



ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΣΤΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ

Διπλωματική Εργασία

**ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΕΠΙΛΟΓΗ  
ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ  
ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ PANELS**

της

Σουτζόγλου Βασιλικής

Επιβλέπων Καθηγητής:

Ανδρέας Γεωργίου

Υποβλήθηκε ως απαιτούμενο για την απόκτηση του μεταπτυχιακού  
διπλώματος ειδίκευσης στη Διοίκηση Επιχειρήσεων

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2022

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών στην Διοίκηση Επιχειρήσεων του Πανεπιστημίου Μακεδονίας. Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όλους όσους συνέβαλλαν για την εκπόνησή της.

Αρχικά, ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Αντρέα Γεωργίου, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε εξ αρχής, τη συνεχή του καθοδήγηση, την πολύτιμη και έμπρακτη υποστήριξή του και το αμείωτο ενδιαφέρον του για την επιτυχή ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας.

Επιπλέον, ευχαριστώ ιδιαίτερος τον κ. Σωτήρη Ψημμένο, μηχανολόγο - ηλεκτρολόγο μηχανικό, πρόεδρο και διευθύνοντα σύμβουλο της ανώνυμης μελετητικής εταιρείας ALTEREN A.E, για την πολύτιμη βοήθειά του, την επιστημονική του καθοδήγηση και τις εποικοδομητικές του συμβουλές ώστε να έρθει εις πέρας η παρούσα μελέτη.

Ακόμη, ευχαριστώ πολύ τον κ. Γιώργο Παλταγιάν για τις συμβουλές και τη βοήθειά του κατά την υλοποίηση του υπολογιστικού τμήματος της παρούσας εργασίας.

Τέλος, ευχαριστώ τους ειδικούς εμπειρογνώμονες που συμμετείχαν στη συμπλήρωση του απαιτούμενου, για την ολοκλήρωση της παρούσας έρευνας, ερωτηματολογίου, η συμμετοχή των οποίων ήταν καθοριστική και απαραίτητη.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Από τις αρχές της δεκαετίας του 2000, τα ηλιακά φωτοβολταϊκά (ΦΒ) συστήματα έχουν αναπτυχθεί με πρωτοφανείς ρυθμούς, αποτελώντας μια από τις ταχύτερα αναπτυσσόμενες τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Καθώς αυξάνεται η παγκόσμια αγορά ΦΒ panels, είναι επόμενο να αυξάνεται και ο όγκος των παροπλισμένων ΦΒ.

Η αύξηση των απορριμμάτων από ΦΒ panels παρουσιάζει μια νέα περιβαλλοντική πρόκληση. Παράλληλα δημιουργεί πρωτοφανείς ευκαιρίες για τη δημιουργία αξίας και την επιδίωξη νέων οικονομικών δρόμων. Η παραγωγή καθαρής και πράσινης ενέργειας μέσω ηλιακών συλλεκτών θα ήταν μόνο κατά το ήμισυ επιτυχής στην προσπάθεια δημιουργίας ενός κόσμου περισσότερο φιλικού προς το περιβάλλον εάν τα ΦΒ panels δεν μπορούσαν να απορριφθούν σωστά στο τέλος του κύκλου ζωής τους. Ωστόσο, στη χώρα μας λειτουργεί ένα και μόνο σύστημα το οποίο έχει αναλάβει το έργο της ανακύκλωσης των ΦΒ panels. Τίθεται συνεπώς η ανάγκη ανάπτυξης ενός οργανωμένου συστήματος διαχείρισης των ΦΒ στην Ελλάδα, το οποίο να μπορεί να εξυπηρετεί τον αυξανόμενο όγκο των παραγόμενων αποβλήτων ικανοποιώντας παράλληλα την κείμενη νομοθεσία.

Στο πλαίσιο αυτό εξετάζονται τα ακόλουθα ερευνητικά ερωτήματα: α) Ποια κριτήρια πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τον χωρικό προσδιορισμό μιας μονάδας ανακύκλωσης ΦΒ panels και β) πως τα διαφορετικά σταθμισμένα σύνολα κριτηρίων και υποκριτηρίων επηρεάζουν την καταλληλότητα ή μη μιας συγκεκριμένης τοποθεσίας. Για το σκοπό αυτό, η παρούσα μελέτη αναπτύσσει ένα πλαίσιο υποστήριξης αποφάσεων με σκοπό να συμβάλλει στον προσδιορισμό της βέλτιστης τοποθεσίας εγκατάστασης μιας τέτοιας μονάδας στην Ελλάδα, αξιολογώντας τους κυριότερους παράγοντες που επηρεάζουν την απόφαση αυτή.

Έτσι, για τη διερεύνηση των προτεραιοτήτων που συμβάλλουν στον χωρικό προσδιορισμό μιας μονάδας ανακύκλωσης ΦΒ panels καθορίστηκαν συνολικά δεκαεπτά (17) πολυδιάστατοι παράγοντες. Οι παράγοντες αυτοί κατηγοριοποιούνται σε τέσσερις (4) κύριες κατηγορίες κριτηρίων οι οποίες αντανakλούν τα περιβαλλοντικά, κοινωνικά, οικονομικά και χωροταξικά χαρακτηριστικά της κάθε υποψήφιας περιοχής. Στη συνέχεια, επιλέγοντας τέσσερις (4) πιθανές τοποθεσίες εγκατάστασης και εφαρμόζοντας τη μέθοδο της Αναλυτικής Ιεράρχησης, αναπτύχθηκε ένα σύστημα υποστήριξης αποφάσεων για το συγκεκριμένο πρόβλημα. Με βάση το σύστημα αυτό, προέκυψε μια τελική κατάταξη των πιθανών εναλλακτικών περιφερειακών ενοτήτων που επιλέχθηκε να διερευνηθούν.

**Λέξεις Κλειδιά:** Μέθοδος Αναλυτικής Ιεράρχησης, Φωτοβολταϊκά panels, Ανακύκλωση.

## ABSTRACT

Since the early 2000s, solar photovoltaic (PV) systems have been developed significantly. PV panels are one of the fastest growing renewable energy technologies. As the global PV panel market rise, so does the volume of the decommissioned PV systems.

The increase in waste from PV panels presents a new environmental challenge as well as an opportunity to create values and new economic paths. The production of clean and green energy through solar panels would only be half successful in trying to create a more environmentally friendly world, if PV panels could not be properly disposed by the end of their cycle life. However, in our country there is only one system which has undertaken the task of recycling PV panels. There is therefore a need to develop an organized management system of PV panels in Greece, which can serve the growing volume of waste generated while meeting the current legislation.

In this context, the following research questions are examined: 1) what criteria should be taken into account while the geographical PV panel recycling unit is being determined 2) how the different weighted sets of criteria and sub criteria affect the suitability or not of a particular site. For this purpose, the present study develops a decision support system in order to help determine the optimal location of such a unit in Greece, evaluating the main factors influencing this decision.

Thus, for the investigation of the priorities that contribute to the spatial determination of a PV panels recycling unit, a total of seventeen (17) multidimensional factors were identified. These factors are divided into four (4) main categories that reflect its environmental, social, economic and spatial characteristics of each candidate area. Then, by selecting four (4) possible installation sites and applying the Analytical Hierarchy Process (AHP), a decision support system was developed for the specific problem. Based on this system, emerged a final ranking of the possible alternative regional units which selected to be examined.

**Keywords:** Analytic Hierarchy Process (AHP), Photovoltaic panels, Recycling.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ .....	I
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	II
ABSTRACT .....	III
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 <sup>ο</sup> : ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	1
1.2 ΣΚΟΠΟΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ .....	2
1.3 ΔΟΜΗ ΚΕΦΑΛΑΙΩΝ .....	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 <sup>ο</sup> : ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ .....	4
2.1. ΠΑΡΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ .....	4
2.2. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ .....	10
2.3. ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.....	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 <sup>ο</sup> : ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ .....	15
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	15
3.2 ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ .....	15
3.3 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	18
3.4 ΤΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΤΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ .....	20
3.4.1 Κριτήρια απόφασης πολλαπλών στόχων.....	20
3.4.2 Κριτήρια απόφασης πολλαπλών χαρακτηριστικών.....	20
3.5 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΣΕ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ .....	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 <sup>ο</sup> : ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ .....	24
4.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗΣ ΙΕΡΑΡΧΗΣΗΣ (ΑΗΡ).....	24
4.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΦΒ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ .....	29
4.3 ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΛΥΣΕΙΣ .....	39
4.4 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΙΕΡΑΡΧΗΣΗΣ .....	40
4.4.1 Περιβαλλοντικό κριτήριο (ENV) .....	43
4.4.2 Κοινωνικό κριτήριο (SOC).....	45
4.4.3 Οικονομικό κριτήριο (ECO) .....	46
4.4.4 Χωροταξικό κριτήριο (SPA) .....	47

4.5 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ .....	49
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 <sup>ο</sup> : ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ .....	54
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 <sup>ο</sup> : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ .....	73
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι .....	75
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ .....	87
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	95

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΩΝ

<b>ΑΕΠ</b>	Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν
<b>ΑΗΗΕ</b>	Απόβλητα Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού
<b>ΑΠΕ</b>	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
<b>ΑΣΑ</b>	Αστικά Στερεά Απόβλητα
<b>ΓΠΣ</b>	Γενικό Πολεοδομικό Σχέδιο
<b>ΔΑΠΕΕΠ</b>	Διαχειριστής Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και Εγγυήσεων Προέλευσης
<b>ΔΕΔΔΗΕ</b>	Διαχειριστής Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας
<b>ΕΕ</b>	Ευρωπαϊκή Ένωση
<b>ΕΟΑΝ</b>	Εθνικός Οργανισμός Ανακύκλωσης
<b>ΕΣΕΚ</b>	Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα
<b>ΗΗΕ</b>	Ηλεκτρικός και Ηλεκτρονικός Εξοπλισμός
<b>ΠΕ</b>	Περιφερειακή Ενότητα
<b>ΠΚΑ</b>	Πολυκριτηριακή Ανάλυση
<b>ΠΚΛΑ</b>	Πολυκριτηριακή Λήψη Αποφάσεων
<b>ΠΚΜΠ</b>	Πολυκριτηριακός Μαθηματικός Προγραμματισμός
<b>ΣΗΘΥΑ</b>	Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης
<b>ΦΒ</b>	Φωτοβολταϊκά
<b>ΦΕΚ</b>	Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως
<b>ΧΥΤΑ</b>	Χώρος Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων
<b>ΑΗΡ</b>	Analytic Hierarchy Process
<b>ΑΝΡ</b>	Analytic Network Process
<b>CI</b>	Consistency Index
<b>CR</b>	Consistency Ratio
<b>DM</b>	Decision Maker
<b>GIS</b>	Geographic Information System
<b>IMILP</b>	Inexact Mixed Integer Linear Programming
<b>MADM</b>	Multi-Attribute Decision Making
<b>MCDM</b>	Multiple Criteria Decision Making
<b>MODM</b>	Multi-Objective Decision Making

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

<b>Πίνακας 3. 1</b>	Προβλήματα και μέθοδοι MCDM .....	18
<b>Πίνακας 4. 1:</b>	Κλίμακα συγκρίσεων κατά ζεύγη κατά τον Saaty. ....	27
<b>Πίνακας 4. 2:</b>	Τυχαίος δείκτης, RI (Saaty, 1977). ....	29
<b>Πίνακας 4. 3:</b>	Γεωγραφική κατανομή εγκατεστημένης ισχύος (kW). ....	31
<b>Πίνακας 4. 4:</b>	Ετήσια εγκατεστημένη ισχύς ανά περιφέρεια (kW). ....	33
<b>Πίνακας 4. 5:</b>	Μέση ισχύς panels ανά έτος. ....	35
<b>Πίνακας 4. 6:</b>	Ετήσιος εγκατεστημένος αριθμός panels ανά περιφέρεια. ....	35
<b>Πίνακας 4. 7:</b>	Αριθμός εγκατεστημένων panels ανά Περιφέρεια, 2007-2020. ....	39
<b>Πίνακας 4. 8:</b>	Κριτήρια και υποκριτήρια ιεράρχησης τοποθεσίας εγκατάστασης μονάδας ανακύκλωσης ΦΒ panels. ....	41
<b>Πίνακας 5. 1:</b>	Συνδυασμός απαντήσεων εμπειρογνομόνων και συντελεστές βαρύτητας για την αξιολόγηση των βασικών κριτηρίων.....	54
<b>Πίνακας 5. 2:</b>	Συνδυασμός απαντήσεων εμπειρογνομόνων και συντελεστές βαρύτητας για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών κριτηρίων. ....	55
<b>Πίνακας 5. 3:</b>	Συνδυασμός απαντήσεων εμπειρογνομόνων και συντελεστές βαρύτητας για την αξιολόγηση των κοινωνικών κριτηρίων. ....	56
<b>Πίνακας 5. 4:</b>	Συνδυασμός απαντήσεων εμπειρογνομόνων και συντελεστές βαρύτητας για την αξιολόγηση των οικονομικών κριτηρίων. ....	57
<b>Πίνακας 5. 5:</b>	Συνδυασμός απαντήσεων εμπειρογνομόνων για την αξιολόγηση των χωροταξικών κριτηρίων. ....	58
<b>Πίνακας 5. 6:</b>	Συνδυασμός απαντήσεων εμπειρογνομόνων και συντελεστές βαρύτητας για την αξιολόγηση των εναλλακτικών τοποθεσιών ως προς τις προστατευόμενες περιοχές. ....	59
<b>Πίνακας 5. 7:</b>	Συνδυασμός απαντήσεων εμπειρογνομόνων και συντελεστές βαρύτητας για την αξιολόγηση των εναλλακτικών τοποθεσιών ως προς τους αρχαιολογικούς χώρους. ....	60
<b>Πίνακας 5. 8:</b>	Συνδυασμός απαντήσεων εμπειρογνομόνων και συντελεστές βαρύτητας για την αξιολόγηση των εναλλακτικών τοποθεσιών ως προς τις χρήσεις γης. ....	60
<b>Πίνακας 5. 9:</b>	Συνδυασμός απαντήσεων εμπειρογνομόνων και συντελεστές βαρύτητας για την αξιολόγηση των εναλλακτικών τοποθεσιών ως προς τον αισθητικό αντίκτυπο. ....	61
<b>Πίνακας 5. 10:</b>	Τιμές και συντελεστές βαρύτητας για την αξιολόγηση των εναλλακτικών τοποθεσιών ως προς τον τοπικό πληθυσμό. ....	62
<b>Πίνακας 5. 11:</b>	Τιμές και συντελεστές βαρύτητας για την αξιολόγηση των εναλλακτικών τοποθεσιών ως προς τον άνεργο πληθυσμό. ....	62
<b>Πίνακας 5. 12:</b>	Συνδυασμός απαντήσεων εμπειρογνομόνων και συντελεστές βαρύτητας για την αξιολόγηση των εναλλακτικών τοποθεσιών ως προς το εξειδικευμένο εργατικό δυναμικό. ....	63
<b>Πίνακας 5. 13:</b>	Συνδυασμός απαντήσεων εμπειρογνομόνων και συντελεστές βαρύτητας για την αξιολόγηση των εναλλακτικών τοποθεσιών ως προς τον κίνδυνο συγκρούσεων. ....	64



<b>Πίνακας 5. 14:</b> Τιμές και συντελεστές βαρύτητας για την αξιολόγηση των εναλλακτικών τοποθεσιών ως προς το ΑΕΠ (Σε εκατομμύρια ευρώ, σε τρέχουσες τιμές). .....	64
<b>Πίνακας 5. 15:</b> Τιμές και συντελεστές βαρύτητας για την αξιολόγηση των εναλλακτικών τοποθεσιών ως προς τον όγκο των εγκατεστημένων panels. ....	65
<b>Πίνακας 5. 16:</b> Συνδυασμός απαντήσεων εμπειρογνομόνων και συντελεστές βαρύτητας για την αξιολόγηση των εναλλακτικών τοποθεσιών ως προς το κόστος εγκατάστασης....	66
<b>Πίνακας 5. 17:</b> Συνδυασμός απαντήσεων εμπειρογνομόνων και συντελεστές βαρύτητας για την αξιολόγηση των εναλλακτικών τοποθεσιών ως προς το κόστος μεταφοράς. ....	66
<b>Πίνακας 5. 18:</b> Συνδυασμός απαντήσεων εμπειρογνομόνων και συντελεστές βαρύτητας για την αξιολόγηση των εναλλακτικών τοποθεσιών ως προς τα οικονομικά οφέλη για την περιοχή. ....	67
<b>Πίνακας 5. 19:</b> Συνδυασμός απαντήσεων εμπειρογνομόνων και συντελεστές βαρύτητας για την αξιολόγηση των εναλλακτικών τοποθεσιών ως προς την απόσταση από κατοικημένη περιοχή. ....	68
<b>Πίνακας 5. 20:</b> Συνδυασμός απαντήσεων εμπειρογνομόνων και συντελεστές βαρύτητας για την αξιολόγηση των εναλλακτικών τοποθεσιών ως προς το οδικό δίκτυο. ....	68
<b>Πίνακας 5. 21:</b> Τιμές και συντελεστές βαρύτητας για την αξιολόγηση των εναλλακτικών τοποθεσιών ως προς την απόσταση από λιμάνι. ....	70
<b>Πίνακας I. 1:</b> Εκτίμηση συνολικού μεγέθους αντικατάστασης panels ανά περιφέρεια με συντελεστή πιθανότητας 70%.....	75
<b>Πίνακας I. 2:</b> Εκτίμηση συνολικού μεγέθους αντικατάστασης panels ανά περιφέρεια με συντελεστή πιθανότητας 50%.....	79
<b>Πίνακας I. 3:</b> Εκτίμηση συνολικού μεγέθους αντικατάστασης panels ανά περιφέρεια με συντελεστή πιθανότητας 30%.....	82

#### **ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ**

<b>Εικόνα 4. 1:</b> Αποτύπωση ιεραρχικής δομής του προβλήματος στο SuperDecisions.....	53
--	----

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

<b>Σχήμα 3. 1</b> Ταξινόμηση προβλημάτων τοποθεσίας εγκατάστασης πολλαπλών κριτηρίων. .....	19
<b>Σχήμα 4. 1:</b> Γενική ιεραρχία της μεθόδου AHP.....	25
<b>Σχήμα 4. 2:</b> Ιεραρχική δομή μοντέλου AHP για την επιλογή τοποθεσίας εγκατάστασης μονάδας ανακύκλωσης ΦΒ panels. ....	42
<b>Σχήμα 4. 3:</b> Μέθοδος υπολογισμού γεωμετρικού μέσου όρου στο στάδιο των αξιολογήσεων. .....	51

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

<b>Διάγραμμα 2. 1</b> Συνολική παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας ανά πηγή, 1990-2018. ....	5
<b>Διάγραμμα 2. 2</b> Παραγωγή ενέργειας ανά ανανεώσιμη πηγή, 2020. ....	8
<b>Διάγραμμα 2. 3</b> Εγκατεστημένη ισχύς ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, 2016-2020.....	8
<b>Διάγραμμα 2. 4</b> Συμμετοχή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη συνολική δυναμικότητα ισχύος. ....	9
<b>Διάγραμμα 4. 1</b> Συνολική ετήσια εγκατεστημένη ισχύς.....	36
<b>Διάγραμμα 5. 1:</b> Συντελεστές βαρύτητας κριτηρίων Επιπέδου 1.....	55
<b>Διάγραμμα 5. 2:</b> Συντελεστές βαρύτητας περιβαλλοντικών κριτηρίων. ....	56
<b>Διάγραμμα 5. 3:</b> Συντελεστές βαρύτητας κοινωνικών κριτηρίων. ....	57
<b>Διάγραμμα 5. 4:</b> Συντελεστές βαρύτητας οικονομικών κριτηρίων.....	58
<b>Διάγραμμα 5. 5:</b> Συντελεστές βαρύτητας χωροταξικών κριτηρίων.....	59
<b>Διάγραμμα 5. 6:</b> Συντελεστές βαρύτητας εναλλακτικών ΠΕ ως προς το υποκριτήριο ENV <sub>1</sub> . .....	59
<b>Διάγραμμα 5. 7:</b> Συντελεστές βαρύτητας εναλλακτικών ΠΕ ως προς το υποκριτήριο ENV <sub>2</sub> . .....	60
<b>Διάγραμμα 5. 8:</b> Συντελεστές βαρύτητας εναλλακτικών ΠΕ ως προς το υποκριτήριο ENV <sub>3</sub> . .....	61
<b>Διάγραμμα 5. 9:</b> Συντελεστές βαρύτητας εναλλακτικών ΠΕ ως προς το υποκριτήριο ENV <sub>4</sub> . .....	61
<b>Διάγραμμα 5. 10:</b> Συντελεστές βαρύτητας εναλλακτικών ΠΕ ως προς το υποκριτήριο SOC <sub>1</sub> . .....	62
<b>Διάγραμμα 5. 11:</b> Συντελεστές βαρύτητας εναλλακτικών ΠΕ ως προς το υποκριτήριο SOC <sub>2</sub> . .....	63
<b>Διάγραμμα 5. 12:</b> Συντελεστές βαρύτητας εναλλακτικών ΠΕ ως προς το υποκριτήριο SOC <sub>3</sub> . .....	63
<b>Διάγραμμα 5. 13:</b> Συντελεστές βαρύτητας εναλλακτικών ΠΕ ως προς το υποκριτήριο SOC <sub>4</sub> . .....	64

<b>Διάγραμμα 5. 14:</b> Συντελεστές βαρύτητας εναλλακτικών ΠΕ ως προς το υποκριτήριο $ECO_1$ .	65
<b>Διάγραμμα 5. 15:</b> Συντελεστές βαρύτητας εναλλακτικών ΠΕ ως προς το υποκριτήριο $ECO_2$ .	65
<b>Διάγραμμα 5. 16:</b> Συντελεστές βαρύτητας εναλλακτικών ΠΕ ως προς το υποκριτήριο $ECO_3$ .	66
<b>Διάγραμμα 5. 17:</b> Συντελεστές βαρύτητας εναλλακτικών ΠΕ ως προς το υποκριτήριο $ECO_4$ .	67
<b>Διάγραμμα 5. 18:</b> Συντελεστές βαρύτητας εναλλακτικών ΠΕ ως προς το υποκριτήριο $ECO_5$ .	67
<b>Διάγραμμα 5. 19:</b> Συντελεστές βαρύτητας εναλλακτικών ΠΕ ως προς το υποκριτήριο $SPA_1$ .	68
<b>Διάγραμμα 5. 20:</b> Συντελεστές βαρύτητας εναλλακτικών ΠΕ ως προς το υποκριτήριο $SPA_2$ .	69
<b>Διάγραμμα 5. 21:</b> Συντελεστές βαρύτητας εναλλακτικών ΠΕ ως προς το υποκριτήριο $SPA_3$ .	69
<b>Διάγραμμα 5. 22:</b> Συντελεστές βαρύτητας εναλλακτικών ΠΕ ως προς το υποκριτήριο $SPA_4$ .	70
<b>Διάγραμμα 5. 23:</b> Τελική βαθμολογία εξεταζόμενων ΠΕ.	71

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η ηλιακή ενέργεια αποτελεί μια μορφή ανανεώσιμης ενέργειας. Προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα ως ένα ασφαλές, αξιόπιστο, αποτελεσματικό και μη ρυπογόνο μέσο που μπορεί να διανεμηθεί ευρέως. Αυτή η μορφή ενέργειας - ιδιαίτερα η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών (ΦΒ) – βρίσκεται τα τελευταία χρόνια στο επίκεντρο του παγκόσμιου επιστημονικού, και όχι μόνο, ενδιαφέροντος (Xu et al., 2018).

Η χρήση της φωτοβολταϊκής ενέργειας έχει εκτοξευθεί τις τελευταίες δεκαετίες ως μέρος της παγκόσμιας προσπάθειας για την επέκταση της παραγωγής καθαρών μορφών ενέργειας ενώ παράλληλα προσφέρει τεράστιες δυνατότητες στην αγορά. Η ενέργεια που προέρχεται από ΦΒ panels αναμένεται να αποτελέσει σημαντικό μέρος της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας και να γίνει μία από τις πρωταρχικές πηγές ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο κατά τον αιώνα που διανύουμε (Labrèche et al., 2014). Οι ανεπτυγμένες χώρες, όπως οι Ηνωμένες Πολιτείες, η Ιαπωνία και η Γερμανία έχουν ήδη ξεκινήσει να σχεδιάζουν και να υλοποιούν σχέδια μεγάλης κλίμακας για την ανάπτυξη της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας με στόχο την τόνωση και την ενίσχυση της βιομηχανίας των ΦΒ (Chi et al., 2014).

Η παγκόσμια ζήτηση για φωτοβολταϊκή ενέργεια αυξήθηκε από 1 GW, το 2004, σε 57 GW το 2015, σημειώνοντας ετήσιο ρυθμό ανάπτυξης μεγαλύτερο του 20%. Ο ρυθμός αυτός είναι ταχύτερος από τον ρυθμό ανάπτυξης οποιαδήποτε άλλης βιομηχανίας, συμπεριλαμβανομένων και άλλων αναδυόμενων βιομηχανιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Xu et al., 2018).

Λαμβάνοντας υπόψη ότι η εκτεταμένη χρήση ορυκτών καυσίμων είναι μια από τις κύριες πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης, η ενεργειακή βιομηχανία κατέχει σημαντικό μερίδιο ευθύνης για την επίλυση αυτών των περιβαλλοντικών προβλημάτων. Οι μεταρρυθμίσεις που σημειώνονται τα τελευταία χρόνια στον τομέα της ενέργειας, αλλάζουν τα δεδομένα του ενεργειακού συστήματος, μειώνοντας την παραγωγή άνθρακα και προωθώντας την ανάπτυξη νέων πηγών ενέργειας. Η ΦΒ τεχνολογία, όπως ήδη αναφέρθηκε, συμβάλλει σημαντικά στην προσπάθεια αυτή. Ωστόσο, τα ίδια τα ΦΒ panels δημιουργούν ένα επιπλέον περιβαλλοντικό πρόβλημα το οποίο σχετίζεται με το τέλος της ωφέλιμης ζωής τους και τη δημιουργία μεγάλου όγκου αποβλήτων. Η ανακύκλωση των ΦΒ panels δεν απασχόλησε μέχρι σήμερα την παγκόσμια κοινότητα λόγω της μεγάλης διάρκειας ζωής τους, η οποία μπορεί να κυμαίνεται από 20-30 χρόνια. Ωστόσο, ένας σημαντικός αριθμός της πρώτης παρτίδας των εγκατεστημένων ηλιακών συλλεκτών έχει αρχίσει να αποσύρεται, με αποτέλεσμα η διαχείρισή τους στο τέλος του κύκλου ζωής τους να αποτελεί σταδιακά σημαντικό περιβαλλοντικό ζήτημα (Aman et al., 2015).

Η ανακύκλωση των ΦΒ συστημάτων συμβάλλει σημαντικά στην προστασία του περιβάλλοντος. Πιο συγκεκριμένα, η παραγωγή πυριτίου, βασικού υλικού των ΦΒ panels, είναι μια διαδικασία με αυξημένη ενεργειακή απαίτηση, ενώ η ενέργεια και το κόστος που απαιτείται για την ανάκτηση πυριτίου από ανακυκλωμένα ηλιακά panels ισοδυναμούν μόνο με το ένα τρίτο της πρωτογενούς παραγωγής πυριτίου (Choi & Fthenakis, 2010). Επιπλέον, τα βαρέα μέταλλα που συναντώνται στα ΦΒ panels (μόλυβδος, κασσίτερος και κάδμιο) (Bakhiyi et al., 2014) αποτελούν παράγοντα επιβάρυνσης του περιβάλλοντος δημιουργώντας απειλές για την ανθρώπινη υγεία. Συνεπώς, η ανακύκλωση των ΦΒ μπορεί αναμφίβολα να μειώσει τη σπατάλη ενέργειας και τη ρύπανση του περιβάλλοντος.

Τον Ιούλιο του 2012, η Ευρωπαϊκή Ένωση αναθεώρησε την οδηγία για τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ). Σύμφωνα με την οδηγία 2012/19/ΕΕ, τα ΦΒ συστήματα συμπεριλαμβάνονται στις κατηγορίες των ΑΗΗΕ και πρέπει να εντάσσονται σε σύστημα διαχείρισης απορριμμάτων. Στην Ελλάδα, από το 2014 και σύμφωνα με την ΚΥΑ Η.Π. 23615/651/Ε.103/2014, τα ΦΒ πλαίσια εντάσσονται στα ΑΗΗΕ, τα οποία οφείλουν να υπαχθούν σε σύστημα εναλλακτικής διαχείρισης. Οι παραγωγοί ΗΗΕ ή οι τρίτοι που λειτουργούν κατ' εξουσιοδότησή τους, υποχρεούνται να οργανώνουν συστήματα εναλλακτικής διαχείρισης ΑΗΗΕ. Κάθε παραγωγός ΗΗΕ, εφόσον δεν προβαίνει στην οργάνωση ατομικού ή συλλογικού συστήματος εναλλακτικής διαχείρισης, υποχρεούται να συμμετέχει σε εγκεκριμένο συλλογικό σύστημα εναλλακτικής διαχείρισης ΑΗΗΕ και πρέπει να συνοδεύεται από την καταβολή στο σύστημα χρηματικής εισφοράς εκ μέρους του ενδιαφερόμενου παραγωγού.

Ωστόσο σήμερα σημειώνεται ένας πολύ μικρός αριθμός εγκαταστάσεων επεξεργασίας και ανακύκλωσης ΦΒ panels σε όλο τον κόσμο. Στην Ελλάδα, λειτουργεί ένα και μόνο σύστημα το οποίο έχει αναλάβει το έργο της ανακύκλωσης του συνεχώς αυξανόμενου αριθμού των ΦΒ panels. Σύμφωνα λοιπόν με όσα προαναφέρθηκαν, προκύπτει πως η διαχείριση των ηλιακών ΦΒ στο τέλος του κύκλου ζωής τους, αποτελεί έναν νέο, αναδυόμενο τομέα που χρήζει περαιτέρω έρευνα και ανάπτυξη.

## **1.2 ΣΚΟΠΟΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ**

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω, σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι:

- Η ανάπτυξη ενός συστήματος υποστήριξης αποφάσεων για τον προσδιορισμό της βέλτιστης τοποθεσίας εγκατάστασης μονάδας ανακύκλωσης ΦΒ panels μέσω της μεθοδολογίας της Αναλυτικής Ιεράρχησης.
- Η αποτύπωση και η αξιολόγηση των κυριότερων παραγόντων (ποσοτικών και ποιοτικών) που συμβάλλουν στην απόφαση του χωρικού προσδιορισμού τέτοιου είδους μονάδων.

- Η χαρτογράφηση του μεγέθους της ανακύκλωσης των ΦΒ panels στις δεκατρείς (13) περιφέρειες της ελληνικής επικράτειας ώστε η υποψήφια μονάδα προς εγκατάσταση να εξυπηρετεί ευκολότερα μεγαλύτερο αριθμό ΦΒ panels στο τέλος του κύκλου ζωής τους.
- Η τελική κατάταξη των υποψήφιων εναλλακτικών τοποθεσιών εγκατάστασης μονάδας ανακύκλωσης ΦΒ panels που θα εξεταστούν.

### **1.3 ΔΟΜΗ ΚΕΦΑΛΑΙΩΝ**

Για την επίτευξη των προαναφερθέντων στόχων, επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί, ως η καταλληλότερη μέθοδος, η μέθοδος της Αναλυτικής Ιεράρχησης (ΑΗΡ) προκειμένου να αναπτυχθεί ένα πλαίσιο υποστήριξης αποφάσεων. Στο πρώτο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας, γίνεται μια εισαγωγή του θέματος και παρατίθενται οι κύριοι στόχοι της διατριβής. Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα κυριότερα στοιχεία του θεωρητικού υποβάθρου της εργασίας σχετικά με την ισχύουσα κατάσταση στον τομέα της ενέργειας, τα ΦΒ συστήματα και την ανακύκλωση αυτών. Στο τρίτο κεφάλαιο πραγματοποιείται μια αναφορά στα προβλήματα αποφάσεων πολλαπλών κριτηρίων, με ιδιαίτερη έμφαση στα προβλήματα τοποθεσίας εγκατάστασης. Γίνεται αναφορά στα κριτήρια που συνήθως λαμβάνονται υπόψη σε τέτοιου είδους προβλήματα ενώ το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με ορισμένες εφαρμογές της πολυκριτηριακής ανάλυσης σε προβλήματα τοποθεσίας εγκατάστασης. Στο τέταρτο κεφάλαιο της εργασίας παρουσιάζεται αναλυτικά η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την ανάπτυξη του συστήματος λήψης αποφάσεων, την εκτίμηση του μεγέθους ανακύκλωσης των ΦΒ συστημάτων στην Ελλάδα, προσδιορίζονται οι υποψήφιες τοποθεσίες εγκατάστασης, τα κριτήρια ιεράρχησης και καθορίζονται οι συντελεστές βαρύτητας καθενός από αυτά. Τέλος, η παρούσα μελέτη ολοκληρώνεται με την παρουσίαση των αποτελεσμάτων (πέμπτο κεφάλαιο), τα κύρια συμπεράσματα που εξήχθησαν καθώς και τις δυνατότητες για μελλοντική έρευνα (έκτο κεφάλαιο).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2° : ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

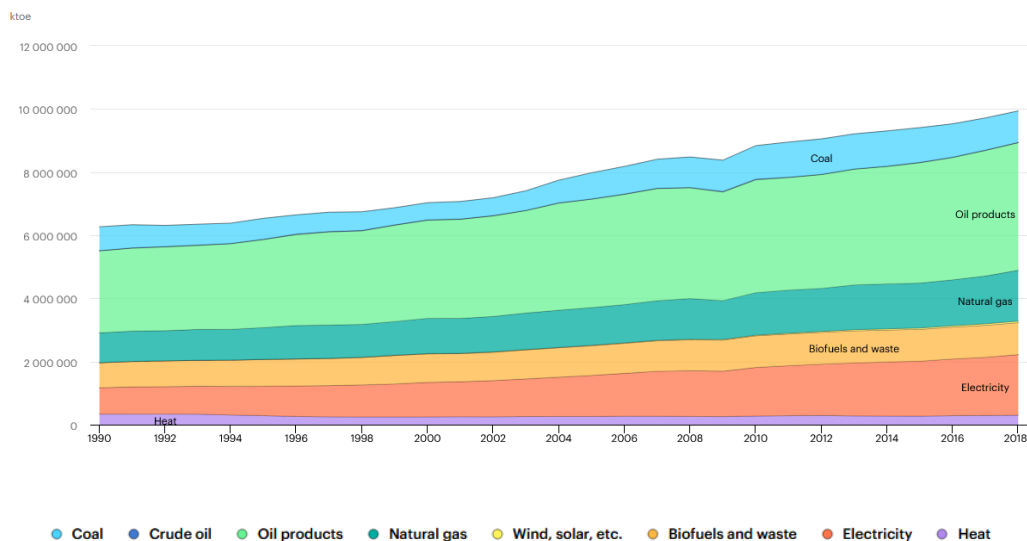
### 2.1. ΠΑΡΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η παραγωγή και η κατανάλωση ενέργειας αποτελούν από τα σημαντικότερα ζητήματα των σύγχρονων κοινωνιών καθώς επηρεάζουν την οικονομική ανάπτυξη και την κοινωνική συνοχή κάθε χώρας. Σχετίζονται άμεσα με το παραγωγικό μοντέλο, τη βιομηχανία, τη φτώχεια και την ποιότητα ζωής των πολιτών.

Ο ενεργειακός τομέας επηρεάζει κάθε οικονομία με δύο τρόπους. Αφενός συνεισφέρει απευθείας στην προστιθέμενη αξία της οικονομίας με όλες τις δραστηριότητες της αλυσίδας παραγωγής και εφοδιασμού ενέργειας καθώς και των κλάδων που συνδέονται με τον ενεργειακό τομέα. Αφετέρου συμβάλλει, με ευρύτερη επίδραση στην οικονομία, μέσω των τιμών των ενεργειακών προϊόντων που επηρεάζουν κάθε οικονομική δραστηριότητα σε επιχειρήσεις και νοικοκυριά.

Ωστόσο, παρά τα πολλαπλά οφέλη που αποκομίζονται από τον κλάδο της ενέργειας, η παραγωγή και η κατανάλωσή της ασκούν σημαντικές πιέσεις στο περιβάλλον όπως: αέρια του θερμοκηπίου και εκπομπές ρύπων, χρήσεις γης, δημιουργία αποβλήτων και πετρελαιοκηλίδες. Οι πιέσεις αυτές συμβάλλουν στην κλιματική αλλαγή, βλάπτουν τα φυσικά οικοσυστήματα και το ανθρωπογενές περιβάλλον και έχουν δυσμενείς συνέπειες στην ανθρώπινη υγεία.

Η ζήτηση ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο ικανοποιείται κατά το μεγαλύτερο ποσοστό από τα ορυκτά καύσιμα (πετρέλαιο, φυσικό αέριο και άνθρακα), η καύση των οποίων εκλύει σημαντικές ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) και ρύπων (διοξείδιο του θείου, SO<sub>2</sub>, διοξείδιο του αζώτου, NO<sub>2</sub> και σωματίδια) στην ατμόσφαιρα. Στο ακόλουθο διάγραμμα παρουσιάζεται η κατανάλωση ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο ανά πηγή προέλευσης για το διάστημα 1990-2018.



**Διάγραμμα 2. 1** Συνολική παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας ανά πηγή, 1990-2018.

[Πηγή: International Energy Agency, IEA]

Όπως παρατηρείται και από το παραπάνω διάγραμμα, τα ορυκτά καύσιμα κατέχουν την κυρίαρχη θέση στην αγορά ενέργειας καθ' όλη τη διάρκεια των ετών. Ωστόσο, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) φαίνεται να κερδίζουν γρήγορα έδαφος. Το 2010, τα ΦΒ συστήματα ήταν η σημαντικότερη πηγή νέας εγκατεστημένης ικανότητας ενώ οι νέες εγκαταστάσεις φυσικού αερίου και αιολικές εγκαταστάσεις κατέλαβαν τη δεύτερη και τρίτη θέση αντίστοιχα. Οι μονάδες πυρηνικής ενέργειας σημείωσαν πολύ μεγαλύτερα ποσοστά παροπλισμού παρά εγκατεστημένης ικανότητας.

Η χρήση ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές έχει πολλά δυνητικά πλεονεκτήματα, όπως η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, η διαφοροποίηση του ενεργειακού εφοδιασμού και ο περιορισμός της εξάρτησης από τις αγορές ορυκτών καυσίμων (ειδικότερα πετρελαίου και φυσικού αερίου). Η ανάπτυξη των ΑΠΕ έχει επίσης τη δυνατότητα να τονώσει την απασχόληση στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) μέσω της δημιουργίας θέσεων εργασίας σε νέες «πράσινες» τεχνολογίες.

Μέχρι το 2019, η ένταση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είχε μειωθεί στο μισό σε σύγκριση με το 1990. Η προώθηση των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας είναι ένας από τους στόχους της ενεργειακής πολιτικής της ΕΕ. Στην Οδηγία (ΕΕ) 2018/2001 τίθεται ως δεσμευτικός στόχος της ΕΕ, το μερίδιο της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας να ανέρχεται σε τουλάχιστον 32% μέχρι το 2030 (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2018).

Στο πλαίσιο αυτό, στο Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ) που υποβλήθηκε πρόσφατα στην ΕΕ, τέθηκε εθνικός δεσμευτικός στόχος για τη συμμετοχή των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας έως το 2030. Πιο συγκεκριμένα, το ΦΕΚ 4893



B/31-12-2019 περιλαμβάνει τη κύρωση του ΕΣΕΚ, συνιστώντας το Στρατηγικό Σχέδιο για τα θέματα του Κλίματος και της Ενέργειας. Αυτό περιλαμβάνει έναν αναλυτικό οδικό χάρτη για την επίτευξη συγκεκριμένων Ενεργειακών και Κλιματικών Στόχων έως το έτος 2030. Οι στόχοι αυτοί θα συμβάλλουν καθοριστικά στη δραστική μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου τοποθετώντας την Ελλάδα στο επίκεντρο των εξελίξεων της ΕΕ τόσο για το 2030 όσο και μακροπρόθεσμα για το έτος 2050 (Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία).

Οι κύριοι Κυβερνητικοί ενεργειακοί και κλιματικοί Στόχοι και Προτεραιότητες του ΕΣΕΚ, συνίσταται στην επίτευξη των ακόλουθων:

- Συμμετοχή των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας σε τουλάχιστον 35% μέχρι το έτος 2030.
- Συμμετοχή των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ~ 61-64% μέχρι το έτος 2030.
- Βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης στην τελική κατανάλωση ενέργειας τουλάχιστον στο 38% μέχρι το έτος 2030, σε σχέση με τις προβλέψεις του έτους 2007, με αποτέλεσμα η τελική κατανάλωση ενέργειας να μην ξεπεράσει τα 16,5 Mtoe το έτος 2030.
- Δραστική και οριστική μείωση του μεριδίου λιγνίτη στην ηλεκτροπαραγωγή, την απολιγνιτοποίηση δηλαδή, μέχρι το έτος 2030.
- Μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου άνω του 56% σε σχέση με το 2005 μέχρι το έτος 2030.

Προς αυτήν την κατεύθυνση, τον Ιούνιο του 2021, έλαβε χώρα η πρώτη συνεδρίαση της Διυπουργικής Επιτροπής για την Ενέργεια και το Κλίμα, η οποία είχε ως αντικείμενο την αναθεώρηση του ΕΣΕΚ. Συγκεκριμένα, τέθηκαν οι προτεραιότητες της διαδικασίας αναθεώρησης του ΕΣΕΚ, έπειτα από την έγκριση από το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο των νέων ευρωπαϊκών στόχων για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και την επίτευξη της κλιματικής ουδετερότητας έως το 2050. Τα βασικά σημεία που προέκυψαν κατά τη συνεδρίαση αφορούν τα εξής:

- Αναμένεται σύντομα η ψήφιση του πρώτου Κλιματικού Νόμου για την Ελλάδα.
- Πρόκειται να αναθεωρηθεί το υφιστάμενο ΕΣΕΚ το οποίο θα αποτυπώνει βασικές προτεραιότητες στον τομέα της ενεργειακής και κλιματικής πολιτικής, καθώς και τα μέτρα πολιτικής σε ένα ευρύ φάσμα οικονομικών δραστηριοτήτων, όπως είναι οι μεταφορές, η ναυτιλία, ο αγροτικός τομέας, ο τουρισμός κ.ά. Συγχρόνως, θα συμπεριλάβει νέες τεχνολογίες και καινοτόμες εφαρμογές που κερδίζουν έδαφος σε όλη την Ευρώπη και δεν περιλαμβάνονται στον υφιστάμενο εθνικό σχεδιασμό, ενώ σημαντική θα είναι η αξιοποίηση των νέων χρηματοδοτικών πόρων και εργαλείων που είναι πλέον διαθέσιμα για τη χρηματοδότηση της πράσινης μετάβασης.

- Ο νέος Κλιματικός Νόμος μαζί με το αναθεωρημένο ΕΣΕΚ θα αποτελέσουν τον Οδικό Χάρτη για τη δραστική μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και τον ενεργειακό μετασχηματισμό

Αξίζει να σημειωθεί πως ο ενεργειακός τομέας είναι υπεύθυνος για περισσότερο από το 75% των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου της ΕΕ. Συνεπώς, η αύξηση του μεριδίου των ΑΠΕ στους διάφορους τομείς της οικονομίας αποτελεί βασικό δομικό στοιχείο για την επίτευξη των ενεργειακών και κλιματικών στόχων της ΕΕ. Το 2019, οι ΑΠΕ αντιπροσώπευαν το 19,7% της ενέργειας που καταναλώθηκε στην ΕΕ-27, μόλις 0,3% λιγότερο από τον στόχο του 20% που είχε τεθεί για το 2020. Ο άνεμος και το νερό παρέχουν την περισσότερη ανανεώσιμη ηλεκτρική ενέργεια ενώ η ηλιακή ενέργεια είναι η ταχύτερα αναπτυσσόμενη πηγή ενέργειας.

Μεταξύ των κρατών μελών της ΕΕ-27, περισσότερο από το 70% της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώθηκε το 2019 προήλθε από ανανεώσιμες πηγές στην Αυστρία (75%) και τη Σουηδία (71%). Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ήταν επίσης υψηλή στη Δανία (65%), την Πορτογαλία (54%) και τη Λετονία (53%), αντιπροσωπεύοντας περισσότερο από το ήμισυ της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Στο άλλο άκρο της κλίμακας, το μερίδιο της ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ήταν 10% ή λιγότερο στη Μάλτα (8%), την Κύπρο, το Λουξεμβούργο (10%) και την Ουγγαρία (10%) (Eurostat, 2020).

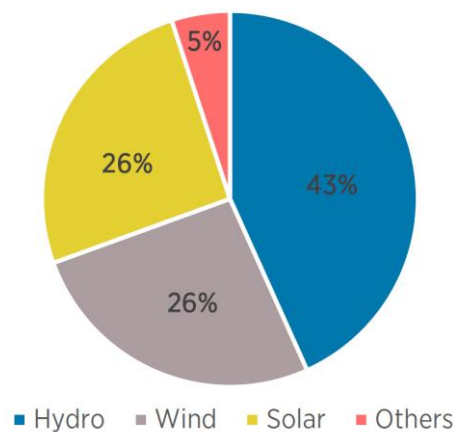
Σύμφωνα με τα τελευταία στοιχεία του 2020 και παρά την εμφάνιση της πανδημίας του COVID-19 η οποία προκάλεσε σημαντική οικονομική επιβράδυνση, εγκαταστάθηκαν περισσότερα από 260 GW ΑΠΕ παγκοσμίως. Επιπλέον, περίπου το 80% του συνόλου της νέας ηλεκτρικής ισχύος ήταν ανανεώσιμη. Ιδιαίτερα, ο ήλιος και ο άνεμος έχουν δείξει αξιοσημείωτη ανάπτυξη ως πηγές παραγωγής, με 127 GW και 111 GW νέων εγκαταστάσεων ανά έτος αντίστοιχα, αποτελώντας μαζί πάνω από το 50% της συνολικής εγκατεστημένης ικανότητας ΑΠΕ.

Στο τέλος του 2020, η παγκόσμια ικανότητα των ανανεώσιμων πηγών παραγωγής ανήλθε σε 2.799 GW. Η υδροηλεκτρική ενέργεια αντιπροσώπευε το μεγαλύτερο μερίδιο του παγκόσμιου συνόλου, με ισχύ 1.211 GW. Η αιολική και η ηλιακή ενέργεια αντιπροσώπευαν ίσα μερίδια με 733 GW και 714 GW αντίστοιχα. Το υπόλοιπο ποσοστό αποτέλεσαν η βιοενέργεια (127 GW), η γεωθερμία (14GW) και άλλες μορφές ανανεώσιμων πηγών.

Η ισχύς ανανεώσιμων πηγών παραγωγής αυξήθηκε κατά 261 GW (+10,3%) το 2020. Η ηλιακή ενέργεια συνέχισε να ηγείται της επέκτασης της χωρητικότητας, με αύξηση 127 GW (+22%), ακολουθούμενη στενά από την αιολική ενέργεια, με 111 GW (+18%). Η χωρητικότητα υδροηλεκτρικής ενέργειας αυξήθηκε κατά 20 GW (+2%) και της βιοενέργειας κατά 2 GW (+2%). Η γεωθερμική ενέργεια αυξήθηκε κατά 164 MW.

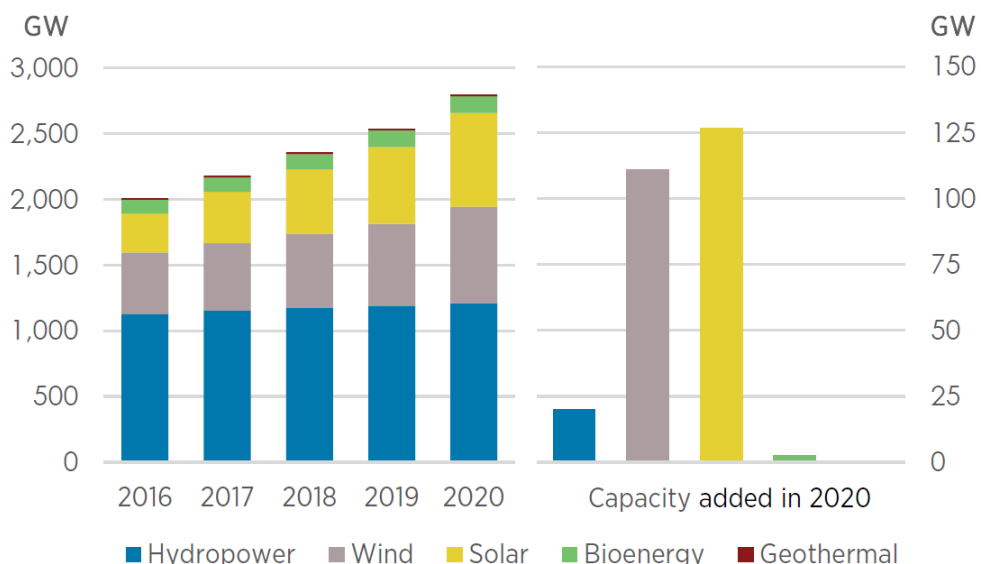
Η ηλιακή και η αιολική ενέργεια συνέχισαν να κυριαρχούν στην επέκταση των ΑΠΕ, αντιπροσωπεύοντας από κοινού το 91% του συνόλου των καθαρών ΑΠΕ για το 2020. Μαζί με την ανανεωμένη αύξηση της υδροηλεκτρικής ενέργειας, αυτή η εξαιρετική αύξηση της αιολικής και της ηλιακής ενέργειας οδήγησε στην υψηλότερη ετήσια αύξηση της ανανεώσιμης ικανότητας παραγωγής που έχει σημειωθεί μέχρι σήμερα (IRENA, 2021a).

Στο ακόλουθο διάγραμμα 2. 2 παρουσιάζεται η κατανομή της δυναμικότητας ανά ανανεώσιμη πηγή παραγωγής ενέργειας ενώ στο διάγραμμα 2. 3 δίνεται η αύξηση της ικανότητας των ΑΠΕ στο διάστημα 2016-2020.



**Διάγραμμα 2. 2** Παραγωγή ενέργειας ανά ανανεώσιμη πηγή, 2020.

[Πηγή: IRENA]

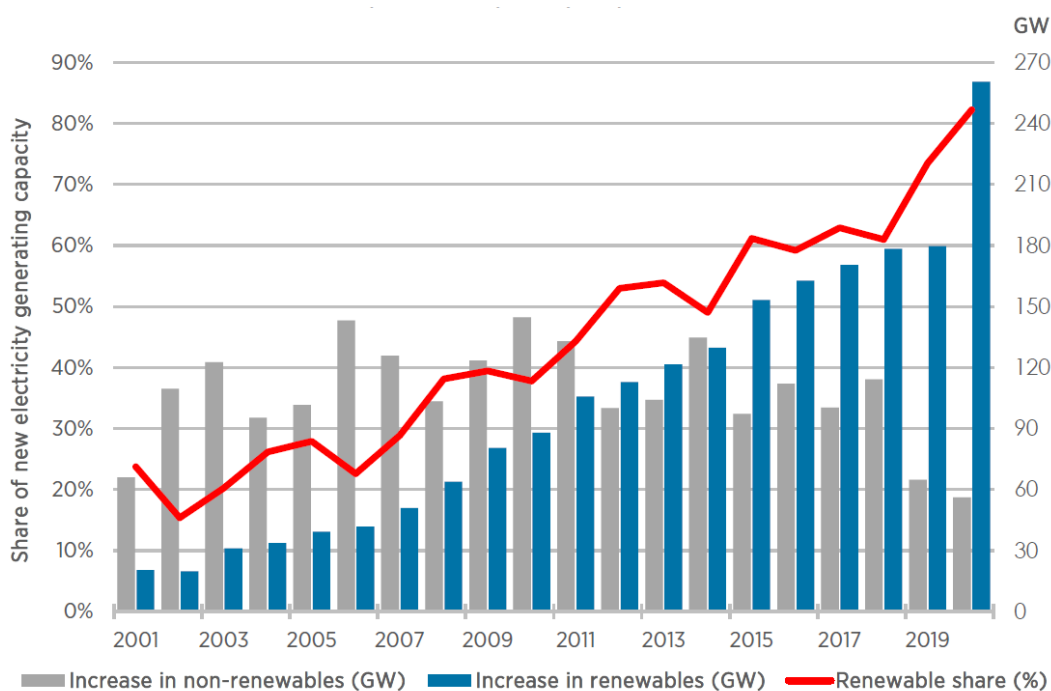


**Διάγραμμα 2. 3** Εγκατεστημένη ισχύς ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, 2016-2020.

[Πηγή: IRENA]

Όπως παρατηρείται από το διάγραμμα 2. 3, το 2020, η ικανότητα παραγωγής ΑΠΕ επεκτάθηκε σε μεγαλύτερο βαθμό συγκριτικά με τα τελευταία χρόνια και πολύ πάνω από τη μακροπρόθεσμη τάση. Ωστόσο, το μεγαλύτερο μέρος αυτής της αύξησης σημειώθηκε στην Κίνα και σε μικρότερο βαθμό στις Ηνωμένες Πολιτείες. Οι υπόλοιπες χώρες συνέχισαν να αυξάνουν τη δυναμικότητα τους με ρυθμό παρόμοιο με αυτών των προηγούμενων ετών.

Η αύξηση της ανανεώσιμης ικανότητας το 2020, αύξησε το μερίδιο των ΑΠΕ στη συνολική παραγωγή, το οποίο έφτασε το 82% το 2020 σε σύγκριση με το 73% του 2019. Το μερίδιο των ΑΠΕ της συνολικής παραγωγικής ικανότητας αυξήθηκε επίσης κατά δύο ποσοστιαίες μονάδες από 34,6% το 2019 στο 36,6% το 2020. Στο ακόλουθο διάγραμμα 2. 4 παρουσιάζεται η συμμετοχή των ΑΠΕ στη συνολική δυναμικότητα ισχύος για το διάστημα 2001-2020.



**Διάγραμμα 2. 4** Συμμετοχή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη συνολική δυναμικότητα ισχύος.

[Πηγή: IRENA]

Παγκοσμίως, τα ηλιακά ΦΒ προσέθεσαν 127 GW νέας ισχύος το 2020, έναντι 98 GW το 2019. Περισσότερο από το 60%, σχεδόν 78 GW, προστέθηκε στην Ασία και κυριότερα σε πέντε χώρες (Κίνα, Βιετνάμ, Ινδία, Δημοκρατία της Κορέας και Ιαπωνία). Η Ευρώπη εγκατέστησε 20,8 GW, οι Ηνωμένες Πολιτείες 15 GW, η Αυστραλία 4,4 GW και η Βραζιλία 3,3 GW (IRENA, 2021b).

## 2.2. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα φωτοβολταϊκά (ΦΒ), που ονομάζονται επίσης και ηλιακά κύτταρα, είναι ηλεκτρονικές συσκευές οι οποίες μετατρέπουν απευθείας το ηλιακό φως σε ηλεκτρική ενέργεια. Εφευρέθηκαν το 1954 στα Bell Telephone Laboratories στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής. Οι ηλιακές φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις μπορούν να συνδυαστούν για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε εμπορική κλίμακα ή να τοποθετηθούν σε μικρότερες διαμορφώσεις για μικρά δίκτυα ή προσωπική χρήση του κατόχου. Η χρήση ηλιακών ΦΒ για την τροφοδοσία μικρών δικτύων είναι ένας εξαιρετικός τρόπος για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε άτομα που δεν ζουν κοντά σε γραμμές μεταφοράς ενέργειας, ιδιαίτερα σε αναπτυσσόμενες χώρες με εξαιρετικούς πόρους ηλιακής ενέργειας.

Η ανάπτυξη των ηλιακών ΦΒ έχει αυξηθεί με πρωτοφανείς ρυθμούς από τις αρχές της δεκαετίας του 2000, αποτελώντας μια από τις ταχύτερα αναπτυσσόμενες τεχνολογίες ΑΠΕ. Καθώς αυξάνεται η παγκόσμια αγορά ΦΒ panels, είναι επόμενο να αυξάνεται και ο όγκος των παροπλισμένων ΦΒ. Με δεδομένη μέση διάρκεια ζωής των panels τα 20-30 έτη, μεγάλες ποσότητες ετήσιων απορριμμάτων αναμένονται στις αρχές της δεκαετίας του 2030.

Η αύξηση των απορριμμάτων από ΦΒ panels παρουσιάζει μια νέα περιβαλλοντική πρόκληση αλλά και πρωτοφανείς ευκαιρίες για τη δημιουργία αξίας και την επιδίωξη νέων οικονομικών δρόμων. Οι προκλήσεις αυτές περιλαμβάνουν την ανάκτηση των ακατέργαστων και ανακυκλώσιμων υλικών και την εμφάνιση νέων βιομηχανιών που θα μπορούν να διαχειρίζονται ΦΒ συστήματα που έχουν ολοκληρώσει τον κύκλο ζωής τους. Οι δράσεις αυτές είναι ουσιαστικές για τη μετάβαση σε ένα βιώσιμο, οικονομικά και περιβαλλοντικά, μέλλον.

Τα ΦΒ συγκαταλέγονται στα Απόβλητα Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ). Τα συνολικά ετήσια ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά απόβλητα έφτασαν παγκοσμίως το ρεκόρ των 41,8 εκατομμυρίων μετρικών τόνων το 2014. Την ίδια χρονιά, τα απόβλητα από ΦΒ panels σε παγκόσμιο επίπεδο ήταν 1.000 φορές λιγότερα. Μέχρι το 2050, τα απόβλητα ΦΒ panels που προστίθενται ετησίως θα μπορούσαν να ξεπεράσουν το 10% του παγκόσμιου ρεκόρ ηλεκτρονικών αποβλήτων που σημειώθηκε το 2014 (IRENA, 2016).

Για να επιτευχθεί η βέλτιστη επεξεργασία των απορριμμάτων για τις διαφορετικές κατηγορίες ΦΒ προϊόντων, είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψη η σύνθεσή τους. Σήμερα, σχεδόν όλα τα μέρη ενός ΦΒ είναι δυνατόν να ανακυκλωθούν. Υπάρχουν τρεις τύποι ηλιακών συλλεκτών η οποίοι χρησιμοποιούνται ευρέως σε ΦΒ συστήματα: μονοκρυσταλλικοί, πολυκρυσταλλικοί και λεπτής μεμβράνης. Κάθε τύπος panel παρουσιάζει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Ωστόσο, οι κύριες διαφορές μεταξύ αυτών εμφανίζονται στο κόστος και την αποδοτικότητά τους. Πιο συγκεκριμένα:

### Μονοκρυσταλλικά panels

Τα μονοκρυσταλλικά panels έχουν ομοιόμορφη κρυσταλλική δομή, παρουσιάζουν τον υψηλότερο βαθμό απόδοσης συγκριτικά με άλλους τύπους panels και είναι αποδοτικότερα σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού. Επιπλέον, η απόδοσή τους μειώνεται πιο αργά με την πάροδο του χρόνου. Τα μονοκρυσταλλικά ηλιακά panels παράγονται από πλινθώματα πυριτίου και είναι ακριβά στην κατασκευή τους. Το γεγονός αυτό εξηγεί και το υψηλότερο αρχικό κόστος που έχουν τα panels του τύπου αυτού.

### Πολυκρυσταλλικά panels

Το πυρίτιο που χρησιμοποιείται στα πολυκρυσταλλικά panels δεν είναι ομοιογενές, γεγονός που οδηγεί στη δημιουργία μιας ανομοιόμορφης κρυσταλλικής δομής σε διάφορες περιοχές του πίνακα. Ως αποτέλεσμα, τα πολυκρυσταλλικά ηλιακά panels είναι λιγότερο αποδοτικά από τα μονοκρυσταλλικά. Παράλληλα, οι πολυκρυσταλλικοί ηλιακοί συλλέκτες είναι λιγότερο αποδοτικοί στη θερμοκρασία λειτουργίας τους εξαιτίας του μεγαλύτερου συντελεστή θερμοκρασίας συγκριτικά με τους μονοκρυσταλλικούς. Λόγω της μειωμένης απόδοσης μετατροπής ισχύος, απαιτείται μεγαλύτερος αριθμός panels για την παραγωγή της καθορισμένης ισχύος. Τα ηλιακά panel πολυκρυσταλλικού πυριτίου έχουν χαμηλότερο κόστος αγοράς λόγω της μη ομοιογένειας των κυψελών, γεγονός που τα καθιστά ιδιαίτερα δημοφιλή.

### Panels λεπτής μεμβράνης

Οι ηλιακοί συλλέκτες λεπτής μεμβράνης μπορεί να είναι από χαλκό-ίνδιο-γάλλιο-(δι)σελήνιο (Copper indium gallium (di)selenide, CIGS) ή από τελλουριούχο κάδμιο (Cadmium telluride, CdTe). Είναι λιγότερο αποδοτικοί από τους μονοκρυσταλλικούς ή πολυκρυσταλλικούς ηλιακούς συλλέκτες και έχουν μικρότερη διάρκεια ζωής. Ωστόσο, το κόστος τους είναι πολύ χαμηλότερο λόγω των απλών μεθόδων κατασκευής τους σε σύγκριση με τους κρυσταλλικούς ηλιακούς συλλέκτες. Τα ηλιακά panels λεπτής μεμβράνης χαρακτηρίζονται ως εύκαμπτα σε αντίθεση με τα κρυσταλλικά τα οποία είναι πολύ πιο εύθραυστα.

Αναφορικά με τα χρησιμοποιούμενα υλικά των ΦΒ πλαισίων, τα τυπικά ΦΒ panels πυριτίου c-Si αποτελούνται (κατά βάρος) από περίπου 76% γυαλί (επιφάνεια panel), 10% πολυμερές (ενθυλακωτικό και φύλλο πλάτης), 8% αλουμίνιο (κυρίως το πλαίσιο του panel), 5% πυρίτιο (ηλιακά κύτταρα), 1% χαλκός (διασυνδέσεις), λιγότερο από 0,1% ασήμι (γραμμές επαφής) και άλλα μέταλλα (κυρίως κασσίτερος και μόλυβδος) (Sander et al., 2007). Αντίθετα, τα panels λεπτής μεμβράνης διαθέτουν πιο περίπλοκη τεχνολογία κατασκευής από τα ΦΒ panels με βάση το πυρίτιο. Υπάρχουν δύο τεχνολογίες ΦΒ panels λεπτής μεμβράνης: τα CIGS (copper indium gallium (di)selenide) και τα CdTe (cadmium telluride) panel (IRENA, 2016). Τα CIGS panels αποτελούνται κατά 89% από γυαλί, 7% αλουμίνιο και 4% από

πολυμερείς ενώσεις ενώ τα CdTe panel συνίσταται από 97% γυαλί και 3% από πολυμερές με ένα ποσοστό, μικρότερο του 1%, άλλων μετάλλων (π.χ. νικέλιο, ψευδάργυρος και κασσίτερος) (Bekkelund, 2013).

### **2.3. ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

Η παραγωγή καθαρής και πράσινης ενέργειας μέσω ηλιακών συλλεκτών θα ήταν μόνο κατά το ήμισυ επιτυχής στην προσπάθεια δημιουργίας ενός κόσμου περισσότερο φιλικού προς το περιβάλλον, εάν τα ΦΒ panels δεν μπορούσαν να απορριφθούν σωστά στο τέλος του κύκλου ζωής τους.

Η σωστή διαχείριση των panels στο τέλος της ωφέλιμης ζωής τους, μπορεί να αποτελέσει σημαντικό στοιχείο της αλυσίδας αξίας των ΦΒ καθώς είναι δυνατόν να προκύψει ένα μεγάλο απόθεμα πρώτων υλών και άλλων πολύτιμων συστατικών. Τα ανακτημένα υλικά μπορούν να αξιοποιηθούν για την παραγωγή νέων ΦΒ συστημάτων ή να διατεθούν στην παγκόσμια αγορά εμπορευμάτων.

Μέσω της διεργασίας της ανακύκλωσης, τα χρησιμοποιημένα υλικά μετατρέπονται σε νέα προϊόντα, μειώνοντας την ανάγκη κατανάλωσης νέων φυσικών πόρων, ενισχύοντας την εξοικονόμηση πρώτων υλών και ενέργειας ενώ παράλληλα συμβάλλουν στην προστασία του περιβάλλοντος και των φυσικών οικοτόπων.

Πράγματι, η μηχανική επεξεργασία και η μετατροπή των επιμέρους υλικών σε υψηλής ποιότητας δευτερογενή ακατέργαστα υλικά οδηγούν σε σαφή μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) σε σύγκριση με την εξαγωγή πρωτογενών υλών.

Ολοένα και περισσότερες επιχειρήσεις, κυβερνήσεις, πελάτες αλλά και το κοινό εκφράζουν το ενδιαφέρον τους για την εναλλακτική διαχείριση των βιομηχανικών προϊόντων που έχουν φτάσει στο τέλος της ωφέλιμης ζωής τους. Ιδιαίτερα στην περίπτωση του Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΗΗΕ), πραγματοποιούνται πολλές ενέργειες για την ανακύκλωση και ανάκτησή τους λόγω της υψηλής προστιθέμενης αξίας των υλικών από τα οποία αποτελούνται τα προϊόντα αυτά.

Επιπλέον, όπως ήδη αναφέρθηκε, τα ΑΗΗΕ, συμπεριλαμβανομένων και των ΦΒ panels, αντιπροσωπεύουν ένα συνεχώς αυξανόμενο ρεύμα του συνολικού όγκου των Αστικών Στερεών Αποβλήτων (ΑΣΑ), τα οποία αναμένεται να συνεχίσουν να κλιμακώνονται στο εγγύς μέλλον.

Στις σύγχρονες κοινωνίες, η εναπόθεση ΑΗΗΕ σε Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ) δεν θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ως επιλογή τέλους ζωής καθώς σήμερα υπάρχουν άλλες εναλλακτικές διαθέσιμες λύσεις. Εξοπλισμός που δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τον αρχικό του χρήστη θα μπορούσε σε πολλές περιπτώσεις να

επαναχρησιμοποιηθεί από άλλους πιθανούς χρήστες. Ακόμα και στις περιπτώσεις όπου καμία περαιτέρω χρήση για το προϊόν ΗΗΕ δεν είναι δυνατή ή βιώσιμη, τα υλικά θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν σε άλλα προϊόντα.

Στο πλαίσιο της αειφόρου ανάπτυξης υπήρξαν διεθνείς πρωτοβουλίες, συμφωνίες και συνεργασίες, παράλληλα με την ανάπτυξη νομοθεσίας που επιβάλλει ορισμένες υποχρεώσεις στους κατασκευαστές σύμφωνα με τις αρχές της «Εκτεταμένης ευθύνης του παραγωγού». Προς την ίδια κατεύθυνση, η ΕΕ προώθησε την Ολοκληρωμένη Πολιτική Προϊόντων (Integrated Product Policy, IPP), ένα μέσο που επικεντρώνεται στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των προϊόντων καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2001).

Προκειμένου να αποφευχθεί η ανεπιθύμητη σπατάλη υλικών και ενέργειας, είναι απαραίτητο να υπάρχει σαφής νομοθεσία η οποία να ρυθμίζει την ορθή διαχείριση του τέλους ζωής των ανεπιθύμητων ηλιακών ΦΒ panels. Κατ' αυτό τον τρόπο ενισχύεται η ανάπτυξη αυστηρής διαχείρισης προϊόντων και ενθαρρύνεται η βιομηχανία προκειμένου να εξετάσει την ανακύκλωση των ηλιακών ΦΒ panels στο σημείο σχεδιασμού του προϊόντος μέσω της αξιοποίησης φιλικών προς το περιβάλλον διαδικασιών ανακύκλωσης.

Από νομοθετική άποψη, η ΕΕ έχει επιβάλει αυστηρά όρια τόσο για την χρήση επικίνδυνων ουσιών σε ΗΗΕ όσο και στη διαχείριση ΑΗΗΕ με την εφαρμογή των Ευρωπαϊκών Οδηγιών 2002/95/ΕΚ (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2002α) και 2002/96/ΕΚ (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2002β).

Στην Ελλάδα, από το 2014 και σύμφωνα με την ΚΥΑ Η.Π. 23615/651/Ε.103/2014, τα ΦΒ πλαίσια εντάσσονται στα ΑΗΗΕ τα οποία οφείλουν να υπαχθούν σε σύστημα εναλλακτικής διαχείρισης. Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με το άρθρο 5 αυτής, το πρόγραμμα εναλλακτικής διαχείρισης των ΑΗΗΕ αποσκοπεί στην κατά προτεραιότητα προετοιμασία για επαναχρησιμοποίηση των ΑΗΗΕ, αναφέρεται στη θέσπιση ειδικών μέτρων, στον προσδιορισμό συγκεκριμένων δράσεων και διαδικασιών για την εναλλακτική διαχείριση των ΑΗΗΕ και περιλαμβάνει κατά κύριο λόγο:

1. Μέτρα για οργάνωση της εναλλακτικής διαχείρισης των ΑΗΗΕ.
2. Μέτρα για τη μείωση της ποσότητας των ΑΗΗΕ στα οικιακά απόβλητα.
3. Μέτρα για την προετοιμασία της επαναχρησιμοποίησης ΑΗΗΕ και την επίτευξη υψηλού βαθμού ανάκτησης των ΑΗΗΕ.
4. Μέτρα για την ενημέρωση και ευαισθητοποίηση του καταναλωτή/τελικού χρήστη.
5. Ειδικές ρυθμίσεις και τεχνικές οδηγίες για τη χωριστή συλλογή και διαλογή, την επεξεργασία και την ανάκτηση των ΑΗΗΕ.

Οι παραγωγοί ΗΗΕ ή οι τρίτοι που λειτουργούν κατ' εξουσιοδότησή τους, υποχρεούνται να οργανώνουν συστήματα εναλλακτικής διαχείρισης ΑΗΗΕ. Κάθε παραγωγός ΗΗΕ, εφόσον



δεν προβαίνει στην οργάνωση ατομικού ή συλλογικού συστήματος εναλλακτικής διαχείρισης, υποχρεούται να συμμετέχει σε εγκεκριμένο συλλογικό σύστημα εναλλακτικής διαχείρισης ΑΗΗΕ και πρέπει να συνοδεύεται από την καταβολή στο σύστημα χρηματικής εισφοράς εκ μέρους του ενδιαφερόμενου παραγωγού.

Με βάση το άρθρο 17 της ΚΥΑ Η.Π. 23615/651/Ε.103/2014, ο Εθνικός Οργανισμός Ανακύκλωσης (ΕΟΑΝ) θα πρέπει να καταρτίζει και να τηρεί εθνικό μητρώο παραγωγών συμπεριλαμβανομένων των παραγωγών που προμηθεύουν ΗΗΕ χρησιμοποιώντας επικοινωνία εξ αποστάσεως. Το μητρώο έχει σκοπό την παρακολούθηση της τήρησης των απαιτήσεων της ίδιας απόφασης.

Αναφορικά με το ποσοστό συλλογής των ΑΗΗΕ (άρθρο 7, ΦΕΚ 5459/Β/6-12-2018), από το 2019, το ελάχιστο ποσοστό συλλογής που πρέπει να επιτυγχάνεται σε ετήσια βάση είναι το 65% του μέσου ετήσιου βάρους του ΗΗΕ που διατέθηκε στην αγορά την προηγούμενη τριετία, ή εναλλακτικά το 85% των ΑΗΗΕ που παράγονται ανά βάρος. Ο ΕΟΑΝ έχει την ευθύνη για την εκπόνηση και εφαρμογή προγραμμάτων προκειμένου να επιτευχθούν οι ποσοτικοί στόχοι που αναφέρθηκαν. Για να αξιολογείται κατά πόσο έχει επιτευχθεί το ελάχιστο ποσοστό συλλογής, τα συστήματα εναλλακτικής διαχείρισης υποχρεούνται να διαβιβάζουν στον ΕΟΑΝ πληροφορίες για τα ΑΗΗΕ που συλλέγονται χωριστά, συμπεριλαμβανομένων τουλάχιστον πληροφοριών για τις ποσότητες και τις κατηγορίες των ΑΗΗΕ που παραλήφθηκαν:

- i. από τα σημεία συλλογής, κέντρα διαλογής/ταξινόμησης, επιχειρήσεις/μονάδες προετοιμασίας για επαναχρησιμοποίηση και από εγκαταστάσεις επεξεργασίας ΑΗΗΕ,
- ii. από τους διανομείς ΗΗΕ,
- iii. από τους τελικούς χρήστες στις περιπτώσεις ΑΗΗΕ μη οικιακής προέλευσης.

Στη χώρα μας ωστόσο, λειτουργεί ένα και μόνο σύστημα το οποίο έχει αναλάβει το έργο της ανακύκλωσης των ΦΒ πλαισίων. Το γεγονός αυτό έρχεται σε σύγκρουση με τη μείωση του κόστους των ΦΒ πλαισίων την τελευταία δεκαετία που σε συνδυασμό με τη μεγαλύτερη απόδοση ηλεκτρικής ενέργειας ανά ΦΒ πλαίσιο, ωθεί τους επενδυτές να προβαίνουν σε αντικατάσταση των παλαιών ΦΒ πλαισίων σε συντομότερο χρονικό διάστημα από αυτό που υπολογίστηκε στις αρχικές μελέτες για τη διάρκεια ζωής τους. Τίθεται συνεπώς η ανάγκη ανάπτυξης ενός οργανωμένου συστήματος ανακύκλωσης των ΦΒ στην Ελλάδα, το οποίο να μπορεί να εξυπηρετεί τον αυξανόμενο όγκο των παραγόμενων αποβλήτων ικανοποιώντας παράλληλα την κείμενη νομοθεσία.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup> : ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ**

### **3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Η λήψη αποφάσεων είναι μια από τις κύριες ικανότητες του ανθρώπου που τον διαφοροποιεί από τα υπόλοιπα πλάσματα. Οι άνθρωποι έρχονται αντιμέτωποι καθημερινά με πλήθος αποφάσεων τόσο στην επαγγελματική όσο και στην ιδιωτική τους ζωή. Σήμερα, η λήψη αποφάσεων και η ανάλυσή τους αποτελεί ένα σημαντικό μέρος των επιστημών οικονομίας και διοίκησης. Στα περισσότερα προβλήματα, ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων επιδιώκει περισσότερους από έναν στόχους ή εξετάζει περισσότερους από έναν παράγοντες ή μέτρα. Τα προβλήματα αυτά μπορεί να είναι κατάταξης, επιλογής ή ταξινόμησης και άλλοτε θεωρούνται απλά ενώ άλλοτε σύνθετα. Τις περισσότερες φορές δεν υπάρχει κάποια επιλογή η οποία να ικανοποιεί τέλεια και πλήρως όλα τα κριτήρια που έχουν τεθεί. Συνεπώς, πρέπει να βρεθεί ένας "συμβιβασμός" και να επιλέγεται εκείνη η λύση η οποία ικανοποιεί το λήπτη στο μέγιστο βαθμό. Αυτές οι ομάδες προβλημάτων συγκεντρώνονται σε μια κατηγορία που ονομάζεται προβλήματα πολυκριτηριακής λήψης αποφάσεων ή προβλήματα αποφάσεων πολλαπλών κριτηρίων (Multiple Criteria Decision Making, MCDM) (Ishizaka & Nemery, 2013).

### **3.2 ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ**

Η Πολυκριτηριακή Λήψη Αποφάσεων (ΠΚΛΑ) είναι ο κλάδος της επιχειρησιακής έρευνας (Operational Research) που ασχολείται με την επίλυση προβλημάτων και λαμβάνει υπόψη περισσότερα του ενός κριτηρίου. Η διαδικασία λήψης της απόφασης είναι η διαδικασία που αποσκοπεί στην επιλογή μιας λύσης μέσα από ένα σύνολο εναλλακτικών επιλογών/λύσεων. Η λήψη της απόφασης πραγματοποιείται από τον λήπτη ή αποφασίζων, ο οποίος συγκρίνει και αξιολογεί τις εναλλακτικές λύσεις που έχει στη διάθεσή του προκειμένου να επιλέξει την καταλληλότερη λύση για ένα συγκεκριμένο πρόβλημα. Η εισαγωγή περισσότερων του ενός κριτηρίων στη διαδικασία λήψης της απόφασης οδηγεί σε μια πιο ρεαλιστική απεικόνιση των τιθέμενων προβλημάτων. Κατ' αυτό τον τρόπο, εξασφαλίζεται μια μεγαλύτερη ευελιξία και καλύτερη αντιμετώπιση των προβλημάτων γεγονός που δικαιολογεί ότι η ΠΚΛΑ αποτελεί έναν από τους ταχύτερα αναπτυσσόμενους κλάδους της επιχειρησιακής έρευνας (Zeleny 1982, Steuer et al., 1996).

Στην ΠΚΛΑ ο λήπτης της απόφασης έχει καθοριστικό ρόλο στη διαδικασία της απόφασης καθώς πρέπει να εκφράσει τις "προτιμήσεις" του σε σχέση με τις επιδόσεις των εναλλακτικών επιλογών στα εξεταζόμενα κριτήρια και να καταλήξει σε μία τελική απόφαση. Η εναλλακτική επιλογή που έχει την καλύτερη επίδοση ως προς όλα τα κριτήρια του προβλήματος είναι και αυτή που τελικά επιλέγεται. Ωστόσο, αυτό σπάνια συμβαίνει καθώς τα κριτήρια απόφασης

είναι συνήθως αλληλοσυγκρουόμενα, εκφράζοντας διαφορετικά χαρακτηριστικά των εναλλακτικών επιλογών (Μαυρωτάς, 2000).

Τα προβλήματα της ΠΚΛΑ χαρακτηρίζονται ως προβλήματα χαμηλού βαθμού δόμησης καθώς η ορθολογική λύση δεν καθορίζεται από το ίδιο το πρόβλημα όπως συμβαίνει στις περιπτώσεις όπου υπάρχει ένα μοναδικό κριτήριο. Αντίθετα, αποτελεί αντικείμενο αναζήτησης όπου καθοριστική είναι η άμεση συμβολή του λήπτη της απόφασης μέσω την έκφρασης των υποκειμενικών του προτιμήσεων. Το γεγονός αυτό εξηγεί ότι οι μέθοδοι αντιμετώπισης τέτοιων προβλημάτων ορίζονται και ως μέθοδοι πολυκριτηριακής υποστήριξης αποφάσεων (Multiple Criteria Decision Aid, MCDA) (Roy, 1990).

Όταν οι εναλλακτικές επιλογές ανήκουν σε ένα διακριτό και ρητά καθορισμένο σύνολο με συγκεκριμένες επιλογές που χαρακτηρίζονται από την επίδοσή τους σε κάποια κριτήρια, τότε το πρόβλημα χαρακτηρίζεται ως πρόβλημα Πολυκριτηριακής Ανάλυσης - ΠΚΑ (Multiple Attribute Decision Making, MADM). Από την άλλη πλευρά, όταν το σύνολο των δυνατών επιλογών δεν είναι ρητά καθορισμένο αλλά έμμεσα μέσω των τιμών των μεταβλητών απόφασης ενός προβλήματος μαθηματικού προγραμματισμού, τότε το πρόβλημα ανήκει στον Πολυκριτηριακό Μαθηματικό Προγραμματισμό - ΠΚΜΠ (Multiple Objective Mathematical Programming, MOMP). Οι μαθηματικές σχέσεις που καθορίζονται από τις μεταβλητές απόφασης και πρέπει να ικανοποιηθούν, αποτελούν τους περιορισμούς του προβλήματος ενώ οι συναρτήσεις των μεταβλητών απόφασης που πρέπει να αριστοποιηθούν ονομάζονται αντικειμενικές συναρτήσεις. Ως λύση του προβλήματος νοείται κάθε δυνατός συνδυασμός τιμών που μπορούν να λάβουν οι μεταβλητές απόφασης (Μαυρωτάς, 2000).

Λαμβάνοντας υπόψη τον αριθμό των διαθέσιμων πολυκριτηριακών μεθόδων που έχουν αναπτυχθεί μέχρι σήμερα, ο υπεύθυνος λήψης των αποφάσεων βρίσκεται αντιμέτωπος με το δύσκολο έργο της επιλογής ενός κατάλληλου εργαλείου υποστήριξης. Συχνά η επιλογή μπορεί να είναι δύσκολο να δικαιολογηθεί καθώς καμία από τις υπάρχουσες μεθόδους δεν είναι τέλεια ούτε μπορεί να εφαρμοστεί σε όλα τα προβλήματα. Κάθε μέθοδος έχει τους δικούς της περιορισμούς, ιδιαιτερότητες, υποθέσεις, προτάσεις και προοπτικές. Οι Roy και Bouyssou (1993) λένε ότι «Αν και η μεγάλη ποικιλία των μεθόδων MCDM μπορεί να θεωρηθεί ως ένα ισχυρό σημείο, μπορεί επίσης να είναι και αδυναμία». Μέχρι τώρα δεν υπήρξε η δυνατότητα να αποφασιστεί εάν μία μέθοδος είναι πιο λογική από μια άλλη σε μια συγκεκριμένη κατάσταση προβλημάτων.

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι σύμφωνα με τους οποίους μπορεί να πραγματοποιηθεί η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου MCDM για την επίλυση ενός συγκεκριμένου τύπου προβλήματος. Ένας τρόπος είναι να εξετάσουμε τις απαιτούμενες πληροφορίες εισόδου, δηλαδή τα δεδομένα και τις παραμέτρους της μεθόδου και κατ' επέκταση τη δυνατότητα μοντελοποίησης του προβλήματος. Ένας άλλος τρόπος είναι με τη χρήση συγκρίσεων ανά

ζεύγη μεταξύ κριτηρίων και επιλογών. Ωστόσο το μειονέκτημα είναι ότι απαιτείται μεγάλη ποσότητα πληροφοριών. Εναλλακτικά μπορεί να εφαρμοστεί ο καθορισμός βασικών παραμέτρων.

Η προσπάθεια μοντελοποίησης των προβλημάτων και ο καθορισμός συναρτήσεων χρησιμότητας ενέχει το πλεονέκτημα ότι οι επιλογές του προβλήματος απόφασης παρουσιάζουν μια γενική βαθμολογία. Με βάση αυτή τη βαθμολογία, μπορούν να συγκριθούν όλες οι επιλογές και να ταξινομηθούν από την καλύτερη στη χειρότερη με την πιθανότητα ύπαρξης ίσων βαθμολογιών. Έτσι ορίζεται μια πλήρης κατάταξη και η προσέγγιση αυτή αναφέρεται ως προσέγγιση πλήρους συνάθροισης στην οποία η κακή βαθμολογία σε ένα κριτήριο είναι δυνατόν να αντισταθμιστεί με μια καλή βαθμολογία σε κάποιο άλλο κριτήριο.

Επιπλέον, οι μέθοδοι κατάταξης βασίζονται σε συγκρίσεις ανά ζεύγη. Αυτό σημαίνει ότι οι επιλογές συγκρίνονται δύο προς δύο μέσω ενός βαθμού υψηλότερης κατάταξης ή προτίμησης. Ο βαθμός προτίμησης ή κατάταξης αντικατοπτρίζει πόσο καλύτερη είναι μια επιλογή απ' ό,τι μια άλλη. Είναι πιθανό κάποιες επιλογές να μην μπορούν να συγκριθούν μεταξύ τους. Η σύγκριση μεταξύ δύο επιλογών παρουσιάζει δυσκολίες καθώς έχουν διαφορετικά προφίλ: μία επιλογή μπορεί να είναι καλύτερη, υποστηριζόμενη από ένα σύνολο κριτηρίων, ενώ αντίστοιχα μία άλλη εναλλακτική επιλογή να είναι καλύτερη υποστηριζόμενη από ένα άλλο σύνολο. Αυτή η πιθανότητα ύπαρξης ασύγκριτων επιλογών σημαίνει ότι μια πλήρης κατάταξη δεν είναι πάντα εφικτή και αναφέρεται ως μερική κατάταξη. Όταν αντιμετωπίζεται ένα πρόβλημα απόφασης, είναι σημαντικό να ορίζεται εξ' αρχής το είδος της εξόδου που απαιτείται.

Ο προγραμματισμός στόχων (goal programming) και η μέθοδος DEA εντάσσονται επίσης στις μεθόδους ΠΚΛΑ αλλά χρησιμοποιούνται σε ειδικές περιπτώσεις. Πιο συγκεκριμένα, στον προγραμματισμό στόχων, ένας ιδανικός στόχος μπορεί να ορίζεται υπό την επιφύλαξη περιορισμών σκοπιμότητας ενώ η μέθοδος DEA χρησιμοποιείται κυρίως για αξιολόγηση ή συγκριτική αξιολόγηση σε περιπτώσεις όπου δεν απαιτούνται υποκειμενικές εισροές (Ishizaka & Nemery, 2013).

Είναι σημαντικό κάθε πρόβλημα λήψης αποφάσεων να διαιρεθεί σε μικρά και κατανοητά μέρη προκειμένου να πραγματοποιηθεί πλήρης ανάλυσή του και μέσω μίας λογικής προσέγγισης όλων των μερών του προβλήματος να επιτευχθεί μια βέλτιστη λύση. Για τον σκοπό αυτό, έχει αναπτυχθεί ένας μεγάλος αριθμός μεθόδων που εμπίπτουν στην ομπρέλα της πολυκριτηριακής ανάλυσης, κάθε μία από τις οποίες ακολουθεί διαφορετική μεθοδολογία σχετικά με τα δεδομένα εισόδου, τις δομές, τους αλγορίθμους για τον συνδυασμό τους και τις διαδικασίες για την ερμηνεία των αποτελεσμάτων στη λήψη

αποφάσεων. Μερικές από τις πιο διαδεδομένες μεθόδους ΠΚΛΑ και τα προβλήματα που επιλύουν παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

**Πίνακας 3. 1** Προβλήματα και μέθοδοι MCDM

[Πηγή: Ishizaka & Nemery, 2013]

<b>Μέθοδος Λήψης Αποφάσεων</b>	<b>Προβλήματα Επιλογής</b>	<b>Προβλήματα Κατάταξης</b>	<b>Προβλήματα Ταξινόμησης</b>	<b>Προβλήματα Περιγραφής</b>
<b>AHP</b>	■	■	■	
<b>ANP</b>	■	■		
<b>MAUT/UTA</b>	■	■	■	
<b>MACBETH</b>	■	■		
<b>PROMETHEE</b>	■	■		
<b>ELECTRE</b>	■	■	■	
<b>TOPSIS</b>	■	■		
<b>Goal Programming</b>	■	■		
<b>DEA</b>	■			
<b>GAIA</b>				■

### 3.3 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Σε πολλά προβλήματα λήψης αποφάσεων οι παρεχόμενες πληροφορίες είναι χωρικές (γεωγραφικές). Τέτοιου είδους προβλήματα είναι γνωστά ως προβλήματα τοποθεσίας εγκατάστασης. Οι αποφάσεις τοποθεσίας αποτελούν πλέον σημαντικό μέρος της επιστήμης της επιχειρησιακής έρευνας.

Η επιλογή τοποθεσίας εγκατάστασης είναι ο κλάδος της επιχειρησιακής έρευνας που σχετίζεται με τον εντοπισμό ή την τοποθέτηση τουλάχιστον μιας νέας εγκατάστασης μεταξύ αρκετών υφιστάμενων εγκαταστάσεων με σειρά βελτιστοποίησης (ελαχιστοποίηση ή μεγιστοποίηση) μιας αντικειμενικής συνάρτησης (όπως κόστος, κέρδος, έσοδα, απόσταση, υπηρεσία, χρόνος αναμονής, κάλυψη και μερίδια αγοράς). Οι αποφάσεις τοποθεσίας εγκατάστασης έχουν σήμερα ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών σε πολλούς τομείς (Farahani et al., 2010).

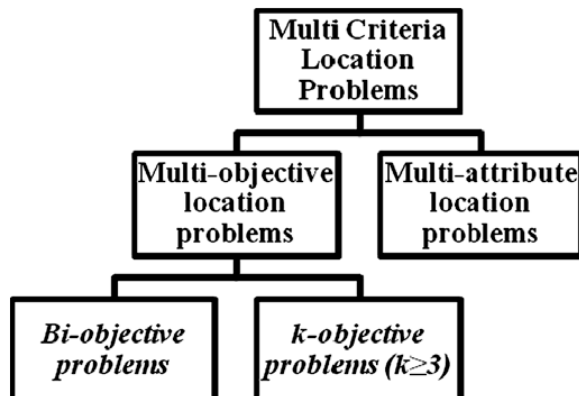
Ανεξάρτητα από το αν το πρόβλημα τοποθεσίας εγκατάστασης είναι ενός ή πολλαπλών κριτηρίων, οι στόχοι που συνήθως τίθενται είναι οι εξής (Farahani et al., 2010):

- Ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους εγκατάστασης.

- Ελαχιστοποίηση των αποστάσεων από τις ήδη υπάρχουσες εγκαταστάσεις.
- Ελαχιστοποίηση σταθερού κόστους.
- Ελαχιστοποίηση του συνολικού ετήσιου λειτουργικού κόστους.
- Μεγιστοποίηση των παρεχόμενων υπηρεσιών.
- Ελαχιστοποίηση του μέσου χρόνου/απόστασης που διανύεται.
- Ελαχιστοποίηση του μέγιστου διανυθέντος χρόνου/απόστασης.
- Ελαχιστοποίηση του αριθμού των υπαρχόντων μονάδων.
- Μεγιστοποίηση της ανταπόκρισης.

Τα τελευταία χρόνια, περιβαλλοντικοί και κοινωνικοί στόχοι σχετικοί με το κόστος ενέργειας, τις χρήσεις γης και το κόστος κατασκευής, τη συμμόρφωση, τον θόρυβο, την ποιότητα ζωής, τη ρύπανση, την κρίση ορυκτών καυσίμων και τον τουρισμό αποτελούν παράγοντες που λαμβάνονται σοβαρά υπόψη σε τέτοιου είδους προβλήματα. Κατά συνέπεια, μία από τις σημαντικότερες δυσκολίες που πρέπει να αντιμετωπιστούν σε τέτοιου είδους προβλήματα είναι να βρεθεί ένας τρόπος μέτρησης αυτών των κριτηρίων.

Η κατηγοριοποίηση των προβλημάτων αυτών μπορεί να γίνει με πολλούς τρόπους. Ένας από αυτούς παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα και αφορά τη διάκρισή τους σε πρόβλημα τοποθεσίας «πολλαπλών στόχων» (multi-objective location problems) και «πολλαπλών χαρακτηριστικών» (multi-attribute location problems). Τα προβλήματα «πολλαπλών στόχων» μπορούν να κατηγοριοποιηθούν περαιτέρω σε προβλήματα διπλού (bi-objective problems) ή περισσότερων στόχων ( $k$ -objective problems,  $k \geq 3$ ).



**Σχήμα 3. 1** Ταξινόμηση προβλημάτων τοποθεσίας εγκατάστασης πολλαπλών κριτηρίων.

[Πηγή: Farahani et al., 2010]

### **3.4 ΤΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΤΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ**

Σε προβλήματα τοποθεσίας εγκατάστασης όπου λαμβάνεται υπόψη μόνο ένα κριτήριο, αυτό αφορά συνήθως το κόστος ή την κάλυψη που παρέχει η υποψήφια εγκατάσταση. Ωστόσο, στα προβλήματα πολλαπλών κριτηρίων, λαμβάνονται υπόψη περισσότερα του ενός κριτηρίου, τα οποία εξετάζονται προκειμένου να ικανοποιηθούν κατά το βέλτιστο δυνατό τρόπο τον στόχο που έχει τεθεί. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα κριτήρια των προβλημάτων της παραπάνω κατηγοριοποίησης (Σχήμα 3.1).

#### **3.4.1 Κριτήρια απόφασης πολλαπλών στόχων**

Τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο σε προβλήματα αποφάσεων πολλαπλών στόχων είναι τα ακόλουθα (Farahani et al., 2010):

- Κόστος: Υπάρχουν διάφοροι τύποι κόστους. Κατά ένα γενικό κανόνα, το κόστος διακρίνεται σε σταθερό και μεταβλητό. Το σταθερό κόστος περιλαμβάνει την εγκατάσταση και το κόστος που απαιτείται για την έναρξη της λειτουργίας συμπεριλαμβανομένων και των επενδύσεων. Το μεταβλητό κόστος μπορεί να είναι η μεταφορά, η λειτουργία, η παραγωγή, οι υπηρεσίες, η διανομή, η συντήρηση και το περιβαλλοντικό κόστος. Στα περισσότερα προβλήματα χρησιμοποιείται το κριτήριο του «συνολικού κόστους» το οποίο περιλαμβάνει όλα τα επιμέρους κόστη.
- Περιβαλλοντικός κίνδυνος: Πρόκειται για τον κίνδυνο μεταφοράς, τον φυσικό κίνδυνο, τον κίνδυνο διάθεσης ή επεξεργασίας αποβλήτων και γενικά τις «ανεπιθύμητες ενέργειες».
- Κάλυψη: Τα περισσότερα προβλήματα τοποθεσίας εγκατάστασης σχετίζονται με την κάλυψη κατά απόσταση, χρόνο καθώς και την κάλυψη/εξυπηρέτηση του πληθυσμού.
- Επίπεδο και αποτελεσματικότητα υπηρεσιών: Πρόκειται για το κριτήριο του επιπέδου των παρεχόμενων υπηρεσιών μαζί με τα κριτήρια της αποτελεσματικότητας και της αποδοτικότητας αυτών.
- Κέρδος: Σε πολλά προβλήματα επιλογής τοποθεσίας εγκατάστασης βασικό κριτήριο αποτελεί το καθαρό κέρδος, η διαφορά μεταξύ κερδών και κόστους ή άλλα αποτελέσματα του κεφαλαίου που επένδυσαν.
- Άλλα κριτήρια: Πρόκειται για κριτήρια τα οποία σχετίζονται με την προσβασιμότητα σε πόρους καθώς και κοινωνικούς ή πολιτικούς κινδύνους.

#### **3.4.2 Κριτήρια απόφασης πολλαπλών χαρακτηριστικών**

Τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται σε τέτοιου τύπου προβλήματα είναι τα εξής (Farahani et al., 2010):

- Κόστος: Περιλαμβάνει το κόστος γης, μεταφοράς, εγκατάστασης, συντήρησης κ.λπ.

- Αξία και οφέλη: Μπορεί να είναι τα έσοδα, η αξία γης, τα περιουσιακά στοιχεία ή η αξία προϊόντος.
- Περιβαλλοντικοί κίνδυνοι: Σχετίζονται με τις επιπτώσεις στην υγεία, τη ρύπανση, τις οσμές, τη ρύπανση του αέρα ή του νερού, τη συλλογή αποβλήτων κ.λπ.
- Προσβασιμότητα στους πόρους.
- Πρόσβαση σε δημόσιες εγκαταστάσεις, όπως αεροδρόμια, αυτοκινητόδρομους ή σιδηροδρόμους ακόμη και σε δομές αναψυχής, τουρισμού κ.λπ.
- Πολιτικά θέματα και κανονισμοί, συμπεριλαμβανομένης της εθνικής και τοπικής νομοθεσίας.
- Περιβάλλον του ανταγωνισμού.
- Οικονομικά κριτήρια: Εκτός από το κόστος και την αξία, περιλαμβάνουν τη διαθεσιμότητα εργασίας, τις ευκαιρίες απασχόλησης, τη νομισματική αξία κ.λπ.
- Πληθυσμός: Αποτελεί το σημαντικότερο κριτήριο σε πολλά προβλήματα τοποθεσίας εγκατάστασης.
- Χωρητικότητα και μέγεθος της εγκατάστασης.
- Αποστάσεις από τις ενδιαφερόμενες αγορές ή τους πελάτες, τους προμηθευτές και τους πόρους. Επιπλέον, σε πολλές περιπτώσεις εξετάζονται και οι αποστάσεις από περιοχές ειδικού οικολογικού ενδιαφέροντος.

Τέλος, ποιοτικά, πολιτιστικά και κοινωνικά ζητήματα είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν ως κριτήρια σε προβλήματα αποφάσεων τοποθεσίας εγκατάστασης.

### **3.5 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΣΕ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ**

Τα τελευταία χρόνια, η πολυκριτηριακή ανάλυση έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως σε προβλήματα τοποθεσίας εγκατάστασης. Έχουν προταθεί διάφορες προσεγγίσεις για την επίλυση προβλημάτων πολλαπλών στόχων με τη βοήθεια μοντέλων πολυκριτηριακής ανάλυσης. Ορισμένοι ερευνητές αντιμετωπίζουν το πρόβλημα του χωρικού προσδιορισμού από μια ευρύτερη προσέγγιση, στην οποία το σύνολο των εναλλακτικών λύσεων θεωρείται άπειρο. Τέτοιες προσεγγίσεις είναι αυτές των Emek & Kara (2007), Colebrook & Sicilia (2007) και Alumur & Kara (2007).

Μία άλλη προσέγγιση αφορά την εφαρμογή μεθόδων πολυκριτηριακής ανάλυσης οι οποίες εξετάζουν ένα σχετικά μικρό και πεπερασμένο σύνολο εναλλακτικών λύσεων. Ωστόσο λαμβάνουν υπόψη έναν μεγάλο αριθμό κριτηρίων, τόσο ποσοτικών όσο και ποιοτικών. Οι Cheng et al. (2002) χρησιμοποίησαν μεθόδους MCDA (όπως: α) Μέθοδο απλής σταθμισμένης προσθήκης, β) μέθοδος σταθμισμένου προϊόντος, γ) TOPSIS, δ) θεωρία παιγνίων και ε) ELECTRE) για την επιλογή τοποθεσίας εγκατάστασης ΧΥΤΑ στην περιοχή του Καναδά. Σε επόμενη δημοσίευσή τους, οι ίδιοι, ενσωμάτωσαν μεθόδους MCDA και ανακριβές



μικτό ακέραιο γραμμικό προγραμματισμό (inexact mixed integer linear programming, IMILP) για την επιλογή της βέλτιστης τοποθεσίας υγειονομικής ταφής και ενός συστήματος κατανομής και ροής των αποβλήτων έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθεί το συνολικό κόστος της διαδικασίας (Cheng et al., 2003).

Ανάλογες προσεγγίσεις έχουν γίνει με τη μέθοδο PROMETHEE για την επιλογή τοποθεσίας διάθεσης λυμάτων, από τους Khalil et al. (2004), για την επιλογή της βέλτιστης τοποθεσίας εγκατάστασης ανακύκλωσης και επεξεργασίας ΑΗΕΕ στην Ισπανία, από τους Queiruga et al. (2008), ενώ και οι Rousis et al. (2008) πραγματοποίησαν πολυκριτηριακή ανάλυση με τη μέθοδο PROMETHEE για τον προσδιορισμό του καλύτερου σεναρίου διαχείρισης ΑΗΕΕ στην Κύπρο.

Παράλληλα, με τη μέθοδο ELECTRE, η Norese (2006) πραγματοποίησε τη σύγκριση και την κατάταξη των πιθανών τοποθεσιών για την εγκατάσταση μιας μονάδας αποτέφρωσης και αποθήκευσης τέφρας στην Ιταλία. Επιπλέον, σε μία μελέτη περίπτωσης για την Ελλάδα, οι Achilles et al. (2010), προκειμένου να κατατάξουν τις βέλτιστες τοποθεσίες εγκατάστασης επεξεργασίας ΑΗΕΕ για την περιβαλλοντικά ορθή διαχείρισή τους στο τέλος του κύκλου ζωής τους, ανέπτυξαν ένα σύστημα υποστήριξης αποφάσεων χρησιμοποιώντας τη μέθοδο ELECTRE III. Έτσι, λαμβάνοντας υπόψη οικονομικά και κοινωνικά κριτήρια και θεωρώντας είκοσι δύο υποψήφιες πόλεις της Ελληνικής επικράτειας για την εγκατάσταση της μονάδας, οδηγήθηκαν σε μία βέλτιστη τελική κατάταξη των εναλλακτικών λύσεων βάσει των τιθέμενων κριτηρίων.

Οι Banar et al. (2014), χρησιμοποίησαν διάφορες μεθόδους ΠΚΛΑ για την κατάταξη των εναλλακτικών λύσεων στο πρόβλημα της εγκατάστασης μονάδων ανακύκλωσης ΑΗΕΕ στην Τουρκία. Έτσι, λαμβάνοντας υπόψη επτά (7) κριτήρια και εξετάζοντας δέκα έξι (16) εναλλακτικές πόλεις της χώρας, προσδιορίστηκε η τελική κατάταξη των πόλεων με τη βοήθεια των μεθόδων AHP, ANP, ELECTRE και PROMETHEE.

Οι AHP και ANP κερδίζουν έδαφος τα τελευταία χρόνια καθώς χρησιμοποιούνται σε πολλές εφαρμογές. Οι Gemitzi et al. (2007) και Kontos et al. (2003) συνδύασαν την εφαρμογή συστήματος γεωγραφικών πληροφοριών (Geographic Information System, GIS) με τη μέθοδο πολυκριτηριακής ανάλυσης AHP για την αξιολόγηση τοποθεσίας εγκατάστασης υγειονομικής ταφής ΑΣΑ στην Ελλάδα. Σχετική έρευνα δημοσιεύτηκε και από τους Wang et al. (2009) στην Κίνα. Τέλος, οι Khan & Faisal (2008), αξιοποίησαν τη μέθοδο ANP προκειμένου να αξιολογηθούν και να ιεραρχηθούν οι κατάλληλες μέθοδοι διάθεσης των ΑΣΑ.

Σχετικά με τα ΦΒ panels, έχουν δημοσιευθεί ορισμένες εργασίες σχετικά με τον χωρικό προσδιορισμό μονάδων παραγωγής ενέργειας από ΦΒ χρησιμοποιώντας μεθόδους λήψης

αποφάσεων πολλαπλών κριτηρίων. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν οι έρευνες που δημοσιεύτηκαν από τους Azadeh et al. (2008), Demirel & Vural (2010), Kengpol et al. (2013) και Ghasempour et al. (2019). Ωστόσο, δεν βρέθηκαν ανάλογες έρευνες σχετικά με τον προσδιορισμό της βέλτιστης τοποθεσίας μονάδων ανακύκλωσης ΦΒ αφού η αξιοποίησή τους στο τέλος του κύκλου ζωής τους αποτελεί ένα ζήτημα που ξεκίνησε να απασχολεί την παγκόσμια κοινότητα μόλις τα τελευταία χρόνια.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup> : ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η κατάλληλη επιλογή τοποθεσίας εγκατάστασης μονάδας ανακύκλωσης ΦΒ panels μπορεί να διατυπωθεί ως ένα πρόβλημα λήψης αποφάσεων με τη χρήση πολλαπλών κριτηρίων, όπου ένα σύνολο εναλλακτικών στοιχείων  $A_i$  ( $i=1,2,\dots,n$ ) αξιολογείται με βάση διάφορα ποσοτικά και ποιοτικά κριτήρια  $C_j$  ( $j=1,2,\dots,k$ ) στα οποία έχουν τεθεί ορισμένα βάρη. Προκειμένου να βοηθηθούν οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων (Decision Makers, DM) στην προσπάθειά τους να αναπτύξουν ένα αποτελεσματικό σύστημα διαχείρισης των ΦΒ panels στην κατάλληλη τοποθεσία, θα πρέπει να αναπτυχθεί ένα σύστημα λήψης αποφάσεων.

Έπειτα από βιβλιογραφική έρευνα σε αντίστοιχες μελέτες, λογισμικά και αλγορίθμους, η μέθοδος που κρίθηκε ως η καταλληλότερη για την εύρεση της βέλτιστης τοποθεσίας εγκατάστασης μονάδας ανακύκλωσης ΦΒ panels είναι η ΑΗΡ. Η επιλογή αυτή δικαιολογείται από το γεγονός ότι τα περισσότερα κριτήρια που λήφθηκαν υπόψη κατά τη χωροθέτηση της μονάδας ανακύκλωσης δεν ήταν ανεξάρτητα μεταξύ τους.

Για το σκοπό αυτό, επιλέχθηκαν αρχικά ως υποψήφιες τοποθεσίες εγκατάστασης της μονάδας ανακύκλωσης των ΦΒ panels ορισμένες Περιφερειακές Ενότητες (ΠΕ) της Ελληνικής επικράτειας βάσει κάποιων γενικών κριτηρίων. Στη διαδικασία αυτή σημαντική ήταν η συμβολή ειδικών εμπειρών μηχανικών με σχετική τεχνογνωσία. Να σημειωθεί ότι η διαδικασία αποκτά υποκειμενικό χαρακτήρα εφόσον η δόμηση του προβλήματος τίθεται στην κρίση του λήπτη της απόφασης.

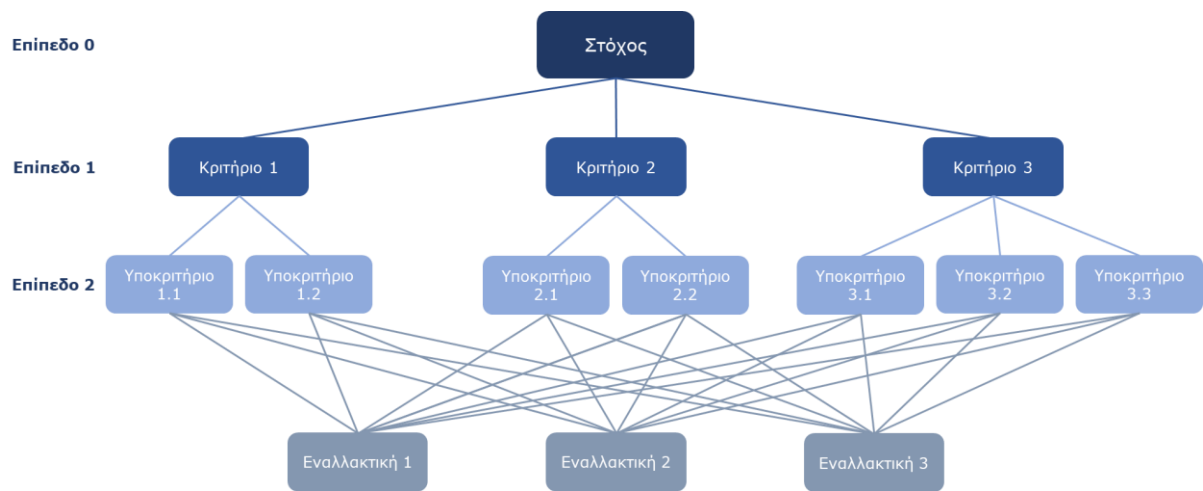
Στο Κεφάλαιο αυτό, περιγράφεται αρχικά η μέθοδος της αναλυτικής ιεράρχησης ΑΗΡ η οποία και επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί στο συγκεκριμένο πρόβλημα. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται αναλυτικά η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την εκτίμηση του αριθμού των ΦΒ panels που εγκαταστάθηκαν στην Ελλάδα τα τελευταία χρόνια και τα οποία πρόκειται να ανακυκλωθούν, καθώς και το πως αυτά "κατανέμονται" στις 13 ελληνικές περιφέρειες. Με βάση την εκτίμηση αυτή, πραγματοποιείται η επιλογή των υποψήφιων περιφερειακών ενοτήτων για την εγκατάσταση της μονάδας ανακύκλωσης, καθορίζεται η ιεραρχική δομή του προβλήματος και τα κριτήρια που θα ληφθούν υπόψη. Τέλος, γίνεται ο προσδιορισμός των συντελεστών βαρύτητας σύμφωνα με τους οποίους θα προκύψει η τελική κατάταξη των εναλλακτικών λύσεων.

### 4.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗΣ ΙΕΡΑΡΧΗΣΗΣ (ΑΗΡ)

Το 1977, ο Thomas L. Saaty, επινόησε τη μέθοδο της αναλυτικής ιεράρχησης (Analytic Hierarchy Process ΑΗΡ), μια δημοφιλή και ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδο για προβλήματα πολυκριτηριακής ανάλυσης. Η ΑΗΡ επιτρέπει τη χρήση τόσο ποσοτικών όσο και

ποιοτικών κριτηρίων κατά την αξιολόγηση εναλλακτικών λύσεων ενώ τα στοιχεία που εξετάζονται δεν είναι εντελώς ανεξάρτητα το ένα από το άλλο.

Στη μέθοδο AHP, το πρόβλημα πρέπει πρώτα να δομηθεί σε μια ιεραρχική δομή όπου ο τελικός στόχος βρίσκεται στο υψηλότερο επίπεδο, διαιρείται σε επιμέρους κριτήρια (και υπό κριτήρια για τα περισσότερα σύνθετα προβλήματα), ενώ οι εναλλακτικές λύσεις για την επίτευξη του στόχου βρίσκονται στο κατώτερο επίπεδο της ιεραρχίας (San Cristóbal, 2011). Υπάρχουν δηλαδή τουλάχιστον τρία επίπεδα στοιχείων στην ιεραρχία του προβλήματος όπως παρουσιάζεται και στο ακόλουθο σχήμα.



**Σχήμα 4. 1:** Γενική ιεραρχία της μεθόδου AHP.

[Πηγή: Agarwal et al., 2014, Ιδία επεξεργασία]

Για την υλοποίηση της μεθόδου αυτής απαιτείται συνήθως να υπάρχουν υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων (decision-makers) και ειδικοί εμπειρογνώμονες (experts) οι οποίοι γνωρίζουν επαρκώς το αντικείμενο μελέτης με το οποίο σχετίζεται το πρόβλημα. Ως εκ τούτου, εφόσον έχει καθοριστεί ο επιθυμητός στόχος και έχουν προσδιοριστεί οι εναλλακτικές λύσεις που υπάρχουν για την επίτευξή του, οι εμπειρογνώμονες καλούνται να αξιολογήσουν τις εναλλακτικές λύσεις σύμφωνα με τα συγκεκριμένα κριτήρια που έχουν τεθεί (Rezaei & Ortt, 2013).

Στη συνέχεια, και εφόσον έχει ολοκληρωθεί η δόμηση του προβλήματος, υπολογίζεται ο συντελεστής βαρύτητας ή αλλιώς η προτεραιότητα κάθε κριτηρίου και υποκριτηρίου. Ως προτεραιότητα ορίζεται η βαθμολογία η οποία κατατάσσει τη σημασία/βαρύτητα κάθε στοιχείου (εναλλακτικής λύσης, κριτηρίου ή υποκριτηρίου) στην τελική απόφαση. Συνήθως υπολογίζονται τρεις τύποι προτεραιοτήτων :

1. Προτεραιότητες κριτηρίων (criteria priorities): Σημασία κάθε κριτηρίου (σε σχέση με τον στόχο),

2. Τοπικές προτεραιότητες ή προτεραιότητες των εναλλακτικών (Local alternative priorities): Σημασία μιας εναλλακτικής σε σχέση με ένα συγκεκριμένο κριτήριο,
3. Συνολικές εναλλακτικές προτεραιότητες (Global alternative priorities): Οι προτεραιότητες των κριτηρίων και οι τοπικές προτεραιότητες αποτελούν τα ενδιάμεσα στάδια για τον υπολογισμό των συνολικών προτεραιοτήτων. Οι συνολικές εναλλακτικές προτεραιότητες κατατάσσουν τις εναλλακτικές επιλογές σε σχέση με όλα τα κριτήρια και κατά συνέπεια σε σχέση με τον συνολικό στόχο του προβλήματος.

Ο υπολογισμός αυτός στηρίζεται σε συγκρίσεις κατά ζεύγη των προτεινόμενων κριτηρίων οι οποίες ξεκινούν από το πρώτο επίπεδο και συνεχίζουν στα χαμηλότερα επίπεδα, συγκρίνοντας κάθε φορά στοιχεία του ίδιου επιπέδου. Στο στάδιο αυτό ο λήπτης της απόφασης απαντά σε ερωτήματα της μορφής «Λαμβάνοντας υπόψη ένα κριτήριο και έχοντας δύο εναλλακτικές επιλογές, ποια επιλογή ικανοποιεί περισσότερο το κριτήριο αυτό και κατά πόσο περισσότερο;». Για τη διευκόλυνση της διαδικασίας αυτής συχνά κατασκευάζονται πίνακες σύγκρισης κατά ζεύγη, οι οποίοι τελικά υποδεικνύουν πώς τα στοιχεία του προβλήματος συμβάλλουν στον επίτευξη του τελικού στόχου. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται για τα στοιχεία όλων των επιπέδων του προβλήματος, έχοντας σαν κριτήριο κάθε φορά το στοιχείο του αμέσως προηγούμενου επιπέδου με το οποίο υπάρχει άμεση σύνδεση.

Ένας πίνακας σύγκρισης είναι ένας πραγματικός πίνακας  $A$  διαστάσεων  $n \times n$ , όπου  $n$  είναι ο αριθμός των στοιχείων που λαμβάνονται υπόψη κατά τη ζευγαρωτή σύγκριση. Κάθε μία από τις τιμές του πίνακα ( $a_{ij}$ ) αντιπροσωπεύει τη σημαντικότητα του στοιχείου  $i$  σε σχέση με το στοιχείο  $j$  και θα πρέπει να ικανοποιεί τον ακόλουθο περιορισμό ή αλλιώς τον κανόνα της αντιστροφής:

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}, \text{ όπου } i \neq j \neq 0 \text{ και } a_{ii} = 1$$

Δηλαδή, αν  $X$  είναι σημαντικότερο του  $Y$  κατά  $a_{ij}$ , τότε  $Y$  είναι σημαντικότερο του  $X$  κατά  $1/a_{ij}$ .

Για  $a_{ij} > 1$ , το κριτήριο  $i$  θεωρείται σημαντικότερο από το κριτήριο  $j$ ,

Για  $a_{ij} < 1$ , το κριτήριο  $i$  θεωρείται λιγότερο σημαντικό από το κριτήριο  $j$ ,

Για  $a_{ij} = 1$ , το κριτήριο  $i$  θεωρείται εξίσου σημαντικό με το κριτήριο  $j$ .

Ο αριθμός των απαιτούμενων συγκρίσεων για κάθε πίνακα είναι ίσος με  $\frac{n^2-n}{2}$ . Η αξιολόγηση της σχετικής σημασίας κάθε εναλλακτικής μεταξύ δύο κριτηρίων μπορεί να υλοποιηθεί μέσω μιας αριθμητικής κλίμακας η οποία προτάθηκε από τον Saaty (Saaty, 1994) και παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα.

**Πίνακας 4. 1:** Κλίμακα συγκρίσεων κατά ζεύγη κατά τον Saaty.

[Πηγή: Saaty, 1994]

<b>Ένταση σχετικής σημασίας</b>	<b>Ορισμός</b>	<b>Επεξήγηση</b>
<b>1</b>	Ίση προτίμηση	Δύο δραστηριότητες συμβάλλουν εξίσου στον στόχο.
<b>3</b>	Αδύναμη προτίμηση	Η εμπειρία και η κρίση ευνοούν ελαφρώς μία δραστηριότητα.
<b>5</b>	Ισχυρή προτίμηση	Η εμπειρία και η κρίση ευνοούν μία δραστηριότητα.
<b>7</b>	Εξαιρετικά ισχυρή προτίμηση	Μια δραστηριότητα ευνοείται έντονα και η κυριαρχία της αποδεικνύεται στην πράξη.
<b>9</b>	Απόλυτη προτίμηση	Τα στοιχεία που ευνοούν μια δραστηριότητα έναντι μιας άλλης έχουν την υψηλότερη δυνατή τάξη επιβεβαίωσης.
<b>2, 4, 6, 8</b>	Ενδιάμεσες τιμές	Όταν απαιτείται συμβιβασμός.

Σύμφωνα με όσα προαναφέρθηκαν, η μορφή των πραγματικών πινάκων σύγκρισης είναι η ακόλουθη:

$$A = \begin{array}{c|cccccc}
 & \text{Κριτήρια} & C_1 & C_2 & C_3 & \dots & C_n \\
 \hline
 C_1 & & 1 & \alpha_{12} & \alpha_{13} & \dots & \alpha_{1n} \\
 C_2 & & 1/\alpha_{12} & 1 & 1/\alpha_{32} & \dots & \alpha_{2n} \\
 C_3 & & 1/\alpha_{13} & 1/\alpha_{23} & 1 & \dots & \alpha_{3n} \\
 \vdots & & \dots & \dots & \dots & 1 & \vdots \\
 C_n & & 1/\alpha_{1n} & 1/\alpha_{2n} & 1/\alpha_{3n} & \dots & 1
 \end{array}$$

Εφόσον προσδιοριστεί η σχετική σημασία μεταξύ των στοιχείων κάθε επιπέδου και συμπληρωθούν οι πίνακες σύγκρισης, υπολογίζονται οι βαρύτητες όλων των στοιχείων σύμφωνα με το κριτήριο σύγκρισης. Με βάση την υπόθεση ότι όλοι οι πίνακες συγκρίσεων  $A$  παρουσιάζουν συνέπεια ( $\alpha_{ik} \times \alpha_{kj} = \alpha_{ij}$  για κάθε  $i, j, k$ ) (Saaty, 1980), ο υπολογισμός του διανύσματος των βαρυτήτων δίνεται από την ακόλουθη σχέση 4.1:

$$A\bar{w} = n\bar{w} \quad (4.1)$$

Όπου  $A$  = ο πίνακας σύγκρισης

$\vec{w}$  = το διάνυσμα των βαρυτήτων των στοιχείων του πίνακα  $A$

$n$  = η διάσταση του πίνακα  $A$

Στην περίπτωση όπου ο πίνακας  $A$  δεν παρουσιάζει συνέπεια, ο υπολογισμός των βαρυτήτων πραγματοποιείται προσεγγιστικά μέσω του ιδιοδιανύσματος του πίνακα  $A$  (σχέση 4.2) όπου:

$$A\hat{W} = \lambda_{\max}\hat{W} \quad (4.2)$$

Όπου:  $\lambda_{\max}$  = η μέγιστη ιδιοτιμή του πίνακα  $A$

$\hat{W}$  = το ιδιοδιάνυσμα του πίνακα  $A$  που αντιστοιχεί στη μέγιστη ιδιοτιμή  $\lambda_{\max}$

Το προκύπτον διάνυσμα των συντελεστών βαρύτητας θα πρέπει να ικανοποιεί την ακόλουθη απαίτηση:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (4.3)$$

Η τελική βαρύτητα που αποδίδεται σε κάθε εναλλακτική λύση του χαμηλότερου επιπέδου της ιεραρχίας του προβλήματος, προκύπτει ουσιαστικά από τον συνυπολογισμό όλων των επιμέρους βαρυτήτων των κριτηρίων και υποκριτηρίων των ανώτερων επιπέδων που δομούν το πρόβλημα. Έτσι, οι τελικές προτεραιότητες υπολογίζονται από τη ακόλουθη σχέση:

$$\sum_j w_j y_{ij} \quad (4.4)$$

όπου:  $w_j$  = η βαρύτητα του κριτηρίου  $j$

$y_{ij}$  = η βαρύτητα του κριτηρίου  $j$  σε σχέση με το κριτήριο  $i$

Υπάρχουν δύο επιπλέον βήματα που εφαρμόζονται και σχετίζονται με τον έλεγχο συνέπειας και την ανάλυση ευαισθησίας. Τα δύο αυτά βήματα είναι προαιρετικά αλλά συνίσταται να υλοποιούνται ως επιβεβαίωση της ορθότητας των αποτελεσμάτων (Ishizaka & Nemery, 2013).

Έχουν προταθεί διάφορες μέθοδοι για τη μέτρηση της ασυνέπειας. Ωστόσο, η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη μέθοδος αναπτύχθηκε από τον Saaty (Saaty, 1977), ο οποίος πρότεινε τον υπολογισμό ενός δείκτη συνέπειας (Consistency Index, CI) σύμφωνα με τη σχέση 4.5:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1} \quad (4.5)$$

όπου  $n$  = η διάσταση του πίνακα  $A$  (και άρα ο αριθμός των κριτηρίων)

$\lambda_{\max}$  = η μέγιστη ιδιοτιμή του πίνακα  $A$ .

Ο λόγος συνέπειας (Consistency Ratio, CR) δίνεται από τη σχέση 4.6:

$$CR = CI/RI \quad (4.6)$$

Ο RI αντιπροσωπεύει έναν τυχαίο δείκτη (Random Index) που αποτελεί τον μέσο όρο των CI που προέκυψαν από 500 τυχαία συμπληρωμένους πίνακες. Ο Saaty, υπολόγισε τους τυχαίους δείκτες που παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα. Αντίστοιχοι υπολογισμοί του τυχαίου δείκτη RI πραγματοποιήθηκαν και από άλλους ερευνητές καταλήγοντας σε διαφορετικούς αριθμούς από το Saaty, με μικρές ωστόσο αποκλίσεις. Εάν η τιμή του CR είναι μικρότερη από 0,1 ή 10% τότε ο πίνακας παρουσιάζει αποδεκτό επίπεδο ασυνέπειας.

**Πίνακας 4. 2:** Τυχαίος δείκτης, RI (Saaty, 1977).

<i>n</i>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>RI</b>	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Το τελευταίο βήμα της διαδικασίας λήψης απόφασης είναι η ανάλυση ευαισθησίας κατά την οποία τροποποιούνται σε μικρό βαθμό τα δεδομένα εισόδου του προβλήματος και στη συνέχεια παρατηρείται η επίδρασή τους στο τελικό αποτέλεσμα. Η ανάλυση ευαισθησίας επιτρέπει τη διαμόρφωση διαφορετικών σεναρίων τα οποία είναι πιθανόν να οδηγήσουν σε διαφορετικές ταξινομήσεις από την αρχική. Εάν η κατάταξη δεν αλλάξει, το αποτέλεσμα θεωρείται πως είναι ισχυρά βέβαιο - διαφορετικά είναι ευαίσθητο.

#### **4.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΦΒ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

Η γνώση του αριθμού των εγκατεστημένων αλλά και των προς ανακύκλωση ΦΒ panels αποτελούν ιδιαίτερα σημαντικές παραμέτρους για την επιλογή της κατάλληλης τοποθεσίας εγκατάστασης της μονάδας ανακύκλωσης. Για την εκτίμηση του μεγέθους της ανακύκλωσης των ΦΒ συστημάτων χρειάζεται αρχικά να γνωρίζουμε τον αριθμό των panels που εγκαταστάθηκε σε κάθε ελληνική περιφέρεια από το 2007, οπότε και ξεκίνησε η εγκατάστασή τους. Ο ακριβής αριθμός των εγκατεστημένων panels αποτελεί δεδομένο που δεν είναι διαθέσιμο. Συνεπώς θα πρέπει να πραγματοποιηθεί ο υπολογισμός τους με όσο γίνεται μεγαλύτερη ακρίβεια σύμφωνα με τα στοιχεία που είναι διαθέσιμα. Για την πραγματοποίηση αυτού του υπολογισμού χρειάστηκε αρχικά η εύρεση της κατανομής της εγκατεστημένης ισχύος στις περιφέρειες της χώρας για κάθε έτος.

Με βάση τα συνοπτικά πληροφοριακά δελτία των ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ (Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης) των ΔΑΠΕΕΠ (Διαχειριστής Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και Εγγυήσεων Προέλευσης) και ΔΕΔΔΗΕ (Διαχειριστής Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας) κάθε έτους, από το 2007 έως το 2020, καταγράφηκε η εγκατεστημένη ισχύς, σε kW, για το διασυνδεδεμένο σύστημα και τα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά (ΜΔΝ).



Ως μήνας αναφοράς κάθε έτους, για την καταγραφή των δεδομένων, θεωρήθηκε ο τελευταίος μήνας του έτους (Δεκέμβριος). Για τα έτη όπου δεν βρέθηκαν τα αντίστοιχα πληροφοριακά δελτία του μήνα Δεκεμβρίου χρησιμοποιήθηκαν τα διαθέσιμα δεδομένα του πιο κοντινού σε αυτόν μήνα.

Για το έτος 2011, όπου δεν βρέθηκαν καθόλου δεδομένα, έγινε μία προσεγγιστική κατανομή της ισχύος σε κάθε περιφέρεια. Πιο συγκεκριμένα, υπολογίστηκε για κάθε έτος, τι ποσοστό της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος αντιστοιχεί σε κάθε περιφέρεια και βρέθηκε ο μέσος όρος όλων των ετών για κάθε περιφέρεια. Έτσι, πολλαπλασιάζοντας την τιμή του μέσου όρου κάθε περιφέρειας με τη συνολικά εγκατεστημένη ισχύς του 2011, υπολογίστηκε η γεωγραφική κατανομή της ισχύος του έτους στις περιφέρειες. Τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν παρουσιάζονται συνοπτικά στον επόμενο πίνακα.

**Πίνακας 4. 3:** Γεωγραφική κατανομή εγκατεστημένης ισχύος (kW).

[Πηγή: ΔΑΠΕΕΠ, ΔΕΔΔΗΕ]

<i>Έτος</i>	<i>Μήνας</i>	<i>Αν. Μακεδονία &amp; Θράκη</i>	<i>Κεντρική Μακεδονία</i>	<i>Δυτική Μακεδονία</i>	<i>Βόρειο Αιγαίο</i>	<i>Νότιο Αιγαίο</i>	<i>Ήπειρος</i>	<i>Θεσσαλία</i>	<i>Ιόνια Νησιά</i>	<i>Δυτική Ελλάδα</i>	<i>Στερεά Ελλάδα</i>	<i>Πελοπόννησος</i>	<i>Αττική</i>	<i>ΜΑΝ</i>	<i>Σύνολο</i>
<b>2020</b>	12	319.511	514.065	131.236	101	8.970	128.962	430.317	27.266	290.339	1.058.463	309.994	185.501	129.750	3.534.475
<b>2019</b>	12	224.813	357.243	100.876	101	8.970	110.254	291.206	26.966	275.736	330.079	309.994	177.863	129.750	2.343.850
<b>2018</b>	12	216.356	329.232	98.234	101	8.970	108.715	275.207	26.966	275.736	317.003	309.994	174.500	129.740	2.270.752
<b>2017</b>	12	214.857	320.243	98.233	100	2.413	108.714	265.217	26.966	275.736	315.453	297.500	167.300	135.880	2.228.611
<b>2016</b>	12	214.958	320.240	98.203	100	2.413	108.714	265.217	26.966	275.736	315.387	297.402	167.300	135.980	2.228.615
<b>2015</b>	12	214.950	320.240	98.203	100	2.413	108.714	265.217	26.966	275.736	315.327	297.402	167.300	135.980	2.228.547
<b>2014</b>	12	213.167	320.096	98.004	100	2.413	108.714	265.217	26.966	275.162	316.217	291.955	167.300	135.940	2.221.249
<b>2013</b>	12	208.250	318.510	98.050	100	2.410	108.550	264.270	27.000	275.120	310.750	290.180	167.050	135.820	2.206.060
<b>2012</b>	11	99.852	129.665	47.815	0	318	44.623	121.410	2.895	136.075	157.469	196.472	95.768	112.410	1.144.772
<b>2011</b>	-	43.331	76.588	17.808	0	641	27.163	58.880	3.161	42.026	57.383	56.493	29.210	8.274	434.274
<b>2010</b>	3	3.891	14.256	5.969	0	19	2.381	5.874	20	3.307	7.346	13.259	1.140	5.880	63.342
<b>2009</b>	4	897	5.545	619	0	19	1.116	3.765	0	1.304	2.864	2.956	602	-	19.687
<b>2008</b>	11	659	4.103	217	0	19	499	1.604	0	808	315	1.419	484	-	10.125
<b>2007</b>	10	105	40	0	0	0	97	96	0	0	0	0	43	-	381

Για τον υπολογισμό της ετήσιας εγκατεστημένης ισχύος χρησιμοποιήθηκε η τιμή κάθε έτους και της προηγούμενης χρονιάς και υπολογίστηκε η διαφορά τους σύμφωνα με την ακόλουθη σχέση.

$$\text{Ετήσια εγκ. ισχύς } i = \text{Συνολική εγκ. Ισχύς } i - \text{Συνολική εγκ. Ισχύς } i-1 \quad (4.7)$$

όπου  $i$  το έτος υπολογισμού.

Για το έτος 2020 η συνολική εγκατεστημένη ισχύς στην περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης βρέθηκε ίση με 319.511 kW ενώ για το 2019 ίση με 224.813 kW. Συνεπώς, από τη σχέση 4.7, η ετήσια εγκατεστημένη ισχύς σε αυτήν την περιφέρεια για το έτος 2020 είναι ίση με:

$$\text{Ετήσια εγκ. Ισχύς } 2020 = \text{Συνολική εγκ. Ισχύς } 2020 - \text{Συνολική εγκ. Ισχύς } 2019 \rightarrow$$

$$\text{Ετήσια εγκ. Ισχύς } 2020 = 319.511 - 224.813 = 94.699 \text{ kW}$$

Ομοίως υπολογίστηκε η ισχύς που εγκαταστάθηκε σε κάθε περιφέρεια ανά έτος και τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 4. 4.

Στις περιπτώσεις όπου η εγκατεστημένη ισχύς βρέθηκε αρνητική θεωρήθηκε ότι δεν εγκαταστάθηκε ισχύς τη συγκεκριμένη χρονιά και τέθηκε ίση με μηδέν, καθώς δεν έχει φυσικό νόημα να πούμε ότι έγινε η εγκατάσταση αρνητικής ισχύος. Το αρνητικό αποτέλεσμα οφείλεται σε τυχόν αποσύνδεση ορισμένων panels από το δίκτυο.

**Πίνακας 4. 4:** Ετήσια εγκατεστημένη ισχύς ανά περιφέρεια (kW).

	<i>Αν. Μακεδονία &amp; Θράκη</i>	<i>Κεντρική Μακεδονία</i>	<i>Δυτική Μακεδονία</i>	<i>Βόρειο Αιγαίο</i>	<i>Νότιο Αιγαίο</i>	<i>Ήπειρος</i>	<i>Θεσσαλία</i>	<i>Ιόνια Νησιά</i>	<i>Δυτική Ελλάδα</i>	<i>Στερεά Ελλάδα</i>	<i>Πελοπόννησος</i>	<i>Αττική</i>	<i>ΜΔΝ</i>	<i>Σύνολο</i>
<b>2020</b>	94.699	156.822	30.361	0	0	18.708	139.111	300	14.604	728.384	0	7.637	0	1.190.625
<b>2019</b>	8.457	28.011	2.642	0	0	1.539	15.998	0	0	13.076	0	3.363	10	73.097
<b>2018</b>	1.499	8.988	1	1	6.557	1	9.990	0	0	1.550	12.494	7.200	0	48.281
<b>2017</b>	0	3	30	0	0	0	0	0	0	66	98	0	0	197
<b>2016</b>	8	0	0	0	0	0	0	0	0	60	0	0	0	68
<b>2015</b>	1.783	145	199	0	0	0	0	0	573	0	5.447	0	40	8.187
<b>2014</b>	4.917	1.586	0	0	3	164	947	0	42	5.467	1.775	250	120	15.269
<b>2013</b>	108.398	188.845	50.235	100	2.092	63.927	142.860	24.105	139.045	153.281	93.708	71.282	23.410	1.061.288
<b>2012</b>	36.665	17.982	21.847	0	0	5.013	35.550	0	74.791	73.791	114.092	53.173	104.136	537.040
<b>2011</b>	59.296	97.427	19.999	0	916	37.229	79.986	4.589	57.978	76.332	69.121	41.455	2.394	546.721
<b>2010</b>	2.994	8.711	5.350	0	0	1.264	2.110	20	2.002	4.482	10.303	538	5.880	43.655
<b>2009</b>	238	1.442	402	0	0	618	2.161	0	497	2.550	1.537	118	0	9.562
<b>2008</b>	554	4.063	217	0	19	402	1.508	0	808	315	1.419	441	0	9.745
<b>2007</b>	105	40	0	0	0	97	96	0	0	0	0	43	0	381

Για τον υπολογισμό του αριθμού των panels που εγκαταστάθηκαν σε κάθε περιφέρεια ετησίως απαιτείται η μέση ισχύς των panels του έτους. Από δεδομένα των κατασκευαστικών εταιρειών ΦΒ panels, έγινε μία εκτίμηση της μέσης ισχύος κάθε έτους η οποία παρουσιάζεται στον πίνακα 4. 5. Έτσι, γνωρίζοντας την ετήσια εγκατεστημένη ισχύς κάθε έτους σε όλες τις περιφέρειες και στα ΜΔΝ υπολογίζεται ο αριθμός των panels με τη χρήση της ακόλουθης σχέσης.

$$\text{Αριθμός panels } i = \frac{\text{Ετήσια εγκατεστημένη ισχύς } i \text{ (kW)}}{\text{Μέση ισχύς panels } i \text{ (W)}} \times 1000 \frac{\text{(W)}}{\text{(kW)}} \quad (4.8)$$

όπου  $i$  το έτος υπολογισμού.

Το έτος 2020, η ετήσια εγκατεστημένη ισχύς στην περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης υπολογίστηκε ίση με 94.699 kW ενώ η μέση ισχύς των panels θεωρήθηκε ίση με 400 Watt. Συνεπώς, με τη χρήση της σχέσης 4.8, ο εγκατεστημένος αριθμός panels για το 2020 στη συγκεκριμένη περιφέρεια υπολογίστηκε ίσος με:

$$\text{Αριθμός panels }_{2020} = \frac{94.699 \text{ (kW)}}{400 \text{ (W)}} \times 1000 \frac{\text{(W)}}{\text{(kW)}} = 236.747 \text{ panels}$$

Με τον ίδιο τρόπο έγινε ο προσδιορισμός των ετήσιων εγκατεστημένων panels σε κάθε περιφέρεια. Τα αποτελέσματα των υπολογισμών για τον αριθμό των εγκατεστημένων panels ανά έτος παρατίθενται στον πίνακα 4. 6.

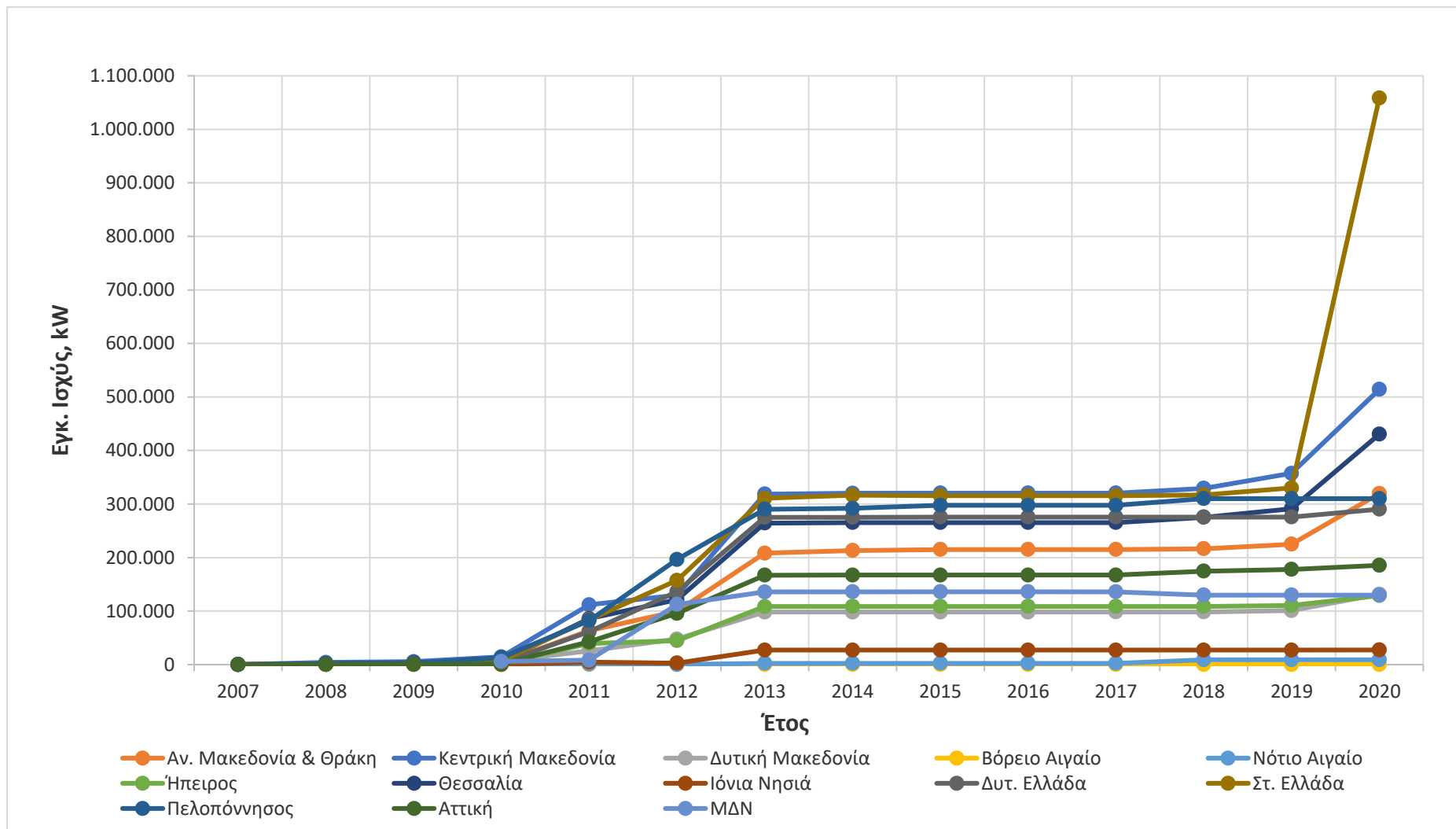
Στο διάγραμμα 4. 1 παρουσιάζεται η συνολική ετήσια εγκατεστημένη ισχύς κάθε έτους σε κάθε μία από τις 13 περιφέρειες της χώρας

**Πίνακας 4. 5:** Μέση ισχύς panels ανά έτος.

Έτος	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
<i>Μέση ισχύς panel</i>	Wp	175	175	185	190	220	225	235	250	260	280	300	330	350	400

**Πίνακας 4. 6:** Ετήσιος εγκατεστημένος αριθμός panels ανά περιφέρεια.

	<i>Αν. Μακεδονία &amp; Θράκη</i>	<i>Κεντρική Μακεδονία</i>	<i>Δυτική Μακεδονία</i>	<i>Βόρειο Αιγαίο</i>	<i>Νότιο Αιγαίο</i>	<i>Ήπειρος</i>	<i>Θεσσαλία</i>	<i>Ιόνια Ν.</i>	<i>Δυτ. Ελλάδα</i>	<i>Στ. Ελλάδα</i>	<i>Πελοπόννησος</i>	<i>Αττική</i>	<i>ΜΑΝ</i>	<i>Σύνολο</i>
<b>2020</b>	236.747	392.054	75.902	0	0	46.770	347.778	750	36.509	1.820.960	0	19.093	0	2.976.563
<b>2019</b>	24.162	80.033	7.549	0	0	4.398	45.709	0	0	37.360	0	9.610	29	208.849
<b>2018</b>	4.542	27.237	3	3	19.870	3	30.273	0	0	4.697	37.861	21.818	0	127.701
<b>2017</b>	0	10	100	0	0	0	0	0	0	220	327	0	0	657
<b>2016</b>	29	0	0	0	0	0	0	0	0	213	0	2	0	244
<b>2015</b>	6.859	556	765	0	0	0	0	0	2.205	0	20.949	0	154	31.488
<b>2014</b>	19.666	6.343	0	0	11	655	3.789	0	170	21.866	7.100	998	480	61.078
<b>2013</b>	461.268	803.596	213.766	426	8.902	272.030	607.915	102.574	591.681	652.260	398.757	303.328	99.617	4.516.119
<b>2012</b>	162.957	79.921	97.100	0	0	22.281	157.998	0	332.403	327.960	507.077	236.323	462.827	2.386.846
<b>2011</b>	269.526	442.850	90.904	0	4.163	169.223	363.573	20.860	263.535	346.962	314.185	188.431	10.882	2.485.094
<b>2010</b>	15.757	45.847	28.157	0	0	6.655	11.105	105	10.537	23.590	54.227	2.834	30.947	229.761
<b>2009</b>	1.322	8.011	2.233	0	0	3.432	12.006	0	2.761	14.164	8.537	657	0	53.122
<b>2008</b>	3.165	23.217	1.240	0	110	2.294	8.617	0	4.614	1.798	8.110	2.519	0	55.683
<b>2007</b>	602	229	0	0	0	554	546	0	0	0	0	246	0	2.176



**Διάγραμμα 4. 1** Συνολική ετήσια εγκατεστημένη ισχύς.

[Ίδια επεξεργασία]

Για τον υπολογισμό του μεγέθους της ανακύκλωσης των ΦΒ panels που θα προκύψει τα επόμενα χρόνια, έγινε αρχικά μία εκτίμηση του αριθμού των panels που θα πρέπει να αντικατασταθούν λόγω γήρανσης. Θεωρώντας μια μέση διάρκεια ζωής των panels ίση με είκοσι (20) χρόνια, τον εικοστό πρώτο (21) χρόνο από την εγκατάσταση ενός panel, αυτό θα θεωρείται κατάλληλο προς ανακύκλωση. Με δεδομένο ότι οι εγκαταστάσεις των panels ξεκίνησαν το 2007, ο αριθμός των panels προς αντικατάσταση κάθε χρονιά υπολογίζεται ως εξής:

Αριθμός panels προς αντικ.  $_{21+i}$  = Αριθμός panels  $_i$

Όπου  $i$  = η χρονιά εγκατάστασης με  $i = \{7, \dots, 20\}$  (4.9)

Με βάση την παραδοχή αυτή, τα πρώτα panels που θα πρέπει να αντικατασταθούν λόγω γήρανσης πρόκειται να "εμφανιστούν" το 2028. Στην Ανατολική Μακεδονία και Θράκη ο αριθμός αυτός το 2028, σύμφωνα με τη σχέση 4.9, υπολογίστηκε ότι θα είναι ίσος με:

Αριθμός panels προς αντικ.  $_{2028}$  = Αριθμός panels  $_{2007}$  = 602 panels

Με ανάλογο τρόπο πραγματοποιήθηκε ο υπολογισμός για όλες τις περιφέρειες για κάθε έτος. Να σημειωθεί, ότι ένα πολύ μικρό ποσοστό της τάξης του 1-2% κάθε χρόνο, ενδέχεται να "αποτύχει" κατά την εγκατάστασή του με αποτέλεσμα να πρέπει να αποσυρθεί πριν από το τέλος του κύκλου ζωής του. Ωστόσο, επειδή πρόκειται για μία αμελητέα ποσότητα η οποία με την πάροδο του χρόνου και την εξέλιξη της τεχνολογίας τείνει να είναι ολοένα και μικρότερη, δεν λαμβάνεται υπόψη στους υπολογισμούς.

Στη συνέχεια, λήφθηκε υπόψη ένας συντελεστής πιθανότητας για την εκτίμηση του μεγέθους της ανακύκλωσης, καθώς από τον συνολικό αριθμό των εγκατεστημένων panels, ένα ποσοστό δεν θα αντικατασταθεί είτε λόγω ανανέωσης της σύμβασης του κατόχου του συστήματος με τη ΔΕΗ και άρα συνέχιση της λειτουργίας του, είτε λόγω μη επιθυμίας ανακύκλωσής του από την πλευρά του παραγωγού. Να σημειωθεί ωστόσο, πως η ΚΥΑ (23615/14), η οποία από το 2014 περιλαμβάνει και τα ΦΒ πλαίσια στα ΑΗΗΕ, υποχρεώνει τους παραγωγούς ΗΗΕ ή τους τρίτους που λειτουργούν κατ' εξουσιοδότησή τους, να οργανώνουν συστήματα εναλλακτικής διαχείρισης ΑΗΗΕ. Κάθε παραγωγός ΗΗΕ εφόσον δεν προβαίνει στην οργάνωση ατομικού ή συλλογικού συστήματος εναλλακτικής διαχείρισης, υποχρεούται να συμμετέχει σε εγκεκριμένο συλλογικό σύστημα εναλλακτικής διαχείρισης ΑΗΗΕ η οποία πρέπει να συνοδεύεται από την καταβολή στο σύστημα χρηματικής εισφοράς εκ μέρους του ενδιαφερόμενου παραγωγού.

Ο συντελεστής πιθανότητας δεν μπορεί να προβλεφθεί με ακρίβεια, καθώς η εγκατάσταση των ΦΒ συστημάτων στη χώρα μας ξεκίνησε μόλις λίγα χρόνια πριν και άρα δεν υπάρχει σχετική εμπειρία. Για το λόγο αυτό εφαρμόστηκαν τρεις πιθανές περιπτώσεις-σενάρια, το



αισιόδοξο, το ουδέτερο και το απαισιόδοξο σενάριο. Στην πρώτη περίπτωση, ο συντελεστής πιθανότητας θεωρήθηκε ίσος με 70% και άρα το 70% του συνολικού αριθμού των εγκατεστημένων panels θεωρείται πως θα ανακυκλωθεί μετά το πέρας των 20 χρόνων. Στη δεύτερη περίπτωση, ο συντελεστής θεωρήθηκε ίσος με 50% ενώ στην τρίτη περίπτωση ίσος με 30%. Έτσι, ο αριθμός των panels προς ανακύκλωση υπολογίστηκε τελικά ίσος με το 70%, 50% και 30% αντίστοιχα, του συνολικού αριθμού των panels που υπολογίστηκε από τη σχέση 4.9.

Στην περιφέρεια Ανατολική Μακεδονίας και Θράκης, το έτος 2028, ο αριθμός των panels προς αντικατάσταση λόγω γήρανσης υπολογίστηκε ίσος με 602. Θεωρώντας συντελεστή πιθανότητας 70%, σύμφωνα με την πρώτη περίπτωση, το τελικά εκτιμώμενο μέγεθος των ανακυκλωμένων panels για αυτήν τη χρονιά θα είναι ίσο με:

$$\text{Συνολικός αριθμός panels}_i = 0,70 \times \text{Αρ. panels προς αντικ.}_i \quad (4.10)$$

Άρα:

$$\text{Συνολικός αριθμός panels}_{2028} = 0,70 \times 602 = 421 \text{ panels}$$

Ο αριθμός των panels που αντιστοιχεί σε κάθε ημέρα του έτους, με δεδομένο πως οι εργάσιμες ημέρες είναι ίσες με 250, υπολογίζεται ως εξής:

$$\text{Panels/ημέρα}_i = \text{Συνολικός αριθμός panels}_i / 250 \quad (4.11)$$

Ο αριθμός αυτός για την περιφέρεια Ανατολική Μακεδονίας και Θράκης, το έτος 2028, με βάση τον παραπάνω υπολογισμό είναι:

$$\text{Panels/ημέρα}_{2028} = \text{Συνολικός αριθμός panels}_{2028} / 250 = 421 / 250 = 2 \text{ panels/ημέρα}$$

Λαμβάνοντας υπόψη ότι κάθε panel έχει ένα μέσο βάρος ίσο με 20kg (1tn = 1000kg) υπολογίζονται και οι συνολικοί τόνοι προς επεξεργασία για κάθε έτος. Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα των παραπάνω υπολογισμών για κάθε έτος και για όλες τις περιφέρειες με συντελεστή πιθανότητας 70%, 50% και 30% παρουσιάζονται αναλυτικά στους πίνακες του Παραρτήματος Ι.

### 4.3 ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΛΥΣΕΙΣ

Ως εναλλακτικές λύσεις του προβλήματος επιλέχθηκαν εκείνες οι Περιφερειακές Ενότητες (ΠΕ) της ελληνικής επικράτειας οι οποίες ανήκουν στις Περιφέρειες στις οποίες, κατά το διάστημα 2007-2020, εγκαταστάθηκε ο μεγαλύτερος αριθμός ΦΒ panels, ενώ συνδυαστικά με τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στην προηγούμενη παράγραφο, προβλέπεται να εμφανίσουν αυξημένη ανάγκη ανακύκλωσης ΦΒ panels τα επόμενα χρόνια.

Πιο συγκεκριμένα, με βάση τα συνοπτικά πληροφοριακά δελτία των ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ (των ΔΑΠΕΕΠ και ΔΕΔΔΗΕ), από το 2007 έως το 2020 και τα δεδομένα που υπολογίστηκαν και παρουσιάζονται στον πίνακα 4.6, για κάθε Περιφέρεια ο συνολικός αριθμός των panels που εγκαταστάθηκε στο διάστημα αυτό δίνεται στον ακόλουθο πίνακα.

**Πίνακας 4. 7:** Αριθμός εγκατεστημένων panels ανά Περιφέρεια, 2007-2020.

<i>Περιφέρεια</i>	<i>Συνολικός αριθμός εγκ. panels, 2007-2020</i>
<i>Αν. Μακεδονία &amp; Θράκη</i>	1.206.602
<i>Κεντρική Μακεδονία</i>	1.909.903
<i>Δυτική Μακεδονία</i>	517.718
<i>Βόρειο Αιγαίο</i>	429
<i>Νότιο Αιγαίο</i>	33.055
<i>Ήπειρος</i>	528.296
<i>Θεσσαλία</i>	1.589.308
<i>Ιόνια Ν.</i>	124.289
<i>Δυτ. Ελλάδα</i>	1.244.415
<i>Στ. Ελλάδα</i>	3.252.051
<i>Πελοπόννησος</i>	1.357.130
<i>Αττική</i>	785.858
<i>ΜΔΝ</i>	586.329

Παρατηρείται πως τα περισσότερα ΦΒ panels εγκαταστάθηκαν στη Στερεά Ελλάδα, την Κεντρική Μακεδονία, τη Θεσσαλία και την Πελοπόννησο. Έτσι, ως εναλλακτικές λύσεις για το εξεταζόμενο πρόβλημα επιλέχθηκαν οι ΠΕ Βοιωτίας, Θεσσαλονίκης, Λάρισας και Αχαΐας αντίστοιχα για κάθε Περιφέρεια. Η επιλογή αυτή, πέρα από τον αριθμό των panels, στηρίχθηκε τόσο στην άποψη ειδικών του κλάδου όσο και στο γεγονός ότι πρόκειται για αναπτυγμένες Περιφερειακές Ενότητες της χώρας, με αυξημένο πληθυσμό και κομβική τοποθεσία, στοιχεία που θεωρήθηκε πως θα συμβάλλουν θετικά στην επιτυχή υλοποίηση του τελικού στόχου.

#### 4.4 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΙΕΡΑΡΧΗΣΗΣ

Έπειτα από τον καθορισμό των εναλλακτικών τοποθεσιών, είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός των κριτηρίων ιεράρχησης. Ο προσδιορισμός των κριτηρίων βασίστηκε τόσο στην εμπειρία ειδικών που δραστηριοποιούνται στον συγκεκριμένο κλάδο (ΑΠΕ και διαχείριση αποβλήτων) και οι οποίοι διαθέτουν κατάλληλη γνώση και ενημέρωση του υπό μελέτη προβλήματος όσο και σε εκτενή βιβλιογραφική ανασκόπηση που πραγματοποιήθηκε. Από την ανασκόπηση αυτή βρέθηκε ότι, τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο σε ανάλογα προβλήματα τοποθεσίας εγκατάστασης είναι ο τοπικός πληθυσμός, ο άνεργος πληθυσμός, το κόστος γης, η προσβασιμότητα (οδικό δίκτυο, απόσταση από λιμάνι κλπ.), η απόσταση από υπάρχουσες μονάδες (Achillas et al., 2010), τα κόστη (περιβαλλοντικό, μεταφοράς, ενεργειακό), η ποσότητα και η σύνθεση των αποβλήτων, η δυναμικότητα της μονάδας, το λειτουργικό και οικονομικό ρίσκο (Banar et al., 2014), οι νομικές και περιβαλλοντικές απαιτήσεις (προστατευόμενες περιοχές, αρχαιολογικοί χώροι, οπτικός αντίκτυπος, οικισμοί, χρήσεις γης) (Aragónés-Beltrán et al., 2010) κλπ.

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω, για τη διερεύνηση των προτεραιοτήτων που συμβάλλουν στον χωρικό προσδιορισμό μίας μονάδας ανακύκλωσης ΦΒ panels, επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθούν τέσσερα (4) σύνθετα κριτήρια. Τα κριτήρια αυτά αντανακλούν τα περιβαλλοντικά, κοινωνικά, οικονομικά και χωροταξικά χαρακτηριστικά κάθε υποψήφιας περιοχής, καλύπτοντας ένα αντιπροσωπευτικό φάσμα παραμέτρων για τους παράγοντες που σχετίζονται με την έννοια της ανακύκλωσης και κατά συνέπεια τη «βιωσιμότητας» της διεργασίας. Συνεπώς, στο ανώτερο επίπεδο της ιεραρχικής δομής (Επίπεδο 0) τοποθετήθηκε η επιλογή της καταλληλότερης τοποθεσίας για την εγκατάσταση της μονάδας ανακύκλωσης και στο αμέσως επόμενο επίπεδο (Επίπεδο 1) τα τέσσερα βασικά κριτήρια/στοιχεία τα οποία σχετίζονται άμεσα με το εξεταζόμενο πρόβλημα. Για την περιγραφή των βασικών κριτηρίων του επιπέδου 1, χρησιμοποιήθηκε ένας αριθμός υποκριτηρίων, τα οποία δομούν το Επίπεδο 2. Τα υποκριτήρια αυτά αναφέρονται στα στοιχεία του αμέσως κατώτερου επιπέδου, τα οποία αφορούν τις τιθέμενες εναλλακτικές λύσεις του προβλήματος βάσει των οποίων θα προκύψει η τελική κατάταξη των ΠΕ για την εγκατάσταση της μονάδας ανακύκλωσης ΦΒ panels. Τα προαναφερθέντα κριτήρια και υποκριτήρια παρουσιάζονται συνοπτικά στον πίνακα 4. 8 και διαγραμματικά για τον σχηματισμό του ιεραρχικού μοντέλου ΑHP στο σχήμα 4. 2, ενώ στη συνέχεια πραγματοποιείται η ανάλυσή τους.

**Πίνακας 4. 8:** Κριτήρια και υποκριτήρια ιεράρχησης τοποθεσίας εγκατάστασης μονάδας ανακύκλωσης ΦΒ panels.

<b>Κατηγορίες κριτηρίων</b>	<b>Υποκριτήρια</b>	
	<b>Συμβολισμός</b>	<b>Ονομασία</b>
<b>Περιβαλλοντικά (ENV)</b>	ENV <sub>1</sub>	Προστατευόμενες περιοχές
	ENV <sub>2</sub>	Αρχαιολογικοί χώροι
	ENV <sub>3</sub>	Χρήσεις γης
	ENV <sub>4</sub>	Αισθητικός αντίκτυπος
<b>Κοινωνικά (SOC)</b>	SOC <sub>1</sub>	Τοπικός πληθυσμός
	SOC <sub>2</sub>	Άνεργος πληθυσμός
	SOC <sub>3</sub>	Εξειδικευμένο εργατικό δυναμικό
	SOC <sub>4</sub>	Κίνδυνος συγκρούσεων
<b>Οικονομικά (ECO)</b>	ECO <sub>1</sub>	ΑΕΠ
	ECO <sub>2</sub>	Όγκος των εγκατεστημένων panels
	ECO <sub>3</sub>	Κόστος εγκατάστασης
	ECO <sub>4</sub>	Κόστος μεταφοράς
	ECO <sub>5</sub>	Οικονομικά οφέλη για την περιοχή
<b>Χωροταξικά (SPA)</b>	SPA <sub>1</sub>	Απόσταση από κατοικημένη περιοχή
	SPA <sub>2</sub>	Οδικό δίκτυο
	SPA <sub>3</sub>	Σύνδεση με σιδηροδρομικό δίκτυο
	SPA <sub>4</sub>	Απόσταση από λιμάνι

**Επίπεδο 0: Στόχος**

Επιλογή τοποθεσίας  
εγκατάστασης μονάδας  
ανακύκλωσης ΦΒ panels

**Επίπεδο 1: Κριτήρια**

Περιβαλλοντικά  
(ENV)

Κοινωνικά  
(SOC)

Οικονομικά  
(ECO)

Χωροταξικά  
(SPA)

**Επίπεδο 2: Υποκριτήρια**

- ENV<sub>1</sub>: Προστατευόμενες περιοχές
- ENV<sub>2</sub>: Αρχαιολογικοί χώροι
- ENV<sub>3</sub>: Χρήσεις γης
- ENV<sub>4</sub>: Αισθητικός αντίκτυπος

- SOC<sub>1</sub>: Τοπικός πληθυσμός
- SOC<sub>2</sub>: Άνεργος πληθυσμός
- SOC<sub>3</sub>: Εξειδικευμένο εργατικό δυναμικό
- SOC<sub>4</sub>: Κίνδυνος συγκρούσεων

- ECO<sub>1</sub>: ΑΕΠ
- ECO<sub>2</sub>: Όγκος των εγκατεστημένων panels
- ECO<sub>3</sub>: Κόστος εγκατάστασης
- ECO<sub>4</sub>: Κόστος μεταφοράς
- ECO<sub>5</sub>: Οικονομικά οφέλη για την περιοχή

- SPA<sub>1</sub>: Απόσταση από κατοικημένη περιοχή
- SPA<sub>2</sub>: Οδικό δίκτυο
- SPA<sub>3</sub>: Σύνδεση με σιδηροδρομικό δίκτυο
- SPA<sub>4</sub>: Απόσταση από λιμάνι

**Επίπεδο 3: Εναλλακτικές λύσεις**

ΠΕ Θεσσαλονίκης

ΠΕ Βοιωτίας

ΠΕ Λάρισας

ΠΕ Αχαΐας

**Σχήμα 4. 2:** Ιεραρχική δομή μοντέλου AHP για την επιλογή τοποθεσίας εγκατάστασης μονάδας ανακύκλωσης ΦΒ panels.

[Ιδία επεξεργασία]

#### **4.4.1 Περιβαλλοντικό κριτήριο (ENV)**

Το περιβαλλοντικό κριτήριο αποτελείται από επιμέρους παράγοντες οι οποίοι σχετίζονται με τη χωρική διάσταση και τις επιπτώσεις στον περιβάλλοντα χώρο κάθε εναλλακτικής λύσης που εξετάζεται για την εγκατάσταση της μονάδας ανακύκλωσης. Τα στοιχεία που συνδέονται άμεσα με το εξεταζόμενο πρόβλημα τοποθεσίας εγκατάστασης και αποτελούν τα επιμέρους υποκριτήρια είναι τα ακόλουθα:

##### **1. Προστατευόμενες περιοχές (ENV<sub>1</sub>)**

Ο χαρακτηρισμός των περιοχών ως προστατευόμενες γίνεται σύμφωνα με την εθνική νομοθεσία και το ν. 1650/86, όπως ισχύει μετά την τροποποίησή του από το ν. 3937/2011 και το ν. 4685/2020. Πέρα από την ένταξη στο δίκτυο Natura 2000, οι προστατευόμενες περιοχές μπορούν να χαρακτηρίζονται ως περιοχές προστασίας της βιοποικιλότητας, εθνικά πάρκα, καταφύγια άγρια ζωής, προστατευόμενα τοπία και προστατευόμενοι φυσικοί σχηματισμοί.

Η αποτελεσματική διαχείριση των προστατευόμενων περιοχών συμβάλλει σημαντικά στον περιορισμό των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, την αποθήκευση πολύτιμων αποθεμάτων υδατικών πόρων, την προστασία του εδάφους, των καλλιεργειών και των φυσικών οικοσυστημάτων. Η αξία των εν λόγω περιοχών συμβάλλει στην ανάπτυξη, συνεισφέροντας στη στήριξη της οικονομίας σε τοπικό και εθνικό επίπεδο και ενισχύοντας τη διάθεση των περιβαλλοντικών ωφελειών προς τον άνθρωπο.

Η Οδηγία 92/43/ΕΟΚ «για τη διατήρηση των φυσικών οικοτόπων καθώς και της άγριας πανίδας και χλωρίδας» θεσμοθετήθηκε από το Συμβούλιο των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων. Τα μέτρα που προβλέπονται από την εν λόγω Οδηγία, αποσκοπούν στη διασφάλιση της διατήρησης ή της αποκατάστασης των φυσικών οικοτόπων και των άγριων ειδών χλωρίδας και πανίδας κοινοτικού ενδιαφέροντος λαμβάνοντας υπόψη τις οικονομικές, κοινωνικές και πολιτιστικές απαιτήσεις, καθώς και οι περιφερειακές και τοπικές ιδιομορφίες. Σύμφωνα λοιπόν με όσα αναφέρθηκαν, πρόκειται για ένα ποιοτικό κριτήριο στο οποίο θα πρέπει να εξεταστούν τυχόν επιπτώσεις κατά την εγκατάσταση της μονάδας ανακύκλωσης στις προστατευόμενες περιοχές και τα οικοσυστήματα της ευρύτερης περιοχής εφαρμογής.

##### **2. Αρχαιολογικοί χώροι (ENV<sub>2</sub>)**

Στην Ελλάδα, θεσμοθετήθηκε το νέο πλαίσιο προστασίας της πολιτιστικής κληρονομιάς με τον ν. 3028/2002 ή νέο «Αρχαιολογικό Νόμο», όπως συνηθίζεται να αποκαλείται. Το πεδίο προστασίας του νόμου αυτού περιστρέφεται γύρω από τον όρο της πολιτιστικής κληρονομιάς ενώ παράλληλα, η προστασία του πολιτιστικού περιβάλλοντος διαχέεται και σε άλλες επιμέρους διατάξεις, όπως στο άρθ. 6 ν.

4067/2012 (Νέος Οικοδομικός Κανονισμός), καθώς και στον ν. 3658/2008 (Μέτρα για την Προστασία των Πολιτιστικών Αγαθών και άλλες διατάξεις).

Με βάση το άρθρο 3 του ν. 3028/2002, η προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς της χώρας συνίσταται κυρίως: α) στον εντοπισμό, την έρευνα, την καταγραφή, την τεκμηρίωση και τη μελέτη των στοιχείων της, β) στη διατήρηση και στην αποτροπή της καταστροφής, της αλλοίωσης και γενικά κάθε άμεσης ή έμμεσης βλάβης της, γ) στην αποτροπή της παράνομης ανασκαφής, της κλοπής και της παράνομης εξαγωγής, δ) στη συντήρηση και την κατά περίπτωση αναγκαία αποκατάστασή της, ε) στη διευκόλυνση της πρόσβασης και της επικοινωνίας του κοινού με αυτήν, στ) στην ανάδειξη και την ένταξή της στη σύγχρονη κοινωνική ζωή και ζ) στην παιδεία, την αισθητική αγωγή και την ευαισθητοποίηση των πολιτών για την πολιτιστική κληρονομιά.

Σημειώνεται επιπλέον ότι, η προστασία των μνημείων, αρχαιολογικών χώρων και ιστορικών τόπων περιλαμβάνεται στους στόχους οποιουδήποτε επιπέδου χωροταξικού, αναπτυξιακού, περιβαλλοντικού και πολεοδομικού σχεδιασμού ή σχεδίων ισοδύναμου αποτελέσματος ή υποκατάστατών τους. Συνεπώς, θα πρέπει να λαμβάνονται όλα τα αναγκαία μέτρα για την τήρηση της κείμενης νομοθεσίας και να εξετάζεται ο βαθμός στον οποίο θα επηρεαστεί η πολιτιστική κληρονομιά και οι αρχαιολογικοί χώροι της περιοχής μελέτης.

### **3. Χρήσεις γης (ENV<sub>2</sub>)**

Οι χρήσεις γης αποτελούν σημαντική ποιοτική περιβαλλοντική παράμετρο που πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά των χωρικό προσδιορισμό της μονάδας ανακύκλωσης ΦΒ panels καθώς σχετίζονται με τη λειτουργική δραστηριότητα του χώρου. Η χωροθέτηση μιας νέας δραστηριότητας σε μία συγκεκριμένη περιοχή, εξαρτάται από τον γενικό χωροταξικό και πολεοδομικό σχεδιασμό και τις ειδικότερες ρυθμίσεις των χρήσεων γης της περιοχής. Γενικά απαγορεύεται η εγκατάσταση δραστηριοτήτων σε περιοχές οι οποίες έχουν καθοριστεί για χρήσεις γης, σύμφωνα με τις ισχύουσες πολεοδομικές διατάξεις, αντίθετες με τη συγκεκριμένη δραστηριότητα.

Οι χρήσεις γης καθορίζονται με απόφαση η οποία δημοσιεύεται σε ΦΕΚ για την κάθε περιοχή και μέσω της οποίας προσδιορίζεται η ακαταλληλότητα η μη αυτής για κάθε δραστηριότητα. Ο πολεοδομικός σχεδιασμός σήμερα ρυθμίζεται από τον ν. 2508/97 για τη Βιώσιμη Οικιστική Ανάπτυξη βάσει του οποίου η οικιστική οργάνωση θα πρέπει να διέπεται από την αρχή της μέγιστης δυνατής οικονομίας οικιστικών επεκτάσεων ενώ ο δε πολεοδομικός σχεδιασμός πρέπει να είναι σύμφωνος με τους όρους προστασίας του φυσικού και δομημένου περιβάλλοντος και με τη διαφύλαξη της γεωργικής γης υψηλής παραγωγικότητας. Παράλληλα θα πρέπει να στοχεύει κατά

κύριο λόγο στη βελτίωση της λειτουργικότητας των οικισμών μέσω του θεσμού των Αναπλάσεων.

#### **4. Αισθητικός αντίκτυπος (ENV<sub>4</sub>)**

Ο αισθητικός αντίκτυπος και η κατά κύριο λόγο οπτική επίδραση που έχει η εγκατάσταση μιας μονάδας ανακύκλωσης ΦΒ panels παρουσιάζει έντονα υποκειμενικό χαρακτήρα. Ωστόσο, πρόκειται για ιδιαίτερα σημαντική, ποιοτική, περιβαλλοντική παράμετρο που θα πρέπει να ληφθεί υπόψη καθώς αξιολογεί την επίδραση που δημιουργείται από την εγκατάσταση της μονάδας στο περιβάλλον και το φυσικό τοπίο της περιοχής.

##### **4.4.2 Κοινωνικό κριτήριο (SOC)**

Το κοινωνικό κριτήριο αποτελεί παράμετρο με σημαντική βαρύτητα καθώς συνδέεται άμεσα με τον ανθρώπινο παράγοντα. Πιο συγκεκριμένα, περιλαμβάνει τα ακόλουθα υποκριτήρια:

##### **1. Τοπικός πληθυσμός (SOC<sub>1</sub>)**

Ο τοπικός πληθυσμός της ΠΕ όπου πρόκειται να εγκατασταθεί η μονάδα ανακύκλωσης αποτελεί σημαντική ποσοτική παράμετρο που πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά τη διαδικασία λήψης της απόφασης. Αποτελεί δείκτη του όγκου των χρησιμοποιούμενων ΦΒ panels αλλά και της ύπαρξης ευκαιριών τόσο για την προώθηση των τελικών προϊόντων της μονάδας ανακύκλωσης στη δευτερογενή αγορά (μονάδες αξιοποίησης ανακτημένων υλικών, έμποροι κ.λπ.) όσο και των ωφελειών της κυκλικής οικονομίας προς τον άνθρωπο.

##### **2. Άνεργος πληθυσμός (SOC<sub>2</sub>)**

Ο αριθμός του άνεργου πληθυσμού της περιοχής μελέτης (ΠΕ) αποτελεί μια ποσοτική παράμετρο που πρέπει να εξεταστεί κατά τον χωρικό προσδιορισμό της μονάδας ανακύκλωσης ΦΒ panels. Πρόκειται για στοιχείο που λειτουργεί ως δείκτης του διαθέσιμου εργατικού δυναμικού και της κοινωνικής αποδοχής από την ανάπτυξη μιας βιομηχανικής εγκατάστασης η οποία αδιαμφισβήτητα θα δημιουργήσει νέες θέσεις εργασίας διαφόρων ειδικοτήτων ενώ παράλληλα θα συμβάλλει στην κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη της περιοχής.

##### **3. Εξειδικευμένο εργατικό δυναμικό (SOC<sub>3</sub>)**

Η διαθεσιμότητα εξειδικευμένου εργατικού δυναμικού στην περιοχή όπου πρόκειται να εγκατασταθεί η μονάδα ανακύκλωσης ΦΒ panels αποτελεί παράμετρο με μεγάλη βαρύτητα. Η ύπαρξη της κατάλληλης τεχνογνωσίας του εργατικού δυναμικού που θα στελεχώσει τη μονάδα ενισχύει σε σημαντικό βαθμό την επιτυχή έκβαση της παραγωγικής διαδικασίας η οποία δεν βρίσκει ακόμη μεγάλη εφαρμογή σε παγκόσμιο επίπεδο. Ιδιαίτερα στη χώρα μας, η ανακύκλωση ΦΒ panels αποτελεί πρωτόγνωρη διαδικασία αφού μέχρι σήμερα δεν λειτουργεί μονάδα με ανάλογη δραστηριότητα.



#### **4. Κίνδυνος συγκρούσεων (SOC<sub>4</sub>)**

Σύγκρουση συμφερόντων δημιουργείται όταν ανακύπτουν αντιτιθέμενα συμφέροντα μεταξύ των ενδιαφερόμενων μερών (stakeholders) και τα οποία συνεπάγονται ουσιαστικό κίνδυνο ζημίας των συνολικών συμφερόντων. Στην περίπτωση της μονάδας ανακύκλωσης ΦΒ panels, ενδιαφερόμενα μέρη μπορούν να θεωρηθούν οι τοπικοί φορείς, οι κάτοικοι της ευρύτερης περιοχής, διάφορες περιβαλλοντικές οργανώσεις κ.λπ. Συνεπώς, πρόκειται για ιδιαίτερα σημαντική παράμετρο που πρέπει να εξεταστεί καθώς η ύπαρξη διαφωνιών και συγκρούσεων είναι δυνατόν να δημιουργήσει παρακώληση της συνολικής διαδικασίας εγκατάστασης.

##### **4.4.3 Οικονομικό κριτήριο (ECO)**

Το οικονομικό κριτήριο είναι ιδιαίτερα μεγάλης σημασίας και αποτυπώνεται μέσω των επιπτώσεων που επιφέρει στην οικονομία. Τα υποκριτήρια τα οποία εντάσσονται στην κατηγορία αυτή είναι τα ακόλουθα:

##### **1. Ακαθάριστο εγχώριο προϊόν (ΑΕΠ) (ECO<sub>1</sub>)**

Το ΑΕΠ αποτελεί τη συνολική αξία, σε χρηματικές μονάδες, των τελικών αγαθών και υπηρεσιών που παράγονται σε μια χώρα στη διάρκεια ενός έτους. Συνεπώς, αποτελεί ένα σημαντικό οικονομικό δείκτη του βιοτικού επιπέδου μιας περιοχής ο οποίος θα πρέπει να ληφθεί υπόψη αφού συνδέεται άμεσα με τη χρηματοοικονομική κατάσταση των κατοίκων. Πρόκειται για ποσοτική παράμετρο η τιμή της οποίας είναι γνωστή από τα δεδομένα της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής (ΕΛ.ΣΤΑΤ) για κάθε υποψήφια περιφερειακή ενότητα που εξετάζεται.

##### **2. Όγκος των εγκατεστημένων panels (ECO<sub>2</sub>)**

Πρόκειται για την ποσότητα των ΦΒ panels που έχουν εγκατασταθεί σε κάθε περιφέρεια έως σήμερα και η οποία με την πάροδο των ετών θα εμφανίζει μια ανάγκη για την αντικατάστασής τους. Αποτελεί ιδιαίτερα σημαντική οικονομική παράμετρο η οποία επηρεάζει άμεσα τόσο τα σταθερά όσο και τα μεταβλητά κόστη της μονάδας. Ο ακριβής αριθμός του όγκου των panels που έχουν εγκατασταθεί δεν είναι γνωστός. Ωστόσο, στην Παράγραφο 4. 2 έχει πραγματοποιηθεί μία εκτίμηση του μεγέθους της ανακύκλωσης των ΦΒ panels ανά ελληνική περιφέρεια, λαμβάνοντας υπόψη την εγκατεστημένη ισχύ κάθε έτους για κάθε περιφέρεια.

Όσο μεγαλύτερος είναι ο όγκος των panels που έχει εγκατασταθεί μέχρι σήμερα, τόσο μεγαλύτερος θα είναι και ο όγκος των προς ανακύκλωση panels σε κάθε περιφέρεια. Κατά συνέπεια, θα είναι περισσότερος και ο εξυπηρετούμενος πληθυσμός αφού θα καλύπτεται μεγαλύτερο μέρος της ανάγκης ανακύκλωσης των ΦΒ panels.

##### **3. Κόστος εγκατάστασης (ECO<sub>3</sub>)**

Το κόστος εγκατάστασης της μονάδας ανακύκλωσης έχει ιδιαίτερη βαρύτητα στη διαδικασία λήψης της απόφασης και θα μπορούσε να θεωρηθεί ως δείκτης κόστους της επένδυσης. Συνδέεται άμεσα με το κόστος γης της κάθε υποψήφιας υπό μελέτη

περιοχής αφού άλλα σχετικά στοιχεία κόστους δεν διαφοροποιούνται σημαντικά μεταξύ των περιοχών σε εθνικό επίπεδο.

#### **4. Κόστος μεταφοράς (ECO<sub>4</sub>)**

Πρόκειται για το κόστος μεταφοράς μεταξύ των καταναλωτών/πηγής προέλευσης των ΦΒ αποβλήτων και της εγκατάστασης ανακύκλωσης καθώς και μεταξύ της εγκατάστασης ανακύκλωσης και της αγοράς υποδοχής των ανακτημένων, κατά την ανακύκλωση, δευτερογενών προϊόντων. Συνεπώς, πρόκειται για οικονομικό παράγοντα που σχετίζεται άμεσα με τον όγκο των αποβλήτων και καθορίζει σε μεγάλο βαθμό το λειτουργικό κόστος της μονάδας ανακύκλωσης

#### **5. Οικονομικά οφέλη για την περιοχή (ECO<sub>5</sub>)**

Τα οικονομικά οφέλη σχετίζονται με τις επιπτώσεις που θα επέλθουν στην οικονομική κατάσταση των τοπικών κοινωνιών λόγω τόσο της δημιουργίας νέων θέσεων εργασίας κατά τη φάση κατασκευής και λειτουργίας της μονάδας όσο και των αναπτυξιακών ευκαιριών που θα δημιουργηθούν από μία μεγάλη βιομηχανική εγκατάσταση.

#### **4.4.4 Χωροταξικό κριτήριο (SPA)**

Το χωροταξικό κριτήριο αποτελείται από υποκριτήρια τα οποία σχετίζονται με την τοποθεσία της μονάδας ανακύκλωσης και τη συνδεσιμότητά της. Πρόκειται για στοιχεία τα οποία είναι καθοριστικά για τη διευκόλυνση της ομαλής λειτουργίας της μονάδας καθώς και της διαμόρφωσης του μεγέθους σχετικών κοστών. Πιο συγκεκριμένα περιλαμβάνει τα εξής υποκριτήρια:

##### **1. Απόσταση από κατοικημένη περιοχή (SPA<sub>1</sub>)**

Η απόσταση της μονάδας ανακύκλωσης από κατοικημένη περιοχή αποτελεί σημαντικό παράγοντα που σχετίζεται τόσο με τη δυνατότητα εγκατάστασής της (χρήσεις γης) όσο και με την ελάχιστη απόσταση που πρέπει να πληρείται από πόλεις και οικισμούς.

Μέσα στα πλαίσια των δήμων για τους οποίους υπάρχει Γενικό Πολεοδομικό Σχέδιο (ΓΠΣ), περιγράφεται η ύπαρξη Βιομηχανικών Περιοχών στη συγκεκριμένη περιοχή. Εκτός των ορίων των ΓΠΣ υπάρχουν διατάγματα στα οποία ορίζεται η ελάχιστη απόσταση από οικισμούς διαφορετικών πληθυσμιακών πυκνοτήτων, στην οποία μπορούν να εγκατασταθούν δραστηριότητες διαφορετικού βαθμού όχλησης (χαμηλής, μέσης, υψηλής).

Σε κάθε περίπτωση οι αναφερόμενες, στα διατάγματα, προκαθορισμένες αποστάσεις ισχύουν υπό την προϋπόθεση ότι δεν υπάρχουν άλλες δεσμευτικές αποφάσεις για την περιοχή, οι οποίες να προσδιορίζουν συγκεκριμένους περιορισμούς λόγω ειδικών συνθηκών π.χ. περιοχές προστασίας υδροβιότοπων, αρχαιολογικοί χώροι, δασικές εκτάσεις ή εκτάσεις φυσικού κάλλους, γη υψηλής παραγωγικότητας.

Σημειώνεται ότι η απόσταση από κατοικημένη περιοχή αποτελεί παράγοντα που ενδέχεται να επιφέρει επιπτώσεις στον κίνδυνο συγκρούσεων και την κοινωνική αποδοχή του έργου από τους τοπικούς φορείς και την κοινωνία.

## **2. Οδικό δίκτυο (SPA<sub>2</sub>)**

Η ύπαρξη καλού οδικού δικτύου στην ευρύτερη περιοχή εγκατάστασης της μονάδας ανακύκλωσης ΦΒ panels αποτελεί βασική ποιοτική, χωροταξική παράμετρο που πρέπει να ληφθεί υπόψη. Η σύνδεση της μονάδας με κεντρικό οδικό δίκτυο ελαχιστοποιεί το κόστος μεταφοράς των αποβλήτων και των παραγόμενων δευτερογενών προϊόντων, μειώνει τις οχλήσεις στις κατοικημένες περιοχές ενώ παράλληλα διευκολύνει την προσβασιμότητα και τη μεταφορά από και προς τη μονάδα.

## **3. Σύνδεση με σιδηροδρομικό δίκτυο (SPA<sub>3</sub>)**

Η σύνδεση της μονάδας με το σιδηροδρομικό δίκτυο αποτελεί ένα χωροταξικό κριτήριο το οποίο σχετίζεται με την προσβασιμότητά της καθώς και με τη δυνατότητα μεταφοράς πρώτων υλών και ΦΒ panels προς ανακύκλωση. Η ύπαρξη σύνδεσης με το σιδηροδρομικό δίκτυο αδιαμφισβήτητα αυξάνει τον πληθυσμό που μπορεί να εξυπηρετήσει η μονάδα, διαχειρίζοντας και ανακυκλώνοντας μεγαλύτερο όγκο αποβλήτων από περισσότερες περιοχές της ελληνικής επικράτειας, πιθανώς με μικρότερο κόστος.

## **4. Απόσταση από λιμάνι (SPA<sub>4</sub>)**

Η απόσταση της μονάδας ανακύκλωσης από το κοντινότερο λιμάνι αποτελεί δείκτη της συνδεσιμότητάς της με το νησιωτικό σύμπλεγμα και της δυνατότητας μεταφοράς και ανακύκλωσης των ΦΒ αποβλήτων που παράγονται εκτός της ηπειρωτικής χώρας. Συνεπώς, εφόσον δεν είναι γνωστή η ακριβής τοποθεσία της μονάδας στην κάθε υποψήφια ΠΕ, θα ληφθεί υπόψη η χιλιομετρική απόσταση της πρωτεύουσας κάθε εξεταζόμενης ΠΕ από το πλησιέστερο λιμάνι.

#### **4.5 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ**

Έχοντας ήδη διαμορφώσει την ιεραρχική δομή του μοντέλου AHP που θα υποστηρίξει την ανάπτυξη του συστήματος λήψης απόφασης για την επιλογή της βέλτιστης τοποθεσίας εγκατάστασης μονάδας ανακύκλωσης ΦΒ panels, είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός των συντελεστών βαρύτητας των σχετιζόμενων παραγόντων.

Για το σκοπό αυτό, ακολουθήθηκε η διαδικασία που περιγράφεται παρακάτω προκειμένου να διερευνηθούν οι απόψεις διαφόρων εμπειρογνομόνων και να προσδιοριστούν οι προτεραιότητες που συμβάλλουν στον χωρικό προσδιορισμό της μονάδας ανακύκλωσης ΦΒ panels στην Ελλάδα. Καθώς μια απόφαση επηρεάζει συχνά πολλά άτομα, η μέθοδος της AHP έχει προσαρμοστεί έτσι ώστε να μπορεί να εφαρμοστεί σε ομαδικές αποφάσεις. Έτσι, λαμβάνοντας υπόψη τις απόψεις διαφόρων ειδικών αποφεύγεται ο κίνδυνος εξαγωγής μεροληπτικών και μη ασφαλών συμπερασμάτων από ένα και μόνο άτομο (Ishizaka & Nemery, 2013).

##### Βήμα 1<sup>ο</sup> – Επιλογή εμπειρογνομόνων

Η επιλογή των εμπειρογνομόνων που θα συμμετέχουν στην έρευνα έχει ιδιαίτερα μεγάλη βαρύτητα για την επιτυχή ολοκλήρωσή της και για το λόγο αυτό πρέπει να γίνει με μεγάλη προσοχή. Πρέπει να είναι ειδικοί που δραστηριοποιούνται στον κλάδο των ΑΠΕ και της διαχείρισης αποβλήτων, να έχουν γνώσεις σχετικές με προβλήματα ανακύκλωσης, χωροθέτησης και λειτουργίας αντίστοιχων μονάδων.

Επιπλέον, πρέπει να δοθεί ιδιαίτερα μεγάλη προσοχή κατά την επιλογή προκειμένου κανένας από τους επιλεγέντες να μην παρουσιάζει κάποιο ιδιαίτερο όφελος από την ανάδειξη κάποιας συγκεκριμένης τοποθεσίας, ώστε να διατηρηθεί η αντικειμενικότητα και η αμεροληψία κατά τη συλλογή των απόψεών τους.

Έτσι, επιλέχθηκαν δεκαέξι (16) εμπειρογνώμονες και ειδικοί του κλάδου, από τους οποίους ζητήθηκε η συμπλήρωση κατάλληλα δομημένου ερωτηματολογίου για τον καθορισμό των συντελεστών βαρύτητας των κριτηρίων ιεράρχησης.

##### Βήμα 2<sup>ο</sup> – Διαμόρφωση και διανομή ερωτηματολογίου

Σύμφωνα με την άποψη ορισμένων ψυχολόγων, η έκφραση μιας προτίμησης είναι ευκολότερη μεταξύ δύο εναλλακτικών επιλογών παρά μεταξύ ενός συνόλου. Παράλληλα, χρησιμοποιώντας μια κατάλληλη κλίμακα αναλογίας είναι περισσότερο οικείο στον λήπτη της απόφασης να αποδώσει ένα βαθμό προτίμησης σε κάθε ζευγαρωτή σύγκριση (Ishizaka & Labib, 2011). Για το λόγο αυτό, πραγματοποιήθηκε η διαμόρφωση και η σύνταξη ενός ερωτηματολογίου κατά τέτοιο τρόπο ώστε να αποτυπώνει το υπό μελέτη πρόβλημα και να είναι εύκολα κατανοητό από όλους τους συμμετέχοντες. Το ερωτηματολόγιο αυτό

χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό της σχετικής σημασίας όλων των επιλεγμένων κριτηρίων και υποκριτηρίων και βασίστηκε σε μια 9-βάθμια κλίμακα.

Οι ερωτήσεις που τέθηκαν στους ερωτώμενους απαιτούσαν τη σύγκριση των στοιχείων, που θεωρήθηκε ότι συμβάλλουν στην επιλογή της τοποθεσίας της μονάδας ανακύκλωσης, κατά ζεύγη και η απάντηση έπρεπε να βασίζεται στη λογική του πόσο πιο σημαντικό είναι το ένα στοιχείο σε σχέση με το άλλο ως προς την επίτευξη του στόχου. Στο Παράρτημα II παρουσιάζεται το ερωτηματολόγιο που διανεμήθηκε στους εμπλεκόμενους.

Σημειώνεται ότι ορισμένα υποκριτήρια, λόγω της ποσοτικής και μετρήσιμης φύσης τους ( $SOC_1$ ,  $SOC_2$ ,  $ECO_1$ ,  $ECO_2$ ,  $SPA_4$ ) ή της γνώσης της κατάστασής τους για κάθε εξεταζόμενη εναλλακτική τοποθεσία ( $SPA_4$ ), δεν έχουν συμπεριληφθεί στο ερωτηματολόγιο κατά την υλοποίηση των ζευγαρωτών συγκρίσεων των εναλλακτικών τοποθεσιών. Οι τιμές των κριτηρίων αυτών για κάθε εξεταζόμενη ΠΕ εισήχθησαν απευθείας στο λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε.

### Βήμα 3<sup>ο</sup> – Έλεγχος ασυνέπειας

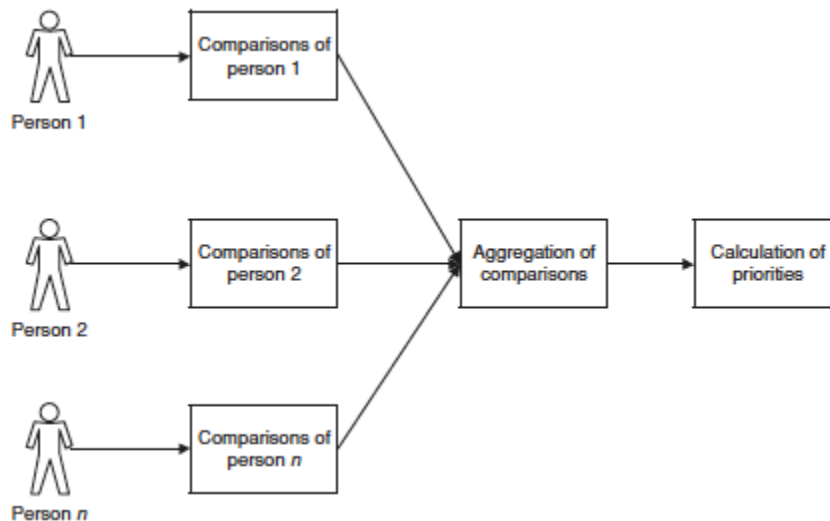
Από τους δέκα έξι (16) εμπειρογνώμονες στους οποίους αποφασίστηκε να αποσταλεί το ερωτηματολόγιο του Παραρτήματος II, λήφθηκαν συνολικά έντεκα (11) απαντήσεις. Εφόσον ολοκληρώθηκε η διανομή και η συμπλήρωση του ερωτηματολογίου από τους συμμετέχοντες, διενεργήθηκε ο έλεγχος ασυνέπειας όλων των απαντήσεων που δόθηκαν από κάθε ερωτώμενο. Σε κάθε έναν από τους δεκαέξι (16) πίνακες ζευγαρωτών συγκρίσεων του ερωτηματολογίου, διενεργήθηκε ένας έλεγχος ασυνέπειας μέσω του υπολογισμού του λόγου συνέπειας, CR (Consistency Ratio). Έτσι, για τους έντεκα (11) εμπειρογνώμονες πραγματοποιήθηκαν συνολικά εκατόν εβδομήντα έξι (176) έλεγχοι ασυνέπειας με τη βοήθεια του λογισμικού EXCEL.

Εάν κατά τον υπολογισμό του CR, αυτός έχει τιμή μεγαλύτερη από 10% ή 0,1, τότε κρίνεται απαραίτητη η επανεξέταση του ερωτηματολογίου του συγκεκριμένου εμπειρογνώμονα προκειμένου να διορθωθεί και ο CR να λάβει τιμή μικρότερη του 0,1. Στην περίπτωση αυτή ωστόσο, λόγω της ανωνυμίας που τηρήθηκε κατά τη συμπλήρωση των ερωτηματολογίων, δεν υπήρξε η δυνατότητα επανεξέτασης και διόρθωσης των απαντήσεων. Έτσι, οι απαντήσεις με  $CR > 0,1$  δεν αξιοποιήθηκαν και κατά συνέπεια, η συμμετοχή των σχετικών εμπειρογνομώνων δεν λήφθηκε υπόψη. Συνεπώς, από τις έντεκα (11) απαντήσεις, λήφθηκαν υπόψη οι οκτώ (8).

Το συγκεκριμένο βήμα είναι καθοριστικής σημασίας κατά την υλοποίηση της μεθόδου AHP καθώς πίνακες που παρουσιάζουν ασυνέπεια τείνουν να δώσουν εσφαλμένα αποτελέσματα και μη αξιόπιστες τελικές κατατάξεις.

#### Βήμα 4<sup>ο</sup> – Εύρεση γεωμετρικών μέσων

Στο στάδιο αυτό πραγματοποιήθηκε ο συνδυασμός των απαντήσεων/απόψεων που λήφθηκαν από κάθε ερωτώμενο ώστε να προκύψει μια συνολική κρίση του συνόλου των ειδικών. Για τον προσδιορισμό των συνολικών βαρών επιλέχθηκε αρχικά να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος υπολογισμού του γεωμετρικού μέσου όρου των μεμονωμένων αξιολογήσεων των οκτώ (8) εμπειρογνομόνων (Saaty & Vargas, 2005). Στο σχήμα 4. 3 παρουσιάζεται σχηματικά η μέθοδος υπολογισμού του γεωμετρικού μέσου που χρησιμοποιήθηκε.



**Σχήμα 4. 3:** Μέθοδος υπολογισμού γεωμετρικού μέσου όρου στο στάδιο των αξιολογήσεων.

[Ishizaka & Nemery, 2013]

Ο γεωμετρικός μέσος υπολογίζεται από τη  $n$ -οστή ρίζα του γινομένου  $n$  αριθμών και υποδηλώνει την κεντρική τάση ή την τυπική τιμή μιας ομάδας αριθμών. Για ένα σύνολο δεδομένων  $[p_1, \dots, p_n]$  ο γεωμετρικός μέσος υπολογίζεται ως εξής (Ishizaka & Nemery, 2013):

$$\sqrt[n]{\prod_{i=1}^n p_i} = \sqrt[n]{p_1 \cdot p_2 \cdot \dots \cdot p_n} \quad (4.12)$$

Οι συνδυασμένες κρίσεις των εμπειρογνομόνων είναι σημαντικό να διέπονται από την ιδιότητα της αντιστροφής (reciprocal property). Πιο συγκεκριμένα, θα πρέπει ο αντίστροφος των συνδυασμένων κρίσεων να ισούται με το συνδυασμό των αντιστρόφων των κρίσεων αυτών, γεγονός που μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση του γεωμετρικού μέσου όρου (Saaty & Vargas, 1984).

#### Βήμα 5<sup>ο</sup> – Εφαρμογή του SuperDecisions

Τα αποτελέσματα που έχουν προκύψει από την ολοκλήρωση του προηγούμενου βήματος της διαδικασίας αποτελούν τις μεταβλητές εισόδου του λογισμικού SuperDecisions. Με τη χρήση του λογισμικού αυτού, εφαρμόζεται η μέθοδος AHP, πραγματοποιείται ο υπολογισμός

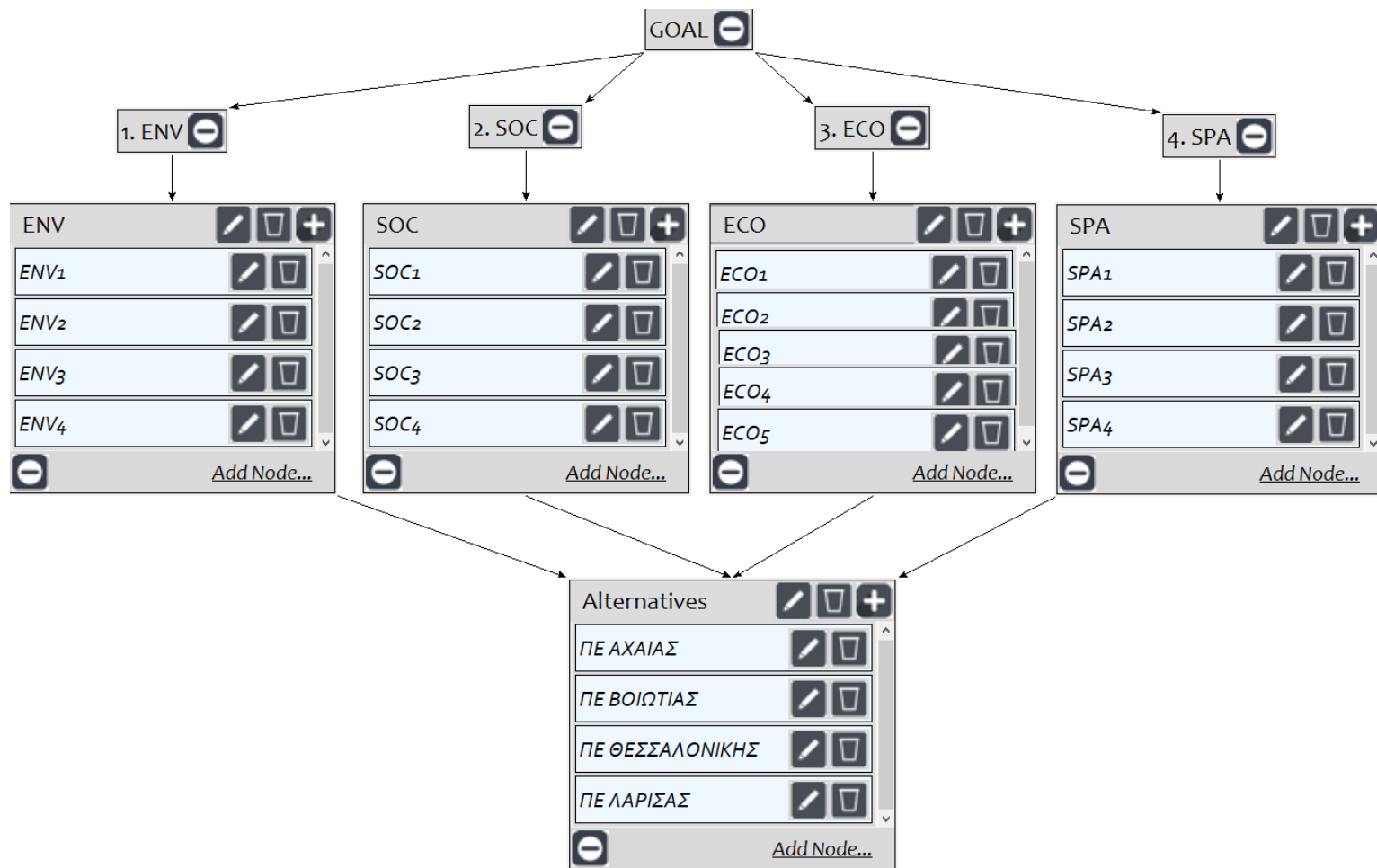
των προτεραιοτήτων των κριτηρίων και υποκριτηρίων του προβλήματος καθώς και η τελική κατάταξη των υποψήφιων εναλλακτικών τοποθεσιών που έχει επιλεχθεί να εξεταστούν για την εγκατάσταση της μονάδας ανακύκλωσης των ΦΒ panels.

Παράλληλα, με τη βοήθεια του λογισμικού αυτού υπάρχει η δυνατότητα προσδιορισμού της ασυνέπειας των συνδυασμένων κρίσεων. Είναι πιθανό, ακόμα και αν οι μεμονωμένες απόψεις των ειδικών χαρακτηρίζονται από συνέπεια, ο τελικός συνδυασμός των απόψεων του συνόλου των ειδικών που λαμβάνεται μέσω του γεωμετρικού μέσου να παρουσιάζει ασυνέπεια. Ωστόσο, στο στάδιο αυτό δεν πραγματοποιούνται ενέργειες διόρθωσης. Το γεγονός αυτό εξηγείται καθώς σε ατομικό επίπεδο οι κρίσεις μπορούν να είναι συνεπείς, αλλά συνδυαστικά με τις απόψεις άλλων, εντελώς διαφορετικών ανθρώπων, να παρουσιάζουν μεταξύ τους ασυνέπεια.

Τέλος, το λογισμικό παρέχει τη δυνατότητα διεξαγωγής ανάλυσης ευαισθησίας, μέσω της οποίας μπορεί να αναλυθεί σε μεγαλύτερο βαθμό το αποτέλεσμα της τελικής κατάταξης των εναλλακτικών τοποθεσιών.

Απαραίτητη προϋπόθεση για την επιτυχή χρήση του λογισμικού και τη λήψη αξιόπιστων αποτελεσμάτων αποτελεί η σωστή αποτύπωση της ιεραρχικής δομής του υπό μελέτη προβλήματος στο SuperDecisions. Λαμβάνοντας υπόψη την ιεραρχική δομή του μοντέλου AHP που καθορίστηκε (Σχήμα 4. 2), η αποτύπωση του προβλήματος στο λογισμικό παρουσιάζεται στην εικόνα 4. 1.

Τα αποτελέσματα που λήφθηκαν από την εφαρμογή του μοντέλου στο SuperDecisions παρατίθενται αναλυτικά στο επόμενο κεφάλαιο.



**Εικόνα 4. 1:** Αποτύπωση ιεραρχικής δομής του προβλήματος στο SuperDecisions.

[Ιδία επεξεργασία]



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup> : ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Όπως ήδη αναφέρθηκε, ο συγκερασμός των απόψεων των εμπειρογνομόνων επιλέχθηκε να πραγματοποιηθεί στη συγκεκριμένη περίπτωση μέσω του υπολογισμού του γεωμετρικού μέσου των ζευγαρωτών συγκρίσεων κάθε μεμονωμένης αξιολόγησης. Στη συνέχεια, τα αποτελέσματα αυτά χρησιμοποιήθηκαν ως στοιχεία των νέων πινάκων σύγκρισης ανά ζεύγη, προκειμένου να προσδιοριστούν οι συντελεστές βαρύτητας όλων των παραγόντων που συμβάλουν στη λήψη της απόφασης.

Τα στοιχεία των πινάκων σύγκρισης είναι τα δεδομένα εισόδου του λογισμικού SuperDecisions και αποτελούν τη συνδυασμένη τελική άποψη των ειδικών, των οποίων οι απαντήσεις λήφθηκαν τελικά υπόψη. Το λογισμικό παρέχει τη δυνατότητα εισαγωγής των μεταβλητών με διάφορους τρόπους (Matrix, Questionnaire, Direct κα). Στη συγκεκριμένη περίπτωση, όπου έχουν ήδη πραγματοποιηθεί οι δυαδικές συγκρίσεις όλων των παραμέτρων του προβλήματος και έχει προηγηθεί ο υπολογισμός του γεωμετρικού μέσου, επιλέχθηκε η απευθείας εισαγωγή των τιμών στους αντίστοιχους πίνακες. Έτσι, λήφθηκαν οι τιμές των συντελεστών βαρύτητας ( $w_i$ ) για όλα τα επίπεδα της ιεραρχίας του υπό μελέτη προβλήματος.

Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα των παραπάνω υπολογισμών παρουσιάζονται στους ακόλουθους πίνακες 5. 1 – 5. 21.

Για το πρώτο επίπεδο (Επίπεδο 1) της ιεραρχικής δομής του προβλήματος λήφθηκαν τα ακόλουθα αποτελέσματα.

**Πίνακας 5. 1:** Συνδυασμός απαντήσεων εμπειρογνομόνων και συντελεστές βαρύτητας για την αξιολόγηση των βασικών κριτηρίων.

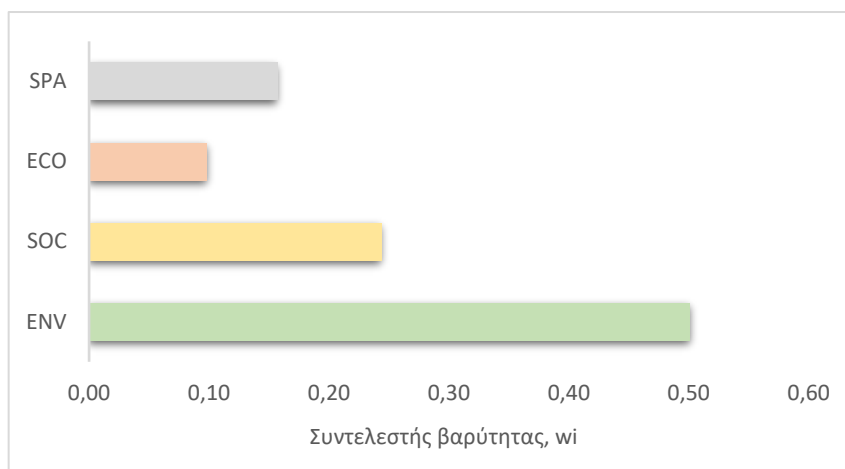
	ENV	SOC	ECO	SPA	$w_i$
ENV	1,000	2,776	4,709	2,539	0,5009
SOC	0,360	1,000	3,330	1,535	0,2438
ECO	0,212	0,300	1,000	0,777	0,0983
SPA	0,394	0,651	1,286	1,000	0,1571
$\lambda_{\max} = 4,071$		CI = 0,024	CR = 0,026		1

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα, στο πρώτο επίπεδο της ιεραρχίας του προβλήματος, η ιεράρχηση των περιβαλλοντικών, κοινωνικών, οικονομικών και χωροταξικών κριτηρίων, ως προς τη μεταξύ τους σημαντικότητα, διαμορφώνεται ως εξής:

**ENV > SOC > SPA > ECO**

Συνεπώς, στο πρόβλημα επιλογής της τοποθεσίας εγκατάστασης μιας μονάδας ανακύκλωσης ΦΒ panels, το περιβαλλοντικό κριτήριο συμβάλλει με ποσοστό 50,09%, το

κοινωνικό με 24,38%, το χωροταξικό με 15,71% ενώ το οικονομικό με μόλις 9,83% (Διάγραμμα 5. 1).



**Διάγραμμα 5. 1:** Συντελεστές βαρύτητας κριτηρίων Επιπέδου 1.

Αναφορικά με την αξιολόγηση του περιβαλλοντικού κριτηρίου, τα αποτελέσματα των συντελεστών βαρύτητας παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

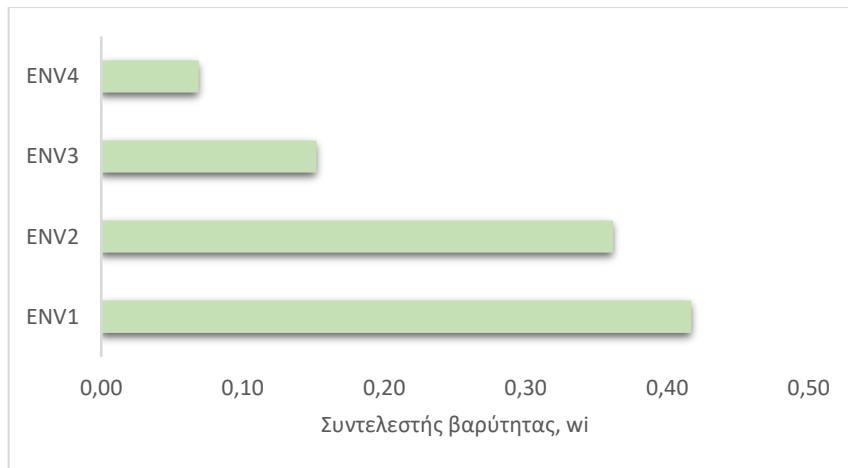
**Πίνακας 5. 2:** Συνδυασμός απαντήσεων εμπειρογνομόνων και συντελεστές βαρύτητας για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών κριτηρίων.

	<i>ENV<sub>1</sub></i>	<i>ENV<sub>2</sub></i>	<i>ENV<sub>3</sub></i>	<i>ENV<sub>4</sub></i>	$w_i$
<i>ENV<sub>1</sub></i>	1,000	1,454	2,256	5,744	0,4172
<i>ENV<sub>2</sub></i>	0,688	1,000	2,759	5,683	0,3620
<i>ENV<sub>3</sub></i>	0,443	0,362	1,000	2,104	0,1520
<i>ENV<sub>4</sub></i>	0,174	0,176	0,475	1,000	0,0688
$\lambda_{\max} = 4,031$	CI = 0,010		CR = 0,012		1

Από τα ανωτέρω προκύπτει ότι η ιεράρχηση των περιβαλλοντικών υποκριτηρίων που συνθέτουν το περιβαλλοντικό κριτήριο, ως προς τη μεταξύ τους σημαντικότητα, διαμορφώνεται ως εξής:

$$ENV_1 > ENV_2 > ENV_3 > ENV_4$$

Συνεπώς, κατά την άποψη των ειδικών σχετικά με τους παράγοντες που δημιουργούν το περιβαλλοντικό κριτήριο, οι προστατευόμενες περιοχές συμβάλλουν κατά 41,72%, οι αρχαιολογικοί χώροι κατά 36,2%, οι χρήσεις γης κατά 15,2% και ο αισθητικός αντίκτυπος κατά 6,88% (Διάγραμμα 5. 2).



**Διάγραμμα 5. 2:** Συντελεστές βαρύτητας περιβαλλοντικών κριτηρίων.

Αναφορικά με την αξιολόγηση του κοινωνικού κριτηρίου, τα αποτελέσματα των συντελεστών βαρύτητας παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

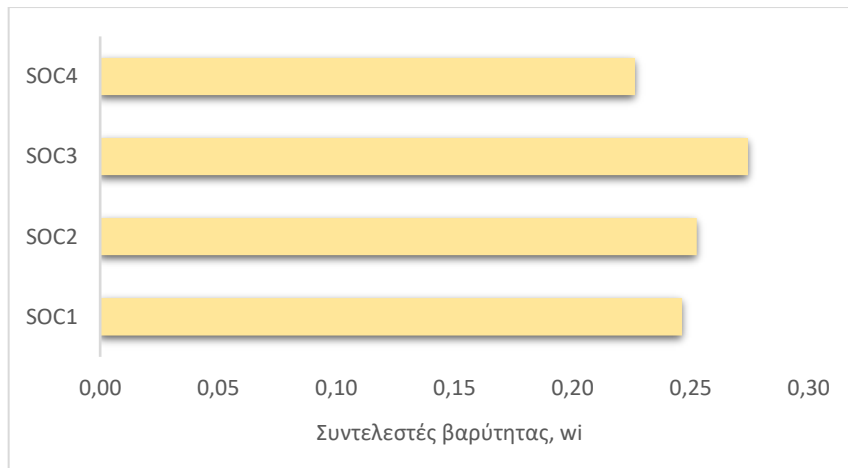
**Πίνακας 5. 3:** Συνδυασμός απαντήσεων εμπειρογνομόνων και συντελεστές βαρύτητας για την αξιολόγηση των κοινωνικών κριτηρίων.

	$SOC_1$	$SOC_2$	$SOC_3$	$SOC_4$	$w_i$
$SOC_1$	1,000	1,023	0,733	1,297	0,2464
$SOC_2$	0,977	1,000	0,829	1,344	0,2527
$SOC_3$	1,364	1,207	1,000	0,872	0,2743
$SOC_4$	0,771	0,744	1,147	1,000	0,2266
$\lambda_{\max} = 4,057$	CI = 0,019	CR = 0,021			1

Από τα ανωτέρω προκύπτει ότι η ιεράρχηση των κοινωνικών υποκριτηρίων που συνθέτουν το κοινωνικό κριτήριο, ως προς τη μεταξύ τους σημαντικότητα, διαμορφώνεται ως εξής:

$$SOC_3 > SOC_2 > SOC_1 > SOC_4$$

Συνεπώς, κατά την άποψη των ειδικών σχετικά με τους παράγοντες που δημιουργούν το κοινωνικό κριτήριο, το εξειδικευμένο εργατικό δυναμικό συμβάλλει κατά 27,43%, ο άνεργος πληθυσμός κατά 25,27%, ο τοπικός πληθυσμός κατά 24,64% και ο κίνδυνος συγκρούσεων κατά 22,66% (Διάγραμμα 5. 3). Τα τέσσερα υποκριτήρια του κοινωνικού κριτηρίου εμφανίζουν τιμές συντελεστών βαρύτητας που έχουν αμελητέα διαφορά μεταξύ τους, γεγονός που υποδηλώνει πως οι παράγοντες αυτοί είναι κατά μέσο όρο ισοδύναμης αξίας στη διαμόρφωση του σύνθετου κοινωνικού κριτηρίου.



**Διάγραμμα 5. 3:** Συντελεστές βαρύτητας κοινωνικών κριτηρίων.

Για την αξιολόγηση του οικονομικού κριτηρίου, τα αποτελέσματα των συντελεστών βαρύτητας παρατίθενται στον ακόλουθο πίνακα.

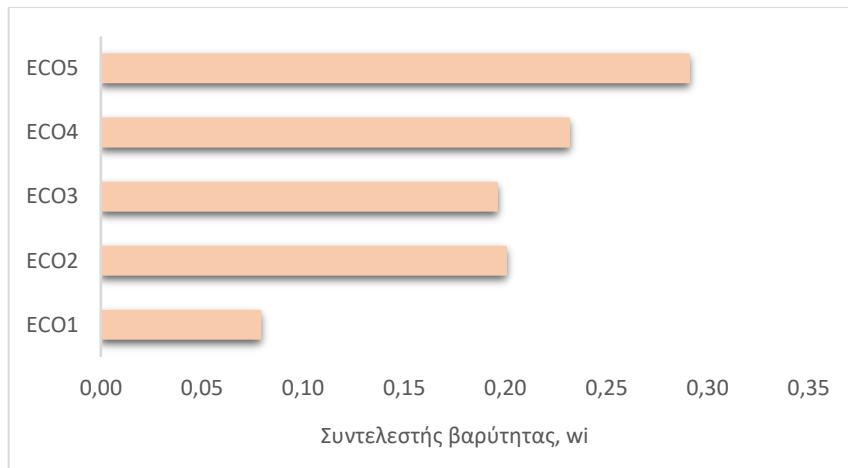
**Πίνακας 5. 4:** Συνδυασμός απαντήσεων εμπειρογνομόνων και συντελεστές βαρύτητας για την αξιολόγηση των οικονομικών κριτηρίων.

	<i>ECO<sub>1</sub></i>	<i>ECO<sub>2</sub></i>	<i>ECO<sub>3</sub></i>	<i>ECO<sub>4</sub></i>	<i>ECO<sub>5</sub></i>	$w_i$
<i>ECO<sub>1</sub></i>	1,000	0,386	0,348	0,359	0,314	0,0795
<i>ECO<sub>2</sub></i>	2,589	1,000	1,297	0,822	0,545	0,2008
<i>ECO<sub>3</sub></i>	2,870	0,771	1,000	0,848	0,727	0,1963
<i>ECO<sub>4</sub></i>	2,789	1,217	1,180	1,000	0,818	0,2320
<i>ECO<sub>5</sub></i>	3,180	1,835	1,376	1,223	1,000	0,2914
$\lambda_{\max} = 5,033$		CI = 0,008		CR = 0,007		1

Από τα δεδομένα του παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι η ιεράρχηση των οικονομικών παραγόντων που συνθέτουν το οικονομικό κριτήριο, ως προς τη μεταξύ τους σημαντικότητα, διαμορφώνεται ως εξής:

$$ECO_5 > ECO_4 > ECO_2 > ECO_3 > ECO_1$$

Συνεπώς, κατά την άποψη των ειδικών σχετικά με τους παράγοντες που δημιουργούν το οικονομικό κριτήριο, τα οικονομικά οφέλη για την περιοχή συμβάλλουν κατά 29,14%, το κόστος μεταφοράς κατά 23,2%, ο όγκος των εγκατεστημένων panels κατά 20,08%, το κόστος εγκατάστασης κατά 19,63% ενώ το ΑΕΠ κατά 7,95% (Διάγραμμα 5. 4).



**Διάγραμμα 5. 4:** Συντελεστές βαρύτητας οικονομικών κριτηρίων.

Για την αξιολόγηση του χωροταξικού κριτηρίου, τα αποτελέσματα των συντελεστών βαρύτητας παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

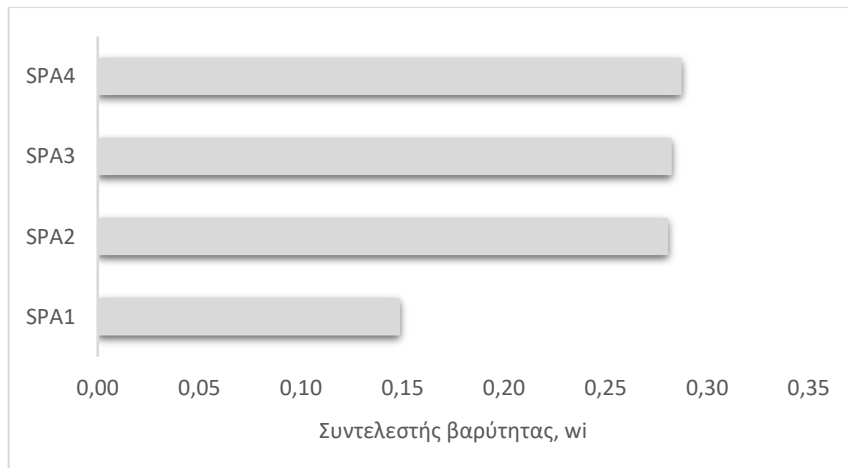
**Πίνακας 5. 5:** Συνδυασμός απαντήσεων εμπειρογνομόνων για την αξιολόγηση των χωροταξικών κριτηρίων.

	$SPA_1$	$SPA_2$	$SPA_3$	$SPA_4$	$w_i$
$SPA_1$	1,000	0,657	0,388	0,557	0,1489
$SPA_2$	1,522	1,000	1,251	0,965	0,2810
$SPA_3$	2,577	0,799	1,000	0,885	0,2826
$SPA_4$	1,795	1,037	1,130	1,000	0,2876
$\lambda_{\max} = 4,053$ $CI = 0,018$ $CR = 0,019$					1

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα, η ιεράρχηση των χωροταξικών παραγόντων που συνθέτουν το χωροταξικό κριτήριο, ως προς τη μεταξύ τους σημαντικότητα, διαμορφώνεται ως εξής:

$$SPA_4 > SPA_3 > SPA_2 > SPA_1$$

Προκύπτει λοιπόν ότι οι χωροταξικοί παράγοντες που αφορούν την απόσταση από λιμάνι, τη σύνδεση με σιδηροδρομικό δίκτυο και το οδικό δίκτυο συμβάλλουν σχεδόν κατά το ίδιο ποσοστό (28,76, 28,26 και 28,10% αντίστοιχα) στη διαμόρφωση του χωροταξικού κριτηρίου. Τέλος, ο χωροταξικός παράγοντας που σχετίζεται με την απόσταση από κατοικημένη περιοχή συμβάλλει σε μικρότερο ποσοστό, ίσο με 14,89% (Διάγραμμα 5. 5).

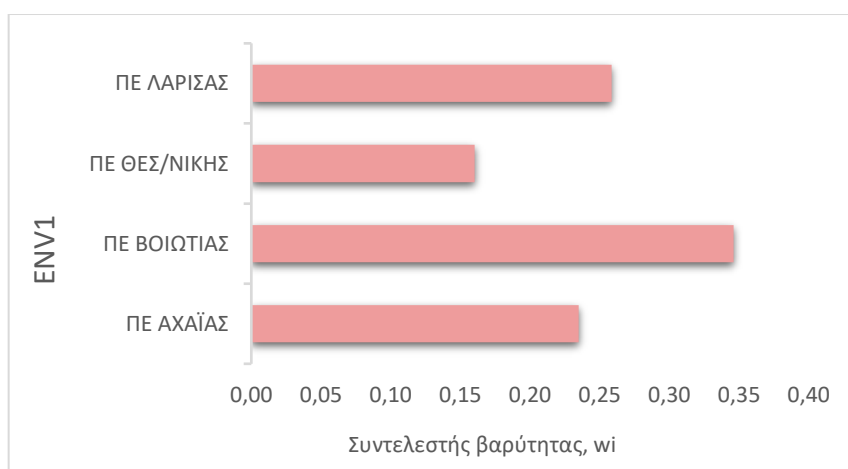


**Διάγραμμα 5. 5:** Συντελεστές βαρύτητας χωροταξικών κριτηρίων.

Τα αποτελέσματα των ζευγαρωτών συγκρίσεων και των συντελεστών βαρύτητας των υποψήφιων εναλλακτικών τοποθεσιών (Επίπεδο 3) αναφορικά με τη μεταξύ τους σημαντικότητα ως προς κάθε παράγοντα του προηγούμενου επιπέδου (Επίπεδο 2) παρατίθενται στους πίνακες και τα διαγράμματα που ακολουθούν.

**Πίνακας 5. 6:** Συνδυασμός απαντήσεων εμπειρογνομόνων και συντελεστές βαρύτητας για την αξιολόγηση των εναλλακτικών τοποθεσιών ως προς τις προστατευόμενες περιοχές.

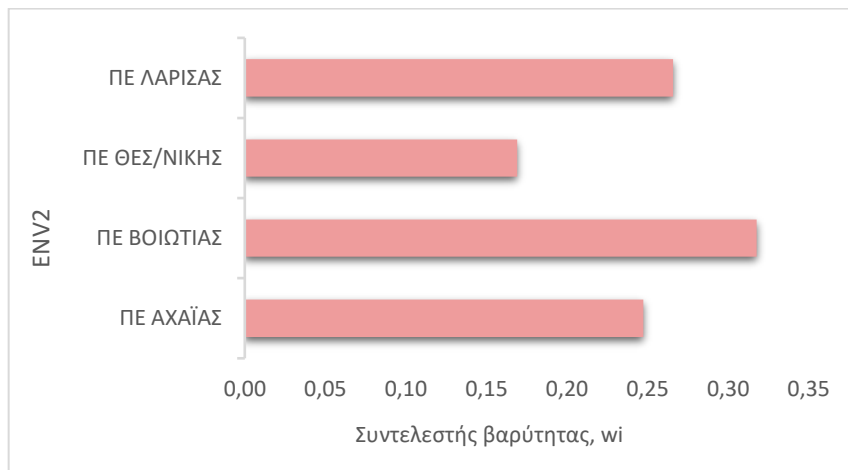
	ENV <sub>1</sub>				$w_i$
	ΠΕ ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ	ΠΕ ΒΟΙΩΤΙΑΣ	ΠΕ ΛΑΡΙΣΑΣ	ΠΕ ΑΧΑΪΑΣ	
ΠΕ ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ	1,000	0,511	0,663	0,583	0,1603
ΠΕ ΒΟΙΩΤΙΑΣ	1,956	1,000	1,565	1,403	0,3461
ΠΕ ΛΑΡΙΣΑΣ	1,508	0,639	1,000	1,364	0,2587
ΠΕ ΑΧΑΪΑΣ	1,715	0,713	0,733	1,000	0,2349
$\lambda_{\max} = 4,028$ $CI = 0,009$ $CR = 0,010$					1



**Διάγραμμα 5. 6:** Συντελεστές βαρύτητας εναλλακτικών ΠΕ ως προς το υποκριτήριο ENV<sub>1</sub>.

**Πίνακας 5. 7:** Συνδυασμός απαντήσεων εμπειρογνομόνων και συντελεστές βαρύτητας για την αξιολόγηση των εναλλακτικών τοποθεσιών ως προς τους αρχαιολογικούς χώρους.

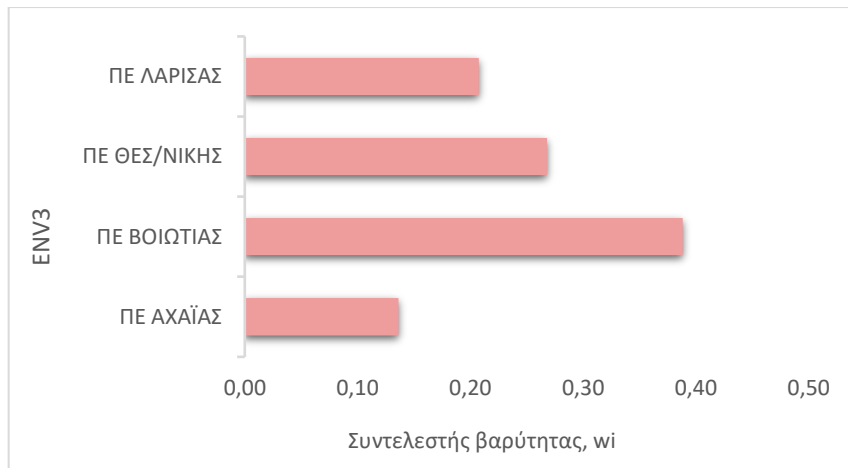
	ENV <sub>2</sub>				w <sub>i</sub>
	ΠΕ ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ	ΠΕ ΒΟΙΩΤΙΑΣ	ΠΕ ΛΑΡΙΣΑΣ	ΠΕ ΑΧΑΪΑΣ	
ΠΕ ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ	1,000	0,586	0,599	0,657	0,1690
ΠΕ ΒΟΙΩΤΙΑΣ	1,707	1,000	1,286	1,311	0,3177
ΠΕ ΛΑΡΙΣΑΣ	1,668	0,777	1,000	1,091	0,2659
ΠΕ ΑΧΑΪΑΣ	1,522	0,763	0,917	1,000	0,2474
$\lambda_{\max} = 4,005$		CI = 0,002	CR = 0,002	1	



**Διάγραμμα 5. 7:** Συντελεστές βαρύτητας εναλλακτικών ΠΕ ως προς το υποκριτήριο ENV<sub>2</sub>.

**Πίνακας 5. 8:** Συνδυασμός απαντήσεων εμπειρογνομόνων και συντελεστές βαρύτητας για την αξιολόγηση των εναλλακτικών τοποθεσιών ως προς τις χρήσεις γης.

	ENV <sub>3</sub>				w <sub>i</sub>
	ΠΕ ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ	ΠΕ ΒΟΙΩΤΙΑΣ	ΠΕ ΛΑΡΙΣΑΣ	ΠΕ ΑΧΑΪΑΣ	
ΠΕ ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ	1,000	0,841	1,158	1,781	0,2679
ΠΕ ΒΟΙΩΤΙΑΣ	1,189	1,000	2,201	2,920	0,3883
ΠΕ ΛΑΡΙΣΑΣ	0,863	0,454	1,000	1,609	0,2075
ΠΕ ΑΧΑΪΑΣ	0,561	0,342	0,621	1,000	0,1363
$\lambda_{\max} = 4,023$		CI = 0,008	CR = 0,008	1	



**Διάγραμμα 5. 8:** Συντελεστές βαρύτητας εναλλακτικών ΠΕ ως προς το υποκριτήριο ENV<sub>3</sub>.

**Πίνακας 5. 9:** Συνδυασμός απαντήσεων εμπειρογνομόνων και συντελεστές βαρύτητας για την αξιολόγηση των εναλλακτικών τοποθεσιών ως προς τον αισθητικό αντίκτυπο.

	ENV <sub>4</sub>				$w_i$
	ΠΕ ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ	ΠΕ ΒΟΙΩΤΙΑΣ	ΠΕ ΛΑΡΙΣΑΣ	ΠΕ ΑΧΑΪΑΣ	
ΠΕ ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ	1,000	1,382	0,980	1,507	0,2962
ΠΕ ΒΟΙΩΤΙΑΣ	0,723	1,000	1,180	1,622	0,2679
ΠΕ ΛΑΡΙΣΑΣ	1,020	0,848	1,000	0,900	0,2329
ΠΕ ΑΧΑΪΑΣ	0,663	0,616	1,112	1,000	0,2030
$\lambda_{\max} = 4,056$ CI = 0,019    CR = 0,021					1



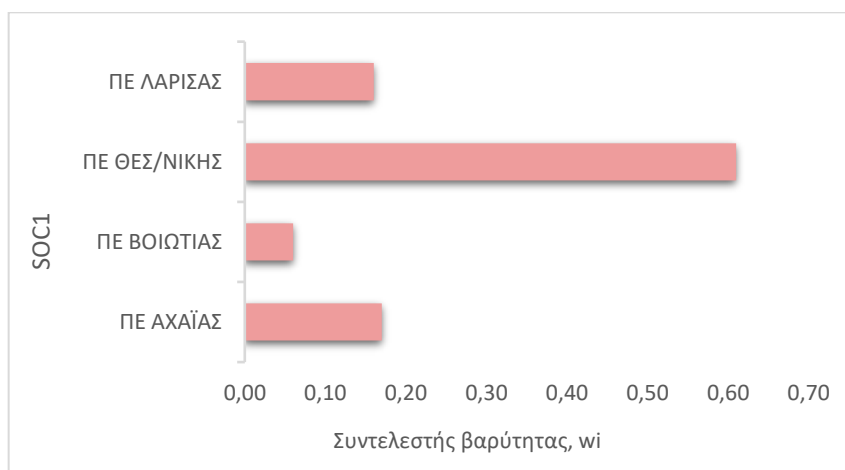
**Διάγραμμα 5. 9:** Συντελεστές βαρύτητας εναλλακτικών ΠΕ ως προς το υποκριτήριο ENV<sub>4</sub>.

Αναφορικά με το κριτήριο SOC<sub>1</sub> το οποίο σχετίζεται με τον τοπικό πληθυσμό, λήφθηκαν υπόψη τα στοιχεία της απογραφής του 2011 της ΕΛΣΤΑΤ. Οι τιμές και οι συντελεστές βαρύτητας που αποδόθηκαν σε κάθε υποψήφια ΠΕ παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.



**Πίνακας 5. 10:** Τιμές και συντελεστές βαρύτητας για την αξιολόγηση των εναλλακτικών τοποθεσιών ως προς τον τοπικό πληθυσμό.

<b>SOC<sub>1</sub></b>		<b>w<sub>i</sub></b>
<b>ΠΕ ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ</b>	1.110.312	0,61
<b>ΠΕ ΒΟΙΩΤΙΑΣ</b>	117.920	0,06
<b>ΠΕ ΛΑΡΙΣΑΣ</b>	284.325	0,16
<b>ΠΕ ΑΧΑΪΑΣ</b>	309.694	0,17
CR = 0		1

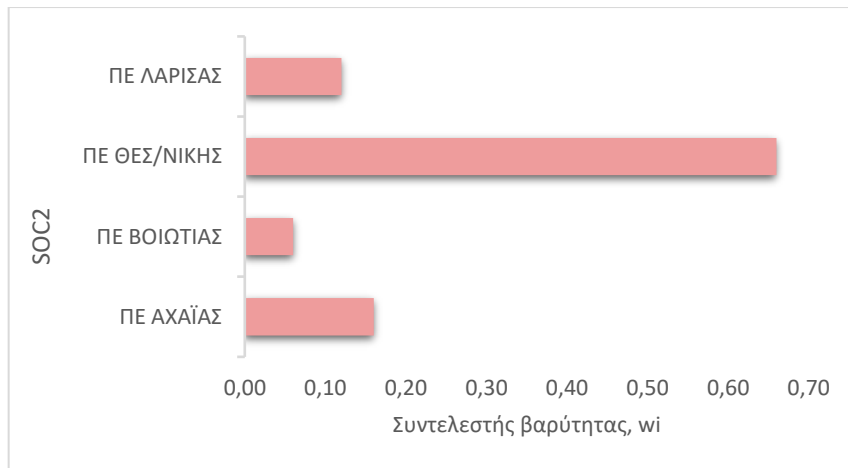


**Διάγραμμα 5. 10:** Συντελεστές βαρύτητας εναλλακτικών ΠΕ ως προς το υποκριτήριο SOC<sub>1</sub>.

Για την αξιολόγηση του κοινωνικού κριτηρίου SOC<sub>2</sub> το οποίο σχετίζεται με τον άνεργο πληθυσμό, λήφθηκαν υπόψη τα στοιχεία της απογραφής του 2011 της ΕΛΣΤΑΤ. Οι τιμές και οι συντελεστές βαρύτητας που αποδόθηκαν σε κάθε υποψήφια ΠΕ παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

**Πίνακας 5. 11:** Τιμές και συντελεστές βαρύτητας για την αξιολόγηση των εναλλακτικών τοποθεσιών ως προς τον άνεργο πληθυσμό.

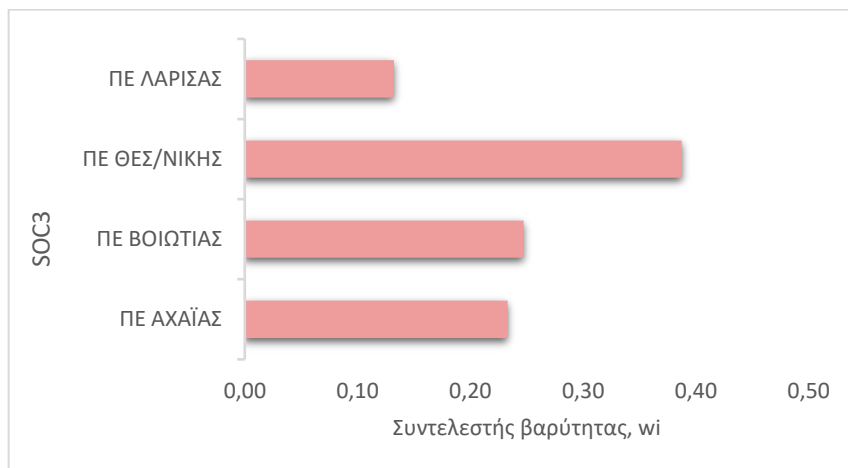
<b>SOC<sub>2</sub></b>		<b>w<sub>i</sub></b>
<b>ΠΕ ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ</b>	106.799	0,66
<b>ΠΕ ΒΟΙΩΤΙΑΣ</b>	8.953	0,06
<b>ΠΕ ΛΑΡΙΣΑΣ</b>	19.809	0,12
<b>ΠΕ ΑΧΑΪΑΣ</b>	25.896	0,16
CR = 0		1



**Διάγραμμα 5. 11:** Συντελεστές βαρύτητας εναλλακτικών ΠΕ ως προς το υποκριτήριο  $SOC_2$ .

**Πίνακας 5. 12:** Συνδυασμός απαντήσεων εμπειρογνομόνων και συντελεστές βαρύτητας για την αξιολόγηση των εναλλακτικών τοποθεσιών ως προς το εξειδικευμένο εργατικό δυναμικό.

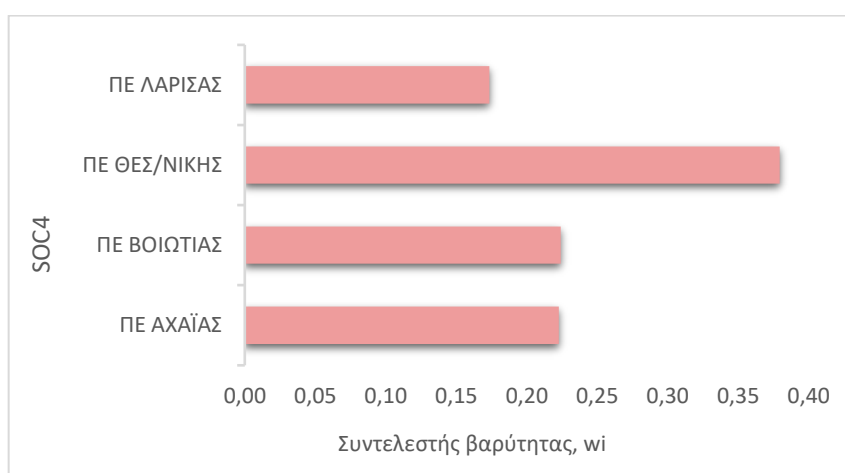
	$SOC_3$				$w_i$
	ΠΕ ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ	ΠΕ ΒΟΙΩΤΙΑΣ	ΠΕ ΛΑΡΙΣΑΣ	ΠΕ ΑΧΑΪΑΣ	
ΠΕ ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ	1,000	1,740	3,113	1,403	0,3875
ΠΕ ΒΟΙΩΤΙΑΣ	0,575	1,000	1,963	1,128	0,2472
ΠΕ ΛΑΡΙΣΑΣ	0,321	0,509	1,000	0,639	0,1324
ΠΕ ΑΧΑΪΑΣ	0,713	0,886	1,565	1,000	0,2329
$\lambda_{\max} = 4,016$ $CI = 0,005$ $CR = 0,006$					1



**Διάγραμμα 5. 12:** Συντελεστές βαρύτητας εναλλακτικών ΠΕ ως προς το υποκριτήριο  $SOC_3$ .

**Πίνακας 5. 13:** Συνδυασμός απαντήσεων εμπειρογνομόνων και συντελεστές βαρύτητας για την αξιολόγηση των εναλλακτικών τοποθεσιών ως προς τον κίνδυνο συγκρούσεων.

	<b>SOC<sub>4</sub></b>				<b>w<sub>i</sub></b>
	<b>ΠΕ ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ</b>	<b>ΠΕ ΒΟΙΩΤΙΑΣ</b>	<b>ΠΕ ΛΑΡΙΣΑΣ</b>	<b>ΠΕ ΑΧΑΪΑΣ</b>	
<b>ΠΕ ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ</b>	1,000	1,334	2,365	1,989	0,3795
<b>ΠΕ ΒΟΙΩΤΙΑΣ</b>	0,750	1,000	1,251	0,802	0,2241
<b>ΠΕ ΛΑΡΙΣΑΣ</b>	0,423	0,799	1,000	0,841	0,1736
<b>ΠΕ ΑΧΑΪΑΣ</b>	0,503	1,247	1,189	1,000	0,2229
$\lambda_{\max} = 4,036$		CI = 0,012	CR = 0,014	1	

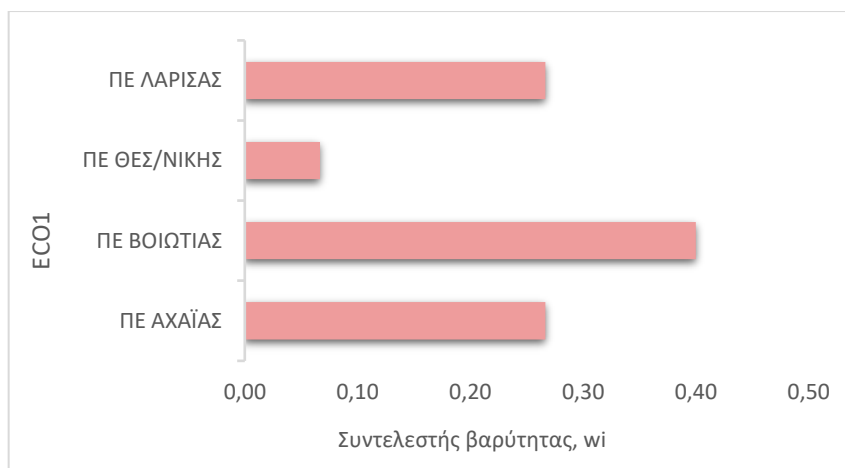


**Διάγραμμα 5. 13:** Συντελεστές βαρύτητας εναλλακτικών ΠΕ ως προς το υποκριτήριο SOC<sub>4</sub>.

Για το οικονομικό κριτήριο ECO<sub>1</sub> το οποίο σχετίζεται με το ΑΕΠ, λήφθηκαν υπόψη τα στοιχεία του 2018 της ΕΛΣΤΑΤ. Οι τιμές και οι συντελεστές βαρύτητας που αποδόθηκαν σε κάθε υποψήφια ΠΕ παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα. Σημειώνεται ότι στην περίπτωση του συγκεκριμένου οικονομικού παράγοντα, οι ΠΕ με μικρότερη τιμή ΑΕΠ θεωρούνται τοποθεσίες με υψηλότερη σημαντικότητα για την εγκατάσταση της μονάδας ανακύκλωσης ΦΒ panels αφού αναμένεται να ενισχύσει την οικονομική δραστηριότητα της περιοχής (νέες θέσεις εργασίας, βιομηχανική ανάπτυξη κλπ.).

**Πίνακας 5. 14:** Τιμές και συντελεστές βαρύτητας για την αξιολόγηση των εναλλακτικών τοποθεσιών ως προς το ΑΕΠ (Σε εκατομμύρια ευρώ, σε τρέχουσες τιμές).

<b>ECO<sub>1</sub></b>		<b>w<sub>i</sub></b>
<b>ΠΕ ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ</b>	15.774	0,0667
<b>ΠΕ ΒΟΙΩΤΙΑΣ</b>	2.688	0,4000
<b>ΠΕ ΛΑΡΙΣΑΣ</b>	3.957	0,2667
<b>ΠΕ ΑΧΑΪΑΣ</b>	3.876	0,2667
CR = 0		1

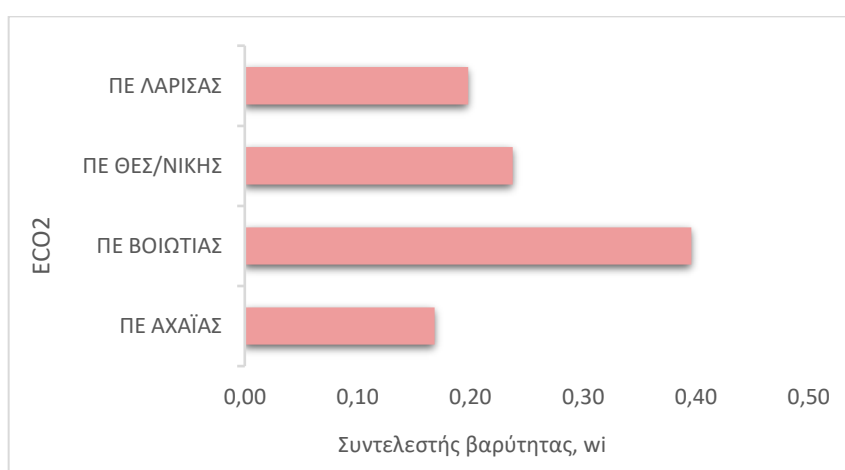


**Διάγραμμα 5. 14:** Συντελεστές βαρύτητας εναλλακτικών ΠΕ ως προς το υποκριτήριο  $ECO_1$ .

Για τις τιμές του οικονομικού παράγοντα  $ECO_2$ , ο οποίος σχετίζεται με τον όγκο των εγκατεστημένων panels, λήφθηκαν υπόψη οι υπολογισμοί της Παραγράφου 4. 2. Οι τιμές και οι συντελεστές βαρύτητας που αποδόθηκαν σε κάθε υποψήφια ΠΕ παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

**Πίνακας 5. 15:** Τιμές και συντελεστές βαρύτητας για την αξιολόγηση των εναλλακτικών τοποθεσιών ως προς τον όγκο των εγκατεστημένων panels.

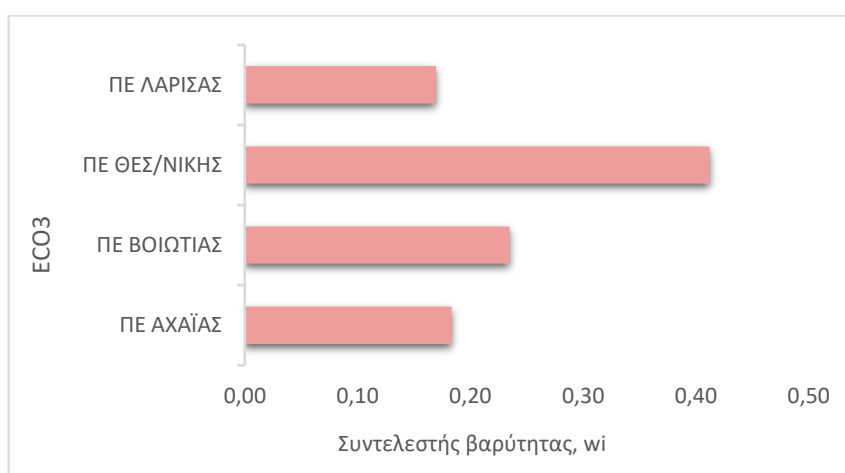
$ECO_2$		$w_i$
<b>ΠΕ ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ</b>	1.909.903	0,24
<b>ΠΕ ΒΟΙΩΤΙΑΣ</b>	3.252.051	0,40
<b>ΠΕ ΛΑΡΙΣΑΣ</b>	1.589.308	0,20
<b>ΠΕ ΑΧΑΪΑΣ</b>	1.357.130	0,17
CR = 0		1



**Διάγραμμα 5. 15:** Συντελεστές βαρύτητας εναλλακτικών ΠΕ ως προς το υποκριτήριο  $ECO_2$ .

**Πίνακας 5. 16:** Συνδυασμός απαντήσεων εμπειρογνομόνων και συντελεστές βαρύτητας για την αξιολόγηση των εναλλακτικών τοποθεσιών ως προς το κόστος εγκατάστασης.

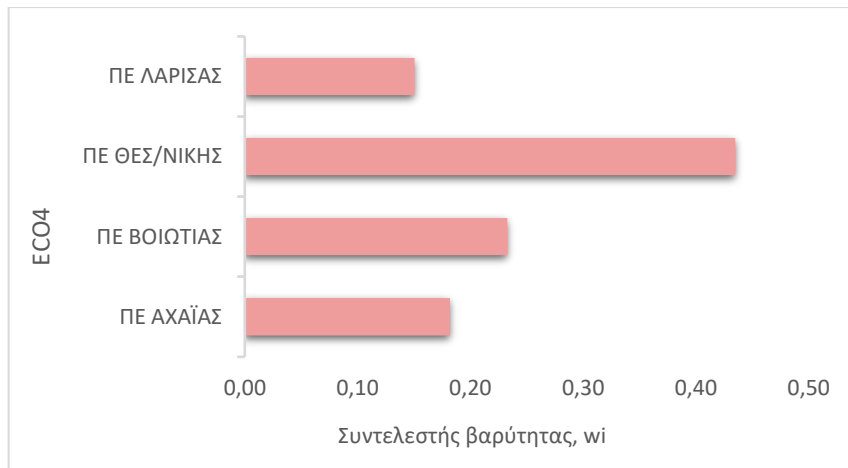
	<i>ECO<sub>3</sub></i>				<i>w<sub>i</sub></i>
	<i>ΠΕ ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ</i>	<i>ΠΕ ΒΟΙΩΤΙΑΣ</i>	<i>ΠΕ ΛΑΡΙΣΑΣ</i>	<i>ΠΕ ΑΧΑΪΑΣ</i>	
<i>ΠΕ ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ</i>	1,000	1,609	2,618	2,282	0,4123
<i>ΠΕ ΒΟΙΩΤΙΑΣ</i>	0,621	1,000	1,220	1,330	0,2349
<i>ΠΕ ΛΑΡΙΣΑΣ</i>	0,382	0,820	1,000	0,872	0,1695
<i>ΠΕ ΑΧΑΪΑΣ</i>	0,438	0,752	1,147	1,000	0,1833
$\lambda_{\max} = 4,009$		CI = 0,003	CR = 0,03	1	



**Διάγραμμα 5. 16:** Συντελεστές βαρύτητας εναλλακτικών ΠΕ ως προς το υποκριτήριο  $ECO_3$ .

**Πίνακας 5. 17:** Συνδυασμός απαντήσεων εμπειρογνομόνων και συντελεστές βαρύτητας για την αξιολόγηση των εναλλακτικών τοποθεσιών ως προς το κόστος μεταφοράς.

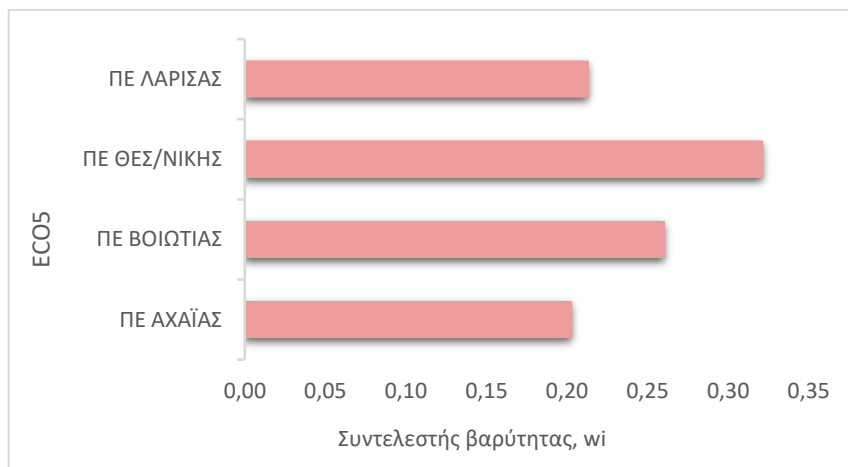
	<i>ECO<sub>4</sub></i>				<i>w<sub>i</sub></i>
	<i>ΠΕ ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ</i>	<i>ΠΕ ΒΟΙΩΤΙΑΣ</i>	<i>ΠΕ ΛΑΡΙΣΑΣ</i>	<i>ΠΕ ΑΧΑΪΑΣ</i>	
<i>ΠΕ ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ</i>	1,000	1,463	2,865	3,027	0,4350
<i>ΠΕ ΒΟΙΩΤΙΑΣ</i>	0,683	1,000	1,353	1,137	0,2327
<i>ΠΕ ΛΑΡΙΣΑΣ</i>	0,349	0,739	1,000	0,733	0,1504
<i>ΠΕ ΑΧΑΪΑΣ</i>	0,330	0,879	1,364	1,000	0,1819
$\lambda_{\max} = 4,041$		CI = 0,014	CR = 0,015	1	



**Διάγραμμα 5. 17:** Συντελεστές βαρύτητας εναλλακτικών ΠΕ ως προς το υποκριτήριο  $ECO_4$ .

**Πίνακας 5. 18:** Συνδυασμός απαντήσεων εμπειρογνομόνων και συντελεστές βαρύτητας για την αξιολόγηση των εναλλακτικών τοποθεσιών ως προς τα οικονομικά οφέλη για την περιοχή.

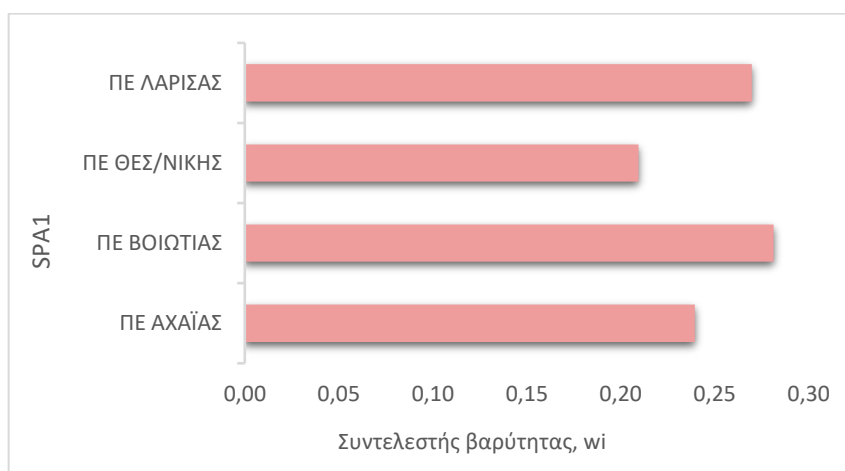
	$ECO_5$				$w_i$
	ΠΕ ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ	ΠΕ ΒΟΙΩΤΙΑΣ	ΠΕ ΛΑΡΙΣΑΣ	ΠΕ ΑΧΑΪΑΣ	
ΠΕ ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ	1,000	1,189	1,426	1,743	0,3220
ΠΕ ΒΟΙΩΤΙΑΣ	0,841	1,000	1,130	1,344	0,2610
ΠΕ ΛΑΡΙΣΑΣ	0,701	0,885	1,000	0,917	0,2137
ΠΕ ΑΧΑΪΑΣ	0,574	0,744	1,091	1,000	0,2034
$\lambda_{\max} = 4,010$ $CI = 0,003$ $CR = 0,004$					1



**Διάγραμμα 5. 18:** Συντελεστές βαρύτητας εναλλακτικών ΠΕ ως προς το υποκριτήριο  $ECO_5$ .

**Πίνακας 5. 19:** Συνδυασμός απαντήσεων εμπειρογνομόνων και συντελεστές βαρύτητας για την αξιολόγηση των εναλλακτικών τοποθεσιών ως προς την απόσταση από κατοικημένη περιοχή.

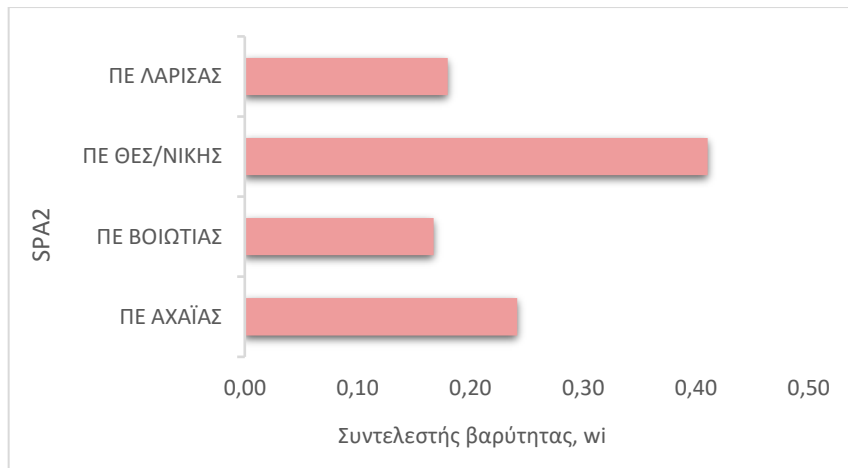
	<i>SPA<sub>1</sub></i>				<i>w<sub>i</sub></i>
	<i>ΠΕ ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ</i>	<i>ΠΕ ΒΟΙΩΤΙΑΣ</i>	<i>ΠΕ ΛΑΡΙΣΑΣ</i>	<i>ΠΕ ΑΧΑΪΑΣ</i>	
<i>ΠΕ ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ</i>	1,000	0,892	0,648	0,865	0,2094
<i>ΠΕ ΒΟΙΩΤΙΑΣ</i>	1,121	1,000	1,170	1,251	0,2813
<i>ΠΕ ΛΑΡΙΣΑΣ</i>	1,542	0,855	1,000	1,052	0,2698
<i>ΠΕ ΑΧΑΪΑΣ</i>	1,156	0,799	0,951	1,000	0,2394
$\lambda_{\max} = 4,022$ $CI = 0,007$ $CR = 0,008$					1



**Διάγραμμα 5. 19:** Συντελεστές βαρύτητας εναλλακτικών ΠΕ ως προς το υποκριτήριο *SPA<sub>1</sub>*.

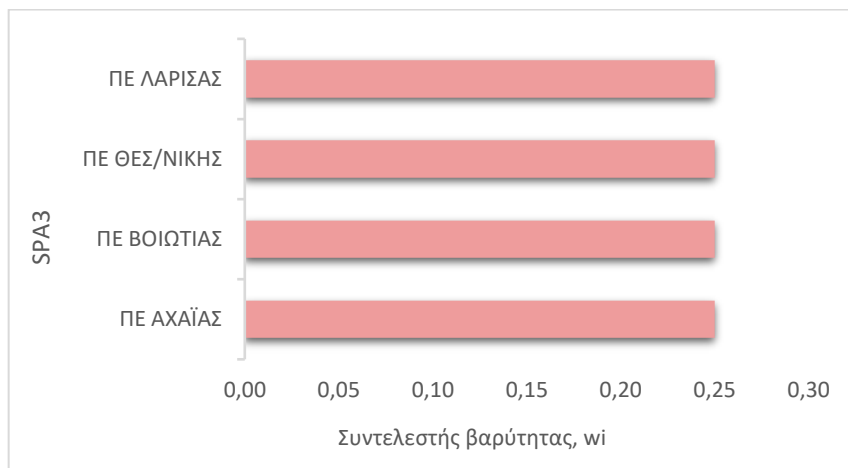
**Πίνακας 5. 20:** Συνδυασμός απαντήσεων εμπειρογνομόνων και συντελεστές βαρύτητας για την αξιολόγηση των εναλλακτικών τοποθεσιών ως προς το οδικό δίκτυο.

	<i>SPA<sub>2</sub></i>				<i>w<sub>i</sub></i>
	<i>ΠΕ ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ</i>	<i>ΠΕ ΒΟΙΩΤΙΑΣ</i>	<i>ΠΕ ΛΑΡΙΣΑΣ</i>	<i>ΠΕ ΑΧΑΪΑΣ</i>	
<i>ΠΕ ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ</i>	1,000	1,984	2,546	1,871	0,4106
<i>ΠΕ ΒΟΙΩΤΙΑΣ</i>	0,504	1,000	0,892	0,578	0,1676
<i>ΠΕ ΛΑΡΙΣΑΣ</i>	0,393	1,121	1,000	0,811	0,1801
<i>ΠΕ ΑΧΑΪΑΣ</i>	0,535	1,729	1,233	1,000	0,2417
$\lambda_{\max} = 4,027$ $CI = 0,009$ $CR = 0,010$					1



**Διάγραμμα 5. 20:** Συντελεστές βαρύτητας εναλλακτικών ΠΕ ως προς το υποκριτήριο SPA<sub>2</sub>.

Αναφορικά με το κριτήριο SPA<sub>3</sub> το οποίο σχετίζεται με τη σύνδεση με το σιδηροδρομικό δίκτυο, θεωρήθηκε ότι όλες οι υποψήφιες ΠΕ διαθέτουν ανάλογη σύνδεση. Συνεπώς, οι τέσσερις (4) εναλλακτικές τοποθεσίες εμφανίζονται ίσης σημασίας ως προς αυτόν τον χωροταξικό παράγοντα (Διάγραμμα 5. 20).



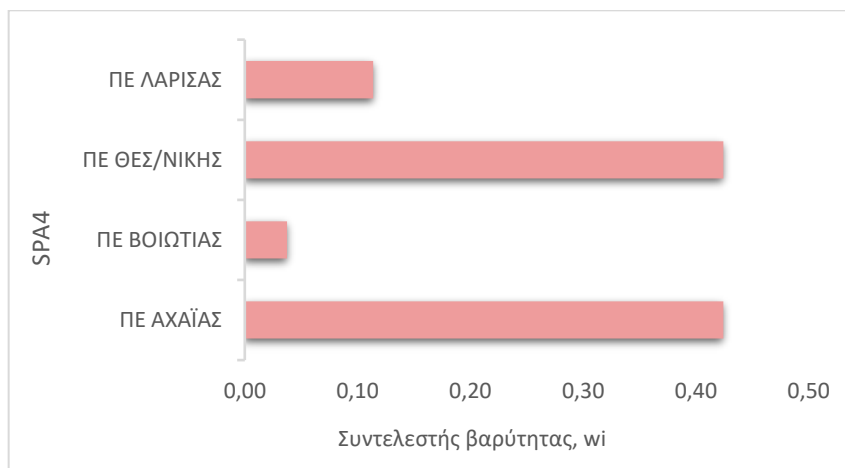
**Διάγραμμα 5. 21:** Συντελεστές βαρύτητας εναλλακτικών ΠΕ ως προς το υποκριτήριο SPA<sub>3</sub>.

Τέλος, για το κριτήριο SPA<sub>4</sub> το οποίο σχετίζεται με την απόσταση από λιμάνι, βρέθηκαν αρχικά οι αποστάσεις από τις πρωτεύουσες των εξεταζόμενων ΠΕ στα πλησιέστερα εμπορικά λιμάνια. Για τις ΠΕ Θεσσαλονίκης και Αχαΐας η απόσταση αυτή θεωρήθηκε μηδενική καθώς οι πρωτεύουσες αυτών των περιφερειακών ενοτήτων (Θεσσαλονίκη και Πάτρα αντίστοιχα) διαθέτουν δικό τους λιμάνι. Για την ΠΕ Λάρισας βρέθηκε η χιλιομετρική απόσταση ανάμεσα στην πόλη της Λάρισας και το λιμάνι του Βόλου ενώ για την ΠΕ Βοιωτίας βρέθηκε η χιλιομετρική απόσταση ανάμεσα στη Λιβαδειά και το λιμάνι του Πειραιά. Οι τιμές και οι συντελεστές βαρύτητας που αποδόθηκαν σε κάθε υποψήφια ΠΕ παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.



**Πίνακας 5. 21:** Τιμές και συντελεστές βαρύτητας για την αξιολόγηση των εναλλακτικών τοποθεσιών ως προς την απόσταση από λιμάνι.

$SPA_4$		$w_i$
<b>ΠΕ ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ</b>	0	0,4244
<b>ΠΕ ΒΟΙΩΤΙΑΣ</b>	148,3	0,0374
<b>ΠΕ ΛΑΡΙΣΑΣ</b>	61,2	0,1138
<b>ΠΕ ΑΧΑΪΑΣ</b>	0	0,4244
CR = 0,05		1



**Διάγραμμα 5. 22:** Συντελεστές βαρύτητας εναλλακτικών ΠΕ ως προς το υποκριτήριο  $SPA_4$ .

Σύμφωνα με τα παραπάνω, παρατηρείται πως η ΠΕ Θεσσαλονίκης παρουσιάζει τις χαμηλότερες τιμές συντελεστών βαρύτητας κατά την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών υποκριτηρίων  $ENV_1$  και  $ENV_2$ . Το γεγονός αυτό εξηγείται καθώς η συγκεκριμένη ΠΕ διαθέτει μεγαλύτερο αριθμό προστατευόμενων περιοχών και αρχαιολογικών χώρων συγκριτικά με τις υπόλοιπες ΠΕ, κάτι που δεν ευνοεί την εγκατάσταση μιας βιομηχανικής μονάδας. Αντίθετα, η συγκεκριμένη ΠΕ μαζί με την ΠΕ Βοιωτίας καταλαμβάνουν τις υψηλότερες θέσεις κατά την ιεράρχηση των ΠΕ ως προς τις χρήσεις γης και τον αισθητικό αντίκτυπο. Οι περιφερειακές αυτές ενότητες διαθέτουν γενικό χωροταξικό και πολεοδομικό σχεδιασμό καθώς και ειδικότερες ρυθμίσεις χρήσεων γης που προβλέπουν την εγκατάσταση ανάλογων μονάδων. Είναι επόμενο λοιπόν να εμφανίζουν υψηλότερους συντελεστές βαρύτητας ως προς τις συγκεκριμένες περιβαλλοντικές παραμέτρους.

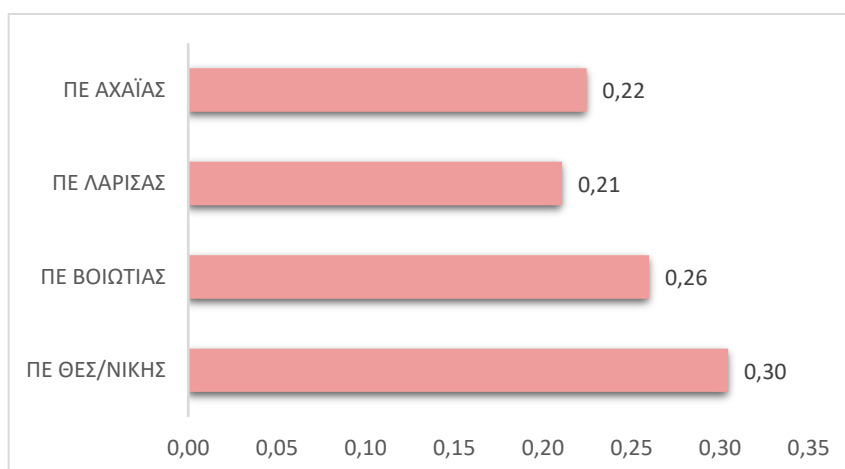
Κατά την ιεράρχηση των εναλλακτικών τοποθεσιών ως προς τη μεταξύ τους σημαντικότητα απέναντι στα κοινωνικά υποκριτήρια, η ΠΕ Θεσσαλονίκης παρουσίασε τιμές συντελεστών βαρύτητας πολύ υψηλότερες σε σχέση με αυτές των υπολοίπων ΠΕ σε όλες τις επιμέρους αξιολογήσεις. Ο αυξημένος τοπικός και άνεργος πληθυσμός της περιοχής, σε συνδυασμό με τη δυνατότητα εύρεσης κατάλληλα εξειδικευμένου εργατικού δυναμικού που διαμένει στην

ΠΕ Θεσσαλονίκης ενισχύουν την καταλληλότητα της συγκεκριμένης ΠΕ, από κοινωνικής άποψης, ως βέλτιστης τοποθεσίας εγκατάστασης για τη μονάδα ανακύκλωσης ΦΒ panels.

Από την αξιολόγηση των ΠΕ ως προς τις οικονομικές παραμέτρους του προβλήματος, η ΠΕ Βοιωτίας αναδείχθηκε ως εκείνη με τη μεγαλύτερη σημαντικότητα απέναντι στο ΑΕΠ και τον όγκο των εγκατεστημένων panels. Παράλληλα, η ΠΕ Θεσσαλονίκης εμφανίστηκε ως η ευνοϊκότερη τοποθεσία ως προς το κόστος μεταφοράς και εγκατάστασης, αφού λόγω της τοποθεσίας και της προσβασιμότητάς της εύλογα αναμένεται ότι τα κόστη αυτά θα είναι χαμηλότερα απ' ό,τι σε οποιαδήποτε άλλη ΠΕ. Σχετικά με τα οικονομικά οφέλη που θα προκύψουν από την εγκατάσταση της μονάδας, οι εξεταζόμενες ΠΕ εμφανίζουν τιμές συντελεστών βαρύτητας που έχουν αμελητέα διαφορά, με την ΠΕ Θεσσαλονίκης να βρίσκεται στην πρώτη θέση της ιεραρχίας. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει πως οι όλες ΠΕ είναι κατά μέσο όρο ίσης σημαντικότητας ως προς τη συγκεκριμένη οικονομική παράμετρο.

Αναφορικά με τις χωροταξικές παραμέτρους που εξετάστηκαν, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η ιεράρχηση των ΠΕ ως προς το οδικό δίκτυο. Στην ΠΕ Θεσσαλονίκης αποδίδεται συντελεστής βαρύτητας πολύ υψηλότερος από αυτές των υπολοίπων ΠΕ γεγονός που εύκολο δικαιολογείται λαμβάνοντας υπόψη την ανάπτυξη της συγκεκριμένης ΠΕ, στην οποία βρίσκεται και η συμπρωτεύουσα της χώρας. Ακολουθούν η ΠΕ Αχαΐας, η ΠΕ Λάρισας και τελευταία η ΠΕ Βοιωτίας η οποία φαίνεται να υστερεί στις υποδομές του οδικού της δικτύου.

Η τελική κατάταξη των υποψήφιων ΠΕ ως προς την εγκατάσταση της μονάδας ανακύκλωσης ΦΒ panels προέκυψε από τη συνολική επίλυση του μοντέλου και την τελική σύνθεση των βαρυτήτων των επιμέρους κριτηρίων και υποκριτηρίων. Έτσι, με τη βοήθεια του λογισμικού SuperDecisions και την εντολή "synthesize" προέκυψε η ακόλουθη τελική κατάταξη/βαθμολογία των εξεταζόμενων ΠΕ.



**Διάγραμμα 5. 23:** Τελική βαθμολογία εξεταζόμενων ΠΕ.

Από την επίλυση του μοντέλου και τις τιμές του παραπάνω διαγράμματος παρατηρούμε ότι η ΠΕ Θεσσαλονίκης συγκεντρώνει την υψηλότερη τελική βαθμολογία (0,30). Ακολουθεί η ΠΕ Βοιωτίας με 0,26, η ΠΕ Αχαΐας με 0,22 και τέλος η ΠΕ Λάρισας με 0,21.

Η ΠΕ Θεσσαλονίκης παρουσίασε τους υψηλότερους συντελεστές βαρύτητας στην πλειοψηφία των εξεταζόμενων υποκριτηρίων συγκριτικά με τις υπόλοιπες ΠΕ, γεγονός που δικαιολογεί την τελική βαθμολογία. Η ΠΕ Βοιωτίας παρά το γεγονός ότι εμφάνισε την μεγαλύτερη σημαντικότητα σε πολλές επιμέρους αξιολογήσεις, ήρθε δεύτερη στην τελική κατάταξη των εξεταζόμενων ΠΕ. Αυτό οφείλεται, κατά κύριο λόγο στο γεγονός ότι παρουσίασε χαμηλές τιμές συντελεστών βαρύτητας στην αξιολόγηση των κοινωνικών υποκριτηρίων, τα οποία συνολικά, ως μέρη του σύνθετου κοινωνικού κριτηρίου, συμβάλλουν με το δεύτερο μεγαλύτερο ποσοστό (μετά το περιβαλλοντικό κριτήριο) στην επίτευξη του τελικού στόχου. Οι ΠΕ Λάρισας και Αχαΐας παρουσίασαν χαμηλές τιμές συντελεστών βαρύτητας σε σχέσης με τις ΠΕ Θεσσαλονίκης και Βοιωτίας στις επιμέρους αξιολογήσεις. Εξαιρέση αποτέλεσε η αξιολόγηση των ΠΕ ως προς την απόσταση από λιμάνι όπου η ΠΕ Αχαΐας βρέθηκε σχεδόν ίσης σημαντικότητας με την ΠΕ Θεσσαλονίκης καθώς λήφθηκε υπόψη το λιμάνι της Πάτρας. Παράλληλα, στην αξιολόγηση των ΠΕ ως προς το ΑΕΠ, οι ΠΕ Λάρισας και Αχαΐας παρουσιάστηκαν ισοδύναμης σημαντικότητας μετά την ΠΕ Βοιωτίας καθώς οι περιοχές αυτές δεν παρουσιάζουν σημαντική οικονομική και εμπορική δραστηριότητα συγκριτικά με την ΠΕ Θεσσαλονίκης.

Σύμφωνα λοιπόν με τα κριτήρια και υποκριτήρια που έχουν τεθεί, τις απόψεις των εμπειρογνομόνων που λήφθηκαν υπόψη και την απόδοση των συντελεστών βαρύτητας σε κάθε παράγοντα του προβλήματος, προέκυψε η τελική κατάταξη των υποψήφιων ΠΕ. Βάσει αυτής της κατάταξης, η ΠΕ Θεσσαλονίκης είναι αυτή που αναδείχθηκε ως η καταλληλότερη τοποθεσία για την εγκατάσταση μιας μονάδας ανακύκλωσης ΦΒ panels.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup> : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία, αξιοποιώντας τη μέθοδο της αναλυτικής ιεράρχησης ΑΗΡ, είχε ως στόχο να αναπτύξει ένα σύστημα υποστήριξης αποφάσεων για την επιλογή της βέλτιστης τοποθεσίας εγκατάστασης μιας μονάδας ανακύκλωσης ΦΒ panels στην Ελλάδα. Προκειμένου λοιπόν να σχεδιαστεί ένα κατάλληλο μοντέλο το οποίο να αποτυπώνει το υπό μελέτη πρόβλημα, καθορίστηκε η ιεραρχική δομή του προβλήματος και προσδιορίστηκαν οι κύριοι παράγοντες που θεωρήθηκε ότι συμβάλλουν στη λήψη μιας τέτοιας απόφασης. Έτσι, λαμβάνοντας υπόψη ανάλογες έρευνες που βρέθηκαν κατά τη βιβλιογραφική ανασκόπηση καθώς και την άποψη των ειδικών που συνέβαλαν στην υλοποίηση της παρούσας εργασίας καθορίστηκαν τελικά τέσσερα (4) βασικά κριτήρια (περιβαλλοντικό, κοινωνικό, οικονομικό και χωροταξικό) και δεκαεπτά (17) υποκριτήρια τα οποία κρίθηκε ότι επηρεάζουν άμεσα την απόφαση του χωρικού προσδιορισμού.

Ο προσδιορισμός των συντελεστών βαρύτητας όλων των επιμέρους κριτηρίων και υποκριτηρίων πραγματοποιήθηκε λαμβάνοντας υπόψη τις απόψεις δεκαέξι (16) εμπειρογνομόνων. Αξιολογώντας τις απόψεις αυτές μέσω του υπολογισμού του λόγου συνέπειας (CR) κάθε μεμονωμένης αξιολόγησης, λήφθηκαν τελικά υπόψη μόνο οκτώ (8) από τις δεκαέξι (16) απαντήσεις των εμπειρογνομόνων, οι οποίες παρουσίασαν λόγο συνέπειας με τιμή μικρότερη από 0,1. Ο συνδυασμός των απαντήσεων των εμπειρογνομόνων πραγματοποιήθηκε μέσω του υπολογισμού του γεωμετρικού μέσου όρου των μεμονωμένων αξιολογήσεων. Η μέθοδος αυτή επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί προκειμένου να εξαλειφθεί η ύπαρξη ακραίων τιμών.

Χρησιμοποιώντας τα παραπάνω δεδομένα ως μεταβλητές εισόδου σε κατάλληλο λογισμικό επίλυσης προβλημάτων πολυκριτηριακής ανάλυσης, προέκυψε η ιεράρχηση όλων των επιμέρους παραγόντων. Πιο συγκεκριμένα, κατά την απόφαση επιλογής τοποθεσίας εγκατάστασης μιας μονάδας ανακύκλωσης ΦΒ panels, το περιβαλλοντικό κριτήριο αναδείχθηκε ως εκείνο με τη μεγαλύτερη βαρύτητα ακολουθούμενο από το κοινωνικό, το χωροταξικό και τέλος το οικονομικό.

Από τη συνολική επίλυση του μοντέλου και λαμβάνοντας υπόψη τους επιμέρους συντελεστές βαρύτητας όλων των παραγόντων του προβλήματος προέκυψε μια τελική κατάταξη των υποψήφιων ΠΕ της ελληνικής επικράτειας που επιλέχθηκε να εξεταστούν. Βάσει αυτής της κατάταξης, η ΠΕ Θεσσαλονίκης αναδείχθηκε ως η καταλληλότερη τοποθεσία για την εγκατάσταση μιας μονάδας ανακύκλωσης ΦΒ panels ενώ ακολούθησαν η ΠΕ Βοιωτίας, η ΠΕ Αχαΐας και τελευταία η ΠΕ Λάρισας.

Η συγκεκριμένη ερευνητική εργασία, αποτελεί ένα πρώτο βήμα για την αντιμετώπιση ενός νέου, αναδυόμενου προβλήματος το οποίο σχετίζεται με τη διαχείριση των ηλιακών ΦΒ

panels στο τέλος του κύκλου ζωής τους. Στην Ελλάδα λειτουργεί ένα και μόνο σύστημα ανακύκλωσης του συνεχώς αυξανόμενου αριθμού των ΦΒ panels. Συνεπώς, το πρωταρχικό βήμα για την αντιμετώπιση αυτής της πρόκλησης είναι η αποτύπωση του μεγέθους της ανακύκλωσης καθώς και των κυριότερων παραγόντων (ποσοτικών και ποιοτικών) που συμβάλλουν στην απόφαση του χωρικού προσδιορισμού τέτοιου είδους μονάδων.

Μέσω της προτεινόμενης προσέγγισης και επίλυσης του υπό μελέτη προβλήματος δίνεται η δυνατότητα αξιοποίησης του συγκεκριμένου συστήματος υποστήριξης αποφάσεων ως ένα εργαλείο έρευνας και ανάπτυξης για την ιεράρχηση πιθανών τοποθεσιών εγκατάστασης ανάλογων μονάδων ανακύκλωσης.

Ως συνέχεια της παρούσας έρευνας, θα ήταν δυνατόν κατά την ανάλυση να εξεταστούν οι απόψεις μεγαλύτερου αριθμού εμπειρογνομόνων ακόμη και ειδικών που δραστηριοποιούνται σε διαφορετικούς κλάδους. Οι διαφορετικές, πολύπλευρες απόψεις μπορούν να καταστούν πολύτιμες για την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων. Επιπλέον, θα μπορούσε να εξεταστεί μεγαλύτερο πλήθος κριτηρίων και υποκριτηρίων τα οποία κρίνεται ότι συμβάλλουν στη λήψη σχετικών αποφάσεων χωρικού προσδιορισμού. Κατ' αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται καλύτερη αποτύπωση του προβλήματος και εξάγονται περισσότερο ακριβή συμπεράσματα. Τέλος, κατά την ανάδειξη της βέλτιστης τοποθεσίας εγκατάστασης μονάδας ανακύκλωσης ΦΒ panels μπορούν να εξεταστούν διαφορετικές περιοχές ούτως ώστε να υπάρξει μια πιο σφαιρική και ολοκληρωμένη προσέγγιση του προβλήματος.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

**Πίνακας Ι. 1:** Εκτίμηση συνολικού μεγέθους αντικατάστασης panels ανά περιφέρεια με συντελεστή πιθανότητας 70%.

		2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
<b>Αν. Μακεδονίας &amp; Θράκης</b>	Αντικατάστ αση λόγω γήρανσης	602	3.165	1.322	15.757	269.526	162.957	461.268	19.666	6.859	29	0	4.542	24.162	236.747
	Συντ. ρίσκου	421	2.215	926	11.030	188.668	114.070	322.888	13.766	4.801	20	0	3.180	16.913	165.723
	Panels/ Ημέρα	2	9	4	44	755	456	1.292	55	19	0	0	13	68	663
	Τόνοι	8	44	19	221	3.773	2.281	6.458	275	96	0	0	64	338	3.314
<b>Κεντρική Μακεδονία</b>	Αντικατάστ αση λόγω γήρανσης	229	23.217	8.011	45.847	442.850	79.921	803.596	6.343	556	0	10	27.237	80.033	145
	Συντ. ρίσκου	160	16.252	5.608	32.093	309.995	55.945	562.517	4.440	389	0	7	19.066	56.023	101
	Panels/ Ημέρα	1	65	22	128	1.240	224	2.250	18	2	0	0	76	224	0
	Τόνοι	3	325	112	642	6.200	1.119	11.250	89	8	0	0	381	1.120	2
<b>Δυτική Μακεδονία</b>	Αντικατάστ αση λόγω γήρανσης	0	1.240	2.233	28.157	90.904	97.100	213.766	0	765	0	100	3	7.549	75.902
	Συντ. ρίσκου	0	868	1.563	19.710	63.633	67.970	149.636	0	536	0	70	2	5.284	53.131
	Panels/ Ημέρα	0	3	6	79	255	272	599	0	2	0	0	0	21	213
	Τόνοι	0	17	31	394	1.273	1.359	2.993	0	11	0	1	0	106	1.063

		2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
<b>Βόρειο Αιγαίο</b>	Αντικατάσταση λόγω γήρανσης Συντ. ρίσκου	0	0	0	0	0	0	426	0	0	0	0	3	0	0
	Panels/ Ημέρα	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	Τόνοι	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0
<b>Νότιο Αιγαίο</b>	Αντικατάσταση λόγω γήρανσης Συντ. ρίσκου	0	110	0	0	4.163	0	8.902	11	0	0	0	19.870	0	0
	Panels/ Ημέρα	0	0	0	0	12	0	25	0	0	0	0	56	0	0
	Τόνοι	0	2	0	0	58	0	125	0	0	0	0	278	0	0
<b>Ήπειρος</b>	Αντικατάσταση λόγω γήρανσης Συντ. ρίσκου	554	2.294	3.432	6.655	169.223	22.281	272.030	655	0	0	0	3	4.398	46.770
	Panels/ Ημέρα	2	6	10	19	474	62	762	2	0	0	0	0	12	131
	Τόνοι	8	32	48	93	2.369	312	3.808	9	0	0	0	0	62	655
<b>Θεσσαλία</b>	Αντικατάσταση λόγω γήρανσης Συντ. ρίσκου	546	8.617	12.006	11.105	363.573	157.998	607.915	3.789	0	0	0	30.273	45.709	347.778
		382	6.032	8.404	7.773	254.501	110.599	425.540	2.652	0	0	0	21.191	31.997	243.445

		2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
	Panels/ Ημέρα	2	24	34	31	1.018	442	1.702	11	0	0	0	85	128	974
	Τόνοι	8	121	168	155	5.090	2.212	8.511	53	0	0	0	424	640	4.869
<b>Ιόνια Νησιά</b>	Αντικατάστ αση λόγω γήρανσης	0	0	0	105	20.860	0	102.574	0	0	0	0	0	0	750
	Συντ. ρίσκου	0	0	0	74	14.602	0	71.802	0	0	0	0	0	0	525
	Panels/ Ημέρα	0	0	0	0	58	0	287	0	0	0	0	0	0	2
	Τόνοι	0	0	0	1	292	0	1.436	0	0	0	0	0	0	10
<b>Δυτική Ελλάδα</b>	Αντικατάστ αση λόγω γήρανσης	0	4.614	2.761	10.537	263.535	332.403	591.681	170	2.205	0	0	0	0	36.509
	Συντ. ρίσκου	0	3.230	1.932	7.376	184.475	232.682	414.177	119	1.543	0	0	0	0	25.556
	Panels/ Ημέρα	0	13	8	30	738	931	1.657	0	6	0	0	0	0	102
	Τόνοι	0	65	39	148	3.689	4.654	8.284	2	31	0	0	0	0	511
<b>Στ. Ελλάδα</b>	Αντικατάστ αση λόγω γήρανσης	0	1.798	14.164	23.590	346.962	327.960	652.260	21.866	0	213	220	4.697	37.360	1.820.960
	Συντ. ρίσκου	0	1.258	9.915	16.513	242.874	229.572	456.582	15.307	0	149	154	3.288	26.152	1.274.672
	Panels/ Ημέρα	0	5	40	66	971	918	1.826	61	0	1	1	13	105	5.099
	Τόνοι	0	25	198	330	4.857	4.591	9.132	306	0	3	3	66	523	25.493



		2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
<b>Πελοπόν- νησος</b>	Αντικατάστ αση λόγω γήρανσης	0	8.110	8.537	54.227	314.185	507.077	398.757	7.100	20.94 9	0	327	37.861	0	0
	Συντ. ρίσκου	0	5.677	5.976	37.959	219.929	354.954	279.130	4.970	14.66 4	0	229	26.503	0	0
	Panels/ Ημέρα	0	23	24	152	880	1.420	1.117	20	59	0	1	106	0	0
	Τόνοι	0	114	120	759	4.399	7.099	5.583	99	293	0	5	530	0	0
<b>Αττική</b>	Αντικατάστ αση λόγω γήρανσης	246	2.519	657	2.834	188.431	236.323	303.328	998	0	2	0	21.818	9.610	19.093
	Συντ. ρίσκου	172	1.763	460	1.984	131.902	165.426	212.329	699	0	1	0	15.273	6.727	13.365
	Panels/ Ημέρα	1	7	2	8	528	662	849	3	0	0	0	61	27	53
	Τόνοι	3	35	9	40	2.638	3.309	4.247	14	0	0	0	305	135	267
<b>ΜΔΝ</b>	Αντικατάστ αση λόγω γήρανσης	0	0	0	30.947	10.882	462.827	99.617	480	154	0	0	-18.606	29	0
	Συντ. ρίσκου	0	0	0	21.663	7.617	323.979	69.732	336	108	0	0	-13.024	20	0
	Panels/ Ημέρα	0	0	0	87	30	1.296	279	1	0	0	0	-52	0	0
	Τόνοι	0	0	0	433	152	6.480	1.395	7	2	0	0	-260	0	0

**Πίνακας Ι. 2:** Εκτίμηση συνολικού μεγέθους αντικατάστασης panels ανά περιφέρεια με συντελεστή πιθανότητας 50%.

		2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
<b>Αν. Μακεδονίας &amp; Θράκης</b>	Αντικατάσταση λόγω γήρανσης	602	3.165	1.322	15.757	269.526	162.957	461.268	19.666	6.859	29	0	4.542	24.162	236.747
	Συντ. ρίσκου Panels/Ημέρα	301	1.582	661	7.879	134.763	81.478	230.634	9.833	3.430	14	0	2.271	12.081	118.374
	Τόνοι	1	6	3	32	539	326	923	39	14	0	0	9	48	473
		6	32	13	158	2.695	1.630	4.613	197	69	0	0	45	242	2.367
<b>Κεντρική Μακεδονία</b>	Αντικατάσταση λόγω γήρανσης	229	23.217	8.011	45.847	442.850	79.921	803.596	6.343	556	0	10	27.237	80.033	145
	Συντ. ρίσκου Panels/Ημέρα	114	11.608	4.006	22.923	221.425	39.960	401.798	3.171	278	0	5	13.618	40.016	72
	Τόνοι	0	46	16	92	886	160	1.607	13	1	0	0	54	160	0
		2	232	80	458	4.429	799	8.036	63	6	0	0	272	800	1
<b>Δυτική Μακεδονία</b>	Αντικατάσταση λόγω γήρανσης	0	1.240	2.233	28.157	90.904	97.100	213.766	0	765	0	100	3	7.549	75.902
	Συντ. ρίσκου Panels/Ημέρα	0	620	1.116	14.078	45.452	48.550	106.883	0	383	0	50	2	3.775	37.951
	Τόνοι	0	2	4	56	182	194	428	0	2	0	0	0	15	152
		0	12	22	282	909	971	2.138	0	8	0	1	0	75	759
<b>Βόρειο Αιγαίο</b>	Αντικατάσταση λόγω γήρανσης	0	0	0	0	0	0	426	0	0	0	0	3	0	0
	Συντ. ρίσκου Panels/Ημέρα	0	0	0	0	0	0	213	0	0	0	0	2	0	0
	Τόνοι	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0

		2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
<b>Νότιο Αιγαίο</b>	Αντικατάσταση λόγω γήρανσης	0	110	0	0	4.163	0	8.902	11	0	0	0	19.870	0	0
	Συντ. ρίσκου	0	55	0	0	2.081	0	4.451	5	0	0	0	9.935	0	0
	Panels/Ημέρα	0	0	0	0	8	0	18	0	0	0	0	40	0	0
	Τόνοι	0	1	0	0	42	0	89	0	0	0	0	199	0	0
<b>Ήπειρος</b>	Αντικατάσταση λόγω γήρανσης	554	2.294	3.432	6.655	169.223	22.281	272.030	655	0	0	0	3	4.398	46.770
	Συντ. ρίσκου	277	1.147	1.716	3.327	84.612	11.140	136.015	327	0	0	0	2	2.199	23.385
	Panels/Ημέρα	1	5	7	13	338	45	544	1	0	0	0	0	9	94
	Τόνοι	6	23	34	67	1.692	223	2.720	7	0	0	0	0	44	468
<b>Θεσσαλία</b>	Αντικατάσταση λόγω γήρανσης	546	8.617	12.006	11.105	363.573	157.998	607.915	3.789	0	0	0	30.273	45.709	347.778
	Συντ. ρίσκου	273	4.309	6.003	5.552	181.786	78.999	303.957	1.894	0	0	0	15.136	22.855	173.889
	Panels/Ημέρα	1	17	24	22	727	316	1.216	8	0	0	0	61	91	696
	Τόνοι	5	86	120	111	3.636	1.580	6.079	38	0	0	0	303	457	3.478
<b>Ιόνια Νησιά</b>	Αντικατάσταση λόγω γήρανσης	0	0	0	105	20.860	0	102.574	0	0	0	0	0	0	750
	Συντ. ρίσκου	0	0	0	53	10.430	0	51.287	0	0	0	0	0	0	375
	Panels/Ημέρα	0	0	0	0	42	0	205	0	0	0	0	0	0	1
	Τόνοι	0	0	0	1	209	0	1.026	0	0	0	0	0	0	7

		2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
<b>Δυτική Ελλάδα</b>	Αντικατάσταση λόγω γήρανσης	0	4.614	2.761	10.537	263.535	332.403	591.681	170	2.205	0	0	0	0	36.509
	Συντ. ρίσκου	0	2.307	1.380	5.269	131.768	166.202	295.840	85	1.102	0	0	0	0	18.255
	Panels/Ημέρα	0	9	6	21	527	665	1.183	0	4	0	0	0	0	73
	Τόνοι	0	46	28	105	2.635	3.324	5.917	2	22	0	0	0	0	365
	Αντικατάσταση λόγω γήρανσης	0	1.798	14.164	23.590	346.962	327.960	652.260	21.866	0	213	220	4.697	37.360	1.820.960
<b>Στ. Ελλάδα</b>	Συντ. ρίσκου	0	899	7.082	11.795	173.481	163.980	326.130	10.933	0	107	110	2.349	18.680	910.480
	Panels/Ημέρα	0	4	28	47	694	656	1.305	44	0	0	0	9	75	3.642
	Τόνοι	0	18	142	236	3.470	3.280	6.523	219	0	2	2	47	374	18.210
	Αντικατάσταση λόγω γήρανσης	0	8.110	8.537	54.227	314.185	507.077	398.757	7.100	20.949	0	327	37.861	0	0
	Συντ. ρίσκου	0	4.055	4.268	27.114	157.092	253.539	199.379	3.550	10.475	0	163	18.931	0	0
<b>Πελοπόννησος</b>	Panels/Ημέρα	0	16	17	108	628	1.014	798	14	42	0	1	76	0	0
	Τόνοι	0	81	85	542	3.142	5.071	3.988	71	209	0	3	379	0	0
	Αντικατάσταση λόγω γήρανσης	246	2.519	657	2.834	188.431	236.323	303.328	998	0	2	0	21.818	9.610	19.093
	Συντ. ρίσκου	123	1.259	328	1.417	94.216	118.162	151.664	499	0	1	0	10.909	4.805	9.547
	Panels/Ημέρα	0	5	1	6	377	473	607	2	0	0	0	44	19	38
<b>Αττική</b>	Τόνοι	2	25	7	28	1.884	2.363	3.033	10	0	0	0	218	96	191

		2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
<b>ΜΔΝ</b>	Αντικατάσταση λόγω γήρανσης	0	0	0	30.947	10.882	462.827	99.617	480	154	0	0	0	29	0
	Συντ. ρίσκου	0	0	0	15.474	5.441	231.413	49.809	240	77	0	0	0	14	0
	Panels/Ημέρα	0	0	0	62	22	926	199	1	0	0	0	0	0	0
	Τόνοι	0	0	0	309	109	4.628	996	5	2	0	0	0	0	0

**Πίνακας Ι. 3:** Εκτίμηση συνολικού μεγέθους αντικατάστασης panels ανά περιφέρεια με συντελεστή πιθανότητας 30%.

		2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
<b>Αν. Μακεδονίας &amp; Θράκης</b>	Αντικατάσταση λόγω γήρανσης	602	3.165	1.322	15.757	269.526	162.957	461.268	19.666	6.859	29	0	4.542	24.162	236.747
	Συντ. ρίσκου	181	949	397	4.727	80.858	48.887	138.380	5.900	2.058	9	0	1.363	7.249	71.024
	Panels/Ημέρα	1	4	2	19	323	196	554	24	8	0	0	5	29	284
	Τόνοι	4	19	8	95	1.617	978	2.768	118	41	0	0	27	145	1.420
<b>Κεντρική Μακεδονία</b>	Αντικατάσταση λόγω γήρανσης	229	23.217	8.011	45.847	442.850	79.921	803.596	6.343	556	0	10	27.237	80.033	145
	Συντ. ρίσκου	69	6.965	2.403	13.754	132.855	23.976	241.079	1.903	167	0	3	8.171	24.010	43
	Panels/Ημέρα	0	28	10	55	531	96	964	8	1	0	0	33	96	0
	Τόνοι	1	139	48	275	2.657	480	4.822	38	3	0	0	163	480	1

		2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
<b>Δυτική Μακεδονία</b>	Αντικατάστα ση λόγω γήρανσης	0	1.240	2.233	28.157	90.904	97.100	213.766	0	765	0	100	3	7.549	75.902
	Συντ. ρίσκου	0	372	670	8.447	27.271	29.130	64.130	0	230	0	30	1	2.265	22.770
	Panels/ Ημέρα	0	1	3	34	109	117	257	0	1	0	0	0	9	91
	Τόνοι	0	7	13	169	545	583	1.283	0	5	0	1	0	45	455
<b>Βόρειο Αιγαίο</b>	Αντικατάστα ση λόγω γήρανσης	0	0	0	0	0	0	426	0	0	0	0	3	0	0
	Συντ. ρίσκου	0	0	0	0	0	0	128	0	0	0	0	1	0	0
	Panels/ Ημέρα	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	Τόνοι	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
<b>Νότιο Αιγαίο</b>	Αντικατάστα ση λόγω γήρανσης	0	110	0	0	4.163	0	8.902	11	0	0	0	19.870	0	0
	Συντ. ρίσκου	0	33	0	0	1.249	0	2.671	3	0	0	0	5.961	0	0
	Panels/ Ημέρα	0	0	0	0	5	0	11	0	0	0	0	24	0	0
	Τόνοι	0	1	0	0	25	0	53	0	0	0	0	119	0	0
<b>Ήπειρος</b>	Αντικατάστα ση λόγω γήρανσης	554	2.294	3.432	6.655	169.223	22.281	272.030	655	0	0	0	3	4.398	46.770
	Συντ. ρίσκου	166	688	1.030	1.996	50.767	6.684	81.609	196	0	0	0	1	1.320	14.031

		2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
	Panels/ Ημέρα	1	3	4	8	203	27	326	1	0	0	0	0	5	56
	Τόνοι	3	14	21	40	1.015	134	1.632	4	0	0	0	0	26	281
<b>Θεσσαλία</b>	Αντικατάστα ση λόγω γήρανσης	546	8.617	12.006	11.105	363.573	157.998	607.915	3.789	0	0	0	30.273	45.709	347.778
	Συντ. ρίσκου	164	2.585	3.602	3.331	109.072	47.399	182.374	1.137	0	0	0	9.082	13.713	104.333
	Panels/ Ημέρα	1	10	14	13	436	190	729	5	0	0	0	36	55	417
	Τόνοι	3	52	72	67	2.181	948	3.647	23	0	0	0	182	274	2.087
<b>Ιόνια Νησιά</b>	Αντικατάστα ση λόγω γήρανσης	0	0	0	105	20.860	0	102.574	0	0	0	0	0	0	750
	Συντ. ρίσκου	0	0	0	32	6.258	0	30.772	0	0	0	0	0	0	225
	Panels/ Ημέρα	0	0	0	0	25	0	123	0	0	0	0	0	0	1
	Τόνοι	0	0	0	1	125	0	615	0	0	0	0	0	0	4
<b>Δυτική Ελλάδα</b>	Αντικατάστα ση λόγω γήρανσης	0	4.614	2.761	10.537	263.535	332.403	591.681	170	2.205	0	0	0	0	36.509
	Συντ. ρίσκου	0	1.384	828	3.161	79.061	99.721	177.504	51	661	0	0	0	0	10.953
	Panels/ Ημέρα	0	6	3	13	316	399	710	0	3	0	0	0	0	44
	Τόνοι	0	28	17	63	1.581	1.994	3.550	1	13	0	0	0	0	219

		2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
<b>Στ. Ελλάδα</b>	Αντικατάστα														
	ση λόγω	0	1.798	14.164	23.590	346.962	327.960	652.260	21.866	0	213	220	4.697	37.360	1.820.960
	γήρανσης														
	Συντ.	0	539	4.249	7.077	104.089	98.388	195.678	6.560	0	64	66	1.409	11.208	546.288
	ρίσκου														
Panels/	0	2	17	28	416	394	783	26	0	0	0	6	45	2.185	
Ημέρα															
Τόνοι	0	11	85	142	2.082	1.968	3.914	131	0	1	1	28	224	10.926	
<b>Πελοπόν- νησος</b>	Αντικατάστα														
	ση λόγω	0	8.110	8.537	54.227	314.185	507.077	398.757	7.100	20.949	0	327	37.861	0	0
	γήρανσης														
	Συντ.	0	2.433	2.561	16.268	94.255	152.123	119.627	2.130	6.285	0	98	11.358	0	0
	ρίσκου														
Panels/Ημέρ α	0	10	10	65	377	608	479	9	25	0	0	45	0	0	
Τόνοι	0	49	51	325	1.885	3.042	2.393	43	126	0	2	227	0	0	
<b>Αττική</b>	Αντικατάστα														
	ση λόγω	246	2.519	657	2.834	188.431	236.323	303.328	998	0	2	0	21.818	9.610	19.093
	γήρανσης														
	Συντ.	74	756	197	850	56.529	70.897	90.998	299	0	0	0	6.545	2.883	5.728
	ρίσκου														
Panels/	0	3	1	3	226	284	364	1	0	0	0	26	12	23	
Ημέρα															
Τόνοι	1	15	4	17	1.131	1.418	1.820	6	0	0	0	131	58	115	
<b>ΜΔΝ</b>	Αντικατάστα														
	ση λόγω	0	0	0	30.947	10.882	462.827	99.617	480	154	0	0	0	29	0
	γήρανσης														
Συντ.	0	0	0	9.284	3.265	138.848	29.885	144	46	0	0	0	9	0	
ρίσκου															



	<b>2028</b>	<b>2029</b>	<b>2030</b>	<b>2031</b>	<b>2032</b>	<b>2033</b>	<b>2034</b>	<b>2035</b>	<b>2036</b>	<b>2037</b>	<b>2038</b>	<b>2039</b>	<b>2040</b>	<b>2041</b>
Panels/ Ημέρα	0	0	0	37	13	555	120	1	0	0	0	0	0	0
Τόνοι	0	0	0	186	65	2.777	598	3	1	0	0	0	0	0

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ**  
**ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

**Q0.**  
**Ανάλυση αποφάσεων για την βέλτιστη επιλογή τοποθεσίας εγκατάστασης μονάδας ανακύκλωσης φωτοβολταϊκών (ΦΒ) panels**

Το παρόν ερωτηματολόγιο αποτελεί μέρος έρευνας που διεξάγεται στα πλαίσια διπλωματικής εργασίας του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών στην Διοίκηση Επιχειρήσεων του Πανεπιστημίου Μακεδονίας από την φοιτήτρια Σουτζόγλου Βασιλική, με επιβλέποντα καθηγητή τον κ. Γεωργίου Αντρέα.

Σκοπός της έρευνας είναι η ανάπτυξη ενός συστήματος λήψης αποφάσεων για την ανάδειξη της βέλτιστης τοποθεσίας εγκατάστασης μίας μονάδας ανακύκλωσης ΦΒ panels στην Ελλάδα. Για τον σκοπό αυτό, θα πρέπει να αξιολογηθούν οι παράγοντες εκείνοι που κρίθηκε ότι συμβάλλουν καθοριστικά στην απόφαση επιλογής της τοποθεσίας εγκατάστασης.

Σε κάθε μία από τις ερωτήσεις που ακολουθούν, απαιτείται η σύγκριση των στοιχείων κατά ζεύγη και η απάντηση θα πρέπει να βασίζεται στην λογική του πόσο πιο σημαντικό είναι το ένα στοιχείο σε σχέση με το άλλο ως προς την επίτευξη του στόχου.

Η κλίμακα που καλείστε να χρησιμοποιήσετε για την απάντηση των ερωτήσεων είναι 9-βάθμια και παρουσιάζεται ακολούθως:

- 1= Εξίσου σημαντικό
- 3= Ελαφρώς πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 5= Ισχυρά πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 7= Εξαιρετικά πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 9= Απόλυτα πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 2,4,6,8= Ενδιάμεσες τιμές

Ανάλογα με το στοιχείο που θεωρείτε ως σημαντικότερο επιλέγετε τον κατάλληλο συντελεστή σημαντικότητας της παραπάνω κλίμακας προς την πλευρά του στοιχείου που θεωρείτε πιο σημαντικό. Ακολουθεί αντίστοιχο παράδειγμα συμπλήρωσης.

Παράδειγμα συμπλήρωσης

Στο υπόδειγμα που βλέπετε παρακάτω, ζητήθηκε η σύγκριση κατά ζεύγη των παραγόντων Α, Β, Γ για την ανάδειξη εκείνου που θεωρείται πιο σημαντικός για την επίτευξη του στόχου.

Με τον τρόπο που είναι συμπληρωμένος ο ακόλουθος πίνακας, ο ερωτώμενος θεώρησε ότι:  
Το Α είναι ισχυρά πιο σημαντικό από το Β,  
Το Α είναι εξαιρετικά πιο σημαντικό από το Γ και  
Το Γ είναι απόλυτα πιο σημαντικό από το Β

Συνεπώς, συμπλήρωσε τον Πίνακα ως εξής:

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
A					+													B
A			+															Γ
B																	+	Γ

Στην περίπτωση όπου θεωρείτε πως δύο παράγοντες έχουν την ίδια βαρύτητα στην επίτευξη του στόχου, τότε θα επιλέξετε το 1.

Στην επόμενη ενότητα ακολουθούν οι ερωτήσεις του ερωτηματολογίου.

Q1.

### Ερωτήσεις

1. Με σκοπό την εγκατάσταση μιας μονάδας ανακύκλωσης ΦΒ panels, συγκρίνετε κατά ζεύγη τα παρακάτω κριτήρια και αναδείξτε εκείνο που θεωρείτε ότι είναι πιο σημαντικό για την επιλογή τοποθεσίας εγκατάστασης, επιλέγοντας τον αντίστοιχο βαθμό σημαντικότητας.

- 1 = Εξίσου σημαντικό
- 3 = Ελαφρώς πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 5 = Ισχυρά πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 7 = Εξαιρετικά πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 9 = Απόλυτα πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 2,4,6,8 = Ενδιάμεσες τιμές

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Περιβαλλοντικό	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Κοινωνικό
Περιβαλλοντικό	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Οικονομικό
Περιβαλλοντικό	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Χωροταξικό
Κοινωνικό	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Οικονομικό
Κοινωνικό	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Χωροταξικό
Οικονομικό	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Χωροταξικό

Q2. 2.1. Συγκρίνετε κατά ζεύγη τους παρακάτω παράγοντες και αναδείξτε εκείνον που θεωρείτε ότι είναι πιο σημαντικός, από περιβαλλοντικής άποψης, για την επιτυχή επιλογή τοποθεσίας εγκατάστασης μιας μονάδας ανακύκλωσης ΦΒ panels, επιλέγοντας τον αντίστοιχο βαθμό σημαντικότητας.

- 1 = Εξίσου σημαντικό
- 3 = Ελαφρώς πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 5 = Ισχυρά πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 7 = Εξαιρετικά πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 9 = Απόλυτα πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 2,4,6,8 = Ενδιάμεσες τιμές

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Προστατευόμενες περιοχές	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Αρχαιολογικοί χώροι
Προστατευόμενες περιοχές	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Χρήσιες γης
Προστατευόμενες περιοχές	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Αισθητικός αντίκτυπος
Αρχαιολογικοί χώροι	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Χρήσιες γης
Αρχαιολογικοί χώροι	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Αισθητικός αντίκτυπος
Χρήσιες γης	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Αισθητικός αντίκτυπος

Q3. 2.2. Συγκρίνετε κατά ζεύγη τους παρακάτω παράγοντες και αναδείξτε εκείνον που θεωρείτε ότι είναι πιο σημαντικός, από κοινωνικής άποψης, για την επιτυχή επιλογή τοποθεσίας εγκατάστασης μιας μονάδας ανακύκλωσης ΦΒ panels, επιλέγοντας τον αντίστοιχο βαθμό σημαντικότητας.

- 1 = Εξίσου σημαντικό  
 3 = Ελαφρώς πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου  
 5 = Ισχυρά πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου  
 7 = Εξαιρετικά πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου  
 9 = Απόλυτα πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου  
 2,4,6,8 = Ενδιάμεσες τιμές

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Τοπικός πληθυσμός	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Άνεργος πληθυσμός
Τοπικός πληθυσμός	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Εξοδικουμένο εργατικό δυναμικό
Τοπικός πληθυσμός	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Κίνδυνος συγκρούσεων
Άνεργος πληθυσμός	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Εξοδικουμένο εργατικό δυναμικό
Άνεργος πληθυσμός	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Κίνδυνος συγκρούσεων
Εξοδικουμένο εργατικό δυναμικό	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Κίνδυνος συγκρούσεων

Q4. 2.3. Συγκρίνετε κατά ζεύγη τους παρακάτω παράγοντες και αναδείξτε εκείνον που θεωρείτε ότι είναι πιο σημαντικός, από οικονομικής άποψης, για την επιτυχή επιλογή τοποθεσίας εγκατάστασης μιας μονάδας ανακύκλωσης ΦΒ panels, επιλέγοντας τον αντίστοιχο βαθμό σημαντικότητας.

- 1 = Εξίσου σημαντικό  
 3 = Ελαφρώς πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου  
 5 = Ισχυρά πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου  
 7 = Εξαιρετικά πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου  
 9 = Απόλυτα πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου  
 2,4,6,8 = Ενδιάμεσες τιμές

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
ΑΕΠ	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Όγκος panels προς ανακύκλωση
ΑΕΠ	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Κόστος εγκατάστασης
ΑΕΠ	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Κόστος μεταφοράς
ΑΕΠ	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Οικονομικά οφέλη για την περιοχή
Όγκος panels προς ανακύκλωση	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Κόστος εγκατάστασης
Όγκος panels προς ανακύκλωση	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Κόστος μεταφοράς
Όγκος panels προς ανακύκλωση	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Οικονομικά οφέλη για την περιοχή
Κόστος εγκατάστασης	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Κόστος μεταφοράς
Κόστος εγκατάστασης	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Οικονομικά οφέλη για την περιοχή
Κόστος μεταφοράς	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Οικονομικά οφέλη για την περιοχή

Q5. 2.4. Συγκρίνετε κατά ζεύγη τους παρακάτω παράγοντες και αναδείξτε εκείνον που θεωρείτε ότι είναι πιο σημαντικός, από χωροταξικής άποψης, για την επιτυχή επιλογή τοποθεσίας εγκατάστασης μιας μονάδας ανακύκλωσης ΦΒ panels, επιλέγοντας τον αντίστοιχο βαθμό σημαντικότητας.

- 1 = Εξίσου σημαντικό
- 3 = Ελαφρώς πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 5 = Ισχυρά πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 7 = Εξαιρετικά πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 9 = Απόλυτα πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 2,4,6,8 = Ενδιάμεσες τιμές

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Απόσταση από κατοικημένη περιοχή	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Οδικό δίκτυο
Απόσταση από κατοικημένη περιοχή	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Σύνδεση με σιδηροδρομικό δίκτυο
Απόσταση από κατοικημένη περιοχή	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Απόσταση από λιμάνι
Οδικό δίκτυο	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Σύνδεση με σιδηροδρομικό δίκτυο
Οδικό δίκτυο	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Απόσταση από λιμάνι
Σύνδεση με σιδηροδρομικό δίκτυο	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Απόσταση από λιμάνι

Q6.

3. Στις ακόλουθες ερωτήσεις καλείστε να συγκρίνετε κατά ζεύγη τις υποψήφιες εναλλακτικές τοποθεσίες για την εγκατάσταση της μονάδας ανακύκλωσης ΦΒ panels ως προς κάθε κριτήριο/παράγοντα. Ως εναλλακτικές τοποθεσίες για το συγκεκριμένο πρόβλημα, επιλέχθηκαν οι εξής Περιφερειακές Ενότητες (ΠΕ) της ελληνικής επικράτειας:

- 1. ΠΕ Θεσσαλονίκης
- 2. ΠΕ Βοιωτίας
- 3. ΠΕ Λάρισας
- 4. ΠΕ Αχαΐας

3.1.1. Συγκρίνετε κατά ζεύγη τις ΠΕ και αναδείξτε εκείνη που θεωρείτε ότι η εγκατάσταση της μονάδας θα έχει μικρότερο αντίκτυπο στις προστατευόμενες περιοχές.

- 1 = Εξίσου σημαντικό
- 3 = Ελαφρώς πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 5 = Ισχυρά πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 7 = Εξαιρετικά πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 9 = Απόλυτα πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 2,4,6,8 = Ενδιάμεσες τιμές

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
ΠΕ Θεσσαλονίκης	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ΠΕ Βοιωτίας
ΠΕ Θεσσαλονίκης	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ΠΕ Λάρισας
ΠΕ Θεσσαλονίκης	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ΠΕ Αχαΐας
ΠΕ Βοιωτίας	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ΠΕ Λάρισας
ΠΕ Βοιωτίας	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ΠΕ Αχαΐας
ΠΕ Λάρισας	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ΠΕ Αχαΐας

Q7.

3.1.2. Συγκρίνετε κατά ζεύγη τις ΠΕ και αναδείξτε εκείνη που θεωρείτε ότι η εγκατάσταση της μονάδας θα έχει μικρότερο αντίκτυπο στους αρχαιολογικούς χώρους.

- 1 = Εξίσου σημαντικό
- 3 = Ελαφρώς πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 5 = Ισχυρά πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 7 = Εξαιρετικά πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 9 = Απόλυτα πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 2,4,6,8 = Ενδιάμεσες τιμές

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
ΠΕ Θεσσαλονίκης	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	ΠΕ Βοιωτίας
ΠΕ Θεσσαλονίκης	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	ΠΕ Λάρισας
ΠΕ Θεσσαλονίκης	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	ΠΕ Αχαΐας
ΠΕ Βοιωτίας	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	ΠΕ Λάρισας
ΠΕ Βοιωτίας	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	ΠΕ Αχαΐας
ΠΕ Λάρισας	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	ΠΕ Αχαΐας

Q8.

3.1.3. Συγκρίνετε κατά ζεύγη τις ΠΕ και αναδείξτε εκείνη που θεωρείτε ότι θα είναι πιο ευνοϊκή σχετικά με τις χρήσεις γης συναφών δραστηριοτήτων.

- 1 = Εξίσου σημαντικό
- 3 = Ελαφρώς πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 5 = Ισχυρά πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 7 = Εξαιρετικά πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 9 = Απόλυτα πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 2,4,6,8 = Ενδιάμεσες τιμές

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
ΠΕ Θεσσαλονίκης	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	ΠΕ Βοιωτίας
ΠΕ Θεσσαλονίκης	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	ΠΕ Λάρισας
ΠΕ Θεσσαλονίκης	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	ΠΕ Αχαΐας
ΠΕ Βοιωτίας	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	ΠΕ Λάρισας
ΠΕ Βοιωτίας	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	ΠΕ Αχαΐας
ΠΕ Λάρισας	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	ΠΕ Αχαΐας

Q9.

3.1.4. Συγκρίνετε κατά ζεύγη τις ΠΕ και αναδείξτε εκείνη που θεωρείτε ότι η εγκατάσταση της μονάδας θα έχει μικρότερη επίπτωση στον αισθητικό αντίκτυπο της περιοχής εγκατάστασης.

- 1 = Εξίσου σημαντικό
- 3 = Ελαφρώς πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 5 = Ισχυρά πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 7 = Εξαιρετικά πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 9 = Απόλυτα πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 2,4,6,8 = Ενδιάμεσες τιμές

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
ΠΕ Θεσσαλονίκης	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	ΠΕ Βοιωτίας
ΠΕ Θεσσαλονίκης	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	ΠΕ Λάρισας
ΠΕ Θεσσαλονίκης	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	ΠΕ Αχαΐας
ΠΕ Βοιωτίας	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	ΠΕ Λάρισας
ΠΕ Βοιωτίας	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	ΠΕ Αχαΐας
ΠΕ Λάρισας	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	ΠΕ Αχαΐας

Q10.

3.2.1. Συγκρίνετε κατά ζεύγη τις ΠΕ και αναδείξτε εκείνη που θεωρείτε ότι υπερισχύει σε σχέση με το εξειδικευμένο εργατικό δυναμικό.

- 1 = Εξίσου σημαντικό
- 3 = Ελαφρώς πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 5 = Ισχυρά πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 7 = Εξαιρετικά πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 9 = Απόλυτα πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 2,4,6,8 = Ενδιάμεσες τιμές

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
ΠΕ Θεσσαλονίκης	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ΠΕ Βοιωτίας
ΠΕ Θεσσαλονίκης	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ΠΕ Λάρισας
ΠΕ Θεσσαλονίκης	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ΠΕ Αχαΐας
ΠΕ Βοιωτίας	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ΠΕ Λάρισας
ΠΕ Βοιωτίας	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ΠΕ Αχαΐας
ΠΕ Λάρισας	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ΠΕ Αχαΐας

Q11.

3.2.2. Συγκρίνετε κατά ζεύγη τις ΠΕ και αναδείξτε εκείνη που θεωρείτε ότι ενδέχεται να εμφανίσει μικρότερο κίνδυνο συγκρούσεων μεταξύ των ενδιαφερόμενων ομάδων.

- 1 = Εξίσου σημαντικό
- 3 = Ελαφρώς πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 5 = Ισχυρά πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 7 = Εξαιρετικά πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 9 = Απόλυτα πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 2,4,6,8 = Ενδιάμεσες τιμές

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
ΠΕ Θεσσαλονίκης	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ΠΕ Βοιωτίας
ΠΕ Θεσσαλονίκης	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ΠΕ Λάρισας
ΠΕ Θεσσαλονίκης	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ΠΕ Αχαΐας
ΠΕ Βοιωτίας	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ΠΕ Λάρισας
ΠΕ Βοιωτίας	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ΠΕ Αχαΐας
ΠΕ Λάρισας	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ΠΕ Αχαΐας

Q12.

3.3.1. Συγκρίνετε κατά ζεύγη τις ΠΕ και αναδείξτε εκείνη που θεωρείτε ότι θα εμφανίσει μικρότερο κόστος εγκατάστασης.

1 = Εξίσου σημαντικό

3 = Ελαφρώς πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου

5 = Ισχυρά πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου

7 = Εξαιρετικά πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου

9 = Απόλυτα πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου

2,4,6,8 = Ενδιάμεσες τιμές

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
ΠΕ Θεσσαλονίκης	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ΠΕ Βοιωτίας
ΠΕ Θεσσαλονίκης	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ΠΕ Λάρισας
ΠΕ Θεσσαλονίκης	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ΠΕ Αχαΐας
ΠΕ Βοιωτίας	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ΠΕ Λάρισας
ΠΕ Βοιωτίας	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ΠΕ Αχαΐας
ΠΕ Λάρισας	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ΠΕ Αχαΐας

Q13.

3.3.2. Συγκρίνετε κατά ζεύγη τις ΠΕ και αναδείξτε εκείνη που θεωρείτε ότι θα εμφανίσει μικρότερο κόστος μεταφοράς.

1 = Εξίσου σημαντικό

3 = Ελαφρώς πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου

5 = Ισχυρά πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου

7 = Εξαιρετικά πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου

9 = Απόλυτα πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου

2,4,6,8 = Ενδιάμεσες τιμές

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
ΠΕ Θεσσαλονίκης	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ΠΕ Βοιωτίας
ΠΕ Θεσσαλονίκης	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ΠΕ Λάρισας
ΠΕ Θεσσαλονίκης	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ΠΕ Αχαΐας
ΠΕ Βοιωτίας	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ΠΕ Λάρισας
ΠΕ Βοιωτίας	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ΠΕ Αχαΐας
ΠΕ Λάρισας	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ΠΕ Αχαΐας



Q14.

3.3.3. Συγκρίνετε κατά ζεύγη τις ΠΕ και αναδείξτε εκείνη που θεωρείτε ότι η εγκατάσταση της μονάδας ανακύκλωσης ΦΒ panels θα προσφέρει μεγαλύτερα οικονομικά οφέλη για την περιοχή.

- 1 = Εξίσου σημαντικό
- 3 = Ελαφρώς πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 5 = Ισχυρά πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 7 = Εξαιρετικά πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 9 = Απόλυτα πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 2,4,6,8 = Ενδιάμεσες τιμές

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
ΠΕ Θεσσαλονίκης	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	ΠΕ Βοιωτίας
ΠΕ Θεσσαλονίκης	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	ΠΕ Λάρισας
ΠΕ Θεσσαλονίκης	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	ΠΕ Αχαΐας
ΠΕ Βοιωτίας	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	ΠΕ Λάρισας
ΠΕ Βοιωτίας	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	ΠΕ Αχαΐας
ΠΕ Λάρισας	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	ΠΕ Αχαΐας

Q15.

3.4.1. Συγκρίνετε κατά ζεύγη τις ΠΕ και αναδείξτε εκείνη που θεωρείτε ότι η μονάδα ενδέχεται να βρίσκεται σε μεγαλύτερη απόσταση από κατοικημένη περιοχή.

- 1 = Εξίσου σημαντικό
- 3 = Ελαφρώς πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 5 = Ισχυρά πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 7 = Εξαιρετικά πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 9 = Απόλυτα πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 2,4,6,8 = Ενδιάμεσες τιμές

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
ΠΕ Θεσσαλονίκης	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	ΠΕ Βοιωτίας
ΠΕ Θεσσαλονίκης	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	ΠΕ Λάρισας
ΠΕ Θεσσαλονίκης	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	ΠΕ Αχαΐας
ΠΕ Βοιωτίας	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	ΠΕ Λάρισας
ΠΕ Βοιωτίας	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	ΠΕ Αχαΐας
ΠΕ Λάρισας	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	ΠΕ Αχαΐας

Q16.

3.4.2. Συγκρίνετε κατά ζεύγη τις ΠΕ και αναδείξτε εκείνη που θεωρείτε ότι διαθέτει καλύτερο οδικό δίκτυο.

- 1 = Εξίσου σημαντικό
- 3 = Ελαφρώς πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 5 = Ισχυρά πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 7 = Εξαιρετικά πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 9 = Απόλυτα πιο σημαντικό το ένα στοιχείο έναντι του άλλου
- 2,4,6,8 = Ενδιάμεσες τιμές

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
ΠΕ Θεσσαλονίκης	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	ΠΕ Βοιωτίας
ΠΕ Θεσσαλονίκης	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	ΠΕ Λάρισας
ΠΕ Θεσσαλονίκης	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	ΠΕ Αχαΐας
ΠΕ Βοιωτίας	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	ΠΕ Λάρισας
ΠΕ Βοιωτίας	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	ΠΕ Αχαΐας
ΠΕ Λάρισας	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	ΠΕ Αχαΐας

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Achillas, C., Vlachokostas, C., Moussiopoulos, T., & Banias, G. (2010). Decision support system for the optimal location of electrical and electronic waste treatment plants: A case study in Greece. *Waste Management*, 30(5), 870–879. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2009.11.029>
- Agarwal, P., Sahai, M., Mishra, V., Bag, M., & Singh, V. (2014). Supplier Selection in Dynamic Environment using Analytic Hierarchy Process. *International Journal of Information Engineering and Electronic Business*, 6(4), 20–26. <https://doi.org/10.5815/ijieeb.2014.04.03>
- Alumur, S., & Kara, B. Y. (2007). A new model for the hazardous waste location-routing problem. *Computers and Operations Research*, 34(5), 1406–1423. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2005.06.012>
- Aman, M. M., Solangi, K. H., Hossain, M. S., Badarudin, A., Jasmon, G. B., Mokhlis, H., Bakar, A. H. A., & Kazi, S. N. (2015). A review of Safety, Health and Environmental (SHE) issues of solar energy system. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 1190–1204. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2014.08.086>
- Aragonés-Beltrán, P., Pastor-Ferrando, J. P., García-García, F., & Pascual-Agulló, A. (2010). An Analytic Network Process approach for siting a municipal solid waste plant in the Metropolitan Area of Valencia (Spain). *Journal of Environmental Management*, 91(5), 1071–1086. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2009.12.007>
- Azadeh, A., Ghaderi, S. F., & Maghsoudi, A. (2008). Location optimization of solar plants by an integrated hierarchical DEA PCA approach. *Energy Policy*, 36(10), 3993–4004. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.05.034>
- Bakhiyi, B., Labrèche, F., & Zayed, J. (2014). The photovoltaic industry on the path to a sustainable future — Environmental and occupational health issues. *Environment International*, 73, 224–234. <https://doi.org/10.1016/J.ENVINT.2014.07.023>
- Banar, M., Tulger, G., & Özkan, A. (2014). Plant site selection for recycling plants of waste electrical and electronic equipment in Turkey by using multi criteria decision making methods. *Environmental Engineering and Management Journal*, 13(1), 163–172. <https://doi.org/10.30638/EEMJ.2014.020>
- Bekkelund, K. (2013). *A Comparative Life Cycle Assessment of PV Solar Systems*. <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/235329>
- Cheng, S., Chan, C. W., & Huang, G. H. (2002). Using multiple criteria decision analysis for supporting decisions of solid waste management. *Journal of Environmental Science and Health - Part A Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*, A37(6), 975–990. <https://doi.org/10.1081/ESE-120004517>
- Cheng, S., Chan, C. W., & Huang, G. H. (2003). An integrated multi-criteria decision

- analysis and inexact mixed integer linear programming approach for solid waste management. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 16, 543–554. [https://doi.org/10.1016/S0952-1976\(03\)00069-1](https://doi.org/10.1016/S0952-1976(03)00069-1)
- Chi, X., Wang, M. Y. L., & Reuter, M. A. (2014). E-waste collection channels and household recycling behaviors in Taizhou of China. *Journal of Cleaner Production*, 80, 87–95. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.05.056>
- Choi, J. K., & Fthenakis, V. (2010). Design and optimization of photovoltaics recycling infrastructure. *Environmental Science and Technology*, 44(22), 8678–8683. [https://doi.org/10.1021/ES101710G/SUPPL\\_FILE/ES101710G\\_SI\\_001.PDF](https://doi.org/10.1021/ES101710G/SUPPL_FILE/ES101710G_SI_001.PDF)
- Colebrook, M., & Sicilia, J. (2007). Undesirable facility location problems on multicriteria networks. *Computers and Operations Research*, 34(5), 1491–1514. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2005.06.010>
- Demirel, T., & Vural, Z. (2010). Multi-criteria solar energy plant location selection using fuzzy ANP. *Computational Intelligence Foundations and Applications - Proceedings of the 9th International FLINS Conference, FLINS 2010*, 465–470. [https://doi.org/10.1142/9789814324700\\_0069](https://doi.org/10.1142/9789814324700_0069)
- Emek, E., & Kara, B. Y. (2007). Hazardous waste management problem: The case for incineration. *Computers and Operations Research*, 34, 1424–1441. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2005.06.011>
- Farahani, R. Z., SteadieSeifi, M., & Asgari, N. (2010). Multiple criteria facility location problems: A survey. *Applied Mathematical Modelling*, 34(7), 1689–1709. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2009.10.005>
- Gemitzi, A., Tsihrintzis, V. A., Voudrias, E., Petalas, C., & Stravodimos, G. (2007). Combining geographic information system, multicriteria evaluation techniques and fuzzy logic in siting MSW landfills. *Environmental Geology*, 51, 797–811. <https://doi.org/10.1007/s00254-006-0359-1>
- Ghasempour, R., Nazari, M. A., Ebrahimi, M., Ahmadi, M. H., & Hadiyanto, H. (2019). Multi-criteria decision making (MCDM) approach for selecting solar plants site and technology: A review. In *International Journal of Renewable Energy Development* (pp. 15–25). <https://doi.org/10.14710/ijred.8.1.15-25>
- IRENA. (2016). *End of life management: Solar Photovoltaic Panels*.
- IRENA. (2021a). *Renewable Capacity Statistics 2021*.
- IRENA. (2021b). Renewable Energy and Jobs - Annual Review 2021. *International Renewable Energy Agency*. /publications/2021/Oct/Renewable-Energy-and-Jobs-Annual-Review-2021
- Ishizaka, A., & Labib, A. (2011). Review of the main developments in the analytic hierarchy process. 38(11), 14336–14345. <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0957417411006701?token=962D595FEF>

852BC379AF5A1B9E7FACFDFA08B975AEF52732874D01B788076436F6AB250B484  
CB81F3F3A2F6B29B90D4&originRegion=eu-west-  
1&originCreation=20220203110729

- Ishizaka, A., & Nemery, P. (2013). *Multi-Criteria Decision Analysis Methods and Software* (Wiley).
- Kengpol, A., Rontlaong, P., & Tuominen, M. (2013). A Decision Support System for Selection of Solar Power Plant Locations by Applying Fuzzy AHP and TOPSIS: An Empirical Study. *Journal of Software Engineering and Applications*, 6, 470–481. <https://doi.org/10.4236/jsea.2013.69057>
- Khalil, W. A. S., Goonetilleke, A., Kokot, S., & Carroll, S. (2004). Use of chemometrics methods and multicriteria decision-making for site selection for sustainable on-site sewage effluent disposal. *Analytica Chimica Acta*, 506(1), 41–56. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2003.11.003>
- Khan, S., & Faisal, M. N. (2008). An analytic network process model for municipal solid waste disposal options. *Waste Management*, 28(9), 1500–15008. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.06.015>
- Kontos, T. D., Komilis, D. P., & Halvadakis, C. P. (2003). Siting MSW landfills on Lesbos island with a GIS-based methodology. *Waste Management and Research*, 21, 262–277. <https://doi.org/10.1177/0734242X0302100310>
- Labrèche, F., Bakhiyi, B., & Zayed, J. (2014). *The photovoltaic industry on the path to a sustainable future — Environmental and occupational health issues*. 73, 224–234. <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0160412014002487?token=58733D0FBC E0F989CA7D17A7385C2345526054B201856E46EA86873E0AE9C65C6E624E23459F 5E7BD3F64AF6D3385349&originRegion=eu-west-1&originCreation=20220104140023>
- Norese, M. F. (2006). ELECTRE III as a support for participatory decision-making on the localisation of waste-treatment plants. *Land Use Policy*, 23, 76–85. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2004.08.009>
- Queiruga, D., Walther, G., González-Benito, J., & Spengler, T. (2008). Evaluation of sites for the location of WEEE recycling plants in Spain. *Waste Management*, 28(1), 181–190. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2006.11.001>
- Rezaei, J., & Ortt, R. (2013). Multi-criteria supplier segmentation using a fuzzy preference relations based AHP. *European Journal of Operational Research*, 225(1), 75–84. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.09.037>
- Rousis, K., Moustakas, K., Malamis, S., Papadopoulos, A., & Loizidou, M. (2008). Multi-criteria analysis for the determination of the best WEEE management scenario in Cyprus. *Waste Management*, 28(10), 1941–1954. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2007.12.001>

- Roy, B. (1990). *Decision - Aid and Decision - Making*. In: Bana e Costa, CA. (Ed.) *Readings in Multiple Criteria Decision Aid*. Springer - Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-75935-2>
- Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15(3), 234–281. [https://doi.org/10.1016/0022-2496\(77\)90033-5](https://doi.org/10.1016/0022-2496(77)90033-5)
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*.
- Saaty, T. L. (1994). *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the AHP*. RWS Publications.
- Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (1984). Comparison of eigenvalue, logarithmic least squares and least squares methods in estimating ratios. *Mathematical Modelling*, 5, 309–324. [https://doi.org/10.1016/0270-0255\(84\)90008-3](https://doi.org/10.1016/0270-0255(84)90008-3)
- Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2005). The possibility of group welfare functions. *International Journal of Information Technology and Decision Making*, 4(2), 167–176. <https://doi.org/10.1142/S0219622005001453>
- San Cristóbal, J. R. (2011). Multi-criteria decision-making in the selection of a renewable energy project in spain: The Vikor method. *Renewable Energy*, 36(2), 498–502. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2010.07.031>
- Sander, K., Stephanie, S., Reinschmidt, & Karsten, W. (2007). *Study on the Development of a Take Back and Recovery System for Photovoltaic Products Funded By Bmu*. 03, 1–194.
- Steuer, R. E., Gardiner, L. R., & Gray, J. (1996). A bibliographic survey of the activities and international nature of multiple criteria decision making. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 195–217. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1360\(199609\)5:3<195::AID-MCDA81>3.0.CO;2-D](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1360(199609)5:3<195::AID-MCDA81>3.0.CO;2-D)
- Wang, G., Qin, L., Li, G., & Chen, L. (2009). Landfill site selection using spatial information technologies and AHP: A case study in Beijing, China. *Journal of Environmental Management*. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.12.008>
- Xu, Y., Li, J., Tan, Q., Peters, A. L., & Yang, C. (2018). Global status of recycling waste solar panels: A review. *Waste Management*, 75, 450–458. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2018.01.036>
- Zeleny, M. (1982). *Multiple Criteria Decision Making*. McGraw-Hill.
- ΔΑΠΕΕΠ. (n.d.). *Συνοπτικό Πληροφοριακό Δελτίο ΑΠΕ & ΣΗΘΥΑ*. <https://www.dapeep.gr/dimosieuseis/sinoptiko-pliroforiako-deltio-ape/#1590754349271-ea431c6a-b051>
- ΔΕΔΔΗΕ. (n.d.). *Μηνιαία Δελτία ΑΠΕ και Θερμικής Παραγωγής στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά*. [98](https://www.deddie.gr/el/themata-tou-diaxeiristi-mi-diasundedemenwn-nisiwn/agora-mdn/stoixeia-ekkathariseon-kai-minaion-deltion-mdn/miniaia-deltia-</a></p>
</div>
<div data-bbox=)

ape-thermikis-paragogis/

Ευρωπαϊκή Επιτροπή. (2001). *Green Paper on Integrated Product Policy*.

Ευρωπαϊκή Επιτροπή. (2002a). *Οδηγία 2002/95/EK του Ευρωπαϊκού κοινοβουλίου και του συμβουλίου σχετικά με τον περιορισμό της χρήσης ορισμένων επικίνδυνων ουσιών σε είδη ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού*.

Ευρωπαϊκή Επιτροπή. (2002b). *Οδηγία 2002/96/EK του Ευρωπαϊκού κοινοβουλίου και του συμβουλίου σχετικά με τα απόβλητα ειδών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ)*.

Ευρωπαϊκή Επιτροπή. (2018). *Οδηγία (ΕΕ) 2018/2001 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του συμβουλίου της 11ης Δεκεμβρίου 2018*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=CELEX%3A32018L2001>

Μαυρωτάς, Γ. (2000). *Πολυκριτηριακός προγραμματισμός σε συνθήκες αβεβαιότητας: Ανάπτυξη συστήματος υποστήριξης αποφάσεων και εφαρμογή στον ενεργειακό σχεδιασμό*.