



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΚΑΙ  
ΒΙΩΣΙΜΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ  
ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΑΠΟΜΟΝΩΜΕΝΟ  
ΣΥΣΤΗΜΑ

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΚΡΗΤΗ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ ΣΤΑΥΡΟΥΛΑΚΗ

A.M. 2013050032

ΧΑΝΙΑ, 2017

**ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:**

**Καθηγητής ΘΕΟΧΑΡΗΣ ΤΣΟΥΤΣΟΣ (ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ)**

**Επ. Καθηγητής ΤΡΥΦΩΝ ΔΑΡΑΣ**

**Αν. Καθηγήτρια ΔΙΟΝΥΣΙΑ ΚΟΛΟΚΟΤΣΑ**



Copyright ©Σταυρουλάκη Αθηνά, 2017

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ' ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για μη κερδοσκοπικό σκοπό, εκπαιδευτικού ή ερευνητικού χαρακτήρα, με την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για άλλη χρήση θα πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

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

## Ευχαριστίες

Αρχικά, ευχαριστώ θερμά τον καθηγητή μου κ. Τσούτσο Θεοχάρη για τη βοήθεια, την καθοδήγηση και την κατανόηση που μου πρόσφερε κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας. Την κ.Αντιόπη Γιγαντίδου για τα δεδομένα δικτύου που μου παρείχε και τις παρατηρήσεις πάνω στην εργασία μου.

Τους καθηγητές μου από όλα τα έτη σπουδών μου στη σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος του Πολυτεχνείου Κρήτης.

Και περισσότερο απ' όλους την οικογένειά μου. Τους γονείς και την αδερφή μου για τη συνεχή συμπαράσταση, την αγάπη τους και την υπομονή τους, που δε σταμάτησαν να με υποστηρίζουν, να μου δίνουν δύναμη και να είναι το στήριγμά μου στις δύσκολες στιγμές.

## Περίληψη

Την ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ακολούθησε η ανάγκη αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας. Με δεδομένο, ότι οι μεγαλύτερες πιέσεις στο περιβάλλον, ιδιαίτερα στην ποιότητα της ατμόσφαιρας, προέρχονται από την παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας, η σημασία της συμμετοχής των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή από την άποψη των περιβαλλοντικών επιπτώσεων είναι καίρια.

Στο νησί της Κρήτης- ένα κλειστό ενεργειακό σύστημα- δύνатаι να αξιοποιηθεί η ηλεκτρική ενέργεια από εγκαταστάσεις ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικού φορτίου- κατά τη διάρκεια του 24ωρου- χρησιμοποιώντας συστήματα αποθήκευσης ενέργειας.

Σύγχρονα συστήματα αποθήκευσης όπως οι μπαταρίες, οι αντλησιοταμιευτήρες, κυψέλες καυσίμου υδρογόνου, σφόνδυλοι, υπερσυσσωρευτές είναι ικανά να μελετηθούν για το συγκεκριμένο σύστημα-νησί-. Τα συστήματα αυτά μπορούν να αξιολογηθούν για την καταλληλότητα τους, με κριτήρια την οικονομική αποδοτικότητα, την ενεργειακή απόδοση, την αποδοχή από την ευρύτερη κοινωνία, την επικινδυνότητα-φιλικότητα προς το περιβάλλον, την ωριμότητα της τεχνολογίας, το χρόνο αντίδρασης, την αυτάρκεια-ευελιξία της τεχνολογίας και διάφορα τεχνολογικά χαρακτηριστικά αυτής.

Σκοπός της παρούσας ΔΕ ήταν η σύγκριση συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας σύμφωνα με τη διεθνή επιστημονική βιβλιογραφία, αλλά και παράλληλα με τη γνώμη διαφορετικών τοπικών ομάδων συμφερόντων βάσει των ίδιων κριτηρίων. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε έρευνα μέσω ερωτηματολογίων

που ως τελικός στόχο είχε την κατάταξη και εν τέλει την παρουσίαση του καταλληλότερου συστήματος αποθήκευσης ενέργειας με τη μέθοδο της πολυκριτηριακής ανάλυσης για το νησί της Κρήτης.

Το συμπέρασμα που προέκυψε από την εργασία σύμφωνα με τα ερωτηματολόγια που συλλέχθηκαν και μελετήθηκαν σε σχέση με τη βιβλιογραφική έρευνα πάνω στα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας ήταν η κατάταξη του συστήματος αντλησιοταμίευσης ως –του καταλληλότερου συστήματος αποθήκευσης για τα σύγχρονα δεδομένα του νησιού της Κρήτης.

Λέξεις κλειδιά: συστήματα αποθήκευσης ενέργειας, πολυκριτηριακή ανάλυση, μέθοδος PROMETHEE

## Abstract

The development of renewable energy (RES) was followed by the need to store the energy produced. Given that the greatest environmental pressures, particularly air quality, come from energy production and consumption, the importance of APEs' participation in renewable energy is crucial.

On the island of Crete - an isolated energy system - electricity from renewable energy plants can be used to meet the demand for electricity - over 24 hours - using energy storage systems.

Modern storage systems such as batteries, hydro pumps, hydrogen fuel cells, flywheels, super capacitors are capable of being studied for this particular island system. These systems can be evaluated by different groups of people for their suitability with criteria such as cost effectiveness, energy efficiency, acceptance by the wider society, risk safeness, environmental impact, maturity of technology, response time, self sufficiency - flexibility and various technological features.

The purpose of this thesis was to compare energy storage systems according to the international scientific bibliography and also to the view of local groups with different interests on the basis of the same criteria. For this purpose a questionnaire survey was carried out, that aimed at the classification and ultimately the presentation of the most suitable energy storage system using the multi-criteria analysis method for the island of Crete.

The conclusion that emerged from this particular thesis- according to the questionnaires, which had been collected and studied in relation to the

bibliographic research on the energy storage systems-, was the classification of the pumping system as the most appropriate storage system for the modern era of the island of Crete.

Keywords: energy storage systems, multi-criteria analysis, PROMETHEE method

## Περιεχόμενα

Ευχαριστίες .....	2
Περίληψη .....	3
Abstract .....	5
Κατάλογος Πινάκων .....	10
Κατάλογος εικόνων .....	12
Ονοματολογία συντομεύσεων .....	15
Εισαγωγή .....	16
Διεθνής Επιστημονική Εμπειρία .....	18
1. Το Ενεργειακό σύστημα Κρήτης.....	21
2. Συστήματα αποθήκευσης ενέργειας.....	29
2.1. Τεχνολογίες αντλησιοταμίευσης (Pumped Hydroelectric Storage System ) PHS .....	31
2.2. Θερμικής αποθήκευσης (Thermal Energy Storage ) TES .....	32
2.3. Μπαταρίες μεγάλης κλίμακας (Batteries) B .....	32
2.4. Υπερσυσσωρευτές-Πυκνωτές (Super Capacitors) SC .....	33
2.5. Σφόνδυλοι (Flywheels) F .....	34
2.6. Κυψέλες καυσίμου-Υδρογόνου (Hydrogen fuel cell) HFC .....	35
3. Μεθοδολογία .....	36
3.1. Διάγραμμα Μεθοδολογίας .....	36



3.2. Περιγραφή μεθόδου επεξεργασίας δεδομένων και εργαλείου ανάλυσης.	40
3.2.1. Πολυκριτηριακή ανάλυση.....	40
3.2.2. Λογισμικό Visual PROMETHEE .....	42
3.3. Σύνταξη ερωτηματολογίου .....	44
3.3.1.Εμπλεκόμενες ομάδες, διάρκεια και χώρος διεξαγωγής έρευνας .....	44
3.3.2.. Περιγραφή κριτηρίων αξιολόγησης .....	46
3.4. Πίνακας αξιολόγησης εναλλακτικών λύσεων σύμφωνα με βιβλιογραφική έρευνα .....	49
3.5. Συνάρτηση Προτίμησης .....	51
3.6. Ειδικό Βάρος Κριτηρίων.....	51
4. Αποτελέσματα .....	54
4.1. Περιβαλλοντική Οργάνωση.....	54
4.2. Κρατική Υπηρεσία.....	55
4.3. Ακαδημαϊκή Έρευνα .....	56
4.4. Οικονομικός Παράγοντας.....	57
4.5. Καταναλωτής .....	57
4.6. Χρήστης Δικτύου.....	58
4.7. Μηχανικός – Κατασκευαστής.....	59
4.8. Συνολική Κατάταξη εναλλακτικών λύσεων .....	60
4.9. Επεξηγηματικά γραφήματα για κάθε εναλλακτική λύση .....	65
5. Συζήτηση.....	77

5.1. Περιβαλλοντική Οργάνωση.....	77
5.2. Κρατική Υπηρεσία.....	80
5.3. Ακαδημαϊκή Έρευνα .....	82
5.4. Οικονομικός Παράγοντας.....	84
5.5. Καταναλωτής .....	86
5.6. Χρήστης Δικτύου.....	88
5.7. Μηχανικός – Κατασκευαστής.....	90
5.8. Μεθοδολογικές αδυναμίες –Προβλήματα κατά τη διεξαγωγή της έρευνας.....	92
6. Συμπεράσματα.....	94
7. Βιβλιογραφία .....	98
8. Παραρτήματα .....	103
I. Ερωτηματολόγιο.....	103
II. Αποτελέσματα Ανάλυσης .....	108
III.Αποτελέσματα προγράμματος Visual PROMETHE .....	122
IV. Βοηθητικοί πίνακες δεδομένων .....	130

## Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 3.4. 1 Ποιοτική αξιολόγηση εναλλακτικών λύσεων σύμφωνα με τη βιβλιογραφική έρευνα .....	50
Πίνακας 3.6. 1 Συνολικά ειδικά βάρη κριτηρίων ανά ομάδα.....	53
Πίνακας 4.1. 1 Κατάταξη εναλλακτικών λύσεων για τον παράγοντα «Περιβαλλοντική Οργάνωση» .....	54
Πίνακας 4.2. 1 Κατάταξη εναλλακτικών λύσεων για τον παράγοντα «Κρατική Υπηρεσία».....	55
Πίνακας 4.3. 1 Κατάταξη εναλλακτικών λύσεων για τον παράγοντα «Ακαδημαϊκή Έρευνα» .....	56
Πίνακας 4.4. 1 Κατάταξη εναλλακτικών λύσεων για τον παράγοντα «Οικονομικός Παράγοντας» .....	57
Πίνακας 4.5. 1 Κατάταξη εναλλακτικών λύσεων για τον παράγοντα «Καταναλωτής» .....	57
Πίνακας 4.6. 1 Κατάταξη εναλλακτικών λύσεων για τον παράγοντα «Χρήστης Δικτύου» .....	58
Πίνακας 4.7. 1 Κατάταξη εναλλακτικών λύσεων για τον παράγοντα «Μηχανικός - Κατασκευαστής» .....	59
Πίνακας 4.8.1 Σειρά προτίμησης .....	60

Πίνακας 4.8. 2 Συνολική κατάταξη εναλλακτικών λύσεων για όλους τους παράγοντες .....	60
Πίνακας 4.8. 3 Συγκεντρωτικός πίνακας κατάταξης εναλλακτικών λύσεων .....	62
Πίνακας 8.3. 1 Επεξεργασία ερωτηματολογίων και εύρεση τελικών ειδικών βαρών για τον παράγοντα «Περιβαλλοντική Οργάνωση» .....	108
Πίνακας 8.3. 2 Επεξεργασία ερωτηματολογίων και εύρεση τελικών ειδικών βαρών για τον παράγοντα «Κρατική Υπηρεσία» .....	110
Πίνακας 8.3. 3 Επεξεργασία ερωτηματολογίων και εύρεση τελικών ειδικών βαρών για τον παράγοντα «Ακαδημαϊκή Έρευνα» .....	112
Πίνακας 8.3. 4 Επεξεργασία ερωτηματολογίων και εύρεση τελικών ειδικών βαρών για τον παράγοντα «Οικονομικός παράγοντας» .....	114
Πίνακας 8.3. 5 Επεξεργασία ερωτηματολογίων και εύρεση τελικών ειδικών βαρών για τον παράγοντα «Καταναλωτής».....	116
Πίνακας 8.3. 6 Επεξεργασία ερωτηματολογίων και εύρεση τελικών ειδικών βαρών για τον παράγοντα «Χρήστης Δικτύου» .....	118
Πίνακας 8.3. 7 Επεξεργασία ερωτηματολογίων και εύρεση τελικών ειδικών βαρών για τον παράγοντα «Μηχανικός- Κατασκευαστής» .....	120
Πίνακας 8.5. 1 Καθαρή παράγωγή μονάδων Κρήτης ανά είδος καύσιμου για την περίοδο 2013-2015 .....	130
Πίνακας 8.5. 2 Μηνιαία και συνολική παραγωγή ενέργειας για το νησί της Κρήτης για την περίοδο 2013-2015 .....	130
Πίνακας 8.5. 3 Στοιχεία παραγωγής και κατανάλωσης στην Κρήτη για την περίοδο 2013-2015 .....	131

## Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1-1 Γράφημα παραγωγής, απωλειών και αιχμή για το νησί της Κρήτης για την περίοδο 1964-2015 (Ετήσια έκθεση 2015, ΔΕΔΔΗΕ , 2017).....	22
Εικόνα 1-2 Γράφημα μηνιαίας παραγωγής ενέργειας στην Κρήτη για την περίοδο 2013-2015 (Ετήσια έκθεση 2015, ΔΕΔΔΗΕ , 2017).....	25
Εικόνα 1-3 Γράφημα παραγωγής ενέργειας από Μαζούτ, Diesel και ΑΠΕ στην Κρήτη για την περίοδο 2013-2015 (Ετήσια έκθεση 2015, ΔΕΔΔΗΕ , 2017).....	26
Εικόνα 1-4 'Πίτα' παραγωγής ενέργειας από μαζούτ, Diesel, ΑΠΕ σε για το έτος 2015 στην Κρήτη (Ετήσια έκθεση 2015, ΔΕΔΔΗΕ , 2017) .....	26
Εικόνα 1-5 Γράφημα Κατανάλωσης Μαζούτ και Diesel στην Κρήτη για την περίοδο 2013-2015 (Ετήσια έκθεση 2015, ΔΕΔΔΗΕ , 2017).....	27
Εικόνα 1-6 Γράφημα παραγωγής ενέργειας στην Κρήτη ανά καύσιμο και τεχνολογία για την περίοδο 2013-2015 (Ετήσια έκθεση 2015, ΔΕΔΔΗΕ , 2017) .....	27
Εικόνα 1-7: Γράφημα καθαρής παραγωγής ενέργειας στην Κρήτη για την περίοδο 2013-2015 (Ετήσια έκθεση 2015, ΔΕΔΔΗΕ , 2017).....	28
Εικόνα 2-1 :Διάγραμμα αποθήκευσης υδροενέργειας με άντληση .....	31
Εικόνα 2-2:Διάφοροι τύποι πυκνωτών.....	33
Εικόνα 2-3 Βασικά μέρη ενός συστήματος Flywheels. ....	34
Εικόνα 2-4 Τυπική διάταξη κυψέλης καυσίμου –υδρογόνου.....	35
Εικόνα 3-1 Διάγραμμα μεθοδολογίας .....	36
Εικόνα 3.3.2-1 Κριτήρια αξιολόγησης συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας ..	46
Εικόνα 4.8-1 Σύγκριση όλων των σεναρίων .....	64
Εικόνα 4.9-1 GAIA Webs για Αντλησιοταμίευση.....	67
Εικόνα 4.9-2 Bank Adviser για Αντλησιοταμίευση .....	67

Εικόνα 4.9-3 GAIA Webs για σύστημα Θερμικής αποθήκευσης.....	69
Εικόνα 4.9-4 Bank Adviser για σύστημα Θερμικής αποθήκευσης. ....	69
Εικόνα 4.9-5 GAIA Webs για Μπαταρίες.....	70
Εικόνα 4.9-6 Bank Adviser για Μπαταρίες .....	70
Εικόνα 4.9-7 GAIA Webs για Υπερσυσσωρευτές-Πυκνωτές.....	72
Εικόνα 4.9-8 Bank Adviser για Υπερσυσσωρευτές-Πυκνωτές.....	72
Εικόνα 4.9-9 GAIA Webs για Σφόνδυλους .....	73
Εικόνα 4.9-10 Bank Adviser για Σφονδύλους.....	73
Εικόνα 4.9-11 GAIA Webs για Κυψέλες καυσίμου-Υδρογόνου.....	75
Εικόνα 4.9-12 Bank Adviser για Κυψέλες καυσίμου-Υδρογόνου .....	75
Εικόνα 4.9-13 Τελική κατάταξη όλων των συστημάτων αποθήκευσης σύμφωνα με τα PROMETHEE II. ....	76
Εικόνα 5.1-1 GAIA1 για «Περιβαλλοντική Οργάνωση» .....	78
Εικόνα 5.1-2 GAIA2 για «Περιβαλλοντική Οργάνωση» .....	79
Εικόνα 5.1-3 Decision Maker Brain για «Περιβαλλοντική Οργάνωση» .....	79
Εικόνα 5.2-1 GAIA1 για «Κρατική Υπηρεσία» .....	80
Εικόνα 5.2-2 GAIA2 για «Κρατική Υπηρεσία» .....	81
Εικόνα 5.2-3 Decision Maker Brain για «Κρατική Υπηρεσία» .....	81
Εικόνα 5.3-1 GAIA1 για «Ακαδημαϊκή Έρευνα» .....	82
Εικόνα 5.3-2 GAIA2 για «Ακαδημαϊκή Έρευνα» .....	83
Εικόνα 5.3-3 Decision Maker Brain για «Ακαδημαϊκή Έρευνα».....	83
Εικόνα 5.4-1 GAIA1 για «Οικονομικός παράγοντας» .....	84
Εικόνα 5.4-2 GAIA2 για «Οικονομικός παράγοντας» .....	85
Εικόνα 5.4-3 Decision Maker Brain για «Οικονομικός παράγοντας» .....	85
Εικόνα 5.5-1 GAIA1 για «Καταναλωτής».....	86

Εικόνα 5.5-2 GAIA2 για «Καταναλωτής» .....	87
Εικόνα 5.5-3 Decision Maker Brain για «Καταναλωτής» .....	87
Εικόνα 5.6-1 GAIA1 για «Χρήστης Δικτύου» .....	88
Εικόνα 5.6-2 GAIA2 για «Χρήστης Δικτύου» .....	89
Εικόνα 5.6-3 Decision Maker Brain για «Χρήστης Δικτύου» .....	89
Εικόνα 5.7-1 GAIA1 για «Μηχανικός-Κατασκευαστής» .....	90
Εικόνα 5.7-2 GAIA2 για «Μηχανικός - Κατασκευαστής» .....	91
Εικόνα 5.7-3 Decision Maker Brain για «Μηχανικός - Κατασκευαστής» .....	91
Εικόνα III-1 Αποτελέσματα προγράμματος Visual PROMETHEE για την ομάδα «Περιβαλλοντική Οργάνωση» .....	123
Εικόνα III-2 Αποτελέσματα προγράμματος Visual PROMETHEE για την ομάδα «Κρατική Υπηρεσία» .....	124
Εικόνα III-3 Αποτελέσματα προγράμματος Visual PROMETHEE για την ομάδα «Ακαδημαϊκή Έρευνα» .....	125
Εικόνα III-4 Αποτελέσματα προγράμματος Visual PROMETHEE για την ομάδα «Οικονομικός Παράγοντας» .....	126
Εικόνα III-5 Αποτελέσματα προγράμματος Visual PROMETHEE για την ομάδα «Καταναλωτής» .....	127
Εικόνα III-6 Αποτελέσματα προγράμματος Visual PROMETHEE για την ομάδα «Χρήστης Δικτύου» .....	128
Εικόνα III-7 Αποτελέσματα προγράμματος Visual PROMETHEE για την ομάδα «Μηχανικός – Κατασκευαστής» .....	129

## Ονοματολογία συντομεύσεων

ΔΕ Διπλωματική Εργασία

PHS Τεχνολογίες αντλησιοταμίευσης (Pumped Hydroelectric Storage System)

TES Θερμικής αποθήκευσης (Thermal Energy Storage)

B Μπαταρίες μεγάλης κλίμακας (Batteries)

SC Υπερσυσσωρευτές-Πυκνωτές (Super Capacitors)

F Σφόνδυλοι (Flywheels)

HFC Κυψέλες καυσίμου-Υδρογόνου (Hydrogen fuel cell)

SME Τεχνολογία υπεραγώγιμης μαγνητική αποθήκευσης  
(Superconducting Magnetic Energy Storage)

ΑΠΕ Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

CAES Αποθήκευσης ενέργειας με συμπίεση αέρα (Compressed Air Energy  
Storage)

PROMETHEE Preference Ranking Organization METHod for the Enrichment  
| of Evaluations.

GAIA Graphical Analysis for Interactive Aid.



## Εισαγωγή

Στην σύγχρονη εποχή, όπου οι ανάγκες για ενέργεια ολοένα αυξάνονται, ενώ οι φυσικοί πόροι μειώνονται, η χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) έχει γίνει επιτακτική τόσο για την κάλυψη των αναγκών, όσο για τη μείωση της εξάρτησης από τους φυσικούς πόρους και την προστασία του περιβάλλοντος. Μέχρι πρότινος, γινόταν αποκλειστική εκμετάλλευση της αποθηκευμένης ενέργειας των ορυκτών καυσίμων. Γεγονός που άλλαξε όταν επιβεβαιώθηκε επιστημονικά το αρνητικό αντίκτυπο που είχε η χρήση αυτών, με τις έρευνες για τα επίπεδα του διοξειδίου του άνθρακα- και άλλων βλαβερών χημικών ενώσεων, που απελευθερωνόντουσαν κατά την καύση τους- και τις επιπτώσεις –αλλαγές που επέφερε στο κλίμα.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση ήδη από το 2007 έθεσε ως στόχο τη μείωση της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας στην Ένωση κατά 20% για το 2020 (Οδηγία 2010/31/ΕΕ). Ταυτόχρονα, στο ίδιο πλαίσιο αποφασίστηκε η μείωση των εκπομπών του θερμοκηπίου κατά 20% τουλάχιστον, σε σχέση με το 1990 και η αύξηση του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην ενεργειακή κατανάλωση σε 20% (Οδηγία 2010/31/ΕΕ). Έτσι, σήμερα, ακολουθώντας αυτό το δρόμο, η διείσδυση και αξιοποίηση της παραγόμενης ενέργειας των ΑΠΕ έχει δημιουργήσει την ιδέα-ανάγκη αποθήκευσης της πλεονάζουσας αυτής ενέργειας για μελλοντική αξιοποίησή της και κάλυψη της ζήτησης σε ηλεκτρικό φορτίο κατά τις ώρες αιχμής. Η μελέτη- αλλά και χρήση- συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας θα μπορούσε να βοηθήσει στην κάλυψη της ζήτησης σε ενέργεια, να μειώσει τις διακυμάνσεις της τάσης, της έντασης και της συχνότητας του ηλεκτρικού ρεύματος και το λειτουργικό κόστος μιας μονάδας ηλεκτροπαραγωγής. Με τον τρόπο αυτό,

ουσιαστικά επιτυγχάνεται μία πρώτη προσέγγιση των στόχων της ΕΕ, ενώ παράλληλα τίθενται οι βάσεις για τη μελλοντική ενσωμάτωση μεγάλης κλίμακας σταθμών ηλεκτρικής ισχύς από ΑΠΕ στο υφιστάμενο ηλεκτρικό δίκτυο .

Σε ένα νησί όπως είναι η Κρήτη, η εφαρμογή των παραπάνω στόχων μπορεί να υλοποιηθεί σχετικά ευκολότερα, καθώς είναι ένα μη διασυνδεδεμένο νησί και ουσιαστικά μπορεί να χαρακτηριστεί ως απομονωμένο ηλεκτρικό σύστημα. - Πρόκειται για το μεγαλύτερο και πολυπληθέστερο νησί της Ελλάδας, ενώ κατατάσσεται πέμπτο σε έκταση στη Μεσόγειο. Έτσι, λόγω της μικρής κλίμακας των επιμέρους χαρακτηριστικών του σε σχέση με μία μεγαλύτερης έκτασης περιοχή (δίκτυο ηλεκτροδότησης, μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, μονάδες παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ κλπ) είναι πιο εύκολα διαχειρίσιμο και γίνονται γρήγορα εμφανή τα αποτελέσματα των αλλαγών στο σύστημα ηλεκτροδότησης.

Ωστόσο, η επιλογή του κατάλληλου συστήματος αποθήκευσης ενέργειας δεν είναι εύκολα εφικτή, καθώς εξαρτάται από ένα σύνολο παραγόντων όπως κοινωνικοί, οικονομικοί, πολιτικοί, οικολογικοί και γεωγραφικοί, καθένας από τους οποίους θέτει διαφορετικά κριτήρια ως προς την επιλογή του συστήματος. Στην παρούσα ΔΕ, τη λύση επιχειρείται να δώσει η Πολυκριτηριακή ανάλυση αποφάσεων, κατά την οποία η λήψη αποφάσεων προσδιορίζεται βάσει πολλαπλών κριτηρίων και στόχων που έχουν συνήθως μια ανταγωνιστική σχέση μεταξύ τους. Στη προκειμένη περίπτωση η επιλογή του κατάλληλου συστήματος αποθήκευσης ενέργειας έγινε με βάση 9 κριτήρια, λαμβάνοντας υπόψη την άποψη διαφορετικών ομάδων ατόμων με τη διεξαγωγή έρευνας μέσω ερωτηματολογίου, αλλά και δεδομένων από βιβλιογραφική έρευνα.

## Διεθνής Επιστημονική Εμπειρία

Η διεθνής επιστημονική εμπειρία επί των συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας είναι ευρεία. Η διείσδυση των ΑΠΕ στον τομέα της παραγωγής ενέργειας, ως ένας πιο φιλικός προς το περιβάλλον ενεργειακός τρόπος, οδήγησε πολύ σύντομα στην ανάγκη αποθήκευσης της ενέργειας αυτής, καθώς εξαρτιόταν από παράγοντες όπως η ηλιοφάνεια, το αιολικό δυναμικό, οι καιρικές συνθήκες της περιοχής κλπ.

Ωστόσο, ελάχιστες είναι οι αναφορές σύγκρισης των συστημάτων αυτών σε πραγματικές καταστάσεις, ενώ οι περισσότερες εστιάζουν στη μεμονωμένη αναλυτική περιγραφή 2-3 εξ αυτών, στηριζόμενες στα ποσοτικά χαρακτηριστικά της κάθε τεχνολογίας, αφαιρώντας ουσιαστικά το βασικότερο παράγοντα επιλογής και αξιολόγησης, τον ανθρώπινο. Μελέτες, στις οποίες γίνεται σύγκριση των συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας, διάφορες προσομοιώσεις και λεπτομερής παρουσίαση των χαρακτηριστικών τους γνωρισμάτων είχαν ήδη αρχίσει να γίνονται πριν από το 2000. Σε πολλές από αυτές μελετάται πως ένα σύστημα αποθήκευσης ενέργειας μπορεί να εξομαλύνει τις ωριαίες και εποχιακές αυξήσεις στη ζήτηση ενεργειακών ποσών σε μικρές εγκαταστάσεις όπως ένα σπίτι (Hemmati, 2017) ή ακόμη και σύγκριση των συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας για ολόκληρα δίκτυα (Mukrimin et al, 2017).

Τεχνο- οικονομικές μελέτες που συγκρίνουν χαρακτηριστικά των συστημάτων αποθήκευσης όπως το κόστος κατασκευής-λειτουργίας σε σχέση με την ενεργειακή απόδοση ή εξετάζουν την εφαρμογή τους σε συστήματα παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές λαμβάνουν χώρα. Οι περισσότερες καταλήγουν σε θεωρητικά αποτελέσματα και τονίζουν την ανάγκη

εστίασης στις ενεργειακές απαιτήσεις , στις υποδομές κ.α. ώστε να γίνει η σωστότερη επιλογή κριτηρίων που θα αναδείξουν το καταλληλότερο σύστημα αποθήκευσης (Amrouche et al, 2016).

Μία προσπάθεια προσέγγισης του θέματος αποθήκευσης ενέργειας σε εθνικό επίπεδο είχε πραγματοποιηθεί μόλις το 2001 για το χωριό Μυρσίνη στο νησί της Δονούσας στο Αιγαίο πέλαγος. Ουσιαστικά , επρόκειτο για μια συνδυαστική προσομοίωση παραγωγής ενέργειας και κάλυψης των αναγκών σε νερό του χωριού. Το σύστημα συμπληρώθηκε με μπαταρίες και μια μικρό-υδραυλική εγκατάσταση για την αποθήκευση ενέργειας, με σκοπό την υποστήριξη του κύριου συστήματος (Manolakos et al, 2001).

Μελέτη είχε γίνει και για το νησί της Καρπάθου (Karellas et al, 2014). Στην έκθεση αυτή συγκρίθηκαν δύο συστήματα αποθήκευσης ενέργειας: η ενεργειακή αποθήκευση με πεπιεσμένο αέρα (CAES) και η αποθήκευση ενέργειας με υδρογόνο. Οι προσομοιώσεις που έγιναν - έδειξαν κάποια καλά αποτελέσματα για τη μέθοδο CAES, λιγότερα για το σύστημα υδρογόνου ενώ επισημάνθηκε ότι το κόστος των συστημάτων είναι η βασική παράμετρος για την οικονομική βιωσιμότητά τους και την ανάγκη περαιτέρω ανάλυσης. Στην παρούσα ΔΕ η μέθοδος αποθήκευσης με πεπιεσμένο αέρα CAES δε μελετήθηκε.

Μία ακόμη πιο πρόσφατη μελέτη στον ελληνικό χώρο είναι αυτή για το νησί της Τήλου, έργο που ξεκίνησε το 2015 και αναμένεται να ολοκληρωθεί στις αρχές του 2019 με κύριο στόχο την- όσο το δυνατόν- μεγαλύτερη ενεργειακή αυτονομία του νησιού. Το έργο περιλαμβάνει την κατασκευή υβριδικού σταθμού ηλεκτροπαραγωγής με βάση τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και έξυπνου

microgrid . Επίσης, προβλέπεται και ο σχεδιασμός συστήματος αποθήκευσης ενέργειας με μπαταρίες.(<http://eusew.eu/awards/tilos-island>)

Καθώς η Κρήτη είναι ένα μη διασυνδεδεμένο νησί , που όμως στο κοντινό μέλλον προβλέπεται η σύνδεσή της μέσω μεγάλων υποθαλάσσιων αγωγών («μικρή» διασύνδεση Χανίων- Πελοποννήσου και «μεγάλη» Ηρακλείου- Αττικής) με την ηπειρωτική Ελλάδα. Το ζήτημα αυτό αν και είναι ακόμη υπό μελέτη, καθιστά έντονη την ανάγκη για ένα σύστημα αποθήκευσης ενέργειας που θα υποστηρίξει την επέκταση αυτή. Σύμφωνα με την αναφορά τους Aguado et al (2017), για μία επέκταση δικτύου, η χρήση μπαταριών μπορεί να αποδειχθεί μία αρκετά επωφελής λύση, αφού η τιμή τους συνεχώς μειώνεται, ενώ παράλληλα βρίσκουν μεγάλη κοινωνική αποδοχή. Ωστόσο, το παραπάνω συμπέρασμα είναι αποτέλεσμα μιας έρευνας και διαστασιολόγησης υπό περιορισμούς.

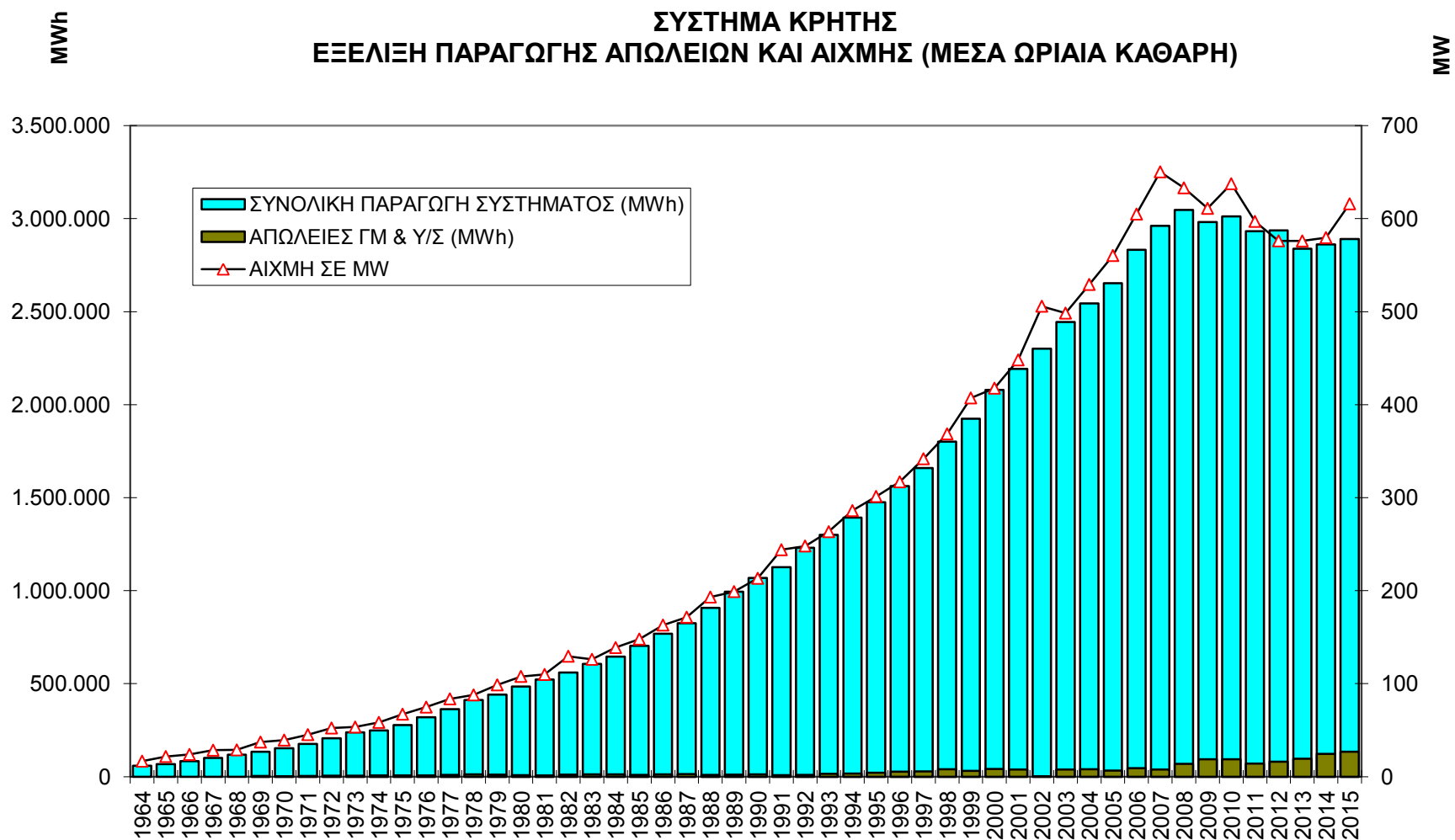
Κύριος στόχος της εργασίας μας είναι ο προσδιορισμός της καταλληλότερης μεθόδου αποθήκευσης ενέργειας για το νησί της Κρήτης. Βασικός παράγοντας για την επίτευξη αυτού, είναι η προσέγγιση του ζητήματος βασιζόμενοι τόσο σε βιβλιογραφική έρευνα, όσο και σε έρευνα βάση -ενός ερωτηματολογίου. Το ερωτηματολόγιο θα είναι ο άμεσος τρόπος ανάδειξης της γνώμης του ανθρώπινου παράγοντα και η επεξεργασία των δεδομένων θα πραγματοποιηθεί μέσω της Πολυκριτηριακής μεθόδου ανάλυσης.

## 1. Το Ενεργειακό σύστημα Κρήτης

Στη σύγχρονη εποχή, αν και η τεχνολογική εξέλιξη είναι ραγδαία και η επιστημονική κοινότητα συνεχώς αναζητά νέες πηγές ενέργειας για την κάλυψη των αντίστοιχων ανθρώπινων αναγκών (ηλεκτρισμός, ψύξη, θέρμανση κλπ). Στον τομέα της παραγωγής της, τα ορυκτά καύσιμα παραμένουν η κυρίαρχη επιλογή. Φυσικά, η πρόοδος και η διείσδυση των ΑΠΕ είναι αξιοσημείωτη στην καθημερινότητα, αλλά ακόμη η υφιστάμενη κοινωνία - και περισσότερο ο βιομηχανικός κλάδος- δεν έχει αποδεσμευτεί από τη χρήση των ορυκτών καυσίμων σε μία περίοδο, όπου η διαθεσιμότητα τους ολοένα και μειώνεται, οι εκπομπές από την καύση τους επιβαρύνουν το περιβάλλον και οι ενεργειακές απαιτήσεις αυξάνονται.

Η Κρήτη είναι το τέταρτο μεγαλύτερο νησί της Μεσογείου με έκταση 8.335 km<sup>2</sup> και πληθυσμό που υπερβαίνει τις 600.000. Οι περίπλοκες μορφολογίες του νησιού αποδεικνύονται ιδανικές για εφαρμογές συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όπως η αιολική και η ηλιακή (Giatrakos et al, 2009).

Σύμφωνα με την εικόνα 1.1, από το 2008 και έπειτα παρατηρείται μία σχετικά σταθερή μείωσης της ετήσιας παραγωγής ενέργειας στην Κρήτη.



Εικόνα 1-1 Γράφημα παραγωγής, απωλειών και αιχμή για το νησί της Κρήτης για την περίοδο 1964-2015 (Ετήσια έκθεση 2015, ΔΕΔΔΗΕ , 2017)

Ο Πίνακας 1-1 δείχνει ότι η οικονομία της Κρήτης εξαρτάται από τον τριτογενή τομέα (Υπουργείο Οικονομίας και Οικονομικών της Ελλάδας, 2006), του οποίου η ανάπτυξη βασίζεται στην εξέλιξη της τουριστικής βιομηχανίας, που αποτελείται από εστιατόρια, το εμπόριο, τις μεταφορές και τη διαμονή, καθώς και τη δραστηριότητα των τελευταίων συμπεριλαμβανομένων των δημόσιων και ιδιωτικών υπηρεσιών, των νοσοκομείων, των πανεπιστημίων, χρηματοδότηση κ.λπ. (Giatrakos et al, 2009).

Η πλειονότητα της βιομηχανικής δραστηριότητας (βιομηχανία τροφίμων, βιομηχανία ελαιόλαδου, πλαστικών και της - πολύ σημαντικής- παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας) είναι με βάση την αυτόχθονη γεωργική παραγωγή του νησιού, με εξαίρεση τον τομέα της ενέργειας που βασίζεται στις εισαγωγές καυσίμων. Η βιομηχανική δραστηριότητα έχει το 14% του προϊόντος του νησιού, που αντιμετωπίζει μια μειούμενη τάση τα τελευταία χρόνια. Τέλος, η γεωργία, η οποία στηρίζει τη βιομηχανία του νησιού και, συμβάλλει μόνο κατά 8% στο περιφερειακό ΑΕΠ. Η γεωργική δραστηριότητα διατηρεί μια αυξανόμενη τάση τα τελευταία χρόνια (2%), παρά την ύπαρξη εθνική μείωση κατά 1,2% (Giatrakos et al, 2009).



Πίνακας 1-1 ΑΕΠ ανά νομό και δραστηριότητα

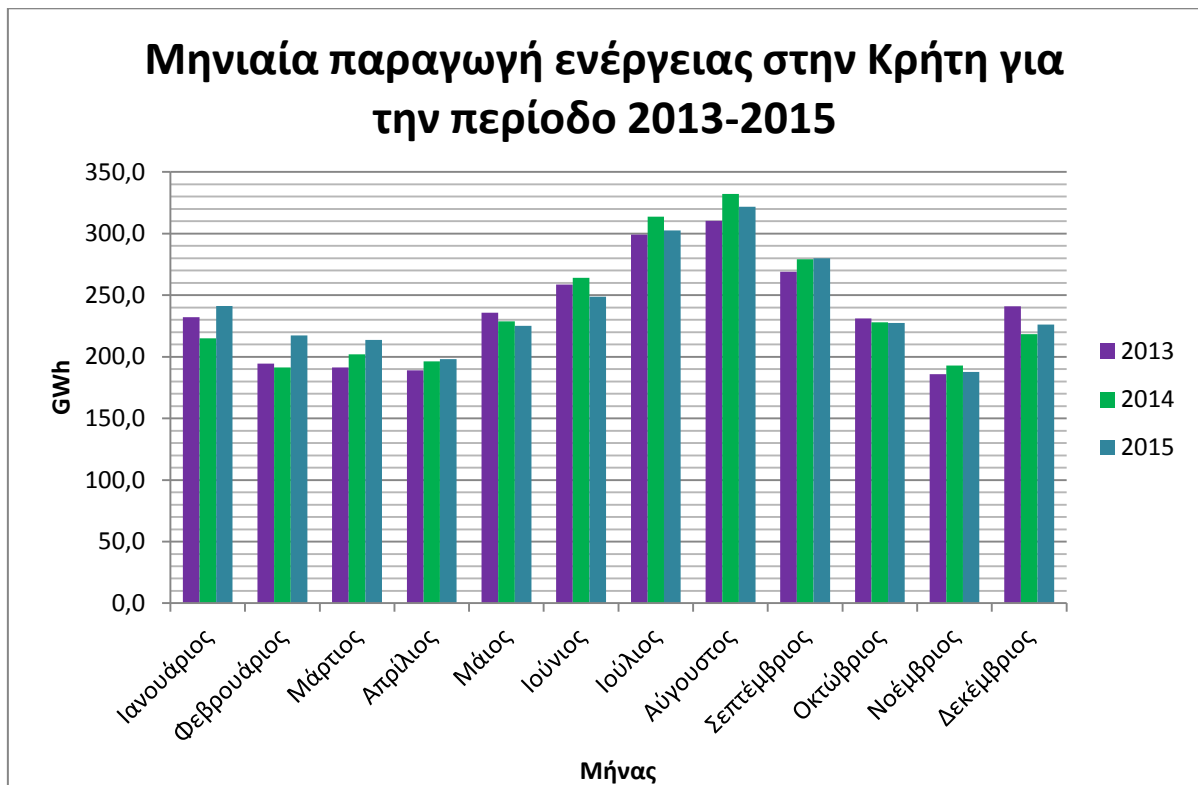
	2005 Ακαθάριστο εγχώριο προϊόν ανά νομό (εκατομμύρια σε ευρώ)					Ποσοστό του περιφερειακού ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος (%)	2005 Ρυθμός ανάπτυξης (%)
	Ηράκλειο	Λασιθι	Ρέθυμνο	Χανιά	Κρήτη		
Εμπορική δραστηριότητα	3.735	893	903	1.741	7.272	64.99	
Δημόσιες αρχές	711	170	172	332	1.385	12.38	
Υπηρεσίες (3βάθμια)	4.446	1.064	1.075	2.072	8.657	77.36	8.1
Γεωργία	438	139	205	241	1.023	9.14	1.9
Βιομηχανία	776	152	212	369	1.510	13.49	-3.8
Σύνολο ακαθάριστο εγχώριο προϊόν	5.660	1.355	1.492	2.683	11.190	100.00	5.8

Για το νησί , η παραγωγή, διανομή και κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη χρονική περίοδο. Η Κρήτη, όπως και το μεγαλύτερο μέρος της Ελλάδας στηρίζει την οικονομία της σε μεγάλο βαθμό στον κλάδο του τουρισμού.

Το απαιτητικό ηλεκτρικό σύστημα της Κρήτης χαρακτηρίζεται από υψηλά ποσοστά αύξησης της ζήτησης και χαμηλό συντελεστή φορτίου, οπότε το νησί βιώνει προβλήματα απόδοσης λόγω των εξαιρετικά υψηλών φορτίων αιχμής που προκαλούνται από εποχιακά παραλλαγές (εικόνα1-2). Με βάση την τρέχουσα υποδομή του δικτύου και τον αυτόνομο χαρακτήρα του, το μεγαλύτερο μέρος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας θεωρείται ασφαλέστερο για να εξυπηρετείται από μονάδες ελεγχόμενες από τους πόρους και την παραγωγή, όπως οι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής που βασίζονται σε ορυκτά καύσιμα (Giatrakos G. et al, 2009).

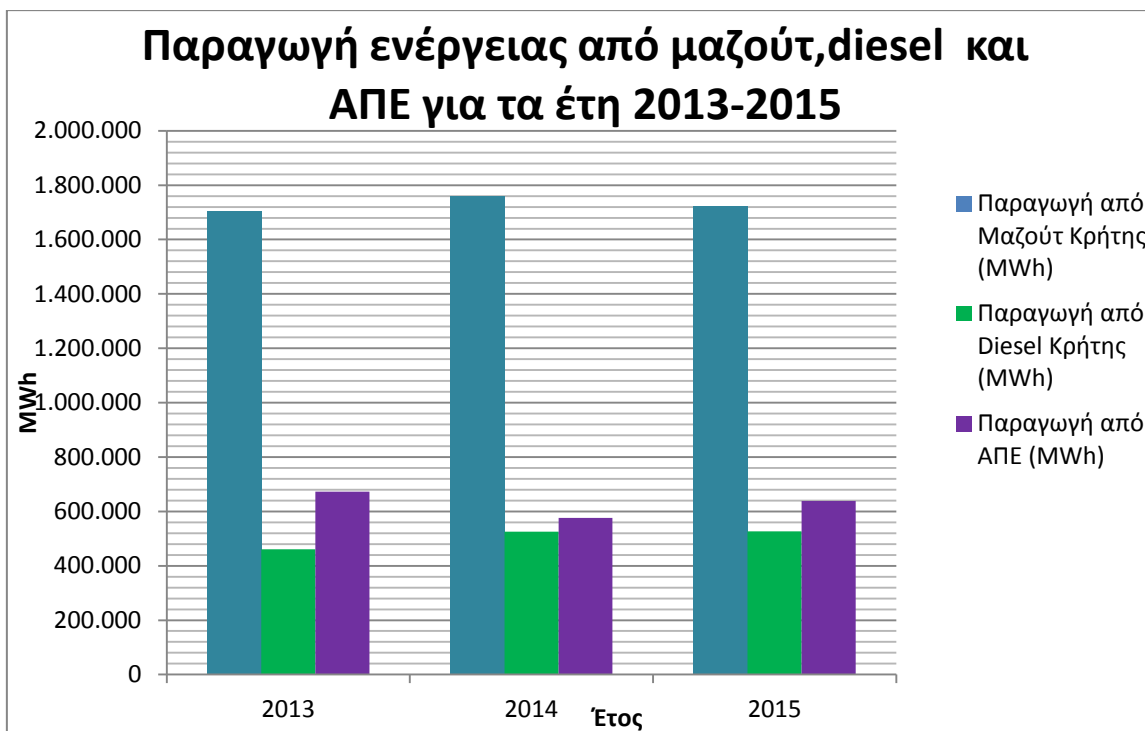
Το μοναδικό περιβάλλον του νησιού και η επακόλουθη ανάπτυξη του τουριστικού τομέα έρχονται σε άμεση σύγκρουση με κάθε πρόσθετο περιβαλλοντικό άγχος που δημιουργεί η αύξηση της χρήσης ορυκτών καυσίμων. Ως εκ τούτου, η κοινή γνώμη του νησιού αντιδρά έντονα στην προσθήκη νέων

θερμικών σταθμών, (π.χ. στην περίπτωση του σταθμού ηλεκτροπαραγωγής που λειτουργεί με ορυκτά καύσιμα του Αθερινόλακκου), ενώ οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) τείνουν να αξιολογούνται θετικά από τον Κρητικό λαό (Giatrakos G. et al, 2009).

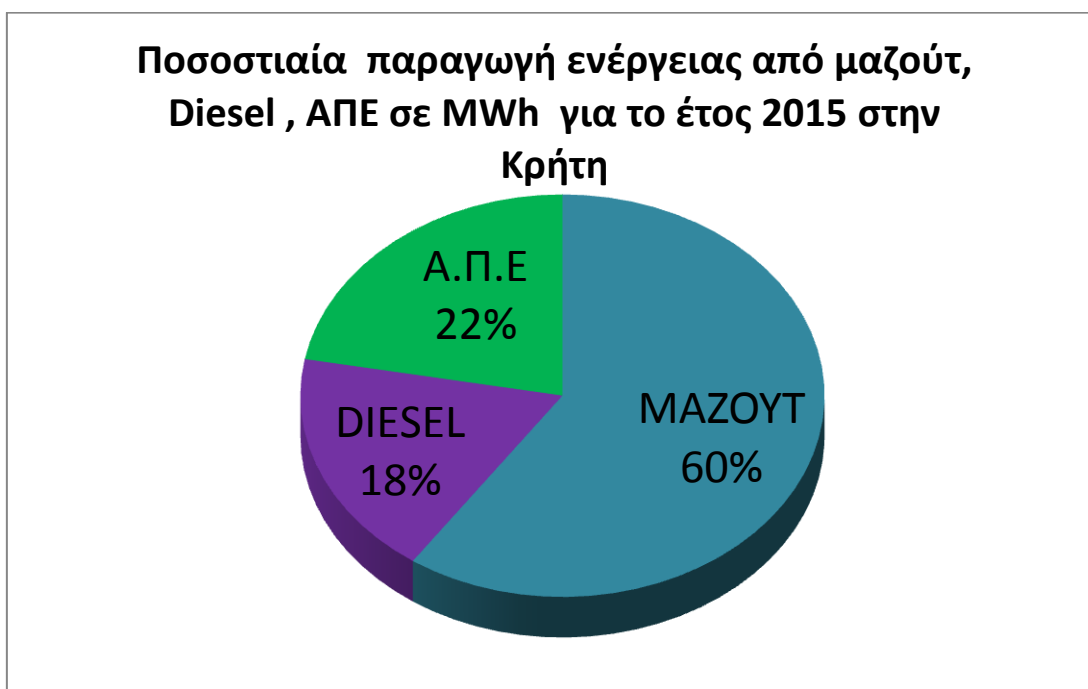


**Εικόνα 1-2 Γράφημα μηνιαίας παραγωγής ενέργειας στην Κρήτη για την περίοδο 2013-2015 (Ετήσια έκθεση 2015, ΔΕΔΔΗΕ , 2017)**

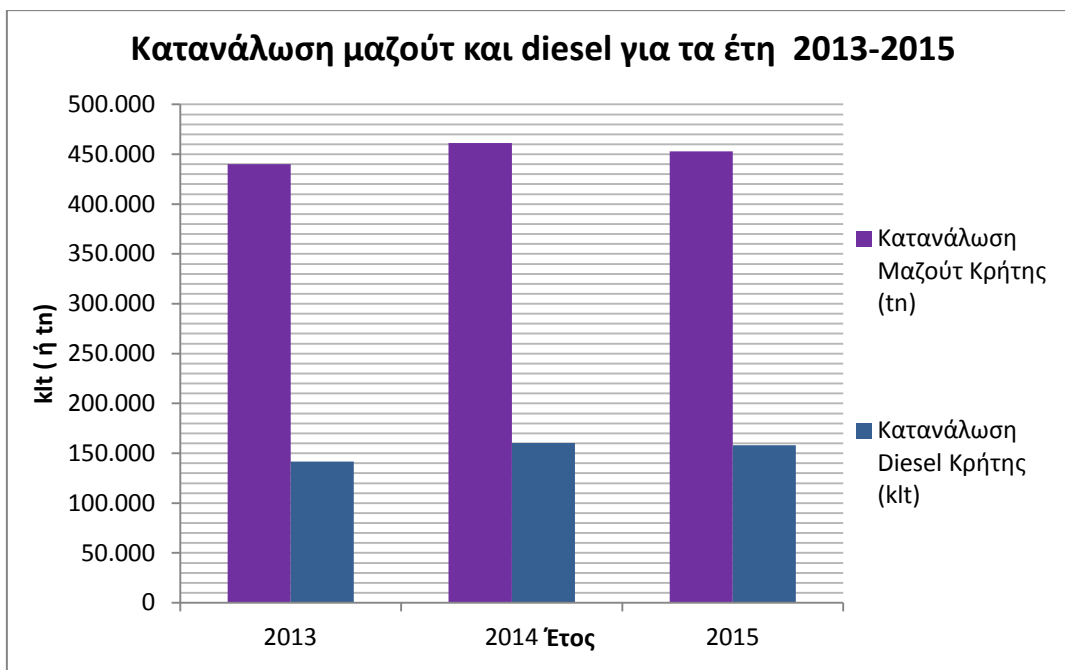
Οι απαιτήσεις σε ενεργειακά φορτία αυξάνονται κατά τη θερινή περίοδο. Από την εικόνα 1-2, γίνεται εμφανές ότι η ζήτηση σε ενέργεια παρουσιάζει ιδιαίτερη αύξηση από τον Μάιο έως τον Αύγουστο, κατά τον οποίο η παραγωγή ενέργειας είναι μέγιστη. Η κάλυψη αυτής της ζήτησης- ουσιαστικά – γίνεται με την κατανάλωση μαζούτ και Diesel (Εικόνα 1-3).



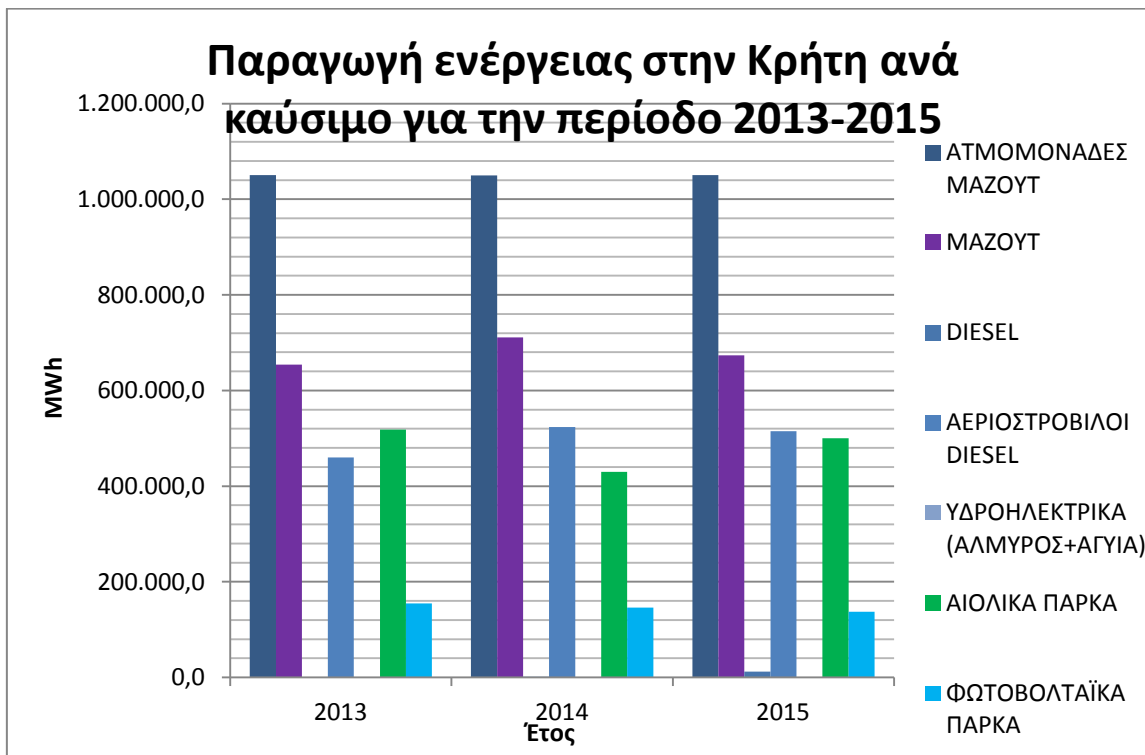
Εικόνα 1-3 Γράφημα παραγωγής ενέργειας από Μαζούτ, Diesel και ΑΠΕ στην Κρήτη για την περίοδο 2013-2015 (Ετήσια έκθεση 2015, ΔΕΔΔΗΕ , 2017)



Εικόνα 1-4-Διάγραμμα παραγωγής ενέργειας από μαζούτ, Diesel, ΑΠΕ για το έτος 2015 στην Κρήτη (Ετήσια έκθεση 2015, ΔΕΔΔΗΕ , 2017)



Εικόνα 1-5 Γράφημα Κατανάλωσης Μαζούτ και Diesel στην Κρήτη για την περίοδο 2013-2015 (Ετήσια έκθεση 2015, ΔΕΔΔΗΕ , 2017)



Εικόνα 1-6 Γράφημα παραγωγής ενέργειας στην Κρήτη ανά καύσιμο και τεχνολογία για την περίοδο 2013-2015 (Ετήσια έκθεση 2015, ΔΕΔΔΗΕ , 2017)

Σχεδόν το 80% της ετήσιας παραγωγής σε ενέργεια - για το έτος 2015 - προέρχεται από μη ανανεώσιμες πηγές (Εικόνα 1.4). Από το παράρτημα 1.IV.



**Εικόνα 1-7: Γράφημα καθαρής παραγωγής ενέργειας στην Κρήτη για την περίοδο 2013-2015 (Ετήσια έκθεση 2015, ΔΕΔΔΗΕ , 2017)**

Από τα παραπάνω γραφήματα και στοιχεία για την παραγωγή ενέργειας σε επίπεδο Κρήτης είναι φανερό η ανάγκη μείωσης των απωλειών σε ενέργεια και παράλληλα η καλύτερη διαχείριση και ανταπόκριση του συστήματος στην εκάστοτε ζήτηση του δικτύου σε ενεργειακό φορτίο. Μία ικανοποιητική λύση και για τα δύο αυτά ζητήματα μπορεί να δοθεί από τη χρήση συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας.

## 2. Συστήματα αποθήκευσης ενέργειας

Στην προσπάθεια για όσο το δυνατόν καλύτερη διαχείριση της παραγόμενης ενέργειας, δημιουργήθηκε η ανάγκη αποθήκευσης της. Η ημερήσια διακύμανση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, η κάλυψη αυτής σε σύντομο χρονικό διάστημα, η περιοδική παραγωγή ενέργειας από μονάδες ΑΠΕ (από φωτοβολταϊκά πάρκα μόνο κατά τις ώρες ηλιοφάνειας, από αιολικά πάρκα μόνο και εφόσον το δυναμικό του αέρα είναι επαρκές κλπ) και η ασφαλής- και παράλληλα -οικονομική λειτουργία των σταθμών παραγωγής ενέργειας μπορούν να υποστηριχθούν από συστήματα αποθήκευσης ενέργειας.

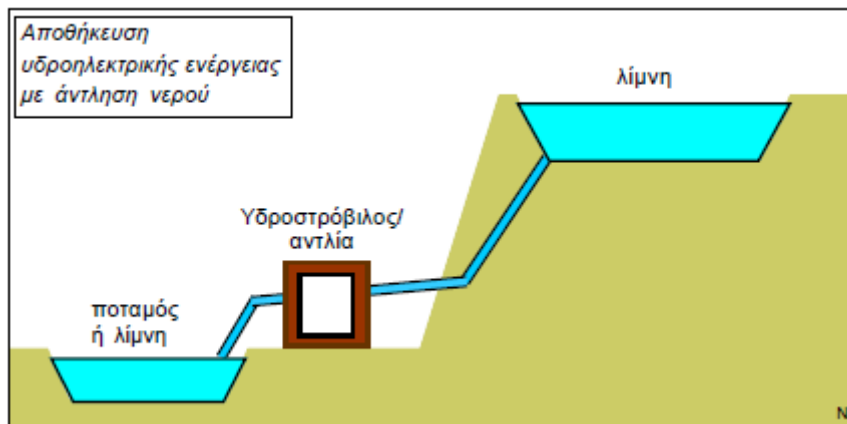
Υπάρχουν διάφορες αξιόπιστες τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας, οι οποίες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν με βάση κριτήρια όπως: τη λειτουργία και τη μορφή της ενέργειας που αποθηκεύεται. Με βάση το πρώτο κριτήριο, οι τεχνολογίες διακρίνονται σε αυτές που αποσκοπούν πρωταρχικά στην ποιότητα και την αξιοπιστία της παρεχόμενης ισχύος και χαρακτηρίζονται από υψηλές τιμές ονομαστικής ισχύος αλλά από σχετικά μικρό ενεργειακό περιεχόμενο, και σε αυτές που σχεδιάζονται για εφαρμογές διαχείρισης ενέργειας (Haisheng et al, 2009).

Η ηλεκτρική ενέργεια είναι μία πολύ ευέλικτη μορφή ενέργειας, η οποία μπορεί να αποθηκευτεί τόσο υπό την μορφή ηλεκτρικής αποθήκευσης όσο και να μετατραπεί σε μία άλλη μορφή. Οι βασικότερες μορφές αποθήκευσης της ενέργειας-πέρα από την ηλεκτρική- είναι η χημική, η μηχανική και η θερμική. Επιπλέον, μπορεί να εμφανιστεί και με τη μορφή δυναμικής και κινητικής ενέργειας. Αυτή η ιδιαιτερότητα της έχει δώσει και τη βάση ανάπτυξης ποικίλων συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας. Έτσι, με βάση τη μορφή με την οποία αποθηκεύεται η ηλεκτρική ενέργεια, μπορεί να γίνει διάκριση των τεχνολογιών αποθήκευσης ενέργειας ως εξής:

- **Ηλεκτρική αποθήκευση:** Ηλεκτροστατική αποθήκευση με τη χρήση πυκνωτών και υπερπυκνωτών, καθώς και μαγνητική αποθήκευση με χρήση της τεχνολογίας υπεραγώγιμης μαγνητική αποθήκευσης (Superconducting Magnetic Energy Storage - SMES) (δε θα γίνει αναφορά στη ΔΕ).
- **Μηχανική αποθήκευση:** Σε μορφή κινητικής ενέργειας (σφόνδυλοι- Flywheels) ή σε μορφή δυναμικής ενέργειας (αντλησιοταμίευση - Pumped Hydroelectric Storage System –PHS).
- **Χημική αποθήκευση:** Με τη μορφή ηλεκτροχημικής ενέργειας (μπαταρίες - Batteries) και μπαταρίες ροής και με τη μορφή καθαρά χημικής ενέργειας (κυψέλες καυσίμου- Fuel Cell -FC) και μπαταρίες μετάλλου-αέρα.
- **Θερμική αποθήκευση:** Αποθήκευση ενέργειας σε συστήματα χαμηλής ή υψηλής θερμοκρασίας (Thermal Energy Storage - TES) (Haisheng et al,2009)

Ακολουθούν συνοπτικά τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας που μελετήθηκαν στην παρούσα ΔΕ.

## 2.1. Τεχνολογίες αντλησιοταμίευσης (Pumped Hydroelectric Storage Systems –PHS)



Εικόνα 2-1 :Διάγραμμα αποθήκευσης υδροενέργειας με άντληση

Ανδρίτος (2015) 1

Στη πλειοψηφία των περιπτώσεων ένα σύστημα αντλησιοταμίευσης αποτελείται από δύο ταμιευτήρες νερού με μεγάλη υψομετρική διαφορά (φυσικούς ή τεχνητούς), έναν ή περισσότερους υδροστρόβιλους και ηλεκτρικές γεννήτριες, μία ή περισσότερες αντλίες και ηλεκτρικούς κινητήρες και ένα σύστημα ελέγχου (Παπασταματάκη-, 2014) (Chen et al,2008). Κατά τη διάρκεια χαμηλής ζήτησης σε ηλεκτρική ενέργεια, η περίσσεια αυτής χρησιμοποιείται για την άντληση νερού από το χαμηλότερο στον υψηλότερο υδάτινο ταμιευτήρα. Η διαδικασία αυτή συνήθως λαμβάνει χώρα κατά τη διάρκεια της νύχτας. Κατά την ώρα αιχμής και ζήτησης ποσών ενέργειας, η δυναμική ενέργεια λόγω της υψομετρικής διαφοράς μετατρέπεται σε ηλεκτρική, κατά την πτώση του νερού και περιστροφής των υδροστροβίλων από αυτό.

<sup>1</sup> Ανδρίτος Ν. (2015) Αποθήκευση ενέργειας, [eclass.uth.gr/eclass/modules/document/file.php/MHXB122/Enotita\\_5.pdf](http://eclass.uth.gr/eclass/modules/document/file.php/MHXB122/Enotita_5.pdf),

τελευταία πρόσβαση 25/3/2017



## 2.2. Θερμικής αποθήκευσης (Thermal Energy Storage –TES)

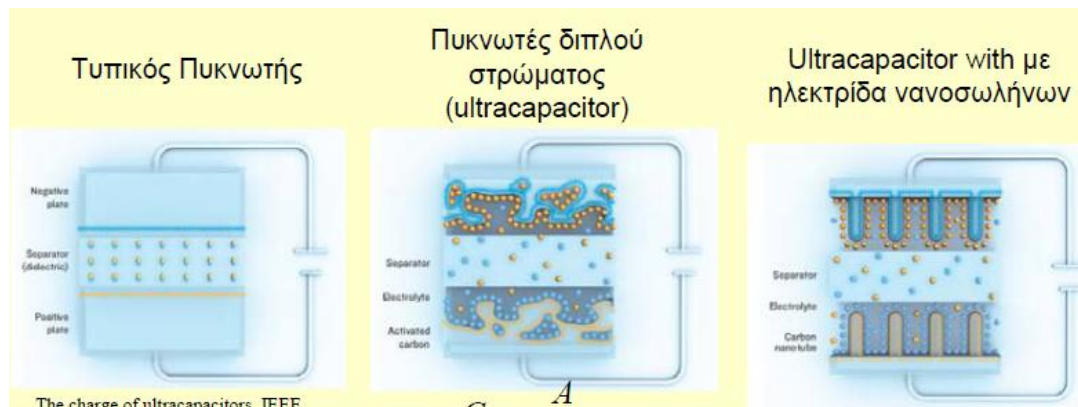
Η αποθήκευση θερμότητας μπορεί να οριστεί ως η αποθήκευση ενέργειας: α) αποθήκευση αισθητής θερμότητας (π.χ. παθητικά ηλιακά συστήματα), β) αποθήκευση λανθάνουσας θερμότητας (όταν μια ουσία αλλάζει φάση, π.χ. από πάγο σε νερό) και γ) θερμοχημική αποθήκευση (που χρησιμοποιεί την ενέργεια αποθήκευσης σε αντιστρεπτές χημικές αντιδράσεις (Καλλιατάκης, 2013). Τα συστήματα θερμικής αποθήκευσης αξιοποιούν τη μεγάλη θερμοχωρητικότητα διαφόρων υλικών όπως άλατα, νερό και λάδι.

## 2.3. Μπαταρίες μεγάλης κλίμακας (Batteries- B)

Μια μπαταρία αποτελείται από 3 βασικά μέρη: α) μία άνοδο (με το σύμβολο -), β) μία κάθοδο (με το σύμβολο +) και γ) έναν ηλεκτρολύτη (coolweb, 2017). Κατά τη δημιουργία κλειστού κυκλώματος, πραγματοποιούνται χημικές αντιδράσεις στη μπαταρία που προκαλούν τη δημιουργία ηλεκτρονίων στην άνοδο και κατ' επέκταση αναπτύσσεται ηλεκτρική διαφορά ανάμεσα στην άνοδο και την κάθοδο, οπότε και μετατρέπεται η χημική ενέργεια σε ηλεκτρική (Παπασταματάκη, 2014) (Chen et al,2008).

Οι πιο συνηθισμένες μπαταρίες είναι νικελίου καδμίου (NiCd) , νατρίου-θείου (NaS) και μπαταρίες μολύβδου-οξέος (lead-acid).

## 2.4. Υπερσυσσωρευτές-Πυκνωτές (Super Capacitors - SC)



Εικόνα 2-2: Διάφοροι τύποι πυκνωτών

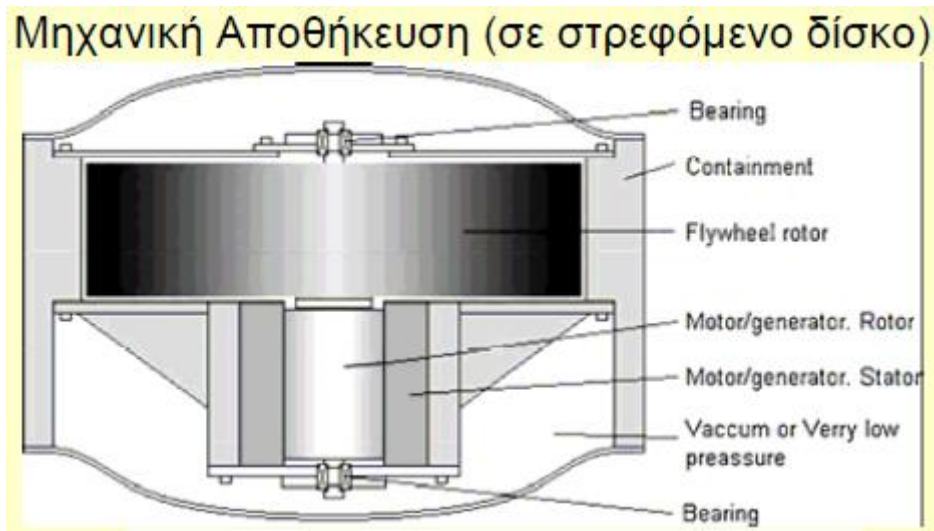
### (2015) Τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας-Λοιπά αποθηκευτικά μέσα<sup>2</sup>

Η βασική μορφή ενός πυκνωτή είναι ένα σύστημα δύο αγωγών (οπλισμοί), μεταξύ των οποίων παρεμβάλλεται κάποιο μονωτικό υλικό (διηλεκτρικό). Με την ανάπτυξη διαφοράς δυναμικού μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή, αυτός φορτίζεται και το φορτίο που μπορεί να αποθηκευτεί σε αυτόν είναι ανάλογο της επιφάνειας των οπλισμών και αντιστρόφως ανάλογο της μεταξύ απόστασης των οπλισμών (Παπασταματάκη, 2014) (Chen et al, 2008).

<sup>2,3</sup> (2015) Τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας-Λοιπά αποθηκευτικά μέσα

[https://eclass.teicrete.gr/modules/document/file.php/MPS-ES107/Rest\\_storage\\_means.pdf](https://eclass.teicrete.gr/modules/document/file.php/MPS-ES107/Rest_storage_means.pdf) , τελευταία πρόσβαση 27/1/2017

## 2.5. Σφόνδυλοι (Flywheels - F)

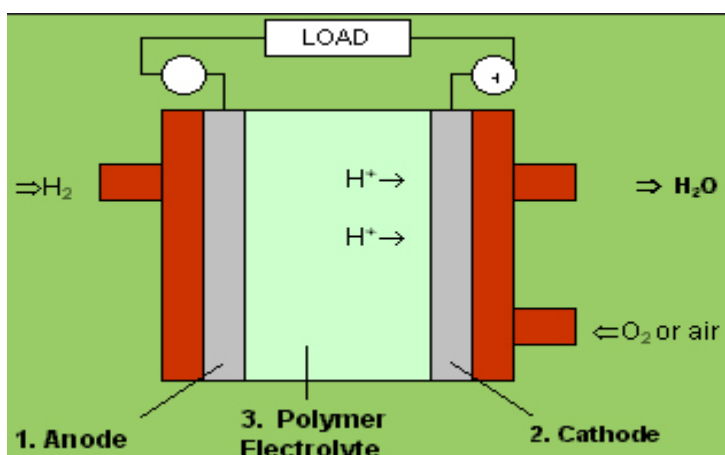


Εικόνα 2-3 Βασικά μέρη ενός συστήματος Flywheels.

(2015) Τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας-Λοιπά αποθηκευτικά μέσα <sup>3</sup>

Οι σφόνδυλοι λειτουργούν άλλοτε ως γεννήτριες και άλλοτε ως κινητήρες. Η ηλεκτρική ενέργεια -στην περίπτωση λειτουργίας ως κινητήρα- τροφοδοτώντας ένα στάτη μετατρέπεται σε ροπή στον άξονα του δρομέα, έτσι ώστε να αυξάνεται η κινητική του ενέργεια. Σε λειτουργία γεννήτριας, η αποθηκευμένη ενέργεια στο σφόνδυλο ασκεί ροπή στο δρομέα της μηχανής, η οποία μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια (Παπασταματάκη , 2014) (Chen et al,2008).

## 2.6. Κυψέλες καυσίμου-Υδρογόνου (Hydrogen fuel cell - HFC)



Εικόνα 2-4 Τυπική διάταξη κυψέλης καυσίμου –υδρογόνου.

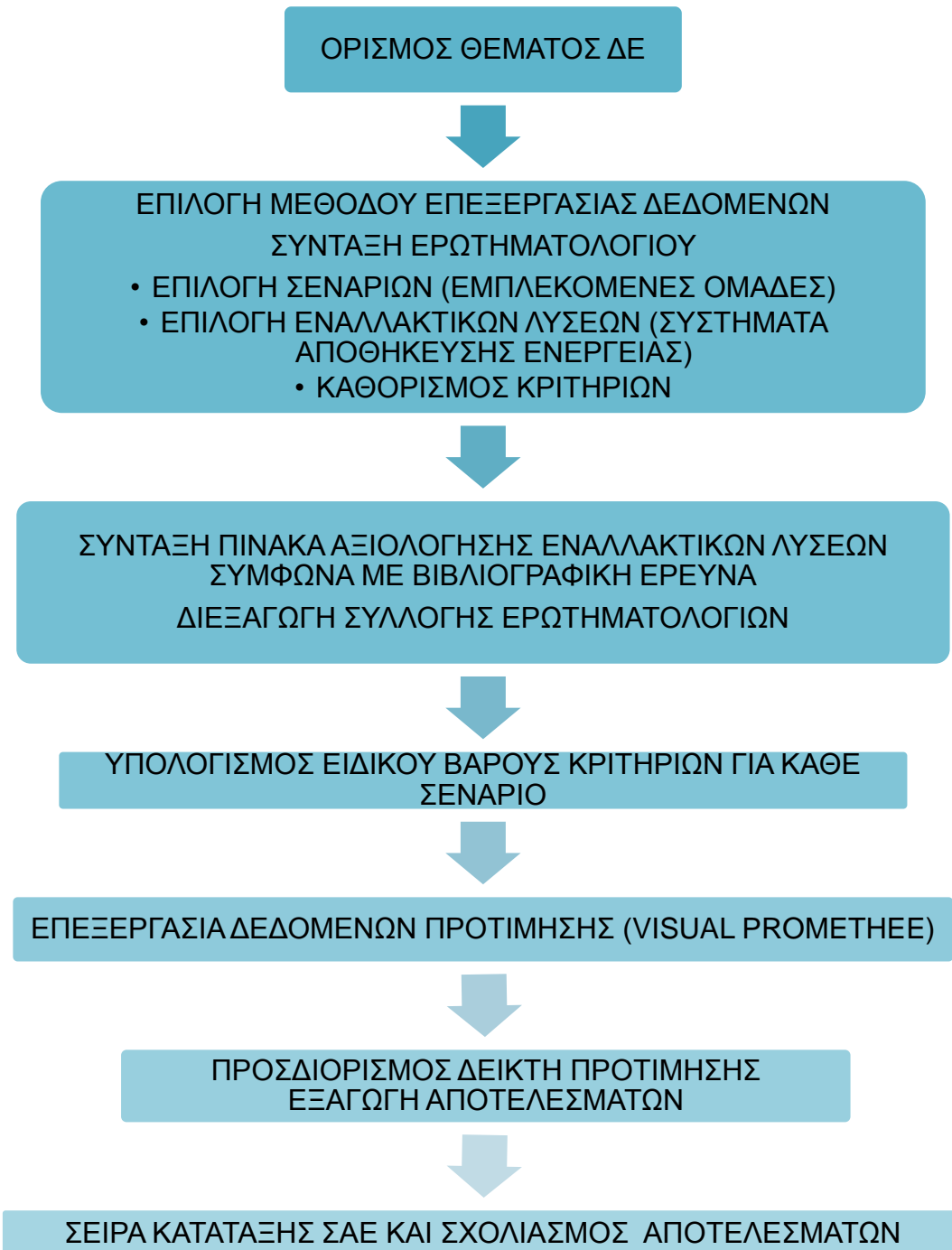
Μαρινάκης (2010)<sup>4</sup>

Η κυψέλη καυσίμου είναι μία διάταξη για την απευθείας μετατροπή της χημικής ενέργειας σε ηλεκτρική και μικρού ποσοστού σε θερμότητα (Γεντεκάκης, 2013). Αποτελείται από δύο ηλεκτρόδια (μία άνοδο και μία κάθοδο) μεταξύ των οποίων παρεμβάλλονται τα εξής: στρώμα καταλύτη, μεμβράνη (ηλεκτρολύτης), στρώμα καταλύτη. Με την παροχή καυσίμου στην άνοδο και οξειδωτικού στην κάθοδο παράγεται ηλεκτρική ενέργεια παρουσία ηλεκτρολύτη).

<sup>4</sup> Μαρινάκης Ι (2010) *Ενέργεια από υδρογόνο* [http://users.sch.gr/imarinakis/energy\\_hydrogen.htm](http://users.sch.gr/imarinakis/energy_hydrogen.htm) , τελευταία πρόσβαση

### 3. Μεθοδολογία

#### 3.1. Διάγραμμα Μεθοδολογίας



5

Εικόνα 3-1 Διάγραμμα μεθοδολογίας

<sup>5</sup> [www.unipi.gr/faculty/kofidis/mis/mis7.pdf](http://www.unipi.gr/faculty/kofidis/mis/mis7.pdf) , τελευταία πρόσβαση 27/1/2017

## Βασική Ορολογία (Mareschal, 2011-2017)

**Σενάριο:** Ένα σενάριο είναι ένα σύνολο αξιολογήσεων και παραμέτρων προτίμησης που ορίζονται για ένα πρόβλημα απόφασης. Τα σενάρια μπορούν να αντιπροσωπεύουν:

- Την άποψη των διαφόρων φορέων λήψης αποφάσεων,
- Διαφορετικές υποθέσεις.

Στη συγκεκριμένη ΔΕ οι εμπλεκόμενες ομάδες θεωρούνται τα σενάρια.

**Δράση:** Ο όρος "δράση" χρησιμοποιείται για να δηλώσει είτε μια πιθανή απόφαση είτε ένα στοιχείο που πρέπει να αξιολογηθεί. Το πρόγραμμα Visual PROMETHEE συγκρίνει τις διάφορες ενέργειες που αξιολογούνται βάσει διαφόρων κριτηρίων.

Στη συγκεκριμένη ΔΕ οι εναλλακτικές λύσεις (δηλαδή τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας) θεωρούνται οι δράσεις.

**Κριτήριο:** Ένα κριτήριο είναι ένα χαρακτηριστικό που συσχετίζεται με κάθε ενέργεια που καθιστά δυνατή τη σύγκριση των ενεργειών και τον καθορισμό της καλύτερης.

Μπορεί να είναι ποσοτικό (ένας αριθμός που να συνδέεται με κάθε ενέργεια, όπως η τιμή ενός στοιχείου) ή ποιοτικό (ένας χαρακτηρισμός με βάση μια ποιοτική κλίμακα με ένα αριθμό επιλεγμένων επιπέδων, όπως για παράδειγμα: πολύ κακό, κακός, μέσος όρος, καλός, πολύ καλός).

**Ειδικό Βάρος:** Το βάρος ενός κριτηρίου είναι ένας θετικός αριθμός που αντιπροσωπεύει το σχετικό κριτήριο.

Σύνολο αναφοράς: Η έννοια του συνόλου αναφοράς χρησιμοποιείται στο Bank Adviser και πρόκειται για ένα σύνολο ενεργειών αναφοράς στις οποίες κάθε δράση είναι σε σύγκριση.

Το σύνολο αναφοράς μπορεί να είναι για παράδειγμα:

- ένα σύνολο γνωστών δράσεων,
- Υποσύνολο ενεργειών (για παράδειγμα, γεωγραφικά καθορισμένων),
- ένα σύνολο σημείων αναφοράς (εικονικές ενέργειες),
- μια ομότιμη ομάδα.

Bank Adviser: Πρόκειται για διάγραμμα που παρουσιάζει το αποτέλεσμα  $\Phi_i$ , το οποίο είναι ένα μέτρο υπολογισμού του πόσο καλά συγκρίνεται μια δράση (στην προκειμένη περίπτωση ένα σύστημα αποθήκευσης ενέργειας) σε σχέση με το σύνολο αναφοράς.

GAIA Webs: Οι ιστότοποι GAIA αποτελούν μια εναλλακτική προβολή στα προφίλ δράσης. Το GAIA Web είναι μια πιο έξυπνη εναλλακτική προβολή ιστού, στον οποίο, αντί να εμφανίζονται τα διαφορετικά κριτήρια σε αυθαίρετες γωνίες, οι θέσεις των αξόνων κριτηρίων στο επίπεδο GAIA χρησιμοποιούνται ως αναφορά. Με αυτόν τον τρόπο, τα κριτήρια που έχουν ισχυρή συσχέτιση είναι πολύ κοντά μεταξύ τους στην GAIA Web και το σχήμα του ιστού είναι ευκολότερο να κατανοηθεί. Τα αποτελέσματα της καθαρής ροής Unicriterion αναπαρίστανται στον ιστό.

Οι τιμές -1 σχεδιάζονται στο κέντρο του ιστού ενώ,

Οι τιμές +1 σχεδιάζονται στον εξωτερικό κύκλο.

Decision axis: Ο άξονας απόφασης είναι μια οπτική αναπαράσταση της στάθμισης των κριτηρίων στο πλάνο GAIA. Καθώς τα βάρη κατανέμονται στα κριτήρια, οι καλύτερες ενέργειες στην κατάταξη του PROMETHEE επηρεάζονται περισσότερο ή λιγότερο από τα διαφορετικά κριτήρια.

Ο άξονας της απόφασης είναι παρόμοιος με το σταθμισμένο μέσο όρο των αξόνων των κριτηρίων. Υποδεικνύει την κατεύθυνση της κατάταξης του PROMETHEE II και, συνεπώς, δείχνει ποια κριτήρια συμφωνούν με την κατάταξη του PROMETHEE II και ποια όχι. Αυτό μπορεί να είναι χρήσιμο για την ανίχνευση των κριτηρίων που δεν υπόκεινται ή υπερβαίνουν το βάρος. Εάν ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων θεωρεί ότι αυτό δεν είναι κατάλληλο σύμφωνα με τις προτεραιότητές του, θα πρέπει να αυξήσει τα βάρη της τιμής ή της δύναμης.

Ο πίνακας PROMETHEE: Εμφανίζει τα αποτελέσματα  $\Phi_i$ ,  $\Phi_i +$  και  $\Phi_i$ . Οι ενέργειες κατατάσσονται σύμφωνα με το PROMETHEE II πλήρης κατάταξη.



## 3.2. Περιγραφή μεθόδου επεξεργασίας δεδομένων και εργαλείου ανάλυσης

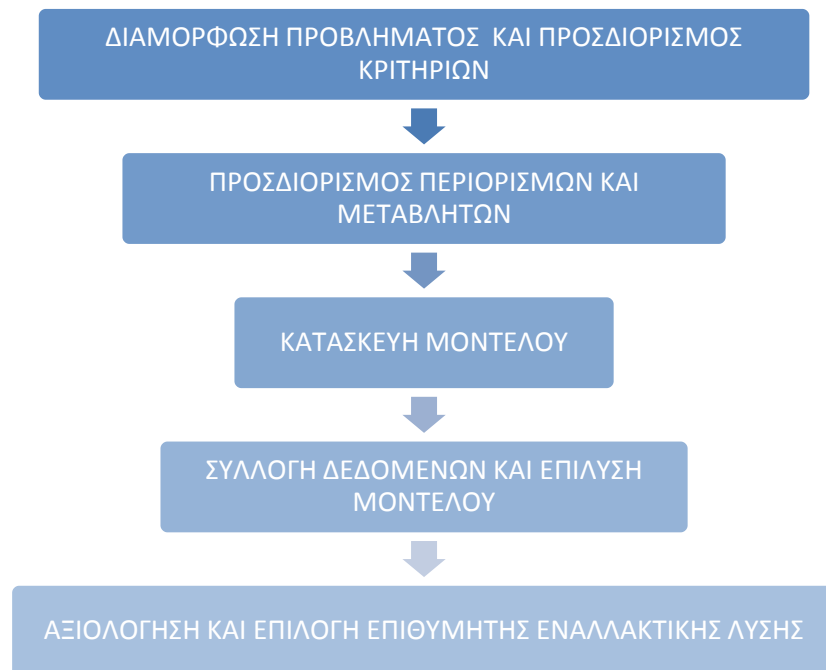
### 3.2.1. Πολυκριτηριακή ανάλυση

Στη σύγχρονη εποχή, η λήψη αποφάσεων καθίσταται ένα πολύ σημαντικό ζήτημα. Τα προβλήματα που αποζητούν λύση, πλέον είναι πολυδιάστατα και εμφανίζουν έντονη αλληλεπίδραση με τον ανθρώπινο παράγοντα. Μάλιστα, μία απόφαση λαμβάνεται από ένα ή περισσότερα άτομα και στο πλείστον των περιπτώσεων αφορά άμεσα ένα μεγαλύτερο σύνολο ατόμων. Αυτή η πραγματικότητα, παρουσιάζει πολύ απλουστευμένα τη σημαντικότητα της λήψης αποφάσεων στην καθημερινότητα και την ανάγκη εύρεσης τρόπου διεξαγωγής της.

Μία καλή προσέγγιση και με αποτελεσματικότητα στη λήψη αποφάσεων για προβλήματα ζωής, αποτελεί η **πολυκριτηριακή ανάλυση**, που εισήχθη ως μέσο εύρεσης λύσης σε ένα πρόβλημα με ένα σύνολο από περιορισμούς. Βασικό χαρακτηριστικό αυτής της μεθόδου είναι η εισαγωγή της άποψης των άμεσα εμπλεκόμενων ομάδων επί του προβλήματος, αλλά και ο υπεισερχόμενος κίνδυνος υποκειμενικότητας από την πλευρά του αναλυτή. Βασικός, δε, στόχος της πολυκριτηριακής ανάλυσης είναι η δημιουργία σχέσεων προτίμησης- σύμφωνα με τις παρεχόμενες πληροφορίες του προβλήματος(κριτήρια)- μεταξύ των εναλλακτικών επιλογών που έχουν τεθεί υπό μελέτη (Tsoutsos et al, 2009) (Καλιαμπάκος et al, 2013) ( Αχίλλας et al, 2012) (Σπανός Σ. 2004).

Έτσι, ως εφαρμογή στο χώρο της στατιστικής και της επιχειρησιακής έρευνας βοηθάει στη λήψη της κατάλληλης-ορθολογικής απόφασης, λαμβάνοντας υπ' όψιν όλους τους περιορισμούς, τα κριτήρια επιλογής και τις θέσεις αξιολογήσεις που έχουν θέσει οι λήπτες αποφάσεων. Τα βασικά βήματα για την υλοποίηση της μεθόδου είναι:

**Εικόνα 3.2.1. 1 Βασικά βήματα υλοποίησης μεθόδου.**



**ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ μεθόδου** (Καλιαμπάκος et al,2013) ( Αχίλλας et al, 2012)

(Μητρόπουλος , 2007)

- Διευκολύνει την αναπαράσταση πολυδιάστατων προβλημάτων.
- Είναι ιδιαίτερα ευέλικτη και επιτρέπει τη διαφορετική επίδραση των παραγόντων στο τελικό αποτέλεσμα.
- Προσφέρει ένα ευρύ σύνολο εναλλακτικών λύσεων, χωρίς να καταδεικνύει μία και μοναδική.
- Επιτρέπει τη διαχείριση μεγάλου όγκου δεδομένων, πληροφοριών, σχέσεων και στόχων, συχνά αντικρουόμενων.
- Απλοποιεί τη διαδικασία όταν είναι αναγκαία η αξιολόγηση μη μετρήσιμων μεγεθών (π.χ. περιβαλλοντικών ή κοινωνικών επιπτώσεων).

**ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ μεθόδου** (Καλιαμπάκος et al, 2013) ( Αχίλλας et al, 2012)  
(Μητρόπουλος , 2007)

- Οι συντελεστές βαρύτητας συχνά αποφασίζονται από ένα άτομο ή ένα ενδιαφερόμενο φορέα
- Συχνά η βαθμολόγηση των παραμέτρων και των συντελεστών βαρύτητας καθίσταται πολύπλοκη
- Αδυνατίζει την επίδραση του παράγοντα «χρόνου»
- Δεν οδηγεί σε βέλτιστες λύσεις, αλλά σε «συμβιβαστικές»

### 3.2.2. Λογισμικό Visual PROMETHEE

‘Πρόγονος’ του λογισμικού Visual PROMETHEE ήταν το PROMCALC που στα τέλη της δεκαετίας του 1980 έγινε πραγματικότητα, βασιζόμενο σε μεθόδους εξωστρέφειας. Μια δεκαετία έπειτα, η συνεργασία των ULB και της канаδικής εταιρείας Visual Decision ανέδειξε το Decision Lab. Σήμερα η VPSolutions έχει το λογισμικό Visual PROMETHEE, το οποίο ενσωματώνει πολλαπλά και ενδεχομένως αντικρουόμενα κριτήρια με σκοπό τη λήψη αποφάσεων σε περιπτώσεις ύπαρξης περισσότερων των 2 διαφορετικών απόψεων και αναπτύχθηκε υπό την επίβλεψη συντακτών της μεθοδολογίας PROMETHEE & GAIA (Mareschal, 2011-2017).

Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες PROMETHEE :

- Η Μερική Κατάταξη του PROMETHEE I, που βασίζεται στον υπολογισμό δύο ροών προτιμήσεων ( $\Phi^+$  και  $\Phi^-$ )
- Η Πλήρης Κατάταξη του PROMETHEE II , που βασίζεται στη ροή καθαρού δείκτη προτίμησης ( $\Phi$ ).

- Η PROMETHEE III , που προσεγγίζει προβλήματα σε στοχαστικό περιβάλλον απόφασης
- Η PROMETHEE IV , που χρησιμοποιείται για προβλήματα αξιολόγησης μεγάλου αριθμού εναλλακτικών σεναρίων.
- Η PROMETHEE V, μια μέθοδος για την αντιμετώπιση προβλημάτων κατανομής πόρων

Στα πλαίσια του PROMETHEE VI, δίνεται και η δυνατότητα γραφικής απεικόνισης των προβλημάτων με το λογισμικό GAIA (Mareschal, 2011-2017).

Στη παρούσα ΔΕ, γίνεται χρήση της ακαδημαϊκής έκδοσης του λογισμικού Visual PROMETHEE , η οποία περιορίζεται στη διδακτική και μη κερδοσκοπική έρευνα (Mareschal, 2011-2017).

Επιπλέον, το λογισμικό PROMETHEE & GAIA παρέχει στον υπεύθυνο λήψης αποφάσεων διάφορες δυνατότητες όσον αφορά την ανάλυση ευαισθησίας βάρους. (Mareschal, 2011-2017)

Το PROMETHEE VI παρέχει στον υπεύθυνο λήψης αποφάσεων τη δυνατότητα να καθορίσει ανώτερα και κατώτερα όρια για τα βάρη των κριτηρίων. Μέσα στα όρια αυτά είναι δυνατές πολλές διαφορετικές ζυγίσεις και βαθμολογίες PROMETHEE. Για κάθε τέτοια ζύγιση ο άξονας απόφασης έχει αντίστοιχη θέση στο επίπεδο GAIA. Η περιοχή που καθορίζεται από την άκρη του άξονα απόφασης στο επίπεδο GAIA, όταν λαμβάνεται υπόψη όλη η πιθανή ζύγιση, σχεδιάζεται στο επίπεδο GAIA. Το εγκεφαλικό κριτήριο ονομάζεται συνήθως εγκέφαλος. Η κόκκινη έλλειψη στο διάγραμμα GAIA είναι το περίγραμμα του εγκεφάλου όταν επιτρέπεται να κυμαίνονται τα βάρη των κριτηρίων από 16% έως 24% (δηλ. 20% +/- 4% ).: Όσο πιο κοντά βρίσκεται ο εγκέφαλος σε ένα μέρος του

πλάνου GAIA, τόσο πιο κατάλληλες είναι οι πλησιέστερες σ' αυτόν εναλλακτικές λύσεις. (Mareschal, 2011-2017)

- Στην πραγματικότητα υπάρχουν δύο πιθανές καταστάσεις:
1. Όταν ο εγκέφαλος βρίσκεται εξ ολοκλήρου στη μία πλευρά του επιπέδου GAIA, ο άξονας απόφασης είναι πάντα προσανατολισμένος. Στην ίδια κατεύθυνση, η κατάταξη του PROMETHEE αναμένεται να είναι σταθερή και οι προτεινόμενες ενέργειες είναι ευκολότερο να εντοπιστούν.
  2. Όταν ο εγκέφαλος επικαλύπτει το κέντρο του επιπέδου GAIA σημαίνει ότι ο άξονας απόφασης μπορεί να προσανατολιστεί σε οποιαδήποτε κατεύθυνση.

Επομένως, οι κατατάξεις PROMETHEE μπορούν να διαφέρουν πολύ ανάλογα με τις τιμές του βάρους εντός των ορίων που ορίζει ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων και ουσιαστικά δυσκολεύει η διαδικασία εντοπισμού των ενεργειών.

### 3.3. Σύνταξη ερωτηματολογίου

#### 3.3.1. Εμπλεκόμενες ομάδες, διάρκεια και χώρος διεξαγωγής έρευνας

Βασικό θέμα της διπλωματικής είναι η αξιολόγηση των συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας στο νησί της Κρήτης. Γίνεται χρήση πολλαπλών κριτηρίων για τον προσδιορισμό της μεθόδου με την- όσο το δυνατό- καλύτερη κοινωνική-οικονομική και τεχνολογική προσέγγιση επί του ζητήματος. Για το λόγο αυτό ήταν σημαντικό να περιληφθούν απόψεις από διάφορες εμπλεκόμενες ομάδες, που στην προκειμένη περίπτωση είναι:

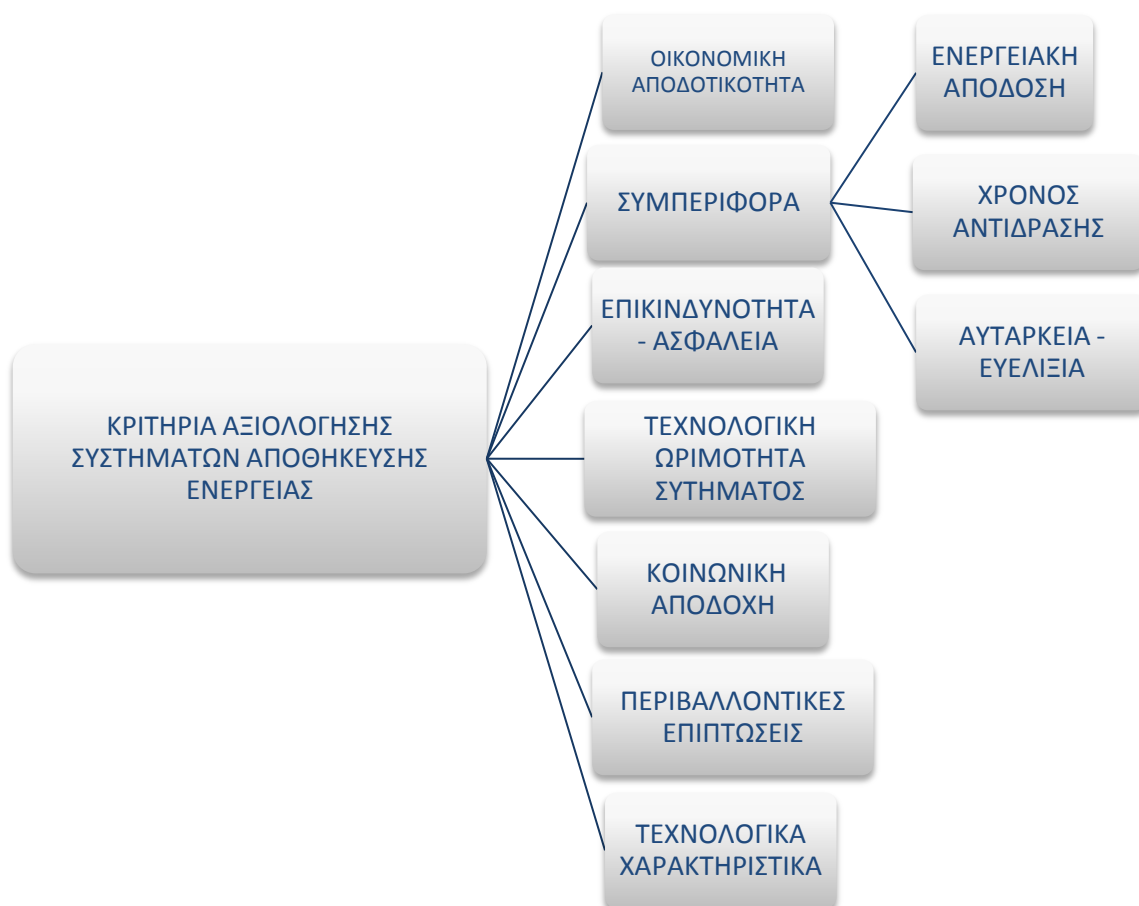
1. **Περιβαλλοντικές οργανώσεις:** Οργανώσεις, ομάδες και σύλλογοι μη κυβερνητικού και μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα με στόχο την προστασία του περιβάλλοντος συνολικά και τη διατήρηση της ζωής σε αυτό.

2. **Κρατικές υπηρεσίες:** Υπηρεσίες και φορείς που υπάγονται σε κρατικό έλεγχο.
3. **Ακαδημαϊκή έρευνα:** Καθηγητές και ερευνητές διαφόρων επιστημονικών κλάδων που υπάγονται σε κάποιο πανεπιστημιακό ίδρυμα.
4. **Χρήστες δικτύου:** Διαχειριστές (ΔΕΔΔΗΕ) και άτομα που ασχολούνται με την εύρυθμη λειτουργία του δικτύου ηλεκτροδότησης.
5. **Καταναλωτές:** άτομα διαφόρων εκπαιδευτικών βαθμίδων και γνωστικών αντικειμένων που δεν κατατάσσονται σε κάποια από τις άλλες εμπλεκόμενες ομάδες.
6. **Οικονομικοί παράγοντες:** Πιστωτικά-τραπεζικά ιδρύματα, φορείς χρηματοδότησης ή και ιδιώτες.
7. **Μηχανικοί- Κατασκευαστές:** άτομα που απασχολούνται σε τεχνικά γραφεία, κατασκευαστικές εταιρείες, ακόμη και ελεύθεροι επαγγελματίες με την αντίστοιχη τεχνική γνώση επί του θέματος.

Το συνολικό δείγμα ήταν ίσα κατανεμημένο μεταξύ των εμπλεκόμενων ομάδων και διεξήχθη έρευνα με 21 συνολικά ερωτηματολόγια. Ζητήθηκε, λοιπόν, από 3 άτομα (εκπρόσωπους κάθε ομάδας) να κατατάξουν τα 9 κριτήρια σε σειρά, θεωρώντας 1 =πολύ σημαντικό κριτήριο έως 9 =ελάχιστα σημαντικό/αδιάφορο κριτήριο. Επιπλέον, εφόσον κάποιος έκρινε ορθό ότι κάποια από τα κριτήρια έχουν την ίδια βαρύτητα, ήταν δυνατό να τα κατατάξει στην ίδια βαθμίδα. Η συλλογή των δεδομένων πραγματοποιήθηκε εντός ενός χρονικού διαστήματος περίπου 3 μηνών ( αρχές Μαρτίου με τέλη Μαΐου— χρονικό διάστημα κοινό για όλες τις ομάδες- εντός του έτους 2017 και ως περιοχή μελέτης επιλέχθηκε η Περιφέρεια Κρήτης).

### 3.3.2. Περιγραφή κριτηρίων αξιολόγησης

Εικόνα 3.3.2-1 Κριτήρια αξιολόγησης συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας



#### 3.3.2.1. Οικονομική αποδοτικότητα

Ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες για την επιλογή ενός συστήματος αποθήκευσης. Αναφέρεται στο κόστος κατασκευής και λειτουργίας του συστήματος και, εκφράζεται ως το κόστος ανά kWh (ή kW ή kWh) ανά κύκλο ζωής .

#### **3.3.2.2. Συμπεριφορά**

Προσδιορίζεται με βάση το χρόνο και δίνεται από το πηλίκο της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας προς την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια.

#### **3.3.2.3. Ενεργειακή απόδοση**

Αναπαριστά το ποσοστό της ενέργειας που μπορεί να δώσει το σύστημα.

#### **3.3.2.4. Χρόνος αντίδρασης**

Ο χρόνος κατά τον οποίο θα ανταποκριθεί το σύστημα στη ζήτηση ηλεκτρικού φορτίου μέχρι και την ικανοποίηση αυτής.

#### **3.3.2.5. Αυτάρκεια – Ευελιξία**

Η ικανότητα να ελίσσεται το σύστημα στις πιθανές αλλαγές λειτουργίας του και η άμεση ανταπόκρισή του μετά την αφομοίωση αυτών. Ταυτόχρονα, να λειτουργεί ως μία μονάδα, χωρίς τη βοήθεια από άλλο σύστημα.

#### **3.3.2.6. Τεχνολογική ωριμότητα συστήματος**

Αναφέρεται στην κατηγοριοποίηση των συστημάτων αποθήκευσης όσων αφορά την 'ωριμότητα' της τεχνολογίας τους. Πιο συγκεκριμένα:

1. Ωριμες τεχνολογίες: η χρήση τους μετράει πάνω από 100 χρόνια
2. Ανεπτυγμένες τεχνολογίες: τεχνολογικά ανεπτυγμένες και εμπορικά διαθέσιμες, ωστόσο οι πραγματικές εφαρμογές –ειδικά σε μεγάλης κλίμακας χρησιμότητας – δεν είναι ακόμη (ευρέως ) διαδεδομένες. Η ανταγωνιστικότητα και η αξιοπιστία τους εξακολουθούν αν χρειάζονται δοκιμές από την βιομηχανία και την εμπορική αγορά.
3. Υπό ανάπτυξη τεχνολογίες: δεν είναι εμπορικώς ώριμες αν και τεχνολογικά είναι πραγματοποιήσιμες και έχουν μελετηθεί από διάφορα ιδρύματα.



Ωστόσο παρουσιάζουν μεγάλες δυνατότητες για τη βιομηχανία στο κοντινό μέλλον με τα ενεργειακά κόστη και τις περιβαλλοντικές ανησυχίες ως την κύρια καθοδήγησή τους.

#### **3.3.2.7. *Επικινδυνότητα –Ασφάλεια***

Εκφράζει την ύπαρξη αρνητικών συνεπειών για την ανθρώπινη υγεία και ασφάλεια, τον κίνδυνο υποβάθμισης της ποιότητας ζωής των κοντινών πληθυσμών, του περιβάλλοντος και το κίνδυνο για πιθανά ατυχήματα κατά τη εγκατάσταση -λειτουργία του συστήματος.

#### **3.3.2.8. *Κοινωνική Αποδοχή***

Η κοινωνική αποδοχή εκφράζει το βαθμό στον οποίο ένα κοινωνικό σύνολο ή ομάδα κάνει αποδεκτή μία κατάσταση ή δραστηριότητα, με ταυτόχρονη αναγνώριση τόσο των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων αυτής.

#### **3.3.2.9. *Περιβαλλοντικές επιπτώσεις***

Οι επιδράσεις διακρίνονται σε θετικές και αρνητικές. Μερικές από τις επιδράσεις μπορεί να είναι η αύξηση/μείωση των αέριων εκπομπών από τη υκαύση άνθρακα, η μεταβολή-καταστροφή του φυσικού περιβάλλοντος, χημικά/τοξικά απόβλητα κ.α.

#### **3.3.2.10. *Τεχνολογικά χαρακτηριστικά***

Ως τεχνολογικά χαρακτηριστικά ορίζονται στοιχεία όπως η χωρητικότητα, ο χρόνος φόρτισης και εκφόρτισης ,το μέγεθος της μονάδας αποθήκευσης ενέργειας, ο κύκλος ζωής του συστήματος ( σχετικός χρόνος λειτουργίας έως ότου κριθεί αναγκαία η αντικατάστασή του), παράμετροι που μπορεί να επηρεάζουν το σύστημα και να κρίνεται απαραίτητη η μελέτη αυτών για τη σωστή λειτουργία του

συστήματος αποθήκευσης (όπως σύστημα ψύξης για αποφυγή υπερθέρμανσης), κ.α.

### **3.4. Πίνακας αξιολόγησης εναλλακτικών λύσεων σύμφωνα με βιβλιογραφική έρευνα**

Σκοπός της βιβλιογραφικής έρευνας ήταν η σύνταξη πίνακα για την ποιοτική αξιολόγηση των δεδομένων κριτηρίων. Τα δεδομένα αυτά συγκεντρώθηκαν, συγκρίθηκαν μεταξύ τους και ταξινομήθηκαν σε υπολογιστικά φύλλα Excel με τελικό αποτέλεσμα τον πίνακα 1. Ο παρακάτω πίνακας περιέχει μετρήσιμες τιμές από το 1 έως το 5 (με αναφορά στη σημασία κάθε αριθμού στο τέλος της κάθε στήλης) και την αντίστοιχη βιβλιογραφία από διεθνείς και παγκόσμιες επιστημονικές αναφορές σχετικά με τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας. Επιπλέον, έχει χρησιμοποιηθεί και χρωματική παρουσίαση των αποτελεσμάτων με σκοπό την ευκολότερη ανάγνωση του. Πιο συγκεκριμένα, με πράσινο χρώμα απεικονίζονται οι θετικές βαθμολογίες, με κόκκινο χρώμα οι αρνητικές βαθμολογίες, ενώ υπάρχουν και οι ενδιάμεσες χρωματικές απεικονίσεις με ανοικτό πράσινο, κίτρινο και πορτοκαλί. Στο σημείο αυτό, χρειάζεται να αναφερθεί και το γεγονός ότι στις αναφερόμενες τιμές εμπεριέχεται ως ένα βαθμό και η υποκειμενικότητα (Υ) του συντάκτη.

**Πίνακας 3.4. 1 Ποιοτική αξιολόγηση εναλλακτικών λύσεων σύμφωνα με τη βιβλιογραφική έρευνα**

		Κριτήρια								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Εναλλακτικές Λύσεις	Αρ .	Οικονομική αποδοτικότητα	Ενεργειακή απόδοση	Αυτάρκεια - Ευελιξία	Χρόνος αντίδρασης	Τεχνολογική ωριμότητα	Επικινδυνότητα - Ασφάλεια	Κοινωνική αποδοχή	Περιβαλλοντικές επιδράσεις	Τεχνολογικά χαρακτηριστικά
Τεχνολογίες αντλησιοταμίευσης (Pumped Hydroelectric Storage System ) PHS	1	5	5	5	5	5	5	2	1	4
		[1].[4]	[1].[4].[7].[8]	[1]	[1].[7]	[1].[7].[8]	-	[1]	[1].[4].[7].[2]	[1].[3].[4].[7].[8]
Θερμική αποθήκευση (Thermal Energy Storage ) TES	2	5	3	5	3	3	3	3	5	3
		[1]	[1].[4].[7]	[11]	[7]	[1].[7]	[11]	[11]	[4].[7]	[1].[3]
Μπαταρίες μεγάλης κλίμακας Batteries (lead acid=> η πιο διαδεδομένη)	3	4	5	4	5	4	1	5	3	2
		[1].[4]	[1].[4].[6].[7]	[4]	[1].[3].[4].[7]	[1].[5].[6].[7]	[4].[6]	[1].[4]	[4].[6]	[1].[3].[4].[5].[6].[7]
Υπερσυσσωρευτές-Πυκνωτές Super Capacitors	4	5	5	3	5	4	1	3	3	3
		[1]	[1]	Υ	[1]	[1].[2]	[2].[9]	Υ	[1].[4]	[1].[4]
Σφόνδυλοι Flywheels	5	4	5	5	5	2	2	3	5	3
		[1]	[1].[4].[7].[8]	[10]	[1].[7]	[1].[7].[8]	[4].[7]	Υ	[7]	[1].[3].[4].[7]
Κυψέλες καυσίμου-Υδρογόνου (Hydrogen fuel cell) HFC	6	2	3	5	3	1	1	1	3	4
		[1].[4]	[1].[4]	[4]	[1]	[1].[9]	[2]	Υ	[10]	[1].[3].[4]
Επεξήγηση ποιοτικής αξιολόγησης του πίνακα.	5	Πολύ υψηλή	Πολύ υψηλή	Πολύ υψηλή	Γρήγορος	Ώριμη	Πολύ χαμηλή	Πολύ υψηλή	Πολύ χαμηλή	Πολύ χαμηλή
	4	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή	<min	Ανεπτυγμένη/ Εμπορική	Χαμηλή	Υψηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
	3	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Μέτριος	Ανεπτυγμένη	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια
	2	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	min	Υπό ανάπτυξη/ ώριμη	Υψηλή	Χαμηλή	Υψηλή	Υψηλή
	1	Πολύ χαμηλή	Πολύ χαμηλή	Πολύ χαμηλή	Αργός	Υπό ανάπτυξη	Πολύ υψηλή	Πολύ χαμηλή	Πολύ υψηλή	Πολύ υψηλή
					hrs<		Αρνητική επίδραση		Αρνητική επίδραση	Αρνητική επίδραση

\*Το (Υ) δηλώνει την υποκειμενική άποψη του συντάκτη.

\*\*Επίσης οι αριθμοί σε [ ] δηλώνουν τις βιβλιογραφικές αναφορές Κεφάλαιο 7.

### 3.5. Συνάρτηση Προτίμησης

Στην εργασία, δόθηκε έμφαση στην απλοποίηση των δεδομένων για την καλύτερη κατανόησή τους και για αυτό το λόγο τα κριτήρια κατατάχθηκαν σε ποιοτική κλίμακα. Πιο συγκεκριμένα, τα κριτήρια αξιολόγησης των εναλλακτικών λύσεων από τη βιβλιογραφική έρευνα βαθμολογήθηκαν σε κλίμακα 3 ή 5 θέσεων. Ουσιαστικά, όταν οι διαφορές μεταξύ των συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας – όσον αφορά ένα συγκεκριμένο κριτήριο- ήταν πολύ μικρές, χρησιμοποιήθηκε η κατάταξη των 3-θέσεων, ενώ όταν υπήρχε ένα εύρος τιμών μεταξύ των τεχνολογιών, προτιμήθηκε η κατάταξη των 5-θέσεων. Επιπλέον, με βάση το πρόγραμμα Visual PROMETHEE, ήταν εφικτό να αξιολογηθούν οι εναλλακτικές λύσεις και ως προς το αντίκτυπο-αρνητική επίδρασή τους ως προς ένα κριτήριο (π.χ. επικινδυνότητα). Ο τύπος συνάρτησης προτίμησης που χρησιμοποιήθηκε ήταν «Usual type» για όλα τα κριτήρια.

### 3.6. Ειδικό Βάρος Κριτηρίων

Ο υπολογισμός των ειδικών βαρών πραγματοποιήθηκε με την ολοκλήρωση της συλλογής των ερωτηματολογίων και επεξεργασίας αυτών. Σύμφωνα με αυτήν, στην πρώτη στήλη καταχωρήθηκε η σειρά προτίμησης. Στη δεύτερη στήλη αναφέρονται τα κριτήρια αξιολόγησης-αντιστοιχισμένα στη σειρά προτίμησης της πρώτης στήλης και στην τρίτη στήλη το πλήθος των κριτηρίων (N), το οποίο ήταν διάφορο του ενός, εφόσον υπήρχαν παραπάνω από 1 κριτήρια για την ίδια θέση στη σειρά προτίμησης. Στην τέταρτη στήλη, αναγράφεται το βάρος κάθε θέσης στη σειρά προτίμησης και στην πέμπτη στήλη υπολογίστηκε ο μέσος όρος κάθε θέσης στη σειρά προτίμησης, ενώ στην έκτη στήλη αναφέρεται το σχετικό βάρος

κάθε θέσης επί του συνολικού αριθμού των κριτηρίων. Τέλος, στην περίπτωση συνύπαρξης περισσοτέρων του ενός κριτηρίου στην ίδια θέση στη σειρά προτίμησης, για τη διευκόλυνση των υπολογισμών ευρίσκεται και το σχετικό βάρος ανά κριτήριο (όπως όταν υπάρχει συνύπαρξη 3 κριτηρίων σε μία θέση), ως σχετικό βάρος (‘ατομικό’ ) του καθενός από αυτά θεωρείται το σχετικό βάρος της θέσης διαιρούμενου με το πλήθος των κριτηρίων, δηλαδή 3 στο συγκεκριμένο παράδειγμα). Οι προαναφερθέντες υπολογισμοί παρουσιάζονται στο παράρτημα 1.ΙΙ.

Οι αξιολογήσεις τριών εκπροσώπων από κάθε ομάδα συνέταξαν τον πίνακα 2 «Συνολικά ειδικά βάρη κριτηρίων ανά ομάδα». Στον πίνακα αυτό παρουσιάζεται με **κόκκινο** χρώμα η ελάχιστη τιμή που έχει δοθεί σε ένα κριτήριο ανά ομάδα και με **πράσινο** χρώμα η μέγιστη τιμή που έχει δοθεί σε ένα κριτήριο ανά ομάδα. Επιπλέον έχει υπολογιστεί ο μέσος όρος τιμών ανά κριτήριο στο σύνολο των ομάδων, από τον οποίο κατατάχθηκαν όλα τα κριτήρια - στο σύνολο των εμπλεκόμενων ομάδων- με 1 το πιο σημαντικό έως 8 το ελάχιστα σημαντικό.

**Πίνακας 3.6. 1 Συνολικά ειδικά βάρη κριτηρίων ανά ομάδα 6**

Πίνακας: Προτιμήσεων ανά ομάδα (Συνολικά βάρη)	Κριτήριο επιλογής								
	Οικονομική αποδοτικότητα	Ενεργειακή Απόδοση	Χρόνος αντίδρασης	Αυτάρκεια – Ευελιξία	Τεχνολογική ωριμότητα	Επικινδυνότητα	Κοινωνική αποδοχή	Περιβαλλοντικές επιδράσεις	Τεχνολογικά χαρακτηριστικά
Περιβαλλοντικές οργανώσεις	18,89	12,22	14,44	7,41	6,67	10,00	10,37	17,78	2,22
Κρατικές υπηρεσίες- φορείς	18,15	18,89	7,41	10,37	8,15	10,74	7,78	11,85	6,67
Ακαδημαϊκή έρευνα	9,26	5,56	12,22	9,26	14,07	11,48	12,59	13,33	12,22
Χρήστες δικτύου	12,59	10,37	11,48	10,74	10,74	14,44	10,00	14,44	5,19
Καταναλωτές	18,15	16,67	11,11	10,37	8,15	11,85	6,67	11,11	5,93
Οικονομικοί παράγοντες	14,07	13,33	12,22	17,78	8,15	9,63	10,00	8,52	6,30
Μηχανικοί- Κατασκευαστές	17,04	15,56	8,15	17,78	6,67	11,85	5,19	11,11	6,67
Μέσος όρος ανά κριτήριο	15,45	13,23	11,01	11,96	8,94	11,43	8,94	12,59	6,46
Κατάταξη κριτηρίων στο σύνολο των υπό εξέταση	1	2	6	4	7	5	7	3	8

<sup>6</sup> Στο παράρτημα 1.III παρατίθενται οι πίνακες επεξεργασίας και πηγές του πίνακα 3.6.1

## 4. Αποτελέσματα

Όπως αναφέραμε και προηγούμενα, στόχος της εργασίας ήταν η εύρεση του καταλληλότερου συστήματος αποθήκευσης ενέργειας μελετώντας τόσο τις σχετικές βιβλιογραφικές αναφορές όσο και την προτίμηση των εμπλεκόμενων ομάδων για ένα απομονωμένο σύστημα όπως το νησί της Κρήτης. Σύμφωνα με την κατάταξη των κριτηρίων που τους ζητήθηκε με τη μορφή ερωτηματολογίου, τα αποτελέσματα για κάθε εμπλεκόμενη ομάδα παρατίθενται παρακάτω υπό μορφή πινάκων. Στην πρώτη στήλη παρουσιάζεται η κατάταξη ξεκινώντας από το νούμερο ένα , που δηλώνει την πρώτη επιλογή και καταλήγοντας στο νούμερο 6, που δηλώνει τη τελευταία επιλογή σε σύστημα αποθήκευσης. Στη δεύτερη στήλη, έχουν αντιστοιχιστεί τα συστήματα αποθήκευσης σύμφωνα με τη καθαρή τιμή  $\Phi$  (στήλη 3<sup>η</sup>). Οι στήλες 4 και 5 εμφανίζουν τις τιμές  $\Phi^+$  και  $\Phi^-$  (αντίστοιχα).

Αναλυτικά η επεξεργασία των αποτελεσμάτων παρατίθεται στο παράρτημα ΙΙΙ.

### 4.1. Περιβαλλοντική Οργάνωση

Πίνακας 4.1. 1 Κατάταξη εναλλακτικών λύσεων για τον παράγοντα «Περιβαλλοντική Οργάνωση»

Κατάταξη	Εναλλακτική λύση	$\Phi$	$\Phi^+$	$\Phi^-$
1	Σφόνδυλοι	0,1992	0,4356	0,2363
2	Αντλησιοταμίευση	0,1941	0,4548	0,2608
3	Θερμική αποθήκευση	0,1349	0,4378	0,3029
4	Υπερσυσσωρευτές	0,0933	0,3415	0,2482
5	Μπαταρίες	-0,0008	0,3385	0,3393
6	Κυψέλες καυσίμου-υδρογόνου	-0,6207	0,083	0,7037

Η ομάδα «Περιβαλλοντική Οργάνωση» (πίνακας 4.1.1) κατέταξε –σύμφωνα με την καθαρή τιμή  $\Phi$  – το σύστημα αποθήκευσης με Σφονδύλους ως το καταλληλότερο και τις κυψέλες καυσίμου-υδρογόνου ως το λιγότερο κατάλληλο. Παρατηρώντας, ωστόσο,

την τιμή  $\Phi^+$ , το σύστημα αντλησιοταμίευσης είναι πρώτο, με τη θερμική αποθήκευση δεύτερη στην κατάταξη και το σύστημα σφονδύλων στην τρίτη, ενώ οι κυψέλες καυσίμου-υδρογόνου στην τελευταία θέση. Μάλιστα οι κυψέλες καυσίμου-υδρογόνου φέρουν τη χαμηλότερη τιμή σε  $\Phi^+ = 0,083$  στο σύνολο των ομάδων. Στην τιμή  $\Phi^-$ , οι κυψέλες καυσίμου-υδρογόνου κατατάσσονται στην πρώτη θέση -μεταξύ των υπόλοιπων συστημάτων- με τιμή  $\Phi^- = 0,7037$ , την υψηλότερη αρνητική τιμή για σύστημα αποθήκευσης σε όλες τις εμπλεκόμενες ομάδες. Γεγονός που δείχνει την ακαταλληλότητα του συστήματος αυτού ή ακόμη και τη μικρή προτίμησή του. Συνέχεια της κατάταξης  $\Phi^-$  είναι τα συστήματα: μπαταρίες, θερμική αποθήκευση, αντλησιοταμίευση, υπερσυσσωρευτές-πυκνωτές και οι σφόνδυλοι ως το λιγότερο ακατάλληλο σύστημα αποθήκευσης, σύμφωνα με την ανάλυση των δεδομένων.

## 4.2. Κρατική Υπηρεσία

Πίνακας 4.2. 1 Κατάταξη εναλλακτικών λύσεων για τον παράγοντα «Κρατική Υπηρεσία»

Κατάταξη	Εναλλακτική λύση	$\Phi$	$\Phi^+$	$\Phi^-$
1	Αντλησιοταμίευση	0,3326	0,5133	0,1807
2	Σφόνδυλοι	0,1437	0,4029	0,2593
3	Θερμική αποθήκευση	0,0851	0,4081	0,323
4	Υπερσυσσωρευτές	0,0571	0,3311	0,2741
5	Μπαταρίες	-0,0741	0,3126	0,3867
6	Κυψέλες καυσίμου-υδρογόνου	-0,5444	0,1185	0,663

Η ομάδα «Κρατική υπηρεσία» (πίνακας 4.2.1) κατέταξε –σύμφωνα με την καθαρή τιμή  $\Phi$  – το σύστημα αποθήκευσης με αντλησιοταμίευση το καταλληλότερο και τις κυψέλες καυσίμου-υδρογόνου ως το λιγότερο κατάλληλο σύστημα αποθήκευσης. Στην τιμή  $\Phi^+$ , το σύστημα –και πάλι- αντλησιοταμίευσης είναι πρώτο, με τη θερμική αποθήκευση δεύτερη και το σύστημα σφονδύλων στην τρίτη θέση, ενώ οι κυψέλες καυσίμου-υδρογόνου στην τελευταία θέση. Στην τιμή  $\Phi^-$ , οι κυψέλες καυσίμου-



υδρογόνου κατατάσσονται ως το υψηλότερα ακατάλληλο σύστημα αποθήκευσης και ακολουθούν τα συστήματα: μπαταρίες, θερμική αποθήκευση, υπερσυσσωρευτές-πυκνωτές, σφόνδυλοι και η αντλησιοταμίευση ως το λιγότερο ακατάλληλο σύστημα αποθήκευσης.

### 4.3. Ακαδημαϊκή Έρευνα

Πίνακας 4.3. 1 Κατάταξη εναλλακτικών λύσεων για τον παράγοντα «Ακαδημαϊκή Έρευνα»

Κατάταξη	Εναλλακτική λύση	Phi	Phi+	Phi-
1	Αντλησιοταμίευση	0,3082	0,5422	0,234
2	Σφόνδυλοι	0,1171	0,4052	0,2881
3	Θερμική αποθήκευση	0,0985	0,4222	0,3237
4	Υπερσυσσωρευτές	-0,0044	0,3126	0,317
5	Μπαταρίες	-0,057	0,3452	0,4022
6	Κυψέλες καυσίμου-υδρογόνου	-0,4622	0,1615	0,6237

Η ομάδα «Ακαδημαϊκή έρευνα » (πίνακας 4.3.1) κατέταξε –σύμφωνα με την καθαρή τιμή Phi – το σύστημα αποθήκευσης με αντλησιοταμίευση-με την τιμή Phi να ισούται με 0,3082- ως το καταλληλότερο και τις κυψέλες καυσίμου-υδρογόνου ως το λιγότερο κατάλληλο -. Στην θετική τιμή Phi (Phi+) , το σύστημα αντλησιοταμίευσης είναι πρώτο ( με την υψηλότερη τιμή Phi+ = 0,5422 από όλες τις εμπλεκόμενες ομάδες), ενώ οι κυψέλες καυσίμου-υδρογόνου στην τελευταία θέση. Στην αρνητική τιμή Phi ( Phi-), οι κυψέλες καυσίμου-υδρογόνου κατατάσσονται ως το πλέον ακατάλληλο σύστημα αποθήκευσης, ενώ η αντλησιοταμίευση ως το λιγότερο ακατάλληλο σύστημα αποθήκευσης.

#### 4.4. Οικονομικός Παράγοντας

Πίνακας 4.4. 1 Κατάταξη εναλλακτικών λύσεων για τον παράγοντα «Οικονομικός Παράγοντας»

Κατάταξη	Εναλλακτική λύση	Phi	Phi+	Phi-
1	Αντλησιοταμίευση	0,3407	0,5059	0,1652
2	Σφόνδυλοι	0,163	0,3963	0,2333
3	Θερμική αποθήκευση	0,0682	0,3859	0,3178
4	Υπερσυσσωρευτές	-0,026	0,3052	0,3312
5	Μπαταρίες	-0,066	0,3318	0,3978
6	Κυψέλες καυσίμου-υδρογόνου	-0,4799	0,1386	0,6185

Στην ομάδα «Οικονομικός παράγοντας» (πίνακας 4.4.1) , το σύστημα αποθήκευσης με αντλησιοταμίευση αξιολογήθηκε ως το καταλληλότερο και οι κυψέλες καυσίμου-υδρογόνου ως το λιγότερο κατάλληλο , σύμφωνα με την καθαρή τιμή Phi. Κατά αντιστοιχία, και στη τιμή Phi+, το σύστημα αντλησιοταμίευσης είναι πρώτο, το σύστημα σφονδύλων στη δεύτερη θέση και το σύστημα θερμικής αποθήκευσης στην τρίτη θέση κατάταξης, ενώ οι κυψέλες καυσίμου-υδρογόνου στην τελευταία θέση. Σε γενικές γραμμές οι τιμές μεταξύ των θέσεων 2 έως και 5, παρουσιάζουν μικρές αριθμητικές διαφορές. Στην αρνητική τιμή Phi-, οι κυψέλες καυσίμου-υδρογόνου κατατάσσονται ως το περισσότερο μη κατάλληλο σύστημα αποθήκευσης και ως το λιγότερο ακατάλληλο η αντλησιοταμίευση.

#### 4.5. Καταναλωτής

Πίνακας 4.5. 1 Κατάταξη εναλλακτικών λύσεων για τον παράγοντα «Καταναλωτής»

Κατάταξη	Εναλλακτική λύση	Phi	Phi+	Phi-
1	Αντλησιοταμίευση	0,3578	0,5222	0,1644
2	Σφόνδυλοι	0,1451	0,4037	0,2585
3	Θερμική αποθήκευση	0,0733	0,4052	0,3319
4	Υπερσυσσωρευτές	0,0571	0,3296	0,2726
5	Μπαταρίες	-0,077	0,3059	0,383
6	Κυψέλες καυσίμου-υδρογόνου	-0,5563	0,1111	0,6674

Στην καθαρή τιμή  $\Phi_i$ , η ομάδα «Καταναλωτής» (πίνακας 4.5.1) κατέταξε το σύστημα αποθήκευσης με αντλησιοταμίευση ως το καταλληλότερο και τις κυψέλες καυσίμου-υδρογόνου ως το λιγότερο κατάλληλο. Παρατηρώντας την τιμή  $\Phi_{i+}$ , το σύστημα αντλησιοταμίευσης είναι πρώτο, η θερμική αποθήκευση δεύτερη και το σύστημα σφονδύλων στην τρίτη θέση με πολύ μικρή διαφορά από το δεύτερο σύστημα αποθήκευσης. Με τη μικρότερη τιμή καταλληλότητας είναι οι κυψέλες καυσίμου-υδρογόνου. Στην τιμή  $\Phi_{i-}$ , η κατάταξη από το περισσότερο ακατάλληλο σύστημα έως το λιγότερο είναι η εξής: οι κυψέλες καυσίμου-υδρογόνου, μπαταρίες, θερμική αποθήκευση, υπερσυσσωρευτές-πυκνωτές, σφόνδυλοι και αντλησιοταμίευση.

#### 4.6. Χρήστης Δικτύου

Πίνακας 4.6. 1 Κατάταξη εναλλακτικών λύσεων για τον παράγοντα «Χρήστης Δικτύου»

Κατάταξη	Εναλλακτική λύση	$\Phi_i$	$\Phi_{i+}$	$\Phi_{i-}$
1	Αντλησιοταμίευση	0,2948	0,5193	0,2244
2	Σφόνδυλοι	0,1696	0,4296	0,26
3	Θερμική αποθήκευση	0,134	0,4429	0,3089
4	Υπερσυσσωρευτές	-0,0074	0,3067	0,3141
5	Μπαταρίες	-0,0519	0,3274	0,3793
6	Κυψέλες καυσίμου-υδρογόνου	-0,5392	0,1134	0,6526

Η ομάδα «Χρήστης δικτύου» (πίνακας 4.6.1) αξιολόγησε την αντλησιοταμίευση ως το καταλληλότερο σύστημα αποθήκευσης, σύμφωνα με την καθαρή τιμή  $\Phi_i$  και το σύστημα αποθήκευσης με κυψέλες καυσίμου-υδρογόνου ως το λιγότερο κατάλληλο. Η ίδια κατάταξη ισχύει και για την τιμή  $\Phi_{i-}$ , αλλά αντίστροφα. Πιο συγκεκριμένα, με την υψηλότερη αρνητική τιμή  $\Phi_i$  είναι οι κυψέλες καυσίμου-υδρογόνου και ακολουθούν: οι μπαταρίες, οι υπερσυσσωρευτές-πυκνωτές, η θερμική αποθήκευση, οι σφόνδυλοι και τελευταία η αντλησιοταμίευση. Παρατηρώντας την τιμή  $\Phi_{i+}$ , το σύστημα

αντλησιοταμίευσης είναι πρώτο, με τη θερμική αποθήκευση δεύτερη και το σύστημα σφονδύλων στην τρίτη θέση, ενώ οι κυψέλες καυσίμου-υδρογόνου στην τελευταία θέση.

#### 4.7. Μηχανικός – Κατασκευαστής

Πίνακας 4.7. 1 Κατάταξη εναλλακτικών λύσεων για τον παράγοντα «Μηχανικός - Κατασκευαστής»

Κατάταξη	Εναλλακτική λύση	Phi	Phi+	Phi-
1	Αντλησιοταμίευση	0,3644	0,517	0,1526
2	Σφόνδυλοι	0,1674	0,4074	0,24
3	Θερμική αποθήκευση	0,1273	0,4177	0,2904
4	Υπερσυσσωρευτές	-0,0725	0,2934	0,3659
5	Μπαταρίες	-0,1836	0,2786	0,4622
6	Κυψέλες καυσίμου-υδρογόνου	-0,403	0,1911	0,5941

Στην ομάδα «Μηχανικός-Κατασκευαστής» (πίνακας 4.7.1) , την υψηλότερη τιμή για την καθαρή τιμή Phi είχε το σύστημα αποθήκευσης με αντλησιοταμίευση ( τιμή Phi ίση με 0,3644 , την υψηλότερη συγκριτικά με όλες τις υπόλοιπες εμπλεκόμενες ομάδες). Οι κυψέλες καυσίμου-υδρογόνου κατατάχθηκαν ως το λιγότερο κατάλληλο σύστημα αποθήκευσης, στην ίδια στήλη. Στην τιμή Phi+, το σύστημα αντλησιοταμίευσης είναι πρώτο, με τη θερμική αποθήκευση δεύτερη και τις κυψέλες καυσίμου-υδρογόνου στην τελευταία θέση. Στην τιμή Phi-, οι κυψέλες καυσίμου-υδρογόνου κατατάσσονται ως το υψηλότερα ακατάλληλο σύστημα αποθήκευσης, ενώ το σύστημα αποθήκευσης με αντλησιοταμίευση έχει τη χαμηλότερη τιμή μεταξύ των συστημάτων, αλλά και στο σύνολο των εμπλεκόμενων ομάδων.

#### 4.8. Συνολική Κατάταξη εναλλακτικών λύσεων

Πίνακας 4.8.1 Σειρά προτίμησης

	Phi+	Phi-	Phi
Αντλησιοταμίευση	0,5107	0,1975	0,3132
Θερμική αποθήκευση	0,4171	0,3141	0,103
Μπαταρίες	0,32	0,3929	-0,0729
Υπερσυσσωρευτές	0,3171	0,3033	0,0139
Σφόνδυλοι	0,4115	0,2537	0,1579
Κυψέλες καυσίμου-υδρογόνου	0,131	0,6461	-0,5151

Πίνακας 4.8. 2 Συνολική κατάταξη εναλλακτικών λύσεων για όλους τους παράγοντες

Κατάταξη	Εναλλακτική λύση	Phi	Phi+	Phi-
1	Αντλησιοταμίευση	0,3132	0,5107	0,1975
2	Σφόνδυλοι	0,1579	0,4115	0,2537
3	Θερμική αποθήκευση	0,103	0,4171	0,3141
4	Υπερσυσσωρευτές	0,0139	0,3171	0,3033
5	Μπαταρίες	-0,0729	0,32	0,3929
6	Κυψέλες καυσίμου-υδρογόνου	-0,5151	0,131	0,6461

Οι παραπάνω πίνακες προέκυψαν από το πρόγραμμα PROMETHEE. Ο πρώτος πίνακας (πίνακας 4.8.1) παρουσιάζει τις τιμές των Phi, Phi+ και Phi- για όλα τα συστήματα αποθήκευσης με τυχαία σειρά, ενώ ο πίνακας 4.8.2 έχει τα συστήματα σε κατάταξη, σύμφωνα με την καθαρή ροή Phi.

Είναι εμφανές ότι την υψηλότερη καθαρή τιμή Phi -συνολικά - έχει η αντλησιοταμίευση. Ακολουθεί το σύστημα αποθήκευσης με σφονδύλους, θερμική αποθήκευση, υπερσυσσωρευτές-πυκνωτές, μπαταρίες και τελικά τη χαμηλότερη καθαρή τιμή Phi φέρει η τεχνολογία των κυψέλων καυσίμου-υδρογόνου. Όσον αφορά τη θετική τιμή Phi+, που ουσιαστικά όσο πιο μεγάλη αριθμητικά είναι τόσο “καταλληλότερη” θεωρείται η εναλλακτική λύση, την υψηλότερη τιμή εμφανίζει και πάλι

το σύστημα αποθήκευσης με αντλησιοταμίευση. Η διαφορά με την καθαρή τιμή  $\Phi_i$  φαίνεται στο γεγονός ότι επόμενη στη σειρά κατάταξης για την τιμή  $\Phi_i^+$  είναι η θερμική αποθήκευση και ακολουθούν οι τεχνολογίες των σφονδύλων, οι μπαταρίες, οι υπερσυσσωρευτές-πυκνωτές και τελευταία οι κυψέλες καυσίμου-υδρογόνου (πίνακας 4.8.1). Με την υψηλότερη τιμή  $\Phi_i^-$ , δηλαδή την τιμή που δείχνει τη λιγότερο “κατάλληλη” τεχνολογία αποθήκευσης, είναι οι κυψέλες καυσίμου-υδρογόνου. Στη συνέχεια, ακολουθούν οι μπαταρίες, η θερμική αποθήκευση, οι υπερσυσσωρευτές-πυκνωτές, οι σφόνδυλοι και τελευταία η αντλησιοταμίευση (πίνακας 4.8.1).

**Πίνακας 4.8. 3 Συγκεντρωτικός πίνακας κατάταξης εναλλακτικών λύσεων**

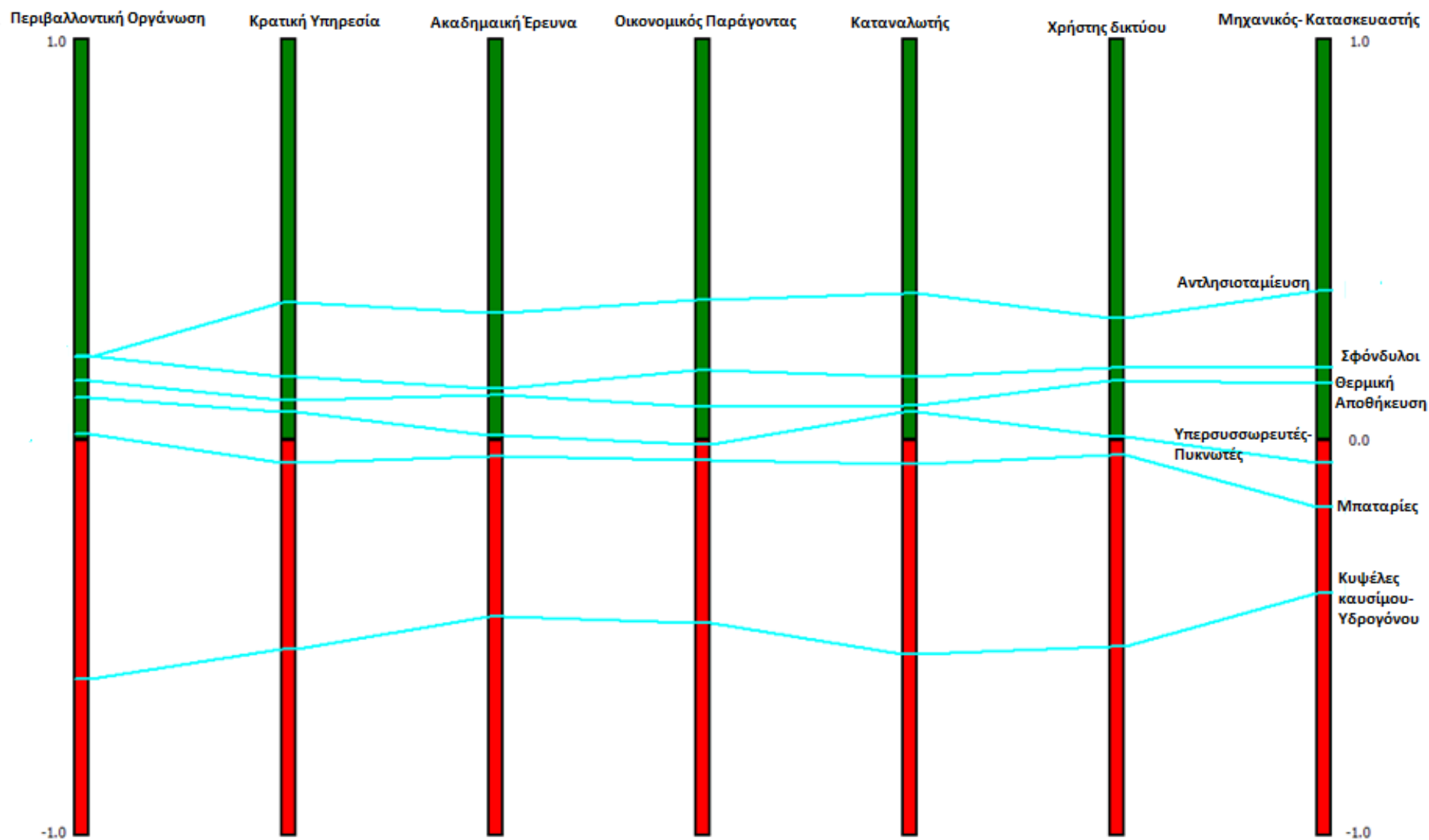
	Κατάταξη εναλλακτικών λύσεων ανά ομάδα							
Εναλλακτική λύση	Περιβαλλοντικές οργανώσεις	Κρατικές υπηρεσίες-φορείς	Ακαδημαϊκή έρευνα	Χρήστες δικτύου	Καταναλωτές	Οικονομικοί παράγοντες	Μηχανικοί-Κατασκευαστές	Συνολική κατάταξη
Τεχνολογίες αντλησιοταμίευσης ( PHSS)	2	1	1	1	1	1	1	1
Θερμική αποθήκευση (TES)	3	3	3	3	3	3	3	3
Μπαταρίες μεγάλης κλίμακας (B)	5	5	5	5	5	5	5	5
Υπερσυσσωρευτές-Πυκνωτές (SC)	4	4	4	4	4	4	4	4
Σφόνδυλοι (F)	1	2	2	2	2	2	2	2
Κυψέλες καυσίμου-Υδρογόνου ( HFC)	6	6	6	6	6	6	6	6

Ο πίνακας 4.8.3 παρουσιάζει την κατάταξη των συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας ανά ομάδα και στο σύνολο των εξεταζόμενων ομάδων, σύμφωνα με την καθαρή τιμή  $\Phi_i$ . Με τον αριθμό 1 δηλώνεται το σύστημα –που μετά την επεξεργασία των δεδομένων- κατατάχθηκε ως το καταλληλότερο, ενώ με τον αριθμό 6 δηλώνεται το σύστημα που κατατάχθηκε ως το λιγότερο κατάλληλο στην εκάστοτε ομάδα και συνολικά για όλες τις ομάδες στην τελευταία στήλη.

Παρακάτω απεικονίζεται η κατάταξη του PROMETHEE II για όλα τα σενάρια. Για κάθε σενάριο εμφανίζεται ,στις κάθετες πράσινο-κόκκινες γραμμές , μια τεθλασμένη γραμμή που αναφέρεται στην τιμή που έλαβε κάθε δράση ξεχωριστά και αποδίδει τις τιμές  $\Phi_i$  της για κάθε κριτήριο.



Εικόνα 4.8-1 Σύγκριση όλων των σεναρίων



#### 4.9. Επεξηγηματικά γραφήματα για κάθε εναλλακτική λύση

Παρακάτω, ακολουθούν απεικονίσεις των αποτελεσμάτων για κάθε σύστημα αποθήκευσης ενέργειας βάσει των κριτηρίων σύγκρισης.

Πιο συγκεκριμένα, στη συνήθη αράχνη (GAIA WEBS) εμφανίζονται τα κριτήρια σε ίσες αποστάσεις γύρω από το κέντρο της οθόνης, συνθέτοντας ένα σχήμα που θυμίζει ιστό αράχνης και, το οποίο εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την αυθαίρετη σειρά των κριτηρίων. Σε έναν ιστό GAIA, οι άξονες των κριτηρίων προσανατολίζονται όπως στο επίπεδο GAIA. Τα κριτήρια, που εκφράζουν παρόμοιες προτιμήσεις, βρίσκονται κοντά το ένα στο άλλο και η ακτινική απόσταση αντιστοιχεί στη βαθμολογία καθαρής ροής (-1 στο κέντρο και +1 στον εξωτερικό κύκλο). Ο διακεκομμένος κύκλος αντιστοιχεί στη βαθμολογία πολλαπλών κριτηρίων και ανάλογα με την τιμή του λαμβάνει το χρώμα πράσινο για θετική και κόκκινο για αρνητική τιμή. Ο άξονας απόφασης είναι μια αναπαράσταση της ζύγισης των κριτηρίων. Ο προσανατολισμός του άξονα απόφασης υποδεικνύει ποια κριτήρια συμφωνούν με την κατάταξη του PROMETHEE και ποια όχι. Ως εκ τούτου, ο άξονας απόφασης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο για την ανάλυση του τύπου συμβιβασμού που αντιστοιχεί στην σημερινή στάθμιση των κριτηρίων και να συμβάλει στον καλύτερο προσδιορισμό του βάρους των κριτηρίων (Mareschal, 2011-2017).

Η απεικόνιση 'Bank Adviser' είναι μια επέκταση του PROMETHEE που έχει σχεδιαστεί για την αξιολόγηση ενεργειών σε σχέση με ένα σύνολο αναφοράς. Η ανάλυση Bank Adviser' επιτρέπει την αξιολόγηση μιας ενέργειας σε σχέση με ένα σύνολο ενεργειών αναφοράς (κριτήρια). Το σύνολο αναφοράς μπορεί να είναι για παράδειγμα (Mareschal, 2011-2017):

- Ένα σύνολο γνωστών δράσεων,
- Ένα υποσύνολο ενεργειών (για παράδειγμα, γεωγραφικά καθορισμένων),
- Σύνολο σημείων αναφοράς (εικονικές ενέργειες),
- Μια ομότιμη ομάδα.

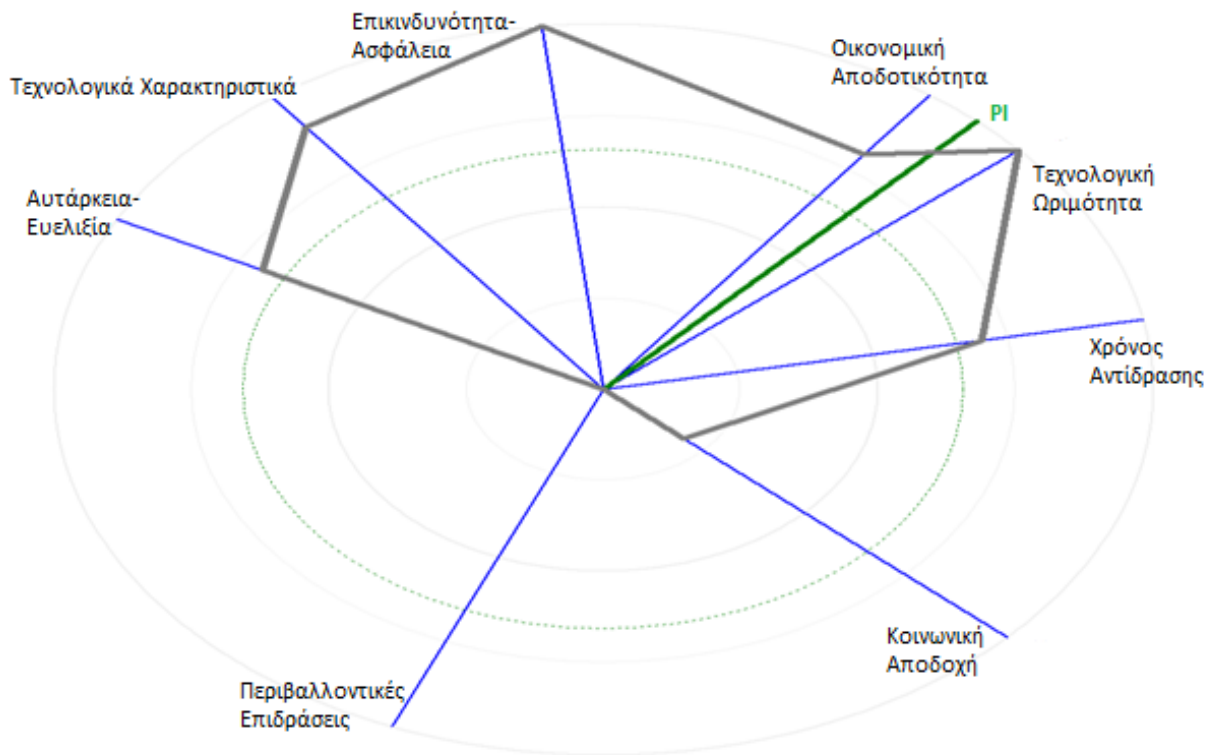
Στο Visual PROMETHEE το σετ αναφοράς πρέπει να είναι μια κατηγορία ενεργειών.

Το παράθυρο Bank Adviser' περιλαμβάνει δύο τομείς (Mareschal, 2011-2017):

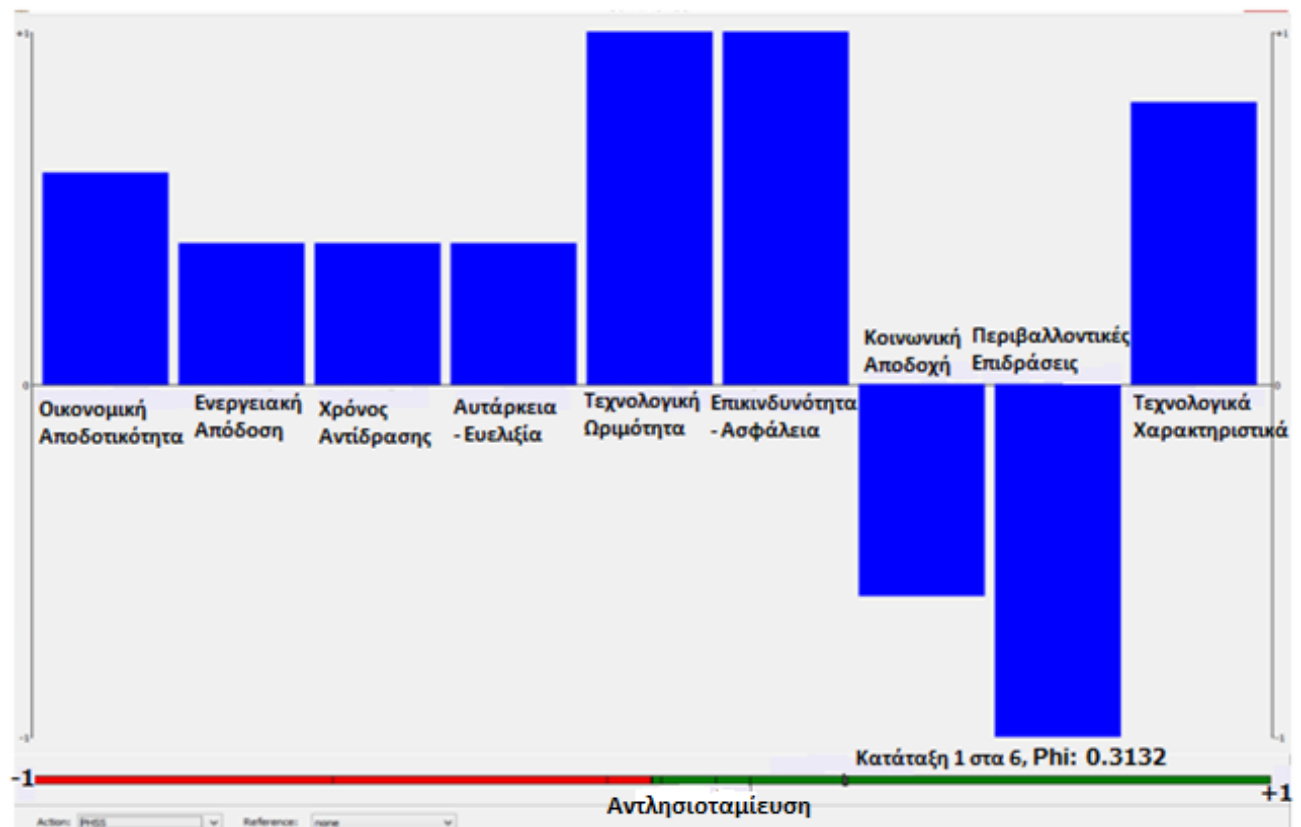
- Το <<προφίλ δράσης>> στο πάνω μέρος  
Στο προφίλ αυτό, γίνεται σύγκριση μεταξύ των κριτηρίων για τη συγκεκριμένη εναλλακτική λύση.
- Τον <<κυβερνήτη>> στο κάτω μέρος  
Ο υπάρχον χάρακας δείχνει την κλίμακα Phi (από -1,0 έως + 1,0), τη θέση της επιλεγμένης εναλλακτικής λύσης (χονδρή ράβδος, με την ένδειξη της τιμής Phi και την τάξη της δράσης στο πάνω μέρος αυτής) και τις θέσεις των πλησιέστερων εναλλακτικών λύσεων (λεπτότερες ράβδοι, με την ένδειξη του ονόματός τους στο κάτω μέρος του χάρακα) (Mareschal, 2011-2017).

Παρατήρηση: Σχετικά με τα GAIA WEBS, όπως έχει αναφερθεί προηγουμένως το σχήμα (ιστός αράχνης) εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την αυθαίρετη σειρά των κριτηρίων. Ωστόσο, για να γίνει όσον το δυνατόν καλύτερη σύγκριση των συστημάτων αποθήκευσης, η σειρά αυτή διατηρήθηκε η ίδια σε όλα τα γραφήματα.

Εικόνα 4.9-1 GAIA Webs για Αντλησιοταμίευση



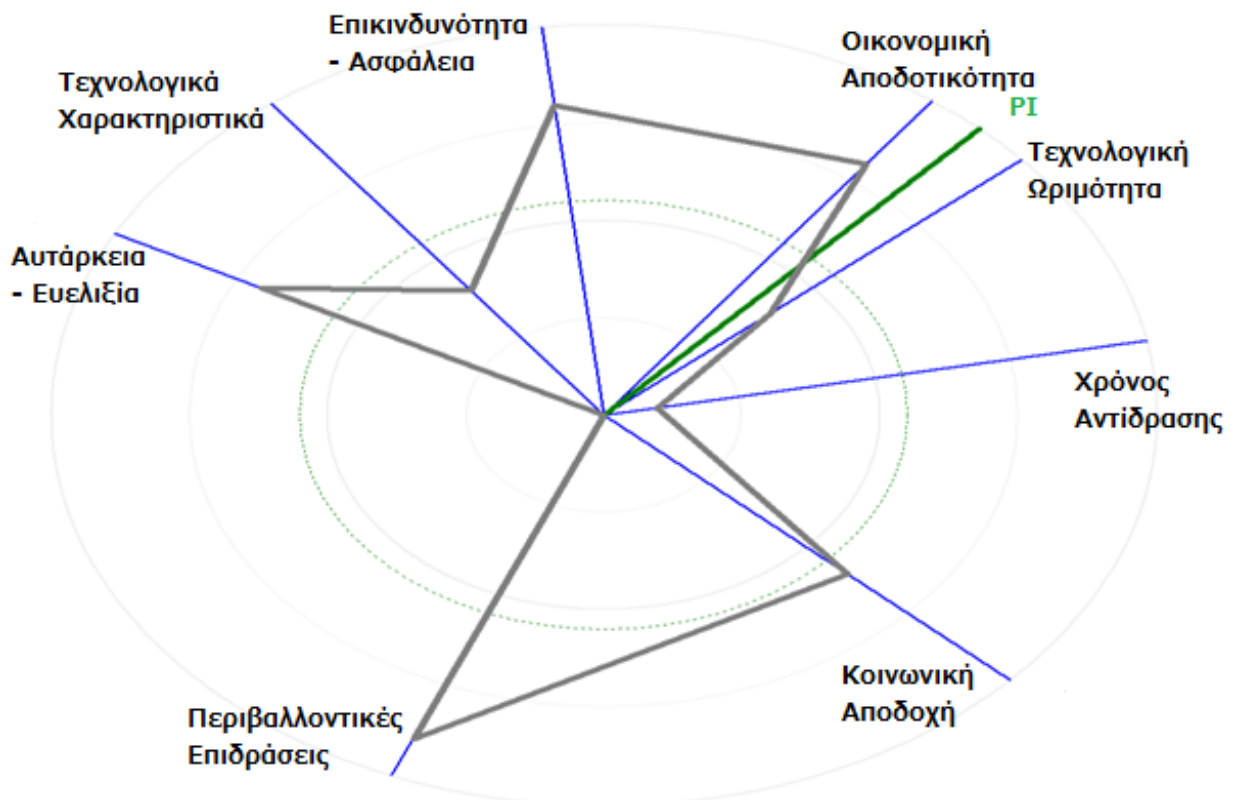
Εικόνα 4.9-2 Bank Adviser για Αντλησιοταμίευση



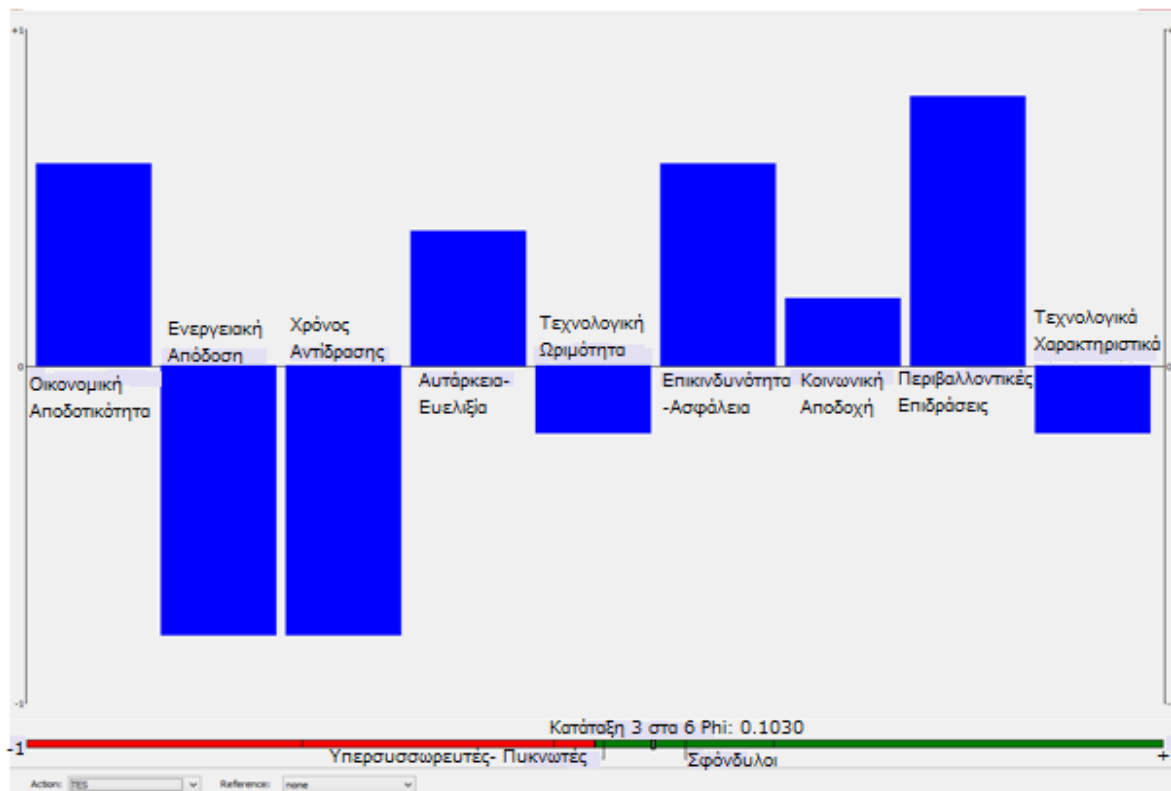
Στην εικόνα 4.9-2 παρουσιάζεται το αποτέλεσμα της αξιολόγησης για το σύστημα της αντλησιοταμίευσης ως προς το σύνολο των κριτηρίων. Σε 7 από τα 9 κριτήρια το συγκεκριμένο σύστημα αποθήκευσης χαρακτηρίστηκε με θετικές τιμές, ενώ στα υπόλοιπα 2 με αρνητικές. Είναι εμφανές ότι έχει πάρει την υψηλότερη –θετική– βαθμολογία (+1) στα κριτήρια: «Τεχνολογική ωριμότητα» και «Επικινδυνότητα – Ασφάλεια», ενώ την χαμηλότερη-αρνητική – βαθμολογία στις «Περιβαλλοντικές επιδράσεις». Τα παραπάνω στοιχεία παρουσιάζονται και στην απεικόνιση του GAIA Webs για Αντλησιοταμίευση (εικόνα 4.9-1), στο οποίο επιπλέον η βαθμολογία πολλαπλών κριτηρίων έχει λάβει χρώμα πράσινο που υποδηλώνει θετική τιμή (ίση με  $\Phi=0.3132$ ).

Η επόμενη σελίδα παρουσιάζει - το αποτέλεσμα της αξιολόγησης για το σύστημα της θερμικής αποθήκευσης (εικόνα 4.9-4). Σε 5 από τα 9 κριτήρια το συγκεκριμένο σύστημα αποθήκευσης χαρακτηρίστηκε με θετικές τιμές, ενώ στα υπόλοιπα 4 με αρνητικές. Την υψηλότερη θετική βαθμολογία έλαβε το κριτήριο: «Περιβαλλοντικές επιδράσεις», ενώ τη χαμηλότερη-αρνητική – βαθμολογία είχαν τα κριτήρια: «Ενεργειακή απόδοση» και «Χρόνος αντίδρασης». Εξίσου, αρνητικές τιμές έλαβαν και τα κριτήρια «Τεχνολογική ωριμότητα» και «τεχνολογικά χαρακτηριστικά». Οι παραπάνω τιμές των επιμέρους κριτηρίων, οδήγησαν στην απεικόνιση του GAIA Webs για σύστημα Θερμικής αποθήκευσης (εικόνα 4.9-3), στο οποίο η βαθμολογία πολλαπλών κριτηρίων έχει λάβει –επίσης– πράσινο χρώμα ( $\Phi=0.1030$ ).

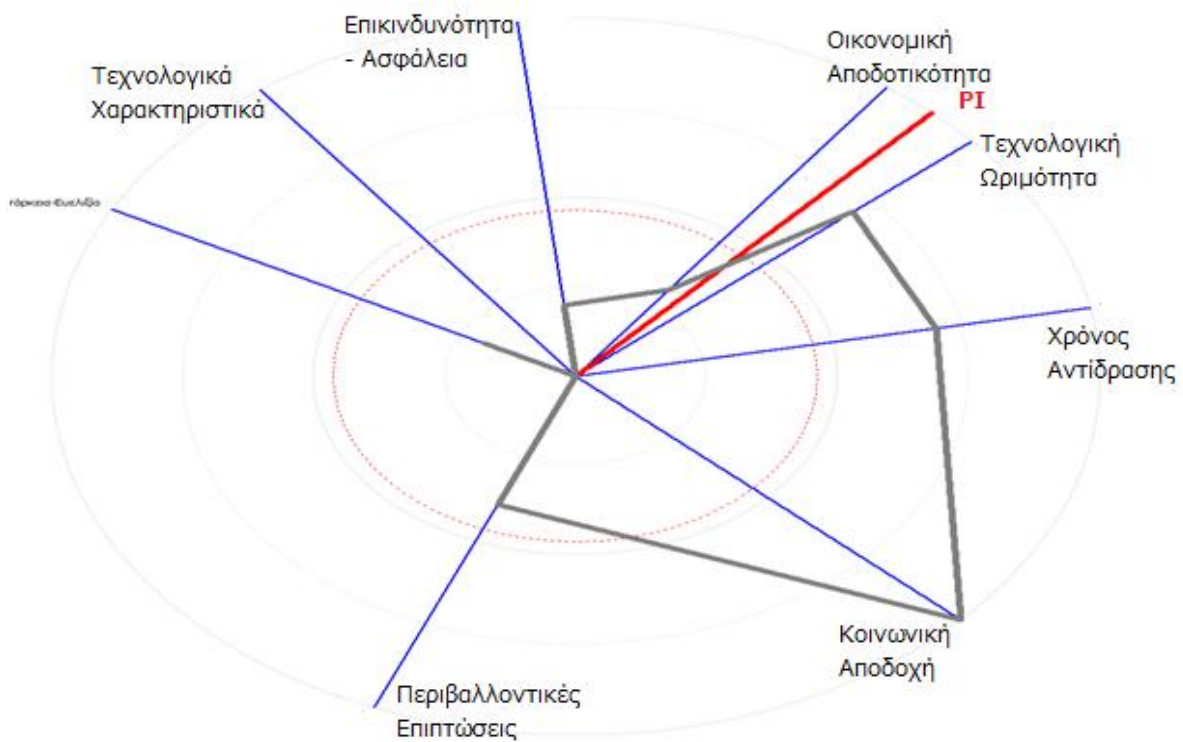
Εικόνα 4.9-3 GAIA Webs για σύστημα Θερμικής αποθήκευσης.



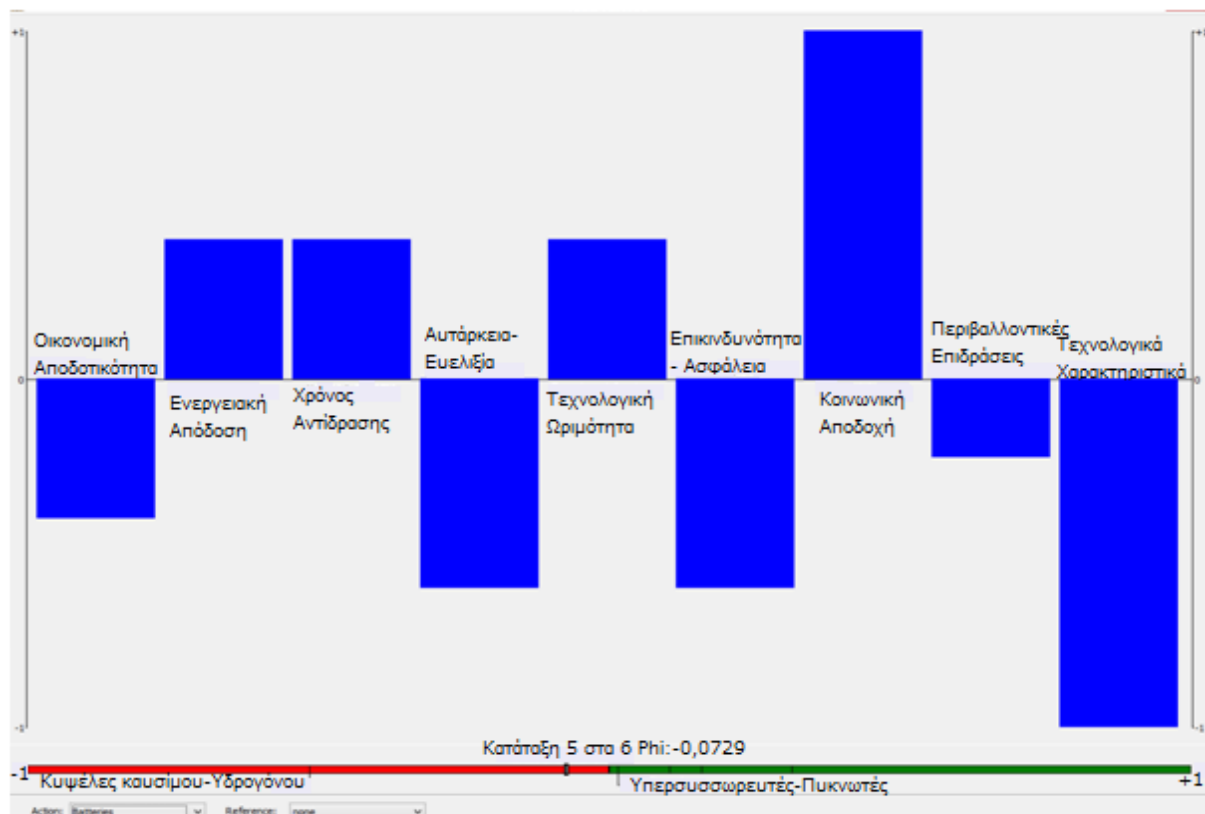
Εικόνα 4.9-4 Bank Adviser για σύστημα Θερμικής αποθήκευσης.



Εικόνα 4.9-5 GAIA Webs για Μπαταρίες



Εικόνα 4.9-6 Bank Adviser για Μπαταρίες

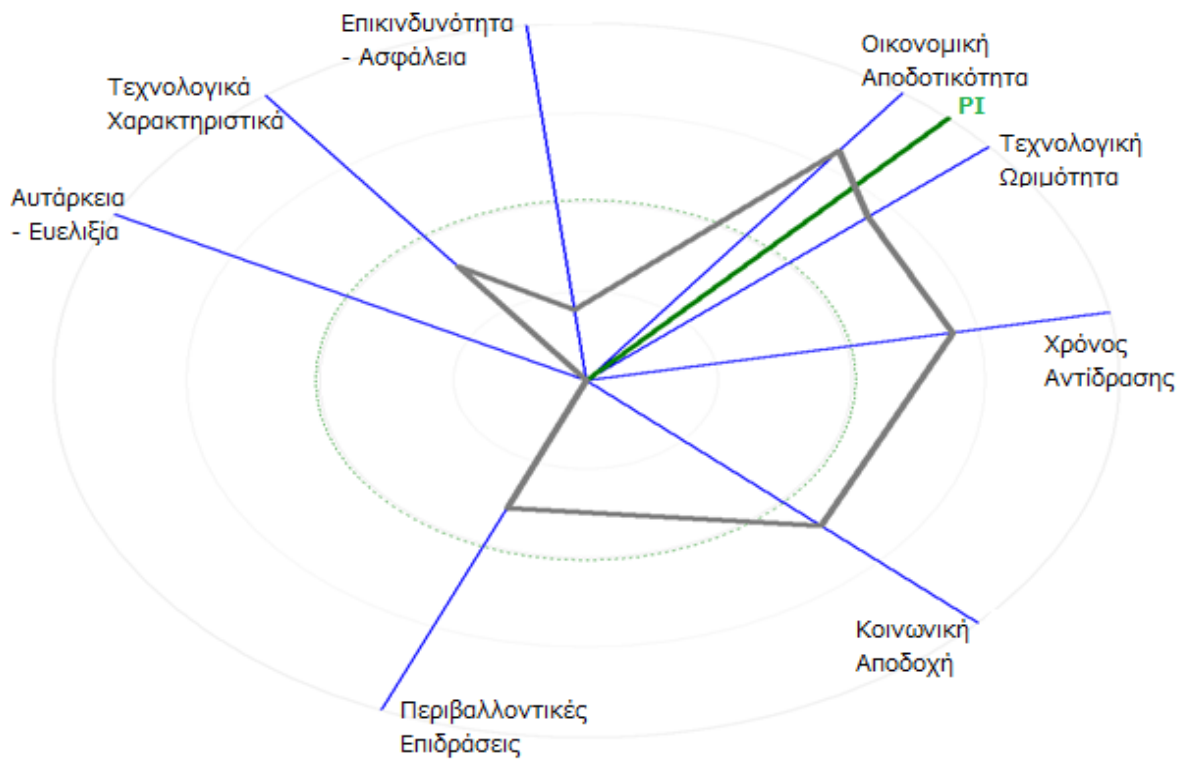


Στην εικόνα 4.9-6 παρουσιάζεται το αποτέλεσμα της αξιολόγησης για τις μπαταρίες ως προς το σύνολο των κριτηρίων. Σε 4 από τα 9 κριτήρια το συγκεκριμένο σύστημα αποθήκευσης χαρακτηρίστηκε με θετικές τιμές, ενώ στα υπόλοιπα 5 με αρνητικές. Την υψηλότερη –θετική- βαθμολογία (+1) είχε η «Κοινωνική αποδοχή» και τη χαμηλότερη –αρνητική τιμή- τα «Τεχνολογικά χαρακτηριστικά». Τις αμέσως επόμενες αρνητικές τιμές έλαβαν τα κριτήρια «Αυτάρκεια- Ευελιξία» και «Επικινδυνότητα- Ασφάλεια» και, ακολούθησαν η «Οικονομική αποδοτικότητα» και «Περιβαλλοντικές επιδράσεις». Οι τιμές αυτές, είχαν ως αποτέλεσμα στην απεικόνιση του GAIA Webs για μπαταρίες (εικόνα 4.9-5), ο άξονας απόφασης να είναι κόκκινος και η συνολική βαθμολογία πολλαπλών κριτηρίων να λάβει χρώμα κόκκινο ( $\Phi = -0.0729$ ).

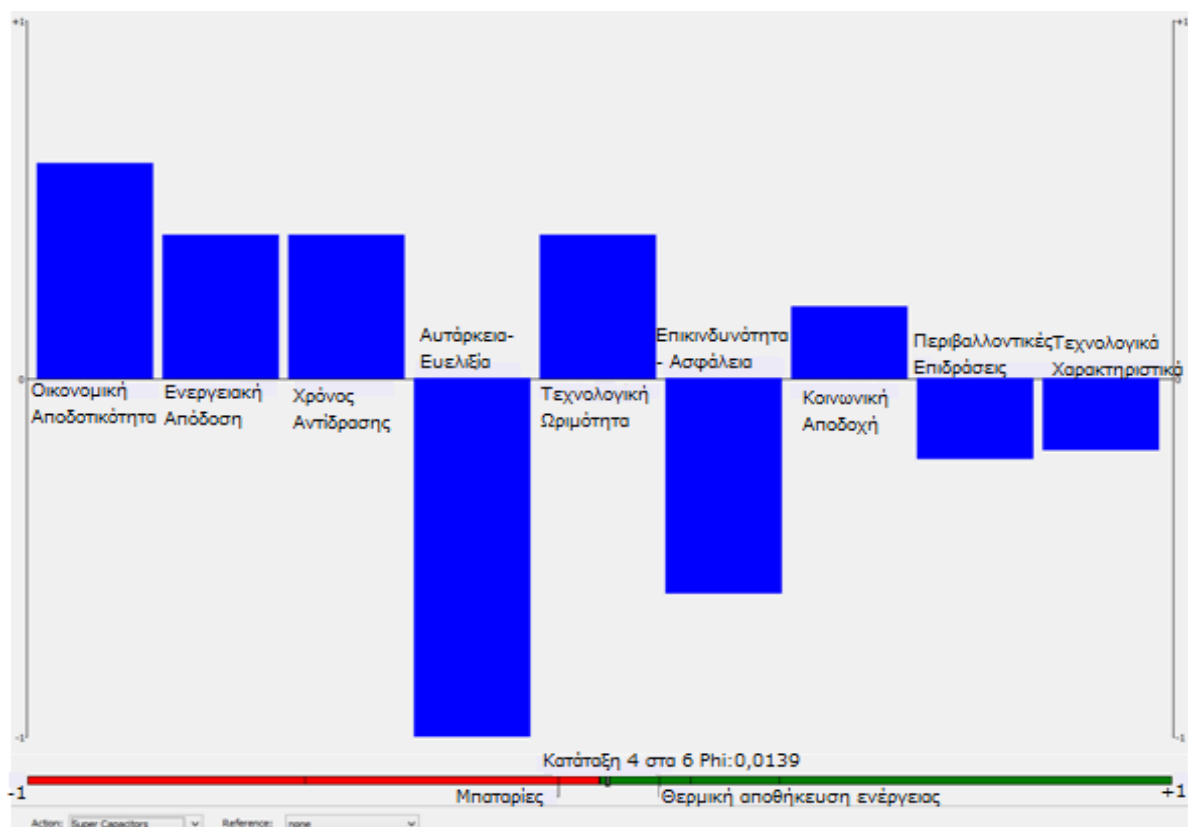
Στην επόμενη σελίδα, παρουσιάζεται το αποτέλεσμα της αξιολόγησης για υπερσυσσωρευτές-πυκνωτές (εικόνα 4.9-8). Σε 5 από τα 9 κριτήρια το συγκεκριμένο σύστημα αποθήκευσης χαρακτηρίστηκε με θετικές τιμές, ενώ στα υπόλοιπα 4 με αρνητικές. Την υψηλότερη θετική βαθμολογία έλαβε το κριτήριο: «Οικονομική αποδοτικότητα», ενώ τη χαμηλότερη-αρνητική – βαθμολογία είχε το κριτήριο: «Αυτάρκεια- Ευελιξία». Με αρνητικές τιμές παρουσιάζονται και τα κριτήρια «Επικινδυνότητα- Ασφάλεια», «Περιβαλλοντικές επιδράσεις» και «τεχνολογικά χαρακτηριστικά». Έτσι, οριακά η βαθμολογία πολλαπλών κριτηρίων έχει λάβει πράσινο χρώμα ( $\Phi = 0.0139$ ) και ο άξονας απόφασης είναι θετικός, όπως φαίνεται στην απεικόνιση του GAIA Webs για υπερσυσσωρευτές-πυκνωτές (εικόνα 4.9-7).



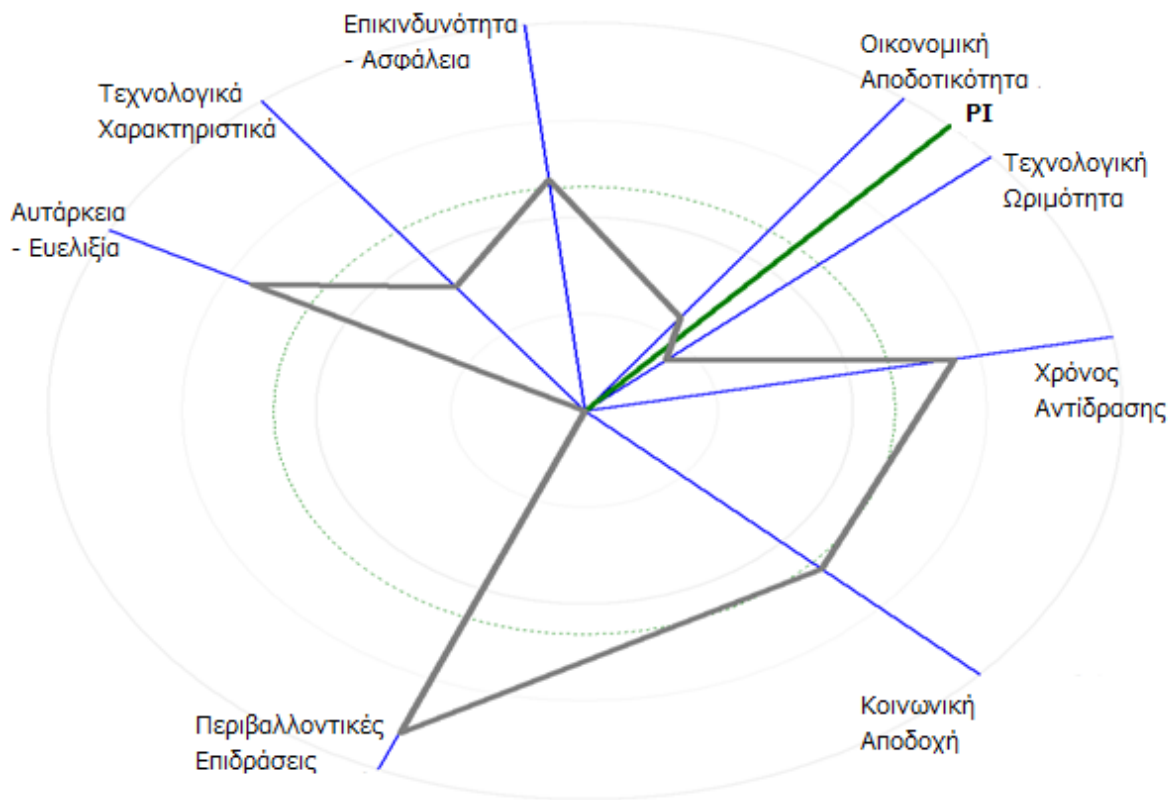
Εικόνα 4.9-7 GAIA Webs για Υπερσυσσωρευτές-Πυκνωτές



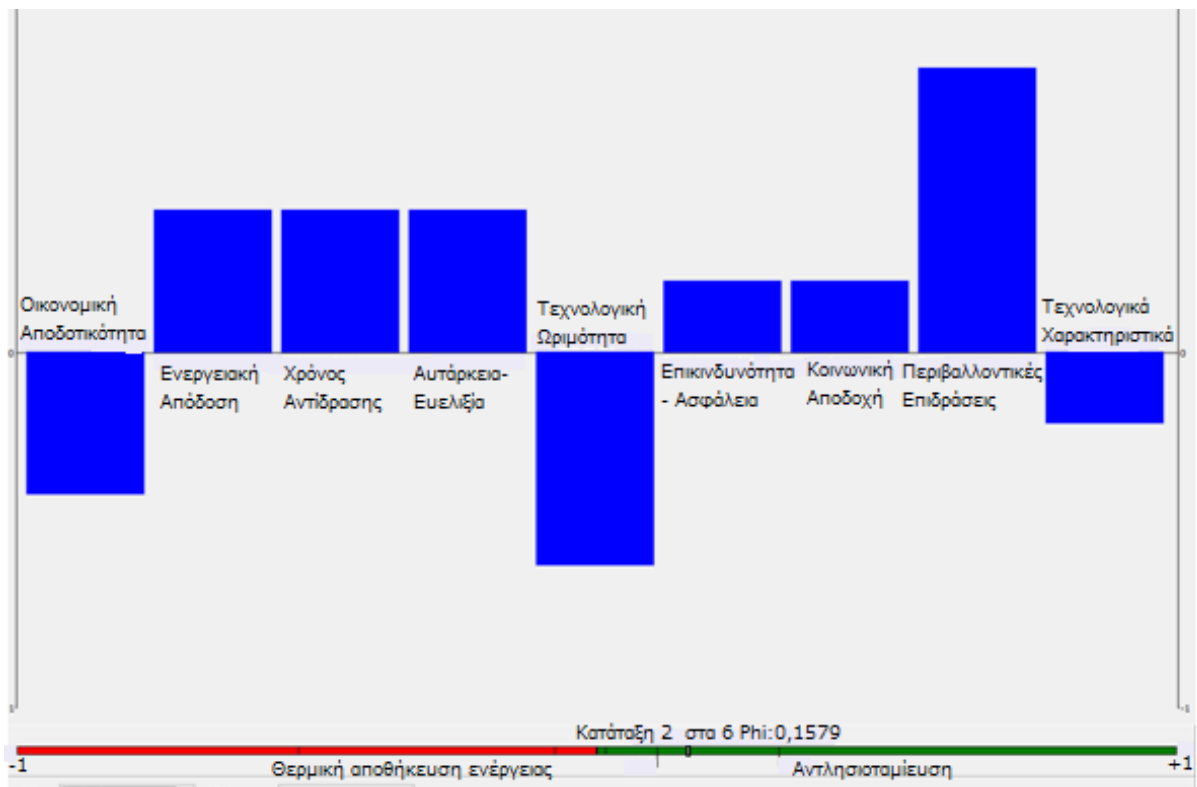
Εικόνα 4.9-8 Bank Adviser για Υπερσυσσωρευτές-Πυκνωτές



Εικόνα 4.9-9 GAIA Webs για Σφόνδυλους



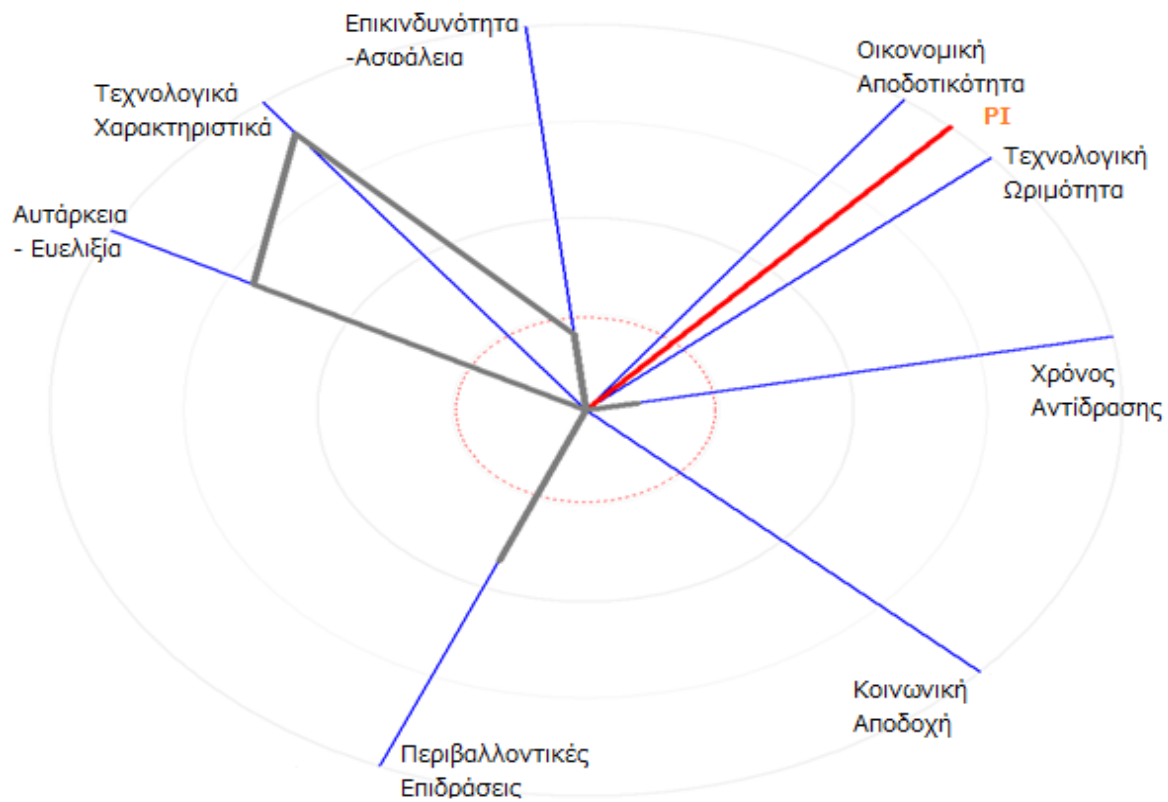
Εικόνα 4.9-10 Bank Adviser για Σφονδύλους



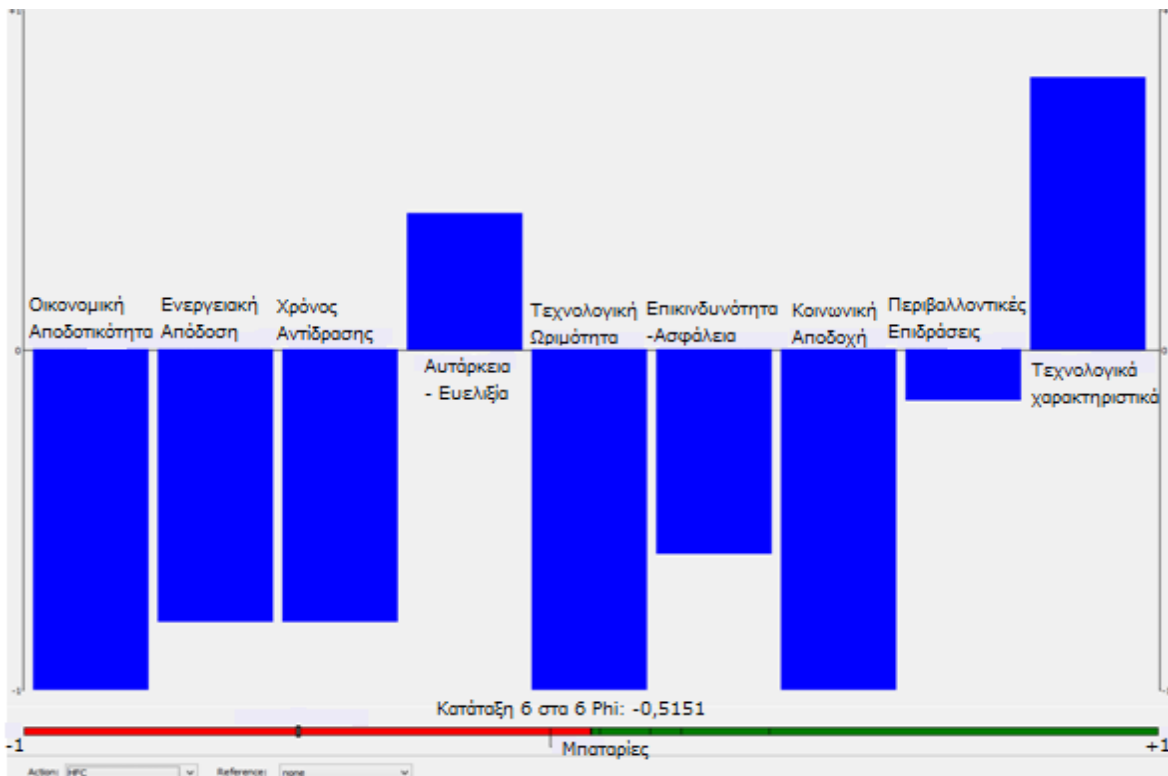
Στην εικόνα 4.9-10 παρουσιάζεται το αποτέλεσμα της αξιολόγησης για τους σφονδύλους. Το συγκεκριμένο σύστημα αποθήκευσης χαρακτηρίστηκε με θετικές τιμές, στα 6 από τα 9 κριτήρια και στα υπόλοιπα 3 με αρνητικές. Την υψηλότερη –θετική- βαθμολογία είχαν οι «Περιβαλλοντικές επιδράσεις», με την «Ενεργειακή απόδοση», το «Χρόνο αντίδρασης» και την «Αυτάρκεια- ευελιξία» να λαμβάνουν την ίδια θετική τιμή. Παρόμοια, τα κριτήρια «Επικινδυνότητα –Ασφάλεια» και «Κοινωνική αποδοχή» έλαβαν την ίδια θετική τιμή. Τη χαμηλότερη –αρνητική τιμή- είχε η «Τεχνολογική ωριμότητα». Οπότε, τα στοιχεία αυτά οδήγησαν στην απεικόνιση του GAIA Webs για σφονδύλους (εικόνα 4.9-9), στην οποία, ο άξονας απόφασης να είναι πράσινος και η τιμή  $\Phi = 0,1579$ .

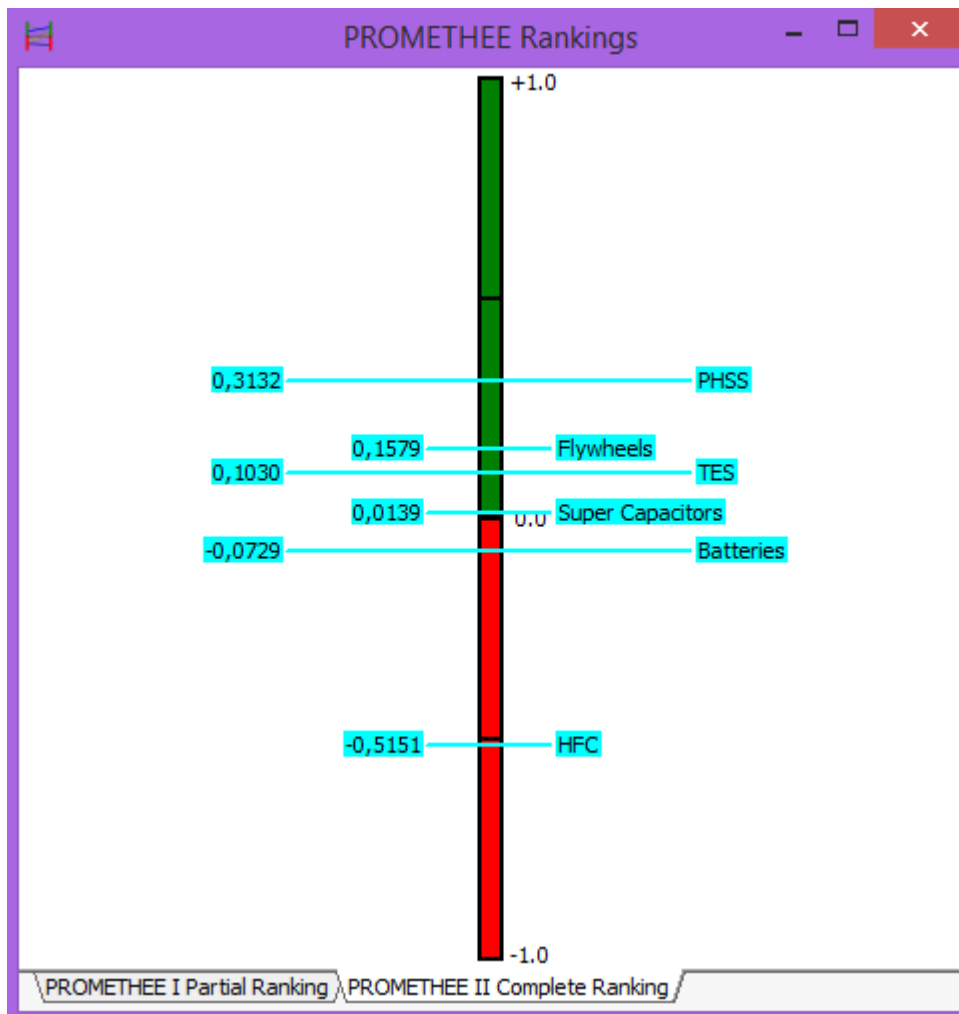
Στην επόμενη σελίδα, παρουσιάζεται το αποτέλεσμα της αξιολόγησης για τις κυψέλες καυσίμου-Υδρογόνου (εικόνα 4.9-12). Η συγκεκριμένη τεχνολογία αποθήκευσης ενέργειας χαρακτηρίστηκε σε 7 από τα 9 κριτήρια το με αρνητικές τιμές και μόλις σε 2 χαρακτηρίστηκε με θετικές τιμές. Την υψηλότερη θετική βαθμολογία έλαβε το κριτήριο: «Τεχνολογικά χαρακτηριστικά», ενώ την χαμηλότερη-αρνητική –βαθμολογία (-1) τα κριτήρια: «Οικονομική αποδοτικότητα», «Τεχνολογική ωριμότητα» και «Κοινωνική αποδοχή». Κατά συνέπεια, η βαθμολογία πολλαπλών κριτηρίων έλαβε κόκκινο χρώμα με  $\Phi = -5151$  (εικόνα 4.9-11).

Εικόνα 4.9-11 GAIA Webs για Κυψέλες καυσίμου-Υδρογόνου



Εικόνα 4.9-12 Bank Adviser για Κυψέλες καυσίμου-Υδρογόνου





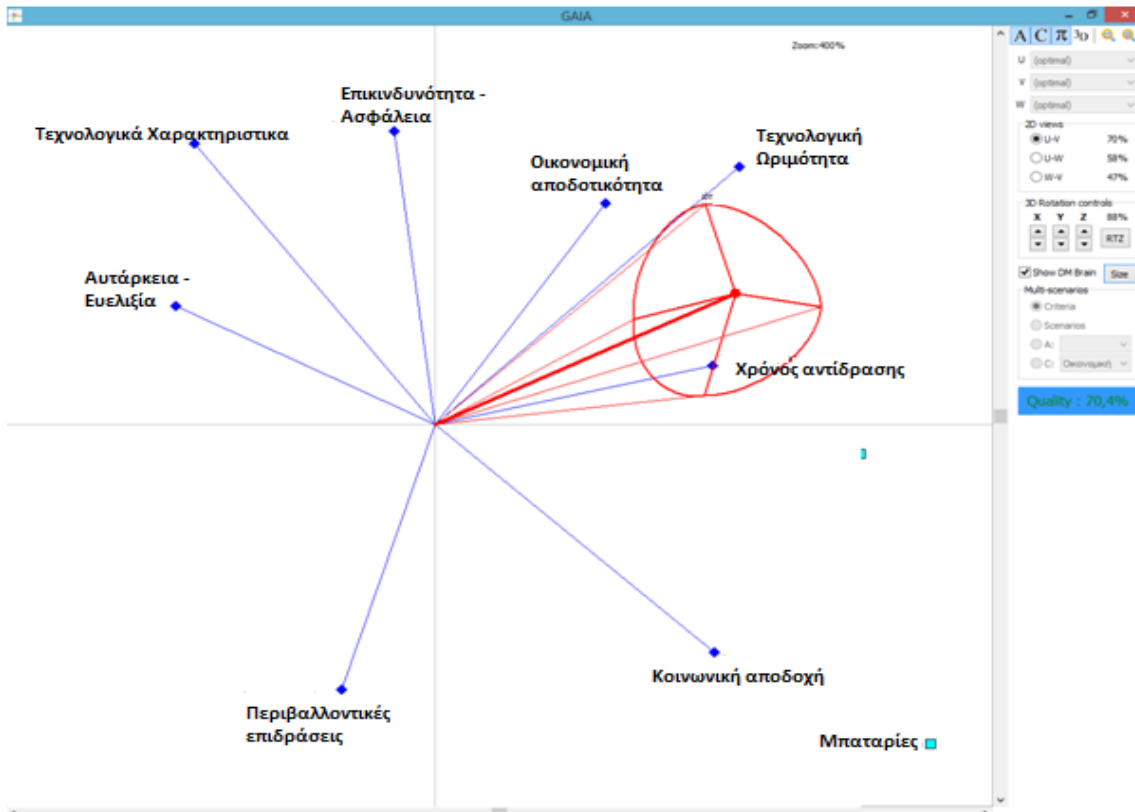
Εικόνα 4.9-13 Τελική κατάταξη όλων των συστημάτων αποθήκευσης σύμφωνα με τα PROMETHEE II.

## 5. Συζήτηση

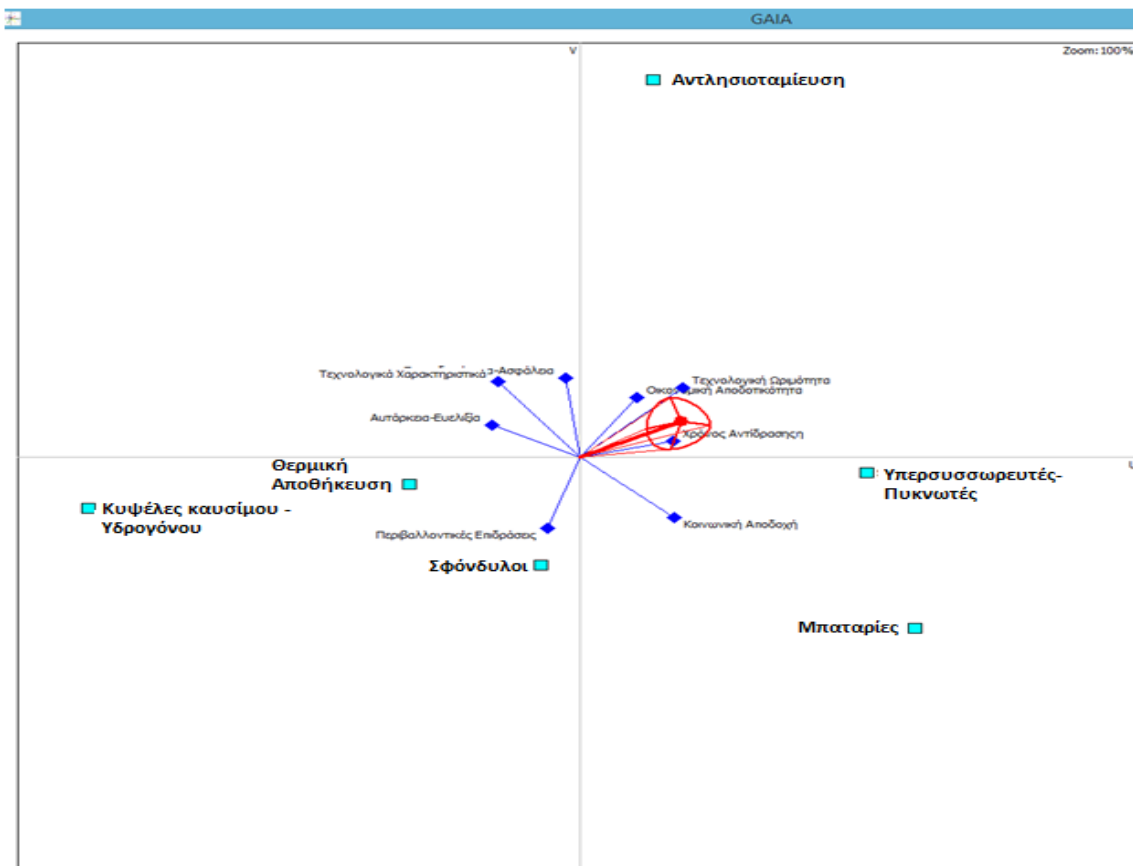
### 5.1. Περιβαλλοντική Οργάνωση

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του προγράμματος Visual PROMETHEE, τα σημαντικότερα κριτήρια για τους εκπροσώπους της ομάδας «Περιβαλλοντική οργάνωση» ήταν η «οικονομική αποδοτικότητα» και έπειτα οι «περιβαλλοντικές επιδράσεις», ενώ κατέταξαν το κριτήριο «τεχνολογικά χαρακτηριστικά» ως το λιγότερο σημαντικό. Τα στοιχεία αυτά δηλώνουν την αναζήτηση μεθόδου που να ανταποκρίνεται στη σύγχρονη κατάσταση οικονομικής αστάθειας και ανάγκης προστασίας του περιβάλλοντος. Έτσι, ως καταλληλότερο σύστημα αποθήκευσης ενέργειας προβάλλονται οι σφόνδυλοι και -με πολύ μικρή διαφορά μετά- η αντλησιοταμίευση αν και προκαλεί καταστροφή του ανάγλυφου. Η ελάχιστη προσιτή μέθοδο αποθήκευσης ενέργειας αναδείχθηκε η τεχνολογία των κυψελών καυσίμου-υδρογόνου.

Εικόνα 5.1-1 GAIA1 για «Περιβαλλοντική Οργάνωση»



Εικόνα 5.1-2 GAIA2 για «Περιβαλλοντική Οργάνωση»



Εικόνα 5.1-3 Decision Maker Brain για «Περιβαλλοντική Οργάνωση»

Decision Maker Brain						
	-	Freedom	+	min	current	max
Οικονομική	-	20%	+	15,112	18,89%	22,668
Ενεργειακή	-	20%	+	9,776%	12,22%	14,664
Χρόνος	-	20%	+	11,552	14,44%	17,328
Αυτάρκεια-Ευελι	-	20%	+	5,928%	7,41%	8,892%
Τεχνολογική	-	20%	+	5,336%	6,67%	8,004%
Επικινδυνότητα-	-	20%	+	8%	10%	12%
Κοινωνική	-	20%	+	8,296%	10,37%	12,444
Περιβαλλοντικές	-	20%	+	14,224	17,78%	21,336
Τεχνολογικά	-	20%	+	1,776%	2,22%	2,664%

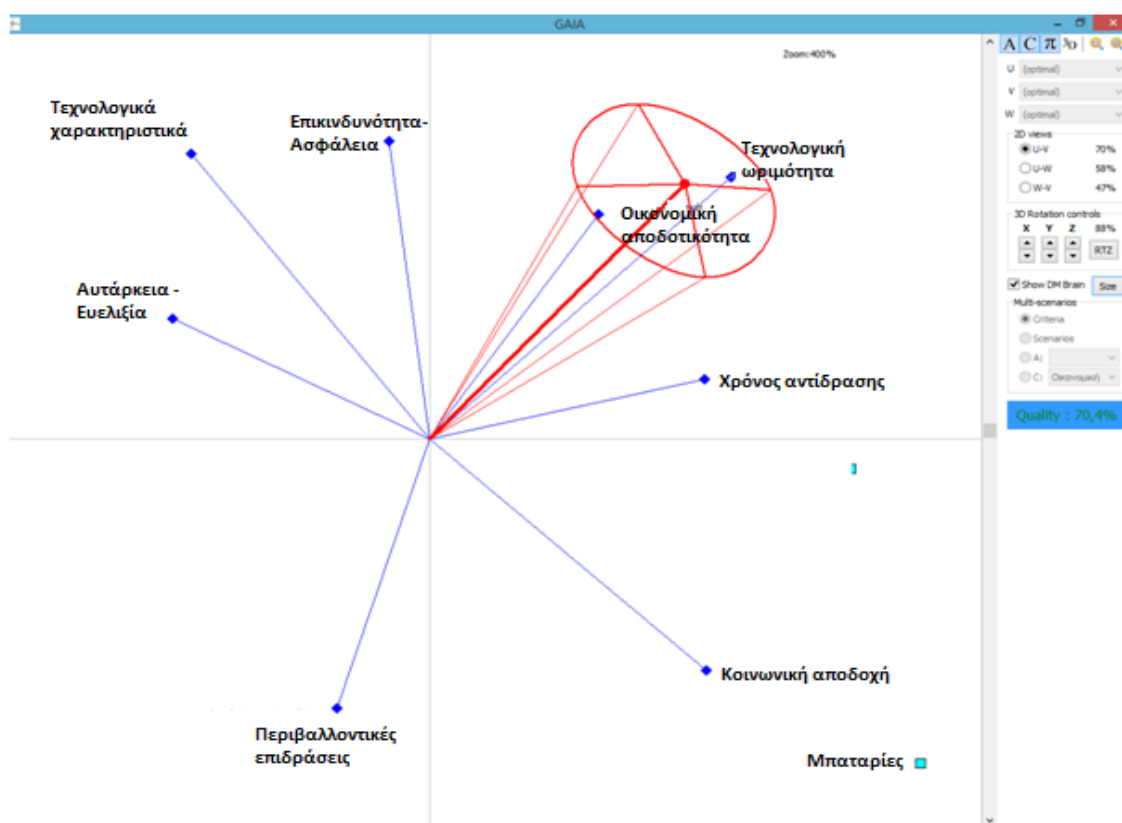
10% 25% 50% 75%



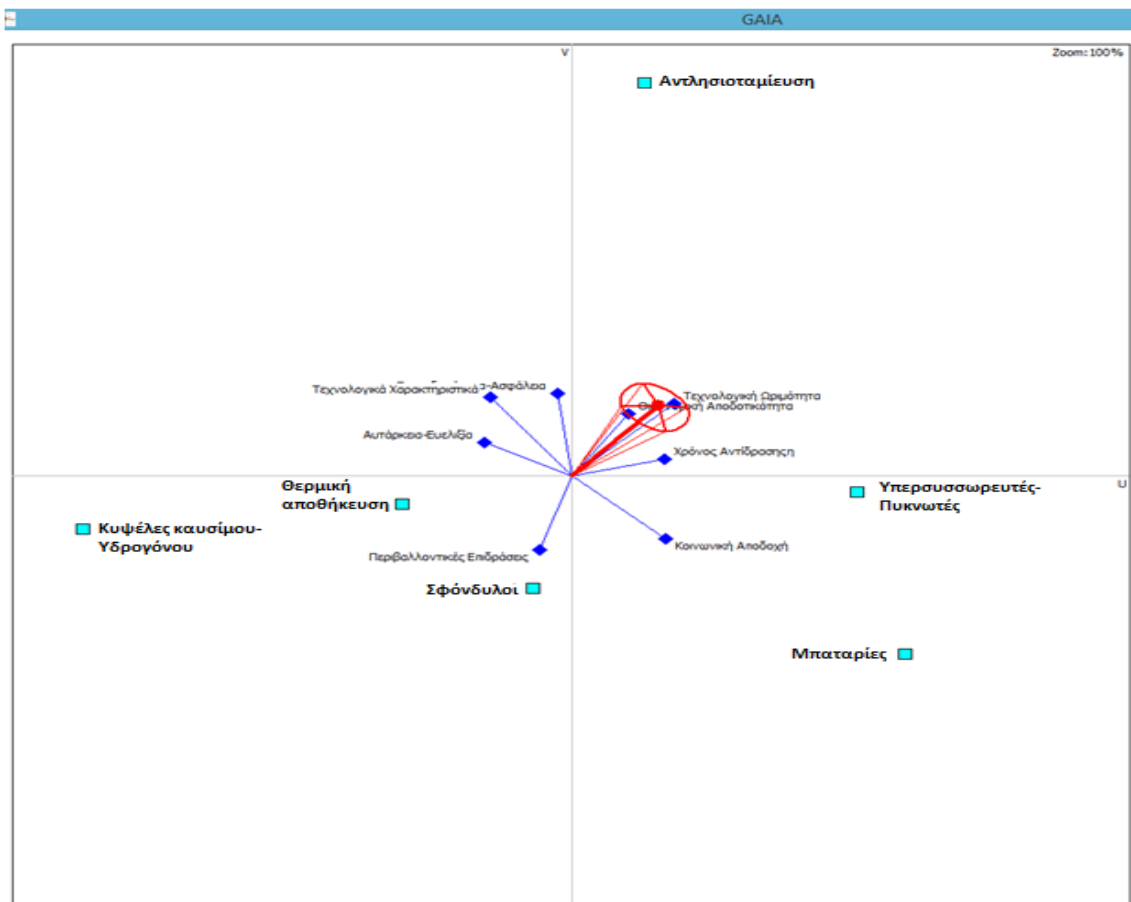
## 5.2. Κρατική Υπηρεσία

Η ομάδα «Κρατική υπηρεσία» έκρινε ως ιδιαίτερα σημαντικά κριτήρια για την επιλογή συστήματος αποθήκευσης ενέργειας την «ενεργειακή απόδοσή» και την «οικονομική αποδοτικότητα» γεγονός που υποδεικνύει τον προσανατολισμό σε μια λύση που να συνδυάζει το χαμηλό κόστος με την υψηλότερη δυνατή απόδοση. Ως ελάχιστα σημαντικό κριτήριο έδειξαν τα «τεχνολογικά χαρακτηριστικά». Έτσι, η τεχνολογία αντλησιοταμίευσης κατατάχθηκε πρώτη στη σειρά καταλληλότητας των συστημάτων αποθήκευσης, με την τεχνολογία των κυψελίδων καυσίμου-υδρογόνου να είναι τελευταία στην ίδια σειρά.

Εικόνα 5.2-1 GAIA1 για «Κρατική Υπηρεσία»



Εικόνα 5.2-2 GAIA2 για «Κρατική Υπηρεσία»



Εικόνα 5.2-3 Decision Maker Brain για «Κρατική Υπηρεσία»

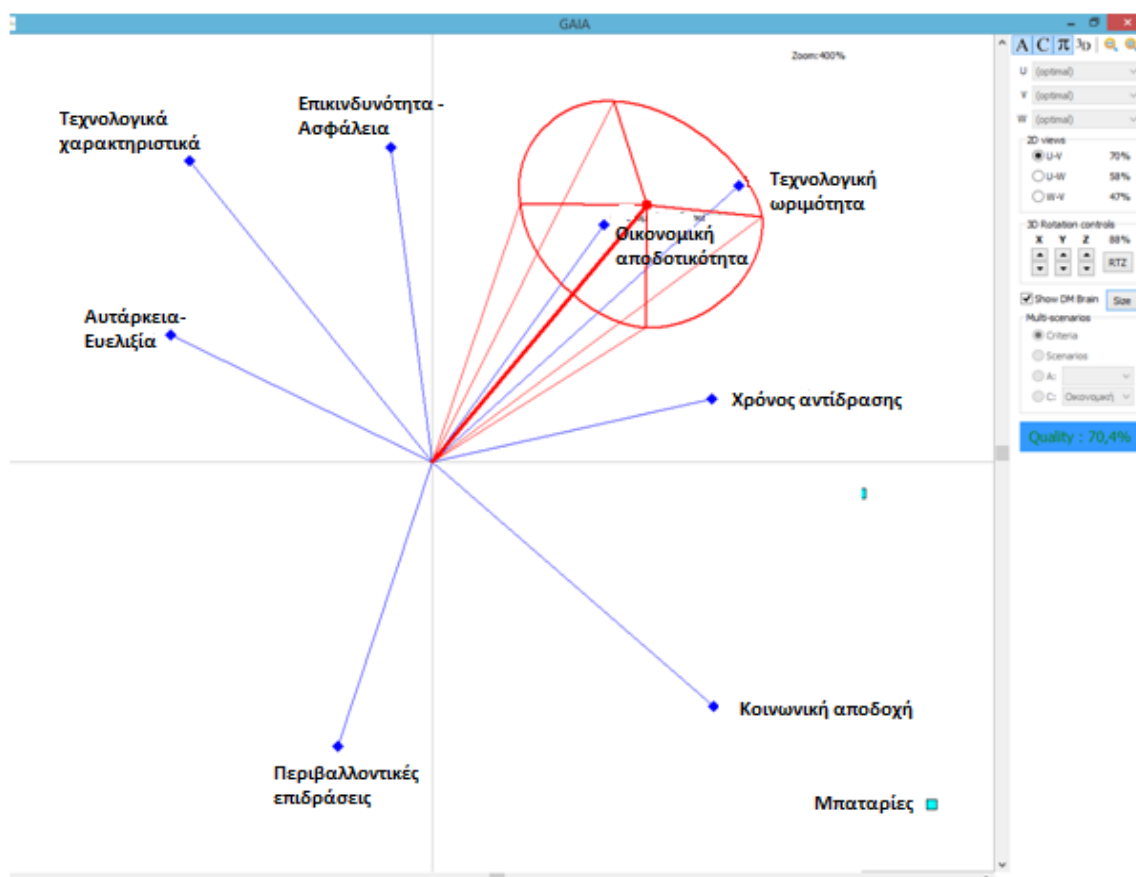
	-	Freedom	+	min	current	max
Οικονομική	-	20%	+	14,5185	18,1481	21,7778
Ενεργειακή	-	20%	+	15,1104	18,8881	22,6657
Χρόνος	-	20%	+	5,92740	7,40925	8,89111
Αυτάρκεια-Ευελι	-	20%	+	8,29517	10,3689	12,4427
Τεχνολογική	-	20%	+	6,51934	8,14918	9,77902
Επικινδυνότητα-	-	20%	+	8,59114	10,7389	12,8867
Κοινωνική	-	20%	+	6,22337	7,77922	9,33506
Περβαλλοντικέ	-	20%	+	9,47905	11,8488	14,2185
Τεχνολογικά	-	20%	+	5,33546	6,66933	8,00319

10% 25% 50% 75%

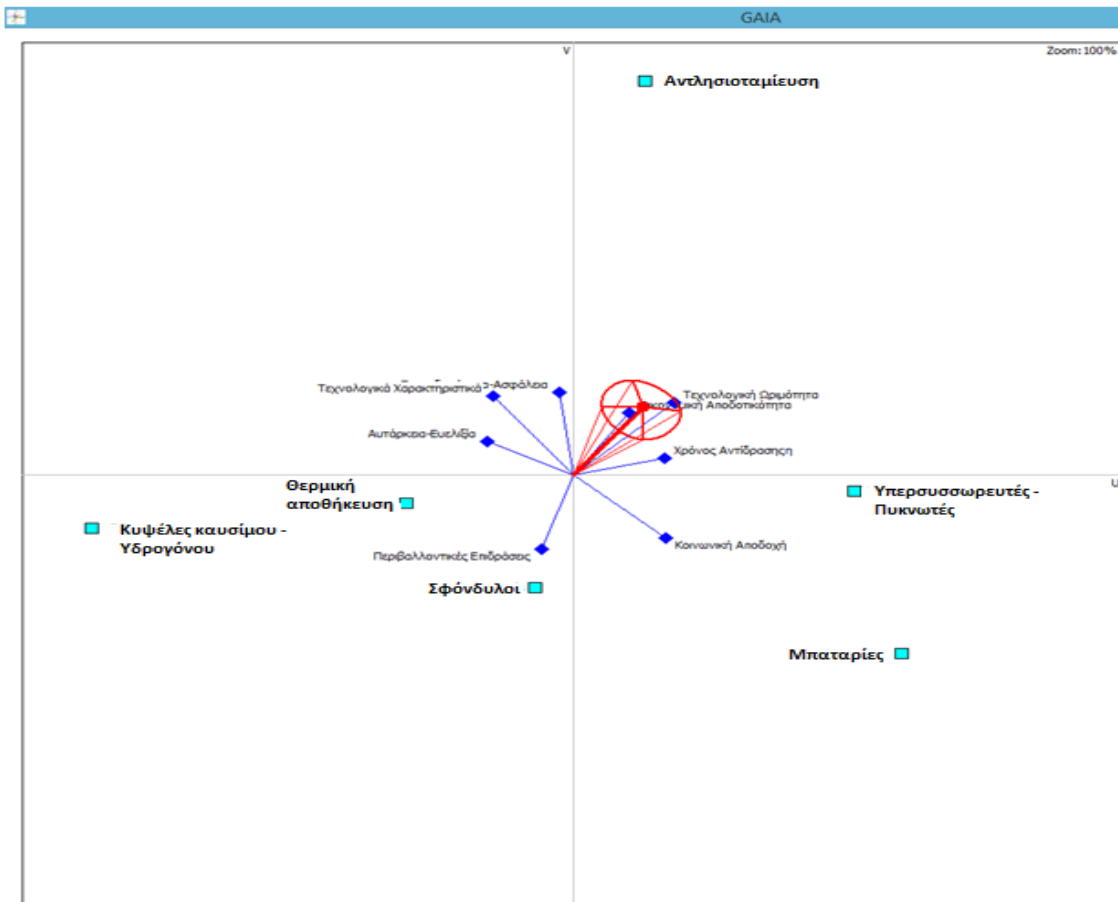
### 5.3. Ακαδημαϊκή Έρευνα

Οι εκπρόσωποι της ομάδας «Ακαδημαϊκή έρευνα» κατέταξαν τα κριτήρια με μία λιγότερο εμφανή διαφοροποίηση, καθώς τα ειδικά βάρη μεταξύ των κριτηρίων ήταν ισόποσα σχεδόν κατανομημένα- πλην του κριτηρίου «ενεργειακή απόδοση»- με βασικό κριτήριο την «τεχνολογική ωριμότητα». Το γεγονός αυτό υποδεικνύει ότι ο κλάδος της ακαδημαϊκής έρευνας υποστηρίζει ότι τα κριτήρια αν και διαφορετικά, συμβάλλουν ως ένα βαθμό το ίδιο στην επιλογή του κατάλληλου συστήματος αποθήκευσης ενέργειας με λιγοστές διαφοροποιήσεις και ουσιαστικά προτείνει την περαιτέρω εμβάθυνση στη μελέτη αυτών για την καλύτερη επιλογή. Έτσι, ως πρώτη στην κατάταξη προτίμησης βρίσκεται η τεχνολογία αντλησιοταμίευσης και τελευταία η τεχνολογία των κυψελίδων καυσίμου-υδρογόνου.

Εικόνα 5.3-1 GAIA1 για «Ακαδημαϊκή Έρευνα»



Εικόνα 5.3-2 GAIA2 για «Ακαδημαϊκή Έρευνα»



Εικόνα 5.3-3 Decision Maker Brain για «Ακαδημαϊκή Έρευνα»

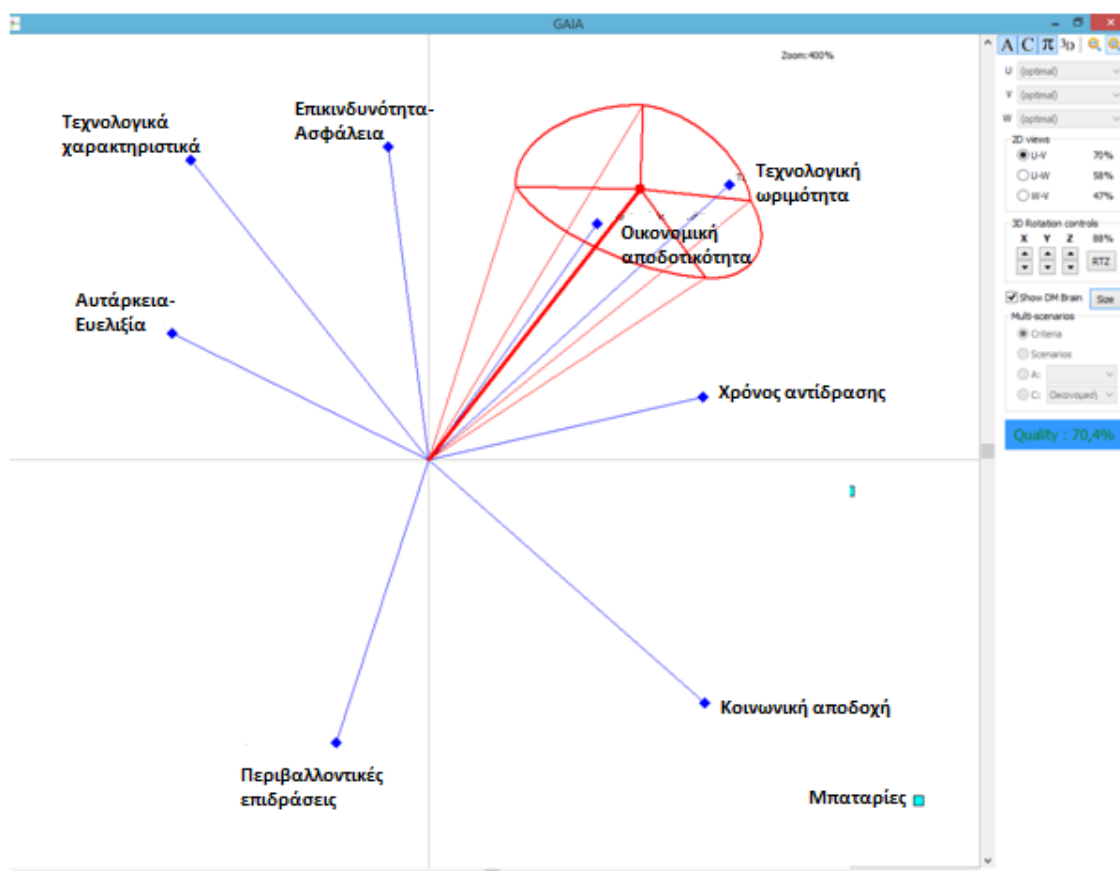
	-	Freedom	+	min	current	max
Οικονομική	-	20%	+	7,40874	9,26092	11,1131
Ενεργειακή	-	20%	+	4,44844	5,56055	6,67266
Χρόνος	-	20%	+	9,77697	12,2212	14,6654
Αυτάρκεια-Ευελι	-	20%	+	7,40874	9,26092	11,1131
Τεχνολογική	-	20%	+	11,2571	14,0714	16,8856
Επικινδυνότητα	-	20%	+	9,18491	11,4811	13,7773
Κοινωνική	-	20%	+	10,0730	12,5912	15,1095
Περιβαλλοντικές	-	20%	+	10,6650	13,3313	15,9975
Τεχνολογικά	-	20%	+	9,77697	12,2212	14,6654

10% 25% 50% 75%

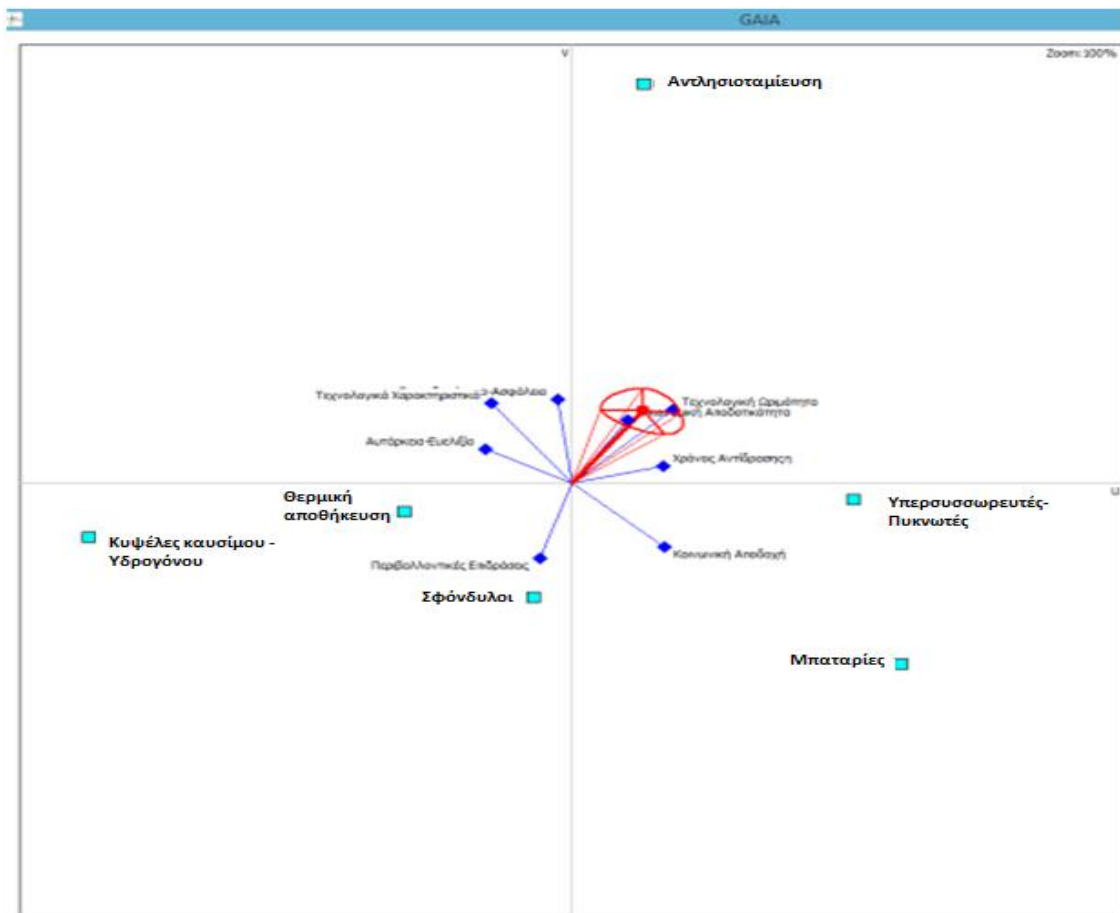
## 5.4. Οικονομικός Παράγοντας

Η συγκεκριμένη ομάδα, με βάση τα ερωτηματολόγια, έκρινε ως βασικότερο κριτήριο την «αυτάρκεια –ευελιξία», ενώ -με μια υπολογίσιμη διαφορά- ως δεύτερο κριτήριο την «οικονομική αποδοτικότητα» και τελευταίο τα «τεχνολογικά χαρακτηριστικά». Λαμβάνει υπ' όψιν την πιθανότητα εξέλιξης του κεντρικού συστήματος παραγωγής ενέργειας, τις μετέπειτα ανάγκες και τη δυνητικότητα του ήδη εφαρμοσμένου συστήματος αποθήκευσης ενέργειας να ανταποκριθεί σε αυτές τις αλλαγές χωρίς να χρειαστεί επιπρόσθετα συστήματα για τη καλή λειτουργία του. Ως εκ τούτου, η τεχνολογία αντλησιοταμίευσης συνιστάται σε μεγαλύτερο βαθμό ως μία «καλή» εναλλακτική λύση, απ' ό,τι η τεχνολογία των κυψελίδων καυσίμου-υδρογόνου.

Εικόνα 5.4-1 GAIA1 για «Οικονομικός παράγοντας»



Εικόνα 5.4-2 GAIA2 για «Οικονομικός παράγοντας»



Εικόνα 5.4-3 Decision Maker Brain για «Οικονομικός παράγοντας»

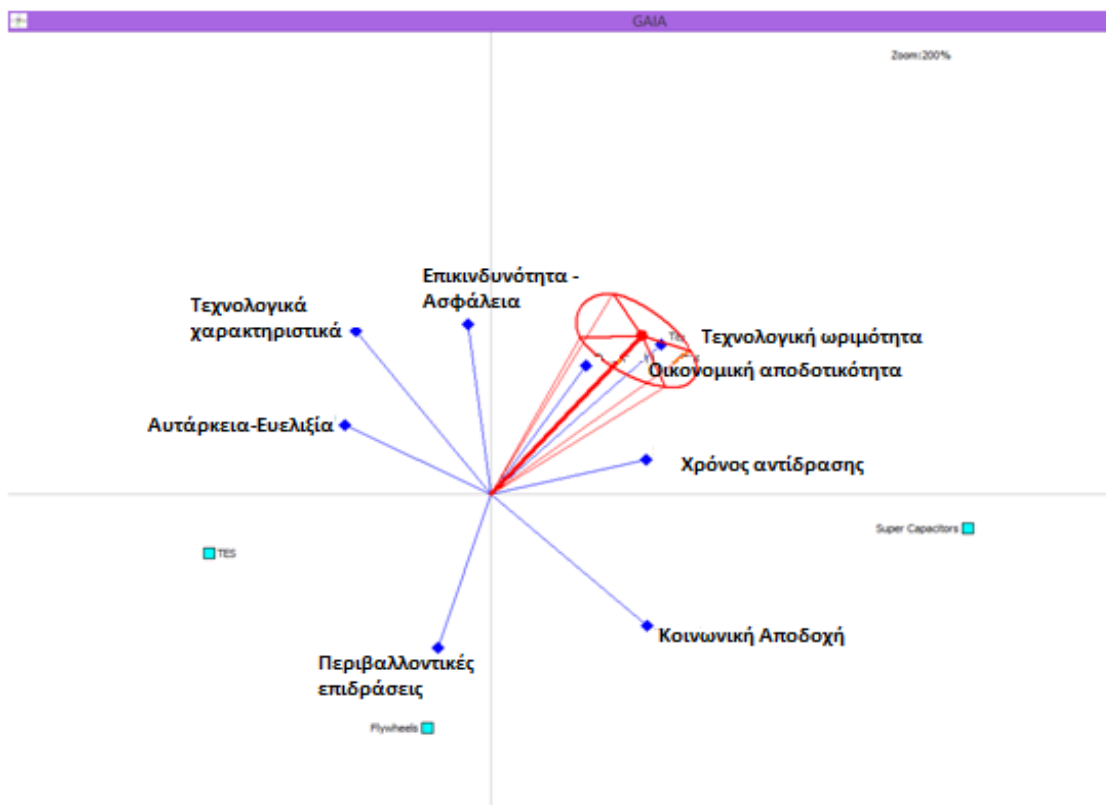
Decision Maker Brain						
	-	Freedom	+	min	current	max
Οικονομική	-	20%	+	11,256	14,07%	16,884
Ενεργειακή	-	20%	+	10,664	13,33%	15,996
Χρόνος	-	20%	+	9,776%	12,22%	14,664
Αυτάρκεια-Ευελιξία	-	20%	+	14,224	17,78%	21,336
Τεχνολογική	-	20%	+	6,52%	8,15%	9,78%
Επικινδυνότητα	-	20%	+	7,704%	9,63%	11,556
Κοινωνική	-	20%	+	8%	10%	12%
Περιβαλλοντικές	-	20%	+	6,816%	8,52%	10,224
Τεχνολογικά	-	20%	+	5,04%	6,3%	7,56%

10% 25% 50% 75%

## 5.5. Καταναλωτής

Και σε αυτή την ομάδα, σημαντικό κριτήριο τέθηκε η «οικονομική αποδοτικότητα» και πολύ λιγότερο τα «τεχνολογικά χαρακτηριστικά» και η «κοινωνική αποδοχή», τα οποία κατ' επέκταση εκθέτουν ως πρώτη επιλογή την τεχνολογία αντλησιοταμίευσης και τελευταία την τεχνολογία των κυψελίδων καυσίμου-υδρογόνου. Η σκέψη, λοιπόν, που δημιουργείται είναι ότι για να επιτευχθεί η κάλυψη των σημερινών –αλλά και μελλοντικών- αναγκών σε ενέργεια, ίσως χρειάζεται η επανεξέταση του ζητήματος και η καλύτερη ενημέρωση προς το κοινό επί αυτού.

Εικόνα 5.5-1 GAIA1 για «Καταναλωτής»



Εικόνα 5.5-2 GAIA2 για «Καταναλωτής»



Εικόνα 5.5-3 Decision Maker Brain για «Καταναλωτής»

	-	Freedom	+	min	current	max
Οικονομική	-	20%	+	14,5185	18,1481	21,7778
Ενεργειακή	-	20%	+	13,3346	16,6683	20,0019
Χρόνος	-	20%	+	8,88711	11,1088	13,3306
Αυτάρκεια-Ευελι	-	20%	+	8,29517	10,3689	12,4427
Τεχνολογική	-	20%	+	6,51934	8,14918	9,77902
Επικινδυνότητα-	-	20%	+	9,47905	11,8488	14,2185
Κοινωνική	-	20%	+	5,33546	6,66933	8,00319
Περιβαλλοντικές	-	20%	+	8,88711	11,1088	13,3306
Τεχνολογικά	-	20%	+	4,74352	5,92940	7,11528

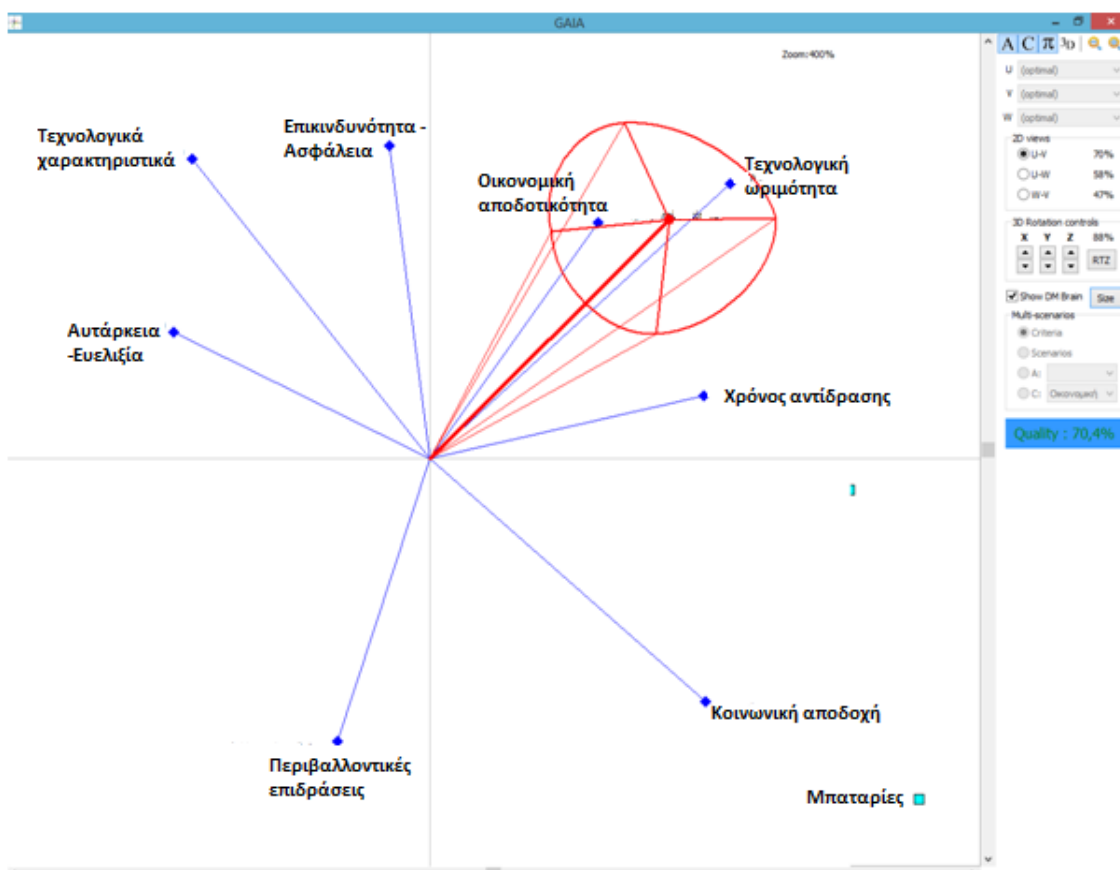
10% 25% 50% 75%



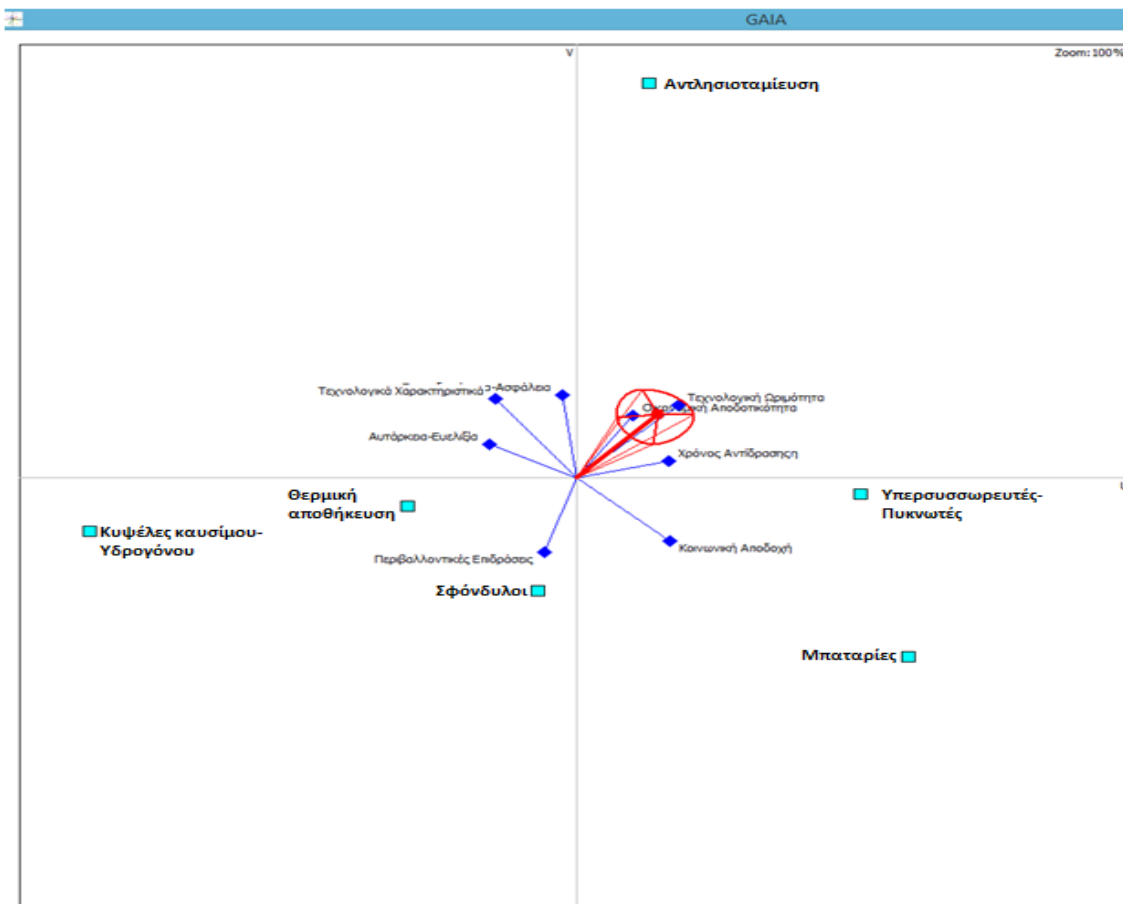
## 5.6. Χρήστης Δικτύου

Οι ερωτηθέντες χρήστες δικτύου εμφάνισαν μια πολύ ενδιαφέρουσα άποψη επί του θέματος. Έδωσαν βάρος τόσο στην «επικινδυνότητα- ασφάλεια» όσο και στις «περιβαλλοντικές επιδράσεις», αφήνοντας τελευταίο το κριτήριο «τεχνολογικά χαρακτηριστικά», αν και τα υπόλοιπα κριτήρια αξιολογήθηκαν -με μικρές διαφορές- περίπου με το ίδιο βάρος. Και σ' αυτήν την ομάδα, η σειρά καταλληλότητας για τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας επέδειξε ως πρώτη τη μέθοδο της αντλησιοταμίευσης και τελευταία τη τεχνολογία των κυψελών καυσίμου-υδρογόνου.

Εικόνα 5.6-1 GAIA1 για «Χρήστης Δικτύου»



Εικόνα 5.6-2 GAIA2 για «Χρήστης Δικτύου»



Εικόνα 5.6-3 Decision Maker Brain για «Χρήστης Δικτύου»

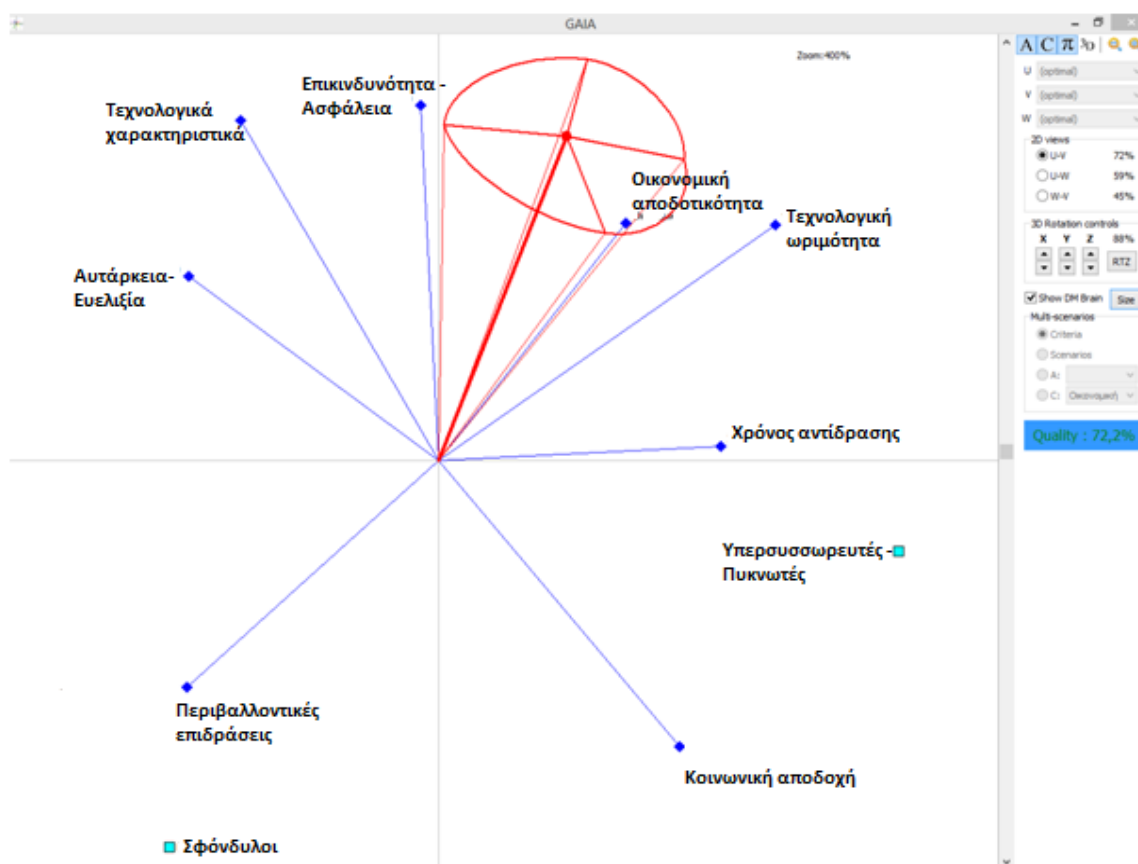
	-	Freedom	+	min	current	max
Οικονομική	-	20%	+	10,0730	12,5912	15,1095
Ενεργειακή	-	20%	+	8,29682	10,3710	12,4452
Χρόνος	-	20%	+	9,18491	11,4811	13,7773
Αυτάρκεια-Ευελι	-	20%	+	8,59285	10,7410	12,8892
Τεχνολογική	-	20%	+	8,59285	10,7410	12,8892
Επικινδυνότητα	-	20%	+	11,5531	14,4414	17,3297
Κοινωνική	-	20%	+	8,00080	10,0010	12,0012
Περιβαλλοντικές	-	20%	+	11,5531	14,4414	17,3297
Τεχνολογικά	-	20%	+	4,15241	5,19051	6,22862

10% 25% 50% 75%

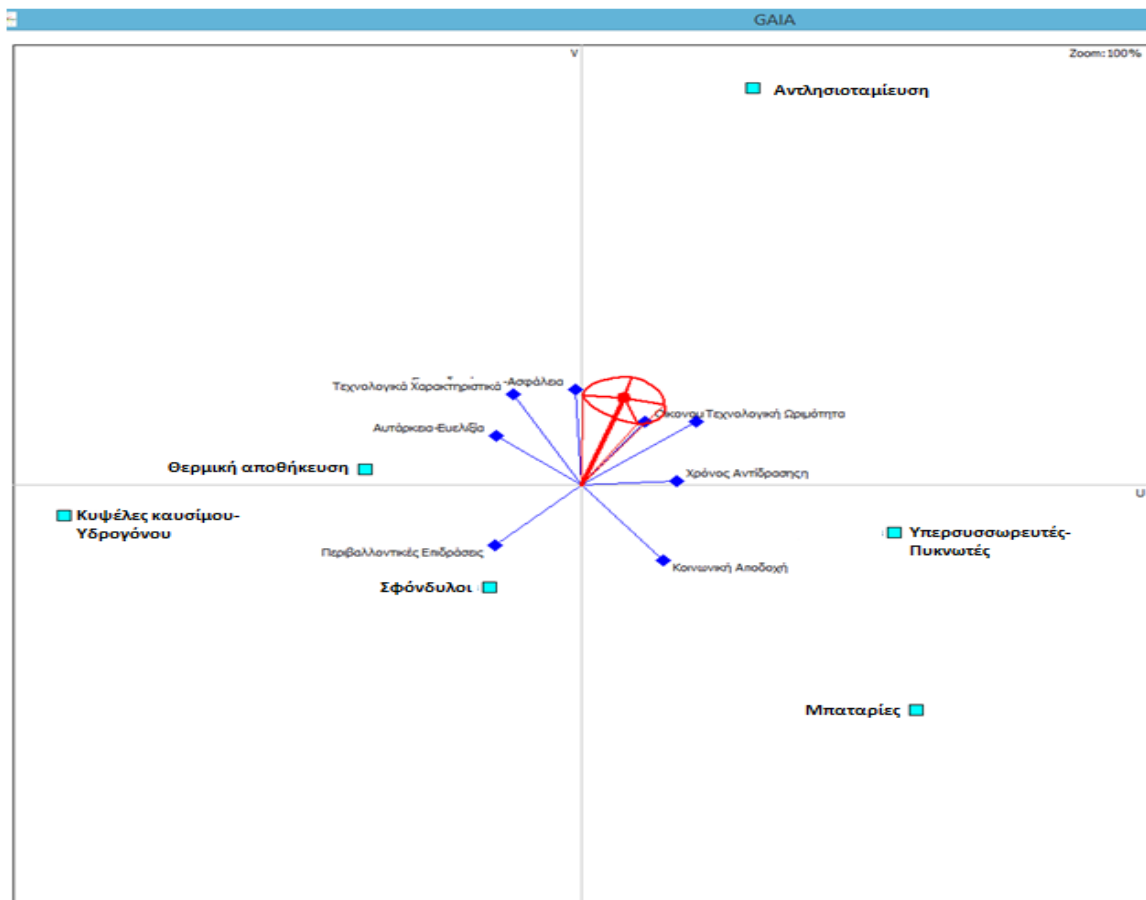
## 5.7. Μηχανικός – Κατασκευαστής

Από τις αξιολογήσεις της εν λόγω ομάδας, η «αυτάρκεια –ευελιξία» επισημάνθηκε ως το κριτήριο με το μεγαλύτερο βάρος και στη συνέχεια η «οικονομική αποδοτικότητα». Επίσης, όπως και στην ομάδα των «καταναλωτών» δε δόθηκε ιδιαίτερο βάρος στην «κοινωνική αποδοχή» και στα «τεχνολογικά χαρακτηριστικά», γεγονός που μπορεί εύκολα να θεωρηθεί ως μία κοινή αποδοχή των δύο ομάδων ότι πρωταρχικός στόχος είναι η κάλυψη των ενεργειακών αναγκών με χαμηλό κόστος ανά παραγόμενη μονάδα και εν συνεχεία ότι υπάρχει και ένας κοινός τρόπος σκέψης. Τα αποτελέσματα από το πρόγραμμα Visual PROMETHEE, εμφανίζουν ως καλύτερη τεχνολογία αποθήκευσης ενέργειας για τα δεδομένα της ομάδας την αντλησιοταμίευση και λιγότερο κατάλληλη την τεχνολογία των κυψελών καυσίμου-υδρογόνου.

Εικόνα 5.7-1 GAIA1 για «Μηχανικός-Κατασκευαστής»



Εικόνα 5.7-2 GAIA2 για «Μηχανικός - Κατασκευαστής»



Εικόνα 5.7-3 Decision Maker Brain για «Μηχανικός - Κατασκευαστής»

Decision Maker Brain						
	-	Freedom	+	min	current	max
Οικονομική	-	20%	+	13,6292	17,0365	20,4439
Ενεργειακή	-	20%	+	12,4455	15,5568	18,6682
Χρόνος	-	20%	+	6,51869	8,14837	9,77804
Αυτάρκεια-Ευελι	-	20%	+	14,2211	17,7764	21,3317
Τεχνολογική	-	20%	+	5,33493	6,66866	8,00239
Επικινδυνότητα	-	20%	+	9,47810	11,8476	14,2171
Κοινωνική	-	20%	+	4,15116	5,18896	6,22675
Περιβαλλοντική	-	20%	+	8,88622	11,1077	13,3293
Τεχνολογικά	-	20%	+	5,33493	6,66866	8,00239

10% 25% 50% 75%

## 5.8. Μεθοδολογικές αδυναμίες –Προβλήματα κατά τη διεξαγωγή της έρευνας

Κατά την υλοποίηση της ΔΕ υπήρξαν αρκετές δυσκολίες και καθυστερήσεις.

Πιο αναλυτικά, κατά τη σύνταξη του ερωτηματολογίου, κρίθηκε απαραίτητη η περιγραφή τόσο των συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας όσο και των κριτηρίων, καθώς η συγκεκριμένη μελέτη απευθυνόταν σε διάφορες ομάδες ενδιαφέροντος με διαφορετικές γνωστικές και τεχνικές δεξιότητες, μορφωτικό επίπεδο και κοινωνικούς ρόλους. Επιπλέον, η διεξαγωγή της συλλογής των ερωτηματολογίων παρουσίασε μεγάλη χρόνο-καθυστέρηση. Κάποιες ομάδες ήταν πιο εύκολα προσβάσιμες και οι εκπρόσωποι πιο προσιτοί, οπότε τα δεδομένα συλλέχτηκαν εντός ημερών, ενώ για άλλες ομάδες η εύρεση του αριθμού των εκπροσώπων για τη συμπλήρωση των ερωτηματολογίων ήταν πολύ δυσκολότερη και ενείχε χρονοτριβές (παραπάνω από χρονικό διάστημα μερικών εβδομάδων). Ιδιαίτερα «δύσκολη» ομάδα ήταν οι περιβαλλοντικές οργανώσεις, γεγονός που υποδεικνύει την έλλειψη περιβαλλοντικής συνείδησης και ενεργοποίησης των πολιτών σε θέματα περιβαλλοντικού και οικολογικού χαρακτήρα σε επίπεδο περιφέρειας Κρήτης. Οι κρατικές υπηρεσίες, ήταν ακόμη μία ομάδα που ανταποκρίθηκε σχετικά αργά στην όλη διαδικασία-όπως και η ομάδα «Χρήστης Δικτύου»- αν και επιλέχθηκαν υπηρεσίες που σχετίζονταν με το θέμα ενέργεια και περιβάλλον της συγκεκριμένης ΔΕ. Εξαιρετικά γρήγορη απάντηση έδωσαν οι ομάδες: «οικονομικός παράγοντας», «καταναλωτής» , «μηχανικός-κατασκευαστής» και «ακαδημαϊκή έρευνα».

Όσον αφορά τη βιβλιογραφική έρευνα, ο βασικότερος προβληματισμός εντοπίστηκε στη χρονολογία των αναφορών, αλλά και στο ευρύτερο θέμα τους. Πιο συγκεκριμένα, αν και υπάρχουν επιστημονικές έρευνες για τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας, το μεγαλύτερο ποσοστό αυτών, εξειδικεύεται σε ένα με δύο, αναλύοντας επιμέρους μορφές αυτών, ενώ οι αναφορές που πραγματοποιούν μία συγκριτική έρευνα

περισσότερων από δύο μεθόδους αποθήκευσης ενέργειας είναι ελάχιστες μέσα στην τελευταία δεκαετία και επικεντρώνονται σε ποσοτικά στοιχεία εξειδικευμένων περιπτώσεων.

Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για την κατάταξη των συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας ήταν η πολυκριτηριακή και ο προσδιορισμός του δείκτη προτίμησης έγινε με το πρόγραμμα Visual PROMETHEE and GAIA academic edition. Στη συγκεκριμένη μέθοδο δεν παρουσιάστηκαν έντονα προβλήματα κατανόησης. Για το πρόγραμμα επίλυσης του θέματος της ΔΕ, δεν εμφανίστηκαν δυσκολίες στην εκτέλεση του, παρά μόνο κατά την εξαγωγή των αποτελεσμάτων, καθώς η έκδοση ήταν ακαδημαϊκή με περιορισμένο φάσμα εντολών και επεξεργασίας των αποτελεσμάτων. Το γεγονός αυτό δεν επηρέασε τα τελικά αποτελέσματα, εν αντιθέσει απλοποίησε σε γενικές γραμμές το πρόβλημα προσδιορισμού του δείκτη προτίμησης. Ωστόσο, η παρουσίαση των αποτελεσμάτων είναι αρκετά λιτή και χρήζει περισσότερη ανάλυση.

## 6. Συμπεράσματα

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για τη σύνταξη, πραγματοποίηση και ανάλυση των ερωτηματολογίων ήταν επαρκής. Η βιβλιογραφική έρευνα έδωσε πολύ χρήσιμο υλικό προς μελέτη, όμως το γεγονός ότι εξετάζοταν το σύνολο των συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας είτε σε θεωρητικό επίπεδο είτε μέσω σύγκρισης 2-3 -το πολύ- εξ αυτών των συστημάτων για εξειδικευμένες περιπτώσεις, αφαιρούσε την αντικειμενικότητα και δυσκόλευε τη γενική παρατήρηση τους. Η μέθοδος της πολυκριτηριακής ανάλυσης και το πρόγραμμα Visual PROMETHEE and GAIA (ακαδημαϊκή έκδοση) για υλοποίησης της ήταν εύκολα στην κατανόηση- χρήση τους και πολύ αποτελεσματικά στην εξαγωγή των συμπερασμάτων και την κατάταξη των συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας.

Έτσι, από τις βιώσιμες εναλλακτικές λύσεις που εξετάσθηκαν συναρτήσει όλων των σεναρίων –στην συγκεκριμένη ΔΕ- σχεδόν όλες κατέληξαν στο συμπέρασμα, ότι η τεχνολογία αντλησιοταμίευσης αποτελεί την καλύτερη δυνατή λύση. Ως σύστημα αποθήκευσης ενέργειας παρουσιάζει το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα τόσο σε οικονομικό όσο και τεχνικό επίπεδο. Μάλιστα, είναι εμφανές και από τα ειδικά βάρη των κριτηρίων στις- υπό μελέτη- ομάδες ότι η οικονομική αποδοτικότητα ήταν ένας παράγοντας από τον οποίο εξαρτήθηκε σε μεγάλο βαθμό το τελικό αποτέλεσμα.

Φυσικά, δε γίνεται να παραληφθούν οι σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις που μπορεί να επιφέρει η δημιουργία μίας εγκατάστασης τέτοιου τύπου και οι αντιδράσεις της τοπικής κοινωνίας προς το έργο αυτό. Ωστόσο, τα οφέλη της τεχνολογίας της αντλησιοταμίευσης μπορούν να εξισορροπήσουν τα μειονεκτήματά της σε επίπεδο κοινωνικό και περιβαλλοντικό. Η τοπική κοινωνία μπορεί να επωφεληθεί από την αποθήκευση της πλεονάζουσας ενέργειας, των θέσεων εργασίας που θα

δημιουργηθούν και από το γεγονός ότι μία εγκατάσταση αντλησιοταμίευσης εξετάζεται σχολαστικά, ελέγχεται στην τήρηση της σχετικής νομοθεσίας για την προστασία του περιβάλλοντος και υλοποιείται σε περιοχές που θα επιφέρει τη μικρότερη δυνατή αλλοίωση του φυσικού περιβάλλοντος.

Μετά από συνέντευξη με άτομα από μερικές από τις επιμέρους ομάδες, και με προηγούμενη αναφορά του αποτελέσματος της έρευνας, βασικό σχόλιο τους ήταν το γεγονός αδυναμίας εφαρμογής της συγκεκριμένης τεχνολογίας. Ακόμη και έπειτα από την παρουσίαση της 'ομαδικής' γνώμης επί των κριτηρίων επιλογής της μεθόδου και τα ευρισκόμενα δεδομένα για τις τεχνολογίες από την διεθνή βιβλιογραφία, οι εκπρόσωποι εστίασαν σε 3 βασικά ζητήματα:

- Την αντίδραση της τοπικής κοινωνίας ως προς την τεχνολογία αποθήκευσης ενέργειας, που σε μεγάλο ποσοστό οφείλεται και στη μη έγκυρη – ελλιπή ενημέρωση της όσον αφορά τα ενεργειακά ζητήματα και
- Τα τεχνικά ζητήματα που προκύπτουν από τις υπηρεσίες του κράτους για την αδειοδότηση έως και υλοποίηση- λειτουργία της μονάδας
- Την ελλιπή νομοθεσία περί της αποθήκευσης ενέργειας, της ανακύκλωσης των υλικών και τους ελεγκτικούς μηχανισμούς.

Πιο αναλυτικά, η κοινωνική αποδοχή, αν και παρουσίαζε χαμηλό ειδικό βάρος στις περισσότερες ομάδες μελέτης, θεωρείται ένας ισχυρά ανασταλτικός παράγοντας σε συνδυασμό με την ελλιπή νομοθεσία, καθώς μπορεί να καθυστερήσει σε μεγάλο βαθμό την υλοποίηση ενός έργου έως ακόμη και να την αποτρέψει εν τέλει. Η τεχνολογία των κυψελών καυσίμου, παρουσιάζει υψηλή αυτάρκεια και ευελιξία, όμως το υψηλό κόστος τους συναρτήσει της ενέργειας που μπορούν να αποδώσουν και η σχεδόν ανύπαρκτη ενημέρωση του κοινού για την τεχνολογία αυτή- άρα πολύ χαμηλή κοινωνική αποδοχή- καθιστά αδύνατη την εφαρμογή της σε επίπεδο Κρήτης.



Η ελλιπής πληροφόρηση, λοιπόν, περί των συστημάτων αποθήκευσης και του τρόπου λειτουργίας τους παρουσιάζει μία αντιφάσκουσα εικόνα. Για παράδειγμα, η τεχνολογία των μπαταριών- μία αρκετά ανεπτυγμένη και εμπορική τεχνολογία- βρίσκει υψηλή κοινωνική αποδοχή σε σχέση με την τεχνολογία της αντλησιοταμίευσης (σε εθνικό επίπεδο). Το γεγονός αυτό οφείλεται και στη χρήση μικρότερων –προφανώς – μπαταριών στην καθημερινότητα, σε σχέση με ένα σύστημα αντλησιοταμίευσης που είναι ελάχιστα γνωστό στο ευρύτερο κοινό. Το παράδοξο- και σε αυτήν την περίπτωση- είναι ότι κατά τη λειτουργία μιας εγκατάστασης με το πρώτο σύστημα, οι κίνδυνοι προς την ασφάλεια των ανθρώπων –και ειδικά των εργαζομένων στο χώρο αυτό- είναι μεγαλύτεροι απ’ ότι στο δεύτερο σύστημα αποθήκευσης ενέργειας (ύπαρξη χημικών και τοξικών ουσιών). Επίσης, ο χρόνος ζωής ενός συστήματος μπαταριών είναι πολύ μικρότερος απ’ ότι ενός συστήματος αντλησιοταμίευσης, αλλά σε (υβριδικά) έργα παραγωγής και αποθήκευσης ενέργειας, θα προτιμηθεί η χρήση μπαταριών, καθώς έχουν υψηλή κοινωνική αποδοχή. Σε αυτό συμβάλλει αρνητικά και το νομοθετικό σύστημα, που δεν έχει προβλέψει για την ανακύκλωση των μπαταριών και πυκνωτών μετά το πέρας του χρόνου λειτουργίας τους.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, εμφανής είναι η ανάγκη για περαιτέρω εξελίξεις στον τομέα των συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας, ώστε να επιτευχθεί χαμηλότερο κόστος, μεγαλύτερη ενεργειακή απόδοση και παράλληλα μικρότερες –έως μηδαμινές περιβαλλοντικές επιδράσεις είτε αυτές προέρχονται από το στάδιο της κατασκευής, της λειτουργίας είτε το στάδιο της αποκατάστασης και ανακύκλωσης του χώρου και των υλικών αντίστοιχα. Σε αυτό το εγχείρημα, η θέσπιση νόμων κρίνεται εξίσου απαραίτητη, για την επίλυση τόσο των περιβαλλοντικών ζητημάτων, όσο και των τεχνικών ζητημάτων των κρατικών υπηρεσιών. Ταυτόχρονα, η συγκεκριμένη ΔΕ ανέδειξε το σημαντικό ρόλο της κοινωνικής αποδοχής και την έλλειψη ενημέρωσης των πολιτών επί

του θέματος. Δράσεις, ενημερωτικά προγράμματα και ανοικτές συζητήσεις για το σύνολο των πολιτών θα μπορούσαν να βοηθήσουν σημαντικά στην ανάπτυξη του κλάδου αποθήκευσης ενέργειας στο νησί , μιας και τα προβλήματα ηλεκτροδότησης – ιδιαίτερα κατά την τουριστική περίοδο- δυσκολεύουν την καθημερινότητα. Με αυτόν τον τρόπο, θα επιτευχθεί και μεγαλύτερη ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο δίκτυο ηλεκτροδότησης.

## 7. Βιβλιογραφία

### Αγγλόφωνη βιβλιογραφία

Aguado J.A., S. de la Torre, A. Triviño '**Battery energy storage systems in transmission network expansion planning**' Electric Power Systems Research 145 (2017) p. 63–72

Amrouche S. Ould, D. Rekioua, T. Rekioua , S. Bacha '**Overview of energy storage in renewable energy systems**' international journal of hydrogen energy 41 ( 2016 ) p.20914-20927

Chen H, Cong T N, Yanga W, TanC, Li Y &Ding Y (2008) **Progress in electrical energy storage system A critical review**, p.294

Comodia Gabriele, Francesco Carduccia, Jia Yin Szeb, Nagarajan Balamuruganb, Alessandro Romagnolib "**Storing energy for cooling demand management in tropical climates: A techno-economic comparison between different energy storage technologies**" Energy Volume 121 (2017) p. 676–694 [11]

E.M.G. Rodriguesa, R. Godinaa, S.F. Santosa, A.W. Bizuayehua, J. Contrerasc, J.P.S. Catalãoa (2014) "**Energy storage systems supporting increased penetration of renewables in islanded systems**", Energy 75 (2014) p.265-280 [3]

Evans Annette, Vladimir Strezov\*, Tim J. Evans "**Assessment of utility energy storage options for increased renewable energy penetration**", Renewable and Sustainable Energy Reviews 16 (2012) p. 4141– 4147 [1]

Gitrakos Georgios P., Theocharis D. Tsoutsos , Nikos Zografakis '**Sustainable power planning for the island of Crete**' Energy Policy 37 (2009) p.1222–1238

Haisheng Chena, b, Thang Ngoc Conga, Wei Yanga, Chunqing Tanb, Yongliang Lia, Yulong Ding "**Progress in electrical energy storage system: A critical review**", Progress in Natural Science 19 (2009) p. 291–312 [4]

Hemmati Reza '**Technical and economic analysis of home energy management system incorporating small-scale wind turbine and battery energy storage system**' Journal of Cleaner Production 159 (2017) p.106-118

Karellas S., N.Tzouganatos '**Comparison of the performance of compressed-air and hydrogen energy storage systems: Karpathos island case study**', Renewable and Sustainable Energy Reviews 29 (2014)p. 865–882

Kyriakopouloua Grigorios L., Garyfallos Arabatzisb "**Electrical energy storage systems in electricity generation: Energy policies, innovative technologies, and regulatory regimes**" Renewable and Sustainable Energy Reviews 56(2016)p. 1044–1067 [8]

Leadbetter Jason, Lukas Swan "**Battery storage system for residential electricity peak demand shaving**", Energy and Buildings 55 (2012) p. 685–692 [5]

Manolakos D. a,\* , G. Papadakis a, D. Papantonis b, S. Kyritsis '**A simulation-optimisation programme for designing hybrid energy systems for supplying electricity and fresh water through desalination to remote areas Case study: the Merssini village, Donoussa island, Aegean Sea, Greece**' Energy 26 (2001) p. 679–704

Marcin Jarnut , Szymon Werminski , Bartosz Waskowicz "**Comparative analysis of selected energy storage technologies for prosumer-owned microgrids**", Renewable and Sustainable Energy Reviews 74 (2017) p. 925-937 [6]

Mukrimin Sevkett Guney , Yalcin Tepeb '**Classification and assessment of energy storage systems**' Renewable and Sustainable Energy Reviews 75 (2017) p.1187–1197

Omid Palizban , Kimmo Kauhaniemi "**Energy storage systems in modern grids—Matrix of technologies and applications**" Journal of Energy Storage 6 (2016) p. 248–259 [7]

Prof.Bertrand Mareschal (2011-2017) <http://www.promethee-gaia.net/index.html>, τελευταία πρόσβαση 4/6/2017

Riccardo Amirante, Egidio Cassone, Elia Distaso, Paolo Tamburrano “**Overview on recent developments in energy storage: Mechanical, electrochemical and hydrogen technologies**” Energy Conversion and Management 132 (2017) p. 372-387 [10]

Stamatakis, A., Mandalaki, M., Tsoutsos, T. “**Multi-criteria analysis for PV integrated in shading devices for Mediterranean region**” Energy and Buildings 117 (2016)p. 128-137

T.M.I. Mahliaa, T.J. Saktisahdana, A. Jannifarc, M.H. Hasanc, H.S.C. Matseelarc “**A review of available methods and development on energy storage; technology update**” Volume 33, (2014) p. 532-545 [9]

Tsoutsos Theocharis, Maria Drandaki, Niki Frantzeskaki, Eleftherios Iosifidis, Ioannis Kio “**Sustainable energy planning by using multi-criteria analysis application in the island of Crete**” Energy Policy Volume 37, Issue 5 (2009) p. 1587-1600

<http://eusew.eu/awards/tilos-island>, τελευταία πρόσβαση 30/10/2017

#### Ελληνική βιβλιογραφία

Ανδριτος N. (2015) Αποθήκευση ενέργειας, [eclass.uth.gr/eclass/modules/document/file.php/MHXB122/Enotita\\_5.pdf](http://eclass.uth.gr/eclass/modules/document/file.php/MHXB122/Enotita_5.pdf), τελευταία πρόσβαση 25/3/2017 [2]

Αχίλλας Χ. , Μπανιάς Γ. (2012) **Επισκόπηση Χρήσης Μεθόδων Πολυκριτηριακής Ανάλυσης ως εργαλείο υποβοήθησης του λήπτη απόφασης**, [portal.tee.gr/portal/page/portal/teetkm/DRASTHRIOTHTES/.../analysis\\_c.pdf](http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teetkm/DRASTHRIOTHTES/.../analysis_c.pdf) , τελευταία πρόσβαση 22/2/2017

Γεντεκάκης Ι. (2013) **Τεχνολογίες επεξεργασίας αερίων εκπομπών-ΔΙΑΛΕΞΕΙΣ\_8-9** <http://www.pccplab.tuc.gr/index.php?id=846> , τελευταία πρόσβαση 9/2/2017

ΔΕΔΔΗΕ. (2017) Ετήσια έκθεση Κρήτης 2015

Καλιαμπάκος Δ., Δαμίγος Δ. (2016) **Πολυκριτηριακή Ανάλυση και Λήψη Αποφάσεων** [www.metal.ntua.gr/uploads/4011/782/Enotita\\_MCA\\_2016.pdf](http://www.metal.ntua.gr/uploads/4011/782/Enotita_MCA_2016.pdf) , τελευταία πρόσβαση 22/2/2017

Καλλιατάκης Σ.(2013) **ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ** [http://nefeli.lib.teicrete.gr/browse/stef/mhx/2013/KalliatakisStavros/attached-document-1385995596-608185-24652/Kalliatakis\\_Stavros.2013.pdf](http://nefeli.lib.teicrete.gr/browse/stef/mhx/2013/KalliatakisStavros/attached-document-1385995596-608185-24652/Kalliatakis_Stavros.2013.pdf) , τελευταία πρόσβαση 9/2/2017

Μαρινάκης Ι(2010) **Ενέργεια από υδρογόνο** [http://users.sch.gr/imirinakis/energy\\_hydrogen.htm](http://users.sch.gr/imirinakis/energy_hydrogen.htm) , τελευταία πρόσβαση 31/1/2017

Μητρόπουλος Π.(2007) **Πολυκριτηριακή ανάλυση στη λήψη αποφάσεων για τη χωροθέτηση εγκαταστάσεων και την κατανομή πόρων** <https://www.google.gr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwiVhdLui-XRAhVljCwKHeqBCjMQFggYMAA&url=http%3A%2F%2Fnemertes.lis.upatras.gr%2Fjsrui%2Fbitstream%2F10889%2F659%2F1%2FPhD-%25CE%259C%25CE%25B7%25CF%2584%25CF%2581%25CF%258C%25CF%2580%25CE%25BF%25CF%2585%25CE%25BB%25CE%25BF%25CF%2582%2520%25CE%25A0%25CE%25B1%25CE%25BD%25CE%25B1%25CE%25B3%25CE%25B9%25CF%258E%25CF%2584%25CE%25B7%25CF%2582.pdf&usg=AFQjCNFfpZlpMlk0VdyLM5akEc6m0wwZyA&bvm=bv.145822982,d.bGg&cad=rja> , τελευταία πρόσβαση 27/1/2017

Παπασταματάκη Α. (2014) **Περιγραφή, προσομοίωση και βέλτιστη διαστασιολόγηση υβριδικού συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην περιοχή των Χανίων** , Διπλωματική εργασία, σ.36-37

Σπανός Σ. (2004) **Αναλυτική μελέτη πολυκριτηριακών μεθόδων λήψης αποφάσεων**, <https://www.google.gr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjWjsq3habSAhWC0BoKHV1fATsQFggYMAA&url=http%3A%2F%2Farteemis-new.cslab.ece.ntua.gr%3A8080%2Fjsrui%2Fbitstream%2F123456789%2F3715%2F1%2FDFT2004-0234.doc&usg=AFQjCNFuDGuDDXyRUe07uYhif2hLS334pg&bvm=bv.147448319,d.d24> , τελευταία πρόσβαση 22/2/2017

(2017)ΟΔΗΓΙΑ 2010/31/ΕΕ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 19ης Μαΐου 2010 για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων ,

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/HTML/?uri=CELEX:32010L0031&rid=1> ,  
τελευταία πρόσβαση 17/7/2017

(2015) **Τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας-Λοιπά αποθηκευτικά μέσα**  
[https://eclass.teicrete.gr/modules/document/file.php/MPS-ES107/Rest\\_storage\\_means.pdf](https://eclass.teicrete.gr/modules/document/file.php/MPS-ES107/Rest_storage_means.pdf) , τελευταία πρόσβαση 27/1/2017

[www.unipi.gr/faculty/kofidis/mis/mis7.pdf](http://www.unipi.gr/faculty/kofidis/mis/mis7.pdf) , τελευταία πρόσβαση 27/1/2017

<http://coolweb.gr/mpataries-pos-leitourgoun/>, τελευταία πρόσβαση 27/1/2017

## 8. Παραρτήματα

### I. Ερωτηματολόγιο



**Πολυτεχνείο Κρήτης**

**Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος**

Αξιότιμη/ε Κυρία/ε,

Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας, στη Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος του Πολυτεχνείου Κρήτης, εκπονώ πολύ-κριτηριακή ανάλυση σε σχέση με τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας που δύνανται να εγκατασταθούν στο νησί της Κρήτης με σκοπό την αποθήκευση της πλεονάζουσας ενέργειας από εγκαταστάσεις ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και αξιοποίησή της για την κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικού φορτίου -κατά τη διάρκεια της μέρας.

Ευχαριστώ εκ των προτέρων για το χρόνο σας.

Με εκτίμηση,

Σταυρουλάκη Αθηνά

Τελειόφοιτη, Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης

e-mail: athinastavroul21@yahoo.com



Επισυνάπτεται σύντομη περιγραφή τρόπου λειτουργίας συστημάτων ενεργειακής αποθήκευσης και συνοπτική περιγραφή των κριτηρίων.

Τα συστήματα αποθήκευσης που εξετάζονται είναι:

1. Τεχνολογίες αντλησιοταμίευσης (Pumped Hydroelectric Storage System ) PHS  
Χρησιμοποιεί την περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας (κατά τη διάρκεια χαμηλής ζήτησης) για να μεταφέρει νερό από ένα χαμηλότερο σε έναν υψηλότερο υδάτινο ταμιευτήρα (τεχνητό ή φυσικό) κατά τη διάρκεια της νύχτας που υπάρχει περίσσεια ηλεκτρικής ισχύος. Η ανάκτηση της ενέργειας εξαρτάται από τον όγκο του νερού και από το ύψος πάνω από τον στρόβιλο.
2. Θερμική αποθήκευση (Thermal Energy Storage ) TES  
Στη θερμική αποθήκευση ενέργειας, η ενέργεια μπορεί να αποθηκευτεί σε μια ουσία με την αύξηση ή τη μείωση της θερμοκρασίας της ή με την αλλαγή της φάσης της. Η αποθήκευση θερμότητας μπορεί να οριστεί ως η αποθήκευση ενέργειας: α) αποθήκευση αισθητής θερμότητας (π.χ. παθητικά ηλιακά συστήματα), β) αποθήκευση λανθάνουσας θερμότητας (όταν μια ουσία αλλάζει φάση, π.χ. από πάγο σε νερό) και γ) θερμοχημική αποθήκευση (που χρησιμοποιεί την ενέργεια αποθήκευσης σε αντιστρεπτές χημικές αντιδράσεις).
3. Μπαταρίες μεγάλης κλίμακας(Batteries)  
Μια μπαταρία αποτελείται από 3 μέρη: α) την άνοδο (-), β) την κάθοδο (+) και γ) έναν ηλεκτρολύτη. Η άνοδος και η κάθοδος (το θετικό και το αρνητικό στις κλασικές μπαταρίες) συνδέονται σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα. Οι χημικές αντιδράσεις που γίνονται στην μπαταρία προκαλούν τη δημιουργία ηλεκτρονίων στην άνοδο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να παράγεται ηλεκτρική διαφορά ανάμεσα στην άνοδο και την κάθοδο.
4. Υπερσυσσωρευτές-Πυκνωτές (Super Capacitors)  
Πρόκειται για ένα σύστημα δύο αγωγών, οι οποίοι ονομάζονται οπλισμοί, μεταξύ των οποίων παρεμβάλλεται συνήθως κάποιο μονωτικό υλικό (διηλεκτρικό). Τα υλικά αυτά έχουν την ιδιότητα να πολώνουν τα ηλεκτρικά φορτία, χαρακτηριστικό που τα καθιστά ιδανικά για χρήση στους πυκνωτές. Το διηλεκτρικό υλικό μπορεί να είναι χαρτί, πλαστικό, γυαλί, αέρας κ.ά. Η διαφορά δυναμικού που αναπτύσσεται μεταξύ των οπλισμών ενός πυκνωτή οδηγεί στην φόρτιση αυτού.
5. Σφόνδυλοι (Flywheels)  
Οι σφόνδυλοι λειτουργούν άλλοτε ως γεννήτριες και άλλοτε ως κινητήρες. Ως κινητήρες, η ηλεκτρική ενέργεια με την οποία τροφοδοτείται ο στάτης μετατρέπεται σε ροπή στον άξονα του δρομέα, με αποτέλεσμα την επιτάχυνσή του και άρα την αύξηση της κινητικής του ενέργειας. Σε λειτουργία γεννήτριας, η αποθηκευμένη ενέργεια στο σφόνδυλο ασκεί ροπή στο δρομέα της μηχανής, η οποία μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια.
6. Κυψέλες καυσίμου-Υδρογόνου (Hydrogen fuel cell) HFC  
Η κυψέλη καυσίμου είναι μία συσκευή ηλεκτροχημικής μετατροπής ενέργειας. Παράγει ηλεκτρική ενέργεια με την εξωτερική παροχή καυσίμου (άνοδος) και οξειδωτικού (κάθοδος), τα οποία αντιδρούν παρουσία ηλεκτρολύτη. Γενικά, τα αντιδρώντα ρέουν προς την κυψέλη καυσίμου και τα προϊόντα ρέουν εκτός αυτής, ενώ ο ηλεκτρολύτης παραμένει συνεχώς μέσα στο κελί.

Για την ανάλυση θα χρησιμοποιηθούν τα παρακάτω εννέα (9) κριτήρια αξιολόγησης:

1. Οικονομική αποδοτικότητα

Ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες για την επιλογή ενός συστήματος αποθήκευσης. Αναφέρεται στο κόστος κατασκευής και λειτουργίας του συστήματος και, εκφράζεται ως το κόστος ανά kWh (ή kW ή kWh) ανά κύκλο ζωής .

2. Συμπεριφορά

Προσδιορίζεται με βάση το χρόνο και δίνεται από το πηλίκο της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας προς την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια.

- Ενεργειακή απόδοση: Αναπαριστά το ποσοστό της ενέργειας που μπορεί να δώσει το σύστημα.
- Χρόνος αντίδρασης: Ο χρόνος κατά τον οποίο θα ανταποκριθεί το σύστημα στη ζήτηση ηλεκτρικού φορτίου μέχρι και την ικανοποίηση αυτής.
- Αυτάρκεια –Ευελιξία : Η ικανότητα να ελίσσεται το σύστημα στις πιθανές αλλαγές λειτουργίας του και η άμεση ανταπόκρισή του μετά την αφομοίωση αυτών. Ταυτόχρονα, να λειτουργεί ως μία μονάδα, χωρίς την βοήθεια από άλλο σύστημα.

3. Τεχνολογική ωριμότητα

Αναφέρεται στην κατηγοριοποίηση των συστημάτων αποθήκευσης όσον αφορά την ‘ωριμότητα’ της τεχνολογίας τους. Πιο συγκεκριμένα:

- Ώριμες τεχνολογίες: η χρήση τους μετράει πάνω από 100 χρόνια
- Ανεπτυγμένες τεχνολογίες: τεχνολογικά ανεπτυγμένες και εμπορικά διαθέσιμες, ωστόσο οι πραγματικές εφαρμογές –ειδικά σε μεγάλης κλίμακας χρησιμότητας – δεν είναι ακόμη (ευρέως ) διαδεδομένες. Η ανταγωνιστικότητα και η αξιοπιστία τους εξακολουθούν να χρειάζονται δοκιμές από την βιομηχανία και την εμπορική αγορά.
- Υπό ανάπτυξη τεχνολογίες: δεν είναι εμπορικώς ώριμες αν και τεχνολογικά είναι πραγματοποιήσιμες και έχουν μελετηθεί από διάφορα ιδρύματα. Ωστόσο παρουσιάζουν μεγάλες δυνατότητες για τη βιομηχανία στο κοντινό μέλλον με τα ενεργειακά κόστη και τις περιβαλλοντικές ανησυχίες ως την κύρια καθοδήγησή τους.

4. Επικινδυνότητα –Ασφάλεια

Εκφράζει την ύπαρξη αρνητικών συνεπειών για την ανθρώπινη υγεία και ασφάλεια, το κίνδυνο υποβάθμισης της ποιότητας ζωής των κοντινών πληθυσμών ,του περιβάλλοντος και το κίνδυνο για πιθανά ατυχήματα κατά τη εγκατάσταση -λειτουργία του.

5. Κοινωνική αποδοχή

Κοινωνική αποδοχή εκφράζει το βαθμό στον οποίο ένα κοινωνικό σύνολο ή ομάδα κάνει αποδεκτή μία κατάσταση ή δραστηριότητα, με ταυτόχρονη αναγνώριση τόσο των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων αυτής.

6. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Οι επιδράσεις διακρίνονται σε θετικές και αρνητικές. Μερικές από τις επιδράσεις μπορεί να είναι η αύξηση/μείωση των αέριων εκπομπών από τη καύση άνθρακα, η μεταβολή-καταστροφή του φυσικού περιβάλλοντος, χημικά/τοξικά απόβλητα κ.α.

## 7. Τεχνολογικά χαρακτηριστικά

Ως τεχνολογικά χαρακτηριστικά ορίζονται στοιχεία όπως η χωρητικότητα, ο χρόνος φόρτισης και εκφόρτισης, το μέγεθος της μονάδας αποθήκευσης ενέργειας, ο κύκλος ζωής του συστήματος (σχετικός χρόνος λειτουργίας έως ότου κριθεί αναγκαία η αντικατάστασή του), παράμετροι που μπορεί να επηρεάζουν το σύστημα και να κρίνεται απαραίτητη η μελέτη αυτών για τη σωστή λειτουργία του συστήματος αποθήκευσης (όπως σύστημα ψύξης για αποφυγή υπερθέρμανσης), κ.α.

Παρακαλώ επιλέξτε μία (1) από τις παρακάτω ομάδες, με βάση την επιστημονική/τεχνική ιδιότητα και εμπειρία σας.

☐ Περιβαλλοντική οργάνωση

☐ Κρατική υπηρεσία

☐ Ακαδημαϊκή έρευνα

☐ Οικονομικός παράγοντας

☐ Καταναλωτής

☐ Χρήστης δικτύου

☐ Μηχανικός- Κατασκευαστής

Η ταξινόμηση γίνεται με τη συμπλήρωση- του παρακάτω πίνακα - ενός αριθμού από 1 έως 9 θεωρώντας 1=πολύ σημαντικό κριτήριο έως 9=ελάχιστο σημαντικό κριτήριο / αδιάφορο.

Υπάρχει δυνατότητα συνύπαρξης περισσότερων του ενός κριτηρίου στην ίδια βαθμίδα.

Πίνακας ταξινόμησης κριτηρίων

Κριτήριο Αξιολόγησης	Σειρά προτίμησης	1 =πολύ σημαντικό  έως  9=ελάχιστο σημαντικό /  αδιάφορο
Οικονομική αποδοτικότητα		
Ενεργειακή Απόδοση		
Χρόνος αντίδρασης		
Αυτάρκεια – Ευελιξία		
Τεχνολογική ωριμότητα		
Επικινδυνότητα		
Κοινωνική αποδοχή		
Περιβαλλοντικές επιδράσεις		
Τεχνολογικά χαρακτηριστικά		

## II. Αποτελέσματα Ανάλυσης

**Πίνακας 8.3. 1 Επεξεργασία ερωτηματολογίων και εύρεση τελικών ειδικών βαρών για τον παράγοντα «Περιβαλλοντική Οργάνωση»**

Περιβαλλοντική Οργάνωση 1/3	Σειρά προτίμησης ερω/γίου	Κριτήριο	Πλήθος κριτηρίων (N)	Βάρος (P)	Μέσος όρος [Q=sum(P)/N]	Σχετικό βάρος [W=(Q/sum 1)*100]	(τιμή ανά κριτήριο)
	1	Οικονομική αποδοτικότητα	3	9_8_7	8	53,33	17,78
	1	Ενεργειακή Απόδοση					
	1	Περιβαλλοντικές επιδράσεις					
	2	Χρόνος αντίδρασης	2	6_5	5,5	24,44	12,22
	2	Κοινωνική αποδοχή					
	3	Αυτάρκεια – Ευελιξία	3	4_3_2	3	20,00	6,67
	3	Τεχνολογική ωριμότητα					
	3	Επικινδυνότητα	3	4_3_2	3	20,00	6,67
	4	Τεχνολογικά χαρακτηριστικά	1	1	1	2,22	
	Σύνολο		9	45		100,00	
Περιβαλλοντική Οργάνωση 2/3	Σειρά προτίμησης ερω/γίου	Κριτήριο	Πλήθος κριτηρίων (N)	Βάρος (P)	Μέσος όρος [Q=sum(P)/N]	Σχετικό βάρος [W=(Q/sum 1)*100]	(τιμή ανά κριτήριο)
	1	Οικονομική αποδοτικότητα	2	9_8	8,5	37,78	18,89
	1	Περιβαλλοντικές επιδράσεις					
	2	Επικινδυνότητα					
	2	Χρόνος αντίδρασης	2	7_6	6,5	28,89	14,44
	3	Κοινωνική αποδοχή	2	5_4	4,5	20,00	10,00
	3	Ενεργειακή Απόδοση					
	5	Αυτάρκεια – Ευελιξία					
	6	Τεχνολογική ωριμότητα	1	2	2	4,44	
	7	Τεχνολογικά χαρακτηριστικά	1	1	1	2,22	
	Σύνολο		9	45		100,00	

Περιβαλλοντική Οργάνωση 3/3	Σειρά προτίμησης ερωγίου	Κριτήριο	Πλήθος κριτηρίων (N)	Βάρος (P)	Μέσος όρος [Q=sum(P)/N]	Σχετικό βάρος [W=(Q/sum 1)*100]	(τιμή ανά κριτήριο)
	1	Οικονομική αποδοτικότητα	1	9	9	20,00	
	2	Χρόνος αντίδρασης	2	7_8	7,5	33,33	16,67
	2	Περιβαλλοντικές επιδράσεις					
	3	Αυτάρκεια – Ευελιξία	5	2_3_4_5_6	4	44,44	8,89
	3	Τεχνολογική ωριμότητα					
	3	Επικινδυνότητα					
	3	Κοινωνική αποδοχή					
	3	Ενεργειακή Απόδοση					
	4	Τεχνολογικά χαρακτηριστικά	1	1	1	2,22	
Σύνολο			9	45		100,00	
Περιβαλλοντική Οργάνωση Μ.Ο.		Κριτήριο	Σχετικό βάρος %				
		Οικονομική αποδοτικότητα	18,89				
		Ενεργειακή Απόδοση	12,22				
		Χρόνος αντίδρασης	14,44				
		Αυτάρκεια – Ευελιξία	7,41				
		Τεχνολογική ωριμότητα	6,67				
		Επικινδυνότητα	10,00				
		Κοινωνική αποδοχή	10,37				
		Περιβαλλοντικές επιδράσεις	17,78				
		Τεχνολογικά χαρακτηριστικά	2,22				
	Σύνολο		100,00				

**Πίνακας 8.3. 2 Επεξεργασία ερωτηματολογίων και εύρεση τελικών ειδικών βαρών για τον παράγοντα «Κρατική Υπηρεσία»**

Κρατική Υπηρεσία 1/3	Σειρά προτίμησης ερω/γίου	Κριτήριο	Πλήθος κριτηρίων (N)	Βάρος (P)	Μέσος όρος [Q=sum(P)/N]	Σχετικό βάρος [W=(Q/sum 1)*100]	
	1	Οικονομική αποδοτικότητα	1	9	9	20,00	
	2	Ενεργειακή Απόδοση	1	8	8	17,78	
	7	Χρόνος αντίδρασης	1	3	3	6,67	
	5	Αυτάρκεια – Ευελιξία	1	5	5	11,11	
	8	Τεχνολογική ωριμότητα	1	2	2	4,44	
	4	Επικινδυνότητα	1	6	6	13,33	
	6	Κοινωνική αποδοχή	1	4	4	8,89	
	3	Περιβαλλοντικές επιδράσεις	1	7	7	15,56	
	9	Τεχνολογικά χαρακτηριστικά	1	1	1	2,22	
Σύνολο			9	45		100,00	
Κρατική Υπηρεσία 2/3	Σειρά προτίμησης ερω/γίου	Κριτήριο	Πλήθος κριτηρίων (N)	Βάρος (P)	Μέσος όρος [Q=sum(P)/N]	Σχετικό βάρος [W=(Q/sum 1)*100]	
	3	Οικονομική αποδοτικότητα	1	7	7	15,56	
	1	Ενεργειακή Απόδοση	1	9	9	20,00	
	9	Χρόνος αντίδρασης	1	1	1	2,22	
	7	Αυτάρκεια – Ευελιξία	1	3	3	6,67	
	5	Τεχνολογική ωριμότητα	1	5	5	11,11	
	4	Επικινδυνότητα	1	6	6	13,33	
	6	Κοινωνική αποδοχή	1	4	4	8,89	
	2	Περιβαλλοντικές επιδράσεις	1	8	8	17,78	
	8	Τεχνολογικά χαρακτηριστικά	1	2	2	4,44	
Σύνολο			9	45		100,00	

Κρατική Υπηρεσία 3/3	Σειρά προτίμηση ς ερω/γίου	Κριτήριο	Πλήθος κριτηρίω ν (N)	Βάρος (P)	Μέσος όρος [Q=sum(P)/N]	Σχετικό βάρος [W=(Q/sum 1)*100]	(τιμή ανά κριτήρι ο)
	1	Οικονομική αποδοτικότητα	2	8_9	8,5	37,78	18,89
	1	Ενεργειακή Απόδοση					
	2	Χρόνος αντίδρασης	3	7_6_5	6	40,00	13,33
	2	Αυτάρκεια – Ευελιξία					
	2	Τεχνολογικά χαρακτηριστικά					
	3	Τεχνολογική ωριμότητα	1	4	4	8,89	
	5	Επικινδυνότητα	2	2_3	2,5	11,11	5,56
	5	Κοινωνική αποδοχή					
	6	Περιβαλλοντικές επιδράσεις	1	1	1	2,22	
Σύνολο			9	45		100,00	

Κρατική Υπηρεσία Μ.Ο.	Κριτήριο	Σχετικό βάρος %
	Οικονομική αποδοτικότητα	18,15
	Ενεργειακή Απόδοση	18,89
	Χρόνος αντίδρασης	7,41
	Αυτάρκεια – Ευελιξία	10,37
	Τεχνολογική ωριμότητα	8,15
	Επικινδυνότητα	10,74
	Κοινωνική αποδοχή	7,78
	Περιβαλλοντικές επιδράσεις	11,85
	Τεχνολογικά χαρακτηριστικά	6,67
	Σύνολο	100,00



**Πίνακας 8.3. 3 Επεξεργασία ερωτηματολογίων και εύρεση τελικών ειδικών βαρών για τον παράγοντα «Ακαδημαϊκή Έρευνα»**

Ακαδημαϊκή Έρευνα 1/3	Σειρά προτίμησης ερωγίου	Κριτήριο	Πλήθος κριτηρίων (N)	Βάρος (P)	Μέσος όρος [Q=sum(P)/N]	Σχετικό βάρος [W=(Q/sum 1)*100]	(τιμή ανά κριτήριο)
	9	Οικονομική αποδοτικότητα	3	1_2_3	2	13,33	4,44
	9	Ενεργειακή Απόδοση					
	9	Περιβαλλοντικές επιδράσεις					
	8	Αυτάρκεια – Ευελιξία	3	4_5_6	5	33,33	11,11
	8	Τεχνολογική ωριμότητα					
	8	Επικινδυνότητα					
	7	Κοινωνική αποδοχή	2	7_8	7,5	33,33	16,67
	7	Χρόνος αντίδρασης					
	6	Τεχνολογικά χαρακτηριστικά					
	Σύνολο		9	45		100,00	
Ακαδημαϊκή Έρευνα 2/3	Σειρά προτίμησης ερωγίου	Κριτήριο	Πλήθος κριτηρίων (N)	Βάρος (P)	Μέσος όρος [Q=sum(P)/N]	Σχετικό βάρος [W=(Q/sum 1)*100]	(τιμή ανά κριτήριο)
	3	Οικονομική αποδοτικότητα	2	3_2	2,5	11,11	5,56
	3	Επικινδυνότητα					
	4	Ενεργειακή Απόδοση	1	1	1	2,22	
	1	Χρόνος αντίδρασης	3	9_8_7	8	53,33	17,78
	1	Τεχνολογική ωριμότητα					
	1	Περιβαλλοντικές επιδράσεις					
	2	Αυτάρκεια – Ευελιξία	3	6_5_4	5	33,33	11,11
	2	Κοινωνική αποδοχή					
	2	Τεχνολογικά χαρακτηριστικά					
	Σύνολο		9	45		100,00	

Ακαδημαϊκή Έρευνα3/3	Σειρά προτίμησης ερωλγίου	Κριτήριο	Πλήθος κριτηρίων (N)	Βάρος (P)	Μέσος όρος [Q=sum(P)/N]	Σχετικό βάρος [W=(Q/sum 1)*100]	(τιμή ανά κριτήριο)
	1	Οικονομική αποδοτικότητα	3	9_8_7	8	53,33	17,78
	1	Επικινδυνότητα					
	1	Περιβαλλοντικές επιδράσεις					
	3	Ενεργειακή Απόδοση	2	5_4	4,5	20,00	10,00
	3	Κοινωνική αποδοχή					
	7	Χρόνος αντίδρασης	1	1	1	2,22	
	5	Αυτάρκεια – Ευελιξία	2	3_2	2,5	11,11	5,56
	5	Τεχνολογικά χαρακτηριστικά					
	2	Τεχνολογική ωριμότητα					
	Σύνολο		9	45		100,00	
Ακαδημαϊκή Έρευνα Μ.Ο.	Κριτήριο		Σχετικό βάρος %				
	Οικονομική αποδοτικότητα		9,26				
	Ενεργειακή Απόδοση		5,56				
	Χρόνος αντίδρασης		12,22				
	Αυτάρκεια – Ευελιξία		9,26				
	Τεχνολογική ωριμότητα		14,07				
	Επικινδυνότητα		11,48				
	Κοινωνική αποδοχή		12,59				
	Περιβαλλοντικές επιδράσεις		13,33				
	Τεχνολογικά χαρακτηριστικά		12,22				
	Σύνολο		100,00				

**Πίνακας 8.3. 4 Επεξεργασία ερωτηματολογίων και εύρεση τελικών ειδικών βαρών για τον παράγοντα «Οικονομικός παράγοντας»**

Οικονομικός Παράγοντας 1/3	Σειρά προτίμησης ερω/γίου	Κριτήριο	Πλήθος κριτηρίων (N)	Βάρος (P)	Μέσος όρος [Q=sum(P)/N]	Σχετικό βάρος [W=(Q/sum 1)*100]	(τιμή ανά κριτήριο)
	1	Οικονομική αποδοτικότητα	2	9_8	8,5	37,78	18,89
	1	Ενεργειακή Απόδοση					
	2	Αυτάρκεια – Ευελιξία	1	7	7	15,56	
	3	Χρόνος αντίδρασης	4	6_5_4_3	4,5	40	10
	3	Τεχνολογική ωριμότητα					
	3	Επικινδυνότητα					
	3	Κοινωνική αποδοχή					
	4	Περιβαλλοντικές επιδράσεις	1	2	2	4,44	
	5	Τεχνολογικά χαρακτηριστικά	1	1	1	2,22	
Σύνολο			9	45		100,00	
Οικονομικός Παράγοντας 2/3	Σειρά προτίμησης ερω/γίου	Κριτήριο	Πλήθος κριτηρίων (N)	Βάρος (P)	Μέσος όρος [Q=sum(P)/N]	Σχετικό βάρος [W=(Q/sum 1)*100]	(τιμή ανά κριτήριο)
	7	Οικονομική αποδοτικότητα	4	3_4_5_6	4,5	40,00	10,00
	7	Ενεργειακή Απόδοση					
	7	Τεχνολογική ωριμότητα					
	7	Τεχνολογικά χαρακτηριστικά					
	6	Χρόνος αντίδρασης	3	7_8_9	8	53,33	17,78
	6	Αυτάρκεια – Ευελιξία					
	6	Κοινωνική αποδοχή					
	8	Επικινδυνότητα	2	1_2	1,5	6,67	3,33
	8	Περιβαλλοντικές επιδράσεις					
Σύνολο			9	45		100,00	

Οικονομικός Παράγοντας 3/3	Σειρά προτίμησης ερω/γίου	Κριτήριο	Πλήθος κριτηρίων (N)	Βάρος (P)	Μέσος όρος [Q=sum(P)/N]	Σχετικό βάρος [W=(Q/sum 1)*100]	(τιμή ανά κριτήριο)
	4	Οικονομική αποδοτικότητα	1	6	6	13,33	
	5	Ενεργειακή Απόδοση	1	5	5	11,11	
	6	Χρόνος αντίδρασης	1	4	4	8,89	
	1	Αυτάρκεια – Ευελιξία	1	9	9	20,00	
	8	Τεχνολογική ωριμότητα	1	2	2	4,44	
	3	Επικινδυνότητα	1	7	7	15,56	
	9	Κοινωνική αποδοχή	1	1	1	2,22	
	2	Περιβαλλοντικές επιδράσεις	1	8	8	17,78	
	7	Τεχνολογικά χαρακτηριστικά	1	3	3	6,67	
Σύνολο			9	45		100,00	
Οικονομικός Παράγοντας Μ.Ο.	Κριτήριο		Σχετικό βάρος %				
	Οικονομική αποδοτικότητα		14,07				
	Ενεργειακή Απόδοση		13,33				
	Χρόνος αντίδρασης		12,22				
	Αυτάρκεια – Ευελιξία		17,78				
	Τεχνολογική ωριμότητα		8,15				
	Επικινδυνότητα		9,63				
	Κοινωνική αποδοχή		10,00				
	Περιβαλλοντικές επιδράσεις		8,52				
	Τεχνολογικά χαρακτηριστικά		6,30				
	Σύνολο		100,00				

**Πίνακας 8.3. 5 Επεξεργασία ερωτηματολογίων και εύρεση τελικών ειδικών βαρών για τον παράγοντα «Καταναλωτής»**

Καταναλωτής 1/3	Σειρά προτίμησης ερω/γίου	Κριτήριο	Πλήθος κριτηρίων (N)	Βάρος (P)	Μέσος όρος [Q=sum(P)/N]	Σχετικό βάρος [W=(Q/sum 1)*100]	(τιμή ανά κριτήριο)
	1	Οικονομική αποδοτικότητα	2	9_8	8,5	37,78	18,89
	1	Επικινδυνότητα					
	2	Ενεργειακή Απόδοση	4	7_6_5_4_	5,5	48,89	12,22
	2	Χρόνος αντίδρασης					
	2	Τεχνολογική ωριμότητα					
	2	Κοινωνική αποδοχή					
	3	Αυτάρκεια – Ευελιξία	2	3_2	2,5	11,11	5,56
	3	Τεχνολογικά χαρακτηριστικά					
	4	Περιβαλλοντικές επιδράσεις	1	1	1	2,22	
Σύνολο			9	45		100,00	
Καταναλωτής 2/3	Σειρά προτίμησης ερω/γίου	Κριτήριο	Πλήθος κριτηρίων (N)	Βάρος (P)	Μέσος όρος [Q=sum(P)/N]	Σχετικό βάρος [W=(Q/sum 1)*100]	(τιμή ανά κριτήριο)
	1	Οικονομική αποδοτικότητα	3	9_8_7	8	53,33	17,78
	1	Ενεργειακή Απόδοση					
	1	Περιβαλλοντικές επιδράσεις					
	2	Χρόνος αντίδρασης	4	6_5_4_3_	4,5	40	10
	2	Αυτάρκεια – Ευελιξία					
	2	Επικινδυνότητα					
	2	Τεχνολογικά χαρακτηριστικά					
	3	Τεχνολογική ωριμότητα	2	2_1	1,5	6,67	3,33
	3	Κοινωνική αποδοχή					
Σύνολο			9	45		100,00	

Καταναλωτής 3/3	Σειρά προτίμησης ερω/γίου	Κριτήριο	Πλήθος κριτηρίων (N)	Βάρος (P)	Μέσος όρος [Q=sum(P)/N]	Σχετικό βάρος [W=(Q/sum 1)*100]	(τιμή ανά κριτήριο)
	2	Οικονομική αποδοτικότητα	1	8	8	17,78	
	1	Ενεργειακή Απόδοση	1	9	9	20,00	
	5	Χρόνος αντίδρασης	1	5	5	11,11	
	3	Αυτάρκεια – Ευελιξία	1	7	7	15,56	
	6	Τεχνολογική ωριμότητα	1	4	4	8,89	
	7	Επικινδυνότητα	1	3	3	6,67	
	8	Κοινωνική αποδοχή	1	2	2	4,44	
	4	Περιβαλλοντικές επιδράσεις	1	6	6	13,33	
	9	Τεχνολογικά χαρακτηριστικά	1	1	1	2,22	
Σύνολο			9	45		100,00	
Καταναλωτής M.O.		Κριτήριο	Σχετικό βάρος %				
		Οικονομική αποδοτικότητα	18,15				
		Ενεργειακή Απόδοση	16,67				
		Χρόνος αντίδρασης	11,11				
		Αυτάρκεια – Ευελιξία	10,37				
		Τεχνολογική ωριμότητα	8,15				
		Επικινδυνότητα	11,85				
		Κοινωνική αποδοχή	6,67				
		Περιβαλλοντικές επιδράσεις	11,11				
		Τεχνολογικά χαρακτηριστικά	5,93				
Σύνολο			100,00				

**Πίνακας 8.3. 6 Επεξεργασία ερωτηματολογίων και εύρεση τελικών ειδικών βαρών για τον παράγοντα «Χρήστης Δικτύου»**

	Σειρά προτίμησης ερω/γίου	Κριτήριο	Πλήθος κριτηρίων (N)	Βάρος (P)	Μέσος όρος [Q=sum(P)/N]	Σχετικό βάρος [W=(Q/sum 1)*100]	(τιμή ανά κριτήριο)
Χρήστης Δικτύου 1/3	3	Οικονομική αποδοτικότητα	1	7	7	15,56	
	4	Ενεργειακή Απόδοση					
	4	Χρόνος αντίδρασης					
	4	Αυτάρκεια – Ευελιξία					
	4	Τεχνολογική ωριμότητα					
	4	Κοινωνική αποδοχή					
	4	Τεχνολογικά χαρακτηριστικά	6	6_5_4_3_2_1_	3,5	46,67	7,78
	1	Επικινδυνότητα	1	9	9	20,00	
	2	Περιβαλλοντικές επιδράσεις	1	8	8	17,78	
	Σύνολο		9	45		100,00	
Χρήστης Δικτύου 2/3	Σειρά προτίμησης ερω/γίου	Κριτήριο	Πλήθος κριτηρίων (N)	Βάρος (P)	Μέσος όρος [Q=sum(P)/N]	Σχετικό βάρος [W=(Q/sum 1)*100]	(τιμή ανά κριτήριο)
	4	Οικονομική αποδοτικότητα	1	6	6	13,33	
	1	Ενεργειακή Απόδοση	1	9	9	20,00	
	2	Χρόνος αντίδρασης	1	8	8	17,78	
	3	Αυτάρκεια – Ευελιξία	1	7	7	15,56	
	5	Τεχνολογική ωριμότητα	1	5	5	11,11	
	7	Επικινδυνότητα	1	3	3	6,67	
	9	Κοινωνική αποδοχή	1	1	1	2,22	
	6	Περιβαλλοντικές επιδράσεις	1	4	4	8,89	
	8	Τεχνολογικά χαρακτηριστικά	1	2	2	4,44	
	Σύνολο		9	45		100,00	

Χρήστης Δικτύου 3/3	Σειρά προτίμησης ερω/γίου	Κριτήριο	Πλήθος κριτηρίων (N)	Βάρος (P)	Μέσος όρος [Q=sum(P)/N]	Σχετικό βάρος [W=(Q/sum 1)*100]	(τιμή ανά κριτήριο)
	4	Οικονομική αποδοτικότητα	3	5_4_3	4	26,67	8,89
	4	Χρόνος αντίδρασης					
	4	Αυτάρκεια – Ευελιξία					
	3	Τεχνολογική ωριμότητα	1	6	6	13,33	
	2	Επικινδυνότητα	2	8_7	7,5	33,33	16,67
	2	Περιβαλλοντικές επιδράσεις					
	1	Κοινωνική αποδοχή	1	9	9	20,00	
	5	Ενεργειακή Απόδοση	2	2_1	1,5	6,67	3,33
	5	Τεχνολογικά χαρακτηριστικά					
	Σύνολο		9	45		100,00	
Χρήστης Δικτύου M.O.		Κριτήριο	Σχετικό βάρος %				
		Οικονομική αποδοτικότητα	12,59				
		Ενεργειακή Απόδοση	10,37				
		Χρόνος αντίδρασης	11,48				
		Αυτάρκεια – Ευελιξία	10,74				
		Τεχνολογική ωριμότητα	10,74				
		Επικινδυνότητα	14,44				
		Κοινωνική αποδοχή	10,00				
		Περιβαλλοντικές επιδράσεις	14,44				
		Τεχνολογικά χαρακτηριστικά	5,19				
		Σύνολο	100,00				



**Πίνακας 8.3. 7 Επεξεργασία ερωτηματολογίων και εύρεση τελικών ειδικών βαρών για τον παράγοντα «Μηχανικός- Κατασκευαστής»**

Μηχανικός /Κατασκευαστής 1/3	Σειρά προτίμησης ερω/γίου	Κριτήριο	Πλήθος κριτηρίων (N)	Βάρος (P)	Μέσος όρος [Q=sum(P)/N]	Σχετικό βάρος [W=(Q/sum 1)*100]
	2	Οικονομική αποδοτικότητα	1	8	8	17,78
	1	Ενεργειακή Απόδοση	1	9	9	20,00
	7	Χρόνος αντίδρασης	1	3	3	6,67
	3	Αυτάρκεια – Ευελιξία	1	7	7	15,56
	6	Τεχνολογική ωριμότητα	1	4	4	8,89
	4	Επικινδυνότητα	1	6	6	13,33
	8	Κοινωνική αποδοχή	1	2	2	4,44
	5	Περιβαλλοντικές επιδράσεις	1	5	5	11,11
	9	Τεχνολογικά χαρακτηριστικά	1	1	1	2,22
	Σύνολο		9	45		100,00
Μηχανικός /Κατασκευαστής 2/3	Σειρά προτίμησης ερω/γίου	Κριτήριο	Πλήθος κριτηρίων (N)	Βάρος (P)	Μέσος όρος [Q=sum(P)/N]	Σχετικό βάρος [W=(Q/sum 1)*100]
	4	Οικονομική αποδοτικότητα	1	6	6	13,33
	5	Ενεργειακή Απόδοση	1	5	5	11,11
	3	Χρόνος αντίδρασης	1	7	7	15,56
	1	Αυτάρκεια – Ευελιξία	1	9	9	20,00
	8	Τεχνολογική ωριμότητα	1	2	2	4,44
	2	Επικινδυνότητα	1	8	8	17,78
	9	Κοινωνική αποδοχή	1	1	1	2,22
	6	Περιβαλλοντικές επιδράσεις	1	4	4	8,89
	7	Τεχνολογικά χαρακτηριστικά	1	3	3	6,67
	Σύνολο		9	45		100,00

Μηχανικός /Κατασκευαστής 3/3	Σειρά προτίμησης ερωγίου	Κριτήριο	Πλήθος κριτηρίων (N)	Βάρος (P)	Μέσος όρος [Q=sum(P)/N]	Σχετικό βάρος [W=(Q/sum 1)*100]
	1	Οικονομική αποδοτικότητα	1	9	9	20,00
	3	Ενεργειακή Απόδοση	1	7	7	15,56
	9	Χρόνος αντίδρασης	1	1	1	2,22
	2	Αυτάρκεια – Ευελιξία	1	8	8	17,78
	7	Τεχνολογική ωριμότητα	1	3	3	6,67
	8	Επικινδυνότητα	1	2	2	4,44
	6	Κοινωνική αποδοχή	1	4	4	8,89
	4	Περιβαλλοντικές επιδράσεις	1	6	6	13,33
	5	Τεχνολογικά χαρακτηριστικά	1	5	5	11,11
	Σύνολο		9	45		100,00
	Μηχανικός /Κατασκευαστής Μ.Ο.	Κριτήριο	Σχετικό βάρος %			
		Οικονομική αποδοτικότητα	17,04			
		Ενεργειακή Απόδοση	15,56			
		Χρόνος αντίδρασης	8,15			
		Αυτάρκεια – Ευελιξία	17,78			
		Τεχνολογική ωριμότητα	6,67			
		Επικινδυνότητα	11,85			
		Κοινωνική αποδοχή	5,19			
		Περιβαλλοντικές επιδράσεις	11,11			
		Τεχνολογικά χαρακτηριστικά	6,67			
		Σύνολο	100,00			

### III. Αποτελέσματα προγράμματος Visual PROMETHE

Εικόνα III-1 Αποτελέσματα προγράμματος Visual PROMETHEE για την ομάδα «Περιβαλλοντική Οργάνωση»

Visual PROMETHEE Academic - ΣΑΕ Σταυρουλάκη Αθηνά.vprg (saved)

File Edit Model Control PROMETHEE-GAIA GDSS GIS Custom Assistants Snapshots Options Help

☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒

Unit	5-point	5-point	5-point	5-point	5-point	impact	5-point	impact	impact
Cluster/Group	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
<b>Preferences</b>									
Min/Max	max	max	max	max	max	min	max	min	min
Weight	18,89	12,22	14,44	7,41	6,67	10,00	10,37	17,78	2,22
Preference Fn.	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute
- Q: Indifference	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
- P: Preference	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
<b>Statistics</b>									
<b>Evaluations</b>									
<input checked="" type="checkbox"/> PHSS	very good	very good	very good	very good	very good	very low	bad	very high	low
<input checked="" type="checkbox"/> TES	very good	average	average	very good	average	moderate	average	very low	moderate
<input checked="" type="checkbox"/> Batteries	good	very good	very good	good	good	very high	very good	moderate	high
<input checked="" type="checkbox"/> Super Capacitors	very good	very good	very good	average	good	very high	average	moderate	moderate
<input checked="" type="checkbox"/> Flywheels	good	very good	very good	very good	bad	high	average	very low	moderate
<input checked="" type="checkbox"/> HFC	bad	average	average	very good	very bad	very high	very bad	moderate	low

**PROMETHEE Flow Table**

Rank	action	Phi	Phi+	Phi-
1	Flywheels	0,1992	0,4356	0,2363
2	PHSS	0,1941	0,4548	0,2608
3	TES	0,1349	0,4378	0,3029
4	Super Capacitors	0,0933	0,3415	0,2482
5	Batteries	-0,0008	0,3385	0,3393
6	HFC	-0,6207	0,0830	0,7037

All \ Περιβαλλοντική Οργάνωση \ Κρατική Υπηρεσία \ Ακαδημαϊκή Έρευνα \ Οικονομικός Παράγοντας \ Καταναλωτής \ Χρήστης Δικτύου \ Μηχανικός-Κατασκευαστής /

Actions: 6 (6 active) Criteria: 9 (9 active) Scenarios: 7 (7 active) Locale: Belgium [€/€] Saved

### Εικόνα III-2 Αποτελέσματα προγράμματος Visual PROMETHEE για την ομάδα «Κρατική Υπηρεσία»

Visual PROMETHEE Academic - ΣΑΕ Σταυρουλάκη Αθηνά.vprg (saved)

File Edit Model Control PROMETHEE-GAIA GDSS GIS Custom Assistants Snapshots Options Help

☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒

Κρατική Υπηρεσία	Οικονομική ...	Ενεργειακή ...	Χρόνος Αντί...	Αυτάρκεια-Ε...	Τεχνολογική...	Επικινδυνότ...	Κοινωνική Α...	Περιβαλλοντ...	Τεχνολογικά...
Unit	5-point	5-point	5-point	5-point	5-point	impact	5-point	impact	impact
Cluster/Group	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
<b>Preferences</b>									
Min/Max	max	max	max	max	max	min	max	min	min
Weight	18,15	18,89	7,41	10,37	8,15	10,74	7,78	11,85	6,67
Preference Fn.	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute
- Q: Indifference	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
- P: Preference	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
<b>Statistics</b>									
<b>Evaluations</b>									
<input checked="" type="checkbox"/> PHSS	very good	very good	very good	very good	very good	very low	bad	very high	low
<input checked="" type="checkbox"/> TES	very good	average	average	very good	average	moderate	average	very low	moderate
<input checked="" type="checkbox"/> Batteries	good	very good	very good	good	good	very high	very good	moderate	high
<input checked="" type="checkbox"/> Super Capacitors	very good	very good	very good	average	good	very high	average	moderate	moderate
<input checked="" type="checkbox"/> Flywheels	good	very good	very good	very good	bad	high	average	very low	moderate
<input checked="" type="checkbox"/> HFC	bad	average	average	very good	very bad	very high	very bad	moderate	low

**PROMETHEE Flow Table**

Rank	action	Phi	Phi+	Phi-
1	PHSS	0,3326	0,5133	0,1807
2	Flywheels	0,1437	0,4029	0,2593
3	TES	0,0851	0,4081	0,3230
4	Super Capacitors	0,0571	0,3311	0,2741
5	Batteries	-0,0741	0,3126	0,3867
6	HFC	-0,5444	0,1185	0,6630

\All\Περιβαλλοντική Οργάνωση\Κρατική Υπηρεσία\Ακαδημαϊκή Έρευνα\Οικονομικός Παράγοντας\Καταναλωτής\Χρήστης Δικτύου\Μηχανικός-Κατασκευαστής\

Actions: 6 (6 active) Criteria: 9 (9 active) Scenarios: 7 (7 active) Locale: Belgium [€/€] Saved

Εικόνα III-3 Αποτελέσματα προγράμματος Visual PROMETHEE για την ομάδα «Ακαδημαϊκή Έρευνα»

Visual PROMETHEE Academic - ΣΑΕ Σταυρουλάκη Αθηνά.vprg (saved)

File Edit Model Control PROMETHEE-GAIA GDSS GIS Custom Assistants Snapshots Options Help

☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒

	Ακαδημαϊκή Έρευνα	Οικονομική ...	Ενεργειακή ...	Χρόνος Αντί...	Αυτάρκεια-Ε...	Τεχνολογική...	Επικινδυνότ...	Κοινωνική Α...	Περιβαλλοντ...	Τεχνολογικά...
Unit	5-point	5-point	5-point	5-point	5-point	5-point	impact	5-point	impact	impact
Cluster/Group	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
<b>Preferences</b>										
Min/Max	max	max	max	max	max	max	min	max	min	min
Weight	9,26	5,56	12,22	9,26	14,07	11,48	12,59	13,33	12,22	12,22
Preference Fn.	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute
- Q: Indifference	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
- P: Preference	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
<b>Statistics</b>										
<b>Evaluations</b>										
<input checked="" type="checkbox"/> PHSS	very good	very good	very good	very good	very good	very low	bad	very high	low	
<input checked="" type="checkbox"/> TES	very good	average	average	very good	average	moderate	average	very low	moderate	
<input checked="" type="checkbox"/> Batteries	good	very good	very good	good	good	very high	very good	moderate	high	
<input checked="" type="checkbox"/> Super Capacitors	very good	very good	very good	average	good	very high	average	moderate	moderate	
<input checked="" type="checkbox"/> Flywheels	good	very good	very good	very good	bad	high	average	very low	moderate	
<input checked="" type="checkbox"/> HFC	bad	average	average	very good	very bad	very high	very bad	moderate	low	

**PROMETHEE Flow Table**

Rank	action	Phi	Phi+	Phi-
1	PHSS	0,3082	0,5422	0,2340
2	Flywheels	0,1171	0,4052	0,2881
3	TES	0,0985	0,4222	0,3237
4	Super Capacitors	-0,0044	0,3126	0,3170
5	Batteries	-0,0570	0,3452	0,4022
6	HFC	-0,4622	0,1615	0,6237

\All\Περιβαλλοντική Οργάνωση\Κρατική Υπηρεσία\Ακαδημαϊκή Έρευνα\Οικονομικός Παράγοντας\Καταναλωτής\Χρήστης Δικτύου\Μηχανικός-Κατασκευαστής\

Actions: 6 (6 active) Criteria: 9 (9 active) Scenarios: 7 (7 active) Locale: Belgium [€/€] Saved

### Εικόνα III-4 Αποτελέσματα προγράμματος Visual PROMETHEE για την ομάδα «Οικονομικός Παράγοντας»

Visual PROMETHEE Academic - ΣΑΕ Σταυρουλάκη Αθηνά.vprg (saved)

File Edit Model Control PROMETHEE-GAIA GDSS GIS Custom Assistants Snapshots Options Help

☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒

Οικονομικός Παράγ...	Οικονομική ...	Ενεργειακή ...	Χρόνος Αντί...	Αυτάρκεια-Ε...	Τεχνολογική...	Επικινδυνότ...	Κοινωνική Α...	Περιβαλλοντ...	Τεχνολογικά...	
Unit	5-point	5-point	5-point	5-point	5-point	impact	5-point	impact	impact	
Cluster/Group	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	
<b>Preferences</b>										
Min/Max	max	max	max	max	max	min	max	min	min	
Weight	14,07	13,33	12,22	17,78	8,15	9,63	10,00	8,52	6,30	
Preference Fn.	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	
- Q: Indifference	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
- P: Preference	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
<b>Statistics</b>										
<b>Evaluations</b>										
<input checked="" type="checkbox"/> PHSS		very good	very good	very good	very good	very good	very low	bad	very high	low
<input checked="" type="checkbox"/> TES		very good	average	average	very good	average	moderate	average	very low	moderate
<input checked="" type="checkbox"/> Batteries		good	very good	very good	good	good	very high	very good	moderate	high
<input checked="" type="checkbox"/> Super Capacitors		very good	very good	very good	average	good	very high	average	moderate	moderate
<input checked="" type="checkbox"/> Flywheels		good	very good	very good	very good	bad	high	average	very low	moderate
<input checked="" type="checkbox"/> HFC		bad	average	average	very good	very bad	very high	very bad	moderate	low

**PROMETHEE Flow Table**

Rank	action	Phi	Phi+	Phi-
1	PHSS	0,3407	0,5059	0,1652
2	Flywheels	0,1630	0,3963	0,2333
3	TES	0,0682	0,3859	0,3178
4	Super Capacitors	-0,0260	0,3052	0,3312
5	Batteries	-0,0660	0,3318	0,3978
6	HFC	-0,4799	0,1386	0,6185

\All\Περιβαλλοντική Οργάνωση\Κρατική Υπηρεσία\Ακαδημαϊκή Έρευνα\Οικονομικός Παράγοντας\Καταναλωτής\Χρήστης Δικτύου\Μηχανικός-Κατασκευαστής\

Actions: 6 (6 active) Criteria: 9 (9 active) Scenarios: 7 (7 active) Locale: Belgium [€,/] Saved

Εικόνα III-5 Αποτελέσματα προγράμματος Visual PROMETHEE για την ομάδα «Καταναλωτής»

Visual PROMETHEE Academic - ΣΑΕ Σταυρουλάκη Αθηνά.vprg (saved)

File Edit Model Control PROMETHEE-GAIA GDSS GIS Custom Assistants Snapshots Options Help

☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒

	<input checked="" type="checkbox"/> Καταναλωτής	<input checked="" type="checkbox"/> Οικονομική ...	<input checked="" type="checkbox"/> Ενεργειακή ...	<input checked="" type="checkbox"/> Χρόνος Αντί...	<input checked="" type="checkbox"/> Αυτάρκεια-Ε...	<input checked="" type="checkbox"/> Τεχνολογική...	<input checked="" type="checkbox"/> Επικινδυνότ...	<input checked="" type="checkbox"/> Κοινωνική Α...	<input checked="" type="checkbox"/> Περιβαλλοντ...	<input checked="" type="checkbox"/> Τεχνολογικά...
Unit	5-point	5-point	5-point	5-point	5-point	5-point	impact	5-point	impact	impact
Cluster/Group	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
<b>Preferences</b>										
Min/Max	max	max	max	max	max	max	min	max	min	min
Weight	18,15	16,67	11,11	10,37	8,15	11,85	6,67	11,11	5,93	
Preference Fn.	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute
- Q: Indifference	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
- P: Preference	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
<b>Statistics</b>										
<b>Evaluations</b>										
<input checked="" type="checkbox"/> PHSS		very good	very good	very good	very good	very good	very low	bad	very high	low
<input checked="" type="checkbox"/> TES		very good	average	average	very good	average	moderate	average	very low	moderate
<input checked="" type="checkbox"/> Batteries		good	very good	very good	good	good	very high	very good	moderate	high
<input checked="" type="checkbox"/> Super Capacitors		very good	very good	very good	average	good	very high	average	moderate	moderate
<input checked="" type="checkbox"/> Flywheels		good	very good	very good	very good	bad	high	average	very low	moderate
<input checked="" type="checkbox"/> HFC		bad	average	average	very good	very bad	very high	very bad	moderate	low

**PROMETHEE Flow Table**

Rank	action	Phi	Phi+	Phi-
1	PHSS	0,3578	0,5222	0,1644
2	Flywheels	0,1451	0,4037	0,2585
3	TES	0,0733	0,4052	0,3319
4	Super Capacitors	0,0571	0,3296	0,2726
5	Batteries	-0,0770	0,3059	0,3830
6	HFC	-0,5563	0,1111	0,6674

\All\Περιβαλλοντική Οργάνωση\Κρατική Υψηρασία\Ακαδημαϊκή Έρευνα\Οικονομικός Παράγοντας\Καταναλωτής\Χρήστης Δικτύου\Μηχανικός-Κατασκευαστής\

Actions: 6 (6 active) Criteria: 9 (9 active) Scenarios: 7 (7 active) Locale: Belgium [€/€] Saved



Εικόνα III-6 Αποτελέσματα προγράμματος Visual PROMETHEE για την ομάδα «Χρήστης Δικτύου»

Visual PROMETHEE Academic - ΣΑΕ Σταυρουλάκη Αθηνά.vprg (saved)

File Edit Model Control PROMETHEE-GAIA GDSS GIS Custom Assistants Snapshots Options Help

☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒

	<input checked="" type="checkbox"/> Χρήστης Δικτύου	<input checked="" type="checkbox"/> Οικονομική ...	<input checked="" type="checkbox"/> Ενεργειακή ...	<input checked="" type="checkbox"/> Χρόνος Αντί...	<input checked="" type="checkbox"/> Αυτάρκεια-Ε...	<input checked="" type="checkbox"/> Τεχνολογική...	<input checked="" type="checkbox"/> Επικινδυνότ...	<input checked="" type="checkbox"/> Κοινωνική Α...	<input checked="" type="checkbox"/> Περιβαλλοντ...	<input checked="" type="checkbox"/> Τεχνολογικά...
Unit	5-point	5-point	5-point	5-point	5-point	5-point	impact	5-point	impact	impact
Cluster/Group	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
<b>Preferences</b>										
Min/Max	max	max	max	max	max	max	min	max	min	min
Weight	12,59	10,37	11,48	10,74	10,74	10,74	14,44	10,00	14,44	5,19
Preference Fn.	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute
- Q: Indifference	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
- P: Preference	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
<b>Statistics</b>										
<b>Evaluations</b>										
<input checked="" type="checkbox"/> PHSS	very good	very good	very good	very good	very good	very good	very low	bad	very high	low
<input checked="" type="checkbox"/> TES	very good	average	average	very good	average	average	moderate	average	very low	moderate
<input checked="" type="checkbox"/> Batteries	good	very good	very good	good	good	good	very high	very good	moderate	high
<input checked="" type="checkbox"/> Super Capacitors	very good	very good	very good	average	good	good	very high	average	moderate	moderate
<input checked="" type="checkbox"/> Flywheels	good	very good	very good	very good	bad	high	average	very low	moderate	moderate
<input checked="" type="checkbox"/> HFC	bad	average	average	very good	very bad	very high	very bad	moderate	moderate	low

**PROMETHEE Flow Table**

Rank	action	Phi	Phi+	Phi-
1	PHSS	0,2948	0,5193	0,2244
2	Flywheels	0,1696	0,4296	0,2600
3	TES	0,1340	0,4429	0,3089
4	Super Capacitors	-0,0074	0,3067	0,3141
5	Batteries	-0,0519	0,3274	0,3793
6	HFC	-0,5392	0,1134	0,6526

\All\Περιβαλλοντική Οργάνωση\Κρατική Υπηρεσία\Ακαδημαϊκή Έρευνα\Οικονομικός Παράγοντας\Καταναλωτής\Χρήστης Δικτύου\Μηχανικός-Κατασκευαστής\

Actions: 6 (6 active) Criteria: 9 (9 active) Scenarios: 7 (7 active) Locale: Belgium [€/.] Saved

Εικόνα III-7 Αποτελέσματα προγράμματος Visual PROMETHEE για την ομάδα «Μηχανικός – Κατασκευαστής»

Visual PROMETHEE Academic - ΣΑΕ Σταυρουλάκη Αθηνά.vprg (saved)

File Edit Model Control PROMETHEE-GAIA GDSS GIS Custom Assistants Snapshots Options Help

☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒

	Μηχανικός-Κατασκ...	Οικονομική...	Ενεργειακή...	Χρόνος Αντί...	Αυτάρκεια-Ε...	Τεχνολογική...	Επικινδυνότ...	Κοινωνική Α...	Περιβαλλοντ...	Τεχνολογικά...
Unit	5-point	5-point	5-point	5-point	5-point	5-point	impact	5-point	impact	impact
Cluster/Group	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
<b>Preferences</b>										
Min/Max	max	max	max	max	max	max	min	max	min	min
Weight	17,04	15,56	8,15	17,78	6,67	11,85	5,19	11,11	6,67	
Preference Fn.	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute
- Q: Indifference	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
- P: Preference	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
<b>Statistics</b>										
<b>Evaluations</b>										
<input checked="" type="checkbox"/> PHSS		very good	very good	very good	very good	very good	very low	bad	very high	low
<input checked="" type="checkbox"/> TES		very good	average	average	very good	average	moderate	average	very low	moderate
<input checked="" type="checkbox"/> Batteries		good	very good	very good	good	good	very high	very good	moderate	high
<input checked="" type="checkbox"/> Super Capacitors		very good	very good	very good	average	good	very high	average	moderate	moderate
<input checked="" type="checkbox"/> Flywheels		good	very good	very good	very good	bad	high	average	very low	moderate
<input checked="" type="checkbox"/> HFC		bad	average	average	very good	very bad	very high	very bad	low	low

**PROMETHEE Flow Table**

Rank	action	Phi	Phi+	Phi-
1	PHSS	0,3644	0,5170	0,1526
2	Flywheels	0,1674	0,4074	0,2400
3	TES	0,1273	0,4177	0,2904
4	Super Capacitors	-0,0725	0,2934	0,3659
5	Batteries	-0,1836	0,2786	0,4622
6	HFC	-0,4030	0,1911	0,5941

\All\Περιβαλλοντική Οργάνωση\Κρατική Υψηραία\Ακαδημαϊκή Έρευνα\Οικονομικός Παράγοντας\Καταναλωτής\Χρήστης Δικτύου\Μηχανικός-Κατασκευαστής\

Actions: 6 (6 active) Criteria: 9 (9 active) Scenarios: 7 (7 active) Locale: Belgium [€/] Saved

#### IV. Βοηθητικοί πίνακες δεδομένων

Πίνακας 8.5. 1 Καθαρή παραγωγή μονάδων Κρήτης ανά είδος καύσιμου για την περίοδο 2013-2015

ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΟΝΑΔΩΝ ΚΡΗΤΗΣ ΑΝΑ ΕΙΔΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ (2013 - 2015) MWh									
Ε Τ Η	ΑΤΜΟΜΟΝΑΔΕΣ (ΜΑΖΟΥΤ)	DIESEL		ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ (DIESEL)	ΝΤΗΖΕΛΟΜΟΝΑΔΕ Σ (DIESEL)	ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ (ΑΛΜΥΡΟΣ+ΑΓΥΙΑ)	ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ	Φ/Β ΠΑΡΚΑ	ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ
		ΜΑΖΟΥΤ	DIESEL						
2013	1050174,024	653962,1	678,38	459696,6	-	471,629	518198,7	154590,54	2837771,979
2014	1049686,56	710840,9	1225,265	523898,7	-	90,501	429779,2	146053,44	2861574,607
2015	1050444,97	673618,6	12269,2	515060,1	-	384,834	500402,7	137613,86	2889794,252

Πίνακας 8.5. 2 Μηνιαία και συνολική παραγωγή ενέργειας για το νησί της Κρήτης για την περίοδο 2013-2015

Μηνιαία και συνολική παραγωγή ενέργειας για το νησί της Κρήτης για την περίοδο 2013-2015														
ΕΤΟΣ	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος	ΣΥΝΟΛΟ	Μονάδα μέτρησης
2013	232,185	194,462	191,254	188,971	235,863	258,559	299,137	310,329	269,138	231,129	185,891	240,856	2837,772	GWh
2014	215,091	191,248	202,015	196,275	228,758	264,110	313,655	332,253	279,143	227,998	192,794	218,233	2861,575	
2015	241,283	217,357	213,787	198,088	225,189	248,631	302,552	321,867	279,837	227,415	187,653	226,136	2889,794	

**Πίνακας 8.5. 3 Στοιχεία παραγωγής και κατανάλωσης στην Κρήτη για την περίοδο 2013-2015**

ΣΥΣΤΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΡΗΤΗΣ			
	2013	2014	2015
Συνολική Καθαρή Παραγωγή (MWh)	2837772	2861575	2889794
Παραγωγή από Μαζούτ Λιν (MWh)	742935,2	752151,3	744509,8
Παραγωγή από Μαζούτ Αθερ (MWh)	961200,9	1008376	979553,8
Παραγωγή από Μαζούτ Κρήτης (MWh)	1704136	1760527	1724064
Παραγωγή από Diesel Λιν (MWh)	15312,55	26783,42	38542,05
Παραγωγή από Diesel Χαν (MWh)	445034,2	498321,3	480673,7
Παραγωγή από Diesel Αθερ (MWh)	28,27	19,215	8113,61
Παραγωγή από Diesel Κρήτης (MWh)	460375	525124	527329,3
Παραγωγή από ΑΠΕ (MWh)	673260,9	575923,2	638401,4
Κατανάλωση Μαζούτ Λιν (tn)	214716,7	224208,8	220111,6
Κατανάλωση Μαζούτ Αθερ (tn)	225291,2	237005,3	232842,3
Κατανάλωση Μαζούτ Κρήτης (tn)	440008	461214,1	452953,9
Κατανάλωση Diesel Λιν (klt)	5084,99	9216,824	12224,49
Κατανάλωση Diesel Χαν (klt)	136735,2	150965,1	145934,8
Κατανάλωση Diesel Αθερ (klt)	6,8	4,5	4
Κατανάλωση Diesel Κρήτης (klt)	141827	160186,4	158163,3