



ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

***Αξιοποίηση της Βιομάζας για την παραγωγή
Ηλεκτρικής Ενέργειας μέσω Συστημάτων
Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμικής
Ενέργειας (Σ.Η.Θ.Ε)***

Σπουδαστές: Γρομισάρης Αλέξανδρος

Πίνης Αθανάσιος

Επιβλέπων Καθηγητής : Καραϊσάς Πέτρος

Αθήνα, Ιούνιος 2012

Περίληψη

Η παραγωγή ενέργειας από βιομάζα αναμένεται να παίξει έναν σημαντικό ρόλο στην παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ στην Ελλάδα. Η φιλικότητα στο περιβάλλον, η διαθεσιμότητά της, οι εθνικοί στόχοι και οι ευνοϊκές συνθήκες επένδυσης αναμένεται να στρέψουν το ενδιαφέρον προς αυτήν την κατεύθυνση. Προς αυτήν την κατεύθυνση ωθεί και η εξέλιξη της τεχνολογίας, η οποία φαντάζει όλο και πιο ώριμη να παρουσιάσει νέες τεχνοτροπίες και ιδέες, παρά το γεγονός ότι προς στιγμήν το κόστος της είναι ακόμα αρκετά υψηλό. Είναι βέβαιο πως με την πάροδο του χρόνου και με δεδομένη την μεγαλύτερη διείσδυση της βιομάζας στην παραγωγή ενέργειας, θα αποκτηθεί και θα αναπτυχθεί η απαιτούμενη τεχνογνωσία και τα εμπόδια θα υπερκεράζονται.

Η φύση της βιομάζας και η ανομοιογένεια στην διαθεσιμότητα της, ανάλογα με τις εκάστοτε συνθήκες οδηγεί στο συμπέρασμα πως η καλύτερη επιλογή για την αξιοποίηση της βιομάζας είναι μικρής κλίμακας μονάδες συμπαραγωγής ενέργειας. Εξαιτίας της προνομιακής τιμής πώλησης στο δίκτυο, οι επενδύσεις έχουν μικρό χρόνο αποπληρωμής και αποφέρουν ικανοποιητικά κέρδη. Ειδικά στις περιπτώσεις, κατά τις οποίες γίνεται στο έπακρο εκμετάλλευση της προνομιακής τιμής της ενέργειας στο δίκτυο (συνεχής λειτουργία) τα αποτελέσματα είναι εντυπωσιακά. Μοναδικό μειονέκτημα είναι το σχετικά υψηλό κόστος επένδυσης, το οποίο μπορεί να ισοσταθμιστεί με τυχόν επιχορηγήσεις και διευκολύνσεις, ενώ και η εξασφάλιση της απαιτούμενης βιομάζας συνιστά ένα μεγάλο στοίχημα.

Σε όλα τα παραπάνω ζητήματα επικεντρωνόμαστε στην παρούσα διπλωματική. Πιο συγκεκριμένα:

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια εισαγωγή και παρουσίαση των συστημάτων συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ). Παρουσιάζονται οι βασικές αρχές της συμπαραγωγής, οι τεχνολογίες και η ταξινόμηση των συστημάτων συμπαραγωγής ενέργειας, τα πλεονεκτήματα και οι επιπτώσεις που προκαλεί και, τέλος, γίνεται μια αναφορά για την συμπαραγωγή στην Ελλάδα.

Στο δεύτερο κεφάλαιο εισάγουμε την έννοια της «βιομάζας». Ο ορισμός της, οι τρόποι αξιοποίησης της, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα από την αξιοποίηση της, οι εφαρμογές και οι προοπτικές της αναφέρονται στο κεφάλαιο αυτό. Στη συνέχεια, αναλύονται οι μέθοδοι μετατροπής της βιομάζας όπως η καύση, η πυρόλυση και, φυσικά, η αεριοποίηση και η αναερόβια χώνευση, ενώ στο τέλος παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της επένδυσης σε βιομάζα.

Στο τρίτο κεφάλαιο, αναλύεται η έννοια της βιομάζας στην Ελλάδα. Επικεντρωνόμαστε στην ελληνική πραγματικότητα και στο δυναμικό της βιομάζας στην Ελλάδα, στην κατηγοριοποίηση του, στη μεθοδολογία για την αξιοποίηση του τεχνικά και οικονομικά εκμεταλλεύσιμου δυναμικού, στις παραμέτρους που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για την εγκατάσταση των μονάδων βιομάζας και στο κόστος των αρχικών πηγών. Στο τέλος του κεφαλαίου παρουσιάζεται το ισχύον νομοθετικό πλαίσιο για την ηλεκτροπαραγωγή από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στην χώρα μας.

Το τέταρτο κεφάλαιο περιλαμβάνει παραδείγματα τριών τεχνικών περιγραφών για την εγκατάσταση μονάδων βιομάζας των 100 kW, 500 kW και 1 MW, όπως αυτές πρέπει να κατατίθενται στον φάκελο αδειοδότησης της ΔΕΗ. Μία τέτοια μελέτη περιγράφει την μονάδα παραγωγής του βιοαερίου, τη μονάδα παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας όπου χρησιμοποιείται σαν καύσιμο το βιοαέριο, και περιλαμβάνει επιπλέον πληροφορίες που αφορούν τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό που θα χρησιμοποιηθεί, τη βιωσιμότητα της επένδυσης και την τεχνική περιγραφή του υποσταθμού και του μετασχηματιστή μέσης τάσης, αν αυτοί απαιτούνται.

Στο πέμπτο κεφάλαιο, διατυπώνεται το πρόβλημα του ενεργειακού ανεφοδιασμού μίας μονάδας συμπαραγωγής με βιομάζα που καλύπτει μία συγκεκριμένη ενεργειακή ζήτηση, με στόχο τη μείωση των δαπανών και την βελτιστοποίηση των σημαντικότερων οικονομικών παραμέτρων. Περιγράφεται αναλυτικά το μοντέλο βελτιστοποίησης και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων για τις εφαρμογές που μελετούμε.

ΛΕΞΕΙΣ - ΚΛΕΙΔΙΑ: Συμπαραγωγή ηλεκτρισμού – θερμότητας (ΣΗΘ), Βιομάζα, Δυναμικό βιομάζας, Ενεργειακές καλλιέργειες, Καύση, Πυρόλυση, Αεριοποίηση, Αναερόβια χώνευση, Αλυσίδα ανεφοδιασμού, Περιφερειακή θέρμανση

Abstract

The energy production from biomass is expected to play an important role in the energy production from the Renewable Energy Sources (RES) in Greece. The friendliness in the environment, its availability, the national objectives and the favorable conditions of investment are expected to turn the interest to this direction. The development of technology prompts also to this direction, which strikes always more mature to present new techniques and ideas, despite the fact that to the moment its cost is still enough high. It is certain that with the byway of time and with given the bigger infiltration of biomass in the energy production, the required know-how will be acquired and developed and the obstacles will be overflowed.

The nature of biomass and the inhomogeneousness in its availability, depending on the each conditions lead to the conclusion that the better choice for the exploitation of biomass is small scale units of cogeneration of energy. Due to the preferential price of sale in the grid, the investments have small time of settlement and yield satisfactory profits. Specifically in the cases, at which become exceedingly exploitation of the preferential price of energy in the network (continuous operation) the results are impressive. Unique disadvantage is the relatively high cost of investment, which can be balanced by any chance subsidies and facilitations, while also the guarantee of the required biomass recommends a big bet.

In all the above questions we were focused in the present diploma thesis. More concretely:

In the first chapter the systems of combined heat and power (CHP) are introduced. The basic beginnings of cogeneration, the technologies and the classification of the systems of CHP, the advantages and the repercussions they causes, are also presented and, finally, there is a report on the cogeneration in Greece.

In the second chapter, we import the significance of "biomass". Its definition, its ways of exploitation, the advantages and the disadvantages from its exploitation, the applications and its prospects are reported in this chapter. Then, the methods of transformation of biomass as the combustion, the pyrolysis and, of course, the gasification and the anaerobic digestion are analyzed, while in the end the advantages and the disadvantages of investment in biomass are presented.

In the third chapter, the significance of biomass in Greece is analyzed. We are focused in the Greek reality and in the potential of biomass in Greece, in its categorization, in the methodology for the exploitation of the technically and economically exploitable potential, in the parameters that should be taken into consideration for the installation of biomass units and in the cost of initial sources. In the end of the capital the being in effect legislative frame for the generation of electricity by Renewable Sources of Energy in the country is presented.

The fourth chapter includes examples of three technical descriptions for the installation of biomass units of 100 kW, 500 kW and 1 MW, as they should be deposited in the file of licensing in the Public Power Corporation (PPC). A study like this describes the unit of production of biogas, the unit of production of electric energy and heat in which is used as fuel the biogas, and includes moreover information that concerns the electromechanical equipment that will be used, the viability of the investment and the technical description of substation and the transformer of medium-voltage, if these are required.

In the fifth chapter, the problem of energy supply of one unit of CHP with biomass that covers a concrete energy demand is formulated, aiming at the reduction of expenses and the optimization of the more important economic parameters. The model of optimization is

analytically described and the results of simulations for the applications that we study are presented.

KEY-WORDS: Combined Heat and Power (CHP), Biomass, Potential of biomass, Energy crops, Combustion, Pyrolysis, Gasification, Anaerobic digestion, Chain supply, District heating

Περιεχόμενα

Λίστα Σχημάτων	11
Λίστα Πινάκων	13
Ονοματολογία	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	18
1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	18
1.2. ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ.....	20
1.2.1. Θερμικές μηχανές	20
1.2.2. Μηχανές εσωτερικής καύσης	20
1.2.3. Αεριοστρόβιλοι	22
1.2.4. Ατμοστρόβιλοι.....	24
1.2.4.1. Ατμοστρόβιλος αντίθλιψης.....	26
1.2.4.2. Ατμοστρόβιλος απομάστευσης.....	27
1.2.4.3. Ατμοστρόβιλος σε κύκλο βάσης	28
1.2.5. Συνδυασμένος κύκλος.....	28
1.2.6. Τυποποιημένες μονάδες παραγωγής (πακέτα).....	29
1.2.7. Κυψέλες καυσίμου	30
1.2.8. Μηχανές Stirling	31
1.2.9. Κύκλοι βάσης Rankine με οργανικά ρευστά	32
1.3. ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΚΑΥΣΗΣ	33
1.3.1. Είδη των καυσίμων	33
1.3.2. Τιμές της θερμογόνου δύναμης των καυσίμων.....	34
1.3.3. Εκπομπές της καύσης.....	35
1.4. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ.....	37
1.4.1. Τύποι σχημάτων συμπαραγωγής.....	37
1.4.2. Τρόποι λειτουργίας των συστημάτων συμπαραγωγής	37
1.5. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	40
1.5.1. Επιπτώσεις στην κατανάλωση καυσίμων	40
1.5.2. Επιπτώσεις στο Σύστημα Ηλεκτρισμού της Χώρας.....	40
1.5.3. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις	41
1.5.4. Οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις	42
1.6. Η ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	42
1.6.1. Συμπαραγωγή και βιομάζα	43

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΒΙΟΜΑΖΑ - ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ.....	45
2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	45
2.2. ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	46
2.2.1. Παγκόσμιο και Ελληνικό Δυναμικό.....	46
2.2.2. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα από την Ενεργειακή Αξιοποίηση της Βιομάζας 48	
2.2.3. Εφαρμογές	49
2.2.3.1. Κάλυψη των αναγκών θέρμανσης-ψύξης ή/και ηλεκτρισμού σε γεωργικές και άλλες βιομηχανίες	50
2.2.3.2. Τηλεθέρμανση κατοικημένων περιοχών	51
2.2.3.3. Θέρμανση θερμοκηπίων.....	52
2.2.3.4. Παραγωγή υγρών καυσίμων με βιοχημική μετατροπή βιομάζας.....	52
2.2.3.5. Παραγωγή υγρών καυσίμων με θερμοχημική μετατροπή βιομάζας.....	53
2.2.3.6. Ενεργειακές καλλιέργειες	53
2.2.3.7. Βιοαέριο	54
2.2.3.8. Παραγωγή βιοαερίου από Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (Χ.Υ.Τ.Α) 55	
2.2.3.9. Παραγωγή οργανοχουμικών λιπασμάτων από πτηνοτροφικά απόβλητα.....	55
2.3. ΚΑΥΣΗ	57
2.4. ΠΥΡΟΛΥΣΗ	58
2.5. ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ	60
2.5.1. Τεχνολογίες αεριοποίησης.....	62
2.6. ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ.....	67
2.6.1. Παράγοντες που επηρεάζουν την διεργασία	69
2.6.2. Παράγοντες αναστολής της αναερόβιας χώνευσης	70
2.6.3. Τύποι αντιδραστήρων.....	71
2.7. ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΣΕ ΜΟΝΑΔΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΒΙΟΜΑΖΑ	71
2.7.1. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα της επένδυσης.....	72
2.7.2. Παραδείγματα επενδύσεων σε μονάδες βιομάζας	73
2.7.2.1. Αξιοποίηση αποβλήτων πτηνοσφαγείου	73
2.7.2.2. Εφαρμογή αξιοποίησης υπολειμμάτων ξυλείας και υγρής πούδρας	74
2.7.2.3. Εφαρμογή αξιοποίησης απορριμμάτων κορμπολατείας	75
2.7.2.4. Εφαρμογή αξιοποίησης ορυζοφλοιού σε ορυζόμυλο	75
2.7.2.5. Εφαρμογή συμπαραγωγής ηλεκτρισμού – θερμότητας.....	76

2.7.2.6.	Εφαρμογή αξιοποίησης απορριμμάτων εκκοκκισμού	78
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Η ΒΙΟΜΑΖΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ		79
3.1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	79
3.2.	Η ΠΑΡΟΧΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	79
3.3.	ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	81
3.3.1.	Κατηγοριοποίηση.....	81
3.3.2.	Αγροτικά υπολείμματα	82
3.3.2.1.	Θερμοχημική αντιμετώπιση.....	83
3.3.3.	Κτηνοτροφικά απόβλητα	83
3.3.3.1.	Θερμοχημική αντιμετώπιση	84
3.3.4.	Ενεργειακές καλλιέργειες	85
3.4.	ΤΕΧΝΙΚΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΙΜΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΣΕ ΜΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ.....	85
3.4.1.	Εισαγωγή.....	85
3.4.2.	Μεθοδολογία αξιοποίησης.....	87
3.5.	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΥ ΛΑΜΒΑΝΟΝΤΑΙ ΥΠΟΨΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑ	91
3.6.	ΚΟΣΤΟΣ ΤΩΝ ΑΡΧΙΚΩΝ ΠΗΓΩΝ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	92
3.7.	Η ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	95
3.7.1.	Εθνικός στόχος Α.Π.Ε.....	96
3.7.2.	Άδεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α.....	96
3.7.3.	Έγκριση Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Ε.Π.Ο.) και άδειες εγκατάστασης και λειτουργίας	99
3.7.4.	Ένταξη και σύνδεση σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε.	101
3.7.5.	Ορθολογικοποίηση της τιμολόγησης ενέργειας που παράγεται από σταθμούς Α.Π.Ε. και Σ.Η.Θ.Υ.Α.....	102
3.7.6.	Διαδικασία έκδοσης αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	105
3.7.6.1.	Διαδικασία διατύπωσης προσφοράς σύνδεσης σταθμού στο σύστημα ή το δίκτυο	105
3.7.6.2.	Διαδικασία υποβολής αίτησης για λήψη άδειας εγκατάστασης	106
3.7.6.3.	Σύναψη Συμβάσεων Σύνδεσης και Πώλησης	107
3.7.6.4.	Διαδικασία έκδοσης άδειας λειτουργίας.....	108
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΕΡΙΓΡΑΦΕΣ ΜΟΝΑΔΩΝ ΒΙΟΜΑΖΑΣ		109
4.1.	ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ,	

ΙΣΧΥΟΣ 100 KW	109
4.1.1. Τεχνική περιγραφή μονάδας παραγωγής βιοαερίου	110
4.1.2. Μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας	113
4.1.3. Γειώσεις.....	114
4.1.4. Κανονισμοί.....	115
4.2. ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, ΙΣΧΥΟΣ 500 KW	116
4.2.1. Ενεργειακή μελέτη	116
4.2.2. Τεχνική περιγραφή μονάδας παραγωγής βιοαερίου	117
4.2.3. Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός μονάδας βιοαερίου	119
4.2.4. Απόβλητα και αντιμετώπιση περιβαλλοντικών επιπτώσεων.....	121
4.2.5. Τεχνική περιγραφή υποσταθμού μέσης τάσης.....	121
4.3. ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, ΙΣΧΥΟΣ 1 MW.....	124
4.3.1. Παραγωγική διαδικασία	125
4.3.2. Συμπεράσματα για τις προοπτικές βιωσιμότητας της μονάδας.....	127
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΜΟΝΤΕΛΟ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΑΝΕΦΟΔΙΑΣΜΟ ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	135
5.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	135
5.2. ΥΠΟΒΑΘΡΟ	135
5.3. ΣΤΟΧΟΙ.....	135
5.4. ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ.....	136
5.4.1. Ορισμός προβλήματος.....	136
5.4.2. Συνοπτική πρότυπη περιγραφή.....	136
5.4.2.1. Αλυσίδα ανεφοδιασμού βιομάζας.....	137
5.4.2.2. Εγκατάσταση μετατροπής βιοενέργειας	138
5.4.2.3. Σύστημα Θέρμανσης.....	138
5.5. ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ	138
5.5.1. Μεταβλητές βελτιστοποίησης	138
5.5.2. Αντικειμενική συνάρτηση	139
5.5.2.1. Έσοδα	139
5.5.2.2. Έξοδα.....	140
5.5.3. Περιορισμοί.....	142
5.5.3.1. Περιορισμοί ενεργειακής ζήτησης.....	142

5.5.3.2.	Περιορισμοί βιομάζας.....	142
5.5.4.	Μέθοδος βελτιστοποίησης.....	142
5.6.	ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ.....	144
5.6.1.	Περίπτωση βιομάζας από πτηνοτροφικές μονάδες στην περιοχή Μεγάρων (Περίπτωση 1).....	144
5.6.1.1.	Περιγραφή περίπτωσης.....	144
5.6.1.2.	Λειτουργία και λοιπά μεγέθη.....	145
5.6.1.3.	Αποτελέσματα προσομοίωσης μοντέλου για συνεχή λειτουργία της μονάδας 146	
5.6.1.4.	Συμπέρασμα.....	149
5.6.2.	Περίπτωση αξιοποίησης αγροτικής βιομάζας σε περιοχή της Θεσσαλίας (Περίπτωση 2).....	149
5.6.2.1.	Περιγραφή περίπτωσης.....	149
5.6.2.2.	Λειτουργία και λοιπά μεγέθη.....	151
5.6.2.3.	Αποτελέσματα προσομοίωσης μοντέλου για συνεχή λειτουργία.....	152
5.6.2.4.	Αποτελέσματα προσομοίωσης μοντέλου για λειτουργία κάλυψης του θερμικού φορτίου (Περίπτωση 3).....	155
5.6.2.5.	Συμπέρασμα.....	157
5.6.3.	ΑΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ.....	158
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΕΠΙΛΟΓΟΣ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	159
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	161
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	165
	ΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΤΟΠΟΙ.....	166

Λίστα Σχημάτων

Σχήμα 1.1: Συμβατικό σύστημα παραγωγής ενέργειας [2]	19
Σχήμα 1.2: Σύστημα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας [2].....	19
Σχήμα 1.3: Ο θερμοδυναμικός κύκλος Otto [1].....	21
Σχήμα 1.4: Ο θερμοδυναμικός κύκλος Diesel [1]	22
Σχήμα 1.5: Σύστημα αεριοστροβίλου ανοικτού κύκλου [1]	22
Σχήμα 1.6: Διάγραμμα θερμοκρασία-εντροπίας αεριοστροβίλου ανοικτού κύκλου [1].....	23
Σχήμα 1.7: Σύστημα αεριοστροβίλου [1].....	23
Σχήμα 1.8: Ο θερμοδυναμικός κύκλος Brayton (ή Joule) [1].....	24
Σχήμα 1.9: Σύστημα ατμοστροβίλου [1].....	25
Σχήμα 1.10: Ο θερμοδυναμικός κύκλος Rankine [1]	26
Σχήμα 1.11: Σύστημα με ατμοστρόβιλο αντίθλιψης [2].....	27
Σχήμα 1.12: Σύστημα με ατμοστρόβιλο απομάστευσης [2].....	28
Σχήμα 1.13: Σύστημα με κύκλο βάσης ατμού [2]	28
Σχήμα 1.14: Σύστημα συνδυασμένου κύκλου	29
Σχήμα 1.15: Τυποποιημένη μονάδα συμπαραγωγής Fiat TOTEM 15 kW [2].....	30
Σχήμα 1.16: Απλοποιημένη απεικόνιση κινητήρα Stirling [2]	32
Σχήμα 2.1: Η συμμετοχή της βιομάζας (%) στην παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας [21].....	47
Σχήμα 2.2: Ο κύκλος του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα [21].....	49
Σχήμα 2.3: Υπάρχουσες τεχνολογίες αξιοποίησης βιομάζας [21]	50
Σχήμα 2.4: Βιοχημική μετατροπή της βιομάζας [21].....	52
Σχήμα 2.5: Θερμοχημική μετατροπή της βιομάζας [21]	53
Σχήμα 2.6: Παραγωγή αερίου με αεριοποίηση [28]	60
Σχήμα 2.7: Απομάκρυνση πτητικών υλικών και πυρόλυση και στη συνέχεια αεριοποίηση του στερεού καυσίμου [26]	61
Σχήμα 2.8: Διάταξη μονάδας παραγωγής ενέργειας από αεριοποίηση βιομάζας [28]	62
Σχήμα 2.9: Αντιδραστήρας σταθερής κλίνης – καθοδικού ρεύματος [9]	64
Σχήμα 2.10: Αντιδραστήρας σταθερής κλίνης – ανοδικού ρεύματος [9]	64
Σχήμα 2.11: Αντιδραστήρας αναβράζουσας ρευστοποιημένης κλίνης [9]	65
Σχήμα 2.12: Αντιδραστήρας Ρευστοποιημένης κλίνης με επανακυκλοφορία του αδρανούς υλικού [9]	65
Σχήμα 2.13: Αντιδραστήρας παρασυρόμενης κλίνης [24]	66
Σχήμα 2.14: Παραγωγή αερίου από αναερόβια χώνευση βιομάζας [28]	67

Σχήμα 2.15: Εφαρμογή αξιοποίησης αποβλήτων πτηνοσφαγείου [23].....	73
Σχήμα 2.16: Διάγραμμα ροής παραγωγικής διαδικασίας ξυλείας και υγρής πούδρας [23]	74
Σχήμα 2.17: Διάγραμμα ροής παραγωγικής διαδικασίας επεξεργασίας ξυλείας [23].....	75
Σχήμα 2.18: Διάγραμμα ροής παραγωγικής διαδικασίας ρυζιού [23]	76
Σχήμα 2.19: Εφαρμογή συμπαραγωγής ηλεκτρισμού – θερμότητας [23]	77
Σχήμα 2.20: Διάγραμμα ροής παραγωγικής διαδικασίας εκκοκκιστηρίων βάμβακος [23]	78
Σχήμα 3.1: Συμβολή των διαφορετικών μορφών της ενεργειακής παραγωγής στην ελληνική αγορά ενέργειας (ΚΤΙΠ) [6]	80
Σχήμα 3.4: Διαδρομή των κινούμενων πελεκιών	95
Σχήμα 4.1: Μονάδα παραγωγής βιοαερίου με αναερόβια χώνευση [25]	110
Σχήμα 4.2: Βιοαντιδραστήρας – Χωνευτήρας – Δεξαμενή Αναερόβιας Χώνευσης [25]	111
Σχήμα 4.3: Τροφοδότηση Βιομάζας με Κοχλία [25]	112
Σχήμα 4.4.: Πυρσός Καύσης Περίσσειας Βιοαερίου [25]	112
Σχήμα 4.5: Μονάδα Συμπαραγωγής Ηλεκτρικής και Θερμικής Ενέργειας [25]	113
Σχήμα 4.6: Διαδικασία παραγωγής βιοαερίου μονάδας 1 MW	126
Σχήμα 4.7: Μετασχηματιστής 1600 kVA	132
Σχήμα 5.1: Έκταση διαθέσιμης βιομάζας ακτίνας 16 km χωρισμένη σε 8 δακτύλιους.....	144
Σχήμα 5.2: Συνολικό κόστος επένδυσης περίπτωσης 1.....	147
Σχήμα 5.3: Έσοδα κατ' έτος περίπτωσης 1.....	147
Σχήμα 5.4: Έξοδα κατ' έτος περίπτωσης 1.....	148
Σχήμα 5.5: Ανάλυση ευαισθησίας περίπτωσης 1.....	148
Σχήμα 5.6: Έκταση διαθέσιμης βιομάζας ακτίνας 32 km χωρισμένη σε 8 δακτύλιους.....	150
Σχήμα 5.7: Μηνιαίες θερμικές ανάγκες θερμοκηπίου 20 στρεμμάτων	151
Σχήμα 5.8: Συνολικό κόστος επένδυσης περίπτωσης 2.....	153
Σχήμα 5.9: Έσοδα κατ' έτος περίπτωσης 2.....	153
Σχήμα 5.10: Έξοδα κατ' έτος περίπτωσης 2.....	154
Σχήμα 5.11 Ανάλυση ευαισθησίας περίπτωσης 2.....	154
Σχήμα 5.12: Συνολικό κόστος επένδυσης περίπτωσης 3.....	156
Σχήμα 5.13: Έσοδα κατ' έτος περίπτωσης 3.....	156
Σχήμα 5.14: Έξοδα κατ' έτος περίπτωσης 3.....	156
Σχήμα 5.15: Ανάλυση ευαισθησίας περίπτωσης 3.....	157

Λίστα Πινάκων

Πίνακας 1.1: Στοιχειακή ανάλυση διαφόρων τύπου γαιάνθρακα	33
Πίνακας 1.2: Στοιχειακή ανάλυση διαφόρων τύπων ξύλου	33
Πίνακας 1.3: Τιμές θερμογόνου δύναμης και εφαρμογών 5 τύπων πετρελαίου στις ΗΠΑ.....	34
Πίνακας 1.4: Χαρακτηριστικές ιδιότητες ορισμένων ειδών καυσίμων	35
Πίνακας 1.5: Τεχνικές μείωσης των NOx στις παλινδρομικές μηχανές και στους αεριοστροβίλους	36
Πίνακας 2.1: Χρήσεις βιομάζας από ενεργειακές καλλιέργειες σε διάφορες χώρες	54
Πίνακας 2.2: Σύνοψη χαρακτηριστικών τεχνολογιών αεριοποίησης [5]	66
Πίνακας 2.3: Συνήθης σύσταση του βιοαερίου (Οι τελικές τιμές εξαρτώνται από το είδος του υλικού που αποσυντίθεται).....	68
Πίνακας 2.4: Ενδεικτικός πίνακας απόδοσης σε βιοαέριο κατά την αναερόβια χώνευση βασικών οργανικών ουσιών	69
Πίνακας 2.5: Ενδεικτικός πίνακας αποδόσεων σε βιοαέριο τυπικών οργανικών υποστρωμάτων- αποβλήτων	69
Πίνακας 3.1: Ταξινόμηση βιομάζας σύμφωνα με τη διαθεσιμότητα.....	81
Πίνακας 3.2: Εκτίμηση του ετήσιου ενεργειακού δυναμικού της βιομάζας στην Ελλάδα (2010) ...	82
Πίνακας 3.3: Κατηγορίες βιομάζας και γεωγραφικές περιοχές για την εκμετάλλευσή της	87
Πίνακας 3.4: Τιμολόγηση ηλεκτρικής ενέργειας για παραγωγούς και αυτοπαραγωγούς	104
Πίνακας 4.1: Βασικά χαρακτηριστικά μονάδας Σ.Η.Θ. ισχύος 100 kW	113
Πίνακας 4.2: Βασικά χαρακτηριστικά γεννήτριας της μονάδας ισχύος 100 kW.....	114
Πίνακας 4.3: Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρα βιοαερίου της μονάδας ισχύος 100 kW	114
Πίνακας 4.4: Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά κινητήρα βιοαερίου της μονάδας ισχύος 100 kW	114
Πίνακας 4.5: Ενεργειακός σχεδιασμός βάσει της πρώτης ύλης για μονάδα ισχύος 500 kW	117
Πίνακας 5.1: Χαρακτηριστικά των 8 δακτυλίων (περίπτωση 1)	145
Πίνακας 5.2: Τεχνικές και οικονομικές υποθέσεις για την εξέταση της περίπτωσης 1.....	146
Πίνακας 5.3: Ώρες λειτουργίας μονάδας CHP ανά μήνα (περίπτωση 1)	146
Πίνακας 5.4: Ώρες λειτουργίας μονάδας Boiler ανά μήνα (περίπτωση 1)	146
Πίνακας 5.5: Τύπος βιομάζας από κάθε νοητό δακτύλιο (περίπτωση 1).....	146
Πίνακας 5.6: Χαρακτηριστικά πέντε κυρίαρχων τύπων βιομάζας στην περιοχή της Θεσσαλίας...	149
Πίνακας 5.7: Χαρακτηριστικά των 8 δακτυλίων (περίπτωση 2)	150
Πίνακας 5.8: Τεχνικές και οικονομικές υποθέσεις για την εξέταση της περίπτωσης 2.....	152
Πίνακας 5.9: Ώρες λειτουργίας μονάδας CHP ανά μήνα (περίπτωση 2)	152
Πίνακας 5.10: Ώρες λειτουργίας μονάδας Boiler ανά μήνα (περίπτωση 2)	152

Πίνακας 5.11: Ποσότητα βιομάζας από κάθε τύπο (περίπτωση 2).....	152
Πίνακας 5.12: Ώρες λειτουργίας μονάδας CHP ανά μήνα (περίπτωση 3).....	155
Πίνακας 5.13: Ώρες λειτουργίας μονάδας Boiler ανά μήνα (περίπτωση 3).....	155
Πίνακας 5.14: Ποσότητα βιομάζας από κάθε τύπο (περίπτωση 3).....	155

Ονοματολογία

A_B	Κόστος λειτουργίας και συντήρησης (O&M) του λέβητα
A_{biomass cost}	Ετήσιο κόστος αγοράς και μεταφοράς της βιομάζας
A_{CO2}	Ετήσια έξοδα εξαιτίας της εκπομπής ρύπων CO ₂ της εγκατάστασης
A_{ET}	Κόστος λειτουργίας και συντήρησης (O&M) της γραμμής μετάδοσης της ηλεκτρικής ενέργειας ως ποσοστό του κόστους επένδυσης
A_G	Κόστος λειτουργίας και συντήρησης (O&M) του συστήματος αεριοποίησης
A_M	Κόστος λειτουργίας και συντήρησης (O&M) της εγκατάστασης CHP
B_{pr<i>i</i>}	Κόστος αγοράς και φόρτωσης κάθε τύπου <i>i</i> βιομάζας
C_B	Συγκεκριμένο κόστος επένδυσης του λέβητα φορτίου-αιχμής
C_{ETF}	Σταθερό κόστος σύνδεσης της σύνδεσης της εγκατάστασης παραγωγής ενέργειας με το εθνικό δίκτυο
C_{ETV}	Μεταβλητό κόστος επένδυσης της σύνδεσης της εγκατάστασης παραγωγής ενέργειας με το εθνικό δίκτυο
CH₄	Μεθάνιο
CHP	Combined Heat and Power
C_M	Συγκεκριμένο κόστος επένδυσης της μονάδας CHP
CO	Μονοξείδιο του άνθρακα
CO₂	Διοξείδιο του άνθρακα
C_T	Τιμή η πώληση θερμικής kWh
CTD	Κόστος μεταφοράς ανά τόνο επί km
C_{PE}	Εισόδημα από τη διαθεσιμότητα ικανότητας
d	Ημέρα
DH	District heating – Περιφερειακή θέρμανση
DSS	Decision Support System
E_{DT}	Ζήτηση για τη θερμική ενέργεια στην πλευρά της εγκατάστασης βιοενέργειας
E_{HDT}	Ζήτηση θερμότητας των πελατών μέσα σε περίοδο <i>t</i>
E_{ME}	Ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται
E_{MT}	Θερμική ενέργεια που παράγεται
h	Ενθαλπία
H₂	Υδρογόνο
H₂S	Υδρόθειο
Ha	Εκτάρια
HV	Heating Value – Θερμογόνος δύναμη
i	Επιτόκιο
I_{DH}	Κόστος επένδυσης για περιφερειακό δίκτυο μετάδοσης και διανομής θερμότητας

I_{ET}	Κόστος επένδυσης της σύνδεσης της εγκατάστασης παραγωγής ενέργειας με το εθνικό δίκτυο
I_G	Κόστος της επένδυσης εγκατάστασης του συστήματος αεριοποίησης της βιομάζας
I_n	Ονομαστική ένταση ρεύματος Μ/Σ
IRR	Internal rate of return
I_{sub}	Κόστος του υποσταθμού μέσης τάσης
I_w	Κόστος της επένδυσης για την αποθήκευση της βιομάζας
I_B	Κόστος επένδυσης του λέβητα φορτίου-αιχμής
I_κ	Ρεύμα βραχυκύκλωσης Μ/Σ
I_M	Κόστος της επένδυσης εγκατάστασης CHP φορτίου-βάσης
L_c	Μήκος της γραμμής μετάδοσης
LHV	Lower heating value
M.C.	Περιεκτικότητα υγρασίας βιομάζας
N	Διάρκεια ζωής της επένδυσης
N₂	Άζωτο
n_E	Απώλειες μετάδοσης ηλεκτρικής ενέργειας
NO_x	Οξειδία του αζώτου
NPV	Net present value – Καθαρή παρούσα αξία
NH₃	Αμμωνία
NO	Οξείδιο του αζώτου
NO₂	Διοξείδιο του αζώτου
O_G	Ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης O&M του συστήματος αεριοποίησης ως ποσοστό του κόστους επένδυσης
O_M	Ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης (O&M) της εγκατάστασης CHP ως ποσοστό του κόστους επένδυσης
O_B	Ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης O&M του λέβητα ως ποσοστό του κόστους επένδυσης
O_{ET}	Ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης O&M της γραμμής μετάδοσης της ηλεκτρικής ενέργειας ως ποσοστό του κόστους επένδυσης
P P_B	Πίεση
P_{DTmax}	Θερμική ικανότητα του λέβητα φορτίου αιχμής
PHR	Μέγιστη θερμική ζήτηση
P_{ME}	Power to Heat Ratio
P_{MT}	Ηλεκτρική ικανότητα της μονάδας CHP
Q_r	Θερμική ικανότητα της μονάδας CHP
r(j)	Παραγόμενη θερμότητα Λόγος συμπίεσης Απόσταση που θεωρείται ότι απέχει ο j-στος δακτύλιος από την μονάδα βιομάζας

R_E	<i>Εισόδημα από την καθαρή πώληση ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο</i>
R_{EP}	<i>Αποζημίωση διαθεσιμότητας ικανότητας ηλεκτρικής ενέργειας</i>
R_H	<i>Εισόδημα από τις πωλήσεις θερμότητας</i>
S.G.	<i>Πυκνότητα βιομάζας</i>
S_{ET}	<i>Επιχορήγηση της σύνδεσης της εγκατάστασης παραγωγής ενέργειας με το εθνικό δίκτυο</i>
S_k	<i>Ισχύς βραχυκύκλωσης</i>
S_{MB}	<i>Κρατική επιχορήγηση για την επένδυση της μονάδας CHP</i>
S_N	<i>Ισχύς Μ/Σ</i>
SO₂	<i>Διοξείδιο του θείου</i>
T	<i>Θερμοκρασία</i>
tn	<i>Τόνος</i>
TOE	<i>Tone of oil equivalent</i>
V	<i>Όγκος</i>
V	<i>Τάση</i>
W	<i>Παραγόμενο έργο</i>
X_{bij}	<i>Το συνολικό ποσό του j-οστού τύπου βιομάζας για να προμηθευτεί κάθε έτος (τόνοι της υγρής βιομάζας) από το i-στο νοητό δαχτυλίδι</i>
AΘΔ	<i>Ανώτερη θερμογόνος δύναμη</i>
ΑΠΕ	<i>Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας</i>
ΑΣΑ	<i>Αστικά στερεά απόβλητα</i>
γ	<i>Ειδική θερμοχωρητικότητα</i>
Δt ΔΕΗ	<i>Χρονικές διάρκειες λειτουργίας</i>
ΔΕΣΜΗΕ	<i>Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού</i>
η	<i>Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής. Ενέργειας</i>
ΘΔ	<i>Θερμικός βαθμός απόδοσης</i>
ΚΑΠΕ	<i>Θερμογόνος δύναμη</i>
ΚΘΔ	<i>Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας</i>
ΜΘΔ	<i>Καθαρή θερμογόνος δύναμη</i>
ρ	<i>Μικτή θερμογόνος δύναμη</i>
ΡΑΕ	<i>Ποσοστό πληθωρισμού</i>
ΣΗΘ	<i>Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας</i>
ΤΙΠ	<i>Συμπαγωγή ηλεκτρισμού – θερμότητας</i> <i>Τόνος ισοδύναμου πετρελαίου</i>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα συστήματα Συνδυασμένης παραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας (ΣΗΘ γνωστή και ως Συμπαραγωγή) παράγουν ταυτόχρονα ηλεκτρική (ή/και μηχανική) και θερμική ενέργεια σε ένα ενιαίο, ολοκληρωμένο σύστημα [1]. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με την κοινή πρακτική, όπου η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται σε ένα κεντρικό σταθμό, ενώ χρησιμοποιείται επιτόπιος εξοπλισμός θέρμανσης και ψύξης για την κάλυψη των αναγκών σε μη ηλεκτρική ενέργεια. Η θερμική ενέργεια που ανακτάται σε ένα σύστημα ΣΗΘ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη θέρμανση ή ψύξη στη βιομηχανία ή τα κτίρια. Επειδή η ΣΗΘ εκμεταλλεύεται τη θερμότητα που σε άλλη περίπτωση θα χανόταν κατά τη συμβατική διακριτή παραγωγή ηλεκτρικής ή μηχανικής ενέργειας, η συνολική απόδοση αυτών των ολοκληρωμένων συστημάτων είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή των μεμονωμένων συστημάτων.

Η ΣΗΘ δεν αποτελεί μια συγκεκριμένη τεχνολογία αλλά περισσότερο μια εφαρμογή τεχνολογιών για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης ή/και ψύξης, καθώς και για μηχανική ή/και ηλεκτρική ενέργεια των τελικών καταναλωτών. Λόγω των πρόσφατων τεχνολογικών εξελίξεων, έχουν αναπτυχθεί νέες διατάξεις των συστημάτων ΣΗΘ που τα καθιστούν οικονομικά συμφέροντα σε ένα ευρύτερο φάσμα εφαρμογών. Οι νέες γενιές των στροβίλων, κυψελών καυσίμου και παλινδρομικών μηχανών συνιστούν το αποτέλεσμα εντατικής και συνδυασμένης έρευνας, ανάπτυξης και επίδειξης, τόσο από ινστιτούτα όσο και από τη βιομηχανία. Τα προηγμένα υλικά και οι τεχνικές σχεδίασης μέσω Η/Υ έχουν αυξήσει σημαντικά την αποδοτικότητα και την αξιοπιστία του εξοπλισμού, μειώνοντας ταυτόχρονα τα κόστη και τις εκπομπές ρύπων.

Η συμβατική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι από τη φύση της μη αποδοτική, αφού μετατρέπεται μόνο το ένα τρίτο της ενέργειας των καυσίμων σε ωφέλιμη ενέργεια. Η σημαντική αύξηση της αποδοτικότητας με τη ΣΗΘ οδηγεί σε μικρότερη κατανάλωση καυσίμων και σε μειωμένες εκπομπές ρύπων σε σχέση με τη χωριστή παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας. Η ΣΗΘ αποτελεί μια οικονομικά παραγωγική προσέγγιση για τη μείωση των ατμοσφαιρικών ρύπων μέσω της πρόληψης της ρύπανσης, ενώ ο παραδοσιακός έλεγχος της ρύπανσης που επιτυγχάνεται απλά μέσω της επεξεργασίας των καυσαερίων δεν παρέχει κανένα οικονομικό όφελος και, στην πραγματικότητα, μειώνει την απόδοση και την ωφέλιμη παραγωγή ενέργειας.

Η συνολική απόδοση του συστήματος προκύπτει από μια αλληλεπίδραση μεταξύ των μεμονωμένων βαθμών απόδοσης των συστημάτων ηλεκτροπαραγωγής και ανάκτησης θερμότητας. Δεδομένου ότι από ένα σύστημα ΣΗΘ προκύπτουν δύο ή περισσότερα χρησιμοποιήσιμα ενεργειακά προϊόντα, ο καθορισμός του συνολικού βαθμού απόδοσης των συστημάτων αυτών είναι πιο σύνθετος απ' ό,τι στα απλά συστήματα. Το όλο σύστημα μπορεί να αντιμετωπισθεί ως δύο υποσυστήματα, το σύστημα ηλεκτρικής ισχύος (συνήθως μια μηχανή ή ένας στρόβιλος) και το σύστημα ανάκτησης θερμότητας (συνήθως κάποιος τύπος λέβητα). Η απόδοση του συνολικού συστήματος προκύπτει από την αλληλεπίδραση μεταξύ των μεμονωμένων βαθμών απόδοσης των συστημάτων ηλεκτροπαραγωγής και ανάκτησης θερμότητας.

Τα αποδοτικότερα συστήματα ΣΗΘ (με πάνω από 80% συνολικό βαθμό απόδοσης) είναι εκείνα που ικανοποιούν μεγάλη θερμική ζήτηση με την ταυτόχρονη παραγωγή σχετικά μικρότερης ηλεκτρικής ισχύος. Όσο αυξάνεται η απαιτούμενη θερμοκρασία της ανακτώμενης

ενέργειας, τόσο μειώνεται ο λόγος της παραγόμενης ισχύος προς τη θερμότητα. Η μειωμένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι σημαντική για τα οικονομικά της ΣΗΘ, καθώς η διάθεση της πλεονάζουσας ηλεκτρικής ενέργειας στην αγορά είναι τεχνικά ευκολότερη απ' ό,τι είναι στην περίπτωση της πλεονάζουσας θερμικής ενέργειας.



Σχήμα 1.1: Συμβατικό σύστημα παραγωγής ενέργειας [2]



Σχήμα 1.2: Σύστημα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας [2]

1.2. ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

1.2.1. Θερμικές μηχανές

Μπορούν να διακριθούν οι ακόλουθες βασικές επιλογές για τη συμπαράγωγή:

- *Συμπαράγωγή με ατμοστρόβιλο:* Χρησιμοποιείται άνθρακας, λιγνίτης, πετρέλαιο, ξύλα, απόβλητα, τύρφη και πυρηνικά καύσιμα. Ο ατμός είναι το μέσο με το οποίο η θερμική ενέργεια μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια.
- *Συμπαράγωγή με αεριοστρόβιλο:* Το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο και το βιοαέριο είναι τα μόνα κατάλληλα καύσιμα. Το μέσο μεταφοράς της θερμότητας είναι τα καυσαέρια του θαλάμου καύσης.
- *Συμπαράγωγή με συνδυασμένο κύκλο:* Η υψηλή θερμότητα και περιεκτικότητα σε οξυγόνο των καυσαερίων του αεριοστροβίλου χρησιμοποιούνται σε μια δεύτερη διεργασία με έναν ατμοστρόβιλο.
- *Συμπαράγωγή με παλινδρομική μηχανή:* Η χημικά δεσμευμένη ενέργεια του φυσικού αερίου, του πετρελαίου diesel ή του βιοαερίου, για παράδειγμα, μετασχηματίζεται άμεσα με την καύση σε μηχανική ενέργεια.

Όλες οι ανωτέρω τεχνολογίες είναι σε θέση να παραγάγουν τόσο ηλεκτρική όσο και θερμική ενέργεια, και χαρακτηρίζονται ως "θερμικές μηχανές". Πιο συγκεκριμένα, η θερμική μηχανή ορίζεται ως: "μία συσκευή που μετατρέπει την θερμική ενέργεια σε μηχανική ενέργεια" ή, πιο σωστά, ως "ένα σύστημα που λειτουργεί συνεχώς και μόνο θερμότητα και έργο μπορούν να περάσουν τα όριά του". Επιπλέον, η λειτουργία μιας θερμικής μηχανής μπορεί να παρασταθεί καλύτερα από ένα θερμοδυναμικό κύκλο. Μερικά παραδείγματα είναι οι κύκλοι Otto, Diesel, Brayton, Stirling και Rankine.

1.2.2. Μηχανές εσωτερικής καύσης

Μεταξύ των πιο ευρέως διαδεδομένων και περισσότερων αποδοτικών κύριων πηγών ενέργειας για ΣΗΘ είναι οι παλινδρομικές μηχανές ή μηχανές εσωτερικής καύσης - ΜΕΚ. Διάφοροι τύποι αυτών των μηχανών είναι εμπορικά διαθέσιμοι, αλλά δύο από αυτούς έχουν περισσότερη σημασία σε στατικές εφαρμογές ηλεκτροπαραγωγής, πιο συγκεκριμένα οι τετράχρονοι μηχανές με σπινθηριστή (κύκλος Otto) και οι μηχανές ανάφλεξης με συμπίεση (κύκλος Diesel). Τα κύρια μηχανικά μέρη των μηχανών κύκλου Otto και Diesel είναι τα ίδια. Και οι δύο χρησιμοποιούν ένα κυλινδρικό θάλαμο καύσης κατά μήκος του οποίου κινείται ένα κατάλληλα εφορμισμένο έμβολο.

Το έμβολο συνδέεται σε έναν στροφαλοφόρο άξονα που μετασχηματίζει τη γραμμική κίνηση του εμβόλου μέσα στον κύλινδρο σε περιστροφική κίνηση στο στροφαλοφόρο άξονα. Οι περισσότερες μηχανές διαθέτουν πολλαπλούς κυλίνδρους που κινούν ένα κοινό στροφαλοφόρο άξονα. Τόσο οι μηχανές κύκλου Otto όσο και οι τετράχρονοι μηχανές Diesel ολοκληρώνουν έναν κύκλο λειτουργίας σε τέσσερις κινήσεις του εμβόλου μέσα στον κύλινδρο. Οι κινήσεις αυτές περιλαμβάνουν:

1. εισαγωγή του αέρα (ή του μίγματος αέρα-καυσίμου) στον κύλινδρο,
2. συμπίεση με καύση του καυσίμου,
3. επιτάχυνση του εμβόλου από τη δύναμη της καύσης (κίνηση ισχύος), και
4. αποβολή των προϊόντων της καύσης από τον κύλινδρο.

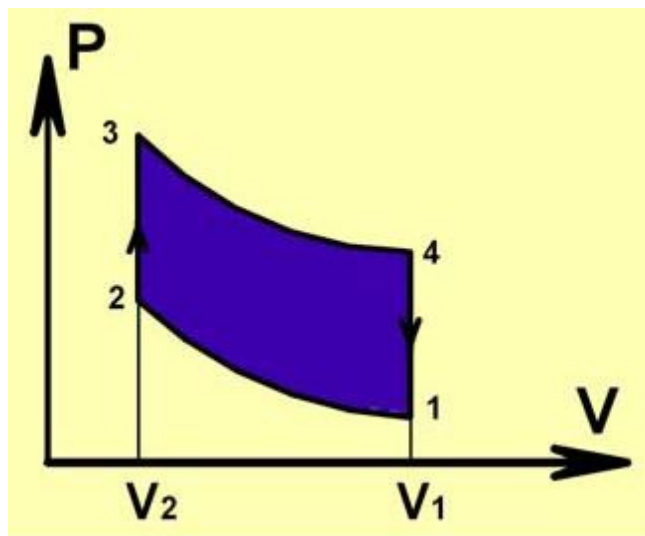
Η κύρια διαφορά μεταξύ των κύκλων Otto και Diesel είναι η μέθοδος της καύσης του

καυσίμου. Στον κύκλο Otto χρησιμοποιείται ένας σπινθηριστής για την ανάφλεξη ενός έτοιμου μίγματος αέρα καυσίμου που εισάγεται στον κύλινδρο. Από την άλλη, μια μηχανή Diesel συμπιέζει τον αέρα που εισάγεται στον κύλινδρο σε υψηλή πίεση, αυξάνοντας τη θερμοκρασία του στα επίπεδα της θερμοκρασίας ανάφλεξης του καυσίμου που εγχέεται υπό υψηλή πίεση.

Κύκλος Otto

Διάφορες μηχανές μπορούν να προσομοιωθούν από τον κύκλο Otto, όπως είναι οι μηχανές βενζίνης και οι μηχανές αερίου. Ο κύκλος Otto είναι ένας ιδανικός τυποποιημένος κύκλος του αέρα που αποτελείται από τέσσερα στάδια:

- 1 έως 2: Ισεντροπική συμπίεση.
- 2 έως 3: Αντιστρέψιμη θέρμανση υπό σταθερό όγκο.
- 3 έως 4: Ισεντροπική εκτόνωση.
- 4 έως 1: Αντιστρέψιμη ψύξη υπό σταθερό όγκο



Σχήμα 1.3: Ο θερμοδυναμικός κύκλος Otto [1]

Ο θερμικός βαθμός απόδοσης ενός κύκλου Otto με ένα τέλειο αέριο ως ενεργειακό ρευστό είναι:

$$\eta = 1 - (T_4 - T_1) / (T_3 - T_2)$$

ενώ αποδεικνύεται ότι η ανωτέρω σχέση μπορεί να αναχθεί στην ακόλουθη:

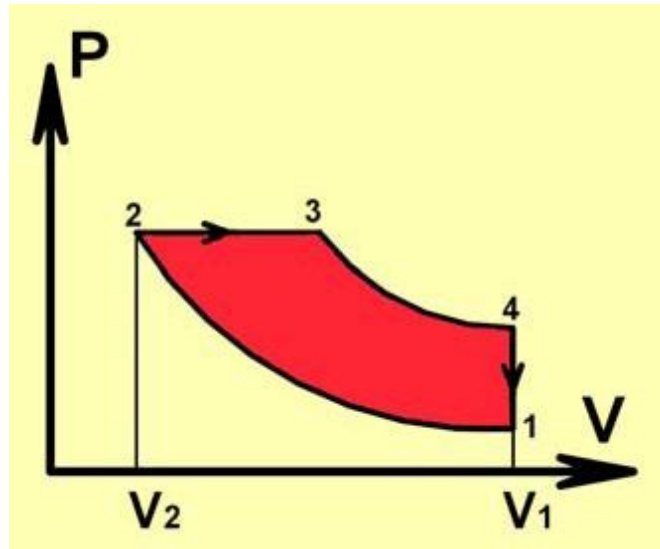
$$\eta = 1 - r^\eta$$

όπου $r (=V_1/V_2)$ είναι ο λόγος συμπίεσης, και $\eta (=1-\gamma)$ μια σταθερά που εξαρτάται από την ειδική θερμοχωρητικότητα.

Κύκλος Diesel

Ο κύκλος Diesel είναι ένας ιδανικός τυποποιημένος κύκλος του αέρα που αποτελείται επίσης από τέσσερα στάδια:

- 1 έως 2: Ισεντροπική συμπίεση.
- 2 έως 3: Αντιστρέψιμη θέρμανση υπό σταθερή πίεση.
- 3 έως 4: Ισεντροπική εκτόνωση.
- 4 έως 1: Αντιστρέψιμη ψύξη υπό σταθερό όγκο.



Σχήμα 1.4: Ο θερμοδυναμικός κύκλος Diesel [1]

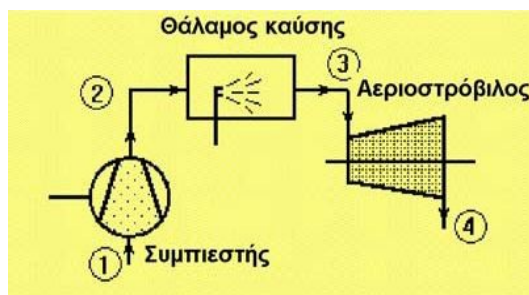
Ορίζοντας τον λόγο συμπίεσης r ως: $r = V_1/V_2$ και το λόγο αποκοπής β ως: $\beta = V_3/V_2$, ο θερμικός βαθμός απόδοσης του κύκλου Diesel με τέλειο αέριο ως ρευστό λειτουργίας είναι:

$$\eta = 1 - [r(\beta^n - 1)] / [(\beta - 1)\gamma r^n]$$

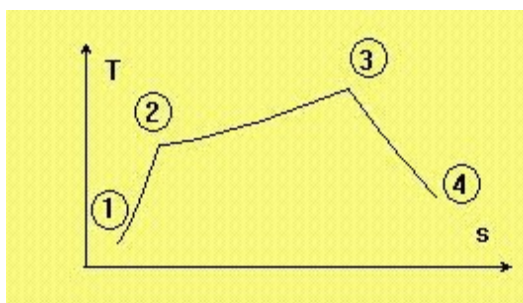
όπου $n (= \gamma)$ είναι μία σταθερά που εξαρτάται από την ειδική θερμοχωρητικότητα

1.2.3. Αεριοστρόβιλοι

Οι αεριοστρόβιλοι χρησιμοποιούν τα θερμά αέρια που παράγονται άμεσα από την καύση ορυκτών καυσίμων. Το θερμό αέριο εκτονώνεται μέσα από τα πτερύγια του δρομέα του στροβίλου αναγκάζοντας τα να κινηθούν. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται η διεργασία του αεριοστροβίλου. Η διεργασία 3-4, που παρουσιάζεται στο διάγραμμα T-s παρακάτω του αεριοστροβίλου ανοικτού κύκλου του σχήματος (αριστερά), αντιστοιχεί σε μια μη αναστρέψιμη αλλά σχεδόν αδιαβατική εκτόνωση των αερίων της καύσης.



Σχήμα 1.5: Σύστημα αεριοστροβίλου ανοικτού κύκλου [1]



Σχήμα 1.6: Διάγραμμα θερμοκρασία-εντροπίας αεριοστροβίλου ανοικτού κύκλου [1]

Το παραγόμενο έργο από το στρόβιλο είναι:

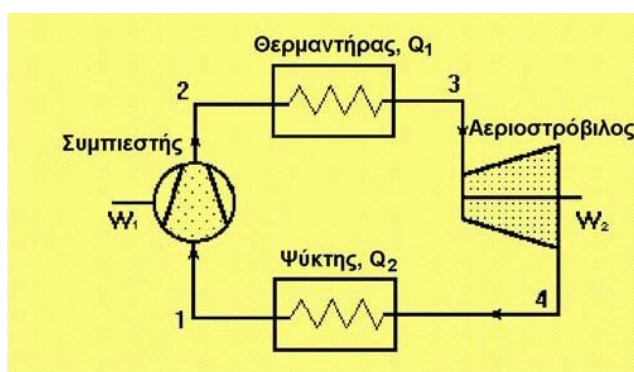
$$W_{out} = m(h_3 - h_4)$$

Όπου m είναι η παροχή μάζας των καυσαερίων, h_3 είναι η ενθαλπία των καυσαερίων στην είσοδο και h_4 η ενθαλπία τους στην έξοδο. Ο ισεντροπικός βαθμός απόδοσης του στροβίλου είναι:

$$\eta = \frac{h_3 - h_4}{h_3 - h_{4,s}}$$

Ο κύκλος Brayton (ή Joule)

Ο θερμοδυναμικός κύκλος που σχετίζεται με την πλειοψηφία των αεριοστροβιλικών συστημάτων είναι ο κύκλος Brayton, στον οποίο ο ατμοσφαιρικός αέρας, που είναι το εργαζόμενο μέσο, διέρχεται από τον στρόβιλο μόνο μία φορά. Οι θερμοδυναμικές διεργασίες του κύκλου Brayton περιλαμβάνουν τη συμπίεση του ατμοσφαιρικού αέρα, την εισαγωγή και ανάφλεξη του καυσίμου, και την εκτόνωση των θερμών καυσαερίων μέσω του στροβίλου. Η αναπτυσσόμενη ισχύς χρησιμοποιείται για την κίνηση του συμπιεστή και της ηλεκτρογεννήτριας. Οι κύριες συνιστώσες ενός αεριοστροβίλου παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα:

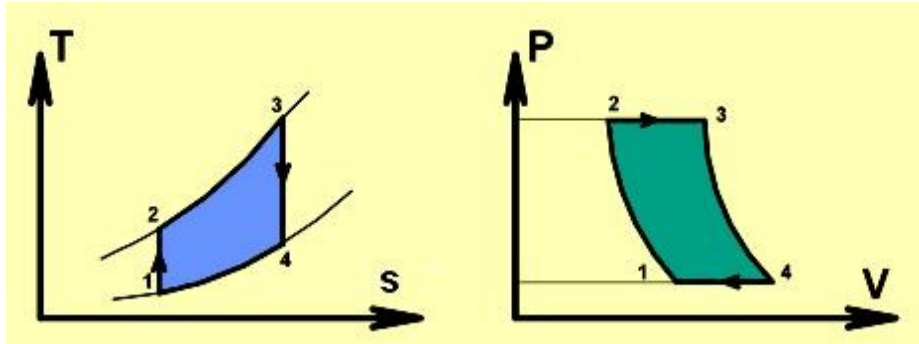


Σχήμα 1.7: Σύστημα αεριοστροβίλου [1]

Τόσο η εισαγωγή όσο και η απόρριψη της θερμότητας στον κύκλο Brayton γίνεται υπό σταθερή πίεση, και για το λόγο αυτό ο κύκλος είναι επίσης γνωστός ως κύκλος σταθερής πίεσης. Ο κύκλος, του οποίου τα διαγράμματα T-s και P-V παρουσιάζονται παρακάτω στο σχήμα, αποτελείται από τέσσερις διεργασίες:

- 1 έως 2: Ισεντροπική συμπίεση.
- 2 έως 3: Θέρμανση υπό σταθερή πίεση.
- 3 έως 4: Ισεντροπική εκτόνωση.

- 4 έως 1: Αποβολή της θερμότητας υπό σταθερή πίεση.



Σχήμα 1.8: Ο θερμοδυναμικός κύκλος Brayton (ή Joule) [1]

Το εισαγόμενο έργο στον κύκλο (συμπιεστής) W_1 και το παραγόμενο έργο από τον κύκλο (στρόβιλος) W_2 είναι:

$$W_1 = m(h_2 - h_1)$$

$$W_2 = m(h_3 - h_4)$$

Όπου m είναι η παροχή μάζας στον κύκλο. Η παρεχόμενη θερμότητα στον κύκλο Q_1 (θερμαντήρας) και η απορριπτόμενη θερμότητα Q_2 από τον κύκλο (ψυκτική μονάδα) είναι, αντίστοιχα:

$$Q_1 = m(h_3 - h_2)$$

$$Q_2 = m(h_4 - h_1)$$

Ο θερμοκός βαθμός απόδοσης του κύκλου με ενεργειακό μέσο ένα τέλειο αέριο είναι:

$$\eta = 1 - (T_4 - T_1) / (T_3 - T_2)$$

Αποδεικνύεται ότι η παραπάνω σχέση μπορεί να αναχθεί στην εξής:

$$\eta = 1 - r^{-\eta}$$

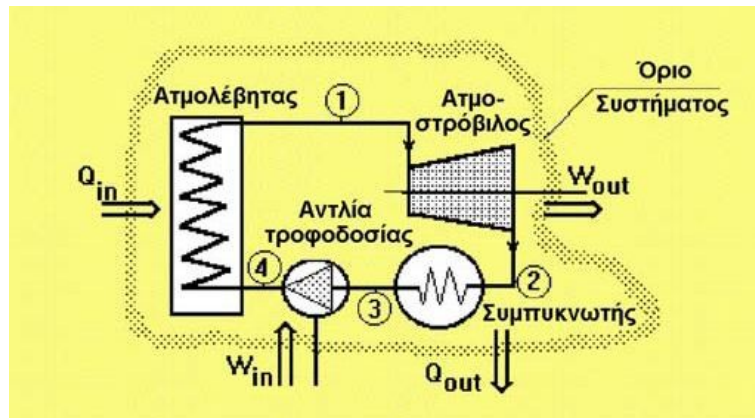
όπου $r (=P_2/P_1)$ είναι ο λόγος πίεσης και $\eta (=1+1/\gamma)$ μία σταθερά που εξαρτάται από την ειδική θερμοχωρητικότητα του αέρα.

1.2.4. Ατμοστρόβιλοι

Ο ατμοστρόβιλος εξαρτάται από κάποια χωριστή πηγή ενέργειας και δεν μετατρέπει άμεσα το καύσιμο σε ηλεκτρική ενέργεια. Οι ατμοστρόβιλοι απαιτούν μία πηγή ατμού υψηλής πίεσης που παράγεται σε κάποιο λέβητα ή ατμοπαραγωγό ανάκτησης θερμότητας. Στα καύσιμα των λεβήτων συμπεριλαμβάνονται ορυκτά καύσιμα, όπως ο γαιάνθρακας, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, ή ανανεώσιμα καύσιμα, όπως το ξύλο ή τα αστικά απορρίμματα. Ο ατμοστρόβιλος μπορεί να αποτελείται από πολλές βαθμίδες, κάθε μία από τις οποίες μπορεί να οριστεί με την ανάλυση της εκτόνωσης του ατμού από μία υψηλότερη σε μία χαμηλότερη πίεση.

Ο θερμοδυναμικός κύκλος του ατμοστρόβιλου είναι ο κύκλος Rankine, παρόλο που

εφαρμόζονται και κάποιοι άλλοι, όπως οι κύκλοι αναθέρμανσης και αναγέννησης, και ο συνδυασμένος κύκλος. Ο κύκλος Rankine είναι ο βασικός κύκλος των συμβατικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής και συνίσταται κατ' αρχήν από μια πηγή θερμότητας (λέβητας) που μετατρέπει το νερό σε ατμό υψηλής πίεσης. Ο ατμός ρέει μέσα από το στρόβιλο και παράγει μηχανική ισχύ, και μπορεί να είναι υγρός, ξηρός κορεσμένος ή υπέρθερμος. Όταν εξέρχεται από τον στρόβιλο συμπυκνώνεται και επιστέφει στο λέβητα για να επαναληφθεί η διαδικασία, όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα.



Σχήμα 1.9: Σύστημα ατμοστρόβιλου [1]

Σύμφωνα με το διάγραμμα του παραπάνω κύκλου, η ωφέλιμη ισχύς του στρόβιλου σε κατάσταση σταθερής ροής είναι:

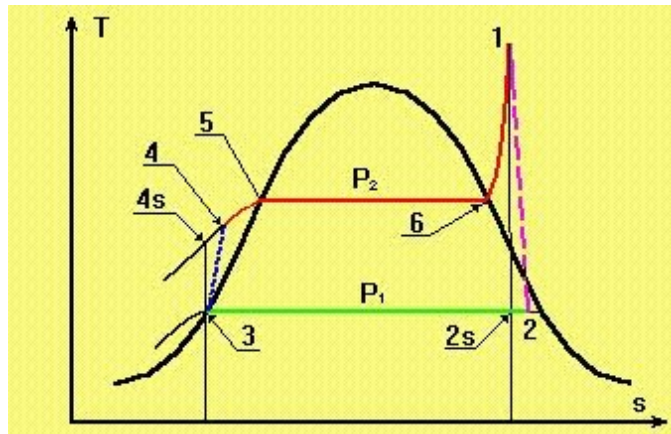
$$P = m(h_1 - h_2)$$

Όπου m είναι η παροχή μάζας του ατμού μέσα από τον στρόβιλο, ενώ h_1 και h_2 είναι η ειδική ενθαλπία του ατμού στην είσοδο και την έξοδο του στρόβιλου αντίστοιχα. Η αποδοτικότητα των ατμοστρόβιλων συχνά περιγράφεται από τον ισεντροπικό βαθμό απόδοσης της διαδικασίας εκτόνωσης. Η παρουσία σταγονιδίων στον ατμό μειώνει την απόδοση του στρόβιλου και προκαλεί τη φυσική διάβρωση των πτερυγίων. Για το λόγο αυτό, ο λόγος ξηρότητας του ατμού στην έξοδο του στρόβιλου δεν πρέπει να είναι μικρότερος από 0,9.

Ο κύκλος Rankine

Ο κύκλος Rankine αντιστοιχεί σε μια θερμική μηχανή με κύκλο ισχύος ατμού. Το πιο κοινό εργαζόμενο μέσο είναι το νερό. Ο κύκλος συνίσταται από τέσσερις διεργασίες:

- 1 έως 2: Ισεντροπική εκτόνωση (ατμοστρόβιλος).
- 2 έως 3: Αποβολή της θερμότητας υπό σταθερή πίεση (συμπυκνωτής).
- 3 έως 4: Ισεντροπική συμπίεση (αντλία).
- 4 έως 1: Θέρμανση υπό σταθερή πίεση (λέβητας).



Σχήμα 1.10: Ο θερμοδυναμικός κύκλος Rankine [1]

Το παραγόμενο έργο του κύκλου (ατμοστρόβιλος) και το εισαγόμενο έργο στον κύκλο (αντλία) είναι αντίστοιχα:

$$W_1 = m(h_1 - h_2)$$

$$W_2 = m(h_4 - h_3)$$

Με m την παροχή μάζας του κύκλου. Η παρεχόμενη θερμότητα στον κύκλο Q_1 (από το λέβητα) και η απορριπτόμενη θερμότητα Q_2 από τον κύκλο (στο συμπυκνωτή) είναι αντίστοιχα:

$$Q_1 = m(h_1 - h_4)$$

$$Q_2 = m(h_2 - h_3)$$

Το ωφέλιμο έργο του κύκλου είναι: $W = Q_1 - Q_2$ και ο θερμοκός βαθμός απόδοσης ενός κύκλου Rankine ορίζεται τότε ως:

$$\eta = W / Q_1$$

Ο βαθμός απόδοσης του κύκλου Rankine δεν είναι τόσο υψηλός όπως αυτός του κύκλου Carnot, αλλά ο κύκλος αυτός παρουσιάζει λιγότερες πρακτικές δυσκολίες και είναι πιο οικονομικός.

1.2.4.1. Ατμοστρόβιλος αντίθλιψης

Ατμός υψηλής πίεσης (20-100 bar) και θερμοκρασίας (480-540 C) παράγεται σε λέβητα με κατανάλωση καυσίμου και χρησιμοποιείται για την κίνηση ατμοστρόβιλου, στον άξονα του οποίου είναι συνδεδεμένη ηλεκτρογεννήτρια [2]. Ο ατμός βγαίνει από τον στρόβιλο σε πίεση και θερμοκρασία κατάλληλη για τις θερμικές διεργασίες. Ο όρος «αντίθλιψη» οφείλεται στο ότι η πίεση αυτή είναι μεγαλύτερη της ατμοσφαιρικής (3-20 bar).

Το σύστημα αντίθλιψης έχει τα εξής πλεονεκτήματα:

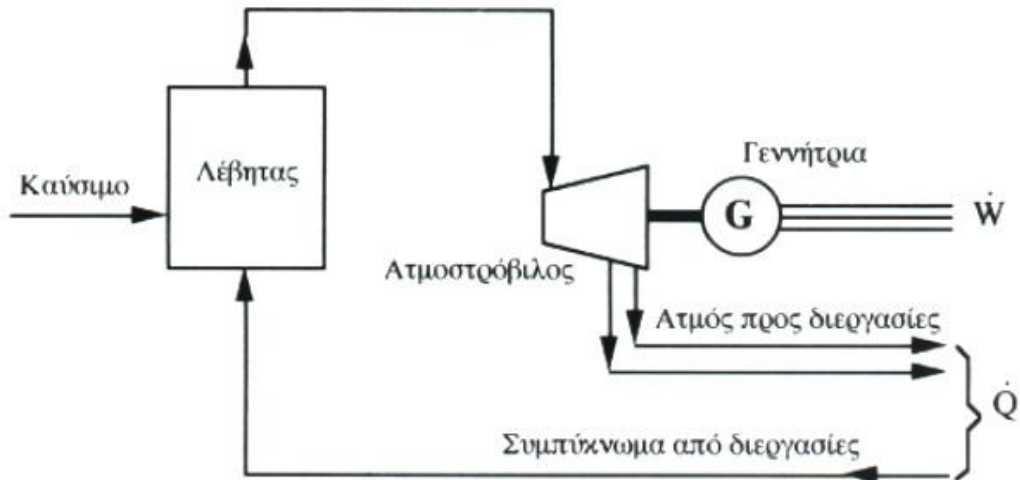
- απλή μορφή,
- μικρότερο κόστος,
- μειωμένη ή και καθόλου ανάγκη ψυκτικού νερού,

- υψηλότερο βαθμό απόδοσης (περίπου 85%), κυρίως διότι δεν αποβάλλει θερμότητα στο περιβάλλον μέσω ψυγείου.

Σημαντικό μειονέκτημα του, όμως, είναι ότι η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια είναι στενά συνδεδεμένη με την απαιτούμενη θερμότητα. Έτσι,

α) είναι αδύνατη η ανεξάρτητη λειτουργία του ατμοηλεκτρικού σταθμού από το δίκτυο θέρμανσης, και

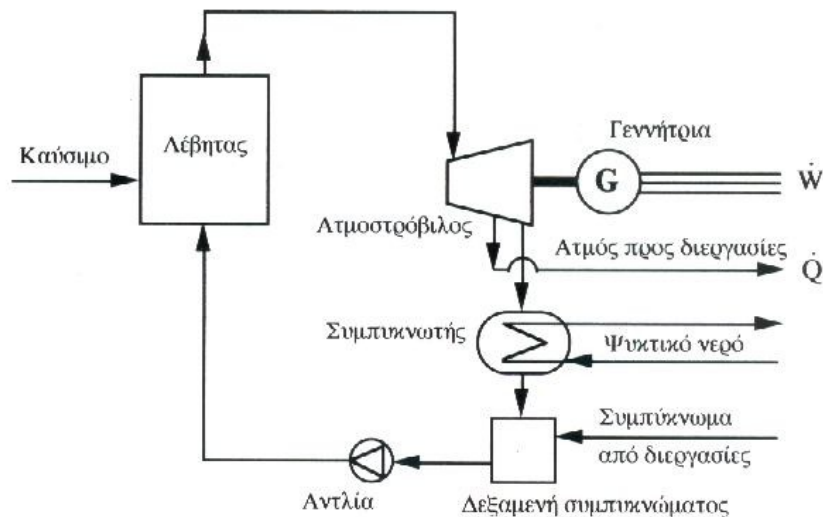
β) είναι αναγκαία η αμφίδρομη σύνδεση με το εθνικό δίκτυο ηλεκτρισμού για την κάλυψη πρόσθετων αναγκών ή για τη διοχέτευση της πιθανής περίσσειας ηλεκτρικής ενέργειας.



Σχήμα 1.11: Σύστημα με ατμοστρόβιλο αντίθλιψης [2]

1.2.4.2. Ατμοστρόβιλος απομάστευσης

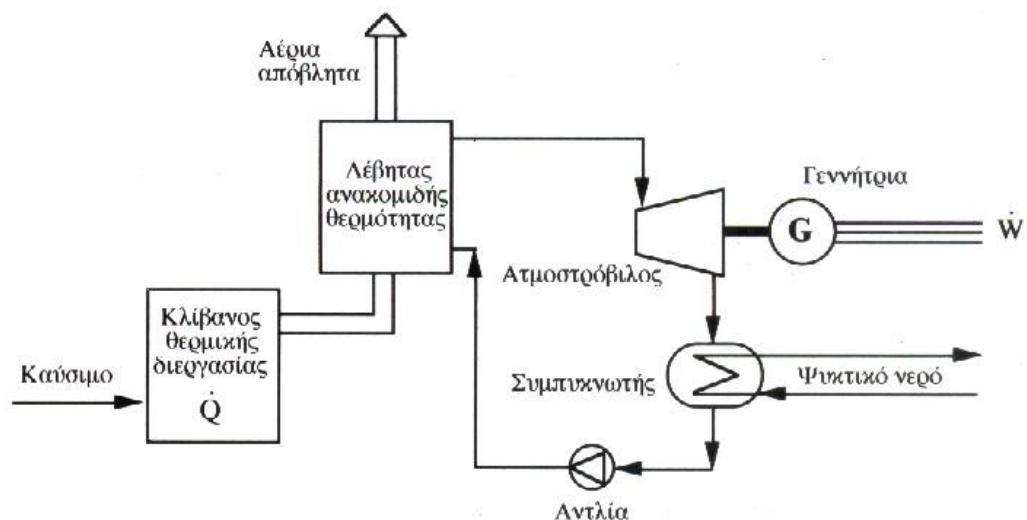
Αυτό το σύστημα ΣΗΘ αποτελείται από ατμολέβητα, ατμοστρόβιλο, ψυγείο, κ.λ.π. κύκλος Rankine). Μέρος του ατμού απομαστεύεται από μία ή περισσότερες ενδιάμεσες βαθμίδες του στροβίλου στις επιθυμητές πιέσεις, ενώ ο υπόλοιπος εκτονώνεται μέχρι την πίεση του συμπυκνωτή (λέγεται και ψυγείο ατμού) που είναι 0,05-0,10 bar. Τα συστήματα απομάστευσης είναι ακριβότερα και έχουν μικρότερο βαθμό απόδοσης (περίπου 80%) από τα συστήματα αντίθλιψης. Όμως, έχουν τη δυνατότητα ανεξάρτητης (μέσα σε ορισμένα όρια) ρύθμισης της ηλεκτρικής και θερμικής ισχύος. Αυτό επιτυγχάνεται με ρύθμιση της ολικής παροχής ατμού και επομένως της παροχής ατμού προς τον συμπυκνωτή.



Σχήμα 1.12. Σύστημα με ατμοστρόβιλο απομάστευσης [2]

1.2.4.3. Ατμοστρόβιλος σε κύκλο βάσης

Αρκετές βιομηχανίες (π.χ. χαλυβουργεία, υαλουργεία, κεραμουργεία, εργοστάσια τσιμέντου, εργοστάσια αλουμινίου, διωλιστήρια πετρελαίου, κ.λ.π.) έχουν αέρια απόβλητα υψηλής θερμοκρασίας. Μετά τη θερμική διεργασία, τα αέρια αυτά μπορούν να περάσουν μέσα από λέβητα ανακομιδής θερμότητας, όπου παράγεται ατμός που κινεί μια ατμοστροβιλογεννήτρια. Έτσι, η μονάδα παραγωγής θερμότητας μετατρέπεται σε σύστημα συμπαραγωγής με κύκλο βάσης ατμού.



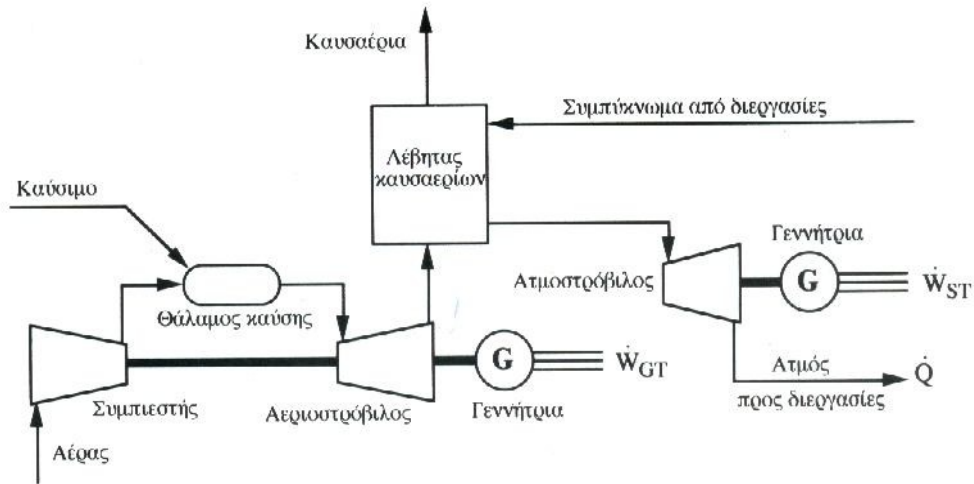
Σχήμα 1.13: Σύστημα με κύκλο βάσης ατμού [2]

1.2.5. Συνδυασμένος κύκλος

Ο όρος «συνδυασμένος κύκλος» αναφέρεται σε συστήματα με δύο θερμοδυναμικούς κύκλους, οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους με κάποιο εργαζόμενο ρευστό και λειτουργούν σε διαφορετικές θερμοκρασίες [2]. Ο κύκλος υψηλής θερμοκρασίας (κορυφής) αποβάλλει θερμότητα, που ανακτάται και χρησιμοποιείται από τον κύκλο χαμηλής θερμοκρασίας (βάσης) για την παραγωγή πρόσθετης ηλεκτρικής ή μηχανικής ενέργειας αυξάνοντας έτσι τον βαθμό

απόδοσης.

Τα πιο διαδεδομένα συστήματα συνδυασμένου κύκλου είναι εκείνα με συνδυασμό αεριοστροβίλου - ατμοστροβίλου (κύκλοι Joule - Rankine). Το Σχήμα 1.14 δείχνει τα βασικά στοιχεία ενός τέτοιου συστήματος.



Σχήμα 1.14: Σύστημα συνδυασμένου κύκλου

Η υψηλή περιεκτικότητα οξυγόνου στα καυσαέρια του αεριοστροβίλου (περίπου 17%) επιτρέπει την καύση συμπληρωματικού καυσίμου στον λέβητα καυσαερίων, εάν κριθεί αναγκαία για την αύξηση ισχύος του συστήματος. Η συμπληρωματική καύση αυξάνει τον βαθμό απόδοσης του συστήματος κατά τη λειτουργία σε μερικό φορτίο, αλλά κάνει την εγκατάσταση και ιδιαίτερα τις διατάξεις ρύθμισης και ελέγχου πιο περίπλοκες.

Η ισχύς των συστημάτων συνδυασμένου κύκλου κυμαίνεται συνήθως στην περιοχή 20-400 MW, ενώ κατασκευάζονται επίσης και μικρότερες μονάδες με ισχύ 4-11 MW. Ο χρόνος εγκατάστασης είναι 2-3 έτη. Είναι δυνατή η ολοκλήρωση της εγκατάστασης σε δύο πεδία: Εγκαθίσταται πρώτα η μονάδα αεριοστροβίλου, που μπορεί να είναι έτοιμη για λειτουργία σε 12-18 μήνες. Ενώ αυτή λειτουργεί, συμπληρώνεται το σύστημα με τη μονάδα του ατμοστροβίλου.

Η αξιοπιστία των συστημάτων συνδυασμένου κύκλου είναι 80-85 %, η μέση ετήσια διαθεσιμότητα 77-85% και ο οικονομικός χρόνος ζωής 15-25 έτη.

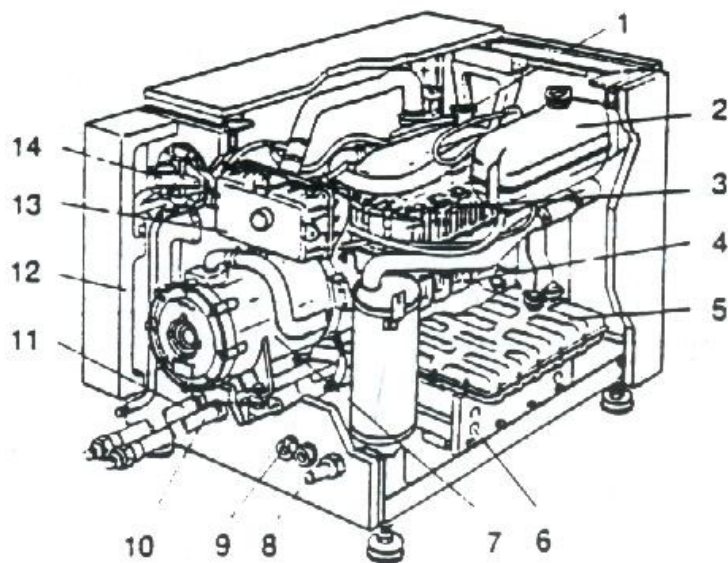
1.2.6. Τυποποιημένες μονάδες παραγωγής (πακέτα)

Μεγάλη ώθηση στη διάδοση της συμπαραγωγής αναμένεται ότι θα δώσει η μαζική παραγωγή τυποποιημένων μονάδων σε μορφή πακέτου με ηλεκτρική ισχύ 10-1000kW, που έχουν τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- Χαμηλό κόστος,
- Μικρό όγκο,
- Εύκολη εγκατάσταση (το μόνο που χρειάζεται είναι η σύνδεσή τους με τα υδραυλικά και ηλεκτρικά δίκτυα),
- Αυτοματοποιημένη λειτουργία χωρίς τη συνεχή παρακολούθηση από εξειδικευμένο προσωπικό.

Οι μονάδες αυτές συνήθως έχουν κινητήρα Diesel. Σε ισχείς μικρότερες των 100 kW είναι

δυνατή η χρήση αεριοστροβίλου. Μπορούν να λειτουργούν με υγρό ή αέριο καύσιμο. Το φυσικό αέριο είναι ιδιαίτερα κατάλληλο καύσιμο για τις μονάδες αυτές χάρη στην καθαρότητα, την έλλειψη ανάγκης αποθήκευσης και τη χαμηλή τιμή του. Το Σχήμα 1.15 δείχνει μια μονάδα μικρής ισχύος.



1. Κινητήρας Fiat 127	2. Δοχείο νερού
3. Εναλλάκτης καυσαερίων/νερού	4. Εναλλάκτης λαδιού/νερού
5. Ελαιολεκάνη	6. Εναλλάκτης νερού/νερού
7. Ηλεκτρογεννήτρια	8. Εξαγωγή καυσαερίου
9. Ηλεκτρική σύνδεση	10. Εξαγωγή θερμού νερού
11. Εισαγωγή κρύου νερού	12. Θερμική και ηχητική μόνωση
13. Εισαγωγή αέρα	14. Εισαγωγή φυσικού αερίου

Σχήμα 1.15: Τυποποιημένη μονάδα συμπαραγωγής Fiat TOTEM 15 kW [2]

Στις μονάδες – πακέτα το 27-35% της ενέργειας του καυσίμου μετατρέπεται σε ηλεκτρισμό και το 50-55% σε θερμότητα. Επομένως ο λόγος ηλεκτρισμού προς θερμότητα είναι 0,5 – 0,7, ενώ ο ολικός βαθμός απόδοσης φτάνει το 80%. Μικροεπεξεργαστές, εγκατεστημένοι στον χώρο όπου βρίσκεται η μονάδα, παρακολουθούν τις τιμές κρίσιμων παραμέτρων και μεταβιβάζουν τα σχετικές πληροφορίες, μέσω αποκλειστικής τηλεφωνικής γραμμής, σε κεντρικό ηλεκτρονικό υπολογιστή. Όταν η εξέλιξη των τιμών ορισμένων παραμέτρων δείχνει επερχόμενη βλάβη, ειδοποιείται η ομάδα συντήρησης, που επεμβαίνει πριν ακόμη η βλάβη εκδηλωθεί.

1.2.7. Κυψέλες καυσίμου

Η κυψέλη καυσίμου (fuel cell) είναι μια ηλεκτροχημική συσκευή, που μετατρέπει τη χημική ενέργεια του καυσίμου σε ηλεκτρισμό χωρίς τη μεσολάβηση της καύσης.

Στη βασική της μορφή λειτουργεί ως εξής: υδρογόνο και οξυγόνο αντιδρούν με την παρουσία ηλεκτρολύτη και παράγουν νερό, ενώ ταυτόχρονα αναπτύσσεται ένα ηλεκτροχημικό δυναμικό που προκαλεί ροή ηλεκτρικού ρεύματος στο εξωτερικό κύκλωμα (φορτίο). Καθώς η αντίδραση είναι εξώθερμη, παράγεται θερμότητα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ωφέλιμα. Το

απαιτούμενο υδρογόνο παράγεται από ορυκτά καύσιμα και συνήθως μεθάνιο (CH₄), που αποτελεί το κύριο συστατικό του φυσικού αερίου. Ορισμένοι τύποι κυψελών μπορούν να λειτουργήσουν επίσης και διοξείδιο του άνθρακα ή υδρογονάνθρακες.

Οι κυψέλες καυσίμου είναι κατάλληλες για συμπαραγωγή στον βιομηχανικό και εμπορικό-κτιριακό τομέα (ιδιαίτερα σε συνδυασμό με το φυσικό αέριο). Κύρια πλεονεκτήματά τους είναι τα ακόλουθα:

- αρθρωτή (modular) δομή, που διευκολύνει την κατασκευή μονάδων με την επιθυμητή ισχύ,
- διατήρηση υψηλού ηλεκτρικού βαθμού απόδοσης ακόμη και σε μερικό φορτίο (δηλ. φορτίο μικρότερο του ονομαστικού),
- ευκολία αυτοματισμού,
- χαμηλές εκπομπές ρύπων,
- χαμηλή στάθμη θορύβου.

Χάρη στον υψηλό βαθμό απόδοσης και τα καθαρά καύσιμα που χρησιμοποιούνται, οι εκπομπές CO₂ και SO₂ είναι κατά 10-100 φορές χαμηλότερες από εκείνες άλλων συστημάτων. Ειδικότερα, επειδή οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται είναι σημαντικά μικρότερες από εκείνες της καύσης, οι εκπομπές NO_x είναι μικρότερες κατά μία τάξη μεγέθους από τις εκπομπές των συστημάτων που στηρίζονται στην καύση. Οι χαμηλές εκπομπές ρύπων και η χαμηλή στάθμη θορύβου κάνουν τις κυψέλες καυσίμου πιο κατάλληλες από άλλα συστήματα για εγκατάσταση και λειτουργία σε κατοικημένες περιοχές και σε κτίρια όπως ξενοδοχεία, νοσοκομεία, κ.λπ. Μειονεκτήματα, που εμποδίζουν προς το παρόν την πλατιά διάδοσή τους, είναι:

- το υψηλό κόστος κατασκευής και
- η σχετικά μικρή διάρκεια ζωής.

1.2.8. Μηχανές Stirling

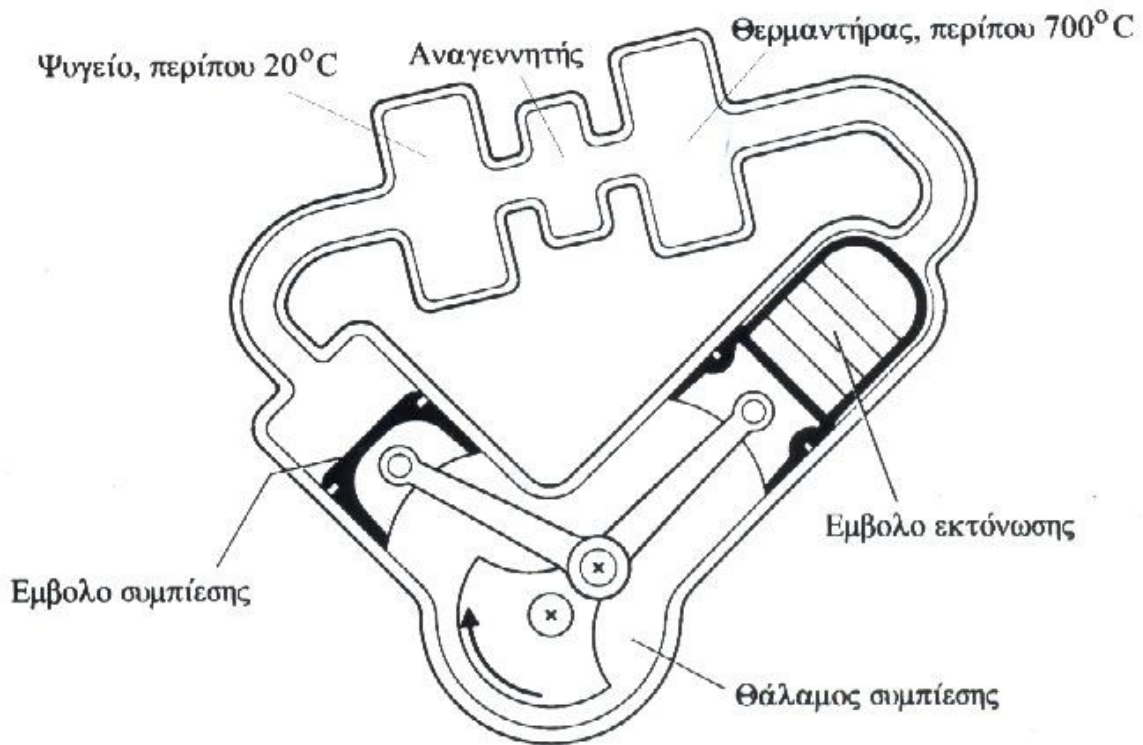
Η συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας είναι επίσης δυνατή με μηχανές Stirling. Το ενδιαφέρον για την ανάπτυξή της έχει αυξηθεί τελευταία, χάρη στα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει σε σύγκριση με συστήματα κινητήρων Diesel, αεριοστροβίλων ή ατμοστροβίλων: δυνατότητα υψηλότερου βαθμού απόδοσης, μεγαλύτερη ευελιξία καυσίμου, καλή συμπεριφορά σε μερικό φορτίο, χαμηλές εκπομπές ρύπων, χαμηλή στάθμη θορύβου και κραδασμών.

Αρχικά, η έρευνα και ανάπτυξη είχε ως αντικείμενο κινητήρες ισχύος 3-100 kW, κατάλληλους για αυτοκίνητα. Η προσπάθεια στράφηκε κατόπιν και προς κινητήρες ισχύος μέχρι 1-1,5 MW με αναμενόμενη διάρκεια ζωής της τάξεως των 20 ετών. Χάρη στην εξωτερική καύση και στον κλειστό κύκλο λειτουργίας, τα κινούμενα μέρη του κινητήρα δεν εκτίθενται στα προϊόντα της καύσης με αποτέλεσμα οι φθορές να είναι περιορισμένες. Όμως, απαιτούνται στεγανωτικές διατάξεις για την αποφυγή διαρροών τόσο του αερίου υψηλής πίεσης προς το εξωτερικό του κυλίνδρου, όσο και του λιπαντικού λαδιού προς το εσωτερικό του κυλίνδρου. Η κατασκευή αποτελεσματικών διατάξεων με ικανοποιητική διάρκεια ζωής είναι ένα από τα προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπισθούν.

Η εξωτερική καύση στις μηχανές Stirling επιτρέπει η χρήση διαφόρων καυσίμων: υγρά ή αέρια καύσιμα, αέρια ή υγρά προερχόμενα από άνθρακα, καύσιμα προερχόμενα από βιομάζα, ακόμη και απορρίμματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Επιπλέον, είναι δυνατή η αλλαγή καυσίμου χωρίς διακοπή της λειτουργίας ή μετατροπή των ρυθμίσεων του κινητήρα.

Χάρη στην ευελιξία τους, οι μηχανές Stirling μπορούν επίσης να αποτελέσουν στοιχεία ηλιακών ή πυρηνικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής ή συμπαραγωγής.

Το Σχήμα 1.16 αποτελεί μια απλοποιημένη απεικόνιση κινητήρα Stirling. Αέριο (π.χ., υδρογόνο, ήλιο, κλπ) συμπιέζεται και εκτονώνεται σε διάταξη κυλίνδρου- δύο εμβόλων με αποτέλεσμα την περιστροφή του στροφαλοφόρου άξονα. Το αέριο θερμαίνεται σε εναλλάκτη θερμότητας χωρίς να συμμετέχει στην καύση (κινητήρας εξωτερικής καύσης).



Σχήμα 1.16: Απλοποιημένη απεικόνιση κινητήρα Stirling [2]

1.2.9. Κύκλοι βάσης Rankine με οργανικά ρευστά

Στον κύκλο βάσης του Σχήματος 1.13, εργαζόμενο μέσο είναι το νερό, που εξατμίζεται με ανάκτηση θερμότητας από αέρια υψηλής θερμοκρασίας (600 C ή και υψηλότερης). Παραγωγή ηλεκτρικής ή μηχανικής ενέργειας με ανάκτηση θερμότητας χαμηλής θερμοκρασίας (80-300 C) είναι δυνατή εάν χρησιμοποιηθούν οργανικά ρευστά, π.χ. τολουένη, που έχουν θερμοκρασία βρασμού αρκετά χαμηλότερης εκείνης του νερού. Έτσι, πηγές θερμότητας μπορούν να είναι η ηλιακή ενέργεια, βιομηχανικά απόβλητα, γεωθερμική ενέργεια, καυσαέρια ή θερμότητα ψύξης μηχανών, κ.λπ.

Η ισχύς των συστημάτων αυτών κυμαίνεται στην περιοχή 2 kW – 10 MW. Ο βαθμός απόδοσης είναι μικρός, 10-30%, αλλά σημασία έχει το γεγονός ότι ένα τέτοιο σύστημα παράγει πρόσθετη ισχύ χωρίς να ξοδεύει καύσιμο. Από κατασκευαστικής πλευράς, χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στην επιλογή των υλικών, ώστε να μην παθαίνουν διάβρωση από το οργανικό ρευστό (π.χ. χρήση ανοξειδωτού χάλυβα), και στη στεγανότητα των στοιχείων του συστήματος, ώστε να μην διαφεύγει το οργανικό ρευστό στην ατμόσφαιρα.

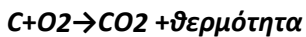
Ο χρόνος εγκατάστασης μικρών συστημάτων (μέχρι 50 kW), και ιδιαίτερα εκείνων που είναι κατάλληλα για χρήση στον εμπορικό – κτιριακό τομέα, είναι 4-8 μήνες, ενώ για μεγαλύτερες μονάδες είναι 1-2 έτη. Καθώς η τεχνολογία αυτή είναι σχετικά νέα, δεν υπάρχουν αρκετές πληροφορίες για την αξιοπιστία των συστημάτων. Εκτιμάται ότι η μέση

ετήσια διαθεσιμότητά τους είναι 80-90%. Η αναμενόμενη διάρκεια ζωής τους είναι περίπου 20 έτη.

1.3. ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΚΑΥΣΗΣ

1.3.1. Είδη των καυσίμων

Τα χρησιμοποιούμενα στους λέβητες καύσιμα αποτελούνται από υδρογονάνθρακες που περιλαμβάνουν αλκίνια (C_nH_{2n-2}), π.χ. το ακετυλένιο ($n=2$), αλκένια (C_nH_{2n}), π.χ. το αιθυλένιο ($n=2$), αλκάνια (C_nH_{2n+2}), π.χ. το οκτάνιο ($n=8$) [1]. Μια τυπική αντίδραση καύσης περιλαμβάνει ένα άτομο άνθρακα με δύο άτομα οξυγόνου και παραγωγή θερμότητας, σύμφωνα με την ακόλουθη βασική αντίδραση:



Η παραγόμενη θερμότητα κατά την αντίδραση καύσης είναι γνωστή ως θερμαντική ικανότητα ή θερμογόνος δύναμη (ΘΔ) του καυσίμου, και εκφράζεται σε μονάδες θερμότητας ανά μονάδα βάρους ή όγκου του καυσίμου.

Για να καθοριστεί η βασική σύσταση ενός καυσίμου συνήθως χρησιμοποιούνται δύο αναλύσεις. Η πρώτη ονομάζεται προσεγγιστική ανάλυση και προσδιορίζει την επί τοις εκατό κατά βάρος περιεκτικότητα του καυσίμου σε υγρασία, πτητικά συστατικά, μόνιμο άνθρακα, τέφρα και θείο. Η δεύτερη ανάλυση είναι γνωστή ως στοιχειακή ανάλυση και καθορίζει την επί τις εκατό κατά βάρος σύσταση του καυσίμου σε άνθρακα, υδρογόνο, άζωτο, και οξυγόνο. Πρέπει να σημειωθεί ότι, η θερμογόνος δύναμη ενός καυσίμου αυξάνει με την περιεκτικότητά του σε άνθρακα.

Οι ακόλουθοι πίνακες παρουσιάζουν αποτελέσματα της ποσοτικής και στοιχειακής ανάλυσης διαφόρων καυσίμων υλών:

Τύπος γαιάνθρακα	Άνθρακας	Υδρογόνο	Οξυγόνο	Άζωτο	Θερμογόνος δύναμη
Lackawana, PA	93.5	2.6	2.3	0.9	13000
Weld, CO	75.0	5.1	17.9	1.5	9200

Πίνακας 1.1: Στοιχειακή ανάλυση διαφόρων τύπου γαιάνθρακα

Τύπος ξύλου	Άνθρακας	Υδρογόνο	Οξυγόνο	Άζωτο	Θερμογόνος δύναμη
Δρυς	49.5	6.6	43.7	0.2	7980
Πεύκο	59.0	7.2	32.7	1.1	10400
Φλαμουριά	49.7	6.9	43.0	0.3	8200

Πίνακας 1.2: Στοιχειακή ανάλυση διαφόρων τύπων ξύλου

Τα υγρά καύσιμα ή καύσιμα απόσταξης ταξινομούνται σε διαφορετικές κατηγορίες ανάλογα με τις ιδιότητές τους. Για τα πετρελαϊκά καύσιμα υπάρχουν 6 διαφορετικοί βαθμοί, ανάλογα με το ιξώδες τους. Ο πίνακας παρακάτω παρέχει τις τιμές της θερμογόνου δύναμης και τις πιο κοινές χρήσεις 5 τύπων πετρελαίου που διατίθενται στις ΗΠΑ. Το πετρελαϊκό καύσιμο Νο 3 έχει τελευταία ενσωματωθεί ως τμήμα του πετρελαϊκού καυσίμου Νο 2.

Κατηγορία πετρελαίου	Ειδικό βάρος	Θερμογόνος δύναμη KWh/litre	Εφαρμογές
No1	0.805	9.7	Για εξάτμιση σε καυστήρες τύπου δοχείου
No2	0.850	10.4	Για γενικής χρήσης οικιακή θέρμανση
No3	0.903	10.9	Για καυστήρες χωρίς προθέρμανση
No5	0.933	11.1	Χρειάζεται προθέρμανση στους 75-95°C
No6	0.965	11.3	Χρειάζεται προθέρμανση στους 95-115°C

Πίνακας 1.3: Τιμές θερμογόνου δύναμης και εφαρμογών 5 τύπων πετρελαίου στις ΗΠΑ

Παρόμοια κατάταξη εφαρμόζεται και για τα καύσιμα diesel, με το diesel No1 να χρησιμοποιείται σε πολύστροφες μηχανές, και το No2 να χρησιμοποιείται στις βιομηχανικές εφαρμογές και τα βαριά οχήματα. Το υγραέριο (LPG) είναι ένα μίγμα προπανίου και βουτανίου, ενώ το φυσικό αέριο είναι ένα μίγμα μεθανίου και αιθανίου.

1.3.2. Τιμές της θερμογόνου δύναμης των καυσίμων

Η θερμογόνος δύναμη συνήθως παρέχεται για ξηρό καύσιμο. Στην πράξη η υγρασία μειώνει τη θερμογόνου δύναμη των καυσίμων σύμφωνα με την ακόλουθη απλουστευμένη εξίσωση:

$$HV_{HVdry} * (1 - M)$$

όπου M είναι η περιεκτικότητα σε υγρασία του καυσίμου. Επιπλέον, η θερμογόνος δύναμη των καυσίμων μειώνεται με το υψόμετρο. Αναφέρεται ότι, εμπειρικά, η θερμογόνος δύναμη μειώνεται κατά 4% για κάθε αύξηση του υψόμετρου κατά 300m. Επιπλέον, η θερμογόνος δύναμη επηρεάζεται από τη φάση του νερού / ατμού στα προϊόντα της καύσης.

Εάν το H₂O είναι σε υγρή μορφή, η θερμογόνος δύναμη ονομάζεται Ανώτερη Θερμογόνος Δύναμη (ΑΘΔ) ή Μικτή Θερμογόνος Δύναμη (ΜΘΔ). Όταν το H₂O είναι με μορφή ατμού, η θερμογόνος δύναμη καλείται Κατώτερη ή Καθαρή Θερμογόνος Δύναμη (ΚΘΔ). Η ΑΘΔ προσδιορίζεται εργαστηριακά με χρήση του θερμιδομετρητή, που μετρά τη θερμότητα που αφαιρείται κατά την ψύξη μέχρι μία τυπική θερμοκρασία αναφοράς των προϊόντων της καύσης. Κατά συνέπεια, περιλαμβάνει τη λανθάνουσα θερμότητα που ανακτάται κατά τη συμπύκνωση του τμήματος του υδρατμού. Αυτός ο υδρατμός σχηματίζεται ως αποτέλεσμα της καύσης κάθε μορίου υδρογόνου που περιέχεται στο καύσιμο και από την εξάτμιση κάθε περιεχόμενης υγρασίας.

Η ΚΘΔ προσδιορίζεται υπολογιστικά, και είναι ίση με την ΜΘΔ μείον τη λανθάνουσα θερμότητα του υδρατμού που σχηματίζεται από την καύση του υδρογόνου και από οποιαδήποτε ποσότητα υγρασίας που είναι παρούσα στα καύσιμα. Η ΚΘΔ είναι περισσότερο αντιπροσωπευτική της διαθέσιμης στην πράξη θερμότητας, όταν τα καύσιμα καίγονται σε συσκευές όπως οι φούρνοι και οι λέβητες. Η λανθάνουσα θερμότητα του υδρατμού που περιλαμβάνεται στα καυσαέρια κανονικά δεν είναι ανακτήσιμη, εκτός από τις περιπτώσεις όπου εφαρμόζεται ανάκτηση θερμότητας χαμηλής θερμοκρασίας που περιλαμβάνει συμπύκνωση των υδρατμών.

Η προμήθεια των καυσίμων συνήθως γίνεται βάσει της ΜΘΔ τους και η κατανάλωση ενέργειας της εγκατάστασης εκφράζεται πάντοτε ως προς την ΜΘΔ, συνεπώς είναι σημαντικό να χρησιμοποιείται η ΜΘΔ στις ενεργειακές αναλύσεις εφικτότητας της ΣΗΘ. Οποιοδήποτε προκύπτον ενεργειακό ισοζύγιο θα ποικίλει ανάλογα με τη ΘΔ που χρησιμοποιείται στους υπολογισμούς, και αυτό, στη συνέχεια, θα έχει ως αποτέλεσμα διαφορετικές τιμές του θερμικού βαθμού απόδοσης της εγκατάστασης και του εξοπλισμού καύσης. Επομένως, πρέπει να δίνεται μεγάλη προσοχή σε οποιαδήποτε ανάλυση και ερμηνεία των δεδομένων απόδοσης. Στον πίνακα παρατίθενται χαρακτηριστικές ιδιότητες κάποιων επιλεγμένων καυσίμων:

Καύσιμο	ΘΔ όπως δίνεται συνήθως		Ρύποι %		
	Μικτή	Καθαρή	Θείο	Νερό	Τέφρα
Άνθρακας	30.6 MJ/kg	29.7 MJ/kg	1.2	10.0	8.0
Υπολείμματα ξύλου	15.8 MJ/kg	14.4 MJ/kg	0.4	15	Ίχνος
Μαζούτ	41.2 MJ/litre	38.9 MJ/litre	2.0	0.3	0.04
Βενζίνη	38.3 MJ/litre	36.0 MJ/litre	0.15	0.05	0.01
Φυσικό αέριο	38.0 MJ/m ³	34.2 MJ/m ³	-	Ίχνος	-
Βιοαέριο	20.0 MJ/m ³	18.0 MJ/m ³	Ίχνος	Ίχνος	-
Αέρια ορυχείων	21.0 MJ/m ³	18.9 MJ/m ³	Ίχνος	5.0	-

Πίνακας 1.4: Χαρακτηριστικές ιδιότητες ορισμένων ειδών καυσίμων

1.3.3. Εκπομπές της καύσης

Κατά την καύση όλων των ορυκτών καυσίμων παράγεται διοξείδιο του άνθρακα και υδρατμός σε ποσότητες που είναι άμεσες συναρτήσεις της περιεκτικότητας σε άνθρακα και υδρογόνο του καυσίμου που καταναλώνεται. Εάν το καύσιμο περιέχει θείο, θα παραχθεί μία αντίστοιχη ποσότητα διοξειδίου του θείου (SO₂). Επιπλέον, η διαδικασία της καύσης παράγει οξείδιο του αζώτου (NO) και διοξείδιο του αζώτου (NO₂), των οποίων ο συνδυασμός γενικά είναι γνωστός ως οξειδία του αζώτου (NO_x).

Τα οξειδία αυτά δημιουργούνται από μια χημική αντίδραση μεταξύ των υφιστάμενων στον αέρα οξυγόνου και αζώτου υπό συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας. Υπάρχουν τρεις κύριοι μηχανισμοί για το σχηματισμό τους:

- Θερμικά NO_x,
- NO_x του καυσίμου,
- Άμεσα NO_x.

Ο ρυθμός με τον οποίο λαμβάνουν χώρα αυτές οι διαφορετικές αντιδράσεις επηρεάζεται πολύ από τη διαδικασία της καύσης, με τη θερμοκρασία και το λόγο αέρα-καυσίμου να αποτελούν ιδιαίτερα σημαντικούς παράγοντες.

Τα θερμικά NO_x είναι τα πιο σημαντικά και σχηματίζονται από την αντίδραση του αζώτου και του οξυγόνου στον αέρα της καύσης. Αυτή εκκινεί στην αρχική ζώνη της καύσης, αλλά κατά το μεγαλύτερο μέρος της λαμβάνει χώρα στη δευτερεύουσα ζώνη. Η θερμοκρασία επηρεάζει έντονα το σχηματισμό τους και η αντίδραση προχωρά πολύ γρήγορα σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 1.300°C. Τα NO_x του καυσίμου σχηματίζονται σε χαμηλότερες θερμοκρασίες (γύρω στους 700°C) και εμφανίζονται μέσα στη φλόγα μέσω της αντίδρασης με το χημικά δέσμιο άζωτο του καυσίμου. Ο τρίτος τύπος, τα άμεσα NO_x, είναι και ο λιγότερο σημαντικός. Αυτά σχηματίζονται λόγω της παρουσίας ελεύθερων ριζών υδρογονανθράκων στο μέτωπο της φλόγας.

Τα διαφορετικά καύσιμα έχουν και διαφορετικό αδρανειακό περιεχόμενο, επομένως

καίγονται σε διαφορετικές θερμοκρασίες φλόγας, γεγονός που έχει επίδραση στο σχηματισμό των NOx. Ο άνθρακας και τα βαριά πετρελαϊκά έλαια δίνουν υψηλότερα επίπεδα εκπομπών NOx σε σχέση με τα ελαφρύτερα πετρελαϊκά καύσιμα και το φυσικό αέριο, και αυτό απεικονίζεται στην αντιρρυπαντική/περιβαλλοντική νομοθεσία που καθορίζει διαφορετικά όρια εκπομπών για τους διαφορετικούς τύπους καυσίμων (η νομοθεσία θέτει επίσης όρια στις εκπομπές SO2). Η παρουσία αυτών των οξειδίων στην ατμόσφαιρα θεωρείται ότι έχει επιβλαβή αποτελέσματα και υπάρχει ένας γενικός στόχος ελαχιστοποίησης των εκπομπών NOx από όλες τις εγκαταστάσεις καύσης, συμπεριλαμβανομένων και των μονάδων ΣΗΘ. Στον πίνακα γίνεται μια σύνοψη των υφιστάμενων τεχνικών μείωσης των NOx:

	Παλινδρομικές μηχανές	Αεριοστρόβιλοι
Άνευ ορίων	<ul style="list-style-type: none"> Στοιχειομετρικοί κινητήρες 	<ul style="list-style-type: none"> Ξηροί καυστήρες χαμηλών NOx Ψεκασμός ατμού/νερο
TA-Air 500 mg/m ³ , 5% O2 και 150 mg/m ³ , 15% O2 αντίστοιχα	<ul style="list-style-type: none"> Μηχανές φτωχού μείγματος και αυτομάτου ελέγχου –λ. Στοιχειομετρικοί κινητήρες με τριοδικό καταλυτικό μετατροπέα. 	<ul style="list-style-type: none"> Ξηροί καυστήρες χαμηλών NOx Ψεκασμός ατμού/νερού
Μισό TA-Air 250 mg/m ³ , 5% O2 και 75 mg/m ³ , 15% O2 αντίστοιχα	<ul style="list-style-type: none"> Κινητήρες φτωχής καύσης με αισθητήρα λ και δίοδο καταλυτικό μετατροπέα. Στοιχειομετρικοί κινητήρες με τριοδικό καταλυτικό μετατροπέα. 	<ul style="list-style-type: none"> Ξηροί καυστήρες χαμηλών NOx Ψεκασμός ατμού/νερού
Ειδικές μετατροπές	<ul style="list-style-type: none"> Επιλεκτική καταλυτική περιστολή (SCR) εφαρμόζεται στο πλούσιο σε CO2 περιβάλλον των θερμοκηπίων. 	<ul style="list-style-type: none"> Επιλεκτική καταλυτική περιστολή (SCR)

Πίνακας 1.5: Τεχνικές μείωσης των NOx στις παλινδρομικές μηχανές και στους αεριοστρόβιλους

1.4. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

1.4.1. Τύποι σχημάτων συμπαραγωγής

Ήδη από το 1900 υπήρχε η πρώτη εφαρμογή αυτού που είναι σήμερα γνωστό ως "συμπαραγωγή" σε μερικές μεγάλες πόλεις και βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Ο κύριος κινητήρας των γεννητριών ήταν παλινδρομικές ατμομηχανές που συνήθως απέβαλαν ατμό χαμηλής πίεσης σε κεντρικούς αγωγούς διανομής, οι οποίοι τροφοδοτούσαν με αυτόν συστήματα θέρμανσης και παραγωγικών διεργασιών. Με τον τρόπο αυτό γεννήθηκαν οι πρώτες εγκαταστάσεις «συμπαραγωγής αιχμής», οι οποίες πήραν την ονομασία αυτή από την ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας για χρήση τους σε παραγωγικές διεργασίες.

Η εν λόγω ορολογία δεν χρησιμοποιήθηκε γι' αυτόν τον τύπο παραγωγής μέχρι τη δεκαετία του '70, και ο όρος «αιχμή» αναφέρεται στο γεγονός ότι η ηλεκτρική ισχύς παράγεται από τον κύριο κινητήρα ως πρωταρχική λειτουργία και η θερμική ενέργεια που απορρίπτεται από αυτόν χρησιμοποιείται στη συνέχεια για τις διεργασίες της μονάδας. Η άλλη διάταξη, κατά την οποία η ηλεκτρική ισχύς παράγεται από απορριπτόμενο ατμό, είναι γνωστή ως κύκλος «βάσης». Κατά συνέπεια, διακρίνονται δύο κύριοι τύποι συμπαραγωγής: τα συστήματα «αιχμής» και «βάσης».

Υπάρχουν τέσσερις τύποι συστημάτων συμπαραγωγής κύκλου αιχμής. Στον πρώτο τύπο τα καύσιμα καταναλώνονται σε έναν αεριοστρόβιλο ή μια μηχανή diesel για την παραγωγή ηλεκτρικής ή μηχανικής ισχύος. Τα καυσαέρια παρέχουν θερμότητα για διεργασίες, ή οδηγούνται σε ένα λέβητα ανάκτησης θερμότητας όπου παράγεται ατμός για τη λειτουργία ενός δευτερεύοντος ατμοστρόβιλου. Αυτό είναι ένα σύστημα αιχμής συνδυασμένου κύκλου. Ο δεύτερος τύπος συστήματος καταναλώνει καύσιμα (οποιοδήποτε είδους) για την παραγωγή ατμού υψηλής πίεσης που στη συνέχεια οδηγείται σε ατμοστρόβιλο παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια. Η εξαγωγή παρέχει ατμό διεργασιών χαμηλής πίεσης. Αυτό είναι ένα ατμοστροβιλικό σύστημα αιχμής.

Ο τρίτος τύπος καταναλώνει καύσιμα όπως είναι το φυσικό αέριο, το diesel, τα ξύλα, ο αεριοποιημένος άνθρακας, ή το αέριο ΧΥΤΑ. Το ζεστό νερό από το σύστημα ψύξης των χιτωνίων της μηχανής οδηγείται σε έναν λέβητα ανάκτησης θερμότητας, όπου μετατρέπεται σε ατμό διεργασιών και ζεστό νερό για θέρμανση χώρων. Ο τέταρτος τύπος είναι ένα αεριοστροβιλικό σύστημα αιχμής. Ένας στρόβιλος φυσικού αερίου οδηγεί μια γεννήτρια και τα καυσαέρια οδηγούνται σε ένα λέβητα ανάκτησης θερμότητας όπου παράγεται ατμός και θερμότητα διεργασιών. Σε μία μονάδα κύκλου αιχμής χρησιμοποιούνται πάντοτε κάποια πρόσθετα καύσιμα, πέραν αυτών που απαιτούνται για την παραγωγική διεργασία, και έτσι υφίσταται ένα λειτουργικό κόστος που σχετίζεται με την ηλεκτροπαραγωγή.

Τα συστήματα κύκλου «βάσης» είναι πολύ λιγότερο συνηθισμένα από τα αντίστοιχα κύκλου «αιχμής». Τέτοια συστήματα συναντώνται σε βαριές βιομηχανίες, όπως αυτές του γυαλιού ή οι μεταλλουργικές, όπου χρησιμοποιούνται φούρνοι πολύ υψηλών θερμοκρασιών. Ένας λέβητας ανάκτησης της απόβλητης θερμότητας συλλέγει τη θερμότητα που αποβάλλεται από κάποια θερμική παραγωγική διεργασία. Αυτή η απορριπτόμενη θερμότητα χρησιμοποιείται στη συνέχεια για να παραχθεί ατμός ο οποίος κινεί έναν ατμοστρόβιλο που παράγει ηλεκτρισμό. Δεδομένου ότι το καύσιμο καίγεται πρώτα κατά την παραγωγική διεργασία, δεν απαιτείται καμία πρόσθετη ποσότητα καυσίμου για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας.

1.4.2. Τρόποι λειτουργίας των συστημάτων συμπαραγωγής

Ο τρόπος λειτουργίας χαρακτηρίζεται από το κριτήριο στο οποίο βασίζεται η ρύθμιση της παραγωγής του ηλεκτρισμού και της ωφέλιμης θερμότητας ενός συστήματος συμπαραγωγής. Υπάρχουν διάφοροι πιθανοί τρόποι λειτουργίας, οι πιο ευδιάκριτοι από τους οποίους παρατίθενται στη συνέχεια:

- **Κάλυψη του θερμικού φορτίου:** Σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή, η ωφέλιμη παραγωγή θερμότητας του συστήματος συμπαραγωγής είναι ίση με το θερμικό φορτίο (χωρίς υπέρβαση της δυναμικότητας του συστήματος). Εάν η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια είναι μεγαλύτερη από το φορτίο η πλεονάζουσα ενέργεια πωλείται στο δίκτυο, ενώ εάν είναι μικρότερη η συμπληρωματική ηλεκτρική ενέργεια αγοράζεται από το δίκτυο.
- **Κάλυψη του θερμικού φορτίου βάσης:** Στην περίπτωση αυτή, το σύστημα ΣΗΘ διαστασιοποιείται ώστε να παρέχει την ελάχιστη απαιτούμενη θερμική ενέργεια για την εγκατάσταση. Εφεδρικοί λέβητες ή καυστήρες χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια των περιόδων που η ζήτηση θερμότητας είναι υψηλότερη. Ο κύριος κινητήρας της μονάδας λειτουργεί πάντα υπό πλήρες φορτίο. Εάν η ανάγκη για ηλεκτρική ενέργεια της εγκατάστασης υπερβαίνει αυτήν που μπορεί να παρέχει ο κύριος κινητήρας, τότε η υπόλοιπη ποσότητα μπορεί να αγοραστεί από το δίκτυο. Αντίστοιχα, εάν το επιτρέπουν οι ισχύοντες νόμοι, η πλεονάζουσα ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να πωληθεί στην ηλεκτρική εταιρεία.
- **Κάλυψη του ηλεκτρικού φορτίου:** Κάθε χρονική στιγμή η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια είναι ίση με το ηλεκτρικό φορτίο (χωρίς υπέρβαση της δυναμικότητας του συστήματος ΣΗΘ). Εάν η συμπαραγόμενη θερμότητα είναι μικρότερη από το θερμικό φορτίο ένας βοηθητικός λέβητας υποβοηθά στην κάλυψη των αναγκών, ενώ εάν είναι μεγαλύτερη η πλεονάζουσα θερμότητα απορρίπτεται στο περιβάλλον μέσω συσκευών ψύξης ή μέσω των καυσαερίων.
- **Κάλυψη του ηλεκτρικού φορτίου βάσης:** Σε αυτήν τη διάταξη, η μονάδα ΣΗΘ διαστασιοποιείται ώστε να ικανοποιεί την ελάχιστη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας της εγκατάστασης, βάσει της καμπύλης των ιστορικών αναγκών. Οι υπόλοιπες ανάγκες σε ηλεκτρισμό καλύπτονται από το δίκτυο. Οι θερμικές ανάγκες της εγκατάστασης θα μπορούσαν να καλυφθούν από το σύστημα συμπαραγωγής μόνο ή με πρόσθετους λέβητες. Εάν η θερμική ενέργεια που παράγεται σύμφωνα με το ηλεκτρικό φορτίο βάσης υπερβαίνει τις απαιτήσεις της εγκατάστασης, και εάν το επιτρέπουν οι συνθήκες, η πλεονάζουσα θερμική ενέργεια μπορεί να πωληθεί σε γειτονικούς πελάτες.
- **Μικτή κάλυψη:** Σε ορισμένες χρονικές περιόδους ακολουθείται ο τρόπος κάλυψης του θερμικού φορτίου, ενώ σε άλλες περιόδους ακολουθείται ο τρόπος κάλυψης του ηλεκτρικού φορτίου. Η απόφαση βασίζεται στην εκτίμηση παραμέτρων όπως είναι τα επίπεδα των φορτίων, η τιμή των καυσίμων και το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας κατά την συγκεκριμένη ημέρα και ώρα.
- **Αυτόνομη λειτουργία:** Υφίσταται πλήρης κάλυψη των ηλεκτρικών και θερμικών φορτίων σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή χωρίς σύνδεση με το δίκτυο. Αυτός ο τρόπος απαιτεί να διαθέτει το σύστημα ηλεκτρική και θερμική δυναμικότητα εφεδρείας, έτσι ώστε στην περίπτωση που μια μονάδα τεθεί εκτός λειτουργίας για οποιοδήποτε λόγο, οι υπόλοιπες μονάδες να είναι σε θέση να καλύψουν το ηλεκτρικό και το θερμικό φορτίο. Αυτή είναι και η πιο δαπανηρή στρατηγική, τουλάχιστον από την άποψη του αρχικού κόστους του συστήματος.

Γενικά, η λειτουργία κάλυψης του θερμικού φορτίου οδηγεί στον υψηλότερο βαθμό αξιοποίησης του καυσίμου (λόγος εξοικονόμησης ενέργειας καυσίμων - *FESR*) και ίσως στην καλύτερη οικονομική απόδοση της συμπαραγωγής, τόσο στο βιομηχανικό όσο και στον κτιριακό τομέα. Στον τομέα των εταιριών ηλεκτροπαραγωγής, ο τρόπος λειτουργίας εξαρτάται από το συνολικό φορτίο του δικτύου, τη διαθεσιμότητα των μονάδων ηλεκτροπαραγωγής και τις υποχρεώσεις της εταιρίας προς τους πελάτες της, όσον αφορά την τροφοδοσία τους με ηλεκτρική ενέργεια και θερμότητα.

Εντούτοις, η εφαρμογή γενικών κανόνων δεν είναι η συνετότερη προσέγγιση για την περίπτωση της συμπαραγωγής. Κάθε εφαρμογή έχει τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της, υπάρχει μια πληθώρα συστημάτων ΣΗΘ (ανάλογα με τον τύπο της τεχνολογίας, το μέγεθος, τη διαμόρφωση), ενώ η σχεδίαση ενός συστήματος συμπαραγωγής μπορεί να προσαρμοστεί στις ανάγκες του χρήστη και έχει επιπτώσεις στους δυνατούς τρόπους λειτουργίας του, και το αντίστροφο. Εξάλλου, κατά τη διάρκεια λειτουργίας του συστήματος μπορεί να μεταβάλλονται οι διάφορες τεχνικές και οικονομικές παράμετροι με την ημέρα και τη χρονική στιγμή.

Όλες αυτές οι πτυχές καθιστούν αναγκαία τη λήψη αποφάσεων όχι βάσει γενικών κανόνων μόνο, αλλά με τη χρήση συστηματικών διαδικασιών βελτιστοποίησης που βασίζονται στο μαθηματικό προγραμματισμό, τόσο για το σχεδιασμό όσο και για τη λειτουργία του συστήματος. Για τη λειτουργία των συστημάτων συμπαραγωγής, ειδικότερα,

διατίθενται συστήματα ελέγχου βασισμένα σε μικροεπεξεργαστές. Αυτά παρέχουν τη δυνατότητα τα διάφορα συστήματα ΣΗΘ να λειτουργούν για την κάλυψη κάποιου φορτίου βάσης, να παρακολουθούν τα ηλεκτρικά ή τα θερμικά φορτία, είτε να λειτουργούν κατά ένα οικονομικοτεχνικά βέλτιστο τρόπο (τρόπος μικτής κάλυψης).

Στην τελευταία περίπτωση, ο μικροεπεξεργαστής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επίβλεψη της απόδοσης του συστήματος συμπαραγωγής, περιλαμβανομένων:

- του βαθμού απόδοσης του συστήματος και του ποσού της διαθέσιμης ωφέλιμης θερμότητας,
- των ηλεκτρικών και των θερμικών αναγκών του χρήστη, της ποσότητας της πλεονάζουσας ηλεκτρικής ενέργειας που πρέπει να αποδοθεί στο δίκτυο, και του ποσού της θερμότητας που πρέπει να απορριφθεί στο περιβάλλον,
- του κόστους της αγοραζόμενης ηλεκτρικής ενέργειας και της αξίας των πωλήσεων ηλεκτρικής ενέργειας, δεδομένου ότι αυτά μπορεί να μεταβάλλονται ανάλογα με την ώρα της ημέρας, την ημέρα της εβδομάδας, ή την εποχή.

Με βάση τα δεδομένα αυτά, ο μικροεπεξεργαστής μπορεί να καθορίσει ποιος τρόπος λειτουργίας είναι ο πιο οικονομικός, ακόμη και το κατά πόσο η μονάδα πρέπει να διακόψει τη λειτουργία της. Επιπλέον, με την παρακολούθηση των παραμέτρων λειτουργίας, όπως είναι η αποδοτικότητα, οι ώρες λειτουργίας, η θερμοκρασία των καυσαερίων, οι θερμοκρασίες του νερού ψύξης, κλπ., ο μικροεπεξεργαστής μπορεί να βοηθήσει στον προγραμματισμό της συντήρησης του συστήματος. Εάν το σύστημα λειτουργεί χωρίς άμεση επίβλεψη, ο μικροεπεξεργαστής μπορεί να συνδεθεί μέσω τηλεφωνικής γραμμής με ένα κέντρο τηλεπαρακολούθησης, όπου η ανάλυση των δεδομένων μέσω Η/Υ μπορεί να προειδοποιήσει το εξειδικευμένο προσωπικό για μία επικείμενη ανάγκη προγραμματισμένης ή μη συντήρησης.

Επιπλέον, ως τμήμα ενός συστήματος καταγραφής δεδομένων, ο μικροεπεξεργαστής μπορεί να συντάσσει εκθέσεις για την τεχνική και την οικονομική απόδοση του συστήματος.

1.5. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Η συμπαραγωγή μπορεί να έχει τόσο θετικές όσο και αρνητικές επιπτώσεις στην εξάντληση μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, στο σύστημα ηλεκτρισμού της χώρας, στο περιβάλλον, στην κοινωνία. Οι πιθανές αρνητικές επιπτώσεις μπορούν να μετριασθούν ή και να εξαλειφθούν με σωστή επιλογή του είδους και της θέσης του συστήματος συμπαραγωγής, την προσεκτική ένταξή του στο ευρύτερο ενεργειακό σύστημα της περιοχής ή της χώρας και με την επιμελημένη συντήρηση κατά τη διάρκεια της ζωής του. Ακολουθεί αναλυτικότερη παρουσίαση των επιπτώσεων αυτών.

1.5.1. Επιπτώσεις στην κατανάλωση καυσίμων

Όλα τα συστήματα συμπαραγωγής εξοικονομούν καύσιμο διότι έχουν υψηλότερο βαθμό απόδοσης από τη χωριστή παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας. Για παράδειγμα, ένα σύστημα συμπαραγωγής ατμοστροβίλου μειώνει την κατανάλωση καυσίμου κατά 15% περίπου (σε σύγκριση με τη χωριστή παραγωγή ηλεκτρισμού με μονάδα ατμοστροβίλου και θερμότητας με λέβητα), ένα σύστημα συμπαραγωγής με κινητήρα Diesel τη μειώνει κατά 25% (σε σύγκριση με τη χωριστή παραγωγή ηλεκτρισμού με ντιζελοκίνητη ηλεκτρογεννήτρια και θερμότητας με λέβητα), κ.λπ. Όμως, το εάν ένα σύστημα συμπαραγωγής εξοικονομεί ακριβό, εισαγόμενο και μη ανανεώσιμο καύσιμο, π.χ. πετρέλαιο, εξαρτάται από το καύσιμο που το ίδιο το σύστημα συμπαραγωγής χρησιμοποιεί, και τα καύσιμα που χρησιμοποιούν τα συστήματα χωριστής παραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας, τα οποία θα αντικατασταθούν από το σύστημα συμπαραγωγής.

Μια πρόσθετη βελτίωση του βαθμού εκμετάλλευσης των καυσίμων οφείλεται στο ότι τα συστήματα συμπαραγωγής βρίσκονται συνήθως πιο κοντά στους καταναλωτές απ' ό,τι οι κεντρικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής. Έτσι, περιορίζονται οι απώλειες μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, που είναι της τάξεως του 8-10%.

Η επιλογή των συστημάτων συμπαραγωγής και των καυσίμων, που αυτά χρησιμοποιούν, είναι σκόπιμο να εναρμονίζεται με μια γενικότερη εθνική ενεργειακή πολιτική (π.χ. μείωση του εισαγόμενου πετρελαίου, αύξηση της συμβολής των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ορθολογική χρήση του φυσικού αερίου, κ.λπ.).

1.5.2. Επιπτώσεις στο Σύστημα Ηλεκτρισμού της Χώρας

Προκειμένου να αντιμετωπισθεί η μελλοντική αύξηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας, απαιτείται η κατασκευή νέων σταθμών ηλεκτροπαραγωγής. Η διάδοση της συμπαραγωγής αυξάνει το δυναμικό ηλεκτροπαραγωγής και περιορίζει τις ανάγκες κατασκευής νέων κεντρικών σταθμών, προσφέροντας έτσι σημαντική εξοικονόμηση κεφαλαίων της εταιρείας ηλεκτρισμού (ΔΕΗ).

Καθώς τα συστήματα συμπαραγωγής έχουν μικρότερο μέγεθος και βραχύτερο χρόνο εγκατάστασης από τους μεγάλους κεντρικούς σταθμούς, προσφέρουν μεγαλύτερη ευελιξία και προσαρμοστικότητα σε απρόβλεπτες μελλοντικές μεταβολές της ζήτησης ηλεκτρισμού. Ο μικρός χρόνος εγκατάστασης των συστημάτων συμπαραγωγής συντελεί επίσης σε περιορισμό του χρηματοοικονομικού κόστους που συμβάλλει με τη σειρά του στη μείωση του μοναδιαίου κόστους παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας.

Πολλές μικρές μονάδες συμπαραγωγής, που λειτουργούν παράλληλα με τους κεντρικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής, αυξάνουν την αξιοπιστία παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά είναι ενδεχόμενο να δημιουργήσουν προβλήματα ευστάθειας του δικτύου. Τα προβλήματα αυτά

περιορίζονται ή και αποφεύγονται, όταν το σύστημα συμπαραγωγής και η σύνδεσή του με το δίκτυο πληρούν ορισμένες προδιαγραφές. Η συνεννόηση με τις αρμόδιες υπηρεσίες της ΔΕΗ είναι απαραίτητη για το σκοπό αυτόν.

Η εξάπλωση της συμπαραγωγής θα μπορούσε να έχει αρνητικές οικονομικές επιπτώσεις στο εθνικό σύστημα ηλεκτρισμού, εάν αυτό έχει ικανότητα παραγωγής μεγαλύτερη από τη ζήτηση, ή εάν ο ρυθμός αύξησης της ικανότητας με κατασκευή νέων σταθμών είναι μεγαλύτερος από τον ρυθμό αύξησης της ζήτησης και για διάφορους λόγους δεν μπορεί να επιβραδυνθεί. Τότε, το κόστος κεφαλαίου μοιράζεται σε μικρότερη ποσότητα παραγόμενου ηλεκτρισμού, με αποτέλεσμα την αύξηση του μοναδιαίου κόστους. Ένα τέτοιο ενδεχόμενο δεν φαίνεται να υπάρχει για την Ελλάδα διότι αφ' ενός μεν μέρος των αναγκών καλύπτεται με εισαγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, αφ' ετέρου δε το αναπτυξιακό πρόγραμμα της ΔΕΗ είναι κυλιόμενο, δηλαδή αναθεωρείται σε τακτά χρονικά διαστήματα και επομένως μπορεί να προσαρμόζεται στις νέες συνθήκες.

1.5.3. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Χάρη στην αποδοτικότερη εκμετάλλευση του καυσίμου, η συμπαραγωγή συντελεί σε άμεση μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων με την προϋπόθεση ότι το καύσιμο που χρησιμοποιεί δεν είναι κατώτερης ποιότητας από εκείνο της χωριστής συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας. Η μείωση της κατανάλωσης καυσίμου συνοδεύεται επίσης και από μια έμμεση μείωση ρύπων από τον υπόλοιπο κύκλο καυσίμου: εξόρυξη, επεξεργασία, μεταφορά, αποθήκευση. Η ποσοτικοποίηση του κόστους αυτού είναι δύσκολη και εξαρτάται από διάφορους παράγοντες: τεχνολογία, καύσιμο, τοπικές συνθήκες, κ.λπ.

Όταν πολλές μικρές και διεσπαρμένες μονάδες συμπαραγωγής αντικαθιστούν μεγάλους κεντρικούς σταθμούς με υψηλές καπνοδόχους, τότε δεν είναι εξασφαλισμένη η βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος. Οι κεντρικοί σταθμοί βρίσκονται κατά κανόνα έξω από τα αστικά κέντρα και οι υψηλές καπνοδόχοι συντελούν σε ικανοποιητικό διασκορπισμό των ρύπων. Αντίθετα, οι μικρές μονάδες συμπαραγωγής, που έχουν και σχετικά χαμηλότερες καπνοδόχους, είναι εγκατεστημένες κοντά ή και μέσα στις κατοικημένες περιοχές επιβαρύνοντας το περιβάλλον τους.

Από τις διαθέσιμες τεχνολογίες συμπαραγωγής, οι κινητήρες Diesel και Otto έχουν τις υψηλότερες εκπομπές ρύπων. Καθώς οι κινητήρες αυτοί είναι οι πιο κατάλληλοι, λόγω μεγέθους, για εφαρμογές συμπαραγωγής στον εμπορικό – κτιριακό τομέα, ο κίνδυνος από τις εκπομπές τους είναι αυξημένος διότι στις κατοικημένες περιοχές οι κάτοικοι είναι άμεσα εκτεθειμένοι στους ρύπους του αέρα, και η διασπορά των ρύπων εμποδίζεται από τα μεγάλα κτίρια. Οι κυψέλες καυσίμου είναι καταλληλότερες από τους κινητήρες Diesel ή Otto για τέτοιου είδους εφαρμογές, διότι έχουν σημαντικά μικρότερες εκπομπές ρύπων.

Η διακίνηση των καυσίμων και η απομάκρυνση των στερεών καταλοίπων της καύσης μπορεί να προκαλέσει ρύπανση του εδάφους και των υδάτων της περιοχής. Τέλος, ο θόρυβος τόσο από τη λειτουργία του ίδιου του συστήματος συμπαραγωγής όσο και από την κίνηση, που αναπτύσσεται για την εξυπηρέτησή του, αυξάνει την ηχητική ρύπανση, ώστε, η εγκατάσταση συστήματος συμπαραγωγής σε κατοικημένες περιοχές προϋποθέτει την

- Επιλογή τεχνολογίας με χαμηλές εκπομπές ρύπων,
- Προσεκτική επιλογή του τόπου εγκατάστασης,
- Τοποθέτηση εξοπλισμού ελέγχου και περιορισμού των εκπεμπόμενων ρύπων,
- Ελαστική έδραση και ηχητική μόνωση του συστήματος,
- Κατασκευή καπνοδόχου υψηλότερης των γειτονικών κτιρίων,
- Εγκατάσταση μέσων συλλογής και αποκομιδής των στερεών και υγρών καταλοίπων.

1.5.4. Οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις

Οι οικονομικές επιπτώσεις της συμπαραγωγής στο σύστημα ηλεκτρισμού και θερμότητας της χώρας έχουν αναφερθεί προηγούμενα. Μια πρόσθετη ευνοϊκή επίδραση στην εθνική οικονομία προκύπτει όταν η συμπαραγωγή μειώνει το σύνολο των δαπανών για εισαγόμενα καύσιμα. Στις σχετικές οικονομικές αναλύσεις, πρέπει στο κόστος εισαγωγής να προστίθεται το κόστος επεξεργασίας και διακίνησης του καύσιμου καθώς και το κόστος προστασίας του περιβάλλοντος και αποκατάστασης των ζημιών, που μπορεί να προκληθούν όχι μόνο από τη συστηματική εκπομπή ρύπων αλλά και από πιθανά ατυχήματα (διαρροές κ.λ.π.). Είναι γνωστό ότι οι κεντρικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής κατασκευάζονται σε μεγάλα μεγέθη και εγκαθίστανται σε απομακρυσμένες περιοχές. Η κατασκευή και λειτουργία των σταθμών προκαλεί τη μετακίνηση προς τις περιοχές αυτές μεγάλου αριθμού εργαζομένων. Αντίθετα, οι μονάδες συμπαραγωγής συνήθως είναι μικρότερου μεγέθους και εγκαθίστανται πιο κοντά σε κατοικημένες περιοχές. Η διασπορά τους σε διάφορες πόλεις της χώρας δημιουργεί νέες θέσεις εργασίας στην κάθε περιοχή, συγκρατεί εκεί το εργατικό δυναμικό και συμβάλλει στην οικονομική ανάπτυξη του τόπου με την ανάπτυξη νέων δραστηριοτήτων, που σχετίζονται με την κατασκευή, συντήρηση και λειτουργία των μονάδων.

Η συμπαραγωγή αυξάνει την αξιοπιστία ηλεκτροδότησης των καταναλωτών. Επίσης, προκαλεί συγκέντρωση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με επακόλουθο την αποκέντρωση της λήψεως σχετικών αποφάσεων και την ενδυνάμωση του ρόλου της τοπικής αυτοδιοίκησης.

1.6. Η ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η Συμπαραγωγή στην Ελλάδα ξεκινά από τις αρχές του 20ου αιώνα, όταν στο Βόλο και ειδικότερα στην κεραμοποιεία Τσαλαπάτα εγκαταστάθηκε, από Βέλγους μηχανικούς, σύστημα Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας για τις ανάγκες της, που λειτούργησε μέχρι και τα τέλη της δεκαετίας του '70 [3]. Σε ευρύτερη κλίμακα, οι πρώτες μονάδες Συμπαραγωγής εγκαταστάθηκαν σε μεγάλες ελληνικές βιομηχανίες στις αρχές της δεκαετίας του '70. Σήμερα, λειτουργούν μονάδες Συμπαραγωγής σε βιομηχανίες ζάχαρης και χάρτου, διυλιστήρια πετρελαίου, κλωστοϋφαντουργίες, κ.λ.π. Επίσης, ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες της ΔΕΗ έχουν τροποποιηθεί κατάλληλα, ώστε να καλύπτουν τις θερμικές ανάγκες αστικών περιοχών με τα δίκτυα τηλεθέρμανσης, όπως τα δίκτυα της Κοζάνης, της Πτολεμαΐδας, του Αμυνταίου και της Μεγαλόπολης.

Αναλύοντας τα στοιχεία των εγκαταστάσεων μέχρι σήμερα φαίνεται ότι από το 1990 και μετά έχουμε σημαντικές βελτιώσεις στις εγκαταστάσεις ΣΗΘ στις ελληνικές βιομηχανίες. Η βελτίωση δεν ήταν μόνον ποιοτική αλλά και ποσοτική (αύξηση εγκατεστημένης ισχύος) σε επίπεδο βιομηχανίας. Μετά τα μέσα της δεκαετίας του 1990, η άφιξη του φυσικού αερίου στην Ελλάδα και οι δυνατότητες που προσφέρει η τεχνολογία της Συμπαραγωγής, οδήγησαν στη δραστηριοποίηση ενός σημαντικού αριθμού εταιρειών ή οργανισμών, με στόχους την ενημέρωση του επιχειρηματικού κόσμου, την παροχή συμβουλευτικών υπηρεσιών για τη μελέτη και κατασκευή εγκαταστάσεων συμπαραγωγής με το "κλειδί στο χέρι", τη συντήρηση, λειτουργία και εκμετάλλευση εγκαταστάσεων συμπαραγωγής.

Αν και αρκετές νέες εγκαταστάσεις κατασκευάστηκαν την τελευταία δεκαετία, παίρνοντας μάλιστα χρηματοδότηση από τα υπάρχοντα επενδυτικά προγράμματα, πολλές από τις εγκαταστάσεις ΣΗΘ με φυσικό αέριο έχουν βγει εκτός λειτουργίας. Αυτό οφείλεται στη σχετικά υψηλή τιμή αγοράς του φυσικού αερίου και τη χαμηλή τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας, όπου οι δύο αυτές παράμετροι παίζουν καθοριστικό ρόλο για την βιωσιμότητα επενδύσεων ΣΗΘ.

Η συμμετοχή της ΣΗΘ στην παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια είναι σήμερα της τάξης του 2% και στην εγκατεστημένη ισχύ είναι επίσης της τάξης του 2%, σε αντίθεση με τις άλλες Ευρωπαϊκές χώρες, όπου 11 χώρες παράγουν πάνω από το 20% της ηλεκτρικής τους ενέργειας από ΣΗΘ και 4 χώρες πάνω από 50%. Ο Ευρωπαϊκός μέσος όρος είναι γύρω στο 10%. Από τη συμπαραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια το 40% παράγεται από καύση φυσικού αερίου, το 19% από καύση άνθρακα και το 10% από ΑΠΕ.

1.6.1. Συμπαραγωγή και βιομάζα

Μία σημαντική πηγή ενέργειας, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη Συμπαραγωγή Η.Θ. είναι η βιομάζα, που μπορεί να προέλθει από:

α) αστικά λύματα και απόβλητα

β) υπολείμματα γεωργικής και δασικής προέλευσης και γ) ενεργειακές καλλιέργειες

Η συγκέντρωση του πληθυσμού, τις τελευταίες δεκαετίες, στα μεγάλα αστικά κέντρα και η διάθεση των αστικών λυμάτων αλλά και των απορριμμάτων σε ολόκληρη σχεδόν τη χώρα, έγινε χωρίς προγραμματισμό και με ανεπαρκή υποδομή [20]. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα τη συνεχή μόλυνση τόσο του αέριου όσο και του υδάτινου περιβάλλοντος. Τέτοιου είδους προβλήματα αντιμετωπίζονται στις σύγχρονες κοινωνίες πλέον, με την υγειονομική ταφή των απορριμμάτων και την παραγωγή ενέργειας από το βιοαέριο που εκλύουν.

Ένα τέτοιο σημαντικό έργο, από τα σπουδαιότερα παγκοσμίως, είναι ο σταθμός Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας από το βιοαέριο, που είναι εγκατεστημένο στο Χώρο Διάθεσης Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ) στα Άνω Λιόσια, που εγκαινιάστηκε και τέθηκε σε λειτουργία πρόσφατα, τον Σεπτέμβριο 2001. Το έργο αυτό, πρώτο του είδους του στην Ελλάδα, επιλύει το σημαντικό περιβαλλοντικό πρόβλημα στην περιοχή των Άνω Λιοσίων, ενώ εκμεταλλεύεται την έκλυση του βιοαερίου από τα απορρίμματα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, που επαρκεί για την ηλεκτροδότηση μιας πόλης 15.000 κατοίκων, αφού ο συγκεκριμένος σταθμός ΣΗΘ έχει ηλεκτρική ισχύ 14 MWe και θερμική ισχύ 16,5 MWth.

Τα απογεγραμμένα δασικά και γεωργικά υπολείμματα της χώρας ανέρχονται σε 10.000.000 τόνους το χρόνο περίπου. Εάν το 25% εξ αυτών μπορεί να αξιοποιηθεί σε συστήματα Συμπαραγωγής, τότε δημιουργείται ένα σημαντικό δυναμικό Συμπαραγωγής άνω των 400 MWe. Επειδή τα γεωργικά και δασικά υπολείμματα της χώρας είναι αποκεντρωμένα και διάσπαρτα σε όλη την χώρα, η εγκατάσταση μονάδων ΣΗΘ μικρής ισχύος, αποτελούν ιδανικές πηγές για αντιμετώπιση αναγκών τηλεθέρμανσης και τηλεψύξης σε όλη τη χώρα, προωιώντας ένα τοπικό σχέδιο ανάπτυξης αλλά και την περιφερειακότητα.

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι η βιομάζα, από την ενεργειακή γεωργία ή των δασικών υπολειμμάτων, μπορεί να αξιοποιηθεί όχι μόνο σε αυτόνομους σταθμούς Συμπαραγωγής, αλλά και στους υφιστάμενους λιγνιτικούς σταθμούς της ΔΕΗ. Δυστυχώς μέχρι σήμερα ασήμαντο ή ελάχιστο από αυτό το δυναμικό χρησιμοποιείται σε συστήματα Συμπαραγωγής με βιομάζα και οι βασικές αιτίες είναι οι εξής:

- Οι φορείς της Τοπικής Αυτοδιοίκησης που είναι αποκεντρωμένοι, αγνοούν τις δυνατότητες και τα πλεονεκτήματα αξιοποίησης της βιομάζας, την οποία διαθέτουν ή μπορεί να παράγουν σε αφθονία.
- Δεν υπήρξε, μέχρι πρόσφατα, το βασικό νομικό πλαίσιο.
- Δεν υπήρξαν κίνητρα σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο.
- Δεν υπήρξε η απαραίτητη και σε βάθος ενημέρωση, από πλευράς του Δημοσίου, όλων των ενδιαφερομένων.
- Δεν κατασκευάστηκαν επιδεικτικά έργα στη χώρα, τα οποία θα μπορούσαν να

χρησιμοποιηθούν για εκπαίδευση τεχνικών και ενημέρωση των ΟΤΑ, των στελεχών της Βιομηχανίας, των Γεωργικών Συνεταιρισμών, κτλ.

- Δεν υπάρχει η αναγκαία κατάρτιση του τεχνικού κόσμου σε θέματα Συμπαγωγής με βιομάζα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΒΙΟΜΑΖΑ - ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Γενικά, ως βιομάζα ορίζεται η ύλη που έχει βιολογική (οργανική) προέλευση [21]. Πρακτικά, στον όρο βιομάζα εμπεριέχεται οποιοδήποτε υλικό προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από το φυτικό κόσμο. Σ' αυτήν περιλαμβάνονται οι φυτικές ύλες που προέρχονται είτε από φυσικά οικοσυστήματα, όπως π.χ. τα αυτοφυή φυτά και δάση, είτε από τις ενεργειακές καλλιέργειες (έτσι ονομάζονται τα φυτά που καλλιεργούνται ειδικά με σκοπό την παραγωγή βιομάζας για παραγωγή ενέργειας) γεωργικών και δασικών ειδών, όπως π.χ. το σόργο το σακχαρούχο, το καλάμι, ο ευκάλυπτος κ.ά., τα υποπροϊόντα και κατάλοιπα της φυτικής, ζωικής, δασικής και αλιευτικής παραγωγής, όπως π.χ. τα άχυρα, στελέχη αραβόσιτου, στελέχη βαμβακιάς, κλαδοδέματα, κλαδιά δένδρων, φύκη, κτηνοτροφικά απόβλητα, οι κληματίδες κ.ά., τα υποπροϊόντα που προέρχονται από τη μεταποίηση ή επεξεργασία των υλικών αυτών, όπως π.χ. τα ελαιοπυρηνόξυλα, υπολείμματα εκκοκκισμού βαμβακιού, το πριονίδι κ.ά., καθώς και το βιολογικής προέλευσης μέρος των αστικών λυμάτων και σκουπιδιών.

Στην οδηγία 2000/76 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 4^{ης} Δεκεμβρίου 2000, για την αποτέφρωση των αποβλήτων, γίνεται σαφής διαχωρισμός μεταξύ των στερεών αποβλήτων και της βιομάζας, και διασαφηνίζονται οι προδιαγραφές, οι οποίες πρέπει να τηρούνται στις εγκαταστάσεις αποτέφρωσης και συναποτέφρωσης αποβλήτων. Ως βιομάζα νοούνται τα προϊόντα που συνίστανται από το σύνολο ή μέρος οποιασδήποτε φυτικής ύλης, γεωργικής ή δασικής προέλευσης, που μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την ανάκτηση του ενεργειακού περιεχομένου. Ως βιομάζα λογίζονται επίσης οι εξής κατηγορίες:

- Φυτικά απόβλητα της γεωργίας και της δασοκομίας.
- Φυτικά απόβλητα της βιομηχανίας τροφίμων, εφόσον ανακτάται η εκλυόμενη θερμότητα.
- Ινώδη φυτικά απόβλητα από την παραγωγή παρθένου χαρτοπολτού και από την παραγωγή χάρτου από χαρτοπολτό, εφόσον για τα απόβλητα αυτά εφαρμόζεται διαδικασία συναποτέφρωσης στον τόπο παραγωγής και η εκλυόμενη θερμότητα ανακτάται.
- Απόβλητα ξύλου εκτός αυτών τα οποία ενδέχεται να περιέχουν αλογονούχες οργανικές ενώσεις ή βαρέα μέταλλα ως αποτέλεσμα της κατεργασίας τους με συντηρητικά ξύλου ή ως αποτέλεσμα επίστρωσης και τα οποία περιλαμβάνουν ιδίως απόβλητα ξύλου προερχόμενα από οικοδομικές δραστηριότητες και κατεδαφίσεις. Απόβλητα φελλού.

Η ενέργεια της βιομάζας αποτελεί μία δεσμευμένη και αποθηκευμένη μορφή της ηλιακής ενέργειας και είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών. Κατ' αυτήν, η χλωροφύλλη των φυτών μετασχηματίζει την ηλιακή ενέργεια με μια σειρά διεργασιών, χρησιμοποιώντας ως βασικές πρώτες ύλες διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα καθώς και νερό και ανόργανα συστατικά από το έδαφος. Η διεργασία αυτή μπορεί να παρασταθεί σχηματικά ως εξής:

Νερό + Διοξείδιο του άνθρακα + Ηλιακή ενέργεια (φωτόνια) + Ανόργανα στοιχεία

-> Βιομάζα + Οξυγόνο

Από τη στιγμή που σχηματίζεται η βιομάζα, μπορεί πλέον κάλλιστα να χρησιμοποιηθεί ως πηγή ενέργειας. Η βιομάζα αποτελεί μια σημαντική, ανεξάντλητη και φιλική προς το περιβάλλον πηγή ενέργειας, η οποία είναι δυνατό να συμβάλλει σημαντικά στην ενεργειακή επάρκεια, αντικαθιστώντας τα συνεχώς εξαντλούμενα αποθέματα ορυκτών καυσίμων (πετρέλαιο, άνθρακας, φυσικό αέριο κ.ά.). Η χρήση της βιομάζας ως πηγής ενέργειας δεν είναι νέα. Σ' αυτήν, εξάλλου, συγκαταλέγονται τα καυσόξυλα και οι ξυλάνθρακες που, μέχρι το τέλος του περασμένου αιώνα, κάλυπταν το 97% των ενεργειακών αναγκών της χώρας.

2.2. ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

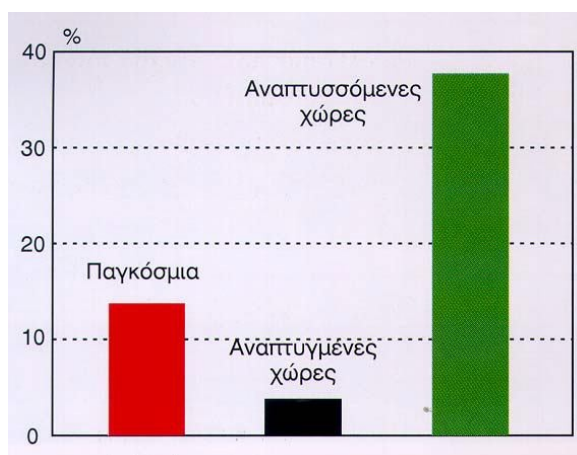
Η κρίση των τιμών του πετρελαίου το 1973 ήταν μεγάλη πρόκληση και η αναζήτηση πηγών ενέργειας άρχισε ήδη να καλλιεργείται προκειμένου να γίνει υποκατάσταση του πετρελαίου όπου αυτό ήταν δυνατόν. Οι ήπιες μορφές ενέργειας (βιομάζα, ηλιακή, αιολική) που είχαν εγκαταληφθεί λόγω της προσφερόμενης χαμηλής τιμής του πετρελαίου, ήρθαν πάλι στην επιφάνεια και η αναδρομή στο παρελθόν για τον τρόπο χρήσης τους ήταν επιβεβλημένη, όπως εξάλλου συμβαίνει και σε πολλούς άλλους τομείς. Η χρήση των ήπιων μορφών ενέργειας δεν είναι δυνατόν να λύσουν το ενεργειακό πρόβλημα στο σύνολό του, αλλά συμμετέχοντας σε ένα μεγάλο ποσοστό ασκούν μια διαρκή πίεση στις τιμές του πετρελαίου, για την διατήρηση της οικονομικής ισορροπίας, μέχρις ότου η επιστήμη να δώσει οριστική λύση στο πρόβλημα προσφέροντας βοήθεια ταυτόχρονα και στην ισορροπία του οικοσυστήματος.

Η βιομάζα είναι μία από τις ήπιες μορφές ενέργειας, ανεξάντλητη κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις και φιλική προς το περιβάλλον, το κύριο χαρακτηριστικό της είναι, ότι πρόκειται για ένα καθαρά φυσικό προϊόν, που παράγεται με την γνωστή διαδικασία της φωτοσύνθεσης.

Διαφορετικοί τύποι βιομάζας και στερεών αποβλήτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν καύσιμο για να καλύψουν ένα ευρύ φάσμα δυνητικής ενεργειακής ανάκτησης. Ανάλογα διαφοροποιείται και ο αναγκαίος εξοπλισμός. Διαφορετικοί τύποι λέβητα, όπως ατμού, ζεστού νερού, διαθερμικού λαδιού μπορούν να συνδυαστούν με τον εξοπλισμό καύσης με σκοπό να καλύψουν τις ανάγκες της εγκατάστασης. Οι διαθέσιμες τεχνολογίες τροφοδοσίας είναι αυτοματοποιημένες για διάφορους τύπους βιομάζας. Ο μηχανισμός της καύσης μπορεί να είναι σε στατική ή κινούμενη παλινδρομική εσχάρα ενώ ο χειρισμός των καυσαερίων γίνεται με πολύ-κυκλώνες και σακόφιλτρα.

2.2.1. Παγκόσμιο και Ελληνικό Δυναμικό

Η βιομάζα που παράγεται κάθε χρόνο στον πλανήτη μας υπολογίζεται ότι ανέρχεται σε 172 δισ. τόνους ξηρού υλικού, με ενεργειακό περιεχόμενο δεκαπλάσιο της ενέργειας που καταναίσκεται παγκοσμίως στο ίδιο διάστημα. Το τεράστιο αυτό ενεργειακό δυναμικό παραμένει κατά το μεγαλύτερο μέρος του ανεκμετάλλευτο, καθώς, σύμφωνα με πρόσφατες εκτιμήσεις, μόνο το 1/7 της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας καλύπτεται από τη βιομάζα και αφορά κυρίως τις παραδοσιακές χρήσεις της (καυσόξυλα κλπ.).



Σχήμα 2.1: Η συμμετοχή της βιομάζας (%) στην παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας [21]

Στην Ελλάδα, τα κατ' έτος διαθέσιμα γεωργικά και δασικά υπολείμματα ισοδυναμούν ενεργειακά με 3-4 εκατ. τόνους πετρελαίου, ενώ το δυναμικό των ενεργειακών καλλιεργειών μπορεί, με τα σημερινά δεδομένα, να ξεπεράσει άνετα εκείνο των γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων. Το ποσό αυτό αντιστοιχεί ενεργειακά στο 30-40% της ποσότητας του πετρελαίου που καταναλώνεται ετησίως στη χώρα μας. Σημειώνεται ότι 1 τόνος βιομάζας ισοδυναμεί με περίπου 0,4 τόνους πετρελαίου. Εντούτοις, με τα σημερινά δεδομένα, καλύπτεται μόλις το 3% περίπου των ενεργειακών αναγκών της με τη χρήση της διαθέσιμης βιομάζας.

Η βιομάζα στη χώρα μας χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή, κατά τον παραδοσιακό τρόπο, θερμότητας στον οικιακό τομέα (μαγειρική, θέρμανση), για τη θέρμανση θερμοκηπίων, σε ελαιουργεία, καθώς και, με τη χρήση πιο εξελιγμένων τεχνολογιών, στη βιομηχανία (εκκοκκιστήρια βαμβακιού, παραγωγή προϊόντων ξυλείας, ασβεστοκάνιμοι κ.ά.), σε περιορισμένη, όμως, κλίμακα. Ως πρώτη ύλη σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιούνται υποπροϊόντα της βιομηχανίας ξύλου, ελαιοπυρηνόξυλα, κουκούτσια ροδακίνων και άλλων φρούτων, τσόφλια αμυγδάλων, βιομάζα δασικής προέλευσης, άχυρο σιτηρών, υπολείμματα εκκοκκισμού κ.ά.

Παρ' όλα αυτά, οι προοπτικές αξιοποίησης της βιομάζας στη χώρα μας είναι εξαιρετικά ευόμοιες, καθώς υπάρχει σημαντικό δυναμικό, μεγάλο μέρος του οποίου είναι άμεσα διαθέσιμο. Παράλληλα, η ενέργεια που μπορεί να παραχθεί είναι, σε πολλές περιπτώσεις, οικονομικά ανταγωνιστική αυτής που παράγεται από τις συμβατικές πηγές ενέργειας.

Από πρόσφατη απογραφή, έχει εκτιμηθεί ότι το σύνολο της άμεσα διαθέσιμης βιομάζας στην Ελλάδα συνίσταται από 7.500.000 περίπου τόνους υπολειμμάτων γεωργικών καλλιεργειών (σιτηρών, αραβόσιτου, βαμβακιού, καπνού, ηλίανθου, κλαδοδεμάτων, κληματίδων, πυρηνόξυλου κ.ά.), καθώς και από 2.700.000 τόνους δασικών υπολειμμάτων υλοτομίας (κλάδοι, φλοιοί κ.ά.). Πέραν του ότι το μεγαλύτερο ποσοστό αυτής της βιομάζας δυστυχώς παραμένει αναξιοποίητο, πολλές φορές αποτελεί αιτία πολλών δυσάρεστων καταστάσεων (πυρκαγιές, δυσκολία στην εκτέλεση εργασιών, διάδοση ασθενειών κ.ά.). Από τις παραπάνω ποσότητες βιομάζας, το ποσοστό τους εκείνο που προκύπτει σε μορφή υπολειμμάτων κατά τη δευτερογενή παραγωγή προϊόντων (εκκοκκισμός βαμβακιού, μεταποίηση γεωργικών προϊόντων, επεξεργασία ξύλου κ.ά.) είναι άμεσα διαθέσιμο, δεν απαιτεί ιδιαίτερη φροντίδα συλλογής, δεν παρουσιάζει προβλήματα μεταφοράς και μπορεί να τροφοδοτήσει απ' ευθείας διάφορα συστήματα παραγωγής ενέργειας. Μπορεί, δηλαδή, η εκμετάλλευσή του να καταστεί οικονομικά συμφέρουσα.

Παράλληλα με την αξιοποίηση των διαφόρων γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων,

σημαντικές ποσότητες βιομάζας είναι δυνατό να ληφθούν από τις ενεργειακές καλλιέργειες. Συγκριτικά με τα γεωργικά και δασικά υπολείμματα, οι καλλιέργειες αυτές έχουν το πλεονέκτημα της υψηλότερης παραγωγής ανά μονάδα επιφάνειας, καθώς και της ευκολότερης συλλογής.

Στο σημείο αυτό, αξίζει να σημειωθεί ότι οι ενεργειακές καλλιέργειες αποκτούν τα τελευταία χρόνια ιδιαίτερη σημασία για τις ανεπτυγμένες χώρες, που προσπαθούν, μέσω των καλλιεργειών αυτών, να περιορίσουν, πέραν των περιβαλλοντικών και ενεργειακών τους προβλημάτων, και το πρόβλημα των γεωργικών πλεονασμάτων. Όπως είναι γνωστό, στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης τα γεωργικά πλεονάσματα, και τα οικονομικά προβλήματα που αυτά δημιουργούν, οδηγούν αναπόφευκτα στη μείωση της γεωργικής γης και της αγροτικής παραγωγής. Υπολογίζεται ότι, την προσεχή δεκαετία, θα μπορούσαν να αποδοθούν στις ενεργειακές καλλιέργειες 100-150 εκατ. στρέμματα γεωργικής γης, προκειμένου να αποφευχθούν τα προβλήματα των επιδοτήσεων των γεωργικών πλεονασμάτων και της απόρριψης αυτών στις χωματερές, με ταυτόχρονη αύξηση των ευρωπαϊκών ενεργειακών πόρων.

Στη χώρα μας, για τους ίδιους λόγους, 10 εκατομμύρια στρέμματα καλλιεργήσιμης γης έχουν ήδη περιθωριοποιηθεί ή προβλέπεται να εγκαταλειφθούν στο άμεσο μέλλον. Εάν η έκταση αυτή αποδοθεί για την ανάπτυξη ενεργειακών καλλιεργειών, το καθαρό όφελος σε ενέργεια που μπορεί να αναμένεται υπολογίζεται σε 5-6 ΜΤΙΠ (1ΜΤΙΠ= 10^6 ΤΙΠ, όπου ΤΙΠ σημαίνει: Τόνοι Ισοδύναμου Πετρελαίου) δηλαδή στο 50-60% της ετήσιας κατανάλωσης πετρελαίου στην Ελλάδα.

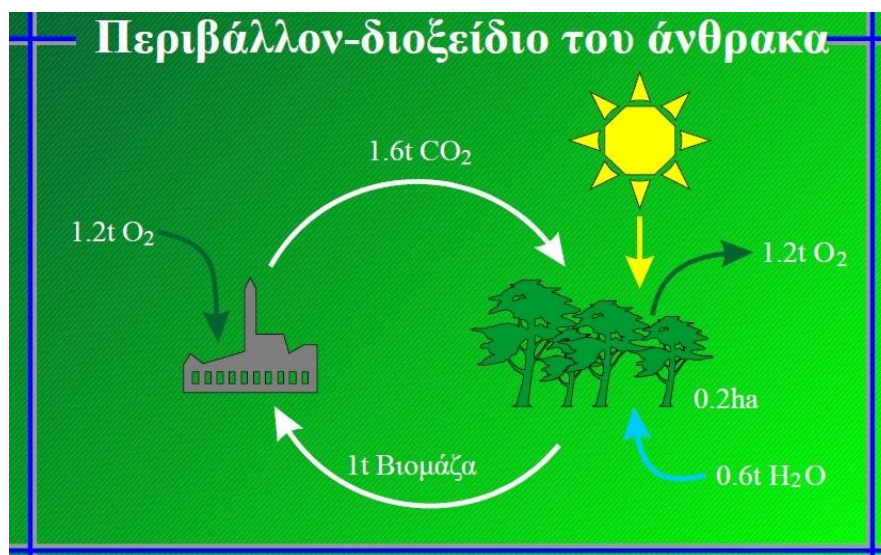
Στον ελληνικό χώρο έχει αποκτηθεί σημαντική εμπειρία στον τομέα των ενεργειακών καλλιεργειών. Από την πραγματοποίηση σχετικών πειραμάτων και πιλοτικών εφαρμογών, προέκυψαν τα εξής σημαντικά στοιχεία:

- Η ποσότητα βιομάζας που μπορεί να παραχθεί ανά ποτιστικό στρέμμα ανέρχεται σε 3-4 τόνους ξηρής ουσίας, ήτοι 1-1,6 ΤΙΠ.
- Η ποσότητα βιομάζας, που μπορεί να παραχθεί ανά ξηρικό στρέμμα μπορεί να φτάσει τους 2- 3 τόνους ξηρής ουσίας, ήτοι 0,7-1,2 ΤΙΠ.

2.2.2. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα από την Ενεργειακή Αξιοποίηση της Βιομάζας

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από τη χρησιμοποίηση της βιομάζας για παραγωγή ενέργειας είναι τα ακόλουθα:

1. Η αποτροπή του φαινομένου του θερμοκηπίου, το οποίο οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στο διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) που παράγεται από την καύση ορυκτών καυσίμων. Η βιομάζα δεν συνεισφέρει στην αύξηση της συγκέντρωσης του ρύπου αυτού στην ατμόσφαιρα γιατί, ενώ κατά την καύση της παράγεται CO₂, κατά την παραγωγή της και μέσω της φωτοσύνθεσης επαναδεσμεύονται σημαντικές ποσότητες αυτού του ρύπου.
2. Η αποφυγή της επιβάρυνσης της ατμόσφαιρας με το διοξείδιο του θείου (SO₂) που παράγεται κατά την καύση των ορυκτών καυσίμων και συντελεί στο φαινόμενο της "όξινης βροχής". Η περιεκτικότητα της βιομάζας σε θείο είναι πρακτικά αμελητέα.
3. Η μείωση της ενεργειακής εξάρτησης, που είναι αποτέλεσμα της εισαγωγής καυσίμων από τρίτες χώρες, με αντίστοιχη εξοικονόμηση συναλλάγματος.
4. Η εξασφάλιση εργασίας και η συγκράτηση των αγροτικών πληθυσμών στις παραμεθόριες και τις άλλες γεωργικές περιοχές, συμβάλλει δηλαδή η βιομάζα στην περιφερειακή ανάπτυξη της χώρας.



Σχήμα 2.2: Ο κύκλος του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα [21]

Τα μειονεκτήματα που συνδέονται με τη χρησιμοποίηση της βιομάζας και αφορούν, ως επί το πλείστον, δυσκολίες στην εκμετάλλευσή της, είναι τα εξής:

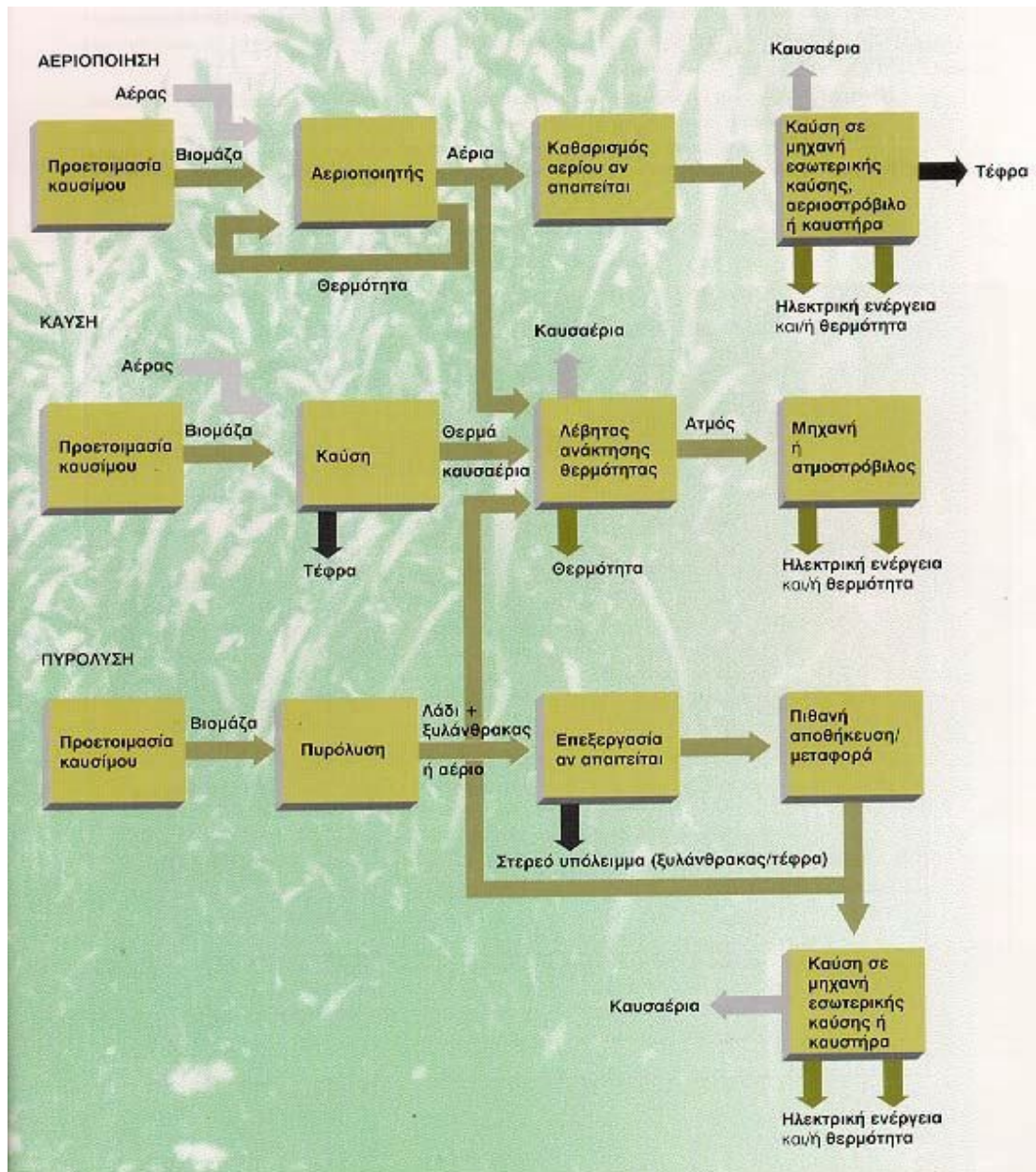
1. Ο μεγάλος όγκος της και η μεγάλη περιεκτικότητά της σε υγρασία, ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας.
2. Η δυσκολία στη συλλογή, μεταποίηση, μεταφορά και αποθήκευσή της, έναντι των ορυκτών καυσίμων.
3. Οι δαπανηρότερες εγκαταστάσεις και εξοπλισμός που απαιτούνται για την αξιοποίηση της βιομάζας, σε σχέση με τις συμβατικές πηγές ενέργειας.
4. Η μεγάλη διασπορά και η εποχιακή παραγωγή της.

Εξ αιτίας των παραπάνω μειονεκτημάτων και για την πλειοψηφία των εφαρμογών της, το κόστος της βιομάζας παραμένει, συγκριτικά προς το πετρέλαιο, υψηλό. Ήδη, όμως, υπάρχουν εφαρμογές στις οποίες η αξιοποίηση της βιομάζας παρουσιάζει οικονομικά οφέλη. Επιπλέον, το πρόβλημα αυτό βαθμιαία εξαλείφεται, αφ' ενός λόγω της ανόδου των τιμών του πετρελαίου, αφ' ετέρου και σημαντικότερο, λόγω της βελτίωσης και ανάπτυξης των τεχνολογιών αξιοποίησης της βιομάζας. Τέλος, πρέπει κάθε φορά να συνυπολογίζεται το περιβαλλοντικό όφελος, το οποίο, αν και συχνά δεν μπορεί να αποτιμηθεί με οικονομικά μεγέθη, εντούτοις είναι ουσιαστικής σημασίας για την ποιότητα της ζωής και το μέλλον της ανθρωπότητας.

2.2.3. Εφαρμογές

Η βιομάζα μπορεί να αξιοποιηθεί για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών (παραγωγή θερμότητας, ψύξης, ηλεκτρισμού κ.λ.π.) είτε με απ' ευθείας καύση, είτε με μετατροπή της σε αέρια, υγρά ή/και στερεά καύσιμα μέσω θερμοχημικών ή βιοχημικών διεργασιών.

Επειδή η αξιοποίηση της βιομάζας αντιμετωπίζει συνήθως τα μειονεκτήματα της μεγάλης διασποράς, του μεγάλου όγκου και των δυσχερειών συλλογής-μεταποίησης- μεταφοράς- αποθήκευσης, επιβάλλεται η αξιοποίησή της να γίνεται όσο το δυνατόν πλησιέστερα στον τόπο παραγωγής της. Έτσι, αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί ευχερέστατα σε μια πληθώρα εφαρμογών.



Σχήμα 2.3: Υπάρχουσες τεχνολογίες αξιοποίησης βιομάζας [21]

2.2.3.1. Κάλυψη των αναγκών θέρμανσης-ψύξης ή/και ηλεκτρισμού σε γεωργικές και άλλες βιομηχανίες

Με τους συμβατικούς τρόπους παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας, μεγάλες ποσότητες θερμότητας απορρίπτονται στο περιβάλλον, είτε μέσω των ψυκτικών κυκλωμάτων, είτε μέσω των καυσαερίων. Με τη συμπαραγωγή, όπως ονομάζεται η συνδυασμένη παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας από την ίδια ενεργειακή πηγή, το μεγαλύτερο μέρος της θερμότητας αυτής ανακτάται και χρησιμοποιείται επωφελώς. Έτσι, αφ' ενός επιτυγχάνεται σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας, καθώς αυξάνεται ο βαθμός ενεργειακής μετατροπής του καυσίμου σε ωφέλιμη ενέργεια, αφ' ετέρου μειώνονται αντίστοιχα και οι εκπομπές ρύπων. Επίσης, ελαττώνονται οι απώλειες κατά τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς τα συστήματα συμπαραγωγής είναι συνήθως αποκεντρωμένα και βρίσκονται πιο κοντά στους καταναλωτές απ' ό,τι οι κεντρικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής.

Πράγματι, οι συμβατικοί σταθμοί παρουσιάζουν βαθμό απόδοσης 15-40%, ενώ στα συστήματα συμπαραγωγής αυτός φθάνει μέχρι και 75-85%. Η συμπαραγωγή από βιομάζα στην Ελλάδα παρουσιάζει σημαντικό ενδιαφέρον σε αστικό-περιφερειακό επίπεδο. Η εξάπλωση της εφαρμογής της πρέπει να εξετασθεί με βασικό στόχο τη δημιουργία πολλών μικρών αποκεντρωμένων σταθμών συμπαραγωγής. Αυτοί θα πρέπει να εγκατασταθούν σε περιοχές της χώρας με σημαντικές ποσότητες διαθέσιμης βιομάζας, οι οποίες να βρίσκονται συγχρόνως κοντά σε καταναλωτές θερμότητας, καθώς η μεταφορά της θερμότητας παρουσιάζει υψηλές απώλειες και αυξημένο κόστος.

Οι καταναλωτές της παραγόμενης θερμότητας των προαναφερθέντων σταθμών συμπαραγωγής μπορεί να είναι χωριά ή πόλεις, τα οποία θα θερμαίνονται μέσω κάποιας εγκατάστασης συστήματος τηλεθέρμανσης, θερμοκήπια, βιομηχανικές μονάδες με αυξημένες απαιτήσεις σε θερμότητα κ.ά. Η παραγόμενη από τα συστήματα συμπαραγωγής ηλεκτρική ενέργεια είναι δυνατό είτε να ιδιοκαταναλώνεται είτε να πωλείται στη ΔΕΗ, σύμφωνα με όσα ορίζονται στο Ν. 2244/94 (“Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα”).

Ένα παράδειγμα βιομηχανίας όπου με την εγκατάσταση μονάδας συμπαραγωγής υποκαταστάθηκαν, πολύ επιτυχώς, συμβατικά καύσιμα από βιομάζα, είναι ένα εκκοκκιστήριο στην περιοχή της Βοιωτίας. Σ’ αυτό εκκοκκίζονται ετησίως 40.000-50.000 τόνοι βαμβακιού και, από την παραγωγική αυτή διαδικασία, προκύπτουν ετησίως 4.000-5.000 τόνοι υπολειμμάτων, τα οποία στο παρελθόν καίγονταν σε πύργους αποτέφρωσης, χωρίς ιδιαίτερο έλεγχο, δημιουργώντας έτσι κινδύνους αναφλέξεως. Η απαραίτητη ξήρανση του βαμβακιού πριν τον εκκοκκισμό παλαιότερα γινόταν με την καύση πετρελαίου και διοχέτευση των καυσαερίων στο προς ξήρανση βαμβάκι, μέχρι που εγκαταστάθηκε σύστημα συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού, το οποίο αξιοποιεί, μέσω καύσης, τα υπολείμματα του εκκοκκισμού.

Η ισχύς του λέβητα βιομάζας είναι 4.000.000 kcal/h και ο παραγόμενος ατμός έχει πίεση 10 bar. Το έργο που παράγεται, κατά την εκτόνωση του ατμού σε ένα στρόβιλο, μετατρέπεται στη γεννήτρια σε ηλεκτρική ενέργεια ισχύος 500 kW. Μετά την εκτόνωσή του, ο ατμός οδηγείται, μέσω σωληνώσεων, αφ’ ενός σε εναλλάκτες θερμότητας, όπου θερμαίνεται ο αέρας σε θερμοκρασία 130°C, ο οποίος, εν συνεχεία, χρησιμοποιείται για την ξήρανση του βαμβακιού σε ειδικούς γι’ αυτό το σκοπό πύργους, αφ’ ετέρου στο σπορελαιουργείο, όπου χρησιμοποιείται στις πρέσες ατμού για την εξαγωγή του βαμβακόλαδου.

Με την εγκατάσταση του παραπάνω συστήματος, καλύπτεται το σύνολο των αναγκών σε θερμότητα του εκκοκκιστηρίου, καθώς και μέρος των αναγκών του σε ηλεκτρική ενέργεια. Η εξοικονόμηση συμβατικών καυσίμων που επιτυγχάνεται ετησίως φθάνει τους 630 τόνους πετρελαίου. Έτσι, η αρχική επένδυση, συνολικού ύψους 300.000.000 δρχ., αποσβέσθηκε σε μόλις 6-7 εκκοκκιστικές περιόδους. Αξίζει, τέλος, να σημειωθεί ότι ανάλογες μονάδες, μόνο για παραγωγή θερμότητας όμως, έχουν ήδη εγκατασταθεί και λειτουργούν σε 17 εκκοκκιστήρια βαμβακιού στη χώρα μας, στα οποία αντικαταστάθηκε πλήρως η χρήση του πετρελαίου και του μαζούτ από αυτή των υπολειμμάτων του εκκοκκισμού.

2.2.3.2. Τηλεθέρμανση κατοικημένων περιοχών

Τηλεθέρμανση ονομάζεται η εξασφάλιση ζεστού νερού τόσο για τη θέρμανση των χώρων, όσο και για την απευθείας χρήση του σε ένα σύνολο κτιρίων, έναν οικισμό, ένα χωριό ή μία πόλη, από έναν κεντρικό σταθμό παραγωγής θερμότητας. Η παραγόμενη θερμότητα μεταφέρεται με δίκτυο αγωγών από το σταθμό προς τα θερμαινόμενα κτίρια. Η τηλεθέρμανση παρουσιάζει μεγάλη ανάπτυξη σε πολλές χώρες, καθώς εμφανίζει σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως είναι η επίτευξη υψηλότερου βαθμού απόδοσης, ο περιορισμός της ρύπανσης του περιβάλλοντος και η δυνατότητα χρησιμοποίησης μη συμβατικών καυσίμων, οπότε προκύπτουν

επιπλέον οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη.

Στην Ελλάδα έχει ήδη εγκατασταθεί η πρώτη μονάδα τηλεθέρμανσης με χρήση βιομάζας. Η μονάδα αυτή, που βρίσκεται στην κοινότητα Νυμφασίας του Νομού Αρκαδίας, έχει ονομαστική ισχύ 1.200.000 kcal/h και καλύπτει τις ανάγκες θέρμανσης 80 κατοικιών και 600 m² κοινοτικών χώρων. Ως καύσιμη ύλη χρησιμοποιούνται τρίμματα ξύλου, τα οποία προέρχονται από τεμαχισμό σε ειδικό μηχάνημα υπολειμμάτων υλοτομίας από γειτονικό δάσος ελάτων. Το έργο αυτό αποτελεί πρότυπο για την ανάπτυξη παρόμοιων εφαρμογών σε κοινότητες και δήμους της χώρας, δεδομένου ότι εξασφαλίζει σημαντική εξοικονόμηση συμβατικών καυσίμων, αξιοποίηση των τοπικών ενεργειακών πόρων και συνεισφέρει στη βελτίωση του περιβάλλοντος.

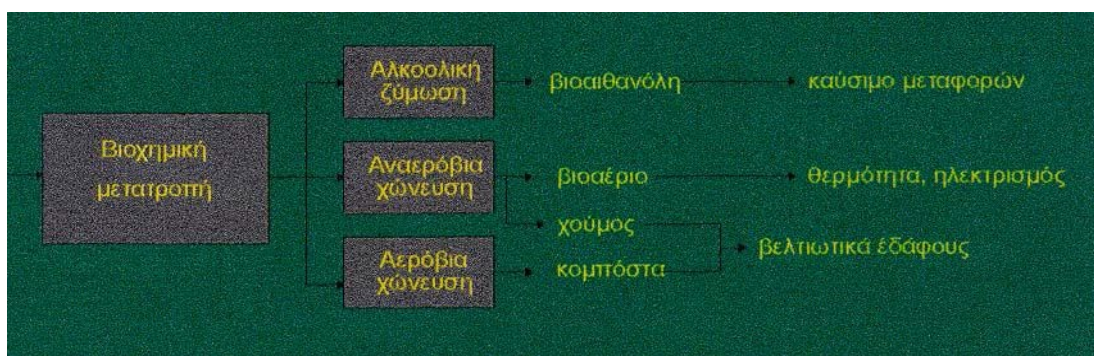
2.2.3.3. Θέρμανση θερμοκηπίων

Η αξιοποίηση της βιομάζας σε μονάδες παραγωγής θερμότητας για τη θέρμανση θερμοκηπίων αποτελεί μία ενδιαφέρουσα και οικονομικά συμφέρουσα προοπτική για τους ιδιοκτήτες τους. Ήδη, στο 10% περίπου της συνολικής έκτασης των θερμαινόμενων θερμοκηπίων της χώρας, αξιοποιούνται διάφορα είδη βιομάζας.

Ένα παράδειγμα αυτού του είδους χρήσης της βιομάζας αποτελεί μία θερμοκηπιακή μονάδα έκτασης 2 στρεμμάτων, στο Νομό Σερρών, στην οποία καλλιεργούνται οπωροκηπευτικά. Σε αυτή τη μονάδα έχει εγκατασταθεί σύστημα παραγωγής θερμότητας, συνολικής θερμικής ισχύος 400.000 kcal/h, το οποίο χρησιμοποιεί ως καύσιμο άχυρο σιτηρών. Η ετήσια εξοικονόμηση συμβατικών καυσίμων που επιτυγχάνεται φθάνει τους 40 τόνους πετρελαίου.

2.2.3.4. Παραγωγή υγρών καυσίμων με βιοχημική μετατροπή βιομάζας

Η παραγωγή υγρών καυσίμων με βιοχημική διεργασία επικεντρώνεται, κυρίως, στην παραγωγή βιοαιθανόλης (οινοπνεύματος) με ζύμωση σακχάρων, αμύλου, κυτταρινών και ημικυτταρινών που προέρχονται από διάφορα είδη βιομάζας (αραβόσιτος, σόργο το σακχαρούχο κ.ά.). Η τεχνολογία ζύμωσης των σακχάρων είναι σήμερα γνωστή και ανεπτυγμένη, ενώ εκείνη της ζύμωσης των κυτταρινών και ημικυτταρινών βρίσκεται υπό εξέλιξη. Η βιοαιθανόλη μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κινητήρες οχημάτων, ως έχει ή σε πρόσμιξη με βενζίνη, ως καύσιμο κίνησης.



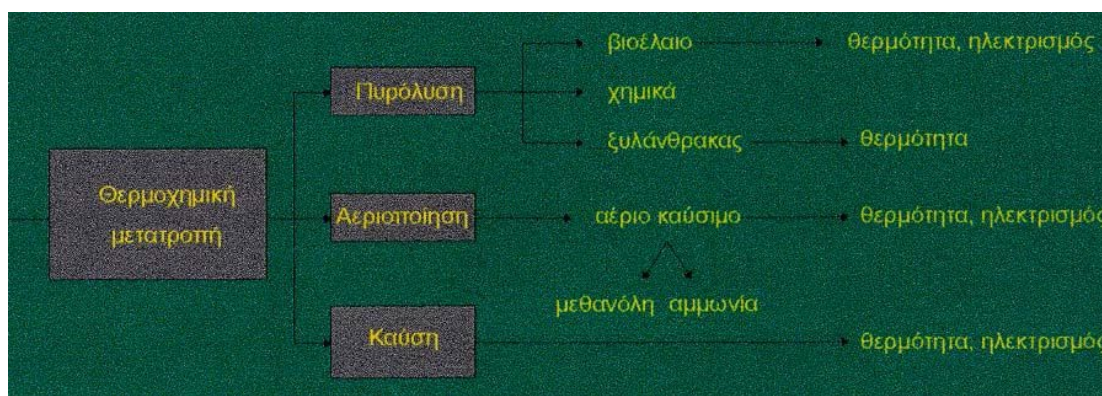
Σχήμα 2.4: Βιοχημική μετατροπή της βιομάζας [21]

Παρά το γεγονός ότι, εκτός ελαχίστων περιπτώσεων (π.χ. αντικατάσταση αεροπορικής βενζίνης), το κόστος της βιοαιθανόλης είναι υψηλότερο εκείνου της βενζίνης, η χρήση της ως καύσιμο κίνησης αυξάνει συνεχώς ανά τον κόσμο, με προεξάρχουσες τη Βραζιλία και τις ΗΠΑ. Αυτό συμβαίνει διότι αφ' ενός η βιοαιθανόλη είναι καθαρότερο καύσιμο από περιβαλλοντικής

πλευράς και αφ' ετέρου δίνει διέξοδο στα γεωργικά προβλήματα. Για τους λόγους αυτούς η παραγωγή και χρήση της βιοαιθανόλης παρουσιάζουν εξαιρετικά ευνοϊκές προοπτικές για το μέλλον.

2.2.3.5. Παραγωγή υγρών καυσίμων με θερμοχημική μετατροπή βιομάζας

Η θερμοχημική μετατροπή της βιομάζας οδηγεί είτε στην απ'ευθείας παραγωγή ενέργειας (καύση), είτε στην παραγωγή καυσίμου, το οποίο στη συνέχεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτόνομα. Η τεχνολογία της αστραπιαίας πυρόλυσης αποτελεί μία από τις πολλά υποσχόμενες λύσεις για την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας. Κατ' αυτήν, τα ογκώδη δασικά και αγροτικά υπολείμματα, αφού ψιλοτεμαχισθούν, μετατρέπονται, με τη βοήθεια ειδικού αντιδραστήρα, σε υγρό καύσιμο υψηλής ενεργειακής πυκνότητας, το βιοέλαιο.



Σχήμα 2.5: Θερμοχημική μετατροπή της βιομάζας [21]

Το βιοέλαιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο του πετρελαίου (έχει λίγο μικρότερη από τη μισή θερμογόνο δύναμη του πετρελαίου) σε εφαρμογές θέρμανσης (λέβητες, φούρνους κ.λπ.) αλλά και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (μηχανές εσωτερικής καύσης κ.ά.). Η αστραπιαία πυρόλυση της βιομάζας αποτελεί την οικονομικότερη διεργασία ηλεκτροπαραγωγής, ιδίως στην περιοχή μικρής κλίμακας ισχύος (<5MWe).

Το ΚΑΠΕ, σε συνεργασία με διεθνώς αναγνωρισμένα Πανεπιστήμια και Εταιρείες Παραγωγής Ηλεκτρικού Ρεύματος, αναπτύσσει από το 1991 μία πρότυπη πιλοτική μονάδα αστραπιαίας πυρόλυσης, δυναμικότητας 10 kg/h. Εκτιμάται ότι, σύντομα, θα καταστεί δυνατή (δηλ. Οικονομικά συμφέρουσα) η μετάβαση από τις πιλοτικές σε επιδεικτικές μονάδες πυρόλυσης βιομάζας μεγαλύτερης δυναμικότητας. Με την **αεριοποίηση** παράγεται αέριο καύσιμο, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε καυστήρες αερίου για την παραγωγή ενέργειας. Οι σχετικές τεχνολογίες όμως βρίσκονται ακόμη σε ερευνητικό στάδιο και θα απαιτηθεί σημαντική περαιτέρω προσπάθεια προκειμένου να μπορέσουν τα πιλοτικά προγράμματα να φτάσουν σε σημείο να είναι οικονομικά συμφέρουσα η εφαρμογή τους σε ευρεία κλίμακα.

2.2.3.6. Ενεργειακές καλλιέργειες

Οι ενεργειακές καλλιέργειες, στις οποίες περιλαμβάνονται τόσο ορισμένα καλλιεργούμενα είδη όσο και άγρια φυτά, έχουν σαν σκοπό την παραγωγή βιομάζας, η οποία μπορεί, στη συνέχεια, να χρησιμοποιηθεί για διάφορους ενεργειακούς σκοπούς, σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στα προηγούμενα σχετικά με τις εφαρμογές της βιομάζας. Οι σημαντικότερες παγκοσμίως χρήσεις της βιομάζας που προέρχεται από τέτοιου είδους καλλιέργειες, σε αναπτυσσόμενες χώρες, παρουσιάζονται στον πίνακα:

Χώρα	Καλλιέργεια	Τελικό προϊόν	Χρήσεις	Τόνοι ή στρέμματα/έτος
Βραζιλία	ζαχαροκάλαμο	αλκοόλη	καύσιμο μεταφοράς	9 εκατομμύρια τόνοι/έτος
ΗΠΑ	καλαμπόκι	αλκοόλη	καύσιμο μεταφοράς	4 εκατομμύρια τόνοι/έτος
Γαλλία	ζαχαρότευτλα, σιτάρι κ.λ.π.	αλκοόλη	καύσιμο μεταφοράς	75.000 τόνοι/έτος
Άλλες χώρες της Ε.Ε.	ελαιοκράμβη & ηλίανθος	βιοντήζελ	καύσιμο μεταφοράς	500.000 τόνοι/έτος
Σουηδία	ιτιά	Ψιλοτεμαχισμένο ξύλο	καύση	1.700.000 στρέμματα/έτος

Πίνακας 2.1: Χρήσεις βιομάζας από ενεργειακές καλλιέργειες σε διάφορες χώρες

Ειδικότερα στην Ελλάδα, εξαιτίας των ευνοϊκών κλιματικών συνθηκών, πολλές καλλιέργειες προσφέρονται για ενεργειακή αξιοποίηση και δίνουν υψηλές στρεμματικές αποδόσεις. Οι πιο σημαντικές από αυτές είναι του καλαμιού, της αγριοαγκινάρας, του σόργου του σακχαρούχου, του μίσχανθου, του ευκάλυπτου και της ψευδοακακίας, για τις οποίες, τα τελευταία χρόνια, γίνεται εντατική μελέτη εφαρμογής στις ελληνικές συνθήκες.

Ενδεικτικά παρουσιάζονται ορισμένα στοιχεία για τα παρακάτω είδη ενεργειακών καλλιεργειών:

Το καλάμι είναι φυτό ιθαγενές της Νότιας Ευρώπης. Δίνει υψηλές αποδόσεις, πάνω από 3 τόνους το στρέμμα. Είναι φυτό πολυετές, δηλαδή σπέρνεται άπαξ και κάθε χρόνο γίνεται συγκομιδή του, και, μετά την πρώτη εγκατάσταση, οι μόνες δαπάνες αφορούν τα έξοδα συγκομιδής του. Έχει, συνεπώς, χαμηλό ετήσιο κόστος καλλιέργειας. Η παραγόμενη από το καλάμι βιομάζα μπορεί να αξιοποιηθεί σε μονάδες εσωτερικής καύσης, για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικού ρεύματος.

Η αγριοαγκινάρα είναι ένα άλλο σημαντικό φυτό, κατάλληλο για ενεργειακή αξιοποίηση, το οποίο προσαρμόζεται θαυμάσια στις ελληνικές συνθήκες. Είναι φυτό πολυετές, με υψηλές αποδόσεις της τάξεως των 2,5-3 τόνων/στρέμμα. Το κυριότερο, όμως, πλεονέκτημά του είναι ότι η ανάπτυξή του λαμβάνει χώρα από τον Οκτώβριο έως τον Ιούνιο και, συνεπώς, αναπτύσσεται με το νερό των βροχοπτώσεων (δηλαδή δεν απαιτεί άρδευση). Η παραγόμενη από την αγριοαγκινάρα βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εφαρμογές παρόμοιες με αυτές του καλαμιού.

Επίσης, στη Βόρεια Ευρώπη, όπου είναι πολύ διαδεδομένες οι ενεργειακές καλλιέργειες, καλλιεργούνται σήμερα διάφορα πολυετή φυτά για ενεργειακούς σκοπούς. Στη Σουηδία π.χ. καλλιεργούνται 200.000 στρέμματα με ιτιά, της οποίας η κοπή γίνεται κάθε τέσσερα χρόνια. Η παραγόμενη ποσότητα βιομάζας, αφού προηγουμένως ψιλοτεμαχισθεί, οδηγείται σε μονάδες συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού.

2.2.3.7. Βιοαέριο

Σημαντικές ενεργειακές ανάγκες μπορούν επίσης να καλυφθούν με τη χρήση του βιοαερίου ως καυσίμου σε μηχανές εσωτερικής καύσης, για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού. Αυτό αποτελείται κυρίως από μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα και παράγεται από την αναερόβια χώνευση κτηνοτροφικών κυρίως αποβλήτων, όπως είναι τα λύμματα των χοιροστασιών, πτηνοτροφίων, βουστασιών, καθώς και βιομηχανικών και αστικών οργανικών απορριμμάτων. Στην περίπτωση των κτηνοτροφικών αποβλήτων, η παραγωγή του βιοαερίου

γίνεται σε ειδικές εγκαταστάσεις, απλούστερες ή συνθετότερες, ανάλογα με το είδος της εφαρμογής. Σ' αυτές, εκτός από το βιοαέριο, παράγεται και πολύ καλής ποιότητας οργανικό λίπασμα, του οποίου η διάθεση στην αγορά μπορεί να συμβάλλει στην οικονομική βιωσιμότητα μίας εφαρμογής αυτού του είδους.

2.2.3.8. Παραγωγή βιοαερίου από Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (Χ.Υ.Τ.Α)

Στην περίπτωση των αστικών απορριμμάτων, το βιοαέριο παράγεται στους Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ). Η μάζα του μπορεί να αρχίσει μετά από το δεύτερο ή τρίτο χρόνο της απόθεσης των απορριμμάτων αυτών και εξαρτάται από την ποσότητά τους. Από την άλλη πλευρά, η ποσότητα του βιοαερίου που μαστεύεται εξαρτάται κυρίως από την περιεκτικότητα των αποτιθεμένων απορριμμάτων σε οργανικά υλικά, καθώς και από την ποιότητα του υλικού επικάλυψης των στρώσεων. Αυτό θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο στεγανό, ώστε να επιτυγχάνεται η αναερόβια χώνευση, εμποδίζοντας, ταυτόχρονα, την απαέρωση του παραγόμενου βιοαερίου. Θεωρητικά από ένα τόνο Αστικών Στερεών Αποβλήτων (ΑΣΑ) παράγονται (ανάλογα με τη σύνθεση τους) από 120 μέχρι 400 m³ βιοαερίου με θερμογόνο δύναμη από 3800 μέχρι 4700 Kcal/m³. Ένας άλλος πρακτικός κανόνας υποδεικνύει ότι ένας ΧΥΤΑ με 10⁶ τόνους ΑΣΑ, που τοποθετήθηκαν σε διάστημα 10 ετών, θα παράγει περίπου 700 m³/h βιοαέριο στο διάστημα μέγιστης παραγωγής, ενώ στα 10 χρόνια, η μέγιστη αυτή παραγωγή μειώνεται στο μισό [4].

Πριν από μερικά χρόνια ολοκληρώθηκε για λογαριασμό της ΒΕΑΛ (Βιοαέριο -Ενέργεια Άνω Λιοσίων) ο σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας από βιοαέριο, το οποίο αντλείται από τον όγκο των απορριμμάτων που εναποτίθενται στον Χωματερή Άνω Λιοσίων. Ο σταθμός των Άνω Λιοσίων είναι από τους μεγαλύτερους με καύσιμο βιοαέριο παγκοσμίως. Η μονάδα έχει δυνατότητα να παρέχει 8.000 κυβικά μέτρα βιοαερίου την ώρα, ενώ παράγει και ηλεκτρισμό (ισχύς 13 MW) και θερμότητα (16 MW). Η ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας από την ίδια ποσότητα καυσίμου με σημαντικά μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης από την ανεξάρτητη παραγωγή της καθεμιάς από τις προαναφερόμενες μορφές ενέργειας. Το βιοαέριο που παράγεται από την αναερόβια χώνευση της βιομάζας που συγκεντρώνεται στη χωματερή, αποτελείται κυρίως από μεθάνιο (γενικά 40 – 70%) και διοξείδιο του άνθρακα, ενώ -συνήθως μέχρι 5%- συμμετέχουν στη σύστασή του και άλλα αέρια όπως υδρογόνο, άζωτο, μονοξείδιο του άνθρακα, υδρόθειο, υδρατμοί κ.λπ. Όσο υψηλότερη είναι η περιεκτικότητα του βιοαερίου σε μεθάνιο, τόσο μεγαλύτερη απόδοση έχει ως καύσιμο για παραγωγή ενέργειας.

2.2.3.9. Παραγωγή οργανοχουμικών λιπασμάτων από πτηνοτροφικά απόβλητα.

Στην περιοχή των Μεγάρων, εγκαταστάθηκε μονάδα παραγωγής οργανικών λιπασμάτων από την επεξεργασία των αποβλήτων των πολυάριθμων πτηνοτροφείων της περιοχής. Μια τέτοια μονάδα έχει σημαντικές ευνοϊκές επιπτώσεις στο περιβάλλον, δεδομένου ότι η περιοχή απαλλάσσεται από σημαντικές ποσότητες πτηνοτροφικών αποβλήτων, που προκαλούν προβλήματα στους κατοίκους λόγω της τοξικότητάς τους και του κινδύνου διάδοσης μολυσματικών ασθενειών.

Συμβάλλει, όμως, και στην εξοικονόμηση σημαντικών ποσοτήτων συμβατικών καυσίμων, τα οποία θα απαιτούνταν για την κατ' άλλο τρόπο παραγωγή ανόργανων λιπασμάτων ίσης λιπαντικής αξίας. Η μονάδα έχει δυναμικότητα επεξεργασίας 30.000 τόνων πτηνοτροφικών αποβλήτων ετησίως και η ηλεκτρική ενέργεια που εξοικονομείται, στο ίδιο διάστημα, φθάνει περίπου τις 500 MWh.

2.2.4 Προοπτικές βιομάζας

Σύμφωνα με τα διάφορα σενάρια, τα αποθέματα των συμβατικών πηγών ενέργειας (πετρελαίου, άνθρακα κ.α.) πλησιάζουν στην εξάντλησή τους, ενώ και οι διαθέσιμες ποσότητες των πυρηνικών καυσίμων είναι οπωσδήποτε περιορισμένες, πέραν του ότι η χρήση τους εγκυμονεί τεράστιους κινδύνους. Στο ενδιάμεσο διάστημα, μέχρι δηλαδή να εξαντληθούν τα γνωστά αποθέματα καυσίμων υλών, προβλέπεται ο διπλασιασμός των κατοίκων του πλανήτη και ο πολλαπλασιασμός των ενεργειακών τους αναγκών.

Τα κοιτάσματα ορυκτών καυσίμων, στερεών, υγρών και αέριων, που προήλθαν από το φυτικό κόσμο, ο οποίος χρειάστηκε πολλές χιλιετίες για να δημιουργηθεί με τη φωτοσύνθεση, εξορύσσονται με ξέφρενους ρυθμούς και καίγονται. Το αποτέλεσμα είναι, μέσα σε διάστημα δύο μόνο αιώνων, να κοντεύει να εξαντληθεί το προϊόν του μακροχρόνιου έργου της φύσης, καθώς επίσης να έχει ήδη επιβαρυνθεί σοβαρά το περιβάλλον. Το τελευταίο αυτό γεγονός εγκυμονεί τεράστιους οικολογικούς κινδύνους για τον πλανήτη (φαινόμενο θερμοκηπίου, όξινη βροχή κ.λ.π.).

Επιδίωξη της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε.) ήταν η σταθεροποίηση των εκπομπών CO₂ των χωρών μελών της το έτος 2000 στα επίπεδα του 1990, με περαιτέρω στόχο τη μείωσή τους τη δεκαετία του 2010. Υπάρχουν δε σχέδια για την επιβολή φορολογίας CO₂, η οποία θα είναι ανάλογη των εκπομπών ρύπων που προκαλεί η κατανάλωση ενέργειας από το βιομηχανικό τομέα. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, οι οποίες δεν εμφανίζουν τον κίνδυνο εξάντλησής τους και είναι φιλικές προς το περιβάλλον, προβάλουν σήμερα ως η μόνη ελπίδα, η οποία διαγράφεται στο ζοφερό ενεργειακό και περιβαλλοντικό ορίζοντα του πλανήτη.

Αξίζει επίσης να αναφερθεί ότι, η συμφωνία της GATT και η από αυτήν απορρέουσα νέα Κοινή Αγροτική Πολιτική (Κ.Α.Π.) της Ε.Ε. θα δημιουργήσουν σοβαρότατα προβλήματα διάθεσης των αγροτικών προϊόντων που προορίζονται για διατροφή και παραγωγή βιομηχανικών πρώτων υλών. Σύμφωνα με τις προβλέψεις, 150 εκατομμύρια στρέμματα γόνιμων και άλλα τόσα στρέμματα περιθωριακών εκτάσεων είναι πιθανό να περιέλθουν σε αγρανάπαιση, εκτός εάν οι εκτάσεις αυτές χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ενέργειας. Για το λόγο αυτό, η Ε.Ε. δαπανά τεράστια ποσά στην έρευνα για την αξιοποίηση της βιομάζας και την ανάπτυξη των βιοκαυσίμων στις περιθωριοποιούμενες εκτάσεις.

Ανακεφαλαιώνοντας, η αξιοποίηση της βιομάζας για την παραγωγή ενέργειας συμβάλλει:

- Στην εξοικονόμηση συμβατικών καυσίμων, με αντίστοιχη εξοικονόμηση συναλλάγματος
- Στη μείωση της εξάρτησης της χώρας από ξένες ενεργειακές πηγές.
- Στην εξασφάλιση εργασίας και τη συγκράτηση των πληθυσμών στην περιφέρεια.
- Στην προστασία και βελτίωση του περιβάλλοντος, καθώς η βιομάζα ως καύσιμο πλεονεκτεί και από περιβαλλοντικής απόψεως έναντι των συμβατικών καυσίμων.

Η ανάπτυξη και εξάπλωση της χρήσης της βιομάζας χρειάζεται τη συμβολή όλων. Τα οφέλη που μπορούν να αποκομισθούν είναι σημαντικά, τόσο από ενεργειακής-οικονομικής πλευράς όσο και από την πλευρά της προστασίας του περιβάλλοντος, αρκεί να καταβληθεί η προσπάθεια που απαιτείται ώστε να γίνει συστηματική εκμετάλλευση και στη χώρα μας του πλούσιου δυναμικού που αυτή διαθέτει.

2.3. ΚΑΥΣΗ

Η απευθείας καύση είναι ο πιο συνηθισμένος τρόπος μετατροπής βιομάζας σε ενέργεια, θερμότητα και ηλεκτρική ενέργεια, και παγκοσμίως παρέχει το 90% της ενέργειας που παράγεται από βιομάζα. Συγκρινόμενη με τις υπόλοιπες θερμοχημικές διεργασίες (αεριοποίηση, πυρόλυση), είναι πιο απλή και περισσότερο αναπτυγμένη.

Υπάρχει ποικιλία του χρησιμοποιούμενου εξοπλισμού, είναι διαδεδομένη στην Ελλάδα όπου παράγεται αντίστοιχος εξοπλισμός, απαιτεί απλούστερη λειτουργία και συντήρηση και είναι συμβατή με τη φυσιολογία της περιοχής.

Η τεχνολογία της καύσης έχει αναπτυχθεί σημαντικά με εμφάνιση νέων συστημάτων αυτόματης τροφοδοσίας βιομάζας. Η καύση πραγματοποιείται σε εστίες με σταθερές ή κινούμενες εσχάρες είτε σε λέβητες ρευστοποιημένης κλίνης. Τα τελευταία χρόνια εξετάζεται η ταυτόχρονη καύση μικρών ποσοτήτων βιομάζας και άνθρακα. Παρόλο που οι εστίες με σταθερές ή κινούμενες εσχάρες είναι το πρότυπο για παλαιού τύπου σταθμούς παραγωγής ενέργειας με βιομάζα, οι λέβητες ρευστοποιημένης κλίνης προτιμώνται για καύση βιομάζας εξαιτίας των χαμηλών εκπομπών ΝΟx. Οι λέβητες ρευστοποιημένης κλίνης είναι εμπορικά διαθέσιμοι τα τελευταία 20 χρόνια σε αποδόσεις που κυμαίνονται από 15 to 715 MW_{th}. Περίπου 110 λέβητες ρευστοποιημένης κλίνης λειτουργούν ή πρόκειται να τεθούν σε λειτουργία στις Η.Π.Α., όλοι με εγγυήσεις απόδοσης από τον πωλητή [11].

Υπάρχουν πολλοί τρόποι παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιώντας τη θερμότητα που παράγεται κατά την καύση, συμπεριλαμβανομένων του ατμοστροβίλου, των μηχανών Stirling, έμμεσης καύσης αεριοστροβίλου και άμεσης καύσης αεριοστροβίλου. Αυτές οι τεχνολογίες εκτιμήθηκαν σε πρόσφατη IEA (International Energy Agency) αξιολόγηση καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι η παραγωγή ενέργειας με ατμοστρόβιλο είναι η πιο καθιερωμένη τεχνολογία. Οι υπόλοιπες τεχνολογίες είχαν πλεονεκτήματα αποδοτικότητας αλλά δεν ήταν εμπορικά διαθέσιμες και χρησιμοποιούνταν σε χαμηλής κλίμακας εφαρμογές. Ο βασικός κύκλος Rankine περιορίζεται από θερμοδυναμικούς περιορισμούς και περιορισμούς στα υλικά σε βαθμούς απόδοσης της τάξης του 35%. Τέτοιοι κύκλοι βελτιστοποιούνται με υψηλή πίεση, υψηλά υπέρθερμο ατμό σε συνδυασμό με ατμοποίηση, αναθέρμανση και αναγέννηση. Η επιπλέον πολυπλοκότητα και οι ανάγκες υλικών που έχουν επιβληθεί από τον ατμό υψηλής πίεσης αυξάνουν τα κόστη κεφαλαίου σημαντικά σε μικρή κλίμακα, με μικρή αύξηση στην αποδοτικότητα του συστήματος. Ως αποτέλεσμα οι περισσότεροι κύκλοι ατμού σε μικρή κλίμακα είναι σχετικά απλοί και χαμηλότερου βαθμού απόδοσης. Για τον σχεδιασμό της εστίας καύσης ή του λέβητα όπου θα γίνεται καλύτερη αξιοποίηση της ενέργειας, αναλύεται η ακολουθία των διεργασιών, που συντελούνται κατά την καύση των στερεών καυσίμων. Στο πρώτο βήμα αυτής της αλληλουχίας καταναλώνεται ενέργεια: πρόκειται για την εξάτμιση του περιεχομένου νερού στο καύσιμο, δηλαδή την ξήρανση. Χρησιμοποιώντας όμως ξύλο, το οποίο έχει ξηραθεί σε ικανοποιητικό βαθμό, στο βήμα αυτό καταναλώνεται ένα μικρό ποσοστό της συνολικής ενέργειας.

Η διεργασία της καύσης πραγματοποιείται σε στάδια. Αμέσως μετά την είσοδο του καυσίμου στο θάλαμο καύσης θερμαίνεται γρήγορα λόγω ακτινοβολίας των τοιχωμάτων και λόγω συναγωγής από τα θερμά αέρια που υπάρχουν στο θάλαμο. Η υγρασία του καυσίμου απομακρύνεται, όπως απομακρύνονται και τα πτητικά συστατικά του. Τότε τα πτητικά αναφλέγονται και παραμένει ο καθαρός άνθρακας που καίγεται. Η διάρκεια του κάθε βήματος, όπως επίσης και ο συνολικά απαιτούμενος χρόνος εξαρτάται από τη φύση του καυσίμου και το μέγεθος των σωματιδίων του.

Είναι χαρακτηριστικό των βιοκαυσίμων ότι τα τρία τέταρτα ή και περισσότερο της ενέργειας τους περιέχεται στην πτητική ύλη (εν αντιθέσει, το ποσοστό στον άνθρακα είναι λιγότερο από το μισό). Επομένως είναι υψίστης σημασίας ο σχεδιασμός οποιουδήποτε καυστήρα ή λέβητα να

εξασφαλίζει την καύση των πτητικών ουσιών ώστε να μη διαφεύγουν από την καμινάδα άκαυστα. Για την πλήρη καύση, ο αέρας πρέπει να έρχεται σε επαφή με όλη τη μάζα του καυσίμου, γεγονός που επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας καύσιμο τεμαχισμένο σε μικρά κομμάτια. Σε αυτήν την περίπτωση η τέφρα περιέχει λεπτόκοκκα σωματίδια, τα οποία παρασύρονται από τα καυσαέρια. Η ροή του αέρα πρέπει να είναι ελεγχόμενη. Μικρή ποσότητα οξυγόνου οδηγεί σε ατελή καύση και παραγωγή μονοξειδίου του άνθρακα ενώ μεγάλη περίσσεια αέρα είναι ενεργοβόρα, δεδομένου ότι μεταφέρει τη θερμότητα στο ρεύμα καυσαερίων.

Το μέγεθος των τεμαχιδίων επηρεάζει άμεσα το χρόνο παραμονής τους στο θάλαμο καύσης. Για ορισμένα καύσιμα όπως ο άνθρακας, υπάρχει η δυνατότητα εκτίμησης του εύρους που κυμαίνονται τα σωματίδια, αλλά για τα αστικά απορρίμματα και τα μη κατεργάσιμα προϊόντα δασικής βιομάζας είναι πολύ δύσκολη η εκτίμηση. Στην περίπτωση αυτή για να επιτευχθεί πλήρης καύση του οργανικού υλικού, απαιτούνται μεγαλύτεροι χρόνοι παραμονής. Η ποσότητα του αέρα που καταναλώνεται κατά τη διεργασία ποικίλλει ανάλογα με το ρυθμό τροφοδοσίας του καυσίμου αλλά και τη σύστασή του. Ο άνθρακας απαιτεί περίσσεια αέρα που δεν ξεπερνά το 25%, ενώ για την καύση αστικών απορριμμάτων η περίσσεια μπορεί να φτάσει το 200%. Η υπερβολικά μεγάλη ποσότητα αέρα στο θάλαμο καύσης έχει ως αποτέλεσμα τον περιορισμό του βαθμού απόδοσης της διεργασίας, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να παρατηρηθούν και φαινόμενα αναστολής της καύσης, λόγω χαμηλότερης θερμοκρασίας από την απαιτούμενη στο θάλαμο καύσης.

2.4. ΠΥΡΟΛΥΣΗ

Η ταχεία πυρόλυση της βιομάζας (biomass fast pyrolysis) είναι μια διεργασία κατά την οποία η πρώτη ύλη θερμαίνεται ταχύτερα σε θερμοκρασίες 450-500 °C, σε συνθήκες έλλειψης αέρα (οπότε και οξυγόνου) [22]. Σε αυτές τις συνθήκες παράγονται, ατμοί οργανικών ενώσεων, μη συμπυκνώσιμα αέρια και ρευστή πίσσα. Οι ατμοί των οργανικών ενώσεων στη συνέχεια συμπυκνώνονται, παράγοντας το έλαιο πυρόλυσης (pyrolysis oil) ή βιοέλαιο (bio-oil). Στις συνήθεις περιπτώσεις, περίπου 50-75% κατά βάρος της τροφοδοτούμενης βιομάζας μετατρέπεται σε έλαιο πυρόλυσης.

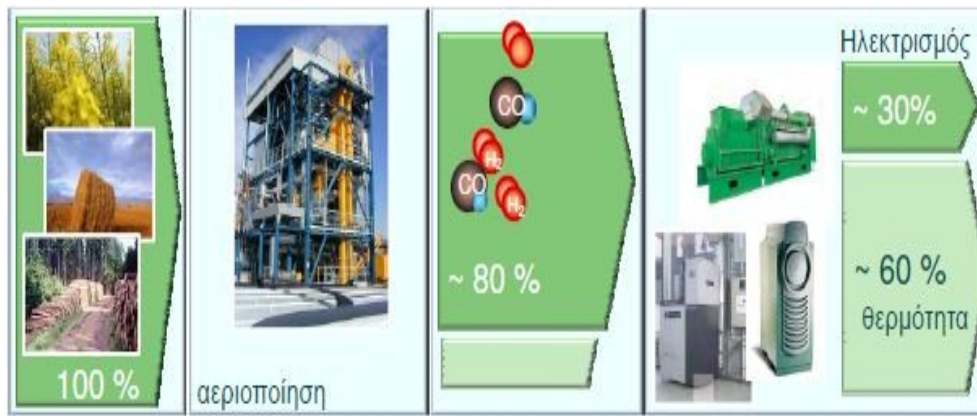
Το τεράστιο πλεονέκτημα της διεργασίας είναι ότι μετατρέπει οποιαδήποτε προβληματική στη διαχείριση βιομάζα, διαφορετικής προέλευσης, σε ένα καθαρό και ομοιογενές υγρό καύσιμο. Το έλαιο πυρόλυσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας, καυσίμων ή χημικών προϊόντων. Η ενεργειακή πυκνότητα του ελαίου (δηλαδή η ενέργεια που αποδίδει ανά μονάδα όγκου του) είναι έως 5 φορές μεγαλύτερη από εκείνη της αρχικής βιομάζας, γεγονός που προσφέρει ουσιαστικά διαχειριστικά πλεονεκτήματα. Επιπρόσθετο πλεονέκτημα είναι η δυνατότητα χρήσης του ελαίου σε υψηλότερης απόδοσης στροβίλους παραγωγής ενέργειας. Τέλος, η δυνατότητα μεταφοράς του καυσίμου από το σημείο παραγωγής του σε διαφορετικό σημείο παραγωγής ενέργειας παρέχει μεγαλύτερη ευελιξία στο σύστημα διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας, μειώνοντας αποφασιστικά τις απώλειες του δικτύου.

Μεγάλη ποικιλία διαφορετικών ειδών βιομάζας μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη διεργασία. Για την επιτυχημένη μετατροπή της βιομάζας είναι απαραίτητη η προεπεξεργασία της: τεμαχισμός της σε ομοιόμορφα μικρά κομμάτια (μικρότερα από 10 mm) και ξήρανση της ώστε η υγρασία της να είναι μικρότερη από 10%. Με ορθό ενεργειακό σχεδιασμό της μονάδας πυρόλυσης, η απαιτούμενη θερμότητα για την ξήρανση της βιομάζας μπορεί να προέλθει από την ίδια την μονάδα, μειώνοντας έτσι τα λειτουργικά της κόστη και ενισχύοντας το περιβαλλοντικό της αποτύπωμα.

Τα πλεονεκτήματα που συνοδεύουν την τεχνολογία ταχείας πυρόλυσης της βιομάζας έχουν οδηγήσει σε ραγδαία αύξηση των ερευνητικών προσπαθειών στο αντικείμενο. Ως επιστέγασμα των προσπαθειών αυτών, έρχεται η εμφάνιση των πρώτων μονάδων πυρόλυσης της βιομάζας σε εμπορική, πλέον, κλίμακα. Στην Αλμπέρτα του Καναδά, για παράδειγμα, βρίσκεται στη φάση του σχεδιασμού και της αδειοδότησης η μεγαλύτερη μονάδα παραγωγής ενέργειας από πυρόλυση βιομάζας. Η συγκεκριμένη μονάδα θα επεξεργάζεται 400 τόνους βιομάζας ημερησίως (κυρίως πριονίδι και chips ξύλου) ενώ αναμένεται ότι θα παράγει αρκετή ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας ώστε να καλυφθούν πλήρως οι ετήσιες ανάγκες 3.800 κατοικιών.

2.5. ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ

Η αεριοποίηση της βιομάζας είναι μια ενδόθερμη θερμική διεργασία κατά την οποία η στερεή βιομάζα μετατρέπεται σε καύσιμο αέριο [22]. Το παραγόμενο αυτό αέριο αποτελεί μίγμα πολλών καυσίμων (και μη) αερίων: μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα (CO , CO_2), υδρογόνο (H_2), μεθάνιο (CH_4), υδρατμοί (H_2O), ίχνη υδρογονανθράκων (π.χ. C_2H_6 , C_2H_4) και άζωτο (N_2 , σε περίπτωση που για την διεργασία χρησιμοποιείται αέρας και όχι καθαρό οξυγόνο). Πέραν των παραπάνω ενώσεων στο αέριο προϊόν εμφανίζονται και διάφοροι επιμολυντές κυριότεροι εκ των οποίων είναι σωματίδια πίσσας, τέφρα, αμμωνία, οξέα και σύνθετοι υδρογονάνθρακες.



Σχήμα 2.6: Παραγωγή αερίου με αεριοποίηση [28]

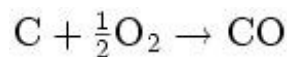
Το καύσιμο προϊόν της διεργασίας αεριοποίησης ονομάζεται αέριο σύνθεσης (syngas). Σε περίπτωση που η διεργασία γίνει με τη χρήση αέρα (η πιο οικονομική και συνήθης επιλογή), το αέριο σύνθεσης έχει καθαρή θερμογόνο δύναμη περίπου $4,6 \text{ MJ/ m}^3$ (περίπου το 1/7 εκείνης του φυσικού αερίου). Όταν χρησιμοποιείται καθαρό οξυγόνο αντί για αέρας, η θερμογόνος δύναμη του αερίου μπορεί ακόμα και να τριπλασιασθεί. Και στις δυο περιπτώσεις, πάντως, η θερμογόνος δύναμη κάνει το αέριο σύνθεσης κατάλληλο για την παραγωγή θερμότητας ή ηλεκτρισμού, με κατάλληλη χρήση του σε καυστήρες και αεριοστρόβιλους.

Από χημικής πλευράς, η διεργασία της αεριοποίησης της βιομάζας είναι αρκετά σύνθετη και περιλαμβάνει, κατά σειρά, τα ακόλουθα επιμέρους στάδια: αποσύνθεση της οργανικής βιομάζας σε μη συμπυκνώσιμο αέριο, υδρατμούς και πίσσα, θερμική διάσπαση των ατμών σε αέριο σύνθεσης και πίσσα, αεριοποίηση της πίσσας και μερική οξείδωση του αερίου σύνθεσης, των ατμών και της πίσσας. Η απαιτούμενη θερμότητα για την αεριοποίηση της βιομάζας παρέχεται από την καύση μέρους της αρχικής ποσότητας της βιομάζας.

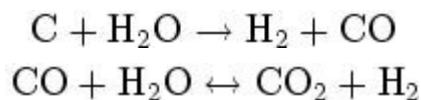
Η βασική διαδικασία που ακολουθείται κατά την αεριοποίηση είναι η τοποθέτηση του στερεού καυσίμου σε υψηλή θερμοκρασία της τάξης των $1000 \text{ }^\circ\text{C}$ παρουσία οξυγόνου και ατμού. Η πίεση μπορεί να κυμαίνεται από τιμές λίγο μεγαλύτερες από την ατμοσφαιρική πίεση μέχρι τριάντα φορές πάνω από την ατμοσφαιρική. Αρχικά απελευθερώνονται τα πτητικά υλικά. Η αλληλεπίδραση του καυσίμου με το οξυγόνο και τον ατμό έχει σαν συνέπεια την παραγωγή ενός μείγματος αερίου αποτελούμενου κατά κύριο λόγο από μονοξείδιο του άνθρακα και υδρογόνο, κάποια ποσότητα μεθανίου, άλλων υδρογονανθράκων αλλά και πίσσας. Παράλληλα παράγεται διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Περαιτέρω συνέχιση της διαδικασίας θα έχει σαν συνέπεια την παραγωγή καθαρότερου αερίου προϊόντος. Αν αντί για οξυγόνο χρησιμοποιηθεί αέρας, θα υπάρχει επίσης άζωτο στο παραγόμενο αέριο με αποτέλεσμα το

αέριο καύσιμο που θα παραχθεί να έχει ενεργειακό περιεχόμενο της τάξης του 3-5 MJ/m³ [12]. Η χρήση καθαρού οξυγόνου έχει σαν αποτέλεσμα την παραγωγή καλύτερου καυσίμου, έχει όμως αυξημένο κόστος, επομένως συμφέρει να χρησιμοποιηθεί μόνο αν γίνεται παραγωγή σε μεγάλη κλίμακα.

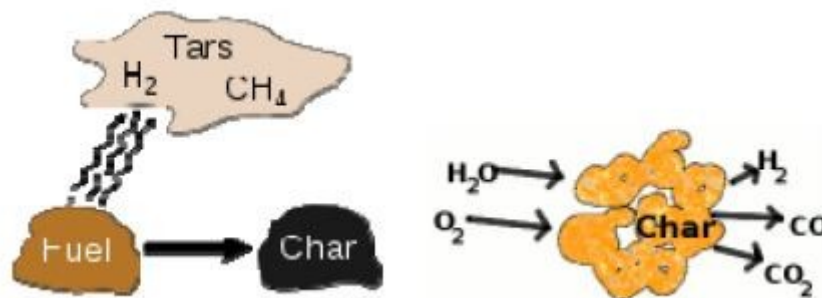
Πιο αναλυτικά, κατά την αεριοποίηση λαμβάνουν χώρα διαδοχικές χημικές διεργασίες. Αρχικά, καθώς ζεσταίνεται το στερεό καύσιμο απελευθερώνονται τα πτητικά υλικά και στη συνέχεια πυρόλυση και το καύσιμο χάνει το 70% του βάρους του. Στη συνέχεια πραγματοποιείται καύση με λ μικρότερο από το στοιχειομετρικό. Τα πτητικά προϊόντα και μέρος του στερεού καυσίμου αντιδρούν με το οξυγόνο παράγοντας διοξείδιο και μονοξείδιο του άνθρακα παρέχοντας την απαραίτητη θερμότητα για τη συνέχιση των αντιδράσεων της αεριοποίησης. Η αντίδραση που λαμβάνει χώρα στο στάδιο αυτό, αν αναπαράσθουμε το καύσιμο με έναν άνθρακα είναι η ακόλουθη:



Στη συνέχεια, πραγματοποιείται η αεριοποίηση του στερεού καυσίμου όπου έχουμε τις παρακάτω αντιδράσεις:



Αυτό που συμβαίνει κατά τη διάρκεια της παραπάνω διαδικασίας στη ουσία είναι ότι επιτρέπουμε σε μικρή ποσότητα οξυγόνου να αντιδράσει με το καύσιμο, πραγματοποιώντας ατελή καύση, με αποτέλεσμα την παραγωγή μονοξειδίου του άνθρακα και ενέργειας που έχει σαν συνέπεια την πρόκληση περεταίρω αντιδράσεων που καταλήγουν στην παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα και υδρογόνου. Στο τέλος της διαδικασίας το αέριο που παράγεται έχει βρεθεί σε μια ισορροπία με συγκεκριμένες συγκεντρώσεις από όλα τα παραπάνω συστατικά.

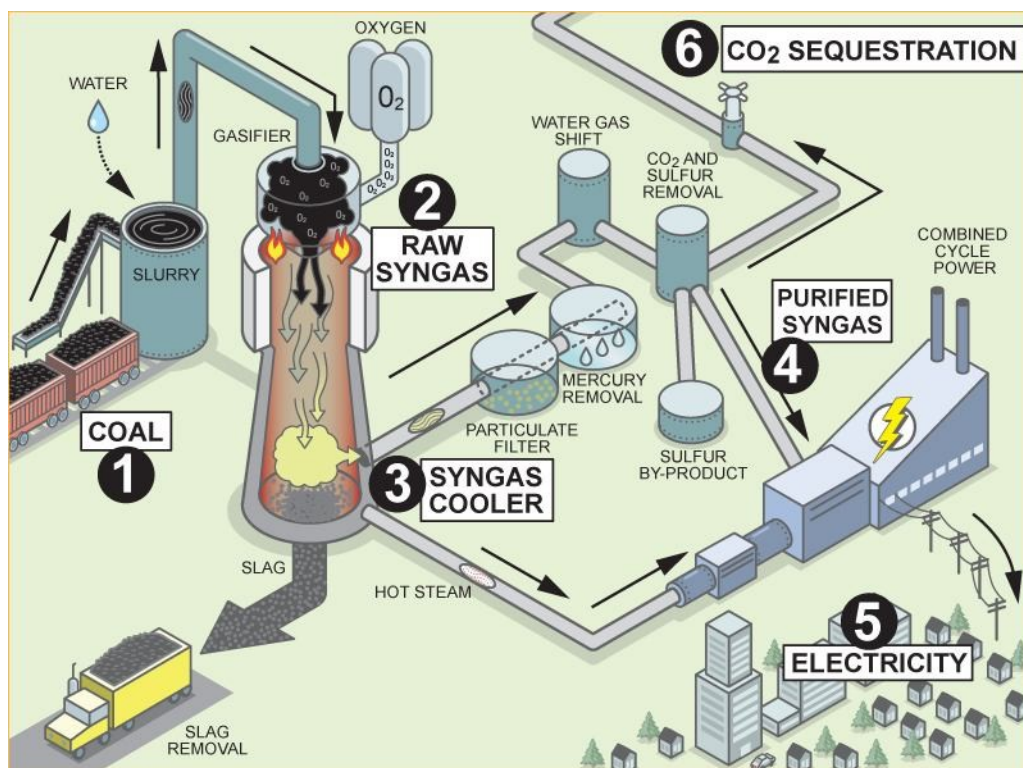


Σχήμα 2.7: Απομάκρυνση πτητικών υλικών και πυρόλυση και στη συνέχεια αεριοποίηση του στερεού καυσίμου [26]

Καθοριστικό ρόλο στη διεργασία αεριοποίησης έχει και το είδος της φυτικής βιομάζας. Οι ιδιότητες της μπορεί να διαφέρουν σημαντικά αναλόγως την προέλευση της βιομάζας, με άμεση συνέπεια στην τεχνολογία της διεργασίας και την βιωσιμότητα της μονάδας. Οι παράμετροι της βιομάζας που εξετάζονται περισσότερο είναι η υγρασία του υλικού, η περιεκτικότητα της σε τέφρα, η στοιχειακή της ανάλυση, η θερμογόνο δύναμή της, η πυκνότητα και η κοκκομετρία της.

Πρέπει να τονισθεί ότι το αέριο σύνθεσης δεν χρησιμοποιείται απευθείας, καθώς εξέρχεται από τον αντιδραστήρα, στις μηχανές παραγωγής ενέργειας. Είναι απαιτούμενη η

προεπεξεργασία του ώστε να μειωθούν οι ποσότητες των ακαθαρσιών που περιέχονται σε αυτό (πίσσα, αμμωνία, θείο, κ.λπ.) καθώς και η ψύξη του. Παράλληλα, εκτός του αερίου σύνθεσης, η διεργασία παράγει και κάποιες ποσότητες πίσσας (η ποσότητας της οποίας εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως π.χ. το είδος της βιομάζας). Εξαιτίας της υψηλής θερμογόνου δύναμης της, ως βέλτιστος τρόπος διαχείρισής της πίσσας θεωρείται η ενεργειακή εκμετάλλευσή της εντός της μονάδας αεριοποίησης. Αναμφίβολα η αεριοποίηση της βιομάζας είναι μια τεχνολογία πιο πολύπλοκη και με λιγότερες εμπορικές εφαρμογές, σε σχέση με την συνήθη καύση της βιομάζας. Τα πλεονεκτήματα, όμως, που παρουσιάζει, με κυριότερο όλων την πολύ μεγάλη αύξηση της ενεργειακής απόδοσης της μονάδας, έχει οδηγήσει στον διαρκή πολλαπλασιασμό τέτοιου είδους μονάδων στην «αιχμή της τεχνολογίας», τα τελευταία χρόνια. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτής της εξέλιξης είναι ότι το 2008, η μονάδα συμπαγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας μέσω αεριοποίησης βιομάζας στην Yamagata της Ιαπωνίας, βραβεύθηκε ως η καλύτερη μονάδα παραγωγή ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές παγκοσμίως, στα πλαίσια της φημισμένου συνεδρίου Power Gen Asia. Η συγκεκριμένη μονάδα έχει ισχύ 2 MWe και επεξεργάζεται 60 τόνους chips ξύλου ημερησίως.



Σχήμα 2.8: Διάταξη μονάδας παραγωγής ενέργειας από αεριοποίηση βιομάζας [28]

2.5.1. Τεχνολογίες αεριοποίησης

Αναφορικά με το είδος και τον σχεδιασμό του αντιδραστήρα αεριοποίησης, οι παραλλαγές και η κατηγοριοποίηση τους, ύστερα από πολλές δεκαετίες έρευνας στην τεχνολογία αεριοποίησης είναι πολλές [5],[17],[22]. Έτσι, οι αντιδραστήρες αυτοί διακρίνονται ανάλογα με το μέσο αεριοποίησης (αέρας, οξυγόνο ή ατμός), τον τρόπο παροχής της απαιτούμενης θερμότητας (αυτοθερμικοί ή αλλοθερμικοί αεριοποιητές), την πίεση λειτουργίας (ατμοσφαιρικοί ή υπό πίεση αντιδραστήρες) και τον σχεδιασμό τους (σταθερής ή ρευστοποιημένης κλίνης).

Αυτόθερμη και αλλόθερμη αεριοποίηση

Η αυτόθερμη αεριοποίηση περιλαμβάνει την τροφοδοσία του συστήματος με αέρα ή οξυγόνο και την καύση μέρους του υλικού για την κάλυψη θερμικών αναγκών. Με την αυτόθερμη τεχνολογία πετυχαίνουμε την βέλτιστη μεταφορά θερμότητας, η

κατασκευή του αντιδραστήρα είναι απλή και η παραγωγή του αερίου είναι κατώτερης θερμογόνου δύναμης.

Η αλλόθερμη αεριοποίηση περιλαμβάνει την μεταφορά θερμότητας μέσω θερμού ρεύματος ρευστού (στερεό ή αέριο). Στην αλλόθερμη αεριοποίηση υπάρχουνε θερμικές απώλειες και η παραγωγή του αερίου είναι μέσης θερμογόνου δύναμης.

Ταξινόμηση με βάση τη μεταφορά της βιομάζας

1. Σταθερή κλίνη

1. *Ανοδικού ρεύματος (updraft):* αποτελούνται από μια σταθερή κλίνη βιομάζας, μέσα από την οποία περνάει το μέσο αεριοποίησης (αέρας, νερό) σε αντίθετη φορά ροής. Είναι απλή και αξιόπιστη τεχνολογία με καλό βαθμό απόδοσης, αλλά το παραγόμενο αέριο είναι πλούσιο σε πίσσα και μεθάνιο και χρειάζεται φιλτράρισμα.
2. *Καθοδικού ρεύματος (downdraft):* ίδια τεχνολογία με την updraft, με τη βασική διαφορά ότι το μέσο αεριοποίησης κινείται προς την ίδια κατεύθυνση με την κλίνη της βιομάζας (προς τα κάτω). Έχει σχετικά μικρό βαθμό απόδοσης και απαιτείται τροφοδοσία με πολύ μικρή υγρασία, αλλά έχει το πλεονέκτημα ότι η τεχνολογία είναι απλή και τα ποσοστά πίσσας στο αέριο είναι πολύ μικρότερα.
3. *Πολλαπλών σταδίων*

2. Ρευστοποιημένη κλίνη (fluidized bed)

Χρησιμοποιείται για σχετικά μεγάλα μεγέθη παροχής και ισχύος. Η βιομάζα ρευστοποιείται με οξυγόνο και υδρατμό. Η απόδοση είναι χαμηλότερη από τους αεριοποιητές σταθερής κλίνης, αλλά υπάρχει μεγάλη εμπειρία στις εφαρμογές ρευστοποιημένης κλίνης, κυρίως από διυλιστήρια, ενώ ο συγκεκριμένος αεριοποιητής μπορεί να δεχθεί και μεγάλη ποικιλία πρώτων υλών.

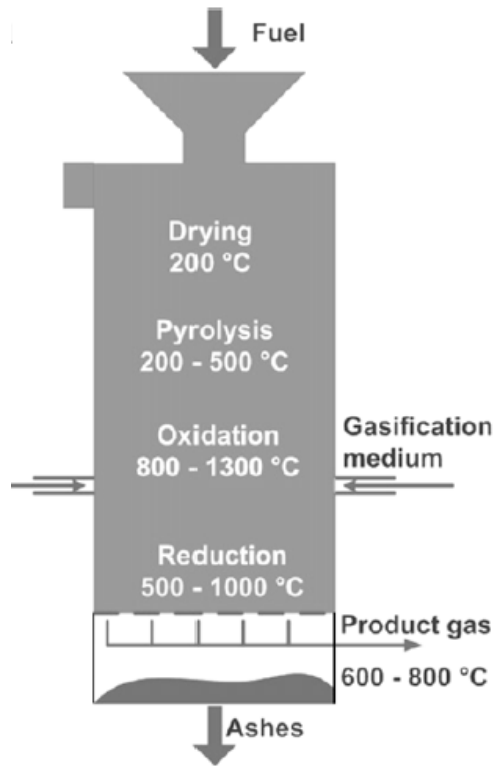
Υπάρχουν δύο τύποι τέτοιων αεριοποιητών:

1. Αναβράζουσας ρευστοποιημένης κλίνης
2. Ρευστοποιημένης κλίνης με επανακυκλοφορία του αδρανούς υλικού

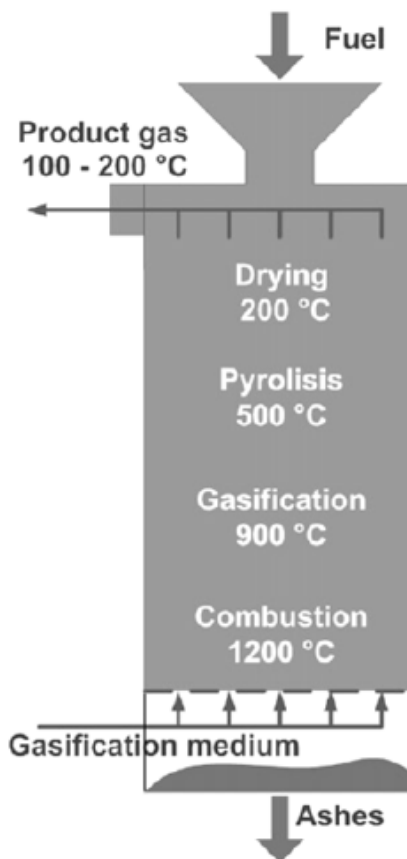
3. Παρασυρόμενη κλίνη

Χρησιμοποιείται μόνο για μεγάλες παροχές βιομάζας και ισχύεις. Το καύσιμο αεριοποιείται με οξυγόνο, ενώ απαιτείται μεγάλη επεξεργασία του καυσίμου διότι οι αντιδράσεις αεριοποίησης λαμβάνουν χώρα στην ουσία μέσα σε ένα σύννεφο σωματιδίων.

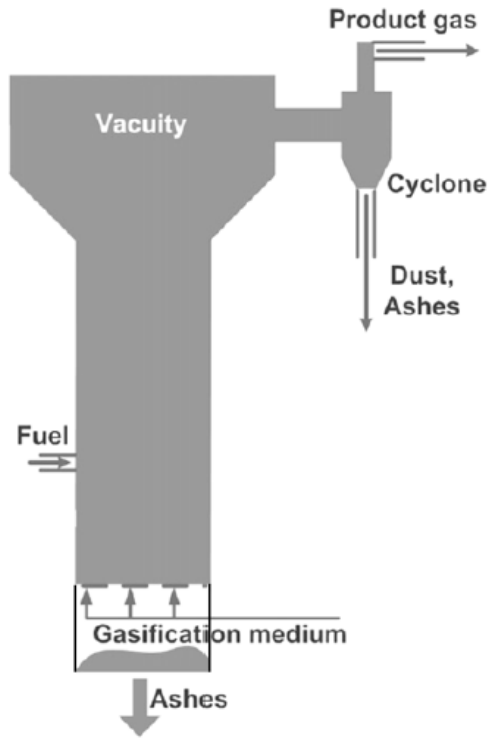
Οι πολύ υψηλές πιέσεις και θερμοκρασίες συνεπάγονται την απουσία πίσσας και μεθανίου στο προϊόν αέριο, αλλά υπάρχει κίνδυνος συσσωματωμάτων.



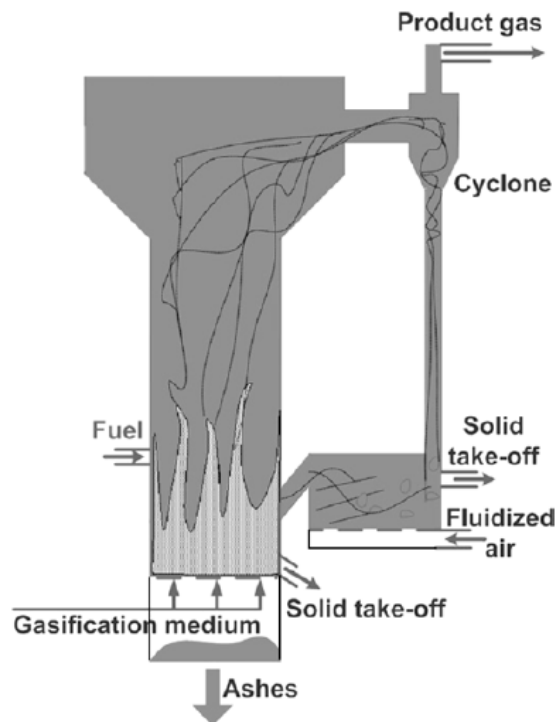
Σχήμα 2.9: Αντιδραστήρας σταθερής κλίνης – καθοδικού ρεύματος [9]



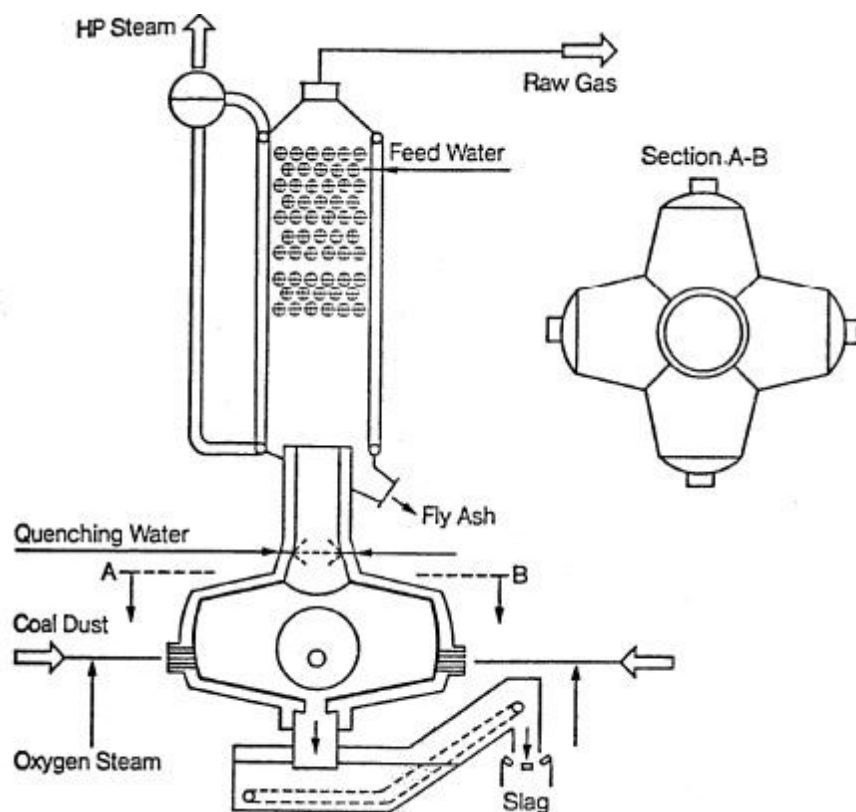
Σχήμα 2.10: Αντιδραστήρας σταθερής κλίνης – ανοδικού ρεύματος [9]



Σχήμα 2.11: Αντιδραστήρας αναβράζουσας ρευστοποιημένης κλίνης [9]



Σχήμα 2.12: Αντιδραστήρας Ρευστοποιημένης κλίνης με επανακυκλοφορία του αδρανούς υλικού [9]



Σχήμα 2.13: Αντιδραστήρας παρασυρόμενης κλίνης [24]

Τύπος αντιδραστήρα	ΚΑΘΟΔΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ	ΑΝΟΔΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ	ΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΚΛΙΝΗΣ	ΠΑΡΑΣΥΡΟΜΕΝΗΣ ΚΛΙΝΗΣ
Ισχύς (MWth)	< 2	< 20	10 - 100	> 50
Χρόνος εκκίνησης (h)	< 0.5	< 1	> 5	> 24
Ευαισθησία στην ποιότητα πρώτης ύλης	Μεγάλη	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια
Πίσσα σε πλήρες φορτίο (g/Nm ³)	< 0.5	1 - 15	1 - 10	< 0.5
Ευαισθησία στις διακυμάνσεις φορτίου	Μεγάλη	Μικρή	Μέτρια προς μεγάλη	Μέτρια
Συντελεστής ελάχιστης ισχύος	3 - 4	5 - 10	2 - 3	2 - 3
Απόδοση κρύου αερίου	65 - 75	40 - 60	65 - 75	70 - 80
Απόδοση θερμού αερίου	85 - 90	90 - 95	86 - 95	> 90
Χρήσεις	ΜΕΚ, Δέβητας	ΜΕΚ, Δέβητας	ΜΕΚ, Δέβητας, Αεριοστρόβιλος, Σύνθεση	ΜΕΚ, Αεριοστρόβιλος, Σύνθεση

Πίνακας 2.2: Σύνοψη χαρακτηριστικών τεχνολογιών αεριοποίησης [5]

2.6. ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ

Η αναερόβια χώνευση είναι μια χημική διαδικασία η οποία πραγματοποιείται με την απουσία οξυγόνου. Η διαδικασία μπορεί να είναι είτε θερμοφίλη χώνευση, στην οποία η λάσπη βρίσκεται υπό ζύμωση μέσα σε δεξαμενές σε θερμοκρασία 55° C. Ονομάζεται θερμοφίλη εξαιτίας των μικροοργανισμών που παίρνουν μέρος στην διαδικασία, οι οποίοι περιέχουν ένζυμα τα οποία λειτουργούν σε υψηλές θερμοκρασίες. Αυτά τα ένζυμα έχουν μεγάλη σημασία σε πολλές εφαρμογές της βιοτεχνολογίας. Επίσης, η διαδικασία μπορεί να είναι και μεσόφιλη δηλαδή σε θερμοκρασία 36° C.



Σχήμα 2.14: Παραγωγή αερίου από αναερόβια χώνευση βιομάζας [28]

Κατά την αναερόβια χώνευση παράγεται βιοαέριο, το οποίο είναι ένα καύσιμο αέριο μίγμα αποτελούμενο κυρίως από μεθάνιο(CH₄) και διοξείδιο άνθρακα(CO₂). Η ακριβής του σύσταση εξαρτάται από το είδος της οργανικής ουσίας που αποσυντίθεται. Το μεθάνιο, μαζί με όσο υδρογόνο προκύπτει από την χώνευση, αποτελούν το καύσιμο μέρος του βιοαερίου. Το μεθάνιο είναι ένα άχρωμο και άοσμο αέριο, με σημείο βρασμού τους -162 C, ενώ καίγεται παράγοντας κυανόχρωμη φλόγα. Σε κανονική πίεση και θερμοκρασία (p=1 atm και θ=20° C) το μεθάνιο έχει πυκνότητα περίπου 0,75 kg/m³. Εξαιτίας του γεγονότος ότι το διοξείδιο του άνθρακα είναι βαρύτερο, η πυκνότητα του βιοαερίου σε κανονικές συνθήκες είναι 1,15 kg/m³. Το μεθάνιο παρουσιάζει θερμογόνο δύναμη ίση με 11,06 Kwh/m³. Δεδομένου ότι το βιοαέριο περιέχει μεθάνιο σε ποσοστό μεταξύ 55 και 70%, εμφανίζει θερμογόνο δύναμη που κυμαίνεται μεταξύ 6 και 7,5 Kwh/m³. Τα όρια αναφλεξιμότητας του στον αέρα είναι μεταξύ 6 και 12%, ενώ η θερμοκρασία ανάφλεξης του κυμαίνεται μεταξύ 650-750° C. Το πλεονέκτημα της αναερόβιας σε σχέση με την αερόβια χώνευση, έχει να κάνει με τον όγκο των αποβλήτων, αφού ως διαδικασία παράγει σημαντικά μικρότερη ποσότητα αποβλήτων. Το πλεονέκτημα της αερόβιας έχει να κάνει με την ταχύτητα, αφού είναι σημαντικά ταχύτερη. Παρόλα αυτά, η μεγάλη ποσότητα αποβλήτων της αερόβιας χώνευσης, συνιστά καλύτερη λύση για την παραγωγή βιομάζας την αναερόβια.

Αέριο	Περιεκτικότητα(%)
Μεθάνιο(CH ₄)	55-70
Διοξείδιο άνθρακα(CO ₂)	30-45
Υδρόθειο(H ₂ S)	ίχνη
Υδρογόνο(H ₂)	1-2
Αμμωνία(NH ₃)	ίχνη
Μονοξείδιο άνθρακα(CO)	ίχνη
Άζωτο(N ₂)	ίχνη

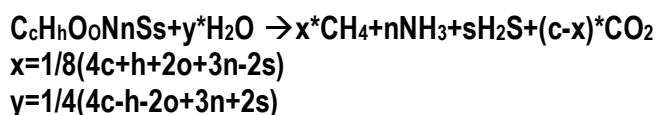
Πίνακας 2.3: Συνήθης σύσταση του βιοαερίου (Οι τελικές τιμές εξαρτώνται από το είδος του υλικού που αποσυντίθεται)

Η πλήρης βιολογική αποδόμηση της οργανικής ύλης προς βιοαέριο σε αναερόβιες συνθήκες αποτελεί μια σύνθετη διεργασία και συνίσταται από την αλληλεπίδραση των διαφόρων ομάδων μικροοργανισμών. Κάθε μια από αυτές τις ομάδες ευθύνεται για την πραγματοποίηση διαφορετικού μέρους της συνολικής διεργασίας. Έτσι το υλικό που μπορεί να αποτελεί απόβλητο για μια ομάδα μικροοργανισμών, μπορεί να αποτελέσει υπόστρωμα για κάποια άλλη ομάδα. Η διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης διακρίνεται σε τρία ξεχωριστά στάδια, στο κάθε ένα από τα οποία δραστηριοποιούνται διαφορετικά είδη μικροοργανισμών.

Τα τρία αυτά στάδια είναι η υδρόλυση, η οξυγένεση και τέλος η μεθανογένεση. Κατά το στάδιο της υδρόλυσης, οι οργανικές ενώσεις μακράς μοριακής αλυσίδας (πρωτεΐνες, υδατάνθρακες, λίπη) διασπώνται σε ενώσεις μικρότερης μοριακής αλυσίδας. Διαφορετικής προέλευσης μικροοργανισμοί παράγουν ειδικά ένζυμα που δρουν καταλυτικά ως προς την διάσπαση των μακρομορίων, καθιστώντας την εφικτή σε λογικό χρονικό διάστημα. Σε μια ισορροπημένη διεργασία αναερόβιας χώνευσης περίπου το 50% των οργανικών ενώσεων διασπώνται σε οξικό οξύ (CH₃COOH). Σε διοξείδιο του άνθρακα και υδρογόνο μετατρέπεται το 20%, ενώ το απομένον 30% διασπάται σε μικρής μοριακής αλυσίδας λιπαρά οξέα (VFAs). Η διατήρηση μιας σταθερής ταχύτητας αποδόμησης των λαπαρών αυτών οξέων είναι καθοριστικός παράγοντας για την αποτελεσματικότητα της αναερόβιας χώνευσης, αφού αν διαταραχτεί η ισορροπία και αυξηθεί η συγκέντρωσή τους, η όλη διαδικασία επιβραδύνεται, λόγω του γεγονότος ότι οι μικροοργανισμοί που διασπούν τα λιπαρά οξέα έχουν μικρό ρυθμό ανάπτυξης.

Το τελευταίο στάδιο της αναερόβιας διαδικασίας αφορά την μεθανογένεση και πραγματοποιείται από τα μεθανογενή βακτήρια. Η δράση των βακτηρίων αυτών αφορά αφενός στην αποδόμηση του οξικού οξέως που προέκυψε από το στάδιο της οξυγένεσης σε μεθάνιο και αφετέρου στην παραγωγή μεθανίου από το διοξείδιο του άνθρακα και το υδρογόνο που προέκυψαν. Σε ομαλές συνθήκες χώνευσης, περίπου το 70% του μεθανίου προέρχεται από διάσπαση οξικού οξέος και το υπόλοιπο 30% από την αντίδραση του διοξειδίου του άνθρακα με το υδρογόνο. Τα μεθανογενή βακτήρια παρουσιάζουν τον βραδύτερο ρυθμό ανάπτυξης από όλους τους άλλους τύπους και για αυτό η δράση τους κρίνεται αποφασιστικής σημασίας για την ταχύτητα και την απόδοση ολόκληρης της διεργασίας. Αξίζει να σημειωθεί για τα δυο τελευταία στάδια της χώνευσης ότι αναστολή του ενός οδηγεί και σε αναστολή του άλλου, εφόσον είναι απόλυτα προσαρμοσμένα.

Εφόσον η στοιχειακή σύσταση του υλικού τροφοδοσίας είναι γνωστή, μπορεί να υπολογιστεί το θεωρητικό ποσό του παραγόμενου βιοαερίου και η σύστασή του βάσει της εξίσωσης του Buswell:



Οργανική ουσία	It βιοαερίου /kg ουσίας	Περιεκτικότητα σε CH ₄
Κυτταρίνη	830	50
Πρωτεΐνη	793	64
Λίπη	1444	70

Πίνακας 2.4: Ενδεικτικός πίνακας απόδοσης σε βιοαέριο κατά την αναερόβια χώνευση βασικών οργανικών ουσιών

Υπόστρωμα	Ολικά στερεά TS(%)	Πτητικά στερεά VS(%)	Απόδοση σε βιοαέριο (m ³ / kg VS)
Κοπριά χοίρων	3-10	75-80	0.3-0.8
Κοπριά βοοειδών	6-11	68-85	0.2-0.8
Κοπριά πουλερικών	10-29	67-77	0.3-0.8
Κοπριά προβάτων	18-25	80-85	0.3-0.4
Οστεο-κρεατάλευρα	25-45	75-90	0.8-1.2
Ενσίρωμα καλαμποκιού	20-40	90-95	0.6-0.7
Ενσίρωμα μηδικής	20-40	76-90	0.6-0.7
Τυρόγαλα	4-6	80-95	0.5-0.9
Υπολείμματα άρτου (ξηρά)	65-90	90-98	0.8-1.2
Ακατέργαστη γλυκερίνη	98	90	1.0-1.1
Περιεχόμενο στομάχου σφαγίων	12-15	80-84	0.3-0.4

Πίνακας 2.5: Ενδεικτικός πίνακας αποδόσεων σε βιοαέριο τυπικών οργανικών υποστρωμάτων-αποβλήτων

2.6.1. Παράγοντες που επηρεάζουν την διεργασία

Αναερόβιες συνθήκες

Ο πιο βασικός παράγοντας ελέγχου της διεργασίας έχει να κάνει με την εξασφάλιση των αναερόβιων συνθηκών. Οι αναερόβιοι μικροοργανισμοί απαιτούν την ύπαρξη ενός αυστηρά αναερόβιου ανοξικού περιβάλλοντος για την επιβίωσή τους. Κάθε χωνευτήρας βιοαερίου πρέπει να εξασφαλίζει ένα τέτοιο περιβάλλον. Οι μικρές ποσότητες οξυγόνου που υπάρχουν διαλυμένες στην οργανική ύλη, καταναλώνονται άμεσα στο πρώτο στάδιο από τους υπάρχοντες αερόβιους μικροοργανισμούς, οι οποίοι στη συνέχεια εξαφανίζονται λόγω της έλλειψης οξυγόνου.

Θερμοκρασία

Άλλος καθοριστικός παράγοντας είναι η θερμοκρασία, αύξηση της οποίας οδηγεί σε αύξηση πραγματοποίησης κάθε βιοχημικής αντίδρασης. Στην περίπτωση της αερόβιας χώνευσης όμως υπάρχουν διάφοροι περιορισμοί που καθορίζονται από το είδος των μικροοργανισμών που χρησιμοποιούνται και είναι προσαρμοσμένοι σε τρία διαφορετικά θερμοκρασιακά εύρη:

- 0-20° C ψυχρόφιλες συνθήκες
- 30-40 μεσόφιλες συνθήκες
- 50-60 θερμόφιλες συνθήκες

Στην πράξη, οι βιομηχανικές μονάδες παραγωγής βιοαερίου λειτουργούν είτε σε μεσόφιλες (35-37° C) είτε σε θερμόφιλες συνθήκες(53-56° C). Στην πρώτη περίπτωση η διεργασία παρουσιάζει ανοχή στις μεταβολές της τάξης $\pm 2^\circ$ C, ενώ σε θερμόφιλες συνθήκες η

ανοχή είναι μικρότερη, της τάξης $\pm 0,5^\circ \text{C}$.

Οξύτητα

Παρά το γεγονός ότι οι μεθανογενείς μικροοργανισμοί χρησιμοποιούν ως υπόστρωμα για την θρέψη τους οργανικά οξέα (οξικό οξύ), δεν μπορούν να δράσουν σε όξινο περιβάλλον. Το προτιμώμενο εύρος τιμής για το pH κατά την μεθανογένεση κυμαίνεται μεταξύ 6,5 και 8, με βέλτιστη τιμή να θεωρείται το 7,2. Όταν η διεργασία βρίσκεται σε ισορροπία, η οξύτητα στον χωνευτήρα πρέπει να κυμαίνεται εντός των παραπάνω ορίων και είναι δύσκολο να μεταβληθεί λόγω των μεγάλων όγκων που διαχειρίζονται.

Χαρακτηριστικά ουσία τροφοδοσίας

Σχεδόν κάθε οργανική ύλη είναι δυνατόν να διασπαστεί σε αναερόβιες συνθήκες, αλλά ο βαθμός διάσπασης μεταβάλλεται σημαντικά αναλόγως της χημικής της σύστασης. Ακόμα, όσο πιο λεπτόκοκκο είναι το υλικό, τόσο μεγαλύτερη είναι η σχετική επιφάνειά του με συνέπεια να καθίσταται ευκολότερη η προσβολή του από τους μικροοργανισμούς.

Επιπροσθέτως, για να είναι εφικτό για τους μικροοργανισμούς να αποδομήσουν κάποιο οργανικό υλικό, θα πρέπει η υγρασία του να υπερβαίνει το 50%. Στην πράξη, όμως, για να είναι εύκολη η διαχείριση του και αποτελεσματική η χώνευση θα πρέπει η υγρασία του να υπερβαίνει το 85%, ή, αντίστροφα, η περιεκτικότητά του σε στερεά να μην υπερβαίνει το 15%. Τέλος, τα μεθανογενή βακτήρια απαιτούν έναν ελάχιστο αριθμό θρεπτικών συστατικών για την ανάπτυξή τους. Τα πιο σημαντικά είναι το άζωτο(N), ο φωσφόρος(P) και το κάλιο(K). Το άζωτο χρησιμεύει στην παραγωγή πρωτεϊνών και η περιεκτικότητά του συνήθως προσδιορίζεται σε σχέση με τον άνθρακα, καθώς αποτελεί ένδειξη για την επάρκεια του αζώτου για την θρέψη των μικροοργανισμών. Παρόλα αυτά, η περιεκτικότητα σε άζωτο δεν πρέπει να είναι πολύ υψηλή, καθώς ελλοχεύει ο κίνδυνος σχηματισμού αμμωνίας (NH_3), η οποία αναστέλλει την δράση των μεθανογενών βακτηρίων. Μια καλή αναλογία C/N για ομαλή και αποδοτική παραγωγή βιοαερίου είναι μεταξύ 16 και 25.

Ρυθμός οργανικής φόρτισης

Ο ρυθμός με τον οποίο προστίθεται το υπόστρωμα στον χωνευτήρα οφείλει να είναι προσαρμοσμένος στον ρυθμό ανάπτυξης των μεθανογενών βακτηρίων, καθώς τα οργανικά οξέα πρέπει να καταναλώνονται με τον ρυθμό με τον οποίο παράγονται. Το εύρος τιμών οργανικής φόρτισης πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 1 και 5 kg βιοαποδομήσιμων στερεών (VS)/ m^3 χωνευτήρα/ημέρα. Στην απευκαία περίπτωση όπου προστίθεται μεγαλύτερη ποσότητα οργανικής ύλης από όση μπορεί να διασπαστεί, αυξάνεται η οξύτητα του μίγματος με συνέπεια την εξολόθρευση των μεθανογενών βακτηρίων και την αναστολή της αναερόβιας χώνευσης. Σε κάθε περίπτωση μεταβολών της σύστασης της τροφοδοσίας, κάθε μεταβολή πρέπει να γίνεται σταδιακά, ώστε να προλαβαίνουν να προσαρμόζονται οι μικροοργανισμοί στις καινούργιες συνθήκες.

2.6.2. Παράγοντες αναστολής της αναερόβιας χώνευσης

Ως αναστολείς της αναερόβιας χώνευσης θεωρούνται εκείνες οι ουσίες οι οποίες έχουν αρνητική επίδραση στους μικροοργανισμούς, χωρίς να τους σκοτώνουν άμεσα. Η διεργασία μπορεί να ανασταλεί με διάφορους τρόπους από ενδογενή και εξωγενή αίτια. Ένας από τους σημαντικότερους ενδογενείς αναστολείς αποτελεί, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω η αμμωνία, η οποία σχηματίζεται κατά την μικροβιακή αποδόμηση ενώσεων που περιέχουν άζωτο (π.χ. πρωτεΐνες). Αν και το άζωτο είναι απαραίτητο για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών και η αμμωνία συνιστά σημαντική πηγή αζώτου, η παρουσία της σε υψηλές συγκεντρώσεις

αποδεικνύεται εξαιρετικά τοξική για τους μικροοργανισμούς. Όταν η οξύτητα του μίγματος είναι χαμηλή (μεγάλη τιμή pH) όπως και σε υψηλές θερμοκρασίες, αυξάνεται η συγκέντρωση της αμμωνίας στο υλικό που διασπάται. Αυτός είναι και ο λόγος που σε θερμοφίλες συνθήκες η χώνευση είναι περισσότερο ευαίσθητη. Όπως η αμμωνία, έτσι και τα οργανικά οξέα –ιδίως το οξικό- οξύ συνιστούν σε υψηλές συγκεντρώσεις ενδογενείς αναστολές της χώνευσης. Για αυτόν τον λόγο, ο ρυθμός οργανικής φόρτισης, πρέπει να διατηρείται στα όρια.

Τέλος, παράγοντα αναστολής μπορεί να αποτελέσουν οι θειικές ενώσεις. Το θείο μπορεί να εμφανιστεί σε διάφορες μορφές κατά τη διεργασία της αναερόβιας χώνευσης, όπως θειικά και θειώδη ιόντα, υδρόθειο, αδιάστατο ή ιοντισμένο. Συγκεκριμένα, από την αντίδραση των θειικών ανιόντων με το οξικό οξύ και το υδρογόνο προκύπτει το υδρόθειο, το οποίο σε διαλυμένη μορφή δρα ως δηλητήριο. Επειδή η παρουσία του υδρόθειου δεν είναι απευκταία πάντοτε, το υπόστρωμα πρέπει να περιέχει βαρέα μέταλλα ικανά να αντιδρούν με το υδρόθειο και να καταβυθίζονται, ώστε να απομακρύνονται από τον πυθμένα της δεξαμενής.

2.6.3. Τύποι αντιδραστήρων

Υπάρχουν τέσσερις τύποι αντιδραστήρων αναερόβιας χώνευσης [10]:

Αντιδραστήρες ενός σταδίου: Συνήθης τύπος, με μεγάλους χρόνους παραμονής και χαμηλή φόρτιση $1-4 \text{ kgTS/m}^3\text{d}$. Το βιοαέριο συλλέγεται μέσα στον αντιδραστήρα. *Αντιδραστήρες δύο σταδίων με διαχωρισμό φάσεων:* Γίνεται διαχωρισμός της φάσης οξυγένεσης από τη φάση μεθανογένεσης. Έχει χρησιμοποιηθεί στην επεξεργασία βιομηχανικών αποβλήτων και αστικών απορριμμάτων αλλά δεν υπάρχει εμπειρία στον αγροτικό τομέα.

Αντιδραστήρες μεθανογένεσης δύο σταδίων χωρίς διαχωρισμό φάσεων: Πρόκειται για τεχνολογία που βρίσκει μεγάλη εφαρμογή κυρίως στη χώνευση ξηρών υποστρωμάτων. Ο πρώτος αντιδραστήρας λειτουργεί για εξισορρόπηση και ομογενοποίηση των υποστρωμάτων με υψηλή φόρτιση $3-7 \text{ kgTS/m}^3\text{d}$ αλλά μπορεί να φθάσει και μέχρι τα $15 \text{ kgTS/m}^3\text{d}$ ενώ ο δεύτερος για την συλλογή του υπόλοιπου βιοαερίου.

Αντιδραστήρες εμβολοειδούς ροής που επιτυγχάνουν φορτίσεις της τάξης $10 \text{ kgTS/m}^3\text{d}$. Είναι γνωστοί από την τεχνολογία της χώνευσης απορριμμάτων. Δεν υπάρχει εμπειρία στη χώνευση βιομάζας.

2.7. ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΣΕ ΜΟΝΑΔΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΒΙΟΜΑΖΑ

Ο χρόνος απόσβεσης μιας μονάδας καύσης βιομάζας για παραγωγή ενέργειας εξαρτάται από τον χρόνο λειτουργίας της. Στην περίπτωση που η μονάδα εγκαθίσταται σε μια βιομηχανία π.χ. ξύλου που λειτουργεί όλο το χρόνο, η απόσβεση της επένδυσης εκτιμάται σε 8 μήνες [23]. Στις περισσότερες περιπτώσεις από αυτές που εφαρμόστηκαν στην Ελλάδα, ο χρόνος απόσβεσης δεν ξεπερνά τα τρία χρόνια. Ας σημειωθεί πως οι περιπτώσεις αξιοποίησης της βιομάζας που συγκεντρώνουν το μεγαλύτερο επενδυτικό ενδιαφέρον είναι οι βιομηχανίες επεξεργασίας αγροτικών προϊόντων γιατί είναι ταυτόχρονα παραγωγικοί και χρήστες καθώς επίσης τα ασβεστοποιία και οι βιομηχανίες παραγωγής τούβλων. Το γεγονός αυτό οφείλεται στον μεγάλο χρόνο λειτουργίας και στις τεράστιες ενεργειακές απαιτήσεις που παρουσιάζουν, αν και δεν διαθέτουν δικά τους απορρίμματα βιομάζας. Ένα μέσο ασβεστοποιείο έχει ανάγκη από 6.000 τόνους βιομάζας τον χρόνο.

2.7.1. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα της επένδυσης

Η βιομάζα ως πηγή ενέργειας υγκρινόμενη με τα ορυκτά καύσιμα έχει τα εξής πλεονεκτήματα:

- Η βιομάζα είναι ανανεώσιμο υλικό, ενώ τα ορυκτά δεν ανανεώνονται και εξαντλούνται συνεχώς.
- Η βιομάζα παράγεται σε όλες τις χώρες του κόσμου και είναι εύκολα προσιτή, ενώ τα ορυκτά καύσιμα παράγονται μόνον σε λίγες χώρες και η διαθεσιμότητά των εξαρτάται από διεθνείς πολιτικές, στρατιωτικές, και οικονομικές συνθήκες.
- Η παραγωγή και χρησιμοποίηση της βιομάζας δεν μολύνει το περιβάλλον με τοξικές ουσίες σε αντίθεση με την παραγωγή και χρησιμοποίηση των ορυκτών καυσίμων. Τα προϊόντα καύσης της βιομάζας είναι βασικά νερό και διοξείδιο του άνθρακα και δεν περιέχουν ή περιέχουν ελάχιστες ποσότητες οξειδίων του θείου και αζώτου. Τα χημικά αυτά απαντώνται σε μεγάλες ποσότητες στα ορυκτά καύσιμα και αποτελούν σοβαρούς και συνεχείς κινδύνους για την υγεία του ανθρώπου. Επίσης, η κατεργασία των ορυκτών καυσίμων (δύλιση, αεριοποίηση κ.λ.π.) παράγει απόβλητα τα οποία ρυπαίνουν και καταστρέφουν τη ζωή στους χώρους αποβολής των. Με την καύση της βιομάζας το εκπεμπόμενο διοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα επαναπροσλαμβάνεται από τη νέα βιομάζα που θα παραχθεί η οποία δεσμεύει τον άνθρακα και ελευθερώνει το οξυγόνο, τοιούτοτρόπως δεν έχουμε αύξηση της ποσότητας του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, το οποίον ευθύνεται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου.
- Τα συγκροτήματα ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού καύσεως βιομάζας έχουν πολύ μικρό χρόνο απόσβεσης από 1 έως 3 χρόνια συνέπεια της εξοικονόμησης ενέργειας σε αντίθεση με τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό των ορυκτών καυσίμων που δεν αποσβένονται ποτέ αφού καταναλώνουν και δεν εξοικονομούν ενέργεια.

Τα μειονεκτήματα της βιομάζας έναντι των ορυκτών καυσίμων είναι τα εξής:

- Το βασικό μειονέκτημα της βιομάζας ως καύσιμο, είναι ότι έχει χαμηλή θερμαντική αξία κατά μονάδα βάρους και ακόμη μικρότερη κατά μονάδα όγκου σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα, η δε περιεχόμενη υγρασία μειώνει ακόμη περισσότερο τη διαθέσιμη θερμαντική αξία, όταν αυτή υπολογίζεται με βάση το υγρό βάρος της. Το μειονέκτημα αυτό περιορίζει τη χρήση της βιομάζας για ενεργειακούς σκοπούς στον τόπο παραγωγής της και συνεπώς η εκμετάλλευσή της περιορίζεται σε τοπικό επίπεδο.
- Παρά το μικρό χρόνο απόσβεσης που έχει μία μονάδα καύσεως βιομάζας, έχει μεγαλύτερο αρχικό κόστος εγκατάστασης, σε αντίθεση με μια μονάδα καύσεως ορυκτών καυσίμων. Αυτό είναι δυνατόν να αναστείλει την απόφαση του χρήστη προσωρινά για την επιλογή υπέρ της βιομάζας, μέχρις ότου βελτιωθούν τα οικονομικά της επιχείρησης.
- Η συσχέτιση του διαθέσιμου ενεργειακού δυναμικού της βιομάζας, με τους τόνους ισοδυνάμου πετρελαίου, αποτελεί ένα μέτρο σύγκρισης των δύο πηγών ενέργειας, καθιστώντας εφικτή την εκτίμηση του ενεργειακού και οικονομικού οφέλους από τη χρήση της βιομάζας. Κάθε ολοκληρωμένος στρατηγικός σχεδιασμός ενεργειακής αξιοποίησης βιομάζας, θα πρέπει να συνεκτιμά τόσο τα συγκριτικά πλεονεκτήματα όσο και τα μειονεκτήματα της βιομάζας έναντι των ορυκτών καυσίμων (πετρέλαιο, γαιάνθρακας, φυσικό αέριο).

2.7.2. Παραδείγματα επενδύσεων σε μονάδες βιομάζας

2.7.2.1. Αξιοποίηση αποβλήτων πτηνοσφαγείου



Σχήμα 2.15: Εφαρμογή αξιοποίησης αποβλήτων πτηνοσφαγείου [23]

ΚΑΥΣΙΜΗΥΛΗ:ΑΠΟΒΛΗΤΑΠΤΗΝΟΣΦΑΓΕΙΟΥ(ΠΤΗΝΑΛΕΥΡΑΧΩΡΙΣΛΙΠΟΣ)

ΘΕΡΜΟΓΟΝΟΣ ΔΥΝΑΜΗ: 23055 kJ/kg *

ΥΓΡΑΣΙΑ: 8,3 % κ.β. **

ΤΕΦΡΑ: 6,7 % κ.β. **

ΚΑΥΣΙΜΗΥΛΗ:ΑΠΟΒΛΗΤΑΠΤΗΝΟΣΦΑΓΕΙΟΥ(ΠΤΗΝΑΛΕΥΡΑΜΕΛΙΠΟΣ)

ΘΕΡΜΟΓΟΝΟΣ ΔΥΝΑΜΗ: 23160 kJ/kg *

ΥΓΡΑΣΙΑ: 12,8 % κ.β. **

ΤΕΦΡΑ: 2,7 % κ.β. **

* Επί ξηρού δείγματος ** Επί υγρού δείγματος

ΘΕΡΜΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΛΕΒΗΤΑ: 7,5 MW

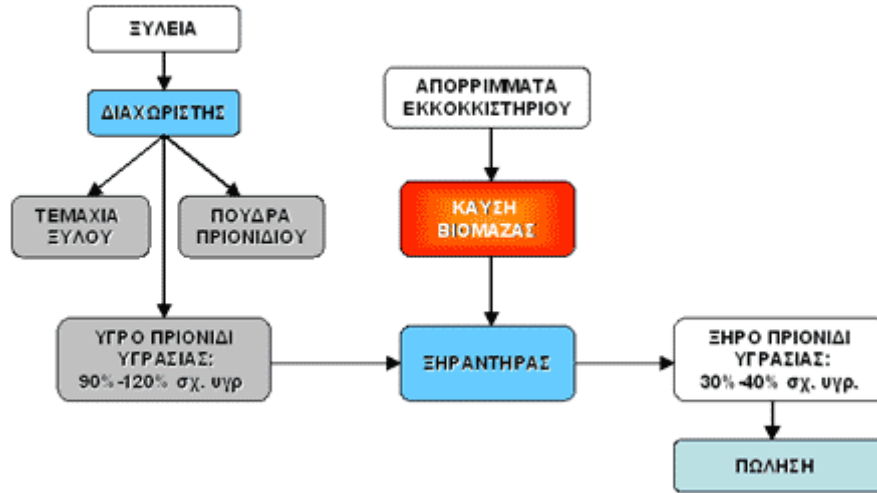
ΑΤΜΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: 10,5 tons/hr

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΤΜΟΥ : 193 °C ΠΙΕΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ : 11 barg

ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ(ΕΤΗΣΙΑ):1.200tonsΜΑΖΟΥΤ

2.7.2.2. Εφαρμογή αξιοποίησης υπολειμμάτων ξυλείας και υγρής πούδρας

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΞΗΡΑΝΣΗ ΠΡΙΟΝΙΔΙΟΥ



Σχήμα 2.16: Διάγραμμα ροής παραγωγικής διαδικασίας ξυλείας και υγρής πούδρας [23]

ΚΑΥΣΙΜΗΥΛΗ:ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑΞΥΛΕΙΑΣ

ΘΕΡΜΟΓΟΝΟΣ ΔΥΝΑΜΗ: 2200 kcal/kg

ΚΑΥΣΙΜΗ ΥΛΗ: 50 % κ.β. ΥΓΡΑΣΙΑ: 40 % κ.β.

ΤΕΦΡΑ: 10 % κ.β.

ΚΑΥΣΙΜΗΥΛΗ:ΥΓΡΗΠΟΥΔΡΑ

ΘΕΡΜΟΓΟΝΟΣ ΔΥΝΑΜΗ: 3500 kcal/kg

ΚΑΥΣΙΜΗ ΥΛΗ: 60 % κ.β. ΥΓΡΑΣΙΑ: 38-40 % κ.β.

ΤΕΦΡΑ: 1-2 % κ.β.

ΘΕΡΜΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΛΕΒΗΤΩΝ ΔΙΑΘΕΡΜΙΚΟΥ ΕΛΑΙΟΥ: 5,5 MW

ΙΣΧΥΣ ΛΕΒΗΤΑ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΞΥΛΕΙΑΣ: 3,0 MW ΙΣΧΥΣ ΛΕΒΗΤΑ ΥΓΡΗΣ ΠΟΥΔΡΑΣ: 2,5 MW

ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ: 80%

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΟΧΗ ΔΙΑΘΕΡΜΙΚΟΥ ΕΛΑΙΟΥ: 390 m³/hr

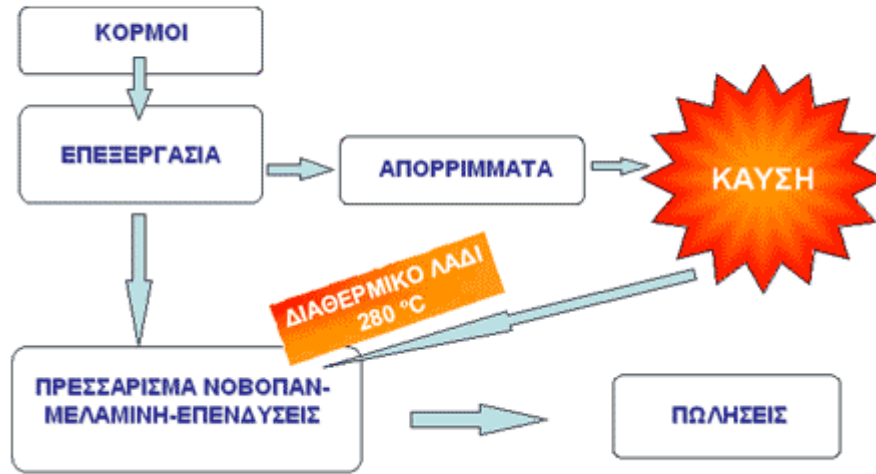
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΔΙΑΘΕΡΜΙΚΟΥ ΕΛΑΙΟΥ: 250°C

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΕΞΟΔΟΥ ΔΙΑΘΕΡΜΙΚΟΥ ΕΛΑΙΟΥ: 280°C

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑΩΦΕΛΗ(ΕΤΗΣΙΑ):3.960tonsΜΑΖΟΥΤ

2.7.2.3. Εφαρμογή αξιοποίησης απορριμμάτων κορμπολατείας

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΞΥΛΕΙΑΣ



Σχήμα 2.17: Διάγραμμα ροής παραγωγικής διαδικασίας επεξεργασίας ξυλείας [23]

ΚΑΥΣΙΜΗ ΥΛΗ: ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ ΚΟΡΜΟΠΛΑΤΕΙΑΣ

ΘΕΡΜΟΓΟΝΟΣ ΔΥΝΑΜΗ 2200 kcal/kg

ΚΑΥΣΙΜΗ ΥΛΗ 55 % κ.β. ΥΓΡΑΣΙΑ 35 % κ.β. ΤΕΦΡΑ 10 % κ.β.

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΛΕΒΗΤΑ ΕΛΑΙΟΥ: 4,5 MW

ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ: 80%

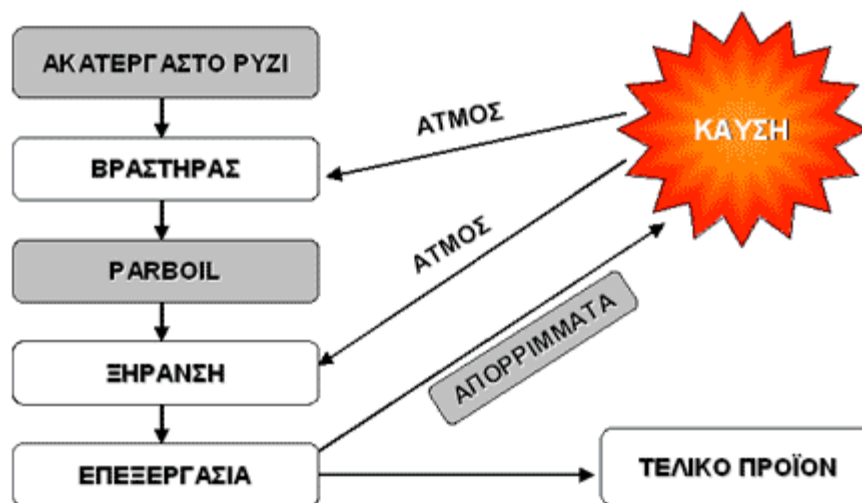
ΠΑΡΟΧΗ ΔΙΑΘΕΡΜΙΚΟΥ ΕΛΑΙΟΥ: 250 m³/hr

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΔΙΑΘΕΡΜΙΚΟΥ ΕΛΑΙΟΥ: 250°C ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΕΞΟΔΟΥ ΔΙΑΘΕΡΜΙΚΟΥ ΕΛΑΙΟΥ: 280°C

ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΩΦΕΛΗ (ΕΤΗΣΙΑ): 1.878 tons LPG

2.7.2.4. Εφαρμογή αξιοποίησης ορυζοφλοιού σε ορυζόμυλο

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΡΥΖΙΟΥ



Σχήμα 2.18: Διάγραμμα ροής παραγωγικής διαδικασίας ρυζιού [23]

ΚΑΥΣΙΜΗ ΥΛΗ: ΟΡΥΖΟΦΛΟΙΟΣ

ΘΕΡΜΟΓΟΝΟΣ ΔΥΝΑΜΗ 2.900 kcal/kg

ΚΑΥΣΙΜΗ ΥΛΗ 72 % κ.β. ΥΓΡΑΣΙΑ 9 % κ.β.

ΤΕΦΡΑ 19 % κ.β.

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΑΤΜΟΛΕΒΗΤΑ: 7,5 MW

ΚΑΥΣΙΜΟ : ΟΡΥΖΟΦΛΟΙΟΣ 80 %, LPG 20 %

ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ : 80 %

ΑΤΜΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: 10,5 tons/hr

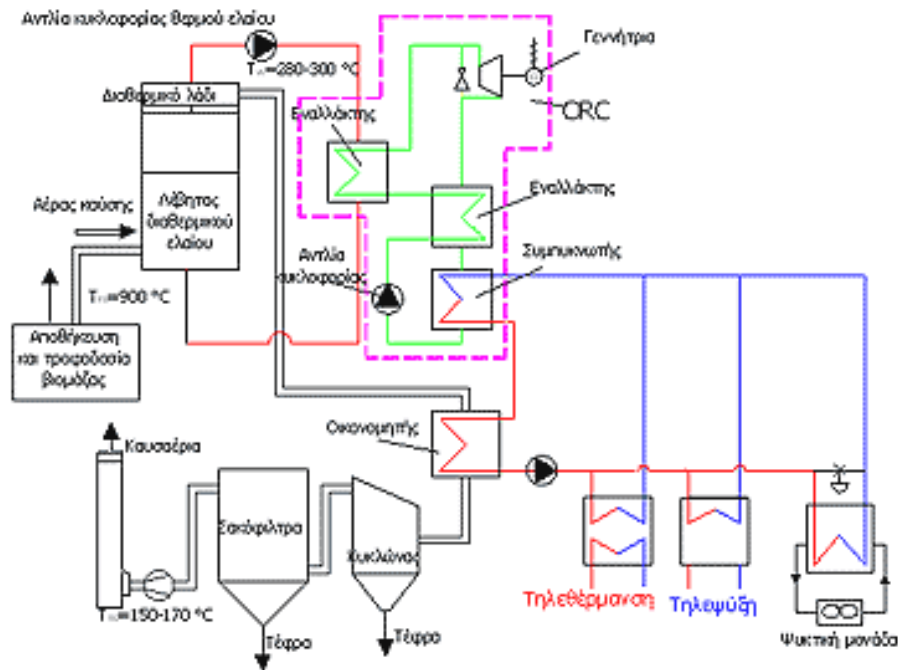
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΤΜΟΥ: 193°C ΠΙΕΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ: 11 barg

ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΕΤΗΣΙΑ) ΑΠΟ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΥΓΡΑΕΡΙΟΥ: 3.140 tn LPG

ΠΩΛΗΣΗ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗΣ ΤΕΦΡΑΣ: 3.113 tons X 88 ΕΥΡΩ = 274.000 ΕΥΡΩ

2.7.2.5. Εφαρμογή συμπαραγωγής ηλεκτρισμού – θερμότητας

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ ΘΕΡΜΟΤΗΤΟΣ



Σχήμα 2.19: Εφαρμογή συμπαραγωγής ηλεκτρισμού – θερμότητας [23]

ΚΑΥΣΙΜΗΥΛΗ:ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑΞΥΛΕΙΑΣ

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ 940 kg/hr

ΘΕΡΜΟΓΟΝΟΣ ΔΥΝΑΜΗ 4000 kcal/kg

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΛΕΒΗΤΑ ΕΛΑΙΟΥ: 3.500 kW

ΠΑΡΟΧΗ ΔΙΑΘΕΡΜΙΚΟΥ ΕΛΑΙΟΥ 208m³/hr

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΕΙΣΟΔΟΥ-ΕΞΟΔΟΥ ΔΙΑΘΕΡΜΙΚΟΥ ΕΛΑΙΟΥ 250-285°C ΘΕΡΜΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΤΗΛΕΘΕΡΜΑΝΣΗΣ 2.800 kW

ΠΑΡΟΧΗ ΝΕΡΟΥ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ 33,9 kg/s

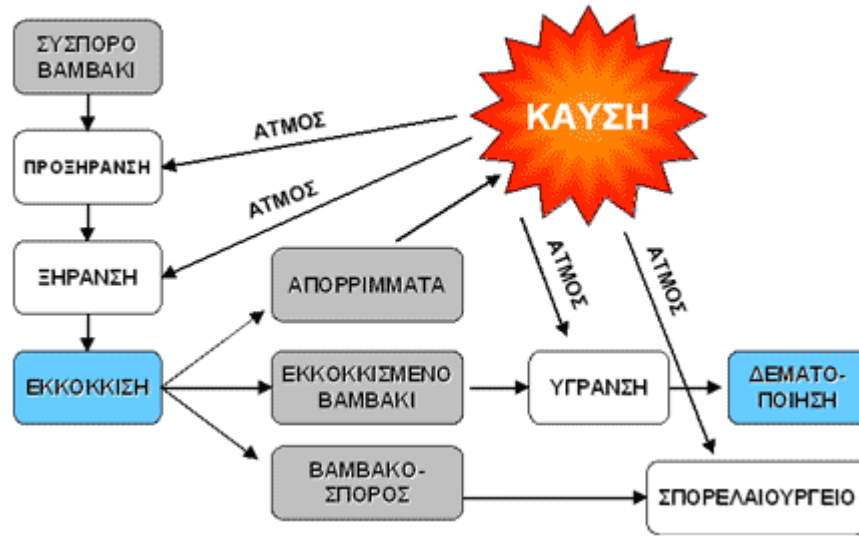
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΕΙΣΟΔΟΥ-ΕΞΟΔΟΥ ΝΕΡΟΥ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ 60-80°C

ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ 600kW

ΕΚΤΟΝΩΣΗ ΑΤΜΟΥ ΟΡΓΑΝΙΚΟΥ ΕΛΑΙΟΥ ΣΕ ΣΤΡΟΒΙΛΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ

2.7.2.6. Εφαρμογή αξιοποίησης απορριμμάτων εκκοκκισμού

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΕΚΚΟΚΚΙΣΤΗΡΙΩΝ ΒΑΜΒΑΚΟΣ



Σχήμα 2.20: Διάγραμμα ροής παραγωγικής διαδικασίας εκκοκκιστηρίων βάμβακος [23]

ΚΑΥΣΙΜΗΥΛΗ:ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑΕΚΚΟΚΚΙΣΜΟΥ

ΘΕΡΜΟΓΟΝΟΣ ΔΥΝΑΜΗ 3500 kcal/kg

ΚΑΥΣΙΜΗ ΥΛΗ 72 % κ.β. ΥΓΡΑΣΙΑ 13 % κ.β.

ΤΕΦΡΑ 15 % κ.β.

ΣΥΝΟΛΙΚΗΘΕΡΜΙΚΗΙΣΧΥΣΑΤΜΟΛΕΒΗΤΑ:7MW

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ: ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ 100 %

ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ: 80 % ΑΤΜΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: 10 tons/hr

ΕΠΕΞΕΡΓΑΖΟΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΣΥΣΠΟΡΟΥ ΒΑΜΒΑΚΟΣ: 30.000 tons

ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΙΝΩΝ ΕΚΚΟΚΚΙΣΜΟΥ (32 % κ.β.): 9.600 tons

ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΒΑΜΒΑΚΟΣΠΟΡΟΥ (54% κ.β.): 16.200 tons

ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ (9,6% κ.β.): 2.900 tons

ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΕΝΕΡΓΕΙΑΣ:300.000ltΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥDIESEL

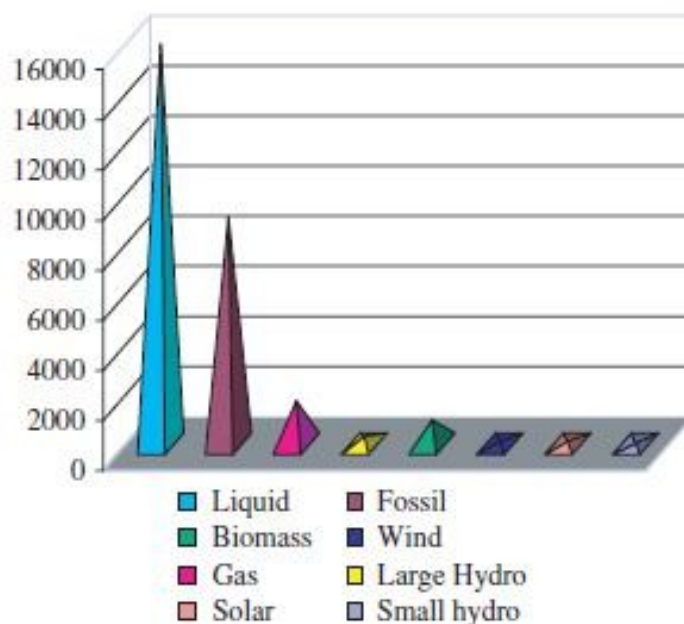
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Η ΒΙΟΜΑΖΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Ελλάδα βρίσκεται στην ανατολική μεριά της Μεσογείου θάλασσας και καλύπτει μια περιοχή 131,957 m², με πληθυσμό περίπου 10.6 εκατομμύρια [6]. Οι απαιτήσεις της Ελλάδας για ενέργεια είναι ολοένα και αυξανόμενες, ιδιαιτέρως για ηλεκτρική ενέργεια, της οποίας η κατανάλωση έχει σημειώσει αύξηση της τάξης του 170% τα τελευταία 20 χρόνια. Η μη απόλυτα διαδεδομένη μέχρι τώρα διείσδυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, οδηγεί την χώρα να εισάγει σχεδόν το 70% της ετήσιας ενεργειακής της ζήτησης, με τη μορφή ορυκτών καυσίμων όπως πετρέλαιο, άνθρακα και φυσικό αέριο. Ο βασικός ενεργειακός πάροχος στην Ελλάδα είναι η ΔΕΗ και σύμφωνα με πρόσφατες προβλέψεις η ετήσια αύξηση στην κατανάλωση αναμένεται να είναι κοντά στο 4%, ενώ η ενεργειακή ζήτηση κυμαίνεται κοντά στις 72 TWh για το 2010. Καθίσταται σαφές πως εάν η Ελλάδα θέλει να συμμορφωθεί με την ευρωπαϊκή οδηγία 2001/77/ΕΚ και να φτάσει στο 20,1% την συνεισφορά των ανανεώσιμων καυσίμων στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, απαιτείται ενέργεια της τάξης των 14 TWh (συμπεριλαμβανομένης της υδροηλεκτρικής δραστηριότητας) η οποία να προέρχεται από μη συμβατικές πηγές ενέργειας. Επίσης, κατόπιν Ευρωπαϊκής οδηγίας τον Φεβρουάριο του 2001, η ΔΕΗ έχασε το μονοπώλιο της παραγωγής ενέργειας, αφού το 35% της παραγωγής θα πρέπει να προέρχεται από τρίτους. Η νομική απελευθέρωση της αγοράς εύλογα έστρεψε το ενδιαφέρον προς τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ενώ με την πάροδο των ετών μειώνονται τα γραφειοκρατικά και χρηματοδοτικά προβλήματα.

3.2. Η ΠΑΡΟΧΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η τοπογραφική διαφοροποίηση, το εύκρατο κλίμα της Ελλάδας, η γεωργία και η κτηνοτροφία δίνουν στην χώρα την ευκαιρία να εκμεταλλευτεί σχεδόν κάθε γνωστή μορφή ανανεώσιμης ενέργειας. Η αιολική και ηλιακή ενέργεια χρησιμοποιούνται πλέον σε πολλά ελληνικά νησιά (Κρήτη, Εύβοια, Άνδρος, Σάμος, Χίος, Λέσβος, κ.λ.π.), ενώ από παλιότερα χρόνια είναι διαδεδομένη η καύση αγροτικών (και ζωικών) αποβλήτων σε μερικές γεωργικές περιοχές με σκοπό την παραγωγή θερμότητας κυρίως για μαγειρική ή θέρμανση οικιών ή άλλων κλειστών χώρων. Παρ' όλα αυτά, η δυσκολία διασύνδεσης σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες οδήγησαν την ελληνική αγορά ενέργειας να εξαρτάται από εισαγωγές καυσίμων από χώρες της Μέσης Ανατολής (Σαουδική Αραβία, Ιράν, Λιβύη, Αίγυπτος) και τη Ρωσία, ενώ οι εγχώριες συμβατικές πηγές ενέργειας είναι τα χαμηλής ποιότητας αποθέματα λιγνίτη (κυρίως αυτά της βόρειας Ελλάδας σε Πτολεμαΐδα και Αμύνταιο), κάποιες ποσότητες πετρελαίου (περιοχή Πρίνου, απέναντι από την Θάσο), μικρές ποσότητες φυσικού αερίου και κάποια υδροηλεκτρική δραστηριότητα.



Σχήμα 3.1: Συμβολή των διαφορετικών μορφών της ενεργειακής παραγωγής στην ελληνική αγορά ενέργειας (ΚΤΙΠ) [6]

Αυτή την στιγμή, η βιομάζα συνεισφέρει μόνο κατά ένα μικρό ποσοστό στην εγχώρια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ παραδοσιακά κυριαρχεί στον τομέα παραγωγής θερμικής ενέργειας, κυρίως με την καύση ξύλου, που καταλαμβάνει την δεύτερη θέση μετά την εκμετάλλευση του λιγνίτη. Τελευταία, παρατηρούνται πολιτικές προσπάθειες ενθάρρυνσης (φοροαπαλλαγές και δημόσια κεφάλαια που καλύπτουν μέχρι και το 40% των επενδύσεων) για την αξιοποίηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Σύμφωνα με πληροφορίες από το Εθνικό Κέντρο Ενεργειακών Πηγών, οι ΑΠΕ συνεισφέρουν όλο και περισσότερο στην εγχώρια παραγωγή, με 1680 ΚΤΟΕ [Kilotonne of Oil Equivalent -χιλιάδες τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου (ΚΤΙΠ)]. Ειδικότερα για την βιομάζα, έχουν καταγραφεί μονάδες παραγωγής ενέργειας που χρησιμοποιούν βιομάζα (υπολείμματα επεξεργασίας βάμβακος, ελιάς, ξύλου, ρυζιού, κ.λ.π.), ενώ δεν μπορούν να αγνοηθούν τα ποσά βιομάζας που αξιοποιούνται στις οικίες.

Επίσης, τεράστια ποσά γεωργικών υπολειμμάτων (κλαδιά, φύλλα, κουκούτσια, κοτσάνια, υπολείμματα κοπής, άχυρο κ.λ.π.) και υποπροϊόντα κτηνοτροφίας συγκεντρώνονται εποχιακά ανά περιοχές, αφήνοντας μια πολλά υποσχόμενη πηγή ενέργειας αναξιοποίητη.

Μόνο ένα μικρό ποσοστό αυτού του σημαντικού δυναμικού χρησιμοποιείται ήδη, κυρίως μέσω συμβατικής καύσης ή ανάμικτης καύσης αγροτικών και ζωικών αποβλήτων με άνθρακα. Ακόμη, χρησιμοποιείται αερόβια ή αναερόβια χώνευση, αλλά αυτές οι μέθοδοι κρίνονται περισσότερο ως βιολογικές. Η αξιοποίηση των υπολειμμάτων για παραγωγή ενέργειας είναι σημαντική όχι μόνο για οικονομικούς αλλά και για περιβαλλοντικούς λόγους. Λαμβάνοντας επιπλέον υπόψη ότι η θερμοχημική αντιμετώπιση των βιολογικών αποβλήτων έχει μακρά ιστορία στην περιοχή της Μεσογείου, εξάγεται το συμπέρασμα ότι ο τομέας αυτός παρουσιάζει πολύ ενδιαφέρον στην περιοχή.

Η Ελλάδα έχει ήδη κάνει ένα πολλά υποσχόμενο βήμα προς τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), με σκοπό να επιτύχει τους περιβαλλοντικούς της στόχους. Από κάθε άποψη, κρίνεται βιώσιμο για την Ελλάδα να εκμεταλλευτεί τα μεγάλα εγχώρια αποθέματα βιομάζας, ώστε να εκμεταλλευτεί κάθε δυνατή μορφή ΑΠΕ.

3.3. ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Οι συνεχώς αυξανόμενες τιμές των συμβατικών καυσίμων (κυρίως του πετρελαίου και του φυσικού αερίου) και τα σενάρια της αυξανόμενης μέσης γήινης θερμοκρασίας (λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου), οδηγούν την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε) στην προώθηση της βιομάζας και της χρήσης βιολογικών καυσίμων και για την ηλεκτρική ενέργεια και για την παραγωγή θερμότητας, καθώς επίσης και για την αντικατάσταση των υγρών καυσίμων στις μεταφορές [7]. Η Ελλάδα, ως μέλος της Ε.Ε., προσπαθεί να αυξήσει τη συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας από τη βιομάζα και να αντικαταστήσει ένα ουσιαστικό ποσό βενζίνης και diesel με τα υγρά βιολογικά καύσιμα.

3.3.1. Κατηγοριοποίηση

Σήμερα, τα προβλήματα για την ενεργητική χρήση της βιομάζας δεν αφορούν τα διάφορα τεχνικά εμπόδια και τις δυσκολίες που συνδέονται με αυτά, αλλά τα μη τεχνικά εμπόδια που αποτελούν ένα πολύ σημαντικό μέρος του νομοθετικού υποβάθρου κάθε κράτους μέλους της Ε.Ε. και, επίσης, της έλλειψης μιας σαφούς γενικής προσέγγισης για την καθιέρωση των πολιτικών σχεδίων για την ενεργητική χρήση της βιομάζας στις χώρες όπως η Ελλάδα.

Σύμφωνα με τη διαθεσιμότητα της, η βιομάζα μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε δύο μεγάλες κατηγορίες όπως φαίνεται στον πίνακα 3.1.

1	Πραγματική διαθέσιμη βιομάζα, που κατηγοριοποιείται σε:
1α	Άμεσα διαθέσιμη βιομάζα, όπως τα στερεά ή υγρά απόβλητα που προέρχονται κυρίως από τις μεγάλες γεωργικές δραστηριότητες (π.χ. δραστηριότητες ελαιολάδου, εκκόκκιση βαμβακιού), τη δασική βιομηχανία (π.χ. βιομηχανίες χαρτιού), καθώς επίσης και τα αστικά στερεά απόβλητα (ΑΣΑ).
1β	Έμμεσα διαθέσιμη βιομάζα, όπως τα υπολείμματα από τις γεωργικές καλλιέργειες (π.χ. άχυρο, καλαμπόκι και βαμβάκι) και τις δασικές δραστηριότητες (μη-συλλεχθέντα υπολείμματα από τη δασοκομία).
2	Μελλοντικά διαθέσιμη ή «νέα» βιομάζα, δηλαδή ενεργειακές καλλιέργειες (δασικές βραχυπρόθεσμες καλλιέργειες, όπως, παραδείγματος χάριν, τον ευκάλυπτο, τους τύπους ακακιών, κ.λ.π., ή τις λιγνοκυτταρινούχες καλλιέργειες όπως τον μίσχανθο, τον κάλαμο, κ.λ.π.).

Πίνακας 3.1: Ταξινόμηση βιομάζας σύμφωνα με τη διαθεσιμότητα

Ο πίνακας 3.2 εμφανίζει λίστα με τις διάφορες εκτιμήσεις της ετήσιας παραγωγής βιομάζας στην Ελλάδα.

Τύπος βιομάζας	Ετήσια παραγωγή (τόνοι)	Διαθεσιμότητα (%)	Μέση LHV (MJ/kg)	Ενεργειακό δυναμικό (MJ * 10 ⁶)	ΤΙΠ
Α) Φλοιός ελιών	250000	90	16.5	3712	88672
Β) Υπολείμματα εκκόκκισης βαμβακιού	60000	90	15.5	810	19346
Γ) Δασικά υπολείμματα βιομηχανίας	200000	50	16.5	1650	39410

Δ) Οργανικά απόβλητα	17300952	-	-	320	7550
Ε) Γεωργικά υπολείμματα	4290773	10	16.0	10298	245960
ΣΤ) Δασικά υπολείμματα	1370314	10	16.5	2261	54003

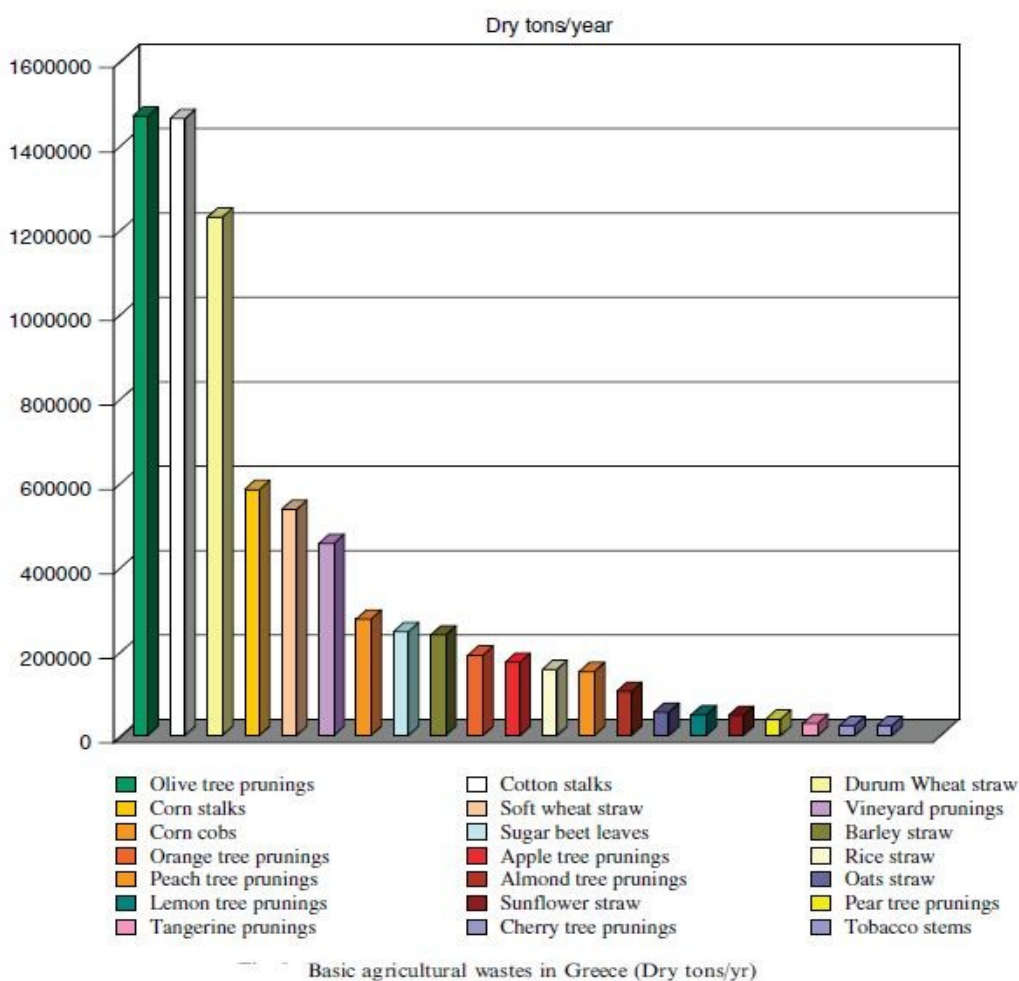
Πίνακας 3.2: Εκτίμηση του ετήσιου ενεργειακού δυναμικού της βιομάζας στην Ελλάδα (2010)

LHV= Lower heating value

1 ΤΙΠ=41868 MJ

3.3.2. Αγροτικά υπολείμματα

Τα αγροτικά υπολείμματα στην Ελλάδα συνιστούν ως τώρα μια βασική πηγή ενέργειας στις γεωργικές περιοχές της Ελλάδας, κυρίως με την καύση ξύλου. Οι βασικές μορφές αγροτικής βιομάζας στις γεωργικές περιοχές που χαρακτηρίζουν την ελληνική αγροτική δραστηριότητα, φαίνονται παρακάτω [6].



Τα βασικά πλεονεκτήματα που προσφέρει η βιομάζα ως πηγή ενέργειας είναι πρωταρχικά η

μείωση των εκπομπών CO₂ και SO₂ στην ατμόσφαιρα και ως εκ τούτου η συμβολή στην αποτροπή της κλιματικής αλλαγής, η αποφυγή ενεργειακής εξάρτησης από εισαγόμενα ορυκτά καύσιμα, η ενίσχυση της εργασίας σε αποκεντρωμένες περιοχές και η συμβολή στην επίτευξη των στόχων παραγωγής πράσινης ενέργειας. Τα μειονεκτήματα της αξιοποίησης της βιομάζας για παραγωγή ενέργειας στην Ελλάδα έγκεινται περισσότερο στον μεγάλο όγκο των αντίστοιχων υλικών, στις δυσκολίες συλλογής και μεταφοράς από απομακρυσμένες αγροτικές περιοχές και νησιά, στα υψηλά επίπεδα υγρασίας στην βιομάζα (που μειώνουν την ενεργειακή της απόδοση), στον εποχιακό χαρακτήρα της παραγωγής πολλών ειδών και στη μεγάλη διαφοροποίηση στην ποιότητα, ακόμα και για το ίδιο δείγμα βιομάζας. Όλοι οι προαναφερθέντες παράγοντες οδηγούν σε μεγάλες επενδύσεις όταν η βιομάζα αξιοποιείται με κάποια θερμοχημική μέθοδο, ενώ, στην περίπτωση της καύσης, είναι ενθαρρυντικός και ο χρόνος απόσβεσης της επένδυσης (ακόμα και έως 3 χρόνια).

Επιπροσθέτως, τελευταία πραγματοποιήθηκαν και μεγάλες επενδύσεις στον τομέα παραγωγής βιοντίζελ, ώστε να μπορέσει να ανταπεξέλθει η Ελλάδα στις ευρωπαϊκές οδηγίες για αξιοποίηση στον τομέα μεταφορών.

Το βασικό κριτήριο για την αξιολόγηση μιας μεθόδου αντιμετώπισης αγροτικής βιομάζας είναι η περιεκτικότητα σε υγρασία και η στοιχειομετρική σχέση C/N (carbon,nitrogen). Για περιεκτικότητες υγρασίας και λόγους C/N>30, η θερμοχημική μετατροπή είναι εφαρμόσιμη με τη μορφή άμεσης καύσης, πυρολύσεως ή αεριοποίησης, αλλιώς είναι προτιμότερη η βιοχημική διεργασία (αερόβια, αναερόβια χώνευση κλπ). Οι περιοχές όπου αγροτικά υπολείμματα παράγονται σε μεγαλύτερο βαθμό είναι η Θεσσαλία, η ανατολική Μακεδονία, η Πελοπόννησος και το νησί της Κρήτης.

3.3.2.1. Θερμοχημική αντιμετώπιση

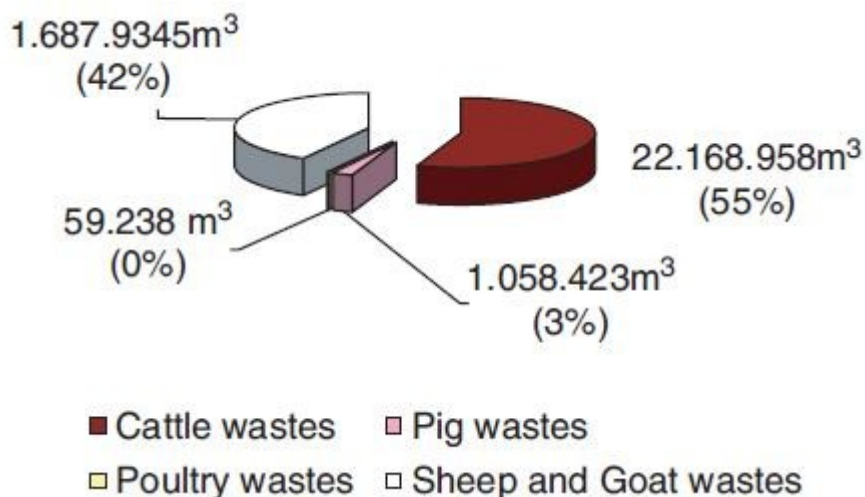
Δυστυχώς δεν υπάρχει οργάνωση σε αυτό το θέμα στην Ελλάδα σήμερα, παρά το γεγονός ότι το δυναμικό της Ελλάδας είναι πολλά υποσχόμενο. Η συνήθης πρακτική στην Ελλάδα είναι η καύση υπολειμμάτων σε αγρούς, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε ανεξέλεγκτες πυρκαγιές και σε επιβάρυνση της ατμόσφαιρας. Υπάρχουν βέβαια και μεμονωμένες αγροτικές βιομηχανίες, οι οποίες με δικιά τους ιδιωτική πρωτοβουλία, καίνε τα υπολείμματά τους προς παραγωγή θερμότητας, την οποία αξιοποιούν στην παραγωγική διαδικασία. Τέτοιες βιομηχανίες είναι συνήθως εργοστάσια εκκοκκισμού, τα οποία χρησιμοποιούν την θερμότητα για να στεγνώνουν το βαμβάκι, μονάδες επεξεργασίας ελιάς που αξιοποιούν τα κουκούτσια για τις θερμικές τους ανάγκες, καθώς και γενικά βιομηχανίες επεξεργασίας φρούτων ή ρυζιού.

3.3.3. Κτηνοτροφικά απόβλητα

Στην ελληνική κτηνοτροφία, εφόσον είναι αναπτυγμένη, παράγεται αξιοσημείωτη ποσότητα αποβλήτων. Με βάση μετριοπαθείς υπολογισμούς, εξαιτίας της κτηνοτροφικής δραστηριότητας, 4550m³ κοπριάς από χοίρους, βοοειδή και πουλικά παράγονται σε καθημερινή βάση, αριθμός που οδηγεί σε ετήσια αποτελέσματα της τάξης των 16.610.000m³ κοπριάς ως απόθεμα. Αυτά τα ζωικά απόβλητα βρίσκονται διασκορπισμένα σε όλες τις κτηνοτροφικές περιοχές της χώρας και προέρχονται κυρίως από μέσου και μεγάλου μεγέθους μονάδες κτηνοτροφίας. Επιπλέον, παραδοσιακά, οι μικρού μεγέθους φάρμες στην ελληνική περιφέρεια δεν μπορούν να αγνοηθούν και, κατά πως φαίνεται, οι περισσότερες από αυτές βρίσκονται σε κεντρική Μακεδονία, Ήπειρο, Θεσσαλία, Εύβοια και Αττική, περιοχές στις οποίες αντιστοιχεί το 55,6% της συνολικής εγχώριας ζωικής βιομάζας.

Σύμφωνα με την ευρωπαϊκή οδηγία (1/5/2003), εισήλθαν αυστηρότεροι όροι όσον αφορά τις συνθήκες ασφαλούς συλλογής, μεταφοράς, αποθήκευσης, διαχείρισης, επεξεργασίας και

απόρριψης ζωικών υποπροϊόντων. Επίσης, όπως είναι γνωστό, οι κοπριές και τα ζωικά απόβλητα περιέχουν παθογόνους οργανισμούς και είναι πηγή προβλημάτων όπως εκπομπές οσμών, ρύπανση και πρόκληση ασθενειών. Ως αποτέλεσμα, πρέπει να αντιμετωπίζονται με προσοχή, ως υποχρέωση απέναντι στην δημόσια υγεία και την γενικότερη προστασία του περιβάλλοντος. Η σαλμονέλα και τα καμπυλοβακτηρίδια είναι υπεύθυνα για την μόλυνση κρέατος και κοπριών από πουλερικά, ενώ η εσερίχια κόλι (*Escherichia coli*) γίνεται πιο ανθεκτική εξαιτίας των αντιβιοτικών που ταΐζονται σε βοοειδή και χοιρινά. Γίνεται ξεκάθαρο πως οι διαδικασίες θέρμανσης είναι πιο αποτελεσματικές στο να θανατώνουν τους παθογείς οργανισμούς, από την συσσώρευση ή την ζύμωση. Με την αναερόβια χώνευση η βιωσιμότητα της αξιοποίησης τέτοιων υπολειμμάτων μπορεί να εξασφαλιστεί μόνο σε μεσαίου και μεγάλου μεγέθους μονάδες, όπου η παραγωγή αποβλήτων είναι σημαντική και συγκεντρωμένη. Η συνολική παραγωγή μεθανίου από τέτοια απόβλητα θα μπορούσε να φτάσει τα 500.000 m³/μέρα με ενεργειακό δυναμικό 400 ΤΟΕ(ΤΙΠ). Με ευρωπαϊκή οδηγία (1774/2002 EC), εισήχθησαν νέες πρακτικές στην αντιμετώπιση ζωικών αποβλήτων, σύμφωνα με τις οποίες οι ζωοτροφές δεν πρέπει να περιέχουν οστά και κρέας ζώων, γεγονός που μεγαλώνει τις ποσότητες ζωικών αποβλήτων στην Ελλάδα.



Σχήμα 3.3: Εκτίμηση παραγωγής ζωικών αποβλήτων στην Ελλάδα [6]

3.3.3.1. Θερμοχημική αντιμετώπιση

Κοπριά ζώων

Οι κοπριές των ζώων αποθηκεύονται συνήθως στις περιοχές γύρω από μεσαίου και μεγάλου μεγέθους κτηνοτροφικές μονάδες και δημιουργούν σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα όπως μόλυνση υπόγειων υδάτων ή εκπομπή αερίων και οσμών. Οι ευρωπαϊκοί κανονισμοί πλέον συνιστούν για την διαχείριση των αποβλήτων είτε κομποστοποίηση είτε παραγωγή βιοαερίου. Στην Ελλάδα ως τώρα, η συνήθης πρακτική ήταν η χρήση της κοπριάς ως φυσικό λίπασμα, ενώ η παραγωγή κοπριάς εκτιμάται ημερησίως σε 38.000 τόνους, οι οποίοι αντιστοιχούν σε δυναμικότητα παραγωγής 1,4 εκατομμυρίων m³ μεθανίου με ενεργειακό ισοδύναμο 1.2 ΤΙΠ.

Ζωικά υποπροϊόντα σφαγής

Τα ζωικά υποπροϊόντα σφαγής αποτελούνται από όλα τα μέρη των σφαγίων που δεν προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση. Τα υποπροϊόντα του κρέατος είναι δυνητικά πηγή ασθενειών. Συνήθως αποτεφρώνονται, ενώ εξετάζονται και ως προς το ενεργειακό τους περιεχόμενο για την περίπτωση θερμοχημικής μετατροπής. Στην Ελλάδα υπάρχουν περί τους 140 αποτεφρωτές, ενώ τα κρεατικά υπολείμματα μπορούν να αξιοποιηθούν και για καλλυντικές

ή φαρμακευτικές χρήσεις. Σε κάθε περίπτωση απαιτούνται συνθήκες 133 °C και 3 bar για τουλάχιστον 20 λεπτά, για την ασφαλή επεξεργασία.

Άλλα υποπροϊόντα είναι τα κόκαλα, το δέρμα, διάφοροι ιστοί, υπόλοιπα ή ακόμα και νεκρά ζώα. Άμεσα καταναλώνεται μόνο το 68% των πουλερικών, 62% των χοιρινών, 54% των βοοειδών και το 52% των αιγοπροβάτων.

3.3.4. Ενεργειακές καλλιέργειες

Οι ενεργειακές καλλιέργειες είναι είδη φυτών που παράγουν βιομάζα (ως βασικό προϊόν) που μπορεί να χρησιμοποιηθεί περαιτέρω για διάφορους ενεργειακούς στόχους, όπως την παραγωγή θερμότητας, την ηλεκτρική ισχύ, τα βιολογικά καύσιμα (στερεές πελλέτες ή υγρό biodiesel, βιοαιθανόλη, κ.λ.π....) [7].

Οι ενεργειακές καλλιέργειες διαιρούνται σε δύο βασικές κατηγορίες: τις γεωργικές ενεργειακές καλλιέργειες και οι δασικές ενεργειακές καλλιέργειες. Οι γεωργικές ενεργειακές καλλιέργειες διαιρούνται περαιτέρω σε ετήσιες και πολυετείς καλλιέργειες. Παρακάτω παρουσιάζονται οι βασικές ενεργειακές καλλιέργειες που θα μπορούσαν να καλλιεργηθούν στην Ελλάδα. Αυτές οι ενεργειακές καλλιέργειες, σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Ένωση είναι οι καταλληλότερες για τις νότιες ευρωπαϊκές χώρες και ειδικά για την Ελλάδα. Διαιρούνται ως εξής (σύμφωνα με τον πίνακα 3.3):

1) Δασικές ενεργειακές καλλιέργειες:

- δύο τύποι ευκαλύπτων (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. & *E. globulus* Labill.)
- Ψευδακακία (*Robinia pseudoacacia*)

2) Γεωργικές ενεργειακές καλλιέργειες:

- Ετήσιες: σακχαρούχο ή γλυκό σόργο (*Sorghum bicolor* L. Moench), ινώδες σόργο (*Sorghum bicolor* L. Moench), κενάφ (*Hibiscus cannabinus* L.), ελαιοκράμβη (*Brassica napus* L.), βρασική η αιθιοπία (*Brassica carinata* L. Braun)
- Πολυετείς: αγριαγκινάρα (*Cynara cardunculus*), καλάμι (*Arundo donax* L.), μίσχανθος (*Miscanthus x giganteus*), switchgrass (*Panicum virgatum*)

3.4. ΤΕΧΝΙΚΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΙΜΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΣΕ ΜΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ

3.4.1. Εισαγωγή

Σε κάθε έναν γεωγραφικό χώρο της Ελλάδας η τοπική διαθεσιμότητα της βιομάζας για την ενεργειακή παραγωγή υπόκειται:

- στις σημαντικές διακυμάνσεις λόγω των καιρικών συνθηκών,
- στις εφαρμόσιμες γεωργικές πρακτικές στην κάθε περιοχή,
- στο επίπεδο επιχορηγήσεων καλλιέργειας,
- στους Ευρωπαϊκούς και τους διεθνείς κανονισμούς (π.χ. Κοινή Αγροτική Πολιτική, Παγκόσμιος Οργανισμός Εμπορίου),
- στις ανταγωνιστικές χρήσεις για την τοπική βιομάζα

Επομένως, η εκτίμηση της διαθεσιμότητας της κατάλληλης βιομάζας για την ενεργειακή παραγωγή, σε μια απόλυτη σταθερή βάση και κάτω από αυστηρά φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά, δεν είναι πιθανή. Εντούτοις, εάν χρησιμοποιηθεί μια καλά δομημένη και

αποδεδειγμένη μεθοδολογία, τότε είναι δυνατό να κατασταθεί μία ασφαλής, ετήσια υπολογισμένη κατά μέσο όρο, εκτίμηση των τεχνικά και οικονομικά διαθέσιμων ποσοτήτων βιομάζας, κατάλληλες για την περαιτέρω ενεργητική χρήση [7].

Ένα επιθυμητό χαρακτηριστικό των μονάδων καύσης βιομάζας και CHP είναι η ικανότητα να χρησιμοποιηθούν ταυτόχρονα οι διάφοροι τύποι βιομάζας. Αυτό το χαρακτηριστικό αυξάνει την τεχνοοικονομική βιωσιμότητα των εγκαταστάσεων, που ενισχύουν τα οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη. Με βάση αυτήν την αρχή, είναι σαφές (ειδικά στις εγκαταστάσεις παραγωγής ισχύος) ότι αυτές οι εγκαταστάσεις πρέπει να έχουν μια ικανότητα πολυτροφοδοσίας, προκειμένου να τροφοδοτηθούν με τη βιομάζα που είναι διαθέσιμη κατά τη διάρκεια κάθε χρονικής περιόδου, αποφεύγοντας την εξάρτηση στα συγκεκριμένα αέρια πετροχημικής βιομηχανίας και τους προμηθευτές. Συνεπώς, λόγω της ικανότητας της πολυτροφοδοσίας, οι εγκαταστάσεις υπόκεινται στην ανεξέλεγκτη διακύμανση της ποιότητας εισόδου καυσίμων. Αυτή η διακύμανση μπορεί να οδηγήσει στην ουσιαστική αύξηση της λειτουργικής δαπάνης.

Όταν ένα ευρύ φάσμα των αρχικών αερίων πετροχημικής βιομηχανίας βιομάζας χρησιμοποιείται στις εγκαταστάσεις, η επιτυχής λειτουργία εξασφαλίζεται από το γεγονός ότι οι θερμοχημικές διαδικασίες (καύση, αεριοποίηση, πυρόλυση) που πραγματοποιούνται στον αρχικό εξοπλισμό επεξεργασίας αυτών των εγκαταστάσεων (αίθουσα καύσης, εξαερωτής, κ.λ.π.) είναι κατάλληλες για ένα ευρύ φάσμα των όρων (π.χ. υψηλή μίξη στις ρευστοποιημένες κλίνες ή αναγκασμένη μετακίνηση στη σχάρα για τις εγκαταστάσεις με την κίνηση των σχαρών) και των υψηλών θερμοκρασιών (>1000 °C για την καύση, 800-1000 °C για την αεριοποίηση και 500 °C για την πυρόλυση). Σε αυτούς τους όρους, η διακύμανση στις φυσικοχημικές ιδιότητες των καυσίμων δεν διαδραματίζει οποιοδήποτε σημαντικό ρόλο (αυτό συμβαίνει κυρίως στην καύση, η οποία είναι η ευρύτετα εφαρμοσμένη τεχνολογία μετατροπής σήμερα) και, συνεπώς, η ικανότητα πολυτροφοδοσίας των εγκαταστάσεων αποτελεί το βασικό χαρακτηριστικό του συνολικού σχεδίου επεξεργασίας τους, δεδομένου ότι δεν υπάρχει κανένα σημαντικό πρόβλημα κατά τη διάρκεια της λειτουργίας.

Παρόμοια είναι η κατάσταση με τις εγκαταστάσεις που παράγουν τα υγρά ρευστά δεύτερης γενιάς, δεδομένου ότι η διαδικασία αεριοποίησης που πραγματοποιείται ανακουφίζει το πρόβλημα των φυσικοχημικών διαφορών στους διάφορους τύπους αερίων βιομάζας πετροχημικής βιομηχανίας. Αφ' ετέρου, στις συμβατικές εγκαταστάσεις που παράγουν τη πρώτη γενιά βιολογικών καυσίμων (βιοαιθανόλη, biodiesel), απαιτείται σταθερή τροφοδοσία. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι είτε οι διαδικασίες μετατροπής χρειάζονται την προσεκτική ρύθμιση των όρων και, συνεπώς, τροφοδοτώντας με τη βιομάζα των σταθερών χαρακτηριστικών (βιοαιθανόλη), ή το τελικό προϊόν πρέπει να αντιστοιχεί στα δεδομένα πρότυπα, οπότε σ' αυτή την περίπτωση, η τροφοδοσία με τις συγκεκριμένες αρχικές πηγές είναι μια προϋπόθεση (biodiesel). Γενικά, σε ένα πρώτο στάδιο, για τη βιωσιμότητα μιας μονάδας μετατροπής βιομάζας πρέπει να ληφθεί υπόψη το ευρύ φάσμα των αρχικών πηγών που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν, ενώ σε ένα δεύτερο στάδιο, πρέπει να επικυρωθεί το τεχνικά διαθέσιμο δυναμικό βιομάζας.

Οι διάφορες κατηγορίες αρχικών πηγών καλύπτουν όλους τους τύπους βιομάζας. Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με τον πίνακα 3.1, αντιπροσωπεύουν:

- Την υψηλή ποιότητα, αλλά δύσκολο να βρεθούν τα υποπροϊόντα βιομάζας (άμεση βιομάζα), που προέρχονται από την βιομηχανία ξύλου (ξύλινα τσιπς, κ.λ.π.) τα οποία έχουν την υψηλή θερμοαντική αξία και τη χαμηλή περιεκτικότητα σε τέφρα και υγρασία.
- Τα γεωργικά απόβλητα (έμμεση βιομάζα, π.χ. υπολείμματα βαμβακιού, ή υπολείμματα αμπελώνων), καθώς επίσης και οργανικά υποπροϊόντα (υπολείμματα θερμοκηπίων, κ.λ.π.), με μια αρκετά μεταβλητή σύνθεση και μια υψηλή τέφρα (5%)

και υγρασία (μέχρι 60%).

- Τις ενεργειακές καλλιέργειες (νέα βιομάζα που αποτελούν την επόμενη γενιά των αρχικών πηγών).

Για τις πρακτικές εφαρμογές και για την πραγματοποίηση των μελετών των σχεδίων επένδυσης βιομάζας, η κατηγοριοποίηση της βιομάζας πρέπει να είναι ακριβέστερη. Οι συγκεκριμένες κατηγορίες βιομάζας που είναι ενδιαφέρουσες για την τροφοδοσία των μονάδων βιομάζας και για την παραγωγή βιολογικών καυσίμων στην Ελλάδα παρουσιάζονται στον πίνακα 3.3. Σε αυτόν τον πίνακα παρουσιάζονται τα νομαρχιακά διαμερίσματα της Ελλάδας που έχουν τη σημαντική δυνατότητα να εκμεταλλευτούν τους συγκεκριμένους τύπους βιομάζας. Κάθε κατηγορία βιομάζας περιλαμβάνει μερικούς τύπους για τους οποίους απαιτείται μια λεπτομερής ανάλυση σχετικά με τη διαθεσιμότητά της. Αυτό γίνεται στο στάδιο μελέτης καυσίμων και είναι μια προϋπόθεση για κάθε οικονομικό σχέδιο της ενεργειακής εκμετάλλευσης της βιομάζας. Η διαθεσιμότητα και τα χαρακτηριστικά κάθε τύπου βιομάζας ποικίλλουν και επομένως απαιτείται μια διαφορετική προσέγγιση. Αυτή η προσέγγιση πρέπει να λάβει υπόψη τις χρηματοοικονομικές και εποχιακές πτυχές, οι οποίες συνδέονται με τη μελλοντική ενεργειακή εκμετάλλευση αυτού του τύπου βιομάζας στις εγκαταστάσεις. Ακόμα μια φορά, υπογραμμίζεται ότι η χρήση της βιομάζας συμπεριλαμβανομένων όσο το δυνατόν περισσότερων τύπων, εξασφαλίζει τη μακροπρόθεσμη τροφοδοσία των εγκαταστάσεων παραγωγής ισχύος και αποβάλλει τα προβλήματα που μπορούν να εμφανιστούν (εποχιακή έλλειψη ενός τύπου βιομάζας, μιας ανόδου τιμών, πιέσεων από τις τοπικές αρχές, κ.λπ.). Αφ' ετέρου, στην περίπτωση των υγρών βιολογικών καυσίμων, είναι σημαντικό να χρησιμοποιηθεί η βιομάζα ενός ή δύο τύπων.

Τύπος βιομάζας	Κατηγορία	Γεωγραφικές περιοχές της Ελλάδας που έχουν υψηλό δυναμικό αυτής της συγκεκριμένης κατηγορίας βιομάζας
A	Καλλιέργεια ελαιολάδου, επεξεργασία και σχετικά προϊόντα	Λακωνία, Μεσσηνία, Ηλεία Ηράκλειο
B	Καλλιέργεια αμπέλων - σταφυλιών	Κορινθία, Κρήτη
Γ	Καλλιέργεια δέντρων(υπολείμματα)	Ημαθία, Πέλλα, Αργολίδα
Δ	Δασοκομία (υπολείμματα)	Ευρυτανία, Ροδόπη
E	Υπολείμματα διάφορων καλλιεργειών	Βοιωτία, Λάρισα, Καρδίτσα, Αιτωλοακαρνανία, Έβρος
ΣΤ	Υπολείμματα θερμοκηπίων	Κρήτη
Z	Ενεργειακές καλλιέργειες	Σχεδόν σε όλες τις γεωργικές περιοχές
H	Οργανικά υποπροϊόντα	Θεσσαλονίκη, Τρίκαλα, Πρέβεζα, Εύβοια, Αιτωλοακαρνανία, Χαλκίδα

Πίνακας 3.3: Κατηγορίες βιομάζας και γεωγραφικές περιοχές για την εκμετάλλευσή της

3.4.2. Μεθοδολογία αξιοποίησης

Η προτεινόμενη μεθοδολογία για τον υπολογισμό της ποσότητας της οικονομικά διαθέσιμης βιομάζας για μια δεδομένη εφαρμογή σε μια ορισμένη περιοχή, ακολουθεί τρία στάδια που περιγράφονται λεπτομερώς παρακάτω.

Στάδιο A: Προσδιορισμός του διαθέσιμου δυναμικού βιομάζας για μια συγκεκριμένη εφαρμογή σε μια συγκεκριμένη περιοχή.

Αυτό το στάδιο αποτελείται από τα ακόλουθα δύο στάδια:

Στάδιο A1: Προσδιορισμός των διάφορων κατηγοριών και των τύπων βιομάζας, που θα μπορούσαν να συμβάλουν στα συγκεκριμένα σενάρια εκμετάλλευσης βιομάζας, σύμφωνα με την καταλληλότητά τους για δεδομένες εγκαταστάσεις ενεργειακής μετατροπής. Σαν γενική αρχή μπορεί να υπογραμμιστεί ότι:

Όλοι οι λιγνοκυτταρινούχοι τύποι (υπολείμματα από την παραγωγή πετρελαίου, υπολείμματα δασοκομίας, ενεργειακές καλλιέργειες ξυλείας) είναι κατάλληλοι κυρίως για:

- παραγωγή των στερεών καυσίμων βιομάζας (πελλέτες και μπρικέτες) και
- παραγωγή ισχύος ή/και θερμότητας.

Όλα τα φυτά που περιέχουν τη ζάχαρη (π.χ. τεύτλο) ή τα αμυλούχα φυτά (π.χ. καλαμπόκι) και γλυκό σόργο είναι κυρίως κατάλληλα για την παραγωγή βιοαιθανόλης, ενώ ο ηλιάνθος και ο σιναπόσπορος για την παραγωγή του biodiesel.

Στάδιο A2: Συλλογή και οργάνωση των στοιχείων της αρχικής παραγωγής για κάθε τύπο βιομάζας στον τομέα εφαρμογής (συνήθως αυτό αντιστοιχεί σε ένα νομαρχιακό διαμερίσμα) Για τον υπολογισμό του θεωρητικά διαθέσιμου δυναμικού βιομάζας, είναι απαραίτητο να υπάρξει μια ανάλυση των ακόλουθων στοιχείων:

- ❖ Συλλογή των πληροφοριών και των στοιχείων της αρχικής παραγωγής (εδώ η πηγή αυτού του στοιχείου πρέπει να εξεταστεί προσεκτικά, από φορείς όπως είναι η εθνική στατιστική υπηρεσία της Ελλάδας, οι γεωργικές αρχές της Ελλάδας, οι αγροτικές διευθύνσεις στα νομαρχιακά διαμερίσματα, κ.λ.π.).
- ❖ Ανάλυση των δεδομένων
- ❖ Ανάπτυξη ενός απλού αλγορίθμου για την εκτίμηση των θεωρητικά διαθέσιμων ποσοτήτων, σύμφωνα με τις διάφορες κατηγορίες και τους τύπους βιομάζας, καθώς επίσης και το ενεργειακό περιεχόμενό τους.

Με βάση αυτά τα στοιχεία και την ανάλυση των φυσικών και χημικών χαρακτηριστικών κάθε αναγνωρισμένου τύπου βιομάζας (χαμηλότερη αξία θέρμανσης, υγρασία, τέφρα, κ.λπ.), πραγματοποιούνται μερικές ρεαλιστικές υποθέσεις, σχετικά με το ενεργειακό περιεχόμενο της θεωρητικά διαθέσιμης βιομάζας. Με βάση αυτές τις υποθέσεις, πραγματοποιούνται μερικές ποσοτικές εκτιμήσεις (με τη βοήθεια μερικών απλών μαθηματικών εξισώσεων) σχετικά με τις πραγματικά διαθέσιμες ποσότητες κάθε τύπου βιομάζας και το ενεργειακό περιεχόμενό τους. Το βασικό αποτέλεσμα του σταδίου A είναι η εποχιακή διανομή του θεωρητικά διαθέσιμου δυναμικού βιομάζας στην επιφάνεια της κατώτερης περιοχής εξέτασης καθώς επίσης και του ενεργειακού περιεχομένου του.

Στάδιο B: Υπολογισμός βάσει των στοιχείων από το στάδιο A, λαμβάνοντας υπόψη τους τοπικούς περιορισμούς και τη λειτουργία της αλυσίδας ανεφοδιασμού, το τεχνικά εκμεταλλεύσιμο δυναμικό για τους αναγνωρισμένους τύπους βιομάζας και τη θεωρητική δυναμικότητα της μονάδας ενεργειακής μετατροπής.

Αυτό το στάδιο αποτελείται από τα ακόλουθα τέσσερα στάδια:

Στάδιο B1: Εξέταση εδάφους στον τομέα εγκαταστάσεων της ενεργειακής μετατροπής βιομάζας, π.χ. η παρουσία τοπικών δικτύων (δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας για την ηλεκτρική παραγωγή, δίκτυο ύδατος για την ψύξη ή άλλες θερμικές χρήσεις όπως το δίκτυο περιφερειακής θέρμανσης,

τρόποι μεταφορών για τη μεταφορά των αρχικών πηγών, κ.λ.π.).

Στάδιο B2: Φυσικοί περιορισμοί (π.χ. % της απώλειας αρχικής ενέργειας κατά τη διάρκεια της παραμονής της βιομάζας στα χωράφια) και απώλειες βιομάζας κατά τη διάρκεια των εργασιών που εκτελούνται στην αλυσίδα ανεφοδιασμού (συλλογή, μεταφορά, αποθήκευση, κ.λ.π.).

Στάδιο B3: Τεχνολογικοί περιορισμοί της μετατροπής, οι οποίοι οδηγούν κατά τη διάρκεια της ανάλυσης και της επιλογής των αναγκαίων διαδικασιών της προγενέστερης επεξεργασίας βιομάζας στις μονάδες μετατροπής (π.χ. ανάγκη για περαιτέρω ξήρανση, μακροπρόθεσμη αποθήκευση, κ.λπ.), σύμφωνα με τον τύπο βιομάζας και την κατηγορία (όπως αυτοί τίθενται στο στάδιο A).

Στάδιο B4: Καθορισμός του θεωρητικού δυναμικού των μονάδων ενεργειακής μετατροπής βιομάζας για τη δεδομένη εφαρμογή, βασισμένη στους τεχνολογικούς περιορισμούς τροφοδοσίας και τη μετατροπή των αναγνωρισμένων αρχικών πηγών της δεδομένης περιοχής.

Το βασικό αποτέλεσμα του σταδίου B είναι ο προσδιορισμός της θεωρητικά μέγιστης δυναμικότητας της δεδομένης μονάδας μετατροπής.

Στάδιο Γ: Υπολογισμός, βασισμένος στα στοιχεία από το στάδιο B και λαμβάνοντας υπόψη πάλι τους τοπικούς περιορισμούς και τη λειτουργία στην πράξη της αλυσίδας ανεφοδιασμού, του τεχνικά και οικονομικά εκμεταλλεύσιμου δυναμικού βιομάζας και της «ρεαλιστικής» δυναμικότητας της δεδομένης μονάδας ενεργειακής μετατροπής βιομάζας.

Αυτό το στάδιο αποτελείται από τα ακόλουθα τέσσερα στάδια:

Στάδιο Γ1: Η εκτίμηση του κόστους της κανονικής απόκτησης, για κάθε έναν αναγνωρισμένο τύπο βιομάζας, το κόστος προεπεξεργασίας (π.χ. εάν απαιτείται σμίλευση) και το κόστος μεταφοράς στη μονάδα μετατροπής. Σε αυτήν την εκτίμηση, λαμβάνεται υπόψη επίσης η χρεωλυσία του εξοπλισμού που απαιτείται για την πραγματοποίηση των εργασιών στην αλυσίδα ανεφοδιασμού (δείτε τα στάδια B2 και B3).

Στάδιο Γ2: Εκτίμηση του συγκεκριμένου κόστους επένδυσης (SIC), σύμφωνα με την εφαρμοσμένη τεχνολογία ενεργειακής μετατροπής για την αρχική βιομάζα (π.χ. σε €/kWγια τις μονάδες ή τη συμπαραγωγή ηλεκτρικής παραγωγής, σε €/τόνους πελλέτες ή σε €/τόνο βιοαιθανόλης ή biodieselγια την παραγωγή βιολογικών καυσίμων), και η κλίμακα της εφαρμογής (μέγεθος των εγκαταστάσεων).

Στάδιο Γ3: Εκτίμηση της συνολικής λειτουργικής δαπάνης (TOC) των εγκαταστάσεων ενεργειακής μετατροπής (€/kWhγια τις μονάδες ηλεκτρικής παραγωγής, σε €/τόνους πελλέτες και σε €/τόνους προϊόντος για τις μονάδες βιοαιθανόλης και biodiesel), σύμφωνα με τη χρησιμοποιούμενη τεχνολογία και την κλίμακα της εφαρμογής (μέγεθος των εγκαταστάσεων).

Στάδιο Γ4: Οικονομική αξιολόγηση του προγράμματος και εξέταση των ακόλουθων οικονομικών παραμέτρων: εσωτερικό ποσοστό επιστροφής (IRR), της απορριμμένης περιόδου επιστροφής (DPP) και της καθαρής παρούσας αξίας (NPV).

Από την αξιολόγηση της οικονομικής βιωσιμότητας των συγκεκριμένων μονάδων μετατροπής, εμφανίζεται η ανάγκη να σημειώσουμε συγκεκριμένες υποθέσεις για τον ανεφοδιασμό της βιομάζας της οποίας η επιλογή θα παρείχε μια οικονομικά βιώσιμη λειτουργία των μονάδων μετατροπής. Οι ποσότητες που αντιστοιχούν σε αυτές τις υποθέσεις θα αποτελέσουν το οικονομικά διαθέσιμο δυναμικό βιομάζας για τη δεδομένη εφαρμογή στη συγκεκριμένη περιοχή. Τα βασικά αποτελέσματα του σταδίου Γ, που είναι το τελικό στάδιο της προτεινόμενης μεθοδολογίας, είναι:

(1) Η τελική απόφαση για την δυναμικότητα των μονάδων μετατροπής και την ακριβή τιμή των

παραμέτρων του μίγματος των καυσίμων τροφοδοσίας με βιομάζα.

(2) Το κόστος καυσίμων(πιο συγκεκριμένα το κόστος των μερικώς αναγνωρισμένων τύπων βιομάζας των εγκαταστάσεων).

(3) Το εισόδημα των αγροτών βιομάζας.

(4) Το συγκεκριμένο κόστος επένδυσης (SIC) των δεδομένων μονάδων μετατροπής (μονάδες της ενεργειακής εκμετάλλευσης της αρχικής βιομάζας).

(5) Η συνολική λειτουργική δαπάνη (TOC) των συγκεκριμένων μονάδων μετατροπής (συμπεριλαμβανομένου ή μη-συμπεριλαμβανομένου του κόστους καυσίμων).

(6) Η οικονομική βιωσιμότητα των μονάδων μετατροπής σε αυτές τις περιοχές.

3.5. ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΥ ΛΑΜΒΑΝΟΝΤΑΙ ΥΠΟΨΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Αρχικά, προκειμένου να πραγματοποιηθεί μια αποδοτική λειτουργία της ισχύος ή/και της συμπαραγωγής, είναι σημαντικό να εξασφαλιστεί η δυνατότητα παράλληλου ανεφοδιασμού των διάφορων καύσιμων [7]. Επομένως, οι ανάγκες τροφοδοσίας αυτών των μονάδων με ένα μίγμα αρχικής ενέργειας, εμφανίζουν νέα κατεύθυνση που πρέπει να ακολουθηθεί από τους αγρότες. Σε αυτήν την περίπτωση, οι αγρότες πρέπει να χρησιμοποιήσουν τα γεωργικά υπολείμμά τους σε συνδυασμό με την ανάπτυξη της νέας βιομάζας (ενεργειακές καλλιέργειες κατάλληλες για την τροφοδοσία των μονάδων ισχύος).

Έτσι λοιπόν, οι αγρότες πρέπει να γνωρίζουν την οργάνωση του ανεφοδιασμού:

- των πηγών αρχικής ενέργειας που παρέχονται ως υποπροϊόντα ή υπολείμματα μιας ορισμένης γεωργίας (π.χ. καλλιέργεια ελιών, καλλιέργειες κρασιού) βασισμένης στη διαχείριση της ήδη διαθέσιμης βιομάζας και
- των αρχικών πηγών που παρέχονται ως βασικά προϊόντα μιας νέας γεωργικής δραστηριότητας όπως οι ενεργειακές καλλιέργειες, με έμφαση στη διαχείριση της νέας βιομάζας.

Επομένως, οι δραστηριότητες των αγροτών πρέπει να συγκεντρωθούν σε δύο σημεία:

- στη ρύθμιση της λειτουργίας της αλυσίδας ανεφοδιασμού για την ήδη διαθέσιμη βιομάζα και, αφ' ετέρου,
- στη δημιουργία των κατάλληλων όρων για την αποδοτική λειτουργία της αλυσίδας ανεφοδιασμού για τη νέα βιομάζα.

Στη συνέχεια, η διαθεσιμότητα των αρχικών πηγών είναι η βασική παράμετρος για τη δυνατότητα πραγματοποίησης των επενδύσεων στην ενεργειακή εκμετάλλευση της βιομάζας.

Μερικές περιοχές στην Ελλάδα με υψηλή γεωργική παραγωγή (πλούσια δυνατότητα βιομάζας) και σχετική υποδομή (εξοπλισμός γεωργικής παραγωγής, τεχνογνωσία και αναπτυγμένο δίκτυο μεταφοράς) είναι οι βασικοί στόχοι για την πραγματοποίηση τέτοιων επενδύσεων.

Είναι σημαντικό, λοιπόν, να αναδείξουμε τις περιοχές της χώρας που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τις κατάλληλες αρχικές πηγές ώστε να μετατραπούν στο τελικό ενεργειακό προϊόν. Αυτές οι πιθανές περιοχές πρέπει να είναι σε θέση να καλύψουν τις απαιτήσεις των μονάδων. Άλλες σημαντικές παράμετροι που πρέπει να ερευνηθούν είναι:

- Οι αποδοτικότητες των περιοχών καλλιέργειας των αρχικών πηγών στα τελικά ενεργειακά προϊόντα.
- Το ποσοστό της αντικατάστασης άλλων (συμβατικών) καλλιεργειών με τις νέες ενεργειακές καλλιέργειες.
- Οι περιοχές στην Ελλάδα (συνήθως αγροτικές), όπου θα ήταν δυνατό να εγκατασταθούν οι τεχνικά εφικτές μονάδες μετατροπής βιομάζας.

Οι τεχνολογίες μετατροπής βιομάζας συγκεντρώνονται σε πέντε κατηγορίες:

- (α) Επεξεργασία και μετατροπή της βιομάζας στα στερεά καύσιμα (πελλέτες ή μπρικέτες)
- (β) Μονάδες biodiesel
- (γ) Μονάδες βιοαιθανόλης
- (δ) Μονάδες επεξεργασίας οργανικών αποβλήτων
- (ε) Μονάδες καύσης βιομάζας για την παραγωγή ισχύος

Όσον αφορά την αντικατάσταση των συμβατικών καλλιεργειών με τις ενεργειακές καλλιέργειες, πρέπει να ληφθούν υπόψη ότι:

(α) Τα πιο αρμόδια φυτά είναι τα ετήσια φυτά, δεδομένου ότι, προκειμένου να επιτευχθεί μια οικονομική καλλιέργεια των πολυετών φυτών, αυτά πρέπει να είναι παραγωγικά για τουλάχιστον τα έτη 15-20 έτη. Επομένως, πρέπει να υπογραφούν μακροπρόθεσμες συμβάσεις. Αυτές οι συμβάσεις πρέπει, καταρχήν, να βεβαιώσουν πλήρως το εισόδημα των παραγωγών και στον ίδιο χρόνο να ικανοποιήσουν το κέρδος επένδυσης των επενδυτών. Εντούτοις, αναμένεται ότι οι αγρότες δεν θα είναι υπέρ των πολυετών φυτών, δεδομένου ότι οι δαπάνες για την πρώτη φυτεία είναι πολύ υψηλές.

(β) Τα πολυετή φυτά προτιμώνται στην περίπτωση των δύσκολων περιοχών (λοφωδών, χωρίς δυνατότητα ύδατος, φτωχών σε οργανικές ουσίες, κ.λ.π.), που είναι είτε μη κατάλληλες για την καλλιέργεια των ετήσιων φυτών, ή είναι μη κατάλληλες για τις εφαρμογές μεγάλης κλίμακας (λόγω στη δυσκολία για να εφαρμοστεί καλλιέργεια βασισμένη σε μηχανήματα).

(γ) Η συγκομιδή του κενάφ, του ινώδους σόργου και του καλάμου γίνεται με τις ίδιες μηχανές όπως στην περίπτωση του καλαμποκιού, ενώ για την περίπτωση της αγριαγκινάρας με τις ίδιες μηχανές όπως των σιταριών.

Μια τελευταία παρατήρηση σχετικά με την προτεινόμενη μεθοδολογία είναι ότι η τεχνική δυνατότητα πραγματοποίησης των εγκαταστάσεων μετατροπής (που σημαίνουν την αρχική διαθεσιμότητα των πηγών) και η πετυχημένη εγκατάσταση των μονάδων εξαρτώνται, επίσης, από άλλες παραμέτρους που θα μπορούσαν να διαδραματίσουν επίσης έναν σημαντικό ρόλο για την επιλογή της κατάλληλης περιοχής εγκατάστασης. Πιο συγκεκριμένα:

- i. Οι γειτονικοί λιμένες ή οι σιδηροδρομικοί σταθμοί, συμβάλλουν στην οικονομική μεταφορά των αρχικών πηγών και τα τελικά ενεργειακά προϊόντα στις αγορές.
- ii. Οι γειτονικές εγκαταστάσεις καθαρισμού (στην περίπτωση της βιοαιθανόλης) ή οι σχετικές γεωργικές βιομηχανίες (π.χ. βιομηχανία σπόρου-λαδιού) μπορούν να διαδραματίσουν έναν σημαντικό θετικό ρόλο στις εγκαταστάσεις.
- iii. Η παράλληλη χρήση άλλων αρχικών πηγών (ενεργειακές καλλιέργειες ή βιομηχανικά φυτά, π.χ. τεύτλα και καλαμπόκι).
- iv. Η συνεργασία με την ελληνική βιομηχανία ζάχαρης στην περίπτωση της βιοαιθανόλης.
- v. Η θερμότητα των αποβλήτων από τις εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τις τεράστιες θερμικές ανάγκες των μονάδων βιοαιθανόλης. Επομένως, ένας συνδυασμός αυτών των δύο τύπων μονάδων θα μπορούσε να οδηγήσει σε περισσότερους οικονομικούς τύπους.
- vi. Το παρόν και μελλοντικό σύστημα επιχορήγησης για τα βιολογικά καύσιμα θα μπορούσε να είναι ζωτικής σημασίας για αυτές τις επενδύσεις.

3.6. ΚΟΣΤΟΣ ΤΩΝ ΑΡΧΙΚΩΝ ΠΗΓΩΝ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους που δείχνουν τη βιωσιμότητα των μονάδων που μετατρέπουν την αρχική βιομάζα στα τελικά ενεργειακά προϊόντα είναι το κόστος προμήθειας των αρχικών πηγών στην πύλη αυτών των μονάδων [8].

Αυτό το κόστος αποτελείται από τα ακόλουθα μέρη:

- ❖ το κόστος παραγωγής των αρχικών πηγών
- ❖ το κόστος προγενέστερης επεξεργασίας, είτε στο χώρο παραγωγής τους (π.χ. σμίλευση) οπότε σ' αυτή την περίπτωση το κόστος προστίθεται στο κόστος προμήθειας, ή στη μονάδα μετατροπής (π.χ. ξήρανση), οπότε σ' αυτή την περίπτωση είναι μέρος της γενικής

λειτουργικής δαπάνης των εγκαταστάσεων

- ❖ το κόστος μεταφοράς των αρχικών πηγών στη μονάδα μετατροπής
- ❖ το κέρδος του παραγωγού της αρχικής πηγής και του μεταφορέα

Το κόστος παραγωγής των αρχικών πηγών πρέπει να χωριστεί λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι η βιομάζα μπορεί να είναι ήδη διαθέσιμη (όπως παραδείγματος χάριν τα γεωργικά υπολείμματα του τομέα της καλλιέργειας ελαιολάδου, ή τα υποπροϊόντα μιας συγκεκριμένης διαδικασίας παραγωγής, π.χ. υπολείμματα βιομηχανίας ξύλου, ή καύσιμα δεύτερης γενεάς και οργανικά απόβλητα), ή νέα (ενεργειακές καλλιέργειες). Ακόμη, οι αγρότες είναι αρμόδιοι και για την παραγωγή και για τη μεταφορά των αρχικών πηγών στις εγκαταστάσεις μετατροπής. Με αυτό τον τρόπο ο παραγωγός είναι ο μεταφορέας και το κέρδος του παραγωγού υπολογίζεται και για την παραγωγή και για τη μεταφορά στις εγκαταστάσεις.

Η σμίλευση των αρχικών πηγών στο χωράφι και η παραγωγή των κομματιών είναι μια πολύ σημαντική και ζωτικής σημασίας μέθοδος για τη διαχείριση και την προγενέστερη επεξεργασία για τις περισσότερες από τις αρχικές πηγές για τους ακόλουθους λόγους:

- * Αυξάνει σημαντικά τη συγκεκριμένη πυκνότητα του μεταφερόμενου υλικού, από 75 έως 125 kg/m³ για την βιομάζα ξύλου (π.χ. γλυκό και ινώδες σόργο, καλαμπόκι, κ.λπ.), μέχρι 300 έως 350 kg/m³ για τα τσιπ (υπάρχει μια αύξηση στην ενεργειακή πυκνότητα των αρχικών πηγών περίπου 200%) και, συνεπώς, αυτή οδηγεί σε μια πιο οικονομική και περιβαλλοντικά συμφέρουσα μεταφορά των τσιπ στις εγκαταστάσεις μετατροπής.
- * Η επεξεργασία των τσιπ στις εγκαταστάσεις μετατροπής (αποθήκευση, μεταφορά, που τροφοδοτεί άλλες μονάδες μετατροπής προκειμένου να βελτιωθούν οι φυσικοχημικές ιδιότητες της βιομάζας, π.χ. ξήρανση) είναι πολύ ευκολότερη από αυτή της μη-προεπεξεργασμένης βιομάζας.

Το κόστος της σμίλευσης της βιομάζας είναι μια λειτουργία διάφορων παραμέτρων, ο σημαντικότερος των οποίων είναι το δυναμικό της αναγκαίας ενοργάνωσης. Υπολογίζεται ότι το κόστος για τις ενεργειακές καλλιέργειες (η καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου επεξεργασία) είναι περίπου €4-6/ξηρό τόνο.

Οι αρχικές πηγές (διάφοροι τύποι βιομάζας), έχοντας συλλεχθεί στα κεντρικά σημεία συλλογής, μεταφέρονται με φορτηγά στις εγκαταστάσεις μετατροπής. Το κόστος μεταφοράς των αρχικών πηγών εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Στην περίπτωση στην οποία η μεταφορά βιομάζας γίνεται με φορτηγά που καλύπτουν τις σύντομες αποστάσεις στις εγκαταστάσεις (π.χ. από μια ακτίνα περίπου 30 χλμ), το κόστος υπολογίζεται σύμφωνα με τις ακόλουθες υποθέσεις:

- μέση απόσταση των εγκαταστάσεων μετατροπής από το χώρο παραγωγής βιομάζας: 30 χλμ
- απόσταση που καλύπτεται από το φορτηγό: (2 * 30) = 60 χλμ
- μέση ταχύτητα του φορτηγού: 40 km/h
- διάρκεια της υπηρεσίας του φορτηγού: (60/40) = 1,5 ώρα
- χρόνος φόρτωσης της βιομάζας στο φορτηγό: 0,4 ώρες
- χρόνος εκφόρτωσης της βιομάζας στις εγκαταστάσεις μετατροπής: 0,1 ώρες
- συνολική διάρκεια μιας ολοκληρωμένης υπηρεσίας: (1,5 + 0,4 + 0,1) = 2 ώρες
- αριθμός υπηρεσιών κάθε ημέρα (για 8 ώρες ημερησίως χρόνος απασχόλησης): (8/2) = 4
- μέση χωρητικότητα φορτίου των φορτηγών: 30 m³

Υποθέτοντας τις μέσες ημερήσιες συνολικές δαπάνες (προσωπικές δαπάνες, αναλώσιμα, χρησιμοποίηση του φορτηγού, κ.λ.π...) από ένα φορτηγό ότι είναι περίπου €220/ημέρα, το σχετικό κόστος της μεταφοράς για κάθε τύπο βιομάζας παρέχεται από την εξίσωση (1):

$$\text{Ημερήσιες συνολικές δαπάνες (€) } / [(\text{αριθμός υπηρεσιών ανά ημέρα}) * (\text{Χωρητικότητα φορτίου}) * (\text{Ειδική πυκνότητα βιομάζας (S.G.)}) * (100 - (\text{Περιεκτικότητα υγρασίας} \% (\text{M.C.})) / 100]$$

(Εξίσωση 1)

$220 / [4 * 30 * S.G. * (100 - M.C.)/100]$

1.833 * (100/S.G.*(100-M.C.)) €/dry kg

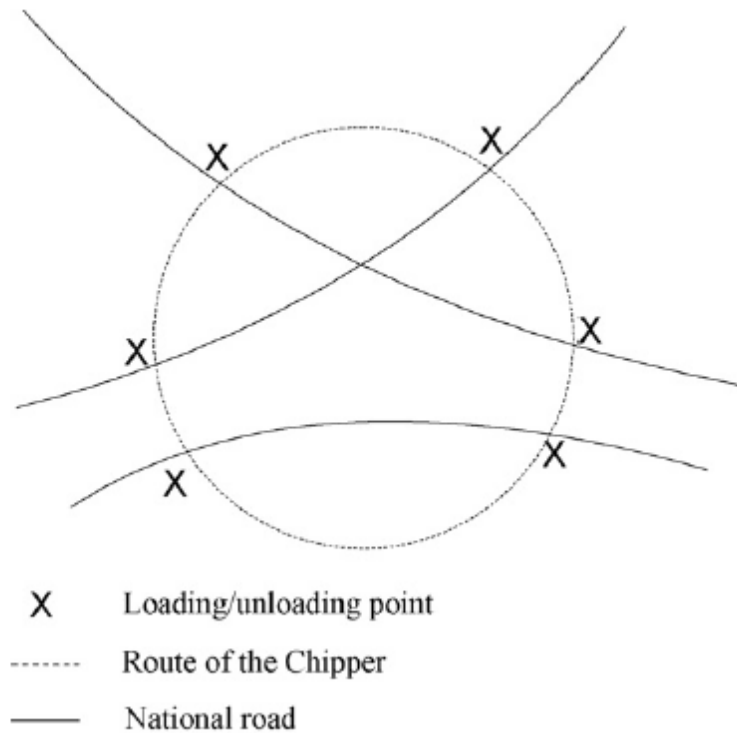
Αναμένεται ότι εάν τα σχέδια επένδυσης για την ενεργειακή εκμετάλλευση της βιομάζας πραγματοποιηθούν (με ενεργειακές καλλιέργειες ή/και υπολείμματα βιομάζας ως αρχικές πηγές), ένα μεγάλο ποσό βιομάζας θα μεταφέρεται από το χωράφι παραγωγής στις εγκαταστάσεις μετατροπής όπου θα μετατραπούν στα τελικά ενεργειακά προϊόντα. Επομένως, απαιτείται μια συστηματική οργάνωση της επεξεργασίας των αρχικών πηγών προκειμένου να μειωθούν το κόστος προγενέστερης επεξεργασίας και το κόστος μεταφοράς σε αυτές τις μονάδες. Οι αρχικές πηγές είναι δυνατόν να παραδοθούν άμεσα στις μονάδες μετατροπής, που συλλέγονται από τους παραγωγούς που είναι σε μια απόσταση 10 χλμ. Εντούτοις, στις περιπτώσεις στις οποίες απαιτείται ένα μεγάλο ποσό καυσίμων, χρειάζεται η πλήρης οργάνωση της αρχικής επεξεργασίας πηγών, προκειμένου να μειωθεί το συνολικό κόστος προγενέστερης επεξεργασίας (σμίλευση) και μεταφοράς.

Υποτίθεται ότι οι παραγωγοί της βιομάζας από τις ενεργειακές καλλιέργειες θα οργανωθούν με έναν τρόπο ώστε να είναι αρμόδιοι επίσης για τη μεταφορά των αρχικών πηγών στις μονάδες μετατροπής, με τη δημιουργία των **επιχειρήσεων για την επεξεργασία και την παροχή των καυσίμων (Companies for the Treatment and Supplying of the Fuel - CTSF)**. Σύμφωνα με αυτό το στοιχείο, ο εξοπλισμός της επεξεργασίας της αρχικής βιομάζας ανήκει σε CTSF. Έτσι οι παραγωγοί, που αποτελούν το CTSF, θα είναι αρμόδιοι για τη συνολική επεξεργασία των καυσίμων, από την παραγωγή στην παράδοση στην πύλη των εγκαταστάσεων. Επιπλέον, εξετάζεται ένα απλό σχέδιο της επεξεργασίας και η λειτουργία της αλυσίδας ανεφοδιασμού, δεδομένου ότι μπορεί να αναληφθεί από CTSF. Αυτό το σχέδιο αναφέρεται στα φυτά ξύλου, όπως τη δασοκομία, αλλά και στις ενεργειακές καλλιέργειες όπως το σόργο καλαμποκιού, γλυκό και ινώδες, κ.λ.π. Σύμφωνα με το δεδομένο σχέδιο μεταχείρισης, ειδικές αλωνιστικές μηχανές χρησιμοποιούνται για να κόψουν τις αρχικές πηγές, προκειμένου αυτές να συλλεχθούν στην πλευρά του χωραφιού και, διαδοχικά, να πελεκούνται από την κίνηση των πελεκιών.

Τα τσιπ φορτώνονται στα εμπορευματοκιβώτια, τα οποία οδηγούνται (σε μια ομάδα δύο ή τριών εμπορευματοκιβωτίων) για τις μεγάλες αποστάσεις (20-50 χλμ) με την χρήση των φορτηγών των εγκαταστάσεων μετατροπής. Συνεπώς, η επεξεργασία της παραχθείσας αρχικής βιομάζας χρειάζεται τον ακόλουθο εξοπλισμό:

- (α) αλωνιστικές μηχανές για τη συλλογή της καλλιερημένης βιομάζας
- (β) κινούμενα πελέκια, ή σταθερά πελέκια (για τα μεγαλύτερα ποσά βιομάζας) που θα μεταχειριστούν τη βιομάζα στο χωράφι
- (γ) εμπορευματοκιβώτια, όπου η πελεκημένη βιομάζα θα καταχωρηθεί προσωρινά
- (δ) φορτηγά που μεταφέρουν την πελεκημένη βιομάζα στις εγκαταστάσεις μετατροπής.

Τα πελέκια ακολουθούν μια ακτινωτή διαδρομή, που φορτώνει τα εμπορευματοκιβώτια με έναν τρόπο που στο τέλος τα πλήρη φορτωμένα εμπορευματοκιβώτια παρέχονται στα φορτηγά (σχήμα 3.4). Δεδομένου ότι η βιομάζα πελεκείται, μεταφέρεται με ανοιχτά φορτηγά στις εγκαταστάσεις μετατροπής. Στις εγκαταστάσεις υπάρχουν δύο (ή περισσότερα) συστήματα εκφόρτωσης, ώστε να αποτραπούν οι καθυστερήσεις κατά τη διάρκεια της εκφόρτωσης των καυσίμων, ή τα προβλήματα σχετικά με την τροφοδοσία καυσίμων στην περίπτωση την οποία ένα σύστημα είναι χαλασμένο. Τα σημεία εκφόρτωσης θα περιλάβουν μια τάφρο για τις ρόδες των φορτηγών. Το φορτηγό θα ξεφορτωθεί με τις υδραυλικές πλατφόρμες που θα εγερθούν προς μια γωνία 60° από την οριζόντια θέση.



Σχήμα 3.4: Διαδρομή των κινούμενων πελεκιών

3.7. Η ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η Ευρωπαϊκή Ένωση στις αρχές του 2008 υιοθέτησε ένα νέο στρατηγικό στόχο για την ενεργειακή της πολιτική, γνωστό και ως “τα τρία 20 έως το 2020”, καθώς προβλέπεται για όλα τα κράτη – μέλη:

- α) 20% μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 σύμφωνα με την Οδηγία 2009/29/ΕΚ,
- β) 20% διείσδυση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας σύμφωνα με την Οδηγία 2009/28/ΕΚ και γ) 20% εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας.

Στόχος της ενεργειακής πολιτικής της Ε.Ε. είναι η διαμόρφωση μιας οικονομίας με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, πιο βιώσιμη, πιο ασφαλούς και πιο ανταγωνιστικής. Η Ελλάδα, έχοντας δεσμευτεί για τον παραπάνω στόχο, έχει προχωρήσει σε ριζικές αλλαγές στον τομέα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές με τον νόμο 3851/2010, απλοποιώντας σημαντικά τις διαδικασίες αδειοδότησης για ηλεκτροπαραγωγή.

Τα βασικότερα σημεία του νόμου 3851/2010 «*Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής*» παρουσιάζονται παρακάτω [18].

3.7.1. Εθνικός στόχος Α.Π.Ε.

Η προστασία του κλίματος, μέσω της προώθησης της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε., αποτελεί περιβαλλοντική και ενεργειακή προτεραιότητα υψίστης σημασίας για τη χώρα.

Οι εθνικοί στόχοι για τις Α.Π.Ε., με βάση την Οδηγία 2009/28/ΕΚ (EEL, 140/2009), καθορίζονται μέχρι το έτος 2020 ως εξής:

- α) Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας σε ποσοστό 20%.
- β) Συμμετοχή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. στην ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε ποσοστό τουλάχιστον 40%.
- γ) Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. στην τελική κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη σε ποσοστό τουλάχιστον 20%.
- δ) Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. στην τελική κατανάλωση ενέργειας στις μεταφορές σε ποσοστό τουλάχιστον 10%

3.7.2. Άδεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α.

Η άδεια για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. και Σ.Η.Θ.Υ.Α. χορηγείται με απόφαση της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας (Ρ.Α.Ε.) με βάση τα παρακάτω κριτήρια:

- α) Της εθνικής ασφάλειας.
- β) Της προστασίας της δημόσιας υγείας και ασφάλειας.
- γ) Της εν γένει ασφάλειας των εγκαταστάσεων και του σχετικού εξοπλισμού του Συστήματος και του Δικτύου.
- δ) Της ενεργειακής αποδοτικότητας του έργου για το οποίο υποβάλλεται η σχετική αίτηση, όπως η αποδοτικότητα αυτή προκύπτει, για τα έργα Α.Π.Ε., από μετρήσεις του δυναμικού Α.Π.Ε. και για τις μονάδες Σ.Η.Θ.Υ.Α. από τα ενεργειακά ισοζύγιά τους. Ειδικά για το αιολικό δυναμικό, οι υποβαλλόμενες μετρήσεις πρέπει να έχουν εκτελεστεί από πιστοποιημένους φορείς, σύμφωνα με το πρότυπο DIN-EN ISO/IEC17025/2000, όπως ισχύει κάθε φορά.
- ε) Της ωριμότητας της διαδικασίας υλοποίησης του έργου, όπως προκύπτει από μελέτες που έχουν εκπονηθεί, γνωμοδοτήσεις αρμόδιων υπηρεσιών, καθώς και από άλλα συναφή στοιχεία.
- στ) Της εξασφάλισης ή της δυνατότητας εξασφάλισης του δικαιώματος χρήσης της θέσης εγκατάστασης του έργου.
- ζ) Της δυνατότητας του αιτούντος ή των μετόχων ή εταίρων του να υλοποιήσει το έργο με βάση την επιστημονική και τεχνική επάρκειά του και της δυνατότητας εξασφάλισης της απαιτούμενης χρηματοδότησης από ίδια κεφάλαια ή τραπεζική χρηματοδότηση έργου ή κεφάλαια επιχειρηματικών συμμετοχών ή συνδυασμό αυτών.
- η) Της διασφάλισης παροχής υπηρεσιών κοινής ωφέλειας και προστασίας των πελατών.
- θ) Της δυνατότητας υλοποίησης του έργου σε συμμόρφωση με το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Α.Π.Ε. και ειδικότερα με τις διατάξεις του για τις περιοχές αποκλεισμού χωροθέτησης εγκαταστάσεων Α.Π.Ε., εφόσον οι περιοχές αυτές έχουν οριοθετηθεί κατά τρόπο ειδικό και συγκεκριμένο, καθώς και τις διατάξεις του για τον έλεγχο της φέρουσας ικανότητας στις περιοχές που επιτρέπονται Α.Π.Ε., ώστε να διασφαλίζεται η κατ' αρχήν προστασία του περιβάλλοντος.
- ι) Της συμβατότητας του έργου με το Εθνικό Σχέδιο Δράσης για την επίτευξη των στόχων.

Στη συνέχεια η Ρ.Α.Ε., πριν εκδώσει την απόφασή της, μπορεί να συνεργάζεται με τον Διαχειριστή του Συστήματος ή του Δικτύου ή των Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών για τον κατ'αρχήν καθορισμό του τρόπου και του σημείου σύνδεσης του σταθμού με το Σύστημα ή το Δίκτυο. Ο καθορισμός αυτός γίνεται μέσα σε είκοσι (20) ημέρες από την ημερομηνία υποβολής του ερωτήματος της Ρ.Α.Ε. προς τον Διαχειριστή και δεν συνεπάγεται δέσμευση του Διαχειριστή ή της Ρ.Α.Ε. για την ύπαρξη διαθέσιμου ηλεκτρικού χώρου κατά τη χορήγηση της Προσφοράς Σύνδεσης. Η Ρ.Α.Ε. εξετάζει αν πληρούνται τα κριτήρια που αναφέρονται παραπάνω και αποφασίζει για τη χορήγηση ή μη άδειας παραγωγής μέσα σε δύο (2) μήνες από την υποβολή της αίτησης, εφόσον ο φάκελος είναι πλήρης, άλλως από τη συμπλήρωσή του. Ο φάκελος θεωρείται πλήρης, αν μέσα σε τριάντα (30) ημέρες από την υποβολή του δεν ζητηθούν εγγράφως από τον αιτούντα συμπληρωματικά στοιχεία.

Η απόφαση αναρτάται στην ιστοσελίδα της Ρ.Α.Ε. και κοινοποιείται στον Υπουργό Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής με επιμέλειά της και δημοσιεύεται αμελλητί σε μία ημερήσια εφημερίδα πανελλαδικής κυκλοφορίας με μέριμνα του δικαιούχου. Ο Υπουργός ελέγχει αυτεπαγγέλτως τη νομιμότητά της μέσα σε είκοσι (20) ημέρες από την περιέλευσή της σε αυτόν.

Μέσα σε προθεσμία δεκαπέντε (15) ημερών από την ανάρτηση στην ιστοσελίδα της Ρ.Α.Ε. της απόφασης της Ρ.Α.Ε. όποιος έχει έννομο συμφέρον μπορεί να ασκήσει προσφυγή κατ' αυτής για έλεγχο της νομιμότητάς της.

Ο Υπουργός αποφαινεται επί της προσφυγής μέσα σε είκοσι (20) ημέρες από την κατάθεσή της στο Υπουργείο. Αν παρέλθει άπρακτη η προθεσμία αυτή τεκμαίρεται η απόρριψη της προσφυγής. Μέχρι να ολοκληρωθεί ο έλεγχος νομιμότητας αναστέλλεται η διαδικασία αδειοδότησης. Μετά την ολοκλήρωση του ελέγχου νομιμότητας, η απόφαση της Ρ.Α.Ε. καταχωρίζεται στο μητρώο που τηρεί η Αυτοτελής Υπηρεσία για Α.Π.Ε. του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής.

Η άδεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. και Σ.Η.Θ.Υ.Α. χορηγείται για χρονικό διάστημα μέχρι είκοσι πέντε (25) έτη και μπορεί να ανανεώνεται μέχρι ίσο χρόνο. Εάν μέσα σε τριάντα (30) μήνες από τη χορήγησή της δεν εκδοθεί άδεια εγκατάστασης, η άδεια παραγωγής παύει αυτοδικαίως να ισχύει, εκδιδομένης σχετικής διαπιστωτικής πράξης από τη Ρ.Α.Ε.. Στο χρονικό διάστημα των τριάντα (30) μηνών δεν υπολογίζονται:

- α) Ο χρόνος αναστολής με δικαστική απόφαση της άδειας παραγωγής ή άλλης άδειας ή έγκρισης που απαιτείται για τη χορήγηση άδειας εγκατάστασης.
- β) Ο χρόνος καθυστέρησης που οφείλεται σε πράξεις ή παραλείψεις των αρμόδιων υπηρεσιών ή σε άλλους αντικειμενικούς λόγους που δεν αφορούν τον κάτοχο της άδειας παραγωγής.

Στις ανωτέρω περιπτώσεις, ο δικαιούχος της άδειας μπορεί να υποβάλει, πριν από την παρέλευση των τριάντα (30) μηνών, αίτηση στη Ρ.Α.Ε. για τη χορήγηση παράτασης. Η άδεια παραγωγής εξακολουθεί να ισχύει έως την έκδοση της απόφασης της Ρ.Α.Ε. επί της αιτήσεως αυτής.

Η χορήγηση άδειας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α. δенаπαλλάσσει τον κάτοχό της από την υποχρέωση να λάβει άλλες άδειες ή εγκρίσεις που προβλέπονται από την κείμενη νομοθεσία, όπως η έγκριση περιβαλλοντικών όρων και οι άδειες εγκατάστασης και λειτουργίας. Η χορήγηση άδειας παραγωγής αποτελεί προϋπόθεση της υποβολής αιτήματος για τη χορήγηση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (Ε.Π.Ο.). Πριν από τη χορήγηση της άδειας παραγωγής, οι αρμόδιες υπηρεσίες οφείλουν να εξετάζουν αιτήσεις ενδιαφερομένων για την έκδοση γνωμοδοτήσεων σχετικών με την εγκατάσταση σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, που απαιτούνται στο πλαίσιο της διαδικασίας

περιβαλλοντικής αδειοδότησης, σύμφωνα με τις κείμενες διατάξεις.

Σε περίπτωση αλληλοεπικάλυψης αιτήσεων για χορήγηση άδειας παραγωγής σε σταθμούς Α.Π.Ε. σε ορισμένη περιοχή ή σε περίπτωση που η Ρ.Α.Ε. χρειάζεται να προβεί σε συγκριτική αξιολόγηση αιτήσεων λόγω των ρυθμίσεων του χωροταξικού σχεδιασμού ή και λόγω περιορισμένης ικανότητας του δικτύου, προτεραιότητα στη λήψη της άδειας έχουν οι αιτήσεις που υποβάλλονται από νομικά πρόσωπα στα οποία μετέχουν οι Ο.Τ.Α., στα όρια των οποίων χωροθετείται ο σταθμός, με ποσοστό συμμετοχής που δεν μπορεί να είναι μικρότερο από 33%. Για τη διενέργεια αξιολόγησης κατά την παράγραφο αυτή πρέπει οι συγκρινόμενες αιτήσεις να έχουν υποβληθεί σε χρονικό διάστημα που δεν υπερβαίνει τις δέκα (10) ημέρες από την υποβολή της πρώτης από αυτές. Απαγορεύεται, με ποινή ανάκλησης της άδειας, η μεταβίβαση σε οποιονδήποτε τρίτο των μετοχών που κατέχουν οι Ο.Τ.Α., καθώς και η μεταβίβαση ή ενεχυρίαση των δικαιωμάτων που απορρέουν από αυτές, στα οποία συμπεριλαμβάνονται και τα δικαιώματα ψήφου στη Γενική Συνέλευση και λήψης μερισμάτων, για χρονικό διάστημα πέντε (5) ετών από την έναρξη λειτουργίας του έργου.

Κατά την αξιολόγηση αιτήσεων για τη χορήγηση άδειας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α., που υποβάλλονται από νομικά πρόσωπα, στο μετοχικό ή εταιρικό κεφάλαιο των οποίων μετέχουν τουλάχιστον είκοσι (20) πρόσωπα με μετοχική ή εταιρική συμμετοχή, κατ' ανώτατο όριο, μέχρι εκατό χιλιάδες (100.000) ευρώ το καθένα, συνεκτιμάται η συμμετοχή σε αυτά: α) φυσικών προσώπων που είναι δημότες του Ο.Τ.Α., πρώτου ή δεύτερου βαθμού, όπου πρόκειται να εγκατασταθεί το έργο ή β) νομικών προσώπων που ανήκουν σε αυτούς τους Ο.Τ.Α. ή γ) τοπικών συλλόγων ή δ) αστικών μη κερδοσκοπικών εταιρειών, με έδρα εντός των διοικητικών ορίων αυτών των Ο.Τ.Α.. Αν χορηγηθεί άδεια παραγωγής, η προθεσμία της για τη λήψη της άδειας εγκατάστασης ορίζεται σε τριάντα (30) μήνες.

Εξαιρούνται από την υποχρέωση να λάβουν άδεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ή άλλη διαπιστωτική απόφαση φυσικά ή νομικά πρόσωπα που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια από τις εξής κατηγορίες εγκαταστάσεων Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α.:

α) γεωθερμικούς σταθμούς με εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύ μικρότερη ή ίση του μισού (0,5) MW,

β) σταθμούς βιομάζας, βιοαερίου και βιοκαυσίμων με εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύ μικρότερη ή ίση του ενός (1) MW,

γ) φωτοβολταϊκούς ή ηλιοθερμικούς σταθμούς με εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύ μικρότερη ή ίση του ενός (1) MWp, δ) αιολικές εγκαταστάσεις με εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύ μικρότερη ή ίση των εκατό (100) kW,

ε) σταθμούς Σ.Η.Θ.Υ.Α. με εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύ μικρότερη ή ίση του ενός (1) MWe,

στ) σταθμούς από Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α. με εγκατεστημένη ισχύ έως πέντε (5) MWe, που εγκαθίστανται από εκπαιδευτικούς ή ερευνητικούς φορείς του δημόσιου ή ιδιωτικού τομέα, για όσο χρόνο οι σταθμοί αυτοί λειτουργούν αποκλειστικά για εκπαιδευτικούς ή ερευνητικούς σκοπούς, καθώς και σταθμούς που εγκαθίστανται από το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.), για όσο χρόνο οι σταθμοί αυτοί λειτουργούν για τη διενέργεια πιστοποιήσεων ή μετρήσεων,

ζ) αυτόνομους σταθμούς από Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α. οι οποίοι δεν συνδέονται στο Σύστημα ή στο Δίκτυο, με εγκατεστημένη ισχύ μικρότερη ή ίση των πέντε (5) MWe, χωρίς δυνατότητα τροποποίησης της αυτόνομης λειτουργίας τους. Τα πρόσωπα που έχουν την ευθύνη της λειτουργίας των σταθμών της περίπτωσης αυτής, υποχρεούνται, πριν εγκαταστήσουν τους σταθμούς, να ενημερώνουν τον αρμόδιο Διαχειριστή για τη θέση, την ισχύ και την τεχνολογία των σταθμών αυτών, και

η) λουπούς σταθμούς με εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύ μικρότερη ή ίση των πενήντα (50) kW, εφόσον οι σταθμοί αυτοί χρησιμοποιούν Α.Π.Ε., με μορφή διαφορετική από αυτή που προβλέπεται στις προηγούμενες περιπτώσεις.

Το όριο ισχύος στις περιπτώσεις γ' και δ' ισχύει για το σύνολο των σταθμών που ανήκουν στο ίδιο φυσικό ή νομικό πρόσωπο και εγκαθίστανται στο ίδιο ή όμορο ακίνητο και η τιμολόγηση γίνεται με βάση την αθροιστική ισχύ του συνόλου των σταθμών.

Ο αρμόδιος Διαχειριστής ενημερώνει, στο τέλος κάθε ημερολογιακού διμήνου, την Αυτοτελή Υπηρεσία για Α.Π.Ε. του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής και τη Ρ.Α.Ε. για τη σύνδεση των σταθμών της προηγούμενης παραγράφου και αναρτά τα σχετικά στοιχεία στην ιστοσελίδα του.

Οι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α. δεν επιτρέπεται να μεταβιβάζονται πριν από την έναρξη της λειτουργίας τους. Κατ' εξαίρεση, επιτρέπεται η μεταβίβαση τους σε νομικά πρόσωπα, εφόσον το εταιρικό κεφάλαιο της εταιρείας προς την οποία γίνεται η μεταβίβαση κατέχεται εξ ολοκλήρου από το μεταβιβάζον φυσικό ή νομικό πρόσωπο.

Ο αρμόδιος Διαχειριστής υποχρεούται, ύστερα από αίτηση του ενδιαφερομένου, να προβαίνει στις αναγκαίες ενέργειες για τη σύνδεση των σταθμών με το Σύστημα ή το Διασυνδεδεμένο Δίκτυο ή το Δίκτυο των Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών, εκτός αν συντρέχουν τεκμηριωμένοι τεχνικοί λόγοι που δικαιολογούν την άρνηση της σύνδεσης, σύμφωνα με όσα ορίζονται στους αντίστοιχους Κώδικες Διαχείρισης, ή υφίσταται κορεσμός των δικτύων.

Κατά την υπογραφή της Σύμβασης Σύνδεσης ο αρμόδιος Διαχειριστής διενεργεί έλεγχο στους σταθμούς που υπάγονται στις περιπτώσεις α' έως στ' και η', προκειμένου να βεβαιωθεί ότι εγκαθίστανται σε ακίνητο το οποίο ανήκει στην κυριότητα ή βρίσκεται στη νόμιμη χρήση του φορέα του σταθμού.

Για τη χορήγηση της άδειας παραγωγής, την τροποποίηση ή την ανάκλησή της, υποβάλλεται αίτηση στη Ρ.Α.Ε., η οποία συνοδεύεται από όλα τα έγγραφα που ορίζονται στην απόφαση που εκδίδεται. Με την ίδια απόφαση καθορίζονται τα στοιχεία της αίτησης και της απόφασης της Ρ.Α.Ε., καθώς και τα στοιχεία αυτών τα οποία δημοσιοποιούνται με επιμέλεια της Ρ.Α.Ε. στην ιστοσελίδα της ή με οποιονδήποτε άλλο πρόσφορο τρόπο.

3.7.3. Έγκριση Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Ε.Π.Ο.) και άδειες εγκατάστασης και λειτουργίας

Για την εγκατάσταση ή επέκταση σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α., απαιτείται σχετική άδεια. Η άδεια αυτή χορηγείται με απόφαση του Γενικού Γραμματέα της Περιφέρειας, εντός των ορίων της οποίας εγκαθίσταται ο σταθμός. Η άδεια εγκατάστασης χορηγείται μέσα σε προθεσμία δεκαπέντε (15) εργάσιμων ημερών από την ολοκλήρωση της διαδικασίας ελέγχου των δικαιολογητικών. Ο έλεγχος αυτός πρέπει σε κάθε περίπτωση να έχει ολοκληρωθεί μέσα σε τριάντα (30) εργάσιμες ημέρες από την κατάθεση της σχετικής αίτησης. Αν η άδεια δεν εκδοθεί μέσα στο ανωτέρω χρονικό διάστημα, ο αρμόδιος Γενικός Γραμματέας της Περιφέρειας υποχρεούται να εκδώσει διαπιστωτική πράξη με ειδική αιτιολογία για την αδυναμία έκδοσής της. Η πράξη αυτή με ολόκληρο τον σχετικό φάκελο διαβιβάζεται στον Υπουργό Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, ο οποίος αποφασίζει για την έκδοση ή μη της άδειας εγκατάστασης μέσα σε τριάντα (30) ημέρες από την παραλαβή των ανωτέρω εγγράφων. Για την έκδοση των αδειών εγκατάστασης μπορεί να παρέχεται από το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.) στον Υπουργό Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής γραμματειακή, τεχνική, επιστημονική υποστήριξη αντί αμοιβής, η οποία καθορίζεται με απόφαση των Υπουργών Οικονομικών και

Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής.

Μετά την έκδοση της άδειας παραγωγής από τη Ρ.Α.Ε., ο ενδιαφερόμενος προκειμένου να του χορηγηθεί άδεια εγκατάστασης, ζητά ταυτόχρονα την έκδοση:

α) Προσφοράς Σύνδεσης από τον αρμόδιο Διαχειριστή.

β) Απόφασης Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (Ε.Π.Ο.), και

γ) Άδειας Επέμβασης σε δάσος ή δασική έκταση, εφόσον απαιτείται, ή γενικά των αναγκαίων αδειών για την απόκτηση του δικαιώματος χρήσης της θέσης εγκατάστασης του έργου.

Ο αρμόδιος Διαχειριστής με απόφασή του χορηγεί μέσα σε τέσσερις (4) μήνες την Προσφορά Σύνδεσης που ζητήθηκε, η οποία οριστικοποιείται και καθίσταται δεσμευτική:

α) με την έκδοση της απόφασης Ε.Π.Ο. για το σταθμό Α.Π.Ε. ή,

β) αν δεν απαιτείται απόφαση Ε.Π.Ο., με τη βεβαίωση από την αρμόδια περιβαλλοντική αρχή της οικείας Περιφέρειας ότι ο σταθμός Α.Π.Ε. απαλλάσσεται από την υποχρέωση αυτή.

Η Προσφορά Σύνδεσης ισχύει για τέσσερα (4) έτη από την οριστικοποίησή της και δεσμεύει τον Διαχειριστή και τον δικαιούχο.

Αφού καταστεί δεσμευτική η Προσφορά Σύνδεσης, ο δικαιούχος ενεργεί:

α) για τη χορήγηση άδειας εγκατάστασης σύμφωνα με τις διατάξεις του παρόντος άρθρου,

β) για τη σύναψη της Σύμβασης Σύνδεσης και της Σύμβασης Πώλησης. Οι Συμβάσεις αυτές υπογράφονται και ισχύουν από τη χορήγηση της άδειας εγκατάστασης, εφόσον απαιτείται,

γ) για τη χορήγηση αδειών, πρωτοκόλλων ή άλλων εγκρίσεων που τυχόν απαιτούνται σύμφωνα με τις διατάξεις της ισχύουσας νομοθεσίας για την εγκατάσταση του σταθμού, οι οποίες εκδίδονται χωρίς να απαιτείται η προηγούμενη χορήγηση της άδειας εγκατάστασης,

δ) για την τροποποίηση της απόφασης Ε.Π.Ο. ως προς τα έργα σύνδεσης, εφόσον απαιτείται.

Για την έκδοση απόφασης Ε.Π.Ο. των έργων από Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α. υποβάλλεται πλήρης φάκελος και Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Μ.Π.Ε.) στην αρμόδια για την περιβαλλοντική αδειοδότηση αρχή.

Η αρμόδια αρχή εξετάζει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και τα προτεινόμενα μέτρα πρόληψης και αποκατάστασης, μεριμνά για την τήρηση των διαδικασιών δημοσιοποίησης και αποφαιίνεται για τη χορήγηση ή μη απόφασης Ε.Π.Ο. μέσα σε τέσσερις (4) μήνες από το χρόνο που ο φάκελος θεωρήθηκε πλήρης. Ο φάκελος θεωρείται πλήρης, εάν μέσα σε είκοσι (20) ημέρες από την υποβολή του δεν ζητηθούν εγγράφως από τον ενδιαφερόμενο συμπληρωματικά στοιχεία. Η αδειοδοτούσα αρχή δεν μπορεί να ζητήσει εκ νέου από τον ενδιαφερόμενο συμπληρωματικά στοιχεία εκτός από διευκρινίσεις επί στοιχείων που είχαν ήδη ζητηθεί εγγράφως.

Η απόφαση Ε.Π.Ο. για την εγκατάσταση σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α. ισχύει για δέκα (10) έτη και μπορεί να ανανεώνεται, με αίτηση που υποβάλλεται υποχρεωτικά έξι (6) μήνες πριν από τη λήξη της, για μία ή περισσότερες φορές, μέχρι ίσο χρόνο κάθε φορά. Μέχρι την έκδοση της απόφασης ανανέωσης εξακολουθούν να ισχύουν οι προηγούμενοι περιβαλλοντικοί όροι. Μετά το πέρας της λειτουργίας του σταθμού Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α., ο φορέας του σταθμού υποχρεούται να αποξηλώσει τους υπερκείμενους του εδάφους εξοπλισμούς και να αποκαταστήσει κατά το δυνατό τις επεμβάσεις σύμφωνα με τους όρους που προβλέπονται στην απόφαση Ε.Π.Ο., ή σε περίπτωση απαλλαγής από αυτή, τους όρους που επιβάλλονται από την αρμόδια περιβαλλοντική αρχή της οικείας Περιφέρειας κατά τη χορήγηση της απόφασης απαλλαγής.

Κατά την έκδοση της άδειας εγκατάστασης σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α. οι οποίοι συνδέονται με το Σύστημα, το Δίκτυο ή το Δίκτυο των Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών, τηρούνται υποχρεωτικά και οι ρυθμίσεις που προβλέπονται στους Κώδικες Διαχείρισης για τη σύνδεση σταθμών.

Η άδεια εγκατάστασης ισχύει για δύο (2) έτη και μπορεί να παρατείνεται, κατ' ανώτατο όριο, για ίσο χρόνο, μετά από αίτηση του κατόχου της, εφόσον:

- α) κατά τη λήξη της διετίας έχει εκτελεσθεί έργο, οι δαπάνες του οποίου καλύπτουν το 50% της επένδυσης, ή
- β) δεν συντρέχει η προϋπόθεση της ανωτέρω περίπτωσης α' αλλά έχουν συναφθεί οι αναγκαίες συμβάσεις για την προμήθεια του εξοπλισμού ο οποίος απαιτείται για την υλοποίηση του έργου, ή
- γ) υφίσταται αναστολή με δικαστική απόφαση οποιασδήποτε άδειας απαραίτητης για τη νόμιμη εκτέλεση του έργου.

Για τη λειτουργία των σταθμών απαιτείται άδεια λειτουργίας. Η άδεια αυτή χορηγείται με απόφαση του οργάνου που είναι αρμόδιο για τη χορήγηση της άδειας εγκατάστασης, μετά από αίτηση του ενδιαφερομένου και έλεγχο από κλιμάκιο των αρμόδιων Υπηρεσιών της τήρησης των τεχνικών όρων εγκατάστασης στη δοκιμαστική λειτουργία του σταθμού, καθώς και έλεγχο της διασφάλισης των αναγκαίων λειτουργικών και τεχνικών χαρακτηριστικών του εξοπλισμού του, που μπορεί να διενεργείται και από το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.). Η άδεια λειτουργίας χορηγείται μέσα σε αποκλειστική προθεσμία είκοσι (20) ημερών από την ολοκλήρωση των ανωτέρω ελέγχων.

Η άδεια λειτουργίας σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α. ισχύει για είκοσι (20) τουλάχιστον έτη και μπορεί να ανανεώνεται μέχρι ίσο χρονικό διάστημα.

Οι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α. που εξαιρούνται από την υποχρέωση άδειας παραγωγής, απαλλάσσονται και από την υποχρέωση να λάβουν άδεια εγκατάστασης και λειτουργίας. Αντίθετα, υποχρεούνται στην τήρηση της διαδικασίας περιβαλλοντικής αδειοδότησης.

3.7.4. Ένταξη και σύνδεση σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε.

Στην περίπτωση σύνδεσης νέου σταθμού ηλεκτροπαραγωγής από Α.Π.Ε. στο Σύστημα μέσω υφιστάμενου υποσταθμού ανύψωσης υψηλής τάσης, ο δικαιούχος της οικείας άδειας παραγωγής μπορεί να επιλέξει το τμήμα σύνδεσης, μεταξύ του κεντρικού πίνακα μέσης τάσης του σταθμού Α.Π.Ε. και του υποσταθμού ανύψωσης να ανήκει στην κυριότητά του.

Στην περίπτωση σύνδεσης νέου σταθμού ηλεκτροπαραγωγής από Α.Π.Ε. ή συγκροτήματος αιολικών πάρκων στο Σύστημα μέσω νέων υποσταθμών ανύψωσης, ο κάτοχος της οικείας άδειας παραγωγής μπορεί να επιλέξει το τμήμα σύνδεσης, μεταξύ του κεντρικού πίνακα μέσης τάσης του κάθε σταθμού Α.Π.Ε. και του τερματικού υποσταθμού ανύψωσης, και ο νέος τερματικός υποσταθμός ανύψωσης να ανήκουν στην κυριότητά του, μέχρι τα όρια του Συστήματος σύμφωνα με όσα προβλέπονται στον Κώδικα Διαχείρισης και σε κάθε περίπτωση, μη συμπεριλαμβανομένου του κεντρικού αυτόματου διακόπτη υψηλής ή υπερυψηλής τάσης του τερματικού υποσταθμού, του οποίου η ιδιοκτησία, η διαχείριση και η συντήρηση ανήκουν στον Κύριο του Συστήματος ή τον αρμόδιο Διαχειριστή κατά περίπτωση. Στις περιπτώσεις αυτές:

- (α) Νοείται ότι ο σταθμός ηλεκτροπαραγωγής από Α.Π.Ε. συνδέεται απευθείας στο Σύστημα.

(β) Ο κάτοχος της οικείας άδειας παραγωγής κατασκευάζει τα έργα σύνδεσης που ανήκουν στην κυριότητά του και αποκτά τη διαχείριση και την ευθύνη λειτουργίας και συντήρησης των έργων αυτών. Η τάση και τα λοιπά τεχνικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά των έργων σύνδεσης που ανήκουν στην κυριότητα του κατόχου της οικείας άδειας παραγωγής καθορίζονται από αυτόν, υπό την αίρεση της συμμόρφωσής τους με τους σχετικούς διεθνείς κανονισμούς και τις ελάχιστες απαιτήσεις του Κυρίου του Συστήματος και του αρμόδιου Διαχειριστή για την ομαλή σύνδεση και συνεργασία τους με το Σύστημα όσον αφορά τις διακοπτικές προστασίες στην πλευρά της υψηλής ή υπερυψηλής τάσης και τα συστήματα επικοινωνίας και ανταλλαγής πληροφοριών με το Σύστημα.

(γ) Ο κάτοχος της άδειας παραγωγής δεν έχει δικαίωμα να αρνηθεί τη σύνδεση νέου παραγωγού στον υποσταθμό, εκτός αν συντρέχει περίπτωση έλλειψης χωρητικότητας του δικτύου, που τεκμηριώνεται με αιτιολογημένη γνώμη του αρμόδιου διαχειριστή του ηλεκτρικού συστήματος.

Ο νέος χρήστης καταβάλλει στους κατόχους άδειας παραγωγής των συνδεδεμένων σταθμών αντάλλαγμα για τα κοινά έργα σύνδεσης, σύμφωνα με τις σχετικές διατάξεις του Κώδικα Διαχείρισης του Συστήματος και Συναλλαγών Ηλεκτρικής Ενέργειας για την υλοποίηση έργων για σύνδεση χρήστη. Με απόφαση της Ρ.Α.Ε. είναι δυνατόν να θεσπίζεται η ειδικότερη μεθοδολογία καθορισμού του ανωτέρω ανταλλάγματος και ο τρόπος καταβολής του. Ο κύριος των κοινών έργων σύνδεσης υποχρεούται να εκτελεί τις εντολές του Διαχειριστή για τη λειτουργία αυτών.

Κατά τη σύνδεση σταθμών Α.Π.Ε. στο Σύστημα, ο Διαχειριστής του Συστήματος μπορεί να επιβάλει αιτιολογημένα την υλοποίηση πρόσθετων έργων ή την εγκατάσταση εξοπλισμών που δεν απαιτούνται για τη διοχέτευση της παραγόμενης ενέργειας στο Σύστημα, με σκοπό να πληρούνται πρόσθετες τεχνικές ή λειτουργικές απαιτήσεις, περιλαμβανομένης της απαίτησης για εφαρμογή του κριτηρίου $v-1$. Στις περιπτώσεις αυτές το πρόσθετο κόστος καθορίζεται τεκμηριωμένα μεταξύ του παραγωγού Α.Π.Ε., του Διαχειριστή και του Κυρίου του Συστήματος κατά τη χορήγηση της Προσφοράς Σύνδεσης και την υπογραφή της Σύμβασης Σύνδεσης και καλύπτεται από τον Κύριο του Συστήματος. Ο Κύριος του Συστήματος ανακτά το κόστος αυτό, μέσω του μηχανισμού χρέωσης χρήσης Συστήματος ή κατά τη σύνδεση νέου χρήστη σύμφωνα με τις διατάξεις του Κώδικα Διαχείρισης του Συστήματος και Συναλλαγών Ηλεκτρικής Ενέργειας για την υλοποίηση έργων σύνδεσης.

3.7.5. Ορθολογικοποίηση της τιμολόγησης ενέργειας που παράγεται από σταθμούς Α.Π.Ε. και Σ.Η.Θ.Υ.Α.

Η σύμβαση πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από σταθμούς Α.Π.Ε. και Σ.Η.Θ.Υ.Α. ισχύει για είκοσι (20) έτη και μπορεί να παρατείνεται, σύμφωνα με τους όρους της άδειας αυτής, μετά από έγγραφη συμφωνία των μερών, εφόσον ισχύει η σχετική άδεια παραγωγής.

Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από Παραγωγό ή Αυτοπαραγωγό μέσω σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α. τιμολογείται, σε μηνιαία βάση, κατά τα ακόλουθα:

α) Η τιμολόγηση γίνεται με βάση την τιμή, σε ευρώ ανά μεγαβατώρα (MWh), της ηλεκτρικής ενέργειας που απορροφάται από το Σύστημα ή το Δίκτυο, συμπεριλαμβανομένου και του Δικτύου Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών.

β) Η τιμολόγηση της ηλεκτρικής ενέργειας κατά την προηγούμενη περίπτωση γίνεται με βάση τα στοιχεία του ακόλουθου πίνακα:

Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από:	Τιμή ενέργειας (€/MWh)	
	Διασυνδεδεμένο σύστημα	Μη διασυνδεδεμένα νησιά
(α) Αιολική ενέργεια που αξιοποιείται με χερσαίες εγκαταστάσεις ισχύος μεγαλύτερης των 50kW	87,85	99,45
(β) Αιολική ενέργεια που αξιοποιείται με χερσαίες εγκαταστάσεις ισχύος μικρότερης ή ίσης των 50kW	250	
(γ) Φωτοβολταϊκά έως 100kW _{peak} στον οικιακό τομέα και σε μικρές επιχειρήσεις (σύμφωνα με το ειδικό πρόγραμμα σε κτιριακές εγκαταστάσεις – ΚΥΑ 12323/ΓΓ 175/4.6.2009, Β' 1079)	550	
(δ) Υδραυλική ενέργεια που αξιοποιείται με μικρούς υδροηλεκτρικούς σταθμούς με εγκατεστημένη ισχύ έως δεκαπέντε (15) MW _e	87,85	
(ε) Ηλιακή ενέργεια που αξιοποιείται από ηλιοθερμικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής	264,85	
(στ) Ηλιακή ενέργεια που αξιοποιείται από ηλιοθερμικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής με σύστημα αποθήκευσης, το οποίο εξασφαλίζει τουλάχιστον 2 ώρες λειτουργίας στο ονομαστικό φορτίο	284,85	
(ζ) Γεωθερμική ενέργεια χαμηλής θερμοκρασίας κατά την παρ. 1στ του άρθρου 2 του νόμου 3175/2003 (Α' 207)	150	
(η) Γεωθερμική ενέργεια υψηλής θερμοκρασίας κατά την παρ. 1στ του άρθρου 2 του νόμου 3175/2003 (Α' 207)	99,45	
(θ) Βιομάζα που αξιοποιείται από σταθμούς με εγκατεστημένη ισχύ ≤ 1 MW (εξαιρουμένου του βιοαποδομήσιμου κλάσματος αστικών αποβλήτων)	200	
(ι) Βιομάζα που αξιοποιείται από σταθμούς με εγκατεστημένη ισχύ > 1 MW και ≤ 5 MW (εξαιρουμένου του βιοαποδομήσιμου κλάσματος αστικών αποβλήτων)	175	
(ια) Βιομάζα που αξιοποιείται από σταθμούς με εγκατεστημένη ισχύ > 5 MW (εξαιρουμένου του βιοαποδομήσιμου κλάσματος αστικών αποβλήτων)	150	
(ιβ) Αέρια εκλυόμενα από χώρους υγειονομικής ταφής και από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού και βιοαέρια από βιομάζα (συμπεριλαμβανομένου και του	120	

βιοαποδομήσιμου κλάσματος αποβλήτων), με εγκατεστημένη ισχύ ≤ 2 MW		
(ιγ) Αέρια εκλυόμενα από χώρους υγειονομικής ταφής και από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού και βιοαέρια από βιομάζα (συμπεριλαμβανομένου και του βιοαποδομήσιμου κλάσματος αποβλήτων), με εγκατεστημένη ισχύ > 2 MW	99,45	
(ιδ) Βιοαέριο που προέρχεται από βιομάζα (κτηνοτροφικά και αγροτοβιομηχανικά οργανικά υπολείμματα και απόβλητα) με εγκατεστημένη ισχύ ≤ 3 MW	220	
(ιε) Βιοαέριο που προέρχεται από βιομάζα (κτηνοτροφικά και αγροτοβιομηχανικά οργανικά υπολείμματα και απόβλητα) με εγκατεστημένη ισχύ > 3 MW	200	
(ιστ) Σ.Η.Θ.Υ.Α.	87,85 x ΣΡ	99,45 x ΣΡ
(ιζ) Λοιπές Α.Π.Ε. (συμπεριλαμβανομένων και των σταθμών ενεργειακής αξιοποίησης του βιοαποδομήσιμου κλάσματος αστικών αποβλήτων που πληρούν τις προδιαγραφές της Ευρωπαϊκής νομοθεσίας όπως εκάστοτε αυτές ισχύουν)	87,85	99,45

Πίνακας 3.4: Τιμολόγηση ηλεκτρικής ενέργειας για παραγωγούς και αυτοπαραγωγούς

Οι τιμές της περίπτωσης (ιστ) του ανωτέρω πίνακα που αφορούν σε σταθμούς Σ.Η.Θ.Υ.Α. που κάνουν χρήση φυσικού αερίου προσαυξάνονται κατά ποσό ίσο με την τιμή επί το συντελεστή ρήτρας φυσικού αερίου ο οποίος ορίζεται ως εξής: $\Sigma P = 1 + (M.T.\Phi.A. - 26) / (100 \times \eta_{el})$ Όπου:

M.T.Φ.Α.: η ανά τρίμηνο μέση μοναδιαία τιμή πώλησης φυσικού αερίου για συμπαραγωγή σε €/MWh ανωτέρας θερμογόνου δύναμης (Α.Θ.Δ.) στους χρήστες Φ.Α. στην Ελλάδα, εξαιρουμένων των πελατών ηλεκτροπαραγωγής. Η τιμή αυτή ορίζεται με μέριμνα της Δ.Ε.Π.Α. Α.Ε. και κοινοποιείται ανά τρίμηνο στον Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε..

η_{el} : ο ηλεκτρικός βαθμός απόδοσης της διάταξης Σ.Η.Θ.Υ.Α. επί ανωτέρας θερμογόνου δύναμης (Α.Θ.Δ.) φυσικού αερίου, η οποία ορίζεται σε 0,33 για μονάδες Σ.Η.Θ.Υ.Α. ≤ 1 MWe, και σε 0,35 για μονάδες Σ.Η.Θ.Υ.Α. > 1 MWe. Η τιμή του ΣΡ δεν μπορεί να είναι μικρότερη της μονάδας.

Στην περίπτωση που οι ανωτέρω Σ.Η.Θ.Υ.Α. που κάνουν χρήση φυσικού αερίου αξιοποιούν τα καυσαέρια για γεωργικούς σκοπούς ο συντελεστής ΣΡ μπορεί να προσαυξάνεται με απόφαση της Ρ.Α.Ε. μέχρι 20%.

Η τιμολόγηση της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από Παραγωγό ή Αυτοπαραγωγό μέσω σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Σ.Η.Θ.Υ.Α. πραγματοποιείται ανά μήνα με βάση τη Μ.Τ.Φ.Α. του προηγούμενου τριμήνου. Οι τιμές του ανωτέρω πίνακα για τους Αυτοπαραγωγούς ηλεκτρικής ενέργειας ισχύουν μόνο για σταθμούς Α.Π.Ε. και Σ.Η.Θ.Υ.Α. με εγκατεστημένη ισχύ έως τριάντα πέντε (35) MW και για το πλεόνασμα της ηλεκτρικής ενέργειας που διατίθεται στο Σύστημα ή το Δίκτυο, το οποίο μπορεί να ανέλθει μέχρι ποσοστό 20% της συνολικά παραγόμενης, από τους σταθμούς αυτούς, ηλεκτρικής ενέργειας, σε ετήσια βάση. Η τιμολόγηση της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από Παραγωγό ή Αυτοπαραγωγό μέσω σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Σ.Η.Θ.Υ.Α. πραγματοποιείται ανά μήνα με βάση

τη Μ.Τ.Φ.Α. του προηγούμενου τριμήνου.

Η παραγόμενη ενέργεια από σταθμούς Α.Π.Ε., εφόσον οι επενδύσεις υλοποιούνται χωρίς τη χρήση δημόσιας επιχορήγησης, τιμολογείται με βάση τις τιμές του ανωτέρω πίνακα τιμολόγησης, προσαυξημένες κατά ποσοστό 20% για τις περιπτώσεις (α),(δ), (ζ), (η) και (ιζ), καθώς και κατά ποσοστό 15% για τις περιπτώσεις (θ) έως (ιε). Για την περίπτωση (ιστ), η προσαύξηση κατά 15% εφαρμόζεται μόνο στο σταθερό σκέλος της τιμολόγησης, εφόσον η επένδυση υλοποιείται χωρίς επιχορήγηση από οποιοδήποτε εθνικό, ευρωπαϊκό ή διεθνές πρόγραμμα ή αναπτυξιακό νόμο, για την κάλυψη τμήματος της σχετικής δαπάνης ούτε υπόκειται σε φοροαπαλλαγή οποιασδήποτε μορφής περιλαμβανομένου και του αφορολόγητου αποθεματικού.

3.7.6. Διαδικασία έκδοσης αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

Με την υπουργική απόφαση 13310 του 2006 καθορίζονται οι διαδικασίες που απαιτούνται για την έκδοση αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε.

Παρακάτω περιγράφονται όλες οι ενέργειες που πρέπει να γίνουν, καθώς και τα απαραίτητα δικαιολογητικά που απαιτούνται για την έκδοση των αδειών.

3.7.6.1. Διαδικασία διατύπωσης προσφοράς σύνδεσης σταθμού στο σύστημα ή το δίκτυο

Ο κάτοχος της Άδειας Παραγωγής υποβάλλει στον αρμόδιο Διαχειριστή, αίτημα για τη διατύπωση προσφοράς σύνδεσης του σταθμού, το οποίο περιλαμβάνει περιγραφή του τρόπου σύνδεσης του Σταθμού καθώς και του εκτιμώμενου χρονικού ορίζοντα της σύνδεσης.

Με την αίτηση υποβάλλεται αντίγραφο της άδειας παραγωγής, καθώς και τα ακόλουθα δικαιολογητικά:

- α) Τοπογραφικά διαγράμματα σε υπόβαθρο της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (ΓΥΣ) υπό κλίμακα 1:5000 και 1:50.000 με σημειωμένο ευκρινώς τον χώρο εγκατάστασης του σταθμού.
- β) Διάγραμμα κάλυψης σε κλίμακα 1:200 έως 1:500 των προτεινόμενων εγκαταστάσεων, με ένδειξη της θέσης των μονάδων, των υποσταθμών ζεύξης/ανύψωσης και των κτιρίων ελέγχου.
- γ) Ηλεκτρικό μονογραμμικό διάγραμμα, στο οποίο θα παρουσιάζεται λεπτομερώς ο σημαντικός εξοπλισμός της εγκατάστασης και ιδιαίτερα οι μονάδες παραγωγής όπου κάθε μονάδα θα χαρακτηρίζεται με διακριτή αρίθμηση, οι μετασηματιστές ανύψωσης τάσης, οι διατάξεις αντιστάθμισης και τα μέσα απόζευξης και προστασίας.
- δ) Περιγραφή των διατάξεων κεντρικής αντιστάθμισης αέργου ισχύος του σταθμού εάν υπάρχουν, καθώς και του συστήματος ελέγχου αυτών.
- ε) Περιγραφή των διατάξεων προστασίας, περιλαμβανομένων των δυνατών ή και των συνιστώμενων από τον κατασκευαστή ρυθμίσεων, για κάθε είδος χρησιμοποιούμενης γεννήτριας.
- στ) Περιγραφή της διάταξης εκκίνησης/συγχρονισμού για κάθε είδος χρησιμοποιούμενης γεννήτριας. Στην περιγραφή αυτή περιλαμβάνονται ο τρόπος εκκίνησης/συγχρονισμού, οι συγκεκριμένες τιμές για τη χρονική διάρκεια και την ταχύτητα περιστροφής κατά την ζεύξη, καθώς και τα όρια απόκλισης τάσης και συχνότητας που τηρούνται από την διάταξη συγχρονισμού. Εάν το σύστημα εποπτείας και ελέγχου των μονάδων και του σταθμού περιορίζει τη συχνότητα των χειρισμών ή/και το δηλούμενο στο σημείο 7.1. του Παραρτήματος αριθμό των

μονάδων που εκκινούν ταυτόχρονα, τότε πρέπει να παρασχεθούν αναλυτικότερες πληροφορίες.

ζ) Περιγραφή της διάταξης αντιστάθμισης για κάθε είδος χρησιμοποιούμενης γεννήτριας, που διαθέτει τοπικές διατάξεις αντιστάθμισης, καθώς πληροφορίες για τυχόν κεντρικές διατάξεις αντιστάθμισης που αναφέρονται στο σύνολο του σταθμού.

η) Προκειμένου για εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν μετατροπείς ισχύος, πιστοποιητικό μέτρησης του μέγιστου αναμενόμενου πλάτους των αρμονικών εξόδου από αναγνωρισμένο φορέα πιστοποίησης, καθώς και περιγραφή των φίλτρων αρμονικών εάν υπάρχουν. Ο τρόπος μέτρησης των αρμονικών πρέπει να είναι συμβατός με το πρότυπο IEC 6100047.

θ) Τα στοιχεία του Παραρτήματος σχετικά με τα τεχνικά χαρακτηριστικά των μονάδων παραγωγής.

ι) Τυχόν πρόσθετα στοιχεία που απαιτεί ο αρμόδιος Διαχειριστής σύμφωνα με τα προβλεπόμενα στον Κώδικα Διαχείρισης Συστήματος και Συναλλαγών Ηλεκτρικής Ενέργειας και τον Κώδικα Διαχείρισης του Δικτύου και μη Διασυνδεδεμένων Νησιών ή οφείλει να λάβει υπόψη του.

3.7.6.2. Διαδικασία υποβολής αίτησης για λήψη άδειας εγκατάστασης

Ο κάτοχος της Άδειας Παραγωγής μετά τη θεώρηση των τοπογραφικών διαγραμμάτων υποβάλλει στην Αρχή τους ακόλουθους φακέλους:

α) Φάκελο που περιλαμβάνει την αίτηση για την έγκριση περιβαλλοντικών όρων του σταθμού, η οποία συνοδεύεται από τη Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Μ.Π.Ε.) σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία.

β) Φάκελο που περιλαμβάνει την αίτηση για την έγκριση περιβαλλοντικών όρων των έργων σύνδεσης, όπου απαιτείται.

γ) Φάκελο που περιλαμβάνει τα δικαιολογητικά για την έκδοση της έγκρισης επέμβασης όταν αυτή απαιτείται σύμφωνα με τις διατάξεις της κείμενης δασικής νομοθεσίας.

δ) Φάκελο που περιλαμβάνει τα ακόλουθα στοιχεία:

i) Αντίγραφο της Άδειας Παραγωγής

ii) Συνοπτική τεχνική περιγραφή του έργου, υπογεγραμμένη από το μελετητή που την εκπόνησε, η οποία περιλαμβάνει τα βασικά τεχνικά στοιχεία του έργου καθώς και τον προϋπολογισμό του έργου και δεν υπερβαίνει τις 10 σελίδες.

iii) Την προσφορά Σύνδεσης του Σταθμού με το Σύστημα ή το Δίκτυο.

iv) Τα τοπογραφικά διαγράμματα που θεωρούνται από τον αρμόδιο Διαχειριστή.

Μετά την έκδοση έγκρισης περιβαλλοντικών όρων, ο κάτοχος της άδειας παραγωγής υποβάλλει αίτηση για έκδοση της άδειας εγκατάστασης στην Αρχή. Η αίτηση συνοδεύεται από τα ακόλουθα δικαιολογητικά:

α) Έγκριση Μελέτης Περιβαλλοντικών Όρων

β) Προσφορά Σύνδεσης του Σταθμού στο Σύστημα ή το Δίκτυο

γ) Νόμιμο αποδεικτικό στοιχείο αποκλειστικής χρήσης του γηπέδου και κάθε άλλου ακινήτου που συνδέεται με την κατασκευή και λειτουργία του, όπως τα έργα σύνδεσης.

δ) Υπεύθυνη δήλωση του ιδιοκτήτη του σταθμού για την ανάθεση της μελέτης εγκατάστασης, καθώς και υπεύθυνη δήλωση του μελετητή για την ανάληψη της μελέτης εγκατάστασης. ε) Τα

ακόλουθα παραστατικά πληρωμής τελών, κρατήσεων και φόρων:

- i) Κράτησης 1% επί του προϋπολογισμού του έργου υπέρ του Ταμείου Συντάξεως Μηχανικών Εργοληπτών Δημοσίων Έργων (ΤΣΜΕΔΕ) και 0,50/οο υπέρ Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (ΕΜΠ) σύμφωνα με τις διατάξεις του ν. 2326/1940 (ΦΕΚ Α' 145) με ανώτατο όριο των παραπάνω ποσών ευρώ 2,93 και ευρώ 1,47 αντίστοιχα, σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου μόνου του ν. 1889/1951 (ΦΕΚ Α' 211) και τους ισχύοντες κανόνες μετατροπής και στρογγυλοποίησης των δραχμών σε ευρώ (€).
- ii) Κράτησης 2% επί της αμοιβής μελέτης του έργου υπέρ ΤΣΜΕΔΕ και 1% υπέρ ΕΜΠ σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 11 του Ν. 915/1979 (ΦΕΚ Α' 103) χωρίς περιορισμό ανωτάτου ορίου.
- iii) Κατάθεσης ποσοστού 10% της αμοιβής μελέτης του μηχανικού και ειδικά στην περίπτωση μελέτης υδραυλικών έργων και εκτέλεσης τοπογραφικών εργασιών ποσοστού 4% στην οικεία Δημόσια Οικονομική Υπηρεσία, ως προκαταβολής του φόρου εισοδήματος σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 52 του Ν. 2238/1994 (ΦΕΚ Α' 151).
- iv) Απόδειξης κατάθεσης στην Εθνική Τράπεζα της Ελλάδος του ποσού της αμοιβής μελέτης στο όνομα του μηχανικού,
- v) Τέλους χαρτοσήμου 2% επί της αμοιβής του μηχανικού καταβαλλόμενο στην οικεία Δ.Ο.Υ., αντί επικόλλησης κινητού επισήματος στα σχέδια, προϋπολογισμούς, μελέτες καθώς και στα τυχόν αντίγραφα αυτών, σύμφωνα με το άρθρο 25 του Ν. 2873/2000 (ΦΕΚ Α' 285).
- vi) Παράβολου 27,88 ευρώ συνολικά υπέρ του Δημοσίου (λογαριασμός αριθ. 1459) για την ηλεκτρομηχανολογική εγκατάσταση στο όνομα του ιδιοκτήτη του σταθμού από την οικεία Δημόσια Οικονομική Υπηρεσία σύμφωνα με το άρθρο 2 του Ν.Δ. 1150/1949 (ΦΕΚ Α' 249), το άρθρο μόνο του Ν. 1889/1951, την κοινή υπουργική απόφαση 13959/22.2.1952 και τους ισχύοντες κανόνες μετατροπής και στρογγυλοποίησης των δραχμών σε ευρώ.

Τα αποδεικτικά των περιπτώσεων ii), iii) και iv) δεν απαιτούνται όταν ο μελετητής είναι υπάλληλος του ενδιαφερομένου με σχέση εξαρτημένης εργασίας. Στη περίπτωση αυτή υποβάλλεται το νόμιμο αποδεικτικό στοιχείο της εξαρτημένης εργασίας.

3.7.6.3. Σύναψη Συμβάσεων Σύνδεσης και Πώλησης

Μετά την έκδοση της άδειας εγκατάστασης του έργου, ο κάτοχος της άδειας παραγωγής υποβάλλει αίτημα στο αρμόδιο Διαχειριστή για σύναψη της Σύμβασης Σύνδεσης στο Σύστημα ή το Δίκτυο. Με την αίτηση υποβάλλει αντίγραφο της άδειας εγκατάστασης, καθώς και της Προσφοράς Σύνδεσης.

Για τη σύνδεση των έργων για τα οποία δεν απαιτείται η έκδοση της άδειας εγκατάστασης και λειτουργίας, υποβάλλεται από τον παραγωγό αίτηση για σύνδεση του Σταθμού συνοδευόμενη από:

- i) Τον τίτλο νόμιμης κατοχής του χώρου εγκατάστασης του σταθμού.
- ii) Την Ε.Π.Ο. όπου αυτή απαιτείται σύμφωνα με τις διατάξεις που ισχύουν κάθε φορά. Στις περιπτώσεις που δεν υφίσταται υποχρέωση λήψης Ε.Π.Ο. ο ενδιαφερόμενος υποβάλλει υπεύθυνη δήλωση ότι το έργο απαλλάσσεται από την εν λόγω υποχρέωση.
- iii) Την άδεια ανέγερσης τυχόν αναγκαίων κτισμάτων στον χώρο εγκατάστασης του σταθμού ή βεβαίωση που εκδίδεται από την αρμόδια υπηρεσία της πολεοδομίας ότι δεν απαιτείται η έκδοση σχετικής οικοδομικής άδειας.

3.7.6.4. Διαδικασία έκδοσης άδειας λειτουργίας

Ο κάτοχος ισχύουσας άδειας εγκατάστασης υποβάλλει αίτηση για έκδοση της άδειας λειτουργίας στην αρχή που εξέδωσε την άδεια εγκατάστασης.

Η αίτηση υποβάλλεται σε δύο (2) αντίγραφα, σύμφωνα με το έντυπο που περιλαμβάνεται στο Παράρτημα και συνοδεύεται από τα ακόλουθα δικαιολογητικά:

α) Επικυρωμένο αντίγραφο της σχετικής σύμβασης σύνδεσης που έχει συναφθεί μεταξύ Παραγωγού και του Αρμόδιου Διαχειριστή.

β) Επικυρωμένο αντίγραφο της σχετικής σύμβασης Πώλησης που έχει συναφθεί μεταξύ του Παραγωγού και του Αρμόδιου Διαχειριστή. γ) Αντίγραφο της βεβαίωσης.

δ) Νόμιμα θεωρημένο αντίγραφο οικοδομικής άδειας εφόσον αυτό απαιτείται.

ε) Πιστοποιητικό της αρμόδιας Υπηρεσίας του Πυροσβεστικού Σώματος, ότι έχουν ληφθεί όλα τα απαραίτητα μέτρα πυρασφάλειας σύμφωνα με τις υποδείξεις της.

στ) Υπεύθυνη δήλωση του κατόχου της άδειας εγκατάστασης με την οποία βεβαιώνεται ότι :

i) Έχουν τηρηθεί οι όροι της απόφασης έγκρισης περιβαλλοντικών όρων κατά την φάση κατασκευής του έργου και ότι θα τηρούνται κατά την φάση της λειτουργίας του. Αν διαπιστωθούν διαφοροποιήσεις όρων και περιορισμών τότε θα απαιτηθεί χορήγηση νέας απόφασης έγκρισης περιβαλλοντικών όρων.

ii) Η επίβλεψη της λειτουργίας του σταθμού έχει ανατεθεί σε κατά νόμο αρμόδιο μηχανικό.

ζ) Υπεύθυνη δήλωση του μηχανικού επίβλεψης της λειτουργίας του σταθμού για αποδοχή της ανάθεσης και της τήρησης κατά τη λειτουργία του σταθμού των όρων και κανονισμών για την προστασία του περιβάλλοντος και για την ασφάλεια και την υγεία των απασχολουμένων στο σταθμό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΕΡΙΓΡΑΦΕΣ ΜΟΝΑΔΩΝ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Στο προηγούμενο κεφάλαιο αναφερθήκαμε αναλυτικά στο δυναμικό της βιομάζας στον ελληνικό χώρο, στη μεθοδολογία που προτείνεται να ακολουθηθεί για τον εντοπισμό της αναγκαίας ποσότητας βιομάζας για μία μονάδα και, επίσης, στο νομοθετικό πλαίσιο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που ισχύει στην Ελλάδα και σε όλη τη διαδικασία αδειοδότησης των μονάδων παραγωγής ενέργειας από Α.Π.Ε. (Βιομάζα).

Στο κεφάλαιο αυτό, ως συνέπεια του προηγούμενου, παρουσιάζονται ως παραδείγματα τεχνικές περιγραφές μονάδων παραγωγής ηλεκτρισμού από βιομάζα, όπως αυτές κατατίθενται στο φάκελο αδειοδότησης της ΔΕΗ.

Στο σημείο αυτό θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά την ΔΕΗΑ.Ε. για τις πληροφορίες και την ενημέρωση που μας παρείχε και για το πολύτιμο υλικό που μας παραχώρησε.

Επιλέχθηκαν 3 περιπτώσεις: 100 kW, 500 kW, 1MW, οι οποίες συνιστούν συνήθεις περιπτώσεις τέτοιων σταθμών [19].

4.1. ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, ΙΣΧΥΟΣ 100 KW

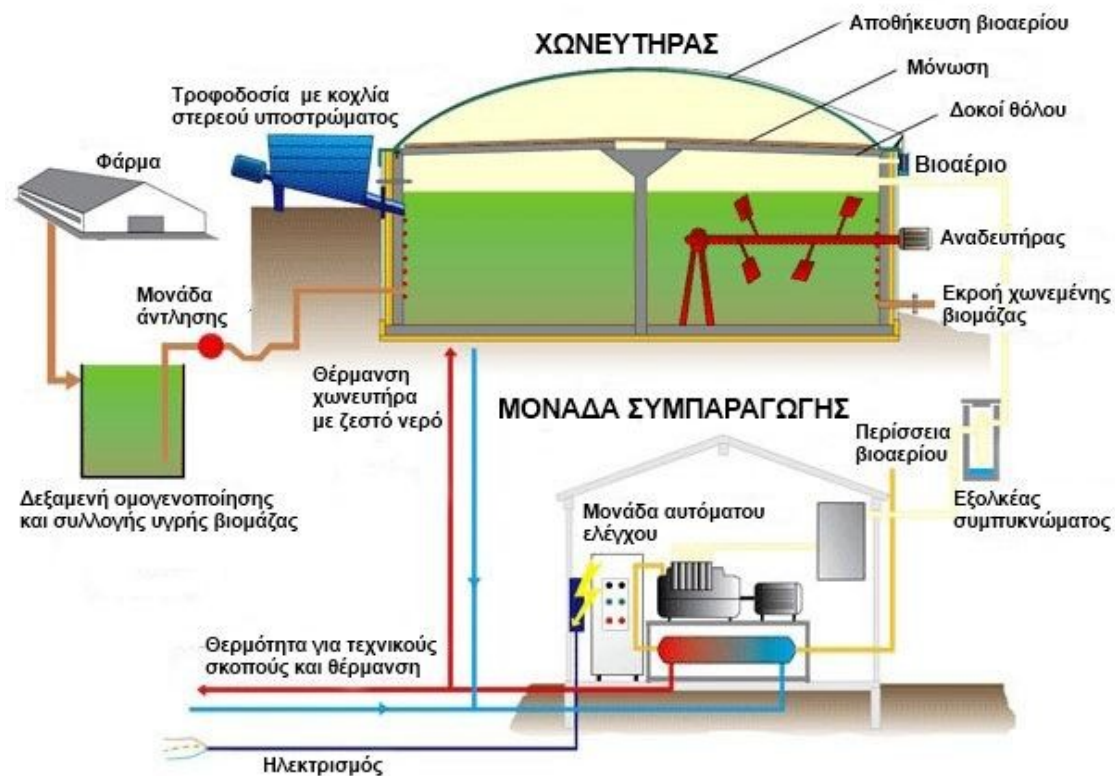
Η εγκατάσταση που εξετάζεται σε αυτήν την περίπτωση αφορά μια μονάδα συμπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με καύσιμη ύλη βιοαέριο που παράγεται από αναερόβια χώνευση.

Σκοπός της παρούσας εγκατάστασης είναι η οικονομικά αποδοτικότερη εκμετάλλευση της υπάρχουσας γεωργικής παραγωγής. Τα προϊόντα και υποπροϊόντα που θα παράγονται και θα εκμεταλλεύονται είναι τα εξής:

- * Ηλεκτρική ενέργεια ίση με 95 kW
- * Θερμική ενέργεια ίση με 143 kW
- * Οργανικό λίπασμα από τα υπόλοιπα του βιοαντιδραστήρα

Ως κύρια ύλη παραγωγής του βιοαερίου θα χρησιμοποιηθεί ενσίρωμα καλαμποκιού.

Για τις ανάγκες της παραγωγής ενέργειας διατίθενται περίπου 350 στρέμματα γης για την καλλιέργεια των ενεργειακών φυτών καθώς και τα λύματα ενός βουστασίου σε κοντινή από την μονάδα περιοχή



Σχήμα 4.1: Μονάδα παραγωγής βιοαερίου με αναερόβια χώνευση [25]

4.1.1. Τεχνική περιγραφή μονάδας παραγωγής βιοαερίου

Στη μονάδα συμπααραγωγής θα χρησιμοποιηθεί ως καύσιμη ύλη βιοαέριο παραγόμενο από οργανικά απόβλητα κτηνοτροφικών μονάδων. Τα συγκεκριμένα απόβλητα μπορούν να διατεθούν δωρεάν και το παραγόμενο βιοαέριο είναι αρκούτως αποδοτικό. Το βιοαέριο που απαιτείται για τις ανάγκες τις μονάδας θα παράγεται από την χώνευση των οργανικών αποβλήτων μέσα σε διατάξεις που ονομάζονται χωνευτήρες.

Η πρώτη ύλη παρέχεται ασυνεχώς στη μονάδα βιοαερίου. Επειδή στους χωνευτήρες απαιτείται συνεχής ροή, είναι απαραίτητη η χρήση δεξαμενών εξισορρόπησης, εξοπλισμένες με ανάμεικτη για να κρατάει την εισερχόμενη ύλη κατά το δυνατό ομογενοποιημένη. Από τις δεξαμενές εξισορρόπησης αντλούνται άμεσα στον αναερόβιο αντιδραστήρα όπου ακολουθεί η αναερόβια διεργασία επεξεργασίας του βιοαερίου.

Ο αναερόβιος χωνευτήρας αποτελείται από μια ανοικτή κυλινδρική δεξαμενή, η κάλυψη της οποίας γίνεται από συνθετικό υλικό κατασκευασμένο από διάφορα στρώματα, βασισμένα σε μεμβράνες πολυεστέρα, η οποία λειτουργεί επίσης και ως αποθήκη βιοαερίου.

Οι αναδευτήρες επιλέγονται σύμφωνα με τα υποπροϊόντα. Στην περίπτωση μας, κατάλληλοι είναι αργά κινούμενοι αναδευτήρες που λειτουργούν μόνιμα, ώστε τα βακτήρια να αναμιγνύονται με έναν μαλακό τρόπο, λαμβάνοντας τροφή συνεχώς όλη την ώρα. Οι αναδευτήρες ελέγχονται από έναν μετατροπέα συχνότητας προκειμένου να βελτιστοποιηθεί η απαίτηση της ηλεκτρικής ενέργειας, σε σχέση με την απαιτούμενη ανάδευση.



Σχήμα 4.2: Βιοαντιδραστήρας – Χωνευτήρας – Δεξαμενή Αναερόβιας Χώνευσης [25]

Για την θέρμανση σε αυτό το σημείο φροντίζουν ανοξειδωτοι σωλήνες μέσα στον χωνευτήρα με θερμό νερό. Το θερμό αυτό νερό μπορεί να παρέχεται από την ίδια την μονάδα συμπαραγωγής. Ο χωνευτήρας λειτουργεί «μεσοφιλικά» σε θερμοκρασία 38°C. Η βιοχημική διαδικασία της μεθανοποίησης σε αυτήν την θερμοκρασία είναι πολύ σταθερή και μπορεί να χειριστεί και υψηλές συγκεντρώσεις αζώτου. Το βιοαέριο όμως σε αυτή τη φάση απαιτεί μια πρόσθετη επεξεργασία, η οποία μπορεί να πραγματοποιηθεί στον χωνευτήρα. Το βιοαέριο περιέχει το σουλφίδιο υδρογόνου (H_2S) που μετά την διαδικασία καύσης θα μετατρέπεται σε θειικό οξύ. Το θειικό οξύ εκτός του ότι καταστρέφει το πετρέλαιο λίπανσης και τα φρένα των μηχανών, έχει επιπτώσεις και στο περιβάλλον, πράγμα που δεν συνάδει με την οικολογική νοοτροπία του όλου συστήματος συμπαραγωγής. Για την επίλυση του θέματος αυτού, βάζουμε μια μικρή ποσότητα αέρα στον χωνευτήρα, έτσι ώστε ένα πρόσθετο είδος βακτηριδίων, το οποίο ζει στην λάσπη, συμβάλει στην μετατροπή των σουλφιδίων σε νερό και θείο, το οποίο ενσωματώνεται στην λάσπη και μεταφέρεται μαζί με αυτή. Με αυτόν τον τρόπο το περιεχόμενο του σουλφιδίου του υδρογόνου μειώνεται στα απαιτούμενα επίπεδα για την λειτουργία του συστήματος συμπαραγωγής. Το προκύπτον μίγμα μετά από αυτήν την επεξεργασία, συνιστά υγρό λίπασμα το οποίο μπορεί να συγκεντρωθεί και να αξιοποιηθεί σε καλλιέργειες.

Η αποθήκευση του παραγόμενου βιοαερίου γίνεται μέσα στην μεμβράνη, η οποία καλύπτει τον χωνευτήρα. Αυτή αποτελείται από διάφορες στρώσεις, πλαστικού, πολυεστέρα και άλλες μεμβράνες ειδικά κατασκευασμένες για αποθήκευση βιοαερίου. Η ελαστικότητα της, εξισορροπεί τις διαφορές μεταξύ της παραγωγής βιοαερίου και της κατανάλωσης αυτού. Για λόγους ελέγχου, η αποθήκη βιοαερίου είναι εξοπλισμένη με σύστημα ένδειξης επιπέδου γεμίματος και φέρει μια συσκευή ασφάλειας που προστατεύει την μεμβράνη από τυχόν υπερπίεση ή υποπίεση. Σε περίπτωση που η αποθήκη είναι εντελώς γεμάτη και η κατανάλωση βιοαερίου είναι λιγότερη από το παραγόμενο βιοαέριο, το πλεονάζον βιοαέριο πρέπει να καεί. Μόλις η τιμή της πίεσης υπερβεί την προκαθορισμένη, το πλεονάζον βιοαέριο οδηγείται αυτόματα με φυσητήρες σε κατάλληλο καυστήρα φλόγας, όπου και αναφλέγεται.



Σχήμα 4.3: Τροφοδότηση Βιομάζας με Κοχλία [25]



Σχήμα 4.4.: Πυρσός Καύσης Περίσσειας Βιοαερίου [25]

Από τον χώρο αποθήκευσης, κατάλληλοι φυσητήρες οδηγούν το αέριο στην μονάδα συμπαραγωγής. Η μονάδα αποτελείται από μια ηλεκτρική γεννήτρια που κινείται από μια μηχανή αερίου, το καύσιμο της οποίας είναι το παραγόμενο βιοαέριο. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια θα διατίθεται στο διασυνδεδεμένο δίκτυο της ΔΕΗ. Επιπρόσθετα το σύστημα δύναται να παράγει ζεστό νερό 70-90°C χρησιμοποιώντας την θερμότητα από την ψύξη του κινητήρα καθώς και αυτή των λαδιών λίπανσης, ενώ εκμεταλλευόμενοι την θερμότητα των καυσαερίων μπορούμε να παράγουμε ατμό. Μέρος από το θερμό νερό που παράγεται χρησιμοποιείται για την θέρμανση του χωνευτήρα με εναλλάκτη θερμότητας.

4.1.2. Μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας

Η μονάδα συμπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας που θα χρησιμοποιηθεί είναι τυποποιημένη για χρήση βιοαερίου ως καύσιμο περιεκτικότητας σε μεθάνιο (CH₄) από 60-65%.



Σχήμα 4.5: Μονάδα Συμπαραγωγής Ηλεκτρικής και Θερμικής Ενέργειας [25]

Τα χαρακτηριστικά της είναι:

Ονομαστική ηλεκτρική ισχύς(έξοδος)	kW	95
Μέγιστη θερμική ισχύς (έξοδος)	kW	143
Ισχύ καυσίμου	kW	274
Ηλεκτρική απόδοση	%	34, 4
Θερμική απόδοση	%	52,0
Ολική απόδοση (στο καύσιμο)	%	86,4
Κατανάλωση καυσίμου στο 100% της παραγωγής	Nm ³ /h	42,5
Κατανάλωση καυσίμου στο 75% της παραγωγής	Nm ³ /h	34,2
Κατανάλωση καυσίμου στο 50% της παραγωγής	Nm ³ /h	29,2

Πίνακας 4.1: Βασικά χαρακτηριστικά μονάδας Σ.Η.Θ. ισχύος 100 kW

Οι εκπομπές καυσαερίων της Σ.Η.Θ. είναι CO 650mg/Nm³ και NOx 500mg/Nm³ ηλεκτρογεννήτρια είναι σύγχρονη με τα εξής χαρακτηριστικά:

Έξοδος γεννήτριας	150 kVA/120 kW
Cosφ	0,8/1,0
Απόδοση στο σημείο λειτουργίας	95,5%
Μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας	40° C
Τάση	400 V
Συχνότητα	50 Hz
Ταχύτητα	1500 min ⁻¹
Προστασία	IP 21

Πίνακας 4.2: Βασικά χαρακτηριστικά γεννήτριας της μονάδας ισχύος 100 kW

Η μονάδα Σ.Η.Θ. οδηγείται από έναν κινητήρα βιοαερίου με τα εξής χαρακτηριστικά:

Αριθμός κυλίνδρων	6
Ρύθμιση κυλίνδρων	in line
Κυβισμός	11946 cm ³
Σχέση συμπίεσης	11:1
Ταχύτητα	1500 min ⁻¹
Κατανάλωση πετρελαίου norm/max	0,3/0,5g/kWh
Μέγιστη ισχύς εξόδου μηχανής	100kW

Πίνακας 4.3: Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρα βιοαερίου της μονάδας ισχύος 100 kW

Ονομαστική τάση	230/400V
Ονομαστική συχνότητα	50Hz
Συντελεστής ισχύος	0,8L~0,8C
Ονομαστική ένταση για cosφ=0,8	171A
Διακόπτης γεννήτριας	NR200F 3P
Αντοχή σε διέλευση βραχυκυκλώματος	20kA

Πίνακας 4.4: Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά κινητήρα βιοαερίου της μονάδας ισχύος 100 kW

Ο έλεγχος της μονάδας παρέχεται από σύστημα ελέγχου, το οποίο επιτρέπει πλήρως αυτοματοποιημένη λειτουργία. Είναι πολλαπλών επεξεργαστών αρθρωτό σύστημα, που αποτελείται από τη μονάδα ελέγχου ενδείξεων και λειτουργικές μονάδες επέκτασης με ανάλογικες και ψηφιακές εισόδους και εξόδους.

4.1.3. Γειώσεις

Θεμελιακή γείωση

Το σύστημα γείωσης θα είναι θεμελιακή γείωση. Το ηλεκτρόδιο γείωσης θα είναι χάλκινος αγωγός ορθογωνικής διατομής (ταινία) από χαλκό ελάχιστων διαστάσεων 30*3,5mm.

Κατά την τοποθέτηση του στην θεμελίωση θα πρέπει να περιβάλλεται σε όλο το μήκος του με συμπαγές σκυρόδεμα πάχους τουλάχιστον 50mm.

Για την σύνδεση-στήριξη του θεμελιακού γειωτή-ταινίας στον οπλισμό θα χρησιμοποιηθούν σφικκτήρες θερμά επιψευδαργυρωμένοι ανά 2 μ ταινίας. Πρέπει να εξασφαλίζεται η σωστή και ασφαλής ηλεκτρική σύνδεση του ηλεκτροδίου γείωσης (ταινίας) με τον οπλισμό, ώστε να μην είναι δυνατή η ανάπτυξη σπινθήρων μεταξύ ηλεκτροδίου και οπλισμού.

Η θεμελιακή γείωση θα φέρει αναμονές για την ενίσχυσή της με γειωτές ώστε να επιτευχθεί αντίσταση γείωσης μικρότερη των 2,7Ω. Οι αναμονές θα είναι του ίδιου υλικού με τον γειωτή (ταινία) στη στάθμη του φυσικού εδάφους του φρεατίου. Η προέκταση της θεμελιακής γείωσης μπορεί να γίνει με την προσθήκη ακτινικών ηλεκτροδίων ή με ηλεκτρόδια γείωσης τύπου ράβδων ή με ηλεκτρόδιο γείωσης αποτελούμενο από πλάκες γείωσης (π.χ. γειωτής τύπου «E»). Όλα τα παραπάνω υλικά θα πρέπει να ικανοποιούν τις απαιτήσεις του προτύπου ΕΛΟΤ EN 50164-2. Γενικώς η διατομή του αγωγού γείωσης θα είναι η ίδια με τους αγωγούς κυκλώματος για διατομές από 1,5mm μέχρι 35mm. Για αγωγούς κυκλώματος 50mm και άνω, ο αγωγός γείωσης θα έχει διατομή τουλάχιστον ίση προς το μισό της διατομής των αγωγών του κυκλώματος.

Οι γειώσεις των πινάκων θα καταλήγουν σε χάλκινη μπάρα γείωσης τοποθετημένη κοντά στη διάταξη της ΔΕΗ και συνδεδεμένη με τη θεμελιακή γείωση με ταινία χάλκινη 30*35τ.χ. ακολουθώντας τη συντομότερη διαδρομή.

Στο ζυγό γείωσης θα συνδεθεί και η γείωση της ΔΕΗ Σε περίπτωση που η σύνδεση της εγκατάστασης του κτιρίου με την ΔΕΗ δεν εφάπτεται στο κτίσμα αλλά γίνεται στο όριο του οικοπέδου, θα πρέπει να λαμβάνονται μέτρα μηχανικής προστασίας του αγωγού ΡΕ και σήμανσης του κατά την υπόγεια όδυσή του από τη θεμελίωση προς τον μετρητή.

Ο αγωγός γείωσης για λόγους μηχανικής προστασίας και προστασίας από την διάβρωση θα εγκιβωτίζεται καθ' όλο το μήκος του στο σκυρόδεμα ακολουθώντας πορεία μέσω των πεδιλοδοκών και των υποστυλωμάτων του κτίσματος, στηριζόμενος και συνδεδεμένος ηλεκτρικά με τον οπλισμό ανά 2.0 m με κατάλληλους σφικκτήρες. Επίσης, η διαδρομή του αγωγού γείωσης από τη θεμελιακή γείωση έως τον ακροδέκτη γείωσης θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερου μήκους. Ο κύριος ακροδέκτης γείωσης (το μέσο σύνδεσης του αγωγού γείωσης με τον κύριο αγωγό προστασίας ΡΕ) πρέπει να έχει την ικανότητα να άγει το ηλεκτρικό ρεύμα σφάλματος της εγκατάστασης χωρίς να υπερθερμαίνεται. Η σύνδεση-αποσύνδεση των αγωγών πρέπει να είναι δυνατή μόνο με εργαλείο έτσι ώστε να αποφεύγεται η τυχαία αποσύνδεσή τους.

4.1.4. Κανονισμοί

Οι εγκαταστάσεις θα εκτελεστούν βάσει του ΕΛΟΤ HD 384, των όρων της ΔΕΗ, των κανόνων της τέχνης και επιστήμης και των οδηγιών της επίβλεψης.

Επιπλέον, όλα τα υλικά που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για την εκτέλεση του έργου θα πρέπει να είναι καινούργια και τυποποιημένα προϊόντα γνωστών κατασκευαστών, που ασχολούνται κανονικά με την παραγωγή τέτοιων υλικών, χωρίς ελαττώματα και να έχουν τις διαστάσεις και τα βάρη που προέρχονται από τους κανονισμούς, όταν δεν καθορίζονται από τις προδιαγραφές. Κάθε υλικό υπόκειται στην έγκριση της υπηρεσίας και του επιβλέποντα μηχανικού, που έχει το δικαίωμα απόρριψης οποιουδήποτε υλικού που η ποιότητα ή τα ειδικά του χαρακτηριστικά κρίνονται όχι ικανοποιητικά ή ανεπαρκή για την εκτέλεση της εγκατάστασης.

Ο ανάδοχος είναι υποχρεωμένος να υποβάλει στην Υπηρεσία και στον επιβλέποντα μηχανικό εικονογραφημένο έντυπο τεχνικών χαρακτηριστικών, διαγράμματα λειτουργίας και απόδοσης, διαστασιολόγηση και λοιπά στοιχεία των κατασκευαστών για όλα τα μηχανήματα και συσκευές των διαφόρων εγκαταστάσεων πριν από την παραγγελία ή προσκόμιση οποιουδήποτε

μηχανήματος ή συσκευής.

Η συγκεκριμένη μονάδα εντάσσεται στους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) λόγω βιοαερίου και, σύμφωνα με την παρ. 13 του άρθρου 8 του Ν. 3851/2010 περί επιτάχυνσης της ανάπτυξης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, δεν απαιτείται έκδοση απόφασης Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ) διότι η εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύς της εν λόγω μονάδας με χρήση βιοαερίου δεν υπερβαίνει τα 0,5 MW.

4.2. ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, ΙΣΧΥΟΣ 500 KW

Η κατασκευή του έργου έχει να κάνει με διασυνδεδεμένο με το δίκτυο, σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, από καύση βιοαερίου, ισχύος 500 kWp. Στην παρούσα τεχνική έκθεση θεωρούμε ότι στην μονάδα βιοαερίου θα οδηγούνται αδρανοποιημένα υποπροϊόντα σφαγής και επεξεργασίας κρέατος προερχόμενα από σφαγεία της περιοχής όπου θα κατασκευαστεί ο σταθμός παραγωγής, λάσπες από τον βιολογικό καθαρισμό που βρίσκεται στην περιοχή, καθώς και κοπριά από χοιροστάσια και βουστάσια της ίδιας περιοχής, από τα οποία μετά από αναερόβια χώνευση θα παράγεται βιοαέριο, το οποίο θα χρησιμοποιείται σαν καύσιμο σε ένα σύστημα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας ισχύος 500 kW .

Το προκύπτον υγρό κλάσμα από την διαδικασία της χώνευσης αποτελεί υγρό λίπασμα το οποίο θα συγκεντρώνεται σε στεγανό lagoon και θα διατίθεται σε καλλιεργητές της περιοχής.

Σε κατάλληλα διαμορφωμένο χώρο θα εγκατασταθεί ο γενικός πίνακας μέσης τάσης (Γ.Π.Μ.Τ.) καθώς και ο παρελκόμενος εξοπλισμός του έργου. Από τον Γ.Π.Μ.Τ. θα οδεύσουμε προς τον υποσταθμό μέσης τάσης ο οποίος είναι προκατασκευασμένο κιόσκι τοποθετημένο επί βάσης οπλισμένου σκυροδέματος. Η συγκεκριμένη μονάδα εντάσσεται στους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) λόγω βιοαερίου και, σύμφωνα με την παρ. 13 του άρθρου 8 του Ν. 3851/2010 περί επιτάχυνσης της ανάπτυξης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, δεν απαιτείται έκδοση απόφασης Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ) διότι η εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύς της εν λόγω μονάδας με χρήση βιοαερίου δεν υπερβαίνει τα 0,5 MW.

4.2.1. Ενεργειακή μελέτη

Οι πρώτες ύλες που θα χρησιμοποιεί η μονάδα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα. Οι υπολογισμοί έγιναν βάσει της βιβλιογραφίας «Biogas from waste and Renewable Resources» των Dieter Deublein and Angelika Steinhauser, εκδόσεις WILEY – VCH και του «Εγχειρίδιο Βιοαερίου» του ΚΑΠΕ-BIG > EAST δημοσίευμα από ΚΑΠΕ <http://www.cres.gr> .

Πρώτη ύλη	Πρώτη ύλη/ημέρα (tn/d) 7ημέρες/εβδομάδα	Στερεά Σύνθεση (%)	Οργανικά Στερεά Σύνθεση σε % των Στερεών (%)	Μέσος συντελεστής παραγωγής βιοαερίου ανά υλικό (m ³ kgr ⁻¹ OTS)	Παραγωγή βιοαερίου m ³ /d 7ημέρες/εβδ ομάδα
-----------	--	-----------------------	--	---	--

Κοπριά αγελάδων	2 tn/d	20% ή 0,4 tn/d	80% ή 0,32 tn/d	0,4	128
Κοπριά βοειδών	25 tn/d	20% ή 5 tn/d	80% ή 4 tn/d	0,4	1600
Κοπριά χοίρων	40 tn/d	5% ή 2 tn/d	70% ή 1,4 tn/d	0,4	560
Κοπριά από κοτόπουλα	2 tn/d	40% ή 0,8 tn/d	80% ή 0,64 tn/d	0,8	512
Λάσπη βιολογικών καθαρισμών 1	5 tn/d	22%	95%	0,2	209
Λάσπη βιολογικών καθαρισμών 2	10 tn/d	22%	95%	0,2	418
Αίμα	1 tn/d	19%	95%	0,41	74
Αδρανοποιημένα υποπροϊόντα από Rendering	4 tn/d	30%	95%	1,14	1299
ΣΥΝΟΛΟ	89 tn/d	12,9 tn/d	10,8 tn/d		4800

Πίνακας 4.5: Ενεργειακός σχεδιασμός βάσει της πρώτης ύλης για μονάδα ισχύος 500 kW

Επομένως κατά μέσο όρο πρώτης ύλης 89 tn/d παράγονται περίπου 4800 m³/d βιοαέριο και 88,5 tn/d υγρό λίπασμα, αφού έχουμε 3-4 % απώλεια λόγω της αναερόβιας χώνευσης της πρώτης ύλης. Δηλαδή, κατά τη διάρκεια της αναερόβιας επεξεργασίας στον χωνευτήρα θα έχουμε είσοδο 89 tn/d πρώτης ύλης, 12,9 tn/d στερεά και 10,8 tn/d οργανικά στερεά.

Θα παράγεται 4800 m³/d βιοαέριο, με περιεκτικότητα 65% σε μεθάνιο και θερμαντική αξία 6,5 kWh/ m³. Επομένως, η συνολική προστιθέμενη ενέργεια από το βιοαέριο θα είναι 31200 kWh/d, παραγωγή που μπορεί να υποκαταστήσει 3100 m³ φυσικού αερίου κάθε μέρα.

Το σύστημα συμπαραγωγής είναι μια μονάδα παραγωγής συνδυασμένης θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία παράγει την ηλεκτρική ενέργεια από μια γεννήτρια, που κινείται από μια μηχανή αερίου και παράγει τη θερμική ενέργεια σαν ζεστό νερό και ατμό. Η ηλεκτρική ισχύς του συγκροτήματος συμπαραγωγής είναι 500 kW και η συνολική παραγόμενη ενέργεια (ηλεκτρική και θερμική) 31200 kWh/d.

Η ηλεκτρική απόδοση της μονάδας είναι 39%, δηλαδή παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος 12168 kWh/d. Ένα μέρος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας θα καταναλώνεται από τη μονάδα βιοαερίου και η περίσσεια θα διατίθεται στη Δ.Ε.Η. για πώληση.

Η θερμική απόδοση της μονάδας είναι 35%, δηλαδή παραγωγή θερμότητας 10920 kWh/d η οποία θα χρησιμοποιείται για την κάλυψη των θερμικών αναγκών της εγκατάστασης.

4.2.2. Τεχνική περιγραφή μονάδας παραγωγής βιοαερίου

Για την τροφοδοσία της μονάδας όπως παρουσιάστηκε και στην ενεργειακή μελέτη θα χρησιμοποιούνται τα ακόλουθα υποπροϊόντα:

- Κοπριά αγελάδων (στερεή)
- Κοπριά βοοειδών (στερεή)
- Κοπριά χοίρων (υγρή)
- Κοπριά από κοτόπουλα (στερεή)

- Λάσπη βιολογικών καθαρισμών
- Αίμα
- Αδρανοποιημένα υποπροϊόντα (Rendering)

Δεξαμενές εξισορρόπησης και συγκρότημα τροφοδοσίας στερεών

Τα υποπροϊόντα έρχονται με έναν ασυνεχή τρόπο στην μονάδα βιοαερίου και γι' αυτό το λόγο η δεξαμενή εξισορρόπησης είναι απαραίτητο να παραγάγει μια συνεχή ροή μέσα στο χωνευτήρα. Η δεξαμενή είναι εξοπλισμένη με αναμείκτη για να κρατάει τα υποπροϊόντα πλήρως ομογενοποιημένα. Από τη δεξαμενή εξισορρόπησης αντλούνται άμεσα στον αναερόβιο αντιδραστήρα, όπου ακολουθεί η αναερόβια επεξεργασία και παράγεται το βιοαέριο.

Αναερόβιος χωνευτήρας

Ο αναερόβιος χωνευτήρας αποτελείται από μια κυλινδρική δεξαμενή, της οποίας η κάλυψη γίνεται από συνθετικό υλικό κατασκευασμένο από διάφορα στρώματα, βασισμένα σε μεμβράνες πολυεστέρα, η οποία λειτουργεί, επίσης, και ως αποθήκη βιοαερίου. Οι αναδευτήρες επιλέγονται σύμφωνα με τα υποπροϊόντα. Χρησιμοποιούμε τους αργούς κινούμενους αναδευτήρες που λειτουργούν μόνιμα, ώστε τα βακτηρίδια να αναμιγνύονται με έναν μαλακό τρόπο, λαμβάνοντας τροφή συνεχώς όλη την ώρα. Οι αναδευτήρες ελέγχονται από έναν μετατροπέα συχνότητας προκειμένου να βελτιστοποιηθεί η απαίτηση της ηλεκτρικής ενέργειας, σε σχέση με την απαιτούμενη ανάδευση.

Για τη θέρμανση, φροντίζουν ανοξείδωτοι σωλήνες μέσα στον χωνευτήρα με θερμό νερό. Λειτουργούμε με τον χωνευτήρα «μεσοφιλικά», σε μια θερμοκρασία 38 °C. Η βιοχημική διαδικασία της μεθανοποίησης σε αυτήν την θερμοκρασία είναι πολύ σταθερή και μπορεί να χειριστεί και υψηλές συγκεντρώσεις αζώτου.

Το βιοαέριο απαιτεί μια πρόσθετη επεξεργασία, η οποία μπορεί να πραγματοποιηθεί στο χωνευτήρα. Το βιοαέριο περιέχει το σουλφίδιο υδρογόνου (H₂S) που γίνεται θειικό οξύ σε μια διαδικασία καύσης. Το οξύ καταστρέφει το πετρέλαιο λίπανσης σε λίγες ημέρες και ακολουθεί και η καταστροφή του κινητήρα. Εκτός από αυτό, το θειικό οξύ προκαλεί και οικολογική καταστροφή.

Αυτό που κάνουμε είναι να βάζουμε μια μικρή ποσότητα αέρα μέσα στον χωνευτήρα, και έτσι ένα πρόσθετο είδος βακτηριδίων, το οποίο ζει μέσα στη λάσπη, παίρνουν τα σουλφίδια και το οξυγόνο του αέρα και δημιουργούν θείο και νερό. Το θείο μπαίνει μέσα στη λάσπη και μεταφέρεται μαζί με αυτή. Με αυτό τον τρόπο, το περιεχόμενο σουλφίδιο του υδρογόνου μειώνεται κάτω από το απαιτούμενο επίπεδο.

Αποθήκευση βιοαερίου

Η αποθήκευση του βιοαερίου, όπως αναφέρθηκε, γίνεται μέσα στη μεμβράνη η οποία καλύπτει το χωνευτήρα. Αποτελείται από διάφορες στρώσεις, πλαστικού, πολυεστέρα, και άλλες μεμβράνες ειδικά κατασκευασμένες για αποθήκευση βιοαερίου. Εξισορροπεί τις διαφορές μεταξύ της παραγωγής αερίου και της κατανάλωσης αερίου.

Για λόγους ελέγχου η αποθήκη βιοαερίου είναι εξοπλισμένη με ένα σύστημα ένδειξης επιπέδου γεμίματος. Φέρει, επίσης, μια συσκευή ασφαλείας που προστατεύει τη μεμβράνη από την υπερπίεση και την υποπίεση.

Χρήση βιοαερίου

Το βιοαέριο, ένα μείγμα κυρίως μεθανίου και διοξειδίου του άνθρακα, παράγεται μέσα στο χωνευτήρα ως υποπροϊόν των μικροοργανισμών, οι οποίοι υποβιβάζουν τις οργανικές ενώσεις

των αποβλήτων. Το βιοαέριο είναι πολύτιμο καύσιμο για τις μηχανές αερίου ή τους καυστήρες αερίου. Επίσης, η καύση του βιοαερίου δεν συμβάλει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Εγκατάσταση διακίνησης βιοαερίου

Η διακίνηση του βιοαερίου γίνεται με κατάλληλους φυσητήρες που μεταφέρουν το αέριο ή στις δύο ηλεκτρογεννήτριες ή στη φλόγα αντίστοιχα.

Πυρσός (Φλόγα – Καυστήρας)

Σε περίπτωση που η αποθήκη βιοαερίου είναι εντελώς γεμάτη και η κατανάλωση βιοαερίου είναι λιγότερη από το παραγόμενο βιοαέριο, το πλεονάζον βιοαέριο πρέπει να καεί. Αυτό γίνεται αυτόματα. Καίγεται σε κατάλληλο καυστήρα φλόγας μόλις υπερβεί συγκεκριμένη πίεση στη δεξαμενή βιοαερίου.

Δεξαμενές λιπάσματος (Lagoons)

Το προκύπτον μίγμα, μετά την αναερόβια επεξεργασία των υλικών (πρώτη ύλη) για τη παραγωγή βιοαερίου, αποτελεί υγρό λίπασμα το οποίο συγκεντρώνεται σε ανοικτές και στεγανές δεξαμενές από τις οποίες στη συνέχεια μέσω ειδικού βυτίου διατίθεται (ψεκάζεται) σε καλλιέργειες της περιοχής.

4.2.3. Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός μονάδας βιοαερίου

Ακολουθεί ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός της μονάδας παραγωγής βιοαερίου ο οποίος περιλαμβάνει τον κύριο μηχανικό, ηλεκτρικό και εξοπλισμό ελέγχου.

Θα χρησιμοποιηθούν **δεξαμενές εξισορρόπησης** για την πρώτη ύλη, διαμέτρου 10 m ύψος 3 m η κάθε μία που περιλαμβάνει:

Αναδευτήρα άμεσης οδήγησης με έλικα τύπου λεπίδας που προορίζεται για την ανάμιξη της λάσπης, η οποία περιέχει ίνες και στερεά. Λειτουργεί πλήρως βυθισμένος στο υγρό και κρατά το υγρό υποπροϊόν ομοιογενές πριν αντληθεί μέσα στους χωνευτήρες. Η ισχύς του κάθε αναδευτήρα θα είναι 10 kW, η μέγιστη θερμοκρασία υγρού 40^o C, το μέγιστο βάθος βύθισης 20 μέτρα, το pH αναδουμένου υγρού 1-12 και η μέγιστη ρευστότητα υγρού 5000csp.

Ο αναδευτήρας θα λειτουργεί σε συχνότητα 50 Hz και θα περιλαμβάνει, επίσης, ανυψωτική συσκευή κατασκευασμένη από σπλισμένο σκυρόδεμα. Ακόμη, ο εξοπλισμός περιλαμβάνει 2 φυγοκεντρικές **αντλίες λάσπης** 11 kW για τη λάσπη και τα στερεά κατασκευασμένη έξω από τη δεξαμενή. Η αντλία θα έχει άνοιγμα εισροής στην

κορυφή, σχισμή χείλους στο άνοιγμα της εισροής, στρόφιγγα από καρβίδιο μέταλλο και επιπλέον ανάδευση nozzle rotate able.

Το **αντλιοστάσιο** που κατασκευάζεται περιλαμβάνει τις αντλίες, τους μαχαιρωτές βάσεων, τους μετρητές ροής, τα κιβώτια ελέγχου προ-καλωδιωμένα και συνδεδεμένα με όλες τις αντλίες, τις βαλβίδες πυλών με τους σωλήνες από τον τοίχο μέχρι το κατώτατο σημείο του container, τον διανομέα ζεστού νερού, συμπεριλαμβάνοντας όλες τις αντλίες και τις βαλβίδες ανάμειξης, και τέλος το σύστημα θέρμανσης χωνευτήρα με εναλλάκτη θερμότητας. Οι 2 αντλίες που θα χρησιμοποιηθούν θα έχουν ισχύ η κάθε μια 11kW ca. 40 m³/h τύπος περιστρεφόμενου εμβόλου, κατασκευασμένη για 8 bar διαφορά πίεσης. Τα 2 αντιδονητικά εξαρτήματα DN 125 θα χρησιμοποιηθούν για να αποφεύγονται οι δονήσεις από τις αντλίες στους σωλήνες.

Ο ηλεκτρομαγνητικός μετρητής ροής θα χρειαστεί για να ελέγχει την ποσότητα των

υποπροϊόντων που αντλούνται προς τους χωνευτήρες.

Θα χρησιμοποιηθούν 4 μαχαιρωτές βαλβίδες DN 125, χειροκίνητα ενεργοποιημένες, φλατζωτές και 8 μαχαιρωτές βαλβίδες DN 150 πνευματικά ενεργοποιημένες, φλατζωτές. Επίσης, 4 μαχαιρωτές βαλβίδες DN 150 χειροκίνητες ενεργοποιημένες για να μονταρισθούν στις δεξαμένες.

Τέλος, η συσκευή θέρμανσης για τον χωνευτήρα, αποτελούμενη από εναλλάκτη θερμότητας, βαλβίδες ζεστού νερού και αντλίες ζεστού νερού.

Το **σύστημα ανάλυσης βιοαερίου** δείχνει τη σύνθεση του βιοαερίου και με αυτό ελέγχετε η διαδικασία μικροβιολογικής χώνευσης μέσα στους χωνευτήρες. Αποτελείται από ένα ανοξείδωτο κουτί ελέγχου για το μοντάρισμα του τοίχου, ένα PLC μέσα στο κουτί ελέγχου, έναν ενσωματωμένο βιομηχανικό υπολογιστή με TFT έγχρωμη οθόνη αφής και αισθητήρες υψηλού βαθμού αερίου για μεθάνιο (CH₄), διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), σουλφίδιο υδρογόνου (H₂S) και οξυγόνο (O₂).

Το **σύστημα ελέγχου όλης της μονάδας** περιλαμβάνει τη διαδικασία απεικόνισης όλων των δεξαμενών, των μηχανών, των συσκευών μετρήσεων κλπ., μια οθόνη αφής για εύκολο χειρισμό, ένα modem σύνδεσης με την ΑΕΥ για πλήρη έλεγχο, ένα καταγραφέα δεδομένων για δεδομένα όπως είσοδος υποπροϊόντων, παραγωγή αερίου, ποιότητα αερίου, κλπ., τη δυνατότητα απεικόνισης των καταγεγραμμένων δεδομένων με διαγράμματα και τη δυνατότητα σύνδεσης του modem με κινητό τηλέφωνο για περίπτωση ανάγκης.

Ο μηχανολογικός εξοπλισμός περιλαμβάνει όλες τις απαραίτητες συσκευές μέτρησης και ελέγχου για να εξασφαλίσει καλύτερο έλεγχο της απόδοσης της μονάδας. Κάθε εγκατάσταση παρέχεται ως πλήρη μονάδα που αποτελείται από τον αισθητήρα, το μετασχηματιστή και τη συσκευή αποστολής σημάτων.

Ο πίνακας ελέγχου κατασκευάζεται βασιζόμενος σε ένα σύστημα PLC τελευταίας τεχνολογίας. Κατά συνέπεια, εξασφαλίζεται μια τέλεια και πλήρως αυτόματη λειτουργία του αναερόβιου τμήματος και της χρησιμοποίησης αερίου. Ο πίνακας ελέγχου παρέχεται ως ένα πλήρες σύστημα.

Ο αναερόβιος χωνευτήρας, διαμέτρου 24 m και ύψους 10 m περιλαμβάνει:

- 4 αναδευτήρες ενός σταδίου με οδηγό τοίχου. Κάθε αναδευτήρας έχει κατάλληλο ανοξείδωτο άξονα για τη μίξη στον πάτο των δεξαμενών, προκειμένου να αποφευχθεί η καθίζηση και μία ανοξείδωτη προπέλα διαμέτρου 600 mm και 380 στροφών.
- 4 παράθυρα ελέγχου που βρίσκονται στα τοιχώματα του χωνευτήρα για να ελέγχεται η επιφάνεια της λάσπης. Το κάθε παράθυρο ελέγχου περιλαμβάνει ένα ενσωματωμένο σύστημα στεγανότητας και καθαρισμού, σε πίεση 2 bar και θερμοκρασία 80^o C.
- Μία ανοξείδωτη συσκευή δειγματοληψίας με την οποία λαμβάνεται δείγμα από το μείγμα των χωνευτήρων για ανάλυση.
- Ένα θερμομόμετρο για να ελέγχει τη θερμοκρασία μέσα στους χωνευτήρες.
- Ένα σύστημα αποθείωσης που αποτελείται από μία αντλία αέρα, έναν έλεγχο ροής και μια βαλβίδα ελέγχου.

Η **αποθήκευση του βιοαερίου** γίνεται στη διπλή μεμβράνη. Η μεμβράνη είναι ανθεκτική και δεν διαβρώνεται από τις καιρικές συνθήκες, ούτε επηρεάζεται από τις υπεριώδεις ακτινοβολίες του ηλίου (UV) και τα λύματα των ζώων.

Η εσωτερική μεμβράνη είναι πλαστική, βασισμένη σε ίνες πολυεστέρα και είναι ειδικά κατασκευασμένη για βιοαέριο. Η εξωτερική μεμβράνη προστατεύει την εσωτερική από τον

αέρα και την πτώση, με κλίση 23°.

Οι **δεξαμενές αποθήκευσης υγρού λιπάσματος (lagoons)** αποτελούνται από 2 αναδευτήρες ενός σταδίου με οδηγό τοίχου. Κάθε αναδευτήρας έχει κατάλληλο ανοξείδωτο άξονα για τη μίξη στον πάτο των δεξαμενών, προκειμένου να αποφευχθεί η καθίζηση και μία ανοξείδωτη προπέλα διαμέτρου 600 mm και 380 στροφών.

Ο **πυρσός καύσης** περίσσειας βιοαερίου, που θα καίει το βιοαέριο σε περίπτωση που η παραγωγή είναι μεγαλύτερη από την απαίτηση αερίου, έχει δυναμικότητα καύσης 300 m³/h και είναι συνολικού ύψους 5000 mm.

4.2.4. Απόβλητα και αντιμετώπιση περιβαλλοντικών επιπτώσεων

Αέρια απόβλητα

Κατά την παραγωγή βιοαερίου δεν παράγονται αέρια απόβλητα. Το παραγόμενο βιοαέριο δεν διαχέεται στην ατμόσφαιρα διότι αποθηκεύεται σε ειδικό στεγανό κώδωνα (μπαλόνι) και σε περίπτωση περίσσειας καίγεται στον πυρσό της εγκατάστασης. Η βασική χημική σύνθεση του βιοαερίου είναι το μεθάνιο και το διοξείδιο του άνθρακα. Επομένως, κατά την καύση του τα παραγόμενα καυσαέρια είναι λιγότερο ρυπογόνα από οποιοδήποτε άλλο στερεό ή υγρό καύσιμο.

Οσμές

Οσμές δεν προκύπτουν διότι η παραγωγή και αποθήκευση του βιοαερίου γίνεται μέσω κλειστού κυκλώματος.

Υγρά απόβλητα

Υγρά απόβλητα από τη μονάδα παραγωγής βιοαερίου δεν προκύπτουν και παράγεται μόνο αξιοποιήσιμο υγρό μίγμα. Το παραγόμενο υγρό μίγμα που προκύπτει μετά την αναερόβια χώνευση των υλικών για την παραγωγή βιοαερίου είναι υγρό λίπασμα, το οποίο συγκεντρώνεται σε στεγανά lagoons και διατίθεται σε καλλιεργητές της περιοχής για λίπανση των αγρών τους, μέσω ειδικού βυτίου ψεκασμού, για επιφανειακή ή υπεδάφια διάθεση. Αυτό είναι δυνατόν γιατί το παραγόμενο υγρό λίπασμα είναι παστεριωμένο και άοσμο, αφού έχει παραμείνει στον αναερόβιο αντιδραστήρα έως 22 ημέρες σε θερμοκρασία 38° C. Αποτελεί άριστο οργανικό βελτιωτικό εδάφους με υψηλό ιξώδες ισχυρό μεταλλικό άζωτο, γιατί περιέχει κάλιο και φώσφορο, παρέχει μεγάλη απορρόφηση από το έδαφος λόγω των ήδη διασπασμένων δεσμών και της υγρής μορφής του, καθώς επίσης έχει καλύτερη συμβατότητα με τα φυτά και τα εδάφη, μειωμένες οσμές και μειωμένους σπόρους ζιζανίων. Αυτοί είναι οι λόγοι που το κάνουν περιζήτητο σε όλες τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Στερεά απόβλητα

Δεν παράγονται στερεά απόβλητα από τη μονάδα παραγωγής βιοαερίου παρά μόνο τα συνήθη στερεά αστικά απορρίμματα προερχόμενα από το προσωπικό της μονάδας. Τα αστικά αυτά απόβλητα είναι αμελητέας ποσότητας και συλλέγονται από τα απορριμματοφόρα οχήματα του δήμου και διατίθενται από κοινού με τα λοιπά απορρίμματα της περιοχής.

4.2.5. Τεχνική περιγραφή υποσταθμού μέσης τάσης

Για τη σύνδεση του σταθμού με το δίκτυο μέσης τάσης θα εγκατασταθεί υπαίθριος υποσταθμός τύπου κιόσκι. Ο υποσταθμός θα εγκατασταθεί επί βάσεως από οπλισμένο

σκυρόδεμα. Εντός του υποσταθμού θα εγκατασταθούν τα απαραίτητα μετρητικά και ασφαλιστικά μέτρα.

Χώρος μέσης τάσης

Ο πίνακας MT θα είναι μεταλλικός, κλειστού τύπου, κατάλληλος για εγκατάσταση σε εσωτερικό χώρο. Θα κατασκευαστεί από διαμορφωμένο χαλυβδοέλασμα γαλβανιζέ DKP πάχους 2 mm. Ο σκελετός του θα είναι κατασκευασμένος από μορφοσίδηρο κατάλληλης διατομής. Ο υποσταθμός θα είναι αυτοφερόμενος και θα μεταφέρεται με τον πίνακα μέσης τάσης συνδεδεμένο. Θα υπάρχει εξαναγκασμένη κυκλοφορία αέρα μέσω θερμοστάτη και ανεμιστήρα. Επίσης, στο χώρο θα υπάρχει φωτιστικό στεγανό τύπου χελώνας που θα λειτουργεί με εξωτερικό στεγανό διακόπτη.

Για την γείωση του πίνακα θα προβλεφθεί συλλεκτήριος αγωγός γείωσης. Το χειριστήριο του κύριου οργάνου διακοπής θα βρίσκεται στην μπροστινή πλευρά. Η ονομαστική τάση λειτουργίας του πίνακα είναι 20/24kV και θα είναι βαμμένος με ακρυλική ηλεκτροστατική βαφή. Θα περιλαμβάνει τα παρακάτω πεδία με ηλεκτρικά χαρακτηριστικά:

- Ονομαστική τάση 24 kV
- Τάση λειτουργίας 20 kV
- Ονομαστική συχνότητα 50 Hz
- Ονομαστική τάση αντοχής σε βιομηχανική συχνότητα 50 kV
- Ονομαστική αντοχή κρουστικής τάσης 125 kV
- Ονομαστική αντοχή ρεύματος βραχυκύκλωσης 16 kA/1 sec, 40 kA peak
- Ονομαστική ένταση κύριων ζυγών 630 kV
- Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης θα είναι:
- Περιοχή θερμοκρασίας λειτουργίας -5^o μέχρι +40^o C
- Σχετική υγρασία 95%
- Υψόμετρο max 1000m
- Βαθμός προστασίας έναντι επαφής εξωτερικού περιβλήματος IP3X
- Εσωτερικός βαθμός προστασίας έναντι επαφής IP2X
- Βοηθητική τάσης ελέγχου και σημάτων 220 V ac

Τα πεδία αναλυτικά έχουν ως εξής:

Πεδίο Εισόδου από Δ.Ε.Η.

Κυψέλη εισόδου στην οποία καταλήγουν τα καλώδια που έρχονται από το στύλο της Δ.Ε.Η. γενικών διαστάσεων 750×1190×1950mm. Περιλαμβάνει τον ακόλουθο εξοπλισμό:

- Τρία αλεξικέραυνα γραμμής, τύπου POLIM-D16L, ονομαστικής τάσης 21kV, έντασης δοκιμής 10kA, με στήριγμα, αποζευκτική διάταξη και βαλβίδα εκτόνωσης.
- Σύστημα κύριων ζυγών αποτελούμενο από τρεις μπάρες χαλκού 630A
- Τρεις υποδοχές για την εύκολη σύνδεση καλωδίων.
- Τρεις μετασχηματιστές τάσης τύπου KRES 24A1-VO1 20V3/0,1V3kV
- Ένα σετ χωρητικών καταμεριστών, τύπου DGN 24SHS2, αποτελούμενο από τρεις μονωτήρες με διαιρέτες τάσης και τρεις ενδεικτικές λυχνίες παρουσίας τάσης

Πεδίο Διασύνδεσης τύπου P1/F

Κυψέλη αναχώρησης-προστασίας η οποία διανέμει την μέση τάση στον μετασχηματιστή γενικών διαστάσεων 750×1250×1950mm. Περιλαμβάνει τον ακόλουθο εξοπλισμό:

- Έναν αποζεύκτη κενού SF6 τύπου SHS/IB, με μηχανικά μανδαλωμένο γειωτή, ονομαστικής τάσης 24 kV, ονομαστικής έντασης 630 kV και έντασης βραχείας διάρκειας 1 sec 16kA
- Σύστημα κύριων ζυγών αποτελούμενο από τρεις μπάρες χαλκού 630 A
- Κλειδαριά ασφαλείας για την θέση OFF
- Κλειδαριά ασφαλείας για ενεργοποίηση του γειωτή και ταυτόχρονη απελευθέρωση της πόρτας
- Έναν αυτόματο διακόπτη ισχύος εξαφθοριούχου θείου SF6 με ηλεκτροκίνητο μηχανισμό λειτουργίας τύπου HD4/R230, ονομαστικής τάσης 24 kV, ονομαστικής έντασης 630 A και αντοχής σε ένταση λειτουργίας 12,5kA
- Τρεις μετασχηματιστές έντασης 20/5/5 τύπου TPU.60
- Μοτέρ τηλεχειρισμού 220 VAC
- Πηνίο κλεισίματος 220 VAC
- Προγραμματιζόμενος ηλεκτρονικός ηλεκτρονόμος δευτερογενούς προστασίας, τύπου REX521 H50
- Γειωτή καλωδίων με αντοχή στο βραχυκύκλωμα (MAKE PROOF)
- Πηνίο εργασίας 220 VAC
- Βοηθητικές επαφές (3NO+2NC)
- Τρεις υποδοχές για εύκολη σύνδεση των καλωδίων
- Διαμέρισμα Χ.Τ. με επιλογικό διακόπτη (Auto 0-Manual 1), μπουτόν τηλεχειρισμού και λυχνίες ένδειξης Α.Δ.Ι.

Το ηλεκτρικό μονογραμμικό διάγραμμα στο οποίο παρουσιάζεται λεπτομερώς ο σημαντικός εξοπλισμός της εγκατάστασης (μονάδες παραγωγής, μετασχηματιστές ανύψωσης τάσης, μέσα απόζευξης και προστασίας) που αναφέρθηκε παραπάνω παρουσιάζονται στο τέλος της μελέτης.

Διάταξη γείωσης

Η γείωση προστασίας του έργου θα έχει σαν βάση επικασσιτερωμένη χάλκινη ταινία, όπου με την χρήση πασσάλων θα εγκαθίσταται σε βάθος 0.5m. Από τα Η/Ζ θα αναχωρεί για την ταινία αγωγός επικασσιτερωμένος 50mm². Τα μεταλλικά πλαίσια αυτών θα έχουν ηλεκτρική συνέχεια μέσω αγωγού, ο οποίος θα καταλήγει στην περιμετρική γείωση. Τοπικά κοντά στο ηλεκτροστάσιο θα εγκατασταθεί τρίγωνο γειώσεων. Εντός του ηλεκτροστασίου και του υποσταθμού μέσης τάσης θα γειωθούν με κατάλληλο χάλκινο επικασσιτερωμένο αγωγό όλα τα μεταλλικά μέρη και το κέλυφος του μετασχηματιστή μέσης τάσης. Γείωση θα έχει και ο ουδέτερος κόμβος στο δευτερεύον του μετασχηματιστή. Σε περίπτωση που η τιμή της γείωσης στον ουδέτερο κόμβο είναι μεγαλύτερη από 1Ω θα ενισχυθεί τοπικά η γείωση με πρόσθεση υλικού.

Επιλογή μετασχηματιστή

Θα τοποθετηθεί μετασχηματιστής **630 KVA** χαμηλών απωλειών με τα παρακάτω τεχνικά χαρακτηριστικά:

- Ονομαστική ισχύς: 630 KVA
- Συνδεσμολογία τυλιγμάτων: Dyn11
- Ονομαστική τάση πρωτεύοντος: 20 kV
- Ονομαστική τάση δευτερεύοντος: 0,4 kV
- Επαγωγική αντίδραση: 4%
- Τιμή αντίστασης και αντίδρασης γείωσης υποσταθμού: < 1 Ohm
- Διάταξη γείωσης ουδέτερου κόμβου: NAI (τρίγωνο γείωσης)

4.3. ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, ΙΣΧΥΟΣ 1 MW

Το επενδυτικό σχέδιο προβλέπει την δημιουργία μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα συνολικής δυναμικότητας 1,0 MW. Για την παραγωγή της ενέργειας υπάρχει η δυνατότητα αξιοποίησης διαφορετικών πρώτων υλών βιομάζας γεγονός που καθορίζει τον τόπο εγκατάστασης της μονάδας δεδομένης της απόστασης από το χώρο παραγωγής και συλλογής της πρώτης ύλης. Συγκεκριμένα πρόκειται να χρησιμοποιηθούν υπολείμματα κλαδέματος δέντρων (ελιές, οπωροφόρα), άχυρα δημητριακών (σιταριού, καλαμποκιού, ρυζιού) καθώς και αγριαγκινάρα (συνολικά βλαστός και καρπός).

Στο επενδυτικό σχέδιο περιλαμβάνεται η ίδρυση μονάδας επεξεργασίας φυτικής βιομάζας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η μονάδα θα περιλαμβάνει κτιριακές εγκαταστάσεις στις οποίες θα εγκατασταθεί σύγχρονος μηχανολογικός εξοπλισμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και αποθήκευσης πρώτων υλών. Το συγκρότημα θα περιλαμβάνει μονάδα καύσης-παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος, μονάδα διαχείρισης των αποβλήτων και της θερμότητας, χώρο διοίκησης – χημείου καθώς και βοηθητικούς χώρους φόρτωσης και εκφόρτωσης και αποθήκευσης πρώτων υλών και προϊόντων.

Τα προϊόντα που θα παράγονται από την επιχείρηση περιλαμβάνουν την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος από φυτική βιομάζα που θα διοχετεύεται στο δίκτυο ηλεκτροδότησης της ΔΕΗ. Ως παραπροϊόν της διαδικασίας θα παράγεται τέφρα η οποία ωστόσο δεν θα απορρίπτεται ως απόβλητο αλλά λόγω των φυσικοχημικών ιδιοτήτων της θα διατίθεται σε τσιμεντοβιομηχανίες ως δομικό συστατικό των προϊόντων τους.

Οι βασικές πρώτες ύλες που απαιτούνται για την παραγωγική διαδικασία θα προέρχονται από τους καλλιεργητές ενεργειακών φυτών και από παραγωγούς- δενδροκαλλιεργητές με τους οποίους θα συνεργάζεται η επιχείρηση.

Οι ποσότητες που θα διαχειρίζεται η επιχείρηση δεν αναμένεται να δημιουργήσουν πρόβλημα ελλείψεων, δεδομένου ότι εκ των προτέρων θα πραγματοποιούνται συμφωνίες με παραγωγούς για τις παραδοθείσες ποσότητες ενεργειακών φυτών γεγονός που θα εξασφαλίζει την αναμενόμενη επάρκεια. Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι πρώτες ύλες συμμετέχουν κατά 52,8% στην διαμόρφωση του κόστους παραγωγής. Οι αγορές των πρώτων υλών θα διαμορφώνονται ανάλογα με την παραγωγική δυναμικότητα της μονάδας και συνεπώς θα παρουσιάσουν σταδιακή αύξηση κατά την πρώτη πενταετία και μέχρι την επίτευξη της μέγιστης δυναμικότητας. Σύμφωνα με την δυναμικότητα του προτεινόμενου μηχανολογικού εξοπλισμού, η επιχείρηση θα παράγει ετησίως υπό συνθήκες μέγιστης αξιοποίησης της δυναμικότητάς της, 9.020,88 MWh ηλεκτρικό ρεύμα. Η δυναμικότητα της επένδυσης θα φτάσει την μέγιστη τιμή της σε διάστημα πέντε ετών από την ολοκλήρωση της επένδυσης και θα εμφανίσει κλιμάκωση ξεκινώντας από ποσοστό 90%. Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις του επιβλέποντος πολιτικού μηχανικού αλλά και των συνεργείων που θα κατασκευάσουν τις κτιριακές εγκαταστάσεις, θα απαιτηθεί χρονικό διάστημα περίπου 8-12 μηνών για την ολοκλήρωση των εργασιών. Επίσης, οι προμηθευτές του μηχανολογικού εξοπλισμού έχουν εκτιμήσει ότι απαιτείται διάστημα περίπου 8-10 μηνών για την μεταφορά και εγκατάστασή του. Με βάση τις παραπάνω εκτιμήσεις και το γεγονός ότι οι υπόλοιπες επενδύσεις δεν απαιτούν σημαντικό χρονικό διάστημα για την υλοποίησή τους εκτιμάται ότι για την αποτελεσματική ολοκλήρωση και έναρξη της λειτουργίας της μονάδας θα απαιτηθεί χρονικό διάστημα περίπου 10-12 μηνών.

Σχετικά με την ενεργειακή κατανάλωση αλλά και τα παραγόμενα λύματα από την λειτουργία της μονάδας, αυτά δεν αναμένεται να δημιουργήσουν προβλήματα στην περιοχή. Συγκεκριμένα, σε ότι αφορά την ενεργειακή κατανάλωση η μονάδα θα χρησιμοποιεί ηλεκτρική ενέργεια. Η κινητήρια ισχύς του μηχανολογικού εξοπλισμού που χρησιμοποιείται στην

παραγωγική διαδικασία θα ανέρχεται σε 171,0KW. Έτσι, κατά την μέγιστη δυναμικότητα της νέας μονάδας προβλέπεται ετήσια κατανάλωση 1.354,82 MWh ενέργειας.

4.3.1. Παραγωγική διαδικασία

Η μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα θα έχει δυναμικότητα 1MW ανά ώρα και θα στηρίζεται σε καύση υπολειμμάτων κλαδέματος δένδρων καθώς και σε υπολείμματα καλλιεργειών (καλαμπόκι, ρύζι, αγριαγκινάρα). Εκτιμάται ότι η αναλογία υπολειμμάτων κλαδέματος δένδρων και υπολειμμάτων καλλιεργειών θα ανέρχεται σε 50-50.

Οι πρώτες ύλες θα παραδίδονται στο χώρο του εργοστασίου όπου θα ζυγίζονται και θα εκτιμώνται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους. Στην συνέχεια θα αποθηκεύονται σε υπαίθριο χώρο είτε σε υπόστεγο. Η αποθήκευση των δεμάτων των γεωργικών υπολειμμάτων αποτελεί μια διαδικασία, η οποία απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή αφού υψηλή περιεκτικότητα υγρασίας στα δέματα μπορεί να προκαλέσει αλλοιώσεις στα υπολείμματα. Στην υπαίθρια αποθήκευση θα προστατεύονται από νάιλον με οποία σκεπάζονται. Στην περίπτωση κυλινδρικών δεμάτων υπάρχει η δυνατότητα κάλυψης κάθε δέματος χωριστά. Η αποθήκευση των υπολειμμάτων βέβαια θα γίνεται σε υπόστεγο όπου η προστασία τους είναι σαφώς μεγαλύτερη απ' ότι στην υπαίθρια αποθήκευσή τους.

Στη συνέχεια η βιομάζα θα οδηγείται στην αποθήκη τροφοδοσίας της μονάδας όπου αρχικά θα θρυμματίζεται και στη συνέχεια θα αποτίθεται σε χώρο με κινητές ράγες που θα την οδηγούν μέσω ταινίας μεταφοράς στον θάλαμο καύσης.

Για την καύση της βιομάζας επιλέχθηκε η τεχνολογία του καυστήρα σχάρας, όπου η τροφοδοσία της πρώτης ύλης γίνεται αυτόματα πάνω στη σχάρα. Καθώς το καύσιμο κινείται πάνω στη σχάρα αρχικά, επιταχύνεται η απομάκρυνση της υγρασίας ενώ ακολουθεί η ανάφλεξη του, η καύση του και τελικά η ψύξη του και η απομάκρυνση της στάχτης. Η τροφοδοσία του αέρα γίνεται κάτω από τη σχάρα και συχνά είναι διαχωρισμένη, ώστε ο έλεγχος της ροής και της πίεσης να είναι ανεξάρτητος σε κάθε τομέα της κύριας καύσης. Το σύστημα αυτό απαιτεί σωστή αναλογία προμηθευόμενου δευτερεύοντος αέρα πάνω από τη σχάρα. Οι μετρήσεις της θερμοκρασίας στο υπόστρωμα και το φούρνο έχουν δείξει ανάλογο προφίλ με μέγιστη τιμή 900-1100°C στην περιοχή καύσης του υποστρώματος αλλά και χαμηλή 200-500°C στη ζώνη της ξήρανσης της συλλογής της στάχτης. Οι θερμοκρασίες πάνω από το υπόστρωμα φυσιολογικά κυμαίνονται μεταξύ 800 και 1000°C. Η στάχτη οδηγείται μέσα σε ειδική δεξαμενή. Η στάχτη θα συγκεντρώνεται σε ειδικό χώρο και στη συνέχεια θα μεταφέρεται σε βιομηχανία τσιμέντου ως δομικό υλικό.

Για την παραγωγή του ηλεκτρικού ρεύματος θα χρησιμοποιηθεί ένας αντιδραστήρας τύπου ORC με οργανικό υγρό. Στην τεχνολογία αυτή εργαζόμενο μέσο είναι ένα σιλικονούχο έλαιο, που εξατμίζεται με ανάκτηση θερμότητας από αέρια χαμηλής θερμοκρασίας (80-300°C). Ο βαθμός απόδοσης του συστήματος για την παραγωγή ρεύματος είναι της τάξης του 27% περίπου και ιδιαίτερη σημασία έχει το γεγονός ότι ένα τέτοιο σύστημα παράγει πρόσθετη ισχύ χωρίς να ξοδεύει καύσιμο.

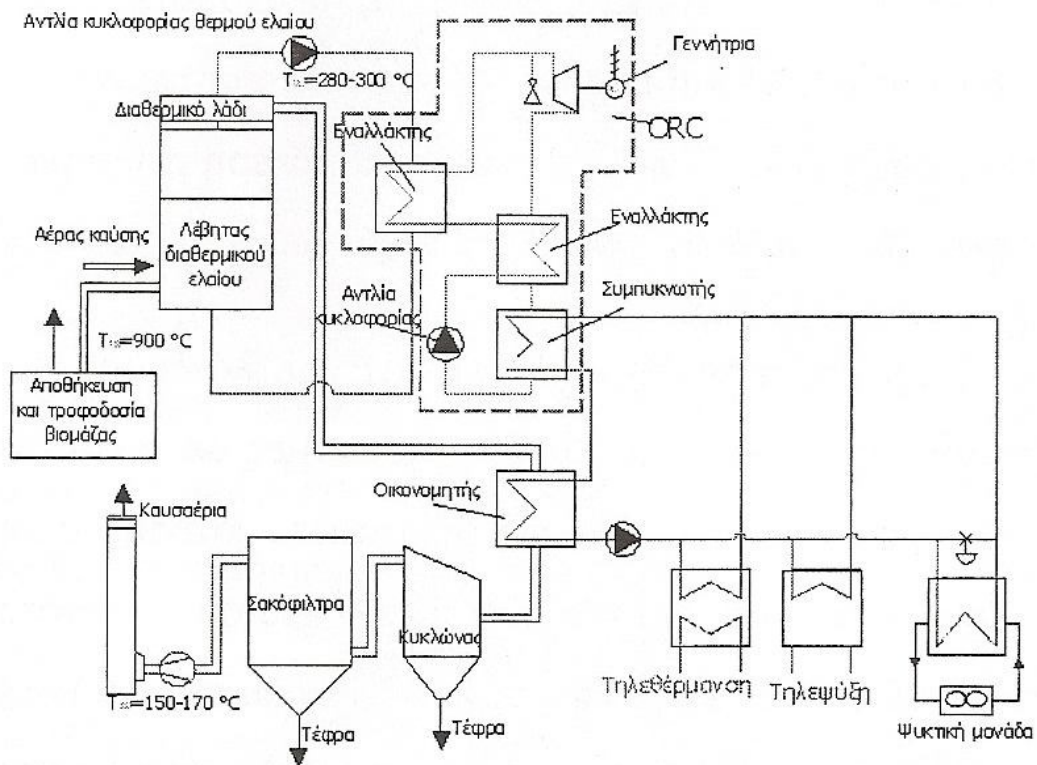
Ο κύκλος θερμού ελαίου επιτρέπει την περαιτέρω ελάττωση της πίεσης λειτουργία στις υψηλές θερμοκρασίες και έτσι δεν απαιτείται ατμός σε κατάσταση αναμονής. Το καυσαέριο που προέρχεται από την διεργασία καύσης στο λέβητα βιομάζας παρέχει τη θερμότητα στον κύκλο θερμού ελαίου. Αργότερα η θερμότητα τροφοδοτείται σε ένα εργαζόμενο οργανικό ρευστό που το ατμοποιεί. Το ατμοποιημένο ρευστό εκτονώνεται σε έναν στρόβιλο και το αποκτηθέν μηχανικό έργο περνάει σε μια γεννήτρια όπου μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια. Το ρευστό που επεκτάθηκε εισέρχεται έπειτα σε έναν συμπυκνωτή όπου η

αποβαλλόμενη θερμότητα είναι διαθέσιμη σε επίπεδο θερμοκρασίας που επιτρέπει τη λειτουργία ενός δικτύου θερμού νερού για απευθείας ή επεξεργάσιμη παροχή θερμότητας. Αργότερα το συμπύκνωμα παρουσιάζεται στην πίεση λειτουργίας από την αντλία και τροφοδοτείται πάλι στον εξατμιστήρα.

Προκειμένου να αυξηθεί η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, το εργαζόμενο ρευστό που εξέρχεται από το στρόβιλο θα περνάει μέσω ενός αναθερμαντή προτού εισέλθει στον συμπυκνωτή. Ο έλεγχος της διεργασίας ORC μπορεί να επιτευχθεί μέσω της παροχής θερμότητας στο λέβητα. Η κατάσταση λειτουργίας του ORC βρίσκεται σε αυτές τις συνθήκες:

- Πίεση εξάτμισης του εργαζόμενου ρευστού: 10 bar
- Θερμοκρασία εξάτμισης αερίου από το λέβητα: 300°C

Οι απαιτήσεις για συντήρηση στις εγκαταστάσεις ORC είναι βασικά μικρές. Οι εργασίες συντήρησης ανέρχονται σε περίπου στις 4 ώρες εβδομαδιαίως. Το εργαζόμενο ρευστό (συνήθως πυριτικό ρευστό) πρέπει να αντικατασταθεί μετά από περίπου 20 έτη.



Σχήμα 4.6: Διαδικασία παραγωγής βιοαερίου μονάδας 1 MW

Τα αέρια της καύσης της βιομάζας θα οδηγούνται στη μονάδα καθαρισμού των αερίων. Οι τεχνολογίες που θα εφαρμοστούν θα περιλαμβάνουν τη χρήση του κυκλώνα και του φίλτρου σάκου. Η τεχνολογία του κυκλώνα χρησιμοποιείται για την κατακράτηση των πολύ μικρών σωματιδίων ενώ αυτή του φίλτρου σάκου για τα μεγαλύτερα σωματίδια.

Η παραγόμενη θερμότητα από την διεργασία καύσης θα ανέρχεται σε 3556KW ανά ώρα και θα διοχετεύεται μέσω συστήματος αγωγών στην αποθήκη τροφοδοσίας προκειμένου να επιτυγχάνεται περαιτέρω ξήρανση της πρώτης ύλης.

4.3.2. Συμπεράσματα για τις προοπτικές βιωσιμότητας της μονάδας

Το επιχειρηματικό σχέδιο προβλέπει την δημιουργία μιας σύγχρονης μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα. Οι προοπτικές βιωσιμότητας της μονάδας είναι ιδιαίτερα θετικές δεδομένου ότι αφενός έχουν εξασφαλισθεί οι απαιτούμενες ποσότητες πρώτων υλών για την λειτουργία της μονάδας και αφετέρου η διάθεση του παραγόμενου ρεύματος είναι συμβασιολογημένη με τον ΔΕΣΜΗΕ για διάστημα τουλάχιστον 20 ετών και με ανταγωνιστική τιμή όπως προκύπτει από το νομοσχέδιο για τις ΑΠΕ.

Η αξιοποίηση της φυτικής βιομάζας και ειδικότερα των γεωργικών υπολειμμάτων και των ενεργειακών καλλιεργειών είναι σε θέση να αποφέρει σημαντικά οφέλη για τους κατοίκους της περιοχής. Τα οφέλη διακρίνονται σε περιβαλλοντικά, κοινωνικά και οικονομικά.

Η καύση της βιομάζας έχει μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου επειδή τα προϊόντα της καύσης είναι νερό και διοξείδιο του άνθρακα, το οποίο δεσμεύεται πάλι από τα φυτά για την δημιουργία της βιομάζας. Επίσης, η μηδαμινή ύπαρξη του θείου στη βιομάζα συμβάλλει σημαντικά στον περιορισμό των εκπομπών του διοξειδίου του θείου (SO₂) που είναι υπεύθυνο για την όξινη βροχή.

Η ανάκτηση ενέργειας από την αξιοποίηση των υπολειμμάτων, που είναι μια εγχώρια πηγή ενέργειας, συμβάλλει σημαντικά στη μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα, κυρίως πετρελαίου και την κάλυψη ενός μέρους του ενεργειακού εφοδιασμού του κράτους.

Επίσης, η απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα έχει ως αποτέλεσμα την εξοικονόμηση συναλλάγματος.

Τα οικονομικά οφέλη είναι άμεσα και έμμεσα. Έμμεσα γιατί η αξιοποίηση της βιομάζας σε μια περιοχή αυξάνει την απασχόληση στις αγροτικές περιοχές καθώς δημιουργεί εναλλακτική αγορά, συμβάλλοντας στην οικονομική ανάπτυξη της περιοχής και την συγκράτηση του πληθυσμού στις εστίες τους. Στα άμεσα οφέλη είναι α) το οικονομικό όφελος από την χρήση της βιομάζας και β) το εισόδημα από την πώληση των υπολειμμάτων που αυξάνει, έτσι συνολικά το εισόδημα από τις αντίστοιχες καλλιέργειες.

Μέσα στον 21^ο αιώνα τα συμβατικά καύσιμα θα μειωθούν σε απελπιστικό βαθμό. Συνεπώς οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούν τη λύση στο ενεργειακό πρόβλημα του πλανήτη και μπορούν επάξια, καθαρά και αποτελεσματικά να ανταπεξέλθουν αρκεί στην κοινωνία να γίνουν συνείδηση τα οφέλη που προκύπτουν σε τοπικό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο από το σεβασμό προς το περιβάλλον και την ορθολογική χρήση της ενέργειας.

Πέραν όλων των προαναφερθέντων μπορούμε συνοπτικά να αναφέρουμε ειδικότερα τα ακόλουθα που επιπρόσθετα θεμελιώνουν τις προοπτικές βιωσιμότητας της μονάδας, όπως:

- Την ύπαρξη πρώτης ύλης που καλύπτει το σύνολο της δυναμικότητας της μονάδας.
- Την προνομιακή θέση εγκατάστασης της επιχείρησης.
- Την ωριμότητα της πρότασης και το ταχύ της υλοποίησης (ένα έτος σχεδόν) που δείχνει την αποφασιστικότητα και σιγουριά του φορέα.
- Την ύπαρξη και υπερκάλυψη της ίδιας συμμετοχής του φορέα.

4.3.3 Τεχνική περιγραφή υποσταθμού μέσης τάσης

Υπολογισμός στοιχείων πίνακα μέσης τάσης

Τα στοιχεία που καθορίζουν την επιλογή των διακοπών είναι η ονομαστική τους τάση, το ονομαστικό τους ρεύμα και η αντοχή τους στο βραχυκύκλωμα. Συγκεκριμένα για τους διακόπτες ισχύος λαμβάνουμε υπόψη μας το ρεύμα και την ισχύ διακοπής.

Ρεύμα κανονικής λειτουργίας τροφοδοτικού καλωδίου Μ/Σ

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} \times V}$$

Και

$$I_k = \frac{S_k}{\sqrt{3} \times V}$$

Όπου:

S_n : ισχύς μετασχηματιστή 1600kVA

S_k : ισχύς βραχυκυκλώσεως δικτύου Δ.Ε.Η. (250MVA) V : πολική τάση δικτύου Δ.Ε.Η.(20kV)

Έτσι:

$$I_n = \frac{1600kVA}{\sqrt{3} \times 20kV} = 46,19A$$

$$I_k = \frac{250MVA}{\sqrt{3} \times 20kV} = 7,22kA$$

Για τον συγκεκριμένο υποσταθμό επιλέγουμε αυτόματο διακόπτη ισχύος εξαφθοριούχου θείου SF₆. Στην κυψέλη εισόδου των καλωδίων μέσης τάσης θα εγκατασταθούν απαγωγείς υπερτάσεων με σκοπό τη μείωση των υπερτάσεων σε επίπεδα που δεν υπερβαίνουν τις ονομαστικές τάσεις του εξοπλισμού και ειδικά των υπερτάσεων που εμφανίζονται από την πτώση κεραυνών

Υπολογισμοί καλωδίων μέσης τάσης

Η αναγκαία διατομή του καλωδίου ώστε αυτό να αντέξει στο συμμετρικό τριφασικό βραχυκύκλωμα είναι:

$$A = \frac{I_k \times \sqrt{t}}{k}$$

A: η διατομή του αγωγού σε mm²

t: η διάρκεια του βραχυκυκλώματος (το άθροισμα των χρόνων που ο διακόπτης της ΔΕΗ με κύκλους επαναφοράς είναι εντός) σε sec

I_k : η ονομαστική πυκνότητα ρεύματος υπολογισμένη για την μέγιστη θερμοκρασία αγωγού την στιγμή του βραχυκυκλώματος και εξαρτώμενη από τον τύπο σε A×sec/ mm²

Θεωρούμε t=1 sec χρόνο διακοπής και k=143 για αγωγό χαλκού με μόνωση από πολυαιθυλένιο (XPLE).

Επιλέγεται καλώδιο XPLE τύπου N2XSY 1×95 mm² ανά φάση.

Στην υπαίθρια σύνδεση χρησιμοποιούμε ακροκεφαλές πορσελάνης εξωτερικού χώρου και μέσα ακροκεφαλές χυτές ή με λάστιχο σιλικόνης.

Την ίδια διατομή και τον ίδιο τύπο θα έχουν και τα καλώδια αναχώρησης από τους ζυγούς μέσης τάσης προς τον μετασχηματιστή.

- Ονομαστική ένταση πρωτεύοντος μετασχηματιστή $I_{np} = S_n / (1,73 \times U_n)$
- Ονομαστική ένταση δευτερεύοντος μετασχηματιστή $I_{nd} = S_n / (1,73 \times U_{n2})$
- Ένταση βραχυκυκλώσεως πρωτεύοντος μετασχηματιστή $I_{kp} = I_{np} / U_k$
- Ένταση βραχυκυκλώσεως δευτερεύοντος μετασχηματιστή $I_{kd} = I_{nd} / U_k$

Όπου:

U_{n2} =0,4kV ονομαστική τάση δευτερεύοντος μετασχηματιστή

S_n =1250kVA ονομαστική ισχύς μετασχηματιστή

U_k =τάση βραχυκύκλωσης

I_{nd} =ονομαστική ένταση δευτερεύοντος

I_{kp} =ένταση βραχυκυκλώσεως πρωτεύοντος

I_{kd} = ένταση βραχυκυκλώσεως δευτερεύοντος

Διαστάσεις μόνωσης και προστασίας

Αφού γίνει η επιλογή του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού μέσης τάσης μπορούμε να σχεδιάσουμε τον πίνακα μέσης τάσης λαμβάνοντας υπόψη μας τις διαστάσεις του εξοπλισμού και τις απαραίτητες αποστάσεις μόνωσης και προστασίας. Στις τελικές διαστάσεις του πίνακα λαμβάνονται υπόψη και οι διηλεκτρικές δοκιμές που γίνονται σε ένα αρχικό δείγμα.

Παραδοχές

Σε ένα πίνακα μέσης τάσης ενός ιδιωτικού υποσταθμού πρέπει να υπάρχουν για λόγους ασφαλείας αλληλασφαλίσεις μεταξύ των διακοπών οι οποίες έχουν ως εξής:

- Είναι αδύνατη η χρήση του αποζεύκτη όταν ο διακόπτης φορτίου ή ισχύος είναι ανοικτός.
- Είναι αδύνατη η χρήση του διακόπτη φορτίου ή ισχύος αν ο αποζεύκτης δεν είναι τελείως ανοικτός ή κλειστός.
- Είναι αδύνατη η χρήση του γειωτή με κλειστό τον αποζεύκτη.
- Είναι αδύνατη η χρήση του αποζεύκτη με το γειωτή κλειστό.

Χώρος μέσης τάσης

Ο πίνακας ΜΤ θα είναι μεταλλικός, κλειστού τύπου, κατάλληλος για εγκατάσταση σε εσωτερικό χώρο. Θα κατασκευαστεί από διαμορφωμένο χαλυβδοέλασμα DKP πάχους 2mm. Στην οροφή θα υπάρχει θυρίδα εκτόνωσης των αερίων. Για την γείωση του πίνακα θα προβλεφθεί συλλεκτήριος αγωγός γείωσης. Το χειριστήριο του κύριου οργάνου διακοπής θα βρίσκεται στην μπροστινή πλευρά. Η ονομαστική τάση λειτουργίας του πίνακα είναι 20/24kV και θα είναι βαμμένος με ακρυλική ηλεκτροστατική βαφή. Θα περιλαμβάνει δε τα παρακάτω πεδία με ηλεκτρικά χαρακτηριστικά:

- Ονομαστική τάση 24kV
- Κρουστική τάση δοκιμής 125kV
- Τάση βιομηχανικής συχνότητας 50kV Ονομαστική ένταση 630A
- Ένταση βραχυκύκλωσης 12,5kA
- Ονομαστική ένταση κορυφής 31,5kA
- Συχνότητα 50/60Hz

Κυψέλη εισόδου στην οποία καταλήγουν τα καλώδια που έρχονται από το σύλο της ΔΕΗ γενικών διαστάσεων 530×1050×1970mm. Περιλαμβάνει τον ακόλουθο εξοπλισμό:

- Τρία αλεξικέραυνα γραμμής, τύπου POLIM-D16L, ονομαστικής τάσης 21kV, έντασης δοκιμής 10kA, με στήριγμα, αποζευκτική διάταξη και βαλβίδα εκτόνωσης. Σύστημα κύριων ζυγών αποτελούμενο από τρεις μπάρες χαλκού 630A Τρεις υποδοχές για την εύκολη σύνδεση καλωδίων.
- Τρεις μετασχηματιστές τάσης τύπου KRES 24A1-VO1 20V3/0,1V3kV
- Διακόπτη φορτίου SF6 (εξαφθοριούχου θείου) τύπου SHS2/T1 24.06.16 24kV/630A/16kA με γειωτή στο κάτω μέρος
- Ένα σετ χωρητικών καταμεριστών, τύπου DGN 24SHS2, αποτελούμενο από τρεις μονωτήρες με διαιρέτες τάσης και τρεις ενδεικτικές λυχνίες παρουσίας τάσης.

Κυψέλη μετρήσεων 20kV. Περιλαμβάνει τον ακόλουθο εξοπλισμό:

- Ένας τριπολικός ασφαλειοαποζεύκτης SF6, τύπου SHS2/IF, 24kV/630A/16kA, με διαφράγματα διαμερισματοποίησης, μιμικό διάγραμμα και κλειδί ασφαλείας στη θέση
- ON, γειωτή στο κάτω μέρος μηχανικά μανδαλωμένο με τον ασφαλειοαποζεύκτη και με την πόρτα της κυψέλης, χειριστήριο, βοηθητικές επαφές και βάσεις ασφαλειών.
- Τρία φυσίγια ασφαλειών μέσης τάσης, τύπου CEF24-6, ονομαστικής έντασης 6A και

- ονομαστικής τάσης 24kV.
- Τρεις διπολικούς μετασχηματιστές τάσης, τύπου KRES 24A2, μονοπολικοί, εποξειδικής ρητίνης, εσωτερικού χώρου.
Ισχύς :50VA
Κλάση:0,5
Σχέση:20.000/√3:100/√3:100/3
- Βολτόμετρο RQ96E
- Μεταγωγικός βολτόμετρου
- Βοηθητικά εξαρτήματα (ρελέ, ασφάλειες)
- Όργανα ελέγχου και συγχρονισμού
- Πλήρες σετ δοκιμών

Κυψέλη αναχώρησης-προστασίας η οποία διανέμει την μέση τάση στον μετασχηματιστή γενικών διαστάσεων 780×1050×1970mm. Περιλαμβάνει τον ακόλουθο εξοπλισμό:

- Έναν περιστροφικό αποζεύκτη SF6, τύπου SHS2/IB 24.06.16, με διαφράγματα διαμερισματοποίησης, μιμικό διάγραμμα και κλειδί ασφαλείας στη θέση ON, γειωτή στο κάτω μέρος μηχανικά μανδαλωμένο με τον αποζεύκτη και με την πόρτα της κυψέλης, χειρηστήριο και βοηθητικές επαφές.
Τεχνικά χαρακτηριστικά:
Ονομαστική τάση: 24kV
Ονομαστική συχνότητα: 50Hz
Ονομαστική ένταση: 630A
Ένταση βραχείας διάρκειας 1 sec: 16kA
Ένταση κορυφής: 40kA
Στάθμη μόνωσης μεταξύ φάσεων: 55kV/125kV
Απόσταση μεταξύ των πόλων:230mm
- Έναν αυτόματο διακόπτη ισχύος εξαφθοριούχου θείου SF6, τύπου HD4/R300, με κλειδί ασφαλείας στη θέση OFF, πηνίο εργασίας 220V/50Hz, χειριστήριο και βοηθητικές επαφές 3A+2K.
Τεχνικά χαρακτηριστικά:
Ονομαστική τάση: 24kV
Ονομαστική συχνότητα: 50Hz
Ονομαστική ένταση λειτουργίας: 630A
Αντοχή σε ένταση λειτουργίας: 12,5kA
Ικανότητα ζεύξης: 31,5A
Στάθμη μόνωσης: 50/125kV Απόσταση μεταξύ πόλων: 230mm
- Σύστημα κύριων ζυγών αποτελούμενο από τρεις μπάρες χαλκού 630A
- Κλειδαριά ασφαλείας για ενεργοποίηση του γειωτή και ταυτόχρονη απελευθέρωση της πόρτας.
- Τρεις μετασχηματιστές έντασης, εποξειδικής ρητίνης, εσωτερικού χώρου, διπλού τυλίγματος για μέτρηση και προστασία, 24kV, τύπου TPU60.14.
Σχέση: /5/5A
Ισχύς: για μέτρηση 15VA, για προστασία 10VA
Κλάση: για μέτρηση 1, για προστασία 5P10
- Ένα σετ χωρητικών καταμεριστών, τύπου DGN 24SHS2, αποτελούμενο από τρεις μονωτήρες με διαιρέτες τάσης και τρεις ενδεικτικές λυχνίες παρουσίας τάσης.
- Τοροειδής μετασχηματιστής διαρροής τύπου TAAA10B500 του οίκου IME Ιταλίας.
- Προγραμματιζόμενος ηλεκτρονικός ηλεκτρονόμος δευτερογενούς προστασίας, τύπου

- REX 521 H50 κατάλληλος για διασύνδεση εγκατάστασης βιομάζας-βιοαερίου.
- Γειωτή καλωδίων με αντοχή στο βραχυκύκλωμα (MAKE PROOF)
Τρεις υποδοχές για εύκολη σύνδεση των καλωδίων
 - Διαμέρισμα Χ.Τ. με επιλογικό διακόπτη (Auto 0-Manual 1),μπουτόν τηλεχειρισμού και λυχνίες ένδειξης Α.Δ.Ι.

Τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν στους πίνακες μέσης τάσης θα είναι της εταιρίας ABB ή Siemens ή κάποιου άλλου ισότιμου αναγνωρισμένου οίκου. Το ηλεκτρικό μονογραμμικό διάγραμμα στο οποίο παρουσιάζεται λεπτομερώς ο σημαντικός εξοπλισμός της εγκατάστασης (μονάδες παραγωγής, μετασχηματιστές ανύψωσης τάσης, μέσα απόζευξης και προστασίας) που αναφέρθηκε παραπάνω παρουσιάζονται στο τέλος της μελέτης.

Τεχνικά χαρακτηριστικά μετασχηματιστή

Θα τοποθετηθεί μετασχηματιστής **1600kVA(0,4/20kV)** χαμηλών απωλειών με τα παρακάτω τεχνικά χαρακτηριστικά:

kVA	Ρεύμα δευτερεύον (A)	Ρεύμα πρωτεύον (A)	Απώλειες κενού (W)	Απώλειες φορτίου (W)	Τάση βραχυκύκλωσης (%)	Μήκος (mm)	Πλάτος (mm)	Ύψος (mm)	Βάρος (Kg)
250	7,21	360,85	425	3250	4	1120	740	1375	1170
400	11,54	577,37	520	4600	4	1360	830	1560	1520
500	14,34	721,71	610	5500	4	1400	875	1590	1920
630	18,18	909,35	860	6500	6	1560	960	1600	2000
800	23,09	1154,70	930	8400	6	1580	995	1610	2200
1000	28,86	1443,40	1100	10500	6	1760	1090	1815	2800
1250	36,09	1804,30	1150	13500	6	1850	1140	1930	3400
1600	46,19	2309,50	1190	14000	6	1950	1250	2100	4300

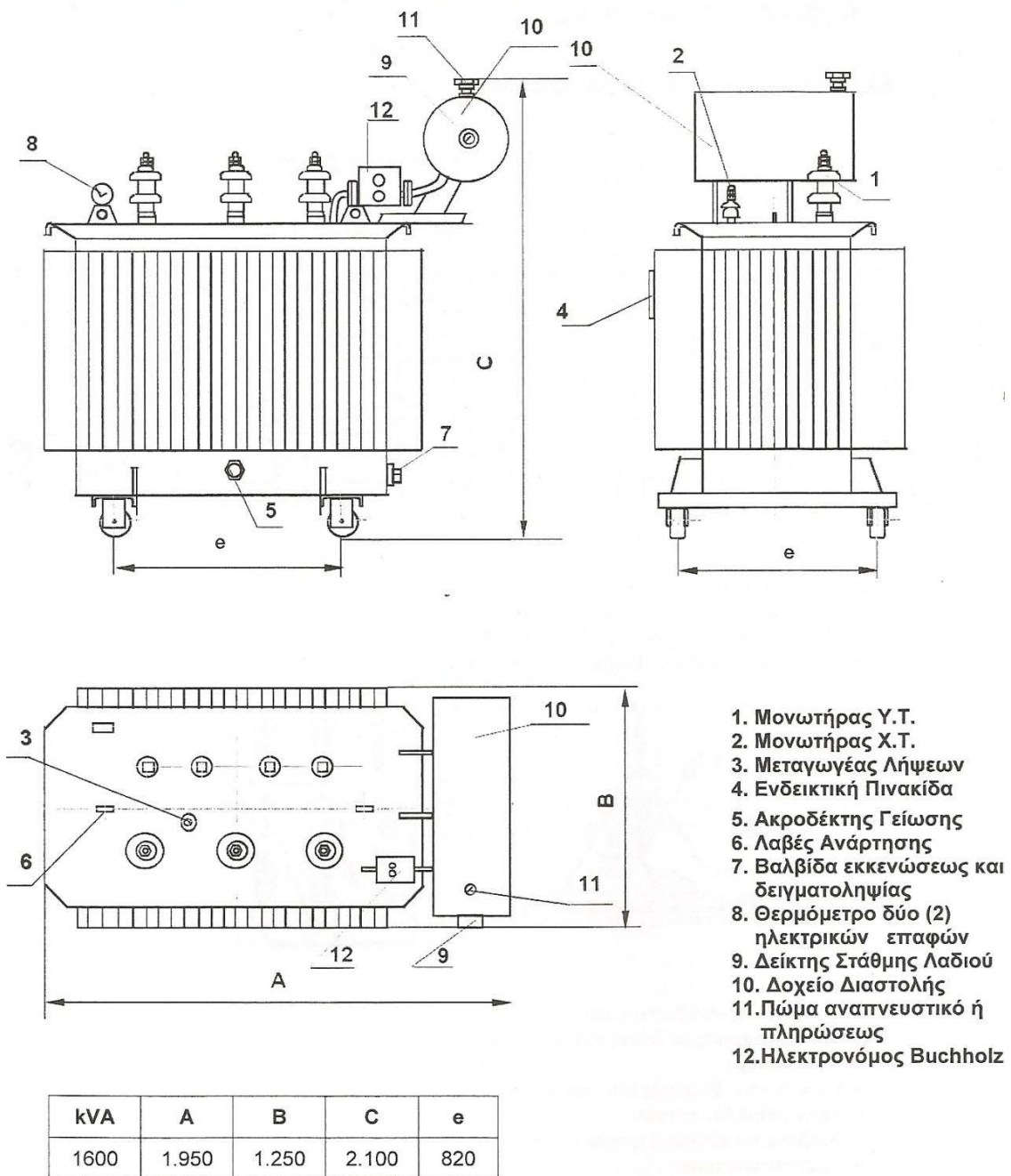
Πίνακας 4.6: Τεχνικά χαρακτηριστικά Μ/Σ 1600 kVA

Στον μετασχηματιστή:

- Χρησιμοποιείται ως μονωτικό μέσο ορυκτό λάδι
- Η ψύξη γίνεται με φυσική κυκλοφορία λαδιού
- Η συνδεσμολογία των τυλιγμάτων είναι Dyn11

Ο μετασχηματιστής συνοδεύεται από:

- Δοχείο διαστολής με δείκτη στάθμης ελαίου
- Αφυγρανήρα
- Ηλεκτρονόμο Buchholz δυο επαφών
- Θερμόμετρο δυο επαφών
- Βαλβίδες για πλήρωση τροχών κυλίσεων
- Οπές για ανάρτηση
- Οπές για ρυμούλκηση
- Πιστοποιητικά δοκιμών



Σχήμα 4.7: Μετασχηματιστής 1600 kVA

Πίνακας χαμηλής τάσης

Ο πίνακας χαμηλής τάσης θα είναι μεταλλικός, κλειστού τύπου, κατάλληλος για εγκατάσταση σε εσωτερικό χώρο. Κατασκευάζεται από διαμορφωμένο χαλυβδοέλασμα DKP πάχους 2mm και θα είναι προσβάσιμος από την μπροστινή πλευρά για την επιθεώρηση των οργάνων και των συσκευών. Θα είναι κλειστός από τις υπόλοιπες πλευρές εκτός από κάτω όπου θα εισέρχονται και θα εξέρχονται τα καλώδια. Στο πάνω μέρος του πίνακα υπάρχουν οι ζυγοί των φάσεων και στο κάτω μέρος του ουδέτερου που θα είναι από χαλκό καθαρότητας 99,9% και θα στηρίζονται σε ισχυρούς μονωτήρες. Τα χειριστήρια των οργάνων θα βρίσκονται στην μπροστινή πλευρά του πίνακα. Θα είναι βαμμένος με ακρυλική ηλεκτροστατική βαφή. Θα περιλαμβάνεται παρακάτω υλικά:

- Έναν αυτόματο διακόπτη ισχύος κλειστού τύπου με ρυθμιζόμενα θερμικά και μαγνητικά στοιχεία και με τα παρακάτω χαρακτηριστικά:
 - ❖ Αριθμός πόλων: 4
 - ❖ Ονομαστικό ρεύμα: 2500A Ρύθμιση θερμικού: 500-1250^A Ρύθμιση μαγνητικού: 1250A – 15000^A
 - ❖ Ικανότητα διακοπής βραχυκυκλώματος στα 400V: 50kA
- Τρεις ενδεικτικές λυχνίες παρουσίας τάσης με τις ασφαλιστικές τους διατάξεις.
- Έναν τετραπολικό απαγωγέα υπερτάσεων κλάσης T1. Τρεις μετασχηματιστές έντασης 2500/5A
- Ένα ψηφιακό πολυόργανο ενδείξεων V, I, kW, kWh, PF
- Αυτόματους διακόπτες για τη σύνδεση των γραμμών φωτισμού και γενικής κατανάλωσης.

Υπολογισμός καλωδίων σύνδεσης πίνακα χαμηλής τάσης με μετασχηματιστή

Ο υπολογισμός του πλήθους και των απαιτούμενων διατομών των καλωδίων χαμηλής τάσης (NYY) γίνεται έτσι ώστε να ικανοποιείται η συνθήκη:

$$I_{\max} > I_n$$

όπου I_{\max} το μέγιστο διαρκώς επιτρεπόμενο ρεύμα σύμφωνα με τις συγκεκριμένες συνθήκες εγκατάστασης του καλωδίου και I_n το ονομαστικό ρεύμα που διαρρέει την γραμμή.

Οι συνθήκες της εγκατάστασης είναι:

-καλώδια τύπου NYY μονοπολικά τοποθετημένα πάνω σε σχάρα καλωδίων περιορισμένου αερισμού σε σειρά και σε απόσταση μεταξύ των καλωδίων ίση με τη διάμετρό τους (δυσμενής περίπτωση)

-θερμοκρασία περιβάλλοντος 45°C.

Στο πεδίο χαμηλής τάσης του οικίσκου θα προβλεφθούν:

- Μόνιμη αντιστάθμιση 100kVar για τον μετασχηματιστή (προαιρετικά)
- Το κύκλωμα προστασίας του μετασχηματιστή (ηχητικό και οπτικό alarm) από πιθανή αύξηση της θερμοκρασίας του.
- Υλικά για το φωτισμό και την προστασία του αξονικού ανεμιστήρα.

Διάταξη γείωσης

Το τρίγωνο γείωσης θα κατασκευασθεί με ειδικά ηλεκτρόδια γείωσης διαμέτρου 19mm από χάλυβα με μανδύα χαλκού. Κάθε ηλεκτρόδιο έχει μήκος 3m και η μεταξύ τους απόσταση θα είναι 6m.

Τα ηλεκτρόδια συνδέονται μεταξύ τους με αγωγό χαλκού διατομής 95mm². Η κεφαλή ηλεκτροδίων περιβάλλεται από φρεάτιο που φέρει κάλυμμα από χυτοσίδηρο. Προς το τρίγωνο γείωσης θα συνδεθούν με χάλκινο αγωγό.

- Όλα τα μεταλλικά μέρη του υποσταθμού (γενικός πίνακας μέσης τάσης, πίνακας χαμηλής τάσης, μεταλλικά μέρη μετασχηματιστή, ράγες μετασχηματιστή)
- Ο ουδέτερος κόμβος του μετασχηματιστή.
- Η μπάρα γείωσης του πίνακα χαμηλής τάσης.
- Οι γειωτές και τα αλεξικέραυνα των κυψελών μέσης τάσης.

Η γείωση θα έχει αντίσταση $R < 1\Omega$ (σύμφωνα με τις απαιτήσεις της ΔΕΗ)

Περιγραφή της διάταξης αντιστάθμισης

Στην συγκεκριμένη εγκατάσταση ο συντελεστής ισχύος της υπάρχουσας γεννήτριας ισχύος $P=999\text{kW}$ είναι $\cos\phi_1=0,90$. Η επιθυμητή τιμή του συντελεστή ισχύος πρέπει να ανέλθει σε $\cos\phi_2=0,98$. Για να προσδιορίσουμε την άεργη ισχύ των πυκνωτών αντιστάθμισης ώστε ο συντελεστής ισχύος της εγκατάστασης να αυξηθεί ως την επιθυμητή τιμή θα χρησιμοποιηθεί ο τύπος:

$$Q_c = P(\tan\phi_1 - \tan\phi_2) = 999(0,28) = 280\text{kVar}$$

Γνωρίζοντας πλέον την απαιτούμενη άεργη ισχύ, τα κύρια απαραίτητα υλικά που πρέπει να χρησιμοποιηθούν για την διάταξη της αντιστάθμισης είναι τα εξής:

- Συστοιχία σταθερών πυκνωτών 40.0kVar/50.8kVar (400V/450V) 4 τεμάχια
- Συστοιχία σταθερών πυκνωτών 30.0kVar/38.1kVar(400V/450V) 5 τεμάχια
- Συστοιχία σταθερών πυκνωτών 20.0kVar/25.4kVar(400V/450V) 2 τεμάχια
- Ρυθμιστής άεργης ισχύος 12 βημάτων (προγραμματιζόμενος ρυθμιστής cosφ για αυτόματες συστοιχίες πυκνωτών) 1 τεμάχιο
- Τηλεχειριζόμενοι διακόπτες αέρος ζεύξης πυκνωτών 40kVar 4 τεμάχια
- Τηλεχειριζόμενοι διακόπτες αέρος ζεύξης πυκνωτών 30kVar 5 τεμάχια
- Τηλεχειριζόμενοι διακόπτες αέρος ζεύξης πυκνωτών 20kVar 2 τεμάχια

Εξαρτήματα και υλικά για την διάταξη αντιστάθμισης:

Πυκνωτές: Αυτοί είναι σωληνωτοί, ειδικής κατασκευής με απώλειες μικρότερες των 0,3W/kVar και αποτελούν ομάδες με βαθμίδες πυκνωτών. Κάθε πυκνωτής είναι κατασκευασμένος από φύλλα πολυπροπυλαινίου με ομοιόμορφη επιστρωση μετάλλου, τυλιγμένων στερεά γύρω από πλαστικό πυρήνα. Εμφανίζουν ως πλεονέκτημα:

- Την ασφάλη και αξιόπιστη λειτουργία
- Την δυνατότητα υπερφόρτισης σε ποσοστό μέχρι και 50% του ονομαστικού ρεύματος
- Την μεγάλη διάρκεια ζωής
- Την σταθερή τιμή της χωρητικότητάς του
- Την αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος (μέχρι 55°C)
- Την εύκολη καλωδίωση
- Την εύκολη στήριξη σε ράγα
- Το διπλό σύστημα προστασίας. Κατά την δημιουργία μεγάλων υπερφορτίσεων ή και υπερεντάσεων που είναι δυνατόν να συμβούν σε κακή λειτουργία του κυκλώματος. Στην περίπτωση αυτή, η τροφοδοσία διακόπτεται με την τήξη ασφαλειών που βρίσκονται σε ειδική βάση μέσα στο δοχείο τους και συνδέονται με την βάση τους.

Ρυθμιστής άεργης ισχύος: Αυτός ελέγχει –σε τάση 400V μέσω Μ/Σ έντασης- και διορθώνει το συντελεστή ισχύος της εγκατάστασης. Κατά την λειτουργία του ο ρυθμιστής άεργης ισχύος:

- Προσδιορίζει την υπάρχουσα τιμή συντελεστή ισχύος
- Συγκρίνει την τιμή αυτή με την αντίστοιχη του επιθυμητού συντελεστή ισχύος
- Ενεργοποιείται (αν παρίσταται ανάγκη) στο σύστημα σύνδεσης των βαθμίδων πυκνωτών για καθυστέρηση 30sec στη ζεύξη και 3sec στην απόζευξή τους.
- Διαθέτει ενδείξεις LED για να φαίνεται αν στην εγκατάσταση υπάρχει ή δεν έχει επιτευχθεί ή έχει ξεπεραστεί η επιθυμητή τιμή συντελεστή ισχύος.

Τηλεχειριζόμενοι διακόπτες: Αυτοί χρησιμοποιούνται για την ζεύξη και την απόζευξη των βαθμίδων των πυκνωτών αντιστάθμισης αφού προηγουμένως ενεργοποιηθούν από τον ρυθμιστή άεργου ισχύος. Η ζεύξη των βαθμίδων των πυκνωτών στο δίκτυο πραγματοποιείται μέσω των κύριων επαφών του τηλεχειριζόμενου διακόπτη.

Οι πυκνωτές αρχικά φορτίζονται μέσω των βοηθητικών επαφών του τηλεχειριζόμενου διακόπτη. Το πλήθος των βοηθητικών αυτών επαφών εξαρτάται από την άεργη ισχύ των πυκνωτών που πρόκειται να συνδεθούν στο δίκτυο των 400V.

Ασφάλειες: Αυτές είναι συνήθως μαχαιρωτές και χρησιμοποιούνται για την προστασία των επιμέρους βαθμίδων των πυκνωτών από βραχυκυκλώματα. Επιλέγονται για εντάσεις μεγαλύτερες κατά 1,8 φορές από την ονομαστική ένταση των πυκνωτών.

Μ/Σ έντασης: Αυτοί συνδέονται με τον ρυθμιστή άεργης ισχύος σε έναν αγωγό φάσης του δικτύου, πάντοτε πριν από την συσκευή ρύθμισης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΜΟΝΤΕΛΟ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΑΝΕΦΟΔΙΑΣΜΟ ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

5.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε αυτό το σημείο παρουσιάζεται ένα σύστημα υποστήριξης απόφασης (DSS - decision support system) για τις εφαρμογές ενεργειακής μετατροπής βιομάζας [13]. Το εν λόγω σύστημα στοχεύει στην υποστήριξη ενός επενδυτή ώστε να αξιολογήσει λεπτομερώς μια επένδυση στην τοπικά υπάρχουσα εκμετάλλευση πολυ-βιομάζας για εφαρμογές συμπαραγωγής (ηλεκτρική ενέργεια, θέρμανση), σε μια δεδομένη περιοχή. Η ακολουθούμενη προσέγγιση συνδυάζει τη χρήση της ολιστικής διαμόρφωσης του συστήματος, συμπεριλαμβανομένης της αλυσίδας ανεφοδιασμού της βιομάζας, της δυνατότητας ενεργειακής μετατροπής και του περιφερειακού δικτύου θέρμανσης, με τη βελτιστοποίηση των σημαντικότερων μεταβλητών σχετικών με την επένδυση για να μεγιστοποιήσει την οικονομική παραγωγή της επένδυσης. Η εκτίμηση της αλυσίδας ανεφοδιασμού βιομάζας παρουσιάζει τη σημαντική δυνατότητα για τη μείωση δαπανών. Οι μεταβλητές επένδυσης αφορούν τους τύπους βιομάζας που προμηθεύονται, τις αντίστοιχες ποσότητες και τη μέγιστη απόσταση συλλογής για κάθε τύπο, στην περίπτωση που υπάρχουν παραπάνω του ενός τύπου. Μια υβριδική μέθοδος βελτιστοποίησης υιοθετείται για να υπερνικήσει τους έμφυτους περιορισμούς κάθε ενιαίας μεθόδου. Το σύστημα είναι βασισμένο στην ζήτηση, σημαίνοντας ότι ο αρχικός στόχος του είναι να ικανοποιήσει πλήρως το ενεργειακό αίτημα των πελατών. Επομένως, το μοντέλο είναι ένα πρακτικό εργαλείο στα χέρια ενός επενδυτή για να αξιολογήσει και να βελτιστοποιήσει τους οικονομικούς όρους μιας επένδυσης στοχεύοντας στην κάλυψη της πραγματικής ενεργειακής ζήτησης. Η βελτιστοποίηση εκτελείται λαμβάνοντας υπόψη τους διάφορους τεχνικούς, ρυθμιστικούς και λογικούς περιορισμούς.

5.2. ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Πολυάριθμες μελέτες έχουν διεξαχθεί για να προβλέψουν τη συμβολή της βιομάζας στο μελλοντικό ενεργειακό ανεφοδιασμό, και σε περιφερειακό και διεθνές επίπεδο. Όλες αυτές οι μελέτες κατέληξαν στο γεγονός ότι η χρήση βιομάζας θα αυξηθεί σημαντικά στα επόμενα έτη. Εντούτοις, δεν υπάρχει καμία συμφωνία όσον αφορά το ανώτατο όριο που θα μπορούσε να επιτευχθεί η εκμετάλλευση βιομάζας.

Ένα από τα σημαντικότερα εμπόδια στην αυξανόμενη χρήση της βιομάζας στον ενεργειακό ανεφοδιασμό είναι το κόστος της αντίστοιχης αλυσίδας ανεφοδιασμού και της τεχνολογίας για να μετατρέψει τη βιομάζα στις χρήσιμες μορφές της ενέργειας (ηλεκτρική ενέργεια, θερμότητα κ.λ.π.). Είναι επομένως φυσικό ότι πολλές προσπάθειες έχουν γίνει μέχρι σήμερα για να προσομοιώσουν και να βελτιστοποιήσουν μια συγκεκριμένη αλυσίδα ανεφοδιασμού βιομάζας υπό τον όρο ότι οι σημαντικές μειώσεις δαπανών θα μπορούσαν να προέλθουν από τις αποδοτικότερες διαδικασίες διοικητικών μεριμνών.

5.3. ΣΤΟΧΟΙ

Το μοντέλο που παρουσιάζεται επιδιώκει να συνδυάσει τα διάφορα προηγμένα χαρακτηριστικά γνωρίσματα, για να διαμορφώσει ένα πρακτικό σύστημα υποστήριξης απόφασης (DSS) για την ανάλυση και τη βελτιστοποίηση μιας επένδυσης μετατροπής βιοενέργειας. Τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά του μοντέλου είναι:

1. *Αλυσίδα ανεφοδιασμού πολυ-βιομάζας.* Το μοντέλο είναι σε θέση να ενσωματώσει παραμετρικά έναν μεγάλο αριθμό τύπων βιομάζας. Η έκβαση δείχνει, μεταξύ άλλων αποτελεσμάτων, ποιος τύπος βιομάζας και σε ποιες ποσότητες πρέπει να επιλεγεί για να βελτιστοποιήσει την οικονομική παραγωγή. Η προσέγγιση πολυ-βιομάζας οδηγεί σε αυξανόμενες αποδοτικότητες στην αλυσίδα ανεφοδιασμού βιομάζας.
2. *Συμπαράγωγή με περιφερειακή θέρμανση (DH).* Η συμπαράγωγή είναι η παραγωγή δύο τύπων ενεργειακών προϊόντων, δηλαδή, ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας, από μία εγκατάσταση. Οι πρόσφατες τεχνολογικές πρόοδοι έχουν καταστήσει την συμπαράγωγή ελκυστικότερη.
3. *Μοντέλο βασισμένο στην ζήτηση.* Ο στόχος προσομοίωσης και βελτιστοποίησης του μοντέλου είναι να ικανοποιηθεί μια συγκεκριμένη θερμική ζήτηση. Επομένως, είναι πιο αρμόζον για τη χρήση ως DSS για έναν πιθανό επενδυτή που έχει προσδιορίσει μια αγορά ενέργειας και επιθυμεί να εξετάσει την οικονομική ελκυστικότητα της ικανοποίησης αυτής της συγκεκριμένης αγοράς με τη βιομάζα.
4. *Σε όλο το σύστημα διαμόρφωση και βελτιστοποίηση.* Η βελτιστοποίηση εφαρμόζεται σε ολόκληρο το σύστημα διάθεσης της βιομάζας και τα λειτουργικά χαρακτηριστικά για το σύστημα με βάση οικονομικά μεγέθη.

Το DSS που παρουσιάζεται στοχεύει να παρέχει στον επενδυτή τις βέλτιστες απαντήσεις σχετικά με τα ακόλουθα ζητήματα επένδυσης:

- Ποιό ποσό κάθε τοπικά διαθέσιμου τύπου βιομάζας θα έπρεπε να χρησιμοποιηθεί και από πού θα έπρεπε να συλλεχθεί;
- Ποιό είναι το βέλτιστο σχετικό μέγεθος της μονάδας CHP φορτίου βάσης και του λέβητα φορτίου αιχμής;

Για τους σκοπούς αυτής της μελέτης, η βέλτιστη λύση γίνεται αντιληπτή από την άποψη των κριτηρίων ανάλυσης της επένδυσης, το οποίο είναι τελικά το βασικό συμφέρον κάθε επενδυτή. Εντούτοις, ορισμένοι τεχνολογικοί και νομοθετικοί περιορισμοί περιορίζουν το σύνολο των εφικτών λύσεων από τις οποίες η βέλτιστη προσδιορίζεται.

5.4. ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

5.4.1. Ορισμός προβλήματος

Ένας επενδυτής, είτε ένας ιδιωτικός φορέας είτε μια περιφερειακή αρχή, έχει προσδιορίσει μία μικρή - στη μεσαία κλίμακα ζήτηση θέρμανσης που θα μπορούσε να ικανοποιηθεί πλήρως με την εκμετάλλευση της τοπικά υπάρχουσας βιομάζας. Ο επενδυτής επιθυμεί να αξιολογήσει την αποδοτικότητα της κατασκευής και να ενεργοποιήσει μια μονάδα μετατροπής βιοενέργειας για να ικανοποιήσει αυτήν την ενεργειακή ζήτηση, που παρακινείται εν μέρει από την παρούσα νομοθεσία σχετικά με τις ανανεώσιμες ενεργειακές επενδύσεις στην Ελλάδα που προσφέρει συμφέρουσες συνθήκες για την επένδυση, όπως προνομιακή τιμή πώλησης ενέργειας.

5.4.2. Συνοπτική πρότυπη περιγραφή

Το μοντέλο προσομοιώνει τη λειτουργία μιας συμπερίληψης συστημάτων από την αλυσίδα ανεφοδιασμού βιομάζας, τις εγκαταστάσεις μετατροπής βιοενέργειας και το δίκτυο DH που θα εφοδιάσουν τους τελικούς πελάτες με τα ενεργειακά προϊόντα που απαιτούνται. Ο ιδύνων μπορεί να αποφασίσει ποιος από τους τοπικά διαθέσιμους τύπους βιομάζας θα περιληφθεί για την εκτίμηση στο μοντέλο. Ο τελευταίος στόχος ολόκληρης της προσομοίωσης συστημάτων είναι να ικανοποιηθεί πλήρως η θερμική ζήτηση με τον οικονομικά αποδοτικότερο

τρόπο. Κατά συνέπεια το σύστημα λειτουργεί για την κάλυψη του θερμικού φορτίου. Η θερμότητα που παράγεται από τη μονάδα CHP και το λέβητα βιομάζας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για λόγους θέρμανσης. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται πωλείται στο εθνικό δίκτυο σε τιμές που καθορίζονται από την ελληνική ρυθμιστική αρχή για την ενέργεια (ΡΑΕ). Το σύστημα μπορεί να ταξινομηθεί ευρέως σε τρία υποσυστήματα: αλυσίδα ανεφοδιασμού βιομάζας, δυνατότητα μετατροπής βιοενέργειας και σύστημα DH.

5.4.2.1. Αλυσίδα ανεφοδιασμού βιομάζας

Η αλυσίδα ανεφοδιασμού βιομάζας μπορεί να αποσυντεθεί περαιτέρω στις διαδικασίες συγκομιδής, φόρτωσης, μεταφοράς και εκφόρτωσης βιομάζας. Μια πιο λεπτομερής πτυχή των υποσυστημάτων και των αλληλεξαρτήσεών τους ακολουθεί παρακάτω.

Συγκομιδή και φόρτωση

Το μοντέλο απαιτεί ως είσοδο την τιμή της βιομάζας συμπεριλαμβανομένης της αγοράς και του κόστους φόρτωσης. Ο λόγος για αυτήν την υπόθεση είναι ότι οποιοδήποτε είδος βιομάζας μπορεί να περιληφθεί παραμετρικά στο μοντέλο με την είσοδο μερικών από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά όπως η πυκνότητα (όγκος), η υγρασία (υγρή και ξηρά), η θερμαντική αξία (υγρή), κλπ. Είναι σχεδόν αδύνατο εν τούτοις να υπάρξουν οι πληροφορίες για τις διάφορες μεθόδους συλλογής και φόρτωσης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη σύνδεση σε κάθε πιθανό τύπο βιομάζας. Επομένως, προκειμένου να εξασφαλιστούν η καθολικότητα και η ευελιξία του μοντέλου, οι δαπάνες συλλογής και φόρτωσης συμπεριλαμβάνονται στην τιμή της βιομάζας.

Τα στοιχεία σχετικά με τη βιομάζα που υπάρχει στην περιοχή που εξετάζεται προέρχονται από την εθνική στατιστική υπηρεσία της Ελλάδας. Τα στατιστικά στοιχεία έχουν συγκεντρωθεί σχετικά με τη συνολική περιοχή που κάθε τύπος καταλαμβάνει σε κάθε δήμο. Επομένως, υποτίθεται ότι η βιομάζα που παράγεται σε ένα συγκεκριμένο δέμα είναι διαθέσιμη στο κέντρο μάζας του «δέματος», για τους υπολογισμούς μεταφοράς. Η περιοχή που καταλαμβάνεται με κάθε τύπο πολλαπλασιάζεται με μια αναλογία παραγωγής βιομάζας, η οποία δηλώνει την αναμενόμενη παραγωγή βιομάζας που μπορεί να θεωρηθεί διαθέσιμη για λόγους ενεργειακής παραγωγής. Αυτές οι αναλογίες θεωρούνται σταθερές για ολόκληρη την περιοχή που εξετάζεται.

Μεταφορά

Η μεταφορά εκτελείται με τα τυποποιημένα οχήματα μεταφοράς. Η εναλλακτική χρήση των αγροτών ιδιοκτητών τρακτέρ και των πλατφορμών δεν έχει εξεταστεί, καθώς μπορεί να είναι μη διαθέσιμα για μια μεγάλη περίοδο χρήσης. Τα οχήματα μεταφοράς που απαιτούνται σε κάθε χρονική περίοδο συμβάλλονται από μια μεταφορική εταιρία. Ο τύπος οχήματος που υποτίθεται είναι φορτηγό με το ρυμουλκό, με θεωρούμενο μέγιστο φορτίο 25 τόνους και μέγιστο όγκο 120 m³. Η μέση ταχύτητα ταξιδιού υποτίθεται ότι είναι 50 km/h σε κάθε περίπτωση. Οι δαπάνες μεταφοράς είναι μια λειτουργία της απόστασης μεταφοράς και ο χρόνος που απαιτείται για το όχημα μεταφοράς για να κάνει ένα ταξίδι με επιστροφή. Η απόσταση μεταφοράς υπολογίζεται για κάθε πιθανή θέση της δυνατότητας μετατροπής βιοενέργειας κατά τη διάρκεια της διαδικασίας βελτιστοποίησης, με την ταξινόμηση της διαθέσιμης βιομάζας στα ομόκεντρα δαχτυλίδια με εύρος καθορισμένο από το χρήστη. Η απόσταση μεταφοράς υπολογίζεται έπειτα ως το διπλάσιο της ακτίνας του κύκλου που θεωρείται ως απόσταση, ώστε να λαμβάνεται υπόψη και η διαδικασία επιστροφής στην μονάδα. Η μέγιστη απόσταση μεταφοράς είναι καθορισμένη από το χρήστη για την περιπτώσιολογική μελέτη. Η βιομάζα κάθε τύπου υποτίθεται ότι συλλέγεται και μεταφέρεται σε ένα γραμμικό πρότυπο κατά τη διάρκεια

ολόκληρης της συγκομιδής της.

5.4.2.2. Εγκατάσταση μετατροπής βιοενέργειας

Οι εγκαταστάσεις μετατροπής βιοενέργειας αποτελούνται από μια συγκεντρωμένη μονάδα CHP φορτίου βάσης και έναν φορτίου αιχμής θερμότητας λέβητα βιομάζας. Η θερμότητα που παράγεται χρησιμοποιείται για λόγους περιφερειακής θέρμανσης. Το σχετικό μέγεθος της μονάδας CHP και του λέβητα δεν προκαθορίζεται, όπως είναι η συνηθισμένη πρακτική σε παρόμοιες περιπτώσεις, αλλά υπολογίζεται από την ενότητα βελτιστοποίησης λαμβάνοντας υπόψη διάφορους περιορισμούς. Ο συνυπολογισμός ενός λέβητα βιομάζας είναι μια ανάγκη για πολυάριθμους λόγους: μπορεί να καλύψει τα μέγιστα φορτία θερμότητας με το χαμηλό κόστος επένδυσης και μπορεί πρόσθετα να χρησιμεύσει ως ένας εφεδρικός προμηθευτής θερμότητας σε περίπτωση απροσδόκητης ζημιάς στη μονάδα φορτίου βάσης. Επιπλέον, ο λέβητας μπορεί να παραγάγει τη θερμότητα που απαιτείται ακόμα και όταν η μονάδα φορτίου βάσης είναι εκτός λειτουργίας για συντήρηση. Επομένως, εξασφαλίζεται μια υψηλότερη αξιοπιστία του συστήματος προς τους τελικούς πελάτες.

Ένα σημαντικό ζήτημα που προκύπτει είναι οι επιπτώσεις της προσέγγισης πολύ-βιομάζας που υιοθετείται από το μοντέλο, στην τεχνολογία των εγκαταστάσεων CHP βιομάζας. Είναι γεγονός ότι οι διάφορες υπάρχουσες τεχνολογίες μετατροπής βιοενέργειας παρουσιάζουν μια διαφορετική δυνατότητα στο να αντιμετωπιστούν οι τύποι βιομάζας με ποικίλα χαρακτηριστικά. Μερικές τεχνολογίες είναι περισσότερο εύκαμπτες στην παραλλαγή των χαρακτηριστικών της βιομάζας (π.χ. ρευστοποιημένη καύση κλινών) σε αντιδιαστολή με άλλα (π.χ. πυρόλυση), και κάποιοι τύποι βιομάζας έχουν πολύ παρόμοια χαρακτηριστικά ενώ άλλα έχουν συνολικά διαφορετικά. Δεδομένου ότι σε αυτό το μοντέλο κάθε τύπος βιομάζας μπορεί να παρεμβληθεί παραμετρικά, υποτίθεται ότι ο χρήστης του μοντέλου θα έχει την ευθύνη να επιλέξει την κατάλληλη τεχνολογία μετατροπής βιομάζας που θα είναι αρκετά ανεκτική στις παραλλαγές των χαρακτηριστικών των τύπων βιομάζας που είναι υπό εξέταση, και θα λάβει αυτό υπόψη κατά τον καθορισμό και την εισαγωγή του κόστους λειτουργίας και συντήρησης της επένδυσης των εγκαταστάσεων CHP.

Μια γραμμή μετάδοσης ηλεκτρικής ενέργειας κατασκευάζεται από τις εγκαταστάσεις CHP στο κοντινότερο σημείο σύνδεσης του δικτύου. Η γραμμή μετάδοσης υποτίθεται ότι είναι μια ευθεία γραμμή μεταξύ των δύο σημείων, η οποία είναι κανονικά η περίπτωση μας.

5.4.2.3. Σύστημα Θέρμανσης

Το σύστημα θέρμανσης είτε θεωρείται προϋπάρχον, οπότε το κόστος εγκατάστασής του συνυπολογίζεται στο μοντέλο είτε μπορεί να θεωρηθεί ως ένα επιπλέον κόστος επένδυσης στην περίπτωση που θεωρείται δημιουργία μονάδας από το μηδέν.

5.5. ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

Η προσομοίωση και το μοντέλο βελτιστοποίησης αναπτύχθηκαν σε περιβάλλον Matlab της Mathworks.

5.5.1. Μεταβλητές βελτιστοποίησης

Οι ανεξάρτητες μεταβλητές που περιγράφουν το σύστημα και καθορίζονται με τη μέθοδο βελτιστοποίησης είναι οι ακόλουθες:

P_{MT} : η θερμική ικανότητα της μονάδας CHP σε kW. Η ηλεκτρική ικανότητα του εργοστασίου (P_{ME}) είναι ανάλογη προς τη θερμική ικανότητα, ενώ θεωρείται σταθερός ο λόγος Power to Heat Ratio (PHR), πράγμα το οποίο θεωρείται αρκούντως ικανοποιητική προσέγγιση για τα μεγέθη ισχύος, τα οποία αναμένεται να συναντηθούν.

P_B : η θερμική ικανότητα του λέβητα φορτίου αιχμής (kW).

X_{bij} : το συνολικό ποσό του j-οστού τύπου βιομάζας για να προμηθευτεί κάθε έτος (τόνοι της υγρής βιομάζας) από το i-στο νοητό δαχτυλίδι.

Δt : οι χρονικές διάρκειες λειτουργίας που απαιτούνται για την κάλυψη των φορτίων και την βελτιστοποίηση των δεικτών.

5.5.2. Αντικειμενική συνάρτηση

Η αντικειμενική συνάρτηση είναι η καθαρή παρούσα αξία (NPV) της επένδυσης για τη διάρκεια ζωής της. Η καθαρή παρούσα αξία επιλέχθηκε όχι μόνο επειδή είναι το πολύ συχνά χρησιμοποιημένο κριτήριο αξιολόγησης μιας επένδυσης στις επενδύσεις εγκαταστάσεων συμπαραγωγής, αλλά και καθώς θεωρείται θεωρητικά ανώτερη από άλλα κριτήρια. Στο μοντέλο μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ως αντικειμενικές συναρτήσεις και οι τιμές άλλων κριτηρίων επένδυσης για τη βέλτιστη λύση που βρίσκεται (τα IRR, περίοδος αποπληρωμής, κλπ).

Η συνάρτηση NPV που μεγιστοποιείται είναι:

$$NPV = (R_E + R_{EP} + R_H) * D_f - I_C - I_M - I_B - I_W - I_{ET} - I_{DH} - (A_{Biomass\ cost} + A_M + A_{CO2} + A_B + A_G + A_{ET}) * D_f \quad (1)$$

Πρέπει να σημειωθεί ότι η αντικειμενική συνάρτηση υπολογίζει το NPV πριν από τους φόρους. Όλα τα ετήσια νομισματικά ποσά μπορούν και να πολλαπλασιαστούν με έναν συντελεστή D_f , ο οποίος θα τα μετατρέψει σε παρούσες τιμές:

$$D_f = \frac{1 - \left(1 + \frac{i - \rho}{i + \rho}\right)^{-N}}{i - \rho} \quad (2)$$

όπου το i είναι το επιτόκιο, το ρ είναι το ποσοστό πληθωρισμού και το N είναι η διάρκεια ζωής επένδυσης.

5.5.2.1. Έσοδα

Τα έσοδα της εγκατάστασης που παρουσιάζεται εδώ είναι όλα σε ετήσια ποσά.

- R_E είναι το εισόδημα από την καθαρή πώληση ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο:

$$R_E = C_E(1 - n_E) \sum_{t=1}^T E_{MEt} \quad (3)$$

όπου $E_{ME} = E_{MT} \cdot PHR$ είναι η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται, n_E είναι οι απώλειες μετάδοσης ηλεκτρικής ενέργειας και το $t=1, \dots, T$ είναι το χρονικό διάστημα.

- R_{EP} είναι η αποζημίωση διαθεσιμότητας ικανότητας ηλεκτρικής ενέργειας:

$$R_{EP} = 12sC_{PE}P_{ME} \quad (4)$$

όπου $s=0,9$ για τη βιομάζα και C_{PE} είναι το εισόδημα από τη διαθεσιμότητα ικανότητας

(€/kW).

- R_H είναι το εισόδημα από τις πωλήσεις θερμότητας:

$$R_H = C_T \sum_{t=1}^T E_{DHT} \quad (5)$$

όπου C_T είναι η τιμή η πώληση μιας θερμικής kWh και E_{DHT} είναι η ζήτηση θερμότητας των πελατών μέσα σε περίοδο t. Το C_T είναι ανάλογο προς την τιμή του πετρελαίου, δεδομένου ότι το πετρέλαιο είναι στις περισσότερες περιπτώσεις το ανταγωνιστικό καύσιμο που οι πιθανοί πελάτες θα χρησιμοποιούν αυτήν την περίοδο. Ακόμα κι αν χρησιμοποιούν άλλα καύσιμα, π.χ. φυσικό αέριο, είναι πάντα η περίπτωση ότι η τιμή της θα συνδεθεί με την τιμή του πετρελαίου. Σε αυτό το μοντέλο έχει υποτίθεται ότι η θερμότητα θα πωληθεί στους πελάτες σε μια τιμή 20% χαμηλότερη από την αντίστοιχη τιμή του πετρελαίου.

5.5.2.2. Έξοδα

Έξοδα σχετικά με τη ναυσιδία ανεφοδιασμού βιομάζας

$A_{Biomass\ cost}$ είναι το ετήσιο κόστος αγοράς και μεταφοράς της βιομάζας:

$$A_{Biomass\ cost} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{αριθμός\ δακτυλ.} Xb_{ij} Bpr_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{αριθμός\ δακτυλ.} 2 \cdot CTD \cdot Xb_{ij} \cdot r(j) \quad (6)$$

Όπου:

- Xb_{ij} είναι το ποσό βιομάζας i-είδους που συλλέγεται από το j-στο νοητό δακτυλίδι
- Bpr_i είναι το κόστος αγοράς και φόρτωσης κάθε τύπου $i=1,..,n$ βιομάζας.
- $r(j)$ είναι η απόσταση που θεωρείται ότι απέχει ο j-στος δακτύλιος από την μονάδα βιομάζας και ορίζεται ίση με τη μέση ακτίνα της εξωτερικής και εξωτερικής ακτίνας του δακτυλίου. (π.χ. για τον δακτύλιο με εσωτερική ακτίνα 4 km και εξωτερική 8 km το r θεωρείται 6 km.
- CTD είναι το κόστος μεταφοράς ανά τόνο επί km. Υπολογίζεται με την εξής μέθοδο: Το μέγιστο φορτίο των φορτηγών που θεωρούνται είναι 25 tn και η κατανάλωση τους σε καύσιμο 40L/100km. Επίσης θεωρείται γνωστή και η τιμή του καυσίμου κίνησης, το οποίο χρησιμοποιούν τα φορτηγά αυτά. Έτσι, αν πολλαπλασιάσουμε 40L/100km*τιμή_καυσίμου(€/L)/25tn * r(j)*2 (ώστε να υπολογίζεται και η επιστροφή) έχουμε ένα κόστος μεταφοράς €/tn, το οποίο αντιστοιχεί σε κάθε απόσταση r(j), η οποία αντιστοιχίζεται σε κάθε δακτύλιο [14].

- I_w είναι το κόστος της επένδυσης που αντιστοιχεί στην αποθήκευση της βιομάζας

Έξοδα που σχετίζονται με την εγκατάσταση μετατροπής βιοενέργειας

- I_M είναι το κόστος της επένδυσης εγκατάστασης CHP φορτίου-βάσης, μείον την κρατική επιχορήγηση, εφόσον αυτή υπάρχει:

$$I_M = C_M P_{ME} (1 - S_{MB}) \quad (7)$$

Όπου SMB είναι η κρατική επιχορήγηση για την επένδυση της μονάδας CHP και CM είναι το συγκεκριμένο κόστος επένδυσης (€/kWhel), υπολογιζόμενο από το γνωστό κόστος μιας ορισμένης μονάδας μεγέθους, χρησιμοποιώντας μια συνάρτηση με παράγοντα R=0.7

$$\frac{C_{Msize2}}{C_{Msize1}} = \left(\frac{size2}{size1}\right)^R \quad (8)$$

- A_M είναι το κόστος λειτουργίας και συντήρησης (O&M) της εγκατάστασης CHP:

$$A_M = O_M C_M P_{ME} \quad (9)$$

Όπου το O_M είναι το ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης (O&M) της εγκατάστασης CHP ως ποσοστό του κόστους επένδυσης.

- I_B είναι το κόστος επένδυσης του λέβητα φορτίου-αιχμής, μείον την κρατική επιχορήγηση εφόσον πάλι υπάρχει, που χρησιμοποιεί την ίδια συνάρτηση όπως για το CM.

$$I_B = C_B P_B (1 - S_{MB}) \quad (10)$$

Όπου C_B είναι το συγκεκριμένο κόστος επένδυσης (€/kWhth).

- A_B είναι το κόστος λειτουργίας και συντήρησης (O&M) του λέβητα:

$$A_B = O_B C_B P_B \quad (11)$$

Όπου το O_B είναι το ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης O&M του λέβητα ως ποσοστό του κόστους επένδυσης.

- I_G είναι το κόστος της επένδυσης εγκατάστασης του συστήματος αεριοποίησης της βιομάζας και A_G είναι το κόστος λειτουργίας και συντήρησης (O&M) του:

$$A_G = O_G I_G \quad (12)$$

Όπου το O_G είναι το ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης O&M του συστήματος αεριοποίησης ως ποσοστό του κόστους επένδυσης.

- A_{CO_2} τα ετήσια έξοδα εξαιτίας της εκπομπής ρύπων CO₂ της εγκατάστασης.

Έξοδα που σχετίζονται με την παροχή ενέργειας:

- I_{ET} είναι το κόστος επένδυσης της σύνδεσης της εγκατάστασης παραγωγής ενέργειας με το εθνικό δίκτυο, το οποίο περιλαμβάνει και τα έξοδα για τον απαιτούμενο υποσταθμό μέσης τάσης:

$$I_{ET} = (L_C C_{ETV} + C_{ETF}) + I_{sub} \quad (13)$$

Όπου L_C είναι το μήκος της γραμμής μετάδοσης (km), C_{ETV} είναι το μεταβλητό κόστος επένδυσης (€/km), C_{ETF} είναι το σταθερό κόστος σύνδεσης (€) και SET είναι η επιχορήγηση, εφόσον υπάρχει.

$I_{\text{μωβ}}$ είναι το κόστος του υποσταθμού μέσης τάσης.

- A_{ET} είναι το κόστος λειτουργίας και συντήρησης (O&M) της γραμμής μετάδοσης της ηλεκτρικής ενέργειας ως ποσοστό του κόστους επένδυσης.

$$A_{\text{ET}} = O_{\text{ET}} I_{\text{ET}} \quad (14)$$

Όπου το O_{ET} είναι το ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης O&M της γραμμής μετάδοσης της ηλεκτρικής ενέργειας ως ποσοστό του κόστους επένδυσης.

- I_{DH} είναι το κόστος επένδυσης για περιφερειακό δίκτυο μετάδοσης και διανομής θερμότητας, το οποίο μπορεί να θεωρηθεί και προϋπάρχον.

5.5.3. Περιορισμοί

Διάφοροι περιορισμοί έχουν εισαχθεί στη μαθηματική διατύπωση του προβλήματος.

5.5.3.1. Περιορισμοί ενεργειακής ζήτησης

Η θερμότητα που παράγεται κάθε φορά από τη μονάδα CHP φορτίου βάσης και το λέβητα φορτίου αιχμής πρέπει να ικανοποιεί τη θερμική ενεργειακή ζήτηση των πελατών DH.

$$E_{\text{MT},t} + E_{\text{R},t} \geq EDT_{\text{D},t} \quad t = 1, \dots, T \quad (15)$$

όπου $E_{\text{MT}} = P_{\text{MT}} \Delta t_{\text{MT}}$ και $E_{\text{R}} = P_{\text{R}} \Delta t_{\text{R}}$. Τα αντίστοιχα Δt είναι οι "διάρκειες" λειτουργίας για την μονάδα συμπαραγωγής και τον λέβητα φορτίου αιχμής, τέτοια ώστε να υπερκαλύπτεται η ζήτηση. EDT είναι η ζήτηση για τη θερμική ενέργεια στην πλευρά της εγκατάστασης βιοενέργειας, λαμβάνοντας υπόψη τις απώλειες.

Ο προαναφερθείς περιορισμός ισχύει για τη μέση θερμική ενεργειακή ζήτηση και παραγωγή εντός ενός χρονικού διαστήματος. Επομένως, προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι η μονάδα μετατροπής βιοενέργειας θα είναι σε θέση να ικανοποιήσει τα θερμικά μέγιστα φορτία, εισάγεται ένας άλλος περιορισμός:

$$P_{\text{MT}} + P_{\text{R}} > P_{\text{DTmax}} \quad (16)$$

όπου P_{DTmax} ορίζεται ως η μέγιστη θερμική ζήτηση για ένα προκαθορισμένο επίπεδο εμπιστοσύνης (π.χ. 99%).

5.5.3.2. Περιορισμοί βιομάζας

Οι περιορισμοί αυτοί έγκεινται αρχικά στο να είναι αρκετή η βιομάζα που παρέχεται στη μονάδα ώστε να είναι σε θέση ανά πάσα στιγμή να καλύπτει τις θερμικές ζητήσεις που προκύπτουν στα θεωρούμενα χρονικά διαστήματα. Επιπροσθέτως, η αξιοποιούμενη βιομάζα πρέπει να είναι μικρότερη από το ανώτατο όριο διαθέσιμης βιομάζας στην κάθε περιοχή, ώστε το πρόβλημα να έχει λογική υπόσταση.

5.5.4. Μέθοδος βελτιστοποίησης

Η βελτιστοποίηση είναι ένα τεράστιο πεδίο της λειτουργικής έρευνας και υπάρχουν πολυάριθμες μέθοδοι βελτιστοποίησης. Μερικοί από αυτούς ισχύουν μόνο στους συγκεκριμένους τύπους προβλημάτων, ενώ άλλα ισχύουν γενικά. Εντούτοις, ακόμη και εκείνες οι γενικές μέθοδοι βελτιστοποίησης είναι συνήθως αποδοτικότερες όταν εφαρμόζονται στα συγκεκριμένα είδη προβλημάτων βελτιστοποίησης.

Δεδομένου ότι το μοντέλο που παρουσιάζεται στοχεύει στη διαμόρφωση και τη βελτιστοποίηση ολόκληρου του συστήματος βιοενέργειας, η μη γραμμικότητα έχει εισαχθεί αναπόφευκτα, κατά συνέπεια αποκλείοντας LP από τις υποψήφιες μεθόδους βελτιστοποίησης. Οι περισσότερες από τις πρόσφατες υπάρχουσες μη γραμμικές μεθόδους βελτιστοποίησης έχουν το μειονέκτημα ότι δεν μπορούν να εξασφαλίσουν τον προσδιορισμό του σφαιρικού βέλτιστου του προβλήματος. Προκειμένου να υπερνικηθούν οι περιορισμοί της χρησιμοποίησης μιας συγκεκριμένης μη γραμμικής μεθόδου βελτιστοποίησης, μια υβριδική μέθοδος εφαρμόζεται στο μοντέλο. Αυτό σημαίνει ότι αρχικά, μια μέθοδος βελτιστοποίησης υιοθετείται για να καθορίσει μια καλή λύση στο πρόβλημα. Αυτή η λύση χρησιμοποιείται ως αφετηρία της δεύτερης μεθόδου βελτιστοποίησης που αντέχει τη στοιχειώδη εργασία να ενισχυθεί περαιτέρω η λύση που βρίσκεται στο πρώτο βήμα. Όλα αυτά συνοψίζονται στο εργαλείο μη γραμμικής βελτιστοποίησης με περιορισμούς του περιβάλλοντος Matlab Optimization Tool.

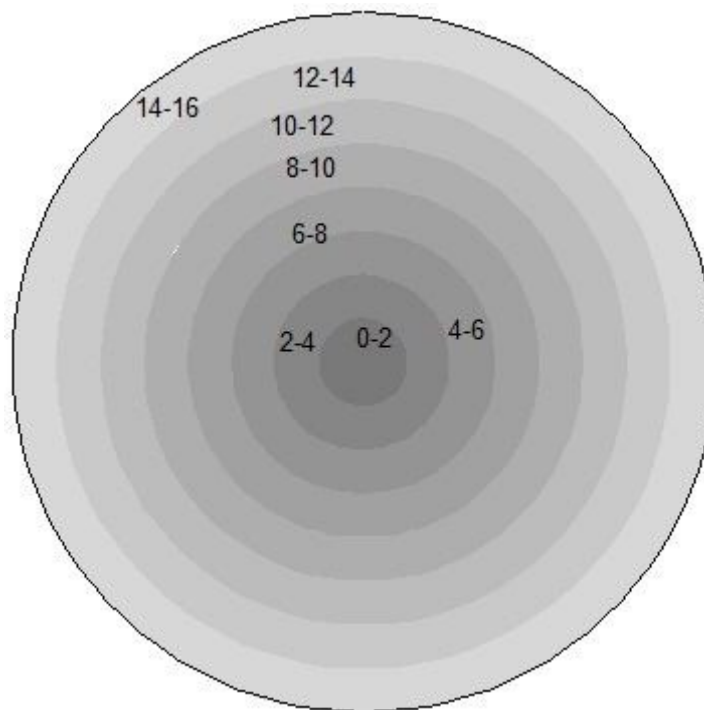
5.6. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ

5.6.1. Περίπτωση βιομάζας από πτηνοτροφικές μονάδες στην περιοχή Μεγάρων (Περίπτωση 1)

5.6.1.1. Περιγραφή περίπτωσης

Στην πρώτη περίπτωση μελετάται η βιωσιμότητα μιας επένδυσης στην περιοχή των Μεγάρων Αττικής. Στην συγκεκριμένη περιοχή υπάρχει πληθώρα πτηνοτροφείων, γεγονός που συντελεί στην διαθεσιμότητα βιομάζας που σχετίζεται με πουλερικά, όπως π.χ. περιττώματα πουλερικών ή υπολείμματα σφαγής. Με βάση στατιστικά στοιχεία η ετήσια διαθεσιμότητα της προς αξιοποίηση βιομάζας σε αυτήν την περίπτωση είναι 0.79tn/ha [27]. Για τα περιττώματα πουλερικών μπορούμε να θεωρήσουμε πως περιέχουν 35% υγρασία, ενώ μια εκτίμηση πως η θερμογόνος δύναμη της στεγνής βιομάζας είναι 4200 kWh/tn ανταποκρίνεται ικανοποιητικά στην πραγματικότητα. Η τιμή καθορίζεται έπειτα από συμφωνία, αλλά μπορεί να εκτιμηθεί περί τα 15 €/tn.

Εφόσον έχουμε εικόνα για την διαθεσιμότητα και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της διαθέσιμης βιομάζας, μπορούμε να θεωρήσουμε 8 δακτυλίους, οι οποίοι καλύπτουν μια έκταση ακτίνας 16km και βήμα ακτίνας τα 2km. Υπενθυμίζεται πως ως απόσταση από κάθε δακτύλιο λογίζεται η μέση τιμή της ελάχιστης και μέγιστης ακτίνας του κάθε δακτυλίου. Έτσι:



Σχήμα 5.1: Έκταση διαθέσιμης βιομάζας ακτίνας 16 km χωρισμένη σε 8 δακτύλιους

Δακτύλιος	Όρια δακτυλίου	Μέση απόσταση(km)	Έκταση σε ha
1	0-2	1	1257
2	2-4	3	3770
3	4-6	5	6283
4	6-8	7	8796
5	8-10	9	11310
6	10-12	11	13823
7	12-14	13	16336
8	14-16	15	18850

Πίνακας 5.1: Χαρακτηριστικά των 8 δακτυλίων (περίπτωση 1)

Το θερμικό φορτίο που πρέπει να καλυφθεί μπορεί να είναι οι θερμικές ανάγκες είτε κάποιας πτηνοτροφικής μονάδας, είτε κάποιο θερμοκήπιο. Σε κάθε περίπτωση πρέπει να υπάρχει μια εκτίμηση για το φορτίο θερμότητας, ώστε να γίνουν υπολογισμοί. Για ένα τυπικό πτηνοτροφείο με εγκατεστημένα συστήματα θέρμανσης και ψύξης, το θερμικό φορτίο μπορεί να υποθεθεί ότι ανταποκρίνεται στην τιμή 400 kW [19]. Στα μηνιαία θερμικά φορτία, για τους υπολογισμούς, πρέπει να ληφθούν υπόψη και οι σημαντικές θερμικές ανάγκες για τον αεριοποιητή.

5.6.1.2. Λειτουργία και λοιπά μεγέθη

Εξαιτίας του καθεστώτος με τις προνομιακές τιμές αγοράς της kWh, η πιο συμφέρουσα οικονομικά λειτουργία της μονάδας περιλαμβάνει συνεχή λειτουργία της μονάδας συμπαραγωγής, με την ηλεκτρική ενέργεια να πωλείται στο δίκτυο και την θερμική ενέργεια να διοχετεύεται για την κάλυψη των θερμικών αναγκών της μονάδας αεριοποίησης και του θερμοκηπίου. Μια μονάδα που εξυπηρετεί φορτία τέτοιου μεγέθους δύναται να λειτουργεί συνεχώς. Σε ενδεχόμενες περιπτώσεις που η παραγόμενη θερμική ισχύς δεν αρκεί, η διαφορά θα καλύπτεται από το boiler αιχμής. Το boiler πρέπει να καλύπτει το ονομαστικό θερμικό φορτίο για περιπτώσεις μη λειτουργίας του συστήματος συμπαραγωγής, λόγω συντήρησης, βλάβης κ.λ.π.

Τα μεγέθη που λήφθηκαν υπόψη για το μοντέλο της βελτιστοποίησης έχουν ως εξής:

Τεχνικά δεδομένα	
Ηλεκτρική απόδοση μονάδας CHP(%)	29
PHR	0,518
Συνολική απόδοση μονάδας CHP(%)	85
Θερμική απόδοση boiler βιομάζας(%)	80
Οικονομικά δεδομένα	
Επιτόκιο(%)	8
Πληθωρισμός(%)	3
Χρόνος ζωής επένδυσης(έτη)	20
Κρατική επιδότηση γραμμής μεταφοράς(%)	0
Κρατική επιδότηση εγκατάστασης(%)	0
Τιμή πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας(€/kWhel)	0,22
Αποζημίωση διαθεσιμότητας(€/kWh*μήνα)	1,58
Τιμή πώλησης θερμότητας(€/kWh)	0,0478
Τιμή καυσίμου κίνησης(€/L)	1,5
Μονάδα CHP αναφοράς(kWeI)	2000

Ειδικό κόστος μονάδας CHP αναφοράς(€/kW _{el})	2000
Ειδικό κόστος boiler βιομάζας(€/kW)	200
Παράγοντας κλίμακας R	0,7
Ο&Μ μονάδας CHP(%κόστους επένδυσης/έτος)	7
Ο&Μ boiler βιομάζας(%κόστους επένδυσης/έτος)	3

Πίνακας 5.2: Τεχνικές και οικονομικές υποθέσεις για την εξέταση της περίπτωσης 1

Στην προκειμένη περίπτωση, ένα σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος κοντά στα 500kW μπορεί να καλύψει τις ανάγκες μας. Ως κόστος επένδυσης για την αποθήκευση μπορούμε να θεωρήσουμε βάσει βιβλιογραφίας 1.000.000 € [13].

Για το σύστημα αεριοποιητή, σύμφωνα με έρευνα αγοράς που έχει γίνει απαιτείται ένα ποσό της τάξης των 2.500.000 € [19], ενώ για έξοδα λειτουργίας και συντήρησης μπορούμε να θεωρήσουμε το 5% του κόστους επένδυσης για κάθε έτος.

Τέλος, για την βιομάζα από πουλερικά, οι εκπομπές CO₂ μπορούν να θεωρηθούν 0.004 kg για κάθε kWh που λογίζεται ως ενεργειακό περιεχόμενο της βιομάζας. Για κάθε τόνο CO₂ που εκπέμπεται πρέπει να αποδοθούν 15 €.

5.6.1.3. Αποτελέσματα προσομοίωσης μοντέλου για συνεχή λειτουργία της μονάδας

Κάνοντας την προσομοίωση καταλήγουμε στα εξής αποτελέσματα, τα οποία βελτιστοποιούν την καθαρή παρούσα αξία:

Μονάδα CHP

494.97 kW_{el} -955.55 kW_{th}

Πίνακας 5.3: Ώρες λειτουργίας μονάδας CHP ανά μήνα (περίπτωση 1)

ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΙΑ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720

Μονάδα boiler (back-up στην προκειμένη περίπτωση)

400 kW_{th}

Πίνακας 5.4: Ώρες λειτουργίας μονάδας Boiler ανά μήνα (περίπτωση 1)

ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΙΑ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Πίνακας 5.5: Τύπος βιομάζας από κάθε νοητό δακτύλιο (περίπτωση 1)

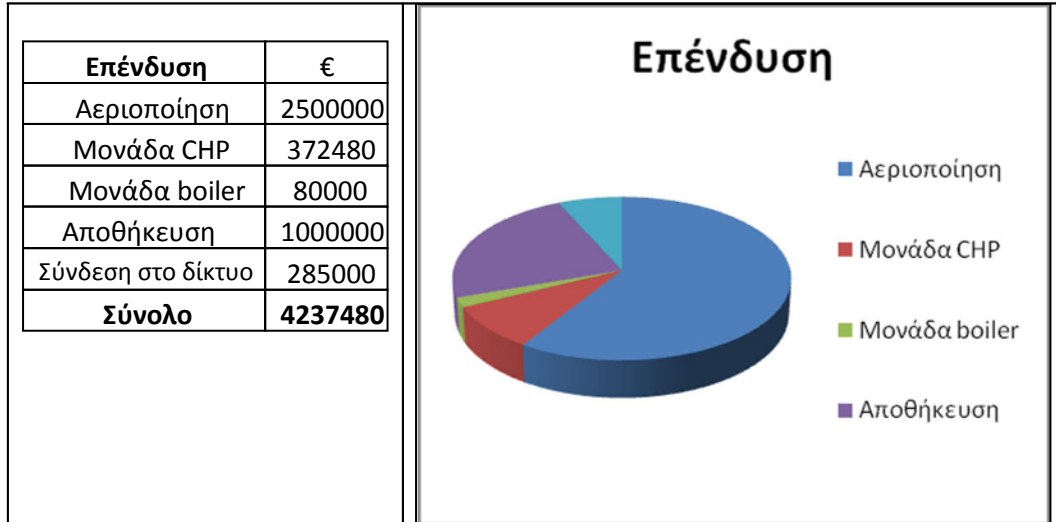
Δακτύλιος	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16
Βιομάζα από πουλερικά (tn)	992,743	2.978,23	2.509,4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Η καθαρή παρούσα αξία που δίνουν αυτές οι επιλογές είναι

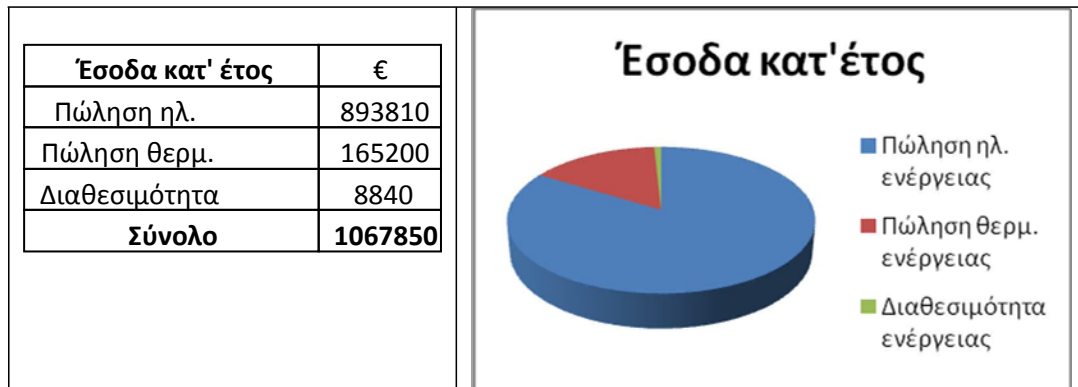
5,9447 Μ€

Ενώ έχουμε απόσβεση στο 6^ο έτος.

Αναλυτικότερα τα μεγέθη παρουσιάζονται εδώ:



Σχήμα 5.2: Συνολικό κόστος επένδυσης περίπτωσης 1

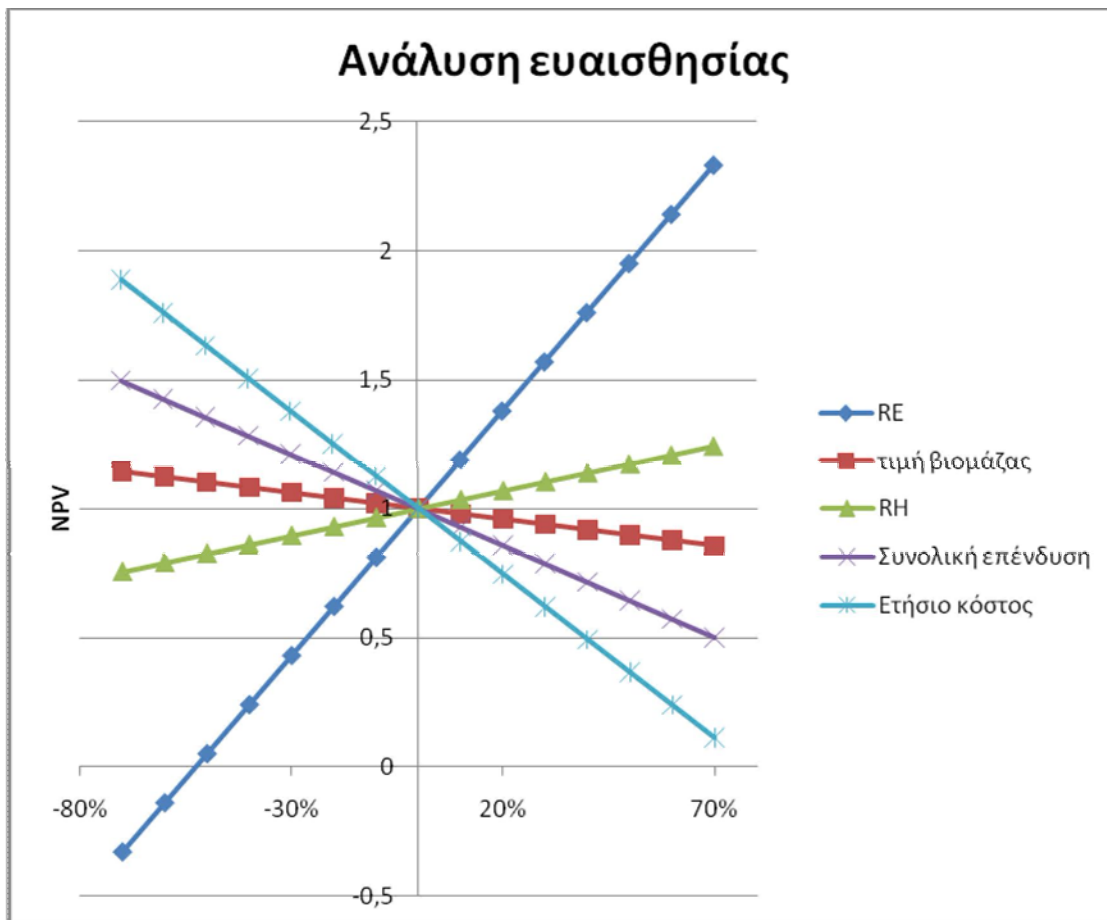


Σχήμα 5.3: Έσοδα κατ' έτος περίπτωσης 1



Σχήμα 5.4: Έξοδα κατ' έτος περίπτωσης 1

Τέλος, ακολουθεί η ανάλυση ευαισθησίας της καθαρής παρούσας αξίας για διάφορα μεγέθη. Σε αυτά περιλαμβάνονται οι τιμές πώλησης της ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας, η τιμή της βιομάζας και πιθανές αστοχίες στην πρόβλεψη του κόστους επένδυσης ή του ετησίου κόστους.



Σχήμα 5.5: Ανάλυση ευαισθησίας περίπτωσης 1

5.6.1.4. Συμπέρασμα

Από όλα τα παραπάνω προκύπτει πως η συγκεκριμένη επένδυση συνιστά μια καλή επιλογή, η οποία μπορεί να αποφέρει γρήγορα κέρδη και μικρό διάστημα αποπληρωμής. Όπως φαίνεται, το σημαντικότερο μέρος της επένδυσης καταλαμβάνει το σύστημα αεριοποίησης, ενώ στα ετήσια κόστη την μερίδα του λέοντος κατέχουν τα έξοδα που αφορούν την συντήρηση και το κόστος προμήθειας της βιομάζας. Όσον αφορά τα έσοδα, αξίζει να σημειωθεί πως, όπως φαίνεται παραπάνω από τα διαγράμματα, ο καθοριστικός παράγοντας που καθιστά την επένδυση τόσο ελκυστική είναι η προνομιακή τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο. Για αυτό το λόγο επιλέγεται η συνεχής λειτουργία της μονάδας CHP, ώστε να παράγεται όσο το δυνατόν περισσότερη ενέργεια στο δίκτυο. Τα έσοδα από την πώληση θερμικής ενέργειας δεν είναι τόσο σημαντικά όσο αυτά από αυτά της ηλεκτρικής, εντούτοις δεν είναι και αμελητέα.

5.6.2. Περίπτωση αξιοποίησης αγροτικής βιομάζας σε περιοχή της Θεσσαλίας (Περίπτωση 2)

5.6.2.1. Περιγραφή περίπτωσης

Στην συγκεκριμένη περίπτωση μελετάται η περίπτωση εγκατάστασης μιας μονάδας συμπαραγωγής, η οποία βασίζεται σε αγροτική βιομάζα στην περιοχή της Θεσσαλίας. Με βάση στατιστικά στοιχεία από την στατιστική υπηρεσία [13], τα χαρακτηριστικά της βιομάζας στην συγκεκριμένη περιοχή συνοψίζονται στον ακόλουθο πίνακα:

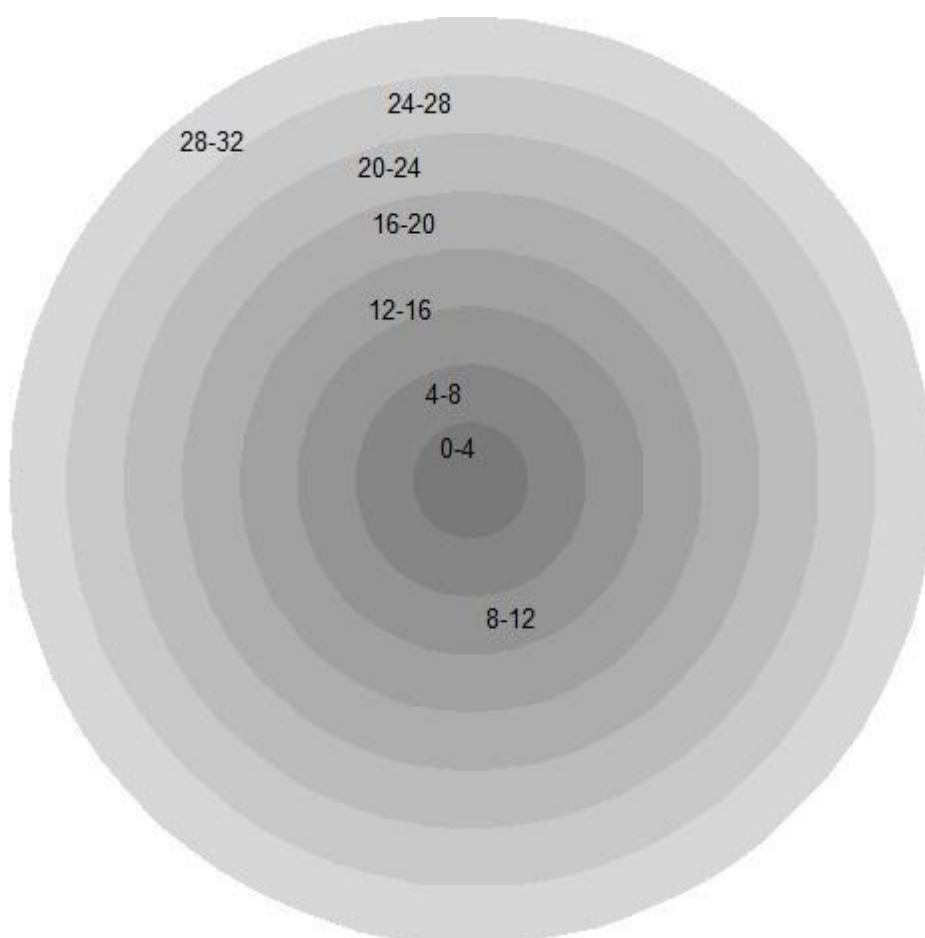
	Άχυρο σίτου	Κοτσάνια καλαμποκιού	Μίσχοι βάμβακος	Υπολείμματα κλαδέματος ελιάς	Υπολείμματα κλαδέματος
Κατάλοιπα (tn/ha)	2,97	5,47	7,17	2,82	6,21
Διαθεσιμότητα	15	30	70	90	90
Αξιοποίησιμα (tn/ha)	0,446	1,641	5,02	2,538	5,59
Υγρασία (%)	20	50	20	35	40
Θερμογόνος δύναμη(στεγν.) (kWh/tn)	4972	5111	5027	5027	5111
Περίοδος διαθεσιμότητα	Ιούλιος	Οκτώβριος-Νοέμβριος	Οκτώβριος-Νοέμβριος	Δεκέμβριος-Φεβρουάριος	Μάρτιος
Τιμή (€/tn)	40	10	10	15	15

Πίνακας 5.6: Χαρακτηριστικά πέντε κυρίαρχων τύπων βιομάζας στην περιοχή της Θεσσαλίας

Σε αυτό το παράδειγμα η διαθεσιμότητα βιομάζας παρουσιάζει στοιχεία εποχικότητας, γεγονός που ελήφθη υπόψη στην βελτιστοποίηση για την πλήρη κάλυψη των φορτίων. Εφόσον έχουμε εικόνα για την διαθεσιμότητα και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της διαθέσιμης βιομάζας, μπορούμε να θεωρήσουμε 8 δακτυλίους, οι οποίοι καλύπτουν μια έκταση ακτίνας 32 km. και βήμα ακτίνας τα 4 km. Υπενθυμίζεται πως ως απόσταση από κάθε δακτύλιο λογίζεται η μέση τιμή της ελάχιστης και μέγιστης ακτίνας του κάθε δακτυλίου. Έτσι:

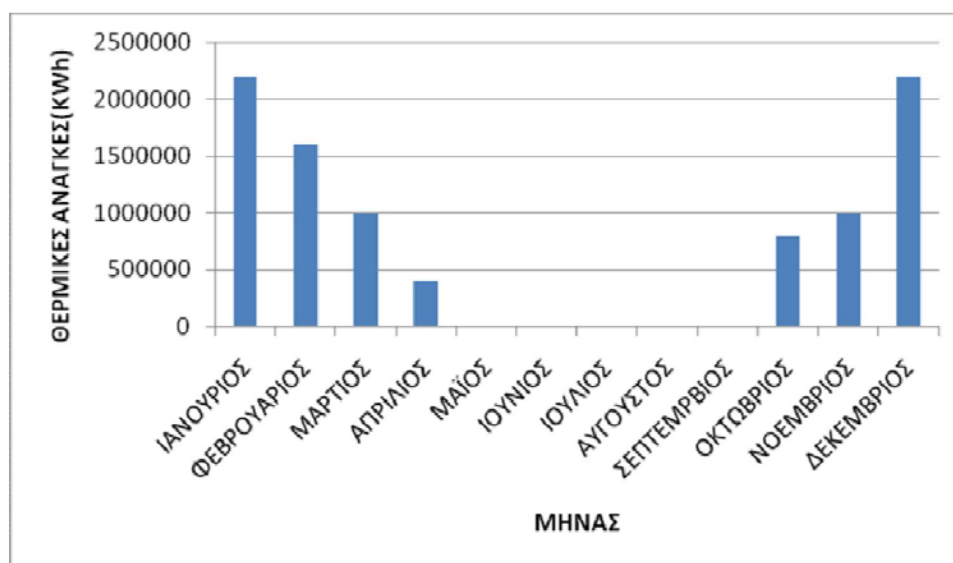
Δακτύλιος	Όρια δακτυλίου	Μέση απόσταση(km)	Έκταση σε ha
1	0-4	2	5027
2	4-8	6	15080
3	8-12	10	25133
4	12-16	14	35186
5	16-20	18	45239
6	20-24	22	55292
7	24-28	26	65345
8	28-32	30	75398

Πίνακας 5.7: Χαρακτηριστικά των 8 δακτυλίων (περίπτωση 2)



Σχήμα 5.6: Έκταση διαθέσιμης βιομάζας ακτίνας 32 km χωρισμένη σε 8 δακτύλιους

Το θερμικό φορτίο που πρέπει να καλυφθεί μπορεί να είναι οι θερμικές ανάγκες είτε κάποιας μονάδας θερμοκηπίου. Σε κάθε περίπτωση πρέπει να υπάρχει μια εκτίμηση για το μηνιαίο φορτίο θερμότητας, ώστε να γίνουν υπολογισμοί. Για ένα θερμοκήπιο έκτασης 20 στρεμμάτων οι μηνιαίες θερμικές του ανάγκες συνοψίζονται ως εξής [16]:



Σχήμα 5.7: Μηνιαίες θερμικές ανάγκες θερμοκηπίου 20 στρεμμάτων

Στο παραπάνω θερμικό φορτίο πρέπει να προστεθούν και οι σημαντικές απαιτήσεις σε θερμότητα του συστήματος αεριοποίησης. Ακόμα, έχει ληφθεί υπόψη ότι το 10% της παραγωγής θα προορίζεται για ιδιοκατανάλωση.

5.6.2.2. Λειτουργία και λοιπά μεγέθη

Η μεγαλύτερη διαθεσιμότητα και ποικιλία βιομάζας σε σχέση με την προηγούμενη περίπτωση επιτρέπει να υπάρχουν βλέψεις για μεγαλύτερα μεγέθη. Εξαιτίας του καθεστώτος με τις προνομακές τιμές αγοράς της kWh, η πιο συμφέρουσα οικονομικά λειτουργία της μονάδας περιλαμβάνει κατά το δυνατό συνεχή λειτουργία της μονάδας συμπαραγωγής, με την ηλεκτρική ενέργεια να πωλείται στο δίκτυο και την θερμική ενέργεια να διοχετεύεται για την κάλυψη των θερμικών αναγκών της μονάδας αεριοποίησης και του θερμοκηπίου. Μία μονάδα τέτοιας τάξης μεγέθους μπορεί να λειτουργεί έως και 680 ώρες τον μήνα. Στις περιπτώσεις που η παραγόμενη θερμική ισχύς δεν αρκεί, η διαφορά θα καλύπτεται από το boiler αιχμής. Τα μεγέθη που λήφθηκαν υπόψη για το μοντέλο της βελτιστοποίησης έχουν ως εξής [13]:

Τεχνικά δεδομένα	
Ηλεκτρική απόδοση μονάδας CHP(%)	29
PHR	0,518
Συνολική απόδοση μονάδας CHP(%)	85
Θερμική απόδοση boiler βιομάζας(%)	80
Οικονομικά δεδομένα	
Επιτόκιο(%)	8
Πληθωρισμός(%)	3
Χρόνος ζωής επένδυσης(έτη)	20
Κρατική επιδότηση γραμμής μεταφοράς(%)	0
Κρατική επιδότηση εγκατάστασης(%)	0
Τιμή πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας(€/kWhel)	0,22
Αποζημίωση διαθεσιμότητας(€/kWh*μήνα)	1,58
Τιμή πώλησης θερμότητας(€/kWh)	0,0478
Τιμή καυσίμου κίνησης(€/L)	1,5
Μονάδα CHP αναφοράς(kWel)	2000
Ειδικό κόστος μονάδας CHPαναφοράς(€/kWel)	2000

Ειδικό κόστος boilerβιομάζας(€/kW)	200
Παράγοντας κλίμακας R	0,7
Ο&Μμονάδας CHP(%κόστους επένδυσης/έτος)	7
Ο&Μ boilerβιομάζας(%κόστους επένδυσης/έτος)	3

Πίνακας 5.8: Τεχνικές και οικονομικές υποθέσεις για την εξέταση της περίπτωσης 2

Στην προκειμένη περίπτωση, ένα σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος κοντά στα 1000 kW μπορεί να καλύψει τις ανάγκες μας και να αποφέρει σημαντικότερο εισόδημα. Από τα 2 MW θερμικά και πάνω, ο λόγος PHR δεν ανταποκρίνεται πλήρως στην πραγματικότητα, για αυτό και θεωρούμε τα 2 MW ανώτατο όριο για τη θερμική ικανότητα της μονάδας CHP (PMT).

Ως κόστος επένδυσης για την αποθήκευση μπορούμε να θεωρήσουμε βάσει βιβλιογραφίας 1.000.000 € [13].

Για το σύστημα αεριοποιητή, σύμφωνα με έρευνα αγοράς που έχει γίνει απαιτείται ένα ποσό της τάξης των 5.000.000 €, ενώ για έξοδα λειτουργίας και συντήρησης μπορούμε να θεωρήσουμε το 5% του κόστους επένδυσης για κάθε έτος.

Τέλος, για την βιομάζα, οι εκπομπές CO₂ μπορούν να θεωρηθούν μικρότερες από 0.004 kg για κάθε kWh που λογίζεται ως ενεργειακό περιεχόμενο της βιομάζας [15]. Για κάθε τόνο CO₂ που εκπέμπεται πρέπει να αποδοθούν 15 €.

5.6.2.3. Αποτελέσματα προσομοίωσης μοντέλου για συνεχή λειτουργία

Κάνοντας την προσομοίωση καταλήγουμε στα εξής αποτελέσματα, τα οποία βελτιστοποιούν την καθαρή παρούσα αξία:

Μονάδα CHP

1036 kWel -2000 kWth

Πίνακας 5.9: Ώρες λειτουργίας μονάδας CHP ανά μήνα (περίπτωση 2)

ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
680	680	680	680	680	680	680	680	680	680	680	680

Μονάδα boiler

2277 kWth

Πίνακας 5.10: Ώρες λειτουργίας μονάδας Boiler ανά μήνα (περίπτωση 2)

ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
720	457	193	0	0	0	0	0	0	105	193	720

Πίνακας 5.11: Ποσότητα βιομάζας από κάθε τύπο (περίπτωση 2)

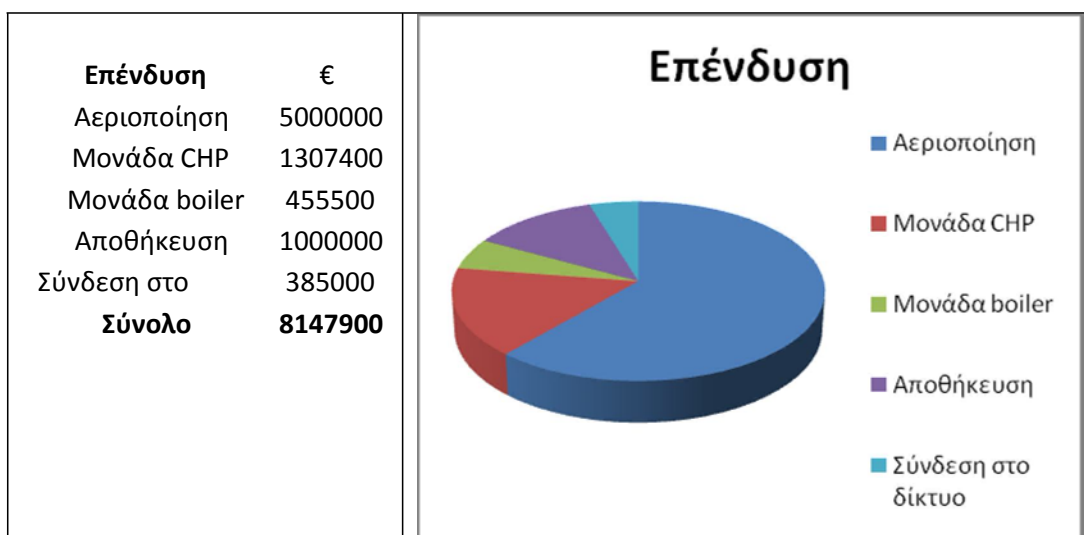
Είδος	Ποσότητα (tn)
Άχυρο σίτου	0
Κοτσάνια καλαμποκιού	0
Μίσχοι βάμβακος	4357
Υπολείμματα κλαδέματος ελιάς	2463,2
Υπολείμματα κλαδέματος αμυγδαλιάς	5070,2

Η καθαρή παρούσα αξία που δίνουν αυτές οι επιλογές είναι

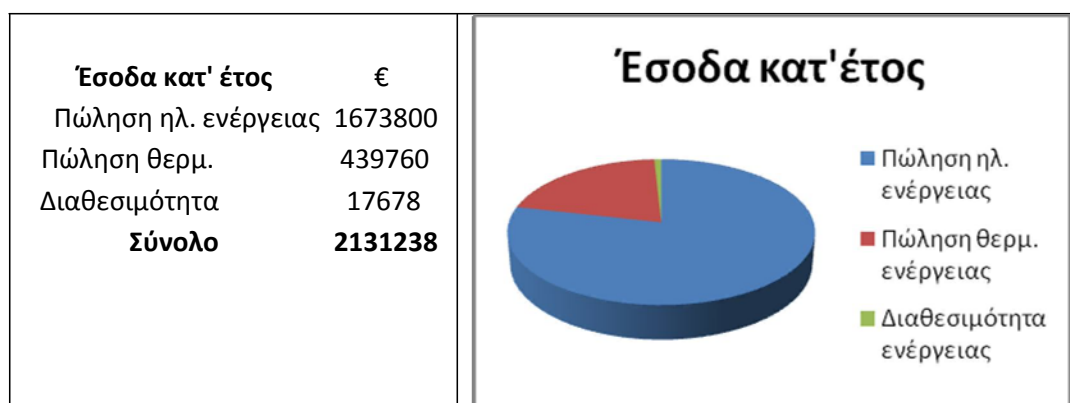
12,494 Μ€

Ενώ έχουμε απόσβεση στο 5^ο με 6^ο έτος.

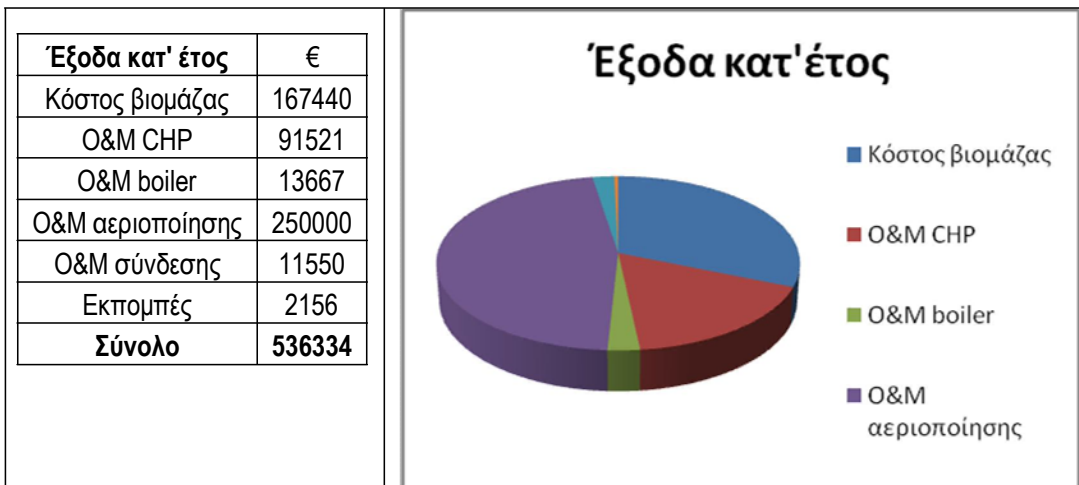
Αναλυτικότερα τα μεγέθη παρουσιάζονται εδώ:



Σχήμα 5.8: Συνολικό κόστος επένδυσης περίπτωσης 2

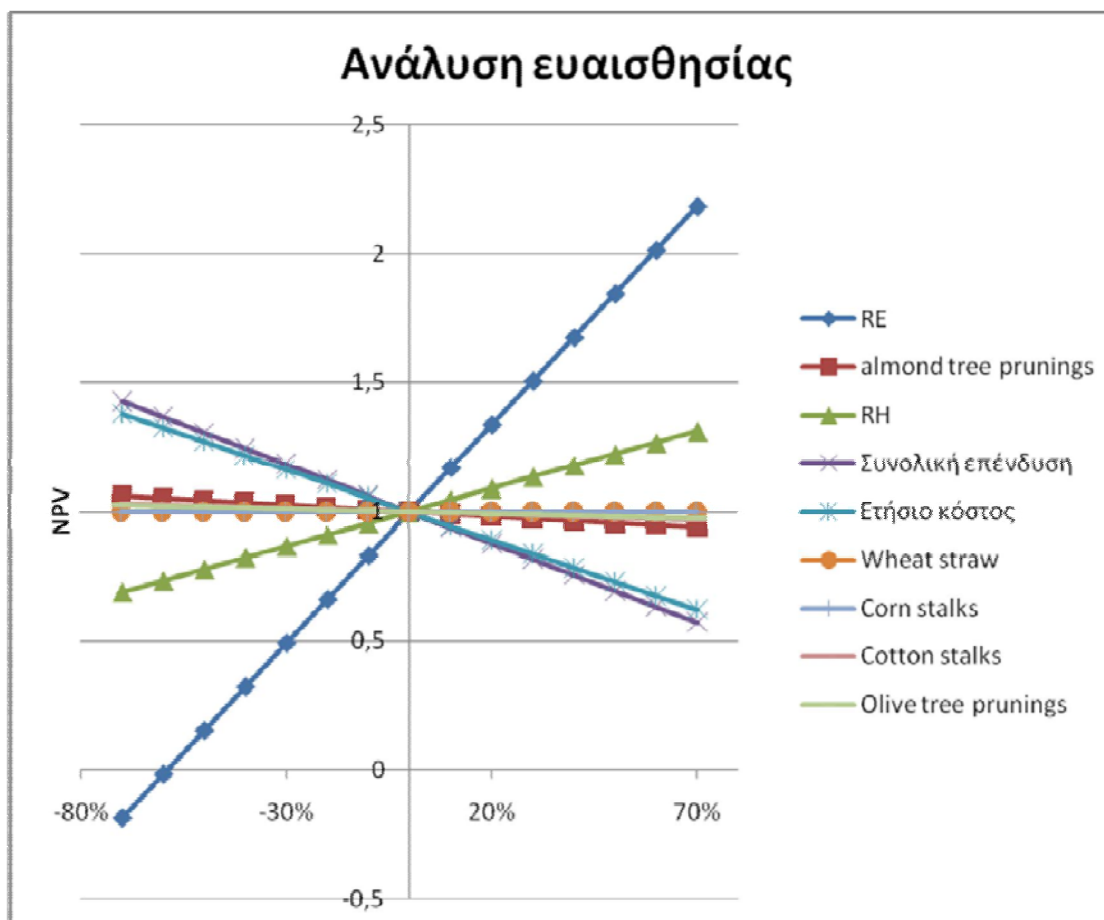


Σχήμα 5.9: Έσοδα κατ' έτος περίπτωσης 2



Σχήμα 5.10: Έξοδα κατ' έτος περίπτωσης 2

Τέλος, ακολουθεί η ανάλυση ευαισθησίας της καθαρής παρούσας αξίας για διάφορα μεγέθη. Σε αυτά περιλαμβάνονται οι τιμές πώλησης της ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας, η τιμή της βιομάζας κάθε τύπου και πιθανές αστοχίες στην πρόβλεψη του κόστους επένδυσης ή του ετήσιου κόστους.



Σχήμα 5.11 Ανάλυση ευαισθησίας περίπτωσης 2

5.6.2.4. Αποτελέσματα προσομοίωσης μοντέλου για λειτουργία κάλυψης του θερμικού φορτίου (Περίπτωση 3)

Κάνοντας την προσομοίωση καταλήγουμε στα εξής αποτελέσματα, τα οποία βελτιστοποιούν την καθαρή παρούσα αξία:

Μονάδα CHP

1036 kW_{el} -2000 kW_{th}

Πίνακας 5.12: Ώρες λειτουργίας μονάδας CHP ανά μήνα (περίπτωση 3)

ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
680	680	680	273	0	0	0	0	0	546	680	680

Μονάδα boiler

2277 kW_{th}

Πίνακας 5.13: Ώρες λειτουργίας μονάδας Boiler ανά μήνα (περίπτωση 3)

ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
720	361	2	0	0	0	0	0	0	0	2	720

Πίνακας 5.14: Ποσότητα βιομάζας από κάθε τύπο (περίπτωση 3)

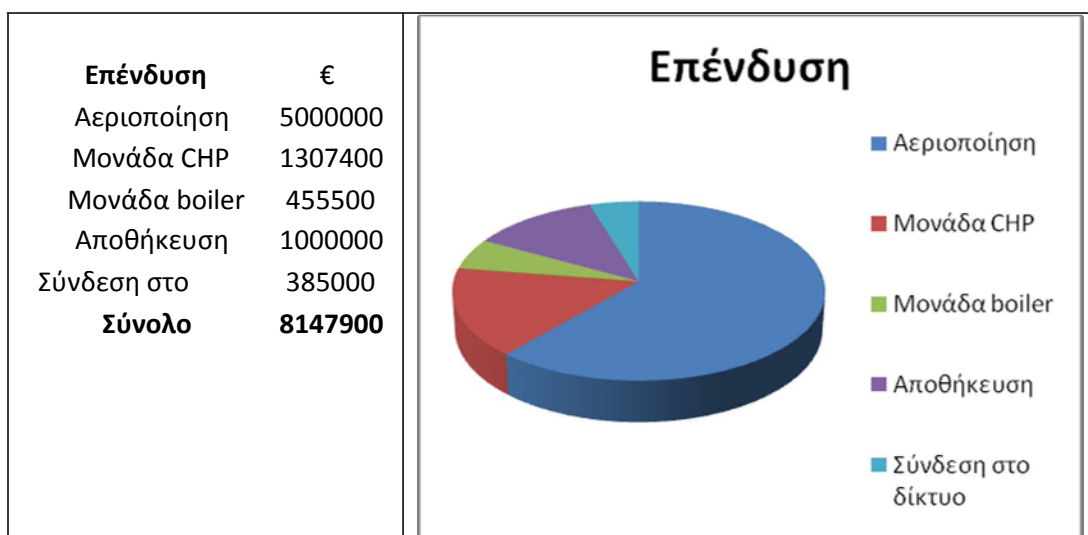
Είδος	Ποσότητα (tn)
Άχυρο σίτου	0
Κοτσάνια καλαμποκιού	0
Μίσχοι βάμβακος	3980
Υπολείμματα κλαδέματος ελιάς	2162,7
Υπολείμματα κλαδέματος αμυγδαλιάς	381,1

Η καθαρή παρούσα αξία που δίνουν αυτές οι επιλογές είναι

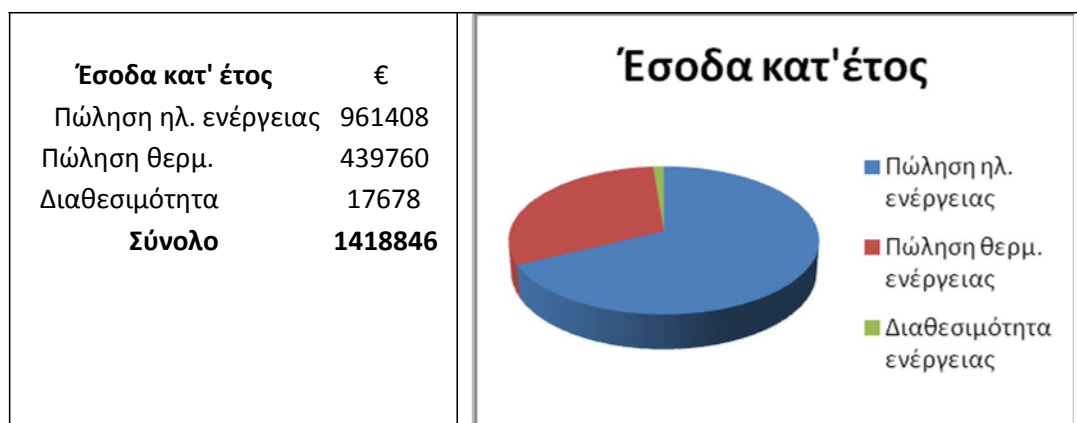
4,6313 Μ€

Ενώ έχουμε απόσβεση στο 11^ο έτος.

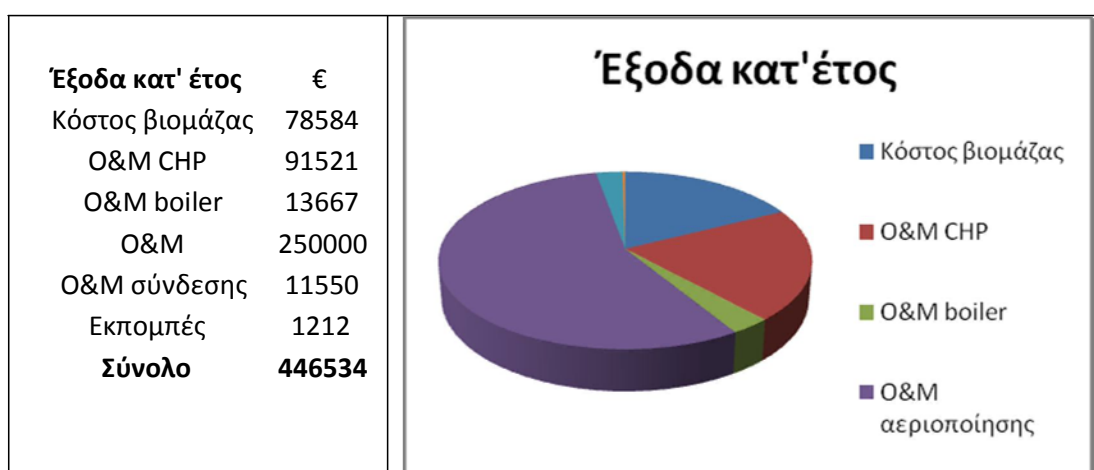
Αναλυτικότερα τα μεγέθη παρουσιάζονται εδώ:



Σχήμα 5.12: Συνολικό κόστος επένδυσης περίπτωσης 3



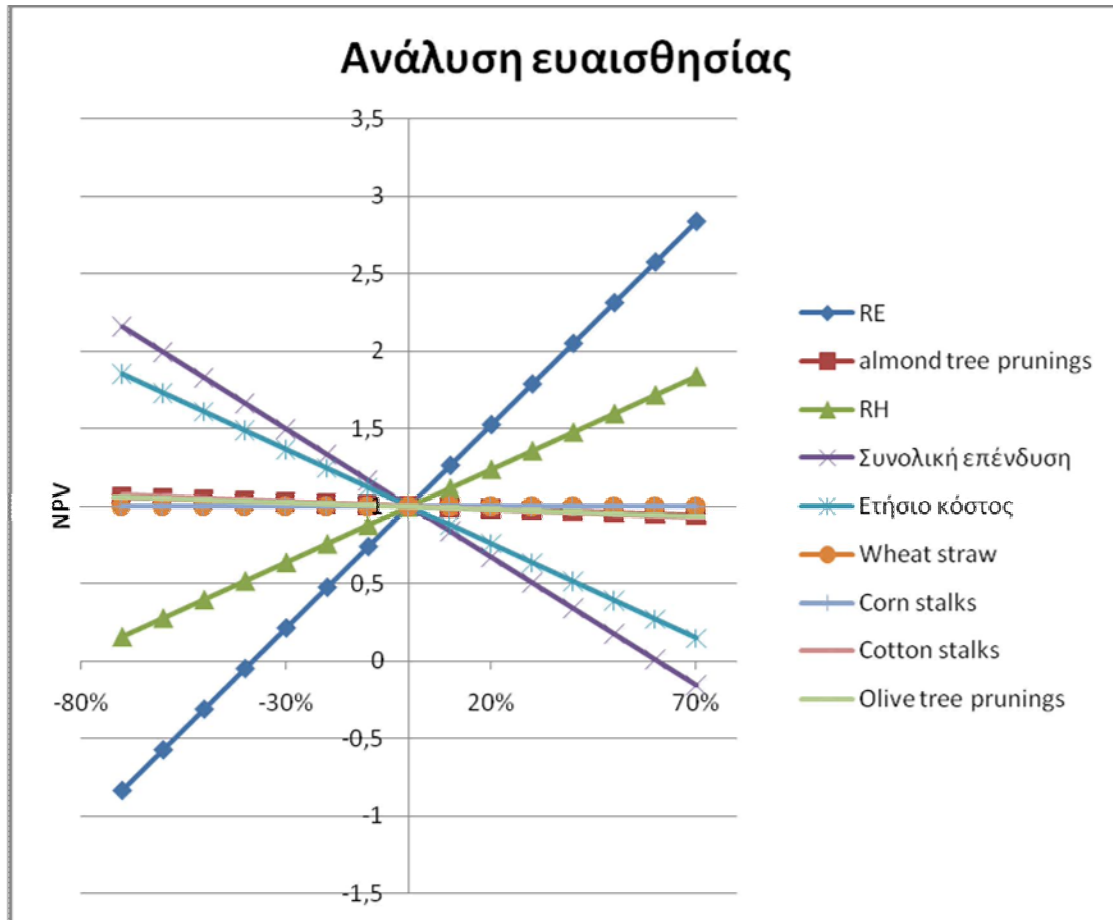
Σχήμα 5.13: Έσοδα κατ' έτος περίπτωσης 3



Σχήμα 5.14: Έξοδα κατ' έτος περίπτωσης 3

Τέλος, ακολουθεί η ανάλυση ευαισθησίας της καθαρής παρούσας αξίας για διάφορα μεγέθη. Σε

αυτά περιλαμβάνονται οι τιμές πώλησης της ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας, η τιμή της βιομάζας κάθε τύπου και πιθανές αστοχίες στην πρόβλεψη του κόστους επένδυσης ή του ετήσιου κόστους.



Σχήμα 5.15: Ανάλυση ευαισθησίας περίπτωσης 3

5.6.2.5. Συμπέρασμα

Από όλα τα παραπάνω προκύπτει πως η συγκεκριμένη επένδυση συνιστά μια καλή επιλογή, η οποία μπορεί να αποφέρει γρήγορα κέρδη και μικρό διάστημα αποπληρωμής. Όπως φαίνεται, το σημαντικότερο μέρος της επένδυσης καταλαμβάνει το σύστημα αεριοποίησης, ενώ στα ετήσια κόστη την μερίδα του λέοντος κατέχουν τα έξοδα που αφορούν την συντήρηση και το κόστος προμήθειας της βιομάζας. Όσον αφορά τα έσοδα, αξίζει να σημειωθεί πως, όπως φαίνεται παραπάνω από τα διαγράμματα, ο καθοριστικός παράγοντας που καθιστά την επένδυση τόσο ελκυστική είναι η προνομιακή τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο. Για αυτό το λόγο επιλέγεται η συνεχής λειτουργία της μονάδας CHP, ώστε να παράγεται όσο το δυνατόν περισσότερη ενέργεια στο δίκτυο. Τα έσοδα από την πώληση θερμικής ενέργειας δεν είναι τόσο σημαντικά όσο αυτά από αυτά της ηλεκτρικής, εντούτοις δεν είναι και αμελητέα. Όσον αφορά την ευαισθησία της καθαρής παρούσας αξίας, αυτή μπορεί να επηρεαστεί σημαντικά μόνο από δραματικές αλλαγές στην προνομιακή την παρούσα στιγμή τιμή πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο. Από τα παραπάνω εξαχθέντα μπορεί να εξαχθεί το ασφαλές συμπέρασμα πως η πιο συμφέρουσα λειτουργία είναι η συνεχής και όχι η λειτουργία που απλά ακολουθεί το θερμικό φορτίο.

5.6.3. ΑΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ

Τα αποτελέσματα παραπάνω αποδεικνύουν ότι ο τομέας της συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού από βιομάζα, προσφέρεται για προσοδοφόρες επενδύσεις. Το μέγεθος των επενδύσεων αυτών, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την διαθεσιμότητα της βιομάζας στην εκάστοτε περιοχή. Όσο μεγαλύτερη είναι η αρχική επένδυση σε τόσο μεγαλύτερη Καθαρή Παρούσα Αξία οδηγούμαστε με το πέρασ του χρόνου, ενώ ακόμα και σε απευκταίες περιπτώσεις, όπου δεν έχουμε ικανοποιητική ακρίβεια στις προβλέψεις και τους υπολογισμούς, η αποπληρωμή έρχεται σχετικά γρήγορα. Ο βασικός παράγοντας που καθιστά κάποια ενδεχόμενη επένδυση ελκυστική είναι αναμφίβολα η τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο. Το βασικό μέρος της επένδυσης, καλύπτεται από έξοδα για τον εξοπλισμό του συστήματος αεριοποίησης και της μονάδας συμπαραγωγής. Το κόστος για την αγορά και μεταφορά της βιομάζας δεν είναι ιδιαίτερα σημαντικό, ειδικά συγκρινόμενο με αυτό των ορυκτών καυσίμων. Εκεί το μεγαλύτερο μέρος έχει να κάνει με την συντήρηση του εξοπλισμού. Ακόμα, τα έξοδα για εκπομπές ρύπων που προκύπτουν δεν είναι τόσο σημαντικά σε σχέση με τα λοιπά έξοδα.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί πως οι προβλέψεις για τα κόστη είναι ιδιαίτερος μετριοπαθείς με αυξητική τάση, ώστε να εξάγονται αποτελέσματα σε περιβάλλον μη υπερευνοϊκών συνθηκών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΕΠΙΛΟΓΟΣ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Γενικά

Η παραγωγή ενέργειας από βιομάζα αναμένεται να παίξει έναν σημαντικό ρόλο στην παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ στην Ελλάδα. Η φιλικότητα στο περιβάλλον, η διαθεσιμότητά της, οι εθνικοί στόχοι και οι ευνοϊκές συνθήκες επένδυσης αναμένεται να στρέψουν το ενδιαφέρον προς αυτήν την κατεύθυνση. Προς αυτήν την κατεύθυνση ωθεί και η εξέλιξη της τεχνολογίας, η οποία φαντάζει όλο και πιο ώριμη να παρουσιάσει νέες τεχνολογίες και ιδέες, παρά το γεγονός ότι προς στιγμήν το κόστος της είναι ακόμα αρκετά υψηλό. Είναι βέβαιο πως με την πάροδο του χρόνου και με δεδομένη την μεγαλύτερη διείσδυση της βιομάζας στην παραγωγή ενέργειας, θα αποκτηθεί και θα αναπτυχθεί η απαιτούμενη τεχνογνωσία και τα εμπόδια θα υπερκεράζονται.

Υπάρχουσες συνθήκες

Η φύση της βιομάζας και η ανομοιογένεια στην διαθεσιμότητα της, ανάλογα με τις εκάστοτε συνθήκες οδηγεί στο συμπέρασμα πως η καλύτερη επιλογή για την αξιοποίηση της βιομάζας είναι μικρής κλίμακας μονάδες συμπαραγωγής ενέργειας. Η συνήθης και πιο λογική επιλογή είναι η εκμετάλλευση τοπικών υπολειμμάτων, συνήθως από βιομηχανική ή βιοτεχνική δραστηριότητα και η επιτόπου αξιοποίησή της. Η εφαρμογή της βιομάζας για μεγαλύτερες τάξεις μεγέθους από τοπικές μονάδες ενέργειας απαιτεί ακόμα αρκετό δρόμο ως προς την διαθεσιμότητα και την τεχνογνωσία.

Οργάνωση πληροφορίας σχετικά με τη βιομάζα

Για να ακολουθηθεί ο οικολογικός και φιλικός χαρακτήρας της παραγωγής ενέργειας προς το περιβάλλον, απαιτείται πρωταρχικά η συγκομιδή και συγκέντρωση πληροφοριών σχετικά με την διαθεσιμότητα και τα είδη βιομάζας κατά τόπους, ώστε να εισέλθουμε σταδιακά στην νοοτροπία της διαχείρισης των υπολειμμάτων και απορριμμάτων. Έχουν αρχίσει να γίνονται προσπάθειες προς αυτήν την κατεύθυνση με στόχο την στατιστική χαρτογράφηση των διαφόρων περιοχών αναφορικά με την βιομάζα, πράγμα που κρίνεται απαραίτητο και κριτικής σημασίας για την ανάπτυξη των εφαρμογών βιομάζας στην χώρα μας. Με την παρούσα κατάσταση η Ελλάδα φέρεται να έχει ένα σημαντικό δυναμικό, το οποίο δεν δύναται να αξιοποιηθεί.

Επενδυτικό ενδιαφέρον

Από οικονομικής πλευράς και επενδυτικού ενδιαφέροντος, είναι προφανές ότι η ενασχόληση με την βιομάζα προσφέρεται για προσοδοφόρες επενδύσεις, ειδικά όταν η διαχείριση και λειτουργία των εκάστοτε μονάδων γίνεται σωστά. Εξαιτίας της προνομιακής τιμής πώλησης στο δίκτυο, οι επενδύσεις έχουν μικρό χρόνο αποπληρωμής και αποφέρουν ικανοποιητικά κέρδη. Ειδικά στις περιπτώσεις, κατά τις οποίες γίνεται στο έπακρο εκμετάλλευση της προνομιακής τιμής της ενέργειας στο δίκτυο (συνεχής λειτουργία) τα αποτελέσματα είναι εντυπωσιακά. Το σχετικά υψηλό κόστος επένδυσης, το οποίο μπορεί να ισοσταθμιστεί με τυχόν επιχορηγήσεις και διευκολύνσεις, ενώ και η εξασφάλιση της απαιτούμενης βιομάζας συνιστά ένα μεγάλο στοιχείο, ειδικά υπό το τωρινό καθεστώς έλλειψης στοιχείων.

Περιβάλλον

Από περιβαλλοντικής άποψης, είναι αυτονόητο ότι η βιομάζα είναι πιο φιλική προς το περιβάλλον, ειδικά σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα, αφού στην ουσία η αξιοποίησή της συνιστά έναν «κύκλο» για το διοξείδιο του άνθρακα. Σε πολλές περιπτώσεις και σε πολλά στοιχεία, οι εκπομπές για παραγωγή ενέργειας από βιομάζα θεωρούνται έως και μηδενικές. Με ορίζοντα σκέψης το μέλλον, όπου οι εκπομπές μπορεί να επιφέρουν οικονομικά έξοδα (δικαιώματα εκπομπών, πρόστιμα, κλπ), αυτό μπορεί να παίξει κάποιο ρόλο. Τέλος, η αξιοποίηση της βιομάζας, ως φιλοσοφία είναι ιδιαίτερος οικολογική και πράσινη, πράγμα που λείπει αρκετά από την συνείδηση των σημερινών κοινωνιών.


```

biomassprice4=15;
biomassprice5=15;
biomass_pr_tr=sum(Xb(1,:))*biomassprice1+sum(Xb(2,:))*biomassprice2+sum(Xb(3,:))*biomas
sprice3+sum(Xb(4,:))*biomassprice4+sum(Xb(5,:))*biomassprice5+CTD*2*(Xb(1,1)*r(1)+Xb(1,
2)*r(2)+Xb(1,3)*r(3)+Xb(1,4)*r(4)+Xb(1,5)*r(5)+Xb(1,6)*r(6)+Xb(1,7)*r(7)+Xb(1,8)*r(8)+Xb(2,1)*
r(1)+Xb(2,2)*r(2)+Xb(2,3)*r(3)+Xb(2,4)*r(4)+Xb(2,5)*r(5)+Xb(2,6)*r(6)+Xb(2,7)*r(7)+Xb(2,8)*r(8)
+Xb(3,1)*r(1)+Xb(3,2)*r(2)+Xb(3,3)*r(3)+Xb(3,4)*r(4)+Xb(3,5)*r(5)+Xb(3,6)*r(6)+Xb(3,7)*r(7)+X
b(3,8)*r(8)+Xb(4,1)*r(1)+Xb(4,2)*r(2)+Xb(4,3)*r(3)+Xb(4,4)*r(4)+Xb(4,5)*r(5)+Xb(4,6)*r(6)+Xb(4
,7)*r(7)+Xb(4,8)*r(8)+Xb(5,1)*r(1)+Xb(5,2)*r(2)+Xb(5,3)*r(3)+Xb(5,4)*r(4)+Xb(5,5)*r(5)+Xb(5,6)*
r(6)+Xb(5,7)*r(7)+Xb(5,8)*r(8));
i=0.08;
p=0.03;
N=20;
Df=(1-((1+(i-p)/(1+p))^(-N)))/(1-p);
%!IRE
CE=0.22; %€/kwh
nE=0;
PHR=0.518;
RE=CE*sum(wres_leitourgias)*PMT*PHR*0.9;
%!REP
s=0.9;
CPE=1.58; %€/kw
REP=12*s*CPE*PMT*PHR;
%!RH
CT=0.0478 %€/kwh
RH=CT*sum(load_payed);
%!ACO2
thermogonos1=4972;
thermogonos2=5111;
thermogonos3=5027;
thermogonos4=5027;
thermogonos5=5111;

moisture1=0.20;
moisture2=0.50;
moisture3=0.20;
moisture4=0.35;
moisture5=0.40;

emis1=4/1000000;%tn/kWh
emis2=4/1000000;%tn/kWh
emis3=4/1000000;%tn/kWh
emis4=4/1000000;%tn/kWh
emis5=4/1000000;%tn/kWh

energy1=sum(Xb(1,:))*(1-moisture1)*thermogonos1*(1/1.2);
energy2=sum(Xb(2,:))*(1-moisture2)*thermogonos2*(1/1.2);
energy3=sum(Xb(3,:))*(1-moisture3)*thermogonos3*(1/1.2);
energy4=sum(Xb(4,:))*(1-moisture4)*thermogonos4*(1/1.2);
energy5=sum(Xb(5,:))*(1-moisture5)*thermogonos5*(1/1.2);

```

```

CCO2=15 %€/tn% *****
ACO2=(emis1*energy1+emis2*energy2+emis3*energy3+emis4*energy4+emis5*energy5)*CC
O2 %CCO2 price of a ton CO2 equivalent
%!IG gasification
IG=5000000
%!AG
OG=0.05;
AG=OG*IG;
%!IM
CM=(PMT*PHR/2000)^(0.7)*2000; %PMT se Kw CM se €
SMB=0;
IM=CM*(PMT*PHR)*(1-SMB);
%!AM OM=0.07;
AM=OM*CM*(PMT*PHR);
%!IB
CB=200; %€/kwth
IB=CB*PB;
%!AB
OB=0.03;
AB=OB*IB;
%!IW
IW=500000;
%!IDH
LDH=0% *****
CDH=0% *****
IDH=LDH*CDH;
%!IET
LC=1%km
CETV=20000%€/km
CETF=15000%€
ISUB=350000%€
IET=(LC*CETV+CETF)+ISUB;
%!AET
AET=0.03*IET;

```

```

z=-(Df*N*(RE+REP+RH)-IG-IM-IB-IW-IET-IDH-
N*(biomass_pr_tr+AM+ACO2+AB+AG+AET)*Df);

```

constraints.m

```
function [c,ceq]=constraintsagr(w)
```

```

load_payed=0.20*[11000000 8000000 5000000 2000000 0 0 0 0 4000000 5000000
11000000]
load_th=load_payed+[800000 800000 800000 800000 800000 800000 800000 800000 800000
800000 800000 800000];

```

```
thermogonos1=4972;
```

```

thermogonos2=5111;
thermogonos3=5027;
thermogonos4=5027;
thermogonos5=5111;

moisture1=0.20;
moisture2=0.50;
moisture3=0.20;
moisture4=0.35;
moisture5=0.40;
%variables
PMT=w(1);
PB=w(2);
Xb=[w(3) w(4) w(5) w(6) w(7) w(8) w(9) w(10);w(11) w(12) w(13) w(14) w(15) w(16) w(17)
w(18);w(19) w(20) w(21) w(22) w(23) w(24) w(25) w(26);w(27) w(28) w(29) w(30) w(31) w(32)
w(33) w(34);w(35) w(36) w(37) w(38) w(39) w(40) w(41) w(42)]; wres_leitourgias=[680 680
680 680 680 680 680 680 680 680]; wres_boiler=[w(43) w(44) w(45) w(46) w(47)
w(48) w(49) w(50) w(51) w(52) w(53) w(54)];

c=[-PMT-PB+3100;
-PMT*wres_leitourgias(1)-PB*wres_boiler(1)+load_th(1);
-PMT*wres_leitourgias(2)-PB*wres_boiler(2)+load_th(2);
-PMT*wres_leitourgias(3)-PB*wres_boiler(3)+load_th(3);
-PMT*wres_leitourgias(4)-PB*wres_boiler(4)+load_th(4);
-PMT*wres_leitourgias(5)-PB*wres_boiler(5)+load_th(5);
-PMT*wres_leitourgias(6)-PB*wres_boiler(6)+load_th(6);
-PMT*wres_leitourgias(7)-PB*wres_boiler(7)+load_th(7);
-PMT*wres_leitourgias(8)-PB*wres_boiler(8)+load_th(8);
-PMT*wres_leitourgias(9)-PB*wres_boiler(9)+load_th(9);
-PMT*wres_leitourgias(10)-PB*wres_boiler(10)+load_th(10);
-PMT*wres_leitourgias(11)-PB*wres_boiler(11)+load_th(11);
-PMT*wres_leitourgias(12)-PB*wres_boiler(12)+load_th(12);

(PMT*sum(wres_leitourgias(10)+wres_leitourgias(11)+wres_leitourgias(12)+wres_leitourgias(1
))/0.56)+(PB*sum((wres_boiler(10)+wres_boiler(11)+wres_boiler(12)+wres_boiler(11)))/0.8)-
sum(Xb(2,:))*(1-moisture2)*thermogonos2/1.2-sum(Xb(3,:))*(1-moisture3)*thermogonos3/1.2;

(PMT*sum(wres_leitourgias(4)+wres_leitourgias(5)+wres_leitourgias(6)+wres_leitourgias(7)+w
res_leitourgias(8)+wres_leitourgias(9))/0.56)+(PB*sum((wres_boiler(4)+wres_boiler(5)+wres_b
oiler(6)+wres_boiler(7)+wres_boiler(8)+wres_boiler(9)))/0.8)-sum(Xb(1,:))*(1-
moisture1)*thermogonos1/1.2-sum(Xb(5,:))*(1-moisture5)*thermogonos5/1.2;

(PMT*sum(wres_leitourgias(2)+wres_leitourgias(3))/0.56)+(PB*sum((wres_boiler(2)+wres_boil
er(3)))/0.8)-sum(Xb(4,:))*(1-moisture4)*thermogonos4/1.2;]
ceq=[];

```

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] «Οδηγός συστημάτων συμπαραγωγής ηλεκτρισμού & θερμότητας» - Κ.Α.Π.Ε.
Διαθέσιμο στο www.cres.gr
- [2] Χ.Α Φραγκόπουλος, Η.Π. Καρυδογιάννης, Γ.Κ. Καραλής, «Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας», ΕΛΚΕΠΑ, Νοέμβριος 1994
- [3] «Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού – Θερμότητας», 19/11/2008
Διαθέσιμο στο www.qualitynet.gr
- [4] «Μοντελοποίηση Μηχανισμών Παραγωγής Βιοαερίου από Χώρους Υγειονομικής Ταφής Αποβλήτων (ΧΥΤΑ)», Μεταπτυχιακή διατριβή, Ανδρέας Μ. Παληκύρας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου – Τμήμα Περιβάλλοντος, 2007
- [5] «Μικρές Μονάδες Αεριοποίησης σε Επίπεδο Παραγωγού και Κοινότητας», ομιλία κ. Σπύρου Κυρίτση, Ημερίδα «Αεριοποίησης Βιομάζας για την Αποκεντρωμένη Συμπαραγωγή Θερμότητας και Ηλεκτρισμού», Αμύνταιο, Δεκέμβριος 2010
- [6] «Investigation of agricultural and animal wastes in Greece and their allocation to potential application for energy production», V. Skoulou, A. Zabaniotou, Elsevier Renewable and Sustainable Energy Reviews 11 (2007) 1698–1719
- [7] «Αξιοποίηση της Βιομάζας στον Ελλαδικό χώρο για την παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας μέσω Συστημάτων Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας», Διπλωματική Εργασία Αντώνιος Π. Γεωργιάδης – Σωτήριος Β. Σωτηρίου, Ε.Μ.Π – Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών
- [8] «Policy plan for the use of biomass and biofuels in Greece Part II: Logistics and economic investigation», Ioannis Boukis, Nikos Vassilakos, Georgios Kontopoulos, Sotirios Karellas, Elsevier Renewable and Sustainable Energy Reviews 13 (2009) 703–720 , 971-985
- [9] «Development of small-scale and micro-scale biomass-fuelled CHP systems – A literature review», Leilei Dong, Hao Liu, Saffa Riffat, Elsevier Applied Thermal Engineering 29 (2009) 2119–2126
- [10] M.S. Rao, S.P. Singh*, A.K. Singh, M.S. Sodha (2000) «Bioenergy conversion studies of the organic fraction of MSW: assessment of ultimate bioenergy production potential of municipal garbage» Applied Energy , Vol 66, pp 75-87.
- [11] Bridgwater A.V., Toft A.J., Brammer J.G., «A techno-economic comparison of power production by biomass fast pyrolysis with gasification and combustion» Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 6, Issue 3, September 2002, Pages 181-246
- [12] G. Alexander and G. Boyle, “Introducing Renewable Energy,” in G. Boyle (ed.), “Renewable Energy: Power for a sustainable future,” New York: Oxford University Press, 2004
- [13] «An optimization model for multi-biomass tri-generation energy supply», A.A. Rentizelas, I.P. Tatsiopoulos, A. Tolis, Elsevier Biomass and bioenergy 33 (2009) 223 – 233

[14] Huisman W, Venturi P, Molenaar J. «Costs of supply chains of *Miscanthus giganteus*» Industrial Crops and Products 1997;6:353–66

[15] «Distribution System Planning with Incorporating DG Reactive Capability and System Uncertainties», Kai Zou, A. P. Agalgaonkar, K. M. Muttaqi, S. Perera, IEEE PES Transactions on Sustainable Energy

[16] «Θέρμανση Πρότυπου Θερμοκηπίου με Συστήματα Κυψελών Καυσίμου» Χρυσή Σ. Πετκέλη Ελένη Χ. Γάκου, Διπλωματική εργασία, Θεσσαλονίκη 2009

[17] «Παραγωγή υγρών καυσίμων από καλάμια μέσω θερμοχημικής μετατροπής», Εμμανουήλ Κούκιος, ΔΠΜΣ ΕΜΠ «Παραγωγή και διαχείριση ενέργειας», μάθημα «Βιομάζα», Ιούνιος 2009

Διαθέσιμο στο <http://www.chemeng.ntua.gr/courses/bpy/files/karakousis.pdf>

[18] Νόμος υπ' αριθμόν 3851/2010, Εφημερίς της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, Ιούνιος 2010

[19] ΔΕΗ Α.Ε.

ΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΤΟΠΟΙ

[20] Ελληνικός Σύνδεσμος Συμπααραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας – Ε.Σ.Σ.Η.Θ.
www.hachp.gr

[21] Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας
http://www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/biomass_guide.pdf

[22] Biomass Energy
www.biomassenergy.gr

[23] ΦΙΛΙΠΠΟΠΟΥΛΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ Α.Τ.Ε.
www.biomass.com.gr

[24] <http://www.chemeng.ntua.gr/courses/bpy/files/gasification.pdf>

[25] <http://www.envima.gr>

[26] http://en.wikipedia.org/wiki/Biomass_gasification

[27] <http://www.res-thermal.info/servlet/SDEBiomassServlet>

[28] <http://www.iene.gr/energyB2B/articlefiles/biomaza/kakaras.pdf>