



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Διπλωματική εργασία:

**ΧΡΗΣΗ ΑΠΕ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ
Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΧΡΗΣΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΣΤΟ
ΜΟΥΣΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ ΣΠΑΡΤΗΣ**



Φοιτήτρια: Νικολακάκου Γεωργία

Επιβλέπων: Μαμάσης Νικόλαος, Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, 2024

Copyright © Νικολακάκου Γεωργία, 2024

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση σε αρχείο πληροφοριών, διανομή, αναπαραγωγή, μετάφραση ή μετάδοση της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό, υπό οποιαδήποτε μορφή και με οποιοδήποτε μέσο επικοινωνίας, ηλεκτρονικό ή μηχανικό, χωρίς την προηγούμενη έγγραφη άδεια της συγγραφέως. Επιτρέπεται η αναπαραγωγή, 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 στη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς την συγγραφέα.

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από τη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (ΕΜΠ) δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων της συγγραφέως (Ν. 5343/1932, Άρθρο 202).

Copyright © Nikolakakou Georgia, 2024

All Rights Reserved

Neither the whole nor any part of this diploma thesis may be copied, stored in a retrieval system, distributed, reproduced, translated, or transmitted for commercial purposes, in any form or by any means now or hereafter known, electronic or mechanical, without the written permission from the author. Reproducing, storing and distributing this thesis for non-profitable, educational or research purposes is allowed, without prejudice to reference to its source and to inclusion of the present text. Any queries in relation to the use of the present thesis for commercial purposes must be addressed to its author.

Approval of this diploma thesis by the School of Civil Engineering of the National Technical University of Athens (NTUA) does not constitute in any way an acceptance of the views of the author contained herein by the said academic organization (L. 5343/1932, art. 202).

Νικολακάκου Γεωργία (2024)

Χρήση Ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε Κτίρια εκπαίδευσης.
Η περίπτωση χρήσης βιομάζας στο Μουσικό Σχολείο Σπάρτης.
Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Σχολή Πολιτικών
Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Nikolakakou Georgia (2024)

Use of Renewable Energy Sources in Education buildings.
The case of using biomass at the Sparta Music School.
Department of Water Resources & Environmental Engineering, School of Civil
Engineering, National Technical University of Athens.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Κατά την ολοκλήρωση του χρονοβόρου και απαιτητικού αυτού εγχειρήματος, το οποίο ονομάζεται Σχολή Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να απευθύνω στον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής μου εργασίας, κ. Μαμάση Νικόλαο. Υπήρξε διαλλακτικός και γεμάτος ιδέες από την πρώτη μας συνάντηση για την εύρεση του θέματος αυτού αλλά και λιτός και ουσιαστικός στις παρατηρήσεις και τη συμβολή του, έως και την ολοκλήρωσή του τεύχους που βρίσκεται αυτή τη στιγμή στα χέρια σας. Τέλος, για την στήριξη σε κάθε στιγμή και κάθε βήμα που έγινε κατά την υλοποίηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, ευχαριστώ τους ανθρώπους που έχω την χαρά και την τιμή να αποκαλώ οικογένεια μου.



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Χρήση ΑΠΕ σε Κτίρια εκπαίδευσης
Η περίπτωση χρήσης της βιομάζας στο Μουσικό Σχολείο Σπάρτης**

Νικολακάκου Γεωργία

Επιβλέπων: Μαμάσης Νικόλαος, Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, 2024

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούν μορφές ενέργειας των οποίων η χρήση δεν συνοδεύεται από ρύπανση του περιβάλλοντος. Σκοπός της εργασίας ήταν να προσεγγίσει το ζήτημα της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στα κτίρια εκπαίδευσης, μέσα από τη μελέτη της περίπτωσης χρήσης βιομάζας για τη θέρμανση στο Μουσικό Σχολείο Σπάρτης. Αποδείχτηκε ότι η χρήση βιομάζας υπερέχει της χρήσης πετρελαίου και φυσικού αερίου τόσο σε επίπεδο κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας όσο και σε επίπεδο κόστους. Προτείνεται η συνέχιση της έρευνας για εξεύρεση τρόπων αποδοτικής μεταφοράς υλικών βιομάζας στο σχολείο για την εκμετάλλευση των ωφελειών. Γενικότερα, όσον αφορά στον ελληνικό χώρο, θα πρέπει να ενισχυθεί η προσπάθεια για ενεργειακή αξιοποίηση αποβλήτων και βιομάζας. Είναι σημαντική η θέσπιση ενός πλαισίου για την οργάνωση των δράσεων για την αξιοποίηση της βιομάζας λαμβάνοντας υπόψη τα ειδικά χαρακτηριστικά της χώρας.

Λέξεις – κλειδιά: Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, βιομάζα. Μουσικό Σχολείο Σπάρτης, θέρμανση.



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING
DEPARTMENT OF WATER RESOURCES & ENVIRONMENTAL ENGINEERING

DIPLOMA THESIS

**Use of Renewable Energy Sources in Education buildings
The case of using biomass at the Sparta Music School**

Nikolakakou Georgia

Supervisor: Mamasis Nikolaos, Professor of NTUA

Athens, 2024

SUMMARY

Renewable energy sources are forms of energy whose use is not accompanied by environmental pollution. The purpose of the work was to approach the issue of the use of renewable energy sources in educational buildings, through the study of the case of biomass use for heating at the Sparta Music School. It has been shown that the use of biomass is superior to the use of oil and natural gas both in terms of primary energy consumption and cost. It is suggested that research be continued to find ways to efficiently transport biomass materials to school to exploit the benefits. More generally, as far as the Greek area is concerned, the effort for energy utilization of waste and biomass should be strengthened. It is important to establish a framework for the organization of actions for the utilization of biomass taking into account the specific characteristics of the country.

Key – words: Renewable energy sources, biomass, Sparta Music School, heating.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	12
1 ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	17
1.1 ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΕΙΦΟΡΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗ	17
1.2 ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	19
Παθητικά ηλιακά συστήματα:.....	19
Θερμικά ηλιακά συστήματα:.....	19
Φωτοβολταϊκά ηλιακά συστήματα:.....	20
1.3 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	22
1.4 ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	24
1.5 ΚΥΜΑΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	25
1.6 ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ	27
1.7 ΤΑΣΕΙΣ ΣΤΙΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	28
2 ΒΙΟΜΑΖΑ	31
2.1 Η ΒΙΟΜΑΖΑ ΚΑΙ ΟΙ ΠΤΥΧΕΣ ΤΗΣ	31
2.2 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	34
2.3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	38
ΚΑΥΣΗ.....	38
ΠΥΡΟΛΥΣΗ	40
ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ	41
ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ	43
2.4 ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΚΑΙ ΤΑΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	45
3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ	48
3.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΟΥΣΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ ΣΠΑΡΤΗΣ	48
3.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΜΟΥΣΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ ΣΠΑΡΤΗΣ.....	51
4 ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΜΟΥΣΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ ΣΠΑΡΤΗΣ ΜΕ ΒΙΟΜΑΖΑ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΜΕΣΩ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ	62
4.1 ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΜΕ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ.....	62
4.2 ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΜΕ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ	64

4.3	ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΜΕ ΒΙΟΜΑΖΑ.....	65
4.4	ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	67
5	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	69
6	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	72
7	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	76

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

- Σχήμα 1.1. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την ηλιακή ακτινοβολία [6]
- Σχήμα 1.2. Τρόπος διανομής ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται μέσω ανεμογεννητριών [9]
- Σχήμα 1.3. Τρόπος λειτουργίας υδροηλεκτρικών μονάδων [11]
- Σχήμα 1.4. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την κυματική ενέργεια μέσω διάταξης τουρμπίνας γεννήτριας [12]
- Σχήμα 1.5. Γεωθερμικό σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας [15]
- Σχήμα 1.6. Τάσεις στην παγκόσμια ενέργεια [16]
- Σχήμα 1.7. Θέση Ελλάδας σε παγκόσμιο επίπεδο με κριτήριο το ποσοστό συμμετοχής των ΑΠΕ στο ενεργειακό μείγμα [16]
- Σχήμα 2.1. Ο κύκλος παραγωγής ενέργειας στη βιομάζα [17]
- Σχήμα 2.2. Βιομάζα και βιοενέργεια [17]
- Σχήμα 2.3. Τυπική διάταξη συστήματος καύσης βιομάζας [22]
- Σχήμα 2.4. Τυπική μεταβολή εκπομπών CO και CO₂ σε συνάρτηση με την απόδοση σε συστήματα εκμετάλλευσης της βιομάζας [22]
- Σχήμα 2.6. Αεριοποίηση βιομάζας [26]
- Σχήμα 2.8. Παραγωγή και ενεργειακή αξιοποίηση βιοαερίου [28]
- Σχήμα 2.9. Ενεργειακή εξάρτηση Ευρωπαϊκής Ένωσης και καθαρές εισαγωγές [31]
- Σχήμα 2.10. Ενεργειακό μίγμα παραγωγής στην Ελλάδα – Έτος 2021 [32]
- Σχήμα 3.1. Τοπογραφικό διάγραμμα Μουσικού Σχολείου Σπάρτης
- Σχήμα 3.2. Προσανατολισμός και σχετική θέση κτιρίων Μουσικού Σχολείου Σπάρτης
- Σχήμα 3.3. Τρόπος μεταβολής των αξόνων των πτερύγων για τη βελτιστοποίηση της θερμικής λειτουργίας του κτιριακού συγκροτήματος
- Σχήμα 4.1. ΕΚΠΕ με χρήση 1) βιομάζας, 2) πετρελαίου και 3) φυσικού αερίου
- Σχήμα 4.2. ΕΚΟ με χρήση 1) βιομάζας, 2) πετρελαίου και 3) φυσικού αερίου

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1. Σύνθεση σημαντικότερων ενεργειακών καλλιεργειών – πηγών βιομάζας [20]

Πίνακας 2.2. Παγκόσμιο δυναμικό βιομάζας [30]

Πίνακας 2.3. Δυναμικό βιομάζας στην Ελλάδα [30]

Πίνακας 3.1. Κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα [33]

Πίνακας 3.2. Εξωτερικές συνθήκες

Πίνακας 3.3. Εσωτερικές συνθήκες – Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων

Πίνακας 3.4. Εσωτερικές συνθήκες – Λοιποί χώροι

Πίνακας 3.5. Τιμές χαρακτηριστικού αριθμού H

Πίνακας 3.6. Τιμές χαρακτηριστικού αριθμού R

Πίνακας 3.7. Τιμές συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας δομικών στοιχείων

Πίνακας 3.8. Τιμές συντελεστή ZH για τα δομικά στοιχεία του κτιρίου

Πίνακας 3.9. Τιμές συντελεστή ZD

Πίνακας 3.10. Τιμές συντελεστή ZΓ

Πίνακας 3.11. Θερμικές απώλειες χώρων Μουσικού Σχολείου Σπάρτης και συνολικές θερμικές απώλειες κτιριακού συγκροτήματος

Πίνακας 4.1. Μέση ετήσια ειδική κατανάλωση θερμικής ενέργειας (kWh / m²) [35]

Πίνακας 4.2. Συντελεστές μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια [37]

Πίνακας 4.3. Πίνακας αποτελεσμάτων

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τις τελευταίες δεκαετίες έχει αυξηθεί ισχυρά στην παγκόσμια κοινότητα ο προσανατολισμός στην προστασία του περιβάλλοντος. Σε ένα τέτοιο πλαίσιο, άτομα και επιχειρήσεις υιοθετούν συνεχώς και με όλο και εντεινόμενο ρυθμό δράσεις προς αυτή την κατεύθυνση. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούν μορφές ενέργειας των οποίων η χρήση δεν συνοδεύεται από ρύπανση του περιβάλλοντος όπως συμβαίνει με τους άλλους τύπους ενέργειας που χρησιμοποιούνται ευρέως στους διάφορους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας. Η όλο και μεγαλύτερη εισχώρηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο ενεργειακό μείγμα, αποτελεί βασική επιδίωξη του συνόλου των ανεπτυγμένων χωρών σε παγκόσμιο επίπεδο. Τα κτίρια αποτελούν ένα βασικό κομμάτι του δομημένου περιβάλλοντος στο οποίο καταναλώνονται μεγάλα ποσά ενέργειας. Υπό αυτό το πρίσμα, η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε αυτά αποτελεί μια κομβική ανάγκη. Τα κτίρια εκπαίδευσης δεν αποτελούν εξαίρεση.

Σκοπός της εργασίας είναι να προσεγγίσει το ζήτημα της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στα κτίρια εκπαίδευσης, μέσα από τη μελέτη της περίπτωσης χρήσης βιομάζας για τη θέρμανση στο Μουσικό Σχολείο Σπάρτης.

Για το σκοπό αυτό, η κύρια ανάλυση της εργασίας αποτελείται από τέσσερα κεφάλαια. Το πρώτο κεφάλαιο (Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας), αποτελεί μια γενική θεωρητική προσέγγιση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με ταυτόχρονη αποτύπωση των τάσεων στο πεδίο και την σύγχρονη πραγματικότητα. Στο δεύτερο κεφάλαιο (Βιομάζα), πραγματοποιείται μια εξειδικευμένη ανάλυση της βιομάζας. Και σε αυτό το κεφάλαιο, αναδεικνύονται οι τάσεις και οι δυνατότητες σε σχέση με αυτή τη μορφή ανανεώσιμης πηγής ενέργειας αλλά και οι τρόποι που μπορεί να αξιοποιηθεί με τα σημερινά δεδομένα. Στο τρίτο κεφάλαιο (Υπολογισμός θερμικών απωλειών), λαμβάνει χώρα ο υπολογισμός των θερμικών απωλειών του κτιριακού συγκροτήματος του Μουσικού Σχολείου Σπάρτης, ανά τμήμα του κτιρίου και αθροιστικά προκύπτουν οι συνολικές θερμικές απώλειες αυτού. Τέλος, στο τέταρτο κεφάλαιο (Θέρμανση μουσικού σχολείου Σπάρτης με βιομάζα και σύγκριση με θέρμανση μέσω πετρελαίου και φυσικού αερίου), πραγματοποιείται συγκριτική αξιολόγηση της χρήσης βιομάζας στο σχολικό κτίριο αναφοράς με τη χρήση πετρελαίου και φυσικού αερίου που αποτελούν σήμερα τις βασικότερες και συχνότερες μορφές ενέργειας που χρησιμοποιούνται στα συστήματα θέρμανσης των κτιρίων. Επιπλέον στο κεφάλαιο

αυτό, η συγκριτική αξιολόγηση πραγματοποιείται και σε όρους οικονομίας, πέρα από ενέργειας, καθώς η σύνδεση μεταξύ των δύο και η αναζήτηση του βέλτιστου χειρισμού αποτελεί μείζονος σημασίας αντικείμενο, ειδικότερα όταν απευθύνεται κανείς σε κτίρια δημοσίου ενδιαφέροντος και χρήσης.

Γενικές κατευθύνσεις στο πεδίο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας:

Βασικός στόχος των εθνικών, ευρωπαϊκών και διεθνών ενεργειακών πολιτικών στα πλαίσια και της προσπάθειας για αντιμετώπιση των επιπτώσεων από την κλιματική αλλαγή, είναι η εύρεση, η διαχείριση και η αξιοποίηση ενεργειακών πόρων με τέτοιο τρόπο ώστε να καλύπτονται με επαρκή, ασφαλή και αξιόπιστο τρόπο οι ενεργειακές απαιτήσεις. Η κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων θα πρέπει να λαμβάνει χώρα με τις καλύτερες δυνατές προϋποθέσεις για τα άτομα και την κοινωνία. Έναν άλλο σημαντικό στόχο αποτελεί η ενίσχυση των αποθεμάτων ενέργειας, η δημιουργία συμμετοχικών σχημάτων και εξεύρεση εναλλακτικών τρόπων για την κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων, με ταυτόχρονη την εξασφάλιση προστασίας στον καταναλωτή της ενέργειας. Αυτός ο στόχος επιτυγχάνεται με την εφαρμογή μηχανισμών για την εξισορρόπηση των επιπτώσεων από εξωγενείς και αποσταθεροποιητικές επιδράσεις. Τρίτο στόχο αποτελεί η επίτευξη βιώσιμης ανάπτυξης στο πλήρες φάσμα του ενεργειακού πεδίου, από την παραγωγή της ενέργειας έως τη μεταφορά αυτής στον τελικό χρήστη. Η ανάπτυξη θα πρέπει να επιτυγχάνεται μέσα από διαδικασίες και πολιτικές που έχουν ως βασική μέριμνα την προστασία του περιβάλλοντος [1, 2].

Για την εκπλήρωση αυτών των στόχων, οι στρατηγικές για την ενέργεια σε ευρωπαϊκό και διεθνές επίπεδο χαρακτηρίζονται από τις ακόλουθες προτεραιότητες [1, 2]:

- Ενίσχυση της ενεργειακής αποδοτικότητας μέσα από επενδύσεις σε κτίρια, και σε ενεργειακά αποδοτικά προϊόντα, υπηρεσίες και μεταφορές.
- Οικοδόμηση μιας υπερεθνικής αγοράς ενέργειας με κατασκευή κατάλληλων υποδομών και ταύτιση συμφερόντων.

- Ενδυνάμωση των σχέσεων των χωρών με τους εξωτερικούς προμηθευτές ενέργειας και ενίσχυση της προσπάθειας για ένταξη των χωρών γειτνίασης στην εσωτερική αγορά της ενέργειας.
- Προστασία των καταναλωτών με ενίσχυση του ανταγωνισμού στην αγορά της ενέργειας καθώς και των δυνατοτήτων τους να προβαίνουν στις καλύτερες επιλογές, να παρακολουθούν τη χρησιμοποίηση της ενέργειας και να επιλύουν ζητήματα που ανακύπτουν.
- Υλοποίηση των στρατηγικών σχεδίων σε σχέση με τη χρήση ενεργειακών τεχνολογιών που αφορούν στη χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, στη δέσμευση και αποθήκευση του άνθρακα και στα έξυπνα κτίρια.

1 ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

1.1 ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΕΙΦΟΡΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗ

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), εξαιτίας της φύσης τους και της σύνδεσής τους με το φυσικό περιβάλλον, χρησιμοποιούνται από τον άνθρωπο στις διάφορες μορφές που λαμβάνουν, από την αρχή της ύπαρξής του. Στις ΑΠΕ εντάσσεται κάθε πηγή ενέργειας η οποία είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί προκειμένου να παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια και η οποία ανανεώνεται μέσω φυσικών διεργασιών και φαινομένων που χαρακτηρίζονται από μόνιμο κύκλο. Σε μια τέτοια βάση, οι ΑΠΕ αποτελούν καθαρές μορφές ενέργειας οι οποίες έχουν ως βασικό χαρακτηριστικό ότι δεν εξαντλούνται ποτέ. Η ‘καθαρότητα’ είναι το κομβικό στοιχείο που διέπει τις ΑΠΕ μιας και η χρήση τους δε συνοδεύεται από ρύπανση του περιβάλλοντος εφόσον η επεξεργασία τους δεν οδηγεί σε αποδέσμευση διοξειδίου του άνθρακα, υδρογονανθράκων ή ραδιενεργών και τοξικών ουσιών όπως συμβαίνει με τους άλλους τύπους ενέργειας που χρησιμοποιούνται ευρέως στους διάφορους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας. Επιπρόσθετα, για την εκμετάλλευσή τους, δεν είναι αναγκαία η υιοθέτηση διεργασιών άντλησης, εξόρυξης ή καύσης. Εν γένει, οι ΑΠΕ αποτελούν μορφές ενέργειας που σχετίζονται με φυσικές διαδικασίες και με την εκμετάλλευση στοιχείων όπως είναι η ηλιακή ενέργεια, ο άνεμος, η υδροηλεκτρική ενέργεια, η κυματική ενέργεια, η γεωθερμία και η βιομάζα [1].

Οι ΑΠΕ αρχίζουν να λαμβάνουν υπόσταση στο πεδίο της ανθρώπινης ζωής και ανθρώπινης καθημερινότητας τη δεκαετία του 1970 όταν αρχίζουν να γίνονται γνωστές στο ευρύ κοινό και να αποκτούν καίριο ρόλο και θέση στις συζητήσεις για την ενέργεια και στις εναλλακτικές επιλογές των ληπτών αποφάσεων σε σχέση με αυτή. Η ενεργειακή κρίση που έπληττε το παγκόσμιο γίνεσθαι τη συγκεκριμένη περίοδο αποτέλεσε το εφαλτήριο για την αναζήτηση εναλλακτικών επιλογών με σκοπό την απεξάρτηση από τις συμβατικές μορφές ενέργειας. Τότε κατέστη ευρέως αποδεκτό για πρώτη φορά ότι οι ΑΠΕ συγκεντρώνουν μια σειρά πλεονεκτημάτων που δεν παρατηρούνται σε κανέναν άλλο τύπο ενέργειας, η εκμετάλλευση των οποίων μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικά οφέλη σε κοινωνικό, οικονομικό και περιβαλλοντικό επίπεδο. Η επιστροφή των τιμών του πετρελαίου σε χαμηλά επίπεδα αποτέλεσε τροχοπέδη για τη μεγαλύτερη διεύθυνση των ΑΠΕ στο πεδίο της παραγωγής ενέργειας

εκείνη την περίοδο. Τη δεκαετία του 1990 το ενδιαφέρον για τις ΑΠΕ αναζωπυρώνεται με εφιαλτήριο τώρα τις δυσμενείς συνέπειες των συμβατικών πηγών ενέργειας στο περιβάλλον που οδηγεί στην ανάγκη για αναζήτηση λύσεων φιλικότερων προς αυτό. Μέχρι και σήμερα, ενισχύεται συνεχώς το αίσθημα ευθύνης των ατόμων προς το περιβάλλον και την προστασία αυτού, η τάση των επιχειρήσεων για υιοθέτηση δράσεων εταιρικής κοινωνικής ευθύνης με προσανατολισμό στην προστασία του περιβάλλοντος καθώς και η ροπή των κυβερνήσεων και των οργανισμών σε ευρωπαϊκό και διεθνές επίπεδο για λήψη μέτρων για την επίτευξη της βιώσιμης ανάπτυξης. Οι ΑΠΕ αποτελούν τον κατεξοχήν τύπο ενέργειας που σχετίζεται με τη βιωσιμότητα και την αειφορία [2].

Ως αειφορία ορίζεται η δυνατότητα κάλυψης των αναγκών των σημερινών γενεών χωρίς να διακυβεύεται η δυνατότητα κάλυψης των αναγκών των μελλοντικών γενεών. Ουσιαστικά, η αειφορία συνδέεται με την εξασφάλιση επαρκών πόρων για τις μελλοντικές γενιές έτσι ώστε να διασφαλίζεται η ποιότητα ζωής τους. Η υιοθέτηση στρατηγικών μακροπρόθεσμου χαρακτήρα και η συμμετοχή του συνόλου των ατόμων στις δράσεις που σχετίζονται με την αειφορία, αποτελούν κομβικές προϋποθέσεις για την επίτευξη αυτής [3].

Με τη ζήτηση για ενέργεια να αυξάνεται συνεχώς και τους προβληματισμούς για την επάρκεια των συμβατικών καυσίμων να ενισχύονται όλο και περισσότερο, οι ΑΠΕ χαρακτηρίζονται από ενεργειακό δυναμικό προς εκμετάλλευση που κινείται σε πολλαπλάσια επίπεδα από την παγκόσμια ζήτηση για ενέργεια. Και με το πλεονέκτημα της φιλικότητας προς το περιβάλλον. Σε μικρές και αναπτυσσόμενες χώρες, οι ΑΠΕ μπορούν να εξασφαλίσουν την απαιτούμενη ενεργειακή αυτάρκεια χωρίς την εξάρτηση από το πετρέλαιο και τις υψηλές ανά περίοδο τιμές του ή από άλλες συμβατικές μορφές ενέργειας. Τέλος, η όλο και μεγαλύτερη χρήση των ΑΠΕ συνεισφέρει σημαντικά στην ενίσχυση της οικονομίας και της απασχόλησης. Τα έργα ΑΠΕ δημιουργούν θέσεις εργασίας, με τις θέσεις αυτές να μην αφορούν μόνο τα αστικά κέντρα αλλά και τις αγροτικές περιοχές όπου υπάρχουν χώροι για δημιουργία ισχυρών υποδομών ΑΠΕ και μεγάλη ανάγκη για θέσεις απασχόλησης και για τόνωση της τοπικής οικονομίας [2].

1.2 ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Στην κατηγορία της ηλιακής ενέργειας, περιλαμβάνονται όλες εκείνες οι μορφές ενέργειας που προέρχονται από τον ήλιο. Η διαθέσιμη ποσότητα ηλιακής ενέργειας είναι ανεξάντλητη. Μπορούν να παραχθούν σε ετήσια βάση, για κάθε τετραγωνικό μέτρο (m^2) του πλανήτη, 1.700 κιλοβατώρες (kWh). Στο πεδίο της εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας διακρίνονται τα ακόλουθα συστήματα [4]:

Παθητικά ηλιακά συστήματα:

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα αποτελούν συστήματα η λειτουργία των οποίων βασίζεται αποκλειστικά στους φυσικούς νόμους και αρχές της μεταφοράς θερμότητας, της θερμικής διαστρωμάτωσης και της μεταφοράς του αέρα. Για την επιτέλεση της λειτουργίας τους δε μεσολαβεί καμία πρόσθετη τεχνολογική συσκευή ή μηχανολογικός εξοπλισμός.

Τα εν λόγω ηλιακά συστήματα αφορούν στο σχεδιασμό των κτιρίων με χρήση των αρχών της βιοκλιματικής προσέγγισης. Η χρήση των παθητικών ηλιακών συστημάτων ενισχύει το βιοκλιματικό χαρακτήρα των κτιρίων, καλύπτοντας τις ενεργειακές ανάγκες αυτών με όσο το δυνατό μεγαλύτερη απόδοση. Οι κύριοι παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό των κτιρίων είναι η τοποθεσία, το σχήμα και η εσωτερική κατανομή των χώρων τους.

Στην πλειονότητα των περιπτώσεων, αναφορικά με το βόρειο ημισφαίριο του πλανήτη, διαμορφώνονται στη νότια όψη των κτιριακών εγκαταστάσεων όπου προσπίπτει μεγαλύτερο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας, έτσι ώστε να μεγιστοποιείται ο βαθμός εκμετάλλευσης αυτής. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα είναι σημαντικά στις περιπτώσεις κτιρίων που εδράζονται σε κρύα κλίματα όπου οι ανάγκες για θέρμανση σε όλη τη διάρκεια του έτους είναι πολύ μεγαλύτερες από τις ανάγκες για ψύξη.

Θερμικά ηλιακά συστήματα:

Τα θερμικά ηλιακά συστήματα αποτελούν διατάξεις μέσω των οποίων λαμβάνει χώρα μετατροπή της ακτινοβολίας του ήλιου σε θερμική ενέργεια. Η ενέργεια αυτή είναι έτοιμη προς άμεση εκμετάλλευση για σκοπούς θέρμανσης χώρων, παραγωγής ζεστού νερού χρήσης και θέρμανσης δεξαμενών, όπως είναι για παράδειγμα οι κολυμβητικές δεξαμενές.

Τα θερμικά ηλιακά συστήματα διαθέτουν δύο βασικά στοιχεία: τους ηλιακούς συλλέκτες και τα ηλιακά θερμοδοχεία. Οι ηλιακοί συλλέκτες υιοθετούνται για την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας και τη μετατροπή της σε ενέργεια. Η ενέργεια αυτή μεταφέρεται στα δοχεία αποθήκευσης. Τα θερμικά ηλιακά συστήματα σχεδιάζονται και τα βασικά στοιχεία αυτών παραμετροποιούνται ανάλογα με τις ανάγκες του εκάστοτε έργου.

Οι ηλιακοί συλλέκτες τοποθετούνται με τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται ο προσανατολισμός τους στον ήλιο. Η ηλιακή ενέργεια απορροφάται υπό τη μορφή θερμότητας σε κάποιο ρευστό. Ως τέτοιο χρησιμοποιείται συνήθως το νερό. Τα παραγόμενα αποτελέσματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε σε οικιακό είτε σε βιομηχανικό επίπεδο. Η συνεχής εξέλιξη στο πεδίο της τεχνολογίας ενισχύει τις δυνατότητες για εκμετάλλευση της ενέργειας που παράγεται μέσω των θερμικών ηλιακών συστημάτων. Για παράδειγμα, μέσω ενδεδειγμένων διατάξεων, τα παραγόμενα αποτελέσματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν όχι μόνο για θέρμανση αλλά και για κλιματισμό των χώρων με δημιουργία και συνθηκών ψύξης.

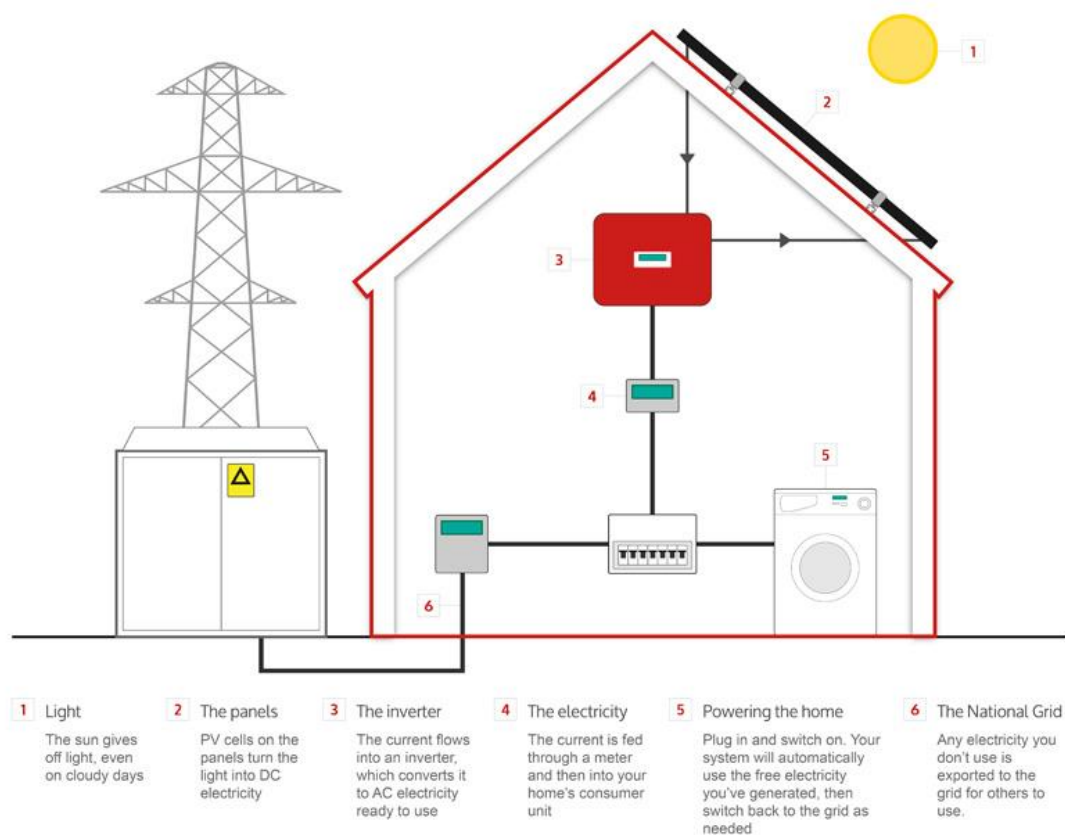
Φωτοβολταϊκά ηλιακά συστήματα:

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική ενέργεια και αποτελούν τον πιο γνωστό τύπο συστημάτων στο πεδίο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Τα εν λόγω συστήματα μπορούν να κατασκευαστούν για ιδιωτική χρήση σε σπίτια, για τοποθέτηση σε δημόσιες κτιριακές εγκαταστάσεις και γραφεία καθώς και για τη δημιουργία φωτοβολταϊκών πάρκων. Βασικό τους μειονέκτημα αποτελεί το αρκετά υψηλό κόστος εγκατάστασης. Για την αντιμετώπιση αυτού του μειονεκτήματος, στα πλαίσια της συνεχούς προσπάθειας για ενίσχυση των ΑΠΕ στην παραγωγή ενέργειας, υιοθετούνται από τις κυβερνήσεις και την Ευρωπαϊκή Ένωση δράσεις, όπως είναι οι επιδοτήσεις. Κομβικό πλεονέκτημα των φωτοβολταϊκών συστημάτων αποτελεί το γεγονός ότι αυτά αποδίδουν τη μέγιστη ισχύ τους στο χρονικό σημείο της ημέρας όπου μεγιστοποιείται η ζήτηση [5].

Η απόδοση των φωτοβολταϊκών συστημάτων εξαρτάται άμεσα από την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και τη διάρκεια της ηλιοφάνειας στο σημείο τοποθέτησης. Μέσω της συλλογής του διάχυτου φωτός του ήλιου, είναι εφικτή η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και σε ημέρες όπου επικρατούν συνθήκες συννεφιάς ή βροχόπτωσης. Για τη λειτουργία των φωτοβολταϊκών συστημάτων, χρησιμοποιούνται

συλλέκτες ηλιακής ενέργειας στους οποίους λαμβάνει χώρα δημιουργία ηλεκτρικού πεδίου εξαιτίας του οποίου προκαλείται ροή ηλεκτρικής ενέργειας.

Εν γένει, τα βασικά στοιχεία που περιλαμβάνει ένα φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελούν: ο ηλιακός συλλέκτης, ο μετατροπέας, το σύστημα αποθήκευσης και οι ρυθμιστές προσανατολισμού. Ο ηλιακός συλλέκτης ενσωματώνεται στο σύστημα για τη συλλογή της ηλιακής ενέργειας που θα μετατραπεί σε ηλεκτρική. Ο μετατροπέας χρησιμοποιείται για τη μετατροπή του συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο. Το σύστημα αποθήκευσης αφορά στα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα και υιοθετείται για την αποθήκευση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας για μετέπειτα χρήση. Οι ρυθμιστές προσανατολισμού ενσωματώνονται στα φωτοβολταϊκά συστήματα έτσι ώστε να εξασφαλίζεται ανά πάσα στιγμή η κατεύθυνση των φωτοβολταϊκών πανέλων που συνθέτουν το σύστημα προς το σημείο που υπάρχει η μεγαλύτερη ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας (Σχήμα 1.1 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την ηλιακή ακτινοβολία) [5].



Σχήμα 1.1. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την ηλιακή ακτινοβολία [6].

Τέλος, ανάλογα με τη χρήση και το σκοπό για τον οποίο προορίζονται, τα φωτοβολταϊκά συστήματα διακρίνονται σε αυτόνομα και διασυνδεδεμένα. Στα αυτόνομα συστήματα, η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια καταναλώνεται απευθείας από τον παραγωγό. Στα διασυνδεδεμένα συστήματα, όλη η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια ή μέρος αυτής μεταφέρεται στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας προκειμένου να καταναλωθεί σε άλλες χρήσεις.

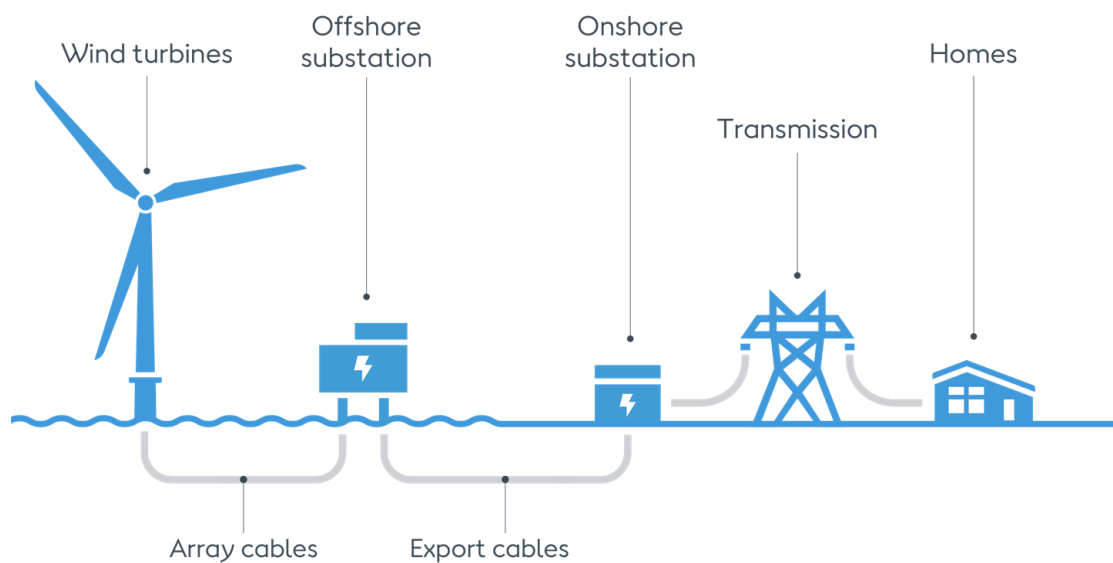
1.3 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Στην κατηγορία της αιολικής ενέργειας, περιλαμβάνονται όλες εκείνες οι μορφές ενέργειας που προέρχονται από τον άνεμο. Τα συστήματα ΑΠΕ που βασίζονται στην αιολική ενέργεια εκμεταλλεύονται την ενέργεια του ανέμου την οποία μετατρέπουν σε ηλεκτρική ενέργεια. Τα εν λόγω συστήματα αποτελούν αυτά με τη μεγαλύτερη ανάπτυξη τις τελευταίες δύο δεκαετίες σε σχέση με τα υπόλοιπα συστήματα που εμπίπτουν στο πεδίο των ΑΠΕ [7].

Για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας στη σημερινή πραγματικότητα των ΑΠΕ χρησιμοποιούνται οι διατάξεις των ανεμογεννητριών, ονομαζόμενες και αιολικά πάρκα. Οι ανεμογεννήτριες αποτελούν μηχανικές διατάξεις μέσω των οποίων λαμβάνει χώρα η μετατροπή της κινητικής ενέργειας του ανέμου σε ηλεκτρική. Η κινητική ενέργεια του ανέμου θέτει σε κίνηση τα πτερύγια της ανεμογεννήτριας και μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια. Η μηχανική ενέργεια που παράγεται μέσω της κίνησης των πτερυγίων της ανεμογεννήτριας μεταφέρεται σε μια γεννήτρια, μέσω της οποίας μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια. Το πόσο της ενέργειας που μεταφέρεται μέσω του ανέμου σε μια ανεμογεννήτρια για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εξαρτάται από την πυκνότητα του αέρα, την επιφάνεια των πτερυγίων και την ταχύτητα του ανέμου [8].

Για την κατασκευή αποδοτικών αιολικών πάρκων απαιτούνται υψηλές ταχύτητες ανέμου. Η μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου με τιμή 6 m/sec αποτελεί το κατώτατο όριο. Επίσης, απαιτούνται εκτάσεις γης μεγάλης επιφάνειας. Δυνατότητα χωροθέτησης ενός αιολικού πάρκου υπάρχει τόσο στην ξηρά όσο και στη θάλασσα αρκεί να καλύπτονται τα απαιτούμενα κριτήρια χωροθέτησης και απόδοσης. Εκτάσεις που ικανοποιούν αυτά τα κριτήρια βρίσκονται κατά κανόνα σε απόσταση από κατοικημένες περιοχές και αστικά κέντρα [7].

Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται μέσω των ανεμογεννητριών μπορεί να καταναλωθεί είτε με απευθείας τρόπο είτε να διοχετευτεί στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας (Σχήμα 1.2 Τρόπος διανομής ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται μέσω ανεμογεννητριών). Στην περίπτωση που η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας υπερβαίνει τη ζήτηση, τότε είναι δυνατή η αποθήκευσή της. Για μονάδες μικρής κλίμακας, η αποθήκευση πραγματοποιείται μέσω της χρησιμοποίησης ηλεκτρικών συσσωρευτών. Για μεγαλύτερες ποσότητες παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, λαμβάνει χώρα άντληση ύδατος με χρήση αυτής και διοχέτευσή του σε τεχνητές λίμνες οι οποίες τροφοδοτούν υδροηλεκτρικούς σταθμούς [8].



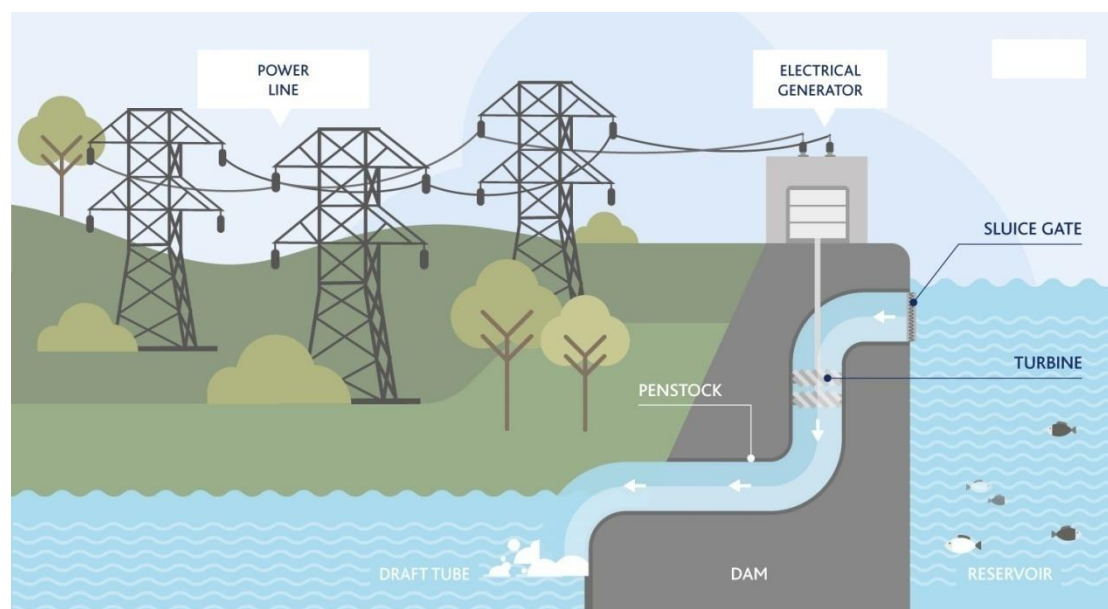
Σχήμα 1.2. Τρόπος διανομής ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται μέσω ανεμογεννητριών [9].

Η αιολική ενέργεια, όπως και η ηλιακή ενέργεια, αποτελεί μια μορφή ενέργειας που απαντάται σε απεριόριστες ποσότητες και χωρίς κόστος. Διακρίνεται από δυνατότητες για επίτευξη υψηλής ενεργειακής απόδοσης, με ελάχιστες επιπτώσεις στο περιβάλλον. Όμοια με την περίπτωση των φωτοβολταϊκών συστημάτων, το κόστος εγκατάστασης ενός αιολικού συστήματος είναι αρκετά υψηλό. Επιπρόσθετα βασικά μειονεκτήματα ενός αιολικού συστήματος πέραν του κόστους αποτελούν: ο θόρυβος που προέρχεται από τα μηχανικά στοιχεία των ανεμογεννητριών, η αλλοίωση που προκαλείται στο φυσικό τοπίο και η όχληση που δέχονται τα πτηνά [7].

1.4 ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η υδροηλεκτρική ενέργεια σχετίζεται με την εκμετάλλευση της δυναμικής ενέργειας που περιέχουν τα νερά των λιμνών και της κινητικής ενέργειας που διαθέτουν τα νερά των ποταμών. Οι τύποι αυτοί ενέργειας μετατρέπονται σε ηλεκτρική ενέργεια [1].

Σε πρώτο στάδιο, λαμβάνει χώρα η μετατροπή της κινητικής ενέργειας του ύδατος σε μηχανική ενέργεια μέσω της περιστροφικής κίνησης της περωτής του στροβίλου που διαθέτει το χρησιμοποιούμενο σύστημα. Στη συνέχεια, η μηχανική ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική μέσω γεννήτριας. Οι υδροηλεκτρικές μονάδες φέρουν κατά κανόνα ένα φράγμα μέσω του οποίου επιτυγχάνεται η συγκράτηση μεγάλων ποσοτήτων νερού. Με αυτό τον τρόπο δημιουργείται μια δεξαμενή ύδατος στις μονάδες. Η δομή του φράγματος χαρακτηρίζεται από διόδους μέσα από τις οποίες περνάει το νερό. Με τη βοήθεια της βαρύτητας το νερό διοχετεύεται μέσω αγωγού στις διατάξεις των τουρμπινών με τελική κατάληξη στις περωτές, προκαλώντας την περιστροφή αυτών. Η περιστροφική αυτή κίνηση μεταφέρεται στη γεννήτρια του συστήματος έτσι ώστε να λάβει χώρα η μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική (Σχήμα 1.3 Τρόπος λειτουργίας υδροηλεκτρικών μονάδων) [10].



Σχήμα 1.3. Τρόπος λειτουργίας υδροηλεκτρικών μονάδων [11].

Το σύνολο των δραστηριοτήτων, των απαιτούμενων έργων και του αναγκαίου εξοπλισμού για τη μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική αποκαλείται Υδροηλεκτρικό Έργο. Με την ύπαρξη ενδεδειγμένων υδάτινων πόρων και επαρκούς επιπέδου βροχοπτώσεων, η υδροηλεκτρική ενέργεια αποτελεί μια πολύ σημαντική ανανεώσιμη μορφή ενέργειας. Τα υδροηλεκτρικά έργα χαρακτηρίζονται από μεγάλο κύκλο ζωής, υψηλά ποσοστά ανταποδοτικότητας σε επενδυτικό πλαίσιο και από τη δυνατότητα για διασύνδεση με το δίκτυο ενέργειας. Από την άλλη, επηρεάζουν σε τεκτονικό και γεωλογικό επίπεδο την περιοχή και επιφέρουν περιβαλλοντικές επιπτώσεις εξαιτίας της εκτεταμένης κλίμακας έργων που απαιτούνται. Μια ενδεδειγμένη μελέτη μπορεί να αναιρέσει σε σημαντικό βαθμό το τελευταίο μειονέκτημα με τη δημιουργία για παράδειγμα υδροβιότοπων στην περιοχή που μπορούν επιπρόσθετα να αποτελέσουν τουριστικό πόλο έλξης [1].

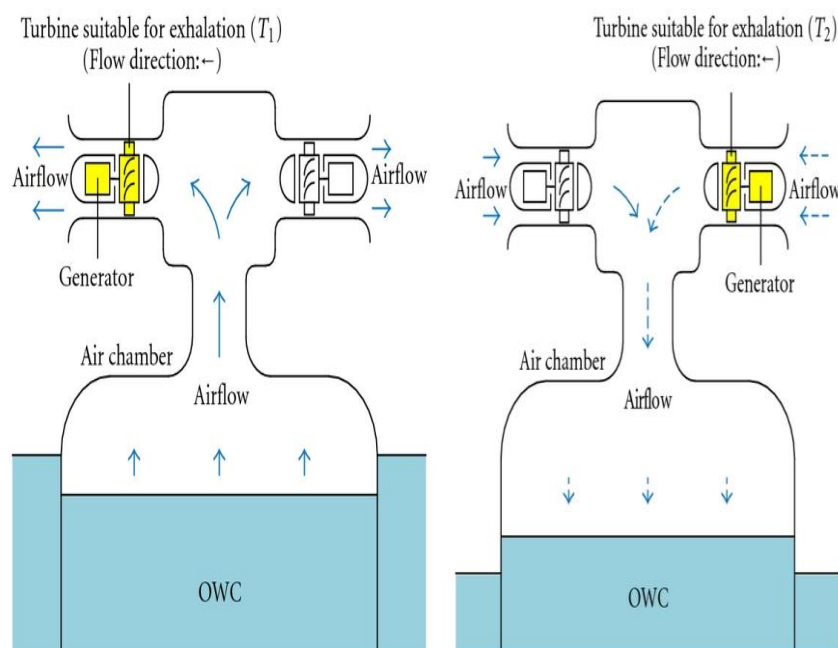
Τα υδροηλεκτρικά έργα κατηγοριοποιούνται σε μικρής και μεγάλης κλίμακας. Ένας υδροηλεκτρικός σταθμός μικρής κλίμακας αποτελεί ένα έργο υψηλής συμβατότητας με το περιβάλλον μιας και οι παρεμβάσεις που απαιτούνται στην περιοχή που θα εγκατασταθεί το έργο μπορούν να ενσωματωθούν τόσο σε λειτουργικό όσο και σε αισθητικό επίπεδο στα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά αυτής, με εκμετάλλευση και αξιοποίηση των τοπικών πόρων. Τα υδροηλεκτρικά έργα μικρής κλίμακας αποτελούν κατά κανόνα έργα που χαρακτηρίζονται από συνεχή ροή με αποτέλεσμα να μην απαιτείται σε σημαντικό βαθμό περισυλλογή και αποταμίευση νερού. Σε ένα τέτοιο πλαίσιο, δεν απαιτείται και η κατασκευή ταμιευτήρων και φραγμάτων μεγάλου όγκου. Στους υδροηλεκτρικούς σταθμούς μεγάλης κλίμακας τέτοιες κατασκευές είναι απαραίτητες, με αποτέλεσμα να μειώνεται η δυνατότητα για χαμηλή παρέμβαση στο περιβάλλον της περιοχής [10].

1.5 ΚΥΜΑΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Το νερό της θάλασσας και των ωκεανών δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αξιοποίηση της υδραυλικής ενέργειας, όπως περιεγράφηκε στο προηγούμενο χωρίο, γιατί δεν μπορεί να κινηθεί με ταχύτητα προς τις περιοχές χαμηλότερου υψομέτρου. Η κίνηση αυτού λαμβάνει χώρα εξαιτίας της παλίρροιας / άμπωτη – πλημμυρίδα και των ρευμάτων, ως αποτέλεσμα της θερμοκρασιακής διαφοράς στα διάφορα σημεία του νερού. Επίσης, στο νερό της θάλασσας και των ωκεανών λαμβάνει χώρα παλινδρομική

κίνηση, που προκαλεί τον κυματισμό των υδάτων. Αυτές οι κινήσεις μπορούν να αξιοποιηθούν για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης, προς αυτή την κατεύθυνση, είναι δυνατή η εκμετάλλευση της θερμοκρασιακής διαφοράς που απαντάται μεταξύ της επιφάνειας και των στρωμάτων της θάλασσας που βρίσκονται σε μεγαλύτερο βάθος [1].

Ένας διαδεδομένος τρόπος εκμετάλλευσης της κυματικής ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι μέσω μιας διάταξης τουρμπίνας – γεννήτριας (Σχήμα 1.4. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την κυματική ενέργεια μέσω διάταξης τουρμπίνας γεννήτριας). Η κινητική ενέργεια των κυμάτων προκαλεί την περιστροφή της τουρμπίνας. Πιο συγκεκριμένα, η ανυψωτική κίνηση του κύματος προκαλεί την πίεση του αέρα προς τα πάνω εντός του θαλάμου, με αποτέλεσμα να προκαλείται περιστροφική κίνηση της τουρμπίνας. Με αυτό τον τρόπο, κινητοποιείται η γεννήτρια προς παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.



Σχήμα 1.4. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την κυματική ενέργεια μέσω διάταξης τουρμπίνας γεννήτριας [12].

Ένα σύστημα αξιοποίησης της κυματικής ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να χωροθετηθεί σε οποιοδήποτε σημείο της θάλασσας ή του ωκεανού. Είναι δυνατή η αγκύρωσή του στον πυθμένα ή η υιοθέτηση της πλωτής προσέγγισης ανοιχτά της θάλασσας ή του ωκεανού. Μπορεί επίσης να εγκατασταθεί

στο παραλιακό μέτωπο ή στα ρηχά νερά. Στη βάση των εν λόγω δυνατοτήτων εγκατάστασης, ένα σύστημα εκμετάλλευσης της κυματικής ενέργειας μπορεί να είναι πλήρως βυθισμένο στο νερό ή να είναι εγκατεστημένο πάνω από τη στάθμη του νερού σε μια πλωτή βάση. Η πλειονότητα των συστημάτων χωροθετούνται στην ακτογραμμή.

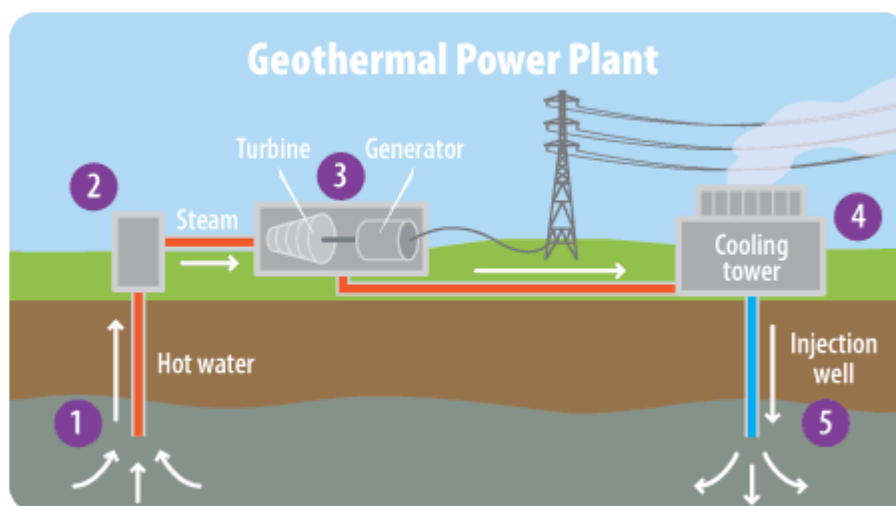
Οι αισθητικές επιπτώσεις ενός συστήματος αξιοποίησης της κυματικής ενέργειας στο περιβάλλον τοποθέτησής του αποτελούν εξάρτηση του τύπου του συστήματος που θα επιλεγεί. Ένα σύστημα το οποίο είναι πλήρως ή μερικώς βυθισμένο στο νερό ή τοποθετείται σε απόσταση μερικών χιλιομέτρων από την ακτή δεν ασκεί σημαντική επίδραση στο φυσικό περιβάλλον. Αντίθετα, ένα σύστημα που τοποθετείται στις ακτές και είναι πλήρως εμφανές επιδρά σημαντικά και με αρνητικό τρόπο στην αισθητική του περιβάλλοντος προκαλώντας μετάβαση από μια φυσική σε μια βιομηχανική υφή. Επομένως, είναι σημαντική η επιλογή της μορφής που θα έχει ένα σύστημα εκμετάλλευσης της κυματικής ενέργειας έτσι ώστε να μπορεί να εναρμονιστεί στο βέλτιστο δυνατό βαθμό με τη υφιστάμενη αρχιτεκτονική του τοπίου και με τη μορφή του φυσικού περιβάλλοντος αυτού [13].

1.6 ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ

Η γεωθερμία αποτελεί τη μορφή εκείνη της ενέργειας που προέρχεται από το εσωτερικό της γης είτε ως θερμός ατμός είτε ως θερμό νερό. Η ποσότητα θερμότητας που εμπεριέχεται στο εσωτερικό της γης είναι τόσο μεγάλη που η γεωθερμία είναι πρακτικά απεριόριστη. Αποτελεί μια ήπια μορφή ενέργειας χαμηλού κόστους η οποία δεν προκαλεί επιβάρυνση του περιβάλλοντος με ρυπογόνες ουσίες [1].

Η χρήση της γεωθερμίας αφορά κυρίως στην κάλυψη αναγκών για θέρμανση και ψύξη αλλά και αναγκών για ηλεκτρική ενέργεια. Η θερμοκρασία του γεωθερμικού ατμού ή του γεωθερμικού ρευστού κυμαίνεται σε διαφορετικά επίπεδα ανά περιοχή. Τα θερμοκρασιακά όρια είναι μεταξύ 25°C και 360°C. Η γεωθερμία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας όταν ο γεωθερμικός ατμός ή το γεωθερμικό ρευστό χαρακτηρίζεται από υψηλή θερμοκρασία, δηλαδή θερμοκρασία που ξεπερνά τους 150°C. Η συνεχής εξέλιξη στο πεδίο της τεχνολογίας ενισχύει διαρκώς τις δυνατότητες για αξιοποίηση της γεωθερμίας στο πεδίο της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Για την τοποθέτηση των απαιτούμενων εγκαταστάσεων για την αξιοποίηση της γεωθερμίας είτε για ανάγκες θέρμανσης και ψύξης είτε για ανάγκες

παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, απαιτείται η ύπαρξη μεγάλων εκτάσεων [14]. Ένα γεωθερμικό σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας περιλαμβάνει τα στοιχεία που απεικονίζονται στο επόμενο σχήμα 1.5 (Γεωθερμικό σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας).



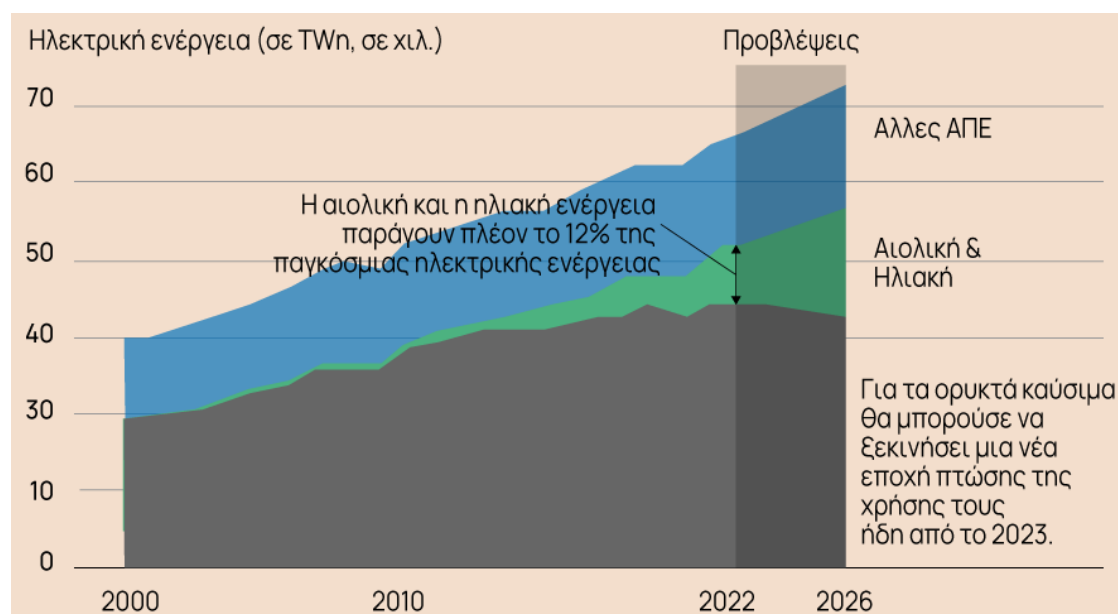
Σχήμα 1.5. Γεωθερμικό σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας [15].

Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω γεωθερμίας, σε πρώτο στάδιο αντλείται ζεστό νερό από το εσωτερικό της γης υπό συνθήκες υψηλής πίεσης. Όταν το ρευστό φτάσει στην επιφάνεια της γης, λαμβάνει χώρα πτώση της πίεσης και το νερό μετατρέπεται σε ατμό. Ο ατμός προκαλεί την περιστροφή του στροβίλου που περιλαμβάνει το σύστημα, ο οποίος συνδέεται με μια γεννήτρια μέσω της οποίας παράγεται η ζητούμενη ηλεκτρική ενέργεια. Ο ατμός ψύχεται σε έναν πύργο ψύξης και μετατρέπεται ξανά σε νερό. Το νερό οδηγείται στο εσωτερικό της γης και η διαδικασία επαναλαμβάνεται.

1.7 ΤΑΣΕΙΣ ΣΤΙΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Οι προσπάθειες που λαμβάνουν χώρα σε παγκόσμιο επίπεδο με σκοπό τη μεγαλύτερη διείσδυση των ΑΠΕ στην πραγματικότητα της ενέργειας, έχουν ως βάση την επιδίωξη της παγκόσμιας κοινότητας για μετάβαση αυτής προς πιο καθαρές μορφές ενέργειας. Η χρήση των ορυκτών καυσίμων οδηγεί στη δημιουργία ρυπογόνων καταστάσεων οι οποίες μπορούν να αποφευχθούν σε σημαντικό βαθμό μέσω της μεγαλύτερης εισχώρησης των ΑΠΕ στην ανθρώπινη και βιομηχανική δραστηριότητα.

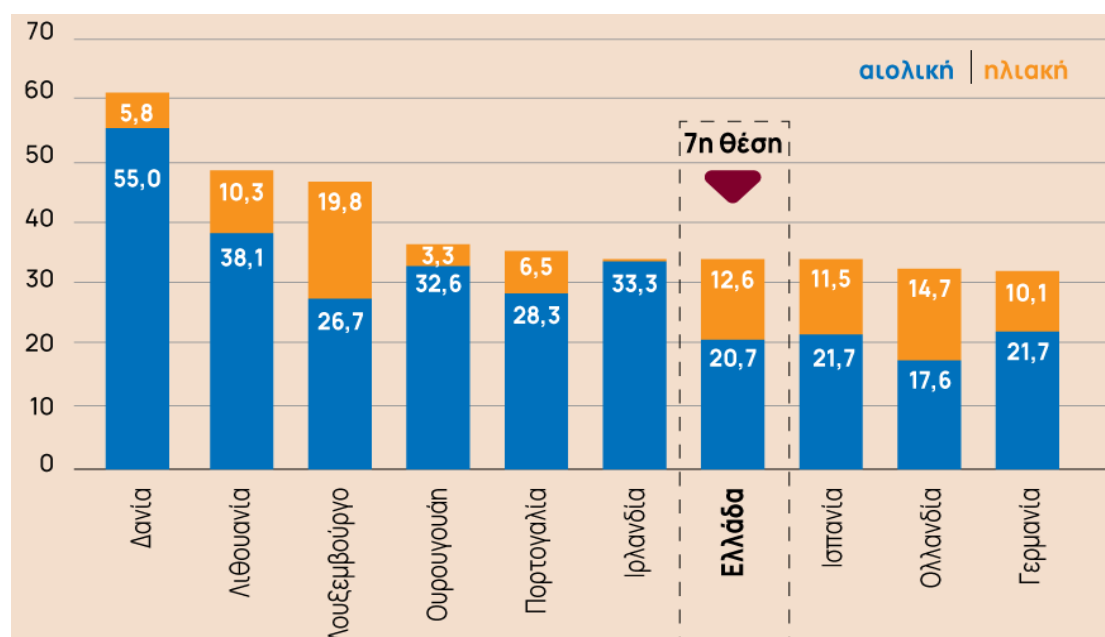
Το έτος 2022 αποτέλεσε μια πολύ σημαντική χρονιά στην πορεία της παγκόσμιας κοινότητας προς μια ενέργεια πιο φιλική προς το περιβάλλον με χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η ηλιακή και η αιολική ενέργεια συνεισέφεραν το 12% της ηλεκτρικής ενέργειας που παράχθηκε σε παγκόσμιο επίπεδο, με το ποσοστό αυτό να αποτελεί το υψηλότερο ιστορικά. Το προηγούμενο υψηλότερο ποσοστό συνεισφοράς της ηλιακής και της αιολικής ενέργειας στην παγκόσμια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας παρατηρήθηκε το έτος 2021 και ανέρχονταν σε 10%. Η παραγωγή ηλιακής ενέργειας αυξήθηκε το έτος 2022 κατά 24% σε σχέση με το έτος 2021, με την ηλιακή ενέργεια να αποτελεί διαχρονικά την πιο γρήγορα αναπτυσσόμενη πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η παραγωγή αιολικής ενέργειας μεταξύ των ετών 2021 και 2022 αυξήθηκε κατά 17%, με την αιολική ενέργεια να αποτελεί την δεύτερη πιο γρήγορα αναπτυσσόμενη μορφή ανανεώσιμης ενέργειας.



Σχήμα 1.6. Τάσεις στην παγκόσμια ενέργεια [16].

Από το παραπάνω σχήμα, προκύπτει η τάση για ακόμα μεγαλύτερη εισχώρηση της ηλιακής και της αιολικής ενέργειας καθώς και των άλλων μορφών ΑΠΕ, όπως η βιομάζα, στην παγκόσμια ενέργεια στο άμεσο μέλλον. Επίσης, καταδεικνύεται η τάση για υποχώρηση της χρήσης των ορυκτών καυσίμων ως αποτέλεσμα της προσπάθειας της παγκόσμιας κοινότητας για μετάβαση σε πιο καθαρές μορφές ενέργειας μέσω της μεγαλύτερης διείσδυσης των ΑΠΕ.

Εξετάζοντας την περίπτωση της Ελλάδας, αυτή καταλαμβάνει μια από τις υψηλότερες θέσεις σε παγκόσμιο επίπεδο όσον αφορά στη διείσδυση των ΑΠΕ στο ενεργειακό της μείγμα. Για το έτος 2022, η συνολική συμβολή των ΑΠΕ στο ενεργειακό μείγμα της Ελλάδας έφτασε το ποσοστό του 33,3%. Το 20,7% της ηλεκτρικής ενέργειας προήλθε από την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας και το 12,6% από την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας. Τα ποσοστά αυτά οδήγησαν την Ελλάδα στην 7^η θέση σε παγκόσμιο επίπεδο όσον αφορά στη συμμετοχή των ΑΠΕ στο ενεργειακό μείγμα.



Σχήμα 1.7. Θέση Ελλάδας σε παγκόσμιο επίπεδο με κριτήριο το ποσοστό συμμετοχής των ΑΠΕ στο ενεργειακό μείγμα [16].

Από τα παραπάνω, προκύπτει μια ισχυρή τάση σε παγκόσμιο επίπεδο για όλο και μεγαλύτερη εισχώρηση των ΑΠΕ στο ενεργειακό μείγμα. Η Ελλάδα χαρακτηρίζεται από υψηλή συμμετοχή των ΑΠΕ στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εξαιτίας και του ισχυρού ηλιακού και αιολικού δυναμικού που διαθέτει. Παρόντικά, η ηλιακή και η αιολική ενέργεια αποτελούν τις μορφές ενέργειας που αναπτύσσονται πιο γρήγορα στο πεδίο των ΑΠΕ. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχουν ισχυρά περιθώρια ανάπτυξης για τις υπόλοιπες μορφές ΑΠΕ, όπως είναι η βιομάζα.

2 ΒΙΟΜΑΖΑ

2.1 Η ΒΙΟΜΑΖΑ ΚΑΙ ΟΙ ΠΤΥΧΕΣ ΤΗΣ

Η βιομάζα αποτελεί μια φυτική ύλη. Δημιουργείται μέσω της αντίδρασης του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) που υπάρχει στην ατμόσφαιρα με το φως του ηλίου και το νερό, με τη βοήθεια του φαινομένου της φωτοσύνθεσης. Η αντίδραση αυτή οδηγεί στην παραγωγή υδατανθράκων οι οποίοι αποτελούν το βασικό δομικό στοιχείο της βιομάζας. Μέσω του φαινομένου της φωτοσύνθεσης, είναι δυνατή η μετατροπή της ηλιακής ενέργειας που είναι διαθέσιμη, σε ένα πολύ χαμηλό ποσοστό το οποίο στην πλειονότητα των περιπτώσεων δεν ξεπερνά το 1%, σε αποθηκευμένη χημική ενέργεια. Η ηλιακή ενέργεια συσσωρεύεται στους δομικούς ιστούς της βιομάζας. Η επεξεργασία της είτε με βιολογικό είτε με χημικό τρόπο οδηγεί στην απελευθέρωση CO_2 και νερού καθώς και στην απελευθέρωση της αποθηκευμένης ενέργειας. Η διαδικασία αυτή αποτελεί μια κυκλική διαδικασία (Σχήμα 2.1 Ο κύκλος παραγωγής ενέργειας στη βιομάζα) με το CO_2 να καθίσταται εκ νέου διαθέσιμο για την παραγωγή νέας ποσότητας βιομάζας. Οι διεργασίες για την παραγωγή ενέργειας μέσω της βιομάζας ακολουθούν την Αρχή Διατήρησης της Ενέργειας [1].

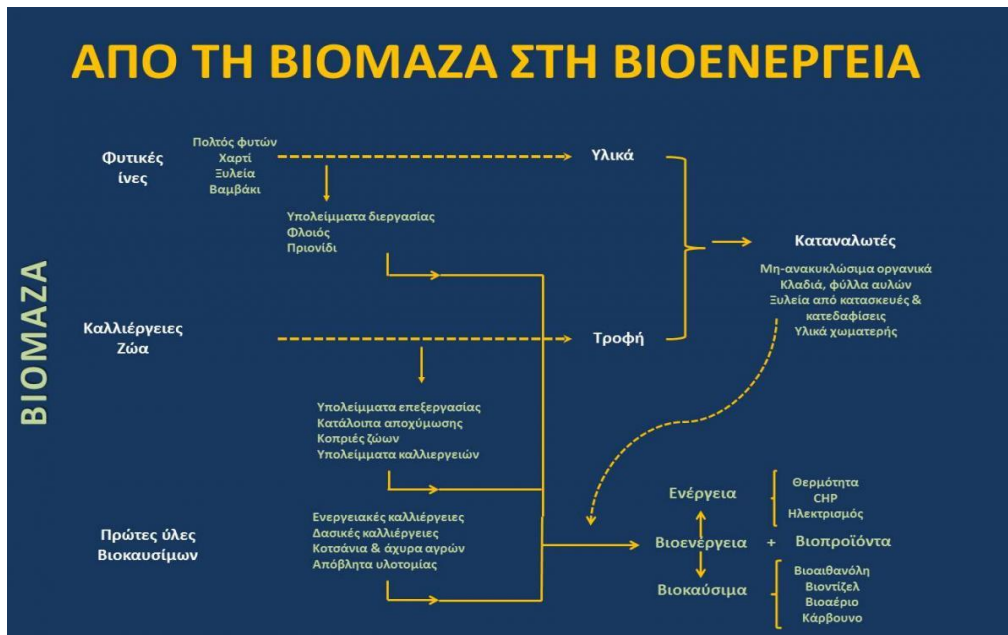


Σχήμα 2.1. Ο κύκλος παραγωγής ενέργειας στη βιομάζα [17].

Στη σημερινή πραγματικότητα, στον όρο βιομάζα περιλαμβάνεται το σύνολο των προϊόντων, των υπολειμμάτων και των αποβλήτων τόσο φυτικής όσο και ζωικής προέλευσης η χρήση των οποίων είναι εφικτή για την παραγωγή ενέργειας. Τα άχυρα, τα πριονίδια, τα κουκούτσια και τα κλαδέματα αποτελούν τα πιο γνωστά γεωργικά και δασικά υπολείμματα από τα οποία μπορεί να παραχθεί ενέργεια. Η κοπριά και τα αλιεύματα που δεν έχουν άλλη χρήση αποτελούν τα πιο σημαντικά ζωικά υπολείμματα και απόβλητα που εμπίπτουν στο πεδίο της βιομάζας. Τα ενεργειακά φυτά, τα στερεά απορρίμματα, τα αστικά υγρά απόβλητα και τα υπολείμματα από τη δραστηριότητα της αγροτικής βιομηχανίας και της βιομηχανίας τροφίμων αποτελούν επίσης σημαντικά προϊόντα βιομάζας [18].

Η ενεργειακή κατανάλωση συνδέεται άμεσα με το βιοτικό επίπεδο μιας χώρας. Όσο περισσότερη ενέργεια δύναται να καταναλώσει ο μέσος κάτοικος μιας χώρας τόσο υψηλότερο βιοτικό επίπεδο θεωρείται ότι μπορεί να εξασφαλίσει. Σε ένα τέτοιο πλαίσιο, στις ανεπτυγμένες χώρες και στις χώρες που είναι ισχυρά βιομηχανοποιημένες η κατανάλωση ενέργειας ανά κάτοικο είναι υψηλότερη σε σχέση με αυτή στις αναπτυσσόμενες χώρες και στις χώρες του τρίτου κόσμου.

Η συνεχώς εντεινόμενη ανάγκη για ενέργεια για την κάλυψη των διαρκώς αυξανόμενων ενεργειακών αναγκών της ανθρώπινης και της βιομηχανικής δραστηριότητας, οδηγεί στη ραγδαία αύξηση σε παγκόσμιο επίπεδο της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων τα οποία αποτελούν διαχρονικά τη βασική πηγή για την παραγωγή ενέργειας. Αυτή η διαμορφωθείσα κατάσταση έχει ήδη προκαλέσει σημαντική επίδραση στο ύψος των αποθεμάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου και έντονο προβληματισμό όσον αφορά στην επάρκειά τους μελλοντικά. Επιπρόσθετα, η ισχυρή χρήση των ορυκτών καυσίμων οδηγεί σε υποβάθμιση του περιβάλλοντος και σχετίζεται άμεσα με την κλιματική αλλαγή. Περιοχές με έντονη ανθρώπινη και βιομηχανική δραστηριότητα κατά κανόνα χαρακτηρίζονται και από υψηλότερα επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης ως αποτέλεσμα της καύσης των ορυκτών καυσίμων. Η βιομάζα αποτελεί μια πολλά υποσχόμενη εναλλακτική για την αντιμετώπιση των εν λόγω ζητημάτων.



Σχήμα 2.2. Βιομάζα και βιοενέργεια [17].

Η βιομάζα αποτελεί μια πηγή ενέργειας που απαντάται σχεδόν σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό σε όλες τις χώρες λόγω της ποικιλίας και της μεγάλης ποσότητας των πρώτων υλών που μπορούν να μας οδηγήσουν στην παραγόμενη βιομάζα (Σχήμα 2.2 Βιομάζα και βιοενέργεια). Η εκμετάλλευση των δυνατοτήτων που απορρέουν από αυτή μπορεί να βελτιώσει το ενεργειακό μείγμα μιας χώρας και να συμβάλλει στη διαμόρφωση συνθηκών μεγαλύτερης ενεργειακής ασφάλειας. Επίσης, μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία θέσεων εργασίας και να βελτιώσει την αποδοτικότητα των καλλιεργιών μέσω της αντικατάστασης των εντατικών καλλιεργιών με ενεργειακές καλλιέργειες οι οποίες έχουν σαφώς μικρότερες απαιτήσεις για παρεμβάσεις έτσι ώστε να καταστούν αποτελεσματικές. Σε ένα τέτοιο πλαίσιο, τα περιβαλλοντικά οφέλη είναι επίσης πολλά μιας και μειώνονται οι ανάγκες για χρήση λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων και λοιπών ομοειδών προϊόντων. Τέλος, ο αυξημένος προσανατολισμός στη βιομάζα μπορεί να ενισχύσει σημαντικά την αξία των υποβαθμισμένων εκτάσεων γης. Η ενσωμάτωση των σύγχρονων τρόπων καλλιέργειας οδηγεί σε ενίσχυση της βιοποικιλότητας και του δυναμικού για παραγωγή ενέργειας μέσω της βιομάζας. Στη βάση των παραπάνω, αναδεικνύονται τα πολλαπλά και πολυεπίπεδα οφέλη από τη χρήση της βιομάζας για την παραγωγή ενέργειας σε ένα παγκόσμιο ενεργειακό περιβάλλον όπου οι ανάγκες για ενέργεια αυξάνονται συνεχώς με ταυτόχρονη όμως την απαίτηση για προστασία του περιβάλλοντος [18].

2.2 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Όπως αποτυπώθηκε στα προηγούμενα, η βιομάζα συνδέεται με ενεργειακές καλλιέργειες. Αυτές οι καλλιέργειες αποτελούν στην πλειονότητα των περιπτώσεων ξυλώδεις καλλιέργειες, καλλιέργειες με βάση τη ζάχαρη και το άμυλο και καλλιέργειες ελαιούχων σπόρων. Οι ενεργειακές καλλιέργειες διακρίνονται από τα ακόλουθα στοιχεία [19]:

Υψηλό βαθμό απόδοσης:

Ο βαθμός απόδοσης μιας καλλιέργειας αποτιμάται μέσω της παραγωγής ξηρής ύλης που επιτυγχάνεται ανά εκτάριο. Στις ενεργειακές καλλιέργειες, η παραγωγή ξηρής ύλης / εκτάριο είναι μεγαλύτερη σε σύγκριση με τις συμβατικές καλλιέργειες.

Χαμηλές απαιτήσεις για ενέργεια:

Κάθε παραγωγική δράση αποσκοπεί στην παραγωγή της απαιτούμενης ποσότητας παραγόμενου προϊόντος με τη μικρότερη δυνατή κατανάλωση πόρων. Έναν από τους σημαντικότερους πόρους στις παραγωγικές δραστηριότητες αποτελεί η ενέργεια. Στις ενεργειακές καλλιέργειες, οι απαιτήσεις ενέργειας κυμαίνονται σε χαμηλά επίπεδα.

Χαμηλό κόστος:

Οι χαμηλές απαιτήσεις ενέργειας και γενικά η υψηλή απόδοση των ενεργειακών καλλιεργειών οδηγούν στην επίτευξη χαμηλού κόστους για την παραγωγή της απαιτούμενης ξηρής ύλης. Η βελτιστοποίηση του λόγου του οφέλους προς το κόστος αποτελεί βασική επιδίωξη κάθε σύγχρονης παραγωγικής δραστηριότητας.

Σύνθεση με χαμηλούς ρύπους:

Η προστασία του περιβάλλοντος αποτελεί το σημαντικότερο πλεονέκτημα των ΑΠΕ. Οι ενεργειακές καλλιέργειες που βασίζονται στη βιομάζα δημιουργούνται με διεργασίες που χαρακτηρίζονται από πολύ χαμηλά επίπεδα ρύπων. Σε ένα τέτοιο πλαίσιο, εξασφαλίζεται η παραγωγή του απαιτούμενου προϊόντος με τη μικρότερη δυνατή επίπτωση στο περιβάλλον.

Μικρή χρήση θρεπτικών ουσιών:

Για την επίτευξη των απαιτούμενων χαρακτηριστικών και ποσότητας του παραγόμενου προϊόντος, στις συμβατικές καλλιέργειες αποτελεί συνηθισμένη πρακτική η χρήση θρεπτικών ουσιών όπως είναι για παράδειγμα τα λιπάσματα. Στις ενεργειακές καλλιέργειες με χρήση βιομάζας, η ανάγκη για χρησιμοποίηση θρεπτικών ουσιών ελαχιστοποιείται με άμεση θετική επίπτωση στην ποιότητα της παραγόμενης ύλης.

Η αποδοτικότητα της καλλιέργειας και τα χαρακτηριστικά του παραγόμενου προϊόντος εξαρτώνται σε σημαντικό βαθμό από τις κλιματολογικές και τις εδαφικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή. Η διαθεσιμότητα του νερού μπορεί να αποτελέσει σημαντικό περιορισμό σε ορισμένες περιπτώσεις, με την αντοχή της καλλιέργειας απέναντι στον παράγοντα της ξηρασίας να αναδεικνύεται σε κομβικό παράγοντα σε αυτές τις περιπτώσεις.

Η υγρασία αποτελεί έναν ακόμα σημαντικό παράγοντα αποδοτικότητας της βιομάζας. Βιομάζα που διακρίνεται από υψηλά επίπεδα υγρασίας υπόκειται σε ειδική επεξεργασία ανάλογα με το είδος της βιομάζας. Για παράδειγμα, για τα ζαχαροκάλαμα και τα ποώδη φυτά τα οποία χαρακτηρίζονται κατά κανόνα από υψηλά επίπεδα υγρασίας, υιοθετούνται βιολογικές αντιδράσεις όπως είναι η ζύμωση. Βιομάζα με χαμηλά επίπεδα υγρασίας αποτελεί μια πιο οικονομική λύση μιας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα και χωρίς την απαίτηση για κάποια επεξεργασία σε διαδικασίες καύσης, πυρόλυσης ή αεριοποίησης. Η επεξεργασία βιομάζας με υψηλά επίπεδα εργασίας σε πολλές περιπτώσεις δεν αποτελεί ωφέλιμη δράση μιας και η απαιτούμενη ενέργεια για την ξήρανση της είναι μεγαλύτερη από αυτή που θα παραχθεί.

Άλλοι αξιόλογοι παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή βιομάζας είναι το περιεχόμενο αυτής σε ιχνοστοιχεία, τέφρα και αλκάλια μιας και τα εν λόγω επιδρούν στην αποδοτικότητα των διεργασιών θερμικής μετατροπής. Με τον ίδιο τρόπο, η περιεκτικότητα σε κυτταρίνη ασκεί επίδραση στις βιοχημικές διεργασίες [19].

Η παραγωγή των βιοκαυσίμων 1^{ης} γενιάς λαμβάνει χώρα παροντικά μέσω σακχάρων, φυτικών ελαίων και αμύλων. Τα εν λόγω βιοκαύσιμα, πέραν των τυπικών

πλεονεκτημάτων τα οποία συνδέονται με την ανανεώσιμη υφή τους, διακρίνονται από κάποια βασικά μειονεκτήματα. Πιο συγκεκριμένα, απαντάται περιορισμένη διαθεσιμότητα των αναγκαίων στοιχείων στο έδαφος, ενώ ο βαθμός απόδοσης που επιτυγχάνεται δεν είναι επαρκής. Επίσης, δεν κρίνεται ικανοποιητική η συμβολή τους στην προσπάθεια περιορισμού των εκπομπών CO₂, καθώς και στην προσπάθεια για μείωση της χρήσης των ορυκτών καυσίμων μιας και σε πολλές περιπτώσεις, οι απαιτούμενες εισροές για την πραγματοποίηση καλλιεργειών οδηγούν σε πολύ χαμηλό λόγο οφέλους προς κόστος, με αποτέλεσμα η καλλιέργεια να κρίνεται ασύμφορη. Σε μια τέτοια συνθήκη, αυξάνεται συνεχώς το ενδιαφέρον για εκμετάλλευση των γεωργικών υπολειμμάτων, όπως είναι τα γεωργικά υπολείμματα των ζαχαροκάλαμων, καθώς και της ξυλώδους βιομάζας, η οποία αποτελεί μια σημαίνουσα πηγή από την οποία μπορεί να παραχθεί αιθανόλη και υπάρχει σε υψηλή αφθονία σε σημαντικό αριθμό περιοχών σε παγκόσμιο επίπεδο [18].

Εν γένει, τις βασικές πηγές βιομάζας αποτελούν ενεργειακές καλλιέργειες που χαρακτηρίζονται από διαφορετικά ποσοστά κυτταρίνης (cellulose), ημικυτταρίνης (hemicellulose), λυγνίτη (lignin) και τέφρας (ash). Στον επόμενο πίνακα 2.1 Σύνθεση σημαντικότερων ενεργειακών καλλιεργειών – πηγών βιομάζας, αποτυπώνονται οι βασικότερες συνθέσεις αυτών των στοιχείων σε ενεργειακές καλλιέργειες που αποτελούν τις βασικές πηγές βιομάζας.

Πίνακας 2.1. Σύνθεση σημαντικότερων ενεργειακών καλλιεργειών – πηγών βιομάζας [20].

Biomass source	Cellulose (%)	Hemicellulose (%)	Lignin (%)	Ash (%)
Corn Stover	38-40	28	7-21	3.6-7.0
Coir	36-43	0.15-0.25	41-45	2.7-10.2
Bagasse	32-48	19-24	23-32	1.5-5
Wheat straw	33-38	26-32	17-19	6-8
Rice straw	28-36	23-28	12-14	14-20
Sorghum stalks	27	25	11	-
Barley straw	31-35	27-38	14-19	2-7
Leaves	15-20	80-85	0	-

ΒΙΟΜΑΖΑ

Την πιο ευρείας αποδοχής πηγή ενέργειας, χημικών και καυσίμων αποτελεί η λιγνοκυτταρινική βιομάζα η οποία συντίθεται κατά βάση από κυτταρίνη, ημικυτταρίνη και λιγνίτη. Ο εν λόγω τύπος βιομάζας χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας διαμέσου της αιθανόλης.

2.3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

ΚΑΥΣΗ

Η απευθείας καύση αποτελεί την πιο συνηθισμένη μέθοδο για τη μετατροπή της βιομάζας σε ενέργεια. Σε σύγκριση με τις μεθόδους της αεριοποίησης και της πυρόλυσης που χρησιμοποιούνται επίσης για την αξιοποίηση της βιομάζας, η εν λόγω μέθοδος αποτελεί μια διεργασία που μπορεί να εφαρμοστεί με πιο απλό τρόπο και επίσης μια διεργασία που έχει αναπτυχθεί περισσότερο έτσι ώστε να είναι πιο αποδοτική.

Η καύση της βιομάζας επιτελείται μέσω μιας αλληλουχίας χημικών αντιδράσεων κατά την πραγματοποίηση των οποίων λαμβάνει χώρα οξείδωση του άνθρακα και μετατροπή αυτού σε CO₂. Επίσης, λαμβάνει χώρα οξείδωση του υδρογόνου και μετατροπή του σε νερό. Οι συνθήκες έλλειψης οξυγόνου οδηγούν σε ατελή καύση και στο σχηματισμό μιας σειράς προϊόντων ατελούς καύσης. Η ψύξη του συστήματος καύσης επιτυγχάνεται μέσω του αέρα. Οι απαιτήσεις σε αέρα αποτελούν εξάρτηση των φυσικών και χημικών χαρακτηριστικών του χρησιμοποιούμενου καυσίμου [21].

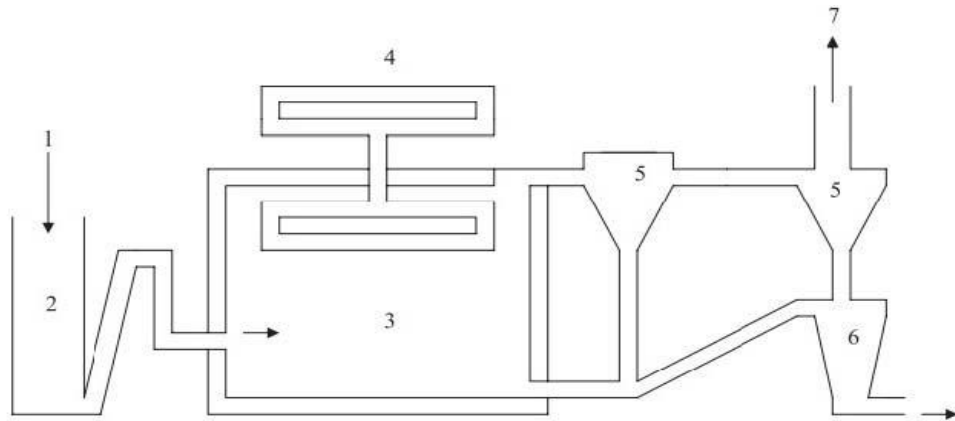
Η διεργασία της καύσης της βιομάζας περιλαμβάνει μια σειρά βημάτων. Αρχικά, διοχετεύεται το καύσιμο στο σύστημα. Η θέρμανση αυτού στο θάλαμο καύσης επιτυγχάνεται με υψηλούς ρυθμούς μέσω ακτινοβολίας με τα τοιχώματα του θαλάμου και μέσω συναγωγής με τα θερμά αέρια που υπάρχουν εντός αυτού. Η υγρασία του καυσίμου και τα πτητικά στοιχεία που εμπεριέχει απομακρύνονται. Τα τελευταία αναφλέγονται και εν τέλει παραμένει ο καθαρός άνθρακας ο οποίος καίγεται. Η χρονική διάρκεια κάθε σταδίου καθώς και η συνολική διάρκεια της διεργασίας της καύσης εξαρτώνται από τη φύση του χρησιμοποιούμενου καυσίμου καθώς και από το μέγεθος των σωματιδίων που το συνθέτουν.

Στο επόμενο σχήμα 2.3 (Τυπική διάταξη συστήματος καύσης βιομάζας), απεικονίζεται μια τυπική διάταξη ενός συστήματος καύσης βιομάζας όπου:

(1): Τροφοδοσία καυσίμου,

(2): Αποθήκευση καυσίμου,

- (3): Θάλαμος καύσης,
- (4): Εναλλάκτης θερμότητας,
- (5): Απομάκρυνση σωματιδίων,
- (6): Εναπόθεση τέφρας,
- (7): Έξοδος καυσαερίων.

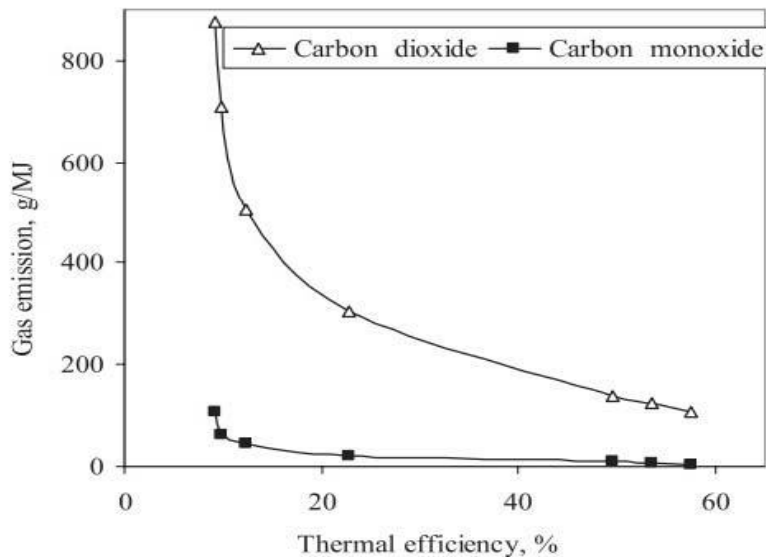


Σχήμα 2.3. Τυπική διάταξη συστήματος καύσης βιομάζας [22].

Οι βασικοί παράγοντες που καθορίζουν μια διεργασία καύσης βιομάζας είναι: ο ρυθμός καύσης του εκάστοτε καυσίμου, τα προϊόντα καύσης που προκύπτουν, η αναγκαία ποσότητα αέρα για την εξασφάλιση συνθηκών πλήρους καύσης και οι θερμοκρασίες πραγματοποίησης της καύσης. Οι ιδιότητες της καύσης της βιομάζας κατηγοριοποιούνται σε μακροσκοπικές και μικροσκοπικές. Τις σημαντικότερες μακροσκοπικές ιδιότητες αποτελούν: η περιεκτικότητα του καυσίμου σε υγρασία, το μέγεθος των σωματιδίων του καυσίμου, η πυκνότητα της τέφρας, η τιμή της θερμοκρασίας για την εκκίνηση της διαδικασίας θέρμανσης και η θερμοκρασία σύντηξης της τέφρας. Στις μικροσκοπικές ιδιότητες εμπεριέχονται τα κινητικά, χημικά, ορυκτά και θερμικά στοιχεία που χαρακτηρίζουν τη διεργασία της καύσης [21].

Η καύση της βιομάζας οδηγεί σε πολύ μικρότερες εκπομπές SO_2 και NO_x σε σύγκριση με τις εκπομπές που προκαλούνται από την καύση ορυκτών καυσίμων. Επίσης, σημαντικά είναι τα οφέλη που προκύπτουν από τη χρήση βιομάζας σε σχέση με τη χρήση των ορυκτών καυσίμων όσον αφορά στις εκπομπές CO και CO_2 . Σημαντικό στοιχείο που οδηγεί στην ανάγκη για συνεχή ενίσχυση των προσπαθειών

για αύξηση της αποδοτικότητας των συστημάτων εκμετάλλευσης της βιομάζας αποτελεί το γεγονός ότι όσο βελτιώνεται η θερμική απόδοση σε ένα σύστημα βιομάζας τόσο μειώνονται οι εκπομπές CO και CO₂ προς το περιβάλλον όπως φαίνεται σε μορφή διαγράμματος στο παρακάτω σχήμα 2.4 (Τυπική μεταβολή εκπομπών CO και CO₂ σε συνάρτηση με την απόδοση σε συστήματα εκμετάλλευσης της βιομάζας).



Σχήμα 2.4. Τυπική μεταβολή εκπομπών CO και CO₂ σε συνάρτηση με την απόδοση σε συστήματα εκμετάλλευσης της βιομάζας [22].

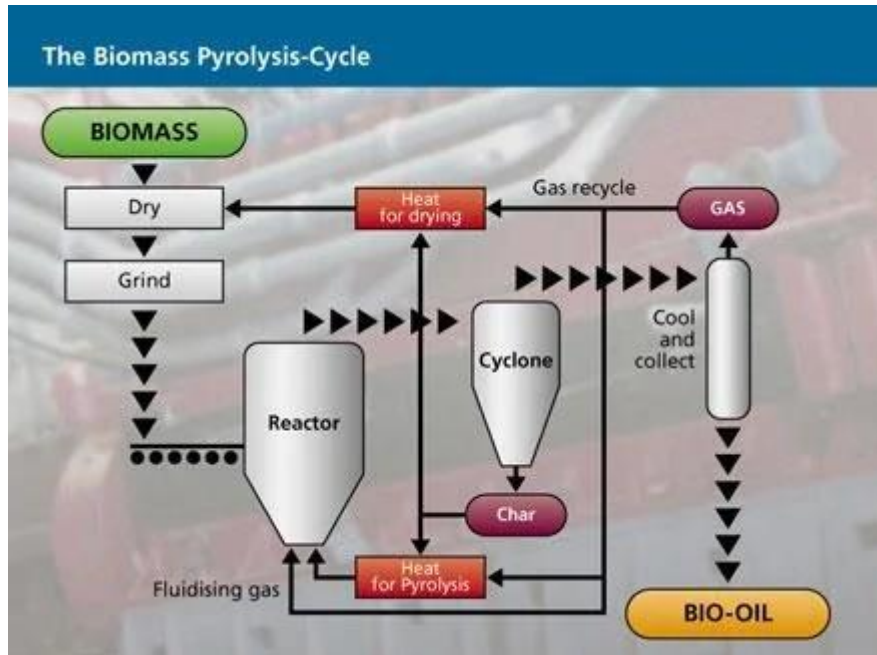
Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί ότι στις υφιστάμενες εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας, στα πλαίσια της προσπάθειας για σταδιακή αύξηση της εκμετάλλευσης της βιομάζας, προάγεται και ενισχύεται συνεχώς η μικτή καύση ορυκτών καυσίμων, και συγκεκριμένα άνθρακα και λιγνίτη, με βιομάζα.

ΠΥΡΟΛΥΣΗ

Τα τελευταία χρόνια εντείνεται συνεχώς ο προσανατολισμός των ερευνητικών κέντρων στο πεδίο της ενέργειας στην παραγωγή μέσω βιομάζας πυρολυτικών λαδιών. Ο συγκεκριμένος τύπος ελαίων διακρίνεται από ευκολία όσον αφορά στη χρήση του στις διάφορες εφαρμογές αλλά και από μεγαλύτερο ενεργειακό περιεχόμενο ανά μονάδα όγκου σε σχέση με την απτή βιομάζα.

Τα πυρολυτικά έλαια επί της ουσίας προέρχονται μέσω μιας διαδικασίας αποδόμησης της βιομάζας η οποία λαμβάνει χώρα απουσία οξειδωτικού μέσου, δηλαδή απουσία αέρα, σε θερμοκρασίες από 500 °C έως 800 °C. Η διαδικασία αυτή οδηγεί στην παραγωγή υγρών, στερεών και αέριων προϊόντων (βιοέλαιο) σε αναλογία που

αποτελεί εξάρτηση των παραγόντων της θερμοκρασίας, της διάρκειας της διαδικασίας, του τύπου πρώτης ύλης της βιομάζας και της χρησιμοποίησης ή όχι καταλυτών. Το βιοέλαιο αποτελεί το βασικό προϊόν που παράγεται από τη διαδικασία της πυρόλυσης (Σχήμα 2.5 Πυρόλυση βιομάζας) αποτελούμενο από ένα μίγμα οργανικών ενώσεων που περιλαμβάνει εστέρες, κετόνες, φαινόλες, σάκχαρα, αλκοόλες, οξέα και αλδεΐδες.



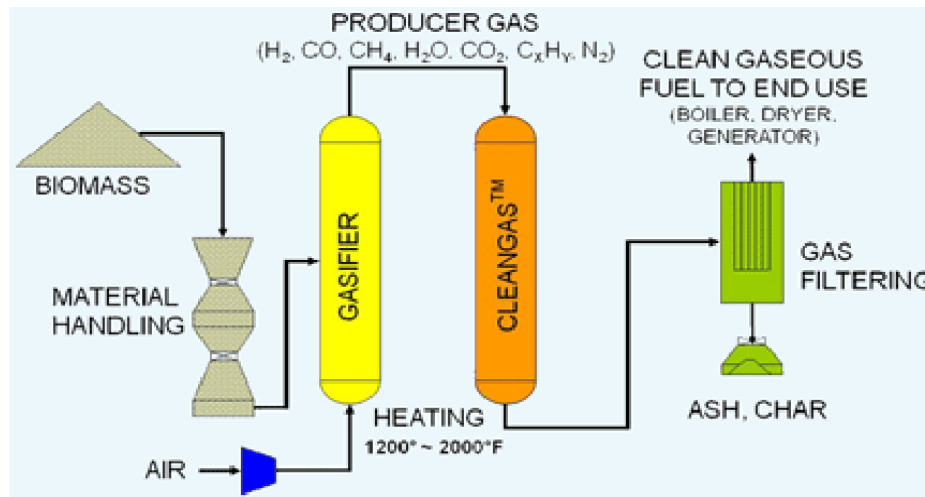
Σχήμα 2.5. Πυρόλυση βιομάζας [23].

Τα παραγόμενα έλαια από τη πυρόλυση της βιομάζας χαρακτηρίζονται από χαμηλότερη θερμογόνο ικανότητα σε σύγκριση με τα συμβατικά καύσιμα, διακρίνονται από υψηλό ιξώδες, ενώ εμφανίζουν αστάθεια κατά τη διαδικασία θέρμανσής τους. Η πυρόλυση της βιομάζας αποτελεί μια ελεγχόμενη διαδικασία στη φάση ατμών που χαρακτηρίζεται από μεγάλα ποσά θερμότητας και μεγάλη δυναμική μεταφοράς θερμικής ενέργειας. Η ψύξη των ατμών με υψηλή ταχύτητα οδηγεί στην παραγωγή του βιοελαίου [24].

ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ

Η αεριοποίηση της βιομάζας αποτελεί μια ενδόθερμη θερμική διεργασία μέσω της οποίας λαμβάνει χώρα μετατροπή βιομάζας στερεής μορφής σε καύσιμο αέριο. Το παραγόμενο αέριο αποκαλείται αέριο σύνθεσης (syngas) και αποτελείται από ένα πλήθος καύσιμων και μη καύσιμων αερίων.

Η χρήση καθαρού οξυγόνου αντί για αέρα μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική ενίσχυση της θερμογόνου ικανότητας του παραγόμενου αερίου. Το αέριο που προκύπτει μέσω της αεριοποίησης (Σχήμα 2.6 Αεριοποίηση βιομάζας) μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για την παραγωγή θερμικής ενέργειας όσο και για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας [25].



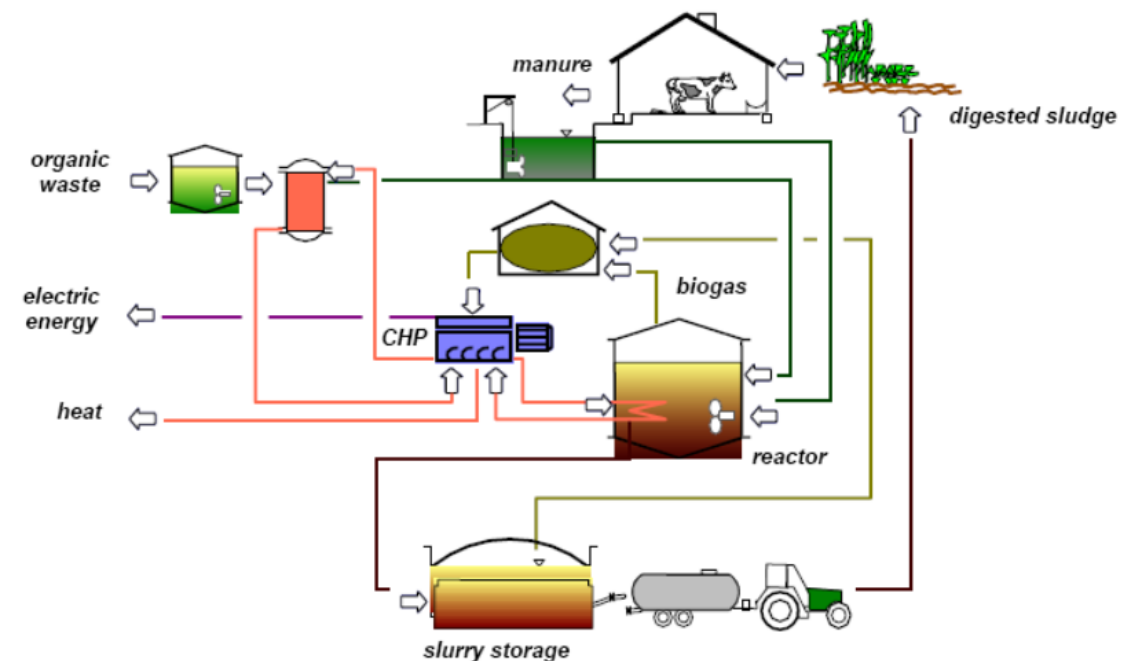
Σχήμα 2.6. Αεριοποίηση βιομάζας [26].

Σε σύγκριση με το φυσικό αέριο, η θερμογόνος ικανότητα του αερίου σύνθεσης είναι κατά πολύ μικρότερη και συγκεκριμένα περίπου το 1/3. Σε ένα τέτοιο πλαίσιο, για την καύση του είναι απαραίτητη η χρήση εξειδικευμένων μηχανικών διατάξεων. Η αξιοποίηση του αερίου σύνθεσης μπορεί να λάβει χώρα μέσω διαδικασιών καύσης σε λέβητες, αεριοστρόβιλους, μηχανές diesel και μηχανές δίδυμου καυσίμου με την προϋπόθεση να έχει λάβει πρώτα απομάκρυνση των μη επιθυμητών σωματιδίων, του νερού και της πίσσας. Σε επίπεδο βιομηχανίας, η αεριοποίηση βιομάζας σε ρευστοποιημένη κλίση και η μετέπειτα καύση του αερίου που παράγεται σε μια τυπική διάταξη λέβητα αποτελεί την πιο ενδεδειγμένη διαδικασία αξιοποίησης της βιομάζας μιας και δεν υπάρχει ισχυρή απαίτηση για μετατροπές στους τυπικούς λέβητες αλλά και για καθαρισμό του αερίου. Σε μια τέτοια βάση, εξασφαλίζεται και η διατήρηση του κόστους σε χαμηλά επίπεδα. Η όλο και μεγαλύτερη χρήση των τεχνολογιών αεριοποίησης της βιομάζας με συνδυασμένους κύκλους που οδηγούν σε ανάκτηση θερμότητας έχει ως αποτέλεσμα την επίτευξη συνεχώς μεγαλύτερων αποδόσεων αξιοποίησης της βιομάζας για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας [25].

Κλείνοντας, η συνεχής ανάπτυξη που επιτελείται στο πεδίο των κυψελών καυσίμου αυξάνει συνεχώς τις δυνατότητες για άμεση μετατροπή της χημικής ενέργειας που διαθέτει το αέριο που παράγεται μέσω της αεριοποίησης της βιομάζας σε ηλεκτρική ενέργεια και μάλιστα με απόδοση που μπορεί να φθάσει και το 60%. Στην περίπτωση κυψελών που λειτουργούν υπό συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών μπορεί να επιτευχθεί αύξηση της απόδοσης μέσω διεργασιών ανάκτησης θερμότητας. Παρόντικά, η χρήση των κυψελών καυσίμου μπορεί να θεωρηθεί επαρκής για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε δράσεις μικρής κλίμακας. Για τη μείωση του κόστους και για τη χρήση τους σε ευρύτερη κλίμακα είναι απαραίτητη η μεγαλύτερη τεχνολογική εξέλιξη στο πεδίο [27].

ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ

Η αναερόβια χώνευση είναι η αποσύνθεση οργανικής ύλης προερχόμενης από ένα μίγμα μικροοργανισμών, όπως είναι για παράδειγμα τα βακτήρια, η οποία λαμβάνει χώρα απουσία μοριακού οξυγόνου. Αποτέλεσμα της αναερόβιας χώνευσης είναι η παραγωγή του βιοαερίου όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.8 Παραγωγή και ενεργειακή αξιοποίηση βιοαερίου. Το βιοαέριο αποτελεί ένα αέριο καύσιμο πλούσιο σε μεθάνιο.



Σχήμα 2.8. Παραγωγή και ενεργειακή αξιοποίηση βιοαερίου [28].

Η δημιουργία μονάδων παραγωγής βιοαερίου συμβάλλει στην ενίσχυση της τάσης για αποκεντρωμένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι πρώτες ύλες που

χρησιμοποιούνται για την παραγωγή βιοαερίου, όπως για παράδειγμα οργανικά υγρά απόβλητα και κοπριά ζωικής προέλευσης, αποτελούν στην πλειονότητά τους υλικά που υποβαθμίζουν το επίπεδο ποιότητας της περιοχής που βρίσκονται. Σε μια τέτοια βάση, η χρήση τους, πέραν της συνεισφοράς στην παραγωγή ενέργειας συμβάλλει και στην γενικότερη αναβάθμιση των περιοχών και επομένως στη βελτίωση της ποιότητας ζωής σε αυτές.

Στις περιπτώσεις διεργασιών που πραγματοποιούνται μέσω αερόβιας χώνευσης, τα βασικά αέρια προϊόντα αποτελούν το CO₂ και οι υδρατμοί. Αυτές οι ουσίες δεν μπορούν να καούν και επομένως δεν μπορούν να αξιοποιηθούν για την παραγωγή ενέργειας. Επιπρόσθετα, όλες οι διεργασίες που περιλαμβάνουν αερόβια χώνευση απαιτούν υψηλά ποσά ενέργειας για την πραγματοποίησή τους. Αντίθετα, στις διεργασίες αναερόβιας χώνευσης τα απαιτούμενα ποσά ενέργειας είναι μικρότερα ενώ το βιοαέριο που παράγεται έχει υψηλό ενεργειακό περιεχόμενο [29].

Η ενεργειακή αξιοποίηση του βιοαερίου μπορεί να αποφέρει σημαντικά οφέλη τόσο σε επίπεδο οικονομίας όσο και σε περιβαλλοντικό επίπεδο σε μια χώρα. Μπορεί να συνεισφέρει κομβικά στην αντιμετώπιση του συνεχώς εντεινόμενου ζητήματος της διάθεσης των αποβλήτων, ενώ ταυτόχρονα μπορεί να λειτουργήσει ως υποκατάστατο στην εισαγωγή ρυπογόνων καυσίμων. Υπό αυτό το πρίσμα, μπορεί να οδηγήσει στην ενίσχυση της ποιότητας του περιβάλλοντος και να συμβάλλει στην αειφόρο ανάπτυξη και στη βιωσιμότητα.

2.4 ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΚΑΙ ΤΑΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Το τεχνικό δυναμικό της βιομάζας εκτιμάται μεταξύ 50 και 150% του παγκόσμιου ενεργειακού ισοζυγίου, γεγονός που αποδεικνύει την ισχυρή δυναμική της σε παγκόσμιο επίπεδο. Το δυναμικό αυτό κατανέμεται όπως φαίνεται παρακάτω στον Πίνακα 2.2 με τίτλο παγκόσμιο δυναμικό βιομάζας ανά πρωτογενή τομέα :

Πίνακας 2.2. Παγκόσμιο δυναμικό βιομάζας [30].

-	Min - max	ave
Ενεργειακές καλλιέργειες σε υφιστάμενη αγροτική γη	0 – 17.000 Mtoe	(2.000 – 8.000 Mtoe)
>> >> σε οριακή γη	1.500 – 2.500 Mtoe	
Αγροτικά υπολείμματα	500– 1.500 Mtoe	-
Ζωικά απόβλητα	100– 1.500 Mtoe	
Αστικά απόβλητα/απορρίμματα	100– 1.500 Mtoe	-
ΣΥΝΟΛΟ	2.700 – 24.000 Mtoe	(4.700 – 15.000 Mtoe)

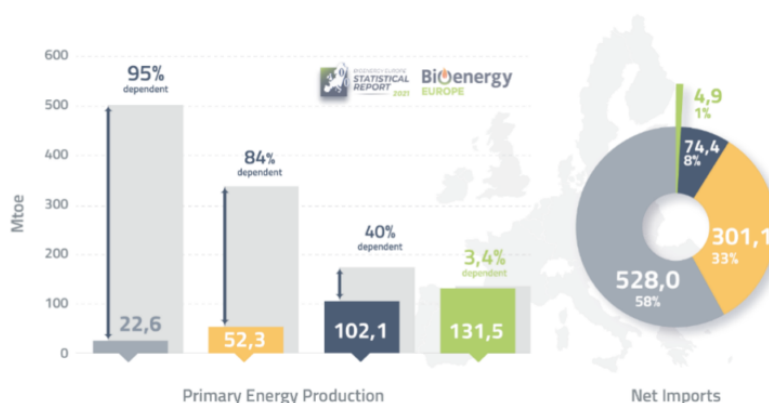
Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, η βιοενέργεια αντιπροσωπεύει ποσοστό που ξεπερνά το 50% των ΑΠΕ συμβάλλοντας συνεχώς και αυξανόμενα στην ενεργειακή ασφάλεια της Ευρώπης. Το σχετικό ποσοστό κατανάλωσης βιοενέργειας στην Ευρώπη, σύμφωνα με τα πιο πρόσφατα δημοσιευμένα στοιχεία από τη Bioenergy Europe, ανέρχεται σε 57,4% και ξεπερνά τα αντίστοιχα ποσοστά κατανάλωσης της αιολικής και της ηλιακής ενέργειας. Η βιομάζα αποτελεί με διαφορά την πηγή ενέργειας που εξασφαλίζει τη μεγαλύτερη ασφάλεια στην Ευρώπη σύμφωνα με το ακόλουθο διάγραμμα 2.9. (Ενεργειακή εξάρτηση Ευρωπαϊκής Ένωσης και καθαρές εισαγωγές):

EU ENERGY DEPENDENCY AND NET IMPORT

EU27 energy dependency and net imports (in 2019, Mtoe, %)

■ Gross inland consumption
■ Petroleum and products
■ Natural gas
■ Solid fossil fuels
■ Biomass

Source: Eurostat, Bioenergy Europe's calculations



EU27 **62%** energy is imported, increase of **4.6 pp** since 2000

→ Very low and stable rate dependency in **biomass**, key tool for EU energy security

Bioenergy
EUROPE

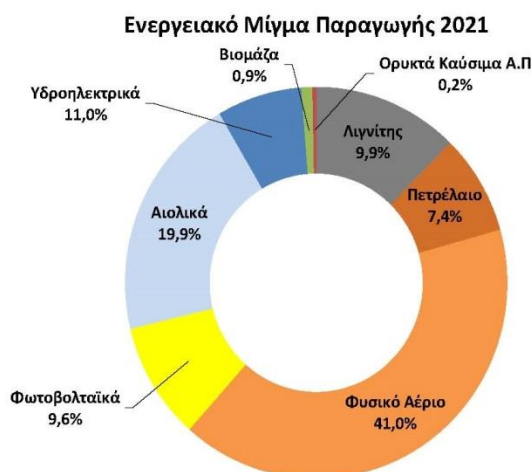
Σχήμα 2.9. Ενεργειακή εξάρτηση Ευρωπαϊκής Ένωσης και καθαρές εισαγωγές [31].

Στην Ελλάδα, το τεχνικό δυναμικό βιομάζας όπως παρουσιάζεται παρακάτω (Πίνακας 2.3 Δυναμικό βιομάζας στην Ελλάδα) σε μονάδες ίδιες με του παγκόσμιου δυναμικού, εμφανίζεται εξίσου ισχυρό σε μέγεθος και παρέχει σημαντικές δυνατότητες αξιοποίησής της με τους τρόπους που αναλύθηκαν παραπάνω.

Πίνακας 2.3. Δυναμικό βιομάζας στην Ελλάδα [30].

ενεργειακές καλλιέργειες σε υφιστάμενη αγροτική γη	16 Mtoe ή 45 % του Εν. Ισοζ.
ενεργειακές καλλιέργειες σε οριακές εκτάσεις	3,5 Mtoe ή 10 % του Εν. Ισοζ.
αγροτικά υπολείμματα	2,7 Mtoe ή 8 % του Εν. Ισοζ.
ζωικά απόβλητα	1,2 Mtoe ή 3,6 % του Εν. Ισοζ.
αστικά απορρίμματα	2 Mtoe ή 5,5 % του Εν. Ισοζ.
αστικά απόβλητα	<u>0,1 Mtoe</u> ή <u>0,3 %</u> του Εν. Ισοζ.
	= 25 Mtoe ή 75 % του Εν. Ισοζ.

Αυτό το δυναμικό παροντικά αξιοποιείται αναιμικά στον ελληνικό χώρο όπως αποδεικνύεται από το ακόλουθο σχήμα 2.10 Ενεργειακό μίγμα παραγωγής στην Ελλάδα – Έτος 2021.



2021	Λιγνίτης	Πετρέλαιο	Φυσικό Αέριο ¹	Ορυκτά καύσιμα Α.Π. ²	Σύνολο Ορυκτών Καυσίμων	Ηλιακά	Αιολικά	Υδροηλεκτρικά	Βιομάζα	ΑΠΕ Α.Π. ²	Σύνολο ΑΠΕ	Σύνολο	CO ₂ Εκπομπές (gCO ₂ /KWh)
%	9,93%	7,42%	41,01%	0,15%	58,52%	9,63%	19,93%	11,02%	0,91%	0,00%	41,48%	100,0%	334,70
TWh	5,34	3,99	22,06	0,08	31,47	5,18	10,72	5,93	0,49	0,00	22,31	53,78	

¹ Περιλαμβάνεται η παραγωγή από ΣΗΘΥΑ που χρησιμοποιούν ως καύσιμο Φυσικό Αέριο.

² Απροσδιόριστη Προέλευσης. Στην περίπτωση των Ορυκτών καυσίμων συμπεριλάβαμε την άντληση ως ηλεκτρική ενέργεια απροσδιόριστης προέλευσης

Σχήμα 2.10. Ενεργειακό μίγμα παραγωγής στην Ελλάδα – Έτος 2021 [32].

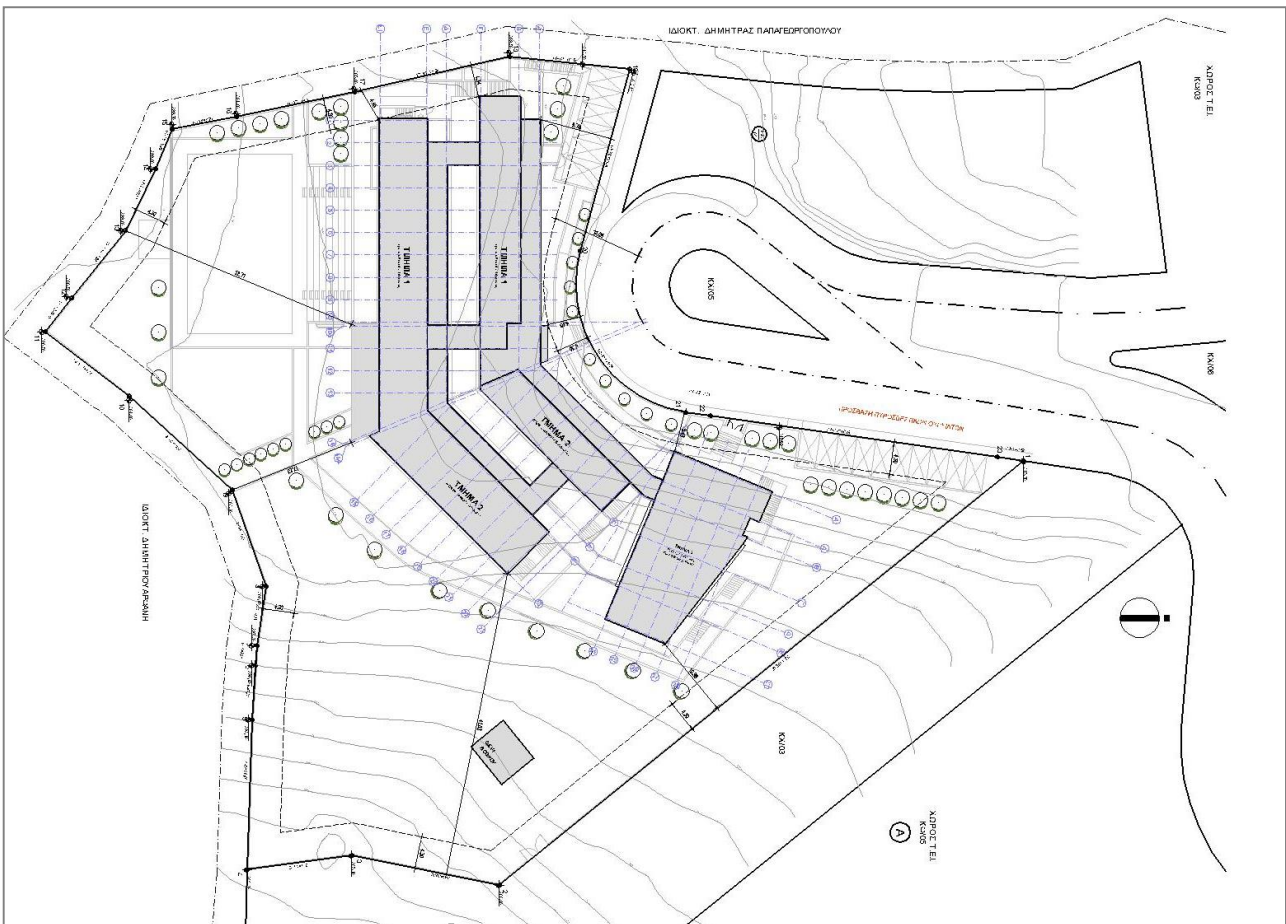
Παρατηρούμε ότι παρά το ισχυρό δυναμικό βιομάζας στην Ελλάδα, η συμμετοχή της στο ενεργειακό μίγμα το 2021 ανέρχεται σε μόλις 0,91%. Αυτό το γεγονός δημιουργεί τεράστιες προοπτικές αλλά και αναγκαιότητα άμεσης αξιοποίησης της βιομάζας στον ελληνικό χώρο. Η ενεργειακή αξιοποίηση αποβλήτων και βιομάζας θα πρέπει να αποτελέσει προτεραιότητα στον ελληνικό χώρο, παρά τα ζητήματα χωροθέτησης και υψηλού κόστους που εγείρονται, στην πορεία για μια βιώσιμη και φιλική προς το περιβάλλον κατανάλωση ενέργειας.

Συγκεντρωτικά, η βιομάζα με ισχυρό δυναμικό σε παγκόσμιο επίπεδο, αποτελεί την πηγή ενέργειας που εξασφαλίζει τη μεγαλύτερη ασφάλεια στην Ευρώπη και σε ένα τέτοιο πλαίσιο εντείνονται συνεχώς οι προσπάθειες για συνεχώς μεγαλύτερη αξιοποίησή της. Στον ελληνικό χώρο, θα πρέπει να εντατικοποιηθεί η προσπάθεια για ενεργειακή αξιοποίηση αποβλήτων και βιομάζας. Είναι σημαντική η θέσπιση ενός πλαισίου για την οργάνωση των δράσεων για την αξιοποίηση της βιομάζας λαμβάνοντας υπόψη τα ειδικά χαρακτηριστικά της χώρας, όπως για παράδειγμα την ισχυρή συμμετοχή του πρωτογενούς παραγωγικού τομέα στην παραγωγική δραστηριότητα αυτής.

3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

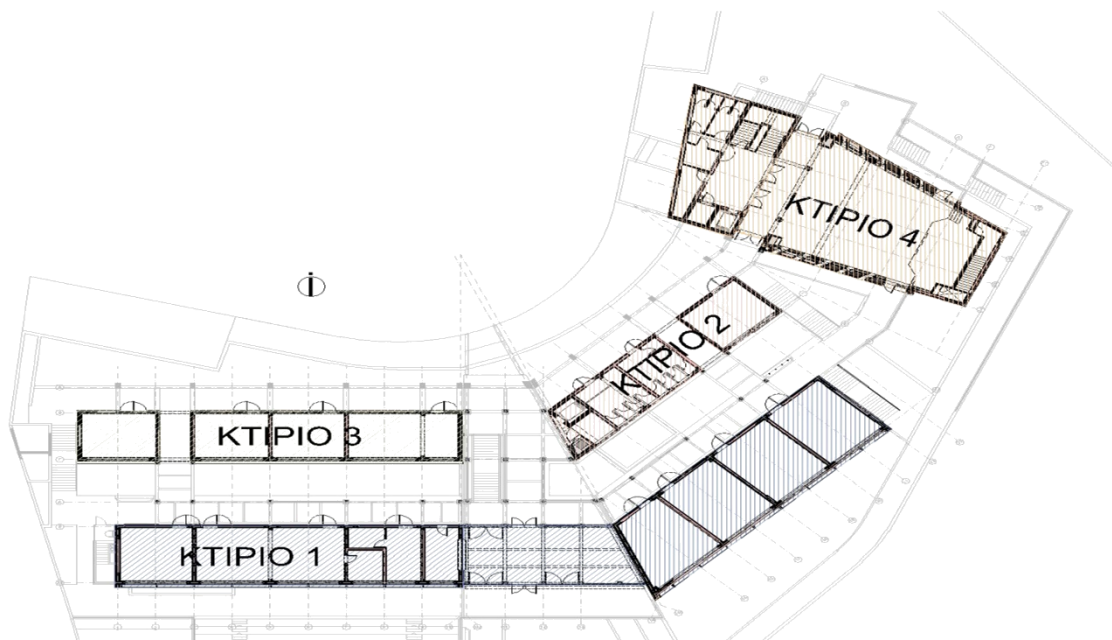
3.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΟΥΣΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ ΣΠΑΡΤΗΣ

Το Μουσικό Σχολείο Σπάρτης (φωτογραφική αποτύπωση: βλέπε παράρτημα) εδράζεται σε ένα οικόπεδο συνολικού εμβαδού 7.201,97 m². Το οικόπεδο είναι πολυγωνικού σχήματος, χαρακτηρίζεται από έντονη κλίση και βρίσκεται σε ελεύθερο από εμπόδια περιαστικό περιβάλλον. Στην ακόλουθη τοπογραφική αποτύπωση (Σχήμα 3.1 Τοπογραφικό διάγραμμα Μουσικού Σχολείου Σπάρτης) φαίνεται η θέση του συγκροτήματος του σχολείου στο χώρο.



Σχήμα 3.1. Τοπογραφικό διάγραμμα Μουσικού Σχολείου Σπάρτης.

Το συνολικό κτιριακό συγκρότημα του σχολείου αποτελείται από 4 κτίρια. Τα κτίρια αυτά καλύπτουν εμβαδό 1.467,59 m². Το εμβαδόν του υπαίθριου χώρου ανέρχεται σε 5.734,38 m². Ο προσανατολισμός και η σχετική θέση των κτιρίων μεταξύ τους αποτυπώνεται στο ακόλουθο σχήμα 3.2 (Προσανατολισμός και σχετική θέση κτιρίων Μουσικού Σχολείου Σπάρτης).



Σχήμα 3.2. Προσανατολισμός και σχετική θέση κτιρίων Μουσικού Σχολείου Σπάρτης.

Βασικούς παράγοντες καθορισμού του τρόπου σχεδιασμού του Μουσικού Σχολείου Σπάρτης αποτέλεσαν: η αποδοτική ένταξη στο ευρύτερο περιβάλλον και στην τοπογραφία του χώρου, η βέλτιστη προσαρμογή στο έντονο ανάγλυφο και η επίτευξη λειτουργικής και ογκοπλαστικής διάσπασης όσον αφορά στις κτιριακές ενότητες.

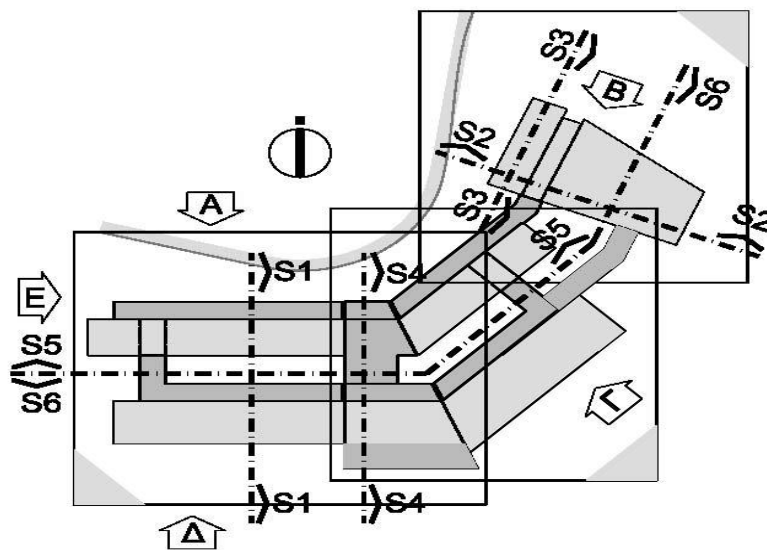
Στη βάση της ανάγκης για εκπλήρωση των παραπάνω απαιτήσεων, η ανάπτυξη του σχολικού συγκροτήματος λαμβάνει χώρα σε πτέρυγες που λειτουργικά και μορφολογικά εκφράζουν αντίστοιχες ενότητες αυτού. Η διάταξη των πτερύγων πραγματοποιείται με γραμμική προσαρμογή στο ανάγλυφο του οικοπέδου, παράλληλα με τις υψομετρικές καμπύλες.

Ανάμεσα στους συμπαγείς γραμμικούς κτιριακούς όγκους διαρθρώνονται, επίσης με γραμμικό τρόπο, οι ημιυπαίθριοι διάδρομοι κυκλοφορίας, από σύμμεκτη μεταλλική κατασκευή, που καταλήγουν στον κεντρικό κόμβο κυκλοφορίας όμοιας ελαφριάς κατασκευής.

Ο κεντρικός κόμβος κυκλοφορίας και οι διάδρομοι δημιουργούν μια κατάσταση κενού σε αντίθεση με το πλήρες που χαρακτηρίζει τις πτέρυγες. Αυτό

οδηγεί σε μια μείωση του βαθμού φόρτισης από πλευράς όγκου που επιφέρει το συγκρότημα στο τοπίο.

Εντρυφώντας στο παράγοντα των θερμικών απωλειών όσον αφορά στο κτιριακό συγκρότημα, βασική επιλογή της σύνθεσης αυτού είναι η διακριτή και ομοιόμορφη μορφολογία των διαμήκων κτιριακών όγκων, λαμβάνοντας ισχυρά υπόψη την απαίτηση για επιβράδυνση των θερμικών μεταβολών και την όσο το δυνατόν μεγαλύτερη αξιοποίηση των θερμικών κερδών. Σε ένα τέτοιο πλαίσιο, ο άξονας των πτερύγων σε αρχική βάση, κατά την y διεύθυνση, εκτείνεται από ανατολή προς δύση. Αυτό έχει ως συνέπεια οι μεγαλύτερες επιφάνειες των όψεων να έχουν απόλυτο νότιο και βόρειο προσανατολισμό. Στη συνέχεια, οι πτέρυγες στρέφονται υπό γωνία 45° με αποτέλεσμα οι επιφάνειες των όψεων να γίνονται νοτιοανατολικές και βορειοδυτικές όπως φαίνεται στην παρακάτω απεικόνιση (Σχήμα 3.3 Τρόπος μεταβολής των αξόνων των πτερύγων για τη βελτιστοποίηση της θερμικής λειτουργίας του κτιριακού συγκροτήματος).



Σχήμα 3.3. Τρόπος μεταβολής των αξόνων των πτερύγων για τη βελτιστοποίηση της θερμικής λειτουργίας του κτιριακού συγκροτήματος.

Τα μεγάλα ανοίγματα τοποθετούνται στο νότιο ή νοτιοανατολικό προσανατολισμό, ενώ η βόρεια και η βορειοδυτική όψη χαρακτηρίζονται από περισσότερο συμπαγή χαρακτήρα με την παρουσία υαλοπινάκων να είναι μικρότερη.

Τέλος, το κτιριακό συγκρότημα του Μουσικού Σχολείου Σπάρτης θεωρήθηκε σκόπιμο να μπορεί να καλύπτει και συναφείς πολιτιστικές κοινωνικές ανάγκες της

κοινότητας στην οποία ανήκει. Στη βάση αυτής της επιδίωξης, η Αίθουσα Πολλαπλών Χρήσεων (κτίριο K4), διαμορφώθηκε με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί εύκολα να αυτονομηθεί λειτουργικά, ιδιαίτερα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, και να εξασφαλίζεται η ανεξάρτητη πρόσβαση σε αυτή μέσω του κείμενου δρόμου. Στα πλαίσια αυτής της διαμόρφωσης, η Αίθουσα Πολλαπλών Χρήσεων χαρακτηρίζεται από διακριτά μορφολογικά στοιχεία, διατηρώντας όμως στοιχεία ενότητας με το υπόλοιπο συγκρότημα έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η μορφολογική σύνδεση με αυτό.

3.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΜΟΥΣΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ ΣΠΑΡΤΗΣ

Ανάλογα με τα κλιματολογικά χαρακτηριστικά των περιοχών, ο ελληνικός χώρος χωρίζεται σε 4 κλιματικές ζώνες. Αυτές απεικονίζονται στον πίνακα 3.1. (Κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα).

Πίνακας 3.1. Κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα [33].

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ	ΝΟΜΟΙ
ΖΩΝΗ Α	Ηρακλείου, Χανίων, Ρεθύμνου, Λασιθίου, Κυκλάδων, Δωδεκανήσου, Σάμου, Μεσσηνίας, Λακωνίας, Αργολίδας, Ζακύνθου, Κεφαλληνίας & Ιθάκης, Κύθηρα & νησιά Σαρωνικού (Αττικής), Αρκαδίας (πεδινή).
ΖΩΝΗ Β	Αττικής (εκτός Κυθέρων & νησιών Σαρωνικού), Κορινθίας, Ηλείας, Αχαΐας, Αιτωλοακαρνανίας, Φθιώτιδας, Φωκίδας, Βοιωτίας, Ευβοίας, Μαγνησίας, Λέσβου, Χίου, Κέρκυρας, Λευκάδας, Θεσπρωτίας, Πρέβεζας, Άρτας.
ΖΩΝΗ Γ	Αρκαδίας (ορεινή), Ευρυτανίας, Ιωαννίνων, Λάρισας, Καρδίτσας, Τρικάλων, Πιερίας, Ημαθίας, Πέλλας, Θεσσαλονίκης, Κιλκίς, Χαλκιδικής, Σερρών (εκτός ΒΑ τμήματος), Καβάλας, Ξάνθης, Ροδόπης, Έβρου.
ΖΩΝΗ Δ	Γρεβενών, Κοζάνης, Καστοριάς, Φλώρινας, Σερρών (ΒΑ τμήμα), Δράμας.

Ο υπολογισμός των θερμικών απωλειών του κτιριακού συγκροτήματος του Μουσικού Σχολείου Σπάρτης βασίζεται στον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων καθώς και τις Τεχνικές Οδηγίες του Τεχνικού Επιμελητηρίου της Ελλάδας που τον συνοδεύουν.

Με βάση την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. για τα κλιματικά δεδομένα των ελληνικών περιοχών, για την κοντινότερη πόλη στο κτιριακό συγκρότημα αναφοράς, την Καλαμάτα, με υψόμετρο 11,1 m και για συνθήκες σχεδιασμού 1%, η θερμοκρασία κατά τους θερινούς μήνες προκύπτει 34,5 °C. Με τη Σπάρτη να βρίσκεται σε υψόμετρο 211 m, σύμφωνα με τα προβλεπόμενα στην εν λόγω Τ.Ο.Τ.Ε.Ε., μπορεί να ληφθεί για τη Σπάρτη

θερμοκρασία 34,5 °C. Η τοποθεσία στην οποία εδράζεται το Μουσικό Σχολείο Σπάρτης βρίσκεται σε υψόμετρο περίπου 300 m. Επειδή η υψομετρική διαφορά μεταξύ της τοποθεσίας που βρίσκεται το σχολείο και της κοντινότερης πόλης, δηλαδή της Καλαμάτας, είναι μεγαλύτερη από 200 m ($300 - 11,1 = 288,9 \text{ m} > 200 \text{ m}$), σύμφωνα με την παραπάνω Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. για τον προσδιορισμό της θερμοκρασίας στην τοποθεσία που βρίσκεται το κτίριο μελέτης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο ακόλουθος τύπος:

$$T_{a1} = T_a - \frac{6,5 * (Y_1 - Y)}{1000}$$

όπου:

T_a : Η θερμοκρασία στην κοντινότερη πόλη (°C).

Y_1 : Το υψόμετρο της τοποθεσίας που βρίσκεται το κτιριακό συγκρότημα μελέτης (m).

Y : Το υψόμετρο της κοντινότερης πόλης (m).

Για την περίπτωση μελέτης:

$$T_{a1} = 34,5 - \frac{6,5 * (300 - 11,1)}{1000} \rightarrow$$

$$T_{a1} = 32,6 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Από τις εξωτερικές θερμοκρασίες που έχουν υπολογιστεί παραπάνω, επιλέγουμε τη δυσμενέστερη για την πραγματοποίηση των υπολογισμών για τις θερμικές απώλειες στο κτιριακό συγκρότημα αναφοράς. Επομένως, οι συνθήκες που θα ληφθούν υπόψη για τους υπολογισμούς συνολικά είναι αυτές που απεικονίζονται στους πίνακες 3.2. (Εξωτερικές συνθήκες), 3.3 (Εσωτερικές συνθήκες – Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων) και 3.4 (Εσωτερικές συνθήκες – Λοιποί χώροι).

Πίνακας 3.2. Εξωτερικές συνθήκες.

Μέγεθος	Χειμώνας	Καλοκαίρι
Θερμοκρασία	0 °C.	34,5 °C.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

Σχετική υγρασία	68 %.	50 %.
-----------------	-------	-------

Πίνακας 3.3. Εσωτερικές συνθήκες – Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων.

Μέγεθος	Χειμώνας	Καλοκαίρι
Θερμοκρασία	20 °C	26 °C
Σχετική υγρασία	35 %	45 %

Πίνακας 3.4. Εσωτερικές συνθήκες – Λοιποί χώροι.

Μέγεθος	Χειμώνας	Καλοκαίρι
Θερμοκρασία	20 °C	26 °C
Σχετική υγρασία	35 %	45 %

Το μέγεθος H αποτελεί ένα χαρακτηριστικό αριθμό των κτιρίων. Εξαρτάται από την τοποθεσία που βρίσκεται το κτιριακό συγκρότημα και τον τρόπο που θωρακίζεται απέναντι στους ανέμους. Το συγκεκριμένο μέγεθος παίρνει τιμές σύμφωνα με τον πίνακα 3.5. (Τιμές χαρακτηριστικού αριθμού H) που ακολουθεί.

Πίνακας 3.5. Τιμές χαρακτηριστικού αριθμού H .

Τοποθεσία	Θέση	Ταχύτητα Ανέμου	Συνεχόμενα κτίρια	Μειμονομ. Κτίρια
Συνήθης	Προστατευόμενη	4m/sec	0.24	0.34
	Εκτεθειμένη Β, ΒΑ, Δ	6m/sec	0.41	0.58
	Πολύ Εκτεθειμένη	8m/sec	0.60	0.84
Υποκείμενη σε Ανέμους	Προστατευόμενη	6m/sec	0.41	0.58
	Εκτεθειμένη Β, ΒΑ, Δ	8m/sec	0.60	0.84
	Πολύ Εκτεθειμένη	10m/sec	0.82	1.14
	Πάρα Πολύ Εκτεθειμένη	12m/sec	1.04	1.45

Το μέγεθος R αποτελεί ένα άλλο χαρακτηριστικό μεγέθους για τα κτίρια. Το εν λόγω μέγεθος εξαρτάται από τα υλικά κατασκευής των ανοιγμάτων των παραθύρων,

την ποιότητα των εσωτερικών πορτών και το λόγο της επιφάνειας των παραθύρων προς τις εσωτερικές πόρτες. Λαμβάνει τιμές στη βάση του πίνακα 3.6. (Τιμές χαρακτηριστικού αριθμού R).

Πίνακας 3.6. Τιμές χαρακτηριστικού αριθμού R.

Τιμές για τον Χαρακτηριστικό Αριθμό Χώρου R			
Υλικό Παραθύρου	Ποιότητα Εσωτερικών Πορτών	Επιφ.Παρ/Εσ.Πορτ.	Rk
Ξύλο ή Πλαστικό	Μη στεγανές	<3.0	0.9
	Στεγανές	<1.5	0.9
Μέταλλο	Μη στεγανές	<6.0	0.9
	Στεγανές	<2.5	0.9
Ξύλο ή Πλαστικό	Μη Στεγανές	από 3.0 έως 9	0.7
	Στεγανές	από 3.0 έως 9	0.7
Μέταλλο	Μη στεγανές	από 3.0 έως 9	0.7
	Στεγανές	από 3.0 έως 9	0.7

Ένα κομβικό μέγεθος που καθορίζει σε σημαντικό βαθμό τις θερμικές απώλειες ενός κτιρίου είναι η θερμική αγωγιμότητα. Ως συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας k , ορίζεται η ποσότητα θερμότητας ανά μονάδα χρόνου που περνά μέσα από 1 m^2 δομικού στοιχείου με πάχος d (m), όταν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των δύο επιφανειών του στοιχείου είναι ίση με 1°K . Ο εν λόγω συντελεστής μετριέται σε $\text{W} / \text{m}^2\text{K}$. Όσο μεγαλύτερος είναι ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας ενός δομικού στοιχείου, τόσο μεγαλύτερες οι θερμικές απώλειες εξαιτίας αυτού. Κατά κανόνα και εκτός ελαχίστων εξαιρέσεων λόγω ειδικών προδιαγραφών, τα ανοίγματα εμφανίζουν μεγαλύτερες τιμές συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, ενώ ακολουθούν οι τοίχοι και τα στατικά στοιχεία. Αυτός είναι και ο λόγος που οι θέσεις των ανοιγμάτων αποτελούν θέσεις με υψηλότερη ανάγκη για θωράκιση όσον αφορά στις θερμικές απώλειες και επομένως θέσεις οι οποίες επιλέγονται για την τοποθέτηση θερμαντικών μέσων [34].

Για τα δομικά στοιχεία των κτιρίων του Μουσικού Σχολείου Σπάρτης, οι τιμές του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας καθορίζονται σύμφωνα με τα στοιχεία που απεικονίζονται στον πίνακα 3.7. (Τιμές συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας δομικών στοιχείων).

Πίνακας 3.7. Τιμές συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας δομικών στοιχείων.

Δομικό στοιχείο	Συντελεστής k
Εξωτερικοί τοίχοι	0,60.
Εσωτερικοί τοίχοι – Ε ₁	1,50.
Εσωτερικοί τοίχοι – Ε ₂	1,60.
Οροφές – Ο ₁	0,50.
Οροφές – Ο ₂	2,42.
Δάπεδα – Δ ₁	1,20.
Δάπεδα – Δ ₂	2,13.
Ανοίγματα – Α1 [Μεταλλικό πλαίσιο] / Συντελεστής τζαμιού: 0,90 / Συντελεστής διείσδυσης αέρα α: 1,5.	3,20.
Ανοίγματα – Α2 [Μεταλλικό πλαίσιο].	5,82.
Ανοίγματα – Α3 [Ξύλινο πλαίσιο].	3,50.
Ανοίγματα – Α4 [Μεταλλικό πλαίσιο] / Συντελεστής τζαμιού: 0,80 / Συντελεστής διείσδυσης αέρα α: 1,5.	2,20.

Οι θερμικές απώλειες ενός χώρου συνίστανται από:

- Απώλειες θερμοπερατότητας Q_o , που προέρχονται από τα δομικά στοιχεία (τοίχοι, ανοίγματα, δάπεδα, οροφές, κ.λπ.)
- Απώλειες λόγω προσαυξήσεων.
- Απώλειες αερισμού χώρου Q_L .

α) Απώλειες θερμοπερατότητας:

Οι απώλειες θερμοπερατότητας σε Watt ή kcal / h, υπολογίζονται από τη σχέση:

$$Q_o = k * C * (T_i - T_a)$$

ή

$$Q_o = \frac{F * (T_i - T_a)}{\frac{1}{k}}$$

όπου:

Q_o : Απώλειες θερμοπεράτοτητας.

F : Επιφάνεια του δομικού στοιχείου (m^2).

k : Συντελεστής θερμοπεράτοτητας [W / m^2K (ή $Kcal / m^2 K$)].

$1 / k$: Αντίσταση θερμοπεράτοτητας σε (m^2K / W).

T_i : Θερμοκρασία χώρου (K ή $^{\circ}C$).

T_a : Θερμοκρασία εξωτερικού αέρα σε (K ή $^{\circ}C$).

β) Προσαυξήσεις:

Οι προσαυξήσεις υπολογίζονται σε ποσοστό % και διακρίνονται σε:

β1) Προσαύξηση Z_H λόγω της επίδρασης του προσανατολισμού.

Οι τιμές που παίρνει η συγκεκριμένη συνιστώσα ανάλογα με τον προσανατολισμό του δομικού στοιχείου, απεικονίζονται στον πίνακα 3.8. (Τιμές συντελεστή Z_H για τα δομικά στοιχεία του κτιρίου).

Πίνακας 3.8. Τιμές συντελεστή Z_H για τα δομικά στοιχεία του κτιρίου.

Προσανατολισμός δομικού στοιχείου	Τιμή παράγοντα Z_H
N, NΔ, NA	-5
B, ΒΔ, ΒΑ	+5
Δ	0
Α	0

β2) Προσαύξηση Z_D λόγω διακοπής λειτουργίας και ψυχρών εξωτερικών τοίχων.

Η προσαύξηση Z_D προσδιορίζεται με βάση το μέγεθος D , το οποίο υπολογίζεται από τη σχέση:

$$D = \frac{Q_o}{F_g * \Delta T}$$

όπου:

Q_o : Απώλειες θερμοπερατότητας.

F_g : Συνολική επιφάνεια που περιβάλλει το χώρο (m^2).

ΔT : Διαφορά θερμοκρασίας χώρου και εξωτερικού αέρα (K ή °C).

Η τιμή του Z_D , σε ποσοστό %, τελικά προσδιορίζεται με βάση τον πίνακα 3.9. (Τιμές συντελεστή Z_D).

Πίνακας 3.9. Τιμές συντελεστή Z_D .

Τιμή D / Τρόπος Λειτουργίας	0,1 – 0,29	0,30 – 0,69	0,70 – 1,49
0 ώρες διακοπής	7	7	7
8 – 12 ώρες διακοπής	20	15	15
12 – 16 ώρες διακοπής	30	25	20

Επομένως, οι θερμικές ανάγκες, λαμβάνοντας υπόψη και τις προσαυξήσεις, υπολογίζονται τελικά από τη σχέση:

$$Q_T = Q_o * (1 + Z_D + Z_H)$$

γ) Απώλειες αερισμού:

Οι απώλειες αερισμού Q_L (Watt), μπορούν να υπολογιστούν εναλλακτικά με δύο τρόπους:

γ1) Από τη σχέση που υπολογίζει τον απαιτούμενο αερισμό, η οποία είναι:

$$Q_L = V * \rho * C * (T_i - T_a)$$

ή

$$Q_L = V * \rho * C * \Delta T$$

όπου:

V: Όγκος εισερχομένου αέρα σε m³ / s.

c: Ειδική θερμότητα του αέρα σε kJ / g K.

ρ: Πυκνότητα του αέρα σε kg / m³.

ΔT: Διαφορά θερμοκρασίας σε βαθμούς °C ή K.

γ2) Από την σχέση υπολογισμού απωλειών λόγω χαραμιάδων, η οποία χρησιμοποιείται στην περίπτωση που δεν υπάρχει εξαερισμός. Η εν λόγω σχέση εκφράζεται ως ακολούθως:

$$Q_L = \sum Q * A_i$$

όπου:

$$Q * A_i = a * \Sigma l * R * H * \Delta T * Z_{\Gamma}$$

για κάθε άνοιγμα.

Οι παράγοντες που υπεισέρχονται στην παραπάνω σχέση, είναι:

a: Συντελεστής διείσδυσης αέρα.

Σl: Συνολική περίμετρος ανοίγματος (σε m).

R: Συντελεστής διεισδυτικότητας (βλέπε προηγουμένως).

H: Συντελεστής θέσης και ανεμόπτωσης (βλέπε προηγουμένως).

ΔT: Διαφορά θερμοκρασίας (σε βαθμούς °C ή K)

Z_Γ: Συντελεστής γωνιακών παραθύρων (στην περίπτωση γωνιακών παραθύρων παίρνει την τιμή 1.2 αντί της κανονικής 1).

Ο συντελεστής Z_T παίρνει τιμές ανάλογα με τη θέση των ανοιγμάτων (παραθύρων) στο χώρο.

Οι τιμές του συντελεστή Z_T φαίνονται στον πίνακα 3.10. (Τιμές συντελεστή Z_T) που ακολουθεί.

Πίνακας 3.10. Τιμές συντελεστή Z_T .

Θέση παραθύρων	Τιμή συντελεστή Z_T
Κανονική θέση παραθύρων	1
Γωνιακή θέση παραθύρων	1.2

Όσον αφορά στο συντελεστή διείσδυσης αέρα a , για τα δομικά στοιχεία του κτιριακού συγκροτήματος μελέτης, οι αντίστοιχες τιμές αποτυπώνονται στον πίνακα 3.7. (Τιμές συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας δομικών στοιχείων).

Τελικά, το σύνολο των θερμικών απωλειών για κάθε χώρο, θα είναι το άθροισμα των μεγεθών Q_T και Q_L .

$$Q_{ολ} = Q_T + Q_L$$

Με βάση τα παραπάνω, προκύπτουν οι κάτωθι θερμικές απώλειες για κάθε χώρο του Μουσικού Σχολείου Σπάρτης. Από το άθροισμα αυτών προκύπτουν οι συνολικές θερμικές απώλειες του κτιριακού συγκροτήματος.

Πίνακας 3.11. Θερμικές απώλειες χώρων Μουσικού Σχολείου Σπάρτης και συνολικές θερμικές απώλειες κτιριακού συγκροτήματος.

Χώρος	Θερμικές απώλειες (kcal / h)
Παρασκευαστήριο	1.951
Εργαστήριο φυσικών επιστημών	4.632
Αποθήκη	1.484

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

Εργαστήριο τεχνολογίας	5.601
Αποδυτήρια – WC κοριτσιών	3.132
Αποδυτήρια – WC αγοριών	3.601
Γενικό αρχείο	1.982
Αποθήκη σχολικών βιβλίων	1.073
Εργαστήριο κρουστών - πνευστών	3.356
Εργαστήριο πληροφορικής & τεχνολογίας	3.039
Εργαστήριο συντονισμού μουσικών	2.749
Εργαστήριο μουσικών συνόλων	4.221
Εργαστήριο ξένων γλωσσών	3.341
Αίθουσα 1	3.318
Αίθουσα καλλιτεχνικών	6.192
Αποθήκη αίθουσας	846
Σκοτεινός θάλαμος	510
Εργαστήριο φωτογραφίας	1.633
Κυλικείο	1.438
Τραπεζαρία	6.941
Εργαστήριο πληροφορικής	3.120
Αίθουσα 2	3.055
Αίθουσα 3	3.055
Αίθουσα 4	3.352
Ατομικό μάθημα 1	1.501
Ατομικό μάθημα 2	1.555
Ατομικό μάθημα 3	1.555
Ατομικό μάθημα 4	1.300
Ατομικό μάθημα 5	1.300
Ατομικό μάθημα 6	1.300
Ατομικό μάθημα 7	1.300
Ατομικό μάθημα 8	1.300
Ατομικό μάθημα 9	1.501
Ατομικό μάθημα 10	1.582
Ατομικό μάθημα 11	1.343
Ατομικό μάθημα 12	1.589
Ατομικό μάθημα 13	1.589
Ατομικό μάθημα 14	1.546
Αίθουσα 5	3.255
Μουσικά σύνολα – χορός	7.413
Ατομικό μάθημα – Γραφεία	1.604
Βιβλιοθήκη	9.098
Εργαστήριο πληροφορικής 2	3.518
Αίθουσα 6	3.444
Αίθουσα 7	3.444
Αίθουσα 8	3.741

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

Γραφείο καθηγητών 1	1.974
Αναμονή	555
Γραφείο διευθυντή	866
Γραφείο υποδιευθυντή	645
Γραμματεία – Αρχείο	1.100
Γραφείο διευθυντή 2	832
Γραφείο υποδιευθυντή 2	563
Αναμονή 2	527
Γραφείο καθηγητών 2	1.927
WC καθηγητών	1.453
Μικρό γραφείο	1.415
Μικρό γραφείο 2	1.277
Ιατρείο	1.476
Γραφείο συλλόγου γονέων και κηδεμόνων	1.197
Αποθήκη σχολικών βιβλίων 2	1.527
Γραφείο μαθητικών συγκεντρώσεων	1.193
Χώρος φύλακα	1.377
Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων	41.697
Σύνολο	191.000

Όπως βλέπουμε στον Πίνακα 3.11. (Θερμικές απώλειες χώρων Μουσικού Σχολείου Σπάρτης και συνολικές θερμικές απώλειες κτιριακού συγκροτήματος), οι συνολικές θερμικές απώλειες των χώρων του Μουσικού Σχολείου Σπάρτης ανέρχονται σε 191.000 kcal / h.

4 ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΜΟΥΣΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ ΣΠΑΡΤΗΣ ΜΕ ΒΙΟΜΑΖΑ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΜΕΣΩ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

4.1 ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΜΕ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ

Η μέση ειδική κατανάλωση θερμικής ενέργειας ανά κατηγορία κτιρίου, ανά ζώνη και ανά έτος κατασκευής απεικονίζεται στον πίνακα 4.1. (Μέση ετήσια ειδική κατανάλωση θερμικής ενέργειας).

Πίνακας 4.1. Μέση ετήσια ειδική κατανάλωση θερμικής ενέργειας (kWh / m²) [35].

Κλιματική ζώνη	Γραφεία - Καταστήματα			Ξενοδοχεία			Σχολικά κτήρια			Νοσοκομεία		
	1980	2001	2010	1980	2001	2010	1980	2001	2010	1980	2001	2010
Ελλάδα σύνολο	93	75	70	90	80	75	32	31	31	145	134	129
Ζώνη Α	67	52	48	71	62	58	24	23	23	96	75	69
Ζώνη Β	85	69	65	90	78	73	29	29	28	136	129	126
Ζώνη Γ	107	89	83	113	99	92	37	36	36	188	168	160
Ζώνη Δ	134	110	103	142	124	115	46	46	45	252	237	231

Το Μουσικό Σχολείο Σπάρτης θεμελιώθηκε το 2013 [36]. Ανήκει στην κλιματική ζώνη Α σύμφωνα με τον πίνακα 3.1. (Κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα).. Με βάση αυτά τα δεδομένα, από τον πίνακα 4.1. (Μέση ετήσια ειδική κατανάλωση θερμικής ενέργειας), η μέση ετήσια ειδική κατανάλωση θερμικής ενέργειας προκύπτει ίση με:

$$\varepsilon_K = 23 \text{ kWh/m}^2$$

Πολλαπλασιάζοντας με το συνολικό εμβαδό των κτιρίων (1.467,59 m²) του σχολικού συγκροτήματος αναφοράς, προκύπτει η ετήσια κατανάλωση θερμικής ενέργειας.

$$EK = 23 * 1.467,59 = 33.754,57 \text{ kWh}$$

Το απαιτούμενο θερμικό φορτίο σε ετήσια βάση που πρέπει να παραχθεί από το μέσο θέρμανσης είναι:

$$E\theta\Phi_{\text{πετρέλαιο}} = \frac{EK}{COP_{\text{πετρέλαιο}}}$$

Λαμβάνοντας COP για το πετρέλαιο ίσο με 0,8 προκύπτει:

$$E\theta\Phi_{\text{πετρέλαιο}} = \frac{33.754,57}{0,8} = 42.193,21 \text{ kWh}$$

Οι συντελεστές μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια αποτυπώνονται στον πίνακα 4.2. (Συντελεστές μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια).

Πίνακας 4.2. Συντελεστές μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια [37].

Πηγή ενέργειας	Συντελεστής μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια	Εκλυόμενοι ρύποι ανά μονάδα ενέργειας (kgCO ₂ /kWh)
Φυσικό αέριο	1,05	0,196
Πετρέλαιο θέρμανσης	1,10	0,264
Ηλεκτρική ενέργεια	2,90	0,989
Υγραέριο	1,05	0,238
Βιομάζα	1,00	---
Τηλεθέρμανση από Δ.Ε.Η.	0,70	0,347

Από τον πίνακα, προκύπτει ότι για πηγή ενέργειας το πετρέλαιο, ο συντελεστής μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια ισούται με 1,10. Για την ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας θα ισχύει:

$$\begin{aligned} EKPE_{\text{πετρέλαιο}} &= E\theta\Phi_{\text{πετρέλαιο}} * \Sigma M_{\text{πετρέλαιο}} = 42.193,21 * 1,10 \\ &= 46.412,53 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Για την απαιτούμενη ετήσια κατανάλωση πετρελαίου σε lt θα είναι:

$$EK(lt)_{\text{πετρέλαιο}} = \frac{E\theta\Phi_{\text{πετρέλαιο}}}{\text{Θερμογόνος Ικανότητα}_{\text{πετρέλαιο}}}$$

Η θερμογόνος ικανότητα του πετρελαίου ισούται με 11,9 kWh / lt [38]. Οπότε:

$$EK(lt)_{\text{πετρέλαιο}} = \frac{42.193,21}{11,9} = 3.545,65 \text{ lt}$$

Η κατανάλωση αυτή αντιστοιχεί σε ετήσιο κόστος:

$$EKO_{\text{πετρέλαιο}} = EK(lt)_{\text{πετρέλαιο}} * \text{Τιμή/lt}_{\text{πετρέλαιο}}$$

Ως τιμή / lt για το πετρέλαιο λαμβάνεται η τιμή εκκίνησης πώλησης αυτού για την περίοδο 2023 – 2024. Αυτή είναι ίση με 1,39 ευρώ / lt [39]. Επομένως:

$$EKO_{\text{πετρέλαιο}} = 3.545,65 * 1,39 = 4.928,45 \text{ ευρώ.}$$

4.2 ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΜΕ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ

Ομοίως με προηγουμένως:

$$EK = 23 * 1.467,59 = 33.754,57 \text{ kWh}$$

Το απαιτούμενο θερμικό φορτίο σε ετήσια βάση που πρέπει να παραχθεί από το μέσο θέρμανσης είναι:

$$E\theta\Phi_{\text{φυσικό αέριο}} = \frac{EK}{COP_{\text{φυσικό αέριο}}}$$

Λαμβάνοντας COP για το φυσικό αέριο ίσο με 0,8 προκύπτει:

$$E\theta\Phi_{\text{φυσικό αέριο}} = \frac{33.754,57}{0,8} = 42.193,21 \text{ kWh}$$

Από τον πίνακα 4.2. (Συντελεστές μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια), προκύπτει ότι για πηγή ενέργειας το φυσικό αέριο, ο συντελεστής μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια ισούται με 1,05. Για την ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας θα ισχύει:

$$\begin{aligned} EK_{PE_{\text{φυσικό αέριο}}} &= E\theta\Phi_{\text{φυσικό αέριο}} * \Sigma M_{\text{φυσικό αέριο}} = 42.193,21 * 1,05 \\ &= 44.302,87 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Για την απαιτούμενη ετήσια κατανάλωση φυσικού αερίου σε Nm³ θα είναι:

$$EK(Nm^3)_{\text{φυσικό αέριο}} = \frac{E\theta\Phi_{\text{φυσικό αέριο}}}{\text{Θερμογόνος Ικανότητα}_{\text{φυσικό αέριο}}}$$

Η θερμογόνος ικανότητα του φυσικού αερίου ισούται με 11,2 kWh / Nm³ [38].

Οπότε:

$$EK(Nm^3)_{\text{φυσικό αέριο}} = \frac{42.193,21}{11,2} = 3.767,25 \text{ Nm}^3$$

Η κατανάλωση αυτή αντιστοιχεί σε ετήσιο κόστος:

$$EKO_{\text{φυσικό αέριο}} = EK(Nm^3)_{\text{φυσικό αέριο}} * Τιμή/Nm^3_{\text{φυσικό αέριο}}$$

Η μέση τιμή για την ανώτερη θερμογόνο δύναμη του φυσικού αερίου είναι 11,5 kWh / Nm³ [40]. Ως τιμή για το φυσικό αέριο λαμβάνεται αυτή που διαμορφώθηκε τον Αύγουστο του 2023, ίση με 28,1 ευρώ / MWh ή 0,028 ευρώ / kWh [41]. Άρα:

$$Τιμή/Nm^3_{\text{φυσικό αέριο}} = 11,5 * 0,028 = 0,32 \text{ ευρώ}/Nm^3$$

Τελικά:

$$EKO_{\text{φυσικό αέριο}} = 3.767,25 * 0,32 = 1.205,52 \text{ ευρώ}.$$

4.3 ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΜΕ ΒΙΟΜΑΖΑ

Ομοίως με τις προηγούμενες περιπτώσεις:

$$EK = 23 * 1.467,59 = 33.754,57 \text{ kWh}$$

Το απαιτούμενο θερμικό φορτίο σε ετήσια βάση που πρέπει να παραχθεί από το μέσο θέρμανσης είναι:

$$E\theta\Phi_{\text{βιομάζα}} = \frac{EK}{COP_{\text{βιομάζα}}}$$

Λαμβάνοντας COP για τη βιομάζα ίσο με 0,8 προκύπτει:

$$E\theta\Phi_{\text{βιομάζα}} = \frac{33.754,57}{0,8} = 42.193,21 \text{ kWh}$$

Οι απαιτούμενες ώρες λειτουργίας του συστήματος βιομάζας σε ετήσια βάση θα είναι:

$$\Omega\Lambda_{\text{βιομάζα}} = \frac{E\theta\Phi_{\text{βιομάζα}}}{\text{Ισχύς}}$$

Από τον πίνακα 3.11. (Θερμικές απώλειες χώρων Μουσικού Σχολείου Σπάρτης και συνολικές θερμικές απώλειες κτιριακού συγκροτήματος), προκύπτει ότι το σύστημα πρέπει να καλύψει θερμικές απώλειες ίσες με 191.000 kcal / h ή 222,13 kW. Επομένως:

$$\Omega\Lambda_{\text{βιομάζα}} = \frac{42.193,21}{222,13} = 189,95 \text{ h}$$

Ο μέσος ρυθμός κατανάλωσης υλικών βιομάζας με θερμογόνο ικανότητα 3.903 kcal / kg, κατάλληλων για αποδοτική καύση, ανέρχεται στα 8 kg / h [38]. Άρα, για την απαιτούμενη ετήσια κατανάλωση θα ισχύει:

$$EK(kg)_{\beta\text{ιομάζα}} = \Omega L_{\beta\text{ιομάζα}} * \text{Ρυθμός κατανάλωσης} = 189,95 * 8 = 1.519,60 \text{ kg}$$

Η ετήσια κατανάλωση ενέργειας βιομάζας θα ισούται με:

$$\begin{aligned} EKE_{\beta\text{ιομάζα}} &= EK(kg)_{\beta\text{ιομάζα}} * \text{Θερμογόνος Ικανότητα} = 1.519,60 * 3.903 \\ &= 5.930.998,80 \text{ kcal} = 6.897,75 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Από τον πίνακα 4.2. (Συντελεστές μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια), προκύπτει ότι για πηγή ενέργειας τη βιομάζα, ο συντελεστής μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια ισούται με 1,00. Για την ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας θα ισχύει:

$$EKΠE_{\beta\text{ιομάζα}} = EKE_{\beta\text{ιομάζα}} * \Sigma M_{\beta\text{ιομάζα}} = 6.897,75 * 1,00 = 6.897,75 \text{ kWh}$$

Το ετήσιο κόστος με χρήση βιομάζας θα είναι:

$$EKO_{\beta\text{ιομάζα}} = EK(kg)_{\beta\text{ιομάζα}} * \text{Τιμή/kg}_{\beta\text{ιομάζα}}$$

Η τιμή / kg βιομάζας θα καθοριστεί μέσω της τιμής του πέλλετ, που αποτελεί την πιο διαδεδομένη μορφή βιομάζας που χρησιμοποιείται σε λέβητες βιομάζας κ.λπ. Το κόστος αυτού ανέρχεται στα 390 ευρώ / 1000 kg ή σε 0,39 ευρώ / kg [42].

Προκύπτει:

$$EKO_{\beta\text{ιομάζα}} = 1.519,60 * 0,39 = 592,64 \text{ ευρώ.}$$

4.4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

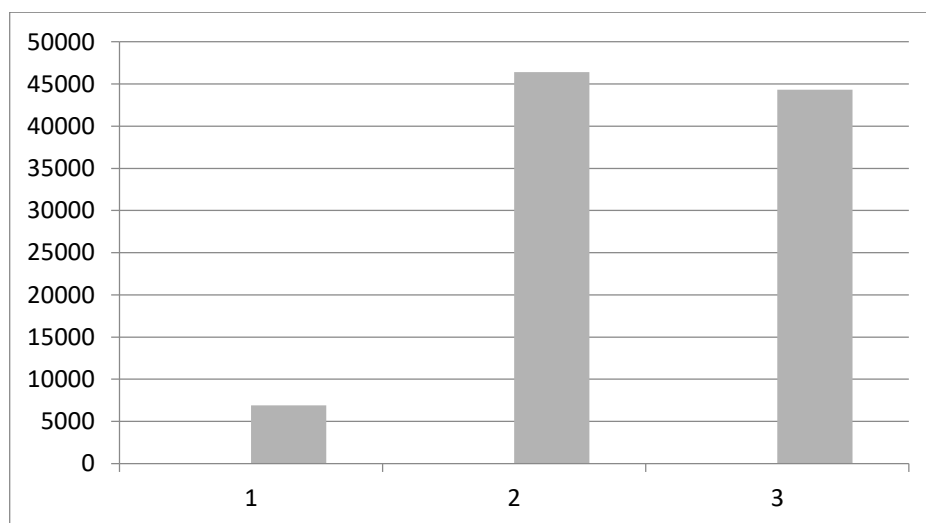
Με βάση τους υπολογισμούς που έλαβαν χώρα στα προηγούμενα, προκύπτει ο ακόλουθος συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων 4.3 για την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και για το ετήσιο κόστος, για τους τρεις διαφορετικούς τρόπους θέρμανσης.

Πίνακας 4.3. Πίνακας αποτελεσμάτων.

A/A	Πηγή ενέργειας	ΕΚΠΕ (kWh)	ΕΚΟ (Ευρώ)
1.	Βιομάζα	6.897,75	592,64
2.	Πετρέλαιο	46.412,53	4.928,45
3.	Φυσικό αέριο	44.302,87	1.205,52

Όπως βλέπουμε στον Πίνακα 4.3. (Πίνακας αποτελεσμάτων), στη βιομάζα αντιστοιχεί ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας 6.897,75 kWh, στο πετρέλαιο 46.412,53 kWh και στο φυσικό αέριο 44.302,87 kWh. Όσον αφορά στο ετήσιο κόστος, αυτό για τη βιομάζα ανέρχεται σε 592,64 ευρώ, για το πετρέλαιο σε 4.928,45 ευρώ και για το φυσικό αέριο σε 1.205,52 ευρώ.

Ακολουθεί η διαγραμματική απεικόνιση των αποτελεσμάτων.

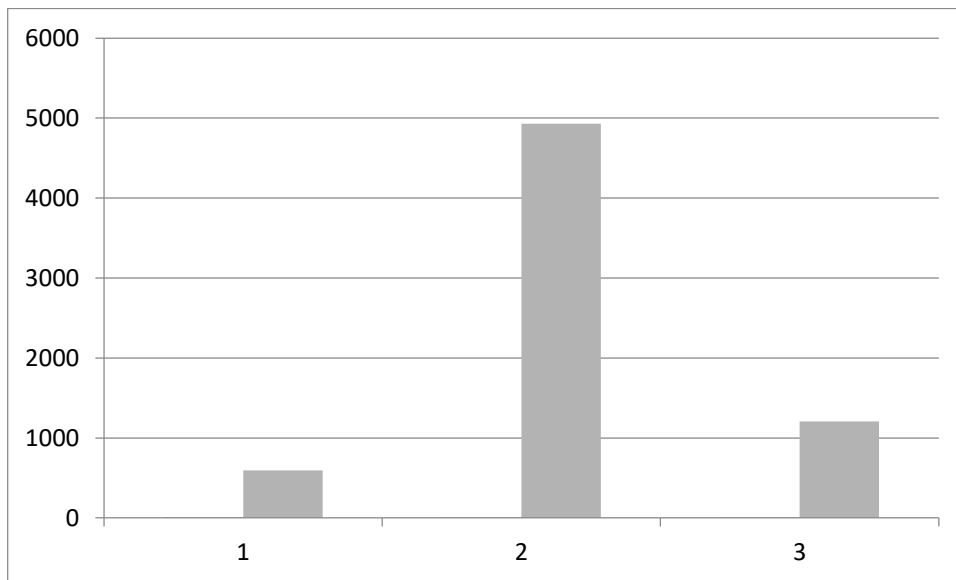


Σχήμα 4.1. ΕΚΠΕ με χρήση 1) βιομάζας, 2) πετρελαίου και 3) φυσικού αερίου.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Από τα παραπάνω, είναι εμφανής η υπεροχή της βιομάζας όσον αφορά στην ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας. Μεταξύ πετρελαίου και φυσικού αερίου η κατάσταση είναι πιο ισορροπημένη, με μια ελαφριά υπεροχή του φυσικού αερίου το οποίο χαρακτηρίζεται από μια λίγο μικρότερη κατανάλωση σε σχέση με το πετρέλαιο.

Για το ετήσιο κόστος, προκύπτει το επόμενο διάγραμμα (Σχήμα 4.2):



Σχήμα 4.2. ΕΚΟ με χρήση 1) βιομάζας, 2) πετρελαίου και 3) φυσικού αερίου.

Και σε σχέση με τη μεταβλητή του ετήσιου κόστους, η βιομάζα υπερέχει έναντι τόσο του πετρελαίου όσο και του φυσικού αερίου. Το πετρέλαιο αποδεικνύεται με διαφορά ως το μέσο θέρμανσης για το Μουσικό Σχολείο Σπάρτης.

Συνδυαστικά, αποδεικνύεται μια συνολική υπεροχή της βιομάζας τόσο σε επίπεδο κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας όσο και σε επίπεδο κόστους. Η ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας στην περίπτωση του πετρελαίου είναι 6,73 φορές μεγαλύτερη από ότι στην περίπτωση χρήσης της βιομάζας, με το ετήσιο κόστος να είναι 8,32 φορές μεγαλύτερο. Η ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας στην περίπτωση του φυσικού αερίου είναι 6,42 φορές μεγαλύτερη από ότι στην περίπτωση χρήσης της βιομάζας, με το ετήσιο κόστος να είναι 2,03 φορές μεγαλύτερο.

5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η όλο και μεγαλύτερη χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, έρχεται να καλύψει την ανάγκη για προστασία του περιβάλλοντος και για αντιμετώπιση των επιπτώσεων από την κλιματική αλλαγή. Η χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας συμβάλλει στην αειφόρο ανάπτυξη και δίνει μια ισχυρή εναλλακτική απέναντι στα συμβατικά καύσιμα.

Τις σημαντικότερες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως αναλύθηκε στα αρχικά κεφάλαια της εργασίας, αποτελούν η ηλιακή ενέργεια, η αιολική ενέργεια, η υδροηλεκτρική ενέργεια, η κυματική ενέργεια, η γεωθερμία και η βιομάζα. Η βιομάζα αποτελεί μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας με ισχυρό δυναμικό σε παγκόσμιο επίπεδο και αποτελεί την πηγή ενέργειας που εξασφαλίζει τη μεγαλύτερη ασφάλεια στην Ευρώπη. Υπό αυτή τη συνθήκη, εντείνονται συνεχώς οι προσπάθειες για συνεχώς μεγαλύτερη αξιοποίησή της. Έχει ως βασικά πλεονεκτήματα τον υψηλό βαθμό απόδοσης, τις χαμηλές απαιτήσεις για ενέργεια στις δραστηριότητες που σχετίζονται με αυτή, το χαμηλό κόστος, τη σύνθεση με χαμηλούς ρύπους και τη μικρή χρήση θρεπτικών ουσιών. Τις σημαντικότερες μεθόδους αξιοποίησης της βιομάζας αποτελούν η καύση, η πυρόλυση, η αεριοποίηση και η αναερόβια χώνευση.

Για το Μουσικό Σχολείο Σπάρτης, αποδείχτηκε ότι η χρήση βιομάζας για τη θέρμανση αυτού υπερέχει της χρήσης πετρελαίου και φυσικού αερίου τόσο σε επίπεδο κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας όσο και σε επίπεδο κόστους. Στη βιομάζα αντιστοιχεί ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας 6.897,75 kWh και ετήσιο κόστος 592,64 ευρώ. Στο πετρέλαιο αντιστοιχεί ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας 46.412,53 kWh, 6,73 φορές μεγαλύτερη από ότι στην περίπτωση χρήσης της βιομάζας, και ετήσιο κόστος 4.928,45 ευρώ, 8,32 φορές μεγαλύτερο απ' ότι στην περίπτωση χρήσης της βιομάζας. Στο φυσικό αέριο αντιστοιχεί ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας 44.302,87 kWh, 6,42 φορές μεγαλύτερη από ότι στην περίπτωση χρήσης της βιομάζας, με το ετήσιο κόστος να είναι 2,03 φορές μεγαλύτερο από ότι στην περίπτωση χρήσης της βιομάζας, ίσο με 1.205,52 ευρώ.

Προτείνεται η συνέχιση της έρευνας για εξεύρεση των πλησιέστερων τόπων και κατόπιν τρόπων αποδοτικής μεταφοράς υλικών βιομάζας στο σχολείο για την

εκμετάλλευση των ωφελειών από τη χρήση αυτής, όπως αυτές αποδεικνύονται από τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας.

Γενικότερα, παρατηρείται μια ισχυρή τάση διεθνώς για όλο και μεγαλύτερη εισχώρηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο ενεργειακό μείγμα. Η Ελλάδα διακρίνεται από υψηλή συμμετοχή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εξαιτίας και του υψηλού ηλιακού και αιολικού δυναμικού που διαθέτει. Παρόντικά, η ηλιακή και η αιολική ενέργεια είναι οι ανανεώσιμες μορφές ενέργειας που αναπτύσσονται με πιο γρήγορο ρυθμό, ιδιαίτερα στην χώρα μας. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχουν ισχυρά περιθώρια ανάπτυξης για τις υπόλοιπες ανανεώσιμες μορφές ενέργειας, όπως είναι η βιομάζα.

Στον ελληνικό χώρο, θα πρέπει να ενισχυθεί η προσπάθεια για ενεργειακή αξιοποίηση αποβλήτων και βιομάζας. Είναι σημαντική η θέσπιση ενός πλαισίου για την οργάνωση των δράσεων για την αξιοποίηση της βιομάζας λαμβάνοντας υπόψη τα ειδικά χαρακτηριστικά της χώρας, όπως είναι η ισχυρή συμμετοχή του πρωτογενούς τομέα στην παραγωγική δραστηριότητα αυτής.

6 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1]. Hanif M. A. Nadeem F. Tariq R. & Rashid U. *Renewable and alternative energy resources*. 1st edn. Elsevier; 2021.
- [2]. Khan I. *Renewable energy and sustainability*. 1st edn. Elsevier; 2022.
- [3]. Asheim G. B. *Justifying, characterizing and indicating sustainability*. Springer; 2007.
- [4]. Letcher T. & Fthenakis V. *A comprehensive guide to solar energy systems*. 1st edn. Elsevier; 2021.
- [5]. Jieb Y. A. & Hossain E. *Photovoltaic systems: Fundamentals and applications*. 1st edn. Springer; 2022.
- [6]. Greensphere. *How solar panel works from sunlight to AC power*. [Last retrieved: 2023 Jul 18]; Available from: <http://greenspherecleantech.in/technology/how-solar-panels-work/index.html>.
- [7]. Letcher T. *Wind energy engineering: A handbook for onshore and offshore wind turbines*. 2nd edn. Elsevier; 2023
- [8]. Anaya – Lara O. Jenkins N. Ekanayake J. B. Cartwright P. & Hughes M. *Wind energy generation: Modelling and control*. 1st edn. Wiley; 2009.
- [9]. WTS Energy. *Offshore wind*. [Last retrieved: 2023 Jul 18]; Available from: <https://www.wtsenergy.com/glossary/offshore-wind/>.
- [10]. Rodger M. *Hydroelectric power: Power from moving water*. Glabtree Classics; 2010.
- [11]. Velatia. *What is hydropower and how does it work?*. [Last retrieved: 2023 Jul 19]; Available from: <https://www.velatia.com/en/blog/what-is-hydropower-and-how-does-it-work/>.

- [12]. Hindawi. *Air turbines for wave energy conversion*. [Last retrieved: 2023 Jul 20]; Available from: <https://www.hindawi.com/journals/ijrm/2012/717398/fig20/>.
- [13]. Brooke J. *Wave energy conversion*. 1st edn. Elsevier; 2003.
- [14]. Stober I. Butcher. K. *Geothermal energy: From theoretical models to exploration and development*. Springer; 2021.
- [15]. Brown A. *West warms to geothermal energy as a path to clean power goals*. Alaska Beacon. [Last retrieved: 2023 Jul 21]; Available from: <https://alaskabeacon.com/2023/03/03/west-warms-to-geothermal-energy-as-a-path-to-clean-power-goals/>.
- [16]. Ember. *Data into action*. [Last retrieved: 2023 Jul 25]; Available from: <https://ember-climate.org>.
- [17]. Agroenergy. *Βιομάζα*. [Τελευταία προσπέλαση: 25 Αυγ 2023]; Διαθέσιμο στο: <http://www.agroenergy.gr/categories>.
- [18]. Sarangi P. K. Nanda S. & Mohanty P. *Recent Advancements in biofuels and bioenergy utilization*. Springer; 2018.
- [19]. Matovic M. D. *Biomass now: Cultivation and utilization*. IntechOpen; 2013.
- [20]. Kyriakopoulos G. L., Arabatzis G. & Chalikias M. Renewables exploitation forenergy production and biomass use for electricity generation. A multi – parametric literature – basedreview. *AIMSEnergy*. 2016; 4(5): 762.
- [21]. Van Loo S. & Koppejan J. *The handbook of biomass combustion & Co – firing*. 1stedn. Routledge; 2010.
- [22]. Demirbas A. Combustion systems for biomass fuel. PartA. *Energy Sources*. 2007; 29(4): 303–312.
- [23]. Zafar S. *Biomass pyrolysis process*. [Τελευταία προσπέλαση: 12 Σεπ 2023]; Διαθέσιμο στο: <https://www.bioenergyconsult.com/biomass-pyrolysis-process/>.

- [24]. Bridgwater A. V., Meier D. & Radlein, D. An overview of fast pyrolysis of biomass. *Organic geochemistry*. 1999; 30(12): 1479 – 1493.
- [25]. Heidenreich S. Muller M. & Foscolo P. U. *Advanced biomass gasification: New concepts for efficiency increase and product flexibility*. 1st edn. Elsevier; 2016.
- [26]. Kumar Y. *Biomass gasification – A review*. [Τελευταία προσπέλαση: 15 Σεπ 2023]; Διαθέσιμο στο: <https://www.semanticscholar.org/paper/Biomass-Gasification-A-Review-Kumar/066e921bc65937437cd8a118c83776a56ffe9676>.
- [27]. Moretti C. Corona B. Ruhlin V. et al. Combining biomass gasification and solid oxid fuel cell for heat and power generation: An early – stage life cycle assessment. *Energies*. 2020; 13(11): 1 – 24.
- [28]. Ζαφείρης Χ. *Ενεργειακή αξιοποίηση βιοαερίου*. ΚΑΠΕ. 2009; Διαθέσιμο στο: http://www.cres.gr/kape/publications/pdf/big_east/06_C.%20Zafiris_BiGEast_Presentation.pdf.
- [29]. Balagurusamy N. & Chandel A. K. *Biogas production: From anaerobic digestion to a sustainable bioenergy industry*. Springer; 2020.
- [30]. Μαρνέλλος Γ. *Η βιομάζα ως καύσιμο*. Σημειώσεις μαθήματος Ειδικά Κεφάλαια Παραγωγής Ενέργειας. Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών. Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας; 2020.
- [31]. Καραμπίνης Μ. *Bioenergy Europe: Η βιοενέργεια αντιπροσωπεύει άνω του 50% των ΑΠΕ*. [Τελευταία προσπέλαση: 19 Σεπ 2023]; Διαθέσιμο στο: <https://aenergy.gr/>.
- [32]. Διεύθυνση Εγγυήσεων Προέλευσης και Ενεργειακού Μείγματος. *Ενεργειακό μείγμα 2021*. ΔΑΠΕΕΠ; 2022.
- [33]. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε., 20701-1/2010.
- [34]. Nag. P. K. (2009). *Heat and mass transfer*. 3rd edn. McGraw Hill; 2009.

- [35]. Αγερίδης Γ. Γαγλία Α. Γιανακκίδης Γ. κ.α. *Κατάρτιση ενεργειακών επιθεωρητών – Επιθεώρηση κτηρίων*, Εκπαιδευτικό υλικό. ΤΕΕ; 2011.
- [36]. Μουσικό Σχολείο Σπάρτης. *Κτηριακές εγκαταστάσεις*. [Τελευταία προσπέλαση: 3 Οκτ 2023]; Διαθέσιμο στο: <http://gym-mous-spart.lak.sch.gr/>
- [37]. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε., 1.
- [38]. Francis W. & Peters M. C. *Fuels and fuel technology: A summarized manual*. 2nd edn. Elsevier; 1980.
- [39]. Ναυτεμπορική. *Πετρέλαιο θέρμανσης: Με τιμή από 1,39 ευρώ ξεκινά η διάθεσή του*. [Τελευταία προσπέλαση: 27 Νοε 2023]; Διαθέσιμο στο: <https://www.naftemporiki.gr/finance/economy/1524538/petrelaio-thermansis-me-timi-apo-1309-eyro-archise-i-diathesi-toy/>.
- [40]. CGN. *Τι είναι το φυσικό αέριο;*. [Τελευταία προσπέλαση: 27 Νοε 2023]; Διαθέσιμο στο: <https://cgn.gr/ti-einai-to-fysiko-aerio/>.
- [41]. Καθημερινή. *Υποχώρησαν οι τιμές φυσικού αερίου και ηλεκτρικής ενέργειας τον Αύγουστο*. [Τελευταία προσπέλαση: 27 Νοε 2023]; Διαθέσιμο στο: <https://www.kathimerini.gr/economy/562606882/yhochorisan-oi-times-fysikoy-aerioy-kai-ilektrikis-energeias-ton-aygoysto/>.
- [42]. Thraki.com. *Ξύλα και Pellet: Από 390 ευρώ ο τόνος στα πελλετ...Στα 200 το 1,5 κυβικό στα ξύλα*. [Τελευταία προσπέλαση: 28 Νοε 2023]; Διαθέσιμο στο: <https://www.thraki.com.gr/xyla-kai-pellet-apo-390-eyro-o-tonos-sta-pelletsta-200-to-15-kyviko-sta-xyla/>.

7 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Μουσικό Σχολείο Σπάρτης – Φωτογραφική απεικόνιση 1.



Μουσικό Σχολείο Σπάρτης – Φωτογραφική απεικόνιση 2.



Μουσικό Σχολείο Σπάρτης – Φωτογραφική απεικόνιση 3.



Μουσικό Σχολείο Σπάρτης – Φωτογραφική απεικόνιση 4.



Μουσικό Σχολείο Σπάρτης – Φωτογραφική απεικόνιση 5.



Μουσικό Σχολείο Σπάρτης – Φωτογραφική απεικόνιση 6.



Μουσικό Σχολείο Σπάρτης – Φωτογραφική απεικόνιση 7.



Μουσικό Σχολείο Σπάρτης – Φωτογραφική απεικόνιση 8.



Μουσικό Σχολείο Σπάρτης – Φωτογραφική απεικόνιση 9.

