



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

**ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

**ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ**

**Πολυκριτηριακή αξιολόγηση δράσεων εξοικονόμησης
ενέργειας: Εφαρμογή σε ξενοδοχείο**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ελένη Γ. Κασσαβέτη

Επιβλέπων: Ιωάννης Ψαρράς
Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αθήνα, Μάρτιος 2016



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

**ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

**ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ**

**Πολυκριτηριακή αξιολόγηση δράσεων εξοικονόμησης
ενέργειας: Εφαρμογή σε ξενοδοχείο**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ελένη Γ. Κασσαβέτη

Επιβλέπων: Ιωάννης Ψαρράς
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την ... Μαρτίου 2016.

.....

Ιωάννης Ψαρράς
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....

Δημήτριος Ασκούνης
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....

Βασίλειος Ασημακόπουλος
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2016

.....

Ελένη Γ. Κασσαβέτη

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π

Copyright © Ελένη Γ. Κασσαβέτη, 2016

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 το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εκπονήθηκε στα πλαίσια των ακαδημαϊκών δραστηριοτήτων του Εργαστηρίου Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου κατά τη διάρκεια του τελευταίου εξαμήνου της φοίτησης μου.

Οφείλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Ιωάννη Ψαρρά, για την έμπνευση, την έγκαιρη παροχή συμβουλών, την αगाστή και στενή συνεργασία μας και την συνεχή ενθάρρυνση κατά τη διάρκεια του τελευταίου έτους των προπτυχιακών μου σπουδών. Έχω μάθει πολλά από την μοναδική οπτική του στη διαδικασία λήψης αποφάσεων, επιτυχημένων ή αποτυχημένων, και μίας «καλής» απόφασης, η οποία δεν αποτελεί τυχαίο γεγονός αλλά αποτέλεσμα ευφυΐας, ειλικρινούς προσπάθειας και κατάλληλης υλοποίησης. Εκτιμώ πραγματικά την υποστήριξη του και τον ευχαριστώ θερμά για την ανεμπόδιστη πρόσβαση μου στο γραφείο του.

Αθήνα, Μάρτιος 2016

Ελένη Γ. Κασσαβέτη

Στην Φωτεινή

Περίληψη

Η ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας γίνεται διαρκώς μεγαλύτερη σε όλα τα κτίρια. Μελέτες δείχνουν ότι η παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας προβλέπεται να αυξηθεί κατά 56% μεταξύ 2010 και 2040, ενώ παράλληλα ο αριθμός των τουριστών θα μπορούσε να αυξηθεί σε 1,6 δισεκατομμύρια ανθρώπους μέχρι το 2020.

Ο ξενοδοχειακός τομέας ευθύνεται για ετήσιες εκπομπές μεταξύ 160 και 200 kg διοξειδίου του άνθρακα ανά m² επιφάνειας δωματίου, ανάλογα με το μείγμα καυσίμου που χρησιμοποιείται για την παροχή ενέργειας, βασικού αερίου του φαινομένου του θερμοκηπίου. Χαρακτηριστικό είναι ότι οι ξενοδοχειακές εγκαταστάσεις κατατάσσονται μεταξύ των κορυφαίων πέντε από την άποψη της κατανάλωσης ενέργειας στον τριτογενή τομέα κτιρίου. Παράλληλα, με την έγκριση των όλο και αυξανόμενων κυβερνητικών κανονισμών ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και με όλο και αυξανόμενη την περιβαλλοντική συνείδηση των Ευρωπαίων όλο και περισσότεροι επιχειρηματίες ξενοδοχείων επιλέγουν διορθωτικές δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας, προκειμένου να παραμένουν ανταγωνιστικές και στοχεύουν να αναγνωριστούν ως πράσινες, περιβαλλοντικά φιλικότερες. Δεδομένου ότι η απόφαση της διοίκησης ενός ξενοδοχείου προκειμένου να επιλεγεί ο βέλτιστος συνδυασμός δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας, περιλαμβάνει πολλούς αποφασίζοντες και πολλαπλούς στόχους, η υποχρεωτική λήψη απόφασης βάσει πολλαπλών κριτηρίων είναι απαραίτητη.

Ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής είναι η ανάπτυξη ενός πολυκριτηριακού μεθοδολογικού πλαισίου αξιολόγησης επενδύσεων εξοικονόμησης ενέργειας στον ξενοδοχειακό τομέα. Για την υλοποίηση του χρησιμοποιείται ως παράδειγμα μια ξενοδοχειακή μονάδα στην Ερέτρια και εφαρμόζεται η μέθοδος Electre III. Το λογισμικό του πανεπιστημίου του Παρισιού Dauphine χρησιμοποιήθηκε για την εφαρμογή της μεθόδου Electre III. Η μεθοδολογία παρέχει ένα πλαίσιο που θα υποστηρίξει, θα διευκολύνει και θα βελτιώνει τη λήψη αποφάσεων εξοικονόμησης ενέργειας, η οποία θα συμβάλλει στον περιορισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη χρήση ενέργειας στον κλάδο αυτό αλλά και στην αύξηση της προβολής του.

Λέξεις Κλειδιά: Electre III, Εξοικονόμηση ενέργειας, Πολυκριτηριακή αξιολόγηση, Δράσεις εξοικονόμησης, Ενέργεια και ξενοδοχεία

Abstract

The need for energy saving constantly becomes larger in every building. Independent surveys state that the global energy consumption will be increased 56% between 2010 and 2040, well as in the same time, the number of tourists around the world could be risen up to 1.6 billion until 2020. The buildings that host this touristic development, especially the hotels and resorts, are responsible for 160kg to 200kg CO₂ emissions per m² of established hotel unit, depending on the admixture of fuels used for energy production in each case, which are the main reason for the greenhouse effect. It should be noticed, that hotels and touristic establishments are enlisted among the top five energy consuming businesses in the building tertiary sector. The recent produced legislation by the governments has incorporated a series of regulations towards a type of more energy efficient buildings. Due to those regulations and the developed environmental awareness of the European tourists, hotel owners and directors are adopting corrective actions in order to sustain their competitiveness and become environmental friendly. Given that the decision of a hotel management board to optimise the efficiency and minimise the energy consumption indicates different approaches and multiple targets, it is necessary to implement multi-criterion method elements. The subject in question of the following diploma thesis is the development of a multi-criterion methodological context of energy savings investment evaluation. This context is applied on a hotel unit in Eretria, Euboea, Greece. Electre III method is applied and the software used for the implementation of Electre III, is developed by the Dauphine University, Paris. The method provides a supportive, eligible and optimising frame for decision making in the energy savings area, which will contribute to the reduction of pollution effects caused by the use of fossil fuel energy consumption from the one hand and epitomise their business image.

Keywords: Electre III, Energy Saving, Multicriteria Evaluation, Scenarios of actions for energy saving, Energy and Hotels

Περιεχόμενα

<i>Πρόλογος</i>	7
<i>Περίληψη</i>	9
<i>Abstract</i>	10
<i>Κεφάλαιο 1^ο: Εισαγωγή</i>	13
1.1 Αντικείμενο και σκοπός	13
1.2 Δομή διπλωματικής εργασίας.....	14
<i>Κεφάλαιο 2^ο: Ενέργεια και βιώσιμη ανάπτυξη: Εξοικονόμηση ενέργειας στα ξενοδοχεία ...</i> 17	
2.1 Το Παγκόσμιο ενεργειακό πρόβλημα	17
2.2 Κατανάλωση ενέργειας στον ξενοδοχειακό τομέα.....	19
2.3 Το Ευρωπαϊκό ενεργειακό πρόβλημα	21
2.4 Κλιματική αλλαγή, φαινόμενο θερμοκηπίου και πρωτόκολλο του Κιότο	25
2.5 Η έννοια της βιώσιμης ανάπτυξης για τα ξενοδοχεία	26
2.6 Γενικά περί εξοικονόμησης ενέργειας σε ξενοδοχεία	28
2.7 Ενεργειακή διαχείριση ξενοδοχείων	29
2.8 Ενεργειακή επιθεώρηση ξενοδοχείων	32
2.9 Δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας για ξενοδοχειακούς χώρους	36
2.9.1 Δράσεις σχετιζόμενες με το κτιριακό κέλυφος	36
2.9.2 Επεμβατικές δράσεις σχετιζόμενες με τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις του ξενοδοχειακού συγκροτήματος.....	39
2.9.3 Επεμβατικές δράσεις για τη χρήση εναλλακτικών πηγών ενέργειας	45
2.9.4 Χρήση συστημάτων διαχείρισης ενέργειας	47
2.10 Πράσινα πιστοποιητικά	48
2.11 Συμπεράσματα.....	52
<i>Κεφάλαιο 3^ο: Μέθοδοι Πολυκριτηριακής αξιολόγησης ενεργειακών αποφάσεων σε κτίρια</i> .53	
3.1 Πολυκριτηριακής Ανάλυσης (ΠΑ): Ιστορική αναδρομή	53
3.2 Έννοιες και Προσεγγίσεις Πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων.....	56
3.3. Διαδικασία αποφάσεων και εμπλεκόμενα μέρη	60
3.4. Στάδια πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων	61
3.5 Ποσοτικές μέθοδοι πολυκριτήριας ανάλυσης	64
3.5.1 Πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας.....	64
3.5.2 Θεωρία σχέσεων υπεροχής.....	67
3.5.3 Αναλυτική – συνθετική προσέγγιση.....	70
3.6 Μέθοδοι Οικογένειας ELECTRE.....	71

3.7 Η μεθοδολογία ELECTRE III	78
3.8 Επενδύσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια και λήψη αποφάσεων	82
3.9 Η Πολυκριτηριακή ανάλυση ως ένα πολύ αποτελεσματικό εργαλείο αξιολόγησης επενδύσεων ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων	86
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο: Αξιολόγηση δράσεων ενεργειακής αναβάθμισης ξενοδοχειακής μονάδας με εφαρμογή της μεθόδου Electre III.....	87
4.1 Εισαγωγή ενότητας.....	87
4.2 Η σημασία της ενεργειακής αναβάθμισης των κτιρίων και των ξενοδοχειακών μονάδων για την περίπτωση της Ελλάδας	88
4.2.1 Γενικά	88
4.2.2 Υπάρχουσα κατάσταση	89
4.2.3 Αναδρομική ανάλυση: Η περίπτωση της ξενοδοχειακής μονάδας στην Ερέτρια	90
4.3 Δόμηση του προβλήματος.....	94
4.3.1 Στόχοι Διοίκησης.....	94
4.3.2 Εναλλακτικά σενάρια επιλογών	96
4.3.3 Ορισμός των εμπλεκόμενων στη διαδικασία	102
4.3.4 Κριτήρια	102
4.3.5 Η εκτίμηση των βαρών των κριτηρίων	109
4.3.6 Πίνακες επίπτωσης και υπολογισμός μεγεθών κριτηρίων.....	110
4.4 Η εφαρμογή του μοντέλου με το λογισμικό.....	112
4.4.1 Α περίπτωση.....	112
4.4.2 Β περίπτωση	126
4.4.3 Γ περίπτωση	135
4.5 Αντικειμενικότητα-υποκειμενικότητα και άλλοι παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψιν.....	142
Κεφάλαιο 5^ο: Συμπεράσματα	144
Παραρτήματα.....	149
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Εισαγωγή δεδομένων στο λογισμικό και Αποτελέσματα λογισμικού – Περίπτωση Α.....	149
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: Εισαγωγή δεδομένων στο λογισμικό και Αποτελέσματα λογισμικού – Περίπτωση Β	160
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: Εισαγωγή δεδομένων στο λογισμικό και Αποτελέσματα λογισμικού – Περίπτωση Γ.....	167
Βιβλιογραφία.....	174

Κεφάλαιο 1^ο: Εισαγωγή

1.1 Αντικείμενο και σκοπός

Με την ανάδυση της ενεργειακής κρίσης το έτος 1973 εκκίνησε και η αντίληψη για την ύπαρξη του ενεργειακού ζητήματος, που προϋπήρχε από τις αρχές της δεκαετίας του 1950. Το ενεργειακό ζήτημα είναι απότοκος της αποκλειστικής εξάρτησης των ενεργειακών συστημάτων από τα ορυκτά καύσιμα και η φαιά ουσία του έγκειται στη συσχέτιση των ενεργειακών αποθεμάτων, τα οποία όλο και λιγοστεύουν με τις απαιτήσεις των καταναλωτών για ενέργεια οι οποίες όλο και αυξάνονται.

Η κατάσταση επιβαρύνεται από την ολοένα μεγαλύτερη ρύπανση του περιβάλλοντος η οποία οφείλεται στην αύξηση ρύπων όπως για παράδειγμα του CO₂ και των οξειδίων του αζώτου. Παράλληλα, η αύξηση των συγκεντρώσεων του όζοντος στα χαμηλότερα ατμοσφαιρικά στρώματα (τροπόσφαιρα) και των αερίων που εκπέμπονται λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας της γης, το λιώσιμο των πάγων και την σταδιακή μεταβολή των κλιματολογικών συνθηκών.

Η παγκόσμια αλλαγή του κλίματος συντελείται αργά και σταθερά, και οφείλεται σε φυσικές, αλλά κυρίως σε ανθρωπογενείς επιδράσεις. Η προφανέστερη τεχνολογική και οικονομική λύση για τη κάλυψη των αυξανόμενων αναγκών είναι η αύξηση της παραγωγής του πετρελαίου, του άνθρακα και του φυσικού αερίου λόγω του ότι το υφιστάμενο δίκτυο της παραγωγής και της διανομής τους είναι τόσο αυτόνομο, όσο και ασφαλές. Το ως άνω γεγονός έχει ως συνέπεια την αύξηση της περιβαλλοντικής ρύπανσης αλλά και τη σημαντική αλλοίωση των κλιματολογικών συνθηκών. Η διαπίστωση αυτή έχει οδηγήσει τις κυβερνήσεις των κρατών τα τελευταία χρόνια στην ψήφιση νόμων και Κανονισμών ενεργειακής απόδοσης με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας.

Από την άλλη, η βιομηχανία του τουρισμού βιώνει μια βαθιά και διαρκή αλλαγή από τη βιομηχανική επανάσταση. Διαφορετικές τεχνικές που απαιτούν ενέργεια υιοθετούνται από αυτές καθημερινά σε ένα διαρκώς εξελισσόμενο κόσμο, με στόχο την βελτιστοποίηση των παρεχόμενων υπηρεσιών αλλά δυστυχώς χωρίς να

λαμβάνεται υπόψη η επίδραση που μπορεί αυτές να έχουν στο περιβάλλον. Για αρκετές δεκαετίες ο τομέας της φιλοξενίας παρουσίασε υψηλό ρυθμό οικονομικής ανάπτυξης. Αυτό έχει οδηγήσει σε ένα ευρύ φάσμα συνεπειών, με βασικότερο την κατάταξη των ξενοδοχειακών επιχειρήσεων μεταξύ των κορυφαίων πέντε από άποψη κατανάλωσης ενέργειας στον τριτογενή τομέα.

Η αυξανόμενη περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση των κυβερνήσεων των εθνών σε συνδυασμό με την παγκοσμιοποίηση είναι ισχυροί λόγοι, εξαιτίας των οποίων οι τουρίστες έχουν αισθανθεί το καθήκον να κάνουν κάτι προκειμένου να αλλάξουν την κατεύθυνση των γεγονότων. Τελικά, όλο και περισσότεροι τουρίστες οδηγούνται στην επιλογή ξενοδοχείων με οικολογικό χαρακτήρα και είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν παραπάνω για να απολαύσουν οικολογικές υπηρεσίες. Αναγνωρίζοντας την τάση αυτή οι ξενοδόχοι με σκοπό άλλοτε το κέρδος και άλλοτε την ιδίαν περιβαλλοντική τους συνείδηση υιοθετούν δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας για τις επιχειρήσεις τους. Ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής είναι η ανάπτυξη ενός πολυκριτηριακού μεθοδολογικού πλαισίου αξιολόγησης των ενεργειακών προτάσεων εξοικονόμησης ενέργειας στον ξενοδοχειακό τομέα.

1.2 Δομή διπλωματικής εργασίας

Το θεωρητικό πλαίσιο όπως παρουσιάζεται στο Κεφάλαιο 2 μας εισάγει στον τομέα της ενέργειας και της βιωσιμότητας. Δίνεται ο ορισμός της αειφορίας και εξηγείται η σημασία της ως ένα θέμα κοινωνικής ευθύνης.

Στο κεφάλαιο αυτό επιχειρείται να δοθεί μια γενική εικόνα σχετικά με την τρέχουσα ενεργειακή κατάσταση των επιχειρήσεων φιλοξενίας καθώς και των αρνητικών συνεπειών της στο περιβάλλον. Με τη βοήθεια στατιστικών στοιχείων αναδεικνύεται η επιτακτική ανάγκη εξοικονόμησης ενέργειας ειδικά στα ξενοδοχεία. Ακολούθως, παρουσιάζονται τα οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα της μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας των ξενοδοχειακών επιχειρήσεων. Τέλος, γίνεται μια εισαγωγή στην έννοια της εξοικονόμησης ενέργειας

στα ξενοδοχεία και επισκόπηση των διαφόρων τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας στα ξενοδοχεία και των πράσινων πιστοποιητικών, όπως αυτά αναγνωρίζονται σήμερα με σκοπό να δοθεί μια ολοκληρωμένη εικόνα των ευκαιριών στους ιδιοκτήτες στο πλαίσιο της επένδυσης σε δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας.

Το συμπέρασμα που προκύπτει από το αρχικό αυτό στάδιο αφορά στην αναγνώριση του γεγονότος πως οι ξενοδόχοι θα πρέπει να επενδύσουν στην εξοικονόμηση ενέργειας και σε τεχνολογίες περιβαλλοντικά φιλικότερες και στη δυσκολία επιλογής της βέλτιστης λύσης λόγω μεγάλης πολυπλοκότητας. Η πολυπλοκότητα αυτή αφορά την απαίτηση να ληφθούν υπόψη μια σειρά από αντικρουόμενοι παράγοντες, οικονομικοί, περιβαλλοντικοί και κοινωνικοί ενώ πιθανόν λαμβάνουν μέρος στη διαδικασία πολλά άτομα. Έτσι, για τη διευκόλυνση της κατάλληλης επιλογής απαιτείται η ύπαρξη μεθοδολογικού πλαισίου που θα ενσωματώνει τις διαφορετικές επιδιώξεις των αποφασιζόντων - ξενοδόχων.

Στη συνέχεια αναλύεται το θεωρητικό υπόβαθρο της πολυκριτηριακής ανάλυσης (ΠΑ), η οποία θα αποτελέσει το εργαλείο για τη διευκόλυνση αυτής της απόφασης. Γίνεται αρχικά μια ιστορική αναδρομή των μεθόδων πολυκριτηριακής ανάλυσης ενώ ταυτόχρονα προσδιορίζονται κάποιες έννοιες και προσεγγίσεις αναφορικά με πολυκριτηριακή ανάλυση αποφάσεων. Έπειτα, γίνεται αναλυτική περιγραφή των σταδίων κάθε πολυκριτηριακής απόφασης και επισημαίνονται τα απαραίτητα στοιχεία για την επιτυχία της διαδικασίας. Ακολούθως, δίνονται κατευθύνσεις για την επιλογή του πιο κατάλληλου μοντέλου ΠΑ στον περιβαλλοντικό και ενεργειακό σχεδιασμό και γίνεται επιλογή της κατάλληλης μεθόδου για το πρόβλημα όπως ορίστηκε παραπάνω, της Electre III και αναλύονται τα βήματά της. Κρίθηκε σκόπιμο να παρουσιαστούν μόνο οι γενικές μεθοδολογίες και οικογένειες μεθόδων ΠΑ. Τέλος παρουσιάζονται οι παράγοντες, οι οποίοι θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη σε επενδύσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια και τονίζεται η σημασία της πολυκριτηριακής ανάλυσης ως ένα αποτελεσματικό εργαλείο αξιολόγησης των επενδύσεων ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων.

Στο Κεφάλαιο 4, πραγματοποιείται μια ολοκληρωμένη ανάλυση της πολυκριτηριακής διαδικασίας για την απόφαση του βέλτιστου συνδυασμού δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας σε ξενοδοχειακά συγκροτήματα. Πιθανές επενδύσεις εξοικονόμησης ενέργειας δύνανται να αξιολογηθούν σύμφωνα με το πλαίσιο αυτό. Η εφαρμογή του προτεινόμενου πλαισίου και της μεθόδου Electre III (με τη βοήθεια λογισμικού) πραγματοποιείται σε υπάρχον ξενοδοχειακό συγκρότημα στην Ερέτρια

με υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις αφού προηγουμένως γίνει προσαρμογή των δεδομένων για την μονάδα αυτή. Η ανάλυση ξεκινά με την περιγραφή της υπάρχουσας κατάστασης. Σχηματίζονται οι εναλλακτικές, ορίζονται τα εμπλεκόμενα μέρη, αναγνωρίζονται οι παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη και τα κριτήρια αξιολόγησης, εκτιμώνται οι βαθμοί βαρύτητας των κριτηρίων απόφασης, και εφαρμόζεται η κατάταξη των σεναρίων. Τα σενάρια δημιουργήθηκαν σύμφωνα με το διαθέσιμο κεφάλαιο του αποφασίζοντα – ιδιοκτήτη, το οποίο είναι διαφορετικό στις δύο περιπτώσεις που εξετάζονται. Τέλος εξετάζεται η περίπτωση ομαδικής συμφωνίας μέσω της ανάλυσης ευαισθησίας. Θα πρέπει να σημειωθεί πως η συγγραφέας ήταν εφοδιασμένη με όλα τα στοιχεία των δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας της μονάδας τα οποία είχαν προκύψει από την αναλυτική ενεργειακή επιθεώρηση που είχε ήδη πραγματοποιηθεί σε προηγούμενη διπλωματική εργασία (Πρεκατέ, 2014), που έχει εκπονηθεί στα πλαίσια των ακαδημαϊκών δραστηριοτήτων του Εργαστηρίου Αποφάσεων και Διοίκησης της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Το υπόλοιπο της εργασίας, διεξήχθη εντελώς από την συγγραφέα υποστηριζόμενο από τα ευρήματα της βιβλιογραφίας.

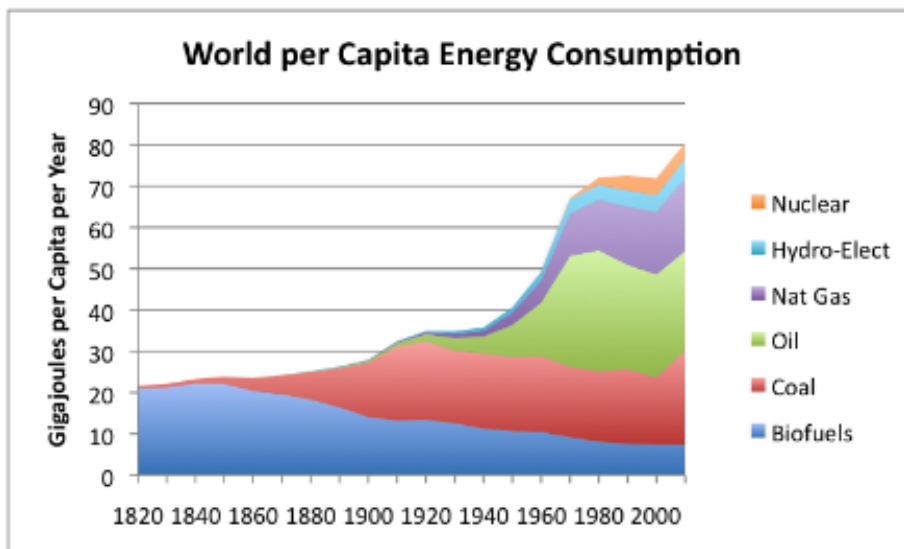
Στο Κεφάλαιο 5 παρουσιάζονται τα βασικά συμπεράσματα που εξήχθησαν από την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας και φανερώνονται οι μελλοντικές προοπτικές.

Στο τέλος, εμφανίζονται τα παραρτήματα, που παρουσιάζουν τη διαδικασία εισαγωγής δεδομένων στο λογισμικό και τα αποτελέσματα και καταγράφεται η σχετική βιβλιογραφία.

Κεφάλαιο 2^ο: Ενέργεια και βιώσιμη ανάπτυξη: Εξοικονόμηση ενέργειας στα ξενοδοχεία

2.1 Το Παγκόσμιο ενεργειακό πρόβλημα

Η ζήτηση για ενέργεια στη σημερινή κοινωνία είναι τεράστια (Umweltbroschüre 2013). Σύμφωνα με την αμερικανική EIA (Energy Information Administration), η παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας προβλέπεται να αυξηθεί κατά 56% μεταξύ 2010 και 2040. Η EIA εκτιμά ότι το μεγαλύτερο μέρος αυτής της αύξησης οφείλεται στην ισχυρή οικονομική ανάπτυξη των αναπτυσσόμενων χωρών (EIA 2013). Το Σχήμα 2.1 δείχνει τη μέση κατά κεφαλήν κατανάλωση ενέργειας παγκοσμίως.

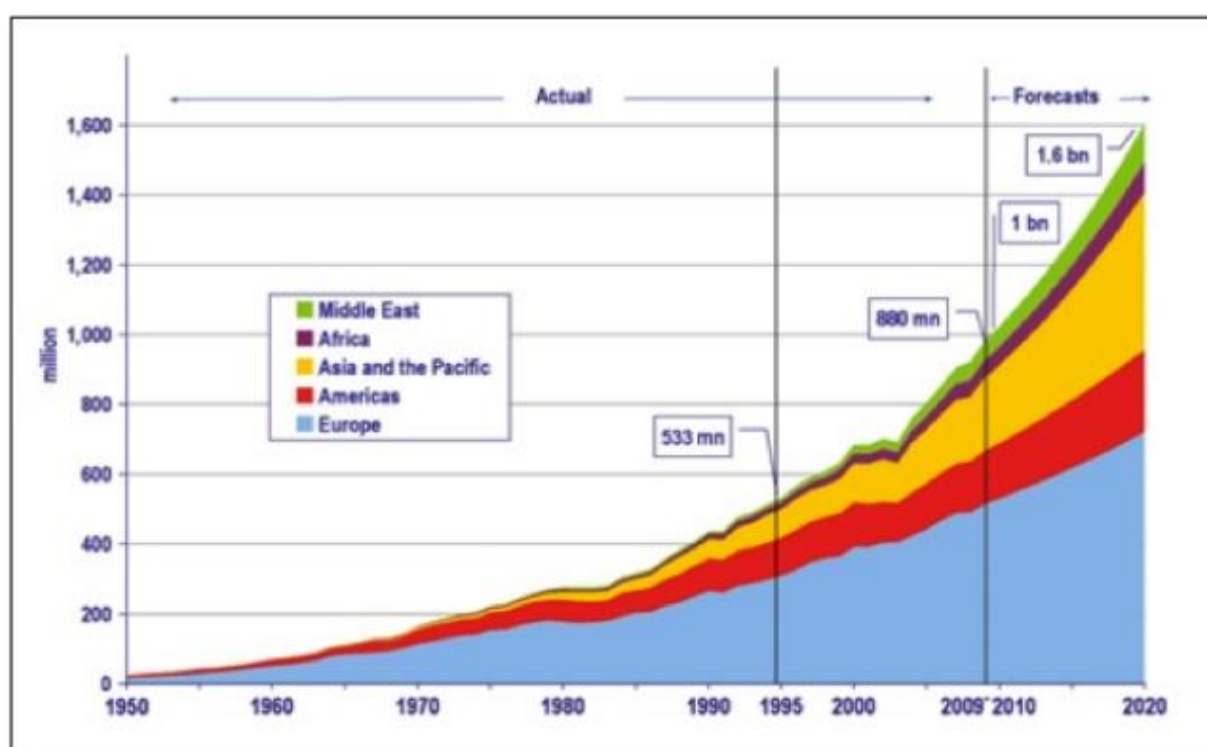


Σχήμα 2.1: Μέση παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας κατά κεφαλήν

Με την κατανάλωση ενέργειας να αυξάνεται ραγδαία τα τελευταία 100 χρόνια, οι πόροι του κόσμου, δεν επαρκούν πλέον για να παρέχουν ενέργεια σε όλους. (Bohdanowicz 2001). Ένας πρώτος λόγος γι' αυτό είναι ο ολοένα και αυξανόμενος πληθυσμός της γης, ο οποίος επηρεάζει την υψηλή ζήτηση της ενέργειας παγκοσμίως. Ταυτόχρονα με την πληθυσμιακή αύξηση, έχει αναγνωριστεί μια αλλαγή στη συμπεριφορά των καταναλωτών. Αυτή η αλλαγή της συμπεριφοράς, καθώς και οι αυξημένες ευκαιρίες για ταξίδια που οφείλονται στην παγκοσμιοποίηση,

ενισχύουν την αρνητική διαδικασία της μείωσης των ενεργειακών πόρων και οξύνουν το αρνητικό αντίκτυπο όπως αυτό περιγράφηκε παραπάνω, σε σχέση με την συνολική ενεργειακή ζήτηση.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.2 ο τουρισμός έχει αυξηθεί σε όλο τον κόσμο από το 1970 και είναι ένας τομέας που ανθίζει παγκοσμίως. Ειδικά στην Ευρώπη, την Ασία και στον Ειρηνικό οι τουριστικές αφίξεις θα συνεχίζουν να αυξάνονται πάρα πολύ (Intracsen 2012). Επιπλέον, ο αριθμός των τουριστών παγκοσμίως έχει υπερδιπλασιαστεί σε λιγότερο από 20 χρόνια. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Τουρισμού προβλέπει ότι ο αριθμός των τουριστών θα μπορούσε να αυξηθεί σε 1,6 δισεκατομμύρια ανθρώπους μέχρι το 2020 (UNESCO 2013).



Σχήμα 2.2: Αφίξεις τουριστών παγκοσμίως ανά περιοχή σε εκατομμύρια (Πηγή: Intracsen 2012)

Όπως προκύπτει από τις παραπάνω παρατηρήσεις, η μείωση της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας είναι επιτακτική ανάγκη. Ειδικά για τον κλάδο της φιλοξενίας, ο οποίος είναι ένας από τους πιο ενεργοβόρους τομείς στον κόσμο, η βιωσιμότητα δεν θα πρέπει να αποτελεί απλά μια λέξη. Για τον τομέα αυτό και παρόλο που χρησιμοποιεί σημαντικές ποσότητες ενέργειας, προκειμένου να παρέχει

άνεση και υψηλού επιπέδου υπηρεσίες στους επισκέπτες του, υπάρχει μια ανησυχητική χαμηλού επιπέδου ενεργειακή απόδοση. (Bohdanowicz 2001).

2.2 Κατανάλωση ενέργειας στον ξενοδοχειακό τομέα

Με πάνω από 300.000 ξενοδοχεία σε όλο τον κόσμο, να προσφέρουν περισσότερα από 11 εκατομμύρια δωμάτια, η ταχεία ανάπτυξη στον διεθνή τουρισμό έχει προκαλέσει μια σταθερή ανάπτυξη του κλάδου της φιλοξενίας. (Bohdanowicz 2001). Οι ξενοδοχειακές εγκαταστάσεις κατατάσσονται μεταξύ των κορυφαίων πέντε από την άποψη της κατανάλωσης ενέργειας στον τριτογενή τομέα κτιρίου. Παρά το γεγονός ότι δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία σχετικά με την παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας στον ξενοδοχειακό τομέα, εκτιμάται ότι 97,5 TWh ενέργειας χρησιμοποιήθηκαν σε ξενοδοχειακές εγκαταστάσεις σε όλο τον κόσμο το 2001. Επιπλέον, εκτιμάται ότι τα ευρωπαϊκά ξενοδοχεία – τα οποία παρέχουν σχεδόν το ήμισυ των συνολικών δωματίων ξενοδοχείου παγκοσμίως – χρησιμοποίησαν συνολικά 39 TWh (τετραβατώρες), το 2000, οι μισές εκ των οποίων ήταν με τη μορφή ηλεκτρικής ενέργειας.

Το μεγαλύτερο μέρος αυτής της ενέργειας προέρχεται από ορυκτές πηγές, και η συμβολή του ξενοδοχειακού τομέα στην υπερθέρμανση του πλανήτη και την κλιματική αλλαγή, εκτιμάται ότι περιλαμβάνει ετήσιες εκπομπές μεταξύ 160 και 200 kg CO₂ ανά m² επιφάνειας δωματίου, ανάλογα με το μείγμα καυσίμου που χρησιμοποιείται για την παροχή ενέργειας. Η εκτιμώμενη ετήσια κατανάλωση ενέργειας για τα ευρωπαϊκά ξενοδοχεία που εκτιμάται σε 39 TWh, θα οδηγούσε σε εκπομπές άνω των 10 Mtn CO₂ ετησίως.

Οι κύριες δραστηριότητες κατανάλωσης ενέργειας σε ένα ξενοδοχείο είναι:

- θέρμανση δωματίων,
- ψύξη δωματίων,
- φωτισμός,
- χρήση ζεστού νερού και άλλες δραστηριότητες των επισκεπτών που απαιτούν ενέργεια,
- προετοιμασία των γευμάτων,
- πισίνα,

- άλλες.

Η σχετική σημασία των διαφόρων ενεργειακών τελικών χρήσεων ενέργειας περιγράφεται ως εξής:

Ο κλιματισμός χώρων (θέρμανση / ψύξη, εξαερισμός και κλιματισμός) είναι η μεγαλύτερη κατηγορία ενιαίας τελικής χρήσης ενέργειας σε ξενοδοχεία, αντιπροσωπεύοντας περίπου το ήμισυ της συνολικής τους κατανάλωσης - είναι έτσι ευρέως αποδεκτό ότι οι εξωτερικές καιρικές συνθήκες και οι χώροι των ορόφων είναι μεταξύ των κύριων παραγόντων που επηρεάζουν τη χρήση της ενέργειας στα ξενοδοχεία. Τα εσωτερικά επίπεδα θερμοκρασίας επίσης επηρεάζουν σημαντικά την ποσότητα της ενέργειας που καταναλώνεται σε ένα κτίριο.

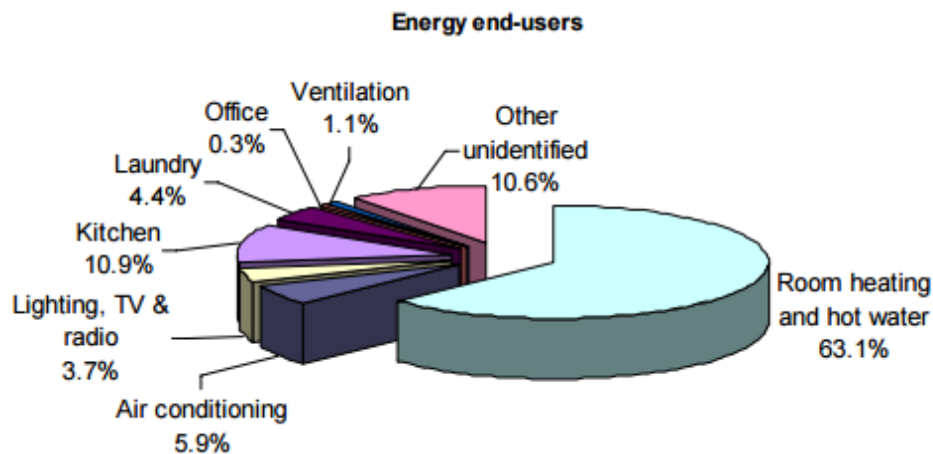
Το ζεστό νερό οικιακής χρήσης είναι συνήθως ο δεύτερος μεγαλύτερος καταναλωτής ενέργειας, που αντιστοιχεί στο 15 τοις εκατό της συνολικής ζήτησης ενέργειας.

Ο φωτισμός μπορεί να κυμανθεί μεταξύ 12 τοις εκατό -18 τοις εκατό και να φτάσει μέχρι και το 40 τοις εκατό της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας ενός ξενοδοχείου, ανάλογα με την κατηγορία της εγκατάστασης.

Υπηρεσίες όπως το catering και τα πλυντήρια αντιπροσωπεύουν επίσης ένα σημαντικό μερίδιο της ενεργειακής κατανάλωσης, ιδιαίτερα λαμβάνοντας υπόψη ότι συνήθως έχουν την χειρότερη ενεργειακή απόδοση.

Οι εγκαταστάσεις αθλητισμού και υγείας είναι συνήθως υψηλοί καταναλωτές ενέργειας.

Σε γενικές γραμμές και όσον αφορά στην Ελλάδα, παρόμοια είναι τα αποτελέσματα που έχουν αναφερθεί από μελέτες σε Ελληνικά ξενοδοχεία: 72 τοις εκατό-75 τοις εκατό της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας χρησιμοποιείται για κλιματισμό χώρου (θέρμανση και κλιματισμό) και για την παραγωγή ζεστού νερού, 8 τοις εκατό-9 τοις εκατό χρησιμοποιείται για φωτισμό, 15 τοις εκατό χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία.



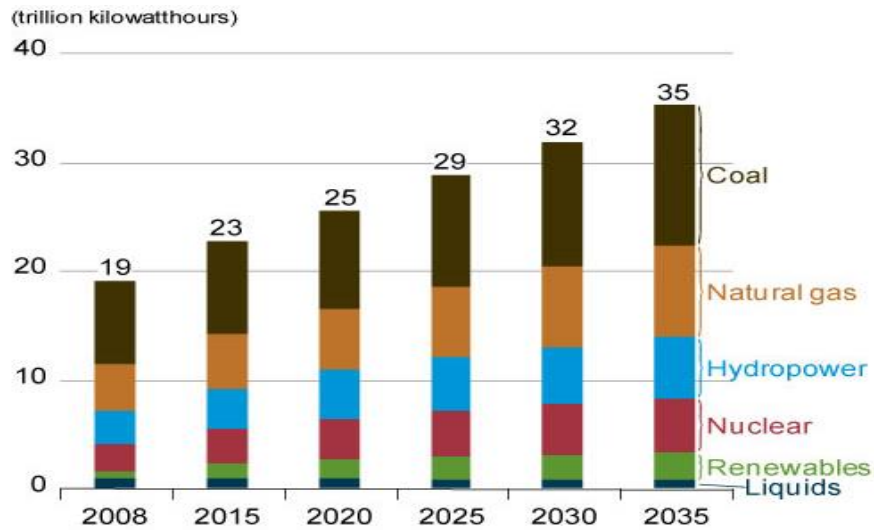
Σχήμα 2.3: Κατανάλωση ενέργειας ανά τομέα χρήσης σε ξενοδοχείο
 Πηγή: (REST 2005)

Αξίζει εδώ να σημειωθεί, πως ο ξενοδοχειακός τομέας της Ευρώπης κυριαρχείται από μικρές επιχειρήσεις (με ποσοστό 90% του συνόλου των δωματίων που παρέχονται) και αν και δεν έχουν αναφερθεί συγκεκριμένα στοιχεία για τις μικρές και μεσαίου μεγέθους ξενοδοχειακές μονάδες, μελέτες δείχνουν ότι οι μικρές ανεξάρτητες ξενοδοχειακές μονάδες είναι λιγότερο δυναμικές σχετικά με το περιβάλλον από τις μεγάλες αλυσίδες ξενοδοχείων. Μόνο το 10 τοις εκατό των δωματίων παρέχονται από τις μεγάλες αλυσίδες ξενοδοχείων, και είναι αυτές οι αλυσίδες που έχουν κάνει τις περισσότερες από τις βελτιώσεις της ενεργειακής απόδοσης στον τομέα των ξενοδοχείων.

2.3 Το Ευρωπαϊκό ενεργειακό πρόβλημα

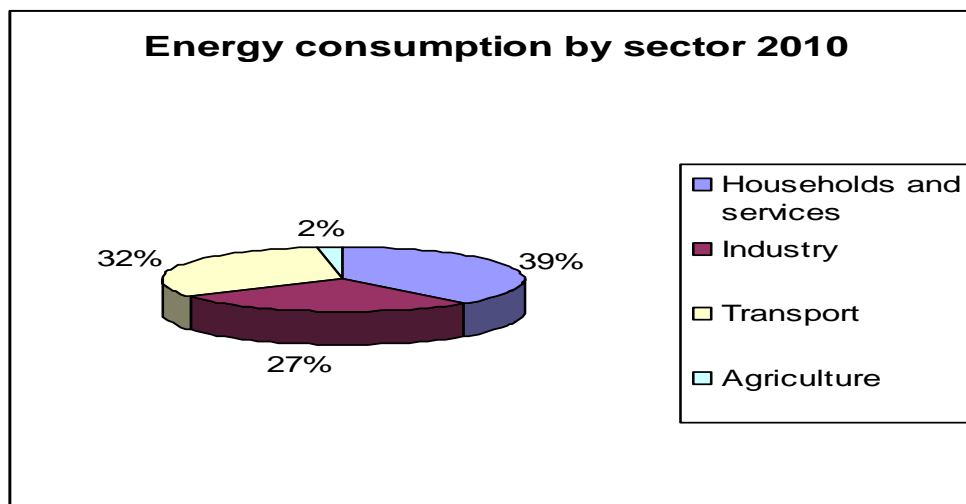
Η νέα Ευρώπη των 28 κρατών μελών έχει Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (ΑΕΠ) περίπου € 11.000 δισεκατομμύρια και πληθυσμό 500 εκατομμυρίων ανθρώπων. Μια τέτοια αναπτυσσόμενη περιοχή έχει αυξανόμενες ενεργειακές ανάγκες. Κατά τη διάρκεια του 2010 μόνο, οι Ευρωπαίοι κατανάλωσαν περίπου 1,8 δισεκατομμύρια τόνους ισοδύναμου πετρελαίου (ΕΚ, 2011), περίπου το 15% της κατανάλωσης ενέργειας παγκοσμίως εκείνη τη χρονιά (ΕΚ, 2011). Ο κύριος καταναλωτής ενέργειας είναι ο τομέας των κτηρίων, καταλαμβάνοντας σχεδόν το 40% της συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται στην Ευρώπη. Αυτή η ενέργεια

χρησιμοποιείται για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης, ψύξης και ηλεκτρισμού για κατοικίες, εμπορικά και δημόσια κτίρια (Eurostat, 2012).



Σχήμα 2.4: Παγκόσμια καθαρή παραγωγή ηλεκτρισμού ανά τύπο καυσίμου, 2008 - 2035 (Πηγή: EIA, 2013)

Παράγεται κυρίως από την καύση πετρελαίου ή φυσικού αερίου, πράγμα που δείχνει την εξάρτηση του κτιριακού τομέα από τα ορυκτά καύσιμα όπως το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο και ο άνθρακας που εξακολουθούν να είναι τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα καύσιμα. Συγκεκριμένα, αυτή η ενεργειακή κατανάλωση προκάλεσε εκπομπή περίπου 4,6 δισεκατομμυρίων τόνων CO₂ (Eurostat, 2012). Ο κτιριακός τομέας της Ευρώπης είναι υπεύθυνος για περίπου το 13% του συνόλου των εκπομπών θερμοκηπίου (GHG) (Bolla & Pendolovska, 2011). Αποτέλεσμα είναι η αύξηση της περιβαλλοντικής ρύπανσης αλλά και η σημαντική αλλοίωση των κλιματολογικών συνθηκών.

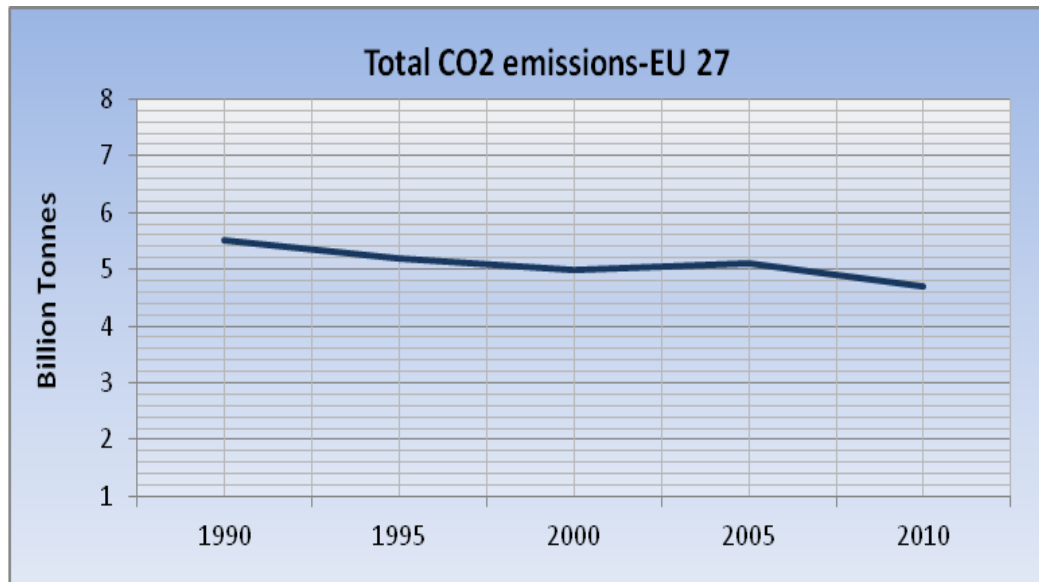


Σχήμα 2.5: Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά τομέα για το 2010, ΕΕ-27
(Πηγή: Eurostat, 2012).

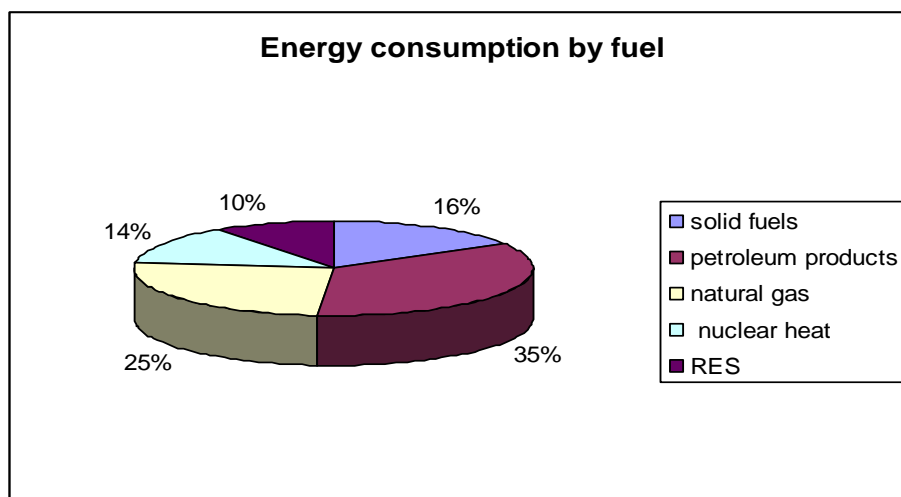
Η ανησυχία για την υπερθέρμανση του πλανήτη σε συνδυασμό με την συνειδητοποίηση ότι τα ορυκτά καύσιμα θα εξαντληθούν στο μέλλον οδηγούν στη διερεύνηση της διεύδυσης νέων εναλλακτικών πηγών ενέργειας, όπως οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ). Προς την κατεύθυνση των ΑΠΕ συντελεί και η εξάρτηση των χωρών από εισαγωγές ενέργειας. Ειδικότερα, το 2008, η κύρια εξάρτηση από εισαγωγές ενέργειας της ΕΕ-27 ήταν 54,8%. Συγκεκριμένα, η Ευρώπη των 27, εισήγαγε το 41,2% των στερεών καυσίμων, το 82,6% του πετρελαίου και το 60,3% του φυσικού αερίου. Είναι προφανές ότι μια τέτοια εξάρτηση από ασταθείς πολιτικά χώρες μειώνει την ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού. Έτσι, είναι απαραίτητο για την Ευρώπη να αυξήσει το μερίδιο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Ένα από τα πιο σημαντικά βήματα που έχουν γίνει προς την κατεύθυνση της προστασίας του περιβάλλοντος και της διασφάλισης του παγκόσμιου ενεργειακού εφοδιασμού, είναι το Πρωτόκολλο του Κιότο. Σύμφωνα με αυτό, είχε συμφωνηθεί η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 5% κατά την περίοδο 2008-2012 σε σύγκριση με τις εκπομπές του 1990 (Ηνωμένα Έθνη, 2008). Προκειμένου να διασφαλιστεί ο ενεργειακός εφοδιασμός και η άμβλυνση της κλιματικής αλλαγής, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει θέσει ως στόχο τη μείωση κατά 30% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου έως το 2020 και 20% αύξηση του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (CEC, 2007). Το Σχήμα 2.6 δείχνει ότι,

παρά τις προσπάθειες για τη μείωση των συνολικών εκπομπών CO₂, δεν υπάρχει σημαντική μείωση από το 1990. Οι συνολικές εκπομπές CO₂ της Ευρώπης για το 2010 ήταν 4,7 δισεκατομμύρια τόνοι (Eurostat, 2012) ενώ έχουν ήδη αποφασιστεί να ληφθούν πρόσθετα μέτρα και πολιτικές.



Σχήμα 2.6: Οι συνολικές εκπομπές CO₂ της ΕΕ από το 1990 (Πηγή: Eurostat, 2012).



Σχήμα 2.7: Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά καύσιμο για το 2010, ΕΕ-27 (Πηγή: Eurostat, 2012).

2.4 Κλιματική αλλαγή, φαινόμενο θερμοκηπίου και πρωτόκολλο του Κιότο

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που αντιμετωπίζει ο πλανήτης μετά τη βιομηχανική επανάσταση. Ουσιαστικά είναι το φαινόμενο κατά το οποίο η ατμόσφαιρα του πλανήτη συγκρατεί θερμότητα και συμβάλλει στην αύξηση της θερμοκρασίας στην επιφάνεια του. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου οφείλεται κυρίως στις ραγδαία αυξανόμενες βιομηχανίες που απελευθερώνουν κυρίως διοξείδιο του άνθρακα και άλλους ρύπους στον αέρα, όπως μεθάνιο και υποξείδιο του αζώτου. Η εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου επιφέρει την κλιματική αλλαγή, με κύρια αιτία την ανθρωπογενή δραστηριότητα, που επηρεάζει την ποιότητα ζωής στον πλανήτη αυξάνοντας τα ακραία καιρικά φαινόμενα που απειλούν την περιουσία και τη ζωή του ανθρώπου.

Με βάση τις προηγούμενες παρατηρήσεις για την κλιματική αλλαγή, συμφωνήθηκε μέσω του Πρωτοκόλλου του Κιότο η λήψη μέτρων για την αντιμετώπιση της. Το Πρωτόκολλο του Κιότο αποτελεί διεθνή συμφωνία που συνδέεται με τη Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή, η οποία δεσμεύει τα συμβαλλόμενα μέρη της θέτοντας διεθνώς δεσμευτικούς στόχους μείωσης των εκπομπών του θερμοκηπίου.

Αναγνωρίζοντας ότι οι ανεπτυγμένες χώρες είναι κυρίως υπεύθυνες για τα σημερινά υψηλά επίπεδα των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, ως αποτέλεσμα της πάνω από 150 χρόνια βιομηχανικής δραστηριότητας, το πρωτόκολλο δίνει μεγαλύτερο βάρος στις ανεπτυγμένες χώρες, βάσει της αρχής των «κοινών αλλά διαφοροποιημένων ευθυνών».

Το Πρωτόκολλο του Κιότο υιοθετήθηκε στο Κιότο της Ιαπωνίας, στις 11 Δεκεμβρίου 1997 και τέθηκε σε ισχύ στις 16 Φεβρουαρίου 2005. Οι λεπτομερείς κανόνες για την εφαρμογή του Πρωτοκόλλου εγκρίθηκαν κατά την COP 7 (Διάσκεψη συμβαλλόμενων μερών) στο Μαρακές, στο Μαρόκο, το 2001, και αναφέρονται ως η «Μαρακές». Η πρώτη περίοδος δέσμευσης ξεκίνησε το 2008 και τελείωσε το 2012. Στις 21 Δεκεμβρίου 2012, διανεμήθηκε τροπολογία από τον Γενικό Γραμματέα των Ηνωμένων Εθνών, ενεργώντας υπό την ιδιότητά του ως θεματοφύλακα, σε όλα τα μέρη του πρωτοκόλλου του Κιότο.

Κατά τη διάρκεια της πρώτης περιόδου δέσμευσης, 37 βιομηχανικές χώρες δεσμεύτηκαν να μειώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά μέσο όρο σε 5

τοισ εκατό από τα επίπεδα του 1990. Στο πλαίσιο του πρωτοκόλλου του Κιότο, η ΕΕ-15 έχει αναλάβει κοινή δέσμευση για τη μείωση των εκπομπών κατά μέσο όρο 8% μεταξύ 2008 και 2012 σε σύγκριση με τις εκπομπές του έτους βάσης. Αυτό πάντως που ισχύει για την ΕΕ-27 είναι η μονομερής δέσμευση να επιτύχει τουλάχιστον μια μείωση 20% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου μέχρι το 2020 σε σύγκριση με το 1990.

Το πρωτόκολλο του Κιότο αποτελεί ένα σημαντικό κίνητρο για την εξοικονόμηση ενέργειας στους βιομηχανικούς και επιχειρηματικούς τομείς.

2.5 Η έννοια της βιώσιμης ανάπτυξης για τα ξενοδοχεία

Η έννοια της βιώσιμης ή της αειφόρου ανάπτυξης αναφέρθηκε πρώτη φορά στην έκθεση των Ηνωμένων Εθνών το 1987 ως ένα όραμα προόδου που συνδέει την οικονομική ανάπτυξη με την προστασία του περιβάλλοντος και την κοινωνική δικαιοσύνη. Ένας από τους πρώτους ορισμούς της αειφορίας που γράφτηκε και αποτελεί έναν από τους πιο κοινούς ορισμούς στις μέρες μας είναι ο εξής: " Η ικανοποίηση των αναγκών του παρόντος, χωρίς να διακυβεύεται η ικανότητα να ικανοποιούνται οι ανάγκες των μελλοντικών γενεών" (1987 Ηνωμένων Εθνών) .

Ειδικότερα στον τουριστικό κλάδο, η έννοια της βιωσιμότητας είναι πολύ σημαντική. Παρά το γεγονός ότι η ανάπτυξη του τουρισμού βελτιώνει τις τοπικές και εθνικές αγορές, προκαλεί παράλληλα σημαντικές περιβαλλοντικές και κοινωνικο-πολιτιστικές απειλές στο περιβάλλον του. (Bohdanowicz 2001). Με την παγκοσμιοποίηση να ωθεί τους ανθρώπους στα ταξίδια επιτρέποντας τους να φτάνουν σχεδόν σε κάθε χώρα του κόσμου, έχουν υπάρξει αυξανόμενες περιβαλλοντικές πιέσεις. Μία από τις μεγαλύτερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, είναι οι επιβλαβείς εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου. Η πιο σημαντική από αυτές τις εκπομπές είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂). Επιπτώσεις στο περιβάλλον προκαλούνται παράλληλα από τη μαζική κατανάλωση τοπικών ή εισαγόμενων πόρων (νερό, τροφή, ηλεκτρισμός, καύσιμα), καθώς και από τις εκπομπές που συνδέονται με τον αέρα, το νερό και το έδαφος. Ιδιαίτερα ελκυστικές περιοχές, όπως όμορφες τοποθεσίες τοπία, παραλίες, λίμνες, κτλ. ζημιώνονται λόγω της τουριστικής ανάπτυξης τόσο με τις δραστηριότητες στον κατασκευαστικό τομέα όσο και με την

ανάπτυξη των υποδομών.

Στις φυσικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις περιλαμβάνονται, σε τοπικό επίπεδο, η αστική ατμοσφαιρική ρύπανση, η μόλυνση του εδάφους και των ποταμών και η υποβάθμιση της γης, σε περιφερειακό επίπεδο, η όξινη βροχή και το νερό και η μόλυνση των παράκτιων ζωνών και σε παγκόσμιο επίπεδο, η αλλαγή του κλίματος, η καταστροφή της στιβάδας του όζοντος, η απώλεια της βιοποικιλότητας, η αυξημένη διακίνηση επικίνδυνων αποβλήτων και η αύξηση της χερσαίας θαλάσσιας ρύπανσης.

Πολλές από τις αρνητικές αυτές επιπτώσεις έχουν επηρεάσει σε μεγάλο βαθμό την ξενοδοχειακή βιομηχανία τα τελευταία χρόνια. Σε συνδυασμό με την υπερθέρμανση του πλανήτη, η διοίκηση των ξενοδοχείων αναγκάζεται να σκέφτεται όλο και περισσότερο σχετικά με τις ευθύνες. Με την γνώση των λαών να αυξάνεται σχετικά με θέματα, όπως η υπερθέρμανση του πλανήτη και η κλιματική αλλαγή αλλά και με τις επιχειρήσεις να αξιολογούνται στη σημερινή κοινωνία όχι μόνο από το επίπεδο άνεσης που παρέχουν αλλά και βάσει της περιβαλλοντικής τους ηθικής, η έννοια της αειφορίας είναι πολύ σημαντική. Οι επιχειρήσεις βρίσκονται κάτω από συνεχή εξωτερική επιθεώρηση, καθώς αναμένεται να είναι ιδανικές σε όλη την "τριπλή καθοριστική γραμμή" της οικονομικής, περιβαλλοντικής και κοινωνικής διαχείρισης. Αν δεν είναι, οι μέτοχοι, επενδυτές, πελάτες, εργαζόμενοι, καθώς και τα μέσα ενημέρωσης είναι σε θέση να απεικονίσουν τις αδυναμίες των επιχειρήσεων.

Καθώς ο κόσμος κοιτάζει επίμονα τις επιχειρήσεις του τομέα αυτού, αυτές αναγκάζονται να ανταποκριθούν σε αυτές τις προσδοκίες και να προσφέρουν βιώσιμες προσεγγίσεις, επειδή δεν έχουν άλλες επιλογές. (Tourismpartnership 2013). Κατά συνέπεια, η ανάπτυξη βιώσιμων δράσεων θα είναι ζωτικής σημασίας για το επιτυχημένο μέλλον των επιχειρήσεων. (Environment.nau 2012) Με την υιοθέτηση περιβαλλοντικών πρακτικών, οι επιχειρήσεις δεν αποκτούν μόνο ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα αλλά επιπλέον αντιμετωπίζουν τους πιθανούς κυβερνητικούς κανονισμούς, οι οποίοι πρόκειται να αυξηθούν κατά τα επόμενα χρόνια.

Παρόλα αυτά, και καθώς υπάρχει μια παρανόηση στη βιομηχανία της φιλοξενίας ότι σημαντικές μειώσεις στη χρήση ενέργειας μπορούν να επιτευχθούν μόνο με την εγκατάσταση προηγμένης υψηλής τεχνολογίας και ακριβών μηχανημάτων και ο φόβος της επένδυσης σχετικά με την οικονομική αποδοτικότητα και την περίοδο αποπληρωμής είναι μεγάλος, πολλά ξενοδοχεία φοβούνται να επενδύσουν σε δράσεις που αφορούν την εξοικονόμηση ενέργειας. Ως αποτέλεσμα αυτής της άποψης, η αποτελεσματική παροχή της ενέργειας ή ακόμα και

ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και τεχνολογιών ενέργειας δεν αποτελούν τα βασικά θέματα που απασχολούν την διοίκηση του κλάδου. Ωστόσο στην πλειονότητα των περιπτώσεων, σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να επιτευχθεί με την υιοθέτηση δράσεων, οι οποίες όμως δεν απαιτούν ούτε προηγμένη τεχνογνωσία ούτε όμως συνοδεύονται και από υψηλό κόστος επένδυσης. Δεν είναι απαραίτητο να αλλάξει ολόκληρο το κτίριο, και τα ξενοδοχεία μπορεί να εξοικονομήσουν μεγάλα ποσά ενέργειας αλλάζοντας για παράδειγμα το φωτισμό, τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης, μέσω της ανακύκλωσης των αποβλήτων, καθώς και από το πλυντήριο.

Κάποιες από τις τεχνολογίες εξοικονόμησης και ενέργειας θα παρουσιαστούν στη συνέχεια.

2.6 Γενικά περί εξοικονόμησης ενέργειας σε ξενοδοχεία

Ως εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα ξενοδοχειακό συγκρότημα, θεωρείται κάθε προσπάθεια μέσω της οποίας επιτυγχάνεται μείωση της σπατάλης των διατιθέμενων ενεργειακών αποθεμάτων, με ταυτόχρονη την πλήρη κάλυψη των υπαρχόντων ενεργειακών αναγκών του συγκροτήματος¹.

Γενικά σήμερα, η μετατροπή των σύγχρονων ξενοδοχειακών συγκροτημάτων σε πολυχώρους δράσης που παρέχουν στον πελάτη / χρήστη τη δυνατότητα για πλήθος άλλων δραστηριοτήτων εκτός της βασικής παροχής που σχετίζεται με τη διαμονή, καθιστά αυτά ιδιαίτερος απαιτητικά σε σχέση με την παράμετρο της κατανάλωσης της ενέργειας για θέματα φωτισμού, κλιματισμού και εξαερισμού, ζεστού νερού χρήσης, παροχής ρεύματος σε μηχανικές διατάξεις κτλ.

Μέσα σε ένα τέτοιο πλαίσιο, η εξασφάλιση της απαιτούμενης ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας απαιτεί τη μεγάλη κατανάλωση συμβατικών μορφών πρωτογενούς ενέργειας, όπως είναι ο άνθρακας, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Όπως έγινε ήδη κατανοητό, η διαθεσιμότητα πλέον αυτών των καυσίμων είναι περιορισμένη, με αποτέλεσμα να καθίσταται αναγκαία η υιοθέτηση δράσεων από τα ξενοδοχειακά συγκροτήματα με σκοπό τον περιορισμό της σπατάλης των εν λόγω

¹ Bohdanowicz, P., (2011), *Energy Efficiency and Conservation in Hotels – Towards Sustainable Tourism*, Royal Institute of Technology, Sweden

καυσίμων αλλά και την ενεργειακή αναβάθμιση των εγκαταστάσεων που θα εξασφαλίσει την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου με ταυτόχρονη αποκόμιση οικονομικού οφέλους, αλλά και την επίτευξη μικρότερης περιβαλλοντικής ρύπανσης.

Βέβαια, σε κάθε περίπτωση, η υιοθέτηση τέτοιων δράσεων σε ένα ξενοδοχειακό συγκρότημα θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο βαθμό, τις βασικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού σε θέματα δομικών στοιχείων αλλά και επιλογής διατάξεων με σκοπό τη βέλτιστη δυνατή ικανοποίηση του πελάτη². Η εφαρμογή τέτοιων δράσεων σε υφιστάμενα ξενοδοχειακά συγκροτήματα, σαν αυτό που αποτελεί μελέτη περίπτωσης της παρούσας διπλωματικής εργασίας, απαιτεί αδιαπραγμάτευτα την ύπαρξη κατάλληλης ενεργειακής διαχείρισης του κτιρίου.

2.7 Ενεργειακή διαχείριση ξενοδοχείων

Η χρήση της ενέργειας σε ένα ξενοδοχειακό συγκρότημα αποτελεί ένα πολύ σημαντικό τμήμα του λειτουργικού κόστους αυτού, ενώ ταυτόχρονα διαδραματίζει κύριο ρόλο στην επίτευξη του απαιτούμενου επιπέδου άνεσης των πελατών / χρηστών.

Η ενεργειακή διαχείριση ενός ξενοδοχειακού συγκροτήματος αποτελεί μια συστηματική, πλήρως οργανωμένη και διαρκή δραστηριότητα που αποτελείται από ένα καθορισμένο και σε αυστηρά πλαίσια προγραμματισμένο σύνολο επιτελικών, τεχνικών / τεχνολογικών και οικονομικών δράσεων, με σκοπό την εξασφάλιση συνθηκών και υπηρεσιών τέτοιων που να κάνουν την παραμονή των πελατών / χρηστών στον ξενοδοχειακό χώρο ευχάριστη με την ταυτόχρονη επίτευξη της ελάχιστης δυνατής κατανάλωσης ενέργειας, και της όσο το δυνατόν πιο ‘ορθολογικής’ χρήσης του ενεργειακού εξοπλισμού.

² Dalhat, A., (2014), *Application of Bioclimatic Architecture Principles in the Design of Hotel Katsina Nigeria*, University Zaria of Nigeria.

Η διαγραμματική αναπαράσταση της ενεργειακής πολιτικής σε ένα περιβάλλον ξενοδοχείου απεικονίζεται στο Σχήμα 2.8:



Σχήμα 2.8: Διαγραμματική αναπαράσταση της ενεργειακής πολιτικής σε ένα περιβάλλον ξενοδοχείου

(Πηγή: Hotel Energy Solutions, (2011), Analysis on Energy Use by European Hotels, Hotel Energy Solutions project publications.)

Εν γένει, η διαδικασία της ενεργειακής διαχείρισης σε ένα ξενοδοχειακό συγκρότημα περιλαμβάνει τα στάδια της σκέψης, του σχεδιασμού, της υλοποίησης και της καταμέτρησης, ενώ βασικά εργαλεία όσον αφορά στη διαχείριση της ενέργειας αποτελούν η ενεργειακή επιθεώρηση, η ενεργειακή παρακολούθηση, η σωστή συντήρηση του εξοπλισμού, καθώς και η λήψη μέτρων για την εξοικονόμηση της ενέργειας που καταναλώνεται για την κάλυψη των αναγκών των λειτουργιών του ξενοδοχείου.

Ένα επαρκές πρόγραμμα διαχείρισης της ενέργειας σε ένα περιβάλλον ξενοδοχείου θα πρέπει να περιλαμβάνει τις ακόλουθες συνιστώσες και δράσεις³:

Περιοδικούς και εκτεταμένους ελέγχους, μετρήσεις και καταγραφές αποτελεσμάτων σε σχέση με τις συνιστώσες του κελύφους και των ενεργειακών εγκαταστάσεων του κτιρίου, με σκοπό την ποσοτική και χωρική θεώρηση καθώς και

³ Hotel Energy Solutions, (2011), *Analysis on Energy Use by European Hotels*, Hotel Energy Solutions project publications.

την αποτύπωση της διαχρονικής εξέλιξης της ενεργειακής κατανάλωσης, με απώτερο σκοπό την αποτύπωση των καταλληλότερων προς υιοθέτηση, δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας.

Προσδιορισμό κατάλληλων προς επίτευξη στόχων ενεργειακής κατανάλωσης στη μονάδα του χρόνου.

Τεχνο-οικονομικές μελέτες σκοπιμότητας για την εφαρμογή συγκεκριμένων δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας και ενεργειακής αναβάθμισης των εγκαταστάσεων του ξενοδοχείου, όπου θα διερευνάται η δυνατότητα για επιλογή και υιοθέτηση νέων ενεργειακών τεχνολογιών, όπως συστήματα συμπαραγωγής θερμότητας, κεντρικά συστήματα αυτομάτου ελέγχου και ενεργειακής διαχείρισης, νέες τεχνολογίες αξιοποίησης του υπάρχοντος δυναμικού ανανεώσιμων πηγών ενέργειας κλπ.

Δημιουργία και τήρηση αρχείου σχετιζόμενου με την παράμετρο των ενεργειακών καταναλώσεων.

Σύνταξη περιοδικών ενεργειακών αναφορών προς το φορέα διαχείρισης και προς τη διοίκηση του ξενοδοχείου.

Εφαρμογή προγράμματος ορθολογικής λειτουργίας και συντήρησης των κτιριακών εγκαταστάσεων θέρμανσης, κλιματισμού, φωτισμού, ζεστού νερού χρήσης, καθώς και των συσκευών και των μηχανικών διατάξεων που δρουν εντός του πλαισίου του ξενοδοχειακού συγκροτήματος.

Ενημέρωση και ευαισθητοποίηση των εργαζομένων εντός του χώρου το ξενοδοχείου αλλά και των χρηστών / πελατών κυρίως μέσω της διοίκησης, σε σχέση με τη σημασία της εξοικονόμησης ενέργειας τόσο για το ίδιο το ξενοδοχείο όσο και σε σχέση με ευρύτερες προεκτάσεις, όπως είναι η προστασία του περιβάλλοντος.

Επαρκή και στοχευμένη εκπαίδευση του τεχνικού προσωπικού που εμπλέκεται στη λειτουργία και στη συντήρηση του ξενοδοχειακού συγκροτήματος και των εγκαταστάσεων αυτού.

Διεργασίες για την εξεύρεση πόρων για τη χρηματοδότηση έργων εξοικονόμησης ενέργειας και ενεργειακής αναβάθμισης.

Συνεχή εγρήγορση για την εκμετάλλευση ευκαιριών σε σχέση με τη δυνατότητα για εξοικονόμηση ενέργειας εντός του ξενοδοχείου, όπως για παράδειγμα με την υιοθέτηση μιας νέας τεχνολογίας που ήρθε στο φως.

2.8 Ενεργειακή επιθεώρηση ξενοδοχείων

Ο σκοπός της ενεργειακής επιθεώρησης σε ένα ξενοδοχειακό συγκρότημα, είναι ο προσδιορισμός των δυνατοτήτων για την περαιτέρω εξοικονόμηση ενέργειας σε υφιστάμενα συστήματα που βρίσκονται σε λειτουργία και δρουν καταναλώνοντας ενέργεια, κυρίως σε θερμική και ηλεκτρική μορφή, στο χώρο του ξενοδοχείου.

Βασική αρχή της ενεργειακής επιθεώρησης σε ένα περιβάλλον ξενοδοχείου αποτελεί η απαίτηση για μελέτη και αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης του ξενοδοχείου λαμβάνοντας υπόψη αυτό ως ένα συνολικό ενεργειακό σύστημα, το οποίο για την καλύτερη ανάλυσή του επιμερίζεται στα δομικά στοιχεία που το συνθέτουν.

Στο σημείο αυτό βέβαια θα πρέπει να σημειωθεί ότι μια διαδικασία ενεργειακής επιθεώρησης δεν αποτελεί αυτοσκοπό αλλά το απαραίτητο υπόβαθρο που θα οδηγήσει τους υπευθύνους στην υιοθέτηση των καταλληλότερων δράσεων και μεθόδων για την ενεργειακή αναβάθμιση του ξενοδοχείου. Υπό αυτό το πρίσμα⁴:

Τα καταγραφόμενα συστήματα και οι πληροφορίες που συλλέγονται κατά τη διαδικασία μιας ενεργειακής επιθεώρησης καθορίζουν σε σημαίνοντα βαθμό τη μελλοντική επιτυχία των παρεμβάσεων που θα υιοθετηθούν για την ενεργειακή αναβάθμιση της ξενοδοχειακής μονάδας.

Το είδος και οι μέθοδοι της ενεργειακής επιθεώρησης που θα υιοθετηθούν, αποτελούν άμεση συνάρτηση του μεγέθους του εξεταζόμενου ξενοδοχειακού συγκροτήματος, αλλά και των προσδοκώμενων αποτελεσμάτων.

Οι ενεργειακές επιθεωρήσεις θα πρέπει να στηρίζονται σε διαδικασίες συλλογής δεδομένων (π.χ. υπάρχοντα σχέδια κατόψεων και ηλεκτρομηχανολογικών μελετών) και κυρίως επαλήθευσης αυτών στο χώρο του ξενοδοχείου (συνάφεια υπαρχόντων σχεδίων και πραγματικής κατάστασης).

Διακρίνονται τρία είδη ενεργειακής επιθεώρησης^{5,6}:

⁴ Hayter, S., & Kandt, A., (2011), *Renewable Energy Applications for Existing Buildings*, National Renewable Energy Laboratory.

⁵ Περδίδος, Σ., (2010), *Τα μυστικά για την ενεργειακή βελτίωση του ακινήτου σας*, Αθήνα: TeΕκδοτική.

- Η σύντομη ενεργειακή επιθεώρηση.
- Η συνοπτική ενεργειακή επιθεώρηση.
- Η αναλυτική ενεργειακή επιθεώρηση.

Σύντομη ενεργειακή επιθεώρηση

Η σύντομη ενεργειακή επιθεώρηση σε ένα ξενοδοχειακό συγκρότημα αποτελεί το πρώτο στάδιο ενός ελέγχου που θα απαντήσει στο ερώτημα κατά πόσο υπάρχει η δυνατότητα για επαρκή εξοικονόμηση ενέργειας με την υιοθέτηση ενεργειακών παρεμβάσεων. Εφόσον διαπιστωθεί ότι υπάρχει αυτή η δυνατότητα, τότε και μόνο τότε λαμβάνει χώρα συνοπτική ή και αναλυτική ενεργειακή επιθεώρηση,

Κατά τη διαδικασία της σύντομης ενεργειακής επιθεώρησης, αντλούνται κάποιες βασικές πληροφορίες σε σχέση με το ξενοδοχειακό συγκρότημα που αφορούν κύρια στα στοιχεία κατασκευής του κτιρίου ή του μηχανολογικού εξοπλισμού, στις επιφάνειες χρήσης, στις ώρες λειτουργίας των μηχανικών διατάξεων και συστημάτων, στις απαιτήσεις αυτών για ισχύ και θερμοκρασία, και στην κατανάλωση ενέργειας για κάθε χρήση.

Εν γένει, η σύντομη ενεργειακή επιθεώρηση σε ένα ξενοδοχειακό χώρο αποβλέπει:

Στην αρχική διαπίστωση των δυνατοτήτων για περαιτέρω εξοικονόμηση ενέργειας στο συνολικό ξενοδοχειακό ενεργειακό σύστημα.

Στην ανάδειξη των ευκαιριών που προσφέρουν οι καθιερωμένες εργασίες συντήρησης του ενεργειακού συστήματος για εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας, με σκοπό την ενεργειακή αναβάθμιση αυτού.

Στη συλλογή και αρχική ανάλυση των δεδομένων και πληροφοριών που απαιτούνται για μία πιο αναλυτική προσέγγιση, εφόσον υπάρχουν οι απαραίτητες προϋποθέσεις, σύμφωνα με τα προηγούμενα.

Να σημειωθεί ότι στην περίπτωση της σύντομης ενεργειακής επιθεώρησης,

⁶ ΚΑΠΕ, (2016)
[Διαθέσιμο στο http://www.cres.gr/energy_saving/ktiria/htm]

δεν προβλέπεται η διεξαγωγή μετρήσεων και η χρήση αναλυτικών υπολογιστικών μοντέλων για την αξιολόγηση της συμπεριφοράς του συνολικού ενεργειακού συστήματος

Συνοπτική ενεργειακή επιθεώρηση

Η συνοπτική ενεργειακή επιθεώρηση σε ένα ξενοδοχειακό συγκρότημα που αποσκοπεί στην ενεργειακή αναβάθμισή του, διεξάγεται αν και μόνο αν η σύντομη ενεργειακή επιθεώρηση έχει καταδείξει αξιόλογες δυνατότητες για εξοικονόμηση ενέργειας.

Η διαδικασία συνοπτικής ενεργειακής επιθεώρησης περιλαμβάνει, σε αντίθεση με τη σύντομη ενεργειακή επιθεώρηση, διεξαγωγή εξειδικευμένων επιτόπιων ελέγχων και μετρήσεων στον ξενοδοχειακό χώρο αναφοράς τα οποία θα οδηγήσουν σε συγκεκριμένα ποσοτικά αποτελέσματα.

Τις κυριότερες δράσεις συνοπτικής ενεργειακής επιθεώρησης σε ένα ξενοδοχειακό συγκρότημα αποτελούν:

Οι μετρήσεις για τη διαπίστωση της αποτελεσματικότητας της θερμομόνωσης στα δομικά στοιχεία του ξενοδοχείου, μέσω συνήθως του προσδιορισμού του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας k των δομικών στοιχείων.

Οι μετρήσεις για τη διαπίστωση του βαθμού απόδοσης των υπαρχόντων συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού.

Η δημιουργία ποσοτικών δεδομένων σε σχέση με τα στοιχεία CO και CO₂.

Οι μετρήσεις σε σχέση με την παράμετρο του αερισμού, για τη διαπίστωση της επάρκειας των κουφωμάτων σε σχέση με τη διείσδυση του αέρα.

Οι μετρήσεις σε σχέση με τη ένταση του υπάρχοντος φωτισμού προκειμένου να διαπιστωθεί η επάρκεια αυτού, καθώς και να ανιχνευθούν τυχόν δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας, είτε με μείωση της έντασης εφόσον υπάρχουν τα περιθώρια, είτε με τη χρήση εναλλακτικών μεθόδων και διατάξεων φωτισμού.

Επίσης, σε ένα χώρο ξενοδοχειακού συγκροτήματος και στα πλαίσια μιας συνοπτικής ενεργειακής επιθεώρησης, εφόσον υπάρχουν αντίστοιχα συστήματα, μπορούν να διεξαχθούν:

Μετρήσεις απόδοσης διατάξεων εστιών μαγειριών, καυστήρων, λεβήτων και αντλιών θερμότητας.

Μετρήσεις και έλεγχοι αποδοτικότητας και απωλειών σε σωληνώσεις μεταφοράς νερού, ατμού ή άλλων ρευστών.

Έλεγχοι των υπαρχόντων χρησιμοποιούμενων υδραυλικών και ηλεκτρικών κινητήρων στα διάφορα συστήματα λειτουργίας που δρουν εντός του χώρου του ξενοδοχείου.

Μετρήσεις και έλεγχοι των υπαρχόντων συστημάτων εξαερισμού και ανάκτησης θερμότητας στους αντίστοιχους χώρους.

Αναλυτική ενεργειακή επιθεώρηση

Η αναλυτική ενεργειακή επιθεώρηση αποτελεί την πιο ολοκληρωμένη και εκτεταμένη προσέγγιση στο πρόβλημα της μελέτης των δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας σε ένα συνολικό ‘ενεργειακό’ ξενοδοχειακό σύστημα.

Ο εν λόγω τύπος ενεργειακής επιθεώρησης βασίζεται κατά κύριο λόγο στα στοιχεία και στις πληροφορίες που έχουν συγκεντρωθεί κατά τον προηγούμενο τύπο ελέγχου – συνοπτικό ενεργειακό έλεγχο –, με αυτά τα δεδομένα πλέον να αξιολογούνται με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορούν να δώσουν ασφαλείς πληροφορίες για τους λόγους που παρατηρούνται ενεργειακές καταναλώσεις, καθώς και για τις εξοικονομήσεις σε ενέργεια που θα αποφέρουν κατάλληλες βελτιωτικές δράσεις εφόσον υιοθετηθούν.

Υπό αυτό το πρίσμα, σε ένα περιβάλλον ξενοδοχείου απαραίτητα:

Η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση των χώρων του ξενοδοχείου θα πρέπει να επιμερίζεται με βάση την αιτία των θερμικών απωλειών, οι οποίες λαμβάνουν χώρα μέσω του δαπέδου, της οροφής, των ανοιγμάτων, των τοίχων, των στοιχείων σκυροδέματος και του αερισμού - εξαερισμού των χώρων.

Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να επιμερίζεται με βάση τις λειτουργίες τις οποίες τροφοδοτεί που σχετίζονται κύρια με τη διαδικασία φωτισμού, τη διαδικασία ψύξης και κλιματισμού, τις λευκές συσκευές όπως είναι τα ψυγεία και

τα πλυντήρια, και τις λοιπές συσκευές όπως είναι οι τηλεοράσεις και οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές.

Οι απώλειες του συστήματος θέρμανσης θα πρέπει να επιμερίζονται με βάση τα επιμέρους δομικά στοιχεία αυτού με πιο σημαντικά το λέβητα, τις σωληνώσεις, την καπνοδόχο και τον καπναγωγό.

Σε αυτό το τελικό στάδιο της ενεργειακής επιθεώρησης είναι προφανής η απαίτηση για χρήση των καταλληλότερων υπολογιστικών προγραμμάτων και μοντέλων προσομοίωσης προς επίτευξη του βέλτιστου δυνατού αποτελέσματος.

Επιπρόσθετα, προκειμένου το τελικό αποτέλεσμα της ενεργειακής επιθεώρησης να είναι επιτυχές και προς αποφυγή αποκλίσεων, θα πρέπει αυτό να αναφέρεται και να προσεγγίζει το ξενοδοχειακό συγκρότημα συνολικά ως σύστημα και όχι να δίνει βάση στην ‘επιτυχή’ προσέγγιση μιας συνιστώσας αυτού, η οποία όμως μπορεί να μην οδηγεί σε κανένα αποτέλεσμα όσον αφορά στον τελικό σκοπό, που δεν είναι άλλος από τη συνολική ενεργειακή αναβάθμιση της εκάστοτε ξενοδοχειακής μονάδας.

Τέλος, δε θα πρέπει να ξεχνάμε, ότι μια διαδικασία ενεργειακής επιθεώρησης ενός ξενοδοχειακού συγκροτήματος δεν αποσκοπεί σε τίποτα άλλο, παρά στο να καταδείξει τους καταλληλότερους τρόπους και δράσεις για την επίτευξη εξοικονόμησης ενέργειας και την ενεργειακή αναβάθμιση αυτού.

2.9 Δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας για ξενοδοχειακούς χώρους

2.9.1 Δράσεις σχετιζόμενες με το κτιριακό κέλυφος

Ο αποδοτικότερος και ορθότερος σχεδιασμός του κτιριακού κελύφους ενός ξενοδοχειακού συγκροτήματος, σχετίζεται άμεσα με τη χρήση των λεγόμενων παθητικών συστημάτων.

Υπό αυτό το πρίσμα, για την επίτευξη του βέλτιστου ενεργειακού σχεδιασμού κελύφους, θα πρέπει εκτός των τεχνικών χαρακτηριστικών και κατασκευαστικών

χαρακτηριστικών αυτού – διαστάσεις και προσανατολισμός χώρου, υλικά δομικών στοιχείων κτλ.) να λαμβάνονται υπόψη και περαιτέρω παράμετροι, όπως είναι το ευρύτερο φυσικό και ενεργειακό περιβάλλον της περιοχής όπου εδράζεται το ξενοδοχείο αναφοράς, καθώς και οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούν κατά τη διάρκεια του χρόνου. Εν γένει, ο συνδυασμός των εν λόγω στοιχείων και χαρακτηριστικών θα επιτρέψει τη βέλτιστη δυνατή αποτύπωση της ‘ενεργειακής κατάστασης’ του ξενοδοχείου με αποτέλεσμα να καταστούν πιο ‘ορατές’ οι βελτιώσεις που θα πρέπει να λάβουν χώρα στα πλαίσια του βιοκλιματικού σχεδιασμού⁷.

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός ενός κτιρίου ξενοδοχείου στοχεύει στην εξασφάλιση των βέλτιστων δυνατών συνθηκών εντός του χώρου του ξενοδοχείου, αξιοποιώντας κατά το δυνατόν τις υπάρχουσες περιβαλλοντικές πηγές (ήλιος, αέρας, κτλ.), με την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ενέργειας. Κύρια πεδία ενασχόλησης του βιοκλιματικού σχεδιασμού στα πλαίσια ενός ξενοδοχειακού συγκροτήματος αποτελούν τα συστήματα θέρμανσης, ψύξης και φωτισμού.

Προχωρώντας ένα βήμα πιο πέρα, τα κυριότερα μέσα που χρησιμοποιούνται σε μια διαδικασία βιοκλιματικού σχεδιασμού αποτελούν η θερμική προστασία κελύφους, τα παθητικά ηλιακά συστήματα, οι διατάξεις φυσικού φωτισμού, καθώς και η υιοθέτηση δράσεων διαχείρισης της ενέργειας, όπως για παράδειγμα με τη δημιουργία θερμικών ζωνών εντός του χώρου του κτιρίου.

Όπως ήδη ειπώθηκε, ο βιοκλιματικός σχεδιασμός εξαρτάται και λαμβάνει υπόψη άμεσα το τοπικό κλίμα της περιοχής όπου εδράζεται το εκάστοτε ξενοδοχειακό συγκρότημα, με αποτέλεσμα να βασίζεται και να λαμβάνει σθεναρά υπόψη τις ακόλουθες αρχές:

Εξασφάλιση θερμικής προστασίας του ξενοδοχειακού κτιρίου τόσο κατά τους χειμερινούς όσο και κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, με τη χρήση κατάλληλων τεχνικών και μεθόδων που εφαρμόζονται στο εξωτερικό κέλυφος του κτιρίου, και ιδιαίτερα με τη χρήση της καταλληλότερης θερμομονωτικής διαδικασίας και διαδικασίας αεροστεγάνωσης του κτιρίου και των ανοιγμάτων αυτού.

Προστασία του ξενοδοχειακού κτιρίου από τον ήλιο κατά τη διάρκεια του

⁷ Dalhat, A., (2014), *Application of Bioclimatic Architecture Principles in the Design of Hotel Katsina Nigeria*, University Zaria of Nigeria.

καλοκαιριού, κυρίως μέσω της χρήσης μεθόδων σκίασης, αλλά και μέσω της χρήσης κατάλληλων κατασκευαστικών παραμέτρων όσον αφορά στο κέλυφος του κτιρίου.

Απομάκρυνση των ποσών θερμότητας που συσσωρεύονται κατά τους καλοκαιρινούς μήνες μέσα στο κτίριο του ξενοδοχείου με φυσικό τρόπο προς το εξωτερικό περιβάλλον, με χρήση συστημάτων και τεχνικών παθητικού δροσισμού, όπως είναι η εξασφάλιση φυσικής ροής αερισμού κυρίως κατά τις νυχτερινές ώρες.

Εξασφάλιση επαρκούς φυσικού φωτισμού και ελέγχου της ροής της φωτεινής έντασης, ώστε να εξασφαλίζεται επάρκεια και ταυτόχρονα ομαλή κατανομή του φυσικού φωτός εντός των χώρων του ξενοδοχείου και πάντα σε συνάρτηση με τη χρήση αυτών.

Βελτίωση του κλίματος στον περιβάλλοντα του ξενοδοχειακού κτιρίου χώρο, μέσω της δημιουργίας ενός δομημένου περιβάλλοντος που θα στηρίζεται στις βασικές βιοκλιματικές αρχές. Για παράδειγμα, η κατάλληλη φύτευση στον περιβάλλοντα χώρο του ξενοδοχειακού συγκροτήματος, μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας εντός του κτιρίου.

Στο σημείο αυτό βέβαια θα πρέπει να τονιστεί ότι στην περίπτωση υφιστάμενων ξενοδοχειακών συγκροτημάτων, η εφαρμογή των αρχών βιοκλιματικού σχεδιασμού συναντά αρκετές δυσκολίες και περιορισμούς (τεχνικούς και οικονομικούς), με αποτέλεσμα οι προσπάθειες για βιοκλιματικό σχεδιασμό του κτιριακού κελύφους να εστιάζονται κύρια στις ακόλουθες δράσεις⁸:

Θερμομόνωση εξωτερικών τοίχων, δαπέδων, οροφών και πυλωτής.

Θερμομόνωση θερμογεφυρών.

Αντικατάσταση υφιστάμενων ανοιγμάτων με νέα, τα οποία εμφανίζουν βελτιωμένες θερμικές και οπτικές ιδιότητες.

Μείωση του θερμαινόμενου - κλιματιζόμενου όγκου σε χώρους υπερβολικά μεγάλου ύψους π.χ. με την υιοθέτηση ψευδοροφών, για την καλύτερη εκμετάλλευση της παραγόμενης ενέργειας προς όφελος των χρηστών.

Εφαρμογή εξωτερικών σταθερών ή κινητών διατάξεων σκίασης, σταθερών ή κινητών, όπως τεντών και σκιάστρων.

⁸ ΚΑΠΕ, (2016)

[Διαθέσιμο στο http://www.cres.gr/energy_saving/ktiria/htm]

Προσθήκη παθητικών ηλιακών συστημάτων θέρμανσης και φωτισμού, όπως είναι οι τοίχοι Trombe και οι αγωγοί – δίοδοι φυσικού φωτός.

2.9.2 Επεμβατικές δράσεις σχετιζόμενες με τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις του ξενοδοχειακού συγκροτήματος

Σύστημα θέρμανσης

Ένα σύστημα το οποίο καταναλώνει μεγάλες ποσότητες ενέργειας ανά έτος σε ένα ξενοδοχειακό συγκρότημα, είναι το σύστημα θέρμανσης των χώρων. Για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας στο εν λόγω πεδίο, μπορούν να υιοθετηθούν δράσεις σχετιζόμενες με τα συστήματα παραγωγής και διανομής της θερμότητας αλλά και ενέργειες αντικατάστασης διατάξεων του συστήματος θέρμανσης με νέες, πιο αποδοτικές. Οι πιο σημαντικές επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε ένα σύστημα θέρμανσης σε ένα ξενοδοχειακό συγκρότημα σε σχέση με τις παραπάνω παραμέτρους, είναι οι ακόλουθες⁹:

Συγκρότημα παραγωγής θερμότητας

Αντικατάσταση των παλαιών διατάξεων λεβήτων με νέους, που διακρίνονται από υψηλότερη απόδοση και ανάγκη για χαμηλότερη θερμοκρασία εξόδου των καυσαερίων.

Εγκατάσταση ξεχωριστής διάταξης λέβητα για την κάλυψη των θερινών αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης, στην περίπτωση ξενοδοχειακών μονάδων όπου η κάλυψη αυτής της ανάγκης γίνεται αποκλειστικά μέσω του συνολικού συστήματος θέρμανσης και μέσω της χρήσης πετρελαίου.

Εγκατάσταση συστημάτων ανάκτησης θερμότητας από τα θερμά καυσαέρια,

⁹ IEA Technology Roadmaps, (2011), *Energy efficient buildings, Heating and Cooling Equipment*, International Energy Agency.

στην περίπτωση ύπαρξης διατάξεων λεβήτων που διακρίνονται από υψηλές θερμοκρασίες εξόδου καυσαερίων.

Εγκατάσταση συστήματος αυτομάτου ελέγχου για τη διατήρηση του σωστού λόγου αέρα καύσης κατά τις διαδικασίες καύσης που λαμβάνουν χώρα.

Δίκτυα διανομής

Η χρήση τριχοειδών σωλήνων όσον αφορά στη διανομή του ρευστού για τη θέρμανση των χώρων ενός ξενοδοχείου, καθώς και η χρήση συστημάτων ενδοδαπέδιας θέρμανσης, τα οποία απαιτούν χαμηλότερες θερμοκρασίες εισόδου και εξόδου του ρευστού, ή σωμάτων fan-coil, μπορούν να αποτελέσουν αποδοτικές δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε ένα συγκρότημα ξενοδοχείου σε σχέση με την παράμετρο της θέρμανσης.

Υιοθέτηση αντλιών θερμότητας στο σύστημα θέρμανσης

Οι αντλίες θερμότητας (κατάλληλες τόσο για διαδικασίες θέρμανσης όσο και ψύξης) αποτελούν διατάξεις οι οποίες αντλούν ενέργεια από μια πηγή (π.χ αέρας περιβάλλοντος) και μέσω ενός κύκλου εξάτμισης και συμπύκνωσης ενός εργαζόμενου ρευστού, τη διοχετεύουν με τη μορφή θερμότητας σε ένα χώρο.

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της αντικατάστασης ενός συστήματος λέβητα - ψυγείου από μια αντλία θερμότητας είναι τα ακόλουθα ¹⁰:

Μείωση ρύπανσης τοπικού περιβάλλοντος.

Εξοικονόμηση χώρου μέσω της ‘αποβολής’ των διατάξεων του λέβητα και της δεξαμενής πετρελαίου από το χώρο του λεβητοστασίου.

Χρήση ηλεκτρικού ρεύματος το οποίο όσον αφορά στον ελληνικό χώρο παράγεται σε μεγαλύτερα ποσοστά από λιγνίτη ή υδροηλεκτρικά που πλεονεκτούν έναντι του πετρελαίου εξαιτίας του γεγονότος ότι το τελευταίο εισάγεται.

Δυνατότητα για χρήση της αντλίας θερμότητας για διαδικασίες ψύξης τους

¹⁰ IEA Technology Roadmaps, (2011), *Energy efficient buildings, Heating and Cooling Equipment*, International Energy Agency.

καλοκαιρινούς μήνες. Οι αντλίες θερμότητας εμφανίζουν σημαντικά υψηλούς βαθμούς απόδοσης που φτάνουν και το 90%.

Για τα ξενοδοχειακά συγκροτήματα, οι συνηθέστερες εφαρμογές των αντλιών θερμότητας με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας είναι οι επόμενες¹¹:

Αντλίες θερμότητας για την ψύξη και την θέρμανση των χώρων του ξενοδοχείου (η πιο συνήθης περίπτωση).

Αντλίες θερμότητας Επιστροφής για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης.

Αντλίες θερμότητας Θαλάσσης, για την ψύξη και την θέρμανση χώρων του ξενοδοχείου.

Αντλίες θερμότητας Αβαθούς Γεωθερμίας, επίσης για την ψύξη και την θέρμανση των χώρων του ξενοδοχείου.

Σύστημα κλιματισμού

Αποτελεί βασική τάση τα τελευταία χρόνια όσον αφορά στα ξενοδοχειακά συγκροτήματα, αυτά να υιοθετούν εξελιγμένα συστήματα με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας.

Οι επεμβάσεις που λαμβάνουν χώρα προς αυτή την κατεύθυνση σχετίζονται τόσο με το ψυκτικό συγκρότημα όσο και με τα δίκτυα διανομής.

Ψυκτικό συγκρότημα

Οι κυριότερες δράσεις προς εξοικονόμηση ενέργειας που σχετίζονται με το ψυκτικό συγκρότημα ενός συστήματος κλιματισμού σε ένα ξενοδοχείο είναι οι ακόλουθες¹²:

Εγκατάσταση διατάξεων εναλλακτών θερμότητας είτε στο κύκλωμα του

¹¹ Bohdanowicz, P., (2011), *Energy Efficiency and Conservation in Hotels – Towards Sustainable Tourism*, Royal Institute of Technology, Sweden

¹² ,

νερού ψύξης του συμπυκνωτή ή είτε στο κύκλωμα της θερμής γραμμής ψυκτικού μέσου προς επίτευξη ανάκτησης θερμότητας.

Χρήση φυσικών πηγών νερού για τον κύκλο συμπύκνωσης π.χ. μέσω γειτονικών λιμνών ή ποταμών.

Χρήση ξηραντικού υλικού από χαλαζία, το οποίο συμβάλει στη μείωση της υγρασίας των ρευμάτων αέρα σε μια διαδικασία κλιματισμού.

Υιοθέτηση αποδοτικότερων διατάξεων αυτομάτου ελέγχου για την βελτίωση της αποδοσίμου από το συγκρότημα ψυκτικής ισχύος κατά τη λειτουργία στα διάφορα φορτία (π.χ. μέσω του καλύτερου ελέγχου της μεταβολής της ταχύτητας του ρευστού ή της λειτουργίας του κυκλοφορητή).

Δίκτυο διανομής

Όσον αφορά στο δίκτυο διανομής του ρευστού, οι κυριότερες δράσεις προς εξοικονόμηση ενέργειας που σχετίζονται με αυτό σε ένα ξενοδοχείο είναι οι ακόλουθες¹³:

Υιοθέτηση συστημάτων ελέγχου των συνθηκών πίεσης και θερμοκρασίας των κλιματιζόμενων χώρων

Μετατροπή συστημάτων διανομής με τελική αναθέρμανση και με χρήση διπλού αγωγού θερμού - ψυχρού αέρα (dual duct) σε συστήματα μεταβλητού όγκου αέρα (VAV).

Εγκατάσταση ανεμιστήρων και δικτύου αεραγωγών προς ενίσχυση της κίνησης και της μίξης του αέρα μεταξύ διαφορετικών θερμικών ζωνών στο χώρο του ξενοδοχείου.

Εγκατάσταση ξεχωριστών κυκλοφορητών σε κυκλώματα που χαρακτηρίζονται από σημαντικές διαφορές όσον αφορά στην πτώση πίεσης, καθώς και σε ζώνες που χαρακτηρίζονται από σημαντικά διαφορετικές απαιτήσεις κλιματισμού.

Εγκατάσταση συστημάτων ελέγχου των κυκλοφορητών για καλύτερο έλεγχο στροφών, προς βελτιστοποίηση της διαδικασίας άντλησης ανάλογα με το φορτίο

¹³ IEA Technology Roadmaps, (2011), *Energy efficient buildings, Heating and Cooling Equipment*, International Energy Agency.

λειτουργίας.

Σύστημα ζεστού νερού χρήσης

Σε ένα περιβάλλον ξενοδοχείου, ένεκα και της φύσης των παρεχόμενων υπηρεσιών, το ζεστό νερό χρήσης αποτελεί σημαντική συνιστώσα κατανάλωσης ενέργειας. Υπό αυτό το πρίσμα, θεωρείται αναγκαία η υιοθέτηση δράσεων προς την κατεύθυνση της εξοικονόμησης ενέργειας στα διάφορα συστήματα του ξενοδοχείου που σχετίζονται με τις διαδικασίες παραγωγής, διανομής και αποθήκευσης του ζεστού νερού χρήσης. Οι πιο συνήθεις δράσεις είναι οι ακόλουθες^{14, 15} :

Εξάλειψη κρουσμάτων υπερδιαστασιολόγησης π.χ. τροποποίηση των διαστάσεων της δεξαμενής αποθήκευσης του ζεστού νερού χρήσης με βάση τις πραγματικές ανάγκες.

Υιοθέτηση διατάξεων αισθητήρων, φωτοκύτταρων ή άλλων διατάξεων για τον έλεγχο της κατανάλωσης σε απολήξεις βρυσών κτλ.

Χρήση διατάξεων τοπικών θερμοαντήρων προς μείωση των αποστάσεων και του δικτύου διανομής.

Υιοθέτηση διαδικασιών ανάκτησης θερμότητας από τις κλιματιστικές μονάδες (ανάκτηση θερμότητας η οποία απορρίπτεται προς το περιβάλλον μέσω του συμπυκνωτή του συστήματος ψύξης) και από το σύστημα αερισμού (δυνατότητα ανάκτησης θερμότητας σε ποσοστό ακόμα και 70%, μέσω χρήσης διατάξεων πλακοειδών εναλλακτών θερμότητας αέρα – αέρα ή μέσω διατάξεων θερμικών τροχών).

Σύστημα φωτισμού

¹⁴ Bohdanowicz, P., (2011), *Energy Efficiency and Conservation in Hotels – Towards Sustainable Tourism*, Royal Institute of Technology, Sweden

¹⁵ IEA Technology Roadmaps, (2011), *Energy efficient buildings, Heating and Cooling Equipment*, International Energy Agency.

Οι διατάξεις φωτισμού, αποτελούν ένα ευρέως χρησιμοποιούμενο πεδίο για την εφαρμογή δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας σε ένα ξενοδοχειακό περιβάλλον. Εν γένει, οι κυριότερες δράσεις προς αυτή την κατεύθυνση στο σύστημα φωτισμού ενός ξενοδοχείου, είναι οι ακόλουθες ¹⁶:

Υιοθέτηση συστημάτων αυτομάτου ελέγχου με σκοπό τη διατήρηση σταθερής φωτεινότητας και την αποφυγή περιττών διαβαθμίσεων σε χώρους που απαιτούν διαδικασίες φωτισμού με δυνατότητα διαβάθμισης.

Υιοθέτηση συστημάτων ελέγχου της παρεχόμενης φωτεινής έντασης από τα υπάρχοντα τεχνητά μέσα σε συνάρτηση με την υπάρχουσα τη δεδομένη χρονική στιγμή δυνατότητα για ύπαρξη φυσικού φωτισμού.

Αντικατάσταση διατάξεων, μέσων και συστημάτων φωτισμού με νέα πιο αποδοτικά και λιγότερο ενεργοβόρα.

Όσον αφορά στην τελευταία δράση, τα σύγχρονα φωτιστικά σώματα εκτός από τη σαφή βελτίωση που παρουσιάζουν σε σχέση με την απαιτούμενη ισχύ για την παροχή συγκεκριμένης έντασης φωτός, διακρίνονται από σημαντικά σχεδιαστικά στοιχεία, που τα καθιστούν σαφώς πιο αποδοτικά σε σχέση με τα παλαιότερα.

Σε σχέση με την πολύ σημαντική παράμετρο του συντελεστή ανακλαστικότητας, ενώ ένας τυπικός ανακλαστήρας χαρακτηρίζεται από ένα συντελεστή ανακλαστικότητας της τάξης περίπου του 70-72%, ο συντελεστής ανακλαστικότητας μιας νέας τεχνολογίας (π.χ. αλουμινίου) μπορεί να φτάσει ποσοστά που ξεπερνούν το 90%. Υπό αυτό το πρίσμα, η υιοθέτηση σύγχρονων τεχνολογιών και διατάξεων όσον αφορά στο πεδίο του φωτισμού σε ένα ξενοδοχειακό συγκρότημα, μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας με ταυτόχρονη τη βελτίωση των συνθηκών οπτικής άνεσης μέσω της εξάλειψης των οπτικών ανακλάσεων¹⁷.

¹⁶ Karlicek, R., (2014), *Handbook of Advanced Lighting Technology*, Springer International Publishing.

¹⁷ Karlicek, R., (2014), *Handbook of Advanced Lighting Technology*, Springer International Publishing.

Προχωρώντας ένα βήμα πιο πέρα, η δυνατότητα που προσφέρουν τα σύγχρονα φωτιστικά σώματα για κατεύθυνση του φωτός, επιτρέπει τη χρήση λιγότερων φωτιστικών σωμάτων, χωρίς να μειώνεται η ικανότητα για επίτευξη της απαιτούμενης στάθμης φωτός.

Όμως, ακόμα και στην περίπτωση όπου δεν επιθυμείται από τη διοίκηση η πλήρης αντικατάσταση των υπαρχόντων μέσων και διατάξεων φωτισμού, υπάρχει η δυνατότητα εφαρμογής δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας και ενεργειακής αναβάθμισης σύμφωνα με τα ακόλουθα.

Σε παλαιά φωτιστικά σώματα που συνήθως διακρίνονται από χαμηλούς βαθμούς απόδοσης, είναι δυνατή η βελτίωση της απόδοσης αυτής με την υιοθέτηση δράσεων αντικατάστασης των διατάξεων διάχυσης ή των διατάξεων ανάκλασης με νέα σύγχρονα αντίστοιχα συστήματα. Η προσθήκη ανακλαστήρων σε ένα παλαιό φωτιστικό είναι δυνατή ακόμα και με τη διατήρηση των ήδη υπαρχόντων διατάξεων ελέγχου του φωτός¹⁸.

Η υιοθέτηση μιας τέτοιας βελτιωτικής προσέγγισης, μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική μείωση του απαιτούμενου αριθμού λαμπτήρων για το ίδιο επίπεδο φωτισμού, η οποία αντιστοιχεί σε εξοικονόμηση ενέργειας που μπορεί να κυμαίνεται από 20 - 45% ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες του χώρου. Θα πρέπει να σημειωθεί βέβαια, ότι σε μια τέτοια δράση θα πρέπει πρώτιστα να εξασφαλιστεί ότι από τις αλλαγές δε θα μεταβληθεί η εμφάνιση του χώρου σε σχέση με την ποιότητα και το χρώμα του φωτισμού.

2.9.3 Επεμβατικές δράσεις για τη χρήση εναλλακτικών πηγών ενέργειας

Είναι προφανές, ότι η παραγωγή ενέργειας κοντά στο χώρο κατανάλωσης είναι λιγότερο κοστοβόρα από μια διαδικασία όπου απαιτείται μεταφορά της ενέργειας στην περιοχή κατανάλωσης. Υπό αυτό το πρίσμα, η αξιοποίηση μορφών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αλλά και του φυσικού αερίου, υιοθετείται σε αρκετές περιπτώσεις από ξενοδοχειακά συγκροτήματα που αποβλέπουν σε εξοικονόμηση

¹⁸ Karlicek, R., (2014), *Handbook of Advanced Lighting Technology*, Springer International Publishing.

ενέργειας. Συνήθως, στην περίπτωση των ξενοδοχείων, η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και φυσικού αερίου αποσκοπεί κύρια στην κάλυψη θερμικών αναγκών και λιγότερο ηλεκτρικών. Εξαιρέση αποτελεί η χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων, η οποία απαντάται κυρίως για διαδικασίες ηλεκτροπαραγωγής. Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αποτελεί αποτέλεσμα συμπαραγωγής, μαζί με τη θερμότητα.

Η συμπαραγωγή ηλεκτρισμού - θερμότητας με φυσικό αέριο, αποτελεί μια ιδανική εφαρμογή χρήσης φυσικού αερίου σε μια ξενοδοχειακή μονάδα με προσανατολισμό στην εξοικονόμηση ενέργειας, μέσω της οποίας επιτυγχάνεται ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας με χρήση του ίδιου εξοπλισμού. Η παραγόμενη θερμότητα, είτε με τη μορφή ατμού είτε με τη μορφή ζεστού νερού, μπορεί να χρησιμοποιηθεί περαιτέρω για την ταυτόχρονη παραγωγή ψύξης (διαδικασία τριπαραγωγής) με αποτέλεσμα ακόμα μεγαλύτερα ενεργειακά οφέλη.

Οι πιο γνωστές και διαδεδομένες τεχνολογίες σχετιζόμενες με διαδικασίες συμπαραγωγής ηλεκτρισμού – θερμότητας βασίζονται κύρια σε:

Συστήματα κινητήρων εσωτερικής καύσης, αεριοστροβίλων και ατμοστροβίλων.

Σε συνδυασμένα συστήματα αεριοστροβίλου – ατμοστροβίλου.

Οι παραπάνω τύποι συστημάτων παράγουν μηχανική ενέργεια η οποία κινεί μια γεννήτρια παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος. Η θερμική ενέργεια που παράγεται μέσα από μια τέτοια διαδικασία, ανακτάται από το σύστημα συμπαραγωγής με πολλαπλά ενεργειακά και οικονομικά οφέλη, ένεκα του γεγονότος ότι ο συνολικός βαθμός απόδοσης ενός συστήματος συμπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας - θερμότητας είναι κατά πολύ υψηλότερος, σε σχέση με τον αντίστοιχο που προκύπτει μέσω της χρήσης αυτόνομων συστημάτων για την παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας.

Εν γένει, στα ξενοδοχειακά συγκροτήματα, η χρήση εναλλακτικών πηγών ενέργειας αφορά στην πλειονότητα των περιπτώσεων σε ενεργητικά ηλιακά συστήματα, γεωθερμία και βιομάζα για θέρμανση χώρων και για ζεστό νερό χρήσης.

Η διαφοροποίηση στον τρόπο παραγωγής ενέργειας που προσφέρεται μέσω της χρήσης ηλιακών συστημάτων, σε συνδυασμό με την απεξάρτηση σε μικρότερο ή

μεγαλύτερο βαθμό από καύσιμα όπως το πετρέλαιο, καθώς και περιβαλλοντικές προεκτάσεις, όπως η μείωση ρύπανσης του περιβάλλοντος, μπορούν να δημιουργήσουν συνθήκες ενεργειακής αναβάθμισης σε ένα περιβάλλον ξενοδοχείου, τονίζοντας ταυτόχρονα και την εταιρική εικόνα αυτού.

Προχωρώντας ένα βήμα πιο πέρα, η γεωθερμία αποτελεί σήμερα μία ήπια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας που μπορεί με τις υπάρχουσες τεχνολογικές δυνατότητες να καλύψει σε σημαντικό βαθμό ενεργειακές ανάγκες θέρμανσης σε ένα ξενοδοχειακό συγκρότημα, αλλά και να οδηγήσει στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε συγκεκριμένες περιπτώσεις. Αν η θερμοκρασία του γεωθερμικού δυναμικού στο περιβάλλον του ξενοδοχείου εμφανίζει τιμές μεταξύ 25°C και 150°C, τότε η γεωθερμική ενέργεια χρησιμοποιείται για διαδικασίες θέρμανσης, ενώ για μεγαλύτερες θερμοκρασίες (άνω των 150°C που μπορούν να φτάσουν μέχρι και 350°C) χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας¹⁹.

Τέλος, όσον αφορά στην περίπτωση της βιομάζας, σε σχέση με τον ξενοδοχειακό τομέα υπάρχει σήμερα μια μεγάλη γκάμα επιλογών όσον αφορά σε τεχνολογίες σχετιζόμενες με αυτή. Για την ικανοποίηση αναγκών θέρμανσης και ζεστού νερού χρήσης υπάρχουν λέβητες βιομάζας που μπορούν να φτάσουν σε ονομαστική ισχύ τα 450 KW, ενώ επιπρόσθετα οι διαδικασίες που σχετίζονται με τη βιομάζα προσφέρουν αυξημένη δυνατότητα για τηλεθέρμανση, δηλαδή για μεταφορά θερμότητας μέσω δικτύου αγωγών από ένα σταθμό στο ξενοδοχειακό συγκρότημα.

2.9.4 Χρήση συστημάτων διαχείρισης ενέργειας

Τέλος, αποτελεί βασική ανάγκη για ένα ξενοδοχειακό συγκρότημα που θέλει να λειτουργεί ενεργειακά αποδοτικά, η εγκατάσταση ενός κεντρικού συστήματος ελέγχου και επίβλεψης όλων των ενεργειακών καταναλώσεων²⁰. Ένα τέτοιο σύστημα

¹⁹ Hayter, S, & Kandt, A., (2011), *Renewable Energy Applications for Existing Buildings*, National Renewable Energy Laboratory

²⁰ Ψαρράς, Ι., (2013), *Σημειώσεις Μαθήματος: Διαχείριση Ενέργειας και Περιβαλλοντική Πολιτική*, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

αποσκοπεί στην εξασφάλιση της ορθής λειτουργίας των εγκαταστάσεων του ξενοδοχείου, καθώς και στην έγκαιρη ανίχνευση τυχόν λειτουργικών αποκλίσεων που μπορεί να οδηγήσουν σε αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης.

Ένα τέτοιο σύστημα, παρέχει τη δυνατότητα στον εκάστοτε διαχειριστή ενέργειας να παρατηρεί δυναμικά τις ενεργειακές καταναλώσεις εντός του ξενοδοχειακού περιβάλλοντος, καθώς και τυχόν ανακύπτοντα σφάλματα.

Επιπρόσθετα, η δυνατότητα καταγραφής και δημιουργίας αρχείων που προσφέρουν τα εν λόγω συστήματα σε σχέση με τις παραμέτρους των συνθηκών και ωρών λειτουργίας των μηχανημάτων και της αντίστοιχης καταναλισκόμενης ενέργειας από αυτά στη μονάδα του χρόνου, συντελεί ουσιαστικά στη δημιουργία μιας δυναμικής βάσης αναφοράς σχετιζόμενης με την παράμετρο της ενέργειας εντός του ξενοδοχειακού περιβάλλοντος, πάνω στην οποία μπορεί να στηριχτεί η δυναμική διαδικασία της ανίχνευσης δράσεων για τη συνεχή ενεργειακή αναβάθμιση της εκάστοτε ξενοδοχειακής μονάδας.

2.10 Πράσινα πιστοποιητικά

Πέρα από τις διάφορες τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας στα ξενοδοχεία, διάφορες άλλες πρωτοβουλίες έχουν σκοπό ενθαρρύνουν την τουριστική βιομηχανία και τα ξενοδοχεία ειδικότερα, για τη μείωση των περιβαλλοντικών τους επιπτώσεων. Αυτές περιλαμβάνουν Συστήματα Περιβαλλοντικής Διαχείρισης (EMS) και πρότυπα περιβαλλοντικής διαχείρισης και μια ποικιλία από οικολογικά σήματα ή οικολογικά πιστοποιητικά. Παραδείγματα είναι το International Hotel Environmental Initiative (IHEI), Energy Star of Hospitality που έχει συσταθεί από τον Οργανισμό Ηνωμένων Πολιτειών Προστασίας του Περιβάλλοντος (US EPA), και το πρότυπο περιβαλλοντικής διαχείρισης Green Globe 21. Ευρωπαϊκά προγράμματα, όπως τα έργα HOTRES και XENIOS έχουν επικεντρωθεί στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης σε ξενοδοχεία και την προώθηση της χρήσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, καθώς και στο Ευρωπαϊκό Οικολογικό Σήμα για τουριστικά καταλύματα και Υπηρεσίες κατασκήνωσης (ELTAS).

Οικολογικά σήματα και οικο-πιστοποιητικά

Υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία από οικολογικά σήματα και οικολογικά πιστοποιητικά που διατίθενται για τον τομέα του τουρισμού και των ξενοδοχείων. Τα περισσότερα από αυτά σχετίζονται με τον τομέα της στέγασης και βασίζονται κατά κύριο λόγο στον τομέα της ενέργειας, του νερού και τη διατήρηση των πόρων και τη διαχείριση των αποβλήτων. Κύριος στόχος τους είναι να τονώσουν τις περιβαλλοντικές ανησυχίες, τόσο από την πλευρά του παραγωγού, όσο και του καταναλωτή: στοχεύουν στο να βοηθήσουν τους οικολογικά προσανατολισμένους πελάτες να βρουν ξενοδοχεία που προσφέρουν οικολογικά φιλικές υπηρεσίες αλλά και δημιουργώντας ένα κίνητρο για τα ξενοδοχεία να βελτιώσουν τις περιβαλλοντικές τους επιδόσεις.

Επί του παρόντος, πάνω από 100 οικολογικά σήματα και συστήματα πιστοποίησης είναι διαθέσιμα για τον τουρισμό, τον οικοτουρισμό και τη βιομηχανία της φιλοξενίας σε όλο τον κόσμο. Η Ευρώπη έχει μόνη της πάνω από 60 συστήματα πιστοποίησης, τα οποία είναι διαφορετικής ποιότητας, βασίζονται σε διαφορετικά κριτήρια και περιεχόμενο, και έχουν σχεδιαστεί για διαφορετικούς κλάδους και γεωγραφικές περιοχές. Παρά τις υπάρχουσες διαφορές, τα συστήματα πιστοποίησης έχουν κοινά στοιχεία, τα οποία περιλαμβάνουν την εθελοντική εγγραφή, κριτήρια τα οποία απαιτείται να πληρούνται και τα οποία τηρούν ή επεκτείνονται πέρα από τους κανονισμούς, δημοσιευμένη δέσμευση από την εταιρεία ότι θα συμμορφωθεί με την αειφόρο ανάπτυξη, την ανάγκη της αξιολόγησης και του ελέγχου (κατά προτίμηση από τρίτους, δηλαδή διαπιστευμένο οργανισμό), καθώς και την ένταξη και τα τέλη. Τα πιο σημαντικά οικολογικά σήματα και τα συστήματα πιστοποίησης περιλαμβάνουν:

- Eco-Label Τουριστικών Καταλυμάτων και Υπηρεσιών και κάμπινγκ
- HVS EcoServices Ecotel
- Σύστημα DEHOGA στη Γερμανία
- Hotel label στην Αυστρία
- Τουριστικά καταλύματα οικολογικού σήματος στο Λουξεμβούργο
- Το Green Key στη Δανία, τη Γαλλία και άλλες ευρωπαϊκές χώρες
- Nordic Swan οικολογικό σήμα για όλα τα ξενοδοχεία σε σκανδιναβικές χώρες
- Καταλανικό Έμβλημα στην Catalunya

Δύο προσεγγίσεις χρησιμοποιούνται σε συστήματα οικολογικών σημάτων για την αξιολόγηση των επιδόσεων του ξενοδοχείου. Η πρώτη επικεντρώνεται στις περιβαλλοντικές επιδόσεις του ξενοδοχείου, όπως μετρούνται μέσω ενός μικρού συνόλου τιμών συγκριτικής αξιολόγησης (π.χ. κατανάλωση ενέργειας ανά διανυκτέρευση, κλπ.), η δεύτερη χρησιμοποιεί μια λίστα με τα περιβαλλοντικά μέτρα, ένας ορισμένος αριθμός από τα οποία θα πρέπει να αναληφθούν από το ξενοδοχείο, προκειμένου να λάβει την πιστοποίηση. Ορισμένα συστήματα χρησιμοποιούν ένα συνδυασμό αυτών των δύο προσεγγίσεων.

Το πλεονέκτημα της πρώτης προσέγγισης είναι ότι παρέχει θεωρητικά ένα μικρό σύνολο των περιβαλλοντικών δεικτών, οι οποίοι μπορεί πιο εύκολα να ελεγχθούν παρά ένα μακρύ κατάλογο των περιβαλλοντικών μέτρων. Στην πράξη, ωστόσο, η έλλειψη στοιχείων καθιστά δύσκολο να προσδιοριστούν με αξιοπιστία οι τιμές κατωφλίου. Η εγγενής διακύμανση μεταξύ ξενοδοχείων σε διαφορετικές τοποθεσίες, προσφέροντας διαφορετικά επίπεδα και παροχές άνεσης, θα καθιστούσε επίσης δύσκολο να καθοριστούν τιμές ενιαίων κατώτατων ορίων που θα ισχύουν σε όλα τα ξενοδοχεία.

Αρκετή συζήτηση γίνεται σχετικά με την επίδραση των οικολογικών σημάτων και πιστοποιητικών στον ξενοδοχειακό τομέα, και του βαθμού στον οποίο επηρεάζουν τις επιλογές των καταναλωτών, και την παροχή κινήτρων για τη βελτίωση του περιβάλλοντος από τα ξενοδοχεία. Ωστόσο, υπάρχει μια ανοδική τάση στις περιβαλλοντικές ανησυχίες ως παράγοντα στις επιλογές των καταναλωτών. Ταυτόχρονα ένας αυξανόμενος αριθμός των επιχειρήσεων επιλέγουν διαμονή για συνέδρια και επαγγελματικά ταξίδια σε ξενοδοχεία βάσει της περιβαλλοντικής επίδοσής τους, τα οποία συμμορφώνονται με τις δικές τους πολιτικές για το περιβάλλον και την εταιρική κοινωνική ευθύνη. Ως εκ τούτου, τα οικολογικά σήματα και τα πιστοποιητικά παραμένουν μεταξύ των εργαλείων που έχουν τη δυνατότητα να αλλάξουν θετικά την αγορά, και να ενθαρρύνουν τη βελτίωση των περιβαλλοντικών επιδόσεων.

Ένα Σύστημα Περιβαλλοντικής Διαχείρισης (ΣΠΔ) είναι μια οργανωτική προσέγγιση στην περιβαλλοντική διαχείριση. Παρέχει ένα δομημένο πλαίσιο που έχει σχεδιαστεί ειδικά για την επίτευξη συνεχούς βελτίωσης. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω μιας ολοκληρωμένης διαδικασίας βημάτων που ξεκινά από την επεξεργασία μιας περιβαλλοντικής πολιτικής της εταιρείας, και στη συνέχεια προχωράει στο σχεδιασμό με βάση αυτή την πολιτική, την υλοποίηση και τη λειτουργία, την παρακολούθηση και την υλοποίηση διορθωτικών ενεργειών, όπου απαιτηθούν.. Ο κύκλος ολοκληρώνεται με μια ανασκόπηση από την πλευρά της διοίκησης, μετά την οποία αρχίζει και πάλι, οδηγώντας σε συνεχή βελτίωση, καθώς η διοίκηση μπορεί να μάθει μέσω της εμπειρίας που αποκτήθηκε σχετικά με την πολιτική και τον σχεδιασμό, από την εφαρμογή και την παρακολούθηση των δραστηριοτήτων. Ο στόχος του EMS είναι η βελτίωση των περιβαλλοντικών επιδόσεων μιας επιχείρησης ή της εταιρείας, ιδίως με τη μείωση της χρήσης της ενέργειας και των υδάτινων πόρων και την παραγωγή αποβλήτων, και την προώθηση της χρήσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Τα περιβαλλοντικά πρότυπα διαχείρισης καθορίζουν ειδικές απαιτήσεις που πρέπει να πληρούνται από έναν οργανισμό που υλοποιεί ένα τέτοιο εξωτερικά πιστοποιημένο πρότυπο. Τα περιβαλλοντικά Πρότυπα Διαχείρισης, όπως η σειρά ISO 14000, ασχολούνται με τη διαδικασία της περιβαλλοντικής διαχείρισης, που δεν αφορά μόνο στην ξενοδοχειακή βιομηχανία. Το Σύστημα Οικολογικής Διαχείρισης (EMAS), για παράδειγμα, επιτρέπει στις επιχειρήσεις, συμπεριλαμβανομένων των ξενοδοχείων, να συμμετάσχουν σε ένα εθελοντικό τυποποιημένο σύστημα περιβαλλοντικής διαχείρισης της ΕΕ, και η υιοθέτηση του προτύπου ISO 14001 ως το στοιχείο του συστήματος διαχείρισης του EMAS επιτρέπει στους οργανισμούς να προχωρήσουν στο ISO 14001 χωρίς αδικαιολόγητη επανάληψη των προσπαθειών τους. Η καλά σχεδιασμένη και υλοποιημένη περιβαλλοντική διαχείριση και διαχείριση των πόρων μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικές βελτιώσεις στην κατανάλωση ενέργειας, αλλά είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι με την υιοθέτηση ενός περιβαλλοντικού προτύπου, δεν συνεπάγεται ότι θα επιτευχθεί και βελτίωση της περιβαλλοντικής απόδοσης κατ' ανάγκη. Επομένως, είναι σημαντικό να γίνει διάκριση μεταξύ της περιβαλλοντικής διαχείρισης και των περιβαλλοντικών επιδόσεων.

2.11 Συμπεράσματα

Εκτός από τα οικονομικά οφέλη, υπάρχουν φυσικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας των τουριστικών επιχειρήσεων, όπως η μείωση των κλιματικών αλλαγών. Η αύξηση της ευαισθητοποίησης σχετικά με τα περιβαλλοντικά ζητήματα, έχει κάνει τους πελάτες και τους επισκέπτες όλο και πιο απαιτητικούς για τα περιβαλλοντικά διαπιστευτήρια των ξενοδοχειακών επιχειρήσεων. Όντας ενεργειακά αποδοτικό, μπορεί το ξενοδοχείο να ενισχύσει τη φήμη του και να βοηθήσει στην προσέλκυση περισσότερων πελατών. Εφόσον λοιπόν διαπιστωθεί από την διοίκηση της ξενοδοχειακής μονάδας η ανάγκη για την ενεργειακή της αναβάθμιση μέσω της ενεργειακής επιθεώρησης όπως αυτή ορίστηκε παραπάνω, κάθε σύγχρονος επιχειρηματίας που σέβεται την επιχείρησή του και το περιβάλλον είναι πιθανόν πως θα στραφεί στην αναζήτηση της λύσης που ενέχει από την μία τη μέγιστη εξοικονόμηση ενέργειας υιοθετώντας κάποιες από τις παραπάνω τεχνολογίες και παράλληλα το μικρότερο επενδυτικό ρίσκο. Παρόλα αυτά και εφόσον είναι δύσκολο να βρεθεί η λύση η οποία να ικανοποιεί βέλτιστα όλους τους στόχους, δημιουργείται ένα πολυδιάστατο πρόβλημα. Για να μπορέσει να αντιμετωπιστεί το παραπάνω πολυδιάστατο πρόβλημα της διοίκησης είναι ανάγκη να μπορούν να αξιολογηθούν οι λύσεις εξοικονόμησης ενέργειας με πολλαπλά κριτήρια με σκοπό την λήψη τελικής απόφασης. Με άλλα λόγια, είναι αναγκαίος ένας συμβιβασμός μεταξύ των διαφορετικών στόχων. Σκοπός της παρούσας εργασίας δεν είναι η ανακάλυψη της βέλτιστης λύσης εξοικονόμησης ενέργειας. Αλλά η δημιουργία ενός μοντέλου που θα βοηθήσει τον ενδιαφερόμενο διαχειριστή της ξενοδοχειακής μονάδας να αποφασίσει για το συνδυασμό δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας σε σχέση με τους τελικούς του στόχους.

Κεφάλαιο 3^ο: Μέθοδοι Πολυκριτηριακής αξιολόγησης ενεργειακών αποφάσεων σε κτίρια

3.1 Πολυκριτηριακής Ανάλυσης (ΠΑ): Ιστορική αναδρομή

Σε καθημερινή βάση είμαστε αντιμέτωποι με ποικίλες και αρκετές φορές αντικρουόμενες επιλογές. Η ‘ελαχιστοποίηση του κόστους’ και η ‘μεγιστοποίηση της ποιότητας των προσφερόμενων υπηρεσιών’ είναι θέματα που ενδιαφέρουν τον κάθε Αποφασίζοντα μίας επιχείρησης. Τέτοια ζητήματα είναι πιο περίπλοκα από τις κοινότοπες θεωρήσεις των κλασικών οικονομικών που υποδεικνύουν. Η καλύτερευση της απόδοσης σε έναν από τους σκοπούς πολλές φορές κατορθώνεται με πτώση της απόδοσης σε κάποιον από τους υπόλοιπους.

Σύμφωνα με τον Zeleny (1982), η διαδικασία λήψης απόφασης μπορεί να οριστεί ως η προσπάθεια επίλυσης των διλημάτων που προβάλλουν οι αντικρουόμενες επιδιώξεις. Πολύ συχνά, οι διάφοροι φορείς έρχονται αντιμέτωποι με πολλαπλά προβλήματα για τα οποία καλούνται να λάβουν αποφάσεις και τα οποία συχνά χαρακτηρίζονται από υψηλό βαθμό πολυπλοκότητας. Μολοταύτα, αν και η αξιολόγηση των επενδυτικών αποφάσεων δύναται να πραγματοποιηθεί με την επιβολή της κλασσικής μεθόδου της Ανάλυσης Κόστους-Οφέλους η εξέταση ζητημάτων κατανεμημένης ισότητας και αειφορίας αξιώνουν διευρυμένες προσεγγίσεις που συνυπολογίζουν πάρα πολλά κριτήρια και προτιμήσεις. Λόγω της αύξησης αυτής της πολυπλοκότητας, τα τελευταία είκοσι χρόνια, έχει αναπτυχθεί μία πληθώρα μεθοδολογιών αποτίμησης σε μια προσπάθεια επέκτασης των δυνατοτήτων εφαρμογής της συμβατικής μεθόδου ανάλυσης Κόστους – Οφέλους (Hobbs & Meier, 1995). Οι μεθοδολογίες αυτές δίδουν μία καινούρια προοπτική όπου ποσοτικές όπως και ποιοτικές εκτιμήσεις δύνανται να συνυπολογιστούν στη διατύπωση απόφασης. Πολλές τέτοιες μέθοδοι ερευνούν παράλληλα τις επιδράσεις των διαφορετικών πολιτικών πάνω σε αρκετά κριτήρια εν μέρει χρηματικά, εν μέρει μη-χρηματικά (συμπεριλαμβανομένου και ποιοτικών γνωρισμάτων). Πρόκειται για τις πολυκριτηριακές μεθόδους ανάλυσης και υποστήριξης αποφάσεων.

Πριν τη διεύρυνση των μεθόδων ΠΑ, ο προσδιορισμός των ‘καλών’ ή ‘κακών’ δράσεων γίνονταν σύμφωνα μόνο με ένα κριτήριο. Αυτό εκφραζόταν με μία

συνάρτηση (αντικειμενική συνάρτηση, συνάρτηση χρησιμότητας, συνάρτηση αξίας – utility function) η οποία ένωνε την κάθε εναλλακτική δράση a με μία συνάρτηση $g(a)$, έτσι ώστε για κάθε δράση a που είναι ‘καλύτερη’ από την b , να ισχύει $g(a) > g(b)$. Υπό αυτό το πρίσμα τα ζητήματα απόφασης είναι μαθηματικά πλήρως ορισμένα.

Προσδιορίζοντας το σύνολο A των δυνατών εναλλακτικών δράσεων (alternatives) και τη συνάρτηση g , κατασκευαζόταν ένας αλγόριθμος που οδηγούσε στην προτιμητέα εισήγηση. Παρόλο αυτά, ήταν σπάνιο να βρεθεί μία ορισμένη εφαρμογή όπου μόνο ένα κριτήριο να δύναται να εμπερικλείει όλη την απαιτούμενη πληροφορία για την επιτυχή αντιπαράθεση των στοιχείων του συνόλου A (σύνολο των δυνατών δράσεων).

Από την άλλη, οι μέθοδοι Πολυκριτηριακής Ανάλυσης (ΠΑ) στηρίζονται στην επιλογή εναλλακτικών δράσεων από το σύνολο A , χρησιμοποιώντας δύο ή περισσότερα κριτήρια. Ταυτόχρονα στηρίζονται σε απαραίτητες μαθηματικές περιοριστικές υποθέσεις αλλά και σε στοιχεία που συγκεντρώνονται από τους αποφασίζοντες και συνιστούν παράδειγμα της εξέλιξης του ρόλου του αναλυτή στα θέματα απόφασης. Αυτά δε λύνονται πια με την αντικατάσταση του αποφασίζοντα με ένα μαθηματικό θέμα, αλλά βοηθώντας τον να βρει τη λύση. Κατά τον Roy (1990) είναι αδύνατος ο χαρακτηρισμός μιας απόφασης σαν ‘καλή’ ή ‘κακή’ αποκλειστικά και μόνο όσον αφορά ένα μαθηματικό μοντέλο: όλα τα ζητήματα που ανακύπτουν από το σύνολο του τρόπου λήψης της απόφασης βοηθούν στην ποιότητά της και στην επόμενη επιτυχία της.

Είναι σημαντικό στο σημείο αυτό να σημειωθεί ότι η κύρια διαφορά της πολυκριτηριακής ανάλυσης από άλλες εναλλακτικές προσεγγίσεις, δεν είναι η απλή σύνθεση όλων των παραμέτρων ενός προβλήματος, αλλά η πραγματοποίηση της αναγκαίας σύνθεσης που προκύπτει βάσει του συστήματος προτιμήσεων και αξιών του αποφασίζοντα. Με λίγα λόγια το κύριο πλεονέκτημα της πολυκριτηριακής ανάλυσης, είναι ότι λαμβάνει υπόψη και ενσωματώνει τον αποφασίζοντα και τις προτιμήσεις του στη διαδικασία ανάπτυξης των υποδειγμάτων. Με αυτό τον τρόπο ο αποφασίζων δεν έχει πλέον παθητικό, αλλά ενεργητικό ρόλο ο οποίος δεν περιορίζεται στην απλή παρακολούθηση και εφαρμογή των αποτελεσμάτων, αλλά επεκτείνεται στη πλήρη συμμετοχή στη διαδικασία αποφάσεων (Δούκας, Ξυδώνας, Ψαρράς, 2015).

Η πολυκριτηριακή ανάλυση όπως αποδεικνύεται από τη σύντομη ιστορική

αναδρομή που ακολουθεί, μπορεί να καλύψει όλα τα είδη των προβλημάτων λήψης αποφάσεων. Αναλυτικότερα, από τα πρώτα βήματα της ανθρωπότητας, η διαδικασία λήψης απόφασης αποτελούσε ένα πολυδιάστατο φαινόμενο. Αρχικά όμως η διαδικασία δεν βασιζόταν σε επιστημονικές αρχές, αλλά ήταν περισσότερο εμπειρική. Ως πρώτη τεκμηριωμένη προσπάθεια επιστημονικής αντιμετώπισης του προβλήματος της σύνθεσης πολλαπλών κριτηρίων μπορεί να θεωρηθεί η εργασία του Pareto (1896), ο οποίος έθεσε τις απαραίτητες αξιωματικές βάσεις, εισάγοντας παράλληλα μια εκ των πλέον βασικών εννοιών της σύγχρονης πολυκριτήριας ανάλυσης, την έννοια της αποτελεσματικότητας. Στη συνέχεια ο Koopmans (1951) επεκτείνει και κάνει αναφορά στην έννοια του αποτελεσματικού συνόλου ή αλλιώς του συνόλου των εναλλακτικών δραστηριοτήτων οι οποίες δεν κυριαρχούνται από καμία άλλη εναλλακτική δραστηριότητα. Την ίδια περίοδο οι Von Neumann and Morgenstern (1944) αναπτύσσουν τη θεωρία χρησιμότητας, η οποία αποτελεί τη βάση ενός από τα κυριότερα μεθοδολογικά ρεύματα της πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων. Στη δεκαετία του 1960 οι Charnes and Cooper (1961), αναπτύσσουν τη θεωρία του γραμμικού προγραμματισμού (προγραμματισμός στόχων), ενώ ο Fishburn (1965) αναπτύσσει επιπλέον τη θεωρία της χρησιμότητας σε προβλήματα λήψης αποφάσεων υπό καθεστώς πολλαπλών κριτηρίων. Στα τέλη της δεκαετίας του 1960 η πολυκριτήρια ανάλυση αρχίζει και απασχολεί και τους Ευρωπαίους επιχειρησιακούς ερευνητές. Πρωτοπόρος μεταξύ αυτών υπήρξε ο Roy (1968) ο οποίος ανέπτυξε τη θεωρία των σχέσεων υπεροχής και θεωρείται ο ιδρυτής της ευρωπαϊκής σχολής της πολυκριτήριας ανάλυσης. Τις επόμενες δύο δεκαετίες (1970-1990) η πολυκριτήρια ανάλυση αναπτύχθηκε ραγδαία σε θεωρητικό επίπεδο αλλά και σε θέματα πρακτικών εφαρμογών για την αντιμετώπιση διάφορων πολύπλοκων πραγματικών προβλημάτων λήψης αποφάσεων. Προς την κατεύθυνση αυτή σημαντική υπήρξε η συμβολή της πληροφορικής και της επιστήμης των υπολογιστών (Δούκας, Ξυδώνας, Ψαρράς, 2015).

3.2 Έννοιες και Προσεγγίσεις Πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων

Προτού προχωρήσει η πορεία της συγκεκριμένης μελέτης, θεωρείται σκόπιμο να παρουσιαστούν κάποιες έννοιες και προσεγγίσεις αναφορικά με την πολυκριτηριακή ανάλυση των αποφάσεων:

Λήψη Αποφάσεων (Decision Making): Είναι αποτέλεσμα σύνθετων διαδικασιών που έχουν ως στόχο αρχικά να μελετήσουν και να αναλύσουν διεξοδικά τις επιπτώσεις όλων των εναλλακτικών αποφάσεων και σεναρίων απόφασης και στη συνέχεια να προχωρήσουν σε μια προσπάθεια σύνθεσης και αξιολόγησης των απαιτήσεων όλων των εμπλεκόμενων μερών στη διαδικασία λήψης αποφάσεων (stakeholders) προκειμένου η διαδικασία να καταλήξει σε μια κοινώς αποδεκτή λύση.

Απόφαση (Decision): Η απόφαση προκύπτει όταν για μια συγκεκριμένη ενέργεια ή δράση υπάρχουν περισσότερες από μια εναλλακτικές επιλογές που καταλήγουν σε αυτή την ενέργεια. Η απόφαση σαν έννοια είναι μια νοητική διαδικασία η οποία έχει να κάνει με τη σύνθεση σκέψεων, κρίσεων και απόψεων λαμβάνοντας υπόψη δεδομένα και καταστάσεις. Ο διαχωρισμός της λήψης απόφασης από την ίδια την απόφαση έγκειται στο γεγονός ότι η λήψη απόφασης αφορά μια συγκεκριμένη διαδικασία που ακολουθείται ώστε να ληφθεί η απόφαση και η ίδια η απόφαση σαν έννοια έχει να κάνει με τη βέλτιστη επιλογή μεταξύ διαφορετικών σεναρίων επιλογής-ενεργειών. Στην περίπτωση ύπαρξης μιας μόνο επιλογής, δεν μπορούμε να μιλάμε για απόφαση, δεδομένου ότι η απόφαση είναι μονόδρομος.

Ανάλυση Αποφάσεων (Decision Analysis): Η λήψη αποφάσεων σαν διαδικασία προϋποθέτει την ανάλυση αποφάσεων η οποία είναι και αυτή με τη σειρά της μια επί μέρους διαδικασία και η οποία χρησιμοποιεί μοντέλα για να αναπαραστήσει τα διαφορετικά σενάρια αποφάσεων και τις επιπτώσεις αυτών στο πρόβλημα που πρέπει να λυθεί. Πολλές φορές στη διαδικασία ανάλυσης αποφάσεων εμπεριέχονται έννοιες οικονομικής ανάλυσης και αξιολόγησης σε επίπεδο κόστους-οφέλους, προκειμένου να επιλεγεί μια βέλτιστη στρατηγική αποφάσεων.

Εναλλακτικές Επιλογές (Alternatives): Οι εναλλακτικές επιλογές είναι ενσωματωμένες στη διαδικασία ανάλυσης των αποφάσεων και αφορούν τις διαφορετικές μεταξύ τους επιλογές που έχει να αξιολογήσει ο λήπτης ή οι λήπτες αποφάσεων σε ένα πρόβλημα.

Κριτήρια (criteria): Κριτήρια είναι κάποια μεγέθη με βάση τα οποία οποίων

αξιολογούνται οι εναλλακτικές επιλογές ή σενάρια από τον αποφασίζοντα. Σε κριτήρια συνήθως μεταφράζονται νομικές οικονομικές, τεχνικές και άλλες επιλογές οι οποίες θα πρέπει αναλόγως της φύσης του προβλήματος που εξετάζεται να είναι μετρήσιμες ώστε να μπορεί να διαμορφωθεί και ένα εύρος καταλληλότητας ή ακαταλληλότητας του εναλλακτικού σεναρίου ή επιλογής όταν αυτό αξιολογείται ως προς τα κάθε φορά κριτήρια. Αν δεν προσδιορίζονται ποσοτικά τα κριτήρια αξιολόγησης τότε απλά η αξιολόγηση των εναλλακτικών επιλογών γίνεται με βάση την ύπαρξη ή μη των κριτηρίων που έχει θέσει ο λήπτης της απόφασης. Είναι γεγονός ότι τα κριτήρια πρέπει να επιλεγούν πολύ προσεκτικά από την ομάδα ή το άτομο που ασχολείται με την αξιολόγηση ενός προβλήματος, δεδομένου ότι αν το σύνολο των κριτηρίων που έχει επιλεγεί δεν αποτελεί τη σωστή βάση για τη παραπέρα επεξεργασία του προβλήματος, τότε κινδυνεύει η αξιολόγηση να οδηγήσει σε επισφαλή συμπεράσματα και σε λανθασμένες επιλογές. Επιπλέον, τα κριτήρια αποτελούν θα έλεγε κανείς ένα μέσο στάθμισης των εναλλακτικών επιλογών μεταξύ τους και είναι εκείνα τα στοιχεία που τελικά τεκμηριώνουν την επιλογή της τελικής απόφασης.

Κατηγοριοποίηση κριτηρίων

Στη πολυκριτηριακή ανάλυση αποφάσεων τα κριτήρια χωρίζονται στις εξής κατηγορίες (Ματσατσίνης, 2010):

- Ποσοτικά ή μετρικά κριτήρια (measurable criteria)
- Κριτήρια Ποιοτικά ή διάταξης (ordinal criteria)
- Κριτήρια Στοχαστικά (stochastic criteria)
- Κριτήρια Ασαφή (fuzzy criteria)

Επιπλέον της παραπάνω κατηγοριοποίησης στα ποσοτικά ή μετρικά κριτήρια υπάρχουν οι εξής υποκατηγορίες:

Αληθή Κριτήρια (true criteria)

Τα συγκεκριμένα κριτήρια είναι τα απλούστερα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αυτό που ονομάζεται παραδοσιακή δομή προτιμήσεων. Ο ποσοτικός προσδιορισμός των κριτηρίων χρησιμοποιείται προκειμένου να διαφοροποιηθούν τα κριτήρια μεταξύ τους.

Ημι-κριτήρια (semi criteria)

Τα ημι-κριτήρια στα ονομαζόμενα μοντέλα «κατώφλιου» ή δομής προτιμήσεων, όπου εισάγεται μια σταθερά με όνομα just noticeable difference για κάποιο δεδομένο κριτήριο. Η διαφορά μεταξύ των τιμών των δυο επιλογών θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη της τιμής αυτής της σταθεράς (κατώφλι) για να θεωρήσει ο αποφασίζων ότι η μία εναλλακτική είναι καλύτερη από την άλλη. Για παράδειγμα στην περίπτωση αξιολόγησης δύο εναλλακτικών επενδύσεων ο αποφασίζων μπορεί να θεωρεί ισοδύναμες δύο επενδύσεις με διαφορά κέρδους 200 Ευρώ όταν το αρχικό κόστος είναι της τάξης των 20.000 Ευρώ.

Κριτήρια Διαστημάτων (interval criteria)

Αυτά χρησιμοποιούνται στο ονομαζόμενο μοντέλο μεταβλητού κατώφλιου. Στη περίπτωση αυτή τα παραπάνω κατώφλια μεταβάλλονται ανάλογα με τη τιμή που λαμβάνουν τα κριτήρια στη κλίμακα εκτίμησής τους. Στο παραπάνω παράδειγμα αν ή το αρχικό κόστος είναι της τάξης των 2.000 Ευρώ ο αποφασίζων δεν θεωρεί ισοδύναμες δύο λύσεις με διαφορά κέρδους 200 Ευρώ αλλά πολύ μικρότερη.

Ψευδο-κριτήρια (pseudo criteria)

Τα ψευδοκριτήρια περιέχουν την προσέγγιση των κατώφλιων δυο επιπέδων. Το προηγούμενο μοντέλο του μεταβλητού κατώφλιου, μπορεί να φαίνεται μη ρεαλιστικό επειδή αυτό ορίζει μια ακριβή άνω τιμή η οποία είναι μια περιοριστική προτίμηση και μια κάτω τιμή η οποία είναι αδιάφορη. Σε πραγματικές καταστάσεις μπορούμε να πούμε ότι εκφράζει μια ενδιάμεση ζώνη στην οποία η πληροφόρηση του αποφασίζοντα είναι αντιφατική ή ασαφής. Αυτό οδηγεί σε ένα μοντέλο προτίμησης το οποίο ρητά περιλαμβάνει δυο διαφορετικά κατώφλια. Τα κριτήρια αυτά χρησιμοποιούνται στις μεθόδους ELECTRE IS, III, IV και Tri. (Ματσατσίνης, 2010). Στο προηγούμενο παράδειγμα, ο αποφασίζων όταν το αρχικό κόστος είναι της τάξης των 20.000 Ευρώ μπορεί να θεωρεί ότι δύο λύσεις είναι ισοδύναμες όταν η διαφορά στο κέρδος είναι μέχρι 200 Ευρώ, η α υπερέχει ασθενώς της β όταν η διαφορά κέρδους είναι από 200 – 500 Ευρώ και η α υπερέχει σαφώς της β όταν η διαφορά είναι μεγαλύτερη από 500 Ευρώ.

Φαινομενικά κριτήρια (quasi criteria)

Τα φαινομενικά κριτήρια είναι ψευδοκριτήρια στα οποία τα κατώφλια προτίμησης και αδιαφορίας συμπίπτουν σε όλα τα σημεία της κλίμακας. Ο καθορισμός των κριτηρίων που σχετίζονται με το εκάστοτε πρόβλημα αποτελεί μια από τις κρίσιμες διαδικασίες λήψης αποφάσεων. Με τον ορισμό της συνεπούς

οικογένειας κριτηρίων προτείνεται μια μεθοδολογία σύμφωνα με την οποία τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται στις διαδικασίες αποφάσεων πρέπει να καλύπτουν όλες τις δυνατές θεωρήσεις του προβλήματος.

Στόχοι (Goals): Οι στόχοι αφορούν στο τι θέλουμε να πετύχουμε από την επίλυση ενός προβλήματος και τη λήψη της όποιας τελικής απόφασης. Είναι απαραίτητο να προσδιοριστούν οι στόχοι σε κάθε ανάλυση αποφάσεων δεδομένου ότι αυτοί θα επηρεάσουν τόσο τα κριτήρια αξιολόγησης όσο και την τελική επιλογή του βέλτιστου εναλλακτικού σεναρίου.

Αξία (Value): Η έννοια της αξίας είναι διαφορετική από την τιμή. Η αξία σαν προσέγγιση σε ένα πρόβλημα λήψης απόφασης εκφράζεται συνήθως σε οικονομικές μονάδες ή σε ικανοποίηση.

Προτιμήσεις (Preferences): Απεικονίζουν τη φιλοσοφία και την ηθική ιεραρχία του αποφασίζοντα. Δεν θα πρέπει να συγχέεται η έννοια και η λέξη με την έννοια της αξίας. Απλά θα μπορούσε να πει κανείς ότι οι προτιμήσεις είναι αυτές που αποδίδουν την αξία σε εναλλακτικές επιλογές του αποφασίζοντα.

Ποιότητα Απόφασης (Decision quality): Με την έννοια ποιότητα της απόφασης θεωρείται το αποτέλεσμα της λήψης της τελικής απόφασης και όχι το εάν η απόφαση είναι απαραίτητα σωστή ή λάθος. Άλλωστε το μέτρο της ποιότητας αποδίδεται από τον αποφασίζοντα και όχι από την έκβαση της απόφασης. Αλλά σε ακραίες περιπτώσεις όπου η απόφαση στηρίχθηκε σε λανθασμένες πληροφορίες ή σε μη βάσιμα κριτήρια τότε εκ των πραγμάτων η ποιότητα της απόφασης θεωρείται ελάχιστη ή χαμηλή.

Αποδοχή (Acceptance): Η αποδοχή είναι ένας κρίσιμος παράγοντας επειδή συχνά έρχεται σε σύγκρουση με ένα από τα ποιοτικά κριτήρια. Σε τέτοιες περιπτώσεις το καλύτερο πράγμα που μπορεί να γίνει είναι η επιλογή μιας λιγότερο ποιοτικής λύσης αλλά με μεγαλύτερη αποδοχή. Συχνά σταματάμε την αναζήτηση λύσης και αποδεχόμαστε μια απλά ικανοποιητική λύση.

Εμπλεκόμενα μέρη: Τα εμπλεκόμενα μέρη στη διαδικασία λήψης μιας απόφασης μπορεί να είναι φορέας ή και εταίρος. Πρόκειται για συλλογικό όργανο ή άτομο, που μέσω των προτιμήσεων και απόψεων του, ασκεί επίδραση στη διαδικασία λήψης της απόφασης. Η επίδραση μπορεί να είναι άμεση ως αποτέλεσμα των ενεργειών του φορέα ή και έμμεση ως αποτέλεσμα της πίεσης που ενδεχομένως να ασκεί σε άλλους εμπλεκόμενους φορείς (Banville et al., 1993; Roy, 1996).

Σημειώνεται ότι ως εμπλεκόμενοι φορείς σε μια διαδικασία απόφασης ορίζονται ο αποφασίζων (ένα άτομο ή φορέας), ο αναλυτής, ο μεσολαβητής και τα τρίτα μέρη.

3.3. Διαδικασία αποφάσεων και εμπλεκόμενα μέρη

Αναλυτικότερα, ο **αποφασίζων** διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο, καθώς από τις δικές του προτιμήσεις και στόχους καθορίζεται η διαδικασία απόφασης. Συχνά ο προσδιορισμός των προτιμήσεων του αποφασίζοντα είναι πολύ δύσκολος, αλλά ακόμα και όταν αυτό γίνει παρατηρείται σύγχυση λόγω αντικρουόμενων προτιμήσεων, γεγονός που απαιτεί άμεση επίλυση με στόχο την επιτυχή διαδικασία υποστήριξης της απόφασης (Roy, 1996).

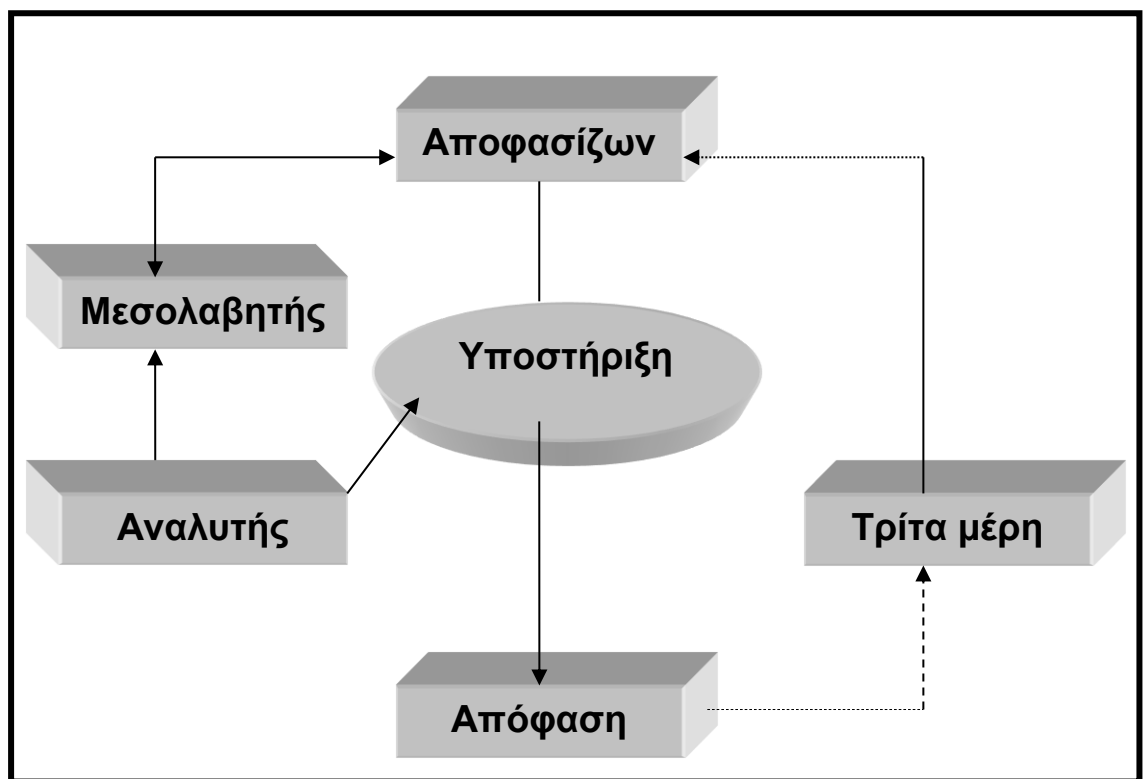
Από την άλλη πλευρά, ο ρόλος του **αναλυτή** είναι περισσότερο υποστηρικτικός. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με τον Σίσκο (2008), αυτός συνίσταται στο να υποστηρίζει ανθρώπους στη λήψη αποφάσεων, χωρίς να υποκαθιστά το ρόλο του αποφασίζοντα. Πρόκειται δηλαδή για την διαδικασία υποστήριξης της απόφασης, η οποία κατά τον Roy (1996), συνιστά τη δραστηριότητα κάποιου, ο οποίος χρησιμοποιώντας μοντέλα, συμβάλλει στην εξαγωγή απαντήσεων σε ερωτήματα που θέτει ο αποφασίζων. Πρόκειται κυρίως για ερωτήματα που σχετίζονται με την ποιότητα της απόφασης, καθώς και με την τεκμηρίωση της υπεροχής της έναντι άλλων αποφάσεων. Είναι σημαντικό να γίνει κατανοητό ότι ο αναλυτής δεν πρέπει να ορίζεται ως ένας ξεχωριστός και εξωτερικός παράγοντας επιρροής της διαδικασίας απόφασης. Υπό αυτή την έννοια λοιπόν, ο αναλυτής όχι μόνο υποστηρίζει τον αποφασίζοντα, παρέχοντας βοήθεια αναφορικά με την προσέγγιση των δεδομένων, αλλά επιπλέον τοποθετείται συμβουλευτικά απέναντι στην προβληματική (Roy, 1996).

Το άτομο ή ο φορέας, που δρα μεταξύ του αποφασίζοντα και του αναλυτή, είναι ο **μεσολαβητής**, ο κύριος ρόλος του οποίου, είναι να διευκολύνει την επικοινωνία μεταξύ των δύο μερών. Η ύπαρξή του, είναι αναγκαία, αφού συχνά ο αποφασίζων δεν έρχεται σε άμεση επαφή με τον αναλυτή και ο μεσολαβητής αναλαμβάνει να παρουσιάσει σε αυτόν τα χαρακτηριστικά του προβλήματος, να λάβει μέριμνα προκειμένου να εξασφαλιστούν όλα τα απαραίτητα δεδομένα και πληροφορίες που θα απαιτηθούν, καθώς και να επιβλέψει συνολικά την διαδικασία της υποστήριξης, για λογαριασμό του αποφασίζοντος. Γίνεται κατανοητό λοιπόν ότι ο

μεσολαβητής διαδραματίζει σημαντικό ρόλο, συμβάλλοντας σε μεγάλο βαθμό στην επίλυση προβλημάτων που αφορούν στην ασάφεια της όλης διαδικασίας (Δούκας, Ξυδώνας, Ψαρράς, 2015).

Τέλος, σύμφωνα με τον Sfez (1973), τα **τρίτα μέρη** στη διαδικασία απόφασης, είναι οι φορείς που εμπλέκονται με έμμεσο τρόπο και οι προτιμήσεις και στάσεις τους χρειάζεται να υπολογιστούν, αφού θα τελικά θα επηρεαστούν από τις συνέπειες που θα προκαλέσει η τελική απόφαση.

Η παραπάνω διαδικασία και οι ρόλοι των εμπλεκόμενων μερών στη διαδικασία απόφασης, παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.1, που ακολουθεί στη συνέχεια.



Σχήμα 3.1: Αλληλεπίδραση εμπλεκόμενων φορέων σε διαδικασία απόφασης (Πηγή: Δούκας, Ξυδώνας, Ψαρράς (2015))

3.4. Στάδια πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων

Όπως ήδη έγινε κατανοητό από τις προηγούμενες ενότητες, η σημαντικότερη

ιδιαιτερότητα της πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων είναι η χρήση πολυσύνθετων υποδειγμάτων που βασίζονται σε όλες τις παραμέτρους ενός προβλήματος με μοναδικό στόχο να υποστηριχθεί ο αποφασίζοντας. Πρόκειται για μια πολύπλοκη διαδικασία. Ο Roy (1985), παρουσίασε ένα γενικό μεθοδολογικό πλαίσιο αντιμετώπισης πολυδιάστατων προβλημάτων λήψης αποφάσεων. Πρόκειται για τη ραχοκοκαλιά κάθε πολυκριτήριας προσέγγισης η οποία αποτελείται από τέσσερα στάδια.

Στάδιο 1^ο: Αντικείμενο Απόφασης

Στο πρώτο στάδιο του μεθοδολογικού πλαισίου της πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων καθορίζεται το σύνολο A των εναλλακτικών δραστηριοτήτων του προβλήματος που εξετάζεται ή αλλιώς των πιθανών επιλογών που αποτελούν λύση στο πρόβλημα. Το εν λόγω σύνολο μπορεί να είναι συνεχές ή διακριτό. Στην πρώτη περίπτωση, το σύνολο των λύσεων καθορίζεται με βάση τους περιορισμούς του προβλήματος ή αλλιώς έμμεσα ως υπέρ-πολύεδρο του πραγματικού χώρου, τόσων διαστάσεων, όσες και οι μεταβλητές απόφασης. Αντίθετα, στην δεύτερη περίπτωση θεωρείται πως υπάρχει ένα σαφές σύνολο λύσεων, οι οποίες αφού καταγραφούν, μπορούν να αναλυθούν ώστε να ληφθεί η κατάλληλη απόφαση. Ο προσδιορισμός του συνόλου A των εναλλακτικών δραστηριοτήτων, ακολουθείται από τη διαδικασία καθορισμού της προβληματικής της απόφασης. Σύμφωνα με τον Roy (1985) υπάρχουν τέσσερις κατηγορίες διακριτών προβλημάτων και συγκεκριμένα: 1) Προβληματική τύπου α ; 2) Προβληματική τύπου β ; 3) Προβληματική τύπου γ και 4) Προβληματική τύπου δ . Η πρώτη κατηγορία αναφέρεται στην επιλογή μιας ή περισσότερων εναλλακτικών οι οποίες θεωρούνται ως οι πλέον κατάλληλες. Η δεύτερη κατηγορία αναφέρεται στην ταξινόμηση αυτών των εναλλακτικών, η τρίτη στην κατάταξη, ενώ η τέταρτη στην περιγραφή τους. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι ανάλογα με τη φύση του προβλήματος που εξετάζεται, συχνά γίνεται συνδυασμός δύο διαφορετικών προβληματικών (Δούκας, Ξυδώνας, Ψαρράς, 2015).

Στάδιο 2^ο: Συνεπής οικογένεια κριτηρίων

Στο δεύτερο στάδιο εντοπίζονται και οργανώνονται οι παράγοντες επιρροής στο αποτέλεσμα της ανάλυσης των εναλλακτικών δραστηριοτήτων του συνόλου A . Κάθε παράγοντας θεωρείται ότι αποτελεί ένα κριτήριο. Ως κριτήριο ορίζεται μια

μονότονη συνάρτηση g , δηλωτική των προτιμήσεων του αποφασίζοντος, τέτοια ώστε για οποιοσδήποτε δύο εναλλακτικές δραστηριότητες x και x' να ισχύουν:

$$g(x) > g(x') \Leftrightarrow x \succ x'$$

$$g(x) = g(x') \Leftrightarrow x \approx x'$$

Κάθε δράση από το σύνολο A εκπέμπει ένα νέφος στοιχειωδών επιπτώσεων (Roy, 1985). Πρόκειται για κάθε ιδιότητα ή χαρακτηριστικό που σχετίζεται με τη δράση αυτή και είναι επαρκώς καθορισμένη ως προς το περιεχόμενό της, ενώ επιπλέον επιτρέπει την περιγραφή κάποιου συγκεκριμένου αποτελέσματος το οποίο έπεται της επιλογής της δράσης αυτής (Σίσκος, 2008). Αποτέλεσμα της όλης διαδικασίας είναι η κατασκευή ενός συστήματος κριτηρίων το οποίο ονομάζεται συνεπής οικογένεια κριτηρίων.

Ένα σύνολο κριτηρίων $g = (g_1, g_2, \dots, g_n)$ θεωρείται πως διαμορφώνει μια συνεπή οικογένεια κριτηρίων, μόνο όταν ικανοποιούνται οι ιδιότητες της μονοτονίας, της επάρκειας και του μη πλεονάσματος. Ειδικότερα, η ιδιότητα της μονοτονίας θεωρείται πως υπάρχει εάν και μόνο εάν για δυο οποιοσδήποτε εναλλακτικές x και x' τέτοιες ώστε $g_i(x) > g_i(x')$ για κάθε κριτήριο $i \neq j$ και $g_j(x) = g_j(x')$ για κάθε άλλο κριτήριο $j \neq i$, συμπεραίνεται ότι $x \succ x'$. Από την άλλη, η ιδιότητα της επάρκειας υπάρχει εάν και μόνο εάν για δύο οποιοσδήποτε εναλλακτικές x και x' τέτοιες ώστε $g_i(x) = g_i(x')$ για κάθε κριτήριο i , συμπεραίνεται ότι $x = x'$. Τέλος, ένα σύνολο κριτηρίων θεωρείται ότι διαθέτει την ιδιότητα του μη πλεονασμού εάν και μόνο εάν η διαγραφή ενός οποιοσδήποτε κριτηρίου, οδηγεί σε παραβίαση των ιδιοτήτων της μονοτονίας ή της επάρκειας (Δούκας, Ξυδώνας, Ψαρράς, 2015).

Στάδιο 3^ο: Μοντέλο ολικής προτίμησης

Στο στάδιο αυτό πραγματοποιείται η κατασκευή και χρήση ενός μοντέλου ολικής προτίμησης που είναι η σύνθεση όλων των κριτηρίων έτσι ώστε να επιτευχθεί ο στόχος της ανάλυσης ανάλογα με την προβληματική που έχει καθοριστεί. Η

ανάπτυξη του μοντέλου γίνεται με δύο τρόπους. Ο πρώτος αναφέρεται στη συνεργασία μεταξύ αναλυτή με αποφασίζοντα. Κατά τη διαδικασία αυτή ο αποφασίζων καθορίζει ένα σύνολο παραμέτρων σχετικών με την πολιτική λήψης των αποφάσεων που ακολουθεί. Ο δεύτερος τρόπος από την άλλη, γίνεται μέσω της ανάλυσης των αποφάσεων που λαμβάνει ο αποφασίζων έτσι ώστε να αναπτυχθεί το κατάλληλο μοντέλο ολικής προτίμησης που είναι συμβατό με την πολιτική λήψης των αποφάσεων που ακολουθεί ο αποφασίζων (Δούκας, Ξυδώνας, Ψαρράς, 2015).

Στάδιο 4^ο: Υποστήριξη της απόφασης

Στο στάδιο αυτό πραγματοποιούνται όλες οι δράσεις που συμβάλλουν στην ορθή κατανόηση των αποτελεσμάτων τα οποία προκύπτουν από τη σύνθεση των κριτηρίων που επέλεξε ο αποφασίζων κατά το τρίτο στάδιο. Ο ρόλος του αναλυτή στη διαδικασία αυτή είναι πολύ σημαντικός, καθώς αυτός οργανώνει τις απαντήσεις των ερωτημάτων που είχαν τεθεί από τα υπόλοιπα εμπλεκόμενα μέρη (Δούκας, Ξυδώνας, Ψαρράς, 2015).

3.5 Ποσοτικές μέθοδοι πολυκριτήριας ανάλυσης

Τα τελευταία χρόνια, οι μέθοδοι πολυκριτήριας ανάλυσης αναπτύσσονται όλο και περισσότερο, σε τρεις κύριες θεωρητικές τάσεις και συγκεκριμένα στη θεωρία χρησιμότητας, στη θεωρία των σχέσεων υπεροχής και στην αναλυτική συνθετική προσέγγιση.

3.5.1 Πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας

Η πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας (multiattribute utility theory) αποτελεί μια γενίκευση της κλασσικής θεωρίας χρησιμότητας, ενώ επιπλέον είναι ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία της θεωρητικής ανάπτυξης και πρακτικής εφαρμογής των

αρχών της πολυκριτήριας ανάλυσης. Για τον λόγο αυτό όλα τα υπόλοιπα θεωρητικά ρεύματα της πολυκριτήριας ανάλυσης βασίζονται σε αυτήν (Δούκας, Ξυδώνας, Ψαρράς, 2015). Κύριος σκοπός της θεωρίας είναι η δημιουργία ενός συστήματος αξιών που ενοποιεί τις προτιμήσεις του αποφασίζοντα σε σχέση με όλα τα κριτήρια επιλογής. Με αυτό τον τρόπο ο αποφασίζων οδηγείται στην τελική απόφαση. Το κύριο πλεονέκτημα είναι ότι προσφέρεται η δυνατότητα για κατάληξη σε ένα πλήρως ορισμένο μαθηματικά πρόβλημα, ενώ το μειονέκτημα είναι ότι συχνά η θεωρία δεν αναπαριστά με σαφήνεια την πραγματικότητα (Weber, Borcherding, 1993).

Σύμφωνα με την υπόθεση στην οποία βασίζεται η θεωρία, σε κάθε πρόβλημα απόφασης υπάρχει μία πραγματική συνάρτηση U ορισμένη σε ένα σύνολο A , την οποία ο αποφασίζων επιθυμεί, συνειδητά ή όχι, να μεγιστοποιήσει. Η συνάρτηση αυτή ενοποιεί τα κριτήρια επιλογής g_1, g_2, \dots, g_n και λαμβάνει την παρακάτω μορφή:

$$U = U(g_1, g_2, \dots, g_n).$$

Γενικά, οι συναρτήσεις χρησιμότητας είναι μη γραμμικές αύξουσες συναρτήσεις οριζόμενες στο πεδίο τιμών των αντίστοιχων κριτηρίων αξιολόγησης, οι οποίες ανταποκρίνονται στις ακόλουθες δύο βασικές ιδιότητες.

$$U(g_x) > U(g_{x'}) \Leftrightarrow x \succ x' \text{ δηλαδή η εναλλακτική } x \text{ προτιμάται της } x'$$

$$U(g_x) = U(g_{x'}) \Leftrightarrow x \approx x' \text{ δηλαδή η εναλλακτική } x \text{ είναι ισοδύναμη της } x'$$

Η πλέον συνηθισμένη μορφή συνάρτησης χρησιμότητας που χρησιμοποιείται σε ερευνητικό και πρακτικό επίπεδο, είναι η προσθετική

$$U(g) = p_1 u_1(g_1) + p_2 u_2(g_2) + \dots + p_n u_n(g_n)$$

όπου

u_1, u_2, \dots, u_n είναι οι συναρτήσεις μερικών χρησιμοτήτων των κριτηρίων

αξιολόγησης (κάθε συνάρτηση μερικής χρησιμότητας $u_1(g_1)$ καθορίζει την αξία/χρησιμότητα των εναλλακτικών δραστηριοτήτων βάση των επιδόσεών τους στο κριτήριο g_1).

p_1, p_2, \dots, p_n είναι οι σταθερές που υποδηλώνουν τη σημαντικότητα (βάρος) των κριτηρίων αξιολόγησης, έτσι ώστε:

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

Στα πλαίσια της προσθετικής συνάρτησης χρησιμότητας κάθε επίπεδο σημαντικότητας P_i υποδεικνύει την παραχώρηση (trade-off) που είναι διατεθειμένος να κάνει ο αποφασίζων σε ένα κριτήριο αναφοράς, προκειμένου να επιτύχει αύξηση μιας μονάδας στο κριτήριο g_i .

Από τη μορφή της προσθετικής συνάρτησης χρησιμότητας, μπορεί να διαπιστώσει κανείς πως πρόκειται για μια γενίκευση του γνωστού σταθμισμένου μέσου. Η βασική υπόθεση η οποία διέπει τη χρήση της προσθετικής συνάρτησης χρησιμότητας αφορά την αμοιβαία προτιμησιακή ανεξαρτησία των κριτηρίων αξιολόγησης (mutual preferential independence). Ένα υποσύνολο g' του συνόλου των κριτηρίων αξιολόγησης ($g' \subset g$) θεωρείται ότι είναι προτιμησιακά ανεξάρτητο (preferential independent) των υπολοίπων κριτηρίων, εάν και μόνο εάν οι προτιμήσεις του αποφασίζοντα σχετικά με τις εξεταζόμενες εναλλακτικές δραστηριότητες, οι οποίες διαφέρουν μεταξύ τους μόνο ως προς τα κριτήρια g' , δεν επηρεάζονται από τα υπόλοιπα κριτήρια. Το σύνολο των κριτηρίων αξιολόγησης θεωρείται ότι πληροί την υπόθεση της αμοιβαίας προτιμησιακής ανεξαρτησίας εάν και μόνο εάν κάθε υποσύνολο ($g' \subset g$) είναι προτιμησιακά ανεξάρτητο των υπόλοιπων κριτηρίων (Fishburn, 1970; Keeney and Raiffa, 1993).

Σε γενικές γραμμές, η όλη διαδικασία ανάπτυξης συνάρτησης χρησιμότητας γίνεται σε συνεργασία μεταξύ αναλυτή και αποφασίζοντα. Αρχικά, είναι αναγκαίο να καθοριστεί το επίπεδο σημαντικότητας των κριτηρίων αξιολόγησης, καθώς και η μορφή των συναρτήσεων μερικών χρησιμοτήτων. Οι συντελεστές βαρύτητας των κριτηρίων αξιολόγησης έχουν την έννοια των παραχωρήσεων που ο αποφασίζων είναι διατεθειμένος να κάνει σε ένα κριτήριο αξιολόγησης προκειμένου να βελτιώσει κάποιο άλλο κριτήριο αξιολόγησης. Για τον καθορισμό των συναρτήσεων μερικών χρησιμοτήτων, υπάρχουν διάφορες τεχνικές. Η πλέον γνωστή τέτοια τεχνική είναι αυτή του σημείου μέσης αξίας (midpoint value technique) (Keeney and Raiffa, 1993). Με βάση την ολική χρησιμότητα των εναλλακτικών δραστηριοτήτων, όπως αυτή υπολογίζεται μέσω της συνάρτησης χρησιμότητας, ο αποφασίζων μπορεί να κατατάξει τις εναλλακτικές δραστηριότητες από τις καλύτερες προς τις χειρότερες, να τις διαχωρίσει σε κατηγορίες ή να επιλέξει κάποια/κάποιες από αυτές. Οι κυριότερες μέθοδοι της πολυκριτηρίας θεωρίας χρησιμότητας, παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.1.

Πίνακας 3.1: Μέθοδοι πολυκριτήριας θεωρίας χρησιμότητας

Μέθοδος	ΒΙΒΛΙΟΓΡΦΑΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ
AHP	SAATY (1980)
ANP	Hwang and Yoon (1981)
MAUT	Keeney and Raiffa (1993)
MACBETH	Bana e Costa and Vansnick (1994)
ANP	Saaty (2001)

(Πηγή: Δούκας, Ξυδώνας, Ψαρράς (2015))

3.5.2 Θεωρία σχέσεων υπεροχής

Οι μέθοδοι υπεροχής (outranking techniques) αναφέρονται στην ανάπτυξη σχέσεων υπεροχής μεταξύ εναλλακτικών αποφάσεων, αφού ληφθούν υπόψη όλα τα κριτήρια επιλογής (Roy, 1968, 1991, 1996). Οι μέθοδοι ELECTRE, αποτελούν τη σημαντικότερη κατηγορία των εν λόγω τεχνικών. Πρόκειται για μεθόδους που κάνουν λιγότερες υποθέσεις σχετικά με την ιδιοσυγκρασία του αποφασίζοντα και την συγκρισιμότητα των κριτηρίων (Roy, 1968).

Είναι σημαντικό να γίνει κατανοητό ότι οι μέθοδοι ELECTRE σε αντίθεση με τις μεθόδους MAUT της θεωρίας χρησιμότητας που αναλύθηκε ήδη, καταλήγουν σε μερική κατάταξη των πιθανών δράσεων και αυτή είναι η κύρια διαφορά των δύο τεχνικών. Για τον λόγο αυτό στην περίπτωση των μεθόδων ELECTRE δεν επιτρέπεται η πλήρης αντιστάθμιση των κριτηρίων, αφού θεωρείται πως με αυτό τον τρόπο η πληροφορία που χάνεται μέσω των ανταλλαγών, είναι σημαντική (Δούκας, Ξυδώνας, Ψαρράς, 2015).

Όλες οι τεχνικές οι οποίες βασίζονται στη θεωρία των σχέσεων υπεροχής λειτουργούν σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο πραγματοποιείται η ανάπτυξη μιας σχέσης υπεροχής μεταξύ των εξεταζόμενων εναλλακτικών δραστηριοτήτων, ενώ στο δεύτερο πραγματοποιείται η εκμετάλλευση της σχέσης υπεροχής ώστε να εξαχθεί το αποτέλεσμα της αξιολόγησης των εναλλακτικών δραστηριοτήτων υπό την επιθυμητή

μορφή. Κοινό στοιχείο των δύο αυτών σταδίων και βασική έννοια του συγκεκριμένου μεθοδολογικού ρεύματος της πολυκριτήριας ανάλυσης, αποτελεί η έννοια της σχέσης υπεροχής. Η σχέση υπεροχής S είναι μια διμερής σχέση ορισμένη στο σύνολο των εναλλακτικών δραστηριοτήτων, έτσι ώστε (Δούκας, Ξυδώνας, Ψαρράς, 2015):

$$x S x' \Leftrightarrow \text{η εναλλακτική } x \text{ είναι τουλάχιστον εξίσου καλή όσο η } x'$$

Η βασική ιδέα της σχέσης υπεροχής είναι ότι η σύγκριση δυο οποιονδήποτε εναλλακτικών x και x' βασίζεται στην ισχύ των ενδείξεων που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό «η εναλλακτική x είναι τουλάχιστον εξίσου καλή όσο η x' » (θετικές ενδείξεις), καθώς και στην ισχύ των ενδείξεων κατά του ισχυρισμού αυτού (αρνητικές ενδείξεις). Η σχέση υπεροχής $x S x'$ ισχύει όταν η ισχύς των θετικών ενδείξεων είναι υψηλή και ταυτόχρονα η ισχύς των αρνητικών ενδείξεων είναι περιορισμένη. Αυτή η γενική έννοια και ορισμός της σχέσης υπεροχής υιοθετείται από όλες τις μεθοδολογίες της θεωρίας των σχέσεων υπεροχής, αλλά ο τρόπος με τον οποίο υλοποιείται διαφέρει, ανάλογα με τη μέθοδο (Δούκας, Ξυδώνας, Ψαρράς, 2015).

Με βάση τα παραπάνω, η ανάπτυξη μιας σχέσης υπεροχής της παραπάνω μορφής αποτελεί εναλλακτική μορφή μοντελοποίησης και μαθηματικής αναπαράστασης του συστήματος αξιών του αποφασίζοντα, η οποία διαφέρει σημαντικά από το πλαίσιο μοντελοποίησης που ακολουθείται από την πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας. Η διαφορά αφορά σε δύο κύρια σημεία. Το πρώτο αφορά στο γεγονός ότι η σχέση υπεροχής δεν είναι μεταβατική. Ειδικότερα η αξιολόγηση των εναλλακτικών δραστηριοτήτων κατά την πολυκριτήρια θεωρία σχετικότητας, βασίζεται στη μεταβατική ιδιότητα. Αντίθετα, η ανάπτυξη και χρήση των σχέσεων υπεροχής επιτρέπει τη μοντελοποίηση και αντιμετώπιση περιπτώσεων όπου, ενώ η εναλλακτική δραστηριότητα x προτιμάται/είναι αδιάφορη της x' , η οποία με τη σειρά της προτιμάται/είναι αδιάφορη της x'' , τελικά η x δεν προτιμάται ή δεν είναι αδιάφορη της x'' . Το δεύτερο σημείο διαφοροποίησης είναι ότι η σχέση υπεροχής δεν είναι πλήρης. Συγκεκριμένα η πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας οδηγεί σε πλήρη αξιολόγηση των εναλλακτικών, η οποία βασίζεται στις σχέσεις προτίμησης και αδιαφορίας. Αντίθετα, στη θεωρία των σχέσεων υπεροχής θεωρείται ότι οι προτιμήσεις του αποφασίζοντος δεν ακολουθούν απαραίτητα τη μεταβατική ιδιότητα και μια πλήρης αξιολόγηση των εναλλακτικών δεν είναι πάντα εφικτή, αφού δεν είναι

και ρεαλιστική (Δούκας, Ξυδώνας, Ψαρράς, 2015).

Οι κυριότερες μέθοδοι σχέσεων υπεροχής περιλαμβάνουν δύο οικογένειες τεχνικών, την ELECTRE και την PROMETHEE. Βασική προϋπόθεση των μεθόδων που ανήκουν στην οικογένεια ELECTRE είναι ότι ο αποφασίζων δύναται να επιτύχει μόνο προσεγγιστικές συγκρίσεις μεταξύ των αποδόσεων των εναλλακτικών δράσεων. Η έννοια της υπεροχής στερείται αξιωματικής βάσης, αλλά βασίζεται στην εκτίμηση διαφόρων παραμέτρων και στην εφαρμογή ενός αλγόριθμου απόφασης (Miettinen, Salminen, 1999). Ο υψηλός βαθμός πολυπλοκότητας των μεθόδων ELECTRE έχει οδηγήσει στην αναζήτηση άλλων απλούστερων τεχνικών. Προς αυτή την κατεύθυνση συνέβαλε η ανάπτυξη της οικογένειας των μεθόδων PROMETHEE (Brans et al, 1986). Το μεγαλύτερο πλεονέκτημά τους είναι η ενοποίηση όλων των σύγχρονων απόψεων μοντελοποίησης της προτίμησης με έναν απλό τρόπο. Ωστόσο, όπως και στην οικογένεια ELECTRE, λείπει μία στιβαρή θεωρητική βάση που θα επέτρεπε την βαθύτερη κατανόηση των υποθέσεων, πάνω στις οποίες στηρίζεται. Εκτός των οικογενειών μεθόδων, υπάρχουν και άλλες που βασίζονται στη θεωρία των σχέσεων παροχής (βλ. Πίνακα 3.2).

Πίνακας 3.2: Μέθοδοι θεωρίας σχέσεων υπεροχής

Μέθοδος	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ
ELECTRE	ROY (1968, 1991, 1996)
QUALIFLEX	Paelinck (1976, 1977)
PROMETHEE	Brans et al. (1986)
ORESTE	Roubens (1982)
REGIME	Hinloopen et al. (1983)
EVAMIX	Voogd (1982, 1983)
MELCHIOR	Nijkamp et al. (1990)
TACTIC	Leclercq (1984)
PRAGMA	Vansnick (1986)
MAPPAC	Matarazzo (1988)
ARGUS	Matarazzo (1990)
IDRA	De Keyser and Peeters (1994)
PACMAN	Greco (1997)

(Πηγή: Δούκας, Ξυδώνας, Ψαρράς (2015))

3.5.3 Αναλυτική – συνθετική προσέγγιση

Η τρίτη οικογένεια μεθόδων είναι οι μέθοδοι που βασίζονται στην αναλυτική – συνθετική προσέγγιση (Jacquet-Lagrece and Siskos, 1982, 2001). Η εν λόγω προσέγγιση (preference disaggregation approach) επικεντρώνεται στη δημιουργία ενός γενικού μεθοδολογικού πλαισίου, που χρησιμοποιείται για την ανάλυση των αποφάσεων που λαμβάνει ο αποφασίζων με στόχο να καθοριστεί το κατάλληλο υπόδειγμα σύνθεσης των κριτηρίων το οποίο ανταποκρίνεται στο σύστημα αξιών και προτιμήσεων του αποφασίζοντα. Πρόκειται για την ακριβώς αντίθετη διαδικασία από αυτήν που ακολουθείται στις μεθόδους οι οποίες βασίζονται στην πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας και στη θεωρία των σχέσεων υπεροχής και η οποία παρουσιάστηκε στις προηγούμενες παραγράφους.

Αναλυτικότερα η αναλυτική-συνθετική προσέγγιση θεωρεί πως ο αποφασίζων ακολουθεί ένα σύστημα αξιών και προτιμήσεων, το οποίο τον οδηγεί στις αποφάσεις που λαμβάνει. Σκοπός όμως της προσέγγισης δεν είναι να εντοπίσει τις αποφάσεις αυτές, αλλά αντίθετα να εντοπίσει τον τρόπο με τον οποίο λαμβάνονται οι αποφάσεις μέσω της ανάλυσης σχέσης μεταξύ των αποφάσεων και των επιδόσεων των εναλλακτικών δραστηριοτήτων στα κριτήρια αξιολόγησης. Η ανάλυση αυτή οδηγεί στον καθορισμό όλων των παραμέτρων του υποδείγματος σύνθεσης των κριτηρίων, έτσι ώστε το αναπτυσσόμενο υπόδειγμα να αναπαράγει τις αποφάσεις του αποφασίζοντος με τον πλέον πιστό τρόπο. Με λίγα λόγια, η πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας και η θεωρία των σχέσεων υπεροχής, ουσιαστικά συνθέτουν τα δεδομένα ενός προβλήματος ώστε να καταλήξουν στο τελικό αποτέλεσμα, ενώ, αντίθετα, η αναλυτική-συνθετική προσέγγιση αναλύει τα υπάρχοντα δεδομένα (σύνολο αναφοράς) ώστε να εντοπίσει το υπόδειγμα που αναπαριστά όσο πιο πιστά γίνεται το σύστημα αξιών και προτιμήσεων του αποφασίζοντα (Δούκας, Ξυδώνας, Ψαρράς, 2015).

Στον Πίνακα 3.3 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι κύριες μέθοδοι της αναλυτικής συνθετικής προσέγγισης.

Πίνακας 3.3: Μέθοδοι αναλυτικής – συνθετικής προσέγγισης

Μέθοδος	ΒΙΒΛΙΟΓΡΦΑΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ
UTA	Jacquet-Lagreze and Siskos (1982, 1983)
UTASTAR	Siskos and Yannacopoulos (1985)
UTADIS	Devaud et al. (1980) Jacquet-Lagreze (1995) Doumpos and Zorounidis (2002b)
MHDIS	Zorounidis and Doumpos (2000a)

(Πηγή: Δούκας, Ξυδώνας, Ψαρράς (2015))

3.6 Μέθοδοι Οικογένειας ELECTRE

Οι μέθοδοι της συγκεκριμένης κατηγορίας εμπίπτουν στη γενικότερη κατηγορία των μεθόδων υπεροχής (outranking relations) (Figueira et al., 2005). Οι μέθοδοι αυτοί βασίζονται στην προσέγγιση της συστηματικής ανάλυσης των σχέσεων μεταξύ όλων των δυνατών συνδυασμών των εναλλακτικών επιλογών (binary relations). Η ανάλυση γίνεται με γνώμονα διαφορετικά κριτήρια αξιολόγησης. Το αποτέλεσμα αυτής της ανάλυσης είναι να έχει προσδιοριστεί ένα μέτρο του βαθμού κατά τον οποίο κάθε εναλλακτική λύση υπερέχει έναντι των άλλων. Η μεθοδολογία περιλαμβάνει, μεταξύ των άλλων, την κατασκευή μιας σχέσης υπεροχής, τη δημιουργία δεικτών συμφωνίας και διαφωνίας και την ανάλυση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από την όλη διαδικασία και από όλες τις σχέσεις υπεροχής.

Ο απώτερος στόχος από την εφαρμογή των μεθοδολογιών ELECTRE είναι να προσδιορισθεί η εναλλακτική επιλογή η οποία είναι σχετικά καλή, σύμφωνα με την πλειοψηφία κριτηρίων, χωρίς όμως ταυτόχρονα να είναι πολύ κακή σύμφωνα με τα υπόλοιπα κριτήρια. Έτσι δυο βασικά χαρακτηριστικά των μεθόδων είναι (Figueira et al., 2005):

Δεν αντισταθμίζουν την κακή απόδοση σε ένα κριτήριο με κάποιες καλύτερες αποδόσεις σε άλλα. Για αυτό και οι μέθοδοι αυτοί έχουν να κάνουν με την προσέγγιση της υπεροχής και όχι με την έννοια της συνάθροισης καλών και κακών

αποδόσεων (π.χ. μέσος όρος). Απλά υπάρχουν άνω και κάτω περιορισμοί και κριτήρια επιλεξιμότητας.

Όταν ο αποφασίζων δεν μπορεί να συγκρίνει δυο εναλλακτικές τότε εισάγεται από τις μεθόδους αυτές η έννοια της αδυναμίας σύγκρισης, της ασυγκρισιμότητας (incomparability).

Οι βασικές έννοιες που χρησιμοποιούνται στην οικογένεια των μεθόδων ELECTRE είναι:

Το σύνολο A : Είναι το σύνολο όλων των δυνατών ενεργειών ή εναλλακτικών

Το κριτήριο g , το οποίο ορίζεται ως μια συνάρτηση του συνόλου A των εναλλακτικών σε ένα απόλυτα ταξινομημένο σύνολο τιμών. Τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται στην οικογένεια ELECTRE είναι τα πραγματικά κριτήρια και τα ψευδοκριτήρια. Βέβαια τα κριτήρια μπορούν να χωριστούν σε επιπλέον κατηγορίες αναλόγως με την τάση προτίμησης που εκφράζουν. Συγκεκριμένα, διακρίνουμε τα αύξοντα κριτήρια και τα φθίνοντα κριτήρια. Στα μεν αύξοντα όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή τους για μια εναλλακτική τόσο μεγαλύτερη είναι και η προτίμηση για αυτή. Αντιθέτως όσο μικρότερη είναι η τιμή τόσο ασθενέστερη είναι η προτίμηση για αυτήν.

Η συνεπής οικογένεια F , η κριτηρίων τα οποία λαμβάνονται υπόψη για την επίλυση ενός προβλήματος απόφασης.

Η μοντελοποίηση των προτιμήσεων μέσω της μεθόδου ELECTRE είναι σχεσιακή, δηλαδή αναλύονται ανά ζεύγη οι εναλλακτικές μεταξύ τους. Στη συνέχεια παρουσιάζονται μερικές από τις μεθόδους της οικογένειας.

ELECTRE I

Η σχέση της υπεροχής μεταξύ κάποιων εναλλακτικών εκφράζεται ως εξής:

aSb : Αυτός ο συμβολισμός σημαίνει ότι η εναλλακτική a είναι τουλάχιστον εξίσου καλή με την b (η a υπερέχει της b) και παριστάνεται με γράφημα δυο κορυφών και από ένα τόξο που έχει για αρχή τη κορυφή a και για τέλος τη κορυφή b . Το γράφημα που συνδέει όλες τις εναλλακτικές επιλογές ονομάζεται γράφημα υπεροχής (outranking graph).

Στο επόμενο Σχήμα 3.2 παρουσιάζονται οι εργασίες της μεθόδου σύμφωνα με τον Σίσκο (1992).



Σχήμα 3.1: Διάγραμμα Ροής Εργασιών Μεθόδου ELECTRE I

(Πηγή: Ιδία Επεξεργασία)

Σύμφωνα με το παραπάνω σχήμα κατασκευάζεται πρώτα ο πίνακας πολυκριτηριακών εκτιμήσεων και στη συνέχεια κατασκευάζεται ο πίνακας υπεροχής με τη βοήθεια ελέγχου συμφωνίας και του ελέγχου ασυμφωνίας.

Συντελεστής σημαντικότητας κριτηρίων: p_1, p_2, \dots, p_n τα οποία είναι θετικά βάρη (weights) των κριτηρίων χωρίς κάποια συγκεκριμένη φυσική σημασία και τα οποία ακολουθούν την παρακάτω σχέση:

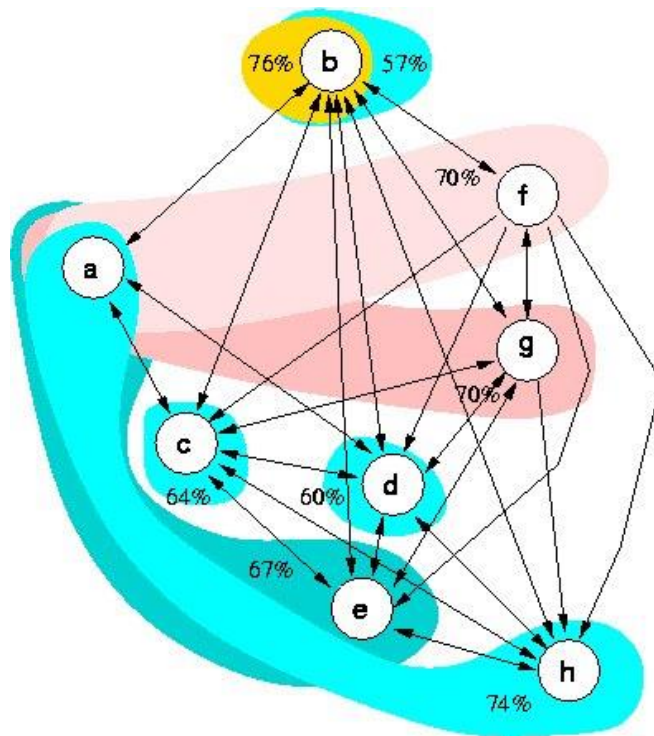
$$p_1 + p_2 + \dots + p_n = 1$$

Κατώφλι συμφωνίας (concordance threshold): Είναι ο καθαρός αριθμός που δίνεται από τον αναλυτή του προβλήματος και λαμβάνει τιμές από 0,5 έως 1.

Κατώφλια veto (veto thresholds) v_1, v_2, \dots, v_n τα οποία είναι αριθμοί όσα και τα κριτήρια και τα οποία έχουν ως στόχο τον έλεγχο των μεγάλων διαφορών μεταξύ των εκτιμήσεων των εναλλακτικών επιλογών.

Η σχέση της υπεροχής για κάθε ζεύγος εναλλακτικών ενεργειών (a,b) ορίζεται ως εξής:

$aSb \leftrightarrow$ το ζεύγος (a,b) ικανοποιεί τις συνθήκες συμφωνίας και ασυμφωνίας.



Σχήμα 2.3: Παράδειγμα Γραφήματος Υπεροχής

Η μέθοδος ELECTRE I έχει πάψει πλέον να χρησιμοποιείται ευρέως δεδομένου ότι τα προβλήματα απόφασης έχουν γίνει όλο και περισσότερο πολύπλοκα και απαιτούν πολλές πληροφορίες και δεδομένα σε σχέση με τον τρόπο λειτουργίας του αποφασίζοντα που πρέπει να συνεκτιμηθούν. Παρόλα αυτά είναι μια πολύ χρήσιμη μέθοδος για γρήγορη και απλή πολυκριτηριακή ανάλυση αποφάσεων η οποία αναλύει ανά ζεύγη τις εναλλακτικές επιλογές στη βάση μιας οικογένειας κριτηρίων. Στη συνέχεια θα παρατεθούν συνοπτικά στοιχεία από τις υπόλοιπες μεθόδους της οικογένειας.

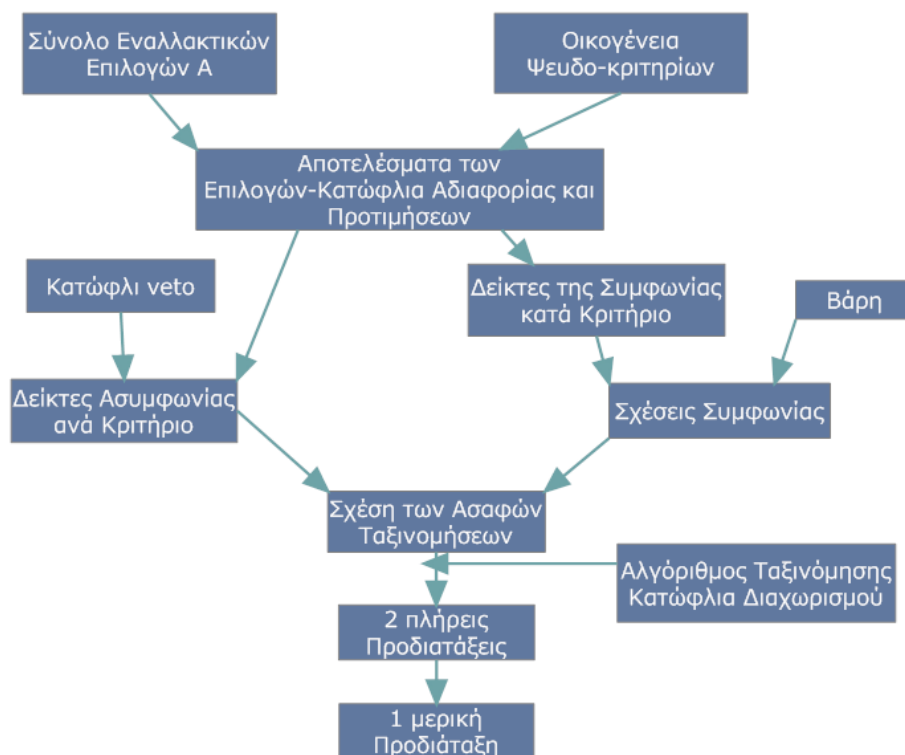
ELECTRE II

Η μέθοδος αυτή αφορά στην επίλυση προβλημάτων που εντάσσονται στην προβληματική γ. Η μέθοδος είναι ικανή να ταξινομήσει τις εναλλακτικές επιλογές από τη χειρότερη προς τη καλύτερη μέσω μιας συγκεκριμένης διαδικασίας (Hokkanen et al., 2005).

ELECTRE III

Η μέθοδος αυτή αφορά την επίλυση προβλημάτων που εντάσσονται στη

προβληματική γ . Η μέθοδος (Roy, 1990) εισάγει την ιδέα των δεικτών συμφωνίας και ασυμφωνίας, ο υπολογισμός των οποίων πραγματοποιείται με τον προσδιορισμό των κατώφλιων αδιαφορίας q , προτίμησης p , βέτο v και των συντελεστών βαρύτητας που αντιστοιχούν σε κάθε κριτήριο. Τα κατώφλια εισάγονται στο πρόβλημα με στόχο να εκφραστεί η ανακρίβεια ή/και η αβεβαιότητα σχετικά τόσο με τις τιμές των κριτηρίων όσο και των προτιμήσεων του αποφασίζοντα. Στο επόμενο Σχήμα 3.4 παρουσιάζεται η μεθοδολογία της ELECTRE III όπως την παρουσιάζουν οι Vallee and Zielniewich (1994).



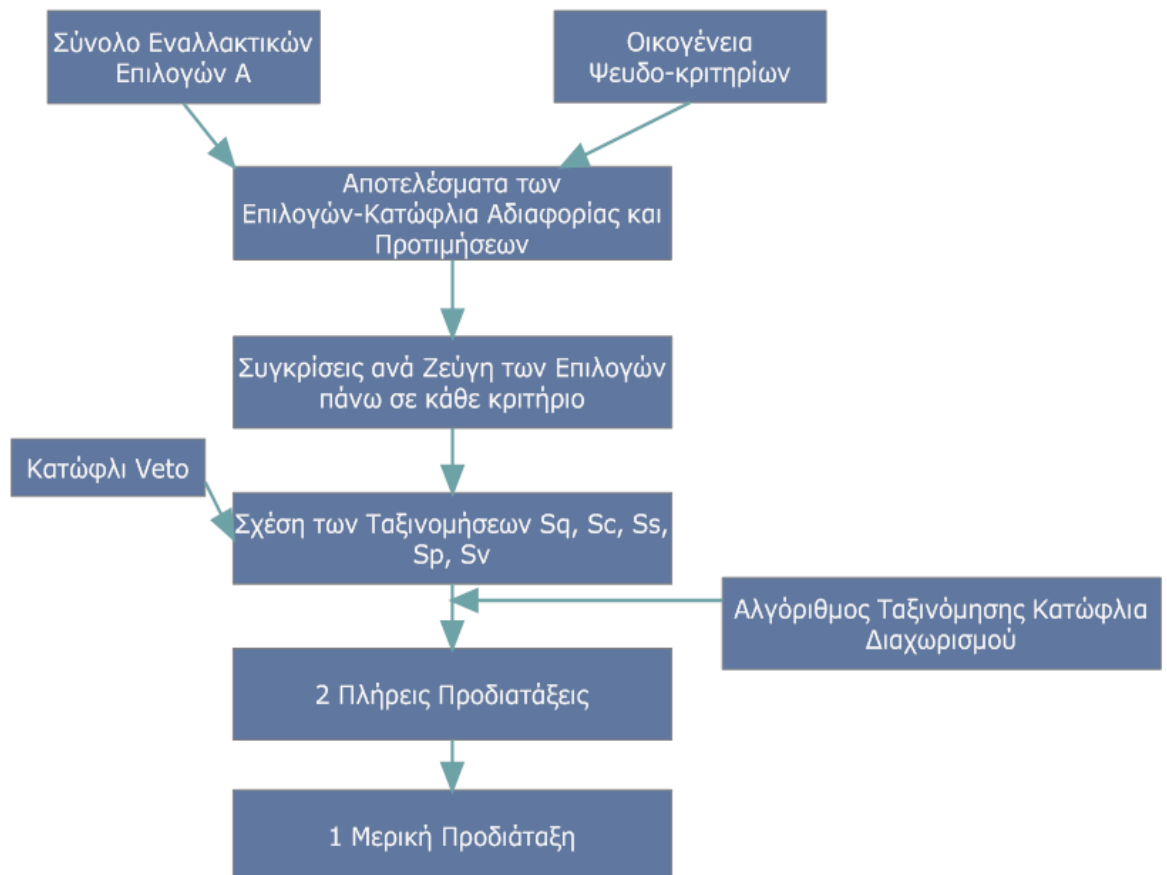
Σχήμα 3.3: Μεθοδολογία ELECTRE III

ELECTRE IV

Η μέθοδος αυτή αφορά την επίλυση προβλημάτων που εντάσσονται στη προβληματική γ . Βασίζεται όπως και η ELECTRE III σε μια οικογένεια ψευδο-κριτηρίων. Ο στόχος της είναι να προδιατάξει τις εναλλακτικές επιλογές αλλά χωρίς να εισάγει βάρη σημαντικότητας κριτηρίων. Το μοντέλο αποφεύγει τα βάρη υποθέτοντας ότι καμιά δομή προτίμησης δεν θα βασίζεται σε μια μεγαλύτερη ή

μικρότερη σημαντικότητα των κριτηρίων. Κανένα κριτήριο δεν θα κυριαρχεί στη διαδικασία απόφασης. Με τον τρόπο αυτό καλύπτεται η αδυναμία των αναλυτών να προσδιορίσουν τους συντελεστές βαρύτητας στις μεθόδους ELECTRE (Roy, 1990).

Στο παρακάτω Σχήμα 3.5 παρουσιάζεται η μεθοδολογική προσέγγιση της ELECTRE IV (Ματσατσίνης, 2010).



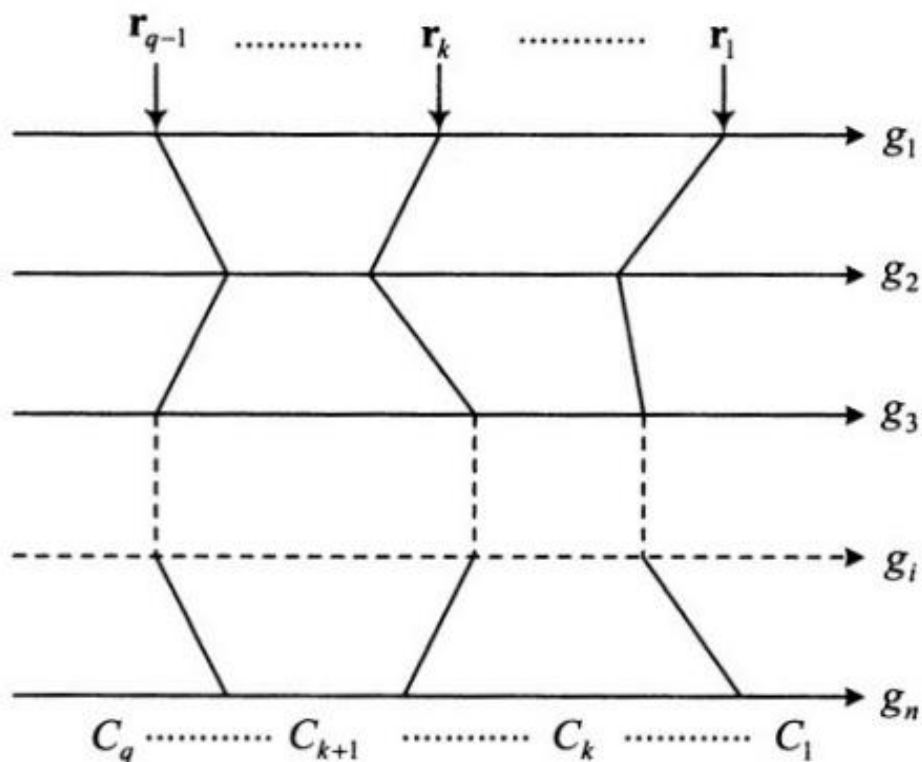
Σχήμα 3.4: Μεθοδολογία ELECTRE IV

ELECTRE TRI

Η μέθοδος ELECTRE TRI βασίζεται στο μεθοδολογικό πλαίσιο της ELECTRE III (Roy, 1990). Ο σκοπός της μεθοδολογίας είναι να κατανεμηθεί ένα σύνολο εναλλακτικών $A = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$ σε q ομάδες C_1, C_2, \dots, C_q . Κάθε εναλλακτική x_j θεωρείται ως διάνυσμα $g_j = (g_{j1}, g_{j2}, \dots, g_{jn})$, το οποίο αποτελεί την

επίδοση της εναλλακτικής x_j για το σύνολο των κριτηρίων αξιολόγησης g . Οι ομάδες ορίζονται σε αύξουσα κατάταξη, ώστε η ομάδα C_1 να περιλαμβάνει τις λιγότερο προτιμώμενες εναλλακτικές και η ομάδα C_q τις πλέον προτιμώμενες. Μία φανταστική εναλλακτική r_k εισάγεται ως το όριο ανάμεσα σε κάθε ζεύγος διαδοχικών ομάδων C_k και C_{k+1} . Το r_k ονομάζεται προφίλ αναφοράς. Ουσιαστικά, κάθε ομάδα C_k οριοθετείται από το άνω όριο r_k και το κάτω όριο r_{k-1} . Κάθε προφίλ r_k είναι διάνυσμα αποτελούμενο από τα μερικά προφίλ που ορίζονται για κάθε κριτήριο $r_k = (r_{1k}, r_{2k}, \dots, r_{nk})$. Επειδή οι ομάδες έχουν οριστεί σε αύξουσα κατάταξη, κάθε μερικό προφίλ πρέπει να ικανοποιεί την συνθήκη $r_{i,k+1} > r_{i,k}$ για όλα τα $k=1,2,\dots, q-1$ και $i=1,2,\dots, n$ (Douprios and Zorounidis, 2004).

Η ταξινόμηση των εναλλακτικών στις καθορισμένες ομάδες υλοποιείται σε δύο φάσεις. Η πρώτη φάση αποτελείται από την ανάπτυξη μιας σχέσεως υπεροχής, η οποία χρησιμοποιείται, για να αποφασιστεί αν μία εναλλακτική υπερτερεί ενός προφίλ ή όχι. Η δεύτερη φάση περιλαμβάνει την αξιοποίηση της σχέσης υπεροχής, που αναπτύχθηκε, για να αποφασιστεί σε ποια ομάδα θα ταξινομηθούν οι εναλλακτικές.



Σχήμα 3.2: Τα προφίλ αναφοράς στην ELECTRE TRI

(Πηγή: Σέμπος, 2011)

3.7 Η μεθοδολογία ELECTRE III

Εντός των μοντέλων που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη ενότητα, μπορούμε να επισημάνουμε την οικογένεια ELECTRE, η οποία, όπως δήλωσε ο Buchanan et al. (1999), ανταποκρίνεται στις ελλείψεις των μεθόδων διαδικασίας λήψης αποφάσεων.

Με αυτή την έννοια, οι Kangas et al. (2001), κ.ά. Figueira. (2005) μεταξύ πολλών άλλων, τόνισαν τη σημασία των πολλαπλών μοντέλων κριτηρίων λήψης αποφάσεων, ιδίως, της μεθόδου ELECTRE. Έτσι, η μέθοδος ELECTRE έχει αναπτυχθεί σε δύο κύριες φάσεις. Πρώτον, η κατασκευή των σχέσεων υπεροχής, και, δεύτερον, η εκμετάλλευση αυτών των σχέσεων για να έρθει η τελική κατάταξη των εναλλακτικών λύσεων. Στη διαδικασία εκμετάλλευσης, οι συστάσεις δημιουργούνται από τα αποτελέσματα που λαμβάνονται στην πρώτη φάση.

Η φύση της σύστασης εξαρτάται από την προβληματική: την επιλογή, κατάταξη ή τη διαλογή. Κάθε μέθοδος χαρακτηρίζεται από την κατασκευή του και τη διαδικασία εκμετάλλευσης.

Οι συγγραφείς διευκρινίζουν ότι οι διαφορετικές μέθοδοι ELECTRE μπορεί να διαφέρουν στο πώς δημιουργούνται οι σχέσεις υπεροχής μεταξύ των εναλλακτικών λύσεων, και το πώς εφαρμόζονται αυτές οι σχέσεις για να πάρουν την τελική κατάταξη οι εναλλακτικές επιλογές.

Η μέθοδος ELECTRE με βάση κριτήρια, είναι σημαντικό να διακρίνει δύο σύνολα παραμέτρων: τους συντελεστές σημασίας και τα κατώφλια - βέτο. Οι συντελεστές σημασίας στις μεθόδους ELECTRE αναφέρονται στα ενδογενή "βάρη". Για ένα δεδομένο κριτήριο το βάρος, W_j , αντανακλά τη σχετική σημασία του σε σχέση με τα υπόλοιπα. Τα βάρη δεν εξαρτώνται ούτε από τις σειρές ούτε από την κωδικοποίηση των κλιμάκων. Αυτές οι παράμετροι δεν μπορούν να ερμηνευθούν ως ποσοστά υποκατάστασης. Τα κατώτατα όρια βέτο εκφράζουν τη δύναμη που αποδίδεται σε ένα συγκεκριμένο κριτήριο κατά τον ισχυρισμό " το α προσπερνά το β », όταν η διαφορά μεταξύ της αξιολόγησης $g(\beta)$ και $g(\alpha)$ είναι μεγαλύτερη από το όριο αυτό. Τα όρια αυτά μπορεί να είναι σταθερά κατά μήκος μιας κλίμακας ή μπορεί επίσης να ποικίλουν.

Η προσέγγιση ELECTRE θεωρεί τα κατώτατα όρια και την υπεροχή. Έτσι,

γίνεται δεκτό ένα καθορισμένο κριτήριο $G_j, j = 1, 2, \dots, R$ και ένα σύνολο εναλλακτικών λύσεων A (Buchanan et al., 1999). Σε παραδοσιακά μοντέλα, υπάρχουν δύο σχέσεις για δύο εναλλακτικές λύσεις $(a, b) \in A$, τέτοια ώστε:

Για να συγκριθούν δύο εναλλακτικές a και $b \in A$, για ένα ορισμένο κριτήριο j όπου η επίδοση της κάθε εναλλακτικής στο συγκεκριμένο κριτήριο είναι $g_j(a)$ και $g_j(b)$ σύμφωνα με τους παραδοσιακούς τρόπους κατάταξης εναλλακτικών αρκούν οι παρακάτω δύο σχέσεις:

$$aPb \text{ (η } a \text{ προτιμάται της } b) \Leftrightarrow g_j(a) > g_j(b)$$

$$aIb \text{ (η } a \text{ είναι αδιάφορη της } b) \Leftrightarrow g_j(a) = g_j(b)$$

Ειδικότερα, η μέθοδος ELECTRE III εισάγει και την έννοια των ψευδοκριτηρίων. Τα ψευδοκριτήρια που χρησιμοποιούνται στην ELECTRE III απαιτούν την χρήση των κατώφλιών αδιαφορίας, προτίμησης και veto. Πιο συγκεκριμένα ορίζεται ένα κατώφλι αδιαφορίας μία τιμή για την οποία οι παραπάνω σχέσεις προτίμησης και αδιαφορίας επαναπροσδιορίζονται ως εξής:

$$aPb \text{ (η } a \text{ προτιμάται της } b) \Leftrightarrow g_j(a) > g_j(b) + q$$

$$aIb \text{ (η } a \text{ είναι αδιάφορη της } b) \Leftrightarrow |g_j(a) - g_j(b)| \leq q$$

Αντίστοιχα ορίζεται ένα κατώφλι σαφούς προτίμησης p πάνω από την τιμή του οποίου θα υπάρχει σαφής προτίμηση της μίας εκ των δύο εναλλακτικών:

$$aPb \text{ (η } a \text{ προτιμάται σαφώς της } b) \Leftrightarrow g_j(a) - g_j(b) > p$$

$$aQb \text{ (η } a \text{ προτιμάται ασθενώς της } b) \Leftrightarrow q < g_j(a) - g_j(b) \leq p$$

$$aIb \text{ (η } a \text{ είναι αδιάφορη της } b) \Leftrightarrow |g_j(a) - g_j(b)| \leq q$$

Η χρήση των κατώφλιών αυτών εμπλέκει τον συνυπολογισμό της αστοχίας με την φυσική έννοια, αλλά και τη σημαντική, υποκειμενική εισροή του υπευθύνου για την λήψη της απόφασης. Για οποιοδήποτε κριτήριο j αυτά τα κατώφλια μπορούν να είναι είτε σταθερές τιμές, είτε γραμμικές συναρτήσεις της επίδοσης g_j της κάθε εναλλακτικής στο κριτήριο j . Για να χρησιμοποιηθούν τα κατώφλια αυτά στην ELECTRE, θα πρέπει πρώτα να έχει οριστεί βαρύτητα του κάθε κριτηρίου.

Με τη χρήση των κατώφλιών, η μέθοδος ELECTRE κατασκευάζει μια σχέση κατάταξης S. Έτσι η έννοια aSb σημαίνει ότι 'η a είναι τουλάχιστον σαν τη b' ή ότι 'η a δεν είναι χειρότερη από την b'. Πιο αναλυτικά: όταν ισχύει aSb και δεν ισχύει bSa, η κατάταξη δηλώνει προτίμηση στην εναλλακτική a έναντι της b, όταν δεν ισχύει aSb και ισχύει bSa, η κατάταξη δηλώνει προτίμηση στην εναλλακτική b έναντι της a, όταν ισχύει aSb και bSa, η κατάταξη δηλώνει αδιαφορία ανάμεσα στις a και b, και τέλος, όταν δεν ισχύει aSb ούτε bSa τότε η κατάταξη δηλώνει ασυγκρισιμότητα ανάμεσα στις δύο εναλλακτικές.

Αν υποθεθεί ότι όλα τα κριτήρια έχουν βέλτιστη τιμή τη μέγιστη, για να γίνει αποδεκτή η σχέση aSb, πρέπει να εφαρμόζονται δύο αρχές: · Η αρχή της συμφωνίας, η οποία απαιτεί την πλειοψηφία των κριτηρίων – αφού έχει συνυπολογιστεί το βάρος τους – να συντείνουν στην αλήθεια της παραπάνω σχέσης, · Η αρχή της μη ασυμφωνίας, η οποία απαιτεί ότι εντός της μειοψηφίας των κριτηρίων που δεν ικανοποιούν την παραπάνω σχέση, κανένα από αυτά να μην είναι σε μεγάλο βαθμό εναντίον της.

Αρχικά πρέπει να υπολογιστεί ο δείκτης συμφωνίας για κάθε ζεύγος εναλλακτικών a, b C(a,b). Αν k_j είναι το βάρος του κριτηρίου j, τότε ορίζεται η σχέση της συμφωνίας των δύο εναλλακτικών για κάθε κριτήριο:

$$c(a,b) = \frac{1}{\sum_{j=1}^r k_j} \sum_{j=1}^r k_j c_j(a,b)$$

Όπου:

$$c_j(a,b) = \begin{cases} 1 & g_j(b) - g_j(a) \leq q_j \\ 0 & g_j(b) - g_j(a) \geq p_j \\ \frac{p_j + g_j(a) - g_j(b)}{p_j - q_j} & q_j \leq g_j(b) - g_j(a) \leq p_j \end{cases}$$

Στην συνέχεια υπολογίζεται ο δείκτης ασυμφωνίας για κάθε κριτήριο και κάθε ζεύγος εναλλακτικών a, b $d_j(a,b)$. Για να υπολογιστεί όμως, η ασυμφωνία ανάμεσα σε δύο εναλλακτικές πρέπει να οριστεί πρώτα το κατώφλι veto. Ακόμα και αν μια εναλλακτική a είναι γενικά καλύτερη από μια άλλη b, μπορεί να υπάρχουν κάποια

κριτήρια (ίσως και μόνο ένα) στα οποία η επίδοση της a να είναι χειρότερη από της b σε τέτοιο βαθμό που να μετριάζεται η συνολική προτίμηση για την εναλλακτική a (Rogers 1999). Έτσι η σχέση aSb μπορεί να ανατραπεί αν για οποιοδήποτε κριτήριο j ισχύει $g_j(b) > g_j(a) + v_j$. Ο δείκτης ασυμφωνίας υπολογίζεται ως εξής:

$$d_j(a,b) = \begin{cases} 1, & \text{Av } g_j(a) + v_j \geq g_j(b) \\ 0, & \text{Av } g_j(a) + p_j \leq g_j(b) \\ \frac{g_j(b) - g_j(a) - p_j}{v_j - p_j}, & \text{Διαφορετικά} \end{cases}$$

Τέλος υπολογίζεται ο βαθμός αξιοπιστίας ως :

$$S(a,b) = \begin{cases} C(a,b), & \text{Av } d_j(a,b) \leq C(a,b) \\ C(a,b) * \prod_{j \in J(a,b)} \frac{1 - d_j(a,b)}{1 - C(a,b)}, & \text{Διαφορετικά} \end{cases}$$

Όπου $J(a,b)$ είναι το σύνολο των κριτηρίων για τα οποία ισχύει $d_j(a,b) > C(a,b)$. Η επεξεργασία των αποτελεσμάτων σύμφωνα με την μέθοδο γίνεται με τον ακόλουθο τρόπο: Κατασκευή μιας ολοκληρωμένης κατάταξης Z1, Κατασκευή μιας ολοκληρωμένης κατάταξης Z2, Κατασκευή της μερικής κατάταξης $Z = Z1 \cap Z2$ ως τελικό αποτέλεσμα. Οι κατατάξεις Z1 και Z2 υλοποιούνται μέσω μιας ανιούσας και κατιούσας απόσταξης αντίστοιχα. Έστω

$$\lambda = \max_{a,b \in A} S(a,b)$$

ορίζεται μια τιμή αξιοπιστίας έτσι ώστε μόνο τα $S(a,b)$ που είναι ικανοποιητικά κοντά στην τιμή αυτή να μελετούνται. Πιο συγκεκριμένα μελετούνται τα $S(a,b)$ που είναι ίσα ή μεγαλύτερα του $\lambda - s(\lambda)$, όπου $s(\lambda)$ είναι ένα κατάφλι που πρέπει να οριστεί. Η διαδικασία αυτή αποφέρει μια όχι ακριβή σχέση κατάταξης για την οποία η πιστοποίηση $Q(a)$ για κάθε εναλλακτική μπορεί να υπολογιστεί και ισούται με τον αριθμό των εναλλακτικών που έχουν καλύτερη κατάταξη από την a μείον τον αριθμό των εναλλακτικών που έχουν χειρότερη κατάταξη από την a. (Ασημακόπουλος, Αραμπατζής 2002). Το σύνολο των εναλλακτικών που έχουν την μεγαλύτερη πιστοποίηση ονομάζεται πρώτη απόσταξη Z1. Αν το Z1 περιέχει μία

εναλλακτική η διαδικασία επαναλαμβάνεται στο υπόλοιπο σύνολο A, διαφορετικά η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέσα στο σύνολο Z1 κ.ο.κ.. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται ανιούσα απόσταξη και επαναλαμβάνεται αντίστροφα (ξεκινώντας από το σύνολο των εναλλακτικών που έχουν τη μικρότερη πιστοποίηση) και ονομάζεται κατιούσα απόσταξη (Rogers 2000).

3.8 Επενδύσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια και λήψη αποφάσεων

Με βάση τα στοιχεία που παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο 2 και κατά την παρατήρηση ότι η συνολική τελική κατανάλωση ενέργειας κατά τα τελευταία 35 χρόνια έχει υπερδιπλασιαστεί, σύμφωνα με τα Βασικά Παγκόσμια Στατιστικά Ενέργειας, με περίπου 36% να αντιστοιχούν στον τομέα της οικοδομής και ότι τα κτίρια ευθύνονται για περίπου το 10,14 % των συνολικών εκπομπών CO₂ το 2008 πριν από την κατανομή των εκπομπών από την παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας και περίπου 33,44% μετά την κατανομή των εκπομπών από την παραγωγή ενέργειας (IEA, 2010), είναι εύκολο να συμπεράνουμε ότι πρέπει να ληφθούν μέτρα, για να αντιστραφεί η κατάσταση. Ειδικότερα, πρέπει να διαμορφωθεί ένα περιβάλλον συνθηκών που να ωθεί τους ιδιοκτήτες και τους χρήστες των κτιρίων στο να αναβαθμίσουν την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων τους. Σε μία ολοένα και περισσότερο ανταγωνιστική και ενοποιημένη διεθνή ενεργειακή αγορά, μία σειρά από σημαντικούς παράγοντες θα επηρεάσουν όχι μόνο τις ενεργειακές επιλογές των χρηστών αλλά και το βαθμό και τον τρόπο που χρησιμοποιούνται οι διαφορετικές τεχνολογίες (Gross et al, 2003).

Προκειμένου να μπορούν να ληφθούν αποφάσεις, διάφοροι παράγοντες πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, καθώς μερικοί από αυτούς επηρεάζουν θετικά τη λήψη αποφάσεων ενώ κάποιοι έχουν ιδιαίτερα αρνητικές επιρροές. Οι παράγοντες αυτοί παρουσιάζονται αναλυτικά στις επόμενες επιμέρους ενότητες.

Οφέλη από τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων

Τα οφέλη παρεμβάσεων βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων όπως για παράδειγμα με ανακαινίσεις και βελτιώσεις πρέπει να κρίνονται και να

αξιολογούνται. Υπάρχουν πολλά οφέλη που θα μπορούσαν να φέρουν αυτές οι επενδύσεις, παρά το γεγονός ότι τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα κριτήρια είναι οι οικονομικές αποτιμήσεις και μερικές φορές οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των παρεμβάσεων. Τα οικονομικά οφέλη χρησιμοποιούνται κυρίως για να αποφασιστεί εάν μια επένδυση είναι εφικτή, κερδοφόρα και αν τα παρόντα και μελλοντικά οικονομικά οφέλη είναι αρκετά για την υλοποίηση μιας τέτοιας επένδυσης. Τα άλλα που συνοδεύουν τα οικονομικά οφέλη συνήθως δεν λαμβάνονται υπόψη στις περισσότερες περιπτώσεις, δεδομένου ότι οι επενδύσεις στην ενεργειακή απόδοση θα εξετάζονται και αξιολογούνται από καθαρά επιχειρηματική οικονομική προοπτική. Τα σημαντικότερα οφέλη μπορεί να ταξινομηθούν στις ακόλουθες κατηγορίες:

Οικονομικά Οφέλη: Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι οικονομικής αξιολόγησης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση της οικονομικής βιωσιμότητας των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας, όπως η Καθαρή Παρούσα Αξία, ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης, η αποταμίευση στην αναλογία Επενδύσεων, ο Χρόνος αποπληρωμής (Νικολαΐδης κ.ά. , 2009, Damodaran, 2010). Προκειμένου, όμως, να μετρηθούν τα οικονομικά οφέλη μιας επένδυσης διάφορες παράμετροι έχουν ληφθεί υπόψη καθώς θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε διαφορετικά συμπεράσματα. Για μια πιο σε βάθος ανάλυση, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η ηλικία του κτιρίου που θα μελετηθεί ή οι δαπάνες που σχετίζονται με την ενέργεια. Κατά την εξέταση αυτών των συνθηκών γίνεται μια πιο ακριβής και προσεκτική μελέτη σχετικά με τη σκοπιμότητα μιας παρέμβασης, ενώ αποφεύγονται απαράδεκτα οικονομικά αποτελέσματα (Papadopoulos et al., 2002).

Παράλληλα Οφέλη: Αυτά είναι τα οφέλη που δεν σχετίζονται με την ενέργεια, αλλά είναι συνοδευόμενα οφέλη, όπως, η αυξημένη άνεση διαβίωσης και η ευκολία λειτουργίας, η προστασία από τους εξωτερικούς θορύβους, η πρόσθετη ασφάλεια, τα χαμηλότερα περιστατικά αναπνευστικών νόσων και η βελτιωμένη μίσθωση σε περιπτώσεις ξενοδοχείων (Jakob, 2006). Τα οφέλη είναι δύσκολο να ποσοτικοποιηθούν και αναφέρονται μόνο σε λίγες περιπτώσεις, ιδίως όσον αφορά την οικονομία της κτηματαγοράς. Σε αυτή την περίπτωση τα οφέλη αυτά μπορούν να εκφραστούν σε νομισματικούς όρους.

Οφέλη Εθνικής Οικονομίας: Τα οφέλη αυτά προκύπτουν ως η αποφυγή εξωτερικού κόστους κυρίως μέσω της μείωσης των εκπομπών. Πολλές χώρες, όπως για παράδειγμα οι χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, είχαν δεσμευθεί για μείωση των αερίων του θερμοκηπίου κατά 8% μέχρι το 2012 και πρόσφατα (Παρίσι, συνάντηση

COP, Δεκέμβριος 2015) ανέλαβαν νέες δύσκολες δεσμεύσεις. Σε περίπτωση που δεν συμμορφώνονται με τις δεσμεύσεις, οι κυρώσεις που επιβάλλονται στα κράτη μέλη, σε ορισμένες περιπτώσεις θα μπορούσαν να αποφευχθούν ή τουλάχιστον να μειωθούν με μέτρα ενεργειακής απόδοσης.

Εμπόδια στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων

Οι επενδύσεις σε μέτρα ενεργειακής αποδοτικότητας είναι ο πιο πρόσφορος τρόπος για τη μείωση της ενεργειακής ζήτησης και επομένως τη μείωση των εκπομπών. Παρ' όλα αυτά, υπάρχουν διάφορα εμπόδια που οδηγούν σε μη υλοποίηση των επενδύσεων αυτών παρά το γεγονός ότι σε ορισμένες περιπτώσεις οι επενδύσεις αυτές είναι κερδοφόρες και οικονομικά βιώσιμες. Τα κύρια εμπόδια για την υλοποίηση ενεργειακών επενδύσεων στα κτίρια συνοψίζονται στα ακόλουθα:

Ατελείς Πληροφορίες: Η έλλειψη πληροφοριών σχετικά με τις δυνατότητες ενεργειακής απόδοσης των σχετικών τεχνολογιών. Θα μπορούσε επίσης να σημαίνει ότι υπάρχουν επίπεδα στην ανεπαρκή πληροφόρηση σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας. Όλα τα προαναφερθέντα προβλήματα θα μπορούσαν να οδηγήσουν στη μη επένδυση ή στο να επενδύονται πολύ λίγα στην ενεργειακή απόδοση (Schleich, 2009).

Κρυφό Κόστος: Αποτελείται από δαπάνες που δεν μπορούν εύκολα να παρατηρηθούν ή να ποσοτικοποιηθούν και θα μπορούσε να είναι:

κατώτερη απόδοση των μέτρων ενεργειακής απόδοσης, όπως η διαφορετική ποιότητα φωτισμού που παρέχεται από τους ενεργειακά αποδοτικούς λαμπτήρες, το κόστος παραγωγής, όπως η διακοπή της παραγωγής κατά τη διάρκεια της εγκατάστασης και

τα γενικά έξοδα διαχείρισης ενέργειας, τα οποία "περιλαμβάνουν όλες τις οργανωτικές δαπάνες που συνδέονται με τη δημιουργία και διατήρηση ενός συστήματος διαχείρισης της ενέργειας, επενδύοντας σε ειδικές τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας, καθώς και την εφαρμογή συγκεκριμένων ενεργειακά αποδοτικών επιλογών στο πλαίσιο των ευρύτερων επενδυτικών προγραμμάτων. "

Κίνδυνος και αβεβαιότητα: Το εμπόδιο αυτό μπορεί να αντιπροσωπεύει τόσο οικονομικό όσο και τεχνικό κίνδυνο. Ο οικονομικός κίνδυνος σημαίνει ότι, παρά το γεγονός ότι η επένδυση των μέτρων ενεργειακής απόδοσης θα μπορούσε να έχει χαμηλό οικονομικό κίνδυνο, ο συγκεκριμένος επιχειρηματικός κίνδυνος, ο

κανονιστικός κίνδυνος ή ο γενικός κίνδυνος της οικονομίας θα μπορούσε να οδηγήσει σε απόρριψη μιας τέτοιας επένδυσης. Ο τεχνικός κίνδυνος αντιπροσωπεύει την αβεβαιότητα που προκαλείται από την έλλειψη αξιοπιστίας των ενεργειακά αποδοτικών τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται. Ο κίνδυνος της επένδυσης σε μια τέτοια τεχνολογία θα μπορούσε ενδεχομένως να αντισταθμίσει τα οφέλη από την εξοικονόμηση κόστους (Schleich, 2009).

Πρόσβαση σε κεφάλαια: Το εμπόδιο αυτό αναφέρεται σε περιορισμούς κεφαλαίων από τον επενδυτή. Για να περιγράψουμε αναλυτικά αυτήν την έννοια θα χρησιμοποιήσουμε ένα παράδειγμα από τους Love και Eto (1996): «Το κεφάλαιο που μπορεί να είναι διαθέσιμο μέσω, για παράδειγμα, του χρέους πιστωτικών καρτών (για όσους μπορούν να προμηθευθούν), δεν κάνει διάκριση μεταξύ των αγορών ή των επενδύσεων και είναι γενικά πολύ δαπανηρό σε σύγκριση με άλλες μορφές πίστωσης. Αν ένας καταναλωτής επιθυμεί να αγοράσει ένα ενεργειακά αποδοτικό κομμάτι του εξοπλισμού, η αποτελεσματικότητά του θα πρέπει να μειώσει τον κίνδυνο για το δανειστή (με τη βελτίωση των καθαρών ταμειακών ροών του δανειολήπτη, ένα συστατικό της πιστοληπτικής ικανότητας) και θα πρέπει, όμως, να μειώσει το επιτόκιο, σύμφωνα με τους υποστηρικτές της θεωρίας των εμποδίων της αγοράς ». Αυτό ισχύει επίσης και σε όλους τους τύπους των επενδύσεων αποδοτικότητας και κινδύνου για τις επενδύσεις αυτές.

Κίνητρα και καταλληλότητα

«Τα κίνητρα είναι διασπασμένες συναλλαγές ή ανταλλαγές όπου τα οικονομικά οφέλη της εξοικονόμησης ενέργειας, δεν περιέρχονται στο πρόσωπο που προσπαθεί να τα διατηρήσει" (Golove και Eto, 1996). Το πιο κατάλληλο παράδειγμα για την περιγραφή αυτού του εμποδίου είναι το δίλημμα ιδιοκτήτης - ενοικιαστής ή χρήστης των επενδύσεων. Ούτε οι ιδιοκτήτες ούτε οι ενοικιαστές είναι πρόθυμοι να επενδύσουν σε μέτρα ενεργειακής απόδοσης, δεδομένου ότι οι πρώτοι δεν θα επωφεληθούν από την επένδυση και οι δεύτεροι μπορεί να κινηθούν πριν να επωφεληθούν πλήρως από την επένδυση (SCHEICH, 2009).

Οριακή ορθολογιστική

"Λόγω του περιορισμένου ορθολογισμού υπάρχουν ευκαιρίες για βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης που δεν λαμβάνονται υπόψη ιδιαίτερα, ακόμη και αν υπάρχει πρόσβαση σε τέλεια πληροφόρηση και η διάρθρωση των κινήτρων είναι κατάλληλη". Σε ορισμένες περιπτώσεις, ο ορθολογικός τρόπος ανάλυσης των πληροφοριών που δίνονται δεν χρησιμοποιείται και οι αποφάσεις λαμβάνονται με βάση τη ρουτίνα ή σε άλλες παραμέτρους που δεν σχετίζονται με τα μέτρα για την εξοικονόμηση ενέργειας (SCHEICH, 2009).

3.9 Η Πολυκριτηριακή ανάλυση ως ένα πολύ αποτελεσματικό εργαλείο αξιολόγησης επενδύσεων ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων

Ειδικότερα, για τον κτιριακό τομέα στην Ελλάδα υπάρχουν πολλές μελέτες αξιολόγησης διαφόρων παρεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας που θα μπορούσαν να εφαρμοστούν κυρίως σε κτίρια κατοικιών και ξενοδοχεία στην Ελλάδα. Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης διαφέρουν ανάλογα με την τοποθεσία και τη χρήση των κτιρίων. Ένα γενικό συμπέρασμα είναι ότι, μεταξύ των πιο αποτελεσματικών μεθόδων είναι η αναβάθμιση του φωτισμού, η μόνωση της οροφής του κτιρίου, ο έλεγχος των ενεργειακών ροών, η αύξηση της απόδοσης των συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού και η εγκατάσταση ενός αυτόματου συστήματος ελέγχου θερμοκρασίας (Νικολαΐδης κ.ά., 2009). Η υλοποίηση των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας εξαρτάται από τον διαθέσιμο προϋπολογισμό για τον εξοπλισμό, την οικονομική απόδοση των παρεμβάσεων και το βαθύτερο κίνητρο του επιχειρηματία. Πρέπει να ληφθεί μια ιεραρχία των μέτρων αυτών που λαμβάνονται υπόψη για τη λήψη αποφάσεων οι οποίες πρόκειται να εφαρμοστούν και με ποια σειρά, έως ότου τεθούν και πληρωθούν τα όρια (ως επί το πλείστον τα χρηματοοικονομικά) (Verbeek et al., 2005). Η πολυκριτηριακή ανάλυση και αξιολόγηση των επενδύσεων εξοικονόμησης ενέργειας αποτελεί ένα πολύ αποτελεσματικό εργαλείο τόσο για την υποστήριξη της λήψης αποφάσεων του επιχειρηματία ξενοδόχου, όσο και για την υποστήριξη της λήψης αποφάσεων της πολιτείας για τη θέσπιση του κατάλληλου πλαισίου (θεσμικού και κινήτρων) για την ώθηση των επιχειρηματιών στην υλοποίηση επενδύσεων εξοικονόμησης ενέργειας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο: Αξιολόγηση δράσεων ενεργειακής αναβάθμισης ξενοδοχειακής μονάδας με εφαρμογή της μεθόδου Electre III

4.1 Εισαγωγή ενότητας

Αυτή η ενότητα προτίθεται να δείξει πως η πολυκριτηριακή ανάλυση μπορεί να παρέχει ένα χρήσιμο πλαίσιο για τη δόμηση μιας ολοκληρωμένης ανάλυσης ενεργειακής αναβάθμισης ενός ξενοδοχείου ρίχνοντας φως σε πτυχές που διαφορετικά θα αγνοούνταν σε μία πιο μερική ανάλυση. Παρουσιάζεται μία εφαρμογή του μεθοδολογικού πλαισίου λήψης απόφασης στο επίπεδο της επιλογής του κατάλληλου έργου εξοικονόμησης ενέργειας στον κτιριακό τομέα και ειδικότερα στον ξενοδοχειακό τομέα, όπως αυτό παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 2 μέσα από την μελέτη περίπτωσης ξενοδοχειακής μονάδας στην Ερέτρια. Η μελέτη περίπτωσης αυτή έγινε στα πλαίσια προηγούμενης διπλωματικής που εκπονήθηκε στα πλαίσια της ακαδημαϊκής δραστηριότητας του Εργαστηρίου Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του ΕΜΠ από την Α. Πρεκατέ. Μέσω της διπλωματικής αυτής υλοποιήθηκε μια ενεργειακή επιθεώρηση στο ξενοδοχείο και εντοπίστηκε μια σειρά δράσεων ενεργειακής αναβάθμισης και αξιολογήθηκε η βιωσιμότητά τους. Ο στόχος της παρούσας εργασίας είναι να προχωρήσει ένα βήμα παραπέρα και να αξιολογήσει τις δράσεις αυτές πολυκριτηριακά και να υποστηρίξει τις αποφάσεις της Διοίκησης ενός τέτοιου ξενοδοχείου για την επιλογή των καταλληλότερων δράσεων για την ενεργειακή του αναβάθμιση. Η μέθοδος που έχει επιλεγεί είναι η ELECTRE III. Σύμφωνα με τα στάδια κάθε πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων, ορίστηκε αρχικά η ταυτότητα του υπό μελέτη ξενοδοχείου και το πρόβλημα. Καθορίστηκε το σύνολο των επιλογών που αποτελούν την λύση στο πρόβλημα, επιλέχθηκαν τα κριτήρια αξιολόγησης, προσδιορίστηκαν τα βάρη των κριτηρίων, αναλύθηκαν τα συμπεράσματα και τα αποτελέσματα του πρακτικού μέρους αυτής της διπλωματικής.

4.2 Η σημασία της ενεργειακής αναβάθμισης των κτιρίων και των ξενοδοχειακών μονάδων για την περίπτωση της Ελλάδας

4.2.1 Γενικά

Η Ελλάδα, παρά τον γεωγραφικό της περιορισμό, διαθέτει μία από τις μεγαλύτερες ακτογραμμές του κόσμου (13.676km). Με αριθμό νήσων περί των έξι χιλιάδων και με αναμφισβήτητο μερίδιο στην παγκόσμια αγορά τουρισμού, παρά τη μακρόχρονη οικονομική δυσπραγία, η πατρίδα μας εκπροσωπεί έναν από τους πιο δημοφιλείς προορισμούς, προσφέροντας εκτός των μαγευτικών καλοκαιρινών διακοπών, ελκυστικές προτάσεις για χειμερινό, καθώς και θεματικό τουρισμό καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου. Έχοντας συγκριτικά πλεονεκτήματά, ως γενέτειρα του δυτικού πολιτισμού, με ιστορία τουλάχιστον δέκα χιλιάδων χρόνων, με ζηλευτή φυσική ομορφιά τοπίου, με εξαιρετικά ποικιλόμορφη πανίδα και χλωρίδα, μπορεί να εξαγάγει ένα τουριστικό προϊόν, τόσο πολύπλευρο και ανταγωνιστικό ώστε να καταστεί από μόνο του ως ένας από τους πιο σημαντικούς πυλώνες ανάπτυξης της παραπαίουσας οικονομίας της. Συνάμα όμως, μία ακμάζουσα τουριστική ανάπτυξη πρέπει να συμβαδίζει με τη διαφύλαξη της περιβαλλοντικής, κοινωνικής και πολιτιστικής κληρονομιάς, ώστε να καθίσταται βιώσιμη. Η επιτακτική αυτή αναγκαιότητα έχει χαρακτηριστεί ως ζωτικής σημασίας από όλους τους φορείς, για την ευημερία της ίδιας της βιομηχανίας του τουρισμού, η οποία άλλωστε αντλεί την δύναμή της από πηγές εύθραυστες και δυναμικά μεταβαλλόμενες όπως το περιβάλλον, η ιστορία και ο πολιτισμός. Η ανθρωπογενής όμως δραστηριότητα έναντι των προαναφερθέντων αυτών πηγών, αποδεικνύεται νόμισμα με δύο όψεις. Αφενός συνεισφέρει στην οικονομική προκοπή μιας περιοχής δημιουργώντας θέσεις εργασίας, εισροή συναλλάγματος και παράπλευρες δραστηριότητες, όμως από την άλλη δημιουργεί περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιβαρύνσεις, που συχνά εμποδίζουν την ομαλή λειτουργία της εγγενούς κοινωνίας. Δεν αποτελεί πρωτοτυπία το ότι σε παγκόσμια κλίμακα η ραγδαία, χωρίς μελέτη ή η λανθασμένη ανάπτυξη του τουρισμού, να μεν επιφέρει προσωρινά οικονομικά οφέλη, αλλά μακροπρόθεσμα, οδηγεί σε χαμηλής ποιότητας τουριστική δραστηριότητα, με ό,τι αυτό συνεπάγεται.

Προς αποφυγή της παραπάνω εξέλιξης, ο παγκόσμιος οργανισμός τουρισμού, έχει θεσπίσει δείκτες για τη βιωσιμότητα της βιομηχανίας του. Στη βάση εθελοντικών

πρακτικών που αποσκοπούν στην βελτίωση της απόδοσης της επιχείρησης στον τομέα του περιβάλλοντος, εργοδότες, ενώσεις και συνδικάτα έχουν ενώσει τις δυνάμεις τους προς αυτόν το σκοπό. Οι δε κατά τόπους πληθυσμοί, συμμετέχουν σε εκστρατείες ενάντια στις περιβαλλοντικές αλλοτριώσεις απαιτώντας φωνή και ενεργό ρόλο στη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Το ίδιο όμως φαίνεται να συμβαίνει και με μία ικανή μερίδα καταναλωτών, οι οποίοι ορμώμενοι από την περιβαλλοντική ευαισθησία τους, διατίθενται να πληρώσουν επιπλέον ασφάλιστρα για υπηρεσίες που διασφαλίζουν την οικολογική βιωσιμότητα. Δεδομένου αυτού λοιπόν, γίνεται ευκόλως αντιληπτό ότι η ενεργειακή και περιβαλλοντική αναβάθμιση της ενεργειακής συμπεριφοράς ιδιαίτερα των τουριστικών κτιριακών υποδομών είναι σήμερα το μέλημά μας για ένα πολλά υποσχόμενο αύριο.

4.2.2 Υπάρχουσα κατάσταση

Από την άλλη, με την έγκριση του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.ΕΝ.Α.Κ.) τον Απρίλιο του 2010, η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και ειδικότερα των ξενοδοχειακών μονάδων αποτελεί πλέον όχι μόνο ανάγκη αλλά και υποχρέωση των ιδιοκτητών έναντι στο νόμο. Σκοπός του πλαισίου κανόνων του ΚΕΝΑΚ είναι η μείωση της κατανάλωσης της συμβατικής ενέργειας στα κτίρια μέσω του αποδοτικού ενεργειακού σχεδιασμού τους και της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας. Τα οφέλη είναι πολλά:²¹

αύξηση της οικονομικής αποδοτικότητας και κερδοφορίας των ξενοδοχείων από την εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας σε αυτά.

διατήρηση και βελτίωση των παραμέτρων της ασφάλειας και της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών εντός των ξενοδοχειακών μονάδων.

βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος, μέσω της μείωσης των επιπτώσεων από τη δράση των ξενοδοχειακών μονάδων προς αυτό.

²¹ Περδίδος, Σ., (2005), Οικονομική αξιολόγηση επεμβάσεων για Εξοικονόμηση Ενέργειας, Αθήνα: Τεκδοτική.

έλεγχος του συνολικού λειτουργικού ενεργειακού κόστους των ξενοδοχειακών μονάδων και όχι απλά της ποσότητας καυσίμων που καταναλώνεται στις διάφορες λειτουργίες.

Από τότε έχουν πραγματοποιηθεί πολλές ενεργειακές επιθεωρήσεις σε ξενοδοχειακές μονάδες με σκοπό την βελτίωση της ενεργειακής τους διαχείρισης και της αύξηση της ενεργειακής τους απόδοσης. Παρόλο αυτά αποφάσισα να κάνω την ανάλυση στην ξενοδοχειακή μονάδα που έχει μελετηθεί μέσω της ενεργειακής επιθεώρησης στην διπλωματική της Πρεκατέ για τους εξής δύο λόγους:

Πρώτον, επειδή ήταν διαθέσιμες όλες οι πληροφορίες που αφορούν τις πιθανές διορθωτικές δράσεις με σκοπό την ενεργειακή αναβάθμιση της μονάδας και τα κόστη τους καθιστώντας τον ορισμό των εναλλακτικών σεναρίων επιλογών ευκολότερο.

Δεύτερον, ήταν από τα έργα που συνέκριναν τις διάφορες δράσεις των εναλλακτικών τρόπων ενεργειακής αναβάθμισης (δράσεις για το κτιριακό κέλυφος, δράσεις για τον φωτισμό, δράσεις θέρμανσης/ψύξης/ZNX, γενικές δράσεις) και αφορούν τον ξενοδοχειακό τομέα, έναν τομέα με συνεχή δυναμική πορεία στην Ελλάδα.

Πραγματοποίησα παρακάτω μια σύντομη αναδρομική ανάλυση προκειμένου να διευκρινιστούν οι παράγοντες που ευνόησαν την επιβεβαίωση των εναλλακτικών σεναρίων επιλογών καθώς και τα μειονεκτήματα και τα πλεονεκτήματα κάθε επιλογής.

4.2.3 Αναδρομική ανάλυση: Η περίπτωση της ξενοδοχειακής μονάδας στην Ερέτρια

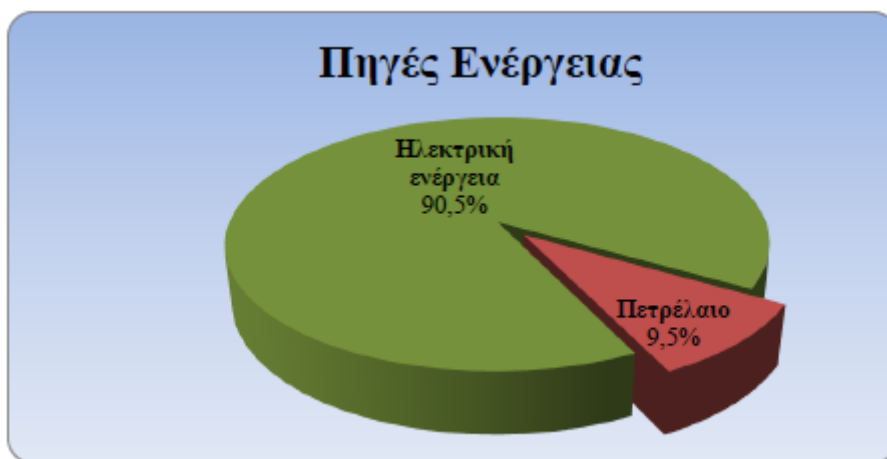
Το ξενοδοχείο που έχει επιλεγεί είναι ένα ξενοδοχειακό συγκρότημα στην Ερέτρια, στο Νομό Εύβοιας. Το ξενοδοχείο παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον λόγω του μεγέθους του μιας και αποτελείται από τέσσερα επιμέρους κτίρια. Το ενεργειακό του προφίλ, δηλαδή η ενεργειακή επιθεώρηση, οι ενεργειακές καταναλώσεις αλλά και

οι προτεινόμενες λύσεις έχουν παρουσιαστεί.

Όπως διαπιστώθηκε από την ενεργειακή επιθεώρηση υπάρχει μεγάλη ανάγκη για ενεργειακή αναβάθμιση. Η ενεργειακή διαχείριση και επένδυση της μονάδας αποτελεί αποκλειστική ευθύνη της διοίκησης της. Σύμφωνα με την επιθεώρηση, το ξενοδοχείο έχει καταταχθεί στην κλάση Β οριακά, με τιμή κοντά στην κλάση Γ. Οι καταναλώσεις ΗΕ ανά είδος φορτίου για το ξενοδοχειακό συγκρότημα αλλά και η κατανομή χρήσης των δύο πηγών ενέργειας (ηλεκτρισμός και πετρέλαιο) που χρησιμοποιεί φαίνονται στους πίνακες που ακολουθούν:

Πίνακας 4.1: Κατανομή καταναλώσεων ΗΕ ανά είδος φορτίου (Πηγή: Πρεκατέ)

Τύπος φορτίου	Ετήσια Καταναλισκόμενη Ενέργεια [kWh]	Ποσοστό [%]
Φωτισμός	13.899,4	2,9%
Φορτία Μαγειρείου+Ψυγεία	72.991,1	15,2%
Θέρμανση/Ψύξη	332.028	69,1%
Φορτία Καθαρισμού	18.365,5	3,8%
Ανελκυστήρας	1.498	0,3%
Συσκευές Δωματίων+Ψυγεία	41.601,6	8,7%



Διάγραμμα 4.1: Κατανομή Χρήσης Πηγών Ενέργειας

Από τα παραπάνω έχει προκύψει ότι το ξενοδοχειακό συγκρότημα καταναλώνει για θέρμανση και ψύξη ΗΕ σε ποσοστό 69,1% που είναι πολύ υψηλότερο σε σχέση τους άλλους τύπους φορτίου δηλαδή τον φωτισμό, τα φορτία μαγειρείου και ψυγεία, τα φορτία καθαρισμού, τα φορτία ανελκυστήρα ή τις συσκευές των δωματίων και τα μίνι μπαρς. Η κατανάλωση στο φωτισμό αποτελεί το 2,9% της συνολικής κατανάλωσης ρεύματος στο ξενοδοχειακό συγκρότημα. Έχει προκύψει επίσης ότι το ξενοδοχείο είναι ανεπαρκώς θερμομονωμένο και ενεργοβόρο, με συντελεστή θερμικής περατότητας αρκετά υψηλότερο από το μέσο επιτρεπόμενο συντελεστή. Ελλιπής θερμομόνωση έχει εντοπιστεί σε όλες τις όψεις των κτιρίων, στα δάπεδα και στους υαλοπίνακες, ενώ η οροφή των κτιρίων είχε ικανοποιητικό συντελεστή θερμοπερατότητας. Αξίζει να τονισθεί ότι το πετρέλαιο αποτελεί μόνο το 9,5% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας, ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό 90,5% καλύπτεται από ηλεκτρική ενέργεια.

Παράλληλα, έχουν προταθεί εναλλακτικές δράσεις τόσο για την αντιμετώπιση των υπάρχοντων ενεργειακών προβλημάτων όσο και για την βελτιστοποίηση της ενεργειακής αποδοτικότητας των κτιρίων του συγκροτήματος. Οι δράσεις έχουν επιλεγεί με βάση τον εξοπλισμό που διαθέτει το ξενοδοχείο αλλά και τα χαρακτηριστικά των κτιρίων από τα οποία αποτελείται. Οι δράσεις αυτές έχουν αξιολογηθεί μεμονωμένα με βάση υπολογισμούς που έχουν γίνει για την εκτιμώμενη ενεργειακή εξοικονόμηση και το άμεσο οικονομικό όφελος σε ετήσια βάση και με βάση τα κριτήρια της ΚΠΑ, ΕΒΑ, ΕΠΑ. Χωρίζονται σε πέντε κατηγορίες που αφορούν τις δράσεις για τον φωτισμό, τις δράσεις για το κτιριακό κέλυφος, τις

δράσεις για θέρμανση/ψύξη/ZNX, τις γενικές δράσεις και τις δράσεις μηδενικού αρχικού κόστους:

Δράσεις για τον φωτισμό

Αντικατάσταση ηλεκτρονικών διατάξεων έναυσης (ballast)

Αντικατάσταση Λαμπτήρων φθορισμού T8 με T5

Αντικατάσταση των λαμπτήρων με LED

Εγκατάσταση φωτοηλεκτρικών αισθητήρων κίνησης

Καθαρισμός λαμπτήρων

Χρήση ροοστατών στα φωτιστικά

Δράσεις για το κτιριακό κέλυφος

Αντικατάσταση Υαλοπινάκων

Εφαρμογή Εξωτερικής Θερμομόνωσης

Εφαρμογή Θερμομονωτικής και Ανακλαστικής Βαφής

Προσθήκη Ψευδοροφών

Δενδροφύτευση όψεων

Δράσεις Θέρμανσης/Ψύξης/ZNX

Εγκατάσταση Αντλιών Θερμότητας

Εγκατάσταση Αυτοματισμών

Εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών για ZNX

Εγκατάσταση Συστήματος BEMS για θέρμανση και ψύξη

Εφαρμογή μόνωσης σωλήνων ζεστού νερού

Αντικατάσταση κυκλοφορητών

Αντικατάσταση Λέβητα και Καυστήρα πετρελαίου με βιοκαύσιμα

Συντήρηση Κεντρικού Συστήματος θέρμανσης/ψύξης

Γενικές Δράσεις

Κεντρική Εγκατάσταση Συστήματος BEMS

Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πλαισίων

Αντικατάσταση ψυγείων στο μαγειρείο

Αντικατάσταση ψυγείων στα δωμάτια

Γενική ενημέρωση πελατών με έντυπα φυλλάδια

Δράσεις Μηδενικού Αρχικού Κόστους

Εκμετάλλευση εξωτερικού φωτισμού

Ρύθμιση θερμοκρασίας ψυκτικού μέσου στα ανώτερα επίπεδα

Σωστή τοποθέτηση ψυγείων
Μείωση θερμοκρασίας λειτουργίας πλυντηρίου
Σωστή χρήση ηλεκτρικής κουζίνας
Ενημέρωση προσωπικού για περιβαλλοντική πολιτική

4.3 Δόμηση του προβλήματος

Αξίζει να σημειωθεί, ότι για την συνέχιση της παρούσας μελέτης ακολουθούνται τα βήματα της πολυκριτηριακής ανάλυσης όπως παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο τα οποία και επισημαίνονται (μαζί με τα χαρακτηριστικά τους).

4.3.1 Στόχοι Διοίκησης

Στην παρούσα φάση προκύπτει η ανάγκη να διευκρινιστούν οι στόχοι της διοίκησης του ξενοδοχειακού συγκροτήματος μέσω της εφαρμογής των προτεινόμενων δράσεων.

Η διοίκηση του ξενοδοχείου, που ασκείται από τους ιδιοκτήτες του, υποχρεούται πρωτίστως να βελτιώσει την ενεργειακή αποδοτικότητα της μονάδας τους, όπως ορίζει ο ΚΕΝΑΚ. Στόχος της είναι δηλαδή η συμμόρφωση με τις απαιτήσεις της νομοθεσίας και του πλαισίου κανόνων, η οποία θα επιτευχθεί μόνο από ένα σύνολο/συνδυασμό δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας. Παράλληλα, οι ιδιοκτήτες ενδιαφέρονται τόσο για την αύξηση της αξίας της περιουσίας τους όσο και του ονόματος της μονάδας τους. Με την ενεργειακή αναβάθμιση του ξενοδοχείου τους έχουν ως στόχο την προσέλκυση τουριστών ευαισθητοποιημένων σε θέματα περιβαλλοντικά. Η επιχείρηση θα έχει έτσι την δυνατότητα να προσεγγίσει τον

ολοένα και αυξανόμενο όγκο τουριστών, που αναζητούν πράσινες τουριστικές υπηρεσίες. Με αυτόν τον τρόπο αφενός θα καταφέρουν να αυξήσουν την ανταγωνιστικότητά τους, αφετέρου θα επεκτείνουν τον έλεγχό τους στην περιοχή της Ερέτριας. Μια άλλη πτυχή που πρέπει να σημειωθεί και αξίζει να ληφθεί υπόψη είναι η εξής: Υπάρχει γενικά η αίσθηση ότι οι κωμοπόλεις διαφοροποιούνται σε σχέση με τις πόλεις, επειδή δεν είναι εφοδιασμένες με υψηλό επίπεδο υπηρεσιών. Με την εφαρμογή των ενεργειακών διορθωτικών δράσεων, οι ιδιοκτήτες θεώρησαν πως θα συμβάλλουν γενικά και στην αναβάθμιση της περιοχής.

Οι βασικότεροι στόχοι τους όμως είναι οικονομικής φύσεως. Επιδιώκουν κυρίως το έργο της αναβάθμισης να αποδώσει οικονομικά αποπληρώνοντας την αρχική τους επένδυση. Επίσης, κύριος στόχος τους είναι η ελαχιστοποίηση του ρίσκου της επένδυσης, που μπορούν να επιφέρουν οι αλλαγές στο περιβάλλον του ανταγωνισμού, η διατήρηση της ζήτησης των υπηρεσιών από τους πελάτες, καθώς και η εξέλιξη των μελλοντικών τιμών της ενέργειας με τις οποίες έχουν υπολογιστεί οι αποδόσεις των διαφόρων επιλογών.

Συνοψίζοντας οι στόχοι τους αφορούν δύο διαστάσεις και μπορούν να οριστούν οι εξής:

Οικονομική διάσταση: αύξηση της οικονομικής απόδοσης της επένδυσης και αποφυγή ρίσκου σχετικά με την αποπληρωμή της επένδυσης.

Περιβαλλοντική διάσταση: Ικανοποίηση πελάτη/ Αύξηση της αξίας του ξενοδοχείου.

1^ο στάδιο: Αντικείμενο απόφασης (διακριτό σύνολο εναλλακτικών-προβληματική τύπου γ)

4.3.2 Εναλλακτικά σενάρια επιλογών

Ο καθορισμός των εναλλακτικών σεναρίων επιλογών έγινε σύμφωνα με τους στόχους των ιδιοκτητών-αποφασιζόντων όπως παρουσιάστηκαν παραπάνω αλλά και βάσει των παρατηρήσεων από την ενότητα της αναδρομικής ανάλυσης.

Προκύπτει πως για την διαμόρφωση των σεναρίων θα χρησιμοποιηθούν μόνο οι δράσεις που είναι οικονομικά βιώσιμες. Οι δράσεις θα επιλεγούν βάσει της φύσης τους, ώστε να είναι από τις τρεις κατηγορίες του φωτισμού, θέρμανσης/ψύξης/ZNX και του κτιριακού κελύφους καθώς για αυτές τις κατηγορίες έχουμε στοιχεία κόστους. Παράλληλα, τουλάχιστον μία από τις δράσεις για θέρμανση/ψύξη/ZNX θα χρησιμοποιηθεί σε κάθε σενάριο μιας και εκεί υπάρχουν οι μεγαλύτερες καταναλώσεις ενέργειας με ποσοστό 69,1%. Οι δράσεις έχουν επιλεγεί με βάση το διαθέσιμο κεφάλαιο του επενδυτή-ιδιοκτήτη και προέκυψε βάσει του προϋπολογισμού του για το επόμενο έτος. Ανέρχεται στο ύψος των 70.000 ευρώ.

Τέλος αξίζει να σημειωθεί, ότι οι δράσεις 3 και 4 καθώς και οι 5 και 6 είναι ανταγωνιστικές και η υλοποίηση της μιας αποκλείει την υλοποίηση της άλλης. Επομένως μόνο μία από τις δύο χρησιμοποιήθηκε στο κάθε σενάριο:

Ισοδύναμες δράσεις:

4. Αντικατάσταση όλων των υαλοπινάκων

3. Αντικατάσταση υαλοπινάκων με τα ξύλινα κουφώματα

και

5. Εφαρμογή θερμομονωτικής και αντανακλαστικής βαφής στις βορειοδυτικές και νοτιοδυτικές όψεις

6. Εφαρμογή θερμομονωτικής και αντανακλαστικής βαφής σε όλες τις όψεις των κτιρίων

Οι δράσεις που έχουν καταστεί βιώσιμες παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 4.2: Βιώσιμες δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας

Αριθμός δράσης	Δράση	Κόστος παρέμβασης (€)	Προβλεπόμενη εξοικονόμηση (kWh/έτος)	Εξοικονομούμενα χρήματα (€)	Διάρκεια ζωής (έτη)
1	Αντικατάσταση λαμπτήρων οικονομίας και φθορισμού με LED	8.500	6.860	566,6	30
2	Χρήση ροοστατών στα φωτιστικά στους κοινόχρηστους χώρους και στα δωμάτια	1.410	4.116	339,9	20
3	Αντικατάσταση υαλοπινάκων με τα ξύλινα κουφώματα	20.075	27.662	2.473,1	30
4	Αντικατάσταση όλων των υαλοπινάκων	41.921	31.118	2.904,8	30
5	Εφαρμογή θερμομονωτικής και αντανακλαστικής βαφής στις βορειοδυτικές και νοτιοδυτικές όψεις	4.246	5.494	593,2	30

6	Εφαρμογή θερμομονωτικής και αντανακλαστικής ς βαφής σε όλες τις όψεις των κτιρίων	10.485	13.157	1.505	30
---	---	--------	--------	-------	----

Τα σενάρια εναλλακτικών επιλογών όπως τελικά διαμορφώθηκαν αναλύονται παρακάτω:

Σενάριο 1ο: Συνδυασμός των δράσεων (2,3,6,7).

Ειδικότερα, 1 δράσης για τον φωτισμό, 2 για κτιριακό κέλυφος, 1 δράσης θέρμανσης/ψύξης/ZNX

Το σενάριο 1^ο περιλαμβάνει:

2. Χρήση ροοστατών στα φωτιστικά στους κοινόχρηστους χώρους και στα δωμάτια
3. Αντικατάσταση υαλοπινάκων με τα ξύλινα κουφώματα
6. Εφαρμογή θερμομονωτικής και αντανακλαστικής βαφής σε όλες τις όψεις των κτιρίων
7. Εγκατάσταση αντλιών θερμότητας

Σενάριο 2ο: Συνδυασμός των δράσεων(10,9,7,6,2,1).

Ειδικότερα, 2 δράσεων για φωτισμό, 2 για κτιριακό κέλυφος, 3 για θέρμανση/ψύξη/ZNX

Το 2^ο σενάριο περιλαμβάνει:

1. Αντικατάσταση λαμπτήρων οικονομίας και φθορισμού με LED
2. Χρήση ροοστατών στα φωτιστικά στους κοινόχρηστους χώρους και στα δωμάτια
6. Εφαρμογή θερμομονωτικής και αντανακλαστικής βαφής σε όλες τις όψεις

των κτιρίων

7. Εγκατάσταση αντλιών θερμότητας
9. Εφαρμογή μόνωσης σωλήνων ζεστού νερού
10. Αντικατάσταση λέβητα και καυστήρα πετρελαίου με βιοκαύσιμα

Σενάριο 3ο: Συνδυασμός των δράσεων(1,2,6,7,8,9).

Ειδικότερα, 2 δράσεων για φωτισμό, 1 για κτιριακό κέλυφος, 3 για θέρμανση/ψύξη/ZNX

1. Αντικατάσταση λαμπτήρων οικονομίας και φθορισμού με LED
2. Χρήση ροοστατών στα φωτιστικά στους κοινόχρηστους χώρους και στα δωμάτια
6. Εφαρμογή θερμομονωτικής και αντανακλαστικής βαφής σε όλες τις όψεις των κτιρίων

7. Εγκατάσταση αντλιών θερμότητας
8. Εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών για ZNX
9. Εφαρμογή μόνωσης σωλήνων ζεστού νερού

Σενάριο 4ο: Συνδυασμός των δράσεων (9,7,6,3)

Ειδικότερα, 2 για κτιριακό κέλυφος, 2 για θέρμανση/ψύξη/ZNX

3. Αντικατάσταση υαλοπινάκων με τα ξύλινα κουφώματα
6. Εφαρμογή θερμομονωτικής και αντανακλαστικής βαφής σε όλες τις όψεις των κτιρίων

7. Εγκατάσταση αντλιών θερμότητας
9. Εφαρμογή μόνωσης σωλήνων ζεστού νερού

Σενάριο 5ο: Συνδυασμός των δράσεων (10,8,7,5,2,1)

Ειδικότερα, 2 δράσεων για φωτισμό, 1 για κτιριακό κέλυφος, 3 για

θέρμανση/ψύξη/ZNX

1. Αντικατάσταση λαμπτήρων οικονομίας και φθορισμού με LED
2. Χρήση ροοστατών στα φωτιστικά στους κοινόχρηστους χώρους και στα δωμάτια
5. Εφαρμογή θερμομονωτικής και αντανακλαστικής βαφής στις βορειοδυτικές και νοτιοδυτικές όψεις
7. Εγκατάσταση αντλιών θερμότητας
8. Εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών για ZNX
10. Αντικατάσταση λέβητα και καυστήρα πετρελαίου με βιοκαύσιμα

Σενάριο 6ο : Συνδυασμός των δράσεων (10,7,5,3)

Ειδικότερα, 2 για κτιριακό κέλυφος, 2 για θέρμανση/ψύξη/ZNX

3. Αντικατάσταση υαλοπινάκων με τα ξύλινα κουφώματα
5. Εφαρμογή θερμομονωτικής και αντανακλαστικής βαφής στις βορειοδυτικές και νοτιοδυτικές όψεις
7. Εγκατάσταση αντλιών θερμότητας
10. Αντικατάσταση λέβητα και καυστήρα πετρελαίου με βιοκαύσιμα

Σενάριο 7ο: Συνδυασμός των δράσεων (10,9,7,3)

Ειδικότερα, 1 για κτιριακό κέλυφος, 3 για θέρμανση/ψύξη/ZNX

3. Αντικατάσταση υαλοπινάκων με τα ξύλινα κουφώματα
7. Εγκατάσταση αντλιών θερμότητας
9. Εφαρμογή μόνωσης σωλήνων ζεστού νερού
10. Αντικατάσταση λέβητα και καυστήρα πετρελαίου με βιοκαύσιμα

Σενάριο 8ο: Συνδυασμός των δράσεων (8,7,3,2)

Ειδικότερα, 1 δράσης για φωτισμό, 1 για κτιριακό κέλυφος, 2 για θέρμανση/ψύξη/ZNX

2. Χρήση ροοστατών στα φωτιστικά στους κοινόχρηστους χώρους και στα δωμάτια

3. Αντικατάσταση υαλοπινάκων με τα ξύλινα κουφώματα

7. Εγκατάσταση αντλιών θερμότητας

8. Εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών για ZNX

Οι εναλλακτικές τελικά παρουσιάζονται στον πίνακα:

Πίνακας 4.3: Σχηματισμός εναλλακτικών σεναρίων επιλογών

Αριθμός δράσης	Κόστος παρέμβασης (€)	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3	Σενάριο 4	Σενάριο 5	Σενάριο 6	Σενάριο 7	Σενάριο 8
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
1	8.500		8.500	8.500		8.500			
2	1.410	1.410	1.410	1.410		1.410			1.410
3	20.075	20.075			20.075		20.075	20.075	20.075
4	41.921								
5	4.246					4.246	4.246		
6	10.485	10.485	10.485	10.485	10.485				
7	38.000	38.000	38.000	38.000	38.000	38.000	38.000	38.000	38.000
8	10.000			10.000		10.000			10.000
9	1.200		1.200	1.200	1.200			1.200	
10	7.200		7.200			7.200	7.200	7.200	
Συνολικό κόστος παρέμβασης (€)		69.970	66.795	69.595	69.760	69.356	69.521	66.475	69.485

4.3.3 Ορισμός των εμπλεκομένων στη διαδικασία

Η επιλογή των εμπλεκομένων στη διαδικασία της αξιολόγησης των σεναρίων αναβάθμισης θα μπορούσε να περιλαμβάνει όλους όσους συνέβαλαν στην συλλογή πληροφοριών που χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία. Παρόλο αυτά ως εμπλεκόμενα μέρη της διαδικασίας επιλέχτηκαν αυτοί που θεωρήθηκε ότι σχετίζονται περισσότερο με τη λήψη της απόφασης στο παρόν στάδιο μελέτης της μονάδας. Αυτοί είναι:

Οι ιδιοκτήτες ξενοδοχειακών μονάδων.

Στάδιο 2^ο: συνεπής οικογένεια κριτηρίων

4.3.4 Κριτήρια

4.3.4.1 Η επιλογή των κριτηρίων απόφασης

Να τονίσουμε πως δεν εφαρμόζεται κοινωνική πολυκριτηριακή αξιολόγηση και όλη η ανάλυση είναι βασισμένη στα κριτήρια με αποφασίζοντες τους ιδιοκτήτες.

Κριτήρια επιλογής για τους αποφασίζοντες- ιδιοκτήτες

Τα κριτήρια δείχνουν σε ποιο βαθμό κάθε εναλλακτική βοηθά τους ιδιοκτήτες να πετύχουν τους στόχους τους και προκύπτουν άμεσα από αυτούς. Στην περίπτωση μας θα ανήκουν σε δύο διαστάσεις: οικονομική και περιβαλλοντική.

Προκειμένου να ορίσω τα κριτήρια απόφασης και τους συντελεστές βαρύτητας, διεξήγαγα συνεντεύξεις με ιδιοκτήτες ξενοδοχειακών μονάδων αντίστοιχων μεγεθών με το υπό μελέτη ξενοδοχειακό συγκρότημα αλλά και αντίστοιχης πληρότητας και κατηγορίας (αστέρων), οι οποίοι ρωτήθηκαν ποιούς παράγοντες θεωρούν σημαντικούς κατά την επιλογή μεταξύ διαφορετικών επενδυτικών προτάσεων για την αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας των ξενοδοχείων τους. Οι συνεντεύξεις ήταν απαραίτητες και χρήσιμες όχι μόνο για να καθοριστούν ποια ήταν τα σημαντικά κριτήρια αξιολόγησης επενδύσεων σύμφωνα με

τους αποφασίζοντας αλλά και για να πάρουμε πληροφορίες σχετικά με την απόδοση της κάθε εναλλακτικής λύσης σύμφωνα με τα διαφορετικά κριτήρια.

Μεγάλο μέρος των ερωτηθέντων θεώρησαν πολύ σημαντική την εικόνα του ξενοδοχείου τους και ειδικότερα την αξία διαφήμισης της μονάδας τους ως «πράσινη» μιας και σε μεγάλο ποσοστό το κοινό στο οποίο απευθύνονται οι υπηρεσίες των ξενοδοχειακών μονάδων στην Ελλάδα, έχει ιδιαίτερα ανεπτυγμένη περιβαλλοντική συνείδηση αλλά και λόγω του μεγάλου ανταγωνισμού μεταξύ των υπαρχουσών μονάδων.

Η οικονομική απόδοση της επένδυσης και το ρίσκο της επένδυσης ήταν δυο από τα σημαντικότερα κριτήρια καθώς αναφέρθηκαν σχεδόν από όλα τα εμπλεκόμενα μέρη. Η πλειοψηφία εξέφρασε μεγάλο φόβο σχετικά με την αποπληρωμή της επένδυσης, ειδικότερα σε μια περίοδο έλλειψης πολιτικής σταθερότητας της χώρας. Ωστόσο, η μειοψηφία δήλωσε ότι σημαντικό γι αυτούς ήταν να ζουν σε ένα υγιές μέρος και έτσι αποφάσισαν περισσότερο με βάση τον παράγοντα της προστασίας του περιβάλλοντος και όχι τον οικονομικό.

Ένας από τους ιδιοκτήτες δήλωσε ότι δεν εμπιστεύεται τα φωτοβολταϊκά συστήματα ακόμη και αν ήταν φθηνότερα γιατί άλλα θέματα όπως η ασφάλεια εφοδιασμού ήταν πιο σημαντικά γι αυτόν. Με άλλα λόγια, το κόστος, η οικονομική αποδοτικότητα αλλά και ο φόβος σχετικά με τον χρόνο αποπληρωμής της επένδυσης εξοικονόμησης ήταν σημαντικά για τους ιδιωτικούς φορείς οι οποίοι είχαν περιορισμένο ποσό χρηματοοικονομικών μέσων. Σε κάθε περίπτωση αν η τιμή μίας εκ των επιλογών ήταν πολύ υψηλότερη από την άλλη, δεν θα ήταν δυνατόν να δοθούν τα χρήματα για την συγκεκριμένη επένδυση από τους ιδιοκτήτες. Έτσι πρώτα από όλα αποφασίστηκε για την συγκεκριμένη μονάδα από τους ιδιοκτήτες το ποσό που ήταν διατεθειμένοι να διαθέσουν στις δράσεις εξοικονόμησης. Το ποσό αυτό ορίστηκε με βάση τον προϋπολογισμό που είχε συνταχθεί για το επόμενο έτος και αφορά τις προωθητικές-διαφημιστικές ενέργειες της μονάδας και ορίζεται στις 70.000ευρώ.

Ωστόσο, ακόμη και αν χρησιμοποιήσα τις πληροφορίες που λήφθηκαν μέσω των συνεντεύξεων κατά την διάρθρωση του προβλήματος, εγώ ήμουν αυτή που επέλεξα τις εναλλακτικές λύσεις και όρισα το τελικό σύνολο των κριτηρίων για τις ανάγκες της μελέτης αυτής. Στην περίπτωση μας, ένας πρόσθετος λόγος να μην αντλήσουμε το σύνολο των κριτηρίων απευθείας από τη συμμετοχή είναι ότι παρόλο που οι ομάδες ατόμων ήταν όμοιες, αποκαλύφθηκαν δισταύμενες προτιμήσεις ακόμη

και μεταξύ των ατόμων που ανήκουν στον ίδιο ξενοδοχειακό όμιλο, γεγονός που καθιστά αναγκαίο να επιλεγούν τα κριτήρια που αντιπροσωπεύουν την άποψη της πλειοψηφίας εντός κάθε ομάδας. Σημειώνεται επίσης πως δεν ελήφθη υπόψη η επιβάρυνση στο περιβάλλον κατά το στάδιο της εγκατάστασης των νέων συστημάτων, γιατί αυτή είναι παροδική και περιορισμένης χρονικής κλίμακας. Τα κριτήρια που επιλέχθηκαν για την εφαρμογή της πολυκριτηριακής Ανάλυσης είναι αυτά που έχουν χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση επενδύσεων ενεργειακής αναβάθμισης κτιριακού τομέα.

Στη συνέχεια της ενότητας, θα παρουσιαστούν τα σχετικά κριτήρια καθώς και θα εξηγηθεί η σημασία τους για την επιλογή μεταξύ των διαφορετικών δράσεων ενεργειακής αναβάθμισης και εξοικονόμησης.

4.3.4.2 Κριτήρια για την επιλογή των δράσεων ενεργειακή αναβάθμιση της μονάδας της Ερέτριας

Η αξιολόγηση των εναλλακτικών σεναρίων θα βασιστεί τελικά σε τέσσερα (4) κριτήρια, όπως παρουσιάζονται παρακάτω:

Οικονομική διάσταση

Κριτήριο C1: Οικονομικό: Ως οικονομικό κριτήριο ορίζεται η καθαρή παρούσα αξία της επένδυσης.

Κριτήριο C2: Οικονομικό: Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης.

Κριτήριο C3: Οικονομικό: Η έντοκη περίοδος αποπληρωμής.

Καθαρή παρούσα αξία ²²

²² Ευρετήριο οικονομικών όρων

Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) είναι το άθροισμα των παρούσων αξιών των εισερχόμενων και εξερχόμενων ταμειακών ροών κατά τη διάρκεια μιας χρονικής περιόδου. Μετράει το πλεόνασμα ή την έλλειψη ταμειακών ροών, σε όρους παρούσας αξίας, σε σχέση με το κόστος κεφαλαίων (cost of funds) που χρησιμοποιήθηκαν για μια επένδυση. Ο τύπος υπολογισμού της είναι:

$$NPV = -C_{in} + \sum_{t=1}^N \frac{F_t}{(1+d)^t} + \frac{SV_N}{(1+d)^N}$$

Όπου

C_{in} αρχική επένδυση,

F_t ετήσιο καθαρό όφελος,

N οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης,

d επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία (επιθυμητή απόδοση κεφαλαίου),

SV_N αξία εκποίησης (απομένουσα αξία) της επένδυσης στο τέλος του οικονομικού κύκλου ζωής N .

Μια μηδενική καθαρή παρούσα αξία σημαίνει ότι το έργο αποπληρώνει την αρχική επένδυση συν το απαιτούμενο ποσοστό απόδοσης.

Μια θετική καθαρή παρούσα αξία σημαίνει καλύτερη οικονομική απόδοση και κερδοφόρα επένδυση και

Μια αρνητική καθαρή παρούσα αξία νοείται η χειρότερη απόδοση, από αυτήν της μηδενικής καθαρής παρούσας αξίας και επένδυση που καταλήγει σε ζημιά.

Η Καθαρή Παρούσα Αξία σαν εργαλείο ανάλυσης επενδύσεων έχει τα εξής μειονεκτήματα:

Οι εκτιμώμενες ταμειακές ροές σπανίως συμπίπτουν με τα πραγματικά αποτελέσματα, καθώς εξαρτώνται από πάρα πολλές μεταβλητές κι από τις υποκειμενικές εκτιμήσεις των αναλυτών κατά τη διάρκεια του οικονομικού προϋπολογισμού.

Το προεξοφλητικό επιτόκιο (discount rate) που θα πρέπει χρησιμοποιηθεί δεν είναι πάντοτε σαφές, ενώ θεωρείται σταθερό κατά τη διάρκεια ζωής της επένδυσης, πράγμα μη ρεαλιστικό για μακροχρόνιες και υψηλού ρίσκου επενδύσεις.

Για την συγκεκριμένη ανάλυση έχει θεωρηθεί το επιτόκιο αναγωγής ίσο με 5%, η υπολειμματική αξία ίση με μηδέν, ενώ η διάρκεια ζωής των επενδύσεων

κυμαίνεται αναλόγως.

Εσωτερικός βαθμός απόδοσης²³

Η εσωτερική αποδοτικότητα ή εσωτερικός βαθμός απόδοσης (internal rate of return, IRR) είναι ένα δημοφιλές μέτρο που χρησιμοποιείται στην αξιολόγηση επενδύσεων και δείχνει την απόδοση ενός επενδυτικού προγράμματος. Εξ ορισμού, η IRR είναι ένα προεξοφλητικό επιτόκιο που καθιστά την παρούσα αξία των ταμειακών ροών ίση με την αρχική επένδυση. Με απλά λόγια, ο ΕΒΑ είναι ένα προεξοφλητικό επιτόκιο με την ιδιότητα να μηδενίζει την ΚΠΑ της επένδυσης. Όταν ένα επενδυτικό πρόγραμμα πέσει κάτω από κάποιο όριο απορρίπτεται, και αυτό το ποσοστό ονομάζεται συντελεστής απόρριψης (cut off rate), ποσοστό-στόχος, ελάχιστο όριο απόδοσης, ή απαιτούμενο ποσοστό απόδοσης. Οι επιχειρήσεις προσδιορίζουν το συντελεστή απόρριψης με το κόστος χρηματοδότησης και το βαθμό κινδύνου ενός προγράμματος. Στη συνέχεια, προβλέπουν τις μελλοντικές ταμειακές ροές και υπολογίζουν την IRR. Αν η κατ' εκτίμηση IRR υπερβαίνει το συντελεστή απόρριψης, το πρόγραμμα προστίθεται στον κατάλογο των προτεινόμενων επενδύσεων. Για τον υπολογισμό του χρησιμοποιείται η σχέση:

$$\text{ΚΠΑ}(d=\text{ΕΠΑ})=0$$

Η βιωσιμότητα της επένδυσης καθορίζεται ως εξής:

Αν $\text{ΕΒΑ} > d$, η επένδυση είναι αποδεκτή

Αν $\text{ΕΒΑ} < d$, η επένδυση είναι μη αποδεκτή

Αν $\text{ΕΒΑ} = d$, ο επενδυτής αποφασίζει, σύμφωνα και με άλλα κριτήρια.

Εάν ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι μεγαλύτερος ή ίσος με την απαιτούμενη απόδοση, η επένδυση γίνεται αποδεκτή. Στην αντίθετη περίπτωση, η πρόταση απορρίπτεται.

²³ Ευρετήριο οικονομικών όρων

Σύγκρουση μεθόδων ΚΠΑ και ΕΒΑ²⁴

Γενικά, καθώς και οι δύο μέθοδοι είναι ισοδύναμες, συχνά συνδέονται τα αποτελέσματα της καθαρής παρούσας αξίας (ΚΠΑ) με αυτά του εσωτερικού βαθμού απόδοσης (ΕΒΑ). Οι δύο μέθοδοι αξιολόγησης επενδυτικών κεφαλαίων μπορεί να οδηγήσουν σε αντίθετες αποφάσεις σχετικά με την αποδοχή ή την απόρριψή τους, όταν οι επενδυτικές αυτές προτάσεις είναι αμοιβαία αποκλειόμενες. Αυτό μπορεί να συμβεί σε τρεις περιπτώσεις, οι οποίες είναι οι εξής:

Όταν υπάρχουν διαφορές στο μέγεθος των προγραμμάτων (size disparity problem). Στην περίπτωση αυτή, θα έχουμε να συγκρίνουμε, για παράδειγμα ένα μεγάλο επενδυτικό πρόγραμμα με ένα μικρότερο.

Όταν υπάρχουν διαφορές στην διάρκεια ζωής των προγραμμάτων (unequal lives). Στην περίπτωση αυτή, θα έχουμε να συγκρίνουμε, για παράδειγμα ένα μακροχρόνιο επενδυτικό πρόγραμμα με ένα βραχυχρόνιο.

Όταν υπάρχουν διαφορές στη διαχρονική διάρθρωση των ταμειακών ροών των προγραμμάτων (time disparity problem). Στην περίπτωση αυτή θα έχουμε να συγκρίνουμε, για παράδειγμα, ένα επενδυτικό πρόγραμμα του οποίου οι ταμειακές ροές αυξάνονται με την πάροδο του χρόνου μ' ένα πρόγραμμα του οποίου οι ταμειακές ροές μειώνονται με την πάροδο του χρόνου.

Στις παραπάνω περιπτώσεις αντιλαμβανόμαστε ό,τι οι ταμειακές ροές των προγραμμάτων αυτών διαφέρουν ως προς το μέγεθος ή/και ως προς τον χρόνο πραγματοποίησής τους. Σημαντικό ωστόσο ρόλο διαδραματίζει και το επιτόκιο με το οποίο επανεπενδύονται οι ταμειακές ροές. Το επιτόκιο αυτό επανεπένδυσης των ταμειακών ροών, διαφέρει στις δύο αυτές περιπτώσεις και οδηγούν σε διαφορετική κατάταξη προγραμμάτων και επομένως σε αντίθετες αποφάσεις σχετικά με την αποδοχή ή την απόρριψή τους, όταν τα έργα είναι αμοιβαία αποκλειόμενα. Γενικότερα, όταν έχουμε να κάνουμε με αξιολόγηση αμοιβαία αποκλειόμενων κεφαλαίων, θα πρέπει να προτιμάμε την μέθοδο της καθαρής παρούσας αξίας.

Έντοκη περίοδος αποπληρωμής²⁵

²⁴ Wikipedia

²⁵ Wikipedia

Έντοκη περίοδος αποπληρωμής ορίζεται το χρονικό διάστημα που απαιτείται για την αποπληρωμή της αρχικής επένδυσης, καθώς και των τόκων που θα μπορούσαν να ληφθούν από μία εναλλακτική τοποθέτηση του αρχικού κεφαλαίου. Προσδιορίζεται ως:

$$\text{ΚΠΑ}(\text{N}=\text{ΕΠΑ})=0$$

Η επένδυση θεωρείται βιώσιμη οικονομικά, αν η τιμή της ΕΠΑ ικανοποιεί τις προσδοκίες του επενδυτή ως προς τον χρόνο αποπληρωμής.

Η σημασία επιλογής μεταξύ των εναλλακτικών με βάση τα παραπάνω τρία κριτήρια προκύπτει από το γεγονός ότι τα κριτήρια αυτά αποτελούν τα βασικότερα μεγέθη αξιολόγησης κάθε είδους επένδυσης.

Περιβαλλοντική διάσταση

Κριτήριο C4: Περιβαλλοντικό: Ορίζεται ως η αξία της διαφήμισης του ξενοδοχείου ως «πράσινο» και η επανεκτίμηση της αξίας της μονάδας ή αλλιώς η ικανοποίηση του πελάτη.

Ικανοποίηση πελάτη/Αξία διαφήμισης του ξενοδοχείου ως πράσινο

Αξιολογεί την επένδυση σε κλίμακα βαθμών που εξαρτάται από τις εναλλακτικές. Αποτιμάται ποιοτικά σε κλίμακα από 1 – τον αριθμό των διαθέσιμων σεναρίων (max = συνολικός αριθμός εναλλακτικών ανά περίπτωση, min = 1) και μετράται με βάση την εξοικονομούμενη ενέργεια σε kWh/έτος . Αξιολογεί την επίδραση της επένδυσης στους πελάτες σε κλίμακα. Μια επένδυση με ισχυρά περιβαλλοντική συνείδηση θα βαθμολογείται με τον μέγιστο βαθμό.

Η διαφήμιση έχει καταλάβει αδιαμφισβήτητα ύψιστη σημασία στο σύγχρονο μεταβιομηχανικό κόσμο και στην εποχή της διεθνοποίησης της αγοράς και του παγκόσμιου ανταγωνισμού. Αποτελεί συνδεδετικό κρίκο μεταξύ παραγωγής και κατανάλωσης και συντελεί στην οικονομική ανάπτυξη και πρόοδο. Κάθε ξενοδοχείο

οφείλει να γνωστοποιήσει την προσφορά της με το συγκεκριμένο προϊόν στις έντονες ανταγωνιστικές συνθήκες και αποτελεί τον μοναδικό δρόμο που εγγυάται τις πιθανότητες για επιτυχία. Εξάλλου, όλο και περισσότεροι ταξιδιώτες επιλέγουν για τις διακοπές τους διαμονή σε «πράσινα» ξενοδοχεία, ενώ συνεχώς αυξάνεται και ο αριθμός των τουριστικών μονάδων που υιοθετούν πιο φιλικές προς το περιβάλλον πρακτικές. Το 80% των Γερμανών τουριστών δηλώνουν ότι τα υψηλά περιβαλλοντικά πρότυπα παίζουν σημαντικό ρόλο όταν σχεδιάζουν τις διακοπές τους, ενώ το 1/3 των Αμερικανών υποστηρίζουν ότι είναι πρόθυμοι να πληρώσουν παραπάνω, αρκεί το ταξίδι και η διαμονή τους να είναι φιλικά προς το περιβάλλον. Το ίδιο λέει και το 21% των Βρετανών που ταξιδεύουν εκτός της χώρας τους²⁶.

Πινάκας 4.4: Κριτήρια απόφασης για την ξενοδοχειακή Μονάδα στην Ερέτρια

Διάσταση	Αντικειμενικοί σκοποί	Κριτήρια
Οικονομική	Οικονομική αποδοτικότητα και αποφυγή επιχειρηματικού και επενδυτικού ρίσκου	ΚΠΑ ΕΒΑ ΕΠΑ
Περιβαλλοντική	Αξία διαφήμισης της μονάδας ως ‘‘πράσινη’’	Ικανοποίηση πελάτη

4.3.5 Η εκτίμηση των βαρών των κριτηρίων

Στη συνέχεια, συνέθεσα τα βάρη των κριτηρίων σε πίνακα, που αντιπροσωπεύει την απόδοση κάθε εναλλακτικής σύμφωνα με το κάθε κριτήριο. Οι βαθμοί βαρύτητας εκτιμήθηκαν με βάση τη συζήτηση με τους ερωτηθέντες ιδιοκτήτες ξενοδοχείων.

²⁶ Ξενοδοχειακό επιμελητήριο Ελλάδας

Πίνακας 4.5: Συντελεστές βαρύτητας αντιπροσωπευτικής ομάδας ερωτηθέντων

Κριτήρια	Καθαρή Παρούσα Αξία	Εσωτερικός βαθμός απόδοσης	Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής	Ικανοποίηση πελάτη
Συντελεστές βαρύτητας	0,35	0,2	0,25	0,2

4.3.6 Πίνακες επίπτωσης και υπολογισμός μεγεθών κριτηρίων

Για τους σκοπούς υπολογισμού των τριών μεγεθών ΚΠΑ, ΕΒΑ, ΕΠΑ κάθε σεναρίου αποφάσισα να εκτελέσω τους υπολογισμούς με βάση τα στοιχεία που υπήρχαν ήδη (ποσοστό εξοικονόμησης, διάρκεια ζωής δράσης κτλ) αλλά θεωρώντας ως σενάριο την περίπτωση του μέσου όρου πληρότητας της ξενοδοχειακής μονάδας δηλαδή της πληρότητας 60%.

Για κάθε σενάριο γίνονται υπολογισμοί των μεγεθών των κριτηρίων:

Καθαρή Παρούσα Αξία

Εσωτερικός βαθμός απόδοσης

Έντοκη περίοδος αποπληρωμής

Ικανοποίηση πελάτη – μετράται σε κλίμακα από 1 έως συνολικός αριθμός εναλλακτικών ανα περίπτωση με βάση την εξοικονομούμενη ενέργεια σε kWh/έτος

Για τους υπολογισμούς των οικονομικών μεγεθών έχω χρησιμοποιήσει επιτόκιο αναγωγής ίσο με 5%. Για τον υπολογισμό του ποιοτικού κριτηρίου δηλαδή της ικανοποίησης πελάτη προτίμησα μια ποιοτική αξιολόγηση, δεδομένου ότι η αύξηση της αξίας της μονάδας σε νομισματικούς όρους εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως π.χ. πόσο αυξημένη περιβαλλοντική συνείδηση έχει ο κάθε πελάτης. Για την απόδοση της ποιοτικής τιμής στο κριτήριο της ικανοποίησης του πελάτη υπολογίστηκε η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας (KWh/έτος) κάθε σεναρίου.

Πίνακας 4.6: Υπολογισμοί οικονομικών μεγεθών των διαφόρων εναλλακτικών

	ΚΠΑ	ΕΒΑ	ΕΠΑ	Εξοικονόμηση ενέργειας (KWh/ έτος)
Σενάριο 1^ο	103.053,098	0,16784	7,093	103.620
Σενάριο 2^ο	116.954,594	0,2012	5,69	108.230
Σενάριο 3^ο	103.608,281	0,18760	5,92	115.400
Σενάριο 4^ο	103.071,0653	0,16975	6,94	103.150
Σενάριο 5^ο	121.777,0097	0,2520	5,142	78.000
Σενάριο 6^ο	121.239,794	0,19624	5,89	113.620
Σενάριο 7^ο	119.210,728	0,2034	5,634	111.800
Σενάριο 8^ο	105.846,44	0,1874	5,970	120.000

Πίνακας 4.7: Βαθμοί βαρύτητας των κριτηρίων

Διάσταση	Κριτήρια	Βαθμολόγηση
Οικονομική	ΚΠΑ	0,35
	ΕΒΑ	0,20
	ΕΠΑ	0,25
Περιβαλλοντική	Ικανοποίηση πελάτη	0,20

Με την ολοκλήρωση της παραπάνω διαδικασίας ολοκληρώνεται και η συλλογή των απαραίτητων δεδομένων προκειμένου να εφαρμοστεί η μέθοδος Electre III, η οποία αποτελεί το αντικείμενο της επόμενης παραγράφου.

3^ο στάδιο: μοντέλο ολικής προτίμησης

4.4 Η εφαρμογή του μοντέλου με το λογισμικό

4.4.1 Α περίπτωση

Η πολυκριτηριακή ανάλυση υλοποιήθηκε με την μέθοδο ELECTRE III, η οποία ανήκει στην οικογένεια των τεχνικών δημιουργίας σχέσεων υπεροχής μεταξύ των εναλλακτικών σεναρίων. Τα αποτελέσματα της θα εμφανίσουν τις τελικές κατατάξεις οι οποίες θα συγκριθούν για τα διάφορα εναλλακτικά σενάρια.

Το μοντέλο που χρησιμοποιείται εδώ για να αποκτήσουμε μία κατάταξη είναι αυτό που ορίζεται από το λογισμικό πρόγραμμα dauphine Electre III του πανεπιστημίου του Παρισιού Lamsade. Λαμβάνοντας υπόψη ένα πεπερασμένο σύνολο κριτηρίων και ένα πεπερασμένο σύνολο εναλλακτικών, θεωρείται ότι ένα κριτήριο προτιμάται αν έχει υψηλότερη βαθμολογία. Τα βάρη έχουν ληφθεί ως συντελεστές σημασίας: το άθροισμα τους πρέπει να ισούται με την μονάδα.

Οι εναλλακτικές λύσεις με την μεγαλύτερη απόδοση στα κριτήρια 1,2 και 4 θα υπερτερούν ενώ αντίθετα θα υπερτερούν αυτές με την μικρότερη απόδοση στο κριτήριο 3, βάσει της ίδιας της φύσης των κριτηρίων:

Τα:

C1: ΚΠΑ

C2: ΕΒΑ

C4: Ικανοποίηση πελάτη

Είναι αύξοντα κριτήρια.

Το C3: ΕΠΑ

Είναι φθίνον κριτήριο.

Πίνακας 4.8: Πίνακας επίπτωσης - Α περίπτωση

Αριθμός δράσης	Κόστος παρέμβασης κάθε δράσης	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3	Σενάριο 4	Σενάριο 5	Σενάριο 6	Σενάριο 7	Σενάριο 8
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
1	8.500		8.500	8.500		8.500			
2	1.410	1.410	1.410	1.410		1.410			1.410
3	20.075	20.075			20.075		20.075	20.075	20.075
4	41.921								
5	4.246					4.246	4.246		
6	10.485	10.485	10.485	10.485	10.485				
7	38.000	38.000	38.000	38.000	38.000	38.000	38.000	38.000	38.000
8	10.000			10.000		10.000			10.000
9	1.200		1.200	1.200	1.200			1.200	
10	7.200		7.200			7.200	7.200	7.200	
Συνολικό κόστος παρέμβασης του κάθε σεναρίου		69.970	66.795	69.595	69.760	69.356	69.521	66.475	69.485
ΚΠΑ		103.050	117.000	103.600	103.070	121.770	121.240	119.210	105.800
ΕΒΑ		0,1678	0,2012	0,1876	0,1698	0,2520	0,1962	0,2034	0,1874
ΕΠΑ		7,09	5,69	5,92	6,94	5,14	5,90	5,63	5,97
Εξοικονομούμενη ενέργεια		103.620	108.230	115.400	103.149	78.800	113.620	111.800	120.000
Ικανοποίηση πελάτη		3	4	7	2	1	6	5	8

Έχοντας θεωρήσει έναν πεπερασμένο αριθμό κριτηρίων επιλογής και μια ομάδα εναλλακτικών σεναρίων και έχοντας καταλήξει στον πίνακα επίπτωσης, μεταξύ των σεναρίων είναι δυνατόν να ισχύουν οι εξής σχέσεις και οι αντίθετες τους:

$a P b$ το a είναι ισχυρά προτιμητέο του b , όταν $g(a)-g(b) > p$

$a Q b$ το a είναι ασθενώς προτιμητέο του b , όταν $q < g(a)-g(b) \leq p$

$a I b$ αδιαφορία μεταξύ των a και b , όταν $|g(a)-g(b)| \leq q$, όπου p το όριο προτίμησης και q το όριο αδιαφορίας.

Για τον πλήρη ορισμό του νοηματικού πλαισίου της ELECTRE III και την εφαρμογή της θα πρέπει να τεθούν οι τιμές των ορίων αυτών όπως και η τιμή του κατωφλίου βέτο.

Όπου:

Κατώφλι πρότιμησης: διαφορά αποδόσεων μεταξύ των εναλλακτικών μη ικανή να δηλώσει προτίμηση.

Κατώφλι αδιαφορίας: διαφορά ικανή να δηλώσει προτίμηση μεταξύ των εναλλακτικών.

Κατώφλι βέτο: διαφορά αποδόσεων μεταξύ των εναλλακτικών σ' ένα κριτήριο, η οποία ένα παραβιαστεί καθιστά την εναλλακτική με τη χειρότερη απόδοση όχι την καλύτερη για το πρόβλημα.

Οι τιμές αυτές θέτονται από τον Αναλυτή σε συνεργασία με τους Αποφασίζοντες. Τα όρια αυτά θεωρήθηκαν για κάθε κριτήριο όπως φαίνεται στον πίνακα και προέκυψαν από τις συνεντεύξεις με τους αποφασίζοντες ιδιοκτήτες.

Πίνακας 4.9: Κατώφλια προτίμησης, αδιαφορίας και βέτο για κάθε κριτήριο

A/A	Κριτήρια	Κατώφλι αδιαφορίας	Κατώφλι προτίμησης	Κατώφλι βέτο
1	ΚΠΑ	1000	5000	Δεν ορίστηκε
2	ΕΒΑ	0,5	1,5	Δεν ορίστηκε
3	ΕΠΑ	0,8	1,5	Δεν ορίστηκε
4	ΙΠ	0	1	Δεν ορίστηκε

Πίνακας 4.10: Αξιολόγηση Electre III- Μητρώο απόφασης

Εναλλακτικές	C1: ΚΠΑ	C2:ΕΒΑ	C3:ΕΠΑ	C4: Ι.Π.
1	103.050	16,78	7,09	3
2	117.000	20,12	5,69	4
3	103.600	18,76	5,92	7
4	103.070	16,97	6,94	2
5	121.770	25,20	5,14	1
6	121.240	19,62	5,89	6
7	119.210	20,34	5,63	5
8	105.800	18,74	5,97	8
Κατώφλι προτίμησης (διαφορά μη ικανή να δηλώσει προτίμηση)	5000	1,5	1,5	1
Κατώφλι αδιαφορίας(διαφορά ικανή να δηλώσει προτίμηση)	1000	0,5	0,8	0
Κατώφλι βέτο	Δεν ορίστηκε	Δεν ορίστηκε	Δεν ορίστηκε	Δεν ορίστηκε
Βαθμοί βαρύτητας	0,35	0,20	0,25	0,20

Η διαδικασία εισαγωγής των δεδομένων στο λογισμικό και τα αποτελέσματα παραθέτονται ως παράρτημα.

Συνοπτικά οι δυνατότητες του προγράμματος σε σχέση με τα αποτελέσματα είναι οι εξής:

Outranking matrix: οι εναλλακτικές συγκρίνονται κατά ζεύγη σύμφωνα με όλα τα κριτήρια αξιολόγησης. Το αποτέλεσμα είναι το λεγόμενο outranking matrix (είναι το αποτέλεσμα της κατά ζεύγη σύγκρισης, σύμφωνα με όλα τα κριτήρια μεταξύ των εναλλακτικών i και j .)

Credibility matrix: με βάση τον παραπάνω πίνακα υπολογίζονται οι δείκτες συμφωνίας για κάθε κριτήριο που εκφράζουν την υπεροχή μεταξύ των σεναρίων σύμφωνα με το κάθε κριτήριο. Βάσει των δεικτών Συμφωνίας και Ασυμφωνίας, υπολογίζονται οι Βαθμοί Αξιοπιστίας (Credibility Degrees) για κάθε ζεύγος σεναρίων, και εξάγεται ο Πίνακας Αξιοπιστίας (credibility matrix). Έπειτα κατατάσσονται τα σενάρια σύμφωνα με τον Πίνακα Αξιοπιστίας.

Final preorder: Η μεθοδολογία που εφαρμόζεται για την εξαγωγή των κατατάξεων από τον τελικό πίνακα έχει ως εξής: Αρχικά υπολογίζονται τα αθροίσματα των γραμμών και των στηλών και έπειτα αφαιρούνται τα αθροίσματα των στηλών από τα αντίστοιχα των γραμμών. Το σενάριο με τη μεγαλύτερη τιμή διαφοράς τοποθετείται πρώτο στην κατάταξη. Τα σενάρια κατατάσσονται από τα αριστερά προς τα δεξιά. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται παραλείποντας τη γραμμή και τη στήλη του σεναρίου που κατατάχθηκε. Προκύπτει από την παραπάνω διαδικασία η ολική προσειρά- προκατάταξη $Z1$ (total preorder). Για την εξαγωγή της κατάταξης $Z2$ πρώτο στην κατάταξη τοποθετείται το σενάριο με τη μικρότερη διαφορά και τα σενάρια κατατάσσονται από τα δεξιά προς τα αριστερά. Η τελική μερική προσειρά (final preorder) προκύπτει από την τομή των ολικών προσειρών $Z1$ και $Z2$.

Τα αποτελέσματα που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση και την εξαγωγή των συμπερασμάτων είναι αυτά που αφορούν την εντολή τελευταία κατάταξη.

Η κατάταξη όπως προκύπτει από το λογισμικό παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 4.11: Ranks in final preorder

Rank	Alternative
1	ΣΕΝ6
2	ΣΕΝ5 ΣΕΝ7
3	ΣΕΝ8
4	ΣΕΝ2 ΣΕΝ3
5	ΣΕΝ1
6	ΣΕΝ4

Οι τελικές κατατάξεις φαίνονται παρακάτω:

Πίνακας 4.12: Τελική κατάταξη - Α περίπτωση

Κατάταξη	Εναλλακτικές
1	Σενάριο 6
2	Σενάριο 5 ή Σενάριο 7
3	Σενάριο 8
4	Σενάριο 2 ή Σενάριο 3
5	Σενάριο 1
6	Σενάριο 4

4.4.1.2 Αρχικά συμπεράσματα

Το σενάριο 6 προκύπτει πρώτο στην κατάταξη ακολουθούμενο από τα σενάρια 5 και 7, τα οποία ισοδύναμα τοποθετούνται στην δεύτερη θέση.

Το σενάριο 6 που ανήκει στην πρώτη θέση της λίστας παρατηρούμε ότι έχει μία από τις μεγαλύτερες αποδόσεις στο κριτήριο της ΚΠΑ. Η κακή του απόδοση στο δεύτερο κριτήριο του ΕΒΑ αλλά και στο κριτήριο της ΕΠΑ αντισταθμίζεται από την υψηλή του απόδοση στο κριτήριο 1 και 4.

Το σενάριο 5 παρατηρούμε ότι παρότι έχει την χαμηλότερη απόδοση στο

κριτήριο της ικανοποίησης πελάτη προκύπτει δεύτερο στη λίστα. Η πολύ χαμηλή του επίδοση στο κριτήριο 4 αντισταθμίζεται από την απόδοση του στο κριτήριο 1 της ΚΠΑ που είναι η υψηλότερη.

Το σενάριο 8 υπερτερεί στην τελική κατάταξη και προτιμάται έναντι των σεναρίων 2 και 3. Αυτό συμβαίνει γιατί η πολύ υψηλή απόδοση του στο κριτήριο της ικανοποίησης του πελάτη αντισταθμίζει τις χαμηλότερες αποδόσεις του στο κριτήριο του ΕΒΑ και της ΕΠΑ.

Τα σενάρια 1 και 4 κατατάσσονται τελευταία στην λίστα. Οι εναλλακτικές αυτές αποτελούν λύσεις μη ικανές αφού η απόδοση τους σε όλα τα κριτήρια είναι χειρότερη συγκριτικά με κάποιο από τα υπόλοιπα σενάρια.

Κατόπιν ανάλυσης των αποτελεσμάτων, κάποιος θα μπορούσε να ισχυριστεί πως το Σενάριο Νο 6 είναι αυτό που διακρίνεται, καθώς υπερέχει των υπολοίπων και στις τρεις τελικές κατατάξεις που προέκυψαν από την εφαρμογή της ELECTRE III.

Οι δράσεις 5 και 7 θα πρέπει να προτιμώνται σύμφωνα με τα τέσσερα κριτήρια.

4.4.1.3 Ανάλυση ευαισθησίας – Α περίπτωση

Από τις συνεντεύξεις με τους ιδιοκτήτες διαπιστώθηκε ότι πολλοί από αυτούς παρουσιάστηκαν ουδέτεροι μεταξύ της ΚΠΑ και της ΕΠΑ. Τα παραπάνω αποτελέσματα είναι συνέπεια του γεγονότος ότι έδωσα βαρύτητα στην ΚΠΑ=0,35 και στην ΕΠΑ=0,25. Παρόλο αυτά η ουδετερότητα αυτή, προϋποθέτει να δοθεί μεγαλύτερη ή μικρότερη βαρύτητα στην ΚΠΑ και μικρότερη ή μεγαλύτερη βαρύτητα αντίστοιχα στην ΕΠΑ. Τροποποιώντας τα βάρη της ΚΠΑ από 0,2 έως 0,5 και της ΕΠΑ 0,1 έως 0,4 ταυτόχρονα, παρατηρούμε ότι και πάλι τα αποτελέσματα δεν

αλλάζουν και η τελική κατάταξη παραμένει η ίδια. Ως καταληκτική παρατήρηση θα μπορούσαμε να πούμε ότι η απόφαση για την επιλογή της καλύτερης εναλλακτικής είναι εύκολη για τον αποφασίζοντα μιας και στα κριτήρια που εμφανίζεται ουδέτερος προκύπτει η ίδια κατάταξη.

1^η περίπτωση

Μεταξύ ΚΠΑ και ΕΠΑ κρατώντας σταθερό τον ΕΒΑ και την Ι.Π.

Στην 1^η περίπτωση εξετάζεται η μεταβολή της βαρύτητας της ΚΠΑ και της ΕΠΑ από 0,2 έως 0,5 και της ΕΠΑ από 0,4 έως 0,1 αντίστοιχα.

Πίνακας 4.13: Βαθμολογήσεις κριτηρίων με ΕΒΑ και Ι.Π. σταθερά.

ΚΠΑ	ΕΒΑ	ΕΠΑ	ΙΠ
0,2	0,2	0,4	0,2
0,3	0,2	0,3	0,2
0,35	0,2	0,25	0,2
0,4	0,2	0,2	0,2
0,5	0,2	0,1	0,2

Η κατάταξη που θα προκύψει είναι:

Πίνακας 4.14: Τελική κατάταξη με ΕΒΑ και ΙΠ σταθερά

Κατάταξη	Εναλλακτικές
1	Σενάριο 6
2	Σενάριο 5 ή Σενάριο 7
3	Σενάριο 8
4	Σενάριο 2 ή Σενάριο 3

Δηλαδή ίδια με την αρχική. Στην περίπτωση που θέσω ΚΠΑ=0,6 ΕΒΑ=0,1 ΕΠΑ=0,1 Ι.Π=0,2 το σενάριο 6 πάλι είναι στην πρώτη θέση με την διαφορά ότι τα 5,7,8 είναι ισοδύναμα στην δεύτερη θέση.

Διαφοροποίηση στην περίπτωση που ΕΠΑ=0,5 και ΚΠΑ=0,1

ΚΠΑ	ΕΒΑ	ΕΠΑ	ΙΠ
0,1	0,2	0,5	0,2

Τότε:

Rank	Alternative
1	ΣΕΝ6
2	ΣΕΝ8
3	ΣΕΝ5 ΣΕΝ7
4	ΣΕΝ3
5	ΣΕΝ2
6	ΣΕΝ1
7	ΣΕΝ4

Δηλαδή το σενάριο 6 και πάλι βρίσκεται στην πρώτη θέση. Δεύτερο όμως προκύπτει το σενάριο 8, το οποίο αντικαθιστά τα ισοδύναμα σενάρια 5 και 7.

Στη συνέχεια επιχειρείται η ανάλυση ευαισθησίας ώστε να εντοπιστούν ακόμα πιο ξεκάθαρα οι καλύτερες εναλλακτικές που υπάρχουν. Οι εναλλακτικές 1 και 4 έχουν αποκλειστεί από την συνέχεια της ανάλυσης ως μη ικανές.

2^η περίπτωση

Αποδίδεται, μεγαλύτερη βαρύτητα στο ποιοτικό κριτήριο και όχι στο οικονομικό, που αφορά στην ικανοποίηση του πελάτη. Αυξάνοντας την βαρύτητα σε αυτό το κριτήριο το πιθανότερο είναι η κατάταξη να αλλάξει μιας και τα τρία προηγούμενα μεγέθη είναι εν μέρει αλληλοεξαρτώμενα. Στο κριτήριο Ι.Π. θα εκχωρηθεί μια καλύτερη βαθμολόγηση για τις εναλλακτικές πράγμα που πιθανόν θα οδηγήσει σε μια ενδεχόμενη διαφορετική κατάταξη από αυτήν που παρουσιάστηκε στον πίνακα παραπάνω.

Με $ΠΙ=0,6$ η κατάταξη αλλάζει και υπερτερεί το σενάριο 8 που βρισκόταν στην αρχική κατάταξη στην θέση τρίτη. Ο λόγος είναι ότι το σενάριο 8 περιλαμβάνει την δράση των ηλιακών συλλεκτών που προσφέρουν μεγάλη εξοικονόμηση και άρα στο κριτήριο της Ι.Π. θα υπερτερούν.

Πίνακας 4.15: Βαθμολογήσεις κριτηρίων με μεγάλη βαρύτητα στο ΠΙ

ΚΠΑ	ΕΒΑ	ΕΠΑ	ΠΙ
0,25	0,2	0,25	0,3
0,20	0,2	0,2	0,4

Τελική κατάταξη:

Rank	Alternative
1	ΣΕΝ6
2	ΣΕΝ8
3	ΣΕΝ5 ΣΕΝ7
4	ΣΕΝ3
5	ΣΕΝ2
6	ΣΕΝ1
7	ΣΕΝ4

Διαφοροποίηση στην περίπτωση που $ΠΠ=0,6$ με $ΚΠΑ=0,1$ και $ΕΠΑ=0,1$.

ΚΠΑ	ΕΒΑ	ΕΠΑ	ΠΠ
0,1	0,2	0,1	0,6

Τότε:

Rank	Alternative
1	ΣΕΝ6 ΣΕΝ8
2	ΣΕΝ3 ΣΕΝ5 ΣΕΝ7
3	ΣΕΝ2
4	ΣΕΝ1
5	ΣΕΝ4

Παρατηρούμε πως ακόμη και αν δώσουμε σχεδόν παραπάνω από το μισό βαρύτητα στο κριτήριο 4, η έκτη εναλλακτική βρίσκεται στην κορυφή της λίστας. Ισοδύναμο της αποτελεί το σενάριο 8 στην περίπτωση αυτή.

3^η περίπτωση

Εξετάζουμε ακόμη την περίπτωση αύξησης της βαρύτητας του ΕΒΑ σε σχέση με την ΚΠΑ.

Πίνακας 4.16: Βαθμολογήσεις κριτηρίων με μεγάλη βαρύτητα στον ΕΒΑ σε σχέση με ΚΠΑ

ΚΠΑ	ΕΒΑ	ΕΠΑ	ΙΠ
0,3	0,25	0,25	0,2
0,25	0,30	0,25	0,2
0,20	0,35	0,25	0,2
0,10	0,4	0,25	0,2

Πίνακας 4.17: Βαθμολογήσεις κριτηρίων με μεγάλη βαρύτητα στον ΕΒΑ σε σχέση με ΕΠΑ

ΚΠΑ	ΕΒΑ	ΕΠΑ	ΙΠ
0,35	0,25	0,2	0,2
0,35	0,30	0,15	0,2
0,35	0,4	0,10	0,2

Τότε:

Rank	Alternative
1	ΣΕΝ6
2	ΣΕΝ8
3	ΣΕΝ5 ΣΕΝ7
4	ΣΕΝ3
5	ΣΕΝ2
6	ΣΕΝ1
7	ΣΕΝ4

Και στις δύο περιπτώσεις αυξάνοντας την τιμή του ΕΒΑ και μειώνοντας την τιμή της ΚΠΑ και της ΕΠΑ αντίστοιχα, παρατηρούμε πως το σενάριο 6 κατέχει σταθερά την πρώτη θέση. Αυτό που έχει ενδιαφέρον είναι πως όταν δοθεί βάρος ΕΒΑ=0,4 πρώτο στην κατάταξη εμφανίζεται το σενάριο 5 ενώ η εναλλακτική 6 δεύτερη.

4^η περίπτωση

Τέλος, εξετάζεται η περίπτωση εισαγωγής κατώφλιου βέτο στο κριτήριο της ικανοποίησης του πελάτη με τα βάρη όπως ορίστηκαν από τους αποφασίζοντες.

Πίνακας 4.18: Βαθμολογήσεις κριτηρίων

ΚΠΑ	ΕΒΑ	ΕΠΑ	ΠΙ
0,35	0,2	0,25	0,2

Εισάγοντας το κατώφλι βέτο με τιμή ΒΕΤΟ=2 και ΒΕΤΟ=3 προκύπτει η κατάταξη:

Rank	Alternative
1	ΣΕΝ6 ΣΕΝ8
2	ΣΕΝ3 ΣΕΝ5 ΣΕΝ7
3	ΣΕΝ2
4	ΣΕΝ1
5	ΣΕΝ4

Εισάγοντας το κατώφλι ΒΕΤΟ=4:

Rank	Alternative
1	ΣΕΝ6
2	ΣΕΝ7
3	ΣΕΝ5 ΣΕΝ8
4	ΣΕΝ2 ΣΕΝ3
5	ΣΕΝ1
6	ΣΕΝ4

Το σενάριο 6 και πάλι διακρίνεται έναντι των υπολοίπων.

4.4.1.4 Συμπεράσματα

Στην ενότητα αυτή η ανάλυση ευαισθησίας των λαμβανόμενων κατατάξεων έγινε ανάλογα με το βάρος. Αλλάζοντας την βαρύτητα των κριτηρίων, λαμβάνονται οι ταξινομήσεις όπως παρουσιάστηκαν.

Τα αρχικά μας αποτελέσματα ενισχύθηκαν ακόμη περισσότερο από την ανάλυση ευαισθησίας μιας και το σενάριο 6 αποδείχτηκε και πάλι η βέλτιστη επιλογή. Μεταβάλλοντας τα όρια της βαρύτητας των κριτηρίων παρατηρούμε πως μόνο σε πολύ μεγάλες αυξήσεις των τριών κριτηρίων εκτός της ΚΠΑ παρατηρείται προτίμηση για τα σενάριο 5 ή για ισοδυναμία μεταξύ του 6 και του 8. Αυτό σημαίνει ότι ακόμη και στην περίπτωση που για παράδειγμα η περιβαλλοντική διάσταση έχει την μεγαλύτερη βαρύτητα σε σχέση με τις άλλες διαστάσεις, η εναλλακτική 6 θα ανήκει στην πρώτη θέση αυτής της διάστασης.

Στην προσπάθεια μας να εξετάσουμε περαιτέρω τους λόγους που το σενάριο 6 βρίσκεται στην πρώτη θέση, σημειώνουμε τις δράσεις οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για την σύνθεσή του. Αυτές είναι:

Οι δράσεις 10,7,5 και 3.

4.4.2 Β περίπτωση

Για τον σχηματισμό των σεναρίων στην περίπτωση Β θεωρήθηκε πως ο αποφασίζων μπορεί να διαθέσει ποσό το οποίο ανέρχεται στα 110.000ευρώ.

Στην περίπτωση αυτή τα σενάρια διαμορφώνονται εκ νέου ως εξής:

Σενάριο 9: Συνδυασμός των δράσεων (1,2,4,6,8,9,10)

Σενάριο 10: Συνδυασμός των δράσεων (1,2,3,5,9,10, 11)

Σενάριο 11: Συνδυασμός των δράσεων (1,2,3,5,8,9,11)

Σενάριο 12: Συνδυασμός των δράσεων (1,2,5,9,10,11)

Σενάριο 13: Συνδυασμός των δράσεων (3,6,8,11)

Σενάριο 14: Συνδυασμός των δράσεων (1,2,4,5,7)

Για τον σχηματισμό των σεναρίων της Β περίπτωσης χρησιμοποιήθηκε μεταξύ των υπολοίπων και η δράση 11. Η δράση 11 έχει οριστεί ως η κεντρική εγκατάσταση συστήματος BEMS. Ο λόγος που χρησιμοποιείται η δράση αυτή στην ανάλυση της Β περίπτωσης και παρότι δεν έχει καταστεί βιώσιμη όπως αποδείχτηκε από την Πρεκατέ είναι ότι η ΚΠΑ της έχει οριακά αρνητική τιμή αλλά και το γεγονός ότι προσφέρει πολύ μεγάλη εξοικονόμηση σε σχέση με τις εναλλακτικές της.

Ακολουθώντας την ίδια διαδικασία όπως παρουσιάστηκε για την Α περίπτωση προκύπτουν:

Πίνακας 4.19: Πίνακας επίπτωσης - Β περίπτωση

Αριθμός δράσης	Κόστος παρέμβασης κάθε δράσης (€)	Σενάριο 9	Σενάριο 10	Σενάριο 11	Σενάριο 12	Σενάριο 13	Σενάριο 14
		S1	S2	S3	S4	S5	S6
1	8.500	8.500	8.500	8.500	8.500		8.500
2	1.410	1.410	1.410	1.410	1.410		1.410
3	20.075		20.075	20.075		20.075	
4	41.921	41.921					41.921
5	4.246		4.246		4.246		4.246
6	10.485	10.485				10.485	
7	38.000			38.000			38.000
8	10.000	10.000		10.000		10.000	
9	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200		
10	7.200	7.200	7.200		7.200		
11 (BEMS)	64.404		64.404	64.404	64.404	64.404	
Συνολικό κόστος παρέμβασης του κάθε σεναρίου(€)		80.716	107.035	109.835	86.960	104.964	94.077
ΚΠΑ		65.497,33	61.364,07	48.018	43.421,46	49.916	80.275,81
ΕΒΑ		0,1325	0,1102	0,0991	0,1076	0,1020	0,1216
ΕΠΑ		8,13	10,11	10,35	9,99	10,26	10,15
Εξοικονομωμ ενη ενέργεια (kWh/έτος)		109.572	141.179	148.333	113.517	141381	106.279

Ικανοποίηση πελάτη		1	4	6	3	5	2
-----------------------	--	---	---	---	---	---	---

Πίνακας 4.20: Αξιολόγηση Electre III- Μητρώο απόφασης Β περίπτωση

Εναλλακτικές	C1: ΚΠΑ	C2:ΕΒΑ	C3:ΕΠΑ	C4: Ι.Π.
9	65.500	13,24	8,12	109.572
10	61.365	11,02	10,10	141.179
11	48.020	9,09	10,35	148.333
12	43.420	10,76	9,98	113.517
13	49.920	10,19	10,25	141.381
14	80.275	12,16	10,14	106.279
Κατώφλι προτίμησης (διαφορά μη ικανή να δηλώσει προτίμηση)	5000	1,5	1,5	1
Κατώφλι αδιαφορίας (διαφορά ικανή να δηλώσει προτίμηση)	1000	0,5	0,8	0
Κατώφλι βέτο	Δεν ορίστηκε	Δεν ορίστηκε	Δεν ορίστηκε	Δεν ορίστηκε
Βαθμοί βαρύτητας	0,35	0,20	0,25	0,20

Πίνακας 4.21: Ranks in final preorder

Rank	Alternative
1	ΣΕΝ9 ΣΕΝ10
2	ΣΕΝ13 ΣΕΝ14
3	ΣΕΝ11
4	ΣΕΝ12

Οι τελικές κατατάξεις όπως προέκυψαν φαίνονται παρακάτω:

Πίνακας 4.22: Τελική κατάταξη - Β περίπτωση

Κατάταξη	Εναλλακτικές
1	Σενάριο 9 και σενάριο 10
2	Σενάριο 13 και σενάριο 14
3	Σενάριο 11
4	Σενάριο 12

4.4.2.2 Αρχικά συμπεράσματα

Τα σενάρια 9 και 10 αποδεικνύονται ισοδύναμα και κατατάσσονται στην πρώτη θέση. Ακολουθούνται από τα σενάρια 13 και 14 τα οποία προκύπτουν δεύτερα. Παρατηρούμε ότι τα σενάρια 9 και 10 έχουν τις δύο μεγαλύτερες αποδόσεις στο κριτήριο της ΚΠΑ. Την μεγαλύτερη απόδοση στο κριτήριο έχει το σενάριο 14, το οποίο προκύπτει δεύτερο στην λίστα. Η πολύ χαμηλή του επίδοση (η χαμηλότερη σε σχέση με τις υπόλοιπες εναλλακτικές) στο κριτήριο της ικανοποίησης του πελάτη αντισταθμίζεται από την πολύ υψηλή του επίδοση στο κριτήριο 1 της ΚΠΑ και για αυτό κατατάσσεται στην κατάταξη. Το σενάριο 13 και παρότι έχει μεγάλη διαφορά στην απόδοση του πρώτου κριτηρίου σε σχέση με το σενάριο 14, περίπου τα 2/3 του σεναρίου 14, προκύπτει ως ισοδύναμο στην δεύτερη θέση. Αυτό συμβαίνει γιατί έχει μία από τις μεγαλύτερες αποδόσεις στο κριτήριο 4. Τα σενάρια 11 και 12 είναι υποδεέστερα των υπολοίπων. Το σενάριο 11 έχει την χειρότερη απόδοση στο κριτήριο της ΕΠΑ, η οποία δεν αντισταθμίζεται από την μεγάλη του απόδοση στο κριτήριο 4. Το σενάριο 12 προκύπτει τελευταίο στην κατάταξη. Η καλή του απόδοση στο κριτήριο της ΕΠΑ δεν αντισταθμίζει το γεγονός ότι στο κριτήριο της ΚΠΑ έχει την χειρότερη απόδοση.

Συμπερασματικά θα μπορούσε κανείς να ισχυριστεί πως τα σενάρια 9 και 10 αποτελούν τις καλύτερες εναλλακτικές.

Με την εφαρμογή του μοντέλου στην δεύτερη περίπτωση δεν καταλήξαμε στην κατάταξη των έργων όπως στην πρώτη περίπτωση αλλά καταλήξαμε στην ‘επιλογή’ της καλύτερης δράσης μεταξύ δυο σύμφωνα με τα εισαχθέντα στοιχεία. Στο σημείο αυτό μπορεί να σταματήσει η διαδικασία. Παρόλο αυτά και καθώς συνήθως υπάρχει δυσκολία στην επίτευξη συμφωνίας της ομάδας απόφασης σχετικά με την καλύτερη επιλογή, στην περίπτωση μας μεταξύ των δύο ισοδύναμων επιλογών της πρώτης θέσης, ξεκινά μια επαναληπτική ανάλυση ευαισθησίας.

Η διαδικασία αυτή θα ενισχύσει συνολικά την αξιοπιστία της μελέτης και την ποιότητα της ενώ παράλληλα θα συμβάλλει στην κατάληξη και την ομαδική συμφωνία.

Η ανάλυση ευαισθησίας και στην δεύτερη εφαρμογή αφορά τα βάρη των κριτηρίων αλλά και την παράμετρο των κατωφλίων βέτο της μεθόδου.

4.4.2.3 Ανάλυση ευαισθησίας – Β περίπτωση

1^η περίπτωση

Αρχικά, με τροποποίηση των βαρών της ΚΠΑ και της ΕΠΑ δηλαδή μειώνοντας το βάρος της ΚΠΑ έως και 0,15 και αυξάνοντας το βάρος της ΕΠΑ έως 0,15 η αρχική κατάταξη παραμένει ανεπηρέαστη. Η απόφαση του αποφασίζονται παραμένει απροσδιόριστη και μόνο στην περίπτωση που η ΚΠΑ=0,1 δηλαδή απόδοσης του μικρότερου δυνατού βάρους τότε προκύπτει η κατάταξη ως εξής:

Rank	Alternative
1	ΣΕΝ9
2	ΣΕΝ10 ΣΕΝ13
3	ΣΕΝ11 ΣΕΝ14
4	ΣΕΝ12

Για να υπάρξει, δηλαδή σαφής προτίμηση μεταξύ των 2 ισοδυνάμων σεναρίων 9 και 10 θα πρέπει να μειωθεί κατά πολύ η ΚΠΑ και να αυξηθεί η ΕΠΑ. Οπότε ο αποφασίζων έχει την σχετική σιγουριά πως όποια από τις δύο εναλλακτικές και αν επιλέξει, η απόφαση του θα είναι 'σωστή'.

Εδώ πρέπει να σημειωθεί πως στην περίπτωση μείωσης της ΚΠΑ κατά 0,05 δηλαδή ΚΠΑ=0,3 ως ισοδύναμο των σεναρίων 9 και 10 προκύπτει και το σενάριο 13 το οποίο διαφορετικά βρισκονταν στην δεύτερη θέση.

Τέλος στην αντίθετη περίπτωση που το βάρος της ΚΠΑ αυξηθεί και γίνει ΚΠΑ=0,4 τότε ως εναλλακτικό σενάριο των 9 και 10 παρουσιάζεται και το σενάριο 14.

2^η περίπτωση

Στη συνέχεια αποδίδεται μεγαλύτερη βαρύτητα στο κριτήριο τέσσερα. Στην περίπτωση αυτή μειώνοντας το όριο της ΚΠΑ και αυξάνοντας το όριο της Ι.Π παρατηρούμε ότι και πάλι τα σενάρια 9 και 10 κατέχουν στην πρώτη θέση. Μόνο όταν η ΚΠΑ=0,1 και ΙΠ=0,45, τότε το σενάριο 10 αντικαθίσταται από το σενάριο 11.

Διαφοροποίηση στην περίπτωση που ΙΠ=0,45 με ΚΠΑ=0,1.

ΚΠΑ	ΕΒΑ	ΕΠΑ	ΙΠ
0,1	0,2	0,25	0,45

Τότε:

Rank	Alternative
1	ΣΕΝ9 ΣΕΝ11
2	ΣΕΝ10 ΣΕΝ13
3	ΣΕΝ14
4	ΣΕΝ12

3^η περίπτωση

Στη συνέχεια αποδίδεται μεγαλύτερη βαρύτητα στο κριτήριο δύο του ΕΒΑ. Στην περίπτωση αυτή μειώνοντας το όριο της ΚΠΑ και αυξάνοντας το όριο της ΙΠ παρατηρούμε ότι και πάλι τα σενάρια 9 και 10 βρίσκονται στην πρώτη θέση.

Στην περίπτωση που ΚΠΑ=0,1 και ΙΠ=0,45, υπάρχει σαφής διάκριση του σεναρίου 9. Ακόμη και στην περίπτωση μείωσης του ΕΒΑ=0,15 και αύξησης της ΚΠΑ=0,4 το σενάριο 9 παραμένει πρώτο.

4^η περίπτωση

Τέλος, εξετάζουμε την περίπτωση εισαγωγής βέτο στο κριτήριο 4. Θέτοντας βέτο στην ικανοποίηση του πελάτη στην αρχή βέτο=2 τότε το σενάριο 9 δεν παρουσιάζεται πρώτο στην λίστα. Τα κριτήρια 10,11 είναι τα πρώτα στην κατάταξη. Όσο και να αυξηθεί το βέτο στη συνέχεια δηλαδή για βέτο=3,4 κτλ τα σενάρια 9 και 10 θα αποτελούν τις εναλλακτικές που υπερτερούν.

Πίνακας 4.23: Βαθμολογήσεις κριτηρίων

ΚΠΑ	ΕΒΑ	ΕΠΑ	ΠΙ
0,35	0,2	0,25	0,2

Εισάγοντας το κατώφλι βέτο με τιμή ΒΕΤΟ=2:

Rank	Alternative
1	ΣΕΝ10 ΣΕΝ11 ΣΕΝ13
2	ΣΕΝ9
3	ΣΕΝ12 ΣΕΝ14

Εισάγοντας το κατώφλι ΒΕΤΟ=3,4 κτλ:

Τα σενάρια 9 και 10 βρίσκονται πρώτα στην κατάταξη.

4.4.2.4 Συμπεράσματα

Η ανάλυση ευαισθησίας στην περίπτωση αυτή αποδείχτηκε ιδιαίτερα χρήσιμη. Γιατί αφενός ενίσχυσε τα αρχικά συμπεράσματα μεταξύ των δύο καλύτερων επιλογών, αφετέρου βοήθησε στο να επιτευχθεί μια πιο σαφής προτίμηση σε σχέση με τις δύο πιθανές εναλλακτικές. Μεταβάλλοντας τα όρια της βαρύτητας των

κριτηρίων παρατηρούμε ότι το σενάριο 9 εμφανίζεται ως βέλτιστο σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις. Από την άλλη το σενάριο 10, το οποίο βρισκόταν στην πρώτη θέση με την απόδοση μεγάλης βαρύτητας στο κριτήριο 4 πέφτει θέση. Το πιο πιθανό προκειμένου να ληφθεί η τελική απόφαση να επιλεγεί η μία μεταξύ των δύο εναλλακτικών είναι ο αποφασίζων να συνυπολογίσει την διαφορά στο κόστος παρέμβασης προτού λάβει την τελική απόφαση, Το οποίο στην περίπτωση της εναλλακτικής 9 είναι αρκετά χαμηλότερο από του σεναρίου 10.

4.4.3 Γ περίπτωση

Τέλος, επιχειρείται η σύγκριση των εναλλακτικών της πρώτης περίπτωσης και της δεύτερης δεδομένου πως ο αποφασίζων έχει θέσει ως προϋπολογισμό τα 70.000ευρώ με όριο τα 110.000. Οι εναλλακτικές 1 και 4 δεν χρησιμοποιούνται.

Πίνακας 4.24: Πίνακας αξιολόγησης Electre III- Μητρώο απόφασης Γ περίπτωση

Εναλλακτικές	C1: ΚΠΑ	C2:ΕΒΑ	C3:ΕΠΑ	Εξοικονομούμενη ενέργεια	C4: I.Π.
1	103.050	16,78	7,09		
2	117.000	20,12	5,69	108.230	
3	103.600	18,76	5,92	115.400	
4	103.070	16,97	6,94		
5	121.770	25,20	5,14	78.800	
6	121.240	19,62	5,89	113.620	
7	119.210	20,34	5,63	111.800	
8	105.800	18,74	5,97	120.000	0
9	65.500	13,24	8,12	109.572	
10	61.365	11,02	10,10	141.179	1
11	48.020	9,09	10,35	148.333	3
12	43.420	10,76	9,98	113.517	
13	49.920	10,19	10,25	141.381	2
14	80.275	12,16	10,14	106.279	
EXTRA	103.297	22,81	4,99	85.949	
Κατώφλι προτίμησης	5000	1,5	1,5	1	
Κατώφλι αδιαφορίας	1000	0,5	0,8	0	
Κατώφλι βέτο	Δεν ορίστηκε	Δεν ορίστηκε	Δεν ορίστηκε	Δεν ορίστηκε	
Βαθμοί βαρύτητας	0,35	0,20	0,25	0,20	

Η κατάταξη όπως προκύπτει παρουσιάζεται παρακάτω:

Rank	Alternative
1	ΣΕΝ6
2	ΣΕΝ5 ΣΕΝ7 ΣΕΝ8
3	ΣΕΝ3 ΣΕΝ10
4	ΣΕΝ2 ΣΕΝ13
5	ΣΕΝ9 ΣΕΝ11
6	ΣΕΝ14
7	ΣΕΝ12

Πίνακας 4.25: Τελική κατάταξη - Γ περίπτωση

Κατάταξη	Εναλλακτικές
1	Σενάριο 6
2	Σενάριο 5 και Σενάριο 7 και Σενάριο 8
3	Σενάριο 3 και Σενάριο 10
4	Σενάριο 2 και Σενάριο 13
5	Σενάριο 9 και Σενάριο 11
6	Σενάριο 14
7	Σενάριο 12

4.4.3.2 Αρχικά συμπεράσματα

Οι εναλλακτικές 12,14,9,2 απορρίπτονται εξ αρχής ως μη ικανές. Όπως

φαίνεται, το σενάριο 6 κατατάσσεται πρώτο από όλα. Ο αποφασίζων μπορεί να είναι πολύ σίγουρος πως η εναλλακτική αυτή αποτελεί την καλύτερη επιλογή μιας και το κόστος παρέμβασης είναι σύμφωνο με τον προϋπολογισμό του πετυχαίνοντας έτσι και μείωση του ρίσκου της επένδυσης του.

4.4.3.3 Ανάλυση ευαισθησίας – Γ περίπτωση

1^η περίπτωση

Αυξάνοντας την τιμή της ΚΠΑ και μειώνοντας την ΕΠΑ η κατάταξη δεν αλλάζει. Η μόνη αλλαγή εμφανίζεται όταν ΚΠΑ=0,1 και ΕΠΑ=0,5 οπότε και η δεύτερη θέση αποτελείται μόνο από την εναλλακτική 8.

Πίνακας 4.26: Βαθμολογήσεις κριτηρίων

ΚΠΑ	ΕΒΑ	ΕΠΑ	Π
0,30	0,2	0,25	0,2
0,20	0,2	0,4	0,2
0,1	0,2	0,5	0,2

Διαφοροποίηση στην περίπτωση που ΕΠΑ=0,5 με ΚΠΑ=0,1.

ΚΠΑ	ΕΒΑ	ΕΠΑ	Π
0,1	0,2	0,5	0,2

Τότε:

Rank	Alternative
1	ΣΕΝ6
2	ΣΕΝ5 ΣΕΝ8
3	ΣΕΝ7 ΣΕΝ10 ΣΕΝ13
4	ΣΕΝ3 ΣΕΝ11
5	ΣΕΝ2
6	ΣΕΝ9
7	ΣΕΝ14
8	ΣΕΝ12

2^η περίπτωση

Στη συνέχεια αποδίδεται μεγαλύτερη βαρύτητα στο δεύτερο κριτήριο του ΕΒΑ. Παρατηρούμε πως η κατάταξη παραμένει ίδια με την αρχική αυξομειώνοντας την ΚΠΑ ή την ΕΠΑ. Στην οριακή περίπτωση που η ΚΠΑ=0,1 και ΕΒΑ=0,45, τότε το σενάριο 6 ισοδυναμεί με το σενάριο 5.

3^η περίπτωση

Εδώ παρατηρούμε πως με μείωση του ΚΠΑ και αύξηση του Ι.Π κατά 0.05, το σενάριο 7 δεν εμφανίζεται στην δεύτερη θέση. Τότε:

Μειώνοντας την ΚΠΑ ώστε ΚΠΑ=0,1 και ΙΠ=0,45 τότε το 8^ο σενάριο κατατάσσεται πρώτο μαζί με το σενάριο 6. Τότε:

Rank	Alternative
1	ΣΕΝ6 ΣΕΝ8
2	ΣΕΝ3 ΣΕΝ7 ΣΕΝ10 ΣΕΝ11
3	ΣΕΝ2 ΣΕΝ5 ΣΕΝ13
4	ΣΕΝ9
5	ΣΕΝ12
6	ΣΕΝ14

4^η περίπτωση

Θέτοντας βέτο το σενάριο έξι συνεχίζει να παραμένει πρώτο ακολουθούμενο από το σενάριο 8 σε κάθε περίπτωση.

4.4.3.4 Συμπεράσματα

Από την ανάλυση των παραπάνω για το σύνολο των εναλλακτικών εξάγουμε τα εξής συμπεράσματα:

Η σύγκριση ουσιαστικά αφορούσε τις οχτώ ικανές λύσεις. Από αυτές το σενάριο 6 αποδεικνύεται ξεκάθαρα ως η βέλτιστη εναλλακτική. Ακολουθείται από τα σενάρια 5,7,8 στις περιπτώσεις που βαρύτητα δίνεται στην οικονομική διάσταση αλλά από μόνο από το σενάριο 8 στην περίπτωση που βαρύτητα δίνεται στη περιβαλλοντική διάσταση. Από την αρχική ανάλυση ως πρώτος λόγος που το σενάριο 6 κατατάσσεται πρώτο στην λίστα είναι ότι η χαμηλή του απόδοση στην ΕΠΑ και στην Ι.Π αντισταθμίζεται από την υψηλή του ΚΠΑ. Η μελέτη της κάθε περίπτωσης παρουσιάζει ιδιαίτερα μεγάλο ενδιαφέρον.

Στην δεύτερη περίπτωση της ανάλυσης, παρατηρούμε ότι παρότι οι επενδυτές είναι διατεθειμένοι να δώσουν περισσότερα χρήματα για την επένδυση με σκοπό να πετύχουν καλύτερο αποτέλεσμα, οι εναλλακτικές αυτές εμφανίζονται αρκετά υποδεέστερες από τις πρώτες. Απόρροια αυτού του γεγονότος είναι πως η αύξηση του προϋπολογισμού της επενδυτικής λύσης δεν συνοδεύεται με την μεγαλύτερη θέση της στην κατάταξη.

Στην προσπάθεια αναζήτησης των λόγων γι αυτό, εστιάζουμε στις δράσεις οι οποίες συνθέτουν τα σενάρια. Μέσω της παρατήρησης, διαπιστώνουμε ότι τα σενάρια 6 και 5 τα οποία έρχονται σταθερά πρώτα στην λίστα αποτελούνται από τρεις κοινές δράσεις τις 10,7 και 5. Με βάση αυτόν τον προβληματισμό επιχειρούμε τον σχηματισμό ενός νέου σεναρίου που να περιλαμβάνει τις δράσεις αυτές και το οποίο να απαιτεί την διάθεση ακόμη λιγότερο χρημάτων. Το νέο σενάριο θα αποτελείται από τις δράσεις 10,7,5,8

Ορίζεται το σενάριο extra με πίνακα επίπτωσης:

Πίνακας 4.27: Πινάκας επίπτωσης – Σενάριο Extra

ΚΠΑ	ΕΒΑ	ΕΠΑ	Εξοικονόμηση ενέργειας
118.750	23,905	4,62	59.446

Το νέο αυτό σενάριο εμφανίζει πράγματι καλύτερη απόδοση σε όλα τα οικονομικά κριτήρια και έτσι επαληθεύεται ο ισχυρισμός μας. Παρόλο αυτά απέχει πολύ από την εξοικονόμηση της βέλτιστης εναλλακτικής δηλαδή της επιλογής 6. Έτσι, αν ο επενδυτής- αποφασίζω να αγνοήσει το σενάριο 4 ή ακόμη και χωρίς να το αγνοήσει ενδιαφερθεί περισσότερο για το κόστος παρέμβασης και την εξοικονόμηση χρημάτων το νέο σενάριο(σενάριο extra) αποτελεί την βέλτιστη λύση.

4.5 Αντικειμενικότητα-υποκειμενικότητα και άλλοι παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψιν

Για τον υπολογισμό των πινάκων επίπτωσης της κάθε περίπτωσης και ειδικότερα των τιμών των οικονομικών μεγεθών κάθε σεναρίου δεν έχει ληφθεί υπόψιν η αντικατάσταση των δράσεων μετά το πέρας του χρόνου ζωής τους. Το γεγονός αυτό δεν ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα μιας και για τον υπολογισμό των μεγεθών θα έπρεπε να προστεθεί το κόστος παρέμβασης της κάθε δράσης μετά το πέρας ζωής της. Κάτι που πιθανόν θα άλλαζε τις κατατάξεις.

Ταυτόχρονα, οι αποφάσεις στην χρονική κλίμακα μπορούν να επηρεάσουν την κατάταξη. Για παράδειγμα, στην ανάλυση έχει ληφθεί υπόψιν επιτόκιο ίσο με 5%. Ωστόσο, θα μπορούσε να υποστηριχθεί πως το επιτόκιο αυτό δεν είναι σταθερό στην πραγματικότητα και πως η εξέταση αλλαγών στα επιτόκια είναι απαραίτητη. Επίσης έχει ληφθεί πληρότητα 60%. Σε τοπική κλίμακα δεν υπάρχουν μεγάλες αλλαγές μεταξύ των ετών όσον αφορά την πληρότητα αλλά αν λάβει κανείς υπόψιν την έλλειψη πολιτικής σταθερότητας στην Ελλάδα και τις αλλαγές στον παγκόσμιο τουρισμό, η πληρότητα αυτή μπορεί να μειωθεί και η αξιολόγηση να αλλάξει.

Η τελική κατάταξη των εναλλακτικών λύσεων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα διαθέσιμα χρήματα του επενδυτή και μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την κατάταξη μεταξύ των εναλλακτικών λύσεων και ακόμη να αναστρέψει τα αποτελέσματα.

Σχετικά με την απόδοση βαρών στα κριτήρια, θα πρέπει να τονιστεί πως ό,τι απορρέει απευθείας από την συμμετοχή είναι τεχνικά πολύ δύσκολο. Ως εκ τούτου, το σύνολο των βαρών αποφασίζεται από τον αναλυτή αντανακλώντας διαφορετικές ηθικές θέσεις. Ωστόσο η κατανομή βάρους όπως ορίστηκε πιθανόν να είναι σωστή. Με αυτή την έννοια η ανάλυση ευαισθησίας της κατανομής βάρους έπαιξε κρίσιμο ρόλο και απέδειξε πως η απόφαση για την συγκεκριμένη κατανομή ήταν εν γένει αντικειμενική. Από την άλλη η ανάλυση ευαισθησίας δείχνει τις συνέπειες της μεταβολής των βαρών στις τελικές κατατάξεις και παρέχει πληροφορίες σχετικά με τους συμβιβασμούς των αποφασιζόντων στις περιπτώσεις κυρίως που περισσότερες από μία εναλλακτικές εμφανίζονται ισοδύναμα ως βέλτιστες και μπορεί να αποκαλύψει τρόπους με τους οποίους οι επιλογές μπορούν να βελτιωθούν.

Συμπερασματικά, η υποκειμενικότητα σε κάθε διαδικασία αξιολόγησης και υποστήριξης αποφάσεων είναι αναπόφευκτη, δεδομένου ότι εξαρτάται από τις προτιμήσεις του αποφασίζοντα. Βέβαια η αξία της συνολικής ανάλυσης είναι σημαντική δεδομένου ότι η συνολική μοντελοποίηση των εναλλακτικών επιλογών των κριτηρίων και της βαθμολόγησης των επιλογών ακολουθεί κανόνες αποδεκτούς γενικά και επομένως αυξάνει τη κατανόηση και τη διαφάνεια όλης της διαδικασίας, οδηγεί σε αποφάσεις που λαμβάνονται με δομημένο τρόπο και έχοντας δώσει στον αποφασίζοντα τις επιπτώσεις από τις δυνατές επιλογές του.

Κεφάλαιο 5^ο: Συμπεράσματα

Η παρούσα διπλωματική εκπονήθηκε στα πλαίσια των ακαδημαϊκών δραστηριοτήτων του Εργαστηρίου Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, με σκοπό την ανάπτυξη και παρουσίαση ενός πολυκριτηριακού μεθοδολογικού πλαισίου για λήψη αποφάσεων σχετικών με δράσεις και τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας σε ξενοδοχειακά συγκροτήματα. Με βάση τα στατιστικά στοιχεία που παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο 2 και τις γενικές παρατηρήσεις σχετικά με τις περιβαλλοντικές αλλά και τις κοινωνικές πιέσεις στον ξενοδοχειακό τομέα, η εξοικονόμηση ενέργειας καθίσταται αναγκαία. Βασικός στόχος της παρούσας διπλωματικής είναι η διευκόλυνση της λήψης των σχετικών αποφάσεων για την επιλογή εκείνων των δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας στα ξενοδοχεία που ικανοποιούν τους στόχους των διαχειριστών τους στα πλαίσια μια βιώσιμης ανάπτυξης.

Η έρευνα που παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 2 ανέδειξε την ανάγκη εξοικονόμησης ενέργειας στον κλάδο του τουρισμού και της φιλοξενίας ενώ το κεφάλαιο 3 τον τρόπο ανάπτυξης μεθοδολογικού πολυκριτηριακού πλαισίου, το οποίο θα διευκολύνει τη διαδικασία λήψης απόφασης σχετικά με τις εναλλακτικές, μιας και το ενδιαφέρον γι αυτές είναι συνεχώς αυξανόμενο. Στο κεφάλαιο 4 αναπτύχθηκε και εφαρμόστηκε το πολυκριτηριακό μοντέλο αξιολόγησης ενεργειακών εφαρμογών. Το προτεινόμενο πλαίσιο θεώρησε τρεις περιπτώσεις ανάλογα με το διαθέσιμο κεφάλαιο του αποφασίζοντα. Στην πρώτη ανάλυση εμφανίζονται τα αποτελέσματα για ένα χαμηλότερο διαθέσιμο κεφάλαιο του αποφασίζοντα-επενδυτή ενώ στη συνέχεια για ένα υψηλότερο. Στην τρίτη ανάλυση συγκρίθηκαν οι εναλλακτικές συνολικά.

Η αξιολόγηση ξεκίνησε με σκοπό να προσδιοριστεί η καλύτερη εναλλακτική συνδυασμού δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας για μια ξενοδοχειακή μονάδα στην Ερέτρια. Η αξιολόγηση ολοκληρώθηκε με την μελέτη των τριών περιπτώσεων. Ωστόσο, με τη βοήθεια της πολυκριτηριακής ανάλυσης παρατηρήθηκαν στο τέλος της μελέτης των περιπτώσεων, πτυχές που δεν ήταν εμφανείς με την πρώτη ματιά με κυριότερη την σχετική ανεξαρτησία του κόστους παρέμβασης/διαθέσιμου κεφαλαίου για τις διορθωτικές δράσεις σε σχέση με τη βελτιστοποίηση τους.

Κατά την ανάπτυξη και εφαρμογή της μεθόδου για τα σενάρια συνδυασμού δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας, πολλά από τα οφέλη της πολυκριτηριακής ανάλυσης αναδεικνύονται. Όταν η πολυκριτηριακή ανάλυση διενεργείται από πολύ νωρίς στη ζωή ενός έργου μπορεί να αποτελέσει έναν χρήσιμο οδηγό ανάδειξης τυχόν ανεπαρκειών στη συνολική διαδικασία. Η πρώτη απόπειρα μοντελοποίησης του προβλήματος, τονίζει πολλές ανεπάρκειες στην παροχή των απαραίτητων δεδομένων, την δυσκολία συμφωνίας μεταξύ των εμπλεκόμενων όσον αφορά στις βαθμολογήσεις των κριτηρίων αλλά και στην επιλογή των ίδιων των κριτηρίων. Στην δική μας μελέτη περίπτωσης, η περίπτωση αδυναμίας παροχής δεδομένων δεν εμφανίστηκε μιας και η ανάλυση πραγματοποιήθηκε σε μια εκτεταμένη ενεργειακή επιθεώρηση όπως αυτή ορίστηκε στο κεφάλαιο 2.

Μέσω των συνεντεύξεων με τους ιδιοκτήτες ξενοδοχειακών μονάδων στην Ελλάδα, αναγνωρίστηκαν κατάλληλα πρότυπα κριτηρίων επιλογής ενεργειακών έργων. Ταυτόχρονα, σε συνεργασία με τους εμπλεκόμενους αποσπάστηκαν από τους αποφασίζοντες, οι βαθμοί βαρύτητας των κριτηρίων απόφασης κάτω από πραγματικές συνθήκες. Η χρήση πολλαπλών κριτηρίων που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση παρέχει τη δυνατότητα παρουσίασης των οικονομικών και περιβαλλοντικών διαστάσεων του προβλήματος, στους αποφασίζοντες με τρόπο σαφή και κατανοητό, καθιστώντας τελικά δυνατή την ολοκληρωμένη αντιμετώπιση του προβλήματος. Συμπερασματικά, βρέθηκε πως για την περίπτωση της Ελλάδας το προτεινόμενο πλαίσιο θα μπορούσε να συμπληρώσει τις σύγχρονες πρακτικές ενεργειακής διαχείρισης και να αποκαλύψει το πραγματικό αναπτυξιακό δυναμικό των δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας στα ξενοδοχεία και να προχωρήσει περαιτέρω στον εντοπισμό των πιο «καλών δράσεων» για κάθε περίπτωση.

Το συγκεκριμένο μοντέλο που ακολουθήθηκε βοήθησε στην αποτελεσματική συλλογή όλων των σχετικών δεδομένων έτσι ώστε το μοντέλο που αφορά τις εναλλακτικές να είναι πλήρες. Η δυνατότητα ενσωμάτωσης της περιβαλλοντικής προστασίας, της οικονομικής και κοινωνικής ανάπτυξης στις εναλλακτικές ενίσχυσε την αποτελεσματικότητα των εναλλακτικών σεναρίων δράσης. Η περίπτωση μελέτης της Ερέτριας έδειξε ότι αν η πολυκριτήρια είχε διεξαχθεί με διαφορετικό τρόπο, δηλαδή αν ο σκοπός των αποφασιζόντων ήταν η προστασία του περιβάλλοντος (επομένως και η διαφήμιση της μονάδας ως πράσινου ξενοδοχείου) και όχι η οικονομική αποδοτικότητα της επένδυσης, η βέλτιστη λύση μπορεί να μην ήταν η ίδια όπως στην περίπτωση Β αλλά και της Γ. Η απάντηση μπορεί να μην είναι πάντα

άμεση για να υποστηρίξει μια απόφαση. Παρόλο αυτά η πολυκριτήρια ανάλυση συνήθως αυτή συνεισφέρει με κάποιο τρόπο στη διαδικασία λήψης αποφάσεων.

Η πολυκριτήρια ανάλυση αποτελεί μια κοινωνικο-τεχνική διαδικασία. Η τεχνική ανάλυση όπως αυτή που παρουσιάστηκε με τον υπολογισμό των οικονομικών μεγεθών των κριτηρίων αποτελεί μόνο ένα μέρος της πολυκριτηριακής διαδικασίας. Ο σχεδιασμός της κοινωνικής διαδικασίας εντός του οποίου θα πραγματοποιηθεί η μοντελοποίηση είναι ζωτικής σημασίας για την επιτυχία κάθε έργου. Οι ξενοδόχοι θα μπορούσαν να επιλέξουν οποιοδήποτε σενάριο εξοικονόμησης ενέργειας με βάση των προϋπολογισμό τους. Παρόλο αυτά, για την επιλογή της θα έπρεπε να επιτευχθεί συμφωνία μεταξύ των ιδιοκτητών της ξενοδοχειακής μονάδας σχετικά με τους στόχους. Με το πλεονέκτημα της ύστερης γνώσης από την έρευνα αυτή, η διαδικασία θα μπορούσε να διευκολύνει μελλοντικούς αναλυτές στην βελτίωση της ποιότητας των αποφάσεων τους και την ενίσχυση της διαφάνειας της διεργασίας αλλά και μελλοντικούς επενδυτές ιδιοκτήτες στην επιλογή τους. Με την γνώση ότι η αναμενόμενη αύξηση του διαθέσιμου κεφαλαίου στη προσπάθεια αναζήτησης της καλύτερης λύσης δεν συνεπάγεται κατ' ανάγκη και καλυτέρευση των εναλλακτικών, η εστίαση των προσπαθειών τους θα ήταν η αναζήτηση της λύσης που να παραδίδει τα περισσότερα οφέλη με τα λιγότερα χρήματα. Η αξιολόγηση των προτάσεων από ομότιμους θα μπορούσε να διευκολυνθεί από την παραπάνω μελέτη εφαρμογής.

Από την άλλη πλευρά, πολλά οφέλη εμφανίστηκαν και από την διεξαγωγή της πολυκριτήριας αξιολόγησης με επαναληπτικό τρόπο μέσω της ανάλυσης ευαισθησίας. Οι πολυκριτήριες βασίζονται σε μεγάλο βαθμό στις αποφάσεις των συμμετεχόντων. Με την ανάλυση ευαισθησίας αποκαλύπτονται ποιοι συντελεστές πραγματικά επηρεάζουν το τελικό αποτέλεσμα. Με αυτόν τον τρόπο μπορούν να βελτιωθούν τα βάρη των κριτηρίων σε όλη τη διαδικασία. Κάθε επενδυτική απόφαση δεν μπορεί να βασίζεται μόνο στην διαίσθηση και στα συναισθήματα των αποφασιζόντων σε όλη τη διαδικασία. Αν τα αποτελέσματα από την ανάλυση ευαισθησίας προκύψουν πολύ διαφορετικά θα πρέπει να διερευνηθεί η διαφορά. Μερικές φορές η διαίσθηση είναι λάθος, ενώ άλλες φορές το μοντέλο απαιτεί αναθεώρηση όπως στην Γ περίπτωση. Μετά από αρκετούς επαναληπτικούς κύκλους, η αίσθηση αμηχανίας θα πρέπει να μειωθεί στο σημείο όπου δεν είναι πλέον ένα ζήτημα. Το μοντέλο τότε μπορεί να θεωρηθεί πλήρες. Κάνοντας αναλύσεις ευαισθησίας σχετικά με τα βάρη και στις τρεις περιπτώσεις μελέτης οι συμμετέχοντες μπορούν να αυξήσουν την εμπιστοσύνη τους στη προτεινόμενη βέλτιστη λύση και

τελικά στη λήψη της τελικής απόφασης.

Η λήψη αποφάσεων αποτελεί μια διαδικασία πολυδιάστατη αφού χαρακτηρίζεται από αντικρουόμενα συμφέροντα, πολλά εμπλεκόμενα μέρη, διαφορετικές προτεραιότητες και επιδιώξεις. Πιο συγκεκριμένα, τα προβλήματα λήψης αποφάσεων στον τομέα εξοικονόμησης ενέργειας στα ξενοδοχεία συχνά περιλαμβάνουν πολλαπλούς στόχους. Κάθε μεθοδολογικό πλαίσιο διευκόλυνσης λήψης σχετικών αποφάσεων θα πρέπει να ενσωματώνει τους παράγοντες αυτούς. Η πολυπλοκότητα των συστημάτων εξοικονόμησης ενέργειας σε συνδυασμό με την σοβαρότητα των περιβαλλοντικών επιπτώσεων στον πλανήτη καθιστά αναγκαία την λήψη αποφάσεων μέσω στιβαρών μοντέλων και οι αποφασίζοντες δεν θα πρέπει σε καμία περίπτωση να αποφασίζουν παρορμητικά ή βάσει διαίσθησης. Σε όλα τα επίπεδα εφαρμογής έγινε εμφανές πως η λήψη αποφάσεων ενεργειακής στρατηγικής είναι αναγκαίο να αντιμετωπίζεται με ένα ξεκάθαρο σύστημα λήψης απόφασης. Οι πολυκριτηριακές μεθοδολογίες μπορούν να επιτύχουν ακριβώς αυτό.

Παρόλο αυτά, είναι γενικά δυσχερές να στηριχθεί κάποιος μόνο σε ένα μοντέλο: οργανωτικά, παιδαγωγικά, θεσμικά και πολιτιστικά στοιχεία που διέπουν τη διαδικασία απόφασης συμβάλλουν στην ποιότητά της. Επομένως, δεν είναι δυνατό να προσδιορισθεί η ορθότητα μιας διαδικασίας με βάση μία προσεγγιστική ιδέα ή με βάση ένα μαθηματικό μοντέλο σύγκλισης. Η έσχατη λύση είναι πιο πολύ ζήτημα 'δημιουργίας' αντί ανακάλυψης.

Ευρέως, οι τρόποι Πολυκριτηριακής Ανάλυσης τονώνουν τη διαύγεια της λήψης απόφασης και προσφέρουν βαθιά ενόραση, καταλήγοντας στην εξοικείωση των εμπλεκόμενων με τα καίρια σημεία του προς συζήτηση θέματος. Λειτουργούν δε, ως οδηγοί της διαδικασίας λήψης των αποφάσεων σχηματίζοντας το σύνολο των εναλλακτικών δράσεων, αναγνωρίζοντας τους συμμετέχοντες, προσδιορίζοντας τα κριτήρια επιλογής (decision criteria), υπολογίζοντας την κάθε εναλλακτική δράση, αποσπώντας την προτίμηση εκείνων που συμμετέχουν διαλέγοντας το σωστό μοντέλο απόφασης και εν τέλει προτείνοντας κάποια ή κάποιες δράσεις.

Επιπρόσθετα, η Πολυκριτηριακή Ανάλυση προσφέρει όχι απλά ένα ποσοτικό και ποιοτικό μέσο αποτίμησης της απόδοσης των ενδεχόμενων ενεργειακών πολιτικών, αλλά συγκεντρώνει κάτω από ένα συμμετοχικό φάσμα όλους τους ενδιαφερόμενους και τους συμβαλλόμενους στο πόρισμα. Αυτό εκτιμάται απαραίτητο ειδικά στην περίπτωση των ΑΠΕ εξαιτίας της αποκεντρωμένης φύσης τους και της αναγκαιότητας ένταξης της τοπικής κοινωνίας στην λήψη των αποφάσεων.

Επομένως, γίνονται ξεκάθαρες οι κύριες υποθέσεις και επιλογές και αρθρώνονται οι υποκειμενικές και κανονιστικές (normative) αντιλήψεις σε ένα ολοκληρωμένο φάσμα.

Η Πολυκριτηριακή Ανάλυση δίνει μια στιβαρή οργανωτική σύνθεση για την πραγματοποίηση συνεπούς και διαφανούς ανάλυσης ενεργειακών πολιτικών, και πραγματοποιεί την επιδίωξη της ένταξης της μελέτης από διάφορους επιστημονικούς κλάδους, όπως και τον συνυπολογισμό των αντιλήψεων της τοπικής κοινωνίας. Ακόμη, τονώνει τη διαφάνεια της διαδικασίας, αφού τα κριτήρια απόφασης, δύνανται να παρουσιαστούν στην πρώτη τους μορφή δίχως να είναι απαραίτητη η τροποποίηση τους σε χρηματικές μονάδες. Για όλους αυτούς τους λόγους οι μεθοδολογίες ΠΑ εκτιμώνται ορθές για την πλήρη αποτίμηση αναπτυξιακών έργων ΑΠΕ και εξοικονόμησης ενέργειας, ειδικά κάτω από το πρίσμα ενός μακροπρόθεσμου μετασχηματισμού του ενεργειακού συστήματος.

Η πολυκριτηριακή ανάλυση και αξιολόγηση των επενδύσεων εξοικονόμησης ενέργειας αποτελεί ένα πολύ αποτελεσματικό εργαλείο τόσο για την υποστήριξη της λήψης αποφάσεων του επιχειρηματία ξενοδόχου, όσο και για την υποστήριξη της λήψης αποφάσεων της πολιτείας για τη θέσπιση του κατάλληλου πλαισίου (θεσμικού και κινήτρων) για την ώθηση των επιχειρηματιών στην υλοποίηση επενδύσεων εξοικονόμησης ενέργειας.

Από τα παραπάνω γίνεται λοιπόν σαφές, ότι οι διαδικασίες λήψης επενδυτικών αποφάσεων της διοίκησης των ξενοδοχείων θα πρέπει να μεταβληθούν καθώς είναι αμφίβολο πως οι παρούσες τακτικές θα εξασφαλίσουν τους απαραίτητους ενεργειακούς για την επόμενη γενιά. Σε γενικές γραμμές, η αξιολόγηση των ενεργειακών συστημάτων είναι μια πολύπλοκη ανάλυση που μπορεί να οριστεί ως ένα πολυδιάστατο πρόβλημα των διαφόρων στόχων. Η χρήση της πολυκριτηριακής ανάλυσης παρέχει μια αξιόπιστη μεθοδολογία για την κατάταξη των εναλλακτικών σεναρίων εξοικονόμησης ενέργειας, με την παρουσία των διαφορετικών στόχων και περιορισμών. Έχει παρατηρηθεί ότι η μέθοδος Electre III είναι η πλέον χρησιμοποιούμενη μεθοδολογία ενεργειακών προβλημάτων. Αυτό μπορεί να πιστωθεί στην απλή δομή της και στην ικανότητα του αναλυτή να διαπραγματευτεί αποτελέσματα μέχρι να επιτευχθεί η συνοχή, προσφέροντας σχεδόν συναίνεση στην κρίση.

Παραρτήματα

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Εισαγωγή δεδομένων στο λογισμικό και Αποτελέσματα λογισμικού – Περίπτωση Α

The screenshot shows a dialog box titled "Edit Criterion". It contains the following elements:

- Name of Criterion:** A text box containing "ΚΠΑ".
- Code of Criterion:** A text box containing "ΚΠΑ".
- Weight of Criterion:** A text box containing "0.35".
- Direction of Preferences:** A group box with two radio buttons: "Increasing" (selected) and "Decreasing".
- List of Performances:** A table with 8 rows and 2 columns. The first row is highlighted in blue.

List of Performances:	
1	[ΣΕΝ1]
2	[ΣΕΝ2]
3	[ΣΕΝ3]
4	[ΣΕΝ4]
5	[ΣΕΝ5]
6	[ΣΕΝ6]
7	[ΣΕΝ7]
8	[ΣΕΝ8]

Buttons: OK, Cancel, Modify, Help.

Εικόνα Α.1: Εισαγωγή κριτηρίων και βαρών κριτηρίων- Κριτήριο ΚΠΑ
(Criteria)

Edit Criterion

Name of Criterion: ΕΠΑ

Code of Criterion: ΕΠΑ

Weight of Criterion: 0.25

Direction of Preferences:

- Increasing
- Decreasing

List of Performances:

1	[ΣΕΝ1]
2	[ΣΕΝ2]
3	[ΣΕΝ3]
4	[ΣΕΝ4]
5	[ΣΕΝ5]
6	[ΣΕΝ6]
7	[ΣΕΝ7]
8	[ΣΕΝ8]

Buttons: OK, Cancel, Modify, Help

Εικόνα Α.2: Εισαγωγή κριτηρίων και βαρών κριτηρίων- Κριτήριο ΕΠΑ (Criteria)

Edit Criteria Table

Name of Criterion: ΑΞΙΑ ΔΙΑΦΗΜΙΣΗΣ

Code of Criterion: ΑΔ

Weight of Criterion: 0.2

Direction of Preferences: Increasing

Number of Criteria: 4

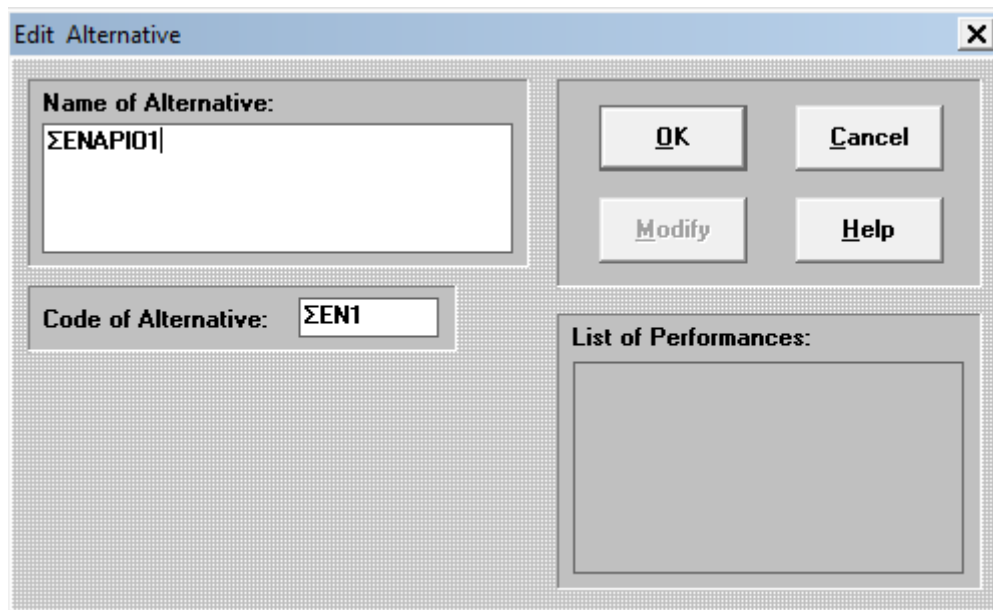
List of Criteria:

1	[ΚΠΑ]
2	[ΕΒΑ]
3	[ΕΠΑ]
4	[ΑΔ]

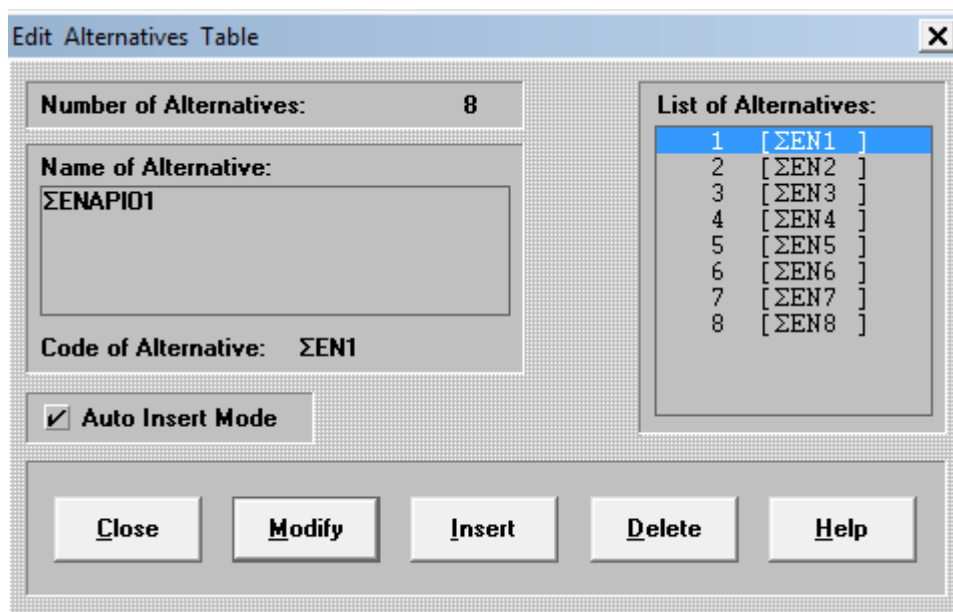
Auto Insert Mode

Buttons: Close, Modify, Insert, Delete, Help

Εικόνα Α.3: Εισαγωγή κριτηρίων – Συνολικά (Criteria)



Εικόνα Α.4: Εισαγωγή εναλλακτικών – Σενάριο 1 (Alternatives)



Εικόνα Α.5: Εισαγωγή εναλλακτικών - Συνολικά (Alternatives)

	ΚΠΑ	ΕΒΑ	ΕΠΑ	ΑΔ
ΣΕΝ1	103050	16.78	7.09	3
ΣΕΝ2	117000	20.12	5.69	4
ΣΕΝ3	103600	18.76	5.92	7
ΣΕΝ4	103070	16.98	6.94	2
ΣΕΝ5	121770	25.2	5.14	1
ΣΕΝ6	121240	19.62	5.9	6
ΣΕΝ7	119210	20.34	5.63	5
ΣΕΝ8	105800	18.74	5.97	8

Number of Criteria: 4
Number of Alternatives: 8

8

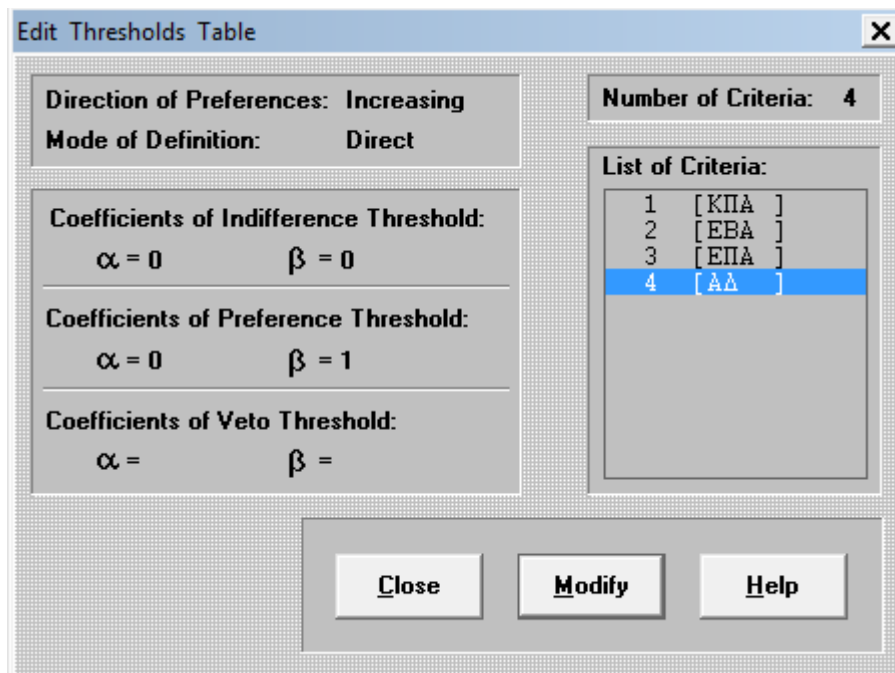
Close Help

Εικόνα Α.6: Εισαγωγή αποδόσεων των εναλλακτικών – Συνολικά (Performances)

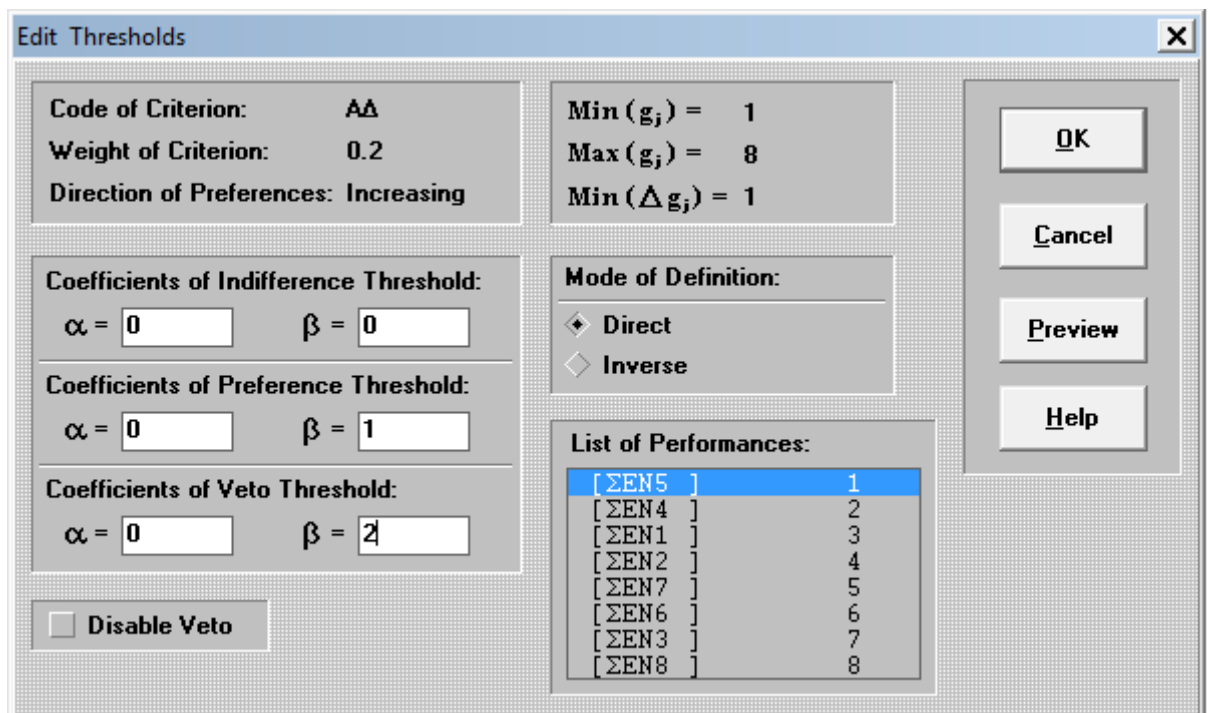
Code of Criterion: ΚΠΑ	Min (g_j) = 103050
Weight of Criterion: 0.35	Max (g_j) = 121770
Direction of Preferences: Increasing	Min (Δg_j) = 20
Coefficients of Indifference Threshold: $\alpha = 0$ $\beta = 1000$	Mode of Definition: <input checked="" type="radio"/> Direct <input type="radio"/> Inverse
Coefficients of Preference Threshold: $\alpha = 0$ $\beta = 5000$	List of Performances: [ΣΕΝ1] 103050 [ΣΕΝ4] 103070 [ΣΕΝ3] 103600 [ΣΕΝ8] 105800 [ΣΕΝ2] 117000 [ΣΕΝ7] 119210 [ΣΕΝ6] 121240 [ΣΕΝ5] 121770
Coefficients of Veto Threshold: $\alpha =$ $\beta =$	<input checked="" type="checkbox"/> Disable Veto

OK
Cancel
Preview
Help

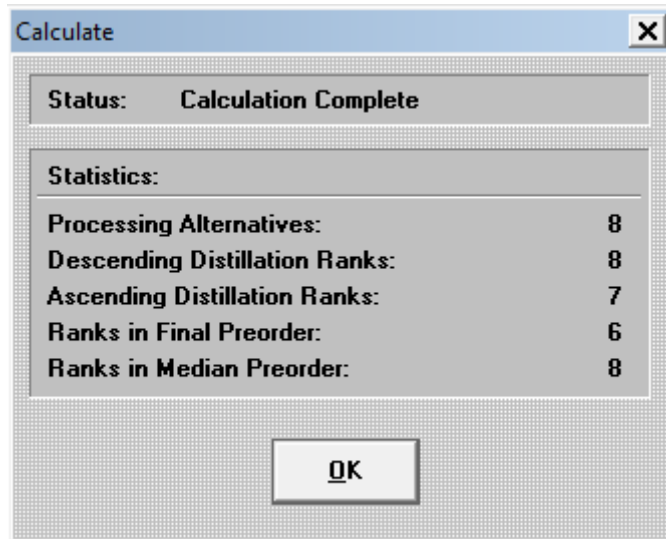
Εικόνα Α.7: Εισαγωγή κατωφλίων – Για την ΚΠΑ (Thresholds)



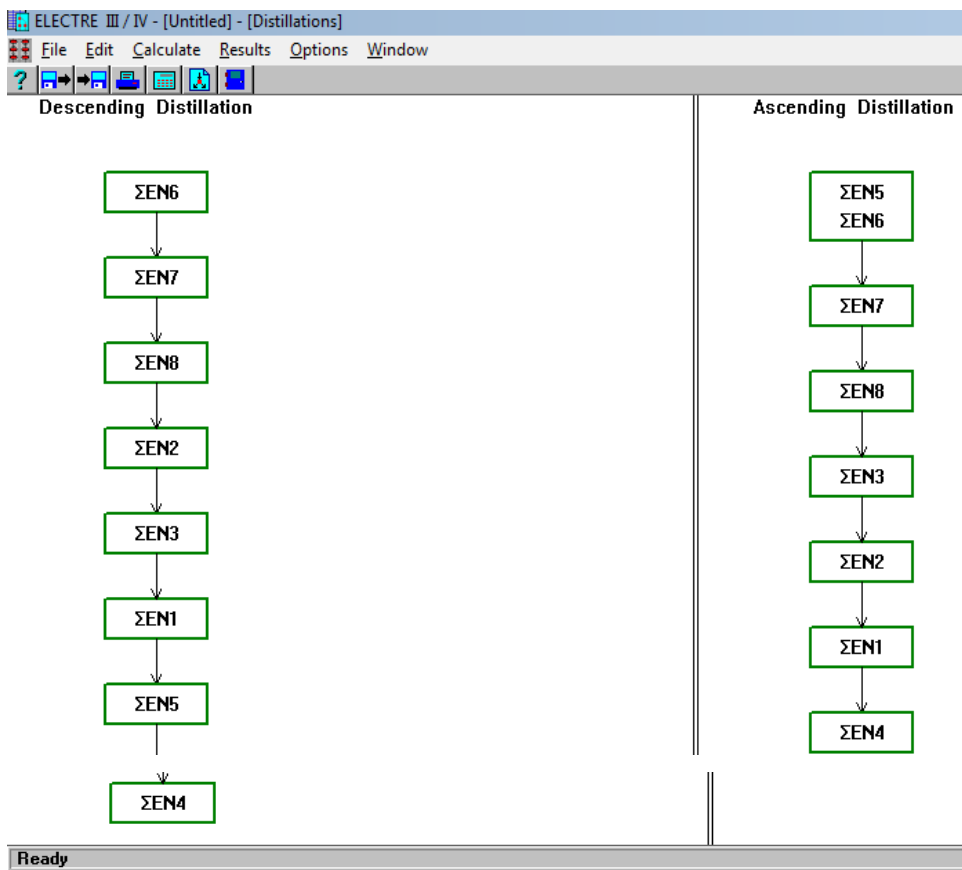
Εικόνα Α.8: Εισαγωγή κατωφλίων – Για την Α.Δ. (Thresholds)



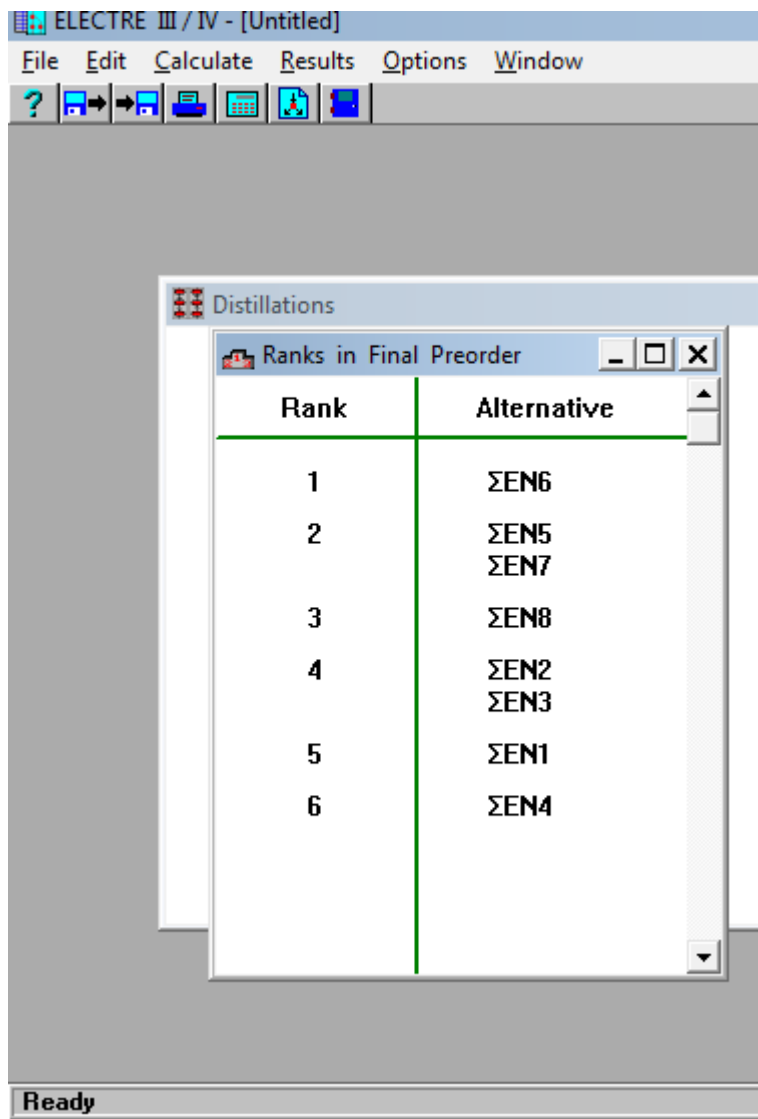
Εικόνα Α.9: Εισαγωγή Κατωφλίου Βέτο – Για την Α.Δ (Thresholds)



Εικόνα Α.10: Εντολή υπολογισμού (Calculate)



Εικόνα Α.11: Αποστάξεις –Κατιούσα και Ανιούσα απόσταξη (Distillations)



Εικόνα Α.12: Τελική μερική προσειρά (Final preorder)

ELECTRE III / IV - [Untitled]

File Edit Calculate Results Options Window

Concordance Matrix

	ΣΕΝ1	ΣΕΝ2	ΣΕΝ3	ΣΕΝ4	ΣΕΝ5	ΣΕΝ6	ΣΕΝ7	ΣΕΝ8
ΣΕΝ1	1	0.036	0.47	1	0.2	0.11	0.014	0.33
ΣΕΝ2	1	1	0.8	1	0.47	0.52	0.69	0.8
ΣΕΝ3	1	0.48	1	1	0.45	0.58	0.45	0.69
ΣΕΝ4	0.8	0.089	0.52	1	0.2	0.16	0.068	0.39
ΣΕΝ5	0.8	0.8	0.8	0.8	1	0.8	0.8	0.8
ΣΕΝ6	1	1	0.8	1	0.8	1	0.96	0.8
ΣΕΝ7	1	1	0.8	1	0.66	0.71	1	0.8
ΣΕΝ8	1	0.47	1	1	0.44	0.57	0.45	1

Ready

Εικόνα Α.13: Πίνακας συμφωνίας (Concordance Matrix)

ELECTRE III / IV - [Untitled]

File Edit Calculate Results Options Window

Credibility Matrix

	ΣEN1	ΣEN2	ΣEN3	ΣEN4	ΣEN5	ΣEN6	ΣEN7	ΣEN8
ΣEN1	1	0.036	0.47	1	0.2	0.11	0.014	0.33
ΣEN2	1	1	0.8	1	0.47	0.52	0.69	0.8
ΣEN3	1	0.48	1	1	0.45	0.58	0.45	0.69
ΣEN4	0.8	0.089	0.52	1	0.2	0.16	0.068	0.39
ΣEN5	0.8	0.8	0.8	0.8	1	0.8	0.8	0.8
ΣEN6	1	1	0.8	1	0.8	1	0.96	0.8
ΣEN7	1	1	0.8	1	0.66	0.71	1	0.8
ΣEN8	1	0.47	1	1	0.44	0.57	0.45	1

Ready

Εικόνα Α.14: Πίνακας αξιοπιστίας(Credibility Matrix)

ELECTRE III / IV - [Untitled]

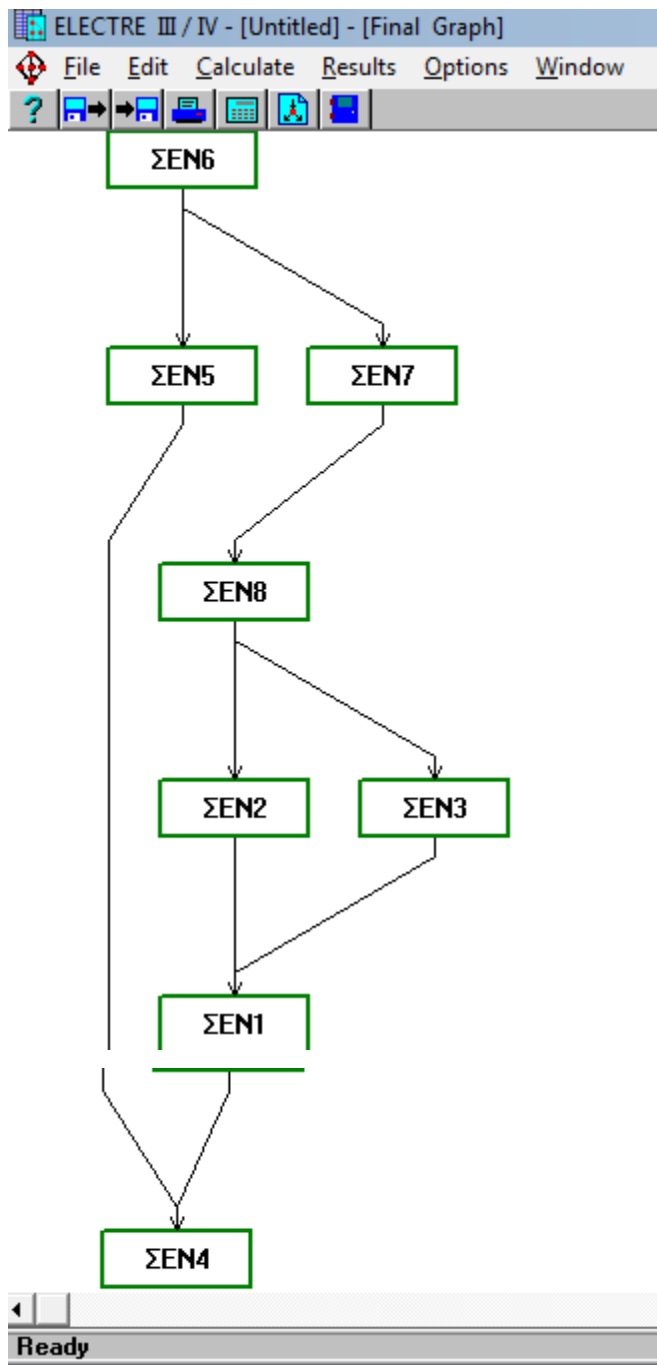
File Edit Calculate Results Options Window

Ranking Matrix

	ΣΕΝ1	ΣΕΝ2	ΣΕΝ3	ΣΕΝ4	ΣΕΝ5	ΣΕΝ6	ΣΕΝ7	ΣΕΝ8
ΣΕΝ1	I	P⁻	P⁻	P	R	P⁻	P⁻	P⁻
ΣΕΝ2	P	I	R	P	R	P⁻	P⁻	P⁻
ΣΕΝ3	P	R	I	P	R	P⁻	P⁻	P⁻
ΣΕΝ4	P⁻	P⁻	P⁻	I	P⁻	P⁻	P⁻	P⁻
ΣΕΝ5	R	R	R	P	I	P⁻	R	R
ΣΕΝ6	P	P	P	P	P	I	P	P
ΣΕΝ7	P	P	P	P	R	P⁻	I	P
ΣΕΝ8	P	P	P	P	R	P⁻	P⁻	I

Ready

Εικόνα Α.15: Πίνακας Υπεροχής (Ranking Matrix)



Εικόνα Α.16: Τελικός γράφος (Final Graph)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: Εισαγωγή δεδομένων στο λογισμικό και Αποτελέσματα λογισμικού – Περίπτωση Β

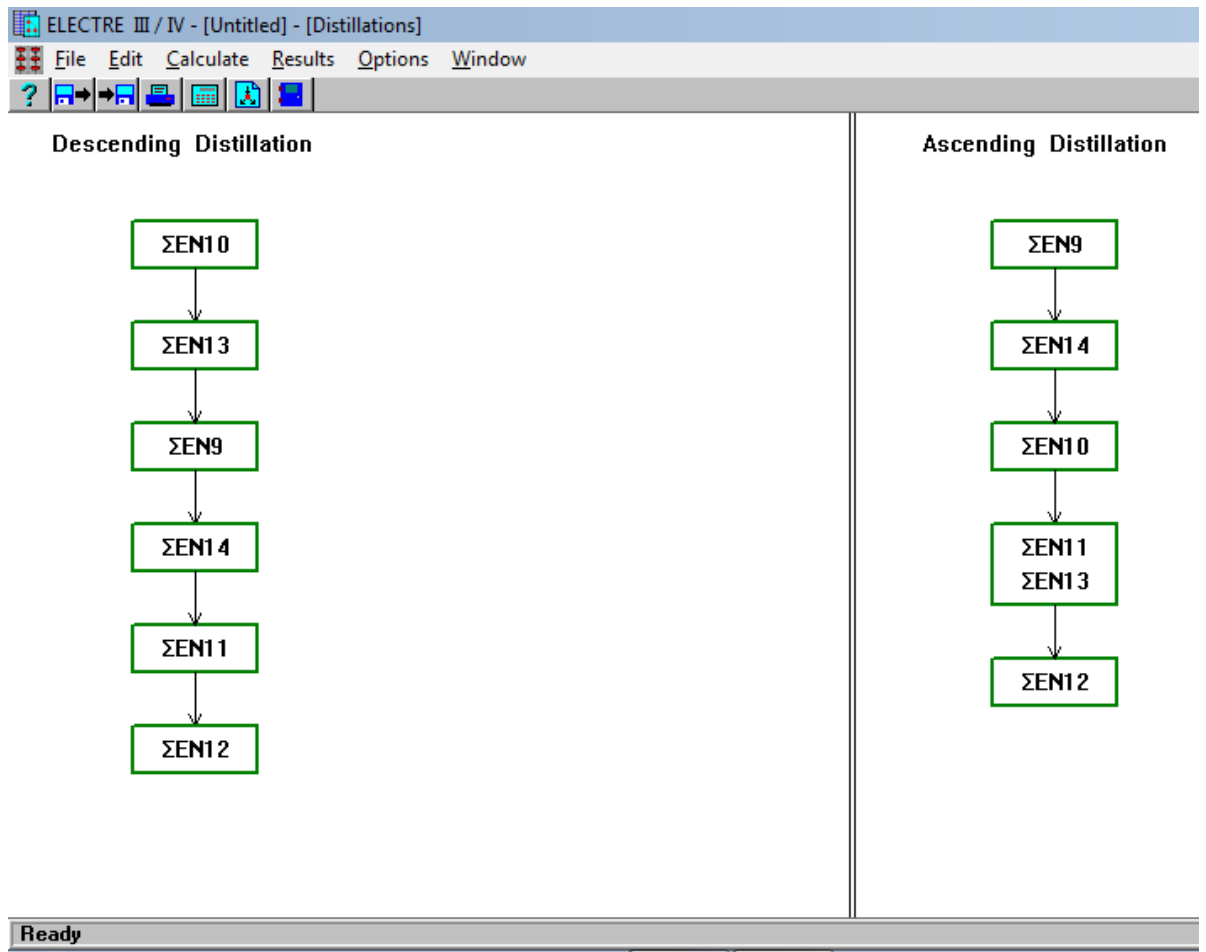
	ΚΠΑ	ΕΒΑ	ΕΠΑ	ΑΔ				
ΣΕΝ9	65500	13.24	8.12	2				
ΣΕΝ10	61365	11.02	10.1	4				
ΣΕΝ11	48020	9.09	10.35	6				
ΣΕΝ12	43420	10.76	9.98	3				
ΣΕΝ13	49920	10.19	10.25	5				
ΣΕΝ14	80275	12.16	10.14	1				

Number of Criteria: 4
Number of Alternatives: 6

1

Close Help

Εικόνα Β.1: Εισαγωγή αποδόσεων των εναλλακτικών – Συνολικά (Performances)



Εικόνα Β.2: Αποστάξεις –Κατιούσα και Ανιούσα απόσταξη (Distillations)

ELECTRE III / IV - [Untitled] - [Ranks in Final Preorder]

File Edit Calculate Results Options Window

Rank	Alternative
1	ΣΕΝ9 ΣΕΝ10
2	ΣΕΝ13 ΣΕΝ14
3	ΣΕΝ11
4	ΣΕΝ12

Ready

Εικόνα Β.3: Τελική μερική προσειρά (Final preorder)

ELECTRE III/IV - [Untitled] - [Concordance Matrix]

File Edit Calculate Results Options Window

	ΣΕΝ9	ΣΕΝ10	ΣΕΝ11	ΣΕΝ12	ΣΕΝ13	ΣΕΝ14
ΣΕΝ9	1	0.8	0.8	0.8	0.8	0.65
ΣΕΝ10	0.28	1	0.8	1	0.8	0.52
ΣΕΝ11	0.2	0.45	1	0.8	0.8	0.45
ΣΕΝ12	0.2	0.45	0.49	1	0.45	0.47
ΣΕΝ13	0.2	0.58	0.8	0.99	1	0.45
ΣΕΝ14	0.43	0.8	0.8	0.8	0.8	1

Ready

Εικόνα Β.4: Πίνακας συμφωνίας (Concordance Matrix)

ELECTRE III / IV - [Untitled] - [Credibility Matrix]

File Edit Calculate Results Options Window

	ΣΕΝ9	ΣΕΝ10	ΣΕΝ11	ΣΕΝ12	ΣΕΝ13	ΣΕΝ14
ΣΕΝ9	1	0.8	0.8	0.8	0.8	0.65
ΣΕΝ10	0.28	1	0.8	1	0.8	0.52
ΣΕΝ11	0.2	0.45	1	0.8	0.8	0.45
ΣΕΝ12	0.2	0.45	0.49	1	0.45	0.47
ΣΕΝ13	0.2	0.58	0.8	0.99	1	0.45
ΣΕΝ14	0.43	0.8	0.8	0.8	0.8	1

Ready

Εικόνα Β.5: Πίνακας αξιοπιστίας(Credibility Matrix)

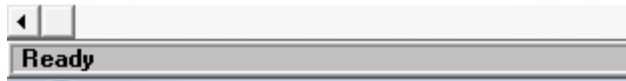
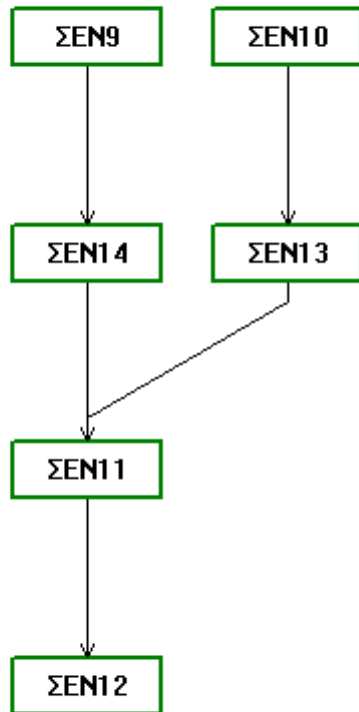
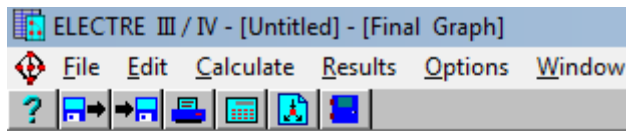
ELECTRE III / IV - [Untitled] - [Ranking Matrix]

File Edit Calculate Results Options Window

	ΣΕΝ9	ΣΕΝ10	ΣΕΝ11	ΣΕΝ12	ΣΕΝ13	ΣΕΝ14
ΣΕΝ9	I	R	P	P	R	P
ΣΕΝ10	R	I	P	P	P	R
ΣΕΝ11	P ⁻	P ⁻	I	P	P ⁻	P ⁻
ΣΕΝ12	P ⁻	P ⁻	P ⁻	I	P ⁻	P ⁻
ΣΕΝ13	R	P ⁻	P	P	I	R
ΣΕΝ14	P ⁻	R	P	P	R	I

Ready

Εικόνα Β.6: Πίνακας Υπεροχής (Ranking Matrix)



Εικόνα Β.7: Τελικός γράφος (Final Graph)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: Εισαγωγή δεδομένων στο λογισμικό και Αποτελέσματα λογισμικού – Περίπτωση Γ

Edit Alternatives Table

Number of Alternatives: 12

Name of Alternative: ΣΕΝΑΡΙΟ14

Code of Alternative: ΣΕΝ14

Auto Insert Mode

List of Alternatives:

- 2 [ΣΕΝ3]
- 3 [ΣΕΝ5]
- 4 [ΣΕΝ6]
- 5 [ΣΕΝ7]
- 6 [ΣΕΝ8]
- 7 [ΣΕΝ9]
- 8 [ΣΕΝ10]
- 9 [ΣΕΝ11]
- 10 [ΣΕΝ12]
- 11 [ΣΕΝ13]
- 12 [ΣΕΝ14]

Buttons: Close, Modify, Insert, Delete, Help

Εικόνα Γ.1: Εισαγωγή εναλλακτικών – Σενάριο 14 (Alternatives)

Edit Performances Table

	ΚΠΑ	ΕΒΑ	ΕΠΑ	ΑΔ
ΣΕΝ5	121770	25.2	5.14	1
ΣΕΝ6	121240	19.62	5.89	8
ΣΕΝ7	119210	20.34	5.63	6
ΣΕΝ8	105800	18.74	5.97	10
ΣΕΝ9	65500	13.24	8.12	5
ΣΕΝ10	61365	11.02	10.1	11
ΣΕΝ11	48020	9.09	10.35	13
ΣΕΝ12	43420	10.76	9.98	7
ΣΕΝ13	49920	10.19	10.25	12
ΣΕΝ14	80275	12.16	10.14	3

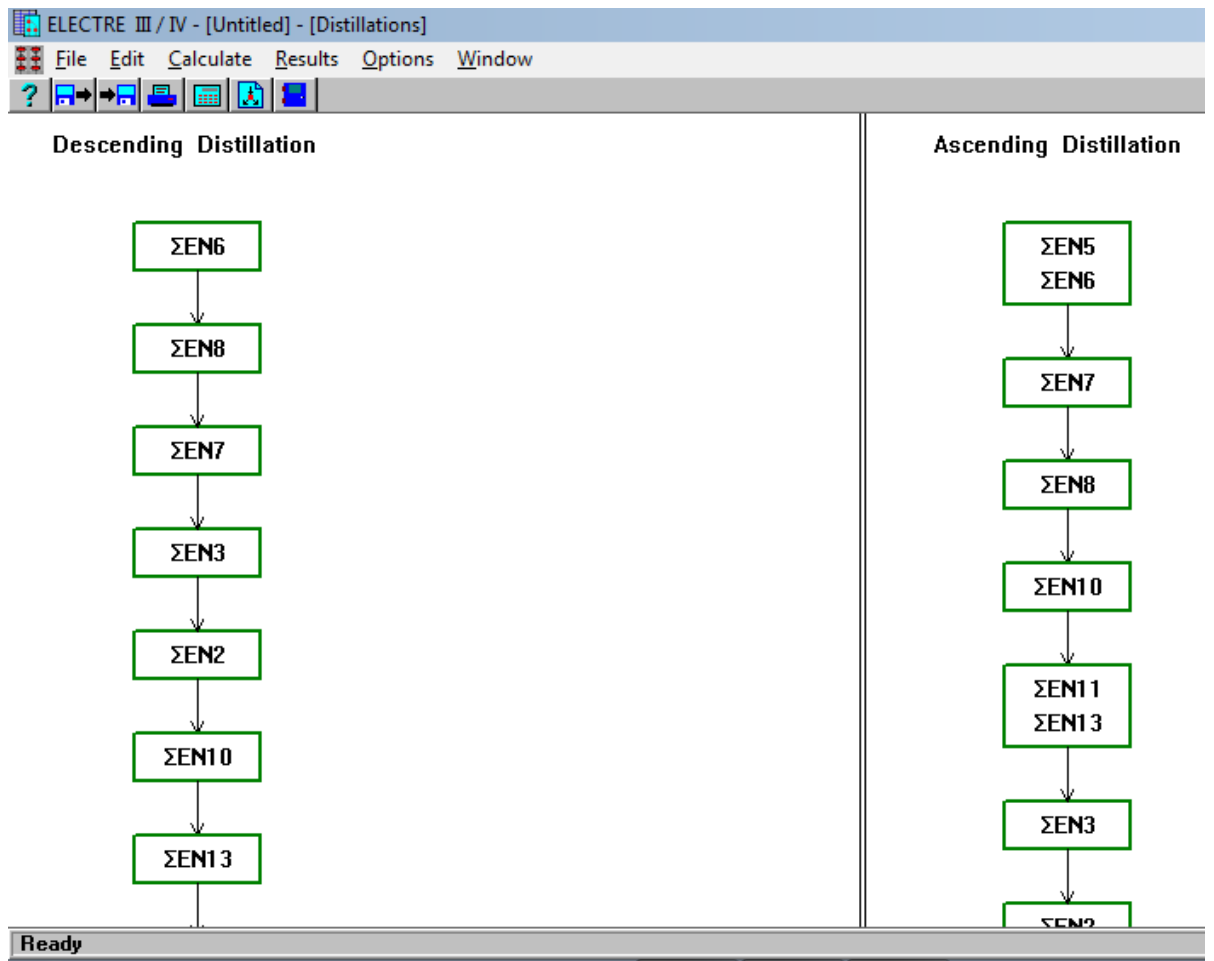
Number of Criteria: 4

Number of Alternatives: 12

8

Buttons: Close, Help

Εικόνα Γ.2: Εισαγωγή αποδόσεων των εναλλακτικών – Συνολικά (Performances)



Εικόνα Γ.3: Αποστάξεις –Κατιούσα και Ανιούσα απόσταξη (Distillations)

ELECTRE III / IV - [Untitled] - [Ranks in Final Preorder]

File Edit Calculate Results Options Window

Rank	Alternative
1	ΣΕΝ6
2	ΣΕΝ5 ΣΕΝ7 ΣΕΝ8
3	ΣΕΝ3 ΣΕΝ10
4	ΣΕΝ2 ΣΕΝ13
5	ΣΕΝ9 ΣΕΝ11
6	ΣΕΝ14
7	ΣΕΝ12

Ready

Εικόνα Γ.4: Τελική μερική προσειρά (Final preorder)

ELECTRE III / IV - [Untitled] - [Concordance Matrix]

File Edit Calculate Results Options Window

	ΣΕΝ2	ΣΕΝ3	ΣΕΝ5	ΣΕΝ6	ΣΕΝ7	ΣΕΝ8	ΣΕΝ9	ΣΕΝ10	ΣΕΝ11	ΣΕΝ12	ΣΕΝ13	ΣΕΝ14
ΣΕΝ2	1	0.8	0.47	0.52	0.69	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1
ΣΕΝ3	0.48	1	0.45	0.58	0.45	0.69	1	0.8	0.8	1	0.8	1
ΣΕΝ5	0.8	0.8	1	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ΣΕΝ6	1	0.8	0.8	1	0.96	0.8	1	0.8	0.8	1	0.8	1
ΣΕΝ7	1	0.8	0.66	0.71	1	0.8	1	0.8	0.8	0.8	0.8	1
ΣΕΝ8	0.47	1	0.44	0.57	0.45	1	1	0.8	0.8	1	0.8	1
ΣΕΝ9	0.2	0	0.2	0	0	0	1	0.8	0.8	0.8	0.8	0.65
ΣΕΝ10	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.28	1	0.8	1	0.8	0.52
ΣΕΝ11	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.45	1	0.8	0.8	0.45
ΣΕΝ12	0.2	0	0.2	0	0.2	0	0.2	0.45	0.49	1	0.45	0.47
ΣΕΝ13	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.58	0.8	0.99	1	0.45
ΣΕΝ14	0	0	0.2	0	0	0	0.43	0.8	0.8	0.8	0.8	1

Ready

Εικόνα Γ.5: Πίνακας συμφωνίας (Concordance Matrix)

ELECTRE III/IV - [Untitled] - [Credibility Matrix]

File Edit Calculate Results Options Window

	ΣΕΝ2	ΣΕΝ3	ΣΕΝ5	ΣΕΝ6	ΣΕΝ7	ΣΕΝ8	ΣΕΝ9	ΣΕΝ10	ΣΕΝ11	ΣΕΝ12	ΣΕΝ13	ΣΕΝ14
ΣΕΝ2	1	0.8	0.47	0.52	0.69	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1
ΣΕΝ3	0.48	1	0.45	0.58	0.45	0.69	1	0.8	0.8	1	0.8	1
ΣΕΝ5	0.8	0.8	1	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ΣΕΝ6	1	0.8	0.8	1	0.96	0.8	1	0.8	0.8	1	0.8	1
ΣΕΝ7	1	0.8	0.66	0.71	1	0.8	1	0.8	0.8	0.8	0.8	1
ΣΕΝ8	0.47	1	0.44	0.57	0.45	1	1	0.8	0.8	1	0.8	1
ΣΕΝ9	0.2	0	0.2	0	0	0	1	0.8	0.8	0.8	0.8	0.65
ΣΕΝ10	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.28	1	0.8	1	0.8	0.52
ΣΕΝ11	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.45	1	0.8	0.8	0.45
ΣΕΝ12	0.2	0	0.2	0	0.2	0	0.2	0.45	0.49	1	0.45	0.47
ΣΕΝ13	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.58	0.8	0.99	1	0.45
ΣΕΝ14	0	0	0.2	0	0	0	0.43	0.8	0.8	0.8	0.8	1

Ready

Εικόνα Γ.6: Πίνακας αξιοπιστίας(Credibility Matrix)

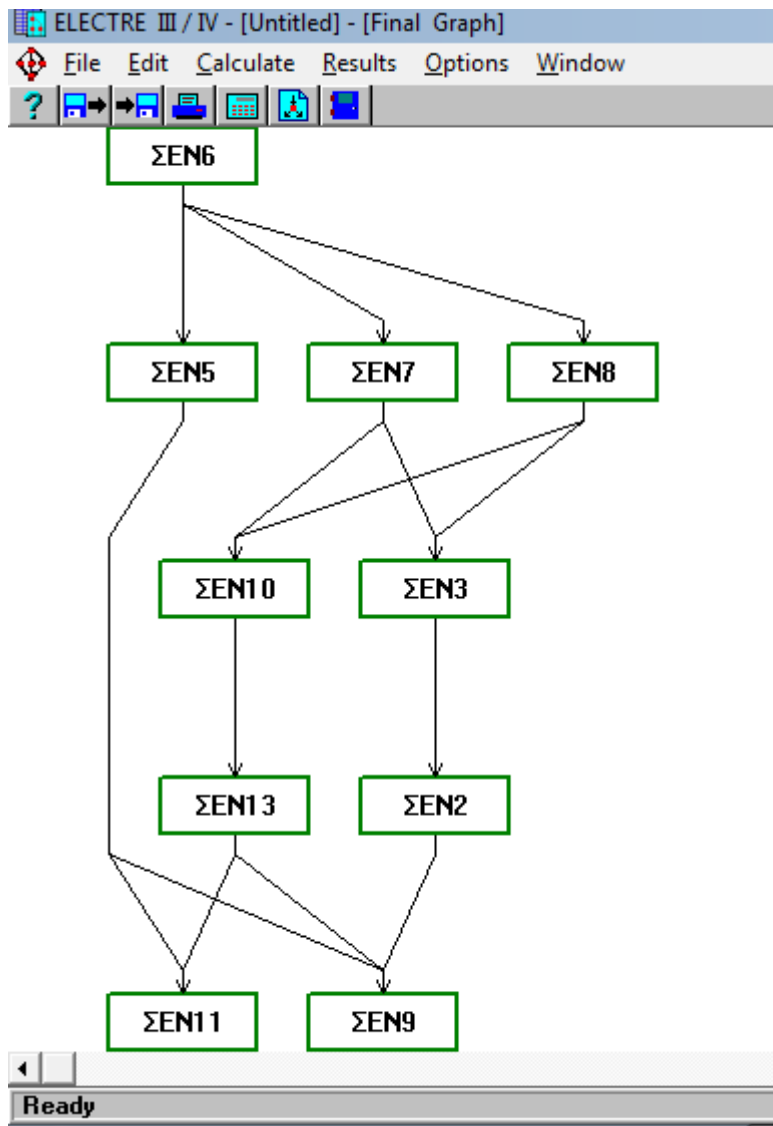
ELECTRE III/IV - [Untitled] - [Ranking Matrix]

File Edit Calculate Results Options Window

	ΣΕΝ2	ΣΕΝ3	ΣΕΝ5	ΣΕΝ6	ΣΕΝ7	ΣΕΝ8	ΣΕΝ9	ΣΕΝ10	ΣΕΝ11	ΣΕΝ12	ΣΕΝ13	ΣΕΝ14
ΣΕΝ2	I	P'	R	P'	P'	P'	P	R	R	P	R	P
ΣΕΝ3	P	I	R	P'	P'	P'	P	R	R	P	R	P
ΣΕΝ5	R	R	I	P'	R	R	P	R	P	P	R	P
ΣΕΝ6	P	P	P	I	P	P	P	P	P	P	P	P
ΣΕΝ7	P	P	R	P'	I	R	P	P	P	P	P	P
ΣΕΝ8	P	P	R	P'	R	I	P	P	P	P	P	P
ΣΕΝ9	P'	P'	P'	P'	P'	P'	I	P'	R	P	P'	P
ΣΕΝ10	R	R	R	P'	P'	P'	P	I	P	P	P	P
ΣΕΝ11	R	R	P'	P'	P'	P'	R	P'	I	P	P'	R
ΣΕΝ12	P'	P'	P'	P'	P'	P'	P'	P'	P'	I	P'	P'
ΣΕΝ13	R	R	R	P'	P'	P'	P	P'	P	P	I	P
ΣΕΝ14	P'	P'	P'	P'	P'	P'	P'	P'	R	P	P'	I

Ready

Εικόνα Γ.7: Πίνακας Υπεροχής (Ranking Matrix)



Εικόνα Γ.8: Τελικός γράφος (Final Graph)

Βιβλιογραφία

1. Badri M A and Abdulla M H (2004) . Awards of excellence in institutions of higher education: an AHP approach' *International Journal of Educational Management* 18 (4) pp.224-242.
2. Bana e Costa, C. A. and J. C. Vansnick (1994). MACBETH: An Interactive Path towards the Construction of Cardinal Value Functions, *International Transactions in Operational Research* 1(4): 489–500 .
3. Beuthe, M. and G. Scannella (2011). Comparative analysis of UTA multicriteria methods, *European Journal of Operational Research*, 130 (2), 246–262.
4. Bottani, E., Rizzi, A., (2005). A fuzzy multi-attribute framework for supplier selection in an e-procurement environment. *International Journal of Logistics Research and Applications* 8 (3), 249–266.
5. Doumpos M. and Zopounidis C. (2004), A multicriteria classification approach based on pairwise comparisons, *European Journal of Operational Research*, 158, 378-389
6. Dyer, R.F. and Forman, E.H. (1992). *An Analytic Approach to Marketing Decisions*, Prentice Hall, Englewood Cliffs.
7. Harker, P. T. and Vargas V. G. (1997), The Theory of Ratio Scale Estimation: Saaty's Analytic Hierarchy Process, *Management Science*, 33, 1383-1403
8. Hokkanen J, Salminen P, Rossi E, Ethala M. (2005). The choice of a solid waste management system using the Electre II decision—aid method. *Waste Manag Res*; 13:175–93
9. Kaufmann W., (1983). *Without Guilt and Justice: From Decidophobia to Autonomy*, New York: Peter Wyden
10. Keeney, R.L. and H. Raiffa (1976). *Decisions with multiple objectives: Preferences and value tradeoffs*, John Wiley and Sons, New York.
11. Roy B., (1990). The outranking approach and the foundations of ELECTRE methods, in C.A. Bana e Costa (ed.), *Readings in Multiple Criteria Decision Aid*, Springer-Verlag, pp. 155-183.
12. Saaty, T L., (1989). *Decision Making, Scaling, and Number Crunching*, *Decision Sciences*, 20, 404-409.
13. Saaty, T. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15, 234–281.
14. Saaty, T. (1980). *The analytic hierarchy process: Planning, priority setting, resource allocation*. McGraw-Hill.

15. Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 48, 9–26.
16. Saaty, T.L. (2008). Decision Making with the Analytic Hierarchy Process, *International Journal of Services Sciences*, vol 1 (1), 83-98.
17. Saaty, T.L. (1994). How to make a decision: the analytic hierarchy process, *Interfaces*, Vol. 24, No. 6, pp.19–43
18. Simon, H.A. (1960). *The new science of management decision*, New York, NY: Harper and Row.
19. Siskos, Y. and D. Yannacopoulos (1985). UTASTAR: An ordinal regression method for building additive value functions, *Investigaçāo Operacional*, 5 (1), 39–53.
20. Tolidis K., Dimopoulou E., (2011). Using Spatial Decision Support Systems (SDSS) as a Planning Tool in Mountainous Areas, *International Conference of the International Geographical Union (IGU): “Heritage, Planning and e-Participation: The Evolving Forms of Information Society”*, July 3-4, 2011, National Technical University of Athens, Athens, Greece.
21. Γωνιάδης Ι., (2010). Ανάπτυξη μοντέλου αξιολόγησης διδασκαλίας στην τριτοβάθμια εκπαίδευση με συνδυασμό μεθόδων AHP/DEA και ενσωμάτωση στο πληροφοριακό σύστημα αξιολόγησης, Διπλωματική εργασία, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας, ΔΠΜΣ: Πληροφοριακά Συστήματα, Θεσσαλονίκη.
22. Ματσατσίνης Ν., (2010). Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Αθήνα
23. Παναγιωτακόπουλος, Δ., (2011), Συστημική Ανάλυση, Επικινδυνότητα και Τεχνική Οικονομική, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Ξάνθη
24. Στεργίου (2004). Σχεδιασμός των Κατασκευών, Σύγχρονη Εκδοτική, Αθήνα.
25. Δούκας, Χ., Ευδώρας, Π., Ψαρράς, Ι. 2015. Πολυκριτηριακά συστήματα υποστήριξης αποφάσεων. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών. Τομέας Βιομηχανικών Διατάξεων και Συστημάτων Αποφάσεων. Σημειώσεις Μαθήματος
26. Fishburn, P.C., 1970. *Utility theory for decision making*, Wiley, New York
27. Hobbs, B.F., Meier, P., ‘Integrated Resource Planning and the Environment: A Guide to the Use of Multi-Criteria Decision Methods’, U.S. DOE, January 1995
28. Jacquet-Lagrange, E., Siskos, J., 2001. Preference disaggregation: Twenty years of MCDA experience. *European Journal of Operational Research*, 130 (2), 233-245.
29. Keeney, R.L., Raiffa, H., 1993. *Decisions with multiple objectives: Preferences and value tradeoffs*. Cambridge University Press, Cambridge

30. Koopmans, T.C., 1951. Activity analysis of production and allocation. John Wiley and Sons, New York.
31. Miettinen, K., 1999. Nonlinear Multiobjective optimization. Dordrecht, Kluwer
32. Munda, G., 1995. Multicriteria Evaluation in a Fuzzy Environment. Theory and Applications in Ecological Economics. Physica-Verlag, Heidelberg
33. Pareto, V., 1896. Cours d'Economie Politique, Lausanne.
34. Polatidis, H., Haralambopoulos, D., Kemp, R., Rothman, D., 2003. Creating an energy system that we want but don't know yet, using Integrated Assessment, Transition Management and multi-Criteria Analysis', Integrated Assessment 4(3).
35. Roy, B., 1968. Classement et choix en presence de points de vue multiples (la methode ELECTRE). Revue Informatique et Recherche Operationnelle 8, 57-75.
36. Roy, B., 1985. Methodologie multicritere d'aide a la Decision, Economica, Paris.
37. Sfez, L., 1973. Critique de la decision. Presses de la Fondation Nationale des Sciences Politiques, Paris
38. SMA (2012). Performance ratio Quality factor for the PV plant.
39. Σίσκος, Ι., 2008. Μοντέλα αποφάσεων. Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Αθήνα
40. Weber, M., Borcherding, K. (1993). Behavioral influences on weight judgments in multiattribute decision making. European Journal of Operational Research, 67, 1–12
41. Zeleny, M., 1982. Multiple criteria decision making. McGraw Hill, New York.
42. Commission of the European Communities (2007). Limiting Global Climate Change to 2 degrees Celsius The way ahead for 2020 and beyond.
43. European Commission (2001). Energy Storage, a key technology for decentralized power, power quality and clean transport.
44. European Commission (2008). Towards a 'Post Carbon society'.European research on economic incentives and social behaviour. Luxemburg: European Communities
45. European Commission (2010). Energy-efficient buildings PPP,Multi-annual roadmap and longer term strategy.
46. European Commission (2011). EU Transport in figures-Statistical pocketbook 2011.
47. Bolla, V., & Pendolovska, V. (2011). Eurostat Statistics in Focus 10/2011. General and regional statistics Environment and energy.
48. European Environment Agency, (2011) 'Survey of resource efficiency policies in EEA

member and cooperating countries- Country profile Greece'.

49. European Parliament and the Council of European Union (2009). Decision No 406/2009/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009.
50. European Parliament and the Council of European Union (2009). Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009.
51. European Parliament and the Council of European Union (2010). Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings.
52. European Renewable Energy Council (2004). Integration of renewable energy sources, Targets and benefits of large scale deployment of renewable energy sources.
53. European Council of Brussels (2007). Conclusions of the Presidency.
54. European Parliament and Council (2010). Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings (recast).
55. Eurostat (2012) Final energy consumption by sector.
56. Eurostat (2012) Greenhouse gas emissions by sector.
57. Eurostat (2012) Gross inland energy consumption by fuel.
58. Eurostat (2010) Electricity generated from renewable sources, 1990-2008.
59. Eurostat (2010) Electricity generated from renewable sources.
60. Bohdanowicz, P., (2011), *Energy Efficiency and Conservation in Hotels – Towards Sustainable Tourism*, Royal Institute of Technology, Sweden
61. Dalhat, A., (2014), *Application of Bioclimatic Architecture Principles in the Design of Hotel Katsina Nigeria*, University Zaria of Nigeria.
62. Hayter, S, & Kandt, A., (2011), *Renewable Energy Applications for Existing Buildings*, National Renewable Energy Laboratory.
63. Hotel Energy Solutions, (2011), *Analysis on Energy Use by European Hotels*, Hotel Energy Solutions project publications.
64. IEA Technology Roadmaps, (2011), *Energy efficient buildings, Heating and Cooling Equipment*, International Energy Agency.
65. Karlicek, R., (2014), *Handbook of Advanced Lighting Technology*, Springer International Publishing.
66. Κακκαράς, Ε., (2014), *Σημειώσεις Μαθήματος: Ατμοπαραγωγοί Ι, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.*

67. Περδίδος, Σ., (2010), *Τα μυστικά για την ενεργειακή βελτίωση του ακινήτου σας*, Αθήνα: Τεκδοτική.
68. Περδίδος, Σ., (2005), *Οικονομική αξιολόγηση επεμβάσεων για Εξοικονόμηση Ενέργειας*, Αθήνα: Τεκδοτική.
69. Φαρράς, Ι., (2013), *Σημειώσεις Μαθήματος: Διαχείριση Ενέργειας και Περιβαλλοντική Πολιτική*, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.