



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

**Ανάπτυξη Σχεδίου Δράσης για την Αειφόρο
Ενέργεια με χρήση της Πολυκριτήριας Ανάλυσης**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Κωνσταντίνος Π. Τσιχριτζής

Γεώργιος Ε. Αγγέλης

Επιβλέπων : Ιωάννης Ψαρράς

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2015



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Ανάπτυξη Σχεδίου Δράσης για την Αειφόρο Ενέργεια με χρήση της Πολυκριτήριας Ανάλυσης

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Κωνσταντίνος Π. Τσιχριτζής

Γεώργιος Ε. Αγγέλης

Επιβλέπων : Ιωάννης Ψαρράς

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 26^η Μαρτίου 2015.

.....
Ιωάννης Ψαρράς
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Δημήτριος Ασκούνης
Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Βασίλειος Ασημακόπουλος
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Φεβρουάριος 2015

.....

Κωνσταντίνος Π. Τσιχριτζής

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών
Ε.Μ.Π.

.....

Γεώργιος Ε. Αγγέλης

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών
Ε.Μ.Π.

Copyright © Κωνσταντίνος Π. Τσιχριτζής, Γεώργιος Ε. Αγγέλης, 2015

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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

Περίληψη

Το Σύμφωνο των Δημάρχων είναι μία ευρωπαϊκή πρωτοβουλία, στην οποία συμμετέχουν δημοτικές και περιφερειακές τοπικές αρχές. Οι υπογράφωντες δεσμεύονται εθελοντικά να μειώσουν κατά 20% τουλάχιστον τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου εντός των ορίων τους, με την ενσωμάτωση τεχνολογιών ΑΠΕ και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΕΞΕΝ). Οι συμμετέχοντες στο Σύμφωνο Δήμοι, οφείλουν αρχικά να κάνουν μία απογραφή των καταναλώσεων ενέργειας και των εκπομπών αερίων ρύπων εντός των συνόρων τους και εν συνεχεία να καταστρώσουν ένα Σχέδιο Δράσης για την Αειφόρο Ενέργεια (ΣΔΑΕ) στο οποίο θα προτείνονται οι τρόποι για την επίτευξη του στόχου.

Το πλήθος των δράσεων που μπορεί να υιοθετηθούν είναι μεγάλο και η λήψη της όποιας απόφασης προϋποθέτει τη μελέτη, την ανάλυση και τεκμηρίωση των αποτελεσμάτων της σε σχέση πάντα με τους στόχους που έχουν τεθεί. Αυτό είναι και το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής. Η κατασκευή ενός μοντέλου αξιολόγησης διαφόρων σεναρίων δράσεων στα πλαίσια υλοποίησης των διαφόρων ΣΔΑΕ αλλά και σύγκρισης αυτών των σεναρίων και εξεύρεσης του βέλτιστου, σε σχέση πάντα με τους στόχους που τίθενται αλλά και των όποιων περιορισμών μπορεί να υπεισέρχονται. Η πολυκριτηριακή ανάλυση αποφάσεων, στην παρούσα εργασία, βασίζεται στην κατασκευή ενός μοντέλου προσθετικής αξίας με εφαρμογή της μεθόδου UTA II, προκειμένου να ταξινομηθούν τα υπογήφια σενάρια και να βρεθεί το βέλτιστο για τον αποφασίζοντα. Στα πλαίσια της εργασίας, γίνεται εφαρμογή του μοντέλου για τους δήμους Αμυνταίου και Ιωαννιτών χρησιμοποιώντας δεδομένα που παρουσιάζονται στα ΣΔΑΕ των δυο Δήμων. Τα αποτελέσματα αυτής της εργασίας παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον και ανοίγουν ορίζοντες για περαιτέρω έρευνα και ανάπτυξη των τεχνικών αυτών στο μέλλον.

Λέξεις Κλειδιά: Σύμφωνο των Δημάρχων, ΣΔΑΕ, Εξοικονόμηση ενέργειας, ΑΠΕ, Πολυκριτηριακά μοντέλα αποφάσεων, UTA II, Δήμος Αμυνταίου, Δήμος Ιωαννιτών

Abstract

The Covenant of Mayors is a European initiative, involving local and regional authorities. The signatories commit themselves voluntarily to reduce by at least 20% greenhouse gas emissions within the limits of the integration of RES technologies and energy efficiency. The participants in the municipalities, must first make an inventory of energy consumption and greenhouse gas emissions within their borders and then draw up an Action Plan for Sustainable Energy (SEAP) which will suggest ways to achieve the target.

The number of actions that can be adopted is great and taking of any decision involves the design, analysis and documentation of results always in relation to the objectives set. This is the subject of this thesis. The construction of an evaluation model of various action scenarios under different SEAP implementation and comparison of these scenarios in order to find the best, always in relation to the objectives set and of any restrictions that can be involved. Multicriteria decision analysis, at this thesis, is based on the construction of an additive value model by implementing UTA II method, so as to evaluate and rank the different scenarios and find the optimal for the decision maker. In this thesis, we use the constructed model for municipalities Amyntaiou and Ioanniton using data presented in SEAP of the two municipalities. The results of this work are of particular interest and trigger further research and development of these techniques in the future.

Keywords: Covenant of Mayors, SEAP, energy saving, renewable energy, multi-criteria decision models, UTA II, Municipality of Amyntaio, Municipality of Ioannina.

Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στον τομέα Ηλεκτρικών Βιομηχανικών Διατάξεων και Συστημάτων Απόφασης της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του ΕΜΠ, στα πλαίσια των ερευνητικών δραστηριοτήτων του Εργαστηρίου Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης.

Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας αποτελεί η περιγραφή και εφαρμογή μιας μεθοδολογίας αξιολόγησης σεναρίων δράσεων στα πλαίσια ενός ΣΔΑΕ. Η μεθοδολογία χρησιμοποιεί πολυκριτηριακές τεχνικές ανάλυσης αποφάσεων με τελικό σκοπό τη δημιουργία μιας κατάταξης των διαφόρων σεναρίων ανάλογα με τις τιμές κάποιων κριτηρίων που υπολογίζονται για το καθένα και τα οποία έχουμε καθορίσει προκειμένου να γίνει ακριβώς η διαδικασία της αξιολόγησης λαμβάνοντας υπόψιν τους στόχους της Ε.Ε. και όχι μόνο.

Υπεύθυνος κατά την εκπόνηση της διπλωματικής ήταν ο Καθηγητής κ. Ι. Ψαρράς, στον οποίο οφείλουμε ιδιαίτερες ευχαριστίες για την ανάθεση της συγκεκριμένης διπλωματικής και την υποστήριξη κατά την εκπόνηση της μελέτης. Επίσης, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον επιβλέποντα της διπλωματικής αυτής κ.κ. Ε. Μαρινάκη, για την καθοδήγηση και την πολύτιμη βοήθειά του κατά την πολύμηνη διαδικασία ολοκλήρωσής της.

Τέλος, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους φίλους και συμφοιτητές μας για όλα αυτά που μοιραστήκαμε στην κοινή φοιτητική μας διαδρομή καθώς και τις οικογένειές μας για την αμέριστη συμπαράστασή τους σε όλη μας την πορεία

Κωνσταντίνος Τσιχριτζής

Γεώργιος Αγγέλης,

Μάρτιος 2015

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	13
1.1 Αντικείμενο Διπλωματικής Εργασίας.....	14
1.2 Στάδια υλοποίησης	16
1.3 Δομή της εργασίας.....	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. Η ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ – ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ – Η ΜΕΘΟΔΟΣ UTA	19
2.1 Στρατηγική «Ευρώπη 2020».....	20
2.1.1 Στόχοι της στρατηγικής «Ευρώπη 2020».....	20
2.1.2 Ευρωπαϊκό Εξάμηνο	22
2.2 Στόχοι 20/20/20	23
2.3 Ρόλος των τοπικών και περιφερειακών αρχών στη στρατηγική «Ευρώπη 2020».....	24
2.4 Μικρές κοινότητες με αγροτικά χαρακτηριστικά	26
2.4.1 Ενεργειακή αποδοτικότητα των αγροτικών περιοχών.....	29
2.4.2 Πράσινη Ενέργεια	30
2.4.3 Οικονομικά προσιτή και διαθέσιμη ενέργεια	30
2.4.4 Υποστήριξη των κοινοτήτων των αγροτικών περιοχών.....	31
2.5 Πολυκριτηριακά συστήματα υποστήριξης αποφάσεων	31
2.6 Εφαρμογές μεθόδων πολυκριτηριακών συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων σε προβλήματα ενεργειακής φύσης.....	33
2.6.1 Η μέθοδος AHP	34
2.6.2 Η μέθοδος TOPSIS.....	34
2.6.3 Η οικογένεια μεθόδων ELECTRE	34
2.6.4 Η οικογένεια μεθόδων PROMETHEE	35
2.6.5 Μέθοδοι ασαφούς λογικής	35
2.6.6 Συνδυασμός μεθόδων	35
2.7 Οι μέθοδοι UTA.....	36
2.7.1 Ορισμός προτιμησιακής ανεξαρτησίας	37
2.7.2 Περιγραφή εμπειρογνώμονα	37
2.7.3 Κατασκευή περιθώριων συναρτήσεων	38
2.7.4 Προσδιορισμός βαρών κριτηρίων	40
2.7.5 Εφαρμογές μεθόδων UTA.....	42
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ	45
3.1 Περιγραφή μεθοδολογίας	46
3.2 Προσδιορισμός τομέων ενεργειακής κατανάλωσης	46
3.3 Σχεδιασμός των δράσεων και προσδιορισμός των χαρακτηριστικών τους.....	47
3.3.1 Γεωργία.....	49

3.3.1.1	Ίδρυση Τμήματος Αγροτικής Ανάπτυξης	49
3.3.1.2	Εκσυγχρονισμός και αντικατάσταση των γεωργικών ελκυστήρων	49
3.3.1.3	Αντικατάσταση της επιφανειακής άρδευσης και της άρδευσης με τεχνητή βροχή με τη μέθοδο της στάγδην άρδευσης	50
3.3.1.4	Συντήρηση και βελτίωση περιφερειακού εξοπλισμού και αρδευτικού δικτύου από την πλευρά των καλλιεργητών.....	50
3.3.1.5	Σύστημα ηλεκτρονικής υδροληψίας για άρδευση με κάρτες χρέωσης	51
3.3.1.6	Χρήση συστημάτων γεωθερμίας στις καλλιέργειες	52
3.3.2	Δημοτικά Κτίρια - Εγκαταστάσεις / Εξοπλισμός.....	53
3.3.2.1	Ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίων	53
3.3.2.2	Ενεργειακή Αναβάθμιση Εγκαταστάσεων Ύδρευσης και Βιολογικών Καθαρισμών	68
3.3.2.3	Τηλερύθμιση και τηλεχειρισμός δικτύων ύδρευσης.....	69
3.3.2.4	Δημιουργία Τμήματος Εξοικονόμησης Ενέργειας	69
3.3.2.5	Δράσεις για την ευαισθητοποίηση των δημοτικών υπαλλήλων και των μαθητών	70
3.3.3	Οικιακός Τομέας.....	71
3.3.3.1	Διεξαγωγή εκδηλώσεων ενημέρωσης και διανομή εντύπων στους πολίτες	71
3.3.3.2	Δημιουργία τμήματος εξοικονόμησης ενέργειας	72
3.3.3.3	Ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίων	72
3.3.4	Τριτογενής τομέας.....	75
3.3.4.1	Στοχευμένα σεμινάρια σε επαγγελματικές ομάδες	75
3.3.4.2	Δημιουργία τμήματος εξοικονόμησης ενέργειας	76
3.3.4.3	Ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίων	76
3.3.5	Δημοτικός φωτισμός	76
3.3.5.1	Εκπόνηση μελέτης φωτισμού	76
3.3.5.2	Αντικατάσταση υπαρχόντων λαμπτήρων με αποδοτικότερους λαμπτήρες νέας τεχνολογίας εξοικονόμησης, φθορισμού και LED	77
3.3.5.3	Εγκατάσταση φωτιστικών σημείων με φωτοβολταϊκό πλαίσιο	78
3.3.5.4	Εγκατάσταση συστήματος διαχείρισης φωτισμού.....	78
3.3.6	Μεταφορές	81
3.3.6.1	Αντικατάσταση Δημοτικών Οχημάτων με Νέα Αποδοτικότερα Βενζινοκίνητα Πετρελαιοκίνητα και με LPG.....	81
3.3.6.2	Αγορά δημοτικών οχημάτων (λεωφορεία, απορριματοφόρα) που κινούνται με LNG-CNG	81
3.3.6.3	Αποτελεσματικότερη διαχείριση του δημοτικού στόλου.....	82
3.3.6.4	Συντήρηση δημοτικού στόλου	83
3.3.6.5	Εκπαίδευση οδηγών του Δήμου σχετικά με εφαρμογές οικολογικής οδήγησης (eco-driving)	83
3.3.6.6	Εκδηλώσεις ενημέρωσης για νέες τεχνολογίες οχημάτων.....	84
3.3.6.7	Πρώθηση οικολογικής οδήγησης (eco-driving).....	85
3.3.6.8	Πρώθηση χρήσης ποδηλάτου	85
3.3.6.9	Ελεγχόμενη στάθμευση	86
3.3.6.10	Αντικατάσταση παλαιών οχημάτων Ι.Χ. με αποδοτικότερα ίδιας τεχνολογίας καυσίμου	86
3.3.6.11	Αντικατάσταση Ι.Χ. οχημάτων με οχήματα υβριδικής τεχνολογίας	87
3.3.7	Τοπική ηλεκτροπαραγωγή.....	88
3.3.8	Τοπικά παραγόμενη ψύξη-θέρμανση	94
3.3.8.1	Κατασκευή Σταθμού Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας (ΣΗΘ) και Ανάπτυξη Δικτύου Τηλεθέρμανσης.....	94
3.4	Δημιουργία σεναρίων.....	96
3.5	Προσδιορισμός, περιγραφή και κατασκευή των κριτηρίων αξιολόγησης	98
3.5.1	Προσδιορισμός και περιγραφή κριτηρίων αξιολόγησης.....	98
3.5.2	Εύρεση αριθμητικών δεδομένων για τα κριτήρια.....	102
3.6	Καθορισμός των εφικτών σεναρίων	113

3.7 Μοντέλο αξιολόγησης (Εφαρμογή UTA II)	113
3.8 Κατάταξη των εφικτών σεναρίων	114
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΤΩΝ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΩΝ ΔΗΜΩΝ	115
4.1 Στοιχεία δήμου Αμυνταίου	116
4.1.1 Γενικά στοιχεία	116
4.1.2 Τοπική οικονομία και απασχόληση	117
4.1.3 Ενεργειακός τομέας.....	118
4.2 Στοιχεία δήμου Ιωαννιτών	121
4.2.1 Γενικά στοιχεία	121
4.2.2 Τοπική Οικονομία και Απασχόληση	123
4.2.3 Ενεργειακός Τομέας	124
4.3 Ανάλυση δεδομένων	127
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ	131
5.1 Εφαρμογή της μεθόδου στο Δήμο Αμυνταίου	132
5.1.1 Κατασκευή περιθώριων συναρτήσεων	132
5.1.2 Εύρεση τιμών κριτηρίων με εισαγωγή των δεδομένων δήμου στο υπολογιστικό φύλλο.....	138
5.1.3 Καθορισμός εφικτών σεναρίων	138
5.1.4 Προσδιορισμός βαρών κριτηρίων	140
5.1.4.1 Κατασκευή εικονικών σεναρίων	140
5.1.4.2 Πραγματοποίηση διμερών συγκρίσεων από τον εμπειρογνώμονα.....	141
5.1.4.3 Κατασκευή και επίλυση προβλήματος γραμμικού προγραμματισμού.....	142
5.1.5 Κατασκευή πίνακα κατάταξης σεναρίων.....	146
5.1.6 Τελική Πρόταση	147
5.2 Εφαρμογή της μεθόδου στο Δήμο Ιωαννιτών	148
5.2.1 Κατασκευή περιθώριων συναρτήσεων	148
5.2.2 Εύρεση τιμών κριτηρίων με εισαγωγή των δεδομένων δήμου στο υπολογιστικό φύλλο.....	154
5.2.3 Καθορισμός εφικτών σεναρίων	154
5.2.4 Προσδιορισμός βαρών κριτηρίων	156
5.2.4.1 Κατασκευή εικονικών σεναρίων	156
5.2.4.2 Πραγματοποίηση διμερών συγκρίσεων από τον εμπειρογνώμονα.....	157
5.2.4.3 Κατασκευή και επίλυση προβλήματος γραμμικού προγραμματισμού.....	158
5.2.5 Κατασκευή πίνακα κατάταξης σεναρίων.....	161
5.2.6 Τελική Πρόταση	163
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ	165
6.1 Συμπεράσματα	166
6.2 Προοπτικές	167
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	169

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

1.1 Αντικείμενο Διπλωματικής Εργασίας

Τις τελευταίες δεκαετίες η περιβαλλοντική ρύπανση, η συνεχής εξάντληση των φυσικών πόρων της γης και το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής αποτελούν θέματα μείζονος προσοχής διεθνώς. Ο τρόπος ζωής που έχει επιβάλλει η σύγχρονη κοινωνία στους ανθρώπους δημιουργεί νέες ανάγκες, οι οποίες συνεπάγονται αυξημένη ενεργειακή κατανάλωση. Επίσης, η παραγωγή ενέργειας από την καύση ορυκτών καυσίμων, η οποία χρησιμοποιείται για ηλεκτρισμό, θέρμανση και μεταφορές, έχει τη μεγαλύτερη επίδραση στις συγκεντρώσεις των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα από κάθε άλλη ανθρώπινη δραστηριότητα. Ο τομέας παραγωγής ηλεκτρισμού έχει τη μεγαλύτερη ευθύνη παγκοσμίως όσον αφορά την κλιματική αλλαγή. Παράγει το 37% των ανθρωπογενών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), εκλύοντας 23 δισεκατομμύρια τόνους CO₂ το χρόνο, δηλαδή περισσότερους από 700 εκατομμύρια τόνους το δευτερόλεπτο.

Η κινητοποίηση της παγκόσμιας επιστημονικής κοινότητας προς την αντιμετώπιση των προαναφερθέντων προβλημάτων ξεκίνησε στις αρχές της δεκαετίας του '90 με την ίδρυση του Διακυβερνητικού Πάνελ για την Κλιματική Αλλαγή (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) και στη συνέχεια θεμελιώνεται με το Πρωτόκολλο του Κιότο, το οποίο υπογράφηκε το 2005 από ένα μεγάλο σύνολο κρατών. Σύμφωνα με το τελευταίο, θέτονται νομικά οι βασικοί κανόνες γύρω από τους οποίους πρέπει να δεσμευτούν τα υπογράφοντα κράτη ώστε να επιτύχουν στόχους εξοικονόμησης ενέργειας και μείωσης εκπομπών αερίων ρύπων.

Τέσσερα χρόνια μετά, η Ευρωπαϊκή Ένωση με βάση το Πρωτόκολλο θέτει τους δικούς της ενεργειακούς στόχους, οι οποίοι ορίζονται στην Οδηγία 2009/29/ΕΚ και είναι ευρύτερα γνωστή ως «20-20-20». Ειδικότερα, η Ε.Ε. με την Οδηγία αυτή δεσμεύει τα κράτη μέλη της ώστε έως το 2020 να μειώσουν τις εκπομπές αερίων ρύπων του θερμοκηπίου κατά 20%, να αυξήσουν την ενεργειακή αποδοτικότητά τους κατά 20% και να αυξήσουν τη συνεισφορά των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο ενεργειακό ισοζύγιο παραγωγής κατά 20%.

Στη συνέχεια, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή, προκειμένου να υποστηρίξει τις προσπάθειες των τοπικών αρχόντων να επιτύχουν τον προηγούμενο στόχο, ανέπτυξε το Σύμφωνο των Δημάρχων. Χάρη στα μοναδικά χαρακτηριστικά του, καθώς πρόκειται για τη μοναδική κίνηση του είδους της που κινητοποιεί τοπικούς και περιφερειακούς φορείς γύρω από την εκπλήρωση των στόχων της ΕΕ, το Σύμφωνο των Δημάρχων παρουσιάζεται από τα ευρωπαϊκά θεσμικά όργανα ως ένα εξαιρετικό μοντέλο πολυεπίπεδης διακυβέρνησης. Είναι μία εθελοντική πρωτοβουλία, σύμφωνα με την οποία οι υπογράφοντες δεσμεύονται να πετύχουν ή ακόμη και να υπερβούν το στόχο που έχει θέσει η Ευρωπαϊκή Ένωση για μείωση των εκπομπών CO₂ κατά 20% έως το 2020. Οι συμμετέχοντες στο Σύμφωνο Δήμοι, οφείλουν αρχικά να κάνουν μία απογραφή των καταναλώσεων ενέργειας και των εκπομπών αερίων ρύπων εντός των συνόρων τους και εν συνεχεία να καταστρώσουν ένα Σχέδιο Δράσης για την Αειφόρο

Ενέργεια (ΣΔΑΕ) στο οποίο θα προτείνονται οι τρόποι για την επίτευξη αυτών των στόχων.

Αρκετοί ελληνικοί δήμοι κινητοποιήθηκαν και εντάχθηκαν στο πλαίσιο του Συμφώνου και κατέθεσαν ΣΔΑΕ προς υλοποίηση, στο βαθμό που είναι αυτοί υπεύθυνοι των ενεργειακών στόχων της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Το πλήθος των δράσεων που μπορεί να υιοθετηθούν στα πλαίσια των δήμων πλέον προς επίτευξη των στόχων τους είναι μεγάλο, η δυσκολία προσδιορισμού του αποτελέσματος κάθε δράσης σημαντική, πόσο μάλλον η δυσκολία προσδιορισμού του αποτελέσματος ενός πλήθους δράσεων, ενός σεναρίου δράσεων με άλλα λόγια. Η λήψη της όποιας απόφασης προϋποθέτει τη μελέτη, την ανάλυση και τεκμηρίωση των αποτελεσμάτων της σε σχέση πάντα με τους στόχους που έχουν τεθεί. Εδώ ακριβώς αναδεικνύεται η σημασία και ο ρόλος των ΣΥΑ. Η ραγδαία εξέλιξη της πληροφορικής, όπως και η αλλαγή στην προσέγγιση των προβλημάτων απόφασης οδήγησε στην ανάπτυξη των Συστημάτων Υποστήριξης Αποφάσεων (ΣΥΑ - Decision Support Systems). Τα ΣΥΑ είναι αλληλεπιδραστικά συστήματα λογισμικού που αποσκοπούν στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας των διαδικασιών λήψης αποφάσεων σε χώρους προβλημάτων που χαρακτηρίζονται από χαμηλό βαθμό δόμησης. Στα πλαίσια ενός ΣΥΑ, ο αποφασίζων (αναλυτής αποφάσεων) υποστηρίζεται από αναλυτικές μεθόδους και μοντέλα για να θέτει στόχους και να ορίζει εναλλακτικά σενάρια, να αναλύει τις επιπτώσεις τους, να αξιολογεί τις εναλλακτικές λύσεις και τελικά να επιλέγει την κατάλληλη λύση που θα εφαρμοστεί.

Αυτό είναι και το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής. Η κατασκευή ενός μοντέλου αξιολόγησης διαφόρων σεναρίων δράσεων στα πλαίσια υλοποίησης των διαφόρων ΣΔΑΕ αλλά και σύγκρισης αυτών των σεναρίων και εξεύρεσης του βέλτιστου, σε σχέση πάντα με τους στόχους που τίθενται αλλά και των όποιων περιορισμών μπορεί να υπεισέρχονται. Στην εργασία αυτή θα χρησιμοποιηθούν σύγχρονες τεχνικές και μοντέλα αποφάσεων προκειμένου η αξιολόγηση να γίνει με τον αποδοτικότερο και συστηματικότερο δυνατό τρόπο. Συγκεκριμένα, θα χρησιμοποιηθούν αρχές της Θεωρίας Πολυκριτήριας Ανάλυσης με απώτερο σκοπό τη δημιουργία ενός μοντέλου το οποίο θα συγκρίνει και θα κατατάσσει τα διάφορα σενάρια με βάση την απόδοσή όσο αφορά ποσοτικά και ποιοτικά κριτήρια που έχουμε θέσει προκειμένου ακριβώς να αξιολογούμε τα αποτελέσματά τους. Στα πλαίσια της εργασίας αυτής, επίσης, θα γίνει εφαρμογή αυτού του μοντέλου σε δυο δήμους που έχουμε επιλέξει, συγκεκριμένα το δήμο Ιωαννιτών και το δήμο Αμυνταίου, αρκετά διαφορετικούς ως προς τα μεγέθη τους, αλλά και ειδικότερα ως προς τα ενεργειακά τους δεδομένα, προκειμένου να καταδειχθεί η χρησιμότητα του εν λόγω μοντέλου. Τα δεδομένα «εισόδου» που απαιτούνται για τον κάθε δήμο για τον οποίον εφαρμόζουμε το μοντέλο προέρχονται είτε από το ΣΔΑΕ αυτού είτε προέκυψαν από άλλες πηγές όταν αυτό απαιτήθηκε.

1.2 Στάδια υλοποίησης

Η εργασία υλοποιήθηκε σε 5 στάδια:

1. Ανάθεση του θέματος
Την ανάληψη διπλωματικής ακολούθησαν συζητήσεις σχετικά με το αντικείμενο και τους στόχους της. Συζητήθηκε, επίσης, σε αυτό το σημείο το θέμα της εύρεσης δυο κατάλληλων δήμων για την εφαρμογή του προς κατασκευή μοντέλου και επιλέχθηκαν ο δήμος Ιωαννιτών και ο δήμος Αμυνταίου, επιλογές που θεωρήθηκε ότι εξυπηρετούν τους σκοπούς της μελέτης μας.
2. Βιβλιογραφική αναζήτηση
Στο στάδιο αυτό έγινε αναζήτηση πληροφοριών σχετικών με το Σύμφωνο των Δημάρχων και ειδικότερα με δράσεις που προτείνονται στα πλαίσια διαφόρων ΣΔΑΕ που μελετήθηκαν προς επίτευξη των δεσμεύσεων των υπογραφόντων. Έγινε περαιτέρω αναζήτηση πληροφοριών που αφορούσαν δράσεις που κρίθηκε σκόπιμο να περιληφθούν στη μελέτη μας και είχαν να κάνουν κυρίως με θέματα προσδιορισμού του κόστους εφαρμογής τους. Μελετήθηκαν διεξοδικά τα ΣΔΑΕ των δυο επιλεγμένων προς εφαρμογή του μοντέλου δήμων και αντλήθηκαν όλες οι απαραίτητες πληροφορίες που τους αφορούσαν και θα χρησιμοποιούνταν αργότερα ως δεδομένα εισόδου του μοντέλου όπως το ενεργειακό τους ισοζύγιο, το πλήθος των δημοτικών κτιρίων κ.α. Αναζητήθηκαν επίσης πληροφορίες σχετικά με τα πολυκριτηριακά συστήματα υποστήριξης αποφάσεων και με εφαρμογές αυτών στον ενεργειακό τομέα. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στη μέθοδο UTA που επιλέχθηκε να εφαρμοστεί για τις ανάγκες αυτής της διπλωματικής.
3. Κατασκευή του μοντέλου
Έγινε η κατασκευή του μοντέλου μας στο υπολογιστικό φύλο excel.
4. Εφαρμογή του μοντέλου
Έγινε εφαρμογή του μοντέλου στους δυο δήμους από την οποία προέκυψε το βέλτιστο, σε σχέση και με τις «προτιμήσεις» που ορίστηκαν για τον κάθε δήμο, σενάριο δράσεων. Έγινε ακόμα ανάλυση και σύγκριση των αποτελεσμάτων της εφαρμογής και εξήχθησαν συμπεράσματα σχετικά με τις προοπτικές εξέλιξης και βελτίωσης του μοντέλου στο μέλλον.

1.3 Δομή της εργασίας

Η εργασία περιλαμβάνει έξι κεφάλαια:

- Στο 1ο κεφάλαιο γίνεται μία σύντομη αναφορά σε έννοιες όπως η κλιματική αλλαγή και το Σύμφωνο των Δημάρχων. Παρουσιάζεται το αντικείμενο της διπλωματικής και η δομή της εργασίας.
- Στο 2ο κεφάλαιο παρουσιάζονται εκτενέστερα τα χαρακτηριστικά του Συμφώνου τόσο σε ευρωπαϊκό όσο και σε τοπικό επίπεδο ενώ γίνεται ιδιαίτερη αναφορά σε περιοχές και κοινότητες με αγροτικά χαρακτηριστικά. Ακόμη γίνεται αναφορά στις αρχές των πολυκριτηριακών συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων, σε εφαρμογές μεθόδων αυτών των συστημάτων σε προβλήματα ενεργειακής φύσης και δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στη μέθοδο UTA η οποία και θα χρησιμοποιηθεί για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας.
- Στο 3ο κεφάλαιο γίνεται παρουσίαση του μοντέλου αξιολόγησης και σύγκρισης των σεναρίων δράσεων και περιγράφεται αναλυτικά η όλη μεθοδολογία. Πιο συγκεκριμένα, προσδιορίζονται αρχικά οι τομείς ενεργειακής κατανάλωσης, δίνεται ο σχεδιασμός των δράσεων και των χαρακτηριστικών τους, περιγράφεται η διαδικασία δημιουργίας των διαφόρων σεναρίων, γίνεται η περιγραφή των κριτηρίων αξιολόγησης, γίνεται ο καθορισμός των εφικτών σεναρίων, η περιγραφή του μοντέλου αξιολόγησης και κατάταξης τέλος των εφικτών σεναρίων. Με λίγα λόγια, στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται αναλυτικά το υπολογιστικό φύλο excel στο οποίο υλοποιείται η μέθοδος UTA, δηλαδή ουσιαστικά η όλη διαδικασία προσδιορισμού των αποτελεσμάτων των σεναρίων δράσεων, αξιολόγησής τους και εύρεσης του βέλτιστου σύμφωνα με τις προτιμήσεις μας σεναρίου.
- Στο 4ο κεφάλαιο δίνονται στοιχεία που έχουν να κάνουν τους δυο δήμους που έχουμε επιλέξει προκειμένου να εφαρμόσουμε το μοντέλο μας, το δήμο Ιωαννιτών και το δήμο Αμυνταίου και έχουν να κάνουν τόσο με γενικά στοιχεία που τους αφορούν όσο, σημαντικότερα για την παρούσα μελέτη, με τα ενεργειακά τους δεδομένα. Παρουσιάζεται συγκεντρωτικά η τελική απογραφή ενεργειακών καταναλώσεων στο σύνολο του κάθε δήμου και δίνονται συγκριτικές κατανομές της κατανάλωσης ενέργειας ανά τομέα και χρησιμοποιούμενο καύσιμο μεταξύ των δυο δήμων αλλά και σε σχέση με στοιχεία που αφορούν το σύνολο της χώρας.

- Στο 5ο κεφάλαιο γίνεται η εφαρμογή του πολυκριτηριακού μοντέλου στους δυο δήμους και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα. Κατόπιν γίνεται σύγκριση και αξιολόγηση αυτών των αποτελεσμάτων.
- Στο 6ο κεφάλαιο περιγράφονται τα συμπεράσματα της μελέτης και προτείνονται πιθανές μελλοντικές επεκτάσεις της έρευνας στο αντικείμενο αυτής.

***Κεφάλαιο 2. Η Ευρωπαϊκή ενεργειακή
πολιτική – Πολυκριτηριακές μέθοδοι λήψης
αποφάσεων – Η μέθοδος UTA***

2.1 Στρατηγική «Ευρώπη 2020»

Στις αρχές του 2010, η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) έθεσε σε εφαρμογή το σχέδιο «Ευρώπη 2020», στοχεύοντας, όχι μόνο στη καταπολέμηση της οικονομικής κρίσης που έπληξε πολλές από τις ευρωπαϊκές οικονομίες, αλλά και στην αντιμετώπιση των ελλείψεων του αναπτυξιακού της μοντέλου και στη δημιουργία των αναγκαίων συνθηκών για ανάπτυξη με τα εξής χαρακτηριστικά

- «Εξυπνη» - ανάπτυξη μιας οικονομίας βασιζόμενης στη γνώση και την καινοτομία
- Βιώσιμη - προώθηση μιας πιο αποδοτικής στη χρήση πόρων, πιο πράσινης και πιο ανταγωνιστικής οικονομίας
- χωρίς αποκλεισμούς - μια οικονομία με υψηλή απασχόληση που θα επιτυγχάνει κοινωνική και εδαφική συνοχή.

2.1.1 Στόχοι της στρατηγικής «Ευρώπη 2020»

Η αναπτυξιακή αυτή στρατηγική της Ευρωπαϊκής Ένωσης περιλαμβάνει κάποιους βασικούς στόχους που πρέπει να επιτευχθούν έως το τέλος της δεκαετίας και είναι

- να ανέλθει το ποσοστό απασχόλησης του πληθυσμού 20-64 ετών από 69% το 2010 σε τουλάχιστον 75% το 2020
- να επενδύεται 3% του ΑΕΠ της ΕΕ σε έρευνα και ανάπτυξη (E&A), ιδίως χάρη στη βελτίωση των συνθηκών επενδύσεων του ιδιωτικού τομέα σε έρευνα και ανάπτυξη και σε «ευρωπαϊκές συμπράξεις καινοτομίας» μεταξύ της ΕΕ και των κρατών μελών
- να επιτευχθούν οι στόχοι του «20/20/20» ως προς το κλίμα και την ενέργεια, δηλαδή να μειωθούν οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά 20% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 (ή κατά 30% εάν επιτευχθεί διεθνής συμφωνία), να αυξηθεί κατά 20% το μερίδιο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην τελική ενεργειακή κατανάλωση και να αυξηθεί στο 20% η ενεργειακή απόδοση
- να μειωθεί το ποσοστό πρόωρης εγκατάλειψης του σχολείου από το 15% το 2010 σε λιγότερο από 10% το 2020 και να αυξηθεί από το 31% σε τουλάχιστον 40% το ποσοστό του πληθυσμού ηλικίας 30-34 ετών που ολοκληρώνει την τριτοβάθμια ή ισοδύναμη εκπαίδευση
- να μειωθεί κατά 25% ο αριθμός των Ευρωπαίων που ζουν κάτω από τα εθνικά όρια φτώχειας, βγάζοντας από την κατάσταση της φτώχειας πάνω από 20 εκατομμύρια πολίτες.

Για την επίτευξη των στόχων αυτών η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει προτείνει επτά εμβληματικές πρωτοβουλίες, που θα ενεργήσουν ως καταλύτες για την επίτευξη προόδου σε κάθε βασική προτεραιότητα:

1. «Ένωση καινοτομίας», που επιδιώκει να εστιαστεί εκ νέου η πολιτική για E&A και καινοτομία στις προκλήσεις που αντιμετωπίζει η κοινωνία της Ένωσης, όπως η κλιματική αλλαγή, η ενεργειακή απόδοση και η αποτελεσματική χρήση των πόρων, η υγεία και οι δημογραφικές μεταβολές, με ταυτόχρονη γεφύρωση του χάσματος μεταξύ επιστήμης και αγοράς ούτως ώστε οι εφευρέσεις να μετατρέπονται σε προϊόντα.
2. «Νεολαία σε κίνηση» που στοχεύει στο να ενισχυθούν οι επιδόσεις και η ελκυστικότητα των ιδρυμάτων τριτοβάθμιας εκπαίδευσης της Ευρώπης σε διεθνές επίπεδο και να βελτιωθεί η συνολική ποιότητα σε όλα τα επίπεδα εκπαίδευσης και κατάρτισης στην ΕΕ, συνδυάζοντας αριστεία και ισότητα μέσα από την προώθηση της κινητικότητας των σπουδαστών και των εκπαιδευομένων και τη βελτίωση της κατάστασης των νέων στον τομέα της απασχόλησης.
3. «Ψηφιακό θεματολόγιο για την Ευρώπη» που επιδιώκει να προκύψουν βιώσιμα οικονομικά και κοινωνικά οφέλη από μια ενιαία ψηφιακή αγορά βασισμένη σε ταχεία και υπερταχεία πρόσβαση στο διαδίκτυο και σε διαλειτουργική εφαρμογή, ευρυζωνική πρόσβαση για όλους μέχρι το 2013, πρόσβαση για όλους σε πολύ υψηλότερες ταχύτητες στο διαδίκτυο (30 Mbps ή μεγαλύτερες) μέχρι το 2020, και ποσοστό 50% ή μεγαλύτερο των ευρωπαϊκών νοικοκυριών με συνδρομή σε συνδέσεις του διαδικτύου άνω των 100 Mbps.
4. «Μια Ευρώπη που χρησιμοποιεί αποδοτικά τους πόρους» για να αποσυνδεθεί η οικονομική ανάπτυξη από τη χρήση πόρων και ενέργειας, να στηριχθεί η μετάβαση προς μια οικονομία χαμηλών εκπομπών άνθρακα με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, να μειωθούν οι εκπομπές CO₂, να ενισχυθεί η ανταγωνιστικότητα και να αυξηθεί η ενεργειακή ασφάλεια.
5. «Μια βιομηχανική πολιτική για την εποχή της παγκοσμιοποίησης» αποβλέπει σε μια σύγχρονη βιομηχανική πολιτική που θα στηρίζει την επιχειρηματικότητα, θα καθοδηγεί και θα βοηθά τη βιομηχανία για το πώς να αντιμετωπίσει τις εν λόγω προκλήσεις, θα προωθεί την ανταγωνιστικότητα των επιχειρήσεων της Ευρώπης στον πρωτογενή τομέα, στη μεταποίηση και στις υπηρεσίες και θα τις βοηθά να αξιοποιήσουν τις ευκαιρίες που παρέχει η παγκοσμιοποίηση και η πράσινη οικονομία.
6. «Ατζέντα για νέες δεξιότητες και θέσεις εργασίας» για τον εκσυγχρονισμό των αγορών εργασίας και τη διασφάλιση της βιωσιμότητας των ευρωπαϊκών κοινωνικών μοντέλων, να αποκτήσουν οι πολίτες νέες δεξιότητες, ώστε να μπορέσουν να προσαρμοστούν στις νέες συνθήκες και στις ενδεχόμενες αλλαγές σταδιοδρομίας, να μειωθεί η ανεργία και να αυξηθεί η παραγωγικότητα της εργασίας.
7. «Ευρωπαϊκή πλατφόρμα για την καταπολέμηση της φτώχειας» για να διασφαλιστεί οικονομική, κοινωνική και εδαφική συνοχή, έτσι ώστε να αναγνωριστούν τα θεμελιώδη δικαιώματα των ατόμων που ζουν σε συνθήκες φτώχειας και κοινωνικού αποκλεισμού, παρέχοντάς τους τη δυνατότητα να ζουν αξιοπρεπώς και να συμμετέχουν ενεργά στην κοινωνία.

2.1.2 Ευρωπαϊκό Εξάμηνο

Για την παρακολούθηση της εξέλιξης της στρατηγικής «Ευρώπη 2020» η Ευρωπαϊκή Επιτροπή θέσπισε μια ετήσια διαδικασία συντονισμού των οικονομικών πολιτικών, την αποκαλούμενη "Ευρωπαϊκό Εξάμηνο". Κάθε χρόνο, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή πραγματοποιεί λεπτομερή ανάλυση και αξιολόγηση των προγραμμάτων οικονομικών και διαρθρωτικών μεταρρυθμίσεων που καταρτίζουν τα κράτη μέλη και διατυπώνει σχετικές συστάσεις για τους επόμενους 12-18 μήνες.

- Το Ευρωπαϊκό Εξάμηνο ξεκινά με την έγκριση από την Επιτροπή, συνήθως προς το τέλος κάθε έτους, της Ετήσιας Επισκόπησης για την Ανάπτυξη όπου καθορίζονται οι προτεραιότητες της ΕΕ για το ερχόμενο έτος με στόχο την τόνωση της ανάπτυξης και της απασχόλησης.
- **Τον Μάρτιο**, οι αρχηγοί κρατών και κυβερνήσεων εκδίδουν τις κατευθυντήριες γραμμές της ΕΕ για τις εθνικές πολιτικές με βάση την Ετήσια Επισκόπηση για την Ανάπτυξη. Με βάση την επισκόπηση αυτή, η εαρινή σύνοδος του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου εξετάζει:
 - τη συνολική μακροοικονομική κατάσταση
 - την πρόοδο ως προς την επίτευξη των 5 στόχων της ΕΕ
 - την πρόοδο στο πλαίσιο των εμβληματικών πρωτοβουλιών.

Παρέχει, επίσης, κατευθύνσεις σχετικά με τις δημοσιονομικές και μακροοικονομικές διαρθρωτικές μεταρρυθμίσεις και την ώθηση της οικονομικής ανάπτυξης, καθώς και συστάσεις όσον αφορά την πιθανή διασύνδεσή τους.

- **Τον Απρίλιο**, τα κράτη μέλη υποβάλλουν τα σχέδιά τους για υγιή δημόσια οικονομικά (Προγράμματα Σταθερότητας ή Σύγκλισης) καθώς και τις μεταρρυθμίσεις και τα μέτρα που αποσκοπούν σε μια έξυπνη, διατηρήσιμη και χωρίς αποκλεισμούς ανάπτυξη σε τομείς όπως η απασχόληση, η έρευνα, η καινοτομία, η ενέργεια ή η κοινωνική ένταξη (Εθνικά Προγράμματα Μεταρρυθμίσεων).
- **Τον Μάιο/Ιούνιο**, η Επιτροπή αξιολογεί τα προγράμματα αυτά και διατυπώνει, κατά περίπτωση, συστάσεις για κάθε χώρα. Το Συμβούλιο εξετάζει τις συστάσεις και το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο τις εγκρίνει. Παρέχονται δηλαδή στα κράτη μέλη συμβουλές ως προς την πολιτική που θα ακολουθήσουν, προτού αυτά ολοκληρώσουν την κατάρτιση του σχεδίου προϋπολογισμού τους για το επόμενο έτος.
- Τέλος, **στα τέλη Ιουνίου ή στις αρχές Ιουλίου**, το Συμβούλιο εγκρίνει επίσημα τις συστάσεις για κάθε χώρα.

Αν οι συστάσεις δεν ληφθούν υπόψη εντός συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος, είναι δυνατό να εκδοθούν προειδοποιήσεις πολιτικής. Υπάρχει επίσης το ενδεχόμενο επιβολής των συστάσεων μέσω κινήτρων και κυρώσεων σε περίπτωση υπερβολικών μακροοικονομικών και δημοσιονομικών ανισορροπιών.

Οι υπουργικές συναντήσεις για συγκεκριμένα ζητήματα πολιτικής είναι ζωτικής σημασίας για την αμοιβαία αξιολόγηση μεταξύ των κρατών μελών, την

παρακολούθηση της προόδου επίτευξης των κύριων στόχων της ΕΕ και για την προώθηση των εμβληματικών πρωτοβουλιών της στρατηγικής "Ευρώπη 2020".

Για να εφαρμοστούν οι απαιτούμενες πολιτικές και να διασφαλιστεί ευρεία αποδοχή, θα υπάρξει στενή συνεργασία με το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και άλλα συμβουλευτικά όργανα της ΕΕ (Επιτροπή των Περιφερειών, Ευρωπαϊκή Οικονομική και Κοινωνική Επιτροπή) με την πλήρη συμμετοχή των εθνικών κοινοβουλίων, των κοινωνικών εταίρων, των περιφερειών και άλλων ενδιαφερομένων.

2.2 Στόχοι 20/20/20

Το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο ενέκρινε μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για την κλιματική και ενεργειακή πολιτική με στόχο την καταπολέμηση της αλλαγής του κλίματος και την αύξηση της ενεργειακής ασφάλειας της Ε.Ε., ενισχύοντας παράλληλα την ανταγωνιστικότητα της και την μετατροπή της σε μια ιδιαίτερα αποδοτική από ενεργειακή άποψη οικονομία χαμηλών εκπομπών άνθρακα.

Βασικός στόχος είναι η σταθεροποίηση των συγκεντρώσεων των αερίων θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα σε επίπεδα τα οποία αποτρέπουν την επικίνδυνη ανθρωπογενή παρεμβολή στο κλιματικό σύστημα, ώστε η συνολική ετήσια μέση αύξηση της θερμοκρασίας στην επιφάνεια του πλανήτη να μην υπερβεί τους 2°C σε σύγκριση με τα προ-βιομηχανικής εποχής επίπεδα. Για να επιτευχθεί αυτό, απαιτείται να μειωθούν οι παγκόσμιες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου μέχρι το 2050 σε ποσοστό τουλάχιστον 50% έναντι των επιπέδων του 1990.

Οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου στην Κοινότητα θα πρέπει να συνεχίσουν να μειώνονται και πέραν του 2020 ως τμήμα των προσπαθειών της Κοινότητας να συμβάλει στην επίτευξη αυτού του παγκόσμιου στόχου μείωσης των εκπομπών.

Το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο του Μαρτίου 2007 αποφάσισε ότι, έως ότου συναφθεί παγκόσμια και συνολική συμφωνία για τη μετά το 2012 περίοδο, η Κοινότητα αναλαμβάνει μονομερή δέσμευση να επιτύχει μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου τουλάχιστον κατά 20% έως το 2020, σε σχέση με το 1990. Επιπλέον, το Συμβούλιο, ενέκρινε για την Κοινότητα στόχο μείωσης των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου κατά 30 % μέχρι το 2020, σε σχέση με το 1990, ώστε να συμβάλει στην επίτευξη παγκόσμιας και συνολικής συμφωνίας για τη μετά το 2012 εποχή, εφόσον και άλλες ανεπτυγμένες χώρες δεσμευθούν για ανάλογες μειώσεις εκπομπών και εφόσον οι οικονομικά πιο προηγμένες αναπτυσσόμενες χώρες συμβάλουν καταλλήλως ανάλογα με τις ευθύνες και τις δυνατότητές τους.

Το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο ενέκρινε μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για την κλιματική και ενεργειακή πολιτική με στόχο την καταπολέμηση της αλλαγής του κλίματος και την αύξηση της ενεργειακής ασφάλειας της ΕΕ, ενισχύοντας παράλληλα την ανταγωνιστικότητα της και την μετατροπή της σε μια ιδιαίτερα αποδοτική από ενεργειακή άποψη οικονομία χαμηλών εκπομπών άνθρακα.

Οι απαιτήσεις που υιοθετήθηκαν από τους αρχηγούς κρατών και κυβερνήσεων αφορούσαν:

- Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 20% κάτω από τα επίπεδα του 1990
- 20% της κατανάλωσης ενέργειας της ΕΕ να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές
- Μείωση κατά 20% στη χρήση πρωτογενούς ενέργειας σε σύγκριση με τα προβλεπόμενα επίπεδα μέσω της βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης.

Οι παραπάνω απαιτήσεις είναι γνωστές ως στόχοι 20/20/20.

Αυτοί οι στόχοι, στη συνέχεια, μεταφράστηκαν σε αντίστοιχους εθνικούς στόχους, αφού λήφθηκαν υπόψιν οι ιδιαίτερες εθνικές συνθήκες και οι διαφορετικές θέσεις εκκίνησης της κάθε χώρας.

2.3 Ρόλος των τοπικών και περιφερειακών αρχών στη στρατηγική «Ευρώπη 2020»

Η προσαρμογή στα δεδομένα της κάθε χώρας, καθώς και το γεγονός ότι σε πολλές χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης αρμόδιες για τομείς πολιτικής που συνδέονται με τη στρατηγική «Ευρώπη 2020» είναι οι περιφερειακές και οι τοπικές αρχές, οδήγησε στην υιοθέτηση μίας περιφερειακής προσέγγισης για την επίτευξη των στόχων. Οι τοπικές και περιφερειακές αρχές σχετίζονται με όλες τις πτυχές μίας ενεργειακής πολιτικής. Μπορούν να επηρεάσουν άμεσα την ζήτηση ενέργειας μέσω της διαχείρισης της δικής τους κατανάλωσης, αλλά και έμμεσα με την ενημέρωση και την παροχή κινήτρων στους πολίτες, σχετικά με την αποδοτικότερη χρήση ενέργειας από μέρους τους. Η ενεργειακή κατανάλωση των πολιτών επηρεάζεται άμεσα από στρατηγικές ενεργειακής εξοικονόμησης σε όλους τους τομείς της ζωής τους, όπως οι μεταφορές και ο οικιακός τομέας. Επιπρόσθετα, μπορούν να διαθέσουν κονδύλια για την προώθηση ενεργειακά αποδοτικών προϊόντων και υπηρεσιών.

Οι τοπικές και περιφερειακές αρχές δύνανται, επίσης, να πάρουν αποφάσεις σχετικές με την ανάπτυξη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και την εφαρμογή ενεργειακά αποδοτικότερων συστημάτων, ώστε να βελτιώσουν το ενεργειακό μείγμα της περιοχής τους, προωθώντας την τοπική παραγωγή ενέργειας και περιορίζοντας την ενεργειακή εξάρτηση από άλλες περιφέρειες. Η υιοθέτηση τέτοιων πολιτικών μπορεί να ενισχύσει την τοπική κοινωνία, με τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας, αλλά μπορεί να αποτελέσει και ένα ανάχωμα στο διαρκώς εντεινόμενο πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής.

Η κλιματική αλλαγή εγείρει όλο και περισσότερο ζητήματα σχετικά με το ευ ζην και την υγεία των πολιτών και μπορεί να έχει άμεσο αντίκτυπο στις τοπικές κοινωνίες, προκαλώντας ακραίες καιρικές συνθήκες, πλημμύρες, διάβρωση του εδάφους και καταστροφή βασικών υποδομών. Οι πρωτοβουλίες σε τοπικό επίπεδο είναι σημαντικές

τόσο για την επιβράδυνση των επιπτώσεών της, όσο και για την προστασία των ανθρώπων από τις επιπτώσεις αυτές. Το γεγονός αυτό θέτει τις τοπικές και περιφερειακές αρχές ως βασικό άξονα στις πολιτικές για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής.

Οι τοπικές αρχές αποτελούν τον πιο σημαντικό μοχλό άσκησης ενεργειακής πολιτικής, όχι μόνο γιατί έχουν καλύτερη γνώση επί των ιδιομορφιών της περιοχής τους, αλλά επίσης γιατί μπορούν να την υπηρετήσουν με πολλούς διαφορετικούς τρόπους (CEMR, 2006):

- Οι ίδιες ως καταναλωτές ενέργειας μπορούν να αποτελέσουν παράδειγμα για τους πολίτες της περιοχής τους, προωθώντας ενέργειες για εξοικονόμηση σε τομείς που βρίσκονται υπό την αιγίδα της. Κάθε αρχή διατηρεί κτίρια για την διεκπεραίωση των υποθέσεών της και για την εξυπηρέτηση των πολιτών, καταναλώνοντας έτσι σημαντικές ποσότητες ενέργειας για τη θέρμανση και την ψύξη χώρων, για το φωτισμό τους και για ζεστό νερό. Η εφαρμογή κατάλληλων δράσεων σε αυτά τα κτίρια θα οδηγούσε άμεσα σε αξιοσημείωτη εξοικονόμηση ενέργειας. Οι τοπικές αρχές συντηρούν επίσης ενεργοβόρες υπηρεσίες, όπως ο δημόσιος φωτισμός και οι δημόσιες μεταφορές. Η πραγματοποίηση ενεργειών εξοικονόμησης επί αυτών των υπηρεσιών οδηγεί όχι μόνο την καλύτερη ενεργειακή απόδοσή τους, αλλά και στη μείωση των εξόδων της.
- Ένας ακόμα ρόλος που μπορούν να διαδραματίσουν οι τοπικές αρχές στην εφαρμογή ενεργειακής πολιτικής είναι αυτός του ρυθμιστή της αστικής ανάπτυξης της περιοχής τους. Προσεκτικός σχεδιασμός και στρατηγικές αποφάσεις σχετικά με την αστική ανάπτυξη, όπως το σχέδιο πόλης και η δημιουργία σχεδίου βιώσιμης κινητικότητας για τους πολίτες, αποτελούν τη βάση για μετέπειτα μείωση των καταναλώσεων ενέργειας σε όλων των ειδών τις μεταφορές. Υπό τη δικαιοδοσία τους μπορούν να έχουν, επίσης, τη θέσπιση πιστοποιητικών ενεργειακής απόδοσης για όλα τα καινούρια κτίρια της περιοχής τους.
- Οι τοπικές αρχές αποτελούν, επίσης, την καλύτερη επιλογή για την ενημέρωση, την ευαισθητοποίηση και την θέσπιση κινήτρων για τους πολίτες της περιοχής τους. Η δημιουργία τμήματος με αποκλειστικό αντικείμενο την ενημέρωση και την ευαισθητοποίηση των πολιτών μπορεί να τους προσφέρει πολλαπλά οφέλη εκτός της εξοικονόμησης ενέργειας, όπως η βελτίωση των συνθηκών ζωής τους και η εξοικονόμηση χρημάτων. Η οργάνωση και η πραγματοποίηση σεμιναρίων και ενημερωτικών εκστρατειών σχετικά με θέματα αποδοτικότερης χρήσης ενέργειας και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, είναι πρωτοβουλίες που οδηγούν σε εξοικονόμηση ενέργειας με σχετικά μικρό κόστος.
- Τέλος, οι ίδιες οι τοπικές και περιφερειακές αρχές μπορούν να αναλάβουν το ρόλο του τοπικού παραγωγού ενέργειας. Κάποιες σχετικές δράσεις που μπορούν να αναλάβουν είναι:
 - ✓ Δημιουργία σταθμού συμπαραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας
 - ✓ Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σε στέγες δημοτικών κτιρίων
 - ✓ Εφαρμογή τηλεθέρμανσης

2.4 Μικρές κοινότητες με αγροτικά χαρακτηριστικά

Οι αγροτικές περιοχές καλύπτουν το 91% της συνολικής έκτασης των 27 χωρών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ενώ το άνω του 50% των Ευρωπαίων πολιτών μπορεί να θεωρηθεί ότι κατοικούν σε «αγροτικές περιοχές» (European Citizens' Panel, 2006). Παράλληλα, όμως το 81% των αγροτικών αυτών περιοχών παρήγαγε το 2009 κατά κεφαλήν ακαθάριστο προϊόν κάτω του μέσου όρου του συνόλου της Ευρωπαϊκής Ένωσης την ίδια περίοδο (Eurostat, 2012).

Το ποσοστό απασχόλησης στις αγροτικές περιοχές αυτές το 2010 βρίσκονταν στο 62,5%, πολύ μακριά από το στόχο του 75% που έχει τεθεί για το 2020 από τη στρατηγική «Ευρώπη 2020». Ο αγροτικός τομέας έχασε 2,8 εκατομμύρια θέσεις εργασίας κατά την περίοδο 2001-2009, ενώ η ύφεση στον πρωτογενή τομέα κυμάνθηκε στο 5,4% το 2009. Την ίδια στιγμή, το χάσμα μεταξύ του ακαθάριστου προϊόντος που παρήγαγαν οι αγροτικές περιοχές και αυτού των αστικών, σχεδόν διπλασιάστηκε από το 1995 έως το 2007 (European Commission, 2012).

Τα μεγαλύτερα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι αγροτικές περιοχές αφορούν:

- Οι αρνητικές δημογραφικές τάσεις και το μικρό ποσοστό νέων στις περιοχές αυτές.
- Το γεγονός ότι οι τοπικές οικονομίες είναι βασισμένες μόνο σε έναν τομέα, κυρίως τον αγροτικό.
- Η έλλειψη υποδομών κάθε είδους, γεγονός που μεταφράζεται σε δυσκολίες στην προσβασιμότητα και αδυναμία πρόσβασης στην Ευρυζωνικότητα.
- Η χαμηλή ποιότητα δεξιοτήτων, επιχειρηματικότητας και καινοτομίας. (European Commission, 2012)

Η επίλυση των προβλημάτων αυτών κρίνεται απαραίτητη από την ΕΕ, με στόχο την μείωση του χάσματος ανάμεσα στις αγροτικές και στις αστικές περιοχές. Οδηγός σε αυτήν την προσπάθεια είναι τα συγκριτικά πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν οι αγροτικές περιοχές και τα οποία είναι:

- Ο πλούτος σε φυσικούς πόρους και η ποιότητα του περιβάλλοντος.
- Η διαφορετικότητα στην τομεακή διάρθρωση της οικονομίας που μπορεί να επιτευχθεί σε αυτές τις περιοχές.
- Η ποιότητα ζωής των κατοίκων τους. (European Commission, 2012)

Οι μικρές αγροτικές κοινότητες αντιμετωπίζουν αντιστοίχου μεγέθους προβλήματα και στον ενεργειακό και περιβαλλοντικό τομέα. Αρχικά, σε αυτές της περιοχές το μίγμα της καταναλισκόμενης ενέργειας διαφέρει σε σχέση με τις αστικές περιοχές, με μεγαλύτερες εκπομπές ρύπων. Επίσης, έχουν προκύψει σοβαρά προβλήματα ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε πολλές αγροτικές περιοχές της Ευρώπης, ενώ η ενεργειακή αποδοτικότητα των κτιρίων είναι πολύ χαμηλότερη, λόγω της παλαιότητας του κτιριακού αποθέματος και των μειωμένων κινήτρων που δίνονται στις περιοχές αυτές (Ecofys, 2011).

Επίσης, οι απομονωμένες περιοχές, μαζί με τις νησιωτικές, λόγω των μορφολογικών τους χαρακτηριστικών και της γεωγραφικής τους θέσης, δεν μπορούν να ενσωματωθούν στα ηπειρωτικά ενεργειακά δίκτυα, κάτι που σε συνδυασμό με τη χρήση συμβατικών μορφών ενέργειας δημιουργεί σοβαρά οικονομικά και κοινωνικά προβλήματα (European Renewable Energy Council).

Τα προβλήματα αυτά καθιστούν απαραίτητη την υποστήριξη των αγροτικών περιοχών από την Ευρωπαϊκή Ένωση, η οποία θα προσανατολίζεται σε τρεις βασικούς άξονες (FREE, 2012):

- Ενεργειακή αποδοτικότητα των αγροτικών περιοχών
- Πράσινη ενέργεια
- Οικονομικά προσιτή και διαθέσιμη ενέργεια

Οι αγροτικές κοινότητες στην προσπάθεια για την επίτευξη των στόχων τους και την εκπλήρωση του ρόλου τους πρέπει να θέσουν τις εξής προτεραιότητες:

- Συνεχής εφαρμογή μέτρων και δραστηριοτήτων προώθησης, ενημέρωσης και εκπαίδευσης: Στις αγροτικές κοινότητες υπάρχει σημαντική έλλειψη γνώσης όσον αφορά την ανάπτυξη της αειφόρου ενέργειας. Σε όλες τις κοινότητες είναι αναγκαία η βελτίωση όσον αφορά την εκμετάλλευση όλων των δυνατών μέσων προώθησης. Τα προτεινόμενα μέτρα και δραστηριότητες προώθησης, ενημέρωσης και εκπαίδευσης μπορούν να χωριστούν σε τρεις κατηγορίες: αυτές που αφορούν τον κτιριακό τομέα, αυτές που αφορούν τις μεταφορές και τα έργα ΑΠΕ.
- Πολιτική βούληση: Η συμμετοχή στο Σύμφωνο των Δημάρχων αποτελεί δείγμα της θετικής στάσης των τοπικών αρχών απέναντι στην βιώσιμη ενεργειακή ανάπτυξη, αλλά αποτελεί μόνο το πρώτο βήμα προς τη σωστή κατεύθυνση. Το σημαντικότερο από τα επόμενα βήματα που πρέπει να γίνουν είναι η παροχή του ανθρώπινου δυναμικού καθώς και των απαραίτητων οικονομικών πόρων, το κέρδος των οποίων θα γίνει αντιληπτό κυρίως μέσω της εξοικονόμησης ενέργειας. Οι τοπικοί άρχοντες παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο και πρέπει να συμμετέχουν ενεργά στην εφαρμογή του προγράμματος. Αυτοί είναι εκείνοι που μπορούν και θα έπρεπε να προσφέρουν υποστήριξη σε όλα τα στάδια της εφαρμογής του Συμφώνου, καθώς μόνο με τη πλήρη στήριξή τους μπορεί να επιτευχθεί μια ποιοτική και επιτυχή εφαρμογή του Σχεδίου Δράσης μέχρι το 2020.
- Συμμετοχή όλων των ενδιαφερομένων: Οι κύριοι ενδιαφερόμενοι στην ανάπτυξη και εφαρμογή του ΣΔΑΕ πρακτικά θα έπρεπε να είναι όλοι αυτοί:
 - ✓ Των οποίων το συμφέρον είναι συνδεδεμένο με οποιονδήποτε τρόπο με το ΣΔΑΕ,
 - ✓ Των οποίων οι δραστηριότητες επηρεάζουν με οποιονδήποτε τρόπο στο Σχέδιο,

- ✓ Των οποίων η ιδιοκτησία, η πρόσβαση σε πληροφορία, οι πηγές, η τεχνογνωσία κτλ είναι απαραίτητη για μία επιτυχημένη ανάπτυξη και εφαρμογή του ΣΔΑΕ.

Στην ανάπτυξη και εφαρμογή του ΣΔΑΕ πρέπει να συμμετέχουν όσο περισσότερα ενδιαφερόμενα μέλη, κάτι το οποίο απαιτεί αποτελεσματική επικοινωνιακή στρατηγική, με πρώτο βήμα τον προσδιορισμό τους.

- Προσδιορισμός των μέσων χρηματοδότησης για την εφαρμογή έργων ΑΠΕ και ΟΧΕ: Οι κοινότητες, εκτός των ευρωπαϊκών κονδυλίων, έχουν και άλλες πηγές για την εφαρμογή των έργων:
 - Ίδιοι Πόροι:
 - ✓ Οι επενδυτές των έργων χρησιμοποιούν τους δικούς τους πόρους (δημοτικός προϋπολογισμός, φορολογικά έσοδα κτλ) χωρίς την χρήση εξωτερικών κονδυλίων.
 - ✓ Απλή επένδυση.
 - ✓ Κεφάλαιο κίνησης: Τα έσοδα παραμένουν διαθέσιμα για να χρηματοδοτήσουν τις συνεχιζόμενες εργασίες, χωρίς περιορισμούς ανά οικονομικό έτος.
 - ✓ Εσωτερική ανάθεση: Ο Δήμος λειτουργεί σαν Εταιρία Ενεργειακών Υπηρεσιών (ΕΕΥ), καθώς χρησιμοποιεί μόνο ιδίους πόρους, αφού αναλάβει τη σύμβαση.
 - Κινητοποίηση των τοπικών πόρων: Παροχή κινήτρων στα τοπικά ενδιαφερόμενα μέρη για την επένδυση σε έργα ΑΠΕ και ΟΧΕ, όπως:
 - ✓ Άμεσες επιδοτήσεις, π.χ. τραπεζικά δάνεια με μηδενικό επιτόκιο,
 - ✓ Φορολογία ή άλλα φορολογικά κίνητρα (φόρος εισοδήματος, φόρος ακίνητης περιουσίας, ΦΠΑ),
 - ✓ Ομαδικές αγορές με αποτέλεσμα μικρότερα κόστη,
 - ✓ Δημοτικά Ομόλογα: Αύξηση των ιδίων κεφαλαίων του Δήμου με έκδοση ομολόγου,
 - ✓ Εθελοντικές συμφωνίες: Προσαρμοσμένες συμφωνίες ανάμεσα στις τοπικές αρχές και σε ιδιώτες ή επιχειρήσεις.
 - Εξωτερικές πηγές χρηματοδότησης: Η εξωτερική χρηματοδότηση περιλαμβάνει αφενός τα διαρθρωτικά ταμεία και το ταμείο συνοχής, καθώς και τα κονδύλια της ΕΕ, και από την άλλη τη χρηματοδότηση του χρέους, όπου οι επενδυτές δανείζονται τα χρήματα που επενδύουν, είτε με τη μορφή δανείων είτε με έκδοση μετοχών.
 - Χρηματοδότηση από τρίτους (ΧΑΤ): Η ΧΑΤ είναι ένας καινοτόμος χρηματοδοτικός μηχανισμός που συνήθως απαντάται στις ακόλουθες τρεις μορφές:

- ✓ Συμβάσεις Ενεργειακής Απόδοσης: Επενδύσεις χωρίς αρχικό κόστος από τους Δήμους. Προϋποθέτει τη συμμετοχή μίας ΕΕΥ, η οποία κερδίζει ανάλογα με την εξοικονόμηση ενέργειας που επιτεύχθηκε.
- ✓ Μίσθωση: Επιτρέπει στις επιχειρήσεις να μισθώσουν περιουσιακά στοιχεία, αντί να τα δανείζονται, και στη συνέχεια να τα αποκτήσουν.
- ✓ Πίστωση προμηθευτή: Όταν αγοράζουν οι δήμοι εξοπλισμό τον αποπληρώνουν σε μικρό χρονικό διάστημα.

Αντιθέτως, με βάση τα ήδη υποβληθέντα ΣΔΑΕ, την ανάλυση που προηγήθηκε και την εμπειρία από ενεργειακά βιώσιμες κοινότητες της Ευρώπης, οι βασικές παράμετροι οι οποίες επηρεάζουν την επιτυχή εφαρμογή των μέτρων από τις αγροτικές κοινότητες προσδιορίστηκαν ως ακολούθως:

- Διαθέσιμες εναλλακτικές επιλογές για τις τεχνολογίες ΑΠΕ και Ορθολογικής Χρήσης Ενέργειας, όπως οι τεχνολογίες βιομάζας για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού κτλ,
- Οι κοινότητες αυτές συνήθως δεν εξυπηρετούνται από καλές υποδομές, όπως η έλλειψη δικτύων για φυσικό αέριο, παλαιότερα και λιγότερο αποδοτικά κτίρια, αν και από την άλλη πλευρά έχουν μεγαλύτερες δυνατότητες για τηλεθέρμανση παραδείγματος χάριν.
- Μικρός αριθμός δεσμευμένων ενδιαφερομένων μερών, κάτι το οποίο επιτρέπει μία διαφορετική διαδικασία λήψης αποφάσεων. Δέκα έως τριάντα βασικά ενδιαφερόμενα μέρη συμμετείχαν σε όλες τις συναντήσεις δημόσιας διαβούλευσης, οι οποίες οργανώθηκαν σε όλες τις κοινότητες που συμμετέχουν (δύο συναντήσεις ανά κοινότητα),
- Ο σημαντικός ρόλος των καταναλώσεων του αγροτικού τομέα (αλιεία, δασοκομεία, γεωργία), οι οποίες αποτελούν μεγάλο ποσοστό από τις συνολικές καταναλώσεις των κοινοτήτων,
- Ο ήσσονος σημασίας ρόλος της βιομηχανίας και η, συνήθως, μικρή συμβολή του τομέα των δημοσίων και ιδιωτικών μεταφορών στις συνολικές καταναλώσεις.

2.4.1 Ενεργειακή αποδοτικότητα των αγροτικών περιοχών

Η ενεργειακή αποδοτικότητα είναι αξιοσημείωτα χαμηλότερη στις αγροτικές περιοχές, λόγω της φύσης των κτιρίων, τα οποία είναι, σε γενικές γραμμές, κατασκευασμένα παλαιότερα και, συνήθως, έχουν ανάγκη ανακαίνισης. Καθώς οι ενεργειακές καταναλώσεις στον κτιριακό τομέα αντιστοιχούν στο 40% των συνολικών καταναλώσεων και στο 33% περίπου των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, γίνεται φανερό η σπουδαιότητα της αντιμετώπισης του προβλήματος.

Οι πολιτικές που έχει ακολουθήσει η ΕΕ ως τώρα δεν παρήγαγαν τα επιθυμητά αποτελέσματα, λόγω κυρίως των οικονομικών δεδομένων των κατοίκων αυτών των περιοχών και των οικονομικών κλίμακας. Σε αντίθεση δηλαδή με τις αστικές περιοχές, όπου οι κάτοικοι επωφελούνται από την πυκνότητα της δόμησης και κατοίκησης και εφαρμόζουν κτιριακές δράσεις σε μεγάλη κλίμακα πετυχαίνοντας μειωμένο κόστος, οι κάτοικοι των αραιοκατοικημένων αγροτικών περιοχών αντιμετωπίζουν υψηλότερα κόστη (BPIE, 2011).

2.4.2 Πράσινη Ενέργεια

Παρόλη την επικρατούσα αντίληψη ότι τα αστικά κέντρα έχουν το μεγαλύτερο μερίδιο ευθύνης για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, αναλύσεις έχουν αποδείξει ότι οι κατά κεφαλήν εκπομπές των αγροτικών περιοχών είναι μεγαλύτερες από αυτές των αστικών (Dodman, 2009). Το γεγονός αυτό οφείλεται σε πολλούς παράγοντες, όπως το μίγμα των καυσίμων που χρησιμοποιούνται, η χαμηλή ενεργειακή απόδοση, η αυξημένη βιομηχανική δραστηριότητα εκτός του αστικών κέντρων και στις ενεργοβόρες γεωργικές δραστηριότητες.

Το 2009 οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τις αγροτικές δραστηριότητες στην Ευρώπη υπολογίστηκαν στο 10,3% των συνολικών εκπομπών (Eurostat, 2011), ενώ οι επιπτώσεις του φαινομένου του θερμοκηπίου είναι εμφανέστερες στις αγροτικές περιοχές - πλημμύρες, βροχές, ξηρασίες, καύσωνες, χαλάζι κτλ. – καταστρέφοντας την κύρια οικονομική δραστηριότητα των κατοίκων τους. Ταυτόχρονα, ενώ σε γενικό επίπεδο η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι εντονότερη στα αστικά κέντρα, υπάρχουν πολλές αγροτικές περιοχές στην Ευρώπη που αντιμετωπίζουν μεγάλα προβλήματα στην ποιότητα του αέρα.

Οι αγροτικές περιοχές παρουσιάζουν μεγάλες δυνατότητες ανάπτυξης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, κυρίως ηλιακής και θερμικής ενέργειας και αξιοποίησης της βιομάζας για παραγωγή ενέργειας, η οποία βρίσκεται σε αφθονία λόγω των αγροτικών δραστηριοτήτων που αναπτύσσονται στις περιοχές αυτές. Η παραγόμενη ενέργεια είναι δυνατόν να αξιοποιηθεί κατάλληλα, βελτιώνοντας έτσι τη συμμετοχή των ΑΠΕ στους τομείς καταναλισκόμενης ενέργειας, καθώς το 2011 η συμμετοχή τους κυμάνθηκε στο 21% στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, στο 15,1% στην παραγόμενη θέρμανση και ψύξη και μόλις στο 3,8% στις μεταφορές (European Commission, 2013).

2.4.3 Οικονομικά προσιτή και διαθέσιμη ενέργεια

Η ενεργειακή προσιτότητα και διαθεσιμότητα είναι ένα ζήτημα πολύ μεγάλης σημασίας, ειδικά για τις αγροτικές περιοχές όπου το φαινόμενο της «ενεργειακής φτώχειας» είναι πολύ έντονο. Λόγω του μειωμένου εισοδήματος των κατοίκων των περιοχών αυτών, καθώς και των μεγαλύτερων ενεργειακών αναγκών τους, το κόστος

της ενέργειας για τις καθημερινές δραστηριότητές τους είναι πολύ μεγάλο σε σχέση με την οικονομική τους κατάσταση.

Επίσης, η γεωγραφική θέση πολλών αγροτικών κοινοτήτων καθώς και οι μεγάλες αποστάσεις μεταξύ τους, καθιστούν δύσκολη τη σύνδεσή τους στα μεγάλα ενεργειακά δίκτυα, καθιστώντας τες ευάλωτες σε καταστάσεις έλλειψης προσφοράς ενέργειας. Για αυτούς τους λόγους, καθίσταται επιτακτική η ανάγκη δημιουργίας τοπικών μικρο-δικτύων ενέργειας, ώστε να μειωθεί η εξάρτησή τους από τα κεντρικά δίκτυα.

2.4.4 Υποστήριξη των κοινοτήτων των αγροτικών περιοχών

Η υποστήριξη των αγροτικών περιοχών, που αποτελούν γεωγραφικά και πληθυσμιακά μεγάλο κομμάτι της Ευρωπαϊκής Ένωσης, είναι, λοιπόν, ζήτημα άμεσης προτεραιότητας, τόσο για την επίτευξη των περιβαλλοντικών και ενεργειακών στόχων της Ευρώπης, όσο και για την αντιμετώπιση των οικονομικών και κοινωνικών προβλημάτων που μαστίζουν τις περιοχές αυτές. Η ενεργειακή αναβάθμισή τους θα οδηγήσει στην οικονομική ελάφρυνση των κατοίκων τους, καθώς και στην δημιουργία θέσεων εργασίας και ακολούθως στην αναστροφή των δημογραφικών τάσεων που τις χαρακτηρίζουν.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση αναγνωρίζοντας τη σημασία της μείωσης του χάσματος αλλά και τη σπουδαιότητα του ρόλου που μπορούν να διαδραματίσουν οι αγροτικές περιοχές στην επίτευξη των στόχων της στρατηγικής «Ευρώπη 2020», έχει θεσπίσει υποστηρικτικούς φορείς για την ανάπτυξη των περιοχών αυτών, όπως η προσέγγιση LEADER και το Ευρωπαϊκό Γεωργικό Ταμείο Αγροτικής Ανάπτυξης (ΕΓΤΑΑ).

2.5 Πολυκριτηριακά συστήματα υποστήριξης αποφάσεων

Στο πολύπλοκο και ασαφές περιβάλλον του 21^{ου} αιώνα, η λήψη μίας απόφασης είναι αποτέλεσμα σύνθετων διαδικασιών, οι οποίες αποσκοπούν στη μελέτη, στην ανάλυση και στην τεκμηρίωση των αποτελεσμάτων κάθε απόφασης καθώς και στην υιοθέτηση τελικών προτάσεων που ικανοποιούν όλα τα εμπλεκόμενα μέρη. Η ραγδαία εξέλιξη της πληροφορικής, όπως και η αλλαγή στην προσέγγιση των προβλημάτων απόφασης οδήγησε στην ανάπτυξη των Συστημάτων Υποστήριξης Αποφάσεων (ΣΥΑ - Decision Support Systems). Τα ΣΥΑ είναι αλληλεπιδραστικά συστήματα λογισμικού που αποσκοπούν στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας των διαδικασιών λήψης αποφάσεων σε χώρους προβλημάτων που χαρακτηρίζονται από χαμηλό βαθμό δόμησης. Στα πλαίσια ενός ΣΥΑ, ο αποφασίζων (αναλυτής αποφάσεων) υποστηρίζεται από αναλυτικές μεθόδους και μοντέλα για να θέτει στόχους και να ορίζει εναλλακτικά σενάρια, να αναλύει τις επιπτώσεις τους, να αξιολογεί τις εναλλακτικές λύσεις και τελικά να επιλέγει την κατάλληλη λύση που θα εφαρμοστεί. Δηλαδή τα ΣΥΑ υποστηρίζουν χωρίς να αντικαθιστούν την κρίση των αποφασιζόντων, παρέχοντάς τους

πρόσβαση σε βάσεις δεδομένων και αναλυτικά-ποσοτικά μοντέλα. Η χρήση των ΣΥΑ για την αντιμετώπιση σύνθετων προβλημάτων απόφασης διευρύνει το πεδίο αντίληψης των αποφασιζόντων και προοδευτικά αναπτύσσει τις δεξιότητές τους σε βαθμό που οι ίδιοι να βελτιώνουν τις αποφάσεις τους.

Η Πολυκριτηριακή Υποστήριξη Αποφάσεων (MCDA - Multi-Criteria Decision Analysis) έχει αναπτυχθεί υπό την ανάγκη λήψης αποφάσεων που υπόκεινται στην επίδραση πολλών παραγόντων.

Η MCDA μπορεί εν γένει να μοντελοποιηθεί από τα παρακάτω στάδια (Department for Communities and Local Government, 2009):

- καθορισμός του πλαισίου της απόφασης
- αναγνώριση των εναλλακτικών επιλογών
- αναγνώριση των κριτηρίων αξιολόγησης
- βαθμολόγηση των εναλλακτικών σε κάθε κριτήριο
- στάθμιση των κριτηρίων
- υπολογισμός των συνολικών σταθμισμένων βαθμολογιών
- ανάλυση των αποτελεσμάτων και διατύπωση προτάσεων
- διεξαγωγή ανάλυσης ευαισθησίας

Από τη δεκαετία του 1960 έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι πολυκριτηριακής υποστήριξης αποφάσεων, που στόχο έχουν τη δημιουργία μίας καλύτερα δομημένης και πιο τυποποιημένης διαδικασίας απόφασης. Σε γενικές γραμμές διαφέρουν πολύ μεταξύ τους, ενώ πολλές αναπτύχθηκαν για την λύση συγκεκριμένων προβλημάτων. Μία γενική κατηγοριοποίησή τους είναι (Belton & Stewart, 2002):

- Μοντέλα μέτρησης αξίας
- Μοντέλα στόχων, προσδοκίας και επιπέδου αναφοράς
- Μοντέλα υπεροχής

Ακολουθεί μία καταγραφή κάποιων δημοφιλών μεθόδων ανά κατηγορία (Løken, 2005):

Μοντέλα μέτρησης αξίας

Ένα κοινό χαρακτηριστικό των μεθόδων που ανήκουν στην κατηγορία αυτή είναι το γεγονός ότι σε κάθε εναλλακτική αποδίδεται μία αριθμητική τιμή V . Οι βαθμολογίες αυτές παράγουν μία σειρά προτίμησης των εναλλακτικών, όπως το ότι η εναλλακτική a προτιμάται της εναλλακτικής b αν και μόνο αν $V(a) > V(b)$. Ακόμη σε καθένα από τα κριτήρια αξιολόγησης αποδίδεται μία τιμή, ως βάρος, η οποία εκφράζει την συνεισφορά του κάθε κριτηρίου στην τελική βαθμολογία, ανάλογα με το πόσο σημαντικό είναι το κριτήριο αυτό για τον ίδιο τον αποφασίζοντα.

Παραδείγματα μεθόδων αυτής της κατηγορίας είναι η MAVT (Multiattribute Value Theory) και η εξέλιξή της η MAUT (Multiattribute Utility Theory). Παρόμοια με την MAVT είναι και η μέθοδος AHP (Analytical Hierarchy Process), με τη διαφορά ότι

αυτή βασίζεται στις ανά ζεύγος συγκρίσεις των εναλλακτικών για την δημιουργία της σειράς προτίμησής τους και τον υπολογισμό των βαρών των κριτηρίων.

Μοντέλα στόχων, προσδοκίας και επιπέδου αναφοράς

Οι μέθοδοι προγραμματισμού στόχων (GP – Goal Programming) χρησιμοποιούνται συχνά στην πρώτη φάση μίας πολυκριτηριακής διαδικασίας, όταν υπάρχουν πολλές εναλλακτικές, ώστε να φιλτράρουν τις χειρότερες εναλλακτικές με αποδοτικό τρόπο. Μέθοδοι που ανήκουν στην κατηγορία είναι:

- η TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution)
- η WSM (Weighted Sum Model)
- η WPM (Weighted Product Model)

Μοντέλα υπεροχής

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν μέθοδοι που βασίζονται στη δημιουργία σχέσεων υπεροχής ανάμεσα στις εναλλακτικές. Οι εναλλακτικές συγκρίνονται ανά ζεύγη, ανάλογα με το ποια προτιμάται σε σχέση με το κάθε κριτήριο. Με την άθροιση της πληροφορίας προτίμησης για όλα τα σχετικά κριτήρια, το μοντέλο προσδιορίζει σε ποιο βαθμό μία εναλλακτική υπερέχει έναντι μίας άλλης. Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν η οικογένεια μεθόδων ELECTRE (γαλλικά: Elimination Et Choix Traduisant la REalité) όπως και η PROMETHEE (Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluation).

Μία διαφορετική κατηγοριοποίηση που έχει προταθεί (Zorounidis & Doumpos, 2002) είναι:

- Πολλαπλών στόχων/προγραμματισμού στόχων
- Μέθοδοι θεωρίας πολυκριτήριας χρησιμότητας (AHP, MAUT, MACBETH κ.α.)
- Μέθοδοι υπεροχής (ELECTRE, PROMETHEE, ORESTE κ.α.)
- Μέθοδοι επιμερισμού προτίμησης (UTA, UTADIS, MHDIS)

2.6 Εφαρμογές μεθόδων πολυκριτηριακών συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων σε προβλήματα ενεργειακής φύσης

Τα προβλήματα ενεργειακού προγραμματισμού είναι ένα πολύ καλό πεδίο για την εφαρμογή μεθόδων πολυκριτηριακής ανάλυσης (Løken, 2005). Οι μέθοδοι βρίσκουν εφαρμογή σε προβλήματα όπως ο βιώσιμος ενεργειακός σχεδιασμός, η διαχείριση των ενεργειακών πόρων, η διαχείριση της ενέργειας, η διαχείριση της μεταφοράς ενέργειας, ο σχεδιασμός για ενεργειακά προγράμματα κ.α..

Οι εφαρμογές μεθόδων πολυκριτηριακής ανάλυσης σε αυτά τα θέματα είναι πολυάριθμες, πράγμα που αποδεικνύει τη μεγάλη δυνατότητα εφαρμογής τους στο πλαίσιο που διαμορφώνει η κλιματική αλλαγή και ο στόχος της βιώσιμης ανάπτυξης.

Ακολουθεί μία επισκόπηση της δημοσιευμένης βιβλιογραφίας, όσον αφορά την εφαρμογή των μεθόδων αυτών πάνω σε προβλήματα ενεργειακής φύσης.

2.6.1 Η μέθοδος AHP

Η μέθοδος AHP έχει χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη νέου συστήματος ενέργειας στην Ταϊβάν (Tzeng et al., 1992), για την αξιολόγηση σεναρίων για τη θερμική επεξεργασία μολυσματικών αποβλήτων νοσοκομείων στην κεντρική Μακεδονία (Karagiannidis et al., 2010), για την προώθηση της εξοικονόμησης ενέργειας (Kablan, 2004), για τη βελτίωση της στρατηγικής περιβαλλοντικής αξιολόγησης υδάτινων προγραμμάτων στη Βραζιλία (Garfi et al., 2011) και για την ιεράρχηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας από τις κοινότητες (Nigim et al., 2004). Επίσης, έχει χρησιμοποιηθεί για την επιλογή των κατάλληλων τεχνολογιών αποθήκευσης ενέργειας (Barin et al., 2011), για εναλλακτικές στο φωτισμό κατοικιών (Ramanathan & Ganesh, 1994), για το πλαίσιο περιβαλλοντικής διαχείρισης για την τοποθεσία αιολικού πάρκου στη Λέσβο (Tegou et al., 2010) και για την εφαρμογή της αειφόρου ανάπτυξης της αγροτικής ενέργειας στην Κίνα (Xiaohua & Zhenmin, 2002).

Η μέθοδος αυτή είναι πολύ δημοφιλής σε θέματα ενεργειακής και περιβαλλοντικής διαχείρισης και από τις πρώτες που εφαρμόστηκαν.

2.6.2 Η μέθοδος TOPSIS

Η μέθοδος TOPSIS έχει βρει εφαρμογή σε συστήματα διαχείρισης ενέργειας ηλεκτρικών οικιακών συσκευών (Chao et al., 2012), στην ενεργειακή διαχείριση θερμοηλεκτρικών σταθμών (Montanari, 2004, στην αποτίμηση της περιβαλλοντικής ποιότητας (Zhang & Shi, 2010). Επίσης, έχει χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση εναλλακτικών συστημάτων υδροηλεκτρικής ενέργειας (Opricovic & Tzeng, 2007) και για την κατάταξη των ενεργειακών κοινοτήτων στην Ευρώπη (Thomaidis et al., 2008).

2.6.3 Η οικογένεια μεθόδων ELECTRE

Κάποιες εφαρμογές της μεθόδου ELECTRE είναι ο ενεργειακός σχεδιασμός στην περίπτωση των επιλογών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Georgoroulou et al., 1996), η βελτιστοποίηση αποκεντρωμένων συστημάτων ενέργειας (Papadopoulos & Karagiannidis, 2008), η έρευνα και συγκριτική προσέγγιση των επιπτώσεων των

εναλλακτικών πηγών ενέργειας (Siskos & Hubert, 1982), ο προσδιορισμός των εθνικών προτεραιοτήτων για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στον ενεργειακό τομέα (Georgoroulou et al., 2003) και η ανάλυση ενεργειακών συστημάτων με πολλές πηγές ενέργειας (Catalina et al., 2011).

2.6.4 Η οικογένεια μεθόδων PROMETHEE

Κάποιες εφαρμογές των μεθόδων όλης της ομάδας είναι η εκμετάλλευση των γεωθερμικών πόρων στο νησί της Χίου (Haralambopoulos & Polatidis, 2003), ο σχεδιασμός των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε περιοχή της Ισπανίας (Terrados et al., 2009), η προώθηση τεχνολογιών για την αειφόρο ηλεκτρική ενέργεια στην Ελλάδα (Doukas et al., 2006), η πολυκριτηριακή προσέγγιση της αξιολόγησης συστημάτων δημοτικής θέρμανσης (Ghafghazi et al., 2010) και οι επιπτώσεις των σταθμών παραγωγής ενέργειας στο βιοτικό επίπεδο (Chatzimouratidis & Pilavachi, 2012).

2.6.5 Μέθοδοι ασαφούς λογικής

Οι μέθοδοι ασαφούς λογικής, όπως η fuzzy AHP και η fuzzy TOPSIS, φαίνονται να κερδίζουν όλο και περισσότερο έδαφος στις εφαρμογές πολυκριτηριακών συστημάτων ανάλυσης επί ενεργειακών ζητημάτων, με πληθώρα βιβλιογραφίας και εφαρμογών τα τελευταία χρόνια. Τέτοιες είναι: για τη μέθοδο fTOPSIS η εφαρμογή πολυκριτηριακής απόφασης σε ενεργειακό σχεδιασμό (Kaya & Kahraman, 2011), η αξιολόγηση της αποθήκευσης θερμικής ενέργειας σε συστήματα ηλιακής ενέργειας (Cavallaro, 2010) και η αξιολόγηση της βιώσιμης ανάπτυξης συστημάτων στερεών αποβλήτων στην Πορτογαλία (Pires et al., 2011). Για τη μέθοδο fAHP έχουν πραγματοποιηθεί εφαρμογές για την αξιολόγηση της δυσχέρειας χρηματοδότησης στις συμβάσεις ενεργειακής απόδοσης της Κίνας (Li, 2012), για την ανάλυση των παραγόντων αξιολόγησης για τη διάδοση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Heo et al., 2010) και για την επιλογή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ινδονησία (Tasri & Susilawati, 2014).

2.6.6 Συνδυασμός μεθόδων

Ένας σωστός συνδυασμός δύο μεθόδων μπορεί να φανεί πολύ αποδοτικός. Ένα τέτοιο μείγμα μπορεί να αναδείξει τα πλεονεκτήματα και των δύο μεθόδων, ενώ παρόλο που οι μέθοδοι έχουν κάποια όρια, αυτά μπορούν να αποδειχθούν συμπληρωματικά (Løken, 2005).

Έχουν γίνει πολλές προσπάθειες συνδυασμού διαφορετικών μεθόδων πολυκριτηριακής ανάλυσης σε θέματα ενέργειας, ιδιαίτερα σε συνδυασμό με τη μέθοδο AHP, όπως η

εφαρμογή της AHP και της PROMETHEEII για την αξιολόγηση καινούριου ενεργειακού συστήματος στη Ταϊβάν (Tzeng et al., 1992) και η εφαρμογή της AHP και της GP για την κατανομή ενεργειακών πόρων με ποσοτικά και ποιοτικά κριτήρια (Ramanathan & Ganesh, 1995).

2.7 Οι μέθοδοι UTA

Η μέθοδος UTA (Utilités Additives), αρχικά, προτάθηκε από τους Jacquet-Lagrèze και Siskos (1978, 1982) και έχει ως στόχο την εκτίμηση (επαγωγή) μίας προσθετικής συνάρτησης αξίας με βάση μία προδιάταξη ενός συνόλου αναφοράς A_R . Η μέθοδος χρησιμοποιεί τεχνικές γραμμικού προγραμματισμού προκειμένου να κατασκευαστεί μια συνάρτηση αξίας, η οποία οδηγεί σε μία κατάταξη όσο το δυνατό πιο συμβατή με την αρχική προδιάταξη.

Η μέθοδος υιοθετεί βασικές αρχές της θεωρίας της πολυκριτήριας χρησιμότητας (MAUT), αφού δέχεται την ύπαρξη μίας προσθετικής συνάρτησης αξίας που συνθέτει όλα τα επιμέρους κριτήρια. Η μέθοδος, σε τελικό στάδιο, εκτιμάει ένα σύνολο συναρτήσεων αξίας που αναπαριστούν τις προτιμήσεις που έχει εκφράσει ο αποφασίζων, αντί για μία και μοναδική συνάρτηση (Jacquet-Lagrèze & Siskos, 1982).

Τα πλεονεκτήματα της UTA, σε σύγκριση με τις τυπικές μεθόδους γραμμικής παλινδρόμησης, είναι (Despotis et al., 1990):

- Η ικανότητα διαχείρισης ποιοτικών όσο και ποσοτικών κριτηρίων στην αξιολόγηση των εναλλακτικών.
- Η εκτίμηση ενός συνόλου από προσθετικές συναρτήσεις αξίας αντί για μία και μοναδική.
- Η χρήση τυπικών τεχνικών γραμμικού προγραμματισμού.
- Η φύση των προτιμήσεων που εκφράζεται σαν ολοκληρωμένη ασθενής κατάταξη αντί να εκφράζεται μέσω αριθμητικών τιμών.

Κατά καιρούς έχουν προταθεί κάποιες βελτιωμένες παραλλαγές της μεθόδου, όπως η UTASTAR (Siskos & Yannacopoulos, 1985), στην οποία εισήχθησαν, ανάμεσα σε άλλα, οι έννοιες τους σφάλματος υποτίμησης και υπερτίμησης, ενώ κατά καιρούς έχουν προταθεί βελτιώσεις της UTA και των παραλλαγών της.

Στην παρούσα εργασία θα χρησιμοποιηθεί η μέθοδος UTA II (Σίσκος, 2008), η περιγραφή της οποίας ακολουθεί:

Η προσθετική συνάρτηση αξίας ορίζεται από τη σχέση (1), υπό τους περιορισμούς (2), (3):

$$u(g) = \sum_{i=1}^n p_i u_i(g_i) \quad (1)$$

$$u_i(g_{i*}) = 0, u_i(g_i^*) = 1, u_i(g_i) \leq 1 \quad \forall i \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n p_i = 1 \quad (3)$$

όπου

- $u_i(g_i)$, $i = 1, 2, \dots, n$ είναι οι μη φθίνουσες περιθώριες συναρτήσεις αξίας κάθε κριτηρίου, (marginal value functions), κανονικοποιημένες μεταξύ 0 και 1,
- g_{i^*}, g_i^* το χειρότερο και το καλύτερο επίπεδο της κλίμακας του κριτηρίου g_i
- και $p_i, i = 1, 2, \dots, n$ οι συντελεστές βαρύτητας των κριτηρίων, με άθροισμα τη μονάδα.

Στις περισσότερες παραλλαγές της μεθόδου UTA, η συνάρτηση αξίας κατασκευάζεται σε μία υπολογιστική φάση, μορφοποιώντας ένα κατάλληλο πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού που απαιτεί μόνο τις ολικές προτιμήσεις του αποφασίζοντος. Στη UTA II, όμως, που θα χρησιμοποιηθεί, εφαρμόζεται μια διαδικασία δύο φάσεων, σύμφωνα με την οποία:

- 1) Κατασκευάζονται οι περιθώριες συναρτήσεις αξίας των κριτηρίων μέσω μίας ανεξάρτητης μεθόδου.
- 2) Ζητείται από τον αποφασίζοντα να δώσει μια κατάταξη ενός συνόλου αναφοράς A_R και στη συνέχεια με βάση τις συγκρίσεις μεταξύ των εναλλακτικών του συνόλου αναφοράς προσδιορίζεται ένα συμβατό «σετ» συντελεστών βαρύτητας.

Ωστόσο, πριν την επίλυση αυτών των δύο επιμέρους προβλημάτων, πρέπει να εξασφαλιστεί η προτιμησιακή ανεξαρτησία (Keeney & Raiffa, 1976, Keeney, 1980) όλων των κριτηρίων μεταξύ τους, κάτι το οποίο είναι προαπαιτούμενο στην εφαρμογή της μεθόδου.

2.7.1 Ορισμός προτιμησιακής ανεξαρτησίας

Ένα ζεύγος κριτηρίων g_i, g_j είναι προτιμησιακά ανεξάρτητο του λοιπού συνόλου των κριτηρίων $F - \{g_i, g_j\}$ όταν οι μοναδιαίες παραχωρήσεις μεταξύ των κριτηρίων g_i, g_j δεν εξαρτώνται από τις τιμές που παίρνουν τα υπόλοιπα κριτήρια. Η εξασφάλιση της προτιμησιακής ανεξαρτησίας θα πραγματοποιηθεί μέσω ερωτήσεων στον εμπειρογνώμονα κατά τη διάρκεια της διαδικασίας κατασκευής των συντελεστών βαρύτητας των κριτηρίων, στη δεύτερη φάση.

2.7.2 Περιγραφή εμπειρογνώμονα

Σε μεθοδολογία UTA II, κατ' επέκταση και σε πολλά σημεία της παρούσας μελέτης, θα αναφερθεί η έννοια του εμπειρογνώμονα, ή αποφασίζοντα. Πρόκειται για κάποιον ειδικό, ο οποίος καλείται να απαντά σε ερωτήσεις που θα βοηθήσουν στη κατασκευή αφενός των περιθωρίων συναρτήσεων και αφετέρου στην κατάταξη των εικονικών χωρών, για να υπολογιστούν οι συντελεστές βαρύτητας. Στον εμπειρογνώμονα τίθενται σχετικά απλά ερωτήματα, προκειμένου να καταλήξουμε σε πιο σύνθετες σχέσεις προτίμησης που χρειάζονται στο μοντέλο.

2.7.3 Κατασκευή περιθώριων συναρτήσεων

Οι περιθώριες συναρτήσεις αποτελούν τις σχέσεις μετασχηματισμού μεταξύ των τιμών των κριτηρίων και των πραγματικών αξιών που αυτές αντιπροσωπεύουν και δεν είναι γραμμικές. Αν ήταν γραμμικές, δεν θα είχαν νόημα, καθώς, γνωρίζοντας το πρώτο και το τελευταίο σημείο, οι αξίες θα ισούταν με τις τιμές των κριτηρίων.

Η μέθοδος της άμεσης κατασκευής των περιθώριων συναρτήσεων περιλαμβάνει διάλογο με τον εμπειρογνώμονα, μέσα από τον οποίον βρίσκονται μερικά σημεία της συνάρτησης και κατασκευάζεται ο αναλυτικός της τύπος μέσω προσέγγισης. Συγκεκριμένα, βρίσκονται 5 σημεία που περιλαμβάνονται στην περιθώρια συνάρτηση και κατόπιν χρησιμοποιείται πολυωνυμική προσέγγιση δευτέρου βαθμού για να κατασκευαστεί ο αναλυτικός της τύπος. Προφανώς, για τις περιθώριες συναρτήσεις όλων των κριτηρίων ισχύουν τα εξής:

$$u_i(g_{i*}) = 0, u_i(g_i) = 1, u_i(g_i) \leq 1 \quad \forall i$$

Συνεπώς, από τα 5 σημεία που αναζητούνται για κάθε περιθώρια συνάρτηση, ήδη θα είναι γνωστά τα 2, το πρώτο και το τελευταίο, και αναζητούνται άλλα 3. Για παράδειγμα, θεωρώντας ένα αριθμητικό κριτήριο, τα 5 σημεία θα είναι κατανομημένα ισομερώς στο διάστημα (0,1), οπότε αναζητούνται οι αξίες για τα σημεία στο 20%,40%, 60% και 80% του βέλτιστου (g_{i*}). Θα πραγματοποιηθεί ο εξής διάλογος:

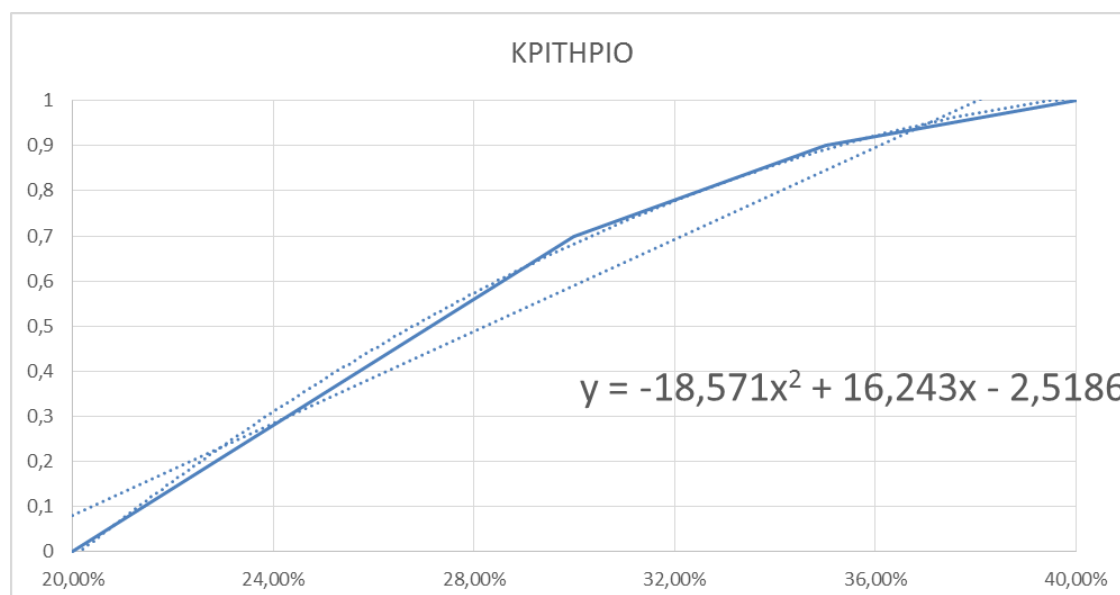
- Αναλυτής: Αν θεωρήσουμε ότι το χειρίστο επίπεδο (20%) έχει αξία 0 και το βέλτιστο (100%) έχει αξία 1, πόση αξία θεωρείτε ότι έχει το επίπεδο 25%;
- Εμπειρογνώμων: Δεν θεωρώ ότι είναι γραμμική η σχέση, θα το προσδιόριζα στο 0,35.
- Αναλυτής: Το επίπεδο 30%;
- Εμπειρογνώμων: 0,7.
- Αναλυτής: Αντίστοιχα, κατά πόσο θεωρείτε ότι υπολείπεται σε αξία σε σχέση με το βέλτιστο μια τιμή στο κριτήριο της τάξης του 35%;
- Εμπειρογνώμων: Θα του έδινα αξία 0,9.

Με βάση αυτό το διάλογο υπολογίζονται τα ζητούμενα 6 σημεία, τα οποία φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 2.1: Απαντήσεις εμπειρογνώμονα για κατασκευή περιθώριας συνάρτησης κριτηρίου

ΚΡΙΤΗΡΙΟ	
Τιμή κριτηρίου K	Αξία για το κριτήριο K
20,00%	0
25,00%	0,35
30,00%	0,7
35,00%	0,9
40,00%	1

Στη συνέχεια προσεγγίζονται με δευτεροβάθμια πολυωνυμική συνάρτηση τα σημεία που βρέθηκαν και κατασκευάζεται η αναλυτική μορφή της περιθώριας συνάρτησης του κριτηρίου.



Σχήμα 2.1: Κατασκευή περιθώριας συνάρτησης κριτηρίου

Δηλαδή, η περιθώρια συνάρτηση που κατασκευάστηκε για το κριτήριο του παραδείγματος είναι:

$$u_i(g_i) = -18,571 * g_i^2 + 16,243 * g_i + 2,5186$$

2.7.4 Προσδιορισμός βαρών κριτηρίων

Αρχικά, κατασκευάζεται το σύνολο αναφοράς A_R , εικονικών εναλλακτικών, και μέσα από διμερείς συγκρίσεις, τα αποτελέσματα των οποίων δίνει ο αποφασίζων, δημιουργείται μία κατάταξη για τις εικονικές εναλλακτικές του συνόλου. Κάθε διμερής σύγκριση (π.χ. μεταξύ a,b) παρίσταται αριθμητικά από την εξής σχέση:

$$\Delta(a, b) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i[g_i(a)] - u_i[g_i(b)]\} - \sigma^+(a) + \sigma^-(a) + \sigma^+(b) - \sigma^-(b)$$

όπου

- $a, b \in A_R$ και
- $\sigma^+(a), \sigma^-(a)$ τα σφάλματα υπερεκτίμησης και υποεκτίμησης αντίστοιχα για την εναλλακτική a .

Δηλαδή, για την κατασκευή του γραμμικού προβλήματος, μέσω του οποίου υπολογίζονται τα βάρη των κριτηρίων, ισχύει ότι η σχέση μπορεί να περιέχει ένα σφάλμα εκτίμησης του εμπειρογνώμονα, το οποίο όμως πρέπει να ελαχιστοποιηθεί. Έτσι, σαν αντικειμενική συνάρτηση σε ένα πρόβλημα θεωρείται το άθροισμα των σφαλμάτων, δηλαδή:

$$[min]F = \sum_{a \in A_R} \sigma^+(a) + \sigma^-(a)$$

Υπό τους περιορισμούς

$$\Delta(a, b) \geq \delta, \text{ αν } a > b \quad (4)$$

$$\Delta(a, b) = 0, \text{ αν } a \approx b \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^n p_i = 1$$

$$p_i \geq 0, \sigma^+(a) \geq 0, \sigma^-(a) \geq 0 \quad \forall a \in A_R, \forall i$$

Ο αποφασίζων απαντά, σε κάθε περίπτωση, ποια εναλλακτική θεωρεί ότι επικρατεί της άλλης, και αυτή η προτίμηση ποσοτικοποιείται μέσω της (4), θεωρώντας ότι η διαφορά στην αξία μεταξύ των δύο εναλλακτικών ξεπερνά το κατώφλι δ . Το κατώφλι δ τυπικά είναι ένας μικρός αριθμός, γεγονός που αντικατοπτρίζει την εμπιστοσύνη μας στον εμπειρογνώμονα, ότι μπορεί δηλαδή να ξεχωρίσει ακόμα και εναλλακτικές με σχετικά μικρές διαφορές. Τυπικές τιμές για το κατώφλι δ είναι το 0,05% ή το 0,1%.

Βεβαίως, δίνεται στον αποφασίζοντα η επιλογή να απαντήσει πως η διαφορά μεταξύ των επιλογών είναι τόσο μικρή που δεν μπορεί να ξεχωρίσει μία από τις δύο και σε αυτή την περίπτωση από τη σύγκριση προκύπτει ένας περιορισμός τύπου (5).

Όπως γίνεται κατανοητό, όσο περισσότερες εικονικές εναλλακτικές χρησιμοποιούνται και, ειδικότερα, όσο περισσότερες συγκρίσεις μεταξύ τους πραγματοποιούνται, υπάρχουν και περισσότεροι περιορισμοί στο γραμμικό πρόβλημα. Αυτό σημαίνει πως στενεύουν τα πλαίσια για την επίλυσή του ή, σε ακραίες περιπτώσεις, μπορεί να καταστεί και αδύνατη η εύρεση συμβατού «σετ» συντελεστών βαρύτητας, οι οποίοι αποτελούν και τις βασικές μεταβλητές.

Γενικότερα, αν οριστεί n αριθμός εικονικών εναλλακτικών, ο μέγιστος αριθμός των συγκρίσεων που μπορούν να προκύψουν είναι:

$$n_{(2)} = \frac{n!}{2(n-2)!} = \frac{n(n-1)}{2} \quad \text{για } n \geq 2$$

Για παράδειγμα, αν κατασκευαστεί ένα σετ 10 εικονικών εναλλακτικών, ο μέγιστος αριθμός περιορισμών που μπορούν να προκύψουν από συγκρίσεις είναι 90, που αποτελεί έναν εξαιρετικά μεγάλο αριθμό, και θα μπορούσε να καταστήσει το πρόβλημα μη επίλυσιμο. Ωστόσο, είναι γνωστό ότι η αντικειμενική συνάρτηση είναι αύξουσα, οπότε ισχύει η μεταβατική ιδιότητα στις σχέσεις υπεροχής. Για οποιεσδήποτε εικονικές δράσεις, λοιπόν, ισχύει:

$$\text{Αν } a > b \text{ και } b > c \text{ τότε } a > c, \forall a, b, c \in A_R \quad (6)$$

Έτσι, μπορούν να απαλειφθούν κάποιοι από τους περιορισμούς, όχι διότι παύουν να ισχύουν, αλλά επειδή υπερκαλύπτονται από άλλους ισχυρότερους. Στο παράδειγμα της σχέσης (6), όπου κανονικά θα προέκυπταν τρεις περιορισμοί από τις διαδοχικές συγκρίσεις (a,b), (b,c), (a,c), αφού πραγματοποιηθούν οι δύο πρώτες, αποφεύγεται η τρίτη και απομένουν δύο περιορισμοί. Με αυτό τον τρόπο απλουστεύεται το γραμμικό πρόβλημα, χωρίς ωστόσο να έχει επηρεαστεί σε καμία περίπτωση η δυνατότητα επίλυσής του ή τα αποτελέσματά του.

Η επιλογή ενός κατάλληλου σετ εικονικών σεναρίων αποτελεί βασική προϋπόθεση για τη σωστή επίλυση ενός προβλήματος. Εφόσον απευθυνόμαστε στον εμπειρογνώμονα για να συγκρίνει τις εναλλακτικές αυτού του συνόλου, πρέπει να οι συγκρίσεις αυτές να μην παρουσιάζουν πολύ μεγάλη ή πολύ μικρή πολυπλοκότητα. Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό, η προσπάθεια να συγκρίνει κανείς δύο εικονικές εναλλακτικές, που διαφοροποιούνται σε όλα ή σε πολλά από τα κριτήρια, η διαδικασία θα γινόταν χασομική και ο εμπειρογνώμονας θα δυσκολευόταν πολύ να αποφασίσει. Από την άλλη μεριά, δε θα είχε νόημα και μια σύγκριση μεταξύ εναλλακτικών που διαφέρουν σε ένα μόνο κριτήριο, γιατί γνωρίζοντας ότι η προσθετική συνάρτηση αξίας είναι αύξουσα, θα ήταν προφανές ότι θα επικρατούσε το σενάριο με μεγαλύτερη βαθμολογία στο συγκεκριμένο κριτήριο.

Η μεθοδολογία ολοκληρώνεται με την επίλυση του γραμμικού προβλήματος που κατασκευάστηκε. Συγκεκριμένα, η αντικειμενική συνάρτηση πρέπει να μηδενιστεί, καθώς σε αντίθετη περίπτωση γίνεται αντιληπτό πως ο αποφασίζων έχει υπερεκτιμήσει ή υποτιμήσει κάποια από τις εικονικές εναλλακτικές και το γραμμικό πρόβλημα είναι μη συμβατό. Σε αυτή την περίπτωση ξαναγίνονται ερωτήσεις και εξετάζεται μαζί του η πιθανότητα να διαφοροποιήσει κάποια από τις επιλογές του.

Όταν επιλυθεί, λοιπόν, βέλτιστα το πρόβλημα, λαμβάνονται ως αποτελέσματα τα βάρη των κριτηρίων, μέσω των οποίων κατασκευάζεται μια βαθμολογία για κάθε πραγματική εναλλακτική.

Επιπλέον, μπορεί να πραγματοποιηθεί μια μελέτη ευστάθειας της λύσης του γραμμικού προβλήματος. Συγκεκριμένα, λόγω των ανισοτικών σχέσεων στο πρόβλημα, η λύση που προκύπτει δεν είναι μοναδική. Με αυτό το δεδομένο γίνεται μια ανάλυση ακραίων καταστάσεων, δηλαδή εξεύρεσης της μέγιστης και ελάχιστης θέσης που μπορεί να λάβει μια εναλλακτική, δεδομένης της αβεβαιότητας στους συντελεστές βαρύτητας των κριτηρίων. Στα πλαίσια της συγκεκριμένης διπλωματικής δεν θα γίνει μελέτη ευστάθειας.

Η διαδικασία υπολογισμού των βαρών των κριτηρίων μπορεί να αναλυθεί στις εξής επιμέρους διαδικασίες που για την εφαρμογή μας αναλύονται διεξοδικά παρακάτω:

- 1) Κατασκευή συνόλου εικονικών εναλλακτικών.
- 2) Διάλογος με τον εμπειρογνώμονα με σκοπό το σχηματισμό κατάταξης των εικονικών εναλλακτικών.
- 3) Με βάση την παραπάνω κατάταξη, καταγραφή διμερών συγκρίσεων ανάμεσα σε διαδοχικές εναλλακτικών.
- 4) Δημιουργία ανισοτικών σχέσεων για κάθε διμερή σύγκριση (ή εξισώσεων αν προκύπτει ισοδυναμία).
- 5) Κατασκευή προβλήματος γραμμικού προγραμματισμού λαμβάνοντας ως περιορισμούς τις παραπάνω ανισώσεις και εξισώσεις.
- 6) Επίλυση προβλήματος γραμμικού προγραμματισμού και καταγραφή των συντελεστών βαρύτητας των κριτηρίων.

2.7.5 Εφαρμογές μεθόδων UTA

Μέθοδοι της οικογένειας UTA, ή μέθοδοι βασισμένες σε αυτές, έχουν κατά καιρούς χρησιμοποιηθεί για την υποστήριξη αποφάσεων, μερικές εκ των οποίων αφορούσαν ενεργειακά ζητήματα, είτε αυτούσιες, είτε σε συνδυασμό με άλλες μεθόδους.

Ακολουθούν κάποια παραδείγματα εφαρμογών τους:

- για την κατασκευή μίας κατάταξης των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης σε θέματα ηλεκτρονικής διακυβέρνησης, μέσω κατάλληλα κατασκευασμένων κριτηρίων, με στόχο την αξιολόγηση της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης στην Ευρώπη (Siskos et al., 2014),
- για την προώθηση αγροτικών προϊόντων, και ειδικότερα ελαιόλαδου στη γαλλική αγορά, με τον προσδιορισμό των κριτηρίων που ερμηνεύουν την σειρά προτίμησης αγοράς προϊόντων των καταναλωτών, μέσα από την εκτίμηση της συνάρτησης χρησιμότητας του κάθε καταναλωτή, η οποία αντανακλά, όσο είναι δυνατό, την σειρά προτίμησης του (Siskos et al., 2001),
- για την αξιολόγηση των υπό εξέταση έργων κατασκευής δρόμων στο Βέλγιο, λαμβάνοντας υπόψη κοινωνικοοικονομικά, περιβαλλοντικά και τεχνικά κριτήρια (Beuthe & Scanella, 2001)

- για την αξιολόγηση δημόσιων επενδύσεων, λαμβάνοντας υπόψη την αβεβαιότητα που δημιουργούν οι πιθανοί κίνδυνοι οι οποίοι χαρακτηρίζουν τον τομέα αυτόν (Beuthe et al., 2000),
- για τη μοντελοποίηση της σταθερότητας του τραπεζικού τομέα, χρησιμοποιώντας, ανάμεσα σε άλλα, δείκτες του μακροοικονομικού, του θεσμικού και του ρυθμιστικού περιβάλλοντος (Gaganis et al., 2010)
- για την εκτίμηση του ενδιαφέροντος που έχει κάθε γονίδιο σε σχέση με τις διαφορετικές προτιμήσεις κάθε επιστήμονα, στον τομέα της γενετικής, με στόχο τη βελτίωση της λειτουργικότητας ενός συστήματος λογικών κανόνων για τον εντοπισμό γενετικών υπογραφών (Gruca & Sikora, 2013),
- για την αξιολόγηση των από απόσταση εκπαιδευομένων, με την κατάλληλη επιλογή ερωτήσεων και εξετάσεων (Matsatsinis & Fortsas, 2005),
- για την κατασκευή μίας κατάταξης κρατών ανάλογα με την ανταγωνιστικότητά τους στην Πληροφορική, εκτιμώντας το βαθμό στον οποίον διαθέτει κάθε χώρα τις αναγκαίες προϋποθέσεις για να υποστηρίξει αξιοσημείωτη βιομηχανία πληροφορικής, μέσω κριτηρίων όπως η νομοθεσία κάθε χώρας, το γνωστικό επίπεδο του πληθυσμού, το περιβάλλον έρευνας και ανάπτυξης κ.α. (Kadzinski et al., 2012),
- για την αξιολόγηση ακινήτων προς ενοικίαση στην πόλη Volta Redonda στη Βραζιλία, μέσω κριτηρίων που αφορούσαν την κατάσταση των ακινήτων, την τοποθεσία τους, την ποιότητα κατασκευής τους κτλ. (Gomes & Rangel, 2009),
- για τη διαχείριση χαρτοφυλακίου μέσω κατασκευής μίας κατάταξης των μετοχών (Siskos et al., 1999),
- για την επιλογή υλικού κατασκευής διάφορων αντικειμένων από τις εταιρείες που δραστηριοποιούνται στον τομέα της κατασκευής (Athawale et al., 2011),
- για τον εντοπισμό κακοσμιών κώδικα στον τομέα του προγραμματισμού, προβλημάτων, δηλαδή, που δε γίνονται αντιληπτά, ούτε μπορούν να χαρακτηριστούν ως λάθη, αλλά εγκυμονούν πολλούς κινδύνους για το πρόγραμμα που υλοποιεί ο κώδικας (Walter & Pietrzak, 2005),
- για την αντιμετώπιση του κινδύνου χρεοκοπίας μίας επιχείρησης (Zorounidis & Doumpros, 1999),
- για την αξιολόγηση των εργαζομένων σε ένα οργανισμό υγειονομικής περίθαλψης, λαμβάνοντας υπόψιν τις στρατηγικές της επιχείρησης και τις προτιμήσεις της διοίκησης (Grigoroudis & Zorounidis, 2012),
- για την αξιολόγηση των θέσεων εργασίας σε μεγάλους οργανισμούς, μέσω κριτηρίων που αφορούν τις τάσεις της αγοράς εργασίας, τη σημασία κάθε εργασίας για τη διεύθυνση του οργανισμού και την απόδοση του εργαζομένου (Spyridakos et al., 2001),
- για την πρόβλεψη επαναγοράς ιδίων μετοχών από επιχειρήσεις (Andriosopoulos et al., 2012),
- για την αξιολόγηση των καταστημάτων λιανικής πώλησης ενός δικτύου πωλήσεων στη Γαλλία, για την δρομολόγηση μίας νέας σειράς επίπλων (Siskos, 1986).

Είναι φανερό ότι μέθοδοι της οικογένειας UTA έχουν μεγάλο εύρος εφαρμογής σε όλους τους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας, με πληθώρα βιβλιογραφίας, ιδίως τα τελευταία χρόνια. Ακολουθεί μία ξεχωριστή αναφορά παραδειγμάτων

χρησιμοποίησής τους για την υποστήριξη αποφάσεων σχετικών με την ενέργεια και την προστασία του περιβάλλοντος:

- για την περιβαλλοντικά καλύτερη χάραξη και κατασκευή δρόμου στη Γαλλία (Siskos & Assimakopoulos, 1989),
- για την ενεργειακή πολιτική των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης και πιο συγκεκριμένα για τις δυνατότητες της καθεμίας στην εξοικονόμηση ενέργειας και στην αποδοτική διαχείριση των ενεργειακών πόρων της (Diakoulaki et al., 1999),
- για θέματα διαχείρισης περιβάλλοντος όσον αφορά την πρόληψη κατολισθήσεων στην Ελλάδα, υπολογίζοντας την εύνοια των συνθηκών για κατολίσθηση σε 23 διαφορετικές περιοχές της χώρας (Hadzinakos et al., 1991),
- για την επιλογή τοποθεσίας ανάπτυξης φυσικών συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων, όπως λίμνες σταθεροποίησης και τεχνητούς υγρότοπους, σε περιφερειακές ενότητες στη Θράκη (Demesouka et al., 2013),
- για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των ενεργειακών συστημάτων των βιομηχανιών, με την αξιολόγηση των βιομηχανικών κινητήρων που θα αντικαταστήσουν τους ενεργοβόρους παλαιότερους (Sola & Mota, 2012),
- για το σχεδιασμό της διαχείρισης των λυμάτων, μέσω της επιλογής της κατάλληλης τεχνικής επεξεργασίας λυμάτων, με χρήση περιβαλλοντικών και οικονομικών κριτηρίων (Kholghi, 2001).

Κεφάλαιο 3. Παρουσίαση μεθοδολογίας

3.1 Περιγραφή μεθοδολογίας

Η περιφερειακή προσέγγιση που έχει υιοθετήσει η Ευρωπαϊκή Ένωση για την επίτευξη των στόχων της στρατηγικής «Ευρώπη 2020», σε συνδυασμό με τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι μικρές αγροτικές κοινότητες, όπως αυτά αναλύθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, κάνουν επιτακτική την ανάγκη υποστήριξης των κοινοτήτων αυτών από όλους τους εμπλεκόμενους φορείς.

Στα πλαίσια αυτής της εργασίας θα επιχειρηθεί η κατασκευή ενός εργαλείου υποστήριξης των τοπικών και περιφερειακών αρχών, στην προσπάθεια αφενός για την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων που έχουν τεθεί, αφετέρου για την αντιμετώπιση των κοινωνικών και οικονομικών προβλημάτων που ταλανίζουν τις περιοχές τους.

Το εργαλείο αυτό, με χρήση της μεθόδου πολυκριτηριακής ανάλυσης UTA II, θα επιλέγει τον κατάλληλο συνδυασμό δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ο οποίος θα ανταποκρίνεται στις ιδιαίτερες ανάγκες κάθε δήμου, στην κατεύθυνση της επίτευξης της Αειφόρου Ανάπτυξης.

Η μεθοδολογία που ακολουθείται περιλαμβάνει τα παρακάτω βήματα:

- Βήμα 1^ο: Προσδιορισμός τομέων ενεργειακής κατανάλωσης
- Βήμα 2^ο: Σχεδιασμός των δράσεων και προσδιορισμός των χαρακτηριστικών τους
- Βήμα 3^ο: Δημιουργία σεναρίων
- Βήμα 4^ο: Κατασκευή των κριτηρίων αξιολόγησης
- Βήμα 5^ο: Καθορισμός των εφικτών σεναρίων
- Βήμα 6^ο: Μοντέλο αξιολόγησης (Εφαρμογή UTA II)
- Βήμα 7^ο: Κατάταξη των εφικτών σεναρίων

3.2 Προσδιορισμός τομέων ενεργειακής κατανάλωσης

Επιλέχθηκε ο καταμερισμός της ενεργειακής κατανάλωσης του δήμου στους εξής τομείς κατανάλωσης-παραγωγής ενέργειας:

- Γεωργικός τομέας
- Δημοτικά κτίρια/εξοπλισμός/εγκαταστάσεις
- Οικιακός τομέας - κατοικίες
- Τριτογενής τομέας
- Δημοτικός φωτισμός
- Μεταφορές
- Τοπική ηλεκτροπαραγωγή
- Τοπικά παραγόμενη ψύξη-θέρμανση

Είναι φανερό ότι καθένας από αυτούς τους τομείς διαφοροποιείται έναντι του άλλου ως προς την επίδρασή του σε οικονομικό, περιβαλλοντικό και κοινωνικό επίπεδο.

3.3 Σχεδιασμός των δράσεων και προσδιορισμός των χαρακτηριστικών τους

Για το σχεδιασμό των δράσεων και τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών τους, οι προτεινόμενες δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας πρέπει να μοντελοποιηθούν ως προς τα χαρακτηριστικά τους και τον αντίκτυπο που θα έχει η εφαρμογή τους. Για κάθε προτεινόμενη δράση προέκυψε, από βιβλιογραφική έρευνα, ένα πλήθος δεδομένων τα οποία επηρεάζουν τα αποτελέσματα που θα έχουν όσον αφορά τους δείκτες σύμφωνα με τους οποίους θα τις αξιολογήσουμε.

Έτσι, για τον υπολογισμό της συνολικής μείωσης στην κατανάλωση ενέργειας που επιτυγχάνεται με την εφαρμογή ενός μέτρου εξοικονόμησης ενέργειας, σε κάθε είδος τελικής χρήσης, δίνεται από μία γενική σχέση της ακόλουθης μορφής:

$$\text{Εξοικονόμηση} = \text{Κατανάλωση} * \text{Ποσοστό Εξοικονόμησης} * \text{Ποσοστό Εφαρμογής}$$

Ο όρος κατανάλωση εκφράζει την τωρινή ετήσια κατανάλωση που σχετίζεται με την αντίστοιχη δράση και το ποσοστό της εφαρμογής του μέτρου εκφράζεται ως ποσοστό του αριθμού των καταναλωτών.

Αντίστοιχα, η συνολική αύξηση στην παροχή ενέργειας από ένα έργο ΑΠΕ στο δήμο εξαρτάται από τους ακόλουθους παράγοντες:

- Εγκατεστημένη ισχύς
- Βαθμός απόδοσης μονάδας
- Κλιματολογικά δεδομένα

Με την παραδοχή ότι ο βαθμός απόδοσης μπορεί να θεωρηθεί σταθερός και πως τα κλιματικά δεδομένα δεν θα αλλάξουν δραστικά τα επόμενα 15 χρόνια, η μόνη μεταβλητή παράμετρος είναι ο βαθμός εφαρμογής του κάθε μέτρου.

Έτσι, αφού προσδιοριστούν τα ενεργειακά δεδομένα κάθε δράσης, και με βάση βιβλιογραφική ανασκόπηση, προσδιορίζονται και οι οικονομικές παράμετροί της, με τελικό στόχο τον υπολογισμό των δεικτών αξιολόγησης

Πιο συγκεκριμένα, ο υπολογισμός του αρχικού κόστους εφαρμογής μίας δράσης, ύστερα από αναγωγές και προσαρμογή σε κάθε δράση, γίνεται εν γένει από τον τύπο:

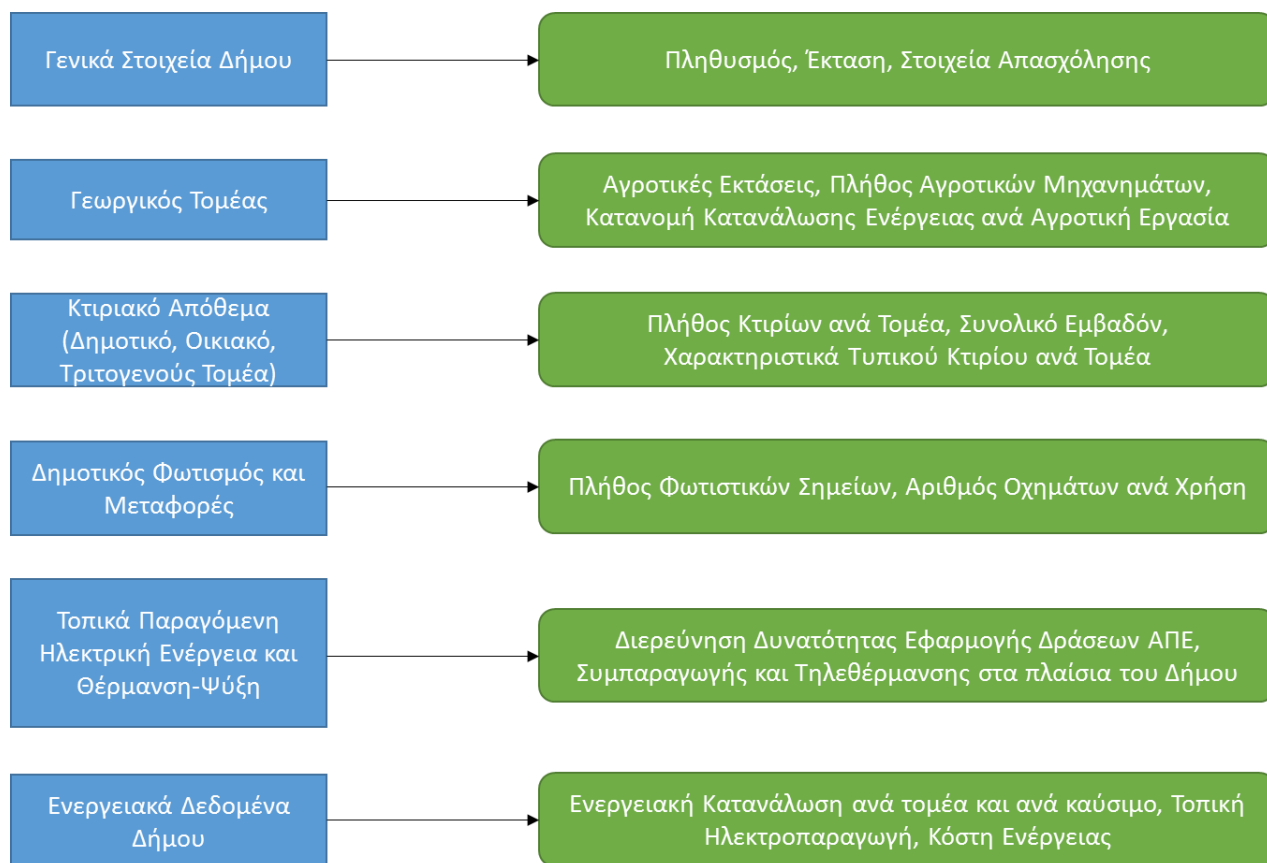
$$\text{Αρχικό Κόστος} = \text{Κόστος ανά Μονάδα} * \text{Μονάδες} * \text{Ποσοστό Εφαρμογής}$$

όπου ο όρος μονάδα μπορεί να εκφράζει κατοίκους, στρέμματα, κατοικίες, τετραγωνικά μέτρα κτλ, ενώ το κόστος ανά μονάδα προκύπτει από βιβλιογραφική αναζήτηση ή έρευνα αγοράς.

Συνεπώς, για τον τελικό υπολογισμό των αποτελεσμάτων της εφαρμογής κάθε δράσης απομένει η εισαγωγή των δεδομένων που αφορούν τον εκάστοτε δήμο, ώστε να

προκύψουν οι ζητούμενες τελικές τιμές και να πραγματοποιηθεί ο σχεδιασμός των σεναρίων δράσεων.

Τα απαραίτητα δεδομένα που πρέπει να συμπληρωθούν από τις τοπικές αρχές παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα:



Σχήμα 3.1: Δεδομένα απαιτούμενα για τους υπολογισμούς

Η περιγραφή των δράσεων που επιλέχθηκαν θα γίνει ανά τομέα και περιλαμβάνει θεωρητικά στοιχεία για την καθεμιά, αλλά και στοιχεία που αφορούν την εξοικονόμηση που επιφέρει η εφαρμογή τους, το κόστος εφαρμογής τους και τη διάρκεια ζωής τους, όπως αυτά εντοπίστηκαν από βιβλιογραφική αναζήτηση και στοιχεία της αγοράς.

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι δράσεις που εφαρμόζονται για εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια του δημοτικού τομέα, εφαρμόζονται και σε ότι αφορά το κτιριακό απόθεμα του οικιακού αλλά και του τριτογενούς τομέα, αναφερόμενες βέβαια σε διαφορετικά σύνολα καταναλισκόμενης ενέργειας. Ως εκ τούτου, κρίθηκε σκόπιμο να μην επαναληφθεί η περιγραφή τους στην ανάλυση των δράσεων του οικιακού και του τριτογενούς τομέα.

3.3.1 Γεωργία

3.3.1.1 Ίδρυση Τμήματος Αγροτικής Ανάπτυξης

Προβλέπεται η δημιουργία Τμήματος Αγροτικής Ανάπτυξης από το δήμο, το οποίο θα αναλαμβάνει την ενημέρωση των καλλιεργητών σχετικά με τα χρηματοδοτικά προγράμματα που διατίθενται και μπορούν να υποστηρίξουν τις δραστηριότητές τους. Παράλληλα, το τμήμα θα έχει και συμβουλευτικό ρόλο απέναντι στους αγρότες σχετικά με τεχνοοικονομικά θέματα που μπορεί να προκύψουν, με σκοπό να τους βοηθήσουν να κάνουν τις σωστές επιλογές ανάλογα με τις καλλιέργειές τους και τις οικονομικές τους δυνατότητες.

Το συγκεκριμένο τμήμα θα συνεργάζεται με τη Διεύθυνση Τεχνικών Έργων για τη μελέτη και εκτέλεση έργων τεχνικής υποδομής, τοπικής βαρύτητας, που αφορούν στη γεωργία και ιδίως αυτών που σχετίζονται με την αγροτική οδοποιία, την κατασκευή λιμνοδεξαμενών, τα έργα βελτίωσης βοσκοτόπων και τα εγχειοβελτιωτικά έργα, ενώ παράλληλα θα μελετάει και θα προτείνει στους αγρότες προσοδοφόρες καλλιέργειες μειωμένων αναγκών κατανάλωσης ενέργειας και άρδευσης. Τέλος, το συγκεκριμένο τμήμα θα είναι επιφορτισμένο με την αναζήτηση χρηματοδότησης από ευρωπαϊκά και εθνικά προγράμματα, ενώ για τους ενδιαφερόμενους αγρότες που αποσκοπούν στην ανανέωση του εξοπλισμού τους, και σε συνεργασία με τους υφιστάμενους αγροτικούς συνεταιρισμούς, θα συντονίζει τη διαδικασία ομαδικών παραγγελιών για την επίτευξη οικονομικότερων προσφορών (ΠΑΣΕΓΕΣ, 2014).

Η αναμενόμενη εξοικονόμηση από αυτή τη δράση δίνεται στο 3% επί του συνόλου της κατανάλωσης ενέργειας στον τομέα της γεωργίας.

Το ετήσιο κόστος του τμήματος ανέρχεται στα 20.000€ ετησίως ανά 5.000 απασχολούμενων στον πρωτογενή τομέα και περιλαμβάνει μισθούς υπαλλήλων και διάφορα λειτουργικά έξοδα.

3.3.1.2 Εκσυγχρονισμός και αντικατάσταση των γεωργικών ελκυστήρων

Η τεχνολογική στάθμη του στόλου των γεωργικών ελκυστήρων στην Ελλάδα είναι πεπαλαιωμένη, με μέση ηλικία περίπου 23 έτη (έναντι 16 ετών κατά μέσο όρο στην Ευρωπαϊκή Ένωση) και μεσαίας ιπποδύναμης, καθώς το 84% των ελκυστήρων διαθέτει ιπποδύναμη έως 100 ίππους (έναντι περίπου 140 ίπων στην Ευρωπαϊκή Ένωση). Το γεγονός αυτό οδηγεί αφενός σε υψηλό κόστος παραγωγής και αφετέρου σε χαμηλή παραγωγικότητα των γεωργικών εργασιών (IOBE, 2011).

Σημαντικός αρωγός στην προσπάθεια αναδιάρθρωσης της αγροτικής οικονομίας φαίνεται πως είναι η ανανέωση των γεωργικών ελκυστήρων. Τα οφέλη από τη δυναμική αναβάθμιση του τεχνολογικού εξοπλισμού της αγροτικής παραγωγής, τόσο σε επίπεδο μεμονωμένου παραγωγού, όσο και ευρύτερα στην οικονομία, είναι ποιοτικά και ποσοτικά. Σε επίπεδο μεμονωμένου παραγωγού, και σύμφωνα με ένα ποσοτικό υπόδειγμα παραγωγής μιας αντιπροσωπευτικής καλλιέργειας, η αγορά ενός καινούριου

γεωργικού ελκυστήρα, νεότερης τεχνολογίας, και η εισαγωγή του στην παραγωγική διαδικασία, συνεπάγεται αύξηση των εσόδων του παραγωγού κατά 10%, μείωση του κόστους παραγωγής κατά 32%, και αύξηση της κερδοφορίας του κατά 21%. Όσον αφορά την κατανάλωση πετρελαίου, αυτή θα μειωθεί σε ποσοστό 37,5% (IOBE, 2011), (ΠΑΣΕΓΕΣ, 2014).

Το ανά μονάδα κόστος αυτής της δράσης, λαμβάνοντας υπόψιν και το κέρδος από την πώληση του παλαιού ελκυστήρα, θεωρήθηκε ίσο με 40.000€.

3.3.1.3 Αντικατάσταση της επιφανειακής άρδευσης και της άρδευσης με τεχνητή βροχή με τη μέθοδο της στάγδην άρδευσης

Οι μέθοδοι άρδευσης στην Ελλάδα παραμένουν σε υψηλό ποσοστό απαρχαιωμένες. Οι περισσότερες καλλιέργειες αρδεύονται με καταιονισμό (τεχνητή βροχή), μέθοδος που βασίζεται στον ψεκασμό των καλλιεργειών με νερό, ώστε το πότισμα να μοιάζει με βροχή. Σε άλλες καλλιέργειες χρησιμοποιούνται οι επιφανειακές μέθοδοι άρδευσης, στις οποίες το νερό εφαρμόζεται στο ψηλότερο σημείο της έκτασης και αφού ένα μέρος του διηθηθεί, το υπόλοιπο ρέει προς τα χαμηλότερα σημεία με μειωμένη παροχή, εξαιτίας της συνεχούς διήθησης. Σε κάθε περίπτωση, οι απώλειες νερού υπολογίζονται έως και 60%, ανάλογα και με τις συνθήκες που επικρατούν (ΙΝΑΣΟ, 2009).

Η μέθοδος που προτείνεται από τους ειδικούς και από την Ευρωπαϊκή Ένωση είναι η άρδευση με σταγόνες ή στάγδην άρδευση. Είναι η μέθοδος με τη μικρότερη σπατάλη νερού, αφού οι καλλιέργειες εφοδιάζονται με νερό που παρέχεται με τη μορφή σταγόνων από σωλήνες κατά μήκος των γραμμών φύτευσης. Έτσι, δεν υπάρχει καθόλου εξάτμιση. Με τη μέθοδο αυτή, το αρδευτικό νερό χορηγείται φιλτραρισμένο κατευθείαν στις ρίζες των φυτών με προκαθορισμένο ρυθμό, σε μικρές ποσότητες και σε μικρά χρονικά διαστήματα (ΠΑΣΕΓΕΣ, 2014).

Όπως γίνεται αντιληπτό, η αντικατάσταση των υφιστάμενων τεχνικών άρδευσης που αναφέρθηκαν στην αρχή της παραγράφου με την στάγδην άρδευση οδηγεί σε 30%, κατά μέσο όρο, εξοικονόμηση νερού και κατ' επέκταση ενέργειας (ΙΝΑΣΟ, 2009).

Το κόστος για την εγκατάσταση στάγδην άρδευσης ανέρχεται σε 110€ ανά στρέμμα.

3.3.1.4 Συντήρηση και βελτίωση περιφερειακού εξοπλισμού και αρδευτικού δικτύου από την πλευρά των καλλιεργητών

Το αρδευτικό σύστημα της Ελλάδας είναι πεπαλαιωμένο και η βελτίωση του θα οδηγήσει σε πιο ορθολογική χρήση του νερού. Στα κοινόχρηστα αρδευτικά δίκτυα οι απώλειες παρατηρούνται κυρίως στα επιφανειακά δίκτυα αφού λόγω κατασκευής πολύ συχνά φράζουν και υπερχειλίζουν. Τα υπόγεια δίκτυα παρουσιάζουν λιγότερες απώλειες, συχνά όμως λόγω κακής ποιότητας παρουσιάζονται ρωγμές που ευθύνονται για μεγάλες διαρροές νερού. Μια προτεινόμενη δράση θα ήταν η αντικατάσταση των επιφανειακών δικτύων με υπόγεια, όμως το κόστος της συγκεκριμένης ενέργειας είναι ιδιαίτερα υψηλό. Οπότε από την στιγμή που δεν είναι οικονομικά εφικτή η

αντικατάσταση του μεγαλύτερου μέρους του αγροτικού δικτύου άρδευσης, προτείνεται η συντήρηση του υπάρχον δικτύου.

Με την εφαρμογή του μέτρου υπολογίζεται ότι η συχνή συντήρηση των αντλιών και του περιφερειακού εξοπλισμού θα επιφέρει μείωση έως και 5% στην ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται στην άρδευση.

Παράλληλα απαιτούνται δράσεις στην κατεύθυνση του εξορθολογισμού λειτουργίας των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων. Ο βαθμός απόδοσης των αντλιών μειώνεται με το πέρασμα των χρόνων, γι' αυτό σε μία παλαιά αντλία ο βαθμός απόδοσης δεν ξεπερνάει το 60%. Σε αντίθεση με μία σύγχρονη αντλία με εγκατεστημένο ρυθμιστή στροφών (inverter) η οποία έχει βαθμό απόδοσης μεγαλύτερο από 80% σε ονομαστικές συνθήκες λειτουργίας.

Υπολογίζεται ότι σχεδόν το 75% των αντλιών είναι υπερδιαστασιοποιημένες και η κύρια αίτια αυτού είναι η επιλογή μεγαλύτερης αντλίας για την κάλυψη μελλοντικών αναγκών με αποτέλεσμα να υπολειτουργούν, αφού δεν μπορούν να προσαρμοστούν στο μερικό φορτίο (Μποζατζίδης, 2006). Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος η παραπάνω μελέτη προτείνει τοποθέτηση ρυθμιστή στροφών στις υπάρχουσες αντλίες ο οποίος και θα μειώσει τις φθορές στα κινητά μέλη της αντλίας αλλά θα είναι εύκολη η μελλοντική προσαρμογή της απόδοσης της αντλίας.

Η εγκατάσταση ρυθμιστή στροφών στις υπάρχουσες αντλίες μπορεί να επιφέρει περίπου μείωση 15% στην καταναλισκόμενη ενέργεια (ΙΝΑΣΟ, 2009). Συνολικά, η δράση αυτή αναμένεται να οδηγήσει σε εξοικονόμηση της τάξης του 15% με συντηρητικούς υπολογισμούς.

Το κόστος της δράσης δίνεται ενδεικτικά στο 1€ ανά στρέμμα αγροτικής έκτασης.

3.3.1.5 Σύστημα ηλεκτρονικής υδροληψίας για άρδευση με κάρτες χρέωσης

Ένας πολύ σημαντικός λόγος που οδηγεί στην αλόγιστη κατανάλωση νερού για άρδευση στη γεωργία είναι η τιμολόγησή του. Συγκεκριμένα, η χρέωση του νερού στον αγροτικό τομέα γίνεται με βάση την αρδευόμενη έκταση και όχι με βάση πραγματική κατανάλωση. Για τον περιορισμό αυτής της σπατάλης προτείνεται, σε συνεργασία με τον αρμόδιο Οργανισμό Διαχείρισης Νερού, να υιοθετηθεί το μέτρο της εγκατάστασης υδρομέτρων ηλεκτρονικού τύπου ή αλλιώς αυτόματη ηλεκτρονική υδροληψία, ένα σύστημα το οποίο συνδυάζει την χρέωση κάθε καλλιεργητή ανάλογα με την ποσότητα του καταναλισκόμενου νερού και όχι με την αρδευόμενη έκταση ή την ωριαία χρήση της υδροληψίας και συγχρόνως διευκολύνει τους καλλιεργητές στον καθορισμό και έλεγχο της απαιτούμενης δόσης άρδευσης.

Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά τη λειτουργία αυτού του μέτρου, ο Οργανισμός Διαχείρισης Νερού έχει την δυνατότητα να πωλεί μέσω μιας ειδικής επαναφορτιζόμενης κάρτας συγκεκριμένη ποσότητα νερού σε κάθε καταναλωτή. Ειδικότερα, φορτίζει τις κάρτες υδροληψίας με κατάλληλες συσκευές φόρτισης, πληκτρολογώντας την επιθυμητή παροχή για κάθε καταναλωτή και εισπράττοντας το αντίστοιχο ποσό. Ο καταναλωτής τοποθετεί την φορτισμένη με μονάδες κάρτα στην

ηλεκτρονική υδροληψία, οι μονάδες μεταφέρονται αυτόματα στην συσκευή και η βαλβίδα ανοίγει. Επίσης, παρέχεται η δυνατότητα στον καταναλωτή να προγραμματίσει την ηλεκτρονική υδροληψία έτσι ώστε μετά από την κατανάλωση που επιθυμεί να διακοπεί η παροχή νερού αυτόματα. Σε περίπτωση κατανάλωσης όλων των μονάδων γίνεται αυτόματη διακοπή της παροχής. Να σημειωθεί ότι ο χρήστης έχει την δυνατότητα να ελέγχει το πιστωτικό όριο της κάρτας στην οθόνη, όπου αναγράφεται το υπόλοιπο των μονάδων.

Τέλος, η κάρτα του συστήματος είναι επαναφορτιζόμενη, δέχεται απεριόριστες φορτίσεις και είναι κατασκευασμένη από ανοξείδωτο υλικό ώστε να αντέχει στις δύσκολες συνθήκες που επικρατούν στα χωράφια (νερό, υγρασία, ζέστη) (ΠΑΣΕΓΕΣ, 2014).

Με την εγκατάσταση του παραπάνω συστήματος, οι αγρότες προπληρώνουν για τον όγκο του καταναλισκόμενου νερού και γι' αυτό το λόγο είναι πιο προσεκτικοί στη διαχείρισή του με αποτέλεσμα να μην παρατηρείται υπερκατανάλωση. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται ήδη σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας όπως το Νευροκόπι Δράμας και τα Σέρβια-Βελβεντό Κοζάνης με μεγάλη επιτυχία.

Η εφαρμογή του συστήματος αυτόματης ηλεκτρονικής υδροληψίας μπορεί να αποφέρει εξοικονόμηση νερού της τάξεως του 20% κάτι που αποφέρει και αντίστοιχη μείωση στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (ΙΝΑΣΟ, 2009).

Επίσης, το κόστος της παραπάνω δράσης δεν κρίνεται ιδιαίτερα υψηλό καθώς σύμφωνα με την τεχνική έκθεση για την τοποθέτηση επαναφορτιζόμενων καρτών στις υδροληψίες άρδευσης στον προαναφερθέντα δήμο, αυτό ανέρχεται σε περίπου 726€ ανά μία αυτόματη ηλεκτρονική υδροληψία

Όσον αφορά το συνολικό κόστος της επένδυσης γίνονται οι εξής παραδοχές:

- Το 60% των απασχολούμενων στον πρωτογενή τομέα ασχολούνται στον τομέα της Γεωργίας
- Απαιτείται μια εγκατάσταση υδροληψίας ανά 7 καλλιέργειες-καλλιεργητές.

3.3.1.6 Χρήση συστημάτων γεωθερμίας στις καλλιέργειες

Η χρήση των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας για τη θέρμανση και τη ψύξη του θερμοκηπίου παρουσιάζει τα πλεονεκτήματα των πολύ αποδοτικών και αξιόπιστων συστημάτων και το μειονέκτημα του υψηλού αρχικού κόστους των συσκευών αυτών. Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας χρησιμοποιούν για τη λειτουργία τους ηλεκτρική ενέργεια, η οποία είναι δυνατόν να παραχθεί από φωτοβολταϊκά πλαίσια, και παράγουν θερμότητα το χειμώνα και ψύξη το καλοκαίρι. Για τη θέρμανση τους αντλούν θερμότητα από το υπέδαφος και παράγουν θερμό - ή κρύο - νερό, οπότε χαρακτηρίζονται σαν αντλίες θερμότητας εδάφους –νερού.

Η γεωθερμική ενέργεια χρησιμοποιείται για τη θέρμανση και την ψύξη θερμοκηπίων τα τελευταία 25 χρόνια. Σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες γίνεται εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας για την παραγωγή εποχιακών φρούτων, λουλουδιών και

λαχανικών καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου. Τα πλεονεκτήματα της χρήσης της γεωθερμικής ενέργειας είναι (EGCE, 2007):

- Το μεγαλύτερο ποσοστό της ενέργειας χαμηλής ενθαλπίας στον αγροτικό τομέα καταναλώνεται στα θερμοκήπια.
- Η γεωθερμική ενέργεια απαιτεί σχετικά απλές εγκαταστάσεις.
- Τα οικονομικά οφέλη είναι εγγυημένα, όπως έχει αποδειχθεί από τις μέχρι τώρα εφαρμογές.
- Συμβάλλουν στην μείωση της εξάρτησης των αγροτικών περιοχών από τα κεντρικά ενεργειακά δίκτυα.

Ο βαθμός απόδοσης τους είναι υψηλός και κυμαίνεται από 3,5 έως 4, δηλαδή για κάθε ηλεκτρική kWh που καταναλώνουν, παράγουν 3,5 έως 4 θερμικές ή ψυκτικές kWh. Ένα πλεονέκτημα των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας είναι ότι χρησιμοποιούν σαν μέσο άντλησης θερμότητας το υπέδαφος που έχει σχετικά σταθερή θερμοκρασία, η οποία είναι συνήθως μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία του αέρα το χειμώνα.

Η αναμενόμενη εξοικονόμηση υπολογίζεται άνω του 70% της ηλεκτρικής ενέργειας θέρμανσης που υποκαθίσταται.

Για τη γεωθερμική αντλία θερμότητας το κόστος εγκατάστασης ανέρχεται σε 2.500€ ανά στρέμμα, ενώ γίνεται η θεώρηση ότι το 10% των συνολικών αγροτικών εκτάσεων ενός δήμου καλύπτεται από θερμοκήπια και άρα επί αυτών είναι δυνατόν να εφαρμοστεί η δράση (Αποστολίδου, 2010).

3.3.2. Δημοτικά Κτίρια - Εγκαταστάσεις / Εξοπλισμός

Η διάρκεια ζωής των παρακάτω μέτρων επιλέχτηκε σύμφωνα με το ΦΕΚ αριθμός φύλλου 918 τεύχος 2^ο παράρτημα ΙΙΙ.

3.3.2.1 Ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίων

3.3.2.1.1 Χρήση συστημάτων ηλιακής σκίασης

Τα εξωτερικά σκίαστρα, ως μέθοδος βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης ενός κτιρίου, εφαρμόζονται σε προσανατολισμούς με μεγάλη θερμική επιβάρυνση λόγω ηλιασμού. Τα σκίαστρα μπορεί να είναι σταθερά ή/και κινητά, διαφόρων μορφών (π.χ. στέγαστρα, περσίδες), να είναι συμπαγή ή διάτρητα. Συνιστώνται οριζόντια σε νότιους, νοτιοανατολικούς και νοτιοδυτικούς προσανατολισμούς, ώστε να μην εμποδίζεται ο χειμερινός ηλιασμός. Σε δυτικούς και ανατολικούς προσανατολισμούς συνιστώνται σκίαστρα κατακόρυφου τύπου.

Έμφαση πρέπει να δοθεί στη διαστασιολόγηση των σκιάστρων, ώστε να προστατεύουν το κτίριο από την ηλιακή ακτινοβολία το καλοκαίρι, αλλά να επιτρέπουν την είσοδο της στο κτίριο το χειμώνα. Θα πρέπει να εξετάζεται και το θέμα του φυσικού φωτισμού ώστε να εξασφαλίζεται επάρκεια και προστασία από θάμβωση.

Τα σκίαστρα μπορούν να συνδυαστούν με φύτευση (π.χ. πέργκολες). Στην περίπτωση αυτή πρέπει να παρουσιάζεται η επιλογή των φυτών. Η ανάγκη για την τοποθέτηση των σκιάστρων πρέπει να τεκμηριώνεται από την ενεργειακή επιθεώρηση και μελέτη. Σε περίπτωση αντικατάστασης υφιστάμενου συστήματος σκίασης θα δοθεί προτεραιότητα σε έργα όπου προβλέπεται η αξιοποίηση του παλαιού συστήματος. Επί πλέον μπορεί η τεκμηρίωση της επιλογής των σκιάστρων να λαμβάνει υπόψη τον κύκλο ζωής τους π.χ. κόστος συντήρησης και καθαρισμού και ενσωματωμένης ενέργειας.

Το αναμενόμενο όφελος της δράσης αυτής αναμένεται στο 20-30% της ενέργειας που καταναλώνεται για ψύξη (ΚΑΠΕ, 2012). Το κόστος υπολογίζεται στα 20€ ανά τετραγωνικό μέτρο ανοιγμάτων κτιρίου και η διάρκεια ζωής στα 10 έτη (Balaras et al., 2007).

3.3.2.1.2 Ανεμιστήρες οροφής

Με την εγκατάσταση ανεμιστήρων οροφής ανεβαίνει το θερμοκρασιακό όριο θερμικής άνεσης, καθώς η μεταφορά θερμότητας από το ανθρώπινο σώμα μέσω του δημιουργούμενου ρεύματος αντιστοιχεί σε 3-4 βαθμούς χαμηλότερη «αισθητή» θερμοκρασία. Σε ένα κτίριο με την κατάλληλη θερμική και ηλιακή προστασία, η θερμοκρασία άνεσης με τη χρήση ανεμιστήρων οροφής μπορεί να φτάσει και τους 29-32°C. Για κάθε βαθμό αύξησης του θερμοστάτη έχουμε εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 7%. Συνέπεια της χρήσης ανεμιστήρων οροφής είναι η χρονική μείωση της χρήσης και η ενεργειακά αποδοτική λειτουργία του κλιματιστικού συστήματος. Η παρέμβαση αυτή ενδείκνυται, όταν δεν προβλέπεται σύστημα κλιματισμού ή συνδυάζεται με απομάκρυνση των split unit κλιματιστικών και με την παράλληλη ύπαρξη συστημάτων φυσικού ή μηχανικού αερισμού στο χώρο.

Ένας ανεμιστήρας οροφής έχει χαμηλό αρχικό κόστος, περίπου 20€ (Balaras et al., 2007), ενώ μόλις που καταναλώνει την ενέργεια που χρειάζεται ένας κοινός λαμπτήρας. Αντιθέτως, τα ενεργοβόρα κλιματιστικά μπορούν να αυξήσουν το λογαριασμό ηλεκτρικού έως και κατά 50% τους θερινούς μήνες.

Η αναμενόμενη εξοικονόμηση ενέργειας υπολογίζεται στα επίπεδα του 20-30% επί της ενέργειας που καταναλώνεται για ψύξη (ΚΑΠΕ, 2012) και διάρκεια ζωής 10 χρόνια (Balaras et al., 2007).

3.3.2.1.3 Χρήση ανακλαστικών βαφών

Τα ψυχρά υλικά είναι κατ' εξοχήν επιστρώσεις με υψηλή ανακλαστικότητα στο ηλιακό φάσμα και υψηλό συντελεστή θερμικής εκπομπής. Βασική τους ιδιότητα είναι η ανάκλαση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, με αποτέλεσμα τη μείωση της επιφανειακής θερμοκρασίας των δομικών στοιχείων. Η ιδιότητα αυτή είναι σημαντική για τη μείωση των ψυκτικών φορτίων και των εσωτερικών θερμοκρασιών των χώρων το καλοκαίρι. Η απόδοση των «ψυχρών» υλικών αυξάνεται, συγκριτικά με ένα συμβατικό υλικό επίστρωσης, όσο πιο σκούρο είναι το χρώμα του. Ως ψυχρά υλικά συμπεριφέρονται και τα ανοιχτόχρωμα υλικά, τα οποία προσεγγίζουν το λευκό.

Η χρήση ειδικών «ψυχρών» υλικών συνιστάται:

- Σε οροφές, οι οποίες είναι ήδη θερμομονωμένες ή σε οροφές στις οποίες δεν είναι δυνατή η προσθήκη θερμομόνωσης.
- Σε οροφές όπου προστίθεται θερμομόνωση και τα «ψυχρά υλικά» τοποθετούνται για συμπληρωματικό όφελος.
- Σε οροφές ή σημεία οροφών όπου (για τεχνικούς, οικονομικούς ή και άλλους λόγους) δεν κρίνεται σκόπιμη η φύτευση.
- Όταν η επιφάνεια εφαρμογής των ψυχρών υλικών είναι ασκίαστη κατά το μεγαλύτερο μέρος της ημέρας τους μήνες Ιούνιο-Σεπτέμβριο.
- Όταν το εν λόγω κτίριο παρουσιάζει σημαντικά υψηλά ψυκτικά φορτία, σε σχέση με τα φορτία θέρμανσης.
- Για εφαρμογή σε τοίχους, όταν η προσθήκη μόνωσης δεν αποτελεί ενδεδειγμένη λύση, είτε για κατασκευαστικούς λόγους είτε λόγω μεγάλων ψυκτικών φορτίων.

Θα πρέπει, σε κάθε περίπτωση, να τεκμηριώνεται από την ενεργειακή μελέτη και από το κόστος ότι η επένδυση είναι οικονομικά αποδοτική. Επιπλέον, θα πρέπει να υπάρξει πρόβλεψη επανεπάλειψης της επιφάνειας, ιδιαίτερα για οριζόντιες επιφάνειες, με «ψυχρό» επίχρισμα, κάθε 3-4 χρόνια. Κατά την υποβολή του Φακέλου της πρότασης θα πρέπει να περιγραφούν οι θερμικές και οπτικές ιδιότητες των προτεινόμενων υλικών (ΚΑΠΕ, 2012).

Η αναμενόμενη εξοικονόμηση αναμένεται στα επίπεδα του 20-30% της ενέργειας για ψύξη σε παρακείμενους χώρους (ΚΑΠΕ, 2012).

Το ενδεικτικό κόστος των ανακλαστικών βαφών επικάλυψης, μετά από έρευνα της αγοράς, είναι 12€/λίτρο, ενώ ένα λίτρο καλύπτει επιφάνεια 10 τ.μ. περίπου, δηλαδή ενδεικτικό συνολικό κόστος 1,2 €/m².

3.3.2.1.4 Εγκατάσταση θερμοστατών χώρου

Ο θερμοστάτης είναι το αισθητήριο όργανο που αντιλαμβάνεται τις συνθήκες περιβάλλοντος σε έναν χώρο και ανάλογα με τις παραμέτρους που του έχει θέσει ο χειριστής, δίνει την εντολή στο σύστημα θέρμανσης για λειτουργία ή διακοπή. Η σωστή λειτουργία ενός θερμοστάτη είναι αυτή που καθιστά το σύστημα ακριβές, αξιόπιστο αλλά και οικονομικό. Μια μικρή διαφορά βαθμών Κελσίου μέσα σε μία κατοικία ή σε ένα γραφείο μπορεί να προκαλέσει έντονη δυσφορία, ενώ πολύ σημαντική είναι η οικονομική εξοικονόμηση που αποφέρει η χρήση τους.

Οι κυριότεροι τύποι θερμοστατών που κυκλοφορούν αυτή τη στιγμή στο εμπόριο είναι δύο. Οι μηχανικοί και οι ηλεκτρονικοί (ψηφιακοί). Οι μηχανικοί στηρίζουν τη λειτουργία τους στην αρχή των διμεταλλικών ελασμάτων. Με την άνοδο της

θερμοκρασίας και τη διαστολή – συστολή των υλικών ανοίγουν και κλείνουν τις επαφές τους ανοίγοντας ή κλείνοντας αντίστοιχα το ηλεκτρικό κύκλωμα. Μεγάλο τους πλεονέκτημα είναι η χαμηλή τιμή αγοράς τους, ενώ μεγάλο τους μειονέκτημα είναι η μεγάλη απόκλιση στις μετρούμενες τιμές αλλά και στις τιμές των άνω και κάτω ορίων. Αντίθετα οι ηλεκτρονικοί θερμοστάτες είναι κατασκευασμένοι από τυπωμένα κυκλώματα και φέρουν ηλεκτρονικό αισθητήριο χώρου.

Τα πλεονεκτήματα τους είναι τα ακόλουθα:

- Μεγάλη ακρίβεια στις μετρούμενες τιμές.
- Δυνατότητα ελέγχου και άλλων παραμέτρων χώρου άνεσης π.χ.: σχετική υγρασία
- Δυνατότητα λειτουργίας με χρονοπρογράμματα
- Δυνατότητα λειτουργίας παγετού ή λειτουργίας ύπνου
- Μεγάλη διάρκεια ζωής
- Αναφορά βλαβών

Μοναδικό μειονέκτημα είναι το υψηλότερο κόστος αγοράς των ηλεκτρονικών θερμοστατών.

Από την εγκατάσταση θερμοστατών χώρου αναμένεται εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 5% επί της καταναλισκόμενης ενέργειας για θέρμανση, ενώ το κόστος ενός θερμοστάτη χώρου καλής ποιότητας υπολογίζεται περίπου στα 20€ για τον δημοτικό και τον τριτογενή τομέα και, θεωρώντας εγκατάσταση 4 θερμοστατών ανά κτίριο, ανέρχεται στα 100€ ανά κτίριο, με διάρκεια ζωής τα 15 έτη. Για τον οικιακό τομέα το κόστος εγκατάστασης ανέρχεται στα 290€ κάθε κατοικία, με εξοικονόμηση 3% επί της ενέργειας για θέρμανση και την ίδια διάρκεια ζωής (OEE, 2008).

3.3.2.1.5 Ηλιακά συστήματα παραγωγής ζεστού νερού χρήσης

Ο ηλιακός θερμοσίφωνας είναι ένα ενεργητικό ηλιοθερμικό σύστημα παραγωγής ζεστού νερού χρήσης χρησιμοποιώντας την ηλιακή ενέργεια. Χρησιμοποιείται ευρύτατα στις χώρες που έχουν μεγάλη ηλιοφάνεια, όπως για παράδειγμα στις χώρες της Μεσογείου και στην Κύπρο.

Ο ηλιακός θερμοσίφωνας είναι η απλούστερη και η γνωστότερη ηλιακή συσκευή. Κατά την λειτουργία του γίνεται εκμετάλλευση δυο φυσικών φαινομένων. Με την αρχή του θερμοσιφώνου επιτυγχάνεται η κυκλοφορία του νερού με φυσικό τρόπο χωρίς μηχανικά μέρη (αντλίες κλπ.) ενώ η θέρμανση του νερού γίνεται με την εκμετάλλευση του φαινομένου του θερμοκηπίου που αναπτύσσεται στους συλλέκτες του. Το παραγόμενο ζεστό νερό, αποθηκεύεται αρχικά σε ειδικές δεξαμενές αποθήκευσης από όπου μεταφέρεται μετά στους χώρους κατανάλωσης (π.χ. ντους, πλυντήρια, κουζίνες κλπ). Οι δεξαμενές αποθήκευσης του νερού χρήσης έχουν χωρητικότητα που κυμαίνεται από 100 έως 200 λίτρα για συνήθεις οικιακές εφαρμογές. Η χωρητικότητά τους είναι συνάρτηση της συλλεκτικής επιφάνειας που διαθέτουν. Ένας ηλιακός θερμοσίφωνας με δεξαμενή 100 λίτρων και επιλεκτική συλλεκτική επιφάνεια 2 τ.μ. αποδίδει κατά μέσο όρο περίπου 150 λίτρα ζεστού νερού χρήσης σε θερμοκρασία 35-40 βαθμών της κλίμακας Κελσίου.

Χρειάζεται μελέτη και ειδικές μετρήσεις ώστε η θερμοκρασία του νερού να μην ξεπερνάει το σημείο βρασμού και να μην γίνεται ατμοποίηση. Για την οικονομικότερη λειτουργία του ηλιακού θερμοσίφωνα τόσο στην αναθέρμανση όσο και στην ηλεκτρική του λειτουργία κατά τους χειμερινούς μήνες είναι απαραίτητο η δεξαμενή να αποθηκεύει νερό υψηλής θερμοκρασίας. Για αυτόν τον λόγο αλλά και για την προστασία του περιβάλλοντος, οι κατασκευαστές μελετούν συστήματα με δεξαμενές το δυνατόν μικρότερες οπότε και αποδοτικότερα ηλιακά συστήματα.

Ο καλύτερος προσανατολισμός για την τοποθέτηση των ηλιακών θερμοσιφώνων, ακριβέστερα των ηλιακών συλλεκτών, είναι ο νότιος, για να εκμεταλλεύεται ο θερμοσίφοντας όσο περισσότερες ώρες ηλιοφάνειας γίνεται. Απόκλιση μέχρι 15 μοίρες από τον νότο δεν έχει μεγάλη επίπτωση στην απόδοσή του. Σε μεγαλύτερη απόκλιση παρατηρείται μείωση της απόδοσης. Ακόμα η κλίση του ηλιακού συλλέκτη πρέπει να είναι 20-50 μοίρες. Μεγαλύτερη ή μικρότερη κλίση μειώνει την απόδοση.

Χρειάζεται στοιχειώδης συντήρηση, κυρίως καθαρισμός των πλακών επιφανειακά, αντικατάσταση της αντιδιαβρωτικής προστασίας, όποτε αυτό απαιτείται σύμφωνα με τον κατασκευαστή, και συμπλήρωση με αντιψυκτικό υγρό τον χειμώνα - μόνο στους ηλιακούς θερμοσίφωνες κλειστού κυκλώματος

Ο ηλιακός θερμοσίφοντας είναι μια απ' τις "καθαρότερες" και πιο αποδοτικές συσκευές που χρησιμοποιούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Το κόστος ενός τυπικού ηλιακού θερμοσίφωνα, που μπορεί να καλύψει τις ανάγκες μίας κατοικίας, είναι περίπου 300€ για τον δημοτικό και τα κτίρια του τριτογενούς τομέα και αναμένεται εξοικονόμηση μέχρι και 70% της κατανάλωσης ενέργειας για ζεστό νερό χρήσης, με διάρκεια ζωής 10 έτη. Για το κτιριακό απόθεμα του οικιακού τομέα το κόστος ανέρχεται στα 750€ (ΟΕΕ, 2008).

3.3.2.1.6 Προσθήκη θερμομόνωσης

Το κέλυφος ενός κτιρίου ορίζει το φυσικό σύνορο μεταξύ του εσωτερικού χώρου (όπου οι άνθρωποι περνούν τον περισσότερο χρόνο της ζωής τους) και του εξωτερικού περιβάλλοντος. Αποτελείται από τοιχοποιία, συστήματα εξωτερικής θερμομόνωσης, οροφή, υαλοπίνακες, πλαίσια και θερμογέφυρες.

Ένα κτίριο είναι απαραίτητο να θερμομονώνεται σε όλες τις εξωτερικές του επιφάνειες, κατακόρυφες και οριζόντιες, οι οποίες περικλείουν θερμαινόμενους ή κλιματιζόμενους χώρους από όπου είναι δυνατό να διαφύγει θερμική ενέργεια (επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με ατμοσφαιρικό αέρα ή μη κλιματιζόμενους χώρους). Η τοποθέτηση της μόνωσης πρέπει να γίνεται με μεθοδικότητα και τυπικότητα, καθώς ένα ανεπαρκώς θερμομονωμένο κτίριο θα εμφανίζει αυξημένα έξοδα ψύξης και θέρμανσης, λόγω των υψηλών θερμικών απωλειών που θα έχει.

Τα θερμομονωτικά υλικά έχουν ως προορισμό να μειώσουν το συντελεστή θερμοπερατότητας (U) των δομικών στοιχείων, με στόχο τη μείωση των θερμικών απωλειών κατά τη χειμερινή περίοδο και την αποφυγή εισόδου της θερμότητας από το (θερμό) εξωτερικό περιβάλλον κατά την καλοκαιρινή περίοδο.

Με βάση το Εθνικό Σύστημα Διαπίστευσης, ως θερμομονωτικά χαρακτηρίζονται τα υλικά που έχουν θερμική αντίσταση R μεγαλύτερη από $0,1 \text{ m}^2\text{K/W}$ και πρακτικά έχουν μικρή θερμική αγωγιμότητα (συνήθως $\lambda < 0,1 \text{ W/mK}$), η οποία συνήθως αναφέρεται σε θερμοκρασίες φυσικού περιβάλλοντος και σε υλικό στεγνό (απαλλαγμένο υγρασίας).

Τα θερμομονωτικά υλικά οφείλουν τη μονωτική τους ιδιότητα, κατά κύριο λόγο, στο μεγάλο αριθμό πολύ μικρών πόρων (κυψελίδων) ή στο μεγάλο πλέγμα ινών, που περιέχουν παγιδευμένο αέρα. Ο ακίνητος αέρας παρουσιάζει τη μικρότερη γνωστή τιμή θερμικής αγωγιμότητας ($\lambda = 0,02 \text{ kcal/h.m.}^\circ\text{C}$). Αποτέλεσμα της ύπαρξης θυλάκων ακίνητου αέρα, εγκλωβισμένου σε κυψέλες ή σε πλέγμα ινών είναι το κατά κανόνα μικρό φαινόμενο βάρους που παρουσιάζουν τα εν λόγω υλικά.

Σε θεωρητικό επίπεδο η θερμική αγωγιμότητα ελαχιστοποιείται σε συνθήκες κενού, επειδή η έλλειψη μάζας καθιστά αδύνατη τη μεταφορά θερμότητας με αγωγή. Στην πράξη, ο ακίνητος, ξηρός αέρας αποτελεί την καλύτερη δυνατή λύση.

Η συνηθέστερη μέθοδος τοποθέτησης μόνωσης της εξωτερικής τοιχοποιίας είναι αυτή κατά την οποία, το κτίριο επενδύεται με φύλλα θερμομονωτικού υλικού εξωτερικά και έπειτα σοβατίζεται με ένα ειδικό ελαστικό πολύ ισχυρό στεγανό επίχρισμα. Ο συγκεκριμένος τύπος μόνωσης, αποτρέπει την δημιουργία θερμογεφυρών από δοκάρια και κολώνες και προστατεύει τις επιφάνειες των τοίχων από την υγρασία (λόγω συμπύκνωσης). Επίσης, ελαττώνει τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας, αυξάνοντας με αυτό τον τρόπο τη θερμοχωρητικότητα του κτιρίου. Ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημα αυτού του τύπου μόνωσης είναι ότι κατά τη φάση της κατασκευής της δημιουργεί την ελάχιστη δυνατή όχληση στους ενοίκους, χωρίς να διακόπτεται παράλληλα καθόλου η λειτουργία του κτιρίου. Ακόμη, προστατεύεται αποτελεσματικά η τοιχοποιία και οι σωληνώσεις ύδρευσης από τις περιβαλλοντικές επιδράσεις.

Η θερμομόνωση εφαρμόζεται σε όλο το ύψος και πλάτος της τοιχοποιίας και περιλαμβάνει όλα τα δομικά στοιχεία (υποστυλώματα, δοκάρια, πλευρικές απολήξεις πλακών κτλ). Μπορεί να εφαρμοστεί σε υπόστρωμα σταθερό, είτε επίπεδο, είτε ξηρό, σε επιχρισμένη ή ανεπιχριστή τοιχοποιία από απτοπλίνθους, τσιμεντόλιθους, αργολιθοδομή ή σκυρόδεμα.

Τα θερμομονωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται για την εξωτερική θερμομόνωση θα πρέπει να είναι σκληρά και ανθεκτικά στην επίδραση εξωτερικών παραγόντων. Τα πιο συνηθισμένα από τα οποία είναι, η αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη, οι σκληρές πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης (πυκνότητας μεγαλύτερης των 20 kg/m^3) και οι σκληρές πλάκες πετροβάμβακα.

Η προσθήκη θερμομόνωσης αφορά κυρίως κτίρια κατασκευασμένα μέχρι το 1980, τα οποία δε φέρουν καθόλου θερμομόνωση στα δομικά τους στοιχεία. Σε κτίρια που έχουν μόνωση (κτίρια κατασκευασμένα μετά το 1980) ή στα οποία έχει γίνει μερική προσθήκη θερμομόνωσης, αλλά κρίνεται ότι η θερμομόνωση είναι ανεπαρκής, είναι δυνατόν η επέμβαση να αφορά μόνο στα ευαίσθητα σημεία του κτιρίου (π.χ. μόνωση φέροντος οργανισμού για κάλυψη των θερμογεφυρών, πρόσθετη μόνωση οροφής) και οπωσδήποτε να τεκμηριώνεται από την ενεργειακή επιθεώρηση και την ενεργειακή μελέτη. Σε ειδικές περιπτώσεις όπου η εξωτερική μόνωση δεν είναι δυνατή για

κατασκευαστικούς λόγους (π.χ. σε στέγες, σε τοιχοποιίες με επικάλυψη συγκεκριμένης αισθητικής κοκ) μπορεί να τοποθετηθεί εναλλακτικά εσωτερική μόνωση.

Το αναμενόμενο όφελος από τη δράση υπολογίζεται σε εξοικονόμηση ενέργειας περίπου ενέργειας για θέρμανση 45%. Το κόστος εφαρμογής θερμομόνωσης ανέρχεται στα 33€ ανά τετραγωνικό μέτρο εφαρμογής της και η διάρκεια ζωής στα 30 έτη (Balaras et al., 2007).

3.3.2.1.7 Αντικατάσταση κουφωμάτων και εγκατάσταση βελτιωμένων υαλοπινάκων

Τα ανοίγματα των κτιρίων συντελούν - σε μεγάλο ποσοστό - στην ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη των εσωτερικών χώρων καθώς μεταφέρονται από αυτά μεγάλες ποσότητες ενέργειας. Κατά τους χειμερινούς μήνες, υπάρχουν απώλειες θερμότητας από τους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου προς το εξωτερικό περιβάλλον ενώ κατά τη διάρκεια των χειμερινών εισέρχεται θερμότητα από το θερμό εξωτερικό περιβάλλον στους ψυχρούς εσωτερικούς χώρους. Αυτή η μεταφορά θερμότητας μπορεί να ελαχιστοποιηθεί με τη χρήση κατάλληλα κατασκευασμένων, ενεργειακά αποδοτικών υαλοπινάκων και πλαισίων καλών θερμομονωτικών ιδιοτήτων. Επιπλέον, θα πρέπει να χαρακτηρίζονται από στεγανότητα έναντι του αέρα, έτσι ώστε να εμποδίζουν τη διαφυγή θερμότητας από τυχόν χαραμάδες, οι οποίες μπορούν να επιφέρουν σημαντικές απώλειες θερμότητας, όπως παρατηρείται σε κακής κατασκευής ή παλαιά κτίρια.

Στον ελλαδικό χώρο η χρήση διπλών υαλοπινάκων σε νέα κτίρια είναι υποχρεωτική, έτσι ώστε να πληρούνται οι απαιτήσεις του Κανονισμού Θερμομόνωσης του 1979. Η αντικατάσταση των παλιών υαλοπινάκων με σύγχρονους και αποδοτικότερους, μολονότι συνοδεύεται από κάποιο κόστος – ανάλογο της επιλογής, δύναται να ανατρέψει κατά πολύ μεγάλο ποσοστό την κακή ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου. Τα οφέλη είναι τόσο ενεργειακά όσο και οικονομικά.

Πέραν της εξοικονόμησης ενέργειας οι διπλοί υαλοπίνακες – λόγω των μειωμένων θερμικών ανταλλαγών με το εξωτερικό περιβάλλον του κτιρίου - παρουσιάζουν και μια σειρά άλλων πλεονεκτημάτων, όπως:

1. Μείωση της ακτινοβολίας από ή προς τους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου, καθώς παρουσιάζουν επιφανειακή θερμοκρασία πλησιέστερη αυτής άλλων επιφανειών των εσωτερικών χώρων.
2. Περιορισμό των ρευμάτων αέρα κοντά στα ανοίγματα, με συνακόλουθο αποτέλεσμα βελτιωμένες συνθήκες θερμικής άνεσης.
3. Αποτροπή της συμπύκνωσης υδρατμών στην επιφάνειά τους κατά τους χειμερινούς μήνες.
4. Μείωση του θορύβου.

Η επιλογή του κατάλληλου υαλοπίνακα απαιτεί τις εξής ενέργειες:

1. Εξέταση της χρήσης του κτιρίου.
2. Εξέταση της συνεισφοράς του υαλοπίνακα στην εξοικονόμηση ενέργειας σε ετήσια βάση και της συνεπαγόμενη οικονομικότητα του συστήματος – κόστος, οφέλη, χρόνος απόσβεσης.

3. Επιλογή των θερμικών και οπτικών χαρακτηριστικών του με κριτήριο τη συμπεριφορά του όσον αφορά στη θέρμανση και τον δροσισμό του κτιρίου, αλλά και την εξασφάλιση – σε συνδυασμό με τον συνολικό σχεδιασμό των ανοιγμάτων – των απαιτήσεων σε φυσικό φωτισμό.

Όλα σπίτια που κατασκευάστηκαν πριν το 1985 και το 10% των υπολοίπων έχει υπολογιστεί ότι χρειάζονται βελτιωμένους υαλοπίνακες (Balaras et al., 2007).

Αναμένεται εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη και θέρμανση στο 20%, με κόστος 160€ ανά τετραγωνικό ανοιγμάτων και διάρκεια ζωής στα 30 χρόνια (Balaras et al., 2007).

3.3.2.1.8 Μείωση του κλιματιζόμενου - θερμαινόμενου όγκου χώρων με μεγάλο ύψος με ψευδοροφές

Οι ανάγκες ενός χώρου σε θέρμανση-ψύξη είναι ανάλογες του όγκου αυτού και άρα των διαστάσεών του. Η διάσταση ως προς την οποία κρίνεται σκόπιμη η επέμβαση είναι το ύψος του χώρου. Σε κτίρια λοιπόν σχετικά μεγάλου ύψους προτείνεται η εφαρμογή ψευδοροφής με σκοπό τη μείωση του προς θέρμανση-ψύξη χώρου.

Η εφαρμογή αυτής της δράσης αναμένεται να οδηγήσει σε εξοικονόμηση ανάλογη της μείωσης του ύψους. Ενδεικτικά θεωρήθηκε ποσοστό μείωσης 15%.

Το κόστος αυτής της δράσης μετά από έρευνα αγοράς υπολογίστηκε περίπου στα 35€ ανά τετραγωνικό κάτοψης και η διάρκεια ζωής στα 30 χρόνια.

3.3.2.1.9 Φυτεμένες στέγες

Αν και αναφέρεται χωριστά, το φυτεμένο δώμα αποτελεί μέσο τόσο θερμομόνωσης όσο και υγραμόνωσης. Αποτελείται από ένα στρώμα βλάστησης, το οποίο αναπτύσσεται σε ένα ειδικά διαμορφωμένο επίπεδο, συνήθως επάνω σε ένα δώμα. Παρουσιάζει πλεονεκτήματα τόσο αισθητικά, όσο και θερμικής άνεσης αλλά και τεχνικής θερμικής προστασίας του κτιρίου τόσο κατά τους θερινούς, όσο και κατά τους χειμερινούς μήνες. Η φύτευση του δώματος αποτελεί ένα μέσο θερμομόνωσης του κτιρίου λόγω των υλικών τα οποία το αποτελούν – όπως, για παράδειγμα, χώμα ικανού πάχους και αέρας που εγκλωβίζεται μεταξύ των φυλλωμάτων των φυτών).

Κατά τους θερινούς μήνες το φυτεμένο δώμα εμποδίζει την ηλιακή ακτινοβολία να φθάσει στο κτιριακό κέλυφος, μέσω της σκίασης την οποία δημιουργούν τα φυτά στην επιφάνειά του. Πρακτικά μηδενίζει την επίδραση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στην οροφή του κτιρίου, ακτινοβολία η οποία αποτελεί σημαντική πηγή θερμικής επιβάρυνσής του. Τέλος, τα φυτά συνεισφέρουν με την εξατμισοδιαπνοή των φύλλων τους στην εξατμιστική ψύξη της οροφής. Επιπλέον, συνεισφέρει στη δημιουργία ήπιων συνθηκών στους χώρους επάνω από τους οποίους τοποθετείται. Συντελεί στην ελάττωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, καθυστερεί την απορροή των όμβριων υδάτων και δημιουργία μια ασπίδα οξυγόνου, καθώς ο οξυγονωμένος αέρας είναι βαρύτερος και κινείται προς το έδαφος.

Η κατασκευή του φυτεμένου δώματος, καθώς και η επιλογή των φυτών από τα οποία θα αποτελείται, θα πρέπει να εξαρτάται από το είδος της οροφής και από τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής και θα πρέπει να είναι ιδιαίτερος επιμελημένη και χωρίς εκπτώσεις στην ποιότητα.

Σύμφωνα με μελέτη που διεξήχθη υπό την αιγίδα της Τράπεζας Πειραιώς στα πλαίσια του προγράμματος LIFE της Ευρωπαϊκής Ένωσης το 2008, μία πράσινη στέγη με μόλις 10 εκατοστά βλάστησης μπορεί να μειώσει τις ανάγκες δροσισμού κατά 25%. Όταν οι θερμοκρασίες περιβάλλοντος είναι περί τους 30 βαθμούς Κελσίου, ένα δωμάτιο κάτω από μία πράσινη στέγη μπορεί να έχει 3-4 βαθμούς χαμηλότερη θερμοκρασία. Είναι χαρακτηριστικό ότι ένα σκουρόχρωμο υλικό επίστρωσης σε μία στέγη μπορεί να έχει 35-45 βαθμούς υψηλότερη θερμοκρασία από μία αντίστοιχη πράσινη στέγη. Είκοσι εκατοστά υποστρώματος μαζί με 20 εκατοστά βλάστησης, παρέχουν την ίδια θερμομόνωση με μία στρώση πετροβάμβακα πάχους 15 εκατοστών. Μία πράσινη στέγη με βλάστηση ύψους 12 εκατοστών μειώνει το θόρυβο κατά 40 ντεσιμπέλ, ενώ αν το ύψος της βλάστησης είναι 20 εκατοστά η στάθμη του θορύβου μπορεί να πέσει κατά 46-50 ντεσιμπέλ.

Η φύτευση θα πρέπει να καλύπτει τουλάχιστον το 60% της οροφής. Η εφαρμογή της φυτεμένης οροφής θα περιλαμβάνει όλες τις απαραίτητες κατασκευαστικές λεπτομέρειες και εργασίες (στεγανοποίηση με διπλή στεγάνωση, αποστραγγιστικό στρώμα, κηπευτικό στρώμα, φυτά και σύστημα άρδευσης).

Σύμφωνα με την ίδια έρευνα η αναμενόμενη εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη και θέρμανση κυμαίνεται στο 25%. Ένα ενδεικτικό μέσο κόστος για τη δημιουργία μιας πράσινης στέγης δόθηκε στα 60 €/m² και η διάρκεια ζωής στα 30 χρόνια.

3.3.2.1.10 Αντικατάσταση κλιματιστικών με νέα inverter

Η αντικατάσταση των κλιματιστικών δεν έχει ως σκοπό να επέμβει στην κατάσταση του κτιρίου (του κελύφους), αλλά να βελτιώσει την απόδοση των συστημάτων του. Αυτό σημαίνει πως οι ενεργειακές του απαιτήσεις θα παραμείνουν οι ίδιες, αλλά αυτή που θα μειωθεί είναι η κατανάλωση.

Τα κλιματιστικά διαιρούμενου τύπου αποτελούν ιδιαίτερα ενεργοβόρες ηλεκτρικές συσκευές. Με την πάροδο του χρόνου και τη βελτίωση της τεχνολογίας ο βαθμός απόδοσης των κλιματιστικών έχει αυξηθεί σημαντικά. Ακόμα, τα παλαιά συστήματα ψύξης είναι συνήθως υπερδιαστασιολογημένα με αποτέλεσμα να λειτουργούν συνεχώς υπό συνθήκες μερικού φορτίου, γεγονός που μειώνει την απόδοση και αυξάνει την κατανάλωση ενέργειας και το λειτουργικό κόστος τους. Επιπλέον, ο ονομαστικός συντελεστής απόδοσης είναι μικρότερος από τα ικανοποιητικά επίπεδα.

Για το λόγο αυτό, τα παλαιά συστήματα ψύξης (συνήθως εκείνα που είναι άνω των 15 ετών) πρέπει να αντικαθίστανται από νέα συστήματα υψηλής απόδοσης και σωστής διαστασιολόγησης. Ένα κλιματιστικό ενεργειακής κλάσης D έχει συντελεστή λειτουργίας στη ψύξη COP=2,67 και στη θέρμανση COP=2,87. Αν αντικατασταθούν τα κλιματιστικά αυτά με άλλα ενεργειακής κλάσης A και τεχνολογίας inverter, θα επιτευχθεί COP=4 περίπου. Αξιοσημείωτη θα είναι η μείωση στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία θα είναι της τάξεως του 50% (Balaras et al., 2007).

Παράλληλα μειώνεται και η απαίτηση σε ηλεκτρικά φορτία από το εθνικό σύστημα ηλεκτροπαραγωγής, ειδικά κατά τις περιόδους της αιχμής ζήτησης.

Όλα τα κλιματιστικά λειτουργούν και επιτυγχάνουν την ψύξη του χώρου μέσω ενός ηλεκτροκίνητου συμπιεστή. Σε ένα συμβατικό κλιματιστικό ο συμπιεστής είναι σε λειτουργία όσο απαιτείται ψύξη και σταματά όταν πιάσει την επιθυμητή θερμοκρασία. Άρα δουλεύει σε πλήρες φορτίο (μεγάλη κατανάλωση) και μετά σταματά για να ξεκινήσει ξανά όταν απαιτηθεί πάλι ψύξη (ανέβει η θερμοκρασία). Σε αντίθεση, τα κλιματιστικά inverter πετυχαίνουν την επιθυμητή θερμοκρασία μέσω ελέγχου του κινητήρα με ένα ειδικό σύστημα που ονομάζεται inverter (μετατροπέας συχνότητας) αυξομειώνοντας τις στροφές του κινητήρα του συμπιεστή. Με το inverter επιτυγχάνεται μεγάλη οικονομία αλλά και επιμήκυνση της ζωής του κλιματιστικού πολύ άπια γιατί το μοτέρ δουλεύει όλη την ώρα σε πιο χαμηλές στροφές. Ταυτόχρονα επιτυγχάνεται και πολύ καλύτερη ρύθμιση της θερμοκρασίας του χώρου γιατί ο συμπιεστής είναι συνεχώς σε λειτουργία προσπαθώντας να διατηρήσει την επιθυμητή θερμοκρασία του χώρου.

Το κόστος αγοράς ενός κλιματιστικού σύγχρονης τεχνολογίας είναι περίπου 700€ και η διάρκεια ζωής υπολογίζεται στα 10 έτη (Balaras et al., 2007), ενώ γίνεται η θεώρηση ότι ένα τυπικό κτίριο 100 τετραγωνικών διαθέτει 3 τέτοιες μονάδες.

3.3.2.1.11 Εγκατάσταση χρονοδιακόπτη για τη λειτουργία ψύξης/θέρμανσης

Η δράση αυτή αναφέρεται στην εγκατάσταση χρονοδιακόπτη στο σύστημα ψύξης-θέρμανσης, για παράδειγμα μπορεί να είναι ενσωματωμένος στο θερμοστάτη, ώστε να ρυθμίζει τη λειτουργία του συστήματος όσον αφορά τις ώρες που αυτό δουλεύει. Ο χρήστης ρυθμίζει μέσω του χρονοδιακόπτη τις ώρες κατά τις οποίες θεωρεί απαραίτητη την χρήση του συστήματος, ώστε να αποφεύγεται η άσκοπη χρήση του. Για παράδειγμα, σε ένα κτίριο γραφείων το σύστημα ψύξης-θέρμανσης μπορεί να ρυθμιστεί να δουλεύει μόνο για τις ώρες λειτουργίας των γραφείων, ενώ σε πολυκατοικίες χωρίς αυτόνομη θέρμανση για κάθε κατοικία απαιτείται η προηγούμενη συνεννόηση ανάμεσα στους κατοίκους.

Μετά από έρευνα της αγοράς υπολογίστηκε ότι το κόστος εγκατάστασης και ρύθμισης ενός χρονοδιακόπτη κυμαίνεται στα 200€ ανά κτίριο στο οποίο γίνεται η εφαρμογή του, ενώ η δράση αυτή υπολογίζεται να επιφέρει εξοικονόμηση ενέργειας περίπου 10%.

3.3.2.1.12 Συντήρηση κεντρικού συστήματος θέρμανσης και ψύξης

Αυτή η δράση αναφέρεται στην συστηματική και από ειδικευμένους και πιστοποιημένους τεχνικούς συντήρηση και έλεγχο των εγκαταστάσεων θέρμανσης και ψύξης, ώστε να προλαμβάνονται τυχόν βλάβες ή απορυθμίσεις που μπορεί με την σειρά τους να οδηγήσουν σε μεγάλες απώλειες σε κατανάλωση ενέργειας και χρημάτων. Στην περίπτωση των μηχανών εσωτερικής καύσης, πρέπει να γίνεται ετήσιος έλεγχος και συντήρηση του λέβητα και του καυστήρα, διετής καθαρισμός του καπναγωγού και της

καπνοδόχου και τέλος τριετής καθαρισμός της δεξαμενής πετρελαίου από λάσπες και άλλα σωματίδια που καθιζάνουν στον πάτο της και τα οποία μπορούν να βουλώσουν τον καυστήρα. Τέλος πρέπει να γίνεται περιοδική εξαέρωση των θερμαντικών σωμάτων. Όσον αφορά τις αντλίες θερμότητας, πρέπει να συντηρούνται μία φορά τον χρόνο και να γίνεται περιοδικός καθαρισμός των φίλτρων αέρα. Η συντήρηση εξασφαλίζει την ορθή λειτουργία της εγκατάστασης και την αύξηση του βαθμού απόδοσής της.

Από την εφαρμογή της δράσης αναμένεται εξοικονόμηση επί της ενέργειας για θέρμανση περίπου 10% και το κόστος ανέρχεται στα 110 € ανά καυστήρα. Η συντήρηση του κεντρικού συστήματος θέρμανσης και ψύξης πρέπει να πραγματοποιείται σε ετήσια βάση (Balaras et al., 2007).

3.3.2.1.13 Αντικατάσταση Καυστήρων-Λεβήτων με νέας τεχνολογίας πετρελαίου ή φυσικού αερίου

Αντικατάσταση λεβήτων με νέους μεγαλύτερης απόδοσης

Η παλαιότητα και η έλλειψη συντήρησης των λεβήτων δικαιολογούν την μειωμένη απόδοση τους και καθιστούν αναγκαία την αντικατάστασή τους. Συνεπώς, μία επένδυση σε νέους λέβητες μεγαλύτερης απόδοσης, ακόμα κι αν καταναλώνουν το ίδιο καύσιμο (πετρέλαιο), είναι μια ικανοποιητική λύση στην εξοικονόμηση. Με δεδομένη την κλίμακα απόδοσης που δίνουν οι κατασκευαστές των λεβήτων (80-110%), ένας λέβητας θεωρείται αποδοτικός, από άποψη εξοικονόμησης ενέργειας, όταν η απόδοσή του είναι άνω του 90%. Οι πλέον εξελιγμένοι διαθέσιμοι τύποι λέβητα υψηλής απόδοσης είναι ο λέβητας αερίου παλμικής καύσης και ο λέβητας συμπύκνωσης. Οι λέβητες αυτοί επιτυγχάνουν συντελεστή απόδοσης πάνω από 95% και μπορούν να μειώσουν το κόστος λειτουργίας της εγκατάστασης κατά 15-20%

Όσον αφορά τους καυστήρες, κυκλοφορούν πλέον προηγμένης τεχνολογίας στους οποίους μπορούν να γίνουν οι απαραίτητες κινήσεις για τέλεια καύση. Υπάρχουν καυστήρες με αυτόματο «τάμπερ» αέρα, που υποβοηθούν κατ' αυτόν τον τρόπο την εξοικονόμηση ενέργειας, καθώς εμποδίζουν την είσοδο κρύου αέρα όταν ο καυστήρας είναι ανενεργός.

Με την αντικατάσταση του συστήματος λέβητα-καυστήρα με νέο υψηλής απόδοσης αλλά ίδιας τεχνολογίας καυσίμου, μπορεί να προκύψει εξοικονόμηση της τάξης του 20%. Το κόστος αυτής της δράσης δίνεται στα 1.300€ ανά εγκατάσταση, με διάρκεια ζωής τα 25 έτη (Balaras et al., 2007).

Αντικατάσταση με νέους φυσικού αερίου

Το φυσικό αέριο αποτελεί ένα συμβατικό καύσιμο το οποίο μπορεί να υποκαταστήσει το πετρέλαιο που καταναλώνεται για τη θέρμανση των χώρων. Μία τέτοια παρέμβαση έχει στόχο:

- την εξοικονόμηση ενέργειας, διότι το φυσικό αέριο παρουσιάζει αυξημένο βαθμό απόδοσης κατά την καύση του. Ένα σύγχρονο σύστημα λέβητα συμπίκνωσης επιτυγχάνει βαθμούς απόδοσης που υπερβαίνουν το 97%, επιτυγχάνοντας εξοικονόμηση που υπερβαίνει το 20% σε σχέση με συστήματα πετρελαίου ηλικίας 20 και πλέον ετών.
- τη μείωση των εκπομπών ρύπων, διότι οι εκπομπές αέριων ρύπων που προκύπτουν κατά την καύση του είναι σημαντικά χαμηλότερες από αυτές που προκύπτουν κατά την καύση του πετρελαίου. Συγκεκριμένα, ο συντελεστής εκπομπών CO₂ είναι ίσος με 0,202 tn CO₂/ MWh. Το φυσικό αέριο είναι η καθαρότερη πηγή πρωτογενούς ενέργειας μετά τις ΑΠΕ.
- τη μείωση του λειτουργικού κόστους, διότι το φυσικό αέριο είναι φθηνότερο από το πετρέλαιο(η τιμή του φυσικού αερίου κυμαίνεται στα 0,80€/m³, ενώ αντίστοιχα του πετρελαίου θέρμανση στα 1,3€/lt). Με βάση και τη σχέση που συνδέει τη θερμογόνο δύναμη των δύο καυσίμων(δύναμη ισχύει ότι το 1lt πετρελαίου θέρμανσης αντιστοιχεί σε 0,85m³ φυσικό αέριο) προκύπτει εξοικονόμηση λειτουργικού κόστους της τάξης του 50%.

Το κόστος της εγκατάστασης για μια τυπική κατοικία ανέρχεται στα 3.000€ (Balaras et al., 2007).

Προϋπόθεση είναι, προφανώς, ο δήμος να είναι συνδεδεμένος στο δίκτυο φυσικού αερίου.

3.3.2.1.14 Εφαρμογή αντιστάθμισης με τοποθέτηση τρίοδης ή τετράοδης βάνας ανάμειξης

Στο κλασσικό καλοριφέρ ένας χρονοδιακόπτης προγραμματίζει τη λειτουργία της κεντρικής θέρμανσης τις ίδιες ώρες κάθε μέρα. Με τον τρόπο αυτό κάθε μέρα η θέρμανση λειτουργεί τις ίδιες ώρες και με την ίδια ένταση ανεξάρτητα αν οι καιρικές συνθήκες είναι καλές ή κακές. Η θερμοκρασία νερού στο λέβητα φθάνει πάντα στους 80-90°C, εκεί όπου έχει ρυθμιστεί ο θερμοστάτης του καυστήρα.

Μια θερμοκρασία νερού στους 80-90°C είναι η μέγιστη που έχουν ανάγκη τα σώματα για να διατηρηθεί η θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων στους 20-22°C, μόνον όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι πάρα πολύ χαμηλή. Στην πραγματικότητα, όμως, τόσο χαμηλή εξωτερική θερμοκρασία στην Ελλάδα παρατηρείται πολύ λίγες μέρες το χειμώνα. Αποτέλεσμα του ελέγχου αυτού είναι: σπατάλη καυσίμου, εσωτερική θερμοκρασία με μεγάλες αυξομειώσεις, ασυμφωνίες μεταξύ των ενοίκων για τους χρόνους λειτουργίας του καλοριφέρ κλπ. Για να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή οικονομία καυσίμων και θέρμανση όλη την ημέρα, με σταθερή εσωτερική θερμοκρασία, θα πρέπει στα σώματα του κτιρίου να δέχονται τόση ποσότητα θερμότητας, όση χρειάζεται κάθε φορά, ανάλογα με τις εξωτερικές καιρικές συνθήκες, έτσι ώστε να παραμένει σταθερή η επιθυμητή θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων. Η ρύθμιση αυτή δεν είναι δυνατόν να γίνεται με το χέρι, μπορεί όμως να γίνει με απόλυτη ακρίβεια με τη χρήση αντιστάθμισης.

Η συσκευή αντιστάθμισης, παρακολουθώντας συνεχώς τις καιρικές συνθήκες καθώς και την θερμοκρασία νερού του λέβητα, προγραμματίζει τη λειτουργία της θέρμανσης κατά την διάρκεια όλης της ημέρας, στέλνοντας τη σωστή θερμοκρασία νερού στα σώματα, χωρίς να χρειάζεται εξωτερική επέμβαση. Έτσι, ο καυστήρας δεν λειτουργεί τις ίδιες ώρες συνολικά κάθε μέρα, αλλά μόνο όσες ώρες χρειάζεται, επιτυγχάνοντας τη μέγιστη δυνατή οικονομία καυσίμων και θέρμανση όλη την ημέρα με σταθερή εσωτερική θερμοκρασία.

Με την αντιστάθμιση, η θερμοκρασία προσαγωγής του θερμού νερού στα θερμαντικά σώματα ρυθμίζεται ανάλογα με την εξωτερική θερμοκρασία με την βοήθεια μιας τρίοδης ή τετράοδης βάνας ανάμιξης. Η βάνα αναμιγνύει συνεχώς το κρύο νερό επιστροφής με το θερμό νερό προσαγωγής με σκοπό να επιτύχει την ανάλογη θερμοκρασία στο νερό προσαγωγής στα θερμαντικά σώματα. Ειδική ρύθμιση στην κεντρική μονάδα ελέγχου δίνει τη σχέση ανάμεσα στην εξωτερική θερμοκρασία και τη θερμοκρασία που πρέπει να έχει το νερό στην προσαγωγή. Η κεντρική μονάδα ελέγχου δέχεται σήματα από αισθητήριο εξωτερικής θερμοκρασίας και δίνει εντολή στον κινητήρα της τρίοδης ή τετράοδης βάνας να αναμίξει τις κατάλληλες ποσότητες νερού. Εάν είναι εγκατεστημένη τετράοδη βάνα ανάμιξης, η θερμοκρασία του λέβητα διατηρείται σταθερή (π.χ. 80°C) και εξασφαλίζεται (σε λέβητες πετρελαίου) προστασία από διάβρωση. Αυτό το σύστημα κεντρικού ελέγχου, σε συνδυασμό με θερμοστατικές βαλβίδες στα θερμαντικά σώματα, συνδυάζει την ορθολογική χρήση ενέργειας με ικανοποιητικό επίπεδο άνεσης. Η αντιστάθμιση είναι υποχρεωτική από το 1979 (ΦΕΚ Β' 366/13.4/79) αλλά ατόνησε εξαρχής η εφαρμογή της.

Σε περίπτωση εφαρμογής της, η αναμενόμενη εξοικονόμηση είναι της τάξης του 20% και το κόστος της δράσης ανέρχεται στα 300€ ανά κτίριο.

3.3.2.1.15 Μόνωση δικτύων μεταφοράς συστημάτων θέρμανσης

Πρόκειται για μία άμεση παρέμβαση που έχει ελάχιστο κόστος. Οι σωληνώσεις τροφοδοσίας του συστήματος θέρμανσης διανύουν κατά κανόνα ακάλυπτες την απόσταση από το λεβητοστάσιο ως το εσωτερικό των χώρων, συνήθως μέσα από μη θερμαινόμενους χώρους, όπως είναι τα υπόγεια, μερικές φορές όμως και στο εξωτερικό των κτιρίων. Η ελλιπής θερμομόνωση των δικτύων μεταφοράς έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια ενέργειας και τη μείωση της θερμοκρασίας του νερού στα θερμαντικά σώματα. Η απώλεια ενέργειας μπορεί, σε εκτεταμένα δίκτυα, να υπερβαίνει και το 5%.

Το κόστος εφαρμογής αυτής της δράσης είναι συνάρτηση του συνολικού μήκους των σωληνώσεων του συστήματος θέρμανσης, αλλά για τις ανάγκες αυτής της μελέτης δίνεται περίπου στα 500€ ανά κτίριο.

3.3.2.1.16 Αντλίες θερμότητας

Οι αντλίες θερμότητας είναι συσκευή που χρησιμοποιείται για τη θέρμανση αλλά και για τον δροσισμό των κατοικιών και των επαγγελματικών χώρων. Είναι περισσότερη αποδοτική από κάθε άλλο σύστημα θέρμανσης (φυσικό αέριο, υγραέριο, πετρέλαιο,

pellet, ηλεκτρικό) επιτυγχάνοντας σημαντική οικονομία σε σχέση με τα παραδοσιακά συστήματα θέρμανσης.

Ο λόγος που η θέρμανση με χρήση αντλιών θερμότητας είναι σημαντικά οικονομικότερος από τη συμβατική θέρμανση με καύση οφείλεται στην άντληση θερμότητας από το περιβάλλον. Τα παραδοσιακά συστήματα θέρμανσης χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα. Η διαφορά ενός συστήματος τύπου αντλίας θερμότητας είναι ότι λειτουργεί είτε χρησιμοποιώντας τη θερμοκρασία του αέρα (αντλία αέρα/νερού) είτε του εδάφους (γεωθερμική αντλία) για να μεταφέρει θερμότητα, οπότε λειτουργεί πιο αποτελεσματικά και εξοικονομεί περισσότερη ενέργεια. Οι αντλίες θερμότητας συντίθενται από δύο εναλλάκτες θερμότητας. Το χειμώνα ο εναλλάκτης θερμότητας είναι τοποθετημένος υπαίθρια ώστε να απορροφάει την θερμότητα από τον περιβάλλον.

Η θερμότητα μεταφέρεται στον εσωτερικό εναλλάκτη για να θερμάνει το κτίριο. Το καλοκαίρι ο ρόλος κάθε μέρους είναι αντίστροφος. Συγκεκριμένα οι αντλίες θερμότητας απορροφούν περίπου το 70% της απαιτούμενης ενέργειας για θέρμανση και ψύξη από το περιβάλλον και το υπόλοιπο 30% το λαμβάνουν σε μορφή θερμότητας.

Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά των αντλιών θερμότητας είναι ο συντελεστής απόδοσης COP (Coefficient Of Performance), που εκφράζει το λόγο της αποδιδόμενης από το σύστημα θερμικής ισχύος προς την ηλεκτρική ισχύ που απορροφά η συσκευή. Ο συντελεστής αυτός για τις νέες αντλίες θερμότητας, κυμαίνεται από 3 μέχρι 4, που αν συνδυαστεί με ενδοδαπέδια θέρμανση ή/και γεωθερμία, μπορεί να φθάσει σε COP=5,50.

Οι αντλίες θερμότητας είναι μηχανήματα inverter, έχουν ενσωματωμένη αντιστάθμιση, κάνουν παραγωγή νερού άνω των 60 °C και παράγουν ζεστό νερό χρήσης.

Το κόστος εγκατάστασης των συστημάτων αυτών είναι ιδιαίτερα υψηλό και προσδιορίστηκε μετά από έρευνα της αγοράς για μία τυπική κατοικία περίπου στα 7.000€. Η εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση και ζεστό νερό χρήσης είναι δύσκολο να προσδιοριστεί, καθώς οι αντλίες διαφέρουν στον συντελεστή απόδοσής τους. Για της ανάγκες της εργασίας θεωρήθηκε στο 40%.

3.3.2.1.17 Αντικατάσταση υπαρχόντων λαμπτήρων με αποδοτικότερους λαμπτήρες νέας τεχνολογίας εξοικονόμησης, φθορισμού και LED

Τα υφιστάμενα, στα περισσότερα κτίρια, φωτιστικά σώματα/λαμπτήρες είναι πεπαλαιωμένα, πεπερασμένης ή συμβατικής τεχνολογίας, με αποτέλεσμα την υψηλή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και μη ικανοποιητικά αποτελέσματα ως προς την οπτική ποιότητα του χώρου και την οπτική άνεση.

Βασικός στόχος των επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας στις εγκαταστάσεις του φωτισμού είναι η αποτελεσματική μείωση της κατανάλωσης ενέργειας χωρίς επιπτώσεις στην ποιότητα του φωτισμού και την οπτική άνεση των χρηστών των κτιρίων. Οι ηλεκτρικοί λαμπτήρες, λόγω της ανάγκης φωτισμού των χώρων αρκετές ώρες την ημέρα, καταναλώνουν σημαντικά ποσά ηλεκτρικής ενέργειας. Επισημαίνεται

ότι στον κύκλο ζωής ενός κτιρίου το κόστος εγκατάστασης των συστημάτων φωτισμού αποτελεί το 3% του συνολικού κόστους της εγκατάστασης φωτισμού και της λειτουργίας της, ενώ το κόστος ενέργειας αποτελεί το 86% και επομένως επιβάλλεται η εφαρμογή τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας στην εγκατάσταση φωτισμού του κτιρίου.

Οι λαμπτήρες πυρακτώσεως που χρησιμοποιούνται ευρέως καταναλώνουν τα μεγαλύτερα ποσά ηλεκτρικής ενέργειας από κάθε άλλου τύπου λαμπτήρα και κατ' επέκταση θα πρέπει να αντικατασταθούν από λαμπτήρες τύπου αλογόνου ή φθορισμού ή LED. Στην ιδανική περίπτωση, η αντικατάσταση θα γίνει με λαμπτήρες τύπου LED οι οποίοι εκτός του γεγονότος ότι καταναλώνουν 74% λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια, έχουν πολύ υψηλότερη αποδοτικότητα φωτισμού, 10 φορές μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, ενώ ταυτόχρονα μπορούν να επισκευαστούν σε περίπτωση που χαλάσουν. Το κόστος αγοράς τους είναι αρκετά μεγαλύτερο, μπορεί όμως να αποσβησθεί μέσα σε χρονικό διάστημα δύο ετών για μία μεγάλη εγκατάσταση φωτισμού.

Η αντικατάσταση λαμπτήρων με νέους αποδοτικότερους χαμηλότερης κατανάλωσης θεωρείται ως μια από τις βασικότερες δράσεις για εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα κτήριο. Η δράση αυτή είναι πολύ εύκολα εφαρμόσιμη από τεχνικής πλευράς, ενώ παράλληλα το ποσοστό εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό αναμένεται στο 60%. Το ενδεικτικό κόστος υπολογίζεται στο 1€ ανά τετραγωνικό του κτιρίου στο οποίο εφαρμόζεται η δράση, ενώ η διάρκεια ζωής της είναι τα 10 χρόνια (Balaras et al., 2007).

3.3.2.1.18 Κεντρική εγκατάσταση συστήματος BEMS

Η εγκατάσταση ενός συστήματος ενεργειακής διαχείρισης (Building Energy Management System – BEMS) έχει ως σκοπό την επιτήρηση ή και τον αυτόματο έλεγχο των ηλεκτρολογικών και μηχανολογικών εγκαταστάσεων ενός κτιρίου, ώστε να είναι δυνατή η ρύθμιση παραμέτρων και η ανάλυση δεδομένων όλων των εγκαταστάσεων από ένα σταθμό ελέγχου. Παράλληλα, είναι δυνατή η παρακολούθηση και καταγραφή της ενεργειακής συμπεριφοράς των συστημάτων που είναι εγκατεστημένα στο κτίριο, καθώς και η δημιουργία αρχείου με στατιστικά στοιχεία. Το σύστημα βασίζεται σε διάφορα πρωτόκολλα επικοινωνίας. Τα σημαντικότερα συστήματα που μπορεί να παρακολουθηθεί και να ελέγχει ένα σύστημα ενεργειακής διαχείρισης σε ένα κτίριο είναι τα εξής:

- Συστήματα Κλιματισμού - θέρμανσης
- Παθητικά συστήματα (αίθρια, αερισμός κλπ.)
- Ανοίγματα, σκίαστρα κλπ.
- Εγκατάσταση φωτισμού
- Συστήματα δροσισμού
- Ηλεκτρικές καταναλώσεις

- Ποιότητα αέρα
- Εγκαταστάσεις ασφαλείας

Το σύστημα αποτελείται από ένα κεντρικό σταθμό παρακολούθησης και ελέγχου, τα αισθητήρια όργανα, τις συσκευές εκτέλεσης εντολών, καθώς και τις συνδεδεμένες καλωδιώσεις. Ο προγραμματισμός και ο χειρισμός του συστήματος γίνεται μέσω του κεντρικού σταθμού ελέγχου. Σε ορισμένους τομείς, η λειτουργία και η επιλογή διαφόρων καταστάσεων λειτουργίας γίνεται μέσω επιμέρους χειριστηρίων, τα οποία διαθέτουν ανάλογους επιλογείς.

Η αναμενόμενη εξοικονόμηση είναι της τάξης του 25% επί του συνόλου των καταναλώσεων του κτιρίου και το κόστος δίνεται στα 15€ ανά τετραγωνικό κάτοψής του (OEE, 2008).

3.3.2.2 Ενεργειακή Αναβάθμιση Εγκαταστάσεων Ύδρευσης και Βιολογικών Καθαρισμών

Ένα βασικό πρόβλημα του ελληνικού δικτύου ύδρευσης και άρδευσης αποτελεί η υπερδιαστασιολόγηση των αντλιών. Οι αντλίες που είναι εγκατεστημένες, έχουν επιλεγεί για το φορτίο αιχμής με αποτέλεσμα να υπολειτουργούν το μεγαλύτερο διάστημα αφού είναι μεγαλύτερης ισχύος από αυτήν που απαιτείται για την κάλυψη των καθημερινών αναγκών. Για τη λειτουργία μιας αντλίας στο σημείο βέλτιστης απόδοσης πρέπει να αντλείται ο μέγιστος όγκος νερού με τη χαμηλότερη καταναλισκόμενη ενέργεια. Με την παρούσα κατάσταση υπάρχει άσκοπη κατανάλωση ενέργειας και γρηγορότερη φθορά του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού.

Για την επίτευξη εξοικονόμησης απαιτείται η βελτίωση των εγκαταστάσεων και του ηλεκτρομηχανικού εξοπλισμού αντλιοστασίων. Με την εγκατάσταση ρυθμιστών στροφών και διατάξεων ομαλής εκκίνησης στους κινητήρες των αντλιών καθώς και η εγκατάσταση συστήματος διόρθωσης ισχύος μέσω αντιστάθμισης με διατάξεις πυκνωτών. Η τοποθέτηση ρυθμιστή στροφών καθιστά εύκολη τη μελλοντική προσαρμογή της απόδοσης της αντλίας και μειώνεται η φθορά των κινούμενων μερών εξαιτίας χαμηλότερης κατανάλωσης. Εκτιμάται η εξοικονόμηση ενέργειας από τη δράση αυτή θα είναι 20% της συνολικής ενέργειας.

Ο τακτικός καθαρισμός και συντήρηση των αντλιοστασίων μπορεί επίσης να οδηγήσει σε εξοικονόμηση ενέργειας. Με τη συνεχή επίβλεψη της λειτουργίας τους όπως, καθαρισμός ή αντικατάσταση των περωτών, ο έλεγχος της λίπανσης των ρουλεμάν και γενικά η διόρθωση ελλείψεων που προκαλούνται λόγω της χρήσης, υπολογίζεται ότι μπορεί να επιτευχθεί μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας κατά 5%.

Συνολικά, η εφαρμογή αυτής της δράσης μπορεί να οδηγήσει σε εξοικονόμηση της τάξης του 20%, σύμφωνα με την έρευνα «Ενεργειακή αποδοτικότητα σε εγκαταστάσεις ύδρευσης και αποχέτευσης» της Υπηρεσίας Προστασίας του Περιβάλλοντος των Η.Π.Α. το 2013. Το κόστος αυτής της δράσης υπολογίζεται στα 3.000€ ανά εγκατάσταση σε βάθος 20ετίας.

3.3.2.3 Τηλερύθμιση και τηλεχειρισμός δικτύων ύδρευσης

Τηλεμετρία-τηλεέλεγχος είναι η χρήση τηλεπικοινωνιών για την αυτόματη ένδειξη ή καταγραφή μετρήσεων από απόσταση. Τηλεχειρισμός είναι η χρήση τηλεπικοινωνιών για τη μεταφορά σημάτων για την έναρξη, αλλαγή ή τερματισμό λειτουργιών εξοπλισμού από απόσταση. Συνήθως, ένα ολοκληρωμένο σύστημα που περιλαμβάνει τις παραπάνω λειτουργίες, ονομάζεται σύστημα SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). Συγκεκριμένα το σύστημα Τηλεμετρίας και Αυτοματισμών αφορά :

- τον εκσυγχρονισμό των υφισταμένων εγκαταστάσεων (γεωτρήσεις, δεξαμενές και αντλιοστάσια), με τη διευκόλυνση του ελέγχου και της αυτοματοποίησής τους.
- την εγκατάσταση νέων οργάνων και συστημάτων τηλεελέγχου - τηλεχειρισμού και αυτοματοποίησης (S.C.A.D.A.), καθώς και τον εκσυγχρονισμό των παλαιών.
- την εγκατάσταση ενός συστήματος διαχείρισης των Υδάτινων Πόρων, για το σύστημα υδροδότησης.
- την εγκατάσταση ενός Κεντρικού Διαχειριστικού Συστήματος, για την επεξεργασία των πληροφοριών που θα λαμβάνονται απ' όλες τις εγκαταστάσεις και υποσυστήματα, τόσο τα νέα όσο και τα παλαιά.

Η εγκατάσταση ενός συστήματος τηλεμετρίας παρέχει τη δυνατότητα διαχείρισης της συνολικής λειτουργίας του αντλητικού εξοπλισμού από απόσταση. Το σύστημα τηλεμετρίας αποτελείται από ένα πλήθος αισθητήρων οι οποίοι είναι διασκορπισμένοι σε διάφορα σημεία του δικτύου και μετρούν διάφορες παραμέτρους όπως η πίεση, η στάθμη του νερού και ο ρυθμός άντλησης. Με τις πληροφορίες αυτές ο διαχειριστής μπορεί να ελέγχει τη σωστή λειτουργία του δικτύου και να εντοπίζει τις πιθανές βλάβες.

Με το σύστημα ελέγχου αυτής της εφαρμογής, είναι εφικτή η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και ο περιορισμός της ζήτησης ισχύος των αντλιών των γεωτρήσεων. Η εγκατάσταση ενός τέτοιου συστήματος εκτιμάται ότι μπορεί να αποφέρει από 10% έως 30% εξοικονόμηση ενέργειας (ΙΝΑΣΟ, 2009). Ενδεικτικά θα θεωρήσουμε μια μέση τιμή εξοικονόμησης ίση με 15%.

Το κόστος αυτής της δράσης, λαμβάνοντας υπόψιν ότι το μέγεθος του δικτύου ύδρευσης σχετίζεται με τον πληθυσμό του Δήμου, δίνεται ενδεικτικά 250.000€ ανά 10.000 κατοίκους. Η διάρκεια ζωής της δράσης εκτιμάται στα 20 χρόνια.

3.3.2.4 Δημιουργία Τμήματος Εξοικονόμησης Ενέργειας

Στα πλαίσια των υποστηρικτικών ενεργειών, θα συσταθεί στο δήμο τμήμα εξοικονόμησης ενέργειας, το οποίο θα είναι σε θέση να προσφέρει τεχνικές, νομικές και οικονομικές συμβουλές στους πολίτες και επαγγελματίες του τριτογενή τομέα, σχετικά με ενεργειακές παρεμβάσεις σε κτίρια και την ένταξη σε σχετικά χρηματοδοτικά προγράμματα.

Το τμήμα θα είναι επίσης υπεύθυνο για τον έλεγχο και την παρακολούθηση της λειτουργίας των κτιρίων και εγκαταστάσεων που χρησιμοποιούνται από το Δήμο έχοντας αρμοδιότητες όπως:

- Συλλογή στοιχείων για τις ενεργειακές καταναλώσεις κάθε κτιρίου.
- Τήρηση αρχείου ή βάσης δεδομένων για τις ενεργειακές καταναλώσεις.
- Σύνταξη ετήσιας συνοπτικής έκθεσης ενεργειακής καταγραφής και ελέγχου.
- Χρονικό και οικονομικό προγραμματισμό των αναγκαίων παρεμβάσεων βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης, καθώς και προτάσεις για την εξασφάλιση των σχετικών πόρων.
- Παρακολούθηση έργων συντήρησης ή επισκευών για την εξοικονόμηση ενέργειας.

Η αναμενόμενη εξοικονόμηση σε σχέση με τις καταναλώσεις του δήμου είναι 10%.

Το ετήσιο κόστος αυτής της δράσης υπολογίζεται στις 20.000€ ανά 50.000 κατοίκους του δήμου και αφορά δαπάνες μισθοδοσίας και λοιπά λειτουργικά έξοδα.

Κρίθηκε σκόπιμο το κόστος της δράσης αυτής να βαραίνει μόνο το δημοτικό τομέα, παρόλο που εφαρμογή της αναμένεται να οδηγήσει σε αντίστοιχη εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση εκπομπών στον οικιακό και στον τριτογενή τομέα. Ως εκ τούτου, η περιγραφή της δράσης δεν θα επαναληφθεί στην ανάλυση των δράσεων των δύο αυτών τομέων.

3.3.2.5 Δράσεις για την ευαισθητοποίηση των δημοτικών υπαλλήλων και των μαθητών

Ο δήμος θα προχωρήσει σε ενημερωτικές εκδηλώσεις με σκοπό την ευαισθητοποίηση των δημοτικών υπαλλήλων. Οι εκδηλώσεις αυτές θα έχουν στόχο την ενημέρωση των υπαλλήλων για τους τρόπους εξοικονόμησης ενέργειας στον χώρο εργασίας τους (π.χ. ρύθμιση θερμοστατών, αερισμός χώρων, φυσικός φωτισμός, σβήσιμο του υπολογιστή όταν φεύγουν από το γραφείο, το σβήσιμο της οθόνης από το κουμπί και όχι η αδρανοποίησή της (stand-by) και η διακοπή της ηλεκτρικής παροχής στις απενεργοποιημένες συσκευές, βγάζοντας το φις από την πρίζα). Προτείνεται επίσης η βράβευση των δημοτικών υπαλλήλων που εφαρμόζουν στην καθημερινότητα τους στον χώρο εργασία τρόπους εξοικονόμησης ενέργειας.

Ο δήμος επιπλέον οφείλει να κατανοήσει την σημασία των σχολείων για την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση της μαθητικής κοινότητας αλλά και τον παραδειγματισμό των πολιτών για υιοθέτηση πολιτικών και πρακτικών αειφόρου ανάπτυξης. Είναι δυνατόν να καθοριστεί Ημέρα Περιβάλλοντος όπου οι μαθητές θα ενημερώνονται από εξειδικευμένους επιστήμονες για το ρόλο που πρέπει να διαδραματίσουν για την μείωση των εκπομπών CO₂. Επιπλέον, μπορεί να τους προταθούν μικρές δράσεις που δεν έχουν κόστος και μπορούν να συμβάλλουν αποφασιστικά στη μείωση εκπομπών ρύπων. Σκοπός του δήμου είναι να

ευαισθητοποιηθούν οι μαθητές ως προς το ζήτημα της εξοικονόμησης ενέργειας και τη σχέση της με τις κλιματικές αλλαγές. Αυτό θα επιτευχθεί με εκπαιδευτικές εκδηλώσεις και διαγωνισμούς σε συνεργασία με περιβαλλοντικές ομάδες και άλλους φορείς στις οποίες θα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την εφαρμογή των παρεμβάσεων του δήμου θα επιδεικνύονται έργα ΑΠΕ.

Το ετήσιο κόστος αυτής της δράσης υπολογίζεται στις 2.000€ ανά 20.000 κατοίκους.

3.3.3. Οικιακός Τομέας

3.3.3.1 Διεξαγωγή εκδηλώσεων ενημέρωσης και διανομή εντύπων στους πολίτες

Απαραίτητη προϋπόθεση για την εξοικονόμηση ενέργειας στον οικιακό τομέα είναι η διάθεση για αλλαγή της ενεργειακής συμπεριφοράς των ίδιων των εμπλεκόμενων πολιτών. Ο δήμος θα εκδώσει ενημερωτικό φυλλάδιο για περιγραφή των προγραμμάτων στα οποία μπορούν να συμμετάσχουν τα νοικοκυριά, όπως «Εξοικονόμηση κατ' οίκον» και «Χτίζοντας το μέλλον» που σχετίζονται με παρεμβάσεις εντός των κτιρίων, αλλά και το «Φωτοβολταϊκά στις στέγες» για την επένδυση σε φωτοβολταϊκές γεννήτριες στις κατοικίες. Εξίσου σημαντική εξοικονόμηση μπορεί να επιτευχθεί και με δράσεις μηδενικού ή χαμηλού κόστους βελτιώνοντας την ενεργειακή τους συμπεριφορά. Ο δήμος, με έκδοση επιπλέον ενημερωτικών φυλλαδίων αλλά και διεξαγωγή εκπαιδευτικών σεμιναρίων μπορεί να επιτύχει την ενημέρωση των πολιτών και την αφύπνισή τους όσον αφορά την ενεργειακή κατανάλωση και τους τρόπους εξοικονόμησης αυτής εντός της οικίας. Μελέτες έχουν δείξει ότι η αλλαγή συμπεριφοράς των πολιτών- κατοίκων μπορεί να έχει καταπληκτικά αποτελέσματα στη προσπάθεια εξοικονόμησης ενέργειας. Αυτό συμβαίνει γιατί εμείς οι ίδιοι φέρουμε μεγάλο μέρος της ευθύνης για την άσκοπη σπατάλη ενέργειας που παρουσιάζεται στον οικιακό τομέα. Ορισμένα από αυτά που προτείνονται είναι τα εξής:

- Η τοποθέτηση του ψυγείου μακριά από την ηλεκτρική κουζίνα, το καλοριφέρ ή άλλη πηγή θερμότητας και ο φυσικός αερισμός της πλάτης του επιφέρει έως και 30% εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη τροφίμων.
- Το πλύσιμο των ρούχων στους 30 ή 40°C αντί για 90°C εξοικονομεί 15% της ηλεκτρικής ενέργειας για πλύσιμο των ρούχων.
- Κατά τη διάρκεια της ημέρας να χρησιμοποιείται το φυσικό φως, και όχι φώτα αναμμένα εκεί που δε χρειάζονται.
- Ο θερμοσίφωνας είναι προτιμότερο να λειτουργεί μόνο όσο χρειάζεται για να ζεστάνει το νερό. Όταν μένει συνέχεια ανοικτός, χωρίς να αυξάνεται η ποσότητα του νερού, λειτουργεί άσκοπα.
- Όταν γίνεται η αγορά νέων ηλεκτρικών συσκευών να επιλέγονται υψηλής απόδοσης, με παράθυρο που επιτρέπει να ελέγχεται το φαγητό χωρίς να ανοίγει η πόρτα (κάθε φορά που ανοίγουμε τη πόρτα του φούρνου χάνεται έως και 20% της θερμότητας).
- Κατά τη χρήση συσκευών όπως η τηλεόραση, σίδερο, υπολογιστής προτείνεται η αποφυγή της λειτουργίας σε αναμονή (stand-by) αλλά ο τερματισμός της λειτουργίας τους (10% εξοικονόμηση).

Η αναμενόμενη εξοικονόμηση από τέτοιου είδους μέτρα υπολογίζεται περίπου σε 5% επί του συνόλου ενέργειας του οικιακού τομέα.

Το ανά μονάδα κόστος αυτής της δράσης δίνεται ενδεικτικά στα 0,05€ ανά κάτοικο δήμου.

3.3.3.2 Δημιουργία τμήματος εξοικονόμησης ενέργειας

3.3.3.3 Ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίων

Στην ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίων στον οικιακό τομέα θεωρήθηκε σκόπιμο να συμπεριληφθούν και οι εξής επιπλέον δράσεις σε σχέση με αυτές που αναλύθηκαν στην αντίστοιχη δράση για τα δημοτικά κτίρια.

Ενδοδαπέδια/οροφής ψύξη/θέρμανση

Σε ένα σύστημα ενδοδαπέδιας θέρμανσης, οι βασικές διατάξεις που χρησιμοποιούνται είναι ίδιες με εκείνες των συμβατικών συστημάτων: καυστήρας, λέβητας, κυκλοφορητής, ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιοδήποτε καύσιμο (πετρέλαιο, φυσικό αέριο κλπ). Η διαφορά έγκειται στο γεγονός ότι οι τελικοί αποδέκτες του ζεστού νερού δεν είναι τα σώματα καλοριφέρ αλλά το ίδιο το δάπεδο, το οποίο λειτουργεί ως θερμαντικό σώμα. Αφού θερμομονωθεί το δάπεδο από κάτω, απλώνεται ένα σύστημα σωλήνων οι οποίοι μεταφέρουν το ζεστό νερό σε όλη του την επιφάνεια. Το σύστημα αυτό τοποθετείται μέσα στο δάπεδο σε μορφή μαιάνδρων. Αποτελείται από πολλά κυκλώματα σωλήνων, τα οποία ονομάζονται βρόχοι ή θερμοκυκλώματα. Τα άκρα των βρόχων συνδέονται – μέσω των αντίστοιχων συλλεκτών προσαγωγής και επιστροφής - με τους κατακόρυφους σωλήνες. Κάθε συλλέκτης περιλαμβάνει 3-7 βρόχους και κάθε βρόχος διαθέτει δικλείδα για τη διακοπή της ροής θερμού νερού. Ο συλλέκτης επιστροφής διαθέτει εξαεριστικό και δικλείδες ρύθμισης της ροής θερμού νερού σε κάθε βρόχο.

Σε αντίθεση με τα μονοσωλήνια και δισωλήνια συστήματα – στα οποία οι θερμοκρασίες προσαγωγής και επιστροφής του νερού είναι γύρω στους 90°C και 70°C αντιστοίχως, το νερό το οποίο κυκλοφορεί στο οριζόντιο δίκτυο σωληνώσεων έχει θερμοκρασία 45 - 50°C. Η θερμοκρασία αυτή επιτυγχάνεται με δίοδη ή τετράοδη βάνα ανάμιξης.

Οι σωλήνες κατανέμουν τη θερμότητα εκεί που χρειάζεται (και όχι στο υπόγειο ή στους εξωτερικούς τοίχους) και αποδίδουν με ελάχιστη αδράνεια και με χαμηλότερη θερμοκρασία του νερού προσαγωγής. Έτσι, το δάπεδο θερμαίνεται σιγά σιγά και ακτινοβολεί τη θερμότητα στον αέρα. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται ομοιόμορφη θέρμανση του αέρα, από κάτω προς τα πάνω, και όχι συγκέντρωση της θέρμανσης κοντά στα σώματα.

Γενικώς, αντιθέτως με τα μονοσωλήνια και δισωλήνια συστήματα, η υποδαπέδια θέρμανση διατηρεί θερμό το δάπεδο και ψυχρή την οροφή. Καθώς δεν υπάρχουν θερμαντικά σώματα, δεν επηρεάζεται η αρχιτεκτονική του χώρου. Η χαμηλή θερμοκρασία του νερού καθιστά δυνατή τη λειτουργία του συστήματος με χρήση

αντλιών θερμότητας ή ηλιακών συλλεκτών. Προσφέρει τη δυνατότητα αυτονομίας και η ρύθμιση της θερμοκρασίας μπορεί να γίνει με ένα σύστημα αντιστάθμισης.

Όσον αφορά το κόστος, θα πρέπει καταρχήν να γίνει ο διαχωρισμός μεταξύ κόστους αρχικής εγκατάστασης και κόστους λειτουργίας. Στην πρώτη περίπτωση, δηλαδή του αρχικού κόστους, αυτό είναι μεγαλύτερο από εκείνο ενός συμβατικού συστήματος. Ωστόσο, η απόσβεση γίνεται σχετικά γρήγορα, καθώς το κόστος λειτουργίας της ενδοδαπέδιας θέρμανσης είναι αρκετά χαμηλότερο σε σχέση με το κόστος των καλοριφέρ.

Το κόστος κατασκευής υπολογίστηκε ύστερα από έρευνα της αγοράς περίπου 45€ ανά m². Ο υπολογισμός της αναμενόμενης εξοικονόμησης ενέργειας είναι σύνθετος, καθώς εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως η γεωμετρία του χώρου και το ήδη υπάρχον σύστημα θέρμανσης. Για τις ανάγκες της εργασίας θεωρήθηκε της τάξης του 25%.

Φυσικός αερισμός

Αποτελεί, κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών, τη βασικότερη τεχνική – επιτεύξιμη με τη χρήση φυσικών μέσων - απομάκρυνσης της θερμότητας από το κτίριο, καθώς και τη σημαντικότερη και συνηθέστερη - εφ' όσον γίνεται με τον κατάλληλο τρόπο – μέθοδο φυσικού δροσισμού.

Τα κυριότερα αποτελέσματα χρήσης του φυσικού δροσισμού είναι:

1. Απομάκρυνση της θερμότητας από το κτίριο προς το εξωτερικό περιβάλλον, όταν το επιτρέπει η εξωτερική θερμοκρασία.
2. Απομάκρυνση της αποθηκευμένης θερμότητας από τα δομικά στοιχεία του κτιρίου, όταν αυτά χαρακτηρίζονται από επαρκή θερμική μάζα.
3. Απομάκρυνση θερμότητας από το ανθρώπινο σώμα, με συνακόλουθο αποτέλεσμα την αύξηση - ακόμη και σε σχετικά υψηλές θερμοκρασίες - του επιπέδου θερμικής άνεσης ενός χώρου.

Ο φυσικός αερισμός μπορεί να γίνεται και εξωτερικώς του κτιρίου ή και διαμέσου του κελύφους του. Κατ' αυτόν τον τρόπο συμβάλλει στην απομάκρυνση της θερμότητας από το κτιριακό κέλυφος. Μία τέτοια μέθοδος είναι το αεριζόμενο κέλυφος. Με τη χρήση του φυσικού αερισμού των κτιρίων μπορούν να εξοικονομηθούν μεγάλα ποσά ηλεκτρικής ενέργειας. Προκύπτει - από μετρήσεις και ενεργειακές καταγραφές και προσομοιώσεις σε κατοικίες στον ελλαδικό χώρο - μείωση του ψυκτικού φορτίου της τάξης του 75 - 100% λόγω του αερισμού, εφ' όσον εφαρμόζεται στα κτίρια επαρκής προστασία από την ηλιακή ακτινοβολία. Επομένως, ένα σύστημα φυσικού αερισμού μπορεί να υποκαταστήσει ένα κλιματιστικό σύστημα, καθώς δημιουργούνται οι απαραίτητες συνθήκες θερμικής άνεσης στους εσωτερικούς χώρους.

Οι κατηγορίες στις οποίες διακρίνεται ο φυσικός αερισμός αναλόγως της μεθόδου επίτευξής του, είναι:

1. Διαμπερής - διαμέσου παραθύρων και άλλων ανοιγμάτων.
2. Κατακόρυφος – όπως, για παράδειγμα, με το φαινόμενο φυσικού ελκυσμού, μέσω κατακόρυφων ανοιγμάτων, καμινάδων ή πύργων αερισμού.
3. Κατακόρυφος - ενισχυμένος από ηλιακή καμινάδα.

Ο διαμπερής αερισμός επιτυγχάνεται με τον κατάλληλο σχεδιασμό των ανοιγμάτων του κελύφους και των τμημάτων εσωτερικής τοιχοποιίας. Η κίνηση του αέρα στους εσωτερικούς χώρους και η απομάκρυνση της συσσωρευμένης θερμικής ενέργειας καθίσταται δυνατή από θυρίδες στο άνω και κάτω τμήμα των διαχωριστικών εσωτερικών τοίχων. Ο διαμπερής αερισμός επηρεάζεται από τη διαρρύθμιση των εξωτερικών και εσωτερικών χώρων του κτιρίου, σε σχέση με τους επικρατούντες ανέμους. Η θέση του κτιρίου στον πολεοδομικό ιστό και τυχόν εξωτερικά εμπόδια εμποδίζουν ή ενισχύουν την είσοδο του αέρα μέσα στο κτίριο. Η δυνατότητα φυσικού αερισμού ενισχύεται από πλευρικούς τοίχους προσαρτημένους στα ανοίγματα – γνωστούς ως ανεμοπτερύγια – οι οποίοι μπορούν να εκτρέψουν τον άνεμο εσωτερικά στο κτίριο. Ιδιαίτερος αποτελεσματικός κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών και, ακόμη περισσότερο, τις θερμές ημέρες - κατά τις οποίες δεν είναι δυνατός ο ημερήσιος αερισμός - είναι ο νυκτερινός διαμπερής αερισμός, ο οποίος συνεισφέρει και στην αποθήκευση δροσισμού στη θερμική μάζα του κτιρίου, σαρώνοντας τις επιφάνειές του με δροσερό αέρα, με συνακόλουθο αποτέλεσμα τη μειωμένη επιβάρυνση του κτιρίου κατά τη διάρκεια της επόμενης ημέρας.

Η καμινάδα ή πύργος αερισμού λειτουργεί αξιοποιώντας το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού. Ο θερμός αέρας κινείται προς τα επάνω και, ως εκ τούτου, δημιουργείται ρεύμα στους εσωτερικούς χώρους, μεταφέροντας τη θερμότητα εκτός του κτιρίου. Η λειτουργία της καμινάδας αερισμού γίνεται σε συνδυασμό με κατάλληλα ανοίγματα στο κτίριο. Σε περιπτώσεις κατά τις οποίες δεν υπάρχει έντονο ρεύμα αέρα γύρω από το κτίριο, το σύστημα μπορεί να λειτουργεί με ανεμιστήρα - υβριδικός αερισμός - ο οποίος ενσωματώνεται στο υψηλότερο τμήμα της καμινάδας, εξασφαλίζοντας έτσι συνεχή εναλλαγή του εσωτερικού αέρα. Κατάλληλα διαμορφωμένα κλιμακοστάσια, εσωτερικά αίθρια ή φωταγωγοί των κτιρίων μπορούν να λειτουργούν ως καμινάδες αερισμού. Σε περιοχές με έντονο άνεμο υπάρχει επίσης η δυνατότητα εφαρμογής πύργων αερισμού, οι οποίοι προεξέχουν σημαντικά από την οροφή του κτιρίου και φέρουν άνοιγμα προς την σημαντική κατεύθυνση του ανέμου. Οι πύργοι αερισμού έχουν τη δυνατότητα να «συλλαμβάνουν» τα ψυχρά ρεύματα αέρα και να τα κατευθύνουν μέσα στο χώρο, υποβοηθούμενοι, σε ορισμένες περιπτώσεις, από ανεμιστήρα.

Η ηλιακή καμινάδα είναι κατασκευή καμινάδας, η οποία φέρει στη νότια ή νοτιοδυτική επιφάνειά της – με απόκλιση 30° ανατολικά ή δυτικά ως προς Νότο - υαλοπίνακα αντί τοιχοποιίας – γενικώς, έναν μικρό ηλιακό τοίχο - και περσίδες στο άνω τμήμα της πλευράς αυτής. Η λειτουργία της ηλιακής καμινάδας βασίζεται στο φαινόμενο Venturi και συμβάλλει αποτελεσματικά τόσο στον αερισμό όσο και στην απομάκρυνση της υγρασίας από τους εσωτερικούς χώρους καθώς, μέσω της υψηλής θερμοκρασίας του αέρα η οποία προκύπτει μέσα στην καμινάδα, ενισχύεται σημαντικά το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού. Επομένως, ενισχύεται η ανανέωση του αέρα στους εσωτερικούς χώρους. Η ηλιακή καμινάδα συνιστάται σε περιοχές με υψηλή σχετική υγρασία κατά τους θερινούς μήνες, καθώς επιτυγχάνει διαρκή ανανέωση του εσωτερικού αέρα.

Αναμένεται εξοικονόμηση της τάξης του 50% της ενέργειας ψύξης και κόστος υλοποίησης του μέτρου 2.500€ ανά κτίριο μετά από έρευνα της αγοράς (Oropeza-Perez & Ostergaard, 2014).

Αντικατάσταση ψυγείων

Το ψυγείο αποτελεί έναν από τους μεγαλύτερους οικιακούς καταναλωτές ηλεκτρικού ρεύματος. Η ιδιαιτερότητα του έγκειται στο γεγονός ότι είναι η μοναδική ηλεκτρική συσκευή του οικιακού εξοπλισμού που δουλεύει ακατάπαυστα, σχεδόν καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Συνεπώς ο αποδοτικός τρόπος λειτουργίας του, από άποψη κατανάλωσης ρεύματος, αναμένεται να αποτελέσει βασικό κριτήριο επιλογής. Τα μοντέλα των ψυγείων κατατάσσονται σε ενεργειακές κλάσεις με βάση τη σύγκριση της ετήσιας κατανάλωσης ρεύματος που παρουσιάζουν, σε σχέση με την κατανάλωση συσκευών αναφοράς ίδιου μεγέθους και τύπου (μόνο ψύξης ή ψύξης - κατάψυξης). Με βάση τα προαναφερόμενα, τα μοντέλα των ψυγείων κατατάσσονται σε 10 ενεργειακές κλάσεις. Τα ψυγεία που εντάσσονται στην ενεργειακή κλάση "A+++" αποτελούν τα πλέον αποδοτικά, ενώ όσα ανήκουν στη κατηγορία "G" είναι τα λιγότερα αποδοτικά.

Η αναμενόμενη εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας από την αντικατάσταση ενός παλαιάς τεχνολογίας και χαμηλής ενεργειακής κλάσης ψυγείου από ένα καινούργιο τουλάχιστον Β ενεργειακής κλάσης υπολογίζεται στο 30% και το κόστος αυτής της δράσης περίπου 700€ ανά ψυγείο. Η εξοικονόμηση αυτή αναφέρεται επί των λοιπών ηλεκτρικών καταναλώσεων της κατανομής της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε ένα κτίριο.

3.3.4. Τριτογενής τομέας

3.3.4.1 Στοχευμένα σεμινάρια σε επαγγελματικές ομάδες

Ο δήμος μπορεί μέσω ενημερωτικών φυλλαδίων να ενημερώνει συνεχώς του επαγγελματίες του τριτογενή τομέα σχετικά με τα χρηματοδοτούμενα προγράμματα που μπορούν να ακολουθήσουν καθώς και τις παρεμβάσεις που μπορούν οι ίδιοι να εφαρμόσουν ώστε να πετύχουν εξοικονόμηση ενέργειας και να βελτιώσουν την αποδοτικότητα των κτιρίων τους.

Στα πλαίσια της δράσης αυτής αρχικά θα μπορούσε να διοργανώνει σεμινάρια αποσκοπώντας στην edraίωση διαπροσωπικών σχέσεων με τους επαγγελματίες του κλάδου και να συνεχίζει με την αποστολή ενημερωτικών φυλλαδίων. Ταυτόχρονα, μπορεί να δημοσιεύονται σχετικά άρθρα στον τοπικό τύπο ανά τακτά χρονικά διαστήματα.

Είναι σημαντικό τα ενημερωτικά φυλλάδια να είναι σχεδιασμένα και να προτείνουν στοχευμένες λύσεις και πρακτικές συμβουλές ανάλογα με τον επαγγελματικό κλάδο στον οποίο αναφέρονται όπως τα γραφεία, τα εμπορικά καταστήματα και τα ξενοδοχεία περιλαμβάνοντας παράλληλα την παρουσίαση καλών πρακτικών.

Γνωρίζοντας την εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνει μέσα από τις παραπάνω δράσεις, ο ιδιοκτήτης μπορεί να αποφασίσει ποια ή ποιες δράσεις εξυπηρετούν καλύτερα τα συμφέροντά του ανάλογα που το χρηματικό ποσό που είναι διατεθειμένος να ξοδέψει, ώστε να επιτύχει τη βέλτιστη δυνατή ενεργειακή απόδοση του κτιρίου του. Προτείνεται η ανάρτηση του πίνακα αυτού στο δικτυακό τόπο του Δήμου, ώστε όλοι οι ιδιοκτήτες επιχειρήσεων, να μπορούν να κάνουν μια γρήγορη ενεργειακή μελέτη για τη βελτίωση της απόδοσης των κτιρίων τους.

Εκτιμάται ότι το κόστος των σεμιναρίων και η συνεχή αποστολή φυλλαδίων ανέρχεται σε 4.000€ ανά 5.000 απασχολουμένων στον τριτογενή τομέα του δήμου κατ' έτος και θα επιτευχθεί εξοικονόμηση 10% στην συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια του τομέα αυτού.

3.3.4.2 Δημιουργία τμήματος εξοικονόμησης ενέργειας

3.3.4.3 Ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίων

3.3.5. Δημοτικός φωτισμός

3.3.5.1 Εκπόνηση μελέτης φωτισμού

Τα φωτιστικά σώματα τα οποία επιλέγονται μέχρι τώρα δεν είναι αποδοτικά, με αποτέλεσμα να γίνονται υπερβολές στην ηλεκτροδότηση κάποιων δρόμων. Είναι επιτακτική η ανάγκη να γίνει ρύθμιση φωτισμού σύμφωνα με τα ισχύοντα πρότυπα φωτισμού. Σωστή ρύθμιση φωτισμού έχει οδηγήσει σε 77% εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης στους αυτοκινητόδρομους πρέπει να αξιοποιηθούν οι έξυπνες διατάξεις φωτισμού, οι οποίες πετυχαίνουν το βέλτιστο οπτικό αποτέλεσμα με τη λιγότερη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

Το δίκτυο φωτισμού των δήμων είναι, γενικά, πεπαλαιωμένο και με το πέρασμα των χρόνων έχει, συνήθως, υποστεί αρκετές επεκτάσεις και προσθήκες χωρίς όμως να γίνουν οι κατάλληλες μελέτες. Η σχεδίαση και υλοποίηση του δημόσιου φωτισμού είναι από τα βασικά αίτια για την υπερκατανάλωση ενέργειας και τη δέσμευση τεράστιων χρηματικών ποσών των δημοτικών προϋπολογισμών, καθώς και για την εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, που προκαλεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Για το λόγο αυτό, προτείνεται να εκπονηθεί μια μελέτη φωτισμού στην οποία θα υποδεικνύεται ο τύπος λαμπτήρων και φωτιστικών σωμάτων και η σωστή διάταξη τους. Ωστόσο, επειδή το κόστος της εξ' ολοκλήρου εγκατάστασης του δημοτικού φωτισμού είναι σχεδόν απαγορευτικό, προτείνεται ως λύση η μείωση των φωτιστικών σωμάτων όπου αυτό κρίνεται απαραίτητο από τη μελέτη.

Στην Τεχνική Υπηρεσία του κάθε δήμου υπάρχει ομάδα μηχανικών η οποία θα μπορούσε να αναλάβει τη μελέτη ώστε να μειωθεί το κόστος της δράσης αυτής. Σε περίπτωση που την μελέτη την αναλάβει ιδιωτικό τεχνικό γραφείο, το κόστος ανέρχεται ενδεικτικά σε 20.000€ για μια πόλη των 20.000 κατοίκων. Από τη δράση αυτή προβλέπεται να αφαιρεθεί το 5% των φωτιστικών σωμάτων ως περιττό οπότε ανάλογη θα είναι και η εξοικονόμηση της ηλεκτρικής ενέργειας.

3.3.5.2 Αντικατάσταση υπαρχόντων λαμπτήρων με αποδοτικότερους λαμπτήρες νέας τεχνολογίας εξοικονόμησης, φθορισμού και LED

Οι τύποι λαμπτήρων που χρησιμοποιούνται στο δημοτικό φωτισμό είναι μεταλλικών αλογονιδίων (HPIT υδραργύρου, HQI αλογονιδίων υδραργύρου, κλπ.), ατμών υδραργύρου υψηλής πίεσης (HPL υδραργύρου), κλπ.. Στο πλαίσιο αυτό, προβλέπεται η σταδιακή αντικατάσταση μερίδας των υφιστάμενων λαμπτήρων με νέους αποδοτικότερους, οι οποίοι όμως θα παρέχουν την ίδια στάθμη φωτεινότητας με τους προηγούμενους.

Παρακάτω παρουσιάζεται μια αντιστοιχία των παλαιών και νέων λαμπτήρων και ένα ενδεικτικό τους κόστος.

Πίνακας 3.1: Αντιστοιχία κόστους παλαιού-νέου λαμπτήρα ίδιας φωτεινότητας

Τύπος Παλαιού Λαμπτήρα	Τύπος Νέου Λαμπτήρα	Κόστος Παλαιού Λαμπτήρα (€)	Κόστος Νέου Λαμπτήρα (€)
Ατμών Νατρίου Υψηλής Πίεσης 150W	Ατμών Νατρίου Χαμηλής Πίεσης 90W	50	200
Ατμών Νατρίου Υψηλής Πίεσης 250W	Ατμών Νατρίου Χαμηλής Πίεσης 131W	60	220
Ατμών Hg 125W	Μεταλλικών Αλογονιδίων (Metal Halide) 70W	4,2	40
Ατμών Hg 250W	Μεταλλικών Αλογονιδίων (Metal Halide) 150W	8,2	50
Φθορισμού CFL 23W	LED 10W	10	60

Οι παραπάνω τύποι λαμπτήρων έχουν τους εξής μέσους χρόνους ζωής:

Πίνακας 3.2: Χρόνοι ζωής διαφόρων τύπων λαμπτήρων

Τύπος Λαμπτήρα	Μέσος χρόνος ζωής (h)	Μέσος χρόνος ζωής (έτη)
Ατμών Νατρίου	28.000	7
Ατμών Hg	12.000	3
Metal Halide	12.000	3
CFL	10.000	2
LED	5.000	12

Σύμφωνα με στοιχεία της ΔΕΗ, γίνεται η παραδοχή ότι ο δημόσιος φωτισμός λειτουργεί καθημερινά επί 11 ώρες την ημέρα, δηλαδή 4.015 ώρες το χρόνο. Γνωρίζοντας το μέσο χρόνο ζωής των λαμπτήρων (σε ώρες), μπορεί να υπολογιστεί ο μέσος χρόνος ζωής τους σε έτη.

Οι χρόνοι ζωής των λαμπτήρων είναι μια σημαντική πληροφορία που φανερώνει σε πόσο καιρό θα χρειαστεί αντικατάσταση του λαμπτήρα, γεγονός που βοηθά στη μελέτη

της επένδυσης. Στον παραπάνω πίνακα γίνεται φανερό ότι οι λαμπτήρες LED έχουν το μεγαλύτερο χρόνο ζωής, ενώ οι CFL τον μικρότερο.

Για τον υπολογισμό της ενεργειακής εξοικονόμησης από την πραγματοποίηση της δράσης, υπολογίζεται η ετήσια καταναλισκόμενη ενέργεια των παλαιών και των νέων λαμπτήρων, καθώς και το κόστος συντήρησης του δικτύου οδικού φωτισμού.

Συνολικά, στα πλαίσια αυτής της δράσης, η αναμενόμενη εξοικονόμηση ενέργειας που αφορά τον δημοτικό φωτισμό δίνεται στο 40% και το μέσο κόστος στα 100€ ανά λαμπτήρα.

3.3.5.3 Εγκατάσταση φωτιστικών σημείων με φωτοβολταϊκό πλαίσιο

Επιπλέον εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας στο δημοτικό φωτισμό μπορεί να επιτευχθεί από την εγκατάσταση αυτόνομου συστήματος φωτισμού με χρήση φωτοβολταϊκού πάνελ σε κολώνες φωτισμού. Το υβριδικό αυτό σύστημα προτείνεται σε δρόμους με χαμηλές απαιτήσεις φωτισμού και κατά συνέπεια χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Το φωτοβολταϊκό πάνελ συγκεντρώνει το φως του ήλιου την ημέρα και φορτίζει το λαμπτήρα κατά τη διάρκεια της νύχτας. Το πλεονέκτημα της δράσης είναι η τεράστια εξοικονόμηση ενέργειας, καθώς στις συνήθεις εφαρμογές επιτυγχάνει εξοικονόμηση έως και 315 μέρες το χρόνο που ισοδυναμεί με ποσοστό της τάξης του 85%, η μικρότερη απαίτηση για συντήρηση σε σχέση με τους συμβατικούς λαμπτήρες και η φιλικότητα προς το περιβάλλον. Μειονέκτημά της είναι το υψηλό αρχικό ποσό επένδυσης, καθώς η τιμή ενός τέτοιου συστήματος κυμαίνεται μεταξύ 1.500 – 2.500€ ανά κολώνα, ανάλογα με την ονομαστική ισχύ του φωτοβολταϊκού συστήματος. Στην τιμή περιλαμβάνεται ο πλήρης εξοπλισμός, δηλαδή το πάνελ, οι συσσωρευτές, ο αντιστροφέας και ο ρυθμιστής φόρτισης.

3.3.5.4 Εγκατάσταση συστήματος διαχείρισης φωτισμού

Η διαχείριση του φωτισμού μίας οδού επιτυγχάνεται με χρήση ενός συστήματος που παρέχει τη δυνατότητα για άμεση δυναμική ρύθμιση στα φωτεινά χαρακτηριστικά του παρεχόμενου φωτισμού, καθώς και για απομακρυσμένη παρακολούθηση της λειτουργίας του. Η ανάγκη για την υλοποίηση τέτοιων συστημάτων υπαγορεύεται από τις απαιτήσεις διαρκούς βελτίωσης των παρεχόμενων υπηρεσιών δημόσιου φωτισμού και ελέγχου του κόστους λειτουργίας του οδικού δικτύου, καθώς και από την περιβαλλοντικής και ενεργειακής θεώρησης ώθηση για υιοθέτηση ελαστικότερων συνθηκών λειτουργίας του ενεργοβόρου και δύσκαμπτου εξοπλισμού των οδών.

Στην πιο απλή του μορφή, ένα σύστημα διαχείρισης φωτισμού παρέχει τη δυνατότητα επιτόπου ρύθμισης του επιπέδου φωτισμού της εγκατάστασης από τη διάταξη ελέγχου ανάλογα με τις ανάγκες κάθε εποχής. Τα συστήματα ελέγχου φωτισμού επιτυγχάνουν μείωση των επιπέδων φωτισμού, ανάλογα με τις ανάγκες κάθε εποχής. Αυτό οδηγεί σε εξοικονόμηση ενέργειας έως και 30% επί της πλήρους λειτουργίας του δικτύου, καθώς η μείωση των επιπέδων φωτισμού γίνεται βάσει συγκεκριμένων δεδομένων όπως η φωτεινότητα του περιβάλλοντος, οι καιρικές συνθήκες και ο κυκλοφοριακός φόρτος, με χρήση ανάλογων διατάξεων ανίχνευσης και μέτρησης. Ειδικότερα για αγροτικούς

Δήμους, ένα σύστημα διαχείρισης του φωτισμού του οδικού δικτύου θα ήταν πολύ αποδοτικό, κυρίως εξαιτίας της μεγάλης έκτασης που καλύπτουν. Τα πολλά μικρά χωριά, σε μεγάλες αποστάσεις το ένα από το άλλο, πολλά από τα οποία κατοικούνται μόνο κατά τους θερινούς μήνες, καταναλώνουν ενέργεια για δημόσιο φωτισμό, χωρίς στην ουσία να ικανοποιούν ανάγκες κατοίκων. Ένα σύστημα ελέγχου του φωτισμού θα μείωνε σημαντικά την ενεργειακή κατανάλωση για δημόσιο φωτισμό στην περιοχή, μειώνοντας έτσι όχι μόνο τις εκπομπές αερίων ρύπων αλλά και το κόστος λειτουργίας και συντήρησης του οδικού φωτιστικού δικτύου.

Παλιότερα, η ρύθμιση του επιπέδου φωτισμού ήταν μακροσκοπική, δηλαδή επιτυγχάνονταν με το σβήσιμο ενός αριθμού λαμπτήρων μετά από μία χρονική στιγμή, έργο το οποίο ήταν εύκολο όταν χρησιμοποιούνταν στύλοι διπλού βραχίονα. Η εγκατάσταση αυτού του είδους, όμως, δεν ήταν αποδοτική, καθώς με το σβήσιμο κάθε δεύτερου λαμπτήρα (για εναλλάξ σβήσιμο λαμπτήρων) ο φωτισμός γινόταν άνισος, ενώ σε περίπτωση αστοχίας ενός λαμπτήρα θα μπορούσε να δημιουργηθεί ένα μεγάλο κενό σκότους.

Σήμερα εφαρμόζεται πλέον η τεχνική “dimming”, όπου η μείωση της φωτεινής απόδοσης πραγματοποιείται με ελαστικό τρόπο, μειώνοντας την τάση του ρεύματος στα φωτιστικά σώματα με τη βοήθεια ειδικών διατάξεων. Η μεταβολή της φωτεινότητας γίνεται ομαλά, για την αποφυγή ενόχλησης των οδηγών που κινούνται μέσα στο φωτιζόμενο τμήμα. Η λογική της ρύθμισης του φωτισμού βάσει, πρωτίστως, των κυκλοφοριακών συνθηκών γίνεται κατανοητή αν αναλογιστεί κανείς ότι το απαιτούμενο επίπεδο φωτεινότητας μίας συνήθους εγκατάστασης σταθερού φωτισμού καθορίζεται βάσει ακριβώς αυτών των συνθηκών, και σε ώρες αιχμής, όπου είναι και πιο απαιτητικό το οπτικό έργο του οδηγού. Πέρα από αυτές τις συνθήκες, όμως, όταν οι κυκλοφοριακοί φόρτοι είναι λιγότερο ή περισσότερο χαμηλοί, το οριακό αυτό επίπεδο φωτισμού καθίσταται μάλλον υπερβολικό, συνοδευόμενο από αυξημένο ενεργειακό, οικονομικό και περιβαλλοντικό (φωτορύπανση) κόστος, χωρίς ουσιαστικό αντίκρισμα στην ασφάλεια και λειτουργικότητα της οδού.

Έτσι, ένα σύστημα διαχείρισης φωτισμού μπορεί να μειώνει το επίπεδο φωτισμού μέχρι και στο 20-30% της πλήρους λειτουργίας, αναλόγως των τρεχόντων κυκλοφοριακών φόρτων, με αντίστοιχα ενεργειακά, οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη. Επίσης, άλλοι παράγοντες που μπορεί να καθορίζουν τη ρύθμιση αυτή είναι οι καιρικές συνθήκες και το επίπεδο φωτισμού του περιβάλλοντος, οπότε είναι δυνατή η ενεργοποίηση του φωτισμού σε δυσμενείς καιρικές συνθήκες ή η συγκράτηση της φωτεινότητας σε χαμηλά επίπεδα νωρίς κατά τη δύση του ηλίου ή αργά κατά την ανατολή.

Τα τελευταία χρόνια, η ανάπτυξη της τεχνολογίας και της τηλεματικής οδήγησε στην υλοποίηση συστημάτων καθολικής διαχείρισης του οδικού φωτισμού. Τα συστήματα αυτά επιτρέπουν, πλέον, όχι μόνο την επιτόπου δυναμική ρύθμιση των φωτεινών χαρακτηριστικών, αλλά την πλήρη διαχείριση της εγκατάστασης από απόσταση, τόσο με ρύθμιση, όσο και με εκτενή παρακολούθησή της.

Κατά τη λειτουργία ενός τέτοιου συστήματος, το απομακρυσμένο κέντρο ελέγχου έχει τη δυνατότητα για:

- Καθορισμό προγραμμάτων λειτουργίας του φωτισμού.

- Καθορισμό του χρόνου λειτουργίας.
- Καθορισμό των ωρών λειτουργίας του συστήματος “dimming” από την εγκατάσταση, ή και άμεση διαχείρισή του από το απομακρυσμένο κέντρο.
- Αποστολή κυκλοφοριακών και καιρικών δεδομένων στην εγκατάσταση, σε πραγματικό χρόνο.
- Προβολή χαρακτηριστικών μεγεθών λειτουργίας της εγκατάστασης, όπως κατανάλωση ενέργειας, τάση και ένταση ρεύματος, ενεργειακή απόδοση.
- Αναλυτική προβολή κατάστασης κάθε φωτιστικού σώματος και συνολικού χρόνου λειτουργίας κάθε λαμπτήρα, με διατήρηση βάσης δεδομένων συντήρησης.
- Άμεση ειδοποίηση σε περίπτωση απώλειας λαμπτήρα ή οποιασδήποτε δυσλειτουργίας.

Ο εξοπλισμός που απαιτείται για την υλοποίηση ενός συστήματος καθολικής διαχείρισης συνίσταται σε μία σειρά από συσκευές ελέγχου των λαμπτήρων, στο κουτί ελέγχου της εγκατάστασης, στο δίαυλο επικοινωνίας με το απομακρυσμένο κέντρο ελέγχου και, βέβαια, στον αντίστοιχο ηλεκτρονικό εξοπλισμό (hardware & software) του κέντρου ελέγχου. Οι συσκευές ελέγχου των λαμπτήρων, είναι διατάξεις που τοποθετούνται στους στύλους του ηλεκτροφωτισμού και κάθε μία από αυτές έχει τη δυνατότητα να ελέγχει ταυτόχρονα πολλούς λαμπτήρες γειτονικών στύλων. Οι συσκευές αυτές αναλαμβάνουν το έργο της ρύθμισης του επιπέδου φωτισμού και της παρακολούθησης της κατάστασης κάθε λαμπτήρα που τους αναλογεί, επικοινωνώντας με το κουτί ελέγχου της εγκατάστασης. Το κουτί ελέγχου, αποτελεί την καρδιά του συστήματος διαχείρισης, αναλαμβάνοντας την παρακολούθηση και ρύθμιση της εγκατάστασης βάσει των στοιχείων που συλλέγονται. Η επικοινωνία του με το απομακρυσμένο κέντρο ελέγχου πραγματοποιείται από κάποιο διαθέσιμο δίαυλο επικοινωνίας, επίγειο ή ασύρματο.

Τα πλεονεκτήματα από τη λειτουργία ενός συστήματος καθολικής διαχείρισης φωτισμού είναι φανερά. Εκτός από τα προαναφερθέντα οικονομικά, ενεργειακά και περιβαλλοντικά οφέλη της ρύθμισης του φωτισμού, η στενή παρακολούθηση της εγκατάστασης δίνει τη δυνατότητα για βελτιστοποίηση των διαδικασιών συντήρησης, με πληρέστερη αξιοποίηση του χρόνου ζωής των λαμπτήρων και αποδέσμευση από την ανάγκη για επί τόπου επιθεωρήσεις της εγκατάστασης. Επίσης, η άμεση ειδοποίηση σε περίπτωση απώλειας οποιουδήποτε λαμπτήρα παρέχει τη δυνατότητα για άμεση αντικατάστασή του, τη στιγμή που στα κλασικά συστήματα φωτισμού ένας καμένος λαμπτήρας παραμένει στη θέση του μέχρι την επόμενη επιθεώρηση, με τις ανάλογες συνέπειες στην ποιότητα του φωτισμού και στο επίπεδο της οδικής ασφάλειας.

Η δράση που προτείνεται, λοιπόν, είναι η εγκατάσταση συστήματος καθολικής διαχείρισης του φωτισμού με χρήση της τεχνικής “dimming” στο 50% των φωτιστικών στύλων με έτος υλοποίησης το 2014.

Η αναμενόμενη εξοικονόμηση ενέργειας από την επιλογή της δράσης είναι στο 30% και το κόστος αυτής δίνεται, ενδεικτικά, 20.000€ ανά 1.000 λαμπτήρες.

3.3.6. Μεταφορές

3.3.6.1 Αντικατάσταση Δημοτικών Οχημάτων με Νέα Αποδοτικότερα Βενζινοκίνητα Πετρελαιοκίνητα και με LPG

Ο δημοτικός στόλος συνήθως καταλαμβάνει ένα πολύ μικρό ποσοστό της συνολικής κατανάλωσης στα πλαίσια ενός Δήμου. Ωστόσο, οι παρεμβάσεις για τη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου από το στόλο των δημοτικών οχημάτων, παρόλο που δεν μπορούν να έχουν σημαντική επίδραση στο συνολικό αποτύπωμα CO₂, κρίνονται απαραίτητες, καθώς θα οδηγήσουν μακροπρόθεσμα σε μείωση των λειτουργικών εξόδων του δήμου και θα αποτελέσουν παράδειγμα και οδηγό για τους πολίτες και τους επαγγελματίες.

Προτείνεται, λοιπόν, η αντικατάσταση των πετρελαιοκίνητων οχημάτων του Δήμου με νέα αποδοτικότερα. Η τεχνολογία diesel είναι ένα από τα βασικά διαθέσιμα εργαλεία για τη μείωση των εκπομπών CO₂ από τα οχήματα. Τα σύγχρονα πετρελαιοκίνητα οχήματα καίνε κατά μέσο όρο 25% λιγότερο καύσιμο και εκπέμπουν 25% λιγότερο CO₂ από τα αντίστοιχα βενζινοκίνητα, ενώ οι τεχνολογικά εξελιγμένοι πετρελαιοκινητήρες έχουν, επίσης, μικρότερες απαιτήσεις συντήρησης και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.

Το κόστος αντικατάστασης ενός οχήματος του δημοτικού στόλου, μετά την πώληση του παλαιού, υπολογίζεται στα 10.000€.

3.3.6.2 Αγορά δημοτικών οχημάτων (λεωφορεία, απορριμματοφόρα) που κινούνται με LNG-CNG

Τα περισσότερα οχήματα του δήμου είναι παλαιά. Το κύριο καύσιμο που καταναλώνεται είναι το πετρέλαιο κίνησης (diesel). Μια δράση με μακροπρόθεσμο ορίζοντα για τον περιορισμό της κατανάλωσης καυσίμου, αλλά και την προστασία του περιβάλλοντος, είναι η σταδιακή εισαγωγή του φυσικού αερίου στο διάστημα 2015 – 2020. Η χρήση του φυσικού αερίου στα βαριά οχήματα του δήμου μπορεί να επιτευχθεί είτε με την αντικατάσταση (ή απόσυρση) των παλαιών πετρελαιοκίνητων και την αγορά νέων που καταναλώνουν φυσικό αέριο, είτε με τη μετατροπή των κινητήρων των υφιστάμενων οχημάτων σε κινητήρες καύσης διπλού καυσίμου. Έτσι, υπάρχει η δυνατότητα να λειτουργούν οχήματα μίγματος φυσικού αερίου και πετρελαίου κίνησης, όπου τα ποσοστά των δύο καυσίμων μεταβάλλονται ανάλογα με τις στροφές και το φορτίο του κινητήρα.

Η Δημόσια Επιχείρηση Αερίου (Δ.Ε.Π.Α.) δραστηριοποιείται στη δημιουργία των απαραίτητων υποδομών για την τροφοδοσία με φυσικό αέριο οχημάτων, όπως π.χ. απορριμματοφόρων. Στο πλαίσιο της δράσης για την περαιτέρω διεύρυνση του φυσικού αερίου στην κίνηση των οχημάτων της χώρας, η ΔΕΠΑ πρόκειται να προχωρήσει στην εγκατάσταση αντλιών τροφοδοσίας συμπιεσμένου φυσικού αερίου σε 10 πρατήρια υγρών καυσίμων στις μεγάλες πόλεις του εθνικού άξονα Αθήνας – Θεσσαλονίκης, Λάρισας – Βόλου. Η τρέχουσα τιμή του φυσικού αερίου κίνησης ανέρχεται περίπου σε 1€/kg, αισθητά μικρότερη από την τρέχουσα τιμή του πετρελαίου κίνησης που

διαμορφώνεται σε 1,4€/lt . Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι το όφελος από τη χρήση φυσικού αερίου δεν περιορίζεται στο μειωμένο μοναδιαίο κόστος, αλλά και στο γεγονός ότι απαιτείται μικρότερη ποσότητα καυσίμου σε σχέση με το πετρέλαιο κίνησης.

Όσον αφορά τις εκπομπές, το φυσικό αέριο θεωρείται η καθαρότερη πηγή ενέργειας μετά τις Α.Π.Ε., αφού έχει σχεδόν μηδενικές εκπομπές σωματιδίων, γεγονός που δίνει μεγάλο πλεονέκτημα στα οχήματα που το καταναλώνουν έναντι των πετρελαιοκίνητων και αποτελεί έναν από τους βασικούς λόγους αντικατάστασης βαρέων οχημάτων diesel με αντίστοιχα φυσικού αερίου. Ειδικότερα, για το CO₂, η εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται είναι 20% σε σχέση με το πετρέλαιο κίνησης.

Το μειονέκτημα της χρήσης φυσικού αερίου έγκειται, αυτή τη στιγμή, στο υψηλό αρχικό κόστος αγοράς νέου οχήματος το οποίο λαμβάνοντας υπόψιν και το κέρδος από την πώληση του παλαιού ανέρχεται στα 300.000€.

3.3.6.3 Αποτελεσματικότερη διαχείριση του δημοτικού στόλου

Υπάρχουν αρκετές δράσεις χαμηλού ή μηδενικού κόστους των οποίων η εφαρμογή οδηγεί σε καλύτερη διαχείριση των δημοτικών οχημάτων και στη μέγιστη δυνατή αξιοποίησή τους. Ενδεικτικά αναφέρονται οι εξής επεμβάσεις:

- Εγκατάσταση συστημάτων GPS στα οχήματα του στόλου προκειμένου να επιτευχθεί ο καλύτερος προγραμματισμός, έλεγχος και αποτίμηση των δρομολογίων και της κατανάλωσης καυσίμου των οχημάτων.
- Θεσμοθέτηση στόχων εξοικονόμησης και επιβράβευσης υπαλλήλων του Δήμου που συνεισφέρουν σε αυτούς.
- Δημιουργία κουλτούρας εξοικονόμησης στους υπαλλήλους του Δήμου ώστε να αποφεύγεται η χρήση υπηρεσιακών οχημάτων για μικρές διαδρομές εντός της πόλης.
- Απογραφή των δημοτικών αναγκών και τακτικών δρομολογίων των οχημάτων και επαναπρογραμματισμός των δρομολογίων με κριτήριο την μείωση των διανυθέντων χιλιομέτρων και την εξοικονόμηση καυσίμου. Αποτέλεσμα τέτοιου προγραμματισμού (σύμφωνα με αντίστοιχες ευρωπαϊκές πρακτικές) μπορεί να είναι η αλλαγή της ώρας συλλογής των απορριμμάτων με πιθανή επιμήκυνση των δρομολογίων, η συλλογή των απορριμμάτων κάθε δύο μέρες αντί καθημερινώς, η συλλογή ογκωδών αντικειμένων μόνο κατόπιν τηλεφωνικού ραντεβού, η χρήση μοτοποδηλάτων για υπηρεσιακές ανάγκες εντός της πόλης.

Από όλες τις παραπάνω ενέργειες ο δήμος αναμένεται να μειώσει τις εκπομπές CO₂ κατά 5% και αντίστοιχα την κατανάλωση ενέργειας στον τομέα των δημοτικών μεταφορών.

Το κόστος αυτής της δράσης υπολογίζεται στα 200€ ανά όχημα και αναφέρεται κυρίως στην αγορά των συστημάτων GPS.

3.3.6.4 Συντήρηση δημοτικού στόλου

Προτείνεται η συχνή και καλύτερη συντήρηση όλων των οχημάτων του δημοτικού στόλου, βαρέων και ελαφρών. Η συντήρηση αυτή αναμένεται να περιλαμβάνει:

- Τήρηση αρχείου οχημάτων.
- Παρακολούθηση εργασιών συντήρησης με καταγραφή των βλαβών και τήρηση του ιστορικού των οχημάτων.
- Διαχείριση ανταλλακτικών οχημάτων.
- Κοστολόγηση οχημάτων με στατιστικά στοιχεία.
- Έλεγχο της πίεσης των ελαστικών και του επιπέδου φθοράς μία φορά το μήνα για όλα τα οχήματα.
- Τακτικό έλεγχο και ρύθμιση ευθυγράμμισης και ζυγοστάθμισης των ελαστικών σε όλα τα οχήματα.
- Έκδοση πιστοποιητικού καταλληλότητας μετά από διαδικασία συντήρησης σε κάθε όχημα.

Από τα παραπάνω αναμένεται επιπλέον εξοικονόμηση της τάξης του 5% για την κατανάλωση καυσίμων του δημοτικού στόλου και το κόστος του μέτρου στα 1.500€ ανά 100 οχήματα κατ' έτος.

3.3.6.5 Εκπαίδευση οδηγών του Δήμου σχετικά με εφαρμογές οικολογικής οδήγησης (eco-driving)

Η οικονομική, οικολογική και ασφαλής οδήγηση, eco-driving, είναι ένας έξυπνος τρόπος οδήγησης, ο οποίος συμβάλλει στη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου περίπου 10-15%, στη μείωση των εκπομπών ρύπων και των αερίων που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου, καθώς και στον περιορισμό της ηχορύπανσης και των τροχαίων ατυχημάτων. Μετά από πλήθος επιτυχημένων δράσεων σε αρκετές χώρες της Ε.Ε, το eco-driving σήμερα αποτελεί και επίσημα ένα από τα σημαντικότερα μέτρα πολιτικής της Ε.Ε για την κλιματική αλλαγή και τη βελτίωση της αποδοτικότητας των οδικών μεταφορών, το οποίο θα ενσωματωθεί στην επίσημη διαδικασία εκπαίδευσης των νέων οδηγών του δήμου και την ενημέρωση ή επανεκπαίδευση των παλαιών.

Οι αρχές της οικονομικής οδήγησης στηρίζονται στην οδήγηση με σταθερή ταχύτητα, χρησιμοποιώντας τη μεγαλύτερη δυνατή σχέση μετάδοσης και προεκτείνονται στη

σωστή συντήρηση του οχήματος, τη δημιουργία περιβαλλοντικής συνείδησης και σωστής οδικής συμπεριφοράς από τους οδηγούς που εκπαιδεύονται σε αυτή.

Βασικοί κανόνες της οικολογικής οδήγησης είναι οι εξής:

- Διάβασμα του δρόμου και πρόβλεψη της ροής κυκλοφορίας.
- Χρήση της κεκτημένης ταχύτητας του οχήματος (ο γενικός στόχος είναι να αφήνεται το αυτοκίνητο να κυλάει με σταθερή ταχύτητα, όποτε είναι δυνατόν, αντί της πέδησης και της εν συνεχεία επιτάχυνσης).
- Δράση αντί για αντίδραση (τήρηση απόστασης ασφαλείας περίπου 3 sec από το μπροστινό όχημα ώστε να αποφεύγονται οι απότομες διακυμάνσεις ταχύτητας ή να γίνονται πιο ομαλά).
- Διατήρηση σταθερής ταχύτητας σε χαμηλές στροφές, χρησιμοποιώντας τη μέγιστη δυνατή σχέση μετάδοσης στο κιβώτιο ταχυτήτων.
- Χρήση υψηλότερης σχέσης μετάδοσης, περίπου στις 2.000 στροφές.
- Έλεγχος της πίεσης των ελαστικών τουλάχιστον μια φορά το μήνα.
- Ορθολογική χρήση του κλιματισμού και της θέρμανσης.

Το κόστος της δράσης δίνεται ενδεικτικά στα 2.500€ ανά 150 οχήματα δημοτικού στόλου κατ' έτος.

3.3.6.6 Εκδηλώσεις ενημέρωσης για νέες τεχνολογίες οχημάτων

Ο δήμος θα αναλάβει μια εκστρατεία ενημέρωσης για τους δημότες ώστε να τους ευαισθητοποιήσει σε θέματα που αφορούν τον τρόπο οδήγησης και την σημασία της σωστής συντήρησης του κάθε οχήματος.

Επιπλέον, θα ενημερώσει για την χρήση εναλλακτικών καυσίμων και την εξοικονόμηση που αυτά επιφέρουν στα νέας τεχνολογίας οχήματα αλλά και θα υποδείξει εναλλακτικές όπως τη μετατροπή των βενζινοκίνητων οχημάτων σε υγραεριοκίνητα ενώ παράλληλα θα παρέχει κάθε είδους πληροφορία όπως το κόστος και το χρόνο απόσβεσης της μετατροπής.

Το κόστος για την εκστρατεία ενημέρωσης προκύπτει από το πλήθος των εντύπων που θα διανεμηθούν, το πλήθος των καταχωρήσεων στον τοπικό τύπο και τη συχνότητα των διαφημιστικών μηνυμάτων στα τοπικά ραδιόφωνα.

Το κόστος αυτής της δράσης δίνεται στα 0,2€ ανά Ι.Χ. του δήμου κατ' έτος και η αναμενόμενη εξοικονόμηση είναι της τάξης του 10%.

3.3.6.7 Προώθηση οικολογικής οδήγησης (eco-driving)

Ως άμεση εκδήλωση σεμιναρίων κρίνεται η εκπαίδευση των οδηγών στην οικολογική οδήγηση. Σύμμαχος σε αυτές τις εκδηλώσεις θα είναι η εμπειρία που θα έχει αποκτηθεί από τα αντίστοιχα σεμινάρια που θα έχουν διεξαχθεί για τους οδηγούς του Δήμου ενώ κρίνεται απαραίτητη η επαφή και με όμορους Δήμους ώστε να υπάρξει η μέγιστη συμμετοχή και η μέγιστη ευαισθητοποίηση των πολιτών προς την οικολογική οδήγηση. Το ποσοστό της εξοικονόμησης καυσίμου που θα προέλθει από την εφαρμογή αυτής της δράσης θα είναι 10%.

Το κόστος δίνεται ενδεικτικά στα 2.000€ ανά 10.000 κατοίκους κατ' έτος.

3.3.6.8 Προώθηση χρήσης ποδηλάτου

Ως γνωστόν, τα οφέλη του ποδηλάτου είναι πολλά τόσο στην υγεία και την ευεξία όσων το προτιμούν, αλλά και στις πόλεις που έχουν κατασκευάσει ποδηλατοδρόμους ενθαρρύνοντας έτσι τη χρήση του ως μέσο μεταφοράς.

Συγκεκριμένα η χρήση των ποδηλάτων και η κυκλοφορία τους σε ποδηλατοδρόμους προσφέρει:

- Πιο ανθρώπινη και αισθητικά αναβαθμισμένη πόλη.
- Πιο ήπια κυκλοφορία με παράλληλα οφέλη στην ασφάλεια πεζών, ποδηλάτων, Ι.Χ.
- Εξοικονόμηση χώρου και υποδομών. (Μια λωρίδα κυκλοφορίας με ποδήλατα μπορεί να μεταφέρει περισσότερα άτομα ανά ώρα από μια λωρίδα κυκλοφορίας με αυτοκίνητα και στο χώρο που παρκάρει ένα αυτοκίνητο μπορούν να παρκάρουν πολλά ποδήλατα)
- Μείωση εκπεμπόμενων ρύπων CO₂ καθώς αποφεύγεται η χρήση του αυτοκινήτου.
- Μείωση θορύβου.
- Οικονομία για τους πολίτες.
- Βελτίωση της υγείας των πολιτών.

Επιπρόσθετα, προκειμένου ο δήμος να ενθαρρύνει ακόμη περισσότερο τη χρήση των ποδηλάτων εντός των πόλεων, μπορεί να προχωρήσει στην αγορά κοινόχρηστων ποδηλάτων με αυτοματοποιημένο σύστημα μίσθωσης. Ανάλογες δράσεις έχουν ήδη γίνει σε δήμους της Ελλάδας όπως ο Δήμος Καρδίτσας και ο Δήμος Ιωαννιτών βρίσκοντας μεγάλη αποδοχή από τους πολίτες.

Μέσω του συστήματος κοινόχρηστων ποδηλάτων, επιτρέπεται η αυτόματη παραλαβή ενός ποδηλάτου, η χρησιμοποίησή του για όσο χρόνο είναι απαραίτητο και η επιστροφή

του σε οποιονδήποτε σταθμό μίσθωσης. Τόσο η παραλαβή όσο και η επιστροφή ενός ποδηλάτου θα γίνεται μέσα από τη χρέωση μίας ηλεκτρονικής κάρτας με τα στοιχεία του ποδηλάτη που ο ίδιος θα «χτυπάει» στον ειδικό ηλεκτρονικό αναγνώστη του σταθμού. Το σύστημα θα διαθέτει ειδικό ηλεκτρικό μηχανισμό κλειδώματος-ξεκλειδώματος ανά θέση στάθμευσης. Τέλος, προβλέπεται η ενοικίαση των ποδηλάτων από τους συνδρομητές να είναι δωρεάν τα πρώτα χρόνια λειτουργίας του μέτρου.

- Κάθε ποδήλατο διανύει περίπου 24 km την ημέρα και χρησιμοποιείται 350 ημέρες το χρόνο.
- Μόνο το 30% των παραπάνω διανυόμενων χιλιομέτρων υποκαθιστά αντίστοιχες μετακινήσεις με αυτοκίνητο.
- Ο αριθμός ατόμων σε ένα αυτοκίνητο ισούται με τον αριθμό ατόμων σε δύο ποδήλατα.

Το κόστος αγοράς του ενός ποδηλάτου υπολογίζεται στα 200€ και θα αγοραστεί ένα ποδήλατο ανά 100 άτομα πληθυσμού του δήμου. Συνυπολογίζοντας την κατασκευή των σταθμών μίσθωσης, καθώς και το κόστος καμπάνιας ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης των δημοτών σχετικά με τη χρήση ποδηλάτων, το ολικό κόστος της συγκεκριμένης δράσης αναμένεται να φτάσει τα 250€ ανά ποδήλατο.

Η αναμενόμενη εξοικονόμηση υπολογίζεται να είναι της τάξης του 10% επί της καταναλισκόμενης ενέργειας στις ιδιωτικές μεταφορές του δήμου.

3.3.6.9 Ελεγχόμενη στάθμευση

Η διαχείριση της στάθμευσης, μέσα από κάρτες στάθμευσης, έχει αποδειχτεί ένα αποτελεσματικό μέτρο στη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης στα κέντρα των πόλεων. Επιπλέον, μειώνονται οι αποστάσεις που διανύονται από τα αυτοκίνητα προκειμένου να βρουν θέση parking και αποτρέπεται η συνεχής χρήση του αυτοκινήτου. Ως αποτέλεσμα, μέσα από μέτρα ελεγχόμενης στάθμευσης μπορεί να επιτευχθεί ο τελικός στόχος που είναι η μείωση της κατανάλωσης καυσίμων και επομένως η μείωση των εκπομπών.

Εκτιμάται ότι η εφαρμογή των σχετικών δράσεων συνεπάγεται εξοικονόμηση της κατανάλωση βενζίνης και πετρελαίου κίνησης κατά 3%.

Το κόστος του μέτρου δίνεται 10.000€ ανά 15.000 πληθυσμού.

3.3.6.10 Αντικατάσταση παλαιών οχημάτων Ι.Χ. με αποδοτικότερα ίδιας τεχνολογίας καυσίμου

Τα τελευταία χρόνια στα οχήματα που κινούνται με συμβατικά καύσιμα έχουν επιτευχθεί σημαντικά βήματα για την αύξηση της απόδοσης του κινητήρα. Τα σύγχρονα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα είναι κατά πολύ «καθαρότερα» από τα αντίστοιχα αυτοκίνητα που κατασκευάζονταν μέχρι και πριν λίγα χρόνια. Στην πράξη, από

πλευράς εκπομπών αερίων ρύπων τα βενζινοκίνητα οχήματα σήμερα λίγο διαφέρουν από τα αντίστοιχα οχήματα που κινούνται με υγραέριο ή φυσικό αέριο.

Τα οχήματα που κινούνται με πετρέλαιο έχουν γίνει επίσης σημαντικά πιο φιλικά προς το περιβάλλον, όμως ακόμη εκπέμπουν σημαντικά ποσά επιβλαβούς NO_x και σωματίδια, στην περίπτωση που δε διαθέτουν φίλτρα σωματιδίων. Τα πετρελαιοκίνητα οχήματα όμως παρουσιάζουν πλεονέκτημα στις εκπομπές CO₂ και σε πολλές περιπτώσεις με τον συνδυασμό χρήσης ενός φίλτρου σωματιδίων και μιας κατάλληλης τεχνολογίας μείωσης των εκπομπών NO_x, ένα πετρελαιοκίνητο όχημα αποτελεί μια καλή λύση από περιβαλλοντική άποψη.

Συγκεκριμένα με την αντικατάσταση ενός παλαιού οχήματος με νέο αποδοτικότερης τεχνολογίας αναμένεται 30% εξοικονόμηση καυσίμου που ισοδυναμεί με 30% μείωση των ρύπων CO₂.

Το κόστος αντικατάστασης ενός I.X. οχήματος, μετά την πώληση του παλαιού, υπολογίζεται στα 10.000€.

3.3.6.11 Αντικατάσταση I.X. οχημάτων με οχήματα υβριδικής τεχνολογίας

Τα υβριδικά οχήματα διαθέτουν ταυτόχρονα κινητήρα εσωτερικής καύσης και ηλεκτροκινητήρα. Για την κίνησή τους συνδυάζονται δύο ειδών ενέργειες. Η θερμοδυναμική που παράγεται από την καύση του καυσίμου στον κινητήρα και η ηλεκτρική, που παράγεται από το σύστημα του ηλεκτροκινητήρα. Τα υβριδικά οχήματα είναι «πράσινα» και περισσότερο αποδοτικά από τα συμβατικά οχήματα. Ταυτόχρονα παρουσιάζουν μικρότερο λειτουργικό κόστος όμως είναι ακριβότερα στην αγορά τους.

Τα οχήματα αυτά δεν είναι δυσκολότερα στην οδήγηση από τα συμβατικά οχήματα. Παράλληλα αλλάζουν αυτόματα λειτουργία από τον κινητήρα εσωτερικής καύσης στον ηλεκτροκινητήρα, δεν απαιτείται να συνδεθούν με την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος για την φόρτιση των μπαταριών και έχουν αυτόματο σύστημα μετάδοσης. Σε ειδικές μετρήσεις που έχουν γίνει έχει αποδειχθεί ότι ένα υβριδικό καταναλώνει από 20-40% λιγότερο από ένα αντίστοιχης ισχύος συμβατικό αυτοκίνητο, ανάλογα με το πού κινείται. Στην πόλη για παράδειγμα όπου ο ηλεκτροκινητήρας δουλεύει πιο πολύ μπορεί να φτάσει το 40%, ενώ στον αυτοκινητόδρομο που απαιτείται όλη η ισχύς, η οικονομία καυσίμου μειώνεται στο 20%. Τέλος τα υβριδικά οχήματα δεν υπόκεινται σε τέλη ταξινόμησης, όφελος που ενσωματώνεται στην αρχική τιμή αγοράς.

Η εξοικονόμηση καυσίμου στα υβριδικά οχήματα μπορεί να φθάσει και το 30% σε σχέση με τα βενζινοκίνητα ανάλογα με την ταχύτητα και τον τρόπο οδήγησης.

Το κόστος αγοράς ενός υβριδικού οχήματος λαμβάνοντας υπόψιν και το κέρδος από την πώληση του παλαιού είναι περίπου 25.000€.

3.3.7. Τοπική ηλεκτροπαραγωγή

3.3.7.1-3.3.7.2-3.3.7.3 Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στις στέγες κτιρίων του οικιακού, τριτογενούς και δημοτικού τομέα.

Ειδικό Πρόγραμμα Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε Στέγες

Το Ειδικό Πρόγραμμα Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων μέχρι 10 kWp (εφεξής Πρόγραμμα), έχει εφαρμογή σε κτιριακές εγκαταστάσεις, που χρησιμοποιούνται για κατοικία ή στέγαση πολύ μικρών επιχειρήσεων. Το Πρόγραμμα ξεκίνησε την 1η Ιουλίου 2009 στην Ηπειρωτική Χώρα και στα Διασυνδεδεμένα σε αυτή Νησιά, ενώ για τα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά (ΜΔΝ), μετά τη διερεύνηση που έγινε για τα διαθέσιμα περιθώρια ισχύος στον ηλεκτρικό χώρο κάθε νησιού, η εφαρμογή του Προγράμματος ξεκίνησε την 10^η Ιανουαρίου 2011, σε εφαρμογή της 1251/2010 Απόφασης της ΡΑΕ2. Το Πρόγραμμα θα ισχύει μέχρι την 31η Δεκεμβρίου 2019.

Ως μέγιστη ισχύς των φωτοβολταϊκών συστημάτων ανά εγκατάσταση στο πλαίσιο του Προγράμματος ορίζεται:

- για την ηπειρωτική χώρα, τα Διασυνδεδεμένα με το Σύστημα νησιά και την Κρήτη τα 10kWp
- για τα λοιπά Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά τα 5kWp.

Το πρόγραμμα αφορά σε φωτοβολταϊκά συστήματα για παραγωγή ενέργειας που εγχέεται στο Δίκτυο, τα οποία εγκαθίστανται στο δώμα ή τη στέγη κτιρίου, συμπεριλαμβανομένων στεγαστρών βεραντών, προσόψεων και σκιάστρων, καθώς και βοηθητικών χώρων του κτιρίου όπως αποθήκες και χώροι στάθμευσης, όπως αυτά ορίζονται στον Γ.Ο.Κ. Δικαίωμα ένταξης στο Πρόγραμμα έχουν φυσικά πρόσωπα μη επιτηδευματίες και φυσικά ή νομικά πρόσωπα επιτηδευματίες που κατατάσσονται στις πολύ μικρές επιχειρήσεις, τα οποία έχουν στην κυριότητα τους το χώρο στον οποίο εγκαθίσταται το φωτοβολταϊκό σύστημα. Στην περίπτωση φωτοβολταϊκού συστήματος σε κοινόχρηστο ή κοινόκτητο χώρο κτιρίου, επιτρέπεται η εγκατάσταση ενός και μόνο συστήματος, μετά την σύμφωνη γνώμη των συνιδιοκτητών.

Δικαίωμα ένταξης στο Πρόγραμμα έχουν επίσης τα Νομικά Πρόσωπα Δημοσίου Δικαίου (Ν.Π.Δ.Δ.) και τα Νομικά Πρόσωπα Ιδιωτικού Δικαίου (Ν.Π.Ι.Δ.) μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα, τα οποία έχουν στην κυριότητα τους το χώρο στον οποίο εγκαθίσταται το φωτοβολταϊκό σύστημα. Το δικαίωμα εγκατάστασης φωτοβολταϊκού συστήματος σε κτίριο ιδιοκτησίας Νομικού Προσώπου Δημοσίου Δικαίου (Ν.Π.Δ.Δ.), τη χρήση του οποίου έχει αναλάβει διαχειριστής (π.χ. σχολική επιτροπή), παρέχεται στο διαχειριστή, μετά από συναίνεση του κυρίου του κτιρίου.

Προϋποθέσεις για την ένταξη φωτοβολταϊκού συστήματος στο Πρόγραμμα είναι:

1. η ύπαρξη ενεργής σύνδεσης κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος στο όνομα του κυρίου του φωτοβολταϊκού στο κτίριο όπου το σύστημα εγκαθίσταται,
2. μέρος των θερμικών αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης της ιδιοκτησίας του κυρίου του φωτοβολταϊκού, εφόσον αυτή χρησιμοποιείται για κατοικία, πρέπει να καλύπτεται με

χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως ενδεικτικά ηλιοθερμικά, ηλιακοί θερμοσίφωνες

3. η μη ύπαρξη δημόσιας ενίσχυσης

Η Σύμβαση Συμψηφισμού για φωτοβολταϊκό σύστημα συνάπτεται μεταξύ του κυρίου του φωτοβολταϊκού και τη ΔΕΗ ΑΕ ή άλλου προμηθευτή που ηλεκτροδοτεί τις καταναλώσεις του στο κτίριο για 25 έτη με έναρξη ισχύος την ημερομηνία ενεργοποίησης της σύνδεσης του φωτοβολταϊκού συστήματος. Η εν λόγω σύμβαση συνομολογείται με σταθερή τιμή αναφοράς, που αντιστοιχεί στο μήνα και το έτος του παρακάτω πίνακα και αντιστοιχεί στην τιμή που ισχύει κατά την ημερομηνία ενεργοποίησης της σύνδεσης της εγκατάστασης στο δίκτυο.

Πίνακας 3.3: Τιμή αγοράς ενέργειας στα πλαίσια του Ειδικού Προγράμματος Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε Στέγες.

Μήνας / Έτος	Τιμή (€/MWh)
Φεβρουάριος 2013	125
Αύγουστος 2013	125
Φεβρουάριος 2014	120
Αύγουστος 2014	120
Φεβρουάριος 2015	115
Αύγουστος 2015	115
Φεβρουάριος 2016	110
Αύγουστος 2016	110
Φεβρουάριος 2017	105
Αύγουστος 2017	100
Φεβρουάριος 2018	95
Αύγουστος 2018	90
Φεβρουάριος 2019	85
Αύγουστος 2019	80

Το πόσα τετραγωνικά μέτρα χρειάζονται, εξαρτάται από το χώρο εγκατάστασης (δώμα ή κεκλιμένη στέγη) και από την τεχνολογία των φωτοβολταϊκών που θα επιλεγεί. Σε ένα δώμα, για παράδειγμα, θα χρειαστούν περί τα 12-15 m² για κάθε εγκατεστημένο kW, ενώ σε μια κεραμοσκεπή 7-10 m².

Σε ότι αφορά τον οικιακό και τον τριτογενή τομέα, λόγω της εξάρτησης της ισχύος εγκατάστασης από τη διαθέσιμη επιφάνεια και λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι αυτή που διαφοροποιείται ανά κατοικία, γίνεται η θεώρηση ότι η εγκατάσταση θα έχει μέση ισχύ 7,5kW. Για αυτήν την ισχύ και με δεδομένη τη μέση απόδοση των φ/β συστημάτων στον ελλαδικό χώρο, που είναι γύρω στις 1.300 kWh/kW εγκατεστημένο/έτος, προκύπτει παραγωγή ενέργειας ανά εγκατάσταση ίση με 9.750 kWh/έτος. Το κόστος, τέλος, για τη εγκατάσταση αυτής της ισχύος, με δεδομένο ένα μέσο κόστος για την ελληνική αγορά όπως αυτό διαμορφώθηκε για το προηγούμενο έτος ίσο με 1.500€/kW, προκύπτει ίσο με 11.250€.

Μικρές εφαρμογές έως 10 kWp σε στέγες κτιρίων του Δημοσίου και μη κερδοσκοπικών οργανισμών

Με βάση το νέο νόμο για τις ΑΠΕ, τα κίνητρα και οι όροι που ισχύουν για τον οικιακό-κτιριακό τομέα, ισχύουν πλέον και για κτίρια όπου στεγάζονται Νομικά Πρόσωπα Δημοσίου Δικαίου (Ν.Π.Δ.Δ.) ή Νομικά Πρόσωπα Ιδιωτικού Δικαίου (Ν.Π.Ι.Δ.) μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα, τα οποία έχουν στην κυριότητά τους το χώρο στον οποίο εγκαθίσταται το φωτοβολταϊκό σύστημα. Το δικαίωμα εγκατάστασης φωτοβολταϊκού συστήματος σε κτίριο ιδιοκτησίας Νομικού Προσώπου Δημοσίου Δικαίου, τη χρήση του οποίου έχει αναλάβει διαχειριστής (π.χ. σχολική επιτροπή), παρέχεται στον διαχειριστή, μετά από συναίνεση του κυρίου του κτιρίου. Οι συμβάσεις σύνδεσης και συμψηφισμού συνάπτονται με τον διαχειριστή του κτιρίου, που θεωρείται στη συγκεκριμένη περίπτωση κύριος του φωτοβολταϊκού συστήματος. Ειδικότερα για τις σχολικές εγκαταστάσεις, επιτρέπεται η εγκατάσταση τόσων φωτοβολταϊκών συστημάτων, όσος είναι ο αριθμός των παροχών ηλεκτρικού ρεύματος που υφίστανται στις σχολικές εγκαταστάσεις του οικείου Δήμου.

Αν οι παραπάνω οργανισμοί επιθυμούν να εγκαταστήσουν φωτοβολταϊκό σύστημα με ισχύ μεγαλύτερη των 10 kWp, θα πρέπει να το κάνουν ως επιχειρηματική δραστηριότητα (να το αναλάβει π.χ. μία αναπτυξιακή εταιρία ενός Δήμου) και προφανώς με τα κίνητρα που ισχύουν και για τους υπόλοιπους επιχειρηματίες.

Συνήθως τα δημοτικά κτίρια είναι μεγάλης σχετικά έκτασης και πάντως μπορεί να γίνει η θεώρηση ότι στο τυπικό δημοτικό κτίριο δύναται να εγκατασταθεί ισχύς ίση με το μέγιστο επιτρεπτό όριο των 10kW. Η παραγωγή ενέργειας προκύπτει σε αυτήν την περίπτωση προκύπτει ίση με 13.000 kWh/έτος και το κόστος της εγκατάστασης ίσο με 15.000€.

Για τις ανάγκες του υπολογιστικού φύλλου, η δράση αυτή διαχωρίζεται για το δημοτικό, τον οικιακό και τον τριτογενή τομέα, ώστε να μπορεί να γίνει η εφαρμογή της επί του στοιχείου εισόδου του κάθε τομέα ξεχωριστά, όπως είναι, παραδείγματος χάρη, ο αριθμός των κατοικιών του δήμου ή ο αριθμός των κτιρίων του τριτογενούς τομέα.

3.3.7.4 Κατασκευή μικρού φράγματος και υδροηλεκτρικού σταθμού ισχύος 2MW

Η υδραυλική ενέργεια, η ενέργεια του νερού, είναι μια ανανεώσιμη και αποκεντρωμένη πηγή ενέργειας που υπηρέτησε και υπηρετεί πιστά τον άνθρωπο στο δρόμο της ανάπτυξης. Συνεπώς, η αξιοποίηση του μικρού υδροδυναμικού των εκατοντάδων μικρών ή μεγαλύτερων υδατορευμάτων και πηγών της ορεινής Ελλάδας με την κατασκευή αποκεντρωμένων και αναπτυξιακών Μικρών Υδροηλεκτρικών Έργων (Μ.Υ.Η.Ε.) οδηγεί στην παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος αλλά και στην κάλυψη άλλων τοπικών αναγκών.

Τα Μ.Υ.Η.Ε. παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως είναι η δυνατότητα άμεσης σύνδεσης - απόξευξης στο δίκτυο ή η αυτόνομη λειτουργία τους, η αξιοπιστία τους, η παραγωγή ενέργειας αρίστης ποιότητας χωρίς διακυμάνσεις, η άριστη διαχρονική συμπεριφορά τους, η μεγάλη διάρκεια ζωής, ο προβλέψιμος χρόνος απόσβεσης των αναγκαίων επενδύσεων, που οφείλεται στο πολύ χαμηλό κόστος

συντήρησης και λειτουργίας και στην ανυπαρξία κόστους πρώτης ύλης, η φιλικότητα προς το περιβάλλον με τις μηδενικές εκπομπές ρύπων και τις περιορισμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, η ταυτόχρονη ικανοποίηση και άλλων αναγκών χρήσης νερού (ύδρευσης, άρδευσης, κλπ.) και η δυνατότητα παρεμβολής τους σε υπάρχουσες υδραυλικές εγκαταστάσεις.

Μία σημαντική ειδοποιός διαφορά των Μ.Υ.Η.Ε. από τα μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα, εκτός του τυπικού ορίου των 10 MW εγκατεστημένης ισχύος, έγκειται στον τρόπο λειτουργίας της υδροληψίας. Ο αναβαθμός που κατασκευάζεται στις υδροληψίες των Μ.Υ.Η.Ε. έχει πολύ μικρό ύψος και δε στοχεύει στην αναρρύθμιση της φυσικής απορροής με τη δημιουργία ταμιευτήρα, αλλά στη διαμόρφωση κατάλληλων συνθηκών για τη διοχέτευση της απαιτούμενης παροχής στο σύστημα προσαγωγής.

Ένα μειονέκτημα των Μ.Υ.Η.Ε. αποτελεί το γεγονός ότι η μέγιστη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας παρατηρείται κατά τους χειμερινούς μήνες όπου οι βροχοπτώσεις είναι συχνές, ενώ η αιχμή της ζήτησης σημειώνεται κατά τους θερινούς μήνες όπου οι βροχοπτώσεις είναι σπάνιες. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με το ότι δεν γίνεται αποθήκευση ενέργειας στα Μ.Υ.Η.Ε. και ότι το σύνολο της ενέργειας αποδίδεται στο δίκτυο εντείνει το πρόβλημα της ενεργειακής αυτονομίας.

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των Μ.Υ.Η.Ε., ακόμη και στην περίπτωση της δημιουργίας μικρών ταμιευτήρων, δεν σχετίζονται με αυτές των μεγάλων μονάδων παραγωγής, στις οποίες εντοπίζονται εδαφικές (π.χ. τραυματισμός του εδαφικού προφίλ από τις κατασκευές, αισθητική ένταξη του έργου), υδρολογικές (π.χ. δίαιτα του ποταμού, εμπλουτισμός υπόγειων νερών, χρήση του νερού), οικολογικές (π.χ. πανίδα και χλωρίδα), κοινωνικές (π.χ. μετακίνηση οικισμών λόγω κατάκλισης, αλλαγή συνθηκών) ή οικονομικές διαφοροποιήσεις (π.χ. χρήση γης).

Εξ' ορισμού λοιπόν, ένας μικρός υδροηλεκτρικός σταθμός αποτελεί ένα έργο απόλυτα συμβατό με το περιβάλλον, που μπορεί να συμβάλει ακόμη και στη δημιουργία νέων υδροβιοτόπων μικρής κλίμακας στα ανάντη των μικρών ταμιευτήρων. Το σύνολο των επί μέρους συνιστωσών του έργου μπορεί να ενταχθεί αισθητικά και λειτουργικά στα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος, αξιοποιώντας τα τοπικά υλικά με παραδοσιακό τρόπο και αναβαθμίζοντας το γύρω χώρο.

Η ανάγκη αντικατάστασης των βλαβερών συμβατικών πηγών ενέργειας με ανανεώσιμες, καθιστά τα Μ.Υ.Η.Ε. μία καθαρή μορφή ενέργειας, όταν αυτή παράγεται κάτω από συγκεκριμένες προϋποθέσεις. Για το λόγο αυτό δεν πρέπει να οδηγηθούμε άκριτα σε φαινόμενα εντατικής εκμετάλλευσης του νερού χωρίς όρια, αλλά να τηρούμε τα κριτήρια για την προστασία του περιβάλλοντος. Αξίζει να σημειωθεί ότι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τα Μ.Υ.Η.Ε. συντελεί στην ενεργειακή αυτονομία της τοπικής κοινωνίας και, σε μεγάλη κλίμακα και σε συνδυασμό με άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αμβλύνει την εξάρτηση της εθνικής οικονομίας και πολιτικής από εξωγενείς παράγοντες.

Το κόστος κατασκευής Μ.Υ.Η.Ε. εξαρτάται εν πολλοίς από το ύψος της υδραυλικής πτώσης και εμφανίζει σημαντικές διακυμάνσεις. Συγκεκριμένα, για την ίδια εγκατεστημένη ισχύ, τα έργα χαμηλής πτώσης έχουν να διαχειριστούν σημαντικά μεγαλύτερες ποσότητες νερού με αποτέλεσμα να αυξάνονται σημαντικά οι ανάγκες διαμόρφωσης και υλοποίησης έργων ΠΜ, καθώς και το μέγεθος του κυρίως

εξοπλισμού. Ειδικότερα, το κόστος κατασκευής είναι αντιστρόφως ανάλογο του διαθέσιμου ύψους πτώσης νερού και κυμαίνεται από 1.500 €/kW έως 3.500 €/kW.

Με βάση τα παραπάνω διακρίνονται δύο βασικές κατηγορίες Μ.Υ.Η.Ε. :

- έργα χαμηλού ύψους πτώσης ($H < 20\text{m}$)
- έργα μεσαίου και μεγάλου ύψους πτώσης ($H > 20\text{m}$)

Για τους σκοπούς της παρούσας μελέτης και λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, το κόστος κατασκευής ενός τυπικού Μ.Υ.Η.Ε., εγκατεστημένης ισχύος 2MW θεωρείται ίσο με 2.500 €/kW

Η τιμή πώλησης της ενέργειας για εγκαταστάσεις ΜΥΗΕ είναι 87,85€/MWh.

3.3.7.5 Κατασκευή αιολικού πάρκου ισχύος 2MW

Η εκμετάλλευση της κινητικής ενέργειας του ανέμου γίνεται μέσω μιας αεροδυναμικής διάταξης, του ανεμοκινητήρα, που τη μετατρέπει σε ωφέλιμη μηχανική ενέργεια, και μέσω ανεμογεννήτριας, ανεμοκινητήρα δηλαδή, που διαθέτει ηλεκτρογεννήτρια και τη μετατρέπει απευθείας σε ηλεκτρική. Στη συνέχεια, η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται στην έξοδο της γεννήτριας τροφοδοτείται στο δίκτυο.

Η παραγωγή ισχύος μίας ανεμογεννήτριας μεταβάλλεται με την ταχύτητα του ανέμου, και κάθε μηχανή χαρακτηρίζεται από την καμπύλη ισχύος της, που εξαρτάται από τα γεωμετρικά της χαρακτηριστικά και τον σχεδιασμό της. Καμπύλη ισχύος ορίζεται η γραφική παράσταση της εξόδου της Α/Γ για κάθε τιμή της ταχύτητας του ανέμου και δίνεται από τον κατασκευαστή και είναι χαρακτηριστική για κάθε ανεμογεννήτρια. Η απόδοση μιας ανεμογεννήτριας εξαρτάται τελικά από το μέγεθος της και την ταχύτητα του ανέμου.

Τα ανεμολογικά δεδομένα μιας περιοχής είναι καθοριστικός παράγοντας για την επιλογή της ως περιοχή εγκατάστασης αιολικού πάρκου. Πιο συγκεκριμένα, η περιοχή κατάστασης ενός αιολικού πάρκου θα πρέπει να πληροί ορισμένα κριτήρια. Συγκεκριμένα:

- Χωροθετείται σε ικανοποιητική απόσταση από περιοχές οικιστικής συγκέντρωσης και περιοχές περιβαλλοντικού και αρχαιολογικού ενδιαφέροντος.
- Χαρακτηρίζεται από υψηλό υψόμετρο
- Εντάσσεται σε περιοχές αιολικής προτεραιότητας μεγάλου ποσοστού ελεύθερης κάλυψης
- Δεν χωροθετείται πλησίον υφισταμένου ή υπό εγκατάσταση αιολικού πάρκου.

Όσον αφορά την οικονομική αξιολόγηση της επένδυσης :

- Κόστος κατασκευής τυπικού αιολικού πάρκου ίσο με 1.350€/kW για το ηπειρωτικό σύστημα.
- Ετήσια έξοδα λειτουργίας και συντήρησης που αντιστοιχούν στο 3,6% του συνολικού κόστους κατασκευής του αιολικού πάρκου.
- Η τιμή πώλησης της αιολικής ενέργειας σε χερσαίες εγκαταστάσεις στο διασυνδεδεμένο σύστημα μεγαλύτερες από 50kW ορίζεται στα 87,85€/MWh.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, για τους σκοπούς της παρούσας έκθεσης, το κόστος κατασκευής ενός τυπικού αιολικού πάρκου λαμβάνεται ίσο με:

- 1.350 €/kW, για το ηπειρωτικό σύστημα και τα διασυνδεδεμένα νησιά, με τυπική εγκατεστημένη ισχύ τα 30MW,
- 1.550 €/kW, για τα μη διασυνδεδεμένα νησιά, με τυπική εγκατεστημένη ισχύ τα 10MW

Αντίστοιχα, τα ετήσια έξοδα λειτουργίας και συντήρησης (σταθερά και μεταβλητά) των αιολικών πάρκων ανηγμένα σε μονάδα κόστους του έργου ανά έτος, παρουσιάζουν διαφοροποιήσεις. Εδώ λαμβάνονται ότι αντιστοιχούν στο 3,6% και στο 4% του συνολικού κόστους κατασκευής του αιολικού πάρκου για το ηπειρωτικό σύστημα και τα μη διασυνδεδεμένα νησιά αντίστοιχα.

3.3.7.6 Δημιουργία μικρού Γεωθερμικού Σταθμού παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας 2MW

Η γεωθερμική ενέργεια είναι μία από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, η οποία προέρχεται από το εσωτερικό της γης και εμπεριέχεται σε φυσικούς επιφανειακούς ή υπόγειους ατμούς, με ή χωρίς αέρια, σε θερμά νερά ή σε μίγματα των παραπάνω, καθώς και σε θερμά-ξηρά πετρώματα. Πιο συγκεκριμένα γεωθερμία ή γεωθερμική ενέργεια ονομάζουμε την φυσική θερμική ενέργεια του μάγματος του πυρήνα της γης που διαρρέει από το θερμό εσωτερικό του πλανήτη προς την επιφάνεια, είτε μέσω ηφαιστειακών εκροών, είτε μέσω ρηγμάτων του υπεδάφους που αναβλύζουν ατμούς και θερμό νερό.

Παρά το πλούσιο γεωθερμικό δυναμικό, η χρήση γεωθερμικών πηγών για σκοπούς ηλεκτροπαραγωγής είναι αμελητέα στην Ελλάδα. Οι ελάχιστες εφαρμογές της γεωθερμίας περιορίζονται στη χρήση ζεστού νερού. Η χρήση ζεστού νερού μέχρι 90oC, γίνεται κυρίως σε αγροτικές εφαρμογές (θερμοκήπια, υδατοκαλλιέργειες, ξηραντήρια κλπ.) ή για λουτροθεραπευτικό τουρισμό.

Στην Ελλάδα, γεωθερμία κατάλληλη για ηλεκτροπαραγωγή βρίσκεται σε προσιτά βάθη στα νησιά του ηφαιστειακού τόξου του Αιγαίου: Μήλος- Κίμωλος, Σαντορίνη, Νίσυρος, αλλά και στη Λέσβο, τη Χίο, τη Σαμοθράκη, την Αλεξανδρούπολη και αλλού. Τα νησιά Μήλος- Κίμωλος, Σαντορίνη και Νίσυρος αντιστοιχούν σε περιοχές γεωλογικά πρόσφατης ηφαιστειακής δράσης και περιλαμβάνουν γεωθερμικά πεδία ψηλής ενθαλπίας με θερμοκρασίες 120-350°C με συνολικό γεωθερμικό δυναμικό τουλάχιστον 300 MW, το οποίο όμως μέχρι σήμερα παραμένει παντελώς

ανεκμετάλλευτο. Στις υπόλοιπες περιοχές απαντώνται γεωθερμικά πεδία χαμηλής-μέσης ενθαλπίας με θερμοκρασίες 90-120°C και δυναμικό ηλεκτροπαραγωγής της τάξεως των 20-30 MW.

Προτείνεται λοιπόν σε περίπτωση που στα όρια του δήμου υπάρχει εκμεταλλεύσιμο γεωθερμικό δυναμικό, η εγκατάσταση σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Με δεδομένο ότι η ισχύς του είναι συνάρτηση και του όποιου δυναμικού, για τις ανάγκες της συγκεκριμένης εργασίας προβλέπουμε, για τους δήμους που θα το επιλέξουν, εγκατάσταση γεωθερμικού σταθμού ισχύος 2 MW.

Το κόστος εγκατάστασης ενός σταθμού ηλεκτροπαραγωγής από γεωθερμική ενέργεια έχει μεγάλο εύρος και εξαρτάται από παράγοντες όπως η τεχνολογία του σταθμού παραγωγής, ο αριθμός και το βάθος των γεωτρήσεων, η θερμοκρασία και η παροχή του γεωθερμικού ρευστού. Το εύρος αυτό κυμαίνεται μεταξύ 1.550-3.100€/kW για εγκαταστάσεις διαχωρισμού ατμού (flashsteam) και 2.000-4.000€/kW για εγκαταστάσεις δυαδικού κύκλου (binary cycle).

Για τα ελληνικά δεδομένα (γεωθερμικά πεδία μέτριας θερμοκρασίας <180 °C σε σχετικά μικρά βάθη) η τεχνολογία δυαδικού κύκλου είναι περισσότερο κατάλληλη. Η τεχνολογία των Εξελιγμένων Γεωθερμικών Συστημάτων (Enhanced Geothermal Systems) δεν αναλύεται περαιτέρω καθώς δεν υπάρχει σχεδιασμός για εγκατάσταση τέτοιων συστημάτων στην Ελλάδα στο εγγύς μέλλον.

Η παραγωγή ηλεκτρισμού από μονάδες δυαδικού κύκλου είναι εφικτή από σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες (έως και 75°C) ωστόσο πρακτικά χρησιμοποιούνται πεδία με θερμοκρασίες μεγαλύτερες ή ίσες των 90°C. Για χαμηλές θερμοκρασίες το κόστος κατασκευής των μονάδων είναι αρκετά αυξημένο κυρίως εξαιτίας των απαιτήσεων για μεγάλου μεγέθους εναλλάκτες θερμότητας.

Για τις ανάγκες και πάλι της εργασίας αυτής, θεωρείται μέσο κόστος 2.300€/kW.

Η τιμή πώλησης της ενέργειας για εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από γεωθερμία είναι 87,85€/MWh.

3.3.8. Τοπικά παραγόμενη ψύξη-θέρμανση

3.3.8.1 Κατασκευή Σταθμού Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας (ΣΗΘ) και Ανάπτυξη Δικτύου Τηλεθέρμανσης

Υπό τον όρο συμπαγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας περιλαμβάνονται όλες οι εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας υψηλής ποιότητας στις οποίες όμως γίνεται και παραγωγή ωφέλιμης θερμότητας από την ίδια πηγή. Με την συμπαγωγή, η ενέργεια που παρέχεται σε ένα θερμικό σταθμό για την παραγωγή ηλεκτρισμού χρησιμοποιείται πιο αποδοτικά για την παραγωγή ηλεκτρισμού και ωφέλιμης θερμότητας. Θεωρείται ως μία μέθοδος παραγωγής ενέργειας ελκυστική, τόσο από περιβαλλοντική, όσο και από οικονομική άποψη.

Οι συμβατικές πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούν ως πηγή ενέργειας τη χημική ενέργεια των υδρογονανθράκων ή την ενέργεια σχάσης κάποιου πυρηνικού καυσίμου εμφανίζουν σημαντικές απώλειες δεδομένου ότι περίπου τα 2/3 της ενέργειας του χρησιμοποιούμενου καυσίμου χάνονται υπό τη μορφή γליαρού ύδατος σε πύργους ψύξης, ποταμούς ή θάλασσες. Συνεπώς, μόνο το 1/3 της ενέργειας του καυσίμου (άνθρακας, πετρέλαιο) μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια.

Η συμπαραγωγή προσφέρει εξοικονόμηση ενέργειας που κυμαίνεται μεταξύ 15 και 40% σε σύγκριση με τη διάθεση ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας από συμβατικούς ηλεκτροπαραγωγικούς σταθμούς και λέβητες αντίστοιχα εφόσον η απόδοση μιας εγκατάστασης τέτοιου τύπου μπορεί να φτάσει ή και να ξεπεράσει το 90%. Επομένως, η μετατροπή του σχεδιασμού και της λειτουργίας ενός σταθμού ηλεκτροπαραγωγής σε σταθμό συμπαραγωγής βελτιώνει τη χρήση της εκλυόμενης ενέργειας του καυσίμου.

Ως πηγή ενέργειας μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιοδήποτε καύσιμο—ορυκτό ή βιομάζα. Σήμερα, προτιμάται το φυσικό αέριο όχι μόνο για οικονομικούς αλλά κυρίως για περιβαλλοντικούς λόγους.

Συνοπτικά, κάποια πλεονεκτήματα της συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας και τα οφέλη όσον αφορά στην Εθνική Οικονομία παρουσιάζονται παρακάτω:

- Αυξημένη απόδοση της μετατροπής και χρήσης της ενέργειας. Η συμπαραγωγή είναι η πλέον αποτελεσματική και αποδοτική μορφή ηλεκτροπαραγωγής αλλά και παραγωγής θερμότητας.
- Μικρότερες εκπομπές προς το περιβάλλον. Επιτυγχάνεται μείωση του εκπεμπόμενου CO₂, του σημαντικότερου αερίου στο οποίο οφείλεται το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Η συμπαραγωγή είναι μία από τις καλύτερες λύσεις για την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων της Ευρωπαϊκής Ένωσης.
- Σημαντική εξοικονόμηση οικονομικών πόρων και παροχή πρόσθετης ανταγωνιστικότητας στη βιομηχανία, καθώς η ηλεκτρική ενέργεια και η θερμότητα παρέχονται σε προσιτές τιμές.
- Αυξημένη απασχόληση, αφού συνάγεται ότι η ανάπτυξη των συστημάτων συμπαραγωγής δημιουργεί νέες θέσεις εργασίας.

Η εγκατάσταση του συστήματος συμπαραγωγής για τηλεθέρμανση, απαιτεί ένα σημαντικό αρχικό κεφάλαιο επένδυσης, συνήθως με μία μακρά περίοδο αποπληρωμής. Αυτό καθιστά την κερδοφορία των συστημάτων τηλεθέρμανσης ευάλωτη στο κόστος του κεφαλαίου. Το πόσο κερδοφόρο θα είναι το σύστημα της τηλεθέρμανσης εξαρτάται από τα κόστη των ανταγωνιστικών πηγών ενέργειας και τα λειτουργικά κόστη του συστήματος. Τα λειτουργικά κόστη μπορεί να αποτελούν σημαντικό ποσοστό του συνολικού κόστους του συστήματος ωστόσο μπορούν να μειωθούν σημαντικά με τη συμπαραγωγή. Η δημιουργία δικτύου τηλεθέρμανσης είναι λιγότερο ελκυστική για περιοχές με χαμηλή πληθυσμιακή πυκνότητα, διότι η επένδυση ανά νοικοκυριό είναι αρκετά υψηλή. Ακόμα, τα κόστη επέκτασης (για την πρόσθεση νέων χρηστών σε περιοχές υψηλής πυκνότητας) είναι σχετικά χαμηλά εφόσον το σύστημα έχει ήδη κατασκευαστεί, αλλά μόνο όταν το σύστημα λειτουργεί στη μέγιστη απόδοση.

Πιο συγκεκριμένα το κόστος εγκατάστασης μονάδας συμπαραγωγής ανέρχονταν περίπου στα 1.540€/kW το 2008, ενώ το κόστος της ανάπτυξης του δικτύου τηλεθέρμανσης εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως η μορφολογία του εδάφους, ο πληθυσμός και τα χαρακτηριστικά δόμησης ενός δήμου, και γενικά μπορεί να εκτιμηθεί περίπου στα 7€/MWh για επέκταση ήδη υπαρχόντων δικτύων και στα 19€/MWh για δημιουργία νέου δικτύου (Eikmeier et al., 2006).

3.4 Δημιουργία σεναρίων

Η εφαρμογή του συνόλου των δράσεων που επιλέχθηκαν, αφενός δεν είναι εφικτή σε οικονομικό και οργανωτικό επίπεδο, αφετέρου δεν ενδείκνυται, καθώς κάθε δήμος έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά, όσον αφορά τον πληθυσμό, τη δόμηση των κατοικιών, την διάρθρωση της κατανάλωσης ενέργειας κτλ.. Για αυτό το λόγο είναι απαραίτητη η κατασκευή πολλών διαφορετικών σεναρίων, όπου τα ποσοστά εφαρμογής των δράσεων θα ποικίλλουν, ώστε να προσεγγιστούν όσο είναι δυνατόν οι πραγματικές ανάγκες κάθε δήμου.

Στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής αποφασίστηκε η δημιουργία είκοσι διαφορετικών σεναρίων. Οι διαφορές ανάμεσα στα σενάρια έγκεινται στο γεγονός ότι, κατά την κατασκευή τους, δόθηκε βαρύτητα σε δράσεις που αφορούν διαφορετικούς τομείς ενεργειακής κατανάλωσης. Πρέπει να σημειωθεί ότι το γεγονός ότι δόθηκε βαρύτητα σε κάποιον τομέα, στην κατασκευή ενός σεναρίου, δεν σημαίνει ότι οι δράσεις που αφορούν άλλους τομείς ενεργειακής κατανάλωσης δεν εφαρμόζονται καθόλου στα πλαίσια του συγκεκριμένου σεναρίου. Να σημειωθεί επίσης ότι οι συντελεστές βαρύτητας είναι ενδεικτικοί και έχουν να κάνουν με το βαθμό που δόθηκε βαρύτητα σε έναν τομέα σε σχέση με τους υπολοίπους και δεν αναφέρονται στο ποσοστό εφαρμογής των διαφόρων δράσεων που περιλαμβάνει κάθε τομέα.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η επιλογή που έγινε για κάθε σενάριο, σε ότι αφορά τους τομείς βαρύτητας.

Πίνακας 3.4: Τομείς βαρύτητας ανά σενάριο

A/A	Γεωργία	Δημοτικά κτίρια	Οικιακός Τομέας	Τριτογενής Τομέας	Δημοτικός Φωτισμός	Μεταφορές	Τοπική ΠΗΕ	Τοπ. Παραγόμενη Ψ-Θ
1	20%	40%	15%	10%	30%	5%	5%	0%
2	20%	15%	35%	10%	5%	10%	5%	0%
3	20%	10%	15%	30%	5%	5%	0%	0%
4	20%	10%	10%	5%	10%	25%	0%	0%
5	17%	15%	10%	10%	15%	5%	15%	0%
6	5%	40%	45%	10%	20%	10%	10%	0%
7	5%	35%	10%	30%	5%	5%	5%	0%
8	5%	40%	15%	10%	5%	30%	5%	0%
9	5%	40%	10%	10%	25%	5%	25%	0%
10	0%	15%	35%	30%	10%	0%	0%	0%
11	0%	10%	40%	10%	5%	25%	0%	0%
12	0%	5%	35%	0%	20%	0%	15%	100%
13	0%	15%	15%	25%	10%	30%	5%	100%
14	0%	10%	10%	30%	10%	5%	25%	100%
15	5%	15%	10%	10%	5%	25%	25%	0%
16	20%	45%	30%	10%	25%	0%	0%	0%
17	0%	10%	30%	25%	10%	20%	0%	0%
18	10%	15%	10%	10%	25%	0%	20%	0%
19	0%	25%	10%	10%	25%	30%	20%	100%
20	10%	5%	25%	25%	5%	5%	5%	0%

Πρέπει να σημειωθεί ότι στο Σενάριο 19 παράλληλα με την επιλογή που φαίνεται στον πίνακα, δόθηκε βαρύτητα σε δράσεις το κόστος των οποίων αναλαμβάνει ο δήμος, ενώ στο Σενάριο 20 σε αυτές των οποίων το κόστος αναλαμβάνουν ιδιώτες.

3.5 Προσδιορισμός, περιγραφή και κατασκευή των κριτηρίων αξιολόγησης

3.5.1 Προσδιορισμός και περιγραφή κριτηρίων αξιολόγησης

Προκειμένου να ποσοτικοποιηθεί και να συγκριθεί η επίπτωση των διαφόρων σεναρίων δράσεων σε οικονομικό, περιβαλλοντικό και κοινωνικό επίπεδο, αποφασίστηκε η χρησιμοποίηση των εξής κριτηρίων:

1. Μείωση των εκπομπών

- **Περιγραφή:** Εκφράζει το ποσοστό μείωσης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) που προκύπτει από τη εφαρμογή του σεναρίου.
- **Τύπος κριτηρίου:** Μετρικό (%)

2. Φυσικό περιβάλλον

- **Περιγραφή:** Εκφράζει την αρνητική επίπτωση μιας δράσης στο περιβάλλον και αναφέρεται ιδιαίτερα σε δράσεις που έχουν να κάνουν με την εγκατάσταση μονάδων ΑΠΕ. Πιο συγκεκριμένα, ο εκάστοτε αποφασίζων θα πρέπει λαμβάνει υπόψιν ότι το έργο δε θα πρέπει να αλλοιώνει το οικοσύστημα ή, αν το κάνει, να γίνεται στο ελάχιστο δυνατό. Για παράδειγμα, η κατασκευή ενός φράγματος μπορεί να προκαλέσει μετακινήσεις ή και μείωση του πληθυσμού της πανίδας της περιοχής, όπως για παράδειγμα τα ψάρια που ενδεχομένως να παγιδεύονται κοντά στους ταμιευτήρες. Ένα αιολικό πάρκο, επίσης, μπορεί να απομακρύνει τα πτηνά της περιοχής, ενώ η κατασκευή ενός οποιουδήποτε έργου ΑΠΕ μπορεί να καθιστά αναγκαία την υλοτόμηση κάποιων δέντρων. Οι εκσκαφές, η δημιουργία τούνελ και όλες οι παρόμοιες διαδικασίες κατασκευής αποσταθεροποιούν τη χλωρίδα και την πανίδα. Κάθε ενεργειακό σύστημα απαιτεί κάποια έκταση γης με αποτέλεσμα το τοπίο να επηρεάζεται άμεσα από τη γη που καταλαμβάνεται. Ένα άλλο πρόβλημα που σχετίζεται με την επίπτωση στο φυσικό περιβάλλον είναι η ηχορύπανση. Ένας ανεπιθύμητος ήχος δημιουργούμενος από τις μηχανές στα σημεία παραγωγής ενέργειας, μπορεί να διαταράξει τη δραστηριότητα ή την ισορροπία της ανθρώπινης ή της ζωικής φύσης.
- **Τύπος κριτηρίου:** Ποιοτικό [1-5]. Όσο μεγαλύτερη κρίνεται ότι είναι η επίπτωση στο φυσικό περιβάλλον, τόσο μικρότερη τιμή δίνεται σε αυτό το κριτήριο.

3. Απασχόληση

- **Περιγραφή:** Εκφράζει την επίπτωση μιας δράσης στον τομέα της απασχόλησης στα πλαίσια του δήμου. Τόσο η εφαρμογή δράσεων εξοικονόμησης, όσο και η κατασκευή έργων ΑΠΕ συνδέονται άμεσα και έμμεσα με τη δημιουργία θέσεων

εργασίας στην τοπική κοινωνία. Για παράδειγμα, θέσεις εργασίας δημιουργούνται λόγω του εργατικού δυναμικού που απαιτείται προκειμένου να γίνει η ενεργειακή αναβάθμιση μια κατοικίας ή του πλήθους των εργαζομένων που θα απασχοληθεί για την κατασκευή και τη λειτουργία ενός σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η δημιουργία νέων θέσεων εργασίας στους εν λόγω τομείς, όμως, θα έχει έμμεσες θετικές επιπτώσεις και στο σύνολο της οικονομίας. Σύμφωνα με το μοντέλο REMI₂, το οποίο εφαρμόζεται ευρέως στις ΗΠΑ για αντίστοιχους υπολογισμούς, για κάθε θέση απασχόλησης που δημιουργείται άμεσα στους τομείς της πράσινης οικονομίας, δημιουργούνται εμμέσως και 1,6 επιπλέον θέσεις εργασίας σε ευρύτερους κλάδους της οικονομίας λόγω τόνωσης της κατανάλωσης. Η δημιουργία θέσεων εργασίας είναι ευεργετική για τη βελτίωση της ποιότητας ζωής των πολιτών της τοπικής κοινωνίας.

- **Τύπος κριτηρίου:** Ποιοτικό [1-5]. Όσο μεγαλύτερη κρίνεται ότι είναι η συνβολή στον τομέα της απασχόλησης στην τοπική κοινωνία, τόσο μεγαλύτερη τιμή λαμβάνει αυτό το κριτήριο.

4. Κοινωνικό κόστος

- **Περιγραφή:** Ταυτίζεται με το κόστος επένδυσης της κάθε δράσης ή του σεναρίου συνολικά, σε περίπτωση που αυτό το επωμίζονται οι ιδιώτες, είτε αυτοί είναι γεωργοί, είτε κάτοικοι, είτε απασχολούμενοι στον τριτογενή τομέα του δήμου, είτε κάτοχοι οχημάτων ιδιωτικής χρήσης (I.X), ανάλογα τον τομέα στον οποίον αναφέρεται η όποια δράση.

- **Τύπος κριτηρίου:** Ποσοτικό (ευρώ, €)

5. Κόστος επένδυσης από Δήμο

- **Περιγραφή:** Ταυτίζεται με το κόστος επένδυσης ανά δράση και για το κάθε σενάριο συνολικά, σε περίπτωση που αυτό το αναλαμβάνει ο δήμος ως οργανισμός.
- **Τύπος κριτηρίου:** Ποσοτικό (ευρώ, €)

Πρέπει να σημειωθεί ότι το κόστος της επένδυσης είτε το αναλαμβάνουν ιδιώτες είτε ο δήμος είναι το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο οικονομικό κριτήριο για την αξιολόγηση των ενεργειακών επενδύσεων.

6. Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)

- **Περιγραφή:** Ως Καθαρή Παρούσα Αξία ορίζεται η διαφορά της παρούσας αξίας των ετήσιων εισοδημάτων μείον την παρούσα αξία των ετήσιων εξόδων, συμπεριλαμβανομένων των επενδύσεων. Εφόσον καταστρωθεί ο πίνακας των ταμειακών ροών, η ΚΠΑ υπολογίζεται ως η διαφορά των χρηματικών εισροών

(καθαρών ταμειακών ροών μετά φόρων) μείον το κόστος των επενδύσεων, όπως, δίνεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$ΚΠΑ = \sum_{\tau=1}^{\nu} \frac{ΚΤΡ_{\tau}}{(1 + \varepsilon)^{\tau}} - E_0$$

όπου: ΚΠΑ η Καθαρά Παρούσα Αξία του σχεδίου

ΚΤΡ_τ η Καθαρή Ταμειακή Ροή το έτος τ

E₀ η αρχική επένδυση το χρόνο τ=0

ν η διάρκεια ζωής του επενδυτικού σχεδίου

ε το επιτόκιο προεξόφλησης

Για την Καθαρά Παρούσα Αξία ισχύουν:

- ΚΠΑ > 0, η επένδυση θεωρείται συμφέρουσα
- ΚΠΑ = 0, το οικονομικό αποτέλεσμα της επένδυσης είναι οριακό
- ΚΠΑ < 0, η επένδυση απορρίπτεται

- **Τύπος κριτηρίου:** Ποσοτικό (πραγματικός αριθμός)

Τιμή αυτό το κριτήριο θα λαμβάνει στις δράσεις εκείνες που αναλαμβάνει ο Δήμος.

7. Σταθμισμένο κόστος εξοικονομούμενης ενέργειας (€/MWh)

- **Περιγραφή:** Ορίζεται ως ο λόγος του αρχικού κόστους επένδυσης, κατανεμημένο στη διάρκεια ζωής της, προς την εξοικονομούμενη πρωτογενή ενέργεια που προκύπτει ετησίως. Δηλαδή:

$$\text{Σταθμισμένο κόστος ΕΞΕΝ} = \frac{\text{Αρχικό κόστος επένδυσης σε €} * \text{CRF} + \text{Ετήσιο κόστος συντήρησης}}{\text{Ετήσια εξοικονομούμενη ενέργεια}}$$

$$\text{όπου CRF} = \frac{0,05}{1 + (0,05+1)^{-\text{Διάρκεια Ζωής}}}$$

Όσο πιο μικρό είναι το σταθμισμένο κόστος, τόσο πιο συμφέρουσα είναι η αντίστοιχη επένδυση.

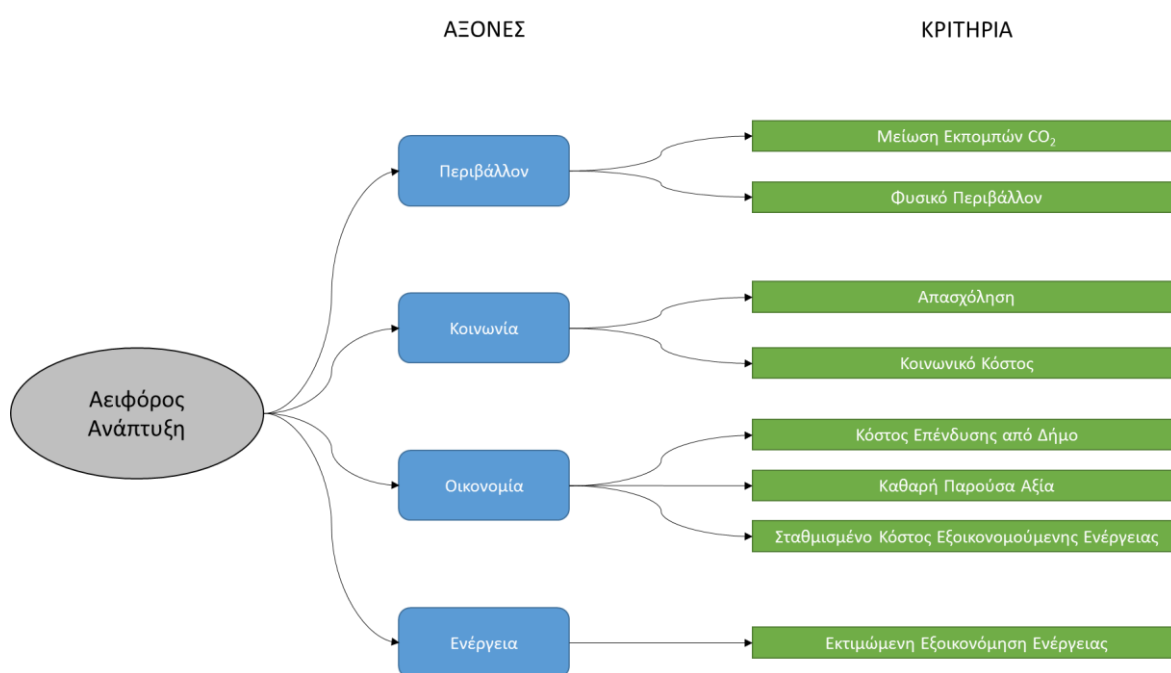
- **Τύπος κριτηρίου:** Ποσοτικό (€/MWh)

Τιμή για αυτό το κριτήριο θα προσδιορίζεται στις δράσεις εκείνες που αναλαμβάνουν οι ιδιώτες σε όποιον τομέα και αν αναφέρονται.

8. Εκτιμώμενη εξοικονομούμενη ενέργεια

- **Περιγραφή:** Εκφράζει την εκτιμώμενη ετήσια εξοικονομούμενη ενέργεια που προκύπτει από την εφαρμογή της δράσης και του σεναρίου συνολικά.
- **Τύπος κριτηρίου:** Ποσοτικό (MWh)

Σχηματικά η διαδικασία προσδιορισμού των αξόνων που πρέπει να ποσοτικοποιηθούν και τελικά των κριτηρίων που επιλέχθηκαν είναι:



Σχήμα 3.2: Διαδικασία προσδιορισμού αξόνων «ενδιαφέροντος» και κριτηρίων που επιλέχθηκαν

3.5.2 Εύρεση αριθμητικών δεδομένων για τα κριτήρια

Ο υπολογισμός των τιμών των κριτηρίων γίνεται με τη χρήση του υπολογιστικού φύλλου Microsoft Excel.

Προκειμένου να γίνουν οι απαραίτητοι υπολογισμοί, απαιτείται, σε πρώτη φάση, η εισαγωγή δεδομένων που αφορούν το δήμο και έχουν να κάνουν, τόσο με μεγέθη κατανάλωσης ενέργειας, όπως αυτά έχουν προσδιοριστεί στα πλαίσια του ΣΔΑΕ, όσο και με άλλα στοιχεία που κρίθηκε ότι απαιτούνται προκειμένου να παραμετροποιηθεί η διαδικασία των υπολογισμών και να είναι εφαρμόσιμη, λαμβάνοντας υπόψιν δεδομένα που διαφοροποιούνται από δήμο σε δήμο. Πιο συγκεκριμένα, η εισαγωγή αυτών των δεδομένων γίνεται στην καρτέλα **ΔΕΔΟΜΕΝΑ** του φύλλου excel, όπως αυτή δημιουργήθηκε προκειμένου να εξυπηρετηθούν οι ανάγκες των υπολογισμών. Βοηθητικά, επίσης, δεδομένα για τη διαδικασία των μετέπειτα υπολογισμών έχουν εισαχθεί στην καρτέλα **ΔΕΙΚΤΕΣ**. Αξίζει να επαναληφθεί ότι στόχος είναι η κατασκευή διαφόρων σεναρίων δράσεων, δίνοντας έμφαση σε διαφορετικούς τομείς κατανάλωσης και παραγωγής ενέργειας σε κάθε σενάριο, και ο υπολογισμός των τιμών των κριτηρίων, που έχουν οριστεί, σε καθένα από αυτά τα σενάρια. Η κατάρτιση των σεναρίων αυτών γίνεται στην καρτέλα **ΣΕΝΑΡΙΑ**.

Ακολούθως περιγράφονται οι καρτέλες του υπολογιστικού φύλλου, με τη βοήθεια εικόνων από το υπολογιστικό φύλλο.

1) Καρτέλα ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Αρχικά, για τη σωστή καθοδήγηση του χρήστη, υπάρχει κατάλληλο μήνυμα στο πάνω μέρος της καρτέλας που προτρέπει το χρήστη να εισάγει δεδομένα στα πεδία με κίτρινο χρώμα, στα πεδία με γαλάζιο χρώμα να μεταβάλλει την τιμή τους μόνο σε περίπτωση που πιθανόν έχει στη διάθεσή του την αντίστοιχη πληροφορία ενώ καλείται να μη μεταβάλλει την τιμή σε όλα τα υπόλοιπα πεδία, καθώς αυτές πλέον προκύπτουν από τη συμπλήρωση των χρωματισμένων πεδίων.

Για διευκόλυνση του χρήστη, η εισαγωγή δεδομένων γίνεται ανά τομέα κατανάλωσης-παραγωγής, όπως αυτοί έχουν αναφερθεί και παραπάνω και όπως ορίζονται στα πλαίσια ενός ΣΔΑΕ. Αρχικά, εισάγονται κάποια γενικά στοιχεία που αφορούν το Δήμο.

ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ		
ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ ΔΗΜΟΥ		
ΕΚΤΑΣΗ ΔΗΜΟΥ		km ²
ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗΣ ΣΤΟΝ ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΤΟΜΕΑ		
ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗΣ ΣΤΟΝ ΤΡΙΤΟΓΕΝΗ ΤΟΜΕΑ		

Σχήμα 3.3: Πεδία εισαγωγής δεδομένων «Γενικά στοιχεία»

ΓΕΩΡΓΙΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ		
ΑΓΡΟΤΙΚΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ ΔΗΜΟΥ		στρέμματα
ΑΓΡΟΤΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ (ΕΛΚΥΣΤΗΡΕΣ)		
ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΗΣ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΤΕΛΙΚΗ ΧΡΗΣΗ		
ΕΛΚΥΣΤΗΡΕΣ		37.00%
ΑΡΔΕΥΣΗ		35.00%
ΞΗΡΑΝΣΗ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ, ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ κτλ.		25.00%
ΛΟΙΠΑ		3.00%

Σχήμα 3.4: Πεδία εισαγωγής δεδομένων «Γεωργία»

Στα πλαίσια του γεωργικού τομέα, απαιτείται η εισαγωγή της ποσοστιαίας κατανομής της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας κατά την τελική χρήση και πιο συγκεκριμένα γίνεται ο διαχωρισμός για κατανάλωση ενέργειας σε ελκυστήρες, σε ανάγκες άρδευσης, σε ξήρανση γεωργικών προϊόντων/θέρμανση εγκαταστάσεων και σε λοιπές καταναλώσεις. Να σημειωθεί ότι έχει εισαχθεί, με βάση βιβλιογραφική αναζήτηση, μια τυπική τέτοια κατανομή, αλλά δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη, σε περίπτωση που έχει στη διάθεσή του κατάλληλα δεδομένα, να την τροποποιήσει κατά το δοκούν. Εξ ου και ο γαλάζιος χρωματισμός στο συγκεκριμένο πεδίο.

ΔΗΜΟΤΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ		
ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΗΜΟΤΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ		
ΑΡΙΘΜΟΣ ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΩΝ, ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ, ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ, ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΘΑΡΙΣΜΩΝ		
ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ		
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΙ, ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΥΔΡΕΥΣΗΣ κλπ.		MWh
ΤΥΠΙΚΟΣ ΧΩΡΟΣ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ		
ΕΜΒΑΔΟΝ ΚΑΤΟΨΗΣ		200 m ²
ΟΡΟΦΟΙ		2
ΑΝΑΛΟΓΙΑ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ		2/3
ΥΨΟΣ ΟΡΟΦΟΥ		3 m
ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ		20%
ΕΜΒΑΔΟΝ ΠΛΕΥΡΙΚΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ		122.5 m ²
ΕΜΒΑΔΟΝ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ		98.0 m ²
ΕΜΒΑΔΟΝ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ		24.5 m ²

Σχήμα 3.5: Πεδία εισαγωγής δεδομένων «Δημοτικά κτίρια»

Στα πλαίσια αυτού του τομέα των δημοτικών κτιρίων και εγκαταστάσεων, απαιτούνται κάποια στοιχεία σχετικά με τη γεωμετρία ενός τυπικού δημοτικού κτιρίου. Πιο συγκεκριμένα ζητείται το εμβαδόν κάτοψης, ο αριθμός των ορόφων, η αναλογία των διαστάσεων πλάτους και μήκους, το ύψος ορόφου και το ποσοστό των ανοιγμάτων επί του συνόλου των πλευρικών επιφανειών. Με βάση αυτά τα δεδομένα υπολογίζονται το

εμβαδόν τοιχοποιίας και το εμβαδόν των ανοιγμάτων. Όπως και προηγουμένως, έχουν εισαχθεί κάποια ενδεικτικά δεδομένα, αλλά δίνεται και εδώ στο χρήστη η δυνατότητα τροποποίησης.

ΟΙΚΙΑΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ		
ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΑ ΜΕΤΡΑ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ ΔΗΜΟΥ		m ²
ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ ΔΗΜΟΥ		
ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΩΝ ΔΗΜΟΥ		
ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΕΣ_m2		m ²
ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΟΛΥΚΑΤΟΙΚΙΩΝ ΔΗΜΟΥ		
ΠΟΛΥΚΑΤΟΙΚΙΕΣ_m2		m ²
ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ ΜΕ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ		
ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ ΜΕ ΑΛΛΟΥ ΕΙΔΟΥΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ		
ΤΥΠΙΚΟΣ ΧΩΡΟΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΔΗΜΟΥ		
ΕΜΒΑΔΟΝ ΚΑΤΟΨΗΣ	100	m ²
ΟΡΟΦΟΙ	1	
ΥΨΟΣ ΟΡΟΦΟΥ	3	m
ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ	20%	
ΜΗΚΟΣ ΠΛΕΥΡΑΣ Α	13.1	m
ΜΗΚΟΣ ΠΛΕΥΡΑΣ Β	9.1	m
ΕΜΒΑΔΟΝ ΠΛΕΥΡΙΚΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	66.6	m ²
ΕΜΒΑΔΟΝ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ	53.28	m ²
ΕΜΒΑΔΟΝ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ	13.32	m ²

Σχήμα 3.6: Πεδία εισαγωγής δεδομένων «οικιακός τομέας»

ΤΡΙΤΟΓΕΝΗΣ ΤΟΜΕΑΣ		
ΠΛΗΘΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ΤΩΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ ΤΟΥ ΤΡΙΤΟΓΕΝΟΥΣ ΤΟΜΕΑ		
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΜΒΑΔΟΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΤΟΥ ΤΡΙΤΟΓΕΝΟΥΣ ΤΟΜΕΑ		m ²
ΤΥΠΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ ΤΡΙΤΟΓΕΝΟΥΣ ΤΟΜΕΑ		
ΕΜΒΑΔΟΝ ΚΑΤΟΨΗΣ	150	m ²
ΟΡΟΦΟΙ	1	
ΑΝΑΛΟΠΙΑ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ	2/3	
ΥΨΟΣ ΟΡΟΦΟΥ	3	m
ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ	20%	
ΕΜΒΑΔΟΝ ΠΛΕΥΡΙΚΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	75.0	m ²
ΕΜΒΑΔΟΝ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ	60.0	m ²
ΕΜΒΑΔΟΝ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ	15.0	m ²

Σχήμα 3.7: Πεδία εισαγωγής δεδομένων «τριτογενής τομέας»

ΔΗΜΟΤΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ		
ΠΛΗΘΟΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ		

Σχήμα 3.8: Πεδία εισαγωγής δεδομένων «δημοτικός φωτισμός»

ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ	
ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΠΙΒΑΤΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ Ι.Χ.	
ΑΡΙΘΜΟΣ ΛΕΩΦΟΡΕΙΩΝ	
ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΟΤΟΣΥΚΛΕΤΩΝ	
ΑΡΙΘΜΟΣ ΦΟΡΤΗΓΩΝ	
ΦΟΡΤΗΓΑ ΚΑΙ ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΧΡΗΣΕΩΣ	
ΕΠΙΒΑΤΙΚΑ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΧΡΗΣΕΩΣ	

Σχήμα 3.9: Πεδία εισαγωγής δεδομένων «μεταφορές»

ΤΟΠΙΚΑ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ		
ΗΛΙΑΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΔΗΜΟΥ		(kWh/m ² /έτος)
ΑΙΟΛΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΔΗΜΟΥ(Μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου)		(m/s)
Συμπληρώστε "ΝΑΙ" εάν ρέει ποταμός μέσα στα όρια του Δήμου		
Συμπληρώστε "ΝΑΙ" εάν η περιοχή διαθέτει γεωθερμικό δυναμικό		

Σχήμα 3.10: Πεδία εισαγωγής δεδομένων «Τοπικά παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια»

Προκειμένου να μπορούν να πραγματοποιηθούν οι απαραίτητοι υπολογισμοί σχετικά με τον τομέα της τοπικής ηλεκτροπαραγωγής, ζητείται από το χρήστη να εισάγει δεδομένα που αφορούν το ηλιακό/αιολικό δυναμικό της περιοχής του δήμου του, πληροφορία για τη διέλευση ποταμού εντός των ορίων του δήμου, ο οποίος θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί πιθανώς για την κατασκευή μικρού υδροηλεκτρικού σταθμού, και πληροφορία για την ύπαρξη γεωθερμικού δυναμικού εντός των ορίων του δήμου.

Το πιο σημαντικό δεδομένο που εισάγεται στην καρτέλα ΔΕΔΟΜΕΝΑ θα μπορούσε να θεωρηθεί το ισοζύγιο ενέργειας του δήμου, όπως αυτό έχει καταρτιστεί στα πλαίσια του ΣΔΑΕ και απαιτείται απλά η εισαγωγή των δεδομένων στο υπολογιστικό φύλλο. Σε αυτό παρουσιάζονται οι καταναλώσεις ενέργειας στα πλαίσια του δήμου ανά καύσιμο (ηλεκτρική ενέργεια, πετρέλαιο κίνησης και θέρμανσης, φυσικό αέριο κ.α.) και ανά τομέα κατανάλωσης, όπως αυτοί ορίζονται στα πλαίσια των ΣΔΑΕ (δημοτικά κτίρια/εξοπλισμός/εγκαταστάσεις, οικιακός, μεταφορές κ.α.). Στο ισοζύγιο ενέργειας παρουσιάζεται, επίσης, η τυχούσα παραγωγή ενέργειας στα όρια του δήμου, όπως μπορεί να είναι για παράδειγμα η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φ/β ή η παραγωγή θερμικής ενέργειας από εγκαταστάσεις τηλεθέρμανσης, που βρίσκονται στα όρια του δήμου, ή οποιαδήποτε άλλης μορφής ενέργεια που παράγεται εντός των ορίων του.

Για τον υπολογισμό της τιμής κριτηρίων σχετικών με την οικονομική αξιολόγηση των δράσεων, εισάγονται στο τέλος της καρτέλας ΔΕΔΟΜΕΝΑ δεδομένα τιμών ενέργειας.

		Τιμή Ηλεκτρικού Ρεύματος (€/MWh)	
Γεωργία		70	
Δήμος		100	
Οικιακός Τομέας		140	
Τριτογενής Τομέας		150	
		€/lt	€/MWh
ΤΙΜΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΚΙΝΗΣΗΣ		1,38	138
ΤΙΜΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΚΙΝΗΣΗΣ ΓΙΑ ΑΓΡΟΤΕΣ		1,1	110
ΤΙΜΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ		1,3	130
ΤΙΜΗ ΒΕΝΖΙΝΗΣ		1,8	195,7

Σχήμα 3.11: Πεδία εισαγωγής δεδομένων «τιμών ενέργειας»

II) Καρτέλα ΔΕΙΚΤΕΣ

Στην καρτέλα ΔΕΙΚΤΕΣ εισάγονται βοηθητικά δεδομένα για τους μετέπειτα υπολογισμούς, καθώς η πιθανότητα εισαγωγής τους από το χρήστη, παρόλο που υπάρχει, κρίνεται ότι είναι πολύ μικρή ώστε να εισαχθούν στην αρχική καρτέλα ΔΕΔΟΜΕΝΑ. Πιο συγκεκριμένα, τα στοιχεία που παρατίθενται είναι η ποσοστιαία κατανομή της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας κατά την τελική χρήση ανά χρήση σε ό,τι έχει να κάνει με τα νοικοκυριά, τον τριτογενή τομέα αλλά και τα δημοτικά κτίρια.

Πίνακας 3.5: Ποσοστιαία κατανομή συνολικής κατανάλωσης ενέργειας κατά την τελική χρήση σε νοικοκυριά

Ποσοστιαία κατανομή της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας κατά την τελική χρήση στα νοικοκυριά	
είδος	ποσοστό
Θέρμανση χώρων	63,70%
Ζεστό νερό χρήσης	5,70%
Ψύξη χώρων	1,40%
Μαγείρεμα	17,30%
Φωτισμός	1,70%
Συσκευές	10,20%

Πίνακας 3.6: Ποσοστιαία κατανομή συνολικής κατανάλωσης ενέργειας κατά την τελική χρήση σε δημοτικά κτίρια

Ποσοστιαία κατανομή της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας κατά την τελική χρήση στα δημοτικά κτίρια	
Θέρμανση χώρων	51,74%
Ψύξη χώρων	15,00%
Φωτισμός	25,28%
Ζεστό νερό χρήσης	6,91%
Άλλα	1,08%

Πίνακας 3.7: Ποσοστιαία κατανομή συνολικής κατανάλωσης ενέργειας κατά την τελική χρήση σε κτίρια του τριτογενούς τομέα

Ποσοστιαία κατανομή της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας κατά την τελική χρήση στον τριτογενή τομέα	
Θέρμανση χώρων	23,00%
Ψύξη χώρων	20,00%
Ζεστό νερό χρήσης	8,00%
Φωτισμός	19,00%
Λοιπές Ηλεκτρικές	30,00%

Στη συγκεκριμένη καρτέλα εισάγονται, επίσης, οι πρότυποι κατά IPCC συντελεστές εκπομπής CO₂ ανά είδος ενέργειας-καύσιμο.

	Ηλεκτρική ενέργεια	Θέρμανση/Ψύξη	Ορυκτά καύσιμα		
			Πετρέλαιο θέρμανσης	Πετρέλαιο ντίζελ	Βενζίνη
Αντίστοιχοι συντελεστές εκπομπών CO ₂ σε [t/MWh]	1,143	0,449	0,267	0,259	0,249
		Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας			
Φυσικό αέριο	Υγραέριο -LPG	Ing	Άλλα ορυκτά	Άλλο είδος βιομάζας	Ηλιοθερμική
0,202	0,216	0,231	0,346	-	-

Σχήμα 3.12: Πρότυποι κατά IPCC συντελεστές εκπομπής CO₂ ανά είδος ενέργειας-καύσιμο

Με τη χρήση αυτών, υπολογίζονται, στην ίδια πάντα καρτέλα, και οι αντίστοιχες εκπομπές ανά τομέα και καύσιμο, βάσει και του ισοζυγίου ενέργειας που έχει εισαχθεί στην καρτέλα ΔΕΔΟΜΕΝΑ.

III) Καρτέλα ΣΕΝΑΡΙΑ

Πρόκειται για καρτέλα που δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να συνθέτει σενάρια δράσεων, ορίζοντας ουσιαστικά το ποσοστό εφαρμογής οποιασδήποτε δράσης στα πλαίσια του κάθε σεναρίου. Ο χρήστης επιλέγει, λοιπόν, μέσα από το σύνολο των πιθανών δράσεων, ποιες και σε ποιο βαθμό θα εφαρμοστούν. Σημειώνεται ότι η μη εφαρμογή μιας δράσης ισοδυναμεί με μηδενικό βαθμό εφαρμογής της.

Εκτός από τον ορισμό του ποσοστού εφαρμογής μίας δράσης, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να τροποποιήσει κάποιες παραμέτρους τους, όπως ο δείκτης εξοικονόμησης που τη χαρακτηρίζει, η διάρκεια ζωής της και το ανά μονάδα κόστος εφαρμογής της.

ΔΡΑΣΕΙΣ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ (έτη)	ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΑ ΜΟΝΑΔΑ (€)	Σ1	Σ2	Σ3	Σ4	Σ5	Σ6	Σ7	Σ8	Σ9	Σ10

Οι στήλες των σεναρίων (Σ1,Σ2 κτλ.) έχουν προκατασκευαστεί, ώστε να διευκολύνουν το χρήστη στο «χτίσιμο» ενός σεναρίου, έχοντας μια συγκεντρωτική εικόνα των επιλογών του και, άρα, καλύτερο έλεγχο επί της διαφορετικότητάς των σεναρίων, προκειμένου να εξυπηρετηθεί και ο σκοπός της όλης διαδικασίας. Αυτό είναι και το μοναδικό σημείο που ο χρήστης καλείται να αποφασίσει για κάτι, με δεδομένο ότι μέχρι τώρα ο ρόλος του ήταν να εισάγει δεδομένα στο υπολογιστικό φύλλο.

Οι τρεις αυτές πρώτες καρτέλες του υπολογιστικού φύλλου αφορούν στη διαδικασία εισόδου δεδομένων στο υπολογιστικό φύλλο, ενώ οι επόμενες στη διαδικασία υπολογισμού των τιμών των κριτηρίων.

IV) Καρτέλα ΣΕΝΑΡΙΟ Χ

Για κάθε ένα από τα σενάρια που δημιουργήθηκε στην καρτέλα ΣΕΝΑΡΙΟ Χ έχει κατασκευαστεί μία ξεχωριστή καρτέλα, ώστε να υπολογιστούν οι τιμές που παίρνουν τα κριτήρια ανά σενάριο. Ο μέγιστος αριθμός σεναρίων που μπορούν να δημιουργηθούν έχει καθοριστεί στα 20.

Ακολουθεί η περιγραφή της διαδικασίας των υπολογισμών σε μια τυχία καρτέλα. Για την καλύτερη κατανόηση της λειτουργίας της, η περιγραφή της θα γίνει ανά στήλη.

Στήλη C

Αναφορά δράσης

Στήλη D

Δείκτης εξοικονόμησης της δράσης.

Στήλη E

Ποσοστό εφαρμογής της δράσης.

Στήλη F - Κριτήριο 1 (Μείωση Εκπομπών)

Το αποτέλεσμα της πράξης

$$\frac{P_i}{O_i} * 100 \%$$

όπου

- P στήλη της καρτέλας που περιέχει την εκτιμώμενη μείωση εκπομπών σε tn CO₂/έτος της δράσης i.
- O στήλη της καρτέλας που περιέχει τους τωρινούς εκπεμπόμενους ρύπους σε tn CO₂/έτος της δράσης i.

Στήλη G - Κριτήριο 2 (Φυσικό περιβάλλον)

Το κριτήριο αυτό, όπως προαναφέρθηκε, παίρνει τιμές στον τομέα της τοπικής ηλεκτροπαραγωγής και έχει να κάνει με δράσεις που αφορούν έργα ΑΠΕ.

Στήλη Η - Κριτήριο 3 (Απασχόληση)

Εισαγωγή συνάρτησης υπολογισμού αυτής της τιμής βάσει θεώρησης ανάλογα τη δράση.

Στήλη Ι - Κριτήριο 4 (Κοινωνικό Κόστος)

Για τις δράσεις των οποίων το κόστος επωμίζονται ιδιώτες και δε βαραίνει το δήμο, το κοινωνικό κόστος μίας δράσης ισούται με το επενδυτικό κόστος της.

Στήλη J - Κριτήριο 5 (Κόστος Επένδυσης από Δήμο)

Για τις δράσεις των οποίων το κόστος επωμίζεται ο δήμος, περινέται απευθείας η τιμή της στήλης Q που αναφέρεται στο επενδυτικό κόστος της δράσης.

Στήλη K - Κριτήριο 6 (ΚΠΑ)

Η ΚΠΑ της επένδυσης αναφέρεται σε δράσεις των οποίων το κόστος αναλαμβάνουν οι Δήμοι, και όχι οι ιδιώτες. Ο υπολογισμός της καθαρής παρούσας αξίας της επένδυσης γίνεται χρησιμοποιώντας τον βοηθητικό πίνακα που έχει εισαχθεί στην καρτέλα ΔΕΙΚΤΕΣ, ώστε ανάλογα με τη διάρκεια ζωής της επένδυσης, να επιλέγεται η αντίστοιχη αθροιστική τιμή της παράστασης $(1+\alpha)^{-i}$, θεωρώντας σταθερή χρηματοροή για αυτά τα έτη ίση με το γινόμενο της εξοικονομούμενης ενέργειας (MWh/έτος) επί την τιμή της μεγαβατώρας, όπως αυτή έχει οριστεί ανά καύσιμο στην καρτέλα ΔΕΔΟΜΕΝΑ.

Στήλη L - Κριτήριο 7 (Σταθμισμένο Κόστος Εξοικονομούμενης Ενέργειας)

Αντίθετα με τον προηγούμενο δείκτη, το σταθμισμένο κόστος ΕΞΕΝ υπολογίζεται για τις επενδύσεις που πραγματοποιούν οι ιδιώτες.

Στήλη M - Κριτήριο 8 (Ετήσια Εκτιμώμενη Εξοικονόμηση)

Ο υπολογισμός της εκτιμώμενης εξοικονόμησης ενέργειας ανά έτος γίνεται πολλαπλασιάζοντας το δείκτη εξοικονόμησης που χαρακτηρίζει τη δράση με το ποσοστό εφαρμογής της και με του σύνολο της ενέργειας στην οποία αναφέρεται ο δείκτης εξοικονόμησης.

Στήλη N - Συνολική κατανάλωση ενέργειας ανά έτος πριν την εφαρμογή της δράσης

Στη στήλη αυτή εισάγεται το σύνολο ενέργειας στο οποίο αναφέρεται μία δράση και επί του οποίου εφαρμόζεται η εξοικονόμηση - η ενέργεια αναφοράς της δράσης. Για παράδειγμα, για τη δράση που αναφέρεται στην αντικατάσταση των γεωργικών ελκυστήρων, η ενέργεια αναφοράς προκύπτει πολλαπλασιάζοντας το σύνολο της κατανάλωσης ενέργειας που αναφέρεται στο γεωργικό τομέα επί το ποσοστό αυτής, με βάση την κατανομή που έχει εισαχθεί στην καρτέλα ΔΕΔΟΜΕΝΑ και αφορά την κατανάλωση που οφείλεται στη χρήση των ελκυστήρων. Η στήλη αυτή συμπληρώνεται με βάση τα δεδομένα του ισοζυγίου ενέργειας και τυχούσες κατανομές ενέργειας, αλλά και σύμφωνα με θεωρήσεις, όπου κρίθηκε σκόπιμο, προκειμένου να προσεγγιστεί με μεγαλύτερη ακρίβεια το ζητούμενο σύνολο ενέργειας.

Στήλη O - Εκπεμπόμενοι ρύποι σε tn CO₂/έτος

Υπολογίζονται οι εκπεμπόμενοι ρύποι που αντιστοιχούν στην ενέργεια αναφοράς της δράσης. Ο υπολογισμός, γίνεται με χρήση του αντίστοιχου συντελεστή εκπομπών και υλοποιείται πολλαπλασιάζοντας την συνολική κατανάλωση ενέργειας ανά έτος, πριν την εφαρμογή της δράσης, με την τιμή αυτού του συντελεστή. Για παράδειγμα, η δράση της αντικατάστασης των λαμπτήρων αναφέρεται σε εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας και, επομένως, για τον υπολογισμό των ρύπων που την αφορούν, γίνεται χρήση του συντελεστή εκπομπών ηλεκτρικής ενέργειας. Η δράση αντικατάστασης του συστήματος λέβητα-καυστήρα, από την άλλη, αναφέρεται σε εξοικονόμηση πετρελαίου θέρμανσης, ο συντελεστής εκπομπών του οποίου χρησιμοποιείται κατ' επέκταση στους υπολογισμούς εκπομπών που την αφορούν.

Για τις δράσεις για τις οποίες προκύπτει εξοικονόμηση σε περισσότερα του ενός είδη ενέργειας, γίνεται χρήση ενός σταθμισμένου ΜΟ (Μέσου Όρου), για τον υπολογισμό ενός θεωρητικού συντελεστή εκπομπών που θα χρησιμοποιηθεί στους υπολογισμούς της εκπομπής ρύπων. Ο υπολογισμός του σταθμισμένου μέσου όρου γίνεται με βάση τη συμμετοχή κάθε είδους ενέργειας στο σύνολο ενέργειας αναφοράς της δράσης. Στη δράση θερμομόνωσης κτιρίων, για παράδειγμα, με την οποία εξοικονομείται πετρέλαιο θέρμανσης αλλά και ηλεκτρισμός, για τις ανάγκες ψύξης ενός κτιρίου, στον υπολογισμό του σταθμισμένου μέσου όρου των συντελεστών εκπομπών ηλεκτρικής ενέργειας και πετρελαίου θέρμανσης, χρησιμοποιείται η κατανομή που έχει εισαχθεί στην καρτέλα ΔΕΙΚΤΕΣ και αφορά την κατανάλωση ενέργειας στα νοικοκυριά ανά χρήση.

Στήλη P - Εκτιμώμενη μείωση εκπομπών (tn CO₂/έτος)

Η εκτιμώμενη μείωση των εκπομπών υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας την εκτιμώμενη εξοικονόμηση ενέργειας επί τον «κατάλληλο» συντελεστή εκπομπών, όπως περιεγράφηκε προηγουμένως.

Στήλη Q – Επενδυτικό Κόστος (€)

Στη στήλη αυτή γίνεται ο υπολογισμός του συνολικού κόστους της δράσης – δηλαδή του επενδυτικού της κόστους. Για το σύνολο των δράσεων έχει ως βάση το ανά μονάδα κόστος δράσης και ανάλογα με τη θεώρηση που έχει γίνει σχετικά με το πού αναφέρεται, καθώς και με το ποσοστό εφαρμογής της δράσης, εφαρμόζεται αντίστοιχη λογική υπολογισμού.

Ακολουθούν δύο παραδείγματα της διαδικασίας αυτής:

Στη δράση θερμομόνωσης κτιρίου του οικιακού τομέα, το ανά μονάδα κόστος αναφέρεται στο κόστος της υλοποίησής της ανά τετραγωνικό εφαρμογής της. Κατά συνέπεια, για τον υπολογισμό του συνολικού επενδυτικού κόστους πρέπει να πολλαπλασιαστεί το ποσοστό εφαρμογής της δράσης, που αναφέρεται στο ποσοστό των κατοικιών επί των οποίων θα εφαρμοστεί, με το πλήθος των κατοικιών του οικιακού τομέα, με το εμβαδόν εξωτερικής τυχοποιίας της τυπικής κατοικίας του οικιακού τομέα, και το κόστος ανά τετραγωνικό εφαρμογής, που είναι το ανά μονάδα κόστος για αυτή τη δράση.

Αντίθετα, στη δράση για την προώθηση της οικολογικής οδήγησης, στον τομέα των μεταφορών, έγινε η θεώρηση ότι το ανά μονάδα κόστος αναφέρεται στο ετήσιο κόστος της δράσης για ένα δήμο των 10.000 κατοίκων. Το επενδυτικό κόστος υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας το ποσοστό εφαρμογής της δράσης, επί τα έτη εφαρμογής της, επί το ανά μονάδα κόστος, επί το πηλίκο της διαίρεσης του πληθυσμού του δήμου με το 10.000 προσαυξημένο κατά 1, ώστε να ισχύει η αρχή του 2.000€ ετήσιο κόστος ανά 10.000 κατοίκους.

Στήλη R – Κόστος ανά μονάδα (€)

Για λόγους παρουσίασης, εμφανίζεται το ανά μονάδα κόστος της κάθε δράσης, καθώς ο ορισμός της παραμέτρου αυτής γίνεται στην καρτέλα ΣΕΝΑΡΙΑ.

Στήλη S - Διάρκεια Ζωής Επένδυσης (έτη)

Ο ορισμός της τιμής και αυτής της παραμέτρου γίνεται στην καρτέλα ΣΕΝΑΡΙΑ.

Συνολικές τιμές κριτηρίων ανά σενάριο

Ο υπολογισμός των συνολικών τιμών των κριτηρίων ανά σενάριο περιγράφεται ακολούθως.

Να σημειωθεί ότι σε όλους τους υπολογισμούς που αφορούν το σύνολο του σεναρίου, δε λαμβάνονται υπόψιν οι συνολικές τιμές των κριτηρίων σε επίπεδο τομέα, οι οποίες και υπολογίζονται για λόγους ευκολίας.

Κριτήριο 1

Διαιρείται η συνολική για το σενάριο μείωση εκπομπών σε $\text{tN CO}_2/\text{έτος}$ δια τις συνολικές εκπομπές του Δήμου πριν της εφαρμογή του σεναρίου, δεδομένο το οποίο έχει υπολογιστεί στην καρτέλα ΔΕΙΚΤΕΣ με χρήση του ισοζυγίου ενέργειας και των πρότυπων συντελεστών εκπομπών.

Κριτήριο 2

Χρήση απλού ΜΟ των τιμών που λαμβάνει το κριτήριο σε κάθε δράση και συνάρτησης στρογγυλοποίησης για να προκύπτει ακέραιο αποτέλεσμα.

Κριτήριο 3

Χρήση απλού ΜΟ των τιμών που λαμβάνει το κριτήριο σε κάθε δράση και συνάρτησης στρογγυλοποίησης για να προκύπτει ακέραιο αποτέλεσμα.

Κριτήριο 4

Άθροιση των τιμών που λαμβάνει το κριτήριο σε κάθε δράση.

Κριτήριο 5

Άθροιση των τιμών που λαμβάνει το κριτήριο σε κάθε δράση.

Κριτήριο 6

Υπολογισμός σταθμισμένου ΜΟ με βάση τη «συμμετοχή» του επενδυτικού κόστους της κάθε δράσης στο συνολικό επενδυτικό κόστος του σεναρίου, όπως αυτό έχει υπολογιστεί για τις ανάγκες του κριτηρίου 5.

Κριτήριο 7

Υπολογισμός σταθμισμένου ΜΟ με βάση τη «συμμετοχή» του κοινωνικού κόστους επένδυσης της κάθε δράσης στο συνολικό κοινωνικό κόστος του σεναρίου, όπως αυτό έχει υπολογιστεί για τις ανάγκες του κριτηρίου 4.

Κριτήριο 8

Άθροιση των τιμών που λαμβάνει το κριτήριο σε κάθε δράση.

V) Καρτέλα ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Παρουσιάζονται συνολικά οι τιμές των κριτηρίων ανά σενάριο όπως υπολογίστηκαν στην καρτέλα κάθε σεναρίου.

Πίνακας 3.8: Τιμές κριτηρίου ανά σενάριο

	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΕΝΑΡΙΩΝ							
	ΚΡΙΤΗΡΙΑ							
	Κ1 (Εκπομπές)	Κ2 (Φυσικό Περιβάλλον)	Κ3 (Απασχόληση)	Κ4 (Κοινωνικό Κόστος)	Κ5 (Κόστος Επένδυσης από Δήμο)	Κ6 (ΚΠΑ)	Κ7 (Σταθμισμένο Κόστος ΕΞΕΝ)	Κ8 (Εκτιμώμενη ΕΞΕΝ σε MWh/έτος)
ΣΕΝΑΡΙΟ 1								
ΣΕΝΑΡΙΟ 2								
ΣΕΝΑΡΙΟ 3								
ΣΕΝΑΡΙΟ 4								
ΣΕΝΑΡΙΟ 5								
ΣΕΝΑΡΙΟ 6								
ΣΕΝΑΡΙΟ 7								
ΣΕΝΑΡΙΟ 8								
ΣΕΝΑΡΙΟ 9								
ΣΕΝΑΡΙΟ 10								
ΣΕΝΑΡΙΟ 11								
ΣΕΝΑΡΙΟ 12								
ΣΕΝΑΡΙΟ 13								
ΣΕΝΑΡΙΟ 14								
ΣΕΝΑΡΙΟ 15								
ΣΕΝΑΡΙΟ 16								
ΣΕΝΑΡΙΟ 17								
ΣΕΝΑΡΙΟ 18								
ΣΕΝΑΡΙΟ 19								
ΣΕΝΑΡΙΟ 20								

3.6 Καθορισμός των εφικτών σεναρίων

Ως απαραίτητη προϋπόθεση για την επιλογή ενός σεναρίου θεωρήθηκε η επίτευξη του επιπέδου των προσδοκιών μας στην μείωση των εκπομπών ρύπων CO₂, καθώς αυτός είναι ο πρωταρχικός στόχος στη στρατηγική για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Το επίπεδο των προσδοκιών μας καθορίστηκε στην 20% μείωση των εκπομπών, όσο δηλαδή καθορίζουν οι στόχοι «20/20/20». Αυτό σημαίνει ότι τα σενάρια τα οποία δεν οδηγούν σε μείωση των εκπομπών τουλάχιστον κατά 20%, ακυρώνονται και δε θα ληφθούν υπόψιν στην κατασκευή του πίνακα κατάταξης των τελικών σεναρίων. Στο υπολογιστικό φύλλο τα απορριφθέντα σενάρια παίρνουν κόκκινο χρώμα, ώστε να ξεχωρίζουν.

3.7 Μοντέλο αξιολόγησης (Εφαρμογή UTA II)

Ο αποφασίζων πρέπει να απαντήσει στις σχετικές ερωτήσεις, όπως αναλύθηκαν στην παρουσίαση της μεθόδου UTA II σε προηγούμενο κεφάλαιο, που αφορούν την κατασκευή των περιθωρίων συναρτήσεων και την κατάταξη των εικονικών σεναρίων. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται στις καρτέλες ΔΕΔΟΜΕΝΑ και UTA του υπολογιστικού φύλλου.

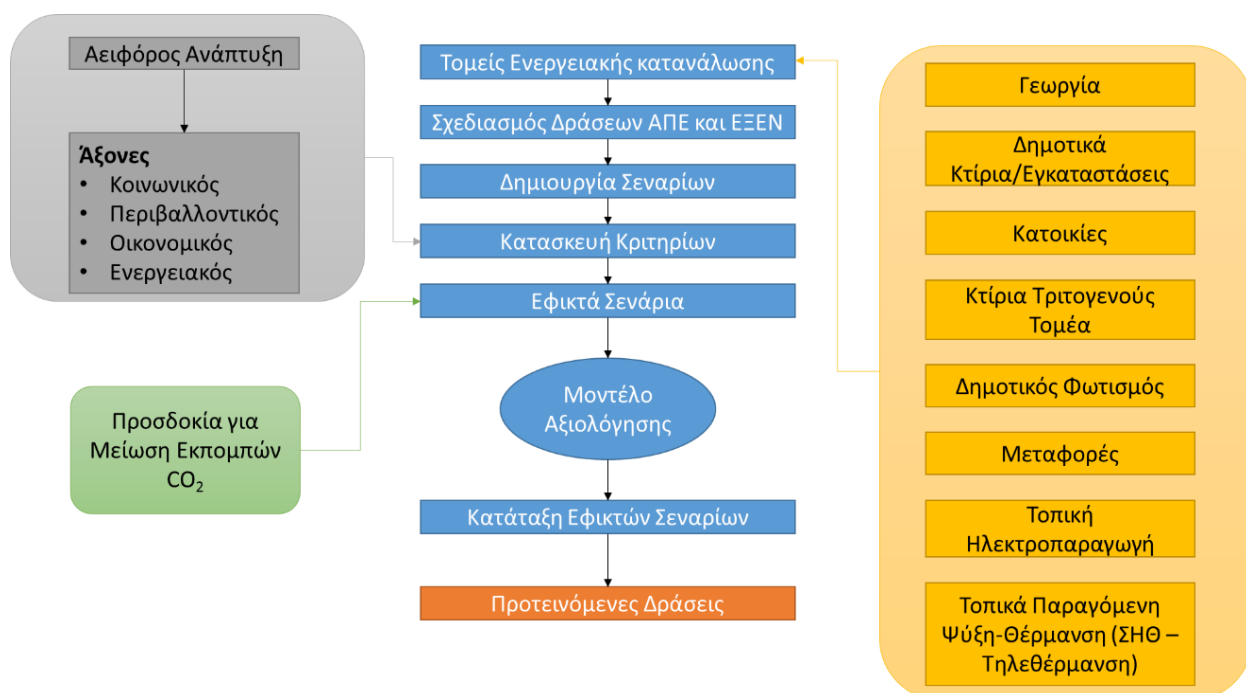
Για το λόγο αυτόν, το σετ των εικονικών σεναρίων πρέπει να κατασκευαστεί με τέτοιο τρόπο, ώστε σε κάθε σύγκριση να διαφοροποιούνται 2 ή το πολύ 3 από τα 8 κριτήρια μεταξύ τους. Με αυτό τον τρόπο, σε κάθε ανισότητα ή οποία θα αποτελέσει ύστερα και περιορισμό στο γραμμικό πρόβλημα εμπλέκονται 2 ή 3 βάρη κριτηρίων.

Ακολουθεί η λύση του προβλήματος γραμμικού προγραμματισμού, για τον υπολογισμό των βαρών των κριτηρίων, διαδικασία για την οποία επιλέχθηκε το εργαλείο επίλυσης Solver του Microsoft Excel. Η πραγματοποίηση της επίλυσης λαμβάνει χώρα στην καρτέλα UTA του υπολογιστικού φύλλου, ενώ δίνεται στο χρήστη η δυνατότητα να πραγματοποιήσει την επίλυση του προβλήματος, απευθείας από την καρτέλα ΔΕΔΟΜΕΝΑ, πατώντας το κουμπί «Ανάλυση Δεδομένων».

3.8 Κατάταξη των εφικτών σεναρίων

Μετά τον υπολογισμό των βαρών των κριτηρίων υπολογίζονται οι βαθμολογίες των πραγματικών εφικτών σεναρίων και κατασκευάζεται η κατάταξή τους, διαδικασία που πραγματοποιείται στην καρτέλα ΔΕΔΟΜΕΝΑ του υπολογιστικού φύλλου. Γνωρίζοντας, λοιπόν, το βέλτιστο σενάριο δράσεων, προτείνεται η εφαρμογή των δράσεων, όπως αυτές πραγματοποιούνται στο σενάριο αυτό.

Σχηματικά η μεθοδολογία που ακολουθείται είναι:



Σχήμα 3.13: Μεθοδολογία που ακολουθείται

Κεφάλαιο 4. Ανάλυση δεδομένων των επιλεγμένων Δήμων

4.1 Στοιχεία δήμου Αμυνταίου

4.1.1 Γενικά στοιχεία

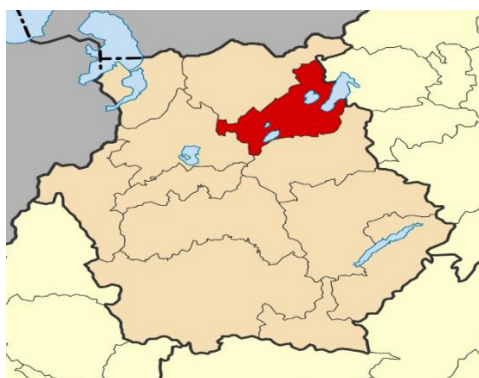
Γεωγραφικά στοιχεία

Ο Δήμος Αμυνταίου έχει έκταση 589.323 στρέμματα και καταλαμβάνει το νότιο τμήμα της Περιφερειακής Ενότητας της Φλώρινας. Εντάσσεται διοικητικά στην Αποκεντρωμένη Διοίκηση Ηπείρου–Δυτικής Μακεδονίας και στην Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας. Η Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας βρίσκεται στο βόρειο τμήμα της Ελλάδας και συνορεύει με την Αλβανία και την Π.Γ.Δ.Μ.. Παράλληλα, είναι η μόνη Περιφέρεια της Ελλάδας η οποία δε βρέχεται από θάλασσα. Η γεωγραφική θέση της Δυτικής Μακεδονίας φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Σχήμα 4.1: Γεωγραφική θέση Δυτικής Μακεδονίας

Ο Δήμος συστάθηκε με το πρόγραμμα «Καλλικράτης» και προέκυψε από την συνένωση των Δήμων Αμυνταίου, Φιλώτα και Αετού και των Κοινοτήτων Λεχόβου, Νυμφαίου και Βαρικού. Έδρα του νέου δήμου ορίστηκε το Αμύνταιο και ιστορική έδρα το Νυμφαίο. Η γεωγραφική θέση του Δήμου Αμυνταίου στην Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Σχήμα 4.2: Γεωγραφική θέση Δήμου Αμυνταίου

Δημογραφικά στοιχεία

Ο πληθυσμός του δήμου υπολογίστηκε, με την απογραφή του 2011, στους 16.973 κατοίκους, σημειώνοντας σημαντική πτώση από τους 18.357 κατοίκους της απογραφής του 2001.

Κλιματικά χαρακτηριστικά

Τα στοιχεία που παρουσιάζονται στη συνέχεια καταγράφονται από τον υδρολογικό σταθμό Αμυνταίου που βρίσκεται σε υψόμετρο 579m. Τα δεδομένα περιλαμβάνουν μέσες τιμές για τη θερμοκρασία, τη βροχόπτωση και την εξάτμιση και αναφέρονται σε μετρήσεις μετά το 1979. Η διαφορά μεταξύ ψυχρότερου και θερμότερου μήνα είναι 19,4°C. Τον Ιούλιο παρουσιάζονται οι υψηλότερες μέγιστες με μέση τιμή 29,9°C και τον Ιανουάριο οι χαμηλότερες μέγιστες με μέση τιμή 7,3°C. Επισημαίνεται ότι χιονόπτωση παρατηρείται συνήθως από τον Δεκέμβρη μέχρι τον Μάρτιο. Πάχνη με παγετούς εμφανίζεται από τα τέλη Οκτωβρίου έως και τέλος Μαρτίου. Στην περιοχή επικρατούν συχνά ψυχροί βόρειοι άνεμοι το χειμώνα και μικρής έντασης δροσεροί το καλοκαίρι.

4.1.2 Τοπική οικονομία και απασχόληση

Η απασχόληση στο σύνολο της περιοχής είναι ισορροπημένη στους τρεις τομείς της παραγωγής. Στον πρωτογενή τομέα η απασχόληση είναι 29%, στο δευτερογενή 17,5% και στον τριτογενή 34%. Παρόλα αυτά, από οικισμό σε οικισμό εμφανίζονται μεγάλες διαφοροποιήσεις ως προς τον τομέα απασχόλησης, καθώς σε κάποιους οικισμούς κυριαρχούν παραδοσιακά επαγγέλματα. Πρέπει να σημειωθεί η επίδραση στην απασχόληση που έχουν οι δραστηριότητες της ΔΕΗ στην περιοχή, με δύο μεγάλους ατμοηλεκτρικούς σταθμούς.

Η περιοχή αντιμετωπίζει πολύ σημαντικό πρόβλημα ανεργίας, καθώς στο σύνολο της Περιφέρειας Δυτικής Μακεδονίας αυτή υπολογίστηκε από την ΕΛΣΤΑΤ στο 32,9% για το Β' τρίμηνο του 2013 (Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας, 2013).

Πρωτογενής τομέας

Στο Δήμο Αμυνταίου η γεωργία στηρίζεται στην παραδοσιακή οικογενειακή εκμετάλλευση με κατεύθυνση την φυτική παραγωγή, εκτός από τις ορεινές περιοχές, όπου η κατεύθυνση είναι κτηνοτροφική.

Σε κάθε Δημοτική Ενότητα έχει συσταθεί ο πρωτοβάθμιος συνεταιρισμός με κύρια δραστηριότητα την πιστωτική πολιτική. Οι Συνεταιρισμοί αντιμετωπίζουν διοικητικά και λειτουργικά προβλήματα με αποτέλεσμα ο ρόλος τους να περιορίζεται στη διάθεση των γεωργικών εφοδίων. Στο Δήμο υπάρχουν δεκαπέντε αγροτικοί πιστωτικοί συνεταιρισμοί και δύο αλιευτικός. Στην περιοχή δραστηριοποιείται η Ένωση Αγροτικών Συνεταιρισμών Αμυνταίου (Ε.Α.Σ. Αμυνταίου) η οποία έχει ως μέλη τους αγροτικούς συνεταιρισμούς όλης της λεκάνης του Αμυνταίου.

Δευτερογενής τομέας

Ο δευτερογενής τομέας χαρακτηρίζεται από την ανάπτυξη ορισμένων ισχυρών δραστηριοτήτων με γενικότερες χωρικές εξειδικεύσεις της οικονομικής δραστηριότητας, όπως το κύκλωμα λιγνίτη-ενέργειας (Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας, 2013).

Στην ευρύτερη περιοχή του Δήμου Αμυνταίου δεν υπάρχει οργανωμένη περιοχή με την έννοια του χώρου υποδοχής επιχειρήσεων του μεταποιητικού τομέα κατά συνέπεια η κάθε επιχείρηση επιλέγει τον τόπο εγκατάστασης με κριτήρια κυρίως την ιδιοκτησία οικοπέδου ή κτιρίου ή την συμφέρουσα τιμή της γης.

Σχετικά με το μέγεθος και το είδος των μεταποιητικών επιχειρήσεων σημειώνεται ότι αντιστοιχεί στο μέγεθος της τοπικής αγοράς. Εξάιρεση αποτελούν οι μονάδες εμφιάλωσης κρασιού, οι οποίες έχουν εμβέλεια μεγαλύτερη από την τοπική αγορά και μια μονάδα συγκέντρωσης και τυποποίησης γάλακτος.

Σημαντικά, βέβαια, ενισχύει την τοπική οικονομία και η λειτουργία των ΑΗΣ της ΔΕΗ, αλλά αυτή είναι μια εξωγενής παρέμβαση την οποία δεν μπορεί να επηρεάσουν πρωτοβουλίες τοπικού επιπέδου.

Τριτογενής τομέας

Η πόλη του Αμυνταίου αποτελεί το εμπορικό κέντρο και κέντρο παροχής υπηρεσιών του Δήμου, αλλά και της ευρύτερης περιοχής. Το Αμύνταιο αναδείχθηκε σε κέντρο εμπορίου υπηρεσιών λόγω της κεντρικής γεωγραφικής θέσης την οποία κατέχει. Στην ανάδειξη αυτή σημαντικό ρόλο έπαιξε και η μεγάλη σχετικά απόσταση από το άλλο αστικό κέντρο της Περιφερειακής Ενότητας που είναι η πόλη της Φλώρινας.

Η Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας χαρακτηρίζεται από ιδιαίτερα αξιόλογο φυσικό περιβάλλον και πλούσια πολιτιστική κληρονομιά, με σημαντικές δυνατότητες τουριστικής εκμετάλλευσης, οι οποίες όμως δεν αξιοποιούνται. Στον τομέα του τουρισμού, με βάση τα στοιχεία του Ξενοδοχειακού Επιμελητηρίου Ελλάδος για την περιφερειακή κατανομή της τουριστικής δαπάνης και για τον Αύγουστο του 2013, η Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας καταλαμβάνει την τελευταία θέση στο σύνολο των 13 Περιφερειών της χώρας, όσον αφορά τα έσοδα που προκύπτουν από τις δαπάνες των επισκεπτών, συμμετέχοντας μόλις κατά 0,57% στο συνολικό ποσό των δαπανών του εισερχόμενου τουρισμού σε εθνικό επίπεδο. Στα πλαίσια του δήμου, καταγράφονται κάποιες ξενοδοχειακές μονάδες, χωρίς όμως η περιοχή να μπορεί να θεωρηθεί πόλος τουριστικής έλξης (Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας, 2013).

4.1.3 Ενεργειακός τομέας

Τα στοιχεία που αφορούν τον ενεργειακό τομέα του δήμου βασίζονται σε δεδομένα που παρουσιάζονται στο σχέδιο δράσης για την αειφόρο ενέργεια (ΣΔΑΕ) που έχει καταρτίσει ο δήμος και το οποίο θα χρησιμοποιηθεί ως η πλέον αξιόπιστη πηγή πληροφοριών για τις ανάγκες της συγκεκριμένης εργασίας.

Τοπική Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας

Ο τομέας της ενέργειας στην περιφερειακή οικονομία διατηρεί κυρίαρχη θέση και η συμβολή του στη συνολική παραγωγή σε εθνικό επίπεδο είναι πολύ σημαντική. Ειδικότερα, κατά την περίοδο 2010–12 οι θερμικές και υδροηλεκτρικές μονάδες της Περιφέρειας συμμετείχαν με ποσοστό από 52% έως 55% στην συνολική ηλεκτρική παραγωγή στο διασυνδεδεμένο σύστημα, καθιστώντας τη Δυτική Μακεδονία ως το ενεργειακό κέντρο της χώρας (Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας, 2013).

Η περιοχή του Δήμου Αμυνταίου είναι πλούσια σε κοιτάσματα λιγνίτη, με τα εκμεταλλεύσιμα αποθέματα να υπολογίζονται από τη ΔΕΗ στους 105 εκατομμύρια τόνους (Βεργούλης, 2011). Ο Δήμος Αμυνταίου είναι ένας κατεξοχήν ενεργειακός δήμος. Παρόλα αυτά δε θα μελετηθούν οι μεγάλες μονάδες παράγωγης της περιοχής, αλλά οι μικρότερες στις οποίες ο δήμος μπορεί να ασκήσει κάποια επιρροή. Στα όρια του δήμου παράγεται μεγάλη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας από τον ΑΗΣ Αμυνταίου – Φιλώτα, στα πλαίσια της λειτουργίας της ΣΗΘ. Ο σταθμός αυτός όμως είναι μεγάλης ισχύος (2x300 MW), ενώ εντάσσεται και στο ΣΕΔΕ. Για τους λόγους αυτούς, δε συμπεριλαμβάνεται στο ΣΔΑΕ που έχει καταρτίσει ο δήμος η συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, συμπεριλαμβανομένης και της ενέργειας που παράγεται στα πλαίσια της ΣΗΘ. Η τοπική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας η οποία μπορεί ληφθεί υπόψιν είναι η παραγωγή από φωτοβολταϊκά συστήματα. Σύμφωνα με επίσημα στοιχεία, για το 2009 παράχθηκαν από φωτοβολταϊκά 352,8 MWh. Για το έτος αναφοράς δεν υπήρχαν άλλες μορφές ΑΠΕ εγκατεστημένες στην περιοχή.

Τοπικά Παραγόμενη Θέρμανση/Ψύξη

Στις τοπικές κοινότητες Αμυνταίου, Φιλώτα και Λεβαΐας παρέχεται τηλεθέρμανση από τη ΔΕΤΕΠΑ. Η τηλεθέρμανση παρέχεται μέσω συστήματος συμπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας (ΣΗΘ) από τον ΑΗΣ Αμυνταίου – Φιλώτα. Μολονότι η θερμική ισχύς του ΑΗΣ είναι ανώτερη από τα 20MW (24MWh), ενώ και ο σταθμός συμμετέχει στο ΣΕΔΕ, επιλέχθηκε να συμπεριληφθεί στο ΣΔΑΕ του δήμου το κομμάτι της θερμικής παραγωγής, καθώς οι θερμικές ανάγκες του οικιακού, τριτογενούς, αλλά και δημοτικού τομέα ικανοποιούνται σε σημαντικό βαθμό από την τηλεθέρμανση, που τροφοδοτείται από το συγκεκριμένο ΑΗΣ. Σύμφωνα με στοιχεία που παρείχε η ΔΕΤΕΠΑ και παρουσιάζονται στο ΣΔΑΕ, για το 2009 αγοράστηκαν 31.511 MWh από τη ΔΕΗ, που ταυτίζονται με την παραγόμενη από τον ΑΗΣ θερμική ενέργεια, ενώ η συνολική κατανάλωση από τους προαναφερθέντες τομείς ήταν 27.352,4 MWh. Κατά συνέπεια, οι απώλειες του δικτύου τηλεθέρμανσης ανέρχονται στο 13,2% της παραγόμενης θερμικής ενέργειας, καθώς δεν υπάρχουν ιδιοκαταναλώσεις.

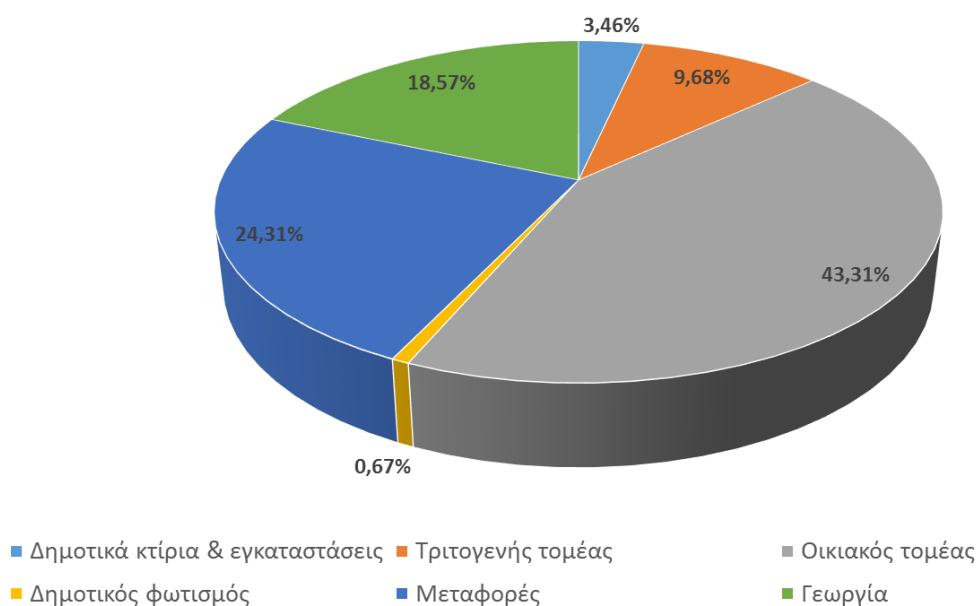
Κατανάλωση ενέργειας στο δήμο Αμυνταίου

Όσο αφορά τώρα την κατανάλωση ενέργειας στο δήμο, αυτή έχει εκτιμηθεί επίσης στα πλαίσια σύνταξης του ΣΔΑΕ Δήμου Αμυνταίου από όπου αντλήθηκε και ο πίνακας που ακολουθεί στον οποίον παρουσιάζεται η τελική κατανάλωση ενέργειας στο δήμο ανά τομέα κατανάλωσης και ανά είδος καυσίμου για το έτος 2009, το οποίο και θεωρήθηκε έτος βάσης για τις ανάγκες κατάρτισης του ΣΔΑΕ.

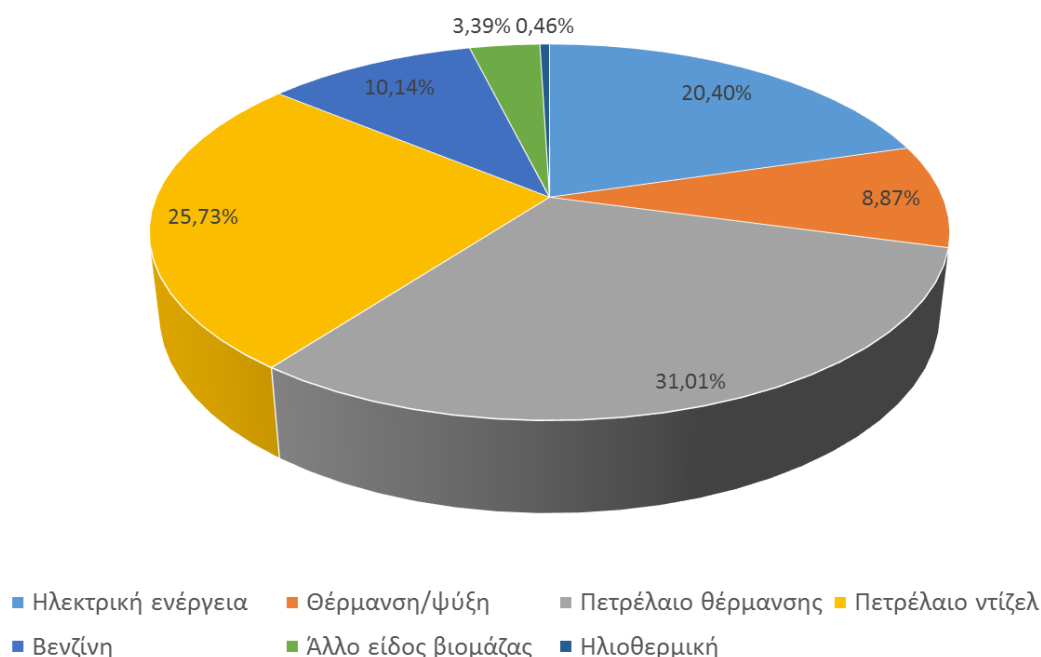
Πίνακας 4.1: Τελική κατανάλωση ενέργειας στο δήμο Αμυνταίου για το έτος 2009

Κατηγορία	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ [MWh]							Σύνολο
	Ηλεκτρική ενέργεια	Θέρμανση/ψύξη	Ορυκτά καύσιμα			ΑΠΕ		
			Πετρέλαιο θέρμανσης	Πετρέλαιο ντίζελ	Βενζίνη	Βιομάζα	Ηλιοθερμική	
ΚΤΙΡΙΑ, ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ/ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ:								
Δημοτικά κτίρια, εξοπλισμός/εγκαταστάσεις	4.498,4	1.523,4	4.649,8	0,0	0,0	0,0	0,0	10.671,6
Κτίρια, εξοπλισμός/εγκαταστάσεις τριτογενούς τομέα (μη δημοτικά)	15.181,5	7.367,4	7.323,4	0,0	0,0	0,0	0,0	29.872,3
Κατοικίες	19.538,4	18.461,6	83.704,8	0,0	0,0	10.465,6	1.429,8	133.600,2
Δημοτικός δημόσιος φωτισμός	2.073,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2.073,3
Υποσύνολο για κτίρια, εξοπλισμό/εγκαταστάσεις και βιομηχανίες	41.291,6	27.352,4	95.678,0	0,0	0,0	10.465,6	1.429,8	176.217,4
ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ:								
Δημοτικός στόλος	0,0	0,0	0,0	866,5	246,3	0,0	0,0	1.112,9
Δημόσιες μεταφορές	0,0	0,0	0,0	1.265,9	0,0	0,0	0,0	1.265,9
Ιδιωτικές και εμπορικές μεταφορές	0,0	0,0	0,0	41.584,8	31.033,5	0,0	0,0	72.618,3
Υποσύνολο για μεταφορές	0,0	0,0	0,0	43.717,3	31.279,8	0,0	0,0	74.997,1
ΑΓΡΟΤΙΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ								
ΓΕΩΡΓΙΑ	21.628,2	0,0	0,0	35.662,4	0,0	0,0	0,0	57.290,6
Σύνολο	62.919,8	27.352,4	95.678,0	79.379,7	31.279,8	10.465,6	1.429,8	308.505,1

Να σημειωθεί πως δεν έχει γίνει στα πλαίσια του ΣΔΑΕ καταγραφή ή εκτίμηση της κατανάλωσης του βιομηχανικού τομέα για λόγους που έχουν να κάνουν με τη δυσκολία συγκέντρωσης δεδομένων για τον εν λόγω τομέα και με δεδομένη τη μη υποχρεωτική καταγραφή καταναλώσεων αυτού του τομέα με βάση τις ισχύουσες οδηγίες σύνταξης των εν λόγω μελετών. Για τις ανάγκες της ανάλυσης των δεδομένων του πιο πάνω πίνακα, παρατίθενται γραφήματα όπου παρουσιάζεται η κατανομή της κατανάλωσης τελικής ενέργειας στο δήμο ανά τομέα και είδος καυσίμου.



Σχήμα 4.3: Κατανομή τελικής ενέργειας ανά τομέα για το δήμο Αμυνταίου



Σχήμα 4.4: Κατανομή τελικής κατανάλωσης ενέργειας ανά καύσιμο για το δήμο Αμυνταίου

4.2 Στοιχεία δήμου Ιωαννιτών

4.2.1 Γενικά στοιχεία

Γεωγραφικά στοιχεία

Ο Δήμος Ιωαννιτών ανήκει στο νομό Ιωαννίνων της περιφέρειας Ηπείρου. Στο νομό Ηπείρου υπάγονται επιπλέον οι δήμοι Βορείων Τζουμέρκων, Ζαγορίου, Ζίτσας, Κόνιτσας, Μετσόβου και Πωγωνίου. Ο Δήμος συστάθηκε το 2011 από την ένωση των προυπαρχόντων δήμων Ανατολής, Ιωαννιτών, Μπιζανίου, Παμβώτιδας, Περάματος και της κοινότητας Νήσου Ιωαννιτών. Πρωτεύουσα είναι τα Ιωάννινα, τα οποία είναι επίσης έδρα της περιφέρειας Ηπείρου και της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Ηπείρου-Δυτικής Μακεδονίας.

Ο δήμος Ιωαννιτών βρίσκεται στο βορειοδυτικό κομμάτι της ηπειρωτικής Ελλάδας, στο κέντρο του ομώνυμου λεκανοπεδίου και σχεδόν στο κέντρο του Νομού Ιωαννίνων. Χωροθετείται νότια του όρους Μιτσικέλι, σε υψόμετρο περίπου 480 μέτρων και σε απόσταση 446 χιλιομέτρων βορειοδυτικά της Αθήνας. Ο καλλικρατικός πλέον δήμος εκτείνεται περιμετρικά της λίμνης Παμβώτιδας.



Σχήμα 4.5: Γεωγραφική θέση Δήμου Ιωαννιτών

Δημογραφικά στοιχεία

Κατά την τελευταία απογραφή της ΕΛ.ΣΤΑΤ που πραγματοποιήθηκε το 2011 και σύμφωνα με αποτελέσματα που δημοσιεύτηκαν ο μόνιμος πληθυσμός του δήμου Ιωαννιτών ανέρχεται στους 111.740 κατοίκους ενώ του νομού Ιωαννίνων στους 167.400 κατοίκους. Ο πληθυσμός του δήμου επομένως αποτελεί το 67% του συνολικού μόνιμου πληθυσμού του νομού Ιωαννίνων ενώ η έκταση του δήμου σύμφωνα με τα στοιχεία της ΕΛ.ΣΤΑΤ καταλαμβάνει μόνο το 8% του νομού. Από στοιχεία της ΕΛ.ΣΤΑΤ επίσης προκύπτει ότι το 74% του πληθυσμού του δήμου κατοικεί σε δημοτικά διαμερίσματα που χαρακτηρίζονται ως αστικά και συγκεκριμένα στα Δημοτικά Διαμερίσματα (Δ.Δ) Ιωαννιτών, Ανατολής και Κατσικά, ενώ μόνο το 26% χαρακτηρίζεται ως αγροτικός πληθυσμός.

Κλιματικά χαρακτηριστικά

Η περιοχή συνδυάζει το ζεστό και ήπιο μεσογειακό με το βροχερό και δριμύ μεσευρωπαϊκό κλίμα. Στο δήμο Ιωαννιτών λειτουργούν δύο μετεωρολογικοί σταθμοί, εντός του Δ.Δ Ιωαννιτών και του Δ.Δ Ανατολής. Σύμφωνα με στοιχεία από αυτούς, η διαφορά μεταξύ ψυχρότερου και θερμότερου μήνα είναι 23,6°C. Τον Αύγουστο παρουσιάζονται οι υψηλότερες μέγιστες με μέση τιμή 33,1°C και τον Ιανουάριο οι χαμηλότερες μέγιστες με μέση τιμή 9,5°C. Παρατηρούνται μεγάλες βροχοπτώσεις το χειμώνα και καταιγίδες το καλοκαίρι. Συγκεκριμένα για το 2010 έχουν καταγραφεί 1.983,2 mm βροχόπτωσης από το σταθμό στην Ανατολή και 2113,2 mm βροχόπτωσης από το σταθμό στην πόλη των Ιωαννίνων. Αντίστοιχα έχει καταγραφεί η μέση ταχύτητα ανέμου 2,4 km/h και 3,8 km/h. Οι χιονοπτώσεις παλαιότερα ήταν έντονες και κάλυπταν το έδαφος αρκετές μέρες. Τα τελευταία χρόνια σημειώνεται μεγαλύτερη ηλιοφάνεια και λιγότερο χιόνι. Από τα παραπάνω κλιματολογικά χαρακτηριστικά είναι αρκετά σαφές ότι ο δήμος Ιωαννιτών λόγω του υγρού κλίματος, των συχνών βροχοπτώσεων και του υδάτινου περιβάλλοντος της περιοχής προσφέρεται για έργα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με κύριο άξονα τα υδροηλεκτρικά έργα. Αντιθέτως το

χαμηλό δυναμικό ηλιακό και η χαμηλή ένταση των ανέμων δρουν ανασταλτικά για φωτοβολταϊκά και αιολικά έργα. Ο νομός Ιωαννίνων να σημειωθεί τέλος ότι ανήκει στην κλιματική ζώνη Γ σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ(Κανονισμός ΕΝεργειακής Απόδοσης Κτιρίων)

4.2.2 Τοπική Οικονομία και Απασχόληση

Όσον αφορά στους τομείς οικονομικής δραστηριότητας είναι προφανές πως σε έναν αστικό επί των πλείστων δήμο το μεγαλύτερο μέρος των κατοίκων θα ασχολείται με τον τριτογενή τομέα. Το ποσοστό αυτό για το δήμο Ιωαννιτών υπολογίζεται στο 73%. Αντιθέτως είναι πολύ μικρό το ποσοστό (5%), όσων ασχολούνται με τον πρωτογενή τομέα δηλαδή με τη γεωργία, την κτηνοτροφία και την αλιεία και το υπόλοιπο 22% του οικονομικά ενεργού πληθυσμού απασχολείται στο δευτερογενή τομέα. Θα αναφερθούμε λίγο σε κάθε τομέα ξεχωριστά μιας και η ανάλυση των δραστηριοτήτων που έχουν αναπτυχθεί στα πλαίσια κάθε τομέα αφορά και την ενεργειακή κατανάλωση αυτού.

Πρωτογενής τομέας

Όπως έχει ήδη επισημανθεί στο δήμο Ιωαννιτών ο κλάδος της γεωργίας δεν είναι ιδιαίτερα ανεπτυγμένος. Το ορεινό και ημιορεινό έδαφος της περιοχής, το ψυχρό κλίμα με τις ιδιαίτερες χαμηλές θερμοκρασίες, οι βροχοπτώσεις και οι έντονες χιονοπτώσεις σε συνδυασμό με τον αστικό χαρακτήρα του δήμου δρουν ανασταλτικά στην ενασχόληση με το συγκεκριμένο τομέα. Ο τομέας της κτηνοτροφίας είναι ελαφρώς πιο ανεπτυγμένος σε σχέση με τη γεωργία. Γενικότερα ο νομός Ιωαννίνων είναι από τους νομούς της Ελλάδας με μεγάλη παραγωγή γαλακτοκομικών προϊόντων, όπως φρέσκο παστεριωμένο γάλα, το φυσικό υγιεινό γιαούρτι και το φρέσκο βούτυρο. Η αλιεία αφορά μόνο στη δραστηριότητα στη λίμνη Παμβώτιδα.

Δευτερογενής Τομέας

Η δευτερογενής παραγωγή αφορά τη μεταποίηση των πρώτων υλών και χωρίζεται στους ακόλουθους κλάδους: χειροτεχνίες, βιοτεχνίες, βιομηχανίες και κατασκευαστικές εργασίες που βρίσκονται στα όρια του δήμου. Από το μητρώο των επιχειρήσεων του 2007 παρατηρούνται πολλές δραστηριότητες στο δευτερογενή τομέα από τις οποίες ξεχωρίζουν η αργυροχοΐα, οι γαλακτοκομικές και πτηνοτροφικές μονάδες, η οινοποιία καθώς και η εξόρυξη μαρμάρου. η πλειονότητα των βιομηχανικών επιχειρήσεων δραστηριοποιείται στον τομέα των τροφίμων και πως το 49% των βιομηχανιών του νομού ανήκει στα γεωγραφικά όρια του δήμου Ιωαννιτών. Παρόμοια είναι τα αποτελέσματα και στο μεταποιητικό κλάδο στον οποίο δραστηριοποιούνται 2.221 επιχειρήσεις στο σύνολο τον νομού εκ των οποίων οι 1.462 έχουν έδρα το δήμο Ιωαννιτών. Ο δευτερογενής τομέας λόγω του πλήθους των επιχειρήσεων και της δυσκολίας που αυτό συνεπάγεται σε σχέση με τη συγκέντρωση

στοιχείων που αφορούν τις ενεργειακές τους καταναλώσεις δε λαμβάνεται υπόψιν στα πλαίσια αυτής της μελέτης.

Τριτογενής Τομέας

Ο τριτογενής τομέας αφορά την παροχή υπηρεσιών. Το εμπόριο, λιανικό και χονδρικό, ο τουρισμός, οι υπηρεσίες οδικών μεταφορών, δημόσιες και ιδιωτικές υπηρεσίες χαρακτηρίζουν τις δραστηριότητες του τομέα στο δήμο Ιωαννιτών. Έχει ήδη αναφερθεί πως το 73% του οικονομικά ενεργά πληθυσμού απασχολείται στο συγκεκριμένο τομέα, ο οποίος εξελίσσεται συνεχώς. Από το τεχνικό επιμελητήριο Ιωαννίνων έχει καταγραφεί ένας μεγάλος αριθμός επιχειρήσεων στον εμπορικό κλάδο, στον τουριστικό και στο γενικότερο κλάδο παροχής υπηρεσιών. Είναι άξιο λόγου το γεγονός πως το 75% των επιχειρήσεων του τριτογενούς τομέα του νομού Ιωαννίνων δραστηριοποιούνται στο δήμο Ιωαννιτών, συμπέρασμα που συνάδει με τη συγκέντρωση πληθυσμού, οικονομικών και αναπτυξιακών δραστηριοτήτων στο δήμο.

4.2.3 Ενεργειακός Τομέας

Όπως και στην περίπτωση του δήμου Αμυνταίου με τον οποίον ασχοληθήκαμε πιο πάνω, έτσι και για την περίπτωση του δήμου Ιωαννιτών θα βασιστούμε σε ό,τι αφορά τον ενεργειακό τομέα σε δεδομένα που έχουν καταγραφεί στο προσχέδιο δράσης για την αειφόρο ενέργεια για το δήμο Ιωαννιτών όπως αυτό έχει καταρτιστεί στα πλαίσια της σχετικής διπλωματικής με τίτλο «Ανάπτυξη Προσχεδίου Δράσης για την Αειφόρο Ενέργεια για το Δήμο Ιωαννιτών» της σχολής ΗΜΜΥ του ΕΜΠ. Στα πλαίσια αυτού έχει επιλεγεί ως έτος αναφοράς-βάσης για την καταγραφή των ενεργειακών δεδομένων το έτος 2010, έτος για το οποίο υπήρχαν διαθέσιμα στοιχεία για τις ανάγκες του προσχεδίου.

Παραγωγή ενέργειας

Από στοιχεία που παρουσιάζονται στο ΣΔΑΕ προκύπτει ότι κατά το έτος 2010 στο δήμο Ιωαννιτών λειτουργούσαν 3 μικροί υδροηλεκτρικοί σταθμοί συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 2,1 MW. Επίσης είχε ήδη δοθεί οριστική προσφορά σύνδεσης από τον Α.Δ.Μ.Η.Ε και άδεια από τη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (Ρ.Α.Ε) για Φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 3,89 MW. Όσον αφορά σε εγκαταστάσεις μικρότερης κλίμακας που δε χρειάζονται άδειες παραγωγής, εγκατάστασης και λειτουργίας όπως είναι τα Φωτοβολταϊκά στις στέγες, επί δαπέδου αλλά και φωτοβολταϊκά συστήματα και πάρκα μικρής ισχύος, κατά το έτος 2010 είχαν εγκριθεί 26 άδειες εγκατάστασης Φωτοβολταϊκών πάρκων και συστημάτων συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 4,434 MW ενώ ο αριθμός των φωτοβολταϊκών στις στέγες ήταν αυξανόμενος.

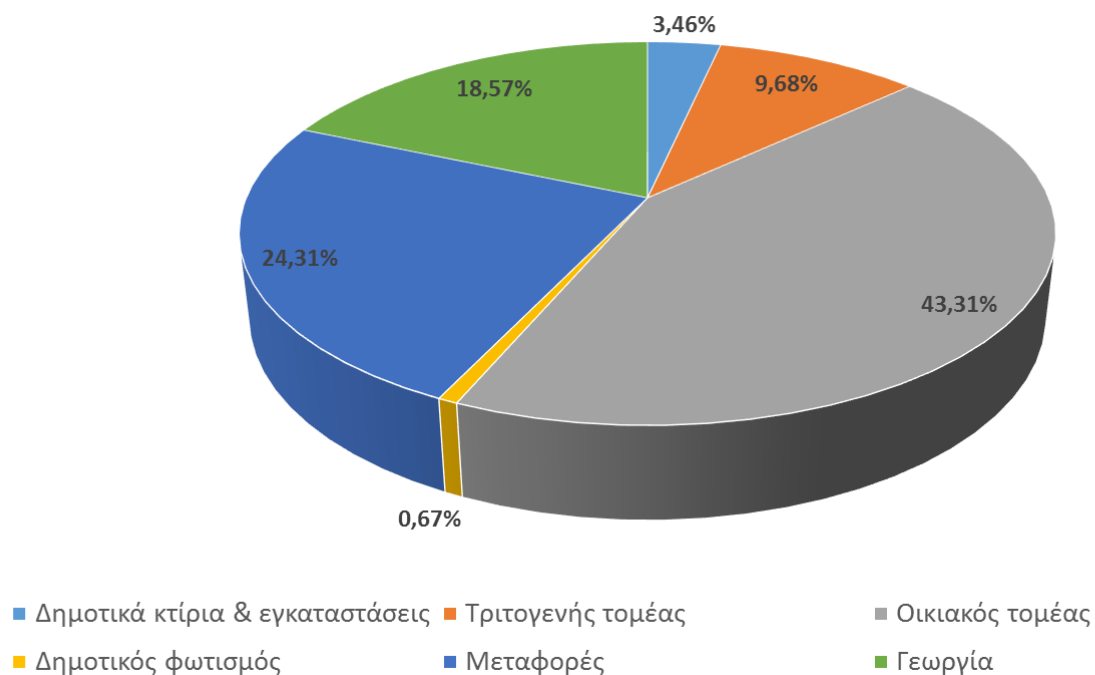
Κατανάλωση ενέργειας

Τα στοιχεία των καταναλώσεων που θα αποτελέσουν τη βάση για την ανάλυσή μας για το δήμο Ιωαννιτών προέρχονται όπως είπαμε από το προσχέδιο δράσης για την αειφόρο ενέργεια για το δήμο Ιωαννιτών. Όπως αναφέρει η συντάκτριά του «Η διαδικασία συλλογής στοιχείων έγινε σε συνεργασία με τις δημοτικές αρχές του δήμου Ιωαννιτών, άλλους τοπικούς και μη εμπλεκόμενους φορείς, ενώ στοιχεία αντλήθηκαν και από την ΕΛ.ΣΤΑΤ, τη Δ.Ε.Η και ανάλογες υπηρεσίες. Σε περιπτώσεις στις οποίες δεν ήταν δυνατή η καταγραφή ακριβών δεδομένων και άμεσων καταναλώσεων έχουν χρησιμοποιηθεί ποσοστά από μελέτες, πληθυσμιακές αναγωγές ή ό,τι κρίθηκε απαραίτητο ανάλογα με την περίπτωση». Αποτέλεσμα της εν λόγω μελέτης ήταν ο πιο κάτω πίνακας στον οποίον παρουσιάζεται η τελική κατανάλωση ενέργειας στο Δήμο Ιωαννιτών το έτος 2010 ανά τομέα και καύσιμο.

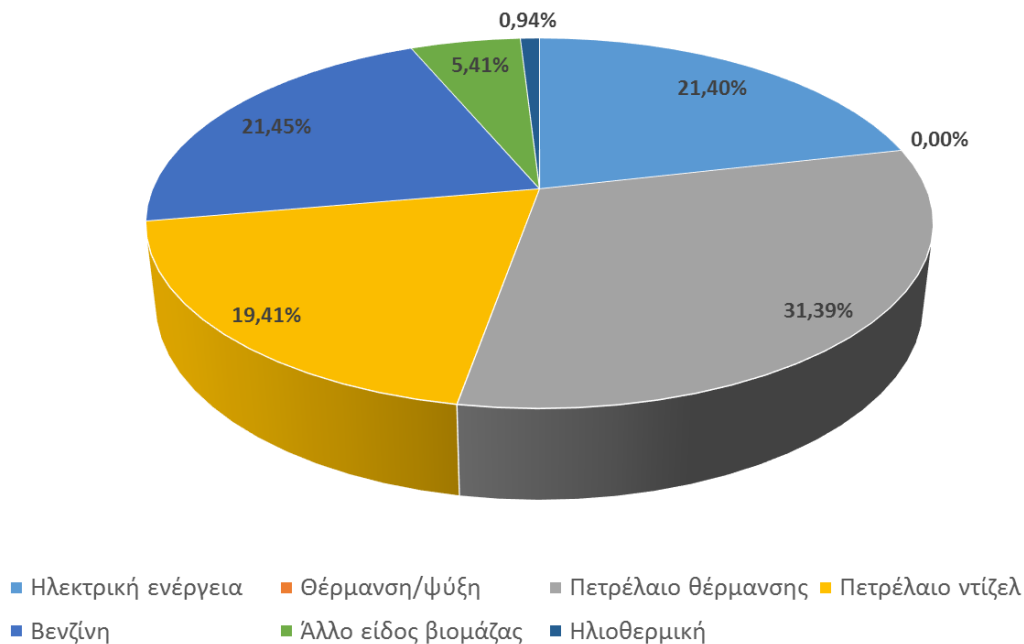
Πίνακας 4.2: Τελική κατανάλωση ενέργειας στο δήμο Ιωαννιτών ανά καύσιμο για το 2010

Κατηγορία	Τελική Κατανάλωση Ενέργειας [MWh]							Σύνολο
	Ηλεκτρική ενέργεια	Θέρμανση/ψύξη	Ορυκτά καύσιμα			Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας		
			Πετρέλαιο θέρμανσης	Πετρέλαιο ντίζελ	Βενζίνη	Άλλο είδος βιομάζας	Ηλιοθερμική	
ΑΓΡΟΤΙΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ								
Γεωργία	8.949			9.156				18.105
Κτηνοτροφία				6.331				6.331
Αλιεία				6.570				6.570
Υποσύνολο για αγροτικό τομέα	8.949			22.057				31.006
ΚΤΙΡΙΑ, ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ/ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ:								
Δημοτικά κτίρια, εξοπλισμός/εγκαταστάσεις	26.873		11.486					38.360
Τριτογενής τομέας (μη δημοτικά)	180.229		109.194	34.986				324.409
Ορυκτός τομέας	143.360		516.525			59.806	19.080	738.772
Δημοτικός φωτισμός	9.802							9.802
Βιομηχανίες	65.188			35.342		49.997		150.528
Υποσύνολο για κτίρια, εξοπλισμό/εγκαταστάσεις και βιομηχανίες	425.452		637.206	70.328		109.804	19.080	1.261.870
ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ:								
Δημοτικός στόλος				3.947	268			4.215
Δημόσιες μεταφορές				12.437				12.437
Ιδιωτικές και εμπορικές μεταφορές				285.337	435.085			720.423
Υποσύνολο για μεταφορές				301.721	435.353			737.074
Σύνολο	434.401		637.206	394.106	435.353	109.804	19.080	2.029.951

Με δεδομένη την έλλειψη στοιχείων που αφορούν τον βιομηχανικό τομέα για το δήμο Αμυνταίου και προκειμένου να μπορεί να γίνει σύγκριση των ενεργειακών δεδομένων για τους δυο δήμους, θα αμεληθεί η συνεισφορά του βιομηχανικού τομέα του δήμου Ιωαννιτών στις συνολικές του ενεργειακές καταναλώσεις. Με βάση αυτό, παρουσιάζεται πιο κάτω διαγραμματικά η κατανομή της τελικής κατανάλωσης ενέργειας για το Ιωαννιτών ανά τομέα κατανάλωσης και ανά καύσιμο.



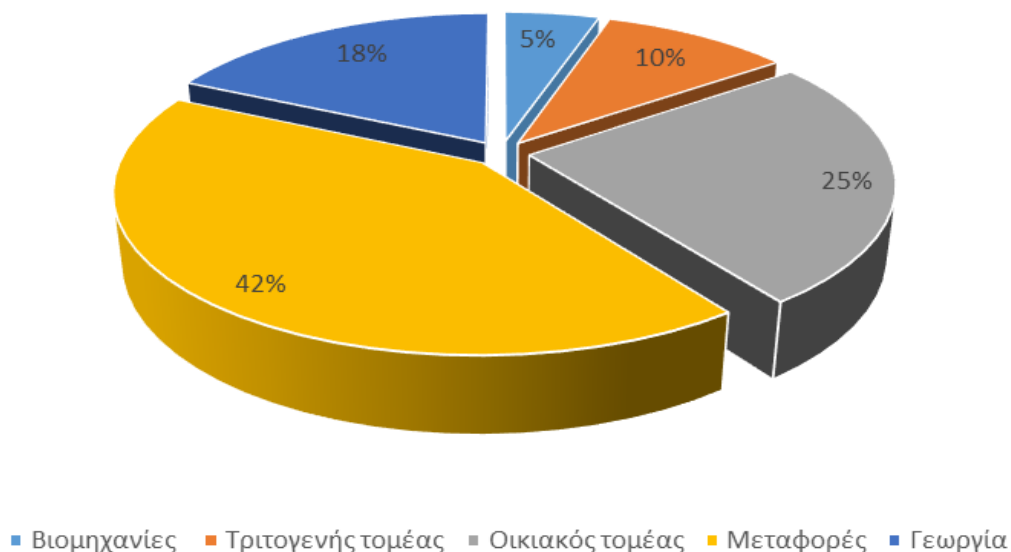
Σχήμα 4.6: Κατανομή τελικής κατανάλωσης ενέργειας ανά τομέα για το δήμο Ιωαννιτών



Σχήμα 4.7: Κατανομή τελικής κατανάλωσης ενέργειας ανά καύσιμο για το δήμο Ιωαννιτών

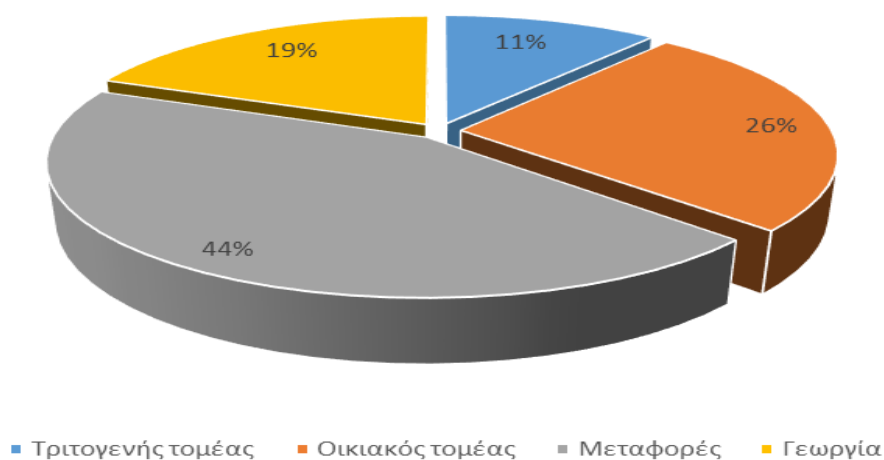
4.3 Ανάλυση δεδομένων

Προκειμένου να γίνει σύγκριση της ενεργειακής κατανάλωσης ανά τομέα στους δυο δήμους και σε σχέση με το σύνολο της χώρας, δίνεται στο παρακάτω γράφημα η κατανομή της τελικής κατανάλωσης ενέργειας ανά τομέα για την Ελλάδα κατά το έτος 2010 σύμφωνα με στοιχεία που παρουσιάζονται στο «2^ο Εθνικό σχέδιο δράσης ενεργειακής απόδοσης» όπως αυτό δημοσιεύτηκε το Σεπτέμβριο του 2011 από το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής.



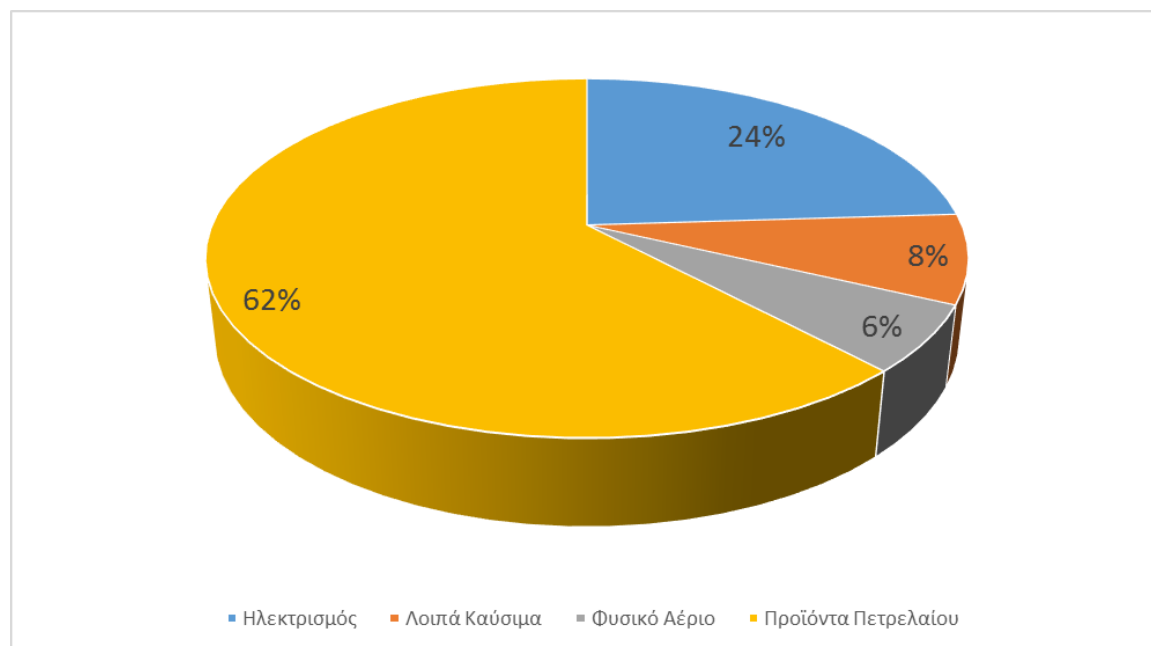
Σχήμα 4.8: Κατανομή τελικής ενέργειας ανά τομέα για την Ελλάδα το 2010

Αμελώντας τη συνεισφορά του βιομηχανικού τομέα για λόγους που αναφέραμε και πιο πάνω και έχουν να κάνουν με την έλλειψη στοιχείων για το συγκεκριμένο τομέα για το δήμο Αμυνταίου και προκειμένου να μπορεί να γίνει η σύγκριση των δεδομένων των δυο δήμων, η πιο πάνω κατανομή καταλήγει στην εξής:



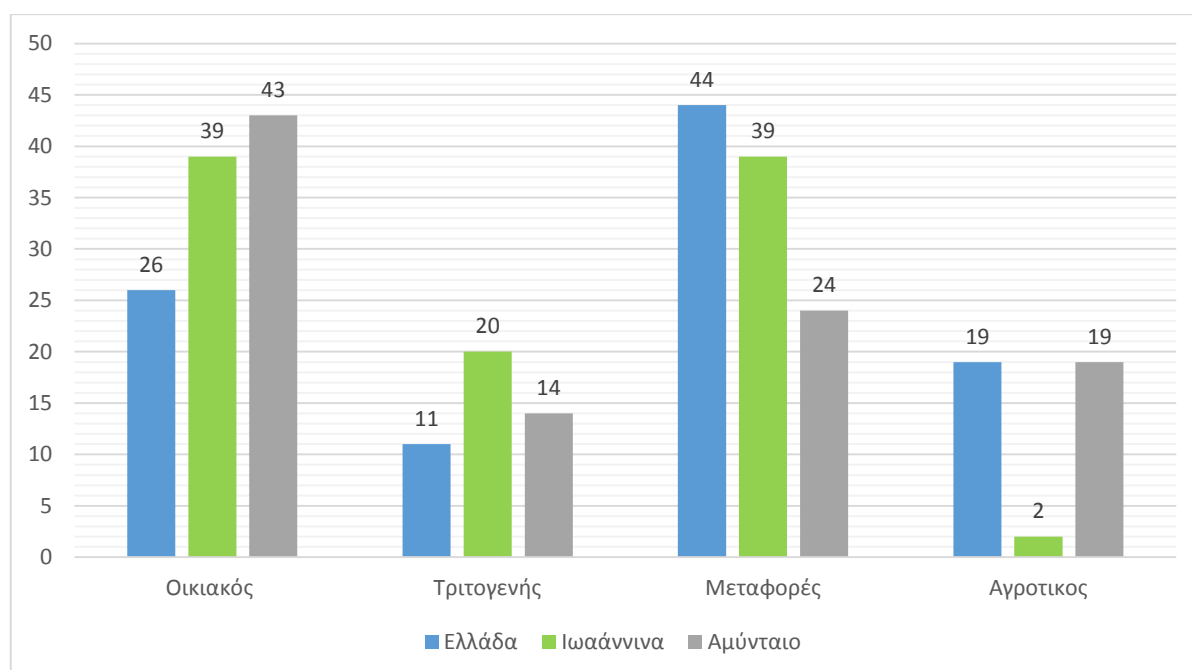
Σχήμα 4.9: Διορθωμένη Κατανομή τελικής ενέργειας για την Ελλάδα το 2010

Όσον αφορά το καύσιμο που καταναλώνεται, με βάση στοιχεία που παρουσιάζονται επίσης στο προαναφερθέν κείμενο, προκύπτει η εξής κατανομή:



Σχήμα 4.10: Κατανομή τελικής κατανάλωσης ενέργειας ανά καύσιμο για την Ελλάδα το 2010

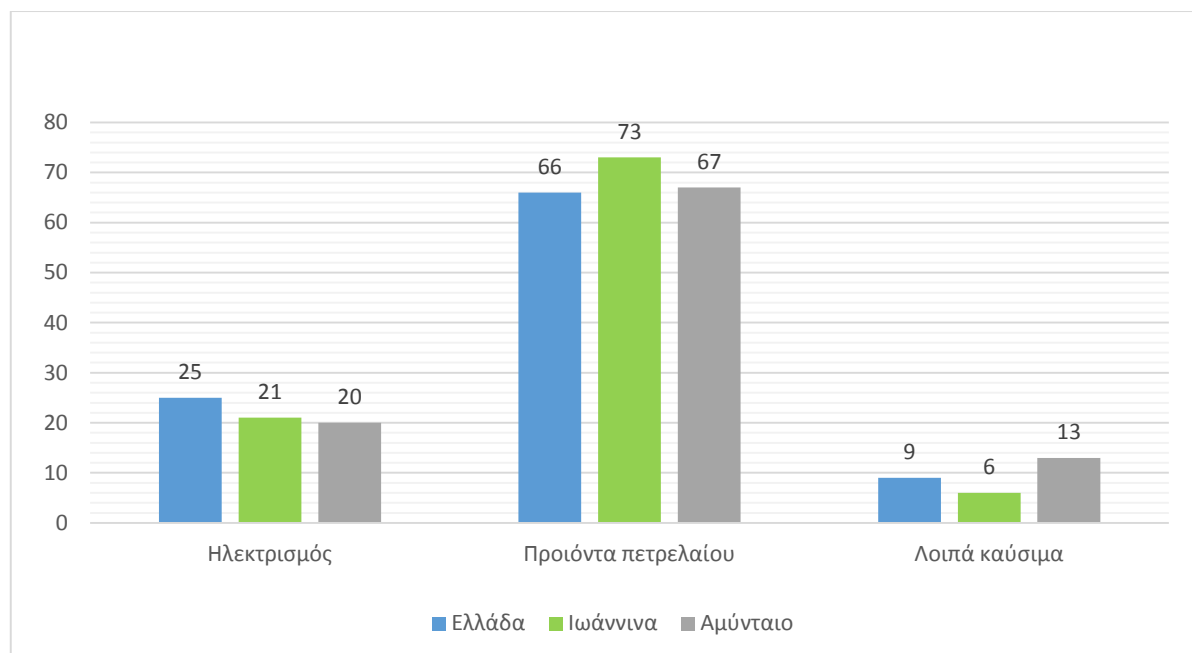
Για να είναι δυνατή η αντιπαράθεση των παραπάνω δεδομένων με αυτά των δυο δήμων, ακολουθείται ο επιμερισμός σε τομείς της παραπάνω κατανομής. Ο τριτογενής τομέας όσο αφορά τις κατανομές των δυο δήμων διευρύνεται και περιλαμβάνει και τους τομείς του δημοτικού δημόσιου φωτισμού και των δημοτικών κτιρίων και λοιπών εγκαταστάσεων.



Σχήμα 4.11: Συγκριτική κατανομή τελικής κατανάλωσης ενέργειας ανά τομέα, Ελλάδα, Ιωάννινα, Αμύνταιο

Παρατηρείται ότι και οι δυο δήμοι εμφανίζουν σημαντικές καταναλώσεις στον οικιακό τομέα, αισθητά υψηλότερες από το μέσο όρο της χώρας. Όσο αφορά το δήμο Ιωαννιτών και σύμφωνα με στοιχεία που παρουσιάζονται στο σχετικό ΣΔΑΕ, πλέον του 50% των τετραγωνικών κατοικιών του δήμου αφορά κτίσματα προ του 1980, οπότε και κατέστη υποχρεωτική η θερμομόνωση των κτιρίων με ό,τι αυτό συνεπάγεται σε σχέση με τις ανάγκες θέρμανσης των χωρίς θερμομόνωση κτιρίων. Το αντίστοιχο ποσοστό για το δήμο Αμυνταίου είναι ακόμα μεγαλύτερο και φτάνει το 75%. Ακόμα ο δήμος Ιωαννιτών ανήκει στην Γ κλιματική ζώνη κατά ΚΕΝΑΚ και ο δήμος Αμυνταίου στη Δ, ενδεικτικό των αναγκών θέρμανσης των εν λόγω περιοχών με τις συνθήκες κατά τις θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια του χειμώνα να είναι εξαιρετικά χαμηλές (μέση θερμοκρασία στο δήμο Αμυνταίου για το μήνα Δεκέμβριο $-0,7^{\circ}\text{C}$ και στα Ιωάννινα τον Ιανουάριο $4,7^{\circ}\text{C}$) και τις χιονοπτώσεις να είναι πολύ συνήθεις, ειδικά στο δήμο Αμυνταίου. Ενδεικτικά, σύμφωνα με την τεχνική οδηγία 20701-3/2010 του ΤΕΕ «Κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών», οι βαθμοημέρες θέρμανσης για το μήνα Ιανουάριο οπότε και λαμβάνουν τις μέγιστες τιμές, με θερμοκρασία αναφοράς τους 18°C είναι 412 για τα Ιωάννινα και 543 για τη γειτονική με το Αμύνταιο πόλη της Φλώρινας και είναι ανάμεσα στις πέντε μεγαλύτερες τιμές σε σύνολο 80 και πλέον περιοχών που αναφέρονται στην οδηγία (το 543 μάλιστα είναι η μέγιστη τιμή). Οι εγκαταστάσεις και τα κτίρια του τριτογενούς τομέα είναι αρκετά ανεπτυγμένες στα Ιωάννινα και απασχολούν μεγάλο ποσοστό των οικονομικά ενεργών κατοίκων του δήμου (73%) και σε αυτό οφείλεται και το αυξημένο ποσοστό της κατανάλωσης αυτού του τομέα σε σχέση με τον ελληνικό μέσο όρο. Αντίθετα, η απασχόληση των κατοίκων του δήμου είναι ελάχιστη στον αγροτικό τομέα και εξ ου και η μικρή συμμετοχή αυτού στην ενεργειακή κατανάλωση. Στο δήμο Αμυνταίου από την άλλη, η απασχόληση στον πρωτογενή τομέα φτάνει το 30% και η συμμετοχή αυτού στην κατανάλωση ενέργειας στο 19%, όσο και ο μέσος όρος της χώρας ενώ αντίστοιχο ποσοστό πληθυσμού απασχολείται στον τριτογενή τομέα όπου όμως οι όποιες δραστηριότητες είναι σίγουρα μικρότερης ενεργειακής έντασης σε σχέση με τις αντίστοιχες του πρωτογενούς. Στον τομέα των μεταφορών τέλος, οι καταναλώσεις για το δήμο Ιωαννιτών πλησιάζουν το μέσο όρο της χώρας ενώ αντίθετα του δήμου Αμυνταίου υπολείπονται σημαντικά, ίσως λόγω του μη αστικού χαρακτήρα του δήμου σε σύγκριση και με το δήμο Ιωαννιτών.

Όσο αφορά στην κατανάλωση καυσίμων δε, το μερίδιο που κατείχε η κατανάλωση φυσικού αερίου στο σύνολο της χώρας διαμοιράστηκε στις υπόλοιπες μορφές ενέργειας, έτσι ώστε τα αποτελέσματα να μπορεί να συγκριθούν με αυτά των δυο δήμων, στους οποίους δεν υπάρχει παροχή φυσικού αερίου. Αντίστοιχα, η βιομάζα, η ηλιοθερμική ενέργεια και η ενέργεια μέσω τηλεθέρμανσης συγκαταλέγονται στα λοιπά καύσιμα ενώ η βενζίνη, το πετρέλαιο θέρμανσης και το πετρέλαιο ντίζελ αποτελούν τα προϊόντα πετρελαίου.



Σχήμα 4.12: Συγκριτική κατανομή τελικής κατανάλωσης ενέργειας ανά καύσιμο, Ελλάδα, Ιωάννινα, Αμύνταιο

Οι σημαντικές καταναλώσεις του οικιακού τομέα στους δυο δήμους σε σχέση με το σύνολο της χώρας και οι οποίες αφορούν κατά κύριο λόγο την κάλυψη αναγκών θέρμανσης αποτελούν την αιτία της αυξημένης συμμετοχής των προϊόντων πετρελαίου στο ενεργειακό «μείγμα» των δυο δήμων. Η απόκλιση για αυτή την ομάδα καυσίμων σε ό,τι αφορά το δήμο Αμυνταίου θα ήταν ακόμα μεγαλύτερη αν δεν υπήρχε η συνεισφορά των τοπικών εγκαταστάσεων της ΔΕΗ στην μερική κάλυψη των αναγκών θέρμανσης του δήμου μέσω του υπάρχοντος δικτύου τηλεθέρμανσης και αν δεν υπήρχε η μειωμένη συμμετοχή του κλάδου των μεταφορών στην ενεργειακή κατανάλωση του δήμου, η οποία συμμετοχή θα αφορούσε αποκλειστικά κατανάλωση προϊόντων πετρελαίου. Η κατανάλωση ηλεκτρισμού τέλος είναι μικρότερη σε σχέση με το μέσο όρο της χώρας, ίσως λόγω του ότι στις δυο περιοχές δεν επικρατούν ιδιαίτερα υψηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και επομένως η χρήση κλιματιστικών που καταναλώνουν μεγάλα ποσά ηλεκτρικής ενέργειας κατά τους θερινούς μήνες σε μεγάλο μέρος της χώρας δεν είναι τόσο εκτεταμένη.

Κεφάλαιο 5. Εφαρμογή μεθοδολογίας

Η εφαρμογή της μεθόδου μπορεί να τυποποιηθεί στα παρακάτω βήματα:

- Κατασκευή περιθώριων συναρτήσεων
- Εύρεση τιμών κριτηρίων με εισαγωγή των δεδομένων δήμου στο υπολογιστικό φύλλο
- Επισκόπηση αποτελεσμάτων των σεναρίων – Καθορισμός εφικτών σεναρίων
- Προσδιορισμός βαρών κριτηρίων
 - Κατασκευή εικονικών σεναρίων
 - Πραγματοποίηση διμερών συγκρίσεων από τον εμπειρογνώμονα
 - Κατασκευή και επίλυση προβλήματος γραμμικού προγραμματισμού
- Κατασκευή πίνακα κατάταξης σεναρίων
- Τελική πρόταση

5.1 Εφαρμογή της μεθόδου στο Δήμο Αμυνταίου

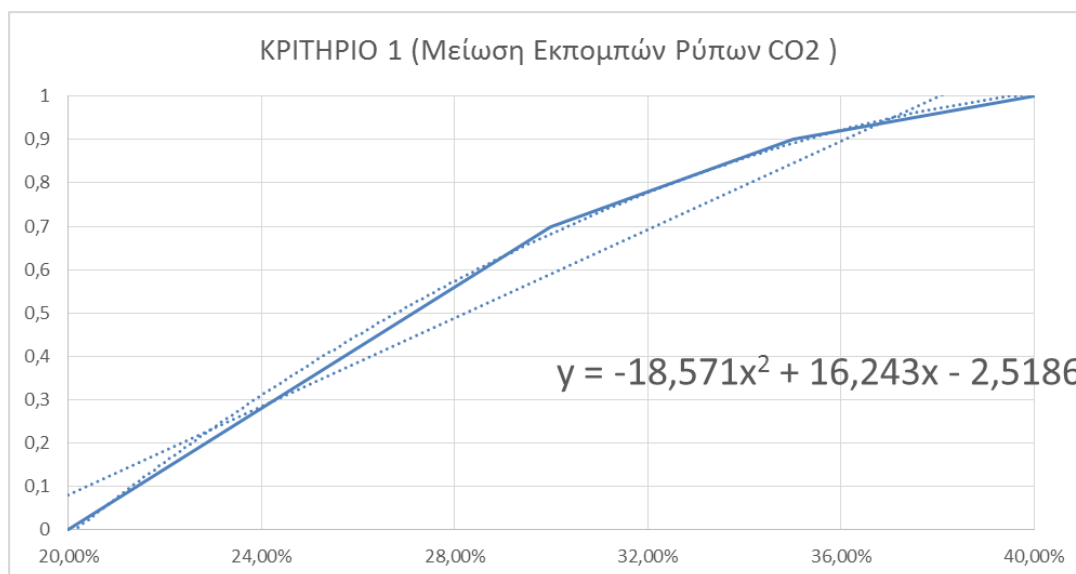
5.1.1 Κατασκευή περιθώριων συναρτήσεων

Ο αποφασίζων – Δήμος Αμυνταίου – καλείται να απαντήσει στις ερωτήσεις του αναλυτή σχετικά με την αξία που πιστεύει ότι πρέπει να δοθεί σε κάθε κριτήριο, όπως αναλύθηκε στην περιγραφή της μεθόδου UTA II. Οι απαντήσεις του έχουν άμεση σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση στο δήμο, όπως η οικονομική κατάστασή του, η επιβάρυνση του περιβάλλοντος στη περιοχή, η ανεργία κτλ..

Για το Δήμο Αμυνταίου, οι απαντήσεις του αποφασίζοντος, καθώς και οι περιθώριες συναρτήσεις που κατασκευάστηκαν ακολούθως, παρουσιάζονται στα παρακάτω σχήματα:

Πίνακας 5.1: Αντιστοίχιση τιμής – αξίας για το Κριτήριο 1

ΚΡΙΤΗΡΙΟ 1 (Μείωση Εκπομπών Ρύπων CO₂)	
Τιμή κριτηρίου K1	Αξία για το κριτήριο K1
20,00%	0
25,00%	0,35
30,00%	0,7
35,00%	0,9
40,00%	1



Σχήμα 5.1: Κατασκευή περιθώριας συνάρτησης για το Κριτήριο 1

Δηλαδή, η περιθώρια συνάρτηση που κατασκευάστηκε για το Κριτήριο 1 είναι:

$$u_1(g_1) = -18,571 * g_1^2 + 16,243 * g_1 - 2,5186$$

Τα κριτήρια 2 και 3 είναι ποιοτικά κριτήρια και δε προκύπτουν για αυτά τιμές δεκαδικές. Για αυτό το λόγο για αυτά τα κριτήρια δε χρειάζεται να κατασκευαστούν περιθώριες συναρτήσεις και απαιτείται απλός ορισμός τη σχέση τιμής-αξίας για τις καθορισμένες ακέραιες τιμές που δύνανται να λάβουν.

Πίνακας 5.2: Αντιστοίχιση τιμής – αξίας για το Κριτήριο 2

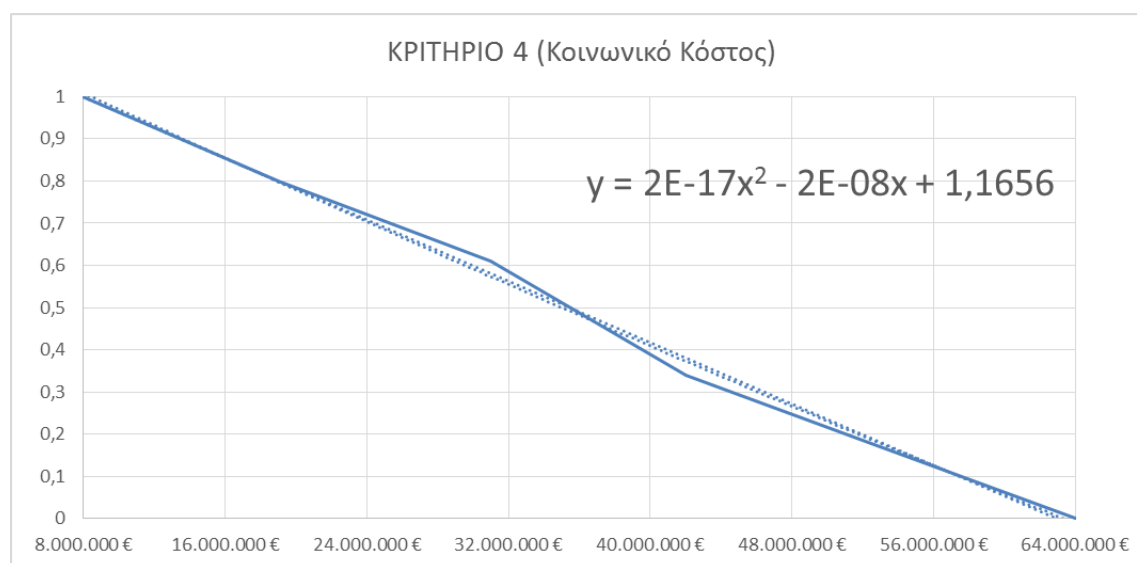
ΚΡΙΤΗΡΙΟ 2 (Φυσικό Περιβάλλον)	
Τιμή κριτηρίου K2	Αξία για το κριτήριο K2
1	1
2	0,9
3	0,65
4	0,3
5	0

Πίνακας 5.3: Αντιστοίχιση τιμής – αξίας για το Κριτήριο 3

ΚΡΙΤΗΡΙΟ 3 (Απασχόληση)	
Τιμή κριτηρίου K3	Αξία για το κριτήριο K3
1	0
2	0,4
3	0,75
4	0,85
5	1

Πίνακας 5.4: Αντιστοίχιση τιμής – αξίας για το Κριτήριο 4

ΚΡΙΤΗΡΙΟ 4 (Κοινωνικό Κόστος)	
Τιμή κριτηρίου K4	Αξία για το κριτήριο K4
8.000.000 €	1
19.000.000 €	0,8
31.000.000 €	0,61
42.000.000 €	0,34
53.000.000 €	0,17
64.000.000 €	0



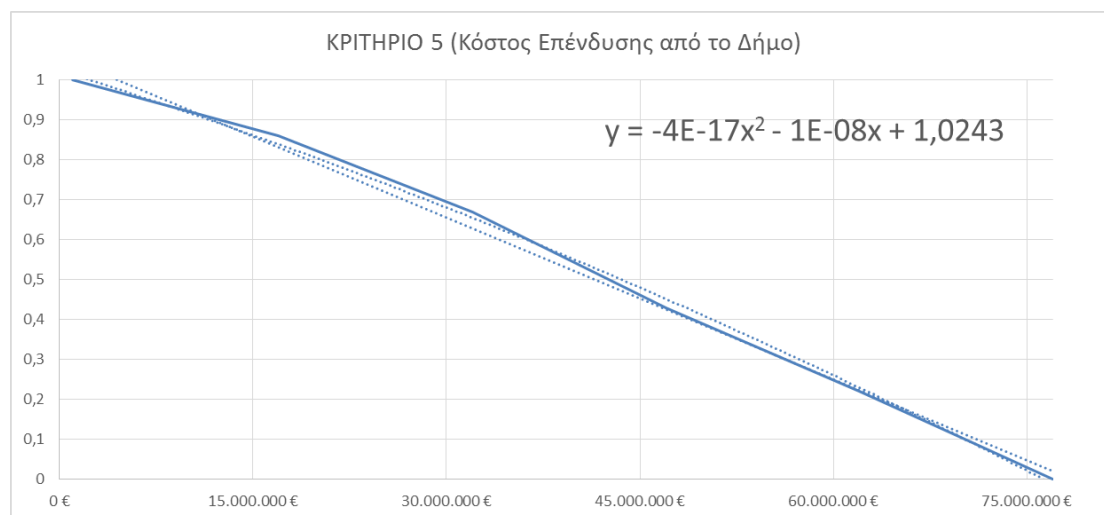
Σχήμα 5.2: Κατασκευή περιθώριας συνάρτησης για το Κριτήριο 4

Δηλαδή, η περιθώρια συνάρτηση που κατασκευάστηκε για το Κριτήριο 4 είναι:

$$u_4(g_4) = 2 * e^{-17} * g_4^2 + 2 * e^{-8} * g_4 + 1,1656$$

Πίνακας 5.5: Αντιστοίχιση τιμής – αξίας για το Κριτήριο 5

ΚΡΙΤΗΡΙΟ 5 (Κόστος Επένδυσης από το Δήμο)	
Τιμή κριτηρίου K5	Αξία για το κριτήριο K5
1.000.000 €	1
17.000.000 €	0,86
32.000.000 €	0,67
47.000.000 €	0,43
62.000.000 €	0,22
77.000.000 €	0



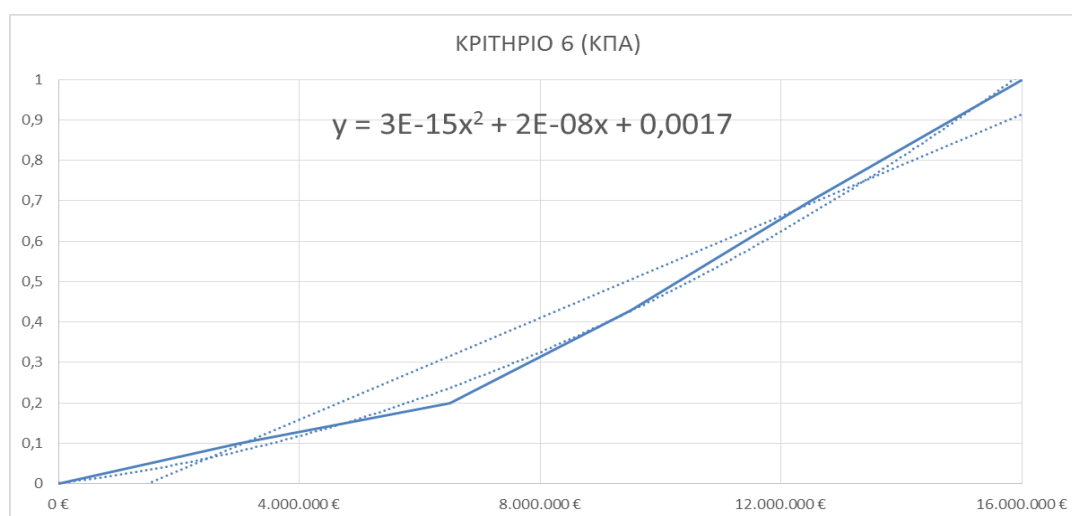
Σχήμα 5.3: Κατασκευή περιθώριας συνάρτησης για το Κριτήριο 5

Δηλαδή, η περιθώρια συνάρτηση που κατασκευάστηκε για το Κριτήριο 5 είναι:

$$u_5(g_5) = -4 * e^{-17} * g_5^2 - 1 * e^{-8} * g_5 + 1,0243$$

Πίνακας 5.6: Αντιστοίχιση τιμής – αξίας για το Κριτήριο 6

ΚΡΙΤΗΡΙΟ 6 (ΚΠΑ)	
Τιμή κριτηρίου Κ6	Αξία για το κριτήριο Κ6
0 €	0
3.000.000 €	0,1
6.500.000 €	0,2
9.500.000 €	0,43
12.500.000 €	0,7
16.000.000 €	1



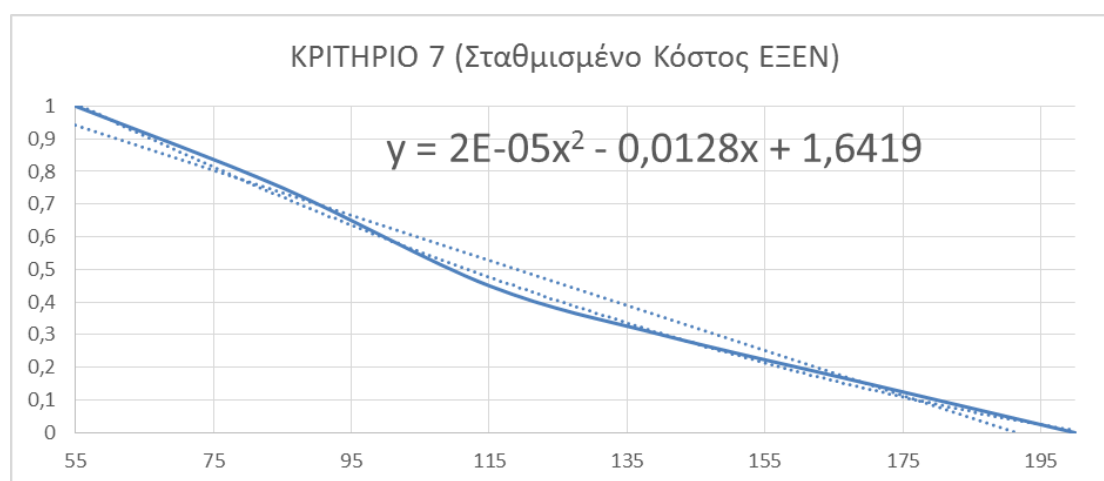
Σχήμα 5.4: Κατασκευή περιθώριας συνάρτησης για το Κριτήριο 6

Δηλαδή, η περιθώρια συνάρτηση που κατασκευάστηκε για το Κριτήριο 6 είναι:

$$u_6(g_6) = 3 * e^{-15} * g_6^2 + 2 * e^{-8} * g_6 + 0,0017$$

Πίνακας 5.7: Αντιστοίχιση τιμής – αξίας για το Κριτήριο 7

ΚΡΙΤΗΡΙΟ 7 (Σταθμισμένο Κόστος ΕΞΕΝ)	
Τιμή κριτηρίου K7	Αξία για το κριτήριο K7
55	1
85	0,75
115	0,45
140	0,3
170	0,15
200	0



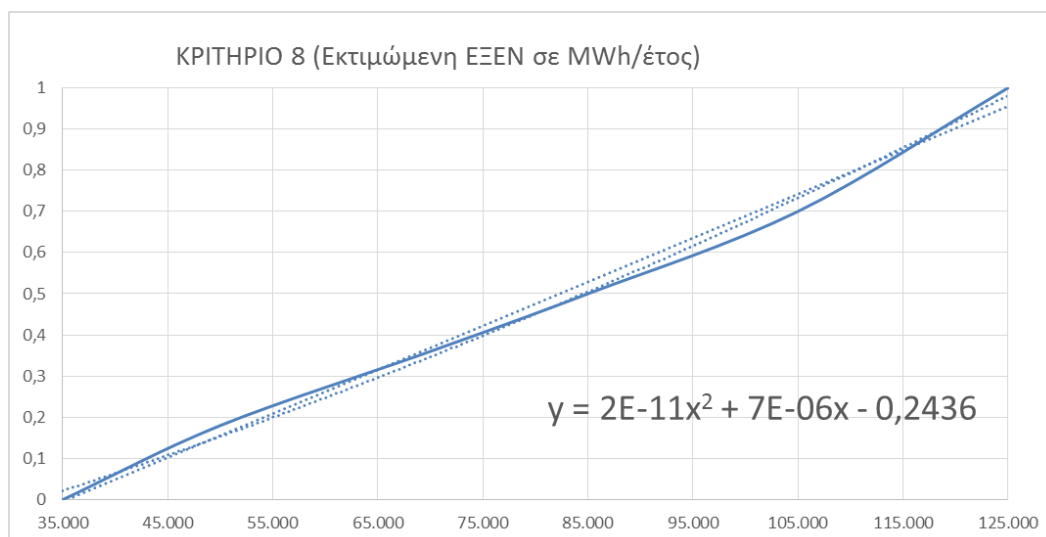
Σχήμα 5.5: Κατασκευή περιθώριας συνάρτησης για το Κριτήριο 7

Δηλαδή, η περιθώρια συνάρτηση που κατασκευάστηκε για το Κριτήριο 7 είναι:

$$u_7(g_7) = 2 * e^{-5} * g_7^2 - 0,0128 * g_7 + 1,6419$$

Πίνακας 5.8: Αντιστοίχιση τιμής – αξίας για το Κριτήριο 8

ΚΡΙΤΗΡΙΟ 8 (Εκτιμώμενη ΕΞΕΝ σε MWh/έτος)	
Τιμή κριτηρίου K8	Αξία για το κριτήριο K8
35.000	0
50.000	0,18
70.000	0,36
85.000	0,5
105.000	0,7
125.000	1



Σχήμα 5.6: Κατασκευή περιθώριας συνάρτησης για το Κριτήριο 8

Δηλαδή, η περιθώρια συνάρτηση που κατασκευάστηκε για το Κριτήριο 8 είναι:

$$u_8(g_8) = 2 * e^{-11} * g_8^2 + 7 * e^{-6} * g_8 - 0,2436$$

Συνοπτικά οι περιθώριες συναρτήσεις που προέκυψαν είναι:

Πίνακας 5.9: Περιθώριες συναρτήσεις για τα Κριτήρια

Κριτήριο	Περιθώρια Συνάρτηση
K1	$u_1(g_1) = -18,571 * g_1^2 + 16,243 * g_1 - 2,5186$
K4	$u_4(g_4) = 2 * e^{-17} * g_4^2 + 2 * e^{-8} * g_4 + 1,1656$
K5	$u_5(g_5) = -4 * e^{-17} * g_5^2 - 1 * e^{-8} * g_5 + 1,0243$
K6	$u_6(g_6) = 3 * e^{-15} * g_6^2 + 2 * e^{-8} * g_6 + 0,0017$
K7	$u_7(g_7) = 2 * e^{-5} * g_7^2 - 0,0128 * g_7 + 1,6419$
K8	$u_8(g_8) = 2 * e^{-11} * g_8^2 + 7 * e^{-6} * g_8 - 0,2436$

Οι αξίες που πήραν τα κριτήρια από τον αποφασίζοντα καταδεικνύουν τη σημασία που δόθηκε από αυτόν στον περιβαλλοντικό και στον κοινωνικό άξονα, λόγω των ήδη βεβαρημένων προβλημάτων αυτού του είδους που αντιμετωπίζει ο δήμος. Βαρύτητα επιδόθηκε, δηλαδή, στα κριτήρια:

- K1 – Μείωση των εκπομπών ρύπων CO₂
- K2 – Φυσικό Περιβάλλον
- K8 – Εκτιμώμενη ΕΞΕΝ

Παράλληλα, δεν μειώθηκε η αξία των κριτηρίων του οικονομικού άξονα, καθώς ο Δήμος Αμυνταίου είναι μικρός σε έκταση και πληθυσμό, άρα και σε οικονομικά μεγέθη

- δεν έχει τη δυνατότητα, δηλαδή, να διαθέσει υπερβολικά ποσά στην εφαρμογή των προτεινόμενων δράσεων.

5.1.2 Εύρεση τιμών κριτηρίων με εισαγωγή των δεδομένων δήμου στο υπολογιστικό φύλλο

Για τον υπολογισμό των αποτελεσμάτων των σεναρίων δράσεων είναι απαραίτητα κάποια δεδομένα – οικονομικά, πληθυσμιακά, ενεργειακά, κτλ. – όπως αυτά περιεγράφηκαν στο κεφάλαιο 3 της εργασίας.

Πίνακας 5.10: Τιμές κριτηρίων ανά Σενάριο

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΕΝΑΡΙΩΝ								
	ΚΡΙΤΗΡΙΑ							
	K1 (Εκπομπές)	K2 (Φυσικό Περιβάλλον)	K3 (Απασχόληση)	K4 (Κοινωνικό Κόστος)	K5 (Κόστος Επένδυσης από Δήμο)	K6 (ΚΠΑ)	K7 (Σταθμισμένο Κόστος ΕΞΕΝ)	K8 (Εκτιμώμενη ΕΞΕΝ σε MWh/έτος)
ΣΕΝΑΡΙΟ 1	21,28%	3	2	33.752.297	4.459.076	1.056.459	140,82	46.750
ΣΕΝΑΡΙΟ 2	28,42%	3	3	55.725.647	4.444.025	1.927.741	117,74	79.603
ΣΕΝΑΡΙΟ 3	21,75%	2	1	39.549.891	7.156.078	2.127.470	176,27	49.732
ΣΕΝΑΡΙΟ 4	15,24%	4	2	51.837.920	7.123.895	6.629.792	165,77	49.887
ΣΕΝΑΡΙΟ 5	32,69%	2	3	39.946.197	9.767.135	8.190.089	141,09	56.457
ΣΕΝΑΡΙΟ 6	27,67%	3	3	50.404.608	5.663.118	2.432.750	129,35	83.615
ΣΕΝΑΡΙΟ 7	17,19%	4	1	32.840.805	5.957.867	33.641	159,28	38.627
ΣΕΝΑΡΙΟ 8	21,82%	3	3	44.577.140	14.444.059	5.741.816	180,00	58.233
ΣΕΝΑΡΙΟ 9	30,91%	1	3	42.652.090	8.189.651	9.434.448	127,12	56.168
ΣΕΝΑΡΙΟ 10	22,81%	4	4	37.695.412	1.585.857	678.576	101,29	62.113
ΣΕΝΑΡΙΟ 11	23,12%	3	3	50.839.465	9.239.404	4.698.898	88,84	81.239
ΣΕΝΑΡΙΟ 12	34,51%	3	5	31.757.373	62.588.389	13.588.095	62,44	111.470
ΣΕΝΑΡΙΟ 13	25,78%	3	2	19.967.878	64.200.649	14.205.342	119,18	102.483
ΣΕΝΑΡΙΟ 14	34,78%	2	3	23.936.286	68.102.836	14.334.444	74,17	100.556
ΣΕΝΑΡΙΟ 15	31,67%	2	3	43.367.393	11.037.309	13.014.058	139,04	64.382
ΣΕΝΑΡΙΟ 16	24,16%	3	3	34.164.341	6.002.161	441.826	151,76	59.521
ΣΕΝΑΡΙΟ 17	21,59%	4	3	44.564.575	9.462.351	1.063.559	101,31	67.150
ΣΕΝΑΡΙΟ 18	27,89%	2	3	40.700.328	9.470.225	13.829.343	172,69	54.376
ΣΕΝΑΡΙΟ 19	36,00%	2	3	9.168.821	70.399.754	14.130.210	117,54	109.413
ΣΕΝΑΡΙΟ 20	24,98%	3	4	58.388.417	1.965.474	1.042.415	127,74	64.050

5.1.3 Καθορισμός εφικτών σεναρίων

Τα αποτελέσματα για τις τιμές των κριτηρίων για κάθε σενάριο παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 5.11: Επισήμανση απορριφθέντων Σεναρίων

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΕΝΑΡΙΩΝ								
	ΚΡΙΤΗΡΙΑ							
	K1 (Εκπομπές)	K2 (Φυσικό Περιβάλλον)	K3 (Απασχόληση)	K4 (Κοινωνικό Κόστος)	K5 (Κόστος Επένδυσης από Δήμο)	K6 (ΚΠΑ)	K7 (Σταθμισμένο Κόστος ΕΞΕΝ)	K8 (Εκτιμώμενη ΕΞΕΝ σε MWh/έτος)
ΣΕΝΑΡΙΟ 1	21,28%	3	2	33.752.297	4.459.076	1.056.459	140,82	46.750
ΣΕΝΑΡΙΟ 2	28,42%	3	3	55.725.647	4.444.025	1.927.741	117,74	79.603
ΣΕΝΑΡΙΟ 3	21,75%	2	1	39.549.891	7.156.078	2.127.470	176,27	49.732
ΣΕΝΑΡΙΟ 4	15,24%	4	2	51.837.920	7.123.895	6.629.792	165,77	49.887
ΣΕΝΑΡΙΟ 5	32,69%	2	3	39.946.197	9.767.135	8.190.089	141,09	56.457
ΣΕΝΑΡΙΟ 6	27,67%	3	3	50.404.608	5.663.118	2.432.750	129,35	83.615
ΣΕΝΑΡΙΟ 7	17,19%	4	1	32.840.805	5.957.867	33.641	159,28	38.627
ΣΕΝΑΡΙΟ 8	21,82%	3	3	44.577.140	14.444.059	5.741.816	180,00	58.233
ΣΕΝΑΡΙΟ 9	30,91%	1	3	42.652.090	8.189.651	9.434.448	127,12	56.168
ΣΕΝΑΡΙΟ 10	22,81%	4	4	37.695.412	1.585.857	678.576	101,29	62.113
ΣΕΝΑΡΙΟ 11	23,12%	3	3	50.839.465	9.239.404	4.698.898	88,84	81.239
ΣΕΝΑΡΙΟ 12	34,51%	3	5	31.757.373	62.588.389	13.588.095	62,44	111.470
ΣΕΝΑΡΙΟ 13	25,78%	3	2	19.967.878	64.200.649	14.205.342	119,18	102.483
ΣΕΝΑΡΙΟ 14	34,78%	2	3	23.936.286	68.102.836	14.334.444	74,17	100.556
ΣΕΝΑΡΙΟ 15	31,67%	2	3	43.367.393	11.037.309	13.014.058	139,04	64.382
ΣΕΝΑΡΙΟ 16	24,16%	3	3	34.164.341	6.002.161	441.826	151,76	59.521
ΣΕΝΑΡΙΟ 17	21,59%	4	3	44.564.575	9.462.351	1.063.559	101,31	67.150
ΣΕΝΑΡΙΟ 18	27,89%	2	3	40.700.328	9.470.225	13.829.343	172,69	54.376
ΣΕΝΑΡΙΟ 19	36,00%	2	3	9.168.821	70.399.754	14.130.210	117,54	109.413
ΣΕΝΑΡΙΟ 20	24,98%	3	4	58.388.417	1.965.474	1.042.415	127,74	64.050

Με κόκκινο χρώμα σημειώνονται τα σενάρια που δεν πέτυχαν τον πρωταρχικό στόχο μείωσης των εκπομπών ρύπων CO₂ κατά 20% και άρα δεν προκρίνονται.

Με βάση τις περιθώριες συναρτήσεις και τις τιμές των κριτηρίων, όπως αυτές έχουν υπολογιστεί για κάθε σενάριο, προκύπτουν οι αξίες των κριτηρίων.

Πίνακας 5.12: Αξίες κριτηρίων ανά Σενάριο

ΑΞΙΕΣ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ								
	ΚΡΙΤΗΡΙΑ							
	K1 (Εκπομπές)	K2 (Φυσικό Περιβάλλον)	K3 (Απασχόληση)	K4 (Κοινωνικό Κόστος)	K5 (Κόστος Επένδυσης από Δήμο)	K6 (ΚΠΑ)	K7 (Σταθμισμένο Κόστος ΕΞΕΝ)	K8 (Εκτιμώμενη ΕΞΕΝ σε MWh/έτος)
ΣΕΝΑΡΙΟ 1	0,0970	0,65	0,40	0,5228	0,9782	0,0236	0,2983	0,1236
ΣΕΝΑΡΙΟ 2	0,5975	0,65	0,75	0,1308	0,9783	0,0464	0,4561	0,4466
ΣΕΝΑΡΙΟ 3	0,1354	0,90	0,00	0,4173	0,9494	0,0523	0,1036	0,1507
ΣΕΝΑΡΙΟ 5	0,8065	0,90	0,75	0,4102	0,9210	0,3380	0,2966	0,2134
ΣΕΝΑΡΙΟ 6	0,5541	0,65	0,75	0,2238	0,9654	0,0617	0,3736	0,4897
ΣΕΝΑΡΙΟ 8	0,1415	0,65	0,75	0,3271	0,8687	0,1974	0,0865	0,2304
ΣΕΝΑΡΙΟ 9	0,7279	1,00	0,75	0,3615	0,9383	0,4226	0,3890	0,2107
ΣΕΝΑΡΙΟ 10	0,2203	0,30	0,85	0,4509	1,0081	0,0150	0,5835	0,2680
ΣΕΝΑΡΙΟ 11	0,2444	0,65	0,75	0,2162	0,9268	0,1479	0,6882	0,4641
ΣΕΝΑΡΙΟ 12	0,8750	0,65	1,00	0,5594	0,2210	0,7687	0,9337	0,8112
ΣΕΝΑΡΙΟ 13	0,4346	0,65	0,40	0,7794	0,1959	0,8285	0,4456	0,7033
ΣΕΝΑΡΙΟ 14	0,8841	0,90	0,75	0,7046	0,1342	0,8413	0,8207	0,6807
ΣΕΝΑΡΙΟ 15	0,7629	0,90	0,75	0,3487	0,9070	0,7150	0,3096	0,2903
ΣΕΝΑΡΙΟ 16	0,3214	0,65	0,75	0,5152	0,9618	0,0100	0,2321	0,2428
ΣΕΝΑΡΙΟ 17	0,1230	0,30	0,75	0,3273	0,9244	0,0237	0,5833	0,3178
ΣΕΝΑΡΙΟ 18	0,5669	0,90	0,75	0,3966	0,9243	0,7918	0,1207	0,1938
ΣΕΝΑΡΙΟ 19	0,9220	0,90	0,75	0,9861	0,0972	0,8211	0,4576	0,7861
ΣΕΝΑΡΙΟ 20	0,3802	0,65	0,85	0,0848	1,0042	0,0232	0,3847	0,2870

5.1.4 Προσδιορισμός βαρών κριτηρίων

5.1.4.1 Κατασκευή εικονικών σεναρίων

Λαμβάνοντας τα παραπάνω υπόψη, θα χρησιμοποιηθεί ένα σύνολο εικονικών σεναρίων A_R , που θα αποτελείται από 13 σεσάρια. Αξίζει εδώ να σημειωθεί πως, καθαρά για λόγους ευκολίας, οι ονομασίες των σεναρίων θα δοθούν με βάση την κατάταξη που δίνει ο αποφασίζων.

Οι τιμές που δόθηκαν στα εικονικά σεσάρια παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 5.13: Τιμές κριτηρίων εικονικών Σεναρίων

		Τιμές Κριτηρίων Εικονικών Σεναρίων							
		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
Εικονικά Σεσάρια	A	35%	1	3	15.000.000 €	30.000.000 €	12.000.000 €	70	95.000
	B	36%	1	3	15.000.000 €	40.000.000 €	12.000.000 €	70	95.000
	C	36%	2	3	13.000.000 €	40.000.000 €	12.000.000 €	70	95.000
	D	36%	3	3	20.000.000 €	30.000.000 €	12.000.000 €	70	95.000
	E	36%	3	2	20.000.000 €	30.000.000 €	12.000.000 €	65	112.000
	F	36%	3	2	20.000.000 €	45.000.000 €	12.000.000 €	65	112.000
	G	32%	4	3	20.000.000 €	45.000.000 €	12.000.000 €	65	112.000
	H	32%	5	3	20.000.000 €	45.000.000 €	13.000.000 €	65	115.000
	I	32%	5	4	18.000.000 €	45.000.000 €	13.000.000 €	65	100.000
	J	30%	5	4	18.000.000 €	45.000.000 €	13.500.000 €	65	100.000
	K	30%	5	4	16.000.000 €	45.000.000 €	13.500.000 €	75	105.000
	L	30%	4	4	16.000.000 €	45.000.000 €	13.500.000 €	90	100.000
	M	26%	4	5	16.000.000 €	45.000.000 €	15.000.000 €	90	100.000

Με χρήση των αναλυτικών σχέσεων για τις περιθώριες συναρτήσεις που προέκυψαν παραπάνω, δημιουργείται ο εξής πίνακας με τις αξίες των κριτηρίων κάθε εικονικού σεναρίου.

Πίνακας 5.14: Αξίες κριτηρίων εικονικών Σεναρίων

		Αξίες Κριτηρίων							
		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
Εικονικά Σεσάρια	A	0,8914	1,0000	0,7500	0,8738	0,6811	0,6247	0,8601	0,6165
	B	0,9220	1,0000	0,7500	0,8738	0,5496	0,6247	0,8601	0,6165
	C	0,9220	0,9000	0,7500	0,9122	0,5496	0,6247	0,8601	0,6165
	D	0,9220	0,6500	0,7500	0,7787	0,6811	0,6247	0,8601	0,6165
	E	0,9220	0,6500	0,4000	0,7787	0,6811	0,6247	0,9085	0,8177
	F	0,9220	0,6500	0,4000	0,7787	0,4806	0,6247	0,9085	0,8177
	G	0,7774	0,3000	0,7500	0,7787	0,4806	0,6247	0,9085	0,8177
	H	0,7774	0,0000	0,7500	0,7787	0,4806	0,7137	0,9085	0,8547
	I	0,7774	0,0000	0,8500	0,8166	0,4806	0,7137	0,9085	0,6742
	J	0,6829	0,0000	0,8500	0,8166	0,4806	0,7603	0,9085	0,6742
	K	0,6829	0,0000	0,8500	0,8547	0,4806	0,7603	0,8129	0,7331
	L	0,6829	0,3000	0,8500	0,8547	0,4806	0,7603	0,6781	0,6742
	M	0,4491	0,3000	1,0000	0,8547	0,4806	0,9087	0,6781	0,6742

5.1.4.2 Πραγματοποίηση διμερών συγκρίσεων από τον εμπειρογνώμονα

Μέσα από ερωτήσεις με τον αποφασίζοντα θα κατασκευαστεί η κατάταξη των εικονικών σεναρίων. Ένα μέρος του διαλόγου δίνεται ως παράδειγμα:

-Αναλυτής: Μεταξύ των σεναρίων Α και Β με τις εξής τιμές στα 8 κριτήρια ποιο θεωρείτε ότι επικρατεί;

Πίνακας 5.15: Παράθεση τιμών κριτηρίων μεταξύ εικονικών σεναρίων Α,Β

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
A	35%	1	3	15.000.000 €	30.000.000 €	12.000.000 €	70	95.000
B	36%	1	3	15.000.000 €	40.000.000 €	12.000.000 €	70	95.000

-Εμπειρογνώμονας: Τα σενάρια διαφοροποιούνται στα κριτήρια K1 και K5. Συγκεκριμένα, στο K5 το σενάριο Α υπερέχει κατά πολύ, ενώ το Β υπερέχει στο K1. Θα θεωρήσω ότι το σενάριο Α υπερέχει του Β, ότι δηλαδή η διαφορά τους στο K5 δεν καλύπτεται.

-Αναλυτής: Μεταξύ των σεναρίων Β και C με τις εξής τιμές στα 8 κριτήρια ποιο θεωρείτε ότι επικρατεί;

Πίνακας 5.16: Παράθεση τιμών κριτηρίων μεταξύ εικονικών σεναρίων Β, C

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
B	36%	1	3	15.000.000 €	40.000.000 €	12.000.000 €	70	95.000
C	36%	2	3	13.000.000 €	40.000.000 €	12.000.000 €	70	95.000

-Εμπειρογνώμονας: Η διαφορά τους έγκειται στα κριτήρια K2 και K4, όπου στο K2 το Β υπερέχει με μικρή διαφορά, ενώ στο K4 το C φαίνεται να υπερέχει. Σε αυτή την περίπτωση θεωρώ τα δυο σενάρια ισοδύναμα, ότι δηλαδή οι διαφορές αυτές αντισταθμίζονται ακριβώς.

Με όμοιο τρόπο ο αποφασίζων δίνει τη γνώμη του και για τις υπόλοιπες συγκρίσεις, και τελικά προκύπτουν οι εξής συγκρίσεις:

Πίνακας 5.17: Σχέσεις μεταξύ εικονικών σεναρίων

A\A Διμερούς Σχέσης			
1	A	>	B
2	B	=	C
3	C	>	D
4	D	=	E
5	E	>	F
6	F	>	G
7	G	=	H
8	H	>	I
9	I	>	J
10	J	=	K
11	K	>	L
12	L	=	M

Έτσι, δημιουργείται η εξής κατάταξη των εικονικών σεναρίων:

Πίνακας 5.18: Κατάταξη εικονικών σεναρίων

Σειρά Κατάταξης	Εικονικό Σενάριο
1η	A
2η	B,C
3η	D,E
4η	F
5η	G,H
6η	I
7η	J,K
8η	L,M

Τέλος, ο εμπειρογνώμονας θα επιβεβαιώσει ότι εξασφαλίζεται η προτιμησιακή ανεξαρτησία μεταξύ των κριτηρίων. Η επιλογή των κριτηρίων έχει γίνει έτσι ώστε να ικανοποιείται η συνθήκη, και πράγματι κάθε ζεύγος κριτηρίων από το σετ των 8 που χρησιμοποιούμε είναι προτιμησιακά ανεξάρτητο, αφού οι μοναδιαίες παραχωρήσεις μεταξύ των δύο ενός ζεύγους είναι ανεξάρτητες των τιμών των υπόλοιπων έξι.

5.1.4.3 Κατασκευή και επίλυση προβλήματος γραμμικού προγραμματισμού

Κάθε μία από τις διμερείς σχέσεις σύγκρισης μεταξύ των σεναρίων θα οδηγήσει σε μια ανισότητα ή ισότητα. Οι μαθηματικές αυτές σχέσεις, όπως περιεγράφηκε και στην ανάλυση του γενικού μοντέλου της UTA 2, προέρχονται από τη γενική εξίσωση που δίνει τη διαφορά στη βαθμολογία ανάμεσα σε δύο εναλλακτικές δράσεις:

$$\Delta(a, b) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i[g_i(a)] - u_i[g_i(b)]\} - \sigma^+(a) + \sigma^-(a) + \sigma^+(b) - \sigma^-(b)$$

$$\Delta(a, b) \geq \delta, \text{ αν } a > b$$

$$\Delta(a, b) = 0, \text{ αν } a \approx b$$

Στην εφαρμογή αυτή εκλέγεται

$$\delta = 0,001 = 0,1\%$$

Η επιλογή του δ αντιπροσωπεύει την εμπιστοσύνη στον αποφασίζοντα, δηλαδή στην ικανότητα του να ξεχωρίσει ποιο σενάριο υπερισχύει ανάμεσα σε δύο με πολύ μικρές διαφορές. Οπότε, θεωρείται ότι ο εμπειρογνώμονας θεωρεί ισοδύναμα δύο σενάρια όταν αυτά διαφέρουν στη συνολική βαθμολογία κατά ποσοστό λιγότερο του 0,1%.

Η επιλογή, επίσης, του κατωφλιού δ επηρεάζει σημαντικά την επίλυση του γραμμικού προβλήματος. Όσο μεγαλύτερο είναι το δ , τόσο στενεύουν τα περιθώρια επίλυσης του, και ταυτόχρονα η λύση του καθίσταται πιο ευσταθής.

Έτσι, προκύπτει μια ανίσωση ή μία εξίσωση για κάθε σχέση που επέλεξε ο αποφασίζων. Συγκεκριμένα, προκύπτουν 5 εξισώσεις και 7 ανισώσεις, ως εξής:

Πίνακας 5.19: Εξισώσεις προβλήματος γραμμικού προγραμματισμού

A/A Διμερούς Σχέσης			
1	$\Delta(A, B) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i[g_i(A)] - u_i[g_i(B)]\} - \sigma^+(A) + \sigma^-(A) + \sigma^+(B) - \sigma^-(B)$	\geq	0,001
2	$\Delta(B, C) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i[g_i(B)] - u_i[g_i(C)]\} - \sigma^+(B) + \sigma^-(B) + \sigma^+(C) - \sigma^-(C)$	$=$	0
3	$\Delta(C, D) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i[g_i(C)] - u_i[g_i(D)]\} - \sigma^+(C) + \sigma^-(C) + \sigma^+(D) - \sigma^-(D)$	\geq	0,001
4	$\Delta(D, E) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i[g_i(D)] - u_i[g_i(E)]\} - \sigma^+(D) + \sigma^-(D) + \sigma^+(E) - \sigma^-(E)$	$=$	0
5	$\Delta(E, F) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i[g_i(E)] - u_i[g_i(F)]\} - \sigma^+(E) + \sigma^-(E) + \sigma^+(F) - \sigma^-(F)$	\geq	0,001
6	$\Delta(F, G) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i[g_i(F)] - u_i[g_i(G)]\} - \sigma^+(F) + \sigma^-(F) + \sigma^+(G) - \sigma^-(G)$	\geq	0,001
7	$\Delta(G, H) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i[g_i(G)] - u_i[g_i(H)]\} - \sigma^+(G) + \sigma^-(G) + \sigma^+(H) - \sigma^-(H)$	$=$	0
8	$\Delta(H, I) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i[g_i(H)] - u_i[g_i(I)]\} - \sigma^+(H) + \sigma^-(H) + \sigma^+(I) - \sigma^-(I)$	\geq	0,001
9	$\Delta(I, J) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i[g_i(I)] - u_i[g_i(J)]\} - \sigma^+(I) + \sigma^-(I) + \sigma^+(J) - \sigma^-(J)$	\geq	0,001
10	$\Delta(J, K) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i[g_i(J)] - u_i[g_i(K)]\} - \sigma^+(J) + \sigma^-(J) + \sigma^+(K) - \sigma^-(K)$	$=$	0

11	$\Delta(K, L) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i[g_i(K)] - u_i[g_i(L)]\} - \sigma^+(K) + \sigma^-(K) + \sigma^+(L) - \sigma^-(L)$	\geq	0,001
12	$\Delta(L, M) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i[g_i(L)] - u_i[g_i(M)]\} - \sigma^+(L) + \sigma^-(L) + \sigma^+(M) - \sigma^-(M)$	$=$	0

Η ολοκλήρωση της κατασκευής του γραμμικού προβλήματος, γίνεται αφού θεωρήσουμε ως αντικειμενική συνάρτηση το άθροισμα όλων των σφαλμάτων υπερτίμησης και υποτίμησης του αποφασίζοντα, η οποία πρέπει να ελαχιστοποιηθεί. Για την ακρίβεια, πρέπει να μηδενιστούν όλα τα σφάλματα, καθώς σε αντίθετη περίπτωση δεν είναι συμβατή η κατάταξη που έδωσε ο εμπειρογνώμονας.

Έτσι, στην εφαρμογή η αντικειμενική συνάρτηση είναι:

$$[min]F = \sum_{a \in A_R} \sigma^+(a) + \sigma^-(a)$$

όπου $A_R = \{A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M\}$

Με περιορισμούς:

Πίνακας 5.20: Περιορισμοί προβλήματος γραμμικού προγραμματισμού

A/A Περιορι- σμού			
1	$\Delta(A, B) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i[g_i(A)] - u_i[g_i(B)]\} - \sigma^+(A) + \sigma^-(A) - \sigma^+(B) + \sigma^-(B)$	\geq	0,001
2	$\Delta(B, C) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i[g_i(B)] - u_i[g_i(C)]\} - \sigma^+(B) + \sigma^-(B) - \sigma^+(C) + \sigma^-(C)$	$=$	0
3	$\Delta(C, D) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i[g_i(C)] - u_i[g_i(D)]\} - \sigma^+(C) + \sigma^-(C) - \sigma^+(D) + \sigma^-(D)$	\geq	0,001
4	$\Delta(D, E) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i[g_i(D)] - u_i[g_i(E)]\} - \sigma^+(D) + \sigma^-(D) - \sigma^+(E) + \sigma^-(E)$	$=$	0
5	$\Delta(E, F) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i[g_i(E)] - u_i[g_i(F)]\} - \sigma^+(E) + \sigma^-(E) - \sigma^+(F) + \sigma^-(F)$	\geq	0,001

6	$\Delta(F, G) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i[g_i(F)] - u_i[g_i(G)]\} - \sigma^+(F) + \sigma^-(F) - \sigma^+(G) + \sigma^-(G)$	\geq	0,001
7	$\Delta(G, H) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i[g_i(G)] - u_i[g_i(H)]\} - \sigma^+(G) + \sigma^-(G) - \sigma^+(H) + \sigma^-(H)$	$=$	0
8	$\Delta(H, I) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i[g_i(H)] - u_i[g_i(I)]\} - \sigma^+(H) + \sigma^-(H) + \sigma^+(I) - \sigma^-(I)$	\geq	0,001
9	$\Delta(I, J) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i[g_i(I)] - u_i[g_i(J)]\} - \sigma^+(I) + \sigma^-(I) + \sigma^+(J) - \sigma^-(J)$	\geq	0,001
10	$\Delta(J, K) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i[g_i(J)] - u_i[g_i(K)]\} - \sigma^+(J) + \sigma^-(J) + \sigma^+(K) - \sigma^-(K)$	$=$	0
11	$\Delta(K, L) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i[g_i(K)] - u_i[g_i(L)]\} - \sigma^+(K) + \sigma^-(K) - \sigma^+(L) + \sigma^-(L)$	\geq	0,001
12	$\Delta(L, M) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i[g_i(L)] - u_i[g_i(M)]\} - \sigma^+(L) + \sigma^-(L) - \sigma^+(M) + \sigma^-(M)$	$=$	0
13	$\sum_{i=1}^n p_i$	$=$	1

Επίσης, ισχύουν οι περιορισμοί

$$p_i \geq 0, \sigma^+(a) \geq 0, \sigma^-(a) \geq 0 \quad \forall a \in A_R, \forall i$$

Δηλαδή, προέκυψε ένα πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού με 34 αγνώστους που έχει ως περιορισμούς 6 εξισώσεις και 43 ανισώσεις

Η διαδικασία προσδιορισμού των συντελεστών βαρύτητας ολοκληρώνεται επιλύοντας το πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού που κατασκευάστηκε παραπάνω.

Στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής επιλέχθηκε το πρόσθετο εργαλείο επίλυσης solver του πακέτου Microsoft Excel, διότι το πρόβλημά είναι σχετικά απλό και δεν ενδιαφερόμαστε για περεταίρω ανάλυση της διαδικασίας, όπως η ανάλυση ευαισθησίας.

Έτσι, η λύση του προβλήματος δίνεται:

$$\sigma^+(a) = 0 \text{ και } \sigma^-(a) = 0 \quad \forall a$$

και

Πίνακας 5.21: Αποτελέσματα βαρύτητας κριτηρίων

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
p	0,130621	0,048462	0,09956	0,126405	0,212759	0,105098	0,136821	0,140274

5.1.5 Κατασκευή πίνακα κατάταξης σεναρίων

Με βάση τις αξίες κάθε σεναρίου για τα 8 κριτήρια που προσδιορίστηκαν, καθώς και τα βάρη που υπολογίστηκαν, θα χρησιμοποιηθεί η εξίσωση της προσθετικής συνάρτησης αξίας για να καταταχθούν τα σενάρια ανάλογα με τις επιδόσεις τους.

Η γενική μορφή της συνάρτησης αξίας κάθε σεναρίου είναι:

$$u(g) = \sum_{i=1}^8 p_i u_i(g_i)$$

Με βάση όλα αυτά, προκύπτει η ζητούμενη αξιολόγηση των σεναρίων, η οποία παρουσιάζεται τόσο στην καρτέλα UTA, όσο και στην καρτέλα ΔΕΔΟΜΕΝΑ με δυνατότητα ταξινόμησης των αποτελεσμάτων, για τη διευκόλυνση του χρήστη. Με κόκκινο χρώμα σημειώνονται τα σενάρια που δεν είναι εφικτά.

Πίνακας 5.22: Αξίες σεναρίων

ΑΞΙΕΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ	
ΣΕΝΑΡΙΟ 12	0,68542
ΣΕΝΑΡΙΟ 14	0,64757
ΣΕΝΑΡΙΟ 19	0,64323
ΣΕΝΑΡΙΟ 15	0,61320
ΣΕΝΑΡΙΟ 9	0,59072
ΣΕΝΑΡΙΟ 5	0,57749
ΣΕΝΑΡΙΟ 18	0,56603
ΣΕΝΑΡΙΟ 2	0,53884
ΣΕΝΑΡΙΟ 6	0,53855
ΣΕΝΑΡΙΟ 11	0,53741
ΣΕΝΑΡΙΟ 10	0,51842
ΣΕΝΑΡΙΟ 13	0,51497
ΣΕΝΑΡΙΟ 20	0,48549
ΣΕΝΑΡΙΟ 16	0,48477
ΣΕΝΑΡΙΟ 17	0,47021
ΣΕΝΑΡΙΟ 1	0,41882
ΣΕΝΑΡΙΟ 8	0,41572
ΣΕΝΑΡΙΟ 3	0,35687

Πρέπει να σημειωθεί ότι η λύση του γραμμικού προβλήματος που δόθηκε, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον αλγόριθμο επίλυσης που χρησιμοποιεί το λογισμικό που επιλύει το πρόβλημα. Θεωρώντας ότι είναι συμβατή η κατάταξη που έχει δώσει ο εμπειρογνώμονας, μπορεί να υποτεθεί ότι όλα τα σφάλματα υποτίμησης και υπερεκτίμησης θα είναι μηδενικά. Άρα οι ελεύθερες μεταβλητές του προβλήματος είναι οι 8 συντελεστές βαρύτητας. Αν δεν υπήρχαν οι περιορισμοί, λύση του γραμμικού προβλήματος θα αποτελούσε όλος ο χώρος των 8 διαστάσεων. Οι περιορισμοί, ωστόσο, περιορίζουν τις μεταβλητές εντός ενός κυρτού πολυέδρου, κάθε σημείο του οποίου με συντεταγμένες $x(p_1, p_2, \dots, p_8)$ αποτελεί ένα σετ βαρών-λύση του γραμμικού προβλήματος. Επειδή οι 8 συντελεστές βαρύτητας δε συμμετέχουν στην αντικειμενική συνάρτηση, όλα τα σημεία αυτά αποτελούν εξίσου καλές λύσεις για το πρόβλημα. Έτσι, ανάλογα με τον αλγόριθμο επίλυσης επιλέγεται διαφορετική λύση, δηλαδή διαφορετικός συνδυασμός συντελεστών βαρύτητας. Ωστόσο, τα βάρη παίζουν σημαντικότατο ρόλο στον καθορισμό της συνολικής αξίας κάθε σεναρίου και, κατ' επέκταση, στην κατάταξη που θα κατασκευαστεί.

5.1.6 Τελική Πρόταση

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, το σενάριο που ανταποκρίνεται καλύτερα στις ανάγκες του Δήμου Αμυνταίου είναι το Σενάριο 12, το οποίο γίνεται αποδεκτό, καθώς δεν θεωρήθηκε μη εφικτό στον έλεγχο επίτευξης του βασικού στόχου της μείωσης των εκπομπών ρύπων CO₂ (δεν σημειώνεται με κόκκινο χρώμα).

Υπενθυμίζεται ότι στο σενάριο αυτό δόθηκε έμφαση σε δράσεις που αφορούν το κτιριακό απόθεμα του οικιακού τομέα, το δημοτικό φωτισμό και την τοπικά παραγόμενη θέρμανση και ψύξη και οι τιμές που λαμβάνουν τα κριτήρια με την εφαρμογή του σεναρίου φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 5.23: Τιμές κριτηρίων για το βέλτιστο σενάριο

	ΚΡΙΤΗΡΙΑ							
	K1 (Εκτομπές)	K2 (Φυσικό Περιβάλλον)	K3 (Απασχόληση)	K4 (Κοινωνικό Κόστος)	K5 (Κόστος Επένδυσης από Δήμο)	K6 (ΚΠΑ)	K7 (Σταθμισμένο Κόστος ΕΞΕΝ)	K8 (Εκτιμώμενη ΕΞΕΝ σε MWh/έτος)
ΣΕΝΑΡΙΟ 12	34,51%	3	5	31.757.373	62.588.389	13.588.095	62,44	111.470

5.2 Εφαρμογή της μεθόδου στο Δήμο Ιωαννιτών

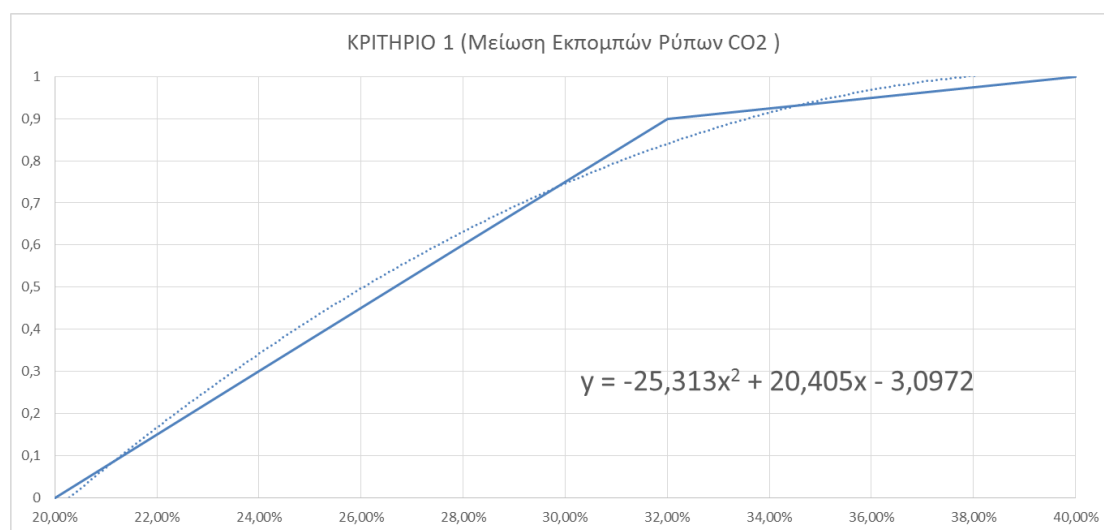
5.2.1 Κατασκευή περιθώριων συναρτήσεων

Ο αποφασίζων – Δήμος Ιωαννιτών – καλείται να απαντήσει στις ερωτήσεις του αναλυτή σχετικά με την αξία που πιστεύει ότι πρέπει να δοθεί σε κάθε κριτήριο, όπως αναλύθηκε στην περιγραφή της μεθόδου UTA II. Οι απαντήσεις του έχουν άμεση σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση στο δήμο, όπως η οικονομική κατάστασή του, η επιβάρυνση του περιβάλλοντος στη περιοχή, η ανεργία κτλ..

Για το Δήμο Ιωαννιτών, οι απαντήσεις του αποφασίζοντος καθώς και οι περιθώριες συναρτήσεις που κατασκευάστηκαν ακολούθως, παρουσιάζονται παρακάτω:

Πίνακας 5.24: Αντιστοίχιση τιμής – αξίας για το Κριτήριο 1

ΚΡΙΤΗΡΙΟ 1 (Μείωση Εκπομπών Ρύπων CO ₂)	
Τιμή κριτηρίου K1	Αξία για το κριτήριο K1
20,00%	0
24,00%	0,3
28,00%	0,6
32,00%	0,9
40,00%	1



Σχήμα 5.7: Κατασκευή περιθώριας συνάρτησης για το Κριτήριο 1

Δηλαδή, η περιθώρια συνάρτηση που κατασκευάστηκε για το Κριτήριο 1 είναι:

$$u_1(g_1) = -25,313 * g_1^2 + 20,405 * g_1 - 3,0972$$

Τα κριτήρια 2 και 3 είναι ποιοτικά κριτήρια και δε προκύπτουν για αυτά τιμές δεκαδικές. Για αυτό το λόγο για αυτά τα κριτήρια δε χρειάζεται να κατασκευαστούν περιθώριες συναρτήσεις και απαιτείται απλός ορισμός τη σχέση τιμής-αξίας για τις καθορισμένες ακέραιες τιμές που δύνανται να λάβουν.

Πίνακας 5.25: Αντιστοίχιση τιμής – αξίας για το Κριτήριο 2

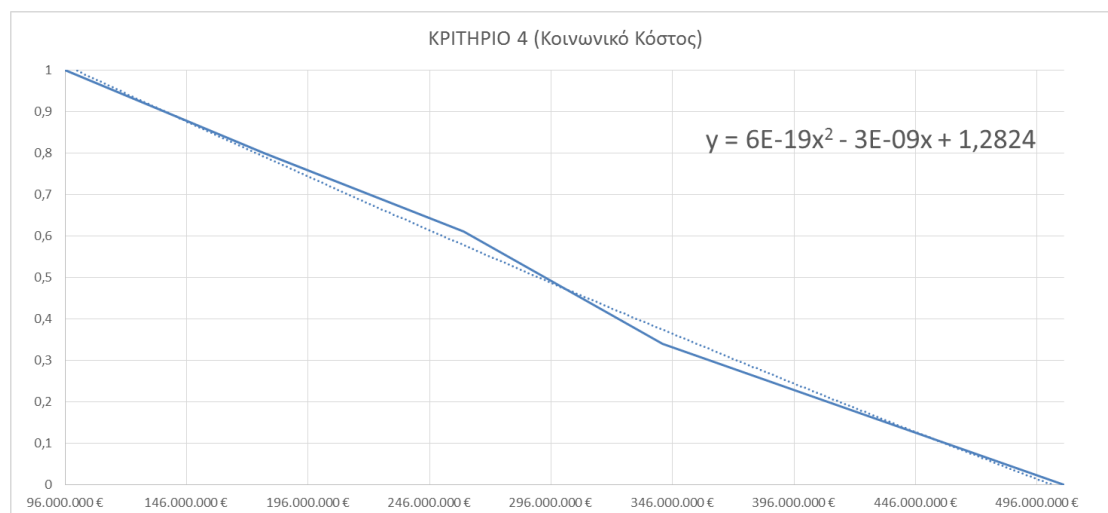
ΚΡΙΤΗΡΙΟ 2 (Φυσικό Περιβάλλον)	
Τιμή κριτηρίου K2	Αξία για το κριτήριο K2
1	1
2	0,8
3	0,55
4	0,27
5	0

Πίνακας 5.26: Αντιστοίχιση τιμής – αξίας για το Κριτήριο 3

ΚΡΙΤΗΡΙΟ 3 (Απασχόληση)	
Τιμή κριτηρίου K3	Αξία για το κριτήριο K3
1	0
2	0,35
3	0,75
4	0,9
5	1

Πίνακας 5.27: Αντιστοίχιση τιμής – αξίας για το Κριτήριο 4

ΚΡΙΤΗΡΙΟ 4 (Κοινωνικό Κόστος)	
Τιμή κριτηρίου K4	Αξία για το κριτήριο K4
96.000.000 €	1
178.000.000 €	0,8
260.000.000 €	0,61
342.000.000 €	0,34
424.000.000 €	0,17
507.000.000 €	0



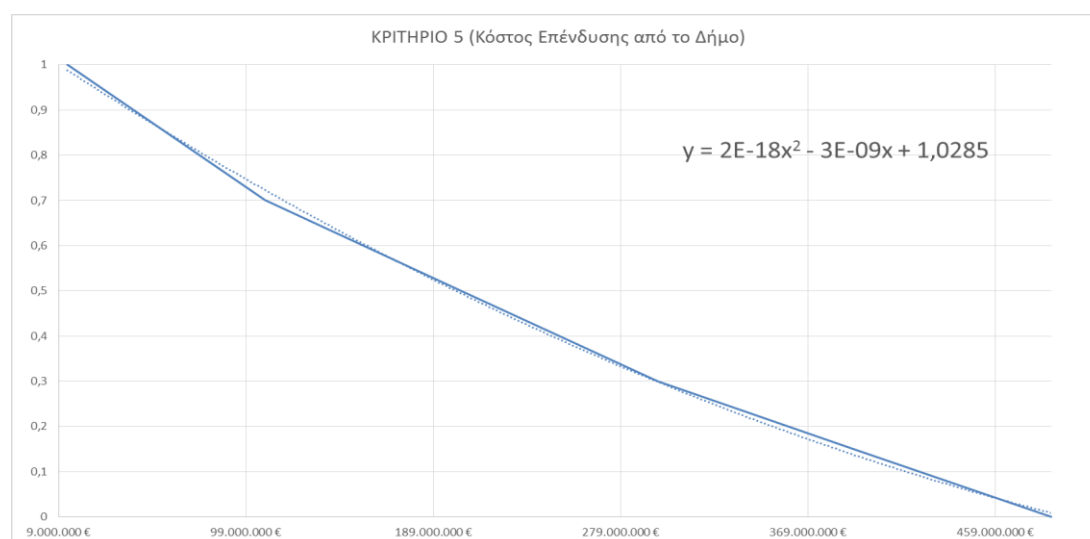
Σχήμα 5.8: Κατασκευή περιθώριας συνάρτησης για το Κριτήριο 4

Δηλαδή, η περιθώρια συνάρτηση που κατασκευάστηκε για το Κριτήριο 4 είναι:

$$u_4(g_4) = -6 * e^{-19} * g_4^2 - 3 * e^{-9} * g_4 + 1,2824$$

Πίνακας 5.28: Αντιστοίχιση τιμής – αξίας για το Κριτήριο 5

ΚΡΙΤΗΡΙΟ 5 (Κόστος Επένδυσης από το Δήμο)	
Τιμή κριτηρίου K5	Αξία για το κριτήριο K5
13.000.000 €	1
108.000.000 €	0,7
202.000.000 €	0,5
297.000.000 €	0,3
391.000.000 €	0,15
486.000.000 €	0



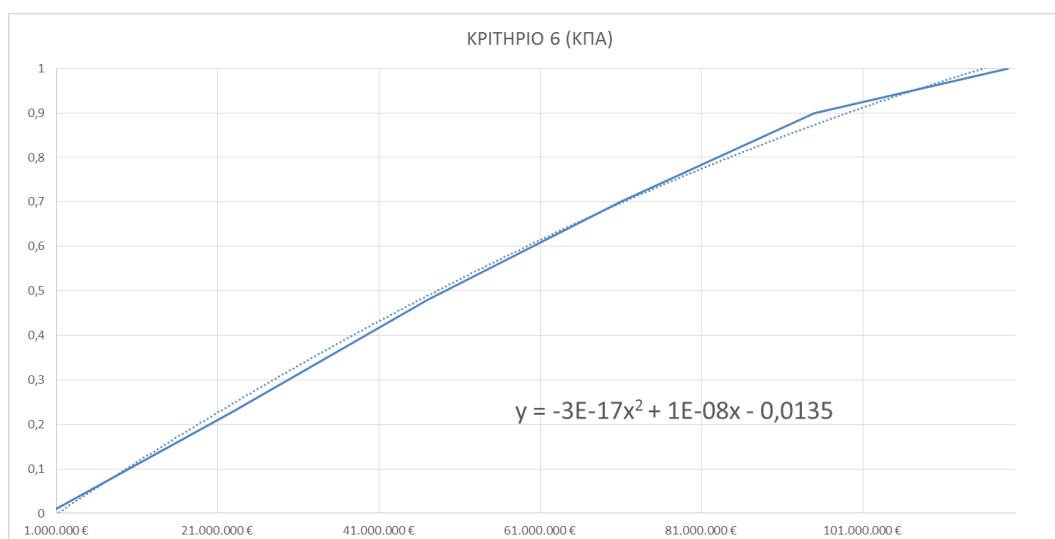
Σχήμα 5.9: Κατασκευή περιθώριας συνάρτησης για το Κριτήριο 5

Δηλαδή, η περιθώρια συνάρτηση που κατασκευάστηκε για το Κριτήριο 5 είναι:

$$u_5(g_5) = 2 * e^{-18} * g_5^2 - 3 * e^{-9} * g_5 + 1,0285$$

Πίνακας 5.29: Αντιστοίχιση τιμής – αξίας για το Κριτήριο 6

ΚΡΙΤΗΡΙΟ 6 (ΚΠΑ)	
Τιμή κριτηρίου Κ6	Αξία για το κριτήριο Κ6
0 €	0
23.000.000 €	0,23
47.000.000 €	0,48
71.000.000 €	0,7
95.000.000 €	0,9
119.000.000 €	1



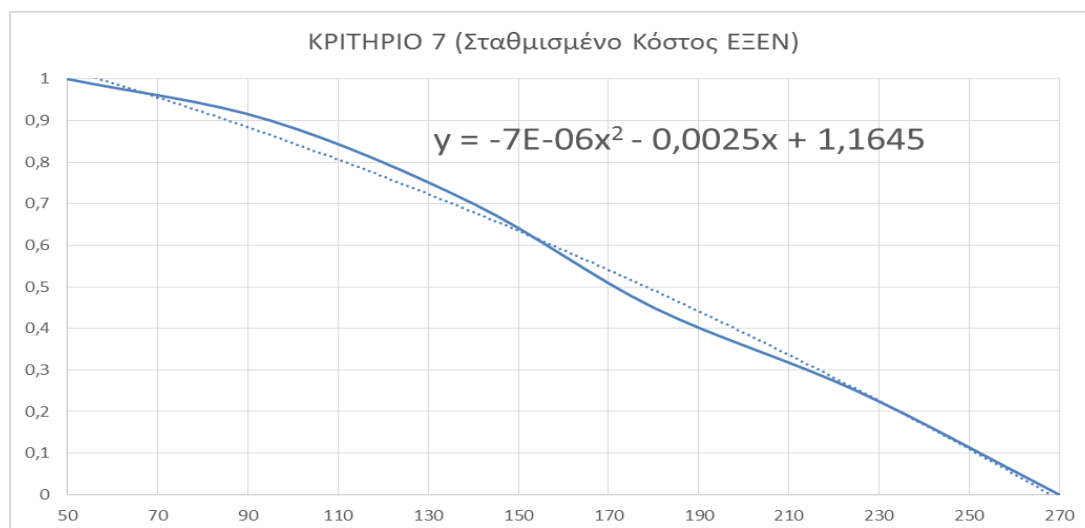
Σχήμα 5.10: Κατασκευή περιθώριας συνάρτησης για το Κριτήριο 6

Δηλαδή, η περιθώρια συνάρτηση που κατασκευάστηκε για το Κριτήριο 6 είναι:

$$u_6(g_6) = -3 * e^{-17} * g_6^2 + e^{-8} * g_6 - 0,0135$$

Πίνακας 5.30: Αντιστοίχιση τιμής – αξίας για το Κριτήριο 7

ΚΡΙΤΗΡΙΟ 7 (Σταθμισμένο Κόστος ΕΞΕΝ)	
Τιμή κριτηρίου Κ7	Αξία για το κριτήριο Κ7
50	1
95	0,9
140	0,7
180	0,45
225	0,25
270	0



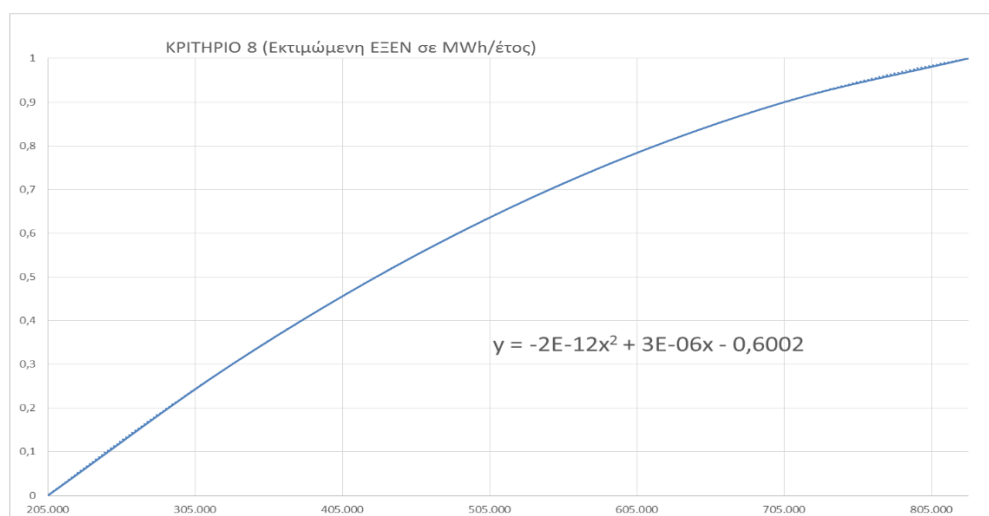
Σχήμα 5.11: Κατασκευή περιθώριας συνάρτησης για το Κριτήριο 7

Δηλαδή, η περιθώρια συνάρτηση που κατασκευάστηκε για το Κριτήριο 7 είναι:

$$u_7(g_7) = -7 * e^{-6} * g_7^2 - 0,0025 * g_7 + 1,1645$$

Πίνακας 5.31: Αντιστοίχιση τιμής – αξίας για το Κριτήριο 8

ΚΡΙΤΗΡΙΟ 8 (Εκτιμώμενη ΕΞΕΝ σε MWh/έτος)	
Τιμή κριτηρίου K8	Αξία για το κριτήριο K8
205.000	0
330.000	0,3
455.000	0,55
580.000	0,75
705.000	0,9
830.000	1



Σχήμα 5.12: Κατασκευή περιθώριας συνάρτησης για το Κριτήριο 8

Δηλαδή, η περιθώρια συνάρτηση που κατασκευάστηκε για το Κριτήριο 8 είναι:

$$u_8(g_8) = -2 * e^{-12} * g_8^2 + 3 * e^{-6} * g_8 - 0,6002$$

Συνοπτικά οι περιθώριες συναρτήσεις που προέκυψαν είναι:

Πίνακας 5.32: Περιθώριες συναρτήσεις για τα Κριτήρια

Κριτήριο	Περιθώρια Συνάρτηση
K1	$u_1(g_1) = -25,313 * g_1^2 + 20,405 * g_1 - 3,0972$
K4	$u_4(g_4) = -6 * e^{-19} * g_4^2 - 3 * e^{-9} * g_4 + 1,2824$
K5	$u_5(g_5) = 2 * e^{-18} * g_5^2 - 3 * e^{-9} * g_5 + 1,0285$
K6	$u_6(g_6) = -3 * e^{-17} * g_6^2 + e^{-8} * g_6 - 0,0135$
K7	$u_7(g_7) = -7 * e^{-6} * g_7^2 - 0,0025 * g_7 + 1,1645$
K8	$u_8(g_8) = -2 * e^{-12} * g_8^2 + 3 * e^{-6} * g_8 - 0,6002$

Οι αξίες που πήραν τα κριτήρια από τον αποφασίζοντα καταδεικνύουν τη σημασία που δόθηκε από αυτόν στον περιβαλλοντικό και στον οικονομικό άξονα, λόγω των προβλημάτων αυτού του είδους που αντιμετωπίζει ο δήμος. Βαρύτητα επιδόθηκε, δηλαδή, στα κριτήρια:

- K1 – Μείωση των εκπομπών ρύπων CO₂
- K3 – Απασχόληση
- K7 – Σταθμισμένο Κόστος ΕΞΕΝ
- K8 – Εκτιμώμενη ΕΞΕΝ σε MWh/έτος

5.2.2 Εύρεση τιμών κριτηρίων με εισαγωγή των δεδομένων δήμου στο υπολογιστικό φύλλο

Για τον υπολογισμό των αποτελεσμάτων των σεναρίων δράσεων είναι απαραίτητα κάποια δεδομένα – οικονομικά, πληθυσμιακά, ενεργειακά, κτλ. – όπως αυτά περιεγράφηκαν στο κεφάλαιο 3 της εργασίας.

Πίνακας 5.33: Τιμές κριτηρίων ανά Σενάριο

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΕΝΑΡΙΩΝ								
	ΚΡΙΤΗΡΙΑ							
	Κ1 (Εκτομπές)	Κ2 (Φυσικό Περιβάλλον)	Κ3 (Απασχόληση)	Κ4 (Κοινωνικό Κόστος)	Κ5 (Κόστος Επένδυσης από Δήμο)	Κ6 (ΚΠΑ)	Κ7 (Σταθμισμένο Κόστος ΕΕΕΝ)	Κ8 (Εκτιμώμενη ΕΕΕΝ σε MWh/έτος)
ΣΕΝΑΡΙΟ 1	15,10%	3	2	242.398.485	21.855.096	-1.088.998	126,10	226.907
ΣΕΝΑΡΙΟ 2	22,73%	3	3	378.755.929	17.170.114	21.041.466	148,40	423.218
ΣΕΝΑΡΙΟ 3	22,19%	2	1	232.151.368	67.095.231	33.025.124	138,69	286.953
ΣΕΝΑΡΙΟ 4	11,35%	4	2	435.364.383	17.792.544	95.451.202	169,91	315.382
ΣΕΝΑΡΙΟ 5	24,54%	2	3	225.685.491	26.893.824	14.410.290	57,72	283.802
ΣΕΝΑΡΙΟ 6	25,05%	3	3	395.379.184	21.734.712	18.275.454	154,93	493.243
ΣΕΝΑΡΙΟ 7	18,62%	4	1	256.634.977	22.990.742	4.730.188	117,38	261.864
ΣΕΝΑΡΙΟ 8	23,40%	3	3	435.585.177	39.334.782	108.036.957	245,32	430.654
ΣΕΝΑΡΙΟ 9	30,08%	1	3	294.112.074	48.149.348	19.694.629	96,36	318.836
ΣΕΝΑΡΙΟ 10	24,87%	4	4	329.027.203	14.553.694	5.124.241	127,20	398.212
ΣΕΝΑΡΙΟ 11	23,72%	3	3	440.999.050	23.446.896	102.546.585	106,31	533.642
ΣΕΝΑΡΙΟ 12	36,51%	3	5	258.885.289	431.034.069	88.289.989	90,59	706.969
ΣΕΝΑΡΙΟ 13	30,15%	3	2	247.967.421	409.801.078	96.705.138	171,49	756.700
ΣΕΝΑΡΙΟ 14	37,22%	2	3	228.463.921	441.850.453	88.892.016	78,77	640.267
ΣΕΝΑΡΙΟ 15	25,95%	2	3	345.208.274	36.398.845	53.848.484	123,17	409.172
ΣΕΝΑΡΙΟ 16	15,90%	3	3	177.588.236	18.104.314	-460.151	74,30	275.833
ΣΕΝΑΡΙΟ 17	24,54%	4	3	460.616.306	28.171.021	54.103.253	140,98	473.034
ΣΕΝΑΡΙΟ 18	23,69%	2	3	174.869.847	50.103.035	34.835.874	56,64	259.068
ΣΕΝΑΡΙΟ 19	28,54%	2	3	106.302.259	421.372.153	94.458.435	182,48	695.883
ΣΕΝΑΡΙΟ 20	25,59%	3	4	421.250.508	20.880.866	11.997.876	98,36	392.803

5.2.3 Καθορισμός εφικτών σεναρίων

Τα αποτελέσματα για τις τιμές των κριτηρίων για κάθε σενάριο παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 5.34: Επισήμανση απορριφθέντων Σεναρίων

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΕΝΑΡΙΩΝ								
	ΚΡΙΤΗΡΙΑ							
	K1 (Εκπομπές)	K2 (Φυσικό Περιβάλλον)	K3 (Απασχόληση)	K4 (Κοινωνικό Κόστος)	K5 (Κόστος Επένδυσης από Δήμο)	K6 (ΚΠΑ)	K7 (Σταθμισμένο Κόστος ΕΞΕΝ)	K8 (Εκτιμώμενη ΕΞΕΝ σε MWh/έτος)
ΣΕΝΑΡΙΟ 1	15,10%	3	2	242.398.485	21.855.096	-1.088.998	126,10	226.907
ΣΕΝΑΡΙΟ 2	22,73%	3	3	378.755.929	17.170.114	21.041.466	148,40	423.218
ΣΕΝΑΡΙΟ 3	22,19%	2	1	232.151.368	67.095.231	33.025.124	138,69	286.953
ΣΕΝΑΡΙΟ 4	11,35%	4	2	435.364.383	17.792.544	95.451.202	169,91	315.382
ΣΕΝΑΡΙΟ 5	24,54%	2	3	225.685.491	26.893.824	14.410.290	57,72	283.802
ΣΕΝΑΡΙΟ 6	25,05%	3	3	395.379.184	21.734.712	18.275.454	154,93	493.243
ΣΕΝΑΡΙΟ 7	18,62%	4	1	256.634.977	22.990.742	4.730.188	117,38	261.864
ΣΕΝΑΡΙΟ 8	23,40%	3	3	435.585.177	39.334.782	108.036.957	245,32	430.654
ΣΕΝΑΡΙΟ 9	30,08%	1	3	294.112.074	48.149.348	19.694.629	96,36	318.836
ΣΕΝΑΡΙΟ 10	24,87%	4	4	329.027.203	14.553.694	5.124.241	127,20	398.212
ΣΕΝΑΡΙΟ 11	23,72%	3	3	440.999.050	23.446.896	102.546.585	106,31	533.642
ΣΕΝΑΡΙΟ 12	36,51%	3	5	258.885.289	431.034.069	88.289.989	90,59	706.969
ΣΕΝΑΡΙΟ 13	30,15%	3	2	247.967.421	409.801.078	96.705.138	171,49	756.700
ΣΕΝΑΡΙΟ 14	37,22%	2	3	228.463.921	441.850.453	88.892.016	78,77	640.267
ΣΕΝΑΡΙΟ 15	25,95%	2	3	345.208.274	36.398.845	53.848.484	123,17	409.172
ΣΕΝΑΡΙΟ 16	15,90%	3	3	177.588.236	18.104.314	-460.151	74,30	275.833
ΣΕΝΑΡΙΟ 17	24,54%	4	3	460.616.306	28.171.021	54.103.253	140,98	473.034
ΣΕΝΑΡΙΟ 18	23,69%	2	3	174.869.847	50.103.035	34.835.874	56,64	259.068
ΣΕΝΑΡΙΟ 19	28,54%	2	3	106.302.259	421.372.153	94.458.435	182,48	695.883
ΣΕΝΑΡΙΟ 20	25,59%	3	4	421.250.508	20.880.866	11.997.876	98,36	392.803

Με κόκκινο χρώμα σημειώνονται τα σενάρια που δεν πέτυχαν τον πρωταρχικό στόχο μείωσης των εκπομπών ρύπων CO₂ κατά 20% και άρα δεν προκρίνονται.

Με βάση τις περιθώριες συναρτήσεις και τις τιμές των κριτηρίων, όπως αυτές έχουν υπολογιστεί για κάθε σενάριο, προκύπτουν οι αξίες των κριτηρίων.

Πίνακας 5.35: Αξίες κριτηρίων ανά Σενάριο

ΑΞΙΕΣ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ								
	ΚΡΙΤΗΡΙΑ							
	K1 (Εκπομπές)	K2 (Φυσικό Περιβάλλον)	K3 (Απασχόληση)	K4 (Κοινωνικό Κόστος)	K5 (Κόστος Επένδυσης από Δήμο)	K6 (ΚΠΑ)	K7 (Σταθμισμένο Κόστος ΕΞΕΝ)	K8 (Εκτιμώμενη ΕΞΕΝ σε MWh/έτος)
ΣΕΝΑΡΙΟ 2	0,2334	0,55	0,75	0,2846	0,9755	0,2269	0,6420	0,4912
ΣΕΝΑΡΙΟ 3	0,1840	0,80	0,00	0,6490	0,8329	0,3527	0,6854	0,2023
ΣΕΝΑΡΙΟ 5	0,3856	0,80	0,75	0,6657	0,9470	0,1539	0,9972	0,1950
ΣΕΝΑΡΙΟ 6	0,4260	0,55	0,75	0,2451	0,9621	0,1968	0,6120	0,6165
ΣΕΝΑΡΙΟ 8	0,2913	0,55	0,75	0,1508	0,9111	0,9548	0,1372	0,5052
ΣΕΝΑΡΙΟ 9	0,7504	1,00	0,75	0,4916	0,8859	0,2123	0,8597	0,2752
ΣΕΝΑΡΙΟ 10	0,4123	0,27	0,90	0,4051	0,9833	0,0473	0,7351	0,4426
ΣΕΝΑΡΙΟ 11	0,3189	0,55	0,75	0,1383	0,9571	0,9215	0,8209	0,6817
ΣΕΝΑΡΙΟ 12	0,9786	0,55	1,00	0,5805	0,0789	0,8272	0,8815	0,9020
ΣΕΝΑΡΙΟ 13	0,7539	0,55	0,35	0,6083	0,1091	0,8843	0,5334	0,9474
ΣΕΝΑΡΙΟ 14	0,9908	0,80	0,75	0,6585	0,0642	0,8314	0,9248	0,8286
ΣΕΝΑΡΙΟ 15	0,4930	0,80	0,75	0,3656	0,9195	0,5518	0,7521	0,4641
ΣΕΝΑΡΙΟ 17	0,3856	0,27	0,75	0,0932	0,9433	0,5541	0,6753	0,5819
ΣΕΝΑΡΙΟ 18	0,3160	0,80	0,75	0,7988	0,8804	0,3710	1,0008	0,1359
ΣΕΝΑΡΙΟ 19	0,6644	0,80	0,75	0,9838	0,0924	0,8694	0,4792	0,8908
ΣΕΝΑΡΙΟ 20	0,4668	0,55	0,90	0,1842	0,9646	0,1267	0,8520	0,4319

5.2.4 Προσδιορισμός βαρών κριτηρίων

5.2.4.1 Κατασκευή εικονικών σεναρίων

Λαμβάνοντας τα παραπάνω υπόψη, θα χρησιμοποιηθεί ένα σύνολο εικονικών σεναρίων A_R , που θα αποτελείται από 13 σεσάρια. Αξίζει εδώ να σημειωθεί πως, καθαρά για λόγους ευκολίας, οι ονομασίες των σεναρίων θα δοθούν με βάση την κατάταξη που δίνει ο αποφασίζων.

Οι τιμές που δόθηκαν στα εικονικά σεσάρια παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 5.36: Τιμές κριτηρίων εικονικών σεναρίων

		Τιμές Κριτηρίων Εικονικών Σεναρίων							
		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
Εικονικά Σεσάρια	A	32%	1	4	150.000.000 €	120.000.000 €	85.000.000 €	90	500.000
	B	34%	1	4	150.000.000 €	170.000.000 €	85.000.000 €	90	500.000
	C	34%	1	3	140.000.000 €	170.000.000 €	85.000.000 €	90	500.000
	D	34%	3	3	200.000.000 €	105.000.000 €	85.000.000 €	90	500.000
	E	34%	3	2	200.000.000 €	105.000.000 €	85.000.000 €	85	650.000
	F	34%	3	2	200.000.000 €	200.000.000 €	85.000.000 €	85	650.000
	G	31%	4	3	200.000.000 €	200.000.000 €	85.000.000 €	85	650.000
	H	31%	5	3	200.000.000 €	200.000.000 €	90.000.000 €	85	680.000
	I	31%	5	3	175.000.000 €	200.000.000 €	95.000.000 €	85	530.000
	J	29%	5	3	175.000.000 €	200.000.000 €	95.000.000 €	85	530.000
	K	29%	5	3	165.000.000 €	200.000.000 €	105.000.000 €	110	530.000
	L	29%	4	3	165.000.000 €	200.000.000 €	105.000.000 €	140	530.000
	M	27%	4	4	165.000.000 €	200.000.000 €	100.000.000 €	140	530.000

Με χρήση των αναλυτικών σχέσεων για τις περιθώριες συναρτήσεις που προέκυψαν παραπάνω, δημιουργείται ο εξής πίνακας με τις αξίες των κριτηρίων κάθε εικονικού σεναρίου.

Πίνακας 5.37: Αξίες κριτηρίων εικονικών σεναρίων

		Αξίες Κριτηρίων							
		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
Εικονικά Σεσάρια	A	0,8404	1,0000	0,9000	0,8652	0,6921	0,8038	0,8837	0,6278
	B	0,9143	1,0000	0,9000	0,8652	0,5688	0,8038	0,8837	0,6278
	C	0,9143	1,0000	0,7500	0,8921	0,5688	0,8038	0,8837	0,6278
	D	0,9143	0,5500	0,7500	0,7326	0,7310	0,8038	0,8837	0,6278
	E	0,9143	0,5500	0,3500	0,7326	0,7310	0,8038	0,9022	0,8402
	F	0,9143	0,5500	0,3500	0,7326	0,4994	0,8038	0,9022	0,8402
	G	0,7958	0,2700	0,7500	0,7326	0,4994	0,8038	0,9022	0,8402
	H	0,7958	0,0000	0,7500	0,7326	0,4994	0,8391	0,9022	0,8740
	I	0,7958	0,0000	0,7500	0,7985	0,4994	0,8730	0,9022	0,6760
	J	0,6914	0,0000	0,7500	0,7985	0,4994	0,8730	0,9022	0,6760
	K	0,6914	0,0000	0,7500	0,8251	0,4994	0,9366	0,8062	0,6760
	L	0,6914	0,2700	0,7500	0,8251	0,4994	0,9366	0,6796	0,6760
	M	0,5668	0,2700	0,9000	0,8251	0,4994	0,9055	0,6796	0,6760

5.2.4.2 Πραγματοποίηση διμερών συγκρίσεων από τον εμπειρογνώμονα

Μέσα από ερωτήσεις με τον αποφασίζοντα θα κατασκευαστεί η κατάταξη των εικονικών σεναρίων. Ένα μέρος του διαλόγου δίνεται ως παράδειγμα:

-Αναλυτής: Μεταξύ των σεναρίων Α και Β με τις εξής τιμές στα 8 κριτήρια ποιο θεωρείτε ότι επικρατεί;

Πίνακας 5.38: Παράθεση τιμών κριτηρίων μεταξύ εικονικών σεναρίων Α,Β

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
A	32%	1	4	150.000.000 €	120.000.000 €	85.000.000 €	90	500.000
B	34%	1	4	150.000.000 €	170.000.000 €	85.000.000 €	90	500.000

-Εμπειρογνώμονας: Τα σενάρια διαφοροποιούνται στα κριτήρια K1 και K5. Συγκεκριμένα, στο K1 το σενάριο Β υπερέχει για λίγο, ενώ το Α υπερέχει στο K5. Θα θεωρήσω τα δυο σενάρια ισοδύναμα, ότι δηλαδή οι διαφορές αυτές αντισταθμίζονται ακριβώς.

-Αναλυτής: Μεταξύ των σεναρίων Β και C με τις εξής τιμές στα 8 κριτήρια ποιο θεωρείτε ότι επικρατεί;

Πίνακας 5.39: Παράθεση τιμών κριτηρίων μεταξύ εικονικών σεναρίων Β, C

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
B	34%	1	4	150.000.000 €	170.000.000 €	85.000.000 €	90	500.000
C	34%	1	3	140.000.000 €	170.000.000 €	85.000.000 €	90	500.000

-Εμπειρογνώμονας: Η διαφορά τους έγκειται στα κριτήρια K3 και K4, όπου και στο K3 και στο K4 το Β φαίνεται να υπερέχει. Σε αυτή την περίπτωση θεωρώ ότι το Β υπερέχει συνολικά του C.

Με όμοιο τρόπο ο αποφασίζων δίνει τη γνώμη του και για τις υπόλοιπες συγκρίσεις, και τελικά προκύπτουν οι εξής συγκρίσεις:

Πίνακας 5.40: Σχέσεις μεταξύ εικονικών σεναρίων

A/A Διμερούς Σχέσης			
1	A	=	B
2	B	>	C
3	C	>	D
4	D	=	E
5	E	>	F
6	F	>	G
7	G	=	H
8	H	>	I
9	I	>	J
10	J	=	K
11	K	>	L
12	L	>	M

Έτσι, δημιουργείται η εξής κατάταξη των εικονικών σεναρίων:

Πίνακας 5.41: Κατάταξη εικονικών σεναρίων

Σειρά Κατάταξης	Εικονικό Σενάριο
1η	A,B
2η	C
3η	D,E
4η	F
5η	G,H
6η	I
7η	J,K
8η	L
9η	M

Τέλος, ο εμπειρογνώμονας θα επιβεβαιώσει ότι εξασφαλίζεται η προτιμησιακή ανεξαρτησία μεταξύ των κριτηρίων. Η επιλογή των κριτηρίων έχει γίνει έτσι ώστε να ικανοποιείται η συνθήκη, και πράγματι κάθε ζεύγος κριτηρίων από το σετ των 8 που χρησιμοποιούμε είναι προτιμησιακά ανεξάρτητο, αφού οι μοναδιαίες παραχωρήσεις μεταξύ των δύο ενός ζεύγους είναι ανεξάρτητες των τιμών των υπόλοιπων έξι.

5.2.4.3 Κατασκευή και επίλυση προβλήματος γραμμικού προγραμματισμού

Κάθε μία από τις διμερείς σχέσεις σύγκρισης μεταξύ των σεναρίων θα οδηγήσει σε μια ανισότητα ή ισότητα. Οι μαθηματικές αυτές σχέσεις, όπως περιεγράφηκε και στην ανάλυση του γενικού μοντέλου της UTA 2, προέρχονται από τη γενική εξίσωση που δίνει τη διαφορά στη βαθμολογία ανάμεσα σε δύο εναλλακτικές δράσεις:

$$\Delta(a, b) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i[g_i(a)] - u_i[g_i(b)]\} - \sigma^+(a) + \sigma^-(a) - \sigma^+(b) + \sigma^-(b)$$

$$\Delta(a, b) \geq \delta, \text{ αν } a > b$$

$$\Delta(a, b) = 0, \text{ αν } a \approx b$$

Στην εφαρμογή αυτή εκλέγεται

$$\delta = 0,001 = 0,1\%$$

Η επιλογή του δ αντιπροσωπεύει την εμπιστοσύνη στον αποφασίζοντα, δηλαδή στην ικανότητα του να ξεχωρίσει ποιο σενάριο υπερισχύει ανάμεσα σε δύο με πολύ μικρές διαφορές. Οπότε, θεωρείται ότι ο εμπειρογνώμονας θεωρεί ισοδύναμα δύο σενάρια όταν αυτά διαφέρουν στη συνολική βαθμολογία κατά ποσοστό λιγότερο του 0,1%.

Η επιλογή, επίσης, του κατωφλιού δ επηρεάζει σημαντικά την επίλυση του γραμμικού προβλήματος. Όσο μεγαλύτερο είναι το δ , τόσο στενεύουν τα περιθώρια επίλυσης του, και ταυτόχρονα η λύση του καθίσταται πιο ευσταθής.

Έτσι, προκύπτει μια ανίσωση ή μία εξίσωση για κάθε σχέση που επέλεξε ο αποφασίζων. Συγκεκριμένα, προκύπτουν 4 εξισώσεις και 8 ανισώσεις, ως εξής:

Πίνακας 5.42: Εξισώσεις προβλήματος γραμμικού προγραμματισμού

A/A Διμερούς Σχέσης			
1	$\Delta(A, B) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i[g_i(A)] - u_i[g_i(B)]\} - \sigma^+(A) + \sigma^-(A) + \sigma^+(B) - \sigma^-(B)$	=	0
2	$\Delta(B, C) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i[g_i(B)] - u_i[g_i(C)]\} - \sigma^+(B) + \sigma^-(B) + \sigma^+(C) - \sigma^-(C)$	≥	0,001
3	$\Delta(C, D) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i[g_i(C)] - u_i[g_i(D)]\} - \sigma^+(C) + \sigma^-(C) + \sigma^+(D) - \sigma^-(D)$	≥	0,001
4	$\Delta(D, E) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i[g_i(D)] - u_i[g_i(E)]\} - \sigma^+(D) + \sigma^-(D) + \sigma^+(E) - \sigma^-(E)$	=	0
5	$\Delta(E, F) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i[g_i(E)] - u_i[g_i(F)]\} - \sigma^+(E) + \sigma^-(E) + \sigma^+(F) - \sigma^-(F)$	≥	0,001
6	$\Delta(F, G) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i[g_i(F)] - u_i[g_i(G)]\} - \sigma^+(F) + \sigma^-(F) + \sigma^+(G) - \sigma^-(G)$	≥	0,001
7	$\Delta(G, H) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i[g_i(G)] - u_i[g_i(H)]\} - \sigma^+(G) + \sigma^-(G) + \sigma^+(H) - \sigma^-(H)$	=	0
8	$\Delta(H, I) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i[g_i(H)] - u_i[g_i(I)]\} - \sigma^+(H) + \sigma^-(H) + \sigma^+(I) - \sigma^-(I)$	≥	0,001
9	$\Delta(I, J) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i[g_i(I)] - u_i[g_i(J)]\} - \sigma^+(I) + \sigma^-(I) + \sigma^+(J) - \sigma^-(J)$	≥	0,001
10	$\Delta(J, K) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i[g_i(J)] - u_i[g_i(K)]\} - \sigma^+(J) + \sigma^-(J) + \sigma^+(K) - \sigma^-(K)$	=	0
11	$\Delta(K, L) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i[g_i(K)] - u_i[g_i(L)]\} - \sigma^+(K) + \sigma^-(K) + \sigma^+(L) - \sigma^-(L)$	≥	0,001
12	$\Delta(L, M) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i[g_i(L)] - u_i[g_i(M)]\} - \sigma^+(L) + \sigma^-(L) + \sigma^+(M) - \sigma^-(M)$	≥	0,001

Η ολοκλήρωση της κατασκευής του γραμμικού προβλήματος, γίνεται αφού θεωρήσουμε ως αντικειμενική συνάρτηση το άθροισμα όλων των σφαλμάτων υπερτίμησης και υποτίμησης του αποφασίζοντα, η οποία πρέπει να ελαχιστοποιηθεί. Για την ακρίβεια, πρέπει να μηδενιστούν όλα τα σφάλματα, καθώς σε αντίθετη περίπτωση δεν είναι συμβατή η κατάταξη που έδωσε ο εμπειρογνώμονας.

Έτσι, στην εφαρμογή η αντικειμενική συνάρτηση είναι:

$$[min]F = \sum_{a \in A_R} \sigma^+(a) + \sigma^-(a)$$

όπου $A_R = \{A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M\}$

Με περιορισμούς:

Πίνακας 5.43: Περιορισμοί προβλήματος γραμμικού προγραμματισμού

A/A Περιορι- σμού			
1	$\Delta(A, B) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i[g_i(A)] - u_i[g_i(B)]\} - \sigma^+(A) + \sigma^-(A) + \sigma^+(B) - \sigma^-(B)$	=	0
2	$\Delta(B, C) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i[g_i(B)] - u_i[g_i(C)]\} - \sigma^+(B) + \sigma^-(B) + \sigma^+(C) - \sigma^-(C)$	≥	0,001
3	$\Delta(C, D) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i[g_i(C)] - u_i[g_i(D)]\} - \sigma^+(C) + \sigma^-(C) + \sigma^+(D) - \sigma^-(D)$	≥	0,001
4	$\Delta(D, E) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i[g_i(D)] - u_i[g_i(E)]\} - \sigma^+(D) + \sigma^-(D) + \sigma^+(E) - \sigma^-(E)$	=	0
5	$\Delta(E, F) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i[g_i(E)] - u_i[g_i(F)]\} - \sigma^+(E) + \sigma^-(E) + \sigma^+(F) - \sigma^-(F)$	≥	0,001
6	$\Delta(F, G) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i[g_i(F)] - u_i[g_i(G)]\} - \sigma^+(F) + \sigma^-(F) + \sigma^+(G) - \sigma^-(G)$	≥	0,001
7	$\Delta(G, H) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i[g_i(G)] - u_i[g_i(H)]\} - \sigma^+(G) + \sigma^-(G) + \sigma^+(H) - \sigma^-(H)$	=	0
8	$\Delta(H, I) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i[g_i(H)] - u_i[g_i(I)]\} - \sigma^+(H) + \sigma^-(H) + \sigma^+(I) - \sigma^-(I)$	≥	0,001
9	$\Delta(I, J) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i[g_i(I)] - u_i[g_i(J)]\} - \sigma^+(I) + \sigma^-(I) + \sigma^+(J) - \sigma^-(J)$	≥	0,001

10	$\Delta(J, K) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i[g_i(J)] - u_i[g_i(K)]\} - \sigma^+(J) + \sigma^-(J) + \sigma^+(K) - \sigma^-(K)$	=	0
11	$\Delta(K, L) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i[g_i(K)] - u_i[g_i(L)]\} - \sigma^+(K) + \sigma^-(K) + \sigma^+(L) - \sigma^-(L)$	≥	0,001
12	$\Delta(L, M) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i[g_i(L)] - u_i[g_i(M)]\} - \sigma^+(L) + \sigma^-(L) + \sigma^+(M) - \sigma^-(M)$	≥	0,001
13	$\sum_{i=1}^n p_i$	=	1

Επίσης, ισχύουν οι περιορισμοί

$$p_i \geq 0, \sigma^+(a) \geq 0, \sigma^-(a) \geq 0 \quad \forall a \in A_R, \forall i$$

Δηλαδή, προέκυψε ένα πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού με 34 αγνώστους που έχει ως περιορισμούς 5 εξισώσεις και 44 ανισώσεις

Η διαδικασία προσδιορισμού των συντελεστών βαρύτητας ολοκληρώνεται επιλύοντας το πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού που κατασκευάστηκε παραπάνω.

Στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής επιλέχθηκε το πρόσθετο εργαλείο επίλυσης solver του πακέτου Microsoft Excel, διότι το πρόβλημά είναι σχετικά απλό και δεν ενδιαφερόμαστε για περαιτέρω ανάλυση της διαδικασίας, όπως η ανάλυση ευαισθησίας.

Έτσι, η λύση του προβλήματος δίνεται:

$$\sigma^+(a) = 0 \text{ και } \sigma^-(a) = 0 \quad \forall a$$

και

Πίνακας 5.44: Αποτελέσματα βαρύτητας κριτηρίων

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
ρ	0,270743	0,035178	0,100144	0,072103	0,162394	0,095145	0,082927	0,181365

5.2.5 Κατασκευή πίνακα κατάταξης σεναρίων

Με βάση τις αξίες κάθε σεναρίου για τα 8 κριτήρια που προσδιορίστηκαν, καθώς και τα βάρη που υπολογίστηκαν, θα χρησιμοποιηθεί η εξίσωση της προσθετικής συνάρτησης αξίας για να καταταχθούν τα σενάρια ανάλογα με τις επιδόσεις τους .

Η γενική μορφή της συνάρτησης αξίας κάθε σεναρίου είναι:

$$u(g) = \sum_{i=1}^8 p_i u_i(g_i)$$

Με βάση όλα αυτά, προκύπτει η ζητούμενη αξιολόγηση των σεναρίων, η οποία παρουσιάζεται τόσο στην καρτέλα UTA, όσο και στην καρτέλα ΔΕΔΟΜΕΝΑ με δυνατότητα ταξινόμησης των αποτελεσμάτων, για τη διευκόλυνση του χρήστη. Με κόκκινο χρώμα σημειώνονται τα σενάρια που δεν είναι εφικτά.

Πίνακας 5.45: Αξίες σεναρίων

ΑΞΙΕΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ	
ΣΕΝΑΡΙΟ 14	0,73549
ΣΕΝΑΡΙΟ 9	0,63417
ΣΕΝΑΡΙΟ 19	0,63230
ΣΕΝΑΡΙΟ 11	0,62557
ΣΕΝΑΡΙΟ 13	0,62030
ΣΕΝΑΡΙΟ 15	0,61145
ΣΕΝΑΡΙΟ 12	0,57052
ΣΕΝΑΡΙΟ 20	0,56682
ΣΕΝΑΡΙΟ 6	0,56499
ΣΕΝΑΡΙΟ 17	0,56317
ΣΕΝΑΡΙΟ 10	0,54587
ΣΕΝΑΡΙΟ 5	0,54212
ΣΕΝΑΡΙΟ 18	0,53231
ΣΕΝΑΡΙΟ 8	0,52601
ΣΕΝΑΡΙΟ 2	0,50050
ΣΕΝΑΡΙΟ 3	0,38711

Πρέπει να σημειωθεί ότι η λύση του γραμμικού προβλήματος που δόθηκε, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον αλγόριθμο επίλυσης που χρησιμοποιεί το λογισμικό που επιλύει το πρόβλημα. Θεωρώντας ότι είναι συμβατή η κατάταξη που έχει δώσει ο εμπειρογνώμονας, μπορεί να υποθεθεί ότι όλα τα σφάλματα υποτίμησης και υπερεκτίμησης θα είναι μηδενικά. Άρα οι ελεύθερες μεταβλητές του προβλήματος είναι οι 8 συντελεστές βαρύτητας. Αν δεν υπήρχαν οι περιορισμοί, λύση του γραμμικού προβλήματος θα αποτελούσε όλος ο χώρος των 8 διαστάσεων. Οι περιορισμοί, ωστόσο, περιορίζουν τις μεταβλητές εντός ενός κυρτού πολυέδρου, κάθε σημείο του οποίου με συντεταγμένες $x(p_1, p_2, \dots, p_8)$ αποτελεί ένα σετ βαρών-λύση του γραμμικού προβλήματος. Επειδή οι 8 συντελεστές βαρύτητας δε συμμετέχουν στην αντικειμενική συνάρτηση, όλα τα σημεία αυτά αποτελούν εξίσου καλές λύσεις για το πρόβλημα. Έτσι, ανάλογα με τον αλγόριθμο επίλυσης επιλέγεται διαφορετική λύση, δηλαδή διαφορετικός συνδυασμός συντελεστών βαρύτητας. Ωστόσο, τα βάρη παίζουν σημαντικότατο ρόλο στον καθορισμό της συνολικής αξίας κάθε σεναρίου και, κατ' επέκταση, στην κατάταξη που θα κατασκευαστεί.

5.2.6 Τελική Πρόταση

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, το σενάριο που ανταποκρίνεται καλύτερα στις ανάγκες του Δήμου Ιωαννιτών είναι το Σενάριο 14, το οποίο γίνεται αποδεκτό, καθώς δεν θεωρήθηκε μη εφικτό στον έλεγχο επίτευξης του βασικού στόχου της μείωσης των εκπομπών ρύπων CO₂ (δεν σημειώνεται με κόκκινο χρώμα).

Υπενθυμίζεται ότι στο σενάριο αυτό δόθηκε έμφαση σε δράσεις που αφορούν το τον τριτογενή τομέα, τις ΑΠΕ και την τοπικά παραγόμενη θέρμανση και ψύξη και οι τιμές που λαμβάνουν τα κριτήρια με την εφαρμογή του σεναρίου φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 5.46: Τιμές κριτηρίων για το βέλτιστο σενάριο

	ΚΡΙΤΗΡΙΑ							
	Κ1 (Εκπομπές)	Κ2 (Φυσικό Περιβάλλον)	Κ3 (Απασχόληση)	Κ4 (Κοινωνικό Κόστος)	Κ5 (Κόστος Επένδυσης από Δήμο)	Κ6 (ΚΠΑ)	Κ7 (Σταθμισμένο Κόστος ΕΞΕΝ)	Κ8 (Εκτιμώμενη ΕΞΕΝ σε MWh/έτος)
ΣΕΝΑΡΙΟ 14	37,22%	2	3	228.463.921	441.850.453	88.892.016	78,77	640.267

Κεφάλαιο 6. Συμπεράσματα - Προοπτικές

6.1 Συμπεράσματα

Από την μελέτη των μεθοδολογιών και των μοντέλων που έχουν αναπτυχθεί ως σήμερα και από μια συνολική εκτίμηση των αποτελεσμάτων της εφαρμογής που έγινε, μπορούν να εξαχθούν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

Οι σύγχρονες απαιτήσεις για ταυτόχρονη μελέτη ενεργειακών και περιβαλλοντικών στόχων, οι αβεβαιότητες και ασάφειες των προβλημάτων επιβάλλουν τη χρήση πολυκριτηριακών μεθοδολογιών. Τα αποτελέσματα της εφαρμογής καθρεπτίζουν σε πολύ μεγάλο βαθμό την πραγματικότητα και συνεπαγόμενα τονίζουν τη ρεαλιστικότητα της προσέγγισης.

Όσον αφορά την Υποστήριξη Αποφάσεων ενεργειακών επενδύσεων, οι μέχρι τώρα προσπάθειες που έχουν πραγματοποιηθεί είναι πολύ λίγες και αποσπασματικές και χωρίς απαραίτητα να συνάδουν με τις αντίστοιχες ενεργειακές ανάγκες και προτεραιότητες του εκάστοτε δήμου. Τίθεται έτσι το θέμα της ύπαρξης ευέλικτων μεθοδολογιών και συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων για την επιλογή της καταλληλότερης ενεργειακής επένδυσης, έτσι ώστε να απευθύνεται στις ενεργειακές ανάγκες της περιοχής, ενώ παράλληλα να συνάδει με τους στόχους που ο κάθε δήμος θέτει για κοινωνική, περιβαλλοντική και οικονομική αειφόρο ανάπτυξη.

Υλοποιούνται έργα χωρίς να εξετάζεται εάν η επιλεγείσα επένδυση θα είναι και «αποτελεσματική», συνεισφέροντας στους στόχους βιώσιμης ανάπτυξης του δήμου. Αναδεικνύεται, λοιπόν, η ανάγκη διαμόρφωσης συγκεκριμένων στρατηγικών προτάσεων και η ανάπτυξη ενός μεθοδολογικού πλαισίου για τη διαμόρφωση και αξιολόγηση ενεργειακών δράσεων. Στο παραπάνω πλαίσιο, διαφαίνεται η ανάγκη υποστήριξης αποφάσεων μέσω ευέλικτων και ολοκληρωμένων μεθοδολογιών και συστημάτων και απαιτείται μια συνεκτική, διαφανής και μεθοδική προσέγγιση του προβλήματος, η οποία να ενσωματώνει όλες τις παραμέτρους του προβλήματος και τις μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις, ώστε ο αποφασίζων πέρα από το να αντιληφθεί το ρόλο του να υποστηριχτεί κατάλληλα, ώστε η συμβολή του να είναι αποτελεσματική και συντονισμένη.

Η εφαρμογή της μεθοδολογίας στους δυο Δήμους, και συγκεκριμένα σε Ιωάννινα και Αμύνταιο, παρείχε τη δυνατότητα για αξιολόγηση της προτεινόμενης μεθοδολογίας τόσο των χαρακτηριστικών της, από πλευράς πληρότητας και χρηστικότητας, όσο και της ρεαλιστικότητας και τον έλεγχο της αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων της.

Από την αξιολόγησή των αποτελεσμάτων διαφαίνεται η πληρότητα του προτεινόμενου μεθοδολογικού πλαισίου για τη διαμόρφωση και αξιολόγηση προτάσεων ενεργειακών επενδύσεων. Σημαντικό στοιχείο στην αξιολόγηση της εφαρμογής αποτέλεσε και η διαθεσιμότητα πραγματικών δεδομένων και πληροφοριών, κυρίως μέσα από τα ΣΔΑΕ που είχαν συνταχθεί για τους δυο δήμους.

Η προτεινόμενη μεθοδολογία δεν αποτελεί πανάκια στη χάραξη στρατηγικών δράσεων για την πρόωθηση ενεργειακής πολιτικής, ούτε και αποσκοπεί στον παραγκωνισμό του ρόλου των αποφασιζόντων, αλλά αποτελεί ένα συνεπές και κατά το δυνατόν ρεαλιστικό εργαλείο για την υποστήριξη αποφάσεων στο τελικό επίπεδο ανάπτυξης και αξιολόγησης κατευθυντήριων γραμμών και ενεργειακής πολιτικής.

6.2 Προοπτικές

Μετά από την παρούσα μελέτη που έγινε, είναι χρήσιμο να παρουσιαστούν κάποια ζητήματα που θα μπορούσαν να αποτελέσουν αντικείμενο περαιτέρω μελέτης με βάση τα θεμέλια που ήδη αυτή η διπλωματική έθεσε:

Ανάλυση ευαισθησίας

Όπως έχει αναφερθεί, λύση ενός γραμμικού προβλήματος αποτελεί ένα μέρος του χώρου n διαστάσεων, όπου n είναι το πλήθος των μεταβλητών. Το συγκεκριμένο σημείο του χώρου που θα επιλεγεί εξαρτάται από τον τρόπο επίλυσης και, επειδή χρησιμοποιήθηκε λογισμικό επίλυσης, από τον αλγόριθμο στον οποίο αυτό βασίζεται. Αυτό συμβαίνει όταν στην αντικειμενική συνάρτηση δεν υπεισέρχονται όλες οι μεταβλητές, και δεν μπορούμε να επιλέξουμε ένα σημείο έναντι ενός άλλου εντός του πολυέδρου των λύσεων. Αυτό ισχύει και στην εφαρμογή, όπου υπάρχουν 34 μεταβλητές, αλλά λόγω της απαίτησης μηδενισμού της αντικειμενικής καταλήγουμε να έχουμε μόνο 8, τους συντελεστές βαρύτητας. Οι συντελεστές, όμως, δεν συμμετέχουν στην αντικειμενική συνάρτηση, άρα δεν έχουμε κάποια προτίμηση υπέρ ενός σετ λύσεων έναντι των υπολοίπων. Έτσι, μπορεί να θεωρηθεί πως η επιλογή συγκεκριμένου σετ βαρών είναι τυχαία και εξαρτάται αποκλειστικά από τον αλγόριθμο επίλυσης του λογισμικού. Με αυτό τον τρόπο, προκύπτει μια αβεβαιότητα σχετικά με την τελική κατάταξη κάθε σεναρίου, με δεδομένο ότι οι συντελεστές βαρύτητας των κριτηρίων αποτελούν το βασικότερο παράγοντα καθορισμού της τελικής βαθμολογίας. Η τυχαιότητα αυτή μπορεί να αντιμετωπιστεί μέσω της κατασκευής και εκτέλεσης ενός πιο σύνθετου αλγορίθμου που υπολογίζει τη βέλτιστη και την χείριστη θέση που μπορεί να λάβει κάθε σενάριο στην κατάταξη, λαμβάνοντας υπόψη όλους τους δυνατούς συνδυασμούς συντελεστών βαρύτητας. Επεκτείνοντας τον παραπάνω συλλογισμό, μπορούμε να αναζητήσουμε τρόπους περιορισμού της αβεβαιότητας στο αποτέλεσμα. Έτσι, θα μπορούσε να επιχειρηθεί η μείωση του μεγέθους του χώρου λύσεων, μέσα από τροποποιήσεις στους περιορισμούς του γραμμικού προβλήματος. Στόχος μας, λοιπόν, είναι να κάνουμε ισχυρότερους και αυστηρότερους τους περιορισμούς.

Ο απλούστερος τρόπος να επιτευχθεί αυτό είναι αυξάνοντας το δ , δηλαδή το κατώφλι της διαφοράς μεταξύ δύο εικονικών σεναρίων προκειμένου να θεωρηθεί ένα απ' αυτά ισχυρότερη. Μεταβάλλοντας το δ επηρεάζουμε ισομερώς όλους τους περιορισμούς, και είναι μια τροποποίηση που δεν επηρεάζει την ορθότητα του μοντέλου, αφού απλά θέτουμε λίγο αυστηρότερα πλαίσια στο διάλογο με τον εμπειρογνώμονα. Μέσα από δοκιμές επίλυσης του γραμμικού προβλήματος βρίσκουμε τη μέγιστη δυνατή τιμή του δ η οποία δεν καθιστά άλυτο το πρόβλημα και κατά αυτό τον τρόπο μειώνουμε το εύρος των πιθανών θέσεων κατάταξης.

Επέκταση Εφαρμογής Προτεινόμενης Μεθοδολογίας

Μετά την επιτυχή πιλοτική εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας στους δυο Δήμους είναι δυνατή η περαιτέρω εφαρμογή της και σε άλλους, με την ανάπτυξη ενός Πληροφοριακού Συστήματος για την υποστήριξη των Δήμων, ώστε να εξεταστεί το δυναμικό αυτών και να εξαχθούν συμπεράσματα για τις δυνατότητες και τα πιθανά

εμπόδια σχετικά με την υλοποίηση αποτελεσματικής ενεργειακής πολιτικής, καθώς και τη γενικότερη αξιολόγηση των πλεονεκτημάτων από την υλοποίηση τέτοιων έργων. Με αυτό τον τρόπο μπορούν να πραγματοποιηθούν συγκριτικές αναλύσεις μεταξύ δήμων, αλλά και να εξαχθούν σφαιρικά συμπεράσματα για τις μεθόδους και διαδικασίες, την πρόοδο και τα οφέλη της εξοικονόμησης ενέργειας και των ΑΠΕ.

Σημαντική επέκταση του εργαλείου που προτείνεται στη συγκεκριμένη εργασία θα ήταν ο εμπλουτισμός των διαθέσιμων δράσεων, καθώς επίσης και η βελτιστοποίηση της παραμετροποίησης των αποτελεσμάτων τους, τόσο σε επίπεδο μεμονωμένων δράσεων όσο και σε επίπεδο σεναρίου συνολικά.

Τέλος, προτείνεται η εφαρμογή των πρωτότυπων πολυκριτηριακών μεθοδολογιών και των αντίστοιχων πληροφοριακών συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων σε άλλα προβλήματα υποστήριξης αποφάσεων ενεργειακού σχεδιασμού, αξιολογήσεις διαφόρων πολιτικών, σεναρίων και επιχειρησιακών σχεδίων, όπως και η υποστήριξη της διαδικασίας διεξαγωγής μιας Αποτίμησης Τεχνολογικών Αναγκών (Technology Needs Assessments - TNA), ώστε να εντοπίζονται οι αναπτυξιακές προτεραιότητες φορέων λήψης αποφάσεων ευκολότερα και πιο πρακτικά και να διευκολυνθεί αυτή η διαδικασία με ένα διαισθητικά εύκολο τρόπο.

Βιβλιογραφία

Andriosopoulos, D., Gaganis, C., Pasiouras, F., Zopounidis, C., 2012. An application of multicriteria decision aid models in the prediction of open market share repurchases. *Omega*, 40(6): 882-890.

Athawale, V., Kumar, R., Chakraborty, S., 2011. Decision making for material selection using the UTA method. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 57(1-4): 11-22.

Balaras, C.-A., Gaglia, A.-G., Georgopoulou, E., Mirasgedis, S., Sarafidis, Y., Lalas, D.-P., 2007. European residential buildings and empirical assessment of the Hellenic building stock, energy consumption, emissions and potential energy savings. *Building and Environment*, 42(3): 1298-1314.

Barin, A., Canha, L.-N., da Rosa Abaide, A., Magnago, K.-F., Wottrich, B., Machado, R.Q., 2011. Multiple Criteria Analysis for Energy Storage. *Energy and Power Engineering*, 3(4): 557-564.

Belton, V., Stewart, T., (2002). *Multiple criteria decision analysis: an integrated approach*. Boston: Kluwer Academic Publications.

Beuthe, M., Eeckhoudt, L., Scannella, G., 2000. A practical multicriteria methodology for assessing risky public investments. *Socio-Economic Planning Sciences*, 34(2): 121-139.

Beuthe, M., Scannella, G., 2001. Comparative analysis of UTA multicriteria methods. *European Journal of Operational Research*, 130(2): 246-262.

BPIE (Buildings Performance Institute Europe), 2011. *Europe's buildings under the microscope - A country-by-country review of the energy performance of buildings*.

Catalina, T., Virgone, J., Blanco, E., 2011. Multi-source energy systems analysis using a multi-criteria decision aid methodology. *Renewable Energy*, 36(8): 2245-2252.

Cavallaro, F., 2010. Fuzzy TOPSIS approach for assessing thermal-energy storage in concentrated solar power (CSP) systems. *Applied Energy*, 87(2): 496-503.

CEMR (Council of European Municipalities and Regions), 2006. *Save energy, save the climate, save money - A guide for local and regional authorities*.

Chao, K.-M., Shah, N., Farmer, R., Matei, A., 2012. Energy Management System for Domestic Electrical Appliances. *International Journal of Applied Logistics*, 3(4): 48-60.

Chatzimouratidis, A.-I., Pilavachi, P.-A., 2012. Decision support systems for power plants impact on the living standard. *Energy Conversion and Management*, 64: 182-198.

Demesouka, O.-E., Vavatsikos, A.-P., Anagnostopoulos, K.-P., 2013. Spatial UTA (S-UTA) – A new approach for raster-based GIS multicriteria suitability analysis and its use in implementing natural systems for wastewater treatment. *Journal of Environmental Management*, 125: 41-54.

Department for Communities and Local Government, 2009. Multi-criteria analysis: a manual.

Despotis, D.K., D. Yannacopoulos and C. Zopounidis (1990). A review of the UTA multicriteria method and some improvements. *Foundations of Computing and Decision Sciences*, 15 (2): 63–76.

Diakoulaki, D., Zopounidis, C., Mavrotas, G., Doumpos, M., 1999. The use of a preference disaggregation method in energy analysis and policy making. *Energy - The International Journal*, 24(2): 157-166.

Dodman, D., 2009. Blaming cities for climate change? An analysis of urban greenhouse gas emissions inventories. *Environment and Urbanization*, 21(1): 185-201.

Doukas, H., Patlitzianas K.-D., Psarras J., 2006. Supporting sustainable electricity technologies in Greece using MCDM. *Resources Policy*, 31(2): 129-136.

Ecofys, 2011. Rural energy in the EU – Country studies for France, Germany, Poland and the UK.

EGCE (European Geothermal Energy Council), 2007. Geothermal innovative applications for a sustainable European development.

Eikmeier, B., Gabriel, J., Krewit, W., Nast, M., Schulz, W., 2006. Analyse des nationalen Potenzials für den Einsatz hocheffizienter Kraft Wärme Kopplung. *Herrsching: Energie & Management*.

European Citizens' Panel, 2006. Rural Europe: definitions, issues and policies.

European Commission, 2012. A view on employment, growth and innovation in rural areas.

European Commission, 2013. EU energy in figures – Statistical pocketbook 2013.

Eurostat, 2011. Climate change statistics.

Eurostat, 2012. The economy of EU rural regions.

FREE (Future of Rural Energy in Europe), 2012. Policy recommendations for sustainable rural communities in Europe – White Paper.

Garfi M., Ferrer-Martí L., Bonoli A., Tondelli S., 2011. Multi-criteria analysis for improving strategic environmental assessment of water programmes. A case study in semi-arid region of Brazil. *J Environ Manage*, 92(3): 665–675.

Gaganis, C., Pasiouras, F., Doumpos, M., Zopounidis, C., 2010. Modelling banking sector stability with multicriteria approaches. *Optimization Letters*, 4(4): 543-558.

Georgopoulou, E., Lalas, D., Papagiannakis, L., 1996. A multicriteria decision aid approach for energy planning problems: The case of renewable energy option. *European Journal of Operational Research*, 103(1): 38-54.

Georgopoulou, E., Sarafidis, Y., Mirasgedis, S., Zaimi, S., Lalas, D.-P., 2003. A multiple criteria decision-aid approach in defining national priorities for greenhouse

gases emissions reduction in the energy sector. *European Journal of Operational Research*, 146(1): 199-215.

Ghafghazi, S., Sowlati, T., Sokhansanj, S., Melin, S., 2010. A multicriteria approach to evaluate district heating system options. *Applied Energy*, Volume 87(4): 1134-1140.

Gomes, L.-F.-A.-M., Rangel, L.-A.-D., 2009. Determining the utility functions of criteria used in the evaluation of real estate. *International Journal of Production Economics*, 117(2): 420-426.

Grigoroudis, E., Zopounidis, C., 2012. Developing an employee evaluation management system: the case of a healthcare organization. *Operational Research*, 12(1): 83-106.

Gruca, A., Sikora, M., 2013. Rule based functional description of genes – Estimation of the multicriteria rule interestingness measure by the UTA method. *Biocybernetics and Biomedical Engineering*, 33(4): 222-234.

Haralambopoulos, D.-A., Polatidis, H., 2003. Renewable energy projects: structuring a multi-criteria group decision-making framework. *Renewable Energy*, 28(6): 961-973.

Hadzidakos, I., Yannacopoulos, D., Faltsetas, C., Ziourkas, C., 1991. Application of the MINORA decision support system to the evaluation of landslide favourability in Greece. *European Journal of Operational Research*, 50(1): 61-75.

Heo, E., Kim, J., Boo, K.-J., 2010. Analysis of the assessment factors for renewable energy dissemination program evaluation using fuzzy AHP. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(8): 2214-2220.

Jacquet-Lagrange, E., Siskos J., 1978. Une méthode de construction de fonctions d'utilité additives explicatives d'une préférence globale. *Cahier du LAMSADE*, 16, Université de Paris-Dauphine.

Jacquet-Lagrange, E., Siskos, J., 1982. Assessing a set of additive utility functions for multicriteria decision-making, the UTA method. *European Journal of Operational Research*, 10(2): 151-164.

Kablan, M.M., 2004. Decision support for energy conservation promotion: an analytic hierarchy process approach. *Energy Policy*, 32(10): 1151-1158.

Kadzinski, M., Greco, S., Slowinski, R., 2012. Selection of a representative value function in robust multiple criteria ranking and choice. *European Journal of Operational Research*, 217(3): 541-553.

Karagiannidis, A., Papageorgiou A., Perkoulidis G., Sanida G., Samaras, P., 2010. A multi-criteria assessment of scenarios on thermal processing of infectious hospital wastes: A case study for Central Macedonia. *Waste Management*, 30(2): 251-262.

Kaya, T., Kahraman, C., 2011. Multicriteria decision making in energy planning using a modified fuzzy TOPSIS methodology. *Expert Systems with Applications*, 38(6): 6577-6585.

Keeney, R.L., 1980. *Siting energy facilities*. Academic Press, New York.

Keeney, R.L. and Raiffa H., 1976. Decisions with multiple objectives: Preferences and value tradeoffs. John Wiley and Sons, New York.

Kholghi, M., 2001. Multi-criterion decision-making tools for wastewater planning management. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 3: 281-286.

Li, Y., 2012. AHP-Fuzzy evaluation on financing bottleneck in energy performance contracting in China. *Energy Procedia*, Volume 14: 121-126.

Løken, E., 2007. Use of multicriteria decision analysis methods for energy planning problems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11(7): 1584-1595.

Matsatsinis, N.-F., Fortsas, V.-C., 2005. A multicriteria methodology for the assessment of distance education trainees. *Operational Research*, 5(3): 419-433.

Montanari, R., 2004. Environmental efficiency analysis for enel thermo-power plants. *Journal of Cleaner Production*, 12(4): 403-414.

Nigim, K., Munier, N., Green J., 2004. Pre-feasibility MCDM tools to aid communities in prioritizing local viable renewable energy sources. *Renewable Energy*, 29(11): 1775–1791.

Opricovic, S., Tzeng, G.-H., 2007. Extended VIKOR method in comparison with outranking methods. *European Journal of Operational Research*, 178(2): 514–529.

Oropeza-Perez, I., Ostergaard, P.-A., 2014. Energy saving potential of utilizing natural ventilation under warm conditions – A case study of Mexico. *Applied Energy*, 130: 20-32.

Papadopoulos, A., Karagiannidis, A., 2008. Application of the multi-criteria analysis method Electre III for the optimisation of decentralised energy systems. *Omega*, 36(5): 766-776.

Pires, A., Chang, N.-B., Martinho, 2011. G., An AHP-based fuzzy interval TOPSIS assessment for sustainable expansion of the solid waste management system in Setúbal Peninsula, Portugal. *Resources, Conservation and Recycling*, 56(1): 7-21.

Ramanathan R., Ganesh L.-S., 1995. Energy alternatives for lighting in households: An evaluation using an integrated goal programming-AHP model. *Energy*, 20(1): 63-72.

Siskos, E., Askounis, D., Psarras, J., 2014. Multicriteria Decision Support for global e-government evaluation, *Omega*, 46: 51-63.

Siskos, J., 1986. Evaluating a system of furniture retail outlets using an interactive ordinal regression method. *European Journal of Operational Research*, 23(2): 179-193.

Siskos, J., Hubert, Ph., 1982. Multi-criteria analysis of the impacts of energy alternatives: A survey and a new comparative approach. *European Journal of Operational Research*, 13(3):278-299.

Siskos, J., Assimakopoulos, N., 1989. Multicriteria highway planning: A case study. *Mathematical and Computer Modelling*, 10-11(12): 1401-1410.

Siskos, Y., Matsatsinis, N.-F., Baourakis, G., 2001. Multicriteria analysis in agricultural marketing: The case of French olive oil market. *European Journal of Operational Research*, 130(2): 315-331.

Siskos, Y., Spyridakos, A., Yannacopoulos, D., 1999. Using artificial intelligence and visual techniques into preference disaggregation analysis: The MUDAS system. *European Journal of Operational Research*, 113(2): 281-299.

Siskos, Y. and Yannacopoulos, D., 1985. UTASTAR: An ordinal regression method for building additive value functions. *Investigação Operacional*, 5(1): 39–53.

Sola, A.-V.-H., Mota, C.-M.-de-M., 2012. A multi-attribute decision model for portfolio selection aiming to replace technologies in industrial motor systems. *Energy Conversion and Management*, 57: 97-106.

Spyridakos, A., Siskos, Y., Yannacopoulos, D., Skouris, A., 2001. Multicriteria job evaluation for large organizations. *European Journal of Operational Research*, 130(2): 375-387.

Tasri, A., Susilawati, A., 2014. Selection among renewable energy alternatives based on a fuzzy analytic hierarchy process in Indonesia. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 7: 34-44.

Tegou L.-I., Polatidis, H., Haralambopoulos, D., 2010. Environmental management framework for wind farm siting: Methodology and case study. *Journal of Environmental Management*, 91(11): 2134-2147.

Terrados, J., Almonacid, G., Pérez-Higueras, P., 2009. Proposal for a combined methodology for renewable energy planning. Application to a Spanish region. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(8): 2022-2030.

Thomaidis, F., Konidari, P., Mavrakis, D., 2008. The wholesale natural gas market prospects in the energy community treaty countries. *Operational Research International Journal*, 8: 63–75.

Tzeng G.-H., Shiau T.-a., Lin C.-Y., 1992. Application of multicriteria decision making to the evaluation of new energy system development in Taiwan. *Energy*, 17(10):983–992.

U.S. Environmental Protection Agency, 2013. *Energy Efficiency in Water and Wastewater Facilities*.

Walter, B., Pietrzak, B., 2005. Multi-criteria Detection of Bad Smells in Code with UTA Method. *Proceedings of the 6th international conference on Extreme Programming and Agile Processes in Software Engineering*, June 18-23, Sheffield, UK.

Xiaohua W., Zhenmin, F., 2002. Sustainable development of rural energy and its appraising system in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 6(4): 395–404.

Zhang, J.-H., Shi, X.-F., 2010. Application of Variation Coefficient Method and TOPSIS Model on urban environmental quality assessment. *Key Engineering Materials*, 439-440: 499-504.

Zorounidis, C., Doumpos, M., 1999. A Multicriteria Decision Aid Methodology for Sorting Decision Problems: The Case of Financial Distress. *Computational Economics*, 14(3): 197-218.

Zorounidis, C., Doumpos, M., 2002. *Multicriteria Decision Aid Classification Methods*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Αποστολίδου, Ι., 2010. Αξιολόγηση καινοτόμου θερμοκηπιακής εκμετάλλευσης σε συνθήκες προσομοίωσης. Μεταπτυχιακή Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Γεωπονική Σχολή.

Βεργούλης, Π., 2011. Μελέτη των ενδιάμεσων ανόργανων ιζημάτων στα λιγνιτικά κοιτάσματα Κλειδιού, Αμυνταίου και Νότιου Πεδίου της Δυτικής Μακεδονίας.

Γκόγκα Α., 2012. Ανάπτυξη Προσχεδίου Δράσης για την Αειφόρο Ενέργεια για το Δήμο Ιωαννιτών. Διπλωματική εργασία, Τομέας ηλεκτρικών βιομηχανικών διατάξεων και συστημάτων Αποφάσεων ΕΜΠ.

ΕΛΣΤΑΤ (Ελληνική Στατιστική Αρχή), www.statistics.gr

ΙΝΑΣΟ (Ινστιτούτο Αγροτικής Συνεταιριστικής Οικονομίας), 2009. Μελέτη εφαρμογής ενιαίου μοντέλου διαχείρισης του αρδευτικού νερού στην ελληνική γεωργία.

ΙΟΒΕ (Ίδρυμα Οικονομικών & Βιομηχανικών Ερευνών), 2011. Αγροτικά μηχανήματα και ανταγωνιστικότητα πρωτογενούς τομέα.

ΚΑΠΕ (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας), 2012. Οδηγός υποβολής προτάσεων στο Πρόγραμμα «ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΩ» - Παράρτημα 1.

Κάπρος, Π., 2014. Ανάπτυξη Προσχεδίου Δράσης για την Αειφόρο Ενέργεια για το Δήμο Αμυνταίου. Διπλωματική εργασία, Τομέας ηλεκτρικών βιομηχανικών διατάξεων και συστημάτων Αποφάσεων ΕΜΠ.

Μποζατζίδης, Χ., 2006. Εξοικονόμηση ενέργειας σε αντλίες νερού. Ημερίδα για τα ενεργειακά αποδοτικά ηλεκτροκινούμενα συστήματα, Φεβρουάριος 2006, Αθήνα.

Οδηγός εξοικονόμησης ενέργειας της Τράπεζας Πειραιώς, Τράπεζα Πειραιώς, 2008.

ΟΕΕ (Ομάδα Εξοικονόμησης Ενέργειας), 2008. Δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια – Επιθεωρήσεις κτιρίων.

ΠΑΣΕΓΕΣ (Πανελλήνια Συνομοσπονδία Ενώσεων Αγροτικών Συνεταιρισμών), 2014. Νερό και γεωργία στην Ελλάδα.

Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας, 2013. Σχέδιο πρότασης Περιφέρειας Δυτικής Μακεδονίας για τη διαμόρφωση των κατευθύνσεων εθνικής αναπτυξιακής στρατηγικής 2014-2020 (2^η Εγκύκλιος).

Σίσκος, Ι., 2008. Μοντέλα Αποφάσεων. Αθήνα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.

Σχέδιο δράσης για την αειφόρο ενέργεια του Δήμου Αμυνταίου, Οκτώβριος 2012, Εργαστήριο Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (ΕΣΑΔ-ΕΜΠ), Δήμος Αμυνταίου.

Τεχνική οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-3/2010 «Κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών».

Τσικριτζής, Λ., 2002. Μελέτη της βιοσυσσώρευσης βαρέων μετάλλων και ραδιονουκλιδίων σε φυτικούς οργανισμούς στη Δυτική Μακεδονία.

Φραγκόπουλος, Χ., Καρυδογιάννης, Η.-Π., Καραλής, Ι., 1994. Συμπαραγωγή Θερμότητας και Ηλεκτρισμού. Αθήνα: Ελληνικό Κέντρο Παραγωγικότητας.

2ο Εθνικό Σχέδιο Δράσης Ενεργειακής Απόδοσης, Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, Αθήνα, Σεπτέμβριος 2011.