2.025.247.208	1.894.177.836	1.762.483.275

Πίνακας 5.20. Συνολικό κόστος Σεναρίου πολιτικής ανά πενταετία για σταθερή τιμή εκπομπών 30€/tnCO₂: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας

Σενάριο

πολιτικής	2021	2025	2030	2035	2040
<i>Συνολικό κόστος (€)</i>	1.976.599.943	2.157.614.944	2.025.247.208	1.899.963.358	1.802.322.288



Διάγραμμα 5.21. Σύγκριση σεναρίων σχετικά με την εξέλιξη του συνολικού κόστους την περίοδο 2021-2040, για σταθερή τιμή εκπομπών 30€/tnCO₂: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας

Αρχικά, όπως είναι λογικό, διαπιστώνεται πτωτική τάση στο συνολικό κόστος και στα δύο σεναρία στο μεγαλύτερο μέρος της μετάβασης, ενώ από το 2021 μέχρι το 2030 το συνολικό κόστος είναι ίδιο και στα δύο. Τα δύο σημεία στα οποία το κόστος αυξάνεται είναι το 2022, όπου από τα **1.976.599.943€** του 2021 ανεβαίνει στα **2.224.025.551€**. Αυτό συμβαίνει διότι τότε διεξάγονται οι πρώτες παρεμβάσεις και στα δύο σεναρία (καθώς ο 2021 είναι η χρονιά-βάση της μελέτης) και το 2031 στο σεναριο πολιτικής όπου -όπως σχολιάστηκε και στην υπό-ενότητα **5.7.2-** ξεκινάνε οι μαζικές εγκαταστάσεις αντλιών θερμότητας, αυξάνοντας κατά πολύ το κόστος παρεμβάσεων. Από το σημείο αυτό, μέχρι το 2040 το συνολικό κόστος του σεναρίου πολιτικής είναι μεγαλύτερο κάθε χρονιά. Συγκεκριμένα από το 2031 μέχρι το 2035 η διαφορά του συνολικού κόστους συνεχώς πέφτει, κυρίως λόγω του κόστους εκπομπών του σεναρίου πολιτικής το οποίο κάθε χρόνο

ελαττώνεται όλο και περισσότερο σε σχέση με το βασικό, από το 2031 κι έπειτα. Στη συνέχεια η διαφορά ανοίγει και πάλι, κυρίως λόγω των τελευταίων εγκαταστάσεων φυσικού αερίου που διενεργούνται στο βασικό σενάριο και στη συνέχεια την παύση αυτών, καταλήγοντας το 2040 το ετήσιο συνολικό κόστος των δύο σεναρίων να υπολογίζεται στα **1.762.483.275€** για το βασικό σενάριο και **1.802.322.288€** για το σενάριο πολιτικής.

Από τον υπολογισμό του συνολικού κόστους των δύο σεναρίων σε ετήσια βάση, προκύπτει και το σωρευτικό συνολικό κόστος για όλη τη διάρκεια της μετάβασης που υπολογίζεται στα **39.872.852.747€** για το βασικό σενάριο και στα **40.183.715.723€** για το σενάριο πολιτικής. Διαφορά της τάξης των **310.862.977€**, όχι ιδιαίτερα μεγάλη, αν αναλογιστούμε πως αντιστοιχεί σε 471€ επιπλέον ανά νοικοκυριό αθροιστικά για τα 20 έτη ή σε 24€ επιπλέον ανά νοικοκυριό ετησίως.

- Για αυξανόμενη τιμή εκπομπών από 30€/tnCO₂ έως 100€/tnCO₂:

Το συνολικό κόστος των σεναρίων, ανά πενταετία, στην περίπτωση που η τιμή αδειας εκπομπών CO₂ αυξάνεται σταδιακά είναι αυτό που δείχνουν ο Πίνακας 5.21 και ο Πίνακας 5.22, ενώ η εξέλιξή του στο σύνολο της ενεργειακής μετάβασης φαίνεται στο Διάγραμμα 5.22, στο οποίο αποτυπώνεται και η σύγκριση των δύο σεναρίων ως προς αυτό.

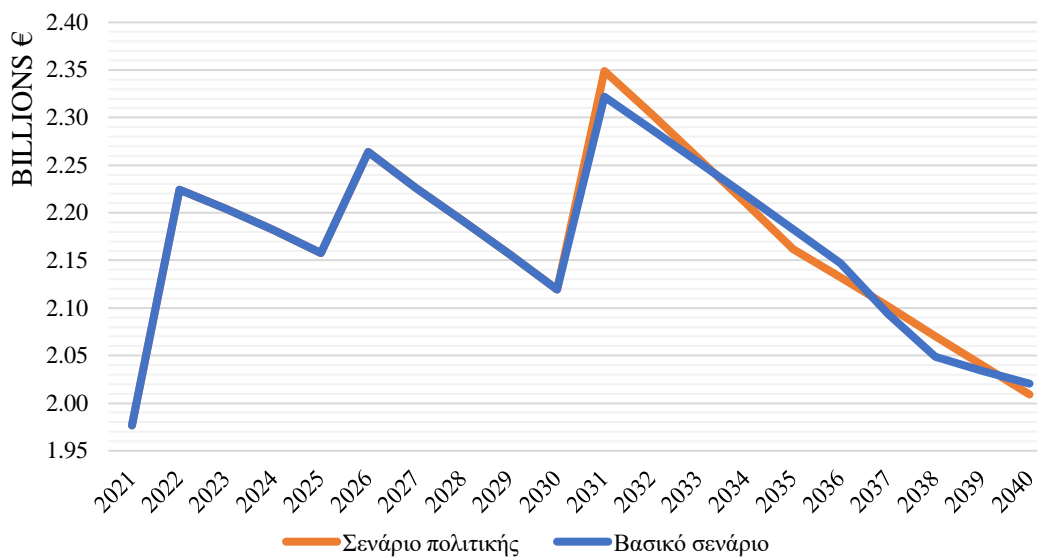
Πίνακας 5.21. Συνολικό κόστος Βασικού σεναρίου ανά πενταετία για μεταβλητή τιμή εκπομπών 30-100€/tnCO₂: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας

Βασικό σενάριο	2021	2025	2030	2035	2040
Συνολικό κόστος (€)	1.976.599.943	2.157.614.944	2.119.610.990	2.182.832.885	2.020.705.628

Πίνακας 5.22. Συνολικό κόστος Σεναρίου πολιτικής ανά πενταετία για μεταβλητή τιμή εκπομπών 30-100€/tnCO₂: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας

Σενάριο πολιτικής	2021	2025	2030	2035	2040
Συνολικό κόστος (€)	1.976.599.943	2.157.614.944	2.119.610.990	2.161.966.621	2.008.960.011

Εξέλιξη συνολικού κόστους για "ETS" = 30-100 €/tn CO₂ (Σύγκριση σεναρίων)



Διάγραμμα 5.22. Σύγκριση σεναρίων σχετικά με την εξέλιξη του συνολικού κόστους την περίοδο 2021-2040, για μεταβλητή τιμή εκπομπών 30-100€/tnCO₂: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας

Εδώ, το ετήσιο συνολικό κόστος έχει και πάλι πτωτική πορεία παρουσιάζοντας τρία τοπικά μέγιστα. Το 2022 όπου εισέρχεται για πρώτη φορά το κόστος παρεμβάσεων, το 2026 κατά την αύξηση της τιμής εκπομπών από 30€/tnCO₂ σε 50€/tnCO₂ και το 2031 με την τελευταία αύξηση της τιμής σε 100€/tnCO₂.

Πιο αναλυτικά, τα δύο σενάρια διατηρούν ίδιο κόστος μέχρι το 2030, όπου είναι ίσο με **2.119.610.990€**, με τις χρεώσεις το 2031 στο σενάριο πολιτικής, να ξεπερνάνε κατά σχεδόν 30εκ.€ αυτές του βασικού σεναρίου, λόγω του μεγάλου όγκου αντλιών θερμότητας που εγκαθίστανται, φτάνοντας τα **2.348.897.827€**. Από εκεί και μέχρι το 2035, η μείωση του κόστους στο σενάριο πολιτικής γίνεται με υψηλότερο ρυθμό, καταφέροντας την τριετία 2034-2035-2036 να χρεώνει λιγότερο τα νοικοκυριά της Κεντρικής Μακεδονίας σε σχέση με το βασικό σενάριο, κυρίως χάρις στο αρκετά χαμηλότερο κόστος εκπομπών λόγω εξηλεκτρισμού. Την ερχόμενη τριετία, το ετήσιο συνολικό κόστος στο βασικό σενάριο μειώνεται αρκετά, λόγω της διακοπής αλλαγών τεχνολογίας από πετρέλαιο σε φυσικό αέριο, ενώ το 2040 καταλήγει και πάλι το σενάριο πολιτικής να απαιτεί λιγότερα από τους καταναλωτές, χρεώνοντας το σύνολο της Περιφέρειας με **2.008.960.011€**, ενώ το βασικό σενάριο με **2.020.705.628€**. Για το γεγονός αυτό οφείλεται και πάλι η στρατηγική του εξηλεκτρισμού, καθώς το ενεργειακό του κόστος -αν και μεγαλύτερο από το φυσικό αέριο (**Πίνακας 4.23**)- συνεχώς μειώνεται, σε αντίθεση με των άλλων καυσίμων, ενώ παράλληλα το κόστος εκπομπών του σεναρίου πολιτικής αυξάνει συνεχώς τη διαφορά του από το αντίστοιχο του βασικού σεναρίου (**Διάγραμμα 5.18**).

Τέλος, σε αυτή την περίπτωση, η διαφορά του αθροιστικού συνολικού κόστους για όλη τη διάρκεια της μετάβασης είναι πολύ μικρότερη, αφού υπολογίζεται στα **43.309.707.793€** για το βασικό σενάριο και στα **43.336.811.979€** για το σενάριο πολιτικής, ίση δηλαδή με **27.104.186€**. Διαφορά που ισοδυναμεί με 41€ επιπλέον ανά νοικοκυριό για τα 20 έτη ή 2€ επιπλέον ανά νοικοκυριό ετησίως.

5.7.5 Πιθανό κόστος εκπομπών: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης

- Για σταθερή τιμή εκπομπών ίση με 30€/tnCO₂:

Ο Πίνακας 5.23 και ο Πίνακας 5.24 παρουσιάζουν, για τα δύο σενάρια αντίστοιχα, την ανά πενταετία εξέλιξη του συνολικού κόστους εκπομπών όπως αυτό προέκυψε από το άθροισμα του κόστους εκπομπών όλων των καυσίμων.

Πίνακας 5.23. Συνολικό κόστος εκπομπών στο Βασικό σενάριο για σταθερή τιμή εκπομπών 30€/tnCO₂: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης

Βασικό σενάριο	2021	2025	2030	2035	2040
<i>Κόστος εκπομπών (€) (για "ETS" = 30€/tnCO₂)</i>	102.916.990	80.982.844	53.380.804	47.235.474	42.012.001

Πίνακας 5.24. Συνολικό κόστος εκπομπών στο Σενάριο πολιτικής για σταθερή τιμή εκπομπών 30€/tnCO₂: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης

Σενάριο πολιτικής	2021	2025	2030	2035	2040
<i>Κόστος εκπομπών (€) (για "ETS" = 30€/tnCO₂)</i>	102.916.990	80.982.844	53.380.804	45.821.197	39.491.235

Η πορεία του συνολικού κόστους εκπομπών, με σταθερή τιμή αδείας, είναι ίδια με την εξέλιξη του ανθρακικού αποτυπώματος των δύο σεναρίων που καταγράφηκε στην παράγραφο 5.6. Δηλαδή ίδια μέχρι το 2030 και στη συνέχεια πτωτική για το σενάριο πολιτικής λόγω της διαφορετικής στρατηγικής που ακολουθείται. Ωστόσο η διαφορά δεν είναι σε υψηλά επίπεδα λόγω του σχετικά μικρού αριθμού αντλιών θερμότητας που εγκαθίστανται από το 2031 και έπειτα στο σενάριο πολιτικής (Πίνακας 4.27).

- Για αυξανόμενη τιμή εκπομπών από 30€/tnCO₂ έως 100€/tnCO₂:

Στο *Διάγραμμα 5.23* αντικατοπτρίζεται η πιθανή εξέλιξη του συνολικού κόστους εκπομπών καθ' όλη τη διάρκεια της ενεργειακής μετάβασης καθώς η τιμή τους αυξάνεται από τα 30€/tnCO₂ (2021-2025), στα 50€/tnCO₂ (2026-2030) και τέλος στα 100€/tnCO₂ (2031-2040).



Διάγραμμα 5.23. Σύγκριση σεναρίων σχετικά με την εξέλιξη του συνολικού κόστους εκπομπών CO₂ την περίοδο 2021-2040 για μεταβλητή τιμή εκπομπών 30-100€/tnCO₂: Περιφέρεια Ανατολικής-Μακεδονίας Θράκης

Σε αυτήν την περίπτωση το κόστος εκπομπών ακολουθεί πτωτική πορεία (λόγω της εξέλιξης του ανθρακικού αποτυπώματος) σε όλη τη διάρκεια της μετάβασης, σημειώνοντας δύο τοπικά μέγιστα τα έτη 2026 και 2031 λόγω της αύξησης της τιμής αδείας εκπομπών εκείνες τις χρονιές. Από το 2031 μέχρι το τέλος της μετάβασης στο σενάριο πολιτικής οι μειώσεις του κόστους είναι μεγαλύτερες λόγω του

εξηλεκτρισμού που πραγματοποιείται αυτήν την περίοδο και την ταυτόχρονη μείωση του συντελεστή εκπομπών του ηλεκτρισμού (**Πίνακας 4.20**), ωστόσο όχι σε τόσο μεγάλο βαθμό λόγω της σχετικά μικρής διείσδυσης καυστήρων φυσικού αερίου στα νοικοκυριά της Περιφέρειας.

5.7.6 Κόστος παρεμβάσεων: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης

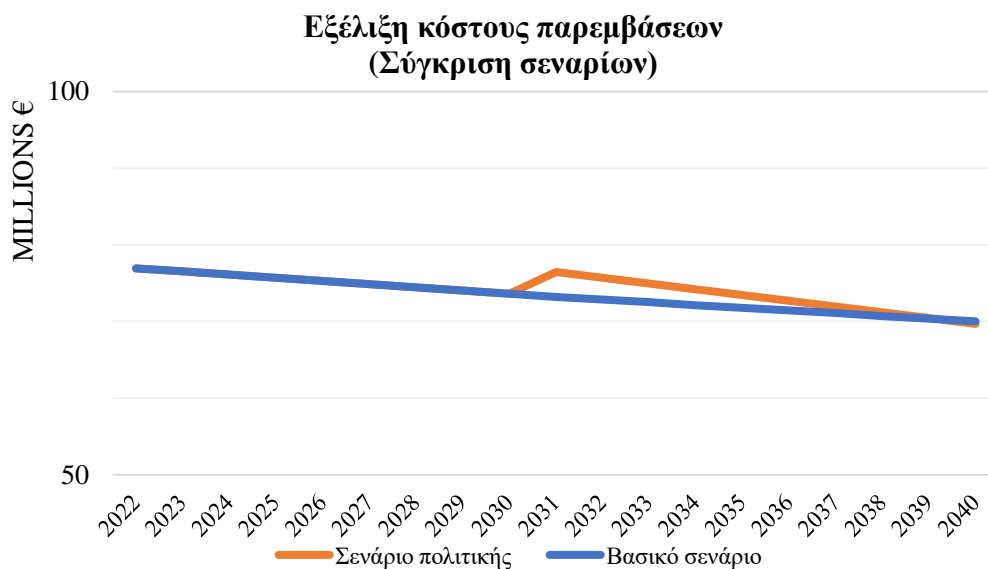
Το επενδυτικό κόστος των παρεμβάσεων (εγκατάσταση λεβήτων φυσικού αερίου, εγκατάσταση μονάδων αντλιών θερμότητας και ανακαινίσεις) αλλά και οι προβλεπόμενες ετήσιες μειώσεις τους είναι αυτές που παρουσιάζουν οι παραδοχές της υπό-ενότητας **4.4.2** και συγκεκριμένα ο **Πίνακας 4.22**. Σύμφωνα με τα παραπάνω, προκύπτουν ο *Πίνακας 5.25* και ο *Πίνακας 5.26* για τα δύο σενάρια ξεχωριστά (ανά πενταετία) και το συγκριτικό *Διάγραμμα 5.24*:

Πίνακας 5.25. Συνολικό κόστος παρεμβάσεων στο Βασικό σενάριο: Περιφέρεια Ανατολικής-Μακεδονίας Θράκης

Βασικό σενάριο	2022	2025	2030	2035	2040
<i>Κόστος παρεμβάσεων (€)</i>	76.933.002	75.698.197	75.576.453	71.807.104	70.030.251

Πίνακας 5.26. Συνολικό κόστος παρεμβάσεων στο Σενάριο πολιτικής: Περιφέρεια Ανατολικής-Μακεδονίας Θράκης

Σενάριο πολιτικής	2022	2025	2030	2035	2040
<i>Κόστος παρεμβάσεων (€)</i>	76.933.002	75.698.197	75.576.453	73.456.173	69.696.370



Διάγραμμα 5.24. Σύγκριση σεναρίων σχετικά με την εξέλιξη του συνολικού κόστους παρεμβάσεων την περίοδο 2022-2040: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης

Αυτό που εντοπίζεται στους παραπάνω πίνακες και στο διάγραμμα είναι πως μέχρι το 2030 το ετήσιο κόστος των παρεμβάσεων παραμένει ίδιο για τα δύο σεναρία και μειώνεται με σταθερό ρυθμό ύψους περίπου **0,5%** (ή 411.602€ ετησίως) λόγω της προβλεπόμενης μείωσης της τιμής των μονάδων. Ρυθμό με τον οποίο συνεχίζεται η μείωση του κόστους παρεμβάσεων στο βασικό σενάριο μέχρι το τέλος της μετάβασης, με πολύ μικρές αποκλίσεις. Από την άλλη, στο σενάριο πολιτικής, παρατηρείται μια αύξηση στο κόστος το 2031, της τάξης του **3,8%** η οποία οφείλεται στην ποσότητα των αντλιών θερμότητας που αρχίζουν να εγκαθίστανται από εκείνη τη χρονιά και έπειτα. Η μεταβολή δεν είναι πολύ υψηλή λόγω του όχι τόσο μεγάλου αριθμού επιπλέον αντλιών που εισέρχονται στο σύστημα (υποκαθιστώντας τους λέβητες Φ.Α.). Στη συνέχεια ακολουθεί φθίνουσα πορεία μέχρι το τέλος της μετάβασης, με το κόστος παρεμβάσεων της Περιφέρειας το 2040 να φτάνει στα **69.696.370€**, κόστος κατ'άι μικρότερο σε σχέση με το βασικό σενάριο όπου ανέρχεται στα **70.030.251€**.

5.7.7 Συνολικό κόστος καυσίμων: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης

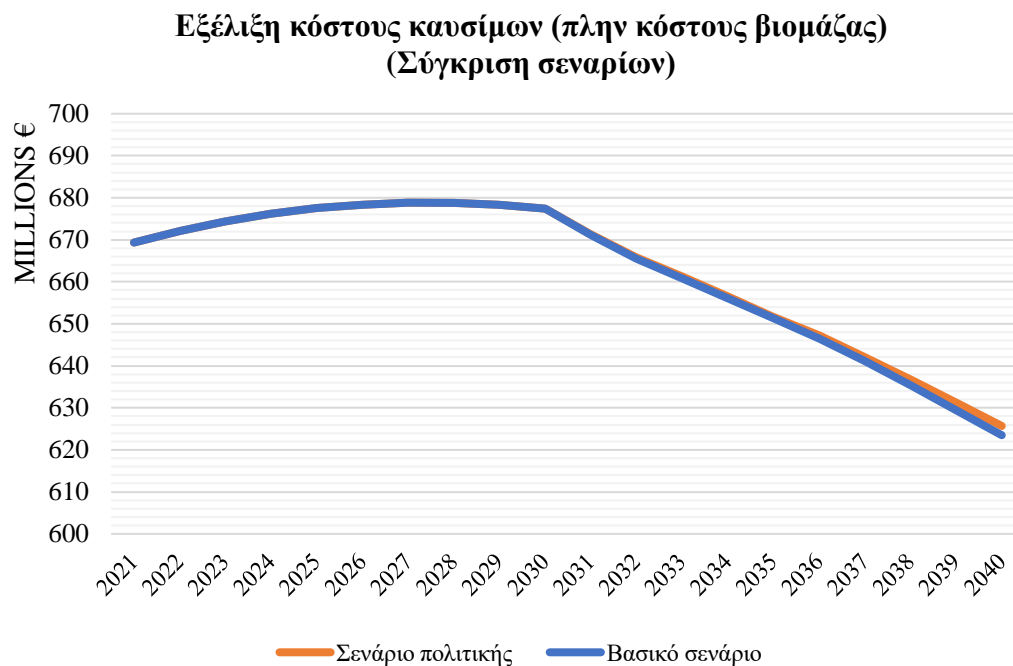
Ο υπολογισμός του συνολικού κόστους καυσίμων γίνεται με τον τρόπο που περιγράφηκε στην ενότητα 5.7, με τα αποτελέσματα να είναι αυτά που παρουσιάζουν ο Πίνακας 5.27 και ο Πίνακας 5.28, ενώ στο Διάγραμμα 5.25 αποτυπώνεται και η διαφορά μεταξύ των δύο σεναρίων.

Πίνακας 5.27. Συνολικό κόστος καυσίμων στο Βασικό σενάριο: Περιφέρεια Ανατολικής-Μακεδονίας Θράκης

<i>Βασικό σενάριο</i>	2021	2025	2030	2035	2040
<i>Κόστος καυσίμων (€)</i>	669.306.342	677.503.370	677.376.396	651.349.490	623.482.121

Πίνακας 5.28. Συνολικό κόστος καυσίμων στο Σενάριο πολιτικής: Περιφέρεια Ανατολικής-Μακεδονίας Θράκης

<i>Σενάριο πολιτικής</i>	2021	2025	2030	2035	2040
<i>Κόστος καυσίμων (€)</i>	669.306.342	677.503.370	677.376.396	651.609.272	625.683.074



Διάγραμμα 5.25. Σύγκριση σεναρίων σχετικά με την εξέλιξη του συνολικού κόστους καυσίμων την περίοδο 2021-2040: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης

Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρείται αυξητική τάση στο κόστος καυσίμων έως το 2027, ενώ την επόμενη τριετία ξεκινάει η πτωτική πορεία με πολύ χαμηλό ρυθμό, δίχως να υπάρχει κάποια διαφορά μεταξύ των σεναρίων μέχρι το 2030. Από το 2031 και έπειτα, μέχρι το τέλος της μετάβασης, το συνολικό κόστος καυσίμων -μη συμπεριλαμβανομένου αυτό της βιομάζας- μειώνεται με υψηλότερο ρυθμό, επηρεαζόμενο κυρίως από την υψηλή μείωση του ενεργειακού κόστους του πετρελαίου από τη χρονιά εκείνη, μιας και είναι το καύσιμο που καταναλώνεται στο μεγαλύτερο ποσοστό εκείνη την περίοδο. Συγκεκριμένα το 2021 τα νοικοκυριά της Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης «χρεώνονται» συνολικά από την κατανάλωση καυσίμων με το ποσό των **669.306.342€**, το οποίο φτάνει στα **677.376.396€** το 2030. Αξίζει να σημειωθεί πως από το 2031 και έπειτα η διαφορές στο κόστος καυσίμων των δύο σεναρίων είναι πολύ μικρές. Συγκεκριμένα είναι κάποιες εκατοντάδες χιλιάδες ευρώ, με

τη μέγιστη διαφορά τους στα 2εκ.€ να εντοπίζεται το 2040. Αριθμός πολύ μικρός, αφού αποτελεί περίπου το **0,32%** του συνολικού κόστους καυσίμου και των δύο εκείνη τη χρονιά.

5.7.8 Συνολικό κόστος σεναρίων: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης

Όλες οι παραπάνω επιμέρους χρεώσεις αθροίζονται με σκοπό να συγκριθούν και να εξαχθούν τα απαραίτητα συμπεράσματα αναφορικά με το συνολικό κόστος των δύο σεναρίων. Η σύγκριση πραγματοποιείται εξετάζοντας τις δύο διαφορετικές περιπτώσεις όπου στη μεν η τιμή εμπορίας αδειών είναι σταθερή και ίση με 30€/tnCO₂, και στην άλλη αυξάνεται σταδιακά μέχρι τα 100€/tnCO₂.

- Για σταθερή τιμή εκπομπών ίση με 30€/tnCO₂:

Το συνολικό κόστος του βασικού σεναρίου και του σεναρίου πολιτικής στην περίπτωση σταθερής τιμής αδειας εκπομπών ανά πενταετία είναι αυτό που καταδεικνύουν ο *Πίνακας 5.29* και ο

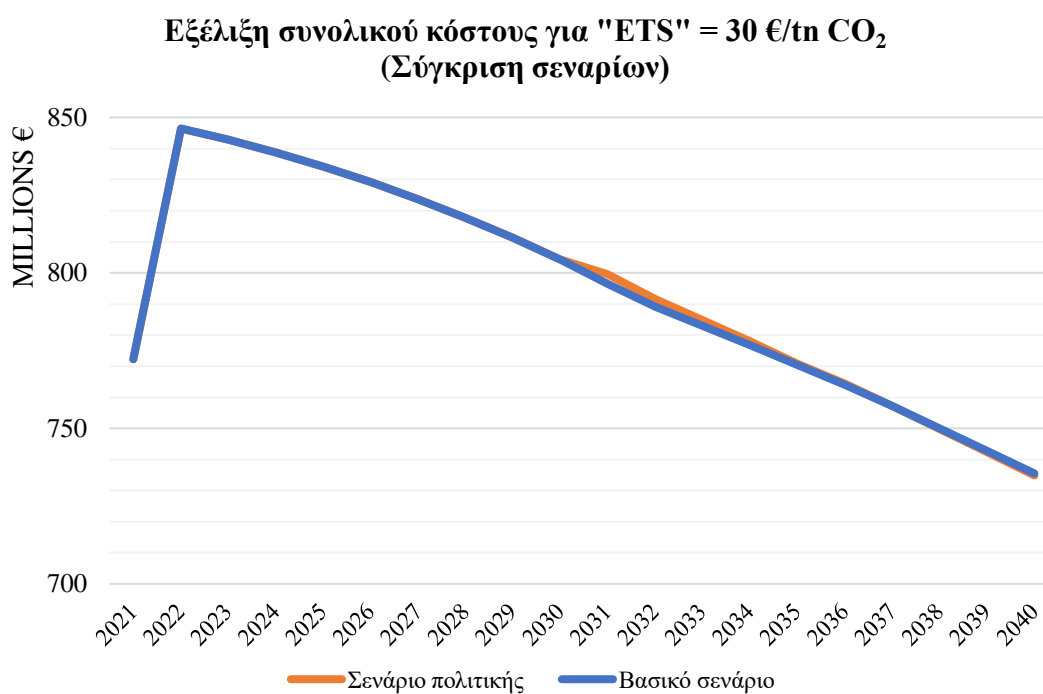
Πίνακας 5.30 αντίστοιχα, ενώ η συνολική του πορεία για όλη την εξεταζόμενη περίοδο φαίνεται στο συγκριτικό *Διάγραμμα 5.26*.

Πίνακας 5.29. Συνολικό κόστος Βασικού σεναρίου για σταθερή τιμή εκπομπών 30€/tnCO₂: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης

Βασικό σενάριο	2021	2025	2030	2035	2040
<i>Συνολικό κόστος (€)</i>	772.223.333	834.184.411	804.397.388	770.392.068	735.524.373

Πίνακας 5.30. Συνολικό κόστος Σεναρίου πολιτικής για σταθερή τιμή εκπομπών 30€/tnCO₂: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης

Σενάριο πολιτικής	2021	2025	2030	2035	2040
Συνολικό κόστος (€)	772.223.333	834.184.411	804.397.388	770.886.642	734.870.680



Διάγραμμα 5.26. Σύγκριση σεναρίων σχετικά με την εξέλιξη του συνολικού κόστους την περίοδο 2021-2040, για σταθερή τιμή εκπομπών 30€/tnCO₂: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης

Αρχικά, διαπιστώνεται πτωτική τάση στο συνολικό κόστος και στα δύο καθ' όλη τη διάρκεια της μετάβασης, εκτός από το 2022 όπου διεξάγονται οι πρώτες παρεμβάσεις και το συνολικό κόστος ανεβαίνει από τα **772.223.333€** στα **846.425.896€**. Παράλληλα, από το 2021 μέχρι το 2030 το συνολικό κόστος είναι ίδιο και στα δύο, ενώ από το 2031 μέχρι το 2040 οι διαφορές που σημειώνονται μεταξύ του συνολικού κόστους του βασικού σεναρίου

και του σεναρίου πολιτικής είναι πολύ μικρές, με το πρώτο να ζημιώνει λιγότερο τους καταναλωτές την περίοδο 2031-2036 και το δεύτερο την περίοδο 2037-2040. Συγκεκριμένα, η μεγαλύτερη διαφορά εμφανίζεται το 2031, με το σενάριο πολιτικής να χρεώνει κατά **3.110.369€** περισσότερο τα νοικοκυριά της Περιφέρειας, χρήματα που αντιστοιχούν στο **0,39%** του κόστους των δύο σεναρίων. Από την άλλη, η χρονιά που το βασικό σενάριο είναι πιο ασύμφορο είναι το 2040, όπου η διαφορά τους βρίσκεται στα **653.693€** (δηλαδή **0,09%** του συνολικού κόστους τους).

Τέλος, από τον υπολογισμό του συνολικού κόστους των δύο σεναρίων σε ετήσια βάση, προκύπτει και το συνολικό κόστος αθροιστικά για όλη τη διάρκεια της μετάβασης που υπολογίζεται στα **15.885.846.534€** για το βασικό σενάριο και στα **15.894.157.433€** για το σενάριο πολιτικής. Διαφορά πολύ μικρή, της τάξης των **8.310.899€**, που αντιστοιχεί σε 40€ επιπλέον ανά νοικοκυριό αθροιστικά για τα 20 έτη ή σε 2€ επιπλέον ανά νοικοκυριό ετησίως στο σενάριο πολιτικής.

- Για αυξανόμενη τιμή εκπομπών από 30€/tnCO₂ έως 100€/tnCO₂:

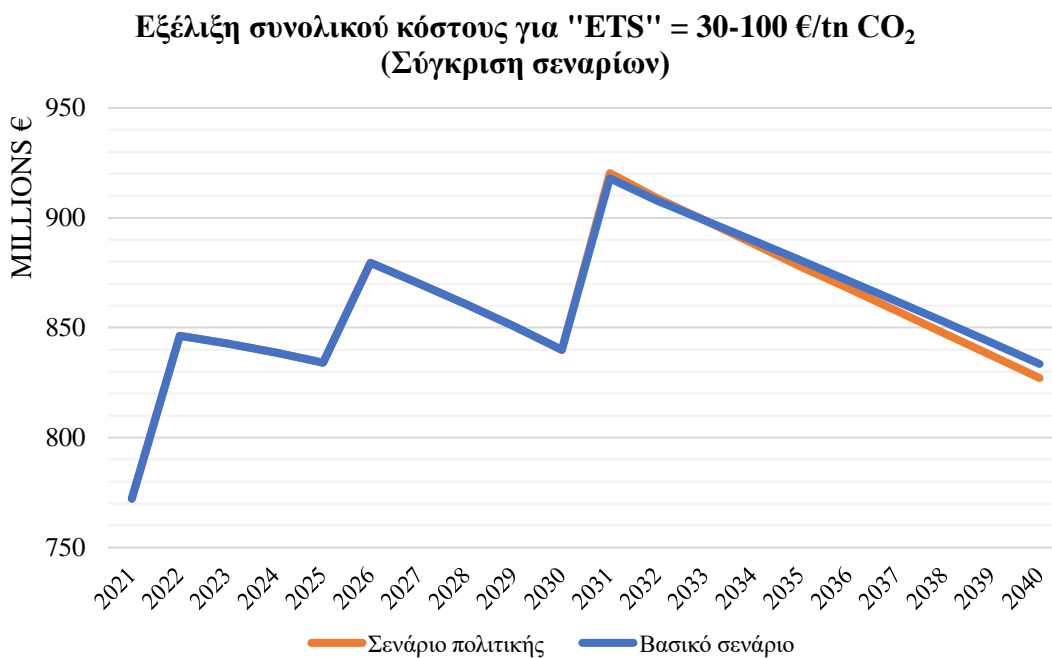
Το συνολικό κόστος των σεναρίων, ανά πενταετία, στην περίπτωση που η τιμή αδειας εκπομπών CO₂ αυξάνεται σταδιακά είναι αυτό που δείχνουν ο Πίνακας 5.31 και ο Πίνακας 5.32, ενώ η εξέλιξή του στο σύνολο της ενεργειακής μετάβασης φαίνεται στο Διάγραμμα 5.27, στο οποίο αποτυπώνεται και η σύγκριση των δύο σεναρίων ως προς αυτό.

Πίνακας 5.31. Συνολικό κόστος Βασικού σεναρίου ανά πενταετία για μεταβλητή τιμή εκπομπών 30-100€/tnCO₂: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης

Βασικό σενάριο	2021	2025	2030	2035	2040
Συνολικό κόστος (€)	772.223.333	834.184.411	839.984.590	880.608.174	833.552.375

Πίνακας 5.32. Συνολικό κόστος Σεναρίου πολιτικής ανά πενταετία για μεταβλητή τιμή εκπομπών 30-100€/tnCO₂: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης

Σενάριο πολιτικής	2021	2025	2030	2035	2040
Συνολικό κόστος (€)	772.223.333	834.184.411	839.984.590	877.802.770	827.016.894



Διάγραμμα 5.27. Σύγκριση σεναρίων σχετικά με την εξέλιξη του συνολικού κόστους την περίοδο 2021-2040, για μεταβλητή τιμή εκπομπών 30-100€/tnCO₂: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης

Εδώ, το συνολικό κόστος έχει και πάλι πτωτική πορεία παρουσιάζοντας τρία τοπικά μέγιστα. Το 2022 όπου εισέρχεται το κόστος παρεμβάσεων, το 2026 κατά την αύξηση της τιμής εκπομπών από 30€/tnCO₂ σε 50€/tnCO₂ και το 2031 με την αύξηση σε 100€/tnCO₂.

Πιο αναλυτικά, τα δύο σενάρια διατηρούν ίδιο κόστος μέχρι το 2030, ίσο με **839.984.590€**, με το 2031 να είναι η πρώτη χρονιά που σημειώνεται μια μικρή διαφορά σε αυτό, αφού το συνολικό κόστος του σεναρίου πολιτικής ξεπερνάει το αντίστοιχο του βασικού κατά **2.414.218€** (ίσο με το **0,26%** του συνολικού κόστους των δύο σεναρίων). Ο κύριος λόγος που συμβαίνει αυτό είναι οι επιπλέον αντλίες θερμότητας που εγκαθίστανται εκείνη τη χρονιά στο σενάριο πολιτικής. Το 2031 και 2032 είναι οι μοναδικές χρονιές που το σενάριο πολιτικής υποχρεώνει σε περισσότερα έξοδα τους κατοίκους της Περιφέρειας, μιας και από το 2033 μέχρι το 2040 οι εκπομπές του βασικού σεναρίου είναι κάθε χρονιά πιο ζημιογόνες. Ωστόσο όχι κατά πολύ, αφού το 2040 -χρονιά με τη μεγαλύτερη διαφορά κόστους- το βασικό σενάριο χρεώνει συνολικά **833.552.375€** τους καταναλωτές και το σενάριο πολιτικής **827.016.894€**, με τη διαφορά τους να αντιστοιχεί περίπου στο **0,79%** των παραπάνω χρημάτων. Η βασική αιτία στην οποία οφείλεται η διαφορά αυτή την τελευταία οκταετία είναι το κόστος εκπομπών των δύο σεναρίων (**Διάγραμμα 5.23**).

Στην περίπτωση της αυξανόμενης τιμής εκπομπών, το αθροιστικό συνολικό κόστος για όλη τη διάρκεια της μετάβασης είναι μεγαλύτερο στο βασικό σενάριο, και ίσο με **17.192.741.372€** ενώ στο σενάριο πολιτικής **17.166.955.828€**. Διαφορά μεγαλύτερη από την περίπτωση της σταθερής τιμής εκπομπών και ίση με **25.785.544€**, ισοδύναμη δηλαδή με 126€ επιπλέον ανά νοικοκυριό για τα 20 έτη ή 6€ επιπλέον ανά νοικοκυριό ετησίως.

Κεφάλαιο 6: Σχόλια και συμπεράσματα

Το κύριο αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η μελέτη δύο διαφορετικών σεναρίων ενεργειακής μετάβασης στον οικιακό τομέα των Περιφερειών της Κεντρικής Μακεδονίας και της Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης. Ο ορίζοντας της μετάβασης -όπως ορίστηκε και από το ΕΣΕΚ και την ΜΣ-50- είναι το 2040 και τα δύο αυτά σενάρια σκοπό είχαν να διαμορφώσουν το τελικό μίγμα ενεργειακής κατανάλωσης στις δύο παραπάνω Περιφέρειες.

Απαραίτητη προϋπόθεση για να γίνει η μελέτη των σεναρίων αποτελεί η μοντελοποίηση του οικιακού τομέα των δυο Περιφερειών. Αυτή επιτυγχάνεται με τη χρήση του υπολογιστικού εργαλείου προσομοίωσης υψηλής ευκρίνειας “DREEM”. Από την παραμετροποίησή του με διάφορα δεδομένα και στατιστικά στοιχεία που σχετίζονται με τον οικιακό τομέα των Περιφερειών (και της Ελλάδας γενικότερα) και τη χρήση των οικιακών συσκευών από τους καταναλωτές, το μοντέλο εξάγει τις ετήσιες καταναλώσεις και εξοικονομήσεις ανά νοικοκυριό και ανά τεχνολογία θέρμανσης. Η παραμετροποίηση και τα αποτελέσματα του μοντέλου αφορούν 13 διαφορετικά προφίλ νοικοκυριών (σενάρια νοικοκυριών) για την Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης και 14 για την Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας. Αυτές οι κατηγορίες νοικοκυριών σχηματίζονται ανάλογα με την περίοδο κατασκευής των κατοικιών, τα μέλη του νοικοκυριού (αριθμό και ηλικία) και την κλιματική ζώνη στην οποία βρίσκονται (στην προκειμένη περίπτωση όλα βρίσκονται στην κλιματική ζώνη Γ).

Τα δύο σενάρια που εξετάζονται είναι το βασικό σενάριο και το σενάριο πολιτικής, τα οποία ακολουθούν παρόμοια στρατηγική μέχρι το 2030, διαφέρουν όμως στον τρόπο και την

ταχύτητα διείσδυσης των τεχνολογιών φυσικού αερίου και αντλιών θερμότητας (αλλά και την απομάκρυνση των καυστήρων πετρελαίου), την επόμενη δεκαετία. Συγκεκριμένα, η διαδικασία που ακολουθείται στα δύο σενάρια είναι η εξής:

a) Βασικό σενάριο:

Από το 2022 μέχρι το 2030 γίνεται διείσδυση νέων καυστήρων φυσικού αερίου - αντικαθιστώντας τους καυστήρες πετρελαίου- με ετήσιο ρυθμό τέτοιο ώστε η συμμετοχή του καυσίμου στην τελική κατανάλωση του οικιακού τομέα να είναι αυξημένη σε σχέση με το 2021, όπως ορίζει το ΕΣΕΚ. Από το 2031 μέχρι το 2040 συνεχίζεται η προσθήκη λεβήτων φυσικού αερίου με ετήσιο ρυθμό ίδιο με αυτόν της περιόδου 2022-2030.

b) Σενάριο πολιτικής:

Από το 2022 μέχρι το 2030 ακολουθείται η ίδια στρατηγική με το βασικό σενάριο. Από το 2031 μέχρι το 2035 γίνεται υποκατάσταση των νέων λεβήτων φυσικού αερίου με αντλίες θερμότητας με το ρυθμό που αυτοί εγκαθίστανται την προηγούμενη 9ετία. Το διάστημα 2036-2040 γίνεται απεγκατάσταση των λεβήτων αερίου, αντικαθιστώντας αυτούς και τους εναπομείναντες λέβητες πετρελαίου με αντλίες θερμότητας.

Τα αποτελέσματα σύμφωνα με τα το οποία συγκρίθηκαν τα δύο αυτά σενάρια είναι η ενεργειακή κατανάλωση και εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται για το διάστημα 2022-2040, το σύνολο των εκπομπών CO₂ που απελευθερώνεται σε καθένα από αυτά, καθώς και οι χρεώσεις με τις οποίες προβλέπεται να επιβαρυνθεί το σύνολο των νοικοκυριών στις δύο περιπτώσεις. Οι χρεώσεις αυτές περιλαμβάνουν το κόστος των εκπομπών CO₂, το κόστος των παρεμβάσεων (εγκατάσταση λεβήτων αερίου, εγκατάσταση αντλιών θερμότητας και

ανακαινίσεις) και το συνολικό κόστος που προκύπτει από την κατανάλωση των καυσίμων. Να σημειωθεί πως η σύγκριση που αφορά τις χρεώσεις, γίνεται για την κάθε κατηγορία κόστους ξεχωριστά, αλλά και για το συνολικό κόστος των σεναρίων, ενώ παράλληλα εξετάζονται δύο διαφορετικές περιπτώσεις χρεώσεων για τις εκπομπές CO₂. Στη μία θεωρείται τιμή εκπομπών CO₂ σταθερή στα 30€/tnCO₂ για όλα τα έτη, και στη δεύτερη παρουσιάζεται αύξηση από τα 30€/tnCO₂ στα 100€/tnCO₂ (με ενδιάμεση τιμή τα 50€/tnCO₂).

6.1 Συμπεράσματα: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας

Εξετάζοντας τα αποτελέσματα των δύο σεναρίων για την Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας, διαπιστώνουμε αρχικά πως όσον αφορά το ενεργειακό της μίγμα η κατανάλωση πετρελαίου θέρμανσης δέχεται τεράστια μείωση, που αγγίζει το 96,53% στο βασικό σενάριο και το 90,29% στο σενάριο πολιτικής μιας και το 2037 οι μόνοι καυστήρες πετρελαίου που απέμειναν ήταν αυτοί των κατοικιών που κτίστηκαν μετά το 2000. Η κατανάλωση αυτή αντικαταστάθηκε στο βασικό σενάριο, στο μεγαλύτερό της μέρος, από την κατανάλωση φυσικού αερίου η οποία αυξήθηκε κατά 73,65%, ενώ στο σενάριο πολιτικής από την αύξηση της χρήσης -αποδοτικότερων σε σχέση με τα άλλα καύσιμα- τεχνολογιών ηλεκτρισμού (αντλίες θερμότητας) κατά 11,57% και του αερίου κατά 11,87%.

Τα παραπάνω στοιχεία είναι και αυτά που οφείλονται για τη επίτευξη μεγαλύτερης μείωσης στη συνολική κατανάλωση ενέργειας και στις συνολικές εκπομπές CO₂ στο σενάριο πολιτικής απ' ότι στο βασικό σενάριο. Συγκεκριμένα, το βασικό σενάριο οδηγεί σε ελάττωση της συνολικής κατανάλωσης το 2040 κατά **14,89%**, σε σχέση με το 2021, και των συνολικών εκπομπών κατά **59,37%**, ενώ στο σενάριο πολιτικής οι αντίστοιχες μειώσεις αγγίζουν το

25,66% για την κατανάλωση και το **67,49%** για τις εκπομπές. Παράλληλα, αξίζει να σημειωθεί και η αρωγή των ανακαινίσεων στην επίτευξη ενεργειακής εξοικονόμησης, αφού χάρη σε αυτές στο μεν βασικό σενάριο εξοικονομήθηκαν συνολικά 162,16ktoe, ενώ στο πολιτικής 127,19ktoe, ενώ από αυτές τις εξοικονομήσεις, αποφεύχθηκαν και 378,22 χιλιάδες τόνοι CO₂ στο βασικό σενάριο και 271,97 χιλιάδες τόνοι CO₂ στο σενάριο πολιτικής.

Σχετικά με τις χρεώσεις που επωμίζονται οι καταναλωτές της Κεντρικής Μακεδονίας, στην περίπτωση της σταθερής τιμής εκπομπών 30€/tCO₂ είναι λογικό η μείωση στο σενάριο πολιτικής να είναι μεγαλύτερη από του βασικού και ίση με τη μείωση των εκπομπών που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο. Από την άλλη, στην περίπτωση της σταδιακά αυξανόμενης τιμής άνθρακα στο σενάριο πολιτικής το κόστος εκπομπών αυξάνεται κατά **8,37%** ενώ στο βασικό σενάριο κατά **35,42%**, σημειώνοντας αρκετά μεγαλύτερη αύξηση. Οι νέοι λέβητες φυσικού αερίου και αντλίες θερμότητας που πρόκειται να εγκατασταθούν, διαμορφώνουν το κόστος παρεμβάσεων, το οποίο είναι μεγαλύτερο στο σενάριο πολιτικής, για τα 20 χρόνια της μετάβασης. Ο λόγος είναι ότι οι αντλίες θερμότητας που κατά το σενάριο πολιτικής υπολογίζεται πως θα τοποθετηθούν, αναμένεται να έχουν μεγαλύτερο κόστος από τους λέβητες αερίου. Τέλος, συνυπολογίζοντας το γεγονός πως η μεταβολή του κόστους καυσίμων είναι παρόμοια για τα δύο σενάρια (14,70% μείωση στο βασικό σενάριο και 14,23% μείωση στο σενάριο πολιτικής), φτάσαμε στην ποσοστιαία μείωση **10,83%** του συνολικού κόστους για το βασικό σενάριο και **8,82%** για το πολιτικής, στην περίπτωση της σταθερής τιμής εκπομπών και **2,23%** αύξηση στο βασικό σενάριο και **1,64%** στο πολιτικής για την περίπτωση της αυξανόμενης τιμής άνθρακα.

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω, παρόλο που το συνολικό κόστος για όλη την 20ετία στο σενάριο πολιτικής είναι κατά **310.862.977€** (24€ επιπλέον ετησίως ανά νοικοκυριό) υψηλότερο με την προϋπόθεση ότι η τιμή άνθρακα είναι σταθερή και **27.104.186€** (2€ επιπλέον ετησίως ανά νοικοκυριό) όταν αυτή μεταβάλλεται, δίνει αρκετά καλύτερα αποτελέσματα από το βασικό σενάριο και σαν απόλυτες τιμές (κατανάλωση, ανθρακικό αποτύπωμα) και αναλογικά με το επιπλέον κόστος που επιφέρει. Επιπρόσθετα, αναλογιζόμενοι την ενεργειακή κρίση και την τάση στις τιμές του αερίου να είναι αυξητική, ενδεχομένως η προσπάθεια για εξηλεκτρισμό του μίγματος κατανάλωσης να είναι μια πιο συμφέρουσα και αποδοτική λύση για τους καταναλωτές.

6.2 Συμπεράσματα: Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης

Σχετικά με το ενεργειακό μίγμα της Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης η μείωση του πετρελαίου θέρμανσης κινείται σε χαμηλότερα επίπεδα αγγίζοντας το 45,36% στο βασικό σενάριο και το 43,49% στο σενάριο πολιτικής. Ωστόσο η κατανάλωση του φυσικού αερίου αυξήθηκε και πάλι αρκετά στο βασικό σενάριο, και συγκεκριμένα κατά 80,73% και στο πολιτικής 24,28% έχοντας ταυτόχρονα και μια μικρή αύξηση στην κατανάλωση ηλεκτρισμού της τάξης του 3,45%. Η μεταβολή αυτή στο σενάριο πολιτικής είναι αρκετά μικρή παρόλη τη διείσδυση των αντλιών θερμότητας στο σύστημα, διότι τα τελευταία τέσσερα χρόνια της μετάβασης έχουν ξεκινήσει οι ανακαινίσεις κατοικιών με ηλεκτρικά συστήματα θέρμανσης, μειώνοντας έτσι τις απαιτήσεις για ηλεκτρισμό σε αρκετά νοικοκυριά.

Έπειτα, διαπιστώνεται πως η συνολική μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης, των εκπομπών CO₂ αλλά και του συνολικού κόστους (και των επιμέρους) δεν παρουσιάζει

μεγάλες διαφορές μεταξύ των δύο σεναρίων. Συγκεκριμένα στο βασικό σενάριο η συνολική κατανάλωση ελαττώνεται κατά **15,25%** το 2040, σε σχέση με το 2021, και στο σενάριο πολιτικής κατά **18,66%**. Ενώ οι εκπομπές άνθρακα μειώνονται κατά **59,18%** στο βασικό σενάριο και κατά **61,63%** στο πολιτικής. Παρόμοιες τιμές μεταξύ των σεναρίων υπήρξαν και στις εξοικονομήσεις, αφού στο μεν βασικό σενάριο οι ανακαινίσεις ευθύνονται για την εξοικονόμηση 66,65ktoe και στο σενάριο πολιτικής για 62,32ktoe, ενώ κατ' αντιστοιχία αποφεύχθηκαν 166,60 χιλιάδες τόνοι CO₂ και 153,77 χιλιάδες τόνοι CO₂.

Περνώντας στα επιμέρους κόστη, στην περίπτωση των μεταβαλλόμενων τιμών εκπομπών άνθρακα η ποσοστιαία αύξηση του κόστους είναι **36,07%** στο βασικό σενάριο και **27,91%** στο πολιτικής. Μια διαφορά σχετικά μικρή αν αναλογιστούμε πως στο δεύτερο σενάριο στόχος είναι ο εξηλεκτρισμός του ενεργειακού μίγματος του οικιακού τομέα, και άρα αναμενόταν μεγαλύτερη διαφορά στην αύξηση των εκπομπών συγκριτικά με το βασικό σενάριο. Ο λόγος συνάδει με αυτό που αναφέρθηκε και στην πρώτη παράγραφο, μιας και η κατανάλωση του ηλεκτρισμού αυξήθηκε μόνο κατά 3,45%, ενώ παράλληλα δεν εγκαταστάθηκε υψηλός αριθμός νέων καυστήρων Φ.Α. λόγω του μικρού αρχικού του μεριδίου στο σύστημα. Στη συνέχεια, το συνολικό κόστος παρεμβάσεων για τα 20 χρόνια της μετάβασης επιβεβαιώνει τη μικρή διαφορά των δύο σεναρίων αφού αυτή είναι ύψους **14.507.737€**, αντιστοιχώντας σε 71€ ανά κατοικία στο σύνολο της μετάβασης. Καταλήγοντας, διαπιστώνουμε πως η ποσοστιαία διαφορά των σεναρίων σχετικά με το συνολικό τους κόστος δεν επηρεάζεται από το κόστος καυσίμων (6,85% μείωση στο βασικό σενάριο και 6,52% μείωση στο σενάριο πολιτικής), αφού αυτή παραμένει σε χαμηλά επίπεδα με **4,75%** μείωση στο συνολικό κόστος του βασικού σεναρίου και **4,84%** μείωση στο

πολιτικής στην περίπτωση της σταθερής τιμής CO₂ και **7,94%** αύξηση στο βασικό και **7,10%** αύξηση στο πολιτικής όταν η τιμή αυτή ανεβαίνει.

Από τη σύνοψη των παραπάνω δεδομένων, εξακριβώνεται η μικρή διαφορά σε επίπεδο μεταβολών μεταξύ των δύο εξεταζόμενων σεναρίων, αφού η γενική εικόνα είναι πως στο σενάριο πολιτικής η πτώση της κατανάλωσης και των εκπομπών CO₂ δε δικαιολογεί τα επιπλέον χρήματα που αναμένεται να δαπανηθούν, έστω κι αν αυτά δεν επιβαρύνουν πολύ περισσότερο τα νοικοκυριά σε σχέση με το βασικό σενάριο.

Τέλος, να σημειωθεί πως υπάρχουν ορισμένες δράσεις που προγραμματίζονται και εκτελούνται σε αυτήν την Περιφέρεια όπως η κατασκευή πλωτού σταθμού LNG στην Αλεξανδρούπολη, η αξιοποίηση του υπό εξάντληση κοιτάσματος της Καβάλας ως αποθήκη φυσικού αερίου, αλλά και η κατασκευή δικτύου διανομής φυσικού αερίου, δείχνοντας την κατεύθυνση που έχει τεθεί σε αυτήν την γεωστρατηγικά σημαντική -για τη χώρα- Περιφέρεια. Ωστόσο, η παρατεταμένη ενεργειακή κρίση και πιο συγκεκριμένα η κρίση τιμών στο φυσικό αέριο ίσως οδηγήσει σε αλλαγή των πολιτικών αυτών και ενδεχομένως η ιδέα του εξηλεκτρισμού του ενεργειακού μίγματος ή ακόμα και η αξιοποίηση νέων τεχνολογιών, όπως για παράδειγμα τα οικιακά φωτοβολταϊκά ή οι οικιακές μπαταρίες αποθήκευσης ενέργειας, θεωρηθούν εν τέλει πιο συμφέρουσες και σίγουρες επιλογές για τους καταναλωτές, εξασφαλίζοντας χαμηλότερες τιμές ενέργειας και μεγαλύτερη ανεξαρτησία.

Βιβλιογραφία

- [1] Alexandros Flamos, S. M. V. S. S. P., 2020. A transdisciplinary modeling framework for the participatory design of dynamic adaptive policy pathways. *Energy Policy*, April, Volume 139, pp. 111-350.
- [2] Alexandros Flamos, S. P. V. S., 2016. What Do Capacity Deployment Rates Tell Us about the Efficiency of Electricity Generation from Renewable Energy Sources Support Measures in Greece?. *Energies*, 13 January.9(1).
- [3] Alexandros Flamos, Y. K. S. M. N. K., 2021. Investigating the market effects of increased RES penetration with BSAM: A wholesale electricity market simulator. *Energy Reports*, November, Volume 7, pp. 4905-4929.
- [4] Carbon Footprint, 2019. *carbon footprint*. [Online] Available at: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_21_3541
- [5] Climate.OneBuilding.Org, 2021. *Climate.OneBuilding*. [Online] Available at: <https://climate.onebuilding.org/>
- [6] De Vita, A. et al., 2018. *Technology pathways in decarbonisation scenarios*, s.l.: asset.
- [7] Diana Susser, A. G. H. G. V. S. A. F. G. G. J. L., 2021. Model-based policymaking or policy-based modelling? How energy models and energy policy interact. *ENERGY RESEARCH & SOCIAL SCIENCE*, May, Volume 75, pp. 101-984.
- [8] Diana Süsser, H. G. A. C. V. S. A. J. L., 2022. Better suited or just more complex? On the fit between user needs and modeller-driven improvements of energy system models. *Energy*, 15 January, Volume 239, pp. 121-909.
- [9] European Commission, 2010. *A legal framework for the safe geological storage of carbon dioxide*. [Online] Available at: https://ec.europa.eu/clima/eu-action/carbon-capture-use-and-storage/legal-framework-safe-geological-storage-carbon-dioxide_en
- [10] European Commission, 2012. *2020 climate & energy package*. [Online] Available at: https://ec.europa.eu/clima/eu-action/climate-strategies-targets/2020-climate-energy-package_el
- [11] European Commission, 2014. *European Climate Change Programme*. [Online] Available at: https://ec.europa.eu/clima/eu-action/european-climate-change-programme_el
- [12] European Commission, 2015. *2030 climate & energy framework*. [Ηλεκτρονικό] Available at: https://ec.europa.eu/clima/eu-action/climate-strategies-targets/2030-climate-energy-framework_en
- [13] European Commission, 2018. *Energy efficiency directive*. [Online] Available at: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-targets-directive-and-rules/energy-efficiency-directive_en

- [14] European Commission, 2019. *National energy and climate plans (NECPs)*. [Online] Available at: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-strategy/national-energy-and-climate-plans-necps_en
- [15] European Commission, 2020. *An official website of the European Union*. [Online] Available at: https://ec.europa.eu/clima/climate-change/climate-change-consequences_en
- [16] European Commission, 2021. *EU Emissions Trading System (EU ETS)*. [Online] Available at: https://ec.europa.eu/clima/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets_en
- [17] European Commission, 2021. *European Green Deal: Commission proposes transformation of EU economy and society to meet climate ambitions*. [Online] Available at: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_21_3541
- [18] European Council, 2022. *Fit for 55*. [Online] Available at: <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/>
- [19] European Heat Pump Association, 2021. *RENEWABLE HEATING HUB*. [Online] Available at: <https://renewableheatinghub.co.uk/european-heat-pump-association-interview-thomas-nowak>
- [20] European Parliament, 2000. *EUR-Lex*. [Ηλεκτρονικό] Available at: [https://eur-lex.europa.eu/eli/dec/2000/647\(1\)/oj](https://eur-lex.europa.eu/eli/dec/2000/647(1)/oj)
- [21] Flamos, A. & Stavrakas, V., 2020. A modular high-resolution demand-side management model to quantify benefits of demand-flexibility in the residential sector. In: D. M. A. Al-Nimr, ed. *Energy Conversion and Management*. s.l.:s.n.
- [22] Follows, M., 2016. *Science in School*. [Ηλεκτρονικό] Available at: <https://www.scienceinschool.org/el/article/2020/ten-things-affect-our-climate-el/>
- [23] International Energy Agency, 2020. *Key energy statistics, 2020*. [Online] Available at: <https://www.iea.org/countries/greece>
- [24] J.B.R. Matthews, M.-D. V. P. Z. H.-O. P. D. R. J. S. P. S. A. P. W. M.-O. C. P. R. P. S. C. J. M. Y. C. X. Z. M. G. E. L. T. M. M. T. a. T. W., 2018. *SPECIAL REPORT: GLOBAL WARMING OF 1.5 °C (Glossary)*, s.l.: IPCC.
- [25] Konstantinos Koasidis, V. M. A. N. K. C. A. F. H. D., 2022. Monetising behavioural change as a policy measure to support energy management in the residential sector: A case study in Greece. *Energy Policy*, February, Volume 161, pp. 112-759.
- [26] Manon Burbidge, S. B. D. P. V. S. A. F. E. M. M. F. A. H. J. H. F. V. N. G., 2021. *Structural Factors Impacting Energy Efficiency Policy Implementation in the European Private Rented Sector*, Manchester: ENPOR.
- [27] MBE, P. R. B., 2021. *Met Office: Atmospheric CO2 now hitting 50% higher than pre-industrial levels*, s.l.: CarbonBrief: CLEAR ON CLIMATE.

- [28] MINISTRY OF ENVIRONMENT AND ENERGY, 2021. *NATIONAL INVENTORY REPORT OF GREECE FOR GREENHOUSE AND OTHER GASES FOR THE YEARS 1990-2019*, s.l.: MINISTRY OF ENVIRONMENT AND ENERGY.
- [29] MINISTRY OF THE ENVIRONMENT AND ENERGY, 2017. *ec.europa.eu*. [Online] Available at: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/greece_en_version_2017.pdf
- [30] NATIONS, U., 2007. *UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE*, s.l.: UNFCCC.
- [31] Pereverza, K., Pasichnyi, O. & Kordas, O., 2019. Modular participatory backcasting: A unifying framework for strategic planning in the heating sector. *Energy Policy*, Volume 124, pp. 123-134.
- [32] Ritchie, H. & Roser, M., 2021. *Our World in Data*. [Online] Available at: <https://ourworldindata.org/atmospheric-concentrations>
- [33] SOLUTIONS, C. F. C. A. E., 2021. *C2ES*. [Online] Available at: <https://www.c2es.org/content/international-emissions/>
- [34] Souran Chatterjee, V. S. G. O. D. S. I. S. J. L. G. M. A. F. D. U.-V., 2022. Existing tools, user needs and required model adjustments for energy demand modelling of a carbon-neutral Europe. *Energy Research & Social Science*, August, Volume 90, pp. 102-662.
- [35] United Nations Climate Change, 2017. *The Paris Agreement*. [Online] Available at: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>
- [36] Βικιπαίδεια, 2022. *Wikipedia*. [Ηλεκτρονικό] Available at: <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CE%B9%CE%BF%CE%BE%CE%B5%CE%AF%CE%B4%CE%B9%CE%BF%CF%84%CE%BF%CF%85%CE%AC%CE%BD%CE%B8%CF%81%CE%B1%CE%BA%CE%B1>
- [37] Βικιπαίδεια, 2022. *Wikipedia*. [Ηλεκτρονικό] Available at: <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CE%B5%CF%81%CE%B9%CF%86%CE%AD%CF%81%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CE%9A%CE%B5%CE%BD%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%AE%CF%82%CE%9C%CE%B1%CE%BA%CE%B5%CE%B4%CE%BF%CE%BD%CE%AF%CE%B1%CF%82>
- [38] ΓΑΓΛΙΑ, A., 2015. *SlidePlayer*. [Ηλεκτρονικό] Available at: <https://slideplayer.gr/slide/1936629/>
- [39] Γαϊτανάρου, A., 2021. *Διώνη*. [Ηλεκτρονικό] Available at: https://dione.lib.unipi.gr/xmlui/bitstream/handle/unipi/13155/Gaitanarou_tms1804.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- [40] Δασκαλάκη, Ε., Δρούτσα, Κ., Μπαλαράς, Κ. & Κοντογιαννίδης, Σ., 2016. *episcopo.eu*. [Ηλεκτρονικό] Available at: https://episcopo.eu/fileadmin/tabula/public/docs/brochure/GR_TABULA_TypologyBrochure_NOA.pdf
- [41] Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2011. *Απογραφή Κτιρίων 2011*, Αθήνα: ΕΛΣΤΑΤ.
- [42] Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2011. *Απογραφή Πληθυσμού-Κατοικιών 2011*, s.l.: ΕΛΣΤΑΤ.
- [43] Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2014. *statistics.gr*. [Ηλεκτρονικό] Available at: <https://www.statistics.gr/documents/20181/985204/%ce%88%cf%81%ce%b5%cf%85%ce%bd%ce%b1+%ce%a7%cf%81%ce%ae%cf%83%ce%b7%cf%82+%ce%a7%cf%81%cf%8c%ce%bd%ce%bf%cf%85+%ce%88%ce%ba%ce%b8%ce%b5%cf%83%ce%b7+%ce%a0%ce%bf%ce%b9%cf%8c%cf%84%ce%b7%cf%84%ce%b1%cf%82+>
- [44] Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2019. *Οικογενειακοί Προϋπολογισμοί (από 2008 και μετά) / 2019*, s.l.: ΕΛΣΤΑΤ.
- [45] Ευρωπαϊκή Ένωση, 2020. *Επίσημος ιστότοπος της Ευρωπαϊκής Ένωσης*. [Ηλεκτρονικό] Available at: <https://europa.eu/youth/get-involved/sustainable-development/what-climate-change-el>
- [46] Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 2021. *EUR-Lex*. [Ηλεκτρονικό] Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/ALL/?uri=CELEX%3A32009L0028>
- [47] Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, 2020. *Κλιματική αλλαγή: Η δράση της ΕΕ*, s.l.: Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης.
- [48] Κούρταλη, Ε., 2022. *Η ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ*. [Ηλεκτρονικό] Available at: <https://www.kathimerini.gr/economy/561723103/ypsili-i-energeiaki-exartisi-tis-elladas-apo-ti-rosia/>
- [49] Παπαμανώλη, Ε., 2018. *Αποθετήριο Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου*. [Ηλεκτρονικό] Available at: https://repo.lib.duth.gr/jspui/bitstream/123456789/13631/1/PapamanoliE_2018.pdf [Πρόσβαση 2018].
- [50] Παπαντώνης, Δ., 2021. *Ψηφιακό Αποθετήριο Ε.Μ.Π.*. [Ηλεκτρονικό] Available at: <https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/54912/%CE%9C%CE%B5%CF%84%CE%B1%CF%80%CF%84%CF%85%CF%87%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AE%20%CE%95%CF%81%CE%B3%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B1-%CE%A0%CE%B1%CF%80%CE%B1%CE%BD%CF%84%CF%8E%CE%BD%CE%B7%CF%82%20%CE%94%C>

- [51] ΣΙΟΝΤΟΡΟΥ, Χ., 2019. *Κλιματική Αλλαγή & Αέρια Ρύπανση*. s.l.:s.n.
- [52] Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2008. *opengov*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <http://www.opengov.gr/minenv/wp-content/uploads/downloads/2010/05/a-kenak.pdf>
- [53] Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2019. [Ηλεκτρονικό]
Available at: https://energy.ec.europa.eu/system/files/2020-01/el_final_necp_main_el_0.pdf
- [54] Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2019. *ypen.gov*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: https://ypen.gov.gr/wp-content/uploads/2020/11/lts_gr_el.pdf
- [55] Φλάμος, Α., 2020. *Πολιτικές για τον περιορισμό της Κλιματικής Αλλαγής*. [Ηλεκτρονικό].