Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών Και Μηχανικών Υπολογιστών
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ
Εργαστήριο Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης

Συστηματα Υποστηριξης Αποφασεων για την Προωθηση των Ανανεωσιμων Πηγων Ενεργειας στο Συγχρονο Περιβαλλον Λειτουργιας του Ενεργειακου Τομεα

Διδακτορική Διατριβή

Χρυσόστομος Χ. Δούκας

Επιβλέπων Καθηγητής:

Ιωάννης Ψαρράς

Αθήνα, Ιούλιος 2008

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

Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων για την Προώθηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στο Σύγχρονο Περιβάλλον Λειτουργίας του Ενεργειακού Τομέα

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

του

Χρυσόστομου Χ. Δούκα

Επιβλέπων Καθηγητής:

Ιωάννης Ψαρράς

Αθήνα, Ιούλιος 2008

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

Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων για την Προώθηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στο Σύγχρονο Περιβάλλον Λειτουργίας του Ενεργειακού Τομέα

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

του

Χρυσόστομου Χ. Δούκα

Συμβουλευτική Επιτροπή : Ψαρράς Ιωάννης, Καθηγητής Ε.Μ.Π. (επιβλέπων)
Σαμουηλίδης Ιησούς-Εμμανουήλ, Καθηγητής Ε.Μ.Π.
Παπαγεωργίου Χρήστος, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την επταμελή εξεταστική επιτροπή την / /2008

.....	.....	.....
Ιωάννης Ψαρράς	Γρηγόριος Μέντζας	Βασίλειος Ασημακόπουλος
Καθηγητής Ε.Μ.Π.	Καθηγητής Ε.Μ.Π.	Καθηγητής Ε.Μ.Π.
.....	.....	.....
Δημήτριος Ασκούνης	Στέφανος Μανιάς	Χρήστος Παπαγεωργίου
Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.	Καθηγητής Ε.Μ.Π.	Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Παναγιώτης Φωτήλας
Καθηγητής Πανεπιστημίου
Πειραιώς

Αθήνα, Ιούλιος 2008

.....
Χρυσόστομος Χ. Δούκας

Διδάκτωρ Μηχανολόγος Μηχανικός

Copyright © Χρυσόστομος Χ. Δούκας, 2008
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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

Στην οικογένειά μου

Πρόλογος

Η διδακτορική διατριβή έλαβε χώρα στη Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, στο πλαίσιο των δραστηριοτήτων του Εργαστηρίου Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης, το διάστημα Νοέμβριος 2003 – Ιούλιος 2008.

Η διατριβή πραγματοποιήθηκε υπό την επίβλεψη, την συνεχή καθοδήγηση και την αμέριστη συμπαράσταση του Καθηγητή κ. Ι. Ψαρρά, στον οποίο οφείλω ιδιαίτερες ευχαριστίες. Επίσης, θα ήθελα να τονίσω ότι η συνεργασία μου τόσο με τον Καθηγητή κ Ι. Ψαρρά όσο και με τον Καθηγητή κ. Ι.-Ε. Σαμουηλίδη και τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Δ. Ασκούνη και η εμπιστοσύνη που μου έδειξαν αυτά τα χρόνια σε ένα ευρύ πλαίσιο ερευνητικών δραστηριοτήτων υπήρξε για εμένα το «μεγαλύτερο σχολείο», που ουσιαστικά διαμόρφωσε τον επαγγελματικό μου χαρακτήρα.

Θα ήθελα επιπλέον να ευχαριστήσω θερμά τον Καθηγητή κ. Β. Ασημακόπουλο, τον Καθηγητή κ. Γ. Μέντζα, τον Καθηγητή κ. Σ. Μανιά, τον Καθηγητή κ. Π. Φωτήλα και τον Αν. Καθηγητή κ. Χ. Παπαγεωργίου για την τιμή που μου έκαναν να παραβρεθούν στην εξέταση υποστήριξης της διατριβής μου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω μέσα από την καρδιά μου όλους τους συνεργάτες μου στο Εργαστήριο, οι οποίοι και συνέβαλαν με τον τρόπο τους στην επίτευξη αυτού του αποτελέσματος.

Κλείνοντας, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένειά μου για την αμέριστη συμπαράσταση και ανοχή τους. Η συμβολή τους σε κάθε μου βήμα ήταν και θα είναι η σημαντικότερη.

Αθήνα, Ιούλιος 2008,

Χρυσόστομος Χ. Δούκας

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της διατριβής είναι η διατύπωση ολοκληρωμένου μεθοδολογικού πλαισίου υποστήριξης αποφάσεων για τη διαμόρφωση και αξιολόγηση προτάσεων προώθησης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στο σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα, όπως αυτό διαμορφώνεται από την απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας και την κλιματική αλλαγή. Στόχος της διδακτορικής διατριβής, στην οποία βασίζεται η μεθοδολογία και τα σχετιζόμενα συστήματα που αναπτύσσονται, είναι η συμβολή στην αναγνώριση όλων παραμέτρων του προβλήματος, στην εμπεριστατωμένη ανάλυση των μεταξύ τους αλληλεπιδράσεων και τελικά στην διαμόρφωση ενός διαφανούς και συνεπούς πλαισίου υποστήριξης των αποφασιζόντων.

Συγκεκριμένα, η προτεινόμενη προσέγγιση ***- RE_2S -*** περιλαμβάνει τις παρακάτω τρεις (3) συνιστώσες:

- ***R****ationalization,* που αφορά στην οργάνωση των χαρακτηριστικών του προβλήματος.
- ***E****valuation,* που αφορά στην αξιολόγηση των τύπων προγραμμάτων και των διαθέσιμων τεχνολογικών δυνατοτήτων (εργαλεία προώθησης ΑΠΕ).
- ***S****ynthesis,* που αφορά στη σύνθεση και στην αξιολόγηση των τελικών προτάσεων με βάση τα χαρακτηριστικά των εμπλεκομένων της ενεργειακής αγοράς.

Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στην ανάπτυξη του πλαισίου και των επιμέρους πρωτότυπων πολυκριτηριακών μεθοδολογιών και συστημάτων, ώστε να μοντελοποιούν επαρκώς τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των επιδόσεων των δυνατών επιλογών στα κριτήρια του προβλήματος, αποτελώντας μία ικανή και επαρκή βάση για την υποστήριξη αποφάσεων από την Πολιτεία για την προώθηση των ΑΠΕ. Οι πρωτότυπες πολυκριτηριακές μεθοδολογίες που αναπτύχθηκαν βασίζονται στη χρήση γλωσσικών μεταβλητών σε διακριτή και διατεταγμένη κλίμακα.

Επιπλέον, αναπτύχθηκε το πληροφοριακό σύστημα γλωσσικών μεταβλητών ***L-DSS*** (Linguistic Decision Support System), για την επίλυση των μοντέλων που απεικονίζουν τα επιμέρους προβλήματα υποστήριξης απόφασης. Το L-DSS αποτελείται από δύο κύρια υποσυστήματα:

- Το ***LT-DSS*** (Linguistic TOPSIS Decision Support System), που ενσωματώνει δύο (2) πολυκριτηριακές μεθοδολογίες για την αξιολόγηση των εργαλείων προώθησης ΑΠΕ, οι οποίες βασίζονται σε κατάλληλες προεκτάσεις της «TOPSIS» με χρήση γλωσσικών μεταβλητών και
- Το ***LS-DSS*** (Linguistic Symbolic Decision Support System), το οποίο ενσωματώνει τον τελεστή «2-tuple LOWA», προσαρμοσμένο κατάλληλα για την αξιολόγηση των προτάσεων προώθησης ΑΠΕ, με βάση τα ενδιαφέροντα των εμπλεκομένων της ενεργειακής αγοράς.

Ως πεδίο εφαρμογής επιλέχθηκε ο ελληνικός ενεργειακός τομέας, καθώς η συγκεκριμένη διδακτορική διατριβή εκπονήθηκε με την υποστήριξη του Προγράμματος Ενίσχυσης Ερευνητικού Δυναμικού (ΠΕΝΕΔ) «Υποστήριξη Αποφάσεων Προώθησης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και Εξοικονόμησης Ενέργειας στο Πλαίσιο των Νέων Συνθηκών της Ελληνικής Αγοράς Ενέργειας (Υπουργείο Ανάπτυξης – ΥΠΑΝ, Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας – ΓΓΕΤ, ΜΕΤΡΟ 8.3, ΔΡΑΣΗ 8.3.1)». Επιπλέον, άντληση επιμέρους δεδομένων και πληροφοριών έγινε στα πλαίσια των Ευρωπαϊκών προγραμμάτων «Scientific Reference System on New Energy Technologies, Energy End-use Efficiency and Energy RTD – SRS NET & EEE (EC - FP6, Coordination Action)» και «The Potential of Transferring and Implementing Sustainable Energy Technologies through the Clean Development Mechanism of the Kyoto Protocol – ENTTRANS (EC - FP6, Specific Support Action)».

Λέξεις Κλειδιά: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Υποστήριξη Αποφάσεων, Πολυκριτηριακή Ανάλυση, Γλωσσικές Μεταβλητές, Απελευθέρωση Ενεργειακής Αγοράς, Κλιματική Αλλαγή, Λειτουργία Ενεργειακού Τομέα.

ABSTRACT

The main scope of this thesis is the development of an integrated methodological framework for supporting the promotion of Renewable Energy Sources (RES) under the modern environment of the energy sector's operation, as it is formulated by the two new parameters, namely the energy market liberalization and the climate change. The objective of the thesis, on which the related methodologies and systems are developed, is to contribute to the identification of all the problem's parameters, their interrelations and finally to the elaboration of a transparent and consistent decision support framework for RES promotion.

In particular, the proposed approach, namely ***- RE_2S -,*** comprises the following three (3) modules:

- ***R****ationalization that* comprises the organisation of the problem characteristics.
- ***E****valuation,* which comprises the evaluation of the tools for RES promotion and particularly the RE programs' types and the available RE technological possibilities.
- ***S****ynthesis* that comprises the tools' synthesis and evaluation of the final proposals based on the characteristics of the energy market actors.

Particular emphasis is laid on the development of the corresponding innovative methodologies and systems, for the adequate modelling of the examined options' qualitative performances in the related criteria, providing a basis on which to build on the meaningful RES promotion decision support. The innovative methodologies that were developed are based on the use of linguistic variables in a finite and totally ordered scale.

In addition, an informative system of linguistic variables was developed, namely ***L-DSS*** (Linguistic Decision Support System), for solving the models that represent the corresponding decision support problems. The L-DSS is constituted of two main sub-systems:

- The ***LT-DSS*** *(Linguistic TOPSIS Decision Support System)*, which incorporates two (2) multi-criteria methodologies for the tools evaluation for RES promotion that are based on appropriate extensions of the TOPSIS method using linguistic variables and;
- The ***LS-DSS*** *(Linguistic Symbolic Decision Support System)*, which incorporates the 2-tuple LOWA operator, customized properly for the evaluation of the proposals for RES promotion, based on the energy market actors' characteristics.

The proposed approach was applied to the Greek energy sector, since the particular thesis was supported by of the PENED Program «Decision Support for the Promotion of Renewable Energy and Energy Efficiency in the New Conditions of the Greek Energy Market» (Hellenic Republic, Ministry of Development, General Secretariat for Research and Technology – GSRT, Measure 8.3 of OPERATIONAL PROGRAMME "COMPETITIVENESS" in the 3rd Community Support Programme)». Moreover, some specific data were collected within the framework of the European projects «Scientific Reference System on New Energy Technologies, Energy End-use Efficiency and Energy RTD – SRS NET & EEE (EC - FP6, Coordination Action)» and «The Potential of Transferring and Implementing Sustainable Energy Technologies through the Clean Development Mechanism of the Kyoto Protocol – ENTTRANS (EC - FP6, Specific Support Action)».

Keywords: Renewable Energy Sources, Decision Support, Multi Criteria Analysis, Linguistic Variables, Liberalized Energy Market, Climate Change, Operation of the Energy Market.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΚΤΕΤΑΜΕΝΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1.	**Εισαγωγή**		**3**
	1.1	Το Πρόβλημα	3
	1.2	Το Αντικείμενο και ο Στόχος της Διατριβής	4
	1.3	Η Συμβολή της Διατριβής	4
	1.4	Η Δομή της Διατριβής	6
2.	**Περιγραφή Του Προβλήματος**		**7**
	2.1	Εισαγωγή	7
	2.2	Η Αγορά των ΑΠΕ: Εμπόδια & Δυναμικό	7
	2.3	Εργαλεία Προώθησης ΑΠΕ	8
	2.4	Χαρακτηριστικά Σύγχρονου Περιβάλλοντος Λειτουργίας Ενεργειακού Τομέα	9
	2.5	Αξιολόγηση και Σύνθεση Εργαλείων Προώθησης ΑΠΕ	11
	2.6	Συμπεράσματα	12
3.	**Επισκόπηση Σχετιζόμενων Μεθοδολογιών**		**13**
	3.1	Εισαγωγή	13
	3.2	Μεθοδολογίες Υποστήριξης Αποφάσεων	13
	3.3	Διερεύνηση Ενσωμάτωσης Σύγχρονων Παραμέτρων	14
	3.4	Καταλληλότητα Χρήσης Προσεγγίσεων Γλωσσικής Ανάλυσης	15
	3.5	Συμπεράσματα	17
4.	**Προτεινόμενη Μεθοδολογία**		**18**
	4.1	Εισαγωγή	18

	4.2	Μεθοδολογικό Πλαίσιο Υποστήριξης Αποφάσεων Προώθησης ΑΠΕ	18
	4.3	Οργάνωση Βασικών Χαρακτηριστικών Προβλήματος	20
	4.4	Αξιολόγηση Εργαλείων Προώθησης	22
	4.5	Σύνθεση Εργαλείων Προώθησης	23
	4.6	Πληροφοριακό Σύστημα Γλωσσικών Μεταβλητών	24
	4.7	Συμπεράσματα	25
5.	**Εφαρμογή**		**27**
	5.1	Εισαγωγή	27
	5.2	Ενεργειακή Αναπτυξιακή Πολιτική	27
	5.3	Χαρακτηριστικά Ενεργειακού Τομέα	28
	5.4	Αποτελέσματα	30
	5.5	Συμπεράσματα	33
6.	**Συμπεράσματα – Προοπτικές**		**34**
	6.1	Συμπεράσματα	34
	6.2	Προοπτικές	34
Βιβλιογραφία			**36**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ I ΕΙΣΑΓΩΓΗ

I.1	**Το Πρόβλημα**	**I.3**
I.2	**Το Αντικείμενο και ο Στόχος της Διατριβής**	**I.11**
I.3	**Η Συμβολή της Διατριβής**	**I.12**
I.4	**Η Δομή της Διατριβής**	**I.17**
Βιβλιογραφία		**I.20**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ II ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

II.1	**Εισαγωγή**	**II.3**
II.2	**Η Αγορά των ΑΠΕ: Προσπάθειες Ανάπτυξης & Εμπόδια**	**II.6**

II.2.1 Γενικά II.6
II.2.2 Εμπόδια Ανάπτυξης II.8
II.3 Εργαλεία Προώθησης ΑΠΕ II.12
II.3.1 Τεχνολογικές Δυνατότητες II.12
II.3.2 Τύποι Προγραμμάτων II.14
II.4 Χαρακτηριστικά Σύγχρονου Περιβάλλοντος Ενεργειακού Τομέα II.19
II.4.1 Ιστορική Αναδρομή II.19
II.4.2 Σύγχρονες Παράμετροι II.21
II.4.3 Επιδράσεις II.25
II.4.4 Επιδιώξεις II.27
II.4.5 Εμπλεκόμενοι II.30
II.4.6 Ο Σύγχρονος Ρόλος της Πολιτείας II.32
II.4.7 Αποτύπωση Σύγχρονου Περιβάλλοντος II.34
II.5 Αξιολόγηση και Σύνθεση Εργαλείων Προώθησης ΑΠΕ II.40
II.5.1 Η Σημασία της Υποστήριξης Αποφάσεων II.40
II.5.2 Ανάγκη Υποστήριξης Προώθησης των ΑΠΕ II.40
II.5.3 Σχεδιασμός Προτάσεων Προώθησης ΑΠΕ II.43
II.5.4 Αξιολόγηση Εργαλείων II.44
II.5.5 Σύνθεση Εργαλείων II.45
II.6 Συμπεράσματα II.48
Βιβλιογραφία II.50

ΚΕΦΑΛΑΙΟ III ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΣΧΕΤΙΖΟΜΕΝΩΝ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΩΝ

III.1 Εισαγωγή III.3
III.2 Μεθοδολογίες Υποστήριξης Αποφάσεων III.6
III.2.1 Βασικές Αρχές III.6
III.2.2 Συνοπτική Περιγραφή «Παραδοσιακών» Μεθοδολογιών III.7
III.2.3 Χρήση «Παραδοσιακών» Μεθοδολογιών III.14
III.3 Διερεύνηση Ενσωμάτωσης Σύγχρονων Παραμέτρων III.16

III.3.1 Εισερχόμενες Αβεβαιότητες III.16
III.3.2 Ανάλυση σε Συνθήκες Αβεβαιότητας III.20

III.4 Καταλληλότητα Χρήσης Προσεγγίσεων Γλωσσικής Ανάλυσης III.23

III.4.1 Βασικές Αρχές Γλωσσικής Ανάλυσης III.23
III.4.2 Προσέγγιση Προέκτασης III.28
III.4.3 Συμβολική Προσέγγιση III.29
III.4.4 Προσέγγιση Διπλής Αναπαράστασης III.33
III.4.5 Αξιολόγηση Προσεγγίσεων III.35

III.5 Συμπεράσματα III.41

Βιβλιογραφία III.43

ΚΕΦΑΛΑΙΟ V ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

IV.1 Εισαγωγή IV.3

IV.2 Μεθοδολογικό Πλαίσιο Υποστήριξης Αποφάσεων Προώθησης ΑΠΕ IV.5

IV.2.1 Φιλοσοφία Προσέγγισης IV.5
IV.2.2 Διαδικασία Προσέγγισης IV.6

IV.3 Οργάνωση Βασικών Χαρακτηριστικών Προβλήματος IV.9

IV.3.1 Εισαγωγή IV.9
IV.3.2 Τύποι Προγραμμάτων IV.10
IV.3.3 Τεχνολογικές Δυνατότητες IV.13
IV.3.4 Επιδιώξεις IV.16
IV.3.5 Εμπλεκόμενοι IV.18

IV.4 Αξιολόγηση Εργαλείων Προώθησης IV.20

IV.4.1 Εισαγωγή IV.20
IV.4.2 Διαδικασία Προσέγγισης IV.20
IV.4.3 Πρωτότυπες Πολυκριτηριακές Μεθοδολογίες Επέκτασης της TOPSIS IV.22

IV.5 Σύνθεση & Αξιολόγηση Προτάσεων Προώθησης IV.31

IV.5.1 Εισαγωγή IV.31

IV.5.2 Διαδικασία Προσέγγισης IV.32
IV.5.3 Πρωτότυπη Πολυκριτηριακή Μεθοδολογία Συμβολικής Προσέγγισης IV.33
IV.6 Πληροφοριακό Σύστημα Γλωσσικών Μεταβλητών IV.36
IV.6.1 Εισαγωγή IV.36
IV.6.2 Αρχιτεκτονική Συστήματος IV.36
IV.6.3 Επιλογή Χαρακτηριστικών Προβλήματος IV.38
IV.6.4 Λειτουργία Συστήματος IV.39
IV.7 Συμπεράσματα IV.41
Βιβλιογραφία IV.43

ΚΕΦΑΛΑΙΟ V ΕΦΑΡΜΟΓΗ

V.1 Εισαγωγή V.3
V.2 Ενεργειακή Αναπτυξιακή Πολιτική V.5
V.2.1 Δράσεις και Μέτρα Ανάπτυξης V.5
V.2.2 Επιδιώξεις V.7
V.3 Χαρακτηριστικά Ενεργειακού Τομέα V.10
V.3.1 Εισαγωγή V.10
V.3.2 Τύποι Προγραμμάτων V.10
V.3.3 Τεχνολογικές Δυνατότητες V.14
V.3.4 Εμπλεκόμενοι V.17
V.4 Αποτελέσματα V.19
V.4.1 Φάσεις Εφαρμογής V.19
V.4.2 Φάση $1^{η}$: Προσδιορισμός Εξεταζόμενων Εργαλείων Προώθησης V.19
V.4.3 Φάση $2^{η}$: Προσδιορισμός Λίστας Προτεραιοτήτων Εργαλείων Προώθησης V.21
V.4.4 Φάση $3^{η}$: Προσδιορισμός Λίστας Προτεραιοτήτων Προτάσεων Προώθησης V.30
V.4.5 Φάση $4^{η}$: Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων V.32
V.5 Συμπεράσματα V.44
Βιβλιογραφία V.46

ΚΕΦΑΛΑΙΟ VI ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

VI.1 Συμπεράσματα VI.3

VI.2 Προοπτικές VI.6

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΙ. Λίστα Δημοσιεύσεων

ΠΙΙ. Στοιχεία και Αποτελέσματα Εφαρμογής

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ & ΠΙΝΑΚΩΝ

	ΕΚΤΕΤΑΜΕΝΗ **Π**ΕΡΙΛΗΨΗ		
	Σχήμα 1	Αποτύπωση Σύγχρονου Περιβάλλοντος	10
	Σχήμα 2	Φιλοσοφία Προσέγγισης	18
	Σχήμα 3	Διαδικασία Προσέγγισης	19
	Σχήμα 4	Κατηγορίες Τύπων Προγραμμάτων	20
	Σχήμα 5	Κατηγορίες Τεχνολογικών Δυνατοτήτων	21
	Σχήμα 6	Αρχιτεκτονική Συστήματος	25
	Σχήμα 7	Οι Φάσεις της Εφαρμογής	30
	Πίνακας 1	Εξεταζόμενα Εργαλεία Προώθησης	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ **I**	**Ε**ΙΣΑΓΩΓΗ		
	Σχήμα Ι.1	Η Συμβολή της Διατριβής	Ι.13
	Σχήμα Ι.2	Η Δομή της Διατριβής	Ι.18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ **II**	**Π**ΕΡΙΓΡΑΦΗ **Τ**ΟΥ **Π**ΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ		
	Σχήμα ΙΙ.1	Οι Σύγχρονες Ανάγκες της Πολιτικής για ΑΠΕ	ΙΙ.4
	Σχήμα ΙΙ.2	Εμπόδια και Οδηγοί	ΙΙ.9
	Σχήμα ΙΙ.3	Δυναμικό Τεχνολογιών ΑΠΕ	ΙΙ.11
	Σχήμα ΙΙ.4	ΑΠΕ-Ηλεκτρισμός ΕΕ-15	ΙΙ.12
	Σχήμα ΙΙ.5	ΑΠΕ-Ηλεκτρισμός ΕΕ-10	ΙΙ.12
	Σχήμα ΙΙ.6	ΑΠΕ-Θέρμανση ΕΕ-15	ΙΙ.13
	Σχήμα ΙΙ.7	ΑΠΕ-Θέρμανση ΕΕ-10	ΙΙ.13
	Σχήμα ΙΙ.8	ΑΠΕ-Μεταφορές ΕΕ-15	ΙΙ.13
	Σχήμα ΙΙ.9	ΑΠΕ-Μεταφορές ΕΕ-10	ΙΙ.13
	Σχήμα ΙΙ.10	Προγράμματα ΕΕ-15	ΙΙ.16
	Σχήμα ΙΙ.11	Προγράμματα ΕΕ-10	ΙΙ.16
	Σχήμα ΙΙ.12	Κέντρα Αποφάσεων Ενεργειακού Τομέα	ΙΙ.30
	Σχήμα ΙΙ.13	Συν-διαμορφωτές Ενεργειακής Πολιτικής	ΙΙ.33

Σχήμα II.14	Θεωρία Δραστηριότητας	II.36
Σχήμα II.15	Αποτύπωση Σύγχρονου Περιβάλλοντος	II.37
Σχήμα II.16	Υποστήριξη Προώθησης ΑΠΕ	II.41
Σχήμα II.17	Αξιολόγηση Εργαλείων	II.45
Σχήμα II.18	Σύνθεση Εργαλείων	II.47

ΚΕΦΑΛΑΙΟ III **ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΣΧΕΤΙΖΟΜΕΝΩΝ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΩΝ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΩΝ**

Σχήμα III.1	Διαδικασία Υποστήριξης Αποφάσεων	III.6
Σχήμα III.2	Διαδικασία Υποστήριξης Αποφάσεων Πολλαπλών Κριτηρίων	III.7
Σχήμα III.3	Λογική Δύο Τιμών	III.20
Σχήμα III.4	Λογική Πολλαπλών Τιμών	III.21
Σχήμα III.5	Σημασιολογία Γλωσσικής Μεταβλητής	III.22
Σχήμα III.6	Σύνολο Εννέα (9) Όρων με τη Σημασιολογία τους	III.25
Σχήμα III.7	Παραλλαγές Αναπαράστασης	III.26
Σχήμα III.8	(α) Συμμετρικά Κατανεμημένο Σύνολο 7 Όρων (β) Μη Συμμετρικά Κατανεμημένο Σύνολο 7 Όρων (γ) Ενιαία Κατανεμημένο Σύνολο 7 Όρων	III.27
Σχήμα III.9	Διαδικασία Προσέγγισης Προέκτασης	III.29
Σχήμα III.10	Διαδικασία Συμβολικής Προσέγγισης	III.30
Σχήμα III.11	Ασαφείς Γλωσσικοί Ποσοτικοποιητές	III.31
Σχήμα III.12	Απεικόνιση 7 Γλωσσικών Όρων με τη Σημασιολογία τους	III.37
Πίνακας III.1	Αποδόσεις Εναλλακτικών	III.36
Πίνακας III.2	Αποτελέσματα	III.39
Πίνακας III.3	Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων	III.40

ΚΕΦΑΛΑΙΟ IV **ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ**

Σχήμα IV.1	Φιλοσοφία Προσέγγισης	IV.6
Σχήμα IV.2	Διαδικασία Προσέγγισης	IV.7
Σχήμα IV.3	Διαδικασία 1^{ης} Συνιστώσας	IV.10
Σχήμα IV.4	Κατηγορίες Τύπων Προγραμμάτων	IV.10
Σχήμα IV.5	Κατηγορίες Τεχνολογικών Δυνατοτήτων	IV.14
Σχήμα IV.6	Διαδικασία 2^{ης} Συνιστώσας	IV.21

Σχήμα IV.7	Διαδικασία Επεξεργασίας Δεδομένων Εισόδου	IV.29
Σχήμα IV.8	Διαδικασία 3ης Συνιστώσας	IV.32
Σχήμα IV.9	Αρχιτεκτονική Συστήματος	IV.37
Σχήμα IV.10	Φόρμα Υποδοχής	IV.38
Σχήμα IV.11	Φόρμα Υποσυστήματος Συμβολικής Προσέγγισης	IV.38
Σχήμα IV.12	Φόρμα Υποσυστήματος Προέκτασης της TOPSIS	IV.39
Σχήμα IV.13	Φόρμα Εισαγωγής Δεδομένων	IV.40
Σχήμα IV.14	Φόρμα Εξαγωγής Αποτελεσμάτων	IV.40

ΚΕΦΑΛΑΙΟ V **ΕΦΑΡΜΟΓΗ**

Σχήμα V.1	Ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ MW (2005)	V.15
Σχήμα V.2	Οι Φάσεις της Εφαρμογής	V.19
Σχήμα V.3	Ανάλυση Ευαισθησίας Βαρών	V.24
Σχήμα V.4	Ανάλυση Ευαισθησίας Κατωφλίων	V.28
Σχήμα V.5	Χρονική Εξέλιξη ΑΠΕ	V.42
Πίνακας V.1	Εξεταζόμενοι Τύποι Προγραμμάτων	V.20
Πίνακας V.2	Εξεταζόμενες Τεχνολογικές Δυνατότητες	V.20
Πίνακας V.3	Αποδόσεις και Βάρη Τύπων Προγραμμάτων	V.22
Πίνακας V.4	Τύποι Προγραμμάτων Υψηλής Προτεραιότητας	V.22
Πίνακας V.5	Παράμετροι Ευστάθειας Βαρών	V.25
Πίνακας V.6	Αποδόσεις και Κατώφλια Τεχνολογικών Δυνατοτήτων	V.26
Πίνακας V.7	Τεχνολογικές Δυνατότητες Υψηλής Προτεραιότητας	V.26
Πίνακας V.8	Παράμετροι Ευστάθειας Κατωφλίων	V.28
Πίνακας V.9	Αποδόσεις Προτάσεων Προώθησης	V.31
Πίνακας V.10	Προτάσεις Υψηλής Προτεραιότητας	V.31
Πίνακας V.11	Σύγκριση Τύπων Προγραμμάτων	V.34
Πίνακας V.12	Σύγκριση Τεχνολογικών Δυνατοτήτων	V.36
Πίνακας V.13	Προτάσεις Προώθησης στη Δανία	V.39
Πίνακας V.14	Προτάσεις Προώθησης στη Γερμανία	V.40

ΕΚΤΕΤΑΜΕΝΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Το Πρόβλημα

Η προώθηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) παραμένει σήμερα, μία από τις βασικές προτεραιότητες τόσο σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο στο πλαίσιο μιας «βιώσιμης ενεργειακής ανάπτυξης». Η παραπάνω ανάγκη συνδέεται όχι μόνο με την επικείμενη μείωση των αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων, αλλά και με την αύξηση της εξαρτώμενης εισαγωγής, καθώς και το μειούμενο αριθμό των σημαντικών εξαγωγών. Ο βασικός στόχος που αφορά στις ΑΠΕ είναι η όσο το δυνατόν μεγαλύτερη διείσδυσή τους στην ενεργειακή αγορά. Για παράδειγμα, οι ΑΠΕ μπορούν να θεωρηθούν ως ένας τρόπος να μειωθούν οι εκπομπές άνθρακα, να προωθηθεί η βιομηχανική ανάπτυξη, να μειωθούν οι εισαγωγές ορυκτών καυσίμων, καθώς και να διευκολυνθεί η επίτευξη άλλων ενεργειακών στόχων. Γίνεται, συνεπώς, αντιληπτό ότι η υλοποίηση καθενός από αυτούς τους στόχους μπορεί να οδηγήσει σ΄ ένα διαφορετικό μίγμα κατάλληλων προγραμμάτων και τεχνολογιών.

Συνεπαγόμενα, για να μετουσιωθούν οι παρουσιαζόμενες ευκαιρίες, δηλαδή οι διαθέσιμες τεχνολογίες καθώς και τα αντίστοιχα προγράμματα υποστήριξής των ΑΠΕ, σε πραγματικές αλλαγές στην ενεργειακή αγορά, πρέπει να ληφθούν υπόψη όλα τα χαρακτηριστικά της σύγχρονης ενεργειακής αγοράς. Συνεπώς, η προώθηση των ΑΠΕ είναι ένα ιδιαίτερα πολύπλοκο πρόβλημα που πρέπει να αντιμετωπισθεί στο ευρύτερο πλαίσιο της ενεργειακής πολιτικής, εφόσον παρ' όλες τις όποιες προσπάθειες και μεθοδολογικές προσεγγίσεις υποστήριξης της προώθησής τους, οι ΑΠΕ δεν έχουν κάνει ακόμα την «είσοδο» που θα έπρεπε να είχαν κάνει τα τελευταία 20 χρόνια. Αυτό φαίνεται να συμβαίνει γιατί οι μέχρι σήμερα προσπάθειες για τη διάδοση της χρήσης τους έχουν υπό-εκτιμήσει το δυναμικό χαρακτήρα του σύγχρονου περιβάλλοντος λειτουργίας του ενεργειακού τομέα, όπως διαμορφώνεται σήμερα και τις συνεπαγόμενες επιπτώσεις και προοπτικές από μία πιο διευρυμένη διάδοσή τους.

Οι δύο νέες παράμετροι που υπεισέρχονται στην υποστήριξη αποφάσεων και σχεδιασμού πολιτικής, όπως περιγράφονται από τους Douka et al. [1] είναι οι ακόλουθες:

- Η μεγάλη αλλαγή στην παγκόσμια ενεργειακή αγορά σήμερα, λόγω της απελευθέρωσης της αγοράς ενέργειας στο δυτικό κόσμο αρχικά και εν συνεχεία σε ολόκληρο σχεδόν τον πλανήτη.
- Η στροφή των περισσότερων αναπτυγμένων κρατών προς την προστασία του περιβάλλοντος και τη διαμόρφωση πολιτικών μείωσης των αρνητικών επιδράσεων της κλιματικής αλλαγής. Συγκεκριμένα, τις τελευταίες δύο δεκαετίες αποδείχθηκε ότι τα κατάλοιπα από τη συνεχώς αυξανόμενη χρήση των ορυκτών καυσίμων ρυπαίνουν και αλλάζουν το κλίμα της υφηλίου, αυξάνοντας τη μέση θερμοκρασία.

Ουσιαστικά λοιπόν, η ανάπτυξη ενός πλαισίου πολιτικής στις «νέες συνθήκες» της αγοράς ενέργειας επηρεάζεται άμεσα από τις δύο παραπάνω παραμέτρους, καθώς:

- Η περαιτέρω ανάπτυξη και λειτουργία της ενεργειακής αγοράς τόσο μέσα σε εθνικό όσο και μέσα σε διεθνές επίπεδο, εξαρτάται από τον ανταγωνισμό, που θα οδηγήσει σε πιο ανταγωνιστικές τιμές ανά κλάδο, αλλά και μεταξύ των κλάδων και θα ενθαρρύνει τις παραγωγικές και οργανωτικές καινοτομίες.
- Οι περιβαλλοντικές δεσμεύσεις, που σαν βάση τους έχουν το Πρωτόκολλο του Κιότο, αναμένεται να επηρεάσουν οικονομικές, θεσμικές και κοινωνικές αποφάσεις που σχετίζονται με την ενέργεια.

Είναι φανερό πως αν το περιβαλλοντικό και κοινωνικό κόστος σταδιακά σχετιστεί με τις τιμές ενέργειας, θα υπάρξει μια άμεση επίδραση στην οικονομική ελκυστικότητα των διαφόρων τεχνολογιών ΑΠΕ.

Επιπλέον, οι αποφάσεις που αφορούν στην προώθηση των ΑΠΕ καθορίζονται και επηρεάζονται σε διαφορετικό βαθμό από όλους τους εμπλεκόμενους της σύγχρονης ενεργειακής αγοράς, στο νέο απελευθερωμένο περιβάλλον [2]. Σε αυτό το πλαίσιο, βασική προϋπόθεση για την αποτελεσματική προώθηση των ΑΠΕ, είναι η διερεύνηση των αλληλεπιδράσεων και των βασικών επιδιώξεων των παρακάτω κέντρων αποφάσεων, δηλαδή της Πολιτείας, των ενεργειακών εταιρειών και των χρηστών.

Παρουσιάζεται, λοιπόν, σήμερα έντονη η ανάγκη για την ανάπτυξη περισσότερο ευέλικτων και αντιπροσωπευτικών υποστηρικτικών πλαισίων και συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων για την προώθηση των ΑΠΕ, που θα υποστηρίζουν τους αποφασίζοντες κατά τη διαδικασία του ενεργειακού σχεδιασμού, ισορροπώντας ανάμεσα στις λειτουργικές αρχές μιας απελευθερωμένης αγοράς ενέργειας και στη διεθνή ανάγκη για μετριασμό των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής.

1.2 Το Αντικείμενο και ο Στόχος της Διατριβής

Αντικείμενο της διατριβής είναι η ανάπτυξη ολοκληρωμένης μεθοδολογίας υποστήριξης αποφάσεων για τη διαμόρφωση και αξιολόγηση προτάσεων προώθησης ΑΠΕ, στο πλαίσιο των σύγχρονων συνθηκών της αγοράς ενέργειας, όπως αυτές διαμορφώνονται από την απελευθέρωση της αγοράς και την κλιματική αλλαγή.

Στόχος της διδακτορικής διατριβής είναι η συμβολή στην αναγνώριση όλων των παραμέτρων του προβλήματος, στην εμπεριστατωμένη ανάλυση των μεταξύ τους αλληλεπιδράσεων και τελικά στην διαμόρφωση ενός διαφανούς και συνεπούς πλαισίου υποστήριξης των αποφασιζόντων.

Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στην ανάπτυξη του πλαισίου και των επιμέρους πρωτότυπων πολυκριτηριακών μεθοδολογιών και συστημάτων, ώστε να μοντελοποιούν επαρκώς τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των επιδόσεων των δυνατών επιλογών στα κριτήρια του προβλήματος, αποτελώντας μία ικανή και επαρκή βάση για την υποστήριξη αποφάσεων προώθησης ΑΠΕ. Οι πρωτότυπες πολυκριτηριακές μεθοδολογίες που αναπτύχθηκαν βασίζονται στη χρήση γλωσσικών μεταβλητών σε διακριτή και διατεταγμένη κλίμακα.

1.3 Η Συμβολή της Διατριβής

Η συμβολή της διατριβής διακρίνεται σε τρία (3) επίπεδα:

1^{ο} Επίπεδο Συμβολής: *Ολοκληρωμένο Μεθοδολογικό Πλαίσιο Υποστήριξης Αποφάσεων για την Προώθηση των ΑΠΕ*

Σε πρώτο επίπεδο, η διατριβή συμβάλει ουσιαστικά στη διατύπωση ενός ολοκληρωμένου μεθοδολογικού πλαισίου για τη διαμόρφωση και αξιολόγηση προτάσεων προώθησης ΑΠΕ, λαμβάνοντας υπόψη όλες τις «νέες παραμέτρους» λειτουργίας του σύγχρονου ενεργειακού τομέα (απελευθέρωση και κλιματική αλλαγή). Συγκεκριμένα, η προτεινόμενη προσέγγιση, με το όνομα **RE$_2$S** (**R**ationalization – **E**valuation – **S**ynthesis), αποτελείται από τρεις διαδοχικές συνιστώσες, κάθε μία από αυτές επικεντρωμένη στην επίλυση συγκεκριμένου προβλήματος, όπως φαίνεται στο 2^{ο} επίπεδο συμβολής.

Η πρώτη συνιστώσα (Rationalization) αφορά στην οργάνωση των χαρακτηριστικών του προβλήματος. Η δεύτερη συνιστώσα (Evaluation), αφορά στην αξιολόγηση των προγραμμάτων υποστήριξης και των διαθέσιμων τεχνολογικών δυνατοτήτων. Τέλος, η τρίτη συνιστώσα (Synthesis) αφορά στη σύνθεση και αξιολόγηση των τελικών προτάσεων προώθησης ΑΠΕ, με βάση τα ενδιαφέροντα των εμπλεκομένων της ενεργειακής αγοράς.

2^{ο} Επίπεδο Συμβολής: *Πρωτότυπες Πολυκριτηριακές Μεθοδολογίες Γλωσσικών Μεταβλητών*

Κάτω από το γενικότερο πλαίσιο που παρουσιάσθηκε παραπάνω, η διατριβή συμβάλει σε δεύτερο επίπεδο στην ανάπτυξη πρωτότυπων τεχνικών, που έγκειται στο ευρύτερο επιστημονικό πεδίο της πολυκριτηριακής υποστήριξης αποφάσεων, προσαρμοσμένες κατάλληλα στο τρέχον πρόβλημα.

➲ *Πολυκριτηριακή Προσέγγιση Αξιολόγησης Τύπων Προγραμμάτων Υποστήριξης ΑΠΕ*

Η επιλογή προγραμμάτων προώθησης των ΑΠΕ είναι μια πολύπλοκη διαδικασία καθώς ένα ικανό πλαίσιο υποστήριξης αποφάσεων για την επιλογή των κατάλληλων τύπων προγραμμάτων προώθησης πρέπει να απευθύνεται στις ανάγκες και στις ευκαιρίες της κοινωνικής, περιβαλλοντικής και οικονομικής διάστασης της αειφόρου ανάπτυξης. Η διατριβή συμβάλει στην ανάπτυξη μιας πολυκριτηριακής προσέγγισης η οποία αξιολογεί τους τύπους προγραμμάτων με σκοπό την αναγνώριση εκείνων που εξυπηρετούν σε μεγαλύτερο βαθμό στις επιδιώξεις της ενεργειακής πολιτικής, όπως αυτές διαμορφώνονται στις νέες συνθήκες της ενεργειακής αγορές. Η πολυκριτηριακή αυτή προσέγγιση στηρίζεται στην επέκταση της TOPSIS με χρήση γλωσσικών μεταβλητών, μέσω της «απεικόνισης διπλής αναπαράστασης (2-tuple)».

➲ *Πολυκριτηριακή Προσέγγιση Αξιολόγησης Τεχνολογικών Δυνατοτήτων ΑΠΕ*

Η Πολιτεία πρέπει να αποφασίσει από ένα διαφορετικό μίγμα ενεργειακών τεχνολογιών, αυτές που πρέπει να υποστηριχθούν, με δεδομένη τη βραχυπρόθεσμη συνεισφορά τους στις αναδυόμενες ανάγκες και ευκαιρίες σε όλες τις διαστάσεις της αειφόρου ανάπτυξης. Οι πληροφορίες που απαιτούνται για την αξιολόγηση των τεχνολογιών ως προς τη συνεισφορά τους στην αειφορία είναι τις περισσότερες φορές απροσδιόριστες ποσοτικά λόγω της φύσης τους ή ακόμα και μη διαθέσιμες δεδομένου ότι το κόστος του υπολογισμού τους είναι πάρα πολύ υψηλό. Η διατριβή συμβάλει στην ανάπτυξη μιας πολυκριτηριακής προσέγγισης, η οποία αξιολογεί τις τεχνολογικές δυνατότητες μέσω γλωσσικών μεταβλητών με σκοπό την αναγνώριση εκείνων που έχουν βραχυπρόθεσμη συνεισφορά στις επιδιώξεις της ενεργειακής πολιτικής στο σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα. Η πολυκριτηριακή αυτή προσέγγιση στηρίζεται στην επέκταση της TOPSIS με χρήση γλωσσικών μεταβλητών, μέσω της χρήσης της συνεπαγωγής του Godels.

➲ *Πολυκριτηριακή Προσέγγιση Συνυπολογισμού Χαρακτηριστικών Εμπλεκομένων*

Μέχρι τώρα, στο σχεδιασμό προτάσεων προώθησης των ΑΠΕ η επιπλέον εκτίμηση των διαφόρων εργαλείων προώθησης ΑΠΕ δεν πραγματοποιούνταν, από την πλευρά των εμπλεκομένων της ενεργειακής αγοράς. Η διατριβή συμβάλει στην ανάπτυξη μιας πολυκριτηριακής προσέγγισης η οποία, βασισμένη στη μοντελοποίηση τόσο των εμπλεκομένων της ενεργειακής αγοράς όσο και των διαφορετικών χαρακτηριστικών τους, αξιολογεί τις τελικές προτάσεις προώθησης ΑΠΕ, όπως αυτές προκύπτουν από τις προηγούμενες συνιστώσες της μεθοδολογίας.

Η σύνθεση γίνεται μέσω γλωσσικών μεταβλητών, με σκοπό την αναγνώριση εκείνων που εξυπηρετούν σε μεγαλύτερο βαθμό τα χαρακτηριστικά των εμπλεκομένων. Η προσέγγιση στηρίζεται στον τελεστή συμβολικής προσέγγισης LOWA, με την αναπαράσταση των γλωσσικών μεταβλητών να γίνεται με βάση την 2-tuple αναπαράσταση.

3^{ο} Επίπεδο Συμβολής: *Πληροφοριακό Σύστημα Γλωσσικών Μεταβλητών*

Τελευταίο επίπεδο συμβολής της διατριβής αποτελεί η ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου πολυκριτηριακού πληροφοριακού συστήματος για την υποστήριξη αποφάσεων προώθησης ΑΠΕ. Το πολυκριτηριακό πληροφοριακό σύστημα, **Linguistic Decision Support System (L-DSS)**, αποτελείται από δύο κύρια υποσυστήματα: το **Linguistic Topsis Decision Support System (LT-DSS)**, το οποίο ενσωματώνει δύο (2) πολυκριτηριακές μεθοδολογίες για την αξιολόγηση των εργαλείων προώθησης ΑΠΕ και το **Linguistic Symbolic Decision Support System (LS-DSS)**, το οποίο ενσωματώνει τον τελεστή 2-tuple LOWA, προσαρμοσμένο κατάλληλα για την αξιολόγηση των προτάσεων προώθησης ΑΠΕ με βάση τα ενδιαφέροντα των εμπλεκομένων της ενεργειακής αγοράς.

1.4 Η Δομή της Διατριβής

Η Διατριβή αποτελείται από τα ακόλουθα έξι (6) Κεφάλαια:

- *Εισαγωγή:* Αποτελεί το Κεφάλαιο στο οποίο παρουσιάζεται συνοπτικά το πρόβλημα και στηρίζεται η ανάγκη ανάπτυξης μεθοδολογίας υποστήριξης αποφάσεων για την προώθηση των ΑΠΕ στο σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα.
- *Περιγραφή του Προβλήματος:* Αναλύεται διεξοδικά το πρόβλημα της υποστήριξης αποφάσεων προώθησης των ΑΠΕ στο σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα και διερευνάται η προβληματική της απόφασης, καταλήγοντας στις συνιστώσες απόφασης που πρέπει να υποστηριχτούν.
- *Επισκόπηση Σχετιζόμενων Μεθοδολογιών:* Εξετάζεται η δυνατότητα των υπαρχουσών πολυκριτηριακών μεθοδολογιών να εξυπηρετήσουν τις ανάγκες υποστήριξης αποφάσεων προώθησης ΑΠΕ στις νέες συνθήκες της αγοράς ενέργειας, δίνοντας έμφαση στην υποστήριξη αποφάσεων με γλωσσικές μεταβλητές.
- *Προτεινόμενη Μεθοδολογία:* Περιγράφεται αναλυτικά η προτεινόμενη μεθοδολογία, τα επιμέρους βήματα – συνιστώσες της, οι πρωτότυπες πολυκριτηριακές μέθοδοι και το υποστηρικτικό πληροφοριακό σύστημα που αναπτύχθηκε.
- *Εφαρμογή:* Παρουσιάζεται η εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας, μέσω του πληροφοριακού συστήματος που αναπτύχθηκε, στην ελληνική αγορά ενέργειας.
- *Συμπεράσματα – Προοπτικές:* Παρουσιάζονται τόσο τα θεωρητικά και τα εμπειρικά επιτεύγματα της προτεινόμενης προσέγγισης και παρουσιάζονται σκέψεις και προτάσεις προοπτικής για περαιτέρω ερευνητικές δραστηριότητες.

2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

2.1 Εισαγωγή

Μερικές κρίσιμες και πολύπλοκες προκλήσεις που αντιμετωπίζονται σήμερα προς έναν σύγχρονο ενεργειακό τομέα που υπηρετεί την αειφορεία είναι οι ακόλουθες [3, 4]:

- Αποδέσμευση της οικονομικής ανάπτυξης από την εξάντληση των αποθεμάτων και την παγκόσμια θέρμανση του πλανήτη.
- Διασφάλιση μακροπρόθεσμης διαθεσιμότητας των ενεργειακών πηγών.
- Ασφάλεια της ενεργειακής αλυσίδας.
- Αυξανόμενη ζήτηση στις αναπτυσσόμενες χώρες.

Τα παραπάνω δεδομένα οδηγούν στο ερώτημα, ποιες είναι οι πιθανές επιλογές για να αντιμετωπιστούν αυτές οι προκλήσεις; Η απάντηση σε αυτό το ερώτημα αφήνει λίγες επιλογές, όπως:

- Μείωση της ενεργειακής έντασης, μέσω της αύξησης της αποδοτικότητας της τελικής χρήσης της ενέργειας (οικιακό και βιομηχανικό τομέα, μεταφορές) και αύξηση της αποτελεσματικότητας στην παραγωγή ενέργειας.
- Αύξηση της (εγχώριας) προσφοράς, μέσα από τις ΑΠΕ και εξέταση της επιλογής πυρηνικής ενέργειας.

Η μείωση της ενεργειακής έντασης μέσω της αύξησης της αποτελεσματικότητας της τελικής χρήσης της ενέργειας, είναι ένας σημαντικός και οικονομικά βιώσιμος τρόπος μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, αλλά η ενεργειακή αποδοτικότητα από μόνη της δε μπορεί να λύσει το πρόβλημα, καθώς η δομή της κατανάλωσης ενέργειας – συμπεριλαμβανομένων θέρμανσης, ψύξης, μεταφορών και χρήσης ηλεκτρισμού – είναι αποτέλεσμα του τρόπου ζωής του πλανήτη στις σύγχρονες κοινωνίες. Επιπλέον, το μέλλον της πυρηνικής ενέργειας στις βιομηχανικές χώρες είναι αβέβαιο, ιδίως στην Ευρώπη, και εξαρτάται από διάφορους παράγοντες που περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων τη λύση του προβλήματος διαχείρισης και αποθήκευσης των πυρηνικών αποβλήτων και την ασφάλεια των αντιδραστήρων στην ανατολική Ευρώπη και ιδίως στα νεοεισελθέντα μέλη της ΕΕ.

Σε αυτό το πλαίσιο, ο ρόλος των ΑΠΕ για την επίτευξη της αειφορικής ανάπτυξης είναι ο πλέον σημαντικός, με δεδομένη άλλωστε τη συμβολή τους σε όλες τις διαστάσεις της. Ωστόσο παρά την αποδεδειγμένη αναγκαιότητα τους και παρ' όλη την συζήτηση για τις ανάγκες και τους στόχους τους, οι ΑΠΕ δεν έχουν την προσδοκώμενη διείσδυση στην ενεργειακή αγορά. Με βάση τα παραπάνω, σκοπός του Κεφαλαίου αυτού είναι η περιγραφή του προβλήματος και η «στήριξη του επιστημονικού κενού» που έχει να κάνει με την υποστήριξη αποφάσεων προώθησης των ΑΠΕ στις νέες συνθήκες της ενεργειακής αγοράς.

2.2 Η Αγορά των ΑΠΕ: Εμπόδια & Δυναμικό

Η διείσδυση των ΑΠΕ στην αγορά εξαρτάται σε κρίσιμο βαθμό από τα υπάρχοντα εμπόδια και τους (εν δυνάμει) οδηγούς. Τα κυριότερα εμπόδια περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων [5]:

- *Έλλειψη γνώσης της τεχνολογίας* από τους σχετικούς εμπλεκόμενους της αγοράς.
- *Έλλειψη οικονομικής ευελιξίας* των μικρών επιχειρήσεων, νεοϊδρυόμενων εταιριών και ιδιοκτητών κατοικιών.
- *Νομικά και διοικητικά εμπόδια*, όπως τα γραφειοκρατικά προβλήματα των υπηρεσιών του δημοσίου.
- *Στρέβλωση των τιμών πώλησης* των συμβατικών μορφών ενέργειας που δεν περιλαμβάνουν τα κόστη του περιβάλλοντος.
- *Κατάχρηση της ισχύος της αγοράς* από όσους μπήκαν νωρίς σε αυτή.

Όπως παρατηρείται, μη-τεχνολογικά εμπόδια είναι αυτά που καθιστούν δύσκολη την προώθηση των ΑΠΕ, με τα κοινωνικό – πολιτικά να αποτελούν τα πλέον σημαντικά από αυτά. Σημαντική επίσης είναι η παρατήρηση ότι διάφορα από τα προαναφερθέντα εμπόδια υπάρχουν ταυτόχρονα, σχηματίζοντας ένα σύμπλεγμα που για να αντιμετωπιστεί απαιτεί ένα σύνολο συγχρονισμένων μέτρων και παράλληλων πολιτικών για την προώθηση των ΑΠΕ.

Στη διεθνή βιβλιογραφία για τις διαδικασίες εισαγωγής τεχνολογιών, το δυναμικό (potential) των τεχνολογιών χρησιμοποιείται σε μεγάλο βαθμό και αναφέρεται σε πέντες κύριες πτυχές, οι οποίες γενικά αναλύονται ως ακολούθως:

- *Το θεωρητικό δυναμικό* είναι ουσιαστικά το ανώτερο όριο που μπορεί να επιτευχθεί, με βάση τους νόμους της θερμοδυναμικής.
- *Το τεχνολογικό δυναμικό* σχετίζεται με την έρευνα, ανάπτυξη και επίδειξη μιας νέας τεχνολογίας.
- *Το κοινωνικοοικονομικό* δυναμικό σχετίζεται με την πτυχή της τεχνολογικής ανάπτυξης και εφαρμογής με όρους κοινωνικής αποδοχής σε σχέση με την πρόθεση για υιοθέτηση αλλαγών στη συμπεριφορά, στον τρόπο ζωής, στην κοινωνική δομή και στους θεσμούς.
- *Το οικονομικό δυναμικό* της τεχνολογίας αναλύεται με τη θεώρηση του εάν υπάρχει αγορά για αυτή την τεχνολογία, σε ποια έκταση η εισαγωγή της τεχνολογίας στην αγορά μπορεί να προαχθεί μέσω τεχνολογικής και οικονομικής βοήθειας και εάν οι αδυναμίες της αγοράς μπορούν να παρεμποδίσουν την τεχνολογία.
- *Τέλος, το δυναμικό της αγοράς* αναφέρεται στην πραγματική χρήση – επίπεδο διείσδυσης – των ΑΠΕ και των αντίστοιχων πρακτικών.

Μέσω της παραπάνω ανάλυσης μπορεί να εκτιμηθεί ποια εμπόδια δυσχεραίνουν τις διαθέσιμες τεχνολογίες ΑΠΕ να προσεγγίσουν από το «δυναμικό της αγοράς» το «τεχνολογικό δυναμικό». Έτσι, ο στόχος είναι μέσω των κατάλληλων προτάσεων προώθησης των ΑΠΕ να ξεπεραστούν τα παραπάνω εμπόδια, ώστε να επιτευχθεί ή να προσεγγιστεί το κοινωνικοοικονομικό τους δυναμικό.

2.3 Εργαλεία Προώθησης ΑΠΕ

Σύμφωνα με τα διαθέσιμα δεδομένα από διάφορες πηγές, αν και οι τεχνολογίες ΑΠΕ έχουν αυξήσει τη συμμετοχή τους στην παραγωγή ενέργειας στην ΕΕ, δεν έχουν ακόμα πετύχει μια ικανοποιητική εισαγωγή τους στην αγορά ενέργειας, σε αντίθεση με τις αξιόλογες προοπτικές. Συγκεκριμένα, τόσο στην ΕΕ των 15, όσο και στα 10 Νέα Κράτη Μέλη (ΝΚΜ) η συμμετοχή των ΑΠΕ στη βασική ενεργειακή κατανάλωση εκτιμάται στο 5,61%, με τα 10 ΝΚΜ να συνεισφέρουν κατά 4,9% και την Ευρώπη των 15 να φτάνει το 5,71% κατά το 2004. Η εισαγωγή των 10 ΝΚΜ δεν άλλαξε το γεγονός ότι η βιομάζα είναι μακράν η πρώτη ΑΠΕ που χρησιμοποιείται στην ΕΕ, εξαιρουμένης της υδροηλεκτρικής ενέργειας, με μερίδιο 65% στη βασική ενεργειακή παραγωγή από ΑΠΕ [6].

Επιπρόσθετα, τα φωτοβολταϊκά σε εφαρμογές διασυνδεδεμένες στο δίκτυο πέτυχαν υψηλούς ρυθμούς ανάπτυξης, μεγαλύτερους από 30% μέσα στα τελευταία τρία χρόνια, ενώ η ηλεκτρική ενέργεια από ηλιακή θερμότητα είναι στη φάση που επιδεικνύει την ενδεχόμενη χρήση της στην κλίμακα των 100MW και άνω [6]. Επιμέρους οι τεχνολογικές επιλογές για καθ' έναν από τους τομείς προώθησης των ΑΠΕ περιγράφονται ως ακολούθως:

- *ΑΠΕ-Ηλεκτρισμός:* Η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι η κυρίαρχη πηγή, αλλά οι «νέες ΑΠΕ», όπως η βιομάζα και η αιολική ενέργεια έχουν αρχίσει να παίζουν σημαντικό ρόλο.
- *ΑΠΕ-Θέρμανση:* Η παραγωγή θερμότητας από πηγές βιομάζας υπερτερεί της γεωθερμικής και ηλιακής τόσο στην ΕΕ-15, όσο και στα ΝΚΜ.
- *ΑΠΕ-Μεταφορές:* Το βιοντήζελ έχει το μεγαλύτερο μερίδιο στην παραγωγή βιοκαυσίμων στην ΕΕ-15. Κατά την τελευταία δεκαετία, η παραγωγή του βιοντήζελ αυξήθηκε περίπου κατά δέκα φορές.

Για την επιλογή τώρα των προγραμμάτων, η κάθε χώρα έχει υιοθετήσει το δικό της σύνολο προγραμμάτων υποστήριξης. Επιμέρους οι τύποι των προγραμμάτων για καθ' έναν από τους τομείς προώθησης των ΑΠΕ περιγράφονται ως ακολούθως:

- *ΑΠΕ-Ηλεκτρισμός:* Το πρωταρχικό πρόγραμμα για την υποστήριξη της παραγωγής ηλεκτρισμού παραμένει το σύστημα των σταθερών τιμών τιμολόγησης. Ένα σχετικά καινούριο πρόγραμμα που χρησιμοποιείται ολοένα και περισσότερο τα τελευταία χρόνια είναι αυτό των ανανεώσιμων υποχρεώσεων (renewable obligations) ή αλλιώς αναλογικών υποχρεώσεων (quota obligations). Το πρόγραμμα αυτό συχνά συνδυάζεται με προγράμματα εμπορίας «πράσινων» πιστοποιητικών (green certificate programs), αν και κάτι τέτοιο δεν είναι απαραίτητο.
- *ΑΠΕ-Θέρμανση:* Η ενίσχυση της ανανεώσιμης θέρμανσης στην Ευρώπη επικεντρώνεται κυρίως σε επιλεκτικές, τοπικού χαρακτήρα πολιτικές υποστήριξης. Αυτές συχνά βασίζονται σε τοπικούς πολιτικούς στόχους, οι οποίοι συνδυάζουν τη στήριξη της βιομηχανίας ή τις δυνατότητες απασχόλησης με πολιτικές προώθησης της «ανανεώσιμης θέρμανσης».
- *ΑΠΕ-Μεταφορές:* Η παραγωγή και η χρήση των βιοκαυσίμων παραμένει σε πρώιμο στάδιο ανάπτυξης στην ευρωπαϊκή αγορά, το ίδιο και η προώθηση των βιοκαυσίμων. Σε επίπεδο χωρών τα σχέδια φοροαπαλλαγών υπήρξαν και είναι ακόμα τα κύρια εργαλεία για την προώθηση βιοκαυσίμων.

2.4 Χαρακτηριστικά Σύγχρονου Περιβάλλοντος Λειτουργίας Ενεργειακού Τομέα

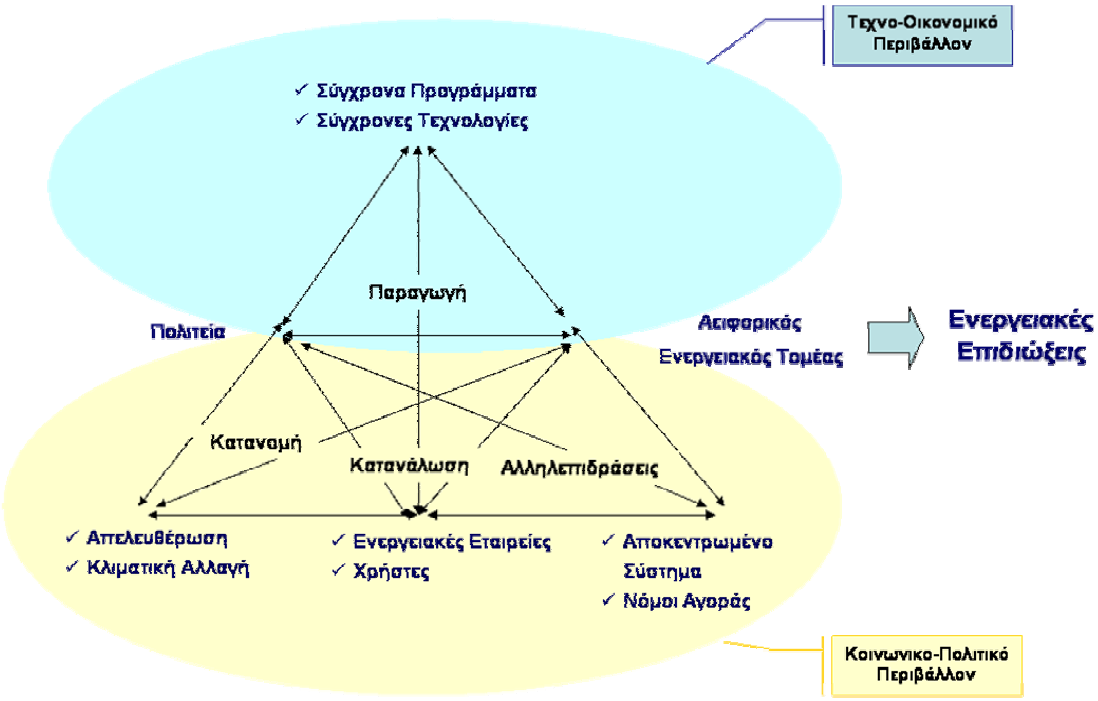
Η παγκόσμια αγορά ενέργειας καθορίζεται και μεταβάλλεται από ένα πλήθος παραγόντων που διαφοροποιούνται ανάλογα με τη χώρα, το βαθμό βιομηχανοποίησής της και την πολιτική κατάσταση που επικρατεί. Επιπλέον, η παγκόσμια ενεργειακή αγορά πάντα μεταβαλλόταν και εξελισσόταν σύμφωνα με τις παγκόσμιες οικονομικές συγκυρίες, και τις πολιτικές διαμάχες διαφόρων χωρών.

Σε αυτό το πλαίσιο, δύο είναι οι κύριες παράμετροι που επηρέασαν όλες τις χώρες και τις αντίστοιχες ενεργειακές τους πολιτικές, οδηγώντας ουσιαστικά στη διαμόρφωση των σύγχρονων συνθηκών της αγοράς ενέργειας σήμερα [7, 8]:

- *Απελευθέρωση Αγοράς Ενέργειας:* Ξεκινώντας από το δυτικό κόσμο αρχικά και εν συνεχεία σε ολόκληρο σχεδόν τον πλανήτη, η απελευθέρωση πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τους κανόνες της ελεύθερης και ανταγωνιστικής αγοράς για να αναπτυχθεί ο κλάδος της ενέργειας, να μειωθούν τα κρατικά μονοπώλια και ο προστατευτισμός, και να αυξηθούν οι επενδύσεις στον τομέα αυτόν.

- *Κλιματική Αλλαγή:* Τις τελευταίες δύο δεκαετίες αποδείχθηκε ότι τα κατάλοιπα από τη συνεχώς αυξανόμενη χρήση των ορυκτών καυσίμων ρυπαίνουν και αλλάζουν το κλίμα της υφηλίου, αυξάνοντας τη μέση θερμοκρασία στην ατμόσφαιρα, προκαλώντας σημαντικές αλλαγές και μεταβολές στο κλίμα πολλών περιοχών του πλανήτη. Γίνεται μια στροφή των περισσοτέρων αναπτυγμένων κρατών προς την προστασία του περιβάλλοντος και τη διαμόρφωση πολιτικών μείωσης των αρνητικών επιδράσεων της κλιματικής αλλαγής.

Σε αυτό το πλαίσιο, η αποτύπωση του σύγχρονου περιβάλλοντος λειτουργίας του ενεργειακού τομέα με βάση τη Θεωρία Δραστηριότητας αναπαρίσταται στο ακόλουθο Σχήμα 1.



Σχήμα 1. Αποτύπωση Σύγχρονου Περιβάλλοντος

Από το παραπάνω Σχήμα 1 μπορούν να διατυπωθούν τα ακόλουθα:

- *Η Πολιτεία* σαν Υποκείμενο της Θεωρίας Δραστηριότητας έχει στη διάθεσή της, ως εργαλεία, σύγχρονα προγράμματα και νέες τεχνολογίες για την επίτευξη των ενεργειακών της επιδιώξεων προς ένα αειφορικό ενεργειακό σύστημα.
- *Οι Σύγχρονες Ενεργειακές Τεχνολογίες* είναι οι τεχνολογίες οι οποίες είναι λιγότερο επιβλαβείς για το περιβάλλον συγκρινόμενες με τις συμβατικές και συμβάλλουν στη συνεργία και αλληλεξάρτηση της προστασίας του περιβάλλοντος με την οικονομική ανάπτυξη, για να μειωθεί η πίεση στους φυσικούς πόρους και να βελτιωθεί η ποιότητα ζωής των πολιτών. Η αξιοποίηση του μεγάλου τεχνολογικού δυναμικού αυτών των τεχνολογιών μπορεί να συμβάλει στην προστασία του περιβάλλοντος, στην ανταγωνιστικότητα και στην ανάπτυξη. Με την προώθησή τους θα αυξηθεί το μερίδιο αγοράς τους και θα μειωθεί η τιμή τους. Άλλωστε, οι περισσότεροι καταναλωτές είναι πολύ ευαισθητοποιημένοι για θέματα περιβάλλοντος και πολλές επιχειρήσεις έχουν αναγνωρίσει το δυναμικό των σύγχρονων ενεργειακών τεχνολογιών και έχουν εξελιχθεί σε παγκόσμιους κατασκευαστές και εξαγωγείς, σε τομείς όπως τα φωτοβολταϊκά και οι ανεμογεννήτριες.

- *Τα Προγράμματα* παλιότερα (τη δεκαετία του 1970 και στις αρχές του 1980) βασίζονταν σχεδόν ολοκληρωτικά σε πρότυπα εποπτείας και ελέγχου (command and control standards), τα οποία αφορούσαν τόσο στις εκπομπές επιβλαβών αερίων όσο και στην ποιότητα, στις διαδικασίες και στις τεχνολογικές απαιτήσεις όλων των δραστηριοτήτων που αφορούσαν στο περιβάλλον. Από τα μέσα τις δεκαετίας του 1980, σημειώθηκε μία αύξηση στη χρήση νέων, σύγχρονων προγραμμάτων περιβαλλοντικής πολιτικής, όπως είναι τα βασιζόμενα στη λειτουργία της αγοράς εργαλεία (φόροι και δικαιώματα εκπομπών) και τα εργαλεία που βασίζονται σε εθελοντικές προσεγγίσεις (εθελοντικές συμφωνίες).
- *Οι Ενεργειακές Επιδιώξεις* αποτελούν το σημείο εκκίνησης οποιωνδήποτε σχεδιαστικών δραστηριοτήτων. Μια επιδίωξη είναι ένας ξεκάθαρος αντικειμενικός σκοπός. Ένα παράδειγμα επιδίωξης είναι η σταθερότητα της τιμής του ηλεκτρισμού. Πρέπει να σημειωθεί ότι η πολιτική πραγματικότητα δείχνει ότι υπάρχουν πολλοί και συχνά συγκρουόμενοι στόχοι που διαφέρουν από εμπλεκόμενο σε εμπλεκόμενο και οι οποίοι συχνά μεταβάλλονται. Συνεπαγόμενα, το πρόβλημα της επιλογής των κατάλληλων επιδιώξεων εμπλέκει αξίες, πολιτικές κρίσεις και άλλους παράγοντες έξω από το πλαίσιο της αυστηρά εμπειρικής ή μοντελοποιημένης ανάλυσης.

Όπως φαίνεται από το τρίγωνο του Σχήματος 1, δεν αρκεί μια τεχνο-οικονομική προσέγγιση του προβλήματος της προώθησης των ΑΠΕ αλλά πρέπει να ληφθούν υπόψη τόσο οι σύγχρονοι κανόνες, όπως αυτοί διαμορφώνονται από τις σύγχρονες παραμέτρους λειτουργίας του ενεργειακού τομέα όσο και οι εμπλεκόμενοι και οι μεταξύ τους σχέσεις και επιδιώξεις.

2.5 Αξιολόγηση και Σύνθεση Εργαλείων Προώθησης ΑΠΕ

Από τις προηγούμενες παραγράφους καθίσταται σαφές ότι με δεδομένες τις σημαντικές προοπτικές ανάπτυξης των ΑΠΕ αλλά και τα υπάρχοντα εμπόδια, η υποστήριξη της προώθησής τους από την Πολιτεία είναι αναγκαία, ώστε να απαντηθούν ολοκληρωμένα τα παρακάτω ερωτήματα:

- Ποιοι είναι οι διαθέσιμοι τύποι προγραμμάτων και οι τεχνολογικές επιλογές που θα πρέπει να εξεταστούν;
- Ποιοι τύποι προγραμμάτων και τεχνολογικών δυνατοτήτων συμβάλουν περισσότερο στην επίτευξη των επιδιώξεων;
- Μέχρι ποιο σημείο μπορούν τα επιλεγόμενα προγράμματα και οι τεχνολογίες να ξεμπλοκάρουν τους οικονομικούς πόρους των εκάστοτε επενδυτών;

Πρέπει δηλαδή να υπάρχει μια ξεκάθαρη σχέση μεταξύ των ενεργειακών επιδιώξεων, των προγραμμάτων και των τεχνολογιών ΑΠΕ, καθώς κάθε ξεχωριστή επιδίωξη επιτυγχάνεται καλύτερα από συγκεκριμένα προγράμματα και τεχνολογίες. Ουσιαστικά, υπάρχουν τρία είδη σχέσεων ή αλληλεπιδράσεων μεταξύ των παραπάνω στοιχείων, οι οποίες αναλύονται ως εξής [9]:

- *Επιδιώξεις και Προγράμματα:* Η σχέση μεταξύ επιδιώξεων και προγραμμάτων είναι άμεση. Μεσοπρόθεσμα, μία επιδίωξη επιτυγχάνεται ευκολότερα με συγκεκριμένα προγράμματα παρά με άλλα. Αν μια ενεργειακή επιδίωξη για παράδειγμα είναι οι χαμηλές ενεργειακές τιμές, τότε τα εμπορεύσιμα πιστοποιητικών ρύπων (Tradable Emission Credits) την ευνοούν ενώ οι φόροι εκπομπής άνθρακα δεν την ευνοούν.

- *Επιδιώξεις και Τεχνολογίες:* Οι επιδιώξεις αλληλεπιδρούν με τις τεχνολογίες μέσω των προγραμμάτων. Ωστόσο πρέπει να τονισθεί ότι ενώ μερικές επιδιώξεις μπορούν να επιτευχθούν μέσω οποιασδήποτε τεχνολογίας ΑΠΕ άλλες απαιτούν περισσότερη διερεύνηση.
- *Προγράμματα και Τεχνολογίες:* Η τρίτη αλληλεπίδραση των προγραμμάτων και των τεχνολογιών είναι η λιγότερο περιοριστική. Οποιοδήποτε πρόγραμμα μπορεί να επικεντρωθεί σε οποιαδήποτε τεχνολογία, ανάλογα με τις λεπτομέρειες του σχεδιασμού του. Για παράδειγμα η ανανεώσιμη ποσόστωση (renewable obligation) μπορεί να σχεδιαστεί έτσι ώστε να απαιτεί τη συμμετοχή μιας συγκεκριμένης τεχνολογίας ή για να ενθαρρύνει τον ανταγωνισμό τιμών μεταξύ των τεχνολογιών για την επιλογή ανανεώσιμης τεχνολογίας χαμηλότερου κόστους.

Επιπλέον, η εκτίμηση των διαφορετικών εργαλείων πολιτικής ειδικά από την πλευρά του επενδυτή, που συνήθως δεν πραγματοποιείται κατά τη διαδικασία διαμόρφωσης προτάσεων προώθησης των ΑΠΕ, μπορεί να βοηθήσει στην αναγνώριση μελλοντικών προβλημάτων σε πρώιμο στάδιο. Πιο συγκεκριμένα, η λεπτομερής ανάλυση των ενδιαφερόντων των εμπλεκομένων θα παράσχει αποδοτικά αποτελέσματα για τη διαδικασία διαμόρφωσης προτάσεων προώθησης ΑΠΕ. Για την εγκαθίδρυση μιας τέτοιας διαδικασίας, πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη όλοι αυτοί που έχουν ως στόχο την ανάπτυξη της χρήσης των ΑΠΕ, όπως για παράδειγμα οι βιομηχανίες και οι παραδοσιακοί παραγωγοί.

2.6 Συμπεράσματα

Με βάση τα παραπάνω, η διαμόρφωση προτάσεων προώθησης των ΑΠΕ είναι ένα ιδιαίτερα πολύπλοκο πρόβλημα που πρέπει να αντιμετωπισθεί στο ευρύτερο πλαίσιο της ενεργειακής πολιτικής. Άμεση λοιπόν διαφαίνεται η ανάγκη για την ανάπτυξη:

- *Ολοκληρωμένου πλαισίου υποστήριξης των αποφασιζόντων για την προώθηση των ΑΠΕ* που να συνδυάζει με τέτοιο τρόπο τα εργαλεία προώθησης (προγράμματα και τεχνολογίες), ώστε να απευθύνεται στις ανάγκες και στις ευκαιρίες της κοινωνικής, περιβαλλοντικής και οικονομικής διάστασης της βιώσιμης ενέργειας. Το πλαίσιο αυτό πρέπει να συμβάλει στο σαφή καθορισμό και στην κατανόηση της σχέσης των ενεργειακών επιδιώξεων, των προγραμμάτων και των τεχνολογικών δυνατοτήτων, λαμβάνοντας υπόψη του τα χαρακτηριστικά των εμπλεκομένων της ενεργειακής αγοράς.
- *Ευέλικτων μεθοδολογιών και συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων*, που μπορούν να διαχειριστούν πληροφορίες που είναι από τη φύση τους ποιοτικές και χαρακτηρίζονται από υποκειμενισμό και έλλειψη ακρίβειας, για:
    - *Την επιλογή* των τύπων προγραμμάτων που συμβάλουν στην επίτευξη των ενεργειακών επιδιώξεων και των τεχνολογικών δυνατοτήτων που έχουν βραχυπρόθεσμη συνεισφορά σε αυτούς.
    - *Τη διαμόρφωση* προτάσεων προώθησης ΑΠΕ, συνθέτοντας τα εργαλεία προώθηση των ΑΠΕ, λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά των εμπλεκομένων της ενεργειακής αγοράς (οικονομική δύναμη, λόγοι επένδυσης, μέγεθος έργων, κ.α.), έτσι ώστε να καθίσταται σαφές ποιοι θα επηρεαστούν και ποιοι θα επωφεληθούν από αυτές.

3. ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΣΧΕΤΙΖΟΜΕΝΩΝ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΩΝ

3.1 Εισαγωγή

Όπως διαφάνηκε και από την προηγούμενη ανάλυση, το πλαίσιο υποστήριξης αποφάσεων για την πολυδιάστατη και πολυβάθμια διαδικασία της διαμόρφωσης και αξιολόγησης προτάσεων προώθησης ΑΠΕ πρέπει να:

- Ενσωματώνει τις σύνθετες γεωφυσικές και οικολογικές αλληλεπιδράσεις εκτός από τις αλληλένδετες κοινωνικές και οικονομικές διαστάσεις του προβλήματος.
- Προσαρμόζεται στις διαφορές στο θεσμικό υπόβαθρο, στις γηγενείς ικανότητες και στις πολιτιστικές ιδιομορφίες των διαφόρων χωρών.

Η πλειοψηφία των συμβατικών οικονομικών αναλύσεων που συμβάλλουν στη διαμόρφωση κατάλληλων προτάσεων παρουσιάζουν μια σειρά από μειονεκτήματα. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι πολλές από τις βασικές ιδιότητες των ΑΠΕ και των προτάσεων προώθησης είναι δημόσια αγαθά και δεν εκτιμούνται από την αγορά οπότε και αποκλείονται συχνά από την ανάλυση. Αυτές οι ιδιότητες, μπορούν να παρέχουν ουσιαστικά οφέλη, τα οποία αντισταθμίζουν το αυξανόμενο οικονομικό κόστος ή την απώλεια σε Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (ΑΕΠ) ως αποτέλεσμα της εφαρμογής μιας πρότασης προώθησης [10, 11].

Κατά συνέπεια, η υποστήριξη αποφάσεων προώθησης των ΑΠΕ, βασισμένη στις συμβατικές τεχνικές οικονομικής ανάλυσης έχει έμφυτους κινδύνους. Λαμβάνοντας υπόψη και το σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα, όπως αυτό αναλύθηκε στη προηγούμενο Κεφάλαιο, υπαγορεύεται ένα διαφορετικό σύνολο αναλυτικών μεθόδων, οι Πολυκριτηριακές Μέθοδοι Υποστήριξης Αποφάσεων - ΠΜΥΑ, για τη διαμόρφωση και αξιολόγηση προτάσεων προώθησης των ΑΠΕ, που μπορούν να συμπεριλάβουν τόσο μη-οικονομικούς (π.χ. κοινωνικούς και περιβαλλοντικούς) παράγοντες που διαδραματίζουν ένα σημαντικό ρόλο, όσο και τις σημαντικές αλληλεπιδράσεις του μεγάλου αριθμού των εμπλεκομένων.

Στο παραπάνω πλαίσιο, το Κεφάλαιο αυτό έχει σα στόχο τη διερεύνηση των πολυκριτηριακών μεθοδολογιών και την εξέταση της δυνατότητάς τους να εξυπηρετήσουν τις ανάγκες υποστήριξης αποφάσεων προώθησης των ΑΠΕ στο σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα. Έμφαση δίνεται στις προσεγγίσεις γλωσσικής ανάλυσης, στις οποίες στηρίζονται τα επιμέρους βήματα της προτεινόμενης μεθοδολογίας.

3.2 Μεθοδολογίες Υποστήριξης Αποφάσεων

Οι ΠΜΥΑ μπορούν να ποικίλουν από απλές προσεγγίσεις που χρειάζονται πολύ λίγες πληροφορίες σε αρκετά περίπλοκες μεθόδους βασισμένες σε μαθηματικές τεχνικές προγραμματισμού, που χρειάζονται εκτενείς πληροφορίες για κάθε ιδιότητα και τις προτιμήσεις των υπεύθυνων για τη λήψη αποφάσεων.

Η έννοια της πολυκριτηριακής λήψης απόφασης έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως για το σχεδιασμό ενεργειακών και περιβαλλοντικών προτάσεων πολιτικής [12] καθώς επίσης και για το βιώσιμο ενεργειακό προγραμματισμό [13].

Πιο συγκεκριμένα, η MAUT αναπτύσσεται για να βοηθήσει τους υπεύθυνους της λήψης αποφάσεων να ορίσουν τις τιμές στις συναρτήσεις χρησιμότητας και με τη χρήση πολλαπλών κριτηρίων να ληφθούν οι συνολικές τιμές της συνάρτησης χρησιμότητας [14]. Από την άλλη πλευρά, οι μέθοδοι που ανήκουν στην οικογένεια ELECTRE χρησιμοποιούνται γενικά στον ενεργειακό προγραμματισμό. Αυτές οι μέθοδοι χρησιμοποιούνται επίσης στην ανάπτυξη συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων ανανεώσιμης ενέργειας μετά από το 1990 [15-17]. Ενώ διαφορετικές μορφές ELECTRE έχουν αναπτυχθεί, η ELECTRE III είναι αυτή που χρησιμοποιείται ευρέως στις εφαρμογές ενεργειακού προγραμματισμού.

Οι μέθοδοι βασισμένες στη σχέση επικράτησης που ανήκουν στην οικογένεια PROMETHEE χρησιμοποιούνται επίσης εκτενώς στον ενεργειακό προγραμματισμό. Αυτές οι μέθοδοι παρέχουν μια επιστημονική βάση, μέσω πολλαπλών κριτηρίων, για τον προσδιορισμό του δείκτη προτίμησης των εξεταζόμενων εναλλακτικών επιλογών [18]. Διαφορετικές εκδόσεις PROMETHEE έχουν χρησιμοποιηθεί με την PROMETHEE II να έχει χρησιμοποιηθεί εκτενώς μετά από το 1990.

Η AHP χρησιμοποιείται ευρέως στον ενεργειακό σχεδιασμό. Αυτό μπορεί να οφείλεται στη δυνατότητα μετατροπής ενός σύνθετου προβλήματος σε μια απλή ιεραρχική ευέλικτη δομή, με τη δυνατότητά να συνδυάσει ποιοτικά και ποσοτικά κριτήρια στο ίδιο πλαίσιο απόφασης καθώς και στη χρήση των υποστηρικτικών υπολογιστικών εργαλείων που είναι αρκετά εύχρηστα [19, 20]. Η μέθοδος χρησιμοποιείται αρκετά με τροποποιήσεις μετά το 1990.

3.3 Διερεύνηση Ενσωμάτωσης Σύγχρονων Παραμέτρων

Οι νέες συνθήκες του ενεργειακού τομέα δημιουργούν νέες προκλήσεις και ευκαιρίες για τους εμπλεκόμενους. Συγκεκριμένα:

- Η μετάβαση από μια έντονα ρυθμιζόμενη αγορά σε ένα ανταγωνιστικό περιβάλλον απαιτεί την επαναπροσαρμογή των μεθόδων υποστήριξης αποφάσεων, ώστε να ληφθούν σωστά υπόψη οι εισαγόμενες παράμετροι της αγοράς και των μηχανισμών της.
- Η επίδραση της κλιματικής αλλαγής στην ανάπτυξη των εθνικών και διεθνών προτάσεων πολιτικής έχει δημιουργήσει την ανάγκη για μια ολιστική αντιμετώπιση των προβλημάτων, μέσω της εκτίμησης των επιπτώσεων των δράσεων σε όλες τις διαστάσεις (κοινωνική, περιβαλλοντική και οικονομική) της αειφορίας.

Με βάση τα παραπάνω, υπεισέρχονται αβεβαιότητες στα πολυκριτηριακά προβλήματα, που ουσιαστικά έχουν να κάνουν με:

- *Μη ποσοτικοποιημένη πληροφορία:* Είναι δυνατό η φύση των παραμέτρων του πολυκριτηριακού μοντέλου (κριτήρια, βάρη, κατώφλια) να μην είναι ποσοτική, επομένως αυτά τα μεγέθη να μην μπορούν να μετρηθούν με μια ποσοτική κλίμακα. Τέτοιοι παράμετροι ονομάζονται ποιοτικοί.
- *Ελλιπή γνώση σχετικά με τις παραμέτρους του προβλήματος:* Οι αποφασίζοντες μπορεί να μη γνωρίζουν όλες τις λεπτομέρειες για κάποιες ή και όλες τις παραμέτρους του πολυκριτηριακού προβλήματος (ελλιπή γνώση για τις επιδόσεις στα κριτήρια, τα βάρη, τα κατώφλια), που δεν τους επιτρέπει τον προσδιορισμό αριθμητικών τιμών για τις παραμέτρους.
- *Αδυναμία απόκτησης ακριβούς μέτρησης για κάποιες παραμέτρους:* Ανακρίβεια δημιουργείται όταν δεν είναι εφικτή ή είναι πολύ δύσκολη ή πολύ δαπανηρή η μέτρηση των επακριβών αριθμητικών τιμών για κάποιες παραμέτρους του προβλήματος.

Οι σύγχρονες πολυκριτηριακές μέθοδοι λοιπόν πρέπει να μπορούν να διαχειριστούν όλες τις νέες παραμέτρους με τρόπο διαφανή και ευέλικτο, ώστε να υπάρχει ουσιαστική συμβολή στην υποστήριξη ενεργειακών αποφάσεων. Η ασαφής λογική προτάθηκε σαν συστηματικό εργαλείο για την αποτίμηση εναλλακτικών σε συνθήκες αβεβαιότητας [21]. Η ασαφής λογική είναι ικανή να εκφράζει αβέβαιες πληροφορίες και να αντιμετωπίζει αόριστες καταστάσεις, όπου τα παραδοσιακά μαθηματικά είναι αναποτελεσματικά.

Ουσιαστικά, η θεωρία της ασάφειας επιτρέπει σε ένα μαθηματικό πλαίσιο εργασίας να συνδέει τις ανθρώπινες εκτιμήσεις με γλωσσικές μεταβλητές. Επιπλέον, η χρήση γλωσσικών μεταβλητών στα ασαφή μοντέλα βοηθάει κάποιον να μοντελοποιεί τις παραπάνω αβεβαιότητες με γλωσσικές προτάσεις [22].

3.4 Καταλληλότητα Χρήσης Προσεγγίσεων Γλωσσικής Ανάλυσης

Ορίζεται το σύνολο γλωσσικών όρων $S = \{s_0, s_1, ..., s_g\}$, που είναι μια ομάδα $g+1$ διατεταγμένων όρων. Η βασική ιδιότητα της κλίμακας είναι: $s_a \le s_b$ εάν και μόνο αν $a \le b$, $a, b \in \{1, 2, ..., g\}$. Σε αυτήν την κλίμακα σειράς μπορούν να οριστούν οι ακόλουθες συναρτήσεις:

- *Αντιμετάθεση:* Υπάρχει μια μοναδική συνάρτηση άρνησης για τους όρους της κλίμακας S. Η άρνηση n ορίζεται ως $n(s_i) = s_{g-i}$, για κάθε $s_i \in S$. Για την άρνηση ισχύουν οι ακόλουθες ιδιότητες:
  1. $n(s_0) = s_g$;
  2. $n(s_g) = s_0$;
  3. $n(n(s_i)) = s_i$, $\forall i = 1, 2, ..., g$;
  4. Εάν $s_i \ge s_j \Leftrightarrow n(s_i) \le n(s_j)$.
- *Μέγιστο:* $\max(s_i, s_j) = s_i$ αν και μόνο αν $s_i \ge s_j$.
- *Ελάχιστο:* $\min(s_i, s_j) = s_i$ αν και μόνο αν $s_i \le s_j$.

Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο που χαρακτηρίζει τη γλωσσική κλίμακα είναι η σημασιολογία, εννοώντας το σχήμα της συνάρτησης συμμετοχής και τη διάταξη κάθε γλωσσικού όρου της ασαφούς ομάδος όρων. Ένα παράδειγμα μπορεί να δοθεί αν θεωρηθεί μια διατεταγμένη κλίμακα με επτά γλωσσικούς όρους

$$S = \{s_0 = \text{Καθόλου},\ s_1 = \text{Πολύ χαμηλό},\ s_2 = \text{Χαμηλό},\ s_3 = \text{Μέτριο},\ s_4 = \text{Υψηλό},\ s_5 = \text{Πολύ υψηλό},\ s_6 = \text{Τέλειο}\}.$$

Οι υπολογιστικές τεχνικές που χρησιμοποιούνται στην εξειδικευμένη βιβλιογραφία της ανάλυσης αποφάσεων με χρήση γλωσσικών μεταβλητών είναι οι ακόλουθες [23, 24]:

- *Προσέγγιση Προέκτασης:* Βασίζεται στις σχετικές συναρτήσεις συσχέτισης των γλωσσικών όρων, μέσα ουσιαστικά από την αναπαράσταση των γλωσσικών όρων με παραμέτρους της αντίστοιχης συνάρτησης συσχέτισης. Ένας γλωσσολογικός τελεστής βασισμένος στην αρχή της προέκτασης ορίζεται ως εξής:

$$S^n \xrightarrow{\bar{F}} F(R) \xrightarrow{app_1(.)} S \text{, όπου:}$$

  - S είναι το αρχικό σύνολο γλωσσικών όρων.
  - S^n συμβολίζει το n Καρτεσιανό γινόμενο του S.

- o $\bar{F}$ είναι ένας τελεστής συνάθροισης που βασίζεται στην αρχή της προέκτασης.
- o *F*(*R*) είναι το σύνολο των ασαφών συνόλων επάνω από το σύνολο των πραγματικών αριθμών *R*.
- o $app_1(.)$ είναι η συνάρτηση γλωσσολογικής προσέγγισης που επιστρέφει μία ετικέτα στο σύνολο γλωσσολογικών όρων *S,* του οποίου η σημασία είναι η κοντινότερη στον παραγόμενο ασαφή αριθμό χωρίς ετικέτα.

Η συνάρτηση συσχέτισης συνήθως προέρχεται από υποκειμενικές εκτιμήσεις των αποφασιζόντων είτε από προκαθορισμένες (ad hoc) και απλοποιημένες μορφές, οπότε εισέρχεται αβεβαιότητα στη διαδικασία της απόφασης. Επίσης, οι πράξεις που πρέπει να γίνουν μεταξύ των ασαφών συνόλων είναι πολλές φορές πολύπλοκες και απαιτούν σύνθετα υπολογιστικά εργαλεία. Συνεπαγόμενα, υπάρχει απώλεια πληροφορίας και χαμηλή «διακριτότητα» των εναλλακτικών μεταξύ τους.

- *Συμβολική Προσέγγιση:* Δρα μέσω άμεσου υπολογισμού στις ετικέτες των γλωσσικών όρων, χωρίς να είναι απαραίτητη η χρήση των συναρτήσεων συμμετοχής μαζί με τους γλωσσικούς όρους. Από την άποψη του υπολογισμού, οι πράξεις είναι σχετικά απλές και γρήγορες. Τυπικά, μπορεί να εκφραστεί ως εξής:

$$S^n \xrightarrow{C} [0, g] \xrightarrow{app_2(.)} \{0,..., g\} \to S \text{ , όπου:}$$

- o *C* είναι ο τελεστής συμβολικής γλωσσολογικής προσέγγισης,
- o $app_2(\cdot)$ είναι η συνάρτηση γλωσσικής προσέγγισης που χρησιμοποιείται για να προκύψει ένας δείκτης {0,…,*g*} σχετιζόμενος με έναν όρο στο $S = \{s_0,\ldots,s_g\}$ από μία τιμή στο [0,*g*].

Υπάρχει όμως το εγγενές πρόβλημα ότι σε πολλές περιπτώσεις «χάνεται» πληροφορία. Συνεπαγόμενα, η «διακριτότητα» ανάμεσα στα εξαγχθέντα αποτελέσματα είναι ιδιαίτερα χαμηλή.

- *Προσέγγιση Διπλής Αναπαράστασης:* Γίνεται αναπαράσταση της γλωσσολογικής πληροφορίας με ένα ζεύγος τιμών (s_i, α), συντεθειμένο από ένα γλωσσικό όρο και έναν αριθμό. Συγκεκριμένα:

- o Έστω β το αποτέλεσμα της άθροισης ενός συνόλου γλωσσικών όρων που έχουν εκφραστεί σε μια γλωσσική κλίμακα S, για παράδειγμα, έστω β το αποτέλεσμα μιας συμβολικής άθροισης, όπου $\beta \in [0, g]$, και g+1 το πλήθος των στοιχείων του S.
- o Αν i = round(β) και α = β – i δύο τιμές έτσι, ώστε $i \in [0, g]$ και $\alpha \in [-0.5, 0.5)$, τότε η α καλείται συμβολική μετάφραση. Το α_i αποτελεί μια αριθμητική τιμή, η οποία εκφράζει την απόδοση της μετάφρασης από το αρχικό αποτέλεσμα β στο πλησιέστερο όρο i στο σύνολο γλωσσικών στοιχείων (s_i).

Το κύριο πλεονέκτημα της προσέγγισης αυτής είναι ότι είναι συνεχής στο πεδίο της και ως εκ τούτου μπορεί να εκφράσει οποιαδήποτε μετρήσιμη πληροφορία μέσα στο σύμπαν της συνομιλίας. Η εφαρμογή της είναι πολύ αποδοτική στην ανάπτυξη της θεωρίας και των μεθόδων υποστήριξης αποφάσεων επειδή εισάγει ένα περισσότερο ευέλικτο πλαίσιο εργασίας, το οποίο επιτρέπει την αναπαράσταση των πληροφοριών με έναν πιο άμεσο και επαρκή τρόπο όταν δεν μπορούν να καθοριστούν ακριβώς οι ποσοτικές πληροφορίες. Επιπλέον, οι σχετιζόμενες υπολογιστικές τεχνικές δεν έχουν απώλεια δεδομένων και δεν οδηγούν σε έλλειψη ακρίβειας στα τελικά αποτελέσματα.

3.5 Συμπεράσματα

Από την επισκόπηση σχετιζομένων πολυκριτηριακών μεθοδολογιών που προηγήθηκε, προκύπτουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά για την επίλυση προβλημάτων απόφασης προώθησης των ΑΠΕ στο σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα:

- Σημαντικές αβεβαιότητες σχετίζονται με το ενεργειακό σύστημα και τις αποφάσεις ενεργειακής πολιτικής, όπως αβεβαιότητες τιμών ορυκτών καυσίμων.
- Αρκετές πληροφορίες που πρέπει να επεξεργαστούν για την υποστήριξη αποφάσεων προώθησης των ΑΠΕ είναι από τη φύση τους μη-οικονομικές και συνεπαγόμενα δεν μπορούν να καθοριστούν επακριβώς σε μια ποσοτική μορφή.

Από τη διερεύνηση της γλωσσικής ανάλυσης, μπορεί να διατυπωθεί ότι ενδείκνυται η χρήση της για την ανάπτυξη μεθόδων και συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων προώθησης των ΑΠΕ στο σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα, παρ' όλο που δεν χρησιμοποιείται μέχρι σήμερα σε αυτό το πεδίο. Ουσιαστικά, μέσω της γλωσσικής ανάλυσης:

- Εισάγεται ένα περισσότερο ευέλικτο πλαίσιο, το οποίο επιτρέπει την αναπαράσταση των πληροφοριών με έναν πιο άμεσο και επαρκή τρόπο.
- Εξαφανίζεται η επιβάρυνση της ποσοτικοποίησης ποιοτικών από τη φύση τους εννοιών (π.χ. κοινωνική αποδοχή, απασχόληση).

Επιμέρους χαρακτηριστικά των προσεγγίσεων γλωσσικής ανάλυσης είναι τα ακόλουθα:

- *Προσέγγιση Προέκτασης:* Γίνονται πράξεις με ασαφείς αριθμούς που υποστηρίζουν τη σημασιολογία των γλωσσολογικών όρων.
- *Συμβολική Προσέγγιση:* Γίνονται πράξεις με τις ετικέτες των γλωσσικών όρων.
- *Προσέγγιση Διπλής Αναπαράστασης:* Γίνεται αναπαράσταση της γλωσσολογικής πληροφορίας με ένα ζεύγος τιμών, συντεθειμένο από ένα γλωσσικό όρο και έναν αριθμό.

Συνοπτικά, η προσέγγιση της διπλής αναπαράστασης μπορεί να έχει πραγματικά σημαντική συνεισφορά στην υποστήριξη αποφάσεων προώθησης των ΑΠΕ στο σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα, καθώς:

- Δίνει τη δυνατότητα να εκφράζονται τα βάρη των κριτηρίων και οι αποδόσεις των εναλλακτικών σε διακριτή κλίμακα.
- Μέσω αυτής της αναπαράστασης είναι εφικτή η μετάβαση από τη διακριτή κλίμακα στη συνεχή και ξανά στη διακριτή.
- Δεν υπάρχει το εγγενές πρόβλημα των γλωσσικών προσεγγίσεων (με βάση την αρχή της προέκτασης είτε της συμβολικής προσέγγισης) της απώλειας πληροφορίας και της χαμηλής «διακριτότητας» των εναλλακτικών μεταξύ τους.

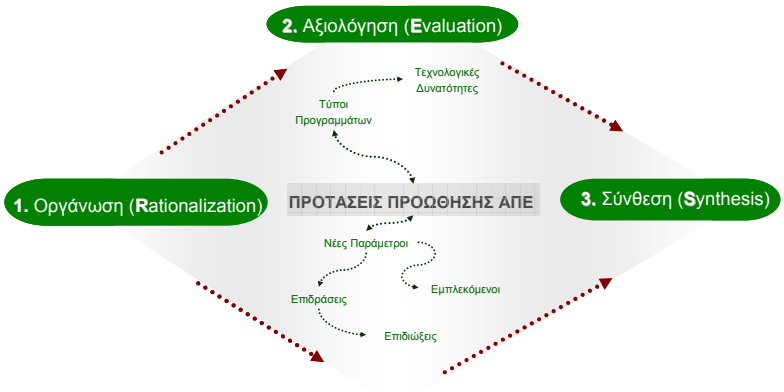
4. ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

4.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται η ανάπτυξη του προτεινόμενου μεθοδολογικού πλαισίου **- *RE$_2$S* -**. Η φιλοσοφία του πλαισίου στοχεύει να καλύψει την ανάγκη για το σαφή καθορισμό και την κατανόηση της σχέσης των ενεργειακών επιδιώξεων και των εργαλείων προώθησης των ΑΠΕ σε αυτές, δηλαδή των προγραμμάτων και των τεχνολογικών δυνατοτήτων, ενσωματώνοντας τα ενδιαφέροντα των εμπλεκομένων της ενεργειακής αγοράς.

Συγκεκριμένα, η προτεινόμενη προσέγγιση **- *RE$_2$S* -** περιλαμβάνει τις παρακάτω τρεις (3) συνιστώσες:

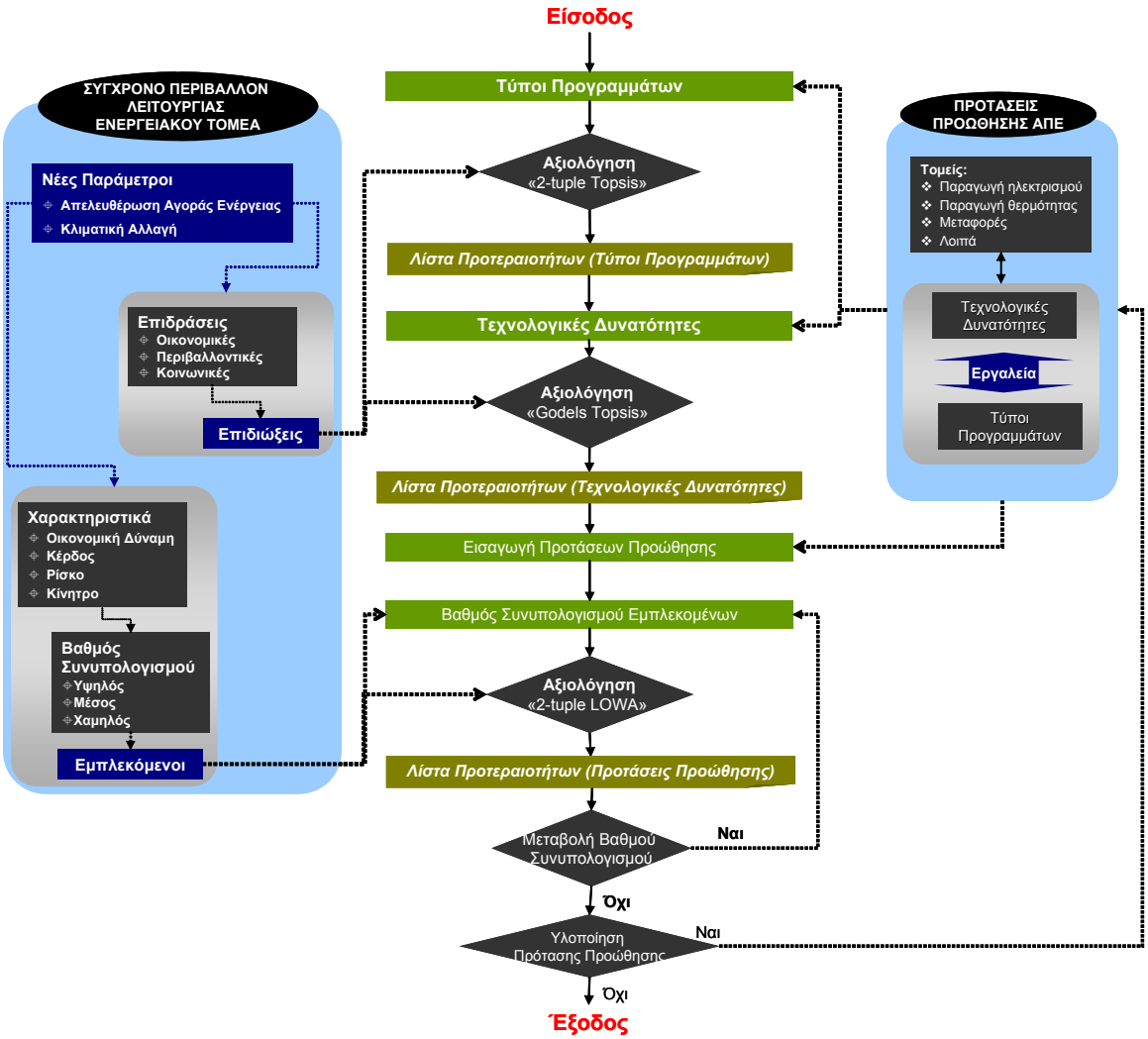
- *Οργάνωση (Rationalization):* Αφορά στην οργάνωση των χαρακτηριστικών του προβλήματος, όπου συστηματοποιούνται και κωδικοποιούνται οι νέες παράμετροι του σύγχρονου περιβάλλοντος λειτουργίας του ενεργειακού τομέα και οι προτάσεις προώθησης ΑΠΕ που μπορούν να διαμορφωθούν σε αυτό, έτσι ώστε να μπορέσει να γίνει η εισαγωγή τους στα επόμενα στάδια της μεθοδολογίας.
- *Αξιολόγηση (Evaluation):* Αφορά στην αξιολόγηση και των δύο (2) εργαλείων προώθησης ΑΠΕ που έχει στη διάθεσή της η Πολιτεία, δηλαδή των τύπων προγραμμάτων και των διαθέσιμων τεχνολογικών δυνατοτήτων, με βάση τις επιδιώξεις του σύγχρονου περιβάλλοντος, όπως αυτές διαμορφώνονται λαμβάνοντας υπόψη τις επιδράσεις των σύγχρονων παραμέτρων του ενεργειακού τομέα.
- *Σύνθεση (Synthesis):* Αφορά στη σύνθεση των εργαλείων υψηλής προτεραιότητας για τη διαμόρφωση ολοκληρωμένων προτάσεων προώθησης ΑΠΕ, και την αξιολόγηση τους με βάση τα χαρακτηριστικά των εμπλεκομένων της ενεργειακής αγοράς.



Σχήμα 2. Φιλοσοφία Προσέγγισης

4.2 Μεθοδολογικό Πλαίσιο Υποστήριξης Αποφάσεων Προώθησης ΑΠΕ

Η ακολουθούμενη διαδικασία σε μορφή λογικού διαγράμματος φαίνεται σχηματικά στο ακόλουθο Σχήμα 3.



Σχήμα 3. Διαδικασία Προσέγγισης

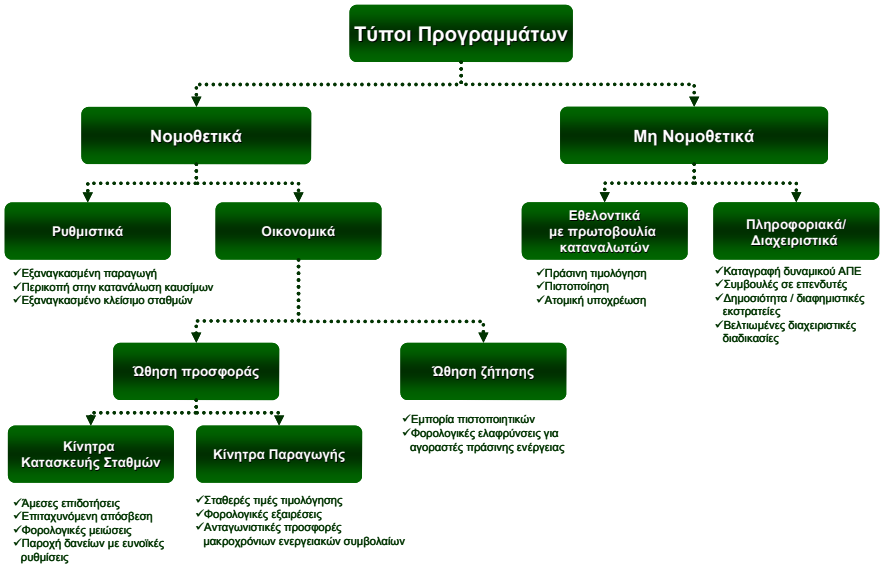
Πιο συγκεκριμένα, η διαδικασία περιγράφεται αναλυτικά ως ακολούθως:

- *Είσοδος:* Αρχικά κωδικοποιούνται τα βασικά εργαλεία προώθησης των ΑΠΕ και οι νέες παράμετροι του σύγχρονου περιβάλλοντος λειτουργίας του ενεργειακού τομέα, έτσι ώστε να μπορέσει να γίνει η εισαγωγή τους στα επόμενα στάδια της μεθοδολογίας.
- *Τύποι Προγραμμάτων:* Στο στάδιο αυτό γίνεται εισαγωγή των τύπων προγραμμάτων προώθησης ΑΠΕ, με βάση τον τομέα στον οποίο μελετάται η προώθηση των ΑΠΕ.
- *Αξιολόγηση «2-Tuple TOPSIS»:* Αφού έχει γίνει εισαγωγή των τύπων προγραμμάτων τότε η διαδικασία προχωράει στην αξιολόγησή τους, σε σχέση με τη συνεισφορά τους στις ενεργειακές επιδιώξεις με χρήση γλωσσικών μεταβλητών.
- *Λίστα Προτεραιοτήτων (Τύποι Προγραμμάτων):* Αφού γίνει η αξιολόγηση, διαμορφώνεται η λίστα προτεραιοτήτων των τύπων προγραμμάτων με τη μεγαλύτερη συμβολή στις ενεργειακές επιδιώξεις.
- *Τεχνολογικές Δυνατότητες:* Στο στάδιο αυτό εισάγονται οι τεχνολογικές δυνατότητες ΑΠΕ στη διαδικασία, με βάση τον τομέα στον οποίο μελετάται η προώθηση τους.
- *Αξιολόγηση «Gödels TOPSIS»:* Αφού γίνει η εισαγωγή των τεχνολογικών δυνατοτήτων, η διαδικασία προχωράει στην αξιολόγηση τους, μέσω γλωσσικών μεταβλητών, με σκοπό την αναγνώριση εκείνων που έχουν βραχυπρόθεσμη συνεισφορά στις επιδιώξεις των νέων συνθηκών της ενεργειακής αγοράς.

- *Λίστα Προτεραιοτήτων (Τεχνολογικές Δυνατότητες):* Αφού γίνει η αξιολόγηση, διαμορφώνεται η λίστα προτεραιοτήτων με τις τεχνολογικές δυνατότητες ΑΠΕ που έχουν τη μεγαλύτερη βραχυπρόθεσμη συνεισφορά στις επιδιώξεις στις νέες συνθήκες της ενεργειακής αγοράς.
- *Εισαγωγή Προτάσεων Προώθησης:* Σε αυτό το στάδιο της διαδικασίας γίνεται εισαγωγή των εργαλείων προώθησης ΑΠΕ υψηλής προτεραιότητας, όπως προέκυψαν απ' τις αξιολογήσεις στα προηγούμενα στάδια της μεθοδολογίας.
- *Βαθμός Συνυπολογισμού Εμπλεκομένων:* Εδώ γίνεται επιλογή του βαθμού συνυπολογισμού των χαρακτηριστικών των εμπλεκομένων (οικονομική δύναμη, κέρδος, διαθεσιμότητας τους να ρισκάρουν και κίνητρα που μπορεί να έχουν) , μέσω τριών δυνατών επιλογών (υψηλός, μέσος, χαμηλός).
- *Αξιολόγηση «2-tuple LOWA»*: Η αξιολόγηση αυτή είναι βασισμένη στη μοντελοποίηση των χαρακτηριστικών των εμπλεκομένων της ενεργειακής αγοράς και του βαθμού συνυπολογισμού τους, με σκοπό την αναγνώριση των προτάσεων που συνάδουν περισσότερο με τα χαρακτηριστικά τους.
- *Λίστα Προτεραιοτήτων (Προτάσεις Προώθησης):* Διαμορφώνεται μια λίστα που περιέχει τις προτάσεις προώθησης ΑΠΕ υψηλής προτεραιότητας.
- *Μεταβολή Βαθμού Συνυπολογισμού:* Αφού έχει διαμορφωθεί η λίστα προτεραιοτήτων μπορεί να μεταβληθεί ο βαθμός συνυπολογισμού των εμπλεκομένων, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα να διενεργηθεί ανάλυση ευαισθησίας.
- *Υλοποίηση Πρότασης Προώθησης:* Με δεδομένο το δυναμικό χαρακτήρα της προτεινόμενης προσέγγισης, στο τελευταίο στάδιο λαμβάνεται υπόψη η υλοποίηση ή όχι της προτεινόμενης πρότασης προώθησης.

4.3 Οργάνωση Βασικών Χαρακτηριστικών Προβλήματος

Στις παραγράφους που ακολουθούν θα γίνει σύντομη περιγραφή των εργαλείων προώθησης των ΑΠΕ, των ενεργειακών επιδιώξεων και των εμπλεκομένων στις νέες συνθήκες της αγοράς ενέργειας, με έμφαση στον τομέα παραγωγής ηλεκτρισμού. Οι τύποι προγραμμάτων, με βάση τους Doukas et al [25] παρουσιάζονται στο παρακάτω Σχήμα 4.



Σχήμα 4. Κατηγορίες Τύπων Προγραμμάτων

Οι κατηγορίες των εναλλακτικών επιλογών ΑΠΕ είναι οι ακόλουθες:

- *ΑΠΕ – Ηλεκτρισμός:* Υδροηλεκτρική ενέργεια, φωτοβολταϊκά, ηλιοθερμικά συστήματα ηλεκτροπαραγωγής, αιολική ενέργεια, βιοαέριο, στερεή βιομάζα, βιοαποικοδομήσιμα αστικά λύματα, γεωθερμική ενέργεια, κυματική ενέργεια και ενέργεια παλίρροιας.
- *ΑΠΕ – Θερμότητα:* Διασυνδεδεμένη και μη διασυνδεδεμένη βιομάζα, ανανεώσιμα αστικά στερεά λύματα, βιοαέριο, ηλιακοί συσσωρευτές, γεωθερμική ενέργεια.
- *ΑΠΕ – Μεταφορές:* Υγρά βιοκαύσιμα.

Βασικές Ενεργειακές Πηγές (σύμφωνα με την Οδηγία 2001/77/ΕC)	**Κατηγορίες Χρήσεως**		
	Παραγωγή Ηλεκτρισμού (RES-E)	**Παραγωγή Θερμότητας (RES-H)**	**Μεταφορές (RES-T)**
Αγροτικό Βιοαέριο	**Βιοαέριο**		
Βιοαέριο σπό ΧΥΤΑ			
Βιοαέριο από Απόβλητα			
Προϊόντα Ξύλου	**(Στερεή) Βιομάζα**	**(Στερεή) Βιομάζα**	
Απόβλητα Κατεργασίας Ξύλου			
Αγροτικά Προϊόντα – Ενεργειακές Καλλιέργειες			**Βιοκαύσιμα**
Αγροτικά Απόβλητα			
Βιο-αποσπούμενα Απόβλητα	**Βιο-Απόβλητα**	**Βιο-Απόβλητα**	
Γεωθερμική Ενέργεια	**Γεωθερμικός Ηλεκτρισμός**	**Γεωθερμική Θερμότητα**	
Μικρά-Υδροηλεκτρικά (<10 MW)	**Μικρά Υδροηλεκτρικά**		
Μεγάλα-Υδροηλεκτρικά (>10 MW)	**Μεγάλα Υδροηλεκτρικά**		
Φωτοβολταϊκά	**Φωτοβολταϊκά**		
Ηλιακή-Θερμική Ενέργεια	**Ηλιακός - Θερμικός Ηλεκ/μός**	**Ηλιακή-Θερμική Θερμ/τα**	
Ενέργεια από την Παλίρροια	**Κύμματα & Παλίρροια**		
Ενέργεια από τα Κύματα			
Άνεμος στη Στεριά	**Παράκτια Αιολικά Πάρκα**		
Άνεμος στη Θάλασσα	**Υπεράκτια Αιολικά Πάρκα**		

Σχήμα 5. Κατηγορίες Τεχνολογικών Δυνατοτήτων

Όσον αφορά στις ενεργειακές επιδιώξεις, η προσπάθεια επικεντρώθηκε στη δημιουργία μιας μικρής αλλά κατανοητής ομάδας κριτηρίων αξιολόγησης, η οποία μπορεί να σχηματίσει μια επαρκή βάση για τη σύγκριση των εξεταζόμενων επιλογών ΑΠΕ, εσωκλείοντας όλες τις διαστάσεις της αειφόρου ανάπτυξης, δηλαδή την οικονομική, την περιβαλλοντική και την κοινωνική. Σε αυτό το πλαίσιο, οι 6 βασικές ενεργειακές επιδιώξεις που επιλέχθηκαν είναι οι ακόλουθες: *E.1.* Μείωση Εκπομπών Αερίων Θερμοκηπίου, *E.2.* Μείωση των Επιδράσεων στο Φυσικό Περιβάλλον, *E.3.* Ανταγωνιστικότητα, Επιχειρηματικότητα και Απασχόληση, *E.4.* Τοπική και Περιφερειακή Οικονομική Ανάπτυξη, *E.5.* Χαμηλές Τιμές Αγοράς Ενέργειας, *E.6.* Ενεργειακή Επάρκεια (αυτοτέλεια).

Με βάση τη διεθνή βιβλιογραφία, οι εμπλεκόμενοι – επενδυτές στην αγορά ανανεώσιμης ενέργειας είναι οι [26]: *HE.1.* Παραδοσιακοί Παραγωγοί, *HE.2.* Ανεξάρτητοι Παραγωγοί Ενέργειας, *HE.3.* Μη Ειδικευμένοι Εμπορικοί Εμπλεκόμενοι, *HE.4.* Ιδιώτες, Επενδυτές σε Ίδια Σχέδια, *HE.5.* Ιδιώτες, Επενδυτές ως Μέτοχοι σε Σχέδια. Επιπλέον, τα χαρακτηριστικά των εμπλεκομένων, σε σχέση με τη δυνατότητα δραστηριοποίησης τους στην ενεργειακή αγορά είναι η οικονομική δύναμη, η προσδοκία κέρδους, ο βαθμός αποδοχής του ρίσκου και το εγγενές κίνητρο [15]. Σε αυτό το πλαίσιο οι προτάσεις προώθησης ΑΠΕ θα πρέπει να αξιολογηθούν με βάση τα: *X.1.* Απαιτούμενη Οικονομική Δύναμη, *X.2.* Δυνατότητα Κέρδους, *X.3.* Απαιτούμενο Εγγενές Κίνητρο, *X.4.* Απαιτούμενη Δυνατότητα Αποδοχής Ρίσκου.

4.4 Αξιολόγηση Εργαλείων Προώθησης

Όπως έχει προαναφερθεί, η δεύτερη συνιστώσα (Evaluation), αφορά στην αξιολόγηση των δύο (2) εργαλείων προώθησης ΑΠΕ, δηλαδή των προγραμμάτων, που είναι και το άμεσο εργαλείο που έχει στη διάθεσή της η Πολιτεία και των διαθέσιμων τεχνολογικών δυνατοτήτων. Και στις δύο περιπτώσεις, η δέσμη των κριτηρίων για την αξιολόγηση περιλαμβάνει οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιδιώξεις στις νέες συνθήκες της ενεργειακής αγοράς.

Οι αποδόσεις των εναλλακτικών λύσεων κάθε κριτηρίου και των βαρών των κριτηρίων δεν μπορούν να εκφραστούν αριθμητικά, λόγω της ποιοτικής φύσης τους και της ύπαρξης αβεβαιότητας σχετικά με τις τιμές τους. Ως εκ τούτου, οι αποδόσεις και τα βάρη των κριτηρίων αποτιμώνται με τη βοήθεια των γλωσσικών μεταβλητών. Με αυτό τον τρόπο, η ανθρώπινη αντίληψη στην αξιολόγηση των αποδόσεων και των βαρών ενσωματώνεται στο πολυκριτηριακό μοντέλο, καθώς οι άνθρωποι πολύ συχνά χρησιμοποιούν λέξεις στη φυσική γλώσσα αντί αριθμητικών μετρήσεων όταν προσπαθούν να καθορίσουν ασαφή ή ανακριβή φαινόμενα. Τα σύνολα γλωσσικών μεταβλητών καθορίζονται με τη χρησιμοποίηση μιας διατεταγμένης κλίμακας με την οποία καθορίζεται και η συνολική ιεράρχηση.

Στο παραπάνω πλαίσιο για τις αξιολογήσεις χρησιμοποιούνται προεκτάσεις της TOPSIS με χρήση γλωσσικών μεταβλητών. Άλλωστε, η TOPSIS είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται ευρέως σε προβλήματα ενεργειακού σχεδιασμού και υποστήριξης αποφάσεων για τη χάραξη ενεργειακής πολιτικής. Η διαδικασία της είναι ιδιαίτερα εύληπτη και κατανοητή στους αποφασίζοντες, καθώς μπορούν χωρίς δυσκολία να συγκρίνουν και να βαθμολογήσουν – αξιολογήσουν, με βάρη το ιδεατό και το αρνητικά ιδεατό. Συγκεκριμένα, για την εξεταζόμενη ομάδα n εναλλακτικών $A=\{A_1, A_2, ..., A_n\}$, οι αποτιμήσεις τους στα κριτήρια, καθώς και στα βάρη - κατώφλια των κριτηρίων μπορούν να εκφραστούν μέσω μιας γλωσσικής κλίμακας $S=\{s_0, s_1, ..., s_g\}$.

Όσον αφορά στους τύπους προγραμμάτων, αρχικά εισάγονται στη διαδικασία οι τύποι προγραμμάτων προώθησης ΑΠΕ προς εξέταση, όπως έχουν κωδικοποιηθεί από τη βάση δεδομένων της 1ης συνιστώσας της μεθοδολογίας. Η αξιολόγηση των εξεταζόμενων τύπων προγραμμάτων διενεργείται χρησιμοποιώντας πολυκριτηριακή προσέγγιση στηριζόμενη στην επέκταση της TOPSIS με χρήση γλωσσικών μεταβλητών, μέσω της απεικόνισης διπλής αναπαράστασης [27]. Για την αξιολόγηση, γίνεται εισαγωγή τόσο των αποδόσεων της κάθε πρότασης, όσο και των βαρών των κριτηρίων από το προκαθορισμένο σύνολο των γλωσσικών όρων. Συγκεκριμένα:

- Η απόδοση κάθε εναλλακτικής απόφασης "i" σε κάθε κριτήριο "j" μπορεί να παραστεί ως $z_{ij} \to (r_{ij}, \alpha_{ij}) \forall j$. Επομένως το $\Delta^{-1}(r_{ij}, \alpha_{ij}) = \beta_{ij} \in [0, g]$ εκφράζει την ισοδύναμη αριθμητική πληροφορία.
- Κάθε βάρος του κριτηρίου "j" μπορεί να παραστεί ως $w_j \to (\rho_j, \delta_j) \forall j = 1,2,...k$. Επομένως το $\Delta^{-1}(\rho_1, \delta_1) = \lambda_j \in [0, g]$ εκφράζει την ισοδύναμη αριθμητική πληροφορία,

όπου $r_{ij}, \rho_j \in \{s_o, s_1, ...s_g\}$ και $\alpha_{ij}, \delta_j \in \{-0,5, \quad 0,5\}$.

Αφού γίνει η αξιολόγηση, διαμορφώνεται η λίστα προτεραιοτήτων (τύποι προγραμμάτων) που συμβάλουν περισσότερο στις ενεργειακές επιδιώξεις.

Αναλυτικότερα, ο σχετικός συντελεστής εγγύτητας της εναλλακτικής A_i μπορεί να εκφραστεί μέσω της διπλής απεικόνισης και ορίζεται ως:

$$CC(A_i) = \Delta\left(p\Delta^{-1}(s_t, a_2) + (1-p)\Delta^{-1}\left(Neg(s_r, a_1)\right)\right) = \Delta\left(pS_i^- + (1-p)\left(g - S_i^+\right)\right) = (s_q, a_q),$$

με $p \in [0,1]$. Ο συντελεστής p εκφράζει το βαθμό στον οποίο ο υπεύθυνος για τη λήψη της απόφασης πιστεύει ότι η απόσταση από την αρνητικά ιδανική εναλλακτική πρέπει να ληφθεί υπόψη στον υπολογισμό του σχετικού συντελεστή εγγύτητας.

Όσον αφορά στις τεχνολογικές δυνατότητες που θα υποστηρίξουν τα προγράμματα που έχουν προκύψει από την παραπάνω αξιολόγηση, αρχικά γίνεται η εισαγωγή των τεχνολογικών δυνατοτήτων προς εξέταση, όπως έχουν κωδικοποιηθεί στην 1η συνιστώσα της μεθοδολογίας. Η αξιολόγηση γίνεται μέσω πολυκριτηριακής προσέγγισης στηριζόμενης στην επέκταση της TOPSIS με χρήση γλωσσικών μεταβλητών, μέσω της συνεπαγωγής Gödels, με σκοπό την αναγνώριση εκείνων που έχουν βραχυπρόθεσμη συνεισφορά στις ενεργειακές επιδιώξεις [28].

Συγκεκριμένα, η απόδοση κάθε εναλλακτικής απόφασης "i" σε κάθε κριτήριο "j" μπορεί να παραστεί ως χ_{ij} και η βαρύτητα κάθε κριτηρίου C_j μπορεί να απεικονιστεί ως $w_j \in S$. Ο μετασχηματισμός Gödels χρησιμοποιείται σε αυτή τη φάση της μεθόδου για τη δημιουργία του σταθμισμένου πίνακα απόδοσης. Η συνάρτηση του μετασχηματισμού είναι η εξής [23]: $LI(x_{ij}, a) = x_{ij}$, αν $w > a$ ή $LI(x_{ij}, a) = max$, αν $w \le a$.

Ουσιαστικά, σκοπός της συνεπαγωγής του Gödels είναι να δοθεί προτεραιότητα στις εναλλακτικές επιλογές, των οποίων οι αποδόσεις βρίσκονται πάνω από ένα συγκεκριμένο όριο - «κατώφλι». Αφού γίνει η αξιολόγηση και ο υπολογισμός της σχετικής εγγύτητας από την ιδανική και την αρνητικά ιδανική επίλυση διαμορφώνεται η λίστα προτεραιοτήτων με τις τεχνολογικές δυνατότητες ΑΠΕ με τη μεγαλύτερη βραχυπρόθεσμη συνεισφορά στις ενεργειακές επιδιώξεις.

Επιπλέον, αν οριστεί το $S = \{l_0, ..., l_p\}$ και το $S_T = \{s_0, ..., s_g\}$ ως δύο σύνολα γλωσσικών μεταβλητών, έτσι ώστε $g \ge p$ τότε [23]:

- Ορίζεται η συνάρτηση γλωσσικής προσαρμογής τ_{SST} ως εξής $\tau_{SST} : S \to F(S_T)$.
- Ορίζεται η συνάρτηση χ που μετατρέπει ένα ασαφές σύνολο σε αριθμητική τιμή S_T,[0,g] ως εξής $\chi : F(S_T) \to [0, g]$.

Με τον παραπάνω τρόπο καθίσταται εφικτή η μετατροπή οποιασδήποτε γλωσσικής κλίμακας σε άλλη με τρόπο διαφανή και αξιόπιστο.

4.5 Σύνθεση Εργαλείων Προώθησης

Στην τελευταία συνιστώσα της μεθοδολογίας γίνεται η σύνθεση και η τελική αξιολόγηση των προτάσεων προώθησης ΑΠΕ. Αρχικά, εισάγονται στη διαδικασία οι τύποι προγραμμάτων και οι τεχνολογικές δυνατότητες υψηλής προτεραιότητας, όπως αυτές προέκυψαν από την προηγούμενη συνιστώσα, έτσι ώστε να διαμορφωθούν οι προτάσεις προώθησης ΑΠΕ από όλους τους πιθανούς συνδυασμούς τους. Στη συνέχεια διενεργείται η αξιολόγηση των προτάσεων μέσω συμβολικής πολυκριτηριακής προσέγγισης, όπου οι υπολογισμοί γίνονται στις ετικέτες των γλωσσικών όρων.

Η προσέγγιση αυτή χρησιμοποιεί τη διαταγμένη δομή του συνόλου των γλωσσικών όρων, $S = \{s_0, s_1, ..., s_g\}$ για την εκτέλεση των πράξεων και έναν αθροιστικό τελεστή, τον LOWA, που είναι βασισμένος στον κυρτό συνδυασμό των γλωσσικών όρων για να συνδυάσει τους δείκτες των γλωσσικών όρων που αθροίζονται με τους αριθμητικούς συντελεστές βάρους. Η ανάγκη να εκφραστούν τα αποτελέσματα της διαδικασίας στο αρχικό σύνολο όρων S προκαλεί μια απώλεια πληροφοριών, η οποία προέρχεται από δύο κύριες πηγές: την προσεγγιστική συνάρτηση και τη χρήση τελεστή στρογγυλοποίησης, ενσωματωμένο στον αθροιστικό τελεστή. Για αυτό το λόγο χρησιμοποιείται η προσέγγιση διπλής αναπαράστασης, η οποία είναι ικανή να διαχειριστεί γλωσσολογική πληροφορία σε τέτοιους είδους πολυκριτηριακά προβλήματα, επιτυγχάνοντας ταυτόχρονα την αποφυγή οποιασδήποτε απώλειας πληροφορίας.
Σε αυτό το πλαίσιο, η τελική αξιολόγηση των προτάσεων προώθησης ΑΠΕ στηρίζεται στον τελεστή LOWA, με την αναπαράσταση των γλωσσικών μεταβλητών να γίνεται με βάση την προσέγγιση διπλής αναπαράστασης, με σκοπό την αναγνώριση εκείνων των προτάσεων που συνάδουν σε μεγαλύτερο βαθμό με τα ενδιαφέροντα των εμπλεκομένων.

Συγκεκριμένα, έστω $A = \{(r_1, a_1), \ldots, (r_m, a_m)\}$ ένα σύνολο διπλών αναπαραστάσεων που πρέπει να συναθροιστούν, τότε ο αντίστοιχος τελεστής του LOWA, Φ^e, ορίζεται ως ακολούθως [29]:

$$\Phi^e[(r_1, a_1), \ldots, (r_m, a_m)] = W \cdot B^T = EC^m\{w_i, (r_{\sigma(i)}, a_{\sigma(i)}), i=1, \ldots m\}$$ τέτοιο ώστε $w_i \in [0, 1]$, $\Sigma_i w_i = 1$, και

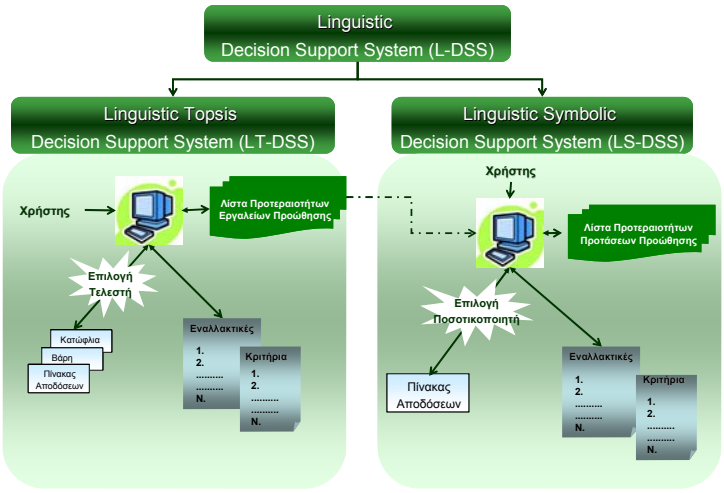
$B=\{(r_{\sigma(1)}, a_{\sigma(1)}), (r_{\sigma(m)}, a_{\sigma(m)})\}$, είναι ένα διατεταγμένο σύνολο του A, τέτοιο ώστε,

$$(r_{\sigma(j)}, a_{\sigma(j)}) \leq (r_{\sigma(i)}, a_{\sigma(i)}), \forall\ i \leq j.$$

Για την αξιολόγηση εισάγεται επιπρόσθετα και ο βαθμός συνυπολογισμού εμπλεκομένων στο γλωσσικό ποσοτικοποιητή (υψηλός, μέσος, χαμηλός), λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά τους όπως, οικονομική δύναμη, κέρδος, διαθεσιμότητας τους να ρισκάρουν και κίνητρα που μπορεί να έχουν. Με αυτό τον τρόπο διαμορφώνεται η λίστα προτεραιοτήτων που περιέχει τις προτάσεις προώθησης ΑΠΕ υψηλής προτεραιότητας.

4.6 Πληροφοριακό Σύστημα Γλωσσικών Μεταβλητών

Στόχος αυτής της ενότητας είναι η παρουσίαση του πληροφοριακού συστήματος γλωσσικών μεταβλητών, το οποίο περιλαμβάνει τους επιμέρους τελεστές που αναπτύχθηκαν στο πλαίσιο της προτεινόμενης προσέγγισης. Το σύστημα που αναπτύχθηκε σχεδιάστηκε με τεχνική ανοιχτής αρχιτεκτονικής, δηλαδή μπορεί ο χρήστης να διαμορφώσει όχι μόνο τα κριτήρια και τις εναλλακτικές αλλά και νέους τελεστές – ποσοτικοποιητές επεξεργασίας γλωσσικών μεταβλητών γρήγορα και εύκολα, χωρίς να επηρεαστεί η δομή του συστήματος.



Σχήμα 6. Αρχιτεκτονική Συστήματος

Το παραπάνω Σχήμα 6 απεικονίζει την αρχιτεκτονική του συστήματος υποστήριξης αποφάσεων με χρήση γλωσσικών μεταβλητών, «Linguistic Decision Support System (L-DSS)». Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει μεταξύ του «LS – DSS» και του «LT – DSS» υποσυστήματος, με βάση το πρόβλημα που πρέπει να διαμορφώσει. Πιο συγκεκριμένα:

- *LT – DSS:* Δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να επιλέξει αρχικά τον τελεστή που θα χρησιμοποιηθεί και στη συνέχεια να προσδιορίσει τις απαραίτητες παραμέτρους του προβλήματος (κριτήρια, εναλλακτικές, πίνακας αποδόσεων, βάρη, κατώφλια) ώστε με τη διενέργεια των κατάλληλων πράξεων να προκύψει η λίστα προτεραιοτήτων των εργαλείων προώθησης των ΑΠΕ.

- *LS – DSS:* Δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να επιλέξει αρχικά τον ποσοτικοποιητή που θα χρησιμοποιηθεί και στη συνέχεια να προσδιορίσει τις απαραίτητες παραμέτρους του προβλήματος (κριτήρια, εναλλακτικές, πίνακας αποδόσεων) ώστε με τη διενέργεια των κατάλληλων πράξεων να προκύψει η λίστα προτεραιοτήτων των προτάσεων προώθησης των ΑΠΕ.

4.7 Συμπεράσματα

Το μεθοδολογικό πλαίσιο ***RE$_2$S*** το οποίο παρουσιάσθηκε έχει ως στόχο να υποστηρίξει τους αποφασίζοντες, ενσωματώνοντας στη διαδικασία λήψης αποφάσεων:

- Τον πολυδιάστατο χαρακτήρα των ΑΠΕ, που είναι από τη φύση του καινοτομικός και μεταρρυθμιστικός, μέσα από την συστηματική προσέγγιση ολόκληρου του ενεργειακού συστήματος.
- Τις νέες συνθήκες του περιβάλλοντος λειτουργίας του ενεργειακού τομέα, μέσω της αποτελεσματικής σύνθεσης της οικονομικής, τεχνολογικής και κοινωνικής διάστασης και της εκμετάλλευσης των δυνατοτήτων των εργαλείων που έχει στη διάθεσή της η Πολιτεία (τύποι προγραμμάτων και τεχνολογικές δυνατότητες).
- Τους εμπλεκόμενους στην ενεργειακή αγορά, που αποτελούν την κινητήριο δύναμη και τη μορφή που διαμορφώνεται η ανάπτυξη, μέσω της επιπλέον εκτίμησης των διαφόρων εργαλείων προώθησης ΑΠΕ από την πλευρά των χαρακτηριστικών τους. Εσωκλείονται με αυτό τον τρόπο στη μεθοδολογία θέματα που έχουν να κάνουν με το ποιοι θα επηρεαστούν από τις προτάσεις προώθησης και πόσο είναι διατεθειμένοι να επενδύσουν.

Επιπρόσθετα, οι επιμέρους πρωτότυπες μεθοδολογίες που αναπτύχθηκαν και το αντίστοιχο πληροφοριακό σύστημα, **L-DSS,** συμβάλλουν ουσιαστικά στην υποστήριξη της διαχείρισης πληροφοριών, που πολλές φορές είναι από τη φύση τους ποιοτικές και χαρακτηρίζονται από υποκειμενισμό και έλλειψη ακρίβειας. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της χρήσης γλωσσικών μεταβλητών σε διακριτή και διατεταγμένη κλίμακα, η επεξεργασία των οποίων γίνεται με τρόπο διαφανή και αξιόπιστο.

Συγκεκριμένα, κάθε μία από τις επιμέρους πρωτότυπες μεθοδολογίες, μπορούν να αποτελέσουν ξεχωριστά εργαλεία υποστήριξης αποφάσεων:

- *«2-tuple TOPSIS»:* Αξιολογεί τους τύπους προγραμμάτων με σκοπό την αναγνώριση εκείνων που έχουν μεγαλύτερη συνεισφορά στις επιδιώξεις της ενεργειακής πολιτικής, επεκτείνοντας την TOPSIS για να διαχειρίζεται γλωσσικές μεταβλητές, μέσω της απεικόνισης διπλής αναπαράστασης (2-tuple).
- *«Gödels TOPSIS»:* Αξιολογεί τις τεχνολογικές δυνατότητες με σκοπό την αναγνώριση εκείνων που έχουν βραχυπρόθεσμη συνεισφορά στις επιδιώξεις της ενεργειακής πολιτικής, επεκτείνοντας την TOPSIS για να διαχειρίζεται γλωσσικές μεταβλητές, μέσω της συνεπαγωγής Gödels για την σύζευξη των αποδόσεων και των βαρών του πολυκριτηριακού προβλήματος.
- *«2-tuple LOWA»:* Αξιολογεί τις προτάσεις προώθησης ΑΠΕ, με σκοπό την αναγνώριση εκείνων που συνάδουν σε μεγαλύτερο βαθμό με τα χαρακτηριστικά των εμπλεκομένων, μέσω του τελεστή LOWA, με την αναπαράσταση των γλωσσικών μεταβλητών να γίνεται με βάση την προσέγγιση διπλής αναπαράστασης.

5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ

5.1 Εισαγωγή

Το παρόν κεφάλαιο εστιάζεται στην εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας. Ως πεδίο εφαρμογής επιλέχθηκε ο ελληνικός ενεργειακός τομέας, καθώς η συγκεκριμένη διδακτορική διατριβή εκπονήθηκε με την υποστήριξη του Προγράμματος Ενίσχυσης Ερευνητικού Δυναμικού (ΠΕΝΕΔ) «Υποστήριξη Αποφάσεων Προώθησης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και Εξοικονόμησης Ενέργειας στο Πλαίσιο των Νέων Συνθηκών της Ελληνικής Αγοράς Ενέργειας (Υπουργείο Ανάπτυξης – ΥΠΑΝ, Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας – ΓΓΕΤ, ΜΕΤΡΟ 8.3, ΔΡΑΣΗ 8.3.1)».

Επιπλέον, άντληση επιμέρους δεδομένων και πληροφοριών έγινε στο πλαίσιο των ευρωπαϊκών προγραμμάτων «Scientific Reference System on New Energy Technologies, Energy End-use Efficiency and Energy RTD – SRS NET & EEE (EC - FP6, Coordination Action)» και «The Potential of Transferring and Implementing Sustainable Energy Technologies through the Clean Development Mechanism of the Kyoto Protocol – ENTTRANS (EC - FP6, Specific Support Action)». Ουσιαστικά, μέσω των παραπάνω ερευνητικών προγραμμάτων παράχθηκαν αντικειμενικά, επικυρωμένα και επιστημονικά τεκμηριωμένα δεδομένα για τις διαθέσιμες επιλογές ΑΠΕ, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν σαν δεδομένα εισόδου στο πληροφοριακό σύστημα για την εφαρμογή που διενεργήθηκε.

Το κεφάλαιο αυτό αναφέρεται στα χαρακτηριστικά του πεδίου εφαρμογής, δηλαδή στο σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ελληνικού ενεργειακού τομέα και στα αποτελέσματα από την εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας, μέσω του πληροφοριακού συστήματος.

5.2 Ενεργειακή Αναπτυξιακή Πολιτική

Η ενεργειακή αναπτυξιακή πολιτική, με βάση τις ενεργειακές επιδιώξεις που προσδιορίσθηκαν στη μεθοδολογία, είναι οι ακόλουθη:

Ε.1. Μείωση εκπομπών αερίων θερμοκηπίου: Η Ελλάδα δεσμεύεται από το Πρωτόκολλο του Κιότο για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 25% για την περίοδο 2008-2012, σε σχέση με τις εκπομπές του έτους βάσης (1990).

Ε.2. Μείωση των επιδράσεων στο φυσικό περιβάλλον: Η βιώσιμη ανάπτυξη αποτελεί ευθύνη της Πολιτείας και θα πρέπει να εξασφαλισθεί με νομοθετήματα, τροποποιήσεις του θεσμικού πλαισίου και υποστηρικτικές δράσεις.

Ε.3. Ανταγωνιστικότητα, επιχειρηματικότητα και απασχόληση: Η Ελλάδα βρίσκεται στην 22η θέση στη συνολική κατάταξη με βάση τους στοχοδείκτες της ατζέντας της Λισσαβόνας, κυρίως λόγω χαμηλής παραγωγικότητας, αδυναμίας αντιμετώπισης του διεθνούς ανταγωνισμού, περιορισμένη ικανότητα ενσωμάτωσης νέων τεχνολογιών, αναποτελεσματικότητα συντονισμού των εμπλεκομένων και αδυναμία προσέλκυσης ξένων επενδύσεων.

Ε.4. Τοπική και περιφερειακή οικονομική ανάπτυξη: Οι ελληνικές περιφέρειες, λόγω μικρού μεγέθους και συγκεκριμένων αδυναμιών που παρουσιάζουν, συνιστούν οικονομικές οντότητες ευάλωτες στον ανταγωνισμό στο εσωτερικό της ΕΕ, ενώ η παραγωγικότητα τους κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα, ως προς το μέσο κοινοτικό όρο.

Ε.5. Χαμηλές τιμές αγοράς ενέργειας: Άμεση προτεραιότητα αποτελεί η ολοκλήρωση της εσωτερικής αγοράς ενέργειας με στόχο την εξασφάλιση του υγιούς ανταγωνισμού, που συνεπάγεται χαμηλές τιμές για τον Έλληνα πολίτη και ανταγωνιστικότητα για τα ελληνικά βιομηχανικά προϊόντα.

Ε.6. Ενεργειακή επάρκεια (αυτοτέλεια): Η κυριότερη εγχώρια πηγή καυσίμου είναι ο λιγνίτης. Σήμερα η Ελλάδα αναγκάζεται να εισάγει μεγάλες ποσότητες πετρελαίου και φυσικού αερίου για να καλύψει τις ενεργειακές της ανάγκες, ενώ πολλές φορές ειδικότερα σε περιόδους αιχμής αγοράζει ηλεκτρικό ρεύμα από τις γειτονικές χώρες.

5.3 Χαρακτηριστικά Ενεργειακού Τομέα

Τα προγράμματα που εφαρμόζονται στη ελληνική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας για την προώθηση των ΑΠΕ είναι τα ακόλουθα:

ΗΠ.1. Εξαναγκασμένη Παραγωγή: Το πρόγραμμα αυτό εντοπίζεται σε συγκεκριμένες δράσεις του ΥΠΑΝ που ακριβώς αφορούν στις επενδύσεις ΑΠΕ. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι σήμερα (2007) υπάρχει απαίτηση για κάλυψη μέσω φωτοβολταϊκών 500 MW ηλεκτρικής ενέργειας για το διασυνδεδεμένο και 200 για το μη διασυνδεδεμένο σύστημα, τα οποία μάλιστα αδειοδοτικά έχουν ήδη καλυφθεί.

ΗΠ.2. Περικοπή στην Κατανάλωση Καυσίμων: Η χρήση του εντοπίζεται στο παρελθόν και δεν αναμένεται να χρησιμοποιηθεί σε εκτεταμένη βάση στο μέλλον.

ΗΠ.3. Εξαναγκασμένο Κλείσιμο Σταθμών: Μπορεί σποραδικά να έχει χρησιμοποιηθεί το συγκεκριμένο πρόγραμμα στο παρελθόν αλλά στις σύγχρονες συνθήκες προς την απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας τα νομοθετικά προγράμματα που χρησιμοποιούνται πρέπει να βασίζονται στους νόμους της αγοράς.

ΗΠ.4. Εμπορία Πιστοποιητικών: Στην Ελλάδα σήμερα υπάρχει το χρηματιστήριο ρύπων και μέσω του συστήματος αυτού γίνεται εμπόριο εκπομπών διοξειδίου του άνθρακος, που παράγονται από βιομηχανίες και βιοτεχνίες.

ΗΠ.5. Φορολογικές Ελαφρύνσεις για Αγοραστές Πράσινης Ενέργειας: Βασίζεται στις φοροελαφρύνσεις για τους αγοραστές ενέργειας παραγόμενης από ΑΠΕ.

ΗΠ.6. Άμεσες Επιδοτήσεις: Υπάρχει η δυνατότητα επιδότησης του λειτουργικού κόστους μιας νέας επιχείρησης για τα 5 πρώτα χρόνια λειτουργίας αυτής έως και 2 εκατομμύρια ευρώ.

ΗΠ.7. Επιταχυνόμενη Απόσβεση: Παρέχεται επιδότηση τμήματος των καταβαλλόμενων μισθωμάτων χρηματοδοτικής μίσθωσης (leasing), που συνάπτεται για την αγορά καινούργιου μηχανολογικού εξοπλισμού, καθώς και επιδότηση του κόστους της δημιουργούμενης απασχόλησης.

ΗΠ.8. Φορολογικές Μειώσεις: Μια σειρά από φορολογικές μειώσεις προβλέπονται για την ενίσχυση ανταγωνιστικότητας επενδύσεων σε ΑΠΕ.

ΗΠ.9. Παροχή Δανείων με Ευνοϊκές Ρυθμίσεις: Το πρώτο πακέτο «πράσινων» χρηματοδοτικών προϊόντων στην Ελλάδα παρουσίασε η Τράπεζα Πειραιώς.

ΗΠ.10. Σταθερές Τιμές Τιμολόγησης: Εισάγονται αυξημένες σταθερές τιμές αγοράς της παραγόμενης ενέργειας από ΑΠΕ για τεχνολογίες με αυξημένο κόστος εγκατάστασης.

ΗΠ.11. Φορολογικές Εξαιρέσεις: Αφορά στην παραγωγή ηλεκτρισμού (από ΑΠΕ), με αφορολόγητες τις kWh από ένα όριο και πάνω και δεν εφαρμόζεται ακόμα στην Ελλάδα.

ΗΠ.12. Ανταγωνιστικές Προσφορές Μακροχρόνιων Ενεργειακών Συμβολαίων: Στο πλαίσιο του Ε.Π.Α.Ν του ΚΠΣ ΙΙΙ προκηρύσσονται διεθνείς ανοιχτοί διαγωνισμοί για την κατάθεση προσφορών.

ΗΠ.13. Πράσινη Τιμολόγηση: Υλοποιείται με πρωτοβουλία ιδιωτών, για να προμηθεύονται ενέργεια από ΑΠΕ, είτε εξ' ολοκλήρου, είτε εν μέρει.

ΗΠ.14. Πιστοποίηση: Το νέο νομοσχέδιο εισάγει μηχανισμό για την έκδοση εγγυήσεων προέλευσης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, που θα λειτουργούν ως πιστοποιητικά καθαρής ενέργειας.

ΗΠ.15. Ατομική Υποχρέωση: Περιλαμβάνει μέτρα που λαμβάνονται με πρωτοβουλία μόνο πωλητών ή καταναλωτών ενέργειας μελών περιβαλλοντικών και οικολογικών οργανώσεων.

ΗΠ.16. Καταγραφή Δυναμικού ΑΠΕ: Το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), έχει ως βασικό αντικείμενο και αρμοδιότητα την αποτίμηση του δυναμικού των Α.Π.Ε στην Ελλάδα και την ανάπτυξη μίας πλήρους μεθοδολογίας εκτίμησης, μέτρησης και αξιολόγησης του.

ΗΠ.17. Συμβουλές σε Επενδυτές: Υλοποιήθηκαν ειδικές δράσεις ενημέρωσης τόσο από το ΕΠΑΝ (ΚΠΣ ΙΙ, ΚΠΣ ΙΙΙ) όσο και στο πλαίσιο ευρωπαϊκών προγραμμάτων.

ΗΠ.18. Δημοσιότητα/ Διαφημιστικές Εκστρατείες: Το ΥΠΑΝ, το ΚΑΠΕ και η ΔΕΗ προωθούν προγράμματα διαφημιστικής εκστρατείας για τη χρήση και τη σημασία των ΑΠΕ.

ΗΠ.19. Βελτιωμένες Διαχειριστικές Διαδικασίες: Απλοποιείται σημαντικά η διαδικασία αδειοδότησης για μικρούς σταθμούς ΑΠΕ.

Η διείσδυση των εναλλακτικών επιλογών ΑΠΕ στον ελληνικό ενεργειακό τομέα είναι η ακόλουθη:

ΗΤ.1. Βιοαέριο: Τα έργα ενεργειακής αξιοποίησης βιοαερίου, που βρίσκονται σε λειτουργία στην Ελλάδα έχουν συνολική εγκατεστημένη ισχύ (2007) περίπου 24 MW (ΧΥΤΑ Α. Λιοσίων, Ψυττάλειας, Θεσσαλονίκης).

ΗΤ.2. (Στερεή) Βιομάζα: Σε εμπορική κλίμακα βρίσκεται η τεχνολογία της αεριοποίησης στερεής βιομάζας, που παράγει καύσιμο αέριο αν και δεν λειτουργούν αρκετές μονάδες.

ΗΤ.3. Βιο-Απόβλητα: Παρά το υψηλό δυναμικό, δεν υπάρχει καμία μονάδα διαχείρισης αγροτοβιομηχανικών αποβλήτων για παραγωγή βιοαερίου.

ΗΤ.4. Γεωθερμικός Ηλεκτρισμός: Η Ελλάδα εκμεταλλεύεται μέχρι σήμερα περίπου το 1% του συνολικού γεωθερμικού δυναμικού της.

ΗΤ.5. Μικρά Υδροηλεκτρικά: Τα μικρά υδροηλεκτρικά τον Ιούνιο του 2006 κάλυπταν το 13,6% της συνολικής δυναμικότητας των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής με από ΑΠΕ.

ΗΤ.6. Μεγάλα Υδροηλεκτρικά: Δεν αναμένεται αύξηση της παραγωγής των μεγάλων υδροηλεκτρικών, αφού έχει γίνει πλήρης σχεδόν αξιοποίηση των εκμεταλλεύσιμων σημείων.

ΗΤ.7. Φωτοβολταϊκά: Η διεθνής αγορά των φωτοβολταϊκών γνωρίζει μια εκρηκτική άνοδο, ενώ παράλληλα η ελληνική αγορά προχωρά με αργά βήματα.

ΗΤ.8. Ηλιακός - Θερμικός Ηλεκτρισμός: Τα ηλιοθερμικά συστήματα ηλεκτροπαραγωγής δεν είναι ακόμα άμεσα εμπορεύσιμα και τέτοια συστήματα δεν έχουν εγκατασταθεί στην Ελλάδα.

ΗΤ.9. Κύματα και Παλίρροια: Η τεχνικά εκμεταλλεύσιμη ενέργεια από τα κύματα υπολογίζεται συνολικά σε 5 TWh/έτος για τις ελληνικές θάλασσες.

ΗΤ.10. Παράκτια Αιολικά πάρκα: Τα παράκτια αιολικά πάρκα δεν έχουν ακόμη τεθεί σε εφαρμογή στην Ελλάδα.

ΗΤ.11. Υπεράκτια Αιολικά πάρκα: Τα αιολικά πάρκα κατέχουν το 77,4% (Ιούνιος 2006) της συνολικής δυναμικότητας των εγκαταστημένων και σε λειτουργία σταθμών ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ.

Η παρούσα κατάσταση όσον αφορά στους εμπλεκόμενους που δραστηριοποιούνται στην ενεργειακή αγορά ηλεκτρικής ενέργειας είναι η ακόλουθη:

ΗΕ.1. Παραδοσιακοί Παραγωγοί: Παραδοσιακός παραγωγός στον Ελλαδικό χώρο είναι η ΔΕΗ.

ΗΕ.2. Ανεξάρτητοι Παραγωγοί «Πράσινης» Ενέργειας: Σε αυτή την κατηγορία έχουν εισέλθει τα τελευταία χρόνια αρκετοί παίκτες είτε μόνοι είτε σε συμπράξεις.

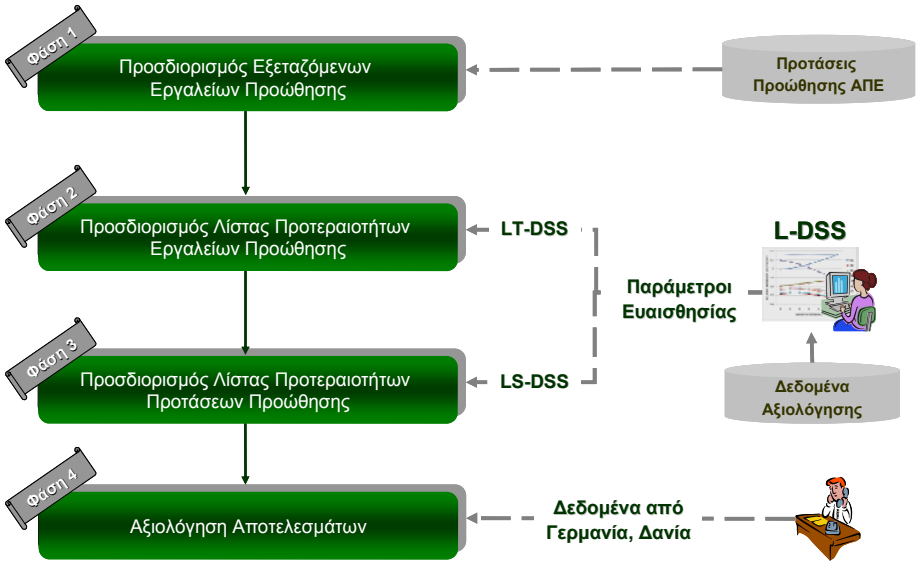
ΗΕ.3. Μη ειδικευμένοι εμπορικοί εμπλεκόμενοι: Αντιπροσωπεύουν ίσως τη λιγότερο ευέλικτη ομάδα επενδυτών σε ΑΠΕ, η οποία κατηγορία επενδυτών δεν έχει αναπτυχθεί ακόμα ιδιαίτερα στην Ελλάδα.

ΗΕ.4. Ιδιώτες, επενδυτές σε ίδια σχέδια: Μπορούν να αποτελέσουν μια σημαντική πηγή κεφαλαίου για ανάπτυξη έργων ΑΠΕ, παρότι η οικονομική τους δυνατότητα μπορεί να μην είναι ιδιαίτερα μεγάλη.

ΗΕ.5. Ιδιώτες, επενδυτές ως μέτοχοι σε σχέδια: Διαφοροποιούνται από τους ιδιώτες επενδυτές σε ίδια σχέδια, καθώς εμφανίζουν συγκεντρωτικά μία μεγαλύτερη οικονομική δύναμη, αλλά και μια σχεδόν απόλυτη άρνηση για ρίσκο.

5.4 Αποτελέσματα

Η εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας, μέσω του πληροφοριακού συστήματος που αναπτύχθηκε, έγινε μέσω τεσσάρων διαδοχικών φάσεων, όπως παρουσιάζονται στο Σχήμα 7 που ακολουθεί.



Σχήμα 7. Οι Φάσεις της Εφαρμογής

Πιο συγκεκριμένα:

➲ ***Φάση 1η - Προσδιορισμός Εξεταζόμενων Εργαλείων Προώθησης***

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι εξεταζόμενοι τύποι προγραμμάτων και οι τεχνολογικές δυνατότητες αντίστοιχα, με βάση τους τύπους προγραμμάτων και τις τεχνολογικές δυνατότητες που παρουσιάσθηκαν στη μεθοδολογία.

Πίνακας 1. Εξεταζόμενα Εργαλεία Προώθησης

Α/α	Περιγραφή Τύπου Προγράμματος
Π1.	Σταθερές Τιμές Τιμολόγησης
Π2.	Φορολογικές Μειώσεις
Π3.	Πιστοποίηση
Π4.	Βελτιωμένες Διαχειριστικές Διαδικασίες
Π5.	Καταγραφή Δυναμικού ΑΠΕ
Π6.	Άμεσες Επιδοτήσεις
Π7.	Παροχή δανείων με Ευνοϊκές Ρυθμίσεις
Π8.	Εμπορία Πιστοποιητικών
Π9.	Επιταχυνόμενη Απόσβεση.
Π10.	Ανταγωνιστικές Προσφορές Μακροχρόνιων Ενεργειακών Συμβολαίων
Π11.	Δημοσιότητα/διαφημιστικές Εκστρατείες

Α/α	Περιγραφή Τεχνολογικών Δυνατοτήτων
Τ1.	Μικροί υδροηλεκτρικοί Σταθμοί
Τ2.	Μεγάλοι Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί
Τ3.	Φωτοβολταϊκά
Τ4.	Ηλιακός- Θερμικός Ηλεκτρισμός
Τ5.	Κυματική ενέργεια
Τ6.	Παράκτια Αιολικά Πάρκα
Τ7.	Υπεράκτια Αιολικά Πάρκα
Τ8.	Γεωθερμία
Τ9.	Βιοαέριο
Τ10.	Βιομάζα
Τ11.	Βιο-απόβλητα

➲ ***Φάση 2η - Προσδιορισμός Λίστας Προτεραιοτήτων Εργαλείων Προώθησης***

Η αξιολόγησή τους διενεργήθηκε με τη βοήθεια του πληροφοριακού συστήματος «L-DSS». Οι παράμετροι του προβλήματος (βάρη, αποδόσεις, κατώφλια) που εισήχθησαν στο σύστημα βασίζονται στη διεθνή βιβλιογραφία και σε εκτιμήσεις ειδικών της ΕΕ πάνω στα ενεργειακά θέματα, όπως προέκυψαν μέσα από συνεδριάσεις του Ευρωπαϊκού Δικτύου «Επιστημονικό Σύστημα Αναφοράς πάνω στις ΑΠΕ και στην ΕΞΕΝ (Scientific Technical Reference System on Renewable Energy and Energy End-Use Efficiency)».

Από τα αποτελέσματα προκύπτουν τα ακόλουθα:

- *Τύποι Προγραμμάτων:* Οι άμεσες επιδοτήσεις ξεχωρίζουν στην πρώτη θέση με τις βελτιωμένες διαχειριστικές διαδικασίες να ακολουθούν. Υψηλές τιμές συγκέντρωσαν επίσης οι σταθερές τιμές τιμολόγησης και οι φορολογικές μειώσεις.
- *Τεχνολογικές Δυνατότητες:* Τα παράκτια αιολικά πάρκα εμφανίζονται να έχουν τα καλύτερα αποτελέσματα και να αποτελούν τη λύση με τη μεγαλύτερη απόδοση προς την επίτευξη των ενεργειακών επιδιώξεων μέσω των ΑΠΕ. Τα φωτοβολταϊκά πάρκα ακολουθούν, με το βιοαέριο και τη βιομάζα να αποτελούν εξίσου σημαντικές επιλογές.

➲ ***Φάση 3η - Προσδιορισμός Λίστας Προτεραιοτήτων (Προτάσεων Προώθησης)***

Για τη σύνθεση προτάσεων προώθησης ΑΠΕ και τον προσδιορισμό λίστας προτεραιοτήτων, διενεργήθηκε η αξιολόγησή τους με βάση τα χαρακτηριστικά των εμπλεκομένων της ενεργειακής αγοράς. Οι προτάσεις που ξεχωρίζουν σε όλους τους ποσοτικοποιητές του μοντέλου για την ελληνική ενεργειακή αγορά είναι οι σταθερές τιμές τιμολόγησης για την προώθηση των παράκτιων αιολικών πάρκων και οι σταθερές τιμές τιμολόγησης και οι άμεσες επιδοτήσεις για την προώθηση των φωτοβολταϊκών. Τα αποτελέσματα κρίνονται αρκετά ρεαλιστικά, λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι:

- Τα αιολικά πάρκα και τα φωτοβολταϊκά είναι πλέον εδραιωμένες τεχνολογίες στην ελληνική ενεργειακή αγορά.

- Οι σταθερές τιμές τιμολόγησης είναι ένα πρόγραμμα που έχει εφαρμοστεί με επιτυχία στις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες και οι άμεσες επιδοτήσεις είναι ένα ισχυρό κίνητρο που μειώνει το ποσό της αρχικής επένδυσης καθιστώντας την έτσι βιώσιμη και πιο επικερδής, λαμβάνοντας υπόψη και τη σύνθεση της ελληνικής αγοράς, όπου οι επενδύσεις επικεντρώνονται κυρίως σε επίπεδο μικρών παραγωγών.

➲ ***Φάση 4η - Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων:***

Σε αυτή την τελευταία φάση της εφαρμογής διενεργήθηκε αξιολόγηση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν για την ελληνική ενεργειακή αγορά με αποτελέσματα από την εφαρμογή του πλαισίου σε ενεργειακές αγορές 2 άλλων χωρών της ΕΕ, τη Γερμανία και τη Δανία. Η επιλογή τους έγινε λόγω της ευκολότερης πρόσβασης σε σχετικά στοιχεία και μελέτες, μέσω της συνεργασίας του Εργαστηρίου Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης (ΕΣΑΔ) του ΕΜΠ με Ινστιτούτα και Πανεπιστήμια στις χώρες αυτές, και κυρίως του Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research της Γερμανίας και του Technical University of Denmark (DTU) της Δανίας.

Από τα αποτελέσματα της αξιολόγησης προκύπτει ότι οι προτάσεις που προκρίνονται από την εφαρμογή της μεθοδολογίας διαμορφώνονται ως ένα βαθμό και από τις υπάρχουσες συνθήκες στις τρεις διαφορετικές ενεργειακές αγορές στον τομέα των ΑΠΕ. Είναι δεδομένο, δηλαδή, ότι μια τεχνολογία που έχει ήδη αναπτυχθεί σε υψηλό επίπεδο σε μία χώρα και υπάρχει διαμορφωμένη τεχνογνωσία και κουλτούρα μπορεί να δώσει μεγαλύτερη απόδοση σε άμεσους στόχους όπως η ανταπόκριση στις δεσμεύσεις που απορρέουν από την υπογραφή του Πρωτοκόλλου του Κιότο (υπεράκτια αιολικά πάρκα στη Δανία και φωτοβολταϊκά στη Γερμανία). Όσον αφορά στα προγράμματα προώθησης, οι διαφοροποιήσεις είναι μικρότερες, καθώς στις πρώτες θέσεις βρίσκονται κάποια συγκεκριμένα προγράμματα που ξεχωρίζουν έχοντας μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα και καλύτερη απόδοση στην προσπάθεια επίτευξης των ενεργειακών επιδιώξεων, τα οποία έχουν εφαρμοστεί με επιτυχία στις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες, όπως είναι οι άμεσες επιδοτήσεις, οι φορολογικές μειώσεις και οι βελτιωμένες διαχειριστικές διαδικασίες.

Σημειώνεται, επίσης, ότι διενεργήθηκε και αξιολόγηση όσον αφορά στη χρονική διάσταση. Συγκεκριμένα, έγιναν εικονικές εφαρμογές του προτεινόμενου πλαισίου στην ελληνική ενεργειακή αγορά για μία σειρά από χρονικές περιόδους, μέσα από την εισαγωγή των αντίστοιχων παραμέτρων στο πληροφοριακό σύστημα που αναπτύχθηκε. Από τα αποτελέσματα μπορεί να διατυπωθεί ότι το πλαίσιο που αναπτύχθηκε μπορεί να λάβει υπόψη του με επαρκή τρόπο τις εκάστοτε συνθήκες της εξεταζόμενης ενεργειακής αγοράς και να αποτυπώσει τις επιπτώσεις τους στις αντίστοιχες προτάσεις προώθησης των ΑΠΕ.

5.5 Συμπεράσματα

Τα κυριότερα συμπεράσματα που προκύπτουν από τη χρήση του πληροφοριακού συστήματος, στο πλαίσιο της εφαρμογής, είναι ότι αυτό δίνει τις ακόλουθες δυνατότητες:

- Εισαγωγή στο πολυκριτηριακό σύστημα της ανθρώπινης αντίληψης στην αξιολόγηση των αποδόσεων, επειδή οι αποφασίζοντες σε τέτοιου είδους προβλήματα πολύ συχνά χρησιμοποιούν λέξεις στη φυσική τους γλώσσα αντί για αριθμητικές έννοιες.
- Διενέργεια άμεσων υπολογισμών με τους γλωσσικούς όρους, ανεξάρτητα από τη σημασιολογική τους έννοια, το οποίο δύναται να μειώσει την ασάφεια σε επίπεδο που μπορεί να είναι διαχειρίσιμη.
- Διενέργεια ανάλυσης ευαισθησίας των αποτελεσμάτων με τρόπο εύκολο και κατανοητό, καθώς οι συνδυασμοί των πιθανών τιμών παραμέτρων του προβλήματος είναι πεπερασμένοι, με δεδομένο ότι η βάση των μεθόδων είναι μια διακριτή και διατεταγμένη κλίμακα.

Τα αποτελέσματα της εφαρμογής της μεθοδολογικής προσέγγισης στο σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ελληνικού ενεργειακού τομέα μπορούν να θεωρηθούν αρκετά ρεαλιστικά. Συγκεκριμένα, για τα επιμέρους αποτελέσματα σε κάθε στάδιο της μεθοδολογίας σημειώνονται τα ακόλουθα:

- *Προγράμματα Υψηλής Προτεραιότητας:* Πρόκειται για προγράμματα που έχουν εφαρμοστεί με επιτυχία σε άλλες ευρωπαϊκές χώρες και συνάδουν με τα χαρακτηριστικά και τη δομή της ελληνικής ενεργειακής αγοράς.
- *Τεχνολογίες Υψηλής Προτεραιότητας:* Πρόκειται για τεχνολογίες ώριμες και άμεσα εμπορεύσιμες, με αποδεδειγμένα θετικά οφέλη για τη χώρα, καθώς συνεισφέρουν στην αξιοποίηση του τεράστιου αιολικού και ηλιακού δυναμικού της χώρας, συμβάλλοντας στην ενεργειακή της αυτοτέλεια και στην εναρμόνιση με τις διεθνείς και ευρωπαϊκές οδηγίες και δεσμεύσεις.
- *Προτάσεις Προώθησης Υψηλής Προτεραιότητας:* Πρόκειται για προτάσεις προώθησης που συνάδουν με τα χαρακτηριστικά των εμπλεκομένων της ελληνικής ενεργειακής αγοράς.

Τέλος, σημειώνεται ότι, σημαντικό πλεονέκτημα αποτέλεσε η διαθεσιμότητα των δεδομένων και πληροφοριών στο πλαίσιο των ευρωπαϊκών προγραμμάτων και δικτύων της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα αξιολόγησης των αποτελεσμάτων της μεθοδολογίας με πραγματικά δεδομένα και καταστάσεις από άλλες χώρες της ΕΕ.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

6.1 Συμπεράσματα

➲ **Θεωρητικά επιτεύγματα:**

⇒ *Διατύπωση ενός ολοκληρωμένου πλαισίου υποστήριξης των αποφασιζόντων για την προώθηση των ΑΠΕ* που συνδυάζει με τέτοιο τρόπο τα εργαλεία προώθησης (προγράμματα και τεχνολογίες), ώστε να απευθύνεται στις ανάγκες και στις ευκαιρίες της κοινωνικής, περιβαλλοντικής και οικονομικής διάστασης της βιώσιμης ενέργειας. Το πλαίσιο αυτό συμβάλλει στην:

- Αναγνώριση και στο σαφή καθορισμό όλων των παραμέτρων του προβλήματος.
- Εμπεριστατωμένη ανάλυση των μεταξύ τους αλληλεπιδράσεων κατά τη διαδικασία του ενεργειακού σχεδιασμού και στην κατανόηση της σχέσης των ενεργειακών επιδιώξεων, των προγραμμάτων και των τεχνολογικών δυνατοτήτων, λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά των εμπλεκομένων της ενεργειακής αγοράς.

⇒ *Ανάπτυξη πρωτότυπων πολυκριτηριακών μεθοδολογιών με χρήση γλωσσικών μεταβλητών* για *την επιλογή* των εργαλείων προώθησης ΑΠΕ που συμβάλουν σε μεγαλύτερο βαθμό στις ενεργειακές επιδιώξεις και για τη διαμόρφωση προτάσεων προώθησης ΑΠΕ, λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά των εμπλεκομένων της ενεργειακής αγοράς, έτσι ώστε να καθίσταται σαφές ποιοι θα επηρεαστούν και ποιοι θα επωφεληθούν από αυτές. Οι πρωτότυπες μεθοδολογίες δίνουν τη δυνατότητα για να:

- Εκφράζονται τα βάρη των κριτηρίων και οι αποδόσεις των εναλλακτικών σε διακριτή κλίμακα.
- Είναι εφικτή η μετάβαση από τη διακριτή κλίμακα στη συνεχή και ξανά στη διακριτή, αίροντας έτσι τους περιορισμούς της διακριτής κλίμακας.
- Αποφεύγεται το εγγενές πρόβλημα των γλωσσικών προσεγγίσεων της προέκτασης και της συμβολικής προσέγγισης της απώλειας πληροφορίας και της χαμηλής «διακριτότητας» των εναλλακτικών μεταξύ τους.

➲ **Εμπειρικά επιτεύγματα:**

⇒ *Πληροφοριακό Σύστημα:* Ανάπτυξη ενός ευέλικτου πληροφοριακού συστήματος ***L-DSS***, το οποίο αποσκοπεί να υποστηρίξει ουσιαστικά τους φορείς χάραξης πολιτικών για την προώθηση των ΑΠΕ, δίνοντας τη δυνατότητα:

- Εισαγωγής στο πολυκριτηριακό σύστημα της ανθρώπινης αντίληψης στην αξιολόγηση των αποδόσεων, επειδή οι άνθρωποι πολύ συχνά χρησιμοποιούν λέξεις στη φυσική τους γλώσσα αντί για αριθμητικές έννοιες, όταν προσπαθούν να προσδιορίσουν ποιοτικά χαρακτηριστικά.
- Άμεσων υπολογισμών με τους γλωσσικούς όρους, ανεξάρτητα από τη σημασιολογική τους έννοια, μειώνοντας έτσι την ασάφεια σε επίπεδο που να είναι διαχειρίσιμη.

⇒ *Αποτελέσματα:* Η εφαρμογή στην Ελλάδα είναι ενδεικτική καθώς οι αποδόσεις και τα βάρη βασίστηκαν σε απόψεις εν ενεργεία αποφασιζόντων αλλά και σε στοιχεία από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση και σε γνώμες εμπειρογνωμόνων.

Παρ΄ όλα αυτά, τα αποτελέσματα της εφαρμογής της μεθοδολογικής προσέγγισης στο σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα μπορούν να θεωρηθούν ικανοποιητικά, καθώς οι προτάσεις υψηλής προτεραιότητας αποτελούνται από:

- Τεχνολογικές επιλογές ώριμες και άμεσα εμπορεύσιμες, με αποδεδειγμένο δυναμικό στην Ελλάδα, και
- Προγράμματα υποστήριξης που έχουν εφαρμοστεί με επιτυχία σε άλλες ευρωπαϊκές χώρες και συνάδουν με τα χαρακτηριστικά και τη δομή της ελληνικής ενεργειακής αγοράς.

⇒ *Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων:* Από την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων διαφαίνεται η πληρότητα του προτεινόμενου μεθοδολογικού πλαισίου για τη διαμόρφωση και αξιολόγηση προτάσεων προώθησης των ΑΠΕ, καθώς τόσο η χωρική όσο και η χρονική διάσταση εσωκλείονται στις επιμέρους διαδικασίες και διαμορφώνουν αντίστοιχα τα τελικά αποτελέσματα. Σημαντικό στοιχείο στην αξιολόγηση της εφαρμογής αποτέλεσε η διαθεσιμότητα των δεδομένων και πληροφοριών στο πλαίσιο των ευρωπαϊκών έργων FP-6 της Ευρωπαϊκής Επιτροπής «SRS NET & EEE» και «ENTTRANS» και των συνεδριάσεων και συνεδρίων της ομάδας των ενεργειακών εμπειρογνωμόνων από όλες τις χώρες της ΕΕ, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα αξιολόγησης των αποτελεσμάτων της μεθοδολογίας με πραγματικά δεδομένα και καταστάσεις από άλλες χώρες της ΕΕ.

6.2 Προοπτικές

Με την ολοκλήρωση της διδακτορικής διατριβής, μερικές σημαντικές προοπτικές για περαιτέρω έρευνα στο συγκεκριμένο γνωστικό πεδίο είναι οι ακόλουθες:

⇒ Ιδιαίτερης αξίας κρίνεται η εφαρμογή της μεθόδου σε πραγματικό πρόβλημα με συμμετοχή εν ενεργεία αποφασιζόντων, η αξιολόγηση της γνώμης των οποίων θα οδηγήσει σε εντοπισμό και προσδιορισμό επιμέρους στοιχείων του προβλήματος που χρίζουν περαιτέρω έρευνας.

⇒ Προσαρμογή και εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας για τη διαμόρφωση και αξιολόγηση προτάσεων προώθησης, σε άλλους τομείς ΑΠΕ (θερμότητα, μεταφορές) όσο και σε άλλες ενεργειακές επιλογές, καθώς και προσαρμογή και εφαρμογή των πρωτότυπων πολυκριτηριακών μεθόδων και των αντίστοιχων πληροφοριακών συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων σε άλλα προβλήματα υποστήριξης αποφάσεων ενεργειακού σχεδιασμού, όπως σε διαδικασίες τεχνολογικής προοπτικής διερεύνησης, για την αξιολόγηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων, σεναρίων και επενδύσεων.

⇒ Συσχέτιση των ποσοτικοποιητών του τελεστή «LOWA» με τα χαρακτηριστικά του κάθε εμπλεκόμενου της ενεργειακής αγοράς, με στόχο η $3^{η}$ συνιστώσα της μεθοδολογίας να μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως εργαλείο υποστήριξης των επιμέρους επενδυτών για την επιλογή προτάσεων προώθησης ΑΠΕ που συνάδουν σε μεγαλύτερο βαθμό με τα χαρακτηριστικά τους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1] Patlitzianas K, Doukas H, Kagiannas A, Flamos A, Psarras J. (2005), “The energy reform and climate policies in developing “renewable energy” and “energy services” companies”, Eight International Conference on energy for a clean environment, 27-30 June 2005, Lisbon, Portugal.

[2] Patlitzianas K, Doukas H, Kagiannas A, Askounis D. (2006), “A reform strategy of the energy sector of the 12 countries of North Africa and the Eastern Mediterranean”, Energy Conversion and Management, 47(13-14): 1913-1926.

[3] Swart R, Robinson J, Cohen S. (2003), “Climate change and sustainable development: expanding the options”, Climate Policy 3(1): 19–40.

[4] Patlitzianas K, Papadopoulou A, Flamos A, Doukas H, Psarras J. (2005), “Environmental policy of the EU Member States for the European Emission Trading Scheme”, International Scientific Conference, HELECO ’05, 3-6 February, Athens.

[5] Patlitzianas KD, Doukas H, Psarras J. (2006), "Enhancing RES Strategy in the GCC: Constraints & Drivers", Energy Policy, 34(18), 3719-3726.

[6] Observ’ER. (2005), “European Barometer of Renewable Energies”, 5th Report.

[7] Jacobsson S, Lauber V. (2004), “The politics and policy of energy system transformation-explaining the German diffusion of renewable energy technology”, Energy Policy, 34: 256-276.

[8] Swisher JN, McAlpin MC. (2005), “Environmental Impact of electricity deregulation”, Energy 31(6-7): 1-7.

[9] Komor P, Bazilian M. (2005), “Renewable Energy Policy Goals, Programs, and Technologies”, Energy Policy 33: 1873–1881.

[10] Baumol WJ, Oates WE. (1988), “The Theory of Environmental Policy”, second ed. Cambridge University Press, New York.

[11] Lutz E, Munasinghe M. (1994), “Integration of environmental concerns into economic analyses of projects and policies in an operational context”, Ecological Economics 10(1): 37–46.

[12] Greening LA, Bernow S. (2004), “Design of coordinated energy and environmental policies: use of multi-criteria decision-making”, Energy Policy 32: 721–735.

[13] Pohekar SD, Ramachandran M. (2004), “Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning - A review”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 8: 365–381.

[14] Dyer JS. (1990), “Remarks on analytical hierarchy process”, Management Science, 36: 249–58.

[15] Roulet CA. (2002), “ORME: A multi-criteria rating methodology for buildings”, Building and Environment, 37: 579–86.

[16] Beccali M, Cellura M, Mistretta M. (2003), “Decision-making in energy planning-application of the ELECTRE method at regional level for the diffusion of renewable energy technology”, Renewable Energy, 28(13): 63–87.

[17] Georgopoulou E, Sarafidis Y, Diakoulaki D. (1998), “Design and implementation of a group DSS for sustaining renewable energies exploitation”, European Journal of Operational Research, 109: 483–500.

[18] Goumas MG, Lygerou V. (2000), “An extension of the PROMETHEE method for decision-making in fuzzy environment: ranking of alternative energy exploitation projects”, European Journal of Operational Research, 123: 606–613.

[19] Wang X, Feng Z. (2002), “Sustainable development of rural energy and its appraisal system in China”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 6: 395–404.

[20] Elkarni F, Mustafa I. (1998), “Increasing the utilization of solar energy technologies (SET) in Jordan: analytic hierarchy process”, Energy Policy, 21: 978–984.

[21] Dubois D, Prade H. (1980), “Fuzzy Sets and Systems: Theory and Applications”, Academic Press. New York.

[22] Cornelissen AMG, Van den Berg J, Koops WJ, Grossman M, Udo HMJ. (2001), “Assessment of the contribution of sustainability indicators to sustainable development: a novel approach using fuzzy set theory”, Agriculture, Ecosystems and Environment 86: 173–185.

[23] Delgado M, Verdegay JL, Vila MA. (1993), “On aggregation operations of linguistic labels”, International Journal of Intelligent Systems, 8: 351–370.

[24] Herrera F, Martınez L. (2000), “A 2-tuple fuzzy linguistic representation model for computing with words”, IEEE Trans Fuzzy Syst, 8(6):746–752.

[25] Doukas H, Patlitzianas, KD, Psarras J. (2006), “Supporting the Sustainable Electricity Technologies in Greece Using MCDM”, Resources Policy 31(2) 129-136.

[26] Doukas H, Patlitzianas KD, Papadopoulou AG, Psarras J. (2008), “Formulating National Technology Foresight Strategies: Application in the Greek Energy Sector”, International Journal Energy Technology and Policy – Interscience, in press.

[27] Doukas H, Psarras J. (2008), “A Linguistic Decision Support Model towards the Promotion of Renewable Energy”, Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy Journal, in press.

[28] Δούκα Χ, Παππά Χ, Ψαρρά Ι. (2006) “Μεθοδολογία Υποστήριξης Αποφάσεων για την Προώθηση της Ανανεώσιμης Ενέργειας με Χρήση Γλωσσικών Μεταβλητών”, Πολυκριτήρια Συστήματα Αποφάσεων, Εκδόσεις Κλειδάριθμος.

[29] Doukas H, Botsikas A, Psarras J. (2006), “Multi-criteria decision aid for the formulation of sustainable technological energy priorities using linguistic variables”, European Journal of Operational Research, 182(2), 844-855.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ι.1 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ

Προώθηση ΑΠΕ

Οι σύγχρονες προκλήσεις προς έναν ενεργειακό τομέα που θα υπηρετεί την αειφόρο ανάπτυξη είναι ιδιαίτερα κρίσιμες και πολύπλοκες και περιλαμβάνουν τα παρακάτω [1]:

- Αποδέσμευση της οικονομικής ανάπτυξης από την εξάντληση των αποθεμάτων και την παγκόσμια θέρμανση του πλανήτη.
- Διασφάλιση μακροπρόθεσμης διαθεσιμότητας των ενεργειακών πηγών.
- Ασφάλεια της ενεργειακής αλυσίδας (ατυχήματα, πολιτική σταθερότητα, διασφάλιση εισαγωγών και δημόσια ασφάλεια).
- Αυξανόμενη ζήτηση στις αναπτυσσόμενες χώρες (2.000 εκατομμύρια άνθρωποι δεν έχουν ούτε τη βασική παροχή ηλεκτρισμού).

Σε ένα τέτοιο περιβάλλον, η προώθηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) παραμένει σήμερα, μία από τις βασικές προτεραιότητες σε παγκόσμιο επίπεδο στο πλαίσιο μιας «βιώσιμης ενεργειακής ανάπτυξης». Η παραπάνω ανάγκη συνδέεται όχι μόνο με την επικείμενη μείωση των αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων αλλά και με την αύξηση της εξαρτώμενης εισαγωγής καθώς και τον μειούμενο αριθμό των σημαντικών εξαγωγών.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) τα τελευταία χρόνια κάνει προσπάθειες να μεταβάλλει το πολιτικό πλαίσιο προωθώντας τις ΑΠΕ, μειώνοντας την εξάρτηση της από τα εισαγόμενα ορυκτά καύσιμα, προστατεύοντας το περιβάλλον και στηρίζοντας την ενεργειακή βιομηχανία, έναν από τους πιο αναπτυσσόμενους κλάδους της.

Σαν αποτέλεσμα των παραπάνω προσπαθειών, τα τελευταία χρόνια είναι αλήθεια ότι παρατηρείται μια σταδιακή μεταβολή εφόσον την περίοδο 1990 – 2004 υπήρξε μία αύξηση 4,5% στην ευρωπαϊκή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ [2]. Όμως, οι χώρες της ΕΕ και η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχουν διαμορφώσει πολύ τολμηρούς στόχους αύξησης στο μερίδιο του ηλεκτρισμού από ανανεώσιμη ενέργεια και είναι η Eurostat που παρουσίασε τη νωθρή πραγματικότητα, ότι δηλαδή μόλις δύο χώρες - Δανία, Ισπανία - έχουν επιτύχει διείσδυση της ανανεώσιμης ενέργειας περισσότερο από 5 εκατοστιαίες μονάδες [3].

Ο βασικός στόχος πολιτικής προώθησης των ΑΠΕ είναι η όσο το δυνατόν μεγαλύτερη διείσδυσή τους στην ενεργειακή αγορά. Ωστόσο, υπάρχουν πολλοί παράπλευροι στόχοι, όπως για παράδειγμα, οι ΑΠΕ μπορούν να θεωρηθούν ως ένας τρόπος να μειωθούν οι εκπομπές άνθρακα, να προωθηθεί η βιομηχανική ανάπτυξη, να μειωθούν οι εισαγωγές ορυκτών καυσίμων, καθώς και να διευκολυνθεί η επίτευξη άλλων ενεργειακών στόχων. Γίνεται συνεπώς αντιληπτό ότι η υλοποίηση καθενός από αυτούς τους στόχους μπορεί να οδηγήσει σ΄ ένα διαφορετικό μίγμα κατάλληλων προγραμμάτων και τεχνολογιών.

Συνεπαγόμενα, για να μετουσιωθούν οι παρουσιαζόμενες ευκαιρίες, δηλαδή οι διαθέσιμες τεχνολογίες καθώς και τα αντίστοιχα προγράμματα υποστήριξής των ΑΠΕ, σε πραγματικές αλλαγές στην ενεργειακή αγορά, πρέπει να ληφθούν υπόψη όλα τα χαρακτηριστικά του σύγχρονου περιβάλλοντος λειτουργίας του ενεργειακού τομέα.

Συνεπώς, η διαμόρφωση προτάσεων προώθησης των ΑΠΕ είναι ένα ιδιαίτερα πολύπλοκο πρόβλημα που πρέπει να αντιμετωπισθεί στο ευρύτερο πλαίσιο της ενεργειακής πολιτικής, εφόσον παρ' όλες τις όποιες προσπάθειες και μεθοδολογικές προσεγγίσεις υποστήριξης της προώθησής τους, οι ΑΠΕ δεν έχουν κάνει ακόμα την «είσοδο» που θα έπρεπε να είχαν κάνει τα τελευταία 20 χρόνια.

Σύγχρονο Περιβάλλον Λειτουργίας Ενεργειακού Τομέα

Παρόλη λοιπόν την τεχνολογική ωρίμανση και την ικανοποιητική απόδοση των ΑΠΕ, η χρήση και η διάδοσή τους δεν έχει φτάσει ακόμα στο αναμενόμενο επίπεδο. Αυτό φαίνεται να συμβαίνει γιατί οι μέχρι σήμερα προσπάθειες για τη διάδοση της χρήσης των ΑΠΕ έχουν υπό-εκτιμήσει το δυναμικό χαρακτήρα του σύγχρονου περιβάλλοντος λειτουργίας του ενεργειακού τομέα, όπως διαμορφώνεται σήμερα, και τις συνεπαγόμενες επιπτώσεις και προοπτικές από μία πιο διευρυμένη διάδοση των ΑΠΕ.

Η παγκόσμια ενεργειακή αγορά πάντα μεταβαλλόταν και εξελισσόταν σύμφωνα με τις παγκόσμιες οικονομικές συγκυρίες και τις πολιτικές διαμάχες διαφόρων χωρών. Έτσι, ο παγκόσμιος ενεργειακός τομέας καθορίζεται πάντα και μεταβάλλεται από ένα πλήθος παραγόντων που διαφοροποιούνται ανάλογα με τη χώρα, το βαθμό βιομηχανοποίησής της και την πολιτική κατάσταση που επικρατεί.

Συγκεκριμένα, η εκτεταμένη χρήση των ορυκτών καυσίμων μέχρι το 1974 διαδέχτηκε μία έντονη περίοδο ενεργειακής έλλειψης που σηματοδοτήθηκε από την πρώτη πετρελαϊκή κρίση και συνεχίστηκε με μια περίοδο ισορροπίας από τα μισά της δεκαετίας του 1980 και μετά. Η περίοδος αυτή, που ξεκίνησε με τη βιομηχανική επανάσταση και συνεχίστηκε τον 20^{ο} αιώνα με την εντατικοποίηση της παραγωγής και την παγκοσμιοποίηση, έχει φέρει την ανθρωπότητα στον 21^{ο} αιώνα αντιμέτωπη με τρεις αντιφατικές καταστάσεις:

- Την αυξανόμενη ζήτηση ορυκτών καυσίμων λόγω της έντονης βιομηχανοποίησης μεγάλων χωρών όπως η Κίνα και η Ινδία.
- Την πρόβλεψη ότι τα αποθέματα ορυκτών καυσίμων θα μειωθούν σημαντικά μέσα στα επόμενα 50 χρόνια καθιστώντας προβληματική την εξέλιξη της ανθρωπότητας σύμφωνα με το σύγχρονο μοντέλο.
- Την επιστημονική τεκμηρίωση ότι τα κατάλοιπα της εκτεταμένης χρήσης των ορυκτών καυσίμων είναι υπεύθυνα για την αύξηση της ποσότητας των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα με αρνητικές επιπτώσεις στο παγκόσμιο κλίμα της γης.

Σε αυτό το πλαίσιο, η ανάγκη για την αντιμετώπιση των παραπάνω προκλήσεων έδωσε μια νέα ώθηση στην ενεργειακή αγορά, η οποία αναδιαρθρώθηκε, δημιουργώντας νέες οδούς συνεργασίας ανάμεσα στις χώρες, και κατ' επέκταση προϋποθέσεις για τη δημιουργία συνθηκών μεγαλύτερης ασφάλειας και σταθερότητας, όντας πλέον ένας στρατηγικός τομέας που συνδυάζει πολιτική, διπλωματία, οικονομία και έχει κυρίαρχο ρόλο στη συνολική οικονομική παραγωγή.

Συνεπαγόμενα, νέα ώθηση δόθηκε σε θέματα υποστήριξης αποφάσεων και σχεδιασμού πολιτικών προώθησης στο σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα. Οι δύο νέες παράμετροι που εισέρχονται στην υποστήριξη αποφάσεων, όπως περιγράφονται από τους Douka et al. [4] είναι οι ακόλουθες:

- Η αλλαγή στην παγκόσμια ενεργειακή αγορά, λόγω της απελευθέρωσης, αρχικά στο δυτικό κόσμο, και εν συνεχεία σε ολόκληρο σχεδόν τον πλανήτη.

- Η στροφή των περισσότερων αναπτυγμένων κρατών προς την προστασία του περιβάλλοντος και τη διαμόρφωση πολιτικών μείωσης των αρνητικών επιδράσεων της κλιματικής αλλαγής. Συγκεκριμένα, τις τελευταίες δύο δεκαετίες αποδείχθηκε ότι τα κατάλοιπα από την συνεχώς αυξανόμενη χρήση των ορυκτών καυσίμων αλλάζουν το κλίμα της υφηλίου, αυξάνοντας τη μέση θερμοκρασία στην ατμόσφαιρα.

Απελευθέρωση της Ενεργειακής Αγοράς

Αναλυτικότερα, η τελευταία δεκαετία ήταν μια κρίσιμη περίοδος για την εξέλιξη των ανά τον κόσμο αγορών ενέργειας. Οι αποφασίζοντες των κρατών, μπήκαν σε τροχιά αναζήτησης επαρκούς ενεργειακού εφοδιασμού, η οποία τους οδήγησε σταδιακά στην απελευθέρωση της αγοράς. Από την πλευρά τους οι εταιρείες παραγωγής, μεταφοράς και διανομής ενέργειας οι οποίες μέχρι και πολύ πρόσφατα, σε πολλές χώρες, είχαν στα χέρια τους μονοπωλιακή δύναμη, αναδιαρθρώθηκαν και σε πολλές περιπτώσεις επέτρεψαν την αποκρατικοποίησή τους και την παραχώρηση μετοχών τους σε νέες εταιρείες ηλεκτρισμού που δημιουργήθηκαν [5, 6].

Η σύγχρονη τάση των τελευταίων χρόνων προς τη μεταρρύθμιση και απελευθέρωση των ενεργειακών αγορών, συμβάλλει ουσιαστικά στη διαμόρφωση της άποψης ότι η Πολιτεία παραμένει σημαντικός «παίκτης» της αγοράς, ο οποίος επηρεάζει τιμές, προϊόντα και επενδύσεις. Η απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας δεν αλλάζει ουσιαστικά αυτά τα χαρακτηριστικά. Αυτό που αλλάζει στην ουσία είναι η μορφή και οι μηχανισμοί που χρησιμοποιούνται από την Πολιτεία για τη διαμόρφωση του πλαισίου λειτουργίας των υπόλοιπων εμπλεκόμενων φορέων. Έτσι, η λειτουργία της απελευθερωμένης αγοράς ενέργειας οδηγεί τους διάφορους παίκτες της αγοράς στη λήψη των σωστών αποφάσεων με βάση τους κανόνες αυτούς [7]. Το γεγονός αυτό προκαλεί σήμερα το έντονο ενδιαφέρον πολιτικών αναλυτών και ερευνητών.

Κλιματική Αλλαγή

Επιπλέον, κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας, ο αντίκτυπος της «αειφορίας» στην ανάπτυξη της εθνικής και διεθνούς πολιτικής έχει αυξηθεί. Όπως αναφέρεται μεταξύ άλλων και από τους Doukas et al. [8], συνειδητοποιείται πλέον ότι ο τομέας της ενέργειας και η συμβολή του στο φαινόμενο του θερμοκηπίου πρέπει να διαδραματίσει ένα σημαντικό ρόλο στην πολιτική για μια βιώσιμη ανάπτυξη. Σε αυτό το πλαίσιο, οι προσπάθειες προς ένα βιώσιμο ενεργειακό σύστημα γίνονται σταδιακά ένα ζήτημα καθολικής ανησυχίας και ύψιστης σημασίας για τους περισσότερους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων.

Βέβαια, η προστασία του περιβάλλοντος και η βιώσιμη ανάπτυξη - η ανάπτυξη που πραγματοποιείται με την παράλληλη και ισότιμη προώθηση τριών πυλώνων, της οικονομίας, της κοινωνίας και του περιβάλλοντος - δεν αποτελούν πρόσφατα διαπιστωμένες αναγκαιότητες. Συγκεκριμένα, η Επιτροπή Brundtland, στη Σύνοδο της Στοκχόλμης το 1987, εξέδωσε μία Έκθεση με τίτλο «Το κοινό μας μέλλον», στην οποία για πρώτη φορά προσδιορίστηκε η έννοια της βιώσιμης ανάπτυξης. Στην έκθεση αυτή συνδέθηκε η προστασία του περιβάλλοντος για πρώτη φορά με το θέμα της οικονομικής ανάπτυξης και κοινωνικής ευημερίας και ευμάρειας, και ξεκίνησε η εδραίωση της βιώσιμης ανάπτυξης. Τα 4 στοιχεία - κλειδιά για τη βιώσιμη ενέργεια με βάση τους Doukas et al. [9] σήμερα είναι τα παρακάτω:

- Επαρκής ανάπτυξη των ενεργειακών αποθεμάτων ώστε να καλύπτουν τις ανθρώπινες ανάγκες (συμπεριλαμβάνοντας την ταχύτατη ανάπτυξη σε αναπτυσσόμενες χώρες).

- Ενεργειακή επάρκεια και μέτρα διατήρησης, έτσι ώστε να ελαχιστοποιούνται οι απώλειες των πρωτογενών πηγών.
- Αναφορά στη δημόσια υγεία, σε θέματα ασφάλειας που προέρχονται από τη χρήση των ενεργειακών πηγών.
- Προστασία της βιόσφαιρας και αποφυγή περισσοτέρων εγχώριων μορφών ρύπανσης.

Το 1992, η Παγκόσμια Διάσκεψη με θέμα «Περιβάλλον και Ανάπτυξη» του Ρίο ντε Τζανέιρο ήρθε να ισχυροποιήσει τις σχέσεις μεταξύ περιβάλλοντος και ανάπτυξης και να φέρει τα θέματα του περιβάλλοντος σε πρώτο πλάνο, εισάγοντας συγχρόνως την προβληματική της βιώσιμης ανάπτυξης, που μέχρι τότε ουσιαστικά σχετίζονταν πιο πολύ με την ισόρροπη σχέση οικονομίας και κοινωνίας. Το βασικότερο αποτέλεσμα του Ρίο ντε Τζανέιρο αποτέλεσε η σύνταξη μίας Έκθεσης, γνωστής ως «Ατζέντα 21», η οποία θέσπισε συγκεκριμένους ποσοτικούς και ποιοτικούς στόχους για την ισόρροπη – γεωγραφικά και περιβαλλοντικά – παγκόσμια ανάπτυξη καθώς επίσης και ενός συγκεκριμένου συστήματος μέτρησης και παρακολούθησης της προόδου προς αυτήν την κατεύθυνση.

Άλλωστε, από τις αρχές της δεκαετίας του 1980 και με αποκορύφωμα το Πρωτόκολλο του Κιότο, το οποίο υπογράφτηκε το 1997 και τέθηκε σε ισχύ το Φεβρουάριο του 2005, η κλιματική αλλαγή έχει έλθει στο προσκήνιο επηρεάζοντας περισσότερο από ποτέ τις αποφάσεις της Πολιτείας, των ενεργειακών εταιριών αλλά και των καταναλωτών [10]. Με βάση μάλιστα και την οδηγία 2003/87/ΕΚ και συγκεκριμένα την καθιέρωση ενός συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου εντός της ΕΕ, κάθε κράτος μέλος κατάρτισε το πρώτο Εθνικό Σχέδιο Κατανομής Δικαιωμάτων Εκπομπών (National Allocation Plan), το οποίο προσδιορίζει τη συνολική ποσότητα δικαιωμάτων εκπομπών που διανέμει την πρώτη τριετία εφαρμογής (2005-7) [11]. Έτσι, σήμερα παρουσιάζεται έντονη ανάγκη συντονισμένων προσπαθειών τόσο της Πολιτείας όσο και των υπολοίπων εμπλεκόμενων κέντρων στο γενικότερο σχεδιασμό στρατηγικών περιορισμού των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου και εξασφάλισης των απαραίτητων δικαιωμάτων, ώστε να αποφευχθεί η επιβολή κυρώσεων.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, έχοντας αναλάβει ένα ρόλο πρωτοπόρου σε παγκόσμιο επίπεδο και έχοντας ασκήσει μεγάλη πίεση για την υιοθέτηση συγκεκριμένων και φιλόδοξων στόχων, καλείται πλέον αφενός να υλοποιήσει άμεσα τους στόχους που έχουν τεθεί και συγχρόνως να κινηθεί πέραν αυτών αποδεικνύοντας εμπράκτως ότι αποτελεί μία δυναμική, φιλοπεριβαλλοντική κοινότητα, ιδιαίτερα ευαισθητοποιημένη σε θέματα περιβάλλοντος και βιώσιμης ανάπτυξης. Ουσιαστικά, η προσπάθεια προς ένα αειφορικό ενεργειακό σύστημα, δηλαδή ένα σύστημα με τέτοια παραγωγή, διανομή και χρήση των ενεργειακών πηγών ώστε να παρέχει δίκαιη και οικονομικά βιώσιμη ενέργεια, διασφαλίζοντας τον ενεργειακό εφοδιασμό και την προστασία του περιβάλλοντος, θεωρείται μία από τις βασικότερες προτεραιότητες της ΕΕ.

Ο Πολυδιάστατος Χαρακτήρας των ΑΠΕ

Με βάση την προηγούμενη ανάλυση, οι ενεργειακές προκλήσεις που αντιμετωπίζονται σήμερα προς έναν αειφορικό ενεργειακό τομέα είναι ιδιαίτερα κρίσιμες και πολύπλοκες. Επιπλέον, καθίσταται σαφές ότι η αξιοποίηση των ΑΠΕ αποτελεί ένα από τα μέσα τήρησης των δεσμεύσεων των χωρών, στο πλαίσιο της κλιματικής αλλαγής, καθιστώντας αμφίδρομη τη σχέση μεταξύ ενεργειακού και περιβαλλοντικού σχεδιασμού, ιδιαίτερα στην περίπτωση χωρών όπως η Ελλάδα, που χαρακτηρίζονται από το ιδιαίτερα πλούσιο δυναμικό ΑΠΕ.

Σε αυτό το πλαίσιο, ο ρόλος των ΑΠΕ για την επίτευξη της αειφορικής ανάπτυξης είναι πολύ σημαντικός, αφού συμβάλουν στην ικανοποίηση όλων των διαστάσεών της. Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με τους Doukas et al. [12], οι ΑΠΕ:

- *Οικονομική διάσταση:* Αποτελούν σε ορισμένες περιοχές, ειδικότερα σε αυτές που δεν υπάρχει δίκτυο ή απαιτείται ενέργεια εκτός δικτύου για κάποιο χρονικό διάστημα, φθηνότερη λύση παροχής ενέργειας από ότι οι συμβατικές μορφές. Επίσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αποκεντροποίηση του συστήματος ενέργειας, την αποφυγή αύξησης των δικτύων και η χρήση τους συμβάλει στη μείωση της εξάρτησης των χωρών από τα ορυκτά καύσιμα.
- *Περιβαλλοντική διάσταση:* Δεν παράγουν εκπομπές βλαβερών ουσιών και δε συμβάλλουν στην ανάπτυξη του φαινομένου του θερμοκηπίου και της κλιματικής αλλαγής αφού δεν εκπέμπουν διοξείδιο του άνθρακα.
- *Κοινωνική διάσταση:* Συμβάλουν στην αύξηση της απασχόλησης, στη στροφή σε έναν πιο αειφορικό τρόπο ζωής και μπορούν να δώσουν νέες προοπτικές ανάπτυξης σε περιοχές που μέχρι πρότινος ήταν λιγότερο ελκυστικές για επενδύσεις, δημιουργώντας καινούργιες αγορές.

Επιδιώξεις

Η βασικότερη επιδίωξη για τις ΑΠΕ σήμερα είναι η αντιμετώπιση των μη τεχνολογικών εμποδίων, όπως καταγράφηκαν από τον Douka et al [13]:

- Έλλειψη γνώσης της τεχνολογίας και έρευνας αγοράς από τους σχετικούς εμπλεκόμενους, π.χ. υπεύθυνοι εγκατάστασης, σχεδιαστές, αρχιτέκτονες, εν δυνάμει επενδυτές και οι επαγγελματικές τους ενώσεις.
- Έλλειψη οικονομικής ευελιξίας των μικρών επιχειρήσεων, νεοϊδρυόμενων εταιριών και ιδιοκτητών κατοικιών, καθώς οι ΑΠΕ απαιτούν σημαντικά μεγαλύτερο κεφάλαιο, σε σύγκριση με τις παραδοσιακές τεχνολογίες μετατροπής ενέργειας.
- Νομικά και διοικητικά εμπόδια, όπως τα γραφειοκρατικά προβλήματα των υπηρεσιών του δημοσίου, ο παραδοσιακός τρόπος λήψης αποφάσεων ή η έλλειψη εμπιστοσύνης των υπαλλήλων των τοπικών ή περιφερειακών αρχών απέναντι στις νέες τεχνολογίες.
- Στρέβλωση των τιμών, καθώς το εξωτερικό κόστος των παραδοσιακών συστημάτων παραγωγής θέρμανσης και ηλεκτρισμού δε λαμβάνεται υπόψη, όπως η περιβαλλοντική ρύπανση κατά μήκος της ενεργειακής αλυσίδας ή η αδυναμία κάλυψης κινδύνων από μεγάλα ατυχήματα κλπ.
- Η κατάχρηση της ισχύος της αγοράς από όσους μπήκαν νωρίς στην αγορά, που στην περίπτωση της ενέργειας που τροφοδοτείται στο δίκτυο είναι οι παραδοσιακοί παραγωγοί ενέργειας, π.χ. με την προσφορά χαμηλών τιμολογίων σύνδεσης ή με το να ζητούν υπερβολικά υψηλές επενδύσεις για την ασφάλεια και /ή υψηλές τιμές για τις υπόλοιπες ενεργειακές παροχές ή τη συντήρηση της ισχύος.

Επιπλέον, σήμερα είναι ξεκάθαρο ότι η σύγχρονη ενεργειακή πολιτική εκφράζει την ισορροπία μεταξύ, αφενός της κρατικής παρέμβασης, που διασφαλίζει την ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού και την προστασία του περιβάλλοντος και αφετέρου μιας απελευθερωμένης αγοράς, η οποία λειτουργεί υπό συνθήκες ανταγωνισμού, με στόχο τη μείωση του ενεργειακού κόστους.

Ουσιαστικά λοιπόν, η ανάπτυξη ενός πλαισίου πολιτικής στο σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα επηρεάζεται άμεσα από τις δύο παραπάνω παραμέτρους, καθώς:

- Η περαιτέρω ανάπτυξη και λειτουργία της ενεργειακής αγοράς τόσο μέσα σε εθνικό όσο και μέσα σε διεθνές επίπεδο, εξαρτάται από τον ανταγωνισμό, που θα οδηγήσει σε πιο ανταγωνιστικές τιμές ανά κλάδο, αλλά και μεταξύ των κλάδων και θα ενθαρρύνει τις παραγωγικές και οργανωτικές καινοτομίες.
- Οι περιβαλλοντικές δεσμεύσεις, που σαν βάση τους έχουν το πρωτόκολλο του Κιότο, αναμένεται να επηρεάσουν τις οικονομικές, θεσμικές και κοινωνικές αποφάσεις που σχετίζονται με την ενέργεια. Είναι φανερό πως αν το περιβαλλοντικό και κοινωνικό κόστος σταδιακά σχετιστεί με τις τιμές ενέργειας, θα υπάρξει μια άμεση επίδραση στην οικονομική ελκυστικότητα των διαφόρων τεχνολογιών ΑΠΕ.

Συνεπαγόμενα, μπορεί να διατυπωθεί ότι λόγω των σύγχρονων αναγκών, άμεση είναι η ανάγκη διαμόρφωσης σύγχρονης πολιτικής, που να είναι πιο:

- *Αποτελεσματική,* χρησιμοποιώντας καινούργια εργαλεία με πολύ καλύτερη απόδοση.
- *Περιεκτική,* συμπεριλαμβάνοντας μεγαλύτερο πλήθος παραγόντων.
- *Συγκροτημένη,* αφού έχει αρχή και συγκεκριμένους στόχους.

Η Πολιτεία, στην προσπάθεια αυτή έχει πλέον στη διάθεσή της ως εργαλεία σύγχρονα προγράμματα και νέες τεχνολογίες. Όμως, δεν αρκεί μια τεχνοοικονομική προσέγγιση του προβλήματος, καθώς υπάρχουν και κοινωνικό - πολιτικές επιδράσεις που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Άλλωστε, οι εμπλεκόμενοι – που αποτελούν επιμέρους «κέντρα απόφασης» - και οι μεταξύ τους σχέσεις και επιδιώξεις, καθώς και οι εσωτερικές αντιπαραθέσεις και συγκρούσεις αποτελούν την κινητήριο δύναμη και τη μορφή που διαμορφώνεται η ανάπτυξη. Ουσιαστικά λοιπόν, το σημείο κλειδί είναι η σταθεροποίηση όλων των εμπλεκομένων γύρω από έναν κοινό στόχο, σύμφωνα πάντα με τους κανόνες του παιχνιδιού. Ο στόχος αυτός δεν είναι άλλος από τη βιώσιμη ενεργειακή ανάπτυξη, που σημαίνει ισόρροπη ενεργειακή ανάπτυξη στην οικονομική, περιβαλλοντική και κοινωνική διάσταση.

Η Προβληματική της Απόφασης

Συγκεκριμένα, οι αποφάσεις που αφορούν στην προώθηση των ΑΠΕ καθορίζονται και επηρεάζονται σε διαφορετικό βαθμό από όλους τους εμπλεκόμενους της σύγχρονου ενεργειακού τομέα, στο απελευθερωμένο περιβάλλον. Σε αυτό το πλαίσιο, βασική προϋπόθεση για την αποτελεσματική προώθηση των ΑΠΕ, είναι η διερεύνηση των αλληλεπιδράσεων και των βασικών επιδιώξεων όλων των κέντρων αποφάσεων.

- *Πολιτεία:* Η βασική επιδίωξη του πρώτου επιπέδου μελέτης είναι η αποτελεσματικότερη χάραξη ενεργειακής πολιτικής με βάση τα νέα διεθνή δεδομένα της απελευθέρωσης της αγοράς ενέργειας και των περιβαλλοντικών δεδομένων που δημιουργούν την κλιματική αλλαγή. Ο ρόλος της Πολιτείας είναι πλέον περισσότερο νομοθετικός, δηλαδή καθορίζει τους κανόνες και τις συνθήκες λειτουργίας της αγοράς που θα οδηγήσουν όλους τους παίκτες σε δράσεις για να παράγουν ένα συνολικό αποτέλεσμα που θα ικανοποιήσει τους στόχους της ενεργειακής πολιτικής που έχει θέσει η Πολιτεία.

- *Ενεργειακές Εταιρείες:* Η απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας αλλάζει ριζικά τη δομή και την πολιτική των εταιρειών που ασχολούνται με την παραγωγή ενέργειας, καθώς το μονοπώλιο κρατικών επιχειρήσεων καταρρίπτεται. Επιπλέον, θα πρέπει να αυξήσουν τις επενδύσεις τους σε νέες πηγές ενέργειας που δεν ήταν συμφέρουσες οικονομικά μέχρι τώρα (π.χ. βιομάζα, γεωθερμία) με στόχο να τηρούν τις περιβαλλοντικές δεσμεύσεις και να αποφεύγεται η επιβολή προστίμων.
- *Χρήστες:* Οι τελικοί χρήστες έχουν μια σειρά πλεονεκτήματα στις σύγχρονες συνθήκες του ενεργειακού τομέα, καθώς θα υπάρχει ποικιλία επιλογών από παραγωγούς και διανεμητές ενέργειας και πιο άμεση επαφή με το προϊόν, αφού θα μπορούν οι ίδιοι να επηρεάζουν κάποιες παραμέτρους, με αποτέλεσμα να ευαισθητοποιούνται και να ενδιαφέρονται για την ορθολογική χρήση της ενέργειας.

Υποστήριξη Αποφάσεων Προώθησης ΑΠΕ

Σε αυτό το πλαίσιο, η υποστήριξη αποφάσεων για την προώθηση των ΑΠΕ γίνεται ολοένα και πιο πολύπλοκη τα τελευταία 10 με 15 χρόνια. Αυτό υποστηρίζεται και από το γεγονός ότι υπάρχει πλήθος ερευνητικών προσπαθειών και μελετών που αναλύουν τα επιμέρους χαρακτηριστικά των ΑΠΕ, τόσο τα τεχνοοικονομικά όσο και τα κοινωνικά και τα θέματα έρευνας και τεχνολογίας. Συγκεκριμένα, μια σειρά ευρωπαϊκών έργων μελετούν τόσο τις κατάλληλες πολιτικές όσο και τις τεχνολογικές δυνατότητες για την αποτελεσματική προώθηση των ΑΠΕ σε διάφορες χώρες της ΕΕ. Ενδεικτικά αναφέρονται το FORRES, το οποίο σα στόχο είχε την ανάπτυξη ενός οικονομετρικού μοντέλου για την ανάλυση της εξέλιξης των ΑΠΕ ως το 2020 [14] και το GREEN-X, το οποίο βοηθά στην εύρεση βέλτιστων στρατηγικών προώθησης για την αύξηση της διείσδυσης των ΑΠΕ στην ηλεκτρική αγορά ενέργειας [15]. Τέλος το EREC παρέχει πληροφορίες και συμβουλές σε θέματα ανανεώσιμης ενέργειας στους αποφασίζοντες σε τοπικό, εθνικό και διεθνές επίπεδο [16].

Επιπλέον, στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχει πλήθος αναλύσεων και μελετών για την προώθηση των ΑΠΕ και της αποτελεσματικότητας των υποστηρικτικών προγραμμάτων για την αύξηση της διείσδυσής τους. Για παράδειγμα, το μοντέλο ADMIRE REBUS έχει αναπτυχθεί από τους Daniels και Uytelinde το 2005 [17] σαν ένα δυναμικό εργαλείο εξομοίωσης της διεθνούς αγοράς ηλεκτρισμού από ΑΠΕ. Το εργαλείο αυτό συσχετίζει τις καμπύλες προσφοράς με τις καμπύλες ζήτησης, με βάση τις πολιτικές που σχεδιάζονται να ακολουθηθούν. Επιπλέον, η μελέτη των Gan, Eskeland και Kolshur του 2005 [18] συγκρίνει την ανάπτυξη και εφαρμογή των προγραμμάτων υποστήριξης «πράσινου ηλεκτρισμού» σε διάφορες χώρες και επικεντρώνεται στη διασαφήνιση των επιδιώξεων πολιτικής, οι οποίες θα επιτρέψουν τη σωστή επιλογή των εργαλείων προώθησης.

Επιπλέον, σημαντική είναι η ανάλυση που αναπτύχθηκε το 2005 από τους Madlener και Stagl [19], όπου προτείνεται μια μεθοδολογία για τη σχεδίαση προγραμμάτων υποστήριξης ανανεώσιμης ενέργειας, βασιζόμενη στην πολυκριτηριακή αξιολόγηση. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η εργασία των Markard και Truffer το 2004 [20], που παρουσιάζει τις οικολογικές επιπτώσεις των προϊόντων «πράσινου ηλεκτρισμού» καθώς και τα άμεσα αποτελέσματά τους μέσω της σύγκρισης των προσπαθειών πέντε ευρωπαϊκών χωρών να αυξήσουν την παραγωγή ηλεκτρισμού από ανανεώσιμη ενέργεια.

Επιπρόσθετα, η μελέτη του Kwant το 2002 [21] για την προώθηση των ΑΠΕ από την πλευρά της Πολιτείας επικεντρώνεται περισσότερο σε μια προσέγγιση βασιζόμενη στη ζήτηση.

Εκτεταμένη μελέτη των λόγων που οδήγησαν στην εξάπλωση τεχνολογιών ανανεώσιμης ενέργειας στη Γερμανία γίνεται από τους Jacobssen και Lauber στη μελέτη τους το 2004 [22]. Στο ίδιο πλαίσιο κυμαίνεται και η μελέτη των Neij και Astrand [23], η οποία αναλύει τα σχετικά προγράμματα υποστήριξης για την ανάπτυξη και εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας στη Σουηδία την περίοδο 1975-2000. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η εργασία των Bailey και Rupp του Ιουλίου του 2004 [24], η οποία συσχετίζει την ανάπτυξη συγκεκριμένων υποστηρικτικών προγραμμάτων με τη γεωγραφική θέση της κάθε περιοχής. Οι Reiche και Bechberger [25] με τη δημοσιευμένη μελέτη τους το 2003, προτείνουν ένα πλαίσιο αναγνώρισης των συνθηκών επιτυχίας για την αυξανόμενη χρήση των ΑΠΕ. Τέλος, η ανάλυση των Ackermann, Andersson και Sober του 2000 [26] παρουσιάζει και εκτιμά κάποια προγράμματα και εμπορικά σχήματα, τα οποία υποστηρίζουν την ανάπτυξη της παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας.

Από τα παραπάνω διαφαίνεται ότι οι μελέτες αυτές δεν λαμβάνουν υπόψη τους όλες τις ιδιομορφίες των ΑΠΕ σχετικά με το σύνολο των οικονομικών και κοινωνικών τους χαρακτηριστικών. Όσον αφορά στις οικονομικές τους ιδιομορφίες, παρόλο που η οικονομική τους απόδοση έχει βελτιωθεί σημαντικά, χρειάζονται προγράμματα υποστήριξης για να υπερνικήσουν τον ανταγωνισμό, τις συμβατικές δηλαδή μορφές ενέργειας, μιας και το εξωτερικό κόστος χρήσης που είναι μηδενικό δεν έχει υπολογιστεί [27]. Οι κοινωνικές ιδιομορφίες των ΑΠΕ καθορίζονται σε δύο βασικές περιοχές. Κατ' αρχάς, η διάδοση τους εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την κινητοποίηση και ευαισθητοποίηση της κοινωνίας και τη συνειδητοποίηση της εξάρτησης των περιβαλλοντικών θεμάτων με θέματα της καθημερινότητας. Επιπλέον, όπως αναφέρεται και από τους Douka et al. [28], οι τεχνολογικές δυνατότητες πρέπει να είναι άμεσα συνυφασμένες με το ανθρώπινο δυναμικό, καθώς νέες οικονομικές δραστηριότητες δημιουργούν επιχειρηματικές ευκαιρίες.

Συνοπτικά, μπορεί να διατυπωθεί ότι για την υποστήριξη αποφάσεων όσον αφορά στη διαμόρφωση προτάσεων προώθησης ΑΠΕ απαιτείται μια ολιστική και συστημική προσέγγιση του προβλήματος, η οποία να εσωκλείει όλα τα στοιχεία του προβλήματος και τις μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις, ώστε να μπορεί ο αποφασίζων να αντιληφθεί τόσο τον στόχο που θέλει να επιτύχει όσο και την επιρροή που έχει κάθε χαρακτηριστικό στην επίτευξη του στόχου.

Καθίσταται λοιπόν σαφές ότι για την ολιστική και ολοκληρωμένη προσέγγιση του προβλήματος της αποτελεσματικής προώθησης των ΑΠΕ χρειάζονται μεθοδολογίες και συστήματα με την ικανότητα της επεξεργασίας όλων των παραγόντων και παραμέτρων του σύγχρονου περιβάλλοντος λειτουργίας του ενεργειακού τομέα.

Ι.2 ΤΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΚΑΙ Ο ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

Οι μέχρι τώρα προσπάθειες υποστήριξης αποφάσεων για την προώθηση των ΑΠΕ βασίζονται κυρίως σε οικονομετρικές προσεγγίσεις, δίχως να λαμβάνονται υπόψη οι ανάγκες και τα ενδιαφέροντα όλων των εμπλεκομένων στις σύγχρονες συνθήκες της ενεργειακής αγοράς. Επιπλέον, για την επιλογή των εργαλείων προώθησης των ΑΠΕ, οι αποφάσεις στηρίζονται κυρίως σε τεχνοοικονομικά κριτήρια, υποβαθμίζοντας με αυτό τον τρόπο τις ολοένα και σημαντικότερες κοινωνικοπολιτικές διαστάσεις του προβλήματος.

Ο χαρακτήρας όμως των ΑΠΕ είναι από τη φύση του μεταρρυθμιστικός και η προώθηση τους απαιτεί πολύπλευρες αλλαγές στην κοινωνία. Στην προσπάθεια λοιπόν προώθησης των ΑΠΕ και προσέγγισης του αειφορικού ενεργειακού τομέα, ιδιαίτερα σημαντικοί παράγοντες είναι η αποτελεσματική σύνθεση της οικονομικής, τεχνολογικής και κοινωνικής διάστασης του ενεργειακού τομέα, ο συνυπολογισμός των χαρακτηριστικών όλων των εμπλεκομένων της ενεργειακής αγοράς, καθώς και η εκμετάλλευση των δυνατοτήτων των εργαλείων που έχει στη διάθεσή της η Πολιτεία για μία συστηματική προσέγγιση ολόκληρου του ενεργειακού συστήματος.

Παρουσιάζεται λοιπόν σήμερα έντονη η ανάγκη για την ανάπτυξη περισσότερο ευέλικτων και αντιπροσωπευτικών υποστηρικτικών πλαισίων και συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων για την προώθηση των ΑΠΕ, που θα υποστηρίζουν τους αποφασίζοντες κατά τη διαδικασία του ενεργειακού σχεδιασμού, ισορροπώντας ανάμεσα στις λειτουργικές αρχές μιας απελευθερωμένης αγοράς ενέργειας και στη διεθνή ανάγκη για μετριασμό των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής.

Αντικείμενο της διατριβής είναι η ανάπτυξη ολοκληρωμένης μεθοδολογίας υποστήριξης αποφάσεων για τη διαμόρφωση και αξιολόγηση προτάσεων προώθησης ΑΠΕ, στο πλαίσιο των σύγχρονων συνθηκών του ενεργειακού τομέα, όπως αυτός διαμορφώνεται από την απελευθέρωση της αγοράς και την κλιματική αλλαγή.

Στόχος της διδακτορικής διατριβή είναι η συμβολή στην αναγνώριση όλων των παραμέτρων του προβλήματος, στην εμπεριστατωμένη ανάλυση των μεταξύ τους αλληλεπιδράσεων και τελικά στη διαμόρφωση ενός διαφανούς και συνεπούς πλαισίου υποστήριξης των αποφασιζόντων.

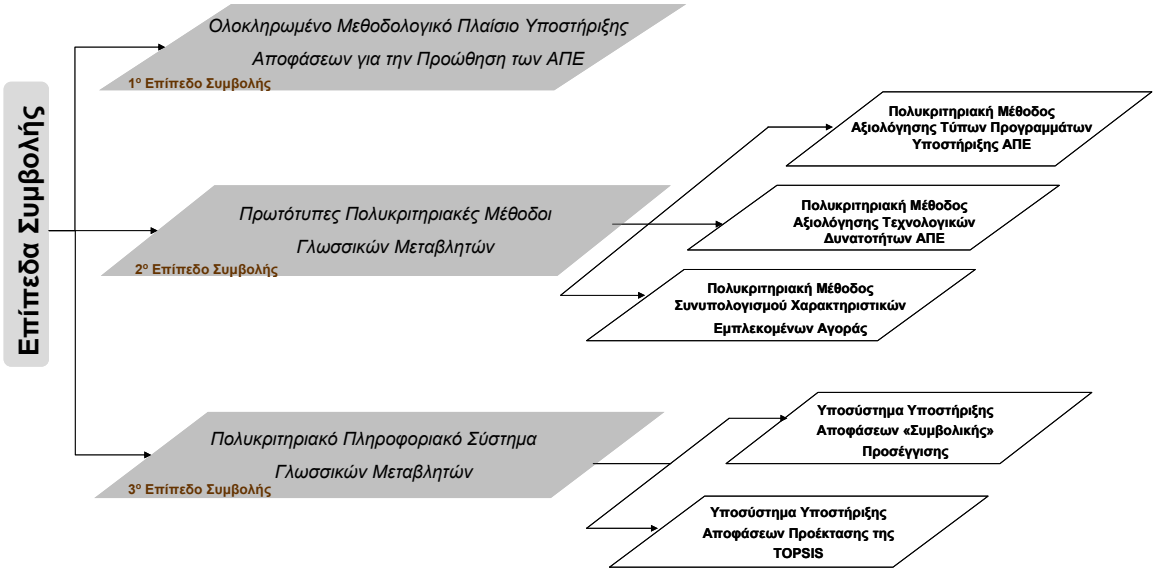
Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στην ανάπτυξη του πλαισίου και των επιμέρους πρωτότυπων πολυκριτηριακών μεθοδολογιών και συστημάτων, ώστε να μοντελοποιούν επαρκώς τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των επιδόσεων των δυνατών επιλογών στα κριτήρια του προβλήματος, αποτελώντας μία ικανή και επαρκή βάση για την υποστήριξη αποφάσεων προώθησης ΑΠΕ. Οι πρωτότυπες πολυκριτηριακές μέθοδοι που αναπτύχθηκαν βασίζονται στη χρήση γλωσσικών μεταβλητών σε διακριτή και διατεταγμένη κλίμακα.

Τέλος, τονίζεται ότι η προτεινόμενη μεθοδολογία δεν αποσκοπεί να αντικαταστήσει τα ήδη υπάρχοντα αναλυτικά και πολύπλοκα μοντέλα ενεργειακής ανάλυσης και σχεδιασμού. Εν αντιθέσει, η γνώση των αποτελεσμάτων των μοντέλων αυτών είναι σημαντική για τον προσδιορισμό των δεδομένων εισόδου της εφαρμογής της παρουσιαζόμενης μεθοδολογίας.

Ι.3 Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

Η συμβολή της διατριβής συνίσταται στη διατύπωση ολοκληρωμένου μεθοδολογικού πλαισίου για την αντιμετώπιση του προβλήματος της προώθησης των ΑΠΕ στις σύγχρονες συνθήκες του ενεργειακού τομέα, στην ανάπτυξη πρωτότυπων πολυκριτηριακών μεθόδων για την επίλυση των μοντέλων που απεικονίζουν τα επιμέρους προβλήματα υποστήριξης απόφασης και στη δημιουργία αντίστοιχων πληροφοριακών συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων.

Αναλυτικότερα, η συμβολή της διατριβής διακρίνεται σε τρία (3) επίπεδα, όπως απεικονίζεται γραφικά στο παρακάτω Σχήμα Ι.1.



Σχήμα Ι.1. Η Συμβολή της Διατριβής

1ο Επίπεδο Συμβολής: *Ολοκληρωμένο Μεθοδολογικό Πλαίσιο Υποστήριξης Αποφάσεων για την Προώθηση των ΑΠΕ*

Σε πρώτο επίπεδο, η διατριβή συμβάλει ουσιαστικά στην ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου μεθοδολογικού πλαισίου υποστήριξης αποφάσεων, το οποίο στοχεύει να μειώσει την «απόσταση» που υπάρχει ανάμεσα στις επιδιώξεις της ενεργειακής πολιτικής και στα εργαλεία προώθησης των ΑΠΕ που συμβάλλουν στην επίτευξή τους. Όπως αναλύθηκε σε προηγούμενη ενότητα, η λήψη αποφάσεων για την προώθηση των ΑΠΕ καθοδηγείται από μία πληθώρα επιλογών, τόσο σε επίπεδο υποστηρικτικών προγραμμάτων όσο και τεχνολογικών δυνατοτήτων, καθώς και από τα ενδιαφέροντα των εμπλεκομένων της ενεργειακής αγοράς. Παρ' όλα αυτά, οι πολυσύνθετες αναλύσεις που γίνονται μέχρι σήμερα, όντας άκρως απαραίτητες για την ανάλυση επιμέρους στοιχείων του προβλήματος, τις περισσότερες φορές δεν αντιμετωπίζουν ολοκληρωμένα το πρόβλημα της διαμόρφωσης προτάσεων προώθησης των ΑΠΕ και δεν ανταποκρίνονται στις σύγχρονες ανάγκες των αποφασιζόντων της ενεργειακής αγοράς.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, έντονη είναι η ανάγκη για την ύπαρξη ενός ευέλικτου μεθοδολογικού πλαισίου υποστήριξης αποφάσεων προώθησης των ΑΠΕ, το οποίο θα εσωκλείει τις παραμέτρους του σύγχρονου περιβάλλοντος λειτουργίας του ενεργειακού τομέα με τρόπο συναφή και ξεκάθαρο.

Η προτεινόμενη προσέγγιση αποτελεί ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο υποστήριξης αποφάσεων για τη διαμόρφωση και αξιολόγηση προτάσεων προώθησης ΑΠΕ, λαμβάνοντας υπόψη όλες τις «σύγχρονες παραμέτρους» του ενεργειακού τομέα (απελευθέρωση και κλιματική αλλαγή).

Συγκεκριμένα, η προτεινόμενη προσέγγιση, με το όνομα **RE$_2$S** (**R**ationalization – **E**valuation — **S**ynthesis), αποτελείται από τρεις διαδοχικές συνιστώσες, κάθε μία από αυτές επικεντρωμένη στην επίλυση συγκεκριμένου προβλήματος, όπως φαίνεται στο 2^{ο} επίπεδο συμβολής.

Η πρώτη συνιστώσα (Rationalization) αφορά στην οργάνωση των χαρακτηριστικών του προβλήματος. Η δεύτερη συνιστώσα (Evaluation), αφορά στην αξιολόγηση και των δύο (2) εργαλείων προώθησης ΑΠΕ, δηλαδή των προγραμμάτων υποστήριξης, που είναι και το άμεσο εργαλείο που έχει στη διάθεσή της η Πολιτεία, και των διαθέσιμων τεχνολογικών δυνατοτήτων. Τέλος, η τρίτη συνιστώσα (Synthesis) αφορά στη σύνθεση των εργαλείων υψηλής προτεραιότητας για τη διαμόρφωση ολοκληρωμένων προτάσεων προώθησης ΑΠΕ, με βάση τα ενδιαφέροντα των εμπλεκομένων της ενεργειακής αγοράς.

2^{ο} Επίπεδο Συμβολής: *Προσαρμοσμένες Πολυκριτηριακές Μέθοδοι Γλωσσικών Μεταβλητών*

Κάτω από το γενικότερο πλαίσιο που παρουσιάσθηκε παραπάνω, η διατριβή συμβάλει σε δεύτερο επίπεδο στην ανάπτυξη πρότυπων τεχνικών, που έγκειται στο ευρύτερο επιστημονικό πεδίο της πολυκριτηριακής υποστήριξης αποφάσεων, προσαρμοσμένες κατάλληλα στο τρέχον πρόβλημα.

Άλλωστε, ο μεγάλος βαθμός πολυπλοκότητας της ενεργειακής ανάλυσης τέτοιων προβλημάτων καθώς και η αβεβαιότητα που εισέρχεται σε αυτά τα προβλήματα απόφασης, τόσο λόγο της μεταβλητότητας των ενεργειακών μεγεθών με το χρόνο, όπως η ζήτηση και οι τιμές των καυσίμων, όσο και λόγω της φύσης των πληροφοριών που χρίζουν εξεργασίας, όπως οι κοινωνικό - πολιτικές παράμετροι που δε μπορούν να αποτιμηθούν με στενά οικονομικούς όρους, καθιστούν ιδιαίτερα δύσκολη τη διασφάλιση αξιόπιστων και ρεαλιστικών αποτελεσμάτων.

Κατανοώντας λοιπόν πλήρως το βαθμό πολυπλοκότητας για την αξιόπιστη και ρεαλιστική υποστήριξη αποφάσεων, η διατριβή συμβάλει στο συγκεκριμένο επιστημονικό πεδίο μέσω των παρακάτω τριών επιπέδων:

➲ *Πολυκριτηριακή Μέθοδος Αξιολόγησης Τύπων Προγραμμάτων Υποστήριξης ΑΠΕ*

Ο στόχος των προγραμμάτων υποστήριξης ΑΠΕ φαίνεται αρχικά απλός, η προώθηση όσο το δυνατόν περισσότερων ανανεώσιμων τεχνολογιών. Ωστόσο μια πιο κοντινή ματιά αποκαλύπτει ότι υπάρχουν πολλοί στόχοι στους οποίους οι ΑΠΕ μπορούν να συμβάλουν.

Τέτοιο είναι η μείωση των εκπομπών άνθρακα, η προώθηση της βιομηχανικής ανάπτυξης και η μείωση των εισαγωγών ορυκτών καυσίμων. Καθ΄ ένας απ΄ αυτούς τους στόχους οδηγεί σ΄ ένα διαφορετικό τύπο προγράμματος. Συνεπώς, η επιλογή προγραμμάτων υποστήριξης των ΑΠΕ είναι αναπόφευκτα μια πολύπλοκη διαδικασία και ένα ικανό πλαίσιο υποστήριξης αποφάσεων για την επιλογή των κατάλληλων τύπων προγραμμάτων προώθησης των ΑΠΕ πρέπει να απευθύνεται στις ανάγκες και στις ευκαιρίες της κοινωνικής, περιβαλλοντικής και οικονομικής διάστασης της αειφόρου ανάπτυξης.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, η διατριβή συμβάλει στην ανάπτυξη μιας πολυκριτηριακής μεθόδου, η οποία αξιολογεί τους τύπους προγραμμάτων με σκοπό την αναγνώριση εκείνων που εξυπηρετούν σε μεγαλύτερο βαθμό στις επιδιώξεις της ενεργειακής πολιτικής, όπως αυτές διαμορφώνονται στο σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα. Η πολυκριτηριακή αυτή προσέγγιση στηρίζεται στην επέκταση της «TOPSIS» με χρήση γλωσσικών μεταβλητών, μέσω της «απεικόνισης διπλής αναπαράστασης (2-tuple)». Η μελέτη της βιβλιογραφίας πάνω στο θέμα αυτό, όπως αναλυτικά παρουσιάζεται στο Κεφάλαιο ΙΙΙ, δείχνει ότι οι ερευνητικές δραστηριότητες πάνω στην επιλογή τύπων προγραμμάτων προώθησης ΑΠΕ είναι ιδιαίτερα περιορισμένες και τις περισσότερες φορές γίνονται με τρόπο εμπειρικό, καθώς οι υπάρχουσες πολυκριτηριακές μέθοδοι δεν μπορούν να επεξεργαστούν, με τρόπο αξιόπιστο και ρεαλιστικό, πληροφορίες που είναι από τη φύση τους ποιοτικές.

➲ *Πολυκριτηριακή Μέθοδος Αξιολόγησης Τεχνολογικών Δυνατοτήτων ΑΠΕ*

Η εφαρμογή τεχνολογιών ΑΠΕ είναι βασικός τρόπος επίτευξης των στόχων ενεργειακής πολιτικής προς ένα αειφορικό ενεργειακό σύστημα. Σε αυτό το πλαίσιο, η Πολιτεία πρέπει να αποφασίσει από ένα διαφορετικό μίγμα ενεργειακών τεχνολογιών, αυτές που πρέπει να υποστηριχθούν, με δεδομένη τη βραχυπρόθεσμη συνεισφορά τους στις αναδυόμενες ανάγκες και ευκαιρίες σε όλες τις διαστάσεις της αειφόρου ανάπτυξης. Ωστόσο, η αξιολόγηση των τεχνολογιών ΑΠΕ μέσω διαφόρων κριτηρίων είναι μία χρονοβόρος και σύνθετη διαδικασία, δεδομένου ότι η ανάλυση πρέπει να αντιμετωπίσει μια σειρά αβεβαιοτήτων, όπως η τιμή ορυκτών καυσίμων και η αβεβαιότητα προσφοράς και ζήτησης. Επιπλέον, η έννοια της αειφορίας είναι μια εγγενώς ασαφής και σύνθετη έννοια, με αποτέλεσμα οι πληροφορίες που απαιτούνται για την αξιολόγηση των τεχνολογιών από την άποψη της συνεισφοράς τους στην αειφορία να είναι τις περισσότερες φορές απροσδιόριστες ποσοτικά λόγω της φύσης τους ή ακόμα και μη διαθέσιμες δεδομένου ότι το κόστος του υπολογισμού τους είναι πάρα πολύ υψηλό.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, η διατριβή συμβάλει στην ανάπτυξη μιας πολυκριτηριακής μεθόδου η οποία αξιολογεί τις τεχνολογικές δυνατότητες μέσω γλωσσικών μεταβλητών με σκοπό την αναγνώριση εκείνων που έχουν βραχυπρόθεσμη συνεισφορά στις επιδιώξεις της ενεργειακής πολιτικής στο σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα. Η πολυκριτηριακή αυτή προσέγγιση στηρίζεται στην επέκταση της «TOPSIS» με χρήση γλωσσικών μεταβλητών, μέσω της χρήσης της συνεπαγωγής του «Godels».

Η μελέτη της βιβλιογραφίας πάνω στο θέμα αυτό, όπως αναλυτικά παρουσιάζεται στο Κεφάλαιο ΙΙΙ, δείχνει ότι υπάρχουν πολυκριτηριακές αναλύσεις που βασίζονται στη χρήση «παραδοσιακών» μεθόδων, όπως PROMETHEE και ELECTRE, οι οποίες είτε δεν μπορούν να αντιμετωπίσουν τις προαναφερθείσες αβεβαιότητες με επαρκή τρόπο είτε οδηγούν σε μια υπερ-απλοποίηση του συγκεκριμένου προβλήματος απόφασης.

➲ *Πολυκριτηριακή Μέθοδος Συνυπολογισμού Χαρακτηριστικών Εμπλεκομένων Αγοράς*

Μέχρι τώρα, ο σχεδιασμός προτάσεων προώθησης των ΑΠΕ ακολουθούσε μια αυστηρή τεχνο – οικονομική προσέγγιση. Έτσι λοιπόν, επιπλέον εκτίμηση των διαφόρων εργαλείων προώθησης ΑΠΕ από την πλευρά των εμπλεκομένων της ενεργειακής αγοράς δεν πραγματοποιούνταν και ουσιαστικά υποβαθμίζονται θέματα που είχαν να κάνουν με το ποιοι θα επηρεαστούν από τα νέα πολιτικά μέτρα και ποιοι θα χρηματοδοτήσουν τέτοια έργα. Σε αυτό το πλαίσιο, μια μελέτη των διαφορετικών χαρακτηριστικών των πιθανών επενδυτών ή άλλων ομάδων εμπλεκομένων μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά στην ολική επιτυχία μιας πρότασης προώθησης ΑΠΕ. Άλλωστε, αν μια πρόταση επικεντρώνεται σε κάποια συγκεκριμένη ομάδα εμπλεκομένων, η οποία για τον οποιονδήποτε λόγο δεν είναι διαθέσιμη να επενδύσει σε έργα ΑΠΕ, θα αποτύχει.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, η διατριβή συμβάλει στην ανάπτυξη μιας πολυκριτηριακής μεθόδου η οποία, βασισμένη στη μοντελοποίηση τόσο των εμπλεκομένων της ενεργειακής αγοράς όσο και των διαφορετικών χαρακτηριστικών τους, αξιολογεί τα εργαλεία προώθησης ΑΠΕ υψηλής προτεραιότητας, όπως αυτά προκύπτουν από τις προηγούμενες συνιστώσες μεθοδολογίας, με στόχο τη διαμόρφωση προτάσεων προώθησης ΑΠΕ. Η σύνθεση γίνεται μέσω γλωσσικών μεταβλητών, με σκοπό την αναγνώριση εκείνων που εξυπηρετούν σε μεγαλύτερο βαθμό τα ενδιαφέροντα των εμπλεκομένων. Η πολυκριτηριακή αυτή μέθοδος στηρίζεται στον τελεστή «LOWA», με την αναπαράσταση των γλωσσικών μεταβλητών να γίνεται με βάση την «2-tuple» προσέγγιση. Η μελέτη της βιβλιογραφίας πάνω στο θέμα αυτό, όπως αναλυτικά παρουσιάζεται στο Κεφάλαιο ΙΙ, δείχνει ότι πλέον η συμμετοχή όλων των εμπλεκομένων της ενεργειακής αγοράς στις σχετιζόμενες αποφάσεις είναι απαραίτητη στο σύγχρονο περιβάλλον, όπως αυτό διαμορφώνεται από τις αρχές της απελευθέρωσης και του ανταγωνισμού. Παρ' όλα αυτά, σχετικές μέθοδοι υποστήριξης αποφάσεων δεν έχουν ακόμα αναπτυχθεί.

3^{ο} Επίπεδο Συμβολής: *Πολυκριτηριακό Πληροφοριακό Σύστημα Γλωσσικών Μεταβλητών*

Τελευταίο επίπεδο συμβολής της διατριβής αποτελεί η ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου πολυκριτηριακού πληροφοριακού συστήματος για την υποστήριξη αποφάσεων προώθησης ΑΠΕ, που αφορά στην:

- Αξιολόγηση του βαθμού στον οποίο οι διάφοροι τύποι προγραμμάτων προώθησης ΑΠΕ υποστηρίζουν την επίτευξη των προκαθορισμένων ενεργειακών επιδιώξεων, έτσι ώστε να αναγνωριστούν οι τύποι προγραμμάτων υψηλής προτεραιότητας.

- Αξιολόγηση της βραχυπρόθεσμης συνεισφοράς των διαφόρων τεχνολογικών δυνατοτήτων ΑΠΕ στις προκαθορισμένες ενεργειακές επιδιώξεις για τη διαμόρφωση τεχνολογικών επιλογών υψηλής προτεραιότητας.
- Τελική αξιολόγηση των προτάσεων προώθησης ΑΠΕ με βάση τα ενδιαφέροντα των εμπλεκομένων της ενεργειακής αγοράς.

Το πολυκριτηριακό πληροφοριακό σύστημα, στο οποίο έχει δοθεί το όνομα **Linguistic Decision Support System (L-DSS)**, έχει αναπτυχθεί σε .NET πλατφόρμα και αποτελείται από δύο κύρια υποσυστήματα:

- Το **Linguistic Topsis Decision Support System (LT-DSS)**, το οποίο ενσωματώνει δύο (2) πολυκριτηριακές μεθόδους για την αξιολόγηση των εργαλείων προώθησης ΑΠΕ, οι οποίες βασίζονται σε κατάλληλες προεκτάσεις της «Topsis» για χρήση γλωσσικών μεταβλητών.
- Το **Linguistic Symbolic Decision Support System (LS-DSS)**, το οποίο ενσωματώνει τον τελεστή «2-tuple LOWA», προσαρμοσμένο κατάλληλα για την αξιολόγηση των προτάσεων προώθησης ΑΠΕ, με βάση τα ενδιαφέροντα της ενεργειακής αγοράς.

Με δεδομένη την ευελιξία του παραπάνω πληροφοριακού συστήματος και της ικανότητας του να επεξεργαστεί γλωσσικές μεταβλητές, μπορεί να αποτελέσει τη βάση για την αξιολόγηση και άλλων σημαντικών ενεργειακών επιλογών, όπως επιχειρηματικά σχέδια και σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Ι.4 Η ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

Η Διατριβή αποτελείται από έξι (6) Κεφάλαια, όπως απεικονίζεται στο Σχήμα Ι.2. Η ροή των Κεφαλαίων ακολουθεί την εξέλιξη υλοποίησης της διατριβής.

Σχήμα Ι.2. Η Δομή της Διατριβής

Αναλυτικότερα:

Κεφάλαιο Ι: *Εισαγωγή*

Αποτελεί το παρόν Κεφάλαιο, στο οποίο παρουσιάζεται το πρόβλημα και στηρίζεται η ανάγκη ανάπτυξης μεθοδολογίας υποστήριξης αποφάσεων για την προώθηση των ΑΠΕ στο σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα, όπως αυτό διαμορφώνεται από την απελευθέρωση και την κλιματική αλλαγή. Στο Κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται επιπλέον σύντομα η προτεινόμενη μεθοδολογία και η συμβολή της διατριβής.

Κεφάλαιο ΙΙ: *Περιγραφή του Προβλήματος*

Σε συνέχεια της σύντομης περιγραφής του προβλήματος του Κεφαλαίου Ι, το Κεφάλαιο αυτό αναλύει διεξοδικά το πρόβλημα της υποστήριξης αποφάσεων προώθησης των ΑΠΕ στο σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα. Αρχικά περιγράφονται οι «νέες παράμετροι», της απελευθέρωσης και της κλιματικής αλλαγής, και απεικονίζονται τα χαρακτηριστικά του σύγχρονου περιβάλλοντος, μέσω της θεωρίας της Δραστηριότητας. Στη συνέχεια διερευνάται η προβληματική της απόφασης, λαμβάνοντας υπόψη το ρόλο και τις επιδιώξεις των τριών ενεργειακών κέντρων απόφασης, της Πολιτείας, των ενεργειακών εταιρειών και των χρηστών.

Κατόπιν αναλύονται τα εργαλεία προώθησης ΑΠΕ που έχει στη διάθεσή της η Πολιτεία και παρουσιάζεται η εξέλιξή τους σε σχέση με το χρόνο, η χρήση τους από τα κράτη μέλη της ΕΕ καθώς και οι προσπάθειες αξιολόγησης των επιπτώσεών τους (τεχνολογίες) και της αποτελεσματικότητάς τους (προγράμματα). Το Κεφάλαιο αυτό καταλήγει στις συνιστώσες απόφασης που πρέπει να υποστηριχτούν στο πλαίσιο του σχεδιασμού ολοκληρωμένων προτάσεων προώθησης ΑΠΕ και έχουν να κάνουν με την αξιολόγηση των εργαλείων προώθησης και τη σύνθεσή τους, δίνοντας έμφαση στη σχέση ενεργειακών επιδιώξεων – προγραμμάτων – τεχνολογιών και στις αλληλεπιδράσεις με τα ενδιαφέροντα των εμπλεκομένων της αγοράς ενέργειας.

Κεφάλαιο ΙΙΙ: *Επισκόπηση Σχετιζόμενων Μεθοδολογιών*

Λαμβάνοντας υπόψη την ανάλυση του Κεφαλαίου ΙΙ και τις ανάγκες που απορρέουν για την ανάπτυξη μεθοδολογιών και συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων προώθησης των ΑΠΕ, στο Κεφάλαιο αυτό διερευνώνται οι υπάρχουσες πολυκριτηριακές μέθοδοι και εξετάζεται η δυνατότητά τους να εξυπηρετήσουν τις ανάγκες υποστήριξης αποφάσεων προώθησης των ΑΠΕ στις σύγχρονες συνθήκες της ενεργειακής αγοράς. Αναλυτικότερα, στο Κεφάλαιο αυτό αρχικά γίνεται συνοπτική επισκόπηση των πλέον διαδεδομένων πολυκριτηριακών μεθοδολογιών. Στη συνέχεια γίνεται προσπάθεια διερεύνησης των επιδράσεων των σύγχρονων παραμέτρων της αγοράς ενέργειας στα προβλήματα υποστήριξης αποφάσεων και στη δυσκολία των «παραδοσιακών» πολυκριτηριακών να διαχειριστούν και να επεξεργαστούν πληροφορίες με τρόπο ρεαλιστικό και αξιόπιστο. Σε αυτό το πλαίσιο, στη συνέχεια γίνεται εκτενής αναφορά στην υποστήριξη αποφάσεων χρησιμοποιώντας γλωσσικές μεταβλητές, στις βασικές προσεγγίσεις της γλωσσικής ανάλυσης και στην επιμέρους αξιολόγησή τους, με στόχο να διερευνηθεί η καταλληλότητα χρήσης τους σε προβλήματα διαμόρφωσης προτάσεων προώθησης ΑΠΕ. Το Κεφάλαιο αυτό καταλήγει στην υποστήριξη της καινοτομίας της προτεινόμενης μεθοδολογίας, όσον αφορά στη χρήση των προσεγγίσεων αυτών στο συγκεκριμένο πρόβλημα υποστήριξης αποφάσεων.

Κεφάλαιο ΙV: *Προτεινόμενη Μεθοδολογία*

Στο τέταρτο Κεφάλαιο της διατριβής περιγράφεται αναλυτικά η προτεινόμενη μεθοδολογία. Βασιζόμενοι στα χαρακτηριστικά του προβλήματος και στις παραμέτρους που πρέπει να ληφθούν υπόψη, στο Κεφάλαιο αυτό αναλύεται η φιλοσοφία και η διαδικασία της προτεινόμενης προσέγγισης, τα επιμέρους βήματα – συνιστώσες της και οι πρότυπες πολυκριτηριακές μέθοδοι γλωσσικών μεταβλητών που χρησιμοποιούνται. Τέλος, παρουσιάζεται και το υποστηρικτικό πληροφοριακό σύστημα που αναπτύχθηκε βασισμένο στην προτεινόμενη μεθοδολογία.

Κεφάλαιο V: *Εφαρμογή*

Το Κεφάλαιο αυτό παρουσιάζει την εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας, μέσω του πληροφοριακού συστήματος που αναπτύχθηκε, στην ελληνική αγορά ενέργειας. Αρχικά αναλύονται τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του πεδίου εφαρμογής καθώς και οι υπάρχουσες προσπάθειες υποστήριξης αποφάσεων προώθησης ΑΠΕ, στηρίζοντας έτσι την καινοτομία της εφαρμογής. Στη συνέχεια εφαρμόζονται όλα τα βήματα της προτεινόμενης προσέγγισης και το Κεφάλαιο αυτό καταλήγει με την παρουσίαση των αποτελεσμάτων της εφαρμογής.

Κεφάλαιο VI: *Συμπεράσματα – Προοπτικές*

Το τελευταίο Κεφάλαιο της διατριβής παρουσιάζει τόσο τα θεωρητικά επιτεύγματα της προτεινόμενης προσέγγισης, που απορρέουν τόσο από την ανάλυση των αρχικών Κεφαλαίων, όσο και τα εμπειρικά αποτελέσματα από την εφαρμογής της προτεινόμενης μεθοδολογίας. Τέλος, το Κεφάλαιο αυτό καταλήγει σε μία σειρά από σκέψεις και προτάσεις προοπτικής για περαιτέρω ερευνητικές δραστηριότητες πάνω στο πρόβλημα υποστήριξης αποφάσεων για την προώθηση των ΑΠΕ.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1] Sneddon C., Howarth RB, Norgaard RB. (2006), "Sustainable development in a post-Brundtland world", Ecological Economics, 57(2): 253-268.

[2] International Energy Agency (2006), "World Energy Outlook – 2006".

[3] EC – Eurostat (2006), «Energy Balance Sheets 2003-2004»

[4] Patlitzianas K, Doukas H, Kagiannas A, Flamos A, Psarras J. (2005), "The energy reform and climate policies in developing "renewable energy" and "energy services" companies", Eight International Conference on energy for a clean environment, 27-30 June 2005, Lisbon, Portugal.

[5] Kagiannas A, Askounis D, Psarras J. (2004), "Power Generation Expansion Planning: A survey from Monopoly to Competition", International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 26: 413-421.

[6] Patlitzianas K, Doukas H, Kagiannas A, Askounis D. (2006), "A reform strategy of the energy sector of the 12 countries of North Africa and the Eastern Mediterranean", Energy Conversion and Management, 47(13-14): 1913-1926.

[7] Banks FE. (1996), "Economics of electricity deregulation and privatization: An introductory survey", Energy, 21(4): 249-261.

[8] Patlitzianas KD, Doukas H, Psarras J. (2006), "Designing An Appropriate ESCOs' Environment in the Mediterranean", Management of Environmental Quality 17(5): 538-554.

[9] Doukas H, Patlitzianas K, Kagiannas A, Psarras J. (2008), "Energy Policy Making: An Old Concept or a Modern Challenge?", Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy Journal, in press.

[10] Patlitzianas K, Doukas H, Flamos A, Psarras J. (2005), "Environmental policy of the EU Member States for the European Emission Trading Scheme", International Scientific Conference, HELECO '05, 3-6 February, Athens, Greece.

[11] Doukas H, Patlitzianas K, Papadopoulou A, Flamos A, Psarras J. (2005), "The correlated opportunities and threats emerging of the European ETS", Eight International Conference on energy for a clean environment, 27-30 June 2005, Lisbon, Portugal.

[12] Doukas H, Patlitzianas K, Kagiannas A, Psarras J. (2006), "Renewable energy sources and rationale use of energy development in the countries of GCC: Myth or reality?", Renewable Energy, 31(6): 755-770.

[13] Patlitzianas K, Doukas H, Psarras J. (2006), "Enhancing renewable energy in the Arab States of the Gulf: Constraints & efforts", Energy Policy 34(18): 3719-3726.

[14] Ragwitz M, Huber C, Voogt M, Cleijne H, Bodo P. (2005), "FORRES 2020: Analysis of the renewable energy sources' evolution up to 2020", Final Report, Karlsruhe, Germany.

[15] Huber C. (2004), "Green-X Deriving optimal promotion strategies for increasing the share of RES-E in a dynamic European electricity market", Final Report of the project Green-X – a research project within the fifth framework programme of the European Commission supported by the DG Research, Vienna, Austria.

[16] EREC. (2004), "Integration of Renewable Energy Sources Targets and benefits of large-scale deployment of renewable energy sources", Workshops in the New Member States, April – May.

[17] Daniels BW, Uyterlinde MA. (2005), “ADMIRE-REBUS: Modeling the European Market for Renewable Electricity”, Energy, 30: 2596–2616.

[18] Gan L, Eskeland GS, Kolshus HH. (2007), “Green Electricity Market Development: Lessons from Europe and the US”, Energy Policy 35(1): 144-155.

[19] Madlener R, Stagl S. (2005), “Sustainability-guided promotion of renewable electricity generation” Ecological Economics, 53: 147– 167.

[20] Markard J, Truffer B. (2006), “The promotional impacts of green power products on renewable energy sources: direct and indirect eco-effects”, Energy Policy, 34: 306–321.

[21] Kwant KW, (2003), “Renewable energy in the Netherlands: Policy and Instruments”, Biomass and Bioenergy, 24: 265 – 267.

[22] Jacobssona S, Lauber V. (2006), “The politics and policy of energy system transformation — explaining the German diffusion of renewable energy technology”, Energy Policy, 34: 256–276.

[23] Astranda K, Neij L. (2006), “An assessment of governmental wind power programmes in Sweden — Using a systems approach”, Energy Policy, 34: 277–296.

[24] Bailey I, Rupp S. (2005), “Geography and climate policy: a comparative assessment of new environmental policy instruments in the UK and Germany”, Geoforum, 36: 387–401.

[25] Reiche D, Bechberger M. (2004), “Policy differences in the promotion of renewable energies in the EU member states” Energy Policy, 32: 843–849.

[26] Ackermann T, Andersson G, Soder L. (2001), “Overview of government and market driven programs for the promotion of renewable power generation”, Renewable Energy 22: 197-204.

[27] Owen AD. (2006), “Renewable energy: Externality costs as market barriers”, Energy Policy, 34: 632–642.

[28] Zevgolis D, Doukas H, Askounis D, Psarras J. (2004), “Present Status of RES Systems Penetration in Greek Islands & the Effect of Energy and Environmental Regulation on their Penetration”, International Conference RES and RUE for Islands – Sustainable Energy Solutions, 30 – 31 August, Larnaka, Cyprus.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ II: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

II.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αναγκαιότητα ΑΠΕ

Το θέμα της προστασίας του περιβάλλοντος μέσω της προώθησης ήπιων ή Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) συντροφεύει τις ανθρώπινες κοινωνίες από πολύ παλιά. Συγκεκριμένα, περίπου 2.500 χρόνια πριν, ο Ιπποκράτης συνέδεσε την ποιότητα του αέρα και το κλίμα με την ανθρώπινη υγεία και το χαρακτήρα. Ο Θεόφραστος, περίπου 2.400 χρόνια πριν έγραψε για τη σύνδεση μεταξύ της αποψίλωσης των δασών και της αλλαγής του κλίματος – το οποίο θα έκανε και ο Κολόμβος 2.000 χρόνια αργότερα (προκαλώντας έκπληξη το γεγονός ότι μια αυστραλιανή ομάδα πληρωνόταν για να αποδείξει το ίδιο πράγμα στην Βραζιλία, όπως ανακοινώθηκε το Μάρτιο του 2005). Στην Ανατολή, για τον Κομφούκιο και τον Lao Tse, η ανάγκη για να «δουλεύεις» με τη φύση και να γίνεσαι ένα με αυτήν ήταν μια προφανής αλήθεια, ενώ παρόμοια συναισθήματα εκφράζονταν και στη λογοτεχνία της αρχαίας Ινδίας. Τέλος, οι συνέπειες της κατάρρευσης των αρχαίων αρδευτικών συστημάτων και της διάβρωσης του εδάφους, που προκλήθηκαν από την πληθυσμιακή αύξηση και τις αλόγιστες γεωργικές πρακτικές, είναι εμφανείς μέχρι σήμερα σε πολλά μέρη της Μέσης Ανατολής, από το Ιράκ και το Ιράν μέχρι το Μπαχρέιν και σε κάποια από τα Εμιράτα της Υεμένης.

Σήμερα, μία από τις βασικές προτεραιότητες παραμένει η προώθηση των ΑΠΕ τόσο σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) όσο και διεθνώς, στο πλαίσιο μιας βιώσιμης ενεργειακής ανάπτυξης (sustainable energy development). Ο βασικός λόγος δεν είναι μόνο η επικείμενη έλλειψη του συμβατικού πετρελαίου αλλά η αύξηση της εξαρτώμενης εισαγωγής και ο μειούμενος αριθμός των σημαντικών εξαγωγών. Πιο αναλυτικά, ενώ η εισαγωγή πετρελαίου των χωρών του Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (Organization for Economic Co-operation and Development – OECD) ήταν περίπου 70% το 1970, πέφτοντας στο 50- 55% το 1980, ο δείκτης αυτός αναμένεται να υπερβεί το 60% έως το 2010 και το 70% έως το 2020. Για το φυσικό αέριο η εξαρτώμενη εισαγωγή στις χώρες μέλη της ΕΕ αναμένεται να αυξηθεί από 40% το 2000 σε 70% το 2020 και για τις Η.Π.Α. από 10% σε περισσότερο από 40% [1]. Οι παραπάνω ραγδαίες αυξήσεις στην εξαρτώμενη εισαγωγή καθιστούν σαφές ότι οι πιθανές διακοπές τροφοδότησης και οι διογκώσεις των τιμών θα ενταθούν, ειδικά αν οι χώρες που εισάγουν παρουσιαστούν υπερόπτες σε σχέση με την ανάπτυξη αμοιβαίου σεβασμού και κατανόησης.

Παρούσα Κατάσταση

Ωστόσο παρά την αποδεδειγμένη αναγκαιότητα τους και παρ' όλη την συζήτηση για τις ανάγκες και τους στόχους τους, οι ΑΠΕ δεν έχουν την προσδοκώμενη διείσδυση στην ενεργειακή αγορά. Πράγματι, στη βόρεια Αμερική, το κομμάτι της ανανεώσιμης ενέργειας στο σύνολο της πρωτογενούς ενεργειακής τροφοδότησης έχει υποβαθμιστεί, όπως έχει γίνει στην Αυστραλία, Νέα Ζηλανδία, Ιαπωνία, Νορβηγία, Μεξικό και Τουρκία. Συγκεκριμένα, οι χώρες - μέλη της Διεθνούς Υπηρεσίας Ενέργειας (International Energy Agency - IEA) θα κάλυπταν το 24% από τις ανάγκες ηλεκτρισμού τους το 1970 από ανανεώσιμες πηγές, ενώ αντίστοιχα μόνο 14% το 2001. Έτσι αν και το μερίδιο της ανανεώσιμης ενέργειας στο σύνολο της πρωτογενούς ενέργειας σε χώρες - μέλη της IEA αυξήθηκε από 4,6% το 1970 σε 5,5% το 2001, η μεγαλύτερη αύξηση συνέβη πριν το 1990. Αυτό σηματοδοτείται από το γεγονός ότι ενώ οι ανανεώσιμες πηγές τροφοδότησαν το 24% του ηλεκτρισμού στις χώρες- μέλη της IEA το 1970, το 2001 υπολογίστηκε ότι το ίδιο συνέβη για το αντίστοιχο 15% [2]. Υπάρχει λοιπόν άμεση ανάγκη για ευρύτερη και ταχύτερη διάχυση.

Ίδια είναι και η κατάσταση για κάποιες από τις χώρες της ΕΕ. Με δεδομένες τις κατευθύνσεις από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, οι περισσότερες από τις χώρες - μέλη θέλουν να αυξήσουν το μερίδιο της ανανεώσιμης ενέργειας ώστε να επιτύχουν τους στόχους τους. Είναι αξιοσημείωτο ότι μεταξύ του 1990 και του 2003, οι χώρες - μέλη αύξησαν μόνο το μερίδιο των ανανεώσιμων από 13,4 σε 13,7 % [2]. Η αύξηση της χρήσης της αιολικής ενέργειας επιταχύνθηκε στη Δανία, Γερμανία, Ισπανία, και το Ηνωμένο Βασίλειο το 2004, αλλά υπάρχει ακόμη πολύς δρόμος να διανυθεί. Για παράδειγμα, το 2005 η αιολική ενέργεια στο Ηνωμένο Βασίλειο υπολογίζεται μόνο στο 4,5% από το 3,7% της ηλεκτρικής που παρεχόταν από ΑΠΕ, ενώ ο υπουργός ενέργειας της Βρετανίας ισχυρίστηκε το 2004 ότι το 10% του ηλεκτρισμού από ανανεώσιμες πηγές θα προέρχεται από τον άνεμο έως και το 2010. Άλλο παράδειγμα είναι η Ολλανδία, η οποία ξεκίνησε την κατασκευή του πρώτου παράκτιου αιολικού πάρκου στο τέλος του φθινοπώρου του 2005 (στο Egmond – aan – Zee).

Το Πρόβλημα

Συνοπτικά, μπορεί να διατυπωθεί ότι παρ' όλο που η παγκόσμια συνεισφορά από «νέα», ανανεώσιμη ενέργεια αυξήθηκε σχεδόν μία εκατοστιαία μονάδα από το 1990 στο 2004, η πρόκληση παραμένει για την ανανεώσιμη ενέργεια ότι συνεχίζει να ξεκινά από «μικρή βάση».

Σε αυτό το πλαίσιο, καθίσταται σαφές ότι το βασικό πρόβλημα που αντιμετωπίζουν οι διαμορφωτές ενεργειακής πολιτικής, είναι οι μεγάλες απαιτήσεις των εμπλεκομένων της αγοράς των διαφόρων μορφών ανανεώσιμης ενέργειας.

Στο παραπάνω πλαίσιο, για να μετουσιωθούν οι διαθέσιμες τεχνολογίες ΑΠΕ, οι αντίστοιχες πολιτικές υποστήριξής τους καθώς και οι ευκαιρίες της αγοράς σε πραγματικές αλλαγές στο ενεργειακό μίγμα, ένα πλήθος παραγόντων είναι αναγκαίο να ληφθούν υπόψη στο σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα. Στο παρακάτω Σχήμα ΙΙ.1. ενδεικτικά καταγράφονται, όπως περιγράφονται από τους Douka et al [3] κάποια από τα βήματα που οι σύγχρονες ανάγκες τις ενεργειακής αγοράς έχουν επιβάλλει να γίνουν ώστε οι φιλόδοξοι στόχοι διείσδυσης των ΑΠΕ να γίνουν πραγματικότητα.

Σχήμα ΙΙ.1. Οι Σύγχρονες Ανάγκες της Πολιτικής για ΑΠΕ

Σκοπός Δομή Κεφαλαίου

Με βάση τα παραπάνω, σκοπός του Κεφαλαίου είναι η περιγραφή του προβλήματος και η «στήριξη του επιστημονικού κενού» που έχει να κάνει με την υποστήριξη αποφάσεων προώθησης των ΑΠΕ στο σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα. Το Κεφάλαιο αυτό, πέρα από την εισαγωγή χωρίζεται στις ακόλουθες ενότητες:

- Η 2η ενότητα περιγράφει τη σύγχρονη πραγματικότητα της αγοράς των ΑΠΕ και συγκεκριμένα τις προσπάθειες ανάπτυξης των ΑΠΕ, αλλά και την ανάλυση των εμποδίων προς μια αποτελεσματική προώθησή τους.
- Μια σύντομη ανασκόπηση των σύγχρονων εργαλείων για την προώθηση ΑΠΕ επιχειρείται στην 3η ενότητα, καταγράφοντας τόσο τις νέες τεχνολογίες ΑΠΕ που χρησιμοποιούνται σήμερα, κυρίως σε επίπεδο ΕΕ, όσο και τα προγράμματα υποστήριξής τους.
- Η 4η ενότητα αναφέρεται στα χαρακτηριστικά του σύγχρονου περιβάλλοντος του ενεργειακού τομέα. Συγκεκριμένα περιγράφονται οι νέες επιδιώξεις στο σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα, μέσω της περιγραφής των νέων παραμέτρων που εισέρχονται στο πρόβλημα και των επιπτώσεών τους. Επιπλέον περιγράφεται ο ρόλος των εμπλεκομένων μέσω της περιγραφής των σύγχρονων κέντρων απόφασης του ενεργειακού τομέα, δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στο «νέο ρόλο» της Πολιτείας και στη συνέχεια, μέσα από την ανάλυση του «νέου πλαισίου» πολιτικής, γίνεται μια προσπάθεια αποτύπωσης των χαρακτηριστικών του «νέου περιβάλλοντος»
- Στην 5η ενότητα γίνεται προσπάθεια να προσδιοριστούν όλα τα στοιχεία του προβλήματος και οι μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις με τρόπο συνεπή και ρεαλιστικό. Συγκεκριμένα, αναλύονται οι δύο βασικές συνιστώσες που θα πρέπει να έχει ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο υποστήριξης των αποφασιζόντων για την προώθηση των ΑΠΕ, δηλαδή η αξιολόγηση και η σύνθεση των εργαλείων προώθησης.
- Τα σημαντικότερα συμπεράσματα από την παραπάνω ανάλυση περιγράφονται συνοπτικά στην τελευταία ενότητα.

II.2 Η ΑΓΟΡΑ ΤΩΝ ΑΠΕ: ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ & ΕΜΠΟΔΙΑ

II.2.1 Γενικά

Στα κράτη μέλη στις ΕΕ καταναλώνεται το 15% της παγκόσμιας ενέργειας, βασιζόμενη στα ορυκτά καύσιμα που προέρχονται κυρίως από τη Μέση Ανατολή και τη Ρωσία. Στο άμεσο μέλλον η εξάρτηση της ΕΕ από τα ορυκτά καύσιμα θα αυξηθεί άμα δεν παρθούν μέτρα για την προώθηση των ΑΠΕ, και μπορεί να φτάσει έως και το 90% για το πετρέλαιο και 70% για το φυσικό αέριο το έτος 2020 [4]. Η ΕΕ, λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω δεδομένα έχει κάνει συνεχείς – ειδικά τα τελευταία δέκα χρόνια - προσπάθειες να αλλάξει το υπάρχον ενεργειακό – πολιτικό πλαίσιο και να προωθήσει τις ΑΠΕ, μειώνοντας την εξάρτησή της από τα εισαγόμενα ορυκτά καύσιμα, προστατεύοντας το περιβάλλον και στηρίζοντας την ενεργειακή της αγοράς, έναν από τους πιο αναπτυσσόμενους κλάδους της Ευρώπης.

Συγκεκριμένα, η προσπάθεια αύξησης της διείσδυσης των ΑΠΕ σε επίπεδο ΕΕ εστιάζεται σε μια σειρά από οδηγίες που προσδιορίζουν δράσεις και θέτουν ποσοτικοποιημένους στόχους για τα κράτη μέλη της ΕΕ. Συγκεκριμένα, η Λευκή Βίβλος [5] της ευρωπαϊκής ενεργειακής πολιτικής του 1997 είχε σα στόχο τη διαμόρφωση κοινοτικής στρατηγικής και σχεδίου δράσης για τις ΑΠΕ, έτσι ώστε να διπλασιαστεί το μερίδιο τους στην ακαθάριστη εσωτερική κατανάλωση ενέργειας της ΕΕ από 6% το 1997 σε 12% το 2010.

Επιπρόσθετα, με στόχο τη διατήρηση μιας σφαιρικής άποψης σχετικά με τα κυριότερα ζητήματα και τους κινδύνους που συνδέονται με τους μελλοντικούς ρυθμούς αύξησης της ευρωπαϊκής ενεργειακής εξάρτησης, συντάχθηκε το Νοέμβριο του 2000, η Πράσινη Βίβλος της Επιτροπής, «Προς μια ευρωπαϊκή στρατηγική για την ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού». Στην Πράσινη Βίβλο για τον ενεργειακό εφοδιασμό [6] κρίνεται ότι ο κυριότερος στόχος της ενεργειακής στρατηγικής πρέπει να είναι η απτή και συνεχής διαθεσιμότητα ενεργειακών προϊόντων στην αγορά σε τιμή προσπελάσιμη για όλους τους καταναλωτές, με παράλληλο σεβασμό στις περιβαλλοντικές ανησυχίες και στο πλαίσιο των προοπτικών της βιώσιμης ανάπτυξης. Στο σημείο αυτό δεν επιδιώκεται η μεγιστοποίηση της ενεργειακής αυτοδυναμίας ή η ελαχιστοποίηση της εξάρτησης αλλά η μείωση των κινδύνων που συνδέονται με αυτήν. Επιπλέον, τον Ιούνιο του 2002, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή, στο πλαίσιο της Πράσινης Βίβλου για την ενεργειακή αποδοτικότητα [7], διαμόρφωσε μια σειρά από ιδέες και προτάσεις με στόχο τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης μέχρι και 20% μέχρι το 2020, δίνοντας έμφαση στις δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας στον οικιακό τομέα και στις μεταφορές.

Όσον αφορά τώρα στην προώθηση της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας [8], από το 2001 έχουν τεθεί συγκεκριμένοι στόχοι διείσδυσης των ΑΠΕ μέχρι το 2010 τόσο για την ΕΕ συνολικά (22%), όσο και για τα κράτη μέλη της (για την Ελλάδα 20,1%).

Τέλος, τα τελευταία χρόνια, γίνεται μεγάλη προσπάθεια σε επίπεδο ΕΕ για την προώθηση της βιομάζας μέσω των οδηγιών για την προώθηση των βιοκαυσίμων στις μεταφορές [9].

Τίθενται συγκεκριμένοι στόχοι μέχρι το 2010 για την ΕΕ και τα κράτη μέλη της (5.75% του συνόλου των καυσίμων που χρησιμοποιούνται για μεταφορές), αναπτύχθηκε σχέδιο δράσης για τη βιομάζα [10] και ευρωπαϊκή στρατηγική για την προώθηση των βιοκαυσίμων [11].

Στο Ευρωπαϊκό Συνέδριο για τις ΑΠΕ στο Βερολίνο μεταξύ 19-21 Ιανουαρίου 2004 αναφέρθηκε ότι ο στόχος του 20% της ενεργειακής κατανάλωσης να προέρχεται από ΑΠΕ μέχρι το 2020 θεωρείται εφικτός [12].

Αυτήν την περίοδο ο βιομηχανικός Ευρωπαϊκός κλάδος των ΑΠΕ έχει ετήσιο τζίρο 10€ δις και απασχολεί 200.000 άτομα [13]. Η Ευρώπη είναι παγκοσμίως πρωτοπόρα στις ενεργειακές τεχνολογίες. Η χρήση ΑΠΕ έχει μεγάλο αντίκτυπο στις ενεργειακές επενδύσεις. Η ανανεώσιμη ενέργεια μειώνει την κατανάλωση ορυκτών καυσίμων ελαττώνοντας το κόστος απόκτησής τους. Παρόλο που οι επενδύσεις σε ανανεώσιμες πηγές απαιτούν μεγάλα κεφάλαια, αφαιρώντας τα εξωτερικά κόστη που αποφεύγονται, είναι πιο συμφέρουσα λύση για την κοινωνία σε σχέση με τις συμβατικές ενεργειακές επενδύσεις.

Σε αυτό το πλαίσιο, η εφαρμογή πολιτικών ανάπτυξης των ΑΠΕ θα δώσει μεγάλη ώθηση στις επενδύσεις στον τομέα αυτό. Για να επιτευχθούν οι στόχοι της ΕΕ το ποσό των 443 δις € θα πρέπει να επενδυθεί την περίοδο 2001-2020. Η τεχνολογική εξέλιξη των ΑΠΕ είναι θεαματική τις τελευταίες δεκαετίες. Η τεχνολογία έχει κατακόρυφα εξελιχθεί μειώνοντας δραστικά το κόστος και αυξάνοντας την απόδοσή τους. Για παράδειγμα η επένδυση για χρήση του ανέμου παρουσιάζει μία μείωση της τάξης του 3% κάθε χρόνο τα τελευταία 15 χρόνια. Για τα φωτοβολταϊκά υπάρχει μείωση του κόστους με συντελεστή 10 τα τελευταία 15 χρόνια, κυρίως μέσα από την εκτεταμένη χρήση τους στα διαστημικά προγράμματα. Χώρες όπως η Γερμανία έχει διπλασιάσει την παραγόμενη ανανεώσιμη ενέργεια τα τελευταία χρόνια στο 8% της ολικής παραγωγής ηλεκτρισμού. Η Δανία παράγει το 18% της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνει από ανεμογεννήτριες και ο βιομηχανικός κλάδος των ΑΠΕ έχει περισσότερους εργαζόμενους από το συμβατικό κλάδο παραγωγής ενέργειας. Η Ισπανία ενώ δεν είχε κάνει κανένα βήμα πριν από μερικά χρόνια, σήμερα είναι η δεύτερη χώρα σε παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τον άνεμο στην Ευρώπη με 6.000 MW εγκαταστημένη ισχύς [12].

Πρόσφατες μελέτες αποδεικνύουν ότι οι ΑΠΕ δημιουργούν περισσότερη απασχόληση σε σύγκριση με τις συμβατικές πηγές ενέργειας. Γενικότερα οι τεχνολογίες των ΑΠΕ είναι πολύ σημαντικές για τις τοπικές κοινωνίες των ευρωπαϊκών χωρών αυξάνοντας την απασχόληση και την τοπική οικονομία μέσω της παραγωγής, υλοποίησης συντήρησης των αντίστοιχων έργων και στην περίπτωση της βιομάζας ενισχύοντας απομακρυσμένες κοινότητες και τους αγρότες [12, 13].

Τέλος, η δυναμική ανάπτυξη των τεχνολογιών ΑΠΕ συνάδει πλήρως με τους στόχους της Λισσαβόνας και του Γκέτεμποργκ [14], που προσπαθούν να διασφαλίσουν ότι:

- Η Ευρώπη είναι ελκυστικός τόπος για να επενδύσει και να εργαστεί κάποιος,
- Η γνώση και η καινοτομία είναι η καρδιά της Ευρωπαϊκής ανάπτυξης και
- Οι πολιτικές διαμορφώνονται, έτσι ώστε να επιτρέπουν τη δημιουργία περισσότερων και καλύτερων θέσεων εργασίας.

Προς το πλαίσιο αυτό μιας ευρωπαϊκής κοινωνία έως το 2010 με κεντρικό το ρόλο των περιβαλλοντικά φιλικών τεχνολογιών και κυρίων των ΑΠΕ, συμβάλει και το Ευρωπαϊκό Σχέδιο Δράσης Περιβαλλοντικών Τεχνολογιών (ΕΣΔΤΠ) [15], το οποίο προωθεί δραστηριότητες αύξησης της ενημέρωσης και εκπαίδευσης αυτών των επιλογών τόσο σε βιομηχανικούς όσο και επιχειρησιακούς χώρους. Για αυτό το λόγο το ΕΣΔΠΤ, τα ζητούμενα του οποίου έχουν τώρα ενσωματωθεί στη στρατηγική της Λισσαβόνας για την ανάπτυξη και την εργασία, ζητά την κινητοποίηση των οικονομικών οργάνων για την άμβλυνση των κινδύνων της επένδυσης στις περιβαλλοντικές τεχνολογίες.

Μάλιστα, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προτείνει μια διεξοδική δέσμη προτάσεων για τη χάραξη νέας ευρωπαϊκής ενεργειακής πολιτικής προκειμένου να αντιμετωπιστεί η κλιματική αλλαγή και να ενισχυθεί η ενεργειακή ασφάλεια και η ανταγωνιστικότητα. Στη νέα αυτή ενεργειακή πολιτική για την Ευρώπη, η οποία πρέπει να είναι φιλόδοξη, ανταγωνιστική και μακροπρόθεσμη, και να αποβαίνει προς όφελος όλων των Ευρωπαίων, ο ρόλος των ΑΠΕ καθίσταται ιδιαίτερα σημαντικός στο πλαίσιο εξασφάλισης αειφορικών, ασφαλών και ανταγωνιστικών πηγών ενέργειας. Συγκεκριμένα για τις ΑΠΕ, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προτίθεται να διατηρήσει την ηγετική θέση της ΕΕ, σε παγκόσμιο επίπεδο στις ΑΠΕ, προτείνοντας να τεθεί ως υποχρεωτικός στόχος, μέχρι το 2020 το 20% της συνολικής σύνθεσης των ενεργειακών πηγών να προέρχεται από ΑΠΕ [16].

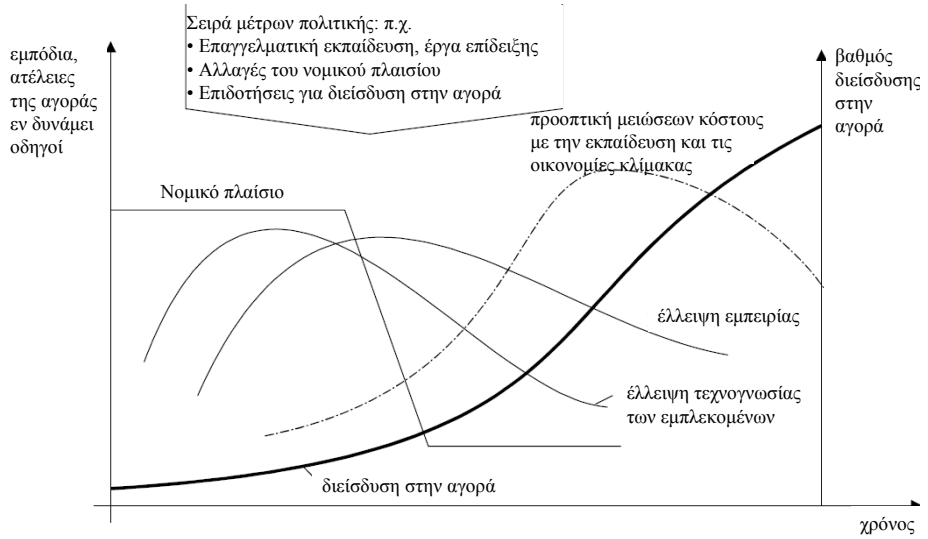
II.2.2 Εμπόδια Ανάπτυξης

Η διείσδυση των ΑΠΕ στην αγορά εξαρτάται σε κρίσιμο βαθμό από τα υπάρχοντα εμπόδια και τους (εν δυνάμει) οδηγούς. Τα κυριότερα εμπόδια περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων [17]:

- *Έλλειψη γνώσης της τεχνολογίας* από τους σχετικούς εμπλεκόμενους της αγοράς, όπως οι υπεύθυνοι εγκατάστασης, σχεδιαστές, αρχιτέκτονες, εν δυνάμει επενδυτές και οι επαγγελματικές τους ενώσεις.
- *Έλλειψη οικονομικής ευελιξίας* των μικρών επιχειρήσεων, νεοϊδρυόμενων εταιριών και ιδιοκτητών κατοικιών, καθώς οι ΑΠΕ απαιτούν σημαντικά μεγαλύτερο κεφάλαιο, σε σύγκριση με τις παραδοσιακές τεχνολογίες μετατροπής ενέργειας.
- *Νομικά και διοικητικά εμπόδια*, όπως τα γραφειοκρατικά προβλήματα των υπηρεσιών του δημοσίου, ο παραδοσιακός τρόπος λήψης αποφάσεων ή η έλλειψη εμπιστοσύνης των υπαλλήλων των τοπικών ή περιφερειακών αρχών απέναντι στις νέες τεχνολογίες.
- *Στρέβλωση των τιμών,* καθώς το εξωτερικό κόστος των παραδοσιακών συστημάτων παραγωγής θέρμανσης και ηλεκτρισμού δε λαμβάνεται υπόψη (όπως η περιβαλλοντική ρύπανση κατά μήκος της ενεργειακής αλυσίδας ή μη κάλυψη κινδύνων από μεγάλα ατυχήματα κλπ).
- *Κατάχρηση της ισχύος της αγοράς* από όσους μπήκαν νωρίς, στην περίπτωση της ενέργειας που τροφοδοτείται στο δίκτυο, όπως οι παραδοσιακοί παραγωγοί ενέργειας, π.χ. με την προσφορά χαμηλών τιμολογίων σύνδεσης ή με το να ζητούν υπερβολικά υψηλές επενδύσεις για την ασφάλεια και /ή υψηλές τιμές για τις υπόλοιπες ενεργειακές παροχές ή τη συντήρηση της ισχύος.

Όπως παρατηρείται, μη-τεχνολογικά εμπόδια είναι αυτά που καθιστούν δύσκολη την προώθηση των ΑΠΕ.

Σημαντική επίσης είναι η παρατήρηση ότι διάφορα από τα προαναφερθέντα εμπόδια υπάρχουν ταυτόχρονα, σχηματίζοντας ένα σύμπλεγμα που για να αντιμετωπιστεί απαιτεί ένα σύνολο συγχρονισμένων μέτρων και παράλληλων πολιτικών.



Σχήμα II.2. Εμπόδια και Οδηγοί

Πηγή: R. Madlener, E. Jochem, (2002) [18]

Το Σχήμα II.2 απεικονίζει την παράμετρο του χρόνου ως ενός κρίσιμου παράγοντα που αντιμετωπίζουν όσοι χαράζουν πολιτικές που προσπαθούν να μειώσουν τα εμπόδια και να ενεργοποιήσουν πιθανούς οδηγούς μίας επιταχυνόμενης διείσδυσης των τεχνολογιών ανανεώσιμης ενέργειας στην αγορά. Ουσιαστικά, από το παραπάνω Σχήμα φαίνεται η επίδραση των μέτρων πολικής, όπως οι επιδοτήσεις για διείσδυση στην αγορά, οι αλλαγές του νομικού πλαισίου, η επαγγελματική εκπαίδευση και τα έργα επίδειξης στην άμβλυνση των σχετικών εμποδίων (έλλειψη εμπειρίας, τεχνογνωσίας των εμπλεκομένων νομικό πλαίσιο) και στην αύξηση της διείσδυσης των ΑΠΕ.

Στη διεθνή βιβλιογραφία για τις διαδικασίες εισαγωγής τεχνολογιών, το δυναμικό (potential) των τεχνολογιών χρησιμοποιείται σε μεγάλο βαθμό και αναφέρεται σε πέντε κύριες πτυχές, οι οποίες γενικά αναλύονται ταυτόχρονα [19]. Ουσιαστικά, το δυναμικό χρησιμοποιείται για να περιγράψει το εναλλακτικό σενάριο «τι θα γίνει αν». Η θεωρία του δυναμικού είναι ουσιώδης στη διαμόρφωση πολιτικών για να περιγράψει το πόσο μπορεί να βελτιωθεί μία κατάσταση, τι μέτρα χρειάζονται να ληφθούν και πιθανές συνέπειες τους.

Συγκεκριμένα:

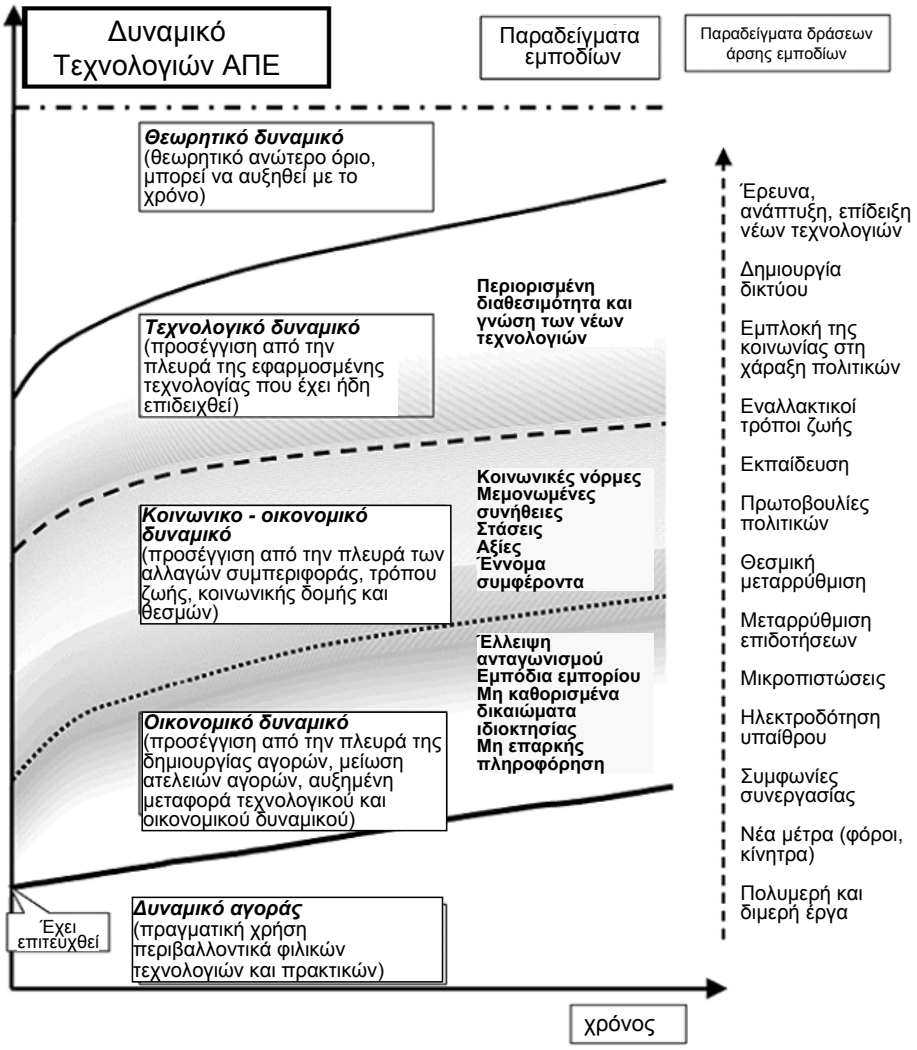
- *Το θεωρητικό δυναμικό* είναι ουσιαστικά το ανώτερο όριο που μπορεί να επιτευχθεί, με βάση τους νόμους της θερμοδυναμικής.
- *Το τεχνολογικό δυναμικό* σχετίζεται με την έρευνα, ανάπτυξη και επίδειξη μιας νέας τεχνολογίας.
- *Το κοινωνικοοικονομικό* δυναμικό σχετίζεται με την πτυχή της τεχνολογικής ανάπτυξης και εφαρμογής με όρους κοινωνικής αποδοχής σε σχέση με την πρόθεση για υιοθέτηση αλλαγών στη συμπεριφορά, στον τρόπο ζωής, στην κοινωνική δομή και στους θεσμούς.

- *Το οικονομικό δυναμικό* της τεχνολογίας αναλύεται με τη θεώρηση του εάν υπάρχει αγορά για αυτή την τεχνολογία, σε ποια έκταση η εισαγωγή της τεχνολογίας στην αγορά μπορεί να προαχθεί μέσω τεχνολογικής και οικονομικής βοήθειας και εάν οι αδυναμίες της αγοράς μπορούν να παρεμποδίσουν την τεχνολογία.
- *Τέλος, το δυναμικό της αγοράς* αναφέρεται στην πραγματική χρήση – επίπεδο διείσδυσης – των ΑΠΕ και των αντίστοιχων πρακτικών.

Μέσω της παραπάνω ανάλυσης μπορεί να εκτιμηθεί ποια εμπόδια δυσχεραίνουν τις διαθέσιμες τεχνολογίες ΑΠΕ στο να προοδεύσουν από το «δυναμικό της αγοράς» στο «τεχνολογικό δυναμικό».

Από τα δυναμικά που αναφέρθηκαν, το θεωρητικό και το τεχνολογικό είναι μάλλον γενικές έννοιες αλλά οι άλλες τρεις σχετίζονται με τη συγκεκριμένη χώρα και περιοχή όπου αναφέρεται η ανάλυση. Με άλλα λόγια, μια τεχνολογία μπορεί να είναι κοινωνικά αποδεκτή ή να έχει αποδεδειγμένο οικονομικό δυναμικό και δυναμικό αγοράς σε μία χώρα αλλά όχι σε άλλη.

Η διαχωριστική γραμμή ανάμεσα σε κάθε ένα από τα δυναμικά που προαναφέρθηκαν οφείλεται σε διάφορα εμπόδια π.χ. αστάθεια τιμών, ατέλειες της αγοράς, ανεπαρκή θεσμικά πλαίσια, διαθεσιμότητα πηγών ανθρώπινου κεφαλαίου για τη λειτουργία και συντήρηση συγκεκριμένων τεχνολογιών, κοινωνικές και πολιτιστικές νόρμες και νόρμες συμπεριφορών, που πρέπει να ξεπεραστούν με τη διαμόρφωση κατάλληλων μέτρων. Έτσι, είναι αναγκαία η εκτίμηση πιθανών μέτρων πολιτικών για να ξεπεραστούν αυτά τα εμπόδια. Στις περισσότερες περιπτώσεις, ο στόχος είναι, μέσω των κατάλληλων μέτρων και προγραμμάτων προώθησης, να επιτευχθεί ή να προσεγγιστεί το κοινωνικοοικονομικό δυναμικό.



Σχήμα II.3. Δυναμικό Τεχνολογιών ΑΠΕ

Πηγή: R. Madlener, E. Jochem, (2002) [18]

Σε αυτό το πλαίσιο, το Σχήμα II.3, από την Τρίτη Αναφορά Εκτίμησης (Third Assessment Report-TAR) της Διακυβερνητικής Διάσκεψης για τις Κλιματικές Αλλαγές που προσαρμόστηκε στις ΑΠΕ, παρέχει κάποια παραδείγματα εμποδίων στα διάφορα πιθανά επίπεδα διείσδυσης των ΑΠΕ, μαζί με παραδείγματα δράσεων για την άρση αυτών των εμποδίων. Μία τέτοιου είδους απεικόνιση με μορφή γραφήματος μπορεί να δώσει πολύ χρήσιμες υποδείξεις για διεπιστημονικές και συστηματικές συζητήσεις επάνω στο πώς ορισμένα εμπόδια μπορούν να εμποδίσουν την εκμετάλλευση του δυναμικού διαφόρων ΑΠΕ με την πάροδο του χρόνου και πώς μπορούν να αντιμετωπιστούν με επιτυχία.

II.3 ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΠΡΟΩΘΗΣΗΣ ΑΠΕ

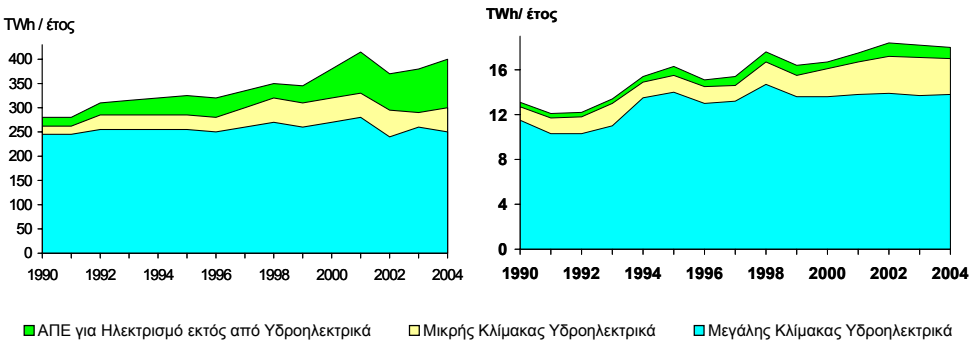
II.3.1 Τεχνολογικές Δυνατότητες

Σύμφωνα με τα διαθέσιμα δεδομένα από διάφορες πηγές, αν και οι ΑΠΕ έχουν αυξήσει τη συμμετοχή τους στην παραγωγή ενέργειας στην ΕΕ, δεν έχουν ακόμα πετύχει μια ικανοποιητική εισαγωγή τους στην αγορά ενέργειας, σε αντίθεση με τις αξιόλογες προοπτικές. Συγκεκριμένα, τόσο την ΕΕ των 15, όσο και για τα 10 Νέα Κράτη Μέλη (ΝΚΜ) η συμμετοχή των ΑΠΕ στη βασική ενεργειακή κατανάλωση εκτιμάται στο 5,61%, με τα 10 ΝΚΜ να συνεισφέρουν κατά 4,9% και την «παλιά» Ευρώπη των 15 να φτάνει το 5,71% κατά το 2004. Η εισαγωγή των 10 ΝΚΜ δεν άλλαξε το γεγονός ότι η βιομάζα είναι μακράν η πρώτη ΑΠΕ που χρησιμοποιείται στην ΕΕ, εξαιρουμένης της υδροηλεκτρικής ενέργειας, με μερίδιο 65% στη βασική ενεργειακή παραγωγή από ανανεώσιμα [20]. Επιπρόσθετα, τα φωτοβολταϊκά σε εφαρμογές διασυνδεδεμένες στο δίκτυο πέτυχαν υψηλούς ρυθμούς ανάπτυξης, μεγαλύτερους από 30% μέσα στα τελευταία τρία χρόνια, ενώ η ηλεκτρική ενέργεια από ηλιακή θερμότητα είναι στη φάση που επιδεικνύει την ενδεχόμενη χρήση της στην κλίμακα των 100MW και άνω [20].

Η συνεισφορά των ΑΠΕ στους τομείς του ηλεκτρισμού, της θέρμανσης και των μεταφορών τόσο στην ΕΕ-15, όσο και στα ΝΚΜ θα παρουσιαστεί στις επόμενες παραγράφους.

ΑΠΕ για Ηλεκτρισμό

Η ιστορική εξέλιξη των ΑΠΕ για ηλεκτρισμό φαίνεται στα Σχήματα II.4 και II.5 για την ΕΕ-15 και τα ΝΚΜ. Όπως μπορεί κανείς να δει, η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι η κυρίαρχη πηγή, αλλά οι “νέες” ΑΠΕ, όπως η βιομάζα και η αιολική ενέργεια έχουν αρχίσει να παίζουν σημαντικό ρόλο. Η αιολική ενέργεια έχει και τους μεγαλύτερους ετήσιους ρυθμούς ανάπτυξης, της τάξης του 38%, στην παραγωγή ηλεκτρισμού τα τελευταία δέκα χρόνια. Κυρίως στην ΕΕ-15, η αιολική ενέργεια κυριαρχεί στις πρόσφατες επενδύσεις για τις “νέες” ΑΠΕ, ενώ η βιομάζα εμφανίζεται κυρίως στα ΝΚΜ.

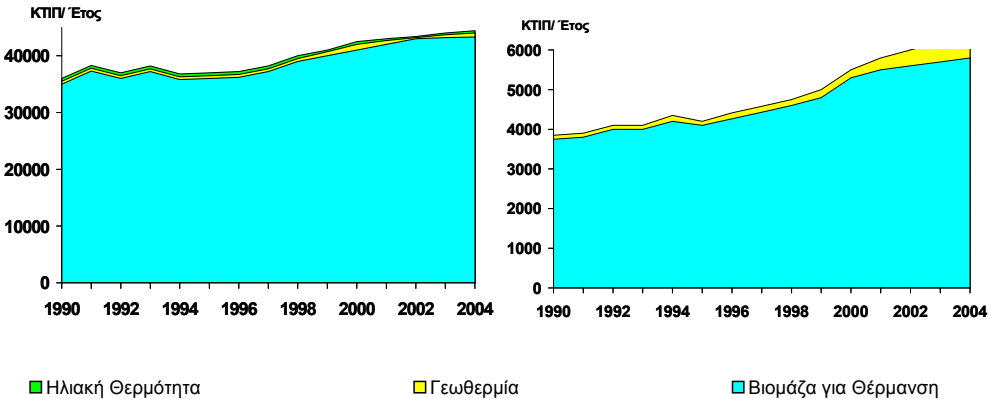


Σχήμα II.4 ΑΠΕ-Ηλεκτρισμός ΕΕ-15 **Σχήμα II.5.** ΑΠΕ-Ηλεκτρισμός ΕΕ-10

Πηγή: International Energy Agency, 2005 [2]

ΑΠΕ για Θέρμανση

Τα Σχήματα ΙΙ.6 και ΙΙ.7 δείχνουν την ιστορική εξέλιξη των ΑΠΕ για θέρμανση για την ΕΕ-15 και για τα ΝΚΜ από το 1990 έως το 2004. Όπως παρατηρείται στα παρακάτω αυτά σχήματα, η παραγωγή θερμότητας από πηγές βιομάζας υπερτερεί της γεωθερμικής και ηλιακής τόσο στην ΕΕ-15, όσο και στα ΝΚΜ.

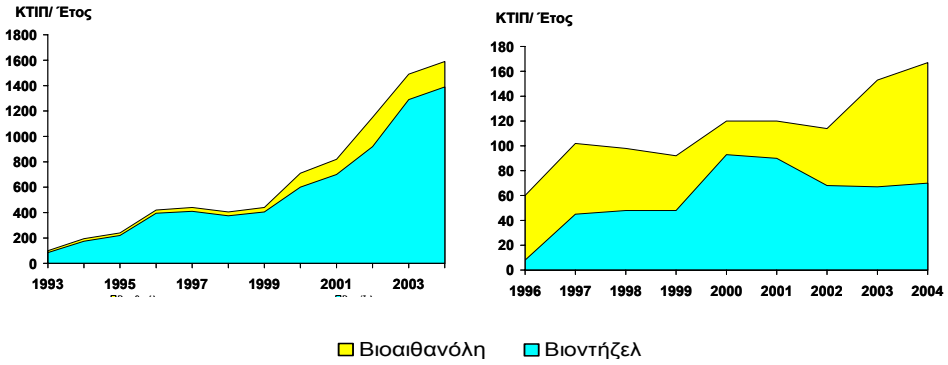


Σχήμα ΙΙ.6. ΑΠΕ-Θέρμανση ΕΕ-15 **Σχήμα ΙΙ.7.** ΑΠΕ-Θέρμανση ΕΕ-10

Πηγή: International Energy Agency, 2005 [2]

ΑΠΕ για Μεταφορές

Όπως παρατηρείται στο Σχήμα ΙΙ.8, το βιοντήζελ έχει το μεγαλύτερο μερίδιο στην παραγωγή βιοκαυσίμων στην ΕΕ-15. Κατά την τελευταία δεκαετία, η παραγωγή του βιοντήζελ αυξήθηκε περίπου κατά δέκα φορές. Η αύξηση της παραγωγής βιοαιθανόλης υπήρξε μικρότερη κατά 5 φορές, συγκρινόμενη με τις τιμές του 1993. Κυρίως η Γερμανία, η Γαλλία, η Αυστρία, η Ιταλία, η Σουηδία και η Ισπανία έχουν δώσει το ρυθμό για την ανάπτυξη στον τομέα των βιοκαυσίμων τα τελευταία χρόνια. Η εξέλιξη του τομέα βιοκαυσίμων στα ΝΚΜ από το 1996 φαίνεται στο Σχήμα ΙΙ.9. Γενικά η ανάπτυξη εδώ υπήρξε λιγότερο δυναμική απ' ότι στην ΕΕ-15. Η σημαντική αύξηση στην παραγωγή βιοαιθανόλης οφείλεται κυρίως στις εξελίξεις στην Πολωνία. Η γρήγορη παρακμή της αγοράς στη Σλοβακία που προκλήθηκε λόγω της ακύρωσης του σχεδίου μείωσης των φόρων ήταν υπεύθυνη για την πτώση στην αγορά βιοντήζελ κατά τα τελευταία τρία χρόνια.



Σχήμα ΙΙ.8. ΑΠΕ-Μεταφορές ΕΕ-15 **Σχήμα ΙΙ.9.** ΑΠΕ-Μεταφορές ΕΕ-10

Πηγή: International Energy Agency, 2005 [2]

Χαρακτηριστι-κά

Ένα σύνολο μελετών που παρέχουν μια περιεκτική επισκόπηση πάνω στις τεχνολογίες ΑΠΕ για ηλεκτροπαραγωγή είναι διαθέσιμες και ως εκ τούτου περιλαμβάνουν αναλυτικά οικονόμο – τεχνικά δεδομένα σε ό,τι αφορά στις πιο γνωστές τεχνολογίες.

Τα δεδομένα για τη βιομάζα και το βιοαέριο είναι διαθέσιμα στο “EUBIONET” [21]. Πολλά δεδομένα για τη γεωθερμική ενέργεια διατίθενται στο κοινό πρόγραμμα των “IEA” και “BMU” [22]. Για την υδροηλεκτρική ενέργεια, μια εργασία με σημαντικά δεδομένα είναι αυτή του Lorenzoni [23]. Για τα ηλιακά συστήματα πολλές τεχνολογικές πληροφορίες είναι διαθέσιμες στην εργασία των Schaffer et al [24]. Για την περίπτωση των φωτοβολταϊκών, η μελέτη του Alsema φαίνεται να είναι ιδιαίτερα σαφής [25]. Για την αιολική ενέργεια σημαντικές μελέτες, όπως αυτή της Greenpeace [26], της “BTM” [27], αλλά και μεμονωμένες εργασίες, όπως αυτή των Neij et al [28] και των Beurskens και Noord [29] δίνουν μια σαφή εικόνα για τα τεχνολογικά δεδομένα αυτού του τύπου ΑΠΕ. Τέλος, για την ενέργεια των παλιρροιακών κυμάτων καλές μελέτες όπως αυτές των Thorpe [30], “DTI/ETSU” [31] και Michael [32] είναι διαθέσιμες.

Όσον αφορά στα δεδομένα για τις δαπάνες για Έρευνα και Ανάπτυξη (E&A) των ΑΠΕ, μια αναλυτική επιθεώρηση για τις δημόσιες δαπάνες έχει υλοποιηθεί χρησιμοποιώντας στοιχεία από την “IEA” και δείχνει μια σημαντική διασπορά για τα 15 κράτη-μέλη (περιλαμβάνει όλες τις τεχνολογίες ΑΠΕ) [33].

Για τις ιδιωτικές δαπάνες, έχει διενεργηθεί μια έρευνα στο πλαίσιο των προσπαθειών στο “REDS” [34], “PNNL-Battelle” [35] και “PSI/SENSER” [36], στα οποία περιλαμβάνονται μεταξύ άλλων οι πρακτικές εκτίμησης και ανάλυσης των τάσεων στην ενεργειακή έρευνα, ανάπτυξη και επένδυση παγκοσμίως, καθώς και μια εγκάρσια αποτίμηση των πρόσφατων επενδύσεων.

Υπάρχει επίσης ένας αριθμός μελετών που κυρίως εστιάζουν στον αντίκτυπο της εφαρμογής των ΑΠΕ στην απασχόληση. Ενδεικτικά αναφέρεται μια σχετική μελέτη του Πανεπιστημίου της Καλιφόρνια [37], στην οποία αναλύονται οι οικονομικές και εργασιακές επιπτώσεις της βιομηχανίας «καθαρής» ενέργειας στην Ευρώπη και στις Ηνωμένες Πολιτείες. Η μελέτη εξετάζει τις υποθέσεις που γίνονται σε κάθε περίπτωση και αναπτύσσει ένα μοντέλο δημιουργίας θέσεων εργασίας που δείχνει τις συνέπειες των υποθέσεων αυτών στην απασχόληση υπό διαφορετικά ενεργειακά σενάρια. Επιπρόσθετα, η εκτίμηση για την απασχόληση στον τομέα της αιολικής ενέργειας μέσω της κατασκευής, της εγκατάστασης, της λειτουργίας και της συντήρησης των ανεμογεννητριών στις χώρες της ΕΕ αναλύεται στην έκθεση του δημοσιευμένου “Wind Energy - Facts” [38].

II.3.2 Τύποι Προγραμμάτων

Τα προγράμματα που είναι αυτήν την εποχή σε εφαρμογή στην Ευρωπαϊκή αγορά ανανεώσιμης ενέργειας έχουν ως τώρα στραφεί κυρίως προς την προώθηση της ανανεώσιμης ηλεκτροπαραγωγής. Αυτό συμβαίνει διότι για την ηλεκτροπαραγωγή υπάρχουν εδώ και καιρό ποσοτικοποιημένοι στόχοι για κάθε κράτος-μέλος της ΕΕ. Σε ό,τι αφορά στη θερμότητα, αναμένεται αντίστοιχη Οδηγία, ενώ για τις μεταφορές πρόσφατα αναπτύχθηκε Οδηγία που θέτει στόχους για το 2010.

Καθώς η επιλογή των προγραμμάτων δεν είχε προκαθοριστεί σε ευρωπαϊκό επίπεδο, η κάθε χώρα έχει υιοθετήσει το δικό της (μοναδικό) σύνολο προγραμμάτων υποστήριξης. Αυτό που κυρίως οδηγεί στις συγκεκριμένες επιλογές είναι συνήθως οι εθνικοί στόχοι που έχουν καθοριστεί σχετικά με την ανανεώσιμη ενέργεια. Αυτοί περιλαμβάνουν την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων, την ασφάλεια εφοδιασμού και τη δημιουργία εργασιακής υποστήριξης για τις (αναπτυσσόμενες) εθνικές βιομηχανίες ανανεώσιμης ενέργειας.

ΑΠΕ για Ηλεκτρισμό

Το πρωταρχικό πρόγραμμα για την υποστήριξη της παραγωγής ηλεκτρισμού από ανανεώσιμες πηγές παραμένει το σύστημα των σταθερών τιμών τιμολόγησης. Το σύστημα αυτό είναι γνωστό για την επιτυχία του στην εκμετάλλευση αιολικής ενέργειας, βιομάζας και ηλιακής ενέργειας στη Γερμανία, στη Δανία και στην Ισπανία μεταξύ άλλων. Τα εργαλεία αυτά χρησιμοποιούνται σε πολλά από τα κράτη της Ευρώπης των 25. Το βασικό τους πλεονέκτημα έγκειται στη μακροπρόθεσμη εξασφάλιση προμήθειας, γεγονός που μειώνει σημαντικά το ρίσκο της επένδυσης. Το κόστος κεφαλαίου για επενδύσεις ΑΠΕ που παρατηρείται σε χώρες που υπάρχουν τέτοια προγράμματα έχει αποδειχτεί ότι είναι σημαντικά μικρότερο απ' ότι σε χώρες με άλλα προγράμματα που περιλαμβάνουν υψηλότερο κίνδυνο για τη μελλοντική απόσβεση των επενδύσεων. Για παράδειγμα, τα μέσα σταθμισμένα κόστη κεφαλαίου είναι αρκετά υψηλότερα σε χώρες με εμπορεύσιμα «πράσινα» πιστοποιητικά, που βασίζονται σε εξαναγκασμένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ.

Επιπλέον, υπάρχουν δύο λόγοι για τους οποίους τα προγράμματα σταθερών τιμών τιμολόγησης μπορούν να καταλήξουν σε χαμηλό κοινωνικό κόστος. Η εφαρμογή βηματικών τιμολογίων μειώνει το πλεόνασμα του παραγωγού (περιορίζοντας τα απρόσμενα κέρδη) σε σύγκριση με ένα αναλογικό σύστημα, μειώνοντας έτσι το κοινωνικό κόστος. Ένα τιμολόγιο που μειώνεται με το χρόνο σε σχέση με την τεχνογνωσία μπορεί επίσης να μειώσει το κόστος για την κοινωνία.

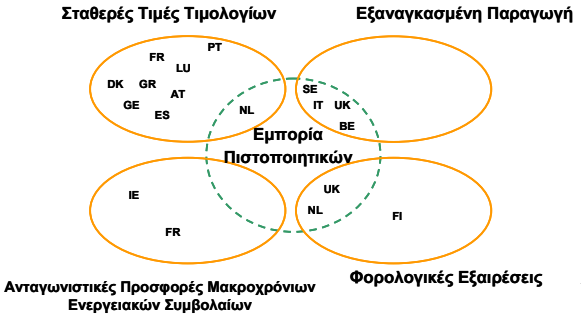
Επιπρόσθετα, τα τιμολόγια τροφοδότησης δικτύου μπορούν να σχεδιαστούν ώστε να προωθήσουν ένα ευρύ χαρτοφυλάκιο τεχνολογιών ΑΠΕ. Το χαρακτηριστικό αυτό εγγυάται την πρώιμη διάδοση στην αγορά των παρόντων – λιγότερο εξελιγμένων - τεχνολογιών, γεγονός που οδηγεί σε υψηλότερη δυναμική αποτελεσματικότητα (χαμηλότερα κοινωνικά κόστη μακροπρόθεσμα). Τα προγράμματα αυτά όμως κατηγορούνται συχνά ότι δεν υποκινούν αποτελεσματικά τον ανταγωνισμό μεταξύ των παραγωγών ΑΠΕ, ώστε να μειωθούν τα κόστη επένδυσης σε τεχνολογίες ανανεώσιμης ενέργειας. Για το λόγο αυτό, τα κόστη παραγωγής για μεμονωμένες εγκαταστάσεις μπορεί να είναι υψηλότερα απ' ότι με άλλους τύπους προγραμμάτων υποστήριξης.

Ένα σχετικά καινούριο πρόγραμμα που γίνεται ολοένα και πιο δημοφιλές τα τελευταία χρόνια είναι αυτό των ανανεώσιμων υποχρεώσεων (renewable obligations) ή αλλιώς αναλογικών υποχρεώσεων (quota obligations), στο οποίο επιβάλλονται ελάχιστα μερίδια ανανεώσιμων σε καταναλωτές, προμηθευτές ή παραγωγούς. Το πρόγραμμα αυτό συχνά συνδυάζεται με προγράμματα εμπορίας «πράσινων» πιστοποιητικών (green certificate programs), αν και κάτι τέτοιο δεν είναι απαραίτητο. Οι ανανεώσιμες υποχρεώσεις χρησιμοποιούνται σε 5 από τα 25 ευρωπαϊκά κράτη (Βέλγιο, Ιταλία, Σουηδία, Ηνωμένο Βασίλειο και Πολωνία). Τα προγράμματα ανανεώσιμων υποχρεώσεων θεωρείται ότι εναρμονίζονται περισσότερο με τις απαιτήσεις για συμμόρφωση της αγοράς και για πολιτικές ανταγωνιστικότητας που παρέχουν ένα ισχυρό κίνητρο για βραχυπρόθεσμη μείωση του κόστους των τεχνολογιών. Μέσα στα παρατηρούμενα μειονεκτήματα τέτοιων προγραμμάτων είναι το αρχικό στάδιο ανάπτυξής τους, η πολυπλοκότητα τους καθώς και ο κίνδυνος να υποστηρίζονται μόνο οι χαμηλού κόστους τεχνολογίες.

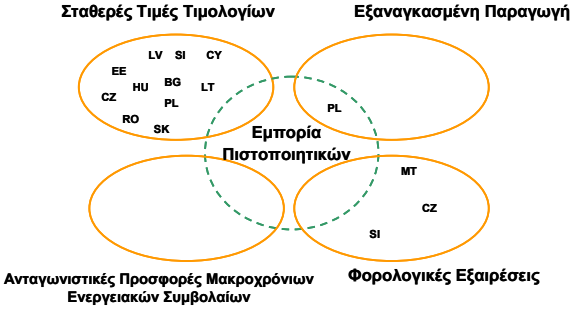
Μια τρίτη κατηγορία προγραμμάτων προώθησης ΑΠΕ είναι αυτή των φορολογικών εξαιρέσεων, όπως η φοροαπαλλαγή για μείωση CO_2 ή οι ενεργειακοί φόροι.

Αυτά είναι ελκυστικά εξαιτίας του άμεσου μηνύματος που διαβιβάζεται στους τελικούς καταναλωτές ενέργειας σχετικά με την προστιθέμενη αξία της ανανεώσιμης ενέργειας. Το μεγαλύτερο μειονέκτημά τους είναι το γεγονός ότι δεν παρέχουν μια μακροπρόθεσμη βεβαιότητα για τις επενδύσεις, αυξάνοντας έτσι τους επενδυτικούς κινδύνους για τους υπεύθυνους ανάπτυξης έργων και άλλους επενδυτές της ανανεώσιμης ενέργειας.

Μια επίσης σημαντική κατηγορία είναι τα προγράμματα *ανταγωνιστικών προσφορών μακροχρόνιων ενεργειακών συμβολαίων*, τα οποία έχουν χρησιμοποιηθεί στη Βρετανία και χρησιμοποιούνται ακόμα στην Ιρλανδία και τη Γαλλία. Στα πλεονεκτήματά του περιλαμβάνεται το γεγονός ότι τραβούν την προσοχή προς τις δυνατότητες επένδυσης σε ανανεώσιμες ενέργειες αλλά και τα ανταγωνιστικά στοιχεία που είναι ενσωματωμένα στο σχεδιασμό τους. Το ελάττωμά τους είναι ότι ο συνολικός αριθμός των έργων που έχουν τεθεί σε εφαρμογή είναι πολύ μικρός, γεγονός που έχει σαν αποτέλεσμα μια πολύ χαμηλότερη διείσδυση των ανανεώσιμων απ' αυτήν που αρχικά αναμενόταν.



Σχήμα II.10. Προγράμματα ΕΕ-15



Σχήμα II.11. Προγράμματα ΕΕ-10

Πηγή: M. Ragwitz, C. Huber, M. Voogt, W. Ruijgrok, P. Bodo, (2004) [39]

ΑΠΕ για Θέρμανση

Παρά το γεγονός ότι μία από τις κύριες χρήσεις ενέργειας στην Ευρώπη είναι η θέρμανση, οι ευρωπαϊκές πολιτικές μέχρι στιγμής παρέχουν ελάχιστα κίνητρα για την εφαρμογή ανανεώσιμων δυνατοτήτων για θέρμανση. Η ενίσχυση της ανανεώσιμης θέρμανσης στην Ευρώπη επικεντρώνεται κυρίως σε επιλεκτικές, τοπικού χαρακτήρα πολιτικές υποστήριξης. Αυτές συχνά βασίζονται σε τοπικούς πολιτικούς στόχους, οι οποίοι συνδυάζουν τη στήριξη της βιομηχανίας ή τις δυνατότητες απασχόλησης με πολιτικές προώθησης της «ανανεώσιμης θέρμανσης». Μέσα στα παραδείγματα είναι και το ευρέως γνωστό πρόγραμμα ηλιακής θέρμανσης στη Βόρεια Αυστρία και η ενίσχυση της θέρμανσης από βιομάζα στις σκανδιναβικές χώρες. Η πρώτη πανευρωπαϊκή πολιτική προώθησης διαμορφώθηκε μόλις το 2002, όταν προδιαγράφηκε η οδηγία για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων. Η οδηγία αυτή παρέχει δυνατότητες για την προώθηση επιλεγμένων τεχνολογιών ανανεώσιμης θέρμανσης, παρότι αυτές δεν περιέχουν το βασικό της στόχο. Εντούτοις, σε μια εξαιρετικά ποικιλόμορφη αγορά χρειάζονται μεγαλύτερες προσπάθειες για τη σταδιακή ανάπτυξη μιας ισχυρής ευρωπαϊκής αγοράς ανανεώσιμης θέρμανσης. Αυτές περιλαμβάνουν την προώθηση ικανών και πεπειραμένων κατασκευαστών και εισαγωγέων στην αγορά, μηχανισμούς οικονομικής υποστήριξης ώστε να κλείσει η ψαλίδα ανάμεσα στις τιμές της ανανεώσιμης θέρμανσης και της θέρμανσης με φυσικό αέριο, αύξηση του επιπέδου ενημέρωσης των χρηστών και εμπειρία αυτών που τοποθετούν τις εγκαταστάσεις.

Αν τα κράτη-μέλη επιλέξουν μια ήπια εφαρμογή της παραπάνω οδηγίας και αποφύγουν περαιτέρω πολιτικές προώθησης, τότε μεγάλες δυνατότητες για αύξηση του μεριδίου ανανεώσιμης θέρμανσης στην ευρωπαϊκή αγορά θα παραμείνουν ανεκμετάλλευτες.

ΑΠΕ για Μεταφορές

Η παραγωγή και η χρήση των βιοκαυσίμων παραμένει σε πρώιμο στάδιο ανάπτυξης στην ευρωπαϊκή αγορά, το ίδιο και η προώθηση των βιοκαυσίμων. Το 2001 η ΕΕ έδωσε μεγάλη ώθηση στη χρήση βιοκαυσίμων στις μεταφορές, συντάσσοντας την Οδηγία για την προώθηση των βιοκαυσίμων. Η Οδηγία στοχεύει στην αύξηση της συμμετοχής των βιοκαυσίμων στα συνολικά καύσιμα μεταφορών σε 2% το 2005 και σε 5,75% μέχρι το έτος 2010. Επιπλέον, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή διατύπωσε κανονισμούς που επιτρέπουν πλήρη φοροαπαλλαγή για τα βιοκαύσιμα. Αρκετές χώρες της ΕΕ εκμεταλλεύτηκαν αυτήν την ευκαιρία για να απελευθερώσουν σε μεγάλο βαθμό το βιοντήζελ και τη βιοαιθανόλη τους από ενεργειακούς φόρους, κάνοντάς τα έτσι πιο ανταγωνιστικά σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα μεταφορών. Εντυπωσιακή ανάπτυξη έχει επιτευχθεί σε συγκεκριμένες χώρες, όπως η Γερμανία, η Γαλλία, η Ισπανία και η Ιταλία, δεν υπάρχει ωστόσο ακόμα κοινή προσέγγιση στις πολιτικές προώθησης.

Οι φιλόδοξοι στόχοι που, σε ευρωπαϊκό επίπεδο, ορίζονται στην Οδηγία για την προώθηση των βιοκαυσίμων δίνουν στα κράτη-μέλη ένα ισχυρό κίνητρο για να θέσουν ενδεικτικούς στόχους, όμως ένας μεγάλος αριθμός χωρών δεν έχουν προχωρήσει στην απαιτούμενη προεργασία. Σε επίπεδο χωρών τα σχέδια φοροαπαλλαγών υπήρξαν και είναι ακόμα τα κύρια εργαλεία για την προώθηση ανανεώσιμης θερμικής ενέργειας και βιοκαυσίμων. Καινοτόμα προγράμματα υποστήριξης δεν έχουν ακόμα αναπτυχθεί. Οι φοροαπαλλαγές στα βιοκαύσιμα είναι επί του παρόντος πολύ αποτελεσματικές στο να τους προσφέρουν μια καλή θέση στην αγορά, παράλληλα με τα συμβατικά καύσιμα. Οι βασικές υποδομές παραγωγής βιοκαυσίμων έχουν τεθεί στη Γερμανία, στη Γαλλία, στην Ιταλία, στην Ισπανία, στην Πολωνία και στην Τσεχία.

Συνδυασμός Προγραμ/των

Μεμονωμένα προγράμματα προώθησης σπάνια είναι ικανά να αξιοποιήσουν μεγάλα ποσά ανανεώσιμων. Οι περισσότερες επενδύσεις σε ανανεώσιμες πηγές έχουν πραγματοποιηθεί με χρήση συνδυασμού υποστηρικτικών προγραμμάτων. Συνεπώς, η οδηγία για την παραγωγή ΑΠΕ από ηλεκτρισμό θέτει το σαφή στόχο για το συνδυασμό διαφόρων τέτοιων προγραμμάτων. Μαζί με τα τιμολόγια και τις υποχρεώσεις αγοράς (purchase obligations) που προσφέρονται από πολλά υπάρχοντα προγράμματα υποστήριξης για την παραγωγή από ΑΠΕ, οι επιχορηγήσεις κεφαλαίου (capital subsidies), η μακροπρόθεσμη πολιτική προώθησης και ο καθορισμός στόχων συνεισέφεραν όλα πολύ στη δημιουργία ενός σταθερού επενδυτικού κλίματος για επιλεγμένες τεχνολογίες σε όλες σχεδόν τις ευρωπαϊκές αγορές. Σήμερα η τάση φαίνεται να είναι η χρήση ενιαίων πολιτικών (integrated policies), για την αποτελεσματική χρήση ενέργειας. Ένα παράδειγμα είναι η Οδηγία για την ενεργειακή επίδοση των κτιρίων, στην οποία η υποστήριξη της επαρκούς κατανάλωσης ενέργειας συνδυάζεται με την προώθηση αποκεντρωμένης παραγωγής ενέργειας, κατά προτίμηση από ανανεώσιμες πηγές.

Αξιολόγηση Προγραμ/των

Μία σειρά από μελέτες είναι διαθέσιμες στη διεθνή βιβλιογραφία για τη διερεύνηση χαρακτηριστικών των προγραμμάτων υποστήριξης προώθησης των ΑΠΕ. Οι μελέτες αυτές μπορεί να είναι είτε συγκριτικές είτε περιγραφικές των αποτελεσμάτων εφαρμογής των προγραμμάτων σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο.

Συγκριτικές μελέτες έχουν καταδείξει ότι τα συστήματα επιδότησης για τροφοδότηση δικτύου (feed-in) και τα πιστοποιητικά αγοράς δεν πρέπει να θεωρούνται ανταγωνιστικές εναλλακτικές αλλά μάλλον συμπληρωματικά ρυθμιστικά προγράμματα που στόχο έχουν την υλοποίηση διαδοχικών βημάτων στον κύκλο παραγωγής ξεκινώντας από την πρώιμη τεχνολογική θεμελίωση και ανάπτυξη και προχωρώντας προς ανταγωνιστικές δομές σε ώριμες αγορές ενέργειας [40]. Σύγκριση μεταξύ των “feed-in” συστημάτων και των «πράσινων» πιστοποιητικών κάνει και ο Marc Ringel [41], στην οποία εκτιμά ότι και τα δύο συστήματα είναι ελπιδοφόρα προγράμματα για την προώθηση των ΑΠΕ. Στη μελέτη αυτή γίνεται ανάλυση της βασικής ιδέας πίσω από κάθε πρόγραμμα αλλά και των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων του κάθε συστήματος, σε σχέση με την περιβαλλοντική αποτελεσματικότητα και την οικονομική αποδοτικότητα. Γίνεται επίσης αναφορά στην ανάγκη εναρμόνισης σε ευρωπαϊκό επίπεδο των προγραμμάτων υποστήριξης. Εκτενέστερη μελέτη πάνω σ’ αυτό το θέμα έχει γίνει απ’ τον Pablo del Rio [42]. Τέλος, οι Reinhard Madlener και Sigrid Stagl υποστηρίζουν στην δική τους μελέτη [43] ότι η χρήση πολυκριτηριακής αξιολόγησης σαν μέρος του σχεδιασμού πολιτικών προώθησης ΑΠΕ καθιστά εφικτή τη διάκριση του επιπέδου προώθησης με συστηματικό και ξεκάθαρο τρόπο, ανάλογα με το κοινωνικο-οικονομικό και οικολογικό τους αντίκτυπο και την επεξήγηση των προτιμήσεων των εμπλεκομένων.

Σε επίπεδο κρατών, πλήθος μελέτες έχουν εκπονηθεί για τα προγράμματα υποστήριξης των ΑΠΕ και την αποτελεσματικότητά τους. Παραδείγματα τέτοιων μελετών είναι αυτή των Bohumira Jehlickova και Richard Morris [44] για την αποτελεσματικότητα των προγραμμάτων υποστήριξης στην Τσεχία. Αντίστοιχη μελέτη για την ανανεώσιμη θέρμανση στη Γερμανία έχει γίνει από τους Nast et al. [45], ενώ στο ρυθμιστικό πλαίσιο που εφαρμόζεται στη Γερμανία αναφέρονται και οι Jacobsson και Lauber [46]. Επισκόπηση των εργαλείων πολιτικής που εφαρμόζονται στη Γερμανία και την Ολλανδία γίνεται από τον Paolo Agnolucci σε δύο μελέτες του [47, 48], ενώ για τη Σουηδία από τον Yan Wang [49] και τον Bengt Hillring [50]. Την πολιτική της Ολλανδίας για την προώθηση των ΑΠΕ μελετά και ο Kwant [51].

Αντίστοιχα, σε ευρωπαϊκό επίπεδο υπάρχουν μελέτες που αφορούν στα προγράμματα που έχουν εφαρμοστεί για την ενθάρρυνση της παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Σ’ αυτές ανήκει η μελέτη των Harmelink et al., που προτείνει ένα πρωτόκολλο παρακολούθησης των προγραμμάτων, το οποίο κρίνει αν οι στόχοι για τη χρήση ανανεώσιμων επιτυγχάνονται [52], η μελέτη των Reiche και Bechberger που αναφέρει τα διαφορετικά προγράμματα υποστήριξης που έχουν επιλεγεί από τα κράτη-μέλη [53] και οι προβλέψεις αυτών για την πορεία των ΑΠΕ στη διευρυμένη Ευρώπη [54], καθώς και η μελέτη του Langniss [55].

Τέλος, υπάρχουν μελέτες που στόχο έχουν να εξετάσουν την αποτελεσματικότητα των προγραμμάτων υποστήριξης ΑΠΕ σε σχέση με τη ζήτηση της αγορά ηλεκτρισμού [56] καθώς και την ανάλυση της επίδρασης των προγραμμάτων υποστήριξης στο μετασχηματισμό του ενεργειακού συστήματος [57 - 59].

II.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΥΓΧΡΟΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΤΟΜΕΑ

II.4.1 Ιστορική Αναδρομή

Η αγορά ενέργειας έχει διαχωριστεί σε τρεις κυρίως περιόδους με ιδιαίτερα και έντονα χαρακτηριστικά η καθεμία [60 - 62].

Περίοδος Αφθονίας

Στα έτη της αφθονίας (μέχρι το 1974 - πρώτη πετρελαϊκή κρίση), όπου η ενέργεια ήταν ήδη ένα μείζον θέμα στην Ευρώπη. Κατά τη διάρκεια αυτή της φάσης, δόθηκε ιδιαίτερη σημασία στην ανάγκη να συσταθεί μια κοινή πολιτική και συμφωνήθηκαν μερικές μεμονωμένες πρωτοβουλίες.

Συγκεκριμένα, εκείνη την περίοδο, ο λιγνίτης είχε κυρίαρχη θέση, αφού, αποτελούσε περίπου το 70% της μεικτής εγχώριας κατανάλωσης ενέργειας. Τα προβλήματα εκείνη την περίοδο εστιάζονταν στη μειωμένη ανταγωνιστικότητά του σε σχέση με άλλες πηγές ενέργειας. Μάλιστα, η παραγωγή του ευρωπαϊκού λιγνίτη στην ΕΟΚ ήταν τρεις φορές ακριβότερη από εκείνη του αμερικάνικου και τα τιμολόγια της αμερικανικής ηλεκτρικής ενέργειας ήταν από 10% μέχρι και 30% φθηνότερα από τα αντίστοιχα στην Ευρώπη.

Σε αυτό το πλαίσιο, οι προσπάθειες στην ΕΕ σε πολιτικό επίπεδο έδιναν έμφαση στη βαθμιαία δημιουργία μιας αγοράς με τις χαμηλότερες δυνατές τιμές και την ελεύθερη μετακίνηση των εμπορευμάτων, εγγυώμενη ταυτόχρονα την ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού. Μια σειρά από σχέδια προτάθηκαν βασισμένα και στα συμφέροντα των καταναλωτών, εξαιτίας του ρόλου που παίζουν οι τιμές της ενέργειας στον καθορισμό της βιομηχανικής ανταγωνιστικότητας και του κόστους ζωής.

Παρόλα αυτά, ο στόχος σφυρηλάτησης μιας συντονισμένης και περιεκτικής κοινής πολιτικής δεν επιτεύχθηκε, με συνεπακόλουθο την αδυναμία ανεξαρτησίας του ενεργειακού εφοδιασμού μέσα από τη στήριξη του εγχώριου λιγνίτη και την προώθηση εναλλακτικών μορφών ενέργειας.

Περίοδος Έλλειψης

Με δεδομένο ότι η κυρίαρχη θέση του λιγνίτη την πρώτη φάση ήταν ήδη υπό απειλή ως αποτέλεσμα της μειωμένης ανταγωνιστικότητάς του σε σχέση με άλλες πηγές ενέργειας, η αναστροφή της κατάστασης του ενεργειακού εφοδιασμού ήταν αναμενόμενη στη δεύτερη αυτή φάση (1974-1985). Συγκεκριμένα, από το 1974 και μετά άρχισε να μειώνεται το μερίδιο του λιγνίτη, ενώ αυτό του πετρελαίου και του φυσικού αερίου άρχισε να ανέρχεται με γρήγορο ρυθμό. Η θεμελιώδης αυτή μετατόπιση εξηγεί γιατί η κρίση στις τιμές του πετρελαίου του 1973 ήταν τόσο τραυματική για την Ευρώπη. Σε αυτή την περίοδο, από την πρώτη ενεργειακή κρίση μέχρι και το 1985, οι πολιτικές κάθε χώρας προσαρμόστηκαν στις εκάστοτε ιδιαιτερότητες της ενεργειακής αγοράς.

Ουσιαστικά, η κρίση του πετρελαίου το 1973 τετραπλασίασε τις τιμές μέσα σε μία νύχτα. Ο πρώτος κλονισμός των τιμών του πετρελαίου έφερε στην επιφάνεια τις έντονες ανησυχίες εντός της Ευρώπης σχετικά με τις αποφάσεις, τόσο για τη συλλογική αντίδραση στην κρίση όσο και για τις εθνικές αντιδράσεις των κρατών μελών.

Η αρχική αντίδραση στην αύξηση των τιμών από τα κράτη μέλη ήταν αμυντική, προσπαθώντας το καθένα να προστατευτεί, κάνοντας βεβιασμένες κινήσεις για να αποστασιοποιηθεί από την αμερικανική πολιτική. Αν και αυτό μείωσε την άμεση πίεση στην τροφοδοσία της Ευρώπης, η απειλή των περαιτέρω περικοπών παρέμεινε.

Σε μια προσπάθεια αντιμετώπισης αυτής της κρίσης, μια σειρά από οδηγίες έφεραν στην επιφάνεια αρκετά σημεία που χρίζουν προσοχής:

- Αν και η Επιτροπή κατέβαλε προσπάθειες να αναπτύξει πολιτικές για να βοηθήσει τα κράτη μέλη να επιτύχουν τους στόχους τους, συμπεριλαμβανομένων των μέτρων για ενθάρρυνση της ανάπτυξη νέων πηγών ενέργειας, τα κράτη μέλη δεν μπορούσαν να συμφωνήσουν με τις πολιτικές αυτές.
- Οι οδηγίες από μόνες τους χρειάζονταν σταθερό έλεγχο για να μπορούν να συμβαδίζουν με την πραγματική επικρατούσα κατάσταση της αγοράς.
- Στη φάση αυτή, οι περιβαλλοντικοί στόχοι ήταν σχεδόν ανύπαρκτοι. Οι προσπάθειες για τη μείωση της κατανάλωσης της ενέργειας γίνονταν κυρίως στο πλαίσιο της ασφάλειας του εφοδιασμού και όχι της προστασίας του περιβάλλοντος από τη ρύπανση. Αυτό επρόκειτο να αλλάξει δραστικά στην τρίτη φάση.

Περίοδος Ισορροπίας

Τρεις παράγοντες συνέβαλαν σε μια σημαντική αλλαγή της ενεργειακής πολιτικής από τα μέσα περίπου της δεκαετίας του '80 και μετά.

Καταρχάς, η κατάσταση της αγοράς της ενέργειας είχε αλλάξει σημαντικά. Ως αποτέλεσμα των διαταραχών στις τιμές του πετρελαίου, η υφιστάμενη σύνδεση μεταξύ της αύξησης του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος (ΑΕΠ) και της αύξησης της κατανάλωσης της ενέργειας ακυρώθηκε. Μεταξύ του 1973 και του 1983, το ΑΕΠ της Ευρώπης αυξήθηκε στην πραγματικότητα κατά 18%, ενώ η συνολική κατανάλωση ενέργειας μειώθηκε κατά 6%. Ένα σημαντικό μέρος της δομικής αυτής μετατόπισης ήταν η στροφή προς εναλλακτικές μορφές ενέργειας, πέρα από το πετρέλαιο και το λιγνίτη, μέσα από την αύξηση της συμμετοχής του φυσικού αερίου, της ηλεκτρικής παραγωγής από τους πυρηνικούς σταθμούς και την έντονη πλέον προσπάθεια χρήσης των ΑΠΕ.

Δεύτερον, η ίδια η Ευρώπη άλλαζε. Μετά από μια περίοδο σχετικής στασιμότητας, η Λευκή Βίβλος του 1988: «Εσωτερική Αγορά Ενέργειας», προσδιόρισε τα σημαντικότερα εμπόδια στην επίτευξη μιας εσωτερικής αγοράς ενέργειας με στόχο τη βελτίωση της ανταγωνιστικότητας και την κατάργηση των εμποδίων που υπήρχαν στην αγορά. Η τελευταία δεκαετία ήταν επιπλέον κρίσιμη για την εξέλιξη της αγοράς ενέργειας προς την κατεύθυνση της σταδιακής απελευθέρωσής της. Η αφετηρία προς την παραπάνω κατεύθυνση έγινε το 1997, όταν η απόφαση της ΕΕ για απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας ώθησε τις αγορές ηλεκτρισμού και φυσικού αερίου σε τροχιά αναδιάρθρωσης.

Τρίτον, η φάση αυτή της ευρωπαϊκής ενεργειακής πολιτικής συνέπεσε με τη νέα ανησυχία για το περιβάλλον, η οποία περιλαμβάνει τα ζητήματα της κατανάλωσης και παραγωγής ενέργειας, τις εκπομπές των σταθμών παραγωγής ηλεκτρισμού και μεταφορών, τα προγράμματα για τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας και τη συμμετοχή στις διεθνείς πρωτοβουλίες για την κλιματική αλλαγή.

Επομένως, το κύριο χαρακτηριστικό των ετών από το 1985 και έπειτα, είναι η προσπάθεια να ισορροπηθούν τα τρία επικρατούντα μελήματα της ευρωπαϊκής πολιτικής:

- Η ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού στην Ευρώπη.
- Η δημιουργία μιας ανταγωνιστικής εσωτερικής αγοράς ενέργειας.
- Η ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που είναι αποτέλεσμα της ενεργειακής παραγωγής και της κατανάλωσης.

II.4.2 Σύγχρονες Παράμετροι

Από την παραπάνω σύντομη ιστορική αναδρομή, διαφαίνεται ότι η παγκόσμια αγοράς ενέργειας καθορίζεται και μεταβάλλεται από ένα πλήθος παραγόντων που διαφοροποιούνται ανάλογα με τη χώρα, το βαθμό βιομηχανοποίησής της και την πολιτική κατάσταση που επικρατεί. Επιπλέον, η παγκόσμια ενεργειακή αγορά πάντα μεταβαλλόταν και εξελισσόταν σύμφωνα με τις παγκόσμιες οικονομικές συγκυρίες, και τις πολιτικές διαμάχες διαφόρων χωρών.

Σε αυτό το πλαίσιο, δύο είναι οι κύριες παράμετροι που επηρέασαν όλες τις χώρες και τις αντίστοιχες ενεργειακές τους πολιτικές, οδηγώντας ουσιαστικά στη διαμόρφωση του σύγχρονου περιβάλλοντος του ενεργειακού τομέα:

- *Απελευθέρωση Αγοράς Ενέργειας:* Η πρώτη μεγάλη αλλαγή στην παγκόσμια ενεργειακή αγορά σήμερα είναι η απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας στο δυτικό κόσμο αρχικά και εν συνεχεία σε ολόκληρο σχεδόν τον πλανήτη. Η απελευθέρωση πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τους κανόνες της ελεύθερης και ανταγωνιστικής αγοράς για να αναπτυχθεί ο κλάδος της ενέργειας, να μειωθούν τα κρατικά μονοπώλια και ο προστατευτισμός, και να αυξηθούν οι επενδύσεις στον τομέα αυτόν [63, 64].
- *Κλιματική Αλλαγή:* Τις τελευταίες δύο δεκαετίες αποδείχθηκε ότι τα κατάλοιπα από τη συνεχώς αυξανόμενη χρήση των ορυκτών καυσίμων ρυπαίνουν και αλλάζουν το κλίμα της υφηλίου, αυξάνοντας τη μέση θερμοκρασία στην ατμόσφαιρα, το «φαινόμενο του θερμοκηπίου» όπως ονομάστηκε, προκαλώντας σημαντικές αλλαγές και μεταβολές στο κλίμα πολλών περιοχών του πλανήτη [65]. Σε αυτό το πλαίσιο, γίνεται μια στροφή των περισσοτέρων αναπτυγμένων κρατών προς την προστασία του περιβάλλοντος και τη διαμόρφωση πολιτικών μείωσης των αρνητικών επιδράσεων της κλιματικής αλλαγής [66].

Οι δύο αυτοί πολύ σημαντικοί παράμετροι αναλύονται παρακάτω.

Απελευθέρωση Αγοράς Ενέργειας

Η τελευταία δεκαετία ήταν μια κρίσιμη περίοδος για την εξέλιξη των ανά τον κόσμο αγορών ενέργειας. Τα κράτη μπήκαν σε τροχιά αναζήτησης επαρκούς ενεργειακού εφοδιασμού, η οποία τις οδήγησε σταδιακά στην απελευθέρωση της αγοράς. Η Πολιτεία στην απελευθερωμένη ενεργειακή αγορά παραμένει ένας σημαντικός παίκτης, ο οποίος επηρεάζει τιμές, προϊόντα και επενδύσεις. Η απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας δεν αλλάζει ουσιαστικά αυτά τα χαρακτηριστικά. Αυτό που αλλάζει είναι στην ουσία η μορφή και οι μηχανισμοί που χρησιμοποιούνται για τον επηρεασμό της αγοράς.

Αλλά, η ιδέα ότι η Πολιτεία απλά θα αποσυρθεί από το σκηνικό και θα αφήσει τις αποφάσεις στις δυνάμεις της ανταγωνιστικής αγοράς αποτελεί ψευδαίσθηση, αφού η ενέργεια αποτελεί κρίσιμο σημείο για την οικονομία και την κοινωνία.

Από την πλευρά τους οι εταιρείες παραγωγής, μεταφοράς και διανομής οι οποίες μέχρι και πολύ πρόσφατα, σε πολλές χώρες, είχαν στα χέρια τους μονοπωλιακή δύναμη, αναδιαρθρώθηκαν και σε πολλές περιπτώσεις επέτρεψαν την αποκρατικοποίησή τους και την παραχώρηση μετοχών τους σε νέες εταιρείες ηλεκτρισμού που δημιουργήθηκαν. Τέλος, οι χρήστες αποκτούν πλέον σημαντικό ρόλο στον ενεργειακό τομέα, καθώς τόσο οι βιομηχανικοί όσο και οι οικιακοί καταναλωτές έχουν τη δυνατότητα επιλογής του φορέα παροχής ενέργειας.

Συγκεκριμένα, τις προηγούμενες δύο δεκαετίες, οι ΗΠΑ άρχισαν να προωθούν σε σημαντικό βαθμό την απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας. Ανάλογη προσπάθεια είναι σε εξέλιξη και στις χώρες της ΕΕ πρακτικά από τις αρχές της τρέχουσας δεκαετίας με τη ψήφιση της οδηγίας 96/92/ΕΚ που θεσπίστηκε από την ΕΕ. Η Οδηγία αυτή θεσπίστηκε με το σκεπτικό ότι η ολοκλήρωση μιας ανταγωνιστικής αγοράς ενέργειας είναι σημαντικό βήμα προς την ολοκλήρωση της εσωτερικής αγοράς ενέργειας, καθώς και το ότι η δημιουργία της εσωτερικής αγοράς στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας αποδεικνύεται ιδιαίτερη σημαντική για να καταστεί πιο αποδοτική η παραγωγή, η μεταφορά και η διανομή ηλεκτρικής ενέργειας, με παράλληλη ενίσχυση της ασφάλειας του εφοδιασμού, της ανταγωνιστικότητας της ευρωπαϊκής οικονομίας και με σεβασμό στην προστασία του περιβάλλοντος. Η παρούσα οδηγία όριζε κοινούς κανόνες σχετικά με την παραγωγή, τη μεταφορά και τη διανομή ηλεκτρικής ενέργειας. Όριζε επίσης τους κανόνες σχετικά με την οργάνωση και λειτουργία του τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας, την πρόσβαση στην αγορά, τα κριτήρια και τις διαδικασίες που θα έπρεπε να ισχύουν για τις προσκλήσεις υποβολής προσφορών και τη χορήγηση αδειών καθώς και την εκμετάλλευση των δικτύων. Τον Ιούνιο του 2003, στο πλαίσιο της Ελληνικής Προεδρίας, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δημοσίευσε την οδηγία 2003/54/ΕΚ που τροποποιεί τις ισχύουσες διατάξεις για την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. Με βάση την εν λόγω οδηγία γίνεται επίσπευση της απελευθέρωσης της αγοράς. Από την 1^{η} Ιουλίου 2007 όλοι οι πελάτες μπορούν να αγοράζουν ηλεκτρική ενέργεια από οποιονδήποτε προμηθευτή της επιλογής τους. Επιπλέον, οφείλουν πλέον τα κράτη μέλη:

- Να επιβάλουν στις επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας υποχρεώσεις παροχής δημόσιας υπηρεσίας, οι οποίες μπορούν να αφορούν στην ασφάλεια, συμπεριλαμβανομένης της ασφάλειας εφοδιασμού, στην τακτική παροχή, στην ποιότητα και στις τιμές παροχής, καθώς και στην προστασία του περιβάλλοντος, συμπεριλαμβανομένης της ενεργειακής απόδοσης και της προστασίας του κλίματος.
- Να λαμβάνουν κατάλληλα μέτρα για την προστασία των τελικών πελατών και των ευάλωτων καταναλωτών, συμπεριλαμβανομένων μέτρων που τους βοηθούν και που συμβάλλουν στην αποφυγή της διακοπής της παροχής ενέργειας.
- Να μεριμνήσουν ώστε για όλους τους επιλέξιμους πελάτες να εφαρμοστεί σύστημα για την πρόσβαση τρίτων στα δίκτυα μεταφοράς και διανομής.

Σε αυτό το ανταγωνιστικό περιβάλλον, οι επιμέρους κανονισμοί λειτουργίας της αγοράς κάθε χώρας διαμορφώθηκαν και συνεχίζουν να διαμορφώνονται ανάλογα με τις εμπειρίες, την γεωγραφική θέση, την προϋπάρχουσα κατάσταση, τον ορυκτό και φυσικό πλούτο και την πολιτική της.

Οι σκανδιναβικές χώρες μαζί με την Μεγάλη Βρετανία, ήταν οι πρώτες ευρωπαϊκές χώρες στις οποίες επιχειρήθηκε η σταδιακή απελευθέρωση και μάλιστα με εξαιρετικά αποτελέσματα, με την Ολλανδία, την Ιταλία και τη Γερμανία να ακολουθούν [67]. Στη νέα ανταγωνιστική αγορά τρεις κολοσσοί του χώρου -η γαλλική "EDF" και οι γερμανικές "RWE" και "E.ON" – ελέγχουν περίπου το 45% της αγοράς παραγωγής ενέργειας της «Γηραιάς Ηπείρου». Οι επόμενες τρεις σε μέγεθος, η ιταλική "Enel", η σουηδική "Vattenfall" και η βελγική "Electrabel", που ελέγχουν επιπλέον 20% της αγοράς [68, 69].

Κλιματική Αλλαγή

Τις τελευταίες δεκαετίες, οι εξελίξεις στην προσπάθεια αντιμετώπισης του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής είναι ραγδαίες. Συγκεκριμένα, στις αρχές της δεκαετίας του 1980, οι διαρκώς αυξανόμενες επιστημονικές ενδείξεις για τις αρνητικές επιπτώσεις της ανθρώπινης επέμβασης στο περιβάλλον, καθώς και το αυξανόμενο ενδιαφέρον της διεθνούς κοινότητας για τα παγκόσμια περιβαλλοντικά θέματα, έφεραν το πρόβλημα της αλλαγής του κλίματος στο προσκήνιο. Η πολιτική δράση ξεκινάει το 1979 με την «Πρώτη Παγκόσμια διάσκεψη για το κλίμα» και συνεχίζεται μέχρι σήμερα.

Το πρώτο σημαντικό βήμα προς την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής θεωρείται η «Σύμβαση-Πλαίσιο» για την Κλιματική Αλλαγή των Ηνωμένων Εθνών (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC), η οποία καταρτίστηκε στις 9 Μαΐου 1992 στη Νέα Υόρκη και ετέθη προς υπογραφή τον Ιούνιο του 1992 στο Ρίο ντε Τζανέιρο στη διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη. Καθώς υπογράφηκε από το σύνολο σχεδόν των χωρών του πλανήτη απέκτησε δεσμευτική ισχύ στις 21 Μαρτίου 1994. Με τη «Σύμβαση-Πλαίσιο» των Ηνωμένων Εθνών για την κλιματική αλλαγή, τα συμβαλλόμενα μέρη αντιμετώπισαν την αλλαγή του κλίματος ως μια από τις μεγαλύτερες περιβαλλοντικές και οικονομικές προκλήσεις για την ανθρωπότητα, υπογραμμίζοντας ότι ο παγκόσμιος χαρακτήρας της αλλαγής του κλίματος επιβάλλει την ευρύτερη δυνατή συνεργασία όλων των χωρών και τη συμμετοχή τους σε μια αποτελεσματική και ενδεδειγμένη διεθνή αντιμετώπιση, σύμφωνα όμως πάντα με τις διαφοροποιημένες ευθύνες τους και τις αντίστοιχες δυνατότητές τους [70].

Για την ενδυνάμωση της «Σύμβασης-Πλαίσιο», μέσω του καθορισμού ποσοτικά προσδιορισμένων και νομικά δεσμευτικών στόχων για τα συμβαλλόμενα Μέρη, στην 3η Διάσκεψη (COP3) των Συμβαλλόμενων Μερών στο Κιότο, εγκρίθηκε το Πρωτόκολλο του Κιότο, στις 11 Δεκεμβρίου 1997. Μέσω του Πρωτοκόλλου, τα Μέρη του Παραρτήματος Ι της Σύμβασης-Πλαίσιο αφενός ποσοτικοποίησαν το στόχο τους για περιορισμό και μείωση των εκπομπών αερίων που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Συγκεκριμένα, τελικός στόχος θεωρείται η μείωση των επιπέδων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε παγκόσμια κλίμακα τουλάχιστον κατά 5% σε σχέση με τα αντίστοιχα επίπεδα του 1990 (έτος αναφοράς) κατά το χρονικό διάστημα 2008-2012. Ο στόχος για την ΕΕ συνολικά είναι μείωση της τάξης του 8%, ενώ για την Ελλάδα είναι η αύξηση της τάξης του 25%.

Αφετέρου καθορίστηκαν περιβαλλοντικά αποτελεσματικοί και ταυτόχρονα οικονομικά αποδοτικοί - και γι' αυτό «ευέλικτοι» - μηχανισμοί επίτευξης του παραπάνω στόχου. Πιο συγκεκριμένα, τα βασικά χαρακτηριστικά των οι μηχανισμοί, όπως περιγράφονται από τους Douka et al [71, 72] είναι τα ακόλουθα:

- *Προγράμματα από Κοινού (ΠΚ, Joint Implementation - JI):* Επιτρέπουν στις χώρες με δεσμεύσεις όσον αφορά στο όριο εκπομπών, να χρηματοδοτήσουν συγκεκριμένα προγράμματα μείωσης εκπομπών σε χώρες με οικονομίες σε μετάβαση και να καρπωθούν τις μονάδες που θα τους πιστωθούν για τις μειώσεις που θα επιτύχουν.
- *Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης (ΜΚΑ, Clean Development Mechanism - CDM)*: Επιτρέπει στις χώρες με δεσμεύσεις ορίων εκπομπών να χρηματοδοτήσουν συγκεκριμένα προγράμματα μείωσης εκπομπών που θα εγγυώνται διαρκή, σταθερή και μακροπρόθεσμου ορίζοντα ανάπτυξη σε αναπτυσσόμενες χώρες και να καρπωθούν τις μονάδες που θα τους πιστωθούν για τις μειώσεις που θα επιτύχουν.
- *Διαπραγμάτευση Δικαιωμάτων Εκπομπών (ΔΔΕ, Emission Trading - ET)*: Επιτρέπει στις χώρες με δεσμεύσεις ορίων εκπομπών να μεταφέρουν μέρος των επιτρεπόμενων εκπομπών από μία χώρα στην άλλη, εκπληρώνοντας ταυτόχρονα τα συνολικά επιτρεπόμενα όρια.

Από το 1997 και πέρα πολλοί είχαν αρχίσει να μιλούν για πρόωρο θάνατο του Πρωτοκόλλου, μέχρι τον Οκτώβριο του 2004, οπότε και κυρώθηκε τελικά από τη Ρωσική Δούμα. Η απροθυμία της Ρωσίας είχε καμφθεί μερικούς μήνες νωρίτερα, μετά την επιτυχή ολοκλήρωση μιας Ευρω-Ρωσικής εμπορικής διάσκεψης το Μάιο του 2004 στη Μόσχα, όπου η Ρωσία εξασφάλισε τη στήριξη της ΕΕ για την ένταξή της στον Παγκόσμιο Οργανισμό Εμπορίου (ΠΟΕ). Το Πρωτόκολλο ετέθη τελικά σε ισχύ στις 16 Φεβρουαρίου 2005, χωρίς ωστόσο να πρόκειται – στην πραγματικότητα – για την ίδια συμφωνία με αυτήν που είχε υιοθετηθεί το 1997, αφού οι ερμηνευτικές προσεγγίσεις της $6^{ης}$ και κυρίως της $7^{ης}$ Διάσκεψης των Μερών (Βόννη και Μαρακές αντίστοιχα) «μετασκεύασαν» τους περιβαλλοντικούς στόχους του, προσαρμόζοντάς τους στη νέα (γεωπολιτική, οικονομική και ενεργειακή) «τάξη πραγμάτων». Το Πρωτόκολλο του Κιότο-Μαρακές λοιπόν, έστω και καθυστερημένα, τίθεται στη διάθεση της διεθνούς κοινότητας προκειμένου να ξεκινήσει η πρώτη -με ποσοτικά κριτήρια- φάση αντιμετώπισης της ανθρωπογενούς παραμέτρου της κλιματικής αλλαγής, όπως και των οικολογικών, κοινωνικοοικονομικών και πολιτισμικών επιπτώσεών τους.

Ταυτόχρονα, με τις πρόσφατες αποφάσεις του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου (οδηγία 2003/87/ΕΚ στις 13 Οκτωβρίου 2003), και συγκεκριμένα την καθιέρωση ενός συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου εντός της ΕΕ, κάθε κράτος μέλος κατάρτισε ένα Εθνικό Σχέδιο Κατανομής Δικαιωμάτων Εκπομπών – ΕΣΚΔΕ, το οποίο προσδιορίζει τη συνολική ποσότητα δικαιωμάτων εκπομπών που σκοπεύει να διανείμει για την πρώτη τριετία εφαρμογής (2005-7). Επιπλέον, με δεδομένο και το γεγονός ότι στις 21 Απριλίου του 2004 το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο υιοθέτησε την «Linking Directive», η οποία συνδέει το Ευρωπαϊκό Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών με τους άλλους δύο ευέλικτους μηχανισμούς του Κιότο, δόθηκε η δυνατότητα σε όλα τα κράτη μέλη να καλύψουν μέχρι και το 50% του ελλείμματός τους από τους ευέλικτους μηχανισμούς ανάπτυξης και το υπόλοιπο 50% με εγχώριες δράσεις [73].

Σήμερα παρουσιάζεται ένα έλλειμμα μελέτης σχεδιασμού στρατηγικών περιορισμού των εκπομπών CO_2 και εξασφάλισης των απαραίτητων δικαιωμάτων, ώστε τα περισσότερα κράτη μέλη, μεταξύ των οποίων και η Ελλάδα, να ανταποκριθούν στις δεσμεύσεις της ΕΕ και να αποφύγουν την επιβολή κυρώσεων.

Όπως, λοιπόν, αναφέρεται και στους Douka et al [74], η αξιοποίηση των ΑΠΕ αποτελεί ένα από τα μέσα τήρησης των περιβαλλοντικών δεσμεύσεων των χωρών, καθιστώντας αμφίδρομη τη σχέση μεταξύ ενεργειακού και περιβαλλοντικού σχεδιασμού, ιδιαίτερα στην περίπτωση χωρών όπως η Ελλάδα, που χαρακτηρίζονται από το ιδιαίτερα πλούσιο δυναμικό ΑΠΕ.

Αλληλο - επιπτώσεις

Η εισαγωγή της ανταγωνιστικότητας στις ενεργειακές αγορές δύναται να έχει αρνητικές επιπτώσεις στην προστασία του περιβάλλοντος αφού οι δύο στόχοι παρουσιάζουν μία σημαντική διαφοροποίηση. Στη γενική μορφή τους, ο στόχος της ανταγωνιστικότητας προωθεί την οικονομική απόδοση ανεξάρτητα από τις επιπτώσεις που έχει η χρήση καυσίμων στο περιβάλλον ενώ η προστασία του περιβάλλοντος ενσωματώνει πολιτικές προώθησης καθαρών τεχνολογιών και πηγών ενέργειας ανεξάρτητα από το κόστος. Υπό αυτό το πλαίσιο, οι ΑΠΕ, οι οποίες είναι οι πλέον φιλικές προς το περιβάλλον ενεργειακές πηγές, μπορούν σε αρκετές περιπτώσεις, χωρίς ειδικές στρατηγικές υποστήριξης, να αποδειχθούν μη-ανταγωνιστικές σε μία πλήρως ελεύθερη αγορά. Από την άλλη πλευρά, το ενδεχόμενο οικονομικό πλεονέκτημα που μπορεί να έχουν πηγές όπως ο λιθάνθρακας ή η πυρηνική ενέργεια είναι πιθανόν να μην είναι πλέον επαρκές λόγω περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

II.4.3 Επιδράσεις

Με βάση την προηγούμενη ανάλυση, οι προκλήσεις που αντιμετωπίζονται σήμερα προς ένα σύγχρονο και αειφορικό περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα είναι ιδιαίτερα κρίσιμες και πολύπλοκες. Συγκεκριμένα, αυτές περιλαμβάνουν [75]:

- Αποδέσμευση της οικονομικής ανάπτυξης από την εξάντληση των αποθεμάτων και την παγκόσμια θέρμανση του πλανήτη.
- Διασφάλιση μακροπρόθεσμης διαθεσιμότητας των ενεργειακών πηγών.
- Ασφάλεια της ενεργειακής αλυσίδας (ατυχήματα, πολιτική σταθερότητα, διασφάλιση εισαγωγών και δημόσια ασφάλεια).
- Αυξανόμενη ζήτηση στις αναπτυσσόμενες χώρες (2000 εκατομμύρια άνθρωποι δεν έχουν ούτε τη βασική παροχή ηλεκτρισμού).

Τα παραπάνω δεδομένα οδηγούν στο ερώτημα, ποιες είναι οι πιθανές επιλογές για να αντιμετωπιστούν αυτές οι προκλήσεις; Η απάντηση σε αυτό το ερώτημα αφήνει λίγες επιλογές:

- Μείωση της ενεργειακής έντασης, μέσω της αύξησης της αποδοτικότητας της τελικής χρήσης της ενέργειας (οικιακός και βιομηχανικός τομέας, μεταφορές) και αύξηση της αποτελεσματικότητας στην παραγωγή ενέργειας.
- Αύξηση της (εγχώριας) προσφοράς, μέσα από τις ΑΠΕ και εξέταση της επιλογής πυρηνικής ενέργειας.

Η μείωση της ενεργειακής έντασης μέσω της αύξησης της αποτελεσματικότητας της τελικής χρήσης της ενέργειας, είναι ένας σημαντικός και οικονομικά συμφέρων τρόπος μείωσης των εκπομπών GHG, αλλά η ενεργειακή αποδοτικότητα από μόνη της δε μπορεί να λύσει το πρόβλημα, καθώς η δομή της κατανάλωσης ενέργειας – συμπεριλαμβανομένων θέρμανσης, ψύξης, μεταφορών και χρήσης ηλεκτρισμού – είναι αποτέλεσμα του τρόπου ζωής του πλανήτη στις σύγχρονες κοινωνίες.

Επιπλέον, το κοινό στις βιομηχανικές χώρες είναι διχασμένο επάνω στο θέμα της χρήσης της πυρηνικής ενέργειας. Γι' αυτό, το μέλλον της πυρηνικής ενέργειας είναι αβέβαιο, ιδίως στην Ευρώπη και εξαρτάται από διάφορους παράγοντες που περιλαμβάνουν:

- Τη λύση του προβλήματος διαχείρισης και αποθήκευσης των πυρηνικών αποβλήτων.
- Την οικονομική βιωσιμότητα της νέας γενιάς πυρηνικών σταθμών.
- Την ασφάλεια των αντιδραστήρων στην ανατολική Ευρώπη και ιδίως στα νεοεισελθέντα μέλη.
- Την παγκόσμια πάλη εναντίον στη διάδοση της πυρηνικής ενέργειας.

Σε αυτό το πλαίσιο, ο ρόλος των ΑΠΕ για την επίτευξη της αειφορικής ανάπτυξης είναι ο πλέον σημαντικός, με δεδομένο άλλωστε ότι συμβάλουν στην ικανοποίηση όλων των διαστάσεων της. Πιο συγκεκριμένα πέρα από τις «νέες» παραμέτρους σημαντικό στοιχείο στην περιγραφή του σύγχρονου περιβάλλοντος λειτουργίας του ενεργειακού τομέα είναι οι πολύπλευρες επιδράσεις των διαστάσεων του, όπως αυτές έχουν περιγραφεί από τους Douka et al [73].

Οικονομική διάσταση: Στον οικονομικό τομέα οι ΑΠΕ παρουσιάζουν τα εξής πλεονεκτήματα:

- Αποτελούν φθηνότερη λύση παροχής ενέργειας από ότι οι συμβατικές μορφές για ορισμένες περιοχές, ειδικότερα σε αυτές που δεν υπάρχει δίκτυο ή απαιτείται ενέργεια εκτός δικτύου για κάποιο χρονικό διάστημα.
- Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αποκέντρωση του συστήματος ενέργειας και την αποφυγή αύξησης των δικτύων.
- Η εκτεταμένη χρήση των ΑΠΕ θα μειώσει την εξάρτηση των χωρών από τα ορυκτά καύσιμα και θα αυξήσει την ασφάλεια του ενεργειακού συστήματος. Σε αυτό το πλαίσιο, η ευρωπαϊκή κοινωνία θα σταματήσει να εξαρτάται από παγκόσμιες συγκυρίες που μεταβάλλουν τις τιμές των στερεών καυσίμων και θα εδραιώσει την δικιά της οικονομικό – πολιτική σταθερότητα, με δεδομένο και το κλίμα δυσπιστίας που υπάρχει για τις πολιτικά ασταθείς περιοχές προμήθειας στερεών καυσίμων.
- Η ανάπτυξη πρωτοπόρων εταιρειών στον τομέα των ΑΠΕ με ηγετικό ρόλο στο παγκόσμιο στερέωμα, μπορούν να δώσουν ώθηση στην ευρωπαϊκή οικονομία.

Περιβαλλοντική διάσταση: Στον περιβαλλοντικό τομέα, οι ΑΠΕ παρουσιάζουν τα εξής προτερήματα:

- Δεν παράγουν εκπομπές βλαβερών ουσιών αφού χρησιμοποιούν τον αέρα τον ήλιο και τα κύματα, προστατεύοντας την ατμόσφαιρα.
- Δε συμβάλλουν στην ανάπτυξη του φαινομένου του θερμοκηπίου και της κλιματικής αλλαγής αφού δεν εκπέμπουν διοξείδιο του άνθρακα.

Κοινωνική διάσταση: Όσον αφορά την κοινωνική διάσταση οι ΑΠΕ:

- Αυξάνουν την απασχόληση. Με την ανάπτυξη της βιομηχανίας των ΑΠΕ θα δημιουργηθούν χιλιάδες θέσεις εργασίας στην παραγωγή, εγκατάσταση και συντήρηση των νέων μονάδων παραγωγής ενέργειας. Υπάρχει βέβαια και η συρρίκνωση του ανθρώπινου δυναμικού στις υπάρχουσες μορφές παραγωγής ενέργειας μειώνοντας το όφελος στην απασχόληση. Είναι δύσκολο να προβλεφτεί με απόλυτη σιγουριά το αποτέλεσμα αλλά θεωρείται ότι η εξάπλωση των ΑΠΕ θα έχει θετικό αποτέλεσμα στην ευρωπαϊκή απασχόληση.
- Στην Ευρώπη το θέμα των ΑΠΕ είναι επίκαιρο εδώ και πολύ καιρό, έχοντας δημιουργηθεί μία στροφή σε έναν πιο αειφορικό τρόπο ζωής.
- Τέλος ένα πολύ σημαντικό στοιχείο του κοινωνικού παράγοντα είναι ότι οι ΑΠΕ μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περιοχές όπου μέχρι στιγμής άλλες μορφές οικονομικής ανάπτυξης δεν μπόρεσαν να αναπτυχθούν. Παραδείγματος χάριν, οι ενεργειακές καλλιέργειες σε απομακρυσμένες περιοχές ή η χρήση φωτοβολταϊκών στις νότιες περιοχές της Ευρώπης. Η ανάπτυξη των ΑΠΕ μπορεί να πραγματοποιηθεί σε περιοχές που μέχρι πρότινος ήταν λιγότερο ελκυστικές για επενδύσεις, δημιουργώντας καινούργιες αγορές και νέες θέσεις εργασίας.

II.4.4 Επιδιώξεις

Οι επιπτώσεις της υποβάθμισης του περιβάλλοντος και της εξάντλησης των φυσικών πόρων, καθώς και η αυξανόμενη πολυπλοκότητα των ζητημάτων που συνδέονται με το περιβάλλον και την ανάπτυξη, έχουν οδηγήσει σε ένα αυξημένο ενδιαφέρον της διεθνούς κοινότητας για τα ζητήματα αυτά. Η προστασία του περιβάλλοντος και η βιώσιμη ανάπτυξη - η ανάπτυξη που πραγματοποιείται με την παράλληλη και ισότιμη προώθηση τριών πυλώνων, της οικονομίας, της κοινωνίας και του περιβάλλοντος - δεν αποτελούν πρόσφατα διαπιστωμένες αναγκαιότητες. Ο πρώτος σημαντικός σταθμός για την εδραίωση της σημασίας του περιβάλλοντος σε παγκόσμια κλίμακα ήταν η Σύνοδος του ΟΗΕ για το Περιβάλλον που πραγματοποιήθηκε το 1972 στη Στοκχόλμη. Η Σύνοδος αυτή, εκτός από την υιοθέτηση της πολιτικής Διακήρυξης και του Σχεδίου Δράσης, οδήγησε στην ίδρυση του προγράμματος του ΟΗΕ για το Περιβάλλον.

Δεκαπέντε χρόνια μετά τη Σύνοδο της Στοκχόλμης, το 1987, η Υπουργός Περιβάλλοντος της Νορβηγίας κα. Brundtland, συνέστησε την ομώνυμη ειδική Επιτροπή, προκειμένου να εξετάσει το θέμα της ανάπτυξης και των επιπτώσεων που αυτή έχει στο περιβάλλον. Η Επιτροπή Brundtland εξέδωσε μία έκθεση με τίτλο "Το κοινό μας μέλλον", στην οποία για πρώτη φορά προσδιορίστηκε η έννοια της βιώσιμης ανάπτυξης. Στην έκθεση αυτή συνδέθηκε η προστασία του περιβάλλοντος για πρώτη φορά με το θέμα της οικονομικής ανάπτυξης και κοινωνικής ευημερίας και ευμάρειας, και ξεκίνησε η εδραίωση της βιώσιμης ανάπτυξης.

Το 1992, ο ΟΗΕ πραγματοποίησε την Παγκόσμια Διάσκεψη με θέμα «Περιβάλλον και Ανάπτυξη» στο Ρίο ντε Τζανέιρο της Βραζιλίας. Η Διάσκεψη του Ρίο ήρθε να ισχυροποιήσει τις σχέσεις μεταξύ περιβάλλοντος και ανάπτυξης και να φέρει τα θέματα του περιβάλλοντος σε πρώτο πλάνο.

Τα εισήγαγε ουσιαστικά στην προβληματική της βιώσιμης ανάπτυξης, που μέχρι τότε ουσιαστικά σχετίζονταν πιο πολύ με την ισόρροπη σχέση οικονομίας και κοινωνίας. Το βασικότερο αποτέλεσμα του Ρίο αποτέλεσε η σύνταξη μίας έκθεσης, γνωστής ως «Ατζέντα 21» που αναφέρεται στις υποχρεώσεις και τους στόχους της Διεθνούς Κοινότητας για την επίτευξη μίας καλύτερης ζωής και στους στόχους της αειφορίας για τον 21ο αιώνα. Η «Ατζέντα 21» περιλαμβάνει 40 κεφάλαια που καλύπτουν όλα τα θέματα που σχετίζονται με το τρίπτυχο Οικονομία – Κοινωνία – Περιβάλλον, από την καταπολέμηση της φτώχειας έως τα θέματα αναπτυξιακής συνεργασίας και την ανάγκη για δημιουργία κατάλληλων θεσμών.

Στο Ρίο αποφασίστηκε τέλος ότι η πρόοδος στην υλοποίηση των στόχων θα εξεταζόταν ουσιαστικά 10 χρόνια αργότερα, δηλαδή το 2002, οπότε και πραγματοποιήθηκε η Παγκόσμια Διάσκεψη για τη Βιώσιμη Ανάπτυξη στο Γιοχάνεσμπουργκ της Ν. Αφρικής.

Σε αυτή τη διάσκεψη, σηματοδοτήθηκε η αρχή μίας νέας πορείας. Ανεξάρτητα από τις διαφορετικές απόψεις που επικρατούν σχετικά με το αποτέλεσμά της, η Διάσκεψη του Γιοχάνεσμπουργκ αποτέλεσε ορόσημο, αλλά και την πρώτη προσπάθεια μετά το Ρίο για τη θέσπιση συγκεκριμένων ποσοτικών και ποιοτικών στόχων για την ισόρροπη – γεωγραφικά και περιβαλλοντικά- παγκόσμια ανάπτυξη καθώς επίσης και ενός συγκεκριμένου συστήματος μέτρησης και παρακολούθησης της προόδου προς αυτήν την κατεύθυνση [76].

Η ΕΕ, μετά τη θέση που κράτησε στη Διάσκεψη του Γιοχάνεσμπουργκ, έχοντας αναλάβει ένα ρόλο πρωτοπόρου σε παγκόσμιο επίπεδο και έχοντας ασκήσει μεγάλη πίεση για την υιοθέτηση συγκεκριμένων και φιλόδοξων στόχων, καλείται πλέον αφενός να υλοποιήσει άμεσα τους στόχους που έχουν τεθεί και συγχρόνως να κινηθεί πέραν αυτών (π.χ. σε θέματα όπως η κλιματική αλλαγή), αποδεικνύοντας εμπράκτως ότι αποτελεί μία δυναμική, φιλοπεριβαλλοντική κοινότητα, ιδιαίτερα ευαισθητοποιημένη σε θέματα περιβάλλοντος και βιώσιμης ανάπτυξης. Μάλιστα, το 2001, το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο έθεσε την ευρωπαϊκή στρατηγική για την αειφορική ανάπτυξη, στην οποία τέθηκαν φιλόδοξοι στόχοι μέσα από μία ενοποιημένη πολιτική όπου οικονομικοί, κοινωνικοί και περιβαλλοντικοί στόχοι έπρεπε συγχρόνως να ικανοποιηθούν. Η βασική φιλοσοφία της Ευρωπαϊκής πολιτικής είναι η ΕΕ να γίνει η πιο ανταγωνιστική και δυναμική οικονομία του κόσμου βασισμένη στη γνώση, ικανή να διατηρήσει την οικονομική ανάπτυξη με περισσότερες και καλύτερες δουλειές και μεγαλύτερη κοινωνική συνοχή.

Η αειφορική ανάπτυξη απαιτεί παγκόσμιες λύσεις, ενισχύοντας το ρόλο της ΕΕ στο παγκόσμιο επίπεδο, για να προωθήσει διεθνή οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη, πάντα παίρνοντας υπόψη την προστασία του περιβάλλοντος. Η προσπάθεια προς ένα αειφορικό ενεργειακό σύστημα, δηλαδή ένα σύστημα με τέτοια παραγωγή, διανομή και χρήση των ενεργειακών πηγών ώστε να παρέχει δίκαιη και οικονομικά βιώσιμη ενέργεια, καθώς διασφαλίζει τον ενεργειακό εφοδιασμό και την προστασία του περιβάλλοντος, θεωρείται μία από τις βασικότερες προτεραιότητες της ΕΕ.

Η αειφορική πολιτική στο σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα διαφέρει σημαντικά στις επιδιώξεις με την ήδη υπάρχουσα πολιτική, καθώς μερικά από τα χαρακτηριστικά της είναι τα ακόλουθα [77]:

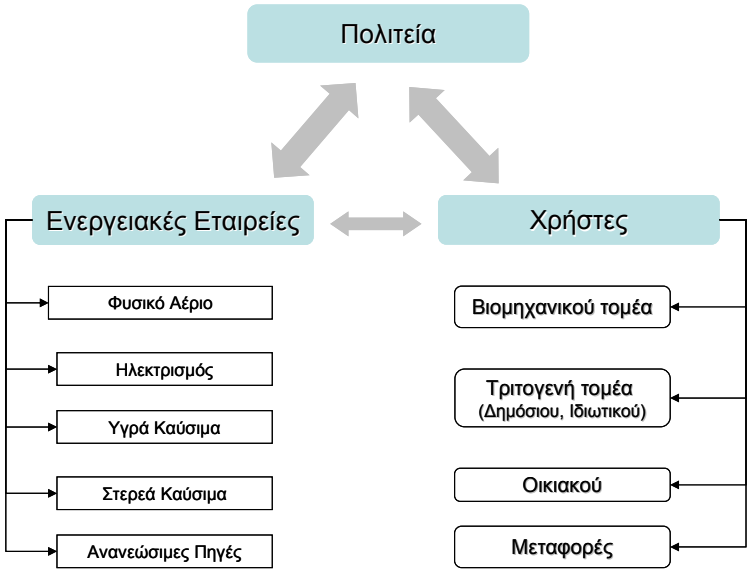
- Έμφαση στη μακροχρόνια οικονομική και περιβαλλοντική βιωσιμότητα του συστήματος. Για παράδειγμα η πυρηνική ενέργεια μπορεί να είναι φιλική προς το περιβάλλον αφού δεν εκπέμπει ρύπους αλλά λόγω των πυρηνικών αποβλήτων δημιουργεί μεγάλη οικολογική καταστροφή σε βάθος χρόνου.
- Μεγαλύτερη και ευρύτερη χρήση των ΑΠΕ.
- Ενεργειακό σύστημα βασισμένο στην ορθολογική και απαραίτητη παραγωγή ενέργειας, με πολιτική εξοικονόμησης ενέργειας και μείωσης των απωλειών.
- Κατανομή ενεργειακών υπηρεσιών.
- Συστήματα μεσαίων διαστάσεων.
- Ισορροπία κοινωνικών, περιβαλλοντικών και οικονομικών στόχων.

Στο παραπάνω πλαίσιο, οι προτάσεις προώθησης των ΑΠΕ πρέπει να συνάδουν με τις επιδιώξεις στο σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα, όπως είναι οι ακόλουθες [78]:

- Μείωση εξάρτησης από εισαγωγές (στερεών καυσίμων, πετρελαίου και φυσικού αερίου) και διαφοροποίηση εισαγόμενων καυσίμων.
- Διαφοροποίηση πρωτογενών καυσίμων.
- Διαφοροποίηση καυσίμων για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
- Στρατηγικά αποθέματα πετρελαίου.
- Μείωση ενεργειακής έντασης.
- Αποδοτικότητα ενεργειακής μετατροπής.
- Αποδοτικότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.
- Μεταρρύθμιση ενεργειακού τομέα.
- Ενίσχυση απασχολησιμότητας.
- Αύξηση επιπέδου ανταγωνισμού.
- Αύξηση επιπέδου τοπικής και περιφερειακής οικονομική ανάπτυξη.
- Μείωση της κατά κεφαλήν κατανάλωσης (ηλεκτρικής) ενέργειας.
- Αύξηση ποσοστού ΑΠΕ στην πρωτογενή παραγωγή ενέργειας και στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
- Μείωση δεικτών εντάσεως εκπεμπόμενου CO_2.
- Μείωση των αισθητικών παρεμβάσεων και της αλόγιστης χρήσης φυσικών πόρων και της εκτεταμένης χρήσης γης.

II.4.5 Εμπλεκόμενοι

Οι αποφάσεις που αφορούν στις ΑΠΕ καθορίζονται και επηρεάζονται σε διαφορετικό βαθμό από όλους τους εμπλεκόμενους – κέντρα απόφασης του ενεργειακού τομέα, στις σύγχρονες απελευθερωμένες συνθήκες. Τα τρία αυτά κέντρα απόφασης είναι η Πολιτεία, οι ενεργειακές εταιρείες και οι χρήστες, σύμφωνα με το Σχήμα II.12.



Σχήμα II.12. Κέντρα Αποφάσεων Ενεργειακού Τομέα

Αναλυτικότερα, τα βασικά επίπεδα λήψης απόφασης στο χώρο της ενέργειας είναι τρία, ως ακολούθως:

- *Πολιτεία:* Το πρώτο επίπεδο αποτελείται από την κυβέρνηση και τα αρμόδια όργανά της για τη χάραξη ενεργειακής πολιτικής. Ο ρόλος της Πολιτείας είναι η άσκηση πολιτικής (νομοθεσία, θέσπιση κατάλληλων επιδοτήσεων, φορολογικών ελαφρύνσεων κλπ.), η δημιουργία των κανόνων με βάση τους οποίους κινούνται τα υπόλοιπα κέντρα αποφάσεων, ο έλεγχος προγραμματισμού και δράσης των εποπτευόμενων οργανισμών και φορέων και η εξασφάλιση της διεθνούς συνεργασίας και εμπειρίας σε σχετικά θέματα [79].
- *Ενεργειακές Εταιρείες:* Το δεύτερο κέντρο αποφάσεων είναι οι ενεργειακές εταιρείες που περιλαμβάνουν εταιρείες παραγωγής και εμπορίας ενέργειας, οργανωμένες ανά ενεργειακή μορφή. Η οργάνωση αυτή είναι σχηματική και δεν αντιπροσωπεύει απαραίτητα την ύπαρξη κάποιου φορέα, που συντονίζει τις προμήθειες των παραγωγών μιας συγκεκριμένης ενεργειακής μορφής αλλά διευκολύνει την τυποποίηση της δομής, που υιοθετείται κατά τη διαμόρφωση του προβλήματος. Τα τελευταία χρόνια οι νέοι παράμετροι του περιβάλλοντος λειτουργίας του ενεργειακού τομέα προώθησαν ακόμα περισσότερο την έννοια της σύγχρονης εταιρείας στο χώρο της ενέργειας, περιλαμβάνοντας πέρα από τους παραδοσιακούς παραγωγούς, ανεξάρτητους παραγωγούς και εταιρείες παροχής ενεργειακών υπηρεσιών [80, 81].

- *Χρήστες:* Με τον όρο χρήστες εννοούνται όλοι όσοι δέχονται τις αποφάσεις της Πολιτείας και επιλέγουν τις «υπηρεσίες» των ενεργειακών εταιριών, και μπορούν ενδεικτικά να διαχωριστούν σε τέσσερις κατηγορίες: τους βιομηχανικούς καταναλωτές, τους καταναλωτές του τριτογενή τομέα, τους οικιακούς καταναλωτές και τους καταναλωτές του τομέα των μεταφορών. Σε αυτό το σημείο, πρέπει να τονισθεί ότι στις σύγχρονες κοινωνίες των πολιτών, πέρα από τις παραδοσιακές κοινωνικές ομάδες (π.χ. σύλλογοι προσωπικού των επιχειρήσεων, κάτοικοι μιας περιοχής όπου κατασκευάζεται ένα σχετικό έργο κλπ.) υπάρχουν πλέον και άλλα σχήματα όπως Μη Κυβερνητικοί Οργανισμοί (ΜΚΟ) και άλλοι περιβαλλοντικοί σύλλογοι, οι οποίοι συχνά απαιτούν μια υψηλή αποτελεσματικότητα των εργαλείων της περιβαλλοντικής πολιτικής, ενώ σε πολλές περιπτώσεις τείνουν να μην λαμβάνουν υπ' όψιν τους το κόστος των συγκεκριμένων μέτρων που πρέπει να επωμιστούν ορισμένοι εμπλεκόμενοι της αγοράς, όπως οι συμβατικοί παραγωγοί ενέργειας. Η παρέμβαση όλων των παραπάνω χρηστών στη διαδικασία λήψης απόφασης είναι είτε έμμεση προς την Πολιτεία και πραγματοποιείται μέσω των πιέσεων που εκφράζουν τη δυσαρέσκεια ή ευαρέσκεια τους είτε άμεση σε ότι αφορά στην επιλογή των προσφερόμενων υπηρεσιών των ενεργειακών εταιριών [79].

Συνεπαγόμενα, βασική προϋπόθεση για την αποτελεσματική προώθηση των ΑΠΕ στις νέες απελευθερωμένες συνθήκες, είναι η διερεύνηση των αλληλεπιδράσεων και των βασικών επιδιώξεων όλων των κέντρων αποφάσεων.

- *Πολιτεία:* Η βασική επιδίωξη του πρώτου επιπέδου μελέτης είναι η αποτελεσματικότερη χάραξη ενεργειακής πολιτικής με βάση τα νέα διεθνή δεδομένα της απελευθέρωσης της αγοράς ενέργειας και των περιβαλλοντικών δεδομένων που δημιουργούν την κλιματική αλλαγή. Ουσιαστικά, η ενεργειακή πολιτική πρέπει να ακολουθεί τους κανόνες της σύγχρονης αγοράς έτσι ώστε να δίνει κίνητρα για επενδύσεις, να δημιουργεί ένα σύγχρονο ανταγωνιστικό περιβάλλον ώστε να αυξηθεί η παραγωγικότητα των μονάδων, αλλά και να προστατεύσει τον τελικό καταναλωτή από ανεπάρκεια εφοδιασμού ή κακής ποιότητας υπηρεσίες, λαμβάνοντας πάντα υπόψη την προστασία του περιβάλλοντος καθώς επίσης και την ενεργειακή εξάρτηση της χώρας. Ο ρόλος της Πολιτείας είναι περισσότερο νομοθετικός, δηλαδή καθορίζει τους κανόνες και τις συνθήκες λειτουργίας της αγοράς που θα οδηγήσουν όλους τους παίκτες σε δράσεις για να παράγουν ένα συνολικό αποτέλεσμα, που θα ικανοποιήσει τους στόχους της ενεργειακής πολιτικής [82].
- *Ενεργειακές Εταιρείες:* Η απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας αλλάζει ριζικά τη δομή και την πολιτική των εταιρειών που ασχολούνται με την παραγωγή ενέργειας. Το μονοπώλιο κρατικών επιχειρήσεων καταρρίπτεται και νέες επιχειρήσεις κάνουν την εμφάνιση τους διεκδικώντας μερίδιο της αγοράς. Με το χρηματιστήριο ενέργειας, όλοι οι παραγωγοί ενέργειας θα πρέπει να ακολουθούν τον κανόνα ότι ένα ποσοστό της ημερήσιας κατανάλωσης ηλεκτρισμού προέρχεται από ΑΠΕ και το υπόλοιπο καλύπτεται από τους παραγωγούς με τις χαμηλότερες τιμές. Σαν αποτέλεσμα οι εταιρείες θα πρέπει να μειώσουν τα λειτουργικά τους κόστη, να γίνουν πιο παραγωγικές, επενδύοντας σε νέες πιο αποτελεσματικές μεθόδους ή να βελτιώσουν τις ήδη υπάρχουσες. Θα δημιουργηθούν μεγαλύτερα σχήματα με συγχώνευση εταιρειών ή εξαγορές από το εξωτερικό, έτσι ώστε να γίνουν πιο ανταγωνιστικές και πιο ευέλικτες οι εταιρείες.

Από παραδείγματα άλλων χωρών της ΕΕ, έχει παρουσιαστεί μία αύξηση των επενδύσεων στην ενέργεια, καθώς επίσης και στην εκμετάλλευση καινούργιων πηγών που δεν ήταν συμφέρουσες οικονομικά μέχρι τώρα (π.χ. βιομάζα, γεωθερμία). Βασικά χαρακτηριστικά της απελευθερωμένης αγοράς, όπως αναφέρονται και από τους Douka et al [83, 84] είναι η μεγαλύτερη δυνατότητα για αύξηση της παραγωγής, αφού η γνώση της προσφοράς και της ζήτησης θα δικαιολογούν τις επενδύσεις και ότι η τιμολόγηση της ηλεκτρικής μονάδας είναι άμεσα εξαρτημένη από το κόστος πιέζοντας για περαιτέρω μείωση του, με κερδισμένο τον τελικό καταναλωτή.

- *Χρήστες:* Οι τελικοί καταναλωτές έχουν μια σειρά πλεονεκτήματα από την απελευθέρωση των αγορών ενέργειας. Καταρχήν υπάρχει μία ποικιλία επιλογών από παραγωγούς και διανεμητές ενέργειας, όπου ο χρήστης μπορεί να διαλέξει σύμφωνα με τα δικά του κριτήρια όπως τιμή, εξυπηρέτηση ή ακόμα πόσο «πράσινη» είναι η ενέργεια. Σε μερικές περιπτώσεις οι χρήστες θα μπορούν να κατασκευάσουν μονάδες παραγωγής για ιδία χρήση π.χ. εργοστάσια με τη χρήση βιομάζας καθώς επίσης και οικιακοί καταναλωτές να προτιμήσουν πιο καθαρές μορφές για τη χρήση στα σπίτια τους – φωτοβολταϊκά συστήματα και γεωθερμία - μειώνοντας το τελικό κόστος μακροπρόθεσμα. Επιπρόσθετα, ο τελικός χρήστης θα αποκτήσει μία πιο άμεση επαφή με το προϊόν που λέγεται ενέργεια αφού θα μπορεί ο ίδιος να ασκεί επιρροή, με αποτέλεσμα να ευαισθητοποιηθεί και να ενδιαφέρεται για την ορθολογική χρήση της [85, 86].

II.4.6 Ο Σύγχρονος Ρόλος της Πολιτείας

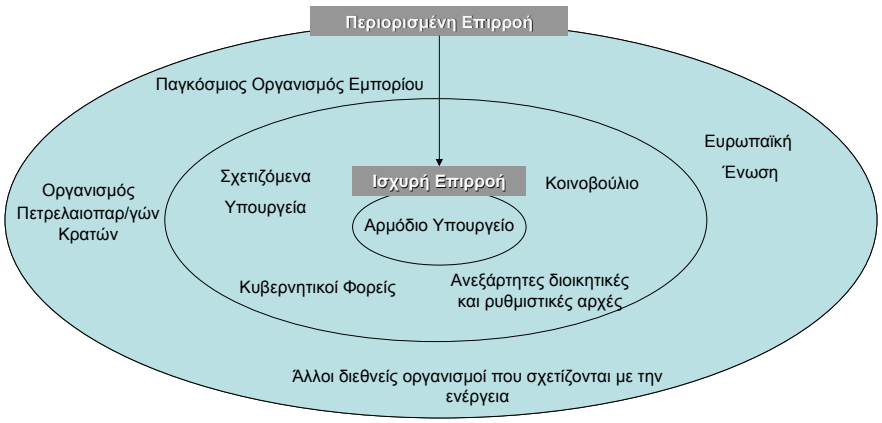
Η Πολιτεία παραδοσιακά προσδιορίζεται από την κυβέρνηση με τη βουλευτική της ιδιότητα και το όργανο της κυβέρνησης που ασχολείται με τον ενεργειακό σχεδιασμό π.χ. το Υπουργείο Ανάπτυξης. Σήμερα όμως, οι επιδιώξεις που πρέπει να ικανοποιηθούν στο πλαίσιο της αειφορίας είναι πολυδιάστατοι:

- Κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της χώρας με το μικρότερο κόστος.
- Παροχή υψηλής ποιότητας ενεργειακών υπηρεσιών.
- Ασφάλεια και αξιοπιστία στην τροφοδοσία των καταναλωτών.
- Ευελιξία σε νέες διασυνδέσεις.
- Ενεργειακή ανεξαρτησία.
- Ασφάλεια προμήθειας ενέργειας από το εξωτερικό.
- Αξιοποίηση των εγχώριων ΑΠΕ.
- Κοινωνική ισορροπία και περιφερειακή ανάπτυξη.
- Ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντολογικών επιπτώσεων – Τήρηση του πρωτοκόλλου του Κιότο.

Σε αυτό το πλαίσιο, στο σύγχρονο περιβάλλον της απελευθερωμένης ενεργειακής αγοράς, η Πολιτεία πρέπει να λάβει υπόψη της όλους τους παράγοντες που επηρεάζουν την ενεργειακή πολιτική, όπως ο ρυθμός αύξησης της ζήτησης ενέργειας, η διεθνής τιμή του πετρελαίου, τα εγχώρια αποθέματα λιγνίτη, το ενεργειακό δυναμικό της χώρας και την τεχνολογική εξοικείωση και ενημέρωση των εμπλεκομένων για τις προτάσεις της.

Συνεπαγόμενα, η λήψη αποφάσεων από την Πολιτεία για θέματα ενεργειακού σχεδιασμού δεν είναι μονοσήμαντη, όπως αυτό φαίνεται ενδεικτικά και από το ακόλουθο Σχήμα ΙΙ.13. Στην πραγματικότητα, οι αντικειμενικοί στόχοι και οι απαιτήσεις που αφορούν στην εφαρμογή των προτάσεων ενεργειακής πολιτικής μπορεί να διαφέρουν στο πλαίσιο του ευρύτερου πολιτικού τομέα [87]. Ουσιαστικά, σε αυτό το σχήμα απεικονίζονται όλοι οι συν-διαμορφωτές στην ανάπτυξη προτάσεων ενεργειακής πολιτικής και διαφαίνεται η επιρροή του καθ' ενός στη διαμόρφωση της τελικής απόφασης. Αναλυτικότερα, και με σειρά ισχύος επιρροής, οι συν-διαμορφωτές του ευρύτερου ενεργειακού – πολιτικού τομέα είναι οι ακόλουθοι, σε μορφή ομόκεντρων κύκλων:

- Στον κεντρικό πυρήνα βρίσκεται το αρμόδιο Υπουργείο που εκφράζει την κυβερνητική πολιτική στον τομέα της ενέργειας. Βασικός του στόχος είναι η κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της χώρας με το μικρότερο κόστος.
- Το Υπουργείο αυτό συνεργάζεται με τα συσχετιζόμενα Υπουργεία και με το υπερκείμενό του συλλογικό κυβερνητικό όργανο (Κυβέρνηση), που ενώ ουσιαστικά βρίσκονται εκτός ενεργειακού συστήματος, συμμετέχουν σημαντικά στη διαδικασία λήψης απόφασης επιβάλλοντας γενικότερους στόχους πολιτικής ώστε να κατατάσσονται στο δεύτερο ιεραρχικό επίπεδο. Όλοι αυτοί οι εθνικοί αποφασίζοντες πολιτικής, συχνά πρέπει να συμβιβαστούν μεταξύ των διαφορετικών πολιτικών αντικειμενικών στόχων, οικονομικών περιβαλλοντολογικών κ.α. Στο δεύτερο αυτό κύκλο επίσης βρίσκονται ανεξάρτητες διοικητικές και ρυθμιστικές αρχές, όπως και διάφοροι κυβερνητικοί φορείς με συμβουλευτικό κυρίως ρόλο.
- Στον τρίτο κύκλο βρίσκονται οι διεθνείς αποφασίζοντες πολιτικής, όπως για παράδειγμα η Ευρωπαϊκής Επιτροπή που καθορίζει την πανευρωπαϊκή πολιτική και άλλοι διεθνείς οργανισμοί που σχετίζονται με την ενέργεια ασκώντας μικρότερη επιρροή στην Πολιτεία όπως ο Παγκόσμιος Οργανισμός Εμπορίου κ.α. Οι αποφασίζοντες αυτοί μπορεί να θέσουν διαφορετικές προτεραιότητες, οπότε και επιμέρους διαμάχες μεταξύ των εμπλεκομένων διαμόρφωσης πολιτικής μπορεί να προκύψουν. Ενώ η μια ομάδα θα εστιάζεται κυρίως σε συγκεκριμένες ανάγκες της χώρας της, η άλλη ίσως απαιτήσει μια ομογενή και σταθερή προσέγγιση σ' όλες τις χώρες και ιδιαιτέρως μια υψηλή συμβατότητα των εθνικών μέτρων με το διεθνές εμπόριο και τους νόμους ανταγωνισμού [86].



Σχήμα ΙΙ.13. Συν-διαμορφωτές Ενεργειακής Πολιτικής

Στο παραπάνω πλαίσιο οι κανόνες, που πρέπει να περιλαμβάνει ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο της ενεργειακής πολιτικής, πρέπει να [88]:

- Είναι δίκαιοι και απόλυτα διαφανείς.
- Είναι διαφωτιστικοί ή απαγορευτικοί. Διαφωτιστικοί όταν παρουσιάζουν την πορεία για την εξεύρεση μίας λύσης και απαγορευτικοί όταν σταματούν τους εμπλεκόμενους να βρουν λύσεις οι οποίες δεν είναι εναρμονισμένες με το γενικότερο πλαίσιο.
- Δημιουργούν το αίσθημα της μακροχρόνιας ασφάλειας στους εμπλεκόμενους ότι η Πολιτεία επιθυμεί την ανάπτυξη περιβαλλοντικά φιλικών τεχνολογικών όπως οι ΑΠΕ, έτσι ώστε να επενδύσουν στις τεχνολογίες αυτές.
- Έχουν ως πρωταρχική βάση την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της χώρας με το μικρότερο κόστος, την παροχή υψηλής ποιότητας ενεργειακών υπηρεσιών καθώς επίσης και την ασφάλεια και αξιοπιστία στην τροφοδοσία των καταναλωτών.
- Περιλαμβάνουν τους κανόνες της ελεύθερης αγοράς, της προσφοράς και της ζήτησης, έτσι ώστε να αναπτυχθεί μία υγιής δυναμική αγορά της ενέργειας, να αυξηθεί ο ανταγωνισμός και οι επενδύσεις και να επωφεληθεί ο τελικός χρήστης μέσω μείωσης της τιμής και καλύτερων υπηρεσιών.

Με βάση τα παραπάνω, άμεση είναι η ανάγκη διερεύνησης του όρου της «πολιτικής» και του «πλαισίου πολιτικής» στο σύγχρονο περιβάλλον του ενεργειακού τομέα, ώστε να καθίσταται εφικτή τελικά η αποτύπωση του με τρόπο ρεαλιστικό και σαφή.

II.4.7 Αποτύπωση Σύγχρονου Περιβάλλοντος

Γενικά ως « Πολιτική» ορίζεται μια διαδικασία για την επίτευξη ορισμένων στόχων. Η σύγχρονη πολιτική θεωρείται πιο αποτελεσματική αφού χρησιμοποιεί καινούρια εργαλεία με πολύ καλύτερη απόδοση, θεωρείται πολύ πιο περιεκτική αφού συμπεριλαμβάνει πολύ μεγαλύτερο πλήθος παραγόντων και εμπλεκομένων και πολύ συγκροτημένη αφού έχει αρχή και συγκεκριμένους στόχους.

Η αρχή του «πλαισίου πολιτικής» είναι μία θεωρητική αρχή, η οποία βοηθάει στην ανάλυση της αλλαγής στην πολιτική για να επιτευχθούν συγκεκριμένοι στόχοι. Η συγκεκριμένη διαδικασία περιγράφεται στο “Political Modernisation and Policy Arrangements: A Framework for Modernisation in Environmental Policy” [89], το οποίο αναφέρεται στον τρόπο με τον οποίο συγκροτείται ένα σύγχρονο πλαίσιο πολιτικής, όσον αφορά στο περιεχόμενό του (τα προγράμματα και τα τυχόν εμπόδια) καθώς και στις διαστάσεις του (παράγοντες, διενέξεις, ισχύς, και νόμοι) [90]. Οι βασικές διαστάσεις του πλαισίου πολιτικής αναλύονται παρακάτω:

- *Παράγοντες, συγκρούσεις ισχύς και επιρροή:* Οι παράγοντες είναι οργανισμοί ή θεσμοί, οι οποίοι διενεργούν σε ένα συγκεκριμένο τομέα στρατηγικών αρχών, όπως για παράδειγμα η προώθηση του «πράσινου ηλεκτρισμού». Η ισχύς και η επιρροή που ελέγχεται από τους παράγοντες καθορίζεται από τη μεταξύ τους σχέση, και πιο συγκεκριμένα από την διάθεση των πηγών μεταξύ των παραγόντων και από την εξάρτησή τους. Με τον όρο «πηγές», νοούνται, τα οικονομικά μέσα, η γνώση, η πρόσβαση τους στα μέσα, κλπ.

Η διάθεση των πηγών είναι ενδεικτική για την επιρροή που έχουν οι παράγοντες σε ποικίλα στάδια της πολιτικής διαδικασίας.

- *Κανόνες:* Οι κανόνες παρέχουν ένα πλαίσιο για τις πολιτικές αρχές και δράσεις και καθορίζουν ποιες συμπεριφορές είναι νόμιμες. Γίνεται μάλιστα συχνά ένας διαχωρισμός ανάμεσα σε επίσημους και ανεπίσημους κανόνες. Οι επίσημοι κανόνες είναι οι νόμοι στους οποίους οι παράγοντες έχουν επίσημα συμφωνήσει, ενώ οι ανεπίσημοι κανόνες αντικατοπτρίζουν την κυρίαρχη πολιτική νοοτροπία.
- *Πολιτική Διαπραγμάτευση:* Για να υπογραμμίσουν ζητήματα πολιτικής και να συμβάλουν στην επίλυση πολιτικών προβλημάτων, οι παράγοντες καταφεύγουν στις πολιτικές συνδιαλέξεις. Μια πολιτική συνδιάλεξη καθορίζεται σαν «ένα συγκεκριμένο δείγμα ιδεών, αρχών και κατηγοριοποιήσεων το οποίο αναπαράγεται και μεταφέρεται σε μία συγκεκριμένη ομάδα πρακτικών, μέσω των οποίων εξηγούνται διάφορες φυσικές και κοινωνικές πραγματικότητες». Μία πολιτική συνδιάλεξη δημιουργεί το περιεχόμενο των πολιτικών ανάλογα με τις συμπεριφορές, τις αξίες και με συγκεκριμένα περιεχόμενα πολιτικών νόμων και μέτρων.

Με βάση τα παραπάνω, η διαμόρφωση σύγχρονου πλαισίου πολιτικής πρέπει να λάβει υπόψη της μία σειρά από στοιχεία, όπως τους εμπλεκόμενους και τις μεταξύ τους σχέσεις, τους κανόνες και τα διαθέσιμα εργαλεία της Πολιτείας για την επίτευξη των αντικειμενικών στόχων. Επιπλέον, καθίσταται σαφές ότι οι εσωτερικές αντιπαραθέσεις και οι συγκρούσεις αποτελούν την κινητήρια δύναμη και τη μορφή που διαμορφώνεται η ανάπτυξη [91]. Ουσιαστικά, το σημείο κλειδί είναι η σταθεροποίηση όλων των εμπλεκομένων γύρω από έναν κοινό στόχο, σύμφωνα πάντα με τους κανόνες του παιχνιδιού.

Ο Engestrom [92], παρουσιάζει τη δομή της Θεωρίας Δραστηριότητας συμπεριλαμβάνοντας τους κανόνες (rules), τους εμπλεκόμενους και την κοινωνία (community), δίνοντας μία πιο ολοκληρωμένη μεθοδολογία για την απεικόνιση συστημάτων. Το βασικό στοιχείο είναι η συνεχής αλλαγή όλων των στοιχείων στο πλαίσιο και η αλληλεξάρτηση μεταξύ τους, αφού οποιαδήποτε μεταβολή επηρεάζει όλα τα υπόλοιπα καθώς επίσης και το τελικό αποτέλεσμα.

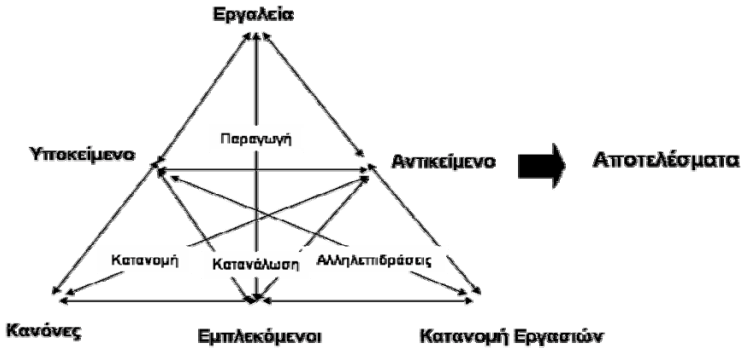
Βασική κινητήρια δύναμη της θεωρίας είναι η δραστηριότητα που πρέπει να πραγματοποιηθεί για την επίτευξη του τελικού στόχου. Μέσα σε αυτήν τη δραστηριότητα υπάρχει ένα πλήθος πράξεων που πετυχαίνουν μικρότερους στόχους. Με το πέρας κάθε πράξης, η διαδικασία εξετάζεται για την επιτυχία ή όχι επίτευξης του στόχου. Η Θεωρία Δραστηριότητας αναφέρεται στην αλληλεπίδραση όλων των στοιχείων του προβλήματος που επηρεάζονται για την επίτευξη ενός στόχου, τη συνεχή και δυναμική αλλαγή των παραμέτρων σύμφωνα με τα αποτελέσματα και τη συνεχή αξιολόγησή τους.

Σύμφωνα με τη Θεωρία Δραστηριότητας, τα βασικά στοιχεία της παρουσιάζονται παρακάτω [93]:

- *Υποκείμενο:* Σαν οντότητα μπορεί να είναι ένας άνθρωπος, ένας οργανισμός ή μία ευρύτερη έννοια, όπως η Πολιτεία, το οποίο σταδιακά καταλαμβάνει και χρησιμοποιεί κάποια εργαλεία για να ικανοποιήσει τις ανάγκες του, να επιτύχει το σκοπό του μέσω του επηρεασμού του αντικειμένου.

- *Εργαλεία:* Ορίζονται όλα τα μέσα που μπορεί να χρησιμοποιήσει το υποκείμενο για να επηρεάσει το αντικείμενο. Τα συμπαγή εργαλεία (concrete tools) υπάρχουν σα φυσικές οντότητες, και τα αφηρημένα εργαλεία (abstract tools) αναφέρονται στον τρόπο που χρησιμοποιήθηκαν τα συμπαγή εργαλεία.
- *Αντικείμενο:* Είναι ο στόχος της Θεωρίας Δραστηριότητας, όπου το Υποκείμενο προσπαθεί να το επηρεάσει ή να το επιτύχει χρησιμοποιώντας συγκεκριμένα εργαλεία. Συνήθως στην αρχή της ικανοποίησης μίας ανάγκης, το αντικείμενο μπορεί να είναι ένα ερέθισμα, μία προτροπή που κινητοποιεί το υποκείμενο να ψάξει για διάφορα εργαλεία για την εξεύρεση λύσης στην ανάγκη.
- *Κανόνες:* Μπορεί να είναι κοινωνικοί, εθνικοί, προδιαγραφές, πολιτικές και στρατηγικές κυβερνήσεων, μέχρι και οι εσωτερικές αξίες και ιδεώδη του καθενός που μπορούν να επηρεάσουν το Αντικείμενο.
- *Εμπλεκόμενοι:* Είναι το άμεσο περιβάλλον όπου όλα τα εργαλεία χρησιμοποιούνται από το Υποκείμενο, συμπεριλαμβανομένου και του ίδιου του Αντικειμένου για την επίτευξη του στόχου.
- *Κατανομή Εργασιών:* Περιγράφει τις ενέργειες και τους ρόλους των εμπλεκομένων ώστε να καταφέρουν να επηρεάσουν το αντικείμενο. Μπορούν να έχουν διαφορετικές αντιλήψεις και απόψεις για τις ανάγκες του αντικειμένου, πολλές φορές αντιφατικές, δημιουργώντας μία πολυφωνία και ένα ετερογενές μείγμα, αποτελώντας ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά της Θεωρίας Δραστηριότητας.

Η βασική λογική της Θεωρίας Δραστηριότητας απεικονίζεται στο ακόλουθο Σχήμα II.14.



Σχήμα II.14. Θεωρία Δραστηριότητας

Πηγή: Engeström Y. (1987) [92]

Σύμφωνα με τη Θεωρία Δραστηριότητας, οποιαδήποτε πράξη δεν υπάρχει μόνη της στο χώρο, αλλά αλληλεπιδρά με τις άλλες πράξεις. Δέχεται κανόνες και χρησιμοποιεί εργαλεία από κάποιο σύστημα δραστηριότητας για να παράγει αποτέλεσμα για κάποιο άλλο σύστημα δραστηριότητας. Αυτές οι εξωτερικές πράξεις που διεισδύουν στο σύστημα δραστηριότητας, απορροφούνται από το σύστημα και κατόπιν μεταβάλλονται σε εσωτερικούς παράγοντες προκαλώντας μία πρόσκαιρη ανισορροπία και μία αναδιαμόρφωση στους ήδη υπάρχοντες παράγοντες.

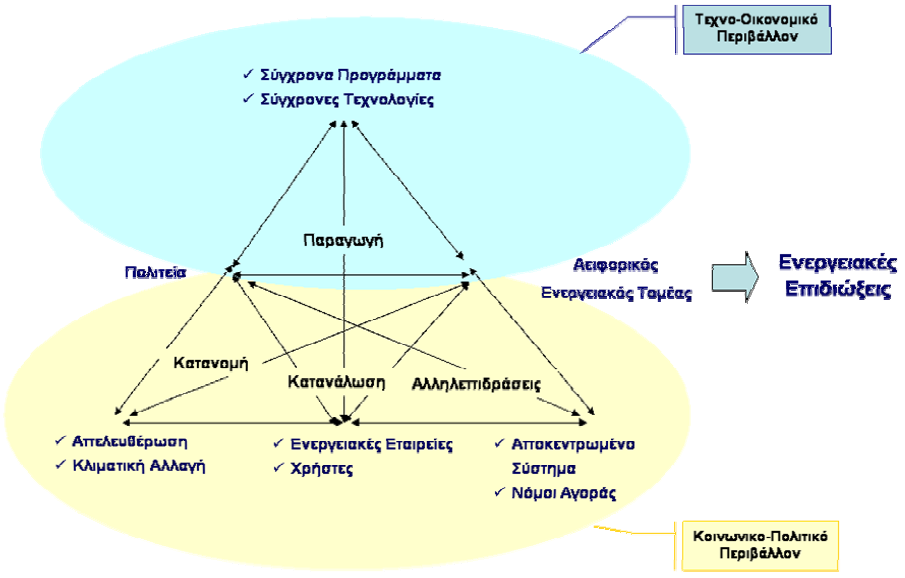
Το σύστημα της Θεωρίας Δραστηριότητας λειτουργεί πάντα με την αντιλογία και την αντίκρουση των παραγόντων, έτσι ώστε συνέχεια να εξελίσσεται και να μεταβάλλεται σύμφωνα με τις εξωτερικές συνθήκες και να περιγράφεται σαν μία εικονική δυναμική μηχανή νεωτερισμού.

Καθίσταται λοιπόν σαφές ότι η Θεωρία Δραστηριότητας αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο συστηματικών προσεγγίσεων για μεγάλο εύρος εφαρμογών. Ενδεικτικά αναφέρεται η χρήση της για σχεδιασμό πληροφοριακών συστημάτων, προϊόντων καθώς και για την υποστήριξη της διοικητικής οργάνωσης τόσο επιχειρήσεων και οργανισμών όσο και ολόκληρων τομέων της οικονομίας, όπως της υγείας και της εκπαίδευσης [94 - 98].

Με δεδομένο λοιπόν τον έντονα δυναμικό χαρακτήρα του ενεργειακού τομέα και τον επηρεασμό του από ένα πλήθος παραγόντων και εμπλεκομένων που μεταβάλλονται με το χρόνο, η Θεωρία Δραστηριότητας μπορεί να αποτελέσει ένα εργαλείο απεικόνισης του σύγχρονου περιβάλλοντος του ενεργειακού τομέα.

Σε αυτό το πλαίσιο, η αποτύπωση του σύγχρονου περιβάλλοντος λειτουργίας του ενεργειακού τομέα με βάση τη Θεωρία Δραστηριότητας είναι η ακόλουθη, όπως φαίνεται και στο ακόλουθο Σχήμα II.15.

- *Υποκείμενο:* Πολιτεία.
- *Αντικείμενο:* Αειφορικός Ενεργειακός Τομέας.
- *Αποτελέσματα:* Διασφάλιση ενεργειακού εφοδιασμού, αποδοτικότητα και ανταγωνιστικότητα του ενεργειακού τομέα και προστασία του περιβάλλοντος.
- *Εμπλεκόμενοι:* Εμπλεκόμενοι στο ενεργειακό σύστημα, πέραν του Υποκειμένου (Πολιτείας) είναι οι ενεργειακές εταιρείες και οι χρήστες.
- *Κανόνες:* Απελευθέρωση Αγοράς Ενέργειας και Κλιματική Αλλαγή.
- *Εργαλεία:* Σύγχρονες Ενεργειακές Τεχνολογίες & Προγράμματα Προώθησης.
- Κατανομή Εργασιών: Αποκεντρωμένο Σύστημα και Νόμοι Αγοράς.



Σχήμα II.15. Αποτύπωση Σύγχρονου Περιβάλλοντος

Από το παραπάνω σχήμα μπορούν να εξαχθούν τα ακόλουθα:

- *Η Πολιτεία* σαν Υποκείμενο της Θεωρίας Δραστηριότητας έχει στη διάθεσή της ως εργαλεία σύγχρονα προγράμματα και νέες τεχνολογίες για την επίτευξη των ενεργειακών επιδιώξεων προς ένα αειφορικό ενεργειακό σύστημα.
- *Οι Σύγχρονες Ενεργειακές Τεχνολογίες* είναι οι τεχνολογίες οι οποίες είναι λιγότερο επιβλαβείς για το περιβάλλον συγκρινόμενες με τις συμβατικές και συμβάλλουν στη συνεργία και αλληλεξάρτηση της προστασίας του περιβάλλοντος με την οικονομική ανάπτυξη, για να μειωθεί η πίεση στους φυσικούς πόρους και να βελτιωθεί η ποιότητα ζωής των πολιτών. Σε αυτό το πλαίσιο, καθίσταται σαφές ότι οι ΑΠΕ έχουν ιδιαίτερα κρίσιμο ρόλο. Βασική λοιπόν επιδίωξη είναι η αξιοποίηση του μεγάλου τεχνολογικού δυναμικού αυτών των τεχνολογιών που δεν χρησιμοποιείται σε μεγάλη κλίμακα, για την προστασία του περιβάλλοντος, βοηθώντας στην ανταγωνιστικότητα και στην ανάπτυξη. Με την υποστήριξη και την προώθηση των νέων ενεργειακών τεχνολογιών θα αυξηθεί το μερίδιο αγοράς τους και θα μειωθεί η τιμή τους. Άλλωστε, οι περισσότεροι καταναλωτές είναι πολύ ευαισθητοποιημένοι για θέματα περιβάλλοντος και πολλές επιχειρήσεις έχουν αναγνωρίσει το δυναμικό των νέων ενεργειακών τεχνολογιών και έχουν εξελιχθεί σε παγκόσμιους κατασκευαστές και εξαγωγείς, σε τομείς όπως τα φωτοβολταϊκά και οι ανεμογεννήτριες.
- *Τα Προγράμματα* αποτελούνται από κυβερνητικά μέτρα, μηχανισμούς ή προσπάθειες. Τα προγράμματα αυτά παλιότερα (τη δεκαετία του 1970 και στις αρχές του 1980) βασίζονταν σχεδόν ολοκληρωτικά σε πρότυπα εποπτείας και ελέγχου (command and control standards) τα οποία αφορούσαν τόσο στις εκπομπές επιβλαβών αερίων όσο και στην ποιότητα, στις διαδικασίες και στις τεχνολογικές απαιτήσεις όλων των δραστηριοτήτων που αφορούσαν στο περιβάλλον. Από τα μέσα τις δεκαετίας του 1980, σημειώθηκε μία αύξηση στη χρήση νέων, σύγχρονων προγραμμάτων περιβαλλοντικής πολιτικής, όπως είναι τα βασιζόμενα στη λειτουργία της αγοράς εργαλεία (φόροι και δικαιώματα εκπομπών) και τα εργαλεία που βασίζονται σε εθελοντικές προσεγγίσεις (εθελοντικές συμφωνίες). Οι παράγοντες που ώθησαν στη δημιουργία και εξάπλωση τέτοιων προγραμμάτων είναι οι ακόλουθοι:
  - Η συνεχώς αυξανόμενη τάση για αποδοχή του ότι ο παραδοσιακός τρόπος αντιμετώπισης των περιβαλλοντικών προβλημάτων και κυρίως της κλιματικής αλλαγής με ρυθμιστικά τρόπο (νόμοι, πρότυπα) είχε εξαντλήσει τις δυνατότητές του για περαιτέρω συνεισφορά προς αυτή την κατεύθυνση.
  - Η συνειδητοποίηση ότι η αγορά μπορεί να παίξει σημαντικό ρόλο στην αποτελεσματική και οικονομικά αποδοτική αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προβλημάτων. Αυτό ενισχύεται και από την τάση για απελευθέρωση της οικονομίας από ελεγκτικούς κανόνες και για αποβολή του παρεμβατικού ρόλου του κράτους στις οικονομικές διαδικασίες.
- *Οι Ενεργειακές Επιδιώξεις* αποτελούν το σημείο εκκίνησης οποιωνδήποτε σχεδιαστικών δραστηριοτήτων. Ένα παράδειγμα επιδίωξης είναι η σταθερότητα της τιμής του ηλεκτρισμού. Πρέπει να σημειωθεί ότι η πολιτική πραγματικότητα δείχνει ότι υπάρχουν πολλοί εμπλεκόμενοι με συχνά συγκρουόμενες επιδιώξεις.

Συνεπαγόμενα, το πρόβλημα της επιλογής των κατάλληλων επιδιώξεων εμπλέκει αξίες, πολιτικές κρίσεις και άλλους παράγοντες έξω από το πλαίσιο της αυστηρά εμπειρικής ή μοντελοποιημένης ανάλυσης. Σε αυτό το πλαίσιο, είναι εξαιρετικά χρήσιμο για τους αποφασίζοντες να λειτουργούν συναινετικά επί των επιδιώξεων, προς ένα αειφορικό ενεργειακό σύστημα καθώς όσο καλύτερα καθορισμένες είναι οι επιδιώξεις τόσο πιο εύκολη γίνεται η επίτευξή τους.

Όπως φαίνεται από το τρίγωνο του Σχήματος II.8, δεν αρκεί μια τεχνο-οικονομική προσέγγιση του προβλήματος της προώθησης των ΑΠΕ, καθώς υπάρχουν και κοινωνικο-πολιτικές επιδράσεις που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Συγκεκριμένα, πρέπει να ληφθούν υπόψη τόσο οι σύγχρονοι κανόνες, όπως αυτοί διαμορφώνονται από τις σύγχρονες παραμέτρους του ενεργειακού τομέα όσο και οι εμπλεκόμενοι και οι μεταξύ τους σχέσεις και επιδιώξεις.

Τέλος, σημειώνεται ότι η συγκεκριμένη αποτύπωση αφορά στο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα, όπως αυτό διαμορφώνεται από τις δύο κρίσιμες παραμέτρους της απελευθέρωσης και της κλιματικής αλλαγής. Άλλωστε, το σύστημα της Θεωρίας Δραστηριότητας λειτουργεί πάντα με την αντιλογία και την αντίκρουση παραγόντων, έτσι ώστε συνέχεια να εξελίσσεται και να μεταβάλλεται σύμφωνα με τις εξωτερικές συνθήκες. Παραδείγματα τέτοιων αντιπαραθέσεων και συγκρούσεων, ανά επίπεδο, περιγράφονται παρακάτω:

- *Πρώτο επίπεδο:* Υπάρχουν εσωτερικές αντιπαραθέσεις μεταξύ των συστατικών που απαρτίζουν ένα στοιχείο στην κεντρική δραστηριότητα. Στην ενεργειακή αγορά για παράδειγμα, οι νέες ενεργειακές τεχνολογίες έχουν σα βασικό στοιχείο αντιπαράθεσης τις υφιστάμενες τεχνολογίες που υπάρχουν για την παραγωγή ενέργειας.
- *Δεύτερο επίπεδο:* Υπάρχει αντιπαράθεση μεταξύ των ρόλων και των εξουσιών των εμπλεκομένων δηλαδή της Πολιτείας, των ενεργειακών εταιρειών και των χρηστών.
- *Τρίτο επίπεδο:* Υπάρχει αντιπαράθεση μεταξύ του αντικειμένου ή του κινήτρου της υφιστάμενης κεντρικής Δραστηριότητας, που για τον ενεργειακό τομέα είναι το αειφορικό ενεργειακό σύστημα, με το αντικείμενο μιας πιο αναβαθμισμένης μορφής της κεντρικής Δραστηριότητας. Ουσιαστικά, στο τρίτο επίπεδο, συνήθως τα στοιχεία που εισβάλλουν έχουν περισσότερη εμπειρία στο θέμα, υψηλά κίνητρα και νέες πρωτότυπες ιδέες που συγκρούονται με τις παλιές και καθιερωμένες. Για την ενέργεια, αρκετοί είναι οι αναλυτές που υποστηρίζουν ότι σε λίγα χρόνια, τα βασικό κίνητρο θα είναι η επίτευξη της οικονομίας του υδρογόνου.
- *Τέταρτο επίπεδο:* Παρουσιάζεται αντιπαράθεση μεταξύ της κεντρικής Δραστηριότητας και άλλων εφάμιλλων και γειτονικών δραστηριοτήτων. Στον τομέα για παράδειγμα της ενέργειας, μπορούν να εισέλθουν νέες τεχνολογίες, οι οποίες ακόμα δεν έχουν αξιοποιηθεί εμπορικά αλλά έχουν μεγάλο δυναμικό είναι πολλά υποσχόμενες, όπως οι τεχνολογίες του υδρογόνου.

II.5 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΝΘΕΣΗ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ ΠΡΟΩΘΗΣΗΣ ΑΠΕ

II.5.1 Η Σημασία της Υποστήριξης Αποφάσεων

Η υποστήριξη αποφάσεων είναι μία συγχώνευση δύο πεδίων που έλαβε χώρα μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο:

- Της θεωρίας των αποφάσεων, που είναι η θεμελιώδης για την ορθολογιστική συμπεριφορά σε απλές καταστάσεις αποφάσεων.
- Της συστημικής ανάλυσης, που παρέχει μεθοδολογίες για την αναπαράσταση και μοντελοποίηση συστημάτων και των αλληλεπιδράσεων τους.

Από τη δεκαετία του '60, η υποστήριξη αποφάσεων έχει εξελιχθεί σε διάφορους τύπους με διαφορετική εστίαση ο καθένας. Συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του '70, οι προσπάθειες ενεργειακού σχεδιασμού κατευθύνθηκαν πρώτιστα προς τα ενεργειακά μοντέλα που στόχευσαν να ερευνήσουν τις σχέσεις της ενέργειας με την οικονομία. Οι κύριοι στόχοι που ακολούθησαν ήταν να υπολογιστεί ακριβώς η μελλοντική ενεργειακή εξέλιξη και μέσω μονοκριτηριακών προσεγγίσεων να προσδιοριστούν οι αποδοτικότερες επιλογές εφοδιασμού με το χαμηλότερο κόστος [99, 100]. Στη δεκαετία του '80, η αυξανόμενη περιβαλλοντική συνειδητοποίηση τροποποίησε ελαφρώς το ανωτέρω πλαίσιο απόφασης [101]. Η ανάγκη να ενσωματωθούν οι περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις στον ενεργειακό προγραμματισμό οδήγησε στην αυξανόμενη χρήση μεθοδολογιών πολλαπλών κριτηρίων.

Ο γραμμικός προγραμματισμός πολλαπλών στόχων ήταν μια άλλη μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε ευρέως για τη διερεύνηση της αλληλεπίδρασης μεταξύ περιβαλλοντικών και οικονομικών παραμέτρων και για την υποστήριξη στην επιλογή μιας λύσης συμβιβασμού [102, 103] και ήταν ιδιαίτερα δημοφιλής στον ενεργειακό προγραμματισμό με τα συμβατικά καύσιμα στη δεκαετία του '70. Εντούτοις, μετά από την πετρελαϊκή κρίση του 1973, άρχισαν να γίνονται πιο έντονες οι σκέψεις για την ενεργειακή εξοικονόμηση και την προώθηση των ΑΠΕ. Με δεδομένο όμως ότι η διείσδυση αυτών των πηγών είναι πολύ χαμηλή, παρά την ιδιαίτερη τεχνολογική ανάπτυξη και την ανταγωνιστικότητά τους όσον αφορά στα συμβατικά καύσιμα, καθίσταται σαφές στους αρμόδιους για το σχεδιασμό και τους υπεύθυνους για τη λήψη αποφάσεων, ότι η διαμόρφωση προτάσεων ενεργειακής πολιτικής πρέπει πλέον να βασιστεί σε μια τελείως διαφορετική αντίληψη της διαδικασίας του ενεργειακού προγραμματισμού.

II.5.2 Ανάγκη Υποστήριξης Προώθησης των ΑΠΕ

Προώθηση ΑΠΕ

Από τις προηγούμενες παραγράφους καθίσταται σαφές ότι με δεδομένες τις σημαντικές προοπτικές ανάπτυξης των ΑΠΕ αλλά και τα υπάρχοντα εμπόδια, η υποστήριξη της προώθησης τους από την Πολιτεία είναι αναγκαία.

Συγκεκριμένα, η προώθηση των ΑΠΕ φαίνεται απλή και είναι η όσο το δυνατόν μεγαλύτερη διείσδυσή τους στην ενεργειακή αγορά.

Ωστόσο, η ανάλυση που προηγήθηκε αποκαλύπτει ότι υπάρχουν πολλές επιδιώξεις στις οποίες οι ΑΠΕ μπορούν να συνεισφέρουν. Για παράδειγμα, μπορούν να θεωρηθούν ως ένας τρόπος να μειωθούν οι εκπομπές άνθρακα, να προωθηθεί η βιομηχανική ανάπτυξη, να μειωθούν οι εισαγωγές ορυκτών καυσίμων και να επιτευχθούν άλλες πολιτικές επιδιώξεις. Κάθε μία απ΄ αυτές οδηγεί σ΄ ένα διαφορετικό πλαίσιο προγραμμάτων και τεχνολογιών.

Σε αυτό το πλαίσιο, η βασική φιλοσοφία της υποστήριξης προώθησης των ΑΠΕ φαίνεται γραφικά στο Σχήμα ΙΙ.16. Σημείο εκκίνησης οποιωνδήποτε δραστηριοτήτων είναι ο σχεδιασμός συγκεκριμένων επιδιώξεων πολιτικής προώθησης, οι οποίοι και αποτελούν το βασικό λόγο για την ύπαρξη των προγραμμάτων και των τεχνολογιών και θα πρέπει πάντα να αποτελούν τη βάση οποιασδήποτε συζήτησης σε θέματα σχετικά με την πολιτική προώθησης των ΑΠΕ. Στη συνέχεια υπάρχουν τα προγράμματα, τα οποία σχεδιάζονται για την επίτευξη των επιδιώξεων. Στο τέλος, τα προγράμματα αλληλεπιδρούν με τις τεχνολογίες με απώτερη επιδίωξη να αυξήσουν τη διείσδυση των διαφόρων τεχνολογιών ΑΠΕ στην αγορά.

Σχήμα ΙΙ.16. Υποστήριξη Προώθησης ΑΠΕ

Μέσω όμως μιας τέτοιας διαδικασίας θα πρέπει να απαντηθούν ολοκληρωμένα τα παρακάτω ερωτήματα:

- Ποιοι είναι οι διαθέσιμοι τύποι προγραμμάτων και οι τεχνολογικές επιλογές που θα πρέπει να εξεταστούν;
- Ποιοι τύποι προγραμμάτων και τεχνολογικών δυνατοτήτων συμβάλουν περισσότερο στην επίτευξη των ενεργειακών επιδιώξεων;

Επιπλέον, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τόσο τα χαρακτηριστικά της ενεργειακής αγοράς όσο και τα χαρακτηριστικά των εμπλεκομένων σε αυτήν [104, 105]:

- Μέχρι ποιο σημείο μπορούν τα επιλεγόμενα προγράμματα και οι τεχνολογίες να ξεμπλοκάρουν τους οικονομικούς πόρους των εκάστοτε επενδυτών; Οι επενδυτές θα επενδύσουν σε μακροχρόνιες στρατηγικές ανάπτυξης των ΑΠΕ ή θα προτιμήσουν να επενδύσουν σε μικρότερα έργα με τις ήδη υπάρχουσες τεχνολογίες;
- Ποιοι εμπλεκόμενοι θα ήταν διατεθειμένοι να επενδύσουν και ποια είναι η οικονομική τους δύναμη;

- Ποιοι είναι οι κύριοι λόγοι για επενδύσεις, εμπορικοί, στρατηγικοί ή προσωπικοί;
- Τι είδους οικονομικές ρυθμίσεις είναι πρόθυμοι να ακολουθήσουν, και μέχρι τι μεγέθους έργα προθυμοποιούνται να ολοκληρώσουν;

Συμπερασματικά, οι πολιτικές προώθησης των ΑΠΕ είναι αναγκαίο να διαμορφωθούν στο ευρύτερο πλαίσιο της ενεργειακής πολιτικής. Συνοπτικά, μπορεί να διατυπωθεί ότι για την υποστήριξη αποφάσεων όσον αφορά συνολικά στη διαμόρφωση ολοκληρωμένης πολιτικής προώθησης των ΑΠΕ στο πλαίσιο της ενεργειακής πολιτικής απαιτείται μια ολιστική και συστημική προσέγγιση του προβλήματος, η οποία να εσωκλείει τις παραμέτρους του «νέου περιβάλλοντος» της ενεργειακής αγοράς και τις μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις, ώστε να μπορεί ο αποφασίζων να αντιληφθεί τόσο την επιδίωξη που θέλει να επιτύχει όσο και την επιρροή που έχει κάθε χαρακτηριστικό στην επίτευξη της. Καθίσταται λοιπόν σαφές ότι ιδιαίτερα κρίσιμη είναι η αναγνώριση και ανάλυση των χαρακτηριστικών της ενεργειακής αγοράς, όπως αυτή διαμορφώνεται σήμερα από τις σύγχρονες παραμέτρους της αλλαγής, δηλαδή την απελευθέρωση και την κλιματική αλλαγή.

Αποφάσεις

Οι αποφάσεις που αντιμετωπίζονται στο σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα εντάσσονται σε μία από τις παρακάτω τρεις (3) κατηγορίες [106, 107]:

- *Γενικές κατευθύνσεις στρατηγικής:* Πρόκειται για αποφάσεις στρατηγικού χαρακτήρα με αντικείμενο τον καθορισμό των γενικών κατευθύνσεων πολιτικής που προτείνονται να ακολουθηθούν στον αντίστοιχο τομέα προγραμματισμού, ώστε να πραγματοποιηθεί η κάλυψη των ενεργειακών αναγκών με το μεγαλύτερο όφελος για το κοινωνικό σύνολο. Σε γενικές γραμμές, ο καθορισμός της γενικής στρατηγικής είναι μακροπρόθεσμος, χωρίς βέβαια να αποκλείονται αναθεωρήσεις μερικού ή συνολικού χαρακτήρα και αντίστοιχες παρεκκλίσεις από τον αρχικό άξονα στρατηγικής.
- *Ολοκληρωμένη στρατηγική:* Πρόκειται για αποφάσεις που αφορούν στην πραγματοποίηση ορισμένων ολοκληρωμένων προγραμμάτων, τα οποία κατευθύνονται μεν αλλά και επηρεάζουν (με ανάδραση) τη γενική στρατηγική. Τέτοιο θέμα είναι για παράδειγμα η χρησιμοποίηση πυρηνικής ενέργειας. Τα ολοκληρωμένα προγράμματα, τα οποία συνήθως είναι μεσοπρόθεσμα, μπορεί να έχουν εθνικό (αύξηση της διείσδυσης των ΑΠΕ) ή περιφερειακό χαρακτήρα (περιφερειακός ενεργειακός σχεδιασμός κάποιου συμπλέγματος νησιών είτε η βιομηχανική ανάπτυξη της Δυτικής Ελλάδας).
- *Επιμέρους αποφάσεις:* Είναι οι αποφάσεις που αφορούν συγκεκριμένα θέματα μερικού χαρακτήρα και αναφέρονται στην εφαρμογή των επιλογών της γενικής στρατηγικής, σε βραχυπρόθεσμη βάση. Παραδείγματα ειδικών αποφάσεων στον ενεργειακό τομέα είναι ο καταμερισμός του προϋπολογισμού επενδύσεων, οι διασυνδέσεις των νησιών.

Οι 3 παραπάνω κατηγορίες θεμάτων απόφασης αλληλοεπηρεάζονται μεταξύ τους. Έτσι, η γενική στρατηγική επηρεάζει όλα τα υπόλοιπα θέματα, καθώς οι επιμέρους αποφάσεις πρέπει να συμφωνούν με τις βασικές επιλογές που καθορίζει η γενική στρατηγική. Επιπλέον, τα ολοκληρωμένα προγράμματα επηρεάζουν σημαντικά τη γενική στρατηγική με την έννοια ότι οι τροποποιήσεις που θα επιφέρουν τα προγράμματα αυτά στο σύστημα δημιουργούν την ανάγκη επανεξέτασης των βασικών επιλογών της γενικής στρατηγικής. Τα θέματα γενικής στρατηγικής έχουν σαφώς μακροπρόθεσμο χαρακτήρα.

Μεσοπρόθεσμο και μακροπρόθεσμο χαρακτήρα έχουν όλα τα ολοκληρωμένα και τα περιφερειακά προγράμματα, ενώ βραχυπρόθεσμο έως μεσοπρόθεσμο χαρακτήρα έχουν οι επιμέρους αποφάσεις.

II.5.3 Σχεδιασμός Προτάσεων Προώθησης ΑΠΕ

Με βάση την προηγούμενη ανάλυση, καθίσταται σαφές ότι υπάρχει πλήθος μελετών για την προώθηση των ΑΠΕ, οι οποίες αναλύουν επιμέρους πτυχές τους είτε αποτελούν μεμονωμένες, σποραδικές προσπάθειες που δεν αντιμετωπίζουν συνολικά και ολοκληρωμένα τα πρόβλημα της διαμόρφωσης και αξιολόγησης προτάσεων προώθησης ΑΠΕ στο σύγχρονο περιβάλλον του ενεργειακού τομέα, όπως αυτό διαμορφώνεται από την απελευθέρωση και την κλιματική αλλαγή.

Επιπλέον, τα υπάρχοντα εργαλεία υποστήριξης αποφάσεων βασίζονται περισσότερο στον κεντρικό σχεδιασμό, παρά στις νέες συνθήκες της ενεργειακής αγοράς και στην αποκεντρωμένη ανάπτυξη που προωθείται μέσω της χρήσης των ΑΠΕ.

Άλλωστε, μέχρι σήμερα ο σχεδιασμός προτάσεων προώθησης ανανεώσιμης ενέργειας ακολουθούσε μια οικονομετρική προσέγγιση, η οποία βασίζονταν στην αξιολόγηση των εργαλείων προώθησης των ΑΠΕ που χρησιμοποιούνταν στις διάφορες χώρες, βασιζόμενη σε κριτήρια όπως τα παρακάτω [108 – 111]:

- *Αποτελεσματικότητα:* Η αποτελεσματικότητα ενός εργαλείου πολιτικής μπορεί να μετρηθεί από το βαθμό στον οποίον η καθορισμένη επιδίωξη πολιτικής επιτυγχάνεται καθώς και από τη χρονική διάρκεια μεταξύ της εφαρμογής του εργαλείου και της επίτευξης της.
- *Επάρκεια:* Η απαίτηση για υψηλή επάρκεια συνήθως εστιάζεται στη βέλτιστη κατανομή πηγών, π.χ. για να οδηγήσει την επένδυση στις ευκαιρίες οι οποίες προσφέρουν το υψηλότερο αποτέλεσμα ανά διατεθέν κεφάλαιο. Τα κόστη συνδιαλλαγών τα οποία προκαλούνται από το όργανο πολιτικής μπορούν επίσης να αποτελέσουν μέρος του κριτηρίου επάρκειας.
- *Προσαρμοστικότητα συστήματος:* Τα εργαλεία πολιτικής σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να ταιριάζουν στο υπάρχον εμπορικό και νομικό πλαίσιο της εκάστοτε χώρας. Αυτό υπονοεί, για παράδειγμα, ότι αυτά προσαρμόζονται με τους νόμους του εμπορίου και ότι αυτοί διασφαλίζουν μια ισόποση κατανομή του κόστους μεταξύ των διαφορετικών εμπλεκομένων της αγοράς. Μια άλλη πτυχή αυτού του πλαισίου είναι η ελάχιστη συμβατότητα των εθνικών εργαλείων πολιτικής με τις διεθνείς δομές της αγοράς.
- *Ευελιξία:* Η ευελιξία ενός οργάνου μπορεί να προκαλέσει και προβλήματα όταν κάποιες συνθήκες του πλαισίου είναι ακόμα αδιαφανείς τη στιγμή της εφαρμογής του οργάνου. Η ευελιξία μπορεί να απαιτείται στην περίπτωση της μελλοντικής εφαρμογής επιπρόσθετων εργαλείων υποστήριξης.
- *Επίπτωση στο οικονομικό περιβάλλον:* Μερικοί αναλυτές απαιτούν μια επιπλέον θεώρηση της επίπτωσης που θα έχει κάποιο νέο όργανο στην οικονομική ανάπτυξη μιας περιοχής ή μιας χώρας. Ωστόσο, η οικονομική ανάπτυξη μιας περιοχής συνήθως εξαρτάται από ένα μεγάλο αριθμό παραγόντων, κάνοντας έτσι την εκτίμηση της επίδρασης ενός συγκεκριμένου οργάνου μια πολύ δύσκολη υπόθεση.

Ωστόσο, με βάση την προηγούμενη ανάλυση, καθίσταται σαφές ότι οι προτάσεις προώθησης των ΑΠΕ πρέπει να διαμορφωθούν στο ευρύτερο πλαίσιο της ενεργειακής πολιτικής, με στόχο τη συμβολή στην επίτευξη όσο το δυνατόν περισσότερων από τις ενεργειακές επιδιώξεις προς ένα αειφορικό ενεργειακό σύστημα.

Η υλοποίηση όμως των ενεργειακών επιδιώξεων είναι ένα θέμα ιδιαίτερα πολύπλοκο, το οποίο δε μπορεί να προσεγγιστεί ολοκληρωμένα με οικονομετρικές προσεγγίσεις. Οι λόγοι αυτής της πολυπλοκότητας είναι πολλοί, όπως ο μεγάλος αριθμός επιδιώξεων που δεν είναι πάντοτε με ακρίβεια ορισμένος, το πλήθος των κέντρων αποφάσεων – φορέων που εμπλέκονται στη διαδικασία και η ύπαρξη πολλών κοινωνικών μονάδων, στις οποίες κάθε απόφαση έχει κάποια επίπτωση και επομένως, παρεμβαίνουν με κάποιο τρόπο στη διαδικασία.

Σε αυτό το πλαίσιο, άμεση διαφαίνεται η ανάγκη για ανάπτυξη ενός πλαισίου υποστήριξης των αποφασιζόντων στην προώθηση των ΑΠΕ που να *αξιολογεί* και να *συνθέτει* με τέτοιο τρόπο τα εργαλεία προώθησης (προγράμματα και τεχνολογίες) ώστε να:

- Απευθύνεται στις ανάγκες και στις ευκαιρίες της κοινωνικής, περιβαλλοντικής και οικονομικής διάστασης της βιώσιμης ενέργειας.
- Συμβάλει στο σαφή καθορισμό και στην κατανόηση της σχέσης των ενεργειακών επιδιώξεων, των προγραμμάτων και των τεχνολογικών δυνατοτήτων.
- Λαμβάνει υπόψη του τα χαρακτηριστικά των εμπλεκομένων της ενεργειακής αγοράς.

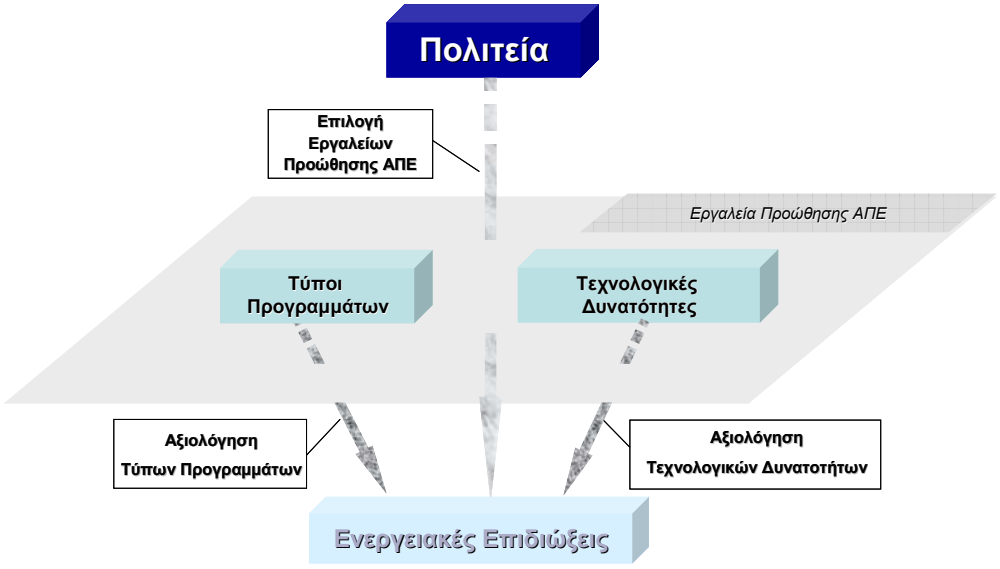
II.5.4 Αξιολόγηση Εργαλείων

Ο σχεδιασμός των ενεργειακών επιδιώξεων ακολουθείται από μια πρώτη εκτίμηση των πιθανών επιλογών πολιτικού σχεδιασμού μέσα από την προεπιλογή των εργαλείων πολιτικής προώθησης, τα οποία είναι ικανά να υποστηρίξουν τις επικείμενες αλλαγές. Ουσιαστικά, τα εξεταζόμενα εργαλεία πολιτικής συγκρίνονται και εκτιμώνται με βάση συγκεκριμένα κριτήρια πολιτικής, μια διαδικασία, η οποία στο τέλος οδηγεί στην επιλογή των εργαλείων πολιτικής τα οποία φαίνεται να εκπληρώνουν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο τα επιθυμητά κριτήρια.
Από τα παραπάνω καθίσταται σαφές ότι πρέπει να υπάρχει μια ξεκάθαρη σχέση μεταξύ των επιδιώξεων της πολιτικής προώθησης ΑΠΕ, των προγραμμάτων και των τεχνολογιών, καθώς κάθε ξεχωριστή επιδίωξη επιτυγχάνεται καλύτερα από συγκεκριμένα προγράμματα και τεχνολογίες.

Ουσιαστικά, υπάρχουν τρία είδη σχέσεων ή αλληλεπιδράσεων μεταξύ των παραπάνω στοιχείων, οι οποίες αναλύονται ως εξής [112]:

- *Επιδιώξεις και προγράμματα:* Η σχέση μεταξύ επιδιώξεων και προγραμμάτων είναι άμεση. Μεσοπρόθεσμα, μία επιδίωξη επιτυγχάνεται ευκολότερα με συγκεκριμένα προγράμματα παρά με άλλα. Αν μία ενεργειακή επιδίωξη για παράδειγμα είναι οι χαμηλές ενεργειακές τιμές, τότε τα εμπορεύσιμα πιστοποιητικών ρύπων (Tradable Emission Credits) τον ευνοούν, ενώ οι φόροι εκπομπής άνθρακα δεν τον ευνοούν.

- *Επιδιώξεις και τεχνολογίες:* Οι επιδιώξεις αλληλεπιδρούν με τις τεχνολογίες μέσω των προγραμμάτων. Ωστόσο πρέπει να τονισθεί ότι ενώ μερικές επιδιώξεις μπορούν να επιτευχθούν μέσω οποιασδήποτε τεχνολογίας ΑΠΕ άλλες απαιτούν περισσότερη διερεύνηση.
- *Προγράμματα και τεχνολογίες:* Η τρίτη αλληλεπίδραση των προγραμμάτων και των τεχνολογιών είναι η λιγότερο περιοριστική. Οποιοδήποτε πρόγραμμα μπορεί να επικεντρωθεί σε οποιαδήποτε τεχνολογία, ανάλογα με τις λεπτομέρειες του σχεδιασμού του. Για παράδειγμα μια ανανεώσιμη ποσόστωση (Renewable Obligation) μπορεί να σχεδιαστεί έτσι ώστε να απαιτεί μια συγκεκριμένη συμμετοχή μιας συγκεκριμένης τεχνολογίας ή για να ενθαρρύνει των ανταγωνισμό τιμών μεταξύ των τεχνολογιών να αφορά στην επιλογή ανανεώσιμης τεχνολογίας χαμηλότερου κόστους.



Σχήμα II.17. Αξιολόγηση Εργαλείων

Από το Σχήμα II.17 προκύπτει ότι η Πολιτεία θα πρέπει να επιλέξει από τα διαθέσιμα εργαλεία προώθησης ΑΠΕ (τύποι προγραμμάτων και τεχνολογικές δυνατότητες) εκείνα που έχουν τη μεγαλύτερη συνεισφορά στις προκαθορισμένες ενεργειακές επιδιώξεις. Μία λοιπόν απαραίτητη διαδικασία προς την επιλογή εργαλείων υψηλής προτεραιότητας είναι η αξιολόγηση της συνεισφοράς τόσο των προγραμμάτων όσο και των τεχνολογικών δυνατοτήτων προς την επίτευξη των ενεργειακών επιδιώξεων.

II.5.5 Σύνθεση Εργαλείων

Οι νέες συνθήκες της ενεργειακής αγοράς καλούν τους εμπλεκόμενους να λάβουν διαφορετικούς ρόλους και ευθύνες απ' αυτές του παρελθόντος. Όσο ο συνδυασμός εργαλείων πολιτικής γίνεται περισσότερο ποικιλόμορφος το ίδιο συμβαίνει και με τις σχέσεις μεταξύ εμπλεκομένων και των επιδιώξεών τους. Για παράδειγμα:

- *Οι πρωτοπόροι στη βιομηχανία* αναζητούν διαφορετικούς διακανονισμούς με την Πολιτεία για να κερδίσουν πίστωση, έτσι ώστε να συμμορφωθούν με τους περιβαλλοντικούς σκοπούς.

- *Οι περιβαλλοντολογικές ομάδες* ζητούνε να συμμετάσχουν ως τρίτοι στην αξιολόγηση της προόδου της βιομηχανίας σε σχέση με τους περιβαλλοντικούς αντικειμενικούς στόχους.
- *Η Πολιτεία* την ίδια στιγμή αναζητεί νέους τρόπους να επηρεάσει τις δραστηριότητες των εταιρειών που εκπέμπουν ρύπους και των χρηστών των αποθεμάτων για να πετύχει τα ζητούμενα αποτελέσματα, ελαχιστοποιώντας όμως το πολιτικό κόστος.

Άλλη πρόσφατη μελέτη [113] δείχνει ότι οι ίδιοι οι πολίτες αποτελούν μια σημαντική ομάδα εμπλεκομένων που δημιουργεί πρόσφορο έδαφος για περαιτέρω περιβαλλοντολογική βελτίωση και συνεπαγόμενα μπορούν να συμβάλλουν στην προώθηση των ΑΠΕ. Άλλωστε, οι πολίτες είναι ταυτόχρονα εμπλεκόμενοι κλειδιά – της βιομηχανίας (ως πελάτες και μέτοχοι), της κυβέρνησης (ως ψηφοφόροι) και των περιβαλλοντικών ομάδων (ως το κοινό) - ένα γεγονός που αξίζει περισσότερη αναγνώριση απ' ότι έχει ήδη λάβει. Σε αυτό το πλαίσιο, οι περιβαλλοντικές δράσεις θα γίνουν περισσότερο άμεσα συνδεόμενες με τις αποφάσεις των καταναλωτών, ψηφοφόρων και μετόχων από εκείνες της κυβέρνησης και των επιχειρηματικών στελεχών.

Ουσιαστικά δηλαδή σε αρκετές διαδικασίες υπάρχει μια απομάκρυνση από το μοντέλο «διαταγής και ελέγχου» των σχέσεων μεταξύ των εμπλεκομένων προς πιο συνεταιριστικές και συνεργατικές προσεγγίσεις. Άλλωστε, όπως δηλώνει και η Kathryn Harrison [114]: «Όπου τα προηγούμενα περιβαλλοντολογικά μέτρα επιβάλλονταν δίνοντας έμφαση στη φράση «δεν θα έπρεπε», η νέα στρατηγική βασίζεται στη μέθοδο «ας δουλέψουμε μαζί».

Χαρακτηριστικές προς αυτή την κατεύθυνση είναι και οι τελευταίες εργασίες της Παγκόσμιας Τράπεζας [115], στις οποίες υποδηλώνεται η κατεύθυνση για μια εποχή στην οποία οι εμπλεκόμενοι δουλεύουν περισσότερο ομαδικά για να επιτύχουν τους σκοπούς τους. Σύμφωνα με την Παγκόσμια Τράπεζα, οι περιβαλλοντικές πολιτικές προσεγγίσεις είναι πλέον το αποτέλεσμα πολλαπλών παραγόντων και κινήτρων που ενεργούν προς ένα σκοπό. Παρουσιάζεται ουσιαστικά ένα εναλλακτικό πρότυπο με την Πολιτεία ως «ενορχηστρωτή» – η οποία ενθαρρύνει τις διάφορες πλευρές να κινούνται προς καλύτερα αποτελέσματα μέσω της εφαρμογής μη – παραδοσιακών πρωτοβουλιών που εκμεταλλεύονται τη δύναμη των κοινοτήτων και των αγορών.

Συνεπαγόμενα, μια επιπλέον εκτίμηση των διαφορετικών εργαλείων πολιτικής ειδικά από την πλευρά του επενδυτή, που συνήθως δεν πραγματοποιείται κατά τη διαδικασία διαμόρφωσης προτάσεων προώθησης των ΑΠΕ, μπορεί να βοηθήσει στην αναγνώριση μελλοντικών προβλημάτων σε πρώιμο στάδιο. Πιο συγκεκριμένα, η λεπτομερής ανάλυση των χαρακτηριστικών των εμπλεκομένων ίσως παράσχει αποδοτικά αποτελέσματα για τη διαδικασία διαμόρφωσης προτάσεων προώθησης ΑΠΕ. Για εγκαθίδρυση μιας τέτοιας διαδικασίας, πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη όλοι αυτοί που έχουν ως στόχο την ανάπτυξη της χρήσης των ΑΠΕ, όπως για παράδειγμα οι βιομηχανίες και οι παραδοσιακοί παραγωγοί.

Επιπλέον, πέρα απ' την παραδοσιακή κατανομή ρόλων, η αγορά, αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα στην τόνωση της αξίας του περιβάλλοντος. Στο παρελθόν με την Agenda 21 οι πλευρές της παραγωγής και κατανάλωσης αντιμετωπιζόταν ως δυο διαφορετικές πλευρές της αγοράς.

Περισσότερο πρόσφατα η αγορά εμφανίζεται ως ένα ολιστικό στοιχείο του ανθρώπινου περιβάλλοντος, που συνδέει τη προσφορά και τη ζήτηση μέσω ενός απλού μηχανισμού.

Γι' αυτό λοιπόν και η ολοκληρωμένη υποστήριξη αποφάσεων προώθησης των ΑΠΕ πρέπει να συνοδεύεται από μια σε βάθος ανάλυση τόσο των τεχνοοικονομικών χαρακτηριστικών του ενεργειακού συστήματος και των υπαρχόντων μηχανισμών της αγοράς σ' αυτόν, όσο και των χαρακτηριστικών των άμεσα εμπλεκομένων.

Σχήμα ΙΙ.18. Σύνθεση Εργαλείων

Σχηματικά, αυτή η λογική παρουσιάζεται στο ακόλουθο Σχήμα ΙΙ.18. Αναλυτικότερα, στο πλαίσιο διαμόρφωσης ολοκληρωμένων προτάσεων προώθησης ΑΠΕ, για τη σύνθεση των εργαλείων προώθησης των ΑΠΕ που έχουν προεπιλεγεί, απαιτείται να:

- Διερευνηθούν τα χαρακτηριστικά των εμπλεκομένων της ενεργειακής αγοράς με στόχο να εκτιμηθούν οι επιπτώσεις που τα εργαλεία προώθησης των ΑΠΕ θα έχουν σε αυτούς.
- Διερευνηθούν τα χαρακτηριστικά της αγοράς με στόχο να εκτιμηθούν οι επιπτώσεις της στα εργαλεία προώθησης των ΑΠΕ.

II.6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ανάλυση του Κεφαλαίου δίνει τα παρακάτω συμπεράσματα όσον αφορά στο πρόβλημα της προώθησης των ΑΠΕ στο σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα:

- Ο κεντρικός στόχος και συνεπαγόμενα το σημείο ισορροπίας όλων των εμπλεκομένων της ενεργειακής αγοράς είναι η επίτευξη ενός αειφορικού ενεργειακού συστήματος. Σε αυτό το πλαίσιο, οι ΑΠΕ έχουν σημαντικό ρόλο και η προώθησή τους αποτελεί προτεραιότητα για την Πολιτεία και τους αποφασίζοντες.
- Για να μετουσιωθούν οι διαθέσιμες τεχνολογίες ΑΠΕ, τα αντίστοιχα προγράμματα υποστήριξής τους καθώς και οι ευκαιρίες σε πραγματικές αλλαγές στην ενεργειακή αγορά, οι αποφασίζοντες βρίσκονται συχνά αντιμέτωποι με το δύσκολο πρόβλημα της επιλογής των κατάλληλων εργαλείων προς ένα αειφορικό ενεργειακό σύστημα.
- Οι αναγκαίες αποφάσεις εμπλέκουν αξίες, πολιτικές κρίσεις, ατελείς πληροφορίες και άλλους παράγοντες έξω από το πλαίσιο της αυστηρά εμπειρικής ή μοντελοποιημένης ανάλυσης. Επιπλέον, με βάση την πολιτική πραγματικότητα υπάρχουν πολλές και συχνά συγκρουόμενες επιδιώξεις που διαφέρουν από εμπλεκόμενο σε εμπλεκόμενο.

Επιπλέον, όπως φάνηκε από την ανάλυση των νέων συνθηκών του ενεργειακού τομέα, οι προτάσεις προώθησης των ΑΠΕ πρέπει να συνεισφέρουν σε μια σειρά από επιδιώξεις, όπως οι ακόλουθες:

- *Μείωση εκπομπών αερίων θερμοκηπίου*, στην προσπάθεια άμβλυνσης των αρνητικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής.
- *Μείωση των επιδράσεων στο φυσικό περιβάλλον*, όπως ηχορύπανση, αισθητικές παρεμβάσεις, αλόγιστη χρήση φυσικών πόρων και εκτεταμένη χρήση γης.
- *Ανταγωνιστικότητα, επιχειρηματικότητα, και απασχόληση*, μέσω της αύξησης της προσφοράς εργασίας.
- *Τοπική και περιφερειακή οικονομική ανάπτυξη*, εσωκλείοντας τον βαθμό της ανάπτυξης των επιχειρήσεων λόγω των επενδύσεων στην περιοχή.
- *Χαμηλές τιμές αγοράς ενέργειας,* λαμβάνοντας υπόψη το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας της χρησιμοποιούμενης τεχνολογίας, καθώς και τα οικονομικά μέτρα (επιδοτήσεις) υποστήριξής της.
- *Ενεργειακή επάρκεια (αυτοτέλεια)*, μέσω της αντικατάστασης εισαγόμενων καυσίμων από την καταναλισκόμενη ενέργεια.

Οι υπάρχουσες μελέτες και αναλύσεις της διεθνούς βιβλιογραφίας για την προώθηση των ΑΠΕ αντιμετωπίζουν πτυχές του προβλήματος της παρούσας διδακτορικής διατριβής, χωρίς να είναι σε θέση να λάβουν υπόψη τους όλες τις ανάγκες, να αξιοποιήσουν το πλήθος των ποικίλων χαρακτηριστικών και ιδιαιτεροτήτων που εμφανίζει το συγκεκριμένο πρόβλημα και χωρίς να το αντιμετωπίζουν στο σύνολό του.

Με βάση τα παραπάνω, η διαμόρφωση προτάσεων προώθησης των ΑΠΕ είναι ένα ιδιαίτερα πολύπλοκο πρόβλημα που πρέπει να αντιμετωπισθεί στο ευρύτερο πλαίσιο της ενεργειακής πολιτικής. Άμεση λοιπόν διαφαίνεται η ανάγκη για την ανάπτυξη:

- *Ολοκληρωμένου πλαισίου υποστήριξης των αποφασιζόντων για την προώθηση των ΑΠΕ* που να συνδυάζει με τέτοιο τρόπο τα εργαλεία προώθησης (προγράμματα και τεχνολογίες), ώστε να απευθύνεται στις ανάγκες και στις ευκαιρίες της κοινωνικής, περιβαλλοντικής και οικονομικής διάστασης της βιώσιμης ενέργειας. Το πλαίσιο αυτό πρέπει να συμβάλει στο σαφή καθορισμό και στην κατανόηση της σχέσης των ενεργειακών επιδιώξεων, των προγραμμάτων και των τεχνολογικών δυνατοτήτων, λαμβάνοντας υπόψη του τα χαρακτηριστικά των εμπλεκομένων της ενεργειακής αγοράς.
- *Ευέλικτων μεθοδολογιών και συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων*, που μπορούν να διαχειριστούν πληροφορίες που είναι από τη φύση τους ποιοτικές και χαρακτηρίζονται από υποκειμενισμό και έλλειψη ακρίβειας, για:
  - *Την επιλογή* των τύπων προγραμμάτων που συμβάλουν στην επίτευξη των ενεργειακών επιδιώξεων και των τεχνολογικών δυνατοτήτων που έχουν βραχυπρόθεσμη συνεισφορά σε αυτούς.
  - *Τη διαμόρφωση* προτάσεων προώθησης ΑΠΕ, συνθέτοντας τα εργαλεία προώθησης των ΑΠΕ, λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά των εμπλεκομένων της ενεργειακής αγοράς (οικονομική δύναμη, λόγοι επένδυσης, μέγεθος έργων, κ.α.), έτσι ώστε να καθίσταται σαφές ποιοι θα επηρεαστούν και ποιοι θα επωφεληθούν από αυτές.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1] EC – European Commission (2003), “European Energy and Transport Trends to 2030”.

[2] IEA – International Energy Agency (2005), “World Energy Outlook – 2005”.

[3] Doukas H, Patlitzianas K, Kagiannas A, Psarras J. (2008), “Energy Policy Making: An Old Concept or a Modern Challenge?”, Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy Journal, in press.

[4] Davies P. (2004), “Statistical Review of World Energy 2004”, BP Working Staff.

[5] EC – European Commission. (2001), “White Paper – European Transport policy for 2010: time to decide”. Paper of the EC of September 12, COM(2001) 370.

[6] EC – European Commission. (2001), “Green paper towards a European strategy for the security of energy supply”. Paper of the EC of November 29, COM (2000) 769 final.

[7] EC – European Commission. (2005), “Green paper on energy efficiency or doing more with less”, Paper of the EC of June 22, COM(2005) 265 final.

[8] EC – European Commission. (2001), “Directive 2001/77/EC on the promotion of electricity produced from renewable energy sources in the internal electricity market”, 27 September.

[9] EC – European Commission. (2003), “Directive 2003/30/EC on the promotion of the use of biofuels of other renewable fuels for transport”, 8 May.

[10] EC – European Commission. (2005), “Communication from the Commission – Biomass action Plan”, December 7, COM(2005) 628 final.

[11] EC – European Commission. (2006), “Communication from the Commission – An EU Strategy for Biofuels”, COM(2006) 34 final.

[12] Jager-Waldau A, Scholz H. (2005), “EU Renewables: Energy End-Use Efficiency and Electricity from Biomass, Wind and PV in the EU”, REFOCUS, March/April: 58-60.

[13] International Monetary Fund. (2005), “World Economic Outlook – Globalization and External Imbalances”, April.

[14] EC – European Commission. (2005), “Working together for growth and jobs: A new start for the Lisbon Strategy”, Paper of the EC of February 2, COM (2005) 24.

[15] EC – European Commission. (2004), “Stimulating Technologies for Sustainable Development – An Environmental Technologies Action Plan for the European Union”, Paper of the EC of January 28, COM (2004) 38 final.

[16] EC – European Commission. (2007), “Communication from the Commission to the European Council and the European Parliament, An Energy Policy for Europe”, Paper of the EC of January 10, COM (2007) 1 final.

[17] Beck F, Martinot E. (2004), “Renewable Energy Policies and Barriers”, Encyclopedia of Energy, Cutler J. Cleveland, ed.

[18] IPCC. (2001), “Climate Change 2001: Mitigation. In: B. Metz, O. Davidson, R. Swart and J. Pan (eds.)”, Contribution of Working Group III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cam-bridge/UK: Cambridge University Press.

[19] Madlener R, Jochem E. (2002), “Regulatory and Institutional Innovation for the Promotion of Renewable Energy Use”, ENER Forum 3. Successfully Promoting Renewable Energy Sources in Europe. 6-7 June, Budapest, Hungary.

[20] Observ’ER. (2005), “European Barometer of Renewable Energies”, 5th Report.

[21] European Bioenergy Networks – EUBIONET. (2003), “Innovative solutions for solid, gaseous and liquid biomass production and use”.

[22] International Energy Agency - IEA. (2003), “Geothermal Annual Report. Executive committee for the implementing agreement for cooperation in research and technology”, April

[23] Lorenzoni A. (2001), “Blue Energy for a Green Europe”, Final report, EU Altener II Programme, IEFE-Universita Commerciale L.Bocconi, Milano.

[24] Schaffer GJ, Seebregts AJ, Beurskens LWM, Moor HHC de, Alsema EA, Sark W, Durstewicz M, Perrin M, Boulanger P, Laukamp H, Zuccaro C. (2004), “Learning from the sun. Final report of the photex project”, Report of the European research project. Netherlands.

[25] Alsema E. (2003), “PV cost and development”, Presentation at the PHOTEX workshop, June 4, Brussels.

[26] Greenpeace. (2001), “Northsea offshore wind - A power house for Europe”, Germany.

[27] BMU. (2002), „Conference transcript of "Fachtagung Geothermische Stromerzeugung-eine Investition in die Zukunft", German ministry for environment. Germany.

[28] Neij L, Andersen P, Dusterwitz M, Helby P, Hoppe-Kilpper M, Morthost P. (2003), “Experience curves: a tool for Energy Policy Assessment (EXTOOL)”. Final report of the project EXTOOL - a European research project funded by the EC, DG RESEARCH, coordinated by Lund University. Sweden.

[29] Beurskens L, De Noord M. (2003) “Offshore Wind Power Developments”, Netherlands.

[30] Thorpe M. (1999), “Wave Energy Review”, UK.

[31] DTI/ETSU. (2001), “The commercial prospects for Tidal Power”, UK.

[32] Michael P. (2002), “DTI Wave Report 2002”, Department of Trade and Industry, UK.

[33] International Energy Agency - IEA. (2006), “Renewable Energy: RD&D priorities – Insights from IEA Technology Programmes”.

[34] European Commission - EC. (2004), “REDS (Research & Development Spending): a survey of R & D spending for renewable energy in the EU countries”, European research spending for renewable energy sources.

[35] Dooley J, Paul J, Runci. (1999), “Adopting a long view to Energy R&D and Global Climate Change”, Pacific Northwest National Laboratory, Richland, WA.

[36] International Energy Agency - IEA. (2003), “Renewables for Power Generation – Status and Prospects”.

[37] Kammen DM, Kapadia K, Fripp M. (2004), “Putting Renewables to Work: How many jobs can the clean energy industry generate?”, RAEL Report, University of California Berkeley, April 13.

[38] European Wind Energy Association - EWEA. (2003), “Wind Energy - The Facts, An analysis of wind energy in the EU-25”, Belgium, Brussels.

[39] Ragwitz M, Huber C, Voogt M, Ruijgrok W, Bodo P, (2004), "FORRES 2020: Analysis of the renewable energy's evolution up to 2020", January, Karlsruhe, Germany.

[40] Midttun A, Gautesen K. (2007), "Feed in or certificates, competition or complementarity? Combining a static efficiency and a dynamic innovation perspective on the greening of the energy industry", Energy Policy 35(3): 1419-1422.

[41] Ringel M. (2006), "Fostering the use of renewable energies in the European Union: the race between feed-in teriffs and green certificates", Renewable Energy, 31(1): 1-17.

[42] Del Rio P. (2005), "A European-wide harmonised tradable green certificate scheme for renewable electricity: is it really so beneficial?", Energy Policy, 33(10): 1239 – 1250.

[43] Madlener R, Stagl S. (2005), "Sustainability-guided promotion of renewable electricity generation", Ecological Economics, 53(2): 147 – 167.

[44] Jehlicova B, Morris R. (2007), "Effectiveness of policy instruments for supporting the use of waste wood as a renewable energy resource in the Czech Republic", Energy Policy 35(1): 577-585.

[45] Nast M, Langnib O, Leprich U. (2007), "Instruments to promote renewable energy in the German heat market – Renewable Heat Sources Act", Renewable Energy 32(7): 1127-1135.

[46] Jacobsson S, Lauber V. (2006), "The politics and policy of energy system transformation – explaining the German diffusion of renewable energy technology", Energy Policy, 34(3): 256 – 276.

[47] Agnolucci P. (2006), "Use of economic instruments in the German renewable electricity policy", Energy Policy 34(18): 3538-3548.

[48] Agnolycci P. (2007), "Renewable electricity policies in the Netherlands", Renewable Energy 32(5): 868-883.

[49] Wang Y. (2006), "Renewable electricity in Sweden: an analysis of policy and regulations", Energy Policy, 34(10): 1209 – 1220.

[50] Hillring B. (1998), "National strategies for stimulating the use of bioenergy: policy instruments in Sweden", Biomass and Bioenergy 14(5-6): 425-437

[51] Kwant: KW. (2003), "Renewable energy in the Netherlands: policy and instruments". Biomass and Bioenergy, 24(4-5): 265-267.

[52] Harmelink M, Voogt M, Cremer C. (2006), "Analysing the effectiveness of renewable energy supporting policies in the European Union", Energy Policy, 34(3): 343 – 351.

[53] Reiche D, Bechberger M. (2004), "Policy differences in the promotion of renewable energies in the EU member states", Energy Policy, 32(7): 843-849.

[54] Reiche D, Bechberger M. (2003), "RE in EU-28, Renewable energy policies in an enlarged European Union", Refocus, 4(5): 30-34.

[55] Langniss O. (1996), "Instruments to foster renewable energy investments in Europe, a survey under the financial point of view", Renewable Energy, 9(1-4): 1112-1115.

[56] Gonzalez P, Hernandez F. (2007), "How do energy & environmental policy goals and instruments affect electricity demand? A framework for the analysis", Renewable & sustainable Energy Reviews 11(9): 2006-2031.

[57] Dinica V. (2006), "Effectiveness of policy measures in transforming the energy system", Energy Policy 34: 461–480.

[58] Enzensberger N, Wietschel M, Rentz O. (2002), “Policy instruments fostering wind energy projects - a multi-perspective evaluation approach”, Energy Policy 30: 793–801.

[59] Ackermann T, Andersson G, Soder L. (2001), “Overview of government and market driven programs for the promotion of renewable power generation”, Renewable Energy 22: 197-204.

[60] Johnson D, McCann K. “EU Energy Policy: An Evolving Agenda”, London, FTEP – 1997.

[61] Davies H, Nutley SM. (2002), “Evidence-based policy and practice: moving from rhetoric to reality”. Discussion Paper 2, University of St Andrews, St Andrews.

[62] McGowan F. (1989), “The single energy market and energy policy: conflicting agendas?”, Energy Policy, 17(6): 547-553.

[63] Jefferson JM. (1998) “Global Climate Change and the challenges for renewable energy”, Renewable Energy, 15: 1-7.

[64] Christiansen AC. (2002), “New renewable energy developments and the climate change issue: a case study of Norwegian politics”, Energy Policy, 30: 235-243.

[65] Jacobsson S, Lauber V. (2004), “The politics and policy of energy system transformation-explaining the German diffusion of renewable energy technology”, Energy Policy, 34: 256-276.

[66] Swisher JN, McAlpin MC. (2005), “Environmental Impact of electricity deregulation”, Energy 31(6-7): 1-7.

[67] DG TREN (2004), “Third Benchmarking Report on the Implementation of the Internal Electricity and Gas Market”, March.

[68] Ringel M. (2003), “Liberalizing European electricity markets: opportunities and risks for a sustainable power sector”, Renewable and Sustainable Energy Reviews 7: 485-499.

[69] Dubash NK. (2003), “Revisiting electricity reform: The case for a sustainable development approach”, Utilities Policy 11: 143–154.

[70] Sun JW. (2002), “The Kyoto negotiations on climate change – an arithmetic perspective”, Energy Policy, 30(2): 83-85.

[71] Patlitzianas K, Flamos A, Anagnostopoulos K, Doukas H, Psarras J. (2004), “The Role of CDM Funding Programmes in promoting RES And Energy Efficient Technologies”, International Conference on New and Renewable Energy Technologies for Sustainable Development, Evora, Portugal.

[72] Anagnostopoulos K, Patlitzianas K, Flamos A, Doukas H, Psarras J. (2004), “Development of RES through the Clean Development Mechanism – Special Focus On Small-Scale Projects”, International Conference on New and Renewable Energy Technologies for Sustainable Development, Evora, Portugal.

[73] Patlitzianas K, Papadopoulou A, Flamos A, Doukas H, Psarras J. (2005), “Environmental policy of the EU Member States for the European Emission Trading Scheme”, International Scientific Conference, HELECO ’05, 3-6 February, Athens.

[74] Flamos A, Patlitzianas K, Doukas H, Psarras J. (2005), “Investigation of the Clean Development Mechanism potential in the Mediterranean region”, International Scientific Conference, HELECO ’05, 3-6 February, Athens, Greece.

[75] Swart R, Robinson J, Cohen S. (2003), “Climate change and sustainable development: expanding the options”, Climate Policy 3(1): 19–40.

[76] Jefferson M. (2006), "Sustainable energy development: performance and prospects", Renewable Energy, 31: 571–582.

[77] Sims REH. (2004), "Renewable energy: a response to climate change", Solar Energy 76 9–17.

[78] Doukas H, Patlitzianas KD, Psarras J. (2006), "Supporting the Sustainable Electricity Technologies in Greece Using MCDM", Resources Policy 31(2) 129-136.

[79] Psarras J, Capros P and Samouilidis J. -E. (1990), "4.5. Multiobjective programming"

Energy, 15(7-8): 583-605.

[80] Berry T and Jaccard M (2001), "The renewable portfolio standard: Design considerations and an implementation survey", Energy Policy, 29(4): 263-277.

[81] Vine Ed. (2005), "An international survey of the energy service company (ESCO) industry", Energy Policy, 33(5): 691-704.

[82] Καγιαννάς Α. (2003), "Ολοκληρωμένη Μεθοδολογία Υποστήριξης Αποφάσεων για τη Χάραξη Ενεργειακής Πολιτικής", Διδακτορική Διατριβή, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

[83] Patlitzianas DK, Doukas H, Psarras J, Samouilidis J. (2006), "Decision Making Model for the Sustainable Planning of the Energy Companies' Environment: Case Study in the EU Accession Member States". World Renewable Energy Congress IX and Exhibition, 19-25 August, Florence, Italy.

[84] Patlitzianas DK, Doukas H, Psarras J. (2006), "Assessing energy companies' environment in the EU accession member states", 4th International Conference on Energy Efficiency in Domestic Appliances and Lighting (EEDAL'06), 21-23 June, Millenium Conference Centre, London - United Kingdom.

[85] Salmela S, Varho V. (2006), "Consumers in the green electricity market in Finland", Energy Policy 34(18): 3669-3683.

[86] Papadopoulou A, Patlitzianas DK, Doukas H, Kagiannas A, Psarras J. (2005) "The current situation and perspectives of the European energy management activities", Eight International Conference on energy for a clean environment, 27-30 June, Lisbon, Portugal.

[87] Rooijen S, Wees M. (2006), "Green electricity policies in the Netherlands: an analysis of policy decisions", Energy Policy 34: 60–71.

[88] Arts B, Tatenhove J. (2004) "Policy and Power: A conceptual framework between the 'Old' and 'New' paradigm", Policy Sciences, 37(3): 339-356.

[89] Arts B, Tatenhove P. Leroy P (Eds). (2000), "Political modernisation and policy arrangements: a framework for modernisation in environmental policy", Kluwer, Dordrecht.

[90] KUN. (2001), "Susstainable groth, a multi-actor analysis of the policy arrangement sustainable agriculture", KU Nijmegen.

[91] Giddens A. (1984), "The Constitution of Society. Outline of the Theory of Structuration. Cambridge", Polity Press.

[92] Engeström Y. (1987), "Learning by Expanding: An Activity-Theoretical Approach to Developmental Research", Helsinki: Orienta-Konsultit Oy.

[93] Engeström Y. (1990), "Learning, working, and imagining: Twelve studies in activity theory". Helsinki: Orienta-Konsultit.

[94] Leont'ev AN. (1981), “Problems of the Development of Mind”, Moscow: Progress Publishers.

[95] Kuutti K, Arvonen T. (1992), “Identifying CSCW Applications by Means of Activity Theory Concepts: A Case Example”, In Turner, J. and Kraut, R. (eds.) Sharing Perspectives. Proceedings of the ACM 1992 Conference on Computer-Supported Cooperative Work New York: ACM Press, pp. 233-240.

[96] Kaptelinin V. (1994), “Activity Theory: Implications for Human Computer Interaction”, In: M.D. Brouwer-Janse, T. L. Harrington (eds.): Human Machine Communication for Educational Systems Design. Berlin: Springer, pp. 5-15.

[97] Lim CP, Hang D. (2003), “An activity theory approach to research of ICT integration in Singapore schools”, Computers & Education 41: 49–63.

[98] Decortis F. (2000), “Activity theory, cognitive ergonomics and distributed cognition: three views of a transport company”, International Journal of Human-Computer Studies, 53: 5-33.

[99] Samouilidis J, Mitropoulos C. (1982), “Energy economy models—a survey”, European Journal of Operations Research, 11(3): 222–232.

[100] Meirer P, Mubayi V. (1983), “Modeling energy-economic interactions in developing countries-a linear programming approach”, European Journal of Operations Research, 13: 41–59.

[101] Nijcamp P, Volwahsen A. (1990), “New directions in integrated regional energy planning”, Energy Policy, 18(8): 764–773.

[102] Kavrakoglu I. (1983), “Multiobjective strategies in power system planning”, European Journal of Operations Research, 12(2): 159–170.

[103] Schulz V, Stehfest H. (1984), “Regional energy supply optimization with multiple objectives”, European Journal of Operations Research, 17: 302–12.

[104] Meyer NI. (1998), “Promotion of Renewable Energy in a liberalized Energy Market”, Renewable Energy, 15(1-4): 218-223.

[105] Tsoutsos TD, Stamboulis YA. (2005), “The sustainable diffusion of renewable energy technologies as an example of an innovation-focused policy”, Technovation 25: 753–761.

[106] Γκωλέτσης Γ (2000), “Ολοκληρωμένη Μεθοδολογία Πολυκριτηριακής Αξιολόγησης Έργων”, Διδακτορική Διατριβή, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

[107] Παπασταματίου Π (1998), “Μεθοδολογίες και Μοντέλα Ενεργειακού Προγραμματισμού και Πολιτικής”, Διδακτορική Διατριβή, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

[108] Siebert H. (1998), “Economics of the Environment”. Springer, Berlin.

[109] Loiter JM, Norberg-Bohm V. (1999), “Technology policy and renewable energy: public roles in the development of new energy technologies”, Energy Policy 27: 85–97.

[110] IEA - International Energy Agency. (1997), “Renewable Energy Policy in IEA Countries”, Vol. I: Overview. OECD/IEA, Paris.

[111] IEA - International Energy Agency. (1998), “Renewable Energy Policy in IEA Countries”, Vol. II: Country Reports. OECD/IEA, Paris.

[112] Komor P, Bazilian M. (2005), “Renewable Energy Policy Goals, Programs, and Technologies”, Energy Policy 33: 1873–1881.

[113] Guthrie B, (1999), “People, Power and Policy,” Presentation to Conference on Voluntary Initiatives: Policy Framework and Roles.

[114] Harrison K. “Voluntarism and Environmental Governance,” 1999.

[115] World Bank. (1996) “Controlling Pollution—A New Approach,” World Bank Policy and Research Bulletin, 7(4), October/December.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ III: ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΣΧΕΤΙΖΟΜΕΝΩΝ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΩΝ

III.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Από την ανάλυση του προηγούμενου Κεφαλαίου, διαφαίνεται ότι το πρόβλημα της προώθησης των ΑΠΕ είναι ένα πρόβλημα απόφασης ολοκληρωμένης στρατηγικής, που πρέπει να είναι σε άμεση συνάφεια με το γενικότερο ενεργειακό σχεδιασμό μιας χώρας. Πράγματι, η διαμόρφωση και η ανάπτυξη ενός ενσωματωμένου και συντονισμένου συνόλου πολιτικών ΑΠΕ που να εξετάζει ταυτόχρονα τις ενεργειακές και περιβαλλοντικές επιδιώξεις αποτελεί μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις σήμερα. Εντούτοις, οι μέχρι σήμερα πολιτικές εστιάζουν σε επί μέρους πτυχές του προβλήματος που αφορούν στην ενεργειακή ζήτηση, αξιοπιστία, επάρκεια και ασφάλεια εφοδιασμού, επιδράσεις τιμών και μειώσεις εκπομπών. Έτσι, με ασυντόνιστες και σποραδικές προσπάθειες στην προσπάθεια διαμόρφωσης πολιτικής, τα οφέλη μιας ενεργειακής πρότασης θα μπορούν να αντισταθμιστούν από μια πρόταση για το περιβάλλον και αντίστροφα [1].

Συνεπώς, σε τέτοια προβλήματα με ασαφή έκβαση και δύσκολες αλληλεπιδράσεις απαιτείται η χρήση διαφανών και συνεκτικών μεθοδολογιών υποστήριξης αποφάσεων. Ωστόσο, οι σύγχρονες προκλήσεις της ενεργειακής αγοράς, δηλαδή η απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας και η δραστηριοποίηση γύρω από την κλιματική αλλαγή καθώς και το πλήθος των εμπλεκόμενων κέντρων αποφάσεων, καθιστούν τη διαδικασία της υποστήριξης αποφάσεων προώθησης των ΑΠΕ ιδιαίτερα πολύπλοκη, εφόσον πρέπει να ληφθούν υπόψη οι επιπτώσεις τους τόσο σε τεχνοοικονομικό όσο και σε κοινωνικό – πολιτικό επίπεδο.

Επιπλέον, η διαμόρφωση προτάσεων ΑΠΕ περιλαμβάνει όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο Κεφάλαιο συχνά πολλούς εμπλεκόμενους – κέντρα απόφασης, με διαφορετικό σύστημα αξιών, και διαφορετικές επιδιώξεις [2]. Η διαφωνία μεταξύ αυτών των ομάδων, είτε ενδεχομένως μια συναίνεση για τη δράση, πρέπει να προσδιοριστούν για να διαμορφωθούν βραχυπρόθεσμοι και μακροπρόθεσμοι στόχοι και να υπάρξει συγχρονισμός των ενεργειών.

Κατά συνέπεια, το πλαίσιο υποστήριξης αποφάσεων για αυτήν την πολυδιάστατη, πολυβάθμια και πολυσυμμετοχική διαδικασία πρέπει να είναι:

- Σε θέση να ενσωματώσει τις σύνθετες γεωφυσικές και οικολογικές αλληλεπιδράσεις εκτός από τις αλληλένδετες κοινωνικές και οικονομικές διαστάσεις του προβλήματος.
- Αρκετά ευέλικτο να προσαρμοστεί στις διαφορές στο θεσμικό υπόβαθρο, στις γηγενείς ικανότητες και στις πολιτιστικές ιδιομορφίες των διαφόρων χωρών (ιδιαίτερα σημαντικό αντιμετωπίζοντας διασυνοριακά περιβαλλοντικά ζητήματα).

Εντούτοις, με όλη αυτήν την πολυπλοκότητα, η πλειοψηφία των συμβατικών οικονομικών αναλύσεων που συμβάλλουν στη διαμόρφωση κατάλληλων προτάσεων παρουσιάζουν μια σειρά από μειονεκτήματα, με κυριότερα τα ακόλουθα:

- Είναι βασισμένες στις καταναλωτικές προτιμήσεις, και υποθέτουν ότι τέτοιες προτιμήσεις μπορούν να εκφραστούν από μια συνάρτηση χρησιμότητας. Στην πραγματικότητα, εντούτοις, εκτός αν πρόκειται για ένα αγαθό αγοράς, η συνάρτηση χρησιμότητας ως κριτήριο για τη διαμόρφωση και επιλογή προτάσεων πολιτικής έχει αμφισβητήσιμη αξία [3].
- Τα πρότυπα που κατασκευάζονται με κατ' εκτίμηση παραμέτρους έχουν περιορισμένες ικανότητες στην πρόβλεψη των πιθανών αλλαγών στις προτιμήσεις προς περιβαλλοντικά φιλικότερους στόχους [4].
- Πολλές από τις βασικές ιδιότητες των ΑΠΕ και των προτάσεων πολιτικής για το περιβάλλον είναι δημόσια αγαθά και δεν εκτιμούνται από την αγορά οπότε και αποκλείονται συχνά από την ανάλυση. Αυτές οι ιδιότητες, μπορούν να παρέχουν ουσιαστικά οφέλη, τα οποία αντισταθμίζουν το αυξανόμενο οικονομικό κόστος ή την απώλεια σε Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (ΑΕΠ) ως αποτέλεσμα της εφαρμογής μιας πρότασης πολιτικής [5, 6].

Κατά συνέπεια, η υποστήριξη αποφάσεων προώθησης των ΑΠΕ, βασισμένη στις συμβατικές τεχνικές οικονομικής ανάλυσης έχει έμφυτους κινδύνους. Λαμβάνοντας υπόψη και τις παραμέτρους του σύγχρονου περιβάλλοντος λειτουργίας του ενεργειακού τομέα, όπως αυτές αναλύθηκαν στο Κεφάλαιο ΙΙ, υπαγορεύεται ένα διαφορετικό σύνολο αναλυτικών μεθόδων, οι Πολυκριτηριακές Μέθοδοι Υποστήριξης Αποφάσεων - ΠΜΥΑ (Multiple Criteria Decision Making), για τη διαμόρφωση προτάσεων προώθησης των ΑΠΕ, που μπορούν να συμπεριλάβουν τα ακόλουθα:

- Τις σημαντικές αλληλεπιδράσεις του μεγάλου αριθμού των εμπλεκομένων.
- Μη-οικονομικούς (π.χ. κοινωνικούς και περιβαλλοντικούς) παράγοντες που διαδραματίζουν ένα σημαντικό ρόλο.

Στο παραπάνω πλαίσιο, το Κεφάλαιο αυτό έχει σα στόχο τη διερεύνηση των πολυκριτηριακών μεθοδολογιών και την εξέταση της δυνατότητάς τους να εξυπηρετήσουν τις ανάγκες υποστήριξης αποφάσεων προώθησης των ΑΠΕ στο σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα. Έμφαση δίνεται στις προσεγγίσεις γλωσσικής ανάλυσης, στις οποίες στηρίζονται τα επιμέρους βήματα της προτεινόμενης μεθοδολογίας. Συγκεκριμένα, πέρα από την πρώτη ενότητα της εισαγωγής, το Κεφάλαιο αυτό δομείται στις ακόλουθες ενότητες:

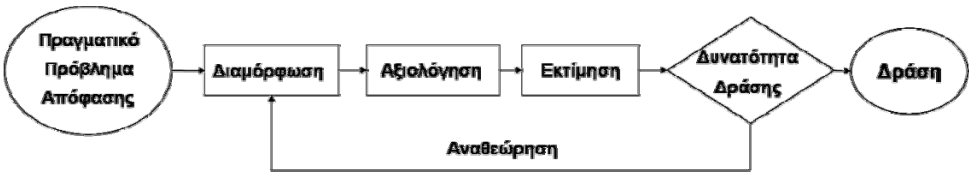
- Στη δεύτερη ενότητα και αφού αρχικά γίνει μια εισαγωγή γύρω από τις βασικές αρχές της πολυκριτηριακής υποστήριξης αποφάσεων, γίνεται μία συνοπτική περιγραφή μερικών από τις «παραδοσιακές» πολυκριτηριακές μεθόδους που έχουν εκτεταμένη χρήση στο πεδίο της υποστήριξης αποφάσεων στην ενέργεια.
- Στην τρίτη ενότητα διερευνάται η επίδραση των αβεβαιοτήτων που εισαγάγουν οι σύγχρονες παράμετροι του περιβάλλοντος λειτουργίας του ενεργειακού τομέα, δηλαδή η απελευθέρωση και η κλιματική αλλαγή, στις πολυκριτηριακές μεθόδους υποστήριξης αποφάσεων. Επιπλέον, παρουσιάζεται ο τρόπος αντιμετώπισης των παραπάνω χαρακτηριστικών από τις «παραδοσιακές» πολυκριτηριακές μεθόδους και αναδεικνύεται η ανάγκη ανάπτυξης ευέλικτων συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων, βασισμένων στις αρχές της ασαφούς λογικής.

- Στην τέταρτη ενότητα εξετάζεται η καταλληλότητα χρήσης των προσεγγίσεων γλωσσικής ανάλυσης για την προώθηση των ΑΠΕ στο σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα. Συγκεκριμένα, αναλύονται οι βασικές αρχές της πολυκριτηριακής υποστήριξης αποφάσεων χρησιμοποιώντας γλωσσικές μεταβλητές και οι τρεις βασικές προσεγγίσεις που είναι διαθέσιμες στη διεθνή βιβλιογραφία. Επίσης, μέσω μίας ενδεικτικής εφαρμογής τους διενεργείται αξιολόγηση τόσο της χρηστικότητας όσο και της διαφάνειας των αποτελεσμάτων τους.
- Τα σημαντικότερα συμπεράσματα που προέκυψαν από την ανάλυση του παρόντος Κεφαλαίου παρουσιάζονται στη τελευταία ενότητα.

III.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

III.2.1 Βασικές Αρχές

Η υποστήριξη αποφάσεων είναι μία επαναλαμβανόμενη διαδικασία όπως φαίνεται στο Σχήμα III.1. Σε κάθε επανάληψη, το μοντέλο λήψης αποφάσεων αναθεωρείται ως προς την καταλληλότητα και την πληρότητά του, έως ότου καμία άλλη βελτίωση στο μοντέλο δεν είναι αναγκαία προτού ληφθεί μία σαφής πορεία δράσης.



Σχήμα III.1. Διαδικασία Υποστήριξης Αποφάσεων

Πηγή: Huang et al., (1995) [7]

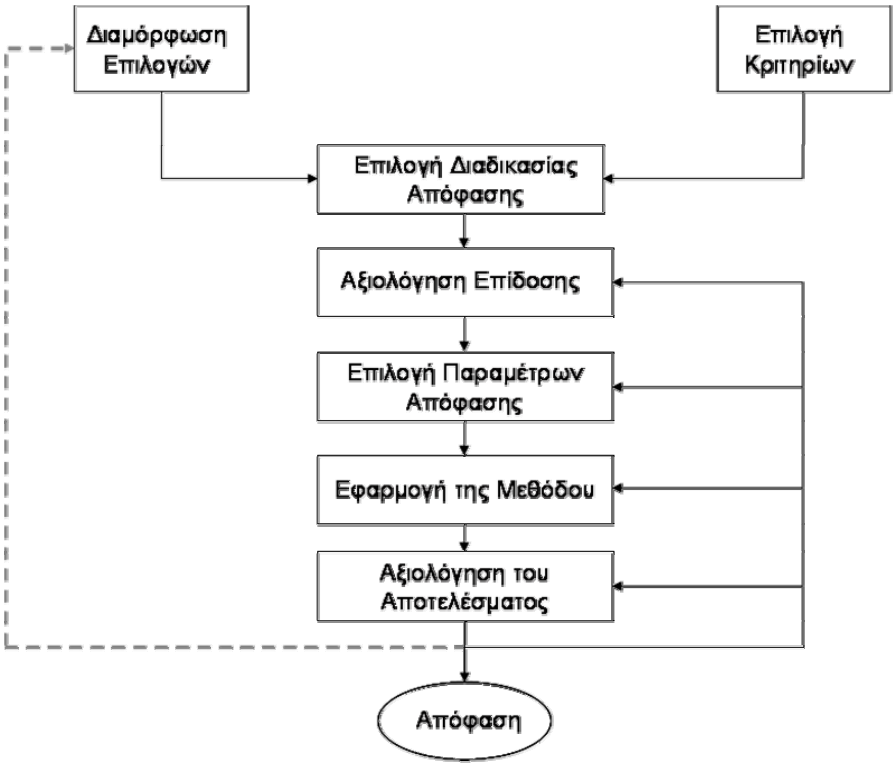
Λαμβάνοντας υπόψη το πλήθος των στόχων που απαιτούνται για την υποστήριξη αποφάσεων ενεργειακού σχεδιασμού, απαραίτητη προϋπόθεση είναι η χρήση τέτοιων εργαλείων που περιγράφουν και αξιολογούν ένα πρόβλημα σε όλες τις διαστάσεις του, διατυπώνουν και εξετάζουν τις διαφορετικές πτυχές του προβλήματος και αξιολογούν τη σημασία και τη σχετικότητα αυτών των πτυχών για τη λήψη αποφάσεων [8]. Τα μεθοδολογικά πλαίσια που βασίζονται στην ΠΜΥΑ συμπεριλαμβάνουν διάφορα κριτήρια στη διαδικασία υποστήριξης αποφάσεων ενεργειακής πολιτικής και κατά συνέπεια, προσφέρουν μια εναλλακτική λύση στις υποθέσεις που κρύβονται κάτω από τις συμβατικές μεθόδους οικονομικής ανάλυσης [9, 10]. Οι μέθοδοι ΠΜΥΑ μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να φιλτράρουν εναλλακτικές λύσεις και να προσδιορίσουν ιδανικά ένα σύνολο βέλτιστων λύσεων, έτσι ώστε καμία άλλη εφικτή επιλογή να μην υπάρχει που να είναι εξίσου καλή στο σύνολο των στόχων που έχουν τεθεί. Κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας, οι εκτιμήσεις που γίνονται για την αποτίμηση μιας πολιτικής μπορούν να συμπεριλάβουν κοινωνικές, περιβαλλοντικές και οικονομικές ιδιότητες. Επομένως, οι μέθοδοι ΠΜΥΑ μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να προσδιορίσουν τις ανταλλαγές, τα οφέλη και τις λύσεις συμβιβασμού στα σύνθετα προβλήματα πολιτικής και σχεδιασμού [11].

Οι ΠΜΥΑ μπορούν να ποικίλουν από απλές προσεγγίσεις που χρειάζονται πολύ λίγες πληροφορίες σε αρκετά περίπλοκες μεθόδους βασισμένες σε μαθηματικές τεχνικές προγραμματισμού, που χρειάζονται εκτενείς πληροφορίες για κάθε ιδιότητα και τις προτιμήσεις των υπεύθυνων για τη λήψη αποφάσεων. Εντούτοις, τα προβλήματα πολλαπλών κριτηρίων έχουν ένα σύνολο κοινών χαρακτηριστικών [12, 13] που περιλαμβάνει:

- Πεπερασμένους αριθμούς εναλλακτικών λύσεων, οι οποίοι μπορούν να επεξεργαστούν, να δοθούν προτεραιότητες, να επιλεχτούν, ή/ και να ταξινομηθούν.
- Αριθμούς ιδιοτήτων που εξαρτώνται από τη φύση του προβλήματος.

- Σύνολα μονάδων συγκεκριμένων για τη μέτρηση κάθε ιδιότητας.
- Δυνατότητα για το χαρακτηρισμό ανάλογης σπουδαιότητας κάθε ιδιότητας, μέσω μιας κλίμακας.
- Ένα σχήμα μητρώων, όπου οι στήλες δείχνουν τις ιδιότητες στο συγκεκριμένο πρόβλημα και οι σειρές τις ανταγωνιστικές εναλλακτικές λύσεις.

Ουσιαστικά, ένας αποφασίζων πρέπει να επιλέξει μεταξύ ποσοτικά προσδιορίσιμων ή μη-ποσοτικά προσδιορίσιμων πολλαπλών κριτηρίων. Οι στόχοι είναι συνήθως συγκρουόμενοι και επομένως, η λύση εξαρτάται ιδιαίτερα από τις προτιμήσεις του αποφασίζοντα και πρέπει να είναι ένας συμβιβασμός. Στις περισσότερες από τις περιπτώσεις, διαφορετικές ομάδες αποφασιζόντων εμπλέκονται στη διαδικασία. Κάθε ομάδα φέρνει διαφορετικά κριτήρια και απόψεις, τα οποία πρέπει να επιλυθούν μέσα σε ένα πλαίσιο κατανόησης και αμοιβαίου συμβιβασμού. Η διαδικασία πολυκριτηριακής υποστήριξης αποφάσεων απεικονίζεται στο Σχήμα III.2.



Σχήμα III.2. Διαδικασία Υποστήριξης Αποφάσεων Πολλαπλών Κριτηρίων
Πηγή: Climaco (1997) [14]

III.2.2 Συνοπτική Περιγραφή «Παραδοσιακών» Μεθοδολογιών

Στις παραγράφους που ακολουθούν γίνεται μία συνοπτική ανασκόπηση μερικών από τις πολυκριτηριακές μεθόδους που έχουν εκτεταμένη χρήση.

WSM

Η μέθοδος του σταθμισμένου μέσου όρου (Weighted Sum Method - WSM) είναι η συνηθέστερη χρησιμοποιημένη προσέγγιση στα μονοδιάστατα προβλήματα. Εάν υπάρχουν M εναλλακτικές λύσεις και N κριτήρια, καλύτερη εναλλακτική λύση είναι αυτή που ικανοποιεί την ακόλουθη έκφραση:

$$A^*_{wsm} = Max\sum_i^j a_{ij} w_j \quad \text{, για i =1,2,3,…,M, όπου:}$$

- A^*_{wsm} είναι το αποτέλεσμα "WSM" της καλύτερης εναλλακτικής λύσης,
- Ν είναι ο αριθμός των κριτηρίων απόφασης,
- a_{ij} είναι η πραγματική αξία της εναλλακτικής λύσης i^{th} στο κριτήριο j^{th},
- w_j είναι το βάρος σπουδαιότητας του κριτηρίου j^{th}.

Η συνολική αξία της κάθε εναλλακτικής λύσης είναι ίση με το άθροισμα όλων των όρων. Δυσκολία παρουσιάζεται σε αυτή τη μέθοδο όταν αναφέρεται σε πολυδιάστατα προβλήματα λήψης απόφασης. Στο συνδυασμό διαφορετικών διαστάσεων, και συνεπώς διαφορετικών μονάδων, η προσθετική ιδιότητα της παραπάνω χρήσης παραβιάζεται [15].

WPM

Η σταθμισμένη μέθοδος προϊόντος (Weighted Product Method - WPM) μοιάζει πολύ με την WSM. Η βασική διαφορά της είναι ότι αντί για πρόσθεση στη μέθοδο αυτή έχουμε πολλαπλασιασμό. Κάθε εναλλακτική λύση συγκρίνεται με άλλες, με τον πολλαπλασιασμό διάφορων αναλογιών, μια για κάθε κριτήριο. Κάθε αναλογία αυξάνεται στη δύναμη ισοδύναμη με το σχετικό βάρος του αντίστοιχου κριτηρίου. Γενικά, προκειμένου να συγκριθούν οι εναλλακτικές λύσεις A_k και A_l, η ακόλουθη έκφραση χρησιμοποιείται:

$$R(A_k / A_l) = \sum_{j=1}^{N} (a_{kj} / a_{Lj})^{wj} \text{, όπου:}$$

- Ν είναι ο αριθμός κριτηρίων,
- a_{ij} είναι η πραγματική αξία της i^{th} εναλλακτικής σε σχέση με το κριτήριο j^{th},
- w_j είναι το βάρος σπουδαιότητας του κριτηρίου j^{th}.

Εάν το $R(A_k / A_l)$ είναι μεγαλύτερο από το ένα, κατόπιν η εναλλακτική A_k είναι πιο επιθυμητή από την εναλλακτική A_L (στην περίπτωση μεγιστοποίησης). Η καλύτερη εναλλακτική λύση είναι αυτή που είναι καλύτερη ή τουλάχιστον ίση από όλες τις άλλες εναλλακτικές [16].

AHP

Η αναλυτική ιεραρχική διαδικασία (Analytical Hierarchy Process - AHP) αναπτύχθηκε από τον Saaty [17, 18]. Η ουσία της διαδικασίας είναι η αποδόμηση του περίπλοκου προβλήματος σε μια ιεραρχία με το στόχο (αντικειμενικό) στην κορυφή της ιεραρχίας, κριτήρια και υπο-κριτήρια σε επίπεδα και υποεπίπεδα της ιεραρχίας και εναλλακτικές λύσεις απόφασης στο κατώτατο σημείο της ιεραρχίας. Τα στοιχεία σε δεδομένο επίπεδο ιεραρχίας συγκρίνονται ανά ζευγάρια για να αξιολογηθεί η σχετική τους προτίμηση, όσον αφορά σε κάθε ένα από τα στοιχεία στο επόμενο πιο υψηλό επίπεδο.

Οι λεκτικοί όροι της θεμελιώδους κλίμακας του Saaty «1-9» χρησιμοποιούνται για να αξιολογήσουν το πόσο έντονη είναι η προτίμηση μεταξύ δύο στοιχείων.

Η αξία «1» δείχνει την ίση σημασία, «3» συγκρατημένα περισσότερη, «5» έντονα περισσότερη, «7» πολύ έντονα και «9» δείχνει εξαιρετικά μεγαλύτερη σημασία. Οι τιμές «2», «4», «6» και «8» είναι για να δείξουν τις τιμές συμβιβασμού σπουδαιότητας. Η παραπάνω κλίμακα και η χρήση των λεκτικών συγκρίσεων χρησιμοποιούνται για τη στάθμιση των ποσοτικά προσδιορίσιμων και μη-ποσοτικά προσδιορίσιμων στοιχείων. Η μέθοδος υπολογίζει και αθροίζει τα υποδιανύσματα μέχρι να προσδιοριστεί το σύνθετο τελικό διάνυσμα των συντελεστών βάρους για τις εναλλακτικές λύσεις. Το τελικό διάνυσμα των συντελεστών βάρους απεικονίζει την ανάλογη σημασία (αξία) κάθε εναλλακτικής λύσης όσον αφορά στο στόχο που δηλώνεται στην κορυφή της ιεραρχίας. Ένας αποφασίζων μπορεί να χρησιμοποιήσει αυτό το διάνυσμα ανάλογα με τις ιδιαίτερες ανάγκες και τις προτιμήσεις του. Για τις συγκρίσεις ανά ζεύγη που εκτελούνται σε δεδομένο επίπεδο, μια μήτρα Α δημιουργείται με την τοποθέτηση του αποτελέσματος των συγκρίσεων ανά ζεύγη του στοιχείου i με το στοιχείο j στη θέση a_{ij} όπως κατωτέρω.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & .. & a_{1j} & .. & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & .. & a_{2j} & .. & a_{2n} \\ .. & .. & .. & .. & .. & .. \\ a_{i1} & a_{i2} & .. & a_{ij} & .. & a_{in} \\ .. & .. & .. & .. & .. & .. \\ a_{n1} & a_{n2} & .. & a_{nj} & .. & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Μετά τη λήψη του διανύσματος βάρους, αυτό πολλαπλασιάζεται με το συντελεστή βάρους του στοιχείου σε πιο υψηλό επίπεδο. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται προς τα πάνω για κάθε επίπεδο, έως ότου επιτυγχάνεται η κορυφή της ιεραρχίας. Η εναλλακτική λύση με την υψηλότερη αξία συντελεστή βάρους πρέπει να ληφθεί ως καλύτερη εναλλακτική λύση.

Συνοπτικά, η διαδικασία που ακολουθεί η μέθοδος αποτελείται από 4 βήματα:

1. Ιεράρχηση των επιπτώσεων της απόφασης, όπως περιγράφεται πιο πάνω.
2. Ξεκινώντας από τη ρίζα του δένδρου, γίνεται για κάθε στοιχείο συγκριτική αξιολόγηση ανά ζεύγη των στοιχείων στα οποία αναλύεται. Για κάθε ζεύγος ο αποφασίζων εκτιμά υποκειμενικά τη σπουδαιότητα του άλλου. Αυτό γίνεται με ανά ζεύγη συγκρίσεις της μορφής «πόσο πιο σημαντικό είναι το στοιχείο 1 από το στοιχείο 2, όταν συγκρίνεται με βάση το πιο πάνω στοιχείο;». Για τη σύγκριση προτείνεται από τον Solnes [15] μια πενταβάθμια κλίμακα. Η βαθμολογία αυτή συγκεντρώνεται σε δισδιάστατους πίνακες (pairwise comparison matrices).
3. Για κάθε ένα από τα στοιχεία του τελευταίου επιπέδου, αυτά δηλαδή που δεν μπορούν να αναλυθούν περισσότερο, αξιολογούνται, ανά ζεύγη, οι δυνατές επιλογές του προβλήματος με τη βοήθεια της προαναφερθείσας ποιοτικής κλίμακας.
4. Οι παραπάνω πληροφορίες (σχετική βαρύτητα των κριτηρίων μεταξύ τους, συγκριτική επίδοση των επιλογών σε κάθε κριτήριο) εκφρασμένες σε διανύσματα προτεραιοτήτων συντίθενται σε ένα τελικό διάνυσμα προτεραιοτήτων που προσδιορίζει τη διάταξη των επιλογών του προβλήματος.

Τέλος, ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της "AHP" είναι ο υπολογισμός του δείκτη ασυνέπειας, που είναι πολύ σημαντικός για τον αποφασίζοντα για να διασφαλίσει ότι οι κρίσεις του ήταν συνεπείς και ότι η τελική απόφαση λαμβάνεται καλά. Ο δείκτης ασυνέπειας πρέπει να είναι χαμηλότερος από 0.10. Αν και μια υψηλότερη αξία του δείκτη ασυνέπειας απαιτεί την επαναξιολόγηση των ανά ζεύγη συγκρίσεων, οι αποφάσεις που λήφθηκαν σε ορισμένες περιπτώσεις θα μπορούσαν επίσης να ληφθούν ως καλύτερη εναλλακτική λύση.

PROMETHEE

Η PROMETHEE χρησιμοποιεί τη σχέση επικράτησης για να ιεραρχήσει τις εναλλακτικές λύσεις, συνδυάζοντας ευκολία στη χρήση και μειωμένη πολυπλοκότητα. Εκτελεί μια σύγκριση ανά ζεύγη των εναλλακτικών λύσεων προκειμένου αυτές να ταξινομηθούν όσον αφορά σε διάφορα κριτήρια. Ο Brans et al [19] έχει προτείνει έξι γενικευμένες συναρτήσεις κριτηρίων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Η μέθοδος που χρησιμοποιεί μία συνάρτηση προτίμησης $P_j(a,b)$ είναι μια συνάρτηση της διαφοράς d_j μεταξύ δύο εναλλακτικών λύσεων για οποιοδήποτε κριτήριο j, δηλαδή d_j=f (a,j) - f (b,j), όπου το f (a,j) και το f (b,j) είναι τιμές δύο εναλλακτικών λύσεων a και b για το κριτήριο j. Τα κατώφλια αδιαφορίας και προτίμησης q και p καθορίζονται επίσης ανάλογα με τον τύπο της συνάρτησης κριτηρίου που θα επιλεγεί. Συγκεκριμένα:

- Δύο εναλλακτικές λύσεις είναι αδιάφορες για το κριτήριο j εφ' όσον το d_j δεν υπερβαίνει το κατώφλι αδιαφορίας q.
- Εάν το d_j γίνεται μεγαλύτερο από το p, υπάρχει μια αυστηρή προτίμηση.

Ο δείκτης προτίμησης πολλαπλών κριτηρίων, π(α, β) που είναι ένας σταθμισμένος μέσος όρος των συναρτήσεων προτίμησης $P_j(a, b)$ για όλα τα κριτήρια ορίζεται ως:

$$\pi(a,b) = \frac{\sum_{j=1}^{J}\left(w_j P_j(a,b)\right)}{\sum_{j=1}^{J} w_j}$$

- Το άθροισμα των π (a,i) δείχνει την προτίμηση της ενέργειας a σε σχέση με όλες τις άλλες εναλλακτικές, αποδίδεται ως «εξερχόμενη ροή» $\varphi^+(\alpha)$ και δείχνει πόσο «καλύτερη» είναι η εναλλακτική α. Η εναλλακτική με την υψηλότερη εξερχόμενη ροή είναι η καλύτερη.

$$\phi^+(a) = \sum_A \pi(a,b)$$

- Το άθροισμα των καταλόγων π (i,a) παρουσιάζει την προτίμηση όλων των άλλων εναλλακτικών συγκρινόμενες με την α, αποδίδεται ως «εισερχόμενη ροή» $\varphi^-(\alpha)$ και δείχνει πόσο «χειρότερη» είναι η εναλλακτική α. Η ενέργεια με την χαμηλότερη εισερχόμενη ροή είναι η χειρότερη.

$$\phi^-(a) = \sum_A \pi(b,a)$$

Και γενικά : $\phi(a) = \phi^+(a) - \phi^-(a)$, όπου:

- w_j είναι το βάρος που ορίζεται στο κριτήριο j,
- ϕ^+ (α) είναι ο δείκτης επικράτησης του α στο σύνολο των εναλλακτικών A,

- ϕ^- (α) είναι ο αντίθετος δείκτης,
- ϕ (α) είναι η καθαρή ιεράρχηση του α στο σύνολο των εναλλακτικών λύσεων Α.

Η τιμή που έχει το μέγιστο φ (α) θεωρείται ως η καλύτερη.

Τέλος, σύμφωνα με την μέθοδο PROMETHEE I, η ενέργεια α είναι ανώτερη από την ενέργεια, β, εάν ϕ^+ (α) $\geq$ ϕ^+ (β) και ϕ^- (α) $\leq$ ϕ^- (β). Η ισοτιμία της ϕ^+ και ϕ^- δείχνει την αδιαφορία ανάμεσα στις δυο συγκρινόμενες επιλογές.

Στην περίπτωση που οι εξερχόμενες ροές δείχνουν ότι η α είναι καλύτερη της β, ενώ οι εισερχόμενες ροές δείχνουν το αντίθετο, οι δυο ενέργειες θεωρούνται ασύγκριτες. Οι ενέργειες α και β είναι ασύγκριτες εάν:

- ϕ^+ (α) > ϕ^+ (β) και ϕ^- (α) > ϕ^- (β) ή
- ϕ^+ (α) < ϕ^+ (β) και ϕ^- (α) < ϕ^- (β)

ELECTRE

Η ELECTRE είναι σε θέση να χειρίζεται διακριτά κριτήρια τόσο ποσοτικής όσο και ποιοτικής φύσης και να παρέχει πλήρη διάταξη των εναλλακτικών λύσεων. Το πρόβλημα διατυπώνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να επιλέγονται οι εναλλακτικές λύσεις που προτιμώνται από τα περισσότερα κριτήρια και δεν προκαλούν ένα μη-αποδεκτό επίπεδο δυσαρέσκειας σε κανένα από αυτά. Οι δείκτες συμφωνίας, ασυμφωνίας και οι τιμές των κατωφλίων χρησιμοποιούνται σε αυτήν την τεχνική. Με βάση αυτούς τους δείκτες, γραφικές παραστάσεις για τις ισχυρές και αδύνατες σχέσεις αναπτύσσονται. Αυτές οι γραφικές παραστάσεις χρησιμοποιούνται σε μια επαναληπτική διαδικασία για να προκύψει η ταξινόμηση των εναλλακτικών λύσεων [20]. Αυτοί οι δείκτες συμφωνίας και ασυμφωνίας καθορίζονται στο φάσμα από (0-1), παρέχουν μια κρίση για το βαθμό αξιοπιστίας κάθε σχέσης επικράτησης και αντιπροσωπεύουν μια δοκιμή για να ελεγχθεί η απόδοση κάθε εναλλακτικής λύσης. Ο δείκτης της συνολικής συμφωνίας C_{ik} αντιπροσωπεύει το ποσό στοιχείων για να υποστηριχθεί η συμφωνία μεταξύ όλων των κριτηρίων, κάτω από την υπόθεση ότι το A_i επικρατεί του A_k. Στην πραγματικότητα, ο πίνακας συμφωνίας είναι το κλάσμα των βαρών για τα οποία η λύση A_i είναι τόσο καλή όσο η A_k προς το άθροισμα των βαρών. Καθορίζεται ως εξής:

$$C_{jk} = \sum_{j=1}^{m} W_j c_j \left(A_i A_k\right) / \sum_{j=1}^{m} W_j$$

όπου Wj είναι το βάρος που συνδέεται με τα κριτήρια j^{th}. Τέλος, η μέθοδος ELECTRE παράγει ένα σύστημα των δυαδικών επικρατήσεων μεταξύ των εναλλακτικών λύσεων. Επειδή το σύστημα δεν είναι απαραιτήτως πλήρες, η μέθοδος ELECTRE είναι μερικές φορές ανίκανη να προσδιορίσει μια προτεινόμενη εναλλακτική λύση. Παράγει μόνο έναν πυρήνα των κύριων εναλλακτικών λύσεων. Μέσω αυτής της μεθόδου μπορεί να δημιουργηθεί μια σαφέστερη άποψη των εναλλακτικών λύσεων με την εξάλειψη των λιγότερων ευνοϊκών, ενώ είναι ιδιαίτερα κατάλληλη σε προβλήματα με σχετικά μικρό αριθμό κριτηρίων για ένα μεγάλο αριθμό εναλλακτικών λύσεων [21].

Ο στόχος της ELECTRE I είναι να βοηθήσει στον προσδιορισμό της προτιμώμενης εναλλακτικής. Αυτό επιτυγχάνεται καθορίζοντας ένα σύνολο εναλλακτικών, το οποίο αναφέρεται ως πυρήνας, έτσι ώστε:

- Για κάθε εναλλακτική η οποία δεν βρίσκεται στον πυρήνα, υπάρχει τουλάχιστον μια εναλλακτική στον πυρήνα η οποία επικρατεί αυτής.
- Όλες οι εναλλακτικές στον πυρήνα είναι ασύγκριτες.

Τέλος, όπως όλες οι μεταγενέστερες μορφές της ELECTRE I, η ELECTRE III στηρίζεται στην ELECTRE I και είναι βασισμένη στις ίδιες θεμελιώδεις αρχές αλλά διαφέρει τόσο στη λειτουργία όσο και στον τύπο του προβλήματος που πρέπει να επιλυθεί. Ενσωματώνει, όπως όλες οι μορφές της ELECTRE την ασαφή φύση της υποστήριξης αποφάσεων, χρησιμοποιώντας κατώφλια αδιαφορίας και προτίμησης. Η ELECTRE III χρησιμοποιείται για τη διάταξη των πιθανών λύσεων όταν μπορεί να καθοριστεί ποσοτικά η σχετική βαρύτητα του κάθε κριτηρίου.

TOPSIS

Η μέθοδος TOPSIS αναπτύχθηκε από τους Huang και Yoon [22] σαν μία εναλλακτική λύση της μεθόδου ELECTRE. Η βασική έννοια αυτής της μεθόδου είναι ότι η επιλεγμένη εναλλακτική λύση πρέπει να έχει την πιο μικρή απόσταση από την αρνητική ιδανική λύση με τη γεωμετρική έννοια. Η μέθοδος υποθέτει ότι κάθε ιδιότητα αναπαρίσταται από μια μονότονα αυξανόμενη ή μειούμενη συνάρτηση. Αυτό καθιστά εύκολο τον εντοπισμό της ιδανικής και της αρνητικά ιδανικής λύσης. Κατά συνέπεια, η διάταξη προτίμησης των εναλλακτικών λύσεων παράγεται μέσω της σύγκρισης των ευκλείδειων αποστάσεων ανάμεσα στην εναλλακτική και στην ιδανική και αρνητικά ιδανική λύση. Συγκεκριμένα, μια μήτρα απόφασης M εναλλακτικών και N κριτηρίων διαμορφώνεται αρχικά.

Συγκεκριμένα, υπολογίζεται η απόσταση κάθε εναλλακτικής από την ιδανική λύση S_i^+ και από την αρνητικά ιδανική λύση S_i^-.

Ακολουθεί ο υπολογισμός της σχετικής κοντινότητας στην ιδανική λύση και η τελική ταξινόμηση της σειράς προτίμησης. Η σχετική κοντινότητα Ci στην ιδανική επίλυση μπορεί να εκφραστεί ως

$$C_i = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-}$$

όπου Ci κυμαίνεται μεταξύ του 0 και του 1. Όσο τείνει το Ci προς το 1, τόσο μεγαλύτερος ο βαθμός προτεραιότητας της i^{th} εναλλακτικής. Η καλύτερη εναλλακτική λύση είναι αυτή που έχει την πιο κοντινή απόσταση στην ιδανική λύση και τη μεγαλύτερη απόσταση στην αρνητικά ιδανική λύση.

CP

Ο προγραμματισμός συμβιβασμού (Compromise Programming - CP) καθορίζει την καλύτερη λύση ως αυτήν στο σύνολο των εξεταζόμενων λύσεων της οποίας το σημείο έχει τη λιγότερη απόσταση από το ιδανικό σημείο [23]. Ο στόχος είναι να ληφθεί μια λύση που είναι όσο το δυνατόν πιό κοντά στην ιδανική. Το μέτρο απόστασης που χρησιμοποιείται στη “CP” είναι η οικογένεια των L_p δεικτών και δίνεται ως ακολούθως:

$$L_p(a) = \sum_{j=1}^{j} w_j^p \left| f_j^* - f(a) \right| / \left| M_j - m_j \right|, \text{ όπου:}$$

- Lp (α) είναι ο Lp δείκτης για την εναλλακτική α,
- f (α) είναι η αξία του κριτηρίου j στο σύνολο A,
- M_j είναι η μέγιστη (ιδανική) τιμή του κριτηρίου j στο σύνολο A,
- m_j είναι το ελάχιστη (αντι-ιδανική) τιμή του κριτηρίου j στο σύνολο A,
- f_j^* είναι η ιδανική αξία του κριτηρίου j,
- w_j είναι το βάρος του κριτηρίου j,
- p είναι η παράμετρος που απεικονίζει τη διάθεση του αποφασίζοντα όσον αφορά στο συμβιβασμό μεταξύ των αποκλίσεων.

Για p=1, όλες οι αποκλίσεις από το f_j^* λαμβάνονται υπόψη ευθέως ανάλογα με το μέγεθός τους, που σημαίνουν ότι υπάρχει πλήρης (σταθμισμένος) συμβιβασμός μεταξύ των αποκλίσεων.

MAUT

Η θεωρία χρησιμότητας πολλαπλών ιδιοτήτων (Multi-Attribute Utility Theory - MAUT) λαμβάνει υπόψη της τις προτιμήσεις του αποφασίζοντα μέσω της χρήσης της συνάρτησης χρησιμότητας, που καθορίζεται μέσα από ένα σύνολο ιδιοτήτων. Η τιμή της συνάρτησης χρησιμότητας μπορεί να καθοριστεί από τον προσδιορισμό των επιμέρους ιδιοτήτων.

Εδώ το j είναι η ιδιότητα, το k είναι γενική σταθερά (μεγαλύτερη ή ίση με -1), το k_j είναι η κλιμακωτή σταθερά για τις ιδιότητες j, u(.) είναι η συνολική συνάρτηση χρησιμότητας και $u_j(.)$ είναι η συνάρτηση χρησιμότητας για κάθε ιδιότητα j [24].

$$1 + ku(x_1, x_2, ...x_n) = \prod_{j=1}^{n} \left(1 + kk_j u_j\left(x_j\right)\right)$$

Συχνά χρησιμοποιείται το αθροιστικό μοντέλο:

$$U = a_1 U_1(g_1) + a_2 U_2(g_2) + ... + a_n U_n(g_n)$$

όπου ο συντελεστής a_i αντιστοιχεί στο ειδικό βάρος του κριτηρίου i και $\sum a_i = 1$.

Για να ισχύει το αθροιστικό μοντέλο πρέπει να ισχύει ο όρος της αντιστοιχίας του ανταγωνισμού (corresponding trade-off condition) δηλαδή, ότι το ποσοστό ανταγωνισμού μεταξύ δύο κριτηρίων g_i, g_z δεν εξαρτάται από το επίπεδο των τιμών [24].

Επιπλέον, στην περίπτωση τριών ή περισσότερων κριτηρίων, επιβάλλεται η ανά ζεύγη ανεξαρτησία (mutual preferential independence). Δύο κριτήρια g_1, g_2 είναι ανεξάρτητα από το g_3 όταν η προτίμηση ανάμεσα στα δύο αυτά κριτήρια δεν εξαρτάται από την τιμή του g_3. Αν για όλα τα ζεύγη των κριτηρίων ισχύει η ανεξαρτησία, τότε ικανοποιείται ο όρος της ανά ζεύγη ανεξαρτησίας.

Σε περίπτωση που δεν ισχύει η πιο πάνω συνθήκη, το αθροιστικό μοντέλο δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί αλλά χρησιμοποιούνται άλλα μοντέλα για τη συνάρτηση τιμών, όπως το πολλαπλασιαστικό.

III.2.3 Χρήση «Παραδοσιακών» Μεθοδολογιών

Η έννοια της πολυκριτηριακής λήψης απόφασης έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως για το σχεδιασμό ενεργειακών και περιβαλλοντικών προτάσεων πολιτικής [25], καθώς επίσης και για το βιώσιμο ενεργειακό προγραμματισμό [26].

Πιο συγκεκριμένα, η MAUT αναπτύσσεται για να βοηθήσει τους υπεύθυνους της λήψης αποφάσεων να ορίσουν τις τιμές στις συναρτήσεις χρησιμότητας και με τη χρήση πολλαπλών κριτηρίων να ληφθούν οι συνολικές τιμές της συνάρτησης χρησιμότητας. Παρατηρείται ότι η MAUT δεν χρησιμοποιείται πολύ εκτενώς στον ενεργειακό σχεδιασμό. Αυτό μπορεί να οφείλεται στις απαιτήσεις διαλογικού περιβάλλοντος απόφασης για τη διαμόρφωση της συνάρτησης χρησιμότητας και στην πολυπλοκότητα του υπολογισμού της [27]. Η επιλογή χαρτοφυλακίων για προγράμματα ηλιακής ενέργειας [28], ο σχεδιασμός προτάσεων ενεργειακής πολιτικής [29], η εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων [30], ο σχεδιασμός επέκτασης συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας [31] και η επιλογή έργων του Μηχανισμού Καθαρής Ανάπτυξης (ΜΚΑ) με βάση τη συνεισφορά τους στην αειφόρο ανάπτυξη [32] είναι οι εφαρμογές που προσδιορίζονται στη διεθνή βιβλιογραφία. Επίσης, σημειώνεται ότι ένας μικρός αριθμός μελετών παρατηρούνται να χρησιμοποιούν αυτή τη μέθοδο μετά από το 1990.

Από την άλλη πλευρά, οι μέθοδοι που ανήκουν στην οικογένεια ELECTRE χρησιμοποιούνται γενικά στον ενεργειακό προγραμματισμό. Αυτές οι μέθοδοι χρησιμοποιούνται επίσης στην ανάπτυξη συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων ανανεώσιμης ενέργειας μετά από το 1990 [33-35]. Άλλοι τομείς εφαρμογής περιλαμβάνουν τον ηλεκτρικό προγραμματισμό, τη διαχείριση της ενέργειας σε κτίρια και τον προγραμματισμό έργων. Αυτές οι μέθοδοι εφαρμόζονται επίσης στην επιλογή της θέσης εγκατάστασης σταθμών παραγωγής θερμικής ενέργειας με την εξάλειψη ορισμένων περιοχών [36], τη θέση εγκαταστάσεων ανανεώσιμων ενεργειακών επιλογών [37, 38], την επιλογή τεχνολογιών ελέγχου της ρύπανσης [39], τον ενεργειακό προγραμματισμό στις μεταφορές [40, 41], την εκτίμηση της επιπροσθετικότητας έργων του ΜΚΑ και του περιβάλλοντος δραστηριοποίησης των ενεργειακών εταιρειών σε νέα κράτη μέλη της ΕΕ [42, 43]. Ενώ διαφορετικές μορφές ELECTRE έχουν αναπτυχθεί, η ELECTRE III είναι αυτή που χρησιμοποιείται ευρέως στις εφαρμογές ενεργειακού προγραμματισμού.

Οι μέθοδοι βασισμένες στη σχέση επικράτησης που ανήκουν στην οικογένεια PROMETHEE χρησιμοποιούνται επίσης εκτενώς στον ενεργειακό προγραμματισμό. Αυτές οι μέθοδοι παρέχουν μια επιστημονική βάση, μέσω πολλαπλών κριτηρίων, για τον προσδιορισμό του δείκτη προτίμησης των εξεταζόμενων εναλλακτικών επιλογών. Τέτοιες μέθοδοι χρησιμοποιούνται στον προγραμματισμό και στις εφαρμογές ενεργειακού σχεδιασμού για την επιλογή γεωθερμικών περιοχών [44, 45] και περιοχών για μικρά υδρο- ηλεκτρικά [46], καθώς και στην αναγνώριση περιβαλλοντικά φιλικών τεχνολογικών επιλογών και στην υποστήριξη διαδικασιών τεχνολογικής προοπτικής διερεύνησης [47, 48]. Άλλοι τομείς εφαρμογής είναι για την ανάλυση των επιπτώσεων εναλλακτικών ενεργειακών επιλογών [49, 50] και για το σχεδιασμό προϊόντων οικοδόμησης [51].

Διαφορετικές εκδόσεις PROMETHEE έχουν χρησιμοποιηθεί με την PROMETHEE II να έχει χρησιμοποιηθεί εκτενώς μετά από το 1990.

Η AHP χρησιμοποιείται ευρέως στον ενεργειακό σχεδιασμό. Αυτό μπορεί να οφείλεται στη δυνατότητα μετατροπής ενός σύνθετου προβλήματος σε μια απλή ιεραρχική ευέλικτη δομή, στη δυνατότητά του να συνδυάσει ποιοτικά και ποσοτικά κριτήρια στο ίδιο πλαίσιο απόφασης [52], καθώς και στη χρήση των υποστηρικτικών υπολογιστικών εργαλείων που είναι αρκετά εύχρηστα [53]. Μειονέκτημά της είναι οι περιορισμοί που υπεισέρχονται λόγω της προκαθορισμένης κλίμακας προσδιορισμού της απόδοσης και των βαρών [54]. Η μέθοδος χρησιμοποιείται γενικά στον ανανεώσιμο ενεργειακό προγραμματισμό [55-59], στην κατανομή πηγής ενέργειας [60], στον ενεργειακό προγραμματισμό μεταφορών [61], στον προγραμματισμό έργων [62] και στον προγραμματισμό ηλεκτρικής ζήτησης [63-65]. Οι εφαρμογές της έχουν κύριους στόχους τη διαμόρφωση προτεραιοτήτων και έχουν ως χαρακτηριστικά γνωρίσματα το μικρό αριθμό κριτηρίων και την αλληλεπίδραση με τους υπεύθυνους για τη λήψη αποφάσεων. Η ακρίβεια της AHP έχει εξακριβωθεί με τη σύγκριση της με άλλες ΠΜΥΑ. Η μέθοδος χρησιμοποιείται αρκετά με τροποποιήσεις μετά το 1990.

Εκτός από τις ανωτέρω μεθόδους, ο ενεργειακός προγραμματισμός με ασαφή σύνολα χρησιμοποιείται για ποικίλες εφαρμογές μετά από το 1990. Μερικοί από τους τομείς εφαρμογής είναι αξιολόγηση ηλιακών συστημάτων [66, 67], συστημάτων παραγωγής ενέργειας [68-71], επιλογής περιοχών για αιολικά πάρκα [72] και ανάπτυξης μονάδων υποστήριξης απόφασης για τον έλεγχο των λειτουργιών κτιριακών μονάδων στο πλαίσιο της εξοικονόμησης ενέργειας και της άνετης διαβίωσης [73].

Από την παραπάνω σύντομη ανασκόπηση της δημοσιευμένης διεθνούς βιβλιογραφίας για το βιώσιμο ενεργειακό προγραμματισμό, διαφαίνεται η μεγάλη δυνατότητα εφαρμογής των ΠΜΥΑ στο σύγχρονο κοινωνικοοικονομικό περιβάλλον. Οι μέθοδοι αυτοί έχουν χρησιμοποιηθεί πολύ ευρέως για να διαχειριστούν τα πολλαπλά και μερικές φορές αντικρουόμενα κριτήρια, ώστε να φθάσουν στις καλύτερες λύσεις. Οι μέθοδοι που παρατηρούνται ότι είναι οι δημοφιλέστερες στον ενεργειακό προγραμματισμό είναι η PROMETHEE και η ELECTRE.

III.3 ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗΣ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

III.3.1 Εισερχόμενες Αβεβαιότητες

Το σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα δημιουργεί νέες προκλήσεις και ευκαιρίες για τους εμπλεκόμενους. Συγκεκριμένα:

- Η μετάβαση από μια έντονα ρυθμιζόμενη αγορά σε ένα ανταγωνιστικό περιβάλλον απαιτεί την επαναπροσαρμογή των μεθόδων υποστήριξης αποφάσεων, ώστε να ληφθούν σωστά υπόψη οι εισαγόμενες παράμετροι της αγοράς και των μηχανισμών της.
- Η επίδραση της κλιματικής αλλαγής στην ανάπτυξη των εθνικών και διεθνών προτάσεων πολιτικής έχει δημιουργήσει την ανάγκη για μια ολιστική αντιμετώπιση των προβλημάτων, μέσω της εκτίμησης των επιπτώσεων των δράσεων σε όλες τις διαστάσεις (κοινωνική, περιβαλλοντική και οικονομική) της αειφορίας.

Οι σύγχρονες πολυκριτηριακές μέθοδοι λοιπόν πρέπει να μπορούν να διαχειριστούν όλες τις νέες παραμέτρους με τρόπο διαφανή και ευέλικτο, ώστε να υπάρχει ουσιαστική συμβολή στην υποστήριξη ενεργειακών αποφάσεων.

Αβεβαιότητες Ελεύθερης Αγοράς

Πιο συγκεκριμένα, η «αβεβαιότητα» αναφέρεται σε μία μη δομημένη αντίληψη της αβεβαιότητας, ενώ το «ρίσκο» αναφέρεται σε μία κατάσταση στην οποία τα εναλλακτικά αποτελέσματα έχουν καθοριστεί και έχουν οριστεί σε αυτά πιθανότητες. Η αβεβαιότητα δημιουργεί οικονομικές ευκαιρίες. Είναι σημαντικό να καθοριστεί ο βαθμός έκθεσης μιας συγκεκριμένης ενεργειακής επένδυσης και ο τρόπος τοποθέτησης της επένδυσης έτσι ώστε να αποκτήσει το μεγαλύτερο δυνατό πλεονέκτημα σε σχέση με την αβεβαιότητα. Σε αυτό το πλαίσιο, οι εταιρείες θα πρέπει να αλλάξουν την επενδυτική στρατηγική και να προσθέσουν την αξία αυτών των εγγενών αβεβαιοτήτων στην αξιολόγηση του έργου τους.

Οι πιο σημαντικές αβεβαιότητες που σχετίζονται με το ενεργειακό σύστημα και τις αποφάσεις ενεργειακής πολιτικής είναι οι ακόλουθες [74 - 76]:

- *Αβεβαιότητα τιμών ορυκτών καυσίμων:* Αυτή η αβεβαιότητα είναι μία παρενέργεια των τεχνολογιών ανανεώσιμης ενέργειας και σχετίζεται μάλλον στενά με περιβαλλοντικά θέματα. Η παραγωγή ηλεκτρισμού με τη χρήση τεχνολογιών που βασίζονται σε ορυκτά καύσιμα ενέχει πολύ μεταβαλλόμενα κόστη και είναι ευπαθής στις μεταβολές της τιμής του πετρελαίου. Το αποτέλεσμα είναι εκτεταμένα λειτουργικά κόστη, αστάθεια, που αντανακλάται απευθείας στις τιμές του ηλεκτρισμού. Από την άλλη, οι τεχνολογίες ΑΠΕ με υψηλά αρχικά κόστη και μειωμένα λειτουργικά μπορούν να προσφέρουν τιμολογιακή σταθερότητα και ένα καλό φραγμό έναντι του κινδύνου της αστάθειας των τιμών των ορυκτών καυσίμων.
- *Αβεβαιότητα περιβαλλοντικών κανονισμών:* Συνδέεται στενά με την αβεβαιότητα των ορυκτών καυσίμων και τους περιβαλλοντικούς περιορισμούς που τίθενται στις «ρυπογόνες μεθόδους παραγωγής ηλεκτρισμού» (π.χ. αυστηρά όρια εκπομπών). Αυτό το θέμα αυξάνει την αβεβαιότητα των μεθόδων συμβατικής παραγωγής, λόγω της ενσωμάτωσης του περιβαλλοντικού κόστους στις τιμές ηλεκτρισμού.

Οι φιλικές προς το περιβάλλον μέθοδοι παραγωγής δεν αντιμετωπίζουν τέτοια αβεβαιότητα (τέτοια εξωτερικά κόστη αναμένονται να είναι αμελητέα ή να μην εφαρμόζονται καθόλου).

- *Αβεβαιότητα ζήτησης:* Για τα επόμενα χρόνια, η μέση ετήσια ζήτηση ηλεκτρισμού στην ΕΕ αναμένεται να αυξηθεί με ρυθμό ανάπτυξης 3-4 % επί του ΑΕΠ. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου υπερφόρτωσης (π.χ. υπερζήτηση κατά τη διάρκεια του θέρους λόγω της υπέρμετρης χρήσης των κλιματιστικών), η ζήτηση ξεπερνά την εγκατεστημένη ισχύ. Κατά συνέπεια, μπορεί να συμβεί βλάβη εξαιτίας της ανικανότητας του συστήματος να παραδώσει το απαιτούμενο ηλεκτρικό φορτίο σε μία χρονική στιγμή. Η αβεβαιότητα ζήτησης μπορεί να εξεταστεί από δύο πλευρές:
  - Βραχυπρόθεσμα (από μερικές ώρες έως μερικές ημέρες): Η ζήτηση είναι μάλλον προβλέψιμη και για αυτό οι παραγωγοί ηλεκτρισμού θα έπρεπε να σκεφτούν τι διευθετήσεις πρέπει να γίνουν (π.χ. προμήθειες ενέργειας) για να ανταποκριθούν στα αναμενόμενα επίπεδα ζήτησης.
  - Μακροπρόθεσμα: Οι παραγωγοί ηλεκτρισμού θα πρέπει να κάνουν προβλέψεις σχετικά με τις μελλοντικές ενεργειακές απαιτήσεις, τους πρόσθετους πόρους που μπορεί να απαιτηθούν για να ικανοποιήσουν τη μελλοντική ζήτηση αιχμής του συστήματος και τις μακροπρόθεσμες συμφωνίες προμήθειας ισχύος που πρέπει να γίνουν.
- *Αβεβαιότητα προσφοράς:* Η αβεβαιότητα προσφοράς σχετίζεται με την αβεβαιότητα ζήτησης. Τα συστήματα παροχής (παραγωγής και μεταφοράς / διανομής) διασφαλίζουν ότι ο εξοπλισμός λειτουργεί σωστά και αποδοτικά, που σημαίνει ότι σε περίπτωση ξαφνικού "black-out", θα διατηρηθεί αδιάκοπη ηλεκτρική ισχύς για όσο το δυνατόν περισσότερο.
- *Αβεβαιότητα αρχικού κόστους κεφαλαίου και τεχνολογίας:* Η αβεβαιότητα αρχικού κόστους κεφαλαίου αναφέρεται στο αρχικό κόστος επένδυσης, καθώς επίσης και στις προσθήκες επί της εγκατεστημένης ισχύος. Τα ενεργειακά έργα μπορεί να αντιμετωπίσουν τον κίνδυνο υπέρβασης κόστους κατά τη διάρκεια της κατασκευής και τα αυξημένα κόστη λόγω των καθυστερήσεων. Στα έργα αιολικής ενέργειας για ηλεκτρισμό, το αρχικό κόστος κεφαλαίου ευθύνεται για το 75-90% του συνολικού κόστους παραγωγής ενέργειας. Η τεχνολογική αβεβαιότητα σχετίζεται με τον κίνδυνο οι εγκατεστημένοι πόροι να αχρηστευθούν οικονομικά, λόγω των τεχνολογικών αλλαγών, προτού το αρχικό κόστος κεφαλαίου αποσβεστεί.
- *Αβεβαιότητα δομής της αγοράς:* Η εισαγόμενη απελευθέρωση είναι πιθανό να επηρεάσει αρνητικά όποιον πάρει το ρίσκο της μεταβολής του κόστους παραγωγής. Σε συνθήκες ανταγωνισμού, θα είναι δύσκολο για τους παραγωγούς να μετακυλήσουν στους καταναλωτές οποιαδήποτε αύξηση του κόστους, που δε σχετίζεται με το σύνολο της βιομηχανίας ή με συγκεκριμένη μέθοδο παραγωγής. Η απόφαση π.χ. για το κτίσιμο, τη λειτουργία και την ιδιοκτησία ενός αιολικού πάρκου θα επηρεαστεί γενικά από ένα πλήθος οικονομικών παραμέτρων που αφορούν στην τεχνολογία και /ή στη δομή της αγοράς.

Αβεβαιότητες Κλιματικής Αλλαγής

Η επίδραση της κλιματικής αλλαγής στην ανάπτυξη εθνικών και διεθνών προτάσεων έχει αυξηθεί την τελευταία δεκαετία. Οι δράσεις για την άμβλυνση των αρνητικών επιδράσεων του φαινομένου του θερμοκηπίου είναι τώρα ένα βασικό στοιχείο για την Πολιτεία, τα ερευνητικά προγράμματα και τις εταιρικές στρατηγικές.

Συγκεκριμένα, για αρκετές δεκαετίες τα κριτήρια που χρησιμοποιούνταν λάμβαναν υπόψη τους διάφορες παραμέτρους, για τις οποίες οι άνθρωποι ενδιαφέρονται, κυρίως σχετικά με την εκτίμηση της οικονομικής ανάπτυξης. Λόγω όμως της επίδρασης της κλιματικής αλλαγής, έγινε προφανές ότι η χρήση των παραδοσιακών δεικτών όπως π.χ. το ΑΕΠ, δεν ήταν δυνατό να διαχειριστούν θέματα σχετικά με την αειφορία και γι' αυτό το λόγο επιβαλλόταν η ανάπτυξη διαφορετικών μεταβλητών. Συνεπαγόμενα, νέες μεταβλητές δημιουργήθηκαν για να καλύψουν αυτό το κενό ενώ μετά τη Διάσκεψη στο Ρίο για το Περιβάλλον, το 1992, η χρήση τους γνώρισε μεγαλύτερη εξάπλωση. Στην Ατζέντα 21 αναφέρεται η ανάγκη αναγνώρισης της σημασίας των δεικτών – μεταβλητών αειφορίας από εθνικές κυβερνήσεις αλλά και από διεθνείς οργανισμούς.

Η στρατηγική πλέον προς τη αειφορία πρέπει να επιτύχει μια ισορροπία της οικονομικής ανάπτυξης, της κοινωνικής συνοχής και της προστασίας του περιβάλλοντος. Ουσιαστικά, η αειφορία υποδηλώνει μια αυξανόμενη δυναμική ανάπτυξη, οδηγούμενη από ανθρώπινες προσδοκίες σχετικά με μελλοντικές ευκαιρίες, και βασίζεται στα παρόντα οικονομικά, περιβαλλοντικά και κοινωνικά ζητήματα και πληροφορίες.

Προκύπτει λοιπόν ότι η εκτίμηση και η διαχείριση της Αειφόρου Ανάπτυξης (ΑΑ) πρέπει να βασίζεται σε περιβαλλοντικές και κοινωνικό-πολιτιστικές επιπτώσεις εκτός των οικονομικών.

Πιο συγκεκριμένα, πρέπει πλέον να παρέχονται πληροφορίες για [77]:

- Την κατάσταση του περιβάλλοντος, της οικονομίας και της κοινωνίας.
- Διάφορες αδυναμίες και έντονα προβλήματα, με έμφαση σε θέματα που πρέπει να επιλυθούν.
- Επιδόσεις πράξεων πολιτικής, με στόχο να αποτιμάται κατά πόσο οι πολιτικές και αναπτυξιακές επιλογές είναι επιτυχείς και τελικά κατά πόσο οι άνθρωποι οδηγούνται σωστά στο δρόμο προς την ΑΑ.

Σε αυτό το πλαίσιο, πρέπει σήμερα να λαμβάνονται υπόψη [78, 79]:

- *Ο περιβαλλοντικός πυλώνας:* Διαιρείται σε διάφορους τομείς όπως αέρας, υδάτινη ρύπανση, παράκτια ρύπανση, έδαφος, απόβλητα και χρήσεις γης.
- *Ο οικονομικός πυλώνας:* Προσαρμόζεται στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της τοπικής οικονομίας. Έτσι, ο τουρισμός, οι βιομηχανίες, οι εξαγωγές, το τοπικό εμπόριο αντιμετωπίζονται με ιδιαίτερο σύνολο δεικτών.
- *Ο κοινωνικός πυλώνας:* Περιλαμβάνει δείκτες όπως η κατανομή του πλούτου, η απασχόληση και η ανεργία, ο πληθυσμός και οι οικογένειες, η εκπαίδευση και η υγεία καθώς και η κατάσταση των υπηρεσιών και της υποδομής της τοπικής αυτοδιοίκησης.

Σε αυτές τις περιπτώσεις όμως, δεν μπορούν όλες οι πληροφορίες να καθοριστούν επακριβώς σε μια ποσοτική μορφή αλλά μπορούν σε μια ποιοτική. Για παράδειγμα, όταν γίνεται προσπάθεια να περιγραφούν φαινόμενα που σχετίζονται με κοινωνικό – πολιτικές επιπτώσεις, συχνά πρέπει να χρησιμοποιούνται λέξεις στη φυσική γλώσσα αντί για αριθμητικές τιμές. Αυτό μπορεί να προκύψει για διαφορετικούς λόγους. Για παράδειγμα [80, 81]:

- Υπάρχουν περιπτώσεις στις οποίες οι πληροφορίες μπορεί να είναι μη ποσοτικοποιήσιμες από τη φύση τους και έτσι να μπορούν να καθοριστούν μόνο με γλωσσικούς όρους.
- Σε άλλες περιπτώσεις, ακριβείς ποσοτικές πληροφορίες μπορεί να μην μπορούν να καθοριστούν διότι είτε δεν είναι διαθέσιμες είτε το κόστος του υπολογισμού τους είναι πολύ υψηλό, οπότε είναι ανεκτή μια προσεγγιστική τιμή.

Ελλιπής πληροφόρηση είναι, επομένως, ένα βασικό χαρακτηριστικό τέτοιων πολύπλοκων ζητημάτων. Επιπλέον, η πληροφορία σχετικά με την ΑΑ είναι πολλές φορές αντιφατική, καθώς η ΑΑ δεν έχει κάποιο καλά-ορισμένο νόημα. Επιπροσθέτως, οι ανθρώπινες προσδοκίες για ευκαιρίες στο μέλλον μπορεί να αλλάξουν με την πάροδο του χρόνου. Δεν πρέπει επίσης να παραβλέπεται το γεγονός ότι η ΑΑ απαιτεί εξισορρόπηση σε ζητήματα που δεν μπορούν να λυθούν αμέσως [82]. Για να περιγραφεί λοιπόν η πρόοδος σε σχέση με την ΑΑ με εύκολο τρόπο και να προκύψει ένα εφικτό μοντέλο, είναι απαραίτητο να μειωθεί και ο όγκος των πληροφοριών.

Συνάφεια Παραδοσιακών Μεθοδολογιών

Με βάση τα παραπάνω, υπεισέρχονται αβεβαιότητες στα πολυκριτηριακά προβλήματα, που ουσιαστικά έχουν να κάνουν με:

- *Μη ποσοτικοποιημένη πληροφορία:* Είναι δυνατό η φύση των παραμέτρων του πολυκριτηριακού μοντέλου (κριτήρια, βάρη, κ.τ.λ.) να μην είναι ποσοτική, επομένως αυτά τα μεγέθη να μην μπορούν να μετρηθούν με μια ποσοτική κλίμακα. Τέτοιοι παράμετροι ονομάζονται ποιοτικοί.
- *Ελλιπή γνώση σχετικά με τις παραμέτρους του προβλήματος:* Οι αποφασίζοντες μπορεί να μη γνωρίζουν όλες τις λεπτομέρειες για κάποιες ή και όλες τις παραμέτρους του πολυκριτηριακού προβλήματος (ελλιπή γνώση για τις επιδόσεις στα κριτήρια, τα βάρη, τα κατώφλια), που δεν τους επιτρέπει τον προσδιορισμό αριθμητικών τιμών για τις παραμέτρους.
- *Αδυναμία απόκτησης ακριβούς μέτρησης για κάποιες παραμέτρους:* Ανακρίβεια δημιουργείται όταν δεν είναι εφικτή ή είναι πολύ δύσκολη ή πολύ δαπανηρή η μέτρηση των επακριβών αριθμητικών τιμών για κάποιες παραμέτρους του προβλήματος.

Προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι προαναφερθείσες αβεβαιότητες στις "παραδοσιακές" μεθόδους, όπως “PROMETHEE” και “ELECTRE”, οι ποιοτικές πληροφορίες μετασχηματίζονται συνήθως σε αριθμητικές χρησιμοποιώντας μια διατεταγμένη κλίμακα. Εντούτοις:

- Μια λανθασμένη επιλογή της κλίμακας σε τέτοιες εφαρμογές θα μπορούσε να οδηγήσει στον οικονομικό, κοινωνικό και πολιτιστικό αντίκτυπο.
- Τα αποκαλούμενα ψευδο-κριτήρια που πρέπει να εφαρμοστούν (κατώτατα όρια αδιαφορίας και προτίμησης) είναι σε πολλές περιπτώσεις δύσκολο να καθοριστούν.

Διαφαίνεται λοιπόν ότι η ανάπτυξη ευέλικτων συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων στο σύγχρονο περιβάλλον για να αντιμετωπιστούν οι σχετιζόμενες αβεβαιότητες είναι σήμερα μια αναγκαιότητα.

III.3.2 Ανάλυση σε Συνθήκες Αβεβαιότητας

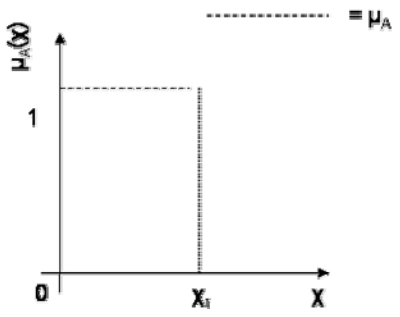
Η ασαφής λογική προτάθηκε σαν συστηματικό εργαλείο για την αποτίμηση εναλλακτικών σε συνθήκες αβεβαιότητας [83]. Η ασαφής λογική είναι ικανή να εκφράζει αβέβαιες πληροφορίες και να αντιμετωπίζει αόριστες καταστάσεις, όπου τα παραδοσιακά μαθηματικά είναι αναποτελεσματικά.

Στην επιλογή μιας μαθηματικής θεωρίας για τη μοντελοποίηση της ΑΑ, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ο τύπος αβεβαιότητας σε σχέση με την ΑΑ. Συγκεκριμένα. η «πιθανολογική» αβεβαιότητα σχετίζεται με γεγονότα που έχουν ένα καλά-ορισμένο, ξεκάθαρο νόημα. Η θεωρία των πιθανοτήτων βασίζεται στην λογική των δυο τιμών, π.χ. σωστό η λάθος, ναι η όχι. Η θεωρία των πιθανοτήτων αποτιμά εάν ένα γεγονός θα συμβεί. Επειδή η ΑΑ δεν μπορεί να οριστεί επακριβώς, είναι αδύνατον να αποτιμηθεί ξεκάθαρα εάν η ανάπτυξη σε κάποιον τομέα είναι αειφόρος η όχι. Γι' αυτό, η λογική των δυο τιμών δεν αποφέρει ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Από την άλλη μεριά, η ασαφής αβεβαιότητα σχετίζεται με γεγονότα που δεν έχουν ξεκάθαρο νόημα. Η θεωρία της ασάφειας βασίζεται στη λογική πολλαπλών τιμών, η οποία επιτρέπει μια ενδιάμεση αποτίμηση μεταξύ αυστηρής αειφορίας και μη, π.χ. η ασάφεια περιγράφει το βαθμό στον οποίο ένα γεγονός συνέβη, και όχι εάν συνέβη. Γι' αυτό και προτείνεται αυτή η θεωρία, η οποία προσφέρει ένα τυπικό μαθηματικό πλαίσιο εργασίας για την αποτίμηση της ΑΑ [84].

Έστω ένα σύνολο U που αποτελείται από στοιχεία x ($x \in U$). Εάν A είναι ένα υποσύνολο του U ($A \subset U$), τότε κάθε στοιχείο x είτε ανήκει στο A ($x \in A$) είτε όχι ($x \notin A$). «Υποσύνολο» και «γεγονός» είναι εναλλακτικά, δηλαδή $x \in A$, σημαίνει ότι για το στοιχείο x το γεγονός A έχει συμβεί. Η χαρακτηριστική συνάρτηση συσχέτισης μ_A ορίζει μια ξεκάθαρη διάκριση μεταξύ των μελών και των μη-μελών του A. Έτσι η μ_A δίνει σε κάθε x μια από δυο τιμές:

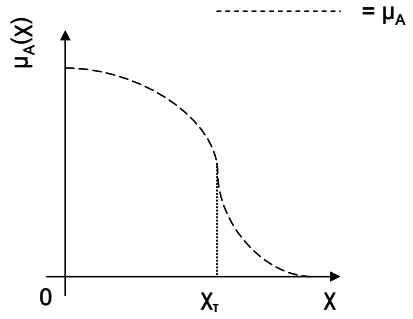
- $\mu_A(x)=1$ εάν και μόνο εάν $x \in A$,
- $\mu_A(x)=0$ εάν και μόνο εάν $x \notin A$.



Σχήμα III.3. Λογική Δύο Τιμών

Άρα, απαιτείται ένα αυστηρό όριο x_T για τον προσδιορισμό μιας ξεκάθαρης διάκρισης μεταξύ των αποδεκτών τιμών ($x< x_T$) και των μη-αποδεκτών τιμών ($x> x_T$). Συχνά, ένα αυστηρό όριο είναι πρακτικά μη-ρεαλιστικό. Αυτά για την κλασσική θεωρία της λογικής δύο τιμών.

Αντιθέτως, η θεωρία της ασάφειας βασίζεται στη λογική πολλαπλών τιμών [84]. Αντίστοιχα με τα προηγούμενα, $\tilde{A}$ είναι ένα ασαφές υποσύνολο του *U* ($\tilde{A} \subset U$), και μια συνάρτηση συσχέτισης $\mu_{\tilde{A}}$ ορίζει τη μερική συμμετοχή σε ένα σύνολο. Άρα η μετάβαση από τη μια κατάσταση στην άλλη είναι βαθμιαία και όχι απότομη. Έτσι λοιπόν, η συνάρτηση συσχέτισης δίνει σε κάθε *x* μια τιμή από 0 έως 1, υποδηλώνοντας τον βαθμό συσχέτισης, όπως φαίνεται και στο ακόλουθο Σχήμα III.4.



Σχήμα III.4. Λογική Πολλαπλών Τιμών

Άρα, σε αυτή την περίπτωση απαιτείται ένα εύκαμπτο όριο για τον προσδιορισμό μιας ενδιάμεσης αποτίμησης $\mu_{\tilde{A}}(x)$ μεταξύ των αποδεκτών και των μη-αποδεκτών τιμών, που διευκολύνει και πρακτικά στην αποτίμηση των μετρήσεων *x* της ΑΑ.

Οι συναρτήσεις συσχέτισης είναι θεμελιώδεις στα ασαφή μοντέλα, για τη χρησιμοποίηση των γλωσσικών μεταβλητών. Μια γλωσσική μεταβλητή χαρακτηρίζεται από [83]:

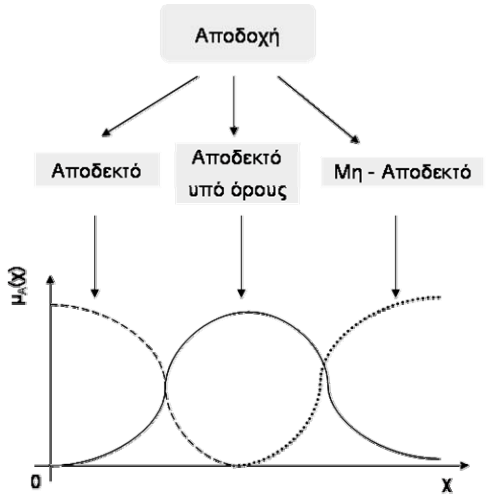
1) Τη μεταβλητή βάση *x* του $\tilde{A}$.

2) Το όνομα του $\tilde{A}$.

3) Τη γλωσσική τιμή $\tilde{A}_i$ του $\tilde{A}$ (i=1,...,n).

4) Τη συνάρτηση συσχέτισης $\mu_{\tilde{A}}$ του $\tilde{A}_i$.

Η σημασιολογία μιας γλωσσικής μεταβλητής φαίνονται στο Σχήμα III.5.



Σχήμα III.5. Σημασιολογία Γλωσσικής Μεταβλητής

Τρεις γλωσσικές τιμές $\tilde{A}_i$ ($\tilde{A}_1, \tilde{A}_2$ και $\tilde{A}_3$) ορίζουν την συνεισφορά του *x* στην ΑΑ σε γλωσσικούς όρους:

- $\tilde{A}_1$= «Αποδεκτό»,
- $\tilde{A}_2$= «Αποδεκτό υπό όρους»,
- $\tilde{A}_3$= «Μη-αποδεκτό».

Η χρήση γλωσσικών μεταβλητών στα ασαφή μοντέλα βοηθάει κάποιον να συνδέει τις προσδοκίες για την ΑΑ, εκφρασμένες με γλωσσικές προτάσεις. Οι συναρτήσεις συσχέτισης είναι στον πυρήνα των μοντέλων ασάφειας. Η συνάρτηση συσχέτισης θεωρείται ότι είναι το πιο δυνατό αλλά και το πιο αδύνατο σημείο της θεωρίας ασάφειας [85, 86]. Είναι το πιο δυνατό γιατί ορίζει ένα εύκαμπτο όριο, το οποίο επιτρέπει μια ομαλή και πρακτική αποτίμηση της συνεισφοράς μιας δράσης στην ΑΑ, σε αντίθεση με την χαρακτηριστική συνάρτηση, η οποία ορίζει ένα αυστηρό όριο. Και είναι το πιο αδύνατο, γιατί θεωρείται πολύ υποκειμενική σε σχέση με την κατασκευή της. Στις βιομηχανικές εφαρμογές της θεωρίας ασάφειας, η κατασκευή συναρτήσεων συσχέτισης πραγματοποιείται κυρίως με τη μέθοδο δοκιμής και σφάλματος. Παρόλα αυτά, η μέθοδος αυτή για την κατασκευή συναρτήσεων συσχέτισης για την αποτίμηση δράσεων σε σχέση με την αειφορία, δεν είναι δυνατή και δεν γίνεται αποδεκτή.

Η διαδικασία λήψης απόφασης σχετικά με τη ΑΑ είναι πρώτα και κύρια ένα πολιτικό και, επομένως, ένα υποκειμενικό ζήτημα. Παρόλο που η στάση απέναντι στην ΑΑ είναι υποκειμενική, η θεωρία της ασάφειας επιτρέπει σε ένα μαθηματικό πλαίσιο εργασίας να συνδέει τις ανθρώπινες προσδοκίες για την ΑΑ με γλωσσικές προτάσεις.

III.4 ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑ ΧΡΗΣΗΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΩΝ ΓΛΩΣΣΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

III.4.1 Βασικές Αρχές Γλωσσικής Ανάλυσης

Υπόβαθρο

Η ανάλυση αποφάσεων με χρήση γλωσσικών μεταβλητών βασίζεται στη χρήση της γλωσσικής προσέγγισης και χρησιμοποιείται για τη λύση προβλημάτων λήψης απόφασης με τη χρήση γλωσσικών πληροφοριών. Η εφαρμογή τους είναι πολύ αποδοτική στην ανάπτυξη της θεωρίας και των μεθόδων υποστήριξης αποφάσεων επειδή εισάγει ένα περισσότερο ευέλικτο πλαίσιο εργασίας το οποίο επιτρέπει την αναπαράσταση των πληροφοριών με έναν πιο άμεσο και επαρκή τρόπο όταν δε μπορούν να καθοριστούν ακριβώς οι ποσοτικές πληροφορίες. Με αυτόν τον τρόπο, εξαφανίζεται η επιβάρυνση της ποσοτικοποίησης μιας ποιοτικής έννοιας.

Στη βιβλιογραφία μπορούν να βρεθούν πολλές εφαρμογές αναλύσεων αποφάσεων με χρήση γλωσσικών μεταβλητών για τη λύση πραγματικών περιπτώσεων, όπως ομαδική λήψη αποφάσεων [87, 88], πολυκριτηριακή λήψη αποφάσεων [89 - 91], σύνολο ενεργειών πώλησης [92], ανάπτυξη λογισμικού [93], εκπαίδευση [94], υποκειμενική αποτίμηση της αξίας ενός αυτοκινήτου [95], επιλογή υλικών [96] και διοίκηση προσωπικού [97].

Συνήθως, σ' όλες τις πραγματικές διαδικασίες λήψης απόφασης υπάρχουν διάφοροι ειδικοί ή αποφασίζοντες οι οποίοι καλούνται να εκφράσουν τις τιμές απόδοσης μιας ομάδας από εναλλακτικές με σκοπό να επιλεγεί η καλύτερη, σε ένα πολυκριτηριακό περιβάλλον λήψης απόφασης [98, 99]. Γενικά, το σχέδιο λύσεων ενός ΠΜΥΑ προβλήματος αποτελείται κυρίως από δύο φάσεις [100, 101]:

1. Μια φάση άθροισης των τιμών απόδοσης όσον αφορά σ' όλα τα κριτήρια ώστε να προκύψει μια συνολική τιμή απόδοσης για τις εναλλακτικές και έπειτα,
2. Μια φάση επεξεργασίας της συνολικής τιμής απόδοσης ώστε να προκύψει η επιλογή μεταξύ των εναλλακτικών.

Στην ανάλυση αποφάσεων με χρήση γλωσσικών μεταβλητών, το σχέδιο λύσης πρέπει να οριστεί από τα ακόλουθα τρία βήματα:

1. *Επιλογή ενός συνόλου γλωσσικών όρων και η εννοιολογία τους:* Αφορά στον καθορισμό των όρων της γλωσσικής έκφρασης για τις γλωσσικές τιμές απόδοσης των εναλλακτικών που αντιστοιχούν στα διαφορετικά κριτήρια. Για να γίνει αυτό, πρέπει να επιλεχθεί ο αριθμός των βαθμίδων του συνόλου των γλωσσικών όρων, οι ετικέτες και η σημασιολογία τους.
2. *Επιλογή του αθροιστικού τελεστή της γλωσσικής πληροφορίας:* Αφορά στον καθορισμό του κατάλληλου αθροιστικού τελεστή της γλωσσικής πληροφορίας, ώστε να συνδυαστούν και να αθροιστούν οι παρεχόμενες γλωσσικές τιμές απόδοσης.
3. *Επιλογή των καλύτερων εναλλακτικών:* Αφορά στην επιλογή των καλύτερων εναλλακτικών βάσει των παρεχόμενων γλωσσικών τιμών απόδοσης. Διεξάγεται σε δυο φάσεις:

i) *Αθροιστική φάση της γλωσσικής πληροφορίας:* Αφορά στην αποκόμιση της συνολικής γλωσσικής τιμής απόδοσης για τις εναλλακτικές, αθροίζοντας τις παρεχόμενες γλωσσικές τιμές απόδοσης βάσει όλων των κριτηρίων μέσω του επιλεγμένου αθροιστικού τελεστή της γλωσσικής πληροφορίας.

ii) *Φάση επεξεργασίας:* Αφορά στον καθορισμό της κατάταξης των εναλλακτικών ανάλογα με τη συνολική γλωσσική τιμή απόδοσης, ώστε να επιλεχθούν οι καλύτερες.

Επιλογή Συνόλου Γλωσσικών Όρων

Η επιλογή του συνόλου των γλωσσικών όρων είναι ο πρώτος στόχος που πρέπει να επιτευχθεί σε μια γλωσσική προσέγγιση και περιλαμβάνει τον καθορισμό της γλωσσικής μεταβλητής [102] ή της γλωσσικής έκφρασης με σκοπό την παροχή των γλωσσικών τιμών απόδοσης.

Ορισμός 1 (Zadeh [103]): Η γλωσσική μεταβλητή χαρακτηρίζεται από πέντε μέρη (L, H, U, G, M) όπου το L είναι η μεταβλητή, το H δηλώνει το σύνολο όρων της L π.χ. το σύνολο των ονομάτων των γλωσσικών τιμών του L, με κάθε του τιμή να είναι μια ασαφής μεταβλητή που δηλώνεται γενικά ως X και έχει ένα εύρος τιμών μέσα σε ένα σύμπαν της ομιλίας U. Το G είναι ένας συντακτικός κανόνας για τη δημιουργία των ονομάτων των τιμών του L και το M είναι ένας σημασιολογικός κανόνας που σχετίζει το νόημά τους με κάθε L.

Ο κύριος στόχος του καθορισμού των γλωσσικών περιγραφητών μιας γλωσσικής μεταβλητής είναι η παροχή στο χρήστη λίγων λέξεων, μέσω των οποίων μπορεί με φυσικό τρόπο να εκφράσει τις πληροφορίες του. Για να επιτευχθεί αυτός ο σκοπός, ένα σημαντικό στοιχείο είναι οι βαθμίδες αβεβαιότητας, δηλαδή τα επίπεδα της διάκρισης μεταξύ των διαφορετικών αριθμήσεων της αβεβαιότητας.

Ο αριθμός στοιχείων του συνόλου των όρων πρέπει να είναι αρκετά μικρός ώστε να μην έχει ακρίβεια που δεν χρειάζεται και πρέπει να είναι αρκετά «πλούσιος», ώστε να επιτρέπει τη διαφοροποίηση των αποτιμήσεων σε έναν περιορισμένο αριθμό βαθμίδων.

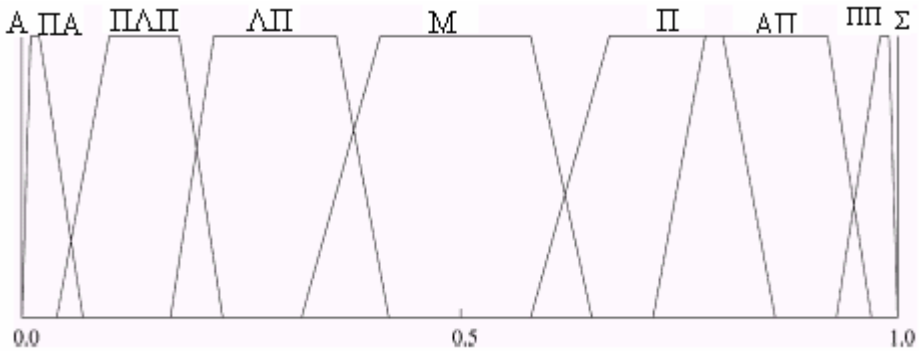
Τυπικές τιμές του αριθμού στοιχείων που χρησιμοποιούνται είναι περιττές, όπως 7 ή 9 με ανώτατο όριο το 11 ή το 13, όπου ο μεσαίος όρος υποδηλώνει μια αποτίμηση του «περίπου 0,5», με τους υπόλοιπους όρους να είναι τοποθετημένοι συμμετρικά γύρω από αυτόν [104]. Αυτές οι τυπικές τιμές του αριθμού στοιχείων φαίνεται να ταιριάζει με την παρατήρηση του Miller [105], σχετικά με το γεγονός ότι οι άνθρωποι μπορούν να θυμούνται περίπου επτά αντικείμενα.

Όσον αφορά στον καθορισμό της σημασίας του συνόλου των γλωσσικών όρων, στη βιβλιογραφία, μπορούν κυρίως να βρεθούν τρεις τρόποι [106]:

- Σημασία βασισμένη σε συναρτήσεις συσχέτισης και σε ένα σημασιολογικό κανόνα.
- Σημασία βασισμένη σε μια ταξινομημένη δομή ενός συνόλου γλωσσικών όρων.
- Συνδυαστική σημασία.

Συγκεκριμένα, η πρώτη προσέγγιση θεωρεί ότι το νόημα κάθε γλωσσικού όρου δίνεται μέσω ενός ασαφούς υποσυνόλου ορισμένου στο διάστημα "0 – 1", το οποίο συνήθως περιγράφεται από συναρτήσεις συσχέτισης [107]. Ένας υπολογιστικά αποτελεσματικός τρόπος για το χαρακτηρισμό ενός ασαφούς αριθμού είναι η χρησιμοποίηση αναπαράστασης βασισμένης σε παραμέτρους της αντίστοιχης συνάρτησης συσχέτισης [108]. Επειδή οι γλωσσικές αποτιμήσεις είναι προσεγγιστικές, αρκετοί αναλυτές θεωρούν ότι οι γραμμικές τραπεζοειδείς συναρτήσεις συσχέτισης είναι αρκετά καλές για να «αιχμαλωτίσουν» την αοριστία αυτών των γλωσσικών αποτιμήσεων [109 - 111]. Αυτή η αναπαράσταση επιτυγχάνεται με τέσσερις παραμέτρους (a_i, b_i, d_i, c_i). Οι δύο πρώτες παράμετροι δείχνουν το διάστημα μέσα στο οποίο η τιμή συσχέτισης είναι 1, η τρίτη και η τέταρτη παράμετρος δείχνουν το αριστερό και το δεξί εύρος. Παράδειγμα σημασιολογίας για σύνολο εννέα όρων είναι το ακόλουθο, όπως απεικονίζεται στο ακόλουθο Σχήμα III.6 [104]:

- Σ = Σίγουρο = (1, 1, 0, 0)
- ΠΠ = Πολύ Πιθανό = (0.98, 0.99, 0.05, 0.01)
- ΑΠ = Αρκετά πιθανό = (0.78, 0.92, 0.06, 0.05)
- Π = Πιθανό = (0.63, 0.80, 0.05, 0.06)
- Μ = Μπορεί = (0.41, 0.58, 0.09, 0.07)
- ΛΠ = Λίγο Πιθανό = (0.22, 0.36, 0.05, 0.06)
- ΠΛΠ = Πολύ λίγο πιθανό = (0.1, 0.18, 0.06, 0.05)
- ΠΑ = Πολύ Απίθανο = (0.01, 0.02, 0.01, 0.05)
- Α = Αδύνατο = (0, 0, 0, 0)



Σχήμα III.6. Σύνολο Εννέα (9) Όρων με τη Σημασιολογία τους
Πηγή: Herrera F, Herrera-Viedma E, Verdegay JL. (1998) [112]

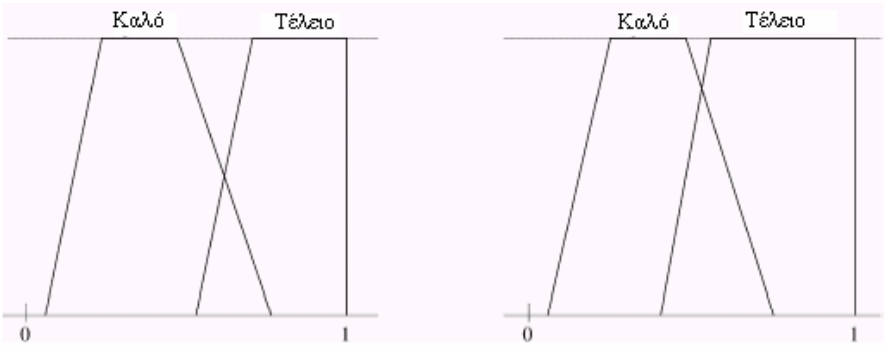
Μια ειδική περίπτωση αυτής της αναπαράστασης είναι η γλωσσική εκτίμηση, όπου οι συναρτήσεις συσχέτισης είναι τριγωνικές, δηλαδή b = d, οπότε η αναπαράσταση της συνάρτησης συσχέτισης γίνεται με μια τριπλή απεικόνιση (3-tuple), την (a, b, c).

Ωστόσο, αυτή η προσέγγιση παρουσιάζει δύο προβλήματα:

- Στις αναπαραστάσεις των αρχικών ασαφών συνόλων, το πρόβλημα είναι πώς θα καθοριστούν οι παράμετροι ανάλογα με τις προτιμήσεις του αποφασίζοντα.

Μοιάζει αρκετά δύσκολο όλοι οι αποφασίζοντες να συμφωνήσουν στις ίδιες συναρτήσεις συσχέτισης που αντιστοιχούν στους αρχικούς γλωσσικούς όρους και επιπρόσθετα δεν υπάρχει κάποια τυποποιημένη κατανομή που να πρέπει να χρησιμοποιείται υποχρεωτικά. Για παράδειγμα, στο ακόλουθο Σχήμα III.7 παρουσιάζονται δυο κοντινές παραλλαγές της ίδιας εκτίμησης [99].

- Επιπρόσθετα, δεν είναι πάντα δυνατό για το χρήστη να καθορίσει ένα ασαφές σύνολο για κάθε αρχικό γλωσσικό όρο, διότι απαιτείται αρκετή ακρίβεια που ο χρήστης δε μπορεί πάντα να παρέχει [88].



Σχήμα III.7. Παραλλαγές Αναπαράστασης

Πηγή: Herrera F, Herrera-Viedma E, Verdegay JL. (1998) [112]

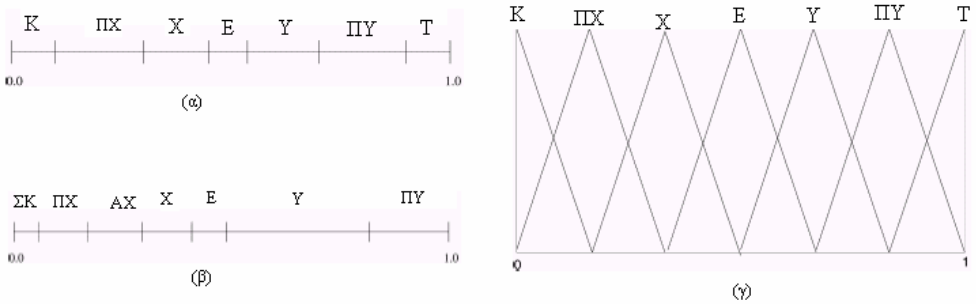
Μια εναλλακτική δυνατότητα, που δεν χρησιμοποιεί ασαφή σύνολα, εισάγει τη σημασιολογία μέσα από τη δομή του συνόλου των γλωσσικών όρων.

Ειδικότερα, αυτό συμβαίνει όταν οι αποφασίζοντες παρέχουν τις αξιολογήσεις τους με τη χρησιμοποίηση ενός διαταγμένου συνόλου γλωσσικών όρων. Κάτω από αυτήν τη σημασιολογική προσέγγιση, ανάλογα με τη διανομή των γλωσσικών όρων σε μια κλίμακα "0 – 1", υπάρχουν δύο πιθανότητες για τον καθορισμό της σημασιολογίας του συνόλου των γλωσσικών όρων [87, 89, 91]:

- *Συμμετρικά διανεμημένοι όροι:* Υποθέτει διατεταγμένα γλωσσικά σύνολα όρων, τα οποία διανέμονται σε μια κλίμακα με περιττό αριθμό στοιχείων και το μεσαίο όρο να αντιπροσωπεύει μια αξιολόγηση «περίπου 0,5» και με το υπόλοιπο των όρων να τοποθετούνται συμμετρικά γύρω από αυτόν. Κατόπιν, η σημασιολογία του συνόλου γλωσσικών όρων διαμορφώνεται από τη διατεταγμένη δομή του συνόλου όρων θεωρώντας ότι κάθε γλωσσικός όρος για το ζευγάρι (s_i, s_{T-i}) είναι εξίσου πληροφοριακός [113]. Αυτή η πρόταση μπορεί να καθοριστεί ρητά με την ανάθεση ενός υποτομέα της περιοχής αναφοράς [0, 1] σε κάθε γλωσσικό όρο (βλέπε Σχήμα III.8α).
- *Μη-συμμετρικά διανεμημένοι όροι:* Υποθέτει ότι μια υποπεριοχή της περιοχής αναφοράς μπορεί να περιέχει περισσότερες πληροφορίες από το υπόλοιπο της περιοχής [113]. Σε αυτήν την περίπτωση, η πυκνότητα των γλωσσικών όρων σε εκείνη την υποπεριοχή θα ήταν μεγαλύτερη από την πυκνότητα στο υπόλοιπο της περιοχής αναφοράς, δηλαδή το διατεταγμένο σύνολο γλωσσικών όρων δεν θα διανεμόταν συμμετρικά. Τέτοια περίπτωση μπορεί να υπάρξει όταν για παράδειγμα υποτεθεί ότι απαιτείται ένα σύστημα ελέγχου θερμοκρασίας με μια πολύ ακριβή συμπεριφορά όταν η θερμοκρασία είναι «χαμηλή». Επομένως, το γλωσσικό σύνολο όρου θα είχε μια διανομή πέρα από την περιοχή αναφοράς παρόμοια με αυτήν στο Σχήμα III.8β, (στο Σχήμα III.8β, το ΣΚ =Σχεδόν Καθόλου και ΑΧ = Αρκετά χαμηλό).

Για αυτές τις περιπτώσεις, σε μια μέθοδο προτάθηκε ότι επηρεάζεται η σημασία (οι υποπεριοχές) με τη χρησιμοποίηση μιας λειτουργίας “negation” που καθορίζεται από μέρη του συνόλου γλωσσικών όρων [113]. Αυτή η μέθοδος είναι σε θέση να αποδώσει μια σημασία για το σύνολο γλωσσικών όρων εάν ο χρήστης παρέχει τις τιμές της αντίθετης λειτουργίας για κάθε γλωσσικό όρο. Παραδείγματος χάριν, για το σύνολο γλωσσικών όρων στο σχήμα 8β, η ακόλουθη λειτουργία άρνησης μπορεί να καθοριστεί [113]:

- Neg(ΣΚ) = Neg(ΠΛ) = {ΠΥ}
- Neg(ΑΛ) = Neg(Λ) = {Υ}
- Neg(Ε) = {Ε}
- Neg(Υ) = {ΑΛ, Λ}
- Neg(ΠΥ) = {ΑΛ, ΠΛ}



Σχήμα III.8. (α) Συμμετρικά Κατανεμημένο Σύνολο 7 Όρων
(β) Μη Συμμετρικά Κατανεμημένο Σύνολο 7 Όρων
(γ) Ενιαία Κατανεμημένο Σύνολο 7 Όρων

Πηγή: Herrera F, Herrera-Viedma E, Verdegay JL. (1998) [112]

Στο παραπάνω πλαίσιο, μια δυνατότητα για τη μείωση της πολυπλοκότητας καθορισμού των γλωσσικών όρων είναι η άμεση παροχή του συνόλου των όρων θεωρώντας όλους τους όρους σαν πρωταρχικούς και κατανεμημένους σε μια κλίμακα στην οποία καθορίζεται η συνολική διάταξη [113, 114]. Για παράδειγμα ένα σύνολο S από επτά όρους είναι το ακόλουθο:

$S = \{s_0 = \text{καθόλου}, s_1 = \text{πολύ λίγο}, s_2 = \text{λίγο}, s_3 = \text{ενδιάμεσο}, s_4 = \text{υψηλό}, s_5 = \text{πολύ υψηλό}, s_6 = \text{τέλειο}\}$, όπου $s_a < s_b$ αν $a < b$.

Σε τέτοιες περιπτώσεις απαιτείται από το σύνολο γλωσσικών όρων να ικανοποιεί τα παρακάτω επιπρόσθετα χαρακτηριστικά:

- Να υπάρχει ένας αρνητικός τελεστής π.χ. $neg(s_i) = s_j$.
- $j = T – i$ ($T + 1$ είναι ο αριθμός των στοιχείων).
- Τελεστής μεγιστοποίησης: $max(s_i, s_j) = s_i$ αν $s_i \geq s_j$.
- Τελεστής ελαχιστοποίησης: $min(s_i, s_j) = s_i$ αν $s_i \leq s_j$.

Επιλογή του αθροιστικού τελεστή

Το επόμενο βήμα της ανάλυση αποφάσεων με γλωσσικούς όρους είναι η επιλογή του αθροιστικού τελεστή της γλωσσικής πληροφορίας.

Εδώ, εμφανίζεται ένας σημαντικός περιορισμός των σχετιζόμενων προσεγγίσεων εξαιτίας του γεγονότος ότι οι υπολογιστικές τεχνικές που χρησιμοποιούνται στην εξειδικευμένη βιβλιογραφία παρουσιάζουν ένα σύνηθες μειονέκτημα, την «απώλεια δεδομένων», η οποία ουσιαστικά περιλαμβάνει την έλλειψη ακρίβειας στα τελικά αποτελέσματα. Αυτές οι υπολογιστικές τεχνικές είναι οι ακόλουθες [115, 116]:

- *Προσέγγιση Προέκτασης:* Γίνονται πράξεις με ασαφείς αριθμούς που υποστηρίζουν τη σημασιολογία των γλωσσολογικών όρων.
- *Συμβολική Προσέγγιση:* Γίνονται υπολογισμοί με τις ετικέτες των γλωσσικών όρων.
- *Προσέγγιση Διπλής Αναπαράστασης:* Αφορά σε προσέγγιση που σαν στόχο έχει να ξεπερνά αυτόν τον περιορισμό της έλλειψης ακρίβειας, μέσα από την αντιπροσώπευση της γλωσσολογικής πληροφορίας με ένα ζεύγος τιμών, συντεθειμένο από ένα γλωσσικό όρο και έναν αριθμό. Το κύριο πλεονέκτημα αυτής της αντιπροσώπευσης είναι ότι είναι συνεχής στο πεδίο της και ως εκ τούτου μπορεί να εκφράσει οποιαδήποτε μετρήσιμη πληροφορία μέσα στο σύμπαν της ομιλίας. Μέσω αυτού του αντιπροσωπευτικού προτύπου, παρουσιάζονται υπολογιστικές τεχνικές που δεν έχουν απώλεια δεδομένων.

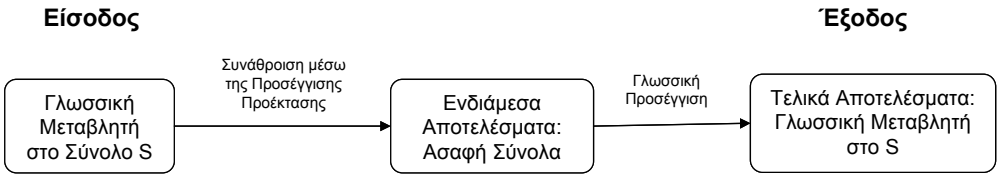
Στις επόμενες παραγράφους θα αναλυθούν οι γλωσσικές αθροιστικές μέθοδοι, με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους και θα παρουσιαστούν διαφορετικά είδη από γλωσσικούς αθροιστικούς τελεστές.

III.4.2 Προσέγγιση Προέκτασης

Η προσέγγιση της προέκτασης έχει εισαχθεί για να μετατρέπει αριθμητικές τιμές σε ασαφή σύνολα. Όμως, είναι γνωστό ότι χρησιμοποιώντας εκτεταμένες αλγεβρικές πράξεις για να χειριστεί κανείς τα ασαφή σύνολα, η ασάφεια των αποτελεσμάτων αυξάνεται βήμα με το βήμα και το σχήμα της συνάρτησης συσχέτισης δεν μένει σταθερό όταν οι γλωσσικές μεταβλητές είναι αλληλεπιδρούσες. Έτσι, τα τελικά αποτελέσματα αυτών των μεθόδων είναι ασαφή σύνολα τα οποία δεν αντιστοιχούν σε καμία ετικέτα στο αρχικό σύνολο γλωσσικών όρων. Ουσιαστικά δηλαδή η αρχή της προέκτασης με ασαφή σύνολα έχει σαν αποτέλεσμα ασαφή σύνολα, τα οποία είναι δύσκολο να γίνουν κατανοητά από τον αποφασίζοντα.

Αν, τελικά, επιθυμείται να υπάρχει μια ετικέτα, απαιτείται μια γλωσσική προσέγγιση. Η γλωσσική προσέγγιση έγκειται στο να βρεθεί μια ετικέτα της οποίας το νόημα είναι το ίδιο με το πιο κοντινό νόημα του ασαφούς συνόλου χωρίς ετικέτα, το οποίο δημιουργείται από το μοντέλο γλωσσικού υπολογισμού. Δεν υπάρχει γενική μέθοδος για τον συσχετισμό μιας ετικέτας με ένα ασαφές σύνολο.

Μια γλωσσική συνάθροιση βασισμένη στην αρχή της προέκτασης ενεργεί σύμφωνα με το σχέδιο που παρουσιάζεται στο Σχήμα III.9.



Σχήμα III.9. Διαδικασία Προσέγγισης Προέκτασης

Πηγή: Herrera F, Martinez L. (1999) [117]

Ουσιαστικά, ένας γλωσσολογικός τελεστής βασισμένος στην αρχή της προέκτασης ορίζεται ως εξής [118, 119]:

$$S^n \xrightarrow{\bar{F}} F(R) \xrightarrow{app_1(.)} S \text{ , όπου:}$$

- *S* είναι το αρχικό σύνολο γλωσσικών όρων.
- S^n συμβολίζει το *n* Καρτεσιανό γινόμενο του *S*.
- $\bar{F}$ είναι ένας τελεστής συνάθροισης που βασίζεται στην αρχή της προέκτασης.
- *F*(*R*) είναι το σύνολο των ασαφών συνόλων επάνω από το σύνολο των πραγματικών αριθμών *R*.
- $app_1(.)$ είναι η συνάρτηση γλωσσολογικής προσέγγισης που επιστρέφει μία ετικέτα στο σύνολο γλωσσολογικών όρων *S,* του οποίου η σημασία είναι η κοντινότερη στον παραγόμενο ασαφή αριθμό χωρίς ετικέτα.

III.4.3 Συμβολική Προσέγγιση

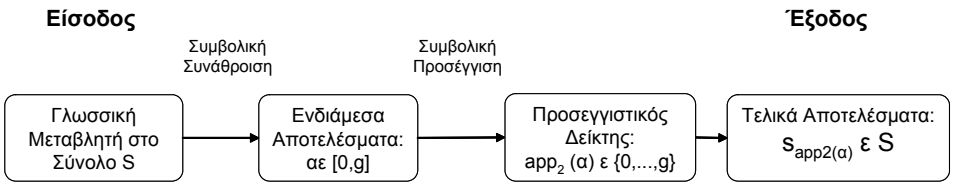
Μία δεύτερη προσέγγιση που χρησιμοποιείται για να λειτουργήσει με γλωσσικές πληροφορίες είναι η συμβολική, η οποία δρα μέσω άμεσου υπολογισμού στις ετικέτες, λαμβάνοντας υπόψη το νόημα και τα χαρακτηριστικά τέτοιων γλωσσικών μεταβλητών. Υποθέτει ότι το σύνολο γλωσσικών όρων είναι μια διατεταγμένη δομή ενιαία κατανεμημένη σε μια κλίμακα $S = \{s_0,\ldots, s_g\}$ όπου $s_i < s_j$ εάν $i < j$.

Τα ενδιάμεσα αποτελέσματα είναι αριθμητικές τιμές, $\alpha \in [0, g]$, τα οποία πρέπει να προσεγγιστούν σε κάθε βήμα της διαδικασίας μέσω της προσεγγιστικής συνάρτησης $app_2 : [0,g] \rightarrow \{0,\ldots,g\}$, που παράγει μία αριθμητική τιμή, τέτοια που να υποδηλώνει το δείκτη του σχετικού γλωσσολογικού όρου $s_{app2(\alpha)} \in S$. Τυπικά, μπορεί να εκφραστεί ως εξής:

$$S^n \xrightarrow{C} [0, g] \xrightarrow{app_2(.)} \{0,..., g\} \rightarrow S \text{ , όπου:}$$

- *C* είναι ο τελεστής συμβολικής γλωσσολογικής προσέγγισης,
- $app_2(\cdot)$ είναι η συνάρτηση γλωσσικής προσέγγισης που χρησιμοποιείται για να προκύψει ένας δείκτης $\{0,\ldots,g\}$ σχετιζόμενος με έναν όρο στο $S = \{s_0,\ldots,s_g\}$ από μία τιμή στο $[0,g]$.

Μια γλωσσική συνάθροιση βασισμένη στη συμβολική προσέγγιση ενεργεί σύμφωνα με το σχέδιο που παρουσιάζεται στο Σχήμα III.10.



Σχήμα III.10. Διαδικασία Συμβολικής Προσέγγισης

Πηγή: Herrera F, Martinez L. (1999) [117]

Αυτές οι μέθοδοι φαίνονται αρκετά φυσικές όταν χρησιμοποιείται η γλωσσική προσέγγιση, επειδή οι γλωσσικές αποτιμήσεις είναι απλά προσεγγίσεις οι οποίες δίνονται όταν είναι αδύνατο ή μη απαραίτητο να εξαχθούν πιο ακριβείς τιμές. Έτσι, σ' αυτή την περίπτωση, δεν είναι απαραίτητη η χρήση των συναρτήσεων συσχέτισης. Επιπλέον, από την άποψη του υπολογισμού είναι σχετικά απλές και γρήγορες. Στη διεθνή βιβλιογραφία μπορούν να βρεθούν διάφορα είδη τελεστών συνάθροισης γλωσσικής πληροφορίας, όπως τελεστές μη σταθμισμένης και σταθμισμένης γλωσσικής πληροφορίας [120].

Στην πρώτη κατηγορία ανήκει ο τελεστής LOWA - Linguistic Orgered Weighted Average, [120], που συναθροίζει γλωσσικές πληροφορίες με βάση μία δέσμη κριτηρίων ίδιας βαρύτητας και ορίζεται ως ακολούθως:

Έστω ότι $A= \{\alpha_1,\ldots,\alpha_m\}$ είναι ένα σύνολο από ετικέτες που πρέπει να αθροιστούν. Τότε ο τελεστής LOWA, Φ, ορίζεται ως εξής:

$\Phi(\alpha_1,\ldots,\alpha_m) = W\cdot B^T = \beta^m\{w_k, b_k, k=1,\ldots,m\} = w_1 \cdot b_1 + (1- w_1) \cdot \beta^{m-1} \{\beta_h, b_h, h= 2,\ldots, m\}$

Όπου $W = [w_1,\ldots, w_m]$ είναι το διάνυσμα βαρών τέτοιο ώστε:

- $w_i \in [0, 1]$
- $\sum_i w_i = 1$
- $\beta_h = \dfrac{w_h}{\sum_{2}^{m} w_k}$, h = 2,…,m

και $B = \{ b_1,\ldots, b_m)$ είναι ένα διάνυσμα σχετισμένο με το A κατά τέτοιο τρόπο ώστε

$$B = \sigma(A) = \{\alpha_{\sigma(1)} ,\ldots, \alpha_{\sigma(n)}\}, \text{ όπου:}$$

- $\alpha_{\sigma(j)} \le \alpha_{\sigma(i)}$ για κάθε $i \le j$ και το σ είναι μια αντιμετάθεση για το σύνολο των ετικετών A.
- β^m είναι ο κυρτός τελεστής συνδυασμού των m ετικετών.

Αν m = 2, τότε ορίζεται ως εξής:

$$\beta^2 \{ w_i, b_i, i = 1,2\} = w_1 \cdot s_j + (1- w_1) \cdot s_i = s_k , \ s_j , s_i \in S(j \geq i), \text{ έτσι ώστε}$$
$$k = \min\{T, i + \text{round}(w_i \cdot (j - i))\}, \text{ όπου:}$$

- round είναι η συνηθισμένη λειτουργία στρογγυλοποίησης.
- $b_1 = s_j$, $b_2 = s_i$.

Αν $w_j = 1$ και $w_i = 0$ με $j \neq i$ για κάθε i τότε ο κυρτός συνδυασμός ορίζεται ως:

$$\beta^m \{ w_i, b_i, i = 1,\ldots,m\} = b_j$$

Ο υπολογισμός τώρα του διανύσματος βαρών του τελεστή LOWA, W, είναι ένα βασικό πρόβλημα που πρέπει να λυθεί. Μια πιθανή λύση είναι ότι τα βάρη αντιπροσωπεύουν την έννοια της ασαφούς πλειοψηφίας στη συνάθροιση του τελεστή LOWA χρησιμοποιώντας ένα ασαφή γλωσσικό ποσοτικοποιητή. Ο Yager πρότεινε ένα διαφανή τρόπο να υπολογιστούν τα βάρη με τη βοήθεια ενός ασαφούς γλωσσικού ποσοτικοποιητή, ο οποίος, στην περίπτωση του μη-φθίνοντα αναλογικού ασαφούς γλωσσικού ποσοτικοποιητή Q, δίνεται από αυτήν την έκφραση [121]:

$$w_i = Q(i/n) - Q((i -1)/n), \ i= 1,\ldots,n, \text{ και}$$

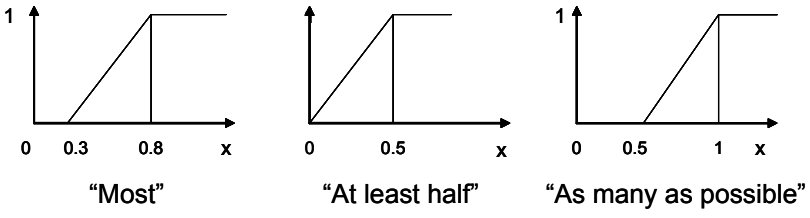
$$Q_{(r)} = \begin{cases} 0, & av \quad r < a, \\ (r-a)/(b-a), & av \quad a \leq r \leq b, \\ 1, & av \quad r > b. \end{cases} \text{ με τα a, b, r ϵ [0,1].}$$

Μερικά παραδείγματα των μη-φθινόντων αναλογικών ασαφών γλωσσικών ποσοτικοποιητών, τα οποία θα χρησιμοποιηθούν και στην εφαρμογή, είναι τα ακόλουθα:

- *"Most" (0.3, 0.8):* Δίνει περισσότερη βαρύτητα στις ενδιάμεσες αποδόσεις,
- *"At least half" (0, 0.5):* Δίνει περισσότερη βαρύτητα στις υψηλές αποδόσεις,
- *"As many as possible" (0.5, 1):* Δίνει περισσότερη βαρύτητα στις χαμηλές αποδόσεις,

, όπου ο πρώτος αριθμός μέσα σε κάθε παρένθεση συμβολίζει το κάτω όριο (a) και ο δεύτερος αριθμός το πάνω όριο (b).

Όταν ένας ασαφής γλωσσικός ποσοτικοποιητής, Q, χρησιμοποιείται για να υπολογίσει τα βάρη του τελεστή LOWA, Φ, τότε συμβολίζεται με Φ_Q.



Σχήμα III.11. Ασαφείς Γλωσσικοί Ποσοτικοποιητές

Πηγή: Herrera F, Herrera-Viedma E, Verdegay JL. (1998) [112]

Υπάρχουν όμως και τελεστές γλωσσικής συνάθροισης για κριτήρια διαφορετικής σημαντικότητας, LWA – Linguistic Weighted Average.

Ακολουθώντας τις μελέτες του Cholewa [122] και το μοντέλο συνάθροισης του Montero [123], για τη συνάθροιση σταθμισμένης πληροφορίας πρέπει να ορίζονται δύο τελεστές, οι ακόλουθοι:

- Ο τελεστής συνάθροισης των βαρών της πληροφορίας και
- Ο τελεστής συνάθροισης της σταθμισμένης πληροφορίας (πληροφορία συνδυασμένη με βάρη).

Η πρώτη πτυχή συνίσταται στην απόκτηση ενός συλλογικού βαθμού σπουδαιότητας από μεμονωμένους βαθμούς σπουδαιότητας, ο οποίος χαρακτηρίζει το τελικό αποτέλεσμα του τελεστή συνάθροισης.

Από την άλλη μεριά, η συνάθροιση σταθμισμένης πληροφορίας εμπλέκει το μετασχηματισμό της σταθμισμένης πληροφορίας με βάση τα βάρη. Η μορφή του μετασχηματισμού εξαρτάται από τον τύπο της συνάθροισης της σταθμισμένης πληροφορίας που επιτελείται. Οι γενικές ιδιότητες που οποιαδήποτε συνάρτηση μετασχηματισμού σπουδαιότητας g που πρέπει να ικανοποιεί για οποιονδήποτε τύπο τελεστή συνάθροισης είναι οι ακόλουθες [120]:

1. αν $a > b$ τότε $g(w,a) \geq g(w,b)$,
2. η $g(w,a)$ είναι μονότονη στο w,
3. $g(0,a) = ID$ και
4. $g(1,a) = a$,

με τα:

- $a,b \in [0,1]$ να εκφράζουν την ικανοποίηση προς το κριτήριο,
- $w \in [0,1]$, το βάρος που σχετίζεται με το κριτήριο, και
- "ID", ένα στοιχείο ταυτότητας, που είναι τέτοιο ώστε εάν το προσθέσουμε στις συναθροίσεις δεν αλλάζει την τιμή συνάθροισης.

Σε αυτό το πλαίσιο, παραδείγματα συναρτήσεων σύζευξης των βαρών με τις αποδόσεις είναι οι ακόλουθες [120]:

- *Kleene – Dienes's:* $LI_1^{\rightarrow} = Max(Neg_{(w),a})$
- *Godels:* $LI_2^{\rightarrow}(w,a) = \begin{cases} s_T, w \leq a \\ a, διαφορετικά \end{cases}$
- *Fodor's:* $LI_3^{\rightarrow}(w,a) = \begin{cases} s_T, w \leq a \\ Max(Neg_{(w),a}), διαφορετικά \end{cases}$
- *Lukasiewic's:* $LI_3^{\rightarrow}(w,a) = \begin{cases} s_T, w \leq a \\ Neg(w-a), διαφορετικά \end{cases}$

, όπου w-a = $s_h \in S$, με $w=s_l$, $a=s_t$ και $l=t+h$

III.4.4 Προσέγγιση Διπλής Αναπαράστασης

Η γλωσσική ανάλυση σήμερα εστιάζεται στην ανάπτυξη συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων που να είναι ικανά να διαχειριστούν γλωσσολογική πληροφορία μέσα σε πολυκριτηριακά προβλήματα, επιτυγχάνοντας ταυτόχρονα την αποφυγή οποιασδήποτε απώλειας πληροφορίας. Αυτός είναι και ο στόχος του νέου μοντέλου διπλής αναπαράστασης της γλωσσολογικής πληροφορίας των Herrera et al. [116, 117].

Πιο συγκεκριμένα:

- Έστω S = {s_0 ,…, s_g} ένα σύνολο γλωσσικών στοιχείων. Εάν μια συμβολική μέθοδος, η οποία αθροίζει γλωσσικές πληροφορίες λάβει μια τιμή $\beta \in [0,g]$, αλλά ισχύει $\beta \notin \{0,....,g\}$, τότε χρησιμοποιείται μια προσεγγιστική συνάρτηση $app_2(\cdot)$ για να εκφράσει το αποτέλεσμα της άθροισης στο σύνολο S.
- Έστω β το αποτέλεσμα της άθροισης ενός συνόλου γλωσσικών ορών που έχουν εκφραστεί σε μια γλωσσική κλίμακα S, για παράδειγμα, έστω β το αποτέλεσμα μιας συμβολικής άθροισης, όπου $\beta \in [0,g]$, και g+1 το πλήθος των στοιχείων του S.
- Αν i = round(β) και α = β – i δύο τιμές έτσι, ώστε $i \in [0,g]$ και $\alpha \in [-0.5,0.5)$, τότε η α καλείται συμβολική μετάφραση.

Η συμβολική μετάφραση ενός γλωσσικού όρου, s_i, είναι δηλαδή μια αριθμητική τιμή στο διάστημα [-0.5,0.5), η οποία υποδηλώνει τη "διαφοροποίηση της πληροφορίας" ανάμεσα στη μετρούμενη τιμή $\beta \in [0,g]$ που λαμβάνεται κατόπιν μιας συμβολικής συνάθροισης, και της πλησιέστερης τιμής στο {0,….,g} που δηλώνει το περιεχόμενο του πλησιέστερου γλωσσικού όρου στο S (i = round(β)).

Από την άποψη αυτήν, αναπτύχθηκε ένα μοντέλο γλωσσικής απεικόνισης, το οποίο απεικονίζει τη γλωσσική πληροφορία μέσω δύο στοιχείων, των (s_i, α_i), με $s_i \in S$ and $a_i \in [-0.5,0.5)$, τέτοια ώστε:

- Το s_i αντιπροσωπεύει τη γλωσσική προέλευση της πληροφορίας.
- Το α_i αποτελεί μια αριθμητική τιμή, η οποία εκφράζει την απόδοση της μετάφρασης από το αρχικό αποτέλεσμα β στο πλησιέστερο όρο i στο σύνολο γλωσσικών στοιχείων (s_i), δηλαδή τη συμβολική μετάφραση.

Το παραπάνω μοντέλο ορίζει ένα σύνολο συναρτήσεων μετάφρασης ανάμεσα σε γλωσσικούς όρους και στη διπλή αναπαράσταση, και ανάμεσα σε αριθμητικές τιμές και στη διπλή αναπαράσταση. Αν S = {s_0, …, s_g} είναι ένα σύνολο γλωσσικών όρων και $\beta \in [0,g]$ μια τιμή που αντιπροσωπεύει το αποτέλεσμα μιας συμβολικής συνάθροισης, τότε η διπλή αναπαράσταση που εκφράζει την ισοδύναμη με το β πληροφορία λαμβάνεται από την ακόλουθη συνάρτηση:

- $\Delta(\beta) = (s_i, \alpha)$, με $\begin{cases} s_i \\ \alpha = \beta - i \end{cases}$, i = round(β), $\alpha_i \in [-0.5,0.5)$, όπου round(·) η συνήθης συνάρτηση στρογγυλοποίησης, το περιεχόμενο του s_i είναι το πλησιέστερο στο "β" και το "α" είναι η τιμή της συμβολικής μετάφρασης.

- Υπάρχει πάντοτε μια συνάρτηση Δ^{-1} τέτοια, ώστε από 2-tuple να επιστρέφει την αντίστοιχη αριθμητική της αξία $\beta \in [0,\mathrm{g}] \subset \Re$. Υπό αυτό το πρίσμα, ορίζεται η ακόλουθη συνάρτηση:
  - $\Delta^{-1} : \mathrm{S} \times [-.5,.5) \to [0,\mathrm{g}]$
  - $\Delta^{-1}(\mathrm{s_i}, \alpha) = \mathrm{i} + \alpha = \beta$.

Επιπλέον, η αντιστροφή της διπλής αναπαράστασης μπορεί να οριστεί σαν $n(s_i, a) = \Delta\left[g - \Delta^{-1}(s_i, a)\right]$, όπου $g+1$ είναι το πλήθος της διατεταγμένης γλωσσικής κλίμακας $S = \{s_0, s_1, ..., s_g\}$.

Επιπρόσθετα, η σύγκριση δύο γλωσσικών πληροφοριών που απεικονίζονται με τη διπλή αναπαράσταση γίνεται λαμβάνοντας υπόψη τη διάταξη των γλωσσικών μεταβλητών. Έστω (s_k, a_1) και (s_l, a_2) δύο αναπαραστάσεις γλωσσικής πληροφορίας. Η σύγκριση τότε γίνεται ως ακολούθως:

- Αν $k < l$ τότε $(s_k, a_1) < (s_l, a_2)$.
- Αν $k = l$ τότε, τρεις διαφορετικές περιπτώσεις ισχύουν:
  1. Αν $a_1 = a_2$ τότε $(s_k, a_1) = (s_l, a_2)$ που σημαίνει ότι αναπαριστάνουν την ίδια πληροφορία.
  2. Αν $a_1 < a_2$ τότε $(s_k, a_1) < (s_l, a_2)$.
  3. Αν $a_1 > a_2$ τότε $(s_k, a_1) > (s_l, a_2)$.

Ένα παράδειγμα της διπλής αναπαράστασης είναι αν υποθέσουμε τη γλωσσική κλίμακα $S = \{s_0, s_1, s_2, s_3, s_4, s_5, s_6\}$ και το γλωσσικό αθροιστικού τελεστή, με αποτέλεσμα την τιμή $\beta = 2.8$. Τότε, η διπλή απεικόνιση της πληροφορίας $\beta = 2.8$ είναι η $\Delta(2.8) = (s_3, -0.2)$.

Με βάση την αρχή ότι η συνάθροιση γλωσσικών πληροφοριών πρέπει να έχει σαν αποτέλεσμα την επίτευξη μίας τιμής που αθροίζει τις προηγούμενες, έτσι και στη διπλή απεικόνιση η συνάθροιση μίας ομάδας διπλών αναπαραστάσεων πρέπει να είναι πάλι μια διπλή αναπαράσταση. Κάθε αριθμητικός αθροιστικός τελεστής μπορεί να επεκταθεί ώστε να συνδυάζει διπλές αναπαραστάσεις και να καταλήγει σε ένα αποτέλεσμα διπλής αναπαράστασης, με τη βοήθεια και των συναρτήσεων Δ and Δ^{-1}, όπως προσδιορίστηκαν παραπάνω. Σε αυτό το πλαίσιο, οι τελεστές του αριθμητικού μέσου και του σταθμισμένου μέσου όρου, με βάση τη διπλή αναπαράσταση μπορούν να οριστούν ως εξής:

- Έστω $x = \{(x_1, a_1), (x_2, a_2), ..., (x_n, a_n)\}$ ένα σύνολο διπλών αναπαραστάσεων. Ο αριθμητικός μέσος διπλής αναπαράστασης ορίζεται ως:

$$M\left((x_1, a_1), (x_2, a_2), ..., (x_n, a_n)\right) = \Delta\left[\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\Delta^{-1}(x_i, a_i)\right] = \Delta\left[\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\beta_i\right].$$

και επιτρέπει να γίνονται υπολογισμοί χωρίς να χάνεται πληροφορία.

- Έστω $x=\{(x_1,a_1),(x_2,a_2),...,(x_n,a_n)\}$ ένα σύνολο από διπλές αναπαραστάσεις και $W=\{w_1,w_2,...,w_n\}$ με $w_i \geq 0$ να είναι τα σχετιζόμενα βάρη τους. Ο διπλής αναπαράστασης σταθμισμένος μέσος όρος είναι:

$$M((x_1,a_1),(x_2,a_2),...,(x_n,a_n)) = \Delta\left[\frac{\sum_{i=1}^{n}(\Delta^{-1}(x_i,a_i))\cdot w_i}{\sum_{i=1}^{n} w_i}\right] = \Delta\left[\frac{\sum_{i=1}^{n}\beta_i \cdot w_i}{\sum_{i=1}^{n} w_i}\right].$$

III.4.5 Αξιολόγηση Προσεγγίσεων

Πρόβλημα Απόφασης

Εδώ, παρουσιάζεται ένα πρόβλημα απόφασης, το οποίο θα λυθεί με τη βοήθεια των υπολογιστικών προσεγγίσεων που αναλύθηκαν στις προηγούμενες παραγράφους. Μέσω αυτού του παραδείγματος, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα και από τις τρεις προσεγγίσεις με σκοπό να αξιολογηθούν ως προς την αξιοπιστία και την ακρίβειά τους.

Συγκεκριμένα, μια επιχείρηση διανομής πρέπει να ανανεώσει τα υπολογιστικά της συστήματα. Σε αυτό το πλαίσιο, πραγματοποιείται έρευνα για τις διαφορετικές δυνατότητες που υπάρχουν στην αγορά, ώστε να αποφασιστεί ποια είναι η καλύτερη επιλογή για τις ανάγκες της επιχείρησης. Οι εναλλακτικές λύσεις είναι οι ακόλουθες:

- X_1 είναι ένα Unix βασισμένο σύστημα.
- X_2 είναι τα WINDOWS NT σύστημα.
- X_3 είναι AS/400 σύστημα.
- X_4 είναι ένα VMS σύστημα.

Η εταιρεία επέλεξε για να αξιολογήσει τα παραπάνω συστήματα, να συμπεριλάβει τις γνώμες όλων των τμημάτων της, που είναι τα ακόλουθα:

- P_1 είναι το τμήμα ανάλυσης δαπανών.
- P_2 είναι το τμήμα ανάλυσης συστημάτων.
- P_3 είναι το τμήμα ανάλυσης κινδύνου.
- P_4 είναι το τμήμα ανάλυσης τεχνολογίας.

Κάθε τμήμα παρέχει ένα διάνυσμα απόδοσης εκφράζοντας τις προτιμήσεις του για κάθε εναλλακτική λύση. Οι τιμές απόδοσης αξιολογούνται στο γλωσσικό σύνολο

S= {N, VL, L, M, H, VH, P}, όπου:

P = Perfect = (.83, 1, 1) VH = Very_High = (.67, .83, 1)
H = High = (.5, .67, .83) M = Medium = (.33, .5, .67)
L = Low = (.17, .33, .5) VL = Very_Low = (0, .17, .33)
N = None = (0, 0, .17)

Τα διανύσματα απόδοσης που παρέχονται από τους εμπειρογνώμονες αποτυπώνονται στον ακόλουθο Πίνακα III.1.

Πίνακας III.1. Αποδόσεις Εναλλακτικών

	x_1	x_2	x_3	x_4
P_1	VL	M	M	L
P_2	M	L	VL	H
P_3	H	VL	M	M
P_4	H	H	L	L

Προσέγγιση Προέκτασης

Θα χρησιμοποιηθεί ο αριθμητικός μέσος όρος ως τελεστής συνάθροισης, θέτοντας ίδια βαρύτητα για κάθε εμπειρογνώμονα (w_i = 0.25 i=1,….,4}). Κατόπιν, μια συλλογική αξία απόδοσης για κάθε εναλλακτική λύση "xi" λαμβάνεται με τη βοήθεια της ακόλουθης έκφρασης:

$$C_j = (1/m\sum_{i=1}^{m} a_{ij}, 1/m\sum_{i=1}^{m} b_{ij}, 1/m\sum_{i=1}^{m} c_{ij})$$

Στο τρέχον πρόβλημα λαμβάνονται οι ακόλουθες τιμές:

- C_1 = ((.25 *1.33),(.25 *2.01), (.25 *2.66)) = (.33, .5, .66),
- C_2 = ((.25 *1), (.25 *1.67), (.25 *2.33)) = (.25, .42, .58),
- C_3 = ((.25 *.83), (.25 *1.5), (.25 *2.17))=(.21, .38, .54),
- C_4 = ((.25 *1.17), (.25 *1.83), (.25 *2.5))=(.3, .45, .625).

Αυτές οι τιμές είναι ασαφή σύνολα που δεν αντιστοιχούν ακριβώς με τους γλωσσικούς όρους στο S, επομένως πρέπει να εφαρμοστεί μια γλωσσική διαδικασία προσέγγισης για την αντιστοίχιση των αποτελεσμάτων σε αυτούς. Προκειμένου να επιλεχτεί ένας όρος για το κάθε C_j, θα χρησιμοποιηθεί μια γλωσσική λειτουργία προσέγγισης app (.) βασισμένη στη ευκλείδεια απόσταση:

$d(s_i,C_j)= \sqrt{P_1(a_1 - a_j)^2 + P_2(b_1 - b_j)^2 + P_3(c_1 - c_j)^2}$, όπου:

- Τα (a_i, b_i, c_i) και (a_j, b_j, c_j) αντιπροσωπεύσουν τις αποδόσεις των εναλλακτικών "Cj" και τις αριθμητικές απεικονίσεις των γλωσσικών όρων "s_i" αντίστοιχα.
- Τα P_1, P_2, P_3 είναι τα βάρη, που αντιπροσωπεύουν τη σημασία των α, b, c.

Επομένως το app_1 (.) επιλέγει το s_i^* ($app_1(C_j) = s_i^*$), έτσι ώστε,

$$d(s_i^*, C_j) \leq d(s_i, C_j) \ \forall\, s_i \in S$$

Αυτή η γλωσσική διαδικασία προσέγγισης εφαρμόζεται στα ανωτέρω ασαφή σύνολα, με P_1 = 0.2, P_2 = 0.6, P_3 = 0.2, οπότε:

- $app_1(C_1)$= $d(s_i^*, C_1)$= $\sqrt{.2*(.33-.33)^2+.6*(.5-.5)^2+.2(.67-.66)^2}$ =.44

  $\Rightarrow s_i^*$ = M

- $app_1(C_2)$=$d(s_i^*, C_2)$= $\sqrt{.2*(.33-.25)^2+.6(.5-.42)^2+.2*(.67-.58)^2}$ =.47

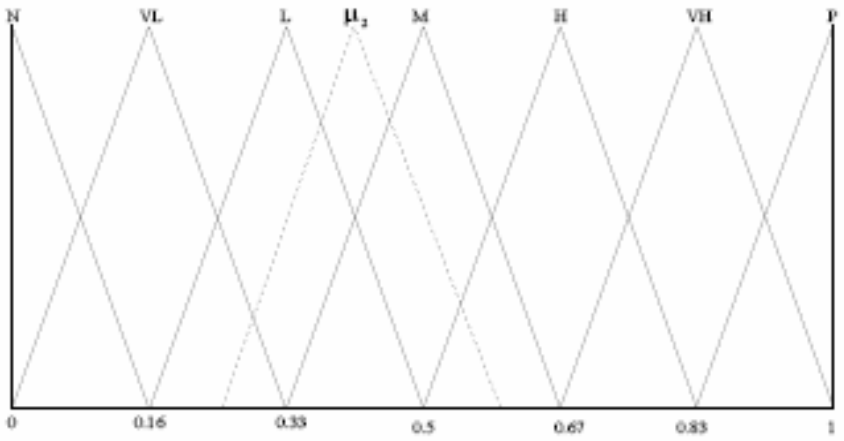
  $\Rightarrow s_i^*$ = M

- $app_1(C_3)$=$d(s_i^*, C_3)$= $\sqrt{.2*(.17-.21)^2+.6*(.33-.38)^2+.2*(.5-.54)^2}$ =.35

  $\Rightarrow s_i^*$ =L

- $app_1(C_4)$= $d(s_i^*, C_4)$= $\sqrt{.2*(.33-.3)^2+.6*(.5-.45)^2+.2*(.67-.62)^2}$ =.47

  $\Rightarrow s_i^*$ =M



Σχήμα III.12. Απεικόνιση 7 Γλωσσικών Όρων με τη Σημασιολογία τους

Το Σχήμα III.12 παρουσιάζει την γλωσσική προσέγγιση για το C_2. Μπορεί κανείς να παρατηρήσει ότι το C_2 δεν ταιριάζει με οποιοδήποτε όρο στο S, οπότε ο πιο στενός όρος του C_2 στο S σύμφωνα με τον app_1 (.) είναι η ετικέτα M.

Μέσω αυτής της ενδεικτικής διαδικασίας γίνεται αντιληπτό ότι τα τελικά αποτελέσματα που επιτυγχάνονται από αυτές τις μεθόδους δεν είναι πολύ ακριβή.

Μόλις υπολογιστούν οι συλλογικοί όροι, ένας βαθμός επιλογής εφαρμόζεται στο συλλογικό διάνυσμα απόδοσης για να λάβει το σύνολο λύσης εναλλακτικών λύσεων. Σε αυτό το παράδειγμα επιλέγουμε το εναλλακτικό (s) με την υψηλότερη συλλογική αξία απόδοσης. Με βάση τα αποτελέσματα, οι τρεις εναλλακτικές λύσεις που έχουν την υψηλότερη και ίδια αξία στο συλλογικό διάνυσμα απόδοσης και τελικά επιλέγονται είναι οι:

$$\{x_1, x_2, x_4\}$$

Λόγω λοιπόν της έλλειψης ακρίβειας που παρουσιάζεται μ' αυτό τον τρόπο, δεν υπάρχει δυνατότητα επιλογής μόνο μιας εναλλακτικής λύσης.

Συμβολική Προσέγγιση

Στο παραπάνω παράδειγμα, το διάνυσμα βαρών είναι {25, 25, 25, 25}, οπότε και οι συλλογικές τιμές απόδοσης υπολογίζονται ως εξής:

- X_1: $C^4(\{VL, M, H, H\}, \{.25, .25, .25, .25\}) = M$
- X_2: $C^4(\{M, L, VL, H\}, \{.25, .25, .25, .25\}) = M$
- X_3: $C^4(\{M, VL, M, L\}, \{.25, .25, .25, .25\}) = L$
- X_4: $C^4(\{L, H, M, L\}, \{.25, .25, .25, .25\}) = M$

Παράδειγμα υπολογισμού των παραπάνω τιμών είναι το ακόλουθο:

- $C^4\{(VL, M, H, H), (.25, .25, .25, .25)\} = C^2\{H, C^3\{(H, M, VL\}, (.33, .33, .33)\} = s_{k4} = s_3 =$
  k_4 =min {6.3+round (.25(1))}=3
- $C^3\{(H, M, VL\}, (.33, .33, .33)\} = C^2\{H, C^2\{(M, VL), (.5, .5)\} = s_{k3} = s_3 = M$

  $k_3 = \min\{6, 2 + round(0.33(2))\} = 3$
- $C^2\{(M, VL)(.5, .5)\} = s_{k2} = s_2 = L$
  $k_2 = \min\{6, 1 + round(0.5(2))\} = 2$

Από τα παραπάνω διαφαίνεται ότι οι εναλλακτικές λύσεις με την υψηλότερη συλλογική απόδοση είναι:

$$\{x_1, x_2 x_4\}$$

Εδώ πάλι εντοπίζεται ένα πολυάριθμο εναλλακτικό σύνολο λύσης, το οποίο συμπίπτει με την ανωτέρω λύση. Οι συμβολικές προσεγγίσεις παρουσιάζουν μια απώλεια πληροφοριών που προκαλείται λόγω της χρήσης του τελεστή στρογγυλοποίησης.

Επομένως, και οι δύο υπολογιστικές προσεγγίσεις έχουν ένα κοινό σημαντικό μειονέκτημα, η απώλεια πληροφοριών, που προκαλείται από την ανάγκη να εκφράσουν τα αποτελέσματα στην αρχική περιοχή έκφρασης.

Προσέγγιση Διπλής Αναπαρά-στασης

Όσον αφορά στην προσέγγιση διπλής αναπαράστασης, αν αυτή χρησιμοποιηθεί στον σταθμισμένο μέσο όρο, τότε όπως παρουσιάστηκε και στην παράγραφο III.4.4., ο διπλής αναπαράστασης σταθμισμένος μέσος όρος για τις τέσσερις εξεταζόμενες εναλλακτικές είναι ο ακόλουθος:

$$M\left((X1, a_1), (X2, a_2), (X3, a_3), (X4, a_4)\right) = \Delta\left[\frac{\sum_{i=1}^{4}\left(\Delta^{-1}(\mathrm{X}i, a_i)\right) \cdot w_i}{\sum_{i=1}^{4} w_i}\right] = \Delta\left[\frac{\sum_{i=1}^{4} \beta_i \cdot w_i}{\sum_{i=1}^{4} w_i}\right]$$

όπου $\{(X1,a_1),(X2,a_2),(X3,a_3),(X4,a_4)\}$ ένα σύνολο από διπλές αναπαραστάσεις και β_i τα στοιχεία ενός συνόλου, το οποίο προκύπτει από το σύνολο S ως εξής:

$S = \{\underset{\downarrow}{N}, \underset{\downarrow}{VL}, \underset{\downarrow}{L}, \underset{\downarrow}{M}, \underset{\downarrow}{H}, \underset{\downarrow}{VH}, \underset{\downarrow}{P}\}$

$B = \{0\ ,\ 1\ ,\ 2\ ,\ 3\ ,\ 4\ ,\ 5\ ,\ 6\}$

Με βάση λοιπόν το γεγονός ότι διάνυσμα βαρών είναι {25, 25, 25, 25}, οι συλλογικές τιμές απόδοσης υπολογίζονται ως εξής:

- X_1: $\Delta\left[\dfrac{\sum_{i=1}^{4}\beta_i \cdot w_i}{\sum_{i=1}^{4} w_i}\right] = \Delta\left[\dfrac{1\cdot 0.25 + 3\cdot 0.25 + 4\cdot 0.25 + 4\cdot 0.25}{1}\right] = \Delta(3.0) = (M, 0)$
- X_2: $\Delta\left[\dfrac{\sum_{i=1}^{4}\beta_i \cdot w_i}{\sum_{i=1}^{4} w_i}\right] = \Delta\left[\dfrac{3\cdot 0.25 + 2\cdot 0.25 + 1\cdot 0.25 + 4\cdot 0.25}{1}\right] = \Delta(2.5) = (M, -0.5)$
- X_3: $\Delta\left[\dfrac{\sum_{i=1}^{4}\beta_i \cdot w_i}{\sum_{i=1}^{4} w_i}\right] = \Delta\left[\dfrac{3\cdot 0.25 + 1\cdot 0.25 + 3\cdot 0.25 + 2\cdot 0.25}{1}\right] = \Delta(2.25) = (L, 0.25)$
- X_4: $\Delta\left[\dfrac{\sum_{i=1}^{4}\beta_i \cdot w_i}{\sum_{i=1}^{4} w_i}\right] = \Delta\left[\dfrac{2\cdot 0.25 + 4\cdot 0.25 + 3\cdot 0.25 + 2\cdot 0.25}{1}\right] = \Delta(2.75) = (M, -0.25)$

Από τα παραπάνω διαφαίνεται ότι μία είναι σε αυτή την περίπτωση η εναλλακτική λύση με την υψηλότερη συλλογική απόδοση, η:

$$\{x_1\}$$

Συνοπτικά, τα αποτελέσματα αποτυπώνονται στον ακόλουθο Πίνακα III.2.

Πίνακας III.2. Αποτελέσματα

	Προσέγγιση Προέκτασης	Συμβολική Προσέγγιση	Προσέγγιση Διπλής Αναπαράστασης
x_1	M	M	(M, 0.00)
x_2	M	M	(M, -0.50)
x_3	L	L	(L, 0.25)
x_4	M	M	(M, -0.25)

Αξιολόγηση

Σε αυτή την παράγραφο θα αξιολογηθεί η διαφάνεια και ακρίβεια των αποτελεσμάτων των παραπάνω προσεγγίσεων. Η αξιολόγηση αυτή θα γίνει με βάση τα ακόλουθα τρία κριτήρια:

- *Συμβατότητα:* Αυτό το κριτήριο εκφράζει τη συμβατότητα των δεδομένων εισόδου με τα τελικά αποτελέσματα. Ουσιαστικά, αυτό που εκτιμάται είναι κατά πόσο το τελικό αποτέλεσμα είναι στην ίδια μορφή με τα δεδομένα εισόδου.
- *Συνέπεια:* Αυτό το κριτήριο εκτιμά εάν από τα ίδια δεδομένα εισόδου, οι γλωσσικές υπολογιστικές προσεγγίσεις καταλήγουν στα ίδια αποτελέσματα.
- *Ακρίβεια:* Αυτό το κριτήριο εκφράζει την ακρίβεια των γλωσσικών διαδικασιών και την ελαχιστοποίηση της αβεβαιότητας των αποτελεσμάτων που επιτυγχάνεται από τις διαφορετικές γλωσσικές υπολογιστικές προσεγγίσεις.

Τα κριτήρια αυτά επιλέχθηκαν γιατί είναι ιδιαίτερα σημαντικά στο πλαίσιο της ευελιξίας και της ευκρίνειας που απαιτείται από τις σύγχρονες μεθόδους υποστήριξης αποφάσεων στο σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα. Ουσιαστικά, αξιολογείται αν το τελικό αποτέλεσμα των προσεγγίσεων γλωσσικής ανάλυσης είναι αξιόπιστο και εύκολα αντιληπτό από τους αποφασίζοντες.

Για την πραγματοποίηση αυτής της αξιολόγησης, οι αποδόσεις των προσεγγίσεων θα εκφραστούν με το ακόλουθο σύνολο γλωσσικό όρων:

S={ΧΑΜΗΛΗ, ΜΕΤΡΙΑ, ΥΨΗΛΗ}

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν καταγράφονται στον ακόλουθο Πίνακα III.3.

Πίνακας III.3. Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων

	Προέκτασης	Συμβολική	Διπλή Αναπαράσταση
Συμβατότητα	ΥΨΗΛΗ	ΥΨΗΛΗ	ΥΨΗΛΗ
Συνέπεια	ΥΨΗΛΗ	ΥΨΗΛΗ	ΥΨΗΛΗ

Από τον Πίνακα III.3. μπορούν να εξαχθούν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- *Συμβατότητα:* Παρατηρείται ότι όλες οι γλωσσικές προσεγγίσεις έχουν υψηλή συμβατότητα μεταξύ των δεδομένων εισόδου και των τελικών τους αποτελεσμάτων, καθώς είναι όροι της γλωσσικής κλίμακας S. Αυτό τις καθιστά ιδιαίτερα ευέλικτες και κατανοητές, ιδιαίτερα όσον αφορά στην υποστήριξη αποφάσεων προώθησης των ΑΠΕ, όπου μία σειρά μη-οικονομικών παραμέτρων πρέπει να αποτιμηθούν. Διαφαίνεται λοιπόν ο λόγος που αυτές οι μέθοδοι μπορούν να έχουν πραγματικά σημαντική συνεισφορά στην υποστήριξη αποφάσεων σε αυτό το πεδίο στο σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα.
- *Συνέπεια:* Σε όλες τις γλωσσικές προσεγγίσεις η συνέπεια των αποτελεσμάτων είναι υψηλή καθώς ορίζονται επακριβώς και με σαφήνεια οι υπολογιστικές διαδικασίες που εμπεριέχονται σε αυτές.
- *Ακρίβεια:* Η ακρίβεια εγγενές πρόβλημα των γλωσσικών προσεγγίσεων (με βάση την αρχή της προέκτασης είτε της συμβολικής προσέγγισης) επειδή στις διαδικασίες υπολογισμού υπάρχει απώλεια πληροφοριών. Αυτός είναι και ο λόγος που στο ενδεικτικό παράδειγμα παρατηρείται χαμηλή «διακριτότητα» των εναλλακτικών μεταξύ τους. Αντίθετα, μέσω της προσέγγισης της διπλής αναπαράστασης το πρόβλημα αυτό υπερνικάτε και η «διακριτότητα» που επιτυγχάνεται είναι ιδιαίτερα ικανοποιητική.

III.5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την επισκόπηση σχετιζομένων πολυκριτηριακών μεθοδολογιών που προηγήθηκε, προκύπτουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά για την επίλυση προβλημάτων απόφασης προώθησης των ΑΠΕ στο σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα:

- Σημαντικές αβεβαιότητες σχετίζονται με το ενεργειακό σύστημα και τις αποφάσεις ενεργειακής πολιτικής, όπως αβεβαιότητες τιμών ορυκτών καυσίμων.
- Η έννοια της ενεργειακής αειφορίας είναι μια εγγενώς ασαφής και σύνθετη έννοια καθώς και οι επιπτώσεις της, δεδομένου ότι μια επιδίωξη σε επίπεδο πολιτικής είναι δύσκολο να καθοριστεί ή να μετρηθεί.
- Αρκετές πληροφορίες που πρέπει να επεξεργαστούν για την υποστήριξη αποφάσεων προώθησης των ΑΠΕ είναι από τη φύση τους μη-οικονομικές και συνεπαγόμενα:
  - Δε μπορούν να καθοριστούν επακριβώς σε μια ποσοτική μορφή, όπως πληροφορίες που αφορούν στην κοινωνική διάσταση.
  - Δεν είναι διαθέσιμες είτε το κόστος υπολογισμού τους είναι πολύ υψηλό.
- Στις «παραδοσιακές» πολυκριτηριακές μεθόδους που συνήθως χρησιμοποιούνται σε προβλήματα ενεργειακού σχεδιασμού προώθησης των ΑΠΕ, οι ποιοτικές πληροφορίες μετασχηματίζονται σε αριθμητικές χρησιμοποιώντας μια διακριτή και διατεταγμένη κλίμακα. Τα προβλήματα σε αυτές τις περιπτώσεις είναι:
  - Μία λανθασμένη επιλογή της κλίμακας από τον αποφασίζοντα μπορεί να οδηγήσει σε διαφορετικά αποτελέσματα, γεγονός που δε διασφαλίζει την «αντικειμενικότητα» της τελικής απόφασης.
  - Οι αποφασίζοντες συναντούν πολλές φορές μεγάλη δυσκολία στο να προσδιορίσουν όλες τις παραμέτρους του προβλήματος, όπως τα αποκαλούμενα ψευδοκριτήρια.

Από τη διερεύνηση της γλωσσικής ανάλυσης, μπορεί να διατυπωθεί ότι ενδείκνυται η χρήση της για την ανάπτυξη μεθόδων και συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων προώθησης των ΑΠΕ στο σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα, παρ' όλο που δεν χρησιμοποιείται μέχρι σήμερα σε αυτό το πεδίο. Ουσιαστικά, μέσω της γλωσσικής ανάλυσης:

- Εισάγεται ένα περισσότερο ευέλικτο πλαίσιο, το οποίο επιτρέπει την αναπαράσταση των πληροφοριών με έναν πιο άμεσο και επαρκή τρόπο.
- Εξαφανίζεται η επιβάρυνση της ποσοτικοποίησης ποιοτικών από τη φύση τους εννοιών (π.χ. κοινωνική αποδοχή, απασχόληση).

Επιμέρους χαρακτηριστικά των προσεγγίσεων γλωσσικής ανάλυσης είναι τα ακόλουθα:

- *Προσέγγιση Προέκτασης:* Βασίζεται στις σχετικές συναρτήσεις συσχέτισης των γλωσσικών όρων, μέσα ουσιαστικά από την αναπαράσταση των γλωσσικών όρων με παραμέτρους της αντίστοιχης συνάρτησης συσχέτισης. Η συνάρτηση συσχέτισης συνήθως προέρχεται από υποκειμενικές εκτιμήσεις των αποφασιζόντων είτε από προκαθορισμένες (ad hoc) και απλοποιημένες μορφές, οπότε υπεισέρχεται αβεβαιότητα στη διαδικασία της απόφασης. Επίσης, οι πράξεις που πρέπει να γίνουν μεταξύ των ασαφών συνόλων είναι πολλές φορές πολύπλοκες και απαιτούν σύνθετα υπολογιστικά εργαλεία. Συνεπαγόμενα, υπάρχει απώλεια πληροφορίας και χαμηλή «διακριτότητα» των εναλλακτικών μεταξύ τους.
- *Συμβολική Προσέγγιση:* Δρα μέσω άμεσου υπολογισμού στις ετικέτες των γλωσσικών όρων, χωρίς να είναι απαραίτητη η χρήση των συναρτήσεων συμμετοχής μαζί με τους γλωσσικούς όρους. Από την άποψη του υπολογισμού, οι πράξεις είναι σχετικά απλές και γρήγορες. Υπάρχει όμως το εγγενές πρόβλημα ότι σε πολλές περιπτώσεις «χάνεται» πληροφορία. Συνεπαγόμενα, η «διακριτότητα» ανάμεσα στα εξαγχθέντα αποτελέσματα είναι ιδιαίτερα χαμηλή.
- *Προσέγγιση Διπλής Αναπαράστασης:* Είναι μια ικανή προσέγγιση αναπαράστασης και επεξεργασίας της ασαφούς πληροφορίας που εμπεριέχεται σε προβλήματα αποφάσεων στο σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα.

Συνοπτικά, η προσέγγιση της διπλής αναπαράστασης μπορεί να έχει πραγματικά σημαντική συνεισφορά στην υποστήριξη αποφάσεων προώθησης των ΑΠΕ στο σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα, καθώς:

- Δίνει τη δυνατότητα να εκφράζονται τα βάρη των κριτηρίων και οι αποδόσεις των εναλλακτικών σε διακριτή κλίμακα.
- Δίνει τη δυνατότητα να γίνονται πράξεις με ασαφείς αριθμούς, αίροντας έτσι τους περιορισμούς της διακριτής κλίμακας.
- Μέσω αυτής της αναπαράστασης είναι εφικτή η μετάβαση από τη διακριτή κλίμακα στη συνεχή και ξανά στη διακριτή.
- Δεν υπάρχει το εγγενές πρόβλημα των γλωσσικών προσεγγίσεων (με βάση την αρχή της προέκτασης είτε της συμβολικής προσέγγισης) της απώλειας πληροφορίας και της χαμηλής «διακριτότητας» των εναλλακτικών μεταξύ τους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1] Andrews CJ, Govil S. (1995), "Becoming proactive about environmental risks: regulatory reform and risk management in the US electricity sector", Energy Policy, 23(10): 885–892.

[2] Lahdelma R, Salminen P, Hokkanen J. (2000), "Using multicriteria methods in environmental planning and management", Environmental Management 26(6): 595–605.

[3] Mas-Colell A, Whinston MD, Green JR. (1995), "Microeconomic Theory", Oxford University Press, New York.

[4] Hanley N, Spash CL. (1993), "Cost–Benefit Analysis and the Environment", Edward Elgar Publishing, Brookfield, VT.

[5] Baumol WJ, Oates WE. (1988), "The Theory of Environmental Policy", second ed. Cambridge University Press, New York.

[6] Lutz E, Munasinghe M. (1994), "Integration of environmental concerns into economic analyses of projects and policies in an operational context", Ecological Economics 10(1): 37–46.

[7] Huang JP, Pho KL, Ang BW. (1995), "Decision analysis in energy and environmental modelling", Energy—The International Journal, 20(9), 843–855.

[8] Carlsson C, Kochetkov Y. (1983), "Theory and Practice of Multiple Criteria Decision Making", North-Holland Publishing, New York.

[9] Hafkamp W, Nijkamp P. (1986), "Integrated economic-environmental energy policy and conflict analysis", Journal of Policy Modeling, 8(4): 551–576.

[10] van den Bergh JCJM, Ferrer-i-Carbonell A, Munda G. (2000), "Alternative models of individual behavior and implications for environmental policy", Ecological Economics 32(1), 43–61.

[11] Ehtamo H, Kettunen E, Hamalainen RP. (2001), "Searching for joint gains in multi-party negotiations", European Journal of Operational Research, 130(1): 54–69.

[12] Keeney RL, Wood E. (1977), "An illustrative example of the use of multiattribute utility theory for water resources planning", Water Resources Research, 13(4): 705–712.

[13] Cohon JL. (1978), "Multiobjective Programming and Planning", Academic Press, New York.

[14] Climaco J. (1997), "Multicriteria analysis", New York: Springer-Verlag.

[15] Solnes J. (2003), "Environmental quality indexing of large industrial development alternatives using AHP", Environmental Impact Assessment Review, 23(3): 283–303.

[16] Chang YH, Yeh CH. (2001), "Evaluating airline competitiveness using multi-attribute decision making", Omega, 29(5): 405–415.

[17] Saaty TL. (1980), "The analytic hierarchy process", New York: McGraw-Hill.

[18] Saaty TL. (1992), "Decision making for leaders", Pittsburgh: RWS Publications.

[19] Brans JP, Vincke Ph, Mareschal B. (1986), "How to select and how to rank projects: the PROMETHEE method", European Journal of Operations Research, 24: 228–238.

[20] Roy B. (1985), "Metodologie multicritere d'aide la decision", Collection Gestion, Paris: Economica.

[21] Goicoechea A, Hansen D, Duckstein L. (1982), “Introduction to multi objective analysis with engineering and business application”. Wiley: New York.

[22] Huang CL, Yoon K. (1981), “Multi attribute decision making: methods and applications”, New York: Springer-Verlag.

[23] Zeleny M. (1982), “Multiple criteria decision making”, New York: McGraw-Hill.

[24] Keeny RL, Raiffa H. (1976), “Decisions with multiple objectives: Preferences and value tradeoffs”, New York: Wiley.

[25] Greening LA, Bernow S. (2004), “Design of coordinated energy and environmental policies: use of multi-criteria decision-making”, Energy Policy 32: 721–735.

[26] Pohekar SD, Ramachandran M. (2004), “Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning — A review”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 8: 365–381.

[27] Dyer JS. (1990), “Remarks on analytical hierarchy process”, Management Science, 36: 249–58.

[28] Golabi K, Kirkwood CW, Sicherman A. (1981), “Selecting a portfolio of solar energy projects using multiattribute preference theory”, Management Science, 22(2): 174–89.

[29] Jones M, Hope C, Hughes R. (1990), “Amulti-attribute value model for the study of UK energy policy”, Journal of Operations Research Society, 41(10): 919–29.

[30] McDaniels TL. (1996), “A multiattribute index for evaluating environmental impact of electric utilities”, Journal of Environmental Management, 46: 57–66.

[31] Voropai NL, Ivanova EY. (2002), “Multicriteria decision analysis technique in electric power system expansion planning”, Electrical Power and Energy Systems, 24: 71–8.

[32] Flamos A, Doukas H, Patlitzianas KD, Psarras J. (2004), “CDM – PAT: A Decision Support Tool For The Pre-Assessment Of CDM Projects”, International Journal of Computer Applications in Technology, 22(2/3): 80-89.

[33] Roulet CA. (2002), “ORME: A multi-criteria rating methodology for buildings”, Building and Environment, 37: 579–86.

[34] Beccali M, Cellura M, Mistretta M. (2003), “Decision-making in energy planning-application of the ELECTRE method at regional level for the diffusion of renewable energy technology”, Renewable Energy, 28(13): 63–87.

[35] Georgopoulou E, Sarafidis Y, Diakoulaki D. (1998), “Design and implementation of a group DSS for sustaining renewable energies exploitation”, European Journal of Operational Research, 109: 483–500.

[36] Barda OH, Dupluis J, Lencoini P. (1990), “Multicriteria location of thermal power plants”, European Journal of Operations Research, 45: 332–346.

[37] Haralambopoulos DA, Polatidis H. (2003), “Renewable energy projects: structuring a multi-criteria group decision-making framework”. Renewable Energy, 28: 961–973.

[38] Georgopoulou E, Lalas D, Papagiannakis L. (1997), “A multicriteria decision aid approach for energy planning problems: the case of renewable energy option”, European Journal of Operational Research, 3: 38–54.

[39] Hokkanen J, Salminen P. (1997), “Choosing a solid waste management system using multicriteria decision analysis”, European Journal of Operational Research, 98: 19–36.

[40] Tzeng GH, Shiau TA. (1987), "Energy conservation strategies in urban transportation: application of multi-criteria decision making", Energy Systems and Policy, 11: 1–19.

[41] Tzeng GH, Tsaur SH. (1990), "Application of multicriteria decision making to old vehicle elimination in Taiwan". In Proceeding of International Conference on MCDM, Taipei, Taiwan 4:268–283.

[42] Flamos A, Anagnostopoulos A, Doukas H, Goletsis Y, Psarras J. (2004), "Application of the IDEA-AM (Integrated Development and Environmental Additionality - Assessment Methodology) to compare 12 real projects from the Mediterranean region", An International Journal of Operational Research, 4(2): 119-145.

[43] Patlitzianas KD, Ntotas K, Doukas H, Psarras J. (2007), "Assessing the Renewable Energy Producers' Environment in the EU Accession Member States", Energy Conversion and Management 48(3): 890-897.

[44] Goumas MG, Lygerou V, Papayannakis LE. (1999), "Computational methods for planning and evaluating geothermal energy projects", Energy Policy, 27: 147–54.

[45] Goumas MG, Lygerou V. (2000), "An extension of the PROMETHEE method for decision-making in fuzzy environment: ranking of alternative energy exploitation projects", European Journal of Operational Research, 123: 606–613.

[46] Mladineo N, Margeta J, Brans JP, Mareschal B. (1987), "Multicriteria ranking of alternative locations for small scale hydro plants", European Journal of Operational Research, 31: 215–222.

[47] Doukas H, Patlitzianas KD, Psarras J. (2006), "Supporting the Sustainable Electricity Technologies in Greece Using MCDM", Resources Policy 31(2) 129-136.

[48] Doukas H, Patlitzianas KD, Papadopoulou A, Psarras J. (2008), "Foresight of Innovative Energy Technologies through a Multi Criteria Approach", International Journal of Energy Technology and Policy (IJETP), in press.

[49] Siskos J, Hubert PH. (1983), "Multi-criteria analysis of the impacts of energy alternatives: A survey and a comparative approach". European Journal of Operational Research 13: 278–99.

[50] Tzeng GH, Shiau TA, Lin CY. (1992), "Application of multi-criteria decision making to the evaluation of new energy system development in Taiwan", Energy 17(10): 983–92.

[51] Teno TFL, Marseschal B. (1998), "An interval version of PROMETHEE for comparison of building products' design with ill defined data on environmental quality", European Journal of Operational Research, 109: 522–9.

[52] Wedley WC. (1990), "Combining qualitative and quantitative factors - an analytical hierarchy approach", Socio-economic Planning Sciences, 24: 57–64.

[53] Golden BL, Wasil EA, Harker PT. (1989), "Analytical hierarchy process", Berlin: Springer-Verlag.

[54] Dyer JS, Fishburn RE, Steuer RE, Wallenenius J, Zionts S. (1992) "Multiple criteria decision making, multi attribute utility theory: the next ten years", Management Science, 38: 645–654.

[55] Mohsen MS, Akash BA. (1997), "Evaluation of domestic solar water heating system in Jordan using analytical hierarchy process", Energy Conversion and Management, 38(18): 1815–22.

[56] Wang X, Feng Z. (2002), "Sustainable development of rural energy and its appraisal system in China", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 6: 395–404.

[57] Ramanathan R, Ganesh LS. (1995), “Energy resource allocation incorporating quantitative and qualitative criteria: an integrated model using goal programming and AHP”, Socio Economic Planning Sciences, 29: 197–218.

[58] Ramanathan R, Ganesh LS. (1990), “A multi-objective programming approach to energy resource allocation problems”, International Journal of Energy Research, 17: 105–119.

[59] Elkarni F, Mustafa I. (1998), “Increasing the utilization of solar energy technologies (SET) in Jordan: analytic hierarchy process”, Energy Policy, 21: 978–984.

[60] Hobbs BF, Horn GTF. (1997), “Building public confidence in energy planning: a multi-method MCDM approach to demand side planning at BC gas”, Energy Policy, 25(3): 357–375.

[61] Yedla S, Shreshtha RM. (2003), “Multicriteria approach for selection of alternative option for environmentally sustainable transport system in Delhi”, Transportation Research part A, 37: 717–729.

[62] Chattopadhyay D, Ramanathan R. (1998), “A new approach to evaluate generation capacity bids”, IEEE Transactions on Power Systems, 13: 1232–1237.

[63] Rahman S, Frair LC. (1984), “A hierarchical approach to electric utility planning”, International Journal of Energy Research, 8: 185–96.

[64] Zong W, Zhihong W. (1997), “Mitigation assessment results and priorities for China’s energy sector”, Applied Energy, 56(3/4): 237–251.

[65] Akash BA, Mamlook R, Mohsen MS. (1999), “Multi-criteria selection of electric power plants using analytical hierarchy process”, Electric Power Systems Research, 52: 29–35.

[66] Mamlook R, Akash BA, Mohsen MS. (2001), “A neuro-fuzzy program approach for evaluating electric power generation systems”, Energy, 26: 619–632.

[67] Mamlook R, Akash BA, Nijmeh S. (2001), “Fuzzy set programming to perform evaluation of solar system in Jordan”, Energy Conversion and Management, 42: 1717–1726.

[68] Srinivasan D, Liew AC, Chang CS. (1995), “Applications of fuzzy systems in power systems”, Electric Power Systems Research, 35(1): 39–43.

[69] Brar YS, Dhillon JS, Kothari DP. (2002), “Multiobjective load dispatch by fuzzy logic based searching weightage pattern”, Electric Power Systems Research, 63(2): 149–160.

[70] Mills D, Vlacic L, Lowe I. (1996), “Improving electricity planning — use of a multicriteria decision making model”, International Transactions in Operational Research, 3(3/4): 293–304.

[71] Beccali M, Cellura M, Ardente DD. (1998), “Decision making in energy planning: the ELECTRE multicriteria analysis approach compared to a fuzzy-sets methodology”, Energy Conversion and Management, 39(16-18): 1869–1881.

[72] Skikos GD, Machias AV. (1992), "Fuzzy multi criteria decision making for evaluation of wind sites”, Wind Engineering, 6(4): 213–228.

[73] Doukas H, Patlitzianas DK, Iatropoulos K, Psarras J. (2006), “Intelligent Building Energy Management System Using Rule Sets”, Building and Environment 42(10): 3562-3569.

[74] Venetsanos K, Angelopoulou P, Tsoutsos T. (2002), “Renewable energy sources project appraisal under uncertainty: the case of wind energy exploitation within a changing energy market environment”, Energy Policy, 30: 293–307.

[75] Haar LN, Haar L. (2006), “Policy-making under uncertainty: Commentary upon the European Union Emissions Trading Scheme”, Energy Policy, 34(17): 2615-2629.

[76] van der Zwaan B, Gerlagh R. (2006), “Climate sensitivity uncertainty and the necessity to transform global energy supply”, Energy, 31(14): 2235-2251.

[77] Hersh MA, (1999), “Sustainable decision making: the role of decision support systems”, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C Appl. Rev. 29 (3): 395–408.

[78] Spangenberg, J.H., Pfahl, S., Deller, K., 2002. Towards indicators for institutional sustainability: lessons from an analysis of Agenda 21. Ecological Indicators 2 (1-2), 61–77.

[79] Krajnc, D., Glavič, P., 2005. A model for integrated assessment of sustainable development. Resources. Conservation and Recycling 43 (2), 189–208.

[80] Andriantiatsaholiniaina LA, Kouikoglou VS, Phillis YA, (2004), “Evaluating strategies for sustainable development: fuzzy logic reasoning and sensitivity analysis”, Ecological Economics, 48: 149–172.

[81] Ducey MJ, Larson BC. (1999), “A fuzzy set approach to the problem of sustainability”, Forest Ecology and Management, 115: 29-40.

[82] Phillis YA, Andriantiatsaholiniaina LA. (2001), “Sustainability: an ill-defined concept and its assessment using fuzzy logic”, Ecological Economics 37: 435–456.

[83] Dubois D, Prade H. (1980), “Fuzzy Sets and Systems: Theory and Applications”, Academic Press. New York.

[84] Zadeh LA. (1965), “Fuzzy sets”, Information and Control, 8: 338-353.

[85] Cornelissen AMG, Van den Berg J, Koops WJ, Grossman M, Udo HMJ. (2001), “Assessment of the contribution of sustainability indicators to sustainable development: a novel approach using fuzzy set theory”, Agriculture, Ecosystems and Environment 86: 173–185.

[86] Dunn EG, Keller JM, Marks LA, Ikerd JE, Fader PD, Godsey LD. (1995), “Extending the application of fuzzy sets to the problem of agricultural sustainability”, IEEE Proceedings of ISUMA-NAFIPS ’95, IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, CA, pp. 497– 502.

[87] Bordogna G, Fedrizzi M, Passi G. (1997), “A linguistic modelling of consensus in group decision making based on OWA operators”, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 27: 126-132.

[88] Herrera F, Herrera-Viedma E, Verdegay JL. (1995), “A. sequential selection process in group decision making with linguistic assessment”, Information Science, 85: 223-239.

[89] Buckley, JJ. (1984), “The multiple judge, multiple criteria ranking problem: a fuzzy set approach”, Fuzzy Sets and Systems, 13: 23 -37.

[90] Chang P, Chen Y. (1994), “A fuzzy multicriteria decision making method for technology transfer strategy selection in biotechnology”, Fuzzy Sets and Systems 63: 131-139.

[91] Yager RR. (1993), “Non-numeric multi-criteria multi-person decision making”, Group Decision Negotiation, 2: 81-93.

[92] Yager RR, Goldstein LS, Mendels E. (1994), “FUZMAR: an approach to aggregating market research data based on fuzzy reasoning”, Fuzzy Sets and Systems, 68: 1-11.

[93] Lee HM. (1996), “Group decision making using fuzzy sets theory for evaluating the rate of aggregative risk in software development”, Fuzzy Sets and Systems, 80: 261-271.

[94] Law CK. (1996), “Using fuzzy numbers in educational grading system”, Fuzzy Sets and Systems, 83: 311-323.

[95] Levrat L, Voisin A, Bombardier S, Bremont J. (1997), "Subjective evaluation of car seat comfort with fuzzy set techniques", Internat. J. Intell. Systems, 12: 891-913.

[96] Chen SM. (1997), "A new method for tool steel materials selection under fuzzy environment", Fuzzy Sets and Systems, 92: 265 - 274.

[97] Herrera F, Lopez E, Mendaña C, Rodriguez MA. (2001), "A linguistic decision model for personnel management solved with a linguistic biojective genetic algorithm", Fuzzy Sets and Systems, 118(1): 47 - 64.

[98] Chiclana F, Herrera F, Herrera-Viedma E. (1998), "Integrating three representation models in fuzzy multipurpose decision making based on fuzzy preference relations", Fuzzy Sets and Systems 97: 33-48.

[99] Herrera F, Herrera-Viedma E, Martinez L. (2000), "A fusion approach for managing multi-granularity linguistic term sets in decision making", Fuzzy Sets and Systems, 114: 43-58.

[100] Kacprzyk J, Fedrizzi M. (1990), "Multiperson Decision Making Models Using Fuzzy Sets and Possibility Theory", Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

[101] Roubens M. (1997), "Fuzzy sets and decision analysis", Fuzzy Sets and Systems, 90: 199-206.

[102] Zadeh LA. (1975) "The concept of a linguistic variable and its applications to approximate reasoning - Part I", Information Science 8: 199-249.

[103] Zadeh LA. (1975) "The concept of a linguistic variable and its applications to approximate reasoning - Part II", Information Science 8: 301-357.

[104] Bonissone PP, Decker KS. (1986), "Selecting uncertainty calculi and granularity: an experiment in trading of precision and complexity, in: L.H. Kanal, J.F. Lemmer (Eds.), Uncertainty in Artificial Intelligence, North-Holland, Amsterdam, pp. 217- 247.

[105] Miller GA. (1956), "The magical number seven or minus two: some limits on our capacity of processing information", Psychological Review, 63: 81-97.

[106] Herrera F, Herrera-Viedma E, Verdegay JL. (1996), "A model of consensus in group decision making under linguistic assessments", Fuzzy Sets and Systems, 79: 73-87.

[107] Bordogna G, Passi G. (1993), "A fuzzy linguistic approach generalizing boolean information retrieval: a model and its evaluation", J. Amer. Soc. Inform. Sci. 44: 70 -82.

[108] Bonissone PP. (1982), "A fuzzy sets based linguistic approach: theory and applications", in: M.M. Gupta, E. Sanchez (Eds.), Approximate Reasoning in Decision Analysis, North-Holland, Amsterdam, pp. 329-339.

[109] Delgado M, Verdegay JL, Vila MA. (1992), "Linguistic decision making models", International Journal of Intelligent Systems, 7: 479 - 492.

[110] Tong M, Bonissone PP. (1980), "A linguistic approach to decision making with fuzzy sets", IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 10: 716-723.

[111] Tong M, Bonissone PP. (1984), "Linguistic solutions to fuzzy decision problems", Stud. Management Sci. 20: 323-334.

[112] Herrera F, Herrera-Viedma E, Verdegay JL. (1998), "Choice processes for non-homogeneous group decision making in linguistic setting", Fuzzy Sets and Systems, 94(3): 287-308.

[113] Delgado M, Herrera F, Herrera-Viedma E, Martinez L. (1998), "Combining linguistic and numerical information in group decision making", Information Science, 7: 177-194.

[114] Yager RR. (1995), “An approach to ordinal decision making”, International Journal of Approximate Reasoning, 12: 237-261.

[115] Delgado M, Verdegay JL, Vila MA. (1993), “On aggregation operations of linguistic labels”, International Journal of Intelligent Systems, 8: 351–370.

[116] Herrera F, Martınez L. (2000), “A 2-tuple fuzzy linguistic representation model for computing with words”, IEEE Trans Fuzzy Syst, 8(6):746–752.

[117] Herrera F, Martinez L. (1999), “A 2-Tuple Fuzzy Linguistic Representation Model for Computing with Words”, Department of Computer Science and Artificial Intelligence, Technical Report #DESCAI-990102.

[118] Degani R, Bortolan G. (1988), “The problem of linguistic approximation in clinical decision making”, Int J Approx Reason, 2: 143–162.

[119] Bonissone PP, Decker KS. “Selecting uncertainty calculi and granularity: An experiment in trading – off precision and complexity”, In Uncertainty in Artificial Intelligence, Kanal LH, Lemmer JF., Eds. Amsterdam, The Netherlands: North – Holland, 1986, pp.217-247.

[120] Herrera F, Herrera-Viedma E. (2000), “Linguistic decision analysis: steps for solving decision problems under linguistic information”, Fuzzy Sets and Systems 115: 67-82.

[121] Yager RR. (1988), “On ordered weighted averaging aggregation operators in multicriteria decision making”, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 18: 183-190.

[122] Cholewa W. (1985), ”Aggregation of fuzzy opinions: An axiomatic approach”, Fuzzy Sets and Systems, 17: 249-259.

[123] Montero J. (1988), “Aggregation of fuzzy opinions in a non-homogeneous group", Fuzzy Sets and Systems, 25: 15-20.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ IV: ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

IV.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ανάλυση που παρατέθηκε στα προηγούμενα Κεφάλαια καθιστά σαφές ότι η υποστήριξη αποφάσεων για την προώθηση των ΑΠΕ αποτελεί πλέον ένα περίπλοκο πρόβλημα.

Όντως, οι ΑΠΕ μπορούν να θεωρηθούν ως ένας τρόπος να μειωθούν οι εκπομπές άνθρακα, να ελαττωθούν οι εισαγωγές ορυκτών καυσίμων και να επιτευχθούν οι υπόλοιποι στόχοι προς την αειφορία, την ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού και την ανταγωνιστικότητα. Επιπλέον, πρέπει η ΕΕ να παγιώσει την παγκόσμια πρωτοπορία της στον τομέα των ΑΠΕ και λαμβάνοντας υπόψη τον αυξημένο διεθνή ανταγωνισμό η επίτευξη του στόχου της προώθησης τους συνεπάγεται σημαντικές προκλήσεις για την Ευρώπη. Ο παγκόσμιος μάλιστα χαρακτήρας της ενεργειακής αυτής πρόκλησης και οι μαζικές επενδύσεις που απαιτούνται σε παγκόσμια κλίμακα αποτελούν ευκαιρία όσον αφορά στην ανάπτυξη και απασχόληση.

Στην προσπάθεια όμως επιλογής των κατάλληλων προτάσεων προώθησης, που είναι απαραίτητες για την αναδιαμόρφωση της αγοράς ενέργειας στο πλαίσιο των στόχων της ΕΕ [1], η πολιτεία έχει στη διάθεσή της ένα πλήθος επιλογών ΑΠΕ, που κάθε μία συνεισφέρει με διαφορετικό τρόπο στις ενεργειακές επιδιώξεις που πρέπει να επιτευχθούν.

Συνεπώς, η επιλογή των κατάλληλων ΑΠΕ προς την επίτευξη των προαναφερθέντων στόχων της ΕΕ αποτελεί αναπόφευκτα μια πολύπλοκη διαδικασία, όπως επισημαίνεται άλλωστε και από τον Collier [2], που διαπιστώνει ότι κατά την τελευταία δεκαετία, υπήρξε πολύ μικρή πρόοδος σχετικά με τη διείσδυση των ΑΠΕ στην ΕΕ, παρόλο που ένας αριθμός οδηγιών τέθηκε σε εφαρμογή. Παρόμοια άλλωστε είναι και τα πρόσφατα πορίσματα της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, που υποδεικνύουν ότι με τις τρέχουσες τάσεις και τις προβολές τους στο μέλλον οι στόχοι που είχαν τεθεί είναι μάλλον απίθανο να επιτευχθούν [3]. Πράγματι, οι ιδιαιτερότητες των συγκεκριμένων μορφών ενέργειας, όπως είναι η πολυπλοκότητα, η νεοτερικότητα και ο αποκεντρωμένος χαρακτήρας τους, δημιουργούν πολυάριθμα μη τεχνολογικά προβλήματα, όπως τα ακόλουθα [4]:

- Ασαφείς και αποθαρρυντικές διαδικασίες αδειοδότησης για τον προγραμματισμό, την κατασκευή και τα συστήματα λειτουργίας, διαφορές στα πρότυπα και στην πιστοποίηση.
- Αδιαφανείς και πολλές φορές μεροληπτικές κανονιστικές διατάξεις για την πρόσβαση στο δίκτυο.
- Έλλειψη ενημέρωσης σε επίπεδο προμηθευτών, πελατών και εγκαταστατών.
- Έλλειψη συνεργασίας ανάμεσα στα ερευνητικά κέντρα, στα πανεπιστήμια και στους ειδικούς οργανισμούς.

Συμπληρώνεται, έτσι, μια εικόνα διασκορπισμένων, κατακερματισμένων και ανεπαρκών προσπαθειών, καθώς δεν αξιοποιείται ο συνενωτικός ρόλος που μπορεί να διαδραματίσει η Πολιτεία στον τομέα της ενέργειας. Η διαδικασία αυτή καθίσταται ακόμα δυσκολότερη λαμβάνοντας υπόψη την πολλές φορές ανεπαρκή και μη συμμετρική πληροφορία, τις αντιφατικές επιδιώξεις και τις αντικρουόμενες απόψεις των εμπλεκομένων [5]. Άλλωστε, τόσο η αειφορία, όσο και η ασφάλεια εφοδιασμού και η ανταγωνιστικότητα είναι αφηρημένες, σύνθετες και πολλές φορές ακαθόριστες έννοιες, που δύσκολα μπορούν να οριστούν ή να μετρηθούν [6].

Συνεπώς, έντονη διαφαίνεται η ανάγκη για τη διατύπωση μίας ολοκληρωμένης μεθοδολογίας διαμόρφωσης και αξιολόγησης προτάσεων προώθησης ΑΠΕ, στο πλαίσιο του σύγχρονου περιβάλλοντος λειτουργίας του ενεργειακού τομέα, όπως αυτό διαμορφώνεται από την απελευθέρωση και την κλιματική αλλαγή. Η χρησιμότητα μιας τέτοιας μεθοδολογίας θα είναι ουσιαστική αν βασίζεται σε μια «συστημική» προσέγγιση, που μπορεί να καλύψει την ανάγκη για το σαφή καθορισμό και την κατανόηση της σχέσης των επιδιώξεων πολιτικής, των προγραμμάτων και των τεχνολογικών δυνατοτήτων, λαμβάνοντας υπόψη της τα χαρακτηριστικά των εμπλεκομένων της ενεργειακής αγοράς.

Στο παραπάνω πλαίσιο, σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται η ανάπτυξη του προτεινόμενου μεθοδολογικού πλαισίου ***- RE_2S -*** , το οποίο δίνει τη βάση για την αναγνώριση όλων των παραμέτρων του προβλήματος και την ανάλυση των μεταξύ τους αλληλεπιδράσεων. Στη συνέχεια του κεφαλαίου αναλύεται η φιλοσοφία και η διαδικασία ανάπτυξης του προτεινόμενου μεθοδολογικού πλαισίου και οι επιμέρους συνιστώσες του. Επιπλέον, παρουσιάζεται σύντομα το πληροφοριακό σύστημα το οποίο αναπτύχθηκε με βάση την προτεινόμενη μεθοδολογία και το οποίο αποσκοπεί να αποτελέσει ένα χρήσιμο εργαλείο υποστήριξης αποφάσεων για την προώθηση των ΑΠΕ. Το κεφάλαιο κλείνει με την παρουσίαση των συμπερασμάτων που απορρέουν από την παραπάνω ανάλυση.

IV.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΠΡΟΩΘΗΣΗΣ ΑΠΕ

IV.2.1. Φιλοσοφία Προσέγγισης

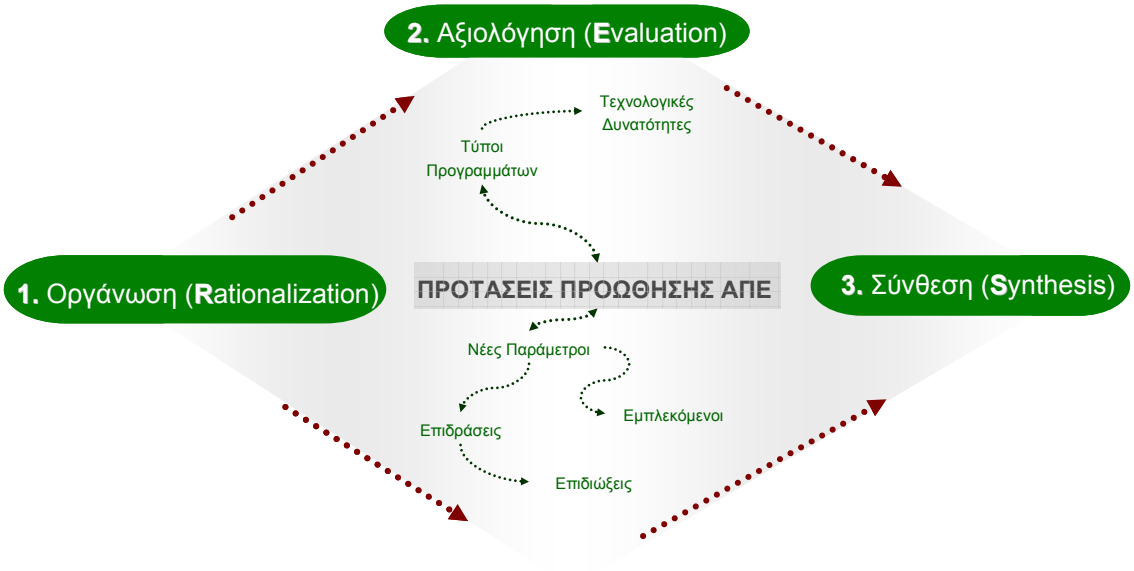
Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται η φιλοσοφία ανάπτυξης του προτεινόμενου μεθοδολογικού πλαισίου, το οποίο δίνει τη βάση για τη διαμόρφωση και αξιολόγηση των προτάσεων προώθησης ΑΠΕ, στο πλαίσιο του σύγχρονου περιβάλλοντος λειτουργίας του ενεργειακού τομέα, όπως αυτό διαμορφώνεται από την απελευθέρωση και την κλιματική αλλαγή.

Η φιλοσοφία της προσέγγισης στοχεύει να καλύψει την ανάγκη για το σαφή καθορισμό και την κατανόηση της σχέσης των ενεργειακών επιδιώξεων, όπως αυτές επαναπροσδιορίζονται λόγω των επιπτώσεων των σύγχρονων παραμέτρων, και των εργαλείων προώθησης των ΑΠΕ σε αυτές, δηλαδή των προγραμμάτων και των τεχνολογικών δυνατοτήτων, λαμβάνοντας υπόψη της τα χαρακτηριστικά των εμπλεκομένων της ενεργειακής αγοράς. Μια τέτοια προσέγγιση πρέπει να:

- Βασίζεται σε μακροπρόθεσμες ενεργειακές επιδιώξεις.
- Παρέχει την ευελιξία που χρειάζεται για να υποστηρίξει πολιτικές σύμφωνα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της εξελισσόμενης ενεργειακής αγοράς.
- Συνεκτιμά περιβαλλοντικές και κοινωνικές πτυχές.
- Εξασφαλίζει την οικονομική αποδοτικότητα και να συμβιβάζεται με την εσωτερική αγορά ενέργειας.
- Εξασφαλίζει στους επιχειρηματικούς κύκλους τη βεβαιότητα και τη σταθερότητα που χρειάζονται για να λάβουν τις επενδυτικές τους αποφάσεις.

Στο παραπάνω πλαίσιο, η προτεινόμενη προσέγγιση **- *RE$_2$S* -** περιλαμβάνει τις παρακάτω τρεις (3) συνιστώσες:

- *Οργάνωση (Rationalization):* Η πρώτη συνιστώσα (Rationalization) αφορά στην οργάνωση των χαρακτηριστικών του προβλήματος, όπου συστηματοποιούνται και κωδικοποιούνται οι σύγχρονες παράμετροι του ενεργειακού τομέα και οι προτάσεις προώθησης ΑΠΕ (μέσω των εργαλείων προώθησης) που μπορούν να διαμορφωθούν σε αυτές, έτσι ώστε να μπορέσει να γίνει η εισαγωγή τους στα επόμενα στάδια της μεθοδολογίας.
- *Αξιολόγηση (Evaluation):* Η δεύτερη συνιστώσα (Evaluation), αφορά στην αξιολόγηση και των δύο (2) εργαλείων προώθησης ΑΠΕ, δηλαδή των τύπων προγραμμάτων, που είναι και το άμεσο εργαλείο που έχει στη διάθεσή της η Πολιτεία, και των διαθέσιμων τεχνολογικών δυνατοτήτων, με βάση τις επιδιώξεις του σύγχρονου περιβάλλοντος, όπως αυτό διαμορφώνεται λαμβάνοντας υπόψη τις επιδράσεις των σύγχρονων παραμέτρων του ενεργειακού τομέα.
- *Σύνθεση (Synthesis):* Τέλος, η τρίτη συνιστώσα (Synthesis) αφορά στη σύνθεση των εργαλείων υψηλής προτεραιότητας για τη διαμόρφωση ολοκληρωμένων προτάσεων προώθησης ΑΠΕ, και την αξιολόγηση τους με βάση τα χαρακτηριστικά των εμπλεκομένων της ενεργειακής αγοράς.

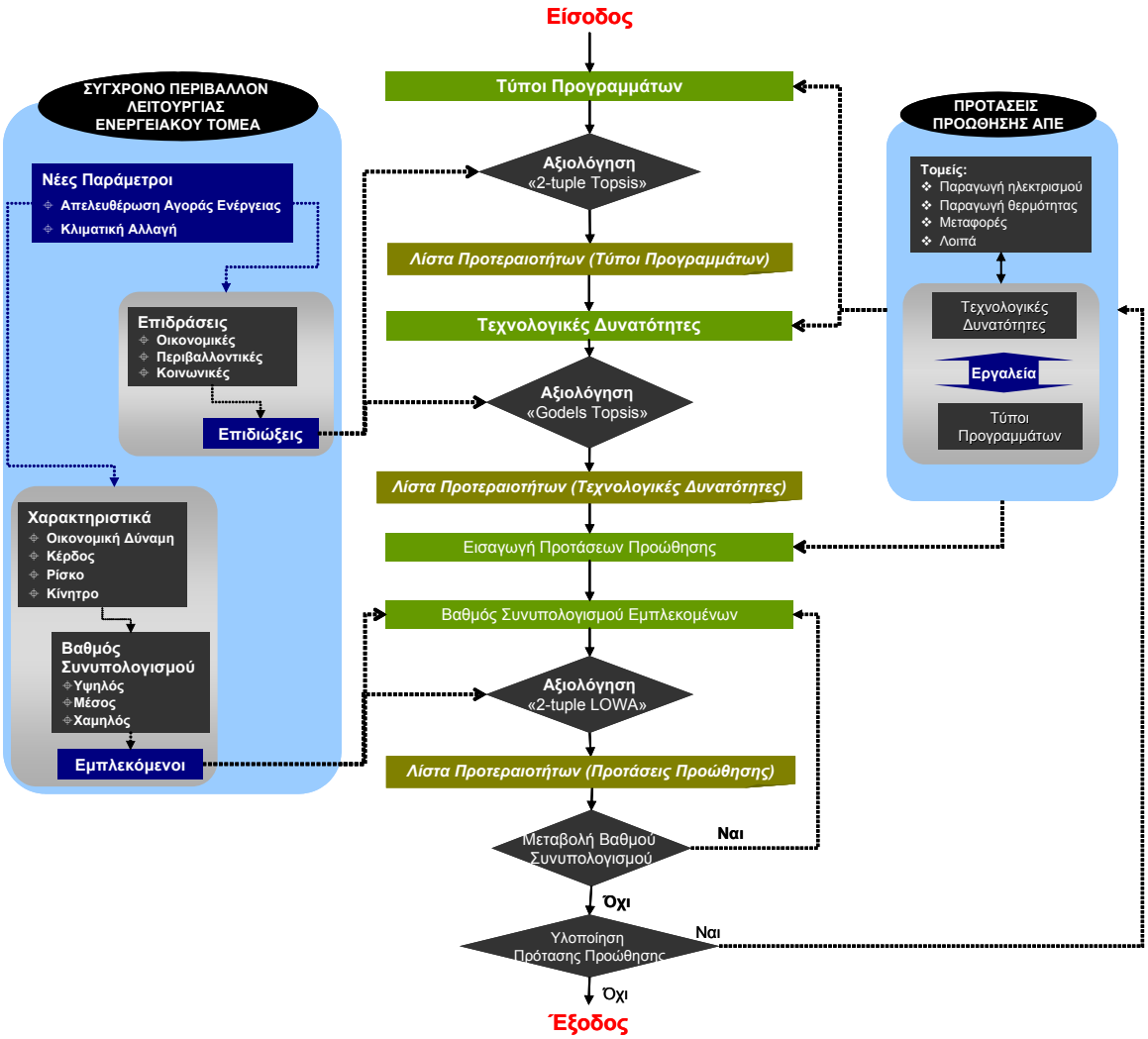


Σχήμα IV.1. Φιλοσοφία Προσέγγισης

Με αυτό τον τρόπο, η «συστημική» προσέγγιση, στην οποία βασίζεται η φιλοσοφία της προτεινόμενης μεθοδολογίας, συμβάλει στη διαμόρφωση ενός διαφανούς και συνεπούς πλαισίου υποστήριξης των αποφασιζόντων για την αναγνώριση όλων των παραμέτρων του προβλήματος και την ανάλυση των μεταξύ τους αλληλεπιδράσεων, στο πλαίσιο μιας πραγματικής ενεργειακής εσωτερικής αγοράς, όπου θα έχουν τη δυνατότητα να προωθηθούν οι τεχνολογίες ΑΠΕ. Σε αυτό το πλαίσιο, τονίζεται ότι η προτεινόμενη προσέγγιση δεν αποσκοπεί να αντικαταστήσει τα ήδη υπάρχοντα αναλυτικά και πολύπλοκα μοντέλα ενεργειακής ανάλυσης και σχεδιασμού.

IV.2.2. Διαδικασία Προσέγγισης

Η ακολουθούμενη διαδικασία σε μορφή λογικού διαγράμματος φαίνεται σχηματικά στο ακόλουθο Σχήμα IV.2.



Σχήμα IV.2. Διαδικασία Προσέγγισης

Πιο συγκεκριμένα, η διαδικασία περιγράφεται αναλυτικά ως ακολούθως:

- *Είσοδος:* Αρχικά κωδικοποιούνται τα βασικά εργαλεία προώθησης των ΑΠΕ και το σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα, έτσι ώστε να μπορέσει να γίνει η εισαγωγή τους στα επόμενα στάδια της μεθοδολογίας. Συγκεκριμένα, κατηγοριοποιούνται:
  - *Οι προτάσεις προώθησης ΑΠΕ*, μέσω των επιμέρους εργαλείων, δηλαδή των τύπων προγραμμάτων και τεχνολογικών δυνατοτήτων, που αφορούν σε παραγωγή ηλεκτρισμού, θερμότητας, στις μεταφορές και σε συνδυασμό τους.
  - *Το σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα*, με βάση τις οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιδράσεις των νέων παραμέτρων, που συστηματοποιούνται σε ενεργειακές επιδιώξεις και στα χαρακτηριστικά των εμπλεκομένων τους.
- *Τύποι Προγραμμάτων:* Στο στάδιο αυτό γίνεται εισαγωγή των τύπων προγραμμάτων προώθησης ΑΠΕ, με βάση τον τομέα στον οποίο μελετάται η προώθηση των ΑΠΕ.
- *Αξιολόγηση «2-tuple TOPSIS»:* Αφού έχει γίνει εισαγωγή των τύπων προγραμμάτων τότε η διαδικασία προχωράει στην αξιολόγησή τους, σε σχέση με τη συνεισφορά τους στις ενεργειακές επιδιώξεις, χρησιμοποιώντας πολυκριτηριακή προσέγγιση στηριζόμενη στην επέκταση της TOPSIS με χρήση γλωσσικών μεταβλητών, μέσω της «απεικόνισης διπλής αναπαράστασης (2-tuple)».

- *Λίστα Προτεραιοτήτων (Τύποι Προγραμμάτων):* Αφού γίνει η αξιολόγηση, διαμορφώνεται η λίστα προτεραιοτήτων των τύπων προγραμμάτων με τη μεγαλύτερη συμβολή στη μείωση των εκπομπών άνθρακα, στην αύξηση της απασχόλησης, στη μείωση των εισαγωγών ορυκτών καυσίμων, κλπ.
- *Τεχνολογικές Δυνατότητες:* Στο στάδιο αυτό εισάγονται οι τεχνολογικές δυνατότητες ΑΠΕ στη διαδικασία, με βάση τον τομέα στον οποίο μελετάται η προώθησή τους.
- *Αξιολόγηση «Gödels TOPSIS»:* Αφού γίνει η εισαγωγή των τεχνολογικών δυνατοτήτων, η διαδικασία προχωράει στην αξιολόγηση τους, μέσω γλωσσικών μεταβλητών, με σκοπό την αναγνώριση εκείνων που έχουν βραχυπρόθεσμη συνεισφορά στις επιδιώξεις του σύγχρονου περιβάλλοντος λειτουργίας του ενεργειακού τομέα. Η αξιολόγηση πραγματοποιείται μέσω πολυκριτηριακής προσέγγισης στηριζόμενη στην επέκταση της TOPSIS με χρήση γλωσσικών μεταβλητών μέσω της χρήσης της συνεπαγωγής «Gödels».
- *Λίστα Προτεραιοτήτων (Τεχνολογικές Δυνατότητες):* Αφού γίνει η αξιολόγηση, διαμορφώνεται η λίστα προτεραιοτήτων με τις τεχνολογικές δυνατότητες ΑΠΕ που έχουν τη μεγαλύτερη βραχυπρόθεσμη συνεισφορά στις επιδιώξεις του σύγχρονου περιβάλλοντος λειτουργίας του ενεργειακού τομέα.
- *Εισαγωγή Προτάσεων Προώθησης:* Σε αυτό το στάδιο της διαδικασίας γίνεται εισαγωγή των εργαλείων προώθησης ΑΠΕ υψηλής προτεραιότητας, όπως προέκυψαν απ' τις αξιολογήσεις στα προηγούμενα στάδια της μεθοδολογίας.
- *Βαθμός Συνυπολογισμού Εμπλεκομένων:* Εδώ γίνεται επιλογή του βαθμού συνυπολογισμού των χαρακτηριστικών των εμπλεκομένων (οικονομική δύναμη, κέρδος, διαθεσιμότητας τους να ρισκάρουν και κίνητρα που μπορεί να έχουν) , μέσω τριών δυνατών επιλογών (υψηλός, μέσος, χαμηλός).
- *Αξιολόγηση «2-tuple LOWA»*: Η αξιολόγηση αυτή είναι βασισμένη στη μοντελοποίηση των χαρακτηριστικών των εμπλεκομένων της ενεργειακής αγοράς και του βαθμού συνυπολογισμού τους, με σκοπό την αναγνώριση των προτάσεων που συνάδουν περισσότερο με τα χαρακτηριστικά τους. Η πολυκριτηριακή αυτή προσέγγιση στηρίζεται στον τελεστή «LOWA», με την αναπαράσταση των γλωσσικών μεταβλητών να γίνεται με βάση την «απεικόνιση διπλής αναπαράστασης (2-tuple)».
- *Λίστα Προτεραιοτήτων (Προτάσεις Προώθησης):* Διαμορφώνεται μια λίστα που περιέχει τις προτάσεις προώθησης ΑΠΕ υψηλής προτεραιότητας.
- *Μεταβολή Βαθμού Συνυπολογισμού:* Αφού έχει διαμορφωθεί η λίστα προτεραιοτήτων μπορεί να μεταβληθεί ο βαθμός συνυπολογισμού των εμπλεκομένων, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα να διενεργηθεί ανάλυση ευαισθησίας των τελικών αποτελεσμάτων. Πιο συγκεκριμένα:
  - Στην περίπτωση που δεν υπάρχει ανάγκη μεταβολής του βαθμού συνυπολογισμού *(όχι)*, τότε η λίστα προτεραιοτήτων δεν αλλάζει.
  - Στην περίπτωση που υπάρχει ανάγκη μεταβολής του βαθμού συνυπολογισμού *(ναι),* τότε δίνεται η δυνατότητα επαναεισαγωγής του βαθμού συνυπολογισμού εμπλεκομένων, διενέργειας της αξιολόγησης και διαμόρφωσης των νέων αποτελεσμάτων.
- *Υλοποίηση Πρότασης Προώθησης:* Με δεδομένο το δυναμικό χαρακτήρα της προτεινόμενης προσέγγισης, στο τελευταίο στάδιο λαμβάνεται υπόψη η υλοποίηση η όχι της προτεινόμενης πρότασης προώθησης. Πιο συγκεκριμένα:
  - Στην περίπτωση που η πρόταση υλοποιηθεί *(ναι),* τότε ενημερώνεται αντίστοιχα και η βάση δεδομένων των προτάσεων προώθησης των ΑΠΕ, ώστε η συγκεκριμένη πρόταση να μη μπορεί να ξανά – εξεταστεί.
  - Στην περίπτωση που δεν υλοποιηθεί *(όχι),* τότε γίνεται έξοδος από τη διαδικασία και η πρόταση προώθησης μπορεί να ξανά – εξεταστεί, με βάση τα νέα δεδομένα που θα διαμορφωθούν στην ενεργειακή αγορά.

IV.3 ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΒΑΣΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

IV.3.1. Εισαγωγή

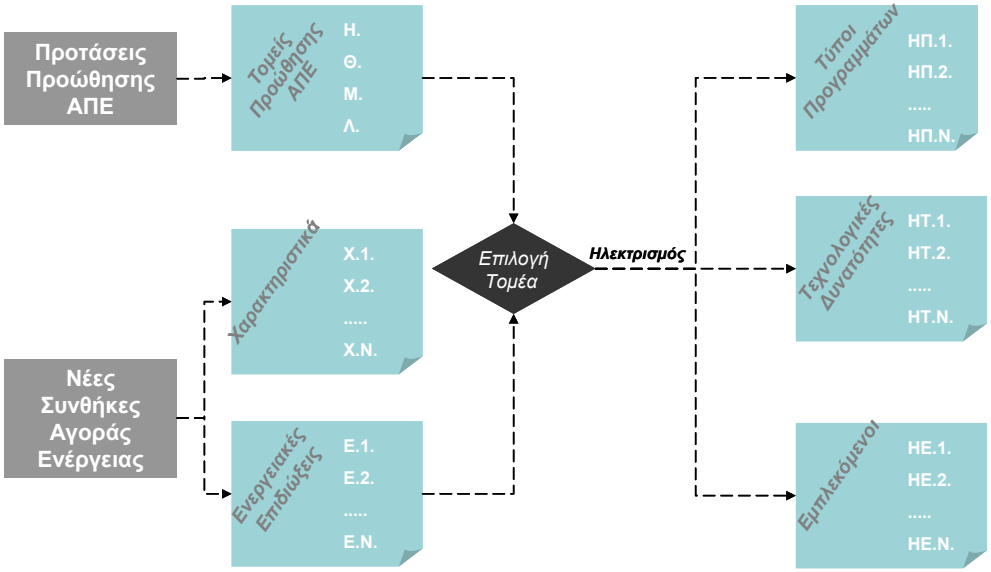
Στην ενότητα αυτή θα περιγραφεί η πρώτη συνιστώσα της προτεινόμενης μεθοδολογίας. Η πρώτη συνιστώσα έχει ως στόχο να οργανώσει και να κωδικοποιήσει τα βασικά χαρακτηριστικά του προβλήματος, δηλαδή το σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα και τις προτάσεις προώθησης ΑΠΕ που μπορούν να διαμορφωθούν σε αυτό, όπως αναλυτικά περιγράφεται στο ακόλουθο Σχήμα IV.3.

Ουσιαστικά, η φιλοσοφία της συνιστώσας αυτής είναι κοινή για οποιονδήποτε από τους τομείς προώθησης των ΑΠΕ, με τα επιμέρους εργαλεία προώθησης να είναι αυτά που αλλάζουν ανά τομέα, λόγω των διαφορετικών καθεστώτων για την ηλεκτρική ενέργεια, τα βιοκαύσιμα και τη θέρμανση και ψύξη που έχουν θεσπιστεί σε επίπεδο ΕΕ.

Στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας έχει σημειωθεί σημαντική πρόοδος, με βάση την οδηγία σχετικά με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ που εγκρίθηκε το 2001, και υπάρχει σημαντική πρόοδος για την επίτευξη αυτών των στόχων. Συγκεκριμένα σύμφωνα με την οδηγία 2001/77/ΕΚ, όλα τα κράτη μέλη θέσπισαν εθνικούς στόχους για το μερίδιο της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές. Από την άλλη μεριά, στους άλλους τομείς η πρόοδος είναι πολύ μικρή και βασίζεται σε μεμονωμένες και διάσπαρτες προσπάθειες που κατέβαλαν μερικά κράτη μέλη καθώς υπάρχει πλήρης έλλειψη νομικού πλαισίου στον κλάδο της θέρμανσης και ψύξης και σχετικά χαλαρό πλαίσιο κανονιστικών ρυθμίσεων για τη χρήση ΑΠΕ στον τομέα των μεταφορών.

Σε αυτό το λόγο οφείλεται και η εξέλιξη στους τρεις αυτούς κλάδους: σαφής αύξηση στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας, πρόσφατη εκκίνηση ισχυρής αύξησης στα βιοκαύσιμα, χαμηλοί ρυθμοί αύξησης στον κλάδο της θέρμανσης και ψύξης. Άλλωστε, σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Επιτροπής έμφαση δίνεται στην προσπάθεια οργανωμένης προώθησης των ΑΠΕ στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας, ο οποίος και πρέπει να αποτελέσει τον οδηγό και για τους άλλους κλάδους για να επιτευχθεί ο γενικός στόχος του 12%.

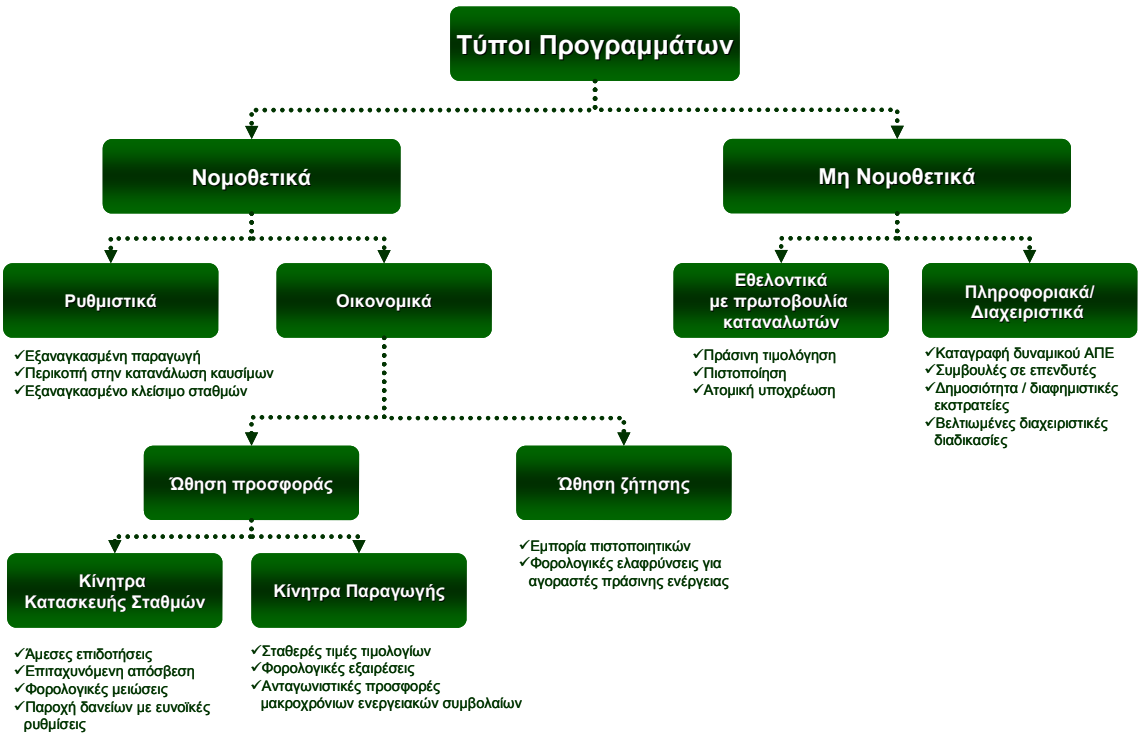
Στο παραπάνω πλαίσιο, στις παραγράφους που ακολουθούν θα γίνει παρουσίαση και σύντομη περιγραφή των εργαλείων προώθησης των ΑΠΕ, των ενεργειακών επιδιώξεων και των εμπλεκομένων στο σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας της αγοράς ενέργειας, με έμφαση στον τομέα παραγωγής ηλεκτρισμού.



Σχήμα IV.3. Διαδικασία 1ης Συνιστώσας

IV.3.2. Τύποι Προγραμμάτων

Οι τύποι προγραμμάτων μπορούν να διαχωριστούν σε νομοθετικά και μη-νομοθετικά προγράμματα, με βάση τους Doukas et al [7]. Οι κατηγορίες τύπων προγραμμάτων που μπορούν να εφαρμοστούν για την προώθηση των τεχνολογιών ΑΠΕ στην αγορά, από τη μελέτη της σχετικής βιβλιογραφίας [8 – 12] παρουσιάζονται στο παρακάτω Σχήμα IV.4.



Σχήμα IV.4. Κατηγορίες Τύπων Προγραμμάτων

Τα νομοθετικά προγράμματα περιλαμβάνουν τα ρυθμιστικά προγράμματα και τα οικονομικά προγράμματα. Τα ρυθμιστικά προγράμματα μπορούν να διακριθούν στα ακόλουθα:

ΗΠ.1. Εξαναγκασμένη Παραγωγή: Το πρόγραμμα αυτό βασίζεται στη λογική ότι ένα συγκεκριμένο ποσοστό παραγωγής ενέργειας πρέπει υποχρεωτικά να κατευθύνεται από ΑΠΕ. Με αυτόν τον τρόπο προσφέρεται σημαντική προώθηση προς τις ΑΠΕ, καθώς κεφάλαια δεσμεύονται και κατευθύνονται συνεχώς προς την κατεύθυνση αυτή.

ΗΠ.2. Περικοπή στην Κατανάλωση Καυσίμων: Το πρόγραμμα αυτό περιλαμβάνει την παύση της χρήσης ενός συγκεκριμένου καυσίμου, κυρίως λόγω της ρύπανσης που προκαλεί, με αποτέλεσμα να προωθούνται έμμεσα οι ΑΠΕ.

ΗΠ.3. Εξαναγκασμένο Κλείσιμο Σταθμών: Το πρόγραμμα αυτό ουσιαστικά προτείνει το κλείσιμο σταθμών παραγωγής ενέργειας που ρυπαίνουν το περιβάλλον, με βάση κάποιο συγκεκριμένο όριο ρύπανσης. Το έλλειμμα ενέργειας που δημιουργείται από το κλείσιμο των συμβατικών σταθμών οδηγεί στην περαιτέρω προώθηση των ΑΠΕ από τους επενδυτές.

Τα οικονομικά προγράμματα χωρίζονται σε προγράμματα ώθησης ζήτησης και προγράμματα ώθησης προσφοράς. Τα προγράμματα ώθησης ζήτησης χωρίζονται σε:

ΗΠ.4. Εμπορία Πιστοποιητικών: Το πρόγραμμα αυτό καθορίζεται από την αγορά και διασφαλίζει ότι μία ελάχιστη ποσότητα ενέργειας που παράγεται από διαπιστευμένους παραγωγούς προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές. Η απαιτούμενη ποσότητα της ενέργειας, η οποία μπορεί να αυξάνεται με το χρόνο, προκαθορίζεται από την πολιτεία και μεταφράζεται σε Πιστοποιητικά Ανανεώσιμης Υποχρέωσης (ROCs - Renewable Obligation Certificates), τα οποία πιστοποιούν ότι μία συγκεκριμένη ποσότητα ηλεκτρισμού (σε kWh) έχει παραχθεί από ανανεώσιμες πηγές. Τα ROCs μπορούν να πωληθούν (εμπόριο πιστοποιητικών) από παραγωγούς που διαθέτουν περίσσεια παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ σε προμηθευτές που δεν έχουν καταφέρει να παράγουν αρκετή ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ και το αντίστροφο. Το πρόγραμμα αυτό μπορεί να προάγει τον ανταγωνισμό, την απόδοση και την καινοτομία.

ΗΠ.5. Φορολογικές Ελαφρύνσεις για Αγοραστές Πράσινης Ενέργειας: Το πρόγραμμα αυτό βασίζεται στις φοροελαφρύνσεις για τους αγοραστές ενέργειας παραγόμενης από ΑΠΕ. Ουσιαστικά, με αυτόν τον τρόπο στρέφονται οι καταναλωτές προς την αγορά ενέργειας (κυρίως ηλεκτρισμού) παραγόμενης από ΑΠΕ, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η ζήτηση «πράσινης» ενέργειας και να δημιουργούνται επιπλέον κίνητρα για τους παραγωγούς ΑΠΕ.

Τα οικονομικά μέτρα ώθησης προσφοράς χωρίζονται σε κίνητρα κατασκευής έργων ΑΠΕ και σε κίνητρα για την προώθηση παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ. Όσον αφορά στα κίνητρα κατασκευής έργων ΑΠΕ, διακρίνονται οι ακόλουθες κατηγορίες:

ΗΠ.6. Άμεσες Επιδοτήσεις: Το πρόγραμμα αυτό περιλαμβάνει επιδοτήσεις έως κάποιο ποσοστό για έργα παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ και συνίσταται είτε στην άμεση χορήγηση χρηματικών ποσών σε εταιρείες για κατασκευή έργων ΑΠΕ, είτε την χορήγηση ποσών μετά από διαγωνισμό ή διαδικασία επιλογής εταιρειών.

ΗΠ.7. Επιταχυνόμενη Απόσβεση: Το πρόγραμμα αυτό ουσιαστικά πετυχαίνει τη μείωση του κόστους επένδυσης για το έργο ΑΠΕ. Πρόκειται για μια μέθοδο που επιταχύνει τη διαδικασία απόσβεσης δανείων σε σχέση με τα συμβατικά δάνεια. Χρησιμοποιείται κυρίως για απόσβεση μηχανημάτων που μπορούν να αντικατασταθούν πριν από τη λήξη του χρόνου ζωής τους.

Με βάση αυτή τη λογική, μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτή η μέθοδος για τα μηχανολογικά και ηλεκτρολογικά εξαρτήματα ΑΠΕ, τα οποία ενδέχεται να αντικατασταθούν από μηχανήματα με μεγαλύτερη απόδοση.

ΗΠ.8. Φορολογικές Μειώσεις: Το πρόγραμμα αυτό εφαρμόζεται κατά την εκμετάλλευση των έργων ΑΠΕ. Ο φόρος δηλαδή που πληρώνει ο επενδυτής ΑΠΕ είναι μικρότερος από το συνηθισμένο, με αποτέλεσμα να υπάρχει μεγαλύτερη εισροή χρημάτων. Το γεγονός αυτό αποτελεί κίνητρο για την επένδυση σε ΑΠΕ, και γι' αυτό το μέτρο αυτό μπορεί να δώσει ώθηση στις ΑΠΕ. Σε ορισμένες περιπτώσεις, αυτό που μπορεί να εφαρμοστεί είναι ο φόρος που επιβάλλεται να είναι ανάλογος της ποσότητας άνθρακος που περιέχεται στο χρησιμοποιούμενο καύσιμο.

ΗΠ.9. Παροχή Δανείων με Ευνοϊκές Ρυθμίσεις: Το πρόγραμμα αυτό αναφέρεται σε δανειοληπτικές δυνατότητες που μπορούν να παρασχεθούν από τράπεζες με πολύ χαμηλό επιτόκιο. Τα δάνεια αυτά εκδίδονται ειδικά για επενδύσεις ΑΠΕ και το χαμηλό επιτόκιο που προσφέρεται είναι κίνητρο για τους επενδυτές, ώστε να αποσβεσθεί ταχύτερα το κεφάλαιο.

Όσον αφορά στα κίνητρα για την προώθηση παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ, διακρίνονται οι ακόλουθες κατηγορίες:

ΗΠ.10. Σταθερές Τιμές Τιμολογίων: Με το πρόγραμμα αυτό η πολιτεία εγγυάται δεδομένη τιμολόγηση (π.χ. ευρώ / kWh) για την παροχή ενέργειας των παραγωγών ΑΠΕ στο δίκτυο. Οι υπεύθυνοι του δικτύου παροχής ενέργειας είναι υποχρεωμένοι να επιτρέψουν τη σύνδεση των ΑΠΕ με το δίκτυο και να αγοράσουν την ανανεώσιμη ενέργεια σε καθορισμένη τιμή. Η ποσότητα της ανανεώσιμης ενέργειας που παρέχεται στο δίκτυο καθορίζεται από την αγορά. Η εγγύηση αυτή απομακρύνει το ρίσκο των επενδυτών αναφορικά με την πιθανή χαμηλή συσχέτιση κόστους – απόδοσης έναντι των υπολοίπων (κυρίως παραδοσιακών) πηγών ενέργειας που συνδέονται στο δίκτυο και διασφαλίζει την αποπληρωμή των επενδυτών.

ΗΠ.11. Φορολογικές Εξαιρέσεις: Το πρόγραμμα αυτό έχει τη λογική ότι για παραγωγή, για παράδειγμα, ηλεκτρισμού (από ΑΠΕ) πάνω από ένα συγκεκριμένο όριο kWh, οι υπόλοιπες kWh είναι αφορολόγητες. Το προγράμματα αυτό προσφέρει κίνητρα για αύξηση της παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ.

ΗΠ.12. Ανταγωνιστικές Προσφορές Μακροχρόνιων Ενεργειακών Συμβολαίων: Το συγκεκριμένο πρόγραμμα προβλέπει μακροχρόνια συμβόλαια για την παραγωγή συγκεκριμένης ποσότητας ενέργειας από ΑΠΕ. Η έννοια της ανταγωνιστικής προσφοράς αναφέρεται στη διεξαγωγή διαγωνισμού ανάμεσα στις διάφορες εταιρείες ΑΠΕ για παραγωγή ενός συγκεκριμένου ποσού ενέργειας. Ο διαγωνισμός μπορεί είτε να είναι ενιαίος (δηλαδή για όλες τις τεχνολογίες ΑΠΕ μαζί, αποφεύγοντας έτσι επιλογές αναφορικά με την ποσότητα ενέργειας που παράγεται από κάθε ΑΠΕ) είτε για κάθε τεχνολογία ΑΠΕ χωριστά, με χωριστούς διαγωνισμούς.

Τα μη νομοθετικά προγράμματα χωρίζονται σε:

ΗΠ.13. Πράσινη Τιμολόγηση: Το πρόγραμμα αυτό υλοποιείται με πρωτοβουλία ιδιωτών, αυξημένης περιβαλλοντικής συνείδησης, για να προμηθεύονται ενέργεια από ΑΠΕ, είτε εξ' ολοκλήρου, είτε εν μέρει. Για το σκοπό αυτό είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν ακόμη και σε υψηλότερη τιμή την ανανεώσιμη kWh, όταν αυτό απαιτείται, προκειμένου να καλυφθεί το συχνά αυξημένο κόστος παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ. Για τη λήψη του μέτρου αυτού γίνεται ιδιωτική συμφωνία μεταξύ καταναλωτών και παραγωγού.

ΗΠ.14. Πιστοποίηση: Οι τεχνικές προδιαγραφές και πιστοποιήσεις είναι απαραίτητες για την επιτυχή εμπορευματοποίηση και την προώθηση ενός προϊόντος στην αγορά, γι' αυτό είναι σημαντικό οι νέες αλλά και οι παλαιές τεχνολογίες ΑΠΕ, οι οποίες δεν έχουν ακόμη πιστοποιηθεί, να πιστοποιηθούν μετά από την ανάλογη έρευνα. Για το σκοπό αυτό έχουν ιδρυθεί ιδιωτικές εταιρείες, οι οποίες διεξάγουν τέτοιου είδους πιστοποιήσεις.

ΗΠ.15. Ατομική Υποχρέωση: Η έννοια της ατομικής υποχρέωσης περιλαμβάνει μέτρα που λαμβάνονται με πρωτοβουλία πωλητών ή καταναλωτών ενέργειας για την προώθηση των ΑΠΕ, όπως η επιλογή παροχής ενέργειας αποκλειστικά από ΑΠΕ, η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας παραγόμενης από συμβατικές πηγές, η στήριξη των ΑΠΕ μέσω χρηματοδότησης ή προσφοράς οικονομικής βοήθειας.

Στα πληροφοριακά/ διοικητικά προγράμματα περιλαμβάνονται τα ακόλουθα:

ΗΠ.16. Καταγραφή Δυναμικού ΑΠΕ: Το πρόγραμμα αυτό αποσκοπεί στην καταγραφή του δυναμικού των ΑΠΕ ανά περιοχή και στην απώτερη διαπίστωση της δυνατότητας εκμετάλλευσής τους.

ΗΠ.17. Συμβουλές σε Επενδυτές: Με το πρόγραμμα αυτό προσφέρεται ενημέρωση σε ενδιαφερόμενους / υποψήφιους επενδυτές για τις δυνατότητες και την αποτελεσματικότητα των επενδύσεων στον τομέα των ΑΠΕ, μέσω της παροχής πληροφοριών για το επενδυτικό ρίσκο, τη δυνατότητα λήψης δανείων και αποπληρωμής, τους κλάδους που υφίστανται ανάγκες χρηματοδότησης και πόσο αποδοτική μπορεί να είναι αυτή καθώς και άλλα σχετικά στοιχεία. Δίνεται έτσι η δυνατότητα στους επενδυτές να επιλέξουν να επενδύσουν εκεί που υπάρχει πραγματική ανάγκη αλλά και μεγαλύτερο περιθώριο κέρδους.

ΗΠ.18. Δημοσιότητα/ Διαφημιστικές Εκστρατείες: Ένα πολύ αποτελεσματικό πρόγραμμα για την προώθηση των ΑΠΕ είναι οι ενημερωτικές εκστρατείες και γενικότερα η δημοσιότητα (τηλεόραση, τύπος, ραδιόφωνο και διαδίκτυο). Μέσω ενημερωτικών προγραμμάτων, επενδυτές και κοινό μπορούν να ενημερωθούν, να εκπαιδευτούν και να προμηθευτούν τα κατάλληλα εκείνα εργαλεία, που θα τους επιτρέψουν να αξιολογήσουν τις τεχνολογίες ΑΠΕ και να επενδύσουν ή να επιλέξουν να προμηθευτούν ενέργεια από συγκεκριμένη τεχνολογία ΑΠΕ. Επιπλέον, μπορούν να πληροφορηθούν για τις θετικές επιπτώσεις από την χρήση ΑΠΕ και την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας από συμβατικές πηγές στο περιβάλλον.

ΗΠ.19. Βελτιωμένες Διαχειριστικές Διαδικασίες: Το μέτρο αυτό αποσκοπεί στην απλοποίηση των διαδικασιών για την έγκριση και εγκατάσταση συστημάτων ΑΠΕ. Ένας σημαντικός λόγος για την καθυστέρηση ή και την ακύρωση πολλές φορές της κατασκευής σταθμού ενέργειας παραγόμενης από ΑΠΕ είναι η μακρά, χρονοβόρα και γραφειοκρατική διαδικασία που απαιτείται για την έγκριση της μελέτης και των σχετιζόμενων παραμέτρων που αυτή συμπεριλαμβάνει.

IV.3.3. Τεχνολογικές Δυνατότητες

Οι κατηγορίες των εναλλακτικών επιλογών ΑΠΕ με βάση την οδηγία 2001/77 είναι οι:

- *ΑΠΕ – Ηλεκτρισμός:* Υδροηλεκτρική ενέργεια {μεγάλα (>10 MW) και μικρά (<10 MW)}, φωτοβολταϊκά, ηλιοθερμικά συστήματα ηλεκτροπαραγωγής, αιολική ενέργεια (παράκτια και υπεράκτια), βιοαέριο (συμπεριλαμβανομένων των αερίων από επιχωματώσεις, αερίων από υπονόμους και αερίων από απόβλητα ζώων), στερεή βιομάζα, βιοαποικοδομήσιμα αστικά λύματα, γεωθερμική ενέργεια, κυματική ενέργεια και ενέργεια παλίρροιας.

- *ΑΠΕ – Θερμότητα:* Διασυνδεδεμένη και μη διασυνδεδεμένη βιομάζα (ξυλεία, αγροτικά προϊόντα και υπολείμματα), ανανεώσιμα αστικά στερεά λύματα, βιοαέριο, ηλιακοί συσσωρευτές (διασυνδεδεμένοι και μη), γεωθερμική ενέργεια.
- *ΑΠΕ – Μεταφορές:* Υγρά βιοκαύσιμα.

<table>
<tr><th rowspan="2">Βασικές Ενεργειακές Πηγές
(σύμφωνα με την Οδηγία 2001/77/EC)</th><th colspan="3">Κατηγορίες Χρήσεως</th></tr>
<tr><th>Παραγωγή Ηλεκτρισμού (RES-E)</th><th>Παραγωγή Θερμότητας (RES-H)</th><th>Μεταφορές (RES-T)</th></tr>
<tr><td>Αγροτικό Βιοαέριο
Βιοαέριο σπό ΧΥΤΑ
Βιοαέριο από Απόβλητα</td><td rowspan="3">Βιοαέριο</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Προϊόντα Ξύλου
Απόβλητα Κατεργασίας Ξύλου
Αγροτικά Προϊόντα – Ενεργειακές Καλλιέργειες
Αγροτικά Απόβλητα</td><td rowspan="2">(Στερεή) Βιομάζα</td><td rowspan="2">(Στερεή) Βιομάζα</td><td rowspan="2">Βιοκαύσιμα</td></tr>
<tr><td>Βιο-αποσπούμενα Απόβλητα</td><td>Βιο-Απόβλητα</td><td>Βιο-Απόβλητα</td></tr>
<tr><td>Γεωθερμική Ενέργεια</td><td>Γεωθερμικός Ηλεκτρισμός</td><td>Γεωθερμική Θερμότητα</td><td></td></tr>
<tr><td>Μικρά-Υδροηλεκτρικά (<10 MW)</td><td>Μικρά Υδροηλεκτρικά</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Μεγάλα-Υδροηλεκτρικά (>10 MW)</td><td>Μεγάλα Υδροηλεκτρικά</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Φωτοβολταϊκά</td><td>Φωτοβολταϊκά</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Ηλιακή-Θερμική Ενέργεια</td><td>Ηλιακός - Θερμικός Ηλεκτρισμός</td><td>Ηλιακή-Θερμική Θερμότητα</td><td></td></tr>
<tr><td>Ενέργεια από την Παλίρροια
Ενέργεια από τα Κύματα</td><td rowspan="2">Κύμματα & Παλίρροια</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Άνεμος στη Στεριά</td><td>Παράκτια Αιολικά Πάρκα</td><td></td><td></td></tr>
</table>

Σχήμα IV.5. Κατηγορίες Τεχνολογικών Δυνατοτήτων

Συγκεκριμένα, οι τεχνολογικές δυνατότητες ΑΠΕ για την παραγωγή ηλεκτρισμού συνοπτικά είναι οι ακόλουθες:

ΗΤ.1. Βιοαέριο: Το βιοαέριο παράγεται από την αναερόβια χώνευση κτηνοτροφικών κυρίως αποβλήτων, βιομηχανικών αποβλήτων και λυμάτων καθώς και από αστικά οργανικά απορρίμματα. Η όλη επεξεργασία γίνεται για τα υγρά απόβλητα σε μονάδες βιολογικού καθαρισμού και για τα απορρίμματα σε ΧΥΤΑ. Στη συνέχεια καίγεται σε μηχανές εσωτερικής καύσης για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η ανάπτυξη και εγκατάσταση τεχνολογιών βιοαερίου προσφέρει περιβαλλοντικά φιλική ενέργεια και ταυτόχρονα επιλύει το πρόβλημα της διαχείρισης των απορριμμάτων. Η οικονομικότητα μιας μονάδας βιοαερίου βασίζεται στο γεγονός ότι η πρώτη ύλη έχει μηδενική ή αρνητική αξία ενώ τα προϊόντα της έχουν αδιαμφισβήτητα εμπορική αξία.

ΗΤ.2. (Στερεή) Βιομάζα: Η αφύγρανση της βιομάζας οδηγεί στη δημιουργία στερεού καταλοίπου (στερεή βιομάζα), που χρησιμοποιείται ως καύσιμο σε λέβητα για την παραγωγή θερμού ατμού. Ο ατμός αυτός εκτονώνεται σε στρόβιλο, ο οποίος είναι συνδεδεμένος με ηλεκτρογεννήτρια. Η στερεή βιομάζα μπορεί να καεί ως έχει (π.χ. καυσόξυλα, κλαδέματα, πυρηνόξυλο κ.ά.) ή μετά από μηχανική τροποποίηση (θρυμματισμό ή παραγωγή συσσωματωμάτων).

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από στερεή βιομάζα ποικίλει σε μέγεθος. Υπάρχουν Μηχανές Εσωτερικής Καύσης (ΜΕΚ) για την καύση και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από στερεή βιομάζα και μεγάλοι λέβητες για τη συμπαραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας, δηλαδή παραγωγή θερμού ατμού που κινεί ηλεκτρογεννήτρια (π.χ. πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο της ΔΕΗ και χρήση της θερμικής ενέργειας για τηλεθέρμανση ή σε βιομηχανία με θερμικές ανάγκες ή κάλυψη ιδίων αναγκών σε βιομηχανίες).

ΗΤ.3. Βιο – Απόβλητα: Τα βιο-απόβλητα είναι μια μορφή βιομάζας. Στην ουσία πρόκειται για απόβλητα, τα οποία είναι ικανά να αποσυντεθούν κάτω από αερόβιες και αναερόβιες συνθήκες. Τέτοια είναι τα απορρίμματα ζώων, τα σκουπίδια από τα προϊόντα που καταναλώνουν οι άνθρωποι και τα προϊόντα των αποχετεύσεων. Συνήθως χρησιμοποιείται ως καύσιμο για τη θέρμανση ατμού και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε στρόβιλο. Μερικά βιο-απόβλητα απελευθερώνουν μεθάνιο κατά την αποσύνθεσή τους, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο σε ΜΕΚ για την παραγωγή ηλεκτρισμού.

ΗΤ.4. Γεωθερμικός Ηλεκτρισμός: Η γεωθερμική ενέργεια προέρχεται από το εσωτερικό της γης. Ανάλογα με τη θερμοκρασία των ρευστών που ανέρχονται στην επιφάνεια, η γεωθερμική ενέργεια χαρακτηρίζεται ως υψηλής ενθαλπίας (για θερμοκρασίες πάνω από 150^{o}C), μέσης ενθαλπίας (για θερμοκρασίες 100-150^{o}C) και χαμηλής ενθαλπίας (για θερμοκρασίες μικρότερες από 100^{o}C). Στις περιπτώσεις που τα γεωθερμικά ρευστά έχουν υψηλή θερμοκρασία, η γεωθερμική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

ΗΤ.5. Μικρά Υδροηλεκτρικά: Τα 10MW θεωρούνται από τις χώρες της ΕΕ το άνω όριο για την ονομαστική τιμή ενός έργου που ορίζεται ως μικρό υδροηλεκτρικό (μικρό ΥΗΕ). Μπορεί να εξυπηρετήσει τις ανάγκες μιας μικρής κοινότητας ή μιας μεσαίου μεγέθους βιομηχανίας, μπορεί όμως να θεωρηθεί και ως μονάδα βάσης συνδεδεμένης με διασυνδεδεμένο δίκτυο με κατά το δυνατόν λίγες δυνατότητες ρύθμισης και οριακή λειτουργία τύπου ON-OFF. Τα μικρής κλίμακας συστήματα τοποθετούνται δίπλα σε ποτάμια και κανάλια και οι επιπτώσεις τους στο περιβάλλον είναι μικρότερες από αυτές των μεγάλων υδροηλεκτρικών έργων. Ένα μικρό ΥΗΕ μπορεί να εξοπλισθεί πλήρως από τυποποιημένο ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό δεδομένου ότι όλα τα τμήματα (υδροστρόβιλοι, γεννήτριες, βάνες κλπ.) κατασκευάζονται πλέον σε τυποποιημένες σειρές. Αποτέλεσμα είναι η μείωση του κόστους αλλά και του χρόνου παράδοσης του έργου.

ΗΤ.6. Μεγάλα Υδροηλεκτρικά: Οι μεγάλης κλίμακας υδροηλεκτρικές μονάδες απαιτούν τη δημιουργία φραγμάτων και τεράστιων δεξαμενών με σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον, ώστε κάποιοι αμφιβάλλουν για το εάν θα έπρεπε να κατατάσσονται στις τεχνολογίες ΑΠΕ. Ωστόσο, εκμεταλλεύονται και οι μεγάλες μονάδες την υδραυλική ενέργεια («καθαρή» πηγή ενέργειας) και μέσω των υδροταμιευτήρων δίνεται η δυνατότητα να ικανοποιηθούν και άλλες ανάγκες, όπως ύδρευση, άρδευση κ.ά. Τα μειονεκτήματα που συνήθως εμφανίζονται είναι το μεγάλο κόστος κατασκευής των φραγμάτων και του εξοπλισμού των σταθμών παραγωγής και η έντονη περιβαλλοντική αλλοίωση στην περιοχή του ταμιευτήρα.

ΗΤ.7. Φωτοβολταϊκά: Αποτελούνται από φωτοβολταϊκούς συλλέκτες που, σε ορισμένες περιπτώσεις, τοποθετούνται επάνω σε περιστρεφόμενα στηρίγματα που ακολουθούν την τροχιά του ήλιου, αυξάνοντας έτσι το βαθμό απόδοσής τους. Η μέγιστη απόδοση των Φ/Β στοιχείων, ανάλογα με το υλικό κατασκευής τους κυμαίνεται σήμερα από 7% (ηλιακά στοιχεία άμορφου πυριτίου) έως 12-15% (Φ/Β στοιχεία μονοκρυσταλλικού πυριτίου).

Το σημαντικό είναι ότι η ενέργεια που παράγεται με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατόν να αποθηκευτεί σε ηλεκτρονικούς συσσωρευτές (μπαταρίες). Τα φωτοβολταϊκά συστήματα διακρίνονται σε αυτόνομα, όταν η παραγόμενη ενέργεια καταναλώνεται από το χρήστη, και διασυνδεδεμένα με το κεντρικό δίκτυο της περιοχής που λειτουργούν παράλληλα με το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο, δεν διαθέτουν σύστημα αποθήκευσης ενέργειας, με την πλεονάζουσα ενέργεια να τροφοδοτεί το δίκτυο.

ΗΤ.8. Ηλιακός- Θερμικός Ηλεκτρισμός: Τα ηλιοθερμικά συστήματα ηλεκτροπαραγωγής χρησιμοποιούν ηλιακούς συλλέκτες, οι οποίοι έχουν συνήθως παραβολική μορφή για να συγκεντρώνουν το ηλιακό φως σε ένα διαφανή σωλήνα που τα διατρέχει. Η θερμότητα που συλλέγεται χρησιμοποιείται για την παραγωγή υπέρθερμου ατμού που διοχετεύεται και εκτονώνεται σε στρόβιλο, ο οποίος κινεί μια ηλεκτρογεννήτρια. Ο συνολικός βαθμός απόδοσης που προκύπτει από τις διαδοχικές μετατροπές ηλιακής – θερμικής – μηχανικής – ηλεκτρικής ενέργειας είναι της τάξεως του 15-25% και θεωρείται αρκετά ικανοποιητικός.

ΗΤ.9. Κύματα και Παλίρροια: Η ενέργεια των κυμάτων δεν επηρεάζεται από βραχυπρόθεσμες τοπικές κλιματικές επιδράσεις, καθώς οι ωριαίες και ημερήσιες διακυμάνσεις της είναι μικρότερης κλίμακας σε σχέση με αυτές της ηλιακής και αιολικής ενέργειας. Σημαντικό χαρακτηριστικό των θαλάσσιων κυμάτων αποτελεί η υψηλή ενεργειακή τους πυκνότητα, η οποία είναι και η υψηλότερη όλων των υπόλοιπων ΑΠΕ. Η ενέργεια του κύματος είναι ευθέως ανάλογη του τετραγώνου του εύρους και της περιόδου της κίνησής του. Ωστόσο, η οικονομικά αποδοτική εκμετάλλευση ενέργειας από τη θάλασσα αποτελεί μια αρκετά δύσκολη τεχνολογικά δοκιμασία, γι αυτό πολλές χώρες δίνουν ήδη μεγάλη έμφαση στη σχετική έρευνα και ανάπτυξη.

ΗΤ.10. Παράκτια Αιολικά Πάρκα: Η εκμετάλλευση της παράκτιας αιολικής ενέργειας γίνεται σχεδόν αποκλειστικά με ανεμογεννήτριες που μετατρέπουν την αιολική ενέργεια σε ηλεκτρική. Η συστηματική εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού συμβάλλει στην εξοικονόμηση σημαντικών ποσοτήτων συμβατικών καυσίμων, στον περιορισμό της ρύπανσης του περιβάλλοντος και στη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας. Τα προβλήματα που σχετίζονται από την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας είναι ο θόρυβος από τη λειτουργία των ανεμογεννητριών, οι ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές και το υψηλό αρχικό τους κόστος.

ΗΤ.11. Υπεράκτια Αιολικά Πάρκα: Τα υπεράκτια αιολικά πάρκα στη θάλασσα είναι επενδύσεις μεγαλύτερης κλίμακας, μεγαλύτερου τεχνολογικού ενδιαφέροντος και υψηλότερου κόστους από τα παράκτια αιολικά, με την ηχορύπανση και την οπτική ενόχληση να είναι επίσης μικρότερη. Οι ανεμογεννήτριες που χρησιμοποιούνται σε τέτοιες εφαρμογές λειτουργούν κατά τον ίδιο περίπου τρόπο με τις ανεμογεννήτριες στα παράκτια αιολικά πάρκα, αν και γενικά είναι μεγαλύτερου όγκου και ονομαστικής ισχύος. Δεν υπάρχουν τεχνικοί περιορισμοί στην εγκατάσταση των ανεμογεννητριών εντός της θάλασσας, αλλά η κατασκευή, διανομή και συναρμολόγηση τόσο μεγάλων μηχανών απαιτεί ειδικό εξοπλισμό, καθώς και απαίτηση για υποθαλάσσια καλώδια τα οποία θα μεταφέρουν το ηλεκτρικό ρεύμα στη στεριά.

IV.3.4. Επιδιώξεις

Όπως φάνηκε και από την ανάλυση του σύγχρονου περιβάλλοντος λειτουργίας του ενεργειακού τομέα στο Κεφάλαιο ΙΙ, οι προτάσεις προώθησης των ΑΠΕ πρέπει να συνεισφέρουν σε μια σειρά από επιδιώξεις που σχετίζονται με το σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα, όπως παρουσιάστηκαν από τους Doukas et al είναι οι ακόλουθες [13]:

- Μείωση εξάρτησης από εισαγωγές (στερεών καυσίμων, πετρελαίου και φυσικού αερίου) και διαφοροποίηση εισαγόμενων καυσίμων.
- Διαφοροποίηση πρωτογενών καυσίμων.
- Διαφοροποίηση καυσίμων για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
- Στρατηγικά αποθέματα πετρελαίου.
- Μείωση ενεργειακής έντασης.
- Αποδοτικότητα ενεργειακής μετατροπής.
- Αποδοτικότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.
- Μεταρρύθμιση ενεργειακού τομέα.
- Ενίσχυση απασχολησιμότητας.
- Αύξηση επιπέδου ανταγωνισμού.
- Αύξηση επιπέδου τοπικής και περιφερειακής οικονομικής ανάπτυξης.
- Μείωση της κατά κεφαλήν κατανάλωσης (ηλεκτρικής) ενέργειας.
- Αύξηση ποσοστού ΑΠΕ στην πρωτογενή παραγωγή ενέργειας και στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
- Μείωση δεικτών εντάσεως εκπεμπόμενου CO_2.
- Μείωση των αισθητικών παρεμβάσεων και της αλόγιστης χρήσης φυσικών πόρων και της εκτεταμένης χρήσης γης.

Αποτιμώντας τις επιλογές ΑΠΕ μέσω κριτηρίων, ως προς τη συνεισφορά τους στις επιδιώξεις ενεργειακής πολιτικής, η οικογένεια κριτηρίων που θα χρησιμοποιηθεί θα πρέπει να είναι κατανοητή, να περιέχει μικρό αλλά επαρκές αριθμό κριτηρίων, τα οποία να είναι λειτουργικά και να πληρούν τις τρεις θεμελιώδεις συνθήκες της μονοτονίας, της επάρκειας και του μη πλεονασμού [14].

Επιπλέον, θα πρέπει τα κριτήρια να είναι πάντοτε σύμφωνα με τις επιδιώξεις της ενεργειακής πολιτικής της Ευρώπης, περιλαμβάνοντας τους κατάλληλους τομεακούς στόχους για την επίτευξη των συμφωνημένων γενικών εθνικών στόχων.

Με βάση τα προαναφερθέντα, η προσπάθεια επικεντρώθηκε στη δημιουργία μιας μικρής αλλά κατανοητής ομάδας κριτηρίων αξιολόγησης, η οποία μπορεί να σχηματίσει μια επαρκή βάση για τη σύγκριση των εξεταζόμενων επιλογών ΑΠΕ, εσωκλείοντας όλες τις διαστάσεις της αειφόρου ανάπτυξης, δηλαδή την οικονομική, την περιβαλλοντική και την κοινωνική. Σε αυτό το πλαίσιο, οι 6 βασικές ενεργειακές επιδιώξεις που επιλέχθηκαν είναι οι ακόλουθες:

Ε.1. Μείωση εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, στην προσπάθεια άμβλυνσης των αρνητικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής.

Ε.2. Μείωση των επιδράσεων στο φυσικό περιβάλλον, όπως ηχορύπανση, αισθητικές παρεμβάσεις, αλόγιστη χρήση φυσικών πόρων και εκτεταμένη χρήση γης.

Ε.3. Ανταγωνιστικότητα, Επιχειρηματικότητα και Απασχόληση, η οποία αντικατοπτρίζεται μέσω της αύξησης της προσφοράς εργασίας.

Ε.4. Τοπική και περιφερειακή οικονομική ανάπτυξη, εσωκλείοντας το βαθμό της ανάπτυξης των επιχειρήσεων λόγω των επενδύσεων στην περιοχή.

Ε.5. Χαμηλές τιμές αγοράς ενέργειας, λαμβάνοντας υπόψη το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας της χρησιμοποιούμενης τεχνολογίας, καθώς και τα οικονομικά μέτρα (επιδοτήσεις) υποστήριξής της.

Ε.6. Ενεργειακή επάρκεια (αυτοτέλεια), μέσω της αντικατάστασης εισαγόμενων καυσίμων από την καταναλισκόμενη ενέργεια.

IV.3.5. Εμπλεκόμενοι

Στις σύγχρονες συνθήκες λειτουργίας του ενεργειακού τομέα, η Πολιτεία παρουσιάζεται σε ρόλο «ενορχηστρωτή», ενθαρρύνοντας τις διάφορες πλευρές να κινούνται προς καλύτερα αποτελέσματα, εκμεταλλευόμενη τη δύναμη όλων των εμπλεκομένων της ενεργειακής αγοράς. Η ολοκληρωμένη υποστήριξη αποφάσεων προώθησης των ΑΠΕ πρέπει να λαμβάνει υπόψη της και τα χαρακτηριστικά των εμπλεκομένων της ενεργειακής αγοράς, καθώς μια επιπλέον εκτίμηση των διαφορετικών εργαλείων προώθησης των ΑΠΕ σε σχέση με τα χαρακτηριστικά των επενδυτών, που συνήθως δεν πραγματοποιείται κατά τη διαδικασία του ενεργειακού σχεδιασμού, μπορεί να βοηθήσει στην αναγνώριση μελλοντικών προβλημάτων σε πρώιμο στάδιο.

Με βάση τη διεθνή βιβλιογραφία, οι εμπλεκόμενοι – επενδυτές στην αγορά ανανεώσιμης ενέργειας είναι οι ακόλουθοι [15]:

ΗΕ.1. Παραδοσιακοί Παραγωγοί: Οι παραδοσιακοί παραγωγοί ενέργειας λόγω του μεγέθους τους διαθέτουν συνήθως μεγάλη οικονομική δύναμη, γεγονός που τους κάνει να μπορούν να συμμετέχουν σε έργα υψηλού κόστους. Ωστόσο δεν έχουν σαφή πολιτική σε ό,τι αφορά στη δυνατότητα αποδοχής ρίσκου και αναμενόμενου κέρδους, αλλά αυτή εξαρτάται από τη στρατηγική που ακολουθείται. Το κίνητρο των παραδοσιακών παραγωγών για να εισέλθουν στην αγορά ανανεώσιμης ενέργειας μπορεί να προκύψει είτε για λόγους βελτίωσης του προφίλ της επιχείρησης, είτε για λόγους στρατηγικών μάρκετινγκ. Σ' αυτές τις περιπτώσεις, τόσο το καθαρό κέρδος, όσο και το ακριβές ρίσκο του έργου μπορεί να είναι δευτερεύουσας σημασίας, τουλάχιστον για όσο διάστημα η ηλεκτρική παραγωγή του έργου αυτού δεν καταλαμβάνει μεγάλο μερίδιο της συνολικής παραγωγής.

ΗΕ.2. Ανεξάρτητοι Παραγωγοί Ενέργειας: Οι νέοι ανεξάρτητοι παραγωγοί ενέργειας παρέχουν μια καινούρια πηγή κεφαλαίου για τη μελλοντική ανάπτυξη των έργων ΑΠΕ. Ωστόσο, η οικονομική δύναμη κάθε ανεξάρτητου παραγωγού συνήθως δεν είναι συγκρίσιμη με εκείνη των μεγάλων παραδοσιακών παραγωγών. Επιπλέον, ο αριθμός των εξειδικευμένων ανεξάρτητων παραγωγών «πράσινης» ενέργειας στις περισσότερες ευρωπαϊκές αγορές είναι ακόμα μικρός. Καθώς οι παραγωγοί αυτοί δεν έχουν δραστηριότητες σε άλλα πεδία πέρα από την ενέργεια που θα μπορούσαν να τους αποφέρουν κέρδη και να αντισταθμίσουν τυχόν απώλειες, αναμένεται να έχουν τις υψηλότερες προσδοκίες κέρδους στην αγορά. Δεδομένου ότι η οικονομική τους επιτυχία εξαρτάται από την αναπτυσσόμενη δραστηριότητα στο πεδίο της ανανεώσιμης ενέργειας, το εγγενές κίνητρο της ομάδας αυτής για την περαιτέρω ανάπτυξη της αγοράς ανανεώσιμης ενέργειας μπορεί να θεωρηθεί υψηλό.

ΗΕ.3. Μη Ειδικευμένοι Εμπορικοί Εμπλεκόμενοι: Οι μη ειδικευμένοι εμπορικοί εμπλεκόμενοι αντιπροσωπεύουν ίσως τη λιγότερο ευέλικτη ομάδα επενδυτών σε ΑΠΕ, δεδομένου ότι η παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας δεν αποτελεί μέρος των επιχειρηματικών δραστηριοτήτων τους. Έτσι, δεν είναι διατεθειμένοι να διαθέσουν μεγάλο κεφάλαιο σε τέτοιου είδους έργα, ούτε να αναλάβουν επενδύσεις με μεγάλο ρίσκο. Θέλουν να είναι βέβαιοι ότι η επένδυση στην οποία θα προβούν θα τους αποφέρει κέρδος, ενώ τα κίνητρα για την ενασχόλησή τους με αυτό το κομμάτι της αγοράς ενέργειας μπορεί να εξαρτώνται από την περιβαλλοντική πολιτική της εταιρείας, τη διαθεσιμότητα των υλικών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμα και την ειδική αξία που ένα έργο ανανεώσιμης ενέργειας μπορεί να έχει σε ό,τι αφορά θέματα σχέσεων με τους πελάτες.

ΗΕ.4. Ιδιώτες, Επενδυτές σε Ίδια Σχέδια: Οι ιδιώτες επενδυτές μπορούν να αποτελέσουν μια σημαντική πηγή κεφαλαίου για ανάπτυξη έργων ΑΠΕ, παρότι η οικονομική τους δυνατότητα μπορεί να μην είναι ιδιαίτερα μεγάλη. Επίσης, οι μικροί ιδιώτες επενδυτές τείνουν να είναι πιο διαθέσιμοι να ρισκάρουν. Οι πιθανότητες για κέρδος - από την ανάπτυξη κάποιου σχεδίου - αυτής της ομάδας μεταβάλλονται ανάλογα με τα διάφορα πλαίσια στήριξης στις διάφορες χώρες.

ΗΕ.5. Ιδιώτες, Επενδυτές ως Μέτοχοι σε Σχέδια: Δεν θα διαφοροποιούνταν από τους ιδιώτες επενδυτές σε ίδια σχέδια, αν δεν εμφάνιζαν συγκεντρωτικά μία μεγαλύτερη οικονομική δύναμη αλλά και μια σχεδόν απόλυτη άρνηση για ρίσκο. Έτσι, είναι πολύ πιο αυστηροί στους περιορισμούς που θέτουν και λιγότερο πρόθυμοι να προβούν σε μια επένδυση όταν αυτή δεν ικανοποιεί τους περιορισμούς αυτούς.

Τα χαρακτηριστικά των εμπλεκομένων, σε σχέση με τη δυνατότητα δραστηριοποίησής τους στην ενεργειακή αγορά είναι η οικονομική δύναμη, η προσδοκία κέρδους, ο βαθμός αποδοχής του ρίσκου και το εγγενές κίνητρο [16]. Σε αυτό το πλαίσιο οι προτάσεις προώθησης ΑΠΕ θα πρέπει να αξιολογηθούν με βάση τα ακόλουθα:

Χ.1. Απαιτούμενη Οικονομική Δύναμη,

Χ.2. Δυνατότητα Κέρδους,

Χ.3. Απαιτούμενο Εγγενές Κίνητρο,

Χ.4. Απαιτούμενη Δυνατότητα Αποδοχής Ρίσκου.

IV.4 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ ΠΡΟΩΘΗΣΗΣ

IV.4.1. Εισαγωγή

Η Πολιτεία πρέπει να αποφασίσει από ένα διαφορετικό μίγμα ενεργειακών τεχνολογιών, αυτές που πρέπει να υποστηριχθούν, με δεδομένη τη βραχυπρόθεσμη συνεισφορά τους στις αναδυόμενες ανάγκες και ευκαιρίες του σύγχρονου περιβάλλοντος λειτουργίας του ενεργειακού τομέα. Δεν αρκεί δηλαδή μια τεχνοοικονομική προσέγγιση του προβλήματος, καθώς υπάρχουν και κοινωνικό - πολιτικές επιδράσεις που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Επιπλέον, πρέπει να επιλέξει τον τρόπο που θα τις υποστηρίξει, με βάση τη συνεισφορά των διαθέσιμων τύπων προγραμμάτων στις επιδιώξεις σε όλες τις διαστάσεις της αειφόρου ανάπτυξης. Ωστόσο, η αξιολόγηση εναλλακτικών ΑΠΕ μέσω διαφόρων κριτηρίων είναι μία χρονοβόρος και σύνθετη διαδικασία, δεδομένου ότι η ανάλυση πρέπει να αντιμετωπίσει μια σειρά από αβεβαιότητες και ασάφειες.

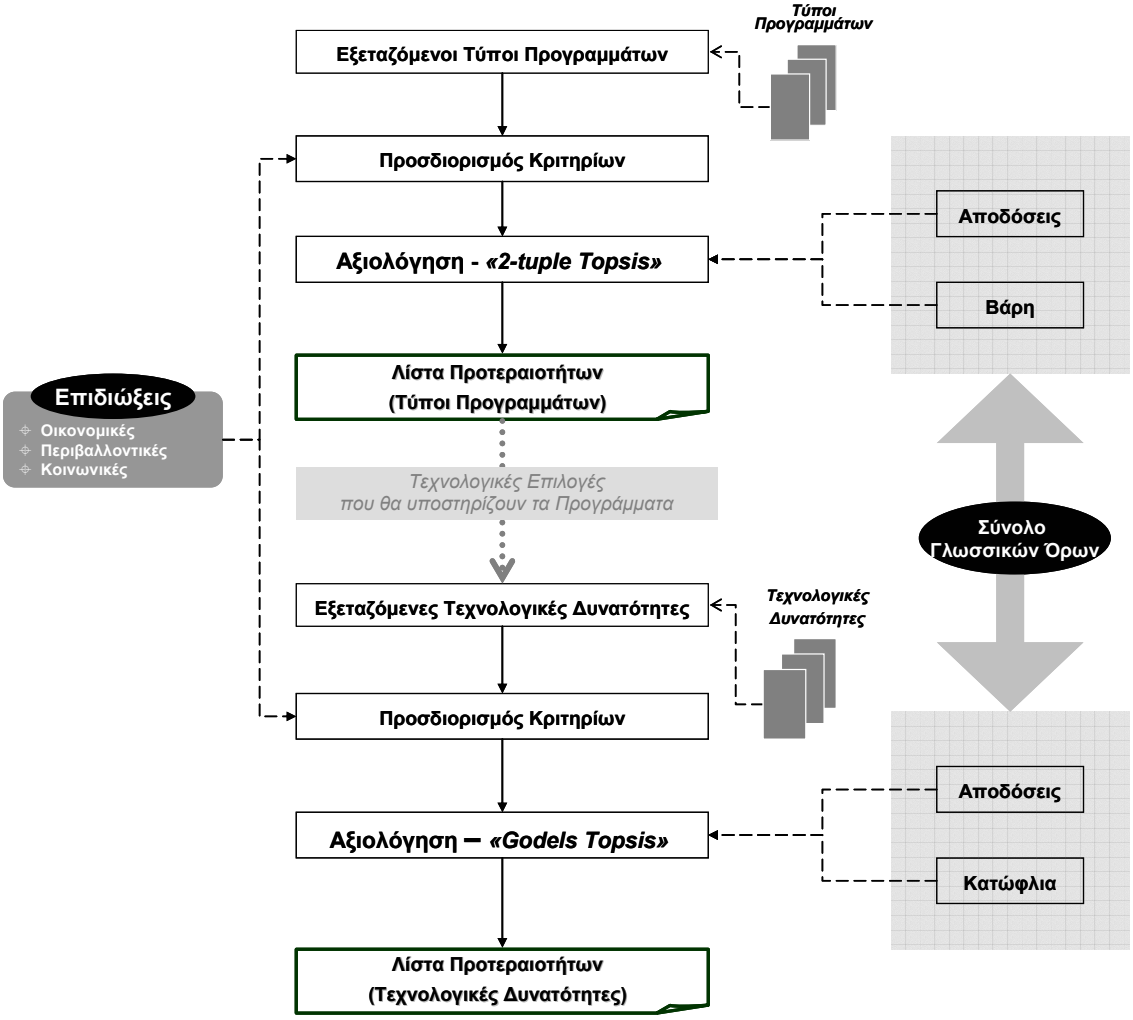
Σκοπός λοιπόν αυτής της ενότητας είναι η παρουσίαση της δεύτερης συνιστώσας της προτεινόμενης μεθοδολογίας, που αφορά στην αξιολόγηση των εργαλείων προώθησης ΑΠΕ, δηλαδή των τύπων προγραμμάτων και των τεχνολογικών δυνατοτήτων, όπως αυτά κατηγοριοποιήθηκαν από την πρώτη συνιστώσα, σε σχέση με τη συνεισφορά τους στις επιδιώξεις του σύγχρονου περιβάλλοντος λειτουργίας του ενεργειακού τομέα.

Η μελέτη της βιβλιογραφίας πάνω στο θέμα αυτό, όπως αναλυτικά παρουσιάστηκε στα προηγούμενα Κεφάλαια δείχνει ότι οι ερευνητικές δραστηριότητες πάνω στην επιλογή εργαλείων προώθησης ΑΠΕ είναι ιδιαίτερα περιορισμένες και τις περισσότερες φορές γίνονται με τρόπο εμπειρικό, καθώς οι πληροφορίες που απαιτούνται για την αξιολόγηση είναι απροσδιόριστες ποσοτικά λόγω της φύσης τους ή ακόμα και μη διαθέσιμες δεδομένου ότι το κόστος του υπολογισμού τους είναι πάρα πολύ υψηλό. Συνεπαγόμενα, οι υπάρχουσες πολυκριτηριακές μεθοδολογίες δεν μπορούν να επεξεργαστούν, με τρόπο επαρκή και αξιόπιστο αυτές τις πληροφορίες, και πολλές φορές οδηγούν σε μια υπερ-απλοποίηση του συγκεκριμένου προβλήματος υποστήριξης απόφασης.

Στις ενότητες που ακολουθούν παρουσιάζεται η διαδικασία της δεύτερης συνιστώσας, καθώς και οι πρωτότυπες πολυκριτηριακές μεθοδολογίες που αναπτύχθηκαν για την αξιολόγηση των εργαλείων προώθησης ΑΠΕ, με χρήση γλωσσικών μεταβλητών. Οι παρουσιαζόμενες πολυκριτηριακές μεθοδολογίες επιτρέπουν άμεσους υπολογισμούς με τους γλωσσικούς όρους, ανεξάρτητα από την σημασιολογική τους έννοια, μειώνοντας έτσι την ασάφεια σε επίπεδο που μπορεί να διαχειριστεί.

IV.4.2. Διαδικασία Προσέγγισης

Όπως έχει προαναφερθεί, η δεύτερη συνιστώσα (Evaluation), αφορά στην αξιολόγηση των δύο (2) εργαλείων προώθησης ΑΠΕ, δηλαδή των προγραμμάτων, που είναι και το άμεσο εργαλείο που έχει στη διάθεσή της η Πολιτεία και των διαθέσιμων τεχνολογικών δυνατοτήτων. Η διαδικασία της προσέγγισης σε μορφή λογικού διαγράμματος φαίνεται σχηματικά στο ακόλουθο Σχήμα IV.6.



Σχήμα IV.6. Διαδικασία 2ης Συνιστώσας

Πιο συγκεκριμένα, η διαδικασία περιγράφεται αναλυτικά ως ακολούθως:

- *Εξεταζόμενοι Τύποι Προγραμμάτων:* Στο στάδιο αυτό εισάγονται στη διαδικασία οι τύποι προγραμμάτων προώθησης ΑΠΕ προς εξέταση, όπως έχουν κωδικοποιηθεί από τη βάση δεδομένων της 1ης συνιστώσας της μεθοδολογίας.
- *Προσδιορισμός Κριτηρίων:* Σε αυτό το στάδιο γίνεται ο προσδιορισμός των κριτηρίων, λαμβάνοντας υπόψη τις οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιδιώξεις, στο σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα.
- *Αξιολόγηση «2-Tuple TOPSIS»:* Με δεδομένο ότι έχουν προσδιοριστεί τόσο οι εναλλακτικές όσο και τα κριτήρια, διενεργείται η αξιολόγηση των εξεταζόμενων τύπων προγραμμάτων χρησιμοποιώντας πολυκριτηριακή προσέγγιση στηριζόμενη στην επέκταση της TOPSIS με χρήση γλωσσικών μεταβλητών, μέσω της απεικόνισης διπλής αναπαράστασης (2-tuple). Για την αξιολόγηση, γίνεται εισαγωγή τόσο των αποδόσεων της κάθε πρότασης, όσο και των βαρών των κριτηρίων από το προκαθορισμένο σύνολο των γλωσσικών όρων.
- *Λίστα Προτεραιοτήτων (Τύποι Προγραμμάτων):* Αφού γίνει η αξιολόγηση, διαμορφώνεται η λίστα προτεραιοτήτων (τύποι προγραμμάτων) που συμβάλουν περισσότερο στις ενεργειακές επιδιώξεις.
- *Εξεταζόμενες Τεχνολογικές Δυνατότητες: Στο* στάδιο αυτό εισάγονται οι τεχνολογικές δυνατότητες που θα υποστηρίξουν τα προγράμματα που έχουν προκύψει από την παραπάνω αξιολόγηση.

Η εισαγωγή των τεχνολογικών δυνατοτήτων γίνεται από τη βάση δεδομένων, όπου έχουν κωδικοποιηθεί στην 1η συνιστώσα της μεθοδολογίας.

- *Προσδιορισμός Κριτηρίων:* Σε αυτό το στάδιο γίνεται η εισαγωγή των κριτηρίων που σχετίζονται με τις οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιδιώξεις, στο σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα.
- *Αξιολόγηση «Gödels TOPSIS»:* Το σύστημα αξιολογεί τις τεχνολογικές δυνατότητες μέσω πολυκριτηριακής προσέγγισης στηριζόμενης στην επέκταση της TOPSIS με χρήση γλωσσικών μεταβλητών, μέσω της συνεπαγωγής Gödels, με σκοπό την αναγνώριση εκείνων που έχουν βραχυπρόθεσμη συνεισφορά στις ενεργειακές επιδιώξεις. Ουσιαστικά, σκοπός της συνεπαγωγής του Gödels είναι να δοθεί προτεραιότητα στις εναλλακτικές επιλογές, των οποίων οι αποδόσεις βρίσκονται πάνω από ένα συγκεκριμένο όριο - «κατώφλι».
- *Λίστα Προτεραιοτήτων (Τεχνολογικές Δυνατότητες):* Αφού γίνει η αξιολόγηση, διαμορφώνεται η λίστα προτεραιοτήτων με τις τεχνολογικές δυνατότητες ΑΠΕ με τη μεγαλύτερη βραχυπρόθεσμη συνεισφορά στις ενεργειακές επιδιώξεις.

IV.4.3. Πρωτότυπες Πολυκριτηριακές Μεθοδολογίες Επέκτασης της TOPSIS

Βασικές Αρχές

Οι πολυκριτηριακές μέθοδοι υποστήριξης αποφάσεων μπορούν να αποτελέσουν ένα σημαντικό υποστηρικτικό πλαίσιο για την αξιολόγηση των εργαλείων προώθησης των ΑΠΕ στη διαμόρφωση πολιτικής, προσφέροντας την ευελιξία και την ικανότητα να αποτιμήσουν τις επιπτώσεις των εξεταζόμενων εναλλακτικών στην οικονομική, κοινωνική και περιβαλλοντική διάσταση [17]. Μία μέθοδος με πολλές εφαρμογές σε προβλήματα ενεργειακού σχεδιασμού και υποστήριξης αποφάσεων ενεργειακής πολιτικής είναι η TOPSIS.

Η TOPSIS, όπως αναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο III, είναι μια τεχνική για την αποτίμηση των εναλλακτικών και τον προσδιορισμό της βέλτιστης εναλλακτικής. Αναπτύχθηκε από τους Hwang και Yoon το 1981 [18] και μελετά συγχρόνως την απόσταση κάθε εναλλακτικής από την ιδανική λύση και την αρνητικά ιδανική λύση, επιλέγει δε την καλύτερη εναλλακτική ως αυτή που βρίσκεται πιο κοντά στην ιδανική λύση και συγχρόνως πιο μακριά από την αρνητικά ιδανική λύση. Η διαδικασία αυτή, που προσδιορίζει την καλύτερη λύση σε σχέση με την απόστασή της από την ιδανική και την αρνητικά ιδανική λύση, είναι ιδιαίτερα εύληπτη και κατανοητή για τους αποφασίζοντας στα πολυδιάστατα προβλήματα που σχετίζονται με την ενεργειακή πολιτική.

Στο παραπάνω πλαίσιο, οι πρωτότυπες μεθοδολογίες που αναπτύχθηκαν βασίζονται στην TOPSIS, την οποία και επεκτείνουν για να χρησιμοποιεί γλωσσικές μεταβλητές. Σύντομη περιγραφή της ακολουθεί στις παρακάτω παραγράφους:

1. Δημιουργία ενός πίνακα εναλλακτικών αποδόσεων. Η δομή του είναι η ακόλουθη:

$$D = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & .. & x_{1j} & .. & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & .. & x_{2j} & .. & x_{2n} \\ .. & .. & .. & .. & .. & .. \\ x_{i1} & x_{i2} & .. & x_{ij} & .. & x_{in} \\ .. & .. & .. & .. & .. & .. \\ x_{m1} & x_{m2} & .. & x_{mj} & .. & x_{mn} \end{bmatrix}$$

όπου η κάθε σειρά του πίνακα δηλώνει τις πιθανές εναλλακτικές i = 1, . . .,m, ενώ η κάθε στήλη αντιπροσωπεύει τις ιδιότητες που σχετίζονται με τις εναλλακτικές j = 1, . . ., n και x_{ij} είναι η απόδοση της κάθε εναλλακτικής i σε κάθε κριτήριο j .

2. Κανονικοποίηση του πίνακα αποδόσεων. Ο κανονικοποιημένος πίνακας αποδόσεων προκύπτει με χρήση του ακόλουθου τύπου:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}^2}}$$

όπου r_{ij} αντιπροσωπεύει την κανονικοποιημένη απόδοση του Ai σε σχέση με το Xj. Η πινακοποιημένη μορφή του r_{ij} επομένως προκύπτει ως:

$$R = \left[r_{ij}\right]$$

όπου i = 1, 2, . . . ,m και j = 1, 2, ... ,n.

3. Πολλαπλασιασμός του πίνακα απόδοσης με τα σχετικά βάρη w_j. Κάθε στήλη του πίνακα R πολλαπλασιάζεται με τα βάρη που σχετίζονται με την κάθε ιδιότητα Xj. Ο πίνακας απόδοσης των βαρών U προκύπτει ως εξής:

$$U = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & .. & w_j r_{1j} & .. & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & .. & w_j r_{2j} & .. & w_n r_{2n} \\ .. & .. & .. & .. & .. & .. \\ w_1 r_{i1} & w_2 r_{i2} & .. & w_j r_{ij} & .. & w_n r_{in} \\ .. & .. & .. & .. & .. & .. \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & .. & w_j r_{mj} & .. & w_n r_{mn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_{11} & u_{12} & .. & u_{1j} & .. & u_{1n} \\ u_{21} & u_{22} & .. & u_{2j} & .. & u_{2n} \\ .. & .. & .. & .. & .. & .. \\ u_{i1} & u_{i2} & .. & u_{ij} & .. & u_{in} \\ .. & .. & .. & .. & .. & .. \\ u_{m1} & u_{m2} & .. & u_{mj} & .. & u_{mn} \end{bmatrix}$$

όπου w_j αντιπροσωπεύει το βάρος του Xj και u_{ij} αντιπροσωπεύει την κανονικοποιημένη απόδοση του Ai σε σχέση με το Xj για i = 1, 2, . . .,m και j = 1, 2, . . ., n.

4. Προσδιορισμός της ιδανικής και της αρνητικά ιδανικής επίλυσης. Οι ιδανικές τιμές V^+ και οι αρνητικά ιδανικές τιμές V^- προκύπτουν ως εξής:
   - $V^+ = \{(\max u_{ij} \mid j \in J) \text{ ή } (\min u_{ij} \mid j \in J'), i = 1, 2, \ldots, m\} = \left(u_1^+, u_2^+, \ldots, u_n^+\right)$
   - $V^- = \{(\min uij \mid j \in J) \text{ ή } (\max uij \mid j \in J'), i = 1, 2, \ldots, m\} = \left(u_1^-, u_2^-, \ldots, u_n^-\right)$

   όπου
   - J = {j = 1, 2, . . . , n|uij , η μεγαλύτερη απόκριση από την επιθυμητή}
   - J' = {j = 1, 2, . . . , n|uij , η μικρότερη απόκριση την επιθυμητή}.

5. Υπολογισμός των τιμών των αποστάσεων. Η απόσταση κάθε εναλλακτικής από την ιδανική επίλυση (S_i^+) δίνεται από:

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} \left(u_{ij} - u_j^+\right)^2}$$

Η απόσταση κάθε εναλλακτικής από την αρνητικά ιδανική επίλυση (S_i^-) είναι:

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} \left(u_{ij} - u_j^-\right)^2}$$

Υπολογισμός της σχετικής εγγύτητας στην ιδανική επίλυση και ταξινόμηση της σειράς προτίμησης. Η σχετική εγγύτητα Ci στην ιδανική επίλυση μπορεί να εκφραστεί ως

$$C_i = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-}$$

όπου Ci κυμαίνεται μεταξύ του 0 και του 1. Όσο το Ci τείνει προς το 1, τόσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός προτεραιότητας της i^{th} εναλλακτικής.

Όμως, τόσο η αειφορία, όσο και η ασφάλεια εφοδιασμού και η ανταγωνιστικότητα είναι αφηρημένες, σύνθετες και πολλές φορές ακαθόριστες έννοιες, που δύσκολα μπορούν να οριστούν ή να μετρηθούν [19]. Συνεπαγόμενα, οι πληροφορίες που απαιτούνται για την αξιολόγηση των ενεργειακών επιλογών στο πλαίσιο των επιδιώξεων της ενεργειακής πολιτικής, μπορεί να είναι είτε ποιοτικές από τη φύση τους είτε μη διαθέσιμες λόγω του υψηλού κόστους συλλογής ή υπολογισμού τους.

Υπό αυτό το πρίσμα, ρεαλιστικές προσεγγίσεις, όπως παρουσιάστηκαν και στο Κεφάλαιο III, είναι η χρήση γλωσσικών μεταβλητών στις διαδικασίες διαφόρων πολυκριτηριακών μεθόδων, όπως η TOPSIS, για να μοντελοποιηθούν οι ποιοτικές παράμετροι, π.χ. οι αποδόσεις και τα βάρη των κριτηρίων. Με αυτόν τον τρόπο, η ανθρώπινη αντίληψη στην αξιολόγηση των αποδόσεων και των βαρών εισάγεται στο πολυκριτηριακό μοντέλο, επειδή οι άνθρωποι πολύ συχνά χρησιμοποιούν λέξεις στη φυσική τους γλώσσα αντί για αριθμητικές έννοιες όταν προσπαθούν να μετρήσουν ασαφή ή ανακριβή φαινόμενα [20].

Υπάρχουν διάφορες υπολογιστικές τεχνικές για την επεξεργασία γλωσσικών πληροφοριών (Computing with Words, CW). Όπως αναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο III ένα πρότυπο για τον CW είναι το προσεγγιστικό υπολογιστικό μοντέλο που χρησιμοποιεί ασαφή μαθηματικά βασισμένα στην Αρχή Προέκτασης. Το προσεγγιστικό υπολογιστικό μοντέλο επεξεργάζεται τις ιδιότητες μεταξύ συνόλων των ασαφών μεταβλητών και οδηγεί σε έναν αθροισμένο ασαφή αριθμό. Αυτοί οι ασαφείς αριθμοί δεν ανήκουν απαραιτήτως στο αρχικό σύνολο γλωσσικών μεταβλητών και η ιεράρχησή τους μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση μιας ασαφούς μεθόδου ιεράρχησης που επιτρέπει την μεταξύ τους σύγκριση. Εντούτοις, η διαδικασία αυτή μπορεί να είναι αρκετά σύνθετη και να παραγάγει αναξιόπιστα αποτελέσματα. Μια άλλη τεχνική με βάση την Αρχή της Επέκτασης είναι να χρησιμοποιηθεί μια διαδικασία προσέγγισης, η οποία λαμβάνει το γλωσσικό όρο που είναι πιο κοντά στον αθροισμένο ασαφή αριθμό από την αρχική ομάδα όρων με την εφαρμογή μιας προσεγγιστικής συνάρτησης. Σε αυτήν τη δεύτερη τεχνική η απώλεια πληροφοριών λόγω της διαδικασίας προσέγγισης δεν μπορεί να παραβλεφτεί.

Στο παραπάνω πλαίσιο, η γλωσσική ανάλυση σήμερα εστιάζεται στην ανάπτυξη συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων που να είναι ικανά να διαχειριστούν γλωσσολογική πληροφορία μέσα σε πολυκριτηριακά προβλήματα με τρόπο απλό και διαφανή, επιτυγχάνοντας ταυτόχρονα την αποφυγή οποιασδήποτε απώλειας πληροφορίας. Οι πρωτότυπες πολυκριτηριακές μεθοδολογίες που θα παρουσιαστούν στις επόμενες ενότητες βασίζονται σε επεκτάσεις της TOPSIS, με τις ομάδες των γλωσσικών όρων για τις αποδόσεις και για τα βάρη να ορίζονται με την χρήση μιας διατεταγμένης κλίμακας. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνονται άμεσοι υπολογισμοί με τους γλωσσικούς όρους, ανεξάρτητα από την σημασιολογική τους έννοια, μειώνοντας έτσι την ασάφεια σε επίπεδο που μπορεί να διαχειριστεί.

2-tuple TOPSIS

Η πρωτότυπη μεθοδολογία που παρουσιάζεται από τους Doukas and Psarras αποτελεί μια τροποποίηση της μεθόδου TOPSIS για την αξιολόγηση των τύπων προγραμμάτων προώθησης των ΑΠΕ σε σχέση με τη βραχυπρόθεσμη συνεισφορά στις επιδιώξεις της ενεργειακής πολιτικής [21] και χρησιμοποιεί γλωσσικές μεταβλητές βασισμένες στο μοντέλο της διπλής αναπαράστασης (2-Tuple Fuzzy Linguistic Representation), όπως αυτό αναλύθηκε στο Κεφάλαιο III.

Για την περιγραφή της επέκτασης της μεθόδου TOPSIS μέσω της διπλής αναπαράστασης ορίζεται μια ομάδα n εναλλακτικών $A=\{A_1, A_2, ..., A_n\}$ και μια ομάδα k κριτηρίων C = {C_1, C_2, … ,C_K}. Οι αποτιμήσεις των εναλλακτικών στα κριτήρια, καθώς και τα βάρη των κριτηρίων μπορούν να εκφραστούν μέσω μιας γλωσσικής κλίμακας $S=\{s_0, s_1, ..., s_g\}$. Κάθε γλωσσικός όρος της κλίμακας συσχετίζεται με λέξεις στην φυσική γλώσσα που υπαγορεύει την σημασιολογία του γλωσσικού όρου. Οι εναλλακτικές αποτελούν τους τύπους προγραμμάτων που εξετάζονται και τα κριτήρια τις ενεργειακές επιδιώξεις στο σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα.

Παίρνοντας ως βάση στην ασαφή γλωσσική αναπαράσταση 2-tuple, μπορούν να γίνουν οι ακόλουθες παρατηρήσεις:

- Η απόδοση κάθε εναλλακτικής απόφασης “i” σε κάθε κριτήριο “j” μπορεί να παραστεί ως $z_{ij} \to (r_{ij}, \alpha_{ij}) \forall j$. Επομένως το $\Delta^{-1}(r_{ij}, \alpha_{ij}) = \beta_{ij} \in [0, g]$ εκφράζει την ισοδύναμη αριθμητική πληροφορία.
- Κάθε βάρος του κριτηρίου “j” μπορεί να παραστεί ως $w_j \to (\rho_j, \delta_j) \forall j = 1,2,...k$. Επομένως το $\Delta^{-1}(\rho_1, \delta_1) = \lambda_j \in [0, g]$ εκφράζει την ισοδύναμη αριθμητική πληροφορία,

όπου $r_{ij}, \rho_j \in \{s_o, s_1, ...s_g\}$ και $\alpha_{ij}, \delta_j \in \{-0{,}5, \quad 0{,}5\}$.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, ο πίνακας αποδόσεων για τις εναλλακτικές $A=\{A_1, A_2, ..., A_n\}$ στα κριτήρια C = {C_1, C_2, … ,C_K} της μεθόδου TOPSIS μπορεί να απεικονιστεί ως:

$$\mathbf{D} = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & \cdots & z_{1k} \\ z_{21} & z_{22} & \cdots & z_{2k} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ z_{n1} & z_{n2} & \cdots & z_{nk} \end{bmatrix} \Rightarrow \mathbf{D}' = \begin{bmatrix} (s_{\beta_{11}}, 0) & (s_{\beta_{12}}, 0) & \cdots & (s_{\beta_{1k}}, 0) \\ (s_{\beta_{21}}, 0) & (s_{\beta_{22}}, 0) & \cdots & (s_{\beta_{2k}}, 0) \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ (s_{\beta_{n1}}, 0) & (s_{\beta_{n2}}, 0) & \cdots & (s_{\beta_{nk}}, 0) \end{bmatrix} \overset{\Delta^{-1}}{\Rightarrow}$$

$$\mathbf{D}'' = \begin{bmatrix} \beta_{11} & \beta_{12} & \cdots & \beta_{1k} \\ \beta_{21} & \beta_{22} & \cdots & \beta_{2k} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \beta_{n1} & \beta_{n2} & \cdots & \beta_{nk} \end{bmatrix}, \; z_{ij} \in S, \; \forall i = 1,2,...,n, \forall j = 1,2,...,k,$$

$$\mathbf{W}=\left[w_1,w_2,...,w_k\right]\Rightarrow \mathbf{W}'=\left[\left(s_{\lambda_1},0\right),\left(s_{\lambda_2},0\right),...,\left(s_{\lambda_k},0\right)\right]\overset{\Delta^{-1}}{\Rightarrow}\mathbf{W}''=\left[\lambda_1,\lambda_2,...,\lambda_k\right].$$

Η ενσωμάτωση των συντελεστών βαρύτητας στην $\mathbf{D}''$ καταλήγει στον πίνακα αποφάσεων $\mathbf{X}$:

$$\mathbf{X}=\begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1k} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2k} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nk} \end{bmatrix}$$

όπου $x_{ij}=\dfrac{\lambda_j\cdot\beta_{ij}}{\sum_{j=1}^{k}\lambda_j}\in\left[0,g\right]$, $\forall i=1,2,...,n,\ \forall j=1,2,...,k$, έτσι ώστε $\sum_{j=1}^{k}\dfrac{\lambda_j}{\sum_{j=1}^{k}\lambda_j}=1$.

Η ιδανική εναλλακτική α^+ μπορεί να οριστεί ως ακολούθως:

$$\alpha^+=\left(\max_i \mathrm{x}_{i1,}\ \max_i \mathrm{x}_{i2,}\ ...\max_i \mathrm{x}_{ij,}\ ...\max_i \mathrm{x}_{ik}\right)=\left(\mathrm{x}_1^+,\ \mathrm{x}_2^+,\ ...\mathrm{x}_j^+,...\mathrm{x}_k^+\right)$$

Η αρνητική εναλλακτική α^- μπορεί να οριστεί ως εξής:

$$\alpha^-=\left(\min_i \mathrm{x}_{i1,}\ \min_i \mathrm{x}_{i2,}\ ...\min_i \mathrm{x}_{ij,}\ ...\min_i \mathrm{x}_{ik}\right)=\left(\mathrm{x}_1^-,\ \mathrm{x}_2^-,\ ...\mathrm{x}_j^-,...\mathrm{x}_k^-\right),$$

όπου $\alpha_j^+,\alpha_j^-\in\left[0,\mathrm{g}\right]$

Η απόκλιση της εναλλακτικής $\mathrm{A_i}=\left(\mathrm{x_{i1}},\ \mathrm{x_{i2}},...\mathrm{x_{ij}},...\mathrm{x_{ik}}\right)$ από την ιδανική εναλλακτική α^+ είναι $\mathrm{S_i^+}=\dfrac{1}{\sqrt{\mathrm{k}\cdot\mathrm{g}^2}}\cdot\sqrt{\sum_{\mathrm{j=1}}^{\mathrm{k}}\left(\mathrm{x_{ij}}-\mathrm{x_j^+}\right)^2}\in\left[0,1\right]$, ενώ η απόκλιση της εναλλακτικής $\mathrm{A_i}$ από την αρνητικά ιδανική α^- είναι $\mathrm{S_i^-}=\dfrac{1}{\sqrt{\mathrm{k}\cdot\mathrm{g}^2}}\cdot\sqrt{\sum_{\mathrm{j=1}}^{\mathrm{k}}\left(\mathrm{x_{ij}}-\mathrm{x_j^-}\right)^2}\in\left[0,1\right]$.

Γι' αυτό ο δείκτης που καθορίζει την σχετική εγγύτητα της εναλλακτικής $\mathrm{A_i}$ στην ιδανική επίλυση είναι $\mathrm{C_i}=\dfrac{\mathrm{S_i^-}}{\mathrm{S_i^+}+\mathrm{S_i^-}}\in\left[0,1\right],\quad \mathrm{i}=1...\mathrm{u}$.

Παραλλαγή

Στη παραπάνω μέθοδο, οι τελικές αποδόσεις στις εναλλακτικές μπορούν να είναι σε μορφή «διπλής αναπαράστασης», κάνοντας τις απαραίτητες τροποποιήσεις στις αποκλίσεις από την ιδανική εναλλακτική α^+ και την αρνητικά ιδανική α^-. Πιο συγκεκριμένα:

Η απόκλιση της εναλλακτικής $A_i=\left(x_{i1},\ x_{i2},...x_{ij},...x_{ik}\right)$ από την ιδανική εναλλακτική a^+ είναι:

$S_i^+=\sqrt{\dfrac{1}{k}\sum_{j=1}^{k}\left(x_{ij}-x_j^+\right)^2}\in\left[0,g\right]$, και $\Delta\left(S_i^+\right)=\left(s_r,a_1\right)$, $r\in\left\{0,1,...,g\right\}$ και $a_1\in\left[-0.5,0.5\right)$,

ενώ η απόκλιση της εναλλακτικής A_i από την αρνητικά ιδανική a^- είναι:

$S_i^- = \sqrt{\frac{1}{k}\sum_{j=1}^{k}\left(x_{ij} - x_j^-\right)^2} \in [0, g]$, και $\Delta\left(S_i^-\right) = (s_t, a_2)$, $t \in \{0,1,...,g\}$ και $a_2 \in [-0.5, 0.5)$.

Η λογική βάσει της οποίας λαμβάνεται η απόφαση υπογραμμίζει ότι η βέλτιστη εναλλακτική θα πρέπει να έχει τη μικρότερη απόσταση από την ιδανική εναλλακτική και τη μεγαλύτερη απόσταση από την αρνητικά ιδανική εναλλακτική.

Συνεπώς, ο σχετικός συντελεστής εγγύτητας της εναλλακτικής A_i μπορεί να εκφραστεί μέσω της διπλής απεικόνισης και ορίζεται ως:

$CC(A_i) = \Delta\left(p\Delta^{-1}(s_t, a_2) + (1-p)\Delta^{-1}\left(Neg(s_r, a_1)\right)\right) = \Delta\left(pS_i^- + (1-p)\left(g - S_i^+\right)\right) = (s_q, a_q)$,

με $p \in [0,1]$.

Ο συντελεστής p εκφράζει το βαθμό στον οποίο ο υπεύθυνος για τη λήψη της απόφασης πιστεύει ότι η απόσταση από την αρνητικά ιδανική εναλλακτική πρέπει να ληφθεί υπόψη στον υπολογισμό του σχετικού συντελεστή εγγύτητας.

Επιπλέον, $1-p$ είναι ο βαθμός στον οποίο η απόσταση από την ιδανική εναλλακτική λαμβάνεται υπόψη στον υπολογισμό του σχετικού συντελεστή εγγύτητας. Η σύγκριση των σχετικών συντελεστών εγγύτητας των εναλλακτικών διεξάγεται μέσα από τη μέθοδο σύγκρισης των διπλών απεικονίσεων. Όσο μεγαλύτερος είναι ο σχετικός συντελεστής εγγύτητας μιας εναλλακτικής, τόσο καλύτερα είναι.

Gödels TOPSIS

Η πρωτότυπη μεθοδολογία που παρουσιάζεται από τους Δούκα, Παππά και Ψαρρά [21] αποτελεί μια τροποποίηση της μεθόδου TOPSIS για την αξιολόγηση των διαθέσιμων τεχνολογικών δυνατοτήτων ΑΠΕ σε σχέση με τη βραχυπρόθεσμη συνεισφορά στις επιδιώξεις της ενεργειακής πολιτικής, ενσωματώνοντας βαθμολογίες προερχόμενες από μια γλωσσική διατεταγμένη κλίμακα.

Πιο συγκεκριμένα, στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν μια σειρά από μετασχηματισμοί για την αναπαράσταση των γλωσσικών πληροφοριών, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του εκάστοτε προβλήματος. Ο μετασχηματισμός του Gödels προσφέρει ένα καλό πλαίσιο για την επέκταση της ευρέως γνωστής πολυκριτηριακής μεθόδου TOPSIS, ούτως ώστε να ενσωματώσει βαθμολογίες προερχόμενες από μια γλωσσική διατεταγμένη κλίμακα $S = \{s_0, s_1, ..., s_g\}$, με στόχο την αποτίμηση της ανανεώσιμης ενέργειας σε σχέση με τη συνεισφορά της στις επιδιώξεις ενεργειακής πολιτικής.

Για την περιγραφή της επέκτασης της μεθόδου TOPSIS με χρήση γλωσσικών μεταβλητών ορίζεται μια ομάδα n εναλλακτικών $A = \{A_1, A_2, ..., A_n\}$ και μια ομάδα m κριτηρίων C = {C_1, C_2, … ,C_m}. Οι αποτιμήσεις των εναλλακτικών στα κριτήρια, καθώς και τα βάρη των κριτηρίων μπορούν να εκφραστούν μέσω μιας γλωσσικής κλίμακας $S = \{s_0, s_1, ..., s_g\}$. Κάθε γλωσσικός όρος της κλίμακας συσχετίζεται με λέξεις στην φυσική γλώσσα που υπαγορεύει την σημασιολογία του γλωσσικού όρου. Για παράδειγμα, το s_0 μπορεί να σημαίνει “Καθόλου”, το s_1 να σημαίνει “Πολύ λίγο” κ.ο.κ.

Η απόδοση κάθε εναλλακτικής απόφασης "i" σε κάθε κριτήριο "j" μπορεί να παραστεί ως χ_{ij} και η βαρύτητα κάθε κριτηρίου C_j μπορεί να απεικονιστεί ως $w_j \in S$.

Στη χρήση της γλωσσικής κλίμακας, ο πίνακας αποφάσεων της επέκτασης της TOPSIS [22] είναι ο ακόλουθος:

$$D = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & .. & x_{1j} & .. & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & .. & x_{2j} & .. & x_{2n} \\ .. & .. & .. & .. & .. & .. \\ x_{i1} & x_{i2} & .. & x_{ij} & .. & x_{in} \\ .. & .. & .. & .. & .. & .. \\ x_{m1} & x_{m2} & .. & x_{mj} & .. & x_{mn} \end{bmatrix}, \; x_{ij} \in S, \forall i = 1,2,...,m, \forall j = 1,2,...,n.$$

Ο μετασχηματισμός Gödels χρησιμοποιείται σε αυτήν τη φάση της μεθόδου για τη δημιουργία του σταθμισμένου πίνακα απόδοσης. Η συνάρτηση του μετασχηματισμού είναι η εξής [23]:

- $LI(x_{ij}, a) = x_{ij}$, αν $w > a$ ή
- $LI(x_{ij}, a) = max$, αν $w \le a$.

Ουσιαστικά, σκοπός του μετασχηματισμού Gödels είναι να δοθεί προτεραιότητα σε εναλλακτικές, των οποίων οι αποδόσεις βρίσκονται πάνω από ένα συγκεκριμένο όριο. Συγκεκριμένα, στη μοντελοποίηση του προβλήματος οι βασικές επιδιώξεις της ενεργειακής πολιτικής (επιλεγόμενα κριτήρια) θα είναι αυτές που θα έχουν τα υψηλότερα κατώφλια και θα καθορίσουν σε μεγάλο βαθμό τα τελικά αποτελέσματα (λίστα ιεράρχησης). Αυτό επιτυγχάνεται ωθώντας τις αποδόσεις κάθε ιδιότητας κάθε εναλλακτικής, που ξεπερνούν το «κατώφλι» (στη συγκεκριμένη περίπτωση το *α*), στη μέγιστη τιμή που μπορούν να λάβουν.

Ο συγκεκριμένος μετασχηματισμός ταιριάζει απόλυτα με τα χαρακτηριστικά του προβλήματος διότι οι εξεταζόμενες εναλλακτικές (επιλογές ΑΠΕ) με σημαντική συνεισφορά στις βασικές ενεργειακές επιδιώξεις θα επιτυγχάνουν τη μέγιστη απόδοση και συνεπαγόμενα θα ξεχωρίζουν ευκολότερα από τις άλλες που έχουν μικρότερη απόδοση.

Ο πίνακας απόδοσης των βαρών U προκύπτει τότε ως εξής:

$$U = \begin{bmatrix} LI(x_{11},a) & LI(x_{12},a) & .. & LI(x_{1j},a) & .. & LI(x_{1n},a) \\ LI(x_{21},a) & LI(x_{22},a) & .. & LI(x_{2j},a) & .. & LI(x_{2n},a) \\ .. & .. & .. & .. & .. & .. \\ LI(x_{i1},a) & LI(x_{i2},a) & .. & LI(x_{ij},a) & .. & LI(x_{in},a) \\ .. & .. & .. & .. & .. & .. \\ LI(x_{m1},a) & LI(x_{m2},a) & .. & LI(x_{mj},a) & .. & LI(x_{mn},a) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_{11} & u_{12} & .. & u_{1j} & .. & u_{1n} \\ u_{21} & u_{22} & .. & u_{2j} & .. & u_{2n} \\ .. & .. & .. & .. & .. & .. \\ u_{i1} & u_{i2} & .. & u_{ij} & .. & u_{in} \\ .. & .. & .. & .. & .. & .. \\ u_{m1} & u_{m2} & .. & u_{mj} & .. & u_{mn} \end{bmatrix}$$

όπου u_{ij} αντιπροσωπεύει την σταθμισμένη απόδοση του A_i σε σχέση με το X_j για *i = 1, 2, . . .,m* και *j = 1, 2, . . ., n*.

Ακολούθως γίνεται προσδιορισμός της ιδανικής και της αρνητικά ιδανικής επίλυσης. Οι ιδανικές τιμές V^+ και οι αρνητικά ιδανικές τιμές V^- προκύπτουν ως εξής:

- $V^+ = \{(\max u_{ij} \mid j \in J) \text{ ή } (\min u_{ij} \mid j \in J'), i = 1, 2, \ldots, m\} = \left(u_1^+, u_2^+, \ldots, u_n^+\right)$
- $V^- = \{(\min uij \mid j \in J) \text{ ή } (\max uij \mid j \in J_), i = 1, 2, \ldots, m\} = \left(u_1^-, u_2^-, \ldots, u_n^-\right)$

όπου:

- $J_ = \{j = 1, 2, \ldots, n \mid uij$, *μια μεγαλύτερη απόκλιση είναι επιθυμητή*$\}$
- $J' = \{j = 1, 2, \ldots, n \mid uij$, *μια μικρότερη απόκλιση είναι επιθυμητή*$\}$.

Εν συνεχεία γίνεται υπολογισμός των τιμών των αποστάσεων. Η απόσταση κάθε εναλλακτικής από την ιδανική επίλυση (S_i^+) δίνεται από:

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}\left(u_{ij} - u_j^+\right)^2}$$

Η απόσταση κάθε εναλλακτικής από την αρνητικά ιδανική επίλυση (S_i^-) είναι:

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}\left(u_{ij} - u_j^-\right)^2}$$

Ακολουθεί ο υπολογισμός της σχετικής εγγύτητας στην ιδανική και στην αρνητικά ιδανική επίλυση και η διαμόρφωση της σειράς προτίμησης. Η σχετική εγγύτητα C_i στην ιδανική επίλυση μπορεί να εκφραστεί ως:

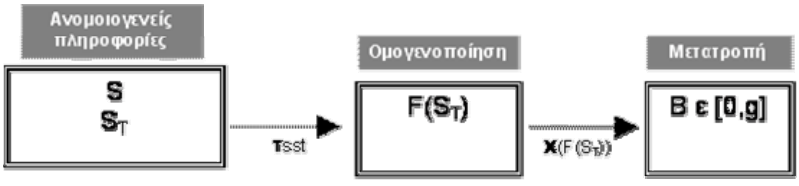
$$C_i = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-}$$

όπου C_i κυμαίνεται μεταξύ του 0 και του 1. Όσο το C_i τείνει προς το 1, τόσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός προτεραιότητας της i^{στης} εναλλακτικής.

Επεξεργασία Δεδομένων Εισόδου

Σε αυτή την παράγραφο προτείνεται μια μέθοδος για την διεξαγωγή της επεξεργασίας των δεδομένων εισόδου – προτιμήσεων αποφασιζόντων, με σκοπό την ομογενοποίησή τους σε μία ενιαία κλίμακα, όπου αυτό κρίνεται σκόπιμο. Ειδικότερα, αναλύεται η περίπτωση κατά την οποία χρειάζεται η επεξεργασία μη ομογενούς πληροφορίας που αποτελείται από γλωσσικές μεταβλητές διαφορετικής κλίμακας.

Όπως φαίνεται και από το παρακάτω Σχήμα IV.7, η προτεινόμενη διαδικασία χωρίζεται σε 2 βασικά βήματα, την ομογενοποίηση και την μετατροπή.



Σχήμα IV.7. Διαδικασία Επεξεργασίας Δεδομένων Εισόδου

Ομογενοποίηση: Οι μη ομογενείς πληροφορίες ενοποιούνται σε ένα συγκεκριμένο πεδίο δεδομένων που καλείται «βασικό σύνολο γλωσσικών όρων» S_T. Η διαδικασία αυτή διενεργείται μέσω της μετάφρασης των γλωσσικών μεταβλητών στην κλίμακα S_T, μέσω της συνάρτησης $F(S_T)$.

Η μετατροπή των γλωσσικών όρων του συνόλου S σε $F(S_T)$ διενεργείται ως εξής:

Αν οριστεί το $S = \{l_0,....,l_p\}$ και το $S_T = \{s_0,....,s_g\}$ ως δύο σύνολα γλωσσικών μεταβλητών, έτσι ώστε $g \geq p$ τότε ορίζεται η συνάρτηση γλωσσικής προσαρμογής τ_{SST} ως εξής [23]:

- $\tau_{SST} : S \to F(S_T)$ με $\tau_{SST}(l_i) = \{(s_k, \gamma_k^i) / k \in [0,...., g]\}$ ώστε $\forall l_i \in S$ και
- $\gamma_k^i = \max\min\{\mu_{l_i}(y), \mu_{s_k}(y)\}$ όπου
  - η $F(S_T)$ είναι το σύνολο των ασαφών μεταβλητών συνόλων που ορίζονται από το σύνολο S και
  - $\mu_{li}(\bullet)$ και $\mu_{sk}(\bullet)$ είναι οι επιμέρους συναρτήσεις των ασαφών συνόλων που εκφράζουν τα l_i και s_k.

Μετατροπή: Στην φάση αυτή μετατρέπονται τα σύνολα ασαφών αριθμών σε απεικονίσεις διπλής αναπαράστασης, προκειμένου να μπορέσουμε να εισαχθούν στις προτεινόμενες μεθόδους.

Ορίζεται η συνάρτηση χ που μετατρέπει ένα ασαφές σύνολο σε αριθμητική τιμή S_T,[0,g] ως εξής [23]:

$$\chi : F(S_T) \to [0, g],$$

με $\chi(F(S_T)) = \chi(\{(s_j, \gamma_i), j = 0,1,...., g\}) = \dfrac{\sum_{j=o}^{g} j * \gamma_j}{\sum_{j=0}^{g} \gamma_j} = \beta$,

όπου το ασαφές σύνολο $F(S_T)$ μπορεί να προκύπτει από τις συναρτήσεις τ_{SST} ή και τ_{IST}.

Με τον παραπάνω τρόπο καθίσταται εφικτή η μετατροπή οποιασδήποτε γλωσσικής κλίμακας σε άλλη με τρόπο διαφανή και αξιόπιστο, μέσω της χρήσης της διπλής αναπαράστασης. Αναλυτικό παράδειγμα επεξεργασία των δεδομένων εισόδου παρουσιάζεται στο Παράρτημα ΙΙ.

IV.5 ΣΥΝΘΕΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ ΠΡΟΩΘΗΣΗΣ

IV.5.1. Εισαγωγή

Οι νέες συνθήκες της απελευθερωμένης ενεργειακής αγοράς καλούν τους εμπλεκόμενους να λάβουν διαφορετικούς ρόλους κι ευθύνες απ' αυτές του παρελθόντος. Όσο ο συνδυασμός εργαλείων πολιτικής γίνεται περισσότερο ποικιλόμορφος, το ίδιο συμβαίνει και με τις σχέσεις μεταξύ των εμπλεκομένων και των στόχων τους. Την ίδια στιγμή η Πολιτεία αναζητά νέους τρόπους να επηρεάσει τις δραστηριότητες των επενδυτών, των εταιριών που εκπέμπουν ρύπους αλλά και των χρηστών, στο πλαίσιο της εναρμόνισής της με τις διεθνείς συνθήκες, ελαχιστοποιώντας ταυτόχρονα και το πολιτικό κόστος. Ουσιαστικά δηλαδή, στις διαδικασίες σχεδιασμού προτάσεων προώθησης ΑΠΕ υπάρχει μια απομάκρυνση των σχέσεων μεταξύ των εμπλεκομένων απ' το μοντέλο «διαταγής και ελέγχου» προς πιο συνεταιριστικές και συνεργατικές προσεγγίσεις, μέσω της εφαρμογής μη παραδοσιακών πρωτοβουλιών που εκμεταλλεύονται τη δύναμη των εμπλεκομένων της αγοράς.

Συνεπώς, μια επιπλέον εκτίμηση των διαφορετικών εργαλείων πολιτικής ειδικά από την πλευρά του επενδυτή, μέσα από τη λεπτομερή ανάλυση των χαρακτηριστικών του, που συνήθως δεν πραγματοποιείται κατά τη διαδικασία διαμόρφωσης προτάσεων προώθησης των ΑΠΕ, μπορεί να βοηθήσει στην αναγνώριση μελλοντικών προβλημάτων σε πρώιμο στάδιο. Για εγκαθίδρυση μιας τέτοιας διαδικασίας, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όλοι αυτοί που έχουν ως στόχο την ανάπτυξη της χρήσης των ΑΠΕ, όπως για παράδειγμα οι βιομηχανίες και οι παραδοσιακοί παραγωγοί.

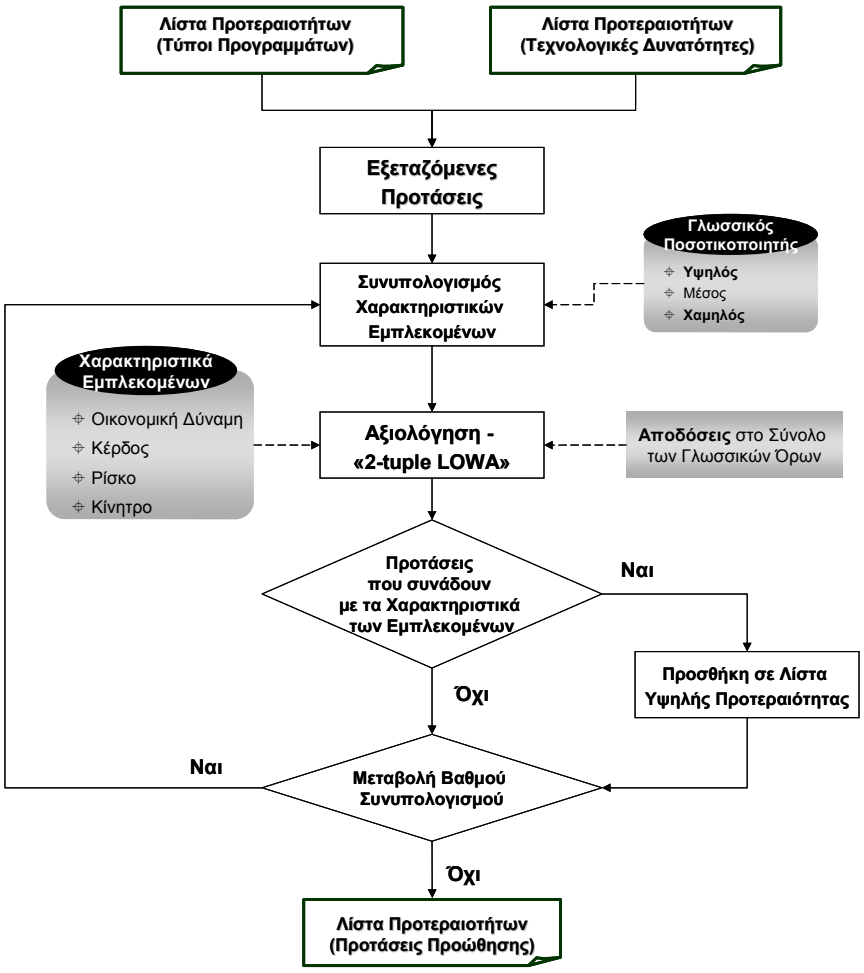
Σκοπός λοιπόν αυτής της ενότητας είναι η παρουσίαση της τρίτης συνιστώσας της προτεινόμενης μεθοδολογίας, η οποία βασισμένη στη μοντελοποίηση τόσο των εμπλεκομένων της ενεργειακής αγοράς όσο και των διαφορετικών χαρακτηριστικών τους, αξιολογεί τα εργαλεία προώθησης ΑΠΕ υψηλής προτεραιότητας, όπως αυτά προκύπτουν από την προηγούμενη συνιστώσα της μεθοδολογίας. Στόχος της συνιστώσας είναι η αναγνώριση προτάσεων προώθησης ΑΠΕ που απευθύνονται σε όσο το δυνατό μεγαλύτερο εύρος επενδυτών, λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά της εσωτερικής ενεργειακής αγοράς κάθε χώρας.

Από τη μελέτη της βιβλιογραφίας πάνω στο θέμα αυτό, όπως αναλυτικά παρουσιάζεται στα προηγούμενα Κεφάλαια φαίνεται ότι η ανάλυση των διαφορετικών χαρακτηριστικών των πιθανών επενδυτών ή άλλων ομάδων εμπλεκομένων μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά στην ολική επιτυχία μιας πρότασης προώθησης ΑΠΕ. Άλλωστε, αν μια πρόταση επικεντρώνεται σε κάποια συγκεκριμένη ομάδα εμπλεκομένων, η οποία για τον οποιονδήποτε λόγο δεν είναι διαθέσιμη να επενδύσει σε έργα ΑΠΕ, θα αποτύχει.

Στις ενότητες που ακολουθούν παρουσιάζεται η διαδικασία της τρίτης συνιστώσας, καθώς και η πρωτότυπη πολυκριτηριακή μεθοδολογία που αναπτύχθηκε για την αξιολόγηση των προτάσεων προώθησης ΑΠΕ σε σχέση με τη συνάφειά τους με τα χαρακτηριστικά των εμπλεκομένων της ενεργειακής αγοράς, με τη χρήση γλωσσικών μεταβλητών.

IV.5.2. Διαδικασία Προσέγγισης

Η ακολουθούμενη διαδικασία σε μορφή λογικού διαγράμματος φαίνεται σχηματικά στο ακόλουθο Σχήμα IV.8.



Σχήμα IV.8. Διαδικασία 3ης Συνιστώσας

Πιο συγκεκριμένα, η διαδικασία περιγράφεται αναλυτικά ως ακολούθως:

- *Εξεταζόμενες προτάσεις:* Αρχικά, εισάγονται στη διαδικασία οι τύποι προγραμμάτων και οι τεχνολογικές δυνατότητες υψηλής προτεραιότητας, όπως αυτές προέκυψαν από την προηγούμενη συνιστώσα, έτσι ώστε να διαμορφωθούν οι προτάσεις προώθησης ΑΠΕ από όλους τους πιθανούς συνδυασμούς τους.
- *Συνυπολογισμός Χαρακτηριστικών Εμπλεκομένων:* Στο στάδιο αυτό εισάγεται ο βαθμός συνυπολογισμού εμπλεκομένων στο γλωσσικό ποσοτικοποιητή (υψηλός, μέσος, χαμηλός), λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά τους όπως, οικονομική δύναμη, κέρδος, διαθεσιμότητά τους να ρισκάρουν και κίνητρα.
- *Αξιολόγηση «2-tuple LOWA»:* Η πολυκριτηριακή αυτή προσέγγιση στηρίζεται στον τελεστή LOWA, με την αναπαράσταση των γλωσσικών μεταβλητών να γίνεται με βάση την διπλή αναπαράσταση, με σκοπό την αναγνώριση εκείνων των προτάσεων που εξυπηρετούν σε μεγαλύτερο βαθμό τα χαρακτηριστικά των εμπλεκομένων, δηλαδή την οικονομική δύναμη, το κέρδος, τη διαθεσιμότητα για ρίσκο και το εγγενές κίνητρο που μπορεί να έχουν. Σε αυτό το πλαίσιο, εισάγονται οι αποδόσεις των προτάσεων στο σύνολο των γλωσσικών όρων.

- *Προτάσεις που συνάδουν με τα Χαρακτηριστικά των Εμπλεκομένων:* Αφού έχει γίνει η αξιολόγηση «2-tuple LOWA», τότε υπάρχουν δύο δυνατότητες. Πιο συγκεκριμένα:
  - Στην περίπτωση που υπάρχουν προτάσεις που συνάδουν με τα χαρακτηριστικά των εμπλεκομένων *(ναι),* τότε η διαδικασία προχωράει στην προσθήκη τους στη λίστα υψηλής προτεραιότητας.
  - Στην περίπτωση που δεν υπάρχουν προτάσεις που συνάδουν με τα χαρακτηριστικά των εμπλεκομένων *(όχι),* τότε η διαδικασία προχωράει στο επόμενο στάδιο.
- *Μεταβολή Βαθμού Συνυπολογισμού:* Αφού έχουν προσδιορισθεί οι προτάσεις που συνάδουν περισσότερο με τα χαρακτηριστικά των εμπλεκομένων, τότε δίνεται η δυνατότητα για τη μεταβολή του βαθμού συνυπολογισμού, ως μια μορφή ανάλυσης ευαισθησίας των τελικών αποτελεσμάτων. Πιο συγκεκριμένα:
  - Στην περίπτωση που δεν επιλεγεί η μεταβολή του βαθμού συνυπολογισμού *(όχι),* τότε η διαδικασία προχωράει στην δημιουργία της τελικής λίστας προτεραιοτήτων.
  - Στην περίπτωση που επιλεγεί η μεταβολή του βαθμού συνυπολογισμού *(ναι),* τότε το σύστημα δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη για επανα - εισαγωγή του βαθμού συνυπολογισμού εμπλεκομένων και επανάληψη της διαδικασίας της αξιολόγησης.
- *Λίστα Προτεραιοτήτων (Προτάσεις Προώθησης):* Διαμορφώνεται η λίστα προτεραιοτήτων που περιέχει τις προτάσεις προώθησης ΑΠΕ υψηλής προτεραιότητας.

IV.5.3. Πρωτότυπη Πολυκριτηριακή Μεθοδολογία Συμβολικής Προσέγγισης

Μια άλλη προσέγγιση που χρησιμοποιείται σε γλωσσικά δεδομένα, όπως αναλύθηκε και στο Κεφάλαιο `III,` είναι η συμβολική προσέγγιση, η οποία κάνει τους υπολογισμούς στους δείκτες των γλωσσικών όρων. Συνήθως, χρησιμοποιεί τη διαταγμένη δομή του συνόλου των γλωσσικών όρων, $S = \{s_0, s_1, ..., s_g\}$ για την εκτέλεση των πράξεων. Η συμβολική μέθοδος χρησιμοποιεί έναν αθροιστικό τελεστή, παραδείγματος χάριν το LOWA [24], που είναι βασισμένος στον κυρτό συνδυασμό των γλωσσικών όρων, για να συνδυάσει τους δείκτες των γλωσσικών όρων που αθροίζονται με τους αριθμητικούς συντελεστές βάρους. Το αποτέλεσμα της συνάθροισης είναι μια αριθμητική τιμή $a \in [0, g]$, που πρέπει να προσεγγιστεί με τη βοήθεια μιας προσεγγιστικής συνάρτησης $H : [0, g] \to \{0, 1, ..., g\}$.

Η προσεγγιστική συνάρτηση λαμβάνει μια αριθμητική τιμή που ανήκει στο διάστημα $\{0, 1, ..., g\}$ και δηλώνει το δείκτη του σχετικού γλωσσικού όρου $s_{H(a)} \in S$. Τυπικά, μπορεί να εκφραστεί ως $S^n \xrightarrow{M} [0, g] \xrightarrow{H} \{0, 1, ..., g\} \to S$, όπου M είναι ο συμβολικός αθροιστικός τελεστής, που αθροίζει τους δείκτες των γλωσσικών όρων, που χρησιμοποιούνται ως ορίσματα. Η ανάγκη να εκφραστούν τα αποτελέσματα της διαδικασίας στο αρχικό σύνολο όρων S προκαλεί μια απώλεια πληροφοριών, η οποία προέρχεται από δύο κύριες πηγές: την προσεγγιστική συνάρτηση και τη χρήση τελεστή στρογγυλοποίησης ενσωματωμένο στον αθροιστικό τελεστή. Ένα παράδειγμα χρήσης του τελεστή στρογγυλοποίησης είναι ο τελεστής LOWA.

Η πρωτότυπη μεθοδολογία που παρουσιάζεται από τους Doukas et al [25] στηρίζεται στον τελεστή LOWA, με την αναπαράσταση των γλωσσικών μεταβλητών να γίνεται με βάση την διπλή αναπαράσταση, για να αποφευχθεί η χρήση του τελεστή στρογγυλοποίησης που οδηγεί σε απώλεια πληροφορίας. Σκοπός της χρήσης της μεθόδου είναι η αναγνώριση εκείνων των προτάσεων που εξυπηρετούν σε μεγαλύτερο βαθμό τα χαρακτηριστικά των εμπλεκομένων.

Ο «2-tuple LOWA» μπορεί να οριστεί ως ακολούθως:

Έστω A = {(r_1, a_1), … , (r_m, a_m)} ένα σύνολο γλωσσικών αναπαραστάσεων, τέτοιο ώστε (r_i, a_i) ε S x [-0.5, 0.5). Το διάνυσμα άθροισης για τη διπλή αναπαράσταση, όπως παρουσιάστηκε και στο Κεφάλαιο III, ενότητα III.4.3, γίνεται ως εξής:

$$EC^m\{w_i, (r_{\sigma(j)}, a_{\sigma(j)}), j=1,\dots m\} = \Delta(w_1 \cdot \Delta^{-1}(r_{\sigma(1)}, a_{\sigma(1)}) + (1-w_1)\,\Delta^{-1}(EC^{m-1}\{\eta_h, (r_{\sigma(h)}, a_{\sigma(h)}, h=2, \dots, m\}))$$

Με το $\eta_h = w_h / \sum_2^m w_k$, h=2, …, m, και W= [$w_1$, …, w_m] να είναι το διάνυσμα βαρών σε σχέση με το A, τέτοιο ώστε:

- w_i ε [0, 1]
- $\Sigma_i w_i = 1$
- B={($r_{\sigma(1)}$, $a_{\sigma(1)}$), ($r_{\sigma(m)}$, $a_{\sigma(m)}$)}, είναι ένα διατεταγμένο σύνολο του A, τέτοιο ώστε, ($r_{\sigma(j)}$, $a_{\sigma(j)}$) ≤($r_{\sigma(i)}$, $a_{\sigma(i)}$), ∀ i≤j.

Με βάση τα παραπάνω, οι υπολογισμοί γίνονται ως ακολούθως:

$$EC^m\{w_i, (r_{\sigma(j)}, a_{\sigma(j)}), j=1,\dots m\} = \Delta\left(\sum_{i=1}^{m} w_i\,\Delta^{-1}((r_{\sigma(i)}, a_{\sigma(i)}))\right) = \Delta\left(\sum_{i=1}^{m} w_i\,\beta_{\sigma(i)}\right),$$

$$\text{όπου } \beta_{\sigma(i)} = \Delta^{-1}(r_{\sigma(i)}, a_{\sigma(i)})$$

Αν m=2, τότε ορίζεται ως εξής:

$$EC^2\{w_i, (r_{\sigma(i)}, a_{\sigma(i)}), i=1,2\} = \Delta(w_1 \cdot \Delta^{-1}(r_{\sigma(i)}, a_{\sigma(i)}) + (1-w_1)\,\Delta^{-1}(r_{\sigma(j)}, a_{\sigma(j)})) = (r_f, a_f),$$
$$\text{τέτοιο ώστε } (r_f, a_f) = \Delta(\beta_{\sigma(j)} + w_1(\beta_{\sigma(i)} - \beta_{\sigma(j)}))$$

Αν w_j=1 και w_i=0 with i≠j ∀i, τότε το διάνυσμα άθροισης ορίζεται ως εξής:

$$EC^m\{w_i, (r_{\sigma(i)}, a_{\sigma(i)}), i=1, \dots m\} = (r_{\sigma(j)}, a_{\sigma(j)}).$$

Με αυτό τον τρόπο, οι προσεγγιστικοί υπολογισμοί ελαχιστοποιούνται. Σε αυτό το πλαίσιο, ο τελεστής LOWA διπλής αναπαράστασης ορίζεται ως ακολούθως:

Έστω A = {(r_1, a_1), …, (r_m, a_m)} ένα σύνολο διπλών αναπαραστάσεων που πρέπει να συναθροιστούν, τότε ο αντίστοιχος τελεστής του LOWA, Φ^e, ορίζεται ως ακολούθως:

$$\Phi^e[(r_1, a_1), \dots, (r_m, a_m)] = W \cdot B^T = EC^m\{w_i, (r_{\sigma(i)}, a_{\sigma(i)}), i=1, \dots m\}$$

Αναφορικά τώρα με τον ποσοτικοποιητή που πρέπει να χρησιμοποιηθεί στο πολυκριτηριακό μοντέλο σε σχέση με τους εμπλεκόμενους/ επενδυτές της αγοράς στους οποίους απευθύνονται οι προτάσεις, σημειώνονται τα ακόλουθα:

- *Most:* Ο συγκεκριμένος ποσοτικοποιητής δίνει περισσότερη βαρύτητα στις ενδιάμεσες αποδόσεις. Με αυτόν τον ποσοτικοποιητή προκρίνονται οι προτάσεις εκείνες που πληρούν τα περισσότερα κριτήρια. Τέτοιες προτάσεις απευθύνονται κυρίως σε μη ειδικευμένους εμπορικούς εμπλεκόμενους και ιδιώτες, επενδυτές ως μετόχους σε σχέδια, οι οποίοι δεν προχωρούν εύκολα και αβίαστα σε μια επένδυση που να αφορά στην αγορά ανανεώσιμης ενέργειας, χωρίς όλες τις απαραίτητες εγγυήσεις.
- *At least half:* Δίνει περισσότερη βαρύτητα στις υψηλές αποδόσεις. Προκρίνονται δηλαδή εκείνες οι προτάσεις που πληρούν τουλάχιστον τα μισά από τα κριτήρια. Τέτοιες προτάσεις απευθύνονται κυρίως σε παραδοσιακούς παραγωγούς και ιδιώτες, επενδυτές σε ίδια σχέδια, που εμπλέκονται στην αγορά ανανεώσιμης ενέργειας, αν η επένδυση είναι ελκυστική.
- *As many as possible:* Δίνει περισσότερη βαρύτητα στις χαμηλές αποδόσεις. Προκρίνονται δηλαδή εκείνες οι προτάσεις που πληρούν και λιγότερα απ' τα μισά κριτήρια. Τέτοιες προτάσεις απευθύνονται σε εξειδικευμένους ανεξάρτητους παραγωγούς, που μπορούν να χαρακτηριστούν περισσότερο «ευέλικτοι», καθώς δραστηριοποιούνται σε πολύ μεγάλο βαθμό στην αγορά των ανανεώσιμων.

IV.6 ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΓΛΩΣΣΙΚΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

IV.6.1. Εισαγωγή

Στο πλαίσιο εφαρμογής της προτεινόμενης προσέγγισης, έχει αναπτυχθεί το αντίστοιχο πληροφοριακό σύστημα, που ως στόχο έχει να υποστηρίξει επιμέρους διαδικασίες της προσέγγισης και συγκεκριμένα αυτές που έχουν να κάνουν με τις πολυκριτηριακές αξιολογήσεις των διαφόρων εναλλακτικών, δηλαδή των επιμέρους εργαλείων και συνακόλουθα των διαμορφωμένων προτάσεων προώθησης.

Πληροφοριακά συστήματα υποστήριξης αποφάσεων (Decision Support Systems – DSS) έχουν αναπτυχθεί για την υποστήριξη των σύνθετων προβλημάτων, που θα ήταν ειδάλλως δύσκολο να διαχειριστούν [26]. Τα DSS μπορούν να υποστηρίξουν τους υπεύθυνους για τη λήψη αποφάσεων στην επιλογή μεταξύ εναλλακτικών και στις αλληλεπιδράσεις, καθιστώντας κατά συνέπεια τον ενεργειακό σχεδιασμό και την υποστήριξη αποφάσεων ενεργειακής πολικής πιο απλή.

Πολλά από τα DSS που έχουν αναπτυχθεί χρησιμοποιούν μεθόδους MCDM, που αφορούν στη διαχείριση των στερεών αποβλήτων [27], στη διαχείριση της μεταφοράς ενέργειας [28], στις εναλλακτικές λύσεις ηλεκτρικής παραγωγής [29], στη διαχείριση της ενέργειας [30] και στον ανανεώσιμο ενεργειακό σχεδιασμό [31]. Επιπλέον, βασισμένα στη γνώση, «έξυπνα» DSS που ενσωματώνουν την εμπειρία έχουν αναπτυχθεί από τους Doukas et al τόσο για την υποστήριξη αποφάσεων στην καθημερινή λειτουργία των κτιρίων, με στόχο τη διασφάλιση άνετου εσωκλίματος και την εξοικονόμηση ενέργειας [32] αλλά και για την ενεργειακή διαχείριση κτιρίων [33].

Όπως όμως αναφέρθηκε και στα προηγούμενα Κεφάλαια, η γλωσσική ανάλυση και η χρήση γλωσσικών μεταβλητών ενδείκνυται για την ανάπτυξη συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων προώθησης των ΑΠΕ στο σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα, παρ' όλο που δεν χρησιμοποιούνται μέχρι σήμερα σε αυτό το πεδίο.

Επιπλέον, όπως διαφάνηκε από τις προηγούμενες ενότητες, λόγω του όγκου των πράξεων που απαιτούνται από τις πρωτότυπες μεθοδολογίες γλωσσικών μεταβλητών, οι υπολογισμοί είναι φανερό ότι δεν μπορούν να γίνουν σε σύντομο χρονικό διάστημα και χωρίς λάθη. Επιπροσθέτως, οι αυξημένες απαιτήσεις εισαγωγής δεδομένων και πράξεων, καθώς και ο δυναμικός χαρακτήρας που θα πρέπει να έχει ένα τέτοιο σύστημα υποστήριξης αποφάσεων απέτρεψαν τη χρήση του Excel (Microsoft Office).

Με βάση τα παραπάνω, στόχος αυτής της ενότητας είναι η παρουσίαση του πληροφοριακού συστήματος γλωσσικών μεταβλητών, το οποίο περιλαμβάνει τους επιμέρους τελεστές που αναπτύχθηκαν στο πλαίσιο της προτεινόμενης προσέγγισης.

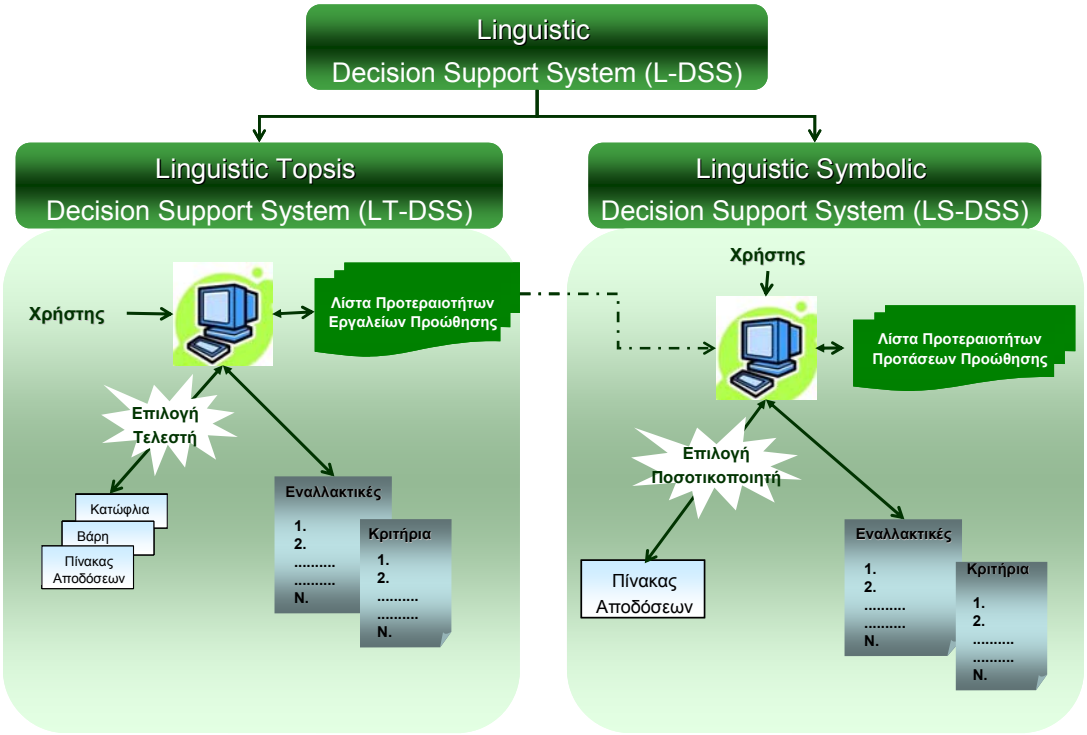
IV.6.2. Αρχιτεκτονική Συστήματος

Το σύστημα που αναπτύχθηκε σχεδιάστηκε με τεχνική ανοιχτής αρχιτεκτονικής, δηλαδή μπορεί ο χρήστης να διαμορφώσει όχι μόνο τα κριτήρια και τις εναλλακτικές αλλά και νέους τελεστές – ποσοτικοποιητές επεξεργασίας γλωσσικών μεταβλητών γρήγορα και εύκολα, χωρίς να επηρεαστεί η δομή του συστήματος.

Υπάρχουν «drop – down menus» όταν ο χρήστης καλείται να επιλέξει πάνω από μία επιλογή όπως και οδηγίες που καθοδηγούν το χρήστη από βήμα σε βήμα στην εφαρμογή των επιμέρους μεθοδολογιών. Με αυτόν τον τρόπο, το συγκεκριμένο σύστημα είναι ιδιαίτερα εύχρηστο, ακόμη και για κάποιον που δεν είναι εξοικειωμένος με πληροφοριακά συστήματα υποστήριξης αποφάσεων.

Το παρακάτω Σχήμα IV.9 απεικονίζει την αρχιτεκτονική του συστήματος υποστήριξης αποφάσεων με χρήση γλωσσικών μεταβλητών, «Linguistic Decision Support System (L-DSS)». Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει μεταξύ του «LS – DSS» και του «LT – DSS» υποσυστήματος, με βάση το πρόβλημα που πρέπει να διαμορφώσει. Το κάθε ένα από τα υποσυστήματα δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να επιλέξει τις κατάλληλες παραμέτρους και να διαμορφώσει τα αποτελέσματα αναλόγως με τις παρούσες ανάγκες του. Πιο συγκεκριμένα:

- *LT – DSS:* Δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη να επιλέξει αρχικά τον τελεστή που θα χρησιμοποιηθεί και στη συνέχεια να προσδιορίσει τις απαραίτητες παραμέτρους του προβλήματος (κριτήρια, εναλλακτικές, πίνακας αποδόσεων, βάρη, κατώφλια) ώστε με τη διενέργεια των κατάλληλων πράξεων να προκύψει η λίστα προτεραιοτήτων των εργαλείων προώθησης των ΑΠΕ.
- *LS – DSS:* Δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη να επιλέξει αρχικά τον ποσοτικοποιητή που θα χρησιμοποιηθεί και στη συνέχεια να προσδιορίσει τις απαραίτητες παραμέτρους του προβλήματος (κριτήρια, εναλλακτικές, πίνακας αποδόσεων) ώστε με τη διενέργεια των κατάλληλων πράξεων να προκύψει η λίστα προτεραιοτήτων των προτάσεων προώθησης των ΑΠΕ.

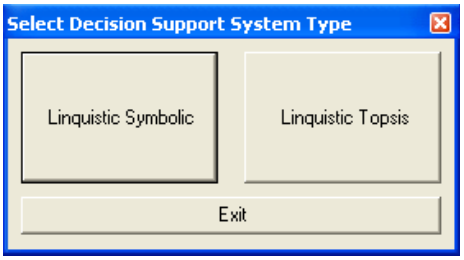


Σχήμα IV.9. Αρχιτεκτονική Συστήματος

Οι λειτουργίες του κάθε υποσυστήματος θα αναλυθούν στις παραγράφους που ακολουθούν.

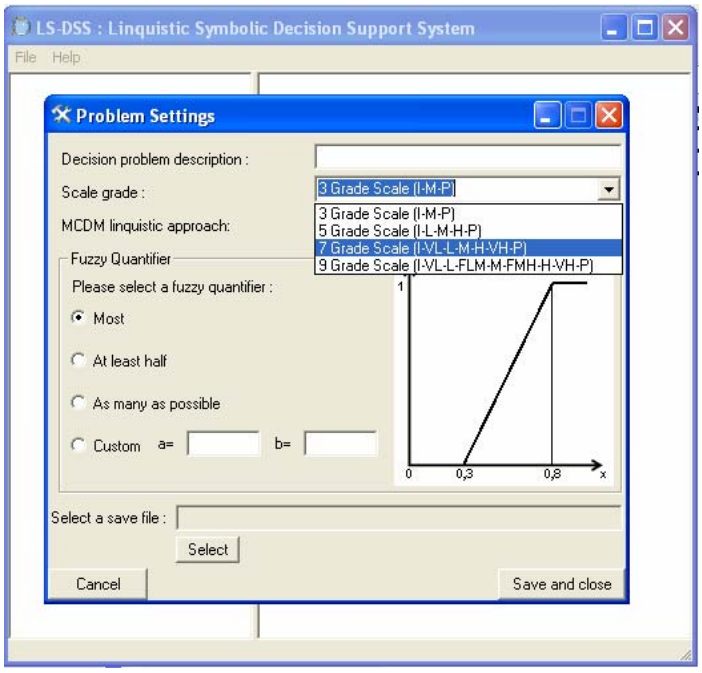
IV.6.2. Επιλογή Χαρακτηριστικών Προβλήματος

Πιο συγκεκριμένα, στο Σχήμα IV.10. φαίνεται η φόρμα υποδοχής του συστήματος, μέσω της όποιας το πρόγραμμα εισάγει τον χρήστη στην επιλογή των δύο υποσυστημάτων υποστήριξης αποφάσεων, του «LS – DSS» και του «LT – DSS».



Σχήμα IV.10. Φόρμα Υποδοχής

Ανάλογα με την επιλογή ο χρήστης εισάγεται στη φόρμα διαμόρφωσης των χαρακτηριστικών του προβλήματος κάθε υποσυστήματος. Το κάθε υποσύστημα δίνει τη δυνατότητα επιλογής των βασικών παραμέτρων του προβλήματος και εισαγωγής των κατάλληλων δεδομένων που θα διαμορφώσουν το τελικό αποτέλεσμα. Το κάθε υποσύστημα χαρακτηρίζεται από μεγάλη φιλικότητα προς το χρήστη, αφού παρέχει τη δυνατότητα αλλαγής όλων των παραμέτρων του προβλήματος.

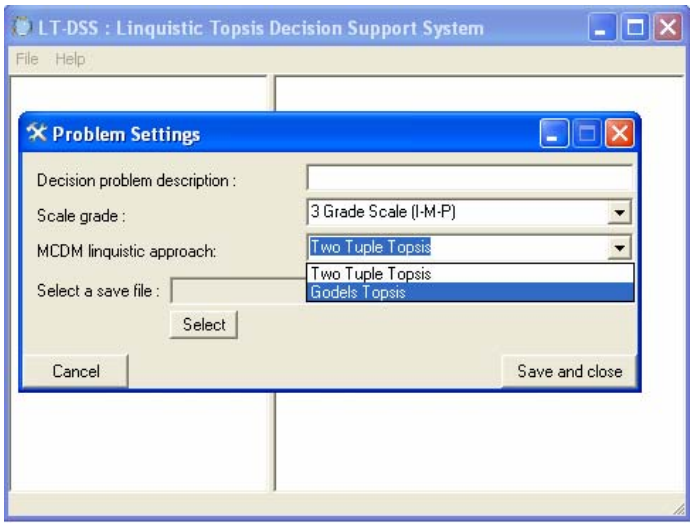


Σχήμα IV.11. Φόρμα Υποσυστήματος Συμβολικής Προσέγγισης

Συγκεκριμένα, όσον αφορά στο υποσύστημα «LS – DSS» γίνεται προσδιορισμός των παρακάτω στοιχείων:

- Της γλωσσικής κλίμακας από ένα «drop down menu» (3-βάθμια, 5-βάθμια, 7-βάθμια, 9-βάθμια).
- Του γλωσσικού τελεστή. Από το μενού του γλωσσικού τελεστή μπορεί να γίνει επιλογή μεταξύ διαφοροποιήσεών του «LOWA», με τον «2-tuple LOWA» να είναι ο βασικός τελεστής για την αξιολόγηση των προτάσεων προώθησης ΑΠΕ.

- Της γλωσσικής ποσοτικοποίησης, όπου δίνεται η δυνατότητα επιλογής μεταξύ τριών προκαθορισμένων δυνατοτήτων (most, at least half και as may as possible) όπως και η δυνατότητα για δημιουργία ποσοτικοποίησης, δίνοντας κατάλληλες τιμές στις αντίστοιχες παραμέτρους (a, b).



Σχήμα IV.12. Φόρμα Υποσυστήματος Προέκτασης της TOPSIS

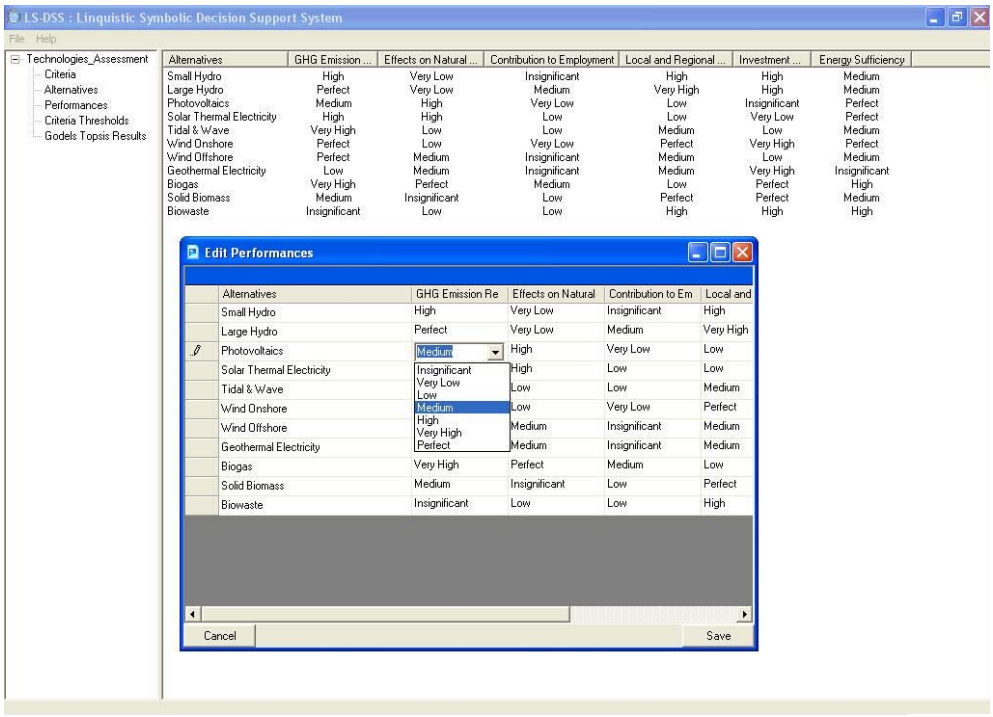
Όπως και στο προηγούμενο υποσύστημα, έτσι και στο υποσύστημα «LT – DSS» δίνεται η δυνατότητα επιλογής τόσο της γλωσσικής κλίμακας όσο και της μεθοδολογίας TOPSIS που ταιριάζει στα χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου προβλήματος, μέσω ενός «drop down menu». Επιλέγεται, δηλαδή, η «2 Tuple TOPSIS» για την αξιολόγηση των τύπων προγραμμάτων ενώ για αξιολόγηση των τεχνικών δυνατοτήτων επιλέγεται η «Gödels TOPSIS» αντίστοιχα.

IV.6.3. Λειτουργία Συστήματος

Αφού διαμορφωθούν τα χαρακτηριστικά του προβλήματος τότε εισάγονται τα επιμέρους δεδομένα που χρειάζονται για την αξιολόγηση, όπως φαίνονται και στο Σχήμα IV.12. Ουσιαστικά εισάγονται δεδομένα που έχουν να κάνουν με:

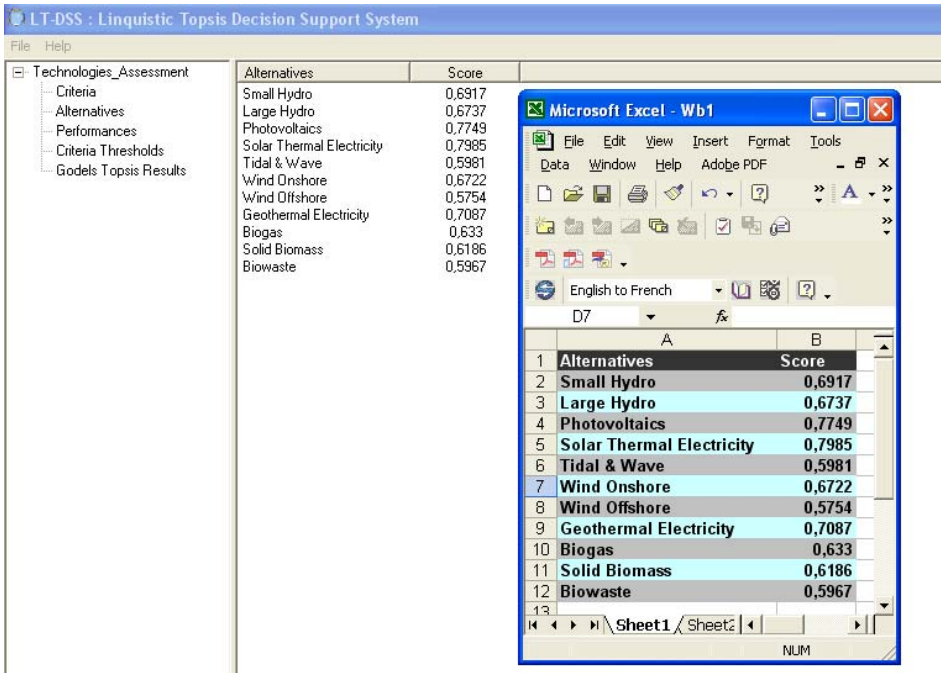
- Τα κριτήρια, που περιλαμβάνουν επιδιώξεις ενεργειακής πολιτικής για την αξιολόγηση των εργαλείων προώθησης των ΑΠΕ.
- Τις εναλλακτικές, που αναφέρονται σε τύπους προγραμμάτων, τεχνολογικές δυνατότητες και προτάσεις προώθησης.
- Τις αποδόσεις των διαφόρων εναλλακτικών σε κριτήρια και στα δύο επιμέρους υποσυστήματα, «LS-DSS» και «LT-DSS».
- Τα βάρη κριτηρίων, αν αξιολογούνται τύποι προγραμμάτων ή κατώφλια κριτηρίων αν αξιολογούνται τεχνολογικές δυνατότητες.

Το κάθε πρόβλημα που διαμορφώνεται αποθηκεύεται σε «binary» αρχεία, ώστε αν χρειαστεί να γίνουν αλλαγές σε μια παράμετρο, ο χρήστης να ανοίγει το αντίστοιχο αρχείο, να κάνει τις επιθυμητές αλλαγές και τα νέα αποτελέσματα να δημιουργούνται πολύ γρήγορα χωρίς να χρειάζεται επανάληψη όλων των διαδικασιών.



Σχήμα IV.13. Φόρμα Εισαγωγής Δεδομένων

Η φόρμα εξαγωγής αποτελεσμάτων είναι η τελευταία φόρμα του λειτουργικού του συστήματος, όπου τα αποτελέσματα αποθηκεύονται σε κατάλληλο αρχείο στη βάση δεδομένων και παρουσιάζονται κατά φθίνουσα σειρά, με βάση την τελική τους βαθμολογία. Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα εξαγωγής και αποθήκευσης των αποδόσεων, των κατωφλίων – βαρών και των αποτελεσμάτων που εμφανίζονται στην τελική φόρμα σε Excel.



Σχήμα IV.14. Φόρμα Εξαγωγής Αποτελεσμάτων

IV.7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το παρόν Κεφάλαιο επικεντρώθηκε στην παρουσίαση και ανάλυση της μεθοδολογίας που προτείνεται για τη διαμόρφωση και αξιολόγηση προτάσεων προώθησης ΑΠΕ στο σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα, όπως αυτό διαμορφώνεται από την απελευθέρωση της ενεργειακής αγοράς και την κλιματική αλλαγή.

Το μεθοδολογικό πλαίσιο ***RE$_2$S*** το οποίο παρουσιάσθηκε αποτελείται από τρεις συνιστώσες που αφορούν στην οργάνωση των χαρακτηριστικών του προβλήματος, στην επιλογή των εργαλείων προώθησης ΑΠΕ με βάση τις επιδιώξεις του σύγχρονου περιβάλλοντος λειτουργίας του ενεργειακού τομέα και στη σύνθεση και αξιολόγηση των προτάσεων προώθησης ΑΠΕ, με βάση τα χαρακτηριστικά των εμπλεκομένων της ενεργειακής αγοράς. Η μεθοδολογία αποτυπώθηκε επιτυχώς με τη χρήση κατάλληλων εργαλείων στο πληροφοριακό σύστημα ***L-DSS***, το οποίο αποσκοπεί να υποστηρίξει ουσιαστικά τους φορείς χάραξης πολιτικών για την προώθηση των ΑΠΕ.

Η προτεινόμενη μεθοδολογία διατυπώνει ένα ολοκληρωμένο μεθοδολογικό πλαίσιο, που υποστηρίζει τους αποφασίζοντες στην αναγνώριση όλων των παραμέτρων του προβλήματος, στην εμπεριστατωμένη ανάλυση των μεταξύ τους αλληλεπιδράσεων κατά τη διαδικασία του ενεργειακού σχεδιασμού, ισορροπώντας ανάμεσα στις λειτουργικές αρχές μιας απελευθερωμένης αγοράς ενέργειας και στη διεθνή ανάγκη για μετριασμό των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής.

Ουσιαστικά, το πλαίσιο αυτό δεν έχει ως στόχο να υποδείξει τις επιλογές ΑΠΕ που θα πρέπει να προωθηθούν αλλά να υποστηρίξει τους αποφασίζοντες, ενσωματώνοντας στη διαδικασία λήψης αποφάσεων:

- Τον πολυδιάστατο χαρακτήρα των ΑΠΕ, που είναι από τη φύση του καινοτομικός και μεταρρυθμιστικός, μέσα από την συστηματική προσέγγιση ολόκληρου του ενεργειακού συστήματος.
- Το σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα, μέσω της αποτελεσματικής σύνθεσης της οικονομικής, τεχνολογικής και κοινωνικής διάστασης και της εκμετάλλευσης των δυνατοτήτων των εργαλείων που έχει στη διάθεσή της η Πολιτεία (τύποι προγραμμάτων και τεχνολογικές δυνατότητες).
- Τους εμπλεκόμενους στην ενεργειακή αγορά, που αποτελούν την κινητήριο δύναμη και τη μορφή που διαμορφώνεται η ανάπτυξη, μέσω της επιπλέον εκτίμησης των διαφόρων εργαλείων προώθησης ΑΠΕ από την πλευρά των χαρακτηριστικών τους, εσωκλείοντας με αυτόν τον τρόπο θέματα που έχουν να κάνουν με το ποιοι θα επηρεαστούν από τις προτάσεις προώθησης και πόσο είναι διατεθειμένοι να επενδύσουν.

Επιπρόσθετα, οι επιμέρους πρωτότυπες μεθοδολογίες που αναπτύχθηκαν και τα αντίστοιχα συστήματα συμβάλλουν ουσιαστικά στην υποστήριξη της διαχείρισης πληροφοριών, που πολλές φορές είναι από τη φύση τους ποιοτικές και χαρακτηρίζονται από υποκειμενισμό και έλλειψη ακρίβειας. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της χρήσης γλωσσικών μεταβλητών σε διακριτή και διατεταγμένη κλίμακα, η επεξεργασία των οποίων γίνεται με τρόπο διαφανή και αξιόπιστο.

Συγκεκριμένα, κάθε μία από τις επιμέρους πρωτότυπες μεθοδολογίες, μπορούν να αποτελέσουν ξεχωριστά εργαλεία υποστήριξης αποφάσεων:

- *«2-tuple TOPSIS»:* Αξιολογεί τους τύπους προγραμμάτων με σκοπό την αναγνώριση εκείνων που έχουν μεγαλύτερη συνεισφορά στις επιδιώξεις της ενεργειακής πολιτικής, επεκτείνοντας την TOPSIS για να διαχειρίζεται γλωσσικές μεταβλητές, μέσω της «απεικόνισης διπλής αναπαράστασης (2-tuple)».
- *«Gödels TOPSIS»:* Αξιολογεί τις τεχνολογικές δυνατότητες με σκοπό την αναγνώριση εκείνων που έχουν βραχυπρόθεσμη συνεισφορά στις επιδιώξεις της ενεργειακής πολιτικής, επεκτείνοντας την TOPSIS για να διαχειρίζεται γλωσσικές μεταβλητές, μέσω της συνεπαγωγής «Gödels» για τη σύζευξη των αποδόσεων και των βαρών του πολυκριτηριακού προβλήματος.
- *«2-tuple LOWA»:* Αξιολογεί τις προτάσεις προώθησης ΑΠΕ, με σκοπό την αναγνώριση εκείνων που συνάδουν σε μεγαλύτερο βαθμό με τα χαρακτηριστικά των εμπλεκομένων, μέσω του τελεστή «LOWA», με την αναπαράσταση των γλωσσικών μεταβλητών να γίνεται με βάση την προσέγγιση διπλής αναπαράστασης.

Με αυτόν τον τρόπο παρέχεται η δυνατότητα αποτίμησης των επιλογών ΑΠΕ και των επιπτώσεων τους σε κάθε διάσταση, με τρόπο άμεσο και κατανοητό. Ουσιαστικά, οι επιμέρους πρωτότυπες μεθοδολογίες παρέχουν ένα επαρκές πλαίσιο για:

- Εισαγωγή στο πολυκριτηριακό μοντέλο της ανθρώπινης αντίληψης στην αξιολόγηση των αποδόσεων, επειδή οι άνθρωποι πολύ συχνά χρησιμοποιούν λέξεις στη φυσική τους γλώσσα αντί για αριθμητικές έννοιες, όταν προσπαθούν να προσδιορίσουν ασαφή χαρακτηριστικά.
- Άμεσους υπολογισμούς με τους γλωσσικούς όρους, ανεξάρτητα από τη σημασιολογική τους έννοια, το οποίο δύναται να μειώσει την ασάφεια σε επίπεδο που μπορεί να είναι διαχειρίσιμη.

Επιπλέον, δεδομένης της ευελιξίας και προσαρμοστικότητας της παρουσιαζόμενης μεθοδολογίας και των επιμέρους πρωτότυπων μεθόδων, μπορούν να δημιουργήσουν ένα επαρκές πλαίσιο για την υποστήριξη αποφάσεων σε παρόμοια προβλήματα, όπως αξιολογήσεις σεναρίων και επιχειρησιακών σχεδίων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1] EC. (2007), “Commission proposes an integrated energy and climate change package to cut emissions for the 21st Century”, IP/07/29, Brussels, 10 January.

[2] Collier U. (2002), “European Union energy policy in a changing climate, in: Lenschow A (Eds.)”, Environmental Policy Integration, Greening Sectoral Policies in Europe, Earthscan, London, p. 175–192.

[3] EC. (2007), “Renewable Energy Road Map - Renewable energies in the 21st century: building a more sustainable future”, COM(2006) 848 final, Brussels, 10 January.

[4] EC. (2007), “Green Paper follow-up action - Report on progress in renewable electricity”, COM(2006) 849 final, Brussels, 10 January.

[5] Salo A, Gustafsson T, Ramanathan R. (2003), “Multicriteria Methods for Technology Foresight”, Journal of Forecasting, 22 (2-3), 235–256.

[6] Pohekar SD, Ramachandran M. (2004), “Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning — A review”, Renewable and Sustainable Energy Reviews 8, 365–381.

[7] Doukas H, Patlitzianas, KD, Psarras J. (2006), “Supporting the Sustainable Electricity Technologies in Greece Using MCDM”, Resources Policy 31(2) 129-136.

[8] Komor P, Bazilian M. (2005), “Renewable energy policy goals, programs, and technologies”, Energy Policy 33, 1873–1881.

[9] Knutsson D, Werner S, Ahlgren EO. (2006), “Short-term impact of green certificates and CO2 emissions trading in the Swedish district heating sector”, Applied Energy 83, 1368–1383.

[10] Johansson B. (2006), “Climate policy instruments and industry—effects and potential responses in the Swedish context”, Energy Policy 34, 2344–2360.

[11] Wang Y. (2006), “Renewable electricity in Sweden: an analysis of policy and regulations”, Energy Policy 34, 1209–1220.

[12] Enzensberger N, Wietschel M, Rentz O. (2002), “Policy instruments fostering wind energy projects - a multi-perspective evaluation approach”, Energy Policy 30: 793–801.

[13] Doukas H, Patlitzianas KD, Kagiannas AG, Psarras J. (2008), “Energy Policy Making: An Old Concept or a Modern Challenge?”, Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy Journal, in press.

[14] Bouyssou D. (1990), “Building criteria: A prerequisite for MCDA, in Bana and Costa C. (ed)”, Readings in Multiple Criteria Decision Aid, Speinger – Verlag, Berlin.

[15] Patlitzianas KD, Ntontas K, Doukas H, Psarras J. (2007), “Assessing the Renewable Energy Producers' Environment in the EU Accession Member States”, Energy Conservation and Management 48(3): 890-897.

[16] Doukas H, Patlitzianas KD, Papadopoulou A, Psarras J. (2008), “Foresight of Innovative Energy Technologies through a Multi Criteria Approach”, International Journal of Energy Technology and Policy (IJETP), in press.

[17] Flamos A, Doukas H, Karakosta C, Psarras J. (2007), "MCDM Approach For Assessing CDM Energy Technologies Towards Sustainable Development", 9th International Conference on Energy for a Clean Environment – CleanAir 2007, Póvoa de Varzim, Portugal, 2-5 July 2007.

[18] Hwang CL, Yoon K. (1981), "Multiple Attribute Decision Making-Method and Applications, A State-of-the-Art Survey", Springer-Verlag, New York, p. 12–50.

[19] Phillis YA, Andriantiatsaholiniaina LA. (2001), "Sustainability: an ill-defined concept and its assessment using fuzzy logic", Ecological Economics 37, 435–456.

[20] Anagnostopoulos K, Doukas H, Psarras J. (2008), "A linguistic multicriteria analysis system combining fuzzy sets theory, ideal and anti-ideal points for location site selection", Expert Systems With Applications, 38(2), in press.

[21] Doukas H, Psarras J. (2008), "A Linguistic Decision Support Model towards the Promotion of Renewable Energy", Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy Journal, in press.

[22] Δούκα Χ, Παππά Χ, Ψαρρά Ι. (2006) "Μεθοδολογία Υποστήριξης Αποφάσεων για την Προώθηση της Ανανεώσιμης Ενέργειας με Χρήση Γλωσσικών Μεταβλητών", Πολυκριτήρια Συστήματα Αποφάσεων, Εκδόσεις Κλειδάριθμος.

[23] Herrera F, Martınez L, Sanchez PJ, (2005), "Managing non-homogeneous information in group decision making",European Journal of Operational Research 166, 115–132.

[24] Herrera F, Herrera-Viedma E, (2000), "Linguistic decision analysis: steps for solving decision problems under linguistic information", Fuzzy Sets and Systems 115, 67-82.

[25] Doukas H, Botsikas A, Psarras J. (2006), "Multi-criteria decision aid for the formulation of sustainable technological energy priorities using linguistic variables", European Journal of Operational Research, 182(2), 844-855.

[26] Turban E. (1995), "Decision support and expert system", New York: Prentice Hall.

[27] Fiorucci P, Minciardi R. (2003), "Solid waste management in urban areas: Development and application of a decision support system", Resources Conservation and Recycling, 37(4): 301–28.

[28] Brand C, Mattarelli M, Moon D, Calvo RW. (2002), "STEEDS: A strategic transport-energy-environment decision support". European Journal of Operational Research, 139(2): 416–35.

[29] Gandibleux X. (1999), "Interactive multicriteria procedure exploiting a knowledge-based module to select electricity production alternatives: The CASTART system". European Journal of Operational Research, 113(2):355–73.

[30] Roulet CA. (2002), "ORME: A multi-criteria rating methodology for buildings". Building and Environment, 37:579–86.

[31] Georgopoulou E, Sarafidis F, Mirasgedis S, Zaimi S, Lalas DP. (2003), "A multiple criteria decision-aid approach in defining national priorities for greenhouse gases emissions reduction in the energy sector". European Journal of Operational Research, 146(1): 199–215.

[32] Doukas H, Patlitzianas K, Iatropoulos K, Psarras J. (2007), "Intelligent Building Energy Management System Using Rule Sets", Building and Environment 42(10): 3562-3569.

[33] Doukas H, Nychtis C, Psarras J. (2008), "Assessing Energy-Saving Measures in Buildings Through an Intelligent Decision Support Model", Buildings and Environment, in press.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ V: ΕΦΑΡΜΟΓΗ

V.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το παρόν κεφάλαιο εστιάζεται στην εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας στον ελληνικό ενεργειακό τομέα.

Η συγκεκριμένη διδακτορική διατριβή εκπονήθηκε με την υποστήριξη του Προγράμματος Ενίσχυσης Ερευνητικού Δυναμικού (ΠΕΝΕΔ) «Υποστήριξη Αποφάσεων Προώθησης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και Εξοικονόμησης Ενέργειας στο Πλαίσιο των Νέων Συνθηκών της Ελληνικής Αγοράς Ενέργειας (Υπουργείο Ανάπτυξης – ΥΠΑΝ, Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας – ΓΓΕΤ, ΜΕΤΡΟ 8.3, ΔΡΑΣΗ 8.3.1)». Αντικείμενο του συγκεκριμένου προγράμματος αποτελεί η ανάπτυξη κατάλληλων συστημάτων και μεθοδολογιών, με στόχο την αποτελεσματική υποστήριξη αποφάσεων για την προώθηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) και της Εξοικονόμηση Ενέργειας (ΕΞΕΝ) στο σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα. Στο παρόν έργο υλοποιούνται δύο διδακτορικές διατριβές, που αφορούν στην υποστήριξη αποφάσεων προώθησης των ΑΠΕ και της ΕΞΕΝ, ούτως ώστε η κάθε διατριβή να αντιμετωπίζει σφαιρικά όλα τα θέματα και τις αλληλεπιδράσεις των τριών εμπλεκομένων κέντρων αποφάσεων, δηλαδή της Πολιτείας, των ενεργειακών εταιρειών και των χρηστών.

Με βάση τα παραπάνω, η συγκεκριμένη διδακτορική διατριβή αποτελεί μέρος του προγράμματος, εστιάζοντας στην υποστήριξη αποφάσεων για τη δημιουργία του κατάλληλου πλαισίου κατευθύνσεων για την Πολιτεία, που θα διαμορφώνει ένα ευνοϊκό περιβάλλον για την προώθηση των ΑΠΕ.

Επιπλέον, άντληση επιμέρους δεδομένων και πληροφοριών έγινε στο πλαίσιο των ευρωπαϊκών προγραμμάτων:

- «Scientific Reference System on New Energy Technologies, Energy End-use Efficiency and Energy RTD – SRS NET & EEE (EC - FP6, Coordination Action)». Το συγκεκριμένο ερευνητικό πρόγραμμα στοχεύει στη δημιουργία ενός επιστημονικού συστήματος αναφορών, το οποίο θα ενισχύσει την πληρότητα, ποιότητα και διαθεσιμότητα των στοιχείων και πληροφοριών, για Νέες Ενεργειακές Τεχνολογίες (ΝΕΤ), με έμφαση στις ΑΠΕ και στην ΕΞΕΝ.
- «The Potential of Transferring and Implementing Sustainable Energy Technologies through the Clean Development Mechanism of the Kyoto Protocol – ENTTRANS (EC - FP6, Specific Support Action)». Το συγκεκριμένο ερευνητικό πρόγραμμα στοχεύει μεταξύ άλλων στην ανάλυση της προόδου των τεχνολογικών επιλογών των ΑΠΕ σε θέματα έρευνας και ανάπτυξης και διείσδυσης στην αγορά της ΕΕ και σε διεθνή κλίμακα, καθώς και εκτίμηση των εμποδίων στην υλοποίηση τους.

Ουσιαστικά, μέσω των παραπάνω ερευνητικών προγραμμάτων παράχθηκαν αντικειμενικά, επικυρωμένα και επιστημονικά τεκμηριωμένα δεδομένα για τις διαθέσιμες επιλογές ΑΠΕ, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν σαν δεδομένα εισόδου στο πληροφοριακό σύστημα για την εφαρμογή που διενεργήθηκε.

Το κεφάλαιο αυτό, πέρα από την εισαγωγή χωρίζεται στις ακόλουθες ενότητες:

- Η $2^{η}$ ενότητα αναφέρεται στα χαρακτηριστικά του πεδίου εφαρμογής, δηλαδή στο σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ελληνικού ενεργειακού τομέα. Στόχος της ενότητας είναι να αποτυπωθεί η παρούσα κατάσταση, όσον αφορά στα χαρακτηριστικά της ελληνικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, παρουσιάζοντας τα σχετιζόμενα εργαλεία και τους εμπλεκόμενους που δραστηριοποιούνται σε αυτή, με βάση την κωδικοποίηση που παρουσιάσθηκε στο προηγούμενο Κεφάλαιο της προτεινόμενης μεθοδολογίας.
- Τα αποτελέσματα από την εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας, μέσω του πληροφοριακού συστήματος που αναπτύχθηκε, παρουσιάζεται στην $3^{η}$ ενότητα. Συγκεκριμένα, αναλύονται οι τέσσερις διαδοχικές φάσεις με τις οποίες διενεργήθηκε η εφαρμογή, δηλαδή, ο προσδιορισμός των εξεταζόμενων εργαλείων προώθησης, ο προσδιορισμός της λίστας προτεραιοτήτων για τα εργαλεία προώθησης και στη συνέχεια για τις προτάσεις προώθησης και τέλος η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων.
- Τα σημαντικότερα συμπεράσματα από την παραπάνω ανάλυση περιγράφονται συνοπτικά στην τελευταία ενότητα.

V.2 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ

V.2.1. Δράσεις και Μέτρα Ανάπτυξης

Άξονες Ανάπτυξης

Η ενεργειακή πολιτική αποτελεί έναν από τους στρατηγικούς άξονες πολιτικής της Ελλάδος μέσα στο πλαίσιο των κατευθύνσεων της ΕΕ. Η ενέργεια χαρακτηρίζεται σαν ένας καθοριστικός παράγοντας ανταγωνιστικότητας και οικονομικής ανάπτυξης και η Ελλάδα καλείται να ανταποκριθεί στο έντονα ανταγωνιστικό ενεργειακό περιβάλλον της εποχής μας, που ωστόσο είναι γεμάτο προκλήσεις, απειλές και ευκαιρίες. Ακολουθώντας τη Στρατηγική της Λισσαβόνας που είχε θέσει σαν πυρήνα της πολιτικής την οικονομική ανάπτυξη και την αύξηση της απασχόλησης και είχε θέσει ως κύριους στόχους την απελευθέρωση των αγορών, την αύξηση της ανταγωνιστικότητας, την προστασία του περιβάλλοντος, την επένδυση στην έρευνα και την καινοτομία, η Ελλάδα προχώρησε σε δράσεις και μέτρα κυρίως μέσω κατάλληλων δράσεων του αντίστοιχου Υπουργείου (Υπουργείο Ανάπτυξης). Κύρια επιδίωξη μέσω αυτών είναι η εξασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού της χώρας, στο πλαίσιο της επίτευξης των περιβαλλοντικών στόχων της, η υποστήριξη της απελευθέρωσης της αγοράς ενέργειας και η ένταξή της χώρας στα μεγάλα διεθνή δίκτυα μεταφοράς ηλεκτρισμού, πετρελαίου και φυσικού αερίου. Ειδικότερα, άξονες ανάπτυξης, όπως προσδιορίζονται στις «νέες διεθνείς συνθήκες», επικεντρώνονται στα εξής:

- Ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού, μειώνοντας την εξάρτηση της χώρας από το πετρέλαιο, με τρόπο φιλικό προς το περιβάλλον, με προώθηση των ενεργειακών δικτύων του φυσικού αερίου και του ηλεκτρισμού και περαιτέρω διείσδυση των ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο καθώς και με την έρευνα και ανάπτυξη καινοτόμων ενεργειακών τεχνολογιών.
- Βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας και προώθηση μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας.
- Ορθολογική διαχείριση των φυσικών πόρων.
- Ενδυνάμωση του γεωστρατηγικού ρόλου της χώρας στον ενεργειακό χάρτη της ευρύτερης περιοχής που εστιάζει στη διεθνή διασύνδεση της χώρας μέσω της ένταξής της στα μεγάλα διεθνή δίκτυα μεταφοράς ηλεκτρισμού, πετρελαίου φυσικού αερίου.
- Αξιοποίηση των νέων τεχνολογιών για εκσυγχρονισμό και βελτίωση της ασφάλειας των ενεργειακών δικτύων.

Δράσεις Προώθησης ΑΠΕ

Από τα παραπάνω καθίσταται σαφής η σημαντική θέση που κατέχουν οι ΑΠΕ. Για το λόγο αυτό η Ελλάδα προχωράει σε δράσεις για τη διείσδυση των ΑΠΕ, όπως:

- Επενδύσεις παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ.
- Ενεργειακές επενδύσεις στο δημόσιο και οικιακό τομέα.
- Ειδικές δράσεις αξιοποίησης βιομάζας.
- Ενεργειακές επενδύσεις στη νησιωτική χώρα.
- Έρευνα και ανάπτυξη καινοτόμων ενεργειακών τεχνολογιών.

- Οριζόντιες δράσεις για την υποστήριξη της προώθησης των ΑΠΕ και ΕΞΕΝ.

Βασική επιδίωξη της Ελλάδας πρέπει να είναι η ανταπόκριση στις υποχρεώσεις της απέναντι στην ΕΕ και στις δεσμεύσεις από το Πρωτόκολλο του Κιότο. Συγκεκριμένα, η Ελλάδα έχει δεσμευθεί να μην αυξήσει τις εκπομπές των έξι αερίων του θερμοκηπίου πάνω από 25% κατά μέσο όρο στο διάστημα 2008-2012 σε σχέση με τις εκπομπές του 1990. Το 2010 προβλέπεται ότι οι εκπομπές θα είναι αυξημένες κατά 39,4% σε σύγκριση με το έτος βάσης (για δε το 2020, το αντίστοιχο ποσοστό αύξησης εκτιμάται σε 57,6%). Αυτό δε πρέπει να αποτελέσει τον τελικό στόχο αλλά την αφετηρία για την περαιτέρω προώθηση των ΑΠΕ αντιλαμβανόμενη η Ελλάδα τα συνεπαγόμενα μεγάλα οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά οφέλη.

Επιπλέον, η ΕΕ έχει θέσει ως στόχο το 2010 το μερίδιο των ΑΠΕ στην ακαθάριστη εσωτερική κατανάλωση ενέργειας να είναι 12%. Η επίσημη συνεισφορά των ΑΠΕ στο εθνικό ισοζύγιο της χώρας το 2005 είναι της τάξης του 5%, συμπεριλαμβανομένων και των μεγάλων υδροηλεκτρικών (Υ/Η) και των αντλητικών εγκαταστάσεων. Εάν αφαιρεθούν τα μεγάλα Υ/Η, τα αντλητικά και η βιομάζα στον οικιακό τομέα, τότε το ποσοστό μειώνεται σε 1,6% [1]. Επομένως, γίνεται φανερό, ότι θα πρέπει να καλυφθεί μεγάλη απόσταση μέχρι το 2010 προκειμένου να επιτευχθεί ο προαναφερόμενος στόχος.

Επίσης, σύμφωνα με την οδηγία 2001/77/ΕΚ, όλα τα κράτη μέλη θέσπισαν στόχους για το μερίδιο της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ. Για τη χώρα μας οι εθνικοί στόχοι είναι το ποσοστό συμμετοχής των ΑΠΕ στην ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας να ανέλθει από 12,2% που είναι σήμερα, σε 20,1% μέχρι το 2010 και σε 29% μέχρι το 2020 [2].

Επιπλέον, με βάση τις υποχρεώσεις της που απορρέουν από τις κοινοτικές οδηγίες, έπρεπε στην Ελλάδα να έχει αντικατασταθεί η βενζίνη και το ντίζελ από βιοκάσιμα κατά 2% έως το 2005 και κατά 5,57 % έως το 2010, ενώ το 1,2% της ηλεκτροπαραγωγής στη χώρα να προέρχεται από βιομάζα. Ο στόχος του 2005 δεν επιτεύχθηκε και μπορεί να αναμένεται σημαντική πρόοδος στο μέλλον, αλλά η απόσταση με τα σημερινά δεδομένα είναι τεράστια και θεωρείται σχεδόν αδύνατο να καλυφθεί η διαφορά.

Βασική επιδίωξη της Ελλάδος για να πετύχει τους στόχους της πρέπει να είναι η ανάπτυξη μιας ολοκληρωμένης και συμπαγούς πολιτικής για την προώθηση των ΑΠΕ, που να εντάσσεται στις γενικότερες ενεργειακές και αναπτυξιακές επιδιώξεις της χώρας. Μόνο με αυτό τον τρόπο θα μπορέσουν να αντιμετωπισθούν τα επιμέρους προβλήματα που καθυστερούν τη διείσδυση των ΑΠΕ, όπως είναι:

- Η έλλειψη χωροταξικού σχεδιασμού.
- Οι περιορισμένες δυνατότητες απορρόφησης της παραγωγής ΑΠΕ από τα υφιστάμενα δίκτυα.
- Η πολύπλοκη και χρονοβόρα αδειοδοτική διαδικασία.
- Οι αντιδράσεις της τοπικής κοινωνίας λόγω έλλειψης ενημέρωσης των κατοίκων για τις ωφέλειες των εγκαταστάσεων ΑΠΕ στο περιβάλλον και στην οικονομία.

- Η ανωριμότητα των επενδυτικών σχεδίων, εξαιτίας της οποίας παρατηρούνται συνεχείς τροποποιήσεις μέχρι την οριστικοποίηση τόσο των τεχνικών χαρακτηριστικών των έργων όσο και των επενδυτικών σχημάτων.

V.2.2. Επιδιώξεις

Από τα παραπάνω καθίσταται σαφές ότι η ενεργειακή αγορά της Ελλάδας βρίσκεται σε στάδιο μετεξέλιξης, στο πλαίσιο της πορείας για απελευθέρωση και για την άμβλυνση του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής. Συνοπτικά, με βάση την κωδικοποίηση που παρουσιάσθηκε στο Κεφάλαιο IV, οι βασικές ενεργειακές επιδιώξεις είναι οι ακόλουθες [3 - 6]:

Ε.1. Μείωση Εκπομπών Αερίων Θερμοκηπίου: Η Ελλάδα έχει ήδη ξεπεράσει το ποσοστό που δεσμεύεται από το Πρωτόκολλο του Κιότο. Βασική πηγή εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην Ελλάδα, αποτελεί ο τομέας της ενέργειας, ο οποίος συμβάλλει κατά 78,6% στις συνολικές εκπομπές, με την ενεργειακή βιομηχανία να κατέχει το 55,3% και τις μεταφορές το 20,6%. Η ΔΕΗ συμμετέχει κατά 73% στο σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών CO_2 και εκπέμπει το 40% του συνόλου αερίων του θερμοκηπίου της χώρας. Το πρώτο Εθνικό Σχέδιο Κατανομής Δικαιωμάτων Εκπομπών (ΕΣΚΔΕ) εφαρμόστηκε για την περίοδο 2005-2007, το οποίο εγκρίθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και προβλέπει μείωση των εκπομπών ρύπων θερμοκηπίου κατά 2,1%, ενώ για την περίοδο 2008-2012 προτείνεται μια αυστηρότερη κατανομή, μέσω του δεύτερου σχεδίου κατανομής. Από την άλλη, η προώθηση των ΑΠΕ αποτελεί βασική ενεργειακή επιδίωξη στην προσπάθεια μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, ενώ από τις ήδη υπογεγραμμένες συμβάσεις έργων ΑΠΕ αναμένεται ετήσια μείωση εκπομπών κατά 700.000 tn CO_2. Τέλος, είναι δυνατόν η Ελλάδα να πετύχει τους στόχους της αξιοποιώντας παράλληλα και κάποιους από τους λεγόμενους «ευέλικτους μηχανισμούς» του Πρωτοκόλλου του Κιότο, όπως η Εμπορία Δικαιωμάτων Εκπομπών, ο Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης και τα Προγράμματα από Κοινού.

Ε.2. Μείωση των Επιδράσεων στο Φυσικό Περιβάλλον: Η βιώσιμη ανάπτυξη αποτελεί ευθύνη της Πολιτείας και θα πρέπει να εξασφαλισθεί με νομοθετήματα, τροποποιήσεις του θεσμικού πλαισίου και υποστηρικτικές δράσεις. Προς την κατεύθυνση αυτή ποικίλες είναι οι επιδιώξεις της Ελληνικής Πολιτείας, καλύπτοντας ένα ευρύ πεδίο δράσεων, όπως δράσεις για την ορθολογική διαχείριση των φυσικών πόρων, τη διατήρηση και αποκατάσταση του φυσικού κεφαλαίου, την πρόληψη για την αποφυγή περιβαλλοντικών ανισορροπιών, τη βελτίωση της λειτουργίας των επιτροπών παρακολούθησης και τη δημιουργία σώματος ελεγκτών περιβάλλοντος, τη διατήρηση της φέρουσας ικανότητας των οικοσυστημάτων, τη διατήρηση των σπουδαιότερων πολιτιστικών στοιχείων, τη διατήρηση της ποιότητας ζωής στις πόλεις, τη διατήρηση και προστασία του τοπίου με παρεμβάσεις που δεν αλλοιώνουν τον τοπικό χαρακτήρα, τη διαχείριση αποβλήτων και την προώθηση νέων τεχνολογιών για την ΕΞΕΝ και την καθιέρωση της οικολογικής συνείδησης των πολιτών. Επίσης, επιδιώκεται η ολοκλήρωση και θεσμοθέτηση του Εθνικού Χωροταξικού Σχεδίου, όπως επίσης και των συναφών με τη θεματική του Επιχειρησιακού Προγράμματος Ειδικών Χωροταξικών Σχεδίων για τον τουρισμό, τις ΑΠΕ και τη μεταποίηση, που εκτιμάται ότι θα συμβάλλει καθοριστικά στην επίλυση κρίσιμων προβλημάτων χωροθέτησης των επιχειρηματικών δραστηριοτήτων.

Ε.3. Ανταγωνιστικότητα, Επιχειρηματικότητα και Απασχόληση: Η Ελλάδα βρίσκεται στην 22η θέση στη συνολική κατάταξη με βάση τους στοχοδείκτες της ατζέντας της Λισσαβόνας. Τα κυριότερα προβλήματα της ελληνικής οικονομίας που εξηγούν τη θέση αυτή είναι η χαμηλή παραγωγικότητα, η αδυναμία αντιμετώπισης του διεθνούς ανταγωνισμού, η περιορισμένη ικανότητα ενσωμάτωσης νέων τεχνολογιών, η αναποτελεσματικότητα συντονισμού των εμπλεκομένων και η αδυναμία προσέλκυσης ξένων επενδύσεων. Η βελτίωση της προσπελασιμότητας δικτύων και υπηρεσιών γενικού οικονομικού συμφέροντος, στο τομέα της ενέργειας, αποτελούν απαραίτητα εργαλεία για αύξηση της ανταγωνιστικότητας της ελληνικής οικονομίας, δεδομένου ότι δημιουργούνται ευνοϊκότερες συνθήκες για την ανάπτυξη επιχειρηματικής δραστηριότητας, σε συνθήκες ανταγωνισμού. Επιδίωξη αποτελεί η δημιουργία δυναμικών, ευέλικτων και καινοτόμων μικρό-μεσαίων επιχειρήσεων στον τομέα της ενέργειας γενικά και των ΑΠΕ ειδικότερα, αν και ο ρυθμός δημιουργίας τέτοιων επιχειρήσεων είναι ακόμα χαμηλός, παρά τις πρωτοβουλίες που έχουν ληφθεί με παροχή κινήτρων μέσω αναπτυξιακών νόμων και επιχειρησιακών προγραμμάτων. Επιπλέον, το ποσοστό του εργατικού δυναμικού στην Ελλάδα στο σύνολο του πληθυσμού ηλικίας 15 ετών και άνω είναι 53,3% για το Δ' τρίμηνο του 2006. Το ποσοστό ανεργίας των γυναικών (13,5%), αν και έχει μειωθεί σημαντικά, εξακολουθεί να είναι υπερδιπλάσιο από εκείνο των ανδρών (5,5%). Το ποσοστό των «νέων ανέργων», δηλαδή όσων εισέρχονται για πρώτη φορά στην αγορά εργασίας αναζητώντας απασχόληση, ανέρχεται στο 36,2% του συνόλου των ανέργων. Η ενίσχυση της αγοράς ανανεώσιμης ενέργειας μπορεί να συμβάλει στην άμβλυνση αυτών των ποσοστών.

Ε.4. Τοπική και Περιφερειακή Οικονομική Ανάπτυξη: Οι ελληνικές περιφέρειες, λόγω μικρού μεγέθους και συγκεκριμένων αδυναμιών που παρουσιάζουν, συνιστούν οικονομικές οντότητες ευάλωτες στον ανταγωνισμό στο εσωτερικό της ΕΕ, ενώ η παραγωγικότητα τους κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα, ως προς το μέσο κοινοτικό όρο. Η ανάδυση περιφερειακών πόλων με ισχυρή ανταγωνιστικότητα θα ενισχύσει τη συνολική εθνική ανταγωνιστικότητα. Άμεση επιδίωξη για την Ελλάδα αποτελεί η αξιοποίηση των δυνατοτήτων της ελληνικής περιφέρειας, με την προώθηση δράσεων εστιασμένων στις ανάγκες και τα χαρακτηριστικά της κάθε περιφέρειας. Οι ΑΠΕ, με τον αποκεντρωμένο χαρακτήρα τους, μπορούν να έχουν πρωταγωνιστικό ρόλο στην προώθηση ολοκληρωμένης στρατηγικής για την καινοτομία σε περιφερειακό επίπεδο και στη δημιουργία νέων επιχειρηματικών δραστηριοτήτων, με βάση την παραχθείσα γνώση.

Ε.5. Χαμηλές Τιμές Αγοράς Ενέργειας: Άμεση προτεραιότητα αποτελεί η ολοκλήρωση της εσωτερικής αγοράς ενέργειας με στόχο την εξασφάλιση του υγιούς ανταγωνισμού, που συνεπάγεται χαμηλές τιμές για τον Έλληνα πολίτη και ανταγωνιστικότητα για τα ελληνικά βιομηχανικά προϊόντα. Επιπλέον, έμφαση πρέπει να δοθεί στη στήριξη της έρευνας και ανάπτυξης για την προώθηση νέων τεχνολογιών, όπως είναι οι ΑΠΕ, με τις οποίες η παραγόμενη ενέργεια θα είναι πολύ πιο οικονομική. Επίσης, πρέπει να προωθηθούν προγράμματα με τα οποία το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας των μονάδων παραγωγής θα μειωθεί, λαμβάνοντας υπόψη τα μακροπρόθεσμα οικονομικά και κοινωνικά κέρδη από τις χαμηλότερες τιμές ενέργειας. Τέτοια προγράμματα που αφορούν στην επιδότηση ποσοστού του κόστους εγκατάστασης, φορολογικές απαλλαγές, φορολογικές εξαιρέσεις, και παροχή δανείων με ευνοϊκές ρυθμίσεις είναι ήδη σε εφαρμογή για τις ΑΠΕ.

Ε.6. Ενεργειακή Επάρκεια (Αυτοτέλεια): Η κυριότερη εγχώρια πηγή καυσίμου είναι ο λιγνίτης και σήμερα η Ελλάδα αναγκάζεται να εισάγει μεγάλες ποσότητες πετρελαίου και φυσικού αερίου για να καλύψει τις ενεργειακές της ανάγκες, ενώ πολλές φορές ειδικότερα σε περιόδους αιχμής αγοράζει ηλεκτρικό ρεύμα από τις γειτονικές χώρες (Αλβανία, Βουλγαρία και Ρουμανία). Η ενίσχυση της ασφάλειας και της επάρκειας του ενεργειακού εφοδιασμού παρέχει την απαραίτητη ασφάλεια ανάπτυξης της ελληνικής οικονομίας, προσφέρει ενδυνάμωση του γεωστρατηγικού ρόλου της χώρας στον ενεργειακό χάρτη και μεγιστοποιεί τα ανακλαστικά και τις δυνατότητες αντίδρασης της Ελλάδας έναντι κινδύνων και απειλών. Δράσεις για την επίτευξη των στόχων αυτών και της μείωσης της εξάρτησης της χώρας από το πετρέλαιο, είναι η προώθηση των ενεργειακών δικτύων του φυσικού αερίου και του ηλεκτρισμού και η περαιτέρω διείσδυση των ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο, καθώς και ΕΞΕΝ και η βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας.

V.3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΤΟΜΕΑ

V.3.1. Εισαγωγή

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προτίθεται να διατηρήσει την ηγετική θέση της ΕΕ, σε παγκόσμιο επίπεδο στις ΑΠΕ, προτείνοντας να τεθεί ως υποχρεωτικός στόχος, μέχρι το 2020 το 20% της συνολικής σύνθεσης των ενεργειακών πηγών να προέρχεται από ΑΠΕ [7].

Η προσπάθεια σήμερα επικεντρώνεται στην προώθηση των ΑΠΕ για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, με δεδομένους τους ιδιαίτερα αυξημένους στόχους διείσδυσης που πρέπει να επιτευχθούν μέχρι το 2020. Κρίσιμος είναι ο ρόλος της ΔΕΗ στη διαδικασία αυτή, η οποία συμμετάσχει κατά 73% στο Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών Διοξειδίου του Άνθρακα, καθώς εκπέμπει το 40% του συνόλου των αερίων ρύπων του θερμοκηπίου στη χώρα μας.

Στο παραπάνω πλαίσιο, στην ενότητα αυτή θα αποτυπωθεί η παρούσα κατάσταση όσον αφορά στα χαρακτηριστικά της ελληνικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας για την προώθηση των ΑΠΕ, παρουσιάζοντας τα σχετιζόμενα εργαλεία και τους εμπλεκόμενους που δραστηριοποιούνται σε αυτή, με βάση την κωδικοποίηση που παρουσιάσθηκε στο Κεφάλαιο IV.

V.3.2 Τύποι Προγραμμάτων

Τα τελευταία χρόνια δεν υπάρχουν σημαντικές διαφοροποιήσεις σε επίπεδο στρατηγικής στον τομέα της ενέργειας και οι κύριοι στόχοι στρατηγικής παραμένουν η προώθηση και ανάδειξη εγχώριων ενεργειακών πόρων, ώστε να μειωθεί η ενεργειακή εξάρτηση από εισαγόμενα ενεργειακά προϊόντα, η προώθηση της απελευθερωμένης αγοράς ενέργειας ηλεκτρισμού και φυσικού αερίου και η μείωση του δείκτη της ενεργειακής έντασης, ώστε να βελτιωθεί η ανταγωνιστικότητα της ελληνικής οικονομίας. Στο παραπάνω πλαίσιο, τα σημαντικότερα βήματα σε επίπεδο Πολιτείας για την προώθηση των ΑΠΕ είναι τα ακόλουθα:

- Η κατάθεση του νέου νομοσχεδίου (3468/2006) καθώς και το πρόγραμμα ανάπτυξης φωτοβολταϊκών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αποτέλεσαν σημαντικό βήμα για την προώθηση των ΑΠΕ στην Ελλάδα, καθώς επιχειρούν να δημιουργήσουν συνθήκες ευνοϊκές για την ανάπτυξη τους, μέσω της διευθέτησης χωροταξικών εκκρεμοτήτων για την εγκατάσταση μονάδων και της απλοποίησης των διαδικασιών αδειοδότησης [8, 9].
- Ο αναπτυξιακός νόμος (3299/04) δίνει επίσης σημαντικά κίνητρα για επενδύσεις στο χώρο των ΑΠΕ με βασικές κατευθύνσεις την απλοποίηση των προβλεπόμενων διαδικασιών και τη βελτίωση των όρων χρηματοδότησης των επιχειρηματικών σχεδίων [10].
- Το Ειδικό Χωροταξικό Πλαίσιο για τα ΑΠΕ, με το οποίο θα γνωρίζει ο κάθε ενδιαφερόμενος επενδυτής τί μπορεί να κάνει και πού. Επιτυγχάνονται, έτσι, και βελτιωμένες διαχειριστικές διαδικασίες καθώς μέχρι τώρα πολλές φορές για να προχωρήσει μια σημαντική επένδυση έπρεπε να αντιμετωπισθεί μεμονωμένα στο ΥΠΕΧΩΔΕ [11].

- Η εισαγωγή βιοκαυσίμων και άλλων ανανεώσιμων καυσίμων στην ελληνική αγορά αποτελεί προτεραιότητα, καθώς μπορεί να συμβάλει σημαντικά στη μείωση της εξάρτησης της χώρας από το πετρέλαιο, στην ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού, στην προστασία του περιβάλλοντος και στην αύξηση της απασχόλησης στον αγροτικό τομέα. Έχει ήδη ψηφιστεί και αποτελεί νόμο, η απαλλαγή κατάλληλων ποσοτήτων αυτούσιου βιοντήζελ [12].
- Σημαντική επίσης εξέλιξη αποτελούν οι πρόσφατες υπουργικές αποφάσεις για τη γεωθερμία με τις οποίες ολοκληρώνονται οι απαιτούμενες κανονιστικές αποφάσεις που όριζε ο νόμος 3175/2003 [13].
- Σύσταση του Συμβουλίου Εθνικής Ενεργειακής Στρατηγικής (ΣΕΕΣ), το οποίο θα αποτελέσει, στην ουσία, ένα σημαντικό γνωμοδοτικό όργανο του υπουργείου ανάπτυξης σε θέματα που αφορούν τη μακροχρόνια ενεργειακή πολιτική της χώρας.

Στο παραπάνω πλαίσιο, και με βάση την κωδικοποίηση που παρουσιάσθηκε στο Κεφάλαιο IV, τα προγράμματα που εφαρμόζονται στην Ελλάδα είναι τα ακόλουθα [14, 15]:

ΗΠ.1. Εξαναγκασμένη Παραγωγή: Το πρόγραμμα αυτό βασίζεται στην λογική ότι ένα συγκεκριμένο ποσοστό παραγωγής ενέργειας πρέπει υποχρεωτικά να κατευθύνεται από ΑΠΕ. Το πρόγραμμα αυτό εντοπίζεται σε συγκεκριμένες δράσεις του ΥΠΑΝ που ακριβώς αφορούν στις επενδύσεις ΑΠΕ. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι σήμερα υπάρχει απαίτηση για κάλυψη μέσω φωτοβολταϊκών 500 MW ηλεκτρικής ενέργειας για το διασυνδεδεμένο και 200 για το μη διασυνδεδεμένο σύστημα, τα οποία μάλιστα αδειοδοτικά έχουν ήδη καλυφθεί.

ΗΠ.2. Περικοπή στην Κατανάλωση Καυσίμων: Το πρόγραμμα αυτό, που περιλαμβάνει την παύση της χρήσης ενός συγκεκριμένου καυσίμου, είναι ρυθμιστικό πρόγραμμα που πλέον δε συνάδει με το σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα. Η χρήση του εντοπίζεται στο παρελθόν και δεν αναμένεται να χρησιμοποιηθεί με σε εκτεταμένη βάση στο μέλλον.

ΗΠ.3. Εξαναγκασμένο Κλείσιμο Σταθμών: Το πρόγραμμα αυτό ουσιαστικά προτείνει το κλείσιμο σταθμών παραγωγής ενέργειας που ρυπαίνουν το περιβάλλον, με βάση κάποιο συγκεκριμένο όριο ρύπανσης. Μπορεί σποραδικά να έχει χρησιμοποιηθεί το συγκεκριμένο πρόγραμμα στο παρελθόν αλλά στις σύγχρονες συνθήκες της απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας τα νομοθετικά προγράμματα που χρησιμοποιούνται πρέπει να βασίζονται στους νόμους της αγοράς.

ΗΠ.4. Εμπορία Πιστοποιητικών: Στην Ελλάδα σήμερα υπάρχει το χρηματιστήριο ρύπων και μέσω του συστήματος αυτού γίνεται εμπόριο εκπομπών διοξειδίου του άνθρακος, που παράγονται από βιομηχανίες και βιοτεχνίες. Αυτό αποτελεί ένα πρώτο μέτρο και η επιτυχημένη εφαρμογή του αναμένεται να οδηγήσει στο κοντινό μέλλον και στην εφαρμογή του συστήματος πιστοποίησης συγκεκριμένου ποσοστού παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας από τους διαπιστευμένους παραγωγούς με χρήση των ROCs (Renewable Obligation Certificates – Πιστοποιητικά ανανεώσιμης υποχρέωσης).

ΗΠ.5. Φορολογικές Ελαφρύνσεις για Αγοραστές Πράσινης Ενέργειας: Το πρόγραμμα, που βασίζεται στις φοροελαφρύνσεις για τους αγοραστές ενέργειας παραγόμενης από ΑΠΕ δεν έχει ακόμα ξεκινήσει να εφαρμόζεται στην Ελλάδα, με δεδομένο ότι η αγορά πράσινης ενέργειας είναι ακόμα σε πρώιμα στάδια.

ΗΠ.6. Άμεσες Επιδοτήσεις: Υπάρχει η δυνατότητα επιδότησης του λειτουργικού κόστους μιας νέας επιχείρησης για τα 5 πρώτα χρόνια λειτουργίας αυτής έως και 2.000.000 Ευρώ. Οι δαπάνες της επένδυσης θα πρέπει να ξεκινούν μετά την έγκριση της επιχορήγησης κι όχι μετά την υποβολή του φακέλου της πρότασης για επιχορήγηση. Η καταβολή της δημόσιας επιχορήγησης σε ένα επενδυτικό έργο γίνεται σε δύο ισόποσες δόσεις (με την ολοκλήρωση του έργου και μετά την επίσημη πιστοποίηση και έναρξη εμπορικής λειτουργίας του). Τα ποσοστά της επιχορήγησης θα ακολουθήσουν το νέο χάρτη περιφερειακών ενισχύσεων, όπως αυτός συμφωνήθηκε από την ελληνική πολιτεία με αρμόδια όργανα της ΕΕ. Τα ποσοστά ενισχύσεων ανά Περιφέρεια, καθορίστηκαν ως 40% για Δυτική Ελλάδα, Ανατολική Μακεδονία-Θράκη, Ήπειρο, Πελοπόννησο και νησιά Βορείου Αιγαίου, 30% για Κεντρική Μακεδονία, Δυτική Μακεδονία, Αττική, Θεσσαλία, Κρήτη, Ιόνια Νησιά, Στερεά Ελλάδα και νησιά Νοτίου Αιγαίου και 20% για τους νομούς Αττικής και Θεσσαλονίκης, πλην των Βιομηχανικών Επιχειρηματικών Περιοχών (Β.Ε.ΠΕ).

ΗΠ.7. Επιταχυνόμενη Απόσβεση: Με βάση το νέο αναπτυξιακό νόμο παρέχεται επιδότηση τμήματος των καταβαλλόμενων μισθωμάτων χρηματοδοτικής μίσθωσης (leasing), που συνάπτεται για την αγορά καινούργιου μηχανολογικού εξοπλισμού, καθώς και επιδότηση του κόστους της δημιουργούμενης απασχόλησης. Μπορεί, επίσης, να επιχορηγηθεί το σύνολο του κόστους εγκατάστασης ενός συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, συμπεριλαμβανομένου του κόστους σύνδεσης με τη Δ.Ε.Η. Τα μέτρα αυτά ουσιαστικά πετυχαίνουν τη μείωση του κόστους επένδυσης για τα έργα ΑΠΕ και επιταχύνουν την απόσβεση τους.

ΗΠ.8. Φορολογικές Μειώσεις: Μια σειρά από φορολογικές μειώσεις προβλέπονται για την ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας επενδύσεων σε ΑΠΕ. Τα Φ/Β συστήματα απαλλάσσονται από την καταβολή του ειδικού τέλους επί της πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας κατά 2,5% τα πρώτα 5 χρόνια και κατά 3,0% στη συνέχεια. Επίσης, φοροαπαλλαγή ποσοστού 80% της δαπάνης προβλέπεται για την αγορά και εγκατάσταση οικιακών Φ/Β συστημάτων. Επιπλέον, οι αποφορολογημένες ποσότητες βιοντήζελ για το 2005 ανέρχονται σε 51.000 m^3, ενώ για τα έτη 2006 και 2007 έχουν οριστεί στα 91.000 και 114.000 m^3, αντίστοιχα.

ΗΠ.9. Παροχή Δανείων με Ευνοϊκές Ρυθμίσεις: Το πρώτο πακέτο «πράσινων» χρηματοδοτικών προϊόντων στην Ελλάδα παρουσίασε η Τράπεζα Πειραιώς και αναμένεται στο άμεσο μέλλον να ακολουθήσουν και άλλες τράπεζες. Τα προϊόντα αυτά απευθύνονται τόσο σε επιχειρήσεις όσο και σε ιδιώτες και εντάσσονται στο πλαίσιο ενός προγράμματος δράσεων της Τράπεζας για την προστασία του περιβάλλοντος και ειδικότερα την αξιοποίηση των εναλλακτικών μορφών ενέργειας και τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη διάχυση των ρύπων στην ατμόσφαιρα. Στο πλαίσιο αυτό η τράπεζα χρηματοδοτεί ενεργειακές επενδύσεις σε ΑΠΕ είτε αυτά εντάσσονται σε αναπτυξιακά προγράμματα είτε καλύπτονται εξ ολοκλήρου από ίδια κεφάλαια και τραπεζικό δανεισμό. Πρόκειται για δάνεια που διακρίνονται για την ευελιξία στον τρόπο αποπληρωμής τους (έως και 15 χρόνια) αλλά και στις εξασφαλίσεις που απαιτούνται, τη δυνατότητα περιόδου χάριτος (ώστε να έχει ολοκληρωθεί η υπογραφή της σύμβασης του ιδιώτη με τη ΔΕΣΜΗΕ) και βέβαια για τη σημαντικά χαμηλότερη τιμολόγησή τους από τα υπόλοιπα χορηγικά προϊόντα της Τράπεζας.

ΗΠ.10. Σταθερές Τιμές Τιμολογίων: Εισάγονται αυξημένες σταθερές τιμές αγοράς της παραγόμενης ενέργειας από ΑΠΕ για τεχνολογίες με αυξημένο κόστος εγκατάστασης. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι για τα φωτοβολταϊκά συστήματα, η τιμή της ηλιακής κιλοβατώρας (kWh) ανέρχεται σε 0,40-0,50 και είναι εγγυημένη για μια εικοσαετία. Η τιμή αυτή αναπροσαρμόζεται κάθε έτος με βάση το μέσο ποσοστό αναπροσαρμογής των τιμολογίων της ΔΕΗ, που εγκρίνεται κάθε φορά από τον υπουργό Ανάπτυξης. Αν δεν υπάρξει μεταβολή των τιμολογίων της ΔΕΗ, οι ανωτέρω τιμές αναπροσαρμόζονται ετησίως κατά ποσοστό ίσο προς το 80% του δείκτη τιμών καταναλωτή, όπως ανακοινώνεται από την Τράπεζα της Ελλάδος.

ΗΠ.11. Φορολογικές Εξαιρέσεις: Το πρόγραμμα, που αφορά στην παραγωγή ηλεκτρισμού (από ΑΠΕ), με αφορολόγητες τις kWh από ένα όριο και πάνω δεν εφαρμόζεται ακόμα στην Ελλάδα, καθώς η αγορά «πράσινης» ενέργειας είναι ακόμα σε πρώιμα στάδια ανάπτυξης.

ΗΠ.12. Ανταγωνιστικές Προσφορές Μακροχρόνιων Ενεργειακών Συμβολαίων: Στο πλαίσιο του Ε.Π.Α.Ν του ΚΠΣ ΙΙΙ ο Υπουργός Ανάπτυξης προκηρύσσει διεθνείς ανοιχτούς διαγωνισμούς όπου οι ενδιαφερόμενοι καλούνται εντός καταληκτικής ημερομηνίας να καταθέσουν τις προσφορές τους.

ΗΠ.13. Πράσινη Τιμολόγηση: Το μη-νομοθετικό αυτό πρόγραμμα υλοποιείται με πρωτοβουλία ιδιωτών, για να προμηθεύονται ενέργεια από ΑΠΕ, είτε εξ' ολοκλήρου, είτε εν μέρει. Στην ελληνική ενεργειακή αγορά ακόμα δεν εφαρμόζεται, καθώς η περιβαλλοντική συνείδηση δεν έχει φτάσει σε σημείο ωριμότητας ώστε να καταλήγει σε ιδιωτικές συμφωνίες μεταξύ καταναλωτών και παραγωγού.

ΗΠ.14. Πιστοποίηση: Το νέο νομοσχέδιο εισάγει μηχανισμό για την έκδοση εγγυήσεων προέλευσης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, που θα λειτουργούν ως πιστοποιητικά καθαρής ενέργειας, αντίστοιχα με τα πιστοποιητικά αγοράς ρύπων. Η προέλευση της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από εγκαταστάσεις σταθμών που λειτουργούν νόμιμα και χρησιμοποιούν ΑΠΕ, αποδεικνύεται από τους παραγωγούς της αποκλειστικά και μόνο με τις εγγυήσεις προέλευσης που εκδίδονται από τους καθορισμένους φορείς. Οι εγγυήσεις αυτές προσδιορίζουν την πηγή από την οποία παράγεται η ηλεκτρική ενέργεια και αναφέρουν την ημερομηνία και τον τόπο παραγωγής της και, στις περιπτώσεις των υδροηλεκτρικών σταθμών, την ισχύ των σταθμών αυτών.

ΗΠ.15. Ατομική Υποχρέωση: Η έννοια της ατομικής υποχρέωσης στην Ελλάδα περιλαμβάνει μέτρα που λαμβάνονται με πρωτοβουλία μόνο πωλητών ή καταναλωτών ενέργειας μελών περιβαλλοντικών και οικολογικών οργανώσεων όπως η Greenpeace στην Ελλάδα, η Αιτωλική Εταιρεία Προστασίας Τοπίου και Περιβάλλοντος, το Πρόγραμμα Εθελοντικής Εργασίας για το Περιβάλλον, ο Όμιλος Φίλων του Δάσους, το Δίκτυο Εθελοντισμός και Φυσικό Περιβάλλον, η Νέα Οικολογία, το Οικολογικό Δίκτυο Ελλάδας και το Κέντρο των Περιφερειών της Ευρωπαϊκής Μεσογείου για το Περιβάλλον.

ΗΠ.16. Καταγραφή Δυναμικού ΑΠΕ: Το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), το οποίο εποπτεύεται από τη ΓΓ Έρευνας και Τεχνολογίας, έχει ως βασικό αντικείμενο και αρμοδιότητα την αποτίμηση του δυναμικού των ΑΠΕ στην Ελλάδα και την ανάπτυξη μίας πλήρους μεθοδολογίας εκτίμησης, μέτρησης και αξιολόγησης του. Επίσης είναι υπεύθυνο για την Εθνική Έκθεση για την Προώθηση των ΑΠΕ τον Οκτώβριο κάθε έτους, ενώ η ΡΑΕ εκδίδει την Έκθεση για επίτευξη εθνικών ενδεικτικών στόχων τον Οκτώβριο κάθε $2^{ου}$ έτους.

ΗΠ.17. Συμβουλές σε Επενδυτές: Υλοποιήθηκαν ειδικές δράσεις ενημέρωσης στο ΕΠΑΝ –ΚΠΣ ΙΙ (αρχικά κυρίως για ενημέρωση των επενδυτών) και στη συνέχεια του ΕΠΑΝ - ΚΠΣ ΙΙΙ. Επιπλέον, μεγάλος όγκος δραστηριοτήτων ενημέρωσης και διάχυσης αποτελεσμάτων υλοποιήθηκε και υλοποιείται στο πλαίσιο ευρωπαϊκών προγραμμάτων, όπως είναι το THERMIE, ALTENER, Intelligent Energy for Europe και στα Προγράμματα Πλαίσιο για την Έρευνα της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Πολύ σημαντικά εργαλεία σε ευρωπαϊκό επίπεδο για τη διάδοση των πολιτικών και των τεχνολογιών ΑΠΕ και την ανταλλαγή εμπειριών στα θέματα αυτά τα τελευταία χρόνια είναι τα δίκτυα φορέων εξειδικευμένων σε γεωγραφικές ή/ και τεχνολογικές περιοχές ειδικού ενδιαφέροντος, όπως είναι το EnR, το EREC, το EUREC και οι επαγγελματικές οργανώσεις, κυρίως των κατασκευαστών και των επενδυτών. Επίσης, αξίζει να σημειωθεί η λεγόμενη «Campaign for Take Off» της Ευρωπαϊκής Επιτροπής που είναι η πρώτη πανευρωπαϊκή καμπάνια για την προώθηση της διείσδυσης των ΑΠΕ και πραγματοποιήθηκε την περίοδο 1999-2003. Δράσεις διάδοσης στην Ελλάδα έχουν υλοποιήσει πολλοί φορείς. Οι βασικότεροι είναι το ΚΑΠΕ, το ΥΠΑΝ, η ΡΑΕ, τα Περιφερειακά Ενεργειακά Κέντρα (Μακεδονίας, Θράκης, Κρήτης, Κυκλάδων), το ΤΕΕ, το ΕΜΠ, οι οικολογικές οργανώσεις και τα Επιμελητήρια.

ΗΠ.18. Δημοσιότητα/ Διαφημιστικές Εκστρατείες: Το ΥΠΑΝ, το ΚΑΠΕ και η ΔΕΗ προωθούν προγράμματα διαφημιστικής εκστρατείας για τη χρήση και τη σημασία των ΑΠΕ. Για αυτό το σκοπό διαθέτουν τμήματα με αποκλειστικό σκοπό την προώθηση προγραμμάτων πληροφόρησης και ευαισθητοποίησης του κοινού ως προς την χρησιμοποίηση των ΑΠΕ με μεγάλες διαφημιστικές εκστρατείες και με επίκεντρο συγκεκριμένα θέματα. Το πεδίο προώθησης και διάδοσης προσδιορίζεται γεωγραφικά με βάση τις περιοχές που εμφανίζουν υψηλό δυναμικό ΑΠΕ, αναμένεται να επιδειχθεί μεγάλο επιχειρηματικό ενδιαφέρον και έχουν παρατηρηθεί ιδιαιτερότητες ή υπέρμετρες αντιδράσεις που απετέλεσαν εμπόδια σε τοπικό/ περιφερειακό επίπεδο.

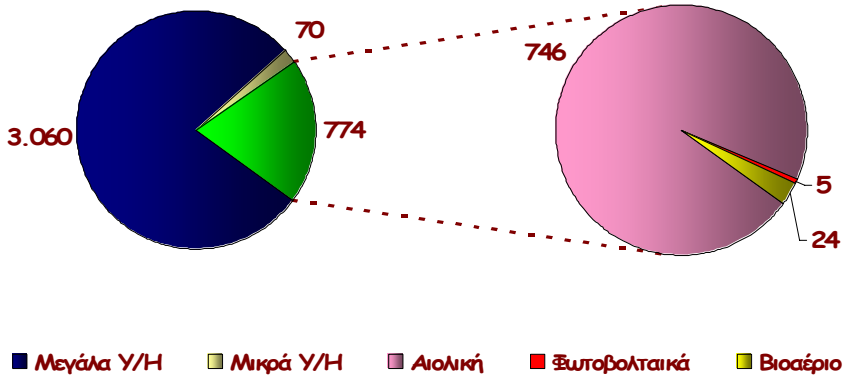
ΗΠ.19. Βελτιωμένες Διαχειριστικές Διαδικασίες: Απλοποιείται σημαντικά η διαδικασία αδειοδότησης για μικρούς σταθμούς ΑΠΕ, προκειμένου να επιτευχθεί ευρεία διάδοση και διασπαρμένη παραγωγή. Βελτιώνεται η αδειοδοτική διαδικασία και τίθενται προθεσμίες για τη γνωμοδότηση των εμπλεκομένων φορέων με στόχο τη συντόμευση του χρόνου ωρίμασης των έργων. Θεσμοθετείται επιτροπή στο υπουργείο Ανάπτυξης για το συντονισμό των εμπλεκομένων υπηρεσιών και την επιτάχυνση της υλοποίησης των έργων ΑΠΕ. Συγκεκριμένα, συνιστάται Επιτροπή Προώθησης Επενδυτικών Σχεδίων Μεγάλης Κλίμακας στους τομείς ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ σύμφωνα με το άρθρο 19 (3468/2006).

V.3.3 Τεχνολογικές Δυνατότητες

Η ανάπτυξη του ενεργειακού τομέα στην Ελλάδα παρουσιάζει αρκετές ιδιαιτερότητες, σε σύγκριση με άλλες χώρες, ως προς τη δομή των δικτύων και των παραγόντων που καθορίζουν την αγορά, π.χ. σημαντική ετήσια αύξηση του ρυθμού κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, δυναμική επέκταση του φυσικού αερίου στην ηλεκτροπαραγωγή και περιορισμένη στον οικιακό τομέα, σημαντικές αποκλίσεις στην αγορά πετρελαιοειδών.

Στον τομέα των ΑΠΕ μικρή πρόοδος παρατηρείται σε σύγκριση με άλλες χώρες, ενώ η μακροχρόνια αναμονή για την αλλαγή του νομικού καθεστώτος έχει επιβραδύνει τα όποια επενδυτικά σχέδια. Με 745,56 MW εγκατεστημένης ισχύος στα αιολικά (2005) και αμελητέα αξιοποίηση άλλων μορφών ΑΠΕ για ηλεκτροπαραγωγή, η Ελλάδα υπολείπεται σοβαρά έναντι άλλων Ευρωπαϊκών χωρών [1]. Στα φωτοβολταϊκά η κατάσταση παρουσιάζεται ακόμη χειρότερη με μόλις 4,5 MW εγκατεστημένης ισχύος, ενώ μικρή αλλά σταθερή ανάπτυξη παρατηρείται στα μικρά υδροηλεκτρικά έργα. Όσον αφορά στη γεωθερμική ενέργεια η κατάσταση εμφανίζεται εντελώς στάσιμη, χωρίς καμία σοβαρή επενδυτική κίνηση. Με συνολικό δυναμικό διείσδυσης τουλάχιστον 4000 MW για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, εξαιρουμένων των μεγάλων υδροηλεκτρικών, στην παρούσα κατάσταση και μέσα στα επόμενα 4-5 χρόνια η ελληνική αγορά παρουσιάζεται στάσιμη.

Επιπλέον, η συνολική δυναμικότητα των εγκατεστημένων και εν λειτουργία σταθμών ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ, τον Ιούνιο του 2005 στην Ελλάδα ανέρχεται σε 2,2 δις kWh. Αξιοσημείωτη ένδειξη του επενδυτικού ενδιαφέροντος στον τομέα των ΑΠΕ αποτελεί το γεγονός ότι η συνολική ισχύς των αδειών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που έχουν εκδοθεί, φθάνει τα 5,76 GW.



Σχήμα V.1. Ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ MW (2005)

Συγκεκριμένα, και με βάση την κωδικοποίηση που παρουσιάσθηκε στο Κεφάλαιο IV, η υπάρχουσα κατάσταση είναι η ακόλουθη:

HT.1. Βιοαέριο: Τα έργα ενεργειακής αξιοποίησης βιοαερίου, που βρίσκονται σε λειτουργία στην Ελλάδα έχουν συνολική εγκατεστημένη ισχύ περίπου 24 MW. Τα πιο σημαντικά είναι στο ΧΥΤΑ Α. Λιοσίων (εγκατεστημένη ισχύς 13,8 MWe) και στους βιολογικούς καθαρισμούς της Ψυττάλειας (εγκατεστημένη ισχύς 7,1 MWe) και της Θεσσαλονίκης (εγκατεστημένη ισχύς 2,5 MWe). Μέχρι σήμερα έχουν υποβληθεί στη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) αρκετές αιτήσεις για άδειες εγκατάστασης και έχουν εγκριθεί περίπου 32 MWe, τα οποία θα παραχθούν μέχρι το 2010.

HT.2. (Στερεή) Βιομάζα: Σε εμπορική κλίμακα βρίσκεται η τεχνολογία της αεριοποίησης στερεής βιομάζας, που παράγει καύσιμο αέριο αν και δεν λειτουργούν αρκετές μονάδες, ώστε να υπάρχουν αξιόπιστα αποτελέσματα. Η αεριοποίηση έχει μεγαλύτερες αποδόσεις σε ηλεκτρική ενέργεια από την καύση και ελπιδοφόρα οικονομικά αποτελέσματα σε μεγάλη κλίμακα, γι' αυτό και αποτελεί πεδίο έντονου ερευνητικού και επιδεικτικού ενδιαφέροντος. Σε στάδιο επίδειξης βρίσκεται, επίσης, κι η τεχνολογία της πυρόλυσης, η οποία παράγει βιοέλαιο από στερεή βιομάζα.

Το βιοέλαιο μπορεί να καεί για παραγωγή ενέργειας σε λέβητες, μηχανές εσωτερικής καύσης ή στροβιλομηχανές (τουρμπίνες).

ΗΤ.3. Βιο – Απόβλητα: Στην Ελλάδα σήμερα υπάρχουν περίπου 33.000 αγελαδοτροφικές μονάδες με 723.000 ζωικό πληθυσμό, 36.000 χοιροτροφικές μονάδες με 970.000 ζωικό πληθυσμό, 100 σφαγεία, 2.700 ελαιοτριβεία, 25 πυρηνελαιουργεία και ένας σημαντικός αριθμός βιομηχανιών τροφίμων. Συνολικά 17 εκατομμύρια τόνοι οργανικών αποβλήτων θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν ενεργειακά και να δώσουν βιοαέριο ικανό να τροφοδοτήσει μονάδες εγκαταστημένης ισχύος 350MW. Παρά το υψηλό αυτό δυναμικό, δεν υπάρχει καμία μονάδα διαχείρισης αγροτοβιομηχανικών αποβλήτων για παραγωγή βιοαερίου.

ΗΤ.4. Γεωθερμικός Ηλεκτρισμός: Η Ελλάδα εκμεταλλεύεται μέχρι σήμερα περίπου το 1% του συνολικού γεωθερμικού δυναμικού της. Στο άμεσο μέλλον, ωστόσο, μέχρι το 2010, είναι δυνατόν το αξιοποιημένο γεωθερμικό δυναμικό, μέσω άμεσων επενδύσεων, να αυξηθεί σημαντικά και να υπάρχουν για ηλεκτροπαραγωγή εγκατεστημένα, τουλάχιστον 10 MW(e) από τα μηδενικά υφιστάμενα, με 100 MW (th) για το σύνολο των θερμικών εφαρμογών, από 70 MW (th) σήμερα, με τις εφαρμογές αντλιών θερμότητας να τετραπλασιάζονται σε 20 MW (th) από τα περίπου 5 MW (th) σήμερα. Υπάρχει ειδικά μεγάλο ενδιαφέρον για τη Μύλο, τη Νίσυρο και τη Λέσβο, όπου υφίσταται βεβαιωμένο αξιοποιήσιμο γεωθερμικό δυναμικό.

ΗΤ.5. Μικρά Υδροηλεκτρικά: Τα μικρά υδροηλεκτρικά τον Ιούνιο του 2006 κάλυπταν το 13,6% της συνολικής δυναμικότητας των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ. Συγκεκριμένα, η εγκατεστημένη ισχύς ήταν 70 MW με την πλειοψηφία των έργων να βρίσκονται στις περιφέρειες της Στερεάς Ελλάδος (20,1 MW), της Δυτικής Ελλάδος (17,5 MW), της Κεντρικής Μακεδονίας (14,0MW) και της Ηπείρου (11,0 MW). Επιπλέον, στην παρούσα φάση έχουν εκδοθεί άδειες εγκατάστασης για μικρά υδροηλεκτρικά έργα συνολικής ισχύος 39,5 MW.

ΗΤ.6. Μεγάλα Υδροηλεκτρικά: Η παραγόμενη ενέργεια από ΑΠΕ κατά το έτος 2006 κάλυπτε ποσοστό της τάξης του 12,2% του συνόλου των αναγκών της χώρας σε ηλεκτρική ενέργεια, με τα μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα να αποτελούν το 9,1% του ποσοστού αυτού. Δεν αναμένεται αύξηση της παραγωγής των μεγάλων υδροηλεκτρικών, αφού έχει γίνει πλήρης σχεδόν αξιοποίηση των εκμεταλλεύσιμων σημείων.

ΗΤ.7. Φωτοβολταϊκά: Η διεθνής αγορά των φωτοβολταϊκών γνωρίζει μια εκρηκτική άνοδο, ενώ παράλληλα η ελληνική αγορά προχωρά ακόμα με αργά βήματα. Συγκεκριμένα, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς μέχρι το 2002 ήταν μόλις της τάξεως των 2,37 MW, ενώ στο πλαίσιο των προκηρύξεων του ΥΠΑΝ (2002-2005) εγκρίθηκαν συνολικά 18 έργα Φ/Β συνολικής ισχύος 2,72 MW. Για το 2006, η αγορά έκλεισε στα 4,5 MW συνολικά. Στόχος είναι να αλλάξει αυτή η κατάσταση και προς αυτή την κατεύθυνση κινείται και η επικύρωση από τη Βουλή του νέου νόμου 3468 στις 22 Ιουνίου 2006. Το μεγάλο πλήθος των αιτήσεων που έχουν υποβληθεί από τότε στο ΥΠΑΝ και τη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) αποτυπώνουν εμφανώς μεγάλο επενδυτικό ενδιαφέρον, καθώς και αισιοδοξία για ραγδαία αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος Φ/Β τα επόμενα χρόνια.

ΗΤ.8. Ηλιακός - Θερμικός Ηλεκτρισμός: Τα ηλιοθερμικά συστήματα ηλεκτροπαραγωγής δεν είναι ακόμα άμεσα εμπορεύσιμα και τέτοια συστήματα δεν έχουν εγκατασταθεί στην Ελλάδα. Διεθνώς, ελάχιστα τέτοια συστήματα έχουν εγκατασταθεί και εξυπηρετούν κυρίως επιδεικτικούς σκοπούς.

ΗΤ.9. Κύματα και Παλίρροια: Η τεχνικά εκμεταλλεύσιμη ενέργεια από τα κύματα για τα κράτη της ΕΕ, υπολογίζεται συνολικά σε 150-230 TWh/ έτος, από τα οποία περίπου 5 TWh/ έτος αντιστοιχούν στις ελληνικές θάλασσες. Το ποσό αυτό αντιστοιχεί περίπου στο 10 % της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στη χώρα μας. Παρ΄ όλα αυτά, μέχρι σήμερα δεν έχει υπάρξει καμία τέτοια εγκατάσταση στην Ελλάδα.

ΗΤ.10. Παράκτια Αιολικά πάρκα: Η συνολική δυναμικότητα των εγκαταστημένων και σε λειτουργία σταθμών ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ τον Ιούνιο 2006 ανέρχεται σε 2,2 δις kWh, με τα αιολικά πάρκα να κατέχουν ποσοστό 77,4%. Συγκεκριμένα, η εγκαταστημένη ισχύς είναι 540,5 MW, με τις περιφέρειες της Στερεάς Ελλάδος (204,4 MW), της Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης (163,3 MW) και της Κρήτης (96,4 MW) να συγκεντρώνουν το μεγαλύτερο μέρος αυτής. Υφίσταται αξιοσημείωτη επενδυτική πρωτοβουλία για δημιουργία αιολικών πάρκων στις Κυκλάδες και τη μεταφορά της παραγόμενης ενέργειας στο ηπειρωτικό σύστημα μέσω υποβρυχίου καλωδίου.

ΗΤ.11. Υπεράκτια Αιολικά πάρκα: Τα υπεράκτια αιολικά πάρκα είναι επενδύσεις μεγαλύτερης κλίμακας, μεγαλύτερου τεχνολογικού ενδιαφέροντος και υψηλότερου κόστους από τα παράκτια αιολικά πάρκα και δεν έχουν ακόμη τεθεί σε εφαρμογή στην Ελλάδα. Οι κυριότεροι λόγοι που παρεμποδίζουν την εμφάνιση τέτοιων έργων είναι τα σχετικά μεγάλα βάθη των παράκτιων περιοχών της Ελλάδος, καθώς και οι κοινωνικο–οικονομικές επιπτώσεις στην τοπικές κοινωνίες (επιπτώσεις στην τουριστική ανάπτυξη και σε τοπικά επαγγέλματα – π.χ. ψαράδες).

V.3.4 Εμπλεκόμενοι

Η απελευθέρωση της ελληνικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας εξελίσσεται σταδιακά και όχι πάντα με τους απαιτούμενους ρυθμούς σύμφωνα με τα χρονοδιαγράμματα της κοινοτικής οδηγίας. Παρόλα αυτά, με τη ψήφιση του Ν. 3426/2005 ενισχύεται ο ανταγωνισμός και δημιουργείται ένα σύγχρονο πλαίσιο, ελκυστικό για επενδύσεις μεγάλης κλίμακας στην ηλεκτροπαραγωγή, με προφανή οφέλη για την απασχόληση και τους καταναλωτές. Διευθετείται με αυτόν τον τρόπο μια εκκρεμότητα έξι ετών όσον αφορά στις υποχρεώσεις της Ελλάδας για την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας προς την ΕΕ. Σε αυτό το πλαίσιο, κωδικοποιημένα η υπάρχουσα κατάσταση όσον αφορά στους εμπλεκόμενους που δραστηριοποιούνται στην ενεργειακή αγορά ηλεκτρικής ενέργειας είναι η ακόλουθη:

ΗΕ.1. Παραδοσιακοί Παραγωγοί: Στη παρούσα φάση ο μόνος που μπορεί να θεωρηθεί παραδοσιακός παραγωγός στον Ελλαδικό χώρο είναι η ΔΕΗ λόγω μεγέθους αλλά και ουσιαστικά σαν μονοπωλιακός παραγωγός ενέργειας. Η ΔΕΗ θα παραμένει τουλάχιστο για τα επόμενα χρόνια ο μοναδικός παραδοσιακός παραγωγός.

ΗΕ.2. Ανεξάρτητοι Παραγωγοί «Πράσινης» Ενέργειας: Σε αυτή την κατηγορία έχουν εισέλθει τα τελευταία χρόνια αρκετοί «παίκτες» είτε μόνοι είτε σε συμπράξεις. Η κύρια δραστηριότητα τους είναι τα αιολικά πάρκα. Μετά όμως το νέο αναπτυξιακό νόμο 3299/04, όπου βρίσκονται σε ευνοϊκή θέση οι επενδύσεις για εγκαταστάσεις ΑΠΕ, μεγάλοι διεθνείς και ελληνικοί όμιλοι έχουν αναπτύξει έντονο ενδιαφέρον για την απόκτηση αδειών που θα τους εξασφαλίσουν την είσοδο στην πολλά υποσχόμενη εγχώρια ενεργειακή αγορά.

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι έχουν υποβληθεί επιχειρηματικά σχέδια που αντιστοιχούν σε εγκατεστημένη ισχύ άνω των 25.000 MW, η οποία ισοδυναμεί με το διπλάσιο της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος που διαθέτει από κάθε μορφή ηλεκτρικής ενέργειας (λιγνίτη, πετρέλαιο, φυσικό αέριο και υδροηλεκτρικά) η ΔΕΗ. Από τις άδειες αυτές αναμένεται να εγκριθεί μακροπρόθεσμα το ένα δέκατο, δηλαδή 2.500 MW, που αντιστοιχούν στο 23% της συνολικής ισχύος της ΔΕΗ.

Από ελληνικής πλευράς, ενδιαφέρον έχουν δείξει μεταξύ άλλων οι Όμιλοι ΓΕΚ - ΤΕΡΝΑ, J&P - ΑΒΑΞ, Κοπελούζου Μυτιληναίου, Ελληνική Τεχνοδομική, ενώ από το εξωτερικό έχουν ήδη εγκαταστήσει τις ανεμογεννήτριες τους σε πολλές ελληνικές κορυφογραμμές, τόσο στην ενδοχώρα όσο και σε νησιά. τρεις ισπανικές επιχειρήσεις ενέργειας - η Iberdrola, η Acciona και η Gamesa , η EdF (ο μεγαλύτερος παραγωγός ενέργειας της Γαλλίας και της Ευρώπης), η γερμανική ABB, η Eurus από την Ιαπωνία, αλλά και η E2 (ο δανέζικος παραδοσιακός παραγωγός ηλεκτρικής ενέργειας).

ΗΕ.3. Μη ειδικευμένοι εμπορικοί εμπλεκόμενοι: Οι μη ειδικευμένοι εμπορικοί εμπλεκόμενοι αντιπροσωπεύουν, ίσως, τη λιγότερο ευέλικτη ομάδα επενδυτών σε ΑΠΕ, δεδομένου ότι η παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας δεν αποτελεί μέρος των επιχειρηματικών δραστηριοτήτων τους. Αυτή η κατηγορία επενδυτών δεν έχει αναπτυχθεί ακόμα ιδιαίτερα στην Ελλάδα, δεδομένου του εμβρυακού επιπέδου στο οποίο βρίσκεται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, αλλά είναι θέμα χρόνου να αρχίσει να εκδηλώνεται έντονα το ενδιαφέρον τέτοιων επενδυτών, με βάση και τα νέα κίνητρα του αναπτυξιακού νόμου.

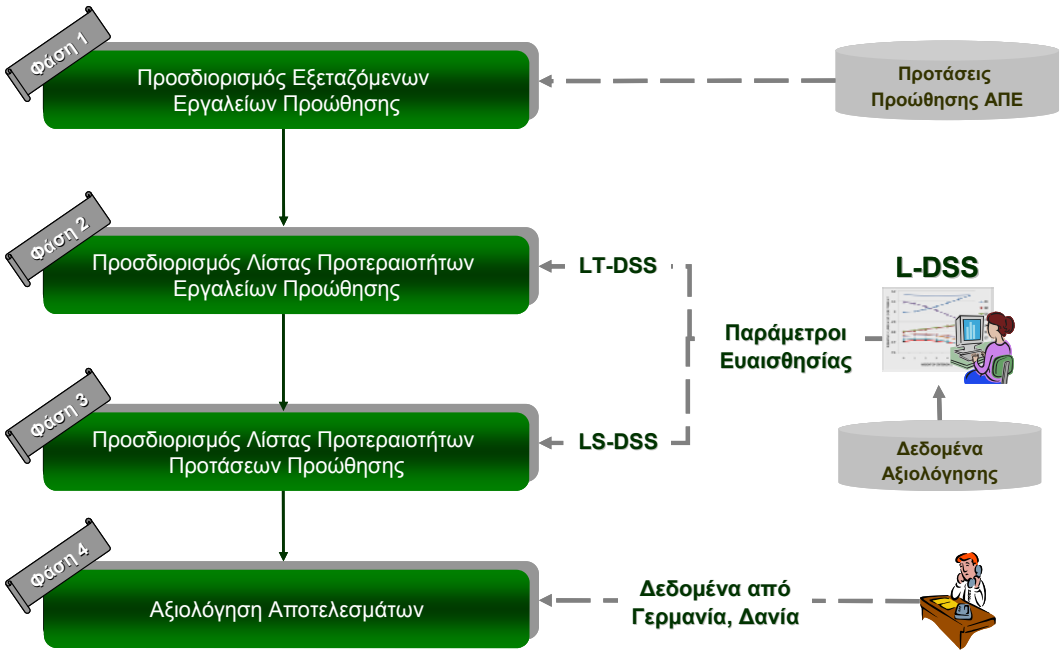
ΗΕ.4. Ιδιώτες, επενδυτές σε ίδια σχέδια: Οι ιδιώτες επενδυτές μπορούν να αποτελέσουν μια σημαντική πηγή κεφαλαίου για ανάπτυξη έργων ΑΠΕ, παρότι η οικονομική τους δυνατότητα μπορεί να μην είναι ιδιαίτερα μεγάλη. Άλλωστε, οι μικροί ιδιώτες επενδυτές τείνουν να είναι πιο διαθέσιμοι να ρισκάρουν. Και αυτή η κατηγορία δεν έχει αναπτυχθεί ακόμα ιδιαίτερα στην Ελλάδα. Με την περαιτέρω ανάπτυξη όμως των ΑΠΕ σε συνδυασμό με τα κίνητρα που παρέχονται από το νέο αναπτυξιακό νόμο εκτιμάται ότι θα αρχίζουν να παρουσιάζονται επενδυτικές ευκαιρίες που θα αποτελεί κίνητρο για αυτή την κατηγορία. Αυτοί θα μπορούν να είναι βιομήχανοι-βιοτέχνες, γεωργικοί συνεταιρισμοί, Δήμοι που διαθέτουν χώρο για εγκατάσταση τέτοιων συστημάτων για δική τους χρήση η και για μεταπώληση του τυχόν πλεονάζοντος ρεύματος στη ΔΕΗ.

ΗΕ.5. Ιδιώτες, επενδυτές ως μέτοχοι σε σχέδια: Δεν θα διαφοροποιούνταν από τους ιδιώτες επενδυτές σε ίδια σχέδια, αν δεν εμφάνιζαν συγκεντρωτικά μία μεγαλύτερη οικονομική δύναμη αλλά και μια σχεδόν απόλυτη άρνηση για ρίσκο. Για αυτή την κατηγορία των επενδυτών ισχύουν, σε γενικές γραμμές, ότι και για τους προηγούμενους. Η εκτίμηση είναι ότι αν αρχίσουν να δραστηριοποιούνται οι ιδιώτες, επενδυτές σε ίδια σχέδια θα ¨παρασύρουν¨ και τους ιδιώτες, επενδυτές ως μετόχους σε σχέδια.

V.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

V.4.1. Φάσεις Εφαρμογής

Η εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας, μέσω του πληροφοριακού συστήματος που αναπτύχθηκε, έγινε μέσω τεσσάρων διαδοχικών φάσεων, όπως παρουσιάζονται στο Σχήμα V.2 που ακολουθεί.



Σχήμα V.2. Οι Φάσεις της Εφαρμογής

Στις παραγράφους που ακολουθούν αναλύεται κάθε μία από τις φάσεις της εφαρμογής, παρουσιάζοντας τα αντίστοιχα αποτελέσματα.

V.4.2. Φάση 1η: Προσδιορισμός Εξεταζόμενων Εργαλείων Προώθησης

Αρχικά, και για την εφαρμογή του πλαισίου αξιολόγησης των προτάσεων προώθησης ΑΠΕ διενεργείται ο προσδιορισμός των εξεταζόμενων εργαλείων προώθησης, με βάση τους τύπους προγραμμάτων και τις τεχνολογικές δυνατότητες που παρουσιάσθηκαν στο προηγούμενο Κεφάλαιο IV. Στους Πίνακες V.1 και V.2 παρουσιάζονται οι εξεταζόμενοι τύποι προγραμμάτων και οι τεχνολογικές δυνατότητες αντίστοιχα.

Πίνακας V.1. Εξεταζόμενοι Τύποι Προγραμμάτων

Α/α	Περιγραφή
Π1.	Σταθερές Τιμές Τιμολογίων
Π2.	Φορολογικές Μειώσεις.
Π3.	Πιστοποίηση
Π4.	Βελτιωμένες Διαχειριστικές Διαδικασίες
Π5.	Καταγραφή Δυναμικού ΑΠΕ
Π6.	Άμεσες Επιδοτήσεις
Π7.	Παροχή δανείων με Ευνοϊκές Ρυθμίσεις
Π8.	Εμπορία Πιστοποιητικών
Π9.	Επιταχυνόμενη Απόσβεση.
Π10.	Ανταγωνιστικές Προσφορές Μακροχρόνιων Ενεργειακών Συμβολαίων
Π11.	Δημοσιότητα/διαφημιστικές Εκστρατείες

Συγκεκριμένα, οι 11 τύποι προγραμμάτων του Πίνακας V.1 είναι αυτοί που έχουν εφαρμογή και συνεισφορά στην προσπάθεια προώθησης των ΑΠΕ. Η μικρή συνεισφορά κάποιων μη νομοθετικών μέτρων είναι ο λόγος που δε συμπεριλήφθηκαν στην εφαρμογή ενώ το μέτρο της εξαναγκασμένης επένδυσης αποκλείστηκε καθώς η ροπή προς την απελευθέρωση των αγορών όπου το κράτος πρέπει να παίζει το ρόλο του ρυθμιστή των κανόνων δε συνάδει με τις αρχές του συγκεκριμένου προγράμματος.

Όσον αφορά στις τεχνολογικές δυνατότητες, συμπεριλήφθηκαν όλες, όπως παρατίθενται στον ακόλουθο Πίνακα V.2.

Πίνακας V.2. Εξεταζόμενες Τεχνολογικές Δυνατότητες

Α/α	Περιγραφή
Τ1.	Μικροί υδροηλεκτρικοί Σταθμοί
Τ2.	Μεγάλοι Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί
Τ3.	Φωτοβολταϊκά
Τ4.	Ηλιακός- Θερμικός Ηλεκτρισμός
Τ5.	Κυματική ενέργεια
Τ6.	Παράκτια Αιολικά Πάρκα
Τ7.	Υπεράκτια Αιολικά Πάρκα
Τ8.	Γεωθερμία
Τ9.	Βιοαέριο
Τ10.	Βιομάζα
Τ11.	Βιο-απόβλητα

V.4.3. Φάση 2η: Προσδιορισμός Λίστας Προτεραιοτήτων Εργαλείων Προώθησης

Μετά τον προσδιορισμό των εξεταζόμενων εργαλείων προώθησης διενεργήθηκε η αξιολόγησή τους, με τη βοήθεια του πληροφοριακού συστήματος «L-DSS».

Τα κριτήρια με βάση τα οποία γίνεται η αξιολόγηση είναι οι 6 ενεργειακές επιδιώξεις που παρουσιάσθηκαν στο προηγούμενο Κεφάλαιο IV:

E.1. *Μείωση Εκπομπών Αερίων Θερμοκηπίου,* στην προσπάθεια άμβλυνσης των αρνητικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής.

E.2. *Μείωση των Επιδράσεων στο Φυσικό Περιβάλλον,* όπως ηχορύπανση, αισθητικές παρεμβάσεις, αλόγιστη χρήση φυσικών πόρων και εκτεταμένη χρήση γης.

E.3. *Ανταγωνιστικότητα, Επιχειρηματικότητα και Απασχόληση,* η οποία αντικατοπτρίζεται μέσω της αύξησης της προσφοράς εργασίας.

E.4. *Τοπική και Περιφερειακή Οικονομική Ανάπτυξη,* εσωκλείοντας το βαθμό της ανάπτυξης των επιχειρήσεων λόγω των επενδύσεων στην περιοχή.

E.5*. Χαμηλές Τιμές Αγοράς Ενέργειας,* λαμβάνοντας υπόψη το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας της χρησιμοποιούμενης τεχνολογίας, καθώς και τα οικονομικά μέτρα (επιδοτήσεις) υποστήριξής της.

E.6*. Ενεργειακή Επάρκεια (Αυτοτέλεια),* μέσω της αντικατάστασης εισαγόμενων καυσίμων από την καταναλισκόμενη ενέργεια.

Συγκεκριμένα, για την αξιολόγηση τόσο των τύπων προγραμμάτων όσο και των τεχνολογικών δυνατοτήτων χρησιμοποιήθηκε το υποσύστημα «LT-DSS», στο οποίο και έγινε η εισαγωγή των κατάλληλων δεδομένων αξιολόγησης.

Για τις αποδόσεις, τα βάρη και τα κατώφλια στις επιμέρους αξιολογήσεις χρησιμοποιείται 6 βάθμια κλίμακα $\{s_0, s_1, s_2, s_3, s_4, s_5, s_6\}$.

Αξιολόγηση Προγραμμάτων

Τα δεδομένα αξιολόγησης των τύπων προγραμμάτων (βάρη, αποδόσεις) βασίζονται στην περιορισμένη σχετική διεθνή βιβλιογραφία [16, 17] και στο μεγαλύτερο βαθμό σε εκτιμήσεις ειδικών της ΕΕ πάνω στα ενεργειακά θέματα όπως προέκυψαν μέσα από τις παρακάτω συνεδριάσεις του Ευρωπαϊκού Δικτύου «Επιστημονικό Σύστημα Αναφοράς πάνω στις ΑΠΕ και στην ΕΞΕΝ (Scientific Technical Reference System on Renewable Energy and Energy End-Use Efficiency)» [18 – 20]:

- 6η συνεδρίαση, Ευρωπαϊκή Ένωση, Βρυξέλλες, 6-7 Απριλίου 2005
- 7η συνεδρίαση, Ranco (Ispra), Ιταλία, 16-17 Νοεμβρίου 2005
- 8η συνεδρίαση, Βιέννη (University of Technology), Αυστρία, 4-5 Απριλίου 2006

Για τις αποδόσεις των κριτηρίων από τους εμπειρογνώμονες χρησιμοποιήθηκαν οι ακόλουθες γλωσσικές μεταβλητές: Πολύ Φτωχό (ΠΦ), Φτωχό (Φ), Μέτρια Φτωχό (ΜΦ), Μέτριο (Μ), Μέτρια Υψηλό (ΜΥ), Υψηλό (Υ), Πολύ Υψηλό (ΠΥ).

Για τα βάρη των κριτηρίων χρησιμοποιήθηκαν οι ακόλουθες γλωσσικές μεταβλητές: Πολύ Χαμηλό (ΠΧ), Χαμηλό (Χ), Μέτρια Χαμηλό (ΜΧ), Μέτριο (Μ), Μέτρια Υψηλό (ΜΥ), Υψηλό (Υ), Πολύ Υψηλό (ΠΥ).

Οι αποδόσεις και βάρη των τύπων προγραμμάτων παρατίθενται στον ακόλουθο Πίνακας V.3.

Πίνακας V**.3.** Αποδόσεις και Βάρη Τύπων Προγραμμάτων

	Βάρη	Π1	Π2	Π3	Π4	Π5	Π6	Π7	Π8	Π9	Π10	Π11
Ε1	ΜΥ	ΜΦ	Υ	Μ	ΜΥ	Μ	Υ	Μ	ΠΥ	ΜΦ	ΜΥ	Μ
Ε2	Μ	Μ	ΜΥ	Μ	ΠΥ	Φ	Υ	ΜΦ	Μ	Φ	ΜΥ	Υ
Ε3	Υ	ΜΥ	Μ	Μ	ΜΥ	ΜΦ	Υ	ΜΥ	Μ	ΜΥ	ΜΥ	Μ
Ε4	Υ	Υ	Μ	Μ	ΜΥ	Μ	Υ	ΜΥ	Μ	ΜΥ	Υ	Μ
Ε5	Μ	ΠΦ	ΜΦ	Μ	Μ	ΜΦ	Μ	Μ	Υ	Μ	ΠΦ	Μ
Ε6	Υ	Υ	Υ	Μ	ΜΥ	Μ	Υ	Μ	Μ	ΜΦ	Μ	Μ

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν παρατίθενται στον ακόλουθο Πίνακα V.4 [21].

Πίνακας V.4. Τύποι Προγραμμάτων Υψηλής Προτεραιότητας

Τύποι Προγραμμάτων	**Αποδόσεις**	**Αποδόσεις (2-tupple)**
Π6. Άμεσες Επιδοτήσεις	0.87	$\{s_3, 0.18\}$
Π4. Βελτιωμένες Διαχειριστικές Διαδικασίες	0.76	$\{s_3, 0.09\}$
Π1. Σταθερές Τιμές Τιμολογίων	0.69	$\{s_3, 0.04\}$
Π2. Φορολογικές Μειώσεις	0.67	$\{s_3, 0.03\}$
Π8. Εμπορία Πιστοποιητικών	0.67	$\{s_3, 0.03\}$
Π10. Ανταγωνιστικές Προσφορές Μακροχρόνιων Ενεργειακών Συμβολαίων	0.66	$\{s_3, -0.02\}$
Π7. Παροχή Δανείων με Ευνοϊκές Ρυθμίσεις	0.62	$\{s_3, -0.05\}$
Π11. Δημοσιότητα/ διαφημιστικές Εκστρατείες	0.60	$\{s_3, -0.04\}$
Π3. Πιστοποίηση	0.57	$\{s_3, -0.08\}$
Π9. Επιταχυνόμενη Απόσβεση	0.53	$\{s_3, -0.11\}$
Π5. Καταγραφή Δυναμικού ΑΠΕ	0.48	$\{s_3, -0.2\}$

Η αξιολόγηση διενεργήθηκε και με τις δύο παραλλαγές της «2-tuple TOPSIS» που αναπτύχθηκαν, δηλαδή με έξοδο σε μορφή [0,1] και σε μορφή διπλής αναπαράστασης. Οι απόκλιση στα αποτελέσματα είναι πολύ μικρή και έγκειται μόνο στις Π7 και Π11, όπου εναλλάσσονται μεταξύ τους στην ιεραρχία.

Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι οι άμεσες επιδοτήσεις ξεχωρίζουν στην πρώτη θέση με τις βελτιωμένες διαχειριστικές διαδικασίες να ακολουθούν. Υψηλές τιμές συγκέντρωσαν επίσης οι σταθερές τιμές τιμολογίων και οι φορολογικές μειώσεις. Οι άμεσες επιδοτήσεις αποτελούν ένα ισχυρό κίνητρο για να κινηθεί ένας ενδιαφερόμενος επενδυτής προς ένα συγκεκριμένο τομέα, μέσα από τη μείωση του αρχικού κόστους της επένδυσης. Με το πρόγραμμα αυτό δίνεται η δυνατότητα σε μεγαλύτερο εύρος επενδυτών να προχωρήσουν σε επενδύσεις σε όλη την επικράτεια της χώρας.

Οι προβληματικές διαχειριστικές διαδικασίες και η γραφειοκρατία αποτελούν μεγάλο πρόβλημα, ιδιαίτερα στον τομέα των ΑΠΕ. Πρέπει λοιπόν να δοθεί μεγάλο βάρος στην προώθηση του προγράμματος αυτού ώστε να αντιμετωπισθούν αυτά τα προβλήματα και να συγκεντρωθούν περισσότεροι επενδυτές, μεγαλύτερης εμβέλειας, τόσο από το εσωτερικό όσο και από το εξωτερικό. Οι σταθερές τιμές και οι φορολογικές μειώσεις συμβάλλουν ώστε η απόσβεση να είναι πετυχημένη και η επένδυση οικονομικά βιώσιμη. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει η υψηλή βαθμολογία του προγράμματος της εμπορίας πιστοποιητικών και παρ' ότι δε φαίνεται ότι πρόκειται άμεσα να υλοποιηθεί αποτελεί μία πολύ καλή εναλλακτική επιλογή για το μέλλον. Τέλος, το πρόγραμμα των ανταγωνιστικών προσφορών μακροχρόνιων ενεργειακών συμβολαίων βρίσκεται στη μέση της κατάταξης αλλά με υψηλή βαθμολογία και δεν πρέπει να υποτιμάται ο ρόλος του στο μέλλον, καθώς τα μακροχρόνια ενεργειακά συμβόλαια εξασφαλίζουν στον επενδυτή σιγουριά και στην πολιτεία πιο συμφέρουσες συνθήκες.

Ανάλυση Ευαισθησίας Εργαλείων Προώθησης

Ένα κρίσιμο θέμα σε κάθε πολυκριτηριακή μέθοδο είναι να καθοριστεί σε πιο βαθμό η τελική κατάταξη των εναλλακτικών εξαρτάται και επηρεάζεται από τις εκτιμήσεις του βάρους και των κατωφλίων των κριτηρίων. Μια λύση για την αντιμετώπιση τέτοιων θεμάτων ανάλυσης ευαισθησίας είναι ο καθορισμός παραμέτρων ευστάθειας.

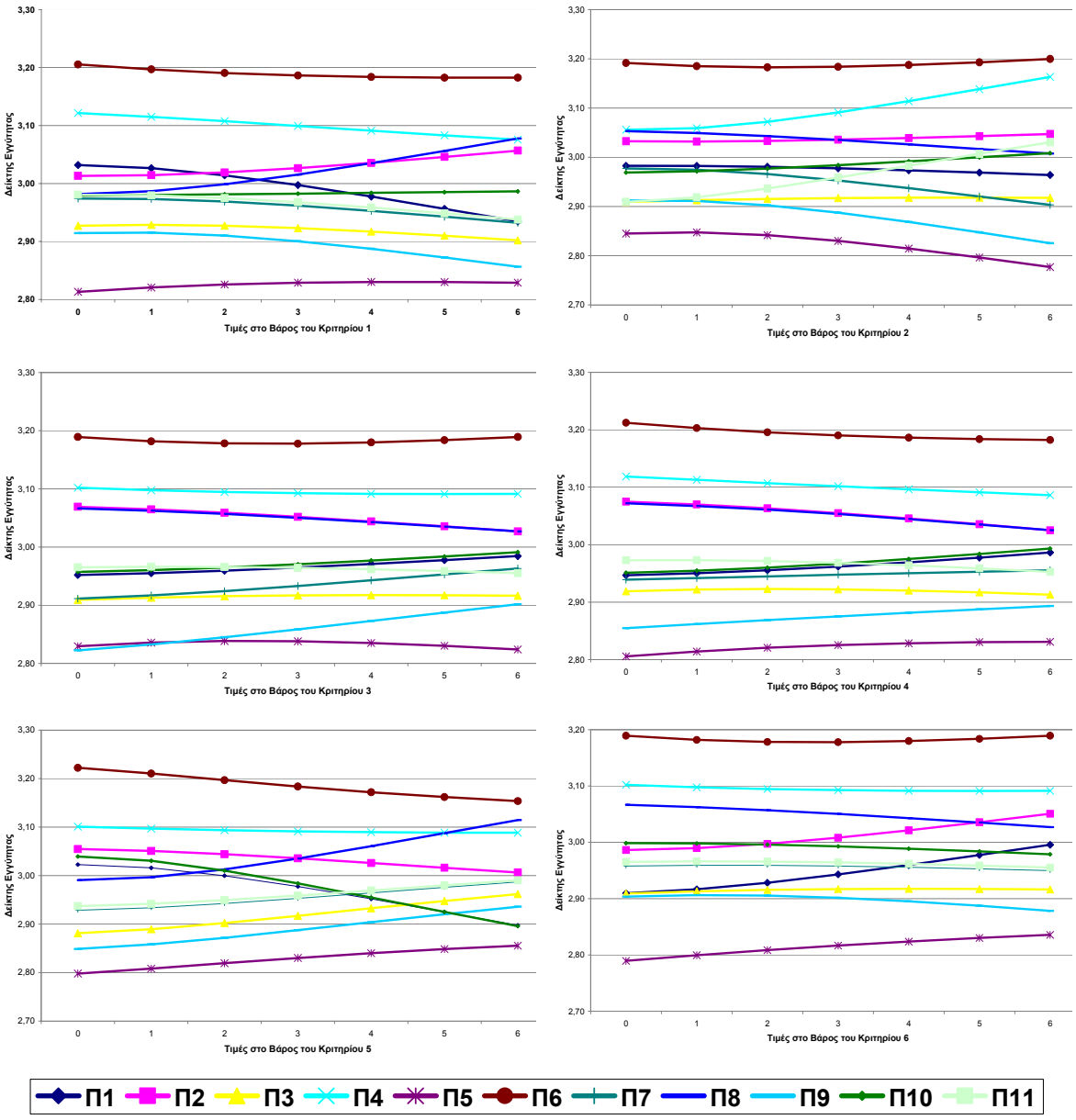
Οι παράμετροι ευστάθειας είναι οι τιμές που μπορεί να λάβει το βάρος ή το κατώφλι ενός κριτηρίου αντίστοιχα, χωρίς να μεταβληθεί το αποτέλεσμα που προκύπτει από την αρχική ομάδα τιμών, διατηρώντας σταθερές όλες τις υπόλοιπες τιμές στα κριτήρια. Στις προτεινόμενες μεθόδους, οι παράμετροι ευστάθειας δεν είναι συνεχείς, αλλά περιλαμβάνουν διακεκριμένα σύνολα σε μια διακεκριμένη κλίμακα.

Η ανάλυση ευαισθησίας πραγματοποιείται για κάθε βάρος ή κατώφλι κριτηρίου, για την αξιολόγηση των τύπων προγραμμάτων και των τεχνολογικών δυνατοτήτων αντίστοιχα. Το υπό εξέταση κριτήριο λαμβάνει διαδοχικά όλες τις τιμές σε όλο το εύρος της γλωσσικής κλίμακας, και, διατηρώντας σταθερές τις τιμές στα υπόλοιπα κριτήρια, υπολογίζεται ο σχετικός συντελεστής εγγύτητας όλων των εναλλακτικών. Αυτή η διαδικασία εκπονείται για όλα τα κριτήρια. Τέλος, οι σχετικοί συντελεστές εγγύτητας που προκύπτουν για κάθε εναλλακτική απεικονίζονται γραφικά ως συναρτήσεις του υπό εξέταση κριτηρίου.

Ανάλυση Ευαισθησίας Προγραμμάτων

Σύμφωνα με την ως άνω αναφερόμενη μεθοδολογία, εκπονήθηκε η ανάλυση ευαισθησίας στα αποτελέσματα της εφαρμογής των πολυκριτηριακών μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση των τύπων προγραμμάτων ΑΠΕ, σύμφωνα με τα κριτήρια που αναφέρθηκαν σε προηγούμενο παράγραφο.

Στο Σχήμα V.3. που ακολουθεί παρατίθενται τα έξι (6) γραφήματα, που προέκυψαν από την ανάλυση ευαισθησίας για το καθένα από τα έξι κριτήρια.



Σχήμα V.3. Ανάλυση Ευαισθησίας Βαρών

Από τα ανωτέρω γραφήματα που απεικονίζουν τα αποτελέσματα της πραγματοποιηθείσας ανάλυσης ευαισθησίας, προκύπτουν, συνοπτικά, τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Το πρόγραμμα Π6 παραμένει πρώτο στην κατάταξη των 11 προγραμμάτων για όλες τις εναλλαγές στις τιμές της βαρύτητας των κριτηρίων που πραγματοποιήθηκαν στο πλαίσιο της παρούσας ανάλυσης ευαισθησίας.
- Αντίστοιχα, σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις, το πρόγραμμα Π4 παραμένει δεύτερο στην κατάταξη των 11 προγραμμάτων.
- Η εναλλαγή των τιμών της βαρύτητας του κριτηρίου Ε1 προκαλεί τις μεγαλύτερες διακυμάνσεις στο σχετικό συντελεστή εγγύτητας των προγραμμάτων Π1 και Π8 και λιγότερες στα προγράμματα Π5, Π6 και Π10.
- Το πρόγραμμα Π10 προκύπτει ότι επηρεάζεται περισσότερο από την εναλλαγή της βαρύτητας του κριτηρίου Ε5, ενώ ο σχετικός συντελεστής εγγύτητάς του παραμένει σχετικά αμετάβλητος από τις εναλλαγές των λοιπών κριτηρίων.
- Αντίστοιχη είναι και η περίπτωση του προγράμματος Π4, το οποίο επηρεάζεται σχεδόν αποκλειστικά από την εναλλαγή του κριτηρίου Ε1, και ελάχιστα από τα λοιπά κριτήρια.

Στη συνέχεια, από την ανάλυση και τα παραπάνω γραφήματα προσδιορίστηκαν οι παράμετροι ευστάθειας για κάθε κριτήριο.

Πίνακας V.5. Παράμετροι Ευστάθειας Βαρών

Βάρη κριτηρίων	**Παράμετροι Ευστάθειας**
Βάρος Κριτηρίου 1	$\{S_4\}$
Βάρος Κριτηρίου 2	$\{S_3\}$
Βάρος Κριτηρίου 3	$\{S_3, S_4, S_5\}$
Βάρος Κριτηρίου 4	$\{S_4, S_5\}$
Βάρος Κριτηρίου 5	$\{S_2, S_3\}$
Βάρος Κριτηρίου 6	$\{S_5\}$

Από τον προσδιορισμό των παραμέτρων ευστάθειας των βαρών των κριτηρίων, προκύπτουν, συνοπτικά, τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Για οποιαδήποτε εναλλαγή, πέραν της αρχικής, των βαρών των κριτηρίων Ε1, Ε2 και Ε6 δεν διατηρείται η αρχική σειρά κατάταξης, όπως αναφέρθηκε ανωτέρω, γεγονός που σημαίνει ότι τα συγκεκριμένα κριτήρια παρουσιάζουν πολύ μικρή ευστάθεια.
- Τη μεγαλύτερη ευστάθεια παρουσιάζει το κριτήριο Ε3, δεδομένου ότι διατηρεί την αρχική σειρά κατάταξης για τρεις εναλλακτικές τιμές («Μέτριο», «Μέτρια Υψηλό» και «Υψηλό»).
- Αντίστοιχα, τα κριτήρια Ε4 και Ε5 διατηρούν την αρχική σειρά κατάταξης για δύο μόνο εναλλακτικές τιμές.

Αξιολόγηση Τεχνολογιών

Για την αξιολόγηση των τεχνολογικών δυνατοτήτων δεδομένα αντλήθηκαν από τη σχετική βιβλιογραφία. Πιο συγκεκριμένα, η αποτίμηση των επιλογών ΑΠΕ στην μείωση εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, στο κόστος επένδυσης και στην συνεισφορά στην ενεργειακή επάρκεια βασίστηκε σε σχετικές μελέτες του Υπουργείου Ανάπτυξης και του Υπουργείου Περιβάλλοντας, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων [22, 23]. Επιπροσθέτως, για τις αποδόσεις των εναλλακτικών στην τοπική και περιφερειακή οικονομική ανάπτυξη και στο φυσικό περιβάλλον χρησιμοποιήθηκαν ως αναφορά μια σειρά από σχετικές εργασίες [24 – 26]. Η συνεισφορά των επιλογών ΑΠΕ στην απασχόληση εκτιμήθηκε με βάσει μελέτες σχετικές με το ζήτημα [27, 28].

Για τις αποδόσεις χρησιμοποιήθηκαν οι ακόλουθες γλωσσικές μεταβλητές: Πολύ φτωχό (ΠΦ), Φτωχό (Φ), Μέτρια Φτωχό (ΜΦ), Μέτριο (Μ), Μέτρια Υψηλό (ΜΥ), Υψηλό (Υ), Πολύ Υψηλό (ΠΥ).

Για τα κατώφλια των κριτηρίων χρησιμοποιήθηκαν οι ακόλουθες γλωσσικές μεταβλητές: Πολύ Χαμηλό (ΠΧ), Χαμηλό (Χ), Μέτρια Χαμηλό (ΜΧ), Μέτριο (Μ), Μέτρια Υψηλό (ΜΥ), Υψηλό (Υ), Πολύ Υψηλό (ΠΥ).

Οι αποδόσεις και τα κατώφλια των τεχνολογικών δυνατοτήτων παρατίθενται στον ακόλουθο Πίνακα V.6.

Πίνακας V.6. Αποδόσεις και Κατώφλια Τεχνολογικών Δυνατοτήτων

Κατώφλια	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11
E1	ΜΥ	ΜΥ	ΠΥ	ΜΥ	Φ	Φ	ΠΥ	Μ	Φ	Υ	ΜΥ	ΜΦ
E2	Μ	Μ	ΠΦ	ΜΥ	Μ	ΜΦ	Μ	Μ	Μ	ΠΥ	Υ	ΜΦ
E3	Υ	Φ	Μ	Υ	Φ	Φ	Μ	ΜΦ	Φ	Μ	ΜΦ	ΜΦ
E4	Υ	ΜΥ	Υ	ΠΥ	ΜΦ	ΜΦ	ΠΥ	Μ	Μ	Μ	Υ	ΜΥ
E5	Μ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΦ	Φ	ΜΦ	Υ	ΜΦ	ΜΦ	ΠΥ	ΠΥ	ΜΥ
E6	Υ	ΜΥ	Υ	ΜΥ	ΜΦ	ΜΦ	ΠΥ	Μ	Φ	ΜΥ	Μ	ΜΦ

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν παρατίθενται στον ακόλουθο Πίνακα V.7 [29].

Πίνακας V.7. Τεχνολογικές Δυνατότητες Υψηλής Προτεραιότητας

Τεχνολογικές Δυνατότητες	**Αποδόσεις**
HT6. Παράκτια Αιολικά Πάρκα	0.82
HT3. Φωτοβολταϊκά	0.74
HT9. Βιοαέριο	0.72
HT10. Βιομάζα	0.71
HT1. Μικροί Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί	0.67
HT2. Μεγάλοι Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί	0.65
HT7. Υπεράκτια Αιολικά Πάρκα	0.52
HT11. Βιο-απόβλητα	0.50
HT8. Γεωθερμία	0.44
HT4. Ηλιακός- Θερμικός Ηλεκτρισμός	0.40
HT5. Κυματική Ενέργεια	0.28

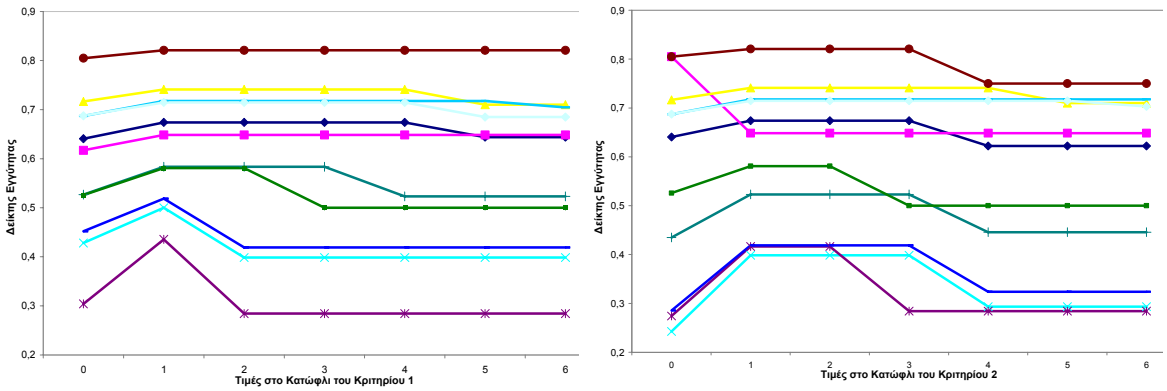
Με βάση τα αποτελέσματα τα παράκτια αιολικά πάρκα εμφανίζονται να έχουν τα καλύτερα αποτελέσματα και να αποτελούν τη λύση με την μεγαλύτερη απόδοση προς την επίτευξη των ενεργειακών επιδιώξεων μέσω των ΑΠΕ. Το αποτέλεσμα είναι απόλυτα δικαιολογημένο καθώς η Ελλάδα έχει πολλές περιοχές με οικονομικά βιώσιμο και αποδοτικό αιολικό δυναμικό όπως οι περιοχές της Εύβοιας, του Έβρου, της Λακωνίας, της Κρήτης, τα πολυάριθμα νησιά του Αιγαίου αλλά και πολλές απομονωμένες περιοχές της ηπειρωτικής Ελλάδας, οι οποίες με τέτοια συστήματα μπορούν να μετατραπούν σε ενεργειακά κέντρα. Επίσης, είναι μια τεχνολογία που βρίσκει εφαρμογή εδώ αρκετά χρόνια, οπότε και έχουν διαμορφωθεί οι κατάλληλες συνθήκες τόσο σε επίπεδο τεχνικο-κατασκευαστικό, νομοθετικό, οικονομικό όσο και κοινωνικό ώστε να προχωρήσει η ανάπτυξή τους με αλματώδη βήματα.

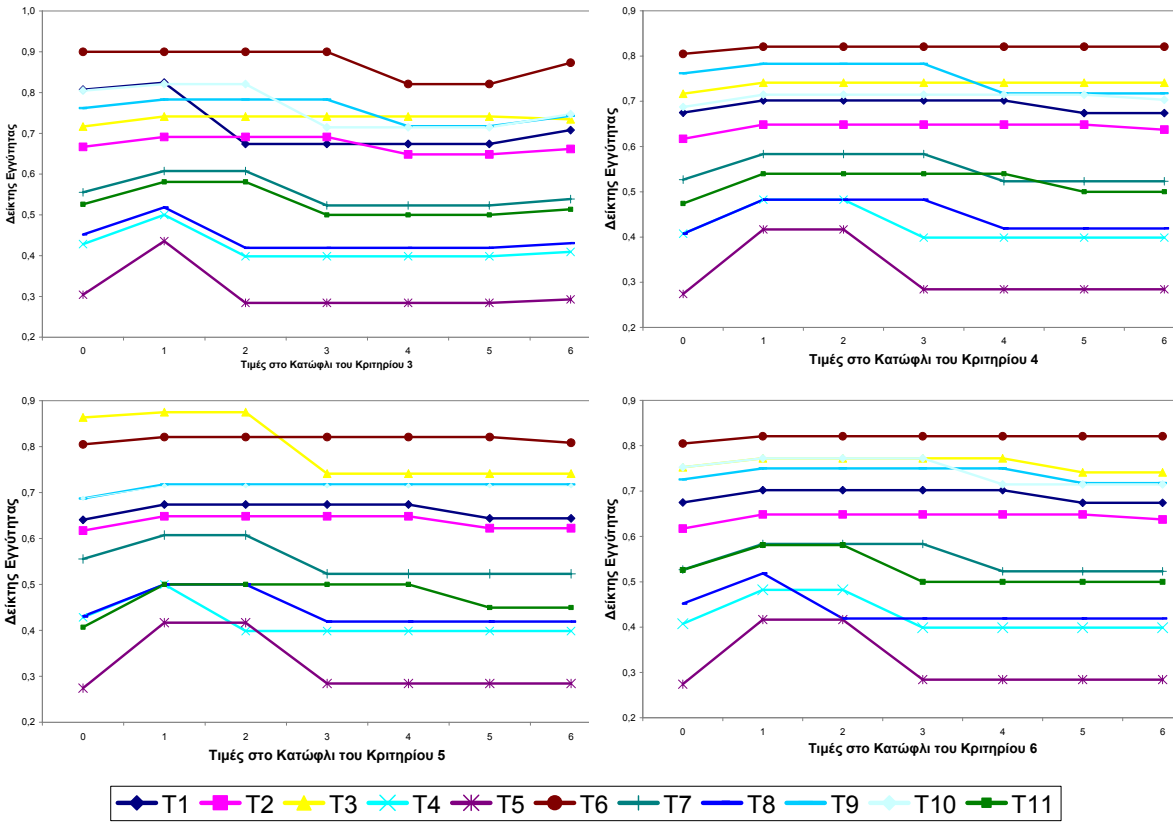
Τα φωτοβολταϊκά πάρκα ακολουθούν. Η Ελλάδα είναι μια χώρα με τεράστιο ηλιακό δυναμικό και οι πολλαπλές δυνατότητες τοποθέτησης των φωτοβολταϊκών πλαισίων τόσο σε κτίρια όσο και σε εγκαταστάσεις και σταθμούς παραγωγής δημιουργούν σημαντικές δυνατότητες για τη μελλοντική ανάπτυξη αυτής της τεχνολογίας. Πλεονέκτημα αποτελεί επίσης ότι μπορεί να βρει εφαρμογή σε όλες τις περιοχές της χώρας κινητοποιώντας μηχανισμούς περιφερειακής ανάπτυξης. Επίσης, είναι μια τεχνολογία που προσφέρει τη δυνατότητα δημιουργίας πολλαπλών θέσεων εργασίας και τη δυνατότητα και σε μικρές τεχνικές εταιρείες να μπουν στο χώρο αυτό. Τέλος, το βιοαέριο στην Ελλάδα πρέπει να αναπτυχθεί γιατί θα δώσει περιβαλλοντικές λύσεις στο θέμα των χωματερών, πρόβλημα μεγάλο στην Ελλάδα με μεγάλες αντιδράσεις από τις τοπικές κοινωνίες και πιέσεις από την ΕΕ για συμμόρφωση με τα ευρωπαϊκά δεδομένα. Λίγοι σταθμοί υπάρχουν στην Ελλάδα και η μελλοντική κατασκευή τους σε όλη την Ελλάδα εκτός από θετικές περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις μπορεί να συνεισφέρει στην απασχόληση και στην οικονομική ανάπτυξη.

Ανάλυση Ευαισθησίας Τεχνολογιών

Αντίστοιχα με την αξιολόγηση των τύπων προγραμμάτων, εκπονήθηκε ανάλυση ευαισθησίας στα αποτελέσματα της εφαρμογής της πολυκριτηριακής μεθόδου που χρησιμοποιήθηκε για την αξιολόγηση των τεχνολογικών δυνατοτήτων ΑΠΕ, σύμφωνα με τα κριτήρια που αναφέρθηκαν σε προηγούμενο παράγραφο.

Στο Σχήμα V. 4 που ακολουθεί παρατίθενται τα έξι (6) γραφήματα, που προέκυψαν από την ανάλυση ευαισθησίας για το καθένα από τα έξι κριτήρια.





Σχήμα V. 4. Ανάλυση Ευαισθησίας Κατωφλίων

Από τα ανωτέρω γραφήματα που απεικονίζουν τα αποτελέσματα της πραγματοποιηθείσας ανάλυσης ευαισθησίας, προκύπτουν, συνοπτικά, τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Σε γενικές γραμμές, οι μεταβολές στις τιμές των κατωφλίων, δεν επηρεάζουν δραματικά τη σχετική εγγύτητα των τεχνολογιών ΑΠΕ.
- Η τεχνολογία T6 διατηρείται για όλες τις εναλλαγές των τιμών των κατωφλίων πρώτη στη σειρά κατάταξης, εκτός από την περίπτωση του κατωφλίου του E5, όπου και για τις τιμές S_0, S_1, S_2, λαμβάνει τη δεύτερη θέση στη συνολική κατάταξη των τεχνολογιών.

Στη συνέχεια, από την ανάλυση και τα παραπάνω γραφήματα προσδιορίστηκαν οι παράμετροι ευστάθειας για κάθε κριτήριο.

Πίνακας V.8. Παράμετροι Ευστάθειας Κατωφλίων

Βάρη κριτηρίων	Παράμετροι Ευστάθειας
Κατώφλι Κριτηρίου 1	$\{S_0, S_1, S_2, S_3, S_4\}$
Κατώφλι Κριτηρίου 2	$\{S_3\}$
Κατώφλι Κριτηρίου 3	$\{S_4, S_5\}$
Κατώφλι Κριτηρίου 4	$\{S_5, S_6\}$
Κατώφλι Κριτηρίου 5	$\{S_3, S_4, S_5, S_6\}$
Κατώφλι Κριτηρίου 6	$\{S_4, S_5, S_6\}$

Από τον προσδιορισμό των παραμέτρων ευστάθειας των κατωφλίων των κριτηρίων, προκύπτουν, συνοπτικά, τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Τη μεγαλύτερη ευστάθεια παρουσιάζει το κριτήριο Ε1, δεδομένου ότι μόνο για τις βαρύτητες «Υψηλό» και «Πολύ Υψηλό» μεταβάλλεται η σειρά κατάταξης.
- Αντίστοιχα, το κριτήριο Ε5 παρουσιάζει σχετικά μεγάλη ευστάθεια, διατηρώντας την αρχική σειρά κατάταξης για τέσσερις εκ των έξι, συνολικά, τιμών.
- Επιπλέον, τη μικρότερη ευστάθεια παρουσιάζει το κριτήριο Ε2, το οποίο, μόνο για την αρχική τιμή του κατωφλίου διατηρεί την προαναφερθείσα σειρά κατάταξης.

V.4.4. Φάση 3η: Προσδιορισμός Λίστας Προτεραιοτήτων Προτάσεων Προώθησης

Από την αξιολόγηση των εργαλείων προώθησης ΑΠΕ προκύπτει ότι προκρίνονται από τους τύπους προγραμμάτων οι άμεσες επιδοτήσεις, οι βελτιωμένες διαχειριστικές διαδικασίες και οι σταθερές τιμές τιμολογίων ενώ από τις τεχνολογικές δυνατότητες τα παράκτια αιολικά πάρκα, τα φωτοβολταϊκά, το βιοαέριο και η βιομάζα. Για τη σύνθεσή τους, με στόχο τον προσδιορισμό λίστας προτεραιοτήτων προτάσεων προώθησης ΑΠΕ διενεργείται η αξιολόγησή των παρακάτω προτάσεων με βάση τα χαρακτηριστικά των εμπλεκομένων της ενεργειακής αγοράς:

Π1. Άμεσες Επιδοτήσεις για την Προώθηση των Παράκτιων Αιολικών Πάρκων

Π2. Βελτιωμένες Διαχειριστικές Διαδικασίες για την προώθηση των Παράκτιων Αιολικών Πάρκων

Π3. Σταθερές Τιμές Τιμολογίων για την προώθηση των Παράκτιων Αιολικών Πάρκων

Π4. Άμεσες Επιδοτήσεις για την Προώθηση των Φωτοβολταϊκών

Π5. Βελτιωμένες Διαχειριστικές Διαδικασίες για την προώθηση των Φωτοβολταϊκών

Π6. Σταθερές Τιμές Τιμολογίων για την προώθηση των Φωτοβολταϊκών

Π7. Άμεσες Επιδοτήσεις για την Προώθηση του Βιοαερίου

Π8. Βελτιωμένες Διαχειριστικές Διαδικασίες για την προώθηση του Βιοαερίου

Π9. Σταθερές Τιμές Τιμολογίων για την προώθηση του Βιοαερίου

Π10. Άμεσες Επιδοτήσεις για την Προώθηση της Βιομάζας

Π11. Βελτιωμένες Διαχειριστικές Διαδικασίες για την προώθηση της Βιομάζας

Π12. Σταθερές Τιμές Τιμολογίων για την προώθηση της Βιομάζας

Τα κριτήρια για την αξιολόγηση είναι τα χαρακτηριστικά των εμπλεκομένων, σε σχέση με τη δυνατότητα δραστηριοποίησης τους στην ενεργειακή αγορά:

Χ.1. Απαιτούμενη Οικονομική Δύναμη,

Χ.2. Δυνατότητα Κέρδους,

Χ.3. Απαιτούμενο Εγγενές Κίνητρο,

Χ.4. Απαιτούμενη Δυνατότητα Αποδοχής Ρίσκου.

Για τις αποδόσεις χρησιμοποιήθηκαν οι ακόλουθες γλωσσικές μεταβλητές: Πολύ Φτωχό (ΠΦ), Φτωχό (Φ), Μέτρια Φτωχό (ΜΦ), Μέτριο (Μ), Μέτρια Υψηλό (ΜΥ), Υψηλό (Υ), Πολύ Υψηλό (ΠΥ). Οι αποδόσεις των προτάσεων στα κριτήρια φαίνονται στον ακόλουθο Πίνακα V.9. Στο Παράρτημα ΙΙ.3 παρουσιάζεται αναλυτικό παράδειγμα επεξεργασίας των αποδόσεων σε περίπτωση 3 αναλυτών που χρησιμοποιούν διαφορετικές κλίμακες.

Πίνακας V.9. Αποδόσεις Προτάσεων Προώθησης

	Π1	Π2	Π3	Π3	Π5	Π6	Π7	Π8	Π9	Π10	Π11	Π12
X1	ΜΥ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΦ	ΜΦ	ΜΦ	ΜΦ	ΜΦ	Φ	ΜΦ	ΜΦ	ΜΦ
X2	Μ	ΜΥ	Υ	Μ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΦ	Μ	Φ	ΜΦ	Μ	Φ
X3	ΜΥ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΥ
X4	ΜΥ	Υ	Υ	ΜΥ	Υ	Υ	ΜΦ	Μ	ΜΦ	ΜΦ	Μ	Φ

Από τις αποδόσεις στα επιμέρους κριτήρια, μπορούν να παρατηρηθούν τα ακόλουθα:

- Υψηλές αποδόσεις στα περισσότερα κριτήρια έχουν οι προτάσεις των άμεσων επιδοτήσεων σε συνδυασμό με τις εδραιωμένες τεχνολογίες ΑΠΕ, όπως των παράκτιων αιολικών πάρκων και των φωτοβολταϊκών. Στο μικρό παραγωγό και στα πλαίσιο της διασπαρμένης παραγωγής που είναι η κυρίαρχη μορφή στην ελληνική ενεργειακή αγορά, η άμεση επιδότηση από την Πολιτεία είναι ένα ισχυρό κίνητρο αλλά και ένας παράγοντας που μειώνει τόσο το ρίσκο όσο και το ποσό της αρχικής επένδυσης, καθιστώντας την έτσι βιώσιμη και πιο επικερδής.
- Η σύνθεση της ελληνικής αγοράς έχει σημαντικό ρόλο, καθώς οι επενδύσεις σε τεχνολογίες όπως του βιοαερίου και της βιομάζας γίνονται κυρίως σε επίπεδο μικρών παραγωγών. Συνεπαγόμενα, προτάσεις που περιλαμβάνουν βελτιωμένες διαχειριστικές διαδικασίες δεν φαίνεται να επιτυγχάνουν υψηλή απόδοση στην πλειονότητα των κριτηρίων, καθώς το πρόβλημα δε φαίνεται να είναι η συλλογική εκμετάλλευση και εκμετάλλευση σε κεντρικό επίπεδο αλλά η ενεργοποίηση των ίδιων των μικρών παραγωγών.

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την αξιολόγηση παρουσιάζονται στον ακόλουθο Πίνακα V.10.

Πίνακας V.10. Προτάσεις Υψηλής Προτεραιότητας

Προτάσεις	**Αποδόσεις**		
	Most	At Lest Half	As Many As Possible
Π1. Άμεσες Επιδοτήσεις για την Προώθηση των Παράκτιων Αιολικών Πάρκων	(ΜΥ,-0.1)	(ΜΥ,0)	(ΜΥ,-0.5)
Π2. Βελτιωμένες Διαχειριστικές Διαδικασίες για την Προώθηση των Παράκτιων Αιολικών Πάρκων	(ΜΥ,0)	(ΜΥ,0.3)	(ΜΥ,0)
Π3. Σταθερές Τιμές Τιμολογίων για την Προώθηση των Παράκτιων Αιολικών Πάρκων	(ΜΥ,0.4)	(Υ,0)	(ΜΥ,0)
Π4. Άμεσες Επιδοτήσεις για την Προώθηση των Φωτοβολταϊκών	(Μ,0.3)	(ΜΥ,0)	(ΜΦ,0.4)
Π5. Βελτιωμένες Διαχειριστικές Διαδικασίες για την Προώθηση των Φωτοβολταϊκών	(ΜΥ,-0.2)	(ΜΥ,-0.4)	(Μ,0)
Π6. Σταθερές Τιμές Τιμολογίων για την Προώθηση των Φωτοβολταϊκών	(ΜΥ,-0.3)	(ΜΥ,-0.4)	(Μ,0)
Π7. Άμεσες Επιδοτήσεις για την Προώθηση του Βιοαερίου	(ΜΦ,0)	(Μ,0)	(ΜΦ,0)
Π8. Βελτιωμένες Διαχειριστικές Διαδικασίες για την Προώθηση του Βιοαερίου	(Μ,-0.1)	(ΜΥ,-0.5)	(ΜΦ,0.4)
Π9. Σταθερές Τιμές Τιμολογίων για την Προώθηση του Βιοαερίου	(Φ,0.4)	(Μ,0)	(Φ,0)
Π10. Άμεσες Επιδοτήσεις για την Προώθηση της Βιομάζας	(ΜΦ,0)	(Μ,0)	(ΜΦ,0)
Π11. Βελτιωμένες Διαχειριστικές Διαδικασίες για την Προώθηση της Βιομάζας	(Μ,-0.1)	(ΜΥ,-0.5)	(ΜΦ,0.4)
Π12. Σταθερές Τιμές Τιμολογίων για την Προώθηση της Βιομάζας	(Φ,0.4)	(Μ,0)	(Φ,0)

Η ευκρίνεια των αποτελεσμάτων δεν είναι ιδιαίτερα εμφανής τόσο στον ποσοτοικοποιητή «As Many As Possible», όσο και στον «At Lest Half» και πολλές προτάσεις επιτυγχάνουν ακριβώς την ίδια τελική απόδοση.

Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι οι προτάσεις που ξεχωρίζουν σε όλους τους ποσοτικοποιητές είναι οι σταθερές τιμές τιμολογίων για την προώθηση των παράκτιων αιολικών πάρκων και οι σταθερές τιμές τιμολογίων και οι άμεσες επιδοτήσεις για την προώθηση των φωτοβολταϊκών. Τα αποτελέσματα κρίνονται αρκετά ρεαλιστικά, λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι:

- Τα αιολικά πάρκα και τα φωτοβολταϊκά είναι πλέον εδραιωμένες τεχνολογίες στην ελληνική ενεργειακή αγορά.
- Οι σταθερές τιμές τιμολογίων είναι ένα πρόγραμμα που έχει εφαρμοστεί με επιτυχία στις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες και οι άμεσες επιδοτήσεις είναι ένα ισχυρό κίνητρο που μειώνει το ποσό της αρχικής επένδυσης.

V.4.5. Φάση 4η: Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων

Σε αυτή την τελευταία φάση της εφαρμογής διενεργείται αξιολόγηση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν για την ελληνική ενεργειακή αγορά με αποτελέσματα από την εφαρμογή του πλαισίου σε ενεργειακές αγορές 2 άλλων χωρών της ΕΕ. Οι χώρες αυτές είναι η Γερμανία και η Δανία και η επιλογή τους έγινε λόγω της ευκολότερης πρόσβασης σε σχετικά στοιχεία και μελέτες, μέσω της συνεργασίας του Εργαστηρίου Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης (ΕΣΑΔ) του ΕΜΠ με Ινστιτούτα και Πανεπιστήμια στις χώρες αυτές.

Επιπλέον, για τη συλλογή των δεδομένων Γερμανίας και Δανίας, σημαντική είναι η συνεισφορά των ειδικών της ΕΕ πάνω στα ενεργειακά θέματα όπως προέκυψαν μέσα από τις παρακάτω συνεδριάσεις του Ευρωπαϊκού Δικτύου «Επιστημονικό Σύστημα Αναφοράς πάνω στις ΑΠΕ και στην ΕΞΕΝ (Scientific Technical Reference System on Renewable Energy and Energy End-Use Efficiency)» [18 – 20].

Ιδιαίτερη αναφορά πρέπει να γίνει στους Mario Ragwitz και Barbara Schlomann από το Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research της Γερμανίας και στους Flemming Øster's και Mikkel Svoldgaard Gadsbøll από το Technical University of Denmark (DTU) της Δανίας για την πολύτιμη συνεισφορά τους στη συλλογή δεδομένων.

Επιδιώξεις

Οι διαφοροποιήσεις που παρατηρούνται όσον αφορά στις προτεραιότητες των ενεργειακών επιδιώξεων για τη Γερμανία [30-32] και τη Δανία [33-35], σε σχέση και με την Ελλάδα είναι οι ακόλουθες:

Ε.1. Μείωση Εκπομπών Αερίων Θερμοκηπίου: Η Δανία με τις υπάρχουσες συνθήκες πρέπει να συνεχίσει να δίνει μεγαλύτερη βαρύτητα σε αυτό το κριτήριο, καθώς αντιμετωπίζει το μεγαλύτερο κίνδυνο να μην εκπληρώσει τις δεσμεύσεις της. Άλλωστε, η πρόσφατη σχετική πολιτική της επέφερε σημαντικά αποτελέσματα. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το 2004-2005, με την προώθηση των ΑΠΕ (29% της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας το 2005) και την τεχνολογική πρόοδο κατάφερε να μειώσει τις εκπομπές CO_2 κατά 4,3 εκατομμύρια τόνους. Απέχει πάντως αρκετά από το -21%, καθώς το 2007, και παρότι προερχόταν από χρονιές όπου η λήψη μέτρων είχαν επιτυχία, βρισκόταν στο ποσοστό του -9%.

Ε.2. Μείωση των Επιδράσεων στο Φυσικό Περιβάλλον: Καθώς το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής γίνεται όλο και πιο ορατό και οι επιπτώσεις από αυτό αναμένεται να επηρεάσουν το περιβάλλον, την καθημερινή ζωή των ανθρώπων αλλά και το φυσικό πλούτο και την παγκόσμια οικονομία, η Πολιτεία επικεντρώνεται όλο και περισσότερο στον παράγοντα αυτό. Τα τελευταία χρόνια, τόσο στη Δανία, όσο και στη Γερμανία λαμβάνονται μέτρα προς τη διαμόρφωση μιας βιώσιμης τροχιάς ανάπτυξης. Παρατηρείται ωστόσο ακόμα ισχνή αντιμετώπιση στην επίδραση στο φυσικό περιβάλλον, με μικρή διάθεση για σύγκρουση με ισχυρά παραδοσιακά συμφέροντα τόσο στην Δανία και στη Γερμανία.

Ε.3. Ανταγωνιστικότητα, Επιχειρηματικότητα και Απασχόληση: Η Γερμανία αποτελεί τη μεγαλύτερη οικονομία της Ευρωζώνης και παραδοσιακά δίνει μεγάλη βαρύτητα στον τομέα της ανταγωνιστικότητας, της επιχειρηματικότητας και της αντιμετώπισης του προβλήματος της ανεργίας, μέσα από τη διαρκή προσπάθεια για ανάπτυξη που δημιουργεί θέσεις εργασίας. Έτσι, με τα μέτρα που έχει πάρει και συνεχίζει να προωθεί έχει καταφέρει να μειωθεί ο αριθμός των ανέργων από πέντε εκατομμύρια το 2005 στα 3,5 εκατ. στο τέλος του 2007. Ο χώρος της ενέργειας και πιο συγκεκριμένα ο ραγδαία αναπτυσσόμενος χώρος των ΑΠΕ έχει συμβάλει στην απασχόληση, με αύξηση κατά 10% στον αριθμό των εργαζομένων στο χώρο το 2007. Ο λίγο μικρότερος συντελεστής για τη Δανία στο κριτήριο αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η οικονομία της Δανίας παρουσιάζει σταθερούς ρυθμούς ανάπτυξης τα τελευταία χρόνια και πρέπει να δώσει την απαιτούμενη βαρύτητα στο κριτήριο αυτό για τη διατήρηση μιας πετυχημένης πορείας. Τα αποτελέσματα είναι ορατά, καθώς ήδη η ανεργία στη χώρα κυμαίνεται σε πολύ χαμηλά επίπεδα (3,3% το Μάιο του 2007).

Ε.4. Τοπική και Περιφερειακή Οικονομική Ανάπτυξη: Η Ελλάδα αντιμετωπίζει το μεγαλύτερο πρόβλημα καθώς η ανάπτυξη στα προηγούμενα χρόνια συγκεντρωνόταν σε πολύ λίγες περιφέρειες και παρουσιάζονταν σημαντικά οικονομικά και κοινωνικά προβλήματα στις υπόλοιπες. Η δυσανάλογη αυτή ανάπτυξη επηρέαζε όπως είναι φυσικό και την ανάπτυξη της χώρας σε μάκρο- επίπεδο. Στην εφαρμογή λοιπόν έχει στο κριτήριο αυτό συντελεστή βαρύτητας «Μέτρια Υψηλό (ΜΥ)» σε αντίθεση με το «Μέτρια Χαμηλό (ΜΧ)» της Δανίας και της Γερμανίας καθώς είναι επιτακτική η λήψη μέτρων για την μείωση αυτής της διαφοράς. Στη Γερμανία πρέπει να ληφθεί υπόψη ο παράγοντας του ομοσπονδιακού κράτους, γι' αυτό δε δόθηκε μεγαλύτερος συντελεστής σε αυτό το κριτήριο.

Ε.5. Χαμηλές Τιμές Αγοράς Ενέργειας: Είναι ένα κριτήριο στο οποίο η Γερμανία δίνει μεγαλύτερο βάρος καθώς οι χαμηλές τιμές αγοράς ενέργειας είναι ίσως το πιο σημαντικό στοιχείο για να είναι ανταγωνιστική σε παγκόσμιο επίπεδο η βιομηχανία της. Η Δανία εκμεταλλευόμενη την ενεργειακή της επάρκεια και όντας σημαντικός παραγωγός συγκριτικά με το μέγεθος της έχει καταφέρει να εξασφαλίσει χαμηλές τιμές ενέργειας και συνεχίζει στην πορεία αυτή.

Ε.6. Ενεργειακή Επάρκεια (Αυτοτέλεια): Η Δανία έχει δώσει μεγάλο βάρος στο κριτήριο αυτό και ήδη από το 1997 είναι αυτάρκης ενεργειακά, όντας πρότυπο σε παγκόσμιο επίπεδο. Αν και αυτό οφείλεται εν πολλοίς στη δυνατότητα εξόρυξης πετρελαίου και φυσικού αερίου, είναι σημαντικό να παρατηρηθεί ότι η χώρα προχώρησε με ραγδαία πρόοδο στην προώθηση των ΑΠΕ. Η Γερμανία επίσης δίνει μεγάλη βαρύτητα στην ενεργειακή ασφάλεια και επάρκεια καθώς αποτελεί τον πιο σημαντικό παράγοντα σταθερότητας για τη ραγδαία ανάπτυξη της οικονομίας της. Οι ΑΠΕ της δίνουν τη δυνατότητα να μειώσει τις εισαγωγές καυσίμων και τις συνακόλουθες εξαρτήσεις της γι' αυτό πραγματοποιεί τις περισσότερες επενδύσεις στον τομέα αυτό, περισσότερες και από χώρες όπως οι ΗΠΑ και η Ιαπωνία. Άλλωστε, είναι πρώτη σε εγκατεστημένη ισχύ αιολικών πάρκων (20.000MW το 2007) και σε φωτοβολταϊκούς σταθμούς συνδεδεμένους στο δίκτυο (2.000MW το 2007). Η Γερμανία έχει επιδίωξη μακροπρόθεσμα το μερίδιο των ΑΠΕ στη συνολική κατανάλωση ενέργειας να φθάσει το 50% το 2050.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονισθεί ότι οι παραπάνω διαφοροποιήσεις και η γενικότερη προσπάθεια των εξεταζόμενων χωρών προς την «πράσινη ανάπτυξη» αντικατοπτρίζεται και από τις σχετικές δαπάνες έρευνας και ανάπτυξης για την προώθηση των ΑΠΕ, όπως αναλύεται και από τους Douka et al [36]. Τα σχετικά στοιχεία παρατίθενται και στο Παράρτημα ΙΙ.1.

Με βάση τα παραπάνω, αναλυτικά οι βαθμολογίες στα βάρη και στα κατώφλια, καθώς και οι αποδόσεις των τύπων προγραμμάτων και των τεχνολογικών δυνατοτήτων για τη Γερμανία και τη Δανία παρουσιάζονται στο Παράρτημα ΙΙ.2.

Πίνακας V.11. Σύγκριση Τύπων Προγραμμάτων

Προτάσεις	***Δανία***	***Γερμανία***
Π1. Σταθερές Τιμές Τιμολογίων	0.64	0.61
Π2. Φορολογικές Μειώσεις	0.73	0.67
Π3. Πιστοποίηση	0.55	0.57
Π4. Βελτιωμένες Διαχειριστικές Διαδικασίες	0.73	0.75
Π5. Καταγραφή Δυναμικού ΑΠΕ	0.48	0.46
Π6. Άμεσες επιδοτήσεις	0.83	0.83
Π7. Παροχή Δανείων με Ευνοϊκές Ρυθμίσεις	0.57	0.61
Π8. Εμπορία Πιστοποιητικών	0.73	0.69
Π9. Επιταχυνόμενη Απόσβεση	0.45	0.53
Π10. Ανταγωνιστικές Προσφορές Μακροχρόνιων Ενεργειακών Συμβολαίων	0.59	0.56
Π11. Δημοσιότητα/ Διαφημιστικές Εκστρατείες	0.58	0.60

Αξιολόγηση Προγραμμάτων

Σημαντική παρατήρηση από τα αποτελέσματα της αξιολόγησης για τα προγράμματα είναι οι μικρότερες διαφοροποιήσεις ανάμεσα στις τρεις χώρες. Παρατηρήθηκε επίσης ότι στις πρώτες θέσεις βρίσκονται κάποια συγκεκριμένα προγράμματα που ξεχωρίζουν έχοντας μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα και καλύτερη απόδοση στην προσπάθεια επίτευξης των ενεργειακών επιδιώξεων. Πιο συγκεκριμένα.

- *Δανία:* Το πρόγραμμα των άμεσων επιδοτήσεων ξεχωρίζει, ενώ τα προγράμματα των βελτιωμένων διαχειριστικών διαδικασιών, της διασφάλισης ποσότητας ενέργειας προερχόμενη από ΑΠΕ με εμπορία πιστοποιητικών και οι φορολογικές μειώσεις εμφανίζονται με υψηλή βαθμολογία και αναμένεται να παρουσιάζουν υψηλή απόδοση στην προσπάθεια προώθησης των ΑΠΕ. Τα αποτελέσματα είναι ρεαλιστικά, καθώς η Δανία έχει μακρά παράδοση υιοθέτησης προγραμμάτων προώθηση των ΑΠΕ και γενικότερα της βιώσιμης ανάπτυξης και ήταν από τις πρώτες χώρες που άρχισαν να εφαρμόζουν επιτυχημένα πολιτικές σταθερών τιμών τιμολογίων. Οι φορολογικές μειώσεις χρησιμοποιούνται για την προώθηση της κατανάλωσης ΑΠΕ και την επίτευξη του στόχου που έχει θέσει η ΕΕ για αύξηση σε 29% του μεριδίου των ΑΠΕ στη συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ως το 2010. Οι άμεσες επιδοτήσεις χρησιμοποιούνται, επίσης, ειδικά για την προώθηση της βιομάζας. Επιπλέον, έχει τεθεί σε ισχύ το πρόγραμμα της εμπορίας πιστοποιητικών με συγκεκριμένες μάλιστα τιμές για τις ποινές από τη μη εκπλήρωση των υποχρεώσεων και συγκεκριμένες τιμές για τα πιστοποιητικά όταν αυτά θα τίθενται σε ισχύ.

- *Γερμανία:* Στην πρώτη θέση ξεχωρίζει το πρόγραμμα των άμεσων επιδοτήσεων και ακολουθεί το πρόγραμμα των βελτιωμένων διαχειριστικών διαδικασιών. Το πρόγραμμα της διασφάλισης ποσότητας ενέργειας προερχόμενη από ΑΠΕ με εμπορία πιστοποιητικών εμφανίζει υψηλή βαθμολογία, ενώ τα προγράμματα των φορολογικών μειώσεων και των σταθερών τιμών τιμολογίων συμπληρώνουν την πεντάδα των πιο αποτελεσματικών μέτρων προώθησης ΑΠΕ στη χώρα. Τα αποτελέσματα είναι σε συνάφεια με το αναπτυξιακό ενεργειακό πλαίσιο της Γερμανίας, καθώς εφαρμόζονται πολιτικές σταθερών τιμών τιμολογίων ήδη από το 1990 και είναι η πρώτη ευρωπαϊκή χώρα που το πραγματοποίησε μετά τις ΗΠΑ (1978). Μάλιστα, ήδη από το 1991 με νομοθετικές διατάξεις έχει καθοριστεί η αγορά των ΑΠΕ με εγγυητικούς όρους για τους ενδιαφερόμενους επενδυτές και αποδείχθηκε μέτρο αποτελεσματικό για την προώθησή τους. Στη χώρα υφίστανται επιπλέον κυβερνητικές πολιτικές προώθησης, που περιλαμβάνουν οικονομικά κίνητρα για αύξηση της χρήσης της ηλιακής ενέργειας, ειδικές ρυθμίσεις (κυρίως φορολογικές μειώσεις και άμεσες επιδοτήσεις) για την προώθηση της χρήσης ΑΠΕ στον κατασκευαστικό τομέα και πράσινη τιμολόγηση σε κάποια από τα ομοσπονδιακά κράτη.

Από τα παραπάνω αποτελέσματα σε σύγκριση με τα αποτελέσματα για την Ελλάδα προκύπτουν τα ακόλουθα*:*

- Από τα συγκριτικά αποτελέσματα όσον αφορά στα προγράμματα δεν υπάρχει μεγάλη διαφοροποίηση στις βαθμολογίες και κατά συνέπεια είναι μικρές οι διαφορές και στην κατάταξη των προγραμμάτων.
- Στην εφαρμογή για τη Δανία τις μεγαλύτερες διαφορές στις βαθμολογίες ανάμεσα στις δύο χώρες είχαν οι ανταγωνιστικές προσφορές μακροχρόνιων ενεργειακών συμβολαίων και η επιταχυνόμενη απόσβεση, παρουσιάζοντας καλύτερη αναμενόμενη απόδοση στην Ελλάδα.
- Η διασφάλιση ποσότητας ενέργειας προερχόμενη από ΑΠΕ με εμπορία πιστοποιητικών εμφανίζεται να έχει υψηλότερη βαθμολογία στη Δανία, πράγμα αναμενόμενο καθώς είναι ένα μέτρο πού απαιτεί μεγάλη αγορά πράσινης ενέργειας και ώριμες συνθήκες για να μην υπάρχουν αντιδράσεις, αμφιβολίες και δυσπιστίες από τους εμπλεκόμενους με την εφαρμογή του προγράμματος.
- Στην εφαρμογή για τη Γερμανία, η μεγαλύτερη διαφορά εμφανίστηκε στο πρόγραμμα ανταγωνιστικές προσφορές μακροχρόνιων ενεργειακών συμβολαίων, ενώ ενδιαφέρον παρουσιάζει και η διαφορά στο πρόγραμμα σταθερές τιμές τιμολογίων, όπου φαίνεται να έχει υψηλότερη συγκριτικά απόδοση στην Ελλάδα, καθώς η εφαρμογή παρόμοιας πολιτικής είναι πρόσφατη και είναι λογικό να εμφανίζει υψηλότερη απόδοση τα πρώτα χρόνια εφαρμογής της. Άλλωστε, η Γερμανία είναι πρωτοπόρος στην υιοθέτηση προγραμμάτων για τη διαμόρφωση της αγοράς και έτσι τώρα στη φάση της ωρίμανσης αυτών των πρωτοβουλιών, δικαίως βρίσκεται στην πρώτη θέση στην παγκόσμια αγορά των ΑΠΕ.

Πίνακας V.12. Σύγκριση Τεχνολογικών Δυνατοτήτων

Προτάσεις	***Δανία***	***Γερμανία***
T1. Μικροί Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί	0.61	0.64
T2. Μεγάλοι Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί	0.32	0.62
T3. Φωτοβολταϊκά	0.52	0.78
T4. Ηλιακός - Θερμικός Ηλεκτρισμός	0.38	0.61
T5. Κυματική Ενέργεια	0.44	0.26
T6. Παράκτια Αιολικά Πάρκα	0.93	0.77
T7. Υπεράκτια Αιολικά Πάρκα	0.81	0.58
T8. Γεωθερμία	0.50	0.72
T9. Βιοαέριο	0.63	0.76
T10. Βιομάζα	0.76	0.74
T11. Βιο-απόβλητα	0.65	0.63

Αξιολόγηση Τεχνολογικών Δυνατοτήτων

Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι τα αποτελέσματα στις τεχνολογικές δυνατότητες διαμορφώνονται ως ένα βαθμό και από τις υπάρχουσες συνθήκες στις τρεις διαφορετικές ενεργειακές αγορές, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις όπως το πρώτο κριτήριο της μείωσης των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου όπου τα χρονοδιαγράμματα είναι πολύ στενά. Είναι δεδομένο δηλαδή ότι μια τεχνολογία που έχει ήδη αναπτυχθεί σε υψηλό επίπεδο σε μία χώρα και υπάρχει διαμορφωμένη τεχνογνωσία αλλά και κουλτούρα μπορεί να δώσει μεγαλύτερη απόδοση σε άμεσους στόχους όπως η ανταπόκριση στις δεσμεύσεις που απορρέουν από την υπογραφή του Πρωτοκόλλου του Κιότο.

- *Δανία:* Σημαντική παρατήρηση είναι ότι όλη η υδροηλεκτρική παραγωγή γίνεται από τα μικρά υδροηλεκτρικά, καθώς δε θεωρούν τα μεγάλα υδροηλεκτρικά τεχνολογία ΑΠΕ. Έτσι δικαιολογείται και η πολύ χαμηλή βαθμολογία των μεγάλων υδροηλεκτρικών καθώς δεν αναμένεται να αλλάξει η αντίληψη αυτή. Επιπλέον, εμφανίζεται ιδανική περίπτωση η συνέχιση της μακράς και πετυχημένης παράδοσης που έχει διαμορφωθεί στην εκμετάλλευση της ισχύς του ανέμου, κυρίως μέσω της προώθησης των υπεράκτιων αιολικών πάρκων. Ο συνδυασμός της πετυχημένης τεχνογνωσίας, των ευνοϊκών συνθηκών που επικρατούν στη χώρα, με πολλές ρηχές αμμώδης παραλίες με υψηλό αιολικό δυναμικό και της διαμορφωμένης θετικής άποψης στην κοινή γνώμη για την τεχνολογία αυτή δίνει τεράστιες δυνατότητες και προοπτικές περαιτέρω προώθησης τους στο άμεσο μέλλον.
- *Γερμανία:* Είναι πρώτη σε παγκόσμιο επίπεδο στην εγκατεστημένη ισχύ φωτοβολταϊκών σταθμών συνδεδεμένων στο δίκτυο και ακολουθούν η Ιαπωνία, οι ΗΠΑ και η Ισπανία. Η Γερμανική βιομηχανία είναι πρωτοπόρος στον τομέα της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας και εκτός από την εγχώρια αγορά στόχος των γερμανικών εταιρειών είναι και η περαιτέρω δυναμική διείσδυση τους σε εξαγωγικές αγορές, όπως της Ελλάδας, της Ισπανίας, της Ιταλίας, αλλά και της Ασίας και της Κίνας. Ο πρωταγωνιστικός ρόλος της Γερμανίας σε μια νέα ραγδαία αναπτυσσόμενη αγορά, όπως είναι αυτή των φωτοβολταϊκών της δίνει τη δυνατότητα για τεράστια οφέλη στο άμεσο και μακροπρόθεσμο μέλλον. Παράλληλα, η κυβέρνηση της χώρας δίνει έμφαση στην έρευνα και ανάπτυξη της τεχνολογίας του ηλιακού - θερμικού ηλεκτρισμού και αναμένεται από την τεχνογνωσία που αναπτύσσεται, τόσο σε επίπεδο επιστημονικό όσο και σε κατασκευαστικό, σχεδιασμού και λειτουργίας να εμφανίσει μεγάλες προοπτικές και δυνατότητες στο μέλλον. Ωστόσο, οφέλη από την εφαρμογή της τεχνολογίας αυτής δεν αναμένονται στο άμεσο μέλλον, καθώς η τεχνολογία βρίσκεται σε αρχικό στάδιο σε σύγκριση με άλλες τεχνολογίες ΑΠΕ. Η Γερμανία παράγει το 1/3 της αιολικής παραγωγής παγκοσμίως και το ½ της ευρωπαϊκής, κατέχοντας την πρώτη θέση σε παγκόσμιο επίπεδο και η συνέχεια της επιτυχημένης παράδοσης παρουσιάζεται σαν ιδανική επιλογή. Στο άμεσο μέλλον η αντικατάσταση παλιών μικρής ισχύος εγκαταστάσεων από καινούργιες μοντέρνες μεγαλύτερης ισχύος αναμένεται να αυξήσει την εγκατεστημένη ισχύ και να ενισχύσει ακόμη περισσότερο την αγορά της αιολικής ενέργειας.

Από τα παραπάνω αποτελέσματα σε σύγκριση με τα αποτελέσματα για την Ελλάδα προκύπτουν τα ακόλουθα:

- Από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων προκύπτουν μεγάλες διαφορές στις τεχνολογίες, πράγμα αναμενόμενο καθώς οι χώρες παρουσιάζουν διαφορές ως προς τις γεωφυσικές ιδιαιτερότητες, το δυναμικό ΑΠΕ, την τεχνολογική ανάπτυξη και τις προοπτικές της και τη διαμορφωμένη συνείδηση των πολιτών για κάθε τύπου τεχνολογία ΑΠΕ.
- Τα μεγάλα υδροηλεκτρικά δε θεωρούνται ΑΠΕ στη Δανία γι' αυτό και υπάρχουν μόνο μικρά υδροηλεκτρικά. Η αντίληψη αυτή δεν αναμένεται να αλλάξει στο προσεχές μέλλον και έτσι δικαιολογείται η μεγάλη διαφορά στη βαθμολογία σε σχέση με την Ελλάδα, όπου τα μεγάλα υδροηλεκτρικά καταλαμβάνουν σημαντικό κομμάτι στο μερίδιο των ΑΠΕ, με σημαντική συνεισφορά στην ενεργειακή ασφάλεια και επάρκεια της χώρας, αλλά και στην τοπική ανάπτυξη.

- Στην Ελλάδα σε αντίθεση με τη Δανία τα υπεράκτια αιολικά πάρκα δεν εμφανίζονται σαν κατάλληλη επιλογή για εφαρμογή, λόγω διαφόρων εμποδίων, όπως είναι ο παράγοντας του τουρισμού, της αλιείας, οι αντιδράσεις των τοπικών φορέων, καθώς και η έλλειψη της κατάλληλης τεχνογνωσίας. Στη Δανία τα υπεράκτια αιολικά πάρκα παρουσιάζουν πολύ καλές προοπτικές, κυρίως λόγω της αναπτυγμένης τεχνογνωσίας και της πληθώρας κατάλληλων περιοχών, όπου μπορούν να γίνουν αποδοτικές επενδύσεις, χωρίς αντιδράσεις από την τοπική κοινωνία.
- Τα φωτοβολταϊκά συστήματα αντίθετα φαίνεται να έχουν καλύτερες προοπτικές στην Ελλάδα από τη Δανία, εξαιτίας του τεραστίου ηλιακού δυναμικού, τις επιτυχημένες εφαρμογές ηλιακής θέρμανσης στην Ελλάδα και την αποδοχή της τεχνολογίας αυτής από την κοινή γνώμη.
- Το βιοαέριο και στις τρεις χώρες εμφανίζεται πολύ υψηλά στη κατάταξη. Στην Ελλάδα η τεχνολογία εμφανίζει υψηλότερη βαθμολογία και αυτό γιατί μοιάζει να είναι η καλύτερη λύση για την αντιμετώπιση του προβλήματος των χωματερών από οικονομική και περιβαλλοντική σκοπιά. Τέλος, τα παράκτια αιολικά πάρκα ξεχώρισαν συγκεντρώνοντας υψηλότερη βαθμολογία και οι προοπτικές και στις τρεις χώρες για την περαιτέρω προώθηση τους εμφανίζονται ευοίωνες.
- Η Γερμανία παρουσιάζει σημαντικό προβάδισμα συγκριτικά με την Ελλάδα στον τομέα της ηλιακής ενέργειας. Επίσης μεγάλη εμφανίζεται η διαφορά όσον αφορά στη γεωθερμική τεχνολογία και αυτό γιατί η Γερμανία παρουσιάζει τόσο υψηλό γεωθερμικό δυναμικό όσο και την απαιτούμενη τεχνογνωσία για να υποστηρίξει την αποδοτική αξιοποίηση αυτής της ανανεώσιμης πηγής.

Αξιολόγηση Προτάσεων Προώθησης

Στη συνέχεια, διενεργείται η σύνθεση των προγραμμάτων και των τεχνολογιών για την αναγνώριση των προτάσεων προώθησης ΑΠΕ υψηλής προτεραιότητας σε Δανία και Γερμανία.

Προτάσεις Προώθησης Δανίας

Από την αξιολόγηση των εργαλείων προώθησης και για τα δεδομένα της αγοράς ενέργειας της Δανίας προκύπτει ότι προκρίνονται από τους τύπους προγραμμάτων οι άμεσες επιδοτήσεις, οι βελτιωμένες διαχειριστικές διαδικασίες και η εμπορία πιστοποιητικών ενώ από τις τεχνολογικές δυνατότητες τα παράκτια αιολικά πάρκα, τα υπεράκτια αιολικά πάρκα, η βιομάζα και η εκμετάλλευση των βιοαποβλήτων. Για τη σύνθεσή τους, με στόχο τον προσδιορισμό λίστας προτεραιοτήτων προτάσεων προώθησης ΑΠΕ διενεργείται η αξιολόγησή των προτάσεων με βάση τα χαρακτηριστικά των εμπλεκομένων της ενεργειακής αγοράς, και τα αποτελέσματα παρατίθενται στον παρακάτω Πίνακας V.13.

Πίνακας V.13. Προτάσεις Προώθησης στη Δανία

Προτάσεις	**Αποδόσεις**		
	Most	At Lest Half	As Many As Possible
Π1. Άμεσες Επιδοτήσεις για την Προώθηση των Φωτοβολταϊκών	(Μέτριο,-0.4)	(Μέτριο, -0,5)	(Μέτριο,0)
Π2. Βελτιωμένες Διαχειριστικές Διαδικασίες για την Προώθηση των Φωτοβολταϊκών	(Μέτριο,-0.5)	(Μέτριο, -0.5)	(Μέτριο, -0.5)
Π3. Εμπορία Πιστοποιητικών για την Προώθηση των Φωτοβολταϊκών	(Μέτριο,-0.1)	(Μέτριο,0)	(Μέτριο, - 0.5)
Π4. Άμεσες Επιδοτήσεις για την Προώθηση των Παράκτιων Αιολικών Πάρκων	(Υψηλό,0)	(Υψηλό,0)	(Υψηλό,0)
Π5. Βελτιωμένες Διαχειριστικές Διαδικασίες για την Προώθηση των Παράκτιων Αιολικών Πάρκων	(Μέτρια Υψηλό,0.3)	(Μέτρια Υψηλό, -0.5)	(Μέτρια Υψηλό,-0.5)
Π6. Εμπορία Πιστοποιητικών για την Προώθηση των Παράκτιων Αιολικών Πάρκων	(Υψηλό,-0.2)	(Υψηλό, - 0.5)	(Υψηλό,0)
Π7. Άμεσες Επιδοτήσεις για την Προώθηση του του Βιοαερίου	(Μέτρια Υψηλό,0)	(Μέτρια Υψηλό, 0)	(Μέτρια Υψηλό,0)
Π8. Βελτιωμένες Διαχειριστικές Διαδικασίες για την Προώθηση του Βιοαερίου	(Μέτρια Υψηλό,0)	(Μέτρια Υψηλό,0)	(Μέτρια Υψηλό,0)
Π9. Εμπορία Πιστοποιητικών για την Προώθηση του Βιοαερίου	(Μέτριο,0.4)	(Μέτρια Υψηλό,0)	(Μέτριο,0)
Π10. Άμεσες Επιδοτήσεις για την Προώθηση των Υπεράκτιων Αιολικών Πάρκων	(Υψηλό,0)	(Υψηλό, - 0.5)	(Υψηλό,0)
Π11. Βελτιωμένες Διαχειριστικές Διαδικασίες για την Προώθηση των Υπεράκτιων Αιολικών Πάρκων	(Μέτρια Υψηλό, -0.1)	(Μέτρια Υψηλό,0)	(Μέτρια Υψηλό,-0.5)
Π12. Εμπορία Πιστοποιητικών για την Προώθηση των Υπεράκτιων Αιολικών Πάρκων	(Μέτρια Υψηλό,0)	(Υψηλό, - 0.5)	(Μέτρια Υψηλό,0)

Η αγορά της Δανίας αποτελεί μία εκ των πλέον ώριμων όσον αφορά στην προώθηση των ΑΠΕ, έχοντας ήδη από την δεκαετία του 1990 σε ισχύ σχετικά νομοθετικά μέτρα τα οποία βοηθούν την ολοκληρωμένη προώθηση τους. Αυτός είναι και ο λόγος που δικαιολογεί την σταθερότητα της αγοράς αλλά και την παρουσία μεγάλων παραγωγών που αποτελούν σαφώς έναν παράγοντα σταθερότητας.

Από τα αποτελέσματα προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Τα παράκτια αιολικά πάρκα αποτελούν μια ανεπτυγμένη και διαδεδομένη τεχνολογία στην αγορά της Δανίας. Για το λόγω αυτό οι αποδόσεις της τεχνολογίας αυτής σε συνδυασμό με το πρόγραμμα των άμεσων επιδοτήσεων παρουσιάζονται ιδιαίτερα υψηλές. Ειδικά όσον αφορά τον παράγοντα του ρίσκου που είναι ιδιαίτερα χαμηλός εφόσον υπάρχουν στοιχεία για τον υποψήφιο επενδυτή και οι παράγοντες της ήδη διαμορφωμένης αγοράς ευνοούν την σταθερότητα.
- Η τεχνολογία των υπεράκτιων αιολικών πάρκων παρουσιάζει εξίσου υψηλές αποδόσεις, ειδικά σε συνδυασμό με την εμπορία πιστοποιητικών. Οι τεχνολογίες όπως αυτή της βιομάζας αλλά και της εκμετάλλευση των βιοαποβλήτων αποδίδουν καλύτερα σε συνδυασμό τόσο με την πρόταση των άμεσων επιδοτήσεων όσο και με την εμπορία πιστοποιητικών.

Συνοπτικά, μπορεί να διατυπωθεί ότι οι προτάσεις που ξεχωρίζουν σε όλους τους ποσοτικοποιητές είναι οι άμεσες επιδοτήσεις των παράκτιων και υπεράκτιων αιολικών πάρκων αλλά και η εμπορία πιστοποιητικών για την προώθηση των παράκτιων αιολικών πάρκων.

Προτάσεις Προώθησης Γερμανίας

Από την αξιολόγηση των εργαλείων προώθησης και για τα δεδομένα της αγοράς ενέργειας της Γερμανίας προκύπτει ότι προκρίνονται από τους τύπους προγραμμάτων οι άμεσες επιδοτήσεις, οι βελτιωμένες διαχειριστικές διαδικασίες και η εμπορία πιστοποιητικών ενώ από τις τεχνολογικές δυνατότητες τα φωτοβολταϊκά, τα παράκτια αιολικά πάρκα, το βιοαέριο και η βιομάζα. Για τη σύνθεσή τους, με στόχο τον προσδιορισμό λίστας προτεραιοτήτων προτάσεων προώθησης ΑΠΕ διενεργείται η αξιολόγησή των προτάσεων με βάση τα χαρακτηριστικά των εμπλεκομένων της ενεργειακής αγοράς. Τα αποτελέσματα από την αξιολόγηση παρατίθενται στον παρακάτω Πίνακας V.14.

Πίνακας V.14. Προτάσεις Προώθησης στη Γερμανία

Προτάσεις	**Αποδόσεις**		
	Most	At Lest Half	As Many As Possible
Π1. Άμεσες Επιδοτήσεις για την Προώθηση των Φωτοβολταϊκών	(Υψηλό,0.4)	(Πολύ Υψηλό,0)	(Υψηλό,0)
Π2. Βελτιωμένες Διαχειριστικές Διαδικασίες για την Προώθηση των Φωτοβολταϊκών	(Υψηλό,-0.5)	(Υψηλό,-0.5)	(Μέτρια Υψηλό, -0.5)
Π3. Εμπορία Πιστοποιητικών για την Προώθηση των Φωτοβολταϊκών	(Υψηλό,-0.4)	(Υψηλό,0)	(Μέτρια Υψηλό, -0.5)
Π4. Άμεσες Επιδοτήσεις για την Προώθηση των Παράκτιων Αιολικών Πάρκων	(Υψηλό,0)	(Υψηλό,0)	(Υψηλό,0)
Π5. Βελτιωμένες Διαχειριστικές Διαδικασίες για την Προώθηση των Παράκτιων Αιολικών Πάρκων	(Μέτρια Υψηλό,0)	(Υψηλό,-0.5)	(Μέτρια Υψηλό,0)
Π6. Εμπορία Πιστοποιητικών για την Προώθηση των Παράκτιων Αιολικών Πάρκων	(Μέτρια Υψηλό,0)	(Υψηλό,-0.5)	(Μέτρια Υψηλό,0)
Π7. Άμεσες Επιδοτήσεις για την Προώθηση του Βιοαερίου	(Μέτρια Υψηλό,0)	(Μέτρια Υψηλό,0)	(Μέτρια Υψηλό,0)
Π8. Βελτιωμένες Διαχειριστικές Διαδικασίες για την Προώθηση του Βιοαερίου	(Μέτρια Υψηλό,0)	(Μέτρια Υψηλό,0)	(Μέτρια Υψηλό,0)
Π9. Εμπορία Πιστοποιητικών για την Προώθηση του Βιοαερίου	(Μέτριο,0.4)	(Μέτρια Υψηλό,0)	(Μέτριο,0)
Π10. Άμεσες Επιδοτήσεις για την Προώθηση της Βιομάζας	(Μέτρια Υψηλό,0)	(Υψηλό,-0.5)	(Μέτρια Υψηλό,0)
Π11. Βελτιωμένες Διαχειριστικές Διαδικασίες για την Προώθηση της Βιομάζας	(Μέτρια Υψηλό, -0.1)	(Μέτρια Υψηλό,0)	(Μέτρια Υψηλό, -0.5)
Π12. Εμπορία Πιστοποιητικών για την Προώθηση της Βιομάζας	(Μέτρια Υψηλό,0)	(Υψηλό,-0.5)	(Μέτρια Υψηλό,0)

Η Γερμανία παρουσιάζει σημαντική ανάπτυξη στον τομέα της ηλιακής ενέργειας, καθώς είναι πρωτοπόρος στην αγορά φωτοβολταϊκών και ηλιακών συστημάτων θέρμανσης και δίνει έμφαση στην προώθηση της έρευνας και ανάπτυξης στον τομέα αυτό. Από τα αποτελέσματα προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

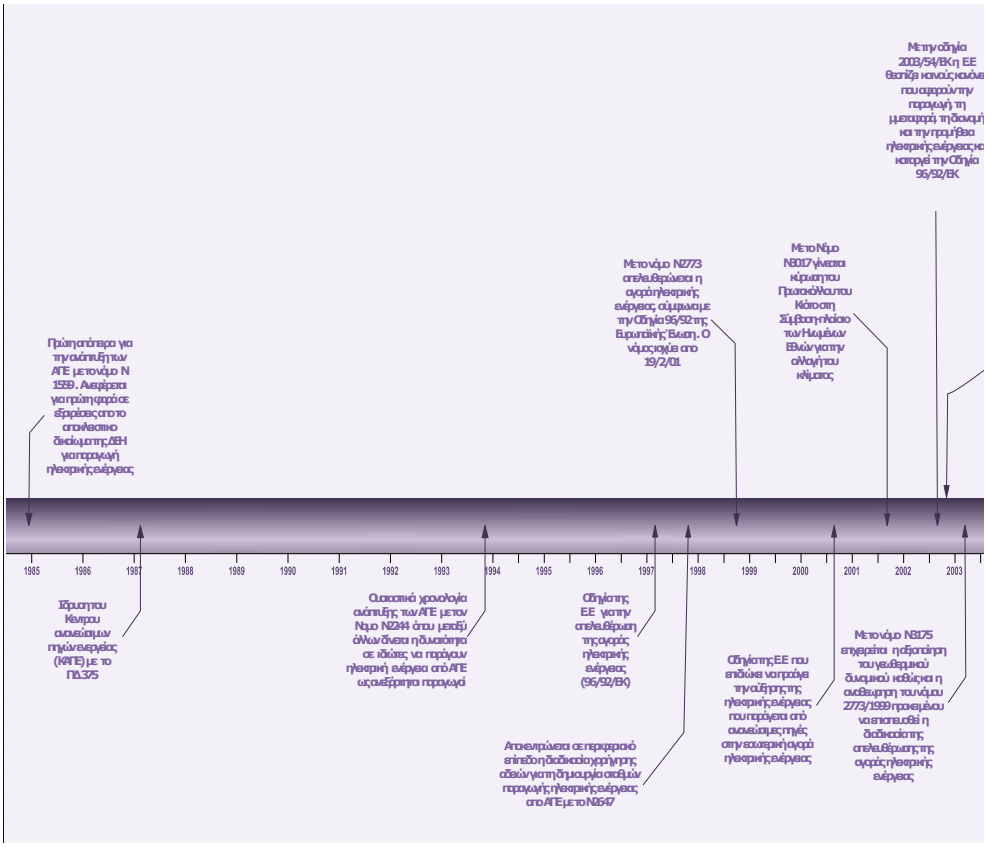
- Οι περισσότερες τεχνολογίες κινούνται σε μέτρια επίπεδα ειδικά ως προς το κριτήριο του εγγενούς κινήτρου, γεγονός που δικαιολογείται από τον προσανατολισμό της Γερμανικής αγοράς στα φωτοβολταϊκά. Το κόστος επένδυσης σε αυτή την τεχνολογία έχει μειωθεί με αποτέλεσμα να είναι ιδιαίτερα αποδοτική.
- Οι άμεσες επιδοτήσεις ως μέτρο προώθησης τόσο των φωτοβολταϊκών όσο και των αιολικών πάρκων είναι ιδιαίτερα αποδοτικός συνδυασμός, εξαιτίας της σύνθεσης της αγοράς όπου κυριαρχούν οι μεγάλοι επενδυτές.

Συνοπτικά μπορεί να διατυπωθεί ότι οι προτάσεις που ξεχωρίζουν σε όλους τους ποσοτικοποιητές είναι οι άμεσες επιδοτήσεις για την προώθηση των φωτοβολταϊκών αλλά και των παράκτιων αιολικών πάρκων. Αξιοσημείωτη είναι βέβαια και η πρόταση της εμπορίας πιστοποιητικών για την προώθηση των φωτοβολταϊκών.

Χρονική Αξιολόγηση

Πέρα από την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων στη χωρική διάσταση μέσα από τη σύγκριση με τις προτάσεις προώθησης που προκύπτουν από ενεργειακές αγορές 2 άλλων χωρών της ΕΕ, διενεργήθηκε και αξιολόγηση όσον αφορά στη χρονική διάσταση. Με αυτό τον τρόπο εξετάζεται πώς οι εκάστοτε συνθήκες στην εξεταζόμενη ελληνική ενεργειακή αγορά επηρεάζουν τη χάραξη ενεργειακής πολιτικής γενικά και πολιτικής προώθησης των ΑΠΕ ειδικότερα. Συγκεκριμένα, έγιναν εικονικές εφαρμογές του προτεινόμενου πλαισίου για μία σειρά από χρονικές περιόδους, μέσα από την εισαγωγή των αντίστοιχων παραμέτρων στο πληροφοριακό σύστημα που αναπτύχθηκε.

Βασικός στόχος ήταν μέσα από αυτή τη διαδικασία να διερευνηθεί η επίδραση της χρονικής διάστασης στη διαμόρφωση – αξιολόγηση των προτάσεων προώθησης των ΑΠΕ, με έμφαση σε σημαντικούς νόμους και ρυθμίσεις της αγορά των ΑΠΕ, όπως αυτές αποτυπώνονται στο ακόλουθο Σχήμα **V.** 5.



Σχήμα V. 5. Χρονική Εξέλιξη ΑΠΕ

Παρακάτω παραθέτουμε σημαντικές παρατηρήσεις και σχόλια που προέκυψαν από την εφαρμογή του πλαισίου ανά δεκαετία:

- *1980 – 1990:* Για τη χρονική περίοδο που αντιστοιχεί από τα μέσα της δεκαετίας του 80 μέχρι την αρχή της δεκαετίας του 90 οι τεχνολογίες ΑΠΕ που εμφανίζονται με προβάδισμα είναι οι μεγάλοι και οι μικροί υδροηλεκτρικοί σταθμοί, καθώς αποτελούν τεχνολογίες ώριμες και δοκιμασμένες που κουβαλούν μικρό ρίσκο υλοποίησης και επιτυχούς ανάπτυξης. Το αποτέλεσμα αυτό ενισχύεται από το γεγονός πως ο Ν 1559 το 1985 αποτέλεσε την πρώτη απόπειρα για την ανάπτυξη των ΑΠΕ ανοίγοντας το παράθυρο για δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από αυτές. Οι συνθήκες δεν ευνοούν ακόμα την αυτόνομη κατασκευή εγκαταστάσεων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ από ιδιώτες παραγωγούς καθώς το μονοπώλιο της ΔΕΗ και η απουσία κατάλληλου νομοθετικού πλαισίου αποτελούσαν σημαντικά εμπόδια για την απελευθέρωση της αγοράς. Επίσης, η βιωσιμότητα τέτοιων εγκαταστάσεων απουσία πολιτικών οικονομικής υποστήριξης άμεσων επιδοτήσεων και ευνοϊκού καθεστώτος χρηματοδοτήσεων ήταν ανέφικτη εξαιτίας του μεγάλου κόστους κεφαλαίου που προϋπέθεταν η κατασκευή αιολικών πάρκων και φωτοβολταϊκών γι αυτό και οι τεχνολογίες αυτές συγκεντρώνουν χαμηλές επιδόσεις για τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο.

- *1990 – 2000:* Στις αρχές της δεκαετίας του 90 οι τεχνολογίες των υδροηλεκτρικών παραμένουν κυρίαρχες αλλά με αυτή των αιολικών πάρκων να κερδίζει έδαφος. Σε αυτό συντέλεσε ο Ν2244 του 1993 ο οποίος ουσιαστικά αποτελεί την ουσιαστική αρχή ανάπτυξης των ΑΠΕ δίνοντας τη δυνατότητα σε ιδιώτες να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ ως ανεξάρτητοι παραγωγοί. Χάρη σε αυτήν την εξέλιξη δημιουργήθηκαν τα επόμενα χρόνια μέχρι το τέλος της δεκαετίας του 90 τα πρώτα αιολικά, χωρίς όμως να έχει γίνει ουσιαστική απελευθέρωση της αγοράς με τη συνεπαγόμενη εφαρμογή ευνοϊκών πολιτικών και προγραμμάτων προώθησής τους.

- *2000 – 2005:* Τα πιο ουσιαστικά βήματα για την ανάπτυξη των ΑΠΕ πραγματοποιήθηκαν στις αρχές την νέας χιλιετίας. Μερικές σημαντικές εξελίξεις αφορούν στην υιοθέτηση και εφαρμογή της οδηγίας της ΕΕ μέσω της οποίας αυξάνεται και εξασφαλίζεται το ποσοστό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας μιας χώρας. Η δεσμευτική αυτή οδηγία έθεσε το πλαίσιο για την εφαρμογή υποστηρικτικών πολιτικών για την ανάπτυξη των ΑΠΕ. Αυτό αποτυπώνεται και στην επίδοση των προγραμμάτων άμεσων επιδοτήσεων, που είναι αρκετά υψηλή σε σχέση με τη δεκαετία του 80 ή του 90. Ταυτόχρονα, στην ανάπτυξη της τεχνολογίας των αιολικών πάρκων συνέβαλε και η σε ισχύ εφαρμογή του νόμου Ν2773 το 2001 για την απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς ξεκίνησαν τα πρώτα απτά βήματα οικονομικής παρότρυνσης ιδιωτών παραγωγών για την υλοποίηση εγκαταστάσεων και εξασφάλιση της παραγωγής τους. Η σημαντική αύξηση στις επιδόσεις των τεχνολογιών των αιολικών πάρκων αλλά και των φωτοβολταϊκών σε σχέση με τις παλιότερες περιόδους μπορεί να αποδοθεί και στην κύρωση του Πρωτοκόλλου του Κιότο με τον Ν3017, που δεσμεύει την πολιτεία για την τήρηση των ορίων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Επίσης, την ίδια περίοδο αυξημένες επιδόσεις αποκτούν οι τεχνολογίες των βιοκαυσίμων και της βιομάζας σε βαθμό που τις καθιστούν ακόλουθες των αιολικών πάρκων και των φωτοβολταϊκών.

- *Από το 2006 και μετά:* Οι επιδόσεις των αιολικών πάρκων και των φωτοβολταϊκών και των άμεσων επιδοτήσεων και βελτιωμένων διαχειριστικών διαδικασιών από τους τύπους προγραμμάτων είναι κυρίαρχες και αυτή τη χρονική περίοδο. Αυτή η εξέλιξη αποτελεί συνέχεια της παραπάνω περιγραφείσας κατάστασης και των συνθηκών που έχουν διαμορφωθεί και ενισχύονται ακόμα περισσότερο με την ψήφιση του νομοσχεδίου Ν.3468/2006. Το νέο νομοσχέδιο συμβάλει στη δημιουργία νέων ευνοϊκών συνθηκών μέσω της τακτοποίησης χωροταξικών εκκρεμοτήτων για την εγκατάσταση μονάδων και της μεγαλύτερης απλοποίησης των διαδικασιών αδειοδότησης. Με τις διατάξεις αυτές ευνοείται η ανάπτυξη νέων εγκαταστάσεων αιολικών και φωτοβολταϊκών, γεγονός που αποτυπώνεται στα αποτελέσματα από την εφαρμογή του μεθοδολογικού πλαισίου.

Από τα αποτελέσματα μπορεί να διατυπωθεί ότι το πλαίσιο που αναπτύχθηκε μπορεί να λάβει υπόψη του με επαρκή τρόπο τις εκάστοτε συνθήκες της εξεταζόμενης ενεργειακής αγοράς και να αποτυπώσει τις επιπτώσεις τους στις αντίστοιχες προτάσεις προώθησης των ΑΠΕ.

V.5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η εφαρμογή της μεθοδολογίας στην ελληνική ενεργειακή αγορά έδωσε τη δυνατότητα για την αξιολόγηση τόσο των χαρακτηριστικών της, από πλευράς πληρότητας και χρηστικότητάς όσο και της ρεαλιστικότητας των αποτελεσμάτων της.

Τα κυριότερα συμπεράσματα που προκύπτουν από τη χρήση του πληροφοριακού συστήματος, που ενσωματώνει την προτεινόμενη μεθοδολογία, είναι ότι αυτό δίνει τις ακόλουθες δυνατότητες:

- Αναγνώριση και σαφή καθορισμό όλων των παραμέτρων του προβλήματος και εμπεριστατωμένη ανάλυση των μεταξύ τους αλληλεπιδράσεων κατά τη διαδικασία του σχεδιασμού και της αξιολόγησης προτάσεων προώθησης ΑΠΕ από τους αποφασίζοντες.
- Εισαγωγή στο πολυκριτηριακό σύστημα της ανθρώπινης αντίληψης στην αξιολόγηση των αποδόσεων, επειδή οι αποφασίζοντες σε τέτοιου είδους προβλήματα πολύ συχνά χρησιμοποιούν λέξεις στη φυσική τους γλώσσα αντί για αριθμητικές έννοιες.
- Διενέργεια άμεσων υπολογισμών με τους γλωσσικούς όρους, ανεξάρτητα από τη σημασιολογική τους έννοια, που δύναται να μειώσει την ασάφεια σε επίπεδο που μπορεί να είναι διαχειρίσιμη.
- Διενέργεια ανάλυσης ευαισθησίας των αποτελεσμάτων με τρόπο εύκολο και κατανοητό, καθώς οι συνδυασμοί των πιθανών τιμών παραμέτρων του προβλήματος είναι πεπερασμένοι, με δεδομένο ότι η βάση των μεθόδων είναι μια διακριτή και διατεταγμένη κλίμακα.

Τα αποτελέσματα της εφαρμογής της μεθοδολογικής προσέγγισης στο σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα μπορούν να θεωρηθούν αρκετά ρεαλιστικά. Συγκεκριμένα, για τα επιμέρους αποτελέσματα σε κάθε στάδιο της μεθοδολογίας σημειώνονται τα ακόλουθα:

- *Προγράμματα Υψηλής Προτεραιότητας:* Πρόκειται για προγράμματα που έχουν εφαρμοστεί με επιτυχία σε άλλες ευρωπαϊκές χώρες και συνάδουν με τα χαρακτηριστικά και τη δομή της ελληνικής ενεργειακής αγοράς, καθώς εξασφαλίζουν την:
  - Κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της χώρας με το μικρότερο κόστος.
  - Παροχή υψηλής ποιότητας ενεργειακών υπηρεσιών.
  - Κοινωνική ισορροπία και περιφερειακή ανάπτυξη.
  - Ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντολογικών επιπτώσεων και των διεθνών και ευρωπαϊκών δεσμεύσεων (Πρωτοκόλλου του Κιότο, Ευρωπαϊκό Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών).
  - Αξιοποίηση των εγχώριων ΑΠΕ.
- *Τεχνολογίες Υψηλής Προτεραιότητας:* Πρόκειται για τεχνολογίες ώριμες και άμεσα εμπορεύσιμες, με αποδεδειγμένο θετικά οφέλη για τη χώρα, καθώς συνεισφέρουν στην:

- Αξιοποίηση του τεράστιου αιολικού και ηλιακού δυναμικού της χώρας, συμβάλλοντας στην ενεργειακή της αυτοτέλεια.
- Εναρμόνιση με τις διεθνείς και ευρωπαϊκές οδηγίες και δεσμεύσεις.
- Μείωση του τεράστιου κόστους καυσίμου και συντήρησης που έχει η ΔΕΗ για ηλεκτροδότηση απομακρυσμένων περιοχών της ενδοχώρας και νησιών και στην περιβαλλοντική τους αναβάθμιση, με την παύση λειτουργίας των τοπικών ρυπογόνων μονάδων.

- *Προτάσεις Προώθησης Υψηλής Προτεραιότητας:* Πρόκειται για προτάσεις προώθησης που συνάδουν με τα χαρακτηριστικά των εμπλεκομένων της ελληνικής ενεργειακής αγοράς, καθώς συνεισφέρουν:
  - Στη δημιουργία μιας ανταγωνιστικής εσωτερικής ανανεώσιμης αγοράς ενέργειας, αυξάνοντας τον ανταγωνισμό και τις σχετιζόμενες επενδύσεις.
  - Στο αίσθημα της μακροχρόνιας ασφάλειας στους εμπλεκόμενους ότι η Πολιτεία επιθυμεί την ανάπτυξη περιβαλλοντικά φιλικών τεχνολογικών όπως οι ΑΠΕ.
  - Στην αποδέσμευση οικονομικών πόρων από τους εκάστοτε επενδυτές, οι οποίοι θα επενδύσουν σε μακροχρόνιες στρατηγικές ανάπτυξης των ΑΠΕ.

Τέλος, σημειώνεται ότι, σημαντικό πλεονέκτημα της εφαρμογής και της προσπάθειας αξιολόγησης των αποτελεσμάτων της αποτέλεσε η διαθεσιμότητα των δεδομένων και πληροφοριών στο πλαίσιο των ευρωπαϊκών έργων FP-6 της Ευρωπαϊκής Επιτροπής «SRS NET & EEE» και «ENTTRANS» και των συνεδριάσεων και συνεδρίων της ομάδας των ενεργειακών εμπειρογνωμόνων από όλες τις χώρες της ΕΕ, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα αξιολόγησης των αποτελεσμάτων της μεθοδολογίας με πραγματικά δεδομένα και καταστάσεις από άλλες χώρες της ΕΕ.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1] Υπουργείο Ανάπτυξης (2006), «Ενεργειακό Ισοζύγιο», Αθήνα.

[2] Ευρωπαϊκή Κοινότητα (2001), «Οδηγία 2001/77/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για την Προαγωγή της Ηλεκτρικής Ενέργειας που Παράγεται από Ανανεώσιμες Πηγές στην Εσωτερική Αγορά Ηλεκτρικής Ενέργειας», Βρυξέλλες, 27 Σεπτεμβρίου.

[3] ΥΠΕΧΩΔΕ - Ελληνική Δημοκρατία, Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας & Δημοσίων Έργων (2005), «Εθνικό Σχέδιο Κατανομής Δικαιωμάτων Εκπομπών για την Περίοδο 2005 – 2007», Αθήνα, Απρίλιος.

[4] National Observatory of Athens (2005), "Climate Change, Projections of GHG emissions – Policies and Measures for reducing GHG emissions", Athens, February 2005.

[5] Ελληνική Δημοκρατία, Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας & Δημοσίων Έργων (2002), «Κλιματική Αλλαγή, Εθνικό Πρόγραμμα Μείωσης Εκπομπών Αερίων Φαινομένου Θερμοκηπίου (2000-2010)», Αθήνα, Μάρτιος.

[6] Fourth bench marking report, Commission of the European Communities (2005), Annual Report on the Implementation of the Gas and Electricity Internal Market Communication from the Commission, COM (2004) 863, Brussels, January.

[7] Council of the European Union (2007), «Presidency Conclusions» Brussels, 7224/07, March.

[8] Ελληνική Δημοκρατία, Υπουργείο Ανάπτυξης (2006), «Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις», Αθήνα, Οκτώβριος.

[9] Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (2007), «Πρόγραμμα Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Σταθμών Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας», Αθήνα, Απρίλιος.

[10] Ελληνική Δημοκρατία, Υπουργείο Οικονομίας και Οικονομικών (2004), Αναπτυξιακός Νόμος, Νόμος 3299/2004, «Κίνητρα Ιδιωτικών Επενδύσεων για την Οικονομική Ανάπτυξη και την Περιφερειακή Σύγκλιση» (ΦΕΚ 261 / Τεύχος Α΄/ 23-12-2004), Αθήνα, 23 Δεκεμβρίου.

[11] ΥΠΕΧΩΔΕ - Ελληνική Δημοκρατία, Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας & Δημοσίων Έργων (2006), «Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Ανανεώσιμες Πήγες Ενέργειας» (με βάσει Ν. 2742/1999 «Χωροταξικός σχεδιασμός και αειφόρος ανάπτυξη και άλλες διατάξεις»), Αθήνα.

[12] Ελληνική Δημοκρατία (2005), Νόμος 3340/2005, «Για την προστασία της Κεφαλαιαγοράς από πράξεις προσώπων που κατέχουν προνομιακές πληροφορίες και πράξεις χειραγώγησης της αγοράς» (ΦΕΚ 112/Α'/10.5.2005), Αθήνα, 10 Μαΐου.

[13] Ελληνική Δημοκρατία, Υπουργείο Ανάπτυξης (2003), Νόμος 3175/2003, «Αξιοποίηση του Γεωθερμικού Δυναμικού, Τηλεθέρμανση και άλλες Διατάξεις» (ΦΕΚ Α/ 207/ 29.8.2003), Αθήνα, 29 Αυγούστου.

[14] Ελληνική Δημοκρατία, Υπουργείο Ανάπτυξης, Γενική Διεύθυνση Ενέργειας, Διεύθυνση Πετρελαϊκής Πολιτικής (2006), «3η Εθνική Έκθεση σχετικά με την προώθηση της χρήσης των βιοκαυσίμων ή άλλων ανανεώσιμων καύσιμων για μεταφορές στην Ελλάδα την περίοδο 2005 – 2010 σύμφωνα με το άρθρο 4 της Οδηγίας 2003/30/ΕΚ)», Αθήνα, Δεκέμβριος.

[15] Ελληνική Δημοκρατία, Υπουργείο Ανάπτυξης, Γενική Διεύθυνση Ενέργειας, Διεύθυνση Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (2005), «3η Εθνική Έκθεση για το Επίπεδο Διείσδυσης της Ανανεώσιμης Ενέργειας το έτος 2010 σύμφωνα με το Άρθρο 3 Οδηγίας 2001/77/ΕΚ», Αθήνα, Οκτώβριος.

[16] Komor P, Bazilian M. (2005), "Renewable energy policy goals, programs, and technologies", Energy Policy 33(14), 1873-1881.

[17] Lewis JI, Wiser, RH (2007), "Fostering a renewable energy technology industry: An international comparison of wind industry policy support mechanisms", Energy Policy 35(3), 1844-1857.

[18] European Commission (2005), Minutes from the 6th Core Group Meeting, Scientific Technical Reference System on Renewable Energy and Energy End-Use Efficiency, Brussels, 6-7 April.

[19] European Commission (2005), Minutes from the 7th Core Group Meeting of the Scientific Technical Reference System, Ranco on Lago Maggiore (near JRC Ispra), Italy, 16-17 November.

[20] European Commission (2006), Minutes from the 8th Core Group Meeting, of the Scientific Technical Reference System Venue: Vienna (University of Technology), Austria, 4-5 April.

[21] Δούκα Χ, Παππά Χ, Ψαρρά Ι. (2006) "Μεθοδολογία Υποστήριξης Αποφάσεων για την Προώθηση της Ανανεώσιμης Ενέργειας με Χρήση Γλωσσικών Μεταβλητών", Πολυκριτήρια Συστήματα Αποφάσεων, Εκδόσεις Κλειδάριθμος.

[22] Hellenic Ministry of Environment, Physical Planning and Public Works (2002), "National programme for the Greenhouse gases Emissions Reduction (2000-2010)", Hellenic Republic, Athens.

[23] Hellenic Ministry of Environment, Physical Planning and Public Works (1997), "The Hellenic action plan for climate change-second communication", Hellenic Republic, Athens.

[24] Georgopoulou E, Sarafidis Y, Diakoulaki D. (1998), "Design and implementation of a group DSS for sustaining renewable energies exploitation", European Journal of Operational Research 109 (2), 483–500.

[25] Kaldellis JK, El-Samani K, Koronakis P. (2005), "Feasibility analysis of domestic solar water heating systems in Greece", Renewable Energy 30, 659–682.

[26] Mirasgedis, S, Sarafidis Y, Georgopoulou E, Lalas DP. (2002), "The role of renewable energy sources within the framework of the Kyoto Protocol: The case of Greece", Renewable and Sustainable Energy Reviews 6, 249–272.

[27] Beccali M, Cellura M, Mistretta M. (2003), "Decision-making in energy planning. Application of the Electre method at regional level for the diffusion of renewable energy technology", Renewable Energy 28 (13), 2063–2087.

[28] Psomas S. (2005), "The contribution of Renewable Energy Sources in the creation of employment", Hellenic Association of Photovoltaic Companies, Athens, 24–45.

[29] Doukas H, Psarras J. (2008), "A Linguistic Decision Support Model towards the Promotion of Renewable Energy", Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy Journal, in press.

[30] Staiß F, Linkohr C, Kratzat M. (2007), Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU), “Development of renewable energy sources in Germany in 2006 - Graphics and tables”, June.

[31] Staiss F, Linkohr C. (2006), Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU) “Renewable energy sources in figures -national and international development”, May.

[32] Nitsch J. (2007), Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU) “Lead Study 2007”, February.

[33] European Renewable Energy Council (2004), “Renewable Energy Pollicy Review-Denmark” Brussels, May.

[34] Danish Energy Authority (2005), The Danish Ministry of Transport and Energy “Energy in Denmark”.

[35] Danish Energy Authority (2006) “Energy Statistics 2005”.

[36] Doukas H, Papadopoulou AG, Nychtis C, Psarras J, Van Beeck N. (2008), “Energy Research and Technology Development Data Collection Strategies: The Case of Greece”, in press.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ VI: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

VI.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα, ο ρόλος των ΑΠΕ έχει ενισχυθεί και αποτελεί σημαντική προτεραιότητα σε εθνικό, ευρωπαϊκό και παγκόσμιο επίπεδο. Η κλιματική αλλαγή και οι δεσμεύσεις που έχουν αναλάβει οι ανεπτυγμένες χώρες στο πλαίσιο του Πρωτοκόλλου του Κιότο, η απελευθέρωση της ενεργειακής αγοράς, τα προβλήματα που δημιουργούνται από τις πετρελαϊκές κρίσεις, αλλά και η τεχνολογική πρόοδος έχουν ανοίξει νέους δρόμους στον τομέα των ΑΠΕ κι έχουν κάνει πιο εύκολη την εκμετάλλευσή τους. Παρ' όλα αυτά, η διείσδυσή τους στην ενεργειακή αγορά δεν έχει φθάσει ακόμα στους προσδοκώμενους στόχους, και ενώ οι νέοι στόχοι της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για το 2020 είναι ακόμα περισσότερο φιλόδοξοι.

➲ **Προώθηση ΑΠΕ:**

⇒ Ο χαρακτήρας των ΑΠΕ είναι από τη φύση του μεταρρυθμιστικός και απαιτεί αλλαγές σε κοινωνικό και πολιτικό επίπεδο, ισορροπώντας ανάμεσα στις λειτουργικές αρχές μιας απελευθερωμένης αγοράς ενέργειας και στην παγκόσμια ανάγκη για μετριασμό των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής.

⇒ Για να μετουσιωθούν οι διαθέσιμες τεχνολογίες ΑΠΕ, τα αντίστοιχα προγράμματα υποστήριξής τους καθώς και οι ευκαιρίες που απορρέουν από τις παγκόσμιες και ευρωπαϊκές δεσμεύσεις, σε πραγματικές αλλαγές στην ενεργειακή αγορά, οι αποφασίζοντες βρίσκονται συχνά αντιμέτωποι με το δύσκολο πρόβλημα της επιλογής των κατάλληλων εργαλείων προς μια ενεργειακή αγορά που θα υπηρετεί την αειφόρο ανάπτυξη.

⇒ Οι αναγκαίες αποφάσεις εμπλέκουν αξίες, πολιτικές κρίσεις, πληροφορίες ποιοτικής φύσης και άλλους παράγοντες έξω από το πλαίσιο της αυστηρά εμπειρικής ή μοντελοποιημένης ανάλυσης. Επιπλέον, με βάση την πολιτική πραγματικότητα υπάρχουν πολλές και συχνά συγκρουόμενες επιδιώξεις που διαφέρουν από εμπλεκόμενο σε εμπλεκόμενο.

Σε αυτό το πλαίσιο, ο σύγχρονος διάλογος στα θέματα της ενεργειακής πολιτικής εστιάζεται στην παραδοχή ότι πρέπει να δοθεί βάρος σε μία ολοκληρωμένη, συστηματική προσέγγιση του ενεργειακού τομέα, συμπεριλαμβανομένων όλων των επιμέρους παραμέτρων και των εμπλεκομένων σ' αυτήν, για να μπορέσει να σχεδιαστεί μία αποτελεσματική πολιτική και να υπάρχουν τα αναμενόμενα αποτελέσματα. Πράγματι, από την ανάλυση που προηγήθηκε στα προηγούμενα Κεφάλαια καθίσταται σαφές ότι το πρόβλημα της υποστήριξης αποφάσεων για την προώθηση των ΑΠΕ στο σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα είναι ένα ιδιαίτερα πολύπλοκο πρόβλημα που πρέπει να αντιμετωπισθεί στο ευρύτερο πλαίσιο της ενεργειακής πολιτικής.

➲ **Υποστήριξη Αποφάσεων Προώθησης ΑΠΕ:**

⇒ Οι υπάρχουσες μελέτες και αναλύσεις της διεθνούς βιβλιογραφίας για την προώθηση των ΑΠΕ αντιμετωπίζουν πτυχές του προβλήματος, χωρίς να το αντιμετωπίζουν στο σύνολό του, καθώς βασίζονται κυρίως σε οικονομετρικές προσεγγίσεις, υποβαθμίζοντας με αυτό τον τρόπο τις κοινωνικοπολιτικές διαστάσεις του προβλήματος καθώς και τις ανάγκες και τα ενδιαφέροντα των εμπλεκομένων στην ενεργειακή αγορά.

⇒ Σημαντικές αβεβαιότητες και ασάφειες υπεισέρχονται στην επίλυση προβλημάτων υποστήριξης αποφάσεων ενεργειακού σχεδιασμού και ενεργειακής πολιτικής στο σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα. Άλλωστε, τόσο η αειφορία, όσο και η ασφάλεια εφοδιασμού και η ανταγωνιστικότητα είναι αφηρημένες, σύνθετες και πολλές φορές ακαθόριστες έννοιες, που δύσκολα μπορούν να οριστούν ή να μετρηθούν.

⇒ Δεδομένου ότι μια επιδίωξη σε επίπεδο πολιτικής είναι δύσκολο να καθοριστεί ή να μετρηθεί, αρκετές πληροφορίες που πρέπει να επεξεργαστούν είναι από τη φύση τους ποιοτικές και συνεπαγόμενα:

- Δεν μπορούν να καθοριστούν επακριβώς σε μια ποσοτική μορφή, όπως πληροφορίες που αφορούν στην κοινωνική διάσταση.
- Δεν είναι διαθέσιμες είτε το κόστος υπολογισμού τους είναι υψηλό.

⇒ Στο παραπάνω πλαίσιο, αναγκαία διαφαίνεται η ανάγκη ανάπτυξης ενός ολοκληρωμένου μεθοδολογικού πλαισίου για την αντιμετώπιση του προβλήματος της προώθησης των ΑΠΕ στο σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα, που να ενσωματώνει διαφανείς και ευέλικτες μεθόδους για την επίλυση των μοντέλων που απεικονίζουν τα επιμέρους προβλήματα υποστήριξης απόφασης.

Το προτεινόμενο πλαίσιο ***RE$_2$S*** αποτελείται από τρεις συνιστώσες που αφορούν στην οργάνωση των χαρακτηριστικών του προβλήματος, στην αξιολόγηση των εργαλείων προώθησης ΑΠΕ με βάση τις επιδιώξεις στο σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα και στη σύνθεση και αξιολόγηση ολοκληρωμένων προτάσεων προώθησης ΑΠΕ, με βάση τα χαρακτηριστικά των εμπλεκομένων της ενεργειακής αγοράς.

➲ **Θεωρητικά επιτεύγματα:**

⇒ *Διατύπωση ενός ολοκληρωμένου πλαισίου υποστήριξης των αποφασιζόντων για την προώθηση των ΑΠΕ* που συνδυάζει με τέτοιο τρόπο τα εργαλεία προώθησης (προγράμματα και τεχνολογίες), ώστε να απευθύνεται στις ανάγκες και στις ευκαιρίες της κοινωνικής, περιβαλλοντικής και οικονομικής διάστασης της βιώσιμης ενέργειας. Το πλαίσιο αυτό συμβάλλει στην:

- Αναγνώριση και στο σαφή καθορισμό όλων των παραμέτρων του προβλήματος.
- Εμπεριστατωμένη ανάλυση των μεταξύ τους αλληλεπιδράσεων κατά τη διαδικασία του ενεργειακού σχεδιασμού και στην κατανόηση της σχέσης των ενεργειακών επιδιώξεων, των προγραμμάτων και των τεχνολογικών δυνατοτήτων, λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά των εμπλεκομένων της ενεργειακής αγοράς.

⇒ *Ανάπτυξη πρωτότυπων πολυκριτηριακών μεθοδολογιών με χρήση γλωσσικών μεταβλητών* για *την επιλογή* των εργαλείων προώθησης ΑΠΕ που συμβάλουν σε μεγαλύτερο βαθμό στις ενεργειακές επιδιώξεις και για τη διαμόρφωση προτάσεων προώθησης ΑΠΕ, λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά των εμπλεκομένων της ενεργειακής αγοράς, έτσι ώστε να καθίσταται σαφές ποιοι θα επηρεαστούν και ποιοι θα επωφεληθούν από αυτές. Οι πρωτότυπες μεθοδολογίες δίνουν τη δυνατότητα για να:

- Εκφράζονται τα βάρη των κριτηρίων και οι αποδόσεις των εναλλακτικών σε διακριτή κλίμακα.
- Είναι εφικτή η μετάβαση από τη διακριτή κλίμακα στη συνεχή και ξανά στη διακριτή, αίροντας έτσι τους περιορισμούς της διακριτής κλίμακας.
- Αποφεύγεται το εγγενές πρόβλημα των γλωσσικών προσεγγίσεων της προέκτασης και της συμβολικής προσέγγισης της απώλειας πληροφορίας και της χαμηλής «διακριτότητας» των εναλλακτικών μεταξύ τους.

➲ **Εμπειρικά επιτεύγματα:**

⇒ *Πληροφοριακό Σύστημα:* Ανάπτυξη ενός ευέλικτου πληροφοριακού συστήματος ***L-DSS***, το οποίο αποσκοπεί να υποστηρίξει ουσιαστικά τους φορείς χάραξης πολιτικών για την προώθηση των ΑΠΕ, δίνοντας τη δυνατότητα:

- Εισαγωγής στο πολυκριτηριακό σύστημα της ανθρώπινης αντίληψης στην αξιολόγηση των αποδόσεων, επειδή οι άνθρωποι πολύ συχνά χρησιμοποιούν λέξεις στη φυσική τους γλώσσα αντί για αριθμητικές έννοιες, όταν προσπαθούν να προσδιορίσουν ποιοτικά χαρακτηριστικά.
- Άμεσων υπολογισμών με τους γλωσσικούς όρους, ανεξάρτητα από τη σημασιολογική τους έννοια, μειώνοντας έτσι την ασάφεια σε επίπεδο που να είναι διαχειρίσιμη.

⇒ *Αποτελέσματα:* Η εφαρμογή στην Ελλάδα είναι ενδεικτική καθώς οι αποδόσεις και τα βάρη βασίστηκαν σε απόψεις εν ενεργεία αποφασιζόντων αλλά και σε στοιχεία από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση και σε γνώμες εμπειρογνωμόνων για τα ενεργειακά χαρακτηριστικά, καθώς και τις περιστάσεις, τις αναπτυξιακές ανάγκες και τις προοπτικές του ελληνικού ενεργειακού τομέα. Παρ΄ όλα αυτά, τα αποτελέσματα της εφαρμογής της μεθοδολογικής προσέγγισης στο σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας του ενεργειακού τομέα μπορούν να θεωρηθούν ικανοποιητικά, καθώς οι προτάσεις υψηλής προτεραιότητας αποτελούνται από:

- Τεχνολογικές επιλογές ώριμες και άμεσα εμπορεύσιμες, με αποδεδειγμένο δυναμικό στην Ελλάδα, και
- Προγράμματα υποστήριξής που έχουν εφαρμοστεί με επιτυχία σε άλλες ευρωπαϊκές χώρες και συνάδουν με τα χαρακτηριστικά και τη δομή της ελληνικής ενεργειακής αγοράς.

⇒ *Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων:* Από την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων διαφαίνεται η πληρότητα του προτεινόμενου μεθοδολογικού πλαισίου για τη διαμόρφωση και αξιολόγηση προτάσεων προώθησης των ΑΠΕ, καθώς τόσο η χωρική όσο και η χρονική διάσταση εσωκλείονται στις επιμέρους διαδικασίες και διαμορφώνουν αντίστοιχα τα τελικά αποτελέσματα. Σημαντικό στοιχείο στην αξιολόγηση της εφαρμογής αποτέλεσε η διαθεσιμότητα των δεδομένων και πληροφοριών στο πλαίσιο των ευρωπαϊκών έργων FP-6 της Ευρωπαϊκής Επιτροπής «SRS NET & EEE» και «ENTTRANS» και των συνεδριάσεων και συνεδρίων της ομάδας των ενεργειακών εμπειρογνωμόνων από όλες τις χώρες της ΕΕ, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα αξιολόγησης των αποτελεσμάτων της μεθοδολογίας με πραγματικά δεδομένα και καταστάσεις από άλλες χώρες της ΕΕ.

VI.2 ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

Με την ολοκλήρωση της διδακτορικής διατριβής, μερικές σημαντικές προοπτικές για περαιτέρω έρευνα στο συγκεκριμένο γνωστικό πεδίο είναι οι ακόλουθες:

⇒ Τα δεδομένα για την εφαρμογή αντλήθηκαν σε μεγάλο βαθμό από εμπειρογνώμονες της ΕΕ μέσα από συνεδριάσεις του Ευρωπαϊκού Δικτύου «Επιστημονικό Σύστημα Αναφοράς πάνω στις ΑΠΕ και στην ΕΞΕΝ (Scientific Technical Reference System on Renewable Energy and Energy End-Use Efficiency)» στις Βρυξέλλες, 6-7 Απριλίου 2005, στην Ίσπρα, 16-17 Νοεμβρίου 2005 και στη Βιέννη, 4-5 Απριλίου 2006. Ιδιαίτερης αξίας κρίνεται η εφαρμογή της μεθόδου σε πραγματικό πρόβλημα με συμμετοχή εν ενεργεία αποφασιζόντων, η αξιολόγηση της γνώμης των οποίων θα οδηγήσει σε εντοπισμό και προσδιορισμό επιμέρους στοιχείων του προβλήματος που χρίζουν περαιτέρω έρευνας.

⇒ Προσαρμογή και εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας για τη διαμόρφωση και αξιολόγηση προτάσεων προώθησης τόσο σε άλλους τομείς ΑΠΕ (θερμότητα, μεταφορές) όσο και σε άλλες ενεργειακές επιλογές, όπως της δέσμευσης και αποθήκευσης του άνθρακα και του υδρογόνου.

⇒ Προσαρμογή και εφαρμογή των πρωτότυπων πολυκριτηριακών μεθόδων και των αντίστοιχων πληροφοριακών συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων σε άλλα προβλήματα υποστήριξης αποφάσεων ενεργειακού σχεδιασμού, όπως σε διαδικασίες τεχνολογικής προοπτικής διερεύνησης, για την αξιολόγηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων, σεναρίων και επενδύσεων.

⇒ Συσχέτιση των ποσοτικοποιητών του τελεστή «LOWA» με τα χαρακτηριστικά του κάθε εμπλεκόμενου της ενεργειακής αγοράς, με στόχο η $3^{η}$ συνιστώσα της μεθοδολογίας να μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως εργαλείο υποστήριξης των επιμέρους επενδυτών για την επιλογή προτάσεων προώθησης ΑΠΕ που συνάδουν σε μεγαλύτερο βαθμό με τα χαρακτηριστικά τους.

⇒ Διασύνδεση του πληροφοριακού συστήματος της προτεινόμενης διαδικασίας στα ήδη υπάρχοντα αναλυτικά και πολύπλοκα μοντέλα ενεργειακής ανάλυσης και σχεδιασμού, έτσι ώστε να εισάγονται οι προτάσεις προώθησης ΑΠΕ στο περιβάλλον λειτουργίας όλου του ενεργειακού τομέα, μαζί με τις ανταγωνιστικές ενεργειακές επιλογές, όπως αυτές των ορυκτών καυσίμων, του υδρογόνου και της πυρηνικής ενέργειας.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ **Ι**: **Λ**ΙΣΤΑ **Δ**ΗΜΟΣΙΕΥΣΕΩΝ

Άρθρα σε Διεθνή Επιστημονικά Περιοδικά:

J1. H. Doukas, C. Karakosta, J. Psarras, "RES Technology Transfer within the New Climate Regime: A «Helicopter» View under the CDM", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2008 (in press).

J2. H. Doukas, A.G. Papadopoulou, C. Nychtis, J. Psarras, N. Van Beeck, "Energy Research and Technology Development Data Collection Strategies: The Case of Greece", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2008 (in press).

J3. H. Doukas, C. Nychtis, J. Psarras, "Assessing Energy Saving Measures in Buildings through an Intelligent Decision Support Model Building and Environment", Building and Environment – The International Journal of Building Science and its Applications, 2008 (in press).

J4. A. Flamos, W. Gaast, H. Doukas, G. Deng, "EU and Asian Countries Policies & Programmes for the Diffusion of Sustainable Energy Technologies", Asia Europe Journal – Intercultural Studies in the Social Sciences and Humanities, Euro-Asia Foundation (ASEF), 2008 (in press).

J5. H. Doukas, A. Papadopoulou, J. Psarras, M. Ragwitz, B. Schlomann, "Sustainable Reference Methodology for Energy End-Use Efficiency Data in the EU", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2008 (in press).

J6. H. Doukas, K.D. Patlitzianas, A.G. Kagiannas, J. Psarras, "Energy Policy Making: An Old Concept or a Modern Challenge?", Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy Journal, 2008 (in press).

J7. H. Doukas and J. Psarras, "A Linguistic Decision Support Model Towards the Promotion of Renewable Energy", Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy Journal, 2008 (in press).

J8. H. Doukas, K.D. Patlitzianas, A.G. Papadopoulou, J. Psarras, "Foresight of Innovative Energy Technologies through a Multi Criteria Approach", International Journal Energy Technology and Policy – Interscience, 2008 (in press).

J9. K.D. Patlitzianas, H. Doukas, G.A. Kagiannas, J. Psarras, "Sustainable Energy Policy Indicators: Review and Recommendations", Renewable Energy, 33(5), pp. 966-973, 2008.

J10. K. Anagnostopoulos, H. Doukas, J. Psarras, "A linguistic multicriteria analysis system combining fuzzy sets theory, ideal and anti-ideal points for location site selection", Expert Systems With Applications, 38(2), 2008 (in press).

J11. C. Karakosta, H. Doukas, J. Psarras, "A Decision Support Approach for the Sustainable Transfer of Energy Technologies under the Kyoto Protocol", American Journal of Applied Sciences 5 (12), pp. 1720-1729, 2008

J12. H. Doukas, A. Botsikas, J. Psarras, "Multi Criteria Decision Aid for the Formulation of Sustainable Technological Energy Priorities using Linguistic Variables", European Journal of Operational Research, 182(2), pp. 844-855, 2007.

J13. H. Doukas, K. D. Patlitzianas, K. Iatropoulos, J. Psarras, "Intelligent Building Energy Management System Using Rule Sets", Building and Environment – The International Journal of Building Science and its Applications, 42, pp. 3562–3569, 2007.

J14. H. Doukas, W. Mannsbart, KD. Patlitzianas, J. Psarras, M. Ragwitz, B. Schlomanna, "A Methodology for Validating the Renewable Energy Data in EU", Renewable Energy, 32(12), pp. 1981-1998, 2007.

J15. K. Anagnostopoulos, H. Doukas, J. Psarras, "Logic-based fuzzy multicriteria decision support system using the ideal and the anti-ideal solutions: assessing the sustainability of renewable energy policies", Advances in Fuzzy Sets and Systems, Pushpa Publishing House, 2(3), pp.239 – 266, 2007.

J16. K. Patlitzianas, H. Doukas, D. Askounis, “An Assessment of the Sustainable Energy Investments in the Framework of the EU-GCC Cooperation, Renewable Energy Journal, Renewable Energy”, 32(10), pp. 1689-1704, 2007.

J17. K.D. Patlitzianas, K. Ntontas, H. Doukas, J. Psarras, “Assessing the Renewable Energy Producers' Environment in the EU Accession Member States”, Energy Conservation and Management, 48(3), pp. 890-897, 2007.

J18. K. D. Patlitzianas, H. Doukas, J. Psarras, "Enhancing RES Strategy in the GCC: Constraints & Drivers", Energy Policy, 34(18), pp. 3719-3726, 2006.

J19. K. D. Patlitzianas, H. Doukas, A. G. Kagiannas, J. Psarras, "A Reform Strategy of the Energy Sector of the 12 countries of North Africa and Eastern Mediterranean", Energy Conversion and Management Journal, 47(13-14), pp.1913-1926, 2006.

J20. H. Doukas, K. D. Patlitzianas, J. Psarras, “Supporting the Sustainable Electricity Technologies in Greece Using MCDM”, Resources Policy, 31(2), pp. 129-136, 2006.

J21. H. Doukas, K. D. Patlitzianas, A. G. Kagiannas, J. Psarras "Renewable Energy Sources and Rationale Use of Energy Development in the GCC Region: Myth or Reality?", Renewable Energy Journal, 31(6), pp. 755-770, 2006.

J22. K. D. Patlitzianas, H. Doukas, J. Psarras, “Designing An Appropriate ESCOs’ Environment in the Mediterranean”, Management of Environmental Quality, 17(5), pp. 538-554, 2006.

J23. A. Flamos, H. Doukas, K. D. Patlitzianas, J. Psarras (2004) “CDM – PAT: A Decision Support Tool for the Pre-Assessment Of CDM Projects”, International Journal of Computer Applications in Technology, 22(2/3), pp. 80 - 89, 2005.

J24. A. Flamos, A. Anagnostopoulos, H. Doukas, Y. Goletsis, J. Psarras, “Application of the IDEA-AM (Integrated Development and Environmental Additionality - Assessment Methodology) to compare 12 real projects from the Mediterranean region”, An International Journal of Operational Research, 4(2), pp. 119-145, 2004.

Άρθρα σε Βιβλία

B1. M. Flouri, C. Karakosta, H Doukas, A. Flamos, “Risks on Energy Security of Supply: An Exploratory Analysis for the Researcher”, Security of Supply & Risk of Energy Availability, Ed. H. Doukas, A. Flamos & J. Psarras, Publisher: Bookstars-Gioggaras, 2008, ISBN: 978-960-6815-04-1, pp. 28-43, 2008.

B2. H. Doukas, Ch. Pappas, J. Psarras, “Decision Support Methodology for the Promotion of Renewable Energy with Linguistic Variables”, Multi Criteria Decision Systems, Kleidarithmos Publications, pp. 193-204, 2007 (In Greek).

B3. H. Doukas, D. K. Patlitzianas, K. Iatropoulos, J. Psarras, “A Decision Support Model Using Expert Knowledge for Building Energy Management”, Improving Energy Efficiency in Commercial Buildings, Improving Energy Efficiency in Commercial Buildings, Editors Paolo Bertoldi and Bogdan Athanasiu, pp. 415 – 424, 2006.

B4. D. K. Patlitzianas, A. Flamos, H. Doukas, A.G. Kagiannas, J. Psarras, “Promoting Renewable Energies and Energy Efficiency through the CDM Funding Options”, 2004 New and Renewable Energy Technologies for Sustainable Development, published by World Scientific Publishing Company Pte Ltd., Editor Maria da Graca Carvalho, Naim Hambia Afgan, pp. 1 – 13, 2004.

Επιμέλεια Έκδοσης

Ed. H. Doukas, A. Flamos & J. Psarras, Security of Supply & Risk of Energy Availability, Publisher: Bookstars-Gioggaras, ISBN: 978-960-6815-04-1, 2008,.

Ανακοινώσεις σε Διεθνή Συνέδρια:

A1. C. Karakosta, H. Doukas, A. Flamos, J. Psarras, "Can the CDM Serve the Host Country's Energy Services Needs & Priorities? A Linguistic Multi-Criteria Decision Making (MCDM) Approach", World Renewable Energy Congress X, Glasgow, Scotland, 19-25 July 2008.

A2. C. Karakosta, H. Doukas, A. Flamos, J. Psarras, "Sustainable Technology Transfer through the Clean Development Mechanism: A collective approach grounded in participatory in-country processes", ENERTECH 2007, Athens, Greece, 18-21 October 2007.

A3. H. Doukas, A.G. Papadopoulou, J. Psarras, "Foresight of Innovative Energy Technologies through a Linguistic Multi Criteria Approach, From Oracles To Dialogue, Exploring new ways to explore the future, COST-A22 Final Conference, 9-10 July, 2007, Athens, Greece.

A4. H. Doukas, C. Karakosta, A. Flamos, J. Psarras, "Sustainable CDM Energy Technologies for the Developing world: a structured review", 9th International Conference on Energy for a Clean Environment, Psvoa de Varzim, Portugal, 2-5 July 2007.

A5. A. Flamos H. Doukas, C. Karakosta, J. Psarras, "MCDM Approach for Assessing CDM Energy Technologies towards Sustainable Development", 9th International Conference on Energy for a Clean Environment, Psvoa de Varzim, Portugal, 2-5 July 2007.

A6. C. Karakosta, H. Doukas, A. Flamos, J. Psarras, "An Analysis On CDM Potential Development: Is there Added Value for CDM Implementation?", 9th International Conference on Energy for a Clean Environment, Psvoa de Varzim, Portugal, 2-5 July 2007.

A7. H. Doukas, D. K. Patlitzinas, K. Iatropoulos, G.A. Papadopoulou, J. Psarras, "Intelligent Model for the Energy Efficiency in Buildings», Energy Efficiency Conference, 3 November 2006, Academy of Athens, Athens, Greece (In Greek).

A8. H. Doukas, A.G. Papadopoulou, D. K. Patlitzianas, J. Psarras, "Sustainable Energy Options through a Linguistic Multiple Criteria Approach", 19th Mini-EURO Conference on "Operational Research Models and Methods in the Energy Sector" (ORMMES'06) University of Coimbra, Portugal, 6-8 September 2006.

A9. D. K. Patlitzianas, H. Doukas, J. Psarras and J. – E.A. Samouilidis, "Decision Making Model for the Sustainable Planning of the Energy Companies' Environment: Case Study in the EU Accession Member States". World Renewable Energy Congress IX and Exhibition in Florence, Italy, 19-25 August 2006.

A10. K. Iatropoulos, N. Tourlis, H. Doukas, S. Louizidis, D. K. Patlitzianas, J. Psarras, "Prototype Expert System for the Control of the Building's Operations via a BEMS", International Conference on Energy Performance and Environmental Quality of Buildings, Milos Conference Center – George Eliopoulos, Milos island, 6-7 July 2006.

A11. D. K. Patlitzianas, H. Doukas, S. Louizidis, N. Tourlis, K. Iatropoulos, J. Psarras, "Integrated «Intelligent» Energy Management Model for Buildings' Facilities", International Conference on Energy Performance and Environmental Quality of Buildings, Milos Conference Center – George Eliopoulos, Milos island, 6-7 July 2006.

A12. D. K. Patlitzianas, H. Doukas, J. Psarras, "Assessing energy companies' environment in the EU accession member states", 4th International Conference on Energy Efficiency in Domestic Appliances and Lighting (EEDAL'06), Millenium Conference Centre, London - United Kingdom, 21-23 June 2006.

A13. H. Doukas, D. K. Patlitzianas, K. Iatropoulos, J. Psarras, "A decision support model using expert knowledge for building energy management", International Conference on Improving Energy Efficiency in Commercial Buildings (IEECB'06), Building Performance Congress, Frankfurt 26-27 April 2006.

A14. H. Doukas, J. Psarras, “Energy Efficiency Strategies: A Decision Support Methodological Approach in the Building Sector”, Information Day of Energy Efficiency in Buildings’ Design, Technical Chamber of Greece, 1st of February 2006, Athens Greece (In Greek).

A15. H. Doukas, D. K. Patlitzianas, A. Papadopoulou, A. Flamos, J. Psarras, “The correlated opportunities and threats emerging of the European ETS”, Eight International Conference on energy for a clean environment, Lisbon, Portugal, 27-30 June 2005.

A16. D. K. Patlitzianas, H. Doukas, A. Kagiannas, A. Flamos, J. Psarras, “The energy reform and climate policies in developing “renewable energy” and “energy services” companies”, Eight International Conference on energy for a clean environment, Lisbon, Portugal, 27-30 June 2005.

A17. A. Papadopoulou, D. K. Patlitzianas, H. Doukas, A. Kagiannas, J. Psarras, “The current situation and perspectives of the European energy management activities”, Eight International Conference on energy for a clean environment, Lisbon, Portugal, 27-30 June 2005.

A18. H. Doukas, D. K. Patlitzianas, A. Papadopoulou, J. Psarras, “Sustainable Development through the CDM opportunities in the Mediterranean region”, International Conference Sustainable Building 04 Event for the Mediterranean region (SB04MED), Athens, Greece, 9th - 11th June 2005.

A19. D. K. Patlitzianas, I. Sideri, H. Doukas, J. Psarras, “The contribution of ESCOs to the sustainable development in the Mediterranean region”, International Conference Sustainable Building 04 Event for the Mediterranean region (SB04MED), Athens, Greece, 9th - 11th June 2005.

A20. K. Patlitzianas, H. Doukas, A. Flamos, J. Psarras, “Environmental policy of the EU Member States for the European Emission Trading Scheme”, International Scientific Conference, HELECO ’05, Athens, Greece, 3-6 February 2005.

A21. H. Doukas, K. Patlitzianas, A. Flamos, J. Psarras, “Financing Options For Environmental Friendly Technologies Through The Clean Development Mechanism”, International Scientific Conference, HELECO ’05, Athens, Greece, 3-6 February 2005.

A22. A. Flamos, K. Patlitzianas, H. Doukas, J. Psarras, “Investigation of the Clean Development Mechanism potential in the Mediterranean region”, International Scientific Conference, HELECO ’05, Athens, Greece, 3-6 February 2005.

A23. D. Zevgolis, H. Doukas, D. Askounis, J. Psarras, “Present Status Of RES Systems Penetration In Greek Islands & The Effect Of Energy And Environmental Regulation On Their Penetration”, International conference – RES and RUE for islands – Sustainable Energy Solutions, Larnaka, Cyprus, 30-31 August 2004.

A24. A. Flamos, H. Doukas, K. Patlitzianas, J. Psarras, “CDM – PAT: The e-tool steering towards the reduction of CDM transaction costs” EURO XX, the 20th European Conference On Operational Research, Rhodes, Greece, 4 - 7 July 2004.

A25. K. Anagnostopoulos, K. Patlitzianas, A. Flamos, H. Doukas, J. Psarras, “Development of RES through the Clean Development Mechanism - Special Focus On Small-Scale Projects”, International Conference on New and Renewable Energy Technologies for Sustainable Development, Evora, Portugal, 28 – 30 June 2004.

A26. K. Patlitzianas, A. Flamos, K. Anagnostopoulos, H. Doukas, J. Psarras, “The Role of CDM Funding Programmes in promoting RES And Energy Efficient Technologies”, International Conference on New and Renewable Energy Technologies for Sustainable Development, Evora, Portugal, 28 – 30 June 2004.

A27. A. Flamos, H. Doukas, K. Patlitzianas, A. Botsikas, K. Anagnostopoulos, “CDM – PAT: An Integrated Tool for the Identification of Attractive CDM Project Proposals”, International Conference on New and Renewable Energy Technologies for Sustainable Development, Evora, Portugal, 28 – 30 June 2004.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ **II.1**: ΔΑΠΑΝΕΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΩΘΗΣΗΣ ΤΩΝ **ΑΠΕ**

Πίνακας ΠΙΙΙ.1.1. Δαπάνες Έρευνας και Ανάπτυξης Ελλάδας (εκατομμύρια ευρώ)

	Έτη														
ΕΡΕΥΝΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
1. ΟΡΥΚΤΑ ΚΑΥΣΙΜΑ	1,7	0,8	0,5	1,1	2,1	2,1	4,4	2,9	2,5	2,3	1,6	1,4	1,8	1,3	1,3
2. ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΣΧΑΣΗ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΞΗ	0,2	0,0	0,0	0,2	0,3	0,3	0,3	0,7	0,8	0,9	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
3. ΥΔΡΟΓΟΝΟ ΚΑΙ ΚΥΨΕΛΕΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4. ΆΛΛΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ	1,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	5,0	5,4	3,8	2,1	3,7	3,4	7,2	2,2	1,9	1,9	2,7	2,0	3,1	4,6	4,7
5.1 Ηλιακή Ενέργεια	1,5	2,0	2,1	0,5	0,5	0,3	0,8	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,4	0,5	0,5
5.2 Αιολική Ενέργεια	0,8	2,9	1,3	0,6	0,9	1,5	3,0	0,9	0,8	0,8	1,2	0,9	1,3	1,9	2,0
5.3 Ωκεάνεια Ενέργεια	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5.4 Βιοενέργεια	0,4	0,5	0,4	0,6	1,0	0,9	0,7	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,4	3,5
5.5 Γεωθερμική Ενέργεια	2,2	0,0	0,0	0,3	1,2	0,6	2,3	0,7	0,6	0,6	0,9	0,7	1,0	1,5	1,3
5.6 Υδροηλεκτρική Ενέργεια	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
5.7 Άλλες Ανανεώσιμες	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6. ΆΛΛΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ/ ΕΡΕΥΝΑ	2,0	1,1	1,5	0,6	1,5	2,5	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ	1,4	0,3	0,3	1,5	1,8	2,3	5,7	1,5	1,9	4,0	2,2	1,0	2,1	3,2	3,3
8. ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΚΑΙ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ΣΥΝΟΛΟ	**16,4**	**13,0**	**10,0**	**7,7**	**13,1**	**14,2**	**26,3**	**9,4**	**9,1**	**10,9**	**9,5**	**6,7**	**10,5**	**13,8**	**17,0**

Πίνακας ΠΙΙΙ.1.2. Δαπάνες Έρευνας και Ανάπτυξης Γερμανία (εκατομμύρια ευρώ)

	Έτη														
ΕΡΕΥΝΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
1. ΟΡΥΚΤΑ ΚΑΥΣΙΜΑ	64,3	48,0	28,4	20,7	13,6	3,5	1,4	1,3	10,4	9,6	18,2	13,8	8,1	9,9	11,5
2. ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΣΧΑΣΗ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΞΗ	331,5	229,8	217,0	183,9	166,7	159,0	153,4	165,7	85,6	153,0	131,6	120,3	141,5	141,0	137,2
3. ΥΔΡΟΓΟΝΟ ΚΑΙ ΚΥΨΕΛΕΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,4	21,5
4. ΆΛΛΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ	6,2	4,7	2,6	3,1	2,1	12,1	21,1	22,5	8,0	22,1	43,3	35,5	33,6	5,0	3,3
5. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	111,3	117,5	128,2	84,7	74,9	93,4	73,5	82,8	73,0	76,9	73,3	77,3	70,3	57,1	99,4
5.1 Ηλιακή Ενέργεια	90,5	88,5	84,6	54,5	50,1	53,5	44,7	53,4	47,4	51,7	43,3	41,7	38,4	39,7	58,2
5.2 Αιολική Ενέργεια	11,0	15,1	29,6	21,2	21,1	35,0	22,0	21,2	21,8	15,8	18,3	14,4	12,4	7,5	17,1
5.3 Ωκεάνεια Ενέργεια	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5.4 Βιοενέργεια	5,7	10,9	11,3	5,9	1,6	2,7	4,8	6,4	1,9	7,0	4,2	11,0	7,6	4,0	11,8
5.5 Γεωθερμική Ενέργεια	4,1	2,9	2,6	3,1	2,0	2,3	2,0	1,8	1,8	2,4	7,5	10,2	11,6	5,9	12,2
5.6 Υδροηλεκτρική Ενέργεια	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0
5.7 Άλλες Ανανεώσιμες	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6. ΆΛΛΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ/ ΕΡΕΥΝΑ	1,9	5,4	18,2	19,1	6,1	11,1	9,4	8,4	6,9	11,5	13,1	8,1	112,1	112,0	120,6
7. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ	17,2	12,2	11,5	13,2	15,2	22,1	14,4	13,1	12,1	9,5	24,5	15,9	17,4	20,7	19,6
8. ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΚΑΙ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ΣΥΝΟΛΟ	**643,6**	**534,9**	**533,9**	**409,4**	**353,5**	**394,7**	**346,7**	**376,6**	**269,1**	**359,5**	**377,3**	**348,3**	**453,4**	**429,2**	**512,6**

Πίνακας ΠΙΙΙ.1.3. Δαπάνες Έρευνας και Ανάπτυξης Δανίας (εκατομμύρια ευρώ)

	Έτη														
ΕΡΕΥΝΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
1. ΟΡΥΚΤΑ ΚΑΥΣΙΜΑ	6,4	9,5	8,7	8,4	6,6	3,9	2,7	2,2	2,8	2,0	1,9	0,0	0,0	0,0	4,4
2. ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΣΧΑΣΗ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΞΗ	2,8	3,0	2,2	0,8	0,6	0,6	0,5	5,1	5,0	4,9	4,0	3,4	2,9	2,6	2,5
3. ΥΔΡΟΓΟΝΟ ΚΑΙ ΚΥΨΕΛΕΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,7	16,0
4. ΆΛΛΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ	4,3	5,1	5,9	4,3	4,1	4,5	4,5	4,6	4,2	3,8	4,2	3,7	3,9	2,7	2,6
5. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	18,9	20,3	21,9	19,0	17,9	14,5	18,7	20,5	17,8	17,9	20,1	10,3	10,1	23,6	24,1
5.1 Ηλιακή Ενέργεια	4,1	4,2	4,9	3,3	4,6	2,0	3,6	4,0	3,6	4,0	5,1	0,0	1,2	2,6	3,1
5.2 Αιολική Ενέργεια	8,9	8,5	7,6	6,5	6,2	6,0	9,1	8,0	7,7	7,1	7,3	9,5	7,5	11,1	9,6
5.3 Ωκεάνεια Ενέργεια	0,5	0,5	0,7	0,7	0,2	0,2	0,0	0,9	1,2	2,2	2,0	0,0	0,1	0,1	1,3
5.4 Βιοενέργεια	5,3	7,1	8,7	8,6	6,9	6,3	6,0	5,6	5,3	4,7	5,7	0,7	1,3	9,7	10,2
5.5 Γεωθερμική Ενέργεια	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5.6 Υδροηλεκτρική Ενέργεια	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
5.7 Άλλες Ανανεώσιμες	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6. ΆΛΛΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ/ ΕΡΕΥΝΑ	4,0	4,6	4,9	4,3	5,8	6,1	6,0	7,3	7,5	5,6	6,3	6,2	6,6	5,6	6,4
7. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ	8,8	10,0	7,2	6,0	5,1	5,4	8,2	9,4	10,5	14,2	11,1	0,4	1,2	4,2	4,9
8. ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΚΑΙ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ΣΥΝΟΛΟ	**64,0**	**72,8**	**72,7**	**61,9**	**58,0**	**49,4**	**59,3**	**69,6**	**65,5**	**66,4**	**67,5**	**34,2**	**34,8**	**70,9**	**84,9**

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ **II.2**: **Α**ΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ **Ε**ΦΑΡΜΟΓΗΣ

Πίνακας ΠII.2.1. Αποδόσεις και Βάρη Τύπων Προγραμμάτων στη Δανία

	Βάρη	ΗΠ1	ΗΠ2	ΗΠ3	ΗΠ4	ΗΠ5	ΗΠ6	ΗΠ7	ΗΠ8	ΗΠ9	ΗΠ10	ΗΠ11
Ε1	Π.Υ	Μ.Υ	Υ	Μ	Μ.Υ	Μ	Υ	Μ	Π.Υ	Μ.Φ	Μ.Υ	Μ
Ε2	Μ	Μ	Μ.Υ	Μ	Π.Υ	Φ	Υ	Μ.Φ	Μ	Φ	Μ.Υ	Υ
Ε3	Μ.Υ	Μ.Υ	Μ	Μ	Μ.Υ	Μ.Φ	Υ	Μ.Υ	Μ	Μ.Υ	Μ.Υ	Μ
Ε4	Μ	Υ	Μ	Μ	Μ.Υ	Μ	Υ	Μ.Υ	Μ	Μ.Υ	Υ	Μ
Ε5	Μ.Υ	Π.Φ	Μ.Φ	Μ	Μ	Μ.Φ	Μ	Μ	Υ	Μ	Π.Φ	Μ
Ε6	Π.Υ	Υ	Υ	Μ	Μ.Υ	Μ	Υ	Μ	Μ	Μ.Φ	Μ	Μ

Πίνακας ΠII.2.2. Τύποι Προγραμμάτων Υψηλής Προτεραιότητας στη Δανία

Τύποι Προγραμμάτων	**Αποδόσεις**
ΗΠ1. Άμεσες Επιδοτήσεις	0,84
ΗΠ2. Βελτιωμένες Διαχειριστικές Διαδικασίες	0,73
ΗΠ3. Εμπορία Πιστοποιητικών	0,73
ΗΠ4. Φορολογικές Μειώσεις	0,73
ΗΠ5. Σταθερές Τιμές Τιμολογίων	0,64
ΗΠ6.Ανταγωνιστικές Προσφορές Μακροχρόνιων Ενεργειακών Συμβολαίων	0,59
ΗΠ7. Δημοσιότητα/ διαφημιστικές Εκστρατείες	0,58
ΗΠ8. Παροχή Δανείων με Ευνοϊκές Ρυθμίσεις	0,57

Πίνακας ΠII.2.3. Αποδόσεις και Βάρη Τύπων Προγραμμάτων στη Γερμανία

	Βάρη	ΗΠ1	ΗΠ2	ΗΠ3	ΗΠ4	ΗΠ5	ΗΠ6	ΗΠ7	ΗΠ8	ΗΠ9	ΗΠ10	ΗΠ11
Ε1	ΜΥ	ΜΥ	Υ	Μ	ΜΥ	Μ	Υ	Μ	ΠΥ	ΜΦ	ΜΥ	Μ
Ε2	Μ	Μ	ΜΥ	Μ	ΠΥ	Φ	Υ	ΜΦ	Μ	Φ	ΜΥ	Υ
Ε3	ΠΥ	ΜΥ	Μ	Μ	ΜΥ	ΜΦ	Υ	ΜΥ	Μ	ΜΥ	ΜΥ	Μ
Ε4	Μ	Υ	Μ	Μ	ΜΥ	Μ	Υ	ΜΥ	Μ	ΜΥ	Υ	Μ
Ε5	Υ	ΠΦ	ΜΦ	Μ	Μ	ΜΦ	Μ	Μ	Υ	Μ	ΠΦ	Μ
Ε6	ΠΥ	Υ	Υ	Μ	ΜΥ	Μ	Υ	Μ	Μ	ΜΦ	Μ	Μ

Πίνακας ΠΙΙ.2.4. Τύποι Προγραμμάτων Υψηλής Προτεραιότητας στη Γερμανία

Τύποι Προγραμμάτων	Αποδόσεις
ΗΠ1 Άμεσες Επιδοτήσεις	0,83
ΗΠ2. Βελτιωμένες Διαχειριστικές Διαδικασίες	0,75
ΗΠ3. Εμπορία Πιστοποιητικών	0,69
ΗΠ4. Φορολογικές Μειώσεις	0,67
ΗΠ5. Σταθερές Τιμές Τιμολογίων	0,61
ΗΠ6. Παροχή Δανείων με Ευνοϊκές Ρυθμίσεις	0,61
ΗΠ7. Δημοσιότητα/ διαφημιστικές Εκστρατείες	0,60
ΗΠ8. Πιστοποίηση	0,57

Πίνακας ΠΙΙ.2.5. Αποδόσεις και Κατώφλια Τεχνολογικών Επιλογών στη Δανία

	Κατώφλια	ΗΤ1	ΗΤ2	ΗΤ3	ΗΤ4	ΗΤ5	ΗΤ6	ΗΤ7	ΗΤ8	ΗΤ9	ΗΤ10	ΗΤ11
Ε1	ΠΥ	Μ	ΠΦ	ΜΦ	ΜΦ	ΜΦ	ΠΥ	ΠΥ	ΜΦ	ΜΥ	Υ	ΜΥ
Ε2	Μ	Μ	Φ	Μ	Μ	ΜΦ	Μ	ΜΥ	Υ	ΜΦ	Υ	ΜΦ
Ε3	ΜΥ	Φ	ΠΦ	ΜΦ	Φ	ΜΦ	Υ	Μ	Φ	Μ	ΜΦ	Μ
Ε4	Μ	Μ	ΠΦ	Μ	ΜΦ	Μ	Υ	ΠΥ	Μ	Μ	Υ	Υ
Ε5	ΜΥ	Υ	ΜΥ	ΜΦ	Φ	ΜΦ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΦ	Υ	ΠΥ	Υ
Ε6	ΠΥ	ΜΦ	ΠΦ	Φ	ΠΦ	Φ	ΠΥ	ΠΥ	ΠΦ	ΜΦ	ΠΥ	ΜΥ

Πίνακας ΠΙΙ.2.6. Τεχνολογικές Δυνατότητες Υψηλής Προτεραιότητας στη Δανία

Τεχνολογικές Δυνατότητες	Αποδόσεις
ΗΤ1. Παράκτια Αιολικά Πάρκα	0,87
ΗΤ2. Υπεράκτια Αιολικά Πάρκα	0,81
ΗΤ3. Βιομάζα	0,76
ΗΤ4. Βιο-απόβλητα	0,65
ΗΤ5. Βιοαέριο	0,63
ΗΤ6. Μικροί Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί	0,61
ΗΤ7. Φωτοβολταϊκά	0,52
ΗΤ8. Γεωθερμία	0,50

Πίνακας ΠII.2.7. Αποδόσεις και Κατώφλια Τεχνολογικών Επιλογών στη Γερμανία

	Κατώφλια	HT1	HT2	HT3	HT4	HT5	HT6	HT7	HT8	HT9	HT10	HT11
E1	ΜΥ	ΜΥ	Υ	Μ	Φ	Φ	ΠΥ	ΜΥ	ΜΦ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΦ
E2	Μ	ΜΦ	Φ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΦ	ΜΦ	Μ	Μ	Μ	Μ	Μ
E3	ΠΥ	ΜΦ	Φ	ΠΥ	ΜΥ	Φ	Υ	Μ	Φ	ΜΦ	ΜΦ	ΜΦ
E4	Μ	ΜΥ	Μ	Υ	ΜΥ	ΜΦ	Υ	Μ	Μ	Μ	Υ	ΜΥ
E5	Υ	ΜΥ	Υ	ΠΥ	Μ	ΜΦ	Υ	Μ	Υ	ΠΥ	ΠΥ	ΜΥ
E6	ΠΥ	Υ	Υ	ΜΥ	ΜΦ	Φ	ΠΥ	ΜΥ	ΜΦ	Υ	ΜΥ	ΜΥ

Πίνακας ΠII.2.8. Τεχνολογικές Δυνατότητες Υψηλής Προτεραιότητας στη Γερμανία

Τεχνολογικές Δυνατότητες	Αποδόσεις
HT1. Φωτοβολταϊκά	**0,78**
HT2. Παράκτια Αιολικά Πάρκα	**0,77**
HT3. Βιοαέριο	**0,76**
HT4. Βιομάζα	**0,74**
HT5. Υπεράκτια Αιολικά Πάρκα	**0,72**
HT6. Μικροί Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί	**0,64**
HT7. Βιο-απόβλητα	**0,63**
HT8. Μεγάλοι Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί	**0,62**

Πίνακας ΠΙΙ.2.9. Αποδόσεις Προτάσεων Προώθησης στη Δανία

	Π1	**Π2**	**Π3**	**Π3**	**Π5**	**Π6**	**Π7**	**Π8**	**Π9**	**Π10**	**Π11**	**Π12**
Χ1	ΜΥ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΥ	Μ	ΜΥ	Μ	ΜΦ	Μ
Χ2	ΠΥ	Υ	Υ	Υ	Υ	Υ	ΜΥ	ΜΥ	Υ	ΜΥ	Μ	ΜΥ
Χ3	Υ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΥ	Μ	Μ	ΜΥ	Μ	Μ	Μ
Χ4	Υ	ΜΥ	ΜΥ	Υ	ΜΥ	Μ	Μ	Μ	ΜΦ	ΜΦ	ΜΦ	ΜΦ

Πίνακας ΠΙΙ.2.10. Προτάσεις Υψηλής Προτεραιότητας στη Δανία

Προτάσεις	**Αποδόσεις**		
	Most	At Lest Half	As Many As Possible
Π1. Άμεσες Επιδοτήσεις για την Προώθηση των Παράκτων Αιολικών Πάρκων	(Υψηλό,-0.1)	(Πολύ Υψηλό,-0.5)	(Μέτρια Υψηλό,0.5)
Π2. Βελτιωμένες Διαχειριστικές Διαδικασίες για την προώθηση των Παράκτων Αιολικών Πάρκων	(Μέτρια Υψηλό,0)	(Μέτρια Υψηλό,0.5)	(Μέτρια Υψηλό,0)
Π3. Εμπορία Πιστοποιητικών για την προώθηση των Παράκτων Αιολικών Πάρκων	(Μέτρια Υψηλό,0)	(Μέτρια Υψηλό,0.5)	(Μέτρια Υψηλό,0)
Π4. Άμεσες Επιδοτήσεις για την Προώθηση των Υπεράκτιων Αιολικών Πάρκων	(Μέτρια Υψηλό,0.4)	(Υψηλό,0)	(Μέτρια Υψηλό,0)
Π5. Βελτιωμένες Διαχειριστικές Διαδικασίες για την προώθηση των Υπεράκτιων Αιολικών Πάρκων	(Μέτρια Υψηλό,0)	(Μέτρια Υψηλό,0.5)	(Μέτρια Υψηλό,0)
Π6. Εμπορία Πιστοποιητικών για την προώθηση των Υπεράκτιων Αιολικών Πάρκων	(Μέτρια Υψηλό,-0.1)	(Μέτρια Υψηλό,0.5)	(Μέτρια Υψηλό,-0.5)
Π7. Άμεσες Επιδοτήσεις για την Προώθηση της Βιομάζας	(Μέτριο,0.4)	(Μέτρια Υψηλό,0)	(Μέτριο,0)
Π8. Βελτιωμένες Διαχειριστικές Διαδικασίες για την προώθηση της Βιομάζας	(Μέτριο,0)	(Μέτρια Υψηλό,-0.5)	(Μέτριο,0)
Π9. Εμπορία Πιστοποιητικών για την προώθηση της Βιομάζας	(Μέτρια Υψηλό,-0.2)	(Μέτρια Υψηλό,0.5)	(Μέτριο,0)
Π10. Άμεσες Επιδοτήσεις για την Προώθηση των Βιο-αποβλήτων	(Μέτριο,-0.1)	(Μέτρια Υψηλό,-0.5)	(Μέτρια Φτωχό,0.5)
Π11. Βελτιωμένες Διαχειριστικές Διαδικασίες για την προώθηση των Βιο-αποβλήτων	(Μέτρια Φτωχό,0.4)	(Μέτριο,0)	(Μέτρια Φτωχό,0)
Π12. Εμπορία Πιστοποιητικών για την προώθηση των Βιο-αποβλήτων	(Μέτριο,-0.1)	(Μέτρια Υψηλό,-0.5)	(Μέτρια Φτωχό,0.5)

Πίνακας ΠΙΙ.2.11. Αποδόσεις Προτάσεων Προώθησης στη Γερμανία

	Π1	**Π2**	**Π3**	**Π3**	**Π5**	**Π6**	**Π7**	**Π8**	**Π9**	**Π10**	**Π11**	**Π12**
Χ1	Υ	Υ	ΜΥ	Υ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΥ	Μ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΥ
Χ2	ΠΥ	ΠΥ	Υ	Υ	Υ	Υ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΥ	Υ
Χ3	ΠΥ	Υ	Υ	Υ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΥ	Μ	ΜΥ
Χ4	Υ	ΜΥ	Υ	Υ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΥ	Μ	Υ	ΜΥ	ΜΥ

Πίνακας ΠΙΙ.2.12. Προτάσεις Υψηλής Προτεραιότητας στη Γερμανία

Προτάσεις	**Αποδόσεις**		
	Most	At Lest Half	As Many As Possible
Π1. Άμεσες Επιδοτήσεις για την Προώθηση των Φωτοβολταϊκών	(Υψηλό,0.4)	(Πολύ Υψηλό,0)	(Υψηλό,0)
Π2. Βελτιωμένες Διαχειριστικές Διαδικασίες για την προώθηση των Φωτοβολταϊκών	(Υψηλό,-0.1)	(Πολύ Υψηλό,-0.5)	(Μέτρια Υψηλό,0.5)
Π3. Εμπορία Πιστοποιητικών για την προώθηση των Φωτοβολταϊκών	(Υψηλό,-0.1)	(Υψηλό,0)	(Μέτρια Υψηλό,0.5)
Π4. Άμεσες Επιδοτήσεις για την Προώθηση των Παράκτων Αιολικών Πάρκων	(Υψηλό,0)	(Υψηλό,0)	(Υψηλό,0)
Π5. Βελτιωμένες Διαχειριστικές Διαδικασίες για την προώθηση των Παράκτων Αιολικών Πάρκων	(Μέτρια Υψηλό,0)	(Μέτρια Υψηλό,0.5)	(Μέτρια Υψηλό,0)
Π6. Εμπορία Πιστοποιητικών για την προώθηση των Παράκτων Αιολικών Πάρκων	(Μέτρια Υψηλό,0)	(Μέτρια Υψηλό,0.5)	(Μέτρια Υψηλό,0)
Π7. Άμεσες Επιδοτήσεις για την Προώθηση του του Βιοαερίου	(Μέτρια Υψηλό,0)	(Μέτρια Υψηλό,0)	(Μέτρια Υψηλό,0)
Π8. Βελτιωμένες Διαχειριστικές Διαδικασίες για την προώθηση του Βιοαερίου	(Μέτρια Υψηλό,0)	(Μέτρια Υψηλό,0)	(Μέτρια Υψηλό,0)
Π9. Εμπορία Πιστοποιητικών για την προώθηση του Βιοαερίου	(Μέτριο,0.4)	(Μέτρια Υψηλό,0)	(Μέτριο,0)
Π10. Άμεσες Επιδοτήσεις για την Προώθηση των Υπεράκτιων Αιολικών Πάρκων	(Μέτρια Υψηλό,0)	(Μέτρια Υψηλό,0.5)	(Μέτρια Υψηλό,0)
Π11. Βελτιωμένες Διαχειριστικές Διαδικασίες για την προώθηση των	(Μέτρια Υψηλό,-0.1)	(Μέτρια Υψηλό,0)	(Μέτρια Υψηλό,-0.5)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ **II.3**: ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΙΣΟΔΟΥ

Επεκτείνοντας την εφαρμογή και συγκεκριμένα τον Προσδιορισμός Λίστας Προτεραιοτήτων Προτάσεων Προώθησης (Παράγραφος V.4.4.), θα παρουσιαστεί η διαδικασία επεξεργασίας των δεδομένων εισόδου για την περίπτωση 3 αναλυτών που χρησιμοποιούν διαφορετική κλίμακα.

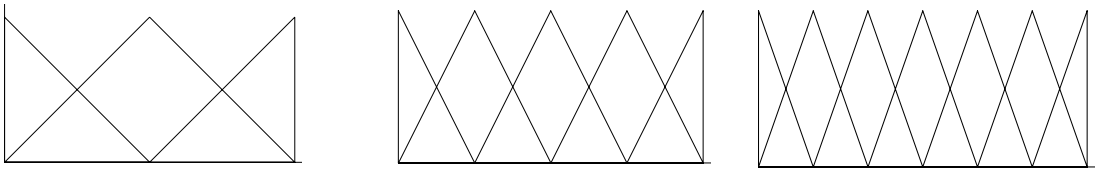
Οι γλωσσικές μεταβλητές που χρησιμοποιούσαν οι αναλυτές είναι οι ακόλουθες:

- *1ος Αναλυτής:* Πολύ Φτωχό (ΠΦ), Φτωχό (Φ), Μέτρια Φτωχό (ΜΦ), Μέτριο (Μ), Μέτρια Υψηλό (ΜΥ), Υψηλό (Υ), Πολύ Υψηλό (ΠΥ).
- *2ος Αναλυτής:* Χαμηλό (Χ), Μέτρια Χαμηλό (ΜΧ), Μέτρια (Μ), Μέτρια Υψηλό (ΜΥ), Υψηλό (Υ).
- *3ος Αναλυτής:* Χαμηλό (Χ), Μέτριο (Μ), Υψηλό (Υ).

Οι γλωσσικές κλίμακες των αναλυτών και οι γραφικές τους αναπαραστάσεις παρουσιάζονται στον ακόλουθο Πίνακα ΠΙΙ.3.1 και στο Σχήμα ΙΙ.3.1.

Πίνακας ΠΙΙ.3.1. Γλωσσικές Κλίμακες Αναλυτών

1ος Αναλυτής	**2ος Αναλυτής**	**3ος Αναλυτής**
S_0=(0,0,0.16)	L_0=(0,0,0.25)	L_0=(0,0,0.5)
S_1=(0,0.16,0.34)	L_1=(0,0.25,0.5)	L_1=(0,0.5,1)
S_2=(0.16,0.34,0.5)	L_2=(0.25,0.5,0.75)	L_2=(0.5,1,1)
S_3=(0.34,0.5,0.66)	L_3=(0.5,0.75,1)	
S_4=(0.5,0.66,0.84)	L_4=(0.75,1,1)	
S_5=(0.66,0.84,1)		
S_6=(0.84,1,1)		



3-Βάθμια κλίμακα *5-Βάθμια κλίμακα* *7-Βάθμια κλίμακα*

Σχήμα ΙΙ.3.1. Κλίμακες Αναλυτών

Οι αποδόσεις των προτάσεων στα κριτήρια από τους 3 αναλυτές παρουσιάζονται στους ακόλουθους Πίνακες ΙΙ.3.2 - ΙΙ.3.4.

Πίνακας ΠΙΙ.3.2. Αποδόσεις 1ου Αναλυτή

	Π1	**Π2**	**Π3**	**Π3**	**Π5**	**Π6**	**Π7**	**Π8**	**Π9**	**Π10**	**Π11**	**Π12**
Χ1	ΜΥ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΥ	Μ	ΜΥ	Μ	ΜΦ	Μ
Χ2	ΠΥ	Υ	Υ	Υ	Υ	Υ	ΜΥ	ΜΥ	Υ	ΜΥ	Μ	ΜΥ
Χ3	Υ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΥ	Μ	Μ	ΜΥ	Μ	Μ	Μ
Χ4	Υ	ΜΥ	ΜΥ	Υ	ΜΥ	Μ	Μ	Μ	ΜΦ	ΜΦ	ΜΦ	ΜΦ

Πίνακας ΠΙΙ.3.3. Αποδόσεις 2ου Αναλυτή

	Π1	**Π2**	**Π3**	**Π3**	**Π5**	**Π6**	**Π7**	**Π8**	**Π9**	**Π10**	**Π11**	**Π12**
Χ1	ΜΥ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΧ	ΜΧ	ΜΧ	ΜΧ	ΜΧ	Χ	ΜΧ	ΜΧ	ΜΧ
Χ2	Μ	ΜΥ	Υ	Μ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΧ	Μ	Χ	ΜΧ	Μ	Χ
Χ3	ΜΥ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΥ	ΜΥ
Χ4	ΜΥ	Υ	Υ	ΜΥ	Υ	Υ	ΜΧ	Μ	ΜΧ	ΜΧ	Μ	Χ

Πίνακας ΠΙΙ.3.4. Αποδόσεις 3ου Αναλυτή

	Π1	**Π2**	**Π3**	**Π3**	**Π5**	**Π6**	**Π7**	**Π8**	**Π9**	**Π10**	**Π11**	**Π12**
Χ1	Υ	Υ	Υ	Χ	Χ	Χ	Χ	Χ	Χ	Χ	Χ	Χ
Χ2	Μ	Υ	Υ	Μ	Υ	Υ	Χ	Μ	Χ	Χ	Μ	Χ
Χ3	Υ	Υ	Υ	Υ	Υ	Υ	Υ	Υ	Υ	Υ	Υ	Υ
Χ4	Υ	Υ	Υ	Υ	Υ	Υ	Χ	Μ	Χ	Χ	Μ	Χ

Εξετάζοντας τα σημεία τομής της 3-βάθμιας κλίμακας σε σχέση με την 7-βάθμια προκύπτουν τα εξής αποτελέσματα:

- $\tau_{sst}(l_0) = (s_0,0.76),(s_1,0.5),(s_2,0.24),(s_3,0),(s_4,0),(s_5,0),(s_6,0)$
- $\tau_{sst}(l_1) = (s_0,0.24),(s_1,0.48),(s_2,0.5),(s_3,1),(s_4,0.76),(s_5,0.5),(s_6,0.24)$
- $\tau_{sst}(l_2) = (s_0,0),(s_1,0),(s_2,0),(s_3,0.24),(s_4,0.5),(s_5,0.76),(s_6,1)$

Για την 5-βάθμια κλίμακα εφαρμόζοντας την ίδια διαδικασία προκύπτουν τα εξής σημεία τομής σε σχέση με την 7-βάθμια:

- $\tau_{sst}(l_0) = (s_0,1),(s_1,0.6),(s_2,0.2),(s_3,0),(s_4,0),(s_5,0),(s_6,0)$
- $\tau_{sst}(l_1) = (s_0,0.38),(s_1,0.82),(s_2,0.82),(s_3,0.38),(s_4,0),(s_5,0),(s_6,0)$
- $\tau_{sst}(l_2) = (s_0,0),(s_1,0.22),(s_2,0.62),(s_3,1),(s_4,0.62),(s_5,0.22),(s_6,0)$
- $\tau_{sst}(l_3) = (s_0,0),(s_1,0),(s_2,0),(s_3,0.38),(s_4,0.78),(s_5,0.78),(s_6,0.38)$
- $\tau_{sst}(l_4) = (s_0,0),(s_1,0),(s_2,0),(s_3,0),(s_4,0.2),(s_5,0.62),(s_6,1)$

Στη συνέχεια, για την μετατροπή των 7 όρων διπλής αναπαράστασης σε έναν χρησιμοποιείται ο ακόλουθος τύπος.

$$\chi(F(S_T)) = \chi(\{(s_j, \gamma_i), j = 0,1,...., g\}) = \frac{\sum_{j=o}^{g} j * \gamma_j}{\sum_{j=0}^{g} \gamma_j} = B$$

Πιο συγκεκριμένα, για την μετατροπή της 3-βάθμιας κλίμακας ισχύει:

- $Bl_0 = \frac{0*0.76+1*0.5+2*0.24+3*0+4*0+5*0+6*0}{0.76+0.5+0.25} = 0.6533$
- $Bl_1 = \frac{0*0.24+1*0.48+2*0.5+3*1+4*0.76+5*0.5+6*0.24}{0.24+0.48+0.5+1+0.76+0.5+0.24} = 3.0806452$
- $Bl_2 = \frac{0*0+1*0+2*0+3*0.24+4*0.5+5*0.76+6*1}{0.24+0.5+0.76+1} = 5.008$

Για την 5-βάθμια κλίμακα ισχύει:

- $Bl_0 = \frac{0*1+1*0.6+2*0.2+3*0+4*0+5*0+6*0}{1+0.6+0.2} = 0.5555$
- $Bl_1 = \frac{0*0.38+1*0.82+2*0.82+3*0.38+4*0+5*0+6*0}{0.38+0.82+0.82+0.38} = 1.5$
- $Bl_2 = \frac{0*0+1*0.22+2*0.62+3*1+4*0.62+5*0.22+6*0}{0.22+0.62+0.62+0.22} = 3$
- $Bl_3 = \frac{0*0+1*0+2*0+3*0.38+4*0.78+5*0.78+6*0.38}{0.38+0.78+0.78+0.38} = 4.5$
- $Bl_4 = \frac{0*0+1*0+2*0+3*0+4*0.2+5*0.62+6*1}{0.2+0.62+1} = 5.43956$

Με βάση τα παραπάνω, οι αποδόσεις διπλής απεικόνισης σε 7-βάθμια πλέον κλίμακα βάση των 3 αναλυτών προκύπτουν με την εφαρμογή της ακόλουθης συνάρτησης:

- $\Delta : [0, g] \to Sx[-0.5,+0.5),$
- $\Delta(\beta) = \begin{cases} s_i, i = round(\beta) \\ \alpha = \beta - i, \alpha \in [-0.5,+0.5) \end{cases}$

Οι αποδόσεις αυτές απεικονίζονται στους ακόλουθους Πίνακες ΠΙΙ.3.5 - ΠΙΙ.3.7.

Πίνακας ΠΙΙ.3.5. Επεξεργασμένες Αποδόσεις 1ου Αναλυτή

	Π1	**Π2**	**Π3**	**Π3**	**Π5**	**Π6**	**Π7**	**Π8**	**Π9**	**Π10**	**Π11**	**Π12**
X1	(ΜΥ,0)	(ΜΥ,0)	(ΜΥ,0)	(ΜΦ,0)	(ΜΦ,0)	(ΜΦ,0)	(ΜΦ,0)	(ΜΦ,0)	(Φ,0)	(ΜΦ,0)	(ΜΦ,0)	(ΜΦ,0)
X2	(Μ,0)	(ΜΥ,0)	(Υ,0)	(Μ,0)	(ΜΥ,0)	(ΜΥ,0)	(ΜΦ,0)	(Μ,0)	(Φ,0)	(ΜΦ,0)	(Μ,0)	(Φ,0)
X3	(ΜΥ,0)	(ΜΥ,0)	(ΜΥ,0)	(ΜΥ,0)	(ΜΥ,0)	(ΜΥ,0)	(ΜΥ,0)	(ΜΥ,0)	(ΜΥ,0)	(ΜΥ,0	(ΜΥ,0)	(ΜΥ,0)
X4	(ΜΥ,0)	(Υ,0)	(Υ,0)	(ΜΥ,0)	(Υ,0)	(Υ,0)	(ΜΦ,0)	(Μ,0)	(ΜΦ,0)	(ΜΦ,0)	(Μ,0)	(Φ,0)

Πίνακας ΠΙΙ.3.6. Επεξεργασμένες Αποδόσεις 2ου Αναλυτή

	Π1	**Π2**	**Π3**	**Π3**	**Π5**	**Π6**	**Π7**	**Π8**	**Π9**	**Π10**	**Π11**	**Π12**
X1	(Υ,-0.5)	(Υ,-0.5)	(Υ,-0.5)	(ΜΦ,-0.5)	(ΜΦ,-0.5)	(ΜΦ,-0.5)	(ΜΦ,-0.5)	(ΜΦ,-0.5)	(Φ,-0.4)	(ΜΦ,-0.5)	(ΜΦ,-0.5)	(ΜΦ,-0.5)
X2	(Μ,0.0)	(Υ,-0.5)	(Υ,0.4)	(Μ,0.0)	(Υ,-0.5)	(Υ,-0.5)	(ΜΦ,-0.5)	(Μ,0.0)	(Φ,-0.4)	(ΜΦ,-0.5)	(Μ,0.0)	(Φ,-0.4)
X3	(Υ,-0.5)	(Υ,-0.5)	(Υ,-0.5)	(Υ,-0.5)	(Υ,-0.5)	(Υ,-0.5)	(Υ,-0.5)	(Υ,-0.5)	(Υ,-0.5)	(Υ,-0.5)	(Υ,-0.5)	(Υ,-0.5)
X4	(Υ,-0.5)	(Υ,0.4)	(Υ,0.4)	(Υ,-0.5)	(Υ,0.4)	(Υ,0.4)	(ΜΦ,-0.5)	(Μ,0.0)	(ΜΦ,-0.5)	(ΜΦ,-0.5)	(Μ,0.0)	(Φ,-0.4)

Πίνακας ΠΙΙ.3.7. Επεξεργασμένες Αποδόσεις 3ου Αναλυτή

	Π1	**Π2**	**Π3**	**Π3**	**Π5**	**Π6**	**Π7**	**Π8**	**Π9**	**Π10**	**Π11**	**Π12**
X1	(Υ,0.0)	(Υ,0.0)	(Υ,0.01)	(Φ,-0.3)	(Φ,-0.3)	(Φ,-0.3)	(Φ,-0.3)	(Φ,-0.37)	(Φ,-0.3)	(Φ,-0.3)	(Φ,-0.3)	(Φ,-0.3)
X2	(Μ,0.1)	(Υ,0.0)	(Υ,0.01)	(Μ,0.1)	(Υ,0.0)	(Υ,0.0)	(Φ,-0.3)	(Μ,0.1)	(Φ,-0.3)	(Φ,-0.3)	(Μ,0.1)	(Φ,-0.3)
X3	(Υ,0.0)	(Υ,0.0)	(Υ,0.0)	(Υ,0.0)	(Υ,0.0)	(Υ,0.0)	(Υ,0.0)	(Υ,0.0)	(Υ,0.0)	(Υ,0.0)	(Υ,0.0)	(Υ,0.0)
X4	(Υ,0.0)	(Υ,0.0)	(Υ,0.01)	(Φ,-0.3)	(Φ,-0.3)	(Φ,-0.3)	(Φ,-0.3)	(Φ,-0.3)	(Φ,-0.3)	(Φ,-0.3)	(Φ,-0.3)	(Φ,-0.3)