



ΣΤΡΑΤΙΩΤΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΕΥΕΛΠΙΔΩΝ
Τμήμα Στρατιωτικών Επιστημών

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΔΙΔΡΥΜΑΤΙΚΟ ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
(SYSTEMS ENGINEERING)
(ΠΔ 96/2015/ΦΕΚ 163 Α'/20.08.2014)



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης

Ο ΡΟΛΟΣ ΚΑΙ Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΙΣ ΈΝΟΠΛΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΜΑΤΣΟΥΚΑΣ
(ΑΜ: 2018018007)

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ: ΕΙΡΗΝΗ ΚΑΡΑΝΑΣΙΟΥ
ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ ΣΣΕ

ΑΘΗΝΑ, Οκτώβριος 2023

Η Μεταπτυχιακή Διατριβή του Κωνσταντίνου Ματσούκα, εγκρίνεται:

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Ειρήνη Καρανάσιου, Καθηγήτρια ΣΣΕ

EIRINI KARANASIOU
25/10/2023 18:34

Ελευθέριος Δοϊτσίδης, Επίκουρος Καθηγητής Πολυτεχνείου Κρήτης

Eleftherios Doitsidis Eleftherios Doitsidis
25.10.2023 21:18

Μιχάλης Γαργαλάκος, Αναπληρωτής Καθηγητής ΣΣΕ

MICHAIL GARGALAKOS
27/10/2023 10:49

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις της Στρατιωτικής Σχολής Ευελπίδων και Πολυτεχνείου Κρήτης.

Copyright ©Κωνσταντίνος Ματσούκας, 2023.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η Ιθάκη σ' έδωσε τ' ωραίο ταξίδι.

Χωρίς αυτήν δεν θάβγαινες στον δρόμο...

Κωνσταντίνος Καβάφης

Στην οικογένεια μου

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα αρχικά να ευχαριστήσω από καρδιάς την Καθηγήτρια της Στρατιωτικής Σχολής Ευελπίδων Δρα Ειρήνη Καρανάσιου για την υποστήριξη και την καθοδήγηση που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια της συγγραφής καθώς και τη βοήθεια σε προβλήματα που προέκυπταν. Επίσης, οφείλω να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Νικόλαο Ιω. Δάρα για την ευκαιρία που μου έδωσε ώστε να φοιτήσω στο ΔΔΠΜΣ των ΣΣΕ και Πολυτεχνείου Κρήτης. Τέλος, ευχαριστώ την οικογένεια μου για την υπομονή που επέδειξε και την υποστήριξη που μου παρείχε μέχρι και την τελευταία στιγμή.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διατριβή πραγματεύεται την επιρροή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) στον τρόπο λειτουργίας των Ενόπλων Δυνάμεων (ΕΔ) μέχρι σήμερα και το ενδεχόμενο μεταβολής – αύξησής της.

Αρχικά, πραγματοποιείται αναφορά στην ενέργεια, στο ενεργειακό πρόβλημα και στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, τα οποία ταλανίζουν τη σημερινή εποχή ολόκληρη την ανθρωπότητα. Αναφορά πραγματοποιείται επίσης στη σχέση μεταξύ Στρατού και ενέργειας.

Στη συνέχεια, αναλύονται τα είδη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ο τρόπος λειτουργίας τους, καθώς και τα πλεονεκτήματα που απορρέουν από την χρήση τους. Αποτυπώνεται η παρούσα κατάσταση στον χώρο των ΑΠΕ με τις τελευταίες σημερινές τάσεις. Επιπρόσθετα, παρουσιάζεται το ισχύον νομοθετικό πλαίσιο όσον αφορά στην ανάπτυξη των ΑΠΕ στην Ελλάδα και τα βήματα που έχουν πραγματοποιηθεί προς αυτόν τον ορίζοντα.

Έπειτα, αναλύονται οι περιβαλλοντικές ευθύνες των ΕΔ, καθώς και η αναγκαιότητα της θέσης τους υπέρ της χρησιμοποίησης των ΑΠΕ. Επιπλέον, αναπτύσσεται η άμεση επαφή των ΑΠΕ με την εθνική ασφάλεια και με τον τρόπο λειτουργίας των στρατιωτικών επιχειρήσεων. Αναφέρονται ακόμα οι δράσεις του ΝΑΤΟ σε αυτόν τον τομέα.

Επίσης, παρατίθενται σύγχρονες στρατιωτικές εφαρμογές, οι οποίες περιλαμβάνουν την αξιοποίηση τεχνολογιών ΑΠΕ και εκτείνονται σε όλο το φάσμα των στρατιωτικών δραστηριοτήτων. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν οι μεταφορές, επίγειες – θαλάσσιες, όπως και η κατανάλωση ρεύματος σε σταθμούς διοίκησης.

Ολοκληρώνοντας, πραγματοποιείται μια διερεύνηση ως προς τη δυνατότητα εφαρμογής των τεχνολογιών ΑΠΕ στα ελληνικά στρατιωτικά δεδομένα. Ελέγχεται κατά πόσο καθίσταται εφικτή η αξιοποίηση των στρατιωτικών χώρων – εγκαταστάσεων για την ανάπτυξη των ΑΠΕ αναδεικνύοντας τα σημαντικά οφέλη που προκύπτουν.

Λέξεις κλειδιά: Ενεργειακό πρόβλημα, αποκεντρωμένη ενέργεια, αυτοπαραγωγή, ηλιακή ενέργεια, εφαρμογές, εθνική ασφάλεια

ABSTRACT

The scope of the present thesis is to analyze the effect of renewable energy sources (RES) on the way the Armed Forces (AF) currently operate and the possibility of developing advanced applications in this field.

First of all, environmental problems directly related to energy consumption and the greenhouse effect are presented as they have significant consequences on everyday life. The connection between army and energy is also described.

In addition, the types of renewable energy sources, their mode of operation and the advantages deriving from their use are analyzed. Current trends and state-of-the-art technologies which reflect the present situation in the field of RES are herein presented. Moreover, a separate section of the thesis is dedicated on the current legislative framework regarding the development of RES in Greece and on the efforts made towards this direction.

Furthermore, the environmental responsibilities of Armed Forces (AF) are analyzed as well as the necessity of their supportive view in favor of the use of RES. Additionally, the interaction between RES and national security - military operations is presented. NATO's actions in this field are also mentioned.

Modern military applications are in detail presented, which include the utilization of RES technologies and span the entire range of military activities. Characteristic examples are land-sea transport, as well as power consumption in command stations.

Finally, a survey is carried out regarding the possibility of applying RES technologies to the Greek military data. It is investigated whether it is feasible to utilize the military sites - facilities for the development of RES, highlighting the significant benefits that arise.

Key words: Energy problem, decentralized energy, self-production, solar energy, applications, national security

Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ	- 16 -
1.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ	- 16 -
1.2 ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΚΑΙ Η ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ	- 20 -
1.3 ΈΝΟΠΛΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	- 23 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	- 25 -
2.1 ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	- 25 -
2.2 ΜΟΡΦΕΣ	- 26 -
2.2.1 ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	- 27 -
2.2.2 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	- 30 -
2.2.3 ΒΙΟΜΑΖΑ	- 34 -
2.2.4 ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	- 35 -
2.2.5 ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	- 37 -
2.2.6 ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	- 39 -
2.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	- 40 -
2.4 ΠΑΡΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	- 42 -
2.5 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΚΑΙ ΑΠΕ	- 47 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΠΕ ΚΑΙ ΈΝΟΠΛΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ	- 50 -
3.1 ΑΝΑΓΚΗ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗΣ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ ΤΩΝ ΕΔ ΣΕ ΘΕΜΑΤΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗΣ ΑΠΕ	- 50 -
3.2 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΥΘΥΝΕΣ ΕΝΟΠΛΩΝ ΔΥΝΑΜΕΩΝ	- 53 -
3.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΕ ΣΤΙΣ ΕΔ	- 54 -
3.4 ΕΘΝΙΚΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΚΑΙ ΑΠΕ	- 56 -
3.5 Η ΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΝΑΤΟ ΑΠΕΝΑΝΤΙ ΣΕ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΑΠΕ	- 57 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΠΕ ΣΕ ΣΤΡΑΤΙΩΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	- 59 -
4.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΑΠΕ	- 59 -
4.2 ΧΡΗΣΗ ΑΠΕ ΣΕ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΡΑΤΟΠΕΔΩΝ	- 65 -
4.3 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΕΣΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΑΠΕ	- 69 -
4.3.1 ΝΑΥΣΙΠΛΟΪΑ	- 69 -
4.3.2 ΟΧΗΜΑΤΑ	- 72 -
4.3.3 ΜΗ ΕΠΑΝΔΡΩΜΕΝΑ ΑΕΡΟΣΚΑΦΗ (UAVs)	- 74 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΈΡΕΥΝΑ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΕ ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ...	- 78 -
5.1 ΧΡΗΣΗ ΑΠΕ ΣΕ ΣΤΡΑΤΟΠΕΔΑ ΤΗΣ ΝΗΣΟΥ ΛΗΜΝΟΥ	- 78 -
5.1.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	- 78 -
5.1.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	- 79 -
5.1.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ	- 82 -

5.1.4 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	- 87 -
5.2 ΧΡΗΣΗ ΑΠΕ ΣΕ ΣΤΡΑΤΙΩΤΙΚΟ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ	- 91 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ	- 96 -
6.1 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ	- 96 -
6.2 ΕΠΙΛΟΓΟΣ	- 97 -
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	- 100 -
ΑΛΛΕΣ ΠΗΓΕΣ.....	- 104 -

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1 Η Ενέργεια και οι Μορφές της [1].....	- 16 -
Εικόνα 2 Παγκόσμια Κατανάλωση Ενέργειας [2].....	- 19 -
Εικόνα 3 Παγκόσμια Κατανάλωση ανά Πηγή [2]	- 19 -
Εικόνα 4 Το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου [3].....	- 21 -
Εικόνα 5 Επιπτώσεις Φαινομένου Θερμοκηπίου [4].....	- 22 -
Εικόνα 6 Στρατός και Κατανάλωση Ενέργειας [5].....	- 24 -
Εικόνα 7 Ήλιος και Ηλιακή Ακτινοβολία [6].....	- 27 -
Εικόνα 8 Εγκατεστημένη Φ/Β Συστοιχία [7].....	- 29 -
Εικόνα 9 Τα Μέρη Ανεμογεννήτριας Οριζοντίου Άξονα [8].....	- 32 -
Εικόνα 10 Σύγχρονο Υδροηλεκτρικό Έργο [9]	- 37 -
Εικόνα 11 Εγκατάσταση Εκμετάλλευσης Γεωθερμικής Ενέργειας [10]	- 40 -
Εικόνα 12 Ετήσια Αύξηση Εκπομπών CO ₂ [11]	- 42 -
Εικόνα 13 Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας ανά Πηγή [11]	- 43 -
Εικόνα 14 Αύξηση των ΑΠΕ στην Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας [2].....	- 44 -
Εικόνα 15 Συμμετοχή των ΑΠΕ στο Ηλεκτρικό Μείγμα της Ελλάδας [12].....	- 46 -
Εικόνα 16 Ετήσια Αύξηση Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας Μέσω ΑΠΕ [2].....	- 47 -
Εικόνα 17 Αλληλεπίδραση Στρατού – Οικολογικού Αποτυπώματος [13]	- 52 -
Εικόνα 18 Κυριότερες Σύνοδοι NATO για την Κλιματική Αλλαγή [14]	- 57 -
Εικόνα 19 Γεννήτρια παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος από φωτοβολταϊκά [15]	- 60 -
Εικόνα 20 Κινητός σταθμός παραγωγής ενέργειας [16]	- 61 -
Εικόνα 21 Στρατιωτικός σταθμός παραγωγής ενέργειας [17]	- 62 -
Εικόνα 22 Συσσωρευτής θαλασσινού νερού και ο μηχανισμός λειτουργίας του. [18].....	- 64 -
Εικόνα 23 Εφαρμογή φωτοβολταϊκού πλαισίου εντός στρατοπέδου [19].....	- 66 -
Εικόνα 24 Σχέδιο έξυπνου μικροδικτύου [20].....	- 68 -
Εικόνα 25 Σύστημα Υδρογόνου σε πλοίο [21]	- 71 -
Εικόνα 26 Ηλεκτρικό στρατιωτικό όχημα [22].....	- 72 -
Εικόνα 27 Μελλοντικό στρατιωτικό μη επανδρωμένο όχημα με χρήση Υδρογόνου [23].....	- 74 -
Εικόνα 28 Pathfinder - UAV της NASA με χρήση ηλιακής ενέργειας [24]	- 76 -
Εικόνα 29 Μηνιαία Ηλεκτροπαραγωγή στη Λήμνο	- 79 -
Εικόνα 30 Τεχνικά Χαρακτηριστικά Πλαισίου.....	- 83 -
Εικόνα 31 Διασύνδεση στο Ηλεκτρικό Δίκτυο [25]	- 84 -
Εικόνα 32 Σύστημα στήριξης σε στέγη [26].....	- 85 -

Ευρετήριο Πινάκων

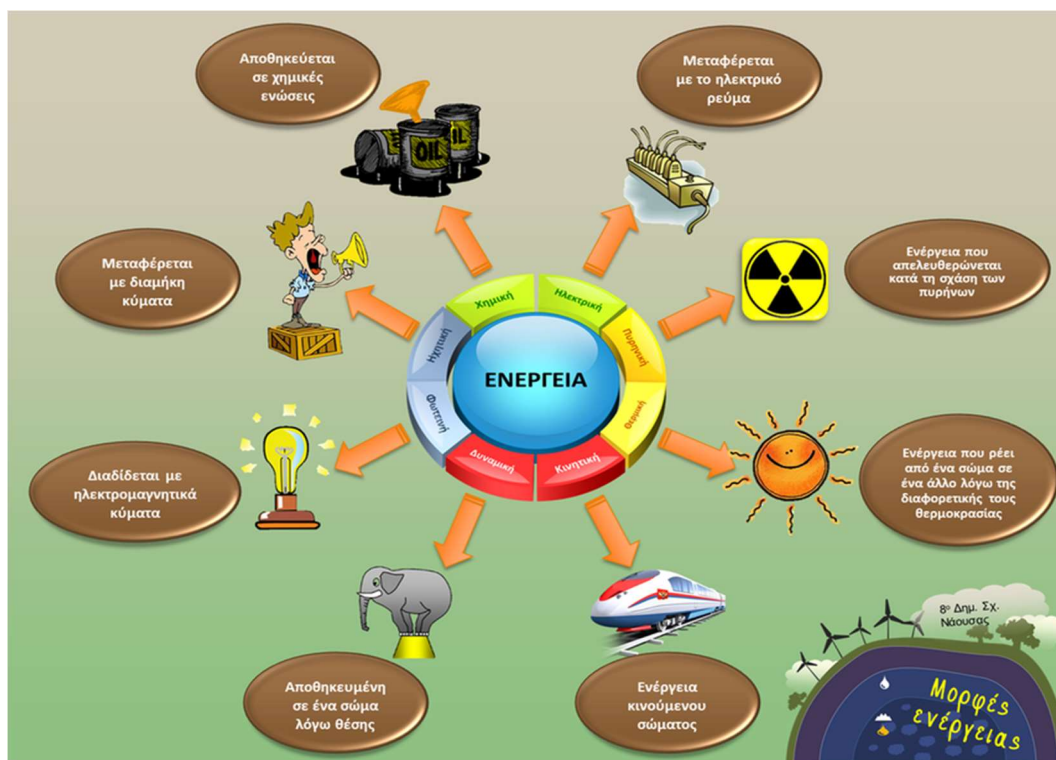
Πίνακας 1 Σταθερές Ποσότητες για την Περιοχή της Λήμνου	- 80 -
Πίνακας 2 Τιμές Αντιπροσωπευτικής Ημέρας	- 81 -
Πίνακας 3 Τεχνικά Χαρακτηριστικά Επιλεχθέντος Αντιστροφέα	- 85 -
Πίνακας 4 Εφαρμογή Μεθοδολογίας σε μία Κτιριακή Εγκατάσταση Στρατοπέδου	- 86 -
Πίνακας 5 Συνολικό Κόστος Εγκατάστασης.....	- 86 -
Πίνακας 6 Στοιχεία Δανείου Περίπτωσης Λήμνου	- 88 -
Πίνακας 7 Πορεία Οικονομικής Επένδυσης στη Λήμνο	- 89 -
Πίνακας 8 Σταθερές Ποσότητες για την Περιοχή της Αθήνας.....	- 92 -
Πίνακας 9 Εφαρμογή Μεθοδολογίας σε Κτήριο Στρατιωτικού Νοσοκομείου.....	- 93 -
Πίνακας 10 Συνολικό Κόστος σε ΣΝ	- 93 -
Πίνακας 11 Στοιχεία Δανείου Περίπτωσης ΣΝ	- 94 -
Πίνακας 12 Πορεία Επένδυσης σε ΣΝ	- 95 -

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ

Η ενέργεια είναι μία από τις πιο διαδεδομένες έννοιες στο σύνολο της ανθρωπότητας, από τις πτυχές της καθημερινότητας έως και το επιστημονικό επίπεδο. Ως αποτέλεσμα, ο ορισμός της είναι ιδιαίτερα δύσκολος, λόγω της πολυδιάστατης φύσης της έννοιας και εξαρτάται, θα μπορούσε να ειπωθεί, από την οπτική γωνία από την οποία αντιμετωπίζεται ως όρος.

Οι αρχαίοι Έλληνες ήταν οι πρώτοι που εξέφρασαν φιλοσοφικές ιδέες για τη φύση της ενέργειας. Ο Αριστοτέλης (384–322 π.Χ.), ένας σπουδαίος φιλόσοφος και επιστήμονας της αρχαιότητας, αντιμετώπισε την ενέργεια σε αντιδιαστολή με τη δύναμη κυρίως στα «Μετά τα Φυσικά». Διακρίνει τη διαφορά των δύο εννοιών, θεωρώντας δύναμη τη δυνατότητα ενός όντος είτε να περνά από μία κατάσταση σε μία άλλη είτε να γίνει κάτι ή να κάνει κάτι φτάνοντας στην τελειοποίησή του. Ενώ ενέργεια ορίζει την πραγμάτωση αυτής της δυνατότητας, θεωρώντας την πιο σημαντική από τη δύναμη. Επίσης, ο Εμπεδοκλής (495–435 π.Χ.), σχετικά με την ενέργεια, ανέπτυξε τη θεωρία των στοιχείων περιγράφοντας ότι ο κόσμος αποτελείται από τέσσερα κύρια στοιχεία: φωτιά, αέρας, νερό και γη. Αυτά με τη σημερινή γνώση μπορούν να μεταφραστούν σε: ενέργεια, ατμόσφαιρα, νερό και έδαφος, τα οποία είναι τα τέσσερα βασικά συστατικά που επηρεάζουν την ποιότητα της ζωής μας.



Εικόνα 1 Η Ενέργεια και οι Μορφές της [1]

Από τη σύγχρονη επιστημονική σκοπιά, η ενέργεια συνδυάζεται με την ικανότητα για παραγωγή έργου ή ταυτίζεται με τον τρόπο με τον οποίο αποκτάται, λαμβάνοντας πολλές μορφές, ηλεκτρική – μηχανική - χημική κτλ. Από την πλευρά βέβαια της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος, η αναφορά στον όρο ενέργεια ταυτίζεται με την ενεργειακή κατανάλωση.

Από τη σκοπιά της εξέλιξης των ανθρώπινων κοινωνιών με την πάροδο του χρόνου, η ενέργεια συνδέεται άμεσα με την πρόοδο της τεχνολογίας και τη μεγέθυνση της οικονομίας. Η προαναφερθείσα εξέλιξη συνδεόταν πάντοτε με την επιθυμία του ανθρώπου να ελέγχει όλο και μεγαλύτερο μέρος του περιβάλλοντος του. Ως εκ τούτου, το ανθρώπινο γένος βρισκόταν, από χιλιάδες χρόνια πριν, σε μία διαρκή αναζήτηση για νέες πηγές ενέργειας με σκοπό την κάλυψη των διαρκώς κλιμακωμένων αναγκών του. Η αναζήτηση αυτή και η μετέπειτα εύρεση των πολυπόθητων αυτών πηγών οδηγούσε μετέπειτα σε συνεχώς μεγαλύτερες καταναλώσεις των πρώτων υλών, οι οποίες βρίσκονταν στη Γη. Αν και η συμπεριφορά αυτή βοηθούσε τις ανθρώπινες κοινωνίες στο να αντιμετωπίζουν τα προβλήματα – δυσκολίες που προέκυπταν, είχε ως αποτέλεσμα την εμφάνιση των αντίστοιχων συνεπειών τόσο στον ίδιο τον άνθρωπο όσο και στο περιβάλλον γύρω του.

Οι προηγούμενες διαπιστώσεις παραμένουν αναλλοίωτες μέχρι και τη σημερινή εποχή. Η ενέργεια ακόμα και σήμερα συνδέεται άμεσα με την ανάπτυξη σε παγκόσμιο επίπεδο, τόσο από την οικονομική όσο και από τη βιομηχανική σκοπιά. Επίσης, οι αρνητικές επιπτώσεις εξακολουθούν να εμφανίζονται καθώς η διεθνής παραγωγή ενέργειας έχει τις βάσεις της στο πετρέλαιο ή στον άνθρακα, και γενικότερα στα ορυκτά καύσιμα. Σε αυτό το σημείο, γίνεται αντιληπτό, ότι οι εκπομπές από την καύση των τελευταίων αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και γενικά των αερίων του θερμοκηπίου. Επομένως, μέσω των αυξημένων εκπομπών σε συνάρτηση με την άνοδο των ενεργειακών τιμών και την παράλληλη υπέρμετρη μείωση των αποθεμάτων διαστατοποιούν το λεγόμενο ενεργειακό πρόβλημα.

Ουσιαστικά, το ίδιο το ενεργειακό πρόβλημα - το νόημα του - έγκειται στη σύγκριση ανάμεσα στα ενεργειακά αποθέματα, τα οποία συνεχώς μειώνονται και τις ανάγκες για ενεργειακές καταναλώσεις, οι οποίες διαρκώς μεγεθύνονται. Επίσης, το εν λόγω πρόβλημα αποτελεί τη διαφοροποίηση που παρατηρείται στη γεωγραφική διασπορά των ενεργειακών παραγωγών με τους καταναλωτές, υπό το πρίσμα της παραγωγής ενέργειας. Ανάλογα, όσον αφορά στη ζήτηση ενέργειας, το παραπάνω πρόβλημα βασίζεται στο γεγονός ότι η σύγχρονη κοινωνία των ανθρώπων παρουσιάζει συγκεκριμένη νοοτροπία κατά την οποία η διαβίωση της έχει συνδεθεί αμεσότατα με τα υγρά καύσιμα. Αξίζει να σημειωθεί πως κάτι παρεμφερές δεν είχε παρατηρηθεί ποτέ κατά τα παρελθόντα έτη.

Έχει γίνει κατανοητό από το σύνολο της κοινωνίας ότι το βασικό σημείο εστίασης της εποχής μας είναι το ενεργειακό πρόβλημα. Ορισμένοι από τους συντελεστές, που το αφορούν άμεσα και επηρεάζουν επίσης το γενικότερο πρόβλημα της ενέργειας, παρουσιάζονται όπως παρακάτω:

- ο Η χωρίς παύση υπέρμετρη κατανάλωση των ενεργειακών πόρων. Η εξάντληση αυτών θα πρέπει να θεωρείται δεδομένη. Ωστόσο, το ακριβές χρονικό σημείο, που αυτή θα επέλθει, δεν είναι από πριν γνωστό μιας και η προαναφερθείσα κατανάλωση συνεχίζει να αυξάνεται, ενώ νέα κοιτάσματα κάνουν την εμφάνιση τους.

- ο Το ενεργειακό κόστος. Αστάθμητοι παράγοντες, όπως πολιτικά και μη - γεγονότα ασκούν αξιοσημείωτη επιρροή στις τιμές, με αποτέλεσμα την άνοδο αυτών. Τα παραδείγματα αυτών των παραγόντων, οι οποίοι κατά κανόνα αυξάνουν το ενεργειακό κόστος, είναι αναρίθμητα. Το πλέον πρόσφατο παράδειγμα αποτελεί ο πόλεμος στην Ουκρανία, με αποτέλεσμα αυτού την κατακόρυφη άνοδο της τιμής του φυσικού αερίου, του πετρελαίου κτλ.

- ο Η γενικότερη ατμοσφαιρική ρύπανση. Με άλλα λόγια, είναι αδιαμφισβήτητο ότι, το περιβάλλον επηρεάζεται δυσμενώς από την ενέργεια σε κάθε πτυχή της. Η εκμετάλλευση των πρώτων υλών, όπως και η χρήση αυτής σε τελικό στάδιο επιβαρύνουν χωρίς επιστροφή κάθε μορφή της φύσης. Αποτέλεσμα αυτού είναι η μείωση της διαθεσιμότητας του υδάτινου δυναμικού και η σημαντική υποτίμηση ως εκ τούτου των αποδεκτών αυτού.

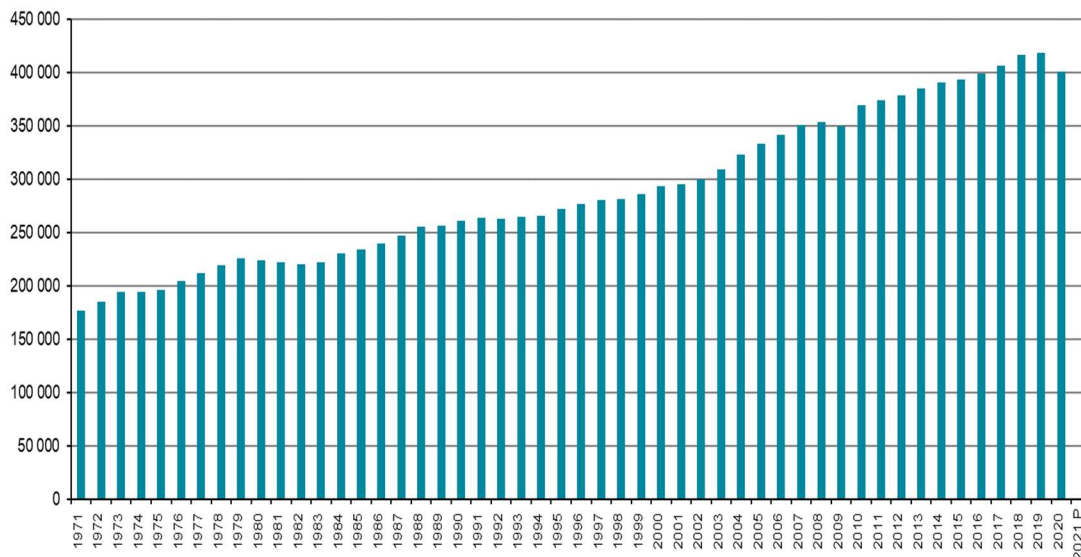
- ο Η με την πάροδο του χρόνου μη βεβαιότητα της επαρκούς παραγωγής και παράλληλα της σταθερής – σίγουρης παροχής ενέργειας, τα οποία στοχεύουν στη διατήρηση ενός σταθερού επιπέδου των διατιθέμενων αποθεμάτων. Η παραπάνω αβεβαιότητα στηρίζεται κυρίως σε πράξεις συσχέτισης εξουσιών που δημιουργούνται από παρέμβαση τρίτων.

- ο Το σύστημα διαχείρισης της ενέργειας θα μπορούσε να χαρακτηριστεί από την χαμηλή αποδοτικότητά του. Το δεδομένο ότι χαρακτηρίζεται χαμηλή ανακύπτει από το γεγονός ότι το σύστημα παροχής – διαχείρισης της ροής της ενέργειας εμφανίζει σημαντικά μεγάλες απώλειες.

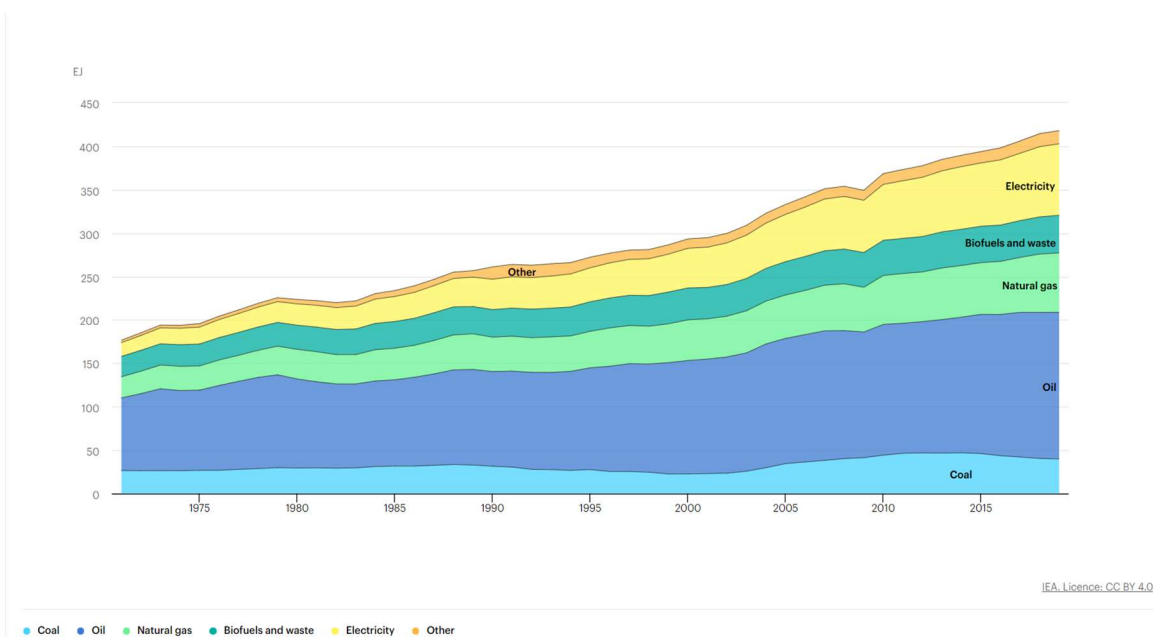
Οι συντελεστές όπως αναλύθηκαν παραπάνω αλλά και αρκετοί ακόμα είναι άρρηκτα συνυφασμένοι με την ουσία στον πυρήνα της έννοιας του ενεργειακού προβλήματος. Επομένως, αποτελούν το πρωταρχικό στάδιο μελέτης για την κατανόηση - ανάλυση του προβλήματος της χρησιμοποίησης και διαχείρισης των ενεργειακών πόρων αλλά και της εκτίμησης – αξιολόγησης των υφιστάμενων συστημάτων που αναπτύσσονται στον τομέα της ενέργειας. Η ενεργειακή επάρκεια, παρ' όλ' αυτά, αποκαθίσταται τόσο με την ύπαρξη διαθέσιμων πόρων αλλά και μέσω της κατάλληλης μετατροπής της διαθέσιμης ενέργειας σε αξιοποιήσιμη ισχύ προς κατανάλωση, με την αξιοποίηση των υφιστάμενων κατάλληλων ενεργειακών συστημάτων, με το αντίστοιχο κόστος να παραμένει εντός εύλογων ορίων.

Η Υπηρεσία Πληροφοριών Ενέργειας (Energy Information Agency - EIA) παραθέτει την πορεία της παγκόσμιας τελικής ενεργειακής κατανάλωσης, από το έτος 1971 έως το έτος 2019, όπως αυτή αποτυπώνεται στις Εικόνες 2 και 3. Επίσης, διακρίνεται αφενός η αυξητική τάση των ενεργειακών αναγκών - καταναλώσεων, αφετέρου δε η παραμένουσα μεγάλη ποσοστιαία συμμετοχή των ορυκτών καυσίμων ως πηγών για την τελική κατανάλωση.

Total: Total final consumption (PJ)



Εικόνα 2 Παγκόσμια Κατανάλωση Ενέργειας [2]



Εικόνα 3 Παγκόσμια Κατανάλωση ανά Πηγή [2]

Όλα τα προαναφερθέντα περιγράφουν την έκταση που έχει λάβει έως σήμερα το ενεργειακό πρόβλημα, το οποίο θα μπορούσε να ειπωθεί πως βασίζεται κατά κόρον στην εξάρτησή του από τα πλέον ευρέως χρησιμοποιούμενα ορυκτά καύσιμα. Θεωρείται δεδομένο πως τομείς όπως η βιομηχανία ή τα μέσα μεταφοράς έχουν ως βάση λειτουργίας τα υγρά και στερεά καύσιμα, με επακόλουθο να υποστηρίζεται ότι το μεγαλύτερο μέρος της σύγχρονης οικονομίας λειτουργεί με βάση αυτά. Επομένως,

γίνεται κατανοητό πως μία μεταβολή στο ύψος του κόστους αυτών αυτομάτως σημαίνει αποσταθεροποίηση για την πλειονότητα των τομέων της οικονομίας. Στην τρέχουσα περίοδο, αν και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) σε “συνεργασία” με την πυρηνική ενέργεια καλύπτουν σαφέστατα ένα μικρό ποσοστό, το μεγαλύτερο μερίδιο της ενέργειας καλύπτεται από την αξιοποίηση των ορυκτών καυσίμων. Ανακύπτει επομένως το συμπέρασμα ότι θέτοντας ως στόχο την επίλυση του ενεργειακού προβλήματος, θα πρέπει η εκμετάλλευση των ορυκτών καυσίμων να μειωθεί στο ελάχιστο δυνατό. Οι προτεινόμενες από την κοινωνία λύσεις, όμως, θα πρέπει να παραμένουν ταυτισμένες με τις επικρατούσες μέχρι τώρα αξίες – παραδόσεις των κατά τόπων κοινωνικών συνόλων. Ακόμα, θα πρέπει να μην έρχονται σε αντίθεση με τις ελευθερίες τους και να προωθούν παράλληλα την ευμάρειά τους.

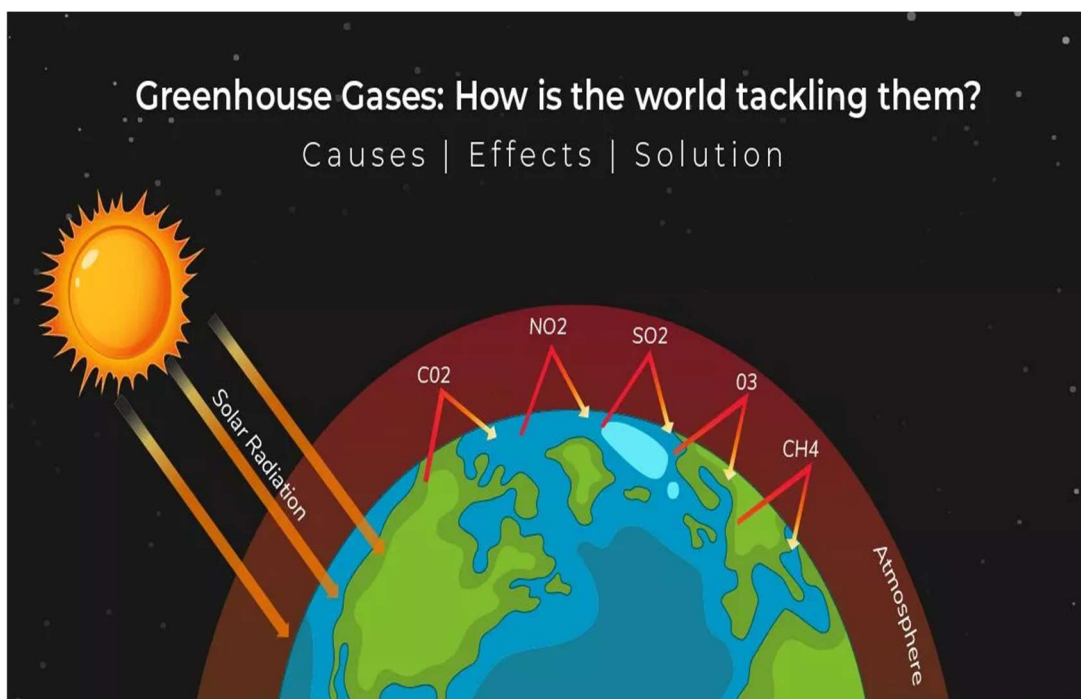
1.2 ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΚΑΙ Η ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

Η έννοια της κλιματικής αλλαγής ουσιαστικά αναφέρεται στην εν γένει μεταβολή του κλίματος, τόσο σε τοπικό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο. Ειδικότερα, αναφορά γίνεται στον τρόπο, με τον οποίο αλλάζουν οι μετεωρολογικές συνθήκες. Οι αλλαγές αυτές διαδραματίζονται με αρκετά μεγάλη ταχύτητα, προκαλώντας τις αυξημένες περιβαλλοντικές ανησυχίες. Αξίζει επίσης να επισημανθεί η σημαντική προσπάθεια, που πραγματοποιείται από τα Ηνωμένα Έθνη, ώστε να εγκατασταθεί η διαφοροποίηση της κλιματικής μεταβλητότητας, η οποία οφείλεται σε φυσικά αίτια με την κλιματική αλλαγή, η οποία στηρίζει την ύπαρξη της κατά κύριο λόγο στις ανθρώπινες δραστηριότητες.

Με σκοπό να γίνει κατανοητή η κλιματική αλλαγή και η σύνδεση της με το φαινόμενο του θερμοκηπίου, σκόπιμο κρίνεται να αναλυθεί η ατμόσφαιρα της Γης. Ένα σημαντικό μερίδιο της ακτινοβολίας, η οποία προέρχεται από τον ήλιο, φτάνει στο επίπεδο της επιφάνειας της Γης, με αποτέλεσμα να παρατηρείται η θέρμανση τόσο της Γης όσο και της ατμόσφαιράς της. Όμως, ένα αρκετά μεγάλο ποσοστό της απορροφηθείσας από το έδαφος ακτινοβολίας, επανεκπέμπεται προς την αντίστροφη πορεία, με τη μορφή της υπέρυθρης ακτινοβολίας. Ωστόσο, λόγω των αερίων του θερμοκηπίου, η υπέρυθρη ακτινοβολία δεν διαφεύγει προς το διάστημα, μιας και τα εν λόγω αέρια δεσμεύουν μέρος της υπέρυθρης και το “στέλνουν” πίσω προς την επιφάνεια της Γης. Το επακόλουθο της παραπάνω διεργασίας είναι η αύξηση της θερμοκρασίας της Γης, γεγονός που σημαίνει την ανάπτυξη των κατάλληλων συνθηκών για τη δημιουργία και τη διατήρηση ζωής στον πλανήτη Γη.

Στη διάρκεια των δύο τελευταίων αιώνων, οι δραστηριότητες του ανθρώπου, οι οποίες αφορούν στην υπέρμετρη – ανεξέλεγκτη χρήση ορυκτών καυσίμων (λόγου χάρη άνθρακα, πετρέλαιο, φυσικό αέριο) έχουν αυξήσει σημαντικά τις ποσότητες των αερίων, όπως το μεθάνιο, το διοξείδιο του άνθρακα, το υποξείδιο του αζώτου καθώς επίσης των υδρογονοφθορανθράκων, των υπερφθορανθράκων κτλ. Τα εν λόγω αέρια, τα οποία είναι ευρέως γνωστά ως αέρια του θερμοκηπίου (GHGs), θεωρούνται κατά κύριο λόγο υπαίτια για την αύξηση της θερμοκρασίας της Γης. Επιπλέον, η υπέρμετρη

αύξηση της περιεκτικότητάς τους στη γήινη ατμόσφαιρα συνεπάγεται την όλο και αυξανόμενη έκταση του φαινομένου του θερμοκηπίου με παράλληλο επακόλουθο την κλιματική αλλαγή.



Εικόνα 4 Το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου [3]

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου, προβληματίζει ιδιαίτερα το σύνολο της ανθρωπότητας σε όλα τα επίπεδα οργάνωσής της. Διαπιστώνεται πως έπρεπε να έχουν αναληφθεί περισσότερες και πιο εντατικές δράσεις, από τις ήδη πραγματοποιηθείσες. Η επιστημονική κοινότητα, παρά τη μέγιστης σημασίας αβεβαιότητα σχετικά με τη χρονική πορεία και την δυναμική του φαινομένου, με βεβαιότητα πλέον συμπεραίνει ότι οι εκπομπές των παραπάνω βλαβερών αερίων υπογραμμίζουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου και έχουν ως άμεσο αντίκτυπο την άνοδο της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας της γης. Κατά συνέπεια, λόγω αυτών ελλοχεύει ο κίνδυνος για μία κλιματική αλλαγή, η οποία θα μπορούσε να προκαλέσει αναταράξεις στην οικολογική ισορροπία.

Επιπρόσθετα, τα «αέρια του θερμοκηπίου» αυξάνονται ταχύτατα στο επίπεδο της ατμόσφαιρας, προκαλώντας την υπερθέρμανση του πλανήτη. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το διοξείδιο του άνθρακα, το οποίο αυξήθηκε πάνω από το ένα τρίτο της ποσότητας του κατά τα προϊστορικά έτη. Ιδιαίτερα όμως τις τελευταίες δεκαετίες, οι ρυθμοί αύξησης που παρουσιάζουν είναι αρκετά μεγαλύτεροι, φαινόμενο που συναντάται κυρίως μετά την ιστορική εμφάνιση της βιομηχανικής επανάστασης. Συνεπακόλουθο των παραπάνω είναι η καταγραφή των θερμότερων ετών, συγκριτικά με το παρελθόν, να παρατηρείται τα τελευταία χρόνια.

Αξίζει να τονισθεί ότι, η σταθεροποίηση στο τωρινό επίπεδο των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου θα επιφέρει μεγαλύτερη άνοδο της θερμοκρασίας καθώς και ποικίλες εν καιρώ αλλαγές σε όλα τα επίπεδα του συστήματος του κλίματος. Ως

συνέπεια, θα προκύψουν σοβαρότατες και μη αναστρέψιμες συνέπειες για τον άνθρωπο και το γενικότερο οικοσύστημα. Το “φαινόμενο” της αύξησης της θερμοκρασίας παρουσιάζει ήδη αναρίθμητες αρνητικές συνέπειες, με χαρακτηριστικότερα παραδείγματα τα ακραία καιρικά φαινόμενα, όπως οι πλημμύρες ή οι ξηρασίες, τα οποία αντιστοίχως επιφέρουν περαιτέρω αρνητικές επιπτώσεις, όπως θάνατοι, καταστροφές ιδιοκτησιών κ.α. Πέραν αυτών, έχει παρατηρηθεί ότι οι οικονομικής φύσεως απώλειες σε παγκόσμιο επίπεδο δεκαπλασιάστηκαν σε αρκετά μικρό διάστημα, από τη δεκαετία του 1950 μέχρι τη δεκαετία του 1990. Η αύξηση της θερμοκρασίας της Γης προκαλεί αντίστοιχα αύξηση στο επίπεδο της θάλασσας, με φυσικό επακόλουθο την επίδραση στη ζωή σε νησιά και γενικότερα περιοχές πλησίον της θάλασσας. Ως εκ τούτου, η καταστολή της επέκτασης της κλιματικής αλλαγής κρίνει επιτακτική την ουσιώδη και διαρκή μείωση των GHGs, γεγονός το οποίο θα σημαίνει αυτομάτως τον περιορισμό των ανακυπτόντων κινδύνων. Βέβαια, πολλές πτυχές της κλιματικής αλλαγής καθώς και οι κατ’ επέκταση συνέπειές τους δεν θα πάψουν να υφίστανται για εκατοντάδες χρόνια, ούτε εάν οι εκπομπές των GHGs παύσουν ακαριαία.



Εικόνα 5 Επιπτώσεις Φαινομένου Θερμοκηπίου [4]

Η κλιματική αλλαγή πέραν των άλλων ενδέχεται να επιδράσει σε μέγιστο βαθμό στις πρώτες - βασικές ανάγκες του ανθρώπου διατήρησης της υγείας του, όπως για παράδειγμα το πόσιμο νερό, η διατιθέμενη τροφή (κατά πόσο θα επαρκεί) μέχρι και ο καθαρός εισπνεόμενος αέρας. Κατά τη διάρκεια ενός έτους εκατοντάδες χιλιάδες καταλήγουν νεκροί από αίτια συναφή με τα προαναφερθέντα, π.χ. η ρύπανση της ατμόσφαιρας και οι φυσικές καταστροφές, ενώ εκατομμύρια από τον περιορισμό πρόσβασης σε καθαρό νερό και από τη μη σωστή καθημερινή υγιεινή ή/και από την

υποσίτιση. Επιπρόσθετα, η επιστημονική κοινότητα υπογραμμίζει ότι η ολοένα και μεγαλύτερη αύξηση της θερμοκρασίας ενδεχομένως να επιφέρει περαιτέρω αξιοσημείωτες μεταβολές με σοβαρές συνέπειες στη ζωή ακόμη περισσότερων εκατοντάδων εκατομμυρίων (επιπλέον κίνδυνοι για ασθένειες, θανάτους, πλημμύρες κτλ).

Επομένως, οι προσπάθειες καταστολής της κλιματικής αλλαγής πρέπει να ακολουθούν ακόμα περισσότερο την κατευθυντήρια γραμμή, χαρασσόμενη από μια βιώσιμη οικονομία, με χαμηλές αρχικά ή και μηδενικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Η οικονομία αυτή οφείλει στη σύγχρονη εποχή να εκμεταλλευτεί την ραγδαία ανεπτυγμένη τεχνολογία. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος έχει γίνει αντιληπτό ότι οφείλει το ενεργειακό μας σύστημα να μεταβληθεί ταχέως και άρδην. Οι εκπομπές παγκοσμίως μέσω των παραπάνω προσπάθειών πρέπει να φτάσουν αμεσότατα σε ένα μέγιστο και μετά να αρχίσουν να μειώνονται.

Η ανάπτυξη των παραπάνω προσπαθειών θα πρέπει να οριστεί στους τομείς της κοινωνίας και κατ' επέκταση της οικονομίας που βασίζονται στην ενέργεια, όπως για παράδειγμα ο τομέας της βιομηχανίας. Ωστόσο, το κόστος που προκύπτει με την ανάληψη τέτοιου είδους δράσεων, που στοχεύουν στον περιορισμό των εκπομπών των GHGs και τον παράλληλο περιορισμό της κλιματικής αλλαγής μπορεί με την πρώτη ματιά να διαφαίνεται υψηλό. Όμως, ουσιαστικά είναι αρκετά χαμηλότερο συγκριτικά με το ανάλογο κόστος, που αναγκαστικά θα καταβληθεί λόγω αδικαιολόγητης μακροχρόνιας απραξίας. Η προσαρμογή των χωρών έχει φθάσει στο επίπεδο να θεωρείται ότι αποτελεί πλέον κάτι παραπάνω από απλή αναγκαιότητα καθώς η εξάρτηση του ανθρώπου από το φυσικό περιβάλλον είναι ιδιαίτερα μεγάλη ώστε να παραμεριστεί, ακόμα και σε χρονικές περιόδους οικονομικής κρίσης.

1.3 ΈΝΟΠΛΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Σε συνέχεια των παραπάνω θεμάτων και προβληματισμών σχετικά με την κλιματική αλλαγή και το φαινόμενο του θερμοκηπίου, φρόνιμο είναι να αποτυπωθεί η σχέση των Ενόπλων Δυνάμεων (ΕΔ) με την ενέργεια και την κατανάλωση αυτής. Με σκοπό να γίνει αντιληπτή η σύνδεση των ΕΔ με την έννοια της ενέργειας καθώς και με το κατά πόσο στηρίζονται σε αυτήν, θα μπορούσε να ειπωθεί ότι η ενέργεια, οποιασδήποτε προέλευσης, είναι απολύτως απαραίτητη και κρίσιμη για κάθε στρατιωτική αποστολή. Επιπρόσθετα, γίνεται αντιληπτό πως οι ΕΔ αποτελούν έναν από τους μεγαλύτερους πυλώνες κατανάλωσης ενέργειας για κάθε κράτος, λαμβάνοντας υπόψη τις διάφορες αποστολές, τις οποίες αναλαμβάνουν οι Ένοπλες Δυνάμεις κάθε χώρας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα του εκτοπίσματος, που καταλαμβάνουν στο διεθνές οικονομικό και ενεργειακό στερέωμα, αποτελεί το γεγονός ότι οι περιοχές στρατιωτικής εκπαίδευσης καλύπτουν τουλάχιστον το δύο τοις εκατό της χερσαίας επιφάνειας της Γης. Σε παραλληλισμό με τις ενεργειακές ανάγκες, που υφίστανται σε περιπτώσεις στρατιωτικών επιχειρήσεων, γίνεται αντιληπτό το επίπεδο της ενεργειακής κατανάλωσης του συνόλου των ΕΔ παγκοσμίως.



Εικόνα 6 Στρατός και Κατανάλωση Ενέργειας [5]

Ειδικότερα στα ελληνικά δεδομένα, οι Ένοπλες Δυνάμεις της Ελλάδας αποτελούν έναν εθνικό οργανισμό, ο οποίος αναλαμβάνει αποστολές – δράσεις καθημερινά σε πολλαπλούς παράλληλους τομείς. Εν προκειμένω, η μεγίστη των αποστολών τους, η οποία είναι η υπεράσπιση της εθνικής εδαφικής ακεραιότητας και η διασφάλιση της εθνικής ανεξαρτησίας, απαιτεί διαρκείς εργασίες προετοιμασίας για πόλεμο, όπως η συνεχής εκπαίδευση του προσωπικού, η διεξαγωγή μικρότερης ή μεγαλύτερης κλίμακας ασκήσεων – δραστηριοτήτων κτλ. Παράλληλα, οι αναπτυσσόμενες δράσεις εμφανίζονται στο πλευρό της κοινωνίας. Αυτό αποτυπώνεται με τη διαρκή συνδρομή των δυνάμεων και των μέσων στην Πολιτεία με την πλειοψηφία των περιπτώσεων να αναφέρεται σε περιπτώσεις αντιμετώπισης κρίσεων – εκτάκτων αναγκών. Επίσης, διαφαίνεται με τη βοήθεια που προσφέρουν για την επίλυση διαφόρων ζητημάτων και για την περιφερειακή εξέλιξη, μέσω της στενής συνεργασίας που διακατέχει τις κατά τόπους στρατιωτικές μονάδες – υπηρεσίες με τους αντίστοιχους Οργανισμούς Τοπικής Αυτοδιοίκησης και τους τοπικούς κρατικούς οργανισμούς.

Για την πραγματοποίηση όλων των παραπάνω δραστηριοτήτων, το κατά τόπους στρατιωτικό προσωπικό χειρίζεται εξοπλισμό, εγκαταστάσεις και μέσα, τα οποία παρουσιάζουν μεγάλο φάσμα εφαρμογής. Γίνεται ως εκ τούτου κατανοητό από όλα τα προαναφερθέντα, αφενός ότι ο Ελληνικός Στρατός αποτελεί ένα δραστήριο και ζωντανό κλάδο της κοινωνίας με ποικίλες και παράλληλες εργασίες και αφετέρου ότι εκρέουν από αυτές διάφορες επαυξημένες ενεργειακές ανάγκες. Ως εκ τούτου, η ιδέα να αξιοποιηθούν οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) για να εξασφαλισθεί ένα ποσοστό των παραπάνω αναγκών διαφαίνεται εκ πρώτης όψεως άκρως ελπιδοφόρα με σκοπό τη συμβολή από το δικό τους μετερίζι στην αντιμετώπιση του ενεργειακού προβλήματος και της κλιματικής αλλαγής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

2.1 ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η εξελικτική πορεία του πολιτισμού του ανθρώπου και η ανάπτυξη των ανθρώπινων κοινωνιών στο πέρασμα του χρόνου χαρακτηρίζεται ως απόλυτα ταυτισμένη με την αξιοποίηση των πηγών ενέργειας - πόρων του περιβάλλοντος. Από την εμφάνισή του ακόμα, το ανθρώπινο γένος προσπαθούσε να εφεύρει καινούργιους τρόπους για το πως θα πραγματοποιηθεί η εκμετάλλευση των παραπάνω πηγών.

Ειδικότερα, ο άνθρωπος για πολλές χιλιάδες χρόνια έκανε χρήση των άμεσα διαθέσιμων ενεργειακών πόρων, προκειμένου να καλύψει τις ανάγκες του. Η αρχή της διαδρομή αυτής στον χρόνο θα μπορούσε να τοποθετηθεί έως και πριν από 500.000 χρόνια, όταν περίπου χρονολογείται η ανακάλυψη της φωτιάς. Η ανακάλυψη αυτή προσέδωσε μεγάλη δύναμη στο ανθρώπινο γένος, καθώς μία σειρά από πλεονεκτήματα, που απορρέουν από την χρήση της φωτιάς, κατέστησαν εφικτή την εκμετάλλευση τους, όπως όπως η θερμότητα, το φως στο σκοτάδι, ή ακόμα και η επεξεργασία των μετάλλων.

Αργότερα, οι ανθρώπινες κοινωνίες, αφού συνειδητοποίησαν το όφελος που προκύπτει από την αξιοποίηση του ανέμου, κατασκεύασαν πλοία. Η εφεύρεση των πλοίων είχε ως αποτέλεσμα τη διεύρυνση των οριζόντων όσον αφορά στην εκμετάλλευση της θάλασσας στους τομείς κατά κύριο λόγο των μεταφορών και του εμπορίου. Πέραν των πλοίων, η εκμετάλλευση του δυναμικού του αέρα αφορούσε και στην κατασκευή ανεμόμυλων, οι οποίοι βρήκαν εφαρμογή στην άλεση γεωργικών παραγώγων και στην άντληση ύδατος.

Παράλληλα, δε, αξιοποιήθηκε το δυναμικό του νερού. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι υδροστρόβιλοι, οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν τόσο ως νερόμυλοι όσο και σε σκοπούς αρδευτικών. Σε αυτές τις περιπτώσεις, το νερό αξιοποιείται κατάλληλα με στόχο την παραγωγή μηχανικής ενέργειας.

Παρ' όλ' αυτά, η βιομηχανική επανάσταση, η οποία εμφανίστηκε τον 19ο αιώνα, άλλαξε ριζικά όλα τα προηγούμενα. Εφευρέσεις διαδέχονταν η μία την άλλη. Παραδείγματα αποτελούν οι μηχανές εσωτερικής καύσης, ο ηλεκτρισμός και βέβαια η ατμομηχανή, τα οποία με τη σειρά τους είχαν ως αποτέλεσμα την εντατική χρήση των ορυκτών καυσίμων ως κύριες ενεργειακές πηγές, εν αντιθέσει με τις πατροπαράδοτες φυσικές πηγές ενέργειας.

Η γενόμενη βιομηχανική και στη συνέχεια τεχνολογική ανάπτυξη αύξησε με αρκετά γρήγορο ρυθμό την κατανάλωση ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο, όπως επισημάνθηκε και προηγουμένως. Το φαινόμενο αυτό προκάλεσε μεγάλη ανησυχία ως

προς την επάρκεια των δεδομένων κοιτασμάτων, από τα οποία προέρχονταν τα ορυκτά καύσιμα, ενώ παράλληλα εμφανίζονταν ποικίλα προβλήματα στα οικοσυστήματα, ως απόρροια της υπέρμετρης χρησιμοποίησης των παραπάνω καυσίμων, ενισχύοντας την προαναφερθείσα ανησυχία.

Με αυτόν τον τρόπο, η παγκόσμια κοινότητα οδηγήθηκε στη σκέψη της επιστροφής στην εκμετάλλευση των φυσικών πηγών ενέργειας, οι οποίες χαρακτηρίζονται ως φιλικές προς το περιβάλλον. Η αιολική, η ηλιακή, η υδροδυναμική και η θαλάσσια ενέργεια, η γεωθερμία και η βιομάζα άρχισαν να επεκτείνονται στη συνείδηση του τομέα της ενέργειας παγκοσμίως και έγιναν γνωστές με τον όρο “Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας” (ΑΠΕ).

Αποτέλεσμα του τελευταίου ήταν να βελτιωθούν οι παλιές μέθοδοι και να εμφανιστούν νέες και ενδιαφέρουσες τεχνολογίες αξιοποίησης των ΑΠΕ. Τα φωτοβολταϊκά, οι ανεμογεννήτριες και τα υδροηλεκτρικά έργα συνιστούν τα κυριότερα παραδείγματα των μεθόδων αξιοποίησης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, χωρίς όμως να αποτελούν και τα μόνα. Αλλά, ως οι πιο διαδεδομένες τεχνικές καταδεικνύουν τη μελέτη που πραγματοποιήθηκε και την ανάπτυξη που επήλθε σε αυτόν τον τομέα, καθώς αναζητούνταν λύσεις στο ενεργειακό πρόβλημα.

Φτάνοντας στη σημερινή εποχή, αν και παρατηρείται ότι τα ορυκτά καύσιμα εξακολουθούν να αποτελούν την κύρια πηγή παραγωγής ενέργειας, οι ΑΠΕ αρχίζουν να κατέχουν ένα ιδιαίτερα σοβαρό μερίδιο στην παραγωγή ενέργειας, και άρα στην κατανάλωση αυτής σε παγκόσμια κλίμακα, το οποίο μερίδιο όμως διαρκώς αυξάνεται. Σε αυτό χωρίς αμφιβολία έχει συνεισφέρει η ταχεία ανάπτυξη που παρουσιάζουν οι μέθοδοι αξιοποίησης των ΑΠΕ, κυρίως μέσω της ταχείας εξέλιξης της σύγχρονης τεχνολογίας. Γεγονός που αυτομάτως συνεπάγεται ότι η εκτεταμένη εφαρμογή των ΑΠΕ στο παγκόσμιο ενεργειακό σκηνικό γίνεται ούτως ή άλλως από φιλική προς το περιβάλλον αλλά και ιδιαίτερα αποδοτική στον οικονομικό τομέα, ανοίγοντας νέους ορίζοντες σε επιχειρηματικό επίπεδο.

2.2 ΜΟΡΦΕΣ

Οι προαναφερθείσες μορφές ενέργειας απαντώνται με τους όρους «ανανεώσιμες» καθώς και «ήπιες», όπως αναλύεται παρακάτω:

- Μπορούν να θεωρηθούν ουσιαστικά ανεξάντλητες καθώς αποτελούν μορφές ενέργειας, οι οποίες ανανεώνονται χωρίς την ανθρώπινη παρέμβαση αλλά η ανανέωση αυτή εξασφαλίζεται από την ίδια τη φύση.
- Είναι ευνόητο πως δεν θα εξαντληθεί ποτέ η “εμφάνιση” του ήλιου ή η “παρουσία” του ανέμου στην ανθρώπινη ζωή, όπως ισχύει το ίδιο για τα απόβλητα που συνεισφέρουν στη βιομάζα, και άρα δεν θα στερηθεί την προσφορά αυτών ποτέ το ανθρώπινο γένος.

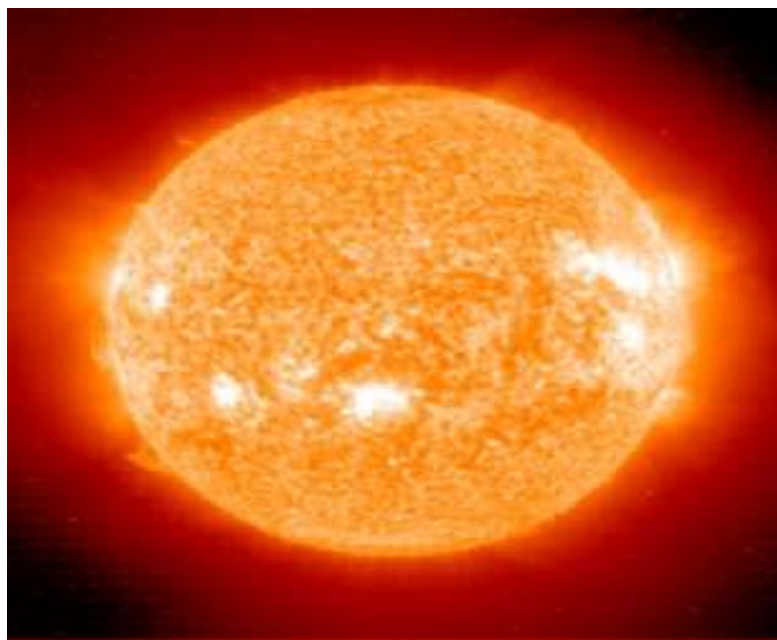
- Η εκμετάλλευση των παραπάνω μορφών σημαίνει πρακτικά την αξιοποίηση της ενεργειακής ροής, όπως αυτή συναντάται αυτούσια στη φύση. Ως εκ τούτου, γίνεται αντιληπτό πως δεν αναγκαστεί κάποιου είδους ανθρώπινη παρέμβαση, όπως συμβαίνει με την περίπτωση των ορυκτών καυσίμων, όπου συναντάται για παράδειγμα η εξόρυξη.

- Οι ΑΠΕ αποτελούν εξ ορισμού μορφές ενέργειας περιβαλλοντικά φιλικές και θα μπορούσαν να χαρακτηρισθούν ως “καθαρές”. Αυτό προκύπτει από το γεγονός ότι δε συνεισφέρουν στις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου ούτε παράγουν απόβλητα που θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν τοξικά, όπως τα ραδιενεργά.

2.2.1 ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η ενέργεια, η οποία μπορεί να χαρακτηριστεί ως ηλιακή, αφορά στην οποιαδήποτε μορφή ενέργειας προέρχεται από τον Ήλιο. Μορφές ενέργειας, δηλαδή όπως η θερμότητα ή η ακτινοβολία ή απλά το φως που φθάνουν στον πλανήτη Γη και προέρχονται από τον Ήλιο, εντάσσονται στην εν λόγω κατηγορία.

➤ Δυναμικό



Εικόνα 7 Ήλιος και Ηλιακή Ακτινοβολία [6]

Η ηλιακή ενέργεια, όπως γίνεται αντιληπτό από τον παραπάνω ορισμό, προέρχεται από τον ίδιο τον ήλιο. Ο ήλιος είναι γνωστό πως παρουσιάζει πολύ μεγάλες θερμοκρασίες, της τάξεως των χιλιάδων βαθμών Κελσίου και για αυτόν κυρίως το λόγο εκπέμπει ενέργεια προς τους υπόλοιπους πλανήτες. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, ένα μέρος της ακτινοβολίας του ήλιου φθάνει στη γη. Ένα ποσοστό αυτής της ενέργειας ανακλάται από την ατμόσφαιρα της γης προς την αντίθετη κατεύθυνση, ενώ το υπόλοιπο απορροφάται από το έδαφος και επανεκπέμπεται με τη μορφή της

υπέρυθρης ακτινοβολίας. Αυτός είναι ο τρόπος, κατά τον οποίο δημιουργούνται συνθήκες κατάλληλες για ζωή εντός της ατμόσφαιρας της γης.

Επιπλέον, αξίζει να επισημανθεί ότι η γη παρουσιάζει περιστροφική κίνηση γύρω από τον ήλιο με τον άξονά της να βρίσκεται υπό κλίση σε σχέση με το επίπεδο περιστροφής. Το γεγονός αυτό σημαίνει πως ανάλογα τη χρονική περίοδο - εποχή και επομένως την κλίση της γης η ακτινοβολία του ήλιου δεν φτάνει στο έδαφος με τον ίδιο τρόπο. Για παράδειγμα, στο νότιο ημισφαίριο της γης οι ακτίνες του ήλιου θα φτάνουν πλάγια κατά το μήνα Ιούνιο και περισσότερο κάθετα κατά το Δεκέμβριο (το αντίθετο ισχύει για το βόρειο ημισφαίριο). Ως αποτέλεσμα του παραπάνω, η τιμή της ενεργειακής πυκνότητας θα μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια ενός έτους. Σε αυτό το σημείο να τονισθεί ότι ενεργειακή πυκνότητα είναι η ενέργεια που φτάνει σε δεδομένη χρονική στιγμή στην επιφάνεια της γης και συγκεκριμένα σε ένα τετραγωνικό μέτρο αυτής.

Σε συνέχεια των παραπάνω, με σκοπό την πλήρη κατανόηση του δυναμικού της ηλιακής ενέργειας, γίνεται αναφορά στη διαφοροποίηση της άμεσης από τη διάχυτη ακτινοβολία. Αρχικά, η πρώτη όπως γίνεται αντιληπτό από την ονομασία της είναι το μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας, το οποίο καταφτάνει στο έδαφος απευθείας. Αυτό το είδος ακτινοβολίας εξασφαλίζει την ύπαρξη υψηλών θερμοκρασιών στη γη. Η δεύτερη είναι το ποσοστό εκείνο που πρώτα διαχέεται στην ατμόσφαιρα, είτε λόγω της σύστασης της ατμόσφαιρας είτε λόγω της υφιστάμενης νέφωσης, και μετά προσπίπτει στην επιφάνεια της γης. Αυτή η μορφή είναι υπεύθυνη για το φως κατά την ημέρα, στο οποίο βασίζεται η αίσθηση της όρασης. Ωστόσο, και οι δύο μορφές απαιτούνται στις εφαρμογές αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας.

➤ Τεχνολογίες

➤ Φωτοβολταϊκά (Φ/Β)

Τα φωτοβολταϊκά βασίζουν την ύπαρξη – λειτουργία τους στο φαινόμενο, το οποίο είναι γνωστό ευρέως με την ονομασία “φωτοβολταϊκό φαινόμενο”. Σύμφωνα με αυτό η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται από το ηλιακό φως. Επίσης, τα Φ/Β αποτελούνται από στοιχεία. Τα στοιχεία αυτά περιλαμβάνουν δύο ημιαγωγούς, οι οποίοι βρίσκονται σε λεπτά στρώματα. Το υλικό παραγωγής τους κατά κύριο λόγο είναι το πυρίτιο. Οι συγκεκριμένοι είναι υπεύθυνοι για τη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια και ονομάζονται διαφορετικά ηλιακές κυψέλες.

Ένα Φ/Β σύστημα περιλαμβάνει συνήθως τα περισσότερα από τα παρακάτω μέρη:

- Φωτοβολταϊκή μονάδα
- Συσσωρευτές
- Δίοδοι αντεπιστροφής
- Σύστημα στήριξης

- Μετατροπείας ρεύματος (συνεχούς – εναλλασσόμενου).



Εικόνα 8 Εγκατεστημένη Φ/Β Συστοιχία [7]

Μερικές από τις βασικότερες εφαρμογές στις οποίες απαντώνται τα φωτοβολταϊκά είναι, όπως παρακάτω:

- Παροχή ηλεκτρικής ενέργειας και διασύνδεση της με το ηλεκτρικό δίκτυο
- Παροχή ηλεκτρικού ρεύματος σε απομακρυσμένα συστήματα με σκοπούς για προειδοποίηση, όπως οι φάροι, ή σε απομακρυσμένους – προστατευμένους χώρους, όπως για παράδειγμα τα καταφύγια
- Εφαρμογές σε τηλεπικοινωνιακά είδη
- Φωτισμός σε δημόσιους δρόμους ή ακόμα και σε στάσεις λεωφορείων
- Παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε δορυφόρους και διάφορες άλλες τεχνολογίες στο διάστημα.

➤ **Θερμικά ηλιακά συστήματα**

Ο ηλιακός συλλέκτης αποτελεί το κεντρικό εργαλείο για την εφαρμογή του ηλιακού συστήματος θέρμανσης. Η λειτουργία του στηρίζεται στη μετατροπή της θερμότητας από τον ήλιο σε θέρμανση του νερού, ή εν γένει ρευστού, το οποίο με τη σειρά του αποδίδει τη θερμότητα αυτή σε μία σειρά από κάποιους τελικούς αποδέκτες, όπως:

- Χώροι – δωμάτια κτιρίων

- Ζεστό νερό χρήσης (ZNX)
- Διάφορες βιομηχανικές εφαρμογές
- Οι αθλητικές πισίνες και γενικά κολυμβητικοί χώροι.

Τα βασικότερα είδη θερμικών ηλιακών συστημάτων που παρουσιάζουν ευρεία χρήση στην αγορά είναι:

- Συλλέκτης κενού
- Επίπεδος συλλέκτης

➤ Παθητικά ηλιακά συστήματα

Οι παράγοντες που χαρακτηρίζουν τα παθητικά ηλιακά συστήματα θα μπορούσαν να κατηγοριοποιηθούν, όπως παρακάτω:

- Ο τρόπος με τον οποίο διοχετεύεται η ενέργεια στον τόπο τον οποίο πρόκειται να θερμάνει το παθητικό σύστημα.
- Η συναλλαγή που υφίσταται εντός του παθητικού συστήματος μεταξύ της ενέργειας που φτάνει από τον ήλιο και της αποθηκευόμενης στο σύστημα θερμότητας
- Το άνοιγμα της συλλογής ηλιακής ενέργειας

Οι τρεις κυριότερες κατηγοριοποιήσεις των παραπάνω συστημάτων είναι οι εξής:

- Απομονωμένα συστήματα συλλογής
- Συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους
- Συστήματα άμεσου ηλιακού κέρδους

2.2.2 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η ενέργεια, η οποία αποδίδεται στον όρο αιολική, αναφέρεται σε εκείνο το είδος ενέργειας, που αποκτάται από την εκμετάλλευση του ανέμου, ο οποίος βρίσκεται σε κίνηση και πνέει σε δεδομένη στιγμή με δεδομένη ταχύτητα. Ουσιαστικά, θεωρείται ως προϊόν της ηλιακής ενέργειας. Αυτό συμβαίνει κυρίως καθώς οι άνεμοι προκύπτουν ως αποτέλεσμα της διαφορετικής συμπεριφοράς του εδάφους, το οποίο θερμαίνεται κατά τόπους ανομοιόμορφα, γεγονός που, λόγω της διαφορετικής θερμοκρασίας και άρα της διαφορετικής πυκνότητας αέρα, συνεπάγεται τη μετακίνηση αέριων μαζών.

➤ Δυναμικό

Έχει διαπιστωθεί πως ο αέρας που περιέχεται στην ατμόσφαιρα της γης διαρκώς κινείται. Αυτό οφείλεται κατά βάση, όπως έχει ήδη αναφερθεί, στην περιστροφική κίνηση αυτής γύρω από τον ήλιο, την ανομοιομορφία που παρουσιάζει

η επιφάνεια της γης καθώς και στην ίδια την ηλιακή ενέργεια που φτάνει στο έδαφος και στον τρόπο με τον οποίο αυτό πραγματοποιείται.

Μία από τις βασικότερες αιτίες κατά τις οποίες ο αέρας της ατμόσφαιρας θερμαίνεται αποτελεί η επαφή στην οποία έρχεται με το έδαφος της γης, του οποίου η επιφάνεια είναι θερμότερη. Ο παραγόμενος από την επαφή με τη γήινη επιφάνεια θερμός αέρας είναι πιο ελαφρύς και κατά συνέπεια παρουσιάζει πυκνότητα πιο μικρή από τον αντίστοιχο σε μεγαλύτερη απόσταση από την επιφάνεια ψυχρό αέρα. Αποτέλεσμα τούτου είναι το παραπάνω στρώμα αέρα να θερμαίνεται και να ακολουθεί ανοδική πορεία. Στη συνέχεια, το προαναφερθέν ψυχρό στρώμα, αφού λάβει τον χώρο που θα αφήσει το θερμό, με την πάροδο του χρόνου θα παρουσιάσει πανομοιότυπη συμπεριφορά. Επομένως, δημιουργείται μία αέναη κίνηση μαζών αέρα από κάτω προς τα πάνω.

Επιπλέον, λόγω του διαφορετικού τρόπου με τον οποίο καταφθάνει η ηλιακή ακτινοβολία στις διάφορες περιοχές του πλανήτη, δημιουργείται μεγάλη απόκλιση στη θερμοκρασία αλλά και στη βαρομετρική πίεση που επικρατεί κατά τόπους. Ως επακόλουθο των αποκλίσεων αυτών, δημιουργούνται κινούμενες μάζες αέρα από τη μία περιοχή στην άλλη, διαμορφώνοντας ένα άλλο είδος ανέμων. Για παράδειγμα, ο Ισημερινός θερμαίνεται περισσότερο από τους πόλους και άρα προκαλούνται οι αντίστοιχοι άνεμοι.

Επίσης, το ανάγλυφο της Γης επηρεάζει την κίνηση των ανέμων. Αξίζει να επισημανθεί ότι η στεριά παρουσιάζει διαφορετική θερμική συμπεριφορά σε σχέση με αυτή της θάλασσας (η στεριά για παράδειγμα θερμαίνεται γρηγορότερα από ότι η θάλασσα). Άρα, παρατηρούνται κινήσεις μαζών, εξαιτίας της διαφορετικής θερμοκρασίας, που αποκτούν από την επαφή τους με την αντίστοιχη επιφάνεια της Γης. Πέραν τούτου, η εκάστοτε ανομοιομορφία του εδάφους (σχηματιζόμενα βουνά, μεγάλης έκτασης κοιλάδες, κλπ.) προκαλεί επίσης τοπικούς ανέμους. Συγκεκριμένα, τα βουνά παρουσιάζουν θερμική συμπεριφορά κατά την οποία η θέρμανση τους πραγματοποιείται πιο γρήγορα από τις πεδιάδες και με αυτόν τον τρόπο παρατηρούνται τοπικά άνεμοι, πάλι λόγω της διαφορετικής θερμοκρασίας.

Σε όλα τα προηγούμενα αξίζει να προστεθεί και το γεγονός ότι η περιστροφή της Γης γύρω από τον άξονά της καθώς και γύρω από τον Ήλιο προκαλεί την εκτροπή των ανέμων και περιπλέκει περισσότερο την κυκλοφορία της ατμόσφαιρας.

Επομένως, γίνεται αντιληπτό το γεγονός ότι η ύπαρξη ανέμων στην ατμόσφαιρα της γης οφείλεται κατά βάση τόσο στην ηλιακή ενέργεια όσο και στην περιστροφική κίνηση της γης.

➤ Τεχνολογίες

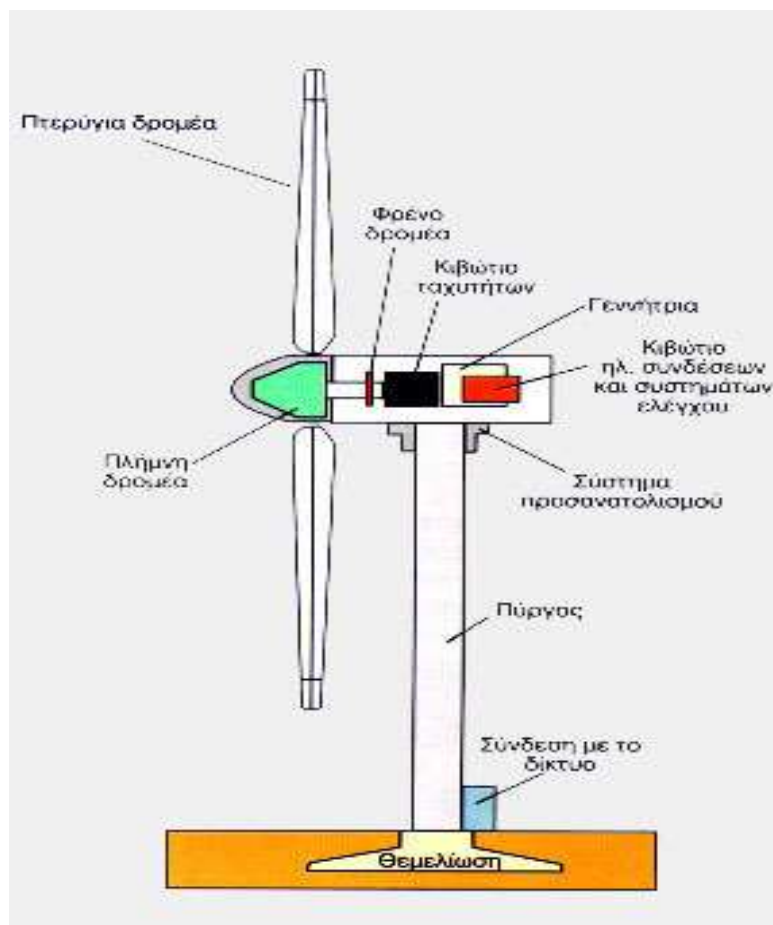
Αρχικά, με σκοπό την κατανόηση του μεγέθους του δυναμικού της αιολικής ενέργειας, άξια αναφοράς αποτελεί η διαπίστωση πως με την υφιστάμενη ανεπτυγμένη σύγχρονη τεχνολογία εκτιμάται ότι η ηλεκτρική ενέργεια που θα μπορούσε να προέλθει

από την αιολική ενέργεια με εκμετάλλευση του συνόλου του αιολικού δυναμικού σε διάστημα ενός έτους θα ήταν πολλαπλάσια από τις αντίστοιχες ηλεκτρικές ανάγκες της παγκόσμιας ανθρώπινης κοινότητας.

Η συνειδητοποίηση του αιολικού δυναμικού και η ανάγκη εκμετάλλευσης του, όπως προαναφέρθηκε, παρατηρείται πολύ πίσω στην ιστορία. Μία μορφή εκμετάλλευσης του δυναμικού αποτελούσαν οι ανεμόμυλοι. Φτάνοντας στο σήμερα, οι σύγχρονες αντίστοιχες μηχανές ονομάζονται ανεμογεννήτριες. Οι ανεμογεννήτριες έχουν ως σκοπό να μετατρέπουν την αιολική ενέργεια μέσω κατάλληλων μηχανισμών σε εκμεταλλεύσιμη ηλεκτρική. Στις τωρινές ανεμογεννήτριες, σε αντίθεση με τους παλιούς ανεμόμυλους οι οποίοι όφειλαν την κίνηση τους στην αντίσταση στον αέρα, η κίνηση τώρα προκύπτει λόγω της ύπαρξης της άνωσης του αέρα, η οποία σαφέστατα έχει μεγαλύτερες δυνατότητες για να συμβάλλει στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες κατηγοριοποιούνται σε δύο βασικές μορφές, όπως παρακάτω:

- ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα, οι οποίες έχουν το δρομέα τους παράλληλο στην κατεύθυνση του πνέοντος αέρα και κατά συνέπεια είναι πάντοτε παράλληλος στο έδαφος της γης
- ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα, οι οποίες παρουσιάζουν αντίθετη κατασκευή με τον άξονα του δρομέα να είναι πάντα κάθετος στο έδαφος.



Εικόνα 9 Τα Μέρη Ανεμογεννήτριας Οριζοντίου Άξονα [8]

Η πρώτη προαναφερθείσα κατηγορία μηχανών αποτελείται, έπειτα από πολυάριθμες μελέτες που πραγματοποιήθηκαν, από δύο αλλά κατά κόρον από τρία πτερύγια, λόγω της ομοιομορφίας των δυνάμεων που αναπτύσσονται. Μοιάζουν αρκετά με αεροπορική έλικα, με τις πιο σύγχρονες πλέον να έχουν τη δυνατότητα να προσανατολίζονται μέσω κατάλληλων διατάξεων – μηχανισμών στη διεύθυνση του αέρα.

Τα επιμέρους μηχανήματα που απαρτίζουν μία ανεμογεννήτρια οριζοντίου άξονα, όπως απεικονίζονται στην Εικόνα 9, έχουν ως εξής:

- ο πύργος,
- ο δρομέας με τα επιμέρους στοιχεία του, όπως το φρένο δρομέα (ή σύστημα πέδησης), η πλήμνη δρομέα και τα πτερύγιά του,
- η γεννήτρια,
- το κιβώτιο των συστημάτων ελέγχου
- το κιβώτιο ταχυτήτων,
- το σύστημα προσανατολισμού,
- η ηλεκτρική σύνδεση με το δίκτυο,
- η θεμελίωση.

Ο δρομέας θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως το πιο σημαντικό στοιχείο μιας ανεμογεννήτριας, καθώς μέσω αυτού πραγματοποιείται η εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού. Περιλαμβάνει, όπως αποτυπώθηκε προηγουμένως τα πτερύγια. Τα πτερύγια πρακτικά είναι αυτά που συναντά ο άνεμος και τα οποία είναι τα πρώτα υπεύθυνα αξιοποίησης του αιολικού δυναμικού, μέσω του αεροδυναμικού τους σχήμα. Αυτό το σχήμα είναι που “δίνει” την κίνηση των πτερυγίων, μέσω των κατασκευαστικών του χαρακτηριστικών, όπως η συστροφή που παρουσιάζουν ή το πλάτος στο οποίο εκτείνονται. Σημαντικό ρόλο κατέχουν επίσης η γεννήτρια, σύγχρονη ή μη, και το σύστημα προσανατολισμού, το οποίο εξασφαλίζει την όσο το δυνατό μεγαλύτερη αξιοποίηση του ανέμου, ανεξαρτήτως διεύθυνσης. Ενδεικτικά, τέλος, αναφέρεται ότι τα θεμέλια αποτελούνται από οπλισμένο σκυρόδεμα και ο πύργος κατέχει σχήμα κωνοειδές. Τα τελευταία μέρη έχουν καταλήξει σε αυτές τις επιλογές με στόχο την ασφαλέστερη και αυξημένη αντοχή στη στήριξη των υπόλοιπων μερών.

Ο κυριότερος λόγος της ανάπτυξης των ανεμογεννητριών καθώς και της θετικής αντιμετώπισής τους από τον επενδυτικό τομέα είναι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με σκοπό την παροχή - πώληση σε υφιστάμενο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Με γνώμονα την παραπάνω ιδέα, αναπτύχθηκαν τα λεγόμενα αιολικά πάρκα, τα οποία ουσιαστικά αποτελούν “ομάδες” πολλών ανεμογεννητριών, οι οποίες, αφού ευρεθεί περιοχή με αξιοποιήσιμο αιολικό δυναμικό, τοποθετούνται και παρέχουν μεγάλες ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας στο εκάστοτε δίκτυο. Ωστόσο, λόγω των περιορισμών που υφίστανται στη στεριά, όπως ο αναπτυσσόμενος θόρυβος ή η ελάχιστη αποδεκτή

από τη νομοθεσία απόσταση από πλήθος περιοχών, για παράδειγμα οι κατοικημένες ή οι αντίστοιχες φυσικής σπουδαιότητας (Natura 2000), η σύγχρονη τάση στοχεύει στην ανάπτυξη επιθαλάσσιων πάρκων, τα οποία αποκαλούνται off-shore. Επίσης, οι πιο πρόσφατες μελέτες βελτιστοποίησης της λειτουργίας αιολικών πάρκων έχουν οδηγήσει στην ανάγκη ανάπτυξης συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας, κυρίως μέσω συσσωρευτών.

2.2.3 BIOMAZA

Όπως ορίζει το Άρθρο 2 της Ευρωπαϊκής Οδηγίας 2009/28/EK, η βιομάζα ορίζεται ως «*το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα προϊόντων, αποβλήτων και υπολειμμάτων (residues) βιολογικής προέλευσης από τη γεωργία (συμπεριλαμβανομένων των φυτικών και των ζωικών ουσιών), τη δασοκομία και τους συναφείς κλάδους βιομηχανικών δραστηριοτήτων (related industries), συμπεριλαμβανομένης της αλιείας και της υδατοκαλλιέργειας, καθώς και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των βιομηχανικών αποβλήτων και των οικιακών απορριμμάτων. Βιοκαύσιμα ορίζονται ως τα υγρά ή αέρια καύσιμα κίνησης (for transport), τα οποία παράγονται από βιομάζα.*»

➤ Δυναμικό

Ουσιαστικά, η αναφορά στη βιομάζα αντιστοιχεί στην ύλη του ψηλότερου στρώματος του εδάφους της γης, η οποία χαρακτηρίζεται ως οργανική. Αυτή η ύλη πρακτικά απορροφά ένα μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στο έδαφος, με αποτέλεσμα να αποτελεί, μέσω χημικών αντιδράσεων και διεργασιών, έναν τρόπο αποθήκευσης ενέργειας. Η αξιοποίηση της βιομάζας θεωρείται ιδιαίτερα εκτεταμένη στη σύγχρονη εποχή, έστω και αν αυτό δε γίνεται εύκολα αντιληπτό, καθώς η εφαρμογή της συναντάται στις αναπτυσσόμενες κυρίως χώρες. Η παραπάνω αξιοποίηση πραγματοποιείται με την εκμετάλλευση του ξύλου, των αστικών ή/και βιομηχανικών απορριμμάτων ή αυτών των αγροτικών διεργασιών.

➤ Τεχνολογίες

Οι κυριότερες μορφές της βιομάζας, όπως προκύπτει από τα προηγούμενα, είναι το ξύλο, τα απόβλητα (π.χ. τα υγρά) ή τα απορρίμματα (όπως τα οικιακά). Το κοινό των διαδεδομένων μορφών βιομάζας είναι η μεγάλη ταχύτητα που παρουσιάζει η αποσύνθεση τους, αν και ως αρνητικό τους θα μπορούσε να τους αποδοθεί η μικρή ενεργειακή απόδοση που εμφανίζουν.

Η ενέργεια από τη βιομάζα και τις διάφορες μορφές της, μπορεί να ανακτηθεί μέσω διάφορων μεθόδων – τεχνικών, με ορισμένες να είναι οι παρακάτω:

- Επεξεργασία της βιομάζας με τεχνικές όπως η ξήρανση αυτής μέσω αέρα και στη συνέχεια καύση της
- Η ζύμωση και η αναερόβια χώνευση αποτελούν τεχνικές, οι οποίες οδηγούν σε αξιοποιήσιμα καύσιμα

- Άμεση ανάφλεξη βιομάζας
- Μέθοδοι όπως η πυρόλυση της βιομάζας ή η υγροποίηση αυτής, με σκοπό την ενεργειακή της αναβάθμιση

Η εκμετάλλευση της ενέργειας της βιομάζας πραγματοποιείται κυρίως με σκοπό την παραγωγή θερμότητας, η οποία αξιοποιείται σε ποικίλες εφαρμογές, όπως η θέρμανση χώρων ή η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος για παροχή - πώληση στο διασυνδεδεμένο δίκτυο (πραγματοποιείται μέσω του παραγόμενου από τη θερμότητα ατμού).

Τα τελευταία χρόνια, ένα ιδιαίτερα σημαντικό μέρος της βιομάζας, εξαιτίας της αναγκαιότητας για μηδενικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, είναι τα βιοκαύσιμα. Γίνεται αντιληπτό ότι προκύπτουν σοβαρές προοπτικές ανάπτυξης των βιοκαυσίμων, ιδιαίτερα δε στον 21^ο αιώνα, κατά τη διάρκεια του οποίου παρατηρείται η μεγάλη στροφή προς τις ΑΠΕ στο διεθνές ενεργειακό σκηνικό. Ως επακόλουθο, διαφαίνεται ένας μεγάλος ορίζοντας ανάπτυξης των βιοκαυσίμων, ακολουθώντας την πεπατημένη των ΑΠΕ, ξεπερνώντας αρχικούς δισταγμούς – προκαταλήψεις, με τους ιθύνοντες πιο ώριμους πλέον σε περιβαλλοντικά φιλικές λήψεις αποφάσεων. Ωστόσο, είναι παραδεκτό πως τα βιοκαύσιμα βρίσκονται ακόμα σε αρχικό στάδιο καθώς υπάρχουν αρκετές δυσχέρειες, οι οποίες οφείλουν να ξεπεραστούν με σκοπό την ευρεία χρήση τους. Για παράδειγμα, το κόστος της παραγωγής αλλά και μεταφοράς των εν λόγω καυσίμων πρέπει να μειωθεί σημαντικά, όπως και πιθανά θέματα ασφαλείας ξεπροβάλουν από την χρήση αυτών, όπως ο κίνδυνος έκρηξης ή πυρκαγιάς. Επομένως, είναι σαφές πως οι προοπτικές των βιοκαυσίμων οφείλουν να συμπορευτούν με την ταυτόχρονη διέλευση αρχικών σκοπέλων που ανακύπτουν.

2.2.4 ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Ο υδρολογικός κύκλος αναφέρεται στην κίνηση του νερού μεταξύ της επιφάνειας της γης και της ατμόσφαιρας αυτής. Μέρος του κύκλου αποτελεί η πτώση του νερού από την ατμόσφαιρα, με τη μορφή για παράδειγμα βροχής. Ειδικότερα, η αποθήκευση αυτού σε ορισμένο υψόμετρο έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση της δυναμικής ενέργειας, η οποία ονομάζεται υδραυλική ενέργεια. Η ενέργεια αυτή μπορεί να εκμεταλλευθεί εάν το νερό κυλήσει λόγω της βαρύτητας σε χαμηλότερο υψόμετρο μέσω της μετατροπής της σε κινητική. Τέλος, η κινητική αυτή ενέργεια αξιοποιείται είτε ως έχει είτε μέσω της μετέπειτα μετατροπής αυτής με χρήση κατάλληλων μηχανισμών σε ηλεκτρική ενέργεια προς κατανάλωση.

➤ Δυναμικό

Η υδραυλική ενέργεια, όπως γίνεται από τα παραπάνω αντιληπτό, είναι αποτέλεσμα του υδραυλικού κύκλου, ο οποίος με τη σειρά του προκύπτει ως απόρροια της ηλιακής ενέργειας και της επίδρασης αυτής στις διάφορες μορφές του νερού στα

όρια της ατμόσφαιρας και της επιφάνειας της γης. Ως εκ τούτου, η υδραυλική ανήκει στην “ομάδα” των πιο διαδεδομένων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Για λόγους πληρότητας, αναφέρονται ορισμένες από τις υδρολογικές φάσεις που λαμβάνουν χώρα, όπως παρακάτω:

- Η εξάτμιση του νερού από τις διάφορες επιφάνειες της γης (ξηράς ή υδάτινες)
- Η πτώση του νερού από την ατμόσφαιρα μέσω των σύννεφων στη γήινη επιφάνεια σχηματίζοντας βροχή, χιόνι, χαλάζι κτλ.
- Η προσχώρηση του νερού έπειτα της πτώσης αυτού στο υπέδαφος, το οποίο ενδέχεται να οδηγηθεί στη θάλασσα ή στη δημιουργία πηγών, λιμνών κ.α.
- Η λεγόμενη επιφανειακή απορροή, η οποία αφορά στην υδροηλεκτρική ενέργεια. Με τον όρο απορροή εννοείται η δημιουργία ροών νερού στην επιφάνεια της γης, όπως οι ποταμοί.

Από τα προηγούμενα, γίνεται σαφές ότι για την αξιοποίηση του δυναμικού της υδραυλικής ενέργειας προαπαιτείται η ύπαρξη ορισμένων παραγόντων. Κάποιοι εξ αυτών είναι η επιφανειακή απορροή αλλά και η υψομετρική διαφορά, η οποία συνεπάγεται την ανάπτυξη δυναμικής και κινητικής ενέργειας. Η μέγιστη αξιοποίηση στηρίζεται στην όσο το δυνατόν μεγαλύτερη διαφορά υψομέτρου, με την χαμηλότερη επιθυμητή στάθμη να κρίνεται για ευνόητους λόγους αυτή της θάλασσας.

➤ Τεχνολογίες

Η αξιοποίηση του δυναμικού της υδραυλικής ενέργειας πραγματοποιείται με την κατασκευή υδροηλεκτρικών έργων (ΥΗΕ), τα οποία έργα ταξινομούνται σε μεγάλης και μικρής κλίμακας, μεγάλα και μικρά ΥΗΕ. Η κατηγοριοποίηση ουσιαστικά υφίσταται με βάση τον μηχανολογικό εξοπλισμό που χρησιμοποιείται. Στο πλαίσιο ενός ΥΗΕ η δυναμική ενέργεια του νερού μετατρέπεται σε κινητική μέσω του υδροστροβίλου και μετέπειτα σε ηλεκτρική με τη βοήθεια της γεννήτριας. Τα κυριότερα επιμέρους “απάρτια” ενός ΥΗΕ θα μπορούσαν ταξινομηθούν όπως παρακάτω:

- Το φράγμα. Το νερό μέσω του υδρολογικού κύκλου, όπως προαναφέρθηκε, δημιουργεί την επιφανειακή απορροή, η οποία καταλήγει στη δεξαμενή του φράγματος. Η τοποθεσία στην οποία θα δημιουργηθεί το φράγμα αποτελεί μία αρκετά δύσκολη απόφαση που εξαρτάται από ένα μεγάλο εύρος παραγόντων. Τέτοιοι είναι η χωρητικότητα του φράγματος ή η δημιουργία όσο το δυνατό μεγαλύτερης επιτευχθείσας διαφοράς υψομέτρου ή ακόμα και η ευχέρεια στην υλοποίηση του. Επιπλέον, το φράγμα συνοδεύουν ορισμένες παρεμβάσεις, όπως ο εκχειλιστής και ο εκκενωτής πυθμένα, οι οποίες ως κύριο στόχο έχουν την ασφάλεια του έργου.
- Ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός, με βοηθητικούς κυρίως σκοπούς.
- Το σύστημα για την παροχή του νερού από και προς τον υδροστρόβιλο του έργου.

- Η γεννήτρια παραγωγής του ηλεκτρικού ρεύματος, ή καλύτερα της μετατροπής της κινητικής ενέργειας του νερού σε ηλεκτρική.



Εικόνα 10 Σύγχρονο Υδροηλεκτρικό Έργο [9]

Οι σύγχρονοι υδροστρόβιλοι παρουσιάζουν αρκετές διαφοροποιήσεις, εντάσσοντας τους σε αρκετές κατηγορίες. Η κύρια ωστόσο διακριτοποίησή τους αφορά στους υδροστρόβιλους ολικής και μερικής προσβολής. Οι κατηγορίες αυτές χρησιμοποιούνται ευρέως και οι δύο στην αγορά, ανάλογα βέβαια τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά λειτουργίας του εκάστοτε έργου.

2.2.5 ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Παρατηρώντας κανείς την υδρόγειο σφαίρα, αντιλαμβάνεται εξ αρχής ότι η θαλάσσια έκταση των ωκεανών αποτελεί το μεγαλύτερο μέρος αυτής, σε σχέση με τη στεριά. Επομένως, γίνεται αντιληπτό το γεγονός ότι η θάλασσα “κρύβει” τεράστια ποσά ενέργειας σε κάθε μορφή της. Ως επακόλουθο, η ενέργεια αυτή των ωκεανών θεωρείται ως ανανεώσιμη - ανεξάντλητη και να ενταχθεί απευθείας στις ΑΠΕ.

➤ Δυναμικό

Το κυριότερο χαρακτηριστικό του θαλάσσιου δυναμικού που πρέπει να ληφθεί υπόψη αποτελούν οι προοπτικές που εμφανίζονται στην αξιοποίηση του, καθώς υπάρχει η δυνατότητα να προσπεραστούν οι περιορισμοί που αφορούν στην ανάπτυξη των ΑΠΕ στη στεριά. Τέτοιοι είναι για παράδειγμα η όχληση, π.χ. η ακουστική στις ανεμογεννήτριες, ή η οπτική στην εγκατάσταση των ΑΠΕ σε φυσικό περιβάλλον (βουνά κτλ). Το θαλάσσιο δυναμικό μπορεί να πραγματοποιήσει την εμφάνιση του είτε

μέσω ρευμάτων – κυμάτων, είτε μέσω της ωσμωτικής ενέργειας, της διαφοράς δηλαδή στο ποσοστό σε αλάτι που παρουσιάζει το θαλασσινό νερό κατά τόπους, είτε μέσω της διαφοράς θερμοκρασίας που παρουσιάζει η επιφάνεια της θάλασσας σε σχέση με τον πυθμένα αυτής.

Ένα αρκετά σημαντικό πλεονέκτημα που χαρακτηρίζει την αξιοποίηση του θαλάσσιου δυναμικού, μέσω των ρευμάτων, σε σύγκριση με άλλες ΑΠΕ στηρίζεται στο δεδομένο πως τα ρεύματα αυτά οφείλονται κυρίως στη βαρύτητα, με αποτέλεσμα να κρίνονται πιο προβλέψιμα για παράδειγμα από την εμφάνιση του ανέμου, ο οποίος εμφανίζει αρκετά μεγάλη τυχαιότητα και στον οποίο βεβαίως στηρίζεται η αιολική ενέργεια. Οι δυνάμεις που οφείλονται στη βαρύτητα εμφανίζονται κυρίως σε στενώσεις της στεριάς, όπως μία εκβολή ποταμού ή οι σχηματιζόμενοι πορθμοί (π.χ. μεταξύ Ευβοίας και Στερεάς Ελλάδας στη Χαλκίδα). Επιπλέον, αξίζει να αναφερθεί το πλεονέκτημα της σαφώς μεγαλύτερης ισχύος του νερού που μπορεί να αξιοποιηθεί – αποδοθεί, μιας και η πυκνότητα του νερού είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από αυτήν του αέρα.

Ωστόσο, δεν καθίσταται φρόνιμο να παραμεληθεί η ενέργεια που σχηματίζεται με τη δημιουργία κυμάτων λόγω του ανέμου. Ουσιαστικά αποτελεί είδος κινητικής ενέργειας, η ένταση της οποίας εξαρτάται από τα ανεμολογικά δεδομένα της εκάστοτε θαλάσσιας περιοχής αλλά και από την απόσταση της από τη στεριά. Μελέτες έχουν δείξει ότι όσο μεγαλύτερη η απόσταση από την ξηρά τόσο μεγαλύτερο είναι και το αξιοποιήσιμο θαλάσσιο δυναμικό.

Αξια αναφοράς είναι επίσης η ωσμωτική ενέργεια. Η ώσμωση πρακτικά απαντάται σε εκβολές ποταμών. Το νερό που προέρχεται από τους ποταμούς παρουσιάζει αρκετά μικρότερη περιεκτικότητα σε αλάτι από το αντίστοιχο θαλασσινό. Η ταυτόχρονη παρουσία και των δύο παρουσιάζει την τάση της εξισορρόπησης της παραπάνω διαφοράς με αποτέλεσμα να απελευθερώνεται ενέργεια. Η ενέργεια αυτή ουσιαστικά οφείλεται στο μεγαλύτερο ποσό ενέργειας που απαιτείται για τη μετάβαση του νερού της θάλασσας από υγρό σε αέριο, σε σύγκριση με το γλυκό νερό των ποταμών.

➤ Τεχνολογίες

Όσον αφορά στην εκμετάλλευση του δυναμικού των ρευμάτων που δημιουργούνται στη θάλασσα διακρίνονται δύο τρόποι – μηχανισμοί. Ο πρώτος αφορά στην παράλληλη με τον πυθμένα της θάλασσας ροή του νερού και θυμίζει αρκετά τη μέθοδο εκμετάλλευσης της ενέργειας του ανέμου, καθώς πραγματοποιείται σε θέσεις μέσα στη θάλασσα, στις οποίες καταγράφονται αρκετά μεγάλες ταχύτητες του ρέοντος θαλάσσιου νερού. Ο δεύτερος έγκειται στην εκμετάλλευση της ανοδικής – καθοδικής κίνησης του νερού κατά την εμφάνιση και εξασθένιση της παλίρροιας. Στη σύγχρονη εκδοχή του, με σκοπό την εντατικοποίηση του φαινομένου και άρα τη μεγαλύτερη δυνατή αξιοποίηση του, κατασκευές τοποθετούνται σε εκβολές ποταμών, κατάντι φραγμάτων κ.α. Ανάλογος σταθμός κατασκευάστηκε για παράδειγμα στη Βόρεια Γαλλία το 1962 στον ποταμό La Rance.

2.2.6 ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Γεωθερμική ενέργεια ή αλλιώς γεωθερμία είναι η μορφή ενέργειας που οφείλεται στη μεταφορά θερμότητας είτε μεταξύ των στέρεων μερών του υπεδάφους της γης είτε λόγω της κίνησης των ρευστών εντός αυτού. Η κατεύθυνση της μεταφοράς θερμότητας είναι από το εσωτερικό της γης προς την επιφάνεια αυτής.

➤ Δυναμικό

Η γεωθερμική ενέργεια ανήκει στις ήπιες – ανεξάντλητες μορφές ενέργειας, καθώς βασίζεται στη διαφορά θερμοκρασίας που υπάρχει διαρκώς μεταξύ του εσωτερικού της γης σε σύγκριση με την επιφάνειά της. Η ένταση της γεωθερμίας σε δεδομένη περιοχή πρακτικά έγκειται στη γεωλογία που επικρατεί στην περιοχή αυτή. Ως δυναμικό της εν λόγω ενέργειας θεωρείται η ποσότητα ενέργειας που περιέχεται στα στοιχεία που απαρτίζουν το υπέδαφος μίας περιοχής, όπως τα υπόγεια ρευστά, οι ατμοί, τα πετρώματα κτλ.

Η αξιοποίηση του παραπάνω δυναμικού ταξινομείται ανάλογα την επικρατούσα θερμοκρασία του εδάφους, η οποία λαμβάνει τιμές από 25 °C έως και μεγαλύτερες των 150 °C, δημιουργώντας παράλληλα τρία γεωθερμικά πεδία, της χαμηλής, της μέσης και της υψηλής ενθαλπίας, τα οποία αντιστοιχούν σε διαφορετική τελική κατανάλωση ενέργειας, από θέρμανση έως κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης, ένα γεωθερμικό πεδίο αποτελεί συνάρτηση αρκετά μεγάλου πλήθους παραγόντων, οι οποίοι το επηρεάζουν, όπως για παράδειγμα ποια είναι η πηγή θερμότητας του ή ποια είναι η έκταση του ενεργειακού ταμιευτήρα ή εάν υπάρχει ή όχι στο πεδίο αυτό κινούμενο ρευστό.

➤ Τεχνολογίες

Οι τεχνικές – μέθοδοι που έχουν αναπτυχθεί με σκοπό την εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας κατηγοριοποιούνται ανάλογα τη θερμοκρασία που έχει η εκάστοτε πηγή θερμότητας, διαχωρίζοντας τες σε πηγές υψηλής θερμοκρασίας, μέσης και τέλος χαμηλής, από 350 έως 50 °C. Αυτές της υψηλής θερμοκρασίας αντιστοιχούν στην παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Οι τεχνικές που προκύπτουν από τα παραπάνω χρησιμοποιούν είτε ατμό είτε θερμό ρευστό.

Οι προοπτικές της γεωθερμίας αποτυπώνονται πλήρως στο μεγάλο εύρος εφαρμογών, με τις οποίες μπορεί να αξιοποιηθεί το γεωθερμικό δυναμικό. Ήδη η γεωθερμία αξιοποιείται σε βιομηχανικές εφαρμογές, σε περιπτώσεις παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος, σε θέρμανση ή/και κλιματισμό εσωτερικών χώρων (όπως οικίες, αγροτικά εδάφη κ.α.) καθώς και ειδικές περιπτώσεις καλλιεργειών (για παράδειγμα ιχθυοκαλλιέργειες ή θερμοκήπια)



Εικόνα 11 Εγκατάσταση Εκμετάλλευσης Γεωθερμικής Ενέργειας [10]

Όπως ισχύει με το σύνολο των ΑΠΕ, στην περίπτωση της εκμετάλλευσης της γεωθερμίας προκύπτουν αρκετά περιβαλλοντικά οφέλη, ιδιαίτερα σημαντικά. Τέτοια μπορούν να είναι, παραδείγματος χάρη, η χρησιμοποίηση σχετικά μικρής έκτασης γης, η ουσιαστική συμβολή στην πράσινη ανάπτυξη και οι μηδενικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.

2.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Όπως έχει ήδη αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) παρουσιάζουν το ιδιαίτερα σημαντικό προνόμιο να είναι ικανές να συνεισφέρουν σε μεγάλο βαθμό στη δεδομένη προσπάθεια που πραγματοποιείται και που έχει σκοπό να μειώσει την περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε αέρια του θερμοκηπίου. Είναι ίσως, θα μπορούσε να ειπωθεί, μέχρι στιγμής οι μόνες πηγές τη δεδομένη χρονική περίοδο, οι οποίες δεν επιδεινώνουν την κατάσταση της ατμόσφαιρας με εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Για την ακρίβεια, θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν ως ο κύριος άξονας που πρέπει να ακολουθηθεί προς την επίτευξη παρεμφερών με τα παραπάνω στόχων, όσον αφορά στην προαναφερθείσα προσπάθεια. Βέβαια, πλέον θεωρείται δεδομένο πως η αξιοποίηση των ΑΠΕ εκφεύγει των ορίων της καταστολής της κλιματικής αλλαγής και του φαινομένου του θερμοκηπίου, καθώς θα μπορούσαν οι ΑΠΕ να αντιμετωπιστούν ως το “όχημα” προς το δρόμο της επιδιωκόμενης βιώσιμης ανάπτυξης.

Σε συνέχεια των προηγούμενων, τα οφέλη, τα οποία απαντώνται στην περίπτωση εφαρμογών τεχνικών αξιοποίησης των ΑΠΕ, δε θεωρούνται μόνο περιβαλλοντικά. Η εκμετάλλευση αυτών των ανεξάντλητων μορφών έχει ποικίλες

θετικές συνέπειες (για παράδειγμα οικονομικές ή κοινωνικές) στην ανάπτυξη σε κάθε επίπεδο, από τοπικό – περιφερειακό μέχρι παγκόσμιο, και σε κάθε έκφανση της ανθρώπινης ύπαρξης.

Τα κύρια πλεονεκτήματα των ΑΠΕ θα μπορούσαν να συνοψιστούν ως εξής:

- Πρόκειται για πηγές ενέργειας, οι οποίες χαρακτηρίζονται ανεξάντλητες, ξεφεύγοντας από το μειονέκτημα της εξάντλησης, όπως ισχύει με τις υπόλοιπες μέχρι σήμερα συμβατικές. Το γεγονός αυτό καθαυτό μπορεί να οδηγήσει στην απεξάρτηση από τα ζημιογόνα ορυκτά καύσιμα.

- Είναι οι μόνες πηγές ενέργειας που έχουν τη δυνατότητα να συμβάλουν σημαντικά στην ενεργειακή αυτάρκεια ενός κράτους, καθώς και όπως συνεπάγεται στην εφοδιαστική ασφάλεια στον ενεργειακό τομέα, από τοπικό, περιφερειακό έως και εθνικό επίπεδο. Για αυτό το λόγο, χαρακτηρίζονται ως εθνικές - εγχώριες.

- Χαρακτηρίζονται επίσης από γεωγραφική διασπορά. Η διασπορά αυτή σημαίνει ότι το ενεργειακό σύστημα έχει την ικανότητα να παρουσιάσει μία είδους αποκέντρωση. Τα θετικά, που απορρέουν από τη δυνατότητα αυτή, είναι ότι οι ανάγκες σε ενέργεια μπορούν να καλυφθούν τοπικά – περιφερειακά και να παύσουν να στηρίζονται σε μεμονωμένες δομές παραγωγής ενέργειας. Παράλληλα, βέβαια, επιτυγχάνεται σαφής περιορισμός των απωλειών, οι οποίες χαρακτηρίζουν τα υφιστάμενα ενεργειακά δίκτυα.

- Το κόστος λειτουργίας των τεχνικών αξιοποίησης των ΑΠΕ είναι ως επί το πλείστον αρκετά μικρό, με σημαντικό το γεγονός ότι το κόστος αυτό δεν εξαρτάται από τις χρονικές διακυμάνσεις ούτε της οικονομίας σε παγκόσμιο επίπεδο, ούτε της τιμής των ορυκτών καυσίμων.

- Οι εγκαταστάσεις των παραπάνω τεχνικών παρουσιάζουν αρκετά μικρή διάρκεια κατασκευής, γεγονός που αυτομάτως συνεπάγεται τη ταχεία ανταπόκριση στις διαρκώς αυξανόμενες ενεργειακές ανάγκες ως άμεση ενεργειακή προσφορά. Επίσης, ενισχύει το προτέρημα της προσαρμοστικότητας που παρουσιάζουν οι ΑΠΕ, δυνάμενες να ανταποκριθούν τόσο σε εφαρμογές περιορισμένης κλίμακας, όσο σε αντίστοιχη μεγάλη.

- Σε συνάρτηση με το προηγούμενο, ο εξοπλισμός των ΑΠΕ δεν είναι ούτε κατασκευαστικά ούτε στη συντήρηση του πολύπλοκος. Επίσης, παρουσιάζει αρκετά πλέον μεγάλη διάρκεια ζωής, με αποτέλεσμα τη σαφώς εύκολη και βεβαιωμένη εξ αρχής οικονομική απόσβεση της επένδυσης.

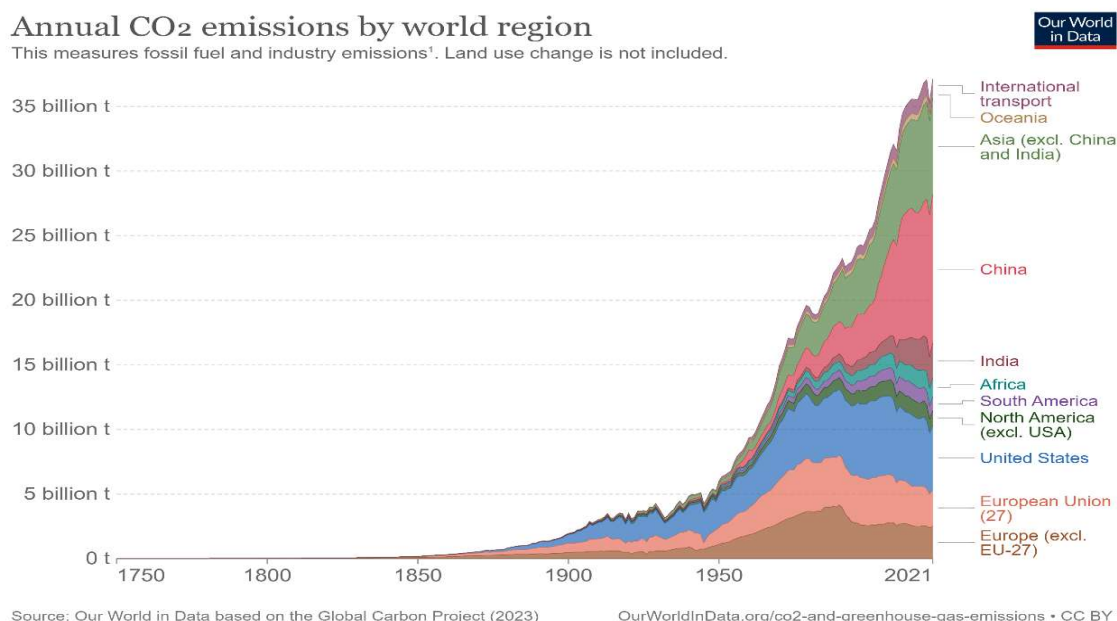
- Οι επενδύσεις των ΑΠΕ συνεισφέρουν σημαντικά στην εξασφάλιση νέων θέσεων εργασίας, αντιμετωπίζοντας το ιδιαίτερο πρόβλημα της ανεργίας, ειδικά δε σε περιοχές μακριά από αστικά κέντρα. Ως αποτέλεσμα αυτού, οι ΑΠΕ θα μπορούσαν να διαδραματίσουν το ρόλο ενός μέσου για την οικονομική αλλά και κοινωνική αναβάθμιση περιοχών “ξεχασμένων” και πλέον υποβαθμισμένων, μέσω του οποίου θα προκύψουν νέες επενδύσεις που θα συμβάλλουν στην ανάπτυξη αυτών, δηλαδή σε περιφερειακή – τοπική ανάπτυξη.

- Τέλος, δε γίνεται να μην αναφερθεί το στοιχείο ότι έχει επέλθει το σημείο στο οποίο η αποδοχή των ΑΠΕ από τις ανθρώπινες κοινωνίες χαρακτηρίζεται ως καθολικώς ευρεία. Σε αυτό δεδομένα συνεισφέρει το δεδομένο πως οι ΑΠΕ είναι φιλικές τόσο προς τον άνθρωπο, όσο και το περιβάλλον.

2.4 ΠΑΡΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Στις δεκαετίες από 1970 έως περίπου και 2000 οι ενεργειακές ανάγκες στην Ελλάδα παρουσίαζαν διαρκώς ανοδική πορεία, με τη ζήτηση να καλύπτεται κατά βάση από τον παραγόμενο από λιγνίτη ηλεκτρισμό, ένα καύσιμο (λιγνίτης) δηλαδή όχι ιδιαίτερα αποδοτικό (ως προς τον ενεργειακό βαθμό απόδοσης) αλλά σημαντικά ζημιογόνο για το περιβάλλον. Η συγκεκριμένη ενεργειακή πολιτική συμβάδιζε με τη νοοτροπία της αντίστοιχης εποχής με ικανοποιητικά αποτελέσματα ως προς την κάλυψη της ζήτησης, διατήρησε το ενεργειακό κόστος σε αρκετά χαμηλά επίπεδα, κατορθώνοντας βεβαίως να επιτύχει την ενεργειακή ανεξαρτησία της Ελλάδας, αλλά ταυτόχρονα με τις ανάλογες συνέπειες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα των συνεπειών αυτών αποτελεί η πορεία που σημειώνουν στο αντίστοιχο χρονικό διάστημα οι εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα και εν γένει των αερίων του θερμοκηπίου, κατά το οποίο διάστημα ο ρυθμός αύξησής τους είναι αρκετά ταχύς και αρκετά μεγαλύτερος του αντίστοιχου της ζήτησης ενέργειας. Σημαντικό ρόλο σε αυτό έπαιξε όπως γίνεται αντιληπτό ο τομέας της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Η ενεργειακή συμπεριφορά, όπως αναλύθηκε προηγουμένως, θα μπορούσε να ειπωθεί πως ακολουθεί την ανάλογη συμπεριφορά σε διεθνές επίπεδο, όπου η παγκόσμια ζήτηση για ενέργεια παρουσιάζει τρομερές αυξήσεις, όπως παρουσιάστηκε με την Εικόνα 2 προηγουμένως. Πέραν όμως της ενεργειακής ζήτησης, πάρα πολύ μεγάλη αύξηση παρουσιάζουν για παράδειγμα και οι εκπομπές των GHGs και δη του διοξειδίου του άνθρακα, όπως διαφαίνεται στην παρακάτω Εικόνα 12, όπου εύκολα παρατηρείται από το 1950 και μετά η ετήσια αύξηση, τόσο συνολικά σε επίπεδο πλανήτη, αλλά και τοπικά, ανά περιοχή.



Εικόνα 12 Ετήσια Αύξηση Εκπομπών CO₂ [11]

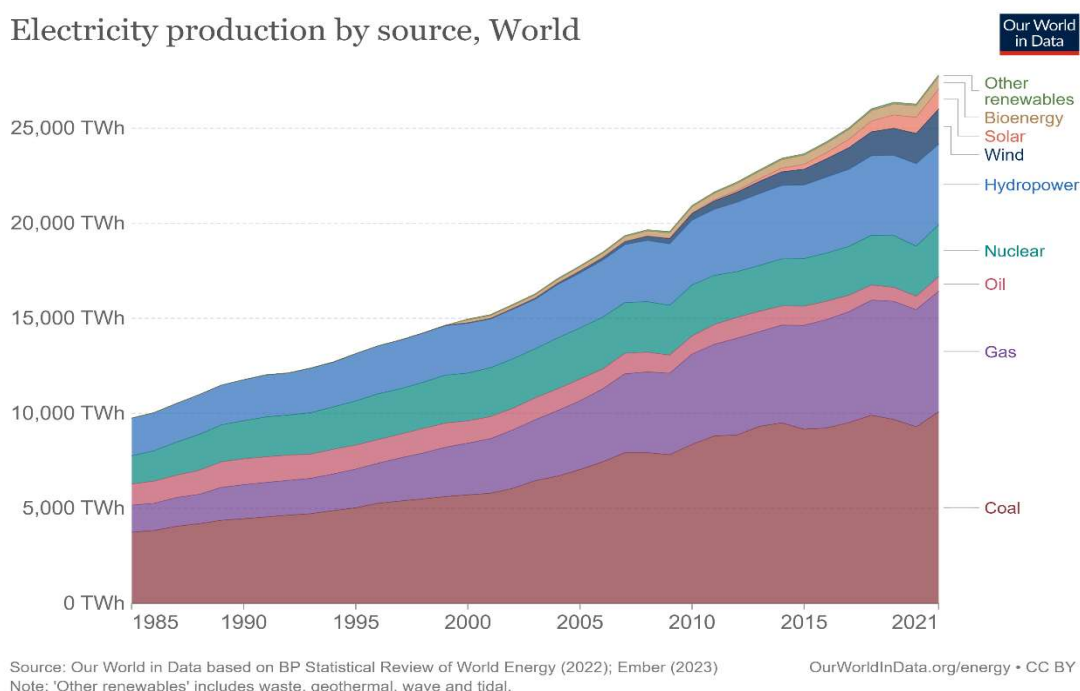
Τα όσα λοιπόν διαδραματίστηκαν στο παρελθόν σε συνάρτηση με τα προβλήματα που προκύπτουν διαρκώς έστρεψαν τη βούληση των ιθύνοντων στο να ληφθούν μέτρα και να δοθούν οδηγίες με σκοπό τη μείωση των επιβλαβών εκπομπών. Ενδεικτική από την προηγούμενη Εικόνα 12 αποτελεί η προσπάθεια περιοχών του πλανήτη να μειώσουν τις παραπάνω εκπομπές, όπως η Ευρώπη.

Προς αυτήν την κατεύθυνση, ενδεικτικά αναφέρονται ορισμένες συμφωνίες του παρελθόντος, όπως παρακάτω:

- ο Συνθήκη του Κιότο (1997), σύμφωνα με την υπογραφή της οποίας η Ευρωπαϊκή Ένωση συνοπτικά αναφέρεται ότι δεσμεύθηκε να μειώσει τις παραπάνω εκπομπές που προέρχονται από το δικό της γεωγραφικό μερίδιο κατά 8% μέχρι το 2012.

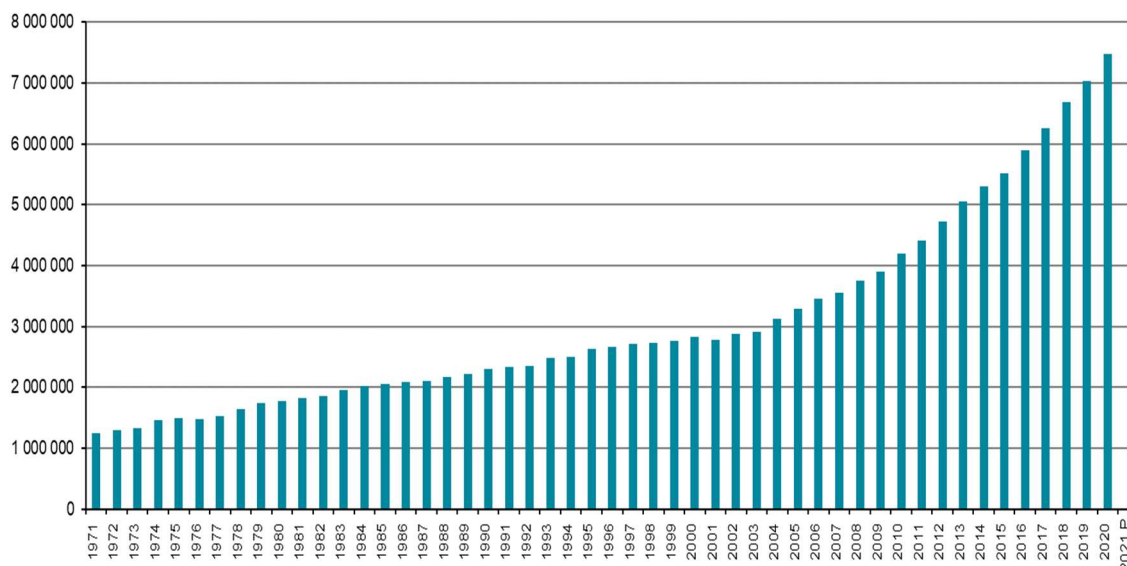
- ο Συμφωνία του Παρισιού (2015), κατά την οποία ορίστηκε ως στόχος να θεσπιστεί από όλα τα κράτη μία νομική δέσμευση όσον αφορά στο παγκόσμιο κλίμα. Η συγκεκριμένη συμφωνία έλαβε τέλος καθώς για πρώτη φορά ιστορικά κατορθώθηκε να ληφθεί μία γενικώς αποδεκτή από όλα τα μέρη που έλαβαν μέρος απόφαση, η οποία αφορούσε στον περιορισμό της αύξησης της θερμοκρασίας κάτω από 2 °C.

- ο Το Σύμφωνο της Γλασκόβης (2021), κατά το οποίο αποφασίστηκε η αρχικά σταδιακή μείωση του άνθρακα έως την πλήρη κατάργησή του. Θεσμοθετήθηκε επίσης η δημιουργία ταμείου, το οποίο θα έχει ως αντικείμενο την παροχή κονδυλίων σε φτωχότερα κράτη για την επίτευξη των επιμέρους στόχων. Κύρια οδός, που πρέπει να ακολουθηθεί, ορίστηκε η ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα που παράγεται ετησίως να μειωθεί στο μισό έως το 2030.



Εικόνα 13 Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας ανά Πηγή [11]

Renewable sources: Electricity output (GWh)



Εικόνα 14 Αύξηση των ΑΠΕ στην Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας [2]

Καθίσταται επομένως σαφές πως είναι πλέον εγκατεστημένη η βεβαίωση ότι τα ορυκτά καύσιμα δεν πρέπει να αποτελούν εν γένει εναλλακτική στην παραγωγή ενέργειας. Για λόγους πληρότητας, εμφανίζεται στις Εικόνες 13 και 14 η στροφή της διεθνούς σκηνής στην χρησιμοποίηση των ΑΠΕ και ειδικότερα γίνεται αντιληπτή η αύξηση της χρησιμοποίησης τους στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το έτος 2000 και μετά, με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας προερχόμενης από ΑΠΕ σχεδόν να οκταπλασιάζεται.

Άξια αναφοράς αποτελεί η στάση της Ευρωπαϊκής Ένωσης στις συνθήκες που άρχισαν να διαμορφώνονται και πλέον να εγκαθίστανται. Χαρακτηριστικές αυτής της στάσης αποτελούν δύο αποφάσεις – στόχοι που έθεσε η ΕΕ για τη συμμόρφωση από πλευράς των κρατών:

- Το πακέτο μέτρων που λήφθηκαν για το κλίμα και την ενέργεια μέχρι και το 2020. Το λεγόμενο «πακέτο του 2020» ουσιαστικά αποτελεί ένα σύνολο νόμων, που οφείλουν να τηρηθούν με σκοπό να καταστεί ασφαλές και σίγουρο ότι η ΕΕ θα εκπληρώσει τους στόχους της για το κλίμα και την ενέργεια μέχρι και το 2020. Συγκεκριμένα, θέτει τρεις επιμέρους στόχους:

- Σε σχέση με τη δεκαετία του 1990, θα πρέπει να μειωθούν οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου κατά 20%.

- Η παραγωγή ενέργειας στο σύνολο της Ευρωπαϊκής Ένωσης από ανανεώσιμες πηγές θα πρέπει να ανέρχεται στο 20% της συνολικής παραγωγής ενέργειας.

➤ Αναφορικά με την ενεργειακή απόδοση, θα πρέπει να σημειωθεί βελτίωση ίση με 20%.

Οι παραπάνω ενεργειακοί στόχοι τέθηκαν από τους ηγέτες της ΕΕ το 2007 και θεσπίστηκαν το 2009, με την Οδηγία 2009/28/ΕΚ. Τέλος, σύμφωνα με την αναφορά του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος το 2021, οι παραπάνω στόχοι επετεύχθησαν, ενώ σε πολλές περιπτώσεις ξεπεράστηκαν.

• Το σχέδιο κλιματικών στόχων μέχρι το έτος 2030. Η πρόταση του εν λόγω σχεδίου αφορά στην ελάττωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου τουλάχιστον μέχρι 55%, πρόταση που πρέπει να υλοποιηθεί έως το έτος 2030. Το σχέδιο αυτό ουσιαστικά τοποθετεί την Ευρωπαϊκή Ένωση σε μια πορεία, της οποίας ο απώτερος στόχος είναι να γίνει κλιματικά ουδέτερη έως το έτος 2050. Σύμφωνα με την Επιτροπή, επιδίωξη όλων θα έπρεπε να είναι η θέσπιση περισσότερο φιλόδοξων στόχων, ακόμα και για τη διάρκεια της επόμενης δεκαετίας, καθώς μελέτες δείχνουν πως σχεδόν όλοι οι τομείς της κοινωνίας και της οικονομίας μπορούν να εμπλακούν. Περιλαμβάνονται οι στόχοι, όπως παρακάτω:

➤ Μέχρι το έτος 2050 θα πρέπει να έχει πραγματοποιηθεί η κλιματική ουδετερότητα μέσω περισσότερο φιλόδοξων πολιτικών και αποδοτικών οικονομικά στρατηγικών.

➤ Περαιτέρω μείωση των εκπομπών των GHGs και ταυτόχρονη ανάπτυξη της οικονομίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης μέσω της δημιουργίας θέσεων εργασίας στο πλαίσιο της πράσινης ανάπτυξης.

➤ Ενθάρρυνση – παρότρυνση των συμμάχων – εταίρων στην παγκόσμια σκηνή ώστε να ληφθούν αποφάσεις που θα έχουν στόχο την αύξηση της θερμοκρασίας το πολύ μέχρι τους 1,5°C, αποφεύγοντας με αυτόν τον τρόπο τις δυσάρεστες συνέπειες της κλιματικής αλλαγής.

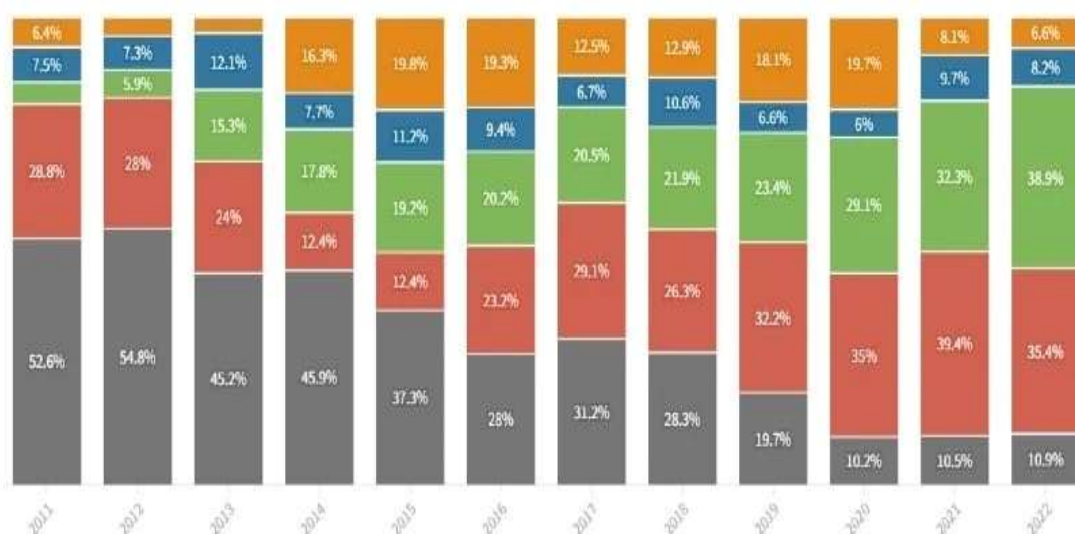
Τα δεδομένα της τωρινής εποχής αφορούν σε ένα πλαίσιο που έχει δημιουργηθεί στον τομέα της ενέργειας (παραγωγή – κατανάλωση ενέργειας) και το οποίο μόνο ως ρευστό θα μπορούσε να χαρακτηριστεί. Επομένως, διαπιστώνεται ότι στα όρια του εν λόγω πλαισίου ανακύπτουν διαρκώς προβληματισμοί αλλά και ερωτήματα αναφορικά τόσο με την παραγωγή όσο και με τη μεταφορά ενέργειας. Τούτων δοθέντων, η θέση της Ελλάδας χαρακτηρίζεται ως κεντρική, η οποία μπορεί να παίξει σημαντικό ρόλο στο μέλλον της ενέργειας, από την οπτική της οργάνωσης δικτύων διαφορετικών γεωγραφικών περιοχών ή της προσέλκυσης νέων επενδύσεων. Στον τομέα της ενέργειας η γεωπολιτική θέση της τοποθετεί την Ελλάδα ως ένα ιδιαίτερα σημαντικό μελλοντικό κόμβο, λαμβάνοντας υπόψη ότι μέσω αυτής συνδέονται αρκετά σημαντικές ενεργειακές περιοχές, όπως η Μέση Ανατολή, η Βόρεια Αφρική ή η Κασπία Θάλασσα.

Electricity mix shares in Greece per year

First 10 months of each year



■ Lignite ■ Fossil Gas ■ Renewables ■ Large Hydro ■ Net Imports



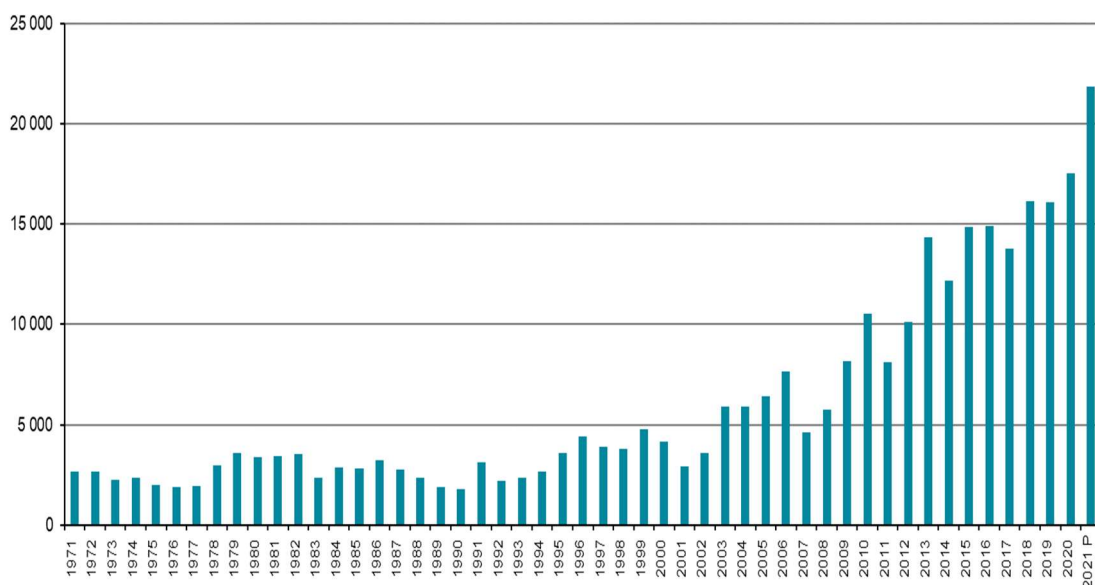
Source: ADMIE

Εικόνα 15 Συμμετοχή των ΑΠΕ στο Ηλεκτρικό Μείγμα της Ελλάδας [12]

Τα προηγούμενα αποδεικνύονται από τη διαρκώς αυξανόμενη συμμετοχή των ΑΠΕ στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, όπως αυτή αποτυπώνεται στην Εικόνα 15.

Σε αυτό το σημείο, αξίζει να επισημανθεί ότι πλέον η στροφή της Ελλάδας προς τις ΑΠΕ αποτυπώθηκε πλήρως για το έτος 2022. Το μερίδιο της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα, που καλύφθηκε από ανανεώσιμες πηγές έφτασε στο 47,1% το πρώτο δεκάμηνο του εν λόγω έτους. Οι καθαρές εισαγωγές κάλυψαν το 6,6%, το λιγότερο από το 2013 κι έπειτα. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ ανήλθε σε 20,2 GWh το ίδιο διάστημα, σύμφωνα με στοιχεία που έδωσε στη δημοσιότητα ο Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας της Ελλάδας (ΑΔΜΗΕ). Επιπρόσθετα, η παραγωγή ενέργειας από ορυκτό αέριο και λιγνίτη μειώθηκε κατά 58% και 23% από τον Οκτώβριο του 2021 έως τον ίδιο μήνα του 2022. Το μερίδιο και η συνολική παραγωγή της πράσινης ενέργειας αυξήθηκαν. Οι ΑΠΕ, από τη μεριά τους, πέτυχαν τη μεγαλύτερη ποσοστιαία αύξηση (18,4%) στην παραγωγή, στις 16,7 GWh, ξεπερνώντας το φυσικό αέριο για πρώτη φορά και αποτελώντας τη μεγαλύτερη πηγή. Τέλος, δεν γίνεται να παραλειφθεί το γεγονός ότι στις 7 Οκτωβρίου 2022, η ζήτηση στο ηλεκτρικό σύστημα της Ελλάδας καλύφθηκε 100% από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για τουλάχιστον πέντε ώρες για πρώτη φορά ιστορικά.

Renewable sources: Electricity output (GWh)



Εικόνα 16 Ετήσια Αύξηση Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας Μέσω ΑΠΕ [2]

2.5 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΚΑΙ ΑΠΕ

Σε πλήρη συνάρτηση των προαναφερθέντων, η ενεργειακή πολιτική της Ελλάδας έχει θεσπίσει ένα νομοθετικό πλαίσιο για την παραγωγή αλλά και την αγορά ενέργειας, κατά το οποίο δημιουργούνται μεγάλες ευκαιρίες για επενδύσεις. Στόχος του εν λόγω πλαισίου ήταν και παραμένει η δημιουργία ευνοϊκών συνθηκών ανάπτυξης με την παράλληλη προώθηση των βιώσιμων και ασφαλών πηγών ενέργειας.

Στη συνέχεια, για λόγους πληρότητας, αναφέρονται οι κυριότερες με την πάροδο του χρόνου νομοθετικές διατάξεις, οι οποίες αφορούν στην εγκαθίδρυση και μετέπειτα ανάπτυξη των ΑΠΕ, παρά τις όποιες κωλυσιεργίες παρατηρήθηκαν, ειδικότερα δε κατά τα παρελθόντα έτη:

- Υ.Α. ΣΕ 2708/17-12-87 ΥΒΕΤ (Τεύχος ΦΕΚ Β' 761): «Δικαιολογητικά που απαιτούνται για την έκδοση αδειών ίδρυσης, εγκατάστασης και λειτουργίας των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής»
- Υ.Α. Δ6/Φ1/ΟΙΚ.13129/2.8.96 ΥΠ.ΑΝ (Τεύχος ΦΕΚ Β 766/28.8.1996): «Προσδιορισμός παραβάσεων και καθορισμός διαδικασίας επιβολής σχετικών κυρώσεων σε σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής»
- Ν.2647/98 (Τεύχος ΦΕΚ Α' 237/22-10-98): «Μεταβίβαση αρμοδιοτήτων στις περιφέρειες και την αυτοδιοίκηση και άλλες διατάξεις»

- Ν.2773/99 (Τεύχος ΦΕΚ Α' 286/22-12-99): «Απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας - Ρύθμιση θεμάτων ενεργειακής πολιτικής και λοιπές διατάξεις»
- Ν.2244/94 (Τεύχος ΦΕΚ Α' 168/07-10-94): «Ρύθμιση θεμάτων Ηλεκτροπαραγωγής από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις»
- Ν.2941/01 (Τεύχος ΦΕΚ Α' 201/12-09-01): «Απλοποίηση διαδικασιών ίδρυσης εταιρειών, αδειοδότησης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, ρύθμιση θεμάτων της Α.Ε. «ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΝΑΥΠΗΓΕΙΑ» και άλλες διατάξεις»
- Ν.3468/06 (ΦΕΚ Α' 129/27-6-06): «Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις»
- Ν.3734/09 (ΦΕΚ Α' 8/28-1-09): «Προώθηση της συμπαράγωγής δύο ή περισσότερων χρήσιμων μορφών ενέργειας, ρύθμιση ζητημάτων σχετικών με το Υδροηλεκτρικό Έργο Μεσοχώρας και άλλες διατάξεις»
- Ν.3851/2010 (ΦΕΚ Α' 85/04.06.2010): «Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής»
- ΥΑ ΑΠΕΗΛ/Α/Φ1/οικ.24461/30.12.2014 (ΦΕΚ Β' 3583), όπως τροποποιήθηκε και ισχύει με την ΥΑ ΑΠΕΗΛ/Α/Φ1/ οικ.175067/05.05.2017 (ΦΕΚ Β' 1547) και την ΥΑ ΥΠΕΝ/ΔΑΠΕΕΚ/15084/382/05.03.2019 (ΦΕΚ Β' 759)
- Ν.4414/2016 (ΦΕΚ Α' 149): «Νέο καθεστώς στήριξης των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης - Διατάξεις για το νομικό και λειτουργικό διαχωρισμό των κλάδων προμήθειας και διανομής στην αγορά του φυσικού αερίου και άλλες διατάξεις.»
- Ν.4685/2020 (ΦΕΚ Α' 92): «Εκσυγχρονισμός περιβαλλοντικής νομοθεσίας, ενσωμάτωση στην ελληνική νομοθεσία των Οδηγιών 2018/844 και 2019/692 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου και λοιπές διατάξεις.»
- Ν.4759/2020 (ΦΕΚ Α' 129): «Εκσυγχρονισμός της Χωροταξικής και Πολεοδομικής Νομοθεσίας και άλλες διατάξεις.»
- Ν.4951/2022 (ΦΕΚ Α' 129): «Εκσυγχρονισμός της αδειοδοτικής διαδικασίας Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας Β' φάση, Αδειοδότηση παραγωγής και αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, πλαίσιο ανάπτυξης Πιλοτικών Θαλάσσιων Πλωτών Φωτοβολταϊκών Σταθμών και ειδικότερες διατάξεις για την ενέργεια και την προστασία του περιβάλλοντος.»

Πρακτικά, η στροφή προς τις ΑΠΕ και στις ευκαιρίες αξιοποίησης τους κάνει δειλά την εμφάνιση της με τον Ν.2244/94. Ο εν λόγω νόμος θα μπορούσε να ειπωθεί πως σήμανε την έναρξη για την προσέλκυση του ενδιαφέροντος από πλευράς επενδυτών

σε κάποιες μορφές των ΑΠΕ, όπως υδροηλεκτρικά έργα ή στην εγκατάσταση μεμονωμένων ανεμογεννητριών. Επίσης, ανέδειξε τη σημασία της εξοικονόμησης ενέργειας, ενός όρου μέχρι τότε σχεδόν άγνωστου.

Στη συνέχεια, θεσπίζεται ο Ν.3468/2006, με τον οποίο η ελληνική νομοθεσία εναρμονίζεται με την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2001/77/ΕΚ και η οποία αφορά στην προώθηση της ηλεκτρικής ενέργειας παραγόμενης από ΑΠΕ στα εσωτερικά ενεργειακά συστήματα κάθε κράτους. Ουσιαστικά, ανοίγει ο δρόμος για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω ΑΠΕ και μέσω Μονάδων Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης (Σ.Η.Θ.Υ.Α.) καθώς και για την εξάπλωση των φωτοβολταϊκών συστημάτων.

Έπειτα, σημαντικό σταθμό αποτελεί ο Ν.3851/2010, με τον οποίο καθορίστηκαν συγκεκριμένοι κρατικοί στόχοι σε συνέχεια των αντίστοιχων ευρωπαϊκών. Για παράδειγμα, ενώ η αντίστοιχη Κοινοτική Οδηγία 28/2009 αφορούσε σε ποσοστό 18% της συμμετοχής των ΑΠΕ στην κατανάλωση ενέργειας μέχρι το έτος 2020, ο προαναφερθής νόμος στόχευε στο 20%. Επιμέρους, έως και το 2020 θα έπρεπε να έχουν επιτευχθεί τα παρακάτω:

- 40%, συμμετοχή των Α.Π.Ε. στην ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας,
- 20%, συμμετοχή των Α.Π.Ε. στην τελική κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη,
- 10%, συμμετοχή των Α.Π.Ε. στην τελική κατανάλωση ενέργειας στις μεταφορές.

Τέλος, με τους πιο πρόσφατους νόμους παρατηρείται η προσπάθεια για εκσυγχρονισμό τόσο των διαδικασιών, όσο και των εγκαταστάσεων – εξοπλισμών, με απώτερο σκοπό τη συνέχιση στην ίδια πορεία, αλλά και στην εκπλήρωση αρκετά πιο απαιτητικών στόχων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΠΕ ΚΑΙ ΈΝΟΠΛΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ

3.1 ΑΝΑΓΚΗ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗΣ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ ΤΩΝ ΕΔ ΣΕ ΘΕΜΑΤΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗΣ ΑΠΕ

Σε κάθε πτυχή των δραστηριοτήτων του στρατού γίνεται αντιληπτή η σύνδεση που υπάρχει μεταξύ αυτού και της ενέργειας. Ο σχεδιασμός αμυντικών θεμάτων εξαρτάται άμεσα από τα τρέχοντα ζητήματα στον τομέα της ενέργειας, με αποτέλεσμα η σχέση μεταξύ τους να μεταβάλλεται διαρκώς με τα δείγματα της αλληλεπίδρασης των στρατιωτικών στρατηγικών με τις πολιτικές ενέργειας να είναι εμφανέστατα. Ως επακόλουθο, η διαφαινόμενη διασύνδεση στρατιωτικών και ενεργειακών τακτικών κρίνεται ως δεδομένη, με τον τομέα που έχει επικεντρωθεί στην παραπάνω διεπαφή να εντάσσεται στην ευρύτερη έννοια «ενέργεια και ασφάλεια».

Η ενέργεια επίσης δύναται να αντιμετωπιστεί από άλλη οπτική γωνία, όσον αφορά στη σχέση της με την ανάπτυξη αμυντικών θεμάτων. Μία τέτοια θεώρηση αναφέρεται στην κατανάλωση ενέργειας που συναντάται στον ευρύ τομέα της άμυνας μίας χώρας. Η ενεργειακή κατανάλωση αποτελεί κατ' αυτόν τον τρόπο μία αρκετά σημαντική παράμετρο, που μπορεί να κρίνει την έκβαση στρατιωτικών επιχειρήσεων ή την επίτευξη στρατιωτικών αντικειμενικών σκοπών. Επιπλέον, η άρνηση πρόσβασης σε ενεργειακούς πόρους και άρα στην κατανάλωση ενέργειας αποτελεί σημαντικό εργαλείο, σε συνάρτηση των προηγούμενων, με σκοπό την απόκτηση πλεονεκτήματος. Επομένως, οποιαδήποτε στρατιωτική πράξη βασίζεται ουσιαστικά στην ενέργεια, μέσω της οποίας θα πραγματοποιηθεί οποιαδήποτε εξέλιξη, θετική ή αρνητική, στην έκβαση της πράξης αυτής.

Οι εκτιμήσεις που αφορούσαν στην ενέργεια ήταν ανέκαθεν κομβικής σημασίας στην πορεία των ΕΔ στο χρόνο, σε παγκόσμιο επίπεδο. Ειδικότερα, οι προαναφερθείσες εκτιμήσεις συνδέονταν αμεσότατα και αναμφίβολα με επιχειρήσεις δυνάμεων ή πολεμικές συγκρούσεις. Οι ανάγκες των αναπτυσσόμενων δυνάμεων για ανεξάντλητη ενέργεια αποτελούσε στρατηγικής σημασίας παράγοντα ανέκαθεν. Πολλά παραδείγματα στην ιστορία αφορούν στην επιλογή ως στόχου την αντίπαλη προμήθεια ή στην ανάπτυξη κατάλληλου δικτύου παροχής για την επιτυχή κατάληξη μίας στρατιωτικής δράσης. Μέσα σε αυτό το πλαίσιο, από τις αρχές του εικοστού αιώνα ο στρατιωτικός τομέας στο διεθνές σκηνικό έστρεψε την προσοχή του στα ορυκτά καύσιμα και δη στο πετρέλαιο. Με τη συνεχή ανάπτυξη και εξέλιξη των τεχνολογιών, το πέρασμα στον εικοστό αιώνα είχε ως αποτέλεσμα την εγκαθίδρυση της ενέργειας ως κεντρικό συντελεστή στις στρατιωτικές επιχειρήσεις. Η παραπάνω τάση επεκτάθηκε και στον εικοστό πρώτο αιώνα με την ενεργειακή ένταση να αυξάνεται διαρκώς και με σφοδρό ρυθμό.

Παρ' όλ' αυτά, στη σύγχρονη πλέον εποχή η λήψη αποφάσεων στον τομέα της ενέργειας σε στρατιωτικά θέματα στηρίζεται θα μπορούσε να ειπωθεί σε δύο βασικότερους πυλώνες, το ενεργειακό κόστος των στρατιωτικών ενεργειών και η απαίτηση για καλύτερη ενεργειακή απόδοση. Στο πλαίσιο του πρώτου, είναι δεδομένο πως ένας εθνικός προϋπολογισμός αφιερώνει ένα σημαντικό μερίδιο του στην κάλυψη στρατιωτικών αναγκών και δη αναγκών σε ενέργεια. Επίσης, η αστάθεια που παρατηρείται τα τελευταία χρόνια στις τιμές της ενέργειας επηρεάζει αδιαμφισβήτητα αρνητικά το ενεργειακό κόστος. Όσον αφορά στο δεύτερο, έχουν αρχίσει να αναπτύσσονται τακτικές μέσω οδηγιών και νομοθετικών πλαισίων που περιλαμβάνουν την χρήση των ΑΠΕ και την διαχείριση ενέργειας. Οι τακτικές αυτές προέκυψαν καθώς έχουν τεθεί ως στόχοι η μείωση κατανάλωσης ενέργειας και η μεγαλύτερη εφαρμογή των ΑΠΕ, όπως η κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος από ΑΠΕ, στο στρατιωτικό τομέα με παράλληλη διατήρηση του υψηλού επιπέδου στρατιωτικής απόδοσης.

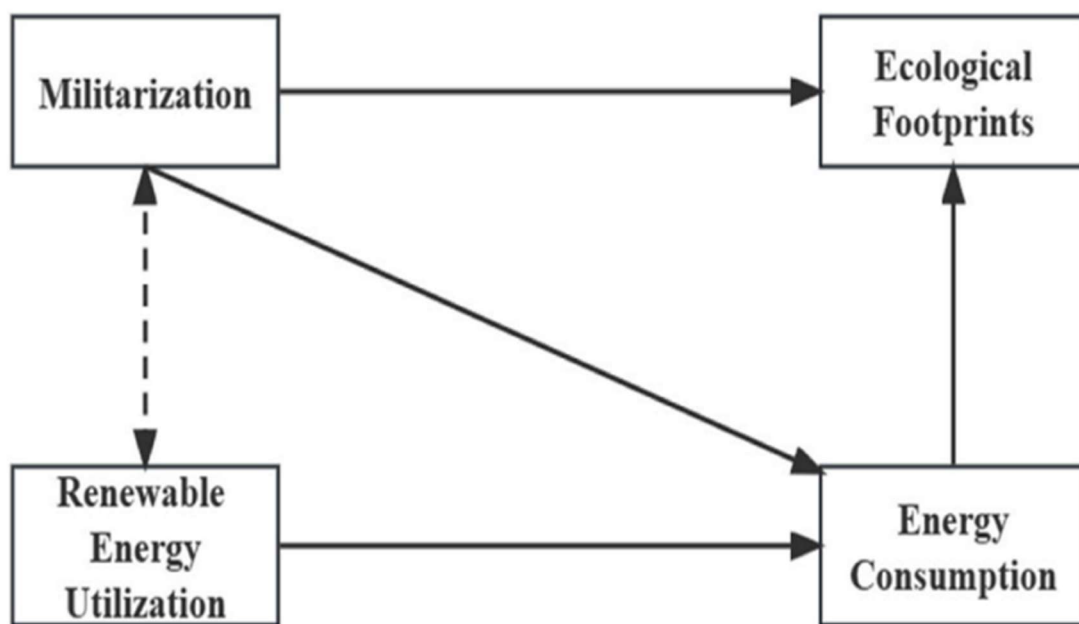
Όπως προαναφέρθηκε, η εξάρτηση των στρατιωτικών επιχειρήσεων από την ενέργεια και δη από τα ορυκτά καύσιμα είναι σαφής και μελλοντικά μη βιώσιμη από πολλές οπτικές γωνίες. Βάση αυτού, μία στροφή στις ενεργειακές προτιμήσεις θα μπορούσε να διευκολυνθεί από τη συμβολή της σύγχρονης τεχνολογίας, στηριζόμενης σε περιφερειακή ενέργεια κυρίως από ΑΠΕ, με επακόλουθο τη μείωση των αξόνων και της έντασης προμήθειας καυσίμων σε στρατιωτικές εγκαταστάσεις. Η εφαρμογή νέων τεχνολογιών σε απομακρυσμένα φυλάκια ή σε κεντρικές βάσεις, αλλά και στο χρησιμοποιούμενο υλικό, θα είχε ως αποτέλεσμα την απεξάρτηση σε ένα βαθμό από "ξένη" ενέργεια – καύσιμο που θα πρέπει να μεταφερθεί. Επομένως, οι δυνάμενες αναπτυχθείσες καινοτομίες στην κατανάλωση ενέργειας θα μπορούσαν να ανοίξουν νέους ορίζοντες στην υιοθέτηση αυτών από το σύνολο της κοινωνίας.

Όπως έχει γίνει μέχρι τώρα αντιληπτό, η υποβάθμιση του περιβάλλοντος λόγω των δραστηριοτήτων του ανθρώπινου γένους, οι οποίες αποτυπώνονται σε αύξηση της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων με παράλληλη αύξηση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, αποτελεί ένα φλέγον θέμα σε παγκόσμιο επίπεδο. Το ζήτημα αυτό αντιμετωπίζεται μέσω διαφόρων στόχων – αποφάσεων, οι οποίες εστιάζουν το ενδιαφέρον τους στην πολυμερή ανάληψη ευθυνών – δράσεων. Όλα τα μέρη της οικονομίας – κοινωνίας έχουν αρχίσει εντατικά να παρουσιάζουν δράσεις προς ένα μέλλον "πράσινης" οικονομίας. Παραδείγματα εφαρμογής αυτών παρατηρούνται στην βιομηχανία, στο εμπόριο, όπως επίσης σε κυβερνητικές ρυθμίσεις (περιβαλλοντικοί φόροι κ.α.). Ωστόσο, ο στρατιωτικός τομέας, λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του, δεν έχει αναπτύξει τόσο μεγάλης κλίμακας εφαρμογές, αν και διαπιστωμένα η δράση του συνδέεται άμεσα με τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής.

Ειδικότερα, έχουν εκφρασθεί διάφορες απόψεις, οι οποίες τονίζουν ότι οι στρατιωτικές δραστηριότητες αποτελούν έναν από τους κυριότερους ρυπογόνους τομείς της ανθρώπινης ζωής. Αυτό ενισχύεται από το γεγονός πως οι στρατιωτικές δαπάνες διαρκώς αυξάνονται τις τελευταίες δεκαετίες με αρκετά γοργούς ρυθμούς, ειδικά από τη δεκαετία του 1990 κι έπειτα. Αδιαμφισβήτητα, οι πολεμικές συγκρούσεις και γενικότερα οι διακρατικές εχθροπραξίες περιλαμβάνουν την χρησιμοποίηση ολέθριων όπλων, τα οποία συμβάλλουν στην περιβαλλοντική υποβάθμιση, με άμεσα και επιβλαβή αποτελέσματα στον εισπνεόμενο ατμοσφαιρικό αέρα ή το πόσιμο νερό.

Πέραν των παραπάνω, η χρήση αυτών των όπλων αποτυπώνεται στην αλλαγή των ιδιοτήτων του εμπλεκόμενου εδάφους ή/και την καταστροφή διάφορων φυσικών χώρων, όπως παρθένα δάση κτλ. Επίσης, μεγάλο μερίδιο στην ρύπανση του περιβάλλοντος κατέχουν τα πυρηνικά όπλα σε συνδυασμό με τα πυρηνικά απόβλητα, τα οποία βλάπτουν ανεπανόρθωτα και σε μεγάλη χρονική διάρκεια το περιβάλλον. Εκτός της περίπτωσης των συγκρούσεων, η ρύπανση μέσω της στρατικοποίησης διαφαίνεται στην καθημερινή λειτουργία του στρατεύματος. Οι καθημερινές δράσεις – επιχειρήσεις σημαίνουν αυξημένη κατανάλωση ορυκτών καυσίμων. Το σύνολο του στρατιωτικού εξοπλισμού βασίζεται στην καύση αυτών. Οχήματα μάχης, αεροσκάφη και άλλα προηγμένα συστήματα αποτελούν παραδείγματα που καταδεικνύουν την εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα.

Η αλληλεπίδραση της στρατικοποίησης με την κατανάλωση ενέργειας και τη χρήση ανανεώσιμων πηγών και φυσικά η επίδραση που έχει ο συνδυασμός των παραπάνω στο οικολογικό αποτύπωμα θα μπορούσε να αποτυπωθεί σχηματικά, σύμφωνα με την εικόνα 17.



Εικόνα 17 Αλληλεπίδραση Στρατού – Οικολογικού Αποτυπώματος [13]

Από την παραπάνω Εικόνα 17, διαπιστώνεται ότι υπάρχουν δύο άξονες με τους οποίους συνδέεται η στρατικοποίηση με το οικολογικό αποτύπωμα. Αφενός, ο στρατός συμβάλλει κατά πολύ στην επιβάρυνση του περιβάλλοντος μέσω των δραστηριοτήτων του, όπως αναλύθηκαν προηγουμένως. Αφετέρου, γίνεται αντιληπτό ότι ο στρατός ανήκει στους μεγάλους καταναλωτές ενέργειας, είτε με τη μορφή καυσίμων είτε με τη μορφή ηλεκτρικής ενέργειας, τόσο σε πολεμικές όσο και σε ειρηνικές περιόδους. Σε αυτό το σημείο εντάσσονται οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η αύξηση της χρήσης αυτών και η παράλληλη επέκτασή τους στο σύνολο των στρατιωτικών δραστηριοτήτων θα οδηγούσε σε σαφή απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα και σε αξιοσημείωτη

μείωση του στρατιωτικού οικολογικού αποτυπώματος. Ωστόσο, η επέκταση των ΑΠΕ στο στρατό αντιμετωπίζει αρκετά πρακτικά προβλήματα, αν και αναδεικνύονται σοβαρές προοπτικές στο “πρασίνισμα” του συνόλου των στρατιωτικών δραστηριοτήτων.

3.2 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΥΘΥΝΕΣ ΕΝΟΠΛΩΝ ΔΥΝΑΜΕΩΝ

Χωρίς αμφιβολία, όταν έθνη υπόκεινται σε περίοδο πολέμου, κατά την οποία προέχει καθαρά η επιβίωση, οι περιβαλλοντικές ανησυχίες και η προστασία του φυσικού οικοσυστήματος δεν αποτελούν κέντρο ενδιαφέροντος και δράσης. Η αντιστροφή των ρόλων των παραπάνω διαπιστώνεται κυρίως σε μεταπολεμικές περιόδους, κατά τη διάρκεια των οποίων πραγματοποιούνται εκτιμήσεις των περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων και παράλληλα μελέτες για την αποκατάσταση αυτών.

Η συνεχής εξέλιξη στον αμυντικό τομέα έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη συστημάτων που προκαλούν ολοένα και μεγαλύτερη καταστροφή στο περιβάλλον. Η εμφάνιση αυτόματων όπλων, μεγαλύτερης εμβέλειας πυρομαχικών (εμπρηστικά, μεγάλου κρατήρα) και πολεμικών αεροσκαφών είχε σοβαρές αρνητικές επιπτώσεις στις ανθρώπινες ζωές και στο φυσικό περιβάλλον. Ως εκ τούτου, πληθαίνουν οι επιστημονικές μελέτες – ανησυχίες για τις περιβαλλοντικές ευθύνες των εμπλεκομένων κατά τη διάρκεια των πολεμικών συγκρούσεων, στην οποία χρονική διάρκεια η προστασία του περιβάλλοντος οφείλει να παραμένει στο επίκεντρο.

Στο παραπάνω συνηγορεί το δεδομένο πως ο πόλεμος δεν αποτελεί απλώς μία ένοπλη σύγκρουση. Περιλαμβάνει επίσης διεργασίες προετοιμασίας αλλά και δραστηριότητες μεταπολεμικές που αφορούν κυρίως στην αποκατάσταση. Στις παραπάνω ανήκουν ενέργειες όπως η εκπαίδευση, οι στρατιωτικές μεταφορές, η εκτέλεση ασκήσεων και διάφορες άλλες. Επομένως, διαπιστώνεται ότι κάθε μία ξεχωριστά έχει τις δικές της επιπτώσεις στο φυσικό οικοσύστημα. Ως επακόλουθο, με σκοπό την προστασία του περιβάλλοντος οφείλουν να αναλυθούν όλες οι εκφάνσεις των στρατιωτικών ενεργειών και να τονισθούν τα σημεία που επιδέχονται βελτίωσης.

Ένα παράδειγμα στρατιωτικής δραστηριότητας, επιβλαβούς για το φυσικό περιβάλλον αποτελεί η διενέργεια στρατιωτικών εκπαιδεύσεων. Στο πλαίσιο αυτών χρησιμοποιούνται οχήματα (ελαφρά και βαρέα), τα οποία καταναλώνουν ορυκτά καύσιμα. Επίσης, η χρησιμοποίηση πυρομαχικών, όπως προαναφέρθηκε, έχει το δικό της αντίκτυπο στο περιβάλλον. Μεγάλη μερίδα αυτών περιέχει λευκό φώσφορο, ο οποίος συνεπάγεται μεγάλη θνησιμότητα στην κατηγορία των πτηνών. Άλλο παράδειγμα αποτελούν οι συγκρούσεις, οι οποίες εκτός των άλλων οδηγούν σε καταστροφή της εκάστοτε τοπικής φυσικής/άγριας ζωής. Πιθανή απειλή και χρήση όπλων μαζικής καταστροφής θα σημαίνει πάντα ένα θεωρητικό σενάριο για την πλήρη καταστροφή μεγάλων εδαφών. Επιπρόσθετο παράδειγμα προς προβληματισμό αποτελεί το πως η εξάπλωση των πυρηνικών όπλων αυξάνει την πιθανότητα ακόμη πιο εκτεταμένων ανεπίστρεπτων καταστροφών. Ο τομέας που ασχολείται με την κλιματολογία προτείνει ότι τα ατμοσφαιρικά σωματίδια από μόλις 100 μικρές εκρήξεις

θα προκαλούσαν εκτεταμένη παγκόσμια ψύξη, τον πολυσυζητημένο «*πυρηνικό χειμώνα*» με καταστροφικές επιπτώσεις, πέρα από την αρχική έκρηξη και τη γνωστή σχετική θνησιμότητα.

Όλα τα παραπάνω συνηγορούν στο γεγονός ότι στρατιωτικές δραστηριότητες είναι από τις κυριότερες αιτίες της υφιστάμενης κλιματικής αλλαγής. Επίσης, η ίδια η κλιματική αλλαγή συνεπάγεται προβλήματα στο στρατιωτικό τομέα. Αναμφίβολα, η κλιματική αλλαγή θα έχει ως επακόλουθο συνεχείς και κλιμακούμενες ακραίες καιρικές συνθήκες (εντονότερες καταιγίδες, πλημμύρες, περαιτέρω λιώσιμο των πάγων κτλ). Ως μία άμεση συνέπεια διαφαίνεται η μαζική μετανάστευση, η οποία δημιουργεί εντάσεις στα κρατικά σύνορα εμπλέκοντας όλο και περισσότερες στρατιωτικές δυνάμεις. Τέτοιες δυνάμεις όμως μπορούν να δράσουν και ως σώματα διάσωσης, κάτι που σημαίνει την περαιτέρω εμπλοκή των δυνάμεων του στρατού. Ταυτόχρονα, όμως, συγκρούσεις θα εξακολουθούν να υφίστανται τόσο για τα αποθέματα των ορυκτών καυσίμων όσο και για τα αντίστοιχα του νερού και δη του πόσιμου. Σε συνέχεια της περαιτέρω εμπλοκής των στρατιωτικών δυνάμεων, απειλές ανακύπτουν για το στρατιωτικό εξοπλισμό λόγω των ακραίων καιρικών συνθηκών. Προηγμένα οπλικά συστήματα ή ακόμα και εκτεθειμένες στρατιωτικές βάσεις πιθανόν να σταματήσουν τη λειτουργία τους λόγω έντονης ζέστης, βροχοπτώσεων, ξηρασίας κτλ. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο πόλεμος στο Ιράκ, κατά τον οποίο εξοπλισμός αχρηστεύθηκε και το κόστος συντήρησης εκτοξεύθηκε εξαιτίας των ακραίων καιρικών συνθηκών και της εμφάνισης ανεμοθυελλών, οι οποίες δυσχέραναν επίσης τη μεταφορά των καυσίμων.

Από τα παραπάνω εξάγεται το συμπέρασμα ότι οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, του φαινομένου του θερμοκηπίου και του ενεργειακού προβλήματος έχουν οδηγήσει στην εξεύρεση νέων μεθόδων αντικατάστασης των ορυκτών καυσίμων. Επίσης, έχουν στρέψει το ενδιαφέρον στο δεδομένο ότι θέτουν σε κίνδυνο τα εθνικά συμφέροντα. Συνεπώς, κομβικός κρίνεται ο ρόλος της Ελλάδας να πρωτοστατήσει στη μείωση της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων και μαζί με αυτό στη μείωση των εκπομπών αερίων, που προκαλούν υπερθέρμανση του πλανήτη. Διαφορετικά, η χώρα θα πρέπει επειγόντως να αντιμετωπίσει τις παγκόσμιες περιβαλλοντικές, κοινωνικές, πολιτικές και ακόμη και στρατιωτικές κρίσεις, που θα μπορούσαν κάλλιστα να πάρουν σάρκα και οστά. Άρα, κρίνεται αναγκαίο να μειωθεί το οικολογικό αποτύπωμα του στρατού σε μικρό χρονικό διάστημα και με πλέον αποδοτικό τρόπο. Οι κυριότερες και αμεσότερες δυνατότητες εντοπίζονται στις δραστηριότητες που αναπτύσσονται εν καιρώ ειρήνης. Η καθημερινή ζωή του στρατού περιέχει πολλά στοιχεία, που μπορούν να αναβαθμιστούν, με απώτερο σκοπό ένα μέλλον περιβαλλοντικά φιλικότερο, χωρίς να παραλείπονται οι δυνατότητες που υπάρχουν στον τομέα των συγκρούσεων - επιχειρήσεων.

3.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΕ ΣΤΙΣ ΕΔ

Τα πλεονεκτήματα που οφείλονται στην εξάπλωση της εφαρμογής τεχνολογιών αξιοποίησης των ΑΠΕ αφορούν στο σύνολο μίας κοινωνίας – οικονομίας, από το οποίο

δεν μπορεί να αποκλειστεί ο αμυντικός τομέας. Λαμβάνοντας υπόψη το εκτόπισμα και τη γεωγραφική κατανομή των στρατιωτικών εγκαταστάσεων, τα πλεονεκτήματα αυτά θα μπορούσε να ειπωθεί πως πολλαπλασιάζονται στον άξονα μιας εθνικής πράσινης – βιώσιμης ανάπτυξης. Επίσης, οι αναπτυσσόμενες τεχνολογίες σε στρατιωτικές εφαρμογές θα μπορούν να εφαρμοστούν και σε άλλους οικονομικούς φορείς, μεταβιβάζοντας την απαιτούμενη τεχνογνωσία.

Καθώς γίνεται αναφορά στον αμυντικό τομέα, αυτός συνδέεται εξ ορισμού με την έννοια της ασφάλειας, στην οποία υπόκειται η ενεργειακή ασφάλεια. Επίσης, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στις ΕΔ έχουν τη δυνατότητα να επιφέρουν αυξημένη αποδοτικότητα στον επιχειρησιακό τομέα, πέραν της ευνόητης μείωσης των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου και της απεξάρτησης από τις διαρκώς αυξανόμενες ενεργειακές τιμές εμπορίου. Ειδικότερα, μία πλήρης στρατιωτική στροφή προς τις ΑΠΕ θα σήμαινε αυτομάτως τη μελλοντική εξασφάλιση των εθνικών συμφερόντων. Η ευρύτατη αξιοποίηση των ΑΠΕ από το στρατιωτικό κλάδο ουσιαστικά τον απομακρύνει από την εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα και τις ζημιόγόνες προμήθειες αυτών από πολιτικά ασταθείς περιοχές παραγωγής τους, οι οποίες κατά κύριο λόγο αποτελούν περιοχές εκτεταμένων συγκρούσεων εξαιτίας της ύπαρξης των ορυκτών καυσίμων. Επομένως, στόχος των ΕΔ θα πρέπει να είναι η ενεργειακή αυτονομία και η επαρκής κάλυψη των ενεργειακών αναγκών με προϋπόθεση τη στήριξη σε αξιόπιστες πηγές ενέργειας.

Οι ΕΔ έχουν ήδη αναγνωρίσει τους κινδύνους που προέρχονται από την κλιματική αλλαγή και τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου για το σύνολο της ανθρώπινης κοινωνίας. Οι κίνδυνοι αυτοί, όπως έχει γίνει ήδη κατανοητό, εν μέρει αφορούν στην εθνική ασφάλεια και τις στρατιωτικές δραστηριότητες. Ωστόσο, πέραν αυτών, η υιοθέτηση εφαρμογών ΑΠΕ από τον αμυντικό τομέα συνεπάγεται ένα καθοριστικό βήμα προς την προστασία του περιβάλλοντος αλλά ταυτόχρονα προς τον περιορισμό της κλιματικής αλλαγής. Ως εκ τούτου, η στροφή στις ΑΠΕ δεν αποτελεί αντικείμενο μόνο των περιβαλλοντικών ομάδων, ή της πολιτικής ηγεσίας, αλλά και της αντίστοιχης στρατιωτικής.

Η στροφή στις ΑΠΕ υπογραμμίζεται από τη διαρκή τεχνολογική ανάπτυξη τους. Καινούργιες τεχνολογίες ΑΠΕ εμφανίζονται συνεχώς στο προσκήνιο και βελτιώνουν διαρκώς την απόδοση των παλαιότερων. Πέραν της βελτιωμένης απόδοσης, παρουσιάζουν ιδιότητες που βοηθούν στην καταλληλότερη εφαρμογή τους σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές. Δεδομένης της γεωγραφικής κατανομής των στρατιωτικών Μονάδων ανά την περιφέρεια οι διάφορες τεχνολογίες μπορούν να εφαρμοστούν σε συγκεκριμένες τοποθεσίες, ανάλογα τα χαρακτηριστικά τους. Για παράδειγμα, σε περιοχή με υψηλό αιολικό δυναμικό, όπως τα νησιά του Αιγαίου, υπάρχει η δυνατότητα να εγκατασταθούν σύγχρονες ανεμογεννήτριες, σε περιοχή κοντά σε δασικές εκτάσεις μπορούν να αναπτυχθούν τεχνολογίες αξιοποίησης της βιομάζας, ενώ σχεδόν στο σύνολο της χώρας το υψηλό ηλιακό δυναμικό βοηθά στην εγκατάσταση φωτοβολταϊκών.

Τα πλεονεκτήματα των ΑΠΕ στις ΕΔ εκτός των προηγούμενων θα μπορούσαν να είναι οικονομικής φύσεως. Η διαρκής ανάπτυξη των ΑΠΕ έχει ως αποτέλεσμα την

συνεχή πτώση των τιμών τους. Σε αυτό συμβάλλει επίσης ο μεγάλος ανταγωνισμός που υφίσταται πλέον στα θέματα ενέργειας με καινούργιες εταιρείες να κάνουν την εμφάνιση τους. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν τα φωτοβολταϊκά και η ταχεία πτώση της τιμής τους τα τελευταία χρόνια. Επιπλέον, οι ΕΔ αποτελούν έναν από τους ελάχιστους παράγοντες μιας οικονομίας, οι οποίοι συνάπτουν με άλλους οικονομικούς φορείς συμβάσεις, οι οποίες χαρακτηρίζονται από μακρύ χρονικό ορίζοντα. Αυτό εξυπηρετεί και τις δύο συμβαλλόμενες πλευρές. Οι φορείς εξασφαλίζουν σίγουρα έσοδα για μεγάλο χρονικό ορίζοντα, ενώ οι ΕΔ εξασφαλίζουν μειωμένο ενεργειακό κόστος και αποφυγή διακυμάνσεων στις τιμές της ενέργειας.

3.4 ΕΘΝΙΚΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΚΑΙ ΑΠΕ

Η εθνική ασφάλεια θα μπορούσε να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη διαδικασιών για τη λήψη αποφάσεων με στόχο την ευρεία χρησιμοποίηση των ΑΠΕ. Μέσω αυτής μπορούν να πειστούν ορισμένες ομάδες ανθρώπων, οι οποίες αντιμετωπίζουν με σκεπτικισμό τις ΑΠΕ. Η εθνική ασφάλεια εκφρασμένη ως επιχειρησιακή ικανότητα ή ως δυνατότητα αποτροπής συγκρούσεων μπορεί να αποτελέσει τον αρωγό πειθούς σε κατηγορίες ανθρώπων που στηρίζουν τη στρατιωτική ενίσχυση της χώρας. Επομένως, η εθνική ασφάλεια θα μπορούσε να στηρίξει την ευρεία ανάπτυξη των ΑΠΕ.

Εκτός των θετικών επιπτώσεων που μπορεί να αποφέρει η εθνική ασφάλεια στην ανάπτυξη των ΑΠΕ και οι ΑΠΕ μπορούν να συνεισφέρουν στην έννοια της εθνικής ασφάλειας από μεριάς τους. Μέσω της ανάπτυξης αυτών και των ιδιοτήτων που παρουσιάζουν ως μορφές παραγωγής ενέργειας δύναται να αντιμετωπιστεί μία σειρά από απειλές. Τέτοιες απειλές θα μπορούσαν να είναι ακραίες καιρικές συνθήκες (όπως καταιγίδες, ξηρασίες κτλ), διάφορες μορφές δολιοφθορών στην εύρυθμη λειτουργία τους ή ακόμα και αστάθμητοι παράγοντες.

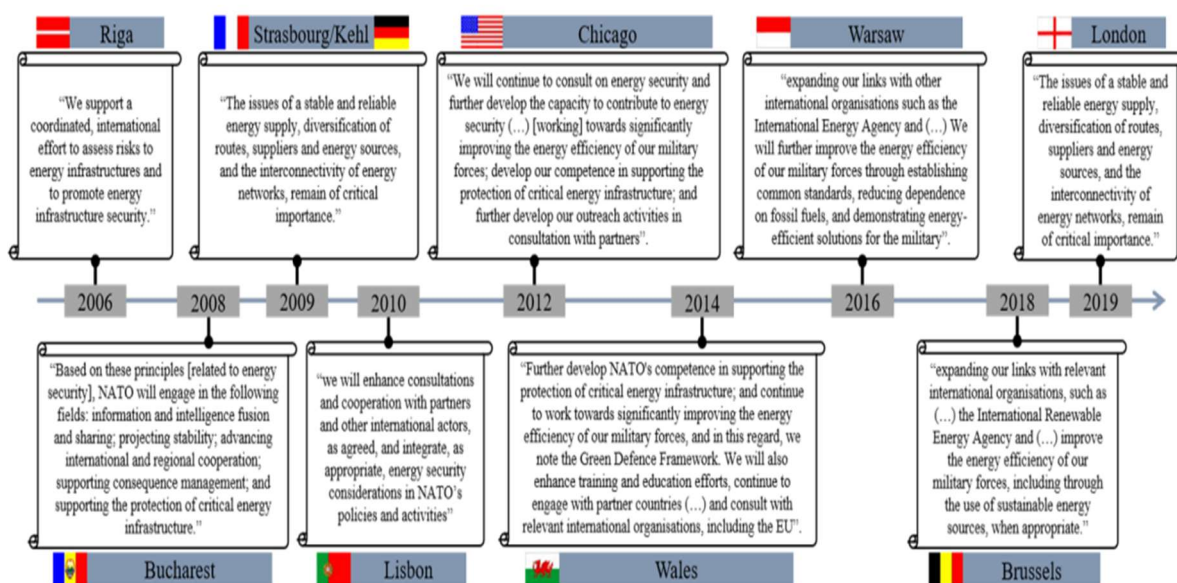
Ως αποτέλεσμα των παραπάνω, η σχέση των ΑΠΕ με την εθνική ασφάλεια θα μπορούσε να κριθεί ως αμφίδρομη. Σε αυτό συμβάλλουν τα χαρακτηριστικά των ΑΠΕ, όπως προκύπτουν μέσω των πλεονεκτημάτων τους, τα οποία αναλύονται, όπως τα παρακάτω:

- Χαρακτηρίζονται ως εγχώριες ή διαφορετικά ως ανεξάρτητες της ενεργειακής διεθνούς αγοράς, με αποτέλεσμα να μην χαρακτηρίζονται ως ευάλωτες στις διακυμάνσεις των τιμών ή στην προμήθεια ορυκτών καυσίμων.
- Αποτελούν ανεξάντλητες πηγές ενέργειας, σε αντίθεση με τις συμβατικές πηγές, καθώς στηρίζουν την ύπαρξη τους στο φυσικό περιβάλλον. Δεν εξαντλείται η ηλιακή ακτινοβολία, ο πνεόμενος αέρας ή ο υδρολογικός κύκλος.
- Διακρίνονται από μεγάλη γεωγραφική διασπορά και αποκέντρωση και άρα μία καθολική καταστροφή του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας φαντάζει σχεδόν ως αδύνατη. Κάτι τέτοιο θα μπορούσε να συμβεί με τις τεράστιες συμβατικές μονάδες παραγωγής ενέργειας.

- Παρουσιάζουν αρκετά μικρή διάρκεια κατασκευής – εγκατάστασης, με αποτέλεσμα να αποτελούν πιο ευέλικτες μονάδες παραγωγής από τις συμβατικές.

3.5 Η ΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΝΑΤΟ ΑΠΕΝΑΝΤΙ ΣΕ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΑΠΕ

Οι συμμαχικές χώρες που απαρτίζουν το ΝΑΤΟ έχουν ήδη εκφράσει την ανησυχία τους ως προς την κλιματική αλλαγή και το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Έχουν αρχίσει ήδη να αναπτύσσουν δράσεις για την αντιμετώπιση τους και την ανάπτυξη των ΑΠΕ. Ωστόσο, αποτελώντας μία στρατιωτική οργάνωση έχουν εκφράσει τις ανησυχίες τους για τις προμήθειες ενέργειας και το πως αυτές θα εξελιχθούν στο μέλλον. Σε συνέχεια αυτού, έχουν θεσπιστεί ήδη στόχοι στον παραπάνω τομέα, όπως για παράδειγμα η μεγιστοποίηση της προστασίας των ενεργειακών εγκαταστάσεων σε ασταθείς περιοχές ή η ανάπτυξη αξιόπιστων ενεργειακών πηγών. Επίσης, στόχους αποτελούν η περαιτέρω και εις βάθος ενημέρωση και κινητοποίηση μεταξύ των συμμάχων στα ενεργειακά θέματα και η συνεργασία με άλλους κοινωνικο-οικονομικούς φορείς στην έρευνα και ανάπτυξη στον τομέα της ενέργειας.



Reference: (NATO, 2006, 2008, 2009, 2010, 2012, 2014b, 2016, 2018b).

Εικόνα 18 Κυριότερες Σύνοδοι ΝΑΤΟ για την Κλιματική Αλλαγή [14]

Αυτές οι ανησυχίες μπορούν να εντοπιστούν στα Επίσημα Κείμενα της Συνόδου Κορυφής του ΝΑΤΟ, με τα σημαντικότερα εξ αυτών να αποτυπώνονται στην Εικόνα 18.

Οι δράσεις του ΝΑΤΟ σχετικά με τις ανησυχίες για τα οικολογικά προβλήματα ξεκίνησαν κατά τις δεκαετίες του 1950 και 1960. Η ανάληψη πρωτοβουλιών εκδηλώθηκε σε αυτό το χρονικό διάστημα με την ίδρυση διαφόρων οργάνων με επίκεντρο την περιβαλλοντική ρύπανση, όπως η «Επιτροπή για τις Προκλήσεις της

Σύγχρονης Κοινωνίας». Στις επόμενες δεκαετίες το NATO ανέπτυξε πρωτοβουλίες σχετικά με την προστασία του περιβάλλοντος, ήδη από τα τέλη της δεκαετίας του 1970. Με δειλά αρχικά βήματα διαμορφώθηκε η οικολογική πολιτική του NATO μέσω οδηγιών – στόχων που υιοθετούνταν από τα συμμαχικά κράτη. Με την πάροδο του χρόνου το NATO άρχισε να εμπλέκεται πιο έντονα σε ενέργειες ή επιχειρήσεις για την αντιμετώπιση ακραίων συνθηκών, όπως οι καταστροφές. Από τη δεκαετία του 1990 κι έπειτα, συμμετείχε σε συνεργασίες με διάφορους εταίρους ή άλλους οργανισμούς με στόχους που αφορούσαν στην προστασία του περιβάλλοντος.

Στα χρόνια που ακολούθησαν, η συμμαχία του NATO εξακολούθησε να αναπτύσσει δραστηριότητες σχετικές με την περιβαλλοντική ασφάλεια. Σταθμός αποτελεί το έγγραφο για τις *«Στρατιωτικές Αρχές και Πολιτικές του NATO για την Προστασία του Περιβάλλοντος»*, το οποίο συντάχθηκε το 2003. Σημαντικός σταθμός αποτελεί και το έτος 2010, κατά το οποίο το NATO ξεκίνησε να αντιμετωπίζει την κλιματική αλλαγή ως ένα πρόβλημα για την ασφάλεια. Από το σημείο αυτό κι έπειτα οι δράσεις του NATO είναι πιο συχνές και πιο έντονες. Επιπρόσθετο σημαντικό βήμα αποτέλεσε η Σύνοδος Κορυφής της Ουαλίας το 2014, κατά την οποία οι ηγέτες του NATO υπέγραψαν το *«Πράσινο Πλαίσιο Άμυνας»*, το οποίο στράφηκε ξεκάθαρα στην αναβάθμιση της ενεργειακής απόδοσης των νατοϊκών στρατευμάτων. Επίσης, το 2019 η Σύνοδος Κορυφής οδήγησε στην πρωτοβουλία *«NATO 2030»*, κατά την οποία το NATO αναφέρει ότι οι επιπτώσεις της περιβαλλοντικής ρύπανσης και της κλιματικής αλλαγής αποτελούν κεντρικό σημείο ενδιαφέροντος. Από τότε και στη συνέχεια οι δράσεις του NATO είναι ακόμα πιο εντατικές, με τα έτη 2021 και 2022 οι συνεδριάσεις για την περιβαλλοντική προστασία να είναι πολυάριθμες. Τέλος, τον Ιούλιο του 2023 κατά τη Σύνοδο στο Βίλνιους της Λιθουανίας, ιδρύθηκε νέο κέντρο το οποίο θα ασχολείται με την κλιματική αλλαγή και εκδόθηκαν εκθέσεις σχετικά με την προσαρμογή των στρατευμάτων με την παράλληλη διατήρηση του υψηλού επιπέδου αποδοτικότητάς τους.

Κοιτάζοντας προς το μέλλον, το NATO έχει δεσμευθεί ότι θα συνεχίσει να εργάζεται προς την ίδια κατεύθυνση. Θα εξακολουθήσει να αναπτύσσει δράσεις προς τον περιορισμό της περιβαλλοντικής ρύπανσης καθώς και προς την εξασφάλιση της ενεργειακής ασφάλειας των νατοϊκών κρατών. Επίσης, η ενημέρωση για την πρόοδο που εμφανίζει ο τομέας της ενέργειας θα είναι συνεχής, όπως συνεχής θα είναι και η έρευνα για τεχνολογικές εξελίξεις που συμβάλλουν στην προστασία του περιβάλλοντος. Τέλος, θα συνεχίσει να προετοιμάζει τους συμμαχικούς στρατούς για τη μετάβαση τους σε νέα ενεργειακά πρότυπα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΠΕ ΣΕ ΣΤΡΑΤΙΩΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

4.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΑΠΕ

Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται από το στρατιωτικό προσωπικό στο σύνολο του τροφοδοτείται ηλεκτρικά κατά βάση με δύο τρόπους. Αφενός παρέχεται ρεύμα σε σταθερές εγκαταστάσεις μέσω του εθνικού δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας, αφετέρου δε γεννήτριες με καύσιμο, κυρίως το πετρέλαιο, παρέχουν ηλεκτρικό ρεύμα σε κινητές μονάδες – μηχανήματα. Αυτό που γίνεται αντιληπτό από τους δύο παραπάνω τρόπους είναι ότι προκύπτει μία πληθώρα μειονεκτημάτων στην παροχή ενέργειας. Για παράδειγμα, η απαίτηση για έγκαιρες παραδόσεις καυσίμων σε δεδομένο τόπο και χρόνο, το οποίο σε αρκετές περιπτώσεις κρίνεται δύσκολο έως και αδύναμο, ή η συχνή εμφάνιση διακοπών ρεύματος του δικτύου, ιδιαίτερα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και σε απομακρυσμένες από αστικά κέντρα περιοχές, προκαλεί συχνά προβλήματα κυρίως υλικοτεχνικής φύσεως. Επομένως, εναλλακτικές λύσεις για την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος στο στρατιωτικό εξοπλισμό, οι οποίες περιλαμβάνουν πηγές ενέργειας από ΑΠΕ, έχουν κεντρίσει το ενδιαφέρον τόσο σε ερευνητικό επίπεδο όσο και σε επίπεδο εφαρμογής, με αποτέλεσμα να μειώνεται τόσο η ζήτηση σε πετρέλαιο όσο και το έκαστο λειτουργικό κόστος.

Ως επακόλουθο των προηγούμενων, ευφυή – εναλλακτικά συστήματα τροφοδοσίας του εξοπλισμού έχουν αρχίσει να γίνονται πραγματικότητα. Ένας από τους κυριότερους εκφραστές αυτών των συστημάτων είναι και τα φωτοβολταϊκά πάνελ. Η απόδοση τους βέβαια, όπως έχει ήδη αναφερθεί και προηγουμένως, εξαρτάται τόσο από την περιοχή που βρίσκονται, όσο και από την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας. Στα θετικά αυτών των πάνελ ανήκει η ποικιλία που εμφανίζουν, η οποία έγκειται τόσο στην συνδεσμολογία των κυψελών που τα απαρτίζουν όσο και στα διάφορα χρησιμοποιούμενα υλικά. Ωστόσο, υφίστανται και κάποια αρνητικά στην εφαρμογή σε στρατιωτικό επίπεδο, κυρίως λόγω των χαρακτηριστικών τους, όπως το δεδομένο σχήμα τους, η ανακλαστική τους επιφάνεια αλλά και η θερμοκρασία που αποκτούν κατά τη λειτουργία, τα οποία ενδέχεται να αποκαλύψουν μία κεκαλυμμένη θέση.

Για αυτόν ακριβώς το λόγο, έχουν αναπτυχθεί γενικά αλλά και σε στρατιωτικές εφαρμογές ειδικότερα φωτοβολταϊκές κυψέλες με ειδική βαφή (dye - sensitized solar cells - DSSC), οι οποίες εξαλείφουν το παραπάνω μειονέκτημα. Εμφανίζουν ικανοποιητική απόδοση (της τάξεως του 15% και παραπάνω), αρκετά καλή διάρκεια λειτουργίας αλλά και αποδοτική λειτουργία σε συνθήκες χαμηλής έντασης ηλιακού φωτός. Επίσης, έχουν δημιουργηθεί ακόμα φωτοβολταϊκές κυψέλες λεπτής μεμβράνης, οι οποίες βασίζονται στην προηγμένη τεχνολογία άμορφου πυριτίου. Επιπρόσθετα, εμφανίζουν μεγάλη ευελιξία και ευκαμψία, γεγονός που συμβαδίζει αρκετά με τις ανάγκες του ατομικού εξοπλισμού των στρατευμάτων, όσον αφορά στις περιπτώσεις φορητού εξοπλισμού.

Από όλα τα προαναφερθέντα καθώς και από τη φύση της καθημερινής δραστηριότητας των Ενόπλων Δυνάμεων γίνεται σαφές ότι ιδιαίτερο ενδιαφέρον αποκτούν τα κινητά ενεργειακά συστήματα, όπως αυτά που μπορούν να παρέχουν ηλεκτρικό ρεύμα σε κινητές μονάδες λειτουργίας ή σε επιχειρησιακές θέσεις διοίκησης. Εταιρείες σε παγκόσμιο επίπεδο έχουν κατασκευάσει ήδη εφαρμογές για τέτοιου είδους περιπτώσεις καλύπτοντας ένα ευρύτατο φάσμα δραστηριοτήτων και μεγέθους. Ενδεικτικά, αναφέρονται ορισμένες, όπως η συσκευή Expeditionary Modular Universal Battery Charger (EMUBC) της εταιρείας Thales Defense & Security Inc, η οποία έχει τη δυνατότητα να φορτίζει τόσο από το εθνικό ηλεκτρικό δίκτυο όσο και από φωτοβολταϊκά πάνελ και να παρέχει ρεύμα σε διάφορες στρατιωτικές συσκευές ποικίλλων αποστολών. Εκτός αυτών, εμφανίζει το πλεονέκτημα ότι το βάρος της είναι αρκετά μικρό, περί τα 3kg, ώστε να μπορεί να φορτωθεί και σε οχήματα. Επίσης, ευρέως γνωστό είναι το Soldier Worn Integrated Power Equipment System (SWIPES), ένα πρόγραμμα το οποίο αναπτύχθηκε στις Η.Π.Α και αφορά στη φόρτιση του ατομικού εξοπλισμού ενός στρατιώτη. Περιλαμβάνει διάφορα στοιχεία, όπως καλώδια και μονάδα διανομής ρεύματος φορτίζοντας πολλών ειδών μπαταρίες, ανάλογα τη συσκευή στην οποία χρησιμοποιούνται. Τέλος, γίνεται αναφορά και στη μονάδα παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος από φωτοβολταϊκά, η οποία κατασκευάζεται από την εταιρεία Intracom Defense Electronic (IDE) και υποστηρίζει μεμονωμένες επιχειρήσεις, απομακρυσμένους σταθμούς επικοινωνίας, έκτακτες επιχειρήσεις κτλ, καλύπτοντας τις επιτόπιες ανάγκες για ηλεκτρικό ρεύμα.



Εικόνα 19 Γεννήτρια παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος από φωτοβολταϊκά [15]

Πλέον των παραπάνω, η τελευταία σύγχρονη τάση αφορά στην ταυτόχρονη εκμετάλλευση ηλιακής και αιολικής ενέργειας από κινούμενα συστήματα για εφαρμογές όπως έχουν αναλυθεί προηγουμένως, τα οποία συστήματα χαρακτηρίζονται ως κινητοί σταθμοί. Αυτό αυτομάτως συνεπάγεται τη μεγαλύτερη αξιοπιστία - απόδοσή τους μιας

και δεν εξαρτώνται από συγκεκριμένες καιρικές συνθήκες. Ένας επομένως κινητός σταθμός παράγει ενέργεια τόσο από ένα σύστημα ανεμογεννήτριας όσο και από ένα σύστημα φωτοβολταϊκών. Επίσης, έχει ως κύριο γνώρισμα ότι μπορεί να μετακινείται εύκολα αλλά και ότι περιλαμβάνει ένα μικρό αριθμό απαρτίων, κάτι που το καθιστά πολύ εύκολο στη χρήση. Αποτελείται από ένα υποσύστημα εκμετάλλευσης αιολικής ενέργειας, ένα υποσύστημα εκμετάλλευσης της ηλιακής, ένα υποσύστημα αποθήκευσης και ένα αντίστοιχο διανομής ενέργειας. Τα παραπάνω κύρια συστατικά πλαισιώνουν και άλλα ηλεκτρομηχανικά εξαρτήματα, καλώδια, συστήματα ελέγχου, αλλά και ένας μετατροπέας συνεχούς σε εναλλασσόμενο ρεύμα ή/και το αντίστροφο. Οι δυνατότητες ενός κινητού σταθμού παραγωγής ενέργειας θεωρούνται ιδιαίτερα αυξημένες, μιας και μπορεί να παρέχει ηλεκτρική ενέργεια ανελλιπώς (σε αυτό συνεισφέρει το σύστημα αποθήκευσης με τη συστοιχία συσσωρευτών) αλλά και να παράξει ισχύ από 1 έως και 200 kWp ή να αποθηκεύσει ενέργεια 60 kWh.



Εικόνα 20 Κινητός σταθμός παραγωγής ενέργειας [16]

Εκτός της παραγωγής ρεύματος για σταθμούς διοίκησης ή για φόρτιση μηχανημάτων – εγκαταστάσεων, εναλλακτικές εφαρμογές αναπτύσσονται δυναμικά, όπως έχει ήδη αναφερθεί, για τη φόρτιση του ατομικού εξοπλισμού του στρατιωτικού προσωπικού. Αρκετή πρόοδος έχει σημειωθεί και σε αυτόν τον τομέα, με τις τελευταίες προτάσεις να αναφέρονται στην εκμετάλλευση της τεχνολογίας των εύκαμπτων ηλιακών κυψελών. Μέσω αυτών μπορεί να παρασχεθεί ηλεκτρική ενέργεια σε ένα σύστημα αποθήκευσης και σε μία μονάδα διανομής. Σκοπός του κυκλώματος είναι η φόρτιση ατομικών συσκευών όπως ασύρματοι, δίοπτρες, συστήματα προσανατολισμού και άλλα. Η ακριβής σύνθεση του εν λόγω κυκλώματος αφορά την εκάστοτε δεδομένη χρήση – αποστολή του προσωπικού που το φέρει. Τέλος, το

βασικότερο πλεονέκτημα του παραπάνω κυκλώματος αποτελεί η φορητότητά του, μιας και το ηλιακό πάνελ έχει την ικανότητα να διπλώνεται – τυλίγεται. Επίσης στα θετικά αυτού συγκαταλέγεται το γεγονός ότι καθένα από τα παραπάνω απάρτια επιλέγεται με κριτήριο τη μέγιστη αποδιδόμενη ισχύ με το ελάχιστο δυνατό βάρος ώστε να εξασφαλίζεται η δυνατότητα μεταφοράς – φόρτωσης.



Εικόνα 21 Στρατιωτικός σταθμός παραγωγής ενέργειας [17]

Στο ευρύτερο πλαίσιο του στρατιωτικού εξοπλισμού ξεχωριστή αναφορά οφείλει να πραγματοποιηθεί στους αισθητήρες. Η λειτουργία των Ενόπλων Δυνάμεων αδιαμφισβήτητα στηρίζεται κατά ένα πολύ σημαντικό βαθμό στη λειτουργία διαφόρων αισθητήρων. Αισθητήρες εντοπίζονται σε όλες τις εκφάνσεις της στρατιωτικής δραστηριότητας. Μεγάλο πλήθος συναντάται σε επίγειες εφαρμογές, όπως για παράδειγμα οι κάμερες παρακολούθησης, οι υπέρυθροι αισθητήρες, τα επίγεια ραντάρ και οι φορητές ή σταθερές επί βάσεως διόπτρες. Επίσης, συχνή είναι η χρησιμοποίηση τους σε εναέριες εφαρμογές, όπως οι πύραυλοι, τα αεροσκάφη, τα μη επανδρωμένα οχήματα (unmanned aerial vehicles, UAVs – drones) καθώς και σε θαλάσσιες περιπτώσεις, όπως οι αισθητήρες πλοήγησης πλοίων ή οι αντίστοιχοι για μέτρηση απόστασης σε υποβρύχια. Επομένως, γίνεται αντιληπτό ότι η απαιτούμενη ισχύς των παραπάνω εφαρμογών καλύπτει ένα αρκετά μεγάλο εύρος. Η εν λόγω ισχύς είναι της τάξεως των milliwatt (mW) έως και αυτής των μερικών δεκάδων watt (W). Για παράδειγμα, υπέρυθροι επίγειοι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται για στρατιωτική επιτήρηση με σκοπό την αποτροπή εισβολής απαιτούν ισχύ για να λειτουργήσουν από 1 mW έως και 6 W, ενώ πλωτοί αισθητήρες επιτήρησης απαιτούν αντίστοιχη ισχύ από 5 mW έως και 85 W. Γίνεται επομένως αντιληπτό ότι οι χρησιμοποιούμενοι αισθητήρες καλύπτουν ένα απίστευτα τεράστιο εύρος τόσο στο τομέα των ανεπτυγμένων τεχνολογιών, όσο και στην πληθώρα των χρησιμοποιούμενων συσκευών.

Από το παραπάνω μεγάλο εύρος εφαρμογής των αισθητήρων, εξάγεται το συμπέρασμα ότι οι αισθητήρες μπορούν να διαχωριστούν – κατηγοριοποιηθούν όσον αφορά στον τρόπο λειτουργίας τους. Διακρίνονται στις κατηγορίες, όπως αναφέρονται ενδεικτικά παρακάτω:

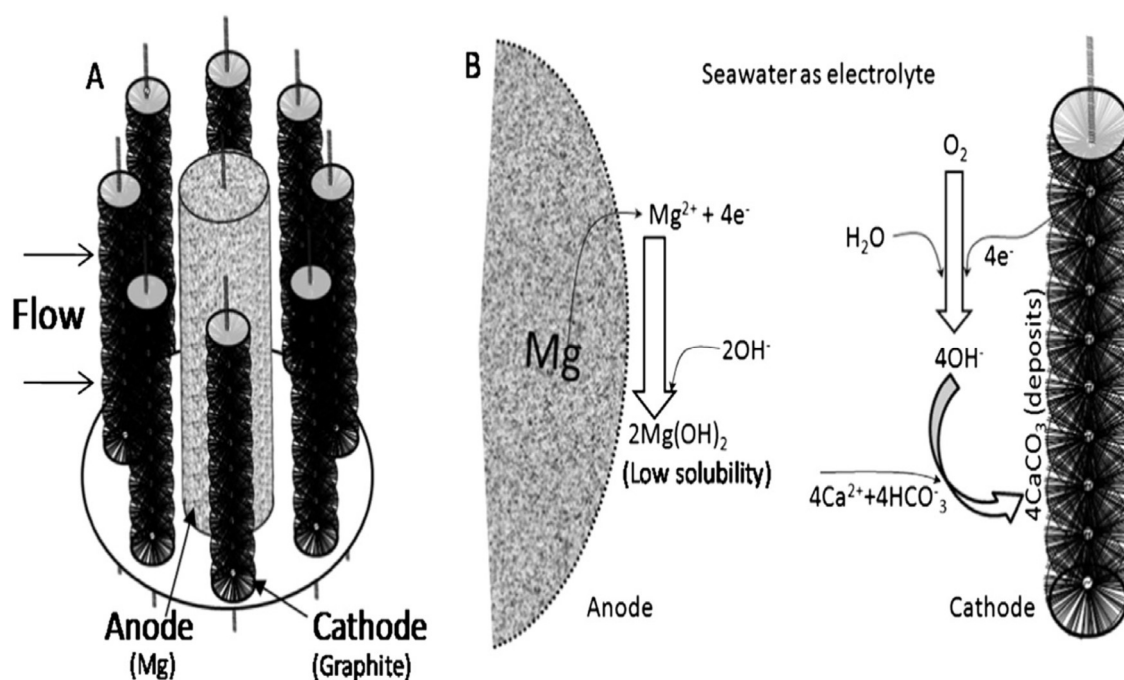
- Παθητικοί αισθητήρες. Η λειτουργία τους στηρίζεται στη μέτρηση και στην καταγραφή οποιουδήποτε στοιχείου, το οποίο γίνεται αντιληπτό μέσω της απόκρισής τους στο περιβάλλον γύρω τους. Ουσιαστικά, πρόκειται για συσκευές, οι οποίες δεν εκπέμπουν δικά τους σήματα αλλά αλληλοεπιδρούν με τα αντικείμενα γύρω τους με βάση τις εκπομπές των τελευταίων. Το ιδιαίτερο πλεονέκτημα τους είναι το γεγονός ότι δεν εκπέμπουν σήματα και άρα δεν γίνεται αντιληπτή η θέση τους, χαρακτηριστικό ιδιαίτερης σημασίας μιας και αφορούν στρατιωτικές εφαρμογές.

- Ενεργητικοί αισθητήρες. Είναι αισθητήρες, οι οποίοι παράγουν τα δικά τους σήματα με σκοπό να αντιληφθούν την ύπαρξη αντικειμένων στο περιβάλλον τους. Τα τελευταία αντανakλούν την ενέργεια στον αισθητήρα, με τη λειτουργία του ενεργού στη συνέχεια να προσομοιάζει αυτήν του παθητικού. Εξαιτίας της παραπάνω λειτουργίας όμως γίνεται αντιληπτή η θέση τους. Ωστόσο, μερικές φορές αποτελεί το μοναδικό τρόπο συλλογής πληροφοριών ή αναγνώρισης αντικειμένων.

Όσον αφορά στη σύγχρονη εκδοχή τους, έχουν αναπτυχθεί αρκετές μελέτες, κατά τις οποίες οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται σε στρατιωτικές εφαρμογές λειτουργούν με εναλλακτικές πηγές ενέργειας, ξεπερνώντας τις παραδοσιακές μεθόδους. Πρωτοπόρος των τελευταίων είναι οι μπαταρίες, οι οποίες παρουσιάζουν το χαρακτηριστικό, σύμφωνα με το οποίο αποδίδουν ένα μεγάλο εύρος τόσο στην ισχύ εξόδου, όσο και στην αντίστοιχη τάση, ανάλογα με την εφαρμογή στην οποία χρησιμοποιούνται. Το τελευταίο αποτελεί τον κυριότερο λόγο της επικράτησής τους στον τομέα της αγοράς. Ωστόσο, οι μπαταρίες εμφανίζουν και πολλά μειονεκτήματα, όπως για παράδειγμα το βάρος το οποίο οφείλουν να έχουν για να καταφέρουν μία επιθυμητή παραγωγή απαιτούμενης ισχύος. Λόγω της εξαιρετικής χρησιμότητας τους όμως και λόγω της μείωσης του κόστους επαναγοράς έχουν επικρατήσει οι επαναφορτιζόμενες μπαταρίες. Σε αυτήν την κατηγορία εμφανίζονται οι εναλλακτικές πηγές ενέργειας ως ανερχόμενος παράγοντας, παρέχοντας ηλεκτρική ενέργεια με σκοπό την φόρτιση των προαναφερθέντων μπαταριών. Ο τομέας, στον οποίο δε η χρήση αυτών φαντάζει ιδανική, αφορά στους απομακρυσμένους αισθητήρες καθώς ελαχιστοποιείται το κόστος συντήρησης αυτών. Τέτοιοι είναι για παράδειγμα αισθητήρες σε φάρους ή σε απομονωμένα ραντάρ. Οι εναλλακτικές αυτές πηγές για τέτοιων ειδών αισθητήρες περιλαμβάνουν εκτός από τις ήδη αναφερθείσες ανανεώσιμες, όπως η ηλιακή, η αιολική, η υδροηλεκτρική, και άλλα είδη πηγών ενέργειας, όπως αναλύονται παρακάτω με τις εκάστοτε μεθόδους:

- Μικροβιακές κυψέλες καυσίμου ιζήματος. Οι συγκεκριμένες αναπτύσσονται όπου υπάρχει υγρό στοιχείο και πυθμένας. Δηλαδή, εφαρμογή αποκτούν σε λίμνες, ωκεανούς και ίσως σε ποτάμια. Ως εκ τούτου, θεωρούνται κατάλληλες για την υποστήριξη υποβρύχιων αισθητήρων ή ακόμα και για αισθητήρες εδάφους. Όσον αφορά στον τρόπο λειτουργίας τους, παράγουν ηλεκτρική ενέργεια από την ενεργητικότητα των μικροοργανισμών που υφίστανται στο ίζημα. Συνήθως, αποτελούνται από δύο ηλεκτρόδια, το ένα τοποθετείται μέσα στο ίζημα και ονομάζεται

άνοδος, ενώ το δεύτερο εντός του νερού είναι η κάθοδος. Κατασκευάζονται από υλικά αγωγίμα, όπως ο χάλυβας. Όμως, καθίσταται σαφές ότι επιτυγχάνεται χαμηλή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας όπως και ότι η τάση εξόδου παραμένει σε χαμηλά επίπεδα. Ως αποτέλεσμα, προτιμάται η επιλογή της αποθήκευσης ενέργειας και μετέπειτα παροχή αυτής παρά η μεγέθυνση του συστήματος μικροβιακών κυψελών καυσίμου ιζήματος, λόγω χωροταξικών περιορισμών.



Εικόνα 22 Συσσωρευτής θαλασσινού νερού και ο μηχανισμός λειτουργίας του. [18]

- Συσσωρευτές θαλασσινού νερού. Λόγω του ονόματός τους γίνεται αντιληπτό ότι η ανάπτυξή τους πραγματοποιείται στη θάλασσα, με το θαλασσινό νερό να λειτουργεί εν προκειμένω ως ηλεκτρολύτης, όπως και το γεγονός ότι βρίσκουν εφαρμογή σε υποβρύχιους αισθητήρες. Ειδικότερα, ένας τέτοιου είδους συσσωρευτής απαρτίζεται από συγκεκριμένα ηλεκτρόδια, τα οποία παρουσιάζουν το χαρακτηριστικό ότι ενεργοποιούνται όταν τοποθετούνται εντός του θαλασσινού νερού. Επίσης, ταξινομούνται σε ανόδους και καθόδους, κατασκευασμένες από μαγνήσιο και γραφίτη, αντίστοιχα.

- Πιεζοηλεκτρικοί συλλέκτες ενέργειας. Οι εν λόγω συλλέκτες μπορούν να εφαρμοστούν όπου συναντάται κάποια πηγή δόνησης, όπως επίσης αντίστοιχη πηγή κίνησης ή ροής. Η μηχανική ενέργεια, η οποία αναπτύσσεται εξαιτίας των προηγούμενων, χρησιμοποιείται για την άσκηση δεδομένης πίεσης στα πιεζοηλεκτρικά υλικά, μέσω της οποίας κατορθώνεται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι πλέον διαδεδομένες εφαρμογές αυτών αφορούν στην εκμετάλλευση των παραγόμενων κραδασμών από μηχανήματα. Κατά τον ίδιο ακριβώς τρόπο μπορεί να γίνει εκμετάλλευση της δόνησης που προκαλείται από υφιστάμενη ροή του νερού ή του ανέμου. Με αυτόν τον τρόπο, η εν λόγω κατηγορία βρίσκει ευρεία

εφαρμογή σε αισθητήρες εδάφους ή σε υποβρύχιους και υποστηρίζει επιτυχώς περιπτώσεις απομακρυσμένων.

- Γεννήτρια θερμοηλεκτρικής ενέργειας. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας επιτυγχάνεται απευθείας από δεδομένη θερμότητα. Οι περιπτώσεις διεπαφών με μεγάλη διαφορά θερμοκρασίας είναι οι πλέον ενδεδειγμένες. Τέτοιες διεπαφές υπάρχουν ανάμεσα στον αέρα, το έδαφος και το νερό, με αποτέλεσμα την ανάπτυξη των παραπάνω γεννητριών σε πολλά από τα είδη των αισθητήρων, όπως υποβρύχιους, πλωτούς ή εδάφους.

Σε συνέχεια των προηγούμενων, συναντάται η ανάπτυξη και άλλων συστημάτων, των λεγόμενων υβριδικών, κατά τα οποία συνδυάζονται περισσότερες της μίας εναλλακτικές πηγές ενέργειας. Ο πλέον διαδεδομένος τρόπος είναι η σύζευξη μίας εκ των διαδεδομένων ανανεώσιμων πηγών (αιολική – ηλιακή – υδροηλεκτρική) με κάποια εκ των προαναφερθεισών. Ένα παράδειγμα αποτελεί ο συνδυασμός ηλιακών συλλεκτών με γεννήτρια θερμοηλεκτρικής ενέργειας. Καθώς οι ηλιακές κυψέλες συλλέγουν συγκεκριμένο ποσοστό της ηλιακής ενέργειας, η υπόλοιπη καθώς συλλέγεται, μετατρέπεται σε θερμότητα αυξάνοντας την θερμοκρασία της κατασκευής. Αυτήν τη διαφορά θερμοκρασίας εκμεταλλεύεται η γεννήτρια ώστε να παράξει την ηλεκτρική ενέργεια. Επίσης, υδροηλεκτρικές γεννήτριες συνδυάζονται με πιεζοηλεκτρικούς συλλέκτες ή/και συσσωρευτές θαλασσινού νερού για εφαρμογές υποβρυχίων αισθητήρων. Αποτέλεσμα τέτοιων μεθόδων είναι η αρκετή παραγωγή ισχύος, ικανή να τροφοδοτήσει αισθητήρες, ώστε να ξεπεραστούν δυσκολίες ως προς την αυτονομία αυτών. Τέλος, σε όλα τα παραπάνω παραδείγματα η απόδοση αυξάνεται σημαντικά με την εφαρμογή συστημάτων διαχείρισης – αποθήκευσης – παροχής ενέργειας.

4.2 ΧΡΗΣΗ ΑΠΕ ΣΕ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΡΑΤΟΠΕΔΩΝ

Έχει φτάσει η στιγμή εκείνη που η ανάπτυξη των τεχνολογιών ΑΠΕ εντός στρατοπέδων θεωρείται δεδομένη, αν και αρκετοί είναι αυτοί που υποστηρίζουν ότι θα έπρεπε να είναι επιβεβλημένη για το σύνολο των στρατιωτικών χώρων. Επιπλέον, εξαιτίας των μεγάλων εκτάσεων που καλύπτουν οι στρατιωτικές εγκαταστάσεις, τόσο σε προκεχωρημένες τοποθεσίες όσο και σε κεντρικές μονάδες βάσεως, οι δυνατότητες εφαρμογής των ΑΠΕ κρίνονται ως απεριόριστες. Ήδη, η χρησιμοποίηση τεχνολογιών σε στρατόπεδα εμφανίζει αρκετές διαφορετικές εκφάνσεις.

Από τις εν λόγω εφαρμογές των ΑΠΕ σε στρατόπεδα, οι πλέον κοινές περιπτώσεις αφορούν στην εξασφάλιση των ηλεκτρικών απαιτήσεων στρατιωτικών κτηρίων, όπως εγκαταστάσεις κτιρίων διοίκησης ή εγκαταστάσεων μεμονωμένων γραφείων μέχρι και ολόκληρων στρατοπέδων. Ουσιαστικά, η συγκεκριμένη περίπτωση περιλαμβάνει εγκατάσταση τεχνολογιών ΑΠΕ κυρίως σε κτιριακές δομές, όπως για παράδειγμα τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πάνελ στις οροφές των εγκαταστάσεων ή η τοποθέτηση ανεμογεννητριών σε στρατιωτικές περιοχές. Επομένως, γίνεται λόγος για μία μορφή μικροδικτύου ηλεκτρικού ρεύματος για στρατιωτικές καταναλώσεις

ηλεκτρικού ρεύματος. Μέσω αυτού, βεβαίως, καλύπτονται οι απαιτήσεις για αξιοπιστία και ασφάλεια στην παροχή ηλεκτρικής ενέργειας, οι ουσιώδεις ανάγκες για την απρόσκοπτη στρατιωτική λειτουργία εν γένει, όπως επίσης καλύπτεται και η ανάγκη για μείωση των λειτουργικών – μεταφορικών κοστών. Ουσιαστικά, η έννοια του μικροδικτύου περιλαμβάνει μία διασύνδεση “παραγωγών” ηλεκτρικής ενέργειας, εν προκειμένω οι τεχνολογίες ΑΠΕ, με διάφορα φορτία και καταναλώσεις εντός ενός σταθερού και όχι και τόσο εκτεταμένου ορίου. Όμως, μία γενικότερη σχεδίαση μικροδικτύων πέραν των φωτοβολταϊκών πλαισίων ή των ανεμογεννητριών, περιλαμβάνει ηλεκτρικούς λέβητες θερμότητας, λέβητες αερίου, όπως και χωνευτές βιοαερίου. Αποτέλεσμα όλων είναι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας παράλληλα.



Εικόνα 23 Εφαρμογή φωτοβολταϊκού πλαισίου εντός στρατοπέδου [19]

Ωστόσο, έχουν πραγματοποιηθεί μελέτες και έχουν υποβληθεί προτάσεις για μεγαλύτερης εμβέλειας έργα, τα οποία έχουν αρχίσει να βρίσκουν εφαρμογή στη σύγχρονη εποχή. Ένα τέτοιου είδους παράδειγμα αποτελεί η δημιουργία μικροδικτύου ηλεκτρικού ρεύματος, το οποίο παράγεται από ΑΠΕ που έχουν εγκατασταθεί εντός εγκαταλελειμμένων στρατιωτικών εκτάσεων και καλύπτει τις ηλεκτρικές ανάγκες της ευρύτερης γύρω περιοχής. Συνήθως οι περιπτώσεις αυτές αναφέρονται σε απομακρυσμένες περιοχές και όχι εντός αστικών κέντρων. Η παγκόσμια τάση συρρίκνωσης των στρατιωτικών εγκαταστάσεων και κλεισίματος αρκετών σε συνάρτηση με την αύξηση του ενδιαφέροντος για το λεγόμενο στρατιωτικό τουρισμό έχει αυξήσει κατά πολύ το ενδιαφέρον για εγκαταλελειμμένες στρατιωτικές εγκαταστάσεις πλησίον κατοικημένων οικισμών. Αποτέλεσμα αυτών είναι η διερεύνηση πιθανών τρόπων εκμετάλλευσης των παλαιών εν λόγω εγκαταστάσεων με σημαντικό ποσοστό να αφιερώνεται στην εγκατάσταση ΑΠΕ σε αυτά για εξυπηρέτηση

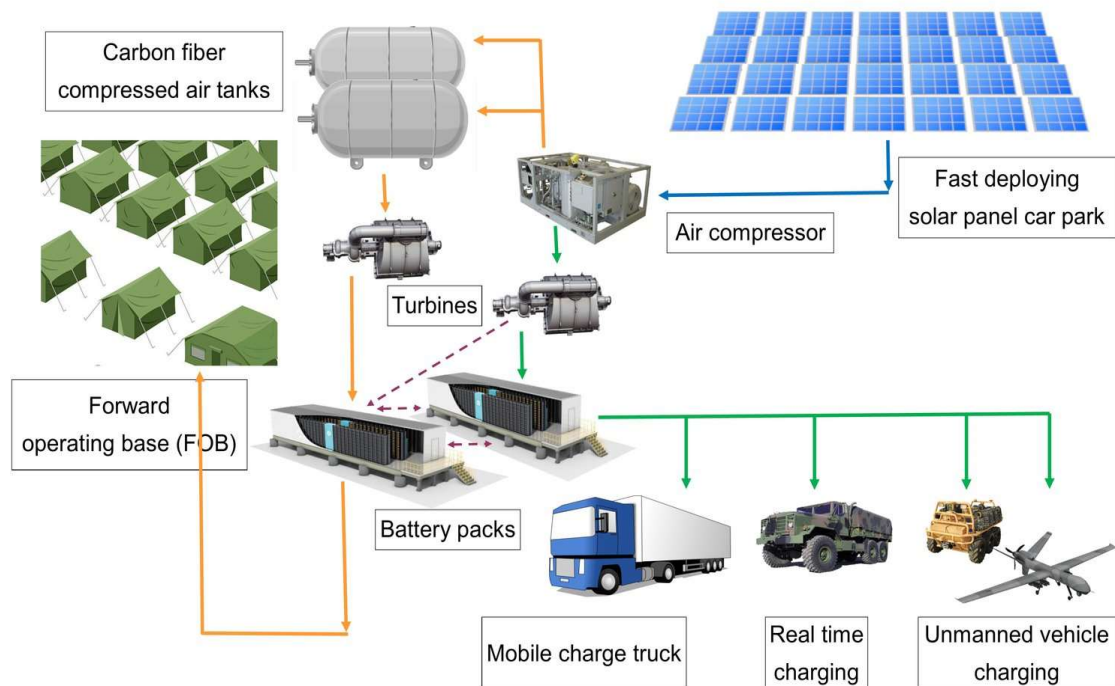
της γύρω κοινωνίας. Ένα τέτοιου είδους παράδειγμα είναι η περιοχή της Νορμανδίας στη Γαλλία. Η εν λόγω περιοχή διατηρεί το ενδιαφέρον σε πολύ υψηλά επίπεδα, για ιστορικούς λόγους λόγω της απόβασης κατά το Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο, αυξάνοντας το στρατιωτικό τουρισμό με το πέρασμα των χρόνων. Επίσης, στη συγκεκριμένη περιοχή έχει εγκατασταθεί ένα από τα μεγαλύτερα φωτοβολταϊκά πάρκα, εξυπηρετώντας τις ευρύτερες ηλεκτρικές ανάγκες.

Ως πρώτο βήμα στην εφαρμογή έξυπνων μικροδικτύων σε εγκαταλελειμμένες στρατιωτικές εγκαταστάσεις θεωρείται η ταξινόμηση των διαθέσιμων περιοχών, ώστε να προκριθούν οι κατάλληλες και να πραγματοποιηθούν οι ανάλογες μελέτες. Οι τύποι των περιοχών αυτών έχουν όπως παρακάτω:

- Περιοχές στρατιωτικά ενεργές και ελεγχόμενης πρόσβασης.
- Εγκαταλελειμμένες εκτάσεις που διαχειρίζονται οι Ένοπλες Δυνάμεις.
- Ακατάλληλες τοποθεσίες για εγκατάσταση.
- Κατάλληλες τοποθεσίες, αλλά ασύμφωτες λόγω απόστασης από καταναλωτές. Τέτοιου είδους περιοχές βρίσκονται σε απόσταση από οικισμούς και χρειάζονται μεγάλο μήκος καλωδίωσης όπως και συστήματα μετασχηματισμών, εκτοξεύοντας αρκετά το κόστος υλοποίησης.

Ουσιαστικά τα προαναφερθέντα μικροδίκτυα αφορούν στις γνωστές εικονικές μονάδες παραγωγής ενέργειας (virtual power plants – VPP). Πρόκειται για αυτοματοποιημένες μονάδες παραγωγής ενέργειας που συνδυάζουν διάφορες αποκεντρωμένες πηγές ενέργειας (distributed energy resources - DER) όπως και μονάδες αποθήκευσης και με αυτόν τον τρόπο προσομοιάζονται οι προμηθευτές που καλύπτουν τη ζήτηση σε ηλεκτρική ενέργεια. Τέτοια μοντέλα είναι αρκετά δημοφιλή καθώς έχουν την ικανότητα να συνδυάζουν διάφορες μορφές ΑΠΕ και να αντικαθιστούν πλήρως τα ορυκτά καύσιμα.

Παρ' όλ' αυτά, ιδιαίτερα σημαντική θεωρείται η διείσδυση σε αυτά των συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας (energy storage systems - ESS) και διάφορων άλλων τεχνολογιών, μέσω των οποίων επιτυγχάνεται η ανάπτυξη έξυπνων μικροδικτύων. Τέτοιου είδους συστήματα πέραν των παραπάνω, τα οποία εντάσσονται σε ένα μικροδίκτυο, είναι συστήματα σχεδιασμού ανταπόκρισης ζήτησης (demand - response planning - DRP), τεχνικές blockchain ή αντίστοιχες peer-to-peer (p2p). Οι τελευταίες εμφανίζουν εξαιρετικές προοπτικές στον τομέα των μικροδικτύων. Αφενός η τεχνική blockchain αποτελεί μία καινοτομία που παρουσιάζει την ικανότητα να παρέχει μία πλατφόρμα συναλλαγών μεταξύ προμηθευτών και καταναλωτών, αφετέρου δε η p2p μπορεί να στηρίζει τις ΑΠΕ και να ενισχύσει οικονομικά τους καταναλωτές, εξυπηρετώντας τις ευέλικτες ανάγκες τους.



Εικόνα 24 Σχέδιο έξυπνου μικροδικτύου [20]

Οι κυριότερες μορφές ΑΠΕ που χρησιμοποιούνται είναι η ηλιακή και η αιολική ενέργεια. Σε τέτοιου είδους εφαρμογές επίσης περιλαμβάνονται, όπως και στα μικρότερης εμβέλειας προαναφερθέντα μικροδίκτυα, πηγές ηλεκτρικής ενέργειας, θερμότητας ή/και ψύξης, όπως και συστήματα αποθήκευσης ενέργειας, σε μεγαλύτερο βαθμό. Ωστόσο, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η αξία, που παρουσιάζει η ικανότητα ενός έξυπνου μικροδικτύου να αποθηκεύει ενέργεια, αποδεικνύεται εξαιρετικά σημαντική. Η απρόβλεπτη φύση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και η μη γραμμικότητα των φορτίων ζήτησης προκαλούν αστάθεια, η οποία αντιμετωπίζεται με την αποθήκευση ενέργειας και την παροχή αυτής όταν απαιτηθεί.

Το παραπάνω ενισχύεται από το γεγονός ότι οι απομακρυσμένες περιοχές παρουσιάζουν μεταβλητότητα στο κλίμα και τις μετεωρολογικές συνθήκες, κάτι που συνεπάγεται έντονες διακυμάνσεις στην παραγωγή από ΑΠΕ ενέργειας. Επιπλέον, τα πλεονεκτήματα, όπως αυτά αναλύθηκαν παραπάνω, υπογραμμίζονται από την ύπαρξη συστημάτων διαχείρισης ενέργειας, τα οποία αυξάνουν την απόδοση αρκετά. Μέσω των συστημάτων διαχείρισης επιτυγχάνονται δεξιότητες όπως η παρακολούθηση, η επικοινωνία και ο έλεγχος του συστήματος. Αυτό έχει ως επακόλουθα την πληρέστερη κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων αλλά και τη βέλτιστη παροχή ενέργειας σε δεδομένο τόπο και χρόνο. Έτσι, εξασφαλίζεται η περαιτέρω αύξηση της αποδοτικότητας ενός τέτοιου δικτύου.

4.3 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΕΣΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΑΠΕ

4.3.1 ΝΑΥΣΙΠΛΟΪΑ

Παράλληλα με τα προαναφερθέντα ενδεικτική είναι η αλλαγή πλεύσης του Ναυτικού σε παγκόσμιο επίπεδο, όσον αφορά στα χρησιμοποιούμενα από τα πλοία καύσιμα. Έχει παρατηρηθεί μία στροφή του ενδιαφέροντος προς τα βιοκαύσιμα ή τα ανανεώσιμα καύσιμα μη βιολογικής προέλευσης (RFNBO), τα οποία παρουσιάζουν μηδενική συνεισφορά στην κλιματική αλλαγή και την αύξηση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, τα βιοκαύσιμα αποτελούν εκείνα τα καύσιμα τα οποία προέρχονται από τη βιομάζα. Τα ανανεώσιμα καύσιμα μη βιολογικής προέλευσης συνθέτουν εκείνη την κατηγορία καυσίμων, η οποία αποτελείται κυρίως από το “καθαρό” υδρογόνο και από τα υγρά / αέρια καύσιμα. Καθαρό γιατί είναι αποτέλεσμα του συνδυασμού του ρεύματος από ΑΠΕ μαζί με νερό ή με διοξείδιο του άνθρακα ή άζωτο.

Ειδικότερα, αρκετές χώρες έχουν εκδηλώσει ενδιαφέρον και έχουν δημιουργήσει κίνητρα για την ανάπτυξη της παραγωγής και της αποθήκευσης – διανομής προηγμένων βιοκαυσίμων τα οποία θα χρησιμοποιούνται από το Ναυτικό σε αρχικό στάδιο ως ποσοστό ανάμειξης με τα συμβατικά καύσιμα και στη συνέχεια ως αυτοτελή καύσιμα. Πρόκειται για μία κατάσταση, στην οποία το κέρδος είναι πολλαπλό και πολύπλευρο. Αδιαμφισβήτητα, θετικά αποτελέσματα ανακύπτουν σχετικά με το περιβάλλον και τη μη επιβάρυνσή του. Επίσης, οι προτεραιότητες της εθνικής ασφάλειας και της εγχώριας αυτάρκειας βρίσκουν ανταπόκριση. Η παράλληλη δημιουργία μιας εγχώριας βιομηχανίας βιοκαυσίμων αποτυπώνει τα θετικά της αποτελέσματα τόσο στον τομέα της οικονομίας, όσο και σε αυτόν της ανάπτυξης. Χαρακτηριστικά αποτελέσματα της έρευνας στην ανάπτυξη των βιοκαυσίμων στον τομέα της πολεμικής ναυτιλίας είναι η εφεύρεση νέων τεχνικών διύλισης καθώς και η ανάδειξη νέων διαδικασιών εκμετάλλευσης μορφών της βιομάζας, όπως τα οικιακά απόβλητα – απορρίμματα. Απόρροια της τελευταίας διαδικασίας είναι η παραγωγή καυσίμου κατάλληλου για στρατιωτικά πλοία σύμφωνα πάντα με τα αντίστοιχα πρότυπα ανάλογης αυστηρότητας. Σημαντικό βήμα στην κατεύθυνση αυτή αποτέλεσε η κατασκευή νέων διυλιστηρίων (βιοδιυλιστηρίων) και ο εκσυγχρονισμός κάποιων ήδη υπαρχόντων.

Επιπλέον, ιδιαίτερα μεγάλη προσοχή έχει δοθεί στην εκμετάλλευση του υδρογόνου ως καύσιμο στον τομέα της ναυτιλίας και δη στο στρατιωτικό κλάδο. Μελέτες έχουν καταδείξει τις εξαιρετικά ελπιδοφόρες προοπτικές αυτής της οδού, οι οποίες εξαπλώνονται σε όλες τις πτυχές της ανάπτυξης του υδρογόνου ως καυσίμου, όπως η παραγωγή, η αποθήκευση, η διανομή ή η χρησιμοποίηση αυτού. Αν και σημαντικοί περιορισμοί ανακύπτουν διαρκώς, όπως η έλλειψη υπάρχουσας γνώσης και παράλληλης τεχνολογικής ωριμότητας καθώς και το σχετικά υψηλό κόστος τόσο για επεξεργασία όσο και για αποθήκευση, η πράσινη ανάπτυξη του υδρογόνου διευρύνεται και αναμένεται να καταστεί άκρως ανταγωνιστική έως και το έτος 2030.

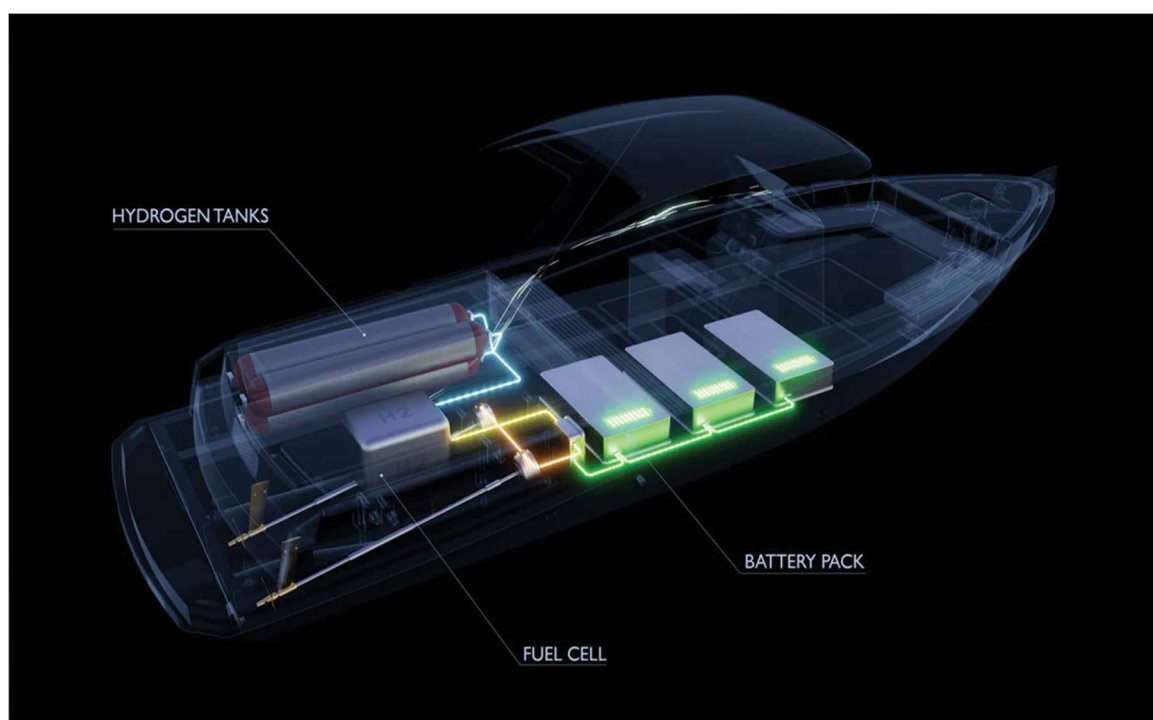
Σημαντικό μερίδιο ευθύνης κατέχει η δυνατότητα παραγωγής υδρογόνου μέσω ενός μεγάλου εύρους διεργασιών, θερμικών, χημικών αλλά και βιολογικών. Σε αυτό το σημείο αξίζει να τονισθεί πως το πράσινο υδρογόνο αποτελεί τη μεγαλύτερη προοπτική, μιας και μπορεί να παραχθεί μέσω ηλεκτρόλυσης αξιοποιώντας το νερό και το ηλεκτρικό ρεύμα. Πράσινο ονομάζεται στην περίπτωση κατά την οποία το ηλεκτρικό ρεύμα παράγεται με την χρήση των ΑΠΕ και όχι των ορυκτών καυσίμων. Εν προκειμένω, έχει ήδη αποδειχθεί ότι η αξιοποίηση του θαλασσινού νερού μέσω καθαρισμού και ηλεκτρόλυσης για παραγωγή υδρογόνου καλύπτει από άποψη ποιότητας τα στάνταρ του Διεθνούς Οργανισμού Τυποποίησης (ISO) για σταθερές εφαρμογές και οχήματα (ISO 14687:2019).

Σε συνέχεια των προαναφερθέντων, πολλά παραδείγματα της παραπάνω φιλοσοφίας ήδη υφίστανται. Το πρώτο υποβρύχιο με χρήση υδρογόνου αναπτύχθηκε από τη Γερμανία, ενώ υπάρχουν ήδη εμπορικά πλοία που παράγουν, αποθηκεύουν και χρησιμοποιούν υδρογόνο ως καύσιμο, εκπληρώνοντας έτσι και την αυτονομία τους. Επίσης, όσον αφορά στις θαλάσσιες πλατφόρμες, διάφορα έργα, όπως το πρόγραμμα PosHYdon, εκμεταλλεύονται τις ΑΠΕ με χρήση π.χ. της αιολικής ενέργειας και παράλληλα ενός ηλεκτρολύτη για να επιτευχθεί η παραγωγή υδρογόνου. Παραδείγματα νέων καυσίμων εμφανίζονται διαρκώς, τόσο ως ποσοστά υδρογόνου - ντίζελ, όσο και ως καθαρού υδρογόνου, με τα πιο πρόσφατα να χαρακτηρίζονται ως κατάλληλα για χρήση σε κάποια είδη φρεγατών, όπως για παράδειγμα η κοινοπραξία BEH2YDRO. Επομένως, εκτός των άλλων, δεν πρέπει να παραβλέπεται η χρήση κινητήρων διπλού καυσίμου, τουλάχιστον ως το πρώτο βήμα για απεμπλοκή της ναυτιλίας από τα ορυκτά καύσιμα.

Με σκοπό την αντιμετώπιση των προκλήσεων όσον αφορά στην αποθήκευση του υδρογόνου, οι μέθοδοι αποθήκευσης διαρκώς αναπτύσσονται – εξελίσσονται, με κάποιες εξ αυτών να είναι η αποθήκευση ως συμπιεσμένο αέριο ή ως υγρό ή οι υγροί οργανικοί φορείς υδρογόνου (δηλαδή χημικές αντιδράσεις που διακρίνονται για την ικανότητα απελευθέρωσης υδρογόνου) ή, τέλος, οι μικροσφαίρες. Συγκεκριμένα, οι υγροί οργανικοί φορείς αναδεικνύονται πλέον ως μία από τις πλέον υποσχόμενες μεθόδους για εφαρμογές στον θαλάσσιο τομέα. Αυτό συμβαίνει καθώς στην υγρή κατάσταση που βρίσκονται, απελευθερώνουν υδρογόνο σε θερμοκρασίες αρκετά υψηλές (πάνω από διακόσους βαθμούς Κελσίου), εξασφαλίζοντας κατά κάποιο τρόπο την έννοια της ασφάλειας.

Μεγάλο μερίδιο στον τομέα της εκμετάλλευσης του υδρογόνου ως καυσίμου καταλαμβάνουν οι κυψέλες καυσίμου. Αυτές χρησιμοποιούνται συνήθως με σκοπό την παραγωγή ενέργειας. Επιλύοντας, σύμφωνα με τα προαναφερθέντα, τα ζητήματα δηλαδή της αποθήκευσης σε ένα πλοίο, η χρησιμοποίηση κυψελών διευκολύνει τις διαδικασίες για παραγωγή ενέργειας εν πλω, με στόχο την κάλυψη της παραγωγής της απαιτούμενης ισχύος για τις ανάγκες ενός πλοίου. Η εν λόγω παραγωγή ενέργειας αυτομάτως σημαίνει περισσότερη αυτονομία των πλοίων. Επίσης, η παραγωγή ενέργειας μπορεί να πραγματοποιηθεί με θαλασσινό νερό, το οποίο αφού πρωτίστως καθαρισθεί - αφαλατωθεί, είναι ικανό να χρησιμοποιηθεί στη διαδικασία της ηλεκτρόλυσης.

Όσον αφορά στο ήδη προαναφερθέν πράσινο υδρογόνο, η μεγάλη έκταση των ναυτικών βάσεων βοηθά στην ανάπτυξη των ΑΠΕ, όπως η αιολική ή η ηλιακή ή ακόμα και ταυτόχρονη χρήση αυτών με σκοπό τη μετέπειτα παραγωγή πράσινου υδρογόνου. Το ηλεκτρικό προερχόμενο από τις ΑΠΕ ρεύμα όπως και το νερό αποτελούν τα δύο συστατικά που είναι απαραίτητα στην ηλεκτρόλυση. Πέραν αυτών, ως έμμεσο αποτέλεσμα της ηλεκτρόλυσης, δύναται να αξιοποιηθεί και το οξυγόνο για εφαρμογές σε υποβρύχια ή αντίστοιχες ιατρικές. Επίσης, με την ανάπτυξη τέτοιου είδους τεχνολογιών επιτυγχάνεται σε στρατιωτικό επίπεδο η ελαχιστοποίηση του ηχητικού αποτυπώματος των πλοίων – υποβρυχίων, χαρακτηριστικό άκρως σημαντικό για τον αμυντικό τομέα.



Εικόνα 25 Σύστημα Υδρογόνου σε πλοίο [21]

Κατόπιν όλων των παραπάνω, επιτυγχάνονται στόχοι σε βραχυπρόθεσμο ορίζοντα έως και σε μακροπρόθεσμο. Βραχυπρόθεσμοι στόχοι μπορούν να καλυφθούν με την χρησιμοποίηση ενός ήδη υπάρχοντος δικτύου διανομής με τις αντίστοιχες δεξαμενές, όπως του φυσικού αερίου, και την χρησιμοποίηση κυψελών καυσίμου, καθώς αποτελούν ήδη ανεπτυγμένες και αρκετά χρησιμοποιημένες περιπτώσεις. Επίσης, η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών – ηλιακών συλλεκτών επιδρούν θετικά, λόγω του μικρού χρόνου εγκατάστασης που απαιτείται. Μεσοπρόθεσμα, οι στόχοι επικεντρώνονται σε συστήματα αποθήκευσης, τα οποία οφείλουν να αναπτυχθούν περισσότερο. Όμως, μακροπρόθεσμα κάτι που βοηθά σημαντικά για την επίτευξη του σκοπού της μεγαλύτερης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι η εγκατάσταση ανεμογεννητριών (ταυτόχρονα με τα ηλιακά). Επιπλέον, βοηθητικό ρόλο αποκτούν οι ήδη υπάρχουσες τεχνολογίες – μέθοδοι, οι οποίες με την πάροδο του χρόνου εξελίσσονται και ωριμάζουν. Τέλος, οι νέες τεχνολογίες που θα εμφανιστούν δύναται να συνεισφέρουν στο κομμάτι που τους αναλογεί.

4.3.2 ΟΧΗΜΑΤΑ

Η συντριπτική πλειοψηφία των τροχοφόρων οχημάτων των Ενόπλων Δυνάμεων, ακόμα και σήμερα, λειτουργεί με καύση των προϊόντων των ορυκτών καυσίμων, με κυριότερους εκφραστές το πετρέλαιο και τη βενζίνη. Τα εν λόγω οχήματα εκτελούν σε καθημερινή βάση μεγάλο αριθμό κινήσεων, με αποτέλεσμα να θεωρείται δεδομένη η καταγραφή ατελείωτων αποστάσεων και χιλιομέτρων. Μία ενδεχόμενη ως εκ τούτου μεταστροφή σε εναλλακτικές πηγές ενέργειας φιλικές προς το περιβάλλον θα σήμαινε αυτομάτως τη μείωση των εκπομπών καθώς και του ανθρακικού τους αποτυπώματος.

Μελέτες, που έχουν πραγματοποιηθεί τα τελευταία χρόνια, έχουν διευρύνει τους ορίζοντες της λειτουργίας των στρατιωτικών οχημάτων. Αποτέλεσμα αυτών αποτελεί η δημιουργία μίας νέας κατηγορίας οχημάτων, της φιλικής προς το περιβάλλον, την οποία κατά κύριο λόγο απαρτίζουν τα ηλεκτρικά οχήματα. Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν εκτός των άλλων κάποια είδη, όπως τα υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα (hybrid electric vehicles -HEV), τα ηλεκτρικά που λειτουργούν μόνο με την χρήση μπαταρίας (battery electric vehicles – BEV) καθώς και τα ηλεκτρικά που χρησιμοποιούν κυψέλες καυσίμου (fuel cell electric vehicles – FCEV). Το βασικό χαρακτηριστικό όλων αυτών αποτελεί η πρωτεύουσα πηγή ενέργειας, η οποία τροφοδοτεί το σύστημα μετάδοσης για την εν γένει κίνηση του οχήματος.



Εικόνα 26 Ηλεκτρικό στρατιωτικό όχημα [22]

Ίσως το πιο διαδεδομένο παράδειγμα εφαρμογής αυτών είναι τα HEV, τα οποία εκτός των άλλων έχουν αναπτυχθεί και για στρατιωτικές εφαρμογές, με προφανέστερο λόγο την οικονομία καυσίμου αλλά και την απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα. Τα αναπτυσσόμενα στρατιωτικά υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα προϋποθέτουν την ύπαρξη

συγκεκριμένων χαρακτηριστικών. Τέτοια είναι η απαίτηση για υψηλή απόδοση, η λειτουργία κάτω από δυσμενείς συνθήκες, η άκρως γρήγορη επιτάχυνση ή η αθόρυβη κίνηση. Εξαιτίας αυτών των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών, η τελευταία τάση της αντίστοιχης έρευνας αφορά στη βελτιστοποίηση των μερών – εξαρτημάτων ενός στρατιωτικού HEV, όπως ο κινητήρας diesel, ο ηλεκτροκινητήρας, το στοιχείο αποθήκευσης της ενέργειας - η μπαταρία καθώς και το σύστημα υπερπυκνωτών. Επομένως, έχουν αναπτυχθεί οι πρώτες λύσεις – προτάσεις όσον αφορά στο μέγεθος αυτών των εξαρτημάτων. Για παράδειγμα, οι διαστάσεις του κινητήρα θα πρέπει να είναι τέτοιες ώστε να καλύπτουν τις ανάγκες κατά τη διάρκεια της οδήγησης αλλά θα πρέπει και να ανταποκρίνονται στη ζήτηση αιχμής φορτίου. Επίσης, λόγω της στρατιωτικής φύσεως λειτουργίας του οχήματος, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η περίπτωση αστοχίας του ηλεκτροκινητήρα προς αποφυγή περίπτωσης ακινησίας. Ο ηλεκτροκινητήρας από τη μεριά του θα πρέπει να είναι σε θέση να καλύπτει ανάγκες απλής πορείας δρόμου.

Ωστόσο, η δυνατότητα ευρείας εφαρμογής ηλεκτρικών οχημάτων εκτείνεται κυρίως σε οχήματα εκτός επιχειρήσεων, που παρέχουν υποστήριξη για τη λειτουργία στρατιωτικών μονάδων σε καιρό ειρήνης ή που καλύπτουν τρέχουσες – καθημερινές ανάγκες. Σε συνάρτηση με τα προηγούμενα, όπως έχει γίνει ήδη αντιληπτό, οι στρατιωτικές κινήσεις μέχρι σήμερα στηρίζονται στην χρήση κινητήρων εσωτερικής καύσης. Ως εκ τούτου, φιλόδοξη ξεπροβάλλει η λύση του υδρογόνου για τροχοφόρα οχήματα, με τις αναπτυσσόμενες εφαρμογές να σχετίζονται κυρίως με την αξιοποίηση της τεχνολογίας της κυψέλης καυσίμου.

Τα οχήματα υδρογόνου εμφανίζουν κάποια πλεονεκτήματα σε σχέση με τα αμιγώς ηλεκτρικά, όπως για παράδειγμα μεγαλύτερη αυτονομία και μικρότερο χρονικό διάστημα ανεφοδιασμού, το οποίο προσεγγίζει σε χρόνους αυτό των ορυκτών καυσίμων. Επιπλέον, η κίνηση οχημάτων με “καύση” υδρογόνου σημαίνει λιγότερος θόρυβος και καπνός (σημαντικά στοιχεία για στρατιωτικές εφαρμογές), όπως και δυνατότητα βελτίωσης της απόδοσης των κινητήρων. Το τελευταίο προκύπτει καθώς το υδρογόνο παρουσιάζει κατά πολύ υψηλότερη ταχύτητα καύσης και άρα μικρότερη διάρκεια καύσης και άρα καλύτερες συνθήκες για τη λειτουργία του κινητήρα. Τέλος, το υδρογόνο ενώ αναμφίβολα έχει πολλές προκλήσεις τις οποίες πρέπει να αντιμετωπίσει, πολλά δεδομένα προβλήματα τα έχει ξεπεράσει, όπως το αρκετά μεγάλο βάρος των συσσωρευτών, τους οποίους πρέπει να φέρουν τα ηλεκτρικά οχήματα.



Εικόνα 27 Μελλοντικό στρατιωτικό μη επανδρωμένο όχημα με χρήση Υδρογόνου [23]

4.3.3 ΜΗ ΕΠΑΝΔΡΩΜΕΝΑ ΑΕΡΟΣΚΑΦΗ (UAVs)

Τα τελευταία χρόνια η χρήση των μη επανδρωμένων αεροσκαφών (UAVs) έχει κεντρίσει το ενδιαφέρον, με τις εφαρμογές αυτών να καλύπτουν το σύνολο της κοινωνίας. Παράλληλα με πολιτικούς ή κοινωνικούς τομείς, ευρεία χρήση συναντάται και στο στρατιωτικό τομέα, ο οποίος ίσως κρίνεται ως ο πρωτοπόρος στην ανάπτυξη των UAVs μιας και από τον εν λόγω τομέα ξεκίνησε η μαζική χρήση τους. Ειδικότερα, από τις αρχές της δεκαετίας 1990 είχαν αρχίσει να κάνουν την εμφάνιση τους σε στρατιωτικές επιχειρήσεις διαφόρων τύπων. Οι κυριότερες χρήσεις τους συνοψίζονται σε αποστολές με αντικείμενο την εποπτεία και την παρακολούθηση, την έρευνα και τη διάσωση σε περιπτώσεις καταστροφών κ.α.

Με σκοπό την εκπλήρωση αποστολών, όπως αναφέρονται παραπάνω, έχουν τη δυνατότητα να εφοδιαστούν με κατάλληλα εξαρτήματα. Τέτοια είναι οι κάμερες παρακολούθησης ή οι διάφοροι αισθητήρες, όπως για παράδειγμα οι αντίστοιχοι κίνησης ή οι υπέρυθροι, ανάλογα τον εκάστοτε σκοπό. Ωστόσο, οι συγκεκριμένες ηλεκτρικές ιπτάμενες συσκευές εμφανίζουν κάποια μειονεκτήματα. Τέτοια είναι ο περιορισμός στο υφιστάμενο βάρος του UAV καθώς και ο περιορισμός στον χρόνο πτήσης και πάνω σε αυτά έχουν εστιάσει οι τελευταίες μελέτες, με περισσότερο ενδιαφέρον να συγκεντρώνει ο χρόνος πτήσης. Ο λιγοστός αυτός διαθέσιμος χρόνος των UAV, ή διαφορετικά των drones, οφείλεται κυρίως στο διαθέσιμο συσσωρευτή πάνω στα ιπτάμενα. Η μπαταρία αυτή αναδεικνύεται ως άκρως σημαντική για τη γενικότερη λειτουργία τόσο αφού είναι ο χώρος στον οποίο αποθηκεύεται η απαιτούμενη καταναλωθείσα από τα υπόλοιπα μέρη ενός UAV ενέργεια, όσο και γιατί τα UAVs / drones χαρακτηρίζονται από ιδιαίτερα μεγάλη κατανάλωση ενέργειας.

Ενδεικτικό αυτού αποτελεί το γεγονός πως μεταξύ των τύπων UAV, τα multirotors είναι από τα πιο γρήγορα μηχανήματα που όμως καταναλώνουν αρκετή ενέργεια. Επίσης, αξιοσημείωτο είναι ότι τα περισσότερα από αυτά έχουν διάρκεια μπαταρίας μικρότερη από 60 λεπτά.

Ως εκ τούτου, έχουν πραγματοποιηθεί μελέτες σχετικά με τη βελτίωση της συμπεριφοράς της μπαταρίας και έχει προκύψει το συμπέρασμα ότι δύο επιλογές υπάρχουν. Η μία αφορά στην αύξηση της χωρητικότητας της μπαταρίας, ενώ η δεύτερη στην επαναφόρτισή της. Καθώς η αύξηση της χωρητικότητας δεν ευοδώθηκε, μιας και αυτομάτως σημαίνει αύξηση του βάρους, η οποία συνεπάγεται αύξηση της απαιτούμενης ισχύος για την ανύψωση του drone, έχει ήδη αναπτυχθεί η ιδέα της συλλογής ενέργειας από το περιβάλλον για επαναφόρτιση της μπαταρίας με απώτερο σκοπό την παράταση του χρόνου πτήσης των drones.

Με αφορμή το τελευταίο, οι βιώσιμες - ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μπορούν να αποτελέσουν μία σημαντική λύση, με παράλληλη ανάπτυξη των αντίστοιχων τεχνικών συλλογής από πηγές όπως η αιολική, η ηλιακή και η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια. Τέτοιες τεχνικές μπορούν να εφαρμοστούν ώστε να κατορθώσουν να παρατείνουν τη διάρκεια ζωής των συσσωρευτών. Για παράδειγμα, η ηλιακή ενέργεια μπορεί να συλλεχθεί από συσκευές, όπως οι ηλιακοί συλλέκτες, και να μετατραπεί σε ηλεκτρική ενέργεια. Η συλλογή και η μεταφορά αυτής γίνονται με συστήματα ασύρματης μεταφοράς ισχύος (Wireless Power Transfer – WPT), ενώ η διαδικασία της απορρόφησης επιτυγχάνεται με τα γνωστά ηλιακά πάνελ. Επίσης, η μετατροπή σε ηλεκτρικό ρεύμα πραγματοποιείται μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου, όπως έχει αναλυθεί εκτενώς σε προηγούμενο κεφάλαιο. Σημαντική ανάμεσα σε όλα αυτά καθίσταται η επιλογή των καταλληλότερων υλικών για την κατασκευή των συλλεκτών.



Εικόνα 28 Pathfinder - UAV της NASA με χρήση ηλιακής ενέργειας [24]

Σε συνέχεια των προηγούμενων, έχουν αναπτυχθεί υβριδικά συστήματα για συλλογή ενέργειας. Παράδειγμα αυτών αποτελεί ένα σύστημα που συλλέγει ενέργεια με δύο υποσυστήματα, από πηγές ενέργειας ηλιακής και ραδιοσυχνότητας. Η ηλιακή ενέργεια συναντάται μόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας με αποτέλεσμα να εμφανίζει το μειονέκτημα της αδυναμίας συλλογής ενέργειας κατά τη διάρκεια της νύχτας ή όταν υπάρχει αρκετή συννεφιά. Με αυτόν τον τρόπο, η ενέργεια ραδιοσυχνοτήτων συμπληρώνει την ηλιακή για τις παραπάνω περιπτώσεις, ώστε να επιτυγχάνεται η απρόσκοπτη λειτουργία ενός drone ανεξαρτήτου ώρας και καιρού. Οφείλει να τονισθεί ότι η ενέργεια που αποδίδεται δεν χρησιμοποιείται απευθείας από το UAV, αλλά μέσω της μπαταρίας, καθώς απαιτείται η έξοδος να είναι σταθερής ισχύος για την εύρυθμη λειτουργία των αναρτίων ενός UAV.

Ειδικότερα, το υποσύστημα συλλογής ενέργειας ραδιοσυχνοτήτων αποτελείται από την κεραία, το κύκλωμα και το μετατροπέα. Το σήμα ραδιοσυχνοτήτων λαμβάνεται από την κεραία, περνά μέσω του κυκλώματος και φθάνει στο μετατροπέα, ο οποίος το μετατρέπει από εναλλασσόμενο σε συνεχές. Έπειτα, τοποθετείται και ένας πολλαπλασιαστής τάσης με σκοπό την αύξηση της συλλογής ενέργειας. Όσον αφορά στο υποσύστημα συλλογής ηλιακής ενέργειας, οι συλλέκτες εκμεταλλευόμενοι τα ημιαγώγιμα υλικά μετατρέπουν το ηλιακό φως σε ηλεκτρικό ρεύμα. Η τάση εξόδου αυτών ποικίλλει ανάλογα με την επιθυμητή από το έκαστο drone τάση. Έπειτα των δύο υποσυστημάτων, ακολουθεί ο μετατροπέας ενίσχυσης και στη συνέχεια ο σταθεροποιητής. Ο μετατροπέας ενίσχυσης χρησιμοποιεί έναν επαγωγέα και ένα διακόπτη τρανζίστορ ώστε η τάση να επέλθει σε επιθυμητά επίπεδα και ο σταθεροποιητής καθορίζει την τάση εξόδου μέσω μίας αντίστασης.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, το σύστημα συλλογής ενέργειας δεν τροφοδοτεί απευθείας το UAV αλλά φορτίζει μία μπαταρία, η οποία παρέχει ενέργεια στο UAV ώστε να πετάξει. Το γεγονός αυτό εμφανίζει το πλεονέκτημα της μη απαίτησης απευθείας τροφοδοσίας ενέργειας των εξαρτημάτων. Ένα σύστημα όπως αυτό που περιεγράφηκε προηγουμένως χρειάζεται, έπειτα από δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν, χρόνο ίσο με ένα δευτερόλεπτο ώστε να επιτύχει την επιθυμητή τάση φόρτισης και την ανάπτυξη του αντίστοιχου ρεύματος της μπαταρίας. Το διάστημα του ενός δευτερολέπτου σαφώς και είναι αποδεκτό για την παροχή ρεύματος σε μπαταρία, αλλά δεν θα ήταν αν έπρεπε να παρασχεθεί ενέργεια απευθείας – στιγμιαία για τη λειτουργία μίας ιπτάμενης ηλεκτρικής συσκευής. Ακόμα, αξίζει να αναφερθεί ότι η κάλυψη της επιθυμητής τάσης επετεύχθη μόνο με την παρουσία του μετατροπέα ενίσχυσης και του σταθεροποιητή στο τέλος του κυκλώματος.

Τέλος, αξιοσημείωτες προτάσεις έχουν πραγματοποιηθεί και αφορούν στην χρήση υδρογόνου ως καύσιμο με την χρήση κυψελών καυσίμου αλλά και προτάσεις για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας στη λειτουργία των UAVs αν και βρίσκονται ακόμα σε αρκετά πρώιμο στάδιο. Για παράδειγμα, η αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας περιλαμβάνει την χρησιμοποίηση πτερυγίων με την τεχνογνωσία από τις ανεμογεννήτριες, αλλά σε ανάλογο μέγεθος (κατά πολύ μικρότερο) για τα UAVs. Επίσης, μελέτες έχουν αποδείξει ότι η χρήση του υδρογόνου μπορεί να αποβεί αποτελεσματική κατά τέτοιο τρόπο, σύμφωνα με τον οποίο η καύση του να φορτίζει τους συσσωρευτές από τους οποίους λαμβάνει ενέργεια ένα drone.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΈΡΕΥΝΑ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΕ ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

5.1 ΧΡΗΣΗ ΑΠΕ ΣΕ ΣΤΡΑΤΟΠΕΔΑ ΤΗΣ ΝΗΣΟΥ ΛΗΜΝΟΥ

5.1.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

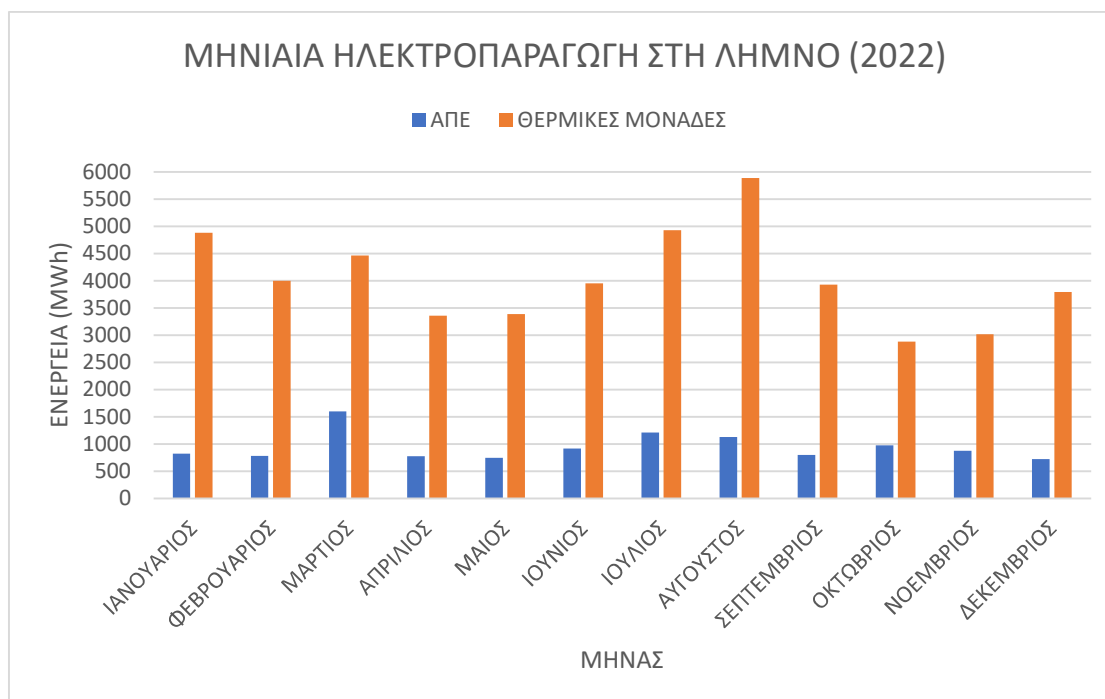
➤ Νήσος Λήμνος

Το νησί της Λήμνου ανήκει στο νησιωτικό σύμπλεγμα του Βορειοανατολικού Αιγαίου. Βρίσκεται ανάμεσα στη Σαμοθράκη, το Άγιο Όρος, τη Λέσβο και την Ίμβρο. Στην περιφερειακή ενότητα της Λήμνου εντάσσεται και το νησί Άγιος Ευστράτιος. Η έκταση της Λήμνου ανέρχεται στα 476,28 τετραγωνικά χιλιόμετρα, κατατάσσοντάς τη στην ένατη θέση των μεγαλύτερων ελληνικών νησιών και το μήκος της ακτογραμμής της είναι ίσο με 263 χιλιόμετρα. Η ακτογραμμή της είναι αξιοσημείωτη με πολλούς όρμους και πτυχώσεις, αποδίδοντας ένα άκρως ιδιαίτερο σχήμα. Ο μόνιμος πληθυσμός της κυμαίνεται στους 16.411 κατοίκους σύμφωνα με τα αποτελέσματα απογραφής πληθυσμού από την Ελληνική Στατιστική Αρχή κατά το έτος 2021. Η πρωτεύουσα του νησιού είναι η Μύρινα.

Η γεωγραφική θέση του νησιού είναι σημαντική, αφού αποτελεί το πλησιέστερο νησί στα Στενά του Βοσπόρου. Επίσης, καταλαμβάνει ένα μέρος των ανατολικών συνόρων της Ελλάδας. Εξαιτίας αυτών, το νησί θεωρείται υψηλής γεωστρατηγικής σημασίας. Τούτο καταδεικνύει επίσης η ιστορία της Λήμνου, η οποία ξεκινά από την αρχαιότητα. Ενδεικτικά, αναφέρεται ο οικισμός της Πολιόχνης, ο οποίος χαρακτηρίζεται από τους ιστορικούς ως ένα πρωτοαστικό κέντρο της εποχής του Χαλκού κυρίως εξαιτίας του εμπορίου και άρα θεωρείται η αρχαιότερη πόλη της Ευρώπης, η οποία εμφάνισε κάποια μορφή οργάνωσης, σε κοινωνικό και αστικό επίπεδο. Αξιοσημείωτος είναι επίσης ο ρόλος της στη νεότερη ιστορία, καθώς αποτέλεσε το πρώτο νησί, που απελευθερώθηκε από τους Τούρκους και μετέπειτα αποτέλεσε τη βάση της Ελλάδας στους Βαλκανικούς Πολέμους και των Συμμάχων στον Α΄ Παγκόσμιο Πόλεμο.

➤ Ηλεκτρικές Ανάγκες της Λήμνου

Σύμφωνα με το Διαχειριστή Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΔΔΗΕ) η παραγωγή του ηλεκτρικού συστήματος του Μη Διασυνδεδεμένου Νησιού (ΜΔΝ) Λήμνος για το έτος 2022 ήταν 59.806,37 MWh. Ειδικότερα, στο πλαίσιο της Δημοσιοποίησης Στοιχείων Εκκαθαρίσεων και Μηνιαίων Δελτίων στα ΜΔΝ από το ΔΕΔΔΗΕ προκύπτει, ότι για το έτος 2022 η παραγωγή από μονάδες ΑΠΕ στη Λήμνο έφτασε στις 11.337,28 MWh, ενώ η παραγωγή από Θερμικές Μονάδες στις 48.469,09 MWh. Αναλυτικά, η παραγωγή ανά μήνα προέκυψε, όπως απεικονίζεται παρακάτω.



Εικόνα 29 Μηνιαία Ηλεκτροπαραγωγή στη Λήμνο

Διαπιστώνεται, ότι αυξημένες ανάγκες σε ηλεκτρικό ρεύμα εμφανίζονται τους μήνες Ιανουάριο – Μάρτιο. Αυτό εξηγείται λόγω του χειμώνα, που επικρατεί, και των υψηλών απαιτήσεων, που υπάρχουν για θέρμανση. Όμως, οι μεγαλύτερες ανάγκες εμφανίζονται κυρίως κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, Ιούλιο και Αύγουστο, λόγω σαφέστατα της τουριστικής περιόδου σε παραλληλισμό με τις απαιτήσεις για κλιματισμό εξαιτίας των υψηλών θερμοκρασιών.

5.1.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Τα Στρατόπεδα αναμφίβολα διαθέτουν αρκετή διαθέσιμη έκταση, η οποία ενδείκνυται για την εγκατάσταση τεχνολογιών ΑΠΕ και δη για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων. Στη συγκεκριμένη περίπτωση πραγματοποιήθηκε μελέτη για την τοποθέτηση φωτοβολταϊκών σταθερής στήριξης στις στέγες των κυριότερων κτιρίων των Στρατοπέδων.

Με σκοπό την εξεύρεση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από την προαναφερθείσα εγκατάσταση φωτοβολταϊκών, εφαρμόστηκε η ισχύουσα νομοθεσία με τις ανάλογες οδηγίες, που έχουν δοθεί. Συγκεκριμένα, έχουν ανακτηθεί τα δεδομένα, όπως ορίζονται στην επίσημη Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας, Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010 «Κλιματικά Δεδομένα Ελληνικών Περιοχών». Σε αυτό το σημείο οφείλει να αναφερθεί, ότι η αναζητούμενη ηλεκτρική ενέργεια έχει άμεση σχέση με την ηλιακή ακτινοβολία, η οποία προσπίπτει σε αυτά. Ωστόσο, η ακτινοβολία αυτή διαρκώς μεταβάλλεται εξαιτίας της αλλαγής της “τοποθέτησης” του ήλιου μέσα στη διάρκεια της ημέρας ενώ κατά τη διάρκεια ενός ημερολογιακού έτους,

από μήνα σε μήνα. Εξαιτίας αυτού, ο υπολογισμός θα πραγματοποιηθεί για κάθε μήνα ξεχωριστά. Ειδικότερα, υπολογίζεται η ημερήσια παραγόμενη ενέργεια με βάση τα ξεχωριστά χαρακτηριστικά του κάθε μήνα. Αθροίζοντας το σύνολο των ημερών εκάστου μήνα, προκύπτει η αντίστοιχη μηνιαία παραγωγή και μετέπειτα ακολουθώντας την ίδια μέθοδο για όλους τους μήνες υπολογίζεται η ετήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια.

Αρχικά, όσον αφορά στα δεδομένα που αφορούν στη Λήμνο, επιλέγονται οι παρακάτω ποσότητες – ιδιότητες:

- Γεωγραφικό Πλάτος : $\varphi = 39^{\circ} 55'$
- Μέση Θερμοκρασία Ημέρας, T_a (°C), Μέση μηνιαία ολική ηλιακή ακτινοβολία, \bar{H} (kWh/m²), Μέση μηνιαία διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία, H_d (kWh/m²), Μέσος μηνιαίος συντελεστής αιθριότητας, k_t :

Πίνακας 1 Σταθερές Ποσότητες για την Περιοχή της Λήμνου

Μήνας	T_a (°C)	\bar{H} (kWh/m ²)	H_d (kWh/m ²)	k_t
Ιανουάριος	7,4	51,1	22,1	0,39
Φεβρουάριος	7,8	69,6	29,9	0,43
Μάρτιος	9,7	112,3	48,6	0,47
Απρίλιος	13,8	154,3	65,1	0,53
Μάιος	18,5	199,5	82,4	0,58
Ιούνιος	23,6	215,3	86,5	0,62
Ιούλιος	25,9	220,9	85,9	0,63
Αύγουστος	25,1	198,5	73,4	0,63
Σεπτέμβριος	21,5	150,8	54,3	0,6
Οκτώβριος	16,8	104,6	38,2	0,54
Νοέμβριος	12,3	61,3	24,1	0,45
Δεκέμβριος	9	46	19,3	0,39

- Συντελεστής ανακλαστικότητας, $\rho = 0,2$ (χαρακτηριστική τιμή για την Ελλάδα).

Στη συνέχεια βρίσκονται για κάθε μήνα

- η γωνία δύσης στην υπό εξέταση περιοχή, ω_s , μέσω της σχέσης:

$$\omega_s = \cos^{-1}(-(tan(\varphi)) * tan(\delta))$$

όπου δ , η ηλιακή απόκλιση, η οποία υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\delta = 23,45 * \sin \left[360 * \frac{D + 284}{365} \right]$$

με D να θεωρείται η μέση αντιπροσωπευτική ημέρα κάθε μήνα, η οποία παίρνει τις παρακάτω τιμές

Πίνακας 2 Τιμές Αντιπροσωπευτικής Ημέρας

Μήνας	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
D	17	47	75	105	135	162	198	228	258	289	320	351

ο μέσος μηνιαίος γεωμετρικός παράγοντας για νότιο προσανατολισμό, μιας και η περιοχή βρίσκεται στο βόρειο ημισφαίριο του πλανήτη, R_b , μέσω της εξίσωσης:

$$R_b = \frac{\left[\cos(\varphi - \beta) * \sin(\omega_s') + \frac{\pi}{180} * \omega_s' * \sin(\varphi - \beta) * \sin(\delta) \right]}{\left[\cos(\varphi) * \cos(\delta) * \sin(\omega_s) + \frac{\pi}{180} * \omega_s * \sin(\varphi) * \sin(\delta) \right]}$$

$$\text{με } \omega_s' = \min\{\cos^{-1}(-(\tan(\varphi)) * \tan(\delta)), \cos^{-1}(-(\tan(\varphi - \beta)) * \tan(\delta))\}$$

και β , η κλίση του πλαισίου σε σχέση με το έδαφος,

η ηλιακή ακτινοβολία κεκλιμένης επιφάνειας, H_T , όπως παρακάτω:

$$H_T = (\bar{H} - H_d) * R_b + 0,5 * H_d * (1 + \cos(\beta)) + 0,5 * \rho * \bar{H} * (1 - \cos(\beta)) \quad (kWh)$$

Ως αποτέλεσμα όλων των παραπάνω, η παραγόμενη ενέργεια ανά εγκατεστημένη επιφάνεια βρίσκεται από τη σχέση:

$$\frac{E_p}{S} = \eta_p * H_T \quad (kWh)$$

- S , η συνολική επιφάνεια των πλαισίων (m^2)
- η_p , η απόδοση ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου :

$$\eta_p = \eta_r * [1 - \beta_p * (T_c - T_r)]$$

αναφοράς:

- η_r , η απόδοση του φωτοβολταϊκού στη θερμοκρασία

$$T_r = 25 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

κατασκευαστή

- β_p , συντελεστής θερμοκρασίας, ο οποίος δίνεται από τον

- T_c , η θερμοκρασία :

$$T_c = T_a + C_f * (219 + 832 * k_t) * \frac{NOCT-20}{800} \quad (^\circ\text{C})$$

- C_f , ο διορθωτικός συντελεστής:

$$C_f = 1 - 1,17 * 10^{-4} * (\beta_m - \beta)^2$$

όπου β_m , η βέλτιστη κλίση του πλαισίου:

$$\beta_m = |\varphi - \delta|$$

- $NOCT$: θερμοκρασία κανονικής λειτουργίας του φωτοβολταϊκού, η οποία δίνεται από τον κατασκευαστή ($^\circ\text{C}$)

Τέλος, λαμβάνονται υπόψη οι απώλειες σε ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο και θεωρούνται ίσες με $\lambda = 10\%$, με αποτέλεσμα η τελικώς παραγόμενη ενέργεια ανά επιφάνεια να προκύπτει:

$$\frac{E_A}{S} = (1 - \lambda) * \frac{E_p}{S} \quad (kWh)$$

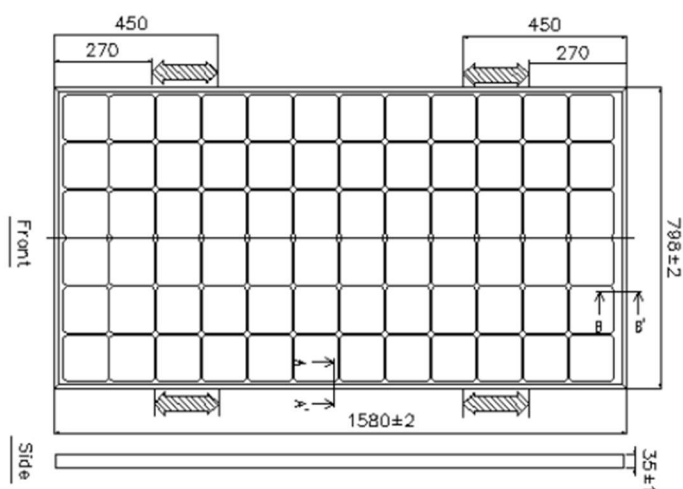
5.1.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

➤ Φωτοβολταϊκό πλαίσιο

Το φωτοβολταϊκό πλαίσιο, που επιλέχθηκε για τη μελέτη, είναι ένα τυπικό πλαίσιο στη σύγχρονη αγορά κατασκευασμένο από την εταιρεία SANYO, το μοντέλο HIP-215 NHE5. Το συγκεκριμένο διαθέτει βαθμό απόδοσης $\eta_r = 17,16 \%$, συντελεστή

θερμοκρασίας $\beta_p = 0,3 \text{ } \%/^{\circ}\text{C}$ και $NOCT = 45 \text{ } ^{\circ}\text{C}$ και περαιτέρω χαρακτηριστικά, όπως παρακάτω.

Model	HIP-215NKH5, HIP-215NKH5-2	
Cell Number in Series	72	
Rated Power, Watts (Pmax)	W	215
Maximum Power Voltage (Vpm)	V	42.0
Maximum Power Current (Ipm)	A	5.13
Open Circuit Voltage (Voc)	V	51.6
Short Circuit Current (Isc)	A	5.61
Cell Type	HIT*	
Maximum System Voltage (Voc)	V	1000
Maximum over-current protection rating	A	15
Factory Installed Bypass Diodes	3	



Εικόνα 30 Τεχνικά Χαρακτηριστικά Πλαισίου

Τα παραπάνω πλαίσια επιλέχθηκαν να είναι εγκατεστημένα ενιαία κατά το μήκος των σκεπών με τη δέουσα απόσταση μεταξύ τους (περίπου 1 μέτρο μεταξύ των συστοιχιών) για την κάλυψη σκοπών, όπως η αποφυγή σκίασης ή/και η εύκολη πραγματοποίηση συντήρησης. Επίσης, για πολεοδομικούς λόγους και λόγους ασφαλείας επιλέγεται απόσταση από την κάθε άκρη της σκεπής 1m και το ύψος της κατασκευής να φθάνει έως τα 2m. Με βάση αυτό το μέγιστο ύψος και το μήκος των πλαισίων καθορίζεται η κλίση β των φωτοβολταϊκών, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως.

➤ Αντιστροφείς και μετρητής

Έπειτα, επιλέγεται η εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών να διασυνδεθεί με το ηλεκτρικό δίκτυο, καθώς με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζεται η αποθήκευση - χρήση της ενέργειας στο δίκτυο. Το γεγονός αυτό υπερτερεί σημαντικά της αποθήκευσης της ενέργειας σε συσσωρευτές, κατά την οποία μετατρέπουν την εγκατάσταση σε αυτόνομη. Κύριος λόγος αυτού είναι η δέσμευση μεγάλου ποσοστού της έκτασης των Στρατοπέδων για την τοποθέτηση των συσσωρευτών, όπως και το μεγάλος κόστος, που θα επέλθει, για την απόκτηση και τη συντήρησή τους.

Η διασύνδεση προτείνεται να πραγματοποιηθεί σύμφωνα με το Σύνδεσμο Εταιρειών Φωτοβολταϊκών, όπως απεικονίζεται στην Εικόνα 31, επιλέγοντας για την τεχνική υποστήριξη των πλαισίων αντιστροφείς και μετρητές εξερχόμενης ενέργειας. Για τη δεδομένη μελέτη συνολικά προκύπτουν 470 αντιστροφείς και 172 μετρητές. Ειδικότερα, δύο μετρητές τοποθετούνται σε κάθε κτίριο Στρατοπέδου, ενώ οι αντιστροφείς αντιστοιχίζονται ένας για κάθε σειρά συστοιχιών, όπως αυτές περιγράφηκαν προηγουμένως. Αυτό προκύπτει, καθώς στην εγκατάσταση φωτοβολταϊκών η μεγαλύτερη προσοχή δίνεται στη σύνδεση των συστοιχιών με τους

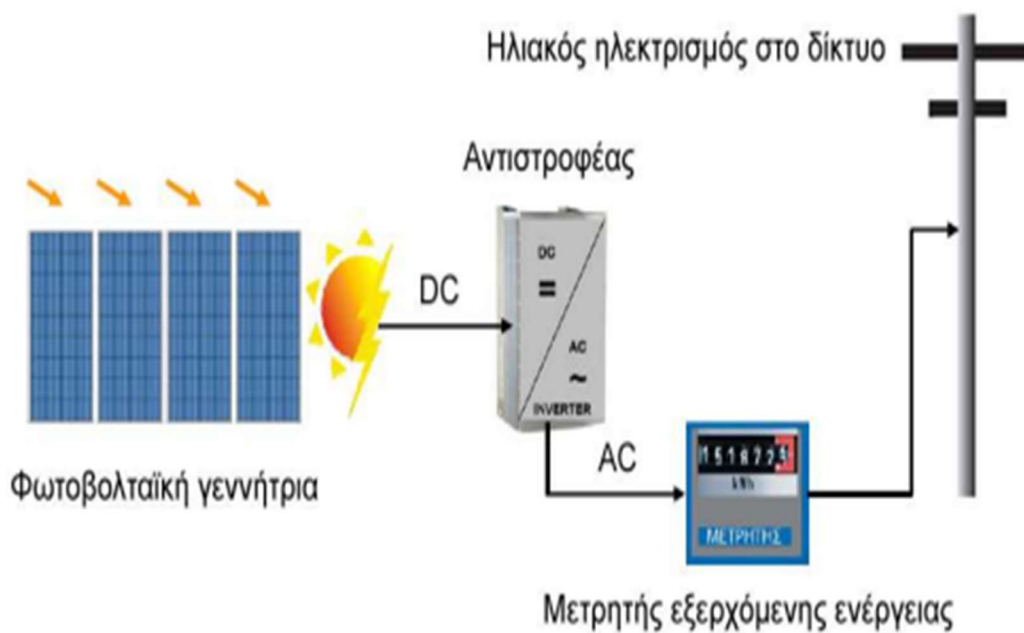
αντιστροφείς. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ) και συγκεκριμένα το Εγχειρίδιο «Οδηγίες για την Εγκατάσταση Φ/Β Συστημάτων σε Κτηριακές Εγκαταστάσεις», κατά τη σχεδίαση ενός συστήματος υπολογίζεται η μέγιστη αναμενόμενη τάση και η μέγιστη αναμενόμενη ένταση ρεύματος μίας σειράς – συστοιχίας, ως εξής:

$$V_{max} = N * V_{i,open\ circuit} (V)$$

και

$$I_{max} = 1.25 * I_{i,sc} (A)$$

με $V_{i,open\ circuit}$ την τάση ανοικτού κυκλώματος, $I_{i,sc}$ το ρεύμα βραχυκύκλωσης του ενός πλαισίου και N τον αριθμό των πλαισίων σε κάθε συστοιχία. Οι εν λόγω τιμές, σύμφωνα με τις Οδηγίες του ΚΑΠΕ, δε θα πρέπει να ξεπερνούν τις αντίστοιχες μέγιστες τιμές εισόδου του αντιστροφέα, με σκοπό την ασφαλή λειτουργία του.



Εικόνα 31 Διασύνδεση στο Ηλεκτρικό Δίκτυο [25]

Εν προκειμένω, επιλέγονται αντίστοιχα τυπικές συσκευές της αγοράς, όπως ο τριφασικός μετρητής ενέργειας GAMA 300, ο οποίος είναι εγκεκριμένος για τέτοιου είδους χρήσεις από το ΔΕΔΔΗΕ, και ο τριφασικός αντιστροφέας Fronius Symo 3.0-3-M, με τα παρακάτω κύρια τεχνικά χαρακτηριστικά.

Πίνακας 3 Τεχνικά Χαρακτηριστικά Επιλεγθέντος Αντιστροφέα

Model	Fronius Symo 3.0-3-M
Πλάτος	204 mm
Υψος	645 mm
Μήκος	431 mm
Ονομαστική ισχύς	6000 W
Μέγιστη τάση εισόδου	1000 V
Μέγιστη ένταση ρεύματος εισόδου	16 A
Ένταση ρεύματος εξόδου	4,3 A
Ισχύς εξόδου	3000 W

➤ Λοιπός εξοπλισμός

Στον λοιπό εξοπλισμό περιλαμβάνονται οι καλωδιώσεις, οι απαιτούμενες γειώσεις, οι απαραίτητες βίδες, τα βύσματα, οι πλάκες αλλά και τα συστήματα στήριξης των φωτοβολταϊκών συστοιχιών, όπως οι απλές βάσεις κατασκευασμένες κυρίως από σίδηρο ή αλουμίνιο, για την αντοχή σε ακραίες καιρικές συνθήκες.



Εικόνα 32 Σύστημα στήριξης σε στέγη [26]

Προς επαλήθευση των παραπάνω εξετάζεται η περίπτωση στέγης μίας τυπικής κτηριακής εγκατάστασης σε Στρατόπεδο με επιφάνεια 47m x 17m (από τις μεγαλύτερες του νησιού). Λόγω των περιορισμών, χωρούν 18 πλαίσια κατά το πλάτος. Η συγκεκριμένη σειρά – συστοιχία παρουσιάζει τα εξής χαρακτηριστικά:

$$V_{max} = 18 * 51,63 = 929,4 \text{ V}$$

και

$$I_{max} = 1.25 * 5,61 = 7 \text{ A}$$

Επομένως, μετά από σύγκριση των τιμών, καθίσταται δυνατή η σύνδεση με τον αντιστροφέα, που επιλέχθηκε νωρίτερα. Μέσω της ανάλυσης του προηγούμενου κεφαλαίου η ετήσια παραγωγή ενέργειας από το συγκεκριμένο κτήριο ισούται με 155.359,562 kWh, με τους κυριότερους δείκτες για το ένα πλαίσιο να έχουν όπως παρακάτω.

Πίνακας 4 Εφαρμογή Μεθοδολογίας σε μία Κτιριακή Εγκατάσταση Στρατοπέδου

Μήνας	R _b	H _T	T _c	η _p	E _a /S
Ιανουάριος	1,3	59,67	18,74	0,17513	9,405
Φεβρουάριος	1,2	77,56	21,48	0,17372	12,126
Μάρτιος	1,12	119,67	26,06	0,17136	18,455
Απρίλιος	1,05	158,72	33,15	0,1677	23,955
Μάιος	1,01	200,48	39,95	0,1642	29,625
Ιούνιος	0,99	214,2	46,33	0,1609	31,018
Ιούλιος	1,00	220,76	48,78	0,1597	31,717
Αύγουστος	1,03	202,4	47,35	0,16038	29,213
Σεπτέμβριος	1,09	159,28	41,55	0,1634	23,419
Οκτώβριος	1,17	115,89	33,37	0,16759	17,479
Νοέμβριος	1,27	71,26	25,13	0,17184	11,021
Δεκέμβριος	1,33	54,78	19,88	0,17454	8,606

Κλείνοντας, στη δεδομένη μελέτη ο διαθέσιμος χώρος στις στέγες των κύριων κτηρίων των μεγαλύτερων Στρατοπέδων μετρήθηκε και βρέθηκε ίσος με 38.942 m². Στον εν λόγω χώρο υπολογίστηκε ότι μπορούν να εγκατασταθούν 19.490 πλαίσια. Εφαρμόζεται η προαναφερθείσα μεθοδολογία για κάθε στέγη ξεχωριστά και προκύπτει, ότι η συνολική ετήσια παραγόμενη ενέργεια ανέρχεται σε 6.191,97 MWh. Αυτό σημαίνει, ότι η εξετασθείσα εγκατάσταση μπορεί να καλύψει ένα σημαντικό ποσοστό των ηλεκτρικών αναγκών του νησιού, ίσο με 10,4 %. Συνοψίζοντας, όλα τα παραπάνω και προσθέτοντας ένα ποσοστό της τάξεως των 5 % για λοιπά έξοδα, το συνολικό κόστος προκύπτει όπως παρακάτω.

Πίνακας 5 Συνολικό Κόστος Εγκατάστασης

ΥΛΙΚΑ	ΚΟΣΤΟΣ (€)
ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΠΛΑΙΣΙΑ	4.190.350
ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΙΣ	611.000
ΜΕΤΡΗΤΕΣ	43.000
ΛΟΙΠΑ ΕΞΟΔΑ	242.218
ΣΥΝΟΛΟ	5.086.568

5.1.4 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

➤ Α' Τρόπος Χρηματοδότησης

Όσον αφορά στην οικονομική ανάλυση της παραπάνω επένδυσης, προτείνονται δύο τρόποι χρηματοδότησης. Ο πρώτος τρόπος αφορά στη διάθεση μέρους του κόστους από τον προϋπολογισμό των Ενόπλων Δυνάμεων και ποσοστού κάλυψης του κόστους μέσω δανεισμού. Στα πλαίσια της ανάλυσης της χρηματοδότησης μέσω δανεισμού, υφίσταται ήδη ως δεδομένο το αρχικό κόστος εγκατάστασης – επένδυσης, όπως υπολογίστηκε προηγουμένως ως το συνολικό κόστος. Το ύψος του δανείου ποικίλλει ανάλογα με την Τράπεζα, που το χορηγεί. Στη δεδομένη μελέτη, θεωρείται ότι καλύπτει το 70 % της επένδυσης. Επομένως, η χρηματοδότηση αναλύεται ως εξής:

- ❖ Συνολικό Κόστος : 5.086.568 €
- ❖ Δάνειο : 3.560.598 €
- ❖ Κεφάλαιο από προϋπολογισμό ΕΔ : 1.525.970 €

Ειδικότερα, όσον αφορά στο δανεισμό, το επιτόκιο δανεισμού επιλέγεται σταθερό και ίσο με 5 % (ούτε πολύ χαμηλό αλλά και ούτε υπερβολικά υψηλό) και το επιτόκιο προεξόφλησης 8 %, αντίστοιχα. Ως μέθοδος δανείου επιλέγεται η πλέον συνηθισμένη, αυτή του ίσου τοκοχρεωλυσίου, δηλαδή της σταθερής δόσης, με διάρκεια δανείου τα 10 έτη. Αξίζει να επισημανθεί, ότι το τοκοχρεωλύσιο προκύπτει σε ετήσια βάση από την παρακάτω σχέση:

$$\text{Δόση} = \text{Τοκοχρεωλύσιο} = \text{Δάνειο} * R$$

$$\text{όπου } R = \frac{i}{[1-(1+i)^{-N}]}, \text{ ο οικονομικός δείκτης}$$

με i το επιτόκιο δανεισμού και N η διάρκεια του δανείου

Ο τόκος προκύπτει ετησίως ως

$$\text{Τόκος} = \text{Εναπομένον Κεφάλαιο} * \text{Επιτόκιο Δανεισμού}$$

με

$$\text{Εναπομένον Κεφάλαιο} = \text{Κεφάλαιο προηγούμενου έτους} - \text{Χρεωλύσιο}$$

και

$$\text{Χρεωλύσιο} = \text{Δόση} - \text{Τόκος}$$

Όλα τα παραπάνω αποτυπώνονται πλήρως παρακάτω με τα ποσά να διατίθενται σε ευρώ (€).

Πίνακας 6 Στοιχεία Δανείου Περίπτωσης Λήμνου

Έτος	Εναπομένον Κεφάλαιο	Τόκος	Χρεωλύσιο	Δόση
0	3.560.598	-	-	-
1	3.277.513,8	178.029,9	283.083,8	461.113,7
2	2.980.275,8	163.875,7	297.238,0	461.113,7
3	2.668.175,9	149.013,8	312.099,9	461.113,7
4	2.340.471,0	133.408,8	327.704,9	461.113,7
5	1.996.380,9	117.023,6	344.090,1	461.113,7
6	1.635.086,3	99.819,0	361.294,6	461.113,7
7	1.255.726,9	81.754,3	379.359,4	461.113,7
8	857.399,6	62.786,3	398.327,3	461.113,7
9	439.155,9	42.870,0	418.243,7	461.113,7
10	0,0	21.957,8	439.155,9	461.113,7

Επιπλέον, δηλώνεται ότι το ετήσιο λειτουργικό κόστος της εγκατάστασης (συντήρηση, τυχόν βλάβες κτλ) θεωρείται ίσο με το 0,5 % του συνολικού κόστους (ποσοστό λογικό για εγκατάσταση φωτοβολταϊκών), δηλαδή στο ποσό των 25.432,84 €. Ο φόρος επιλέγεται να είναι ίσος με 24 %. Επιπλέον, επιλέχθηκαν ο ρυθμός απόσβεσης της επένδυσης να είναι ίσος με 10 % και η υπολειμματική αξία αυτής ίση με 25 %. Άρα, η εξέλιξη της επένδυσης, της οποίας η διάρκεια έχει επιλεχθεί να είναι τα 20 έτη, προκύπτει σύμφωνα με τις παρακάτω παραμέτρους, όπως υπολογίζονται από την κάθε αντίστοιχη εξίσωση και αποτυπώνονται στον αντίστοιχο Πίνακα.

$$\circ \quad \text{Έσοδα} = \text{Τιμή Πώλησης Ηλεκτρικού Ρεύματος} * \text{Ηλεκτρική Παραγωγή}$$

Η τιμή πώλησης ορίζεται στα 79,83 €/MWh, ίση δηλαδή με την τιμή του Ιουλίου 2023, όπως ανακοίνωσε ο Διαχειριστής Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και Εγγυήσεων Προέλευσης (ΔΑΠΕΕΠ ΑΕ), δηλαδή ο αρμόδιος φορέας για την αγορά ηλεκτρικού ρεύματος που προέρχεται από σταθμούς ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ, οι οποίοι έχουν διασυνδεθεί στο εθνικό δίκτυο. Η παραπάνω τιμή καθορίζεται σύμφωνα με την Υπουργική Απόφαση Υ.Α. ΑΠΕΗΛ/Α/Φ1/οικ.187480 (ΦΕΚ Β'3955/09.12.2016).

- $\circ \quad \text{Ετήσιο Λειτουργικό Κόστος} = 0,5\% * \text{Κόστος Επένδυσης}$
- $\circ \quad \text{Απόσβεση} = \text{Ρυθμός Απόσβεσης} * \text{Κόστος Επένδυσης}$
- $\circ \quad \text{Κέρδη προ Φόρων} = \text{Έσοδα} - \text{Ετήσιο Λειτουργικό Κόστος} \\ - \text{Τόκος} \\ - \text{Απόσβεση}$
- $\circ \quad \text{Καθαρά Έσοδα} = (1 - \text{Φόρος}) * \text{Κέρδη προ Φόρων}$

- Καθαρή Χρηματική Ροή = Απόσβεση + Καθαρά Έσοδα – Χρεωλύσιο

Πίνακας 7 Πορεία Οικονομικής Επένδυσης στη Λήμνο

Έτος	Έσοδα	Λειτουργικό Κόστος	Τόκος	Απόσβεση	Κέρδη προ Φόρων	Καθαρή Χρηματική Ροή	Αθροιστική Χρηματική Ροή
0						-1.525.970,40	-1.525.970,40
1	494.307	25.432,84	178.029,88	508.656,80	-217.812,16	60.035,76	-1.465.934,64
2	494.307	25.432,84	163.875,69	508.656,80	-203.657,97	56.638,75	-1.409.295,89
3	494.307	25.432,84	149.013,79	508.656,80	-188.796,07	53.071,90	-1.356.223,99
4	494.307	25.432,84	133.408,80	508.656,80	-173.191,08	49.326,70	-1.306.897,29
5	494.307	25.432,84	117.023,55	508.656,80	-156.805,83	45.394,24	-1.261.503,05
6	494.307	25.432,84	99.819,05	508.656,80	-139.601,33	41.265,16	-1.220.237,89
7	494.307	25.432,84	81.754,31	508.656,80	-121.536,59	36.929,62	-1.183.308,26
8	494.307	25.432,84	62.786,35	508.656,80	-102.568,63	32.377,31	-1.150.930,95
9	494.307	25.432,84	42.869,98	508.656,80	-82.652,26	27.597,38	-1.123.333,57
10	494.307	25.432,84	21.957,79	508.656,80	-61.740,07	22.578,46	-1.100.755,11
11	494.307	25.432,84	0,00	0,00	468.874,52	356.344,64	-744.410,48
12	494.307	25.432,84	0,00	0,00	468.874,52	356.344,64	-388.065,84
13	494.307	25.432,84	0,00	0,00	468.874,52	356.344,64	-31.721,21
14	494.307	25.432,84	0,00	0,00	468.874,52	356.344,64	324.623,43
15	494.307	25.432,84	0,00	0,00	468.874,52	356.344,64	680.968,07
16	494.307	25.432,84	0,00	0,00	468.874,52	356.344,64	1.037.312,70
17	494.307	25.432,84	0,00	0,00	468.874,52	356.344,64	1.393.657,34
18	494.307	25.432,84	0,00	0,00	468.874,52	356.344,64	1.750.001,97
19	494.307	25.432,84	0,00	0,00	468.874,52	356.344,64	2.106.346,61
20	494.307	25.432,84	0,00	0,00	468.874,52	1.627.986,64	3.734.333,24

Από την πραγματοποιηθείσα οικονομική ανάλυση της επένδυσης προκύπτουν οι εξής οικονομικοί δείκτες

$$NPV = - \text{Κεφάλαιο από προϋπολογισμό ΕΔ} + \sum_{k=1}^N \text{Καθαρή Χρηματική Ροή}_k * (1 + i)^{-k}$$

με i το επιτόκιο προεξόφλησης, k το κάθε έτος και $N = 20$, όσο και η διάρκεια της επένδυσης σε έτη. Για $NPV = 0$,

$$0 = - \text{Κεφάλαιο από προϋπολογισμό ΕΔ} + \sum_{k=1}^N \text{Καθαρή Χρηματική Ροή}_k * (1 + IRR)^{-k}$$

Ο δείκτης NPV αντιπροσωπεύει την καθαρή παρούσα αξία κάνοντας αναγωγή κάθε μελλοντικής χρηματοροής σε σημερινές τιμές. Ο αντίστοιχος δείκτης IRR αποτελεί έναν εσωτερικό δείκτη που αποτυπώνει την απόδοση της επένδυσης και εκφράζει εκείνο το επιτόκιο προεξόφλησης, για το οποίο μηδενίζεται ο δείκτης NPV. Αξίζει να τονισθεί ότι για την κρίση περί αποδοτικότητας ή μη μίας επένδυσης αρκεί ο NPV να είναι θετικός και ο IRR μεγαλύτερος από το ορισθέν επιτόκιο προεξόφλησης.

Στα δεδομένα της εν λόγω μελέτης ανάγεται το συμπέρασμα, ότι η επένδυση κρίνεται ως συμφέρουσα, μιας και ο NPV είναι όντως θετικός και ο IRR, έστω και για λίγο, μεγαλύτερος. Συγκεκριμένα, προκύπτουν

$$NPV = 145.498$$

και

$$IRR = 8,8 \%$$

Τέλος, ένας ακόμα ιδιαίτερα σημαντικός δείκτης, ο οποίος λαμβάνεται ιδιαίτερα υπόψιν από την πλευρά του επενδυτή, είναι το έτος απόσβεσης των χρημάτων του ιδίου κεφαλαίου της επένδυσης. Δηλαδή, ελέγχεται το έτος, κατά το οποίο ανακτάται πλήρως το κεφάλαιο της επένδυσης. Αυτό γίνεται με την παρακολούθηση του δείκτη «Αθροιστική Χρηματική Ροή», όπου αθροίζονται οι καθαρές χρηματικές ροές των προηγούμενων χρόνων. Σε αυτήν την περίπτωση το έτος αυτό είναι το 14^ο. Με μια πρώτη ματιά φαίνεται να αργεί κατά πολύ, αν και εν τέλει ίσως αυτό να οφείλεται στο αρκετά υψηλό ποσοστό δανεισμού επί του συνολικού κόστους. Επίσης, τα τελικώς προκύπτοντα έσοδα (ως αθροιστική ροή) υπολογίζονται πολύ υψηλά ώστε να παραμεληθεί το προηγούμενο γεγονός, μιας και υπολογίζονται ίσα με 3.734.333,24 €.

➤ Β' Τρόπος Χρηματοδότησης

Ωστόσο, πέραν της συνάρτησης της δανειακής χρηματοδότησης και των ιδίων κεφαλαίων για την υλοποίηση μιας τέτοιας επένδυσης, νέοι τρόποι μπορούν να ευρεθούν με σκοπό την κάλυψη του απαιτούμενου κόστους. Σύμφωνα με τον Εθνικό Κλιματικό Νόμο, Ν.4936/2022 (ΦΕΚ Α 105) «*Μετάβαση στην κλιματική ουδετερότητα και προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή, επείγουσες διατάξεις για την αντιμετώπιση της ενεργειακής κρίσης και την προστασία του περιβάλλοντος*» από την 31^η Δεκεμβρίου 2028 η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας απαγορεύεται να προέρχεται από καύση των στερεών ορυκτών καυσίμων (άρθρο 11). Επίσης, από 1^η Ιανουαρίου 2030 δεν επιτρέπεται ούτε η χρησιμοποίηση του μαζούτ για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά (άρθρο 21). Σε συνάρτηση με αυτές τις περιοριστικές ρυθμίσεις έρχεται η δέσμευση για ελάττωση ίση με 80 % των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα των ΜΔΝ έως το 2030 συγκριτικά με το 2019. Ως μέτρο για την επίτευξη όλων αυτών και με σκοπό την αντικατάσταση των ήδη υπαρχόντων μονάδων παραγωγής διατίθενται οι πόροι σύμφωνα με την Κοινή Υπουργική Απόφαση υπ' αριθμ 181478/965/26.9.2017 (Β' 3763), όπως αναφέρεται στο άρθρο 21 του Ν.4936/2022.

Ως απόρροια των παραπάνω, η χρηματοδότηση δύναται να επιτευχθεί μέσω της Περιφέρειας Βορείου Αιγαίου, στην οποία ανήκει η Νήσος Λήμνος. Συγκεκριμένα, υπάρχει η δυνατότητα να παρασχεθούν πόροι μέσω της εφαρμογής προγράμματος Εταιρικού Συμφώνου Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΣΠΑ) για τη συγκεκριμένη μελέτη. Παράλληλα, δυνατή είναι η διάθεση ενός ποσοστού του συνολικού κόστους της εγκατάστασης μέσω του Προϋπολογισμού Δημοσίων Επενδύσεων (ΠΔΕ), το οποίο βεβαίως θα αφορά σε Συγχρηματοδοτούμενο ΠΔΕ. Αυτό υπογραμμίζεται από το γεγονός πως αφενός το ΕΣΠΑ της περιόδου 2021 - 2027 περιλαμβάνει μεταξύ άλλων προγράμματα που αφορούν τον τομέα “Περιβάλλον – Ενέργεια – Κλιματική Αλλαγή” και αφετέρου το ΠΔΕ αφορά προγράμματα, τα οποία έχουν σκοπό τον εθνικό εκσυγχρονισμό σε μακροχρόνιο ορίζοντα. Επομένως, η αναλυθείσα χρηματοδότηση διαφαίνεται ως πραγματοποιήσιμη.

Εξασφαλίζοντας την χρηματοδότηση, απομένει ο τρόπος της υλοποίησης. Από αυτήν την οπτική, υφίσταται η δυνατότητα εκτέλεσης της εν λόγω προμήθειας μέσω των προμηθειών του Στρατού σύμφωνα με το Ν.4412/2016 (Α' 147) «*Δημόσιες Συμβάσεις Έργων, Προμηθειών και Υπηρεσιών*», καθώς αφορά στην τοποθέτηση εξοπλισμού σε στρατιωτικές εγκαταστάσεις. Συγκεκριμένα, είναι εφικτή η πραγματοποίηση ενός ηλεκτρονικού ανοικτού δημόσιου διαγωνισμού, ο οποίος θα έχει ως κατάληξη τη σύναψη σύμβασης για την προμήθεια του απαιτούμενου εξοπλισμού. Εμβαθύνοντας στην εκτέλεση της προμήθειας, μία επιλογή είναι η πραγματοποίησή της με ανοιχτή διαδικασία, σύμφωνα με το άρθρο 27 του παραπάνω Νόμου. Με αυτόν τον τρόπο, επιτυγχάνεται η εξασφάλιση της δυνατότητας να συμμετάσχει οποιοσδήποτε οικονομικός φορέας επιθυμεί καλύπτοντας δεδομένες προϋποθέσεις, κάτι που ενισχύει την έννοια του ανταγωνισμού. Συνεχίζοντας, για τη σύγκριση των κατατιθέμενων προσφορών το άρθρο 86 παρέχει τη δυνατότητα θέσπισης του κριτηρίου της πλέον συμφέρουσας από οικονομική άποψη προσφοράς βάσει της βέλτιστης σχέσης ποιότητας – τιμής. Η ποιότητα από τη μία πλευρά θα καθορισθεί βάση κριτηρίων, τα οποία θα προέρχονται από δεδομένες Τεχνικές Προδιαγραφές. Από την άλλη μεριά, μέσω αυτού του τρόπου η κατοχυρωθείσα τιμή θα μειωθεί αρκετά, με αποτέλεσμα να ελαττωθεί το συνολικό κόστος της εγκατάστασης σε σχέση με αυτό που προέκυψε προηγουμένως. Τέλος, μέσω του εν λόγω Νόμου υπάρχει η δυνατότητα για παροχή τεχνικής υποστήριξης σε μεγάλο χρονικό ορίζοντα με μειωμένο κόστος, όπως και για παροχή εκπαίδευσης σε στρατιωτικό προσωπικό για θέματα συντήρησης.

5.2 ΧΡΗΣΗ ΑΠΕ ΣΕ ΣΤΡΑΤΙΩΤΙΚΟ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ

Τα Στρατιωτικά Νοσοκομεία (ΣΝ) χαρακτηρίζονται από την ιδιαίτερη και άκρως σημαντική φύση της εργασίας τους. Από τον εξέχοντα σκοπό τους, ο οποίος αφορά κατά κύριο λόγο στην υγειονομική περίθαλψη στρατιωτικού (και μη) προσωπικού, διακρινόμενος ανάμεσα σε άλλους στο ευρύ πλαίσιο των στρατιωτικών δραστηριοτήτων, γίνεται καθολικά αποδεκτό πως η ενεργειακή αυτονομία των ΣΝ αποτελεί μέγιστη προτεραιότητα στη σημερινή εποχή. Στην επίτευξη της αυτονομίας αυτής σημαντικό ρόλο μπορούν να διαδραματίσουν οι ΑΠΕ.

Στη δεδομένη μελέτη λαμβάνεται παράδειγμα Στρατιωτικού Νοσοκομείου αρκετά μεγάλου, με χωρητικότητα σε κλίνες για ασθενείς ίση με 500, ενώ για το προσωπικό γενικότερα η χωρητικότητα φθάνει έως και τα 1.000 άτομα. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι εντός ενός ημερολογιακού έτους οι ασθενείς ,που νοσηλεύονται, ανέρχονται σε δεκάδες χιλιάδες ενώ αυτοί, που επισκέπτονται – εξετάζονται, απαριθμούνται σε εκατοντάδες χιλιάδες. Για παράδειγμα, το 2018 οι νοσηλευόμενοι ήταν 16.000 ενώ οι λοιποί ασθενείς έφτασαν τους 230.000. Επίσης, αξίζει να αναφερθεί ότι εκτός της υγειονομικής περίθαλψης στον ευρύτερο τομέα δραστηριοτήτων ενός ΣΝ ανήκουν η ιατρική επιστημονική έρευνα και η εκπαίδευση προσωπικού. Από τα παραπάνω προκύπτει το συμπέρασμα, ότι οι ενεργειακές ανάγκες ενός τέτοιου οργανισμού – κτηριακού συγκροτήματος καθίστανται ιδιαίτερα αυξημένες. Η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος θεωρείται ότι είναι ίση με 8.472.700 kWh, όση δηλαδή καταγράφηκε για το έτος 2018. Ως εκ τούτου, οι νοσοκομειακές εγκαταστάσεις κρίνονται ως υπερβολικά ενεργοβόρες και άρα οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου που προέρχονται από αυτές είναι ιδιαίτερα υψηλές, με την ελάττωση τους δε να διαφαίνεται επείγουσα.

Η δεδομένη μελέτη αφορά στην τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πλαισίων στις στέγες των κυριότερων κτιρίων του ΣΝ. Για τη διεκπεραίωσή της ακολουθήθηκε η ίδια μεθοδολογία, όπως προηγουμένως. Εκλέγεται ως περιοχή μελέτης η Αθήνα και άρα θα χρησιμοποιηθούν τα αντίστοιχα δεδομένα με στόχο τον υπολογισμό της ετήσιας παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Αρχικά, θεωρούνται οι σταθερές ποσότητες

- Γεωγραφικό Πλάτος : $\varphi = 38^\circ$
- Υπόλοιπες:

Πίνακας 8 Σταθερές Ποσότητες για την Περιοχή της Αθήνας

Μήνας	Ta (°C)	\bar{H} (kWh/m ²)	H_d (kWh/m ²)	k_t
Ιανουάριος	8,7	63,3	25,1	0,45
Φεβρουάριος	9,3	77,7	32	0,46
Μάρτιος	11,2	118,9	50,4	0,49
Απρίλιος	15,4	152,7	65,6	0,52
Μάιος	20,7	190,4	81,8	0,56
Ιούνιος	25,7	207,4	85,5	0,6
Ιούλιος	28,1	214,5	85,2	0,61
Αύγουστος	27,5	198,6	73,7	0,63
Σεπτέμβριος	23,4	156	55,5	0,61
Οκτώβριος	18,2	111,1	40,1	0,55
Νοέμβριος	13,8	68,1	26,3	0,47
Δεκέμβριος	10,3	54,4	21,8	0,43

Στη συνέχεια, εκτελείται η ίδια ακολουθία πράξεων, όπως στην περίπτωση της Λήμνου, και προκύπτουν τα αριθμητικά αποτελέσματα για ένα κτήριο του ΣΝ, όπως απεικονίζονται παρακάτω. Επιπλέον, λαμβάνεται υπόψιν ότι η επιλογή του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού παραμένει η ίδια με την προηγούμενη μελέτη, όπως και ο τρόπος εγκατάστασής του. Επίσης, επιλέγεται πάλι η διασύνδεση με το εθνικό δίκτυο για τα πλεονεκτήματα, τα οποία αναφέρθηκαν προηγουμένως.

Πίνακας 9 Εφαρμογή Μεθοδολογίας σε Κτήριο Στρατιωτικού Νοσοκομείου

Μήνας	R _b	H _T	T _c	η _p	E _a /S
Ιανουάριος	1,488	81,75	22,88	0,173	12,728
Φεβρουάριος	1,331	92,56	25,1	0,1718	14,316
Μάρτιος	1,1862	131,25	29,2	0,17	20,051
Απρίλιος	1,072	158,43	35,26	0,166	23,756
Μάιος	1,001	189,89	42,037	0,163	27,877
Ιούνιος	0,9726	203,4	48,14	0,16	29,284
Ιούλιος	0,9851	211,94	50,78	0,1586	30,253
Αύγουστος	1,039	203,02	50,43	0,1588	29,013
Σεπτέμβριος	1,137	169,4	44,85	0,162	24,647
Οκτώβριος	1,278	130,59	36,56	0,166	19,5027
Νοέμβριος	1,442	86,38	28,76	0,1699	13,2134
Δεκέμβριος	1,542	71,91	23,67	0,1726	11,169

Εν προκειμένω, μετρήθηκε ο διαθέσιμος χώρος των στεγών των κύριων κτιρίων του ΣΝ για εγκατάσταση φωτοβολταϊκών και προέκυψε 9.583 m². Σε αυτόν τον χώρο υπάρχει δυνατότητα τοποθέτησης 6.254 φωτοβολταϊκών πλαισίων. Επιπλέον, καλύπτοντας τις προϋποθέσεις και τις συνθήκες ασφαλείας, όπως αναλύθηκαν προηγουμένως, οι αντιστροφείς προκύπτουν να είναι 81 και οι μετρητές εξερχόμενης ενέργειας 3. Στη συνέχεια, αθροίζονται όλα τα ποσά παραγόμενης ενέργειας από εκάστη στέγη και προκύπτει ότι η συνολική ετήσια παραγόμενη ενέργεια ανέρχεται σε 1.943,85 MWh. Τούτο αυτομάτως συνεπάγεται, ότι μέσω αυτής της μελέτης καλύπτεται ένα σημαντικό ποσοστό των ηλεκτρικών αναγκών του ΣΝ, το οποίο φθάνει το 22,95 %. Ως απόρροια όλων των παραπάνω, με πρόσθεση στο συνολικό κόστος και αυτό των λοιπών εξόδων προκύπτει το συνολικό κόστος εγκατάστασης όπως διαφαίνεται παρακάτω.

Πίνακας 10 Συνολικό Κόστος σε ΣΝ

ΥΛΙΚΑ	ΚΟΣΤΟΣ (€)
ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΠΛΑΙΣΙΑ	1.210.149
ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΙΣ	105.300
ΜΕΤΡΗΤΕΣ	750
ΛΟΙΠΑ ΕΞΟΔΑ	65.810
ΣΥΝΟΛΟ	1.382.009

Η χρηματοδότηση της παραπάνω επένδυσης επιλέγεται να επιτευχθεί με κάλυψη ενός ποσοστού από ίδια κεφάλαια και το υπόλοιπο μέρος της μέσω δανειακής τραπεζικής σύμβασης. Άρα, τα οικονομικά δεδομένα έχουν όπως παρακάτω:

- ❖ Συνολικό Κόστος : 1.382.009 €
- ❖ Δάνειο : 967.406 €
- ❖ Κεφάλαιο από ιδίους πόρους : 414.603 €

Το δάνειο καλύπτει το 70 % του συνολικού κόστους με τα ίδια κεφάλαια να συμπληρώνουν το υπόλοιπο 30 %. Το δανειακό σχήμα επιλέγεται όπως πριν με τα ίδια επιτόκια και την ίδια μέθοδο, αυτή της σταθερής δόσης, και την ίδια διάρκεια των δέκα ετών. Επομένως, η πορεία του δανείου αποτυπώνεται παρακάτω με τα ποσά να διατίθενται σε ευρώ (€).

Πίνακας 11 Στοιχεία Δανείου Περίπτωσης ΣΝ

Έτος	Εναπομένον Κεφάλαιο	Τόκος	Χρεωλύσιο	Δόση
0	967.406,30			
1	890.493,07	48.370,32	76.913,23	125.283,54
2	809.734,19	44.524,65	80.758,89	125.283,54
3	724.937,35	40.486,71	84.796,83	125.283,54
4	635.900,68	36.246,87	89.036,67	125.283,54
5	542.412,17	31.795,03	93.488,51	125.283,54
6	444.249,24	27.120,61	98.162,93	125.283,54
7	341.178,16	22.212,46	103.071,08	125.283,54
8	232.953,52	17.058,91	108.224,63	125.283,54
9	119.317,66	11.647,68	113.635,87	125.283,54
10	0,00	5.965,88	119.317,66	125.283,54

Στη συνέχεια, όπως προηγουμένως, επιλέγεται ένα ετήσιο λειτουργικό κόστος της εγκατάστασης ίσο με το 0,5 % του συνολικού κόστους, δηλαδή στο ποσό των 6.910,05 €. Ο φόρος επιλέγεται να είναι ίσος με 24 %, ο ρυθμός απόσβεσης της επένδυσης ίσος με 10 % και η υπολειμματική αξία αυτής ίση με 25 %. Η τιμή πώλησης επιλέγεται και πάλι στα 79,83 €/MWh. Ως αποτέλεσμα, η χρονική πορεία της επένδυσης έχει όπως παρακάτω.

Πίνακας 12 Πορεία Επένδυσης σε ΣΝ

Έτος	Έσοδα	Λειτουργικό Κόστος	Τόκος	Απόσβεση	Κέρδη προ Φόρων	Καθαρή Χρηματική Ροή	Αθροιστική Χρηματική Ροή
0						-414.602,70	-414.602,70
1	155.177,55	6.910,05	48.370,32	138.200,90	-38.303,71	32.176,85	-382.425,85
2	155.177,55	6.910,05	44.524,65	138.200,90	-34.458,05	31.253,89	-351.171,96
3	155.177,55	6.910,05	40.486,71	138.200,90	-30.420,11	30.284,78	-320.887,17
4	155.177,55	6.910,05	36.246,87	138.200,90	-26.180,27	29.267,22	-291.619,95
5	155.177,55	6.910,05	31.795,03	138.200,90	-21.728,43	28.198,78	-263.421,17
6	155.177,55	6.910,05	27.120,61	138.200,90	-17.054,01	27.076,92	-236.344,25
7	155.177,55	6.910,05	22.212,46	138.200,90	-12.145,86	25.898,97	-210.445,28
8	155.177,55	6.910,05	17.058,91	138.200,90	-6.992,31	24.662,11	-185.783,17
9	155.177,55	6.910,05	11.647,68	138.200,90	-1.581,08	23.363,42	-162.419,75
10	155.177,55	6.910,05	5.965,88	138.200,90	4.100,72	21.999,79	-140.419,97
11	155.177,55	6.910,05	0,00	0,00	148.267,50	112.683,30	-27.736,66
12	155.177,55	6.910,05	0,00	0,00	148.267,50	112.683,30	84.946,64
13	155.177,55	6.910,05	0,00	0,00	148.267,50	112.683,30	197.629,94
14	155.177,55	6.910,05	0,00	0,00	148.267,50	112.683,30	310.313,24
15	155.177,55	6.910,05	0,00	0,00	148.267,50	112.683,30	422.996,54
16	155.177,55	6.910,05	0,00	0,00	148.267,50	112.683,30	535.679,84
17	155.177,55	6.910,05	0,00	0,00	148.267,50	112.683,30	648.363,14
18	155.177,55	6.910,05	0,00	0,00	148.267,50	112.683,30	761.046,44
19	155.177,55	6.910,05	0,00	0,00	148.267,50	112.683,30	873.729,74
20	155.177,55	6.910,05	0,00	0,00	148.267,50	458.185,55	1.331.915,29

Από τα αποτελέσματα της τελευταίας μελέτης ανάγεται το συμπέρασμα, ότι η επένδυση κρίνεται ως άκρως συμφέρουσα, μιας και ο NPV είναι πάλι θετικός και ο IRR αυτήν τη φορά αρκετά μεγαλύτερος του επιτοκίου προεξόφλησης. Συγκεκριμένα, προκύπτουν

$$NPV = 183.760,7$$

και

$$IRR = 11,7 \%$$

Τέλος, το έτος απόσβεσης των χρημάτων της επένδυσης καταλήγει να είναι το 12^ο. Φαίνεται και πάλι να αργεί αρκετά, αν και τώρα αυτό συμβαίνει ταχύτερα από την προηγούμενη μελέτη. Τα τελικά έσοδα σε αυτήν τη μελέτη ανέρχονται στα 1.331.915,29 €.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

6.1 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ

Στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε η διερεύνηση της σχέσης ανάμεσα στις Ένοπλες Δυνάμεις και τον τομέα της ενέργειας. Επίσης, τονίσθηκε η αναγκαιότητα συμμετοχής των Ενόπλων Δυνάμεων στον τομέα των τεχνικών – μεθόδων εφαρμογής των ΑΠΕ, όπως και οι προοπτικές εξέλιξης των ΑΠΕ στον τομέα της εθνικής ασφάλειας. Αναφέρθηκαν παραδείγματα εφαρμογής ΑΠΕ σε στρατιωτικά ζητήματα και τέλος πραγματοποιήθηκε μία τεχνική μελέτη - οικονομική αξιολόγηση της εφαρμογής μίας εκ των κυριότερων τεχνολογιών ΑΠΕ στην Ελλάδα, της εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας μέσω των φωτοβολταϊκών πλαισίων, στα ελληνικά στρατιωτικά δεδομένα. Οι περιοχές, που επιλέχθηκαν, είναι αυτή της Λήμνου και αυτή της Αθήνας.

Όσον αφορά στην πρώτη, πραγματοποιήθηκε μελέτη για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πλαισίων στις στέγες των κυριότερων κτηρίων των Στρατοπέδων, όπως κτήρια διοίκησης, όρχοι οχημάτων, εγκαταστάσεις συντήρησης κτλ. Υπολογίστηκε μέσω αυτής της μεθοδολογίας ότι, σε 38.942 m² απαιτούνται 19.490 πλαίσια για εγκατάσταση και η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να φθάσει στις 6.191,97 MWh. Αυτό σημαίνει, ότι καλύπτεται ένα ποσοστό της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας του Νησιού, περίπου λίγο μεγαλύτερο από το 10 %. Ένα διόλου ευκαταφρόνητο ποσοστό, μιας και με τα δεδομένα του 2022 μέσω αυτού η συμμετοχή των ΑΠΕ στην παραγωγή ενέργειας στη Λήμνο μπορεί να αυξηθεί κατά πολύ, από το 18,95 % στο 29,31 %. Επίσης, όσον αφορά στα οικονομικά στοιχεία της επένδυσης με τη μορφή ιδίων κεφαλαίων συνδυασμένων με τραπεζικό δάνειο, η επένδυση αυτή αποδεικνύεται συμφέρουσα, αν και η περίοδος αποπληρωμής δεν αποδεικνύεται και τόσο μικρή (14 έτη). Παρ' όλ' αυτά, προτείνεται παράλληλα ένα δεύτερο σχήμα χρηματοδότησης μέσω ΕΣΠΑ και ΠΔΕ με την εκτέλεση της προμήθειας να αναλαμβάνεται από το Στρατό.

Από την άλλη πλευρά, η περίπτωση του Στρατιωτικού Νοσοκομείου επίσης αποδεικνύει τη φήμη της Ελλάδας για άπλετη ηλιοφάνεια, μιας και η τοποθέτηση 6.254 φωτοβολταϊκών πλαισίων στις οροφές με συνολικό εμβαδόν ίσο με 9.583 m², κατορθώνει ετήσια παραγωγή ίση με 1.943,85 MWh. Γίνεται αντιληπτό, ότι στην περιοχή της Αθήνας η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι ευκολότερη. Αυτό υποδηλώνει το γεγονός, ότι η Αθήνα βρίσκεται Νοτιότερα από τη Λήμνο (προς τον Ισημερινό) και άρα εμφανίζει μεγαλύτερη πυκνότητα ηλιακής ακτινοβολίας, όπως διαφαίνεται από τις σταθερές ποσότητες λόγω περιοχής. Η εν λόγω παραγωγή μπορεί να καλύψει ένα αρκετά υψηλό ποσοστό της συνολικής κατανάλωσης του Νοσοκομείου, ίσο με 22,95 %, σχεδόν το ¼ αυτής. Το γεγονός αυτό μπορεί να σταθεί αρωγός στην ενεργειακή αυτονομία / απεξάρτηση από ξένους παράγοντες ενός Στρατιωτικού Νοσοκομείου. Σε αυτήν την περίπτωση, η οικονομική αξιολόγηση απέδειξε ότι η επένδυση κρίνεται πιο συμφέρουσα, μιας και οι οικονομικοί δείκτες παρουσιάζουν καλύτερα αποτελέσματα, τόσο ο NPV όσο και ο IRR, με την περίοδο αποπληρωμής να πέφτει στα 12 έτη.

6.2 ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Με βάση την παρούσα μελέτη, καθίσταται σαφές, ότι οι δυνατότητες αξιοποίησης των ΑΠΕ παραμένουν σε πολύ υψηλό επίπεδο. Με την κλιματική αλλαγή παρούσα με όλο και μεγαλύτερη ένταση, η συμμετοχή των ΕΔ σε ενεργειακά θέματα θεωρείται επιβεβλημένη. Το γεγονός αυτό αποδεικνύεται από τη σχέση στρατού – ενέργειας καθώς επίσης και από τις εφαρμογές των ΑΠΕ στο στρατιωτικό κλάδο, που αναπτύχθηκαν και συνεχίζουν να εξελίσσονται σε όλους τους τομείς των ΕΔ. Ειδικότερα, η αξιοποίηση των κτηριακών εγκαταστάσεων των Στρατοπέδων για την εφαρμογή τεχνολογιών ΑΠΕ αποτελεί μία άκρως ενδιαφέρουσα επιλογή απεξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα. Αυτό παρουσιάζει τεράστιες προοπτικές τόσο για τον χώρο της πρωτεύουσας, όσο και για τον αντίστοιχο της επαρχίας.

Τα οφέλη, που προκύπτουν, δεν περιορίζονται μόνο στην εξοικονόμηση της κατανάλωσης των ορυκτών καυσίμων. Περιλαμβάνουν την αναβάθμιση των Στρατοπέδων σε χώρους παραγωγής πράσινης ενέργειας. Το γεγονός αυτό θα αναδείξει την ευαισθησία των ΕΔ για ενεργειακά θέματα και ζητήματα αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής, μετατρέποντας τες σε αξιοσημείωτο παράγοντα με σκοπό τη διάδοση των ΑΠΕ και την εμπέδωση αυτών από το σύνολο της κοινωνίας. Επίσης, τα οφέλη αναφέρονται στη μείωση του εθνικού αποτυπώματος του διοξειδίου του άνθρακα. Ενδεικτικά, για την περίπτωση της μελέτης της Λήμνου ως ΜΔΝ με την αναλυθείσα προσθήκη των ΑΠΕ επιτυγχάνεται μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Κατά προσέγγιση, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για ολόκληρο το νησί είναι υπεύθυνη για την αντίστοιχη παραγωγή περίπου 35.000 ισοδύναμων τόνων διοξειδίου του άνθρακα (equivalent ton CO₂). Συνεπώς, μέσω της παραπάνω μελέτης εξοικονομείται γύρω στο 10 % των συνολικών ισοδύναμων τόνων διοξειδίου του άνθρακα. Πραγματοποιείται δηλαδή ένα σημαντικό βήμα για ένα “καθαρότερο” αύριο με λιγότερους ρύπους – εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.

Από την ανάλυση των εν λόγω μελετών διαφαίνονται ορισμένα αποτελέσματα, τα οποία προκαλούν δεύτερες σκέψεις. Η οικονομική αποδοτικότητα των επενδύσεων ίσως να αποτελέσει ένα τέτοιο παράδειγμα. Ωστόσο, κρίνεται αναγκαίο να αναφερθεί, ότι δεν έχει ληφθεί υπόψιν το σύνολο των εγκαταστάσεων σε καμία από τις δύο μελέτες, παρά μόνο ένα μεγάλο ποσοστό αυτών. Εκτός αυτού, με την επιτόπια μελέτη και σχεδίαση της εγκατάστασης σε κάθε κτήριο θα μπορούσε να επιτευχθεί η βελτιστοποίηση της τοποθέτησης των φωτοβολταϊκών πλαισίων, κάτι, που εκφεύγει από τα όρια της παρούσας εργασίας. Επομένως, διαφαίνεται ξεκάθαρο το γεγονός πως τα οικονομικά οφέλη θα πρέπει να θεωρούνται κατά πολύ περισσότερα από τη δεδομένη διαστασιολόγηση.

Τέλος, ως προοπτικές για περαιτέρω διερεύνηση αναδεικνύονται τα υπόλοιπα νησιά του Αιγαίου, στα οποία βρίσκονται αρκετές στρατιωτικές δυνάμεις με τις αντίστοιχες κτηριακές εγκαταστάσεις. Επιπλέον, θα μπορούσε να μελετηθεί η εκμετάλλευση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τα Στρατόπεδα της Νήσου

Λήμνου να πραγματοποιείται από τις γύρω κατοικημένες περιοχές, χωριά – κωμοπόλεις κτλ. Κατά αυτόν τον τρόπο, δημιουργείται η δυνατότητα ανάπτυξης πολλών μικρών έξυπνων δικτύων, τα οποία θα απαρτίζουν ένα μεγαλύτερο έξυπνο δίκτυο στα όρια του Νησιού.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Lee Hsi-Chieh, Liu Hua-Yueh, Teng Sheng-Yuan. 2022. "Distributed energy strategy using renewable energy transformation in Kinmen Island: Virtual power plants that take the military camps as the mainstay" *Energy Strategy Reviews* 44, 100993. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2022.100993>
- Saritas Ozcan, Burmaoglu Serhat. 2016. "Future of sustainable military operations under emerging energy and security considerations" *Technological Forecasting & Social Change*, Volume 102, Pages 331–343. <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2015.08.010>
- Burmaoglu Serhat, Saritas Ozcan. 2017. "Changing characteristics of warfare and the future of Military R&D" *Technological Forecasting and Social Change*, Volume 116, Pages 151-161. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.10.062>
- Weyant John P. 2011. "Accelerating the development and diffusion of new energy technologies: Beyond the "valley of death" *Energy Economics*, Volume 33, Issue 4, Pages 674-682. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2010.08.008>
- Kalogirou Soteris A. 2005. "Seawater desalination using renewable energy sources" *Progress in Energy and Combustion Science*, Volume 31, Pages 242–281. <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2005.03.001>
- Lee Seongjun, Kim Jonghoon. 2017. "Implementation methodology of powertrain for series-hybrid military vehicles applications equipped with hybrid energy storage" *Energy*, Volume 120, Pages 229-240. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.11.109>
- Dewan Alim, Suat U. Ay Suat U, Karim M. Nazmul, Beyenal Haluk. 2014. "Alternative power sources for remote sensors: A review" *Journal of Power Sources*, Volume 245, Pages 129-143. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2013.06.081>
- Chang Shiwei, Chen Bo, Song Yu. 2023. "Militarization, renewable energy utilization, and ecological footprints: Evidence from RCEP economies" *Journal of Cleaner Production*, Volume 391, 136298. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136298>
- Samaras Constantine, Nuttall William J., Bazilian Morgan. 2019. "Energy and the military: Convergence of security, economic, and environmental decision-making" *Energy Strategy Reviews*, Volume 26, 100409. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.100409>
- Erdinc O., Uzunoglu M. 2010. "Recent trends in PEM fuel cell-powered hybrid systems: Investigation of application areas, design architectures and energy management approaches" *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 14, Issue 9, Pages 2874-2884. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.07.060>
- Krejcar Ondrej, Mahdal Miroslav. 2012. "Optimized Solar Energy Power Supply for RemoteWireless Sensors Based on IEEE 802.15.4 Standard" *International Journal of Photoenergy*, Volume 2012, Article ID 305102. doi:10.1155/2012/305102
- Briggs Chad M. 2020. "Climate Change and Hybrid Warfare Strategies" *Journal of Strategic Security*, Vol. 13, No. 4, Climate Change and Global Security, pp. 45-57. <https://www.jstor.org/stable/26965517>

- Smith Thomas S., Ducey Roch A., Stein William J., Goran William D. 2010. "Tradeoffs for Renewable Energy Projects: Environmental, Planning, and Mission Considerations" ADA557322, Center for the Advancement of Sustainability Innovations (CASI).
- Saponara Sergio, Saletti Roberto, Mihet-Popa, Lucian. 2020. "Recent Trends in DC and Hybrid Microgrids: Opportunities from Renewables Sources, Battery Energy Storages and Bi-Directional Converters" *Appl. Sci.*, 10(12), 4388.
<https://doi.org/10.3390/app10124388>
- Fraczek Mariusz, Górski Krzysztof, Wolaniuk Leszek. 2022. "Possibilities of Powering Military Equipment Based on Renewable Energy Sources" *Appl. Sci.*, 12(2), 843.
<https://doi.org/10.3390/app12020843>
- Maleczek, Stanisław, Marcin Szczepaniak, Norbert Radek, Stanisław Kowalkowski, and Krzysztof A. Bogdanowicz. 2022. "Tests of Acid Batteries for Hybrid Energy Storage and Buffering System—A Technical Approach" *Energies* 15, no. 10: 3514.
<https://doi.org/10.3390/en15103514>
- Neto Luiz Pereira da Silva, Sorgato Marcio José. 2021. "How are the military handling energy?". <https://ppgees.ufms.br/>
- Padanyi Jozsef, Foldi Laszlo. 2014. "Environmental responsibilities of the military - soldiers have to be "greener berets" *Economics and Management*, 2, Pages 48–55.
https://nkerepo.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/123456789/10131/2/greener_berets.pdf
- Karvetski Christopher W, Lambert James H, Linkovz Igor. 2011. "Scenario and Multiple Criteria Decision Analysis for Energy and Environmental Security of Military and Industrial Installations" *Integrated Environmental Assessment and Management* — Volume 7, Number 2—pp. 228–236. <https://DOI:10.1002/ieam.137>
- Light Sarah E. 2014. "Valuing National Security: Climate Change, the Military, and Society" 61 *UCLA Law Review* 1772 Light, Sarah E., *Valuing National Security: Climate Change, the Military, and Society* (June 27, 2014). 61 *UCLA Law Review* 1772. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=2460022>
- Tommey Cameron E. 2015. "Moving Military Energy "Behind the Fence:" Renewable Energy Generation on U.S. Defense Lands" *Washington and Lee Journal of Energy, Climate, and the Environment*, Volume 6, Issue 2, Article 8.
<https://scholarlycommons.law.wlu.edu/jece/vol6/iss2/8>
- Song Yuanming, Liu Yajie, Huang Shengjun, Zhang Tao, Wang Rui. 2018. "Multi-Objective Configuration Optimization for Isolated Microgrid with Mobile Energy Storage and Shiftable Load" 2nd IEEE Conference on Energy Internet and Energy System Integration (EI2). [https://DOI: 10.1109/EI2.2018.8582245](https://DOI:10.1109/EI2.2018.8582245)
- Mark Elder, Sussman David D., Prabhakar S.V.R.K., Zusman Eric, Tamura Kentaro. 2022. "Environmental and Sustainability Implications of the Ukraine War for East and South Asia: Sustainability and Decarbonisation Should Be Accelerated Not Paused" Institute for Global Environmental Strategies.
<https://www.jstor.org/stable/resrep47067>
- Kashem Saad Bin Abul, De Souza Stephanie, Iqbal Atif, Ahmed Jubaer. 2023. "Microgrid in Military Applications" 12th International Conference on Compatibility, Power Electronics and Power Engineering (CPE-POWERENG 2018).

- <https://DOI: 10.1109/CPE.2018.8372506>
- Lucchese Felipe C., Canha Luciane N., Brignol Wagner S., Rangel Camilo A. S., Hammerschmitt Bruno K., Castro Criciele C. 2023. "A Review on Energy Storage Systems and Military Applications" 55th International Universities Power Engineering Conference (UPEC). <https://DOI: 10.1109/UPEC49904.2020.9209892>
- Sah Dipak K., Amgoth Tarachand. 2020. "Renewable energy harvesting schemes in wireless sensor networks: A Survey" *Information Fusion*, Volume 63, Pages 223-247. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2020.07.005>
- Sobon Andrzej, Słysz Daniel, Ruszel Mariusz, Wiacek Alicja. 2021. "Prospects for the Use of Hydrogen in the Armed Forces" *Energies*, 14, 7089. <https://doi.org/10.3390/en14217089>
- Bozoudis Vasileios, Sebos Ioannis, Tsakanikas Aggelos. 2022. "Action plan for the mitigation of greenhouse gas emissions in the hospital-based health care of the Hellenic Army" *Environ Monit Assess* 194, 221. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-09871-3>
- Huang Mingyang, He Wei, Incecik Atilla, Cichon Andrzej, Krolczyk Grzegorz, Li Zhixiong. 2021. "Renewable energy storage and sustainable design of hybrid energy powered ships: A case study" *Journal of Energy Storage*, Volume 43, 103266. <https://doi.org/10.1016/j.est.2021.103266>
- Wang Kai-Hua, Su Chi-Wei, Lobont Oana-Ramona, Umar Muhammad. 2021. "Whether crude oil dependence and CO2 emissions influence military expenditure in net oil importing countries?" *Energy Policy*, Volume 153, 112281. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112281>
- Santos Nuno Pessanha. 2022. "Hydrogen in the Portuguese Navy: A case study" *International Journal of Hydrogen Energy*, Volume 47, Issue 66, Pages 28684-28698. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2022.06.180>
- Katalenich Scott M., Jacobson Mark Z. 2022. "Toward battery electric and hydrogen fuel cell military vehicles for land, air, and sea" *Energy*, Volume 254, Part B, 124355. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.124355>
- Bigger Patrick, Neimark Benjamin D. 2017. "Weaponizing nature: The geopolitical ecology of the US Navy's biofuel program" *Political Geography*, Volume 60, Pages 13-22. <https://doi.org/10.1016/j.polgeo.2017.03.007>
- Hao Daning, Kong Lingji, Zhang Zutao, Kong Weihua, Tairab Alaeldin M., Luo Xiao, Ahmed Ammar, Yang Yaowen. 2023. "An electromagnetic energy harvester with a half-wave rectification mechanism for military personnel" *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, Volume 57, 103184. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2023.103184>
- Zavorka Radek, Paar Martin. 2022. "A Focus on Electromobility within Smart City Solutions—Charging Stations, Renewable Energy, and Air Quality Monitoring" *Sensors* 2022, 22, 7841. <https://doi.org/10.3390/s22207841>
- Fraczek Mariusz, Górski Krzysztof, Wolaniuk Leszek. 2021. "Possibilities of Powering Military Equipment Based on Renewable Energy Sources" *Appl.Sci.* 2022, 12, 843. <https://doi.org/10.3390/app12020843>

- Elatab Nazek, Mishra Rishabh B, Alshanbari Reem, Hussain Muhammad Mustafa. 2023. "Solar Powered Small Unmanned Aerial Vehicles: A Review" Energy Technology, Volume9, Issue12, 2100587. <https://doi.org/10.1002/ente.202100587>
- Madhiarasan M. 2021. "Design and development of IoT based solar powered versatile moving robot for military application" Int J Syst Assur Eng Manag 12, pages 437–450. <https://doi.org/10.1007/s13198-021-01089-9>
- Van Nguyen Cuong, Van Quyen Toan, Le Anh My, Truong Linh Hoang, Nguyen Minh Tuan. 2020. "Advanced Hybrid Energy Harvesting Systems for Unmanned Aerial Vehicles (UAVs)" Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal, Vol. 5, No. 1, 34-39. <https://dx.doi.org/10.25046/aj050105>
- Pham Khac Lam, Leuchter Jan, Bystricky Radek, Andrle Milos, Pham Ngoc Nam, Pham Van Thuan. 2022. "The Study of Electrical Energy Power Supply System for UAVs Based on the Energy Storage Technology" Aerospace 2022, 9, 500. <https://doi.org/10.3390/aerospace9090500>
- Ζερβός Α. (2018). Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Τομέας Ρευστών
- Μπεργελές Γ. (2005). Ανεμοκινητήρες. Αθήνα: Εκδόσεις Συμεών
- Ζερβός Α., Κάραλης Γ. (2018). Σημειώσεις Αιολικής Ενέργειας. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Τομέας Ρευστών
- Μπόκας Νικόλαος. 2019. "Η σημασία των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την εθνική ασφάλεια" Pro Justitia, τόμος 2. <https://doi.org/10.26262/rj.v2i0.6955>
- Αλεξάνδρου Παναγιώτης, "Μελέτη Εγκατάστασης και Λειτουργίας Υβριδικού Συστήματος Παραγωγής και Αποθήκευσης Ηλεκτρικής Ενέργειας στη Λήμνο", Διπλωματική Εργασία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, 2020
- Ιωάννης Κοτρώτσος, "Ανάπτυξη Αυτόνομου Υβριδικού Φωτοβολταϊκού Συστήματος και Μελλοντικές Προεκτάσεις με Τεχνικές και Εφαρμογές Έξυπνων Ενεργειακών Δικτύων", Διπλωματική Εργασία, Στρατιωτική Σχολή Ευελπίδων – Πολυτεχνείο Κρήτης, 2021
- Ιωάννης Μ. Δημάκης, Μαρία Σ. Σωτηροπούλου, "Μελέτη Αξιοποίησης Ελληνικών Γεωργικών Εκτάσεων με Συνύπαρξη Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και Αγροτικής Παραγωγής", Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, 2015.
- Αθανάσιος Κοσκινάς, "Σύνθετο Σύστημα Ηλιακής και Αιολικής Ενέργειας", Ειδική Ερευνητική Εργασία, Πανεπιστήμιο Πατρών, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Φυσικής, 2016
- Κουτελιδάκης Κων/νος, "Εφαρμογή Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας σε Στρατόπεδο", Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, 2010
- Παναγιώτης Λιάπης, "Εφαρμογή Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στο 301 Εργοστάσιο Βάσης", Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, 2010

ΑΛΛΕΣ ΠΗΓΕΣ

- [1] <https://anoixtosxoleio.weebly.com/epsilon-nuepsilon-rho-gamma-epsilon-iota-alpha.html>
- [2] <https://www.iea.org/>
- [3] <https://www.pranaair.com/blog/what-is-greenhouse-effect-its-gases-causes-solution/>
- [4] <https://www.newscientist.com/question/what-is-global-warming/>
- [5] <https://ceobs.org/the-militarys-contribution-to-climate-change/>
- [6] https://www.astro.noa.gr/journal/Periodic/journal_05prantzios.htm/
- [7] <https://www.taxheaven.gr/news/63075/fwtoboltaika-sth-stegh-prodhmosieysh-odhgoy>
- [8] http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_windmill.htm
- [9] <https://energypress.gr/news/dei-etoimo-2024-ydroilektriko-mesohoras-ta-vimata-meta-perivallontiko-prasino-fos>
- [10] <https://www.michanikos-online.gr/>
- [11] <https://ourworldindata.org/>
- [12] <https://balkangreenenergynews.com/greece-produces-record-47-1-of-electricity-from-renewables-so-far-in-2022/>
- [13] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652623004560>
- [14] How are the military handling energy?, Luiz Pereira da Silva Neto, Marcio José Sorgato
- [15] <https://www.intracomdefense.com/hybrid-power-systems/tactical-hybrid-generators/>
- [16] <https://worldoils.com/generators/mobilegenerators.php>
- [17] https://www.researchgate.net/figure/Mobile-solar-wind-power-plant-by-MOBISMAAT-source_fig4_357850259
- [18] M. Shinohara, E. Araki, M. Mochizuki, T. Kanazawa, K. Suyehiro, J. Power Sources 187 (2009) 253-260
- [19] <https://www.thedrive.com/the-war-zone/39668/modular-solar-generators-could-be-key-in-helping-power-remote-bases-during-a-major-conflict>
- [20] <https://www.sunairfuel.com/militaryconcept>
- [21] <https://www.powerandmotoryacht.com/maintenance/hydrogen-fuel-cells-for-boats>
- [22] <https://www.nationaldefensemagazine.org/articles/2022/2/4/military-wants-its--vehicles-to-go-electric-with-detroit's-help>
- [23] <https://gmauthority.com/blog/2020/10/gm-hydrogen-fuel-cell-vehicle-on-the-horizon-for-the-military/>
- [24] <https://www.nasa.gov/centers/dryden/history/pastprojects/Erast/pathfinder.html>
- [25] <https://helapco.gr/tecnologia-fwtovoltaikwn-odhgws-fwtovoltaikwn-mathete-gia-thn-technologia/>
- [26] <https://www.mounting-systems.com/>