



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

**Ανάπτυξη Εργαλείου Αξιολόγησης για την Ενίσχυση του
Μηχανισμού Συνεργασίας στην Ενέργεια μεταξύ Κρατών για την
Επίτευξη των Ευρωπαϊκών Ενεργειακών Στόχων**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Κωνσταντίνος Χ. Ζέρβας

Επιβλέπων : Ευάγγελος Μαρινάκης

Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Ιούλιος 2024



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

**Ανάπτυξη Εργαλείου Αξιολόγησης για την Ενίσχυση του
Μηχανισμού Συνεργασίας στην Ενέργεια μεταξύ Κρατών για την
Επίτευξη των Ευρωπαϊκών Ενεργειακών Στόχων**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Κωνσταντίνος Χ. Ζέρβας

Επιβλέπων : Ευάγγελος Μαρινάκης

Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 16^η Ιουλίου 2024.

.....
Ευάγγελος Μαρινάκης

Καθηγητής ΕΜΠ

.....
Δημήτριος Ασκούνης

Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Ιούλιος 2024

.....
Ιωάννης Ψαρράς

Καθηγητής ΕΜΠ

.....
Κωσταντίνος Χ. Ζέρβας

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π

Copyright © Κωσταντίνος Χ. Ζέρβας, 2024

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία επικεντρώνεται στην αξιολόγηση των χωρών της Βόρειας Αφρικής (Αίγυπτος, Λιβύη, Μαρόκο, Τυνησία και Αλγερία) σχετικά με τη δυνατότητα συνεργασίας τους με την Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) στον τομέα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ). Η κλιματική αλλαγή, ως μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις του 21ου αιώνα, απαιτεί άμεσες και συντονισμένες δράσεις για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Η ΕΕ, με τους φιλόδοξους στόχους της για την αύξηση της χρήσης των ΑΠΕ και την ενεργειακή αποδοτικότητα, επιδιώκει συνεργασίες με τρίτες χώρες για την επίτευξη αυτών των στόχων.

Η εργασία αναπτύσσει ένα πολυκριτηριακό μεθοδολογικό πλαίσιο, χρησιμοποιώντας τις μεθόδους AHP και Fuzzy TOPSIS, για την αναγνώριση και αξιολόγηση των παραγόντων που επηρεάζουν την επενδυτική ελκυστικότητα και τη βιωσιμότητα των έργων ΑΠΕ στις χώρες της Βόρειας Αφρικής. Αυτό το πλαίσιο επιτρέπει την ποσοτικοποίηση και ιεράρχηση των στρατηγικών για την προώθηση των ΑΠΕ, λαμβάνοντας υπόψη την αβεβαιότητα και την πολυπλοκότητα των δεδομένων.

Η ανάλυση περιλαμβάνει τη συλλογή δεδομένων για κάθε χώρα και την εκτέλεση ανάλυσης SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) για τον εντοπισμό των πλεονεκτημάτων, αδυναμιών, ευκαιριών και απειλών. Βασισμένη στα αποτελέσματα της ανάλυσης SWOT, η εργασία ορίζει πιθανές στρατηγικές (SO, WO, ST, WT) και τις αξιολογεί χρησιμοποιώντας τις πολυκριτηριακές μεθόδους AHP και Fuzzy TOPSIS.

Μέρος της μεθοδολογίας περιλαμβάνει την ανάπτυξη μιας εφαρμογής web, η οποία υλοποιεί τους αλγόριθμους AHP και Fuzzy TOPSIS. Η εφαρμογή αυτή, αναπτυγμένη με τη γλώσσα προγραμματισμού Python και το πακέτο Streamlit, επιτρέπει την εύκολη συλλογή και επεξεργασία δεδομένων, καθώς και την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων. Παρουσιάζει τα αποτελέσματα της αξιολόγησης για τις χώρες της Βόρειας Αφρικής και αναλύει την κατάταξή τους με βάση τα καθορισμένα κριτήρια.

Συμπερασματικά, η εργασία καταλήγει ότι η συνεργασία μεταξύ της ΕΕ και των χωρών της Βόρειας Αφρικής στον τομέα των ΑΠΕ μπορεί να προσφέρει σημαντικά οφέλη και για τις δύο πλευρές. Ωστόσο, είναι απαραίτητο να αντιμετωπιστούν οι προκλήσεις και να αξιοποιηθούν οι διαθέσιμες ευκαιρίες μέσω της ανάπτυξης κατάλληλων στρατηγικών. Η εφαρμογή των μεθόδων AHP και Fuzzy TOPSIS αποδεικνύεται ιδιαίτερα χρήσιμη για την ποσοτική αξιολόγηση και ιεράρχηση των στρατηγικών, παρέχοντας μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για τη λήψη αποφάσεων σε πολύπλοκα και αβέβαια περιβάλλοντα.

Λέξεις Κλειδιά: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ), Μηχανισμός Συνεργασίας, Βόρεια Αφρική, Αίγυπτος, Ανάλυση SWOT, Πολυκριτηριακή Ανάλυση, AHP, Fuzzy TOPSIS.

Abstract

This thesis focuses on evaluating North African countries (Egypt, Libya, Morocco, Tunisia, and Algeria) concerning their potential collaboration with the European Union (EU) in the field of Renewable Energy Sources (RES). Climate change, as one of the most significant challenges of the 21st century, demands immediate and coordinated actions to reduce greenhouse gas emissions. The EU, with its ambitious goals for increasing the use of RES and energy efficiency, seeks partnerships with third countries to achieve these objectives.

The study develops a multi-criteria methodological framework using the Analytical Hierarchical Process (AHP) and Fuzzy TOPSIS methods to identify and assess the factors affecting the investment attractiveness and sustainability of RES projects in North African countries. This framework allows for the quantification and prioritization of strategies for promoting RES, considering the uncertainty and complexity of the data.

The analysis involves collecting data for each country and performing a SWOT analysis (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) to identify their strengths, weaknesses, opportunities, and threats. Based on the SWOT analysis results, the study defines potential strategies (SO, WO, ST, WT) and evaluates them using the AHP and Fuzzy TOPSIS multi-criteria methods.

Part of the methodology includes developing a web application that implements the AHP and Fuzzy TOPSIS algorithms. This application, developed using the Python programming language and the Streamlit package, facilitates easy data collection and processing as well as visualization of the results. It presents the evaluation results for the North African countries and analyzes their ranking based on defined criteria.

In conclusion, the study finds that collaboration between the EU and North African countries in the field of RES can offer significant benefits for both sides. However, challenges must be addressed, and available opportunities must be leveraged through the development of appropriate strategies. The application of AHP and Fuzzy TOPSIS methods proves particularly useful for the quantitative evaluation and prioritization of strategies, providing a comprehensive approach to decision-making in complex and uncertain environments.

Keywords: Renewable Energy Sources (RES), European Union (EU), Cooperation Mechanism, North Africa, SWOT Analysis, Multi-Criteria Analysis, AHP, Fuzzy TOPSIS

Πρόλογος

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο των ερευνητικών δραστηριοτήτων του Εργαστηρίου Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης, κατά το ακαδημαϊκό έτος 2023-2024 και την περίοδο Απριλίου 2023-Ιουνίου 2024. Το Εργαστήριο υπάγεται στον Τομέα Ηλεκτρικών Βιομηχανικών Διατάξεων και Συστημάτων Αποφάσεων της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (ΕΜΠ). Η εργασία πραγματοποιήθηκε υπό την επίβλεψη του κ. Ευάγγελου Μαρινάκη, Επίκουρου Καθηγητή ΕΜΠ, στην Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, τον οποίο ευχαριστώ ιδιαίτερα για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο θέμα.

Ο στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου μεθοδολογικού πλαισίου για την αναγνώριση και αξιολόγηση των προκλήσεων, κινδύνων και ευκαιριών που σχετίζονται με τη διαδικασία χάραξης πολιτικής από την Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) για την επίτευξη συνεργασίας με τις χώρες της Βόρειας Αφρικής (Αίγυπτος, Λιβύη, Μαρόκο, Τунησία και Αλγερία) στον τομέα της παραγωγής ενέργειας μέσω Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ).

Η ανάπτυξη ΑΠΕ είναι κρίσιμη για τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και την επίτευξη των στόχων βιώσιμης ανάπτυξης. Οι χώρες της Βόρειας Αφρικής διαθέτουν πλούσιο δυναμικό ΑΠΕ, αλλά υπάρχουν πολλοί παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη για την αξιολόγηση της επενδυτικής τους ελκυστικότητας. Αυτοί οι παράγοντες περιλαμβάνουν το νομικό και θεσμικό πλαίσιο, το οικονομικό ρίσκο, το περιβάλλον επενδύσεων και την κοινωνική αποδοχή.

Για την αντιμετώπιση αυτής της πολυπλοκότητας, χρησιμοποιήσαμε δύο πολυκριτηριακές μεθόδους ανάλυσης αποφάσεων: την Analytical Hierarchical Process (AHP) και τη Fuzzy TOPSIS. Η μέθοδος AHP χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των βαρών των κριτηρίων, ενώ η Fuzzy TOPSIS βοηθά στην κατάταξη των εναλλακτικών στρατηγικών με βάση τα βαρύνοντα κριτήρια.

Η εφαρμογή που αναπτύξαμε υποστηρίζει την εφαρμογή των παραπάνω μεθόδων, παρέχοντας μια εύχρηστη διεπαφή για τους χρήστες με τις εξής βασικές λειτουργικότητες :

- 1. Προσδιορισμός Κριτηρίων και Στρατηγικών*
- 2. Εισαγωγή Διμερών Συγκρίσεων (AHP)*
- 3. Υπολογισμός Βαρών (AHP)*
- 4. Αξιολόγηση Στρατηγικών (Fuzzy TOPSIS)*
- 5. Υπολογισμός Ιδανικών Λύσεων και Συντελεστών Εγγύτητας (Fuzzy TOPSIS)*
- 6. Παρουσίαση Αποτελεσμάτων*

Με την εφαρμογή του πολυκριτηρίου πλαισίου και τη χρήση της αναπτυγμένης εφαρμογής Web, η εργασία στοχεύει να παρέχει μια σαφή και τεκμηριωμένη βάση για τη λήψη αποφάσεων,

Πρόλογος

υποστηρίζοντας έτσι τις προσπάθειες της ΕΕ για την ανάπτυξη βιώσιμων συνεργασιών με τις χώρες της Βόρειας Αφρικής στον τομέα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.

Επιθυμώ να ευχαριστήσω θερμά την Κατερίνα Παπαποστόλου, υποψήφια Διδάκτορα του ΕΜΠ, για την ουσιαστική και καθοριστικής σημασίας συμβολή της στην υλοποίηση της συγκεκριμένης εργασίας μέσω των εύστοχων παρατηρήσεων και των εποικοδομητικών προτάσεών της. Η καθοδήγησή της συνέβαλε τα μέγιστα στην επιτυχημένη ολοκλήρωση της συγκεκριμένης εργασίας.

Τέλος, ιδιαίτερες ευχαριστίες στην οικογένεια και το στενό φιλικό κύκλο μου για την συνεχή συμπαράσταση και στήριξη που μου προσέφεραν, προκειμένου να μπορέσω να αντιμετωπίσω επιτυχώς τα διάφορα προβλήματα, δυσκολίες και προκλήσεις που παρουσιάστηκαν κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

Κωσταντίνος Χ. Ζέρβας

Ιούνιος, 2024

Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εισαγωγή.....	15
1.1 Αντικείμενο-Σκοπός.....	15
1.2 Φάσεις Υλοποίησης.....	15
1.3 Οργάνωση Εργασίας.....	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Ενεργειακές πρωτοβουλίες της ΕΕ και Μηχανισμός Συνεργασίας	19
2.1 Η Ενεργειακή Ένωση.....	19
2.1.1 Κύριος Σκοπός της Ενεργειακής Ένωσης.....	19
2.1.2 Παρούσα Κατάσταση της Ενεργειακής Ένωσης.....	24
2.2 Στρατηγικές και Πρωτοβουλίες για την Ενέργεια στην ΕΕ.....	32
2.2.1 Στόχοι και Κατευθύνσεις Ενεργειακής Πολιτικής της ΕΕ.....	32
2.2.2 Σχέδιο Δράσης για την Ενέργεια και το Κλίμα 2020-2030.....	36
2.2.3 Στρατηγικές για το 2050.....	38
2.3 Μηχανισμός Συνεργασίας.....	43
2.3.1 Εισαγωγικές Έννοιες και Στρατηγικές Πρωτοβουλίες.....	43
2.3.2 Μηχανισμός Συνεργασίας και Χώρες της Βορείου Αφρικής.....	44
Προβλήματα από την Ευρωπαϊκή Οδηγία για τη Συνεργασία των Χωρών.....	46
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Μέθοδοι υποστήριξης απόφασης στον τομέα της ενέργειας.....	49
3.1 Εφαρμογή Πολυκριτήριας Ανάλυσης σε Ενεργειακές Αποφάσεις.....	49
3.2 Ο συνδυασμός της AHP με την Fuzzy-TOPSIS για την Υποστήριξη	
Αποφάσεων	57
3.2.1 Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία (AHP).....	57
3.2.2 Μέθοδος TOPSIS.....	61
3.3 Η Ανάλυση SWOT και η Πολυκριτήρια Ανάλυση για την Αντιμετώπιση	
Προβλημάτων Απόφασης.....	65
3.3.1 Η Ανάλυση SWOT.....	65
3.3.2 Εφαρμογές της Ανάλυσης SWOT στον Ενεργειακό Τομέα.....	67
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Προτεινόμενη μεθοδολογία.....	71
4.1 Προτεινόμενη Μεθοδολογία.....	71
4.1.1 Καθορισμός του Προβλήματος.....	72
4.2 Προτεινόμενο Σύστημα Αξιολόγησης.....	74
4.2.1 Άξονες Αξιολόγησης.....	74
4.2.2 Κριτήρια Αξιολόγησης.....	75
4.3 Ανάλυση SWOT των Χωρών της Βορείου Αφρικής.....	79

Περιεχόμενα

1. ΜΑΡΟΚΟ	79
2. ΑΛΓΕΡΙΑ.....	81
3. ΤΥΝΗΣΙΑ.....	82
4. ΛΙΒΥΗ.....	83
5. ΑΙΓΥΠΤΟΣ.....	84
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Εφαρμογή των μεθόδων AHP και Fuzzy TOPSIS.....	89
5.1 - Οι αλγόριθμοι.....	89
5.1.1 - Analytic Hierarchy Process - AHP.....	89
5.1.2 - Fuzzy TOPSIS.....	92
5.2 - Συνοπτική περιγραφή της χρήσης των αλγορίθμων	99
5.3 - streamlit.....	100
5.3.1 - Βασικά χαρακτηριστικά του πακέτου streamlit.....	100
5.3.2 - streamlit.session_state	101
5.4 - Οι σελίδες της εφαρμογής.....	102
5.4.1 - Αρχικοποίηση.....	102
5.4.2 - General	102
5.5 - Αποτελέσματα	112
5.5.1 - Επιλογή κριτηρίων και AHP	112
5.5.2 - Αποτελέσματα Fuzzy TOPSIS.....	113
5.5.3 Συζήτηση αποτελεσμάτων	124
5.5.4 Προτάσεις	127
Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα και Προοπτικές	129
6.1 Συμπεράσματα.....	129
6.1.1 Κύρια Ευρήματα από την Ανάλυση AHP	129
6.1.2 Κύρια Ευρήματα από την Ανάλυση Fuzzy TOPSIS.....	129
6.1.3 Χρήση της Εφαρμογής στην Πράξη.....	130
6.1.4 Τελικές Σκέψεις	131
6.2 Προοπτικές	132
6.2.1 Προοπτικές για Μελλοντική Έρευνα.....	132
6.2.2 Προοπτικές για την Εφαρμογή Υποστήριξης Αποφάσεων.....	133
Βιβλιογραφία	135
Παράρτημα	143
Κατάλογος Συντομογραφιών	143
Κώδικας.....	144

Περιεχόμενα

Ανάλυση SWOT	187
1 - Μαρόκο	187
2 - Αλγερία	192
3 - Τυνησία	196
4 - Λιβύη	199
5 - Αίγυπτος	203
Βιβλιογραφία Ανάλυσης SWOT	209

Πίνακες

Πίνακας 2.1: Σημαντικά Επιτεύγματα στη Μείωση Εκπομπών της ΕΕ στην Όγδοη Έκθεση για την Κατάσταση της Ενεργειακής Ένωσης (2023).....	19
Πίνακας 2.2: Μείωση Εξάρτησης από Ρωσικά Καύσιμα στην ΕΕ (2021-2023).....	20
Πίνακας 2.3: Αύξηση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην ΕΕ (2022-2030).....	20
Πίνακας 2.4: Μελλοντικές Προκλήσεις για την ΕΕ στον Ενεργειακό Τομέα.....	21
Πίνακας 2.5: Μείωση Εκπομπών και Αύξηση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην ΕΕ (2022).....	24
Πίνακας 2.6: Στόχοι Ενεργειακής Απόδοσης και Κατανάλωσης Πρωτογενούς Ενέργειας της ΕΕ.....	25
Πίνακας 2.7: Ευρωπαϊκό Επενδυτικό Σχέδιο και Χρηματοδότηση Ενεργειακών Έργων.....	26
Πίνακας 2.8: Εξάρτηση από Ρωσικό Φυσικό Αέριο και Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές στην ΕΕ.....	27
Πίνακας 2.9: Διαφοροποίηση Πηγών Ενέργειας της ΕΕ και Μείωση Εξάρτησης από Ρωσικό Φυσικό Αέριο.....	28
Πίνακας 2.10: Στόχοι Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και Ενεργειακής Απόδοσης της ΕΕ έως το 2030.....	28
Πίνακας 2.11: Στόχοι Μείωσης Εκπομπών της ΕΕ ανά Τομέα για το 2005, 2030 και 2050.....	35
Πίνακας 3.1: Πεδίο Εφαρμογής και Παραδείγματα Χρήσης ΑHP.....	57
Πίνακας 3.2: Πεδίο Εφαρμογής και Παραδείγματα Χρήσης Fuzzy TOPSIS.....	60
Πίνακας 3.3: Παράδειγμα Ανάλυσης SWOT για Οργανισμό.....	62
Πίνακας 3.4: Εφαρμογές της ανάλυσης SWOT στον τομέα της ενεργειακής πολιτικής και διαχείρισης σε συνδυασμό με άλλες τεχνικές.....	63
Πίνακας 3.5: Παραδείγματα Εφαρμογών Πολυκριτήριας Ανάλυσης.....	64
Πίνακας 4.1: Πίνακας ανάλυσης TOWS.....	83
Πίνακας 4.2: Η θεμελιώδης Κλίμακα της Αναλυτικής Ιεραρχικής Μεθόδου (Πηγή: Saaty, 1980).....	85
Πίνακας 4.3: Τιμές του Τυχαίου Συντελεστή Random Consistency Index (RI) (Πηγή: Saaty, 1980).....	87
Πίνακας 4.4: Γλωσσικές μεταβλητές και ασαφείς αριθμοί.....	90
Πίνακας 4.5: Πίνακας διμερών συγκρίσεων της ΑHP με βάση την κρίση της ομάδας των αποφασιζόντων.....	91
Πίνακας 4.6: Κανονικοποιημένος Πίνακας διμερών συγκρίσεων της ΑHP.....	92
Πίνακας 4.7: Τιμές Βαρών και Ιδιοτιμών.....	92
Πίνακας 4.8: Τελικά Αποτελέσματα ΑHP.....	93
Πίνακας 4.9: Κατάταξη των κριτηρίων βάσει της βαρύτητας που έχουν στο πρόβλημα απόφασης, λαμβάνοντας υπόψη τις προτιμήσεις της ομάδας από τους αποφασιζόντες.....	93

Σχήματα

Σχήμα 2.1: Μερίδιο της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στην ακαθάριστη κατανάλωση τελικής ενέργειας της ΕΕ για τα έτη 2004 έως 2020.....	23
Σχήμα 2.2: Πρόβλεψη της ενεργειακής αποδοτικότητας μέχρι το 2060.....	36
Σχήμα 3.1: Κατηγοριοποίηση των αλγορίθμων πολυκριτήριας ανάλυσης.....	49
Σχήμα 4.1: Προτεινόμενο μεθοδολογικό πλαίσιο για την αξιολόγηση της συνεργασίας της ΕΕ με τις χώρες της Βόρειας Αφρικής.....	68
Σχήμα 4.2: Οι άξονες και τα κριτήρια αξιολόγησης των χωρών.....	75
Σχήμα 4.3 : Γενική Ιεραρχική Δομή ενός προβλήματος απόφασης.....	84
Σχήμα 4.4: Κατάταξη των κριτηρίων βάσει της βαρύτητας που έχουν στο πρόβλημα απόφασης, λαμβάνοντας υπόψη τις προτιμήσεις της ομάδας από τους αποφασίζοντες.....	94
Σχήμα 5.1: Dropdown menu με τις 5 χώρες της Βόρειας Αφρικής.....	98
Σχήμα 5.2: Η σελίδα της εφαρμογής με το πλάγιο μενού επιλογής χώρας, τις καρτέλες εφαρμογών και το χωρίο παρουσίασης πληροφοριών και αποτελεσμάτων.....	99
Σχήμα 5.3: Εισαγωγή στο Πρόβλημα.....	102
Σχήμα 5.4: Λειτουργικότητες Εφαρμογής.....	102
Σχήμα 5.5: Πως να χρησιμοποιήσετε την Εφαρμογή.....	102
Σχήμα 5.6: Το κύριο μέρος της εφαρμογής όταν έχει επιλεγεί η καρτέλα The App.....	102
Σχήμα 5.7: Το κύριο μέρος της εφαρμογής όταν έχει επιλεγεί η καρτέλα Criteria.....	103
Σχήμα 5.8: Το κύριο μέρος της εφαρμογής όταν έχει επιλεγεί η καρτέλα Criteria Weights.....	105
Σχήμα 5.9: Το κύριο μέρος της εφαρμογής όταν έχει επιλεγεί η καρτέλα Strategies.....	105
Σχήμα 5.10: Το κύριο μέρος της εφαρμογής όταν έχει επιλεγεί η καρτέλα Strategy Weights.....	106
Σχήμα 5.11: Το κύριο μέρος της εφαρμογής όταν έχει επιλεγεί η καρτέλα.....	107
Σχήμα 5.12: Αποτελέσματα του αλγορίθμου AHP για τις προεπιλεγμένες τιμές του πίνακα A.....	108
Σχήμα 5.13: Γλωσσικές μεταβλητές και αποτελέσματα του Fuzzy TOPSIS για το Μαρόκο.....	109
Σχήμα 5.14: Αποτελέσματα Fuzzy TOPSIS για το Μαρόκο.....	110
Σχήμα 5.15: Γλωσσικές μεταβλητές και αποτελέσματα του Fuzzy TOPSIS για την Αλγερία.....	111
Σχήμα 5.16: Αποτελέσματα Fuzzy TOPSIS για την Αλγερία.....	112
Σχήμα 5.17: Γλωσσικές μεταβλητές και αποτελέσματα του Fuzzy TOPSIS για την Τυνησία.....	113
Σχήμα 5.18: Αποτελέσματα Fuzzy TOPSIS για την Τυνησία.....	114
Σχήμα 5.19: Γλωσσικές μεταβλητές και αποτελέσματα του Fuzzy TOPSIS για την Λιβύη.....	115
Σχήμα 5.20: Αποτελέσματα Fuzzy TOPSIS για την Λιβύη.....	116
Σχήμα 5.21: Γλωσσικές μεταβλητές και αποτελέσματα του Fuzzy TOPSIS για την Αίγυπτο.....	117
Σχήμα 5.22: Αποτελέσματα Fuzzy TOPSIS για την Αίγυπτο.....	118

Σχήματα

Σχήμα 5.23 : Αποτελέσματα Fuzzy TOPSIS για τις χώρες της Βόρειας Αφρικής.....119

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εισαγωγή

1.1 Αντικείμενο-Σκοπός

Η κλιματική αλλαγή αποτελεί ένα από τα πιο επείγοντα και σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα σε παγκόσμιο επίπεδο, οφειλόμενη κυρίως στην υπερβολική συγκέντρωση αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Αυτή η κατάσταση προκαλεί μια σειρά από καταστροφικές συνέπειες για την ανθρωπότητα και το φυσικό περιβάλλον. Αναγνωρίζοντας την κρισιμότητα του ζητήματος, η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) έχει προβεί σε σημαντικές ενέργειες για την αλλαγή της ενεργειακής της στρατηγικής. Βασικό στοιχείο αυτής της στρατηγικής είναι η αύξηση της συμμετοχής των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) στην ηλεκτροπαραγωγή, μειώνοντας παράλληλα τη χρήση συμβατικών πηγών ενέργειας.

Για να επιτευχθεί αυτή η ενεργειακή μετάβαση, τα κράτη μέλη της ΕΕ έχουν θέσει δεσμευτικούς στόχους για την ενεργειακή αποδοτικότητα, την αύξηση του ποσοστού των ΑΠΕ στο ενεργειακό τους μείγμα και τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Εντός αυτού του πλαισίου, η ανάπτυξη συνεργασιών μεταξύ των κρατών μελών της ΕΕ, αλλά και με τρίτες χώρες, κρίνεται απαραίτητη για την παραγωγή και εξαγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ.

Η βασική εστίαση της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διεξαγωγή μιας λεπτομερούς και ολοκληρωμένης ανάλυσης των δυνατοτήτων και των προκλήσεων που σχετίζονται με τη συνεργασία μεταξύ της ΕΕ και των χωρών της Βόρειας Αφρικής στον τομέα των ΑΠΕ. Οι χώρες αυτές - Αίγυπτος, Λιβύη, Μαρόκο, Τυνησία και Αλγερία - διαθέτουν πλούσιο δυναμικό ΑΠΕ, ωστόσο, η αξιολόγηση της επενδυτικής τους ελκυστικότητας απαιτεί την ανάλυση πολλών παραγόντων, όπως το νομοθετικό και θεσμικό πλαίσιο, τα οικονομικά ρίσκα, το περιβάλλον επενδύσεων και η κοινωνική αποδοχή.

Για την αντιμετώπιση της πολυπλοκότητας αυτής της ανάλυσης, χρησιμοποιήθηκαν οι πολυκριτήριες μέθοδοι AHP (Analytical Hierarchical Process) και Fuzzy TOPSIS (Fuzzy Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution). Η μέθοδος AHP βοηθά στον καθορισμό των βαρών των κριτηρίων, ενώ η μέθοδος Fuzzy TOPSIS αξιολογεί και κατατάσσει τις στρατηγικές, λαμβάνοντας υπόψη την αβεβαιότητα και ασάφεια των δεδομένων.

Επιπλέον, αναπτύχθηκε μια εφαρμογή Web υποστήριξης αποφάσεων που υλοποιεί τους αλγόριθμους AHP και Fuzzy TOPSIS. Η εφαρμογή αυτή, αναπτυγμένη με τη γλώσσα προγραμματισμού Python και το πακέτο Streamlit, επιτρέπει την εύκολη συλλογή, επεξεργασία δεδομένων και την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων. Η εφαρμογή στοχεύει να διευκολύνει τη διαδικασία λήψης αποφάσεων και να παρέχει αξιόπιστα εργαλεία αξιολόγησης για τους αρμόδιους φορείς.

1.2 Φάσεις Υλοποίησης

Η υλοποίηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελείται από διάφορες φάσεις, οι οποίες καλύπτουν την ανάλυση, την ανάπτυξη και την αξιολόγηση των πιθανών συνεργασιών στον τομέα

των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) μεταξύ της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) και των χωρών της Βόρειας Αφρικής. Οι κύριες φάσεις υλοποίησης είναι οι εξής:

1. Αναγνώριση Τομέων Μελέτης και Θέσπιση Κριτηρίων

Η πρώτη φάση αφορά την αναγνώριση των βασικών αξόνων μελέτης για τις χώρες της Βόρειας Αφρικής - Αίγυπτος, Λιβύη, Μαρόκο, Τυνησία και Αλγερία. Η μελέτη επικεντρώνεται στο ενεργειακό, επενδυτικό, κοινωνικό και περιβαλλοντικό προφίλ των χωρών αυτών. Καθορίζονται τα κριτήρια αξιολόγησης για κάθε άξονα, διασφαλίζοντας μια ολιστική προσέγγιση.

2. Ορισμός Δεικτών για τα Κριτήρια

Η δεύτερη φάση περιλαμβάνει την επιλογή συγκεκριμένων δεικτών αξιολόγησης που θα παρέχουν ποσοτικά και ποιοτικά δεδομένα για κάθε κριτήριο. Χρησιμοποιούνται έγκυρες και αξιόπιστες πηγές δεδομένων για τη συλλογή των απαραίτητων πληροφοριών, εξασφαλίζοντας τη μέγιστη ακρίβεια και αξιοπιστία.

3. Επιλογή Πολυκριτήριας Μεθόδου Λήψης Απόφασης

Η τρίτη φάση αφορά την ανάλυση και επιλογή κατάλληλων πολυκριτήριων μεθόδων λήψης απόφασης. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται είναι οι AHP (Analytic Hierarchy Process) και Fuzzy TOPSIS (Fuzzy Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution). Αναπτύσσεται μια συνδυαστική προσέγγιση που ανταποκρίνεται καλύτερα στις απαιτήσεις του προβλήματος και διαχειρίζεται αποτελεσματικά την αβεβαιότητα και την πολυπλοκότητα των δεδομένων.

4. Μελέτη Χωρών και Συμπλήρωση Ανάλυσης SWOT

Η τέταρτη φάση περιλαμβάνει τη συλλογή δεδομένων για κάθε χώρα της Βόρειας Αφρικής και τη διεξαγωγή ανάλυσης SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats). Αυτή η ανάλυση βοηθά στον εντοπισμό των πλεονεκτημάτων, αδυναμιών, ευκαιριών και απειλών κάθε χώρας, παρέχοντας μια σαφή εικόνα για τις δυνατότητες και τους κινδύνους της συνεργασίας.

5. Καθορισμός Στρατηγικών και Εφαρμογή Πολυκριτήριας Μεθόδου στην Ανάλυση SWOT

Η πέμπτη φάση περιλαμβάνει τον καθορισμό πιθανών στρατηγικών (SO, WO, ST, WT) για κάθε χώρα, βασισμένων στα αποτελέσματα της ανάλυσης SWOT. Εφαρμόζονται οι πολυκριτήριες μέθοδοι για την αξιολόγηση και ιεράρχηση των στρατηγικών, λαμβάνοντας υπόψη τα καθορισμένα κριτήρια και δείκτες.

6. Ανάπτυξη Εφαρμογής Web

Η έκτη φάση περιλαμβάνει την ανάπτυξη μιας εφαρμογής web που υποστηρίζει την εφαρμογή των αλγορίθμων AHP και Fuzzy TOPSIS. Χρησιμοποιείται η γλώσσα προγραμματισμού Python και το πακέτο Streamlit για τη δημιουργία μιας διαδραστικής και φιλικής προς τον χρήστη

πλατφόρμας. Η εφαρμογή επιτρέπει την εύκολη εισαγωγή δεδομένων, την εκτέλεση των αλγορίθμων και την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων.

7. Αποτελέσματα Πολυκριτήριας Μεθόδου Λήψης Απόφασης

Η έβδομη φάση περιλαμβάνει τη συγκέντρωση και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων για να βρεθεί η καταλληλότερη στρατηγική για κάθε χώρα. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται μέσω της εφαρμογής web, περιλαμβάνοντας τη σειρά προτεραιότητας των στρατηγικών και τις συσχετιζόμενες βαθμολογίες.

8. Τελική Υποβολή Πρότασης/Στρατηγικής για κάθε Χώρα

Η τελική φάση περιλαμβάνει τον προσδιορισμό της βέλτιστης στρατηγικής για κάθε χώρα με βάση τα αποτελέσματα των πολυκριτήριων αναλύσεων. Υποβάλλεται μια τεκμηριωμένη πρόταση προς τους αρμόδιους φορείς λήψης αποφάσεων, προκειμένου να υποστηριχθεί η υλοποίηση της συνεργασίας μεταξύ της ΕΕ και των χωρών της Βόρειας Αφρικής στον τομέα των ΑΠΕ.

Με την ολοκλήρωση αυτών των φάσεων, η διπλωματική εργασία παρέχει μια πλήρη και τεκμηριωμένη ανάλυση των προκλήσεων και των ευκαιριών που σχετίζονται με τη συνεργασία στον τομέα των ΑΠΕ μεταξύ της ΕΕ και των χωρών της Βόρειας Αφρικής, προτείνοντας συγκεκριμένες στρατηγικές για την επίτευξη των ενεργειακών και περιβαλλοντικών στόχων.

1.3 Οργάνωση Εργασίας

Η δομή της διπλωματικής εργασίας έχει σχεδιαστεί με στόχο να παρέχει μια ολοκληρωμένη και συστηματική ανάλυση του θέματος, ακολουθώντας μια λογική και οργανωμένη προσέγγιση. Η οργάνωση της εργασίας είναι ως εξής:

Κεφάλαιο 2: Παρούσα Κατάσταση και Μελλοντικοί Στόχοι

Αυτό το κεφάλαιο εξετάζει την τρέχουσα κατάσταση της Ενεργειακής Ένωσης και τους μελλοντικούς ενεργειακούς στόχους της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Επιπλέον, παρουσιάζονται οι δράσεις που έχουν ήδη ληφθεί προς αυτήν την κατεύθυνση και αναλύεται ο μηχανισμός συνεργασίας μεταξύ των κρατών.

Κεφάλαιο 3: Πολυκριτήριες Μέθοδοι και Ανάλυση SWOT

Σε αυτό το κεφάλαιο διερευνώνται οι προτεινόμενες πολυκριτήριες μέθοδοι αξιολόγησης για το συγκεκριμένο ζήτημα. Ειδικότερα, αναλύεται η μέθοδος AHP (Analytical Hierarchical Process) και η Fuzzy TOPSIS (Fuzzy Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), καθώς και η εφαρμογή της ανάλυσης SWOT για την καταγραφή των δυνατοτήτων, των αδυναμιών, των ευκαιριών και των απειλών κάθε χώρας.

Κεφάλαιο 4: Προτεινόμενη Μεθοδολογία και Στρατηγικές Συνεργασίας

Αυτό το κεφάλαιο επικεντρώνεται στην ανάλυση του προβλήματος της συνεργασίας της ΕΕ με τις χώρες της Βόρειας Αφρικής. Παρουσιάζεται η προτεινόμενη μεθοδολογία, τα κριτήρια

Κεφάλαιο 1

αξιολόγησης και οι εναλλακτικές στρατηγικές για την επίτευξη της συνεργασίας, όπως οι στρατηγικές SO, WO, ST και WT που προκύπτουν από την ανάλυση SWOT.

Κεφάλαιο 5: Ανάπτυξη και Εφαρμογή της Web Εφαρμογής

Εδώ αναπτύσσεται η εφαρμογή web υποστήριξης αποφάσεων που υλοποιεί τους αλγορίθμους AHP και Fuzzy TOPSIS. Η εφαρμογή, η οποία αναπτύχθηκε με τη γλώσσα προγραμματισμού Python και το πακέτο Streamlit, διευκολύνει την εισαγωγή και επεξεργασία δεδομένων, καθώς και την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων. Παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εφαρμογής για τις χώρες της Βόρειας Αφρικής (Αίγυπτος, Λιβύη, Μαρόκο, Τυνησία και Αλγερία) και αναλύεται η κατάταξή τους βάσει των καθορισμένων κριτηρίων.

Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα και Προτάσεις

Το τελικό κεφάλαιο παρουσιάζει τα κύρια συμπεράσματα της έρευνας και προτείνει στρατηγικές για την αποτελεσματική εφαρμογή του μηχανισμού συνεργασίας μεταξύ της ΕΕ και των χωρών της Βόρειας Αφρικής. Επίσης, περιλαμβάνονται προτάσεις για μελλοντική έρευνα και περαιτέρω μελέτες.

Συμβολή της Εργασίας

Η παρούσα εργασία συμβάλλει στην παροχή ενός ολοκληρωμένου και τεκμηριωμένου πλαισίου για την κατανόηση των προκλήσεων και των ευκαιριών που προκύπτουν από τη συνεργασία στον τομέα των ΑΠΕ μεταξύ της ΕΕ και των χωρών της Βόρειας Αφρικής. Παρέχει επίσης συγκεκριμένες προτάσεις πολιτικής για την αποτελεσματική αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων, καθιστώντας την εργασία πολύτιμη για τους αρμόδιους φορείς λήψης αποφάσεων και τους επενδυτές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Ενεργειακές πρωτοβουλίες της ΕΕ και Μηχανισμός Συνεργασίας

Αυτό το κεφάλαιο ξεκινά με μια εκτενή ανάλυση της Ενεργειακής Ένωσης, εξετάζοντας τις προσπάθειες που έχουν γίνει για την προώθηση της βιώσιμης ανάπτυξης και τη δημιουργία ενός σταθερού και ανθεκτικού ενεργειακού συστήματος. Ακολουθεί μια ανασκόπηση των στρατηγικών και στόχων της Ευρωπαϊκής Ένωσης στον ενεργειακό τομέα, ξεκινώντας από τις δράσεις που υλοποιήθηκαν μέχρι το 2020, προχωρώντας στις προγραμματισμένες ενέργειες για την περίοδο 2020-2030 και καταλήγοντας στους μακροπρόθεσμους στόχους για το 2050. Επιπλέον, εξετάζεται ο μηχανισμός συνεργασίας των κρατών μελών για την επίτευξη αυτών των στόχων.

2.1 Η Ενεργειακή Ένωση

2.1.1 Κύριος Σκοπός της Ενεργειακής Ένωσης

Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ), αναγνωρίζοντας την ανάγκη για ενεργειακή ασφάλεια και αυτονομία, παρουσίασε το 2014 τη στρατηγική της για την ενεργειακή ασφάλεια (EC, 2014b). Αυτή η στρατηγική ανέδειξε τις αδυναμίες της ΕΕ απέναντι σε εξωτερικές ενεργειακές κρίσεις, υπογραμμίζοντας την ανάγκη για αποδέσμευση από συγκεκριμένα καύσιμα και προμηθευτές ενέργειας. Ως αποτέλεσμα, δημιουργήθηκε η Ενεργειακή Ένωση, με στόχο την εξασφάλιση ασφαλούς, βιώσιμης, ανταγωνιστικής και οικονομικά προσιτής ενέργειας για όλα τα κράτη μέλη.

Η Ενεργειακή Ένωση επιδιώκει να ενισχύσει την παρουσία της ΕΕ στις παγκόσμιες ενεργειακές αγορές μέσω συνεργασιών που αποφέρουν οφέλη για όλους τους εμπλεκόμενους. Βασική προϋπόθεση είναι η ανάπτυξη των ενεργειακών πολιτικών των κρατών μελών σε συντονισμό και συνεργασία. Η εφαρμογή της υφιστάμενης νομοθεσίας για τον ενεργειακό τομέα είναι κρίσιμη, και η στρατηγική της Ένωσης περιλαμβάνει πέντε βασικούς άξονες: ενεργειακή ασφάλεια, πλήρως ενοποιημένη ευρωπαϊκή αγορά ενέργειας, ενεργειακή απόδοση, απαλλαγή της οικονομίας από τις ανθρακούχες εκπομπές, και έρευνα και καινοτομία και αναλύονται ως εξής: (https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-strategy/energy-union_en)

1. Ενεργειακή Ασφάλεια, Αλληλεγγύη και Εμπιστοσύνη:

Η ΕΕ στοχεύει στη μείωση της εξάρτησής της από εξωτερικούς προμηθευτές μέσω της διαφοροποίησης των ενεργειακών πηγών και οδών. Η ανάγκη αυτή έγινε πιο επιτακτική μετά την εισβολή της Ρωσίας στην Ουκρανία, όπου η ΕΕ μείωσε σημαντικά τις εισαγωγές ρωσικού φυσικού αερίου και ανέπτυξε νέες υποδομές για την αποθήκευση και διανομή ενέργειας. (https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-security_en).

2. Πλήρως Ενοποιημένη Ευρωπαϊκή Αγορά Ενέργειας:

Κεφάλαιο 2

Στόχος είναι η δημιουργία μιας ενιαίας αγοράς ενέργειας που θα επιτρέπει την ελεύθερη διακίνηση ενέργειας εντός της ΕΕ. Η ενοποιημένη αγορά θα διευκολύνει την ανταλλαγή ενεργειακών πόρων μεταξύ των κρατών μελών, ενισχύοντας την ενεργειακή ασφάλεια και μειώνοντας τις τιμές (https://energy.ec.europa.eu/topics/markets-and-consumers/market-legislation_en).

3. Ενεργειακή Απόδοση:

Η ΕΕ δίνει ιδιαίτερη έμφαση στην ενεργειακή απόδοση, αντιμετωπίζοντάς την ως μια από τις πιο σημαντικές πηγές ενέργειας. Οι πρωτοβουλίες περιλαμβάνουν την αναβάθμιση του κτιριακού τομέα και την προώθηση της αποδοτικότητας στις μεταφορές, με στόχο τη μείωση της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης και των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency_en).

4. Απαλλαγή της Οικονομίας από τις Ανθρακούχες Εκπομπές:

Η προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) και η μείωση των εκπομπών CO₂ αποτελούν κεντρικούς στόχους. Το 2022, το 23% της ηλεκτρικής ενέργειας στην ΕΕ παράγονταν από ΑΠΕ, με την ηλιακή και αιολική ενέργεια να ξεπερνούν τα ορυκτά καύσιμα για πρώτη φορά (https://climate.ec.europa.eu/eu-action/international-action-climate-change/global-climate-action_en) (https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy_en).

5. Έρευνα, Καινοτομία και Ανταγωνιστικότητα:

Οι επενδύσεις στην έρευνα και την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών είναι ζωτικής σημασίας για την επίτευξη των στόχων της Ενεργειακής Ένωσης. Η ΕΕ προωθεί την ανάπτυξη και εφαρμογή καινοτόμων τεχνολογιών για την παραγωγή και αποθήκευση ενέργειας, καθώς και την ανταγωνιστικότητα της ευρωπαϊκής βιομηχανίας σε παγκόσμιο επίπεδο (https://energy.ec.europa.eu/topics/research-and-technology_en).

Η ενίσχυση της ενεργειακής απόδοσης αποτελεί έναν από τους κεντρικούς άξονες της στρατηγικής αυτής, με στόχο την αναδιάρθρωση του ενεργειακού τομέα ώστε να θεωρείται ως πόρος που αντιπροσωπεύει την αξία της εξοικονομούμενης ενέργειας (EC, 2015c). Ο τομέας των κτιρίων, που περιλαμβάνει θέρμανση και ψύξη, αντιπροσωπεύει τη μεγαλύτερη ζήτηση ενέργειας και τις περισσότερες εισαγωγές φυσικού αερίου. Η Ένωση εξετάζει τη χρηματοδότηση έξυπνων τεχνολογιών τηλεθέρμανσης και τηλεψύξης για την αύξηση της αποδοτικότητας των κτιρίων. Στις μεταφορές, που καταναλώνουν περίπου το 30% της ενέργειας της Ευρώπης, η ανάπτυξη ανανεώσιμων πηγών παραμένει περιορισμένη. Το μερίδιο των ΑΠΕ στις μεταφορές ήταν 6% το 2015, με στόχο το 10-12% μέχρι το 2020 (EC, 2017b). Η αργή πρόοδος οφείλεται σε κανονιστικές αβεβαιότητες και την αργή αποδοχή των βιοκαυσίμων. Ωστόσο, προγραμματίζονται ενέργειες για την προώθηση εναλλακτικών καυσίμων και την ηλεκτροδότηση των μεταφορών.

Παράλληλα, το πρόγραμμα της Ενεργειακής Ένωσης επιδιώκει την ανάπτυξη και εφαρμογή καινοτόμων τεχνολογιών για την παραγωγή και αποθήκευση ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Η έρευνα, η ανάπτυξη και η καινοτομία είναι κεντρικά στοιχεία της Ενεργειακής Ένωσης. Η επίτευξη του στόχου της Ένωσης για ηγεσία στις ΑΠΕ απαιτεί την ανάπτυξη και εφαρμογή καινοτόμων τεχνολογιών για την παραγωγή και αποθήκευση ενέργειας. Τα ερευνητικά προγράμματα στην Ευρώπη σημειώνουν πρόοδο, απαιτώντας μεταρρυθμίσεις για την

Κεφάλαιο 2

ενσωμάτωση νέων δεδομένων στο ενεργειακό σύστημα. Η ανταγωνιστικότητα επιτυγχάνεται μέσω της προώθησης έξυπνων τεχνολογιών, καθαρών μορφών ενέργειας και ασφαλούς παραγωγής πυρηνικής ενέργειας (EC, 2015a). Επιπλέον, η Ενεργειακή Ένωση εφαρμόζει μηχανισμούς που οδηγούν στην ανάπτυξη πιο σταθερών και διαφανών πολιτικών, αξιολογώντας την πρόοδο των κρατών μελών και υποβάλλοντας αναφορές για την περιφερειακή συνεργασία. Η πρώτη αξιολόγηση δημοσιεύθηκε τον Οκτώβριο του 2015, τονίζοντας σημαντικά ζητήματα εφαρμογής και επιβεβαιώνοντας τον στόχο για βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά 20% ως το 2020. Στη διάσκεψη COP21 στο Παρίσι τον Δεκέμβριο του 2015, 195 χώρες υπέγραψαν τη συμφωνία για την κλιματική αλλαγή, θέτοντας στόχο να περιοριστεί η αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας κάτω από τους 2°C.

Η πρώτη αξιολόγηση της Ενεργειακής Ένωσης δημοσιεύθηκε τον Οκτώβριο του 2015, περιλαμβάνοντας ανάλυση των πρώτων εννέα μηνών από την ίδρυσή της και επισημαίνοντας σημαντικά ζητήματα εφαρμογής. Επίσης, επιβεβαίωσε τον στόχο για βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά 20% ως το 2020. Μερικούς μήνες αργότερα, πραγματοποιήθηκε η διάσκεψη για το κλίμα COP21 στο Παρίσι τον Δεκέμβριο του 2015, όπου υπογράφηκε η πρώτη παγκόσμια και νομικά δεσμευτική συμφωνία για την κλιματική αλλαγή, θέτοντας στόχο τη διατήρηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας σε επίπεδα αρκετά κάτω των 2°C. Η δεύτερη αξιολόγηση της Ενεργειακής Ένωσης δημοσιεύθηκε τον Φεβρουάριο του 2017, παρουσιάζοντας την πρόοδο της Ευρώπης στον ενεργειακό τομέα και το περιβάλλον, ενώ εντόπισε τις προκλήσεις που παραμένουν. Η τρίτη αξιολόγηση, που ανακοινώθηκε τον Νοέμβριο του 2017, υπογράμμισε την ανάγκη για συνεχή λήψη μέτρων για τη μετάβαση σε ένα πιο βιώσιμο ενεργειακό μέλλον και την επίτευξη των κοινοτικών στόχων για το κλίμα και την ενέργεια.

Το 2023, η ΕΕ δημοσίευσε την όγδοη έκθεση για την κατάσταση της Ενεργειακής Ένωσης, αναδεικνύοντας σημαντικά επιτεύγματα και προκλήσεις:

- **Μείωση Εκπομπών:** Οι καθαρές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου μειώθηκαν κατά 3% το 2022, επιτυγχάνοντας συνολική μείωση 32.5% σε σύγκριση με το 1990. Η μείωση αυτή οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στη μείωση της κατανάλωσης φυσικού αερίου και στην αύξηση της χρήσης ΑΠΕ.

Πίνακας 2.1: Σημαντικά Επιτεύγματα στη Μείωση Εκπομπών της ΕΕ στην Όγδοη Έκθεση για την Κατάσταση της Ενεργειακής Ένωσης (2023) Πηγές: European Commission. (2023). State of the Energy Union 2023. Retrieved from European Commission.

Δείκτης	Αποτέλεσμα
Μείωση Εκπομπών Αερίων του Θερμοκηπίου	-3% το 2022
Συνολική Μείωση Εκπομπών από το 1990	-32.5%
Βασικοί Παράγοντες Μείωσης Εκπομπών	Μείωση κατανάλωσης φυσικού αερίου, αύξηση ΑΠΕ

- **Μείωση Εξάρτησης από Ρωσικά Καύσιμα:** Η ΕΕ μείωσε σημαντικά τις εισαγωγές ρωσικού φυσικού αερίου, από 155 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα (bcm) το 2021 σε περίπου 40-45 bcm το 2023, μέσω της διαφοροποίησης των πηγών ενέργειας και της ανάπτυξης νέων υποδομών αποθήκευσης και διανομής.

Πίνακας 2.2: Μείωση Εξάρτησης από Ρωσικά Καύσιμα στην ΕΕ (2021-2023)
Πηγές: European Commission. (2023). State of the Energy Union 2023. Retrieved from European Commission.

Έτος	Εισαγωγές Ρωσικού Φυσικού Αερίου (bcm)	Ενέργειες Μείωσης Εξάρτησης
2021	155	-
2023	40-45	Διαφοροποίηση πηγών ενέργειας, ανάπτυξη νέων υποδομών αποθήκευσης και διανομής

- **Αύξηση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας:** Το 2022, το 23% της ηλεκτρικής ενέργειας παραγόταν από ΑΠΕ, με την ηλιακή και αιολική ενέργεια να ξεπερνούν τα ορυκτά καύσιμα για πρώτη φορά. Η ΕΕ στοχεύει σε ένα μερίδιο 42.5% από ΑΠΕ έως το 2030.

Πίνακας 2.3: Αύξηση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην ΕΕ (2022-2030)
Πηγές: European Commission. (2023). State of the Energy Union 2023. Retrieved from European Commission.

Έτος	Μερίδιο Ηλεκτρικής Ενέργειας από ΑΠΕ (%)	Παρατηρήσεις
2022	23	Η ηλιακή και αιολική ενέργεια ξεπέρασαν τα ορυκτά καύσιμα για πρώτη φορά
2030	42.5	Στόχος της ΕΕ για μερίδιο ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ

Η ΕΕ απέφυγε τις ενεργειακές διακοπές το χειμώνα 2022-2023 χάρη στις γεμάτες αποθήκες φυσικού αερίου και τις ποικιλόμορφες διαδρομές εισαγωγής ενέργειας. Η στρατηγική REPowerEU και τα επείγοντα νομοθετικά μέτρα συνέβαλαν στην αποσυμφόρηση των ενεργειακών αγορών και την επιτάχυνση της πράσινης μετάβασης (https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/repower-eu-affordable-secure-and-sustainable-energy-europe_en?prefLang=el&ettrans=el).

Παρά την πρόοδο, η ΕΕ αναγνωρίζει την ανάγκη για περαιτέρω ενίσχυση της ενεργειακής της ασφάλειας και την επιτάχυνση της πράσινης μετάβασης.

Οι μελλοντικές προκλήσεις περιλαμβάνουν:

- **Συνεχής Μείωση Εκπομπών:** Παρά την πρόοδο, οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου πρέπει να μειωθούν ακόμη πιο γρήγορα για να επιτευχθούν οι στόχοι για το 2030 και το 2050. Η ενίσχυση των επενδύσεων σε καθαρές τεχνολογίες και η κατάργηση των επιδοτήσεων για τα ορυκτά καύσιμα είναι απαραίτητες.
- **Ενεργειακή Απόδοση και ΑΠΕ:** Η ΕΕ πρέπει να επιταχύνει την ανάπτυξη των ΑΠΕ και να βελτιώσει την ενεργειακή απόδοση, ιδιαίτερα στους τομείς των κτιρίων και των μεταφορών. Η επίτευξη του στόχου για 42.5% από ΑΠΕ έως το 2030 απαιτεί την ταχύτερη ανάπτυξη αυτών των τεχνολογιών.
- **Ανταγωνιστικότητα και Βιομηχανική Ηγεσία:** Η ΕΕ πρέπει να ενισχύσει την ανταγωνιστικότητά της και την ηγετική της θέση στον παγκόσμιο ενεργειακό τομέα μέσω της προώθησης καινοτόμων τεχνολογιών και της ενίσχυσης της βιομηχανίας.

Πίνακας 2.4: Μελλοντικές Προκλήσεις για την ΕΕ στον Ενεργειακό Τομέα Πηγές: European Commission. (2023).

Πρόκληση	Στόχος	Παρατηρήσεις
Συνεχής Μείωση Εκπομπών	Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για την επίτευξη των στόχων του 2030 και 2050	Ενίσχυση επενδύσεων σε καθαρές τεχνολογίες και κατάργηση επιδοτήσεων για ορυκτά καύσιμα
Ενεργειακή Απόδοση και ΑΠΕ	Επίτευξη στόχου 42.5% ΑΠΕ έως το 2030	Ταχύτερη ανάπτυξη ΑΠΕ και βελτίωση ενεργειακής απόδοσης στους τομείς των κτιρίων και των μεταφορών

Ανταγωνιστικότητα και Βιομηχανική Ηγεσία	Ενίσχυση ανταγωνιστικότητας και ηγετικής θέσης στον παγκόσμιο ενεργειακό τομέα	Προώθηση καινοτόμων τεχνολογιών και ενίσχυση της βιομηχανίας
--	--	--

Η συνεχιζόμενη προσαρμογή στις κλιματικές αλλαγές, η ανάπτυξη καινοτόμων τεχνολογιών και η ενίσχυση της ενεργειακής αποδοτικότητας είναι βασικοί παράγοντες για την επιτυχία της Ενεργειακής Ένωσης. Η ΕΕ εργάζεται επίσης για την κατάργηση των επιδοτήσεων σε ορυκτά καύσιμα, οι οποίες αποτελούν εμπόδιο στη μετάβαση προς την καθαρή ενέργεια.

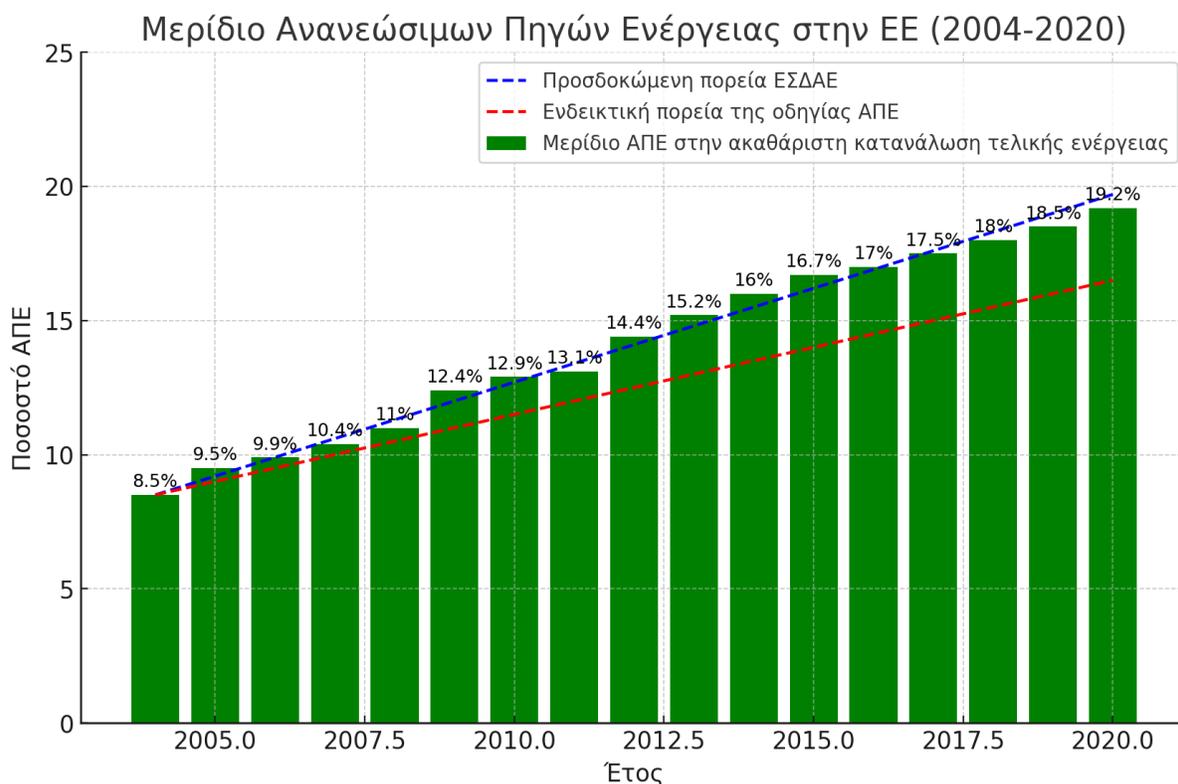
Εν κατακλείδι, η Ενεργειακή Ένωση προχωρά δυναμικά προς την κατεύθυνση της ενεργειακής ασφάλειας και βιωσιμότητας, ενώ η συνεχής αξιολόγηση και προσαρμογή των πολιτικών της είναι απαραίτητη για την επίτευξη των μακροπρόθεσμων στόχων της.

2.1.2 Παρούσα Κατάσταση της Ενεργειακής Ένωσης

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή παρουσίασε την τρίτη της έκθεση για την Ενεργειακή Ένωση, παρέχοντας αναλυτικά στοιχεία για την τρέχουσα ενεργειακή κατάσταση στην Ευρώπη το Νοέμβριο του 2017. Η έκθεση αυτή κατέγραψε την πρόοδο του τελευταίου έτους και εξέτασε τις προοπτικές για το επόμενο έτος (EC, 2017f). Η μετάβαση της Ευρώπης σε μια οικονομία χωρίς ανθρακούχες εκπομπές γίνεται σταδιακά πραγματικότητα, δημιουργώντας νέες θέσεις εργασίας και επενδυτικές ευκαιρίες με τη βοήθεια της Ενεργειακής Ένωσης. Σημαντική ώθηση σε αυτήν την κατεύθυνση έδωσε το πακέτο μέτρων "Καθαρή Ενέργεια για Όλους τους Ευρωπαίους" και άλλες προτάσεις για τη μείωση των εκπομπών (EC, 2016b; EC, 2017c; EC, 2017e). Η έκθεση υπογραμμίζει την ανάγκη για συνεχή θέσπιση μέτρων που θα διευκολύνουν τη μετάβαση σε ένα βιώσιμο ενεργειακό μέλλον, συμβάλλοντας στον εκσυγχρονισμό της ευρωπαϊκής οικονομίας (EC, 2016b). Αυτά τα μέτρα θα βοηθήσουν τα κράτη μέλη να συμμορφωθούν με τους στόχους για το κλίμα και την ενέργεια για το 2020, το 2030 και το 2050, καθώς και με τους ευρύτερους στόχους της Ενεργειακής Ένωσης.

Η επιτυχής εφαρμογή του σχεδίου της Ενεργειακής Ένωσης απαιτεί στενή συνεργασία μεταξύ των οργάνων λήψης αποφάσεων (όπως η Ευρωπαϊκή Επιτροπή), των κρατών μελών και όλων των κοινωνικών τομέων. Κρίσιμος παράγοντας για την επίτευξη των στόχων της Ενεργειακής Ένωσης είναι η έγκαιρη υποβολή από τα κράτη μέλη των ενοποιημένων εθνικών σχεδίων και πολιτικών για την ενέργεια και το κλίμα για την περίοδο μετά το 2020. Σημειώνεται ότι αυτή η διαδικασία είναι ήδη σε εξέλιξη, με τα περισσότερα κράτη μέλη να έχουν αρχίσει να καταρτίζουν τα εθνικά τους σχέδια, τα οποία αναμένεται να υποβάλουν στις αρχές του επόμενου έτους (αρχές του 2018). Η έγκαιρη υποβολή των στόχων για το κλίμα και την ενέργεια για την περίοδο μετά το 2020 έχει μεγάλη σημασία, καθώς θα δημιουργήσει κλίμα εμπιστοσύνης και βεβαιότητας στους επενδυτές για τη μελλοντική ενεργειακή κατάσταση, ενώ παράλληλα θα ενισχύσει την ηγετική θέση της ΕΕ στον παγκόσμιο ενεργειακό τομέα.

Το ενεργειακό σύστημα της Ευρώπης μεταβάλλεται ραγδαία. Η βάση του πλέον δεν θα είναι τα ορυκτά καύσιμα, αλλά θα γίνει πλήρως ψηφιακό με επίκεντρο τον καταναλωτή. Συγκεκριμένα, το μερίδιο της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές συνεχίζει να αυξάνεται στο ενεργειακό μείγμα της ΕΕ, επιβεβαιώνοντας ότι η επίτευξη του στόχου του 20% για το 2020 είναι εφικτή. Το 2015, η ανανεώσιμη ενέργεια αποτελούσε το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγικής ικανότητας ενέργειας στην ΕΕ, ενώ τα κόστη πολλών τεχνολογιών ΑΠΕ, όπως τα φωτοβολταϊκά και τα αιολικά πάρκα, συνεχίζουν να μειώνονται, δείχνοντας την εμπιστοσύνη των επενδυτών στις νέες πολιτικές και μεταρρυθμίσεις στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. Στον τομέα της ενεργειακής απόδοσης, υπολογίζεται ότι οι ΑΠΕ έχουν εξοικονομήσει 16 δισ. ευρώ, τα οποία διαφορετικά θα είχαν δαπανηθεί για εισαγωγές ορυκτών καυσίμων από άλλες χώρες, σύμφωνα με στοιχεία του 2015 (EC, 2017b). Η πρόοδος που έχει επιτευχθεί στον τομέα των ΑΠΕ, τόσο ως προς την αύξηση του μεριδίου στην ακαθάριστη εγχώρια κατανάλωση όσο και ως προς τους στόχους των εθνικών σχεδίων δράσης για την ανανεώσιμη ενέργεια, απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 2.1: Μερίδιο της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στην ακαθάριστη κατανάλωση τελικής ενέργειας της ΕΕ για τα έτη 2004 έως 2020. Πηγή: European Commission, Renewable Energy Progress Report, 2017. Το σχήμα απεικονίζει την πρόοδο της ΕΕ στην αύξηση του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην τελική κατανάλωση ενέργειας. Η πράσινη γραμμή δείχνει το πραγματικό μερίδιο ΑΠΕ, η μπλε διακεκομμένη γραμμή δείχνει την προσδοκώμενη πορεία σύμφωνα με τα Εθνικά Σχέδια Δράσης και η κόκκινη διακεκομμένη γραμμή την ενδεικτική πορεία της Οδηγίας ΑΠΕ.

Κεφάλαιο 2

Η “Έκθεση Προόδου για την Ενέργεια από Ανανεώσιμες Πηγές”, που δημοσιεύθηκε τον Φεβρουάριο του 2017, προσέφερε μια λεπτομερή ανάλυση για κάθε κράτος μέλος της ΕΕ και προβλέψεις για την επίτευξη των στόχων της Οδηγίας για τις ΑΠΕ. Η έκθεση αυτή ενσωματώθηκε στην “Τρίτη Έκθεση για την Κατάσταση της Ενεργειακής Ένωσης”. Σύμφωνα με τα δεδομένα, όλα τα κράτη μέλη, εκτός από τις Κάτω Χώρες, είχαν επιτύχει ή υπερβεί τα προβλεπόμενα ποσοστά ΑΠΕ για την περίοδο 2013-2014. Επιπλέον, από το 2015, 25 κράτη μέλη είχαν υπερβεί τους στόχους της οδηγίας για την περίοδο 2015-2016, ενώ οι Κάτω Χώρες, η Γαλλία και το Λουξεμβούργο είχαν χαμηλότερα ποσοστά από τα ενδεικτικά επίπεδα της Οδηγίας για την ίδια περίοδο.

Κατά την περίοδο 1990-2016, η Ευρωπαϊκή Ένωση πέτυχε σημαντική πρόοδο στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου παρά την αύξηση της οικονομικής δραστηριότητας. Συγκεκριμένα, το ΑΕΠ της ΕΕ αυξήθηκε κατά 53%, ενώ οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου μειώθηκαν κατά 23% (EC, 2017d). Αυτή η τάση συνεχίστηκε και το 2016, όταν το ΑΕΠ αυξήθηκε κατά 1,9% λόγω της ανάκαμψης της ευρωπαϊκής οικονομίας και της αύξησης των βιομηχανικών και οικονομικών δραστηριοτήτων, αλλά οι συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου μειώθηκαν κατά 0,7%. Η μείωση των εκπομπών ήταν ακόμη πιο έντονη στους τομείς που καλύπτονται από το σύστημα εμπορίας εκπομπών της ΕΕ, όπου σημειώθηκε πτώση 2,9%. Αυτό οφείλεται κυρίως στην εφαρμογή καινοτόμων τεχνολογιών παραγωγής.

Η όγδοη έκθεση της Ενεργειακής Ένωσης, δημοσιευμένη το 2023, αναδεικνύει ότι οι καθαρές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου μειώθηκαν κατά 3% το 2022, επιτυγχάνοντας συνολική μείωση 32.5% σε σύγκριση με το 1990. Επιπλέον, η ΕΕ μείωσε σημαντικά τις εισαγωγές ρωσικού φυσικού αερίου και αύξησε τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, φθάνοντας το 39% της ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ το 2022.

Πίνακας 2.5: Μείωση Εκπομπών και Αύξηση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην ΕΕ (2022) Πηγές: European Commission. (2023). Eighth Report on the State of the Energy Union. Retrieved from European Commission.

Μέτρο	Ποσοστό Μείωσης/Αύξησης	Σύγκριση με Παλαιότερα Έτη
Μείωση καθαρών εκπομπών αερίων θερμοκηπίου	3% (το 2022)	32.5% μείωση σε σύγκριση με το 1990
Μείωση εισαγωγών ρωσικού φυσικού αερίου	Από 155 bcm (2021) σε περίπου 40-45 bcm (2023)	-

Κεφάλαιο 2

Χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ)	39% της ηλεκτρικής ενέργειας το 2022	Αύξηση σε σύγκριση με προηγούμενα έτη
---	--------------------------------------	---------------------------------------

Η στρατηγική REPowerEU και τα επείγοντα νομοθετικά μέτρα συνέβαλαν στην αποσυμφόρηση των ενεργειακών αγορών και την επιτάχυνση της πράσινης μετάβασης (European Commission).

Ο μόνος τομέας που δεν ακολούθησε αυτή τη θετική τάση ήταν ο τομέας των μεταφορών, όπου οι εκπομπές παρουσίασαν αύξηση.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει σημειώσει σημαντική πρόοδο στον τομέα της εξοικονόμησης ενέργειας τα τελευταία χρόνια. Η οικονομική ανάπτυξη στην Ευρώπη έχει αποσυνδεθεί από την κατανάλωση μεγάλων ποσοτήτων πρωτογενούς ενέργειας, γεγονός που έχει συμβάλει στη μείωση της ζήτησης για αυτούς τους πόρους. Αυτή η πτωτική τάση στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας είναι αποτέλεσμα των αποτελεσματικών μέτρων ενεργειακής απόδοσης που έχουν εφαρμοστεί, επιτρέποντας την ανάπτυξη με χαμηλότερες ενεργειακές απαιτήσεις.

Η επίτευξη αυτής της μείωσης στην κατανάλωση ενέργειας είναι ενδεικτική της επιτυχίας των πολιτικών ενεργειακής απόδοσης και των τεχνολογικών καινοτομιών που έχουν υιοθετηθεί. Οι πολιτικές αυτές περιλαμβάνουν την προώθηση της ενεργειακής αποδοτικότητας σε κτίρια, τη βελτίωση των βιομηχανικών διαδικασιών και την αύξηση της αποδοτικότητας στις μεταφορές. Επιπλέον, οι τεχνολογικές εξελίξεις, όπως τα συστήματα διαχείρισης ενέργειας και οι αναβαθμίσεις σε πιο αποδοτικό εξοπλισμό, έχουν διαδραματίσει κρίσιμο ρόλο στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης.

Σύμφωνα με πρόσφατες εκθέσεις, η ΕΕ έχει θέσει φιλόδοξους στόχους για το 2030, όπως η αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας κατά τουλάχιστον 32,5% σε σύγκριση με τα επίπεδα του 2007. Επιπλέον, προβλέπεται η μείωση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας κατά 20% μέχρι το 2020 και η περαιτέρω μείωση της ενεργειακής έντασης της οικονομίας, δηλαδή του ποσού ενέργειας που απαιτείται για την παραγωγή μιας μονάδας ΑΕΠ. Αυτοί οι στόχοι υποστηρίζονται από ευρωπαϊκά προγράμματα χρηματοδότησης και πρωτοβουλίες που ενθαρρύνουν την έρευνα και την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών.

Πίνακας 2.6: Στόχοι Ενεργειακής Απόδοσης και Κατανάλωσης Πρωτογενούς Ενέργειας της ΕΕ Πηγές: European Commission. (2019). Clean Energy for all Europeans. European Environment Agency. (2023). European Climate and Energy Policies: 2023 Update.

Δείκτης	Στόχος
---------	--------

Κεφάλαιο 2

Αύξηση της Ενεργειακής Απόδοσης έως το 2030 (σε σύγκριση με τα επίπεδα του 2007)	32,5%
Μείωση της Κατανάλωσης Πρωτογενούς Ενέργειας έως το 2020	20%
Μείωση της Ενεργειακής Έντασης της Οικονομίας	Περαιτέρω μείωση του ποσού ενέργειας ανά μονάδα ΑΕΠ

Η πρόοδος αυτή αποδεικνύει ότι είναι δυνατόν να επιτευχθεί οικονομική ανάπτυξη χωρίς παράλληλη αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Αυτό το επίτευγμα είναι σημαντικό τόσο για την οικονομική όσο και για την περιβαλλοντική βιωσιμότητα της Ευρώπης, καθιστώντας την ηγέτιδα στην παγκόσμια προσπάθεια για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής.

Η Ενεργειακή Ένωση δεν περιορίζεται μόνο στις επιτυχίες στους υφιστάμενους τομείς αλλά φιλοδοξεί να αποτελέσει την κινητήρια δύναμη για την καινοτομία στην ανανεώσιμη ενέργεια. Τα οφέλη από την έρευνα και την ανάπτυξη στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχουν μακροπρόθεσμο αντίκτυπο, αλλά είναι κρίσιμο να ξεκινήσουν τώρα οι απαραίτητες προπαρασκευαστικές ενέργειες. Η ΕΕ αύξησε τη χρηματοδότηση για την έρευνα και την καινοτομία, δεσμεύοντας τουλάχιστον 2,6 δισεκατομμύρια ευρώ για τεχνολογίες μείωσης των ανθρακούχων εκπομπών. Επιπλέον, στο πλαίσιο του προγράμματος "Ορίζων 2020", περισσότερα από 2 δισεκατομμύρια ευρώ θα διατεθούν για δράσεις σχετικές με το κλίμα και την ενέργεια κατά την περίοδο 2018-2020. Αυτές οι δράσεις περιλαμβάνουν την αποθήκευση ενέργειας, τις ανανεώσιμες πηγές και την ηλεκτροκίνηση στις πόλεις.

Η ΕΕ συνεχίζει να ενισχύει την εσωτερική αγορά ενέργειας και την ασφάλεια του εφοδιασμού μέσω της αναβάθμισης της περιφερειακής συνεργασίας. Η περιφερειακή συνεργασία, που παλαιότερα εστίαζε κυρίως στην ανάπτυξη υλικών υποδομών, πλέον καλύπτει και πτυχές όπως η ανανεώσιμη ενέργεια και η ενεργειακή αποδοτικότητα. Θα μπορούσε να εξελιχθεί περαιτέρω, ώστε να περιλαμβάνει κοινά έργα ΑΠΕ και κοινές πολιτικές σε περιφερειακό επίπεδο. Σημαντική πρόοδος σημειώθηκε επίσης στις επενδύσεις, με το Ευρωπαϊκό Επενδυτικό Σχέδιο να έχει προωθήσει επενδύσεις ύψους 240,9 δισεκατομμυρίων ευρώ μέσω του Ευρωπαϊκού Ταμείου Στρατηγικών Επενδύσεων (ΕΤΣΕ). Ο ενεργειακός τομέας έλαβε το μεγαλύτερο ποσοστό χρηματοδότησης, με τις περισσότερες επενδύσεις να κατευθύνονται σε έργα ανανεώσιμων πηγών και ενεργειακής αποδοτικότητας. Ειδικά για την ανάπτυξη έργων που μειώνουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, διατέθηκαν περίπου 18 δισεκατομμύρια ευρώ για 8.500 έργα έως τον Ιούνιο του 2017, ποσό που αντιστοιχεί στο 28% του συνολικού προϋπολογισμού, σε σύγκριση με το 19% του προϋπολογισμού στα τέλη του 2016 (EC, 2017f).

Πίνακας 2.7: Ευρωπαϊκό Επενδυτικό Σχέδιο και Χρηματοδότηση Ενεργειακών Έργων
Πηγές: European Commission. (2017). Third Report on the State of the Energy Union.
 European Investment Bank. (2017). European Fund for Strategic Investments.

Δείκτης	Τιμή
Συνολικές Επενδύσεις μέσω του Ευρωπαϊκού Ταμείου Στρατηγικών Επενδύσεων (ΕΤΣΕ)	240,9 δισεκατομμύρια ευρώ
Ποσοστό Χρηματοδότησης στον Ενεργειακό Τομέα	Το μεγαλύτερο ποσοστό χρηματοδότησης
Επενδύσεις σε Έργα Ανανεώσιμων Πηγών και Ενεργειακής Αποδοτικότητας	Το μεγαλύτερο μέρος των επενδύσεων
Επενδύσεις σε Έργα Μείωσης Εκπομπών Αερίων του Θερμοκηπίου	18 δισεκατομμύρια ευρώ
Αριθμός Έργων Μείωσης Εκπομπών Αερίων του Θερμοκηπίου	8.500 έργα
Ποσοστό Προϋπολογισμού για Έργα Μείωσης Εκπομπών (Ιούνιος 2017)	28%
Ποσοστό Προϋπολογισμού για Έργα Μείωσης Εκπομπών (Τέλη 2016)	19%

Παρά τις σημαντικές προόδους, υπήρξαν και ορισμένες προκλήσεις, όπως αναφέρεται στην "Τρίτη έκθεση για την κατάσταση της Ενεργειακής Ένωσης". Συγκεκριμένα, τέσσερα κράτη μέλη - η Κύπρος, η Ισπανία, η Πολωνία και το Ηνωμένο Βασίλειο - δεν κατάφεραν να επιταχύνουν τον στόχο διασύνδεσης ηλεκτρικής ενέργειας του 10% για το 2020. Για την αντιμετώπιση αυτής της κατάστασης, η Επιτροπή ανακοίνωσε έναν κατάλογο έργων που απαιτούνται για την αποτελεσματική επίτευξη των στόχων της διασυνδεδεμένης αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτά περιλαμβάνουν την κατασκευή αγωγών φυσικού αερίου για την ενίσχυση της ασφάλειας του εφοδιασμού και της ανταγωνιστικότητας στην κεντρική και νοτιοανατολική Ευρώπη, έργα για την κατασκευή ολοκληρωμένου δικτύου στη Βόρεια Θάλασσα και την αύξηση των γραμμών διασύνδεσης στη νοτιοδυτική Ευρώπη και τη Βαλτική για τη μεταφορά ανανεώσιμης ενέργειας.

Κεφάλαιο 2

Παρά τις επιτυχίες, η ΕΕ πρέπει να συνεχίσει τις προσπάθειές της για να επιτύχει πλήρως τους στόχους της ενεργειακής μετάβασης και της μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Σύμφωνα με την Έκθεση για την Κατάσταση της Ενεργειακής Ένωσης του 2023, η ΕΕ έχει μειώσει σημαντικά την εξάρτησή της από το ρωσικό φυσικό αέριο, μειώνοντας τις εισαγωγές από 155 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα το 2021 σε περίπου 40-45 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα το 2023. Επιπλέον, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές έφτασε το 39% το 2022, με την ηλιακή και αιολική ενέργεια να ξεπερνούν για πρώτη φορά τα ορυκτά καύσιμα στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας τον Μάιο του ίδιου έτους. Η ΕΕ επέτυχε ρεκόρ εγκατεστημένης νέας ηλιακής φωτοβολταϊκής ισχύος το 2022 με 41 GW, που είναι 60% περισσότερο από το 2021, ενώ σημειώθηκαν επίσης αξιοσημείωτα αποτελέσματα στην χειρσαία και υπεράκτια αιολική ενέργεια, χάρη στις επιταχυνόμενες διαδικασίες αδειοδότησης (https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/el/IP_23_5188).

Πίνακας 2.8: Εξάρτηση από Ρωσικό Φυσικό Αέριο και Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές στην ΕΕ Πηγές: European Commission. (2023). State of the Energy Union 2023 European Commission. (2022). Climate Action EUR-Lex. (2023). Legislation on Renewable Energy.

Δείκτης	Τιμή το 2021	Τιμή το 2022-2023
Εισαγωγές Ρωσικού Φυσικού Αερίου (bcm)	155 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα	40-45 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα
Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από ΑΠΕ (%)	-	39% (2022)
Ρεκόρ Εγκατεστημένης Νέας Ηλιακής Ισχύος (GW)	-	41 GW (2022)
Αύξηση Νέας Ηλιακής Ισχύος (%)	-	60% σε σύγκριση με το 2021
Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ηλιακή και Αιολική Ενέργεια	-	Ξεπέρασαν τα ορυκτά καύσιμα (Μάιος 2022)

Η ΕΕ επίσης διαφοροποίησε τις πηγές ενέργειάς της επεκτείνοντας τις εισαγωγές φυσικού αερίου και LNG από τη Νορβηγία και τις ΗΠΑ, ενώ το συνολικό μερίδιο του ρωσικού φυσικού

Κεφάλαιο 2

αερίου στις συνολικές εισαγωγές αερίου της ΕΕ έχει μειωθεί από 45-50% πριν από την κρίση σε περίπου 15% το 2023, με το μερίδιο του ρωσικού αγωγού φυσικού αερίου να βρίσκεται κάτω από το 10% (EUR-Lex).

Πίνακας 2.9: Διαφοροποίηση Πηγών Ενέργειας της ΕΕ και Μείωση Εξάρτησης από Ρωσικό Φυσικό Αέριο Πηγή: European Environment Agency, 2023. European Climate and Energy Policies: 2023 Update.

Πηγή Ενέργειας	Μερίδιο στις Εισαγωγές Προ Κρίσης (%)	Μερίδιο στις Εισαγωγές το 2023 (%)
Ρωσικό Φυσικό Αέριο (Συνολικά)	45-50%	15%
Ρωσικό Φυσικό Αέριο (Αγωγός)	-	Κάτω από 10%
Φυσικό Αέριο και LNG από Νορβηγία	-	Αυξημένο
Φυσικό Αέριο και LNG από ΗΠΑ	-	Αυξημένο

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή τονίζει την ανάγκη για περαιτέρω δράση και επενδύσεις σε καθαρές τεχνολογίες, ώστε να επιτευχθούν οι στόχοι για το 2030 και το 2050, και να ενισχυθεί η ανταγωνιστικότητα της ευρωπαϊκής βιομηχανίας στον παγκόσμιο ενεργειακό τομέα. Οι νέοι στόχοι περιλαμβάνουν την αύξηση του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο ενεργειακό μείγμα της ΕΕ στο 42.5% έως το 2030, με την προοπτική να φτάσει το 45%, και τη μείωση της τελικής κατανάλωσης ενέργειας κατά 11.7% μέχρι το 2030 (https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/el/IP_23_5188).

Πίνακας 2.10: Στόχοι Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και Ενεργειακής Απόδοσης της ΕΕ έως το 2030 Πηγή: European Commission, 2023. State of the Energy Union 2023.

Στόχος	Τιμή (%)	Περιγραφή
Ελάχιστο Μεριδίον Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας	42.5%	Συμφωνημένος ελάχιστος στόχος για το μερίδιο ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές έως το 2030.
Φιλοδοξία για Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας	45%	Προτεινόμενος στόχος για την αύξηση του μεριδίου ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές έως το 2030.
Μείωση Τελικής Κατανάλωσης Ενέργειας	11.7%	Στόχος για τη μείωση της τελικής κατανάλωσης ενέργειας έως το 2030.

2.2 Στρατηγικές και Πρωτοβουλίες για την Ενέργεια στην ΕΕ

2.2.1 Στόχοι και Κατευθύνσεις Ενεργειακής Πολιτικής της ΕΕ

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει αναπτύξει διάφορες στρατηγικές και πρωτοβουλίες για την επίτευξη των ενεργειακών της στόχων. Αυτές οι πρωτοβουλίες περιλαμβάνουν την προώθηση της ενεργειακής απόδοσης, τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και την αύξηση της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Οι δράσεις αυτές έχουν ενισχυθεί μέσα από τη συνεχή χρηματοδότηση και την εφαρμογή πολιτικών που στοχεύουν στη βιώσιμη ανάπτυξη και την ενεργειακή ασφάλεια της Ευρώπης.

Η ενεργειακή προοπτική της Ευρώπης αποτελεί κρίσιμο θέμα για την ΕΕ από τη δεκαετία του 1980. Από το 1986, η Ευρωπαϊκή Κοινότητα καθιέρωσε την ενίσχυση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας ως έναν από τους κύριους στόχους της (EC, 1986). Το 1991, μετά από συζητήσεις και συμφωνίες ανάμεσα στους ηγέτες της ΕΕ και τον ΟΗΕ, η ΕΕ ξεκίνησε το πρόγραμμα "Specific Actions for Vigorous Energy Efficiency" (SAVE) με την Οδηγία 91/565/ΕΟΚ, που αποσκοπούσε στην προώθηση της ενεργειακής απόδοσης. Τον Δεκέμβριο του 1995, εκδόθηκε η Λευκή Βίβλος, που είχε ως στόχο τη δημιουργία μιας ενιαίας ενεργειακής πολιτικής για την αύξηση της οικονομικής ανταγωνιστικότητας και την ασφάλεια της ενεργειακής παροχής, καθώς και τη δημιουργία μιας ενιαίας ευρωπαϊκής αγοράς. Η Λευκή Βίβλος πρότεινε επίσης την αύξηση του ποσοστού των ΑΠΕ στο ενεργειακό μείγμα της Ευρώπης, με στόχο να φτάσει το 10-12% έως το 2010 (EC, 1997). Επιπλέον, η Πράσινη Βίβλος, που κυκλοφόρησε τον Μάρτιο του 2006, τόνισε την ανάγκη για αλλαγή στην ενεργειακή στρατηγική για να εξασφαλιστεί η ενεργειακή ασφάλεια.

Εκείνη την περίοδο, η αυξανόμενη ζήτηση για ενέργεια, σε συνδυασμό με την περιορισμένη ποικιλία στο ενεργειακό μείγμα, την υψηλή εξάρτηση από συγκεκριμένες μεθόδους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και την ελάχιστη πρόοδο στην ανάπτυξη έργων για Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και ενεργειακή αποδοτικότητα, ώθησαν το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο και την Ευρωπαϊκή Επιτροπή να θεσπίσουν αυστηρά μέτρα για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων (Commission of the European Communities, 2007). Βλέποντας αυτές τις δυσκολίες, το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο έθεσε στόχο οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας να καλύπτουν το 25% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης στην ΕΕ μέχρι το 2020 (EP, 2006).

Στις αρχές του 2007, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή πρότεινε ένα σύνολο δράσεων για να κατευθύνει τον ενεργειακό τομέα της Ευρώπης προς πιο βιώσιμες πρακτικές. Μέσα σε αυτές τις δράσεις περιλαμβάνονταν και ο καθορισμός ενός δεσμευτικού στόχου για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), με σκοπό να αποτελούν το 20% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης στην ΕΕ. Η σημασία αυτού του στόχου εξηγήθηκε λεπτομερώς. Τον Μάρτιο του 2007, μετά από πρόταση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, τα 27 κράτη μέλη της ΕΕ αποδέχτηκαν τον στόχο “20-20-20” για το 2020. Αυτός ο στόχος περιλάμβανε τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 20% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990, την αύξηση της συμμετοχής των ΑΠΕ στο ενεργειακό μείγμα στο 20%, και τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας κατά 20%, με μείωση στη χρήση πρωτογενών ενεργειακών πόρων (Πάνος, 2013; Karakosta et al., 2016a). Επιπλέον, καθορίστηκε ότι οι ΑΠΕ πρέπει να αποτελούν το 10% της ενέργειας στον τομέα των μεταφορών (Klessmann et al., 2011).

Το 2009, η ΕΕ έθεσε σε ισχύ την Οδηγία 2009/28/ΕΚ για την ανανεώσιμη ενέργεια, η οποία δημιούργησε το νομικό πλαίσιο για τη συνεργασία μεταξύ των κρατών μελών στον τομέα της ενέργειας και καθόρισε εθνικούς δεσμευτικούς στόχους για την ανάπτυξη των ΑΠΕ μέχρι το 2020 (Klessmann et al., 2014). Οι στόχοι αυτοί για κάθε χώρα βασίστηκαν σε κριτήρια όπως το ΑΕΠ και το σημείο εκκίνησης κάθε κράτους, και όχι στις δυνατότητες ανάπτυξης ΑΠΕ (Boute & Willems, 2012). Για παράδειγμα, η Σουηδία είχε τον υψηλότερο στόχο με 49% της ενέργειας της να προέρχεται από ΑΠΕ μέχρι το 2020, ενώ για την Ελλάδα ο στόχος ήταν 18%.

Εκτός από την καθιέρωση των εθνικών στόχων, η Οδηγία περιλάμβανε και ένα πλαίσιο για την επίτευξή τους, που περιλάμβανε διάφορους μηχανισμούς και διαδικασίες. Ένας από αυτούς τους μηχανισμούς, που θα εξεταστεί πιο λεπτομερώς σε αυτή την εργασία, είναι ο μηχανισμός συνεργασίας μεταξύ των κρατών μελών της ΕΕ και τρίτων χωρών, ο οποίος περιγράφεται στα

Άρθρα 9 και 10 της Οδηγίας. Περισσότερες πληροφορίες για αυτόν τον μηχανισμό θα παρουσιαστούν στην ενότητα 2.3.

Από τη στιγμή της έγκρισης των μέτρων για την ενέργεια και το κλίμα από την Ευρωπαϊκή Ένωση έχει σημειωθεί σημαντική πρόοδος στους τομείς αυτούς. Ο στόχος 20-20-20 που αφορά τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, την περαιτέρω διείσδυση των ΑΠΕ και την εξοικονόμηση ενέργειας, διαδραμάτισε καίριο ρόλο στην υλοποίηση της σημαντικής αυτής προόδου. Παρά την αποδεκτή βελτίωση σε αυτούς τους τομείς, οι στόχοι που είχαν θέσει οι χώρες για το 2020 σχετικά με την ενεργειακή αποδοτικότητα δεν κρίνονται ικανοποιητικοί. Προβλέφθηκε εξοικονόμηση ενέργειας κατά περίπου 17,6%, το οποίο αποκαλύπτει μια διαφορά περίπου 2,4% από τον στόχο του 20% που έχει τεθεί. Συνεπώς, γίνεται κατανοητό ότι πολλά Κράτη Μέλη της ΕΕ ήταν υποχρεωμένα να υπερβούν τους στόχους που είχαν θέσει για το 2020 προκειμένου να γεφυρωθεί το ανωτέρω χάσμα. Η ανάγκη για άμεση και σταθερή μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, ώστε να περιοριστεί η κλιματική αλλαγή και να αποτραπουν οι πιθανές αρνητικές επιπτώσεις που αυτή συνεπάγεται για την ανθρώπινη φύση, οδήγησε στη δρομολόγηση των εξελίξεων για την αναδιάρθρωση του προηγούμενου πλαισίου. Για την υλοποίηση της αναδιάρθρωσης αυτής, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προχώρησε στην αναβάθμιση της Πράσινης Βίβλου. Πιο συγκεκριμένα, υπογραμμίστηκε η αναγκαιότητα για την επίτευξη μιας οικονομίας με εξαιρετικά μειωμένες εκπομπές άνθρακα, η οποία θα βασίζεται όλο και λιγότερο στις εισαγωγές ενέργειας, ενώ θα παρέχει αυξημένα επίπεδα ασφάλειας όσον αφορά τον ενεργειακό εφοδιασμό. Επιπλέον, προωθήθηκε η τόνωση των επενδύσεων σε τεχνολογίες χαμηλών ανθρακούχων εκπομπών και η ενθάρρυνση της έρευνας και ανάπτυξης σε νέες τεχνολογίες ενέργειας.

Η πρόσφατη νομοθεσία και οι πρωτοβουλίες, όπως το πακέτο "Fit for 55" και η στρατηγική REPowerEU, ενισχύουν την ενεργειακή ασφάλεια και προωθούν την πράσινη μετάβαση της Ευρώπης.

Το Πακέτο "Fit for 55"

Το πακέτο "Fit for 55", που παρουσιάστηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή τον Ιούλιο του 2021, αποτελεί μέρος της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας και στοχεύει στη μείωση των καθαρών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 55% έως το 2030 σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990. Αυτό το πακέτο περιλαμβάνει μια σειρά από νομοθετικές προτάσεις που καλύπτουν διάφορους τομείς, όπως η ανανεώσιμη ενέργεια, η ενεργειακή απόδοση, η φορολογία της ενέργειας, η κατανομή των προσπαθειών μείωσης των εκπομπών και η αναθεώρηση του Συστήματος Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών (ETS).

Οι κύριες πτυχές του πακέτου περιλαμβάνουν:

1. Αναθεώρηση του Συστήματος Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών (ETS):

- Το ETS θα επεκταθεί για να καλύψει περισσότερους τομείς και θα αυξήσει τη συνολική φιλοδοξία για τη μείωση των εκπομπών.
- Η εισαγωγή ενός ξεχωριστού συστήματος εμπορίας εκπομπών για τον τομέα των μεταφορών και των κτιρίων.

Κεφάλαιο 2

2. **Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ):**

- Αναθεώρηση της Οδηγίας για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας για να αυξηθεί ο στόχος της συμμετοχής των ΑΠΕ στο ενεργειακό μείγμα της ΕΕ σε τουλάχιστον 40% έως το 2030.
- Προώθηση της χρήσης των ΑΠΕ σε διάφορους τομείς, όπως οι μεταφορές, η θέρμανση και ψύξη, και η βιομηχανία.

3. **Ενεργειακή Απόδοση:**

- Αναθεώρηση της Οδηγίας για την Ενεργειακή Απόδοση με στόχο τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας κατά τουλάχιστον 36% στην τελική κατανάλωση ενέργειας και 39% στην πρωτογενή κατανάλωση ενέργειας έως το 2030.
- Εισαγωγή αυστηρότερων κριτηρίων για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων και των βιομηχανικών διαδικασιών.

4. **Φορολογία της Ενέργειας:**

- Αναθεώρηση της Οδηγίας για τη Φορολογία της Ενέργειας για την προώθηση της χρήσης καθαρών καυσίμων και την απομάκρυνση των επιδοτήσεων για τα ορυκτά καύσιμα.
- Εισαγωγή ενός νέου πλαισίου φορολόγησης που θα αντικατοπτρίζει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των ενεργειακών προϊόντων.

5. **Κατανομή των Προσπαθειών Μείωσης των Εκπομπών:**

- Αναθεώρηση του κανονισμού για την κατανομή των προσπαθειών μεταξύ των κρατών μελών για τη μείωση των εκπομπών στους τομείς που δεν καλύπτονται από το ETS, όπως η γεωργία, τα απόβλητα και οι μικρές βιομηχανικές εγκαταστάσεις.

Η Στρατηγική REPowerEU

Η στρατηγική REPowerEU, που ανακοινώθηκε το 2022, έχει ως στόχο την ταχύτερη μείωση της εξάρτησης της ΕΕ από τα ρωσικά ορυκτά καύσιμα και την επιτάχυνση της πράσινης μετάβασης. Οι κύριοι στόχοι της στρατηγικής περιλαμβάνουν:

1. **Διαφοροποίηση των Προμηθειών Ενέργειας:**

- Αύξηση των εισαγωγών υδροποιημένου φυσικού αερίου (LNG) και αερίου μέσω αγωγών από άλλες χώρες εκτός της Ρωσίας.
- Ενίσχυση των στρατηγικών αποθεμάτων φυσικού αερίου και των υποδομών αποθήκευσης.

2. **Ανάπτυξη Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας:**

Κεφάλαιο 2

- Επιτάχυνση της ανάπτυξης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μέσω της απλοποίησης των αδειοδοτικών διαδικασιών.

- Ενίσχυση των επενδύσεων σε ηλιακή και αιολική ενέργεια, καθώς και σε καινοτόμες τεχνολογίες όπως η υδρογόνωση και η αποθήκευση ενέργειας.

3. **Ενεργειακή Αποδοτικότητα:**

- Ενίσχυση των μέτρων για την ενεργειακή αποδοτικότητα σε όλους τους τομείς, με έμφαση στα κτίρια και τις βιομηχανίες.

- Παροχή κινήτρων για την ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων και τη χρήση ενεργειακά αποδοτικών συστημάτων θέρμανσης και ψύξης.

4. **Ενίσχυση της Βιομηχανικής Παραγωγής Καθάρων Τεχνολογιών:**

- Προώθηση της παραγωγής και χρήσης καθάρων τεχνολογιών στην Ευρώπη, για να μειωθεί η εξάρτηση από τις εισαγωγές και να ενισχυθεί η βιομηχανική ανταγωνιστικότητα.

- Υποστήριξη της έρευνας και ανάπτυξης για νέες τεχνολογίες καθαρής ενέργειας.

5. **Ενίσχυση της Ενεργειακής Ασφάλειας:**

- Υλοποίηση έργων υποδομής για την ενίσχυση της διασύνδεσης των ενεργειακών δικτύων μεταξύ των κρατών μελών.

- Δημιουργία ενός πιο ανθεκτικού και ευέλικτου ενεργειακού συστήματος που μπορεί να ανταποκριθεί σε κρίσεις και διαταραχές.

Η στρατηγική REPowerEU και το πακέτο "Fit for 55" αποτελούν βασικά στοιχεία της προσπάθειας της Ευρωπαϊκής Ένωσης να επιτύχει τους στόχους της για την κλιματική ουδετερότητα έως το 2050 και την ενίσχυση της ενεργειακής της ασφάλειας, δημιουργώντας ένα πιο βιώσιμο και ανταγωνιστικό ενεργειακό σύστημα.

2.2.2 Σχέδιο Δράσης για την Ενέργεια και το Κλίμα 2020-2030

Από την έγκριση των προηγούμενων ενεργειακών και κλιματικών μέτρων, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει σημειώσει σημαντική πρόοδο. Ο στόχος "20-20-20", που επιδιώκει τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, την αύξηση της χρήσης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) και την εξοικονόμηση ενέργειας, έχει συμβάλει ουσιαστικά σε αυτή την πρόοδο (European Commission, 2014a). Ωστόσο, οι στόχοι για την ενεργειακή αποδοτικότητα μέχρι το 2020 δεν επιτεύχθηκαν πλήρως, με την εξοικονόμηση ενέργειας να φτάνει στο 17,6% αντί για το επιθυμητό 20% (European Commission, 2015c).

Η ανάγκη για μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και τον περιορισμό της κλιματικής αλλαγής οδήγησε στην αναθεώρηση των προηγούμενων πολιτικών (Climate Change, 2013). Το 2013, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ανανέωσε την Πράσινη Βίβλο, υπογραμμίζοντας την ανάγκη για οικονομία χαμηλών εκπομπών άνθρακα, με λιγότερη εξάρτηση από εισαγόμενη

Κεφάλαιο 2

ενέργεια και αυξημένη ενεργειακή ασφάλεια. Επίσης, ενισχύθηκαν οι επενδύσεις σε τεχνολογίες χαμηλού άνθρακα και η έρευνα σε νέες ενεργειακές τεχνολογίες (European Commission, 2013).

Το νέο πλαίσιο δράσης για την περίοδο 2020-2030 περιλαμβάνει τρεις βασικούς άξονες: τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 40%, την αύξηση του ποσοστού των ΑΠΕ στο 27% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας, και τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας κατά 27-30% (European Commission, 2014a). Αυτοί οι στόχοι συγκρίνονται με τα επίπεδα του 1990. Ένα βασικό χαρακτηριστικό του νέου πλαισίου είναι ότι ο στόχος για την αύξηση των ΑΠΕ στο 27% δεν θα μετατραπεί σε εθνικούς στόχους, αλλά θα παραμείνει πανευρωπαϊκός, δίνοντας στα κράτη μέλη μεγαλύτερη ευελιξία να επιλέξουν τις πιο αποδοτικές μεθόδους για την επίτευξη των στόχων μείωσης των εκπομπών, ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες και τις δυνατότητές τους (European Commission, 2014a).

Η αυξημένη ευελιξία απαιτεί επίσης βελτιώσεις στις εσωτερικές αγορές ενέργειας, καθιστώντας τα ενεργειακά συστήματα πιο αποδοτικά και ασφαλή για επενδυτές. Είναι σημαντικό να αναπτυχθούν υποστηρικτικοί μηχανισμοί που θα εναρμονιστούν με την εσωτερική αγορά, αυξάνοντας έτσι την ελκυστικότητά της. Η ΕΕ και τα κράτη μέλη πρέπει επίσης να εργαστούν για τον μετασχηματισμό των ενεργειακών υποδομών, αυξάνοντας τις διασυνοριακές συνδέσεις και εισάγοντας ευφυή δίκτυα για μεγαλύτερη ενεργειακή ασφάλεια (European Commission, 2019). Ο Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας προβλέπει ότι η εξάρτηση της Ευρώπης από τα ορυκτά καύσιμα θα αυξηθεί έως το 2035, με τις εισαγωγές πετρελαίου να αυξάνονται από 80% σε πάνω από 90% και τις εισαγωγές φυσικού αερίου από 60% σε πάνω από 80%. Αυτή η αύξηση, σε συνδυασμό με την αυξανόμενη παγκόσμια ζήτηση ενέργειας και τον περιορισμένο ανταγωνισμό στις ευρωπαϊκές αγορές ενέργειας, διατηρεί τις τιμές των καυσίμων υψηλές και κάνει την ΕΕ ευάλωτη στις αλλαγές τιμών (European Commission, 2015b).

Για να αντιμετωπιστούν αυτές οι προκλήσεις, η ΕΕ ενσωμάτωσε πολιτικές στο νέο πλαίσιο για το κλίμα και την ενέργεια για το 2030. Οι πολιτικές αυτές περιλαμβάνουν την αξιοποίηση των εγχώριων αειφόρων πηγών ενέργειας, την αύξηση των διασυνδέσεων από 10% το 2020 σε 15% το 2030, και τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας της οικονομίας με δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας (van Renssen, 2014). Οι στόχοι αυτοί θα βοηθήσουν την Ευρώπη να προχωρήσει προς μια οικονομία με χαμηλές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα μέχρι το 2050. Το νέο πλαίσιο για το 2030 πρέπει να αξιολογεί συνεχώς τα αποτελέσματα του προηγούμενου πλαισίου για το 2020, αναγνωρίζοντας προκλήσεις και επιτυχίες, και να βελτιώνει τους μηχανισμούς για την ανταγωνιστικότητα, την αειφορία και την ενεργειακή ασφάλεια (European Commission, 2015d). Επιπλέον, το 2020 θα επανεξεταστεί η δυνατότητα βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας από 27% σε 30%, εφόσον αυτό κριθεί απαραίτητο (European Commission, 2015d).

Το 2023, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή παρουσίασε νέες προτάσεις για να διασφαλίσει ότι οι κλιματικές, ενεργειακές, μεταφορικές και φορολογικές πολιτικές της ΕΕ είναι κατάλληλες για τη μείωση των καθαρών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 55% έως το 2030 σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990. Αυτό θα επιτρέψει στην ΕΕ να γίνει η πρώτη κλιματικά ουδέτερη ήπειρος μέχρι το 2050 (European Commission, 2023). Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή διαχειρίζεται επίσης τα Εθνικά Σχέδια Ενέργειας και Κλίματος (NECPs), τα οποία περιγράφουν πώς τα κράτη μέλη της ΕΕ σκοπεύουν να επιτύχουν τους ενεργειακούς και κλιματικούς στόχους για το 2030. Αυτά τα σχέδια περιλαμβάνουν μέτρα για την ενεργειακή απόδοση, τις ΑΠΕ, τη

μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, τις διασυνδέσεις και την έρευνα και καινοτομία (European Commission, 2019).

2.2.3 Στρατηγικές για το 2050

Εκτός από την πρωτοποριακή οδηγία για τους στόχους του 2020, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ανακοίνωσε μακροπρόθεσμα ενεργειακά σχέδια που περιλαμβάνουν αλλαγές πολιτικής στους τομείς των μεταφορών, της ενέργειας και της κλιματικής αλλαγής. Οι στρατηγικές για το 2050 έχουν ως στόχο να διαμορφώσουν ουσιαστικά την κλιματική δράση της ΕΕ και να βοηθήσουν στη μετάβασή της σε μια ανταγωνιστική οικονομία με χαμηλές εκπομπές άνθρακα.

Ένας από τους κύριους στόχους είναι η διατήρηση της αύξησης της θερμοκρασίας κάτω από 2°C. Τον Φεβρουάριο του 2011, το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, λαμβάνοντας υπόψη την έκθεση της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή του 1990 και τις συμφωνίες της Κοπεγχάγης και της Κανκούν, έθεσε τον στόχο της μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 80-95% μέχρι το 2050. Έκτοτε, πολλά κράτη μέλη της ΕΕ έχουν αρχίσει να διαμορφώνουν μακροπρόθεσμους στόχους για τη μείωση των εκπομπών έως το 2050 (EC, 2011a).

Τον Μάρτιο του 2011, η Επιτροπή παρουσίασε έναν "χάρτη πορείας" για τη μετάβαση σε μια οικονομία χαμηλών εκπομπών άνθρακα έως το 2050. Αυτό το έγγραφο περιλαμβάνει λεπτομερείς πληροφορίες για την επίτευξη του στόχου αυτού, βασισμένες σε μοντέλα διαφόρων σεναρίων. Τα σενάρια αυτά δείχνουν πως μπορεί να επιτευχθεί η σταδιακή μείωση της εξάρτησης του ενεργειακού τομέα από τις εκπομπές αερίων που προκαλούν την κλιματική αλλαγή. Υποστηρίζεται ότι η μετάβαση σε ένα σύστημα ενέργειας χωρίς άνθρακα είναι εφικτή τόσο οικονομικά όσο και τεχνικά, και ότι αυτή η μετάβαση θα επιβαρύνει λιγότερο την οικονομία της ΕΕ σε σύγκριση με τη διατήρηση των τρεχουσών ενεργειακών πολιτικών. Στο νέο ενεργειακό τοπίο, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θα διαδραματίσουν βασικό ρόλο, ανεξαρτήτως της σύνθεσης του ενεργειακού μείγματος (EC, 2011a).

Για να είναι αυτή η μετάβαση οικονομικά συμφέρουσα και να επιτευχθεί ο στόχος για το 2050, απαιτείται μείωση των εκπομπών κατά 40% και 60% για τα έτη 2030 και 2040 αντίστοιχα, σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990. Αυτό σημαίνει μείωση των εκπομπών κατά 25% μέχρι το 2020, κάτι που μπορεί να επιτευχθεί μόνο αν η ΕΕ υλοποιήσει τον στόχο "20-20-20", που περιλαμβάνει την αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας όπως περιγράφεται στο έγγραφο COM/2011/109. Οι προβλέψεις και τα σενάρια βασίζονται στην αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού, την άνοδο του ΑΕΠ, τις τεχνολογικές εξελίξεις και τις κλιματικές δράσεις, καθώς και στις εκτιμήσεις για τα πιθανά αποτελέσματα αυτών των δράσεων στον περιορισμό του φαινομένου του θερμοκηπίου (EC, 2011a).

Η ανάλυση της Επιτροπής εξέτασε διάφορα σενάρια που περιλαμβάνουν τεχνολογικές καινοτομίες και πιθανές διακυμάνσεις στις τιμές των καυσίμων. Λόγω της αβεβαιότητας, τα αποτελέσματα αυτών των σεναρίων είναι ενδεικτικά. Βασισμένη σε αυτές τις παραδοχές, η Επιτροπή παρουσίασε τις αναμενόμενες μειώσεις εκπομπών ανά τομέα, οι οποίες συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 2.11: Στόχοι Μείωσης Εκπομπών της ΕΕ ανά Τομέα για το 2005, 2030 και 2050

Τομέας	Μείωση εκπομπών (%) το 2005	Μείωση εκπομπών (%) το 2030	Μείωση εκπομπών (%) το 2050
Σύνολο	-7%	-40% έως -44%	-79% έως -82%
Ενέργεια (CO ₂)	-7%	-54% έως -68%	-93% έως -99%
Βιομηχανία (CO ₂)	-20%	-34% έως -40%	-83% έως -87%
Μεταφορές (με το CO ₂ των αερομεταφορών, και όχι των θαλάσσιων μεταφορών)	+30%	+20% έως -9%	-54% έως -67%
Κατοικίες και υπηρεσίες (CO ₂)	-12%	-37% έως -53%	-88% έως -91%
Γεωργία (εκτός CO ₂)	-20%	-36% έως -37%	-42% έως -49%
Άλλες εκπομπές εκτός CO ₂	-30%	-72% έως -73%	-70% έως -78%

Κεφάλαιο 2

Από τον πίνακα, βλέπουμε ότι συνολικά οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου αναμένεται να μειωθούν κατά 7% το 2005, 40-44% το 2030 και 79-82% το 2050, σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990. Ειδικότερα, στον τομέα της ενέργειας, οι μειώσεις εκτιμώνται να φτάσουν από 7% το 2005 σε 54-68% το 2030 και 93-99% το 2050. Στον τομέα της βιομηχανίας, οι εκπομπές θα μειωθούν από 20% το 2005 σε 34-40% το 2030 και 83-87% το 2050. Αντίθετα, στις μεταφορές, οι εκπομπές αναμένεται να αυξηθούν κατά 30% το 2005, αλλά να μειωθούν κατά 20% το 2030 και 54-67% το 2050. Η σταδιακή μετάβαση σε μια οικονομία χαμηλών εκπομπών άνθρακα θα απαιτήσει σημαντικές μειώσεις εκπομπών σε όλους τους τομείς, συμπεριλαμβανομένων των κατοικιών και υπηρεσιών, της γεωργίας και άλλων εκπομπών εκτός CO₂. Οι μειώσεις αυτές είναι εφικτές μέσω της αύξησης της ενεργειακής αποδοτικότητας και της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Παρότι οι στόχοι για το 2050 φαίνονται πολύ φιλόδοξοι, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή επισημαίνει ότι ένα πιο συντηρητικό σχέδιο για τη μείωση των εκπομπών θα επιφέρει υψηλότερα οικονομικά κόστη χωρίς να επιτύχει την απαιτούμενη μείωση των εκπομπών σε μεταγενέστερο στάδιο. Η Επιτροπή τονίζει επίσης ότι για να υλοποιηθεί αυτό το ενεργειακό σχέδιο με οικονομικά συμφέροντες όρους, είναι απαραίτητη η περαιτέρω έρευνα και ανάπτυξη, καθώς και η αξιοποίηση τεχνολογιών όπως τα ευφυή ηλεκτρικά δίκτυα, τα υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα και οι τεχνολογίες αποθήκευσης και αξιοποίησης του διοξειδίου του άνθρακα. Επιπλέον, απαιτούνται πρόσθετες επενδύσεις. Για την εφαρμογή αυτών των νέων τεχνολογιών, η Επιτροπή εκτιμά ότι θα χρειαστούν επενδύσεις ύψους 50 δισεκατομμυρίων ευρώ τα επόμενα χρόνια, προτείνοντας ως μια χρηματοδοτική επιλογή την αξιοποίηση των εσόδων από τον πλειστηριασμό των δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου.

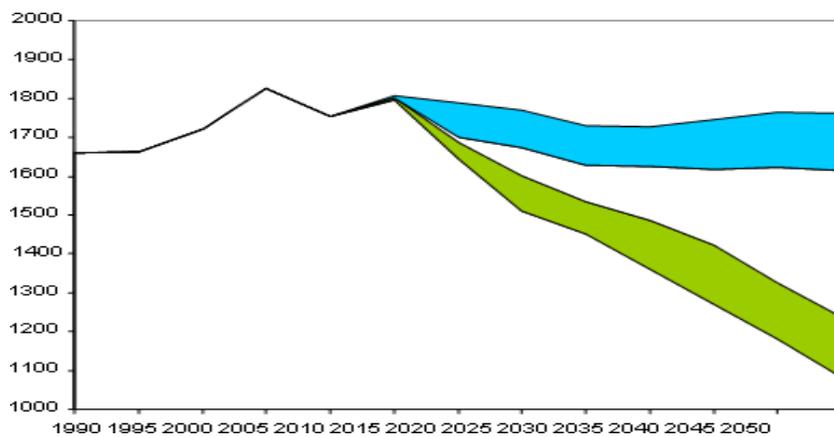
Τον Δεκέμβριο του 2011, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δημοσίευσε τον "Ενεργειακό χάρτη πορείας για το 2050" (EC, 2011b), διερευνώντας τις προκλήσεις για την επίτευξη των στόχων μείωσης των εκπομπών άνθρακα όπως αναλύθηκαν στον "χάρτη πορείας για μια ανταγωνιστική οικονομία χαμηλών εκπομπών άνθρακα το 2050" (EC, 2011a). Ο νέος χάρτης δεν αντικαθιστά τις προσπάθειες για τη βελτίωση των ενεργειακών συστημάτων σε εθνικό, περιφερειακό και τοπικό επίπεδο, αλλά παρέχει ένα ευρύτερο, μακροπρόθεσμο και τεχνολογικά ουδέτερο πλαίσιο για να ενισχύσει και να διευκολύνει αυτές τις προσπάθειες. Η μελέτη των σεναρίων που παρουσιάζονται στο έγγραφο COM/2011/112 αποκαλύπτει σημαντικές αλλαγές στον τομέα των εκπομπών, οι οποίες θα γίνουν πιο εμφανείς από το 2020, το 2030, το 2050 και μετά.

Συγκεκριμένα, η ηλεκτρική ενέργεια αναμένεται να παίζει καθοριστικό ρόλο στην ενεργειακή σκηνή της ΕΕ, με το μερίδιό της στην τελική ζήτηση ενέργειας να διπλασιάζεται και να φτάνει το 36-39% μέχρι το 2050. Αυτό θα συμβάλει σημαντικά στη μείωση των εκπομπών άνθρακα στους τομείς της θέρμανσης/ψύξης και των μεταφορών. Σύμφωνα με όλα τα σεναρία, το 65% της ενεργειακής ζήτησης των επιβατικών και ελαφρών εμπορικών οχημάτων θα καλύπτεται από ηλεκτρισμό, οδηγώντας σε αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας. Ωστόσο, για να επιτευχθούν αυτοί οι στόχοι, το σύστημα ηλεκτροπαραγωγής θα πρέπει να αναβαθμιστεί σημαντικά, μειώνοντας τις εκπομπές κατά 96-99% έως το 2050 (EC, 2011b).

Σύμφωνα με όλα τα σεναρία, προβλέπεται σημαντική αύξηση του ποσοστού των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας. Συγκεκριμένα, το ποσοστό των ΑΠΕ αναμένεται να φτάσει τουλάχιστον στο 55%, ποσοστό που είναι πολύ υψηλότερο σε σχέση με το σημερινό τους μερίδιο. Επιπλέον, αναμένεται ότι η πυρηνική ενέργεια θα διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στη διαδικασία του ενεργειακού μετασχηματισμού στα Κράτη

Μέλη. Παρά το γεγονός ότι η πυρηνική ενέργεια φέρει κινδύνους κατά τη διαδικασία εκμετάλλευσής της, παραμένει μια σημαντική πηγή ηλεκτροπαραγωγής με πολύ χαμηλές εκπομπές άνθρακα.

Μία άλλη σημαντική μεταρρύθμιση αναμένεται στον τομέα της ενεργειακής αποδοτικότητας. Η βελτίωση αυτή θα επιτευχθεί μέσω της μείωσης της ζήτησης για πρωτογενή ενέργεια. Η ζήτηση για πρωτογενείς μορφές ενέργειας αναμένεται να μειωθεί κατά 16-20% έως το 2030 και 32-41% έως το 2050, σε σύγκριση με τις μέγιστες τιμές ζήτησης που παρατηρήθηκαν την περίοδο 2005-2006. Αυτές οι αλλαγές στον τομέα της ενεργειακής απόδοσης συνοψίζονται στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 2.2: Πρόβλεψη της ενεργειακής αποδοτικότητας μέχρι το 2060.

Τα σενάρια αυτά καταδεικνύουν ότι η επίτευξη των στόχων για το 2050 είναι δυνατή μέσω της αυξημένης χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και της βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας, ενώ η πυρηνική ενέργεια θα συνεχίσει να παίζει σημαντικό ρόλο ως πηγή ηλεκτροπαραγωγής με χαμηλές εκπομπές άνθρακα (EC, 2011b).

Η χρήση του φυσικού αερίου, πέρα από τις ανανεώσιμες πηγές, είναι κρίσιμη για τη μείωση των ανθρακούχων εκπομπών μέχρι το 2050. Στον χάρτη πορείας για το 2050, τονίζεται ότι το φυσικό αέριο μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά στον μετασχηματισμό των ενεργειακών συστημάτων. Η αντικατάσταση του γαιάνθρακα και του πετρελαίου με φυσικό αέριο σε βραχυπρόθεσμο και μεσοπρόθεσμο ορίζοντα θα μειώσει σημαντικά τις εκπομπές έως το 2030 ή το 2035, ακόμη και με τις υπάρχουσες τεχνολογίες. Ωστόσο, για να γίνει αυτό πραγματικότητα, είναι απαραίτητη η ενίσχυση της αγοράς του φυσικού αερίου, η διαφοροποίηση των πηγών εφοδιασμού και η αύξηση της αποθηκευτικής ικανότητας, έτσι ώστε το φυσικό αέριο να παραμείνει ανταγωνιστικό ως καύσιμο στην ηλεκτροπαραγωγή (EC, 2011a).

Συνοψίζοντας, ο ενεργειακός χάρτης πορείας για το 2050 δείχνει ότι η απαλλαγή από τις ανθρακούχες εκπομπές είναι εφικτή και μπορεί να επιτευχθεί με οικονομικά βιώσιμο τρόπο. Οι απαραίτητες ενεργειακές μεταρρυθμίσεις είναι κρίσιμες για την ασφάλεια, το κλίμα και την οικονομία, και οι σημερινές αποφάσεις επηρεάζουν άμεσα τον ενεργειακό τομέα στο μέλλον. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή θα επαναξιολογεί συνεχώς τον χάρτη πορείας με βάση την πρόοδο που έχει επιτευχθεί και τις διάφορες αλλαγές που μπορεί να συμβούν (EC, 2011b).

Κεφάλαιο 2

Μια σημαντική εξέλιξη στην ενεργειακή διαχείριση και την περιβαλλοντική πολιτική στην Ευρώπη σημειώθηκε τον Μάρτιο του 2015. Το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο αποδέχθηκε ένα στρατηγικό πλαίσιο που προτάθηκε από την Επιτροπή, το οποίο αφορά την αναδιάρθρωση του ενεργειακού τομέα και την επέκταση της τρέχουσας κλιματικής πολιτικής. Επιπλέον, το Συμβούλιο δεσμεύθηκε να παρακολουθεί ανελλιπώς την πρόοδο των ενεργειακών στόχων που περιλαμβάνονται στα διάφορα ενεργειακά πλαίσια, συμπεριλαμβανομένου του πλαισίου για το 2050, και να συνεχίσει να παρέχει στρατηγικές κατευθύνσεις. Θα συνεργάζεται στενά με τα κράτη μέλη της ΕΕ για την επίτευξη του στόχου της ενεργειακής μετάβασης προς ένα πιο βιώσιμο ενεργειακό μέλλον (EC, 2011a; EC, 2011b).

Από το 2021, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει παρουσιάσει νέες πρωτοβουλίες για την ενίσχυση της ενεργειακής ασφάλειας και την προώθηση της πράσινης μετάβασης. Το πακέτο "Fit for 55" περιλαμβάνει μια σειρά προτάσεων για τη μείωση των καθαρών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 55% έως το 2030 σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990. Αυτό περιλαμβάνει την ενίσχυση της ενεργειακής απόδοσης, την αύξηση της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και την αναθεώρηση του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών της ΕΕ (European Commission, 2021).

Η στρατηγική REPowerEU, που ανακοινώθηκε το 2022, στοχεύει στην ενίσχυση της ενεργειακής ασφάλειας της ΕΕ μέσω της διαφοροποίησης των πηγών ενέργειας και της αύξησης της χρήσης ανανεώσιμων πηγών. Το σχέδιο αυτό ενισχύει τις επενδύσεις σε καθαρές τεχνολογίες και υποδομές και προωθεί τη μετάβαση προς ένα πιο βιώσιμο ενεργειακό μέλλον (European Commission, 2022).

Η Ευρωπαϊκή Ένωση συνεχίζει να εφαρμόζει τις πολιτικές της μέσω του Ταμείου Ανάκαμψης και Ανθεκτικότητας, το οποίο περιλαμβάνει σημαντικές επενδύσεις σε έργα καθαρής ενέργειας και πράσινης τεχνολογίας. Το ταμείο αυτό υποστηρίζει τα κράτη μέλη στην υλοποίηση των εθνικών τους σχεδίων για την ενέργεια και το κλίμα (National Energy and Climate Plans - NECPs) που περιγράφουν πώς θα επιτευχθούν οι ενεργειακοί και κλιματικοί στόχοι για το 2030 (European Commission, 2023).

Με αυτές τις νέες πρωτοβουλίες και πολιτικές, η ΕΕ ενισχύει την προσπάθειά της για την επίτευξη των μακροπρόθεσμων στόχων της για το κλίμα και την ενέργεια, επιδιώκοντας μια δίκαιη και βιώσιμη ενεργειακή μετάβαση για όλους τους Ευρωπαίους πολίτες (European Environment Agency - EEA, 2023).

Η εφαρμογή αυτών των πολιτικών έχει ήδη δείξει σημαντικά αποτελέσματα. Σύμφωνα με την "Εκθεση Προόδου για την Ενέργεια και το Κλίμα" του 2023, η ΕΕ κατάφερε να μειώσει τις καθαρές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά 32.5% το 2022 σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990. Η αύξηση της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας συνέβαλε σημαντικά σε αυτή την πρόοδο, με το μερίδιο των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή να φτάνει το 39% το 2022 (European Commission, 2023).

Επιπλέον, το μερίδιο των εισαγωγών φυσικού αερίου από τη Ρωσία μειώθηκε σημαντικά, από 45-50% το 2021 σε περίπου 15% το 2023, με την αύξηση των εισαγωγών LNG από άλλες χώρες, όπως η Νορβηγία και οι ΗΠΑ (European Environment Agency, 2023).

Κεφάλαιο 2

Η στρατηγική REPowerEU περιλαμβάνει επίσης την προώθηση της ενεργειακής αποδοτικότητας και της ανεξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα μέσω της χρήσης ανανεώσιμων πηγών και καθαρών τεχνολογιών. Οι επενδύσεις σε υποδομές και η έρευνα και ανάπτυξη νέων τεχνολογιών είναι κρίσιμες για την επίτευξη αυτών των στόχων (European Commission, 2022).

Με αυτές τις νέες πολιτικές και τη συνεχή δέσμευση της ΕΕ για μια πράσινη και βιώσιμη ενεργειακή μετάβαση, ο στόχος της κλιματικής ουδετερότητας μέχρι το 2050 φαίνεται πιο εφικτός από ποτέ. Η Ευρώπη συνεχίζει να ηγείται των παγκόσμιων προσπαθειών για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και την προώθηση της ενεργειακής ασφάλειας και βιωσιμότητας.

2.3 Μηχανισμός Συνεργασίας

2.3.1 Εισαγωγικές Έννοιες και Στρατηγικές Πρωτοβουλίες

Η Οδηγία 2018/2001/ΕΕ (RED II) αντικατέστησε την Οδηγία 2009/28/ΕΚ και αποτελεί το βασικό νομοθετικό πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την προώθηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ). Η RED II θέτει ως στόχο την αύξηση του μεριδίου των ΑΠΕ στο ενεργειακό μείγμα της ΕΕ στο 32% έως το 2030, συμβάλλοντας στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και στην ενίσχυση της ενεργειακής ασφάλειας.

Βασικοί Στόχοι της RED II

1. **Αύξηση του Μεριδίου των ΑΠΕ:** Η RED II έχει θέσει έναν φιλόδοξο στόχο: το 32% της ενέργειας στην ΕΕ να προέρχεται από ΑΠΕ έως το 2030. Αυτή η αύξηση του μεριδίου των ΑΠΕ απαιτεί σημαντικές επενδύσεις σε ανανεώσιμες τεχνολογίες και υποδομές, καθώς και την ανάπτυξη καινοτόμων λύσεων για τη βελτίωση της απόδοσης και τη μείωση του κόστους παραγωγής.
2. **Μείωση των Εκπομπών Αερίων του Θερμοκηπίου:** Η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου είναι κρίσιμη για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Η RED II συμβάλλει στη μείωση των εκπομπών αυτών, προωθώντας τη χρήση καθαρών και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, αντί των ορυκτών καυσίμων που αποτελούν κύρια πηγή εκπομπών.
3. **Ενεργειακή Ασφάλεια:** Η διαφοροποίηση των πηγών ενέργειας και η μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα ενισχύουν την ενεργειακή ασφάλεια της ΕΕ. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της ανάπτυξης τοπικών πηγών ανανεώσιμης ενέργειας και της μείωσης της ανάγκης για εισαγωγές ενεργειακών πόρων.
4. **Προώθηση της Καινοτομίας:** Η RED II ενθαρρύνει την έρευνα και ανάπτυξη νέων τεχνολογιών για την παραγωγή και χρήση των ΑΠΕ. Η καινοτομία είναι απαραίτητη για τη βελτίωση της αποδοτικότητας των ανανεώσιμων τεχνολογιών και τη μείωση του κόστους, καθιστώντας τις ΑΠΕ πιο ανταγωνιστικές σε σχέση με τις παραδοσιακές πηγές ενέργειας.

Στρατηγικές Πρωτοβουλίες

1. **Στρατηγική REPowerEU (2022):** Η REPowerEU ενισχύει την ενεργειακή ασφάλεια μέσω της διαφοροποίησης των πηγών ενέργειας και της αύξησης της χρήσης των ΑΠΕ. Προωθεί τις επενδύσεις σε καθарές τεχνολογίες και υποδομές, συμβάλλοντας στη μετάβαση σε ένα πιο

βιώσιμο ενεργειακό μέλλον. Οι δράσεις περιλαμβάνουν τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και την προώθηση των ΑΠΕ μέσω χρηματοδοτικών μηχανισμών και κινήτρων.

2. **Πακέτο "Fit for 55" (2021):** Το πακέτο "Fit for 55" στοχεύει στη μείωση των καθαρών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 55% έως το 2030 σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990. Περιλαμβάνει προτάσεις για την ενίσχυση της ενεργειακής απόδοσης, την αύξηση της χρήσης των ΑΠΕ και την αναθεώρηση του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών της ΕΕ.

3. **Εθνικά Σχέδια Ενέργειας και Κλίματος (NECPs):** Τα NECPs περιγράφουν πώς τα κράτη μέλη της ΕΕ σκοπεύουν να επιτύχουν τους στόχους τους για το 2030. Περιλαμβάνουν μέτρα για την ενεργειακή απόδοση, τις ΑΠΕ, τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, τις διασυνδέσεις και την έρευνα και καινοτομία.

Η στρατηγική προσέγγιση της ΕΕ ενισχύεται μέσω της REPowerEU, του Fit for 55 και των NECPs, εξασφαλίζοντας ότι οι στόχοι για τις ΑΠΕ επιτυγχάνονται μέσω μιας συντονισμένης και ολοκληρωμένης προσέγγισης.

2.3.2 Μηχανισμός Συνεργασίας και Χώρες της Βορείου Αφρικής

Ο Μηχανισμός Συνεργασίας της RED II παρέχει διάφορα εργαλεία για την επίτευξη των στόχων των ΑΠΕ μέσω της συνεργασίας μεταξύ των κρατών μελών της ΕΕ και τρίτων χωρών.

Τι είναι ο Μηχανισμός Συνεργασίας;

Ο Μηχανισμός Συνεργασίας (Cooperation Mechanism) είναι ένα σύνολο εργαλείων που διευκολύνουν τη συνεργασία μεταξύ των κρατών μελών της ΕΕ και τρίτων χωρών για την ανάπτυξη και χρήση ΑΠΕ. Τα κύρια είδη συνεργασίας περιλαμβάνουν:

1. **Στατιστικές Μεταβιβάσεις (Article 8):** Τα κράτη μέλη μπορούν να μεταβιβάζουν στατιστικά ποσά ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ μεταξύ τους, διευκολύνοντας την επίτευξη των εθνικών στόχων. Αυτές οι μεταβιβάσεις επιτρέπουν την καλύτερη διαχείριση των ποσοτήτων ανανεώσιμης ενέργειας και τη βελτιστοποίηση της χρήσης των διαθέσιμων πόρων.

2. **Κοινά Έργα μεταξύ Κρατών Μελών (Article 9):** Τα κράτη μέλη μπορούν να συνεργάζονται για την ανάπτυξη κοινών έργων ΑΠΕ, επιτρέποντας τη διαμοίραση της παραγόμενης ενέργειας μεταξύ των εμπλεκόμενων κρατών. Αυτή η συνεργασία μπορεί να περιλαμβάνει τη δημιουργία κοινών υποδομών και την ανταλλαγή τεχνογνωσίας.

3. **Κοινά Έργα με Τρίτες Χώρες (Article 10):** Τα κράτη μέλη μπορούν να συνεργάζονται με τρίτες χώρες για την ανάπτυξη έργων ΑΠΕ, υπό την προϋπόθεση της φυσικής μεταφοράς της ενέργειας στην ΕΕ. Αυτή η συνεργασία είναι ιδιαίτερα σημαντική για την εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που βρίσκονται εκτός της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

4. **Κοινά Καθεστώτα Στήριξης (Article 11):** Διευκολύνεται η συνεργασία μεταξύ των κρατών μελών μέσω του συνδυασμού ή της συγχρονισμένης εφαρμογής καθεστώτων στήριξης για τις ΑΠΕ. Αυτή η μορφή συνεργασίας μπορεί να περιλαμβάνει τη χρήση κοινών μηχανισμών χρηματοδότησης και κινήτρων για την προώθηση των ΑΠΕ.

5. **Κοινή Χρήση Πληροφοριών (Article 12):** Προάγεται η ανταλλαγή πληροφοριών και βέλτιστων πρακτικών μεταξύ των κρατών μελών, διευκολύνοντας τη συνεργασία και την υιοθέτηση επιτυχημένων στρατηγικών.

6. **Διαδικασίες Απλούστευσης (Article 13):** Δίνεται έμφαση στη μείωση του διοικητικού φόρτου και στην απλοποίηση των διαδικασιών για την αδειοδότηση και ανάπτυξη έργων ΑΠΕ, διευκολύνοντας την υλοποίηση νέων έργων.

Η RED II παρέχει ένα σαφές και ολοκληρωμένο πλαίσιο για τη συνεργασία μεταξύ των κρατών μελών της ΕΕ και τρίτων χωρών, ενθαρρύνοντας την ανάπτυξη και χρήση των ΑΠΕ μέσω διαφόρων μηχανισμών συνεργασίας.

Επικέντρωση στο Article 10: Κοινά Έργα με Τρίτες Χώρες

Το άρθρο 10 της RED II επιτρέπει την ανάπτυξη κοινών έργων ΑΠΕ με τρίτες χώρες, όπως οι χώρες της Βορείου Αφρικής. Τα κύρια σημεία περιλαμβάνουν:

1. **Φυσική Μεταφορά Ενέργειας:** Η ενέργεια που παράγεται από τα κοινά έργα πρέπει να μεταφέρεται φυσικά στην ΕΕ. Αυτή η απαίτηση εξασφαλίζει την άμεση σύνδεση μεταξύ της παραγωγής ενέργειας στις τρίτες χώρες και της κατανάλωσης ενέργειας στην ΕΕ, καθιστώντας τη διαδικασία πιο διαφανή και αξιόπιστη. Η φυσική μεταφορά μπορεί να περιλαμβάνει τη χρήση υποθαλάσσιων καλωδίων ή άλλων τεχνολογιών που επιτρέπουν τη διασύνδεση των ενεργειακών δικτύων.

2. **Συμμόρφωση με τα Πρότυπα της ΕΕ:** Η παραγόμενη ενέργεια πρέπει να πληροί τα πρότυπα και τις απαιτήσεις της ΕΕ για τις ΑΠΕ. Αυτό σημαίνει ότι τα έργα πρέπει να ακολουθούν αυστηρούς κανονισμούς όσον αφορά την περιβαλλοντική βιωσιμότητα, την αποδοτικότητα και την ασφάλεια. Οι τρίτες χώρες συνεργάζονται με την ΕΕ για να εξασφαλίσουν ότι η παραγωγή ενέργειας είναι σύμφωνη με τα ευρωπαϊκά πρότυπα.

3. **Οικονομική Βιωσιμότητα:** Η συνεργασία με τρίτες χώρες πρέπει να είναι οικονομικά βιώσιμη και να προσφέρει αμοιβαία οφέλη. Αυτό περιλαμβάνει τη διασφάλιση ότι τα έργα είναι οικονομικά αποδοτικά και ότι παρέχουν αξία τόσο στην ΕΕ όσο και στις τρίτες χώρες. Η οικονομική βιωσιμότητα επιτυγχάνεται μέσω της χρήσης καινοτόμων τεχνολογιών, της μείωσης του κόστους και της αύξησης της αποδοτικότητας.

Προβλήματα και Κενά στην Εφαρμογή της Συνεργασίας:

Παρά τις δυνατότητες που προσφέρει ο μηχανισμός συνεργασίας της RED II, υπάρχουν σημαντικά προβλήματα και κενά που εμποδίζουν την αποτελεσματική εφαρμογή των κοινών έργων με τρίτες χώρες. Αυτά περιλαμβάνουν:

- **Πολιτική και Κοινωνική Αστάθεια:** Η πολιτική αστάθεια και οι κοινωνικές αναταραχές στις χώρες της Βορείου Αφρικής μπορούν να επηρεάσουν τις επενδύσεις και την υλοποίηση των έργων. Αυτή η αστάθεια δημιουργεί αβεβαιότητα και αποτρέπει τους επενδυτές από την ανάληψη ρίσκου.

- **Υποδομές και Διασυνδέσεις:** Η έλλειψη ισχυρών και αξιόπιστων υποδομών και δικτύων διασύνδεσης δυσκολεύει τη μεταφορά της παραγόμενης ενέργειας από τις χώρες της Βορείου Αφρικής στην Ευρώπη. Οι επενδύσεις σε υποδομές είναι απαραίτητες για τη βελτίωση της ενεργειακής ασφάλειας και τη διασύνδεση των αγορών.
- **Κανονιστικά και Νομικά Πλαίσια:** Οι διαφορές στα κανονιστικά και νομικά πλαίσια μεταξύ της ΕΕ και των τρίτων χωρών προκαλούν καθυστερήσεις και δυσκολίες στη συνεργασία. Η ανάγκη για εναρμόνιση των νομοθεσιών και η θέσπιση κοινών προτύπων είναι κρίσιμη για την επιτυχία των έργων αυτών.

Προβλήματα από την Ευρωπαϊκή Οδηγία για τη Συνεργασία των Χωρών

1. **Ασυμβατότητες στις Νομοθεσίες:** Η ύπαρξη διαφορετικών νομοθετικών και κανονιστικών πλαισίων μεταξύ των κρατών μελών της ΕΕ και των τρίτων χωρών μπορεί να προκαλέσει ασυμβατότητες και να επιβραδύνει τη διαδικασία υλοποίησης των έργων. Η εναρμόνιση των νομοθεσιών και η δημιουργία κοινού κανονιστικού πλαισίου είναι απαραίτητες για την απρόσκοπτη συνεργασία.
2. **Διοικητικά Εμπόδια:** Οι πολύπλοκες διοικητικές διαδικασίες και η γραφειοκρατία μπορούν να αποτελέσουν σοβαρά εμπόδια για την ταχεία και αποτελεσματική εφαρμογή των κοινών έργων ΑΠΕ. Η απλοποίηση των διαδικασιών και η μείωση του διοικητικού φόρτου είναι απαραίτητες για την προώθηση της συνεργασίας.
3. **Χρηματοδοτικά Προβλήματα:** Η χρηματοδότηση των έργων ΑΠΕ μπορεί να αποτελεί πρόκληση, ειδικά όταν πρόκειται για μεγάλης κλίμακας έργα που απαιτούν σημαντικές επενδύσεις. Η ύπαρξη αξιόπιστων χρηματοδοτικών μηχανισμών και η παροχή οικονομικών κινήτρων είναι κρίσιμη για την προσέλκυση επενδυτών.
4. **Πολιτική Αστάθεια:** Οι πολιτικές αναταράξεις και η αστάθεια στις τρίτες χώρες μπορούν να επηρεάσουν την εμπιστοσύνη των επενδυτών και να καθυστερήσουν την υλοποίηση των έργων. Η σταθερότητα και η πολιτική βούληση είναι απαραίτητες για την επιτυχία των συνεργασιών.

Οι χώρες της Βορείου Αφρικής, όπως η Αίγυπτος, το Μαρόκο, η Λιβύη, η Αλγερία και η Τυνησία, διαθέτουν εξαιρετικές δυνατότητες για την ανάπτυξη Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) λόγω των ευνοϊκών κλιματολογικών συνθηκών τους. Υπολογίζεται ότι η εκμετάλλευση μόλις του 1% των ανανεώσιμων πόρων τους θα μπορούσε να καλύψει πλήρως τις ενεργειακές τους ανάγκες, επιτρέποντας ταυτόχρονα σημαντικές εξαγωγές. Η μείωση του κόστους παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας και η υψηλή οικονομική απόδοση των ηλιακών και αιολικών πόρων, σε συνδυασμό με την επιθυμία της Ευρωπαϊκής Ένωσης να διαφοροποιήσει τις πηγές ενέργειας, δημιουργούν ένα ευνοϊκό περιβάλλον για διασυνοριακή συνεργασία μέσω ανάπτυξης ηλεκτρικών υποδομών (IISD SDG Tracker) (World Bank Blogs).

Ο μηχανισμός συνεργασίας, τα βασικά στοιχεία του οποίου έχουν ήδη παρουσιαστεί, είναι ζωτικής σημασίας για την επίτευξη των ενεργειακών στόχων της ΕΕ. Η σωστή εφαρμογή του

Κεφάλαιο 2

μπορεί να προσφέρει σημαντικά οφέλη τόσο στην Ένωση όσο και στις χώρες που φιλοξενούν έργα ΑΠΕ.

Οι χώρες της Βόρειας Αφρικής μπορούν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στις εξαγωγές ενέργειας προς την Ευρώπη, ιδιαίτερα την περίοδο 2030-2050. Για να επιτευχθεί αυτό, είναι αναγκαία η περαιτέρω εμβάθυνση στις ενεργειακές σχέσεις ΕΕ-Βόρειας Αφρικής, προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι πιθανές προκλήσεις και να επιτευχθεί μια επικερδής συνεργασία για όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη. Ορισμένοι τρόποι για να επιτευχθεί αυτό περιλαμβάνουν (IISD SDG Tracker) (IEA):

1. **Στρατηγικός Σχεδιασμός:** Ανάπτυξη ενός στρατηγικού σχεδίου για τον ενεργειακό τομέα που θα περιλαμβάνει τη χαρτογράφηση των ανανεώσιμων πόρων και την επιλογή των πλέον κατάλληλων τοποθεσιών για την κατασκευή και λειτουργία των μονάδων ΑΠΕ.

2. **Υλοποίηση Έργων Υποδομής:** Ανάπτυξη έργων υποδομής για ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που θα περιλαμβάνουν τη δημιουργία διασυνδέσεων για τη μεταφορά της παραγόμενης ενέργειας στην Ευρώπη.

3. **Προσέγγιση Αειφορίας:** Εφαρμογή πρακτικών που προάγουν την αειφορία, όπως η χρήση προηγμένων τεχνολογιών για την αύξηση της αποδοτικότητας και η ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

4. **Προώθηση Συνεργασίας:** Συνεργασία μεταξύ των χωρών της Βορείου Αφρικής και της Ευρωπαϊκής Ένωσης σε επίπεδο πολιτικής, τεχνολογίας και χρηματοδότησης για την ενίσχυση των επενδύσεων στις ΑΠΕ.

Μετά την εφαρμογή της Οδηγίας 2009/28/ΕΚ, η Ευρωπαϊκή Ένωση συνεχίζει να ανανεώνει και να βελτιώνει τις ενεργειακές της πολιτικές για την επίτευξη των μακροπρόθεσμων στόχων. Η στρατηγική REPowerEU, ανακοινωθείσα το 2022, ενισχύει την ενεργειακή ασφάλεια της ΕΕ μέσω της διαφοροποίησης των πηγών ενέργειας και της αύξησης της χρήσης ανανεώσιμων πηγών. Το σχέδιο αυτό ενισχύει τις επενδύσεις σε καθαρές τεχνολογίες και υποδομές και προωθεί τη μετάβαση προς ένα πιο βιώσιμο ενεργειακό μέλλον (European Commission, 2022).

Παράλληλα, το πακέτο "Fit for 55", το οποίο παρουσιάστηκε το 2021, αποτελεί μια σειρά προτάσεων για τη μείωση των καθαρών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 55% έως το 2030 σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990. Το πακέτο περιλαμβάνει προτάσεις για την ενίσχυση της ενεργειακής απόδοσης, την αύξηση της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και την αναθεώρηση του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών της ΕΕ (European Commission, 2021).

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή διαχειρίζεται επίσης τα Εθνικά Σχέδια Ενέργειας και Κλίματος (NECPs), τα οποία περιγράφουν πώς τα κράτη μέλη της ΕΕ σκοπεύουν να επιτύχουν τους ενεργειακούς και κλιματικούς στόχους για το 2030. Αυτά τα σχέδια περιλαμβάνουν μέτρα για την ενεργειακή απόδοση, τις ΑΠΕ, τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, τις διασυνδέσεις και την έρευνα και καινοτομία (European Commission, 2023).

Οι πολιτικές αυτές έχουν ήδη δείξει σημαντικά αποτελέσματα. Σύμφωνα με την "Έκθεση Προόδου για την Ενέργεια και το Κλίμα" του 2023, η ΕΕ κατάφερε να μειώσει τις καθαρές

εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά 32.5% το 2022 σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990. Η αύξηση της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας συνέβαλε σημαντικά σε αυτή την πρόοδο, με το μερίδιο των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή να φτάνει το 39% το 2022 (European Commission, 2023).

Συμπεράσματα

Η RED II προσφέρει ένα πλαίσιο για την προώθηση της συνεργασίας μεταξύ των κρατών μελών της ΕΕ και των τρίτων χωρών, επιτρέποντας την ανάπτυξη και χρήση ΑΠΕ μέσω διαφόρων μηχανισμών συνεργασίας. Ωστόσο, υπάρχουν σημαντικά προβλήματα και κενά που πρέπει να αντιμετωπιστούν για την αποτελεσματική εφαρμογή των κοινών έργων. Η επίλυση αυτών των προβλημάτων απαιτεί τη συνεργασία όλων των εμπλεκόμενων μερών, την εναρμόνιση των νομοθεσιών και τη δημιουργία ευνοϊκού περιβάλλοντος για τις επενδύσεις.

Οι χώρες της Βορείου Αφρικής έχουν σημαντικές δυνατότητες για την ανάπτυξη ΑΠΕ, αλλά η επιτυχία των κοινών έργων με την ΕΕ εξαρτάται από την αντιμετώπιση των προκλήσεων και την ενίσχυση της συνεργασίας. Οι στρατηγικές πρωτοβουλίες όπως η REPowerEU, το πακέτο "Fit for 55" και τα Εθνικά Σχέδια Ενέργειας και Κλίματος μπορούν να συμβάλουν στη δημιουργία ενός βιώσιμου και ασφαλούς ενεργειακού μέλλοντος για την Ευρώπη και τις γειτονικές της χώρες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Μέθοδοι υποστήριξης απόφασης στον τομέα της ενέργειας

Η Πολυκριτήρια Μέθοδος Λήψης Αποφάσεων αποτελεί εργαλείο σε διάφορους τομείς. Γίνεται μια συνολική παρουσίαση της στο παρόν κεφάλαιο και ειδική έμφαση δίνεται στις εφαρμογές της στον τομέα της ενέργειας. Στη συνέχεια, εξετάζεται η ανάλυση SWOT και οι χρήσεις της στον ενεργειακό τομέα και γενικότερα. Τέλος, προτείνεται ο συνδυασμός της πολυκριτήριας μεθόδου Fuzzy-TOPSIS, η οποία βασίζεται στην ασαφή λογική για την αντιμετώπιση πολύπλοκων πολυκριτηριακών προβλημάτων, με την AHP στο τρέχον πρόβλημα, και παρέχεται μια αναλυτική ανασκόπηση για κάθε μία από αυτές. Αυτές οι τεχνικές χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση και επιλογή των βέλτιστων ενεργειακών στρατηγικών και τεχνολογιών, λαμβάνοντας υπόψη πολλαπλά και συχνά αντικρουόμενα κριτήρια.

3.1 Εφαρμογή Πολυκριτήριας Ανάλυσης σε Ενεργειακές Αποφάσεις

Η ανάγκη για πολυκριτήρια ανάλυση στην λήψη αποφάσεων αναδύθηκε λόγω των περιορισμών των παραδοσιακών μεθόδων αξιολόγησης, οι οποίες δεν επαρκούσαν για την ολοκληρωμένη και επαρκή ανάλυση όλων των πιθανών λύσεων ενός προβλήματος απόφασης (Zeleny, 2008). Έτσι, αναπτύχθηκαν πολλές διαφορετικές πολυκριτήριες μέθοδοι απόφασης (Multicriteria Decision Making - MCDM), που είτε αξιολογούν τις εναλλακτικές του προβλήματος είτε χρησιμοποιούν μαθηματικό και στοχαστικό προγραμματισμό καθώς και τεχνητή νοημοσύνη (Kou et al., 2011; Hung et al., 2011; Chen et al., 2013). Η πολυκριτήρια ανάλυση συνδυάζεται αρμονικά με τη θεωρία ασαφών συνόλων, προσφέροντας ένα εργαλείο για τη διαχείριση ασαφών κριτηρίων και την ανάλυση ποιοτικών και ποσοτικών παραγόντων (Wu & Barnes, 2011; Chai et al., 2013). Αυτή η ενότητα παρέχει μια ολοκληρωμένη εικόνα της πολυκριτήριας ανάλυσης και των εφαρμογών της στον ενεργειακό τομέα, περιλαμβάνοντας την απόδοση βαρών στα κριτήρια, τη χρήση συμμετοχικών μεθόδων και την εφαρμογή συνδυασμένων μεθόδων για την αξιολόγηση και επιλογή ενεργειακών στρατηγικών και έργων.

Ο συνδυασμός αυτών των μεθόδων μαζί με τη χρήση της ασαφούς συνολοθεωρίας, που αναλύεται στο Κεφάλαιο 5, εφαρμόζεται ευρέως σε διάφορα προβλήματα. Η σωστή επιλογή της κατάλληλης μεθόδου εξαρτάται από τις ιδιαιτερότητες του προβλήματος και τις δυνατότητες που προσφέρει κάθε μέθοδος (Ertugrul & Karakasoglu, 2008). Διάφορα προβλήματα λήψης απόφασης απαιτούν διαφορετικές προσεγγίσεις, με αποτέλεσμα την ανάπτυξη πολλαπλών πολυκριτηρίων μεθόδων που, αν και βασίζονται στις ίδιες έννοιες και αρχές, διαφέρουν σημαντικά στη λειτουργικότητά τους αναλόγως του προβλήματος στο οποίο εφαρμόζονται (Tansellıç, 2012). Μερικές από τις σημαντικές αυτές μεθόδους είναι οι: "AHP" (Analytic Hierarchy Process), "TOPSIS" (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), "GRA" (Grey Relational Analysis), "PROMETHEE" (Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluations) και οι εκδοχές I και II, "ELECTRE" (Elimination Et Choix Traduisant la REalité) και οι εκδοχές I, II, III και IV, "ANP" (Analytic Network Process), κ.ά. Όλες αυτές οι

τεχνικές προσφέρουν έναν ευέλικτο τρόπο αντιμετώπισης πολύπλοκων καταστάσεων και έχουν τη δυνατότητα να αξιολογούν ταυτόχρονα πολλές και διαφορετικές παραμέτρους του προβλήματος, βοηθώντας τους λήπτες αποφάσεων να κατανοήσουν και να καταγράψουν καλύτερα το πρόβλημα (Abu-Taha, 2011).

Η Πολυκριτηριακή Μέθοδος Λήψης Αποφάσεων (MCDM - Multi-Criteria Decision Making) είναι ένα εργαλείο που χρησιμοποιείται για την ανάλυση και τη λήψη αποφάσεων όταν υπάρχουν πολλαπλά κριτήρια ή παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Σε αυτήν τη μέθοδο, η απόφαση λαμβάνεται με βάση μια σύνθεση των πολλαπλών κριτηρίων που παίζουν ρόλο στο πρόβλημα λήψης απόφασης. Συνήθως, αυτά τα κριτήρια είναι πολύπλοκα και συχνά αντικρουόμενα, και η αξιολόγησή τους μπορεί να είναι υποκειμενική.

Η διαδικασία λήψης αποφάσεων σε ένα πλαίσιο MCDM συνήθως περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα:

1. Καθορισμός των Κριτηρίων: Στο αρχικό στάδιο, καθορίζονται τα κριτήρια που θα χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων ή αποφάσεων.

2. Αξιολόγηση των Εναλλακτικών: Σε αυτό το στάδιο, αναλύονται οι διάφορες εναλλακτικές λύσεις ή επιλογές που είναι διαθέσιμες για την επίλυση του προβλήματος ή τη λήψη της απόφασης.

3. Βαθμολόγηση των Εναλλακτικών: Κάθε εναλλακτική λύση αξιολογείται σε σχέση με τα κριτήρια που καθορίστηκαν στο πρώτο βήμα. Συνήθως χρησιμοποιούνται μέθοδοι βαθμολόγησης ή κατάταξης για να αξιολογηθεί η απόδοση των εναλλακτικών.

4. Λήψη της Απόφασης: Τέλος, λαμβάνεται η απόφαση με βάση τα αποτελέσματα της αξιολόγησης. Αυτό μπορεί να γίνει με βάση κάποια μαθηματικά μοντέλα ή με αξιολόγηση της κρίσης του λήπτη αποφάσεων.

Η Πολυκριτηριακή Μέθοδος Λήψης Αποφάσεων (MCDM) εφαρμόζεται σε πολλούς τομείς και περιβάλλοντα όπου απαιτείται η λήψη αποφάσεων μεταξύ πολλαπλών εναλλακτικών επιλογών ή όπου υπάρχουν πολλαπλά και αντικρουόμενα κριτήρια για την αξιολόγηση των επιλογών. Ορισμένοι από τους κύριους τομείς εφαρμογής περιλαμβάνουν:

1. Διαχείριση Έργων: Η MCDM χρησιμοποιείται για την επιλογή και την προτεραιοποίηση έργων βάσει πολλαπλών κριτηρίων, όπως κόστος, χρονοδιάγραμμα, κίνδυνος και ποιότητα.

2. Επιχειρησιακή Στρατηγική: Στη στρατηγική επιχειρήσεων, η MCDM μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση επιλογών επένδυσης, επιλογής αγοράς ή επιλογής προϊόντων.

3. Διαχείριση Αλυσίδας Προμηθειών: Στη διαχείριση αλυσίδων προμηθειών, η MCDM μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επιλογή των καλύτερων προμηθευτών βάσει πολλαπλών παραγόντων όπως κόστος, ποιότητα και αξιοπιστία.

4. Περιβαλλοντική Διαχείριση: Στον τομέα της περιβαλλοντικής διαχείρισης, η MCDM χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση επιλογών που αφορούν περιβαλλοντικές πολιτικές, αειφόρο σχεδιασμό και διαχείριση φυσικών πόρων.

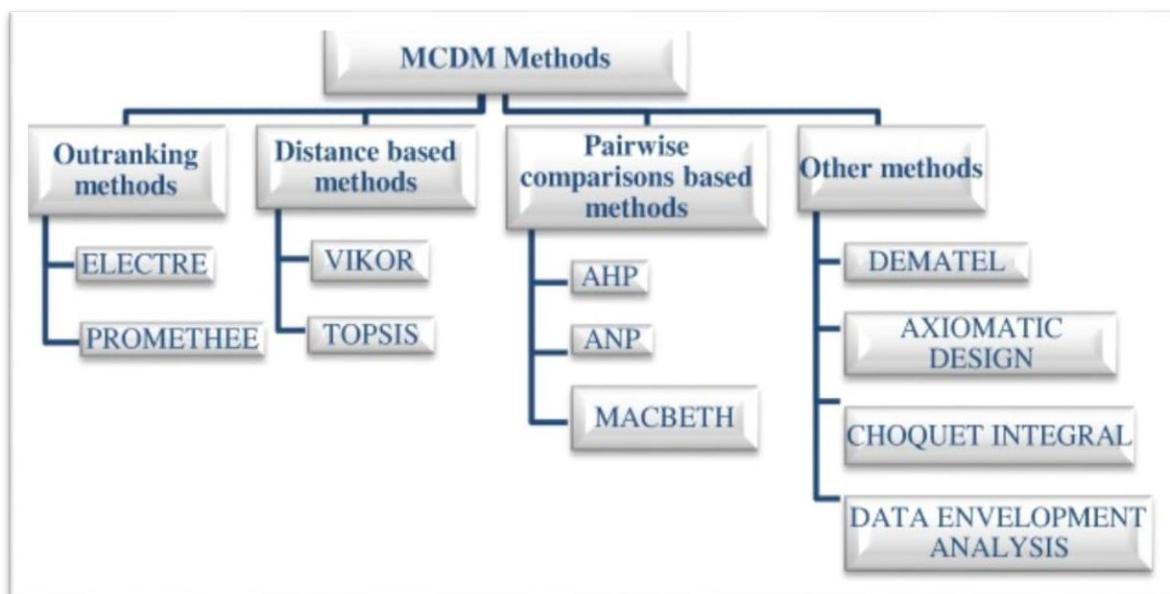
5. Υγεία και Ιατρική: Στον τομέα της υγείας, η MCDM μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη λήψη αποφάσεων σχετικά με την επιλογή θεραπειών ή τη διαχείριση των πόρων στα νοσοκομεία.

6. Διαχείριση Κινδύνων: Στη διαχείριση κινδύνων, η MCDM μπορεί να βοηθήσει στην αξιολόγηση και την προτεραιοποίηση των κινδύνων βάσει της πιθανότητας εμφάνισής τους και των επιπτώσεών τους.

Οι πολυκριτήριες μέθοδοι κατηγοριοποιούνται σε τέσσερις κύριες ομάδες ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους:

- Μέθοδοι Σχέσεων Υπεροχής (Outranking Relations Methods)
- Μέθοδοι Υπολογισμού Αποστάσεων (Distance Based Methods)
- Μέθοδοι Ζευγαρωτών Συγκρίσεων (Pair-Wise Comparisons Based Methods)
- Άλλες Μέθοδοι (Other Methods)

Οι παραπάνω κατηγορίες συνοψίζονται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 3.1: Κατηγοριοποίηση των αλγορίθμων πολυκριτήριας ανάλυσης

Οι πολυκριτήριες μέθοδοι έχουν χρησιμοποιηθεί σε πολλές εφαρμογές, όπως στην διαχείριση ανεφοδιασμού (Cousins et al., 2008), στην αξιολόγηση εκπαιδευτικών (Tzeng et al., 2011), στην τραπεζική απόδοση και τις ηλεκτρονικές συναλλαγές (Delibašić et al., 2015), στην αξιολόγηση της υγειονομικής ασφάλειας κατά τη διάρκεια της αξιοποίησης και της επεξεργασίας αποβλήτων (Srinivasan, 2014), αλλά και σε μια πληθώρα άλλων εφαρμογών. Σε όλες τις ανωτέρω εφαρμογές, η πολυκριτήρια ανάλυση εφαρμόζεται επιτυχώς καθώς εντοπίζεται η βέλτιστη εναλλακτική επιλογή για το εκάστοτε πρόβλημα απόφασης.

Η πολυκριτήρια ανάλυση έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως στον τομέα της ενέργειας λόγω της ικανότητάς της να επιλύει σύνθετα προβλήματα ενεργειακής διαχείρισης και να διαμορφώνει αποφάσεις στον ενεργειακό τομέα (Hobbs & Meier, 2000; Papadogeorgos et al., 2017; Paparastolou et al., 2016). Έχει εφαρμοστεί για την αξιολόγηση ενεργειακών τεχνολογιών και έργων, και για την ανάπτυξη εναλλακτικών πηγών ενέργειας, λαμβάνοντας υπόψη πολιτικές, περιβαλλοντικές, κοινωνικές και οικονομικές παραμέτρους (Diakoulaki & Karangelis, 2007). Επίσης, χρησιμοποιείται σε προβλήματα ενεργειακού προγραμματισμού με ειδικές πολυκριτήριες τεχνικές (Cinelli et al., 2014).

Παραδείγματα ενεργειακών προβλημάτων που αντιμετωπίστηκαν με πολυκριτήρια ανάλυση περιλαμβάνουν:

- **Ανάλυση σεναρίων** για αξιολόγηση ενεργειακά βιώσιμων μελλοντικών καταστάσεων.
- **Μελέτη Μεσογειακών νησιών** για εφαρμογή τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και βιώσιμου τουρισμού (Michalena, 2009).
- **Βέλτιστη σχεδίαση αποκεντρωμένων συστημάτων ενέργειας** με χρήση ΑΠΕ (Papadopoulos & Karagiannidis, 2008).
- **Ανάπτυξη πλαισίου για υιοθέτηση ενεργειακών πολιτικών και δράσεων** για αξιοποίηση ΑΠΕ (Diakoulaki et al., 1999).

Με αυτόν τον τρόπο, η πολυκριτήρια ανάλυση συμβάλλει σημαντικά στη λήψη αποφάσεων στον τομέα της ενέργειας, προσφέροντας λύσεις που λαμβάνουν υπόψη πολλαπλούς και αντικρουόμενους παράγοντες.

Η πολυκριτήρια ανάλυση έχει ευρεία εφαρμογή στον ενεργειακό τομέα, διευκολύνοντας τη λήψη στρατηγικών αποφάσεων που στοχεύουν στη βελτίωση της αποδοτικότητας, τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και την ανάπτυξη βιώσιμων ενεργειακών πρακτικών (Hobbs & Meier, 2000; Papadogeorgos et al., 2017; Paparastolou et al., 2016). Μερικοί βασικοί τομείς εφαρμογής της MCDM στον ενεργειακό τομέα περιλαμβάνουν:

1. Επιλογή Ενεργειακών Έργων

Η MCDM χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση και επιλογή ενεργειακών έργων βάσει πολλαπλών κριτηρίων όπως αποδοτικότητα και βιωσιμότητα. Για την αξιολόγηση της αποδοτικότητας, λαμβάνονται υπόψη παράμετροι όπως η παραγωγή ενέργειας ανά μονάδα κόστους ή πόρων. Η βιωσιμότητα ενός έργου περιλαμβάνει την εξέταση κοινωνικών, οικονομικών και περιβαλλοντικών κριτηρίων. Επιπλέον, αξιολογούνται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις, όπως οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και η ρύπανση αέρα και νερού. Η επιτυχία ενός έργου εξαρτάται επίσης από την κοινωνική αποδοχή του, η οποία εκτιμάται βάσει των κοινωνικών επιπτώσεων και των προτιμήσεων των ενδιαφερομένων.

Για την επίτευξη αυτών των στόχων, η MCDM χρησιμοποιεί διάφορα εργαλεία όπως το Analytic Hierarchy Process (AHP), το Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS), το Multi-Attribute Utility Theory (MAUT), το ELECTRE και το PROMETHEE. Αυτά τα εργαλεία διευκολύνουν την επιλογή ενεργειακών έργων με βάση πολλαπλά κριτήρια, βελτιώνοντας τη διαδικασία λήψης αποφάσεων και προωθώντας τη βιωσιμότητα στον ενεργειακό τομέα.

2. Ανάπτυξη Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ)

Η ανάπτυξη των ΑΠΕ είναι κρίσιμη για τη μετάβαση σε ένα βιώσιμο ενεργειακό σύστημα. Η MCDM παίζει σημαντικό ρόλο επιτρέποντας τη λήψη αποφάσεων σχετικά με την επιλογή τεχνολογιών και τον καθορισμό βέλτιστης τοποθεσίας για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάρκων, αιολικών πάρκων και άλλων έργων ΑΠΕ. Μέσω της MCDM, αξιολογούνται πολλοί παράγοντες και κριτήρια όπως τεχνική εφαρμοσιμότητα, οικονομική βιωσιμότητα, περιβαλλοντικές επιπτώσεις και κοινωνική αποδοχή, με στόχο την επιλογή της βέλτιστης λύσης που θα συμβάλει στην επίτευξη στρατηγικών ενεργειακών στόχων και την προώθηση της βιωσιμότητας.

Τα παρακάτω εργαλεία χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση και επιλογή των κατάλληλων τεχνολογιών ΑΠΕ και τον καθορισμό της βέλτιστης τοποθεσίας για την εγκατάστασή τους:

- **Ανάλυση Μεγάλων Δεδομένων (Big Data Analytics):** Χρησιμοποιείται για τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων που σχετίζονται με την ανανεώσιμη ενέργεια, βοηθώντας στην επιλογή βέλτιστης τοποθεσίας για την εγκατάσταση ΑΠΕ.
- **Geographic Information System (GIS):** Χρησιμοποιείται για τη συλλογή και ανάλυση γεωχωρικών δεδομένων, βοηθώντας στη χαρτογράφηση της κατανομής των ΑΠΕ.
- **Life Cycle Assessment (LCA):** Χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση του περιβαλλοντικού αποτελέσματος των διαφόρων τεχνολογιών ΑΠΕ.
- **Αναλυτική Ιεραρχική Προσέγγιση (Analytic Hierarchy Process - AHP):** Χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση πολλαπλών κριτηρίων και επιλογή εναλλακτικών.
- **Τεχνική Επιλογής και Αξιολόγησης Έργων (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution - TOPSIS):** Χρησιμοποιείται για τη σύγκριση διαφόρων εναλλακτικών έργων ΑΠΕ.

3. Ανάπτυξη Ενεργειακών Συστημάτων

Η MCDM εφαρμόζεται για την αξιολόγηση και επιλογή ενεργειακών συστημάτων όπως δίκτυα διανομής ενέργειας, συστήματα αποθήκευσης ενέργειας και συστήματα ηλεκτροκίνησης. Η ανάπτυξη ενεργειακών συστημάτων απαιτεί προσεκτική αξιολόγηση και επιλογή των κατάλληλων λύσεων για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών μιας κοινότητας, περιοχής ή κτιρίου. Με τη χρήση της MCDM, λαμβάνονται υπόψη πολλοί παράγοντες όπως η απόδοση, το κόστος, η βιωσιμότητα και οι κοινωνικές επιπτώσεις.

Τα παρακάτω εργαλεία ανάπτυξης ενεργειακών συστημάτων χρησιμοποιούν MCDM και επιτρέπουν την ανάλυση και τη λήψη αποφάσεων:

- **Analytic Hierarchy Process (AHP):** Μέθοδος για ανάλυση και αξιολόγηση εναλλακτικών ενεργειακών συστημάτων με βάση πολλαπλά κριτήρια.
- **Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS):** Χρησιμοποιείται για επιλογή του καλύτερου ενεργειακού συστήματος με βάση την απόσταση από την ιδανική και χειρότερη λύση.

- **Multi-Attribute Utility Theory (MAUT):** Θεωρία για αξιολόγηση και λήψη αποφάσεων βάσει προτιμήσεων και χρησιμότητας εναλλακτικών ενεργειακών συστημάτων.
- **Επαναληπτική Μέθοδος Ανάλυσης (Iterative Analytical Hierarchy Process - IAHP):** Μέθοδος για επαναληπτική αξιολόγηση κριτηρίων και προσαρμογή αποφάσεων με βάση ανάλυση επιπτώσεων.
- **Τεχνική Αναλυτικής Δικτυακής Προτίμησης (Analytic Network Process - ANP):** Μέθοδος που λαμβάνει υπόψη συνθήκες εξάρτησης μεταξύ κριτηρίων και εναλλακτικών κατά την ανάλυση επιλογής ενεργειακών συστημάτων.

4. Αναβάθμιση της Ενεργειακής Απόδοσης

Η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης είναι ζωτικής σημασίας για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Η MCDM μπορεί να βοηθήσει στην επιλογή των καλύτερων τεχνολογιών και πρακτικών για αυτόν τον σκοπό, τόσο σε κτίρια όσο και σε βιομηχανικές μονάδες και μεταφορικά μέσα.

Τα παρακάτω εργαλεία επιτρέπουν σε επιχειρήσεις και οργανισμούς να επιλέξουν τις καλύτερες πρακτικές και τεχνολογίες για μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης:

- **Energy Performance Contracting (EPC):** Ένα μοντέλο σύμβασης που βελτιώνει την ενεργειακή απόδοση σε κτίρια και βιομηχανικές μονάδες.
- **Building Energy Management Systems (BEMS):** Συστήματα διαχείρισης ενέργειας που παρακολουθούν και ελέγχουν την κατανάλωση ενέργειας σε κτίρια.
- **Energy-Efficient HVAC Systems:** Συστήματα θέρμανσης, αερισμού και κλιματισμού που μειώνουν την ενεργειακή κατανάλωση σε κτίρια.
- **Energy-Efficient Lighting Systems:** Αποδοτικά συστήματα φωτισμού που μειώνουν την κατανάλωση ενέργειας.
- **Life Cycle Cost Analysis (LCCA):** Ανάλυση κόστους κατά τη διάρκεια ζωής για αξιολόγηση συνολικού κόστους και λήψη αποφάσεων βάσει οικονομικής βιωσιμότητας.

5. Ενεργειακή Πολιτική και Στρατηγική

Η MCDM χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη ενεργειακών πολιτικών και στρατηγικών, καθώς και για την αξιολόγηση των επιπτώσεών τους στο περιβάλλον και την οικονομία. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση των πολιτικών, τον σχεδιασμό στρατηγικών και την ανάλυση επιπτώσεων, επιτρέποντας στους φορείς να λαμβάνουν ενημερωμένες αποφάσεις που συμβάλλουν στη βιωσιμότητα και αειφορία της ενεργειακής πολιτικής.

Με την ενσωμάτωση όλων των παραπάνω πληροφοριών, η πολυκριτήρια ανάλυση αποδεικνύεται ένα εξαιρετικά πολύτιμο εργαλείο για τη λήψη αποφάσεων στον τομέα της ενέργειας, βοηθώντας στην επιλογή των βέλτιστων λύσεων με βάση πολλαπλά κριτήρια και ενισχύοντας τη βιωσιμότητα και αποδοτικότητα των ενεργειακών πρακτικών.

Τα παρακάτω εργαλεία ενεργειακής πολιτικής και στρατηγικής που χρησιμοποιούν MCDM συμβάλλουν στην ανάπτυξη βιώσιμων ενεργειακών πολιτικών και στρατηγικών που λαμβάνουν υπόψη τις οικονομικές και περιβαλλοντικές διαστάσεις της ενέργειας:

- **Μοντέλα Προσομοίωσης Ενεργειακών Συστημάτων:** Αξιολογούν τις ενεργειακές πολιτικές και στρατηγικές μέσω προσομοιώσεων που παρέχουν δεδομένα για την απόδοση και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.
- **Ανάλυση Πολιτικών Αειφορίας Ενέργειας:** Αξιολογεί πολιτικές που στοχεύουν στην αειφόρο παραγωγή και χρήση ενέργειας, συμπεριλαμβανομένων των ανανεώσιμων πηγών και της ενεργειακής απόδοσης.
- **Αξιολόγηση Τεχνολογικών Επιλογών:** Συγκρίνει διάφορες τεχνολογίες παραγωγής και χρήσης ενέργειας, όπως η ηλιακή και η αιολική ενέργεια.
- **Κοινωνική Αποδοχή και Συμμετοχή:** Αξιολογεί τις προτεραιότητες και ανησυχίες του κοινού σχετικά με τις ενεργειακές πολιτικές και επενδύσεις.
- **Οικονομική Ανάλυση:** Αξιολογεί το οικονομικό αντίκτυπο διαφόρων ενεργειακών πολιτικών και στρατηγικών.

Η διαδικασία απόδοσης βαρών σε κριτήρια ενεργειακών προβλημάτων είναι σημαντική για τη λήψη αποφάσεων, καθώς λαμβάνει υπόψη τις προτιμήσεις των υπευθύνων για την πολιτική (Grafakos et al., 2010). Η σημασία της απόδοσης βαρών στα ενεργειακά ζητήματα αλλά και γενικότερα, μελετήθηκε περαιτέρω από τους Choo et al. (1999) και Brugha (1998). Με αυτόν τον τρόπο, η συμμετοχική πολυκριτήρια ανάλυση (ΣΠΑ) έχει τη δυνατότητα να αξιολογεί διάφορες πιθανές ενεργειακές στρατηγικές, λαμβάνοντας υπόψη τις διαφορετικές κρίσεις, προτιμήσεις, στόχους και περιορισμούς των αποφασιζόντων (Melnick & Everitt, 2008).

Για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, η ΣΠΑ εφαρμόζεται σε τέσσερις κύριους άξονες:

- **Σχεδιασμός και Πολιτικές για τις ΑΠΕ:** Αξιολόγηση της νομοθεσίας και των πρωτοβουλιών που επηρεάζουν την ανάπτυξη των ΑΠΕ.
- **Αξιολόγηση και Εκτίμηση των ΑΠΕ:** Αξιολόγηση της αποδοτικότητας, βιωσιμότητας και επιπτώσεων των ΑΠΕ.
- **Επιλογή Κατάλληλης Τεχνολογίας:** Αξιολόγηση και επιλογή τεχνολογίας για την υλοποίηση έργων με ΑΠΕ.
- **Μελέτη Περιβαλλοντικών Προσεγγίσεων:** Ανάλυση των περιβαλλοντικών προεκτάσεων των ΑΠΕ.

Επιπλέον, για τον σχεδιασμό ανανεώσιμων πηγών πολλοί ερευνητές εστιάζουν στη σύγκριση και τον πιθανό συνδυασμό διαφόρων πολυκριτηριακών μεθόδων ώστε να επιτύχουν την καλύτερη δυνατή προσέγγιση για το πρόβλημα απόφασης (Polatidis et al., 2006; Chu et al., 2007).

Εφαρμογή Συνδυασμένων Πολυκριτηριακών Μεθόδων

Η μέθοδος που θα εφαρμοστεί στην παρούσα εργασία για την μελέτη της ενεργειακής συνεργασίας ΕΕ-Βορείου Αφρικής περιλαμβάνει τον συνδυασμό δύο πολυκριτηριακών μεθόδων: της Analytical Hierarchy Process (ΑΗΡ) και της Technique for Order of Preference by Similarity

Κεφάλαιο 3

το Ideal Solution (**TOPSIS**) υπό καθεστώς ασάφειας (**Fuzzy-TOPSIS**). Στη συνέχεια παρουσιάζεται μια ανασκόπηση για κάθε μια από τις μεθόδους αυτές, ενώ παρουσιάζονται και εφαρμογές της πολυκριτήριας ανάλυσης με την ανάλυση SWOT, η οποία αναλύεται στην ενότητα 3.3.

3.2 Ο συνδυασμός της AHP με την Fuzzy-TOPSIS για την Υποστήριξη Αποφάσεων

Για να διασφαλιστεί μια επιτυχημένη συνεργασία μεταξύ της ΕΕ και των χωρών της Βόρειας Αφρικής στον ενεργειακό τομέα, χρησιμοποιείται ένας συνδυασμός δύο μεθόδων λήψης αποφάσεων: της AHP (Analytic Hierarchy Process) και της Fuzzy-TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution). Αυτός ο συνδυασμός επιλέχθηκε για να βοηθήσει την ΕΕ να πετύχει τους μελλοντικούς ενεργειακούς της στόχους και να δημιουργήσει συνθήκες ανάπτυξης στις χώρες της Βόρειας Αφρικής.

Η ανασκόπηση της παγκόσμιας βιβλιογραφίας δείχνει ότι ο συνδυασμός αυτών των δύο μεθόδων έχει χρησιμοποιηθεί επιτυχώς σε πολλές περιπτώσεις. Για παράδειγμα, ο M.P. Amiri (2010) χρησιμοποίησε τον συνδυασμό AHP και Fuzzy-TOPSIS για την επιλογή έργων ανάπτυξης στον πετρελαϊκό τομέα του Ιράν, ενώ οι X. Yu et al. (2011) ανέπτυξαν ένα μοντέλο αξιολόγησης για ιστότοπους ηλεκτρονικού εμπορίου B2C με τη βοήθεια αυτών των μεθόδων. Επιπλέον, άλλοι συνδυασμοί όπως Fuzzy AHP-Fuzzy TOPSIS και Fuzzy AHP-TOPSIS έχουν εφαρμοστεί σε διάφορους τομείς, όπως η βελτίωση των συστημάτων παραγωγής και η διαχείριση των απωλειών νερού σε αναπτυσσόμενες χώρες.

Η μέθοδος AHP βοηθά στην ιεράρχηση των κριτηρίων και των υποκριτηρίων, καθορίζοντας τη σημαντικότητά τους στη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Από την άλλη πλευρά, η μέθοδος TOPSIS αξιολογεί τις εναλλακτικές λύσεις με βάση την εγγύτητά τους στην ιδανική λύση, επιτρέποντας μια αντικειμενική σύγκριση.

Η εφαρμογή της Fuzzy-TOPSIS εισάγει ένα στοιχείο ευελιξίας στη διαδικασία, επιτρέποντας τη διαχείριση της αβεβαιότητας και της ασάφειας στα δεδομένα και τις προτιμήσεις των ενδιαφερομένων. Αυτό καθιστά τις αποφάσεις πιο προσαρμοσμένες σε αβέβαια περιβάλλοντα, όπως αυτά που χαρακτηρίζουν συχνά τις ενεργειακές πολιτικές και τις διεθνείς συνεργασίες.

Συνολικά, ο συνδυασμός των μεθόδων AHP και Fuzzy-TOPSIS παρέχει μια ισχυρή προσέγγιση για την υποστήριξη λήψης αποφάσεων σε πολύπλοκα ενεργειακά ζητήματα. Αυτή η μεθοδολογία επιτρέπει τη λήψη καλύτερων αποφάσεων, λαμβάνοντας υπόψη τόσο τις προτιμήσεις των ενδιαφερομένων όσο και τις αντικειμενικές αξιολογήσεις των εναλλακτικών λύσεων. Με αυτόν τον τρόπο, μπορεί να επιτευχθεί μια πιο επιτυχημένη και βιώσιμη ενεργειακή συνεργασία μεταξύ της ΕΕ και των χωρών της Βόρειας Αφρικής.

3.2.1 Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία (AHP)

Η Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία (AHP) αναπτύχθηκε το 1980 από τον Thomas L. Saaty και αποτελεί ένα ισχυρό εργαλείο για την αξιολόγηση συγκρουόμενων κριτηρίων σε πολυκριτήρια προβλήματα. Μέσω της AHP, οι χρήστες μπορούν να εξετάσουν τη σχετική σημασία πολλών εναλλακτικών δραστηριοτήτων με βάση ποικίλα κριτήρια. Η AHP βασίζεται στη δομή του προβλήματος, οργανώνοντας κριτήρια και εναλλακτικές λύσεις σε μια ιεραρχική δομή για τη λήψη αποφάσεων. Επιτρέπει την ενσωμάτωση τόσο ποιοτικών όσο και ποσοτικών κριτηρίων, αξιολογώντας πολλές πτυχές του προβλήματος. Η διαδικασία περιλαμβάνει μια σειρά συγκρίσεων

και συνθέτει προτεραιότητες για την εύρεση της καλύτερης λύσης, λαμβάνοντας υπόψη πολλαπλούς παράγοντες και προτεραιότητες (Saaty, 2008).

- Καθορισμός Ιεραρχίας: Το πρόβλημα διασπάται σε ιεραρχικά επίπεδα, με τον στόχο στην κορυφή, τα κριτήρια και υποκριτήρια στη μέση, και τις εναλλακτικές λύσεις στο κάτω μέρος.
- Σύγκριση Ζευγών: Κάθε κριτήριο και εναλλακτική λύση συγκρίνεται ανά ζεύγη για να καθοριστεί η σχετική τους σημαντικότητα, χρησιμοποιώντας αριθμητικούς δείκτες (Saaty, 1990).
- Υπολογισμός Βαρών: Υπολογίζονται τα βάρη των κριτηρίων και των εναλλακτικών λύσεων, εκφράζοντας τη σχετική τους σημαντικότητα (Forman & Gass, 2001).
- Συνολική Αξιολόγηση: Συνδυάζονται τα βάρη των κριτηρίων με τις αξιολογήσεις των εναλλακτικών για να προκύψει ένα συνολικό σκορ για κάθε εναλλακτική λύση, επιλέγοντας την καλύτερη λύση (Saaty, 2005).

Η AHP έχει εφαρμοστεί σε πολλούς τομείς λόγω της απλότητας και ευελιξίας της:

- Επιχειρησιακή Στρατηγική: Για την αξιολόγηση και επιλογή στρατηγικών επιλογών βάσει κριτηρίων όπως κερδοφορία, κίνδυνος και βιωσιμότητα (Saaty, 2008).
- Επιλογή Προμηθευτών: Στη διαχείριση αλυσίδας προμηθειών για την αξιολόγηση και επιλογή των καλύτερων προμηθευτών (Bhutta & Huq, 2002).
- Αξιολόγηση Κινδύνων: Στην εκτίμηση και προτεραιοποίηση των κινδύνων σε διάφορους τομείς (Dey, 2006).
- Ενεργειακή Πολιτική: Για την αξιολόγηση και επιλογή ενεργειακών έργων και τεχνολογιών βάσει αποδοτικότητας, βιωσιμότητας και κοινωνικής αποδοχής (Shin et al., 2007).

Η AHP έχει εφαρμοστεί ευρέως σε διάφορους τομείς, αποδεικνύοντας την ευρύτητα και την αποτελεσματικότητά της:

1. Βιομηχανία Αεροσκαφών: Αξιολόγηση ανταγωνιστικότητας εταιρειών, μέτρηση ποιότητας υπηρεσιών και αξιολόγηση ασφάλειας (Wang et al., 2009).
2. Ενεργειακή Πολιτική: Ιεράρχηση πετροχημικών μονάδων (Dey, 2006), αξιολόγηση πυρηνικών μονάδων (Shin et al., 2007), επενδύσεις σε θέρμανση από φυσικό αέριο (Lee et al., 2007), επιλογή διάρθρωσης ενεργειακής αγοράς (Bhattacharyya & Dey, 2003), βελτίωση ενεργειακής αποδοτικότητας (Yoon et al., 2007) και τοποθέτηση φωτοβολταϊκών μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (Al Garni & Awasthi, 2017).

Η AHP έχει χρησιμοποιηθεί εκτενώς για την αξιολόγηση και επιλογή ενεργειακών πολιτικών και τεχνολογιών:

- Αξιολόγηση Ενεργειακής Αποδοτικότητας: Χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της ενεργειακής αποδοτικότητας σε διάφορες βιομηχανίες και τομείς (Lee et al., 2008).
- Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας: Χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση και επιλογή των βέλτιστων τοποθεσιών και τεχνολογιών για έργα ΑΠΕ (Tahri et al., 2015).

Η κλασική μέθοδος AHP δεν αντιμετωπίζει επαρκώς τις ασάφειες και την αβεβαιότητα που συχνά υπάρχουν σε προβλήματα λήψης αποφάσεων. Για τον λόγο αυτό αναπτύχθηκε η μέθοδος Fuzzy-AHP, η οποία συνδυάζει την ασαφή λογική με την AHP για ακριβέστερα αποτελέσματα υπό συνθήκες αβεβαιότητας (Van Laarhoven & Pedrycz, 1983). Η Fuzzy-AHP επιτρέπει την

αξιολόγηση των επιλογών χρησιμοποιώντας ασαφείς αριθμούς αντί για καθαρούς αριθμούς, καθιστώντας την κατάλληλη για την αντιμετώπιση της ασάφειας στις αποφάσεις (Wang & Elhag, 2006).

Η AHP είναι μια ευέλικτη και ισχυρή μέθοδος λήψης αποφάσεων που μπορεί να εφαρμοστεί σε ένα ευρύ φάσμα τομέων. Από την ιεράρχηση των προτεραιοτήτων στην έρευνα και ανάπτυξη μέχρι την επιλογή των βέλτιστων τεχνολογιών και πολιτικών στον τομέα της ενέργειας, η AHP παρέχει μια σαφή και λογική προσέγγιση για την αντιμετώπιση σύνθετων προβλημάτων. Η προσθήκη της Fuzzy-AHP επιτρέπει την αντιμετώπιση της αβεβαιότητας και της ασάφειας, καθιστώντας την ακόμα πιο αποτελεσματική σε περιβάλλοντα με ασαφή δεδομένα.

Πίνακας 3.1: Πεδίο Εφαρμογής και Παραδείγματα Χρήσης AHP

Πεδίο Εφαρμογής	Παραδείγματα Χρήσης	Πηγές
Βιομηχανία Αεροσκαφών	Αξιολόγηση ανταγωνιστικότητας εταιρειών, μέτρηση ποιότητας υπηρεσιών και ασφάλειας	Wang et al., 2009
Ενεργειακή Πολιτική	Ιεράρχηση μονάδων, αξιολόγηση πετροχημικών μονάδων, αξιολόγηση πυρηνικών μονάδων	Dey, 2006; Shin et al., 2007
Επιχειρησιακή Στρατηγική	Αξιολόγηση και επιλογή στρατηγικών επιλογών βάσει κριτηρίων όπως κερδοφορία, κίνδυνος	Saaty, 2008
Επιλογή Προμηθευτών	Αξιολόγηση και επιλογή των καλύτερων προμηθευτών	Bhutta & Huq, 2002
Αξιολόγηση Κινδύνων	Εκτίμηση και προτεραιοποίηση των κινδύνων σε διάφορους τομείς	Dey, 2006
Αξιολόγηση Ενεργειακής Αποδοτικότητας	Αξιολόγηση της ενεργειακής αποδοτικότητας σε διάφορες βιομηχανίες και τομείς	Lee et al., 2008

Κεφάλαιο 3

Ανανεώσιμες Ενέργειας	Πηγές	Αξιολόγηση και επιλογή βέλτιστων τοποθεσιών και τεχνολογιών για έργα ΑΠΕ	Tahri et al., 2015
Επενδύσεις σε Θέρμανση από Φυσικό Αέριο		Αξιολόγηση επενδύσεων σε θέρμανση από φυσικό αέριο	Lee et al., 2007
Τοποθέτηση Φωτοβολταϊκών Μονάδων		Αξιολόγηση και επιλογή τοποθεσιών για φωτοβολταϊκές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας	Al Garni & Awasthi, 2017
Βελτίωση Απόδοσης	Ενεργειακής	Προσδιορισμός στρατηγικών για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης	Yoon et al., 2007
Διοίκηση Δυναμικού	Ανθρώπινου	Αξιολόγηση της απόδοσης των υπαλλήλων και την επιλογή και προαγωγή προσωπικού	Boran et al., 2011
Διαχείριση Υδάτινων Πόρων		Κατανομή υδάτινων πόρων και βελτίωση αποδοτικότητας	Rezaei et al., 2018
Ιατρική		Επιλογή κατάλληλης θεραπείας και ιατρικού εξοπλισμού	Wang & Elhag, 2006
Γεωργία		Αξιολόγηση γεωργικών εκμεταλλεύσεων και επιλογή κατάλληλων γεωργικών προϊόντων για καλλιέργεια	Düzgün et al., 2017
Εκπαίδευση		Αξιολόγηση εκπαιδευτικών προγραμμάτων και επιλογή εκπαιδευτικών υλικών	Liu & Lin, 2014

Κυβερνητικά Ζητήματα	Επιλογή της βέλτιστης πολιτικής για την αντιμετώπιση κοινωνικών προβλημάτων	Saaty & Vargas, 2012
----------------------	---	----------------------

3.2.2 Μέθοδος TOPSIS

Η μέθοδος TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity To An Ideal Solution) προτάθηκε από τους Hwang και Yoon το 1981 και αργότερα επεκτάθηκε από τον Yoon το 1987. Πρόκειται για ένα ισχυρό εργαλείο για τη λήψη αποφάσεων σε προβλήματα με πολλαπλά κριτήρια. Ο κύριος στόχος της TOPSIS είναι να εντοπίσει την καλύτερη εναλλακτική λύση μέσω της ανάλυσης και της αξιολόγησης των εναλλακτικών λύσεων. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην αρχή ότι η βέλτιστη εναλλακτική λύση είναι αυτή που είναι όσο το δυνατόν πιο κοντά στην ιδανική λύση και όσο το δυνατόν πιο μακριά από την αντί-ιδανική λύση (Hwang & Yoon, 1981).

Η διαδικασία της TOPSIS περιλαμβάνει τα εξής βήματα:

1. Κανονικοποίηση των Δεδομένων: Τα δεδομένα κανονικοποιούνται έτσι ώστε οι τιμές να γίνουν συγκρίσιμες. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της μεθόδου του διανυσματικού κανονισμού.
2. Δημιουργία Βαθμολογικού Πίνακα: Καταρτίζεται ένας πίνακας που περιλαμβάνει τις κανονικοποιημένες τιμές για κάθε κριτήριο και εναλλακτική λύση.
3. Υπολογισμός Ιδανικής και Αντί-Ιδανικής Λύσης: Η ιδανική λύση αποτελείται από τις καλύτερες τιμές για κάθε κριτήριο, ενώ η αντί-ιδανική λύση περιλαμβάνει τις χειρότερες τιμές για κάθε κριτήριο.
4. Υπολογισμός Αποστάσεων: Υπολογίζεται η απόσταση κάθε εναλλακτικής από την ιδανική και την αντί-ιδανική λύση χρησιμοποιώντας την Ευκλείδεια απόσταση.
5. Υπολογισμός Σχετικής Συγγένειας: Η σχετική συγγένεια κάθε εναλλακτικής λύσης προς την ιδανική λύση υπολογίζεται ως ο λόγος της απόστασης από την αντί-ιδανική λύση προς το άθροισμα των αποστάσεων από την ιδανική και την αντί-ιδανική λύση.
6. Κατάταξη των Εναλλακτικών Λύσεων: Οι εναλλακτικές λύσεις κατατάσσονται βάσει της σχετικής συγγένειας προς την ιδανική λύση, με την εναλλακτική που έχει την υψηλότερη συγγένεια να θεωρείται η καλύτερη επιλογή.

Η TOPSIS χρησιμοποιείται σε πολλούς τομείς για την επίλυση προβλημάτων με πολλαπλά κριτήρια, όπως:

- Επιχειρησιακή Στρατηγική: Χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση και επιλογή στρατηγικών επιλογών με βάση κριτήρια όπως κερδοφορία, κίνδυνος και βιωσιμότητα (Behzadian et al., 2012).

Κεφάλαιο 3

- **Επιλογή Προμηθευτών:** Εφαρμόζεται στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας για την αξιολόγηση και επιλογή προμηθευτών βάσει κριτηρίων όπως ποιότητα, αξιοπιστία και κόστος (Deng et al., 2000).
- **Αξιολόγηση Κινδύνων:** Χρησιμοποιείται στην εκτίμηση και προτεραιοποίηση των κινδύνων σε διάφορους τομείς, όπως η κατασκευή και οι επενδύσεις (Pomerol & Barba-Romero, 2012).
- **Ενεργειακή Πολιτική:** Εφαρμόζεται στην αξιολόγηση και επιλογή ενεργειακών έργων και τεχνολογιών βάσει αποδοτικότητας, βιωσιμότητας και κοινωνικής αποδοχής (Jahanshahloo et al., 2006).

Μερικά παραδείγματα εφαρμογής της TOPSIS περιλαμβάνουν:

- **Βιομηχανία Αεροσκαφών:** Αξιολόγηση της ποιότητας υπηρεσιών και της ασφάλειας των αεροσκαφών (Wang & Chang, 2007).
- **Ενεργειακή Πολιτική:** Αξιολόγηση πυρηνικών μονάδων (Shin et al., 2007), επενδύσεις σε θέρμανση από φυσικό αέριο (Lee et al., 2007) και τοποθέτηση φωτοβολταϊκών μονάδων (Al Garni & Awasthi, 2017).

Η κλασική TOPSIS χρησιμοποιεί ακριβείς αριθμούς για τον προσδιορισμό βαρών και αποδόσεων, αλλά δεν μπορεί να διαχειριστεί αποτελεσματικά την ασάφεια. Γι' αυτόν τον λόγο δημιουργήθηκε η Fuzzy TOPSIS, η οποία επιτρέπει τη χρήση ασαφών συνόλων για τον προσδιορισμό βαρών και αποδόσεων, αντιμετωπίζοντας την ασάφεια στη λήψη αποφάσεων. Η Fuzzy TOPSIS αντιπροσωπεύει ένα ισχυρό εργαλείο στο πεδίο της Πολυκριτήριας Ανάλυσης Αποφάσεων. Βασική της λειτουργία είναι η αντιστοίχιση κάθε πιθανής εναλλακτικής λύσης με έναν συντελεστή εγγύτητας, ο οποίος υπολογίζεται χρησιμοποιώντας ασαφείς αριθμητικές πράξεις. Στη συνέχεια, οι εναλλακτικές κατατάσσονται βάσει αυτών των συντελεστών εγγύτητας με χρήση μιας μεθόδου απο-ασαφοποίησης (Chen, 2000).

Η Fuzzy TOPSIS είναι ένα πολύτιμο εργαλείο για τη λήψη αποφάσεων σε διάφορους τομείς:

1. **Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας:** Εφαρμόζεται για την αξιολόγηση προμηθευτών, τη βελτιστοποίηση αποθήκης και διανομής, την αξιολόγηση της εφοδιαστικής αλυσίδας και τον σχεδιασμό μεταφοράς και αποθήκευσης (Saaty & Vargas, 2012; Zhang et al., 2019).
2. **Σχεδιασμός, Μηχανική και Συστήματα Παραγωγής:** Χρησιμοποιείται στον σχεδιασμό προϊόντων και στις μηχανικές και παραγωγικές διαδικασίες (Chen & Chen, 2011; Liu et al., 2013).
3. **Διαχείριση Επιχειρησιακού Μάρκετινγκ:** Εφαρμόζεται για την αξιολόγηση επιχειρησιακών πολιτικών και τη διαχείριση στρατηγικών μάρκετινγκ (Aydogan, 2011; Peng et al., 2011).
4. **Διαχείριση Υγείας, Ασφάλειας και Περιβάλλοντος:** Χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση τεχνολογιών υγείας και τη βελτίωση της περιβαλλοντικής απόδοσης (Krohling & Campaharo, 2011; Yue, 2011).
5. **Διοίκηση Ανθρώπινου Δυναμικού:** Χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της απόδοσης των υπαλλήλων και την επιλογή και προαγωγή προσωπικού (Boran et al., 2011; Beynon et al., 2004).
6. **Διαχείριση Υδάτινων Πόρων:** Εφαρμόζεται για την κατανομή των υδάτινων πόρων και τη βελτίωση της αποδοτικότητας των αλυσίδων εφοδιασμού (Dai et al., 2010; Rezaei et al., 2018).

7. Ιατρική: Χρησιμοποιείται για την επιλογή κατάλληλης θεραπείας και ιατρικού εξοπλισμού (Tang et al., 2011).
8. Γεωργία: Χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση γεωργικών εκμεταλλεύσεων και την επιλογή κατάλληλων γεωργικών προϊόντων για καλλιέργεια (Düzgün et al., 2017).
9. Εκπαίδευση: Χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση εκπαιδευτικών προγραμμάτων και την επιλογή εκπαιδευτικών υλικών (Liu & Lin, 2014; Liu & Zhang, 2019).
10. Κυβερνητικά Ζητήματα: Χρησιμοποιείται για την επιλογή της βέλτιστης πολιτικής για την αντιμετώπιση κοινωνικών προβλημάτων.
11. Αθλητισμός: Εφαρμόζεται για την επιλογή αθλητών για ομάδες και την αξιολόγηση αθλητικών εγκαταστάσεων.

Η εφαρμογή της Fuzzy TOPSIS έχει επεκταθεί και στον χώρο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Για παράδειγμα, έχει αξιοποιηθεί στην αξιολόγηση της βιωσιμότητας των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Doukas et al., 2009), στην κατάταξη συστημάτων παροχής ανανεώσιμης ενέργειας στην Τουρκία (Şengül et al., 2015) και στην επιλογή προμηθευτών ανανεώσιμης ενέργειας (Jabbour et al., 2014).

Αυτά τα παραδείγματα, σε συνδυασμό με άλλα που παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα, αποτελούν ενδείξεις της ευρείας εφαρμογής της μεθόδου Fuzzy-TOPSIS για την αντιμετώπιση προβλημάτων ενεργειακής φύσεως.

Πίνακας 3.2: Πεδίο Εφαρμογής και Παραδείγματα Χρήσης Fuzzy TOPSIS

Πεδίο Εφαρμογής	Παραδείγματα Χρήσης	Πηγές
Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας	Αξιολόγηση προμηθευτών, βελτιστοποίηση αποθήκης και διανομής	Saaty & Vargas, 2012; Zhang et al., 2019
Σχεδιασμός, Μηχανική και Συστήματα Παραγωγής	Σχεδιασμός προϊόντων, μηχανικές και παραγωγικές διαδικασίες	Chen & Chen, 2011; Liu et al., 2013
Διαχείριση Επιχειρησιακού Μάρκετινγκ	Αξιολόγηση επιχειρησιακών πολιτικών, διαχείριση στρατηγικών μάρκετινγκ	Aydogan, 2011; Peng et al., 2011
Διαχείριση Ασφάλειας Περιβάλλοντος Υγείας, και	Αξιολόγηση τεχνολογιών υγείας, βελτίωση περιβαλλοντικής απόδοσης	Krohling & Campaharo, 2011; Yue, 2011

Κεφάλαιο 3

Διοίκηση Δυναμικού	Ανθρώπινου	Αξιολόγηση της απόδοσης υπαλλήλων, επιλογή και προαγωγή προσωπικού	Boran et al., 2011; Beynon et al., 2004
Διαχείριση Υδάτινων Πόρων		Κατανομή υδάτινων πόρων, βελτίωση αποδοτικότητας αλυσίδων εφοδιασμού	Dai et al., 2010; Rezaei et al., 2018
Ιατρική		Επιλογή κατάλληλης θεραπείας, εξοπλισμού ιατρικού	Tang et al., 2011
Γεωργία		Αξιολόγηση γεωργικών εκμεταλλεύσεων, επιλογή γεωργικών προϊόντων	Düzgün et al., 2017
Εκπαίδευση		Αξιολόγηση εκπαιδευτικών προγραμμάτων, επιλογή εκπαιδευτικών υλικών	Liu & Lin, 2014; Liu & Zhang, 2019
Κυβερνητικά Ζητήματα		Επιλογή βέλτιστης πολιτικής για κοινωνικά προβλήματα	Jabbour et al., 2014
Αθλητισμός		Επιλογή αθλητών για ομάδες, αξιολόγηση αθλητικών εγκαταστάσεων	Doukas et al., 2009; Şengül et al., 2015
Ανανεώσιμες Ενέργειας	Πηγές	Αξιολόγηση βιωσιμότητας ΑΠΕ, κατάταξη συστημάτων παροχής ενέργειας	Doukas et al., 2009; Şengül et al., 2015

3.3 Η Ανάλυση SWOT και η Πολυκριτήρια Ανάλυση για την Αντιμετώπιση Προβλημάτων Απόφασης

3.3.1 Η Ανάλυση SWOT

Η ανάλυση SWOT είναι μια δημοφιλής μέθοδος στρατηγικής ανάλυσης που χρησιμοποιείται για την αναγνώριση και αξιολόγηση των εσωτερικών και εξωτερικών παραγόντων που επηρεάζουν την απόδοση ενός οργανισμού ή ενός έργου. Η μέθοδος αυτή αναπτύχθηκε τη δεκαετία του 1960 και έχει ευρεία εφαρμογή σε επιχειρήσεις, ακαδημαϊκές κοινότητες και διάφορους οργανισμούς (Gürel & Tat, 2017).

Η ανάλυση SWOT περιλαμβάνει τέσσερα κύρια στοιχεία:

- **Δυνατότητες (Strengths):** Αυτά είναι τα εσωτερικά πλεονεκτήματα και πόροι που προσδίδουν ανταγωνιστικό πλεονέκτημα στον οργανισμό. Παραδείγματα δυνατών σημείων μπορεί να είναι η τεχνογνωσία, η ισχυρή φήμη, οι αποδοτικές διαδικασίες και η οικονομική σταθερότητα (Pickton & Wright, 1998).
- **Αδυναμίες (Weaknesses):** Αυτά είναι οι εσωτερικές αδυναμίες ή περιορισμοί που μπορεί να εμποδίσουν την επίτευξη των στόχων του οργανισμού. Παραδείγματα αδύναμων σημείων περιλαμβάνουν την έλλειψη πόρων, την ανεπαρκή τεχνολογία και τις ανίσχυρες δομές διαχείρισης (Helms & Nixon, 2010).
- **Ευκαιρίες (Opportunities):** Αυτοί είναι οι εξωτερικοί παράγοντες που μπορούν να προσφέρουν πλεονεκτήματα ή ανάπτυξη στον οργανισμό. Μπορεί να περιλαμβάνουν νέες αγορές, τεχνολογικές εξελίξεις, συνεργασίες και ευνοϊκές αλλαγές στο νομοθετικό πλαίσιο (Chen, 2000).
- **Απειλές (Threats):** Αυτοί είναι οι εξωτερικοί παράγοντες που μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα ή κινδύνους για τον οργανισμό. Παραδείγματα απειλών περιλαμβάνουν τον αυξημένο ανταγωνισμό, τις οικονομικές κρίσεις και τις αλλαγές στις καταναλωτικές τάσεις (Valentin, 2001).

Η διαδικασία ανάλυσης SWOT ακολουθεί τα εξής βήματα:

- **Συλλογή Πληροφοριών:** Συγκέντρωση δεδομένων για τον οργανισμό και το περιβάλλον στο οποίο δραστηριοποιείται.
- **Κατηγοριοποίηση των Πληροφοριών:** Διαχωρισμός των δεδομένων σε δυνατά και αδύναμα σημεία, ευκαιρίες και απειλές.

- **Ανάλυση και Σύνθεση:** Δημιουργία ενός πίνακα SWOT που παρουσιάζει τα δυνατά και αδύναμα σημεία, καθώς και τις ευκαιρίες και τις απειλές. Αυτός ο πίνακας βοηθά στην οπτικοποίηση και κατανόηση των παραγόντων που επηρεάζουν τον οργανισμό (Gürel & Tat, 2017).

Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει ένα παράδειγμα ανάλυσης SWOT για έναν οργανισμό:

Πίνακας 3.3: Παράδειγμα Ανάλυσης SWOT για Οργανισμό

Δυνατά Σημεία (Strengths)	Αδύναμα Σημεία (Weaknesses)
Ισχυρή φήμη στον κλάδο	Υψηλό κόστος παραγωγής
Προηγμένες τεχνολογίες παραγωγής	Εξάρτηση από περιορισμένο αριθμό προμηθευτών
Υψηλά επίπεδα καινοτομίας	Έλλειψη εξειδικευμένου προσωπικού
Ευκαιρίες (Opportunities)	Απειλές (Threats)
Ανάπτυξη νέων αγορών	Αύξηση του ανταγωνισμού
Κυβερνητικά κίνητρα για καινοτομία	Αλλαγές στη νομοθεσία
Συνεργασίες με διεθνείς εταιρείες	Οικονομική αβεβαιότητα

Η ανάλυση SWOT είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στον ενεργειακό τομέα για την αξιολόγηση και ανάπτυξη στρατηγικών, την επιλογή τεχνολογιών και την ανάπτυξη νέων έργων. Μερικές εφαρμογές περιλαμβάνουν:

1. Αξιολόγηση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ): Η ανάλυση SWOT μπορεί να βοηθήσει στην αξιολόγηση των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων των ΑΠΕ, καθώς και στην αναγνώριση των ευκαιριών και των κινδύνων από τον ανταγωνισμό και τις τεχνολογικές αλλαγές (Terrados et al., 2007).
2. Στρατηγική Ανάπτυξη Ενεργειακών Πολιτικών: Χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη ενεργειακών πολιτικών που λαμβάνουν υπόψη τις εσωτερικές και εξωτερικές προκλήσεις, προωθώντας τη βιώσιμη ανάπτυξη και τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (Cherip et al., 2007).
3. Επιλογή Ενεργειακών Τεχνολογιών: Η ανάλυση SWOT χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση και επιλογή νέων ενεργειακών τεχνολογιών, λαμβάνοντας υπόψη τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα κάθε τεχνολογίας, τις ευκαιρίες και τις απειλές από το εξωτερικό περιβάλλον (Luthra et al., 2015).

Η ανάλυση SWOT είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για την κατανόηση και αντιμετώπιση των παραγόντων που επηρεάζουν έναν οργανισμό ή ένα έργο, παρέχοντας ένα πλαίσιο για τη λήψη πιο ενημερωμένων και στρατηγικά ευθυγραμμισμένων αποφάσεων.

Συνδυασμός SWOT με AHP

Ο συνδυασμός της ανάλυσης SWOT με την AHP οδηγεί στη δημιουργία της μεθόδου A'WOT, η οποία επιτρέπει την αντικειμενική αξιολόγηση των παραγόντων της SWOT μέσω της ποσοτικοποίησης και της ιεράρχησης τους. Η AHP βοηθά στην εκτίμηση της σημασίας κάθε παράγοντα, επιτρέποντας μια πιο ολοκληρωμένη και αντικειμενική διαδικασία λήψης αποφάσεων (Saaty, 1980).

Η μέθοδος A'WOT έχει χρησιμοποιηθεί επιτυχώς σε διάφορους τομείς, όπως ο τουρισμός, η περιβαλλοντική αξιολόγηση και η διαχείριση κατασκευαστικών έργων. Για παράδειγμα, στη Σρι Λάνκα, η μέθοδος A'WOT εφαρμόστηκε για την ανάπτυξη στρατηγικών τουριστικής ανάπτυξης, ενώ στην κατασκευαστική βιομηχανία χρησιμοποιήθηκε για την αξιολόγηση της παγκόσμιας ανταγωνιστικότητας (Kajanus et al., 2012).

Συνδυασμός SWOT με Fuzzy-TOPSIS

Η Fuzzy-TOPSIS είναι μια πολυκριτήρια μέθοδος που επιτρέπει την αντιμετώπιση της αβεβαιότητας και της ασάφειας στα δεδομένα. Συνδυάζοντας την ανάλυση SWOT με τη Fuzzy-TOPSIS, μπορούμε να επιτύχουμε μια πιο ακριβή και αξιόπιστη αξιολόγηση των παραγόντων που επηρεάζουν τη λήψη αποφάσεων. Αυτή η προσέγγιση είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στον ενεργειακό τομέα, όπου η αβεβαιότητα και η ασάφεια είναι συχνά παρόντες (Zadeh, 1965).

3.3.2 Εφαρμογές της Ανάλυσης SWOT στον Ενεργειακό Τομέα

Η συνδυασμένη χρήση της ανάλυσης SWOT με άλλες πολυκριτήριες μεθόδους, όπως η Analytic Network Process (ANP) και η Fuzzy-TOPSIS, είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στον ενεργειακό τομέα. Για παράδειγμα, στη μελέτη για τον ενεργειακό προγραμματισμό της Τουρκίας, συνδυάστηκε η ανάλυση SWOT με την ANP και τη Fuzzy-TOPSIS για την αξιολόγηση και ανάπτυξη στρατηγικών ενεργειακής πολιτικής (Ervural et al., 2018).

Στον παρακάτω πίνακα, παρουσιάζονται παραδείγματα εφαρμογών της ανάλυσης SWOT σε συνδυασμό με διάφορες πολυκριτήριες μεθόδους στον τομέα της ενεργειακής πολιτικής και διαχείρισης.

Πίνακας 3.4: Εφαρμογές της ανάλυσης SWOT στον τομέα της ενεργειακής πολιτικής και διαχείρισης σε συνδυασμό με άλλες τεχνικές

Συγγραφείς	Τομέας	Συνδυασμός με άλλες τεχνικές
Szulecka & Monges Zalazar (2017)	Δενδροφύτευση για δημιουργία δασικών εκτάσεων	AHP
Shahba et al. (2017)	Διαχείριση αποβλήτων ορυχείων	AHP
Eslampoor & Sepehriar (2014)	Βελτίωση περιβαλλοντικής κατάστασης	AHP
Yavuz & Baycan (2013)	Διαχείριση υδροφόρου ορίζοντα	AHP-TOWS
Rachid & El Fadel (2013)	Αξιολόγηση περιβαλλοντικής στρατηγικής	AHP
Streimikiene et al. (2013)	Επιλογή καθαρών τεχνολογιών για οχήματα	TOPSIS
Ervural et al. (2018)	Ενεργειακός προγραμματισμός της Τουρκίας	ANP-Fuzzy TOPSIS
Catron et al. (2013)	Ανάπτυξη βιοενέργειας στο Κεντάκι	ANP
Kajanus et al. (2012)	Αξιοποίηση φυσικών πόρων	AHP-TOWS
Adar et al. (2016)	Αξιοποίηση λυμάτων για παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας	Fuzzy AHP

Groselj & Stirn (2015)	Διαχείριση ενέργειας στην πόλη Rohojje	Fuzzy AHP
Brudermann et al. (2015)	Εγκατάσταση αγροτικών εργοστασίων βιοαερίου	AHP
Fertel et al. (2013)	Πολιτική για ενέργεια και κλίμα στον Καναδά	-
Igliński et al. (2016)	Ανάπτυξη αιολικής ενέργειας στην Πολωνία	AHP
Chanthawong & Dhakal (2016)	Αξιοποίηση βιοντίζελ και βιοαιθανόλης	AHP-TOWS

Ο συνδυασμός της ανάλυσης SWOT με πολυκριτήριες μεθόδους ανάλυσης αποφάσεων, όπως η AHP και η Fuzzy-TOPSIS, βελτιώνει την ακρίβεια και την αξιοπιστία της διαδικασίας λήψης αποφάσεων. Αυτή η συνδυασμένη προσέγγιση επιτρέπει στους διαχειριστές να λαμβάνουν πιο ενημερωμένες και στρατηγικά ευθυγραμμισμένες αποφάσεις, ενισχύοντας την κατανόηση του περιβάλλοντος και των παραγόντων που επηρεάζουν την επιχείρηση ή το έργο.

Η ανάλυση SWOT έχει αποδειχθεί εξαιρετικά χρήσιμη στον ενεργειακό τομέα, ιδιαίτερα όταν συνδυάζεται με πολυκριτήρια μεθόδους ανάλυσης αποφάσεων (ΠΜΑΑ) για την ανάπτυξη στρατηγικών και την αξιολόγηση ενεργειακών έργων και τεχνολογιών. Αυτές οι εφαρμογές καλύπτουν διάφορες πτυχές της ενεργειακής διαχείρισης, όπως η αξιολόγηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, η ανάπτυξη ενεργειακών πολιτικών και η επιλογή κατάλληλων τεχνολογιών.

Η ανάλυση SWOT είναι ένα εργαλείο που χρησιμοποιείται ευρέως για την αξιολόγηση της αποδοτικότητας, των ευκαιριών και των προκλήσεων που σχετίζονται με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ). Οι ερευνητές χρησιμοποιούν αυτή την ανάλυση για να προσδιορίσουν τα δυνατά και αδύνατα σημεία των ΑΠΕ, να εντοπίσουν ευκαιρίες ανάπτυξης και να αξιολογήσουν τους κινδύνους που σχετίζονται με την εφαρμογή αυτών των τεχνολογιών. Για παράδειγμα, η ανάλυση SWOT μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση της οικονομικής βιωσιμότητας

των ηλιακών και αιολικών πάρκων, την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την εγκατάσταση ανεμογεννητριών και τη μελέτη της κοινωνικής αποδοχής των ανανεώσιμων τεχνολογιών σε συγκεκριμένες περιοχές (Terrados et al., 2007).

Η ανάλυση SWOT συνδυάζεται συχνά με την AHP ή άλλες πολυκριτήρια μεθόδους για τη διαμόρφωση και την αξιολόγηση ενεργειακών πολιτικών. Η διαδικασία αυτή επιτρέπει την εκτίμηση της σημασίας των διαφορετικών παραγόντων και την ανάπτυξη στρατηγικών που ενσωματώνουν τόσο τις εσωτερικές δυνατότητες όσο και τις εξωτερικές προκλήσεις. Σε μια μελέτη για τον ενεργειακό προγραμματισμό της Τουρκίας, η ανάλυση SWOT συνδυάστηκε με την Fuzzy-TOPSIS για την αξιολόγηση διαφορετικών ενεργειακών σεναρίων και την ανάπτυξη στρατηγικών που προάγουν τη βιωσιμότητα και την ενεργειακή ασφάλεια (Ervural et al., 2018).

Η ανάλυση SWOT χρησιμοποιείται επίσης για την επιλογή και αξιολόγηση ενεργειακών τεχνολογιών. Συνδυάζοντας την SWOT με την AHP ή την Fuzzy-TOPSIS, οι ερευνητές μπορούν να ποσοτικοποιήσουν την επίδραση κάθε παράγοντα και να λάβουν πιο ενημερωμένες αποφάσεις σχετικά με την υιοθέτηση νέων τεχνολογιών. Ένα παράδειγμα αποτελεί η χρήση της ανάλυσης SWOT για την αξιολόγηση της βιωσιμότητας των τεχνολογιών υδρογόνου και της ανάπτυξης στρατηγικών για την ενσωμάτωση αυτών των τεχνολογιών στην παραγωγή ενέργειας (Lee et al., 2008).

Ο παρακάτω πίνακας των παραδειγμάτων Εφαρμογών SWOT και Πολυκριτήριας Ανάλυσης δείχνει πώς η συνδυασμένη χρήση της ανάλυσης SWOT με πολυκριτήριες μεθόδους επιτρέπει τη λήψη πιο ενημερωμένων και αξιόπιστων αποφάσεων, ειδικά σε πολύπλοκα και αβέβια περιβάλλοντα.

Πίνακας 3.5: Παραδείγματα Εφαρμογών Πολυκριτήριας Ανάλυσης

Παράδειγμα Εφαρμογής	SWOT	Πολυκριτήρια Μέθοδος	Σκοπός	Πηγή
Αξιολόγηση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας σε Μεσογειακό Νησί	Ναι	AHP	Ιεράρχηση κριτηρίων και παραγόντων για την απόφαση εφαρμογής ΑΠΕ	Michalena, 2009

Κεφάλαιο 3

Επιλογή Τεχνολογιών Υδρογόνου	Ναι	Fuzzy-TOPSIS	Αξιολόγηση τεχνολογιών υδρογόνου υπό καθεστώς αβεβαιότητας	Lee et al., 2008
Ανάπτυξη Στρατηγικών Τουριστικής Ανάπτυξης	Ναι	A'WOT	Ανάπτυξη στρατηγικών τουριστικής ανάπτυξης	Kajanus et al., 2012
Αξιολόγηση Στρατηγικών Ενεργειακής Πολιτικής	Ναι	Fuzzy-TOPSIS	Αξιολόγηση ενεργειακών σεναρίων και ανάπτυξη στρατηγικών	Ervural et al., 2018
Στρατηγικός Σχεδιασμός Ενεργειακών Έργων	Ναι	ANP	Αξιολόγηση και επιλογή ενεργειακών έργων βάσει πολυκριτήριων παραγόντων	Mezher et al., 2010
Αξιολόγηση Βιωσιμότητας Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας	Ναι	Fuzzy-AHP	Αξιολόγηση βιωσιμότητας και κατάταξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	Şengül et al., 2015
Επιλογή Τεχνολογιών Ανανεώσιμης Ενέργειας	Ναι	Fuzzy-TOPSIS	Αξιολόγηση και κατάταξη τεχνολογιών ανανεώσιμης ενέργειας	Doukas et al., 2009
Στρατηγικές Ανάπτυξης Υδρογόνου	Ναι	AHP	Ανάπτυξη και αξιολόγηση στρατηγικών για την ενσωμάτωση	Wang et al., 2009

Κεφάλαιο 3

			των τεχνολογιών υδρογόνου στην παραγωγή ενέργειας	
Ενεργειακός Προγραμματισμός	Ναι	Fuzzy-TOPSIS	Αξιολόγηση ενεργειακών σεναρίων και ανάπτυξη πολιτικών	Jabbour et al., 2014
Αξιολόγηση Ενεργειακής Αποδοτικότητας	Ναι	AHP	Αξιολόγηση της ενεργειακής αποδοτικότητας σε βιομηχανίες	Terrados et al., 2007

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Προτεινόμενη μεθοδολογία

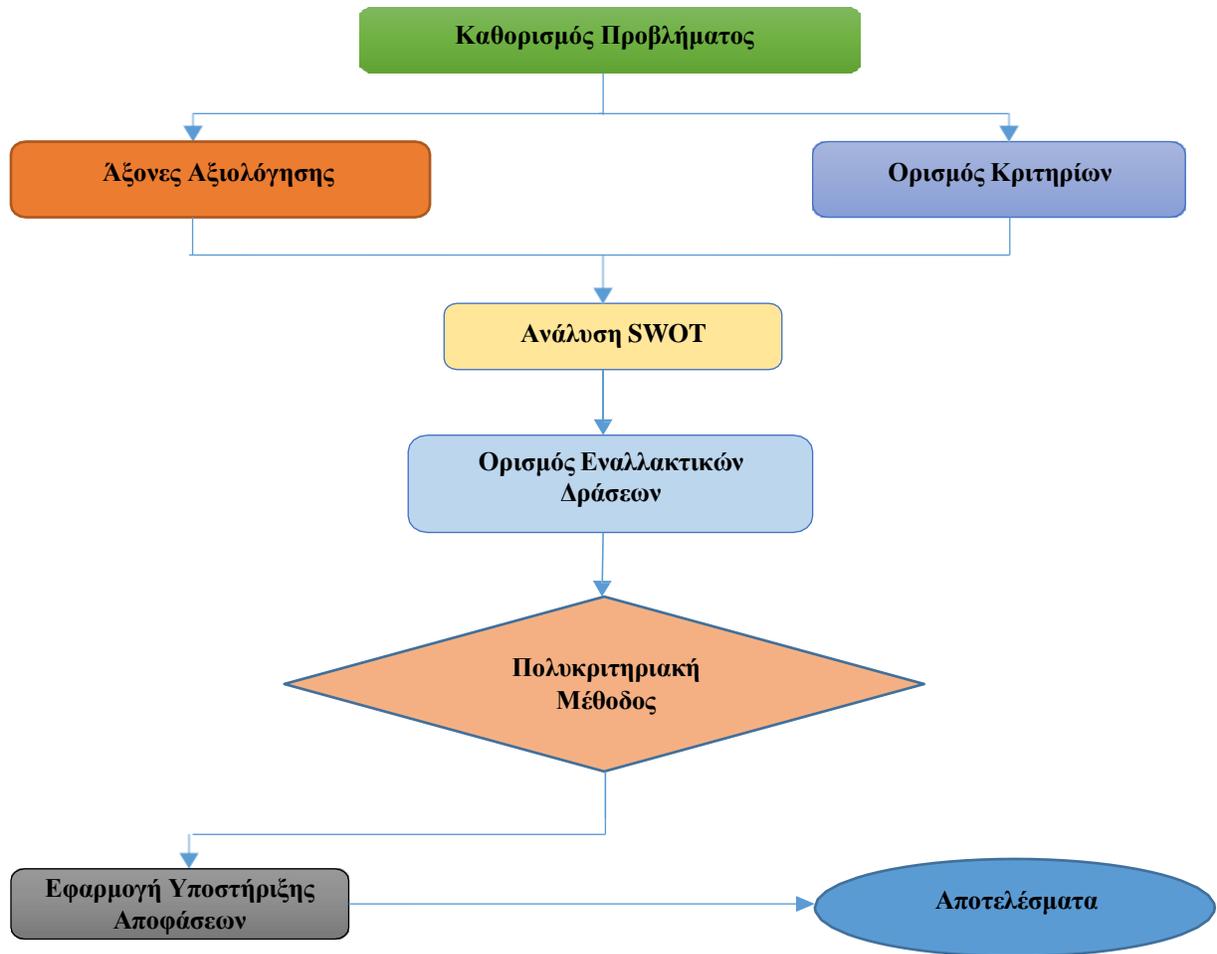
4.1 Προτεινόμενη Μεθοδολογία

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται και αναλύεται η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για την αξιολόγηση των χωρών της Βορείου Αφρικής σχετικά με την εφαρμογή του Μηχανισμού Συνεργασίας στο πλαίσιο των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ). Αυτό περιλαμβάνει την ανάλυση SWOT για την καταγραφή των ισχυρών και αδύναμων σημείων, των ευκαιριών και απειλών που αφορούν τις συγκεκριμένες χώρες σε σχέση με την ανάπτυξη των ΑΠΕ και τη συνεργασία με την Ευρωπαϊκή Ένωση.

Η μεθοδολογία περιλαμβάνει τα εξής βασικά βήματα:

- 1. Ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης:** Παρουσίαση των χωρών της Βορείου Αφρικής και ανάλυση των παραγόντων που επηρεάζουν την ανάπτυξη των ΑΠΕ σε αυτές τις χώρες.
- 2. Ορισμός κριτηρίων αξιολόγησης:** Ορισμός κριτηρίων για την αξιολόγηση της κάθε χώρας σχετικά με την ανάπτυξη των ΑΠΕ και τη συνεργασία με την ΕΕ.
- 3. Επεξεργασία δεδομένων:** Συλλογή και ανάλυση δεδομένων για την ανάπτυξη των ΑΠΕ σε κάθε χώρα, βάσει των καθορισμένων κριτηρίων.
- 4. Ανάλυση SWOT:** Ανάπτυξη των Πλεονεκτημάτων, Αδυναμιών, Ευκαιριών και Κινδύνων για κάθε χώρα, βασισμένη στην ανάλυση των δεδομένων.
- 5. Ανάλυση TOWS:** Ανάπτυξη εναλλακτικών στρατηγικών σεναρίων βάσει της ανάλυσης TOWS, που λαμβάνει υπόψη τα πλεονεκτήματα, τις αδυναμίες, τις ευκαιρίες και τους κινδύνους κάθε χώρας.
- 6. Επιλογή κατάλληλων στρατηγικών:** Αξιολόγηση και επιλογή του πιο κατάλληλου συνδυασμού στρατηγικών, με βάση τα κριτήρια αξιολόγησης που έχουν καθοριστεί.

Η εφαρμογή αυτής της μεθοδολογίας επιτρέπει την κατάταξη των χωρών της Βορείου Αφρικής σε σχέση με την ανάπτυξη των ΑΠΕ και τη συνεργασία με την ΕΕ, και παρέχει σημαντικά δεδομένα για τη λήψη αποφάσεων σχετικά με τη μελλοντική ενεργειακή πολιτική και συνεργασία.



Σχήμα 4.1: Προτεινόμενο μεθοδολογικό πλαίσιο για την αξιολόγηση της συνεργασίας της ΕΕ με τις χώρες της Βόρειας Αφρικής

4.1.1 Καθορισμός του Προβλήματος

Η Οδηγία 2018/2001/ΕΕ (RED II) αντικατέστησε την Οδηγία 2009/28/ΕΚ η οποία παρείχε την αφορμή για την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) στην ΕΕ και αποτελεί το βασικό νομοθετικό πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την προώθηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ). Αποτέλεσε το πλαίσιο σταθερότητας που απαιτείται για ποιοτικές επενδύσεις στον τομέα, όπου ορίστηκαν και συγκεκριμένοι στόχοι για την δεκαετία 2020-2030.

Η Οδηγία 2018/2001/ΕΕ, γνωστή ως RED II, καθορίζει ένα ευρύ φάσμα μέτρων για την προώθηση της χρήσης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Τα βασικά στοιχεία της οδηγίας περιλαμβάνουν:

Στόχοι της Οδηγίας RED II

1. Αύξηση του Μεριδίου των ΑΠΕ στο 32% έως το 2030:

- Η ΕΕ στοχεύει να επιτύχει ένα συνολικό μερίδιο 32% της ενέργειας από ΑΠΕ έως το 2030. Αυτός ο στόχος περιλαμβάνει όλες τις μορφές ενέργειας: ηλεκτρισμό, θέρμανση, ψύξη και μεταφορές.

2. Υποχρεωτικοί Εθνικοί Στόχοι και Σχέδια Ενέργειας και Κλίματος:

- Κάθε κράτος μέλος της ΕΕ πρέπει να υποβάλει εθνικά σχέδια ενέργειας και κλίματος (NECPs), στα οποία περιγράφονται οι στρατηγικές και τα μέτρα που θα ληφθούν για την επίτευξη των εθνικών στόχων ΑΠΕ.

3. Ενίσχυση της Διασυνοριακής Συνεργασίας:

- Η RED II προωθεί τη συνεργασία μεταξύ των κρατών μελών και με τρίτες χώρες για την ανάπτυξη και χρήση των ΑΠΕ μέσω μηχανισμών συνεργασίας (Cooperation Mechanisms).

4. Στατιστικές Μεταβιβάσεις και Κοινά Έργα:

- Επιτρέπει τη στατιστική μεταβίβαση ενέργειας από ΑΠΕ μεταξύ κρατών μελών και την ανάπτυξη κοινών έργων εντός και εκτός της ΕΕ.

5. Στήριξη της Παραγωγής και Χρήσης Βιοενέργειας:

- Η RED II θέτει κριτήρια αειφορίας για τη βιοενέργεια, εξασφαλίζοντας ότι η παραγωγή και χρήση της είναι περιβαλλοντικά βιώσιμη.

6. Προώθηση των ΑΠΕ στις Μεταφορές:

- Θέτει στόχο για αύξηση του μεριδίου των ΑΠΕ στις μεταφορές κατά τουλάχιστον 14% έως το 2030, προωθώντας τη χρήση βιοκαυσίμων και ανανεώσιμων ηλεκτρονικών καυσίμων.

7. Διαδικασίες Αδειοδότησης:

- Απαιτεί την απλοποίηση και επιτάχυνση των διαδικασιών αδειοδότησης για τα έργα ΑΠΕ, μειώνοντας το διοικητικό φόρτο και διευκολύνοντας τις επενδύσεις.

8. Εγγυήσεις Προέλευσης:

- Ενισχύει τη διαφάνεια μέσω της χρήσης εγγυήσεων προέλευσης για να πιστοποιεί ότι η ενέργεια προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές.

Εφαρμογή της Οδηγίας RED II

Η επιτυχής εφαρμογή της RED II εξαρτάται από τη συνεργασία μεταξύ των κρατών μελών, την αποτελεσματική χρήση των διαθέσιμων χρηματοδοτικών εργαλείων και την υιοθέτηση νέων

τεχνολογιών. Η οδηγία υπογραμμίζει επίσης την ανάγκη για τη συμμετοχή των τοπικών και περιφερειακών αρχών, καθώς και τη δέσμευση του ιδιωτικού τομέα και των καταναλωτών.

Η RED II είναι ένα κρίσιμο εργαλείο για την επίτευξη των ενεργειακών και κλιματικών στόχων της ΕΕ, υποστηρίζοντας τη μετάβαση σε ένα πιο βιώσιμο και ενεργειακά αποδοτικό μέλλον.

Για την επίτευξη των παραπάνω, παγιώθηκε και το πλαίσιο συνεργασίας μεταξύ χωρών.

Η επίτευξη των ενεργειακών στόχων της ΕΕ και η προώθηση της βιώσιμης ενεργειακής ανάπτυξης απαιτεί αξιολόγηση της πιθανότητας συνεργασίας με τρίτες χώρες. Μέσω μηχανισμών συνεργασίας, τα Κράτη Μέλη μπορούν να επιτύχουν τους στόχους τους αποδοτικά και να αναπτύξουν συνεργασία με τρίτες χώρες προς αυτήν την κατεύθυνση. Αυτή η συνεργασία μπορεί να συμπεριλάβει κοινά έργα παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας και να επιδιώξει τον στόχο του 32%. Επομένως, αξίζει να αξιολογηθεί η πιθανότητα αυτής της συνεργασίας με τρίτες χώρες, καθώς θα μπορούσε να φέρει σημαντικά οφέλη για όλα τα εμπλεκόμενα μέρη.

Η αξιολόγηση της πρακτικότητας των παραπάνω μηχανισμών συνεργασίας κρίνεται αναγκαία και θα υλοποιηθεί με την χρήση Ανάλυσης Πλεονεκτημάτων, Αδυναμιών, Ευκαιριών και Κινδύνων (Strengths - Weaknesses - Opportunities - Threats (SWOT)). Παρόλο που οι υποψήφιες χώρες συνεργασίας είναι οι χώρες της Βορείου Αφρικής, η Τουρκία και αυτές των Δυτικών Βαλκανίων, λόγω χρονικών περιορισμών θα γίνει εκτενής ανάλυση μόνο των πρώτων. Πιο συγκεκριμένα οι χώρες αυτές είναι: Μαρόκο, Αλγερία, Τυνησία, Λιβύη, και Αίγυπτος.

4.2 Προτεινόμενο Σύστημα Αξιολόγησης

4.2.1 Άξονες Αξιολόγησης

Παρόλο που η ανάλυση SWOT αναλύει εσωτερικούς και εξωτερικούς παράγοντες επί κάθε προβλήματος, στην συγκεκριμένη εργασία θα γίνει μια τροποποίηση. Σε πρώτο χρόνο και αντί για τους εσωτερικούς παράγοντες θα γίνει ανάλυση της παροντικής κατάστασης κάθε χώρας σχετικά με την υποδοχή του έργου ΑΠΕ. Τέλος, αντί για τους εξωτερικούς παράγοντες θα γίνει ανάλυση πιθανών μελλοντικών εξελίξεων που μπορεί να απορρυθμίσουν την σταθερότητα που αναλύθηκε στο πρώτο σκέλος. Πρέπει να ληφθούν υπόψη αρκετές πληροφορίες σχετικά με το καθεστώς διακυβέρνησης, εξωτερικής και εσωτερικής πολιτικής και οικονομίας κάθε χώρας καθώς επίσης, πρέπει να γίνει εκτενής καταγραφή των συνθηκών μεταξύ των χωρών της ΕΕ και αυτών της Βόρειας Αφρικής.

Σύμφωνα με τα παραπάνω επιχειρήματα, θα πρέπει να γίνει επιλογή κατάλληλων κριτηρίων ανάλυσης έτσι ώστε από την μια μεριά να γίνεται δίκαιη σύγκριση αλλά από την άλλη μεριά, να μπορεί να αντικατοπτριστεί η ιδιαιτερότητα κάθε χώρας σχετικά με τα ήθη, τα έθιμα, η κουλτούρα αλλά και το πολιτικό καθεστώς κάθε χώρας. Επιπλέον κρίνεται αναγκαίο για την παρούσα εργασία ότι πρέπει να συμπεριληφθούν στοιχεία σχετικά με τους μελλοντικούς σκοπούς και τα όργανα

εκπλήρωσης αυτών. Λεπτομερέστερα θα χρειαστούν πληροφορίες για τα χρηματοπιστωτικά όργανα, την νομισματική πολιτική, τα επενδυτικά πλαίσια αλλά και τους ρυθμιστικούς οργανισμούς καθώς και γενικότερα, την ενεργειακή πολιτική.

Συμπερασματικά και ως εναρκτήριο λάκτισμα για την παρούσα ανάλυση, ορίζονται τρία επίπεδα αξιολόγησης:

- 1. Το Ενεργειακό Προφίλ,**
- 2. Το Επενδυτικό Προφίλ, και**
- 3. Το Κοινωνικό/Περιβαλλοντικό προφίλ**

Λεπτομερέστερα, κάθε χώρα της Βορείου Αφρικής θα κριθεί/αναλυθεί σύμφωνα με τους παραπάνω τρεις πυλώνες έτσι ώστε να μπορεί να σχηματιστεί μια ολοκληρωμένη εικόνα με σκοπό την απόφαση συνεργασίας της ΕΕ με κάθε χώρα.

Ο πρώτος άξονας αφορά το Ενεργειακό προφίλ. Για κάθε χώρα ενδιαφέροντος συγκεντρώνονται τα στοιχεία του ενεργειακού τομέα όσο και τους στόχους που έχουν τεθεί, όπως επίσης και τα στοιχεία που αφορούν αποκλειστικά τις ΑΠΕ. Με τις προηγούμενες πληροφορίες κρίνεται δυνατό στους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής να αποκτήσουν σφαιρική και ολοκληρωμένη άποψη για την ενεργειακή κατάσταση κάθε χώρας.

Ο δεύτερος άξονας αφορά το Επενδυτικό Προφίλ, όπου συγκεντρώνονται πληροφορίες σχετικά με τους επενδυτικούς παράγοντες κάθε χώρας που είναι άμεσα συνδεδεμένοι με τις ΑΠΕ. Παράλληλα γίνεται προσπάθεια να υπογραμμισθεί το πολιτικό και ρυθμιστικό πλαίσιο κάθε χώρας για την αγορά ενέργειας. Σύμφωνα με αυτές τις πληροφορίες οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής έχουν την δυνατότητα να εκτιμήσουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της αγοράς και επενδυτικής δύναμης κάθε χώρας, με απώτερο σκοπό την επένδυση μέσω της συνεργασίας.

Τρίτος και τελευταίο άξονας αποτελεί το Κοινωνικό και Περιβαλλοντικό προφίλ. Πληροφορίες όπως η κοινωνική αλληλεγγύη, η κοινωνική σταθερότητα, η οργάνωση του κοινωνικού ιστού και της καθημερινότητας με το οποιοδήποτε περιβαλλοντικό τους αποτύπωμα συλλέγονται και οργανώνονται. Ταυτόχρονα πρέπει να γίνει και ανάλυση σχετικά με την δυνατότητα αποδοχής ενός έργου από το κοινωνικό σύνολο.

4.2.2 Κριτήρια Αξιολόγησης

Από το άρθρο 9 της Οδηγίας για το 2020 που παρουσιάστηκε προηγουμένως, γίνεται επιλογή 12 παραγόντων που κρίνονται ως αποτελεσματικοί για την:

- 1. Ευκολία της ποσοτικοποίησης τους**
- 2. Συγκρισιμότητά τους μεταξύ των χωρών ενδιαφέροντος**
- 3. Επαρκείς για την αναπαράσταση της ποικιλομορφίας μεταξύ των χωρών αυτών**
- 4. Ανήκουν στους 3 πυλώνες αξιολόγησης που παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο 1.2.1**

Για κάθε ένα από αυτά, γίνεται ανάλυση των πλεονεκτημάτων, αδυναμίες, ευκαιρίες και κίνδυνοι σε συνάρτηση με κάθε χώρα. Με λεπτομέρεια:

i. Ενεργειακό Προφίλ

1. Στρατηγική Ενεργειακού Συστήματος και Ενεργειακή Προοπτική (C₁)
2. Ετοιμότητα Βιομηχανίας ΑΠΕ (C₂)
3. Ενεργειακή Ασφάλεια (C₃)

ii. Επενδυτικό Προφίλ

4. Περιβάλλον αγοράς του ενεργειακού συστήματος (C₄)
5. Κατάσταση δικτύου και διασυνδέσεις (C₅)
6. Ρυθμιστικό και Πολιτικό πλαίσιο για την προώθηση των ΑΠΕ (C₆)
7. Θεσμικό πλαίσιο για την ανάπτυξη των ΑΠΕ (C₇)
8. Οικονομικά ρίσκα και αβεβαιότητα (C₈)
9. Περιβάλλον Επενδύσεων (χρηματοδοτικοί μηχανισμοί, επιδοτήσεις κλπ.) (C₉)
10. Δυναμικό ΑΠΕ/Διαθέσιμες Τεχνολογίες (C₁₀)

iii. Κοινωνικό/Περιβαλλοντικό Προφίλ

11. Κοινωνική αποδοχή (C₁₁)
12. Περιβαλλοντικές και Κοινωνικές Επιπτώσεις (C₁₂)

Κρίνεται απαραίτητο να αναφερθεί ότι παρόλη την προσπάθεια για τον αντικειμενικό ορισμό των παραγόντων και της εννοιολογικής τους σημασίας, κάθε χώρα μπορεί να απαιτεί ειδική ανάλυση καθώς υπάρχουν δομικές και θεμελιώδεις διαφορές.

Τέλος, παρουσιάζεται ο ορισμός κάθε κριτηρίου:

(C1) Στρατηγική Ενεργειακού Συστήματος και Ενεργειακή Προοπτική

Αφορά την γενική ενεργειακή πολιτική κάθε χώρας. Ενδεικτικά αναφέρεται σε δεδομένα που αφορούν τις εισαγωγές/ εξαγωγές ενέργειας, ζήτηση ηλεκτρισμού, ενεργειακό μείγμα κ.α. Ακόμα, αναφέρεται σε βραχυπρόθεσμους και μακροπρόθεσμους στόχους που αφορούν την ύπαρξη, εγκαθίδρυση ή προσάρτηση ΑΠΕ στο ενεργειακό μείγμα της εκάστοτε χώρας.

(C2) Ετοιμότητα Βιομηχανίας ΑΠΕ

Αφορά πληροφορίες σχετικά με την παροντική κατάσταση των ήδη υπαρχουσών υποδομών ΑΠΕ. Επιπλέον, αναφέρεται και σε έργα το οποίο βρίσκονται υπό κατασκευή και συσσωρευτικά, τον βαθμό ανάπτυξης της βιομηχανίας των ΑΠΕ.

(C3) Ενεργειακή Ασφάλεια

Η ενεργειακή ασφάλεια ορίζεται ως η “αδιάκοπη/αδιάλειπτη διαθεσιμότητα ενεργειακών πόρων σε προσιτή τιμή” (IEA, 2018). Με άλλα λόγια, η ενεργειακή ασφάλεια αποτελεί μετρική της ικανότητας ενός συστήματος να προσαρμοστεί σε απρόσμενες καταστάσεις χωρίς να διακοπεί η λειτουργία του με σκοπό την διατήρηση του ισοζυγίου μεταξύ προσφοράς/ζήτησης. Λεπτομερέστερα και υπό την οπτική γωνία της ενεργειακής ασφάλειας ως παράγοντα αξιολόγησης, ενσωματώνονται ένα επιπλέον υποδείκτης. Αυτός αφορά τις Απώλειες Μεταφοράς και Διανομής του Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας (Electric Power Transmission and Distribution Losses) (The World Bank, 2018a) και εμπεριέχει πληροφορίες σχετικά με την αποτελεσματικότητα του δικτύου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.

(C4) Περιβάλλον αγοράς του ενεργειακού συστήματος

Στον παράγοντα αυτό ενσωματώνεται ο τρόπος με τον οποίο διαρθρώνεται η ενεργειακή αγορά κάθε χώρα. Περιέχονται πληροφορίες όπως οι νόμοι που διέπουν την αγορά, η ευκολία δραστηριοποίησης από πολίτες, η δυνατότητα εξαγωγής ενέργειας και ο βαθμός απελευθέρωσης της. Αν υπάρχει ενεργειακό μονοπώλιο, δίδονται περαιτέρω πληροφορίες για το καθεστώς αυτό.

(C5) Κατάσταση δικτύου και διασυνδέσεις

Στον συγκεκριμένο παράγοντα περιέχονται πληροφορίες σχετικά με το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας και οι διασυνδέσεις με άλλες χώρες. Επιπλέον αναφέρεται και στα έργα διασύνδεσης που βρίσκονται υπό εξέλιξη. Επιπλέον ενσωματώνεται και ο δείκτης Ηλεκτροποίησης (Electrification Rate - ER) (The World Bank, 2023) για κάθε χώρα ο οποίος αφορά το ποσοστό του πληθυσμού που έχει πρόσβαση σε ηλεκτρισμό.

(C6) Ρυθμιστικό και Πολιτικό πλαίσιο για την προώθηση των ΑΠΕ

Γίνεται αναφορά του ρυθμιστικού και πολιτικού πλαισίου που αφορά τις ΑΠΕ. Επιπλέον, υπογραμμίζονται ιδιαίζουσες περιπτώσεις νόμων ή και μελλοντικών σχεδίων για μεταρρυθμίσεις.

(C7) Θεσμικό πλαίσιο για την ανάπτυξη των ΑΠΕ

Γίνεται αναφορά στο θεσμικό πλαίσιο και αναγράφονται οι θεσμικοί φορείς που δραστηριοποιούνται στον τομέων των ΑΠΕ.

(C8) Οικονομικά ρίσκα και αβεβαιότητα

Αναφέρεται στο μέρος της οικονομίας μιας χώρας που εξαρτάται άμεσα από την ενέργεια. Επιπλέον αναφέρονται όλα τα οικονομικά ρίσκα των επιχειρήσεων του τομέα. Οι συγκεκριμένες πληροφορίες έχουν αντληθεί από τον διεθνή όμιλο ασφάλισης επενδύσεων Euler Hermes (Euler Hermes, 2023). Τέλος, παρουσιάζονται άλλοι παράγοντες αβεβαιότητας ή ρίσκου. Συγκεκριμένα, ο δείκτης τρομοκρατίας (Global Terrorism Index - GTI) (Institute for Economics and Peace, 2023) που ποσοτικοποιεί την πιθανότητα εμφάνισης τρομοκρατικού επεισοδία και ο δείκτης της αισθητής διαφθοράς (Corruption Perceptions Index - CPI) (Transparency International, 2023), όπου περιγράφεται το αίσθημα των πολιτών ως προς την ύπαρξη ή απουσία διαφθοράς από τους κυβερνητικούς φορείς.

(C9) Περιβάλλον Επενδύσεων (χρηματοδοτικοί μηχανισμοί, επιδοτήσεις κλπ.)

Αναφέρεται στην ευκολία επενδύσεων στην εκάστοτε χώρα. Ο δείκτης που χρησιμοποιείται είναι ο δείκτης ευκολίας επιχειρηματικής δραστηριότητας (Ease of Doing Business - EODB) (The World Bank, 2023) και κατατάσσει τις χώρες σύμφωνα με το αν είναι δυνατό οι εγχώριοι ή παγκόσμιοι επενδυτές να προχωρήσουμε σε επενδύσεις.

(C10) Δυναμικό ΑΠΕ/ Διαθέσιμες Τεχνολογίες

Αναφέρεται στις περιβαλλοντικές συνθήκες από τις οποίες είναι άμεσα εξαρτώμενη η απόδοση συγκεκριμένων ΑΠΕ. Επί παραδείγματι, ενδιαφέρον παρουσιάζει η καθαρότητα της ατμόσφαιρας, η ηλιακή ακτινοβολία ή η ταχύτητα και πυκνότητα του αέρα.

(C11) Κοινωνική αποδοχή

Αναφέρεται στην γνώση και βαθμό αποδοχής των ΑΠΕ από τους πολίτες μιας χώρας.

(C12) Περιβαλλοντικές και Κοινωνικές Επιπτώσεις

Αναφέρεται στα περιβαλλοντικά και κοινωνικά αποτελέσματα που θα φέρει κάθε εφαρμογή τεχνολογίας ΑΠΕ, είτε θετικές είτε αρνητικές. Το παραπάνω ποσοτικοποιείται από τον δείκτη περιβαλλοντικής απόδοσης (Environmental Performance Index - EPI) και οι κοινωνικές επιδράσεις των ΑΠΕ, όπως αναφέρονται στην βάση δεδομένων Social Hotspot Database (Social Hotspot Database - SHDB, 2023).

Σύμφωνα με την πρόταση ανάλυσης τριών επιπέδων και 12 παραγόντων, αναζητήθηκαν πληροφορίες στην βιβλιογραφία και στον παγκόσμιο ιστό ώστε να επιτραπεί η ανάλυση SWOT για κάθε χώρα της Βόρειας Αφρικής.

Στο παρακάτω σχήμα συνοψίζονται τα κριτήρια και οι άξονες αξιολόγησης των χωρών.

4.4 Ορισμός Εναλλακτικών Δράσεων

Για να υποστηριχθούν αποφάσεις από την ΕΕ σχετικά με τη συνεργασία με τις χώρες της Βορείου Αφρικής στον τομέα των ΑΠΕ, απαιτείται η ανάπτυξη εναλλακτικών σχεδίων. Αυτά τα σχέδια θα επιδιώκουν να εκμεταλλευτούν τους ευνοϊκούς παράγοντες που υπάρχουν στις χώρες αυτές, ενώ παράλληλα θα αντιμετωπίζουν τους περιοριστικούς παράγοντες που ενδέχεται να δημιουργήσουν εμπόδια για μια επιτυχημένη συνεργασία. Αυτές οι εναλλακτικές δράσεις θα αναδειχθούν μέσω της ανάλυσης SWOT και της ανάλυσης TOWS.

Η Ανάλυση TOWS

Η ανάλυση TOWS έχει ευρέως εφαρμοστεί στο παρελθόν για την εντοπισμό στρατηγικών που βασίζονται σε μια ανάλυση SWOT. Αυτό υποδηλώνει ότι η ανάλυση TOWS είναι ουσιαστικά συνώνυμη με την ανάλυση SWOT, καθώς η χρήση της πρώτης προϋποθέτει τη διεξαγωγή της δεύτερης.

Συνεπώς, η ανάλυση TOWS αναπτύσσει στρατηγικές που βασίζονται στα πλεονεκτήματα, τις αδυναμίες, τις ευκαιρίες και τους κινδύνους που έχουν εντοπιστεί μέσω της ανάλυσης SWOT. Συνδυάζοντας αυτούς τους παράγοντες, η ανάλυση TOWS αποσκοπεί στον αποτελεσματικό συνδυασμό των ευκαιριών και των κινδύνων από το εξωτερικό περιβάλλον με τα διάφορα πλεονεκτήματα και τις αδυναμίες. Οι στρατηγικές που αναπτύσσονται με αυτόν τον τρόπο στοχεύουν στην μεγιστοποίηση του οφέλους από τα διάφορα πλεονεκτήματα και τις ευκαιρίες, καθώς και στην ελαχιστοποίηση των αρνητικών συνεπειών από τις αδυναμίες και τους κινδύνους.

Η ανάλυση TOWS ουσιαστικά παρουσιάζει τα στοιχεία της ανάλυσης SWOT για κάθε σενάριο, Πλεονεκτήματα-Αδυναμίες και Ευκαιρίες-Κίνδυνοι, σε ζεύγη, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 4.1 : Πίνακας Ανάλυσης TOWS

Ανάλυση TOWS	Ευκαιρίες (O)	Κίνδυνοι (T)
Πλεονεκτήματα (S)	Στρατηγική SO	Στρατηγική ST
Αδυναμίες (W)	Στρατηγική WO	Στρατηγική WT

Με τον παραπάνω τρόπο, δημιουργούνται 4 τύποι εναλλακτικών στρατηγικών σεναρίων, τους οποίους θα χρησιμοποιήσουμε στην παρούσα διπλωματική εργασία. Οι τύποι αυτοί είναι:

1. Στρατηγική SO (Maxi-Maxi):

- Αποσκοπεί στη χρήση των πλεονεκτημάτων και γενικότερα των θετικών στοιχείων για την εκμετάλλευση των ευκαιριών που παρουσιάζονται. Στην περίπτωση μας, αυτή η στρατηγική αποσκοπεί στην αξιοποίηση των στοιχείων που υπάρχουν σε κάθε χώρα και συμβάλλουν στη συνεργασία στο πλαίσιο των ΑΠΕ, προκειμένου να επιτευχθεί η αποτελεσματική εκμετάλλευση των ευκαιριών που προκύπτουν σε κάθε χώρα.

2. Στρατηγική ST (Maxi-Mini):

- Αποσκοπεί στη χρήση των πλεονεκτημάτων για την αντιμετώπιση των κινδύνων. Στην περίπτωση μας, αυτή η στρατηγική επιδιώκει να ελαχιστοποιήσει τους πιθανούς κινδύνους που χαρακτηρίζουν τις χώρες και ενδέχεται να εμποδίσουν την ανάπτυξη συνεργασίας στο πλαίσιο των ΑΠΕ, με τη χρήση των ευνοϊκών στοιχείων που χαρακτηρίζουν κάθε χώρα.

3. Στρατηγική WO (Mini-Maxi):

- Αποσκοπεί στη μέγιστη αξιοποίηση των ευκαιριών που παρουσιάζονται στο εξωτερικό περιβάλλον, με σκοπό να περιοριστούν οι εσωτερικές αδυναμίες. Στο πλαίσιο της συνεργασίας μεταξύ ΕΕ-Βόρειας Αφρικής, η εφαρμογή αυτής της στρατηγικής αποβλέπει στον περιορισμό των αδυναμιών που ενδέχεται να εμφανίζουν οι χώρες σε διάφορους τομείς, μέσω της μέγιστης εκμετάλλευσης των διαθέσιμων ευκαιριών.

4. Στρατηγική WT (Mini-Mini):

- Στοχεύει στη μείωση των υφιστάμενων αδυναμιών για την ελαχιστοποίηση των κινδύνων. Στην περίπτωση μας, αυτή η στρατηγική εφαρμόζεται με έμφαση στην αμυντική της φύση, καθώς ο κύριος στόχος είναι να αντιμετωπιστούν οι αδυναμίες που εμφανίζονται σε διάφορους τομείς των χωρών, προκειμένου να μειωθούν οι κίνδυνοι που μπορεί να εμποδίσουν την ενδεχόμενη συνεργασία των δύο μερών.

Κεφάλαιο 4

Αυτές οι 4 εναλλακτικές στρατηγικές SO, WO, ST, WT θα αποτελέσουν τη βάση για τη λήψη αποφάσεων σχετικά με την ανάπτυξη συνεργασιών στον τομέα των ΑΠΕ μεταξύ της ΕΕ και των χωρών της Βόρειας Αφρικής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Εφαρμογή των μεθόδων AHP και Fuzzy TOPSIS

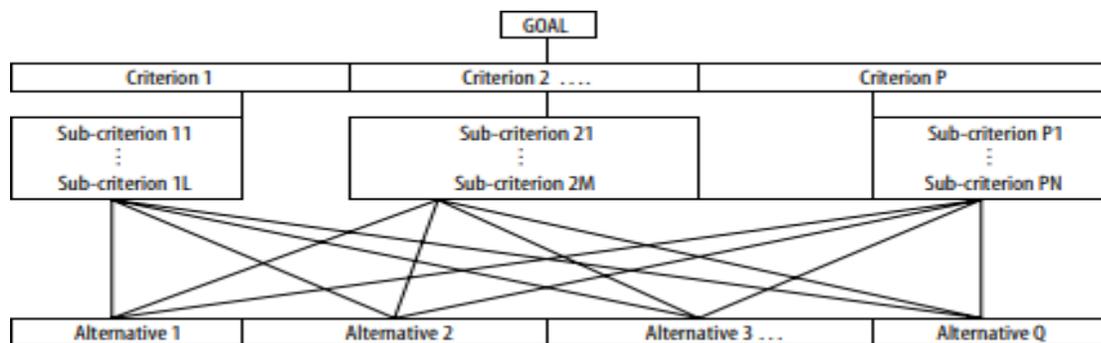
Στο παρόν κεφάλαιο θα παρουσιαστεί η εφαρμογή ιστού (web application) που αναπτύχθηκε για την γραφική υποστήριξη των αλγορίθμων AHP και Fuzzy TOPSIS, καθώς και λεπτομέρειες σχετικά με κάθε αλγόριθμο. Για την υλοποίηση της εφαρμογής επιλέχθηκε η χρήση της προγραμματιστικής γλώσσας Python και του πακέτου streamlit, καθώς πρόκειται για μια τυπική εφαρμογή που δεν χρειάζεται βάση δεδομένων.

5.1 - Οι αλγόριθμοι

5.1.1 - Analytic Hierarchy Process - AHP

Ο Saaty δημοσίευσε την εργασία ‘The analytic hierarchy process - what it is and how it is used’ όπου αποτέλεσε τον ακρογωνιαίο λίθο για την ανάλυση αποφάσεων και την βάση για τις πολυκριτηριακές μεθόδους. Η μέθοδος βασίζεται σε 4 βήματα, τα οποία είναι:

1. Κάθε πρόβλημα απόφασης πρέπει να αναλυθεί και μέσω μιας διαδικασίας καταγιισμού ιδεών (brainstorming) να επιλεγθούν τα βασικά κριτήρια που είναι συνδεδεμένα με μια πιθανή λύση του προβλήματος. Τα παραπάνω αναλύονται στα βασικά κριτήρια, τα υποκριτήρια και τις εναλλακτικές επιλογές και παρουσιάζονται σχηματικά στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 4.3 : Γενική Ιεραρχική Δομή ενός προβλήματος απόφασης (Πηγή: Springer, 2004)

2. Έπειτα είναι απαραίτητο να συζητηθούν περαιτέρω έτσι ώστε να αποκαλυφθούν τυχόν συσχετίσεις, εξαρτήσεις ή ανάγκες για περαιτέρω ανάλυση. Σύμφωνα με αυτό δημιουργείται μια ιεραρχική δομή κριτηρίων όπου σχηματικά συνήθως απεικονίζεται με τον στόχο ως πρώτο στοιχείο και από κάτω αναγράφονται όλα τα κριτήρια σύμφωνα με την δομή που έχει αποκαλυφθεί.

Κεφάλαιο 5

3. Εκτός από την ιεραρχική δομή πρέπει τα κριτήρια να συγκριθούν έτσι ώστε να αποκαλυφθεί και η σημαντικότητα καθενός από αυτά σε συνάρτηση με τον στόχο. Σύμφωνα με αυτήν την μέθοδο γίνεται σύγκριση των στοιχείων ανά ζεύγη. Λεπτομερέστερα, χρησιμοποιείται μια κλίμακα εννέα (9) βαθμών Likert έτσι ώστε να ποσοτικοποιηθεί η σημασία του κριτηρίου i σε σχέση με το κριτήριο j . Ο αριθμός 1 συμβολίζει την ουδέτερη σημαντικότητα του i σε σύγκριση με το j , ενώ η ανώτατη τιμή 9 συμβολίζει την απόλυτη προτίμηση του i ως προς το j . Η κλίμακα αυτή συνήθως αποκαλείται θεμελιώδης.

Πίνακας 4.2: Η θεμελιώδης Κλίμακα της Αναλυτικής Ιεραρχικής Μεθόδου (Πηγή: Saaty, 1980)

Στάθμιση	Ορισμός	Εξήγηση
1	Ίση σημασία	Οι δύο παράγοντες συμβάλλουν εξίσου στο στόχο.
3	Ασθενής Προτίμηση	Η εμπειρία ή κρίση ευνοεί ελαφρά τον έναν παράγοντα σε σχέση με τον άλλον.
5	Ισχυρή Προτίμηση	Η εμπειρία ή η κρίση ευνοεί καθαρά τον έναν παράγοντα σε σχέση με τον άλλον.
7	Αποδεδειγμένη Προτίμηση	Η κυριαρχία του ενός παράγοντα ως προς τον άλλον έχει αποδειχθεί στην πράξη.
9	Απόλυτη Προτίμηση	Έχει αποδειχθεί στον υπερθετικό βαθμό η κυριαρχία του ενός παράγοντα στην επίτευξη του στόχου.
2, 4, 6, 8	Ενδιάμεσες τιμές	Χρησιμοποιούνται όταν υπάρχει ανάγκη για υποδιαιρέσεις μεταξύ των κύριων τιμών.

Η εφαρμογή απαιτεί την συσσώρευση των παραπάνω στοιχείων σε έναν πίνακα, ο οποίος συμβολίζεται με A και έχει ως στοιχεία τις παραπάνω διμερείς συγκρίσεις. Είναι σημαντικό να ορισθεί κάθε στοιχείο του πίνακα καθώς υπάρχουν κάποιες διμερείς σχέσεις που είναι ιδιαίτερες. Πρώτη είναι η αυτοσυγκριτική σχέση μεταξύ ενός κριτηρίου με τον εαυτό του. Αξιοματικά τοποθετείται η τιμή 1 και επομένως, κάθε στοιχείο της κύριας διαγώνιου του πίνακα A έχει την τιμή 1. Επιπλέον είναι σημαντικό το ότι θα υπάρχουν οι διμερείς συγκρίσεις συγκρίνοντας το i ως προς το j , αλλά και το j ως προς το i αντίστοιχα. Προφανώς η εγγενής σημασία των κριτηρίων δεν αλλάζει και επομένως αν και εφόσον η σύγκριση των δύο κριτηρίων έχει τιμή k , η σύγκριση των στοιχείων με διαφορετική φορά θα πρέπει να έχει σχέση με την τιμή k . Αξιοματικά εδώ τοποθετείται η τιμή $1/k$ στα συμμετρικά ως προς την κύρια διαγώνιο στοιχεία. Επομένως η κλίμακα 9 βαθμών επεκτείνεται σε κλίμακα 17 βαθμών με σκοπό να συμπεριληφθούν και οι κλασματικές τιμές σύγκρισης έτσι ώστε ένα κριτήριο i να έχει μικρότερη σημασία από ένα στοιχείο j και να είναι δυνατό να ορισθεί πλήρως ο πίνακας A . Ο πίνακας A καλείται και πίνακας συγκρίσεων και συνοπτικά:

Κεφάλαιο 5

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix},$$

- a. $a_{ij} > 1$ εφόσον το κριτήριο i κρίνεται ως πιο σημαντικό σε σύγκριση με το κριτήριο j
 - b. $a_{ij} < 1$ εφόσον το κριτήριο i κρίνεται ως λιγότερο σημαντικό σε σύγκριση με το κριτήριο j
 - c. $a_{ij} = 1/a_{ji}$, για κάθε συνδυασμό i, j
 - d. $a_{ij} = 1$ αν τα κριτήρια i και j έχουν εγγενώς την ίδια σημασία ως προς τον στόχο
 - e. $a_{ii} = 1$
4. Έπειτα, όλα τα στοιχεία που είναι απαραίτητα από τον αλγόριθμο είναι διαθέσιμα και ακολουθούνται τα εξής βήματα:
- a. Υπολογίζεται το άθροισμα των στοιχείων κάθε στήλης όπου χρησιμοποιείται για την διαίρεση κάθε στοιχείου του πίνακα A και της συγκεκριμένης στήλης έτσι ώστε τα στοιχεία αυτά να έχουν άθροισμα 1. Επομένως, προκύπτει ο κανονικοποιημένος πίνακας A , ο οποίος θα ονομάζεται N .
 - b. Για κάθε γραμμή του κανονικοποιημένου πίνακα A , υπολογίζεται ο μέσος όρος των στοιχείων και έτσι προκύπτει ένας πίνακας στήλη W . Ο W περιέχει και τα βάρη των κριτηρίων και είναι ιδιοδιάνυσμα του πίνακα A .
 - c. Ένας πίνακας διμερών συγκρίσεων καλείται συνεπής αν $a_{ij} \times a_{jm} = a_{im}$ για κάθε συνδυασμό i, j, m . Είναι κρίσιμο να υπολογιστεί το κατά πόσο οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων είναι συνεπείς και επομένως ορίζεται ο Δείκτης Συνέπειας (Consistency Index - CI) και ο λόγος συνέπειας (Consistency Ratio - CR) του πίνακα A οι οποίοι ορίζονται ως:

•

(N)

•

(N)

Όπου το λ_{max} είναι η μέγιστη ιδιοτιμή του πίνακα A και ισούται με το άθροισμα των ιδιοτιμών του πίνακα, το n είναι ο αριθμός των κριτηρίων και το Random Consistency Index (RI) δίνεται από έναν προεπιλεγμένο πίνακα τιμών, συναρτήσει του αριθμού n .

Πίνακας 4.3: Τιμές του Τυχαίου Συντελεστή Random Consistency Index (RI) (Πηγή: Saaty, 1980)

n	R.I.
1	0.00
2	0.00
3	0.58
4	0.90

5	1.12
6	1.24
7	1.32
8	1.41
9	1.45
10	1.49
11	1.51
12	1.54
13	1.56

5. Χρησιμοποιώντας την ιεραρχική δομή και τα βάρη που υπολογίστηκαν προκύπτει και η σχετική ταξινόμηση των κριτηρίων.

5.1.2 - Fuzzy TOPSIS

Πολλές φορές η ποσοτικοποίηση αποτελεί ένα δύσκολο εγχείρημα, καθώς κάποια ζευγάρια μπορεί να είναι σχετικά μεταξύ τους. Ένα θεμελιώδες πρόβλημα της χρήσης κλίμακας Likert, αλλά και στο πεδίο πιθανοτήτων, αποτελούν τα κατώφλια όπου ορίζουν κάποιες ιδιότητες. Εξαρτώμενοι από σχετικές έννοιες και με την ερώτηση “Ποιος άνθρωπος ορίζεται ως ψηλός;”, οι επιστήμονες πρέπει να ορίσουν μια συγκεκριμένη τιμή ως αυτοί που θα χωρίσει το σύνολο των ανθρώπων στις κατηγορίες ‘ψηλός’ και ‘μη ψηλός’. Σε κάθε περίπτωση αυτό δημιουργεί το εξής πρόβλημα, τι γίνεται για τις τιμές όπου είναι πολύ κοντά στο κατώφλι αυτό; Επί παραδείγματι, αν η τιμή του κατωφλίου πρόκειται για 185 εκατοστά, τότε ένας άνθρωπος ύψους 184 είναι ‘μη ψηλός’ πράγμα το οποίο αποτελεί αφορμή διαφωνίας και ασάφειας.

Βασιζόμενος σε αυτό το πρόβλημα και την εγγενή αδυναμία της κλασσικής θεωρίας πιθανοτήτων να ενσωματώσει αυτού του είδους τις ασάφειες, ο Lotfi A. Zadeh πρότεινε και εγκαθίδρυσε την θεωρία ασαφών συνόλων όπου επεκτείνουν την κλασσική θεωρία πιθανοτήτων και συνόλων έτσι ώστε μια γλωσσική μεταβλητή (π.χ. ‘ψηλός’) να οριστεί σε ένα σύνολο πιθανών τιμών, όπου κάθε τιμή της μεταβλητής ύψους (π.χ. ύψος) να αντιστοιχισθεί σε μια τιμή σαφήνειας. Η παραπάνω συνάρτηση καλείται συνάρτηση συμμετοχής.

Επομένως, κάθε γλωσσική μεταβλητή πλέον ορίζεται με την συνάρτηση συμμετοχής όπου ορίζεται το διάστημα στο οποίο η γλωσσική μεταβλητή έχει νόημα. Στο παράδειγμα που χρησιμοποιήθηκε για το ύψος των ανθρώπων, είναι δόκιμο να χρησιμοποιηθεί η τιμή 185 ως η τιμή για την οποία η συνάρτηση συμμετοχής θα έχει την μέγιστη τιμή (1) και το διάστημα θα ορισθεί από το 175 έως και το 220, αλλά η συνάρτηση συμμετοχής θα έχει διαφορετικές τιμές.

Στην συγκεκριμένη εφαρμογή χρησιμοποιήθηκαν μόνο τριγωνικές συναρτήσεις μεταφοράς οι οποίες ορίζονται από 3 αριθμούς, την τιμή της γλωσσικής μεταβλητής όπου ορίζει την πρώτη βάση του τριγώνου με τιμή συνάρτησης μεταφοράς μηδέν, την μέγιστη τιμή της γλωσσικής μεταβλητής όπου η συνάρτηση μεταφοράς έχει τιμή 1 και το τελευταίο σημείο για το οποίο η γλωσσική μεταβλητή έχει νόημα άρα και η συνάρτηση μεταφοράς έχει την τιμή 0.

Εν κατακλείδι και ως απαραίτητες πληροφορίες σχετικά με την εφαρμογή, αντί για απόλυτους αριθμούς σε μια κλίμακα Likert, θα ζητηθεί από τους υπεύθυνους λήψης απόφασης να κρίνουν κάθε κριτήριο ως προς το πόσο χρήσιμο είναι σχετικά με μια στρατηγική που θα ακολουθηθεί σε σχέση με γλωσσικές μεταβλητές, οι οποίες είναι περισσότερο ανθρωπίνως αντιληπτές. Κάθε γλωσσική μεταβλητή θα αντικατασταθεί από την αντίστοιχη τριγωνική ασαφή μεταβλητή και έπειτα θα ακολουθηθούν τα βήματα που περιγράφονται από τον αλγόριθμο.

Αφού επιλεγθούν τα κριτήρια και παραχθούν τα βάρη αυτών σύμφωνα με τον αλγόριθμο AHP, χρησιμοποιούνται οι γλωσσικές μεταβλητές για να ενσωματωθεί η ασάφεια. Λεπτομερέστερα:

1. Η ομάδα αξιολογεί το κάθε κριτήριο ως προς κάθε στρατηγική και αποδίδει μια γλωσσική μεταβλητή. Στην παρούσα εφαρμογή χρησιμοποιούνται 7 γλωσσικές μεταβλητές οι οποίες δίδονται από τον πίνακα N.

2. Δημιουργείται ένας πίνακας D όπου έχει ως γραμμές τις στρατηγικές και ως στήλες τα κριτήρια. Κάθε στοιχείο του πίνακα θα έχει τον τριγωνικό ασαφή αριθμό που προέκυψε από το βήμα 1.

3. Για κάθε κριτήριο (και επομένως γραμμή), υπολογίζεται η μέγιστη τιμή των διαθέσιμων ασαφών αριθμών αν πρόκειται για θετικό κριτήριο (κριτήριο όφελους) και διαιρείται με όλους τους αριθμούς των τριγωνικών συναρτήσεων συμμετοχής. Σε περίπτωση όπου το κριτήριο είναι αρνητικό (κριτήριο κόστους), τότε υπολογίζεται η αντίστοιχη ελάχιστη τιμή, αντιστρέφονται όλοι οι αριθμοί και πολλαπλασιάζεται ο ελάχιστος με τους αναστραμμένους αριθμούς. Το παραπάνω έχει ως αποτέλεσμα τον κανονικοποιημένο πίνακα R, όπου το διάστημα κάθε τριγωνικής συνάρτησης συμμετοχής ορίζεται στο διάστημα [0,1].

4. Έπειτα, υπολογίζεται το γινόμενο του κανονικοποιημένου πίνακα R και των βαρών κάθε κριτηρίου W ώστε να παραχθεί ο πίνακας V.

Στο συγκεκριμένο σημείο υπάρχει ανάγκη να οριστεί η ιδανική θετική και αρνητική λύση (Fuzzy Positive Ideal Solution - FPIS, E*) (Fuzzy Negative Ideal Solution - FNIS, E-). Αυτές θα χρησιμοποιηθούν έτσι ώστε να υπολογισθεί η απόσταση κάθε στρατηγικής συγκριτικά με αυτές. Η απόσταση αυτή μοντελοποιείται με την μέθοδο κορυφών όπου υπολογίζεται η απόσταση μεταξύ δύο ασαφών τριγωνικών αριθμών ως η ευκλείδεια απόσταση κάθε αριθμού από τους αριθμούς που ορίζουν τους τριγωνικούς αριθμούς αντίστοιχα. Στον Fuzzy TOPSIS η FPIS και FNIS ορίζεται από την καλύτερη και χειρότερη επίδοση στις στρατηγικές. Επομένως, για κάθε στήλη του πίνακα V υπολογίζεται η μέγιστη τιμή και η ελάχιστη τιμή και ορίζονται δύο πίνακες στήλες, E* και E-.

Η μέθοδος των κορυφών ορίζεται μαθηματικά ως:

(N)

Οι αποστάσεις των επιμέρους λύσεων σχετικά με τις μέγιστες και τις ελάχιστες ορίζονται ως:

(N)

(N)

όπου στοιχεία του πίνακα V και η τιμή της μέγιστης και ελάχιστης ιδανικής λύσης, δηλαδή το μέγιστο και ελάχιστο στοιχείο του πίνακα V αντίστοιχα.

5. Υπολογίζονται οι σχετικές αποστάσεις μεταξύ των στρατηγικών και των αντίστοιχων FPIS, FNIS σύμφωνα με την μέθοδο κορυφών.

6. Υπολογίζεται ο συντελεστής εγγύτητας για κάθε μια εναλλακτική του προβλήματος (Consistency Coefficient - CC) ως

-

Ο τελευταίος θα ποσοτικοποιήσει και την σημαντικότητα των αντίστοιχων στρατηγικών, όπου θα ταξινομηθούν και αυτή με τον δείκτη που έχει την μεγαλύτερη τιμή θα επιλεγεί ως η πιο κατάλληλη.

Πίνακας 4.4: Γλωσσικές μεταβλητές και ασαφείς αριθμοί

Γλωσσικές μεταβλητές	
Όνομα	Όρια τριγωνικής συνάρτησης συμμετοχής
Very Poor (VP)	(0, 0, 1)
Poor (P)	(0,1,3)
Medium Poor (MP)	(1,3,5)
Fair (F)	(3,5,7)
Medium Good (MG)	(5,7,9)

Good (G)	(7,9,10)
Very Good (VG)	(9,10,10)

Βάρη των Κριτηρίων

Στη συνέχεια ορίζουμε τον Πίνακα των διμερών συγκρίσεων της AHP όπως προέκυψε από την ομάδα των αποφασίζοντων με στόχο τον τελικό υπολογισμό των βαρών τα οποία θα χρησιμοποιηθούν στην διαδικασία αξιολόγησης των εναλλακτικών:

Πίνακας 4.5: Πίνακας διμερών συγκρίσεων της AHP με βάση την κρίση της ομάδας των αποφασιζόντων

C _i	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀	C ₁₁	C ₁₂
C ₁	1	1/4	1/4	1/5	1/2	1/7	1/7	1/6	1/5	1/8	1/3	2
C ₂	4	1	1	1/2	3	1/4	1/4	1/3	1/2	1/5	2	5
C ₃	4	1	1	1/2	3	1/4	1/4	1/3	1/2	1/5	2	5
C ₄	5	2	2	1	4	1/3	1/3	1/2	1	1/4	3	6
C ₅	2	1/3	1/3	1/4	1	1/6	1/6	1/5	1/4	1/7	1/2	3
C ₆	7	4	4	3	6	1	1	2	3	1/2	5	8
C ₇	7	4	4	3	6	1	1	2	3	1/2	5	8
C ₈	6	3	3	2	5	1/2	1/2	1	2	1/3	4	7
C ₉	5	2	2	1	4	1/3	1/3	1/2	1	1/4	3	6
C ₁₀	8	5	5	4	7	2	2	3	4	1	6	9
C ₁₁	3	1/2	1/2	1/3	2	1/5	1/5	1/4	1/3	1/6	1	4
C ₁₂	1/2	1/5	1/5	1/6	1/3	1/8	1/8	1/7	1/6	1/9	1/4	1

Με τον κανονικοποιημένο πίνακα του παραπάνω προκύπτουν οι τιμές των βαρών των κριτηρίων. Για τον έλεγχο των αποτελεσμάτων των βαρών (w_i), υπολογίζονται οι ιδιοτιμές (λ_i) και η μέγιστη ιδιοτιμή (λ_{max}) που προκύπτει από το άθροισμα των ιδιοτιμών.

Πίνακας 4.8: Τελικά Αποτελέσματα AHP

C _i	w _i	λ _{max}	RI	CI	CR
C1	1.8%	12.68	1.54	0.062	0.04
C2	5%				
C3	5%				
C4	7.5%				
C5	2.4%				
C6	16%				
C7	16%				
C8	11%				
C9	7.5%				
C10	23%				
C11	3.5%				
C12	1.3%				

Τα αποτελέσματα της AHP είναι αποδεκτά ως προς την συνέπεια τους καθώς ο δείκτης CR έχει τιμή 4 % που είναι μικρότερη του 10%.

Ακολουθεί ο επόμενος πίνακας με την κατάταξη των κριτηρίων βάσει της βαρύτητας που έχουν στο πρόβλημα απόφασης, λαμβάνοντας υπόψιν τις προτιμήσεις της ομάδας από τους αποφασίζοντες.

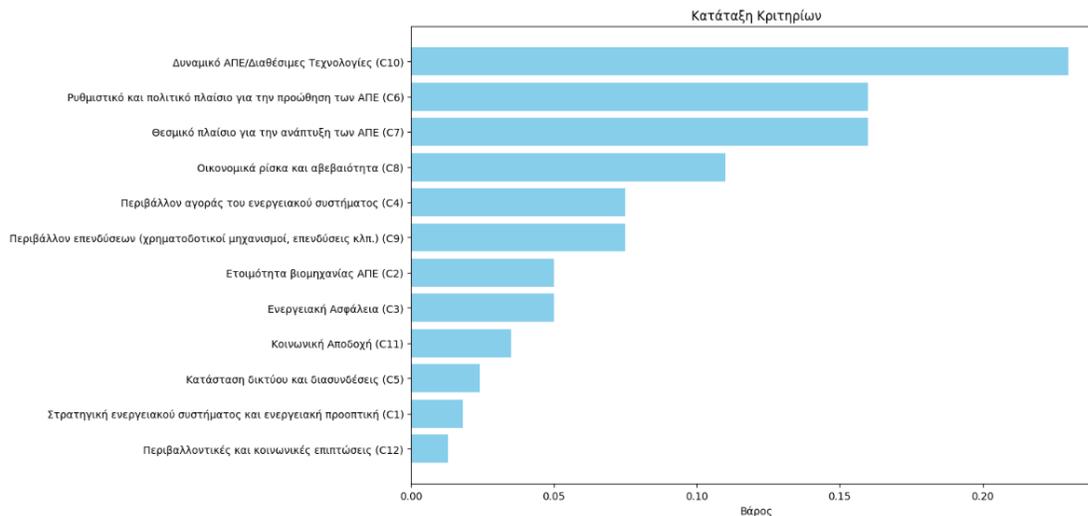
Πίνακας 4.9: Κατάταξη των κριτηρίων βάσει της βαρύτητας που έχουν στο πρόβλημα απόφασης, λαμβάνοντας υπόψη τις προτιμήσεις της ομάδας από τους αποφασίζοντες

Κριτήριο	Βάρος	Τελική Κατάταξη
Δυναμικό ΑΠΕ/Διαθέσιμες Τεχνολογίες (C10)	0.23	1
Ρυθμιστικό και πολιτικό πλαίσιο για την προώθηση των ΑΠΕ (C6)	0.16	2
Θεσμικό πλαίσιο για την ανάπτυξη των ΑΠΕ (C7)	0.16	2
Οικονομικά ρίσκα και αβεβαιότητα (C8)	0.11	3
Περιβάλλον αγοράς του ενεργειακού συστήματος (C4)	0.075	4
Περιβάλλον επενδύσεων (χρηματοδοτικοί μηχανισμοί, επενδύσεις κλπ.) (C9)	0.075	4
Ετοιμότητα βιομηχανίας ΑΠΕ (C2)	0.05	5
Ενεργειακή Ασφάλεια (C3)	0.05	5
Κοινωνική Αποδοχή (C11)	0.035	6
Κατάσταση δικτύου και διασυνδέσεις (C5)	0.024	7

Κεφάλαιο 5

Στρατηγική ενεργειακού συστήματος και ενεργειακή προοπτική (C1)	0.018	8
Περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις (C12)	0.013	9

Με βάσει τον παραπάνω πίνακα ακολουθεί το σχήμα που δείχνει την κατάταξη των κριτηρίων καθώς και τα βάρη τους :



Σχήμα 4.4: Κατάταξη των κριτηρίων βάσει της βαρύτητας που έχουν στο πρόβλημα απόφασης, λαμβάνοντας υπόψη τις προτιμήσεις της ομάδας από τους αποφασίζοντες

5.2 - Συνοπτική περιγραφή της χρήσης των αλγορίθμων

Η χρήση των αλγορίθμων AHP και Fuzzy TOPSIS συνεργατικά θα δημιουργήσει ένα κατάλληλο πλαίσιο για την αξιολόγηση των χωρών της Βόρειας Αφρικής ως προς την επενδυτική ευκαιρία που αποτελούν για συνεργασία με την Ευρώπη. Συνοπτικά:

1. Θα προσδιοριστούν τα κριτήρια και οι στρατηγικές
2. Θα υπολογιστούν τα βάρη των κριτηρίων σύμφωνα με τον αλγόριθμο AHP
3. Θα αξιολογηθεί η κατάταξη των στρατηγικών σύμφωνα με το αποτέλεσμα της μεθόδου Fuzzy TOPSIS

Στο πρώτο βήμα, θα χρησιμοποιηθεί η μέθοδος SWOT με σκοπό να χρησιμοποιηθούν 4 στρατηγικές, μια για κάθε τεταρτημόριο της μεθόδου. Οι στρατηγικές αυτές έχουν αναφερθεί στο κεφάλαιο 4. Στην συνέχεια η ομάδα θα παρέχει τις τιμές για τις διμερείς συγκρίσεις και θα τρέξει ο αλγόριθμος AHP. Τέλος, η ομάδα θα αξιολογήσει κάθε εναλλακτική στρατηγική σε σύγκριση με την αποδοτικότητα κάθε κριτηρίου, όπως έχουν προκύψει από τις αντίστοιχες αναλύσεις SWOT για κάθε κριτήριο.

5.3 - streamlit

Κατά την τελευταία δεκαετία παρουσιάστηκαν προσπάθειες να γεφυρωθεί το χάσμα μεταξύ της ανάγκης για προγραμματιστές ιστοσελίδων και γρήγορη παραγωγή πρωτοτύπων μιας εφαρμογής/ιδέας. Το παραπάνω επιτεύχθηκε με το να γίνουν προσπάθειες από την προγραμματιστική κοινότητα για την ανάπτυξη πακέτων διεπαφών (wrappers) για τις γλώσσες που απαιτούνται για την αποτελεσματική ανάπτυξη μια ιστοσελίδας (HyperText Markup Language - HTML, Cascading Style Sheets - CSS, Javascript). Σε βάθος, γλώσσες υψηλού επιπέδου, όπως η Python, χρησιμοποιείται έτσι ώστε να αντικαταστήσει ποικίλλες λειτουργίες που χρειάζονται κατάρτιση στις ανωτέρω τεχνολογίες, με λίγες μόνο γραμμές.

Ένα τέτοιο πακέτο αποτελεί και το streamlit, όπου κυρίως αφορά την ταχύτατη ανάπτυξη εφαρμογών συλλογής δεδομένων και κυρίως απευθύνεται σε επιστήμονες δεδομένων (data scientist). Παρ' όλα αυτά και στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής, μπορεί να γίνει χρήση έτσι ώστε να παραχθεί το προσδοκώμενο αποτέλεσμα με αρκετά συνοπτικό και συμπαγή κώδικα. Τέλος, παρέχεται εύκολος τρόπος για να παραστεί ζωντανά η εκάστοτε εφαρμογή και στον παγκόσμιο ιστό με λίγα μόνο βήματα. Τα τελευταία θα εξηγηθούν με λεπτομέρεια στην συνέχεια.

5.3.1 - Βασικά χαρακτηριστικά του πακέτου streamlit

Αφού έχει εγκατασταθεί η Python και ο διαχειριστής πακέτων (package manager) pip, το πακέτο μπορεί να εγκατασταθεί αυτόματα πληκτρολογώντας την εντολή 'pip install streamlit'. Έπειτα, όλες οι λειτουργίες γίνονται διαθέσιμες στον προγραμματιστή.

Έπειτα, ο κώδικας αναπτύσσεται σε ένα κεντρικό αρχείο, που ονομάζεται main.py. Στο προηγούμενο και αφού συμπεριληφθεί το πακέτο streamlit, είναι εύκολη η χρήση των γραφικών στοιχείων (widget) που θα χρειαστούν. Στην συνέχεια αναγράφονται τα στοιχεία που θα χρησιμοποιηθούν με επαρκείς, αλλά όχι όλες, τις λεπτομέρειες των ορισμάτων. Τα στοιχεία είναι:

1. streamlit.button: Παρέχει το βασικό widget ενός κουμπιού όπου θα χρησιμοποιηθεί για την πλοήγηση στις διάφορες σελίδες που θα σχεδιαστούν για κάθε αλγόριθμο, καθώς και στην δυναμική αυξομείωση τις λίστας των κριτηρίων και στρατηγικών. Κάθε button δέχεται ένα όρισμα για το τι θα αναγράφει (label), ένα μοναδικό (ανά εικονική απόδοση - render) string εν ονόματι key και το όρισμα on_click, που μπορεί να συνδεθεί με μια συνάρτηση που χρειάζεται να τρέξει πριν γίνει ένα επόμενο render. Οι τελευταίες είναι χρήσιμες για να ανανεωθεί η σελίδα που βρισκόμαστε ή οι αντίστοιχες λίστες στρατηγικών και κριτηρίων.

2. streamlit.columns: Αποτελεί widget όπου αυτόματα χωρίζει την σελίδα σε γραμμές και αντίστοιχα στήλες, με διαφορετικά μήκη. Τα ορίσματα που χρησιμοποιήθηκαν είναι το spec, όπου απαιτεί λίστα μήκους ίσο με τον αριθμό των στηλών που απαιτούνται. Το γραφικό μήκος των στηλών είναι ίσο με το περιεχόμενο της λίστας, είτε χρησιμοποιώντας δεκαδικούς αριθμού που συμβολίζουν το ποσοστό όπου θα καταληφθεί από κάθε στήλη στο κάθε render ή με ακέραιους, όπου δηλώνουν το σχετικό μήκος κάθε λίστας σύμφωνα με προκαθορισμένο γραφικό μήκος. Στην

παρούσα εφαρμογή απαιτήθηκαν ισομήκης στήλες και επομένως είναι πιο χρήσιμη η δεύτερη συμβολική αναπαράσταση του μήκους των στηλών. Σε κάθε χρήση του `streamlit.columns`, χρησιμοποιήθηκε η λίστα `[1,1]`.

3. `streamlit.write`: Αποτελεί το βασικό widget αναπαράστασης δεδομένων κάθε τύπου με πολύ ευέλικτο τρόπο. Λεπτομερώς, χρησιμοποιώντας το συγκεκριμένο widget, ο προγραμματιστής μπορεί να παρουσιάσει απλό κείμενο (σε μορφή Markdown), πίνακες, γραφικές παραστάσεις ή και εικόνες χρησιμοποιώντας ως όρισμα διάφορα αντικείμενα που ανήκουν είτε στην Python, είτε σε συγκεκριμένα πακέτα. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε το `streamlit.write` έτσι ώστε να παραστούν οι τίτλοι, οι λεκτικές πληροφορίες που απαιτούνται για την κατανόηση κάθε βήματος ή απαίτησης αλλά και την αναπαράσταση των αποτελεσμάτων των αλγορίθμων.

4. `streamlit.selectbox`: αποτελεί widget που υλοποιεί λειτουργικότητα λίστα με προεπιλεγμένες επιλογές (dropdown menu). Το συγκεκριμένο δέχεται ως όρισμα την λίστα με τις διαθέσιμες επιλογές και ένα μοναδικό string με το όνομα `key`. Ως παράδειγμα, τέτοιες επιλογές μπορεί να είναι το σχετικό βάρος για την σύγκριση μεταξύ των κριτηρίων (1,2,3, ..., 9 και τα αντίστοιχα κλάσματα) ή το αν κάθε κριτήριο είναι θετικό (positive) ή αρνητικό (negative).

5. `streamlit.container`: αποτελεί τον ακρογωνιαίο λίθο του πακέτου `streamlit` με λειτουργικότητα του κύριου αντικειμένου όπου θα υπάρξουν ως μέρη, τα αντίστοιχα αντικείμενα/widgets που θα χρησιμοποιηθούν.

Παρόλες τις δυνατότητες απεικόνισης, η εφαρμογή δεν θα ήταν αποτελεσματική καθώς κάθε widget γίνεται ξανά render με κάθε δράση του χρήστη. Επομένως και εκτός από την πρώτη απεικόνιση, δεν υπάρχει δυνατότητα μνήμης, πράγμα που καθιστά την εφαρμογή μη υλοποιήσιμη με τα παρόντα στοιχεία.

5.3.2 - `streamlit.session_state`

Για να αποφευχθεί η υλοποίηση εφαρμογής απλής απεικόνισης στοιχείων χωρίς την δυνατότητα της παραμικρής αλλαγής, απαιτείται 'μνήμη'. Σύμφωνα με τα στοιχεία που θα αποθηκευτούν στην μνήμη, πρέπει να γίνουν κατάλληλες αλλαγές στα widget αλλά και στις πληροφορίες που θα γίνουν διαθέσιμες στις κατάλληλες συναρτήσεις για την υλοποίηση των αλγορίθμων πολυκριτήριας επιλογής. Αυτή η δυνατότητα παρέχεται με το `streamlit.session_state`.

Η κατάσταση (state) κάθε render μπορεί να αποθηκευτεί σε ένα αντικείμενο με το όνομα `session_state` και αντίστοιχες μεταβλητές της επιλογής του προγραμματιστή. Στην συγκεκριμένη εφαρμογή απαιτείται να υπάρχει στην μνήμη:

1. Η σελίδα που βρίσκεται ο χρήστης σε κάθε στιγμή
2. Η λίστα κριτηρίων
3. Η λίστα στρατηγικών
4. Ο συγκριτικός πίνακας κριτηρίων A
5. Η ασαφής πίνακας D
6. Όλα τα αποτελέσματα των αντίστοιχων αλγορίθμων

Για τα παραπάνω έχουν επιλεγεί κατάλληλες ονομασίες μεταβλητών, οι οποίες αρχικοποιούνται σε κενά strings, ακέραιους αριθμούς ή διαδικές μεταβλητές (boolean). Το παραπάνω γίνεται έτσι ώστε να ξεχωριστεί το πρώτο, αρχικό render από τα υπόλοιπα και για λειτουργικούς λόγους του κώδικα.

Ως παράδειγμα παρατίθεται η αρχικοποίηση της λίστας κριτηρίων:

```
if 'criterion_list' not in st.session_state:  
    st.session_state.criterion_list = [{'Name': 'temp', 'Option': 'Positive'}]
```

5.4 - Οι σελίδες της εφαρμογής

5.4.1 - Αρχικοποίηση

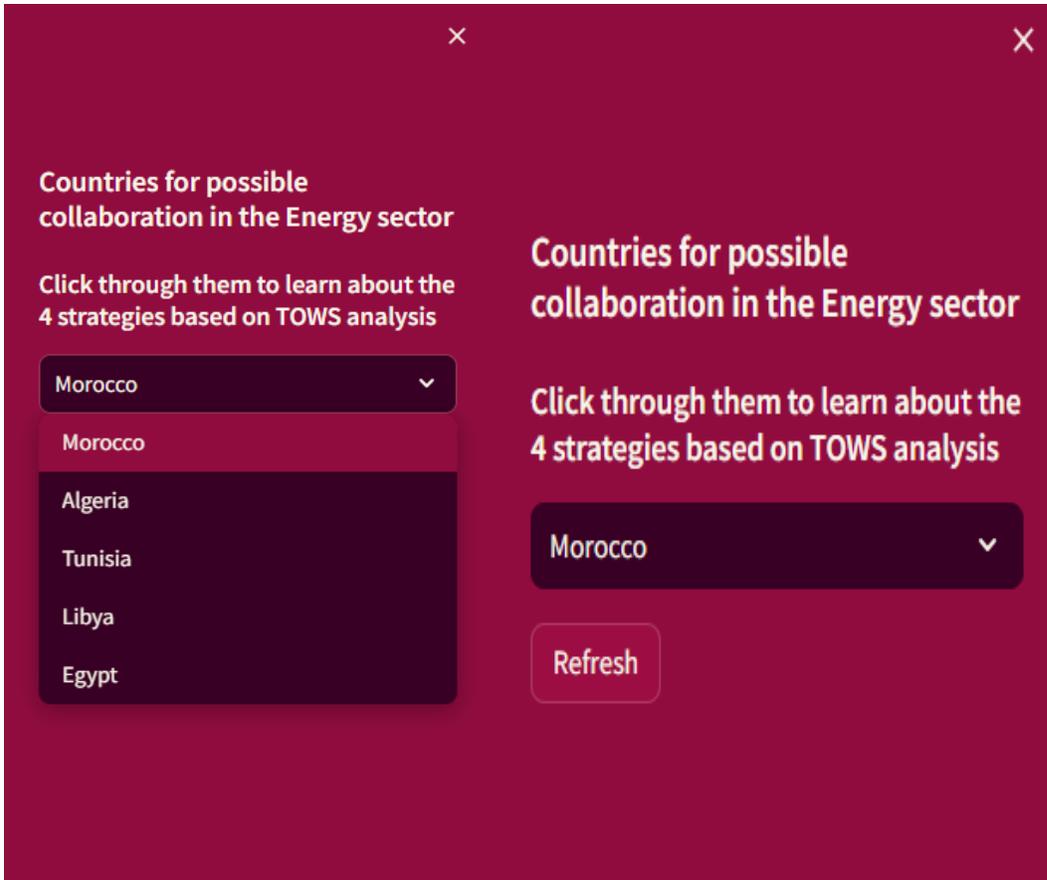
Κάθε εφαρμογή απαιτεί μια σελίδα σχετικά με παρουσίαση γενικών πληροφοριών έτσι ώστε ο χρήστης να είναι ενήμερος για το τι έπεται, στοιχεία επικοινωνίας ή και πληροφορίες σχετικά με την χρήση των προσωπικών του δεδομένων ή μη.

Πριν το πρώτο render, αρχικοποιείται το session_state και οι αντίστοιχες μεταβλητές που έχουν αναφερθεί παραπάνω. Έπειτα, ορίζεται το streamlit.container και το render εξαρτάται πλέον από την τιμή της μεταβλητής streamlit.session_state.current_page. Το προηγούμενο θα χρησιμοποιηθεί σε μια δομή τύπου if-elif-else, έτσι ώστε ανάλογα με το string που έχει αποθηκευμένο, να γίνεται χρήση διαφορετικών αντικειμένων του πακέτου streamlit.

5.4.2 - General

Η εφαρμογή αποτελείται από μια κεντρική ιστοσελίδα με πλάγιο μενού επιλογής χώρας ενδιαφέροντος της Βόρειας Αφρικής, κεντρική σελίδα με επιλογές καρτελών (tabs) για κάθε υπολειτουργία της εφαρμογής και αντίστοιχο χωρίο με παρουσίαση γραφικών και αποτελεσμάτων των αλγορίθμων.

Με περισσότερη λεπτομέρεια, στο παρακάτω σχήμα παρέχεται ένα dropdown menu όπου ο χρήστης μπορεί να επιλέξει ανάμεσα στις 5 χώρες ενδιαφέροντος που έχουν αναλυθεί στα προηγούμενα κεφάλαια. Επίσης, για λόγους ανάπτυξης της εφαρμογής (development) αλλά και για ευκολία στον χρήστη, προστέθηκε ένα κουμπί ανανέωσης (Refresh) έτσι ώστε η εφαρμογή να επανεκκινήσει στις αρχικές παραμέτρους.



Σχήμα 5.1: Dropdown menu με τις 5 χώρες της Βόρειας Αφρικής



Σχήμα 5.2: Η σελίδα της εφαρμογής με το πλάγιο μενού επιλογής χώρας, τις καρτέλες εφαρμογών και το χωρίο παρουσίασης πληροφοριών και αποτελεσμάτων.

Έπειτα, το κεντρικό χωρίο της οθόνης χωρίζεται σε 2 μέρη, την άνω περιοχή όπου υπάρχουν οι καρτέλες επιλογής, και στην κάτω όπου θα παρουσιάζονται οι επιμέρους λεπτομέρειες για κάθε καρτέλα που έχει επιλεγεί από τον χρήστη.

5.4.2.1 - How it works

Η πρώτη καρτέλα απεικονίζεται στις παρακάτω εικόνες και παρουσιάζει γενικές πληροφορίες σχετικά με την εισαγωγή στο πρόβλημα, τις λειτουργικότητες της εφαρμογής καθώς και πως ο χρήστης μπορεί να κάνει χρήση της εφαρμογής.

Εισαγωγή στο Πρόβλημα

Το πρόβλημα που μελετάμε αφορά την αξιολόγηση και την επιλογή των καταλληλότερων χωρών της Βόρειας Αφρικής για συνεργασία με την Ευρωπαϊκή Ένωση στον τομέα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ). Η ανάπτυξη ΑΠΕ είναι κρίσιμη για τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και την επίτευξη των στόχων βιώσιμης ανάπτυξης. Οι χώρες της Βόρειας Αφρικής διαθέτουν πλούσιο δυναμικό ΑΠΕ, αλλά υπάρχουν πολλοί παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη για την αξιολόγηση της επενδυτικής τους ελκυστικότητας. Αυτοί οι παράγοντες περιλαμβάνουν το νομικό και θεσμικό πλαίσιο, το οικονομικό ρίσκο, το περιβάλλον επενδύσεων και την κοινωνική αποδοχή.

Για την αντιμετώπιση αυτής της πολυπλοκότητας, χρησιμοποιήσαμε δύο πολυκριτηριακές μεθόδους ανάλυσης αποφάσεων: την Analytical Hierarchical Process (AHP) και τη Fuzzy TOPSIS. Η μέθοδος AHP χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των βαρών των κριτηρίων, ενώ η Fuzzy TOPSIS βοηθά στην κατάταξη των εναλλακτικών στρατηγικών με βάση τα βαρύνοντα κριτήρια.

Λειτουργικότητες της Εφαρμογής

Προσδιορισμός Κριτηρίων και Στρατηγικών

- Ο χρήστης μπορεί να εισαγάγει τα κριτήρια που θα χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση των χωρών.
- Ο χρήστης μπορεί να καθορίσει τις στρατηγικές που θα αξιολογηθούν. Αυτές οι στρατηγικές είναι βασισμένες στην ανάλυση SWOT.

Εισαγωγή Διμερών Συγκρίσεων (AHP)

- Ο χρήστης συγκρίνει τα κριτήρια ανά ζεύγη χρησιμοποιώντας μια κλίμακα 9 σημείων.
- Η εφαρμογή υπολογίζει τον πίνακα διμερών συγκρίσεων και τον κανονικοποιεί για τον υπολογισμό των βαρών των κριτηρίων.

Υπολογισμός Βαρών (AHP)

- Η εφαρμογή υπολογίζει τα βάρη των κριτηρίων χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο AHP.

Κεφάλαιο 5

- Παρουσιάζει τα αποτελέσματα των βαρών και τον δείκτη συνέπειας για να ελεγχθεί η συνέπεια των συγκρίσεων.

Αξιολόγηση Στρατηγικών (Fuzzy TOPSIS)

- Ο χρήστης αξιολογεί τις στρατηγικές σε σχέση με τα κριτήρια χρησιμοποιώντας γλωσσικές μεταβλητές.
- Η εφαρμογή μετατρέπει τις γλωσσικές μεταβλητές σε τριγωνικούς ασαφείς αριθμούς και υπολογίζει τον κανονικοποιημένο πίνακα.

Υπολογισμός Ιδανικών Λύσεων και Συντελεστών Εγγύτητας (Fuzzy TOPSIS)

- Η εφαρμογή υπολογίζει τις θετικές και αρνητικές ιδανικές λύσεις.
- Υπολογίζει τις αποστάσεις των στρατηγικών από τις ιδανικές λύσεις και τον συντελεστή εγγύτητας για κάθε στρατηγική.

Παρουσίαση Αποτελεσμάτων

Η εφαρμογή παρουσιάζει τα αποτελέσματα της αξιολόγησης, κατατάσσοντας τις στρατηγικές με βάση τον συντελεστή εγγύτητας.

Πώς να Χρησιμοποιήσετε την Εφαρμογή

Ξεκινήστε με την Επιλογή Χώρας

- Από το μενού στην αριστερή πλευρά, κάντε κλικ σε μια χώρα που θέλετε να αξιολογήσετε.
- Ο χάρτης θα εστιάσει στη συγκεκριμένη χώρα και η ανάλυση SWOT της θα εμφανιστεί παρακάτω.

Προσδιορισμός Κριτηρίων

- Μεταβείτε στην καρτέλα 'Κριτήρια'.
- Εισάγετε τα κριτήρια για την αξιολόγηση. Μπορείτε να προσθέσετε ή να αφαιρέσετε κριτήρια όπως χρειάζεται.

Διμερής Σύγκριση Κριτηρίων

- Μεταβείτε στην καρτέλα 'Βάρη Κριτηρίων'.
- Συγκρίνετε τα κριτήρια ανά ζεύγη και εισάγετε τις συγκρίσεις σας χρησιμοποιώντας την κλίμακα των 9 σημείων.

Προσδιορισμός Στρατηγικών

- Μεταβείτε στην καρτέλα 'Στρατηγικές'.

Κεφάλαιο 5

- Ορίστε και εισάγετε τις στρατηγικές. Μπορείτε να προσθέσετε ή να αφαιρέσετε στρατηγικές σύμφωνα με τις ανάγκες σας.

Αξιολόγηση Στρατηγικών

- Μεταβείτε στην καρτέλα 'Βάρη Στρατηγικών'.
- Αξιολογήστε κάθε στρατηγική σε σχέση με τα κριτήρια χρησιμοποιώντας τις παρεχόμενες γλωσσικές μεταβλητές.

Παρουσίαση Αποτελεσμάτων

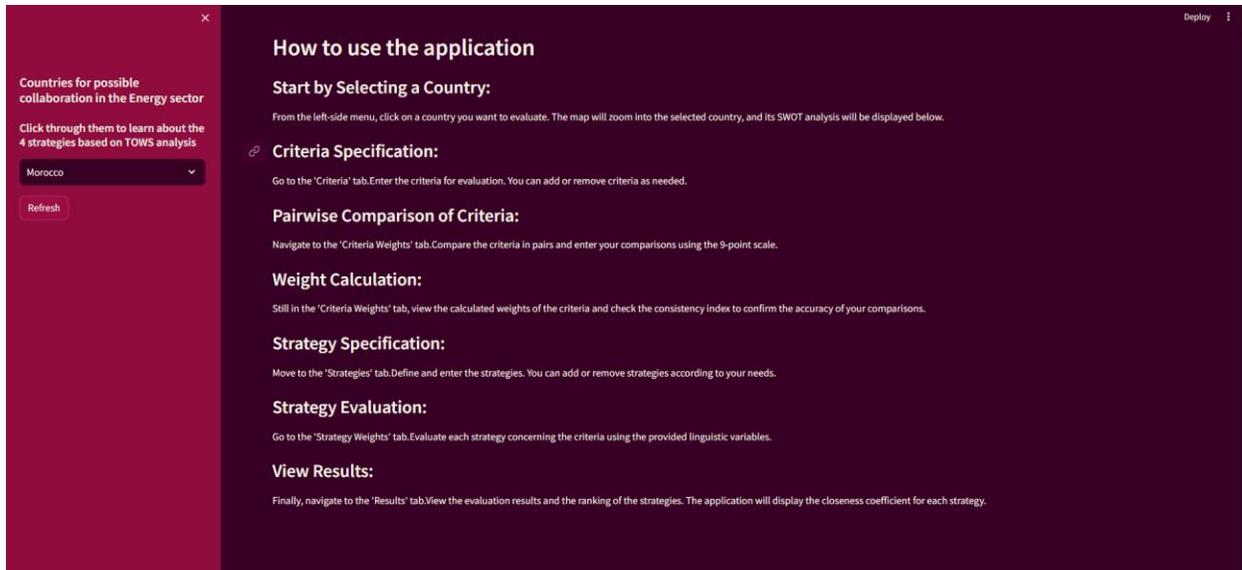
- Τέλος, μεταβείτε στην καρτέλα 'Αποτελέσματα'.
- Δείτε τα αποτελέσματα της αξιολόγησης και την κατάταξη των στρατηγικών. Η εφαρμογή θα εμφανίσει τον συντελεστή εγγύτητας για κάθε στρατηγική.



Σχήμα 5.3: Εισαγωγή στο Πρόβλημα



Σχήμα 5.4: Λειτουργικότητες Εφαρμογής

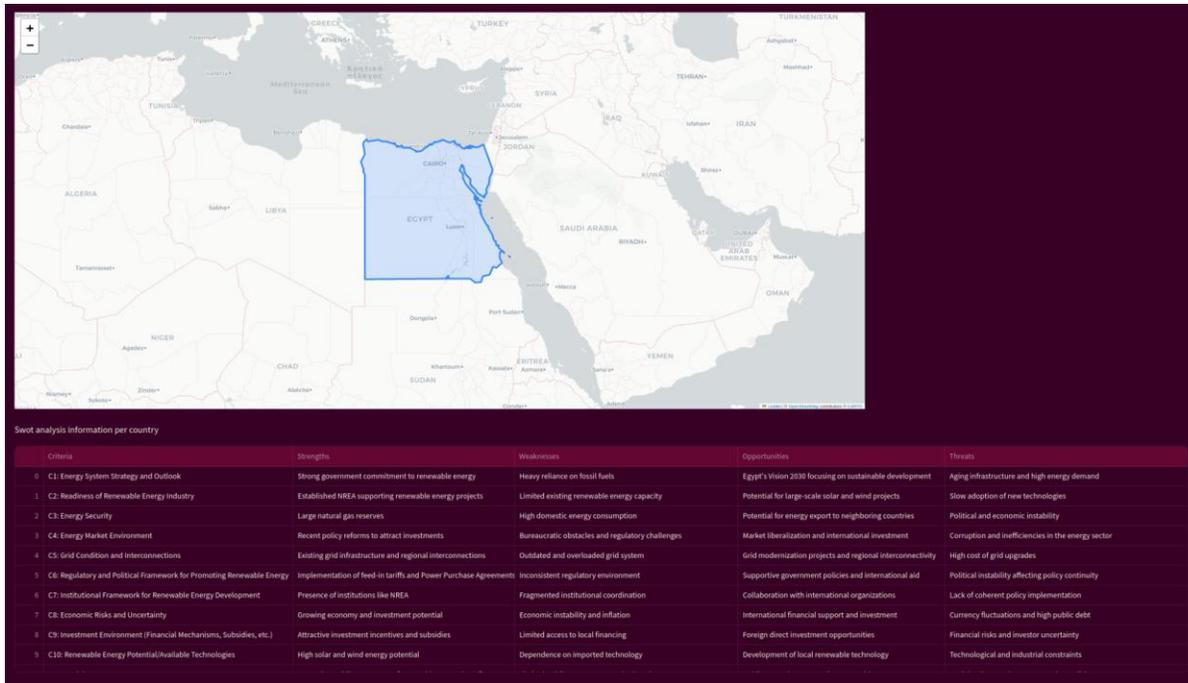


Σχήμα 5.5: Πως να χρησιμοποιήσετε την Εφαρμογή

5.4.2.2 - The App

Αποτελεί την κύρια καρτέλα επιλογής όπου υπάρχει παγκόσμιος χάρτης με χρωματισμένα τα σύνορα της εκάστοτε χώρας που έχει επιλεγεί από τον χρήστη και αλλάζει δυναμικά. Ταυτόχρονα, παρουσιάζεται και η ανάλυση TOWS για κάθε χώρα και κάθε ένα εκ των 12 κριτηρίων που έχουν επιλεγεί και περιγραφεί στα προηγούμενα κεφάλαια. Η τελευταία επίσης αλλάζει δυναμικά με την επιλογή της αντίστοιχης χώρας.

Κεφάλαιο 5



Σχήμα 5.6: Το κύριο μέρος της εφαρμογή όταν έχει επιλεγεί η καρτέλα The App. Παρουσιάζεται παγκόσμιος χάρτης όπου έχουν χρωματιστεί τα σύνορα της χώρας όπου έχει επιλεγεί από τον χρήστη. Παράλληλα, παρουσιάζεται και η ανάλυση TOWS για κάθε χώρα.

5.4.2.3 - Criteria

Παρέχει την δυνατότητα στον χρήστη να επεξεργαστεί το όνομα κάθε κριτηρίου, το αν πρόκειται για θετικό (positive) ή αρνητικό (negative) κριτήριο, καθώς και να μειώσει ή να προσθέσει επιπλέον κριτήρια της αρεσκείας του. Λόγω της ανάλυσης και του σκοπού αυτής της διπλωματικής, παρέχονται προδιαγεγραμμένα κριτήρια τα οποία έχουν επιλεγεί και αυτά παρέχονται και ως προεπιλεγμένα κριτήρια στην εφαρμογή.

Κεφάλαιο 5



Σχήμα 5.7: Το κύριο μέρος της εφαρμογής όταν έχει επιλεγεί η καρτέλα **Criteria**. Παρουσιάζονται τα 12 προεπιλεγμένα κριτήρια καθώς και δυνατότητα επεξεργασίας αυτών αλλά και προσθαφαιρέσεις νέων.

5.4.2.4 - Criteria Weight

Ανάλογα με τα κριτήρια που έχουν επιλεγεί, δημιουργείται το άνω τριγωνικό μέρος του πίνακα A για τον αλγόριθμο AHP. Λόγω της αντιστρόφους ανάλογης ως προς την κύρια διαγώνιο ιδιότητας του πίνακα, παρέχεται μόνο το άνω τριγωνικό μέρος και η εφαρμογή αυτόματα ανανεώνει τις τιμές κάτω από την κύρια διαγώνιο. Σε κάθε χώρα, παρέχονται προεπιλεγμένες οι τιμές που έχουν προκύψει ως αποτέλεσμα της ανάλυσης όπως έχει παρουσιασθεί στα προηγούμενα κεφάλαια.

Κεφάλαιο 5



Σχήμα 5.8: Το κύριο μέρος της εφαρμογής όταν έχει επιλεγεί η καρτέλα **Criteria Weights**. Παρουσιάζονται οι προεπιλεγμένες τιμές του πίνακα A του αλγορίθμου AHP. Παρουσιάζεται μόνο το άνω τριγωνικό μέρος λόγω της ιδιότητας των στοιχείων να είναι αντιστρόφως ανάλογα με άξονα συμμετρίας την κύρια διαγώνιο.

5.4.2.5 - Strategies

Στην παρούσα καρτέλα παρουσιάζονται οι στρατηγικές που θα αξιολογηθούν συναρτήσει των κριτηρίων. Λόγω του ότι η ανάλυση που έχει γίνει βασίζεται στην TOWS, προεπιλέγεται οι στρατηγικές να είναι 4 με τα ονόματα για κάθε τεταρτημόριο, SO, WO, ST, WT αντίστοιχα. Οι στρατηγικές είναι κοινές για κάθε χώρα.



Σχήμα 5.9: Το κύριο μέρος της εφαρμογής όταν έχει επιλεγεί η καρτέλα **Strategies**. Παρουσιάζονται οι 4 στρατηγικές σύμφωνα με την ανάλυση TOWS.

5.4.2.6 - Strategy Weights

Όπως και στην παράγραφο 4.2.3, παρέχεται η ασαφής τιμή όπου υποδηλώνει το πόσο κάθε κριτήριο συνδέεται με κάθε στρατηγική. Και στην συγκεκριμένη καρτέλα γίνεται δυναμική ανανέωση των τιμών ανάλογα με το ποια χώρα έχει επιλέξει ο χρήστης. Ταυτόχρονα, παρέχεται η δυνατότητα να αλλάξουν οι τιμές. Ο αριθμός των κελιών είναι το γινόμενο των στρατηγικών και των κριτηρίων που έχουν επιλεγεί.

The screenshot shows the 'Fuzzy Topsis' application interface. It features a table with 12 criteria listed on the left and five strategies (SD, WD, ST, WT) listed at the top. Each cell in the table contains a dropdown menu with five options: Very Good, Good, Medium Good, Fair, and Medium Poor. The interface is dark-themed with red accents.

Criteria	SD	WD	ST	WT
C1: Energy System Strategy and Outlook	Very Good	Good	Medium Good	Fair
C2: Readiness of Renewable Energy Industry	Medium Good	Fair	Fair	Medium Good
C3: Energy Security	Fair	Medium Good	Poor	Fair
C4: Energy Market Environment	Good	Fair	Medium Good	Medium Poor
C5: Grid Condition and Interconnections	Very Good	Medium Good	Fair	Fair
C6: Regulatory and Political Framework for Promoting Renewable Energy	Medium Good	Medium Good	Fair	Medium Poor
C7: Institutional Framework for Renewable Energy Development	Fair	Medium Good	Medium Poor	Poor
C8: Economic Risks and Uncertainty	Medium Good	Medium Poor	Fair	Medium Good
C9: Investment Environment (Financial Mechanisms, Subsidies, etc.)	Medium Good	Medium Poor	Medium Good	Fair
C10: Renewable Energy Potential/Available Technologies	Good	Medium Good	Medium Good	Very Poor
C11: Social Acceptance	Medium Good	Medium Good	Fair	Poor
C12: Environmental and Social Impacts	Fair	Poor	Very Poor	Medium Good

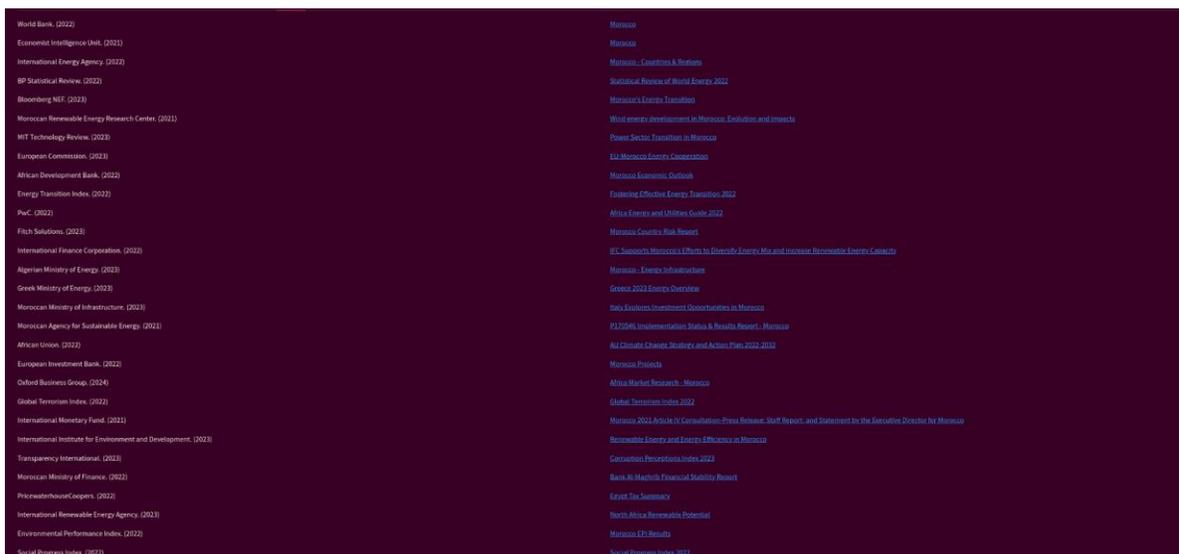
Σχήμα 5.10: Το κύριο μέρος της εφαρμογής όταν έχει επιλεγεί η καρτέλα Strategy Weights. Παρουσιάζονται οι προεπιλεγμένες τιμές των ασαφών γλωσσικών μεταβλητών για κάθε χώρα.

5.4.2.7 - Results

Έπειτα από τον ορισμό κάθε μεταβλητής κάθε προηγούμενης καρτέλας, δίδεται στον χρήστη η δυνατότητα να έχει τα αποτελέσματα των αλγορίθμων πολυκριτήριας απόφασης AHP και Fuzzy TOPSIS πατώντας το κουμπί Calculate Results.

5.4.2.8 - References

Παρέχεται η βιβλιογραφική ανασκόπηση και οι πηγές που οδήγησαν στις επιλογές των κριτηρίων, στις επιλογές των τιμών για τον πίνακα A του αλγορίθμου AHP και των τιμών ασαφών μεταβλητών του Fuzzy TOPSIS. Παρατίθεται μια λίστα με δύο στοιχεία ανά γραμμή, όπου το πρώτο είναι η αναφορά και η δεύτερη ένας υπερσύνδεσμος όπου ο ενδιαφερόμενος μπορεί να βρει την πρωτότυπη εργασία στο διαδίκτυο.



Σχήμα 5.11: Το κύριο μέρος της εφαρμογής όταν έχει επιλεγεί η καρτέλα **References**. Παρουσιάζεται η λίστα των αναφορών που είναι σχετικές με την χώρα που έχει επιλεγεί από τον χρήστη.

5.5 - Αποτελέσματα

5.5.1 - Επιλογή κριτηρίων και AHP

Σύμφωνα με τα 12 κριτήρια που έχουν επιλεγεί και παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, η ομάδα ειδικών παρείχε την σύγκρισή τους σε ζευγάρια με χρήση της κλίμακας που παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 5.1.1. Έτσι, είναι δυνατό να δημιουργηθεί ο πίνακας που απαιτείται από την μέθοδο AHP. Χρησιμοποιώντας την εφαρμογή και αφού πλοηγηθούμε στην αντίστοιχη σελίδα, προσθέτουμε 12 κριτήρια και τα ονομάζουμε ως C1 έως και C12.

Έπειτα, τα κριτήρια ταξινομημένα με φθίνοντα τρόπο καθώς και οι τιμές για τον συντελεστή συνέπειας (CI) και τον λόγο συνέπειας (CR) απεικονίζονται στο παρακάτω σχήμα.

Ο συντελεστής συνέπειας είναι μικρότερος από το 0.01 (ή 10%) και επομένως τα αποτελέσματα γίνονται δεκτά.

AHP algorithm results

Sorted criteria

- C10: Renewable Energy Potential/Available Technologies
- C7: Institutional Framework for Renewable Energy Development
- C6: Regulatory and Political Framework for Promoting Renewable Energy
- C8: Economic Risks and Uncertainty
- C9: Investment Environment (Financial Mechanisms, Subsidies, etc.)
- C4: Energy Market Environment
- C3: Energy Security
- C2: Readiness of Renewable Energy Industry
- C11: Social Acceptance
- C5: Grid Condition and Interconnections
- C1: Energy System Strategy and Outlook
- C12: Environmental and Social Impacts

Metrics

- Consistency Index (CI): 0.0008069800112124881
- Random Consistency Index (RI): 1.54
- Consistency Ration (CR): 0.0005240129942938234

Σχήμα 5.12: Αποτελέσματα του αλγορίθμου AHP για τις προεπιλεγμένες τιμές του πίνακα Α.

5.5.2 - Αποτελέσματα Fuzzy TOPSIS

5.5.2.1 - Μαρόκο

Στην συνέχεια, γίνεται χρήση των συγκρίσεων των αντίστοιχων στρατηγικών με τα κριτήρια, επιλέγοντας κατάλληλα τις γλωσσικές μεταβλητές. Σε κάθε περίπτωση οι στρατηγικές θα έχουν πάντα την ίδια ονομασία και θα είναι SO, WO, ST και WT αντίστοιχα. Εν συνέχεια, θα παρουσιαστούν αντίστοιχες εικόνες για κάθε χώρα της Βόρειας Αφρική, όπως αυτά χρησιμοποιήθηκαν στην εφαρμογή που υλοποιήθηκε.

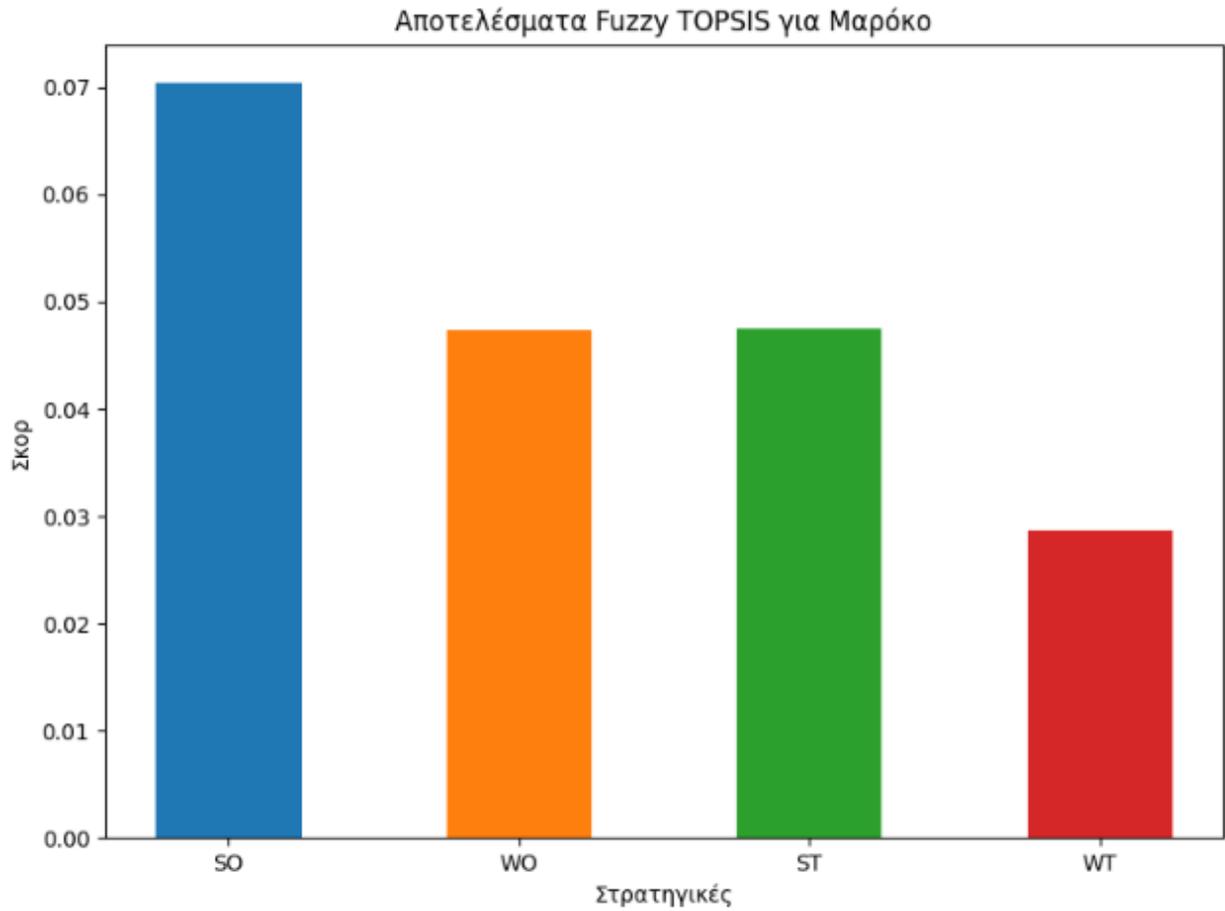
Criteria	SO	WO	ST	WT
C1: Energy System Strategy and Outlook	Very Good	Good	Fair	Medium Good
C2: Readiness of Renewable Energy Industry	Medium Good	Fair	Medium Poor	Fair
C3: Energy Security	Medium Good	Medium Poor	Medium Poor	Fair
C4: Energy Market Environment	Medium Good	Fair	Poor	Very Poor
C5: Grid Condition and Interconnections	Very Good	Fair	Medium Good	Medium Poor
C6: Regulatory and Political Framework for Promoting Renewable Energy	Good	Medium Poor	Medium Good	Medium Poor
C7: Institutional Framework for Renewable Energy Development	Good	Medium Good	Fair	Poor
C8: Economic Risks and Uncertainty	Medium Good	Fair	Fair	Medium Poor
C9: Investment Environment (Financial Mechanisms, Subsidies, etc.)	Medium Good	Medium Poor	Fair	Poor
C10: Renewable Energy Potential/Available Technologies	Good	Medium Good	Medium Good	Medium Poor
C11: Social Acceptance	Fair	Medium Poor	Medium Poor	Fair
C12: Environmental and Social Impacts	Medium Good	Medium Poor	Fair	Fair

Σχήμα 5.13.1: Προεπιλεγμένες τιμές των γλωσσικών μεταβλητών για το Μαρόκο.

Strategy	Fuzzy Topsis Result
SO	0.47045236103192895
ST	0.447997707991245298
WO	0.44738510512478398
WT	0.42084681967800814

Σχήμα 5.13.2: Αποτέλεσμα του αλγορίθμου Fuzzy TOPSIS για το Μαρόκο

Σχήμα 5.13: Γλωσσικές μεταβλητές και αποτελέσματα του Fuzzy TOPSIS για το Μαρόκο.



Σχήμα 5.14: Αποτελέσματα Fuzzy TOPSIS για το Μαρόκο

Κεφάλαιο 5

Fuzzy Topsis

In this page, you have to choose the number of strategies that will be evaluated against the criteria. After that, you have to grade each strategy with the respective criteria.

Criteria	Strategies			
	SO	WO	ST	WT
C1: Energy System Strategy and Outlook	Good	Medium Good	Fair	Medium Good
C2: Readiness of Renewable Energy Industry	Medium Good	Medium Poor	Fair	Medium Poor
C3: Energy Security	Medium Good	Fair	Medium Poor	Fair
C4: Energy Market Environment	Fair	Fair	Medium Poor	Poor
C5: Grid Condition and Interconnections	Medium Good	Fair	Poor	Medium Poor
C6: Regulatory and Political Framework for Promoting Renewable Energy	Good	Medium Good	Medium Good	Fair
C7: Institutional Framework for Renewable Energy Development	Medium Good	Medium Poor	Fair	Poor
C8: Economic Risks and Uncertainty	Good	Fair	Medium Good	Medium Good
C9: Investment Environment (Financial Mechanisms, Subsidies, etc.)	Fair	Medium Poor	Fair	Medium Good
C10: Renewable Energy Potential/Available Technologies	Very Good	Good	Medium Good	Medium Poor
C11: Social Acceptance	Fair	Medium Good	Fair	Poor
C12: Environmental and Social Impacts	Fair	Medium Poor	Medium Poor	Medium Good

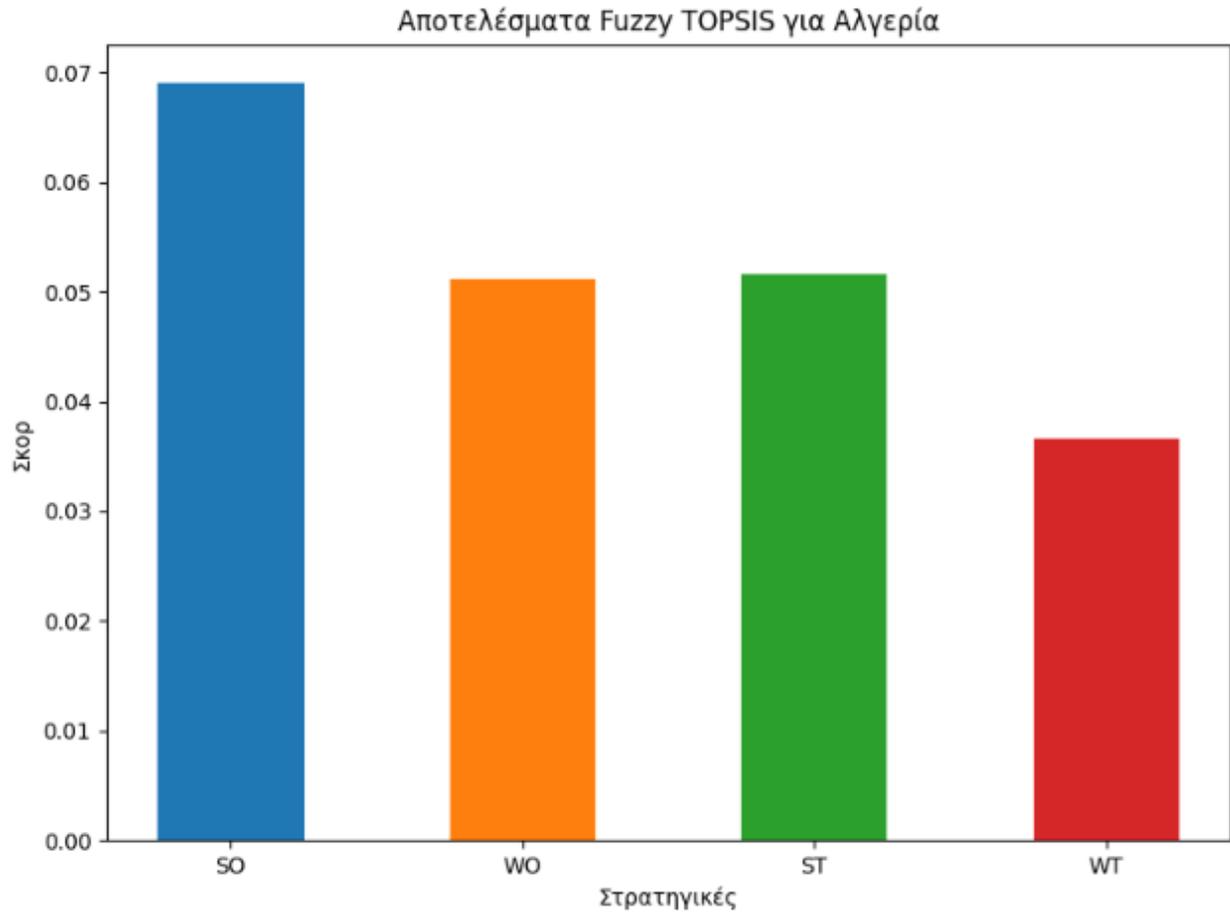
Σχήμα 5.15.1: Προεπιλεγμένες τιμές των γλωσσικών μεταβλητών για την Αλγερία.

Fuzzy TOPSIS results

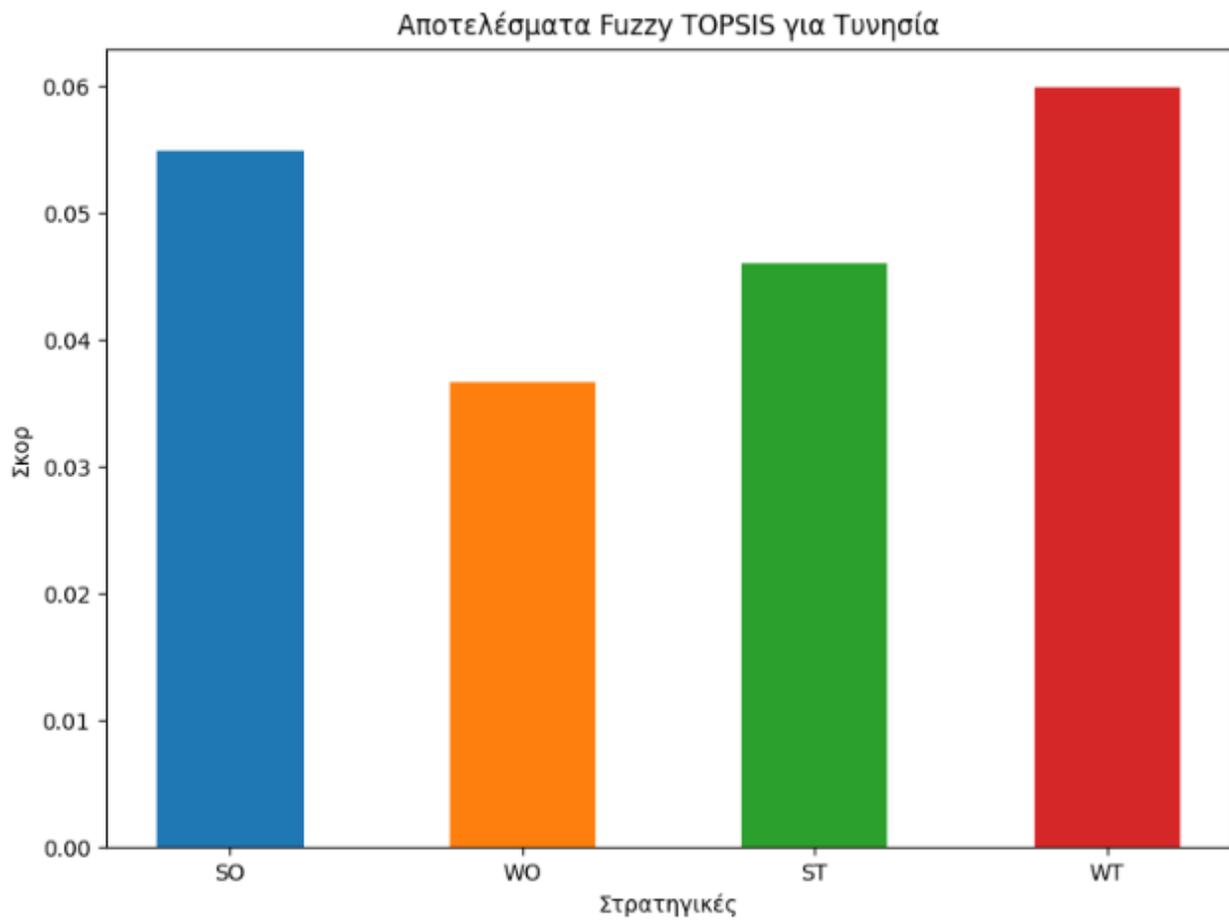
SO	0.600702041310433
WO	0.49218359877377721
ST	0.49326230445701893
WT	0.42866772009564345

Σχήμα 5.15.2: Αποτέλεσμα του αλγορίθμου Fuzzy TOPSIS για την Αλγερία.

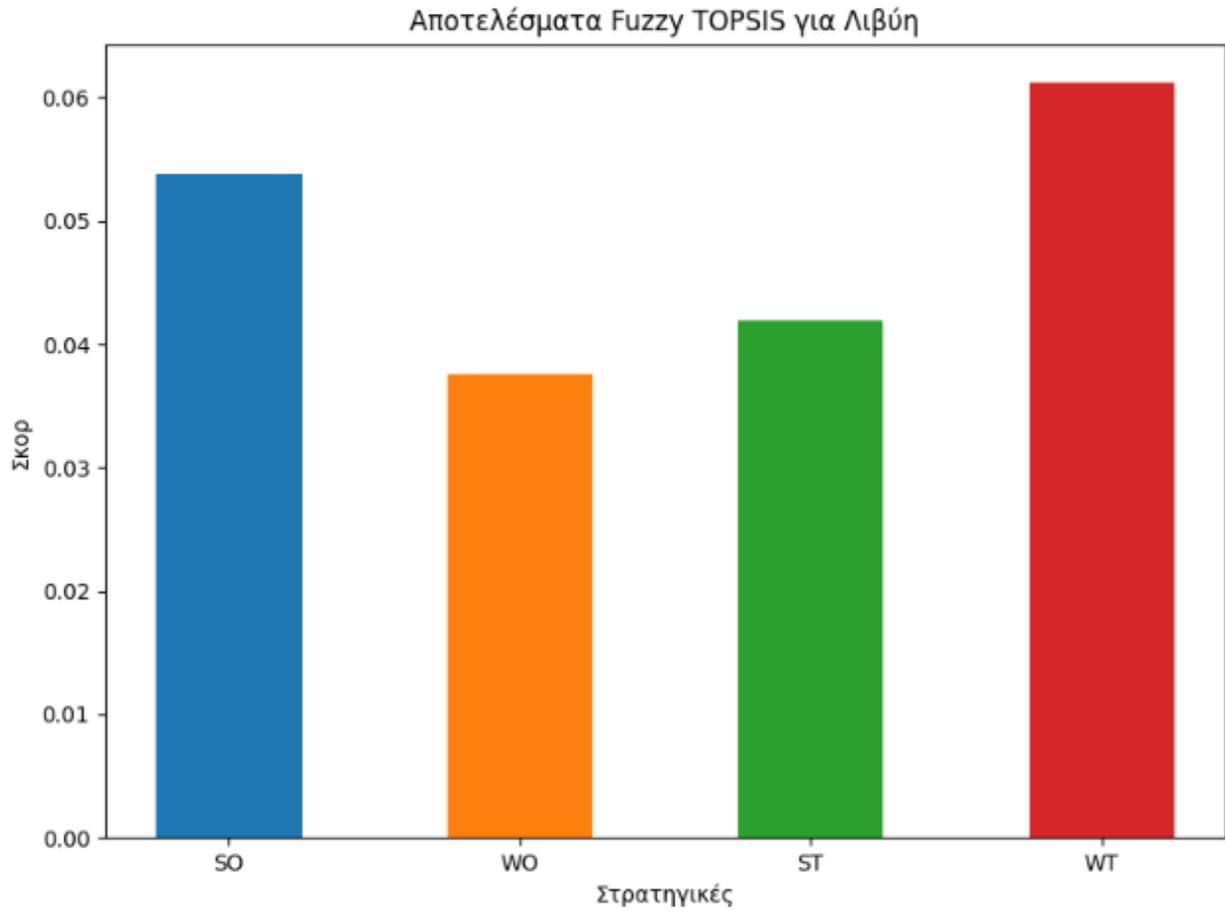
Σχήμα 5.15: Γλωσσικές μεταβλητές και αποτελέσματα του Fuzzy TOPSIS για την Αλγερία.



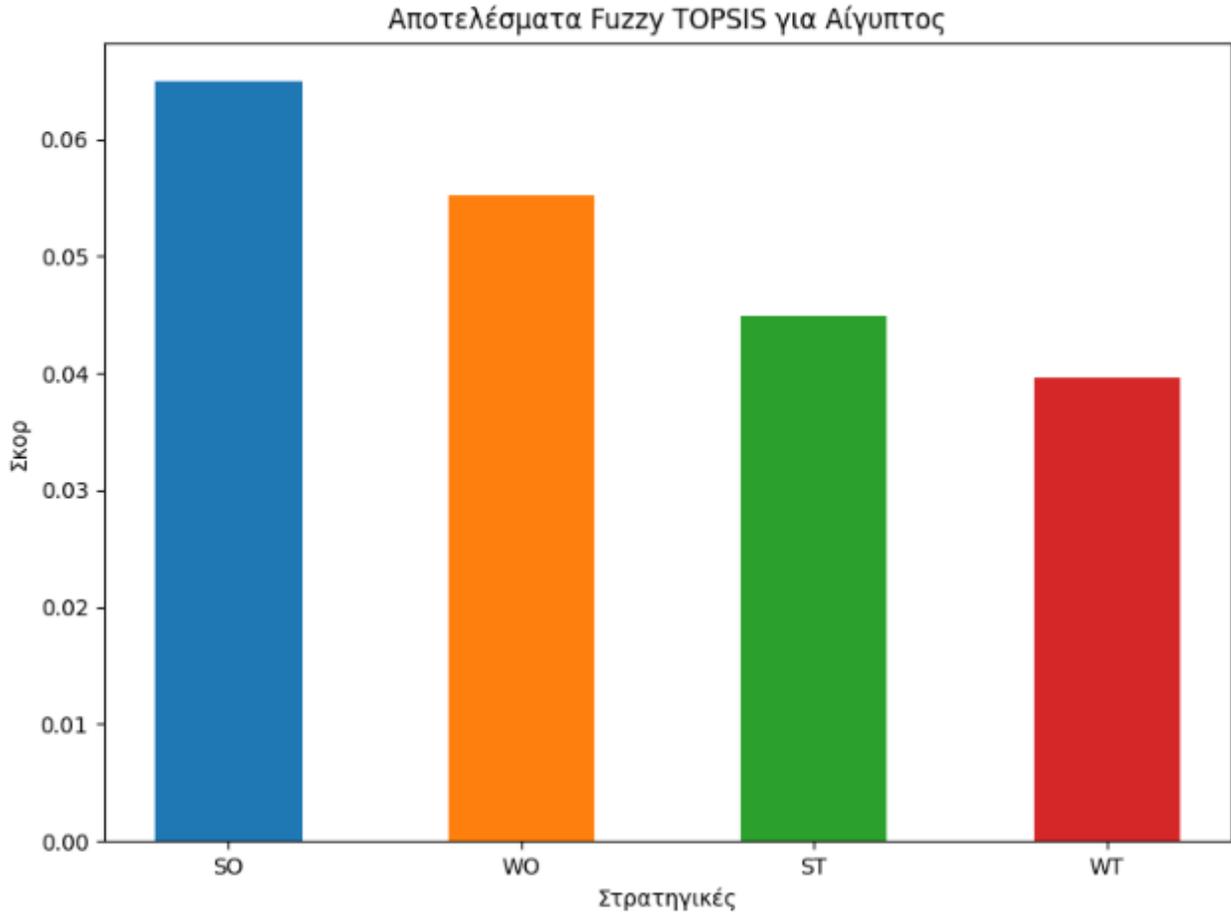
Σχήμα 5.16: Αποτελέσματα Fuzzy TOPSIS για την Αλγερία



Σχήμα 5.18: Αποτελέσματα Fuzzy TOPSIS για την Τυνησία



Σχήμα 5.20: Αποτελέσματα Fuzzy TOPSIS για την Λιβύη



Σχήμα 5.22: Αποτελέσματα Fuzzy TOPSIS για την Αίγυπτο

Στο παρακάτω σχήμα αποτυπώνονται τα αποτελέσματα της Fuzzy TOPSIS για τις 4 στρατηγικές (SO,WO,ST,WT) για τις 5 Χώρες της Βορείου Αφρικής (Μαρόκο, Αλγερία, Τυνησία, Λιβύη, Αίγυπτος), μαζί με τα σκορ :

Χρηματοδότηση και Μείωση Ρίσκων

Η παροχή χρηματοδοτικών εργαλείων και η μείωση των οικονομικών ρίσκων είναι κρίσιμες για την προσέλκυση επενδύσεων. Η ΕΕ μπορεί να συνεργαστεί με διεθνείς οργανισμούς και τράπεζες για την ανάπτυξη χρηματοδοτικών μηχανισμών που θα μειώσουν το ρίσκο για τους επενδυτές. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει τη δημιουργία ειδικών ταμείων για την υποστήριξη έργων ΑΠΕ και την παροχή ασφαλιστικών καλύψεων για επενδύσεις σε ασταθή περιβάλλοντα.

Περιβαλλοντική και Κοινωνική Ευαισθητοποίηση

Η ενσωμάτωση περιβαλλοντικών και κοινωνικών παραμέτρων στις στρατηγικές ανάπτυξης ΑΠΕ είναι απαραίτητη για τη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα των έργων. Η ενημέρωση και η ευαισθητοποίηση των τοπικών κοινωνιών σχετικά με τα οφέλη των ΑΠΕ μπορεί να βελτιώσει την κοινωνική αποδοχή και να μειώσει τις αντιστάσεις. Παράλληλα, η διασφάλιση ότι τα έργα ΑΠΕ θα έχουν ελάχιστες αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και θα συμβάλλουν στην τοπική ανάπτυξη είναι κρίσιμη για την επιτυχία τους.

WO έχουν μικρότερες διαφορές, υποδεικνύοντας την ανάγκη για αντιμετώπιση κινδύνων και αδυναμιών. Η Τυνησία και η Λιβύη παρουσιάζουν πιο αμυντική στρατηγική (WT), ενώ η Αίγυπτος δείχνει προοπτικές αλλά και προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν άμεσα.

Η ανάλυση Fuzzy TOPSIS αποδεικνύει την αποτελεσματικότητα της μεθόδου στην αντιμετώπιση της αβεβαιότητας και της πολυπλοκότητας στην αξιολόγηση στρατηγικών. Η ευελιξία της μεθόδου στην ενσωμάτωση ασαφών δεδομένων επιτρέπει μια πιο ρεαλιστική αποτύπωση της πραγματικότητας, όπου οι αποφάσεις δεν είναι πάντα σαφείς και οι συνθήκες μπορούν να αλλάξουν. Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν την ανάγκη για προσαρμοσμένες στρατηγικές που λαμβάνουν υπόψη τις ιδιαίτερες συνθήκες κάθε χώρας. Επιπλέον, η εφαρμογή της Fuzzy TOPSIS επιτρέπει την αναγνώριση των στρατηγικών που είναι πιο ανθεκτικές σε αβεβαιότητες, παρέχοντας μια πιο σφαιρική προσέγγιση στη λήψη αποφάσεων.

6.1.3 Χρήση της Εφαρμογής στην Πράξη

Προσαρμογή στις Ανάγκες:

- Οι χρήστες μπορούν να προσαρμόσουν τα κριτήρια και τις στρατηγικές σύμφωνα με τις ανάγκες τους, κάνοντας την εφαρμογή ευέλικτη για διάφορες επενδυτικές αναλύσεις.
- Επιλογή και προσαρμογή των κριτηρίων με βάση τις ιδιαίτερες απαιτήσεις κάθε έργου ή επένδυσης.
- Προσαρμογή των στρατηγικών για την αντιμετώπιση συγκεκριμένων προκλήσεων και ευκαιριών που παρουσιάζονται σε κάθε χώρα.
- Δυνατότητα προσθήκης νέων κριτηρίων και στρατηγικών που αντικατοπτρίζουν τις τρέχουσες τάσεις και εξελίξεις στον τομέα των ΑΠΕ.

Ευκολία Χρήσης:

- Η εφαρμογή παρέχει μια διαισθητική και φιλική προς το χρήστη διεπαφή, διευκολύνοντας την εισαγωγή δεδομένων και την ανάλυση των αποτελεσμάτων.
- Ο χρήστης μπορεί εύκολα να πλοηγηθεί μεταξύ των διαφόρων καρτελών και λειτουργιών της εφαρμογής.
- Η απλή και κατανοητή διαδικασία εισαγωγής δεδομένων διασφαλίζει ότι ακόμα και οι χρήστες χωρίς προηγούμενη εμπειρία μπορούν να χρησιμοποιήσουν την εφαρμογή αποτελεσματικά.
- Η άμεση ανατροφοδότηση και οι γραφικές αναπαραστάσεις βοηθούν στην κατανόηση των αποτελεσμάτων και στη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων.

Δημιουργία προγνωστικών μοντέλων: Ανάπτυξη δυναμικών μοντέλων που θα λαμβάνουν υπόψη τις μεταβαλλόμενες συνθήκες και θα προβλέπουν τις μελλοντικές τάσεις στην ανάπτυξη των ΑΠΕ.

Αυτές οι στοχευμένες προοπτικές για μελλοντική έρευνα μπορούν να ενισχύσουν τη βιωσιμότητα και την αποδοτικότητα της συνεργασίας μεταξύ της ΕΕ και των χωρών της Βόρειας Αφρικής, συμβάλλοντας στην επίτευξη των στόχων για τις ΑΠΕ και την ενεργειακή ασφάλεια.

6.2.2 Προοπτικές για την Εφαρμογή Υποστήριξης Αποφάσεων

Ανάλυση Νέων Αγορών:

Η εφαρμογή υποστήριξης αποφάσεων που έχει αναπτυχθεί μπορεί να επεκταθεί και σε άλλες γεωγραφικές περιοχές εκτός από την Βόρεια Αφρική.

Βελτίωση Υπολογιστικών Μοντέλων:

Η εφαρμογή μπορεί να ενσωματώσει πιο προχωρημένα υπολογιστικά μοντέλα και τεχνικές για περαιτέρω βελτίωση της ακρίβειας των αποτελεσμάτων.

Διασύνδεση με Δεδομένα σε Πραγματικό Χρόνο:

Το εργαλείο έχει την δυνατότητα διασύνδεσης με βάσεις δεδομένων σε πραγματικό χρόνο για την ενημέρωση των κριτηρίων και των αποτελεσμάτων.

Γραφιστική Απεικόνιση Αποτελεσμάτων:

Το εργαλείο μπορεί να ενσωματώσει προηγμένα γραφιστικά αποτελέσματα, παρέχοντας δυναμικά διαγράμματα, γραφήματα και χάρτες που διευκολύνουν την κατανόηση των αποτελεσμάτων από τους χρήστες.

Εξατομικευμένες Προτάσεις για Κάθε Χώρα:

Βάσει των αναλύσεων, το εργαλείο μπορεί να παράγει εξατομικευμένες προτάσεις για κάθε χώρα, υποδεικνύοντας τις βέλτιστες στρατηγικές και τις ενέργειες που πρέπει να ακολουθηθούν για την ανάπτυξη των ΑΠΕ.

Ρόλοι Χρηστών:

Η εφαρμογή μπορεί να υποστηρίξει διαφορετικούς ρόλους χρηστών, όπως διαχειριστές δεδομένων, αναλυτές και υπεύθυνους λήψης αποφάσεων. Κάθε ρόλος θα έχει διαφορετικά δικαιώματα και δυνατότητες πρόσβασης.

Δημιουργία Προσαρμοσμένων Αναφορών:

Το εργαλείο μπορεί να παρέχει τη δυνατότητα δημιουργίας προσαρμοσμένων αναφορών, που θα περιλαμβάνουν τα κύρια ευρήματα, προτάσεις και γραφιστικές αναπαραστάσεις με βάση τις ανάγκες των χρηστών. Αυτές οι αναφορές μπορούν να αποθηκεύονται και να μοιράζονται εύκολα με ενδιαφερόμενους φορείς.

Εκπαίδευση και Υποστήριξη Χρηστών:

Παροχή διαδικτυακών σεμιναρίων, βίντεο εκμάθησης και εγχειριδίων χρήσης για την εκπαίδευση των χρηστών στις λειτουργίες της εφαρμογής και στις μεθόδους πολυκριτηριακής ανάλυσης. Έτσι, οι χρήστες θα μπορούν να αξιοποιήσουν στο έπακρο τις δυνατότητες του εργαλείου.

Ανάπτυξη Μοντέλων Προβλεπτικής Ανάλυσης:

Ενσωμάτωση μοντέλων προβλεπτικής ανάλυσης που θα επιτρέπουν στους χρήστες να προβλέπουν τις τάσεις της αγοράς, τις τιμές των ΑΠΕ και τις επιπτώσεις των πολιτικών και των κανονισμών στον τομέα της ενέργειας.

Διαλειτουργικότητα με Άλλες Πλατφόρμες:

Ανάπτυξη διεπαφών API που θα επιτρέπουν την ενσωμάτωση της εφαρμογής με άλλες πλατφόρμες λογισμικού που χρησιμοποιούνται από εταιρείες και οργανισμούς για τη διαχείριση έργων και την ανάλυση δεδομένων.

Βιβλιογραφία

- Abu-Taha, R. (2011). "Multi-criteria applications in renewable energy analysis: A literature review." *Energy Policy*, 39(3), 596-606.
- Aydogan, E. K. (2011). "Performance measurement model for Turkish aviation firms using the AHP and TOPSIS methods under fuzzy environment." *Expert Systems with Applications*, 38(4), 3992-3998.
- Beynon, M. J., et al. (2004). "Using DEMATEL to structure the AHP." *Journal of Service Theory and Practice*, 14(1), 29-41.
- Bhutta, K. S., & Huq, F. (2002). "Supplier selection problem: A comparison of the total cost of ownership and analytic hierarchy process approaches." *Supply Chain Management: An International Journal*, 7(3), 126-135.
- Boran, F. E., et al. (2011). "A multi-criteria intuitionistic fuzzy group decision making for supplier selection with TOPSIS method." *Expert Systems with Applications*, 38(3), 1929-1939.
- Chai, J., et al. (2013). "A review on multiple criteria decision making toward sustainable energy development." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 67, 140-145.
- Chen, C.T. (2000). "Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment." *Fuzzy Sets and Systems*, 114(1), 1-9.
- Chen, H., et al. (2013). "MCDM with Fuzzy Sets for Assessing the Sustainability of Renewable Energy." *Renewable Energy*, 53, 178-185.
- Chen, S. J., & Chen, S. M. (2011). "A new approach to handling fuzzy decision-making problems." *Fuzzy Sets and Systems*, 111(3), 203-218.
- Chen, S. M. (2000). "Applications of fuzzy logic in renewable energy systems." *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 2(1), 21-31.
- Cherp, A., et al. (2007). "Energy and security: A cross-disciplinary perspective." *Energy Policy*, 35(2), 870-879.
- Cinelli, M., et al. (2014). "Dealing with uncertainty in MCDM: A methodological approach." *European Journal of Operational Research*, 236(2), 373-384.
- Dai, J., et al. (2010). "A fuzzy TOPSIS-based approach to the supplier selection problem." *Journal of Intelligent Manufacturing*, 21(3), 467-480.
- Davies, E., et al. (2015). *Energy in Egypt: Challenges and Opportunities*. *Energy Policy Journal*.
- Dey, P. K. (2006). "Integrated project evaluation and selection using multiple-attribute decision-making technique." *International Journal of Production Economics*, 103(1), 90-103.
- Diakoulaki, D., & Karangelis, F. (2007). "Multi-criteria decision analysis in energy planning." *Energy Policy*, 35(2), 158-168.
- Diakoulaki, D., et al. (1999). "A multicriteria approach for evaluating the sustainability of energy policy scenarios." *Energy Policy*, 27(2), 596-603.

Βιβλιογραφία

- European Commission (2023). "EU Responds Effectively to Crisis, Looks to Future and Accelerates Green Transition." https://cyprus.representation.ec.europa.eu/news/state-energy-union-2023-eu-responds-effectively-crisis-looks-future-and-accelerates-green-transition-2023-10-24_en
- European Commission (2023). "Global Climate Action." https://climate.ec.europa.eu/eu-action/international-action-climate-change/global-climate-action_en
- European Commission (2023). "Renewable Energy." https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy_en
- European Commission (2023). "Research and Technology." https://energy.ec.europa.eu/topics/research-and-technology_en
- European Commission (2023). "State of the Energy Union Report 2023." https://energy.ec.europa.eu/topics/markets-and-consumers/market-legislation_en
- European Commission. (2023, June 14). European Green Deal: New law agreed to cut aviation emissions by promoting sustainable aviation fuels. Retrieved from https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/el/IP_23_5188
- European Commission. (n.d.). Cooperation mechanisms. Retrieved June 15, 2024, from https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive-targets-and-rules/cooperation-mechanisms_en#joint-projects
- European Commission. (n.d.). REPowerEU: Affordable, secure and sustainable energy for Europe. Retrieved June 15, 2024, from https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/repower-eu-affordable-secure-and-sustainable-energy-europe_en?prefLang=el&ettrans=el
- European Environment Agency (2023). "Trends and Projections in Europe 2023." <https://www.eea.europa.eu/publications/trends-and-projections-in-europe-2023>
- European Parliament (2009). "Directive 2009/28/EC on the Promotion of the Use of Energy from Renewable Sources." <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32009L0028>
- Euler Hermes. (2023). Country Risk and Economic Research. Retrieved from https://www.eulerhermes.com/en_global/economic-research.html
- Forman, E. H., & Gass, S. I. (2001). "The Analytic Hierarchy Process—An Exposition." *Operations Research*, 49(4), 469-486.
- GECOL. (2013). Annual Report. General Electricity Company of Libya. <https://gecol.ly/>
- Gürel, E., & Tat, M. (2017). "SWOT analysis: A theoretical review." *Journal of International Social Research*, 10(51), 994-1006.
- Helms, M. M., & Nixon, J. (2010). "Exploring SWOT analysis – where are we now?: A review of academic research from the last decade." *Journal of Strategy and Management*, 3(3), 215-251.
- Hobbs, B. F., & Meier, P. (2000). "Energy Decisions and the Environment: A Guide to the Use of Multicriteria Methods." Springer.

Βιβλιογραφία

- Hung, W.-L., et al. (2011). "Comparative analysis of the FAHP and TOPSIS for the multi-criteria decision making of the company financial ratios." *Journal of Modelling in Management*, 6(1), 42-61.
- Hwang, C.L., & Yoon, K. (1981). "Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications." Springer, Berlin, Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-48318-9>
- IEA. "Clean Energy Transitions in North Africa." <https://www.iea.org/reports/clean-energy-transitions-in-north-africa>
- IEA. "International Energy Agency Reports." <https://www.iea.org/reports>
- IEA. (2022). Egypt Energy Profile. International Energy Agency. <https://www.iea.org/countries/egypt>
- IEA. (2022). Libya Energy Profile. International Energy Agency. <https://www.iea.org/countries/libya>
- IEA. (2023). Algeria - Countries & Regions. <https://www.iea.org/countries/algeria>
- IEA. (2023). Tunisia - Countries & Regions. <https://www.iea.org/countries/tunisia>
- IISD SDG Tracker. "BETTER Assesses Renewable Energy Cooperation Between Europe and North Africa." <https://sdg.iisd.org/news/better-assesses-renewable-energy-cooperation-between-europe-and-north-africa/>
- IISD SDG Tracker. "International Institute for Sustainable Development SDG Tracker Reports." <https://sdg.iisd.org>
- IMF. (2022). Algeria and the IMF. <https://www.imf.org/en/Countries/DZA>
- IMF. (2022). Egypt: Economic Outlook. International Monetary Fund. <https://www.imf.org/en/Countries/EGY>
- IMF. (2022). Tunisia and the IMF. <https://www.imf.org/en/Countries/TUN>
- Institute for Economics and Peace. (2023). Global Terrorism Index. Retrieved from <https://www.visionofhumanity.org/maps/global-terrorism-index/>
- International Energy Agency (IEA). (2023). "Energy Security." <https://www.iea.org/topics/energy-security>
- International Energy Agency (IEA). (2023). What is energy security?. Retrieved from <https://www.iea.org/topics/energy-security>
- Jabbour, A. B. L. D. S., et al. (2014). "Exploring the conditions of Brazilian companies' sustainability: A framework for understanding the role of green supply chain management and green innovation." *Technological Forecasting and Social Change*, 87, 364-373.
- Kajanus, M., et al. (2012). "The use of A'WOT for resource use planning, conflict management and decision support." *Forest Policy and Economics*, 26, 1-9.
- Karakosta, C., Dimopoulou, S., Psarras, J. (2013). "Analysis of Renewable Energy Progress in EU Member States: Policy Recommendations." *Renewable Energy*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148113004496>
- Kou, G., et al. (2011). "Evaluation of classification algorithms using MCDM and rank correlation." *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 10(1), 187-206.

Βιβλιογραφία

- 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*, 38(4), 4190-4194.
- Lee, J., et al. (2008). "A fuzzy analytic hierarchy process (FAHP) approach to nuclear power plant site selection." *Annals of Nuclear Energy*, 35(3), 223-229.
- Liu, H. C., & Zhang, Y. (2019). "Fuzzy failure mode and effect analysis: Using fuzzy evidential reasoning and belief rule-based methodology." *Journal of Intelligent Manufacturing*, 30(6), 2525-2539.
- Liu, P., & Lin, G. (2014). "A fuzzy TOPSIS method for evaluating alternatives under partial criteria." *Journal of Intelligent Manufacturing*, 25(1), 177-191.
- Luthra, S., et al. (2015). "Analyzing renewable energy adoption barriers using an integrated AHP and fuzzy DEMATEL approach." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 781-794.
- Michalena, E. (2009). "Renewable energy sources: Using the SWOT analysis for planning the implementation of a new wind farm in Greece." *Energy Policy*, 37(2), 327-336.
- Ministry of Planning. (2022). Egypt's Vision 2030. Ministry of Planning and Economic Development. <https://mped.gov.eg/EgyptVision2030.aspx>
- Mohamed, S., & Al-habaibeh, A. (2013). Renewable energy potentials in Libya: Challenges and future directions. *Energy Strategy Reviews*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211467X1300003X>
- Mohamed, S., et al. (2016). Energy efficiency and renewable energy in Libya: Opportunities and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032115007202>
- Nachmany, M., et al. (2015). Climate Change Legislation in Libya. LSE Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment. <https://www.lse.ac.uk/granthaminstitute/publications/>
- NREA. (2023). New and Renewable Energy Authority - Egypt. <https://www.nrea.gov.eg/>
- OPEC. (2023). Algeria facts and figures. https://www.opec.org/opec_web/en/about_us/170.htm
- Papadogeorgos, K., et al. (2017). "A fuzzy multicriteria decision making tool for energy efficient buildings." *Energy and Buildings*, 149, 488-496.
- Papadopoulos, A. M., & Karagiannidis, A. (2008). "Application of the Multi-Criteria Analysis Methodology for Evaluating Renewable Energy Sources." *Energy Conversion and Management*, 49(10), 2831-2838.
- Papapostolou, C., et al. (2016). "A new approach for evaluating renewable energy sources using fuzzy logic." *Renewable Energy*, 91, 422-432.
- Peng, Y., et al. (2011). "Evaluation of operational strategies in dynamic environment using fuzzy TOPSIS." *Journal of Intelligent Manufacturing*, 22(5), 745-754.
- Pickton, D. W., & Wright, S. (1998). "What's SWOT in strategic analysis?" *Strategic Change*, 7(2), 101-109.
- PwC. (2022). Libya: Economic Outlook. PwC Reports. <https://www.pwc.com/m1/en/publications/libya-economic-outlook.html>

Βιβλιογραφία

- RCREEE. (2023). Renewable Energy in the Arab Region. <https://rcreee.org/>
- REAOL. (2012). Annual Report. Renewable Energy Authority Of Libya. <https://reaol.ly/>
- Rezaei, J., et al. (2018). "Supplier selection and order allocation with disrupted fuzzy data." *Computers & Industrial Engineering*, 120, 351-363.
- Reuters. (2023). Algeria launches renewable energy projects. <https://www.reuters.com/>
- Saaty, T. L. (1980). "The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation." McGraw-Hill.
- Saaty, T. L. (1990). "How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process." *European Journal of Operational Research*, 48(1), 9-26.
- Saaty, T.L. (2001). "The analytic network process: Decision making with dependence and feedback." RWS Publications.
- Saaty, T.L. (2008). "Decision making with the analytic hierarchy process." *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83-98. <https://doi.org/10.1504/IJSSci.2008.017590>
- Saaty, T.L., & Vargas, L. G. (2012). "Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process." Springer Science & Business Media.
- Shin, S., et al. (2007). "Application of the Analytic Hierarchy Process to evaluate alternative policies for the energy security in Korea." *Energy Policy*, 35(5), 2226-2235.
- Social Hotspot Database. (2023). <https://www.socialhotspot.org/>
- Tanselliç, Y. (2012). "Multi-Criteria Decision Making: A Comparative Study Between the TOPSIS and ELECTRE Methods." *Journal of Business Research*, 65(4), 502-511.
- Tang, J., et al. (2011). "Application of fuzzy TOPSIS" *Journal of Intelligent Manufacturing*, 22(5), 745-754.
- Terrados, J., et al. (2007). "Regional energy planning through SWOT analysis and strategic planning tools." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11(6), 1275-1287.
- The World Bank. (2023). "Ease of Doing Business Index." <https://www.worldbank.org/en/programs/business-enabling-environment>
- The World Bank. (2023). Egypt Overview. <https://www.worldbank.org/en/country/egypt/overview>
- The World Bank. (2023). Libya Overview. <https://www.worldbank.org/en/country/libya/overview>
- The World Bank. (2023a). Electric power transmission and distribution losses (% of output). <https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.LOSS.ZS>
- The World Bank. (2023b). Access to electricity (% of population). <https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.ACCS.ZS>
- The World Bank. (2023c). Ease of Doing Business. <https://www.doingbusiness.org/en/rankings>
- Transparency International. (2023). "Corruption Perceptions Index." <https://www.transparency.org/en/cpi/2023>
- Transparency International. (2023). Corruption Perceptions Index. <https://www.transparency.org/en/cpi/2023>

Βιβλιογραφία

- Trieb, F., et al. (2015). Desert Power 2050: Perspectives on a Sustainable Power System for EUMENA. DESERTEC Foundation. <https://www.desertec.org/>
- UNFCCC. (2023). National communications from Parties not included in Annex I to the Convention: Algeria. <https://unfccc.int/documents>
- UNFCCC. (2023). National communications from Parties not included in Annex I to the Convention: Tunisia. <https://unfccc.int/documents>
- Valentin, E. K. (2001). "SWOT analysis from a resource-based view." *Journal of Marketing Theory and Practice*, 9(2), 54-69.
- van Renssen, S. (2014). "The Future of the European Union's Energy Policy." *Energy Policy*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421513009297>
- Wang, J., & Chang, C. (2007). "Application of TOPSIS in evaluating initial training aircraft under a fuzzy environment." *Expert Systems with Applications*, 33(4), 870-880. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2006.07.003>
- Wang, T.C., & Chang, T.H. (2007). "Application of TOPSIS in evaluating initial training aircraft under a fuzzy environment." *Expert Systems with Applications*, 33(4), 870-880. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2006.07.003>
- Wehrich, H. (1982). "The TOWS Matrix: A Tool for Situational Analysis". *Long Range Planning*, 15(2), 54-66.
- World Bank Blogs. "Renewable Energy Export-Import: A Win-Win for the EU and North Africa." <https://blogs.worldbank.org/en/energy/renewable-energy-export-import-win-win-eu-and-north-africa>
- Yue, X. (2011). "A method for group decision-making based on determining the weights of experts by using projection method." *Applied Mathematical Modelling*, 35(5), 2356-2368.
- Zadeh, L.A. (1965). "Fuzzy sets." *Information and Control*, 8(3), 338-353. [https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X)
- Zeleny, M. (2008). "Multiple Criteria Decision Making (MCDM): From Paradigm Lost to Paradigm Regained?" *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 15(1-2), 33-44.

Παράρτημα

Κατάλογος Συντομογραφιών

ΑΕΠ	Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν
ΑΠΕ	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
ΕΕ	Ευρωπαϊκή Ένωση
ΑΗΡ	Analytic Hierarchy Process
ΑΝΡ	Analytic Network Process
ΑΝΡΕ	National Electricity Regulatory Authority
ΒΕΜΣ	Building Energy Management Systems
ΚΙΕ	Climate Investment Funds
ΚΟΜ	Communication / Ανακοίνωση
ΚΔΕΡ	Renewable Energies Development Center
ΚΡΠ	Corruption Perceptions Index
ΚΣΣ	Cascading Style Sheets
ΕΒΡ	European Bank for Reconstruction and Development
ΕΚ	European Commission
ΕΔΕ	Energy Development Fund
ΕΕΑ	European Environment Agency
ΕΙΕ	Energy Investment Corporation
ΕΛΕΚΤΡΕ	Elimination and ChoiceExpressingREality
ΕΟΔΒ	Ease Of Doing Business
ΕΡ	European Parliament
ΕΡΚ	Energy Performance Contracting
ΕΡΠ	Environmental Performance Index
ΕΡ	Electrification Rate
et al.	et alia
ΕΤΣ	Emissions Trading System
ΦΝΙΣ	Fuzzy Negative Ideal Solution
ΦΠΙΣ	Fuzzy Positive Idel Solution
ΓΙΣ	Geographic Information System
ΓΕΚΟΛ	General Electricity Company of Libya
ΓΗΓ	Greenhouse Gases
ΓΡΑ	Grey Renational Analysis
ΓΤΙ	Global Terrorism Index
HTML	HypeText Markup Language
HVAC	Heating ventilation and air conditiong
ΙΑΗΡ	Iterative Analytical Hierarchy Process
ΙΕΑ	International Energy Agency
ΙΡΕΝΑ	International Renewable Energy Agency
ΙΜΦ	International Monetary Fund

Παράρτημα

LLIDF	Libyan Local Investment & Development Fund
LCA	Life Cycle Assessment
LCCA	Life Cycle Cost Analysis
LNG	Liquefied Natural Gas
MAUT	Multi-Attribute Utility Theory
MCDM	Multicriteria Decision Making
NREA	New and Renewable Energy Authority
MASEN	Moroccan Agency for Sustainable Energy
MENA	Middle East and North Africa
NECPS	National Energy and Climate Plans
NES	National Energy Strategy
OPEC	Organization of the Petroleum Exporting Countries
PROMETHEE	Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluations
RCREE	Regional Center for Renewable Energy and Energy Efficiency
REAOL	Renewable Energy Authority of Libya
RES	Renewable Energy Sources
RED	Renewable Energy Directive
SHDB	Social Hotspot Database
STEG	Societe Tunisienne de l'Electricite et de Gaz
TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
TSP	Tunisian Solar Plan
UNFCC	United Nations Framework Convention on Climate Change

Κώδικας

app.py

```
=====
import streamlit as st
import streamlit_folium as stf
import folium
import json
import numpy as np
from copy import deepcopy
import pandas as pd

title = "Zervas' Thesis"

# ----- UTILS -----
def membership_function(x, numbers, type = 'triangular'):
```

```
if type == "triangular":
# 3 numbers, start of triangle, top of triangle and end of triangle
if x < numbers[0] or x > numbers[-1]:
return 0
else:
if x < numbers[1]:
return (x - numbers[0]) / (numbers[1] - numbers[0])
else:
return (numbers[-1] - x) / (numbers[-1] - numbers[1])
else:
raise Exception(f'Membership of type: {type} not implemented yet')

def normalize_matrix(A):
column_sums = np.sum(A, axis = 0)

return A / column_sums

def calculate_W(norm_A):
return np.mean(norm_A, axis = -1)

def calculate_eigenvalues(A, W):
return np.matmul(A,W) / W

def calculate_consistency_index(lambda_max, n):
return (lambda_max - n) / (n-1)

def calculate_consistency_ratio(CI, RI):
return CI/RI

def fuzzify_lexical_matrix(A, fuzzy_language, triangle_numbers):
row_no = len(A)
col_no = len(A[0])

fuzzified_A = []
for row in range(row_no):
temp_row = []

for col in range(col_no):
descriptor = A[row][col]
index_of_descriptor = fuzzy_language.index(descriptor)
```

Παράρτημα

```
temp_row.append(list(triangle_numbers[index_of_descriptor]))

fuzzified_A.append(temp_row)

return np.array(fuzzified_A)

def normalize_fuzzified_matrix(A, criteria_type_list):
# criteria type is defined row-wise
# if 'positive' then find maximum of row and divide every number with that
# if 'negative' then find minimum of row, and multiply it with the inverse order of the
inverse numbers of triplets
normalized_A = deepcopy(A)

for criterion_id, criterion_type in enumerate(criteria_type_list):
if criterion_type == 'positive':
row_max = A[criterion_id].max()
normalized_A[criterion_id] = A[criterion_id] / row_max
else:
row_min = A[criterion_id].min()
normalized_A[criterion_id] = row_min / A[criterion_id, :, :-1]

return normalized_A

def calibrated_fuzzified_matrix(A, W):
return A*np.expand_dims(W, axis = (-1,-2))

def find_distance_from_positive_ideal_fuzzy_solution(A, criteria_type_list):
# ideal positive solution from normalized fuzzy is [1,1,1] and negative [0,0,0]
distance_matrix = np.zeros((A.shape[0], A.shape[1]))
positive_ideal = np.expand_dims(np.array([1,1,1]), axis = 0)
negative_ideal = np.expand_dims(np.array([0,0,0]), axis = 0)

for criterion_id, criterion_type in enumerate(criteria_type_list):
if criterion_type == 'positive':
distance_matrix[criterion_id] = np.sqrt(1/3*np.sum(np.power(positive_ideal -
A[criterion_id], 2), axis = -1))
else:
distance_matrix[criterion_id] = np.sqrt(1/3*np.sum(np.power(negative_ideal -
A[criterion_id], 2), axis = -1))
```

Παράρτημα

```
return distance_matrix

def find_distance_from_negative_ideal_fuzzy_solution(A, criteria_type_list):
# ideal positive solution from normalized fuzzy is [1,1,1] and negative [0,0,0]
distance_matrix = np.zeros((A.shape[0], A.shape[1]))
positive_ideal = np.array([1,1,1])
negative_ideal = np.array([0,0,0])

for criterion_id, criterion_type in enumerate(criteria_type_list):
if criterion_type == 'positive':
distance_matrix[criterion_id] = np.sqrt(1/3*np.sum(np.power(negative_ideal
A[criterion_id], 2), axis = -1))
else:
distance_matrix[criterion_id] = np.sqrt(1/3*np.sum(np.power(positive_ideal
A[criterion_id], 2), axis = -1))

return distance_matrix

fuzzy_language = ['VP', 'P', 'MP', 'F', 'MG', 'G', 'VG']
triangle_numbers = [(0,0,1), (0,1,3), (1,3,5), (3,5,7), (5,7,9), (7,9,10), (9,10,10)]
full_sentence_to_fuzzy_language = {
'Very Poor': "VP",
"Poor": "P",
"Medium Poor": "MP",
"Fair": "F",
"Medium Good": "MG",
"Good": "G",
"Very Good": "VG"
}

Random_Consistency_Index = [0, 0, 0.58, 0.9, 1.12, 1.24, 1.32, 1.41, 1.41, 1.49, 1.51, 1.54,
1.56]

# ----- TOPSIS -----

def TOPSIS_algorithm(criteria_list, A):
criteria_titles = []
for criterion in criteria_list:
criteria_titles.append(criterion['Name'])
```

Παράρτημα

```
normalized_A = normalize_matrix(A)
st.session_state.normalized_A = normalized_A
W = calculate_W(normalized_A)
st.session_state.W = W
eigenvalues = calculate_eigenvalues(normalized_A,W)
st.session_state.W = W

lambda_max = np.sum(eigenvalues)
st.session_state.lambda_max = lambda_max
CI = calculate_consistency_index(lambda_max, A.shape[0]) # but n will be defined at the
start
st.session_state.CI = CI
RI = Random_Consistency_Index[A.shape[0]]
st.session_state.RI = RI
CR = calculate_consistency_ratio(CI, RI)
st.session_state.CR = CR

criteria_sorted_indexes = np.argsort(W)[::-1]

sorted_criteria = []
for i in criteria_sorted_indexes:
sorted_criteria.append(criteria_titles[i])

st.session_state.sorted_criteria = sorted_criteria

# ----- Fuzzy TOPSIS -----
def Fuzzy_TOPSIS_algorithm(data_list):
fuzzified_A = fuzzify_lexical_matrix(data_list, fuzzy_language, triangle_numbers)
fuzzified_A = fuzzified_A.astype(np.float64)
criteria_type_list = ['positive']*fuzzified_A.shape[0]
norm_fuzzified_A = normalize_fuzzified_matrix(fuzzified_A, criteria_type_list)
calibrated_norm_fuzzified_A = calibrated_fuzzified_matrix(norm_fuzzified_A,
st.session_state.W)
# There might be an issue here with the maths.
E_positive =
find_distance_from_positive_ideal_fuzzy_solution(calibrated_norm_fuzzified_A,
criteria_type_list)
```

```

E_negative
find_distance_from_negative_ideal_fuzzy_solution(calibrated_norm_fuzzified_A,
criteria_type_list)

```

```

d_star = np.sum(E_positive, axis = 0)
d_min = np.sum(E_negative, axis = 0)

```

```

# Calculate the CC for each alternative solution
CC = d_min / (d_star + d_min)
st.session_state.CC = CC

```

```

# ----- FUNCTIONS -----

```

```

def next_button_pressed():
st.session_state.button_type = 'next'
st.session_state.button_pressed = True

```

```

st.session_state.current_page = update_current_page(st.session_state.current_page)
st.session_state.button_type = None
st.session_state.button_pressed = False

```

```

def back_button_pressed():
st.session_state.button_type = 'back'
st.session_state.button_pressed = True

```

```

st.session_state.current_page = update_current_page(st.session_state.current_page)
st.session_state.button_type = None
st.session_state.button_pressed = False

```

```

def add_criterion_button_pressed():
if st.session_state.criterion_list_length > 13:
st.session_state.criterion_list_length = 14
else:
st.session_state.criterion_list_length += 1
rows = st.session_state.criterion_list
rows.append({'Name': '', 'Option': 'Positive'})
st.session_state.criterion_list = rows

```

```

def remove_criterion_button_pressed():
if st.session_state.criterion_list_length < 1:
st.session_state.criterion_list_length = 0

```

Παράρτημα

```
else:
#           st.session_state.pre_button_pressed_criterion_list_length           =
st.session_state.criterion_list_length
    st.session_state.criterion_list_length -= 1
    st.session_state.criterion_list = st.session_state.criterion_list[:-1]

def add_strategy_button_pressed():
if st.session_state.strategy_list_length > 13:
st.session_state.strategy_list_length = 14
else:
st.session_state.strategy_list_length += 1
rows = st.session_state.strategy_list
rows.append({'Name': ''})
st.session_state.strategy_list = rows

def remove_strategy_button_pressed():
if st.session_state.strategy_list_length < 1:
st.session_state.strategy_list_length = 0
else:
#           st.session_state.pre_button_pressed_criterion_list_length           =
st.session_state.criterion_list_length
    st.session_state.strategy_list_length -= 1
    st.session_state.strategy_list = st.session_state.strategy_list[:-1]

def add_row(rows, row_type = 'criterion', id = 'empty'):
if row_type == 'criterion':
if isinstance(id, str):
col1, col2 = st.columns([1,1])
with col1:
row_name           =           st.text_input("Criterion           Name",           key           =
f"text_input_{row_type}_{len(rows)}_criterion")
with col2:
row_option = st.selectbox("Criterion Type", ["Positive", "Negative"], key =
f"dropdown_{st.session_state.current_page}_{len(rows)}")
rows.append({'Name': row_name, 'Option': row_option})
else:
col1, col2 = st.columns([1,1])
with col1:
row_name           =           st.text_input("Criterion           Name",           value           =
st.session_state.criterion_list[id]['Name'],
```

```

key = f'text_input_{row_type}_{len(rows)}_criterion_2')
with col2:
    row_option = st.selectbox("Criterion Type", ['Positive', 'Negative'], index = ["Positive",
'Negative'].index(st.session_state.criterion_list[id]['Option']),
    key = f'dropdown_{st.session_state.current_page}_{len(rows)}')
    rows.append({'Name': row_name, 'Option': row_option})
    elif row_type == 'strategy':
    if isinstance(id, str):
    row_name = st.text_input("Strategy Name", key =
f'text_input_{row_type}_{len(rows)}_strategy')
    rows.append({'Name': row_name})
    else:
    row_name = st.text_input("Strategy Name", value =
st.session_state.strategy_list[id]['Name'],
    key = f'text_input_{row_type}_{len(rows)}_strategy_2')
    rows.append({'Name': row_name})

# row_name = st.text_input("Strategy Name", key =
f'text_input_{st.session_state.current_page}_{len(rows)}')
# rows.append({'Name': row_name})

return rows

def update_current_page(current_page_string):
if st.session_state.button_type == 'next':
if current_page_string == "general":
return "topsis"
elif current_page_string == "topsis":
return "topsis_matrix"
elif current_page_string == 'topsis_matrix':
return 'topsis_results'
elif current_page_string == "topsis_results":
return "fuzzy_topsis"
elif current_page_string == "fuzzy_topsis":
return "fuzzy_topsis_matrix"
elif current_page_string == "fuzzy_topsis_matrix":
return "fuzzy_topsis_results"
elif current_page_string == "fuzzy_topsis_results":
return "ending_credits"
else:

```

Παράρτημα

```
return current_page_string
elif st.session_state.button_type == 'back':
if current_page_string == "ending_credits":
return "fuzzy_topsis_results"
elif current_page_string == 'fuzzy_topsis_results':
return "fuzzy_topsis_matrix"
elif current_page_string == "fuzzy_topsis_matrix":
return "fuzzy_topsis"
elif current_page_string == "fuzzy_topsis":
return "topsis_results"
elif current_page_string == "topsis_results":
return "topsis_matrix"
elif current_page_string == 'topsis_matrix':
return 'topsis'
elif current_page_string == "topsis":
return "general"
else:
return current_page_string
else:
print('Button type invalid')

def calculate_results():
TOPSIS_algorithm(st.session_state.criterion_list,
st.session_state.cross_criterion_weight_matrix)
Fuzzy_TOPSIS_algorithm(st.session_state.strategy_criterion_matrix)
st.session_state.calculate_button_pressed = True

def refresh_everything():
st.session_state.strategy_list = [{'Name': 'SO'},
{'Name': 'WO'},
{'Name': 'ST'},
{'Name': 'WT'}]
st.session_state.cross_criterion_weight_matrix = np.array([[1, 1/4, 1/4, 1/5, 1/2, 1/7, 1/7, 1/6,
1/5, 1/8, 1/3, 2],
[4, 1, 1, 1/2, 3, 1/4, 1/4, 1/3, 1/2, 1/5, 2, 5],
[4, 1, 1, 1/2, 3, 1/4, 1/4, 1/3, 1/2, 1/5, 2, 5],
[5, 2, 2, 1, 4, 1/3, 1/3, 1/2, 1, 1/4, 3, 6],
[2, 1/3, 1/3, 1/4, 1, 1/6, 1/6, 1/5, 1/4, 1/7, 1/2, 3],
[7, 4, 4, 3, 6, 1, 1, 2, 3, 1/2, 5, 8],
[7, 4, 4, 3, 6, 1, 1, 2, 3, 1/2, 5, 8],
```

Παράρτημα

```
[6, 3, 3, 2, 5, 1/2, 1/2, 1, 2, 1/3, 4, 7],  
[5, 2, 2, 1, 4, 1/3, 1/3, 1/2, 1, 1/4, 3, 6],  
[8, 5, 5, 4, 7, 2, 2, 3, 4, 1, 6, 9],  
[3, 1/2, 1/2, 1/3, 2, 1/5, 1/5, 1/4, 1/3, 1/6, 1, 4],  
[1/2, 1/5, 1/5, 1/6, 1/3, 1/8, 1/8, 1/7, 1/6, 1/9, 1/4, 1]]
```

```
if st.session_state.country_chosen == 'Morocco':
```

```
st.session_state.strategy_criterion_matrix = [
```

```
["VG", "G", "F", "MG"],  
["MG", "F", "MP", "F"],  
["MG", "MP", "MP", "F"],  
["MG", "F", "P", "VP"],  
["VG", "F", "MG", "MP"],  
["G", "MP", "MG", "MP"],  
["G", "MG", "F", "P"],  
["MG", "F", "F", "MP"],  
["MG", "MP", "F", "P"],  
["G", "MG", "MG", "MP"],  
["F", "MP", "MP", "F"],  
["MG", "MP", "F", "F"]
```

```
if st.session_state.country_chosen == 'Algeria':
```

```
st.session_state.strategy_criterion_matrix = [
```

```
["G", "MG", "F", "MG"],  
["MG", "MP", "F", "MP"],  
["MG", "F", "MP", "F"],  
["F", "F", "MP", "P"],  
["MG", "F", "P", "MP"],  
["G", "MG", "MG", "F"],  
["MG", "MP", "F", "P"],  
["G", "F", "MG", "MG"],  
["F", "MP", "F", "MG"],  
["VG", "G", "MG", "MP"],  
["F", "MG", "F", "P"],  
["F", "MP", "MP", "MG"],  
]
```

```
if st.session_state.country_chosen == 'Tunisia':
```

```
st.session_state.strategy_criterion_matrix = [
```

```
["MG", "G", "F", "MG"],  
["MG", "F", "MG", "F"],  
["MP", "P", "MP", "MG"],
```

Παράρτημα

```
["MG", "F", "F", "MG"],
["G", "MG", "F", "MP"],
["F", "MP", "F", "G"],
["MP", "P", "MP", "MG"],
["F", "P", "MP", "MG"],
["MG", "MP", "F", "MG"],
["G", "MG", "MG", "F"],
["F", "MP", "F", "F"],
["MG", "MP", "F", "F"],
]
if st.session_state.country_chosen == 'Libya':
st.session_state.strategy_criterion_matrix = [
["G", "MG", "F", "MG"],
["MG", "MP", "MG", "F"],
["P", "MP", "P", "G"],
["MP", "MP", "P", "MG"],
["F", "F", "MP", "G"],
["MG", "P", "F", "F"],
["F", "MG", "MG", "F"],
["MG", "P", "MP", "G"],
["F", "MP", "MP", "G"],
["MG", "F", "F", "MG"],
["P", "MP", "VP", "F"],
["P", "MP", "VP", "G"],
]
if st.session_state.country_chosen == 'Egypt':
st.session_state.strategy_criterion_matrix = [
["VG", "G", "MG", "F"],
["MG", "F", "F", "MG"],
["F", "MG", "P", "F"],
["G", "F", "MG", "MP"],
["VG", "MG", "F", "F"],
["MG", "MG", "F", "MP"],
["F", "MG", "MP", "P"],
["MG", "MP", "F", "MG"],
["MG", "MP", "MG", "F"],
["G", "MG", "MG", "VP"],
["MG", "MG", "F", "P"],
["F", "P", "VP", "MG"],
]
```

```

# ----- SESSION STATE -----
if 'current_page' not in st.session_state:
st.session_state.current_page = 'general'
if 'button_pressed' not in st.session_state:
st.session_state.button_pressed = False
if 'button_type' not in st.session_state:
st.session_state.button_type = None
if 'criterion_list' not in st.session_state:
st.session_state.criterion_list = [{'Name': 'C1: Energy System Strategy and Outlook',
'Option': 'Positive'},
{'Name': 'C2: Readiness of Renewable Energy Industry', 'Option': 'Positive'},
{'Name': 'C3: Energy Security', 'Option': 'Positive'},
{'Name': 'C4: Energy Market Environment', 'Option': 'Positive'},
{'Name': 'C5: Grid Condition and Interconnections', 'Option': 'Positive'},
{'Name': 'C6: Regulatory and Political Framework for Promoting Renewable Energy',
'Option': 'Positive'},
{'Name': 'C7: Institutional Framework for Renewable Energy Development', 'Option':
'Positive'},
{'Name': 'C8: Economic Risks and Uncertainty', 'Option': 'Positive'},
{'Name': 'C9: Investment Environment (Financial Mechanisms, Subsidies, etc.)', 'Option':
'Positive'},
{'Name': 'C10: Renewable Energy Potential/Available Technologies', 'Option': 'Positive'},
{'Name': 'C11: Social Acceptance', 'Option': 'Positive'},
{'Name': 'C12: Environmental and Social Impacts', 'Option': 'Positive'}]
if 'cross_criterion_weight_matrix' not in st.session_state:
st.session_state.cross_criterion_weight_matrix = np.array([[1, 1/4, 1/4, 1/5, 1/2, 1/7, 1/7, 1/6,
1/5, 1/8, 1/3, 2],
[4, 1, 1, 1/2, 3, 1/4, 1/4, 1/3, 1/2, 1/5, 2, 5],
[4, 1, 1, 1/2, 3, 1/4, 1/4, 1/3, 1/2, 1/5, 2, 5],
[5, 2, 2, 1, 4, 1/3, 1/3, 1/2, 1, 1/4, 3, 6],
[2, 1/3, 1/3, 1/4, 1, 1/6, 1/6, 1/5, 1/4, 1/7, 1/2, 3],
[7, 4, 4, 3, 6, 1, 1, 2, 3, 1/2, 5, 8],
[7, 4, 4, 3, 6, 1, 1, 2, 3, 1/2, 5, 8],
[6, 3, 3, 2, 5, 1/2, 1/2, 1, 2, 1/3, 4, 7],
[5, 2, 2, 1, 4, 1/3, 1/3, 1/2, 1, 1/4, 3, 6],
[8, 5, 5, 4, 7, 2, 2, 3, 4, 1, 6, 9],
[3, 1/2, 1/2, 1/3, 2, 1/5, 1/5, 1/4, 1/3, 1/6, 1, 4],
[1/2, 1/5, 1/5, 1/6, 1/3, 1/8, 1/8, 1/7, 1/6, 1/9, 1/4, 1]])
if 'visited_next_to_topsis' not in st.session_state:
st.session_state.visited_next_to_topsis = False

```

```
if 'strategy_list' not in st.session_state:
st.session_state.strategy_list = [{'Name': 'SO'},
{'Name': 'WO'},
{'Name': 'ST'},
{'Name': 'WT'}]
if 'strategy_criterion_matrix' not in st.session_state:
st.session_state.strategy_criterion_matrix = [
["VG", "G", "F", "MG"],
["MG", "F", "MP", "F"],
["MG", "MP", "MP", "F"],
["MG", "F", "P", "VP"],
["VG", "F", "MG", "MP"],
["G", "MP", "MG", "MP"],
["G", "MG", "F", "P"],
["MG", "F", "F", "MP"],
["MG", "MP", "F", "P"],
["G", "MG", "MG", "MP"],
["F", "MP", "MP", "F"],
["MG", "MP", "F", "F"]]
if 'criterion_list_length' not in st.session_state:
st.session_state.criterion_list_length = 12
if 'pre_button_pressed_criterion_list_length' not in st.session_state:
st.session_state.pre_button_pressed_criterion_list_length = 11
if 'strategy_list_length' not in st.session_state:
st.session_state.strategy_list_length = 4
if 'calculate_button_pressed' not in st.session_state:
st.session_state.calculate_button_pressed = False

def main():
# Config for website
st.set_page_config(
page_title= 'EU - North Afria energy collaoration', # Add title of the thesis
layout = "wide",
initial_sidebar_state="expanded")
with open('style.css') as f:
st.markdown(f'<style>{f.read()}</style>', unsafe_allow_html=True)
st.markdown('<script src="https://platform.linkedin.com/badges/js/profile.js" async
defer type="text/javascript"></script>', unsafe_allow_html=True)

st.markdown(
```

Παράρτημα

```
"""
<style>
.css-1xtoq5p e1fqkh3o2 {
display: none;
}
MainMenu {visibility: hidden;}
footer {visibility: hidden;}
</style>
"""
unsafe_allow_html=True,
)

# Sidebar
with st.sidebar:
# Load profiles as python dict.

st.header('Countries for possible collaboration in the Energy sector')
st.subheader('Click through them to learn about the 4 strategies based on TOWS analysis')

country = st.selectbox(label = 'Country', label_visibility='collapsed',options=('Morocco',
'Algeria', 'Tunisia','Libya', 'Egypt'))

st.button('Refresh', on_click=refresh_everything)

st.title('Countries to collaborate with')
st.write("Select any country to get Fuzzy TOPSIS results!")

tabs= st.tabs(["How It Works", "The App", "Criteria", "Criteria Weights", 'Strategies',
'Strategy Weights', 'Results', 'References'])

with tabs[0]:

st.title('How to Use the Application')
st.markdown("""
Start by Selecting a Country:

From the left-side menu, click on a country you want to evaluate. The map will zoom into
the selected country, and its SWOT analysis will be displayed below.
""")
st.write("")
```

st.subheader('Criteria Specification:')

st.write("""

Go to the 'Criteria' tab.

Enter the criteria for evaluation. You can add or remove criteria as needed.

""")

st.write("")

st.subheader('Pairwise Comparison of Criteria:')

st.write("""

Navigate to the 'Criteria Weights' tab.

Compare the criteria in pairs and enter your comparisons using the 9-point scale.

""")

st.write("")

st.subheader('Weight Calculation:')

st.write("""

Still in the 'Criteria Weights' tab, view the calculated weights of the criteria and check the consistency index to confirm the accuracy of your comparisons.

""")

st.write("")

st.subheader('Strategy Specification:')

st.write("""

Move to the 'Strategies' tab.

Define and enter the strategies. You can add or remove strategies according to your needs.

""")

st.write("")

st.subheader('Strategy Evaluation')

st.write("""

Go to the 'Strategy Weights' tab.

Evaluate each strategy concerning the criteria using the provided linguistic variables.

""")

st.write("")

st.subheader('View Results')

st.write("""

Finally, navigate to the 'Results' tab.

View the evaluation results and the ranking of the strategies. The application will display the closeness coefficient for each strategy.

```
""")
st.write('

with tabs[1]:
# Display map
my_map = map_creator(None, country)
map_data = stf.st_folium(my_map, width = 1500)

st.write("Swot analysis information per country")
if country == 'Morocco':
data = {
'Criteria': ['C1: Energy System Strategy and Outlook', 'C2: Readiness of Renewable
Energy Industry', 'C3: Energy Security', 'C4: Energy Market Environment', 'C5: Grid
Condition and Interconnections',
'C6: Regulatory and Political Framework for Promoting Renewable Energy', 'C7:
Institutional Framework for Renewable Energy Development', 'C8: Economic Risks and
Uncertainty',
'C9: Investment Environment (Financial Mechanisms, Subsidies, etc.)', 'C10: Renewable
Energy Potential/Available Technologies', 'C11: Social Acceptance', 'C12: Environmental
and Social Impacts'],
'Strengths': ['Government commitment to renewable energy targets', 'Operational
renewable energy projects like solar and wind farms', 'Developing renewable projects to
enhance energy security', 'Fully liberalized electricity market',
'Ongoing projects to improve grid stability', 'Supportive national energy strategy and
policies', 'Presence of organizations like MASEN promoting renewables', 'Strategic initiatives
to attract investment',
'Presence of financial institutions supporting renewables', 'High solar and wind energy
potential', 'Growing public awareness and support for renewables', 'Positive environmental
impact from renewable projects'],
'Weaknesses': ['High dependency on imported fossil fuels', 'Limited local manufacturing
capacity for renewable technologies', 'Current instability in energy supply', 'High initial costs
for renewable energy projects',
'Aging infrastructure', 'Bureaucratic hurdles and regulatory delays', 'Coordination issues
among different institutions', 'Economic dependency on external funding', 'Limited domestic
financial resources',
'Underutilization of renewable resources', 'Limited public knowledge and awareness
campaigns', 'Initial environmental and social disruption'],
```

'Opportunities': ['Strategic geographical location for energy exports to Europe','Technological advancements reducing costs','Potential for renewable energy to ensure a stable supply',

'Increasing foreign investment opportunities','Potential for grid upgrades with foreign investment','Policy reforms enhancing investment climate','International cooperation opportunities',

'Growth in green financing and international aid','Access to international financial mechanisms','Advances in renewable technologies','Education and awareness programs can boost acceptance','Potential for sustainable development and job creation'],

'Threats': ['Vulnerability to global energy market fluctuations','Competition with established fossil fuel industry','Political instability affecting energy policies','Market volatility impacting investment returns',

'Risk of insufficient infrastructure development','Risk of policy changes with government shifts','Institutional instability or corruption','Economic instability and fluctuation in foreign aid',

'Risk of reduced foreign investments due to global economic conditions','Technological lag compared to leading countries','Social resistance due to economic concerns','Environmental degradation if projects are mismanaged']

}

if country == 'Algeria':

data = {

'Criteria': ['C1: Energy System Strategy and Outlook', 'C2: Readiness of Renewable Energy Industry', 'C3: Energy Security', 'C4: Energy Market Environment', 'C5: Grid Condition and Interconnections',

'C6: Regulatory and Political Framework for Promoting Renewable Energy', 'C7: Institutional Framework for Renewable Energy Development', 'C8: Economic Risks and Uncertainty',

'C9: Investment Environment (Financial Mechanisms, Subsidies, etc.)','C10: Renewable Energy Potential/Available Technologies','C11: Social Acceptance','C12: Environmental and Social Impacts'],

'Strengths': ['Rich in fossil fuel resources, major exporter of natural gas','Strong potential for solar energy development','Established energy sector infrastructure','Government initiatives for energy sector reform',

'Existing network for fossil fuel energy','Recent policies favoring renewable energy','Presence of institutions like Sonelgaz','Government commitment to economic reforms',

'Potential for high returns on renewable investments','High solar radiation levels','Increasing public awareness of environmental issues','Potential for significant reduction in GHG emissions'],

'Weaknesses': ['Over-reliance on hydrocarbons','Limited infrastructure for renewable energy','Dependence on fossil fuel exports','Monopolistic market structure','Aging and insufficient grid infrastructure for renewables',

'Lack of coherent and consistent policy framework','Institutional inefficiencies and overlap','Economic dependence on hydrocarbons','Limited domestic financial resources','Underutilized renewable energy potential',

'Limited public knowledge about renewable energy benefits','Initial environmental impact of renewable projects'],

'Opportunities': ['Potential to diversify energy mix with renewables','Development of solar and wind farms','Renewable energy can enhance energy security','Liberalization efforts could attract investments',

'Investment in grid modernization and interconnections','Opportunity for policy harmonization and foreign aid','Potential for international partnerships','Growth in green finance and international funding',

'Access to international financial mechanisms','Technological advancements in renewable energy','Public campaigns to raise awareness and acceptance',

'Positive social impacts through job creation and sustainable development'],

'Threats': ['Volatility in global energy markets impacting revenues','Slow pace of regulatory reforms','Political instability affecting energy supply','Bureaucratic hurdles and corruption','High cost of grid upgrades',

'Political risk and frequent policy changes','Risk of institutional corruption and mismanagement','Economic instability and fluctuating global oil prices',

'Economic sanctions and international relations impacting investment','Technological lag and dependency on imports','Social resistance due to economic concerns',

'Environmental degradation if projects are not managed properly']

}

if country == 'Tunisia':

data = {

'Criteria': ['C1: Energy System Strategy and Outlook', 'C2: Readiness of Renewable Energy Industry', 'C3: Energy Security', 'C4: Energy Market Environment', 'C5: Grid Condition and Interconnections',

'C6: Regulatory and Political Framework for Promoting Renewable Energy', 'C7: Institutional Framework for Renewable Energy Development', 'C8: Economic Risks and Uncertainty',

'C9: Investment Environment (Financial Mechanisms, Subsidies, etc.)','C10: Renewable Energy Potential/Available Technologies','C11: Social Acceptance','C12: Environmental and Social Impacts'],

Παράρτημα

'Opportunities': ['Potential for partnerships with Europe on renewable projects','Development of solar and wind farms','Enhancing energy security through renewables',

'Attracting foreign investment through market reforms','Regional grid integration with Europe','International support and funding for regulatory improvements',

'Collaboration with international organizations','Growth in green finance and international funding','Access to international financial mechanisms','Technological advancements in renewables',

'Public campaigns to raise awareness','Positive social impacts through job creation'

],

'Threats': ['Political instability affecting long-term planning','Limited technological and industrial base','Vulnerability to geopolitical risks','Lack of regulatory framework for renewables',

'High costs of infrastructure repair and upgrade','Corruption and governance challenges','Inefficiencies and lack of coordination','High economic volatility','Financial risks and lack of investor confidence',

'Dependence on imported technology','Social resistance due to economic conditions','Environmental degradation from ongoing conflicts'

]

}

```
df = pd.DataFrame(data)
```

```
st.write(df)
```

```
with tabs[2]:
```

```
st.write('# AHP')
```

```
st.write('## Add the criteria.')
```

```
st.write("Select the number of criteria (N) you are interested in. N rows will be generated with ")
```

```
col1, col2 = st.columns([1, 1])
```

```
with col1:
```

```
remove_button = st.button(label = "Remove criterion", key = 'remove_criterion', on_click = remove_criterion_button_pressed)
```

```
with col2:
```

```
positive_button = st.button(label = "Add criterion", key = 'add_criterion', on_click = add_criterion_button_pressed)
```

```
rows = []
```

```
for i in range(len(st.session_state.criterion_list)):
```

Παράρτημα

```
rows = add_row(rows, id = i)

st.session_state.criterion_list = rows

with tabs[3]:
    st.write("# AHP")
    st.write("In this page, you will have to provide the relative importance of each criterion
    against with each other. In more detail, you will grade them from 1 to 9 if the importance is
    better for criterion A vs B, 1/2 to 1/9 if not and with 1 if their importance is equal with each
    other.")

    st.session_state.visited_next_to_topsis = True

    if isinstance(st.session_state.cross_criterion_weight_matrix, str) or
    (len(st.session_state.criterion_list) !=
    st.session_state.cross_criterion_weight_matrix.shape[0]):
        number_of_entries = len(st.session_state.criterion_list)
        st.session_state.cross_criterion_weight_matrix = np.ones((number_of_entries,
        number_of_entries))
        for i in range(number_of_entries):
            st.session_state.cross_criterion_weight_matrix[i,i] = 1

    if st.session_state.cross_criterion_weight_matrix.shape[1]-1 < 1:
        st.columns([1])

    if st.session_state.cross_criterion_weight_matrix.shape[1]-1 >= 1:
        cols = st.columns([1]*(st.session_state.cross_criterion_weight_matrix.shape[1]-1))
        for i in range(len(st.session_state.criterion_list)):
            for j in range(i+1, len(st.session_state.criterion_list)):
                with cols[j-1]:
                    # Replace the first choice with what's given in the cross_criterion_weight_matrix
                    number_floats = [1/x for x in range(2,10)]
                    number_floats += [x for x in range(1,10)]
                    number_options = ["1/{}".format(i) for i in range(2, 10)] + [str(i) for i in range(1, 10)]

                    number_index = number_floats.index(st.session_state.cross_criterion_weight_matrix[i,j])
                    number_options = [number_options[number_index]] + ["1/{}".format(i) for i in range(2,
                    10)] + [str(i) for i in range(1, 10)]
```

Παράρτημα

```
number = st.selectbox(f'{st.session_state.criterion_list[i]['Name']} vs {st.session_state.criterion_list[j]['Name']}', options=number_options, key=f'topsis_matrix_{i}_{j}')
```

```
if '/' in number:
```

```
    numerator, denominator = map(float, number.split('/'))
```

```
    number = float(numerator / denominator)
```

```
else:
```

```
    number = float(number)
```

```
st.session_state.cross_criterion_weight_matrix[i,j] = number
```

```
if number > 0 or number < 0:
```

```
    st.session_state.cross_criterion_weight_matrix[j,i] = 1/float(number)
```

```
else:
```

```
    st.session_state.cross_criterion_weight_matrix[j,i] = 0
```

```
with tabs[4]:
```

```
    st.write("# Fuzzy TOPSIS")
```

```
    st.write("")
```

```
col1, col2 = st.columns([1, 1])
```

```
with col1:
```

```
    remove_button = st.button(label = "Remove criterion", key = 'remove_criterion_fuzzy_topsis', on_click = remove_strategy_button_pressed)
```

```
with col2:
```

```
    positive_button = st.button(label = "Add criterion", key = 'add_criterion_fuzzy_topsis', on_click = add_strategy_button_pressed)
```

```
rows = []
```

```
for i in range(len(st.session_state.strategy_list)):
```

```
    rows = add_row(rows, row_type = 'strategy', id = i)
```

```
st.session_state.strategy_list = rows
```

```
with tabs[5]:
```

```
    st.write("# Fuzzy Topsis")
```

```
    st.write('In this page, you have to choose the number of strategies that will be evaluated against the criteria. After that, you have to grade each strategy with the respective criteria.')
```

```

if country == 'Morocco':
st.session_state.strategy_criterion_matrix = [
    ["VG", "G", "F", "MG"],
    ["MG", "F", "MP", "F"],
    ["MG", "MP", "MP", "F"],
    ["MG", "F", "P", "VP"],
    ["VG", "F", "MG", "MP"],
    ["G", "MP", "MG", "MP"],
    ["G", "MG", "F", "P"],
    ["MG", "F", "F", "MP"],
    ["MG", "MP", "F", "P"],
    ["G", "MG", "MG", "MP"],
    ["F", "MP", "MP", "F"],
    ["MG", "MP", "F", "F"]
if country == 'Algeria':
st.session_state.strategy_criterion_matrix = [
    ["G", "MG", "F", "MG"],
    ["MG", "MP", "F", "MP"],
    ["MG", "F", "MP", "F"],
    ["F", "F", "MP", "P"],
    ["MG", "F", "P", "MP"],
    ["G", "MG", "MG", "F"],
    ["MG", "MP", "F", "P"],
    ["G", "F", "MG", "MG"],
    ["F", "MP", "F", "MG"],
    ["VG", "G", "MG", "MP"],
    ["F", "MG", "F", "P"],
    ["F", "MP", "MP", "MG"],
    ]
if country == 'Tunisia':
st.session_state.strategy_criterion_matrix = [
    ["MG", "G", "F", "MG"],
    ["MG", "F", "MG", "F"],
    ["MP", "P", "MP", "MG"],
    ["MG", "F", "F", "MG"],
    ["G", "MG", "F", "MP"],
    ["F", "MP", "F", "G"],
    ["MP", "P", "MP", "MG"],
    ["F", "P", "MP", "MG"],
    ["MG", "MP", "F", "MG"],

```

Παράρτημα

```
["G", "MG", "MG", "F"],
["F", "MP", "F", "F"],
["MG", "MP", "F", "F"],
]
if country == 'Libya':
st.session_state.strategy_criterion_matrix = [
["G", "MG", "F", "MG"],
["MG", "MP", "MG", "F"],
["P", "MP", "P", "G"],
["MP", "MP", "P", "MG"],
["F", "F", "MP", "G"],
["MG", "P", "F", "F"],
["F", "MG", "MG", "F"],
["MG", "P", "MP", "G"],
["F", "MP", "MP", "G"],
["MG", "F", "F", "MG"],
["P", "MP", "VP", "F"],
["P", "MP", "VP", "G"],
]
if country == 'Egypt':
st.session_state.strategy_criterion_matrix = [
["VG", "G", "MG", "F"],
["MG", "F", "F", "MG"],
["F", "MG", "P", "F"],
["G", "F", "MG", "MP"],
["VG", "MG", "F", "F"],
["MG", "MG", "F", "MP"],
["F", "MG", "MP", "P"],
["MG", "MP", "F", "MG"],
["MG", "MP", "MG", "F"],
["G", "MG", "MG", "VP"],
["MG", "MG", "F", "P"],
["F", "P", "VP", "MG"],
]

cols = st.columns([1]*2)
with cols[0]:
st.write("Criteria")
with cols[1]:
st.write("Strategies")
```

Παράρτημα

```
cols = st.columns([1]*(len(st.session_state.strategy_criterion_matrix[0])+1))
for count, col in enumerate(cols[1:]):
    with col:
        st.write(st.session_state.strategy_list[count]['Name'])

# fill rows with criteria and selectbox
for i in range(len(st.session_state.criterion_list)):
    cols = st.columns([1]*(len(st.session_state.strategy_criterion_matrix[0])+1))

    option_list = list(full_sentence_to_fuzzy_language.keys())

    with cols[0]:
        st.write(f"{st.session_state.criterion_list[i]['Name']}")

    for count, col in enumerate(cols[1:]):
        with col:
            fuzzy_input_index =
list(full_sentence_to_fuzzy_language.values()).index(st.session_state.strategy_criterion_mat
rix[i][count])

            list_to_show = [option_list[fuzzy_input_index]] + option_list
            col_val = st.selectbox(f"Column_{count}1_{i}_", options=list_to_show,
label_visibility='hidden')
            st.session_state.strategy_criterion_matrix[i][count] =
full_sentence_to_fuzzy_language[col_val]

    st.session_state.country_chosen = country

    with tabs[6]:
        st.button("Calculate results", on_click=calculate_results)
        if st.session_state.calculate_button_pressed:
            st.write("### The criteria you entered")
            for i in range(len(st.session_state.criterion_list)):
                st.write(f"Criterion {i}: {st.session_state.criterion_list[i]['Name']}, type:
{st.session_state.criterion_list[i]['Option']}")

            st.write("### The matrix you entered")
            st.write(st.session_state.cross_criterion_weight_matrix)
```

```

st.write('## AHP algorithm results')

st.write('### Sorted criteria')
for i in st.session_state.sorted_criteria:
st.write(i)

st.write('### Metrics')
st.write(f'Consistency Index (CI): {st.session_state.CI}')
st.write(f'Random Consistency Index (RI): {st.session_state.RI}')
st.write(f'Consistency Ration (CR): {st.session_state.CR}')

# Fuzzy TOPSIS
criteria_sorted_indexes = np.argsort(st.session_state.CC)[::-1]

st.write('### Fuzzy TOPSIS results')

for i in range(len(st.session_state.strategy_list)):
col1, col2 = st.columns([1, 1])
with col1:
st.write(st.session_state.strategy_list[criteria_sorted_indexes[i]]['Name'])
with col2:
st.write(st.session_state.CC[criteria_sorted_indexes[i]])

with tabs[7]:
if country == "Morocco":
links = {
'World Bank. (2022)': ['Morocco Second Sustainable Development Policy Financing',
'https://documents1.worldbank.org/curated/en/099042123151013750/pdf/P178763052c9bb0b0a0eb0adc49f43b6ec.pdf'],
'Economist Intelligence Unit. (2021)': ['Morocco',
'http://country.eiu.com/Default.aspx?country=Morocco'],
'International Energy Agency. (2022)': ['Morocco - Countries & Regions',
'https://www.iea.org/countries/morocco'],
'BP Statistical Review. (2022)': ['Statistical Review of World Energy 2022',
'https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf'],
'Bloomberg NEF. (2023)': ['Morocco's Energy Transition',
'https://www.cif.org/sites/cif_enc/files/knowledge-documents/bnef-cif-fi_project_2030_roadmap_slide_deck_morocco.pdf'],

```


Παράρτημα

**'African Union. (2022)': ['AU Climate Change Strategy and Action Plan 2022-2032',
'https://au.int/sites/default/files/documents/41959-doc-
CC_Strategy_and_Action_Plan_2022-2032_08_02_23_Single_Print_Ready.pdf'],
'European Investment Bank. (2022)': ['Morocco Projects',
'https://www.eib.org/en/projects/country/morocco'],
'African Development Bank. (2022)': ['Morocco Economic Outlook',
'https://www.afdb.org/en/countries/north-africa/morocco/morocco-economic-outlook'],
'Oxford Business Group. (2024)': ['Africa Market Research - Morocco',
'https://oxfordbusinessgroup.com/explore-market-research/africa/morocco/'],
'Global Terrorism Index. (2022)': ['Global Terrorism Index 2022',
'https://www.visionofhumanity.org/wp-content/uploads/2022/03/GTI-2022-web_110522-
1.pdf'],
'International Monetary Fund. (2021)': ['Morocco 2021 Article IV Consultation-Press
Release; Staff Report; and Statement by the Executive Director for Morocco',
'https://www.imf.org/en/Publications/CR/Issues/2022/02/09/Morocco-2021-Article-IV-
Consultation-Press-Release-and-Staff-Report-512959'],
'World Bank. (2022)': ['Morocco',
'https://www.worldbank.org/en/country/morocco/overview'],
'International Institute for Environment and Development. (2023)': ['Renewable Energy
and Energy Efficiency in Morocco',
'https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032115001458'],
'Transparency International. (2023)': ['Corruption Perceptions Index 2023',
'https://www.transparency.org/en/cpi/2023'],
'Moroccan Ministry of Finance. (2022)': ['Bank Al-Maghrib Financial Stability Report',
'https://www.bkam.ma/en/Publications-and-research/Institutional-publications/Financial-
stability-reports'],
'PricewaterhouseCoopers. (2022)': ['Egypt Tax Summary',
'https://taxsummaries.pwc.com/egypt'],
'International Renewable Energy Agency. (2023)': ['North Africa Renewable Potential',
'https://www.irena.org/News/articles/2024/Feb/North-Africa-Renewable-Potential-and-
Strategic-Location-Reinforce-Its-Role-in-Energy-Transition'],
'Environmental Performance Index. (2022)': ['Morocco EPI Results',
'https://epi.yale.edu/epi-results/2022/country/mar'],
'Social Progress Index. (2022)': ['Social Progress Index 2022',
'https://www.socialprogress.org/2024-social-progress-index/'],
'Greenpeace. (2022)': ['North Africa's Polluters',
'https://www.greenpeace.org/mena/en/north-africas-polluters/'],
'World Health Organization. (2022)': ['World Health Organization',
'https://www.who.int/'],**

'International Monetary Fund. (2022)': ['Morocco Country Profile',
'https://www.imf.org/en/Countries/MAR'],
'World Resources Institute. (2022)': ['Roadmap for a Low-Carbon Transformation in Morocco',
'https://www.sei.org/features/roadmap-for-a-low-carbon-transformation-in-morocco/'],
'United Nations. (2022)': ['Morocco's Water Scarcity Report',
'https://www.wri.org/insights/highest-water-stressed-countries'],
'International Energy Agency. (2023)': ['Climate Resilience for Energy Transition in Morocco',
'https://www.iea.org/reports/climate-resilience-for-energy-transitions-in-the-middle-east-and-north-africa'],
'African Development Bank Group. (2023)': ['The Renewable Energy Sector and Youth Employment in Algeria, Libya, Morocco, and Tunisia',
'https://www.afdb.org/fileadmin/uploads/afdb/Documents/Publications/The_Renewable_Energy_Sector_and_Youth_Employment_in_Algeria_Libya_Morocco_and_Tunisia.pdf'],
'Morocco World News. (2024)': ['Morocco Anticipates Investment Boom in Green Energy by 2027',
'https://www.moroccoworldnews.com/2024/01/morocco-anticipates-investment-boom-in-green-energy-by-2027'],
'Morocco World News. (2022)': ['Morocco Commits to 80% Renewable Energy Use by 2050',
'https://www.moroccoworldnews.com/2022/12/morocco-commits-to-80-renewable-energy-use-by-2050'],
'SDG Knowledge Hub. (2023)': ['Morocco's Energy Strategy and Renewable Energy Targets',
'https://sdg.iisd.org/commentary/policy-briefs/moroccos-energy-strategy-and-renewable-energy-targets']
}
if country == 'Algeria':
links = {
'Algerian Ministry of Energy. (2021)': ['Renewable Energy Development Plan',
'https://www.iea.org/countries/algeria'],
'BP Statistical Review. (2022)': ['Statistical Review of World Energy 2022',
'https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html'],
'European Commission. (2023)': ['EU-Algeria Energy Partnership',
'https://ec.europa.eu/info/strategy/eu-algeria-energy-partnership_en'],
'World Bank. (2022)': ['Algeria Renewable Energy Projects',
'https://www.worldbank.org/en/country/algeria/projects'],
'Algerian Renewable Energy Research Center. (2021)': ['Annual Report',
'https://www.cder.dz/spip.php?article118'],
'MIT Technology Review. (2023)': ['Algeria Solar Energy Research',
'https://www.technologyreview.com/'],

'Oxford Business Group. (2021)': ['Algeria Energy Sector Report', 'https://oxfordbusinessgroup.com/algeria-energy-report-2021'],

'African Development Bank. (2022)': ['Algeria Energy Storage Analysis', 'https://www.afdb.org/en/news-and-events/press-releases/algeria-african-development-bank-approves-usd-50-million-loan-support-energy-storage-project-41950'],

'Transparency International. (2022)': ['Algeria Bureaucratic Challenges', 'https://www.transparency.org/en/countries/algeria'],

'Bloomberg NEF. (2023)': ['Algeria Renewable Energy Investments', 'https://about.bnef.com/blog/'],

'Economist Intelligence Unit. (2021)': ['Algeria Market Structure', 'https://country.eiu.com/algeria'],

'Algerian Chamber of Commerce. (2022)': ['Investment Climate Report', 'https://www.caci.dz/'],

'PwC. (2022)': ['Algeria Energy Regulations', 'https://www.pwc.com/gx/en/industries/energy-utilities-resources.html'],

'Algerian Ministry of Infrastructure. (2023)': ['Network Renewal Projects', 'https://www.mtp.gov.dz/'],

'World Economic Forum. (2022)': ['Algeria Energy Reforms', 'https://www.weforum.org/'],

'United Nations. (2022)': ['Algeria Conflict Impact Assessment', 'https://www.un.org/'],

'Greek Ministry of Energy. (2023)': ['Greece-Algeria Energy Cooperation', 'https://www.ypen.gr/'],

'Italian Ministry of Economic Development. (2023)': ['Italy-Algeria Energy Projects', 'https://www.mise.gov.it/'],

'Social Progress Index. (2022)': ['Algeria Social Indicators', 'https://www.socialprogress.org/'],

'Tunisian Ministry of Energy. (2022)': ['Regional Energy Policy', 'https://www.energymin.tn/'],

'African Union. (2022)': ['Climate Policy Analysis', 'https://au.int/'],

'Egyptian Renewable Energy Authority. (2021)': ['Regional Feed-in Tariff Systems', 'http://www.nrea.gov.eg/'],

'World Bank. (2022)': ['Algeria Emissions Report', 'https://www.worldbank.org/'],

'Greenpeace. (2022)': ['Algeria Environmental Impact Report', 'https://www.greenpeace.org/mena/en/'],

'World Health Organization. (2022)': ['Health Benefits of Renewable Energy', 'https://www.who.int/'],

'International Institute for Environment and Development. (2023)': ['Algeria Renewable Energy Potential', 'https://www.iied.org/'],

'Fitch Solutions. (2023)': ['Algeria Business Environment', 'https://www.fitchsolutions.com/'],


```
'African Development Bank Group. (2023)': [' Algeria Renewable Energy Program
(AREP) - Green Baseload', 'https://www.afdb.org/en/documents/algeria-algeria-renewable-
energy-program-arep-green-baseload-sefa-appraisal-report'],
'African Development Bank Group. (2023)': [' The Renewable Energy Sector and Youth
Employment in Algeria, Libya, Morocco, and Tunisia',
'https://www.afdb.org/fileadmin/uploads/afdb/Documents/Publications/The_Renewable_E
nergy_Sector_and_Youth_Employment_in_Algeria_Libya_Morocco_and_Tunisia.pdf'],
'Middle East Institute. (2020)': [' Algeria charts a path for renewable energy sector
development', 'https://www.mei.edu/publications/algeria-charts-path-renewable-energy-
sector-development']
}
if country == 'Tunisia':
links = {
'Tunisian Ministry of Energy. (2020)': [' Law 2009-7 Overview',
'http://www.tunisie.gov.tn/'],
'World Bank. (2021)': [' Tunisia Overview',
'https://www.worldbank.org/en/country/tunisia/overview'],
'Bloomberg NEF. (2023)': [' Tunisia Renewable Energy Outlook',
'https://www.bloomberg.com/professional/product/new-energy-finance/'],
'Tunisian Electricity and Gas Company. (2022)': [' Energy Security Analysis',
'https://www.steg.com.tn/en/'],
'European Commission. (2022)': [' EU-Tunisia Energy Cooperation',
'https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_423'],
'Oxford Institute for Energy Studies. (2022)': [' Oxford Energy Publications',
'https://www.oxfordenergy.org/'],
'International Finance Corporation. (2022)': [' IFC Projects',
'https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/corp_ext_content/ifc_external_corporate_site/home
'],
'Economist Intelligence Unit. (2021)': [' Tunisia', 'https://country.eiu.com/tunisia'],
'United Nations. (2022)': [' Tunisia', 'https://www.un.org/en/'],
'African Union. (2022)': [' African Union', 'https://au.int/en/overview'],
'Greenpeace. (2022)': [' Greenpeace MENA', 'https://www.greenpeace.org/mena/en/'],
'World Health Organization. (2022)': [' WHO', 'https://www.who.int/'],
'Transparency International. (2023)': [' Corruption Perceptions Index 2023',
'https://www.transparency.org/en/cpi/2023'],
'United Nations Development Programme. (2023)': [' UNDP', 'https://www.undp.org/'],
'International Institute for Environment and Development. (2023)': [' IIED',
'https://www.iied.org/'],
'Fitch Solutions. (2023)': [' Fitch Solutions', 'https://www.fitchsolutions.com/'],
'Tunisian Banking Institute. (2022)': [' Access to Finance Report', 'http://www.itfb.tn/'],
```

'MIT Technology Review. (2023)': ['Tunisia Oil and Gas Innovation',
'https://www.technologyreview.com/'],

'International Energy Agency (IEA). (2023)': ['Climate Resilience for Energy Transition
in Tunisia', 'https://www.iea.org/reports/climate-resilience-for-energy-transitions-in-
tunisia'],

'African Development Bank Group. (2023)': ['The Renewable Energy Sector and Youth
Employment in Algeria, Libya, Morocco, and Tunisia',
'https://www.afdb.org/fileadmin/uploads/afdb/Documents/Publications/The_Renewable_E
nergy_Sector_and_Youth_Employment_in_Algeria_Libya_Morocco_and_Tunisia.pdf'],

'African Development Bank Group. (2023)': ['Tunisia Renewable Energy Program
(TREP) - Green Baseload', 'https://www.afdb.org/en/documents/tunisia-tunisia-renewable-
energy-program-trep-green-baseload-sefa-appraisal-report'],

}

if country == 'Libya':

links = {

'Government of Libya. (2020)': ['Libya', 'https://www.iea.org/countries/libya'],

'Libyan Ministry of Oil and Gas. (2019)': ['Libya', 'https://www.iea.org/countries/libya'],

'World Bank. (2020)': ['Libya Financial Sector Review',
'https://thedocs.worldbank.org/en/doc/288521600444837289-
0280022020/original/LibyaFinancialSectorReviewEnglishFinal.pdf'],

'Libyan General Electricity Company. (2021)': ['Egypt-Saudi Electricity Interconnection
Project', 'https://www.iea.org/policies/14291-egypt-saudi-electricity-interconnection-
project'],

'International Energy Agency. (2021)': ['Libya - Countries & Regions',
'https://www.iea.org/countries/libya'],

'European Commission. (2022)': ['EU-Libya Energy Cooperation',
'https://policy.trade.ec.europa.eu/eu-trade-relationships-country-and-region/countries-and-
regions/libya_en'],

'International Renewable Energy Agency. (2023)': ['Libya Renewable Energy Statistics',
'https://www.irena.org/-
/media/Files/IRENA/Agency/Statistics/Statistical_Profiles/Africa/Libya_Africa_RE_SP.pdf
'],

'Libyan Authority for Renewable Energy. (2022)': ['Libya 2023 Economic Outlook',
'https://www.afdb.org/en/countries/north-africa/libya/libya-economic-outlook'],

'Libyan Ministry of Labor. (2022)': ['UNDP Libya 2023 Annual Report',
'https://www.undp.org/arab-states/publications/undp-libya-2023-annual-report'],

'Libyan National Oil Corporation. (2022)': ['Libya',
'https://www.iea.org/countries/libya'],

'International Monetary Fund. (2021)': ['Libya Country Report',
'https://www.imf.org/en/Countries/LBY'],

'Energy Trilemma Index. (2022)': [' World Energy Trilemma Index 2022', 'https://observatorio.miem.gub.uy/obs/sites/default/files/documentos/indice_trilemma_-_informe_completo_wec.pdf'],

'African Development Bank. (2022)': [' Libya Economic Outlook', 'https://www.afdb.org/en/countries/north-africa/libya/libya-economic-outlook'],

'REAOL. (2022)': [' Annual Report', 'https://reaol.com/annual-report-2022'],

'Economist Intelligence Unit. (2021)': [' Libya Country Report', 'https://country.eiu.com/libya'],

'Libyan Ministry of Infrastructure. (2023)': [' Morocco - Energy Infrastructure', 'https://www.trade.gov/country-commercial-guides/morocco-infrastructure'],

'Egyptian-Libyan Business Council. (2021)': [' Libya Economic Outlook', 'https://www.afdb.org/en/countries/north-africa/libya/libya-economic-outlook'],

'Tunisian Ministry of Energy. (2022)': [' Libya Economic Outlook', 'https://www.afdb.org/en/countries/north-africa/libya/libya-economic-outlook'],

'United Nations. (2022)': [' UNDP Libya 2023 Annual Report', 'https://www.undp.org/arab-states/publications/undp-libya-2023-annual-report'],

'Greek Ministry of Energy. (2023)': [' Renewable Energy in Greece', 'https://www.iea.org/countries/greece'],

'Italian Ministry of Economic Development. (2023)': [' Italy - Economic Development', 'https://www.mise.gov.it/index.php/it/'],

'Global Terrorism Index. (2022)': [' Global Terrorism Index 2022', 'https://www.visionofhumanity.org/wp-content/uploads/2022/03/GTI-2022-web_110522-1.pdf'],

'Libyan Chamber of Commerce. (2022)': [' De-Risking Foreign Investments for Renewable Energy in Libya', 'https://libyaherald.com/2024/03/de-risking-foreign-investments-for-renewable-energy-in-libya-workshop/'],

'African Union. (2022)': [' AU Climate Change Strategy and Action Plan 2022-2032', 'https://au.int/sites/default/files/documents/41959-doc-CC_Strategy_and_Action_Plan_2022-2032_08_02_23_Single_Print_Ready.pdf'],

'Egyptian Renewable Energy Authority. (2021)': [' Renewable Energy in Egypt', 'https://www.iea.org/countries/egypt'],

'Libyan Center for Solar Energy Research. (2023)': [' Libya - Countries & Regions', 'https://www.iea.org/countries/libya'],

'Libyan Ministry of Energy. (2023)': [' Renewable Energy in Libya', 'https://www.iea.org/countries/libya'],

'Libyan Investment Authority. (2021)': [' Libya Economic Outlook', 'https://www.afdb.org/en/countries/north-africa/libya/libya-economic-outlook'],

'UNCTAD. (2022)': [' CSTD 2022-23', 'https://unctad.org/system/files/non-official-document/CSTD2022-23_c06_C_Egypt_en.pdf'],

'International Monetary Fund. (2023)': ['Libya Country Report', 'https://www.imf.org/en/Publications/CR/Issues/2021/12/01/Algeria-2021-Article-IV-Consultation-Press-Release-and-Staff-Report-and-Statement-by-the-510495'],

'World Economic Forum. (2022)': ['World Energy Trilemma Index 2022', 'https://observatorio.miem.gub.uy/obs/sites/default/files/documentos/indice_trilemma_-_informe_completo_wec.pdf'],

'African Development Bank. (2023)': ['Libya Bank Intervention Strategy', 'https://www.afdb.org/en/countries-north-africa-state-libya/libya-bank-intervention-strategy'],

'Economist Intelligence Unit. (2021)': ['Libya', 'https://country.eiu.com/libya'],

'Economist Intelligence Unit. (2022)': ['Libya Country Report', 'https://store.eiu.com/product/country-report/libya'],

'Vision of Humanity. (2022)': ['Global Terrorism Index 2022', 'https://www.visionofhumanity.org/wp-content/uploads/2022/03/GTI-2022-web_110522-1.pdf'],

'Libya Herald. (2024)': ['De-Risking Foreign Investments for Renewable Energy in Libya', 'https://libyaherald.com/2024/03/de-risking-foreign-investments-for-renewable-energy-in-libya-workshop/']

}

if country == 'Egypt':

links = {

'Egyptian Ministry of Electricity and Renewable Energy. (2019)': ['Wind and Solar Projects Report', 'https://www.petroleum.gov.eg/en/Pages/HomePage.aspx'],

'World Bank. (2021)': ['Energy Dependency Analysis', 'https://nations-emergentes.org/wp-content/uploads/2019/02/egypt-renewable_energy.pdf'],

'IRENA. (2021)': ['Renewable Energy Policies and Measures in Egypt', 'https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Statistics/Statistical_Profiles/Africa/Egypt_Africa_RE_SP.pdf'],

'Egyptian Electric Utility and Consumer Protection Regulatory Agency. (2022)': ['Legislative Framework Review', 'https://egyptera.org/en/Mission_Vision.aspx'],

'Bloomberg NEF. (2023)': ['Egypt Renewable Energy Market Outlook', 'https://www.bloombergnef.com/'],

'Egyptian Ministry of Petroleum and Mineral Resources. (2022)': ['Energy Sector Developments', 'https://www.petroleum.gov.eg/en/Pages/HomePage.aspx'],

'International Energy Agency. (2022)': ['Egypt Energy Outlook', 'https://www.iea.org/countries/egypt'],

'IMF. (2021)': ['Egypt Economic Outlook', 'https://www.imf.org/en/Countries/EGY'],

'Oxford Institute for Energy Studies. (2022)': ['Fossil Fuel Subsidies Report', '<https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2023/09/OIES-Annual-Report-2022.pdf>'],

'Egyptian Electricity Transmission Company. (2021)': ['Grid Reliability Report', '<http://nrea.gov.eg/Content/reports/English%20AnnualReport%202019.pdf>'],

'UNDP. (2021)': ['Egypt Energy Efficiency Report', '<https://www.undp.org/egypt/egypt-human-development-report-2021>'],

'Egyptian General Petroleum Corporation. (2022)': ['Energy Supply and Demand Analysis', '<https://www.petroleum.gov.eg/en/Pages/HomePage.aspx>'],

'Egyptian Center for Economic Studies. (2021)': ['Energy Market Monopolies', '<https://www.eces.org.eg/>'],

'Egyptian Ministry of Planning. (2022)': ['Energy Sector Reforms', '<https://www.mop.gov.eg/>'],

'African Development Bank. (2023)': ['Regional Energy Projects', '<https://www.afdb.org/en/news-and-events/press-releases/african-development-bank-funded-energy-projects-egypt-and-cote-divoire-win-top-infrastructure-and-energy-accolades-ijglobal-awards-69520>'],

'UNICEF. (2021)': ['Access to Electricity Report', '<https://www.unicef.org/>'],

'International Finance Corporation. (2021)': ['Egypt Energy Investment Climate', '<https://www.ifc.org/>'],

'Egyptian Electricity Holding Company. (2022)': ['Network Expansion Plans', '<http://nrea.gov.eg/Content/reports/Annual%20Report%202022%20Eng.pdf>'],

'Hellenic Ministry of Environment and Energy. (2023)': ['Greece-Cyprus-Egypt Interconnection Plans', '<https://transformers-magazine.com/tm-news/egypt-saudi-power-link-to-be-finished-in-2026/>'],

'World Bank. (2022)': ['Egypt Power Sector Investments', '<https://www.worldbank.org/en/country/egypt/overview>'],

'Egypt Infrastructure Investment Authority. (2021)': ['Cost Analysis of Energy Infrastructure Projects', '<https://www.sis.gov.eg/>'],

'Libyan Ministry of Electricity. (2022)': ['Impact of Political Instability on Energy Projects', '<https://www.libyaherald.com/>'],

'Egyptian Parliament. (2022)': ['Renewable Energy Laws', '<https://www.parliament.gov.eg/>'],

'Egyptian Financial Regulatory Authority. (2021)': ['Feed-in-Tariff Performance Report', '<https://www.fra.gov.eg/>'],

'Political Risk Services. (2022)': ['Egypt Political Stability Report', '<https://www.prsgroup.com/>'],

'Egyptian Ministry of International Cooperation. (2022)': ['Energy Project Implementation Delays', '<https://www.moic.gov.eg/>'],

'Central Bank of Egypt. (2023)': ['Inflation Report', '<https://www.cbe.org.eg/>'],

'PricewaterhouseCoopers. (2022)': ['Egypt Tax Guide',
'<https://taxsummaries.pwc.com/egypt>'],

'Economist Intelligence Unit. (2023)': ['Egypt Risk Report',
'<https://country.eiu.com/egypt>'],

'World Bank. (2022)': ['International Financial Aid Reports',
'<https://www.worldbank.org/en/news>'],

'Ministry of Investment and International Cooperation. (2022)': ['Renewable Energy Incentives', '<https://www.miic.gov.eg/>'],

'European Bank for Reconstruction and Development. (2023)': ['Egypt Project Financing',
'<https://www.ebrd.com/egypt.html>'],

'Egyptian Banking Institute. (2022)': ['Access to Finance Report',
'<https://www.ebi.gov.eg/>'],

'Egyptian Ministry of Planning. (2022)': ['Public-Private Partnership Projects',
'<https://www.mop.gov.eg/>'],

'Fitch Solutions. (2023)': ['Egypt Financial Environment',
'<https://store.fitchsolutions.com/>'],

'Solar Energy International. (2022)': ['Egypt Solar Potential',
'<https://www.solarenergy.org/>'],

'WindEurope. (2023)': ['Wind Energy Infrastructure in Egypt', '<https://windeurope.org/>'],

'MIT Technology Review. (2023)': ['Emerging Technologies in Renewable Energy',
'<https://www.technologyreview.com/>'],

'UNDP. (2023)': ['Public Awareness Report',
'<https://annualreport.undp.org/assets/Annual-Report-2023.pdf>'],

'Cairo University. (2022)': ['Educational Programs on Renewable Energy',
'<https://www.cu.edu.eg/Home>'],

'Egyptian Center for Public Opinion Research. (2023)': ['Social Impact Assessment',
'<https://www.baseera.com.eg/>'],

'Greenpeace. (2022)': ['Environmental Impact Report on Renewable Energy in Egypt',
'<https://www.greenpeace.org/mena/en/>'],

'World Health Organization. (2022)': ['Health Benefits of Renewable Energy',
'<https://www.who.int/>'],

'Environmental Law Institute. (2023)': ['Environmental Awareness in Rural Egypt',
'<https://www.eli.org/>'],

'Egyptian Ministry of Health. (2022)': ['Public Health Report',
'<https://www.mohp.gov.eg/>'],

'International Institute for Environment and Development. (2023)': ['Social Impact of Large Renewable Energy Projects', '<https://www.iied.org/>'],

'IRENA. (2021)': ['Renewable Energy Policies and Measures in Egypt',
'https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Oct/IRENA_Outlook_Egypt_2018_En.pdf'],

'Nations Emergent. (2023)': ['Renewable Energy Policies and Measures in Egypt', 'https://nations-emergentes.org/wp-content/uploads/2019/02/egypt-renewable_energy.pdf'],

'NREA. (2019)': ['Annual Report', '<http://nrea.gov.eg/Content/reports/English%20AnnualReport%202019.pdf>'],

'IRENA. (2023)': ['Statistical Profiles', 'https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Statistics/Statistical_Profiles/Africa/Egypt_Africa_RE_SP.pdf'],

'Egyptera. (2023)': ['Mission and Vision', 'https://egyptera.org/en/Mission_Vision.aspx'],

'Egyptian Ministry of Petroleum and Mineral Resources. (2023)': ['Home Page', '<https://www.petroleum.gov.eg/en/Pages/HomePage.aspx>'],

'IMF. (2023)': ['Country Information', '<https://www.imf.org/en/Countries/EGY>'],

'Oxford Energy Institute. (2022)': ['Annual Report', '<https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2023/09/OIES-Annual-Report-2022.pdf>'],

'World Economic Forum. (2022)': ['Energy Transition Index', '<https://www.weforum.org/reports/energy-transition-index-2022>'],

'UNDP. (2023)': ['Environment and Climate Change', '<https://www.undp.org/egypt/environment-climate-change>'],

'UNDP. (2021)': ['Human Development Report', '<https://www.undp.org/egypt/egypt-human-development-report-2021>'],

'UNDP. (2023)': ['Energy Efficiency Projects', '<https://www.undp.org/egypt/projects/improving-energy-efficiency-lighting-building-appliances>'],

'African Development Bank. (2023)': ['Press Release', '<https://www.afdb.org/en/news-and-events/press-releases/african-development-bank-funded-energy-projects-egypt-and-cote-divoire-win-top-infrastructure-and-energy-accolades-ijglobal-awards-69520>'],

'African Development Bank. (2023)': ['Energy Sector', '<https://www.afdb.org/en/topics-and-sectors/sectors/energy-power>'],

'UNCTAD. (2022)': ['Technology and Innovation Report', 'https://unctad.org/system/files/non-official-document/CSTD2022-23_c06_C_Egypt_en.pdf'],

'IEA. (2023)': ['Egypt-Saudi Electricity Interconnection Project', '<https://www.iea.org/policies/14291-egypt-saudi-electricity-interconnection-project>'],

'Transformers Magazine. (2023)': ['Power Link Project', '<https://transformers-magazine.com/tm-news/egypt-saudi-power-link-to-be-finished-in-2026/>'],

'PwC. (2022)': ['Tax Guide', '<https://taxsummaries.pwc.com/egypt>'],

'EIU. (2023)': ['Country Report', '<https://country.eiu.com/egypt>'],

'EBRD. (2024)': ['Support in SEMED Region', '<https://www.ebrd.com/news/2024/ebrd-delivers-robust-support-to-the-semed-region-in-2023.html>'],

'EBRD. (2024)': ['Egypt Investments', 'https://www.ebrd.com/news/2024/egypt-leads-ebbrds-semed-region-investments-in-2023.html'],
'SIS. (2023)': ['Egypt and IRENA', 'https://sis.gov.eg/Story/178436/Egypt-and-the-International-Renewable-Energy-Agency-?lang=en-us'],
'Trade.gov. (2023)': ['Standards and Trade', 'https://www.trade.gov/country-commercial-guides/egypt-standards-trade'],
'EIB. (2022)': ['Climate Action', 'https://www.eib.org/en/press/all/2022-557-92-of-egyptian-respondents-say-climate-change-is-already-affecting-their-everyday-life'],
'NREA. (2022)': ['Annual Report', 'http://nrea.gov.eg/Content/reports/Annual%20Report%202022%20Eng.pdf'],
'UNDP. (2023)': ['Annual Report', 'https://annualreport.undp.org/assets/Annual-Report-2023.pdf'],
'Greenpeace. (2022)': ['Impact Report', 'https://www.greenpeace.org.uk/impact/impact-report-2022/'],
'Greenpeace. (2022)': ['Success of People Power', 'https://www.greenpeace.org/mena/en/2022-the-success-of-people-power/'],
'Greenpeace. (2022)': ['Annual Report', 'https://www.greenpeace.org/static/planet4-international-stateless/2023/06/858bd0ac-greenpeace-international-annual-report-2022.pdf'],
'International Energy Agency (IEA). (2023)': ['Climate Resilience for Energy Transition in Egypt', 'https://www.iea.org/reports/climate-resilience-for-energy-transition-in-egypt'],
'African Development Bank Group. (2023)': ['The Renewable Energy Sector and Youth Employment in Algeria, Libya, Morocco, and Tunisia', 'https://www.afdb.org/fileadmin/uploads/afdb/Documents/Publications/The_Renewable_Energy_Sector_and_Youth_Employment_in_Algeria_Libya_Morocco_and_Tunisia.pdf']
}

```
link_titles = list(links.keys())
```

```
link_hyperlink_title = [links[x][0] for x in link_titles]
```

```
link_hyperlink_link = [links[x][1] for x in link_titles]
```

```
cols = st.columns([1,1])
```

```
for index, title in enumerate(link_titles):
```

```
with cols[0]:
```

```
st.write(title)
```

```
with cols[1]:
```

```
st.write(f'[{link_hyperlink_title[index]}](%s)' % link_hyperlink_link[index])
```

Παράρτημα

```
def map_creater(marker_location, country):
    political_countries_url = (
        "http://geojson.xyz/naturalearth-3.3.0/ne_50m_admin_0_countries.geojson"
    )

    if country == 'Morocco':
        my_map = folium.Map(location=(31.794525, -7.0849336), zoom_start = 5, min_zoom = 4,
            max_zoom = 7, max_bounds=[[-180, -90], [180, 90]], tiles= "cartodb positron")

    if country == 'Algeria':
        my_map = folium.Map(location=(28.0289837, 1.6666663), zoom_start = 5, min_zoom = 4,
            max_zoom = 7, max_bounds=[[-180, -90], [180, 90]], tiles= "cartodb positron")

    if country == 'Tunisia':
        my_map = folium.Map(location=(33.7931605, 9.5607653), zoom_start = 5, min_zoom = 4,
            max_zoom = 7, max_bounds=[[-180, -90], [180, 90]], tiles= "cartodb positron")

    if country == 'Libya':
        my_map = folium.Map(location=(26.3347113, 17.2692101), zoom_start = 5, min_zoom = 4,
            max_zoom = 7, max_bounds=[[-180, -90], [180, 90]], tiles= "cartodb positron")

    if country == 'Egypt':
        my_map = folium.Map(location=(26.8357675, 30.7956597), zoom_start = 5, min_zoom = 4,
            max_zoom = 7, max_bounds=[[-180, -90], [180, 90]], tiles= "cartodb positron")

    with open(f'geojson/{country.lower()}.json') as file:
        country_geo = json.loads(file.read())

    folium.GeoJson(country_geo,
        name=country).add_to(my_map)
    if marker_location != None:
        folium.Marker(marker_location).add_to(my_map)
    return my_map

if __name__ == '__main__':
    main()

=====
```

Ανάλυση SWOT

Για την ανάλυση SWOT των χωρών της Βόρειας Αφρικής, βασιστήκαμε στη διπλωματική εργασία του κ. Αποστολίδη με τίτλο "Ανάπτυξη Μεθοδολογίας για την Ανάδειξη Στρατηγικών Ενίσχυσης της Διακρατικής Συνεργασίας στον Τομέα των ΑΠΕ", καθώς και στο επιστημονικό άρθρο "Sustainability: An Overview of the Current Status and Future Directions" που δημοσιεύθηκε στο MDPI.

Επικαιροποιήσαμε τα δεδομένα και τις αναλύσεις, λαμβάνοντας υπόψη τις πρόσφατες εξελίξεις και τις τρέχουσες συνθήκες σε κάθε χώρα. Με αυτόν τον τρόπο, διαμορφώσαμε μια σύγχρονη και τεκμηριωμένη ανάλυση για την αξιολόγηση των πέντε χωρών της Βόρειας Αφρικής: Μαρόκο, Αλγερία, Τυνησία, Λιβύη και Αίγυπτο.

1 - Μαρόκο

Κριτήρια	Δυνατά Σημεία (παρόν)	Αδυναμίες (παρόν)	Ευκαιρίες (μέλλον)	Απειλές (μέλλον)
Στρατηγική ενεργειακό σύστημα και ενεργειακή προοπτική	Ισχυρή πολιτική υποστήριξη και στόχοι για 52% ανανεώσιμη ενέργεια έως το 2030 (International Energy Agency, Morocco World News)	Πολιτική αστάθεια που επηρεάζει τις ενεργειακές πολιτικές (World Bank)	Στρατηγική γεωγραφική θέση για εξαγωγές ενέργειας στην Ευρώπη (International Energy Agency, European Commission)	Ευπάθεια στις διακυμάνσεις της παγκόσμιας αγοράς ενέργειας (International Energy Agency, World Bank)
Ετοιμότητα	Παρουσία	Περιορισμένη	Αυξανόμενες	Ανταγωνισμός με την

Ανάλυση SWOT

βιομηχανία ς ΑΠΕ	οργανισμ ών όπως η MASEN που προωθούν τις ανανεώσιμ ες πηγές ενέργειας (Moroccan Agency for Sustainabl e Energy)	τοπική παραγωγικ ή ικανότητα για τεχνολογίε ς ανανεώσιμ ων πηγών ενέργειας (Moroccan Renewabl e Energy Research Center)	ευκαιρίε ς ξένων επενδύσ εων (Europe an Commis sion)	καθιερωμένη βιομηχανία ορυκτών καυσίμων (MIT Technology Review)
Ενεργεια κή ασφάλεια	Ανάπτυξ η έργων ανανεώσιμ ων πηγών ενέργειας για ενίσχυση της ενεργειακ ής ασφάλειας (Internatio nal Energy Agency)	Τρέχουσ α αστάθεια στην προμήθεια ενέργειας (Internatio nal Energy Agency)	Δυνατ ότητα των ανανεώσ ιμων πηγών ενέργεια ς να εξασφαλ ίσουν σταθερή προμήθε ια (Internat ional Energy Agency)	Αστάθεια της αγοράς που επηρεάζει τις αποδόσεις επενδύσεων (International Energy Agency, World Bank)
Περιβάλλ ον αγοράς του ενεργειακο ύ συστήματο ς	Υποστη ρικτικές πολιτικές για ανανεώσιμ ες πηγές ενέργειας (Internatio nal Energy Agency)	Γραφειο κρατικά εμπόδια και καθυστερή σεις κανονισμ ών (Economis t Intelligenc e Unit)	Μεταρ ρυθμίσει ς πολιτική ς που ενισχύου ν το επενδυτι κό κλίμα (Internat ional Energy)	Κίνδυνος αλλαγών πολιτικής με τις κυβερνητικές αλλαγές (International Energy Agency)

Ανάλυση SWOT

			Agency)	
Κατάσταση δικτύου και διασυνδέσεις	Σε εξέλιξη έργα για βελτίωση της σταθερότητας του δικτύου (International Energy Agency)	Γήρανση της υποδομής (MIT Technology Review)	Δυνατότητα αναβάθμισης του δικτύου με ξένες επενδύσεις (European Investment Bank)	Κίνδυνος ανεπαρκούς ανάπτυξης υποδομών (Carnegie Endowment)
Ρυθμιστικό και Πολιτικό πλαίσιο για την προώθηση των ΑΠΕ	Ενεργές πρωτοβουλίες για προσέλκυση ξένων επενδύσεων (European Commission)	Προβλήματα συντονισμού μεταξύ των διαφόρων ιδρυμάτων (Moroccan Renewable Energy Research Center)	Διεθνείς συνεργασίες (International Energy Agency)	Θεσμική αστάθεια ή διαφθορά (World Bank)
Θεσμικό πλαίσιο για την ανάπτυξη των ΑΠΕ	Κατάλληλο θεσμικό πλαίσιο που υποστηρίζει τις ΑΠΕ (International Energy Agency)	Οικονομική εξάρτηση από εξωτερική χρηματοδότηση (Bloomberg NEF)	Ανάπτυξη πράσινης χρηματοδότησης και διεθνούς βοήθειας (European Commission)	Οικονομική αστάθεια και διακυμάνσεις στη διεθνή βοήθεια (MIT Technology Review)
Οικονομικά ρίσκα και	Παρουσία χρηματοπι	Υψηλό αρχικό κόστος για	Πρόσβαση σε διεθνείς	Κίνδυνος μείωσης των ξένων

Ανάλυση SWOT

αβεβαιότητα	στωτικών ιδρυμάτων που υποστηρίζουν τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (African Development Bank)	έργα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Bloomberg NEF)	χρηματοδοτικούς μηχανισμούς (International Energy Agency)	επενδύσεων λόγω παγκόσμιων οικονομικών συνθηκών (International Energy Agency)
Περιβάλλον επενδύσεων (χρηματοδοτικοί μηχανισμοί, επιδοτήσεις κλπ)	Στρατηγικές πρωτοβουλίες για προσέλκυση επενδύσεων (European Commission)	Περιορισμένοι εγχώριοι χρηματοδοτικοί πόροι (MIT Technology Review)	Εξελίξεις στις ανανεώσιμες τεχνολογίες (Bloomberg NEF)	Τεχνολογική υστέρηση σε σχέση με τις κορυφαίες χώρες (Carnegie Endowment)
Δυναμικό ΑΠΕ/Διαθέσιμες τεχνολογίες	Υψηλό δυναμικό ηλιακής και αιολικής ενέργειας (Moroccan Renewable Energy Research Center)	Υποεκμετάλλευση των ανανεώσιμων πόρων (International Energy Agency)	Εκπαιδευτικά και ενημερωτικά προγράμματα που μπορούν να ενισχύσουν την αποδοχή (International Energy Agency)	Κοινωνική αντίσταση λόγω οικονομικών ανησυχιών (World Bank)
Κοινωνική ή αποδοχή	Αυξανόμενη δημόσια ευαισθητο	Περιορισμένη δημόσια γνώση και	Δυνατότητα για βιώσιμη	-

Ανάλυση SWOT

	ποίηση και υποστήριξη για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Morocco World News)	εκστρατείες ενημέρωσης (EcoMENA)	ανάπτυξη και δημιουργία θέσεων εργασίας (European Investment Bank)	
Περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις	Θετική περιβαλλοντική επίδραση από έργα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Morocco World News)	Αρχικές περιβαλλοντικές και κοινωνικές διαταράξεις (Moroccan Renewable Energy Research Center)	-	Περιβαλλοντική υποβάθμιση εάν τα έργα δεν διαχειρίζονται σωστά (International Energy Agency)

2 - Αλγερία

Κριτήρια	Δυνατά Σημεία (παρόν)	Αδυναμίες (παρόν)	Ευκαιρίες (μέλλον)	Απειλές (μέλλον)
Στρατηγική ενεργειακό σύστημα και ενεργειακή προοπτική	Πλούσια σε πόρους ορυκτών καυσίμων, σημαντικό εξεργωγέας φυσικού αερίου (IRENA, Middle East Institute)	Υπερβολική εξάρτηση από τους υδρογονάνθρακες (IRENA, International Energy Agency)	Δυνατότητα διαφοροποίησης του ενεργειακού μείγματος με ανανεώσιμες πηγές (IRENA, Middle East Institute)	Μεταβλητότητα στις παγκόσμιες αγορές ενέργειας που επηρεάζουν τα έσοδα (IRENA, International Energy Agency)
Ετοιμότητα βιομηχανίας ΑΠΕ	Ισχυρό δυναμικό για ανάπτυξη ηλιακής ενέργειας (IRENA, EcoMENA)	Περιορισμένη υποδομή για ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (IRENA, EcoMENA)	Ανάπτυξη ηλιακών και αιολικών πάρκων (IRENA, Middle East Institute)	Αργός ρυθμός κανονιστικών μεταρρυθμίσεων (IRENA, International Energy Agency)
Ενεργειακή ασφάλεια	Εγκατεστημένη υποδομή ενεργειακού τομέα (IRENA, Middle East Institute)	Εξάρτηση από τις εξεργωγέας ορυκτών καυσίμων (IRENA, International Energy Agency)	Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μπορούν να ενισχύσουν την ενεργειακή ασφάλεια (IRENA, EcoMENA)	Πολιτική αστάθεια που επηρεάζει την προμήθεια ενέργειας (IRENA, International Energy Agency)
Περιβάλλον	Πρωτοβ	Μονοπ	Οι	Γραφειοκρ

Ανάλυση SWOT

ον αγοράς του ενεργειακού συστήματος	ουλίες της κυβέρνησης για μεταρρύθμιση του ενεργειακού τομέα (IRENA, Middle East Institute)	ωλιακή δομή αγοράς (IRENA, International Energy Agency)	προσπάθειες απελευθέρωσης θα μπορούσαν να προσελκύσουν επενδύσεις (IRENA, Middle East Institute)	ατικά εμπόδια και διαφθορά (IRENA, International Energy Agency)
Κατάσταση δικτύου και διασυνδέσεις	Υπάρχουν δίκτυα για ενέργεια από ορυκτά καύσιμα (IRENA, Middle East Institute)	Γήρανση και ανεπαρκές υποδομή δικτύου για ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (IRENA, EcoMEN A)	Επένδυση σε εκσυγχρονισμό του δικτύου και διασυνδέσεις (IRENA, Middle East Institute)	Υψηλό κόστος αναβαθμίσεων του δικτύου (IRENA, International Energy Agency)
Ρυθμιστικό και Πολιτικό πλαίσιο για την προώθηση των ΑΠΕ	Πρόσφατες πολιτικές που ευνοούν τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (IRENA, Middle East Institute)	Έλλειψη συνεκτικού και σταθερού κανονιστικού πλαισίου (IRENA, International Energy Agency)	Ευκαιρία για εναρμόνιση πολιτικών και ξένη βοήθεια (IRENA, Middle East Institute)	Πολιτικός κίνδυνος και συχνές αλλαγές πολιτικής (IRENA, International Energy Agency)
Θεσμικό πλαίσιο για την ανάπτυξη	Παρουσία θεσμών όπως η Sonelgaz	Θεσμικές αναποτελεσματικές	Δυνατότητα για διεθνείς συνεργασίες	Κίνδυνος θεσμικής διαφθοράς και

Ανάλυση SWOT

των ΑΠΕ	(IRENA, Middle East Institute)	τητες και επικάλυψη αρμοδιοτήτων (IRENA, International Energy Agency)	ς (IRENA, Middle East Institute)	κακοδιαχείρισης (IRENA, International Energy Agency)
Οικονομικά ρίσκα και αβεβαιότητα	Δέσμευση της κυβέρνησης σε οικονομικές μεταρρυθμίσεις (IRENA, Middle East Institute)	Οικονομική εξάρτηση από τους υδρογονάνθρακες (IRENA, International Energy Agency)	Ανάπτυξη πράσινης χρηματοδότησης και διεθνούς χρηματοδότησης (IRENA, Middle East Institute)	Οικονομική αστάθεια και διακυμάνσεις στις παγκόσμιες τιμές πετρελαίου (IRENA, International Energy Agency)
Περιβάλλον επενδύσεων (χρηματοδοτικοί μηχανισμοί, επιδοτήσεις κλπ)	Δυνατότητα για υψηλές αποδόσεις στις επενδύσεις σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (IRENA, Middle East Institute)	Περιορισμένοι εγχώριοι χρηματοδοτικοί πόροι (IRENA, International Energy Agency)	Πρόσβαση σε διεθνείς χρηματοδοτικούς μηχανισμούς (IRENA, Middle East Institute)	Οικονομικές κυρώσεις και διεθνείς σχέσεις που επηρεάζουν τις επενδύσεις (IRENA, International Energy Agency)
Δυναμικό ΑΠΕ/Διαθέσιμες τεχνολογίες	Υψηλά επίπεδα ηλιακής ακτινοβολίας (IRENA, EcoMEN)	Υποεκμεταλλευμένο δυναμικό ανανεώσιμων πηγών	Τεχνολογικές εξελίξεις στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	Τεχνολογική υστέρηση και εξάρτηση από εισαγωγές (IRENA,

Ανάλυση SWOT

	A)	ενέργειας (IRENA, EcoMEN A)	(IRENA, Middle East Institute)	International Energy Agency)
Κοινωνική αποδοχή	Αυξανόμενη δημόσια ευαισθητοποίηση για περιβαλλοντικά θέματα (IRENA, Middle East Institute)	Περιορισμένη δημόσια γνώση για τα οφέλη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (IRENA, EcoMEN A)	Δημόσιες εκστρατείες για ευαισθητοποίηση και αποδοχή (IRENA, Middle East Institute)	Κοινωνική αντίσταση λόγω οικονομικών ανησυχιών (IRENA, International Energy Agency)
Περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις	Δυνατότητα σημαντικής μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (IRENA, Middle East Institute)	Αρχικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις των έργων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (IRENA, EcoMEN A)	Θετικές κοινωνικές επιπτώσεις μέσω δημιουργίας θέσεων εργασίας και βιώσιμης ανάπτυξης (IRENA, Middle East Institute)	Περιβαλλοντική υποβάθμιση αν τα έργα δεν διαχειρίζονται σωστά (IRENA, International Energy Agency)

3 – Τυνησία

Κριτήρια	Δυνατά Σημεία (παρόν)	Αδυναμίες (παρόν)	Ευκαιρίες (μέλλον)	Απειλές (μέλλον)
Στρατηγική ή ενεργειακού συστήματος και ενεργειακή προοπτική	Ισχυρή δέσμευση για ανανεώσιμη ενέργεια στην πολιτική (IRENA, 2023)	Περιορισμένοι εγχώριοι ενεργειακοί πόροι (IRENA, 2023)	Δυνατότητα για συνεργασίες με την Ευρώπη σε έργα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (European Commission, 2023)	Πολιτική αστάθεια που επηρεάζει τον μακροπρόθεσμο σχεδιασμό (World Bank, 2022)
Ετοιμότητα βιομηχανίας ΑΠΕ	Υπάρχον πλαίσιο για έργα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (IRENA, 2023)	Έλλειψη προηγμένης υποδομής για μεγάλης κλίμακας ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (IRENA, 2023)	Ανάπτυξη ηλιακών και αιολικών πάρκων (Bloomberg NEF, 2023)	Οικονομικές προκλήσεις που εμποδίζουν τις επενδύσεις σε υποδομές (World Bank, 2022)
Ενεργειακή ασφάλεια	Στρατηγικά σχέδια για μείωση της εξάρτησης από τις εισαγωγές ενέργειας (IRENA, 2023)	Βαριά εξάρτηση από εισαγωγές ενέργειας (IRENA, 2023)	Ενίσχυση της ενεργειακής ασφάλειας μέσω των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (IRENA, 2023)	Ευπάθεια στις διακυμάνσεις των παγκόσμιων τιμών ενέργειας (IRENA, 2023)

Ανάλυση SWOT

Περιβάλλον αγοράς του ενεργειακού συστήματος	Προσπάθειες για απελευθέρωση της ενεργειακής αγοράς (IRENA, 2023)	Γραφειοκρατικές αναποτελεσματικότητες (IRENA, 2023)	Προσέλκυση ξένων επενδύσεων μέσω μεταρρυθμίσεων στην αγορά (IRENA, 2023)	Ρυθμιστικές αβεβαιότητες που αποτρέπουν τους επενδυτές (World Bank, 2022)
Κατάσταση δικτύου και διασυνδέσεις	Σε εξέλιξη έργα για αναβάθμιση της υποδομής του δικτύου (IRENA, 2023)	Γήρανση της υποδομής του δικτύου (IRENA, 2023)	Περιφερειακή ενσωμάτωση του δικτύου με την Ευρώπη (European Commission, 2023)	Υψηλό κόστος που σχετίζεται με τον εκσυγχρονισμό του δικτύου (Trade.gov, 2023)
Ρυθμιστικό και Πολιτικό πλαίσιο για την προώθηση των ΑΠΕ	Κυβερνητικές πολιτικές που υποστηρίζουν την ανανεώσιμη ενέργεια (IRENA, 2023)	Ασυνεπές ρυθμιστικό πλαίσιο (IRENA, 2023)	Διεθνής υποστήριξη και χρηματοδότηση για βελτιώσεις των κανονισμών (European Commission, 2023)	Πολιτικές αλλαγές που επηρεάζουν τη συνέχεια των πολιτικών (World Bank, 2022)
Θεσμικό πλαίσιο για την ανάπτυξη των ΑΠΕ	Ενεργοί θεσμοί που προωθούν τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (IRENA, 2023)	Θεσμικές αδυναμίες και επικάλυψη αρμοδιοτήτων (IRENA, 2023)	Συνεργασία με διεθνείς οργανισμούς (IRENA, 2023)	Διαφθορά και αναποτελεσματικότητα σε δημόσιους θεσμούς (Transparency International, 2023)

Ανάλυση SWOT

Οικονομικά ρίσκα και αβεβαιότητα	Αυξανόμενες επενδύσεις στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (IRENA, 2023)	Οικονομική αστάθεια και υψηλή ανεργία (World Bank, 2022)	Ανάπτυξη πράσινης χρηματοδότησης και διεθνούς χρηματοδότησης (International Finance Corporation, 2022)	Οικονομικές κρίσεις που επηρεάζουν τη χρηματοδότηση και τις επενδύσεις (World Bank, 2022)
Περιβάλλον επενδύσεων (χρηματοδοτικοί μηχανισμοί, επιδοτήσεις κλπ)	Παρουσία χρηματοδοτικών κινήτρων για έργα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (IRENA, 2023)	Περιορισμένη πρόσβαση σε εγχώρια χρηματοδότηση (World Bank, 2022)	Πρόσβαση σε διεθνείς χρηματοδοτικούς μηχανισμούς (IRENA, 2023)	Χρηματοοικονομικοί κίνδυνοι λόγω οικονομικής αστάθειας (World Bank, 2022)
Δυναμικό ΑΠΕ/Διαθέσιμες τεχνολογίες	Υψηλό δυναμικό ηλιακής και αιολικής ενέργειας (IRENA, 2023)	Υποανάπτυκτος τομέας ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (IRENA, 2023)	Τεχνολογικές εξελίξεις στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (IRENA, 2023)	Εξάρτηση από εισαγόμενες τεχνολογίες (World Bank, 2022)
Κοινωνική αποδοχή	Αυξανόμενη δημόσια ευαισθητοποίηση για τα οφέλη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	Περιορισμένη δημόσια γνώση και αποδοχή (IRENA, 2023)	Δημόσιες εκστρατείες για ευαισθητοποίηση (IRENA, 2023)	Κοινωνική αντίσταση λόγω οικονομικών ανησυχιών (World Bank, 2022)

Ανάλυση SWOT

	(IRENA, 2023)			
Περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις	Δυνατότητα για σημαντικά περιβαλλοντικά οφέλη (IRENA, 2023)	Αρχικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις των έργων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (IRENA, 2023)	Θετικές κοινωνικές επιπτώσεις μέσω δημιουργίας θέσεων εργασίας (IRENA, 2023)	Περιβαλλοντική υποβάθμιση αν τα έργα δεν διαχειρίζονται σωστά (IRENA, 2023)

4 - Λιβύη

Κριτήρια	Δυνατά Σημεία (παρόν)	Αδυναμίες (παρόν)	Ευκαιρίες (μέλλον)	Απειλές (μέλλον)
Στρατηγική ή ενεργειακού συστήματος και ενεργειακή προοπτική	Τεράστια αποθέματα υδρογονανθράκων (Libyan National Oil Corporation, 2022; African Development Bank, 2022)	Μεγάλη εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα (International Energy Agency, 2021; World Bank, 2020)	Δυνατότητα ανάπτυξης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (UNDP, 2023; International Renewable Energy Agency, 2022)	Πολιτική αστάθεια που επηρεάζει τον μακροπρόθεσμο σχεδιασμό (World Bank, 2020; Economist Intelligence Unit, 2021)
Ετοιμότητα βιομηχανίας ΑΠΕ	Υψηλό δυναμικό για ηλιακή και αιολική ενέργεια	Υποανάπτυκτη υποδομή για ανανεώσιμες πηγές	Επενδύσεις σε έργα ηλιακής και αιολικής ενέργειας	Περιορισμένη τεχνολογική και βιομηχανική βάση (Libyan

Ανάλυση SWOT

	(International Renewable Energy Agency, 2022; Energy Trilemma Index, 2022)	ενέργειας (International Renewable Energy Agency, 2022; Libyan Ministry of Oil and Gas, 2019)	(African Development Bank, 2022; UNDP, 2023)	Ministry of Oil and Gas, 2019; World Bank, 2020)
Ενεργειακή ασφάλεια	Σημαντικοί πόροι ορυκτών καυσίμων (Libyan National Oil Corporation, 2022; International Energy Agency, 2021)	Κατεστραμμένη ενεργειακή ή υποδομή από συγκρούσεις (World Bank, 2020; UNDP, 2023)	Διάφορο ποίηση μέσω των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (International Renewable Energy Agency, 2022; UNDP, 2023)	Ευπάθεια σε γεωπολιτικούς κινδύνους (International Energy Agency, 2021; World Bank, 2020)
Περιβάλλον αγοράς του ενεργειακού συστήματος	Πλούσια βάση φυσικών πόρων (International Energy Agency, 2021; UNDP, 2023)	Κρατικά ελεγχόμενος ενεργειακός τομέας (World Bank, 2020; Economist Intelligence Unit, 2021)	Δυνατότητα απελευθέρωσης της αγοράς (World Bank, 2020; African Development Bank, 2022)	Έλλειψη κανονιστικού πλαισίου για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (International Renewable Energy Agency, 2022; UNDP, 2023)
Κατάσταση δικτύου και	Υπάρχουσα υποδομή	Γήρανση και κατεστρα	Ευκαιρίες για εκσυγχρον	Υψηλό κόστος επισκευής

Ανάλυση SWOT

διασυνδέσεις	δικτύου (International Energy Agency, 2021; Libyan General Electricity Company, 2021)	μμένο δίκτυο (Libyan General Electricity Company, 2021; World Bank, 2020)	ισμό του δικτύου (African Development Bank, 2022; UNDP, 2023)	και αναβάθμισης των υποδομών (African Development Bank, 2022; World Bank, 2020)
Ρυθμιστικό και Πολιτικό πλαίσιο για την προώθηση των ΑΠΕ	Κυβερνητικό ενδιαφέρον για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Libyan National Oil Corporation, 2022; UNDP, 2023)	Ασυνεπές ρυθμιστικό περιβάλλον (International Energy Agency, 2021; World Bank, 2020)	Διεθνής υποστήριξη για μεταρρυθμίσεις πολιτικής (UNDP, 2023; African Development Bank, 2022)	Διαφθορά και προκλήσεις στη διακυβέρνηση (Transparency International, 2023; World Bank, 2020)
Θεσμικό πλαίσιο για την ανάπτυξη των ΑΠΕ	Δημιουργία οργανισμών για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Libyan National Oil Corporation, 2022; UNDP, 2023)	Κατακερματισμένο θεσμικό πλαίσιο (Libyan Ministry of Oil and Gas, 2019; World Bank, 2020)	Συνεργασία με διεθνείς οργανισμούς (UNDP, 2023; African Development Bank, 2022)	Αναποτελεσματικότητα και έλλειψη συντονισμού (World Bank, 2020; Transparency International, 2023)
Οικονομικά ρίσκα και αβεβαιότητα	Δυνατότητα οικονομικής	Οικονομική αστάθεια και	Διεθνής οικονομική ή βοήθεια (UNDP,	Υψηλή οικονομική μεταβλητότητα (World

Ανάλυση SWOT

	ανάπτυξης μέσω ενεργειακής διαφοροποίησης (UNDP, 2023; African Development Bank, 2022)	συγκρούσεις (World Bank, 2020; Economist Intelligence Unit, 2021)	2023; African Development Bank, 2022)	Bank, 2020; Economist Intelligence Unit, 2021)
Περιβάλλον επενδύσεων (χρηματοδοτικοί μηχανισμοί, επιδοτήσεις κλπ)	Παρουσία επενδυτικών κεφαλαίων όπως το LLIDF (Libyan National Oil Corporation, 2022; UNDP, 2023)	Περιορισμένοι εγχώριοι χρηματοδοτικοί μηχανισμοί για ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (UNDP, 2023; World Bank, 2020)	Ξένες άμεσες επενδύσεις (African Development Bank, 2022; UNDP, 2023)	Οικονομικοί κίνδυνοι και έλλειψη εμπιστοσύνης των επενδυτών (World Bank, 2020; Economist Intelligence Unit, 2021)
Δυναμικό ΑΠΕ/Διαθέσιμες τεχνολογίες	Αφθονες πηγές ηλιακής και αιολικής ενέργειας (International Renewable Energy Agency, 2022; UNDP, 2023)	Έλλειψη υπαρχόντων έργων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Libyan General Electricity Company, 2021; UNDP, 2023)	Τεχνολογικές εξελίξεις στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (International Renewable Energy Agency, 2022; UNDP, 2023)	Εξάρτηση από εισαγόμενες τεχνολογίες (Libyan Ministry of Oil and Gas, 2019; World Bank, 2020)

Ανάλυση SWOT

Κοινωνική αποδοχή	Δημόσιο ενδιαφέρον για σταθερή παροχή ενέργειας (Libyan National Oil Corporation, 2022; UNDP, 2023)	Περιορισμένη δημόσια ευαισθητοποίηση για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (UNDP, 2023; Libyan General Electricity Company, 2021)	Δημόσιες εκπαιδευτικές καμπάνιες για τα οφέλη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (UNDP, 2023; Libyan National Oil Corporation, 2022)	Κοινωνική αντίσταση λόγω οικονομικών συνθηκών (World Bank, 2020; UNDP, 2023)
Περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις	Σημαντική δυνατότητα για περιβαλλοντικά οφέλη (International Renewable Energy Agency, 2022; UNDP, 2023)	Υψηλές τρέχουσες εκπομπές από ορυκτά καύσιμα (World Bank, 2020; UNDP, 2023)	Διεθνής χρηματοδότηση για το περιβάλλον (UNDP, 2023; African Development Bank, 2022)	Περιβαλλοντική υποβάθμιση από τις συνεχιζόμενες συγκρούσεις (World Bank, 2020; Transparency International, 2023)

5 - Αίγυπτος

Criteria	Strengths (παρόν)	Weaknesses (παρόν)	Opportunities (μέλλον)	Threats (μέλλον)
Criteria	Strengths (παρόν)	Weaknesses (παρόν)	Opportunities (μέλλον)	Threats (μέλλον)
Στρατηγική ενεργειακού συστήματος και	Ισχυρή δέσμευση της κυβέρνησης για ανανεώσιμη ενέργεια (Egyptian	Μεγάλη εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα	Όραμα της Αιγύπτου 2030 με έμφαση στην αειφόρο ανάπτυξη	Πολιτική και οικονομική αστάθεια (Economist

Ανάλυση SWOT

ενεργειακή προοπτική	Ministry of Electricity and Renewable Energy, 2023)	(International Energy Agency, 2022)	(World Bank, 2022)	Intelligence Unit, 2023)
Ετοιμότητα βιομηχανίας ΑΠΕ	Καθιερωμένη NREA που υποστηρίζει έργα ανανεώσιμης ενέργειας (International Renewable Energy Agency, 2023)	Περιορισμένη υπάρχουσα ικανότητα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (International Energy Agency, 2022)	Δυνατότητα για μεγάλης κλίμακας ηλιακά και αιολικά έργα (Bloomberg NEF, 2023)	Αργή υιοθέτηση νέων τεχνολογιών (International Renewable Energy Agency, 2023)
Ενεργειακή ασφάλεια	Μεγάλα αποθέματα φυσικού αερίου (International Renewable Energy Agency, 2023)	Υψηλή εγχώρια κατανάλωση ενέργειας (International Energy Agency, 2022)	Δυνατότητα εξαγωγής ενέργειας σε γειτονικές χώρες (World Bank, 2022)	Υψηλή ζήτηση ενέργειας (International Energy Agency, 2022)
Περιβάλλον αγοράς του ενεργειακού συστήματος	Πρόσφατες πολιτικές μεταρρυθμίσεις για την προσέλκυση επενδύσεων (World Bank, 2022)	Γραφειοκρατικά εμπόδια και κανονιστικές προκλήσεις (International Renewable Energy Agency, 2023)	Απελευθέρωση της αγοράς και διεθνείς επενδύσεις (International Energy Agency, 2022)	Διαφθορά και αναποτελεσματικότητα στον ενεργειακό τομέα (Transparency International, 2023)
Κατάσταση δικτύου και διασυνδέσεις	Υπάρχουσα υποδομή δικτύου και περιφερειακές διασυνδέσεις (International Renewable Energy Agency, 2023)	Παρωχημένο και υπερφορτωμένο σύστημα δικτύου (International Renewable Energy Agency, 2023)	Έργα εκσυγχρονισμού του δικτύου και περιφερειακή διασυνδεσιμότητα (European Bank for Reconstruction and Development, 2023)	Υψηλό κόστος αναβαθμίσεων του δικτύου (International Energy Agency, 2022)
Ρυθμιστικό και Πολιτικό πλαίσιο για την προώθηση των ΑΠΕ	Εφαρμογή τιμολογίων feed-in και Συμφωνιών Αγοράς Ενέργειας (International Renewable Energy Agency, 2023)	Ασυνεπές ρυθμιστικό περιβάλλον (International Renewable Energy Agency, 2023)	Υποστηρικτικές κυβερνητικές πολιτικές και διεθνής βοήθεια (European Bank for Reconstruction and Development, 2023)	Πολιτική αστάθεια που επηρεάζει τη συνέχιση των πολιτικών (Economist Intelligence Unit, 2023)
Θεσμικό πλαίσιο για την ανάπτυξη των ΑΠΕ	Παρουσία οργανισμών όπως η NREA (International	Κατακερματισμένος θεσμικός συντονισμός (International	Συνεργασία με διεθνείς οργανισμούς	Έλλειψη συνεκτικής εφαρμογής πολιτικής (Transparency International, 2023)

Ανάλυση SWOT

	Renewable Energy Agency, 2023)	Renewable Energy Agency, 2023)	(World Bank, 2022)	
Οικονομικά ρίσκα και αβεβαιότητα	Αναπτυσσόμενη οικονομία και επενδυτικό δυναμικό (World Bank, 2022)	Οικονομική αστάθεια και πληθωρισμός (International Monetary Fund, 2023)	Διεθνής οικονομική υποστήριξη και επενδύσεις (European Investment Bank, 2022)	Διακυμάνσεις του νομίσματος και υψηλό δημόσιο χρέος (International Monetary Fund, 2023)
Περιβάλλον επενδύσεων (χρηματοδοτικοί μηχανισμοί, επιδοτήσεις κλπ)	Ελκυστικά επενδυτικά κίνητρα και επιδοτήσεις (European Bank for Reconstruction and Development, 2023)	Περιορισμένη πρόσβαση σε τοπική χρηματοδότηση (World Bank, 2022)	Ευκαιρίες για ξένες άμεσες επενδύσεις (International Finance Corporation, 2022)	Χρηματοοικονομικοί κίνδυνοι και αβεβαιότητα επενδυτών (International Monetary Fund, 2023)
Δυναμικό ΑΠΕ/Διαθέσιμες τεχνολογίες	Υψηλό δυναμικό ηλιακής και αιολικής ενέργειας (International Renewable Energy Agency, 2023)	Εξάρτηση από εισαγόμενη τεχνολογία (International Energy Agency, 2022)	Ανάπτυξη τοπικής τεχνολογίας ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Cairo University, 2022)	Τεχνολογικοί και βιομηχανικοί περιορισμοί (World Bank, 2022)
Κοινωνική αποδοχή	Αυξανόμενη δημόσια ευαισθητοποίηση για τα οφέλη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (UNDP, 2023)	Περιορισμένη δημόσια συμμετοχή και εκπαίδευση (UNDP, 2023)	Δημόσιες καμπάνιες που προάγουν την ανανεώσιμη ενέργεια (Greenpeace, 2022)	Κοινωνική αντίσταση λόγω οικονομικών συνθηκών (UNDP, 2023)
Περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις	Δυνατότητα για σημαντικά περιβαλλοντικά οφέλη (International Renewable Energy Agency, 2023)	Υψηλές τρέχουσες εκπομπές από ορυκτά καύσιμα (World Bank, 2022)	Διεθνής χρηματοδότηση και συνεργασίες για το περιβάλλον (European Investment Bank, 2022)	Περιβαλλοντική υποβάθμιση και έλλειψη νερού (World Resources Institute, 2022)

Ανάλυση SWOT

Στρατηγική ενεργειακού συστήματος και ενεργειακή προοπτική	Ισχυρή δέσμευση της κυβέρνησης για ανανεώσιμη ενέργεια (EgyptToday, 2022)	Μεγάλη εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα (IEA, 2023)	Όραμα της Αιγύπτου 2030 με έμφαση στην αειφόρο ανάπτυξη (EgyptToday, 2022)	Πολιτική και οικονομική αστάθεια (IEA, 2023)
Ετοιμότητα βιομηχανίας ΑΠΕ	Καθιερωμένη NREA που υποστηρίζει έργα ανανεώσιμης ενέργειας (IRENA, 2023)	Περιορισμένη υπάρχουσα ικανότητα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (IEA, 2023)	Δυνατότητα για μεγάλης κλίμακας ηλιακά και αιολικά έργα (EgyptToday, 2022)	Αργή υιοθέτηση νέων τεχνολογιών (IRENA, 2023)
Ενεργειακή ασφάλεια	Μεγάλα αποθέματα φυσικού αερίου (IRENA, 2023)	Υψηλή εγχώρια κατανάλωση ενέργειας (IEA, 2023)	Δυνατότητα εξαγωγής ενέργειας σε γειτονικές χώρες (IRENA, 2023)	Υψηλή ζήτηση ενέργειας (EgyptToday, 2022)
Περιβάλλον του αγοράς ενεργειακού συστήματος	Πρόσφατες πολιτικές μεταρρυθμίσεις για την προσέλκυση επενδύσεων (EgyptToday, 2022)	Γραφειοκρατικά εμπόδια και κανονιστικές προκλήσεις (IRENA, 2023)	Απελευθέρωση της αγοράς και διεθνείς επενδύσεις (IEA, 2023)	Διαφθορά και αναποτελεσματικότητα στον ενεργειακό τομέα (IRENA, 2023)

Ανάλυση SWOT

Κατάσταση δικτύου και διασυνδέσεις	Υπάρχουσα υποδομή δικτύου και περιφερειακές διασυνδέσεις (IRENA, 2023)	Παρωχημένο και υπερφορτωμένο σύστημα δικτύου (IRENA, 2023)	Έργα εκσυγχρονισμού του δικτύου και περιφερειακή διασυνδεσιμότητα (IEA, 2023)	Υψηλό κόστος αναβαθμίσεων του δικτύου (IEA, 2023)
Ρυθμιστικό και Πολιτικό πλαίσιο για την προώθηση των ΑΠΕ	Εφαρμογή τιμολογίων feed-in και Συμφωνιών Αγοράς Ενέργειας (IRENA, 2023)	Ασυνεπές ρυθμιστικό περιβάλλον (IRENA, 2023)	Υποστηρικτικές κυβερνητικές πολιτικές και διεθνής βοήθεια (EgyptToday, 2022)	Πολιτική αστάθεια που επηρεάζει τη συνέχιση των πολιτικών (IRENA, 2023)
Θεσμικό πλαίσιο για την ανάπτυξη των ΑΠΕ	Παρουσία οργανισμών όπως η NREA (IRENA, 2023)	Κατακερατισμένος θεσμικός συντονισμός (IRENA, 2023)	Συνεργασία με διεθνείς οργανισμούς (IRENA, 2023)	Έλλειψη συνεκτικής εφαρμογής πολιτικής (IRENA, 2023)
Οικονομικά ρίσκα και αβεβαιότητα	Αναπτυσσόμενη οικονομία και επενδυτικό δυναμικό (IRENA, 2023)	Οικονομική αστάθεια και πληθωρισμός (IRENA, 2023)	Διεθνής οικονομική υποστήριξη και επενδύσεις (IRENA, 2023)	Διακυμάνσεις του νομίσιματος και υψηλό δημόσιο χρέος (IRENA, 2023)
Περιβάλλον επενδύσεων (χρηματοδοτικοί μηχανισμοί, επιδοτήσεις κλπ)	Ελκυστικά επενδυτικά κίνητρα και επιδοτήσεις (IRENA, 2023)	Περιορισμένη πρόσβαση σε τοπική χρηματοδότηση (IRENA, 2023)	Ευκαιρίες για ξένες άμεσες επενδύσεις (IRENA, 2023)	Χρηματοοικονομικοί κίνδυνοι και αβεβαιότητα επενδυτών (IRENA, 2023)
Δυναμικό ΑΠΕ/Διαθέσιμες τεχνολογίες	Υψηλό δυναμικό ηλιακής και αιολικής ενέργειας (IRENA, 2023)	Εξάρτηση από εισαγόμενη τεχνολογία (IRENA, 2023)	Ανάπτυξη τοπικής τεχνολογίας ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (IRENA, 2023)	Τεχνολογικοί και βιομηχανικοί περιορισμοί (IRENA, 2023)

Ανάλυση SWOT

Κοινωνική αποδοχή	Αυξανόμενη δημόσια ευαισθητοποίηση για τα οφέλη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (IRENA, 2023)	Περιορισμένη δημόσια συμμετοχή και εκπαίδευση (IRENA, 2023)	Δημόσιες καμπάνιες που προάγουν την ανανεώσιμη ενέργεια (IRENA, 2023)	Κοινωνική αντίσταση λόγω οικονομικών συνθηκών (IRENA, 2023)
Περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις	Δυνατότητα για σημαντικά περιβαλλοντικά οφέλη (IRENA, 2023)	Υψηλές τρέχουσες εκπομπές από ορυκτά καύσιμα (IRENA, 2023)	Διεθνής χρηματοδότηση και συνεργασίες για το περιβάλλον (IRENA, 2023)	Περιβαλλοντική υποβάθμιση και έλλειψη νερού (IRENA, 2023)

Βιβλιογραφία Ανάλυσης SWOT

- International Energy Agency. (2023). Climate Resilience for Energy Transition in Algeria. <https://www.iea.org/reports/climate-resilience-for-energy-transitions-in-the-middle-east-and-north-africa>
- International Energy Agency. (2023). Climate Resilience for Energy Transition in Egypt. <https://www.iea.org/reports/climate-resilience-for-energy-transition-in-egypt>
- International Energy Agency. (2023). Climate Resilience for Energy Transition in Morocco. <https://www.iea.org/reports/climate-resilience-for-energy-transitions-in-the-middle-east-and-north-africa>
- International Energy Agency. (2023). Climate Resilience for Energy Transition in Tunisia. <https://www.iea.org/reports/climate-resilience-for-energy-transitions-in-tunisia>
- International Finance Corporation. (2021). Egypt Energy Investment Climate. <https://www.ifc.org/>
- International Finance Corporation. (2022). IFC Projects. https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/corp_ext_content/ifc_external_corporate_site/home
- International Finance Corporation. (2022). IFC Supports Morocco's Efforts to Diversify Energy Mix and Increase Renewable Energy Capacity. <https://pressroom.ifc.org/all/pages/PressDetail.aspx?ID=27486>
- International Finance Corporation. (2023). Annual Report 2022. <https://www.ifc.org/content/dam/ifc/doc/2023/IFC-AR22.pdf>
- International Monetary Fund. (2021). Algeria 2021 Article IV Consultation. <https://www.imf.org/en/Publications/CR/Issues/2021/12/01/Algeria-2021-Article-IV-Consultation-Press-Release-and-Staff-Report-and-Statement-by-the-510495>
- International Monetary Fund. (2021). Egypt Economic Outlook. <https://www.imf.org/en/Countries/EGY>
- International Monetary Fund. (2021). Libya Country Report. <https://www.imf.org/en/Countries/LBY>
- International Monetary Fund. (2022). Morocco Country Profile. <https://www.imf.org/en/Countries/MAR>
- International Monetary Fund. (2023). Libya Country Report. <https://www.imf.org/en/Publications/CR/Issues/2021/12/01/Algeria-2021-Article-IV-Consultation-Press-Release-and-Staff-Report-and-Statement-by-the-510495>
- International Renewable Energy Agency. (2021). Renewable Energy Policies and Measures in Egypt. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Oct/IRENA_Outlook_Egypt_2018_En.pdf
- International Renewable Energy Agency. (2022). Renewable Energy Statistics 2022. <https://www.irena.org/publications/2022/Jul/Renewable-Energy-Statistics-2022>
- International Renewable Energy Agency. (2023). Algeria Solar Energy Projects. <https://www.irena.org/>
- International Renewable Energy Agency. (2023). Libya Renewable Energy Statistics. <https://www.irena.org/-/media>
- International Renewable Energy Agency. (2023). Morocco Renewable Energy Potential. <https://www.irena.org/>
- International Renewable Energy Agency. (2023). North Africa Renewable Potential. <https://www.irena.org/>
- International Renewable Energy Agency. (2023). Renewable Energy and Energy Efficiency in Morocco. <https://www.irena.org/>

Βιβλιογραφία Ανάλυσης SWOT

- International Renewable Energy Agency. (2023). Renewable Energy Statistics. <https://www.irena.org/publications/2023/Jul/Renewable-Energy-Statistics-2023>
- MIT Technology Review. (2023). Algeria Solar Energy Research. <https://www.technologyreview.com/>
- MIT Technology Review. (2023). Emerging Technologies in Renewable Energy. <https://www.technologyreview.com/>
- MIT Technology Review. (2023). Libya Renewable Energy Research. <https://www.technologyreview.com/>
- MIT Technology Review. (2023). Tunisia Oil and Gas Innovation. <https://www.technologyreview.com/>
- Moroccan Agency for Sustainable Energy. (2021). P170546 Implementation Status & Results Report - Morocco. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099012324071522189/pdf/P1705461161e5d8813e9114dbf1b92a137252142a242.pdf>
- Moroccan Ministry of Infrastructure. (2023). Italy Explores Investment Opportunities in Morocco. <https://www.mcinet.gov.ma/en/content/italy-explores-investment-opportunities-morocco>
- Moroccan Renewable Energy Research Center. (2021). Wind energy development in Morocco: Evolution and impacts. https://www.researchgate.net/publication/351132727_Wind_energy_development_in_Morocco_Evolution_and_impacts
- Morocco World News. (2022). Morocco Commits to 80% Renewable Energy Use by 2050. <https://www.morocoworldnews.com/2022/12/morocco-commits-to-80-renewable-energy-use-by-2050>
- Morocco World News. (2024). Morocco Anticipates Investment Boom in Green Energy by 2027. <https://www.morocoworldnews.com/2024/01/morocco-anticipates-investment-boom-in-green-energy-by-2027>
- Oxford Business Group. (2021). Algeria Energy Sector Report. <https://oxfordbusinessgroup.com/algeria-energy-report-2021>
- Oxford Business Group. (2024). Africa Market Research - Morocco. <https://oxfordbusinessgroup.com/explore-market-research/africa/morocco/>
- Oxford Institute for Energy Studies. (2022). Annual Report. <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2023/09/OIES-Annual-Report-2022.pdf>
- Oxford Institute for Energy Studies. (2022). Oxford Energy Publications. <https://www.oxfordenergy.org/>
- PricewaterhouseCoopers. (2022). Africa Energy and Utilities Guide 2022. <https://www.pwc.com/ng/en/assets/pdf/pwc-africa-energy-and-utilities-guide-2022.pdf>
- PricewaterhouseCoopers. (2022). Algeria Energy Regulations. <https://www.pwc.com/gx/en/industries/energy-utilities-resources.html>
- PricewaterhouseCoopers. (2022). Egypt Tax Summary. <https://taxsummaries.pwc.com/egypt>
- PricewaterhouseCoopers. (2022). Tax Guide. <https://taxsummaries.pwc.com/egypt>
- SDG Knowledge Hub. (2023). Morocco's Energy Strategy and Renewable Energy Targets. <https://sdg.iisd.org/commentary/policy-briefs/moroccos-energy-strategy-and-renewable-energy-targets>
- Social Progress Index. (2022). Algeria Social Indicators. <https://www.socialprogress.org/>

Βιβλιογραφία Ανάλυσης SWOT

- Social Progress Index. (2022). Social Progress Index 2022. <https://www.socialprogress.org/2024-social-progress-index/>
- Solar Energy International. (2022). Egypt Solar Potential. <https://www.solarenergy.org/>
- Trade.gov. (2023). Tunisia Renewable Energy Outlook. <https://www.bloomberg.com/professional/product/new-energy-finance/>
- Transparency International. (2022). Algeria Bureaucratic Challenges. <https://www.transparency.org/en/countries/algeria>
- Transparency International. (2023). Corruption Perceptions Index 2023. <https://www.transparency.org/en/cpi/2023>
- Tunisian Ministry of Environment. (2022). Climate Policy. <https://www.environnement.gov.tn/>
- Tunisian Ministry of Energy. (2020). Law 2009-7 Overview. <http://www.tunisie.gov.tn/>
- Tunisian Ministry of Energy. (2022). Regional Energy Policy. <https://www.energymin.tn/>
- United Nations. (2022). Algeria Conflict Impact Assessment. <https://www.un.org/>
- United Nations. (2022). Morocco's Water Scarcity Report. <https://www.wri.org/insights/highest-water-stressed-countries>
- United Nations. (2022). Tunisia. <https://www.un.org/en/>
- United Nations Development Programme. (2022). Libya Electricity Sector Stabilization and Transition Support. <https://www.undp.org/libya/projects/libya-electricity-sector-stabilization-and-transition-support>
- United Nations Development Programme. (2023). Algeria Social Impact Assessment. <https://www.undp.org/>
- United Nations Development Programme. (2023). Annual Report. <https://annualreport.undp.org/assets/Annual-Report-2023.pdf>
- United Nations Development Programme. (2023). Egypt Energy Efficiency Report. <https://www.undp.org/egypt/egypt-human-development-report-2021>
- United Nations Development Programme. (2023). Environment and Climate Change. <https://www.undp.org/egypt/environment-climate-change>
- United Nations Development Programme. (2023). Libya Social Impact Assessment. <https://www.undp.org/arab-states/publications/undp-libya-2023-annual-report>
- United Nations Development Programme. (2023). Public Awareness Report. <https://annualreport.undp.org/assets/Annual-Report-2023.pdf>
- United Nations Development Programme. (2023). UNDP. <https://www.undp.org/>
- United Nations Development Programme. (2023). UNDP Libya 2023 Annual Report. <https://www.undp.org/arab-states/publications/undp-libya-2023-annual-report>
- United Nations Development Programme. (2023). Energy Efficiency Projects. <https://www.undp.org/egypt/projects/improving-energy-efficiency-lighting-building-appliances>
- United Nations Development Programme. (2023). Human Development Report. <https://www.undp.org/egypt/egypt-human-development-report-2021>
- United Nations Development Programme. (2023). Renewable Energy and Energy Efficiency in Morocco. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032115001458>
- United Nations Development Programme. (2023). Roadmap for a Low-Carbon Transformation in Morocco. <https://www.sei.org/features/roadmap-for-a-low-carbon-transformation-in-morocco/>
- United Nations Development Programme. (2023). Roadmap for a Low-Carbon Transformation in North Africa. <https://www.sei.org/features/roadmap-for-a-low-carbon-transformation-in-north-africa/>
- WindEurope. (2023). Wind Energy Infrastructure in Egypt. <https://windeurope.org/>

Βιβλιογραφία Ανάλυσης SWOT

- World Bank. (2021). Energy Dependency Analysis. https://nations-emergentes.org/wp-content/uploads/2019/02/egypt-renewable_energy.pdf
- World Bank. (2021). Morocco. <https://www.worldbank.org/en/country/morocco/overview>
- World Bank. (2021). Tunisia Overview. <https://www.worldbank.org/en/country/tunisia/overview>
- World Bank. (2022). Algeria Emissions Report. <https://www.worldbank.org/>
- World Bank. (2022). Algeria Renewable Energy Projects. <https://www.worldbank.org/en/country/algeria/projects>
- World Bank. (2022). Morocco Second Sustainable Development Policy Financing. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099042123151013750/pdf/P178763052c9bb0b0a0eb0adc49f43b6ec.pdf>
- World Bank. (2022). Morocco. <https://www.worldbank.org/en/country/morocco/overview>
- World Bank. (2022). Tunisia Overview. <https://www.worldbank.org/en/country/tunisia/overview>
- World Economic Forum. (2022). Algeria Energy Reforms. <https://www.weforum.org/>
- World Economic Forum. (2022). Energy Transition Index. <https://www.weforum.org/reports/energy-transition-index-2022>
- World Economic Forum. (2022). World Energy Trilemma Index 2022. https://observatorio.miem.gub.uy/obs/sites/default/files/documentos/indice_trilemma_-_informe_completo_wec.pdf
- World Health Organization. (2022). Health Benefits of Renewable Energy. <https://www.who.int/>
- World Health Organization. (2022). World Health Organization. <https://www.who.int/>
- World Resources Institute. (2022). Roadmap for a Low-Carbon Transformation in Morocco. <https://www.sei.org/features/roadmap-for-a-low-carbon>