



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

**Ανάπτυξη Μεθοδολογικού Πλαισίου για την Αξιολόγηση
Εναλλακτικών Στρατηγικών Σεναρίων για την Επίτευξη του
Στόχου ΑΠΕ της ΕΕ ως το 2030**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ιωάννης Β. Παπαδογεώργος

Επιβλέπων : Ιωάννη Ψαρράς
Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Ιούλιος 2016



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

**Ανάπτυξη Μεθοδολογικού Πλαισίου για την Αξιολόγηση
Εναλλακτικών Στρατηγικών Σεναρίων για την Επίτευξη του
Στόχου ΑΠΕ της ΕΕ ως το 2030**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ιωάννης Β. Παπαδογεώργος

Επιβλέπων : Ιωάννη Ψαρράς
Καθηγητής ΕΜΠ

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 2016.

.....

.....

.....

Αθήνα, Ιούλιος 2016

.....

Ιωάννης Β. Παπαδογεώργος

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

Copyright © Ιωάννης Β. Παπαδογεώργος, 2016

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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

Πρόλογος

Η εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας έγινε κατά το ακαδημαϊκό έτος 2015-2016, την περίοδο Νοεμβρίου 2015 - Μαρτίου 2016. Η εργασία σχετίζεται θεματικά με την ερευνητική δραστηριότητα του Εργαστηρίου Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης, το οποίο υπάγεται στον Τομέα Ηλεκτρικών Βιομηχανικών Διατάξεων και Συστημάτων Αποφάσεων της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η κατασκευή ενός μεθοδολογικού πλαισίου για την αξιολόγηση εναλλακτικών πολιτικών ενέργειας, στοχεύοντας στην εύρεση ενός βέλτιστου τρόπου διαμοιρασμού του πανευρωπαϊκού στόχου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στα Κράτη Μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ). Η εν λόγω επιδίωξη εστιάζει στην επίτευξη μεριδίου για τις ΑΠΕ της τάξεως του 27% επί της ακαθάριστης τελικής κατανάλωσης ενέργειας σε πανευρωπαϊκό επίπεδο, με χρονικό ορίζοντα το έτος 2030.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στον επιβλέποντα καθηγητή κ. Ψαρρά Ιωάννη για την ανάθεση του θέματος και τη συνεισφορά του στον τομέα των Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης, καθώς και στην επιβλέπουσα της εργασίας και υποψήφια διδάκτορα του ΕΜΠ, κα. Παπαποστόλου Αικατερίνη, για την αδιάλειπτη υποστήριξη και καθοδήγηση της προς την επίτευξη ενός εμπεριστατωμένου αποτελέσματος.

Ευχαριστώ θερμά την οικογένεια και τους φίλους μου για τη συμπαράσταση τους στον διαρκή αγώνα για αυτοβελτίωση και πνευματική εξέλιξη.

*Ιωάννης Παπαδογεώργος
Μάρτιος, 2016*

Περίληψη

Η οικονομικώς αποδοτική προώθηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) και η υποστήριξη των αγορών ηλεκτρικής ενέργειας ασκούν ιδιαίτερη πίεση στις κυβερνήσεις των Κρατών Μελών της Ευρωπαϊκή Ένωσης (ΕΕ). Αποστολή των ευρωπαϊκών θεσμικών οργάνων και των εθνικών φορέων χάραξης πολιτικής είναι η διαρκής αναμόρφωση και βελτίωση του χαρτοφυλακίου ενεργειακής πολιτικής προς την υποβοήθηση της ανάπτυξης των ΑΠΕ, που οφείλει να πραγματοποιηθεί με τρόπο αποδοτικό και αποτελεσματικό, σε βραχυπρόθεσμη και μεσοπρόθεσμη βάση και, ιδίως, σε ένα χρονικό ορίζοντα έως 2030.

Στην παρούσα εργασία επιχειρείται η αξιολόγηση των εναλλακτικών σεναρίων πολιτικής, που αποσκοπούν στην υλοποίηση του κοινού δεσμευτικού στόχου ΑΠΕ για επίτευξη 27% επί της ακαθάριστης τελικής καταναλισκόμενης ενέργειας σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Ακολούθως, καταστρώνεται ένα ολοκληρωμένο μεθοδολογικό πλαίσιο αξιολόγησης των στρατηγικών δράσεων μέσω της πολυκριτηριακής μεθόδου Fuzzy TOPSIS, με γνώμονα την υποστήριξη ομαδικής λήψης αποφάσεων και το βέλτιστο διαμοιρασμό του κοινού ευρωπαϊκού στόχου ΑΠΕ στα Κράτη Μέλη της Ένωσης.

Τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα που εξάγονται θα εφιστήσουν την προσοχή στη μείωση της αβεβαιότητας γύρω από θέματα ενεργειακής και κλιματικής πολιτικής, μεριμνώντας για την ενθάρρυνση της μελλοντικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ με ορίζοντα το έτος 2030.

Λέξεις κλειδιά: Χάραξη Πολιτικής, Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, Πολυκριτηριακή Ανάλυση, Fuzzy TOPSIS, Ανάλυση ευαισθησίας

Abstract

The cost-effective promotion of renewable energy sources and the support of electricity markets exert much pressure on the governments of the EU Member States. European institutions and national policy makers aim for the continuous reform and improvement of energy policy portfolio in order to assist the RES development, which must be carried out in an efficient and effective way in the short and medium term and, in particular, in a time horizon until 2030.

This study attempts to evaluate alternative policy scenarios, focusing on the implementation of the common binding RES target of 27% in gross final energy consumption in EU-wide level. Subsequently, a fully comprehensive methodology is set for evaluating strategic actions using the multi-criteria method Fuzzy TOPSIS, in concern to the maintenance of group decision making and the optimal sharing of the common RES target between the EU Member States.

The results and conclusions obtained can draw attention on reducing the uncertainty surrounding energy and climate policy, urging to support future RES electricity production towards 2030.

Keywords: Policy Making, Renewable Energy Sources, Greenhouse Gas Emissions, Multi-criteria Decision Analysis, Fuzzy TOPSIS, Sensitivity Analysis



Πίνακας Περιεχομένων

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Εισαγωγή..... | 15 |
| 2 | Ενεργειακές Πολιτικές και Στόχοι της Ευρώπης | 19 |
| 2.1 | Ευρωπαϊκές Στρατηγικές για την Ενέργεια και το Κλίμα..... | 21 |
| 2.1.1 | Τα πρώτα βήματα θέσπισης ενεργειακών και κλιματικών πολιτικών | 21 |
| 2.1.2 | Στόχοι για το κλίμα και την ενέργεια έως το 2020 | 24 |
| 2.1.3 | Πλαίσιο για την ενέργεια και το κλίμα με έως το 2030..... | 28 |
| 2.2 | Πολιτικές και στόχοι μείωσης εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου | 30 |
| 2.2.1 | Η αρχή της καθιέρωσης στόχων μείωσης εκπομπών των αερίων θερμοκηπίου | 30 |
| 2.2.2 | Στόχοι μείωσης εκπομπών με ορίζοντα το έτος 2020 | 32 |
| 2.2.3 | Στόχοι μείωσης εκπομπών για το έτος 2030 και έπειτα | 34 |
| 2.3 | Μηχανισμοί Υποστήριξης της Προώθησης των ΑΠΕ | 36 |
| 2.3.1 | Πολιτικές υποστήριξης | 37 |
| 2.3.2 | Προώθηση των ΑΠΕ μέσω Καθεστώτων στήριξης | 38 |
| 2.4 | Προκλήσεις και μελλοντικά βήματα ενεργειακών και κλιματικών πολιτικών στην ΕΕ... | 42 |
| 3 | Προτεινόμενη Μεθοδολογία..... | 49 |
| 3.1 | Ορισμός του προβλήματος | 52 |
| 3.2 | Καθορισμός Εναλλακτικών Δράσεων | 53 |
| 3.2.1 | Καθορισμός των Στόχων | 53 |
| 3.2.2 | Εναλλακτικές Στρατηγικές Πολιτικές | 57 |
| 3.3 | Επιλογή των Κριτηρίων Αξιολόγησης..... | 65 |
| 3.4 | Η Ευρωπαϊκή Πρωτοβουλία Towards2030-dialogue | 66 |
| 4 | Πολυκριτηριακή μέθοδος αξιολόγησης εναλλακτικών στρατηγικών σεναρίων | 69 |
| 4.1 | Η θεωρία ασαφών συνόλων..... | 71 |
| 4.1.1 | Ιστορική αναδρομή | 71 |
| 4.1.2 | Βασικοί ορισμοί..... | 72 |
| 4.1.3 | Εφαρμογές της ασαφούς λογικής | 75 |
| 4.2 | Η Πολυκριτηριακή Μέθοδος για την αξιολόγηση προβλημάτων λήψης απόφασης..... | 77 |
| 4.2.1 | Γενική Περιγραφή..... | 77 |
| 4.2.2 | Χρήση της Πολυκριτηριακής Μεθόδου στον τομέα της Ενέργειας | 80 |
| 4.2.3 | Η Fuzzy TOPSIS ως προτεινόμενη μέθοδος επίλυσης πολυκριτηριακών προβλημάτων | 82 |
| 5 | Η Εφαρμογή της Fuzzy TOPSIS στην Αξιολόγηση πολυκριτηριακών προβλημάτων..... | 85 |
| 5.1 | Η πολυκριτηριακή μέθοδος Fuzzy TOPSIS..... | 87 |
| 5.2 | Περιγραφή της μεθόδου | 90 |

| | |
|--|-----|
| 5.3 Εφαρμογή της μεθόδου | 94 |
| 5.4 Ανάλυση ευαισθησίας | 99 |
| 5.4.1 Εισαγωγή | 99 |
| 5.4.2 Εφαρμογή | 101 |
| 5.5 Σχολιασμός Αποτελεσμάτων | 105 |
| 5.6 Ποιοτική Ανάλυση των Αποτελεσμάτων | 107 |
| 6 Συμπεράσματα και Προοπτικές..... | 111 |
| 6.1 Συμπεράσματα | 113 |
| 6.2 Μελλοντικές Προοπτικές..... | 114 |
| 7 Βιβλιογραφία | 117 |
| 8 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ..... | 153 |
| 8.1 Κατάλογος συντομογραφιών..... | 155 |

Ευρετήριο Πινάκων

| | |
|---|-----|
| Πίνακας 1: Επισκόπηση ευρωπαϊκών πολιτικών κλίματος για ΑΠΕ, ενεργειακή απόδοση και μειώσεις εκπομπών GHG, από το 1990 κι έπειτα (Οικολογικό Ινστιτούτο, 2015) | 22 |
| Πίνακας 2: Η εξέλιξη των ευρωπαϊκών στόχων ανανεώσιμης ενέργειας (IRENA 2015) | 54 |
| Πίνακας 3: Εναλλακτικό σενάριο πολιτικής A ₁ | 578 |
| Πίνακας 4: Εναλλακτικό σενάριο πολιτικής A ₂ | 59 |
| Πίνακας 5: Εναλλακτικό σενάριο πολιτικής A ₃ | 60 |
| Πίνακας 6: Εναλλακτικό σενάριο πολιτικής A ₄ | 60 |
| Πίνακας 7: Εναλλακτικό σενάριο πολιτικής A ₅ | 61 |
| Πίνακας 8: Εναλλακτικό σενάριο πολιτικής A ₆ | 612 |
| Πίνακας 9: Εναλλακτικό σενάριο πολιτικής A ₇ | 623 |
| Πίνακας 10: Εναλλακτικό σενάριο πολιτικής A ₈ | 63 |
| Πίνακας 11: Εναλλακτικό σενάριο πολιτικής A ₉ | 64 |
| Πίνακας 12: Επιλεγμένες Εφαρμογές της Ασαφούς θεωρίας συνόλων στον τομέα της Διοίκησης και της Μηχανικής (Zimmermann, 2001)..... | 77 |
| Πίνακας 13: Βιβλιογραφική ανασκόπηση πολυκριτηριακών μεθόδων και Εφαρμογές σε θέματα Ανανεώσιμης Ενέργειας (Abu Taha & Daim, 2013) | 82 |
| Πίνακας 14: Εφαρμοσμένες εργασίες στον τομέα της Ενεργειακής Πολιτικής και Διαχείρισης..... | 89 |
| Πίνακας 15: Γλωσσικές μεταβλητές και ασαφείς αριθμοί | 95 |
| Πίνακας 16: Οι γλωσσικές εκτιμήσεις για τα βάρη των τεσσάρων κριτηρίων από κάθε αποφασίζοντα | 96 |
| Πίνακας 17: Οι γλωσσικές εκτιμήσεις για τις αποδόσεις των εννέα εναλλακτικών από κάθε αποφασίζοντα | 96 |
| Πίνακας 18: Συνολικός ασαφής πίνακας απόφασης..... | 96 |
| Πίνακας 19: Ασαφής Κανονικοποιημένος πίνακας απόφασης..... | 97 |
| Πίνακας 20: Ασαφής Σταθμισμένος Κανονικοποιημένος πίνακας απόφασης..... | 97 |
| Πίνακας 21: Αποστάσεις από τις αξιολογήσεις της κάθε εναλλακτικής από το A+ σε σχέση με το κάθε κριτήριο | 98 |

| | |
|--|-----|
| Πίνακας 22: Αποστάσεις από τις αξιολογήσεις της κάθε εναλλακτικής από το A - σε σχέση με το κάθε κριτήριο | 98 |
| Πίνακας 23: Υπολογισμός Συντελεστή Εγγύτητας για την κατάταξη των εννέα εναλλακτικών στρατηγικών πολιτικών | 99 |
| Πίνακας 24: Ανάλυση ευαισθησίας για 20 πειράματα μεταβολής των βαρών των κριτηρίων | 102 |

Ευρετήριο Σχημάτων

| | |
|---|-----|
| Σχήμα 1: Αναμενόμενες πορείες και στόχοι ΑΠΕ, ενεργειακής αποδοτικότητας και εκπομπών GHG το 2005-2020, Βάσει υπαρχόντων και πρόσθετων μέτρων (ΕΕΑ, 2015) | 26 |
| Σχήμα 2: Πραγματικά μερίδια στην ΕΕ-18 την περίοδο 2005-2012, σε σχέση με τα προγραμματισμένα μερίδια και τους ενδιάμεσους στόχους (Fraunhofer ISI, Eurostat)..... | 27 |
| Σχήμα 3: Εκπομπές ΕΕ ΣΕΔΕ (εκατ. μετρικούς τόνους CO ₂), ανώτατα όρια εκπομπών, και ΑΕΠ της ΕΕ, για το διάστημα 1990-2015 (Ταμείο Περιβαλλοντικής Άμυνας, 2012) ... | 34 |
| Σχήμα 4: Εξελικτική πορεία σχεδίων ΕΕ για τη μείωση εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (1990-2050) (ΕΕΑ, 2014) | 35 |
| Σχήμα 5: Τα διαφορετικά καθεστώτα στήριξης για εγκαταστάσεις ΑΠΕ κατά μήκος της Ευρώπης, στην αρχή του έτους 2014 (Klessmann, Ecofys, 2015)..... | 40 |
| Σχήμα 6: Βασικοί ορισμοί των στοιχείων κόστους (αναπαράσταση για σύστημα ανταλλαγής ΑΠΕ) | 41 |
| Σχήμα 7: Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην ΕΕ προς μία εγχώρια μείωση 80% (όπου το 10% αντιστοιχεί στα επίπεδα του 1990) | 44 |
| Σχήμα 8: Σενάρια απεξάρτησης από CO ₂ και φάσμα μεριδίων των καυσίμων στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας 2030-2050, σε σχέση με το 2005(%) (EC, 2012) | 46 |
| Σχήμα 9: Προτεινομένη μεθοδολογία για την αντιμετώπιση του προβλήματος..... | 51 |
| Σχήμα 10: Ορισμός της σχέσης ανάμεσα σε έναν ακριβή αριθμό και έναν ασαφή αριθμό, μέσα σε μία γλωσσική απόφαση | 73 |
| Σχήμα 11: Ιεραρχική δομή μεθόδων και τύπων της πολυκριτηριακής αξιολόγησης (Aruldoss et al., 2013) | 79 |
| Σχήμα 12: Επισκόπηση των Βασικών Βημάτων της μεθοδολογίας Fuzzy TOPSIS, στάδιο Υπολογισμού | 93 |
| Σχήμα 13: Ιεραρχική δομή αξιολόγησης εναλλακτικών στρατηγικών πολιτικής σε επίπεδο ΕΕ | 94 |
| Σχήμα 14: 7-Βάθμια κλίμακα μετασχηματισμού για γλωσσικές μεταβλητές για τα βάρη κάθε κριτηρίου..... | 95 |
| Σχήμα 15: 7-Βάθμια κλίμακα μετασχηματισμού για γλωσσικές μεταβλητές για την απόδοση των εναλλακτικών | 95 |
| Σχήμα 16: Αποτελέσματα Ανάλυσης Ευαισθησίας..... | 103 |
| Σχήμα 17: Αναπαράσταση των πιθανών θέσεων κατάταξης των εννέα εναλλακτικών, μέσω της απεικόνισης της μέγιστης, ελάχιστης και μέσης κατάταξης τους | 104 |



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Εισαγωγή

1 Εισαγωγή

Η ενεργειακή πολιτική αποτελεί αναμφίβολα ένα από τα πιο σημαντικά πολιτικά ζητήματα της σημερινής εποχής. Είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την κλιματική αλλαγή, καθιστώντας την όχι μόνο ένα από τα πιο περίπλοκα ζητήματα, αλλά και ένα από τα θέματα με την υψηλότερη προτεραιότητα εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) (Stiftung, 2011). Η αναγκαιότητα διαμόρφωσης μιας πιο ολοκληρωμένης ενεργειακής πολιτικής για την υποστήριξη της ανανεώσιμης ενέργειας στην ΕΕ έγινε γρήγορα αισθητή, ωθώντας σε ένα νέο τρόπο σκέψης για τη λήψη ολοκληρωμένων και φιλόδοξων αποφάσεων για τα Κράτη Μέλη της ΕΕ (Pedersen, 2008).

Η κοινή αλλαγή πλεύσης οδήγησε σε σημαντικές εξελίξεις από το 2000 και έπειτα, συνήθως υπό την επίδραση μιας ποικιλίας εμποδίων και προκλήσεων (Beck et al., 2004). Το αντίκτυπο των εμποδίων, με τη μορφή στρεβλώσεων της αγοράς, αντανακλούσε στη δυσχερή θέση των ΑΠΕ απέναντι σε άλλες μορφές παροχής ενέργειας σε οικονομικό, κανονιστικό ή θεσμικό επίπεδο (Hancher et al., 2015). Εφαλτήριο για τη διαμόρφωση των ενεργειακών πολιτικών στην ΕΕ αποτέλεσε η επίδραση της κλιμακούμενης αύξησης των τιμών ενέργειας στην ανταγωνιστικότητα και την ασφάλεια του ανεφοδιασμού, σε συνάρτηση με τα φλέγοντα ζητήματα του ενεργειακού μείγματος των Κρατών Μελών και του τρόπου χρηματοδότησης των μελλοντικών επενδύσεων στον τομέα της ενέργειας (Langsdorf, 2011).

Το σημερινό σύστημα διακυβέρνησης αποτελείται σε μεγάλο βαθμό από νομοθετικές πράξεις, όπως τις Οδηγίες, τους Κανονισμούς και τις Αποφάσεις. Η ευρωπαϊκή πολιτική θεωρεί πως η ΕΕ βασίζεται σε στοιχεία όπως το υψηλό μερίδιο των ΑΠΕ, την υψηλή ενεργειακή απόδοση, την εξοικονόμηση ενέργειας, τη δέσμευση και την αποθήκευση άνθρακα και την πυρηνική ενέργεια, για τη μακροπρόθεσμη μετατροπή της ευρωπαϊκής αγοράς ενέργειας (Meyer-Ohlendorf, 2015). Μέσα από ένα σαφές σύνολο στόχων, το ευρωπαϊκό σύστημα διακυβέρνησης υπήρξε διαφανές και εύχρηστο επικοινωνιακά (Dinar et al., 2009). Με τη διαφοροποίηση των εθνικών στόχων και των διαφόρων τύπων των ευέλικτων μηχανισμών, το σύστημα προσέφερε ευελιξία, λαμβάνοντας υπόψη τις διαφορετικές εθνικές συνθήκες. Από αυτή την άποψη, οι συζητήσεις για το κλίμα της ΕΕ και της ενεργειακής διακυβέρνησης έμελε να προετοιμάσουν το δρόμο για ένα ισχυρό, αξιόπιστο και διαφανές σύστημα.

Με την υιοθέτηση της Οδηγίας για τις ΑΠΕ (2009/28/EC), τέθηκαν σε ισχύ για πρώτη φορά δεσμευτικοί στόχοι ανανεώσιμης ενέργειας για όλα τα Κράτη Μέλη της ΕΕ με ορίζοντα το 2020. Στη συνέχεια, το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο ενέκρινε τον Οκτώβριο του 2014 ένα πλαίσιο πολιτικής για την ενέργεια και το κλίμα της ΕΕ για το 2030 στην προσπάθεια ανάπτυξης ενός “αξιόπιστου και διαφανούς συστήματος διακυβέρνησης” (EC, 2014), προβλέποντας σε ένα στόχο ΑΠΕ για 27% σε επίπεδο ΕΕ, παράλληλα με ένα στόχο μείωσης εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 40% έως το 2030 και τουλάχιστον 27% ενδεικτικά για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης το 2030, όχι όμως και σε δεσμευτικούς στόχους ΑΠΕ σε εθνικό επίπεδο (Prahl, 2014). Ακολούθως, δρομολογήθηκε η δημιουργία της Ενεργειακής Ένωσης (COM/2015/080, Τελικό), βάζοντας την ΕΕ σε πορεία προς μια οικονομία χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα μέχρι το 2050, για τη διασφάλιση της ευρυθμίας και ενός βιώσιμου ενεργειακά μέλλοντος.

Οι στόχοι της Επιτροπής στον τομέα της ενέργειας και του περιβάλλοντος είναι αρκετά φιλόδοξοι, η εκπλήρωσή τους όμως είναι απαραίτητη τόσο για τη διασφάλιση της συμβολής της ΕΕ στην άμβλυνση της κλιματικής αλλαγής, όσο και για την αποστολή ενός παγκόσμιου μηνύματος πως η ουσιαστική δράση μπορεί και πρέπει να ληφθεί άμεσα. Έχοντας υπόψη αυτό τον αντικειμενικό στόχο, η εργασία επιχειρεί να αποδομήσει τα εναλλακτικά σενάρια πολιτικής και τα κριτήρια αξιολόγησης, όπως προτάθηκαν από τα θεσμικά όργανα της ΕΕ, στοχεύοντας στον βέλτιστο διαμοιρασμό της προσπάθειας των Κρατών Μελών προς την επίτευξη του κοινού δεσμευτικού στόχου ΑΠΕ για 27% επί της ακαθάριστης τελικής καταναλισκόμενης ενέργειας. Για την αξιοποίηση των ετερόκλητων προτιμήσεων των αποφασίζόντων, αλλά και για τη διαχείριση της αβεβαιότητας που προκύπτει κατά την επίλυση του προβλήματος απόφασης, κατασκευάζεται ένα μεθοδολογικό πλαίσιο αξιολόγησης των προτεινόμενων σεναρίων πολιτικής, κάνοντας χρήση της πολυκριτηριακής μεθόδου Fuzzy TOPSIS που βασίζεται στις αρχές της ασαφούς λογικής. Τα αποτελέσματα που εξάγονται παρέχουν μια ευκρινή εικόνα για τις προτιμητέες εναλλακτικές και τις αλληλεπιδράσεις τους με τα κριτήρια αξιολόγησης, ενώ τα συμπεράσματα εστιάζουν στους συσχετισμούς της ενεργειακής και κλιματικής πολιτικής με το υπάρχον ενεργειακό τοπίο, διερευνώντας τρόπους ενθάρρυνσης της μελλοντικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ.

Η εργασία οργανώνεται ως εξής. Αρχικά, στο 2^ο Κεφάλαιο πραγματοποιείται καταγραφή της ιστορική αναδρομή των πολιτικών ενέργειας και κλίματος, των προκλήσεων και των μηχανισμών υποστήριξης τους σε επίπεδο ΕΕ, με αναφορά στους εκάστοτε στόχους που αντιπροσωπεύουν τις αντίστοιχες χρονικές περιόδους. Στο 3^ο Κεφάλαιο γίνεται παρουσίαση του προβλήματος απόφασης για την επίτευξη του ευρωπαϊκού στόχου ΑΠΕ, με αναφορά στο υπόβαθρο καθορισμού στόχων και πολιτικών, και με περιγραφή των εναλλακτικών πολιτικών και κριτηρίων που τον πλαισιώνουν. Ακολούθως, στο 4^ο Κεφάλαιο παρουσιάζεται η προτεινόμενη πολυκριτηριακή μέθοδος αξιολόγησης για το προκείμενο πρόβλημα απόφασης, παράλληλα με την περιγραφή της θεωρίας ασαφών συνόλων και των αρχών που τη διέπουν. Στο 5^ο Κεφάλαιο γίνεται περιγραφή της μεθόδου Fuzzy TOPSIS, καθώς και εφαρμογή της ανάλυσης ευαισθησίας να συμπληρώνει τα εξαγόμενα αποτελέσματα. Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας περιλαμβάνονται στο 6^ο Κεφάλαιο, βάσει των οποίων μελετώνται οι μελλοντικές προοπτικές και οι προτάσεις για περαιτέρω έρευνα και μελέτη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Ενεργειακές Πολιτικές και Στόχοι της Ευρώπης

2 Ενεργειακές Πολιτικές και Στόχοι της Ευρώπης

Στο παρόν κεφάλαιο καταγράφεται η ιστορική αναδρομή των πολιτικών κλίματος και ενέργειας που ορίστηκαν από την Ευρωπαϊκή Ένωση για τα Κράτη Μέλη, όπως εκφράζεται μέσα από τη δημιουργία, τις προσαρμογές και τις αναθεωρήσεις πολιτικών ΑΠΕ και μείωσης εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου. Αναλύονται επίσης οι μηχανισμοί που θεσπίστηκαν για την υποστήριξη των άνωθεν πολιτικών, καθώς και τα μελλοντικά βήματα στο πλαίσιο μιας εύρωστης ενεργειακά Ευρωπαϊκής Ένωσης.

2.1 Ευρωπαϊκές Στρατηγικές για την Ενέργεια και το Κλίμα

2.1.1 Τα πρώτα βήματα θέσπισης ενεργειακών και κλιματικών πολιτικών

Ήδη από το 1986, μέσω ενός ψηφίσματος του Συμβουλίου (EC, 1986) υπογραμμίστηκε η προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ως ένας από τους ενεργειακούς στόχους της Ευρωπαϊκής Κοινότητας (ΕΚ). Οι προσπάθειες επικεντρώθηκαν σε προγράμματα Έρευνας και Ανάπτυξης (Ε&Α), ενώ το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο υποστήριζε συνεχώς τη θέση υπέρ ενός σχεδίου δράσης για την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ). Η ενεργειακή πολιτική της ΕΕ ξεκίνησε τα πρώτα βήματα της προκειμένου να αντιμετωπιστούν ζητήματα ασφάλειας εφοδιασμού της Κοινότητας (ΕΡ, 2012). Θέματα που σχετίζονται με την ενέργεια, όπως η προστασία του περιβάλλοντος και η ενεργειακή απόδοση, σταδιακά απέκτησαν μεγαλύτερη σημασία, και ως εκ τούτου η ανάγκη για μια κοινή ευρωπαϊκή θέση και συγκεκριμένη δράση δυνάμωσαν, οδηγώντας τελικά στη μετατόπιση της ενεργειακής πολιτικής από μια εντελώς εθνική υπόθεση σε μια υπερεθνική πολιτική πρωτοβουλία.

Λίγο μετά την κυκλοφορία της πρώτης συνοπτικής έκθεσης της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Αλλαγή του Κλίματος το 1990 (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC), η κλιματική αλλαγή συζητήθηκε για πρώτη φορά από το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο για την προετοιμασία των επικείμενων διαπραγματεύσεων για τη Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (United Nations Framework Convention on Climate Change - UNFCCC). Οι ηγέτες της ΕΕ συμφώνησαν για τη σταθεροποίηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (Greenhouse Gases - GHG) της Ευρωπαϊκής Κοινότητας στα επίπεδα του 1990 μέχρι το 2000 (EC, 1990). Δεδομένου ότι δεν διευκρινίστηκε με ποια μέτρα πρέπει να επιτευχθούν οι μειώσεις, δόθηκε το έναυσμα για συζήτηση σχετικά με τις κοινές και συντονισμένες πολιτικές και μέτρα (Policies And Measures - PAMs). Σε αυτό το πρώιμο στάδιο της ανάπτυξης πολιτικής για το κλίμα εντοπίστηκαν και αντιμετωπίστηκαν τρεις κύριοι τομείς κλιματικής πολιτικής, που εξακολουθούν να υπάρχουν μέχρι και σήμερα: η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, η προώθηση των ΑΠΕ και η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης.

Το 1991 ξεκίνησε το “Πρόγραμμα για την ενεργειακή αποδοτικότητα” (Specific Actions for Vigorous Energy Efficiency - SAVE) (91/565/EEC) για να διευκολύνει και να προωθήσει την εφαρμογή των πολιτικών και των προγραμμάτων ενεργειακής απόδοσης. Από το 1993 η οδηγία SAVE τέθηκε σε ισχύ (93/76/EEC), απαιτώντας από τα Κράτη Μέλη να περιορίσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου μέσω της λήψης πρόσθετων μέτρων, όπως ενεργειακοί έλεγχοι για ενεργοβόρες επιχειρήσεις, πιστοποίηση κτιρίων ή θερμομόνωση

των νέων κτιρίων. Η απουσία ποσοτικών στόχων οδήγησε στη θέσπιση του προγράμματος ALTENER (93/500/EEC), με την ΕΕ να θέτει το 1993 ένα ενδεικτικό στόχο σε κοινοτικό επίπεδο για την προώθηση των ΑΠΕ, τον οποίο τα Κράτη Μέλη ενθαρρύνθηκαν να συμπεριλάβουν στις εθνικές τους πολιτικές. Αναμενόταν η συμμετοχή των ΑΠΕ σε ποσοστό 8% επί της παροχής ενέργειας το 2005, παράλληλα με ένα στόχο βιοκαυσίμων 5% επί του μεριδίου αγοράς καυσίμων οδήγησης.

Πίνακας 1: Επισκόπηση ευρωπαϊκών πολιτικών κλίματος για ΑΠΕ, ενεργειακή απόδοση και μειώσεις εκπομπών GHG, από το 1990 κι έπειτα (Οικολογικό Ινστιτούτο, 2015)

| | Προ-Κιότο (1990-1997) με στόχο το 2020 | Πρόγραμμα Κλιματικής Αλλαγής ΕΕ και πρόσθετη νομοθεσία (1998-2006) με στόχο το 2012 (ή 2008-12) | Πακέτο Κλίματος και Ενέργειας και πρόσθετη νομοθεσία (2007-2010) με στόχο το 2020 |
|---------------------------------------|--|---|--|
| Χρημ. Πλαίσιο Ενεργ. Αποδοτ. | SAVE | Οδηγία ενεργειακών υπηρεσιών (93/76/EEC) | Οδηγία Ενεργειακής Αποδοτικότητας (2012/27/EU) |
| | | Οδηγία συνδυασμένου κύκλου (92/42/EEC) | |
| | | Οδηγία οικολ. σχεδιασμού προϊόντων ενεργειακής χρήσης (92/42/EEC) | Περαιτέρω υλοποίηση |
| | | Οδηγία πλαισίου ενεργειακής επισήμανσης (92/75/EEC) | Επισκόπηση Οδηγίας πλαισίου ενεργειακής επισήμανσης |
| ΑΠΕ | ALTENER | Οδηγία επίδοσης κτιρίων (93/76/EEC) | Επισκόπηση Οδηγίας ενεργειακής επίδοσης κτιρίων |
| | | Οδηγία ηλεκτρισμού από ανανεώσιμα (2001/77/EC) | Οδηγία Ενέργειας από Ανανεώσιμα (2009/28/EC) |
| Αέρια Θερμο- κηπίου | Χωρίς Ευρωπαϊκή πολιτική (συζήτηση επί της φορολόγησης CO ₂ , που δεν υιοθετήθηκε) | Οδηγία ηλεκτρισμού από ανανεώσιμα (2001/77/EC) | Οδηγία Ενέργειας από Ανανεώσιμα (2009/28/EC) |
| | | Οδηγία Βιοκαυσίμων (2003/30/EC) | Οδηγία ποιότητας καυσίμων (2009/30/EC) |
| | Κυρίως εθνικές πολιτικές | Οδηγία Συστήματος Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών (ΕΕ ΣΕΔΕ) (2003/87/EC) | Επισκόπηση ΕΕ ΣΕΔΕ (2008, 2009) (Ένας συνολικός στόχος ΕΕ ΣΕΔΕ / συμπ. φορολ.) Απόφαση Διαμοιρασμού Προσπαθειών (Εθνικοί μη-ΣΕΔΕ στόχοι)(406/2009/EC) |
| | | Κανονισμός φθοριούχων αερίων (842/2006) | Επισκόπηση Κανονισμού φθοριούχων αερίων |
| | Οδηγία κινητών συστημάτων κλιματισμού (2006/40/EC) | Περαιτέρω υλοποίηση | |
| | Εθελοντική συμφωνία με κατασκευαστές αυτοκινήτων (1998/1999) (Clerides, 2006) | Υποχρεωτικά πρότυπα για αυτοκίνητα και φορτηγά | |

Τον Δεκέμβριο του 1995, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εξέδωσε τη Λευκή Βίβλο (White Paper), “μια Ενεργειακή Πολιτική για την Ευρωπαϊκή Ένωση”. Κατά την έκδοση του εγγράφου, η Επιτροπή δημιούργησε μια επίσημη βάση για την οικοδόμηση μιας κοινής ενεργειακής πολιτικής σε κοινοτικό επίπεδο, φιλοδοξώντας να προωθήσει την οικονομική ολοκλήρωση εντός της ΕΕ και να συμβάλει στην υλοποίηση μιας ενιαίας ευρωπαϊκής αγοράς. Μια ενεργειακή πολιτική της ΕΕ θα είχε ως στόχο την ενίσχυση της ευρωπαϊκής οικονομικής

ανταγωνιστικότητας και την ασφάλεια του εφοδιασμού, συμβάλλοντας στην επίτευξη των ευρύτερων στόχων της πολιτικής της ΕΕ σχετικά με τη δημιουργία θέσεων εργασίας και την προστασία του περιβάλλοντος. Οι ΑΠΕ αναγνωρίστηκαν ως πολύτιμος αρωγός στην προσπάθεια επίτευξης αυτών των στόχων, ενώ μια στρατηγική για τις ΑΠΕ προτάθηκε και εντάχθηκε στο ενδεικτικό πρόγραμμα εργασίας της Λευκή Βίβλο (COM/97/599). Η ΕΕ έθεσε έτσι στόχους παραγωγής 12% επί της κατανάλωσης ενέργειας και 22,1% επί της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ έως το 2010.

Πέραν της Λευκής Βίβλου για τις ΑΠΕ, βασικοί δρομοδείκτες πίσω από τις κοινοτικές πρωτοβουλίες για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας υπήρξαν η ενεργειακή στρατηγική που καθορίστηκε από την Πράσινη Βίβλο (Green Paper) “Στην Κατεύθυνση μιας Ευρωπαϊκής Στρατηγικής για την Ασφάλεια του Ενεργειακού Εφοδιασμού” (2000) και η στρατηγική αλλαγής του κλίματος που καθορίστηκε από το “Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα Κλιματικής Αλλαγής” (2000). Καθορίστηκαν στη συνέχεια ενδεικτικοί στόχοι για κάθε Κράτος Μέλος, βάσει της Οδηγίας για την προώθηση της ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας (2001/77/EC). Μετά τη διεύρυνση της ΕΕ το 2004, τέθηκε ως νέος στόχος στην Ευρώπη των 25 (EE-25) η παραγωγή 21% ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έως το 2010. Η έλλειψη προόδου προς την επίτευξη των στόχων του 2010 οδήγησε στην υιοθέτηση ενός πιο ολοκληρωμένου νομοθετικού πλαισίου (Kerebel, 2015). Σημειώνεται επίσης η έκδοση της Οδηγίας “για την προώθηση της χρήσης βιοκαυσίμων ή άλλων ανανεώσιμων καυσίμων για τις μεταφορές” (2003/30/EC), που υπεδείκνυε στα Κράτη Μέλη τη θέσπιση εθνικών ενδεικτικών στόχων για την αύξηση του μεριδίου των βιοκαυσίμων στις αγορές καυσίμων για τις μεταφορές έως 5,75% το 2010.

Η Επιτροπή άνοιξε τη συζήτηση σχετικά με μια μελλοντική κοινή ευρωπαϊκή ενεργειακή πολιτική, δημοσιεύοντας την Πράσινη Βίβλο το Μάρτιο του 2006, προτείνοντας λύσεις για την επίτευξη “βιώσιμου, ανταγωνιστικού και ασφαλούς” ενεργειακού εφοδιασμού στην ΕΕ (EurActiv, 2006). Οι βασικοί τομείς προτεραιότητας περιελάμβαναν ένα Σχέδιο Δράσης Ενεργειακής Απόδοσης για την αντιμετώπιση της υπερθέρμανσης του πλανήτη, σε συνδυασμό με δράσεις για τη διαφοροποίηση του ενεργειακού μείγματος της ΕΕ μέσω της εφαρμογής μιας Στρατηγικής Ενεργειακής Επισκόπησης της ΕΕ και της ανάλυσης των επιπτώσεων των εθνικών ενεργειακών πολιτικών στις ευρωπαϊκές χώρες. Επιπλέον, δημιουργήθηκε ένα Στρατηγικό Σχέδιο Τεχνολογιών Ενέργειας για την “αποφυγή επικαλύψεων με τα εθνικά προγράμματα τεχνολογίας και έρευνας”, προτείνοντας επίσης τη δημιουργία ενός Ευρωπαϊκού Παρατηρητηρίου Ενέργειας για την παρακολούθηση των εξελίξεων της αγοράς και την ενίσχυση της διαφάνειας της προσφοράς και της ζήτησης. Η ανησυχία γύρω από την αγορά ενέργειας σκιαγραφείται μέσω της πρότασης για μια κοινή εξωτερική ενεργειακή πολιτική για συντονισμό των σχέσεων με τους εξωτερικούς προμηθευτές, παράλληλα με την ολοκλήρωση της εσωτερικής αγοράς ενέργειας αερίου και ηλεκτρικής ενέργειας (Dallemand et al., 2015).

Το Κοινοβούλιο ενέκρινε σύσταση (έκθεση Eluned Morgan) σχετικά με την Πράσινη Βίβλο για την Ενέργεια στις 14 Δεκεμβρίου 2006, προτείνοντας τη σύσταση δεσμευτικών στόχων για τη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου (30% το 2020) και την ενεργειακή απόδοση (20% το 2020). Τα μέλη του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου εξέφρασαν επίσης την υποστήριξη για μεγαλύτερη χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (25% το 2020), αφήνοντας όμως στα Κράτη Μέλη την απόφαση για χρήση πυρηνικής ενέργειας στο ενεργειακό μίγμα. Σημειώνεται πως η Πράσινη Βίβλος δεν προτείνει αλλαγές στην πολιτική σχετικά με την αναγνώριση των επαγγελματικών δυνατοτήτων (MEMO/11/438, EC). Αντιθέτως,

επιβεβαιώνει τη φιλοσοφία της αμοιβαίας αναγνώρισης και εμπιστοσύνης, παράλληλα με τη διερεύνηση καινοτόμων τρόπων για να αντικατοπτρίζονται καλύτερα στην πράξη. Εξετάζει νέους τρόπους για τη μεγιστοποίηση της δυναμικής των νομικών και διοικητικών εργαλείων που έχουν ήδη αποδειχθεί αποτελεσματικά και προτείνει εναλλακτικές λύσεις στα προβλήματα που προέκυψαν με την πάροδο των ετών (COM/2010/183).

Με την πρώτη έκθεση αξιολόγησης της IPCC που δημοσιεύτηκε το 1990, τις ακόλουθες εκθέσεις της IPCC και την έγκριση του πρωτοκόλλου του Κιότο το 1997, η αλλαγή του κλίματος και κατά συνέπεια τα ενεργειακά ζητήματα έκανα δυναμική είσοδο στον παγκόσμιο διάλογο, οδηγώντας σε μια πιο ευνοϊκή ατμόσφαιρα για φιλόδοξους στόχους. Όλο και περισσότεροι φορείς χάραξης πολιτικής οδηγήθηκαν στο συμπέρασμα πως οι ενεργειακές και κλιματικές προκλήσεις ήταν τέτοιας κλίμακας, ώστε οι λύσεις θα έπρεπε να διερευνηθούν σε συλλογική βάση, καθορίζοντας έτσι έναν ουσιαστικό κοινό στόχο για την Ευρωπαϊκή Ένωση, που φιλοδοξούσε να πρωτοστατήσει στον αγώνα κατά της κλιματικής αλλαγής.

2.1.2 Στόχοι για το κλίμα και την ενέργεια έως το 2020

Στην Ανακοίνωση της 10^{ης} Ιανουαρίου 2007 με τίτλο “Χάρτης πορείας για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας - Οι ΑΠΕ τον 21^ο αιώνα: συμβολή στην ενίσχυση της αειφορίας” (COM/2006/0848), η οποία καθορίζει μια μακροπρόθεσμη στρατηγική για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην ΕΕ μέχρι το 2020, η Επιτροπή πρότεινε ένα δεσμευτικό στόχο για παραγωγή 20% επί της κατανάλωσης ενέργειας στην ΕΕ από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μέχρι το 2020, ένα δεσμευτικό στόχο για τα βιοκαύσιμα 10% επί της κατανάλωσης καυσίμων για τις μεταφορές έως το 2020, και τη δημιουργία ενός νέου νομοθετικού πλαισίου. Στο εαρινό Ευρωπαϊκό Συμβούλιο του 2007, οι πολιτικοί ηγέτες της ΕΕ ενέκριναν τους στόχους του 2020.

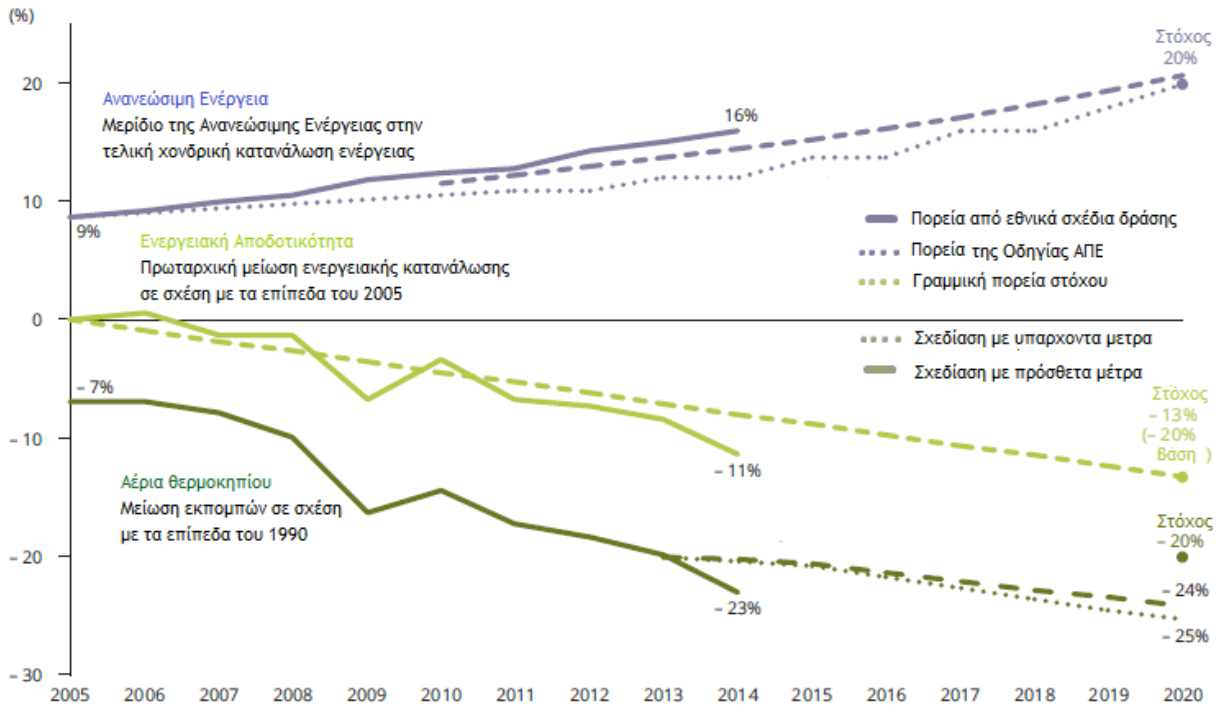
Ακολούθως, για την παροχή βοήθειας προς την τόνωση των διαπραγματεύσεων του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών (ΟΗΕ) σχετικά με τους στόχους για την περίοδο μετά το 2012, οι αρχηγοί ευρωπαϊκών Κρατών Μελών συμφώνησαν σε μια δέσμη τριών στόχων που αναφέρονται ως “20-20-20 έως το 2020” (EC, 2007). Περιελάμβανε ένα μερίδιο 20% των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην τελική κατανάλωση ενέργειας, τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 20% σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990, και 20% εξοικονόμηση επί της προβλεπόμενης τελικής κατανάλωσης ενέργειας στην ΕΕ το 2020. Επίσης, η ΕΕ συμπεριελάμβανε και τη δυνατότητα μείωσης εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 30% σε περίπτωση ύπαρξης μιας ολοκληρωμένης και συνολικής συμφωνίας, συγκρίσιμη με παρόμοιες προσπάθειες που έχουν αναληφθεί από άλλες μεγάλες ανεπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες.

Για την υλοποίηση των στόχων της, η ΕΕ εισήγαγε μια σειρά πολιτικών το 2009, γνωστή ως “Πακέτο Κλίματος και Ενέργειας 2020”, το οποίο περιελάμβανε μια Οδηγία για την Εμπορία Δικαιωμάτων Εκπομπών (2009/29/EC; Ενότητα 2.2.1), μια Απόφαση Επιμερισμού των Προσπαθειών (Effort Sharing Decision - ESD) (406/2009/EC), την Οδηγία Ανανεώσιμης Ενέργειας (2009/28/EC) και μια Οδηγία σχετικά με τη δέσμευση και αποθήκευση διοξειδίου του άνθρακα (Carbon Capture and Storage - CCS) (2009/31/EC). Εκτός από τις θεμελιακούς αυτούς μηχανισμούς, η ΕΕ έθεσε μια σειρά από εργαλεία πολιτικής για την αντιμετώπιση των εκπομπών από συγκεκριμένους τομείς και δραστηριότητες, όπως τα καθεστώτα στήριξης, τις εγγυήσεις προέλευσης, τα κοινά έργα, και τη συνεργασία μεταξύ Κρατών

Μελών και τρίτων χωρών. Οι αρχικές προβλέψεις που υποβάλλονται από τα Κράτη Μέλη της ΕΕ ως προς το πώς θα επιτύχουν τους στόχους τους θα ήταν αισιόδοξες, με μια σειρά από χώρες να αναμενόταν να υπερβούν τους στόχους τους. Η νέα Οδηγία για τις ΑΠΕ (2009/28/EC), καταργούσε έτσι τις Οδηγίες 2001/77/EC και 2003/30/EC, θέτοντας ως γενικό στόχο της ΕΕ το μερίδιο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε 20% έως το 2020, καταναμεμημένο σε εθνικούς δεσμευτικούς υπο-στόχους και λαμβάνοντας υπόψη τα διαφορετικά σημεία εκκίνησης των Κρατών Μελών.

Επιπλέον, η Οδηγία για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας απαιτούσε από τα Κράτη Μέλη να θεσπίζουν και δημοσιεύουν εθνικά σχέδια δράσης για την ανανεώσιμη ενέργεια (ΕΣΔΑΕ, National Renewable Energy Action Plans - NREAP), περιγράφοντας τις αναμενόμενες πορείες για το εθνικό μερίδιο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας κατά την περίοδο 2010 έως 2020. Τα ΕΣΔΑΕ θεωρήθηκαν κρίσιμα για την επίτευξη των υποχρεωτικών στόχων του 2020, περιγράφοντας στόχους για το μερίδιο ενέργειας από ΑΠΕ στις μεταφορές, την ηλεκτρική ενέργεια, τη θέρμανση και την ψύξης έως το 2020, καθώς και τα ενδεδειγμένα μέτρα και καθεστώτα στήριξης για την επίτευξη των στόχων αυτών (Ενότητα 2.3).

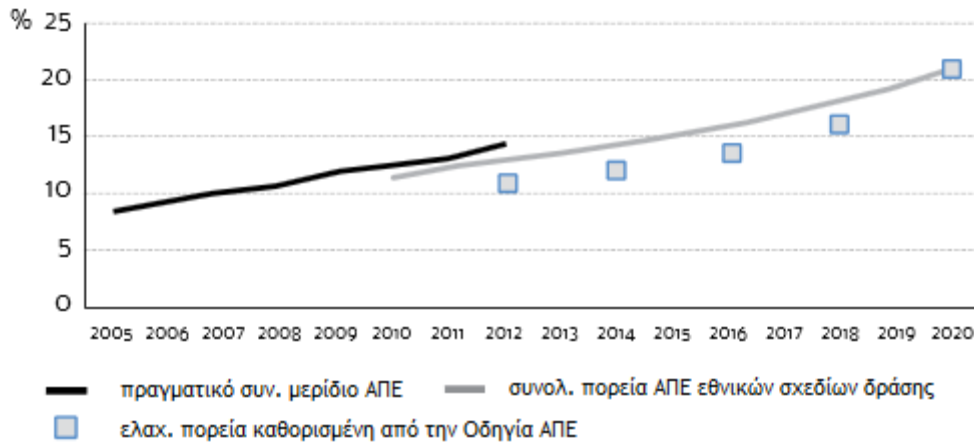
Ωστόσο, η ενεργειακή απόδοση δεν συμπεριλήφθηκε άμεσα στο πακέτο του 2009 μέσω συγκεκριμένων μέτρων, αλλά αντιμετωπίζεται βάσει ενός μεγάλου αριθμού ειδικών τομεακών προσεγγίσεων, συμπεριλαμβανομένων των φορολογικών μέτρων, πρότυπα και εργαλεία πληροφόρησης. Από το 2012, η Οδηγία Ενεργειακής Αποδοτικότητας (2012/27/EU) εφαρμόζεται ως ένα κοινό πλαίσιο μέτρων για την προώθηση της ενεργειακής αποδοτικότητας. Όπως αναφέρεται στην Ανακοίνωση της Επιτροπής (COM/2013/0762, Τελικό), η πλήρης και ορθή υλοποίηση της Οδηγίας διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην επίτευξη του ευρωπαϊκού στόχου για επίτευξη 20% ενεργειακής απόδοσης το 2020, στην οποία με τη σειρά του θα στηριχθεί το Πλαίσιο πολιτικής για το Κλίμα και την Ενέργεια με ορίζοντα το 2030, όπως εξηγείται στην Πράσινη Βίβλο (COM/2013/169, Τελικό). Η νομική μεταφορά της Οδηγίας Ενεργειακής Αποδοτικότητας δεν έχει ολοκληρωθεί σε πολλά Κράτη Μέλη, η οποία εμποδίζει κάποια από την επίτευξη των ενδεικτικών εθνικών στόχων τους για το 2020, ενώ σταματά τις αγορές της ενεργειακής απόδοσης από τις σωστά αναπτυσσόμενες και εμποδίζει τους καταναλωτές και τους παράγοντες της αγοράς να εκμεταλλεύονται πλήρως τα οφέλη της ενεργειακής απόδοσης (COM/2015/574, Τελικό).



Σχήμα 1: Αναμενόμενες πορείες και στόχοι ΑΠΕ, ενεργειακής αποδοτικότητας και εκπομπών GHG το 2005-2020, Βάσει υπάρχοντων και πρόσθετων μέτρων (EEA, 2015)

Σημείωση: Ο στόχος της ενεργειακής απόδοσης για το 2020 ορίζεται ως απόλυτος στόχος, που ορίστηκε σε 20% κάτω από το επίπεδο της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας που προβλέπεται για το 2020 στον Ενεργειακό Σενάριο της Ευρωπαϊκής Επιτροπής του 2007. Σε αυτό το σχήμα, ο στόχος αυτός εκφράζεται ως σχετική αλλαγή σε σύγκριση με τα επίπεδα του 2005 της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας στην ΕΕ, προκειμένου να δείξει την απαιτούμενη μείωση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας με την πάροδο του χρόνου. Το έτος 2005 επελέγη επειδή χρησιμοποιείται ως έτος βάσης για τα αέρια του θερμοκηπίου (ΣΕΔΕ της ΕΕ και υπό την Απόφαση Επιμερισμού Προσπαθειών) και για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Ανταποκρίνεται επίσης σε μια αιχμή της κατανάλωσης ενέργειας στην ΕΕ. (EEA, 2015a; 2015b; 2015c; 2015e; 2015f; Eurostat, 2015a; 2015b)

Η Επιτροπή αξιολόγησε την πρόοδο των Κρατών Μελών το 2011 (COM/2011/0031) και το 2013 (COM/2013/0175) ως προς την ικανότητα επίτευξη των στόχων ανανεώσιμης ενέργειας του 2020. Το 2013, 25 Κράτη Μέλη (όλα εκτός από το Λουξεμβούργο, την Ολλανδία και το Ηνωμένο Βασίλειο) πέτυχαν ή και υπερέβησαν τους ενδεικτικούς τους στόχους που τέθηκαν στο πλαίσιο της Οδηγίας για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ενώ 21 Κράτη Μέλη (όλα εκτός από τη Δανία, τη Γαλλία, την Ιρλανδία, το Λουξεμβούργο, την Ολλανδία, την Πορτογαλία και την Ισπανία) ξεπέρασαν τις ενδεικτικές πορείες που καθορίστηκαν στα ΕΣΔΑΕ τους. Επιπλέον, η Βουλγαρία, η Εσθονία και η Σουηδία κατάφεραν να φτάσουν τους δεσμευτικούς τους στόχους για το μερίδιο των ΑΠΕ το 2020, που ορίστηκε βάσει της Οδηγίας 2009/28/EC (COM/2015/293, Τελικό). Βάσει των προβλέψεων των Κρατών Μελών για τα ΕΣΔΑΕ τους, τα περισσότερα Κράτη Μέλη αύξησαν τις προσπάθειές τους και ενίσχυσαν τα υφιστάμενα μέτρα ενεργειακής απόδοσης ή εισήγαγαν νέα, ενώ δέκα χώρες αναμένεται να παρουσιάσουν πλεόνασμα το 2020 σε σύγκριση με το δεσμευτικό στόχο τους (SWD/2015/245, Τελικό). Το πλεόνασμα αυτό θα μπορούσε να είναι διαθέσιμο για μεταβίβαση σε άλλο Κράτος Μέλος που υπολείπεται του στόχου του, μέσω της χρήσης των μηχανισμών συνεργασίας της Οδηγίας.



Σχήμα 2: Πραγματικά μερίδια στην ΕΕ-18 την περίοδο 2005-2012, σε σχέση με τα προγραμματισμένα μερίδια και τους ενδιάμεσους στόχους (Fraunhofer ISI, Eurostat)

Τα διαθέσιμα στοιχεία της Eurostat δείχνουν πως οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αντιπροσώπευαν το 14.07% της κατανάλωσης ενέργειας στην ΕΕ-28 το 2012, σε σύγκριση με ένα προγραμματισμένο μερίδιο 12,87% βάσει των ΕΣΔΑΕ. Η κατανάλωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας συνέχισε να αυξάνεται το 2013, ενώ το μερίδιο των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας στην ΕΕ-28 ανήλθε σε 15% το 2013 και αντιπροσωπεύοντας το 75% επί του 20% του στόχου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για το 2020 (ΕΕΑ, 2015). Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας συνέβαλαν στο 16,5% της ακαθάριστης τελικής κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση και ψύξη, 25,4% στην τελική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και 5,4% στην κατανάλωση καυσίμων για τις μεταφορές το 2013. Οι ευρωπαϊκές πολιτικές για το κλίμα συνέβαλαν στη μείωση των επιπέδων των εκπομπών, απαιτώντας διατήρηση της πτωτικής τάσης για να δημιουργηθεί ένας μετασχηματισμός προς μια οικονομία χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (ΕΕΑ, 2015). Εφόσον πληρούνται όλες οι εθνικές δεσμεύσεις που υιοθετήθηκαν από τις χώρες στα ΕΣΔΑΕ του 2010, τότε η ΕΕ αναμένεται να υπερκαλύψει ελαφρώς το στόχο της Οδηγίας για την Ανανεώσιμη Ενέργεια (ΕΕΑ, 2015).

Σε συλλογικό επίπεδο, τα Κράτη Μέλη δεν έχουν καταφέρει να θέσουν αρκετά φιλόδοξους εθνικούς στόχους ενεργειακής απόδοσης για να συνεισφέρουν στο στόχο του 20% της ΕΕ (COM/2015/574, Τελικό). Το άθροισμα των εθνικών ενδεικτικών στόχων αντιστοιχεί σε 17,6% εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας σε σύγκριση με τις προβλέψεις για το 2020. Αν και αποτελεί αποδεκτή βελτίωση σε σύγκριση με την πρώτη δέσμη κοινοποιημένων στόχων, εξακολουθεί να υπολείπεται του άνωθεν πανευρωπαϊκού στόχου. Σύμφωνα με τις εθνικές δεσμεύσεις, το μερίδιο κατανάλωσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε επίπεδο ΕΕ θα πρέπει να αυξηθεί ταχύτερα από το 2013 έως το 2018, σε σύγκριση με την ενδεικτική πορεία της Οδηγίας 2009/28/ΕΚ για την περίοδο αυτή.

Για τη γεφύρωση του χάσματος που απομένει προς το στόχο του 2020, εκφρασμένο στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας, τα Κράτη Μέλη θα πρέπει να εντείνουν τις προσπάθειές τους για την επίτευξη των εθνικών στόχων ενεργειακής απόδοσης για το 2020 τους ή να τους υπερβούν (COM/2015/574). Το γεγονός αυτό καταδεικνύει την ανάγκη πλήρους εφαρμογής του ευρωπαϊκού νομοθετικού πλαισίου για την ενεργειακή απόδοση (Mellár, 2015). Ακολούθως, προσφέρεται η δυνατότητα στις αγορές παροχής υπηρεσιών ενεργειακής απόδοσης να αναπτυχθούν και άρουν τους υφιστάμενους φραγμούς της

αγοράς για επενδύσεις ενεργειακής απόδοσης. Η Επιτροπή εφιστά επίσης την προσοχή σε μια σειρά από παράγοντες που προκαλούν ανησυχία σχετικά με τη μελλοντική πρόοδο, όσον αφορά αποκλίσεις ορισμένων Κρατών Μελών από τα δικά τους ΕΣΔΑΕ, την αποτυχία να αντιμετωπιστούν ορισμένα διοικητικά και σχετικά με το δίκτυο εμπόδια για την υιοθέτηση των ΑΠΕ, τις πρόσφατες στρεβλώσεις στα εθνικά καθεστώτα στήριξης των ΑΠΕ, αλλά και την αργή μεταφορά της Οδηγίας στο εθνικό δίκαιο (COM/2013/175).

2.1.3 Πλαίσιο για την ενέργεια και το κλίμα με έως το 2030

Υπό αυτές τις συνθήκες, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή υπέβαλε πρόταση για τη μεταρρύθμιση του πλαισίου του 2020 για τις πολιτικές κλίματος και ενέργειας. Στην ανακοίνωσή της στις 6 Ιουνίου 2012, με τίτλο “Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας: σημαντικός παράγοντας στην ευρωπαϊκή αγορά ενέργειας” (COM/2012/0271), προσδιορίζονται οι τομείς στους οποίους θα πρέπει να ενταθούν οι προσπάθειες μεταξύ 2012 και 2020 για την παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας στην ΕΕ για να συνεχίσει να αυξάνεται μέχρι το 2030 και έπειτα, και ιδίως για να γίνουν οι τεχνολογίες ΑΠΕ λιγότερο δαπανηρές, πιο ανταγωνιστικές και, εν τέλει, καθοδηγούμενες από την αγορά (με τα καθεστώτα στήριξης να είναι αφοσιωμένα στις λιγότερο ώριμες τεχνολογίες). Έμφαση απαιτούνταν επίσης στην παροχή κινήτρων για επενδύσεις στην ανανεώσιμη ενέργεια, με τη σταδιακή κατάργηση των επιδοτήσεων των ορυκτών καυσίμων, την εύρυθμη λειτουργία της αγοράς άνθρακα και κατάλληλα σχεδιασμένους φόρους ενέργειας. Τον Νοέμβριο του 2013, η Επιτροπή παρέιχε περαιτέρω καθοδήγηση για τα καθεστώτα στήριξης των ΑΠΕ, καθώς και για τη χρήση των μηχανισμών συνεργασίας προς την επίτευξη των στόχων ΑΠΕ με χαμηλότερο κόστος.

Σεβόμενη τις μεταβολές σε οικονομικό και κοινωνικό επίπεδο, που ενδέχεται να περιορίσουν τις επενδύσεις στον τομέα των ΑΠΕ και κατά συνέπεια να δυσχεράνουν την ανάπτυξή τους, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή αναβάθμισε την Πράσινη Βίβλο (COM/2013/0169, Τελικό), εμπεριέχοντας μια ποικιλία στόχων πολιτικής για τα Κράτη Μέλη της για δίκαιο διαμοιρασμό των προσπαθειών τους. Στόχος της παρούσας Πράσινης Βίβλου είναι η διαβούλευση με τους εμπλεκόμενους φορείς για τη συγκέντρωση στοιχείων και απόψεων προς υποστήριξη της ανάπτυξης ενός πλαισίου για το 2030. Η Πράσινη Βίβλος αρχίζει με την επισκόπηση του ισχύοντος πλαισίου και του τί έχει επιτευχθεί, και στη συνέχεια παρουσιάζει τα ζητήματα για τα οποία ζητείται η συμβολή των εμπλεκόμενων παραγόντων. Παράλληλα, η Επιτροπή διεξάγει διαβουλεύσεις για ζητήματα που σχετίζονται με τις διεθνείς διαπραγματεύσεις ενόψει της σύναψης νέας, νομικά δεσμευτικής συμφωνίας για την αλλαγή του κλίματος, καθώς και σχετικά με την πολιτική της που καθιστά δυνατή την επίδειξη της τεχνολογίας δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα.

Σε αυτή την προσπάθεια για δημιουργία μιας συνεκτικής ευρωπαϊκής πολιτικής για την ενέργεια και το κλίμα, όπου θα πρέπει να εξασφαλίζονται προσιτές τιμές ενέργειας, βιομηχανική ανταγωνιστικότητα, ασφάλεια εφοδιασμού και επίτευξη των κλιματικών και περιβαλλοντικών στόχων, η Επιτροπή πρότεινε ένα πλαίσιο πολιτικής για την περίοδο 2020 με 2030 (COM/2014/15). Στη συνέχεια, οι ηγέτες της ΕΕ δεσμεύτηκαν στις 23 Οκτωβρίου σε μια εκ νέου μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 40% έως το 2030, στοχεύοντας επίσης στην επίτευξη 27% για το μερίδιο των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας και τουλάχιστον 27% ενδεικτικά για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης το 2030, σε σχέση με τις προβολές για τη μελλοντική κατανάλωση. Εκτός από αυτό, συμφωνήθηκε ως επείγον ζήτημα η ολοκλήρωση της εσωτερικής αγοράς

ενέργειας μέσω της επίτευξης του στόχου των υφιστάμενων διασυνδέσεων ηλεκτρικής ενέργειας από 10% για το αργότερο το 2020, ιδίως για τις χώρες της Βαλτικής και της Ιβηρικής Χερσονήσου, και επίτευξης ποσοστού 15% μέχρι το 2030. Και οι τρεις στόχοι συγκρίνονται με βάση τα επίπεδα του 1990. Ο στόχος του μεριδίου των ΑΠΕ για τουλάχιστον 27% είναι δεσμευτικός σε πανευρωπαϊκό επίπεδο, αλλά ύστερα από την εναντίωση από χώρες όπως το Ηνωμένο Βασίλειο, δεν θα είναι δεσμευτικός σε εθνικό επίπεδο (Jacobsen et al., 2014). Ο στόχος σε επίπεδο ΕΕ δεν είναι νομικά δεσμευτικός ώστε να εφαρμοστεί σε εθνικό επίπεδο, και θα επανεξεταστεί το 2020 “έχοντας κατά νου” ένα στόχο 30% σε επίπεδο ΕΕ, σύμφωνα με τα συμπεράσματα της συνόδου κορυφής

Οι τρεις αρχές της απόφασης της ΕΕ είναι καταρχάς δίκαιες, εφόσον κάθε χώρα συνεισφέρει σύμφωνα με την ευημερία και την ικανότητά της (van Rompuy, EC President, 2014). Επιπλέον, βασίζονται στην αλληλεγγύη, καθώς με την επιπλέον στήριξη για τις χώρες χαμηλού εισοδήματος, τόσο μέσω κατάλληλων στόχων όσο με πρόσθετα κεφάλαια, βοηθούν να καλύψουν τη διαφορά που προκύπτει από τη μετάβαση στην καθαρή ενέργεια. Τέλος, ωθούν προς την οικονομική φειδώ, καθώς τα χρήματα θα πρέπει να δαπανηθούν με τον πιο οικονομικά αποδοτικό τρόπο, βάσει μιας πανευρωπαϊκής προοπτικής.

Το “Πλαίσιο για το Κλίμα και την Ενέργεια 2030”, που εγκρίθηκε από τους ηγέτες της ΕΕ, βασίζεται στο “Πακέτο Κλίματος και Ενέργειας 2020” (Ενότητα 2.1.2). Είναι επίσης σύμφωνο με τη μακροπρόθεσμη προοπτική που καθορίζεται στον χάρτη πορείας για τη μετάβαση σε μια ανταγωνιστική οικονομία χαμηλών επιπέδων εκπομπών άνθρακα το 2050 (COM/2011/0112, Τελικό), τον Ενεργειακό Χάρτη Πορείας 2050 (COM/2011/885) και τη Λευκή Βίβλο για τις μεταφορές (COM/2011/0144, Τελικό). Επισήμως αυτό οφείλεται στην πρόθεση για παροχή “μεγαλύτερης ευελιξίας στα Κράτη Μέλη”, σύμφωνα με τις διατάξεις που προβλέπονται στο άρθρο 194 (2) της Συνθήκης για τη Λειτουργία της Ευρωπαϊκής Ένωσης, σχετικά με το θέμα του εθνικού ελέγχου επί του ενεργειακού μείγματος. Η Οδηγία Ενεργειακής Απόδοσης (2012/27/EU) μπορεί επομένως να παραμείνει επί της ουσίας η ίδια σχετικά με την κοινοποίηση και την αναφορά στόχων (ΕΣΔΑΕ), με προσαρμογές για τις νέες τιμές στόχων.

Τον Μάρτιο του 2013, το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο ενέκρινε τον “Ενεργειακό Χάρτη Πορείας για το 2050” (EP/2013/0088) και κάλεσε την Επιτροπή να υποβάλει το συντομότερο δυνατό ένα πλαίσιο πολιτικής για το 2030, συμπεριλαμβανομένων των θεμελιωδών αρχών και στόχων για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και την ενεργειακή απόδοση. Στην ανάλυσή του, το Κοινοβούλιο υπογράμμισε, μεταξύ άλλων, τη σημασία ενός σταθερού κανονιστικού πλαισίου με σκοπό την τόνωση των επενδύσεων για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, τη ανάγκη για μια πιο ευρωπαϊκή προσέγγιση στην πολιτική ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με πλήρη αξιοποίηση των υφιστάμενων συμφωνιών συνεργασίας, και επιτονίστηκε ο συγκεκριμένος ρόλος που θα διαδραματίσει η αποκεντρωμένη παραγωγή και η μικροπαραγωγή.

Υπήρξε μια μεγάλη ποικιλία θέσεων από τα Κράτη Μέλη, όσον αφορά τον αριθμό των στόχων, το επίπεδο της φιλοδοξίας τους, το νομικό καθεστώς τους (ενδεικτικοί ή δεσμευτικοί) και εάν η ευρωπαϊκή δράση πρέπει να εξαρτάται από την (κατά συνθήκη) ανάληψη δράσης και εκτός του ευρωπαϊκού χώρου (Prah, 2014). Η ποικιλομορφία αυτή ήταν εμφανής στις απαντήσεις σε διαβούλευση σχετικά με το θέμα, που οργανώθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (Ibec, 2013). Οι εθνικοί ενδεικτικοί στόχοι θα προέκυπταν σύμφωνα με τα συμπεράσματα του Συμβουλίου, χωρίς όμως να αποτελεί την προτιμώμενη εναλλακτική στην τρέχουσα πολιτική συζήτηση. Χωρίς τη λήψη μέτρων για να διασφαλιστεί

η επίτευξη στόχων, η ανησυχία σχετικά με την απόκλιση από τους στόχους υπήρξε έκδηλη (Tesniere et al., 2015). Στην προσπάθεια εύρεσης της βέλτιστης εναλλακτικής σχετικά με τη διανομή των στόχων μεταξύ των Κρατών Μελών, καθώς και το βαθμό δέσμευσής τους και το νομικό καθεστώς, εφαρμόζονται μέθοδοι πολυκριτηριακής αξιολόγησης ως ενδεικτική λύση εξαγωγής ασφαλών συμπερασμάτων για τη λήψη αποφάσεων (Loken, 2005; Ενότητα 4.2.2).

Το αποτέλεσμα είναι ένα πλαίσιο πολιτικής για το κλίμα και την ενέργεια για το 2030, που πράττει το ελάχιστο δυνατό για να βρεθεί η Ευρώπη σε πορεία προς μια οικονομία χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα μέχρι το 2050 (van Renssen, 2014). Μεριμνώντας ωστόσο για την εφαρμογή μιας διαφανούς και δυναμικής διαδικασίας διακυβέρνησης, η Επιτροπή έθεσε επί τάπητος τις πρωτοβουλίες που προβλέπονται στο πλαίσιο της Ανακοίνωσης “Στρατηγική-πλαίσιο για μια ανθεκτική Ενεργειακή Ένωση με μακρόπνοη πολιτική για την κλιματική αλλαγή” (COM/2015/080, Τελικό), ενώ δρομολογεί την υλοποίηση της Ενεργειακής Ένωσης (COM/2015/572, Τελικό) με αποτελεσματικό και συνεκτικό τρόπο και περιλαμβάνοντας τους στόχους του Πλαισίου για το Κλίμα και την Ενέργεια 2030.

Το πλαίσιο 2030 πρέπει να αντλήσει τα διδάγματα από τα αποτελέσματα της δέσμης μέτρων για το 2020, αποκτώντας γνώση του τί ενήργησε εποικοδομητικά, και του τί θα μπορούσε να βελτιωθεί. Θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τις διεθνείς συγκυρίες που ώθησαν προς την ενίσχυση της διεθνούς δράσης για το κλίμα. Πρέπει επίσης να προσδιοριστεί ποιοι μηχανισμοί μεγιστοποιούν τις συνέργειες και να γίνει διαχείριση βάσει των συμβιβασμών μεταξύ των στόχων της ανταγωνιστικότητας, της προστασίας του ενεργειακού εφοδιασμού και της αειφορίας (COM/2015/576). Ως εκ τούτου, η ενεργειακή πολιτική της ΕΕ πρέπει να επαναξιολογηθεί προκειμένου να συμβιβάσει αυτές τις βασικές προτεραιότητες, λαμβάνοντας υπόψη τις πρόσφατες παγκόσμιες εξελίξεις, όπως η οικονομική κρίση, τις διαπραγματεύσεις για τις συμφωνίες πολιτικών για το κλίμα και τις τεχνολογικές εξελίξεις στον τομέα των ΑΠΕ.

2.2 Πολιτικές και στόχοι μείωσης εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου

Η αλλαγή του κλίματος αποτελεί επείγουσα και κρίσιμη πρόκληση, όπου η διεθνής κοινότητα καλείται να αντιμετωπίσει με δραστικό τρόπο. Μια αποτελεσματική απάντηση στην κλιματική αλλαγή πρέπει να συνδυάζει τον μετριασμό των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και την προσαρμογή σε περιφερειακό, εθνικό και τοπικό επίπεδο. Η προσοχή εστιάζεται στους ευρωπαϊκούς στόχους μείωσης αερίων του θερμοκηπίου, την εξελικτική τους πορεία και την πρόοδο που σημειώθηκε κατά την προσπάθεια επίτευξής τους. Γίνεται καταγραφή των στοχευμένων στρατηγικών πολιτικών και του ολοκληρωμένου συνόλου μέτρων, τόσο σε επίπεδο ΕΕ όσο και σε επίπεδο Κρατών Μελών, που συμβάλλουν στη διαμόρφωση μεταβολής της πορείας του ενεργειακού τομέα της ΕΕ.

2.2.1 Η αρχή της καθιέρωσης στόχων μείωσης εκπομπών των αερίων θερμοκηπίου

Παρά την απουσία συντονισμένων μέτρων αντιμετώπισης των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου στις αρχές της δεκαετίας του 1990 εξαιτίας διχογνωμιών για το φόρο επί του άνθρακα, οι ακόλουθες χρονικές περίοδοι έμελλε να αποτελέσουν την αφετηρία εισαγωγής

ποικίλων μηχανισμών και μέτρων στον τομέα αυτό. Το 1992 εγκρίθηκε και υπεγράφη η UNFCCC, με σκοπό την παροχή ενός πλαισίου για την σταθεροποίηση “των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, σε ένα επίπεδο που θα απέτρεπε μια επικίνδυνη ανθρωπογενή παρέμβαση στο οικοσύστημα” (UNFCCC, 1992), χωρίς όμως να καθορίζονται συγκεκριμένοι στόχοι ή μέτρα. Με τη βοήθεια ενός μηχανισμού παρακολούθησης, που θεσπίστηκε βάσει της απόφασης 93/389/EEC του Συμβουλίου, η Κοινότητα θα μπορούσε να αξιολογεί την ανάπτυξη εθνικών προγραμμάτων πολιτικής για τη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου και την παρακολούθηση της προόδου, γύρω από μια γενική φιλοδοξία για το 2000, εν μέσω απουσίας εθνικών στόχων για τα Κράτη Μέλη.

Οι διαπραγματεύσεις νομικού οργάνου στο πλαίσιο της UNFCCC ξεκίνησαν κατά την πρώτη Διάσκεψη των Μερών (Conference of Parties - COP) στο Βερολίνο το 1995. Το 1996 η Ευρωπαϊκή Κοινότητα καθιέρωσε για πρώτη φορά ένα δικό της μακροπρόθεσμο στόχο για τη διατήρηση της παγκόσμιας αύξησης της θερμοκρασίας κάτω από τους 2°C σε σύγκριση με προ-βιομηχανικά επίπεδα. Στο πλαίσιο της προετοιμασίας για την επερχόμενη σύνοδο κορυφής στο Κιότο (COP3) και για να τονωθούν οι διεθνείς δεσμεύσεις για την κλιματική αλλαγή από κορυφαίους μέσω παραδειγματικής στάσης, συμφωνήθηκε ένας συγκεκριμένος στόχος μείωσης εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου κατά 15% το 2010 (σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990) από τους υπουργούς της ΕΕ στις αρχές του 1997, το οποίο η ΕΕ θα κατένευε εσωτερικά σε μια λεγόμενη συμφωνία “επιμερισμού των βαρών” για την εισαγωγή συγκεκριμένων εθνικών στόχων για όλα τα 15 Κράτη Μέλη. Ωστόσο, μια πρώτη προσπάθεια δρομολόγησης μιας συμφωνίας επιμερισμού των βαρών με την συνάθροιση των εθνικών προσπαθειών, ανήλθε μόλις στο 9,2%, με περαιτέρω μειώσεις να αναμένονταν να υλοποιηθούν μετά από μια τροποποιημένη διεθνή συμφωνία.

Κατά τη διάσκεψη για το κλίμα στο Κιότο το Δεκέμβριο του 1997, οι βιομηχανικές χώρες συμφώνησαν σε μια σειρά από ποσοτικούς στόχους για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, με την Ευρωπαϊκή Κοινότητα να δεσμεύεται για 8% περιορισμό έξι αερίων του θερμοκηπίου, κατά την περίοδο δέσμευσης 2008-2012 (ως προς τα επίπεδα του 1990). Παρενθετικά, στα αέρια του θερμοκηπίου, πέραν του διοξειδίου του άνθρακα, συγκαταλέγονται το νιτρώδες οξείδιο, το μεθάνιο και τα φθοριούχα αέρια, με το σύνολο των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου να μετριέται συνήθως σε ισοδύναμα CO₂ για να γίνουν τα δεδομένα συγκρίσιμα. Το Πρωτόκολλο του Κιότο (ΠΚ) καθιέρωσε μηχανισμούς με βάση την αγορά για την υλοποίηση αυτών των στόχων μείωσης, όπως τη διεθνή εμπορία εκπομπών, το μηχανισμό καθαρής ανάπτυξης και το μηχανισμό κοινής εφαρμογής.

Εκτός από τις εθελοντικές συμφωνίες με τους κατασκευαστές αυτοκινήτων για τη μείωση των εκπομπών το 1998 και την Οδηγία περί υγειονομικής ταφής (1999/31/EC) για τη μείωση του μεθανίου το 1999, δεν υπήρξε χειροπιαστή πρόοδος σχετικά με τις κλιματικές πολιτικές και τα μέτρα στην Ευρώπη στα τέλη της δεκαετίας του 1990, στον απόηχο της διάσκεψης του Κιότο. Ωστόσο, ως αποτέλεσμα της ανάγκης για καθορισμό μιας στρατηγικής για την επίτευξη των στόχων, η Κοινότητα εισήλθε σε μια πιο δυναμική φάση στη χάραξη πολιτικής για το κλίμα στις αρχές της νέας χιλιετίας. Το 2000 ξεκίνησε το Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα για την Αλλαγή του Κλίματος (ΕΠΑΚ, European Climate Change Programme - ECCP), εξετάζοντας ένα ευρύ φάσμα τομέων και μηχανισμών πολιτικής με προοπτική για μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και αναπτύσσοντας κοινές και συντονισμένες στρατηγικές για την εκπλήρωση των στόχων του Κιότο. Το γεγονός αυτό οδήγησε στην εισαγωγή του Ευρωπαϊκού Συστήματος Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών (ΣΕΔΕ), θέτοντας εθνικά ανώτατα όρια για τις εκπομπές του ενεργειακού και βιομηχανικού τομέα σε κάθε Κράτος Μέλος. Παράλληλα, εκδόθηκαν προτάσεις και ανακοινώσεις σε

τομείς όπως η ενεργειακή επισήμανση, και η προώθηση της συμπαραγωγής και των βιοκαυσίμων. Επιπλέον, η Οδηγία για την ανανεώσιμη ηλεκτρική ενέργεια (2001/77/EC) εισήγαγε ενδεικτικούς στόχους για το μερίδιο της ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας για κάθε Κράτος Μέλος, ενώ ακολούθησε η έγκριση νομοθεσιών για τα βιοκαύσιμα και την ενεργειακή απόδοση. Πολιτικές και μέτρα για την επίτευξη των στόχων του Κιότο για την πρώτη περίοδο δέσμευσης συζητήθηκαν μεταξύ 1998 και του 2006, αποσκοπώντας σε μειώσεις κατά την περίοδο 2008-2012.

Το Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών (ΣΕΔΕ, Emissions Trading System - ETS) της ΕΕ θεσπίστηκε με στόχο να προωθήσει τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά οικονομικά αποδοτικό και αποτελεσματικό τρόπο (d'Ouletremont, 2010). Το σύστημα λειτουργεί μέσω της κατανομής και εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου σε όλη την ΕΕ. Κάθε δικαίωμα αντιπροσωπεύει ένα τόνο ισοδύναμου CO₂. Καθορίζεται ένα ανώτατο όριο από κάθε Κράτος Μέλος, σχετικά με το συνολικό ποσό των εκπομπών που επιτρέπεται να εκλυθούν από τις εγκαταστάσεις που περιλαμβάνονται το σύστημα, λαμβάνοντας έτσι το μερικό έλεγχο συγκεκριμένων οικονομικών τομέων των Κρατών Μελών από τη σφαίρα επιρροής τους (Grubb, 2006). Τα δικαιώματα στη συνέχεια διανέμονται από τα Κράτη Μέλη στις εγκαταστάσεις του συστήματος. Οι διαχειριστές όλων αυτών των εγκαταστάσεων είναι στη συνεπώς ελεύθεροι να εμπορευτούν αυτά τα δικαιώματα. Για τον καθορισμό της κατανομής των δικαιωμάτων εκπομπής CO₂ κάθε Κράτους Μέλους ιδρύθηκαν τα εθνικά σχέδια κατανομής (ΕΣΚ), που ορίζουν τόσο το σύνολο των δικαιωμάτων εκπομπών που διατίθενται σε κάθε Κράτος Μέλος, όσο την κατανομή σε κάθε εγκατάσταση που καλύπτονται από το καθεστώς (EC, 2003).

Το σύστημα ξεκίνησε το 2005, όπου η πρώτη φάση του ολοκληρώθηκε το 2008 και η δεύτερη φάση του ολοκληρώθηκε το 2012. Σε βραχυπρόθεσμη βάση λειτουργεί ως στατιστικός μηχανισμός μεταβίβασης μεταξύ σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και βιομηχανικών μονάδων. Χρόνο με το χρόνο ο αριθμός των δικαιωμάτων μειώνεται, έτσι ώστε οι συνολικές εκπομπές να πέφτουν με στόχο να είναι 21% χαμηλότερες το 2020 από τα επίπεδα του 2005. Οι στόχοι κυμαίνονταν από μια μείωση των εκπομπών κατά 20% από τα πλουσιότερα Κράτη Μέλη σε μία αύξηση των εκπομπών κατά 20% για τα φτωχότερα. Αυτοί οι εθνικοί στόχοι θα μειώσουν τις συνολικές εκπομπές της ΕΕ από τους τομείς μη-ΣΕΔΕ κατά 10% έως το 2020, σε σύγκριση με τα επίπεδα του 2005.

2.2.2 Στόχοι μείωσης εκπομπών με ορίζοντα το έτος 2020

Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην ΕΕ μειώνονταν συνεχώς από το 2006, χάρις την πρόοδο της ενεργειακής αποδοτικότητας, τη μεταστροφή της χρήσης καυσίμων από πετρέλαιο και άνθρακα σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και φυσικό αέριο, καθώς και την οικονομική ύφεση. Με μέσο όρο εκπομπών 11,8% κάτω από τα επίπεδα του έτους αναφοράς κατά την περίοδο 2008-2012, η ΕΕ-15 είχε υπερβεί τη δέσμευσή της στο πλαίσιο του Πρωτοκόλλου του Κιότο (d'Ouletremont, 2010), που προέβλεπε επίτευξη μιας μέσης μείωσης εκπομπών κατά 8% την περίοδο 2008-2012 σε σύγκριση με το έτος αναφοράς. Για το έτος 2012 μάλιστα, οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) υπήρξαν οι πιο διαδεδομένες μεταξύ όλων των αερίων του θερμοκηπίου, αντιπροσωπεύοντας περίπου το 80% των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου της ΕΕ.

Το 2007, ως μέσο τόνωσης των διαπραγματεύσεων του ΟΗΕ σχετικά με τους στόχους της περιόδου μετά το 2012, οι αρχηγοί κρατών της ΕΕ συμφώνησαν σε μια δέσμη τριών στόχων που αναφέρονται ως “20-20-20” έως το 2020, συμπεριλαμβανομένης της μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 20% σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990. Επιπλέον, η ΕΕ περιελάμβανε τη δυνατότητα περαιτέρω μείωσης των αερίων θερμοκηπίου κατά 30% σε περίπτωση ύπαρξης μιας ολοκληρωμένης παγκόσμιας συμφωνίας και συγκρίσιμης με παρόμοιες προσπάθειες που είχαν αναληφθεί από μεγάλες ανεπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες (UNFCCC, 2005). Ο στόχος της αποφυγής των επικίνδυνων επιπέδων θέρμανσης του πλανήτη επικυρώθηκε εκ νέου από τη διεθνή κοινότητα το 2009 (COP15). Εφόσον όμως δεν υπήρξε καμία νέα διεθνής συμφωνία κατά τη Διάσκεψη Κλιματικής Αλλαγής στην Κοπεγχάγη του 2009 για το 2020, η ΕΕ δεν επέκτεινε το στόχο της στα επίπεδα του 30%.

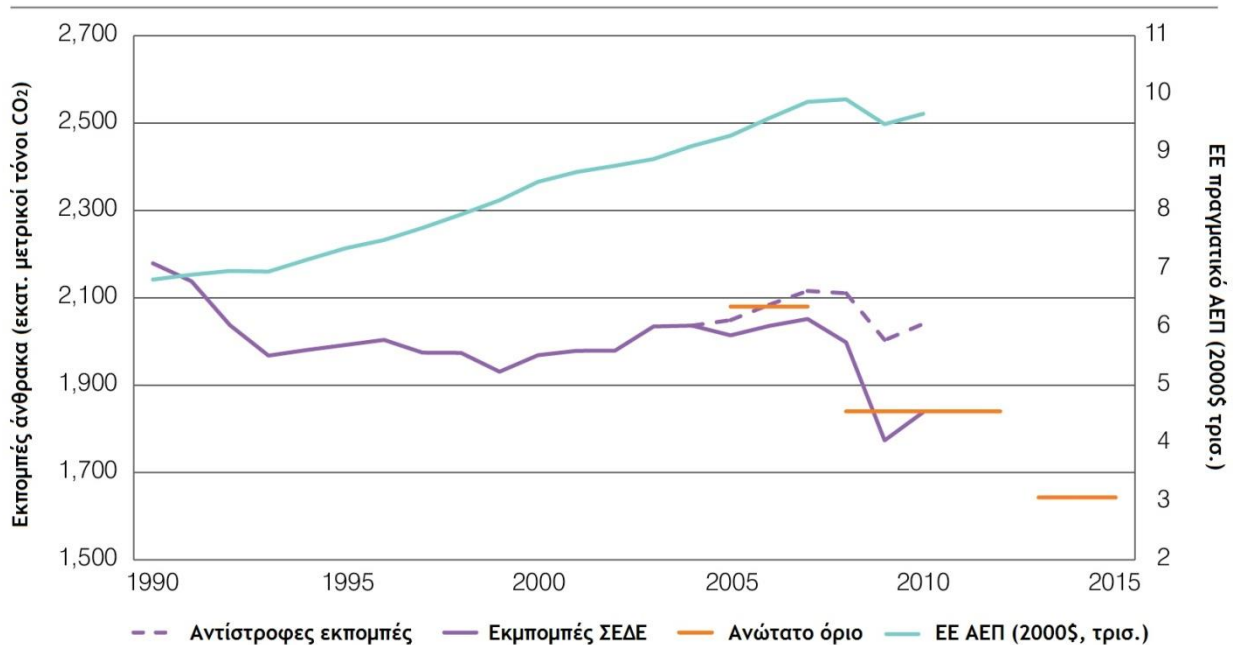
Σε στρατηγικό επίπεδο, η πολιτική της ΕΕ καθορίζει ένα ευρύ πλαίσιο για την πολιτική αποδοτικότητας των πόρων και την κλιματικής αλλαγής, συμπεριλαμβανομένης μιας ποικιλίας από μακροπρόθεσμους και μη δεσμευτικούς στόχους. Τον Φεβρουάριο του 2011, οι ηγέτες της ΕΕ ενέκριναν το στόχο της μείωσης εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην Ευρώπη κατά 80-95% κάτω από τα επίπεδα του 1990 μέχρι το 2050 (COM/2011/0112, Τελικό), ως προϋπόθεση για τις απαραίτητες μειώσεις που έπρεπε να επιτευχθούν συλλογικά από τις ανεπτυγμένες χώρες, σύμφωνα με την Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος. Ο πιο φιλόδοξος στόχος μείωσης κατά 30% του 2020 συνδέθηκε υπό προϋποθέσεις με άλλες ανεπτυγμένες χώρες που δεσμεύτηκαν για ανάλογες προσπάθειες, αλλά και με αναπτυσσόμενες χώρες που συμβάλλουν ανάλογα με τις δυνατότητές τους.

Στη συνέχεια, το Μάιο του 2012 υπεβλήθη από την ΕΕ ένας προσωρινός Ποσοτικός Περιορισμός Εκπομπών ή Στόχος Μείωσης (Quantified Emission Limitation or Reduction Objective - QELRO) που ισοδυναμούσε με 20% μείωση από τις εκπομπές του έτους αναφοράς, κατά μέσο όρο για τη δεύτερη περίοδο δεσμεύσεων. Το ποσοστό αυτό αντιστοιχούσε σε μείωση εκπομπών 21% στο Πρωτόκολλο του Κιότο (UNFCCC, 2011, Παράρτημα Α) από τα επίπεδα του 1990 μέχρι το 2020, και επρόκειτο να υλοποιηθεί από κοινού από την ΕΕ και τα Κράτη Μέλη της. Εφόσον όμως οι εκπομπές των βιομηχανικών αερίων του θερμοκηπίου του 2012 ήταν ήδη περίπου 19% κάτω από τα επίπεδα του 1990, δεν θεωρήθηκε ως φιλόδοξος στόχος (Clark, 2012). Άλλες πολιτικές για την αντιμετώπιση ειδικών πιέσεων και τομέων, περιλαμβάνουν τον Κανονισμό για την Καταχώριση, την Αξιολόγηση, την Αδειοδότηση και τους περιορισμούς Χημικών προϊόντων (REACH) (EC, 2006), την Οδηγία Βιομηχανικών εκπομπών (2010/75/EU) και τη Λευκή Βίβλο της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για τις μεταφορές (COM/2011/0144, Τελικό).

Η σημαντική αναθεώρηση του 2009 υποδηλώνει πως η συγκεκριμένη περίοδος διαφέρει σημαντικά από την προγενέστερη ως προς τη νομοθεσία και βασίζεται σε πολύ πιο εναρμονισμένους κανόνες. Η Οδηγία Ανανεώσιμης Ενέργειας (2009/28/EC) είναι ικανή να αντισταθμίσει ως ένα βαθμό την επίπτωση των χαμηλών τιμών των δικαιωμάτων στο ΣΕΔΕ της ΕΕ, απαιτώντας από τα Κράτη Μέλη να αυξήσουν το μερίδιο των ΑΠΕ μέσω της εισαγωγής συστημάτων υποστήριξης ΑΠΕ-Ε (ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για την ηλεκτρική ενέργεια) σε εθνικό επίπεδο.

Το ΣΕΔΕ κατάφερε να μειώσει τις εκπομπές πέρα από ό,τι θα αναμενόταν να επιτευχθεί από την ύφεση και μόνο, ακόμη και αν υποθεθεί ότι το ποσοστό αύξησης των εκπομπών υπήρξε κατά 1% μικρότερο από την αύξηση του ΑΕΠ (Hanafi, 2012). Ωστόσο, σε ορισμένες περιπτώσεις, η επικάλυψη των μηχανισμών πολιτικής θα μπορούσε να έχει λιγότερο

θετικές επιπτώσεις (ΕΕΑ, 2015). Για παράδειγμα, παρόλο που το ανώτατο όριο του ΣΕΔΕ τέθηκε κατά τρόπο αντιπροσωπευτικό για τα αναμενόμενα αποτελέσματα μείωσης των αερίων θερμοκηπίου που προκαλούνται από τους δεσμευτικούς στόχους για τις ΑΠΕ έως το 2020, η επικάλυψη μεταξύ της καθιέρωσης των ανώτατων ορίων και του καθορισμού στόχων ΑΠΕ εισάγει ένα στοιχείο αβεβαιότητας. Η επίτευξη υψηλότερου μεριδίου των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με τον ενδεικτικό στόχο της Οδηγίας Ανανεώσιμης Ενέργειας για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα, μπορεί να επιφέρει την αποφυγή πρόσθετων ακαθάριστων εκπομπών (ΕΕΑ, 2013).

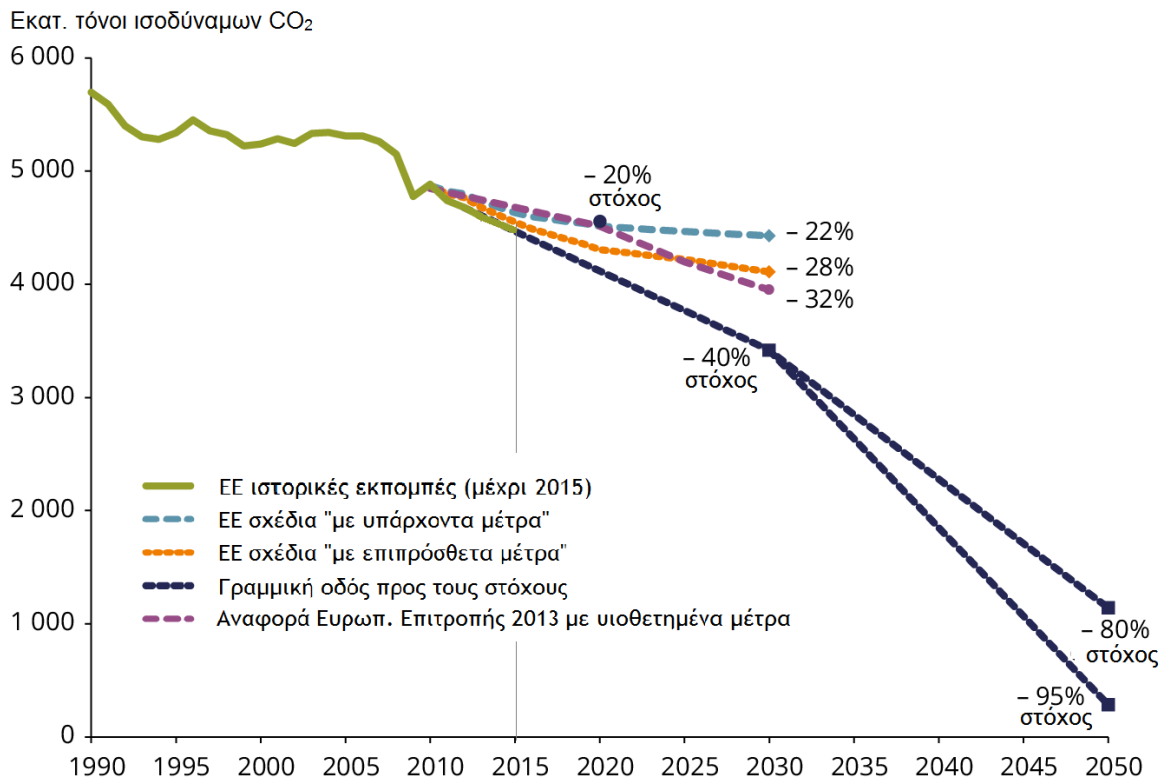


Σχήμα 3: Εκπομπές ΕΕ ΣΕΔΕ (εκατ. μετρικούς τόννους CO₂), ανώτατα όρια εκπομπών, και ΑΕΠ της ΕΕ, για το διάστημα 1990-2015 (Ταμείο Περιβαλλοντικής Άμυνας, 2012)

2.2.3 Στόχοι μείωσης εκπομπών για το έτος 2030 και έπειτα

Το 2012, οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, συμπεριλαμβανομένων των εκπομπών από τις διεθνείς αερομεταφορές, είχαν μειωθεί κατά 17,9% σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990 (ΕΕΑ, 2014), βάζοντας την ΕΕ στη τροχιά υπέρβασης του στόχου εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου έως το 2020. Η Ευρωπαϊκή Στρατηγική 2020 (COM/2010/2020, Τελικό) ανανέωσε τη δέσμευση αυτή, με σκοπό να μετατρέψει την ΕΕ σε μια λεγόμενη οικονομία “χαμηλού άνθρακα”, συμβατή με το στόχο της ΕΕ για μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 80-90% έως το 2050 σε σύγκριση με το 1990. Σημειώνεται πως το επίπεδο των εκπομπών του 2020 είναι αποτέλεσμα δεσμεύσεων, με ή χωρίς όρους (Kerebel, 2015). Αυτό διαφέρει από τις κατευθύνσεις του Κιότο, καθώς απεικονίζει τελικά επίπεδα του 2020, ενώ τα δικαιώματα εκπομπών του Κιότο λαμβάνουν υπόψη το μέσο επίπεδο εκπομπών κατά τη δεύτερη περίοδο δέσμευσης 2013 με 2020. Η οικονομική ύφεση, ωστόσο, αντιπροσωπεύει λιγότερο από το ήμισυ των συνολικών μειώσεων των εκπομπών που επιτυγχάνονται κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου (ΕΕΑ, 2014).

Αν η ευρωπαϊκή πολιτική για το κλίμα πρέπει να κριθεί σύμφωνα με την μείωση των εκπομπών CO₂, τότε μπορεί να θεωρηθεί επιτυχημένη (Mathieu, 2015). Το 2012, οι συνολικές εκπομπές της ΕΕ ήταν 18% χαμηλότερα σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990. Με βάση τις προβλέψεις των Κρατών Μελών, οι εκπομπές προβλέπεται να μειωθούν κατά 21% το 2020 σε σύγκριση με το 1990 (COM/2013/0698, Τελικό). Η ΕΕ βρίσκεται επομένως στο σωστό δρόμο για να επιτύχει το στόχο της, χωρίς όμως η επίδοση αυτή να οφείλεται αποκλειστικά στις ευρωπαϊκές πολιτικές. Είναι επίσης το αποτέλεσμα της οικονομικής ύφεσης, η οποία συνέβαλε στην σχεδόν στο ήμισυ των μειώσεων των εκπομπών που συνδέονται με την καύση των ορυκτών καυσίμων την περίοδο 2008 με 2012 (EEA, 2014), ενώ η οικονομική απόρροια της εν λόγω μείωσης τίθεται υπό αμφισβήτηση.



Σχήμα 4: Εξελικτική πορεία σχεδίων ΕΕ για τη μείωση εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (1990-2050) (EEA, 2014)

Επιπλέον, η έλλειψη μιας ισχυρής και σταθερής ένδειξης δυσχεραίνει τις επενδυτικές αποφάσεις, λαμβάνοντας υπόψη τον περιορισμό του άνθρακα, και ως εκ τούτου θέτει σε κίνδυνο την ικανότητα της Ευρώπης να επιτύχει τους στόχους εκπομπών με το χαμηλότερο δυνατό κόστος σε μακροπρόθεσμη βάση (Mathieu, 2015). Συγχρόνως, τα Κράτη Μέλη ζητούν τη μέγιστη δυνατή ευελιξία, προκειμένου να διεξάγουν τις εθνικές τους πολιτικές για την ενέργεια (COM/2014/015, Τελικό). Για παράδειγμα, το Ηνωμένο Βασίλειο και η Τσεχία δείχνουν ότι το νέο πλαίσιο "θα πρέπει να είναι επαρκές για να καταστεί δυνατή η αξιολόγηση της συλλογικής προόδου, και θα πρέπει να είναι σημαντικά λιγότερο καθοδηγητικό, όπως συμβαίνει σήμερα στο πλαίσιο του Πακέτου Κλίματος και Ενέργειας 2020" (UK & Czech Republic Non-paper, 2015). Επιπλέον, ως αποτέλεσμα της παγκόσμιας οικονομικής κρίσης, ισχυρές αλλαγές ή ακόμα και αναστολή των καθεστώτων στήριξης, δημόσια ελλείμματα του προϋπολογισμού και αύξηση των τιμολογίων ηλεκτρικής ενέργειας, έχουν επιβραδύνει τις επενδύσεις στον τομέα των ΑΠΕ στα διάφορα Κράτη Μέλη, όπως την Ισπανία, την Πορτογαλία, τη Λετονία και τη Βουλγαρία τα τελευταία χρόνια (EEA, 2014).

Η εκτίμηση των επιπτώσεων, που δημοσιεύθηκε από κοινού με την πρόταση της Επιτροπής τον Ιανουάριο του 2014, δείχνει πως οι στόχοι θα πρέπει να ακολουθούν την αρχή της πρόληψης και, ως εκ τούτου, πρέπει να στοχεύουν προς το 95% μειώσεων των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου μέχρι το 2050, πράγμα που συνεπάγεται έναν υψηλότερο στόχο 40% για το 2030 (Meyer-Ohlendorf, 2014). Παρόλα αυτά, το συμπέρασμα αυτό έχει αμφισβητηθεί. Υποστηρίζεται ότι οι προσπάθειες είναι πολύ αργές και θα αναγκάσουν την Ευρώπη να διπλασιάσει τον ετήσιο ρυθμό μείωσης των εκπομπών της κατά το διάστημα 2030-2050, σε σύγκριση με την περίοδο 2010 με 2030 (Ecofys, 2014).

Η οικονομική κρίση ωστόσο μείωσε τη ζήτηση για τα δικαιώματα μέσω του συστήματος ΣΕΔΕ της ΕΕ, υποδαυλίζοντας τη συγκέντρωση μεγάλου πλεονάσματος της αγοράς (Bel et al., 2014). Για την αντιμετώπιση αυτής της κατάστασης, το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο και το Κοινοβούλιο εξέδωσαν απόφαση για τη δημιουργία αποθεματικού σταθερότητας της αγοράς για το ΣΕΔΕ της ΕΕ (COM/2014/020, Τελικό). Το αποθεματικό σταθερότητας της αγοράς έχει στόχο να καταστήσει το σύστημα ανθεκτικότερο στις ανισορροπίες μεταξύ προσφοράς και ζήτησης των δικαιωμάτων εκπομπών, θα συσταθεί το 2018 και θα τεθεί σε λειτουργία την 1η Ιανουαρίου 2019. Επίσης, θα προταθεί η υλοποίηση του μη-ΣΕΔΕ στόχου, βάσει της Απόφασης περί των προσπαθειών των Κρατών Μελών να μειώσουν τις οικείες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, ώστε να τηρηθούν οι δεσμεύσεις της Κοινότητας για μείωση των εκπομπών αυτών μέχρι το 2020 (406/2009/EC).

Η εκτεταμένη αναθεώρηση του ΣΕΔΕ της ΕΕ που προτάθηκε από την Επιτροπή (EC, 2015) αποσκοπεί στη διατήρηση του συστήματος αυτού ως τον οικονομικά αποδοτικότερο και αποτελεσματικότερο τρόπο μείωσης των εκπομπών της ΕΕ κατά την επόμενη δεκαετία. Για την επίτευξη του στόχου μείωσης κατά 40% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην ΕΕ κάτω από τα επίπεδα του 1990 μέχρι το 2030, το ανώτατο όριο θα πρέπει να μειώνεται ετησίως κατά 2,2% από το 2021, σε σύγκριση με το παρόν ποσοστό του 1,74 %. Ο στόχος του 40% των αερίου του θερμοκηπίου για το 2030 θα συνεχίσει να χωρίζεται σε στόχους τομέων ΣΕΔΕ (43% σε σύγκριση με το 2005) και μη-ΣΕΔΕ (30% σε σύγκριση με το 2005), με τους μη-ΣΕΔΕ στόχους να είναι δεσμευτικοί σε επίπεδο Κρατών Μελών. Οι νέες τιμές στόχων για το ΣΕΔΕ και μη-ΣΕΔΕ θα πρέπει να συμπεριληφθούν στη νομοθεσία, η οποία και θα απαιτεί μεταρρύθμιση της Οδηγίας για το ΣΕΔΕ. Κατ' αυτό τον τρόπο, ενισχύεται η προσπάθεια αντιμετώπισης της ανισορροπίας της αγοράς, παρέχοντας περισσότερους πόρους για την αντιμετώπιση των επενδυτικών αναγκών των οικονομικά ασθενέστερων Κρατών Μελών και ευκαιρίες χρηματοδότησης για επενδύσεις στην καινοτομία (EC, Press Release, 2015).

2.3 Μηχανισμοί Υποστήριξης της Προώθησης των ΑΠΕ

Η ΕΕ επιτρέπει στα Κράτη Μέλη της να επιλέγουν ελεύθερα τον τρόπο επίτευξης των στόχων ΑΠΕ που τους έχουν κατανεμηθεί. Τα καθεστώτα στήριξης, βασισμένα στο δίκαιο της ΕΕ, εφαρμόζονται για την υποβοήθηση της αγοράς ενέργειας από ΑΠΕ, που από μόνη της δεν θα μπορούσε να εξασφαλίσει το επιθυμητό επίπεδο διείσδυσης των ΑΠΕ σε επίπεδο ΕΕ. Η αποτελεσματική εφαρμογή τους αποτελεί προϋπόθεση για την εξασφάλιση της επενδυτικής ασφάλειας, δεδομένου πως οι πολιτικές των Κρατών Μελών συμμορφώνονται με τους κανόνες της εσωτερικής αγοράς και του ανταγωνισμού, καθώς και με την αρχή της επικουρικότητας (EU, 2010; Jasen, 2005)

2.3.1 Πολιτικές υποστήριξης

Η μετατροπή των υποδομών ηλεκτρικής ενέργειας, ώστε να είναι συμβατές με τη μεγάλη κλίμακα ανάπτυξη των ΑΠΕ, είναι ένας από τους πρωταρχικούς στόχους της Ενεργειακής Στρατηγικής για το 2020 (COM/2010/639), και υποστηρίζεται περαιτέρω στον Ενεργειακό Χάρτη Πορείας 2050 (Ενότητα 2.1.3) και το Πακέτο Ενεργειακών Υποδομών (COM/2011/676). Η προώθηση και ανάπτυξη των τεχνολογιών ΑΠΕ νέας γενιάς είναι επίσης ένα από τα βασικά στοιχεία του Στρατηγικού Σχεδίου Τεχνολογιών Ενέργειας (Strategic Energy Technology Plan - SET Plan).

Το ευρωπαϊκό Στρατηγικό Σχέδιο Τεχνολογιών Ενέργειας προς ένα μέλλον χαμηλών εκπομπών άνθρακα, είναι μια εξαιρετική πρωτοβουλία που στοχεύει στην ανάπτυξη της Ε&Α για τις υφιστάμενες και τις νέες γενιές τεχνολογιών χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (Ea Energy Analyses, 2012), εγκρίθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση το 2008 και αποτελεί ένα πρώτο βήμα για τη δημιουργία μιας πολιτικής τεχνολογιών ενέργειας για την Ευρώπη. Το σχέδιο αυτό στηρίζεται επίσης στην ιδέα της χρησιμοποίησης των διαθέσιμων πόρων με πιο έξυπνο τρόπο, μέσω κοινού στρατηγικού σχεδιασμού και προγραμματισμού. Οι μηχανισμοί του Σχεδίου προς την επίτευξη της απαιτούμενης τεχνολογικής αναδιאμόρφωσης αποτελείται από μια συντονιστική ομάδα, που ενισχύει τη συνοχή μεταξύ των εθνικών, ευρωπαϊκών και διεθνών προσπαθειών, καθώς και των βιομηχανικών πρωτοβουλιών, αποσκοπώντας να φέρει σε επαφή τους βιομηχανικούς τομείς που δραστηριοποιούνται στην ενέργεια, και να τεθούν στόχοι, μαζί με ένα Τεχνολογικό Χάρτη Πορείας και ένα Σχέδιο Υλοποίησης με συγκεκριμένα ορόσημα.

Είναι ένα βασικό εργαλείο υποστήριξης λήψης αποφάσεων για την ευρωπαϊκή ενεργειακή πολιτική, με στόχο να διατηρηθεί η ηγετική θέση της βιομηχανίας της ΕΕ για τεχνολογίες ενέργειας χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Παράλληλα εστιάζει στην επιτάχυνση της ανάπτυξης της τεχνογνωσίας, στη μεταφορά τεχνολογίας και την αφομοίωση, ενώ παράλληλα χρησιμοποιήθηκε για την προώθηση της επιστήμης για την αλλαγή των ενεργειακών τεχνολογιών προς την επίτευξη των στόχων του Πακέτου Ενέργειας και Κλίματος 2020, συμβάλλοντας έτσι στην παγκόσμια μετάβαση σε μια οικονομία χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα μέχρι το 2050.

Με το Πακέτο Ενεργειακών Υποδομών που εκδόθηκε τον Οκτώβριο του 2011 (COM/2011/676), η Επιτροπή πρότεινε ότι από το 2014 η ΕΕ θα συγχρηματοδότησε την κατασκευή μεγάλων ενεργειακών υποδομών από τον τακτικό της προϋπολογισμό. Κατά την οικονομική περίοδο 2007 με 2013, η ΕΕ χρηματοδότησε κυρίως μελέτες για σκοπούς ενέργειας, ενώ έργα ύψους 150 εκατ. ευρώ και 385 δισ. ευρώ επενδύθηκαν σε ενεργειακά έργα στο πλαίσιο του Ευρωπαϊκού Ενεργειακού Σχεδίου για Ανάκαμψη, ως εφάπαξ ποσά.

Ακολούθως, η Επιτροπή πρότεινε την επιλογή ενός αριθμού έργων “κοινού ενδιαφέροντος”, που είναι σημαντικά για την επίτευξη των στόχων του κλίματος και της ενέργειας (EC, 2014). Θα πρέπει να παρουσιάσουν οικονομική, κοινωνική και περιβαλλοντική βιωσιμότητα, και να περιλαμβάνουν τουλάχιστον δύο Κράτη Μέλη. Έργα που έχουν αποκτήσει αυτή την έγκριση θα επωφεληθούν από μια ειδική διαδικασία χορήγησης άδειας, η οποία είναι ευκολότερη, γρηγορότερη και πιο διαφανής από τις συνηθισμένες διαδικασίες. Συγκεκριμένα, κάθε Κράτος Μέλος θα ορίσει μια ενιαία αρμόδια αρχή, ένα “κατάστημα μιας στάσης” για την ολοκλήρωση του συνόλου της διαδικασίας χορήγησης άδειας, ενώ η όλη διαδικασία χορήγησης αδειών δεν θα υπερβαίνει τα τρία έτη.

Το οικονομικό χαρτοφυλάκιο έργων υποδομής ενέργειας περιλαμβάνει επίσης μηχανισμούς ισονομίας (π.χ. επενδυτικά κεφάλαια) και μέσα επιμερισμού του κινδύνου (π.χ. δάνεια και εγγυήσεις, και κυρίως ομόλογα έργων), που στοχεύουν στη δημιουργία ενός μεγαλύτερου πολλαπλασιαστικού αποτελέσματος από τις επιχορηγήσεις. Με το συνδυασμό διαφόρων μορφών στήριξης, στόχος είναι η προσαρμογή της οικονομικής βοήθειας που παρέχεται για τις ιδιαίτερες ανάγκες ενός έργου (Britain, 2009).

2.3.2 Προώθηση των ΑΠΕ μέσω Καθεστώτων στήριξης

Τα καθεστώτα στήριξης αναφέρονται σε οποιοδήποτε μέσο, καθεστώς ή μηχανισμό που εφαρμόζεται από ένα Κράτος Μέλος ή μια ομάδα Κρατών Μελών, και προωθούν τη χρήση της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές μέσω υποχρεώσεων ΑΠΕ ή με άλλο τρόπο, μειώνοντας το κόστος της εν λόγω ενέργειας και αυξάνοντας παράλληλα την τιμή στην οποία μπορεί να πωληθεί ή τον όγκο της ενέργειας που αγοράζεται (2009/28/EC). Αυτά περιλαμβάνουν, χωρίς η ύπαρξή τους να αποκλείει άλλα, επενδυτική ενίσχυση, φορολογικές απαλλαγές ή μειώσεις, επιστροφές φόρου, υποχρεώσεις καθεστώτων στήριξης των ΑΠΕ συμπεριλαμβανομένων εκείνων που χρησιμοποιούν πράσινα πιστοποιητικά, και καθεστώτα άμεσης στήριξης των τιμών συμπεριλαμβανομένων των τιμολογίων τροφοδότησης και της καταβολής πριμοδοτήσεων.

Τα Τιμολόγια Τροφοδότησης (Feed-in tariffs) είναι σταθερές και εγγυημένες τιμές που καταβάλλονται σε επιλέξιμους παραγωγούς της ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ (Bigerna et al., 2015). Τα συστήματα Τιμολογίων Τροφοδότησης έχουν αποδειχθεί ως τα κύρια μέσα για την υποστήριξη της ΕΕ και χρησιμοποιούνται από ένα μεγάλο αριθμό Κρατών Μελών (Σχήμα 5). Το πλεονέκτημα των τιμολογίων έγκειται στη μακροπρόθεσμη βεβαιότητα από τη λήψη υποστήριξης σταθερού επιπέδου, γεγονός που μειώνει σημαντικά τον επιχειρηματικό κίνδυνο (Ecofys et al., 2011). Το κόστος κεφαλαίου για τις επενδύσεις ΑΠΕ, που παρατηρείται σε χώρες με ήδη εγκατεστημένα συστήματα τιμολόγησης, έχει αποδειχθεί σημαντικά χαμηλότερο από ό,τι στις χώρες με άλλους μηχανισμούς, που ενέχουν υψηλότερους κινδύνους για μελλοντικές επενδυτικές αποδόσεις (Moselle et al., 2010).

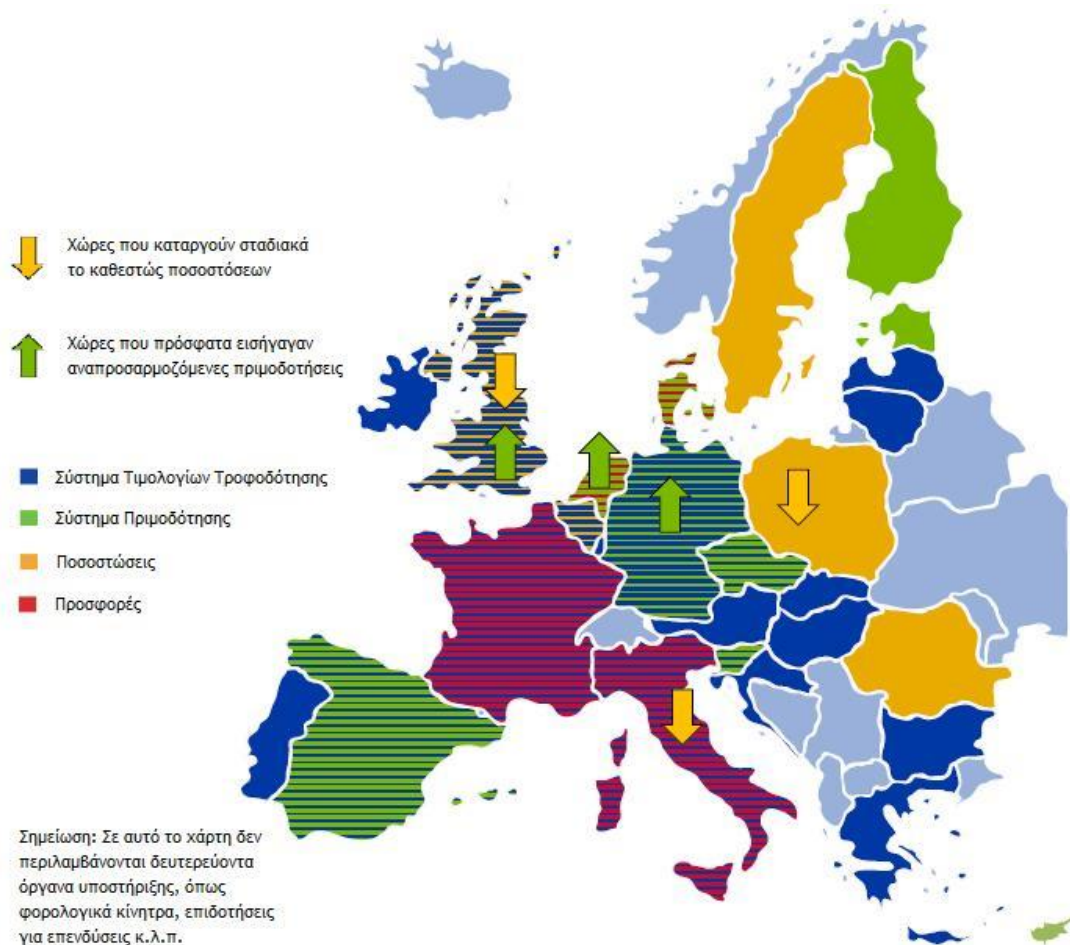
Σε ένα σύστημα πριμοδότησης (feed-in premium system), μια εγγυημένη πριμοδότηση καταβάλλεται επιπλέον του εισοδήματος των παραγωγών που λαμβάνουν για την πώληση ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας (Lafferty, 2009). Τα συστήματα πριμοδότησης έχουν κερδίσει έδαφος τα τελευταία χρόνια και χρησιμοποιούνται ως κύρια μέσα υποστήριξης στη Δανία και την Ολλανδία. Σε ορισμένες χώρες, οι πριμοδοτήσεις συνυπάρχουν με το σύστημα τιμολογίων, ενώ σε γενικές γραμμές υπάρχουν διαφορετικά σχέδια από χώρα σε χώρα. Παρέχουν ένα ασφαλές πρόσθετο εισόδημα για τον παραγωγό, ενώ ενδέχεται να εκτεθούν στον κίνδυνο των τιμών της ηλεκτρικής ενέργειας. Ιδιαίτερα, οι κυλιόμενες (αναπροσαρμοζόμενες) πριμοδοτήσεις μπορούν να βοηθήσουν στη μείωση των κινδύνων για τους φορείς εκμετάλλευσης των εργοστασίων παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας, ενώ όλο και περισσότερες χώρες τείνουν προς την υιοθέτηση τους (Pfluger, 2013).

Οι υποχρεώσεις ποσοτώσεων (quota obligations) εισήχθησαν στο Βέλγιο, την Ιταλία, τη Σουηδία, το Ηνωμένο Βασίλειο, την Πολωνία και τη Ρουμανία, όπου οι κυβερνήσεις επιβάλλουν ελάχιστα μερίδια των ΑΠΕ σε προμηθευτές (ή καταναλωτές και παραγωγούς) που αυξάνουν με την πάροδο του χρόνου (Goswami, 2007). Με τη μη τήρηση των

υποχρεώσεων, θα πρέπει να καταβάλλονται οικονομικές κυρώσεις. Οι κυρώσεις ανακυκλώνονται προς τους προμηθευτές ανάλογα με το πόση ανανεώσιμη ενέργεια έχουν προμηθεύσει. Οι υποχρεώσεις συνδυάζονται με τα Πιστοποιητικά Υποχρεώσεων ΑΠΕ (Renewable Obligation Certificates) που μπορούν να ανταλλάσσονται. Ως εκ τούτου, τα Πιστοποιητικά αυτά παρέχουν υποστήριξη επιπλέον της τιμής του ηλεκτρικού ρεύματος και χρησιμοποιούνται ως απόδειξη συμμόρφωσης. Η αβεβαιότητα σχετικά με τις τρέχουσες και τις μελλοντικές τιμές των πιστοποιητικών αυξάνει τους χρηματοοικονομικούς κινδύνους (Reeve, 2010), καθώς ο κίνδυνος της αγοράς πιστοποιητικών προστίθεται στον κίνδυνο της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

Οι επιδοτήσεις για επενδύσεις (investment grants) στην ηλεκτρική ενέργεια και στην θέρμανση και ψύξη είναι διαθέσιμες σε διάφορα Κράτη Μέλη και συχνά σχεδιάζονται για την τόνωση των λιγότερο ώριμων τεχνολογιών (Ecofys, 2014). Στη Φινλανδία, οι επιδοτήσεις για επενδύσεις αποτελούν τους μοναδικούς διαθέσιμους υποστηρικτικούς μηχανισμούς σε εθνικό επίπεδο. Τα φορολογικά κίνητρα (tax incentives) ή οι απαλλαγές συμπληρώνουν συχνά άλλα προγράμματα παροχής κινήτρων για ΑΠΕ. Είναι ισχυρά και άκρως ευέλικτα εργαλεία πολιτικής, που μπορούν να στοχεύσουν στην ενθάρρυνση συγκεκριμένων τεχνολογιών ΑΠΕ και να έχουν αντίκτυπο σε επιλεγμένους συμμετέχοντες στην αγορά ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ειδικά όταν χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με άλλα μέσα πολιτικής. Υπάρχει ένα ευρύ φάσμα φορολογικών κινήτρων στην ΕΕ, όπου ορισμένα Κράτη Μέλη (Ισπανία, Ολλανδία, Φινλανδία και Ελλάδα) παρέχουν φορολογικά κίνητρα που συνδέονται με επενδύσεις, ενώ άλλα (Λετονία, Πολωνία, Σλοβακία, Σουηδία και Ηνωμένο Βασίλειο) έχουν επινοήσει φορολογικά κίνητρα παραγωγής, που παρέχουν έκπτωση φόρου ή πιστώσεις σε έναν καθορισμένο ποσό ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας από ΑΠΕ και μειώνοντας έτσι τα λειτουργικά κόστη. Οι επενδύσεις και οι φορολογικές απαλλαγές της παραγωγής είναι πλέον σε περίοπτη θέση στην ΕΕ. Τα φορολογικά κίνητρα περιλαμβάνουν μικρά ή χαμηλά επιδοτούμενα δάνεια (Edenhofer et al., 2012). Σε εθνικό επίπεδο, τα χαμηλά δάνεια είναι διαθέσιμα στη Γερμανία, την Ολλανδία, τη Βουλγαρία, την Εσθονία, τη Μάλτα και την Πολωνία.

Τέλος, οι προσφορές (tenders) χρησιμοποιούνται για έργα μεγάλης κλίμακας στην Ολλανδία, το Ηνωμένο Βασίλειο, τη Δανία και την Ισπανία (Ecofys, 2015). Τα πλεονεκτήματά τους περιλαμβάνουν το ποσό της προσοχής που αντλούν οι επενδυτικές ευκαιρίες πάνω στην ανανεώσιμη ενέργεια και το στοιχείο ανταγωνισμού που ενσωματώνεται στο σχεδιασμό του.



Σχήμα 5: Τα διαφορετικά καθεστώτα στήριξης για εγκαταστάσεις ΑΠΕ κατά μήκος της Ευρώπης, στην αρχή του έτους 2014 (Klessmann, Ecofys, 2015)

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή (COM/2013/7243) ανακοίνωσε μια πλήρη αναθεώρηση των επιδοτήσεων που επιτρέπεται στα Κράτη Μέλη να προσφέρουν για τον τομέα των ΑΠΕ, με προτίμηση στις προσφορές, τις πριμοδοτήσεις και τις υποχρεώσεις ποσοτώσεων, σε σχέση με τα κοινώς διαδεδομένα τιμολόγια τροφοδότησης. Από την άλλη πλευρά, τα τιμολόγια τροφοδότησης είναι ο κύριος μοχλός πολιτικής πίσω από τις ΑΠΕ και ειδικότερα τα φωτοβολταϊκά (IEA, 2013). Ωστόσο, ως αποτέλεσμα των εθνικών δεσμευτικών στόχων και των ποσοτώσεων στο πλαίσιο της Οδηγίας για τις ΑΠΕ (2009/28/EC), τα καθεστώτα στήριξης για ΑΠΕ έχουν διατηρήσει κυρίως τον εθνικό τους χαρακτήρα και δεν έχουν κατασκευαστεί από την επιθυμητή συνεργασία μεταξύ των Κρατών Μελών, με την αξιοσημείωτη εξαίρεση της Νορβηγίας και της Σουηδίας.

Τα μέσα στήριξης πρέπει να είναι αποτελεσματικά προκειμένου να αυξηθεί η διείσδυση των ΑΠΕ, και αποδοτικά όσον αφορά την ελαχιστοποίηση των δημόσιων εξόδων που προκύπτουν, όπως το κόστος μεταφοράς για τους καταναλωτές, που στη συνέχεια ονομάστηκαν ως “δαπάνες στήριξης” (Resch et al., 2014). Τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση των διαφόρων μέσων πολιτικής στηρίζονται σε δύο προϋποθέσεις:

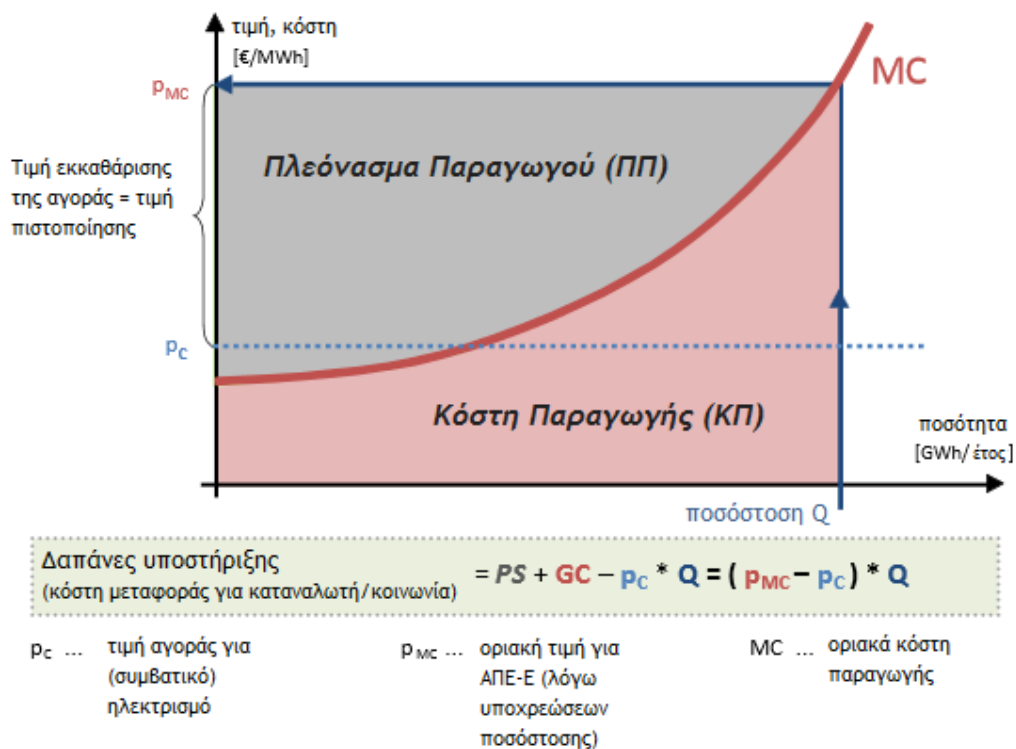
- Ελαχιστοποίηση του κόστους παραγωγής. Αυτός ο στόχος εκπληρώνεται αν ελαχιστοποιηθούν τα κόστη παραγωγής (ΚΠ) των ΑΠΕ-Η Με άλλα λόγια, το σύστημα θα

πρέπει να παρέχει κίνητρα για τους επενδυτές για να επιλέγουν τεχνολογίες, κλίμακες και θέση, έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται το κόστος παραγωγής.

- Μείωση κερδών των παραγωγών σε ένα ικανοποιητικό επίπεδο. Εφόσον εντοπιστούν τα αποδοτικά συστήματα, το επόμενο βήμα είναι η αξιολόγηση των διαφόρων επιλογών υλοποίησης με στόχο την ελαχιστοποίηση του κόστους μεταφοράς για τους καταναλωτές και την κοινωνία γενικότερα. Αυτό συνεπάγεται πως τα τιμολόγια τροφοδότησης, τα επενδυτικά κίνητρα ή τα συστήματα εμπορίας των ΑΠΕ θα πρέπει να σχεδιαστούν με τέτοιο τρόπο ώστε οι δημόσιες μεταβιβαστικές πληρωμές να ελαχιστοποιούνται συγχρόνως. Έτσι προκύπτει μείωση του κόστους παραγωγής, καθώς και του πλεονάσματος παραγωγού (ΠΠ).

Σε ορισμένες περιπτώσεις, μπορεί να μην είναι δυνατή η επίτευξη δύο στόχων συγχρόνως, αυτών της ελαχιστοποίησης του κόστους παραγωγής και του πλεονάσματος παραγωγού, και συνεπώς απαιτούνται συμβιβασμοί (Weigt et al., 2013). Για την καλύτερη απεικόνιση των ορισμών του κόστους που χρησιμοποιούνται, τα διάφορα στοιχεία κόστους απεικονίζεται στο Σχήμα 6.

Η εποπτεία των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των διαφόρων μηχανισμών, έχει αποδειχθεί αρκετά περίπλοκη (Fraunhofer, 2005). Στο πλαίσιο της οικονομικής κρίσης, με τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας να μειώνεται, η μεγάλης κλίμακας ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, με τη βοήθεια των καθεστώτων στήριξης, έχει ενισχύσει τη μείωση της ζήτησης επιδομάτων άνθρακα (EC, 2014; Van den Bergh et al, 2013; Weigt et al., 2013; Gloaguen et al. 2014).



Σχήμα 6: Βασικοί ορισμοί των στοιχείων κόστους (αναπαράσταση για σύστημα ανταλλαγής ΑΠΕ) (Resch et al., 2014)

2.4 Προκλήσεις και μελλοντικά βήματα ενεργειακών και κλιματικών πολιτικών στην ΕΕ

Οι διαρθρωτικές αλλαγές στον ενεργειακό εφοδιασμό της Ευρώπης είναι το αποτέλεσμα του συνδυασμού ισχυρών εθνικών πολιτικών και της γενικής έμφασης στις ΑΠΕ, που δημιουργήθηκε από τις Ευρωπαϊκές Οδηγίες Ανανεώσιμης Ενέργειας στους τομείς της ηλεκτρικής ενέργειας και των μεταφορών (Resch et al., 2014). Παρά τις προκλήσεις που έθεσε η χρηματοπιστωτική και η οικονομική κρίση, οι επενδύσεις των ΑΠΕ επηρεάστηκαν γενικώς λιγότερο από άλλες τεχνολογίες ενέργειας, σημειώνοντας μάλιστα σταδιακή αύξηση κατά τα τελευταία χρόνια (EED, 2015).

Η ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ έχει δείξει πολύ ισχυρότερους ρυθμούς ανάπτυξης, ιδίως κατά την τελευταία δεκαετία, σε σχέση με τη θέρμανση από ΑΠΕ (Hinrichs-Rahlwes, 2013), ενδεχομένως επίσης ως αποτέλεσμα των υφιστάμενων ενδεικτικών στόχων για τις ΑΠΕ στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας που καθορίζονται από την οδηγία ΑΠΕ (2009/28/ΕC). Όσον αφορά τη διαδικασία θέσπιση στόχων και τη ρύθμιση πολιτικών ΑΠΕ, πρόσθετες προκλήσεις προκύπτουν για το χρονικό ορίζοντα το 2030, που αφορούν:

- το αναβαθμισμένο επίπεδο ωριμότητας των τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και οι πιθανές μειώσεις του κόστους στο χρονικό ορίζοντα μετά το 2020 (van Dril et al., 2011). Οι νέες τεχνολογίες ανταγωνίζονται τις ώριμες τεχνολογίες, αντιμετωπίζουν εμπόδια εμπορευματοποίησης, όπως υπανάπτυκτη υποδομή και την έλλειψη οικονομικών κλίμακας (Johansson et al., 2012). Τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα αντιμετωπίζουν τις νέες τεχνολογίες ως υψηλού ρίσκου, έτσι ώστε να μπορούν να δανειζουν κεφάλαια σε υψηλότερα ποσοστά (Kanellakis, 2015). Τα υψηλά κόστη χρηματοδότησης είναι ιδιαίτερα σημαντικά για την ανταγωνιστική θέση των ΑΠΕ, δεδομένου ότι οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας απαιτούν γενικώς υψηλότερη αρχική επένδυση σε σχέση με μονάδες ορυκτών καυσίμων, ακόμα και αν έχουν χαμηλότερο κόστος λειτουργίας (Timmons, 2014). Σε σύγκριση με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, οι τεχνολογίες πυρηνικής ενέργειας και τα ορυκτά καύσιμα χαίρουν ενός σημαντικού πλεονεκτήματος σε κρατικές επιδοτήσεις για τον τομέα της έρευνας και ανάπτυξης (Ecofys, 2014).
- ο ενισχυμένος ρόλος των ΑΠΕ στο ενεργειακό σύστημα οδηγεί σε ισχυρότερη αλληλεπίδραση μεταξύ των τομεακών πολιτικών ΑΠΕ και των άλλων κλιματικών πολιτικών. Η ανάπτυξη μιας ολοκληρωμένης πολιτικής για το κλίμα και την ενέργεια αποτελεί πεδίο διχογνωμιών μεταξύ των εμπλεκόμενων, δεδομένου ότι ο συμβιβασμός μεταξύ της ενεργειακής ασφάλειας και ενεργειακής βιωσιμότητας υπήρξε προβληματικός (Adelle et al., 2009). Υποστηρίζεται επίσης ότι οι τιμές του διοξειδίου του άνθρακα μπορούν να οδηγήσουν από μόνες τους στη βέλτιστη ανάπτυξη τεχνολογιών χαμηλών εκπομπών άνθρακα, συμπεριλαμβανομένων των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Böhlinger et al., 2010). Εστιάζοντας στην αλληλεπίδραση των στόχων πολιτικής για το κλίμα και την ενέργεια, συγκεκριμένες πολιτικές ανανεώσιμης ενέργειας δεν θα ήταν μόνο περιττές, αλλά ενδεχομένως να οδηγούσαν στην αύξηση του κόστους μετριασμού της κλιματικής αλλαγής (Philbert, 2011).
- ο τομέας της ενέργειας θα παραμείνει ως η νούμερο ένα πηγή εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου. Οι στρατηγικές του 2020 και 2030 που θεσπίστηκαν στην ΕΕ πιθανότατα θα επιτύχουν τα αποτελέσματα που φιλοδοξούν. Δεν επαρκούν όμως από μόνα τους και δεν προσφέρουν καμία εγγύηση ότι θα επιτευχθεί ο στόχος της ΕΕ για μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 80-95% έως το 2050. Η άμεση μείωση των εκπομπών CO₂, καθοδηγούμενη από την προγενέστερη ανάπτυξη των ΑΠΕ,

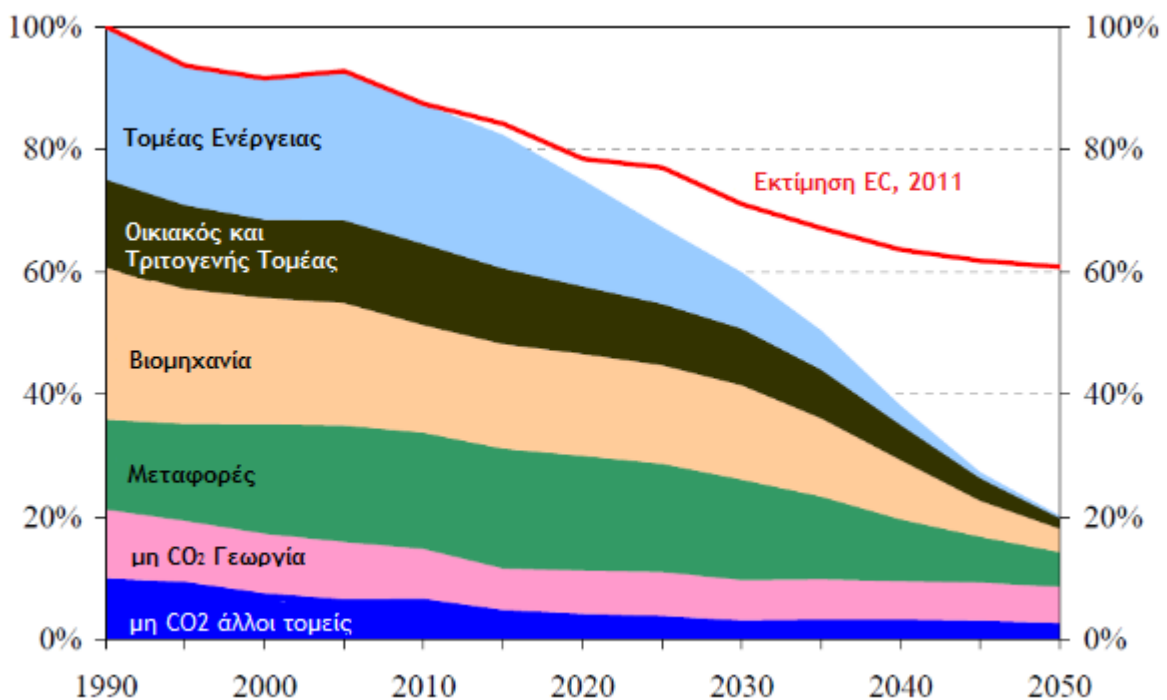
μπορεί σήμερα να κοστίζει περισσότερο από ό, τι άλλες επιλογές, αλλά θα μειώσει μελλοντικά το κόστος του μετριασμού της κλιματικής αλλαγής (IEA, 2011). Ο κίνδυνος της μη επάρκειας ορισμένων επιλογών μετριασμού θα πρέπει να παρακινήσει τους φορείς χάραξης πολιτικής να εξετάσουν τις επιλογές υψηλού κόστους, που αποτελεσματικώς παρέχουν ασφάλεια απέναντι σε μια επιζήμια κλιματική αλλαγή. Η ανάπτυξη των ΑΠΕ δεν είναι αυτοσκοπός, αλλά ένα μέσο για να απαλλάξει την οικονομία από τους υδρογονάνθρακες, τη στιγμή που ο παγκόσμιος ανταγωνισμός για την παροχή ενέργειας αυξάνεται διαρκώς (Colas, 2014).

- αλληπάλληλες αποτυχίες έχουν οδηγήσει σε σημαντικές εθνικές παρεμβάσεις σε ρυθμιστικό και πολιτικό επίπεδο σε πολλά τμήματα της εσωτερικής αγοράς ενέργειας, υπονομεύοντας και καθιστώντας ολοένα και μικρότερο το ρόλο της (SWD/2013/439). Η απελευθέρωση των αγορών ηλεκτρικής ενέργειας και η αύξηση της διείσδυσής τους σε μια εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας δημιουργούν προκλήσεις για την εξασφάλιση της επάρκειας παραγωγής (Van den Bossche et al., 2015; SWD/2013/438). Όπως ανέφερε η Επιτροπή στην Ανακοίνωση της για την εσωτερική λειτουργία της αγοράς ενέργειας, δεδομένης της ανάπτυξης μιας ανταγωνιστικής εσωτερικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας με πολλούς παραγωγούς και αδέσμευτους διαχειριστές δικτύων, καμία ενιαία οντότητα δε μπορεί πλέον να εξασφαλίσει την αξιοπιστία του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας από μόνη της (SWD/2013/438, Τελικό).
- το αυξανόμενο μερίδιο των ΑΠΕ στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας (μη-κατανεμημένες ΑΠΕ για ένταξη στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας και επιπτώσεις του αμελητέου μεταβλητού κόστους των μηχανισμών ενέργειας). Οι μηχανισμοί δυναμικότητας καταδεικνύουν πως η έλλειψη συντονισμού μεταξύ των εθνικών ενεργειακών πολιτικών στην Ευρώπη ενδέχεται να είναι αντιπαραγωγική, δεδομένου ότι μπορεί να αυξηθεί το συνολικό κόστος της πολιτικής (Hood, 2011). Αρκετές χώρες της ΕΕ επικεντρώνονται στον σχεδιασμό των μηχανισμών δυναμικότητας για να αντισταθμιστούν τα αποθέματα αέργου παραγωγής, σε μια προσπάθεια να εξασφαλιστεί παροχή ηλεκτρικού ρεύματος. Τέτοιοι μηχανισμοί διακινδυνεύουν τη δημιουργία ένα συνονθυλεύματος εθνικών μέτρων πολιτικής που υπονομεύουν την ολοκλήρωση της αγοράς και τη σχετική εξοικονόμηση κόστους (Acke, 2014). Τα αποκλίνοντα εθνικά καθεστώτα θα είναι επιζήμια για τους μακροπρόθεσμους στόχους της κοινής Ευρωπαϊκής Ενεργειακής Στρατηγικής (Stetter, 2014).

Η μεγαλύτερη μακροπρόθεσμη πρόκληση σε επίπεδο ΕΕ είναι ο βιώσιμος μετασχηματισμός του ενεργειακού συστήματος (Venter, 2014). Γίνεται όλο και πιο σαφές ότι ένα ενεργειακό σύστημα απαλλαγμένο από CO₂ θα αλλάξει ριζικά την αλληλεπίδραση μεταξύ των καταναλωτών, των παραγωγών, των παροχών υποδομών και των υπηρεσιών παροχής υποστήριξης. Οι μεγαλύτερες μειώσεις των εκπομπών μπορούν να γίνουν στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία εκτιμάται πως θα είναι σχεδόν “απαλλαγμένη από άνθρακα” έως το 2050. Η βιομηχανία θα απαλλαγεί από υδρογονάνθρακες ελαφρώς λιγότερο σε σύγκριση με το σύνολο της οικονομίας σε μεσοπρόθεσμη βάση, αλλά θα είναι σε θέση να επιτύχει σημαντικές περαιτέρω μειώσεις μέχρι το 2050, κυρίως λόγω της γενικής εφαρμογής μετά το 2030 της δέσμευσης διοξειδίου του άνθρακα και της τεχνολογία αποθήκευσης άνθρακα (2009/31/EC) σε βιομηχανικές διαδικασίες, σε περιπτώσεις που οι εκπομπές δεν μπορούν να μειωθούν με άλλους τρόπους.

Μέλημα της ΕΕ είναι η θέσπιση εκείνων των πολιτικών για το κλίμα, συμβάλλοντας στη διατήρηση της μέσης παγκόσμιας αύξησης της θερμοκρασίας κάτω από τους 2°C, σε

σύγκριση με τα προβιομηχανικά επίπεδα. Ο “Χάρτης Πορείας για μια οικονομία χαμηλών επιπέδων εκπομπών άνθρακα 2050” (COM/2011/112, Τελικό) δείχνει μέσω μιας συνολικής οικονομικής μοντελοποίησης και ανάλυσης σεναρίων, ότι η ΕΕ θα πρέπει να προετοιμαστεί για τη μετάβαση προς μια ανταγωνιστική οικονομία, μειώνοντας τις εγχώριες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, σύμφωνα με το στόχο του 80-95% έως το 2050 σε σύγκριση με το 1990. Η επιδίωξη αυτή αξιολογείται σε συνάρτηση με τη συνεχή αύξηση του πληθυσμού, την αύξηση του παγκόσμιου πλούτου και τις ποικίλες παγκόσμιες τάσεις όσον αφορά τη δράση για το κλίμα, την ενέργεια και την τεχνολογική ανάπτυξη. Εκτός από τις αβεβαιότητες που σχετίζονται με μακροπρόθεσμες προβλέψεις, ο συνολικός χαρακτήρας του εγχειρήματος που επιχειρείται καθιστά τα αποτελέσματα αισιόδοξα, συμπεριλαμβανομένης της ενσωμάτωσης ενός ευρέος φάσματος πιθανών μελλοντικών εναλλακτικών.



Σχήμα 7: Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην ΕΕ προς μία εγχώρια μείωση 80% (όπου το 10% αντιστοιχεί στα επίπεδα του 1990)

Εστιάζοντας στις εγχώριες μειώσεις, αποτυπώνεται η προσδοκία ότι η προσφορά φθηνών διεθνών πιστώσεων για την αντιστάθμιση των εκπομπών είναι πιθανό να συρρικνωθεί έως τα μέσα του αιώνα, εάν όλες οι χώρες λάβουν περισσότερα μέτρα κατά της κλιματικής αλλαγής. Ο οικονομικά αποδοτικός δρόμος για 80% “εγχώρια” μείωση το 2050 προτρέπει σε περικοπές κατά 25% το 2020, 40% το 2030 και 60% το 2040 (σε σύγκριση με το 1990), αποκλειστικά μέσω εγχώριας δράσης (COM/2011/112, Τελικό). Ο δρόμος αυτός απαιτεί ετήσια μείωση των εκπομπών (σε σύγκριση με το 1990) ύψους περίπου 1 ποσοστιαίας μονάδας κατά τη δεκαετία μέχρι το 2020, 1,5 ποσοστιαίες μονάδες κατά τη δεκαετία μέχρι το 2030 και κατά 2 ποσοστιαίες μονάδες στις υπόλοιπες δύο δεκαετίες έως το 2050, για να διατηρηθεί η μέση αύξηση της θερμοκρασίας σε επίπεδα κάτω των 2° C.

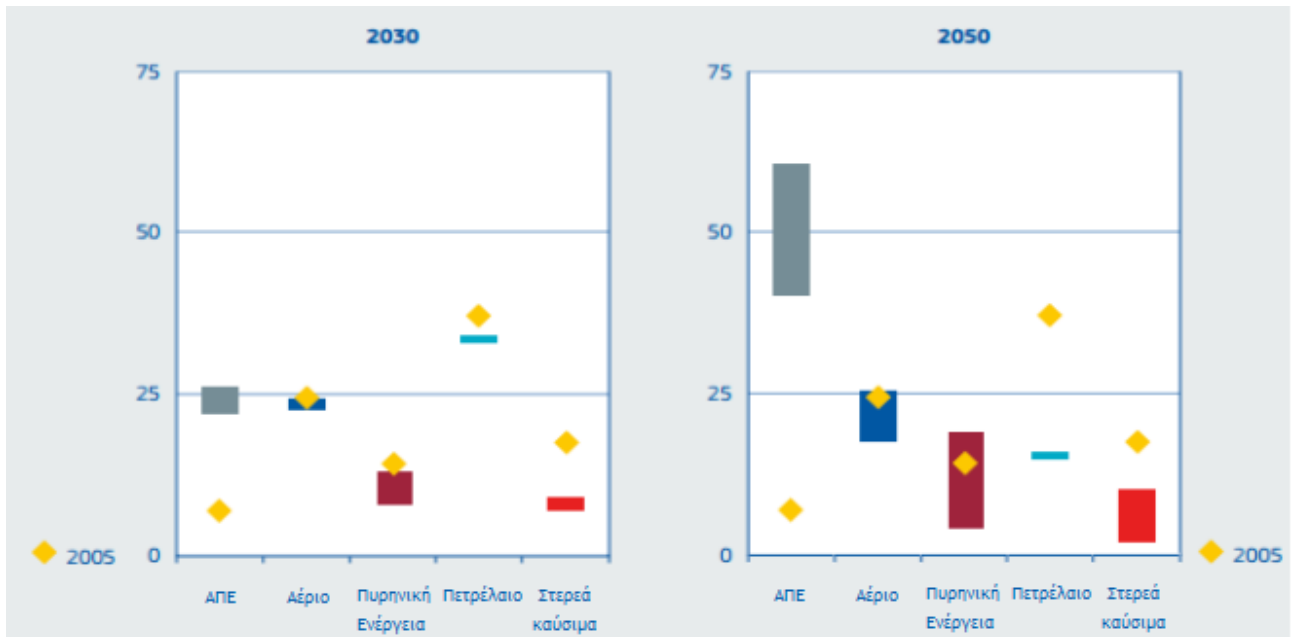
Σύμφωνα με την ανάλυση του Χάρτη Πορείας (Ea Energy Analyses, 2012), όσον αφορά την οικονομική του προέκταση, η επίτευξη μείωσης των εκπομπών κατά 80% έως το 2050 θα απαιτήσει πρόσθετες ετήσιες επενδύσεις κατά μέσο όρο 1,5% του ΑΕΠ στην ΕΕ (270 δις.

Ευρώ) για τα επόμενα 40 χρόνια, δεδομένων των σημερινών συνολικών επενδύσεων της τάξης του 19% του ΑΕΠ. Αυτή η επιπλέον δαπάνη απλώς θα επιστρέψει τις συνολικές επενδύσεις σε επίπεδα που είχαν παρατηρηθεί πριν από την οικονομική κρίση. Δεν πρόκειται για ένα αναπόσβεστο κόστος για την οικονομία ή μια μείωση του ΑΕΠ, αλλά μια πρόσθετη επένδυση στην εγχώρια οικονομία της Ευρώπης.

Η Επιτροπή ακολουθεί μια προσέγγιση βασισμένη στην αγορά με προεκτάσεις “ουδέτερης τεχνολογίας”, αναμένοντας παράλληλα μια ευρωπαϊκή προσέγγιση για την αύξηση της ανταγωνιστικότητας και την ενίσχυση της ενεργειακής ασφάλειας. Συνεπώς ο Χάρτης Πορείας ανταποκρίνεται στους μακροπρόθεσμους επενδυτικούς κύκλους των υποδομών ενέργειας, αποσκοπώντας να προσφέρει ασφάλεια προγραμματισμού για τις επενδύσεις, ιδίως για τις περιπτώσεις αντικατάστασης πολλών υποδομών κατά την επόμενη δεκαετία, ενώ προτρέπει για άμεσες επενδύσεις σε εναλλακτικές λύσεις χαμηλών εκπομπών άνθρακα για την αποφυγή δαπανηρών αλλαγών στο μέλλον.

Οι κατευθύνσεις που ορίζονται στον ενεργειακό Χάρτη Πορείας συνδυάζονται με διαφορετικούς τρόπους για τη δημιουργία και ανάλυση επτά πιθανών σεναρίων για το 2050 (COM/2011/0885). Τα σενάρια απεξάρτησης από τον άνθρακα στον τομέα της ενέργειας που προτείνονται (Σχήμα 8), υποδεικνύουν ένα μερίδιο ΑΠΕ σε ποσοστό τουλάχιστον 30% έως το 2030 επί της ακαθάριστης τελικής κατανάλωσης ενέργειας. Υποστηρίζεται πως η απεξάρτηση του ενεργειακού συστήματος από τη χρήση άνθρακα είναι τεχνικώς και οικονομικώς εφικτή, και συνεπώς όλα τα σενάρια που επιτυγχάνουν το στόχο μείωσης των εκπομπών θα είναι φθηνότερα από ό,τι η συνέχιση των σημερινών πολιτικών σε μακροπρόθεσμη βάση. Επιπλέον, η αύξηση του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και της πιο αποδοτικής χρήσης της ενέργειας είναι ζωτικής σημασίας, ανεξάρτητα από το ενεργειακό μείγμα που θα επιλεγεί (IEA, 2012).

Ακολούθως, βάσει των στόχων που έχουν συσταθεί στην πρόταση της “Ενεργειακής Ένωσης” (COM/2015/080), το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο αποδέχθηκε στις 19 Μαρτίου 2015 τη Στρατηγική-πλαίσιο της Επιτροπής (EC, 2015), ανοίγοντας το δρόμο για να καταστεί δυνατή τόσο η θεμελιώδης αναδιαμόρφωση της ευρωπαϊκής πολιτικής για την ενέργεια και το κλίμα, όσο η απρόσκοπτη συνέχιση της υπάρχουσας πολιτικής (Zachmann, 2015). Το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο έχει δεσμευθεί για την παρακολούθηση όλων των στοιχείων του πλαισίου για την ενέργεια της ΕΕ, συνεχίζοντας να δίνει στρατηγικές κατευθύνσεις και να ζητά από την Επιτροπή τη διατήρηση του τακτικού διαλόγου με τους εμπλεκόμενους φορείς. Αυτά αποτέλεσαν τις τρεις βασικές προϋποθέσεις για την πραγματοποίηση της μελλοντικής προόδου προς μια κοινή ευρωπαϊκή ενεργειακή πολιτική.



Σχήμα 8: Σενάρια απεξάρτησης από CO₂ και φάσμα μεριδίων των καυσίμων στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας 2030-2050, σε σχέση με το 2005(%) (EC, 2012)

Η Στρατηγική της Ενεργειακής Ένωσης συμβάλει σε μια θεμελιώδη αναθεώρηση της ενεργειακής απόδοσης, για τη διαχείρισή της ως αυτόνομη πηγή ενέργειας, αντιπροσωπεύοντας την αξία της εξοικονομούμενης ενέργειας (COM/2015/574, Τελικό). Εστιάζοντας στην ενεργειακή απόδοση ως μέσο μετριασμού της ζήτησης ενέργειας, δρομολογούνται στόχοι ασφάλειας του εφοδιασμού, ανταγωνιστικότητας και βιωσιμότητας, έχοντας ως αποτέλεσμα την εξοικονόμηση κόστους για τους καταναλωτές και τη βιομηχανία, προς την απεξάρτηση του ενεργειακού μείγματος της ΕΕ από τον άνθρακα. Η Ενεργειακή Ένωση παρουσιάζει βασικά δομικά στοιχεία για την εφαρμογή ενός μηχανισμού που οδηγεί σε πιο προβλέψιμες, διαφανείς και σταθερές πολιτικές. Αξιολογεί την πρόοδο σε επίπεδο ΕΕ ως ένα διαφανές σύστημα παρακολούθησης, εξετάζοντας τις υποχρεώσεις του σχεδιασμού και της υποβολής αναφορών στο πλαίσιο μιας περιφερειακής συνεργασίας. Η καθοδήγηση σχετικά με τα ολοκληρωμένα εθνικά σχέδια ενέργειας και κλίματος αποτελεί τη βάση για τα Κράτη Μέλη ώστε να αρχίσουν να αναπτύσσουν ολοκληρωμένα εθνικά σχέδια ενέργειας και κλίματος για την περίοδο 2021 έως 2030.

Για να διατηρηθεί αυτή η δυναμική, η πρώτη αξιολόγηση κατάστασης της Ενεργειακής Ένωσης προβαίνει στην ανάλυση της προόδου κατά τη διάρκεια των τελευταίων εννέα μηνών από τη δημιουργία της και επισημαίνει βασικά θέματα που απαιτούν ειδική πολιτική προσοχή το 2016, ένα έτος καθοριστικό για την εφαρμογή της Ενεργειακής Ένωσης. Η Στρατηγική Ενεργειακής Ένωσης επιβεβαίωσε το στόχο ενεργειακής απόδοσης κατά 20% έως το 2020, πράγμα που σημαίνει λιγότερο από 1086 εκατ. ΤΙΠ (Τόνος Ισοδύναμου Πετρελαίου) τελικής κατανάλωσης ενέργειας ή λιγότερο από 1483 εκατ. ΤΙΠ πρωτογενούς κατανάλωσης ενέργειας. Αυτή είναι η βάση για την επίτευξη προόδου προς τη μείωση τουλάχιστον 27% έως το 2030 για την επανεξέταση από το 2020, έχοντας κατά νου ένα ποσοστό 30%.

Η ευρωπαϊκή ενεργειακή πολιτική και η Ενεργειακή Ένωση δεν πρέπει ωστόσο να συγχέονται, αλλά ούτε και να συγκρίνονται βάσει των ίδιων διαδικασιών, στόχων και επιτευγμάτων (Andoura et al., 2015). Η ευρωπαϊκή ενεργειακή πολιτική καλείται να αντιμετωπίσει βραχυπρόθεσμα τις σημερινές ελλείψεις των ενεργειακών συστημάτων και

των αγορών ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Η Ενεργειακή Ένωση είναι ένα μακροπρόθεσμο σχέδιο για μακροπρόθεσμα αποτελέσματα γύρω από τη μετάβαση προς μια οικονομία χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Η απαιτούμενη εξέλιξη της ευρωπαϊκής ενεργειακής πολιτικής στην Ενεργειακή Ένωση δεν αποτελεί θέμα αρμοδιοτήτων (Delors Inst., 2015). Υποθέτοντας με βεβαιότητα ότι οι τιμές του πετρελαίου θα παραμείνουν εξαιρετικά ευμετάβλητες τα επόμενα χρόνια και ότι η θερμοκρασία της γης θα συνεχίσει να αυξάνεται (Caniete, 2015), σε συνδυασμό με την πτώση του κόστους των καθαρότερων μορφών ενέργειας, το περιεχόμενο που προτείνεται από την Ενεργειακή Ένωση προκύπτει από μια ισχυρή πολιτική, ούτε ρεαλιστική αλλά ούτε και ανέφικτη (Andoura et al., 2015; COM/2015/080, Τελικό).

Καθώς οι επιπτώσεις των πολιτικών και των μέτρων απαιτούν συνήθως πολύ χρόνο για να υλοποιηθούν (π.χ. αύξηση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων), η μακροχρόνια δράση απαιτείται άμεσα και δεν θα πρέπει να καθυστερήσει (EEA, 2015). Ενώ τα Κράτη Μέλη έχουν την τάση να δίνουν προτεραιότητα σε μέτρα άμβλυνσης του χαμηλού κόστους, θα πρέπει επίσης να λαμβάνουν υπόψη τους μακροπρόθεσμους περιορισμούς μέσω της εφαρμογής άλλων μέτρων, που κατά βάση αναβλήθηκαν λόγω του υψηλού τρέχοντος κόστους ή άλλου είδους δυσκολιών που σχετίζονται με την εφαρμογή τους (EEA, 2015). Με βάση τα όσα έχουν ήδη επιτευχθεί, η ΕΕ θα πρέπει να αρχίσει να εργάζεται άμεσα πάνω σε κατάλληλες στρατηγικές για να κινηθεί προς αυτή την κατεύθυνση, και να βοηθήσει τα Κράτη Μέλη της μέσω της συλλογής τομεακών στοιχείων από την εθνική εφαρμογή του Χάρτη Πορείας. Η Επιτροπή θα είναι επίσης διατεθειμένη να παρέχει τα απαραίτητα εργαλεία και τις πολιτικές.

Με έμφαση στην επίτευξη των στόχων το 2030, η Επιτροπή θα αξιολογήσει το 2016 το πώς μπορεί να βελτιωθεί περαιτέρω το πλαίσιο της ενεργειακής απόδοσης, με γνώμονα τη σημαντική συμβολή της Οδηγίας για την Ενεργειακή Απόδοση (COM/2015/574, Τελικό). Ο έλεγχος αυτός θα βοηθήσει όλους τους εμπλεκόμενους φορείς (εθνικές κυβερνήσεις, περιφέρειες, τοπικές αρχές, εταιρείες ενεργειακής απόδοσης, χρηματοπιστωτικά ιδρύματα, καταναλωτές, κ.α.) προς την μακροπρόθεσμη εκμετάλλευση του δυναμικού από την εξοικονόμηση ενέργειας, με έμφαση στους κλιματικούς και ενεργειακούς στόχους για το 2030 και το 2050. Η ΕΕ θα πρέπει παρέχει περισσότερα κίνητρα, όπως το ΣΕΔΕ, για επενδύσεις χαμηλών εκπομπών άνθρακα. Ο ενδεικτικός στόχος σε επίπεδο ΕΕ για βελτίωση τουλάχιστον 27% της ενεργειακής απόδοσης έως το 2030 θα επανεξεταστεί από το 2020, διαβλέποντας ένα επίπεδο της τάξεως του 30%.

Υπό αυτό το πρίσμα, η Ενεργειακή Ένωση τόνισε την ανάγκη ριζικής επανεξέτασης της ενεργειακής απόδοσης, αντιπροσωπεύοντας την αξία της ενέργειας που εξοικονομείται (Boot, 2015). Η ανάπτυξη των πολιτικών και η εφαρμογή τους θα πρέπει επίσης να ακολουθούν τις περιφερειακές προσεγγίσεις, οι οποίες λαμβάνουν υπόψη εμπορικά και φυσικά τις διασυνδεδεμένες αγορές. Μια νέα προσέγγιση θα μπορούσε να είναι η μεταρρύθμιση του Πλαισίου για την Ενέργεια και το Κλίμα του 2030 βάσει αυτών των περιφερειακών απαιτήσεων. Η Επιτροπή θα συνεχίσει να παρακολουθεί στενά την πρόοδο των Κρατών Μελών στην κατεύθυνση των ενδεικτικών εθνικών τους στόχων ενεργειακής απόδοσης για το 2020 και την εφαρμογή της Οδηγίας Ανανεώσιμης Ενέργειας, και να αναβαθμίσει τις εκτιμήσεις της σε ετήσια βάση, στο πλαίσιο της Ενεργειακής Ένωσης.

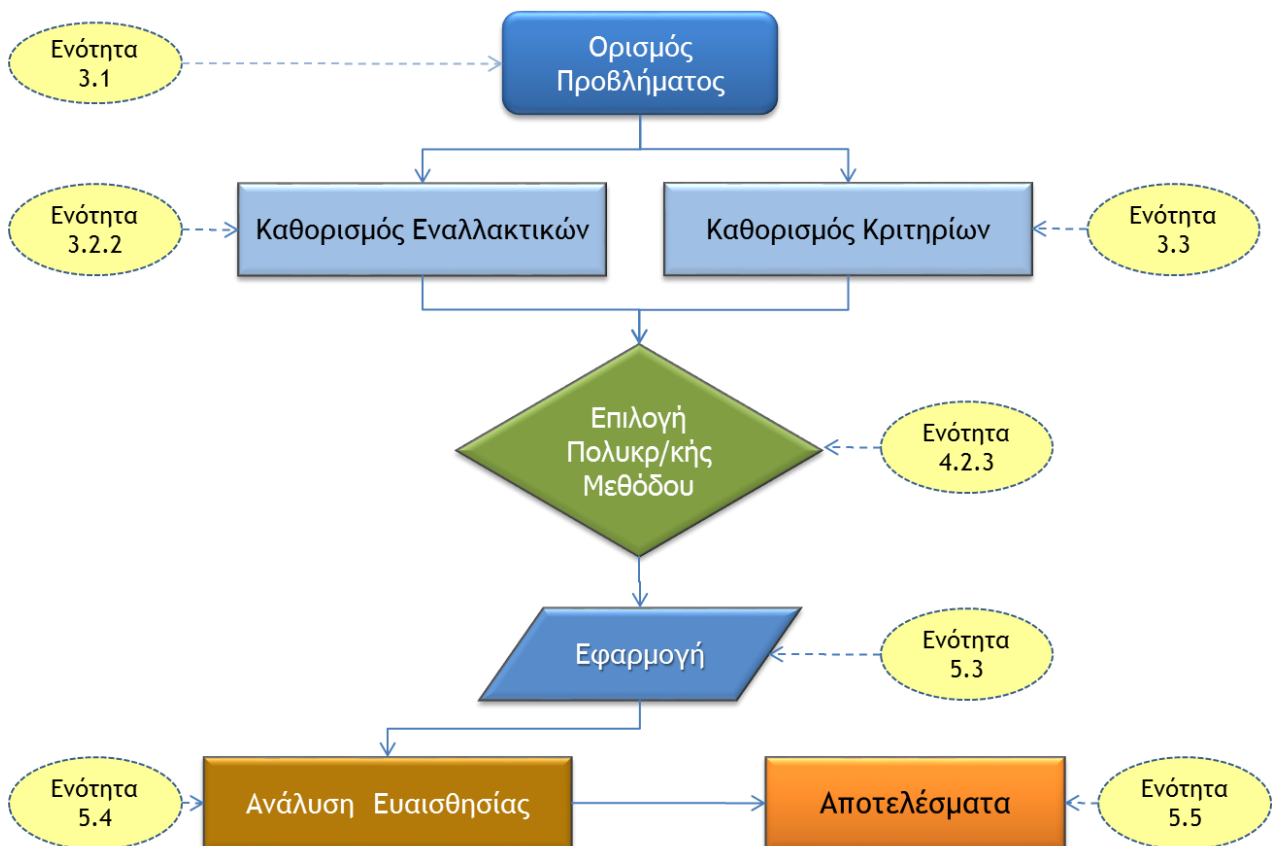
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Προτεινόμενη Μεθοδολογία

3 Προτεινόμενη Μεθοδολογία

Στο κεφάλαιο αυτό θα ακολουθήσει ανασκόπηση του υπάρχοντος ενεργειακού τοπίου, καταγραφή των σύγχρονων προκλήσεων που συνεπάγονται της εξασφάλισης 27% των ΑΠΕ επί της ακαθάριστης τελικής καταναλισκόμενης ενέργειας σε επίπεδο ΕΕ έως το 2030, αλλά και καθορισμός των υποχρεώσεων για τα Κράτη Μέλη καθόλα τα στάδια θέσπισης στόχων και υλοποίησης των πολιτικών ενέργειας. Επίσης, καταγράφονται εναλλακτικά στρατηγικά σενάρια και κριτήρια αξιολόγησης, ως μέσα για την επιτυχή τήρηση του συμφωνηθέντος πανευρωπαϊκού πλαισίου ενέργειας. Επιλέγεται η καταλληλότερη, εν προκειμένω, πολυκριτηριακή μέθοδος για την εύστοχη αξιολόγηση και κατάταξη των εναλλακτικών βάσει των αποδόσεων τους. Παράλληλα, πραγματοποιείται και ανάλυση ευαισθησίας για τη διαχείριση της αβεβαιότητας του μοντέλου που αναπτύχθηκε. Από την τελική βαθμονόμηση εξάγονται συμπεράσματα σχετικά με την εύρεση του βέλτιστου σεναρίου πολιτικής για την επίτευξη του στόχου ΑΠΕ της ΕΕ ως το 2030. Γίνεται επίσης αναφορά στην υποστηρικτική αξία της ευρωπαϊκής πρωτοβουλίας “towards2030-dialogue”, ενώ προτείνονται δράσεις για την μελλοντική υποστήριξη της διαδικασίας σχεδιασμού πολιτικών και καθορισμού στόχων.

Στο Σχήμα 9 απεικονίζεται η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε για την εξακρίβωση της αποτελεσματικότητας εφαρμογής διαφορετικών στρατηγικών σεναρίων επίτευξης στόχου ΑΠΕ στην ΕΕ για το 2030.



Σχήμα 9: Προτεινόμενη μεθοδολογία για την αντιμετώπιση του προβλήματος

3.1 Ορισμός του προβλήματος

Η εφαρμογή της Οδηγίας για τις ΑΠΕ του 2020 ήταν αυτή που συνέβαλε αρχικά στη δημιουργία εύφορου επενδυτικού κλίματος απέναντι στις τεχνολογίες ΑΠΕ, με μακροπρόθεσμες δεσμεύσεις για την ανανεώσιμη ενέργεια σε συλλογικό επίπεδο, και με γνώμονα την ανάπτυξη της αγοράς ενέργειας για την περίοδο πέραν του 2020 (Wyns et al., 2014). Στη συνέχεια σχηματίστηκε το Πλαίσιο Κλίματος και Ενέργειας 2030, αναθεωρώντας την Οδηγία Ενεργειακής Απόδοσης (2012/27/EU), δίνοντας έμφαση στη σημασία της ταχείας ανάπτυξης των βασικών στοιχείων του πλαισίου και προσβλέποντας σε τρόπους συμβολής στην ενεργειακή αποδοτικότητα (Gaventa, 2013). Η σημασία της Διάσκεψης Κορυφής του ΟΗΕ για το Κλίμα τον Σεπτέμβριο του 2014 επιβεβαιώνει ότι ο συγκεκριμένος στόχος της ΕΕ του 2030 για μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου είναι πλήρως εναρμονισμένος με το συμφωνημένο φιλόδοξο στόχο της ΕΕ για το 2050, βάσει του ενεργειακού χάρτη πορείας 2050 και της Λευκής Βίβλου για τις μεταφορές (Ecofys, 2013). Προκειμένου να γίνει διαχείριση του δεσμευτικού στόχου σε επίπεδο ΕΕ με ορίζοντα το 2030, ιδρύθηκε ένα πλαίσιο στρατηγικής για μια ευέλικτη Ενεργειακή Ένωση με μια προνοητική πολιτική για την κλιματική αλλαγή, σύμφωνα με την ανακοίνωση που εκδόθηκε το Φεβρουάριο του 2015 στο Παρίσι (COP21; Lang et al., 2015).

Πρωταρχικός στόχος της ΕΕ και των φορέων χάραξης πολιτικής αποτελεί η υποστήριξη του στόχου ΑΠΕ για αποτελεσματική και αποδοτική εξασφάλιση του ποσοστού 27% επί της ακαθάριστης τελικής καταναλισκόμενης ενέργειας σε επίπεδο ΕΕ, βραχυπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα και, ιδίως, σε ένα χρονικό ορίζοντα έως το 2030 (Pedraza, 2015). Επιχειρείται, συνεπώς, διερεύνηση των συνθηκών κάτω από τις οποίες θα εφαρμοστεί το Πλαίσιο Ενέργειας και Κλίματος 2030, δεδομένης της ύπαρξης του δεσμευτικού στόχου ΑΠΕ σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Το νέο σύστημα διακυβέρνησης που προτάθηκε από την ΕΕ, μαζί με τους στόχους για το 2030, διαπραγματεύεται το βαθμό ελευθερίας των Κρατών Μελών ως προς τον αυτόβουλο καθορισμό του ενεργειακού τους μείγματος, τους εθνικούς τους στόχους και το νομοθετικό τους πλαίσιο, δημιουργώντας πρόσφορο έδαφος για την ενίσχυση της ανάπτυξης των ΑΠΕ σε συλλογικό επίπεδο (Rusche, 2015). Ωστόσο, παραμένει ενεργό ζήτημα πώς θα αντιμετωπιστεί η ασάφεια γύρω από τις προεκτάσεις που λαμβάνει η εδραίωση ενός τέτοιου μηχανισμού διακυβέρνησης και πώς μπορεί να εγγυηθεί τη συμμόρφωση με τον πανευρωπαϊκό στόχο για τις ΑΠΕ (Wyns et al., 2014).

Καίρια ερωτήματα, όπως ο τρόπος επιμερισμού του συνολικού στόχου σε Κράτη Μέλη ή σε περιφέρειες αυτών, αλλά και η δεσμευτικότητα του πανευρωπαϊκού στόχου, συνθέτουν τον πυρήνα των συζητήσεων γύρω από το ενεργειακό τοπίο, για την περαιτέρω διεξόδυση των ΑΠΕ στο ευρωπαϊκό ενεργειακό ισοζύγιο και την εξασφάλιση της βιωσιμότητας του πλαισίου κλίματος και ενέργειας πέραν του 2020 (Wyns et al., 2014). Εφόσον ο ευρωπαϊκός στόχος για τις ΑΠΕ δεν θα πρέπει να αναλύεται σε νομικά δεσμευτικούς εθνικούς στόχους (COM/2014/015, Τελικό), κάθε Κράτος Μέλος θα πρέπει να προβεί στη λήψη σαφών και φιλόδοξων δεσμεύσεων, ως συνάρτηση ενός στέρεου πλαισίου διακυβέρνησης (COM/2015/80, Τελικό). Για το σκοπό αυτό, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προχώρησε στην καθιέρωση ποσοτικών δεικτών, όπως τα δημόσια σημεία αναφοράς, και ερευνά τρόπους αποδοτικής αξιοποίησης τους για την αξιολόγηση των εθνικών ενεργειακών σχεδίων, στην προσπάθεια εξασφάλισης επαρκούς αθροίσματος αυτών των δεσμεύσεων για την επίτευξη του συνολικού ευρωπαϊκού στόχου, ως μέρος του μηχανισμού διακυβέρνησης της Ενεργειακής Ένωσης (Zehetner et al., 2015).

Η πρακτική εμπειρία δείχνει ότι η ύπαρξη σταθερών στόχων ανά τομείς μπορεί να συμβάλει

σημαντικά στη δημιουργία μιας πιο σταθερής πολιτικής και επενδυτικού πλαισίου και συνεπώς μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα της πολιτικής (OECD, 2005). Τόσο η οικονομική θεωρία όσο και η εμπειρία καταδεικνύουν τα σημαντικά εμπόδια και τους φραγμούς της αγοράς που περιορίζουν την ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Johansson et al., 2012), υποδεικνύοντας τη θέσπιση ειδικών μέτρων πολιτικής για την ενθάρρυνση της ανάπτυξης, παράλληλα με την παροχή καθοδήγησης και ενθάρρυνσης των επαρκώς φιλόδοξων δεσμεύσεων των Κρατών Μελών της ΕΕ (Held et al., 2014).

Μέσα από την αξιολόγηση εναλλακτικών πολιτικών σεναρίων για τον επιμερισμό του στόχου μεταξύ των Κρατών Μελών της ΕΕ, που σχετίζεται με τη διείσδυση των ΑΠΕ στην ΕΕ έως το 2030, καθορίζονται οι στόχοι για τις ΑΠΕ και διαμορφώνεται το μελλοντικό χαρτοφυλάκιο πολιτικής (Ragwitz, 2014; Held et al., 2014), ενώ εξάγονται συμπεράσματα για την εξακρίβωση της αποτελεσματικότητας της εφαρμογής τους. Η ολοένα και αυξανόμενη ανάγκη υποστήριξης της ευρωπαϊκής ενεργειακής πολιτικής προϋποθέτει πλήρη αντιστοιχία του μελλοντικού ευρωπαϊκού θεσμικού κύκλου με τις ανάγκες των Κρατών Μελών της και συλλήβδην τις ανάγκες ενεργειακής πολιτικής της ΕΕ (Skillings, 2015). Απαιτείται ανάπτυξη που θα αντικατοπτρίζει ένα κοινό όραμα και μια συλλογική προσέγγιση για την κατασκευή μιας ανθρωποκεντρικής και βιώσιμης Ένωσης (Andouga et al., 2015).

3.2 Καθορισμός Εναλλακτικών Δράσεων

3.2.1 Καθορισμός των Στόχων

Οι στόχοι παρέχουν βεβαιότητα για μια πολιτική, γεγονός που είναι χρήσιμο για μακροπρόθεσμες επενδύσεις και τον προγραμματισμό, και κατ' ουσίαν θα πρέπει να συνεχίζουν να υφίστανται σε περιόδους κρίσης (Boute, 2015). Είναι επίσης σημαντικοί για τους καταναλωτές, ενώ οι πολιτικοί εκπρόσωποι μπορούν να τους χρησιμοποιήσουν ως εργαλείο παρουσίασης επιτευγμάτων (Baumol et al., 2007). Συνεπάγεται ένας επαναπροσανατολισμός των στρατηγικών ενεργειακού μίγματος και της ενεργειακής απόδοσης των Κρατών Μελών κατά τρόπο που να διατηρείται η εθνική κυριαρχία, ενώ θα πρέπει να είναι συμπληρωματικοί με τους στόχους των γειτόνων και να συγκλίνουν σε συμφωνημένους στόχους σε επίπεδο ΕΕ (Nafta, 2005). Οι στόχοι μπορούν να έχουν μια σειρά από θετικές λειτουργίες στα διαφορετικά στάδια της διαδικασίας χάραξης πολιτικής, όπως στο σχεδιασμό, την εφαρμογή, την παρακολούθηση και την αξιολόγηση. Εξυπηρετούν μία σημαντική καθοδηγητική και επιμορφωτική λειτουργία στο στάδιο της διαμόρφωσης της πολιτικής, όπου μπορούν να φέρουν συνοχή μεταξύ των διαφόρων τομέων πολιτικής (Moran et al., 2008) και να αναδείξουν απαιτήσεις δεδομένων και αποκλίσεις (Schmeisser et al., 2010). Μπορούν επίσης να ενισχύσουν τη διαφάνεια της διαδικασίας χάραξης πολιτικής, παρέχοντας μια κοινή βάση πληροφοριών σε όλους τους εμπλεκόμενους φορείς, δημιουργώντας ένα υψηλό επίπεδο ευθύνης και ενισχύοντας έτσι τη δημόσια στήριξη (Markowski et al., 2010).

Πιο συγκεκριμένα, οι στόχοι ΑΠΕ έχουν αναδειχθεί ως ένας δημοφιλής μηχανισμός για τον καθορισμό εθνικών και περιφερειακών οικονομιών, στην πορεία προς ένα πιο ασφαλές ενεργειακό μέλλον (Rubino et al., 2015). Δεδομένου ότι το πλαίσιο για το κλίμα και την ενέργεια ορίζεται ως καθοδηγούμενο από στόχους, ο ρόλος τους στο παγκόσμιο ενεργειακό τοπίο είναι καθοριστικός, παρέχοντας μια επισκόπηση των τάσεων των ανανεώσιμων

πηγών ενέργειας και υποδεικνύοντας πορείες ανάπτυξης, έτσι ώστε να εδραιωθούν οι μεσοπρόθεσμες και οι μακροπρόθεσμες προσδοκίες (Fräss-Ehrfeld, 2009). Οι στόχοι ανανεώσιμων πηγών ενέργειας συμβάλουν στην ανάπτυξη ενός σαφέστερου οράματος για την ανάπτυξη του ενεργειακού τομέα και επιτρέπουν στους εμπλεκόμενους να διαθέσουν πόρους περισσότερο αποτελεσματικά (Häder et al., 2005). Στο στάδιο της υλοποίησης πολιτικής, οι στόχοι σηματοδοτούν τις πολιτικές δεσμεύσεις (Watkins, 2000), υποδεικνύουν μακροπρόθεσμες επενδύσεις και τάσεις καινοτομίας (Robinson, 2016), βελτιώνουν το συντονισμό (Kriener et al., 2015) και παρακινούν τους εμπλεκόμενους φορείς να αναλάβουν δράση (Suntook et al., 2010). Κατά το στάδιο της παρακολούθησης και αξιολόγησης, οι στόχοι μπορούν να βοηθήσουν στη μέτρηση της αποτελεσματικότητας των διαφόρων μέτρων και πολιτικών, ενώ προσφέρουν μια ευκαιρία για επανεξέταση, προσαρμογή και συνεχή βελτίωση (IRENA, 2015). Οι διαφορετικοί τύποι των στόχων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αλληλεπιδρούν και συσχετίζονται, ανάλογα με το πόσο συγκεκριμένοι, μετρήσιμοι και δεσμευτικοί είναι (Moselle et al., 2010).

Το πεδίο εφαρμογής για τον καθορισμό στόχων σχετίζεται με το μερίδιο της ενεργειακής ζήτησης ως προς ένα σταθερό ποσό και γεωγραφικές αναλύσεις, οδεύοντας προς τον καθορισμό ενός ευρωπαϊκού στόχου ή το διαμοιρασμό των στόχων στα μεμονωμένα Κράτη Μέλη (Bothe et al., 2005). Ένα άλλο κρίσιμο ζήτημα είναι το επίπεδο φιλοδοξίας των ενδεχόμενων στόχων ΑΠΕ (Harrison, 2014; de Lovinfosse, 2008). Ωστόσο, κατά την εξέταση τομεακών ή ειδικών τεχνολογικών στόχων ΑΠΕ προκύπτει μια περαιτέρω διάκριση (Varone et al., 2004). Οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής μπορούν να καθορίσουν στόχους ως ποσοστό τελικής ενεργειακής κατανάλωσης ή ηλεκτρικής ενέργειας ή ως ένα σταθερό ποσό ανανεώσιμης ενέργειας που θα παρασχεθεί (Soares et al., 2010). Καθορίζοντας ένα στόχο ανανεώσιμης ενέργειας σε όρους ποσοστώσεων εισάγει μια αυξανόμενη υποχρέωση με την πάροδο του χρόνου, εφόσον ο στόχος πρέπει να παρακολουθεί τους ταχείς ρυθμούς αύξησης της ενεργειακής ζήτησης (Bang et al., 2015). Αντιθέτως, ο καθορισμός ενός στόχου σε απόλυτους αριθμούς καταδεικνύει τις αδυναμίες των απόλυτων στόχων ως προς την αντιμετώπιση της ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς συντάσσεται με μια συγκεκριμένη ποσότητα που πρέπει να παραχθεί ή να καταναλωθεί (IRENA, 2015).

Πίνακας 2: Η εξέλιξη των ευρωπαϊκών στόχων ανανεώσιμης ενέργειας (IRENA, 2015)

| Όνομα Οδηγίας | Πεδίο Εφαρμογής & χρονοδιάγραμμα | Στόχοι & Μονάδες | Νομική Υπόσταση | Αρ. Κρατών Μελών |
|---|----------------------------------|---|-----------------|--|
| Οδηγία 2001/77/EC σχετικά με την προώθηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ στην εσωτερική αγορά ενέργειας | Μερίδιο ηλεκτρισμού το 2010 | <ul style="list-style-type: none"> Ενδεικτικός στόχος 12% της ακαθάριστης εγχώριας κατανάλωσης ενέργειας έως το 2010 και 22.1% ηλεκτρισμού από ΑΠΕ επί της συν. κατανάλωσης ηλεκτρισμού της ΕΚ Ο στόχος 22.1% άλλαξε σε 21% με την είσοδο νέων Κρατών Μελών | Ενδεικτικοί | <ul style="list-style-type: none"> Αρχικά ΕΕ-15 ΕΕ-25 μετά την επέκταση του 2004 |

| | | | | |
|---|--|---|--|---|
| Οδηγία 2009/28/EC σχετικά με την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ΑΠΕ | Μερίδιο ενέργειας από ΑΠΕ που καταναλώθηκε στις μεταφορές, τον ηλεκτρισμό και τη θέρμανση/ψύξη το 2020 | <ul style="list-style-type: none"> • 20% της ακαθάριστης τελικής καταναλισκόμενης ενέργειας σε επίπεδο ΕΕ • 10% για τις μεταφορές • Εθνικά μερίδια καθορισμένα από τα ΕΣΔΑΕ | Δεσμευτικοί σε επίπεδο ΕΕ και σε εθνικό επίπεδο | <ul style="list-style-type: none"> • EE-27 • EE-28 μετά την ένταξη της Κροατίας το 2013 |
| 2030 Πλαίσιο Πολιτικής Κλίματος και Ενέργειας όπως υιοθετήθηκε από τους ηγέτες της ΕΕ στο Ευρωπαϊκό Συμβούλιο στις 23/24 Οκτώβριου 2014 (EUCO 169/14) | Μερίδιο ενέργειας από ΑΠΕ το 2030. Κανένας στόχος για τις μεταφορές. Η θέρμανση δεν επισημαίνεται. | <ul style="list-style-type: none"> • Τουλάχιστον 27% επί της ακαθάριστης τελικής καταναλισκόμενης ενέργειας σε επίπεδο ΕΕ • Δε θεωρείται απαραίτητη η καθιέρωση νέων στόχων για ανανεώσιμα καύσιμα στις μεταφορές | Δεσμευτικοί σε επίπεδο ΕΕ αλλά όχι σε εθνικό επίπεδο | <ul style="list-style-type: none"> • EE-28 |

Από μόνος του, ένας στόχος μείωσης εκπομπών σαφώς δεν θα είναι αρκετός. Προέρχονται κατά βάση από στόχους ΑΠΕ και ενεργειακής αποδοτικότητας, ενώ η μη δεσμευτικότητα ενδέχεται να εμποδίσει την εκπλήρωση του (Billingham, 2014). Είναι σημαντικό να αναγνωριστεί πως ο καθορισμός στόχων με την προσέγγιση “από πάνω προς τα κάτω” (top-down) είναι ενδεδαιγμένη επιλογή, αν και αυτή η δομή δεν καθίσταται ευρέως αποδεκτή εν μέσω του πολιτικού κλίματος της εποχής (Cerna, 2013). Τα σημεία αναφοράς ή οι δείκτες υπαγορεύουν το πώς θα κατανομηθεί ο πανευρωπαϊκός στόχος (Held et al., 2014). Για παράδειγμα, ο στόχος ΑΠΕ για το 2020 (2009/28/EC) ήταν δεσμευτικός σε επίπεδο ΕΕ, παράλληλα με την κατανομή του σε δεσμευτικά εγχώριους στόχους ανά Κράτος Μέλος, και με ενδιάμεσους στόχους που αφήνουν ελάχιστα περιθώρια για τη μη συμμόρφωση. Αντίθετα, ο στόχος ΑΠΕ της ΕΕ για το 2030 είναι δεσμευτικός μόνο σε ευρωπαϊκό επίπεδο και δεν μεταφράζεται σε εθνικούς δεσμευτικούς στόχους, εφόσον η ενδεχόμενη δεσμευτικότητα δεν χαιρεί ευρείας αποδοχής βάσει της τρέχουσας πολιτικής συζήτησης (Tesniere et al., 2015).

Η Επιτροπή υποστηρίζει πως υπάρχει ανάγκη για απλοποίηση και εξορθολογισμό των σημερινών επί μέρους διαδικασιών για την υποβολή εκθέσεων σχετικά με την ανανεώσιμη ενέργεια, την ενεργειακή απόδοση και τη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου για την περίοδο μετά το 2020, καθώς και ανάγκη ύπαρξης μιας ενοποιημένης διαδικασίας διακυβέρνησης με τα Κράτη Μέλη (COM/2014/015, Τελικό). Οι σχετικοί στόχοι θα πρέπει να πληρούνται μέσα από ένα μίγμα μέτρων της Ένωσης και εθνικών μέτρων που περιγράφονται στα εθνικά σχέδια των Κρατών Μελών, με γνώμονα την ασφαλή και ανταγωνιστική ενέργεια. Το επίπεδο φιλοδοξίας οριοθετεί το βασικό πλαίσιο που θα υποδαυλίσει τις μελλοντικές προοπτικές των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, έχοντας αντίκτυπο στα αντίστοιχα πρόσθετα κόστη για την κοινωνία (Krabbe & Blok, 2015). Καθιερώνοντας ένα επίπεδο στόχου κοινώς αποδεκτό από όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη μπορούν να επέλθουν δυσκολίες ως προς ορισμένες αρμοδιότητες, ιδίως όταν υπάρχει

σημαντική διαφωνία σχετικά με τη συνολική στρατηγική ανανεώσιμης ενέργειας ή έντονη αντίθεση από κατεστημένους φορείς (Mallon, 2012).

Υπήρξε ταύτιση απόψεων ότι τα οφέλη της οικονομικής διαφοροποίησης και της πράσινης ανάπτυξης θα βοηθήσουν στην ώθηση της ευρωπαϊκής οικονομίας (Landabaso, 2012). Ωστόσο, με την οικονομική κρίση να συνεχίζει να επηρεάζει αρνητικά την ευρύτερη περιοχή, και τις ανησυχίες γύρω από την ανταγωνιστικότητα και την ενεργειακή ασφάλεια να αυξάνονται, οι δρομοδείκτες πίσω από τους στόχους της ενέργειας και του κλίματος της ΕΕ έχουν αρχίσει να μεταστρέφουν τη στάση τους (IEA, 2014c). Οι στόχοι ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μπορούν να επιτρέψουν την ακριβέστερη ευθυγράμμιση των διαφόρων τομέων πολιτικής, μέσω της διατύπωσης των στόχων μείωσης των εκπομπών άνθρακα και της ανανεώσιμης ενέργειας ή συνδέοντας την ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με τη μείωση του κόστους των εισαγωγών (Hood, 2013; OECD, 2015). Με αυτόν τον τρόπο, οι στόχοι μπορεί να βοηθήσουν στην αντιμετώπιση μιας σειράς από αστοχίες συντονισμού μεταξύ των διαφόρων τομέων πολιτικής, και να προωθήσει τη στενότερη συνεργασία μεταξύ των διακριτών δημόσιων θεσμών ή φορέων (Schmidt-Thome et al., 2013). Η αποτελεσματικότητα των στόχων των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας εξαρτάται από την ικανότητα των κυβερνήσεων και των θεσμών να καθοδηγήσουν τη διαδικασία θέσπισης των στόχων, εγκαθιδρύοντας διάλογο με τους βασικούς εμπλεκόμενους φορείς και διασφαλίζοντας ότι επιτυγχάνονται οι διατομεακοί στόχοι (IRENA, 2015).

Παράλληλα, οι στόχοι πρέπει να συνοδεύονται από μια σαφή στρατηγική και να υποστηρίζονται από συγκεκριμένες πολιτικές και μέτρα, ώστε να θεωρηθούν αξιόπιστοι από τους επενδυτές και να παρέχουν μια σαφή πορεία για τη μελλοντική εξέλιξη του ενεργειακού μίγματος (Gallivan, 2013). Η σύνδεση των στόχων ανανεώσιμης ενέργειας με συγκεκριμένες πολιτικές είναι ζωτικής σημασίας για να προσδοθεί στους στόχους μεγαλύτερο νόημα και για να διασφαλιστεί η αποτελεσματικότητά τους (IRENA, 2015). Η συζήτηση καθ' όλη τη βιβλιογραφία επικεντρώνεται στις πιο αποτελεσματικές και αποδοτικές πολιτικές για την καθοδήγηση της ανάπτυξης των αγορών ανανεώσιμης ενέργειας με το ελάχιστο δυνατό κόστος (Ölz, 2011; Azuela & Barroso, 2012; Gaventa, 2013).

Η κατασκευή και η επιμέλεια μιας ευρύτερης δέσμης πολιτικών γίνεται πιο περίπλοκη, όταν λαμβάνονται υπόψη τα μίγματα πολιτικής των οποίων η ευθύνη για διαμόρφωση, λήψη αποφάσεων ή και εφαρμογή εμπίπτει σε διαφορετικά επίπεδα κυβερνήσεων (Hull, 2008; Flanagan et al., 2011). Ακόμη και αν το μείγμα πολιτικής καταφέρνει να ενεργοποιεί τις επενδύσεις που συμβάλλουν στην επίτευξη των στόχων δυναμικότητας της ανανεώσιμης ενέργειας, η συνολική του οικονομική απόδοση (κόστος ανά μονάδα παροχών) μπορεί να μην είναι ικανοποιητική (Azuela, 2011). Σε μια τέτοια πολυεπίπεδη κυβέρνηση και διακυβερνητικά πλαίσια (Hooghe & Marks, 2003), τα διαφορετικά επίπεδα είναι πιθανό να έχουν ορισμένους κοινούς, αλλά και διαφορετικούς στόχους και προτιμήσεις μηχανισμών (Enderlein et al., 2011), ενώ ο συνδυασμός τους περιλαμβάνει τη χρήση έκδηλου πολιτικού λογισμού των εσωτερικών ή των διακυβερνητικών διαπραγματεύσεων και της λήψης αποφάσεων (Bolleyer & Borzel, 2010; Kaiser, 2012).

Η επιλογή των μέσων πολιτικής, ο σχεδιασμός πολιτικής και η πολυπλοκότητα του πακέτου πολιτικής (ή οι κανονιστικές διατάξεις) θα πρέπει να προσαρμόζονται στις πραγματικές συνθήκες του συστήματος βάσει του τύπου της αγοράς, της έντασης της προσφοράς ή της ζήτησης, της φύσης και του επιπέδου των κινδύνων, καθώς και της θεσμικής και διοικητικής δυναμικότητας (Azuela et al., 2012). Επιπλέον, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη το

γεγονός ότι σε μια αλληλουχία πολιτικών, η ύπαρξη των βασικών νομικών και κανονιστικών προϋποθέσεων, καθώς και η θεσμική και διοικητική αποτελεσματικότητα, είναι ζωτικής σημασίας για την αποτελεσματικότητα της πολιτικής για την ανανεώσιμη ενέργεια (Baietti et al., 2012). Έτσι, οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής θα πρέπει να αξιολογούν τη συμβατότητα μεταξύ της πολιτικής και των ρυθμιστικών μηχανισμών ή κινήτρων, δεδομένου πως ο συνδυασμός των επιπτώσεων τους μπορεί να οδηγήσει σε αναποτελεσματική έκβαση (Azuela, 2011). Ζωτικής σημασίας είναι επίσης το γεγονός ότι οι επιμέρους πολιτικές συντονίζονται βάσει του ευρύτερου συνόλου συνθηκών που επηρεάζουν την αγορά ενέργειας σε μια συγκεκριμένη ρύθμιση (Azuela, 2011; Waloszyk, 2014; IRENA, 2014). Οι επικαλυπτόμενοι κανονισμοί μπορεί να έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στην αποδοτικότητα και την αποτελεσματικότητα ενός χαρτοφυλακίου πολιτικής (Böhringer et al, 2010; 2009; Fankhauser et al., 2010; Boeters et al., 2011). Για παράδειγμα, οι ποσοτώσεις ανανεώσιμης ενέργειας μειώνουν την τιμή για τις εκπομπές κάτω από ένα σύστημα ανώτατων ορίων και ανταλλαγών και έτσι προωθούνται περισσότερο οι τεχνολογίες παραγωγής περιορισμένων εκπομπών.

Η ανάγκη για εξασφάλιση ευρυθμίας της ευρωπαϊκής αγοράς ενέργειας και η αυξανόμενη σημασία της ενεργειακής ασφάλειας, άσκησε πιέσεις για σχηματισμό μιας κοινής ενεργειακής πολιτικής (Eriksson, 2012). Μέσα από τις αντικρουόμενες απόψεις των εμπλεκόμενων φορέων και παραγόντων, η ανάπτυξη μιας ευρωπαϊκής ενεργειακής πολιτικής αποφασίστηκε να στηριχθεί μέσω ενός συνεχούς πλαισίου ΑΠΕ (Απόφαση ΕΚ, 23/24 Οκτωβρίου 2014), όπως αναφέρεται ρητά στη συζήτηση στόχου του 2030 και στο ισχύον πλαίσιο πολιτικής του 2020, με το στόχο μείωσης εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου να συμπληρώνεται με ένα δεσμευτικό στόχο ΑΠΕ σε ευρωπαϊκό επίπεδο.

3.2.2 Εναλλακτικές Στρατηγικές Πολιτικές

Η υιοθέτηση του Πλαισίου Πολιτικής Κλίματος και Ενέργειας για το 2030 είναι μια πολύτιμη πρωτοβουλία για την ανάπτυξη μιας κοινής ενεργειακής πολιτικής για την Ευρώπη. Η προσθήκη των κοινών στόχων που εγκρίθηκαν σε επίπεδο ΕΕ αποτελεί το πρώτο βήμα, ώστε η δέσμη μέτρων να θεωρηθεί ως μια πλήρης ευρωπαϊκή ενεργειακή πολιτική (Andoura et al., 2015). Η εφαρμογή του πακέτου πολιτικής, το οποίο έχει μέχρι σήμερα σε μεγάλο βαθμό εθνική εμβέλεια και δράση, παραμένει το πιο σημαντικό και απαιτητικό τμήμα της διαδικασίας (Bigerna et al., 2015). Σε αυτή την ενότητα ορίζονται εναλλακτικές στρατηγικές πολιτικές για τον επιμερισμό του στόχου ΑΠΕ για το 2030 μεταξύ των Κρατών Μελών, στο πλαίσιο της υλοποίησης του κοινού δεσμευτικού ευρωπαϊκού στόχου ΑΠΕ. Όλες βασίζονται στην υπόθεση ότι ο στόχος μείωσης εκπομπών άνθρακα συνδυάζεται με ένα πανευρωπαϊκό στόχο των ΑΠΕ.

Η επιλογή έχει βασιστεί σε εκείνες τις εναλλακτικές αναφορικά με τους στόχους της ΕΕ, που έχουν ήδη συζητηθεί, αποφασιστεί, αλλά και βρίσκονται υπό συζήτηση, ενώ έμφαση δίδεται στην ίδια τη στοχευμένη δομή των εναλλακτικών. Δευτερευόντως, οι επιλεγμένες δομές αξιολογούνται σύμφωνα με έναν αριθμό κριτηρίων που πρέπει να πληρούνται για να εξασφαλισθεί η ορθή εφαρμογή τους.

Εθνικοί δεσμευτικοί στόχοι (A₁)

Αυτή η επιλογή επιμερισμού της προσπάθειας ακολουθεί ουσιαστικά τη λογική του 2020. Ο

στόχος ΑΠΕ της ΕΕ είναι κατανεμημένος σε στόχους των Κρατών Μελών σύμφωνα με ένα καθορισμένο μοτίβο, που θα μπορούσε και πάλι να περιλαμβάνει μία σταθερή συνιστώσα και μια συνιστώσα εξαρτώμενη από το ΑΕΠ. Οι προκύπτοντες στόχοι των Κρατών Μελών είναι νομικά δεσμευτικοί. Οι διαδικασίες υποβολής εκθέσεων είναι ισοδύναμες με το σημερινό σύστημα, με τα Κράτη Μέλη να παρέχουν ΕΣΔΑΕ (Ενότητα 2.1.2) για το χρονικό διάστημα 2020-2030, που ακολουθούνται από τακτικές εκθέσεις προόδου.

Βάσει του παρόντος πολιτικού κλίματος, η επιλογή αυτή δε μοιάζει εφικτή από πολιτικής απόψεως. Το Ηνωμένο Βασίλειο και πολλές Ανατολικές Ευρωπαϊκές χώρες αντιτίθενται κατηγορηματικά.

Πίνακας 3: Εναλλακτικό σενάριο πολιτικής Α₁

| | |
|--------------------------------|---|
| Επίπεδο Εφαρμογής (γεωγραφικό) | Στόχος ΕΕ και στόχοι Κρατών Μελών, με πλήρη κατανομή στα Κράτη Μέλη |
| Διαδικασία κατανομής στόχου | Κατανομή από πάνω προς τα κάτω (top-down) |
| Επίπεδο Εφαρμογής (σε τομείς) | Στόχος εκπομπών άνθρακα και στόχος ΑΠΕ |
| Δεσμευτικότητα στόχου | Δεσμευτικός |
| Ευελιξία ρύθμισης στόχου | Σταθερός |
| Ευελιξία επίτευξης στόχου | Συνεργασία |

Εθνικοί στόχοι μέσω δεσμεύσεων από τα Κράτη Μέλη (Α₂)

Ο στόχος της ΕΕ για τις ΑΠΕ είναι διαιρεμένος σε στόχους αναφοράς για το Κράτος Μέλος σύμφωνα με ένα καθορισμένο τύπο, ακολουθώντας για παράδειγμα τη λογική κατανομής με βάση μία σταθερή συνιστώσα και μια συνιστώσα εξαρτώμενη από το ΑΕΠ. Τα Κράτη Μέλη είναι ελεύθερα να δεχθούν αυτήν την προτεινόμενη αναφορά ή να δεσμευτούν για έναν υψηλότερο ή χαμηλότερο στόχο, στον οποίο θα υπόκεινται με νομικές δεσμεύσεις. Τα Κράτη Μέλη είναι στη συνέχεια υποχρεωμένα να παραδώσουν ένα Εθνικό Σχέδιο Δράσης Ανανεώσιμης Ενέργειας προς την Επιτροπή, για να παρουσιάσουν τον τρόπο επίτευξης του στόχου για τον οποίο δεσμεύτηκαν.

Αν οι δεσμεύσεις των Κρατών Μελών δεν είναι αρκετά φιλόδοξες, οι συνδυαστικοί στόχοι τους δεν προστίθενται στον Ευρωπαϊκό στόχο, δημιουργώντας ένα μια απόκλιση από το στόχο που παραμένει σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Το κενό αυτό θα μπορούσε να καλυφθεί από ένα όργανο της Ευρώπης. Ένα τέτοιο κενό θα μπορούσε να αποφευχθεί παρέχοντας ισχυρά κίνητρα στα Κράτη Μέλη για λήψη φιλόδοξων δεσμεύσεων. Οι φιλόδοξες δεσμεύσεις μπορούν να ενθαρρυνθούν μέσω οικονομικών κινήτρων ή υπερπιστώσεων (supercredits). Οι φιλόδοξοι στόχοι μπορούν να επιβραβευθούν με επιπλέον κίνητρα από ευρωπαϊκούς πόρους (όπως η στήριξη μέσω ΣΕΔΕ) ή πολλαπλασιάζοντάς τα με ένα συντελεστή επιβράβευσης. Οι υπερπιστώσεις μπορούν να εφαρμοστούν, για παράδειγμα, στο ποσό που δεσμεύτηκε επί του στόχου αναφοράς, στο ποσό χρήσης συγκεκριμένων τεχνολογιών, ή στο ποσό που προέκυψε σε συνεργασία με άλλα Κράτη Μέλη.

Ένα διαφορετικό είδος κινήτρου μπορεί να προέρχεται από την μέθοδο για το πώς καλύπτεται το κενό στόχου της ΕΕ. Ένας μηχανισμός πρέπει να συσταθεί και να

χρηματοδοτηθεί. Η χρηματοδότηση μπορεί να σχεδιαστεί έτσι ώστε τα Κράτη Μέλη με πιο φιλόδοξες δεσμεύσεις να ανταμείβονται με το να συνεισφέρουν λιγότερο, ενώ τα Κράτη Μέλη με λιγότερο φιλόδοξες δεσμεύσεις πρέπει να συνεισφέρουν περισσότερο.

Παρόλα αυτά, η εφαρμογή γενναιόδωρων υπερπιστώσεων ενδέχεται να διευρύνει τον στόχο, κάνοντας τον λιγότερο φιλόδοξο, γεγονός που κατά βάση αποφεύγεται. Οι μη φιλόδοξες δεσμεύσεις θα πρέπει να αξιολογούνται προσεκτικά ως προς την απώλεια φιλόδοξιας. Επιπλέον, η χρηματοδότηση αναλογικών δεσμεύσεων ουδετεροποιεί μια φιλόδοξη (μη φιλόδοξη) δέσμευση μέσω χαμηλών (υψηλών) οικονομικών βαρών, ώστε να κλείσει το χάσμα στόχου της ΕΕ. Ως αποτέλεσμα, αυτό οδηγεί στον καθορισμό των συνολικών βαρών από την ΕΕ για κάθε Κράτος Μέλος, που στην ουσία ενεργεί ως μία κατανομή στόχων “από πάνω προς τα κάτω”. Η πολιτική ευελιξία είναι συνεπώς υπό συζήτηση, τη στιγμή που η συμπεριφορά των Κρατών Μελών ως προς τις δεσμεύσεις αναμένεται να είναι στρατηγικής σημασίας. Απαιτείται, ωστόσο, διερεύνηση της αξίας των δύο μηχανισμών παροχής κινήτρων, στην περίπτωση που είναι εκ των προτέρων γνωστοί από τα Κράτη Μέλη.

Πίνακας 4: Εναλλακτικό σενάριο πολιτικής Α₂

| | |
|--------------------------------|--|
| Επίπεδο Εφαρμογής (γεωγραφικό) | Στόχος ΕΕ και στόχοι Κρατών Μελών, με πλήρη ή μερική κατανομή στα Κράτη Μέλη |
| Διαδικασία κατανομής στόχου | Κατανομή από κάτω προς τα πάνω (bottom-up) με συγκριτική αξιολόγηση (benchmarking). Το κενό της ΕΕ καταπολεμάται με υπερπιστώσεις ή αναλογική χρηματοδότηση δεσμεύσεων |
| Επίπεδο Εφαρμογής (σε τομείς) | Στόχος εκπομπών άνθρακα και στόχος ΑΠΕ |
| Δεσμευτικότητα στόχου | Δεσμευτικός |
| Ευελιξία ρύθμισης στόχου | Σταθερός |
| Ευελιξία επίτευξης στόχου | Συνεργασία |

Περιφερειακοί Δεσμευτικοί στόχοι (Α₃)

Τα Κράτη Μέλη ομαδοποιούνται σε περιφέρειες. Οι περιφέρειες προτείνονται από την Επιτροπή, αλλά τα Κράτη Μέλη δύνανται να ενεργούν σύμφωνα με τις δικές τους προτιμήσεις. Τα Κράτη Μέλη που δεν βρίσκουν ελκυστικούς συνεταιίρους, μπορούν να μην ενταχθούν σε κάποια περιφέρεια. Συνεπώς η διαδικασία ομαδοποίησης αποτελεί πρακτικά μια διαδικασία οικειοθελούς συμμετοχής, καθώς μόνο τα Κράτη Μέλη που επιθυμούν να το πράξουν σχηματίζουν ομάδες. Μετά την αρχική διαμόρφωση, οι ομάδες παραμένουν σταθερές. Ο στόχος ΑΠΕ της ΕΕ κατανέμεται στα Κράτη Μέλη μέσω ενός σταθερού τύπου κατανομής. Για εκείνα τα Κράτη Μέλη που συγκροτούν περιφερειακές ομάδες, οι εθνικοί στόχοι συνδυάζονται σε ένα ενιαίο περιφερειακό στόχο. Ο τύπος κατανομής θα μπορούσε, για παράδειγμα, να περιλαμβάνει και πάλι μία σταθερή συνιστώσα και μια συνιστώσα εξαρτώμενη από το ΑΕΠ. Τα Κράτη Μέλη είναι από κοινού υπεύθυνα για την επίτευξη του στόχου της περιοχής στην οποία ανήκουν.

Στην περίπτωση αυτή κρίνεται αναγκαίο να οριστεί η σειρά διαμόρφωσης των ομάδων και του τρόπου με τον οποίο θα κατανεμηθούν οι στόχοι. Αν πρώτα διαμορφωθούν οι ομάδες

και έπειτα κατανεμηθούν οι στόχοι, τα Κράτη Μέλη είναι αδύνατο να δεσμευτούν σε μια συγκεκριμένη ομάδα, αν δε γνωρίζουν ακόμη σε ποιό στόχο υπόκεινται. Αν πρώτα κατανεμηθούν οι στόχοι και έπειτα διαμορφώνονται οι ομάδες, τότε ενδέχεται κάποια Κράτη Μέλη να μην είναι πρόθυμα να αποδεχθούν την κατανομή εθνικών δεσμευτικών στόχων, ενώ δε γνωρίζουν ακόμη αν θα βρουν κατάλληλους συνεταίρους, και ποιες επιπτώσεις κόστους θα προκύψουν. Για τα Κράτη Μέλη που αντιτίθενται στους εθνικούς στόχους, ούτε αυτή η επιλογή ενδέχεται να είναι ελκυστική. Σημειώνεται δε πως η αδυναμία επίτευξης κοινού στόχου συλλογικής ευθύνης για τα ασθενέστερα Κράτη Μέλη ίσως αποθαρρύνει τα ισχυρότερα Κράτη Μέλη από την ένταξη τους σε μια ομάδα.

Πίνακας 5: Εναλλακτικό σενάριο πολιτικής A₃

| | |
|--------------------------------|--|
| Επίπεδο Εφαρμογής (γεωγραφικό) | Στόχος ΕΕ και περιφερειακοί στόχοι με πλήρη κατανομή στις περιοχές |
| Διαδικασία κατανομής στόχου | Κατανομή από πάνω προς τα κάτω (top-down) |
| Επίπεδο Εφαρμογής (σε τομείς) | Στόχος εκπομπών άνθρακα και στόχος ΑΠΕ |
| Δεσμευτικότητα στόχου | Δεσμευτικός |
| Ευελιξία ρύθμισης στόχου | Σταθερός |
| Ευελιξία επίτευξης στόχου | Συνεργασία |

Εθνικοί ενδεικτικοί στόχοι (A₄)

Ο στόχος ΑΠΕ της ΕΕ κατανέμεται στα Κράτη Μέλη μέσω ένα σταθερού τύπου. Για εκείνα τα Κράτη Μέλη που συναποτελούν περιφερειακές ομάδες, οι εθνικοί στόχοι συνδυάζονται σε έναν ενιαίο περιφερειακό στόχο. Ο τύπος κατανομής θα μπορούσε, για παράδειγμα, να περιλαμβάνει και πάλι μία σταθερή συνιστώσα και μια συνιστώσα εξαρτώμενη από το ΑΕΠ, όπως στη περίπτωση των στόχων του 2020. Ωστόσο, οι προκύπτοντες στόχοι των Κρατών Μελών είναι ενδεικτικοί και όχι νομικά δεσμευτικοί.

Παρόλο που ο στόχος είναι απλά ενδεικτικός, επιτρέπει στην Επιτροπή να ελέγχει και να ενθαρρύνει την επίτευξη του στόχου μέσω “επίρριψης ευθυνών” (ΕΡ, 2014). Ίσως να μην έχει νομικές επιπτώσεις, αλλά αποτελεί πολιτικό εργαλείο. Για αυτό το λόγο, κάποια Κράτη Μέλη ενδέχεται να αντιτεθούν σε τέτοιους ενδεικτικούς στόχους σε επίπεδο Κρατών Μελών.

Πίνακας 6: Εναλλακτικό σενάριο πολιτικής A₄

| | |
|--------------------------------|---|
| Επίπεδο Εφαρμογής (γεωγραφικό) | Στόχος ΕΕ και στόχοι Κρατών Μελών, με πλήρη κατανομή στα Κράτη Μέλη |
| Διαδικασία κατανομής στόχου | Κατανομή από πάνω προς τα κάτω (top-down) |
| Επίπεδο Εφαρμογής (σε τομείς) | Στόχος εκπομπών άνθρακα και στόχος ΑΠΕ |
| Δεσμευτικότητα στόχου | Μη δεσμευτικός |
| Ευελιξία ρύθμισης στόχου | Σταθερός |
| Ευελιξία επίτευξης στόχου | Συνεργασία |

Εθνικοί ενδεικτικοί στόχοι με κίνητρα για μεγαλύτερη δέσμευση (A₅)

Το επίπεδο φιλοδοξίας για κάθε Κράτος Μέλος κατανέμεται σύμφωνα με ένα καθορισμένο τύπο. Κάθε Κράτος Μέλος διατυπώνει ένα ΕΣΔΑΕ, στο οποίο αναφέρει πώς προτίθεται να επιτύχει τον στόχο του. Τα Κράτη Μέλη έχουν τη δυνατότητα να αναφέρουν στα ΕΣΔΑΕ τους την προθυμία τους να επιτύχουν ένα υψηλότερο στόχο από εκείνο που τους έχει χορηγηθεί. Προκειμένου να δοθούν κίνητρα για μια τέτοια εθελοντική δέσμευση σε μεγαλύτερο βαθμό, τα φιλόδοξα Κράτη Μέλη επωφελούνται από υπερπιστώσεις ή από την υπέρ τους ανακατανομή των δικαιωμάτων του ευρωπαϊκού συστήματος ΣΕΔΕ. Όπως υπογραμμίστηκε και στην περίπτωση “Εθνικών Στόχων μέσω Δεσμεύσεων από τα Κράτη Μέλη”, οι υπερπιστώσεις μπορούν να εφαρμοστούν, για παράδειγμα, στο ποσό που δεσμεύτηκε επί του στόχου αναφοράς, στο ποσό χρήσης συγκεκριμένων τεχνολογιών, ή στο ποσό που προέκυψε σε συνεργασία με άλλα Κράτη Μέλη.

Η τεχνική της “επίρριψης ευθυνών” είναι πιθανή, κάνοντας ωστόσο την επιλογή αυτή μη ελκυστική για κάποια Κράτη Μέλη. Από την άλλη πλευρά, οι ενδεικτικοί στόχοι είναι πιθανό να γίνουν ευκολότερα αποδεκτοί από το Συμβούλιο σε σχέση με τους δεσμευτικούς.

Πίνακας 7: Εναλλακτικό σενάριο πολιτικής A₅

| | |
|--------------------------------|--|
| Επίπεδο Εφαρμογής (γεωγραφικό) | Στόχος ΕΕ και στόχοι Κρατών Μελών, με πλήρη κατανομή στα Κράτη Μέλη |
| Διαδικασία κατανομής στόχου | Συνδυασμός bottom-up και top-down, δεσμεύσεις με συγκριτική αξιολόγηση. Το χάσμα της ΕΕ αντιμετωπίζεται με υπερπιστώσεις |
| Επίπεδο Εφαρμογής (σε τομείς) | Στόχος εκπομπών άνθρακα και στόχος ΑΠΕ |
| Δεσμευτικότητα στόχου | Μη δεσμευτικός |
| Ευελιξία ρύθμισης στόχου | Σταθερός |
| Ευελιξία επίτευξης στόχου | Συνεργασία |

Περιφερειακοί ενδεικτικοί στόχοι (A₆)

Παρόμοια με την προηγούμενη επιλογή, το επίπεδο φιλοδοξίας για κάθε Κράτος Μέλος κατανέμεται σύμφωνα με ένα καθορισμένο τύπο. Ωστόσο, τα Κράτη Μέλη ομαδοποιούνται σε περιφέρειες, συγχωνεύοντας τους εθνικούς τους στόχους σε έναν περιφερειακό. Ο σχηματισμός των ομάδων ακολουθεί την ίδια αρχή όπως και για τους “Περιφερειακούς Δεσμευτικούς Στόχους”, όπου οι ομάδες προτείνονται από την Επιτροπή, αλλά τα Κράτη Μέλη δύνανται να ενεργούν σύμφωνα με τις δικές τους προτιμήσεις. Τα Κράτη Μέλη που δεν βρίσκουν ελκυστικούς συνεταιίρους μπορούν να μην ενταχθούν σε κάποια περιφέρεια. Συνεπώς η διαδικασία ομαδοποίησης αποτελεί πρακτικά μια διαδικασία οικειοθελούς συμμετοχής, καθώς μόνο τα Κράτη Μέλη που επιθυμούν να το πράξουν σχηματίζουν ομάδες. Μετά την αρχική διαμόρφωση, οι ομάδες παραμένουν σταθερές.

Κάθε περιφερειακή ομάδα εντάσσεται σε ένα Πρόγραμμα Επιτάχυνσης Περιφερειακής Επιχειρηματικότητας, στο οποίο αναφέρεται πώς σκοπεύει να επιτευχθεί ο ενδεικτικός στόχος. Οι περιφέρειες έχουν τη δυνατότητα να αναφέρουν προθυμία τους να επιδιώξουν

υψηλότερο στόχο, σε σχέση με αυτόν που προκύπτει από τους συνδυασμένους στόχους τους. Προκειμένου να δοθούν κίνητρα για μια τέτοια εθελοντική δέσμευση ανώτερου επιπέδου, οι φιλόδοξες περιφέρειες επωφελούνται από υπερπιστώσεις ή από την υπέρ τους ανακατανομή των δικαιωμάτων του συστήματος ΣΕΔΕ.

Η τεχνική της “επίρριψης ευθυνών” είναι πιθανή για περιοχές, αλλά όχι για μεμονωμένα Κράτη Μέλη. Αυτό ίσως κάνει την επιλογή περισσότερο πολιτικά ελκυστική. Παρόλα αυτά, όπως και στην περίπτωση “Περιφερειακών Δεσμευτικών Στόχων”, εντοπίζονται τα ίδια προβλήματα στη διαδικασία διαμόρφωσης της ομάδας ως προς τη σειρά διαμόρφωσης των ομάδων και του τρόπου κατανομής των στόχων. Αν πρώτα διαμορφωθούν οι ομάδες και έπειτα κατανεμηθούν οι στόχοι, τα Κράτη Μέλη είναι αδύνατο να δεσμευτούν σε μια συγκεκριμένη ομάδα, αν δε γνωρίζουν ακόμη σε ποιό στόχο υπόκεινται. Αν πρώτα κατανεμηθούν οι στόχοι και έπειτα διαμορφώνονται οι ομάδες, τότε ενδέχεται κάποια Κράτη Μέλη να μην είναι πρόθυμα να αποδεχθούν την κατανομή εθνικών δεσμευτικών στόχων, ενώ δε γνωρίζουν ακόμη αν θα βρουν κατάλληλους συνεταιίρους, και ποιες επιπτώσεις κόστους θα προκύψουν. Για τα Κράτη Μέλη που αντιτίθενται στους εθνικούς στόχους, ούτε αυτή η επιλογή ενδέχεται να είναι ελκυστική. Επιπλέον, όπως στην περίπτωση “Περιφερειακών Δεσμευτικών Στόχων”, η συλλογική ευθύνη για τα πιο αδύναμα Κράτη Μέλη ίσως να αποτρέψει ακόμα και φιλόδοξα μέλη να συμβληθούν σε μια τέτοια συμφωνία.

Πίνακας 8: Εναλλακτικό σενάριο πολιτικής A₆

| | |
|--------------------------------|---|
| Επίπεδο Εφαρμογής (γεωγραφικό) | Στόχος ΕΕ και περιφερειακοί στόχοι, με πλήρη κατανομή στις περιοχές |
| Διαδικασία κατανομής στόχου | Κατανομή από πάνω προς τα κάτω (top-down) |
| Επίπεδο Εφαρμογής (σε τομείς) | Στόχος εκπομπών άνθρακα και στόχος ΑΠΕ |
| Δεσμευτικότητα στόχου | Ενδεικτικός |
| Ευελιξία ρύθμισης στόχου | Σταθερός |
| Ευελιξία επίτευξης στόχου | Συνεργασία |

Εθνικοί στόχοι μέσω ελεύθερων δεσμεύσεων (A₇)

Υπό το καθεστώς των ελεύθερων δεσμεύσεων, τα Κράτη Μέλη δεσμεύονται με έναν στόχο ΑΠΕ που καθορίζεται από τα ίδια τα μέλη, ενώ δεν παρέχεται καμία τιμή αναφοράς από την Επιτροπή. Οι αυτο-προσδιοριζόμενοι στόχοι είναι νομικά δεσμευτικοί, ενώ υπάρχει κίνδυνος το άθροισμα των εθνικών στόχων να είναι εν τέλει μικρότερο από το στόχο της ΕΕ. Ο πρώτος γύρος συζητήσεων ενδέχεται να επαναληφθεί μία ή περισσότερες φορές, προκειμένου να γίνει διαπραγμάτευση υψηλότερων στόχων με τα Κράτη Μέλη και για να κλείσει το χάσμα της ΕΕ. Εάν μετά από τους γύρους διαπραγμάτευσης υφίσταται ακόμη χάσμα, αυτό το μέρος του στόχου καλύπτεται από έναν μηχανισμό σε επίπεδο ΕΕ. Ο μηχανισμός αυτός χρηματοδοτείται από τον προϋπολογισμό της ΕΕ, με συνεισφορές των Κρατών Μελών που δεν σχετίζονται με το πόσο φιλόδοξος ήταν ο δεσμευτικός τους στόχος.

Αν τα Κράτη Μέλη γνωρίζουν εκ των προτέρων πως οι διαρκείς διαπραγματεύσεις θα ακολουθήσουν την πρώτη δέσμευση, ίσως προσφύγουν σε στρατηγική συμπεριφορά

περιορισμού των προσπαθειών τους. Η είσοδος στην διαδικασία θα γίνεται με μία πρώτη, μικρή δέσμευση και με την ελπίδα πως άλλα Κράτη Μέλη θα δεσμευθούν περισσότερο. Ύστερα διαπραγματεύονται μια ελαφρώς μεγαλύτερη δέσμευση που αντικατοπτρίζει τα πραγματικά επίπεδα φιλοδοξίας. Από την άλλη πλευρά, αν τα Κράτη Μέλη δεν έχουν γνώση των γύρων διαπραγμάτευσης εκ των προτέρων, ίσως δεσμευθούν αμέσως στο πραγματικό επίπεδο φιλοδοξίας. Ωστόσο, τα Κράτη Μέλη δε θα συμφωνούσαν εξαρχής σε μία επιβαρυσμένη συμφωνία διαμοιρασμού με μία ασαφή διαδικασία, σε περίπτωση ανεπαρκούς δέσμευσης. Τέλος, αν η χρηματοδότηση για κάλυψη του χάσματος κατανέμεται ισομερώς ανάμεσα στα Κράτη Μέλη (ανεξάρτητα από το επίπεδο φιλοδοξίας των δεσμεύσεων), αυτό αποτελεί κίνητρο για χαμηλές δεσμεύσεις.

Πίνακας 9: Εναλλακτικό σενάριο πολιτικής A₇

| | |
|--------------------------------|---|
| Επίπεδο Εφαρμογής (γεωγραφικό) | Στόχος ΕΕ και περιφερειακοί στόχοι, με μερική κατανομή στις περιοχές |
| Διαδικασία κατανομής στόχου | Κατανομή από κάτω προς τα πάνω (bottom-up) με συγκριτική αξιολόγηση, το χάσμα της ΕΕ καλύπτεται από μη δεσμευτική αναλογική χρηματοδότηση |
| Επίπεδο Εφαρμογής (σε τομείς) | Στόχος εκπομπών άνθρακα και στόχος ΑΠΕ |
| Δεσμευτικότητα στόχου | Δεσμευτικός |
| Ευελιξία ρύθμισης στόχου | Σταθερός |
| Ευελιξία επίτευξης στόχου | Συνεργασία |

Περιφερειακοί στόχοι μέσω ελεύθερων δεσμεύσεων (A₈)

Ομοίως με τη διαδικασία των ελεύθερων δεσμεύσεων για τα Κράτη Μέλη, οι περιφέρειες δεσμεύονται σε ένα στόχο ΑΠΕ που καθορίζεται από τις ίδιες, ενώ καμία τιμή αναφοράς δεν παρέχεται από την Επιτροπή. Οι περιφέρειες δημιουργούνται ακολουθώντας την ίδια αρχή όπως και για τους “Περιφερειακούς Δεσμευτικούς Στόχους”, όπου οι ομάδες προτείνονται από την Επιτροπή, αλλά τα Κράτη Μέλη δύνανται να ενεργούν σύμφωνα με τις δικές τους προτιμήσεις. Τα Κράτη Μέλη που δεν βρίσκουν ελκυστικούς συνεταίρους μπορούν να παραμείνουν μόνα τους. Συνεπώς η διαδικασία ομαδοποίησης αποτελεί πρακτικά μια διαδικασία οικειοθελούς συμμετοχής, καθώς μόνο τα Κράτη Μέλη που επιθυμούν να το πράξουν σχηματίζουν ομάδες.

Μετά την αρχική διαμόρφωση, οι ομάδες παραμένουν σταθερές. Μπορεί να αναμένεται ότι το άθροισμα των εθνικών στόχων θα είναι εν τέλει μικρότερο από το στόχο της ΕΕ. Ο πρώτος γύρος συζητήσεων ενδέχεται να επαναληφθεί μία ή περισσότερες φορές, προκειμένου να γίνει διαπραγμάτευση υψηλότερων στόχων με τα Κράτη Μέλη, και για να κλείσει το χάσμα της ΕΕ. Εάν μετά από τους γύρους διαπραγματεύσεων υφίσταται ακόμη χάσμα, αυτό το μέρος του στόχου καλύπτεται από ένα όργανο σε επίπεδο ΕΕ. Το όργανο αυτό χρηματοδοτείται από τον προϋπολογισμό της ΕΕ, με συνεισφορές των Κρατών Μελών που δεν σχετίζονται με το πόσο φιλόδοξος ήταν ο δεσμευτικός τους στόχος.

Η συγκεκριμένη επιλογή διαμοιρασμού των βαρών αντιμετωπίζει τα ίδια προβλήματα όμοια με πριν: στρατηγική συμπεριφορά αν οι περιφέρειες γνωρίζουν εκ των προτέρων την επαναληπτική διαδικασία, ή απροθυμία από τα Κράτη Μέλη να αποδεχτούν μια συμφωνία

με ασαφείς διαδικασίες, που θα επέτρεπαν μια “αιφνίδια” επανάληψη. Επιπλέον, όπως στις δεσμεύσεις αναφοράς των περιφερειών, η συλλογική ευθύνη για αδύναμα Κράτη Μέλη ίσως αποθαρρύνει ακόμα και φιλόδοξα μέλη να συμβληθούν σε μια τέτοια συμφωνία. Αν τα Κράτη Μέλη επιλέξουν το σχηματισμό ομάδας ή την οικειοθελή τους δέσμευση σε ένα εθνικό στόχο, το δεύτερο πρόβλημα ίσως να μην είναι σημαντικό. Τα Κράτη Μέλη που επιλέγουν εθελοντικά συνεταιίρους είναι εκ του αποτελέσματος ίση με τη σύγκλιση “από κάτω προς τα πάνω”. Ωστόσο, αν η χρηματοδότηση για την κάλυψη του χάσματος κατανέμεται ισομερώς στα Κράτη Μέλη (ανεξάρτητα από το επίπεδο φιλοδοξίας των δεσμεύσεων), αυτό αποτελεί κίνητρα για χαμηλές δεσμεύσεις.

Πίνακας 10: Εναλλακτικό σενάριο πολιτικής A₈

| | |
|--------------------------------|--|
| Επίπεδο Εφαρμογής (γεωγραφικό) | Στόχος ΕΕ και περιφερειακοί στόχοι, με πλήρη κατανομή στις περιοχές |
| Διαδικασία κατανομής στόχου | Κατανομή από κάτω προς τα πάνω (bottom-up) με ελεύθερες δεσμεύσεις, το χάσμα της ΕΕ καλύπτεται από μη δεσμευτική αναλογική χρηματοδότηση |
| Επίπεδο Εφαρμογής (σε τομείς) | Στόχος εκπομπών άνθρακα και στόχος ΑΠΕ |
| Δεσμευτικότητα στόχου | Δεσμευτικός |
| Ευελιξία ρύθμισης στόχου | Σταθερός |
| Ευελιξία επίτευξης στόχου | Συνεργασία |

Στόχος ΑΠΕ σε επίπεδο ΕΕ (A₉)

Ο στόχος καθορίζεται σε επίπεδο ΕΕ και χρηματοδοτείται εξ ολοκλήρου μέσω ενός πανευρωπαϊκά εναρμονισμένου οργάνου. Χρρίζει διερεύνησης η πιθανότητα συσχετισμού του ΑΕΠ με την επιβάρυνση που θα διαμοιραστεί σε όλους τους καταναλωτές ηλεκτρισμού στην ΕΕ. Επίσης χρειάζεται να εξακριβωθεί ποιος θα θεωρείται (νομικά) υπεύθυνος σε περίπτωση που ο στόχος δεν επιτευχθεί, καθώς και να διευκρινιστεί η ύπαρξη ή μη πρόσθετων εθελοντικών πλαισίων υποστήριξης των ΑΠΕ για τα Κράτη Μέλη που τα επιθυμούν.

Πίνακας 11: Εναλλακτικό σενάριο πολιτικής A₉

| | |
|--------------------------------|--|
| Επίπεδο Εφαρμογής (γεωγραφικό) | Στόχος ΕΕ |
| Διαδικασία κατανομής στόχου | Μη εφαρμόσιμος |
| Επίπεδο Εφαρμογής (σε τομείς) | Στόχος εκπομπών άνθρακα και στόχος ΑΠΕ |
| Δεσμευτικότητα στόχου | Δεσμευτικός |
| Ευελιξία ρύθμισης στόχου | Σταθερός |
| Ευελιξία επίτευξης στόχου | Μη εφαρμόσιμος |

3.3 Επιλογή των Κριτηρίων Αξιολόγησης

Το στάδιο αυτό περιλαμβάνει την επιλογή κριτηρίων για την αξιολόγηση εναλλακτικών στρατηγικών σεναρίων για την επίτευξη του στόχου ΑΠΕ της ΕΕ έως το 2030 (COM/2014/15). Τα κριτήρια αυτά λαμβάνονται από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, τις Οδηγίες της Ευρωπαϊκής Επιτροπής και τις Αποφάσεις του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου για επιμερισμό της προσπάθειας μείωσης εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου (IRENA, 2014; Hood, 2011; Resch et al., 2013). Εν προκειμένω, τέσσερα κριτήρια επιλέγονται τελικώς για τον καθορισμό της βέλτιστης εναλλακτικής λύσης (αποδοτικότητα, ελαστικότητα, εφαρμοσιμότητα και πολιτική και κοινωνική αποδοχή), που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση όλων των εναλλακτικών. Ενσωματώνουν επαρκώς τη διαφορετικότητα των πολιτικών, τους κανονισμούς και τις προτεραιότητες των Κρατών Μελών, ενώ συμβαδίζουν με την άποψη των αποφασιζόντων της ενεργειακής πολιτικής, με τη διαθέσιμη υποδομή, τη χρηματοπιστωτική ικανότητα, τους διαχειριστές των δικτύων και τις ρυθμιστικές αρχές.

Αποδοτικότητα (C₁)

Το κριτήριο αυτό αφορά τις δαπάνες που συνδέονται με την επίτευξη στόχων. Οι Lienert & Wissen (2006) διαχώρισαν περαιτέρω την αποδοτικότητα σε μία μεσοπρόθεσμη (στατική) και σε μια μακροπρόθεσμη (δυναμική) συνιστώσα. Η βιβλιογραφία σχετικά με την αποδοτικότητα λαμβάνει υπόψη τόσο στατική όσο και τη δυναμική αποδοτικότητα. Σε ορισμένες περιπτώσεις, η στατική αποδοτικότητα συζητείται ως μια ποιοτική έννοια (Menanteau et al., 2003; Verbruggen et al., 2012), ενώ κατά βάση καθορίζεται με τη μορφή ποσοτικών στοιχείων (IEA, 2008; 2011; Held, et al., 2010). Η έρευνα που εστιάζει στη δυναμική απόδοση τείνει να κάνει χρήση του όρου σε εννοιολογικό επίπεδο, ενώ δεν ορίζονται ποσοτικοί δείκτες (Dijk et al., 2003; Verbruggen et al., 2012). Η δυναμική απόδοση είναι λιγότερο σχετική με τις ρυθμίσεις επιμερισμού των βαρών. Ως εκ τούτου, η ανάλυση περιορίζεται στη στατική αποδοτικότητα.

Η στατική αποδοτικότητα είναι ο βαθμός στον οποίο οι ρυθμίσεις, τα μέτρα και οι πολιτικές μπορούν να επιτύχουν ένα συγκεκριμένο περιβαλλοντικό στόχο με το ελάχιστο δυνατό κόστος (Milne et al., 2012). Απαραίτητη προϋπόθεση για την στατική αποδοτικότητα είναι ότι τα οριακά κόστη μείωσης των εκπομπών εξισορροπούνται μεταξύ των Κρατών Μελών, και υπό αυτό το πρίσμα, μηχανισμοί όπως οι φόροι εκπομπών ή οι εμπορεύσιμες άδειες εκπομπών προτιμώνται έναντι των ποσοστώσεων, τα πρότυπα απόδοσης και τις επιδοτήσεις επενδύσεων (Shalizi, 2003; Florax et al., 2011). Κατ' επέκταση, η στατική αποδοτικότητα αναφέρεται στο συνολικό κόστος του συστήματος, που συνεπάγεται επίτευξη των στόχων του 2030. Το κόστος της ενέργειας του συστήματος ποικίλει ανάλογα με την ποσότητα, τις τεχνολογίες, και τη γεωγραφική κατανομή των αναπτυσσόμενων ΑΠΕ. Ρυθμίσεις επιμερισμού των βαρών μεταξύ των Κρατών Μελών έχουν συνέπειες στη γεωγραφική κατανομή των εγκαταστάσεων ΑΠΕ (406/2009/EC; Joshi et al., 2011). Επιπλέον, μπορεί να μετρηθεί χρησιμοποιώντας μονάδα μέτρησης το €/MW εγκατεστημένης ισχύος ή €/MWh της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Ελαστικότητα (C₂)

Το κριτήριο της ελαστικότητας θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά την αξιολόγηση των τεχνικών λύσεων, εφόσον η ενεργειακή πολιτική πρέπει ρυθμίζεται ανάλογα με τη μεταβαλλόμενη ενεργειακή κατάσταση (Zhou, 2013). Το κριτήριο αυτό αναφέρεται στο

βαθμό ελευθερίας που διαθέτει ένα Κράτος Μέλος, ώστε να καθορίσει τη δική του φιλοσοφία για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, δηλαδή να επικεντρωθεί στην ανάπτυξη των ΑΠΕ, την ενεργειακή αποδοτικότητα, ή και άλλα μέτρα (Meyer-Ohlendorf, 2015). Τα Κράτη Μέλη είναι πρόθυμα να αναθέσουν την αρμοδιότητα σχετικών αποφάσεων στην Επιτροπή μέχρι κάποιο βαθμό, ενώ πολλά από τα μέλη έχουν έντονο ενδιαφέρον για τη διατήρηση της ευελιξίας για προσαρμογή των στόχων στις εθνικές τους συνθήκες και προτιμήσεις (Sartor et al., 2015). Το κριτήριο αυτό συνδέεται στενά με την πολιτική και κοινωνική αποδοχή.

Εφαρμοσιμότητα (C₃)

Ένας ουσιαστικός στόχος θα πρέπει να έχει εφικτή υλοποίηση και να είναι μετρήσιμη ως προς τα αποτελέσματά της. Ο σκοπός ενός μετρήσιμου στόχου είναι να παρακινεί και να ρυθμίζει το συλλογικό στόχο, ελέγχοντας την επίτευξη του στόχου ή και την εφαρμογή συμμορφώσεων (Ali et al., 2001). Αυτό περιλαμβάνει την πιθανότητα να προσδιορίσει ένα σημείο αναφοράς, και να διασαφηνίσει ποιοι μηχανισμοί και από ποιόν μπορούν εφαρμοστούν για την επίτευξη του στόχου (IRENA, 2015; Peeters, 2014). Η εφαρμοσιμότητα μπορεί να ενισχυθεί εάν η τεχνική βάση των πολιτικών γίνεται εύκολα κατανοητή. Ενδείκνυται από τα Κράτη Μέλη να ενστερνίζονται τη διαδρομή μιας πολιτικής, χωρίς η πλήρης συναίνεση να είναι αυτοσκοπός (Tietje, 2008).

Πολιτική και κοινωνική αποδοχή (C₄)

Το κριτήριο αυτό αφορά το κατά πόσον μια συγκεκριμένη δομή στόχου είναι πολιτικά ελκυστική για τα Κράτη Μέλη σε μια δεδομένη στιγμή. Παράγοντες που επηρεάζουν την πολιτική και κοινωνική αποδοχή είναι το επίπεδο της φιλοδοξίας της πολιτικής και οι συναφείς δαπάνες για κάθε Κράτος Μέλος ατομικά, καθώς και ο δεσμευτικός χαρακτήρας των υποχρεώσεων. Η παράμετρος αυτή κεντρίζει το ενδιαφέρον εκείνων των οικονομολόγων που την προτιμούν έναντι της οικονομικής αποτελεσματικότητας, εφόσον στηρίζεται σε μια λογική πολιτικών προεκτάσεων (Fischer & Preonas, 2010). Η πολιτική και κοινωνική αποδοχή μιας συγκεκριμένης εναλλακτικής σχετίζεται με τις ανησυχίες των ιδίων κεφαλαίων, την κατανομή του κόστους επίτευξης των στόχων, τις περιβαλλοντικές και τις οικονομικές επιπτώσεις, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικές συγκρούσεις μεταξύ ομάδων συμφερόντων (del Rio et al., 2013). Έτσι, η πολιτική και κοινωνική αποδοχή αξίζει να εξετάζεται ως ξεχωριστό κριτήριο.

3.4 Η Ευρωπαϊκή Πρωτοβουλία Towards2030-dialogue

Η ευρωπαϊκή πρωτοβουλία “Towards2030-dialogue” καθιερώθηκε για να παρέχει καθοδήγηση στον διάλογο πολιτικής ΑΠΕ για την περίοδο προς το 2030. Αυτή η στρατηγική πρωτοβουλία στοχεύει στην επίτευξη ενός εποικοδομητικού διαλόγου με τους ενδιαφερόμενους φορείς που να θεσπίζει ένα Ευρωπαϊκό όραμα ενός κοινού μελλοντικού πολιτικού πλαισίου για τις ΑΠΕ.

Η διαδικασία του διαλόγου συνδυάζεται με μία εις βάθος και συνεχή ανάλυση των αντίστοιχων θεμάτων που περιλαμβάνουν ΑΠΕ σε όλους τους ενεργειακούς τομείς, αλλά με μεγαλύτερη ανάλυση για τον ηλεκτρισμό από ανανεώσιμες πηγές. Το έργο βασίζεται στα αποτελέσματα του έργου “beyond 2020” του προγράμματος “Ευφυής Ενέργεια Ευρώπη”, όπου έχουν αναλυθεί κατευθύνσεις πολιτικής με διαφορετικούς βαθμούς εναρμόνισης για

την περίοδο μετά το 2020. Το έργο Towards2030-dialogue στηρίζεται άμεσα στην ακόλουθη διαδικασία: συμπλήρωση, προσαρμογή και επέκταση της εκτίμησης για την εξελισσόμενη διαδικασία πολιτικής στην Ευρώπη. Η προστιθέμενη αξία του Towards2030-dialogue περιλαμβάνει την ανάλυση των εναλλακτικών πολιτικών κατευθύνσεων για το 2030, όπως το (μερικό) άνοιγμα των εθνικών πολιτικών υποστήριξης, την ομαδοποίηση των περιφερειακών πολιτικών υποστήριξης καθώς και επιλογές για το συντονισμό και την ευθυγράμμιση των εθνικών συστημάτων. Επιπροσθέτως, αυτό το έργο προσφέρει μία αξιολόγηση των επιπτώσεων των διαφόρων επιλογών καθορισμού στόχων.

Τα αναμενόμενα αποτελέσματα είναι τα ακόλουθα:

- Εντατικός διάλογος με τους ενδιαφερόμενους φορείς για το πλαίσιο πολιτικής για τις ΑΠΕ μέχρι το 2030.
- Λεπτομερής αξιολόγηση των κατάλληλων κατευθύνσεων πολιτικής για τις ΑΠΕ προς το 2030 & καθοδήγηση για πρακτική εφαρμογή.
- Εκτίμηση των επιπτώσεων των στόχων για το 2030 και σχετικός επιμερισμός της προσπάθειας.
- Καταγραφή και ανάλυση της παρούσας κατάστασης των αγορών ηλεκτρικής ενέργειας και ενίσχυση της ένταξης των ΑΠΕ σε αυτές.
- Διεθνείς ενεργειακές τάσεις και διασυνδέσεις με την κλιματική πολιτική.

Συμβάλει συνεπώς στην αναβάθμιση της ποιότητας των πολιτικών και της λήψης αποφάσεων μέσω μιας υποδειγματικής διαδικασίας επίλυσης συγκρούσεων, δομώντας την εμπιστοσύνη και τη νομιμότητα και βελτιώνοντας τη γνώση και την κατανόηση των εμπλεκόμενων μερών. Μέσα από τη συζήτηση προηγμένων εννοιών σχετικές με τον επιμερισμό της προσπάθειας, η ανάλυση θα οδηγήσει σε μια εκτενή αξιολόγηση της εξελισσόμενης διαδικασίας χάραξης πολιτικής στην Ευρώπη, προσφέροντας μια πολυδιάστατη απεικόνιση της ευρωπαϊκού ενεργειακού γίγνεσθαι.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Πολυκριτηριακή μέθοδος αξιολόγησης εναλλακτικών στρατηγικών σεναρίων

4 Πολυκριτηριακή μέθοδος αξιολόγησης εναλλακτικών στρατηγικών σεναρίων

Το παρόν κεφάλαιο περιλαμβάνει ιστορική αναδρομή της θεωρίας ασαφών συνόλων, καταγράφοντας παράλληλα τους βασικούς ορισμούς που διέπουν την ασαφή λογική και τα πεδία εφαρμογής της. Παρατίθεται μια γενική περιγραφή της πολυκριτηριακής μεθόδου για την αξιολόγηση προβλημάτων λήψης απόφασης και καταγράφονται οι τομείς χρήσης των πολυκριτηριακών μεθόδων με έμφαση στον τομέα της Ενέργειας. Προτείνεται επίσης η μέθοδος Fuzzy TOPSIS, μια πολυκριτηριακή μέθοδος βασισμένη στην ασαφή λογική για τη διαχείριση δυσεπίλυτων πολυκριτηριακών προβλημάτων.

4.1 Η θεωρία ασαφών συνόλων

4.1.1 Ιστορική αναδρομή

Η θεωρία ασαφών συνόλων (Fuzzy set theory), που προτάθηκε από τον Zadeh (1965), ξεκίνησε μια επιστημονική επανάσταση βασισμένη στην παραδοχή ότι τα βασικά σημεία της ανθρώπινης σκέψης δεν είναι αριθμοί, αλλά γλωσσικοί όροι. Οι ασαφείς μηχανισμοί λήψης αποφάσεων προσφέρουν μεγάλη ευελιξία, ιδίως για τις διαδικασίες που βασίζονται στις ανακριβείς και αόριστες πληροφορίες, όπως την κρίση των φορέων λήψης αποφάσεων (Meghanathan et al., 2010). Η έννοια του ασαφούς συνόλου παρέχει ένα αποδεκτό σημείο εκκίνησης για την κατασκευή του εννοιολογικού πλαισίου (Kickert, 1978), αλλά υποθετικός μπορεί να αποδειχθεί ότι έχει πολύ ευρύτερο πεδίο εφαρμογής από το πλαίσιο απλών συνόλων (Chen et al., 2010), ιδίως στους τομείς της ταξινόμησης προτύπου και επεξεργασίας πληροφοριών. Ουσιαστικά, ένα τέτοιο πλαίσιο παρέχει ένα φυσικό τρόπο για την αντιμετώπιση των προβλημάτων στα οποία η πηγή ανακρίβειας είναι η απουσία ευκρινών κριτηρίων καταχώρησης σε κάποια τάξη, παρά την παρουσία των τυχαίων μεταβλητών (Koh, 2015).

Για πολύ καιρό, η θεωρία των πιθανοτήτων και των στατιστικών υπήρξαν οι κυρίαρχες θεωρίες και τα εργαλεία για τη μοντελοποίηση των αβεβαιοτήτων της πραγματικότητας (Lodwick et al., 2008). Έπειτα αναπτύχθηκαν πολυάριθμες “θεωρίες αβεβαιότητας”, οι οποίες εν μέρει αντιφάσκουν μεταξύ τους, και ως ένα σημείο αλληλοσυμπληρώνονται (Zimmermann, 2000). Από τυπικής απόψεως, η θεωρία ασαφών συνόλων είναι μία από αυτές τις θεωρίες που αρχικά προβλεπόταν ως μια επέκταση της δίτιμης λογικής ή και της κλασικής θεωρίας συνόλων (Wiley, 2010). Η επέκταση αυτή επιχειρεί να εισάγει “ασάφεια”, “αοριστία” κ.α., έτσι ώστε το τελικό αποτέλεσμα να προσεγγίζει την εκφραστική δύναμη και απλότητα της φυσικής γλώσσας, αλλά ταυτόχρονα να περισώζει όσον το δυνατόν περισσότερο τη μαθηματική δομή της κλασικής λογικής (Dubois et al., 1993). Μια τέτοια λογική είναι εξ ορισμού πλειότιμη, δηλαδή έχουμε ως τιμή αλήθειας κάθε αριθμό στο κλειστό διάστημα $[0, 1]$, πέραν των τιμών αληθείας 0 και 1. Εκτός της ασαφούς και των πλειότιμων λογικών, περιλαμβάνονται και οι κατηγορίες και οι τόποι όπου η λογική δεν είναι κλασική, αλλά ιντουϊσιονιστική (Ferro, 1989).

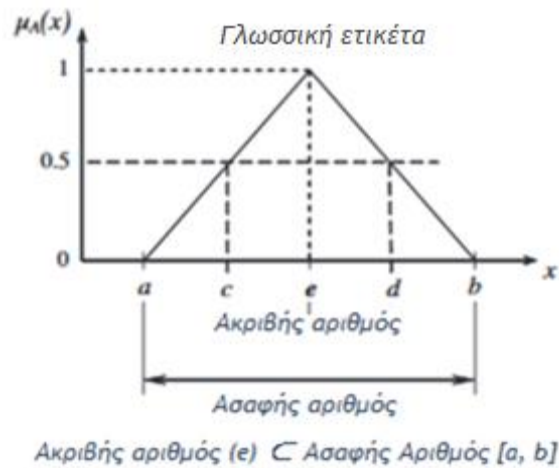
Η έννοια του ασαφούς συνόλου αποτελεί τη βάση για μια σημαντική κατεύθυνση που καλείται “Γενικευμένη Ασαφής Λογική” (FL-γενίκευση) (Zadeh, 2015). Αυτή η κατεύθυνση έχει παίξει και συνεχίζει να παίζει, σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη και τις επιπτώσεις της

ασαφούς λογικής. Υπάρχουν δύο κύριες λογικές. Πρώτον, η FL-γενίκευση ανοίγει το δρόμο για την κατασκευή καλύτερων μοντέλων της πραγματικότητας. Η δεύτερη λογική έχει μια θέση "κεντρικότητας" σε εφαρμογές της ασαφούς λογικής. Συγκεκριμένα, η δεύτερη λογική συνεπάγεται εκμετάλλευση της ανοχής απέναντι σε ανακρίβειες μέσω της αντικατάστασης των αριθμών με λέξεις, οι οποίες ορίζονται ως ετικέτες των ασαφών συνόλων με καθορισμένες συναρτήσεις συμμετοχής. Η δεύτερη λογική είναι χρησιμοποιείται ευρέως, διότι παρέχει έναν τρόπο απλοποίησης του σχεδιασμού και της μείωσης του κόστους.

4.1.2 Βασικοί ορισμοί

Στις διαδικασίες μοντελοποίησης των προβλημάτων λήψης αποφάσεων, οι σχέσεις προτίμησης αποτελούν την πιο κοινή αναπαράσταση των πληροφοριών. Διάφοροι τύποι σχέσεων προτίμησης έχουν ερευνηθεί στη βιβλιογραφία, συμπεριλαμβανομένων των πολλαπλασιαστικών σχέσεων προτίμησης (Fan et al., 2006; Herrera et al., 2001), των ασαφών σχέσεων προτίμησης (Chen, 2011; Gong et al. 2001; Xu, 2007), και των ιντούϊσιονιστικών σχέσεων προτίμησης (Ferro, 1989). Ωστόσο, λόγω πίεσης χρόνου, έλλειψης γνώσης και περιορισμένης εμπειρίας που σχετίζονται με τον τομέα του προβλήματος, ο αποφασίζων συνήθως παρέχει πληροφορίες για τις προτιμήσεις του χρησιμοποιώντας γλωσσικές ετικέτες (π.χ., καλή, μέτρια ή κακή) (Chen et al., 2001). Για καταστάσεις που απαιτείται απόφαση και οι εναλλακτικές λύσεις δεν μπορούν να εκτιμηθούν ποσοτικά με ακρίβεια αλλά μόνο ποιοτικά, η χρήση των γλωσσικών αξιολογήσεων είναι αρκετά κατάλληλη (Delgado, 1992; Nasibon, 2009; Zhang, 2009). Με την γλωσσική πληροφορία εννοούμε ότι οι πληροφορίες παρέχονται σε φυσική γλώσσα και όχι σε επίσημη γλώσσα (Bellman & Zadeh, 1970). Η γλωσσική προσέγγιση είναι μια ενδεικτική τεχνική, η οποία αντιπροσωπεύει ποιοτικές πτυχές, όπως γλωσσικές τιμές μέσω γλωσσικών μεταβλητών (Zadeh, 1975). Η χρήση των γλωσσικών μεταβλητών συνεπάγεται διαδικασίες υπολογισμού με λέξεις.

Οι ανακρίβειες και οι αοριστίες που εντοπίζονται σε καθημερινή βάση μπορούν να αναπαρασταθούν από ένα ασαφές σύνολο, μέσω μιας συνεχούς βαθμονόμησης των επιμέρους μελών τού συνόλου (Angelon, 2012). Ένα τέτοιο σύνολο χαρακτηρίζεται από μια (χαρακτηριστική) συνάρτηση συμμετοχής, η οποία αποδίδει σε κάθε αντικείμενο ένα βαθμό συμμετοχής, που κυμαίνεται μεταξύ του μηδέν και ένα (Chen, 2000). Δηλαδή η ασαφής συνολοθεωρία στηρίζεται στην επέκταση της έννοιας του κλασικού συνόλου της χαρακτηριστικής συνάρτησης $I_A(x)$ ενός δίτιμου συνόλου A (ως προς σύνολο αναφοράς X), όπου η σχέση του "ανήκειν" (\in) γενικεύεται έτσι ώστε, αντί το x να παίρνει τιμές από το δίτιμο σύνολο $\{0, 1\}$, να ορίζεται στο πλειότιμο κλειστό διάστημα $[0, 1]$ (Hajek, 1998). Είναι σαφές ότι αν επιτρέπονταν μόνο οι ακραίες τιμές των μελών 0 και 1, ότι αυτό θα ήταν πράγματι όμοιο με τα ακριβή ποσοτικά σύνολα (crisp sets) (Shinghal, 2013). Μια συνάρτηση συμμετοχής είναι η σχέση μεταξύ των τιμών ενός στοιχείου και του βαθμού συμμετοχής του σε ένα σύνολο (Xue et al., 2008). Οι έννοιες της ένταξης, της ένωσης, της τομής, του συμπληρώματος, της εξάρτησης, της κυρτότητας, κλπ, επεκτείνονται στα εν λόγω σύνολα και οι διάφορες ιδιότητες των εννοιών αυτών εδραιώνονται στο πλαίσιο των ασαφών συνόλων.



Σχήμα 10: Ορισμός της σχέσης ανάμεσα σε έναν ακριβή αριθμό και έναν ασαφή αριθμό, μέσα σε μία γλωσσική απόφαση

Η Ασαφής Συνολοθεωρία στηρίζεται στην επέκταση της έννοιας της χαρακτηριστικής συνάρτησης (characteristic function) ενός κλασικού συνόλου A (ως προς σύνολο αναφοράς X), δηλαδή:

$$I_A : x \in X \rightarrow I_A(x) \in \{0, 1\},$$

στη συνάρτηση συμμετοχής (membership function) ενός ασαφούς συνόλου A :

$$\mu_A(x) : x \in X \rightarrow \mu_A(x) \in [0, 1],$$

όπου μ_A είναι η συνάρτηση συμμετοχής του συνόλου A . Για ένα στοιχείο $x \in X$, η τιμή $\mu_A(x)$ είναι ο βαθμός συμμετοχής του x μέσα στο σύνολο A (Lauro Osiro et al., 2014). Εάν το $\mu_A(x)$ ισούται με μηδέν, τότε δεν ανήκει στο ασαφές σύνολο A . Εάν το $\mu_A(x)$ ισούται με 1, τότε ανήκει στο ασαφές σύνολο A . Ωστόσο, πέρα από την κλασική θεωρία συνόλων, εάν το $\mu_A(x)$ έχει τιμή μεταξύ του 0 και 1, τότε το x ανήκει μερικώς στο ασαφές σύνολο A . Δηλαδή, η καταλληλότητα του x είναι “αληθής”, με το βαθμό συμμετοχής του να δίνεται από το $\mu_A(x)$. Ένας ασαφής αριθμός είναι ένα ασαφές σύνολο στο οποίο η συνάρτηση συμμετοχής ικανοποιεί τις συνθήκες κανονικότητας $\sup_{x \in X} \mu_A(x) = 1$, και κυρτότητας (Εξ. 10, 11).

Οι τιμές των γλωσσικών μεταβλητών που χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση στην παρούσα εργασία ορίστηκαν βάσει μιας τριγωνικής ασαφούς παραμέτρου, δεδομένου πως η αριθμητική λειτουργία ενός τριγωνικού ασαφούς αριθμού καθίσταται ευκολότερα κατανοητή και υπολογίσιμη, ειδικά σε πολλαπλασιασμούς ασαφών τιμών (Chen, 2000). Επιπλέον, χρησιμοποιούνται μέθοδοι ασαφούς ιεράρχησης που αναφέρονται ως “απο-ασαφοποίηση” (defuzzification) για τη λήψη και ταξινόμηση μη ασαφών τιμών, εφόσον τα μέσα της ασαφούς αριθμητικής δεν είναι ακριβείς τιμές. Παράλληλα, ο συνδυασμός της θεωρίας ασαφών συνόλων με τη διαδικασία λήψης απόφασης της πολυκριτηριακής μεθόδου (MCDM, Ενότητα 4.2), χρησιμοποιείται εκτενώς για την αντιμετώπιση της αβεβαιότητας στη διαδικασία λήψης αποφάσεων για την αξιολόγηση εναλλακτικών, δεδομένου ότι παρέχει την κατάλληλη γλώσσα για να χειριστεί αβέβαια κριτήρια, ενώ δύναται να ενσωματώσει στην ανάλυσή της ποιοτικούς και ποσοτικούς παράγοντες.

Ο τριγωνικός ασαφής αριθμός χρησιμοποιείται συχνά στη λήψη αποφάσεων, λόγω της ιντουϊσιονιστικής συνάρτησης συμμετοχής, που δίνεται από:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & \text{για } x < l, \\ \frac{x-1}{m-1}, & \text{για } l \leq x \leq m, \\ \frac{u-x}{u-m}, & \text{για } m \leq x \leq u, \\ 0, & \text{για } x > u \end{cases}$$

όπου το l , m και u είναι πραγματικοί αριθμοί, το m υποδεικνύει την τιμή της συνάρτησης συμμετοχής, ενώ τα l και u αντιπροσωπεύουν το άνω και κάτω όριο (με $l < m < u$). Εκτός του διαστήματος $[l, u]$, ο βαθμός συμμετοχής είναι μηδενικός, και το m αντιπροσωπεύει το σημείο στο οποίο ο βαθμός συμμετοχής είναι μέγιστος. Σημειώνεται πως τραπεζοειδείς ασαφείς αριθμοί χρησιμοποιούνται επίσης συχνά στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων (Buckley, 1985; Xu et al., 2014).

Η εκτέλεση αριθμητικών πράξεων με ασαφείς αριθμούς, σε περιπτώσεις συνυπολογισμού γλωσσικών πληροφοριών, είναι αρκετά απαιτητική (Herrera et al., 1996; Truck, 2009). Μια από τις πιο βασικές έννοιες της θεωρίας ασαφών συνόλων, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη γενίκευση των ακριβών μαθηματικών εννοιών σε ασαφή σύνολα, είναι η αρχή της επέκτασης (Zadeh, 1965), ενώ έχουν προταθεί και τροποποιήσεις της (Zadeh, 1973a; Zadeh et al., 1975). Έχοντας έναν οποιοδήποτε πραγματικό αριθμό K και δύο τριγωνικούς ασαφείς αριθμούς $A=(l_1, m_1, u_1)$ και $B=(l_2, m_2, u_2)$, οι κύριες αλγεβρικές ιδιότητες εκφράζονται ως ακολούθως:

(1) Πρόσθεση δύο τριγωνικών ασαφών αριθμών

$$\tilde{A} (+) \tilde{B} = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2), l_1 \geq 0, l_2 \geq 0 \quad (1)$$

(2) Πολλαπλασιασμός δύο τριγωνικών ασαφών αριθμών

$$\tilde{A} (x) \tilde{B} = (l_1 x l_2, m_1 x m_2, u_1 x u_2), l_1 \geq 0, l_2 \geq 0 \quad (2)$$

(3) Αφαίρεση δύο τριγωνικών ασαφών αριθμών

$$\tilde{A} (-) \tilde{B} = (l_1 - l_2, m_1 - m_2, u_1 - u_2), l_1 \geq 0, l_2 \geq 0 \quad (3)$$

(4) Διαίρεση δύο τριγωνικών ασαφών αριθμών

$$\tilde{A} (\div) \tilde{B} = (l_1 \div l_2, m_1 \div m_2, u_1 \div u_2), l_1 \geq 0, l_2 \geq 0 \quad (4)$$

(5) Αναστροφή ενός τριγωνικού ασαφούς αριθμού

$$\tilde{A}^{-1} = \left(\frac{1}{u_1}, \frac{1}{m_1}, \frac{1}{l_1} \right) \geq 0 \quad (5)$$

(6) Πολλαπλασιασμός ενός τριγωνικού ασαφούς αριθμού με μία σταθερά

$$k \times \tilde{A} = (k \times l1, k \times m1, k \times u1), l1 \geq 0, k \geq 0 \quad (6)$$

(7) Διάρθρωση ενός τριγωνικού ασαφούς αριθμού με μία σταθερά

$$\frac{\tilde{A}}{k} = \left(\frac{l1}{k}, \frac{m1}{k}, \frac{u1}{k} \right), l1 \geq 0, l2 \geq 0 \quad (7)$$

Για την αντιμετώπιση καταστάσεων με περιορισμένη ύπαρξη διαθέσιμων δεδομένων που δυσχεραίνουν τη διαδικασία αξιολόγησης, χρησιμοποιούνται γλωσσικές εκφράσεις που μπορούν να ανήκουν σε ένα γλωσσικό σύνολο, αποτελούμενο από ποιοτικές εκφράσεις όπως “Καλό”, “Κακό”, “Μέτριο” και “Άριστο” (Kahraman, 2014). Αυτές οι γλωσσικές ομάδες θα μετατραπούν έπειτα σε τριγωνικούς ασαφείς αριθμούς για περαιτέρω επεξεργασία, με τη χρήση πολυκριτηριακών μεθόδων λήψης απόφασης (Ενότητα 4.2). Για τη μετατροπή των γλωσσικών μεταβλητών των αποφασιζόντων σε τριγωνικούς ασαφείς αριθμούς, θα πρέπει να έχουν οριστεί κανόνες μετατροπής μεταξύ των γλωσσικών όρων και των ασαφών αξιολογήσεων (Zhao et al., 2014). Ο Πίνακας 15 της Ενότητας 5.3 είναι ένα ενδεικτικό παράδειγμα κανόνα μετατροπής για τον καθορισμό των βαρών των κριτηρίων και των αποδόσεων των εναλλακτικών λύσεων (Liao et al., 2013).

4.1.3 Εφαρμογές της ασαφούς λογικής

Από την καθιέρωσή της το 1965, η θεωρία των ασαφών συνόλων έχει αναπτυχθεί ποικιλοτρόπως και χρησιμοποιείται ευρέως σε επιστημονικούς τομείς, όπως στη μέτρηση ενεργειακής αποδοτικότητας, στην επεξεργασία εικόνας, σε εκτιμήσεις χρηματοροών κ.α. (Hsia et al., 2008; Tang et al., 1999; Pham, 2015). Η ασάφεια μπορεί να βρεθεί σε πολλούς τομείς της καθημερινής ζωής, όπως στη μηχανική (Blockley 1980), την ιατρική (Vila και Delgado, 1983), τη μετεωρολογία (Cao & Chen 1983), τις κατασκευές (Mamdani 1981) κ.α. Για παράδειγμα, η “αυστηρότητα”, η “πιθανότητα”, η “σημασία” και η “ικανοποίηση” χρησιμοποιούνται ευρέως, αλλά η σημασία τους ποικίλλει ανάλογα με τις καταστάσεις. Η έννοια αυτή είναι πολύ χρήσιμη σε καταστάσεις που είναι υπερβολικά περίπλοκες ή κακώς ορισμένες για να περιγραφούν επαρκώς από τις παραδοσιακές ποσοτικές εκφράσεις (Zadeh, 1975). Οι εξελίξεις στον τομέα των μαθηματικών έχουν προχωρήσει σε ένα πολύ υψηλό επίπεδο (Deschrijver, 2002). Πολλές εφαρμογές εντοπίζονται και στη μηχανική που χρησιμοποιούν δυνατότητες ή μεθόδους ασαφούς θεωρίας συνόλων. Παραδείγματα αυτών αφθονούν στη βιβλιογραφία (Kno & Cohen, 1998; Levner et al., 1998; Jones & Hua, 1998; Gasos & Rosetti, 1999; Chen et al. 1998; Zimmermann, 1999).

Ένας μεγάλος όγκος ερευνητικών έργων είναι αφιερωμένος στην επίλυση των πολυ-κατασκευαστικών προβλημάτων λήψης αποφάσεων υπό ασαφείς ρυθμίσεις (Chen & Hwang, 1992 και Pei, 2013). Οι Xu & Chen (2008) εισήγαγαν τα μέτρα απόστασης και της ομοιότητας των ιντουϊσιονιστικών ασαφών συνόλων. Η τελευταία τάση της ιντουϊσιονιστικής ασαφούς λήψης αποφάσεων θα είναι οι εφαρμογές των διαχειριστών για συνάρθρωση νέων ιντουϊσιονιστικών ασαφών πληροφοριών (Tan et al, 2015) και νέες ασαφείς μέθοδοι για περιεκτική βαθμονόμηση (Chen, 2015). Μια άλλη πολλά υποσχόμενη κατεύθυνση με ιντουϊσιονιστική προσέγγιση ασαφών συνόλων θα είναι η ολοένα και αυξανόμενη κλίμακα και πολυπλοκότητα της λήψης αποφάσεων (Liu et al, 2015; Pei, 2013). Ωστόσο, τα προβλήματα λήψης αποφάσεων με ασαφείς μεταβλητές μέτρησης της

αξιοπιστίας δεν είναι ακόμη ώριμα (Li & Liu, 2008). Επίσης εισήχθησαν έννοιες της θεμελιώδους ασαφούς σχέσης κυριαρχίας, και κατασκευάστηκε μία μέθοδος κατάταξης με βάση το μέτρο της αξιοπιστίας (Peng et al., 2005; Peng et al., 2006). Ο Zeng (2006) πρότεινε μια πολυ-χαρακτηριστική ασαφή μέθοδο λήψης αποφάσεων που βασίζεται στις προσδοκώμενες τιμές των ασαφών μεταβλητών. Μια ανάλυση σε βάθος σχετικά με την αναμενόμενη τιμή των ασαφών μεταβλητών με συνεχή συνάρτηση συμμετοχής, πραγματοποιήθηκε από τους Xue, Tang, & Zhao (2008). Πιο πρόσφατα, εξετάστηκε ο μετρικός χώρος ασαφών μεταβλητών βασισμένο σε αποστάσεις, ενώ περιλαμβάνεται και ένα μικρό αριθμητικό παράδειγμα είναι (Tang et al., 2009). Ακόμη, ένα θεώρημα διαχωρισμού για κυρτά ασαφή σύνολα (convex fuzzy sets) αποδεικνύεται χωρίς να προϋποθέτει ότι τα ασαφή σύνολα είναι ξένα μεταξύ τους (Yager, 2013).

Συναντάται ιδιαίτερα συχνά σε όλους τους τομείς στους οποίους η ανθρώπινη κρίση, η αξιολόγηση, και οι αποφάσεις είναι σημαντικές (Jyh-Rong Chou, 2012). Αυτοί είναι οι τομείς της λήψης αποφάσεων, της λογικής, της μάθησης, και ούτω καθεξής (Corbin, 2015; Chiu 2015; Tseng, 2015). Πεδίο εφαρμογής είναι η καθημερινή επικοινωνία, που στο μεγαλύτερο μέρος της χρησιμοποιούνται “φυσικές γλώσσες”, όπου η έννοια των λέξεων είναι πολύ συχνά αόριστη, και ένα μεγάλο μέρος της ανθρώπινης σκέψης γίνεται σε αυτό (Fedrizzi et al., 2012). Από το 1992 η θεωρία ασαφών συνόλων, η θεωρία των νευρωνικών δικτύων και η περιοχή του εξελικτικού προγραμματισμού έχουν γίνει γνωστοί με το όνομα “υπολογιστική νοημοσύνη” (Ares et al., 2015). Η σχέση μεταξύ αυτών των περιοχών έχει φυσικά καταστεί ιδιαίτερα στενή.

Σε γενικές γραμμές, η θεωρία ασαφών συνόλων κατά τις τελευταίες δεκαετίες έχει αναπτυχθεί προς δύο κατευθύνσεις (Bilgic et al., 2003; Zimmermann, 2013):

- Ως επίσημη θεωρία, όπου έγινε πιο εκλεπτυσμένη και εξειδικευμένη καθώς ωριμάζε, και διευρύνθηκε με πρωτότυπες ιδέες και έννοιες, καθώς και με τη συνεργασία με κλασικούς μαθηματικούς τομείς, όπως η άλγεβρα, η θεωρία γράφων, η τοπολογία, κ.ο.κ. γενικεύοντας τους.
- Ως εφαρμογή προσανατολισμένη στην “ασαφή τεχνολογία”, δηλαδή ως εργαλείο για τη μοντελοποίηση, την επίλυση προβλημάτων και την εξαγωγή δεδομένων, που έχει αποδειχθεί ανώτερη από τις υπάρχουσες μεθόδους σε πολλές περιπτώσεις, αλλά και ελκυστικό πρόσθετο για τις κλασικές προσεγγίσεις.

Πίνακας 12: Επιλεγμένες Εφαρμογές της Ασαφούς θεωρίας συνόλων στον τομέα της Διοίκησης και της Μηχανικής (Zimmermann, 2001)

| Ασαφή Μεθοδολογική Προσέγγιση σε Λειτουργικές Περιοχές | Γραμμικός και Μη-Γραμμικός Προγραμματισμός | Συνδυαστικός Προγραμματισμός | Δυναμικός Προγραμματισμός Κλάδοι & Όρια | Ασαφής Έλεγχος και Περ. Συλλογισμός | Θεωρία Γραφημάτων | Ομαδοποίηση | Γενικά Ασαφή Μαθηματικά | Άλλες Ευριστικές Τεχνικές |
|--|--|------------------------------|---|-------------------------------------|-------------------|-------------|-------------------------|---------------------------|
| Στρατηγικός σχεδιασμός | x | | | x | | | | |
| Επιλογή Μέσων | x | | | | | | | |
| Διάρθρωση στόχων Αγοράς | | | | | | x | | |
| Πιστοληπτική Ικανότητα | | | | x | | | x | |
| Διαχείριση Προσωπικού | x | | | | | | | |
| Τοποθεσία | | x | | | | | | |
| Μεταφορές | x | | | | | | | |
| Έλεγχος Παραγωγικής διαδικασίας | x | | | x | | | | x |
| Προγραμματισμός | x | x | | | | | | x |
| Συντήρηση | | | | | x | | x | |
| Καταγραφή Αποθέματος | x | | x | x | x | | | |
| Έλεγχος Ποιότητας | | | | | | x | | |
| Εντοπισμός Σφαλαμάτων | | | | | | | x | |
| Ανάθεση Εργασίας | x | | | x | | | | |
| Σχεδιασμός μηχανικής | | | | | | | x | |

4.2 Η Πολυκριτηριακή Μέθοδος για την αξιολόγηση προβλημάτων λήψης απόφασης

4.2.1 Γενική Περιγραφή

Στο πρόσφατο παρελθόν, μέσα από τη σύγκριση του βαθμού επιθυμίας που εξάγεται από τις διάφορες μεθόδους αξιολόγησης, παρατηρήθηκε πως δεν μπορεί να επιτευχθεί επαρκής αξιολόγηση της καταλληλότητας των εναλλακτικών λύσεων ή καθορισμός των βέλτιστων λύσεων σε προβλήματα λήψης απόφασης, κάνοντας χρήση ενός μόνο κριτηρίου ή μιας μόνο λειτουργίας (Zeleny, 2008). Αυτό το ζήτημα της πολυκριτηριακής λήψης αποφάσεων έχει οδηγήσει στη δημιουργία και τροποποίηση πολλών συστημάτων αξιολόγησης, καθώς και στη διατύπωση των προβλημάτων μέγιστου διανύσματος στο μαθηματικό προγραμματισμό (Levin, 2014).

Η θεωρία ασαφών συνόλων, σε συνδυασμό με τη μέθοδο πολυκριτηριακής λήψης αποφάσεων (Multicriteria Decision Making - MCDM) έχει χρησιμοποιηθεί εκτενώς για την διαχείριση της αβεβαιότητας κατά τη λήψη αποφάσεων, δεδομένου ότι παρέχει την κατάλληλη γλώσσα για τη διαχείριση ασαφών κριτηρίων, ενσωματώνοντας την ανάλυση των ποιοτικών και ποσοτικών παραγόντων (Wu et al, 2011; Chai, 2013; Ho et al. 2010). Υπάρχουν πολλές διαφορετικές πολυκριτηριακές μέθοδοι και χρησιμοποιούνται κυρίως για τη βαθμονόμηση των εναλλακτικών, ενώ μπορούν να περιλαμβάνουν μαθηματικό και στοχαστικό προγραμματισμό και τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης (Chen, 2013; Hung et al.,

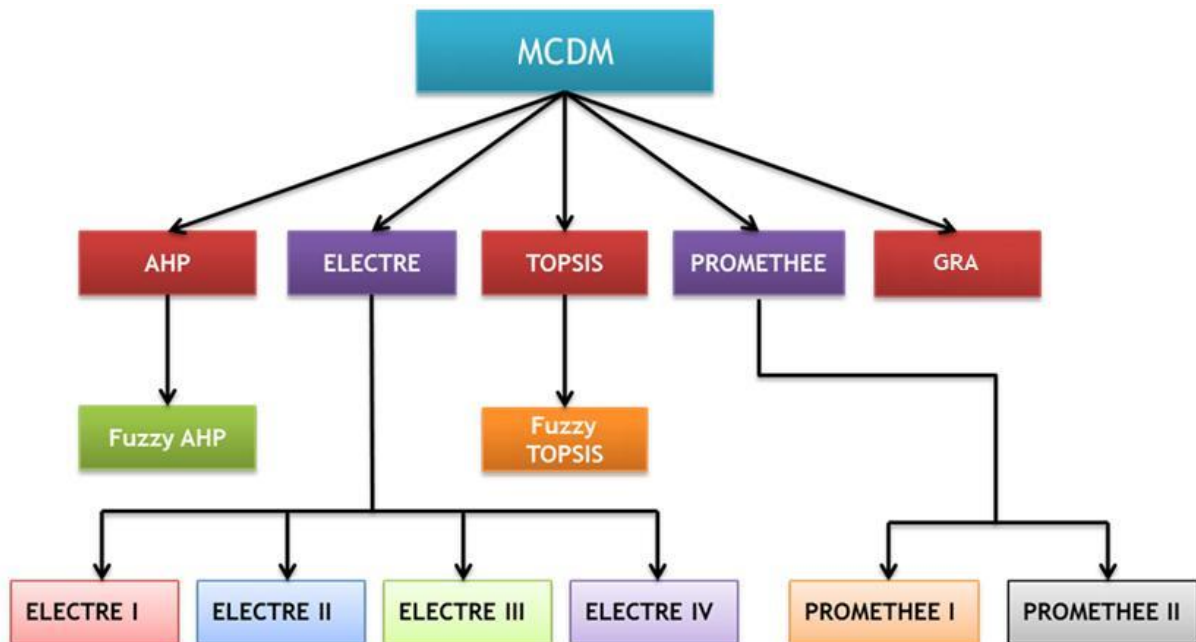
2010; Kou et al., 2011). Ο συνδυασμός μεταξύ των τεχνικών, παράλληλα με τη χρήση της θεωρίας ασαφών συνόλων (Zadeh, 1965), εφαρμόζεται εκτενώς στη μοντελοποίηση προβλημάτων που βασίζονται σε ανακριβείς και αόριστες πληροφορίες, όπως η κρίση των φορέων λήψης αποφάσεων. Η χρήση των κατάλληλων τεχνικών μπορεί να αποφέρει αποτελεσματικότητα και αποδοτικότητα στη διαδικασία επιλογής (De Boer, 1998). Για να αποφασιστεί ποιες τεχνικές θα χρησιμοποιηθούν, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η ευθυγράμμιση των ιδιαιτεροτήτων του προβλήματος με τα χαρακτηριστικά των τεχνικών (Ertugrul, 2008).

Άλλες πτυχές που πρέπει να εξεταστούν για την ευθυγράμμιση των τεχνικών με τις ιδιότητες των συνόλου εναλλακτικών, είναι οι ακόλουθες:

- **Επάρκεια για την υποστήριξη της συλλογικής λήψης αποφάσεων:** Όταν οι αποφασίζοντες ή οι ειδικοί καλούνται να προσφέρουν ακέραια κρίση κατά τη σύγκριση εναλλακτικών επιλογών, θα πρέπει να θυσιάσουν ένα μεγάλο μέρος της εμπειρογνωμοσύνης τους, που ενδεχομένως να οδηγούσε σε έλλειψη επάρκειας του μαθηματικού μοντέλου απέναντι στην πραγματική λύση (Gal et al., 2013). Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι ειδικοί μπορεί να παρουσιαστούν απρόθυμοι απέναντι σε κατηγορηματικούς ισχυρισμούς. Ως εκ τούτου, είναι σκόπιμο οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται κατά την επιλογή εναλλακτικής να είναι επαρκής ώστε να συνδυάζουν αντικρουόμενες αποφάσεις των διαφόρων υπευθύνων λήψης απόφασης, παρέχοντας παράλληλα μια ευέλικτη γλώσσα για έκφραση προσεγγιστικά ιδανικών βαθμών προτίμησης (Agosti et al., 2003).
- **Επάρκεια απέναντι σε αλλαγές των εναλλακτικών λύσεων ή κριτηρίων:** Σε περιπτώσεις συμπερίληψης ή αποκλεισμού κάποιας εναλλακτικής λύσης κατά τη διαδικασία αξιολόγησης, η τεχνική θα πρέπει να συνεχίζει να παρέχει αξιόπιστες προβλέψεις παρά τις μεταβολές στα δεδομένα εισόδου της (Ehrgott et al., 2009). Η ίδια ανάγκη θα πρέπει να ικανοποιείται και σε περιπτώσεις συμπερίληψης ή αποκλεισμού κριτηρίων λήψης αποφάσεων (Faris et al., 1968). Έλεγχος της παραπάνω απαίτησης μπορεί να προκύψει από την ανάλυση ευαισθησίας του μοντέλου (Ενότητα 5.4). Και στις δύο περιπτώσεις, οι τεχνικές θα πρέπει να είναι αρκετά ισχυρές για να μην προκληθούν ασυνέπειες στη διάταξη των εναλλακτικών λύσεων.
- **Ευελιξία στη διαδικασία λήψης απόφασης:** Ο παράγοντας αυτός σχετίζεται κυρίως με το απαιτούμενο όγκο δεδομένων που συλλέγονται από τις αποφάσεις των φορέων λήψης αποφάσεων (Linkov et al., 2008). Ανάλογα με την τεχνική MCDM και τον αριθμό των κριτηρίων και εναλλακτικών λύσεων, η ποσότητα των αποφάσεων που απαιτούνται για να συγκεντρωθούν όλα τα στοιχεία μπορεί να κάνει τη διαδικασία αξιολόγησης πολύ χρονοβόρα (Mahmoud, 2000; Pookehar et al., 2004).
- **Υπολογιστική πολυπλοκότητα:** Ο παράγοντας αυτός μπορεί να σχετίζεται με την πολυπλοκότητα χρόνου ή χώρου (Dourmos et al., 2013). Η κύρια ανησυχία στη διαδικασία λήψης απόφασης σχετίζεται με την πολυπλοκότητα του χρόνου, που οποίο αναφέρεται στον χρόνο στον οποίο ο αλγόριθμος ολοκληρώνεται (Chang, 1996). Η χρονική πολυπλοκότητα ποικίλλει ανάλογα με την τεχνική, ως συνάρτηση του αριθμού των μεταβλητών εισόδου, όπου στην περίπτωση επιλογή εναλλακτικού στρατηγικού σεναρίου αναφέρεται στον αριθμό των εναλλακτικών πολιτικών και κριτηρίων.

- Αβεβαιότητα: Ως προς την επιλογή εναλλακτικής, η αβεβαιότητα στη λήψη αποφάσεων μπορεί να αναφέρεται στην έλλειψη ακρίβειας της βαθμονόμησης των εναλλακτικών λύσεων, καθώς και τη σχετική βαρύτητα των διαφόρων κριτηρίων (Cascales, 2014). Αυτή η ασάφεια μπορεί να οφείλεται σε: υποκειμενική αξιολόγηση από πολλαπλούς φορείς λήψης αποφάσεων, ανεπάρκεια προηγούμενων δεδομένων σχετικά με την απόδοση των ενδεχόμενων εναλλακτικών, δυσκολία αξιολόγησης άοριστων στοιχείων της απόδοσης εναλλακτικών (Zimmermann, 1991).

Δημοφιλείς μέθοδοι πολυκριτηριακής ανάλυσης που έχουν υιοθετηθεί για την επίλυση προβλημάτων που απαιτούν διαφορετική προσέγγιση (Wang, 2010) είναι η “AHP” (Analytic Hierarchy Process), η “ELECTRE” (Elimination Et Choix Traduisant la REalité), η “TOPSIS” (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), η “PROMETHEE” (Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluations) και η “GRA” (Grey Renational Analysis). Επιπλέον, έχουν αναπτυχθεί διαφορετικές εκδοχές της ELECTRE (I, II, III και IV), όπως και για την PROMETHEE (I και II). Όλες οι μέθοδοι βασίζονται στις ίδιες θεμελιώδεις έννοιες, αλλά διαφέρουν τόσο λειτουργικά όσο και σύμφωνα με το είδος του προβλήματος απόφασης (Tansell, 2012). Κάνοντας επίσης χρήση των εννοιών της ασαφούς θεωρίας συνόλων και της ανάλυσης ιεραρχικής δομής, ακολουθείται μια εις βάθος και συστηματική προσέγγιση για την επιλογή εναλλακτικής και επεξήγησης του προβλήματος (Fuzzy AHP, Fuzzy TOPSIS). Αυτές οι μέθοδοι έχουν επιλεγεί ανάλογα με τη φύση της διαδικασίας για τη λήψη αποφάσεων. Πολλοί ερευνητές εφάρμοσαν δύο ή περισσότερες από τις μεθοδολογίες πολυκριτηριακής αξιολόγησης, για να αξιολογηθεί η σκοπιμότητα των τεχνολογιών μέσω της σύγκρισης των αποτελέσματα και της ανάλυσης των ελλείψεων της κάθε εναλλακτικής λύσης (Kahraman et al., 2010).



Σχήμα 11: Ιεραρχική δομή μεθόδων και τύπων της πολυκριτηριακής αξιολόγησης (Aruldoss et al., 2013)

Η πολυκριτηριακή μέθοδος χρησιμοποιείται σε πολλές εφαρμογές, όπως στην αξιολόγηση των επιδόσεων (Ashton, 2013), στην επιλογή προμηθευτή (Jorge et al., 2012), στη διαχείριση ανεφοδιασμού (Cousins, et al., 2008), στην αυτοκινητοβιομηχανία (Yang, 2006), στην εκτίμηση υγειονομικής ασφάλειας κατά την επεξεργασία αποβλήτων (Srinivasan,

2014), στην τραπεζική απόδοση και τις ηλεκτρονικές συναλλαγές (Delibašić et al., 2015), τις επιδόσεις των εκπαιδευτικών (Tzeng et al., 2011) και σε διάφορες άλλες διαδικασίες πολλαπλής επιλογής (Dal Pont et al., 2014). Η λήψη αποφάσεων σε όλες αυτές τις εφαρμογές είναι αποτελεσματική και επιτυγχάνεται η εύρεση της βέλτιστης εναλλακτικής λύσης. Οι ασαφείς πολυκριτηριακές μέθοδοι είναι κατάλληλες ιδίως για την ανάλυση ποιοτικών και ποσοτικών χαρακτηριστικών του προβλήματος που εφαρμόζεται (Herath et al., 2006).

Η σωστή κατασκευή σύνθετων προβλημάτων παράλληλα με τη ρητή χρήση των πολλαπλών κριτηρίων, οδηγεί σε πιο συνειδητοποιημένες και καλύτερες αποφάσεις (Roy, 1992). Σημειώθηκε σημαντική πρόοδος στον τομέα αυτό από την έναρξη του σύγχρονου κλάδου λήψης αποφάσεων πολλαπλών κριτηρίων στις αρχές της δεκαετίας του 1960. Μια ποικιλία των προσεγγίσεων και μεθόδων, πολλές από τις οποίες υλοποιούνται από εξειδικευμένο λογισμικό λήψης αποφάσεων (Weistroffer et al., 2005; McGinley 2012), έχουν αναπτυχθεί για την εφαρμογή τους σε μια σειρά από κλάδους, που κυμαίνονται από την πολιτική, την οικονομία και τις επιχειρήσεις (Matsatsinis et al. 2010; Zorounidis, 2000) μέχρι και το περιβάλλον και την ενέργεια (Kylili et al. 2014; Chen, 2008; Mach-Krol, 2014).

4.2.2 Χρήση της Πολυκριτηριακής Μεθόδου στον τομέα της Ενέργειας

Η πολυκριτηριακή ανάλυση έχει χρησιμοποιηθεί πολλάκις στη βιβλιογραφία για την επίλυση ενεργειακών προβλημάτων, τη σύγκριση και την αξιολόγηση διαφορετικών εναλλακτικών που σχετίζονται με ενεργειακή τεχνολογία, αλλά και για έργα προς υλοποίηση. Όπως καταγράφουν οι Rohekar & Ramachandran (2004), ήδη από τις αρχές της δεκαετίας του 1980, και με την μετατόπιση του ενδιαφέροντος από την πρόβλεψη της μελλοντικής ενεργειακής ζήτησης και τις μονοκριτηριακές μεθόδους της προηγούμενης δεκαετίας στο περιβαλλοντικό και κοινωνικό πλαίσιο του ενεργειακού σχεδιασμού, ξεκίνησε η αξιοποίηση μεθόδων πολυκριτηριακής ανάλυσης. Μάλιστα, πραγματοποίησαν μία ανασκόπηση των εφαρμογών πολυκριτηριακών μεθόδων λήψης αποφάσεων στον ενεργειακό σχεδιασμό, καταγράφοντας εφαρμογές στον σχεδιασμό έργων ΑΠΕ, την κατανομή ενεργειακών πόρων, την ενεργειακή διαχείριση σε κτιριακές εγκαταστάσεις και μεταφορές, καθώς και σε άλλους σχετικούς τομείς (Rohekar et al., 2003). Οι Hobbs & Meirer (1994) συνέκριναν τις μεθόδους με κριτήριο την ευκολία των εφαρμογών και των αναμενόμενων εφικτών αποτελεσμάτων, οι Huang et al. (1995) μελέτησαν τις μεθόδους που έχουν χρησιμοποιηθεί στην ενεργειακή και περιβαλλοντική μοντελοποίηση υπό αβεβαιότητα, τη μελέτη των οποίων επέκτειναν οι Zhou et al. (2006), ενώ οι Lahdelma et al. (2000) πραγματοποίησαν ανασκόπηση μεθόδων που προτιμήθηκαν στον τομέα του σχεδιασμού και της διαχείρισης περιβάλλοντος. Τέλος, αντίστοιχη περιγραφή των διαφόρων προβλημάτων ενεργειακού προγραμματισμού, καθώς και μία λεπτομερή καταγραφή των πολυκριτηριακών τεχνικών που προσφέρονται για την επίλυση αυτών των προβλημάτων, πραγματοποιούν οι Loken (2005) και Cinelli et al. (2014).

Η χρήση πολυκριτηριακής ανάλυσης έχει καθορίσει πολλές φορές τις αποφάσεις στον τομέα της ενέργειας και του ενεργειακού σχεδιασμού, καθώς οι σχετικές μέθοδοι είναι ικανές να επιλύσουν πολύ σύνθετα προβλήματα ενεργειακής διαχείρισης (Hobbs et al., 2012; Vasant et al., 2011). Η υιοθέτηση και η επιλογή εναλλακτικών πηγών ενέργειας είναι επίσης μια πολυδιάστατη διαδικασία λήψης αποφάσεων που περιλαμβάνει οικονομικές, τεχνικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές προεκτάσεις (Diakoulaki et al., 2007). Κατά συνέπεια, η

ανάλυση πολλαπλών κριτηρίων αποδεικνύεται το κατάλληλο μέσο για τη συγκώνευση και την ανάλυση όλων των προοπτικών που σχετίζονται με τη διαδικασία λήψης αποφάσεων (Aspinall et al., 2007). Μπορεί να προσφέρει μια τεχνικο-επιστημονική υποστήριξη, που είναι σε θέση να αποδώσει αποτελέσματα με σαφήνεια και συνέπεια για τον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Cavallaro, 2010), προάγοντας τη συμμετοχή του αποφασίζοντος στη διαδικασία επίλυσης και διευκολύνοντας τη λήψη συλλογικών αποφάσεων (Doukas et al., 2014; Wang et al., 2009).

Τα μοντέλα αξιολόγησης ενεργειακής πολιτικής συνήθως αναπτύσσονται μέσω ανάλυσης δύο οδών, της ανάλυσης της παραγωγικής διαδικασίας και της οικονομετρίας (Cavallaro, 2013). Όμως οι συγκρούσεις επί της βιωσιμότητας διαμοιράζονται σε ευρύτερα ζητήματα περιβαλλοντικών, κοινωνικοοικονομικών και φυσικών πόρων (Christie, 2008). Κατά συνέπεια, η ενεργειακή πολιτική προάγει κυρίως την αειφορία, ενώ συμμορφώνεται με όλα τα μεγάλα ζητήματα της βιωσιμότητας (Ukaga, 2012). Η πολυκριτηριακή μέθοδος ανάλυσης αποφάσεων, μέσω συμμετοχικών και αναλυτικών εργαλείων, είναι ευρέως αποδεκτή για ένα τέτοιο πολυδιάστατο έργο (Varajao et al., 2010; Morel et al., 2007; Cavallaro, 2013). Μαζί με ένα εργαλείο σεναρίων, η συμμετοχική και πολυκριτηριακή ανάλυση μπορούν να αξιολογήσουν τα στοιχεία των πολιτικών, αντανακλώντας διαφορετικές απόψεις, στόχους και περιορισμούς (Melnick et al., 2008).

Η σημασία της απόδοσης βαρών στα διάφορα κριτήρια αξιολόγησης διερευνήθηκε περαιτέρω (Brugha, 1998; Choo et al., 1999), με έμφαση στην ενσωμάτωση της προτίμησης των εμπλεκόμενων παραγόντων στα ενεργειακά ζητήματα (Grafakos et al. 2010). Για τον σχεδιασμό των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, η σύγκριση και ο συνδυασμός των μεθόδων κεντρίζουν επίσης το ενδιαφέρον των ερευνητών (Polatidis, 2006; Chu, 2007; Hobbs, 1997). Ωστόσο, η πολυκριτηριακή ανάλυση βρίσκεται ακόμη σε στάδιο ωρίμανσης, με την προσοχή να εστιάζεται στην επίλυση προβλημάτων παρά σε αλγοριθμικές προσεγγίσεις, ώστε να εξασφαλισθεί η περαιτέρω ανάπτυξη του σύγχρονου αυτού κλάδου (Fandel et al., 2012).

Συγκεντρωτικά, το πεδίο εφαρμογής της πολυκριτηριακής μεθόδου σχετικά με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μπορεί να διαιρεθεί σε τέσσερις κατηγορίες (Abu Taha & Daim, 2013): τον σχεδιασμό και τις πολιτικές ΑΠΕ, την εκτίμηση και την αξιολόγηση των ΑΠΕ, την επιλογή τεχνολογίας έργων, και τις περιβαλλοντικές προσεγγίσεις (Πίνακας 13). Ο σχεδιασμός και οι πολιτικές Ανανεώσιμης Ενέργειας αναφέρονται στην αξιολόγηση ενός εφικτού σχεδίου ενέργειας ή και τη διάδοση των διαφόρων επιλογών ανανεώσιμης ενέργειας (Kowalski et al., 2009; Kablan, 2004). Οι βασικοί παράγοντες είναι: η υιοθέτησή τους για επίτευξη συγκεκριμένου εθνικού στόχου, παράγοντες απόφασης, ο εθνικός σχεδιασμός, και οι δείκτες του συστήματος. Η αξιολόγηση των ΑΠΕ αναφέρεται στην εκτίμηση των διαφόρων εναλλακτικών πηγών ενέργειας ή των τεχνολογιών ενέργειας (Tzeng et al., 2005). Η επιλογή μεταξύ εναλλακτικών λύσεων στοχεύει στην εκτίμηση της “καλύτερης” μορφής ενέργειας που πρέπει να χρησιμοποιηθεί σε ηλεκτρικά, θερμικά ή άλλα συστήματα (Wimmeler, 2015). Η επιλογή των έργων και η κατανομή αναφέρονται στην επιλογή του τόπου, την επιλογή της τεχνολογίας, καθώς και την υποστήριξη λήψης αποφάσεων σε έργα παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας (Kahraman, 2010). Ο περιβαλλοντικός παράγοντας ασχολείται με τη βιβλιογραφική συζήτηση για τις εναλλακτικές τεχνολογίες από περιβαλλοντικής απόψεως και τα θέματα του κλίματος (Huang et al., 2013).

Πίνακας 13: Βιβλιογραφική ανασκόπηση πολυκριτηριακών μεθόδων και Εφαρμογές σε θέματα Ανανεώσιμης Ενέργειας (Abu Taha & Daim, 2013)

| Τομέας Εφαρμογής | AHP/ANP | ELECTRE | PROMETHEE | Ασαφή Σύνολα | Άλλες |
|-----------------------------|---|---|--|--|---|
| Σχεδιασμός & Πολιτικές ΑΠΕ | Hamalainen (1992) Kablan (2004) Kone et al. (2007) Lee (2007; 2008) | Beccali et al. (1998) Georgopoulou et al. (1997) | Kowalski et al. (2009) Topcu et al. (2004) | Becalli et al. (1998) Borges et al. (2003) Kahraman et al. (2010) Lee et al. (2008) | Afgan et al. (2002) San Cristobal JR (2001) Hobbs et al. (1997) Diakoulaki et al. (1999) |
| Αξιολόγηση ΑΠΕ | Chatzimouratidis et al. (2009) Nigim et al. (2004) Pilavachi et al. (2009) Tzeng et al. (2005) | Beccali et al. (2003) Siskos et al. (1983) | Haralambopoulos et al. (2003) Oberschmidt et al. (2010) | Siskos et al. (1983) Cai et al. (2009) Kahraman et al. (2009) | Tzeng et al. (2005) Burton et al. (2007) Cavallaro et al. (2005) Polatidis et al. (2004) |
| Επιλογή Επενδυτικών Σχεδίων | Aras et al. (2004) Cheng et al. (2005) Kahraman (2010) Meade (2005) | Goletsis et al. (2003) Cavalalro (2010) | Goletsis et al. (2003) Goumas et al. (2000) Mohamadabadi et al. (2009) Cavallaro (2009) | Kaya et al. (2010) Salah et al. (2008) Cavallaro (2010) Mohanty et al. (2005) | Begic et al. (2007) Cherni et al. (2007) Espie et al. (2003) Goumas et al. (1999) |
| Περιβάλλον | Chatzimouratidis et al. (2007) Jianjian et al. (2009) | Salminen et al. (1998) | Salminen et al. (1998) | Huang et al. (2013) Greco et al. (2012) | Zhou et al. (2006) Greening et al. (2004) |

Σχόλιο: Οι “Άλλες” μέθοδοι περιλαμβάνουν: VIKOR, TOPSIS, SWA, SIMUS, UTADIS, Δέντρα Αξίας

4.2.3 Η Fuzzy TOPSIS ως προτεινόμενη μέθοδος επίλυσης πολυκριτηριακών προβλημάτων

Η παροχή της δυνατότητας στον αποφασίζοντα να λάβει την καλύτερη δυνατή απόφαση με βάση το παρελθόν, το παρόν και τις μελλοντικές πληροφορίες, αποτελεί τον πραγματικό στόχο ενός ολοκληρωμένου συστήματος λήψης αποφάσεων (Aruldoss et al., 2013). Παρά την ύπαρξη ανακριβών δεδομένων, όπως η έλλειψη ακρίβειας στην απόδοση των αξιολογήσεων και η υποκειμενική αξιολόγηση των κριτηρίων, η ασαφής λογική μοντελοποιεί την αβεβαιότητα και επιτρέπει την εύστοχη λήψη αποφάσεων, κάνοντας τη μέθοδο πολυδιάστατη και εφαρμόσιμη σε ένα ευρύ σύνολο προβλημάτων (Celikyilmaz et al., 2009). Οι διαφορετικές τεχνικές υλοποίησης των πολυκριτηριακών μεθόδων με ασαφείς αριθμούς ευνοούν την εκτέλεση υποπροβλημάτων, όπου η αξιολόγηση και βαθμονόμηση υλοποιούνται μέσω διαφορετικών μεθόδων (Kahraman, 2008; Chan, 2013). Για σύνθετα προβλήματα, οι συμβατικές μέθοδοι (χωρίς ασαφείς αριθμούς) εξαρτώνται συνήθως από μαθηματικές προσεγγίσεις (π.χ. γραμμικοποίηση μη γραμμικών προβλημάτων), οδηγώντας σε κακή απόδοση και αύξηση του κόστους υλοποίησης (Burke, 2012).

Πέρα από γενικούς τομείς, οι πολυκριτηριακές μέθοδοι λήψης απόφασης με ασαφείς αριθμούς (Fuzzy MCDM) εφαρμόζονται επίσης για την αξιολόγηση της απόδοσης μιας διαδικασίας (Glykas, 2012, Kahraman, 2014). Παράλληλα, είναι κατάλληλες για προβλήματα προσεγγιστικών διαστημάτων και συνεπώς μπορούν να εφαρμοστούν στην ανάλυση ποσοτικών και ποιοτικών στοιχείων της κάθε εφαρμογής για να επέλθει η λύση (Wang, 2008; Yao et al., 2015). Οι ασαφείς πολυκριτηριακές μέθοδοι αποτελούν μια

προσέγγιση για την αξιολόγηση των εναλλακτικών αποφάσεων, που αφορούν υποκειμενικές κρίσεις και γίνονται από μια ομάδα αποφασιζόντων. Μια διαδικασία σύγκρισης κατά ζεύγη χρησιμοποιείται για να βοηθήσει τους ιθύνοντες να κάνουν συγκριτικές κρίσεις, ενώ μία γλωσσική μέθοδος αξιολόγησης χρησιμοποιείται για τη λήψη απόλυτων αποφάσεων (Kahraman, 2012).

Στην παρούσα εργασία γίνεται χρήση της μεθόδου Fuzzy TOPSIS, που ικανοποιεί τις παραπάνω απαιτήσεις και χρησιμοποιείται ευρέως για την επίλυση προβλημάτων λήψης απόφασης (Kahraman, 2008). Η Fuzzy TOPSIS επιτρέπει τις ασαφείς τιμές να χρησιμοποιούνται στο πρόβλημα απόφασης (Cascales, 2014), κάνοντάς την ιδιαίτερα εύληπτη και κατανοητή για τους αποφασίζοντες σε πολυδιάστατα προβλήματα ενεργειακής πολιτικής. Μέσω αυτής εξετάζεται πώς συμπεριφέρονται οι εναλλακτικές όταν λαμβάνονται συγχρόνως υπόψη πολλαπλά κριτήρια (Kumar et al., 2015), προσφέροντας υψηλή απόδοση (Ruan et al., 2010). Χρησιμοποιείται για σκοπούς κατάταξης εναλλακτικών και αξιολόγησης κριτηρίων κατά περιοχές, ενώ προβαίνει στην ταξινόμησή τους βάσει της περιοχής που έχουν κατανεμηθεί. Πλεονέκτημα της μεθόδου αποτελεί επίσης η διάκριση των κριτηρίων σε κατηγορίες “οφέλους” (όσο περισσότερο τόσο το καλύτερο) και “κόστους” (όσο λιγότερο τόσο το καλύτερο), επιλέγοντας τελικώς την εναλλακτική λύση με την υψηλότερη απόδοση, η οποία και συνίσταται για περαιτέρω μελέτη (Awasthi et al., 2010).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Η Εφαρμογή της Fuzzy TOPSIS στην Αξιολόγηση πολυκριτηριακών προβλημάτων

5 Η Εφαρμογή της Fuzzy TOPSIS στην Αξιολόγηση πολυκριτηριακών προβλημάτων

Μεταξύ των πολυάριθμων πολυκριτηριακών μεθόδων που έχουν αναπτυχθεί για την επίλυση των προβλημάτων απόφασης του πραγματικού κόσμου, η TOPSIS συνεχίζει να λειτουργεί ικανοποιητικά σε ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών (Bottani & Rizzi, 2006; Wang & Lee, 2007; Iskander, 2007). Ως γνωστή κλασική μέθοδος, η TOPSIS έχει τραβήξει το ενδιαφέρον από ερευνητές και επαγγελματίες, ενώ το παγκόσμιο ενδιαφέρον για τη μέθοδο TOPSIS έχει αυξηθεί με εκθετικό ρυθμό (Behzadian et al., 2012; Malczewski et al., 2015). Ένα παρακλάδι της, η Fuzzy TOPSIS, αποτελεί εύχρηστο εργαλείο για τους αποφασίζοντες σε πολυκριτηριακά προβλήματα ενεργειακής πολιτικής (Kahraman, 2008; 2010).

5.1 Η πολυκριτηριακή μέθοδος Fuzzy TOPSIS

Η μέθοδος TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity To An Ideal Solution) προτάθηκε για πρώτη φορά το 1981 για προβλήματα λήψης αποφάσεων πολλαπλών κριτηρίων (Hwang & Yoon, 1981). Μέσω αυτής προσδιορίζεται η βέλτιστη εναλλακτική, όπως προκύπτει από μια αντικειμενική και συστηματική αξιολόγηση των διαθέσιμων εναλλακτικών. Βέλτιστη λύση θεωρείται η εναλλακτική επιλογή που βρίσκεται πλησιέστερα (ελάχιστη γεωμετρική απόσταση) στη θετική ιδανική λύση και πιο μακριά (μέγιστη γεωμετρική απόσταση) από την αρνητική ιδανική λύση (Chiu et al., 2014), εξάγοντας αναλόγως μια κατάταξη (Chen, 2000). Η λογική πίσω από αυτή τη μέθοδο είναι η εξαγωγή ασαφών εκτιμήσεων που εκφράζονται γλωσσικά στην ανάλυση, κάνοντας χρήση γλωσσικών μεταβλητών για την αντιμετώπιση πολύπλευρων συνθηκών, που δεν μπορούν να περιγραφούν βάσει τυπικών ποσοτικών όρων (Deveci, 2015).

Στην παραδοσιακή μέθοδο TOPSIS, τόσο οι βαθμολογίες των επιδόσεων όσο και τα βάρη των κριτηρίων στη διαδικασία αξιολόγησης της είναι σε ακριβείς τιμές (crisp values) (Bramer et al., 2014). Ωστόσο, το κύριο μειονέκτημα είναι η αβεβαιότητα που προκύπτει από τις τιμές αυτές σε σχέση με την αναπαράσταση των παρατηρήσεων των αποφασιζόντων. Ως εκ τούτου, ενδείκνυται η χρήση της ασαφούς μεθόδου Fuzzy TOPSIS (Chen, 2000; Chen et al., 2006). Η ασαφής θεωρία συνόλων επιτρέπει στον αποφασίζοντα να ενσωματώνει μη μετρήσιμες, ελλειπείς ή μη προσιτές πληροφορίες και μερικώς άγνωστα γεγονότα στο μοντέλο απόφασης (Kulak et al., 2005). Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιούνται τριγωνικοί ασαφείς αριθμοί, διότι είναι διαισθητικά ευκολότερο για τους αποφασίζοντες κατά τη χρήση και τον υπολογισμό τους (Senthil et al., 2013).

Η προσέγγιση με ασαφή σύνολα φαίνεται πως είναι η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη μέθοδος TOPSIS (Moraes et al., 2014). Περισσότερες από τις μισές δημοσιεύσεις σε TOPSIS χρησιμοποιούν γλωσσικές μεταβλητές και ασαφείς αριθμούς για τη διαχείριση προβλημάτων με ασαφείς πληροφορίες (Behzadian, 2012; Kahraman et al., 2010). Πολλές δημοσιεύσεις σε TOPSIS αφορούν θέματα των ομάδων αποφασιζόντων, καθώς οι εμπειρογνώμονες ή οι αποφασίζοντες κάνουν πιο κρίσιμες και σημαντικές αποφάσεις για οργανισμούς (Ghazanfari, 2014). Οι αποφάσεις που λαμβάνονται συλλογικά τείνουν να είναι πιο αποτελεσματικές σε σχέση με αποφάσεις που λαμβάνονται από μόλις ένα άτομο

(Sunstein et al., 2014). Πολλοί συγγραφείς προτείνουν επίσης τη χρήση της μεθόδου AHP και ANP σε συνδυασμό με την TOPSIS, για την ανάλυση της δομής σύνθετων προβλημάτων λήψης αποφάσεων και τον καθορισμό των βαρών των κριτηρίων (Amiri, 2010). Οι συνδυασμοί αυτοί έχουν μετατρέψει την κλασική μέθοδο TOPSIS πιο αντιπροσωπευτική και λειτουργική κατά το χειρισμό πρακτικών και θεωρητικών προβλημάτων (Mukherjee, 2014). Εργαλεία που συνήθως χρησιμοποιούνται για την επέκταση της μεθόδου TOPSIS αποτελούν επίσης οι προσεγγίσεις ομάδων λήψης αποφάσεων (Amiri, 2015), οι μέθοδοι εντροπίας (Hung, 2009), ο μαθηματικός προγραμματισμός (Lai, 1995) και ο γενετικός αλγόριθμος (Azzam, 2007).

Για την παρουσίαση των ομοιοτήτων και των διαφορών μεταξύ των εφαρμογών της TOPSIS, πλήθος δημοσιεύσεων, από το έτος 2000 και έπειτα, επιλέχθηκαν ως αντιπροσωπευτικό δείγμα και ταξινομήθηκαν σε εννέα βασικούς τομείς (Behzadian et al., 2012): (1) Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας και Λογιστική (Chen et al., 2006), (2) Σχεδιασμός, Μηχανική και Συστήματα Παραγωγής (Lin et al., 2008), (3) Διαχείριση Επιχειρησιακού Μάρκετινγκ (Aydogan, 2011; Peng et al., 2011), (4) Διαχείριση Υγείας, Ασφάλειας και Περιβάλλοντος (Krohling & Campaharo, 2011; Yue, 2011), (5) Διοίκηση Ανθρώπινου Δυναμικού (Boran et al., 2011b), (6) Διαχείριση Ενέργειας (Kaya et al., 2011), (7) Χημική Μηχανική (Rao & Baral, 2011), (8) Διαχείριση Υδατικών Πόρων (Dai et al., 2010), και (9) Άλλοι τομείς, όπως Ιατρική, Γεωργία, Εκπαίδευση, Κυβερνητικά ζητήματα και Αθλητισμός (Albayrak et al., 2009; Rahimi et al., 2007; Sadi-Nezhad et al., 2010).

Ο Σχεδιασμός, η Μηχανική και τα Συστήματα Παραγωγής είναι μια ευρεία περιοχή των εφαρμογών της TOPSIS (Behzadian, 2012). Ο τομέας περιλαμβάνει εργασίες στα σύγχρονα συστήματα παραγωγής, αυτοματισμού, μηχανικής υλικών, ηλεκτρικών μηχανών, σχεδιασμό προϊόντων, ποιότητας και μηχανικής (Panda, 2014; Vatansever, 2014). Σε αυτόν τον τομέα, οι Lin et al. (2008) παρουσίασαν ένα πλαίσιο που συνδυάζει τις μεθόδους AHP και TOPSIS για να βοηθήσει τους σχεδιαστές στον προσδιορισμό των απαιτήσεων του προβλήματος και των χαρακτηριστικών του σχεδιασμού, ενώ παρέχει μια τελική σχεδιαστική λύση σε περιπτώσεις ύπαρξης πολλαπλών σημείων αναφοράς.

Η χρήση της TOPSIS στον ενεργειακό τομέα έτυχε αποδοχής, λόγω της ικανότητάς της να διαχειρίζεται τα πολλά και αντικρουόμενα κριτήρια των αποφάσεων σχεδιασμού ενεργειακής πολιτικής και διαχείρισης. Πολλές εφαρμογές της επικεντρώνονται στην αξιολόγηση και την επιλογή μεθόδων παραγωγής ενέργειας και τεχνολογιών, αλλά και ενεργειακής απόδοσης του συστήματος (Cavaliaro, 2010). Η μέθοδος έχει αξιοποιηθεί στην αξιολόγηση της βιωσιμότητας εναλλακτικών επιλογών ανανεώσιμης ενέργειας (Doukas et al., 2009). Οι Boran et al. (2011a) αξιολογούν τις τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Τουρκία, χρησιμοποιώντας ιντούϊσιονιστική Fuzzy TOPSIS. Η φωτοβολταϊκή, η υδροηλεκτρική, η αιολική και η γεωθερμική ενέργεια έχουν αξιολογηθεί για μακροπρόθεσμες τεχνολογίες ΑΠΕ στην Τουρκία (Cascales, 2014). Η μέθοδος TOPSIS έχει επίσης εφαρμοστεί στο παρελθόν σε προβλήματα επιλογής δικτύων σε ετερογενή ασύρματα περιβάλλοντα (Bari, 2007; Tran, 2009). Οι Yan et al. (2011) εφάρμοσαν μια νέα μέθοδο GRD-TOPSIS για τη διερεύνηση της απόδοσης των επιχειρήσεων άνθρακα για εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση των εκπομπών ρύπων. Προτάθηκε επίσης μια τροποποιημένη μέθοδος Fuzzy TOPSIS για αποφάσεις ενεργειακού σχεδιασμού, λαμβάνοντας υπόψη τεχνικούς, οικονομικούς, περιβαλλοντικούς και κοινωνικούς παράγοντες (Kahraman, 2011). Ο Πίνακας 14 συνοψίζει εργασίες σχετικές με την ενεργειακή πολιτική και διαχείριση.

Κεφάλαιο 5 Η Εφαρμογή της Fuzzy TOPSIS στην Αξιολόγηση πολυκριτηριακών προβλημάτων

Πίνακας 14: Εφαρμοσμένες εργασίες στον τομέα της Ενεργειακής Πολιτικής και Διαχείρισης

| Συγγραφείς | Τομέας | Άλλες τεχνικές σε συνδυασμό ή σε σύγκριση |
|---------------------------|---|---|
| Aalami et al. (2010) | Επιλογή προγραμμάτων ανταπόκρισης στη ζήτηση, με χρήση ρυθμιστή αγοράς ενέργειας | AHP και μέθοδος εντροπίας |
| Amiri (2010) | Αξιολόγηση εναλλακτικών επενδυτικών έργων για ανάπτυξη μονάδων εξόρυξης πετρελαίου | Fuzzy TOPSIS και AHP |
| Azzam & Mousa (2007) | Το πρόβλημα αποζημίωσης αέργου ισχύος | Γενετικός αλγόριθμος και βελτιστοποίηση |
| Boran et al. (2012) | Εκτίμηση τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας | Fuzzy TOPSIS |
| Chamodrakas et al. (2011) | Επιλογή ενεργειακού αποδοτικού δικτύου μεταξύ ετερογενών ασύρματων δικτύων | Fuzzy TOPSIS και συναρτήσεις χρησιμότητας |
| Dhakshmi et al. (2011) | Αντιμετώπιση οικονομικού προβλήματος και προβλήματος εκπομπών | Βελτιστοποίηση πολλαπλών στόχων και NSGA-II |
| Doukas et al. (2010) | Αξιολόγηση στόχων ενεργειακής πολιτικής | Fuzzy TOPSIS |
| Garg et al. (2007) | Εκτίμηση και επιλογή ενός βέλτιστου θερμοηλεκτρικού σταθμού | - |
| Huang et al. (2003) | Αντιμετώπιση οικονομικού προβλήματος και προβλήματος εκπομπών | Τεχνητό νευρωνικό δίκτυο |
| Jeyadevi et al. (2011) | Αντιμετώπιση προβλήματος βέλτιστης αέργου ισχύος | Βελτιστοποίηση πολλαπλών στόχων και NSGA-II |
| Kaya et al. (2011) | Επιλογή της καλύτερης εναλλακτικής τεχνολογίας ενέργειας | Fuzzy AHP και Fuzzy TOPSIS |
| Opricovic et al. (2007) | Εκτίμηση εναλλακτικών υδροηλεκτρικών συστημάτων στον ποταμό Ντρίνα | VIKOR, PROMETHEE και ELECTRE |
| Thomaidis et al. (2008) | Οι προοπτικές της χονδρικής αγοράς φυσικού αερίου στις χώρες υπό τη Συνθήκη Ενεργειακής Κοινότητας | TOPSIS |
| Yan et al. (2011) | Σύστημα αξιολόγησης των επιχειρήσεων άνθρακα, βάσει ενεργειακής διαχείρισης και μείωσης ρυπογόνων εκπομπών | GRA |
| Cavallaro (2010) | Αξιολόγηση θερμοηλεκτρικής αποθήκευσης σε συγκεντρωμένα Φ/Β συστήματα | Fuzzy TOPSIS |
| Paskoy et al. (2012) | Οργανωτική στρατηγική στη διαχείριση καναλιού διανομής | Fuzzy AHP και ιεραρχική Fuzzy TOPSIS |
| Jabbour et al. (2014) | Επιλογή πράσινων προμηθευτών βάσει πρακτικών διαχείρισης πράσινης αλυσίδας εφοδιασμού (Green Supply Chain Management, GSCM) | Fuzzy TOPSIS |
| Sengul et al. (2015) | Κατάταξη συστημάτων παροχής ανανεώσιμης ενέργειας στην Τουρκία | Fuzzy TOPSIS |

5.2 Περιγραφή της μεθόδου

Η λογική πίσω από τη μέθοδο Fuzzy TOPSIS είναι η εξαγωγή ασαφών αξιολογήσεων, οι οποίες εκφράζονται γλωσσικά, κάνοντας χρήση των γλωσσικών μεταβλητών στην ανάλυση (Deveci et al., 2015). Στην παρούσα εργασία θα επεκταθεί η έννοια της μεθόδου TOPSIS, προς την ανάπτυξη μια μεθοδολογίας για επίλυση πολυδιάστατων πολυκριτηριακών προβλημάτων λήψης απόφασης, σε περιβάλλον ασαφών αριθμών (Chen 2000; 2006). Οι βασικοί ορισμοί των ασαφών συνόλων που έχουν χρησιμοποιηθεί αντλούνται από τη βιβλιογραφία (Chen, 1996; Onut & Soner, 2008; Zadeh, 1965). Η μέθοδος προϋποθέτει τη σύνθεση μιας ομάδας αποτελούμενη από K αποφασίζοντες, που θα αξιολογήσουν τα διαθέσιμα κριτήρια και τις εναλλακτικές επιλογές. Εκμεταλλευόμενοι τους αλγορίθμους ιδιοτιμών (Enguix-González, 2015), προκύπτει ένα σύνολο από τιμές που αντιστοιχούν στα κριτήρια. Οι τιμές αυτές θεωρούνται ως τα βάρη που καθορίζονται από τις αποφάσεις της ομάδας εμπειρογνομώνων και θα πρέπει να μετατραπούν σε ασαφείς αριθμούς για την επόμενη πράξη συνάθροισης.

Τα βάρη των κριτηρίων είναι ένας κρίσιμος παράγοντας σε μια διαδικασία λήψης αποφάσεων και θα πρέπει να είναι αντικειμενικά και δίκαια καθορισμένα. Γίνεται συμψηφισμός των αποφάσεων μιας ομάδας εμπειρογνομώνων για την εξαγωγή συμπερασμάτων. Εκμεταλλευόμενοι τους αλγορίθμους ιδιοτιμών (Enguix-González, 2015), εξάγεται ένα σύνολο γλωσσικών όρων που αντιστοιχούν στα κριτήρια (Ενότητα 5.3). Οι τιμές αυτές θεωρούνται ως τα βάρη που καθορίζονται από τις αποφάσεις της ομάδας εμπειρογνομώνων και θα πρέπει να μετατραπούν σε ασαφείς αριθμούς για την επόμενη πράξη συνάθροισης.

Οι αποφασίζοντες αναπαρίστανται ως D_r ($r=1, \dots, k$), ενώ σύμφωνα με τα διαστήματα των αντίστοιχων τιμών προσδιορίζεται το συνολικό βάρος W_j του j -οστού κριτηρίου C_j ($j = 1, \dots, m$), όπως προσφέρεται από τον r -οστό αποφασίζοντα. Κατόπιν αντιστοιχίζονται τα βάρη στα κριτήρια, είτε μέσω άμεσης ανάθεσης είτε με έμμεσο τρόπο, χρησιμοποιώντας ζευγαρωτές συγκρίσεις (Chen et al. 1994). Ομοίως, το X_{ij} περιγράφει την απόδοση της j -οστής εναλλακτικής A_i ($i=1, \dots, n$), με σεβασμό στο κριτήριο j , που προσφέρεται από τον r -οστό αποφασίζοντα. Στη συνέχεια επιλέγονται γλωσσικές μεταβλητές για την αξιολόγηση των κριτηρίων και των εναλλακτικών (π.χ. Πολύ λίγο (very low), λίγο (low), μέτριο (medium), αρκετά σημαντικό (high) κ.λ.π.). Οι προτεινόμενες γλωσσικές μεταβλητές χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό των βαρών των κριτηρίων, την ακριβή απόδοση των εναλλακτικών και τους αντίστοιχους ασαφείς αριθμούς. Οι αποφασίζοντες εκφράζουν επομένως την άποψή τους με γλωσσικούς όρους, που ύστερα μετατρέπονται σε τριγωνικούς ασαφείς αριθμούς μέσω μιας γραμμικής κλίμακας μετασχηματισμού. Στη θεωρία ασαφών συνόλων χρησιμοποιούνται κλίμακες ως μέθοδος συμπερίληψης της αξιολόγησης των αποφασιζόντων σε περιβάλλον αβεβαιότητας. Οι διαβαθμίσεις αυτής της κλίμακας μπορούν να εκφραστούν από τριγωνικούς ασαφείς αριθμούς, με σεβασμό προς το κάθε κριτήριο, που αναπαριστώνται ως μία τριπλέτα πραγματικών τιμών (l, m, u) (Ενότητα 4.1.2).

Λαμβάνοντας υπόψη όλους τους αποφασίζοντες, η συνολική απόδοση X_{ij} των εναλλακτικών A_i και τα συνολικά βάρη W_j των κριτηρίων C_j , με σεβασμό προς το κάθε κριτήριο, μπορούν να υπολογιστούν ως:

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{K} [\tilde{x}_{ij}^1(+)\tilde{x}_{ij}^2(+)\dots\tilde{x}_{ij}^K(+)] \quad (8)$$

$$\tilde{w}_j = \frac{1}{K} [\tilde{w}_j^1(+) \tilde{w}_j^2(+) \dots \tilde{w}_j^K(+)] \quad (9)$$

Στη συνέχεια κατασκευάζεται ο ασαφής πίνακας απόφασης για τις εναλλακτικές (Εξ. 10) και τα κριτήρια (Εξ. 11), που προκύπτουν από τις παρακάτω εξισώσεις:

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix}, \quad (10)$$

$$\tilde{W} = [\tilde{w}_1 \quad \tilde{w}_2 \quad \dots \quad \tilde{w}_n] \quad (11)$$

όπου η κάθε σειρά του πίνακα δηλώνει τις πιθανές εναλλακτικές $i=1,\dots,m$, ενώ η κάθε στήλη αντιπροσωπεύει τις ιδιότητες που σχετίζονται με τις εναλλακτικές $j=1,\dots,n$. Επίσης, X_{ij} είναι η απόδοση της κάθε εναλλακτικής i σε κάθε κριτήριο j . Κάθε X_{ij} και W_j είναι γλωσσικές μεταβλητές και μπορούν να περιγραφούν από τριγωνικούς ασαφείς αριθμούς $X_{ij}=(a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ και $W_j=(w_{j1}, w_{j2}, w_{j3})$.

Τροποποιώντας τα κριτήρια βάσει μιας γραμμικής κλίμακας μετασχηματισμού, δημιουργείται ο εξής ασαφής κανονικοποιημένος πίνακας απόφασης:

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n} \quad i = 1,2,\dots,m; \quad j = 1,2,\dots,n \quad (12)$$

όπου:

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right), \quad j \in B \quad \text{και} \quad c_j^* = \max_i c_{ij}, \quad \text{αν} \quad j \in B \quad (\text{κριτήριο οφέλους}) \quad (13)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{c_j^-}{c_{ij}^-}, \frac{c_j^-}{b_{ij}^-}, \frac{c_j^-}{a_{ij}^-} \right), \quad j \in C \quad \text{και} \quad c_j^- = \min_i a_{ij}, \quad \text{αν} \quad j \in C \quad (\text{κριτήριο κόστους}) \quad (14)$$

Η παραπάνω μέθοδος κανονικοποίησης διατηρεί την ιδιότητα πως το εύρος των κανονικοποιημένων τριγωνικών ασαφών αριθμών παραμένει στο διάστημα $[0, 1]$ (Senthil et al., 2013).

Ο ασαφής σταθμισμένος κανονικοποιημένος πίνακας απόφασης V προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό του κανονικοποιημένου ασαφούς πίνακα απόφασης με τα σχετικά βάρη W_j . Κάθε στήλη του πίνακα R πολλαπλασιάζεται με τα βάρη που σχετίζονται με την κάθε ιδιότητα X_{ij} (Onut & Soner, 2008).

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n} \quad i = 1,2,\dots,m; \quad j = 1,2,\dots,n \quad (15)$$

$$\text{όπου:} \quad \tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij}(\cdot) \tilde{w}_j \quad (16)$$

Έπειτα, μια μέθοδος κορυφών (vertex method) προτείνεται για τον υπολογισμό της απόστασης μεταξύ δύο τριγωνικών ασαφών αριθμών (Sodhi, 2012). Σύμφωνα με τη γενική ιδέα της μεθόδου TOPSIS, προσδιορίζονται οι αποστάσεις από την θετική ιδανική λύση

(Fuzzy Positive Ideal Solution - FPIS, A^+), αλλά συγχρόνως και από την αρνητική ιδανική λύση (Fuzzy Negative Ideal Solution - FNIS, A^-). Η θετική ιδανική λύση προκύπτει από τις καλύτερες τιμές επιδόσεων από το σύνολο των εναλλακτικών, ενώ η αρνητική ιδανική λύση αποτελείται από τις τιμές της χειρίστης απόδοσης (Zhu et al., 2014).

Συνεπώς:

$$A^+ = \{(\max u_{ij} \mid j \in J) \text{ ή } (\min u_{ij} \mid j \in J'), i=1, 2, \dots, m\} = (u_1^+, u_2^+, \dots, u_n^+) \quad (17)$$

$$A^- = \{(\min u_{ij} \mid j \in J) \text{ ή } (\max u_{ij} \mid j \in J'), i=1, 2, \dots, m\} = (u_1^-, u_2^-, \dots, u_n^-) \quad (18)$$

όπου:

$$J = \{j = 1, 2, \dots, n \mid u_{ij}, \text{ η μεγαλύτερη απόκριση από την επιθυμητή}\} \quad (19)$$

$$J' = \{j = 1, 2, \dots, n \mid u_{ij}, \text{ η μικρότερη απόκριση από την επιθυμητή}\} \quad (20)$$

Οι αποστάσεις των εναλλακτικών από τα A^+ και A^- προκύπτουν από τους τύπους:

$$d_i^+ = \sum_{j=1}^n d(\tilde{u}_{ij}, \tilde{u}_j^*), \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (21)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{u}_{ij}, \tilde{u}_j^-), \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (22)$$

όπου $d(\cdot, \cdot)$ είναι η μέτρηση της απόστασης ανάμεσα σε δύο ασαφείς αριθμούς, σύμφωνα με τη μέθοδο των κορυφών, και u^* αντιπροσωπεύουν τις ιδανικές λύσεις A^+ , A^- . Για τριγωνικούς ασαφείς αριθμούς, αυτό εκφράζεται μέσω της σχέσης:

$$d(\tilde{m}, \tilde{n}) = \sqrt{\frac{1}{3} [(m_1 - n_1)^2 + (m_2 - n_2)^2 + (m_3 - n_3)^2]} \quad (23)$$

όπου υπολογίζεται η απόσταση μεταξύ δύο τριγωνικών ασαφών αριθμών m και n (Chen, 2000), με:

$$\tilde{m} = (m_1, m_2, m_3) \quad \text{και} \quad \tilde{n} = (n_1, n_2, n_3) \quad (24)$$

Τέλος, υπολογίζεται ο συντελεστής εγγύτητας CC_i , που καθίσταται εφικτή τη βαθμονομική κατάταξη όλων των εναλλακτικών:

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (25)$$

Το εύρος τιμών του συντελεστή εγγύτητας είναι (0, 1) και βέλτιστη εναλλακτική ορίζεται αυτή με το μεγαλύτερο συντελεστή εγγύτητας, ενώ θα απέχει τη μικρότερη απόσταση από το FPIS και τη μικρότερη απόσταση από το FNIS. Έτσι προκύπτει η σειρά κατάταξης των εναλλακτικών επιλογών σε φθίνουσα σειρά (Iskander, 2007).

Συνοπτικά, τα βήματα που ακολουθήθηκαν κατά την εφαρμογή της μεθόδου TOPSIS είναι:

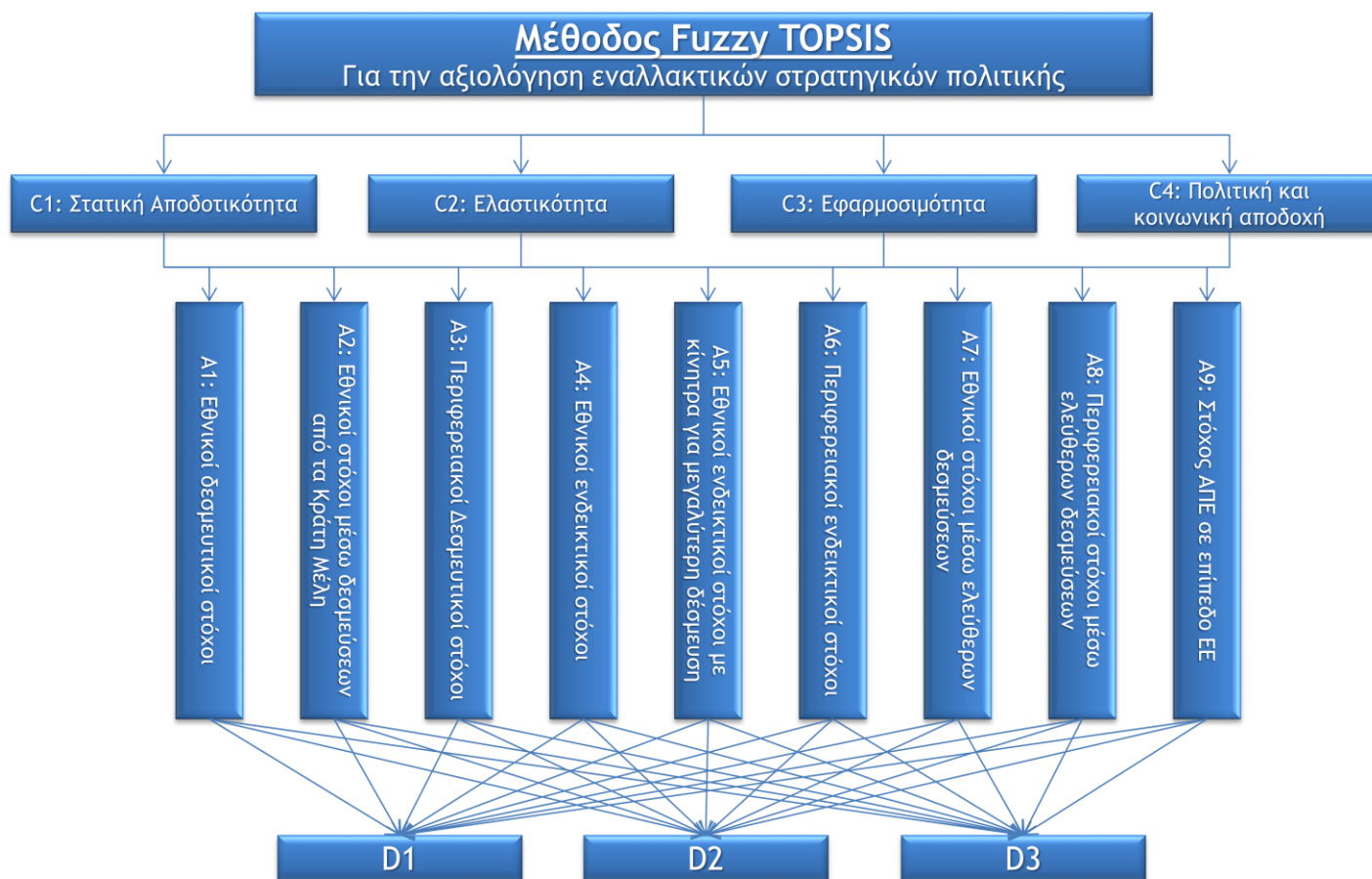
- Σύνταξη μιας ομάδας αποφασιζόντων και καθορισμός των αξιολογικών κριτηρίων
- Επιλογή των κατάλληλων γλωσσικών μεταβλητών για την περιγραφή των βαρών των κριτηρίων και κατάταξη με γλωσσική αναπαράσταση των εναλλακτικών στρατηγικών δράσεων.
- Συνάθροιση των βαρών των κριτηρίων για την εξαγωγή συνολικού ασαφούς βάρους W_j του κριτηρίου C_j και συγκέντρωση των αποδόσεων από τους αποφασίζοντες για την εξαγωγή συνολικής απόδοσης X_{ij} μιας εναλλακτικής A_i υπό το κριτήριο C_j .
- Κατασκευή ενός πίνακα απόφασης και κανονικοποιημένου πίνακα απόφασης με ασαφείς τιμές.
- Κατασκευή του πίνακα απόδοσης των βαρών και στη συνέχεια τον σταθμισμένο κανονικοποιημένο πίνακα απόφασης.
- Καθορισμός της θετικής/αρνητική ιδανικής λύσης (FPIS και FNIS).
- Υπολογισμός των αποστάσεων κάθε εναλλακτικής από το FPIS και το FNIS, αντίστοιχα
- Υπολογισμός του συντελεστή εγγύτητας κάθε εναλλακτικής και ταξινόμηση των εναλλακτικών.
- Εφαρμογή ανάλυσης ευαισθησίας για την διαχείριση της αβεβαιότητας



Σχήμα 12: Επισκόπηση των Βασικών Βημάτων της μεθοδολογίας Fuzzy TOPSIS, στάδιο Υπολογισμού

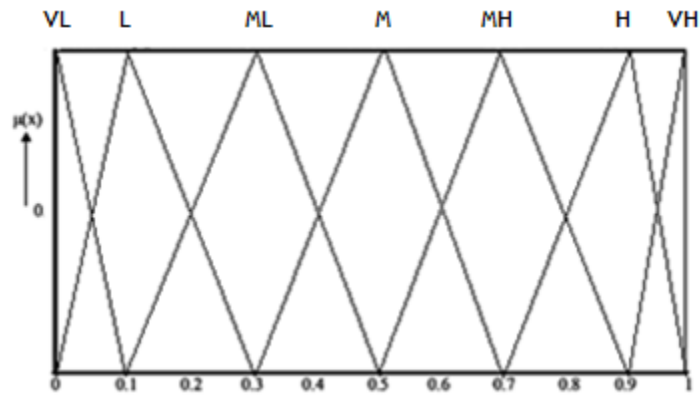
5.3 Εφαρμογή της μεθόδου

Στην παρούσα ανάλυση, ένα σύνολο τριών αποφασιζόντων D_r , όπου $r=\{1, 2, 3\}$, λαμβάνει υπόψη τέσσερα διαφορετικά κριτήρια C_j , όπου $j=\{1,2,3,4\}$, και εννέα εναλλακτικά στρατηγικά σενάρια πολιτικής A_i , όπου $i=1,2,\dots,9$, όπως προκύπτουν από τις Αποφάσεις, τους Κανονισμούς και τις Οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ενότητα 3.2.2; 3.3). Τα βάρη των κριτηρίων αντιστοιχίζονται στις εναλλακτικές επιλογές μέσω ζευγαρωτών συγκρίσεων.

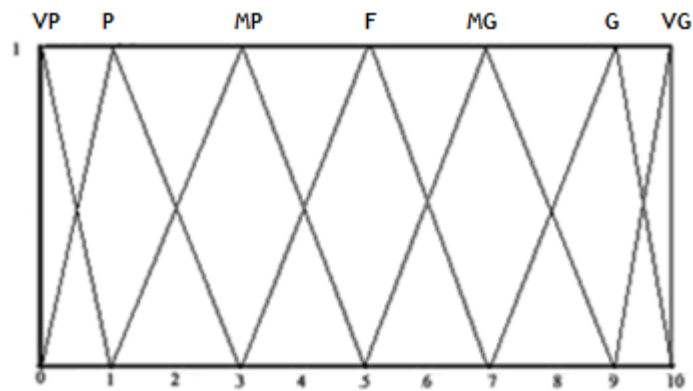


Σχήμα 13: Ιεραρχική δομή αξιολόγησης εναλλακτικών στρατηγικών πολιτικής σε επίπεδο ΕΕ

Στη συνέχεια ορίζονται κατάλληλες γλωσσικές μεταβλητές για τα κριτήρια αξιολόγησης και των εναλλακτικών στρατηγικών δράσεων, με τη βοήθεια της θεωρίας των ασαφών συνόλων. Χρησιμοποιώντας μία 7-βάθμια κλίμακα μετασχηματισμού για τα βάρη κάθε κριτηρίου $S = (VL, L, ML, M, MH, H, VH)$, όπου: VL = Πολύ Χαμηλή, L = Χαμηλή, M = Μέτρια Χαμηλή, M = Μέτρια, MH = Μέτρια Υψηλή, H = Υψηλή, VH = Πολύ Υψηλή, και μια 7-βάθμια κλίμακα μετασχηματισμού για την απόδοση των εναλλακτικών $S = (VP, P, MP, F, MG, G, VG)$, όπου: VP = Πολύ Φτωχή (Πολύ Χαμηλή), P = Φτωχή, MP = Μέτρια Φτωχή, F = Μέτρια, MG = Μέτρια Καλή, G = Καλή, VG = Πολύ Καλή, οι γλωσσικές μεταβλητές μπορούν να μετατραπούν σε ασαφείς αριθμούς (Wang, 2014). Προκύπτουν έτσι οι βαθμονομημένες κλίμακες μετατροπής (Σχήμα 14), μέσω των οποίων θα αξιολογηθούν οι εννέα εναλλακτικές για καθένα από τα τέσσερα κριτήρια. Οι Πίνακες 15 και 16 παρουσιάζουν τα βάρη των κριτηρίων και τις αποδόσεις των εναλλακτικών δράσεων στα κριτήρια αξιολόγησης, όπως προκύπτουν από τον κάθε αποφασίζοντα.



Σχήμα 14: 7-βάθμια κλίμακα μετασχηματισμού για γλωσσικές μεταβλητές για τα βάρη κάθε κριτηρίου



Σχήμα 15: 7-βάθμια κλίμακα μετασχηματισμού για γλωσσικές μεταβλητές για την απόδοση των εναλλακτικών

Πίνακας 15: Γλωσσικές μεταβλητές και ασαφείς αριθμοί

| Γλωσσικές μεταβλητές για τα βάρη κάθε κριτηρίου | | Γλωσσικές μεταβλητές για την κατάταξη των εναλλακτικών | |
|---|----------------------|--|----------------------|
| Γλωσσικές Μεταβλητές | Συνάρτηση συμμετοχής | Γλωσσικές Μεταβλητές | Συνάρτηση συμμετοχής |
| Very low (VL) | (0.0, 0.0, 0.1) | Very poor (VP) | (0, 0, 1) |
| Low (L) | (0.0, 0.1, 0.3) | Poor (P) | (0, 1, 3) |
| Medium low (ML) | (0.1, 0.3, 0.5) | Medium poor (MP) | (1, 3, 5) |
| Medium (M) | (0.3, 0.5, 0.7) | Fair (F) | (3, 5, 7) |
| Medium high (MH) | (0.5, 0.7, 0.9) | Medium good (MG) | (5, 7, 9) |
| High (H) | (0.7, 0.9, 1.0) | Good (G) | (7, 9, 10) |
| Very high (VH) | (0.9, 1.0, 1.0) | Very good (VG) | (9, 10, 10) |

Κεφάλαιο 5 Η Εφαρμογή της Fuzzy TOPSIS στην Αξιολόγηση πολυκριτηριακών προβλημάτων

Πίνακας 16: Οι γλωσσικές εκτιμήσεις για τα βάρη των τεσσάρων κριτηρίων από κάθε αποφασίζοντα

| Αποφασίζων | Βάρη Κριτηρίων | | | |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | C ₁ | C ₂ | C ₃ | C ₄ |
| D ₁ | MH | ML | VH | M |
| D ₂ | H | M | VH | ML |
| D ₃ | H | H | VH | M |

Πίνακας 17: Οι γλωσσικές εκτιμήσεις για τις αποδόσεις των εννέα εναλλακτικών από κάθε αποφασίζοντα

| Αποφασίζων | Κριτήρια | Εναλλακτικά στρατηγικά σενάρια | | | | | | | | |
|----------------|----------------|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | | A ₁ | A ₂ | A ₃ | A ₄ | A ₅ | A ₆ | A ₇ | A ₈ | A ₉ |
| D ₁ | C ₁ | MP | MP | MG | P | F | MG | P | MG | VG |
| | C ₂ | P | F | MP | MG | MG | G | MG | MG | P |
| | C ₃ | VG | G | VP | G | G | P | MG | VP | P |
| | C ₄ | VP | MP | P | MP | MP | F | F | MP | F |
| D ₂ | C ₁ | F | F | MG | MP | F | G | MG | MG | G |
| | C ₂ | VP | MP | F | MP | MP | G | G | MG | P |
| | C ₃ | VG | G | MP | G | VG | P | F | P | MP |
| | C ₄ | P | F | P | F | G | F | MG | P | MP |
| D ₃ | C ₁ | MG | G | G | MP | F | MG | P | G | MG |
| | C ₂ | VP | MP | P | F | MG | G | G | G | P |
| | C ₃ | VG | G | MP | F | F | P | F | MP | VP |
| | C ₄ | VP | P | P | MP | F | F | F | F | F |

Ο συνολικός ασαφής πίνακας απόφασης για τις εναλλακτικές, καθώς και τα συνολικά ασαφή βάρη W_j για τα τέσσερα κριτήρια, παρουσιάζονται στον Πίνακα 18.

Πίνακας 18: Συνολικός ασαφής πίνακας απόφασης

| | C ₁ | C ₂ | C ₃ | C ₄ |
|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| A ₁ | (3.00, 5.00, 7.00) | (0.00, 0.33, 1.67) | (9.00, 10.0, 10.0) | (0.00, 0.33, 1.67) |
| A ₂ | (3.67, 5.67, 7.33) | (1.67, 3.67, 5.67) | (7.00, 9.00, 10.0) | (1.33, 3.00, 5.00) |
| A ₃ | (5.67, 7.67, 9.33) | (1.33, 3.00, 5.00) | (0.67, 2.00, 3.67) | (0.00, 1.00, 3.00) |
| A ₄ | (0.67, 2.33, 4.33) | (3.00, 5.00, 7.00) | (5.67, 7.67, 9.00) | (1.67, 3.67, 5.67) |
| A ₅ | (3.00, 5.00, 7.00) | (3.67, 5.67, 7.67) | (6.33, 8.00, 9.00) | (3.67, 5.67, 7.33) |
| A ₆ | (5.67, 7.67, 9.33) | (7.00, 9.00, 10.0) | (0.00, 1.00, 3.00) | (3.00, 5.00, 7.00) |
| A ₇ | (1.67, 3.00, 5.00) | (6.33, 8.33, 9.67) | (3.67, 5.67, 7.67) | (3.67, 5.67, 7.67) |
| A ₈ | (5.67, 7.67, 9.33) | (5.67, 7.67, 9.33) | (0.33, 1.33, 3.00) | (1.33, 3.00, 5.00) |
| A ₉ | (7.00, 8.67, 9.67) | (0.00, 1.00, 3.00) | (0.33, 1.33, 3.00) | (2.33, 4.33, 6.33) |
| Ασαφή Βάρη | (0.63, 0.83, 0.97) | (0.37, 0.57, 0.73) | (0.90, 1.00, 1.00) | (0.23, 0.43, 0.63) |

Ο ασαφής κανονικοποιημένος πίνακας απόφασης για τις 9 εναλλακτικές, παρουσιάζεται στον Πίνακα 19. Στη συνέχεια, οι τιμές r_{ij} από τον Πίνακα 19 και οι τιμές W_j από τον Πίνακα 16, χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του ασαφούς σταθμισμένου κανονικοποιημένου πίνακα απόφασης (Εξ. 15). Το αποτέλεσμα του πολλαπλασιασμού των δύο αυτών πινάκων φαίνεται στον Πίνακα 20.

Πίνακας 19: Ασαφής Κανονικοποιημένος πίνακας απόφασης

| | C_1 | C_2 | C_3 | C_4 |
|-------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| A_1 | (0.31, 0.52, 0.72) | (0.00, 0.03, 0.17) | (0.90, 1.00, 1.00) | (0.00, 0.04, 0.22) |
| A_2 | (0.38, 0.59, 0.76) | (0.17, 0.37, 0.57) | (0.70, 0.90, 1.00) | (0.17, 0.39, 0.65) |
| A_3 | (0.59, 0.79, 0.97) | (0.13, 0.30, 0.50) | (0.07, 0.20, 0.37) | (0.00, 0.13, 0.39) |
| A_4 | (0.07, 0.24, 0.45) | (0.30, 0.50, 0.70) | (0.57, 0.77, 0.90) | (0.22, 0.48, 0.74) |
| A_5 | (0.31, 0.52, 0.72) | (0.37, 0.57, 0.77) | (0.63, 0.80, 0.90) | (0.48, 0.74, 0.96) |
| A_6 | (0.59, 0.79, 0.97) | (0.70, 0.90, 1.00) | (0.00, 0.10, 0.30) | (0.39, 0.65, 0.91) |
| A_7 | (0.17, 0.31, 0.52) | (0.63, 0.83, 0.97) | (0.37, 0.57, 0.77) | (0.48, 0.74, 1.00) |
| A_8 | (0.59, 0.79, 0.97) | (0.57, 0.77, 0.93) | (0.03, 0.13, 0.30) | (0.17, 0.39, 0.65) |
| A_9 | (0.72, 0.90, 1.00) | (0.00, 0.10, 0.30) | (0.03, 0.13, 0.30) | (0.30, 0.57, 0.83) |

Πίνακας 20: Ασαφής Σταθμισμένος Κανονικοποιημένος πίνακας απόφασης

| | C_1 | C_2 | C_3 | C_4 |
|-------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| A_1 | (0.197, 0.431, 0.700) | (0.000, 0.019, 0.122) | (0.810, 1.000, 1.000) | (0.000, 0.019, 0.138) |
| A_2 | (0.240, 0.489, 0.733) | (0.061, 0.208, 0.416) | (0.630, 0.900, 1.000) | (0.041, 0.170, 0.413) |
| A_3 | (0.371, 0.661, 0.933) | (0.049, 0.170, 0.367) | (0.060, 0.200, 0.367) | (0.000, 0.057, 0.248) |
| A_4 | (0.044, 0.201, 0.433) | (0.110, 0.283, 0.513) | (0.510, 0.767, 0.900) | (0.051, 0.207, 0.468) |
| A_5 | (0.197, 0.431, 0.700) | (0.134, 0.321, 0.562) | (0.570, 0.800, 0.900) | (0.112, 0.320, 0.606) |
| A_6 | (0.371, 0.661, 0.933) | (0.257, 0.510, 0.733) | (0.000, 0.100, 0.300) | (0.091, 0.283, 0.578) |
| A_7 | (0.109, 0.259, 0.500) | (0.232, 0.472, 0.709) | (0.330, 0.567, 0.767) | (0.112, 0.320, 0.633) |
| A_8 | (0.371, 0.661, 0.933) | (0.208, 0.434, 0.684) | (0.030, 0.133, 0.300) | (0.041, 0.170, 0.413) |
| A_9 | (0.459, 0.747, 0.967) | (0.000, 0.057, 0.220) | (0.030, 0.133, 0.300) | (0.071, 0.245, 0.523) |

Η μέγιστη τιμή (1.00) και η ελάχιστη τιμή (0.00) που εντοπίζονται στον Πίνακα 20, αντιστοιχούν στη θετική ιδανική τιμή και στην αρνητική ιδανική τιμή, βάσει των Εξισώσεων (A^* και A^-). Οι αποστάσεις $d(A_j, A^*)$ και $d(A_j, A^-)$ των εναλλακτικών από την θετική ιδανική ασαφή λύση (FPIS) και την αρνητική ιδανική ασαφή τιμή (FNIS), παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες:

Κεφάλαιο 5 Η Εφαρμογή της Fuzzy TOPSIS στην Αξιολόγηση πολυκριτηριακών προβλημάτων

Πίνακας 21: Αποστάσεις από τις αξιολογήσεις της κάθε εναλλακτικής από το A⁺ σε σχέση με το κάθε κριτήριο

| | C ₁ | C ₂ | C ₃ | C ₄ | d ⁺ |
|-------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| d(A ₁ , A [*]) | 0.594 | 0.954 | 0.110 | 0.950 | 2.608 |
| d(A ₂ , A [*]) | 0.551 | 0.785 | 0.221 | 0.807 | 2.365 |
| d(A ₃ , A [*]) | 0.414 | 0.815 | 0.801 | 0.905 | 2.935 |
| d(A ₄ , A [*]) | 0.790 | 0.717 | 0.319 | 0.777 | 2.603 |
| d(A ₅ , A [*]) | 0.594 | 0.684 | 0.280 | 0.685 | 2.242 |
| d(A ₆ , A [*]) | 0.414 | 0.537 | 0.876 | 0.711 | 2.538 |
| d(A ₇ , A [*]) | 0.729 | 0.564 | 0.480 | 0.680 | 2.452 |
| d(A ₈ , A [*]) | 0.414 | 0.591 | 0.853 | 0.807 | 2.665 |
| d(A ₉ , A [*]) | 0.346 | 0.913 | 0.853 | 0.744 | 2.855 |

Πίνακας 22: Αποστάσεις από τις αξιολογήσεις της κάθε εναλλακτικής από το A⁻ σε σχέση με το κάθε κριτήριο

| | C ₁ | C ₂ | C ₃ | C ₄ | d ⁻ |
|-------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| d(A ₁ , A ⁻) | 0.488 | 0.071 | 0.941 | 0.080 | 1.581 |
| d(A ₂ , A ⁻) | 0.527 | 0.271 | 0.858 | 0.259 | 1.914 |
| d(A ₃ , A ⁻) | 0.694 | 0.235 | 0.244 | 0.147 | 1.320 |
| d(A ₄ , A ⁻) | 0.277 | 0.344 | 0.743 | 0.297 | 1.662 |
| d(A ₅ , A ⁻) | 0.488 | 0.382 | 0.769 | 0.401 | 2.040 |
| d(A ₆ , A ⁻) | 0.694 | 0.537 | 0.183 | 0.375 | 1.789 |
| d(A ₇ , A ⁻) | 0.331 | 0.510 | 0.582 | 0.415 | 1.838 |
| d(A ₈ , A ⁻) | 0.694 | 0.483 | 0.190 | 0.259 | 1.627 |
| d(A ₉ , A ⁻) | 0.753 | 0.131 | 0.190 | 0.336 | 1.411 |

Ακολουθώντας, μέσω της εξίσωσης [FPIS, FNIS] και της εφαρμογής της Ευκλείδειας απόστασης κάθε εναλλακτικής από τα A^{*} και A⁻, είναι εφικτή η χρήση της Εξίσωσης (25) για τη βαθμονόμηση των εναλλακτικών. Κατά συνέπεια, ο συντελεστής εγγύτητας είναι ικανός να σκιαγραφήσει ποια εναλλακτική δράση ενδείκνυται για την επίτευξη του στόχου ΑΠΕ της ΕΕ ως το 2030.

Πίνακας 23: Υπολογισμός Συντελεστή Εγγύτητας για την κατάταξη των εννέα εναλλακτικών στρατηγικών πολιτικών

| Κατάταξη | A _i | Εναλλακτική Στρατηγική Πολιτική | Συντελεστής Εγγύτητας |
|----------|----------------|---|-----------------------|
| 1 | A ₅ | Εθνικοί ενδεικτικοί στόχοι με κίνητρα για μεγαλύτερη δέσμευση | 0,476 |
| 2 | A ₂ | Εθνικοί στόχοι μέσω δεσμεύσεων από τα Κράτη Μέλη | 0,447 |
| 3 | A ₇ | Εθνικοί στόχοι μέσω ελεύθερων δεσμεύσεων | 0,428 |
| 4 | A ₆ | Περιφερειακοί ενδεικτικοί στόχοι | 0,413 |
| 5 | A ₄ | Εθνικοί ενδεικτικοί στόχοι | 0,389 |
| 6 | A ₈ | Περιφερειακοί στόχοι μέσω ελεύθερων δεσμεύσεων | 0,379 |
| 7 | A ₁ | Εθνικοί δεσμευτικοί στόχοι | 0,377 |
| 8 | A ₉ | Στόχος ΑΠΕ σε επίπεδο ΕΕ | 0,331 |
| 9 | A ₃ | Περιφερειακοί Δεσμευτικοί στόχοι | 0,310 |

Η προκύπτουσα κατάταξη περιγράφεται ως $A_5 > A_2 > A_7 > A_6 > A_4 > A_8 > A_1 > A_9 > A_3$ και αναδεικνύει ως καλύτερη εναλλακτικής την 5^η σε σειρά παρουσίασης, δεδομένου ότι ο συντελεστής εγγύτητας της 5ης εναλλακτικής είναι πλησιέστερα στη μονάδα και μεγαλύτερος έναντι των υπολοίπων.

5.4 Ανάλυση ευαισθησίας

5.4.1 Εισαγωγή

Μολονότι η πλειοψηφία των αποφάσεων γίνεται κάτω από συνθήκες αβεβαιότητας, το γεγονός αυτό δε συνεπάγεται πως η αβεβαιότητα είναι αναπόσπαστο κομμάτι κάθε προβλήματος (Wallace, 2000; Lewis et al., 2004). Αν, για παράδειγμα, η ίδια απόφαση είναι η μοναδική βέλτιστη λύση για απολύτως όλες τις πιθανές τιμές των αβέβαιων παραμέτρων, η πραγματικά βέλτιστη απόφαση μπορεί να βρεθεί μόνο μέσω της επίλυσης ενός μεμονωμένου προβλήματος, συνήθως εκείνο στο οποίο όλες οι παράμετροι έχουν οριστεί στην πιθανότερη τιμή τους (Shukla et al., 2010). Σε μια τέτοια περίπτωση, ένας δίκαιος ισχυρισμός είναι πως η αβεβαιότητα είναι ήσσονος σημασίας για τη λήψη

αποφάσεων (Keren et al, 2015).

Ένα από τα εργαλεία, ικανά για την διαχείριση της αβεβαιότητας σε προβλήματα λήψης απόφασης, είναι η ανάλυση ευαισθησίας (Saltelli et al., 2008). Πρόκειται για μια διαδικασία μεταβλητών δεδομένων εισόδου ενός μοντέλου εντός επιτρεπτών ορίων, αναγνωρίζοντας τους παράγοντες που επηρεάζουν τη σταθερότητα των εναλλακτικών (Martina Briš, 2007). Διερευνά πώς επηρεάζονται τα δεδομένα εξόδου, ποιοτικά και ποσοτικά, και συνεπώς υποδεικνύει την ευαισθησία της συνολικής απόφασης απέναντι σε αβεβαιότητες τιμών εισόδου του μοντέλου (Gal et al., 2013). Ο μηχανισμός αυτός χρησιμοποιείται για να αυξηθεί η αξιοπιστία και οι προβλέψεις ενός συγκεκριμένου μοντέλου (Beck, 1982), προσφέροντας κατανόηση για το πώς αντιδρούν οι μεταβλητές του υποδείγματος στις αλλαγές των εισροών, είτε πρόκειται για δεδομένα που χρησιμοποιούνται για την προσαρμογή στην δομή του μοντέλου, είτε ανεξάρτητων μεταβλητών του υποδείγματος (Wainwright et al., 2005). Συνεπώς, αν μπορούν να εντοπιστούν κάποιες παράμετροι μικρής επιρροής και να διορθωθούν σε λογικά πλαίσια για δεδομένες τιμές γύρω από το επιτρεπτό εύρος τους, το υπολογιστικό κόστος μπορεί να μειωθεί χωρίς να μειώνεται η απόδοση του μοντέλου (Bubak et al., 2014).

Για τους αποφασίζοντες, η ύπαρξη ενδείξεων για το πόσο ευαίσθητη είναι μια εναλλακτική επιλογή έχει βαρύνουσα σημασία, απέναντι σε αλλαγές μίας ή περισσότερων μεταβλητών (Chelst, 2011). Η αδυναμία ελέγχου όλων των πιθανών συνδυασμών για κάθε μεταβλητή είναι ένα εν δυνάμει πρόβλημα, όμως το πλήθος των στοιχείων που εξάγονται από τη διαδικασία επαρκεί για να εκτιμηθεί η ευαισθησία μέσω πιθανοτικών παραδοχών (Muennig, 2007). Μια κοινή προσέγγιση είναι επομένως η λύση του προβλήματος αναμενόμενης τιμής, δηλαδή το πρόβλημα με όλες τις αβέβαιες παραμέτρους όπου αντικαθίστανται από τις αναμενόμενες τιμές τους, και στη συνέχεια η εκτέλεση της ανάλυσης ευαισθησίας (Derif, 2012). Η προσέγγιση αυτή περιλαμβάνεται στα περισσότερα διδακτικά βιβλία μαθηματικού προγραμματισμού και επιχειρησιακής έρευνας, αν και δεν είναι δόκιμο να ερμηνεύεται ως πρόβλημα αναμενόμενης τιμής το γραμμικό πρόγραμμα που επιλύεται (Gero, 2014; Roelofs, 2010).

Υπάρχουν πολλές διαφορετικές προσεγγίσεις για την ανάλυση ευαισθησίας. Συνολικά, μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο ομάδες, στην τοπική και την καθολική ανάλυση ευαισθησίας (Xu, 2009). Η τοπική ανάλυση ευαισθησίας διερευνά τις αλλαγές της απόκρισης του μοντέλου με τη μεταβολή μιας παραμέτρου, διατηρώντας άλλες παραμέτρους σταθερές (Cacuci et al., 2005). Η απλούστερη και πιο κοινή προσέγγιση είναι η διαφορική ανάλυση ευαισθησίας, η οποία χρησιμοποιεί παράγωγα ή πεπερασμένες διαφορές των παραμέτρων σε σταθερή παραμετρική θέση, ως μέτρο της παραμετρικής ευαισθησίας (Young, 2014). Από την άλλη πλευρά, η καθολική ανάλυση ευαισθησίας εξετάζει τις αλλαγές των αποκρίσεων του μοντέλου, μεταβάλλοντας ταυτόχρονα όλες τις παραμέτρους (Saltelli et al., 2008). Η γενικευμένη μέθοδος ανάλυσης ευαισθησίας (GSA) ανήκει στις καθολικές μεθόδους ανάλυσης ευαισθησίας, που έχει σχεδιαστεί για να ξεπεράσει τους περιορισμούς των μεθόδων τοπικής ανάλυσης ευαισθησίας. Μια εκδοχή της μεθόδου GSA (Hornberger & Spear, 1981), δημιουργεί αρχικά ένα μεγάλο αριθμό τυχαίων παραμέτρων με τη χρήση της τεχνικής δειγματοληψίας Monte Carlo (MC) (Metropolis & Ulam, 1949). Η GSA είναι απλή στην εφαρμογή της και μπορεί να λειτουργήσει με διαφορετικές ψευδο-πιθανοτητικά (προσαρμοστικά) μέτρα (Beven, 2004), αλλά είναι υπολογιστικά αναποτελεσματική (Gan et al., 2013)

Η ανάλυση ευαισθησίας έχει χρησιμοποιηθεί από πολλούς ερευνητές για τους σκοπούς της

επιδόσεων μοντέλου (Liu et al., 2004; van Griensven et al., 2006; Campolongo et al., 2007; Borgonono et al., 2012). Οι Saltelli et al. (2008) παρέιχαν μια ολοκληρωμένη έκθεση των μοντέρνων διαθέσιμων μεθόδων ανάλυσης ευαισθησίας. Ο Tong (2005) ανέπτυξε ένα πακέτο λογισμικού, που ονομάζεται “Περιβάλλον επίλυσης προβλημάτων για Ανάλυση ανακριβειών και Σχεδιαστική Έρευνα” (PSUADE) και περιέχει ένα ευρύ φάσμα διαφορετικών μεθόδων ποσοτικοποίησης της αβεβαιότητας, συμπεριλαμβανομένων πολλών μεθόδων ανάλυσης ευαισθησίας. Τα πιο αξιοσημείωτα προβλήματα στο σχεδιασμό ενός αιτιοκρατικού πειράματος είναι κατά πόσον τα σημεία δειγματοληψίας χρησιμεύουν για την “κάλυψη του χώρου” σε ένα σχεδιαστικό χώρο (Sacks et al., 1989) και πόσα τέτοια σημεία είναι επαρκή για το πείραμα που διεξάγεται (Loerppky et al., 2009).

5.4.2 Εφαρμογή

Η ανάλυση ευαισθησίας παίζει σημαντικό ρόλο στην περίπλοκη διαδικασία της λήψης αποφάσεων, λόγω της εγγενούς αστάθειας του ζητήματος (Yazdani et al., 2011). Είναι χρήσιμη σε καταστάσεις όπου υπάρχουν αβεβαιότητες στον ορισμό των βαρών για διαφορετικούς παράγοντες, προβαίνοντας σε μικρές μεταβολές των επιμέρους βαρών για να διαπιστωθεί η επίδρασή τους στην ευαισθησία της τελικής απόφασης (Kahraman et al., 2012). Παρατηρείται πώς μεταβάλλονται οι εναλλακτικές λύσεις σε σχέση με τα βάρη των κριτηρίων αξιολόγησης, προσδιορίζοντας έτσι τις παραμέτρους με προδιαγραφές αβεβαιότητας, των οποίων ο περιορισμός θα έχει το πιο σημαντικό αντίκτυπο στη βελτίωση της απόδοσης του μοντέλου (Atamturktur et al., 2014).

Μέσω της τεχνικής αυτής δημιουργούνται διαφορετικά σενάρια που μπορούν να αλλάξουν την προτεραιότητα των εναλλακτικών λύσεων και να απαιτήσουν συμβιβασμούς (Lami, 2014). Κριτήριο για την εξαγωγή κατατάξεων και βαθμονόμησης των εναλλακτικών είναι οι συντελεστές εγγύτητας όλων των εναλλακτικών σεναρίων. Αν εν τέλει αλλάξει η σειρά κατάταξης, αυξάνοντας ή μειώνοντας τα βάρη των κριτηρίων, τα αποτελέσματα θα θεωρηθούν ευαίσθητα, αλλιώς θα είναι ισχυρά (Littell et al., 2008). Με βάση αυτό το εργαλείο παρουσιάζεται γραφικά η σημασία των βαρών των κριτηρίων στην επιλογή της βέλτιστης εναλλακτικής μεταξύ των διαθέσιμων εναλλακτικών λύσεων (Congroy et al., 2013).

Το σύνολο των εν δυνάμει πειραμάτων που θα μπορούσαν να διεξαχθούν ισούται με όλους τους πιθανούς συνδυασμούς βαρών, τόσους ώστε καθένα από τα τέσσερα βάρη των κριτηρίων να λάμβανε διαδοχικά όλες τις τιμές σε όλο το εύρος της διακεκριμένης γλωσσικής κλίμακας που επιλέχθηκε (Πίνακας 15). Χωρίς βλάβη της γενικότητας διεξήχθησαν 20 πειράματα, αποτελούμενα από 20 διαφορετικούς συνδυασμούς βαθμών των κριτηρίων (Πίνακας 24). Κατά την εκτέλεση των επαναλήψεων της ανάλυσης, έγιναν ανταλλαγές των τιμών μεταξύ των βαρών των κριτηρίων για την εύρεση των νέων συντελεστών εγγύτητας.

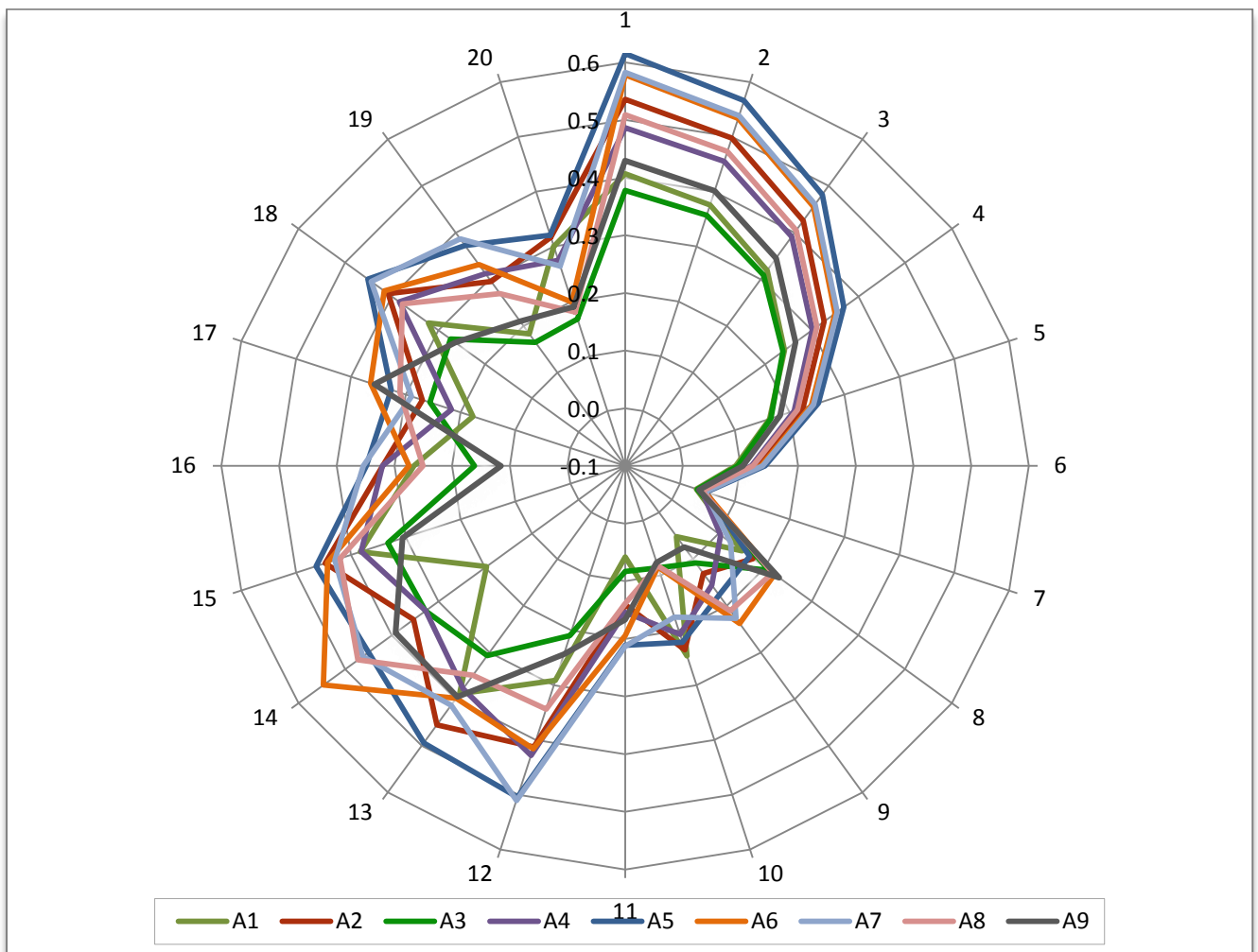
Κεφάλαιο 5 Η Εφαρμογή της Fuzzy TOPSIS στην Αξιολόγηση πολυκριτηριακών προβλημάτων

Πίνακας 24: Ανάλυση ευαισθησίας για 20 πειράματα μεταβολής των βαρών των κριτηρίων

| A/Π | Βάρη Κριτηρίων | CC ₁ | CC ₂ | CC ₃ | CC ₄ | CC ₅ | CC ₆ | CC ₇ | CC ₈ | CC ₉ |
|-----|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1 | $W_{C_1, C_2, C_3, C_4} = (0.9, 1.0, 1.0)$ | 0,407 | 0,536 | 0,378 | 0,486 | 0,615 | 0,579 | 0,583 | 0,509 | 0,429 |
| 2 | $W_{C_1, C_2, C_3, C_4} = (0.7, 0.9, 1.0)$ | 0,376 | 0,498 | 0,357 | 0,456 | 0,566 | 0,534 | 0,539 | 0,473 | 0,402 |
| 3 | $W_{C_1, C_2, C_3, C_4} = (0.5, 0.7, 0.9)$ | 0,319 | 0,426 | 0,309 | 0,391 | 0,482 | 0,456 | 0,461 | 0,405 | 0,345 |
| 4 | $W_{C_1, C_2, C_3, C_4} = (0.3, 0.5, 0.7)$ | 0,241 | 0,326 | 0,238 | 0,301 | 0,369 | 0,350 | 0,354 | 0,311 | 0,265 |
| 5 | $W_{C_1, C_2, C_3, C_4} = (0.1, 0.3, 0.5)$ | 0,163 | 0,224 | 0,165 | 0,208 | 0,252 | 0,240 | 0,243 | 0,214 | 0,183 |
| 6 | $W_{C_1, C_2, C_3, C_4} = (0.0, 0.1, 0.3)$ | 0,092 | 0,127 | 0,095 | 0,119 | 0,143 | 0,136 | 0,138 | 0,122 | 0,104 |
| 7 | $W_{C_1, C_2, C_3, C_4} = (0.0, 0.0, 0.1)$ | 0,030 | 0,042 | 0,032 | 0,040 | 0,047 | 0,045 | 0,046 | 0,040 | 0,034 |
| 8 | $W_{C_1} = (0.9, 1.0, 1.0), W_{C_2, C_3, C_4} = (0, 0, 0.1)$ | 0,151 | 0,174 | 0,208 | 0,105 | 0,167 | 0,220 | 0,126 | 0,216 | 0,230 |
| 9 | $W_{C_2} = (0.9, 1.0, 1.0), W_{C_1, C_3, C_4} = (0, 0, 0.1)$ | 0,051 | 0,131 | 0,108 | 0,156 | 0,177 | 0,238 | 0,227 | 0,211 | 0,074 |
| 10 | $W_{C_3} = (0.9, 1.0, 1.0), W_{C_1, C_2, C_4} = (0, 0, 0.1)$ | 0,246 | 0,235 | 0,086 | 0,207 | 0,221 | 0,084 | 0,176 | 0,082 | 0,076 |
| 11 | $W_{C_4} = (0.9, 1.0, 1.0), W_{C_1, C_2, C_3} = (0, 0, 0.1)$ | 0,058 | 0,141 | 0,083 | 0,154 | 0,211 | 0,194 | 0,213 | 0,139 | 0,167 |
| 12 | $W_{C_1} = (0.0, 0.0, 0.1), W_{C_2, C_3, C_4} = (0.9, 0.9, 1.0)$ | 0,291 | 0,412 | 0,210 | 0,428 | 0,504 | 0,416 | 0,510 | 0,344 | 0,244 |
| 13 | $W_{C_2} = (0.0, 0.0, 0.1), W_{C_1, C_3, C_4} = (0.9, 0.9, 1.0)$ | 0,388 | 0,455 | 0,307 | 0,378 | 0,494 | 0,399 | 0,413 | 0,349 | 0,395 |
| 14 | $W_{C_3} = (0.0, 0.0, 0.1), W_{C_1, C_2, C_4} = (0.9, 0.9, 1.0)$ | 0,197 | 0,353 | 0,328 | 0,328 | 0,450 | 0,547 | 0,462 | 0,473 | 0,392 |
| 15 | $W_{C_4} = (0.0, 0.0, 0.1), W_{C_1, C_2, C_3} = (0.9, 0.9, 1.0)$ | 0,383 | 0,447 | 0,332 | 0,381 | 0,463 | 0,442 | 0,429 | 0,420 | 0,306 |
| 16 | $W_{C_1, C_4} = (0.0, 0.0, 0.1), W_{C_2, C_3} = (0.9, 1.0, 1.0)$ | 0,266 | 0,321 | 0,161 | 0,321 | 0,349 | 0,274 | 0,354 | 0,250 | 0,115 |
| 17 | $W_{C_1, C_4} = (0.9, 1.0, 1.0), W_{C_2, C_3} = (0.0, 0.0, 0.1)$ | 0,177 | 0,270 | 0,256 | 0,217 | 0,327 | 0,364 | 0,289 | 0,311 | 0,357 |
| 18 | $W_{C_1} = (0.3, 0.5, 0.7), W_{C_2} = (0.9, 1.0, 1.0), W_{C_3} = (0.7, 0.9, 1.0), W_{C_4} = (0.1, 0.3, 0.5)$ | 0,322 | 0,408 | 0,274 | 0,384 | 0,452 | 0,416 | 0,444 | 0,378 | 0,264 |
| 19 | $W_{C_1} = (0.0, 0.0, 0.1), W_{C_2} = (0.5, 0.7, 0.9), W_{C_3} = (0.3, 0.5, 0.7), W_{C_4} = (0.7, 0.9, 1.0)$ | 0,183 | 0,295 | 0,165 | 0,312 | 0,373 | 0,332 | 0,387 | 0,269 | 0,210 |
| 20 | $W_{C_1} = (0.1, 0.3, 0.5), W_{C_2} = (0.0, 0.0, 0.1), W_{C_3} = (0.9, 1.0, 1.0), W_{C_4} = (0.1, 0.3, 0.5)$ | 0,300 | 0,317 | 0,168 | 0,275 | 0,321 | 0,199 | 0,265 | 0,180 | 0,190 |

Ο πίνακας παρουσιάζει πώς η αύξηση ή η μείωση της βαρύτητας των κριτηρίων μπορεί να αλλάξει την προτεραιότητα κάθε εναλλακτικής. Η τελική κατάταξη προκύπτει από τον συμψηφισμό των κατατάξεων που έλαβαν οι εναλλακτικές κατά την εκτέλεση των επιμέρους πειραμάτων, βάσει των συντελεστών εγγύτητας της μεθόδου Fuzzy TOPSIS (Εξ. 25). Η κατάταξη αναπαρίσταται με αποχρώσεις του μπλε, υποδηλώνοντας πως για ένα συγκεκριμένο πείραμα, οι συντελεστές εγγύτητας με σκουρότερο χρώμα είναι υψηλότερα στην κατάταξη έναντι μιας πιο ανοιχτόχρωμης τιμής.

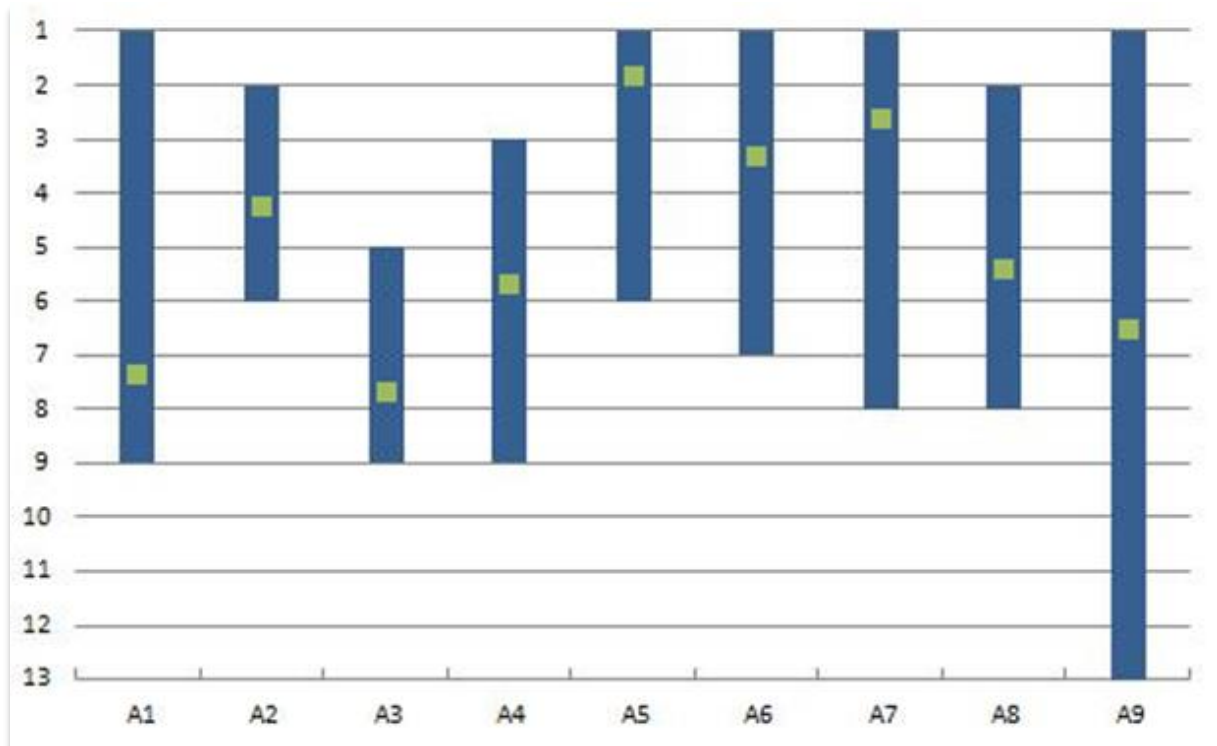
Η εφαρμογή των επτά πρώτων Πειραμάτων [1..7] βασίζεται στην υπόθεση πως όλα τα κριτήρια είναι ισοβαρή. Για τα Πειράματα [8..11] το βάρος ενός κριτηρίου ορίζεται στη μέγιστη δυνατή τιμή του, βάσει της γλωσσικής κλίμακας που χρησιμοποιείται (VH), με τα υπόλοιπα βάρη κριτηρίων να λαμβάνουν την ελάχιστη δυνατή τιμή τους (VL). Αντιστρόφως, για τα κριτήρια [12..15] θέτουμε το βάρος ενός κριτηρίου στη χαμηλότερη τιμή του, και τα βάρη όλων των υπολοίπων στη μέγιστη τιμή τους. Στα Πειράματα [16, 17] μεταβάλλονται κατά ζεύγη τα βάρη των κριτηρίων, θέτοντας στη μέγιστη τιμή τους δύο από τα βάρη των κριτηρίων και στην ελάχιστη τιμή τους τα υπόλοιπα δύο βάρη κριτηρίων. Τέλος, τα τρία τελευταία Πειράματα [18, 19, 20] αποτελούν τρεις διαφορετικούς συνδυασμούς τυχαίων τιμών για τα βάρη. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης ευαισθησίας απεικονίζονται γραφικά στο παρακάτω διάγραμμα (Σχήμα 16).



Σχήμα 16: Αποτελέσματα Ανάλυσης Ευαισθησίας

Κατά συνέπεια, η A_5 προκύπτει πως είναι η βέλτιστη εναλλακτική λύση, καταλαμβάνοντας την υψηλότερη τιμή στην πλειοψηφία των 20 πειραμάτων, σε ποσοστό 55%. Ακολούθως, οι Εναλλακτικές A_7 και A_6 φαίνεται πως συγκεντρώνουν ισάριθμες πρωτιές και εξίσου υψηλά αποτελέσματα στα επιμέρους πειράματα. Τα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν τον ισχυρισμό πως η οι συγκεκριμένες εναλλακτικές είναι σχετικώς ευσταθείς απέναντι στα βάρη των τεσσάρων κριτηρίων, ύστερα από την εφαρμογή της μεθόδου Fuzzy TOPSIS.

Αξιοποιώντας τις μέγιστες και τις ελάχιστες θέσεις που λαμβάνουν στην τελική κατάταξη οι εναλλακτικές, καθώς και τη μέση κατάταξη κάθε εναλλακτικής για το σύνολο των πειραμάτων, εκτελείται μία στατιστική ανάλυση (Σχήμα 17). Εξάγονται πληροφορίες για το πόσο ευαίσθητη είναι η προτεραιότητα των εναλλακτικών απέναντι σε μεταβολές της βαρύτητας των κριτηρίων, ενώ αναπαριστά τον τρόπο κατανομής των θέσεων κατάταξης μεταξύ των εναλλακτικών και το χάσμα μεταξύ της βέλτιστης λύσης από τις υπόλοιπες εναλλακτικές (Butler, 1997).



Σχήμα 17: Αναπαράσταση των πιθανών θέσεων κατάταξης των εννέα εναλλακτικών, μέσω της απεικόνισης της μέγιστης, ελάχιστης και μέσης κατάταξης τους

Στο Σχήμα 17, οι εννέα μπλε ράβδοι αντιπροσωπεύουν τις εννέα εναλλακτικές λύσεις. Κατά μήκος του κατακόρυφου άξονα, οι γκρι οριζόντιες γραμμές καθορίζουν τη μέγιστη και την ελάχιστη κατάταξη κάθε εναλλακτικής. Τα πράσινα σημεία εντός των ράβδων υποδεικνύουν τη μέση κατάταξη κάθε εναλλακτικής, όπως εξάγεται από το μέσο όρο των θέσεων κατάταξης που έλαβαν κατά την εκτέλεση της ανάλυσης ευαισθησίας.

Η Εναλλακτική A_5 αναδεικνύεται και πάλι 1^η στην κατάταξη βάσει της στατιστικής ανάλυσης που διεξήχθη. Κατέχει την υψηλότερη μέση κατάταξη, ενώ προκύπτει και ως η λιγότερο ευαίσθητη εναλλακτική. Στα περισσότερα πειράματα ξεχωρίζουν επίσης οι Εναλλακτικές A_7

και A_6 , με εξίσου υψηλή μέση κατάταξη και ελαφρώς μεγαλύτερη ευαισθησία σε σχέση με την Εναλλακτική A_5 .

Δικαίως μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα πως η A_5 είναι η καλύτερη εναλλακτική έναντι των υπολοίπων, καθώς παραμένει ασφαλής επιλογή ανεξαρτήτως του συνδυασμού των βαρών των κριτηρίων. Επιβεβαιώνει επίσης πως το αποτέλεσμα της μεθόδου Fuzzy TOPSIS είναι ισχυρό και αποτελεσματικό. Εκτενής ανάλυση των αποτελεσμάτων παρουσιάζεται στις Ενότητες 5.5 και 6.1.

5.5 Σχολιασμός Αποτελεσμάτων

Η παρουσία πολλών αλληλοσυγκρουόμενων κριτηρίων αποκλείει την ύπαρξη ενός “βέλτιστου” κριτηρίου, και συνεπώς η καλύτερη λύση προκύπτει ως συνδυασμός όλων των κριτηρίων (Brandon et al., 2005). Με την ανάλυση ευαισθησίας μπορούν να διαπιστωθούν αλληλεξαρτήσεις εναλλακτικών με ορισμένα κριτήρια (Nagel et al., 1989; Hanson, 1995). Βάσει της σειράς προτίμησης που προκύπτει από το συμπηφισμό των αποφάσεων της ομάδας αποφασιζόντων ($C_3 > C_1 > C_2 > C_4$, Πίνακας 18), σκιαγραφείται μία διάθεση ευνοϊκής μεταχείρισης προς εκείνες τις εναλλακτικές που παρουσιάζουν μικρή ευαισθησία για μεταβολές της βαρύτητας των προτιμητέων κριτηρίων. Ύστερα από την εφαρμογή συνολικά 20 πειραμάτων διαπιστώθηκε η συμπεριφορά και η ευαισθησία των εναλλακτικών απέναντι στις μεταβολές κάθε κριτηρίου, εξάγοντας συμπεράσματα για τη φερεγγυότητα τους και κατ’ επέκταση για τη σειρά προτίμησης τους. Θα ακολουθήσουν παρατηρήσεις κυρίως ως προς τις Εναλλακτικές A_5 , A_7 και A_6 , όπου συγκεντρώνουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον στην επίλυση του προβλήματος απόφασης, κάνοντας έτσι αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της πολυκριτηριακής μεθόδου.

Από τα Πειράματα [10], [14], [16] και [17] του Πίνακα 24 διαπιστώνεται πως η βέλτιστη Εναλλακτική A_5 παρουσιάζει μικρή ευαισθησία σε διακυμάνσεις της βαρύτητας του Κριτηρίου C_3 , κάνοντάς την ανθεκτική και ευσταθή ως προς το πιο επιδραστικό κριτήριο. Δε συμβαίνει το ίδιο και για την Εναλλακτική A_6 , που έλαβε την 1η θέση στην κατάταξη για μειωμένη επίδραση του Κριτηρίου C_3 στο Πείραμα [14], ενώ για την αύξηση του βάρους του Κριτηρίου C_3 στο Πείραμα [10] έλαβε μόλις την 7^η θέση σε σύνολο εννέα εναλλακτικών. Οι τρεις επικρατέστερες εναλλακτικές εναρμονίζονται με τις μεταβολές των Κριτηρίων C_2 και C_4 , παρουσιάζοντας μικρή ευαισθησία απέναντι σε αυτά τα κριτήρια (Πειράματα [9], [13] και [11], [15], αντίστοιχα). Είναι εμφανές πως οι Εναλλακτικές A_5 , A_7 και A_6 παρουσιάζουν μία δυσαρέσκεια απέναντι στην αύξηση της βαρύτητας του Κριτηρίου C_1 στο Πείραμα [8], ενώ αποκτούν μεγαλύτερη προτεραιότητα όταν η βαρύτητα του C_1 γίνεται ήσσονος σημασίας. Ωστόσο, ενδιαφέρον έχει η συμπεριφορά τους απέναντι στο C_1 , όταν η αύξηση της βαρύτητάς του συνοδεύεται από την αύξηση της βαρύτητας του Κριτηρίου C_4 (Πειράματα [16, 17]). Παρατηρείται πως η ύπαρξη βαρύτητας του C_4 ανυψώνει τις Εναλλακτικές A_5 , A_6 , A_7 στη σειρά προτεραιότητας, αποδεικνύοντας πως τα κριτήρια είναι εκ διαμέτρων αντίθετα και αλληλεπικαλυπτόμενα.

Καθώς αυξάνεται η βαρύτητα του Κριτηρίου C_1 , αυξάνεται συγχρόνως η κατάταξη της Εναλλακτικής A_6 , ξεπερνώντας τη βέλτιστη Εναλλακτική A_5 . Το ίδιο συμβαίνει και για τις Εναλλακτικές A_2 , A_8 , A_9 , δείχνοντας μία σαφή εξάρτηση από τις προϋποθέσεις που περικλείει το Κριτήριο C_1 (Ενότητα 5.6). Παρόμοια συμπεριφορά έχουν οι Εναλλακτικές A_6 , A_7 και A_8 ως προς το Κριτήριο C_2 , ξεπερνώντας στη σειρά προτεραιότητας τη βέλτιστη

Εναλλακτική A_5 για αύξηση της βαρύτητας του Κριτηρίου C_2 . Για το Κριτήριο C_3 , όπου η Εναλλακτική A_5 παρουσιάζει τη μικρότερη ευαισθησία και καταλαμβάνει παρόμοιες θέσεις κατάταξης στις μεταβολές του βάρους του, όλες οι υπόλοιπες εναλλακτικές παρουσιάζουν μεγάλες διακυμάνσεις στην κατάταξή τους, φανερώνοντας μεγάλη αστάθεια απέναντι στις εναλλαγές αυτές. Την πρώτη θέση στην κατάταξη διαδέχονται η Εναλλακτικές A_5 και A_7 απέναντι στη μείωση και την αύξηση της βαρύτητας του Κριτηρίου C_4 , αντίστοιχα.

Για την ταυτόχρονη και τυχαία προσαρμογή όλων των βαρών των κριτηρίων στα Πειράματα [18], [19] και [20], οι θέσεις των Εναλλακτικών A_2 , A_4 , A_5 , A_6 και A_7 παραμένουν σχετικώς σταθερές. Σε αυτή την περίπτωση, η A_5 συγκεντρώνει και πάλι την υψηλότερη βαθμολογία, χωρίς να επηρεάζεται σημαντικά από την απόδοση τυχαίων τιμών στα βάρη. Επίσης παρατηρείται πως ανεξαρτήτως των μεταβολών των Κριτηρίων C_2 και C_4 , οι Εναλλακτικές A_5 και A_7 συνεχίζουν να κατέχουν υψηλές κατατάξεις. Αντίθετα, υπό το πρίσμα ισοβαρών κριτηρίων στα Πειράματα [1..7], φαίνεται πως όλες οι εναλλακτικές λύσεις έχουν παρόμοια συμπεριφορά και αμετάβλητη προτεραιότητα. Συνεπώς, η τυχειότητα των παραμέτρων εισόδου είναι απαραίτητη για να εξεταστούν σενάρια πλησιέστερα σε πραγματικά συνθήκες (Pfeifer et al., 2001).

Η στατιστική ανάλυση του Σχήματος 17 επιβεβαιώνει τους ισχυρισμούς του Σχήματος 16 σχετικά με την τελική κατάταξη των εναλλακτικών. Η A_5 κατέχει μικρό εύρος εν δυνάμει θέσεων κατάταξης και την υψηλότερη μέση κατάταξη έναντι των υπολοίπων εναλλακτικών. Μόνο οι Εναλλακτικές A_2 και A_3 έχουν μικρότερο εύρος θέσεων στο σχετικό διάγραμμα, έχοντας ωστόσο σημαντικά μικρότερη μέση κατάταξη, γεγονός που τις κάνει λιγότερο αξιόπιστες συγκριτικά με την Εναλλακτική A_5 . Το Σχήμα 17 παρέχει μια σαφέστερη εικόνα και για τη σχέση των Εναλλακτικών A_6 και A_7 . Παρόλο που η A_7 λαμβάνει μεγαλύτερη κατάταξη σε σχέση με την A_6 κατά μέσο όρο, η A_6 είναι μια πιο ευσταθής εναλλακτική που την κάνει περισσότερο αξιόπιστη λύση, σε συγκρίσιμα επίπεδα με την A_5 . Μικρής σημασίας αλλά άξια αναφοράς είναι η διαπίστωση πως η A_1 θα μπορούσε να λάβει μεγαλύτερη μέση προτεραιότητα έναντι της Εναλλακτικής A_9 , καθώς είναι συγκριτικά λιγότερο ευαίσθητη ως προς τις μεταβολές της βαρύτητας των κριτηρίων. Γενικά, οι Εναλλακτικές A_5 , A_6 και A_7 συνδυάζουν υψηλές κατατάξεις και μικρό εύρος θέσεων κατάταξης, φανερώνοντας σχετική ευστάθεια και προσαρμοστικότητα ως προς τα κριτήρια.

Αξιοποιώντας τα αποτελέσματα της ανάλυσης ευαισθησίας επί της μεθόδου Fuzzy TOPSIS (Πίνακας 24), της γραφικής αναπαράστασης των αποτελεσμάτων (Σχήμα 16), της στατιστικής ανάλυσης των εναλλακτικών (Σχήμα 17), και των παρατηρήσεων της Ενότητας 5.5, η προκύπτουσα προτεραιότητα για τις εναλλακτικές είναι:

$A_5 > A_2 > A_7 > A_6 > A_4 > A_8 > A_1 > A_9 > A_3$, βάσει Fuzzy TOPSIS

$A_5 > A_7 > A_6 > A_2 > A_8 > A_4 > A_9 > A_1 > A_3$, βάσει μέσης κατάταξης

$A_5 > A_6 > A_7 > A_2 > A_8 > A_4 > A_1 > A_9 > A_3$, βάσει εύρους θέσεων κατάταξης

Η Εναλλακτική A_5 προκρίνεται ως η πιο αξιόπιστη και ασφαλής λύση, καθώς παρουσιάζει μια σχετική απουσία ευαισθησίας απέναντι στις μεταβολές της βαρύτητας των κριτηρίων. Η διαδικασία λήψης απόφασης αποδείχθηκε ευσταθής βάσει των αποτελεσμάτων, και η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε υπήρξε συμπαγής και συνεπής ως προς τις διακυμάνσεις των δεδομένων εισόδου.

5.6 Ποιοτική Ανάλυση των Αποτελεσμάτων

Με οδηγό την επίτευξη του δεσμευτικού στόχου ΑΠΕ σε επίπεδο ΕΕ για το 2030, παράλληλα με την απουσία εθνικών δεσμευτικών στόχων όπως συμφωνήθηκε από το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, κύριο μέλημα του προτεινόμενου μοντέλου είναι η εμβάθυνση στην αλληλεξάρτηση μεταξύ των κριτηρίων και των εναλλακτικών λύσεων. Λαμβάνοντας υπόψη το γενικό πλαίσιο της διακυβέρνησης της ΕΕ σχετικά με την ενέργεια και το κλίμα, επιχειρείται να επεξηγηθεί ποιοτικά ο βαθμός ευαισθησίας των εναλλακτικών σεναρίων πολιτικής απέναντι σε μεταβολές της βαρύτητας των κριτηρίων τους, ως βάση για τη λήψη ορθολογικής απόφασης από το προτεινόμενο μοντέλο.

Ως βέλτιστη εναλλακτική προέκυψε ο καθορισμός “Εθνικών Ενδεικτικών Στόχων με Κίνητρα για Μεγαλύτερη Δέσμευση” (A₅). Η μικρή της ευαισθησία ως προς τις μεταβολές του κριτηρίου της εφαρμοσιμότητας οφείλεται στον ενδεικτικό χαρακτήρα της πολιτικής αυτής, επιτρέποντας διορθωτικά μέτρα σε περιπτώσεις απόκλισης από τον καθορισμένο στόχο. Τα Κράτη Μέλη δεν είναι υποχρεωμένα να υιοθετήσουν δεσμευτικούς στόχους, γεγονός που την κάνει περισσότερο ευέλικτη εκτός από εφαρμόσιμη πολιτική. Ευνοείται η προσαρμογή των στόχων σε εθνικές συνθήκες και προτιμήσεις, όπως αποδεικνύεται από την τάση της εναλλακτικής να παραμένει ευσταθής απέναντι στις μεταβολές του κριτηρίου της ελαστικότητας. Η θέσπιση άλλωστε εθνικών σχεδίων δράσης για την ανανεώσιμη ενέργεια ευνοούν την μακροπρόθεσμη προβλεψιμότητα των εθνικών πλάνων και την ασφάλεια για τις επενδύσεις (Γ.Γ. Επιτροπής - Day, 2015). Επιπλέον, παρέχει ευελιξία στα Κράτη Μέλη σε περίπτωση απρόσμενης ανάπτυξης, παρόλο που ο στόχος υπόκειται στην “από πάνω προς τα κάτω” κατανομή από την ΕΕ, ακολουθώντας ουσιαστικά τη λογική του 2020. Σε συνάρτηση με τον παράγοντα της πολιτικής και κοινωνικής αποδοχής, η εναλλακτική αυτή βρίσκεται επίσης ψηλά στη σειρά προτεραιότητας, εφόσον η ύπαρξη ενδεικτικών στόχων αποτελεί ελκυστική λύση για τα λιγότερο φιλόδοξα Κράτη Μέλη. Ωστόσο, η δυσαρέσκεια των Κρατών Μελών απέναντι στην τεχνική της “επίρριψης ευθυνών” μειώνει την απόδοση της εναλλακτικής ως προς την πολιτική της αποδοχή, όπως αποτυπώνεται στα Πειράματα [9] και [11] σε αντιπαραβολή με τα Πειράματα [13] και [15]. Επιπλέον, τα Κράτη Μελή δυσανασχετούν στην εφαρμογή κατανομής των στόχων βάσει του ΑΕΠ και όχι βάσει της προοπτικής ανάπτυξης επιδρώντας αρνητικά στην αποδοτικότητα της εναλλακτικής, τη στιγμή που η απουσία δεσμευτικών στόχων αυξάνει το επενδυτικό ρίσκο. Η ανησυχία αυτή αντανακλάται στο χαμηλό συντελεστή εγγύτητας CC₅ στο Πείραμα [8], που δείχνει να έχει και τη μεγαλύτερη, αλλά ήσσονος σημασίας, επίπτωση στη συνολική επίδοση της εναλλακτικής.

Η επιλογή ανάληψης “Εθνικών Στόχων μέσω Δεσμεύσεων” (A₇) από τα Κράτη Μέλη κατέλαβε τη δεύτερη θέση βάσει της μέσης τελικής κατάταξης, και την τρίτη θέση βάσει της εφαρμογής της Πολυκριτηριακής μεθόδου Fuzzy TOPSIS. Η προτεραιότητα αυτής της πολιτικής αποδείχθηκε υψηλή λόγω της ελαστικότητας που προσφέρεται στα Κράτη Μέλη ως προς τους επιμέρους τομείς, όπως τον τομέα ΑΠΕ σε σχέση με άλλα μέτρα μείωσης εκπομπών ρύπων, δεδομένου πως η κατανομή γίνεται βάσει διαπραγματεύσιμων δεσμεύσεων. Στα θετικά λογίζεται η απουσία του μηχανισμού της “επίρριψης ευθυνών”, κάνοντας την εναλλακτική πιο επικοινωνιακή σε πολιτικό επίπεδο για τα απρόθυμα Κράτη Μέλη. Το χρηματοοικονομικό κενό καλύπτεται μέσω ενός μηχανισμού που καθορίζεται από κανόνες, ανεξάρτητα από το βαθμό φιλοδοξίας των δεσμεύσεων. Προσφέρεται ορισμένη ευελιξία εφόσον ο χρηματοδοτικός κανόνας δεν καθορίζεται από κανόνες συνεισφοράς ευρωπαϊκού προϋπολογισμού. Τις παρατηρήσεις αυτές επιβεβαιώνει η συμπεριφορά της

Εναλλακτικής A_7 (Πειράματα [9], [16], [18] και μικρή ευαισθησία), έχοντας στο σύνολό της ικανοποιητική απόδοση ως προς τη βαρύτητα του κριτηρίου της ελαστικότητας. Είναι επίσης εφαρμόσιμη, εφόσον μεριμνά για τη σαφή διάκριση αρμοδιοτήτων μεταξύ των Κρατών Μελών και τον έλεγχο της πορείας των στόχων τους. Η αμφιβολία όμως που πηγάζει από τις ελλιπή παροχή διευκρινήσεων για τους γύρους διαπραγματεύσεων, μειώνει την κατάταξη της εναλλακτικής για τα επιμέρους Πειράματα [10] και [14].

Η έβδομη εναλλακτική χαίρει επίσης συγκρατημένης πολιτικής και κοινωνικής αποδοχής, όπως προκύπτει από την ικανοποίηση των δικαιούχων του δικτύου επί του ευρωπαϊκού προϋπολογισμού και της ελευθερίας στα λιγότερο φιλόδοξα κράτη να δεσμευτούν σε στόχους που έμπρακτα μπορούν να υλοποιήσουν (Πειράματα [11], [19]). Βαρύνουσας σημασίας όμως είναι και η θέση των διανομέων του δικτύου, των οποίων η δυσαρέσκεια, σε συνδυασμό με τις ελλείψεις διευκρινήσεις για τους γύρους των διαπραγματεύσεων, αυξάνει την ευαισθησία της εναλλακτικής και δυσχεραίνει την εφαρμογή της, όπως αποδεικνύεται από τη χαμηλή κατάταξη της εναλλακτικής στο Πείραμα [15] ως προς το Πείραμα [11]. Ωστόσο, η φερεγγυότητα που πηγάζει από τους δεσμευτικούς στόχους με την επακόλουθη μείωση των απαιτούμενων επιπέδων υποστήριξης έχει αρνητική επίδραση στην αποδοτικότητα της εναλλακτικής, εφόσον η φιλοδοξία των εθνικών δεσμεύσεων καθορίζεται από το ΑΕΠ κάθε Κράτους Μέλους, από πολιτικούς παράγοντες και από τη διαθεσιμότητα των προοπτικών χαμηλού κόστους. Τροχοπέδη αποτελεί επίσης η τάση των Κρατών Μελών προς την εκπλήρωση των στόχων εντός των συνόρων τους ώστε να χρησιμοποιηθούν οι μηχανισμοί ευελιξίας κάτω από βέλτιστα επίπεδα, των οποίων η ύπαρξη στηρίζεται στην αύξηση της αποδοτικής χρήσης των καλύτερων πόρων. Το αντίκτυπο αυτών των παραγόντων αποτυπώνεται στα Πειράματα [8] και [12]. Παρόλα αυτά, η επιλογή αυτή διακρίνεται έναντι των Εναλλακτικών A_6 και A_2 λόγω της συνολικά μεγαλύτερης ευστάθειας, έχοντας ωστόσο χαμηλή απόδοση ως προς τα κριτήρια της εφαρμοσιμότητας και της αποδοτικότητας, παράγοντες βαρύνουσας σημασίας σύμφωνα με τους αποφασίζοντες (Πίνακας 18).

Στη συνέχεια, το εναλλακτικό σενάριο A_2 ή αλλιώς ανάληψη “Εθνικών Στόχων μέσω Δεσμεύσεων από τα Κράτη Μέλη”, το οποίο κατετάγει δεύτερο στην τελική κατάταξη βάσει της Fuzzy TOPSIS, υποχώρησε κατά δύο θέσεις ύστερα από την ανάλυση της ευαισθησίας. Η ξεκάθαρη διάκριση αρμοδιοτήτων που προτείνει έχει βοηθήσει την εναλλακτική να ανεληφθεί στην τελική κατάταξη (Πειράματα [10], [16], [20]). Η δεσμευτικότητα των στόχων υποδαυλίζει το επενδυτικό ενδιαφέρον, όμως το ενδεχόμενο κατανομής των στόχων βάσει του ΑΕΠ κρατάει σε χαμηλά επίπεδα την κατάταξη της ως προς το κριτήριο της αποδοτικότητας. Για την τυχαία αναπροσαρμογή των βαρών των κριτηρίων στα Πειράματα [18], [19] και [20], η συμπεριφορά της Εναλλακτικής A_2 παρουσιάζει ευστάθεια υποδηλώνοντας αξιοπιστία, χωρίς όμως να είναι επαρκής λόγω της χαμηλής μέσης κατάταξής της. Η χαμηλή πολιτική και κοινωνική αποδοχή της εναλλακτικής διαπιστώνεται βάσει των Πειραμάτων [11] και [15], και αποδίδεται στην ενδεχόμενη μη αποδοχή ανάληψης δεσμευτικών στόχων από ορισμένα Κράτη Μέλη. Κατά συνέπεια, η τελική της προτεραιότητα υποβαθμίστηκε αισθητά. Ανασταλτικός παράγοντας είναι και η εφαρμογή της “επίρριψης ευθυνών” ως μηχανισμός τήρησης των υποσχέσεων, που δεν τυγχάνει ευρείας αποδοχής από τα Κράτη Μέλη. Ωστόσο, το γεγονός ότι το επίπεδο φιλοδοξίας των επιμέρους στόχων μπορεί να επηρεαστεί από τα Κράτη Μέλη, θα μπορούσε να αυξήσει την αποδοχή της, ενώ συγκριτικό πλεονέκτημα του συγκεκριμένου σεναρίου έναντι των υπολοίπων είναι η παροχή κινήτρων για μεγαλύτερη δέσμευση, περιλαμβάνοντας υπερπιστώσεις για την ενθάρρυνση φιλόδοξων δεσμεύσεων.

Η επιλογή “Περιφερειακών Ενδεικτικών Στόχων” (A_6) παρουσιάζει διαφορετική συμπεριφορά σε σχέση με τις προαναφερθείσες εναλλακτικές, λόγω της πρότασης σχηματισμού περιφερειών μεταξύ των Κρατών Μελών και ενοποίησης των εθνικών τους στόχων. Κατά συνέπεια, η αποδοτικότητα είναι καλύτερη απέναντι σε εθνικούς στόχους, εφόσον χρησιμοποιούνται στο εσωτερικό των περιφερειών οι καλύτεροι πόροι, γεγονός που αντικατοπτρίζεται στην υψηλή απόδοση που λαμβάνει η εναλλακτική κατά την εκτέλεση των Πειραμάτων [8], [12] και [17]. Ωστόσο, η περιφερειακή προσέγγιση είναι καινούργια και δεν έχει δοκιμαστεί, και ενδεχομένως να δημιουργήσει νέες αβεβαιότητες. Η θετική απόκριση της εναλλακτικής στον παράγοντα της ελαστικότητας οφείλεται στην παροχή ευελιξίας που προσφέρουν οι ενδεικτικοί στόχοι (Πειράματα [9], [13] και με μικρή ευαισθησία). Επιπλέον, οι περιφερειακοί στόχοι ωφελούν κυρίως τα λιγότερο φιλόδοξα Κράτη Μέλη, που αντιμετωπίζουν τους ενδεικτικούς στόχους ως πιο ελκυστικούς σε σχέση με τους δεσμευτικούς (Πείραμα [8]). Από την άλλη πλευρά, τα φιλόδοξα Κράτη Μέλη αποθαρρύνονται από την ιδέα ανάληψης της ευθύνης για τα λιγότερο φιλόδοξα Κράτη Μέλη στην περιφερειακή τους ομάδα, ενώ παραμένει ασαφές ποιός είναι νομικά υπεύθυνος σε περίπτωση που ο περιφερειακός στόχος δεν επιτευχθεί. Συνεπώς παρουσιάζει πολύ μεγάλη ευαισθησία ως προς το κριτήριο της εφαρμοσιμότητας, σε σημείο εξουδετέρωσης της επιρροής των υπόλοιπων κριτηρίων κατά την αξιολόγηση της (Πειράματα [10], [20]). Με αφορμή την αβεβαιότητα που προκύπτει από την απουσία ξεκάθαρης κατανομή των αρμοδιοτήτων, επισημαίνεται πως οι στόχοι που τίθενται σε ευρωπαϊκό επίπεδο είθιστα να συνοδεύονται από εθνικούς στόχους (E3G, 2015), που καθορίζονται μέσω προσεγγίσεων επιμερισμού των προσπαθειών (406/2009/EC).

Οι ακόλουθες παρατηρήσεις ξεχωρίζουν λόγω της χαρακτηριστικής συμπεριφοράς των εναλλακτικών πολιτικών προτάσεων απέναντι σε συγκεκριμένα κριτήρια, που εν τέλει δεν επηρέασαν την τελική κατάταξη, αλλά είναι χρήσιμες για βιβλιογραφική μελέτη. Οι εναλλακτικές στην πλειονότητα τους παρουσιάζουν σημεία σύγκλισης, και η ανάλυση ευαισθησίας ήταν το κατάλληλο εργαλείο για την εξακρίβωση των λεπτομερειών και την απόδοση σαφούς εικόνας των διαφορών τους. Για παράδειγμα, ενώ το σενάριο των “Εθνικών Δεσμευτικών Στόχων ΑΠΕ” (A_1) κυμαίνεται σταθερά μεταξύ των τελευταίων θέσεων της κατάταξης, ανταποκρίνεται θετικά στην αύξηση της βαρύτητας του κριτηρίου της εφαρμοσιμότητας (Πείραμα [10], [20]), εφόσον το πλαίσιο στόχου βρίσκεται σε πλήρη αντιστοιχία με το σημερινό μοντέλο πολιτικής και συνάδει με τις προϋποθέσεις σαφούς καθορισμού αρμοδιοτήτων μεταξύ των Κρατών Μελών. Άξια αναφοράς είναι και η επιλογή των “Στόχων ΑΠΕ σε επίπεδο ΕΕ” (A_9), που παρόλη την περιορισμένη εφαρμοσιμότητα αυτής της προσέγγισης (Πείραμα [10]), η βέλτιστη αξιοποίηση των διαθέσιμων πόρων οδηγεί σε αξιοσημείωτη αύξηση της αποδοτικότητας της (Πείραμα [8]), έχοντας ιδιαίτερη απήχηση από Κράτη Μέλη που επιδίωκαν την εναρμόνιση κατά τα προηγούμενα χρόνια ή συμβιβάζονται στην αποδοχή ενός μόνο στόχου ΑΠΕ σε επίπεδο ΕΕ για τη μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (Πείραμα [17]).

ΚΕΦΑΛΛΑΙΟ 6

Συμπεράσματα και Προοπτικές

6 Συμπεράσματα και Προοπτικές

Στην Ενότητα 6.1 καταγράφονται συμπεράσματα και παρατηρήσεις, βάσει της ποιοτικής και ποσοτικής ανάλυσης που προηγήθηκε στο Κεφάλαιο 5. Ακολουθώντας, στην Ενότητα 6.2 προτείνονται δράσεις για την αποτελεσματική αξιοποίηση των δεδομένων που εξάγονται από το πρόβλημα απόφασης.

6.1 Συμπεράσματα

Το προτεινόμενο μοντέλο λήψης απόφασης είναι ικανό να διαχειριστεί την αβεβαιότητα, την ανακρίβεια και την πολυπλοκότητα των αποφάσεων, όπως προκύπτει από τα διαφορετικά και αλληλοσυγκρουόμενα κριτήρια. Κάνοντας χρήση της μεθόδου Fuzzy TOPSIS, προσδιορίστηκαν οι συνολικές θέσεις κατάταξης για όλες τις πιθανές εναλλακτικές επιλογές, και τελικά επιλέχθηκε ως βέλτιστη λύση προς υλοποίηση η πέμπτη εναλλακτική, βάσει της υψηλότερης βαθμολογικής θέσης που κατέλαβε. Η εφαρμογή της μεθόδου Fuzzy TOPSIS, στην προσπάθεια εύρεσης της βέλτιστου σεναρίου πολιτικής για την επίτευξη του στόχου ΑΠΕ της ΕΕ ως το 2030, υπήρξε πρακτική και αποτελεσματική. Επιπλέον, η ανάλυση ευαισθησίας επαλήθευσε τα αποτελέσματα της μεθόδου Fuzzy TOPSIS, αξιολογώντας τα διαθέσιμα κριτήρια μέσα από ένα ευρύ φάσμα αποδιδόμενων βαρών. Από τη μελέτη των επιπτώσεων της βαρύτητας των κριτηρίων στη διαδικασία του προβλήματος απόφασης, εξετάστηκε η αποτελεσματικότητα της απόφασης προτίμησης.

Βάσει των συμπερασμάτων του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου, το Πλαίσιο Πολιτικής 2030 τίθεται υπέρ ενός δεσμευτικού ευρωπαϊκού στόχου, ο οποίος “θα εκπληρωθεί μέσω της συνεισφοράς των Κρατών Μελών, καθοδηγούμενα από την ανάγκη συλλογικής υλοποίησης του ευρωπαϊκού στόχου” (Δελτίο Τύπου, 869/15). Η προτροπή επομένως για απουσία εθνικών δεσμευτικών στόχων δυσχεραίνει την υιοθέτηση πολιτικών όπως οι “Εθνικοί δεσμευτικοί στόχοι”, οι “Περιφερειακοί Δεσμευτικοί Στόχοι” και ο “Στόχος ΑΠΕ σε Επίπεδο ΕΕ”. Με την παρουσία εναλλακτικών με ενδεικτικούς στόχους στις υψηλές θέσεις προτεραιότητας, όπως οι “Εθνικοί Ενδεικτικοί Στόχοι με Κίνητρα για Μεγαλύτερη Δέσμευση” και οι “Περιφερειακοί Ενδεικτικοί Στόχοι”, επιβεβαιώνεται ο ισχυρισμός πως οι μη δεσμευτικοί στόχοι σε εθνικό επίπεδο να χαίρουν ευρείας αποδοχής από τα Κράτη Μέλη.

Επιγραμματικά, στη σειρά κατάταξης, και κατά συνέπεια στη σειρά προτίμησης, που πρόεκυψε από τη μέθοδο Fuzzy TOPSIS, κατέλαβαν τις υψηλότερες θέσεις οι “Εθνικοί Ενδεικτικοί Στόχοι με Κίνητρα για Μεγαλύτερη Δέσμευση”, οι “Εθνικοί Στόχοι μέσω Δεσμεύσεων από τα Κράτη Μέλη” και οι “Εθνικοί Στόχοι μέσω Ελεύθερων Δεσμεύσεων”. Ισχυρότερο κριτήριο αποτέλεσε η υψηλή Εφαρμοσιμότητα των εναλλακτικών στρατηγικών δράσεων, προσφέροντας τη δυνατότητα ανάδρασης σε περίπτωση απόκλισης από το συμφωνηθέντα στόχο. Παράλληλα, η ύπαρξη σαφών στόχων, και δη δεσμευτικών στην περίπτωση των δύο τελευταίων εναλλακτικών, προσδίδει και στις τρεις περιπτώσεις βεβαιότητα για τους πιθανούς επενδυτές, ενισχύοντας την αξιοπιστία και την αποδοτικότητα των εναλλακτικών. Τα Κράτη Μέλη έχουν την ευχέρεια να διαπραγματεύονται, να διαχειρίζονται και να προσαρμόζονται σε σημαντικό βαθμό απέναντι στις προϋποθέσεις των στόχων που υπόκεινται, κάνοντας τις εναλλακτικές πρωτίστως ελαστικές και έπειτα πολιτικώς και κοινωνικώς αποδεκτές. Η συνεκτικότητα των

αποτελεσμάτων επαληθεύτηκε μέσω της ανάλυσης ευαισθησίας των δοθέντων εναλλακτικών, δεδομένου πως οι τρεις πρώτες στρατηγικές δράσεις διατήρησαν τις υψηλές θέσεις τους και παρέμειναν σχετικώς αμετάβλητες ως προς τις διακυμάνσεις των βαρών των κριτηρίων της Εφαρμοσιμότητας, της Ελαστικότητας και της Πολιτικής και Κοινωνικής αποδοχής.

Στον αντίποδα, ως εναλλακτική με τη χαμηλότερη προτίμηση ανακηρύχθηκε ο “Στόχος ΑΠΕ σε επίπεδο ΕΕ” και οι “Περιφερειακοί Δεσμευτικοί Στόχοι”, έχοντας περιορισμένη εφαρμοσιμότητα και χαμηλή τομεακή ευελιξία για τα Κράτη Μέλη. Το γεγονός ότι τα ισχυρότερα και φιλόδοξα Κράτη Μέλη αποδέχονται με δυσκολία τη συνεργασία με ασθενέστερα και λιγότερο φιλόδοξα κράτη, δυσχεράνει περαιτέρω την εφαρμογή των προκείμενων εναλλακτικών, τη στιγμή που η απουσία κατανομής στόχου και διευκρινήσεων για την ύπαρξη νομικά υπευθύνων για τις περιπτώσεις απόκλισης από τους στόχους καθιστά ανέφικτη την εφαρμογή τους.

Συγκεντρωτικά, η μέθοδος Fuzzy TOPSIS αποτέλεσε χρήσιμο και αξιόπιστο εργαλείο για τη λήψη τεκμηριωμένης απόφασης υπό αβεβαιότητα, κατά την επιλογή του βέλτιστου εναλλακτικού στρατηγικού σεναρίου επίτευξης του στόχου ΑΠΕ στην ΕΕ. Πληροφορίες που προέκυψαν από τον συμψηφισμό αποφάσεων τριών αποφασιζόντων αναπαραστάθηκαν ποιοτικά με γλωσσικές μεταβλητές, και στη συνέχεια μετατράπηκαν σε ποσοτικές τιμές μέσω των κανόνων της ασαφούς λογικής για αξιολόγηση των εναλλακτικών σεναρίων και κριτηρίων. Η εφαρμογή της μεθόδου προσέφερε μια βαθμονομημένη κατάταξη για τη σειρά προτίμησης των διαθέσιμων εναλλακτικών, αποτέλεσμα το οποίο επαληθεύτηκε μέσω της ανάλυσης ευαισθησίας για τον προσδιορισμό της ευστάθειας των εναλλακτικών απέναντι σε μεταβολές καθοριστικών κριτηρίων του προβλήματος απόφασης. Η ποιοτική και ποσοτική ανάλυση των αποτελεσμάτων παρείχε σαφή εικόνα για τα χαρακτηριστικά και τα πλεονεκτήματα των εναλλακτικών, φέρνοντας σε πλήρη ταύτιση τις διακυμάνσεις της ευαισθησίας των εναλλακτικών με τους παράγοντες επιρροής τους στο ευρωπαϊκό ενεργειακό τοπίο. Η εναλλακτική που προκρίθηκε ως βέλτιστη είναι ικανή να τεθεί άμεσα σε ισχύ και να εναρμονιστεί ομαλά με τις επιταγές και τις προκλήσεις του εκάστοτε Κράτους Μέλους της ΕΕ.

6.2 Μελλοντικές Προοπτικές

Προκειμένου να εκμηδενιστεί ο κίνδυνος απόκλισης από το δεσμευτικό στόχο ΑΠΕ της ΕΕ, το εξειδικευμένο πλαίσιο ενεργειακής πολιτικής προς το 2030 θα πρέπει να υλοποιηθεί με το βέλτιστο δυνατό τρόπο. Η μέθοδος Fuzzy TOPSIS προσφέρει μια συγκεκριμένη λύση, έτσι ώστε τα Κράτη Μέλη να συνεισφέρουν αποτελεσματικά στον πανευρωπαϊκό στόχο διείσδυσης των ΑΠΕ κατά 27% επί του ενεργειακού ισοζυγίου. Οι Εθνικοί ενδεικτικοί στόχοι με κίνητρα για μεγαλύτερη δέσμευση είναι μια αξιόπιστη λύση ως βάση για τη μακροπρόθεσμη ενεργειακή υποδομή και επενδύσεις σε ανανεώσιμες πηγές.

Το προτεινόμενο μοντέλο λήψης απόφασης αποδείχθηκε ικανό να διαχειριστεί την αβεβαιότητα, την ανακρίβεια και την πολυπλοκότητα των αποφάσεων, όπως εκφράστηκαν μέσω των διαφορετικών και αλληλοσυγκρουόμενων κριτηρίων. Προκειμένου να εξασφαλισθεί η περαιτέρω βελτίωση που επιδέχεται το μοντέλο απόφασης, θα μπορούσε να γίνει χρήση περισσότερων κριτηρίων για εκτέλεση μιας πιο διεξοδικής ανάλυσης των διαθέσιμων εναλλακτικών λύσεων. Παράλληλα, ενδεδωμένη είναι και η μεμονωμένη

αξιολόγηση των κριτηρίων, ώστε να αποκρυπτογραφηθεί ποιά παράμετρος επιδρά περισσότερο στη συμπεριφορά του προβλήματος λήψης απόφασης. Ωστόσο, με τη βοήθεια της θεωρίας των ασαφών συνόλων, θα μπορούσε να γίνει χρήση μιας κλίμακας μετασχηματισμού μεγαλύτερης του 7ου βαθμού, προς επίτευξη μιας ακριβέστερης ποσοτικοποίησης των γλωσσικών μεταβλητών.

Αντί της αύξησης του αριθμού των κριτηρίων, η διεξαγωγή περισσότερων πειραμάτων κατά την ανάλυση ευαισθησίας, με τυχαίους συνδυασμούς απόδοσης βαρών στα κριτήρια, θα εξασφάλιζε μια περισσότερο αμερόληπτη άντληση συμπερασμάτων. Την ανάγκη αυτή εξυπηρετεί η εφαρμογή της καθολικής ανάλυσης ευαισθησίας (GSA, Global Sensitivity Analysis), όπου όλες οι παραμετρικές τιμές του προβλήματος μπορούν να μεταβάλλονται συγχρόνως εντός ενός παραμετρικού χώρου, επιτρέποντας την ταυτόχρονη αξιολόγηση της σχετικής συνεισφοράς κάθε ατομικής παραμέτρου στο πρόβλημα απόφασης. Συνεκτιμάται επίσης η αλληλεπίδραση μεταξύ των παραμέτρων και η μεταβολή των δεδομένων εξόδου, εκτιμώντας ποιοι παράγοντες συμβάλουν περισσότερο στη συνολική απόκριση του συστήματος.

Το προτεινόμενο μοντέλο λήψης απόφασης πρέπει να αποτελέσει το έναυσμα για σχηματισμό μιας αναθεωρημένης δέσμης εναλλακτικών και κριτηρίων για περαιτέρω ανάλυση και εύστοχο σχεδιασμό ενδεδειγμένων στόχων, που θα σκιαγραφούν πληρέστερα την προοπτική κάθε Κράτους Μέλους για μεγαλύτερη εναρμόνιση με τη φιλοσοφία των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ακόμη και για την περίοδο πέραν του 2030. Ο διαχρονικός χαρακτήρας του καθορισμού στόχων και του σχεδιασμού χαρτοφυλακίου πολιτικής ωθεί στην τακτική αναθεώρηση των παραμέτρων του προβλήματος απόφασης, ώστε να ανταποκρίνεται στις επιταγές των εξελίξεων του ενεργειακού γίγνεσθαι.

Οι προκλήσεις που συνδέονται με την εφαρμογή των πολιτικών ενέργειας είναι πολυδιάσπατες, προϋποθέτοντας συνεχή παρακολούθηση της ευρωπαϊκής πορείας ώστε να καρποφορήσουν οι κοινές προσπάθειες των Κρατών Μελών της ΕΕ. Ο καθορισμός προτεραιοτήτων είναι καίριας σημασίας, ενώ τα ενεργειακά ζητήματα θα πρέπει να συνεχίσουν να τίθενται επί τάπητος από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, με της κατευθύνσεις της να υιοθετούνται και να εφαρμόζονται από όλους τους εμπλεκόμενους φορείς. Ωστόσο, η ανεπτυγμένη νομοθεσία που σχετίζεται με τη μείωση των εκπομπών, την ενεργειακή απόδοση και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για την υποστήριξη της συμφωνηθέντος στόχου το 2030, καλεί για την ανάπτυξη ενός αξιόπιστου και διαφανούς συστήματος διακυβέρνησης. Οι Ευρωπαίοι αρχηγοί κρατών και κυβερνήσεων θα πρέπει να επιδείξουν οξυδέρκεια και αποφασιστικότητα για την ανάπτυξη αυτού του νέου συλλογικού οράματος της ενεργειακής μετάβασης στην Ευρώπη, που θα πρέπει να συνοδεύεται από δυναμικές πρακτικές και συλλογικές ενέργειες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

Βιβλιογραφία

7 Βιβλιογραφία

- Adelle, C., Pallemarts, M., Chiavari, J. (2009), "Climate Change and Energy Security in Europe: Policy Integration and its limits", Swedish Institute for European Policy Studies, Stockholm, Volume 4, pp. 50-51
- Agosti, M., Crestani, F., Pasi, G. (2001), "Lectures on Information Retrieval: Third European Summer-School, ESSIR 2000", Springer, Germany, pp. 215-216
- Albayrak, Y. E., & Erensal, Y. C. (2009), "Leveraging technological knowledge transfer by using fuzzy linear programming technique for multi attribute group decision making with fuzzy decision variables", *Journal of Intelligent Manufacturing*, Volume 20, pp. 223-231
- Ali, M., Heller, R. (2001), "Managing for Excellence: The essential practical guide to high performance", Dorling Kindersley Publishing., pp. 408-411
- Alonso, S., Cabrerizo, F.J., Chiclana, F., Herrera, F., Herrera-Viedma, E. (2009), "Group decision-making with incomplete fuzzy linguistic preference relations", *International Journal of Intelligent Systems*, Volume 24, No. 2, pp. 201-222
- Amini, A. (2015), "A Multi-criteria Group Decision Making Approach for Rural Industrial Site Selection Using Fuzzy TOPSIS in Central Iran", University of Isfahan, Iran, Science and Education Publishing, Volume 1, No.1, pp. 44-54
- Amiri, M.P. (2010), "Project selection for oil-fields development by using the AHP and fuzzy TOPSIS methods", *Expert Systems with Applications: An International Journal*, Pergamon Press Inc., Tarrytown, NY, Volume 37, No. 9, pp. 6218-6224
- Andoura, S., Vinois, J.A. (2015), "From the European Energy Community to the Energy Union: A policy proposal for the short and the long term", *Series New Decision-Makers, New Challenges, Studies & Reports No. 107*, Jacques Delors Institute, January 2015
- Angelov, P. (2013), "Fundamentals of Fuzzy Systems Theory", Chapter 4, in "Autonomous Learning Systems: From Data Streams to Knowledge in Real-time", John Wiley & Sons Ltd, Chichester, UK
- Ares, J., Lara, J., Lizcano, D., Suarez, S. (2016), "A soft computing framework for classifying time series based on fuzzy sets of events", *Information Sciences*, Volume 330, February 10, pp. 125-144
- Arudloss, M., Lakshmi, M., Venkatesan, P. (2013), "A Survey on Multi Criteria Decision Making Methods and Its Applications", *American Journal of Information Systems*, Science and Education Publishing, Volume 1, No. 1, pp. 31-43

- Asgton, Q. (2013), "Computing Information and Control", Chapter 3, in "Issues in Robotics and Automation", Scholarly Editions, Atlanta, Georgia
- Aspinall, R., Hill, J. (2008), "Land Use Change: Science, Policy and Management", CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, pp. 19-21
- Atamturktur, S., Moaveni, B., Papadimitriou, C., Schoenherr, T. (2014), "Model Validation and Uncertainty Quantification: Proceedings of the 32nd IMAC, A Conference and Exposition on Structural Dynamics", Society for Experimental Mechanics Inc., Springer, Volume 3, pp. 147-149
- Awasthi, A., Chauhan, S., Goyal, S. (2011), "A multi-criteria decision making approach for location planning for urban distribution centers under uncertainty", Mathematical and Computer Modelling, Elsevier Ltd, Volume 53, pp. 98-109
- Aydogan, E. K. (2011), "Performance measurement model for Turkish aviation firms using the rough-AHP and TOPSIS methods under fuzzy environment", Expert Systems with Applications, Volume 38, pp. 3992-3998
- Azzam, M., Mousa, A., (2007), "Using Genetic Algorithm and TOPSIS Technique for Multiobjective Reactive Power Compensation", Journal of Engineering Sciences, Assiut University, Volume 35, No. 3, pp. 779-793, May 2007
- Azuela G. E., Barroso L. A. (2011), "Design and Performance of Policy Instruments to Promote the Development of Renewable Energy: Emerging Experience in Selected Developing Countries", Energy and mining sector board discussion paper No. 22, Washington D.C.: World Bank, April 1
- Azuela, G. E., Barroso, L.A. (2012), "Design and Performance of Policy Instruments to Promote the Development of Renewable Energy: Emerging experience in selected developing countries", International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank, Washington D.C., pp. 1-8
- Baietti, A., Shlyakhtenko, A., La Rocca, R., Patel, U.D. (2012), "Green Infrastructure Finance: Leading Initiatives and Research", International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank, Washington D.C., pp. 129-133
- Bang, G., Underdal, A., Andresen, S. (2015), "The Domestic Politics of Global Climate Change: Key actors in International Climate Cooperation", Edward Elgar Publishing Ltd, Cheltenham, UK, pp. 85-88
- Bari, F., Leung, V.C.M. (2007), "Automated network selection in a heterogeneous wireless environment", IEEE Network, Volume 21, pp. 34-40
- Bastidas, L., Gupta, H., Sorooshian, S, Shuttleworth, W., Yang, Z. (1999), "Sensitivity analysis of a land surface scheme using multicriteria methods", Department of Hydrology and Water Resources, University of Arizona, Tucson, Journal of Geophysical Research, Volume 104, D16, pp. 19.481-19.490, August 27

- Baumol, W., Blinder, A. (2007), “Macroeconomics: Principles and Policy”, Thomson Learning Inc, Princeton University, Volume 10, pp. 293-294
- Beck, B. (1982), “Studies of the hydrogeology of the southeastern United States: 1981”, Georgia Southwestern College, pp. 34-35
- Beck, F., Martinot, E. (2004), “Renewable Energy policies and Barriers”, Encyclopedia of Energy, Elsevier Inc., Volume 5, pp. 365-383
- Behzadian, M., Otaghsara, S. K., Yazdani, M., Ignatius, J. (2012), “A state-of the-art survey of TOPSIS applications”, Expert Systems with Applications, Volume 39, pp. 13051-13069
- Bel, G., Joseph, S. (2014), “Industrial Emissions Abatement: Untangling the Impact of the EU ETS and the Economic Crisis”, Research Institute of Applied Economics, Working Paper 2014/22, No. 1/23
- Belet, N. (2014), “The Basic Parameters of European Security of Energy Supply: The Trans Adriatic Pipeline Project-TAP”, Department of Economics, Ankara, Turkey, International Association of Social Science Research, No. 2, pp. 87-98
- Bellman, R., Zadeh, L.A. (1970), "Decision-making in a fuzzy environment", Management Science, Volume 17, No. 4, pp. 141-164
- Beven, K. (2004), “Rainfall-Runoff Modelling: The Primer”, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, West Sussex, England
- Bigerna, S., Bollino, A.C., Micheli, S. (2015), ”The Sustainability of Renewable Energy in Europe”, Springer International Publishing, Switzerland, pp. 66-68
- Bilgic, T., De Baets, B., Kaynak, O. (2003), ”Fuzzy Sets and Systems - IFSA 2003”, Springer-Verlag, Germany, pp. 297-298
- Billingham, C. (2013), “Solidarity: Towards 2030 ambitions in Energy Policy”, Foundation for European Progressive Studies
- Blockley, D.I. (1980), “The Nature of Structural Design and Safety”, Ellis Horwood, Chichester, UK
- Boeters, S., Koornneef, J. (2011) “Supply of renewable energy sources and the cost of EU climate policy”, Energy Economics, Volume 33, No. 5, pp. 1024-1034
- Böhringer, C., Koschel, H., Moslener, U. (2008), “Efficiency losses from overlapping regulation of EU carbon emissions”, Journal of Regulatory Economics, Volume 33, No. 3, pp. 299-317
- Böhringer, C., Löschel, A., Moslener, U., Rutherford, T. F. (2009), “EU climate policy up to 2020: an economic impact assessment”, Energy Economics, Volume 33, pp. S295-S305
- Böhringer, C., Rösendahl, K. (2010), “Green promotes the dirtiest: on the interaction

- between black and green quotas in energy markets”, *Journal of Regulatory Economics*, Volume 37, No. 3, pp. 316-325
- Bolleyer, N., Borzel, T.A. (2010), “Non-Hierarchical Policy Coordination in Multilevel Systems”, *European Political Science, Review 2*, No. 2, pp. 157-185
- Boran, F.E, Boran, K., Menlik, T. (2011a), “The evaluation of renewable energy technologies for electricity generation in Turkey using intuitionistic fuzzy TOPSIS”, *Energy Sources Part B*, Volume 7, No. 1, pp. 81-90
- Boran, F. E., Genç, S., Kurt, M., & Akay, D. (2011b), “Personnel selection based on intuitionistic fuzzy sets”, *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, pp. 1-11
- Borgonovo, E., Castaings, W., Tarantola, S. (2012), “Model emulation and moment-independent sensitivity analysis: An application to environmental modeling”, *Environmental Modelling & Software*, Volume 34, pp. 105-115
- Bothe, M., Reh binder, E. (2005), “Climate Change Policy”, Eleven International Publishing, Utrecht, Netherlands, pp. 275-276
- Bottani, E., Rizzi, A. (2008), “An adapted multi-criteria approach to suppliers and products selection - an application oriented to lead-time reduction”, *International Journal of Production Economics*, Volume 111, No. 2, pp. 763-781
- Boute, A. (2015), “Russian Electricity and Energy Investment Law”, Brill Nijhoff, Leiden, Netherlands, Volume 65, pp. 505-507
- Bower, C., Tucker, G., Nesbit, M., Baldock, D., Illes, A., Paquel, K. (2015), “Delivering Synergies between Renewable Energy and Nature Conservation - Messages for Policy Making up to 2030 and Beyond: A report for RSPB/Birdlife Europe by the Institute for European Environmental Policy”, Institute for European Environmental policy
- Bramer, M., Petridis, M. (2014), “Research and Development in Intelligent Systems XXXI: Incorporating Applications and Innovations in Intelligent Systems XXII”, Springer International Publishing Switzerland, pp. 340-341
- Brandon, P., Lombardi, P. (2011), “Evaluating Sustainable Development in the Built Environment”, John Wiley & Sons Ltd, Chichester, UK, Volume 2, pp. 106
- Briš, M. (2007) “Sensitivity Analysis as a Managerial Decision Making Tool”, Institute of Economics, Osijek, January 20
- Brugha, C., (1998), “Structuring and Weighting Criteria in Multi Criteria Decision Making (MCDM)”, *Trends in Multicriteria Decision Making: Proceedings of the 13th International Conference on Multiple Criteria Decision Making*, Stewart, T.J. and Van den Honert, R.C. (eds.): Springer-Verlag, pp. 229-242

- Bubak, M., Kitowski, J., Wiatr, K. (2014), “eScience on Distributed Computing Infrastructure: Achievements of PLGrid Plus Domain-Specific Services and Tools” Springer International Publishing, Switzerland, pp. 364-365
- Buckley, J. (1985), “Fuzzy hierarchical analysis”, *Fuzzy Sets Syst.*, Volume 17, No. 3, pp. 233-247
- Burke, M.W. (1996), “Acquisition”, *Meta Vision Atalanta*, Chapman & Hall, London, UK, Series Preface, pp. xv-xxi
- Buti, M., Verwey, M., Bucher, A. (2015), “Investment perspectives in electricity markets”, *Energy Economic Developments, Economic and Financial Affairs*, European Economy Institutional Paper 3, July 2015, EED (2015)
- Cabrerizo, F.J., Alonso, S., Herrera-Viedma, E. (2009), “A consensus model for group decision making problems with unbalanced fuzzy linguistic information”, *International Journal of Information Technology & Decision Making*, Volume 8, No. 1, pp. 109-131
- Cacuci, D., Ionescu-Bujor, M., Navon, I.M. (2005), “Sensitivity and Uncertainty Analysis: Applications to Large-Scale Systems”, Taylor & Francis Group, LLC, Volume 2, pp. 1-3
- Campolongo, F., Cariboni, J., Saltelli, A. (2007), “An effective screening design for sensitivity analysis of large models”, *Environmental Modelling & Software*, Volume 22, No. 10, pp. 1509-1518
- Cañete, M.A. (2015), “Speech of Commissioner Miguel Arias Cañete at the Energy Union Conference in Riga”, European Commission, Speech No. 15/4221, February 6
- Cascales, M.S.G., Lozano, J.M.S., Arredondo, A.D.M., Corona, C.C. (2015), “Soft Computing Applications for Renewable Energy and Energy Efficiency”, *Information Science Reference*, Hershey, PA, pp. 156-157, 194-195
- Cavallaro, F. (2010), “A comparative assessment of thin-film photovoltaic production processes using the ELECTRE III method”, *Energy Policy*, Volume 38, No. 1, pp. 463-474
- Cavallaro, F. (2013), “Assessment and Simulation Tools for Sustainable Energy Systems: Theory and Applications”, Springer-Verlag, London, England, pp. 130-140
- Celikyilmaz, A., Türksen, B. (2009), “Modeling Uncertainty with Fuzzy Logic: With Recent Theory and Applications”, Springer-Verlag, Berli, Germany, Intro - Foreword
- Cerna, L. (2013), “The Nature of Policy Change and Implementation: A Review of Different Theoretical Approaches”, *Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)*, pp. 3-22
- Chai, J., Liu, J.N.K., Ngai, E.W.T. (2013), “Application of decision-making techniques in

- supplier selection: a systematic review of literature”, *Expert Systems with Applications*, Volume 40, No. 10, pp. 3872-3885
- Chan, H. K., Wang, X. (2013), “Fuzzy Hierarchical Model for Risk Assessment: Principles, Concepts, and Practical Applications”, Springer-Verlag, London, UK, pp. 36-39
- Chen, C. T., Lin, C. T., Huang, S. F. (2006), “A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management”, *International Journal of Production Economics*, Volume 102, pp. 289-301
- Chen, C.T. (2000), “Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment”, *Fuzzy Sets and Systems*, Volume 114, No. 1, pp. 1-9
- Chen, H., Zhou, L., Han, B. (2011), “On compatibility of uncertain additive linguistic preference relations and its application in the group decision making”, *Knowledge-Based Systems*, Volume 24, pp. 816-823
- Chen, N., Xu, Z. (2015), “Hesitant fuzzy ELECTRE II approach: A new way to handle multi-criteria decision making problems”, *Information Sciences*, Volume 292, January 20, pp. 175-197
- Chen, S.J., Hwang, C.L. (1992), “Fuzzy multiple attributes decision making: Methods and applications”, Springer-Verlag, New York, N.Y.
- Chen, T.Y. (2011), “A comparative analysis of score functions for multiple criteria decision making in intuitionistic fuzzy settings”, *Information Sciences*, Volume 181, pp. 3652-3676
- Chen, V.Y.C., Lien, H.P., Liu, C.H., Liou, J., Tzeng, G.H, Yang, L.S. (2011), “Fuzzy MCDM approach for selecting the best environment-watershed plan”, *Applied Soft Computing*, Volume 11, No. 1, January 2011, pp. 265-275
- Chen, Y., Abraham, A. (2010), “Tree-Structure based Hybrid Computational Intelligence: Theoretical Foundations and Applications”, Springer-Verlag, Germany, *Intelligent System Reference Library*, Volume 2, pp. 30-32
- Chou, J. R. (2012), “A linguistic evaluation approach for universal design”, *Information Sciences*, Volume 190, pp. 76-94
- Chu, M.T., Shyu, J., Tzeng, G.H., Khosla, R. (2007), “Comparison among three analytical methods for knowledge communities group-decision analysis”, *Expert Systems with Applications*, Volume 33, No. 4, pp. 1011-1024
- Cinelli, M., Coles, S. R., Kirwan, K. (2014), “Analysis of the potentials of multi criteria decision analysis methods to conduct sustainability assessment”, *Ecological Indicators*, Volume 46, pp. 138-148
- Clark, D. (2012), “Has the Kyoto protocol made any difference to carbon emissions?”, available at: <http://www.theguardian.com/environment>

- /blog/2012/nov/26/kyoto-protocol-carbon-emissions, (accessed January 2016)
- Clerides, S., Zachariades, T. (2006), “Are Standards Effective in Improving Automobile Fuel Economy”, Discussion Paper, Department of Economics, University of Cyprus, Nicosia, June 2006
- Christie, E. (2008), “Finding Solutions for Environmental Conflicts: Power and Negotiation”, Edward Elgar Publishing Ltd, Cheltenham, UK, pp. 127-129
- Choo, E., Schoner, B., Wedley, W. (1999), “Interpretation of criteria weights in multicriteria decision making”, *Computers & Industrial Engineering*, Elsevier Science Ltd., Volume 37, pp. 527-541
- Conroy, M., Peterson, J. (2013), “Identifying and Reducing Uncertainty in Decision Making”, Chapter 7, in “Decision Making in Natural Resource Management: A structured, Adaptive Approach”, John Wiley & Sons Ltd, Chichester, UK
- Corbin, J., Valerie, R., Weldon, R., Brainerd, C. (2015), “How reasoning, judgment, and decision making are colored by gist-based intuition: A fuzzy-trace theory approach”, *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, Volume 4, No. 4, December 2015, pp. 344-355
- COP3. (1997), Third Session of the Conference of the Parties, United Nations Framework Convention on Climate Change, Kyoto, Japan, December 1-10
- COP15. (2009), Report of the Conference of the Parties on its fifteenth session, Decisions adopted by the Conference of the Parties, United Nations Framework Convention on Climate Change, Copenhagen, Denmark, December 7-19
- COP21. (2015), “The Paris Agreement: Next steps”, United Nations Framework Convention on Climate Change, Climate Change Secretariat, Bonn, Germany, February 3
- Cousins, P., Lamming, R., Lawson, B., Squire, B. (2008), “Strategic Supply Management: Principle, Theories and Practice”, Pearson Education Ltd, Essex, England, pp. 6-14
- d’Oultremont, C. (2010), “The EU's Emissions Trading Scheme: Achievements, Key Lessons, and Future Prospects”, Academia Pres, Gent, Belgium, Egmont Paper 40, pp. 8-10
- de Boer, L., Wegen, L.V.D., Telgen, J. (1998), “Outranking methods in support of supplier selection”, *European Journal of Purchasing and Supply Management*, Volume 4, No. 2-3, pp. 109-118
- de Lovinfosse, I., Varone, F. (2004), “Renewable Electricity Policies in Europe: Tradable Green Certificates in Competitive Markets”, Louvain University Press, Louvain-la-Neuve, Belgium, pp. 114-15
- de Lovinfosse, I. (2008), “How and Why Do Policies Change? - A Comparison of Renewable Electricity Policies in Belgium, Denmark, Germany, the Netherlands and the UK”, P.I.E. Peter Lang, International Scientific Editions, Brussels, Belgium, Public Action

- No.3, pp. 44-49
- de Moraes, R.M., Kerre, E., Machado, L.S., Lu, J. “Decision Making and Soft Computing: Proceedings of the 11th International FLINS Conference”, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singapore, pp. 49-50
- Dai, J., Qi, J., Chi, J., Chen, S., Yang, J., Ju, L. (2010), “Integrated water resource security evaluation of Beijing based on GRA and TOPSIS”, *Frontiers of Earth Science in China*, Volume 4, No. 3, pp. 357-362
- Dal Pont, J.P., Azzaro-Pantel, C. (2014), “Optimization methods”, Chapter 4.3, in “New Approaches to the Process Industries: The Manufacturing Plant of the Future”, John Wiley & Sons Inc., London, UK
- del Rio, P., Klessmann, C., Winkel, T., Gephart, M. (2013), “Interactions between EU GHG and Renewable Energy Policies - how can they be coordinated?”, Design and impact of a harmonized policy for renewable electricity in Europe, *Intelligent Energy Europe*, “beyond2020” Report No. D6.1b
- den Bossche, A.M., Derenne, J., Nihoul, P., Verdure, C. (2015), “Aid for generation adequacy”, in “Sourcebook on EU Competition Law”, Group Larcier, Volume 1, Brussels, Belgium
- Delgado, M., Verdegay, J.L., Vila, M.A. (1992), “Linguistic decision-making models”, *International Journal of Intelligent Systems*, Volume 7, pp. 479-492
- Deif, A. (1986), “Sensitivity Analysis in Linear Systems”, Springer-Verlag, Version 1, pp. 198-199
- Delibašić, B., Dargam, F., Zaraté, P., Hernández, J., Liu, S., Ribeiro, R., Linden, I., Papathanasiou, J. (2015), “Proceedings of the 1st EWG-DSS International Conference on Decision Support System Technology - ICDSST 2015”, Belgrade, Serbia
- Deschrijver, G., Kerre, E. (2003), “On the relationship between some extensions of fuzzy set theory”, *Fuzzy Sets and Systems*, Volume 133, No. 2, January 16, pp. 227-235
- Deveci, M., Demirel, N.C., John, R., Ozcan, E. (2015), “Fuzzy multi-criteria decision making for carbon dioxide geological storage in Turkey”, *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, Volume 27, Part 2, November 2015, pp. 692-705
- Deweese, D., Karney, B.W., Reeve, D. (2010), “Current Affairs: Perspectives on Electricity Policy for Ontario”, University of Toronto Press Inc., pp. 64-66
- Diakoulaki, D., Karangelis, F. (2007), “Multi-criteria decision analysis and cost-benefit analysis of alternative scenarios for the power generation sector in Greece”, *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, Volume 11, No. 4, pp. 716-727
- Dinar, A., Albiac, J. (2009), “Policy and Strategic Behaviour in Water Resource

- Management”, Earthscan, New Yrk, NY, pp. 165-166
- Dong, M., Wong, F.S. (1987), “Fuzzy weighted averages and implementation of the extension principle”, Fuzzy Sets and Systems, Volume 21, Issue 2, pp. 183-199
- Doukas, H., Karakosta, C., Psarras, J. (2009), “A linguistic TOPSIS model to evaluate the sustainability of renewable energy options”, International Journal of Global Energy Issues, Volume 32, No. 102, pp. 102-118
- Doumpos, M., Grigoroudis, E. (2013), “Development and application of a genetic algorithm for the example case study”, Chapter 13.4, in “Multicriteria Decision Aid and Artificial Intelligence: Links, Theory and Applications”, John Wiley & Sons Ltd, Chichester, UK
- Dubois, D., Prade, H., Yager, R. (1993), “Fuzzy Sets for Intelligent Systems”, Morgan Kaufmann Publishers Inc., pp. 3-4
- E3G. (2013), “Options for 2030 infrastructure targets: Infrastructure and the EU 2030 climate and energy framework”, Discussion paper, December 2013
- Ea Energy Analyses. (2012), “Overview of European Union climate and energy policies”, Copenhagen, Denmark, January 10
- Ecofys. (2016), Climate Action Tracker, available at: <http://climateactiontracker.org/countries/EU#Footnotes>, (accessed January 2016)
- Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Seyboth, K., Kadner, S., Zwickel, T., Eickemeier, P., Hansen, G., Schlömer, S., Von Stechow, C., Matschoss, P. (2012), “Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change”, Cambridge University Press, New York, N.Y., pp. 151-158, 892-896
- EEA. (2012), “European Union’s total greenhouse emissions down 2.5 % in 2011”, European Environment Agency, September 13
- EEA. (2013), “Trends and projections in Europe 2013: Tracking progress towards Europe’s climate and energy targets until 2020”, European Environment Agency, Report No. 10/2013, Copenhagen, Denmark
- EEA. (2014), “Annual European Union greenhouse gas inventory 1990-2012 and inventory report 2014”, European Environment Agency, Technical report No. 9/2014, Copenhagen, Denmark, June 3
- EEA. (2014), “Why did GHG emissions decrease in the EU between 1990 and 2012?”, European Environment Agency, Copenhagen, Denmark, June 3
- EEA. (2015), “Trends and projections in Europe 2015 – Tracking progress towards Europe’s climate and energy targets”, European Environment Agency, Report No. 4/2015, Copenhagen, Denmark

- EEC. (1991), 91/565/EEC: Council Decision of 29 October 1991 concerning the promotion of energy efficiency in the Community (SAVE programme), European Economic Community, Official Journal of the European Union, L307
- EEC. (1993), 93/389/EEC: Council Decision of 24 June 1993 for a monitoring mechanism of Community CO₂ and other greenhouse gas emissions, European Economic Community, Official Journal of the European Union, L167
- EEC. (1993), 93/500/EEC: Council Decision of 13 September 1993 concerning the promotion of renewable energy sources in the Community (Altener programme), European Economic Community, Official Journal of the European Union, L235
- Enderlein, H., Sonja, W., Zörn, M. (2011), “Handbook on Multi-Level Governance”, Edward Elgar Publishing Ltd, Cheltenham, UK
- Enguix-González, A., Moreno-Rebollo, J.L., Muñoz-Pichardo, J.M. (2015), “A better approximation of moments of the eigenvalues and eigenvectors of the sample covariance matrix”, Original Research Article, Journal of Multivariate Analysis, Volume 142, pp. 133-143
- Eriksson R. (2012), “The European Energy Policy - Framing of Energy Security in the European Union”, Lund University Department of Political Science
- Ertugrul, I., Karakasoglu, N. (2008), “Comparison of fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods for facility location selection”, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Volume 39, Issue 7, pp. 783-795
- European Commission. (1997), Energy for the Future: Renewable Sources of Energy. White Paper for a Community Strategy and Action Plan, Communication, COM(97) 599 final, Brussels: European Commission
- European Commission. (2005), Communication from the Commission - The support of electricity from renewable energy sources, Communication, COM(2005) 0627 final, SEC(2005) 1571, Brussels: European Commission
- European Commission. (2006), Renewable Energy Road Map Renewable energies in the 21st century: building a more sustainable future, Communication, COM(2006) 0848 final, Brussels: European Commission
- European Commission. (2008), The support of electricity from renewable energy sources. Accompanying document to the Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources, Communication, COM(2008) 19, Brussels: European Commission
- European Commission. (2010), Energy 2020 A strategy for competitive, sustainable and secure energy, Communication, COM (2010) 639, Brussels: European Commission
- European Commission. (2010), Europe 2020: A strategy for smart, sustainable and inclusive

- growth, Communication, COM(2010) 2020 final, Brussels: European Commission
- European Commission. (2010), Proposal for a DECISION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL concerning the establishment and operation of a market stability reserve for the Union greenhouse gas emission trading scheme and amending Directive 2003/87/EC, Communication, COM(2014) 020 final, Brussels: European Commission
- European Commission. (2010), Unlocking the potential of cultural and creative industries, Green Paper, Communication, COM(2010) 183, Brussels: European Commission
- European Commission. (2011), A growth package for integrated European infrastructures, Communication, COM (2011) 676, Brussels: European Commission
- European Commission. (2011), A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050, Communication, COM(2011) 0112 final, Brussels: European Commission
- European Commission. (2011), Energy Roadmap 2050, Communication, COM (2011) 885, Brussels: European Commission
- European Commission. (2011), Green Paper on the modernisation of the Professional Qualifications Directive - frequently asked questions, Press Release Data Base, Brussels, Belgium, June 22, MEMO/11/438
- European Commission. (2011), White Paper Roadmap to a Single European Transport Area: Towards a competitive and resource efficient transport system, Communication, COM(2011) 0144 final, Brussels: European Commission
- European Commission. (2012), Renewable Energy: a major player in the European energy market, Communication, COM(2012) 0271, Brussels: European Commission
- European Commission. (2012), Sustainable, secure and affordable energy for Europeans, Publications Office of the European Union, Brussels, Belgium, July 2012
- European Commission. (2013), Delivering the internal electricity market and making the most of public intervention, COM(2013) 7243, Brussels: European Commission
- European Commission. (2013), European Commission guidance for the design of renewables support schemes, Accompanying the document, Communication from the Commission, Delivering the internal market in electricity and making the most of public intervention, Commission Staff Working Document, SWD(2013) 439 final, Brussels: European Commission
- European Commission. (2013), Implementing the Energy Efficiency Directive - Commission Guidance, Communication, COM(2013) 0762 final, Brussels: European Commission
- European Commission. (2013), Generation Adequacy in the internal electricity market - guidance on public interventions, Accompanying the document, Communication from the Commission, Delivering the internal market in electricity and making the

- most of public intervention, Commission Staff Working Document, SWD(2013) 438 final, Brussels: European Commission
- European Commission. (2013), Green Paper: A 2030 framework for climate and energy policies, Communication, COM(2013) 169 final, Brussels: European Commission
- European Commission. (2013), Guidance for the Design of Renewables Support Schemes, Accompanying the Document Communication from the Commission. Delivering the Internal Market in Electricity and Making the Most of Public Intervention, Commission Staff Working Document, SWD(2013) 439 final, Brussels: European Commission
- European Commission. (2013), Progress towards achieving the Kyoto and EU 2020 objectives, Communication, COM(2013) 0698 final, Brussels: European Commission
- European Commission. (2013), Renewable energy progress report, Communication, COM/2013/0175, Brussels: European Commission
- European Commission. (2014), 21st Annual Report on Monitoring the Application of EU Law, Communication, COM(2014) 612 final, Brussels: European Commission
- European Commission. (2014), Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the regions, A policy framework for climate and energy in the period from 2020 to 2030, Communication, COM(2014) 015 final, Brussels: European Commission
- European Commission. (2014), Energy prices and costs in Europe, Commission Staff Working Document, SWD(2014) 20 final/2, Brussels: European Commission
- European Commission. (2014), Guidelines on State aid for environmental protection and energy 2014-2020, Communication, COM (2014) 2322, Brussels: European Commission
- European Commission. (2015), Renewable energy progress report, Communication, COM(2015) 080, Brussels: European Commission
- European Commission. (2015), Renewable energy progress report, Communication, COM(2015) 293 final, Brussels: European Commission
- European Commission. (2015), State of the Energy Union 2015, Communication, COM(2015) 572, Brussels: European Commission
- European Commission. (2015), Assessment of the progress made by Member States towards the national energy efficiency targets for 2020 and towards the implementation of the Energy Efficiency Directive 2012/27/EU as required by Article 24 (3) of Energy Efficiency Directive 2012/27/EU, Communication, COM(2015) 574 final, Brussels: European Commission

- European Commission. (2015), Climate action progress report, including the report on the functioning of the European carbon market and the report on the review of Directive 2009/31/EC on the geological storage of carbon dioxide, Communication, COM(2015) 576, Brussels: European Commission
- European Commission. (2015), Document to the assessment of progress made by Member States towards the national energy efficiency targets for 2020 and on implementation of the Energy Efficiency Directive, Commission Staff Working Document, SWD(2015) 245, Brussels: European Commission
- European Commission. (2015), European Council Conclusions on the Energy Union, Press Release Data Base, Brussels, Belgium, 139/15, March 19
- European Commission. (2015), Guidance sent by the Commission's Secretary-General Catherine Day to Member State Ambassadors, Brussels press service, July 23
- European Council. (1986), Council Resolution of 16 September 1986 concerning new Community energy policy objectives for 1995 and convergence of the policies of the Member States, Official Journal of the European Union, C 241
- European Council. (1990), Presidency Conclusions – Dublin 25/26 June 1990, Annex II: The Environmental Imperative, Council of the European Union, SN 60/1/90
- European Council. (1992), Directive 92/42/EEC on efficiency requirements for new hot-water boilers fired with liquid or gaseous fuels, Official Journal of the European Union, L 167
- European Council. (1992), Council Directive 92/75/EEC of 22 September 1992 on the indication by labelling and standard product information of the consumption of energy and other resources by household appliances , Official Journal of the European Union, L 297
- European Council. (1993), Council Directive 93/76/EEC of 13 September 1993 to limit carbon dioxide emissions by improving energy efficiency (SAVE), Official Journal of the European Union, L 237
- European Council. (1999), Council Directive 1999/31/EC of 26 April 1999 on the landfill of waste, Official Journal of the European Union, L 182
- European Council. (2006), Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council of 18 December 2006 concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH), establishing a European Chemicals Agency, Official Journal of the European Union, L 396
- European Council. (2007), Presidency Conclusions – Brussels 8/9 March 2007, Council of the European Union, 7224/1/07
- European Council. (2014), Conclusions, Secretariat of the Council, No. 5, General, EUCO 169/14, Brussels, 23/24 October 2014

- European Parliament. (2001), Directive 2001/77/EC of the European Parliament and of the Council of 27 September 2001 on the promotion of electricity produced from renewable energy sources in the internal electricity market. Official Journal of the European Union, L 283
- European Parliament. (2003), Directive 2003/30/EC of the European Parliament and of the Council of 8 May 2003 on the promotion of the use of biofuels and other renewable fuels for transport, Official Journal of the European Union, L 123/42
- European Parliament. (2003), Council Directive 93/76/EEC of 13 September 1993 to limit carbon dioxide emissions by improving energy efficiency (SAVE), Official Journal of the European Union, L 237
- European Parliament. (2003), Directive 2003/87/EC of the European Parliament and of the Council of 13 October 2003 establishing a scheme for greenhouse gas emission allowance trading within the Community and amending Council Directive 96/61/EC, Official Journal of the European Union, L 275
- European Parliament. (2004), Directive 2004/8/EC of the European Parliament and of the Council of 11 February 2004 on the promotion of cogeneration based on a useful heat demand in the internal energy market and amending Directive 92/42/EEC, Official Journal of the European Union, L 52
- European Parliament. (2005), Directive 2005/32/EC of the European Parliament and of the Council of 6 July 2005 establishing a framework for the setting of ecodesign requirements for energy-using products and amending Council Directive 92/42/EEC and Directives 96/57/EC and 2000/55/EC of the European Parliament and of the Council, Official Journal of the European Union, L 191
- European Parliament. (2006), Directive 2006/32/EC of the European Parliament and of the Council of 5 April 2006 on energy end-use efficiency and energy services and repealing Council Directive 93/76/EEC, Official Journal of the European Union, L 114
- European Parliament. (2006), Directive 2006/40/EC of the European Parliament and of the Council of 17 May 2006 relating to emissions from air conditioning systems in motor vehicles and amending Council Directive 70/156/EEC, Official Journal of the European Union, L 161
- European Parliament. (2006), European Parliament resolution on a European strategy for sustainable, competitive and secure energy - Green paper 2006/2113(INI), Strasbourg, France
- European Parliament. (2006), Regulation on Reduction in fluorinated greenhouse gases, Regulation No. 842/2006, May 17
- European Parliament. (2009), Decision 406/2009/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the Effort of Member States to Reduce their Greenhouse

- Gas Emissions to Meet the Community's Greenhouse Gas Emission Reduction Commitments up to 2020, Official Journal of the European Union, L140, pp. 136
- European Parliament. (2009), Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC, Official Journal of the European Union
- European Parliament. (2009), Directive 2009/31/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the Geological Storage of Carbon Dioxide and Amending Council Directive 85/337/EEC, European Parliament and Council Directives 2000/60/EC, 2001/80/EC, 2004/35/EC, 2006/12/EC, 2008/1/EC and Regulation (EC) No 1013/2006, Official Journal of the European Union, L 140, pp.114
- European Parliament. (2010), Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control), Official Journal of the European Union, L 334
- European Parliament. (2012), Resolution of 22 November 2012 on the elections to the European Parliament in 2014, P7_TA(2012)0462
- European Parliament. (2012), Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on Energy Efficiency, Amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and Repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC, Official Journal of the European Union, No. 315, pp. 1
- European Parliament. (2013), Resolution of 14 March 2013 on the Energy roadmap 2050, a future with energy, P7_TA(2013) 0088, 2012/2103(INI)
- European Parliament. (2013), Resolution of 21 May 2013 on current challenges and opportunities for renewable energy in the European internal energy market, P7_TA(2013) 0201, 2012/2259 (INI)
- European Parliament. (2014), "At a glance: The Open Method of Coordination", October 2014, available at: https://www.google.gr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0ahUKEwjnyqbHlPpLahVzb5oKHbBCBelQFggrMAE&url=http%3A%2F%2Fwww.europarl.europa.eu%2FEPRS%2FEPRS-AaG-542142-Open-Method-of-Coordination-FINAL.pdf&usq=AFQjCNE6p_t4-d_tSdgtlpNBRdbTPGgodQ&sig2=c0oyi5Vet3LhA_cJ1p9D-Q&cad=rja, (accessed February 2016)
- European Union. (2010), Consolidated versions of the Treaty on European Union and the Treaty on the Functioning of the European Union, Protocol No. 2
- European Union. (2015), "Council conclusions on the governance system of the Energy Union", Press office - General Secretariat of the Council, Press Release 869/15, Brussels, Belgium, November 26
- European Union. (2015), "The Energy Union on track to deliver", Press release, November 18, MEMO/15/6106

- Fan, Z.P., Ma, J., Jiang, Y.P., Sun, Y.H., Ma, L. (2006), “A goal programming approach to group decision making based on multiplicative preference relations and fuzzy preference relations”, *European Journal of Operational Research*, Volume 174, pp. 311-321
- Fandel, G., Spronk, J. (1985), “Multiple Criteria Decision Methods and Applications: Selected Readings of the First International Summer School”, Springer-Verlag, Berlin, Germany, pp. 1-8
- Fankhauser, S., Hepburn, C., Park, J. (2010) “Combining multiple climate policy instruments: how not to do it”, *Climate Change Economics*, Volume 1, No. 03, pp. 209-225
- Faris, C.W., Robinson, P.J., Wind, Y. (1967), “Industrial Buying and Creative Marketing”, Allyn & Bacon, Boston
- Fedrizzi, M., Kacprzyk, J., Roubens, M. (1991), “Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems”, *Interactive Fuzzy Optimization*, Springer-Verlag, pp. 2
- Ferro, R., Bonotto, C., Valentini, S., Zanardo, A. (1989), “Logic Colloquium '88”, *Studies in Logic and the Foundations of Mathematics*, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, Netherlands, Volume 127, pp. 284-285
- Fischer, C., Preonas, L. (2010) “Combining Policies for Renewable Energy: Is the Whole Less Than the Sum of Its Parts?” *International Review of Environmental and Resource Economics*, Volume 4, No. 1, pp. 51-92
- Flanagan, K., Uyarra, E., Laranja, M. (2011), “Reconceptualising the ‘Policy Mix’ for Innovation”, *Research Policy*, Volume 40, No. 5, pp. 702-713
- Florax, R., De Groot, H., Mulde, P. (2011), “Improving Energy Efficiency through Technology: Trends, Investment Behaviour and Policy Design”, Edward Edgar Publishing Ltd, Cheltenham, UK, pp. 225-226
- Flues F., Löschel, A., Lutz, B. J., Schenker, O. (2014), “Designing an EU energy and climate policy portfolio for 2030: Implications of overlapping regulation under different levels of electricity demand”, *Energy Policy*, Volume 75, pp. 91-99
- Fonseca, C., Gandibleux, X., Hao, J.K., Sevaux, M. (2009), “Evolutionary Multi-Criterion Optimization: 5th International Conference, EMO 2009”, Springer-Verlag, Berlin, Germany, pp. 56-57
- Fräss-Ehrfeld, C., “Renewable Energy Sources: A Chance to Combat Climate Change”, Kluwer Law International, Alphen aan den Rijn, Netherlands, pp. 132-133
- Fraunhofer. (2013), “Analysis of a European Reference Target System for 2030 - In the frame of the Project Energy Savings 2030: on the 2050 Pathway”, Report to the Coalition for Energy Savings, Fraunhofer Institute for Systems and Innovation

- Research, Karlsruhe, Germany, October 4
- Gal, T., Stewart, T., Hanne, T. (1999) “Use of Artificial Intelligence in MCDM”, Chapter 15, in “Multicriteria Decision Making: Advances in MCDM Models, Algorithms, Theory”, Science & Business Media New York, NY
- Gallivan, F. (2013), “Energy Savings Strategies for Transit Agencies”, Transit Cooperative Research Program, Transportation Research Board, Washington D.C., pp. 8-9
- Gan, Y., Duam, Q., Ging, Q., Tong, C., Sun, Y., Chu, Q., Ye, A., Miao, C., Di, Z. (2014), “A comprehensive evaluation of various sensitivity analysis methods: A case study with a hydrological model”, *Environmental Modelling & Software*, Volume 5, January 2014, pp. 269-285
- Gaventa, J. (2013), “Infrastructure networks and the 2030 climate and energy framework”, E3G Working Paper, September 2013
- Gero, J. (1991), “Artificial Intelligence in Design”, Butterworth Heinemann Ltd, Oxford, University of Sydney, Australia, pp. 833-834
- Ghazanfari, M., Rouhani, S., Jafari, M. (2014), “A fuzzy TOPSIS model to evaluate the Business Intelligence competencies of Port Community Systems”, *University of Science and Technology, Tehran, Iran, Polish Maritime Research*, Part 2, Volume 21, No. 82, pp. 86-96
- Ghafghazi, S., Sowlati, T., Sokhansanj, S., Melin, S (2012), “A multicriteria approach to evaluate district heating system options”, *Applied Energy*, Volume 87, No. 4, pp 1134-1140
- Glykas, M. (2013), “Business Process Management: Theory and Applications”, Springer-Verlag, Germany, pp. 47-48
- Gong, Z.W., Li, L.S., Zhou, F.X., Yao, T.X. (2009), “Goal programming approaches to obtain the priority vectors from the intuitionistic fuzzy preference relations”, *Computers & Industrial Engineering*, Volume 57, pp. 1187-1193
- Goswami, Y., Zhao, Y. (2008), “Proceedings of ISES World Congress 2007 (Vol.1-Vol.5): Solar Energy and Human Settlement”, Tsinghua University Press, Beijing and Springer-Verlag, Germany, pp. 2834-2836
- Grubb, M., Betz, R., Neuhoff, K. (2006), “National Allocation Plans in the EU Emissions Trading Scheme: Lessons and Implications for Phase II”, *Climate Policy*, Earthscan, London, UK, Volume 6, No. 4
- Häder, Bradbrook, A., Lyster, R., Ottinger, R., Wang, X. (2005), “The Law of Energy Sustainable Development”, *IUCN Academy of Environmental Law Studies*, Cambridge University Press, New York, N.Y., pp. 308-309
- Hajek, P. (1998), “The Metamathematics of Fuzzy Logic”, Kluwer Academic Publishers,

Dordrecht

- Hanafi, A. (2012), “The EU Emissions Trading System is reducing emissions, sparking low-carbon innovation, and growing up. Really”, EDF Talks Global Climate, available at: <http://blogs.edf.org/climatetalks/2012/10/18/the-eu-emissions-trading-system-is-reducing-emissions-sparking-low-carbon-innovation-and-growing-up-really/>, (accessed January 2016)
- Hancher, L., de Houteclocque, A., Sadowska, M. (2015), “Capacity Mechanisms in EU Energy Markets: Law, Policy, and Economics”, CPI Group Ltd, Oxford University Press, UK, pp. 85-89
- Hanson, J. (1995), “Advances in Telematics”, Ablex Publishing Corporation, Norwood, New Jersey, Volume 3, pp. 93-94
- Harrison, N., Höhne, N., Braun, N., Deng, Y. (2014), “Enhancing Ambition through International Cooperative Initiatives”, TemaNord, No. 518, Copenhagen, pp. 75-78
- Held, A., Ragwitz, M., Merkel, E., Rathmann, M. (2010), “Indicators assessing the performance of renewable energy support policies in 27 Member States”, RE-Shaping: Shaping an effective and efficient European renewable energy market, Report D5 & D6, Karlsruhe, Germany, October 31
- Held, A., Ragwitz, A., Eichhammer, W., Senfuss, F., Pudlik, M. (2014), “Estimating energy system costs of sectoral RES and EE targets in the context of energy and climate targets for 2030”, German Ministry for Economic Affairs and Energy and the Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
- Held, A., Raqwitz, M., Gephart, M., de Visser, E., Klessman, C. (2014), “Design features of support schemes for renewable electricity”, Ecofys, by order of European Commission, Task 2 Report, January 27
- Held, A., Ragwitz, M., Resch, G., Liebmann, L., Genoese, F. (2014), “Implementing the EU 2030 Climate and Energy Framework - a closer look at renewables and opportunities for an Energy Union”, Towards2030 - Dialogue on a RES policy Framework for 2030, Intelligent Energy Europe, Issue Paper No. 2
- Herath, G., Prato, T. (2006), “Using Multi-criteria Decision Analysis in Natural Resource Management”, Ashgate Publishing Ltd, Hampshire, UK, pp. 4-6
- Herrera, F., Herrera-Viedma, E., Chiclana, F. (2001), “Multiperson decision-making based on multiplicative preference relations”, European Journal of Operational Research, Volume 129, pp. 372-385
- Hinrichs-Rahlwes, R. (2013), “Sustainable Energy Policies for Europe: Towards 100% Renewable Energy”, in “Sustainable Energy Developments”, Bundschuh, J. (Ed.), CRC Press, Taylor & Francis Group, London, UK, Volume 6, pp. 104-108
- Hobbs, B.F., Horn, G.T.F. (1997), “Building public confidence in energy planning: a

- multimethod MCDM approach to demand-side planning at BC gas”, *Energy Policy*, Volume 25, No. 3, pp. 357-375
- Hobbs, B., Meier, P. (2000), “Energy Decisions and the Environment: A Guide to the Use of Multicriteria”, Springer-Science & Business Media LLC, pp. 151-154
- Hood, C. (2011), “Summing up the Parts - Combining Policy Instruments for Least-Cost Climate Mitigation Strategies”, Information Paper, International Energy Agency, Paris, France, September 2011
- Hood, C. (2013), “Managing interactions between carbon pricing and existing energy policies: Guidance for Policymakers”, *Insights Series*, International Energy Agency, Paris, France
- Hooghe, L., Marks, G. (2003), “Unraveling the Central State, but How? Types of Multi-Level Governance”, *American Political Science Review*, Volume 97, No. 2, pp. 233-243
- Hornberger, G.M., Spear, R.C. (1981), “An approach to the preliminary analysis of environmental systems”, *Journal of Environmental Management*, Volume 12, No. 1, pp. 7-18
- House of Commons. (2010), “Fuel Poverty: Fifth Report of Session 2009-10”, Energy and Climate Change Committee, The Stationery Office Limited, London, UK, Volume 2, April 8, pp. 87-88
- Hsu, H. M., Chen, C.T. (1994), “Fuzzy hierarchical weight analysis model for multicriteria decision problem”, *Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers*, Volume 11, No. 3, pp. 129-136
- Hull, A. (2008), “Policy Integration: What Will It Take to Achieve More Sustainable Transport Solutions in Cities?” *Transport Policy*, Volume 15, No. 2, pp. 94-103
- Hung, C.C., Chen, L.H. (2009), “A Fuzzy TOPSIS Decision Making Model with Entropy Weight under Intuitionistic Fuzzy Environment”, Department of Industrial and Information Management, National Cheng Kung University, Taiwan, Volume 1, March 18-20
- Hung, Y.H., Chou, S.C., Tzeng, G.H. (2011), “Knowledge management adoption and assessment for SMEs by a novel MCDM approach”, *Decision Support Systems*, Volume 51, No. 2, May 2011, pp. 270-291
- Hwang, C.L., Yoon, K. (1981), “Multiple attribute decision making: methods and applications”, Springer, New York
- IEA. (2013), “Trends 2013 in Photovoltaic Applications: Survey Report of Selected IEA Countries between 1992 and 2012”, Report IEA-PVPS T1-23:2013
- Ibec. (2013), “Summary of Member State responses to the 2030 green paper for a climate and energy framework”, Dublin, Ireland, October 2013

- Iskander, M. (2007), “Innovations in E-learning, Instruction Technology, Assessment and Engineering Education”, Springer, Dordrecht, Netherlands, pp. 154-155
- Jabbour, D.S., Lopes, A.B., Chiappetta, C.J. (2014), “Selecting green suppliers based on GSCM practices: Using Fuzzy TOPSIS applied to a Brazilian electronics company”, *European Journal of Operational Research*, Vol. 233, No. 2, pp. 432-447
- Jacobsen, H., Crisp, J. (2014), “EU leaders adopt 'flexible' energy and climate targets for 2030”, October 24, available at: <http://www.euractiv.com/sections/eu-priorities-2020/eu-leaders-adopt-flexible-energy-and-climate-targets-2030-309462>, (accessed January 2016)
- Jansen, J.C. (2005), “Harmonisation or Coordination of national Policies”, Chapter 6 in “Market Stimulation of Renewable Electricity in the EU: What degree of Harmonisation of Support Mechanisms is Required?”, Centre for European Policy Studies, Brussels, Belgium, pp. 41
- Johansson, T., Patwardhan, A., Nakicenovic, N., Gomez-Echeverri, L. (2012), “Global Energy Assessment - Toward a Sustainable Future”, Global Energy Assessment Writing Team, International Institute for Applied Systems Analysis, Cambridge University Press, Laxenburg, Austria, pp. 85, 875-878
- Johnson, D., Turner, C. (2005), “European Business: Policy challenges for the new commercial environment”, Taylor and Francis Group, New York, N.Y., pp. 99
- Jorge, H., Zarate, P., Dargam, F., Delibasić, P., Liu, S., Ribeiro R. (2012), “Decision Support Systems - Collaborative Models and Approaches in Real Environments”, Springer-Verlag, Germany, pp. 94-97
- Joshi, P. K., Singh, T. P. (2011), “Geoinformatics for Climate Change Studies”, Energy and Resources Institute, TERI Press, New Delhi, India
- Kahraman, C., Kaya, I. (2010), “A fuzzy multicriteria methodology for selection among energy alternatives”, *Expert Systems with Applications*, Volume 37, Issue 9, pp. 6270-6281
- Kahraman, C. (2012), “Computational Intelligence Systems in Industrial Engineering: With Recent Theory and Applications”, Atlantis Computational Intelligence Systems, Paris, France, pp. 163-166
- Kahraman, C., Bozbura, F.T., Kerre, E. (2012), “Uncertainty Modeling in Knowledge Engineering and Decision Making: Proceedings of the 10th International FLINS Conference”, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singapore, pp. 233
- Kahraman, C., Öztayşi, B. (2014), “Supply Chain Management Under Fuzziness: Recent Developments and Techniques”, *Studies in Fuzziness and Soft Computing*, Springer-Verlag, Germany, pp. 203-204
- Kaiser, A., Biela, J., Hennl, A. (2012), “Policy Making in Multilevel Systems: Federalism,

- Decentralisation, and Performance in the OECD Countries”, European Consortium for Political Research Press, Colchester, UK
- Kanellakis, M. (2011), “EU Energy Policy & Effects of Implemented Policies in Renewable Energy Penetration”, School of Science & Technology, Thessaloniki, Greece
- Kao, C., Liu, S.T. (2001), “Fractional programming approach to fuzzy weighted average”, *Fuzzy Sets and Systems*, Volume 120, pp. 435-444
- Kaya, T., Kahraman, C. (2011), “Multi-criteria decision in energy planning using a modified fuzzy TOPSIS methodology”, *Expert Systems with Applications*, Volume 6, No. 6, pp. 6577-6585
- Keen, P., Sol, H. (2008), “Decision Enhancement Services: Rehearsing the Future for Decisions that Matter”, IOS Press, Amsterdam, Netherlands, pp. 1-4
- Kerebel, C. (2015), “Renewable energy”, in “Fact Sheets on the European Union”, European Parliament, July 2015
- Keren, G., Wu, G (2015), “The Wiley Blackwell Handbook of Judgment and Decision Making”, John Wiley & Sons Ltd, Chichester, UK, Volume 1, pp. 779-782
- Kickert, J.M. (1978), “Fuzzy Theories on Decision Making: A Critical Review”, Eindhoven University of Technology, Martinus Nijhoff Social Sciences Division, Netherlands, pp. 122-123
- Koh, J.H.L. Chai, C., Wong, B., Hong, H. (2015), “Design Thinking for Education: Conceptions and Applications in Teaching and Learning”, Springer Science and Business Media Singapore Pte Ltd
- Kou, G., Peng, Y., Wang, G. (2014), “Evaluation of clustering algorithms for financial risk analysis using MCDM methods”, *Information Sciences*, Volume 275, August 10, pp. 1-12
- Krabbe, O, Blok, K. (2015), “Costs and Benefits of Energy Efficiency Targets”, Ecofys, November 23
- Kriner, D., Reeves, A. (2015), “The Particularistic President: Executive Branch Politics and Political Inequality”, Cambridge University Press, New York, N.Y., pp. 139-142
- Krohling, R. A., & Campanharo, V. C. (2011), “Fuzzy TOPSIS for group decision making: A case study for accidents with oil spill in the sea”, *Expert Systems with Applications*, Volume 38, pp. 4190-4197
- Kumar, A., Dash, M. K. (2015), “Fuzzy Optimization and Multi-Criteria Decision Making in Digital Marketing”, *Business Science Reference*, pp. 33-34
- Kylili, A., Christoforou, E., Fokaides, P., Polycarpou, P. (2014), “Multicriteria analysis for the selection of the most appropriate energy crops: the case of Cyprus”,

- International Journal of Sustainable Energy, Volume 35, No. 1
- Lafferty, W., Ruud, A. (2008), "Promoting Sustainable Electricity in Europe: Challenging the Path Dependence of Dominant Energy Systems", Edward Elgar Publishing Ltd, Cheltenham UK, pp. 29-31
- Lahdelma, R., Salminen, P., Hokkanen, J. (2000), "Using multicriteria methods in environmental planning and management", *Environmental Management*, Volume 26, No. 6, pp. 595-605
- Lai, Y.J., Hwang, C.L. (1995), "Fuzzy Mathematical Programming: Methods and Applications", Springer-Verlag New York, Inc. Secaucus, NJ, USA
- Lami, I. (2014), "Analytical Decision-Making Methods for Evaluating Sustainable Transport in European Corridors", Springer International Publishing, Switzerland, pp. 198-199
- Landabaso, M. (2012), "Connecting Smart and Sustainable Growth through Smart Specialisation: A practical guide for ERDF managing authorities", Regional and Urban Policy, Brussels, Belgium, European Union
- Lang, M., Lang, A. (2015), "Commission Adopts Strategy for European Energy Union", February 25, available at: <http://www.germanenergyblog.de/?p=18055>, (accessed January 2016)
- Langsdorf, S. (2011), "EU Energy Policy: From the ECSC to the Energy Roadmap 2050", Green European Foundation, Luxemburg
- Larsen, P. M. (1981), "Industrial applications of fuzzy logic control: in Mamdani", Gaines (eds.), pp. 335- 343
- Laurent, E. (2012), "Economic and social ecological policies towards a low carbon economy: the case of the EU in ETUI Greening industries and creating jobs", in Galgóczi, B. (Ed), "Greening industries and creating jobs", European Trade Union Institute (ETUI), pp. 75-78
- Levin, M.S. (2015), "Modular System Design and Evaluation", Springer International Publishing, Switzerland, pp. 67-68
- Lewis, J. (1998), "Managing Decision Making in a Project Team", Chapter 10, in "Team-Based Project Management", BeardBooks, Washington D.C., pp. 111-115
- Li, P., Liu, B. (2008), "Entropy of credibility distributions for fuzzy variables", *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, Volume 16, No. 1, pp. 123-129
- Liao, M.S., Liang, G.S., Chen, C.Y. (2013), "Fuzzy grey relation method for multiple criteria decision-making problems", *Qual. Quant.*, Volume 47, pp. 3065-77
- Lienert, M., Wissen, R. (2006), "Bewertung von Fördersystemen für Erneuerbare Energien: Eine kritische Analyse der aktuell geführten Diskussion", pp. 134 - 136

- Lim, H.L. (2015), “Handbook of Research on Recent Developments in Materials Science and Corrosion Engineering Education”, Engineering Science Reference, Hershey, PA, pp. 168
- Lin, M. C., Wang, C. C., Chen, M. S., Chang, C. A. (2008). “Using AHP and TOPSIS approaches in customer-driven product design process. Computers in Industry”, Volume 59, pp.17-31
- Linkov, I., Ferguson, E., Magar, V. (2008), “Real-Time and Deliberative Decision Making: Application to Emerging Stressors”, The NATO Science for Peace and Security Programme, Springer, Dordrecht, Netherlands, pp. 4-6
- Littell, J., Corcoran, J., Pillai, V. (2008), “Assessing Bias and Variations in Effects”, Chapter 6, in “Systematic Reviews and meta-Analysis”, Pocket Guides to Social Work Research Methods, Oxford University Press Inc., New York, N.Y.
- Liu, Y., Gupta, H.V., Sorooshian, S., Bastidas, L.A., Shuttleworth, W.J. (2004), “Exploring parameter sensitivities of the land surface using a locally coupled land-atmosphere model”, Journal of Geophysical Research, Volume 109, No. D2110
- Lodwick, W.A., Jamison, K.D. (2008), “Interval-valued probability in the analysis of problems containing a mixture of possibilistic, probabilistic and interval uncertainty”, Fuzzy Set and Systems, Volume 159, pp. 2845-2858
- Loeppky, J.L., Sacks, J., Welch, W.J. (2009), “Choosing the sample size of a computer experiment: a practical guide”, Technometrics, Volume 51, No. 4, pp. 366-376
- Loken, E. (2005), “Use of multicriteria decision analysis methods for energy planning problems”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Elsevier, Volume 11, Issue 7, pp. 1584-1595
- Malczewski, J., Rinne, C. (2015), “Multicriteria Decision Analysis in Geographic Information Science”, Advances in Geographic Information Science, Springer Science & Business Media, New York, N.Y., pp. 232-233
- Mallon, K. (2006), “Renewable Energy Policy and Politics: A handbook for decision-making“, Earthscan, New York, N.Y. pp. 94-97
- Mach-Król, M., Olszak, C., Pełech-Pilichowski, T. (2015), “Advances in ICT for Business, Industry and Public Sector”, Studies in Computational Intelligence, Springer International Publishing, Switzerland, pp. 142-143
- Markowski, S., Hall, P., Wylie, R. (2010), “Defence Procurement and Industry Policy: A small country perspective”, Routledge Studies in Defence and Peace Economics, Abingdon, UK, pp. 159-160
- Masulli, F., Pasi, G., Yager, R. (2013),” Fuzzy Logic and Applications: 10th International Workshop, WILF 2013”, Springer International Publishing, Switzerland, pp. 45-27

- Mathieu, C. (2015), "From 2020 to 2030, from Copenhagen to Paris: a mindset change for the European climate policy?", Ifri Centre for Energy, Paris, France
- Matsatsitsinis, Ni., Tsafarakis, S., Lakiotaki, K. (2010), "Applications of MCDA in marketing and e-commerce", Department of Production Engineering and Management, University of Crete, Greece
- McGinley, P. (2012), "Decision analysis software survey", available at: [http://www. orms-today.org/surveys/das/das.html](http://www.orms-today.org/surveys/das/das.html), (accessed January 2016)
- Meghanathan, N., Boumerdassi, S., Chaki, N., Nagamalai, D. (2010), "Recent Trends in Network Security and Applications: Third International Conference", Springer-Verlag, pp. 247-248
- Mellár, B. (2015), "Energy Efficiency", in "Fact Sheets on the European Union", European Parliament, Article No. 194 TFEU, July 2015
- Melnick, E., Everitt, B. (2008), "Encyclopedia of Quantitative Risk Analysis and Assessment", John Wiley & Sons Ltd, Chichester, England, Volume 1, pp. 623
- Menanteau, P., Finnon, D., Lamy, M.L. (2003), "Prices versus quantities: choosing policies for promoting the development of renewable energy", Energy Policy, Volume 31, No. 8, pp. 799-812
- Meteoropolis, N., Ulam, S. (1949), "The Monte Carlo method", Journal of the American Statistical Association, Volume 44, No. 247, pp. 335-341
- Meyer-Ohlendorf, N., Duwe, M., Umpfenbach, K., McFarland, K. (2014), "The Next EU Climate and Energy Package - EU Climate Policies after 2020", Ecologic Institute, Berlin, Germany
- Meyer-Ohlendorf, N. (2015), "An Effective Governance System for 2030 EU Climate and Energy Policy: Design and Requirements", Discussion Paper, Ecologic Institute, Berlin
- Milne, J.E., Andersen, M.S. (2012), "Handbook of Research on Environmental Taxation", Edward Elgar Publishing Ltd, Cheltenham, UK, pp. 362
- Morel, B., Linkov, I. (2004), "Environmental Security and Environmental Management: The Role of Risk Assessment", Springer, Dordrecht, Netherlands, pp. 49-50
- Moselle, B., Padilla, J., Schmalensee, R. (2010), "Harnessing Renewable Energy in Electric Power Systems: Theory, Practice, Policy", Taylor & Francis Group, Earthscan, Washington D.C., pp. 142-143, 292-294
- Moskovitz, D. (1992), "Renewable Energy: Barriers and Opportunities, Walls and Bridges", World Resources Institute, July 1992
- Muennig, P., Bounthavong, M. (2007), "Cost-Effectiveness Analysis in Health: A Practical

- Approach”, John Wiley & Sons Inc., San Francisco, CA, Volume 2, pp. 152-154
- Mukherjee, K. (2014), “Analytic hierarchy process and technique for order preference by similarity to ideal solution: a bibliometric analysis from past, present and future of AHP and TOPSIS”, Heritage Institute of Technology, India, Inderscience Enterprises Ltd, Munich Personal RePEc Archive, No. 59887
- Muller, A., Brown, A., Olz, S. (2011), “Renewable Energy: Policy Considerations for Deploying Renewables”, Information Paper, International Energy Agency, Paris, France, November, 2011
- Nafta, (2005), “Hrvatski nacionalni komitet Svetsdkih kongresa za naftu, North American Free Trade Agreement, University of Indiana, No. 56, March 31, pp. 118
- Nagel, S., Garson, D. (1989), “Advances in Social Science and Computers”, JAI Press, Volume 4, pp. 239
- Nasibov, E.N., Övgü Kinay, A. (2009), “An iterative approach for estimation of student performances based on linguistic evaluations”, Information Sciences, Volume 179, pp. 688-698
- Nicholls, J., Mawhood, R., Gross, R., Castillo, A. (2014), “Evaluating Renewable Energy Policy: A review of criteria and indicators for assessment”, International Renewable Energy Agency (IRENA), UK Energy Research Centre, January 2014
- OECD. (2005), “Symposium on Structural Reform and Capacity Building”, on “Proceedings of the Eighth Workshop of the APEC-OECD Co-operative initiative on Regulatory Reform”, Gyeongju, Korea, September 9, pp. 3-4
- OECD. (2015), “Aligning Policies for the Transition to a Low-carbon Economy”, Meeting of the OECD Council at Ministerial Level, Paris, France, June 3-4
- Onut, S., Soner, S. (2008), “Transshipment site selection using the AHP and TOPSIS approaches under fuzzy environment”, Waste Management, Volume 28, No. 9, pp. 1552-1559
- Osiro, L., Lima, F. R. J. (2014), “A comparison between Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS methods to supplier selection”, Applied Soft Computing, Volume 21, August 2014, pp. 194-209
- Palutikof, J., Boulter, S. Barnett, J., Rissik, D. (2015), “Applied Studies in Climate Adaptation”, John Wiley & Sons Ltd, Chichester, UK, pp. 102-104
- Panda, B.N., Biswal, B.B., Deepak, B.B. (2014), “Integrated AHP and fuzzy TOPSIS Approach for the Selection of a Rapid Prototyping Process under Multi-Criteria Perspective”, Design and Research Conference (AIMTDR 2014), Department of Industrial Design, India, pp. 246-1 - 246-6
- Pandian, V., Barsoum, N., Webb, J. (2012), “Innovation in Power, Control, and

- Optimization: Emerging Energy Technologies”, Engineering Science Reference, Hershey, PA
- Pedersen, K., Behrens, A., Egenhofer, C. (2008), “Energy Policy for Europe: Identifying the European Added - value: CEPS Task Force Report”, Centre for European Policy Studies, Brussels, Belgium, pp. 179-182
- Pedraza, J. (2015), “Electrical Energy Generation in Europe: The Current Situation and Perspectives in the Use of Renewable Energy Sources and Nuclear power for Regional Electricity Generation”, Springer International Publishing, Switzerland, pp. 50-51
- Peeters, M. (2014), “Governing Towards Renewable Energy in the EU: Competences, Instruments, and Procedures”, Maastricht University, Netherlands, pp. 39-63
- Pei, Z., Zheng, L. (2012), “ A novel approach to multi-attribute decision making based on intuitionistic fuzzy sets”, Expert Systems with Applications, Volume 39, No. 3, pp. 2560 -2566
- Pei, Z. (2013), “Rational decision making models with incomplete weight information for production line assessment”, Information Sciences, Volume 222, pp. 696-716
- Pei, Z. (2015), “Intuitionistic fuzzy variables: Concepts and applications in decision making”, Expert Systems with Applications, Volume 42, No. 22, December 1, pp. 9033-9045
- Peng, Y., Wang, G., Kou, G., & Shi, Y. (2011), “An empirical study of classification algorithm evaluation for financial risk prediction”, Applied Soft Computing, Volume 11, pp. 2906-2915
- Pfeifer, R., Scheier, C. (2001), “Understanding Intelligence”, Massachusetts Institute of Technology Press, pp. 583-584
- Pfluger, B. (2014), “Assessment of least-cost pathways for decarbonising Europe’s power supply”, Scientific Publishing, Karlsruhe, Germany, pp. 11-15
- Pohekar, S.D., Ramachandran, M. (2004), “Application of multi-criteria decision-making to sustainable energy planning-a review”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Elsevier Ltd, Volume 8, No. 4, pp. 365-381
- Polatidis, H., Haralambopoulos D.A., Munda G., Vreeker R. (2006), “Selecting an appropriate multi-criteria decision analysis technique for renewable energy planning”, Energy Sources, Part B: Economics, Planning and Policy Volume 1, No. 2, pp. 181-193
- Prahl, A. (2014), “From the first IPCC report to the first commitment period”, Chapter 1, in “Overview of Climate Targets in Europe”, Blachowicz, A., Duwe, M., (Eds.), Climate Policy Info Hub

- Ragwitz, M., Resch, G., Faber, T. and Huber, C. (2005), “Monitoring and evaluation of policy instruments to support renewable electricity in EU Member States”, Fraunhofer Institute: Systems and Innovation Research
- Rahimi, S., Gandy, L., & Mogharreban, N. (2007), “A web-based high-performance multi criterion decision support system for medical diagnosis”, *International Journal of Intelligent Systems*, Volume 22, pp. 1083-1099
- Rao, P. V., Baral, S. S. (2011), “Attribute based specification, comparison and selection of feed stock for anaerobic digestion using MADM approach”, *Journal of Hazardous Materials*, Volume 186, pp. 2009-2016
- Resch, G., Gephart, M., Steinhilber, S., Klessmann, C., del Rio, P. Ragwitz, M. (2013), “Coordination or Harmonisation? Feasible Pathways for a European RES Strategy Beyond 2020”, Reprinted from *Energy & Environment*, Multi-Science Publishing Co. Ltd, Essex, UK, Volume 24, No. 1 & 2, pp. 147-164
- Resch, G., Liebmann, L., Ortner, A., Busch, S., Panzer, C. del Rio, P. (2014), “Final Report of the beyond2020 project - approaches for a harmonization of RES(-E) support in Europe”, *Design and impact of a harmonized policy for renewable electricity in Europe*, Intelligent Energy Europe, Final Report No. D7.4
- Resch, G., Panzer, C., Ortner, A. (2014), “2030 RES targets for Europe - a brief pre-assessment of feasibility and impacts”, *European Intelligent Energy Europe project “Keep-on-Track”*, Energy Economics Group, Vienna University of Technology, Austria, January 2014
- Resch, G., Busch, S., Liebmann, L. (2014), “Prospects for RES in Europe up to 2030”, Fraunhofer ISI, Interim report, pp. 32-33
- Robinson, E.A, (1965), “Problems in Economic Development: Proceedings of a Conference held by the IEA”, *International Economic Association Series*, New York, N.Y., pp. 104-106
- Roelofs, M. (2010), “AIMMS - The Language Reference”, Paragon Decision Technology, Haarlem, Netherlands, Volume 3, No.10, pp. 220-222
- Roy, B. (1992): “Decision-aid and decision making”, in Bana e Costa, C. A. (Ed.), “Readings in multiple criteria decision aid”, Springer-Verlag, Heidelberg, Germany, pp. 17-35
- Ruan, D., Li, T., Xu, Y. (2010), “Computational Intelligence: Foundations and Applications - Proceedings of the 9th International FLINS Conference”, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd, Singapore, pp. 439-440
- Rubino, A., Ozturk, I., Lenzi, V., Campi, M.T.C. (2015), “Regulation and Investments in Energy Markets: Solutions for the Mediterranean”, Academic Press, Oxford, UK, pp. 96-98
- Rusche, T. (2015), “EU Renewable Electricity Law and Policy: From National Targets to a

- Common Market”, Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 190-192
- Ruud, A. (2015), “European Governance of EU Energy Policy Goals”, 8 January 2015, Department of Energy & Climate Change, London, available at: http://www.google.gr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0ahUKEw iu_sra2enKAHVJD5oKHXccD4wQFggnMAE&url=http%3A%2F%2Fwww.parliament.uk%2F documents%2Flords-committees%2Ffeu-sub-com-d%2Fenergy-framework-2020%2F5644-14-Gvt-8-Jan.pdf&usg=AFQjCNH7u0Jz3KxP0MS84klkrmC3qT-8bQ&sig2=6Q4VZsMnKKUQ9znG3xqcqQ, (accessed January 2016)
- Sacks, J., Welch, W.J., Mitchell, T.J., Wynn, H.P. (1989), “Design and analysis of computer experiments”, *Statistical Science*, Volume 4, No. 4, pp. 409-423
- Sadi-Nezhad, S., & Khalili Damghani, K. (2010), “Application of a fuzzy TOPSIS method base on modified preference ratio and fuzzy distance measurement in assessment of traffic police centers performance”, *Applied Soft Computing*, Volume 10, pp. 1028-1039
- Saltelli, A., Ratto, M., Andres, T., Campolongo, F., Cariboni, J., Gatelli, D., Saisana, M., Tarantola, S. (2008), “Global Sensitivity Analysis: The Primer”, John Wiley & Sons Ltd, Chichester, UK, pp. 277-278
- Sartor, O., Umpfenbach, K. (2015), “Submission of evidence on EU Energy Governance to the House of Lords European Union Committee”, Institute for Sustainable Development and International Relations, SciencePo, October 2
- Scarlat, N., Dallemand, J.F., Monforti-Ferrario, F., Banja, M., Motola, V. (2015), “Renewable energy policy framework and bioenergy contribution in the European Union - An overview from National Renewable Energy Action Plans and Progress Reports”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 51, November 2015, pp. 969-985
- Schmeisser, W., Mohnkopf, H., Hartmann, M., Metze, G. (2010), “Innovation Performance Accounting: Financing Decisions and Risk Assessment of Innovation Processes”, Springer-Verlag, Berlin, Germany, pp. 421-422
- Schmidt-Thome, P., Klein, J. (2013), “Climate Change Adaptation in Practice: From Strategy Development to Implementation”, John Wiley & Sons Ltd., Chichester, UK, May 2013
- Senthil, S., Srirangacheyulu, B., Ramesh, A. (2014), “A robust hybrid multi-criteria decision making methodology for contractor evaluation and selection in third-party reverse logistics”, *Expert Systems with Applications*, Volume 41, No. 1, January 2014, pp. 50-58
- Shalizi, Z. (2003), “Sustainable Development in a Dynamic World: Transforming Institutions, Growth and Quality of Life”, International Bank for Reconstruction and Development and World Bank, World Development Report, Washington D.C.

- Shinghal, R. (2013), "Introduction to Fuzzy Logic", PHI Learning Private Ltd, Delhi, India, pp. 1-4
- Shukla, A., Tiwari, R., Kala, R. (2010), "Real Life Applications of Soft Computing", Taylor & Francis Group LLC, pp. 147-149
- Skillings, S. (2015), "The Energy Union Need a New Approach to Policy-Making: A Proposal to place risk management and evidence-based analysis at the heart of European Energy Policy", E3G, London, UK, Briefing paper, January 2015
- Soares, C.D., Milne, J., Ashiabor, H., Deketelaere, K. (2010), "Critical Issues in Environmental Taxation: International and Comparative Perspectives", Oxford University Press, Oxford, UK, Volume 8, pp. 330-332
- Sodhi, B., Prabhakar, T.V., "A Simplified Description of Fuzzy TOPSIS", Department of Computer Science and Engineering, Kamur, India
- Srinivasan, S. (2014), "Security, Trust, and Regulatory Aspects of Cloud Computing in Business Environments", Information Science Reference, Texas Southern University, USA, pp. 196-204
- Strunz, S., Gawel, E., Lehmann, P., Ribera, T., Rudinger, A., Boscheck, R., Egenhodef, C., de Jong, J. (2014), "Energy Policy: European, National, Regional?", Review of European Economic Policy, Volume 49, No. 5, pp. 224-267
- Sunstein, C., Hastie, R., (2014), "Making Dumb Groups Smarter", available at: <https://hbr.org/2014/12/making-dumb-groups-smarter>, (accessed January 2016)
- Suntook, F., Murphy, J. (2008), "The Stakeholder Balance Sheet: Profiting from really understanding your market", John Wiley & Sons Ltd, Chichester, England, pp. 2-5
- Taha, R.A., Daim, T. (2013), "Multi-Criteria Applications in Renewable Energy Analysis, a Literature Review", Research and Technology Management in the Electricity Industry, Green Energy and Technology, Springer-Verlag London, UK, pp. 17-27
- Tang, W., Li, X., Zhao, R. (2009), "Metric spaces of fuzzy variables", Computers & Industrial Engineering, Volume 57, pp. 1268-1273
- Tansellç, Y. (2012), "Development of a credit limit allocation model for banks using an integrated Fuzzy TOPSIS and linear programming", Expert System with Applications, Volume 39, No. 5, pp. 5309-5316
- Tesniere, L., Bourgault, C., Klessmann, C. (2015), "Achieving the EU renewables target for 2030 - a closer look at governance options", Towards2030 - Dialogue on a RES policy Framework for 2030, Intelligent Energy Europe, Issue Paper No. 6, November 9
- Thomaidis, F., Konidari, P., Mavrakis, D. (2008), "The wholesale natural gas market prospects in the Energy Community Treaty countries", Operational Research Volume 8, No. 1, pp. 63-75

- Tietje, C. (2008), “The Applicability of the Energy Chapter Treaty in ICSID Arbitration of EU Nationals vs. EU Member States”, *Beitrage zum transnationalen Wirtschaftsrecht Halle Saale: Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg Institut für Wirtschaftsrecht*, Volume 78
- Tran, P. N., Boukhatem, N. (2009), “A utility-based interface selection scheme for multi-homed mobile terminals”, *Proceedings of IEEE 20th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, Tokyo*, pp. 767-772
- Truck, I., Akdag, H. (2009), “A tool for aggregation with words”, *Information Sciences*, Volume 179, No. 14, pp. 2317-2324
- Tseng, T.L., Konada, U., Kwon, Y. (2016), “A novel approach to predict surface roughness in machining operations using fuzzy set theory”, *Journal of Computational Design and Engineering*, Volume 3, No. 1, January 2016, pp. 1-13
- Tzeng, G.H., Huang, J.J. (2011), “Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications”, Taylor & Francis Group LLC, CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 231-232
- Ukaga, O., Ukiwo, U., Ibaba, I.S. (2012), “Natural Resources, Conflict, and Sustainable Development: Lessons from the Niger Delta”, Taylor & Francis, Routledge African Studies, New York, NY, pp. 156-158
- UNFCCC. (2005), Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change, Kyoto, 10 December 1997, in force 16 February 2005, in *International Legal Materials* 37, 22
- UNFCCC. (2011), Durban Climate Change Conference - November/December 2011, United Nations Framework Convention on Climate Change
- var der Hoeven, M. (2012), “World Energy Outlook 2012”, International Energy Agency (IEA), Paris France
- var der Hoeven, M. (2015), “Energy and Climate Change”, World Energy Outlook Special Report, International Energy Agency (IEA), Paris, France
- van Dijk, A., Beurskens, L., Boots, M., Kaal, M., de Lange, T., van Sambeek, E., Uytterlinde, M. (2003), “Renewable Energy Policies and Market Developments”, REMAC 2000 project, ECN project No. 7.4114
- van Dril, T., Saidi, R., van Tilburg, X., Eaton, D. (2011), “Renewable Energy: Investing in energy and resource efficiency”, United Nations Environment Programme, pp. 198-239
- van Griensven, A., Meixner, T., Grunwald, S., Bishop, T., Diluzio, M., Srinivasan, R. (2006), “A global sensitivity analysis tool for the parameters of multi-variable catchment models”, *Journal of Hydrology*, Volume 324, No. 1, pp. 10-23

- van Renssen, S. (2014), “The EU's great 2030 energy and climate compromise”, October 24, available at: <http://www.energypost.eu/eus-great-2030-energy-climate-compromise/>, (accessed January 2016)
- Varajao, J.E.Q., Cruz-Cunha, M.M., Putnik, G., Trigo, A. (2010), “ENTERprise Information Systems, Part I: International Conference, CENTERIS 2010”, Springer-Verlag, Germany, pp. 241-242
- Vasant, P. (2006), “Fuzzy production planning and its application to decision making”, *Journal of Intelligent Manufacturing*, Volume 17, No. 1, pp. 5-12
- Vatansever, K., Kazancoglu, Y. (2014), “Integrated Usage of Fuzzy Multi Criteria Decision Making Techniques for Machine Selection Problems and an Application”, *Center for Promoting Ideas, USA*, Volume. 5, No. 9, pp. 12-24
- Venter, J.C. (2014), “Europe’s Energy Challenge: As special Report”, Science Business Publishing Ltd, Brussels, Belgium, November 2014
- Verbruggen, A., Lauber, V. (2012), “Assessing the performance of renewable electricity support instruments”, *Energy Policy*, Volume 45, pp. 635-644
- Vinci, S., Nagpal, D., Ferroukhi, R., Zindler, E., Czajkowska, A. (2014), “Adapting Renewable Energy Policies to Dynamic Market Conditions”, International Renewable Energy Agency (IRENA), Knowledge, Policy and Finance Centre, Abu Dhabi, UAE, May 2014
- Wainwright, J., Mulligan, M. (2004), “Environmental Modelling: Finding Simplicity in Complexity”, John Wiley & Sons Ltd, Chichester, UK, pp. 58-59
- Wallace, S. W. (2000) “Decision Making Under Uncertainty: Is Sensitivity Analysis of Any Use?” *Operations Research*, Volume 48, No. 1, pp. 20-25
- Waloszyk, M. (2014), “Law and Policy of the European Gas Market”, Edward Elgar Publishing Ltd, University of Aberdeen, UK, pp. 130-131
- Wang, Y.J., Lee, H.S. (2007), “Generalizing TOPSIS for fuzzy multiple-criteria group decision-making”, *Computers and Mathematics with Applications*, Volume 53, pp. 1762-1772
- Wang, M., Lin, S.J., Lo, Y.C. (2010), “The comparison between MAUT and PROMETHEE”, in: *IEEE International conference on industrial engineering and engineering management, Industrial Engineering and Engineering Management*, pp. 753-757
- Wang, J. (2014), “Encyclopedia of Business Analytics and Optimization”, Business Science Reference, Hershey, USA, pp. 1101-1102
- Watkins, K., (2000), “The Oxfam Education report”, Oxfam GB, Practical Action Publishing, Dorset, England, November 23, pp. 72-75

- Weistroffer, H. R., Smith, C. H., Narula, S. C., "Multiple criteria decision support software", Chapter 24 in: Figueira, J., Greco, S., Ehrgott, M. (Ed.), "Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys Series", Springer-Verlag, New York
- Wimmler, C., Hejazi, G., de Oliveira Fernandes, E., Moreira, C., Connors, S. (2015), "Multi-Criteria Decision Support Methods for Renewable Energy Systems on Islands", *Journal of Clean Energy Technologies*, Volume 3, No. 3, May 2015
- Wu, C., Barnes, D. (2011), "A literature review of decision-making models and approaches for partner selection in agile supply chains", *Journal of Purchasing and Supply Management*, Volume 17, No. 4, pp. 256-274
- Wyns, T., Khatchadourian, A., Oberthur, S. (2014), "EU Governance of Renewable Energy post 2020 - risks and options", Heinrich-Böll-Stiftung, Institute for European Studies, Brussels, Belgium
- Xu, C. (2009), "Understanding Forest Landscape Response to Global Climatic Change: An uncertainty evaluation based on Spatial Modeling", University of Illinois at Urbana-Champaign, pp. 52-55
- Xu, Z.S. (2007), "Intuitionistic preference relations and their application in group decision making, *Information Sciences*", Volume 177, pp. 2363-2379
- Xu, Z., Chen, J. (2008), "An overview of distance and similarity measures of intuitionistic fuzzy sets", *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, Volume 16, No. 4, pp. 529-555
- Xu, J., Cruz-Machado, V.A., Lev, B., Nickel, S. (2014), "Proceedings of the Eighth International Conference on Management Science and Engineering Management: Focused on Intelligent System and Management Science", Springer-Verlag Berlin, Germany, pp. 108-109
- Yan, G., Ling, Z., Dequn, Z. (2011), "Performance evaluation of coal enterprises energy conservation and reduction of pollutant emissions base on GRD-TOPSIS", *Energy Procedia*, Volume 5, pp. 535-539
- Yan, G., Ling, Z., Dequn, Z. (2011), "Performance Evaluation of coal enterprises energy conservation and reduction of pollutant emissions base on GRD-TOPSIS", *Energy Procedia*, Volume 5, pp. 535-539
- Yang, Z. L., Bonsall, S., Wang, J. (2011), "Approximate TOPSIS for vessel selection under uncertain environment", *Expert Systems with Applications*, Volume 38, No. 12, pp. 14523-1453
- Yang, L., Jin, H., Ma, J., Ungerer, T. (2006), "Autonomic and Trusted Computing - Third International Conference, ATC 2006", Springer-Verlag, Germany, pp. 100-101
- Yao, Y., Hu, Q., Yu, H., Grzymala-Busse, J. (2015), "Rough Sets, Fuzzy Sets, Data Mining, and Granular Computing: 15th International Conference, RSFDGrC 2015", Springer

- International Publishing, Switzerland, pp. 242-243
- Young, D. (2014), “The Differential Cost Concept”, Chapter 4, in “Management Accounting in Health Care Organizations”, Jossey-Bass - Wiley Brand, Volume 3, San Francisco CA
- Yue, Z. (2011), “An extended TOPSIS for determining weights of decision makers with interval numbers”, Knowledge-Based Systems, Volume 24, pp. 146-153
- Zachmann, G. (2015), “The European Energy Union: Slogan or an Important Step towards Integration?”, Friedrich-Ebert-Stiftung, Bonn, Germany
- Zadeh L A. (1973), “Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes”, IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics, Volume 3, pp. 28-44
- Zadeh, L.A. (1975), “The concept of linguistic variable and its application to approximate reasoning”, Parts 1-2, Information Sciences, Volume 8, pp. 199-249, pp. 301-357
- Zadeh, L. A. (2015), “Fuzzy Sets and Systems”, Department of EECS, University of California, Berkeley, Volume 281, pp. 4-20
- Zehetner, C., Liebmann, L., Resch, G., Genoese, F., Ragwitz, M. (2015), “The EU 2030 Framework for renewables - effective effort sharing through public benchmarks”, Towards2030 - Dialogue on a RES policy Framework for 2030, Energy Europe, Issue Paper No. 4
- Zeleny, M. (2008), “The KM-MCDM interface in decision design: tradeoffs-free conflict dissolution”, International Journal of Applied Decision Sciences, Inderscience Enterprises Ltd., Volume 1, No. 1
- Zhang, G., Lu, J. (2009), “A linguistic intelligent user guide for method selection in multi-objective decision support systems”, Information Sciences, Volume 179, pp. 2299-2308
- Zhao, H., Guo, S. (2014), “Selecting green supplier of thermal power equipment by using a hybrid MCDM method for sustainability”, Sustainability, Vol. 6, No. 1, pp. 217-235
- Zhou, Y. (2013), “Energy Modelling Studies and Conservation: A seminar of the United Nations Economic Commission for Europe”, Pergamon Press, Wheaton & Co. Ltd, Exeter, UK, pp. 273-274
- Zhu, Q., Azar, A.T. (2015), “Complex System Modelling and Control Through Intelligent Soft Computations”, Studies in Fuzziness and Soft Computing, Springer International Publishing, Switzerland, pp. 202-203
- Zimmermann, H.J. (1985), “Fuzzy Set Theory - and Its Applications”, International Series in Management Science/Operations Research, Springer Science & Business Media Dordrecht, Netherlands, pp. 243

- Zimmermann, H.J. (2000), “An application-oriented view of modelling uncertainty”, *European Journal of Operational Research*, Volume 122, pp. 190-199
- Zimmermann, H.J. (2010), “Fuzzy Set Theory”, John Wiley & Sons Inc., Aachen, Germany, Volume 2, pp. 317-332
- Zito, A. (2010), “Learning and Governance in the EU Policy Making Process”, *Journal of European Public Policy Series*, Taylor & Francis, Routledge, Abingdon, UK, pp. 83-88
- Zopounidis, C., Doumpos, M. (2000), “Intelligent Decision Aiding Systems Based on Multiple Criteria for Financial Engineering”, Springer-Science & Business Media B.V., Dordrecht, Netherlands, pp. 47-48
- Zimmermann, H.J. (2001), “Fuzzy Set Theory - and its Applications”, Springer Science & Business Media LLC, New York, NY, Volume 4

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

8 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

8.1 Κατάλογος συντομογραφιών

| | |
|---------|--|
| ΑΕΠ | Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν |
| ΑΠΕ | Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας |
| Ε&Α | Έρευνα και Ανάπτυξη |
| ΕΕ | Ευρωπαϊκή Ένωση |
| ΕΚ | Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο |
| ΕΠΑΚ | Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα για την Αλλαγή του Κλίματος |
| ΕΣΔΑΕ | Εθνικά Σχέδια Δράσης για την Ανανεώσιμη Ενέργεια |
| ΕΣΚ | Εθνικά Σχέδια Κατανομής |
| ΚΠ | Κόστη Παραγωγής |
| ΟΗΕ | Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών |
| ΠΚ | Πρωτόκολλο του Κιότο |
| ΠΠ | Πλεονέκτημα Παραγωγού |
| ΣΕΔΕ | Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών |
| ΤΙΠ | Τόνος Ισοδύναμου Πετρελαίου |
| | |
| AHP | Analytic Hierarchy Process |
| ANP | Analytic Network Process |
| CCS | Carbon Capture and Storage |
| COM | Communication / Ανακοίνωση |
| COP | Conference of Parties |
| EC | European Council |
| ECCP | European Climate Change Programme |
| EEA | European Environment Agency |
| EED | Energy Efficiency Directive |
| ELECTRE | Elimination EtChoix Traduisant la REalite' |
| EP | European Parliament |
| ESD | Effort Sharing Decision |
| et al. | et alia |
| ETS | Emissions Trading System |
| EU | European Union |
| FAST | Fourier Amplitude Sensitivity Analysis |
| FNIS | Fuzzy Negative Ideal Solution |
| FPIS | Fuzzy Positive Ideal Solution |
| GHG | Greenhouse Gases |
| GRA | Grey Renational Analysis |
| GSA | Global Sensitivity Analysis |

| | |
|------------|---|
| IEA | International Energy Agency |
| IEEE | Institute of Electrical and Electronics Engineers |
| IPCC | Intergovernmental Panel on Climate Change |
| IRENA | International Renewable Energy Agency |
| MCDM | Multiple-criteria decision-making |
| MEMO | Fact sheet of European Commission |
| NREAP | National Renewable Energy Action Plan |
| NSGA | National Sporting Goods Association |
| OECD | Organisation for Economic Co-operation and Development |
| PAMs | Policies And Measures |
| PROMETHEE | Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluations |
| pp. | pages |
| QELRO | Quantified Emission Limitation or Reduction Objective |
| REACH | Registration, Evaluation, Authorization and Restrictions of Chemicals |
| RES | Renewable Energy Sources |
| SAVE | Specific Actions for Vigorous Energy Efficiency |
| SET (Plan) | Strategic Energy Technology (Plan) |
| SWD | Staff and joint staff working documents |
| TOPSIS | Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution |
| UNFCCC | United Nations Framework Convention on Climate Change |
| VIKOR | VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje |