



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης

Τομέας Συστημάτων Παραγωγής

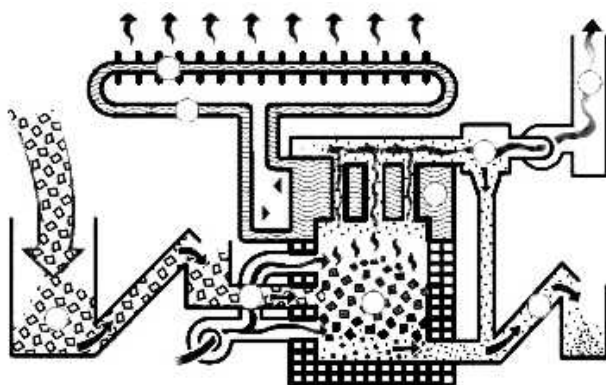
Εργαστήριο Ηλεκτρικών Κυκλωμάτων και Ηλεκτρονικής

**ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΝΔΥΤΙΚΩΝ ΣΧΕΔΙΩΝ
ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ
ΜΕ ΣΤΕΡΕΑ ΒΙΟΜΑΖΑ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

ΓΟΥΣΓΟΥΡΙΩΤΗ ΗΛΙΑ



ΕΠΙΒΛΕΨΗ

ΚΑΤΣΙΓΙΑΝΝΗΣ ΓΙΑΝΝΗΣ, Υποψ. Διδάκτωρ ΠΚ

ΓΕΩΡΓΙΑΚΗΣ ΠΑΥΛΟΣ, Επ. Καθηγητής

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

ΚΟΥΪΚΟΓΛΟΥ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ, Καθηγητής

ΝΙΚΟΛΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ, Λέκτορας

ΓΕΩΡΓΙΑΚΗΣ ΠΑΥΛΟΣ, Επ. Καθηγητής

ΧΑΝΙΑ

ΙΟΥΝΙΟΣ 2005

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στη σύγχρονη εποχή, το ενεργειακό πρόβλημα παρουσιάζεται όλο και πιο έντονο, ενώ οι ανεπιθύμητες επιπτώσεις στο περιβάλλον από τη χρήση ορυκτών καυσίμων, ώθησαν τη διεθνή κοινότητα στη λήψη μέτρων για τη μείωση των επιπτώσεων αυτών (Κιότο, 1991). Τα τελευταία χρόνια το ενδιαφέρον στράφηκε στη χρησιμοποίηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ), καθώς αυτές παρουσιάζουν χαρακτηριστικά τα οποία είναι συμβατά με τις απαιτήσεις των διεθνών συμβάσεων για τον περιορισμό επιβλαβών επιπτώσεων προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο.

Σημαντικός τομέας των ΑΠΕ με ιδιαίτερα ενδιαφέρουσες προοπτικές για το μέλλον είναι εκείνος της ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας, η οποία μπορεί να λάβει πολλές μορφές. Η πιο διαδεδομένη ενεργειακή χρήση, αλλά και αυτή με τη σημαντικότερη δυναμική εξάπλωσης τα επόμενα χρόνια, είναι η παραγωγή θερμικής ενέργειας για τροφοδότηση των θερμικών διεργασιών στη βιομηχανία ή για θέρμανση κτιρίων.

Στην παρούσα εργασία επιχειρούμε να προσεγγίσουμε το ζήτημα της οικονομικής αξιολόγησης των συστημάτων θέρμανσης με βιομάζα, μέσω της ανάπτυξης μιας ολοκληρωμένης μεθοδολογίας σχεδίασης, κοστολόγησης και αξιολόγησης της οικονομικής βιωσιμότητας τέτοιων επενδυτικών σχεδίων. Στη μεθοδολογία αυτή παρουσιάζονται αναλυτικά οι παράγοντες που μετέχουν στην ανάπτυξη και εφαρμογή ενός συστήματος θέρμανσης με βιομάζα, καθώς και τα χρηματοοικονομικά κριτήρια με βάση τα οποία αξιολογείται η επένδυση.

Επίσης στην εργασία αυτή γίνεται αναλυτική εφαρμογή της μεθοδολογίας αξιολόγησης πάνω σε τέσσερα έργα που έχουν πραγματοποιηθεί κατά το πρόσφατο παρελθόν, στην Ευρώπη και τον Καναδά. Τα έργα που εξετάζονται βρίσκονται σε διαφορετικές γεωγραφικές ζώνες, έχουν διαφορετικά μεγέθη και διαφορετικά σχεδιαστικά χαρακτηριστικά, ώστε να επιδειχθούν οι δυνατότητες της μεθοδολογίας που αναπτύχθηκε, σε ένα εύρος εφαρμογών. Τέλος η μεθοδολογία εφαρμόζεται στην μελέτη δύο περιπτώσεων εφαρμογής συστημάτων βιομάζας για την θέρμανση θερμοκηπίων, στη περιοχή της Χαλκιδικής. Εδώ η επίλυση είναι πιο συνοπτική, αλλά εξετάζονται τρία διαφορετικά σενάρια χρηματοδότησης για κάθε έργο και γίνεται εκτενής ανάλυση ευαισθησίας των κριτηρίων αξιολόγησης στη μεταβολή των χρηματοοικονομικών παραμέτρων.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, Βιομάζα, Βιοενέργεια, Παραγωγή ενέργειας, Συστήματα θέρμανσης, Υποστήριξη αποφάσεων, Αξιολόγηση επενδυτικών σχεδίων, Λογισμικό, RETscreen, Εσωτερικός βαθμός απόδοσης, Καθαρή παρούσα αξία, Απλή επανείσπραξη, Δείκτης κερδοφορίας.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα εργασία αποτελεί τη Διπλωματική μου Εργασία στα πλαίσια των σπουδών μου στο Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης του Πολυτεχνείου Κρήτης. Η εκπόνησή της ξεκίνησε τον Ιούνιο του 2004 και ολοκληρώθηκε τον Ιούνιο του 2005, υπό την επίβλεψη του Επίκουρου Καθηγητή κ. Γεωργιλάκη Παύλου και του υπογλήφιου Διδάκτορα του Πολυτεχνείου Κρήτης κ. Κατσίγιαννη Γιάννη.

Με την ευκαιρία της ολοκλήρωσης της εργασίας, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου προς τους κ.κ. Γεωργιλάκη και Κατσίγιαννη για την πολύτιμη βοήθειά τους στην επιτυχή διεκπεραίωσή της και επιπλέον στον κ. Γεωργιλάκη για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε καθόλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας.

Επιθυμώ να ευχαριστήσω τον Καθηγητή του Πολυτεχνείου Κρήτης κ. Κουϊκόγλου Βασίλειο και το Λέκτορα του Πολυτεχνείου Κρήτης κ. Νικολό Ιωάννη για το χρόνο που διέθεσαν να διαβάσουν τη διπλωματική μου εργασία.

Θα ήταν παράλειψη να μην ευχαριστήσω το συνάδελφο Βασίλη Σταμπολίδη, του οποίου η συμβολή και η προθυμία υπήρξαν καταλυτικές στην περάτωση της εργασίας.

Τέλος, θα επιθυμούσα να ευχαριστήσω τον κ. Νίκο Φιλιππόπουλο, για τις πληροφορίες που μου παραχώρησε και τις πολύτιμες οδηγίες του, οι οποίες βοήθησαν στη ρεαλιστικότερη αντιμετώπιση της μελέτης των συστημάτων θέρμανσης θερμοκηπίων με βιομάζα στη Χαλκιδική, που παρατίθεται στο Κεφάλαιο 9 της παρούσας εργασίας.

Για την επιτυχή ολοκλήρωση των σπουδών μου στο Πολυτεχνείο Κρήτης καθοριστικό ρόλο έπαιξε η (σπάνια στις μέρες μας) συναδελφικότητα των συμφοιτητών μου. Όσο για την ευκαρία που μου δόθηκε να φοιτήσω σε αυτό, το ευχαριστώ ανήκει στους γονείς μου, για την οικονομική υποστήριξη που μου παρείχαν, αλλά κυρίως για την υπομονή που έκαναν τόσα χρόνια.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Αντικείμενο και δομή της εργασίας	2
1.2 Ανασκόπηση μοντέλων	4
1.2.1 Οικονομοτεχνικά μοντέλα	4
1.2.2 Μοντέλα ανάλυσης κύκλου (ζωής) καυσίμου	5
1.2.3 Μοντέλα αξιολόγησης ενεργειακών καλλιεργειών	6
1.2.4 Κοινωνικο-οικονομικά μοντέλα	7
Βιβλιογραφία 1 ^ο Κεφαλαίου	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	11
2.1 Βιομάζα	11
2.1.1 Χαρακτηριστικά	12
2.1.2 Κύριες χρήσεις και δυνατότητες ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας στην Ελλάδα	13
2.1.2.1 Αγροτικός τομέας	13
2.1.2.2 Βιομηχανικός τομέας	14
2.1.2.3 Αστικός τομέας	14
2.1.2.4 Ενεργειακές καλλιέργειες	15
2.1.3 Μέθοδοι ενεργειακής αξιοποίησης βιομάζας	16
2.1.4 Απευθείας καύση (σταθμοί άμεσης καύσης)	17
2.1.4.1 Καύση σταθερής κλίνης	17
2.1.4.2 Καύση ρευστοποιημένης κλίνης	17
2.1.4.3 Καυστήρες αιώρησης	19
2.1.5 Σύγκαυση με άνθρακα	19
2.2 Συστήματα θέρμανσης με βιομάζα	20
2.2.1 Περιγραφή συστημάτων θέρμανσης με βιομάζα	21
2.2.1.1 Επιλογή καυσίμου	21
2.2.1.2 Θερμική εγκατάσταση	22
2.2.1.2.1 Μικρά-εμπορικά συστήματα	22
2.2.1.2.2 Εμπορικά/βιομηχανικά συστήματα	23
2.2.1.3 Διάθεση της στάχτης	23
2.2.1.4 Σύστημα διανομής θερμότητας	24
2.3 Συστήματα ανάκτησης θερμότητας	25
2.3.1 Η αντλία θερμότητας	25

2.3.1.1	Τύποι αντλιών θερμότητας	25
2.3.1.2	Συνδυασμός λέβητα και αντλίας θερμότητας	26
2.3.1.3	Τύποι συστημάτων θέρμανσης με αντλίες θερμότητας	26
2.3.1.3.1	Απλά συστήματα με αντλία θερμότητας	26
2.3.1.3.2	Συνδυασμένα συστήματα με αντλία θερμότητας	26
2.3.1.4	Διαστασιολόγηση των αντλιών θερμότητας	27
2.4	Συμπαράγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (Σ.Η.Θ)	27
2.4.1	Η έννοια της Συμπαράγωγής	27
2.4.2	Ταξινόμηση συστημάτων Συμπαράγωγής	29
2.4.2.1	Τύποι συστημάτων Συμπαράγωγής	29
2.4.2.2	Τύποι σχημάτων Συμπαράγωγής	30
2.4.2.3	Τρόποι λειτουργίας των συστημάτων Συμπαράγωγής	31
2.4.3	Η Συμπαράγωγή στην Ελλάδα	32
2.4.3.1	Γενικά	32
2.4.3.2	Συμπαράγωγή και βιομάζα στην Ελλάδα	32
2.4.4	Πλεονεκτήματα Συμπαράγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας	33
	Βιβλιογραφία 2 ^{ου} Κεφαλαίου	34

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΜΕ ΒΙΟΜΑΖΑ

3.1	Εισαγωγή	35
3.2	Βασικές έννοιες	36
3.3	Βασικές μονάδες μέτρησης	37
3.4	Μελέτη εγκατάστασης και δικτύου διανομής	39
3.4.1	Στοιχεία εισόδου σχεδίασης εγκατάστασης	40
3.4.1.1	Θερμοκρασιακά χαρακτηριστικά εξεταζόμενης τοποθεσίας	41
3.4.1.2	Στοιχεία Τοπολογίας	42
3.4.1.3	Χαρακτηριστικά εναλλακτικού συστήματος θέρμανσης	44
3.4.2	Υπολογισμοί και περιγραφή παραμέτρων εξόδου σχεδίασης εγκατάστασης	47
3.4.2.1	Θερμοκρασιακά χαρακτηριστικά εξεταζόμενης τοποθεσίας	48
3.4.2.1.1	Ισοδύναμοι Ημερήσιοι-Βαθμοί για θέρμανση νερού χρήσης	48
3.4.2.1.2	Ισοδύναμες ώρες αιχμής φορτίου	49
3.4.2.2	Στοιχεία Τοπολογίας	51
3.4.2.2.1	Αιχμή φορτίου	51
3.4.2.2.2	Ετήσια κατανάλωση καυσίμου υπάρχοντος συστήματος θέρμανσης	51
3.4.2.3	Χαρακτηριστικά εναλλακτικού συστήματος θέρμανσης	51
3.4.2.3.1	Μεθοδολογία υπολογισμού των ενεργειακών αποδόσεων του εναλλακτικού συστήματος θέρμανσης	51

3.4.2.3.2	Συνδυασμός ενεργειακών αποδόσεων	52
3.4.2.3.3	Θερμαντική αξία ετοιμόκαυστης βιομάζας	53
3.4.2.3.4	Προτεινόμενη ισχύς συστήματος αιχμής	54
3.4.2.3.5	Προτεινόμενη ισχύς εφεδρικού συστήματος θέρμανσης	54
3.4.2.4	Σύνοψη ενεργειακών αποδόσεων εναλλακτικού συστήματος θέρμανσης	54
3.4.2.4.1	Συνολικά ετήσια αποδοθείσα ενέργεια θέρμανσης	54
3.4.2.4.2	Ποσοστό της αιχμής φορτίου που μπορεί να αποδοθεί από το εναλλακτικό σύστημα	55
3.4.2.4.3	Απαιτούμενη ποσότητα βιομάζας σε ετήσια βάση	55
3.4.2.4.4	Απαιτούμενη ποσότητα καυσίμου για το σύστημα αιχμής	55
3.4.2.4.5	Ισοδύναμες Ώρες Πλήρους Απόδοσης	55
3.4.3	Στοιχεία εισόδου σχεδίασης και κοστολόγησης δικτύου διανομής	56
3.4.4	Υπολογισμοί δεδομένων εξόδου δικτύου διανομής	60
3.4.4.1	Διαφορική θερμοκρασία σχεδίασης	60
3.4.4.2	Συνολικό μήκος σωληνώσεων	60
3.4.4.3	Φορτίο για κάθε τομέα σωλήνωσης	60
3.4.4.4	Διάμετρος σωλήνωσης για κάθε τομέα	61
3.4.4.5	Υπολογισμός δαπανών σε περίπτωση που έχει επιλεγεί Αναλυτική μέθοδος κοστολόγησης	62
3.4.4.6	Υπολογισμός δαπανών σε περίπτωση που έχει επιλεγεί Τυπική μέθοδος κοστολόγησης	62
3.5	Μελέτη μείωσης εκπομπής αερίων θερμοκηπίου	63
3.5.1	Βασικές έννοιες	63
3.5.2	Δεδομένα εισόδου μελέτης μείωσης αερίων θερμοκηπίου	64
3.5.3	Ενδιάμεσοι υπολογισμοί	66
3.5.3.1	Ποσοστό συμμετοχής του κάθε καυσίμου στην παραγωγή ενέργειας	66
3.5.3.2	Συντελεστές απόδοσης μετατροπής καυσίμου σε ενέργεια	66
3.5.3.3	Συντελεστής εκπομπής αερίων θερμοκηπίου για κάθε καύσιμο	66
3.5.3.4	Συντελεστής εκπομπής κάθε αερίου θερμοκηπίου j για όλη την εγκατάσταση	67
3.5.3.5	Συντελεστής εκπομπής αερίων θερμοκηπίου για κάθε σύστημα	67
3.5.4	Υπολογισμός της μείωσης εκπομπής αερίων θερμοκηπίου	68
3.6	Οικονομική μελέτη	68
3.6.1	Η μέθοδος του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (IRR)	68
3.6.1.1	Η έννοια του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης	68
3.6.1.2	Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της μεθόδου IRR	70
3.6.1.3	Σύγκριση των μεθόδων ΚΠΑ και IRR	71
3.6.2	Δεδομένα εισόδου οικονομικής μελέτης	71
3.6.3	Ανάλυση δαπανών	73
3.6.4	Σύνοψη ωφελειών	73

3.6.4.1	Ετήσια εξοικονόμηση καυσίμων	73
3.6.4.2	Ετήσιο εξοικονομούμενο κόστος ενέργειας	74
3.6.4.3	Ετήσια εξοικονόμηση από τη μείωση παραγωγής αερίων θερμοκηπίου	74
3.6.5	Χρηματοοικονομική ανάλυση υλοποίησης έργου	74
3.6.5.1	Εσωτερικός βαθμός απόδοσης και απόδοση στην επένδυση προ φόρων	74
3.6.5.2	Εσωτερικός βαθμός απόδοσης και απόδοση στην επένδυση μετά φόρων	75
3.6.5.3	Η μέθοδος της απλής επανείσπραξης	75
3.6.5.4	Χρόνος μέχρι την πρώτη καθαρή θετική ταμειακή ροή	75
3.6.5.5	Καθαρή Παρούσα Αξία	75
3.6.5.6	Αποταμιεύσεις ετήσιου κύκλου λειτουργίας του έργου	75
3.6.5.7	Δείκτης κερδοφορίας	76
3.6.5.8	Μετοχικό κεφάλαιο	76
3.6.5.9	Χρέος του έργου	76
3.6.5.10	Δείκτης αυτοχρηματοδότησης του έργου	76

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ RETscreen **81**

4.1	Εισαγωγή	81
4.2	Γενική παρουσίαση του RETscreen - Biomass	81
4.3	Φύλλο ενεργειακού μοντέλου	82
4.3.1	Συνθήκες εγκατάστασης	82
4.3.2	Χαρακτηριστικά συστήματος	
4.3.1.1	Τύπος συστήματος	82
4.3.1.2	Σύστημα ανάκτησης θερμότητας	82
4.3.1.3	Σύστημα βιομάζας	83
4.3.1.4	Σύστημα αιχμής φορτίου	83
4.3.1.5	Εφεδρικό σύστημα	83
4.3.3	Ετήσια ενεργειακή παραγωγή	84
4.4	Φύλλο υπολογισμού θερμικών φορτίων και σχεδίασης κεντρικού δικτύου θέρμανσης	84
4.4.1	Χαρακτηριστικά εξεταζόμενης τοποθεσίας και μηνιαία θερμοκρασιακά δεδομένα	84
4.4.2	Υπάρχον σύστημα θέρμανσης και θερμικό φορτίο εγκατάστασης	85
4.4.2.1	Υπάρχον σύστημα θέρμανσης	85
4.4.2.2	Υπολογισμός θερμικών φορτίων εγκατάστασης	85
4.4.3	Σχεδίαση δικτύου κεντρικής θέρμανσης	86
4.4.3.1	Κριτήρια σχεδίασης	86
4.4.3.2	Κύρια σωληνογραμμή	86
4.4.3.3	Δευτερεύουσα σωληνογραμμή	86
4.4.3.4	Κοστολόγηση δικτύου	86

4.5	Φύλλο ανάλυσης κόστους	88
4.5.1	Αρχικές Δαπάνες	88
	Προκαταρκτικές δαπάνες	88
	Κόστος συστήματος βιομάζας και WHR	88
	Κόστος ολοκλήρωσης της εγκατάστασης	88
	Διάφορα έξοδα	89
4.5.2	Ετήσιες Δαπάνες	89
4.5.3	Περιοδικές Δαπάνες	89
4.6	Φύλλο ανάλυσης μείωσης εκπομπών αερίου θερμοκηπίου	89
4.7	Φύλλο χρηματοοικονομικής ανάλυσης	90
4.7.1	Ετήσιο ενεργειακό ισοζύγιο	90
4.7.2	Χρηματοοικονομικές παράμετροι	91
4.7.3	Σύνοψη δαπανών και ωφελειών του έργου	91
4.7.4	Χρηματοοικονομική εφικτότητα	91
	Βιβλιογραφία 4 ^{ου} Κεφαλαίου	91

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΔΥΟ ΣΧΟΛΕΙΩΝ ΜΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΒΙΟΜΑΖΑΣ 93

5.1	Εισαγωγή – Παρουσίαση του προβλήματος	93
5.2	Μελέτη εγκατάστασης και δικτύου διανομής	94
5.2.1	Στοιχεία εισόδου σχεδίασης εγκατάστασης	94
5.2.1.1	Θερμοκρασιακά χαρακτηριστικά εξεταζόμενης τοποθεσίας	96
5.2.1.2	Στοιχεία Τοπολογίας και υπάρχοντος συστήματος θέρμανσης	96
5.2.1.3	Χαρακτηριστικά εναλλακτικού συστήματος θέρμανσης	96
5.2.2	Ενδιάμεσοι υπολογισμοί	96
5.2.2.1	Θερμοκρασιακά χαρακτηριστικά εξεταζόμενης τοποθεσίας	96
5.2.2.2	Στοιχεία Τοπολογίας	98
5.2.2.3	Χαρακτηριστικά εναλλακτικού συστήματος θέρμανσης	99
5.2.3	Στοιχεία εισόδου σχεδίασης και κοστολόγησης δικτύου διανομής	103
5.2.4	Υπολογισμοί δεδομένων εξόδου δικτύου διανομής	103
5.3	Μελέτη μείωσης εκπομπής αερίων θερμοκηπίου	105
5.3.1	Δεδομένα εισόδου	105
5.3.2	Ενδιάμεσοι υπολογισμοί	106
5.3.3	Υπολογισμός της μείωσης εκπομπής αερίων θερμοκηπίου	108
5.4	Οικονομική μελέτη	109
5.4.1	Δεδομένα εισόδου	109
5.4.2	Ανάλυση δαπανών	111

5.4.2.1	Αρχικό Κόστος	111
5.4.2.2	Ετήσιο Κόστος	111
5.4.2.3	Περιοδικές δαπάνες	112
5.4.3	Σύνοψη ωφελειών	112
5.4.3.1	Ετήσια εξοικονόμηση καυσίμων	112
5.4.3.2	Ετήσιο εξοικονομούμενο κόστος ενέργειας	112
5.5	Χρηματοοικονομική ανάλυση υλοποίησης έργου	113
5.5.1	Μετοχικό κεφάλαιο	113
5.5.2	Χρέος του έργου	113
5.5.3	Ετήσια έξοδα	113
5.5.4	Ετήσια έσοδα	114
5.5.5	Ετήσιες ταμειακές ροές	114
5.5.6	Δείκτες και κριτήρια αξιολόγησης αποδοτικότητας	117
5.5.6.1	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης	118
5.5.6.2	Το κριτήριο της Απλής Επανεξοικονομικής	118
5.5.6.3	Το κριτήριο της Καθαρής Παρούσας Αξίας	119
5.5.6.4	Ετήσιες Εξοικονομήσεις	119
5.5.6.5	Δείκτης Κερδοφορίας	119
5.5.6.6	Δείκτης Αυτοχρηματοδότησης	119
5.6	Συμπεράσματα	120

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΜΕΛΕΤΗ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΜΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

6.1	Εισαγωγή – Παρουσίαση του προβλήματος	123
6.2	Μελέτη εγκατάστασης και δικτύου διανομής	125
6.2.1	Στοιχεία εισόδου σχεδίασης εγκατάστασης	125
6.2.1.1	Στοιχεία Τοπολογίας και υπάρχοντος συστήματος θέρμανσης	126
6.2.1.2	Χαρακτηριστικά εναλλακτικού συστήματος θέρμανσης	127
6.2.2	Ενδιάμεσοι υπολογισμοί	127
6.2.2.1	Θερμοκρασιακά χαρακτηριστικά εξεταζόμενης τοποθεσίας	127
6.2.2.2	Στοιχεία Τοπολογίας	129
6.2.2.3	Χαρακτηριστικά εναλλακτικού συστήματος θέρμανσης	131
6.2.3	Στοιχεία εισόδου σχεδίασης και κοστολόγησης δικτύου διανομής	134
6.2.4	Υπολογισμοί δεδομένων εξόδου δικτύου διανομής	135
6.3	Μελέτη μείωσης εκπομπής αερίων θερμοκηπίου	138
6.3.1	Δεδομένα εισόδου	138
6.3.2	Ενδιάμεσοι υπολογισμοί	139

6.3.3	Υπολογισμός της μείωσης εκπομπής αερίων θερμοκηπίου	142
6.4	Οικονομική μελέτη	142
6.4.1	Δεδομένα εισόδου	142
6.4.2	Ανάλυση δαπανών	144
6.4.2.1	Αρχικό Κόστος	144
6.4.2.2	Ετήσιο Κόστος	144
6.4.3	Σύνοψη ωφελειών	145
6.4.3.1	Ετήσια εξοικονόμηση καυσίμων	145
6.4.3.2	Ετήσιο εξοικονομούμενο κόστος ενέργειας	146
6.5	Χρηματοοικονομική ανάλυση υλοποίησης έργου	146
6.5.1	Μετοχικό κεφάλαιο	146
6.5.2	Χρέος του έργου	146
6.5.3	Ετήσια έξοδα	146
6.5.4	Ετήσια έσοδα	147
6.5.5	Ετήσιες ταμειακές ροές	147
6.5.6	Δείκτες και κριτήρια αξιολόγησης αποδοτικότητας	151
6.5.6.1	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης	151
6.5.6.2	Το κριτήριο της Απλής Επανεξίσπραξης	151
6.5.6.3	Το κριτήριο της Καθαρής Παρούσας Αξίας	152
6.5.6.4	Ετήσιες Εξοικονομήσεις	152
6.5.6.5	Δείκτης Κερδοφορίας	152
6.5.6.6	Δείκτης Αυτοχρηματοδότησης	152
6.6	Συμπεράσματα	154

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΚΑΙΒΑΝΩΝ ΜΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΒΙΟΜΑΖΑΣ 155

7.1	Εισαγωγή – Παρουσίαση του προβλήματος	155
7.2	Μελέτη εγκατάστασης και δικτύου διανομής	156
7.2.1	Στοιχεία εισόδου σχεδίασης εγκατάστασης	156
7.2.1.1	Θερμοκρασιακά χαρακτηριστικά εξεταζόμενης τοποθεσίας	158
7.2.1.2	Στοιχεία Τοπολογίας και υπάρχοντος συστήματος θέρμανσης	158
7.2.1.3	Χαρακτηριστικά εναλλακτικού συστήματος θέρμανσης	158
7.2.2	Ενδιάμεσοι υπολογισμοί	159
7.2.2.1	Θερμοκρασιακά χαρακτηριστικά εξεταζόμενης τοποθεσίας	159
7.2.2.2	Στοιχεία Τοπολογίας	160
7.2.2.3	Χαρακτηριστικά εναλλακτικού συστήματος θέρμανσης	161
7.3	Μελέτη μείωσης εκπομπής αερίων θερμοκηπίου	164

7.3.1	Δεδομένα εισόδου	164
7.3.2	Ενδιάμεσοι υπολογισμοί	166
7.3.3	Υπολογισμός της μείωσης εκπομπής αερίων θερμοκηπίου	168
7.4	Οικονομική μελέτη	168
7.4.1	Δεδομένα εισόδου	168
7.4.2	Ανάλυση δαπανών	170
7.4.2.1	Αρχικό Κόστος	170
7.4.2.2	Ετήσιο Κόστος	171
7.4.2.3	Περιοδικές δαπάνες	171
7.4.3	Σύνοψη ωφελειών	172
7.4.3.1	Ετήσια εξοικονόμηση καυσίμων	172
7.4.3.2	Ετήσιο εξοικονομούμενο κόστος ενέργειας	172
7.5	Χρηματοοικονομική ανάλυση υλοποίησης έργου	173
7.5.1	Μετοχικό κεφάλαιο	173
7.5.2	Χρέος του έργου	173
7.5.3	Ετήσια έξοδα	173
7.5.4	Ετήσια έσοδα	173
7.5.5	Ετήσιες ταμειακές ροές	174
7.5.6	Δείκτες και κριτήρια αξιολόγησης αποδοτικότητας	180
7.5.6.1	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης	181
7.5.6.2	Το κριτήριο της Απλής Επανείσπραξης	182
7.5.6.3	Το κριτήριο της Καθαρής Παρούσας Αξίας	183
7.5.6.4	Ετήσιες Εξοικονομήσεις	183
7.5.6.5	Δείκτης Κερδοφορίας	183
7.5.6.6	Δείκτης Αυτοχρηματοδότησης	183
7.6	Συμπεράσματα	185

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΜΕΛΕΤΗ ΕΡΓΟΥ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΜΕ ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ 187

8.1	Εισαγωγή – Παρουσίαση του προβλήματος	187
8.2	Μελέτη εγκατάστασης και δικτύου διανομής	188
8.2.1	Στοιχεία εισόδου σχεδίασης εγκατάστασης	188
8.2.1.1	Θερμοκρασιακά χαρακτηριστικά εξεταζόμενης τοποθεσίας	190
8.2.1.2	Στοιχεία Τοπολογίας και υπάρχοντος συστήματος θέρμανσης	190
8.2.1.3	Χαρακτηριστικά εναλλακτικού συστήματος θέρμανσης	190
8.2.2	Ενδιάμεσοι υπολογισμοί	191
8.2.2.1	Θερμοκρασιακά χαρακτηριστικά εξεταζόμενης τοποθεσίας	191

8.2.2.2	Στοιχεία Τοπολογίας	193
8.2.2.3	Χαρακτηριστικά εναλλακτικού συστήματος θέρμανσης	194
8.2.3	Στοιχεία εισόδου σχεδίασης και κοστολόγησης δικτύου διανομής	197
8.2.4	Υπολογισμοί δεδομένων εξόδου δικτύου διανομής	198
8.3	Μελέτη μείωσης εκπομπής αερίων θερμοκηπίου	199
8.3.1	Δεδομένα εισόδου	199
8.3.2	Ενδιάμεσοι υπολογισμοί	201
8.3.3	Υπολογισμός της μείωσης εκπομπής αερίων θερμοκηπίου	203
8.4	Οικονομική μελέτη	203
8.4.1	Δεδομένα εισόδου	203
8.4.2	Ανάλυση δαπανών	205
8.4.2.1	Αρχικό Κόστος	205
8.4.2.2	Ετήσιο Κόστος	206
8.4.2.3	Περιοδικές δαπάνες	207
8.4.3	Σύνοψη ωφελειών	207
8.4.3.1	Ετήσια εξοικονόμηση καυσίμων	207
8.4.3.2	Ετήσιο εξοικονομούμενο κόστος ενέργειας	207
8.5	Χρηματοοικονομική ανάλυση υλοποίησης έργου	208
8.5.1	Μετοχικό κεφάλαιο	208
8.5.2	Χρέος του έργου	208
8.5.3	Ετήσια έξοδα	208
8.5.4	Ετήσια έσοδα	209
8.5.5	Ετήσιες ταμειακές ροές	209
8.5.6	Δείκτες και κριτήρια αξιολόγησης αποδοτικότητας	216
8.5.6.1	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης	216
8.5.6.2	Το κριτήριο της Απλής Επανείσπραξης	217
8.5.6.3	Το κριτήριο της Καθαρής Παρούσας Αξίας	218
8.5.6.4	Ετήσιες Εξοικονομήσεις	218
8.5.6.5	Δείκτης Κερδοφορίας	218
8.5.6.6	Δείκτης Αυτοχρηματοδότησης	218
8.6	Συμπεράσματα	220

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΥΜΒΑΤΙΚΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΑΠΟ ΒΙΟΜΑΖΑ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ ΣΤΗ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗ 223

9.1	Εισαγωγή	223
9.2	Ανάπτυξη συστημάτων θέρμανσης θερμοκηπίων με βιομάζα	224

9.2.1	Παρουσίαση των εξεταζόμενων έργων	224
9.2.2	Ανάπτυξη και δομή της μελέτης	225
9.2.3	Στοιχεία εισόδου σχεδίασης εγκαταστάσεων	226
9.2.4	Οικονομική μελέτη	229
9.3	Χρηματοοικονομική ανάλυση	230
9.3.1	Μελέτη Έργου: <i>Λάκωμα Ι</i>	230
9.3.1.1	Χρηματοοικονομική ανάλυση για έργο επιδοτούμενο κατά 40% (<i>Βασικό Σενάριο</i>)	231
9.3.1.1.1	Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή του μοναδιαίου κόστους προμήθειας της βιομάζας	233
9.3.1.1.2	Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή των αρχικών δαπανών	234
9.3.1.1.3	Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή του επιτοκίου προσαύξησης του κόστους ενέργειας	234
9.3.1.1.4	Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή του πληθωρισμού	235
9.3.1.1.5	Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή του επιτοκίου προεξόφλησης (D) για διαφορετικές τιμές της διάρκειας ζωής του έργου (PL)	236
9.3.1.1.6	Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή των όρων δανειοδότησης	236
9.3.1.2	Χρηματοοικονομική ανάλυση για έργο επιδοτούμενο κατά 20% (<i>Σενάριο Α</i>)	240
9.3.1.2.1	Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή του μοναδιαίου κόστους προμήθειας της βιομάζας	241
9.3.1.2.2	Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή των αρχικών δαπανών	242
9.3.1.2.3	Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή του πληθωρισμού για διάφορες τιμές του επιτοκίου προσαύξησης του κόστους ενέργειας	242
9.3.1.2.4	Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή του επιτοκίου προεξόφλησης (D) για διαφορετικές τιμές της διάρκειας ζωής του έργου (PL)	243
9.3.1.2.5	Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή των όρων δανειοδότησης	244
9.3.1.3	Χρηματοοικονομική ανάλυση για έργο επιδοτούμενο κατά 0% (<i>Σενάριο Β</i>)	245
9.3.1.3.1	Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή του μοναδιαίου κόστους προμήθειας της βιομάζας	246
9.3.1.3.2	Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή των αρχικών δαπανών	247
9.3.1.3.3	Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή του πληθωρισμού για διάφορες τιμές του επιτοκίου προσαύξησης του κόστους ενέργειας	248
9.3.1.3.4	Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή του επιτοκίου προεξόφλησης (D) για διαφορετικές τιμές της διάρκειας ζωής του έργου (PL)	249
9.3.1.3.5	Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή των όρων δανειοδότησης	249
9.3.1.4	Συμπεράσματα για την αποδοτικότητα του Έργου <i>Λάκωμα Ι</i>	250
9.3.2	Μελέτη Έργου: <i>Λάκωμα ΙΙ</i>	251
9.3.2.1	Χρηματοοικονομική ανάλυση για έργο επιδοτούμενο κατά 40% (<i>Βασικό Σενάριο</i>)	252
9.3.2.1.1	Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή του μοναδιαίου κόστους	254

	προμήθειας της βιομάζας	
9.3.2.1.2	Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή των αρχικών δαπανών	254
9.3.2.1.3	Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή του πληθωρισμού για διάφορες τιμές του επιτοκίου προσαύξησης του κόστους ενέργειας	255
9.3.2.1.4	Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή του επιτοκίου προεξόφλησης (D) για διαφορετικές τιμές της διάρκειας ζωής του έργου (PL)	256
9.3.2.1.5	Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή των όρων δανειοδότησης	257
9.3.2.2	Χρηματοοικονομική ανάλυση για έργο επιδοτούμενο κατά 20% (Σενάριο A)	261
9.3.2.2.1	Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή του μοναδιαίου κόστους προμήθειας της βιομάζας	262
9.3.2.2.2	Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή των αρχικών δαπανών	263
9.3.2.2.3	Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή του πληθωρισμού για διάφορες τιμές του επιτοκίου προσαύξησης του κόστους ενέργειας	263
9.3.2.2.4	Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή του επιτοκίου προεξόφλησης (D) για διαφορετικές τιμές της διάρκειας ζωής του έργου (PL)	265
9.3.2.2.5	Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή των όρων δανειοδότησης	265
9.3.2.3	Χρηματοοικονομική ανάλυση για έργο επιδοτούμενο κατά 0% (Σενάριο B)	266
9.3.2.3.1	Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή του μοναδιαίου κόστους προμήθειας της βιομάζας	268
9.3.2.3.2	Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή των αρχικών δαπανών	268
9.3.2.3.3	Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή του πληθωρισμού για διάφορες τιμές του επιτοκίου προσαύξησης του κόστους ενέργειας	269
9.3.2.3.4	Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή του επιτοκίου προεξόφλησης (D) για διαφορετικές τιμές της διάρκειας ζωής του έργου (PL)	271
9.3.2.3.5	Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή των όρων δανειοδότησης	271
9.3.2.4	Συμπεράσματα για την αποδοτικότητα του Έργου <i>Λάκωμα II</i>	272
9.4	Τελικά συμπεράσματα	274

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

277

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι νέες ευνοϊκές συνθήκες που διαμορφώθηκαν τα τελευταία χρόνια τόσο σε ευρωπαϊκό όσο και σε εθνικό επίπεδο (νέο θεσμικό πλαίσιο, κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης Ενέργειας, πρόγραμμα για τον περιορισμό των εκπομπών CO₂) ανοίγουν σημαντικές προοπτικές για την αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) στην Ελλάδα. Οι προοπτικές αυτές ενισχύονται από τη διαπιστωμένη ύπαρξη πλούσιου δυναμικού το οποίο επιτρέπει τη στήριξη μιας πολιτικής για τις ΑΠΕ με δυνατότητα ευελιξίας και συνέχειας.

Μετά τις ενεργειακές κρίσεις της δεκαετίας του '70 η ελληνική ενεργειακή πολιτική, με γνώμονα την ενεργειακή ανεξάρτηση, στηρίχθηκε στην εκμετάλλευση του λιγνίτη. Η ανάγκη διαφοροποίησης των πηγών και οι παγκόσμιες εξελίξεις στη δεκαετία του '80 οδήγησαν στην επιλογή του φυσικού αερίου ως συμπληρωματικής ενεργειακής πηγής. Η νέα πραγματικότητα που διαμορφώνεται πλέον με τη συνειδητοποίηση των κλιματικών αλλαγών και την καταλυτική επίδραση των ορυκτών καυσίμων σε αυτές, φαίνεται να αλλάζει το τοπίο. Και μόνο η καύση του ενός τετάρτου των γνωστών αποθεμάτων πετρελαίου, άνθρακα και αερίου θα οδηγούσαν σε σημαντική και γρήγορη αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας του πλανήτη σε επίπεδα τέτοια που ξεπερνούν την φυσική ανοχή των οικοσυστημάτων. Η αποσταθεροποίηση του κλίματος λόγω κυρίως της καύσης των ορυκτών καυσίμων αποτελεί τη σημαντικότερη περιβαλλοντική απειλή με εκτεταμένες και εν πολλοίς απρόβλεπτες οικολογικές, οικονομικές και κοινωνικές συνέπειες. Οι ΑΠΕ είναι οι μόνες πηγές ενέργειας που δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον και μπορούν να στηρίξουν μία συνολική, συγκροτημένη και αξιόπιστη πρόταση, ικανή να αποτελέσει μακροπρόθεσμα το επόμενο ενεργειακό δόγμα της χώρας.

Σημαντικός τομέας των ΑΠΕ με ιδιαίτερα ενδιαφέρουσες προοπτικές για το μέλλον είναι εκείνος της ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας. Με τις αναμενόμενες σοβαρές αλλαγές στο χώρο της γεωργίας, τόσο για λόγους διαρθρωτικούς- όσο και λόγω της αναμορφωμένης *Κοινής Αγροτικής Πολιτικής* (αγρανάπαυση), η αξιοποίηση της βιομάζας για την παραγωγή ενέργειας μπορεί να παίξει πολύ σημαντικό ρόλο με ευρύτερο κοινωνικοοικονομικό όφελος, ιδιαίτερα σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο (δημιουργία απασχόλησης, συγκράτηση πληθυσμού, σταθεροποίηση γεωργικού εισοδήματος κ.λ.π.). Η αξιοποίηση αυτή έχει το προσόν της σύγχρονης ευεργετικής επίδρασης στο περιβάλλον, καθώς υποκαθιστά συμβατικά καύσιμα και έχει μηδενική συμμετοχή στις εκπομπές CO₂ (λόγω του βιολογικού κύκλου).

Επισημαίνεται πάντως ότι η αξιοποίηση της βιοενέργειας συμβάλλει ήδη σημαντικά στην ενεργειακή οικονομία των αγροτικών περιοχών με τη μορφή παραδοσιακών εφαρμογών κυρίως θέρμανσης χώρων με καυσόξυλα, ύψους περίπου 1.400 ktoe. Το μεγάλο όμως ενδιαφέρον εντοπίζεται στην εφαρμογή νέων τεχνολογιών για την ενεργειακή αξιοποίηση είτε γεωργικών παραπροϊόντων είτε ενεργειακών καλλιεργειών σε εκτάσεις που θα αποσυρθούν από την Κ.Α.Π.. Οι περισσότερες υποσχόμενες νέες αυτές τεχνολογίες είναι η συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού και η παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων για τις μεταφορές.

Το δυναμικό της βιομάζας στην Ελλάδα από αγροτικά και δασικά υπολείμματα είναι εξαιρετικά μεγάλο. Εκτιμάται συνολικά σε 500.000 TJ ή 12.000 ktoe, το οποίο ισοδυναμεί με το 50% της σημερινής ακαθάριστης εγχώριας κατανάλωσης. Το μεγαλύτερο δυναμικό εντοπίζεται στις περιοχές των μεγάλων καλλιεργειών στην κεντρική και βόρεια Ελλάδα. Αν σε αυτό προστεθεί και το δυναμικό που προκύπτει από τη δυνατότητα αξιοποίησης ενεργειακών καλλιεργειών αντιλαμβάνεται κανείς ότι οι δυνατότητες εκμετάλλευσης της βιομάζας για ενεργειακούς σκοπούς είναι τεράστιες.

1.1 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΚΑΙ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας μπορεί να λάβει πολλές μορφές. Η πιο διαδεδομένη ενεργειακή χρήση, αλλά και αυτή με τη σημαντικότερη δυναμική εξάπλωσης τα επόμενα χρόνια, είναι η παραγωγή θερμικής ενέργειας για τροφοδότηση των θερμικών διεργασιών στη βιομηχανία ή για θέρμανση κτιρίων (βιομηχανικής, βιοτεχνικής, οικιστικής ή άλλης χρήσεως). Η συνεχόμενη αύξηση των τιμών των ορυκτών καυσίμων σε αντιδιαστολή με το, συνήθως, μηδαμινό κόστος της βιομάζας, αποτελούν ανασταλτικό παράγοντα της διστακτικότητας απέναντι στην επένδυση χρημάτων σε συστήματα παραγωγής ενέργειας από βιομάζα. Σε κάθε περίπτωση όμως, και ανεξάρτητα από πιθανές περιβαλλοντικές ανησυχίες του επενδυτή, το πρώτο ερώτημα που ανεγείρεται στον κόσμο της αγοράς και του κεφαλαίου είναι το «πόσο κάνει».

Στην παρούσα εργασία επιχειρούμε να προσεγγίσουμε το ζήτημα της οικονομικής αξιολόγησης των συστημάτων θέρμανσης με βιομάζα, μέσω της ανάπτυξης μιας ολοκληρωμένης μεθοδολογίας σχεδίασης, κοστολόγησης και αξιολόγησης της οικονομικής βιωσιμότητας τέτοιων επενδυτικών σχεδίων. Στη μεθοδολογία αυτή παρουσιάζονται αναλυτικά οι παράγοντες που μετέχουν στην ανάπτυξη και εφαρμογή ενός συστήματος θέρμανσης με βιομάζα, καθώς και τα χρηματοοικονομικά κριτήρια με βάση τα οποία αξιολογείται η επένδυση.

Αναλυτικά η δομή της εργασίας έχει ως εξής:

Στο Κεφάλαιο 1, μαζί με κάποια εισαγωγικά στοιχεία, παρουσιάζεται ένας εκτενής κατάλογος μοντέλων που σχετίζονται με την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας. Η περιγραφή των μοντέλων είναι συνοπτική, αλλά συνολικά, αποδίδεται μια χαρακτηριστική εικόνα για την πολυεπίπεδη αναζήτηση των όρων της βέλτιστης αξιοποίησης της βιομάζας.

Στο Κεφάλαιο 2, περιγράφονται τα χαρακτηριστικά, η προέλευση και οι δυνατότητες αξιοποίησης της βιομάζας γενικά. Ειδικότερα γίνεται αναφορά στις

τεχνολογίες άμεσης καύσης, αφού συνδέονται στενότερα με τα συστήματα θέρμανσης, που είναι και το αντικείμενο μελέτης αυτής της εργασίας. Στη συνέχεια περιγράφεται η δομή των συστημάτων θέρμανσης με βιομάζα, και τα χαρακτηριστικά των εμπορικών τους εφαρμογών. Ακολουθεί μια σύντομη αναφορά στα συστήματα ανάκτησης θερμότητας, με έμφαση στις δυνατότητες συνεργασίας τους με λέβητες καύσης. Τέλος γίνεται περιγραφή των βασικών χαρακτηριστικών των συστημάτων συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας, τα οποία αποτελούν ένα πολύ πρόσφορο πεδίο αξιοποίησης της βιοενέργειας, με ιδιαίτερα υψηλούς βαθμούς απόδοσης.

Το Κεφάλαιο 3, αποτελεί την καρδιά της εργασίας. Εδώ περιγράφεται μια μεθοδολογία για την αξιολόγηση επενδυτικών σχεδίων που αφορούν την εγκατάσταση συστημάτων θέρμανσης με βιομάζα. Η μεθοδολογία αυτή εξετάζει ένα έργο τόσο από την τεχνική όσο και από την οικονομική του σκοπιά. Η διαδικασία περιλαμβάνει τον υπολογισμό των θερμικών απαιτήσεων, τη διαστασιολόγηση του συστήματος βιομάζας, το σχεδιασμό του δικτύου τηλεθέρμανσης και τον υπολογισμό των ετήσιων εξοικονομήσεων σε σχέση με ένα σύστημα θέρμανσης που καταναλώνει συμβατικά καύσιμα. Πέρα από την αναλυτική καταγραφή όλων των δαπανών που συνοδεύουν την εγκατάσταση ενός συστήματος βιομάζας, η μεθοδολογία προσεγγίζει το έργο σαν μια επένδυση της οποίας εξετάζει την απόδοση, για όλη τη διάρκεια ζωής του έργου, λαμβάνοντας υπόψη μια σειρά χρηματοοικονομικών παραμέτρων και τη διαχρονική αξία του χρήματος.

Στο Κεφάλαιο 4, παρουσιάζεται ένα λογισμικό για την πραγματοποίηση προκαταρκτικών οικονομοτεχνικών μελετών, σε έργα που αφορούν εγκατάσταση συστημάτων θέρμανσης με καύση βιομάζας. Το λογισμικό αυτό ονομάζεται RETscreen και η δομή του βασίζεται στη μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στο Κεφάλαιο 3.

Στα Κεφάλαια 5 ως 8 γίνεται αναλυτική εφαρμογή της μεθοδολογίας που αναπτύχθηκε στο Κεφάλαιο 3, πάνω σε τέσσερα έργα που έχουν πραγματοποιηθεί κατά το πρόσφατο παρελθόν, στην Ευρώπη και τον Καναδά. Οι μελέτες των έργων αυτών έγινε με τη βοήθεια του λογισμικού RETscreen και στα κεφάλαια αυτά παρουσιάζονται επιλυμένοι αναλυτικά, όλοι οι υπολογισμοί που εμπλέκονται στον αλγόριθμο του μοντέλου. Τα έργα που εξετάζονται βρίσκονται σε διαφορετικές γεωγραφικές ζώνες, έχουν διαφορετικά μεγέθη και διαφορετικά σχεδιαστικά χαρακτηριστικά, ώστε να επιδειχθούν οι δυνατότητες της μεθοδολογίας που αναπτύχθηκε, σε ένα εύρος εφαρμογών.

Στο Κεφάλαιο 9, με τη βοήθεια του λογισμικού RETscreen, εφαρμόζεται η μεθοδολογία του Κεφαλαίου 3, στην εξέταση δύο περιπτώσεων εφαρμογής συστημάτων θέρμανσης θερμοκηπίων με βιομάζα, στη περιοχή της Χαλκιδικής. Τα δεδομένα που στοιχειοθετούν τη μελέτη του κεφαλαίου αυτού, συνελλέχθησαν με μεγάλη επιμέλεια, ώστε τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται να ανταποκρίνονται όσο το δυνατόν περισσότερο στην πραγματικότητα.

Τέλος, στο Κεφάλαιο 10 συνοψίζονται, τα σημαντικότερα συμπεράσματα που προέκυψαν από την ανάλυση των ζητημάτων που εξετάστηκαν σε αυτήν την εργασία.

1.2 ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

Οι τεχνολογίες ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα πολυπλοκότητας, από την απλή, παραδοσιακή, καύση του ξύλου μέχρι τη καύση συσσωματωμάτων (βλέπε Κεφάλαιο 2) και μέχρι τις σύνθετες διαδικασίες παραγωγής βιοαερίου και βιο-ντίζελ. Εντούτοις, μεγάλο μερίδιο στην έρευνα έχει και η ανάπτυξη υπολογιστικών μοντέλων και λογισμικών για την εκτίμηση και αξιολόγηση των δυνατοτήτων της εφαρμογής συστημάτων βιομάζας σε τεχνικό και επενδυτικό επίπεδο, αλλά και τις επιπτώσεις-ωφέλειες των κοινωνικών και μακροοικονομικών διαστάσεων που μπορεί να λάβει η ευρεία αξιοποίηση του υπάρχοντος ή λανθάνοντος δυναμικού βιομάζας σε μία χώρα ή περιοχή. Μια συνοπτική περιγραφή τέτοιων μοντέλων, των οποίων η ανάπτυξη έχει ξεκινήσει εδώ και τρεις δεκαετίες και εντείνεται τα τελευταία χρόνια, ακολουθεί στη συνέχεια.

1.2.1 Οικονομοτεχνικά μοντέλα

BEAM (Bio-energy Assessment Model) [1.1], [1.2]. Βασιζόμενο στο Excel μοντέλο για οικονομοτεχνική αξιολόγηση συστημάτων βιομάζας τοπικής εμβέλειας. Το μοντέλο επιτρέπει στο χρήστη να επιλέξει μεταξύ ενός φάσματος καυσίμων και διαδικασιών μετατροπής για την παραγωγή ηλεκτρισμού, θερμικής ενέργειας ή βιοκαυσίμων. Ουσιαστικά το λογισμικό BEAM είναι ένα σύνολο φύλλων του Excel καθένα από τα οποία μοντελοποιεί το κόστος και τις επιδόσεις ενός ξεχωριστού μέρους ενός ολοκληρωμένου συστήματος βιομάζας. Έπειτα συγκρίνει τα αντίστοιχα τεχνικά και οικονομικά αποτελέσματα, όπως για παράδειγμα μοναδιαίο κόστος παραγωγής, ενεργειακές αποδόσεις, Καθαρή Παρούσα Αξία και οικονομικά οφέλη για να προσδιορίσει το βέλτιστο σύστημα για εφαρμογή (Madlener, 2000). Επιπλέον διαθέτει ένα εκτελέσιμο πρόγραμμα (.exe) για τον έλεγχο των ιδιοτήτων του βασικού συστήματος και την επιβεβαίωση ότι ο συνδυασμός καυσίμου, παραγωγής και διαδικασίας μετατροπής είναι εφικτός. Είναι ένα τυπικό μοντέλο για ανάλυση κόστους αλλά δεν πραγματοποιεί επενδυτικές εκτιμήσεις για συστήματα βιομάζας (Soldatos, 2003). Ο χρήστης έχει μόνο μερική ευχέρεια επέμβασης στα δεδομένα εισόδου.

BIOHEAT [1.3]. Είναι ένα αρκετά απλοϊκό υπολογιστικό μοντέλο, βασισμένο στο EXCEL, που μπορεί να συγκρίνει άμεσα το ετήσιο κόστος λειτουργίας τεσσάρων διαφορετικών καυσίμων για ένα σύστημα θέρμανσης μικρής κλίμακας. Η σύγκριση γίνεται μεταξύ τεμαχιδίων ξύλου, πελλετών ξύλου, πετρελαίου και φυσικού αερίου, χωρίς να είναι δυνατή η επιλογή άλλου τύπου. Η χρήση του μοντέλου προορίζεται μόνο για πολύ απλές εγκαταστάσεις (π.χ. αυτόνομη οικιακή θέρμανση) και σε καμία περίπτωση δεν προσφέρεται για επενδυτικές αποφάσεις μεγαλύτερων έργων, αφού στους υπολογισμούς δεν συμπεριλαμβάνονται μια σειρά σημαντικών, για αυτό το σκοπό, χρηματοοικονομικών παραμέτρων.

BIOPRE(*) [1.4]. Λογισμικό για την πραγματοποίηση προκαταρκτικών μελετών για εγκαταστάσεις κεντρικών μονάδων θέρμανσης με ξύλο με ισχύ 100 μέχρι 5000 kW. Στο μοντέλο πρώτα αναλύονται οι διαθέσιμοι πόροι, έπειτα αξιολογούνται από το λογισμικό τα μεγέθη του συστήματος βιομάζας και ο πιο αποδοτικός λέβητας. Στο στάδιο αυτό διάφορες μέθοδοι υλοτομίας, προκατεργασίας, μεταφοράς και καύσης μπορούν να συνδυαστούν. Τέλος στην οικονομική ανάλυση προσδιορίζεται η πιο οικονομική εκδοχή για την συγκεκριμένη τοποθεσία, λαμβάνοντας υπόψη του τεχνικούς περιορισμούς και ενσωματώνοντας τον πιθανό υπάρχοντα εξοπλισμό

κεντρικής θέρμανσης (τηλεθέρμανση). Επιπλέον το πρόγραμμα δίνει και μια πρώτη εκτίμηση των νέων θέσεων εργασίας που θα δημιουργηθούν χάρη στην εγκατάσταση του συστήματος θέρμανσης με βιομάζα.

[*δεν υπάρχουν πληροφορίες για τον αν το λογισμικό ολοκληρώθηκε και αν έφτασε στο στάδιο της εφαρμογής]

BIOPRE II [1.5]. Οικονομοτεχνικό λογισμικό για την βελτιστοποίηση της λειτουργίας μικρής και μεσαίας κλίμακας συστημάτων θέρμανσης με ξύλο (< 5 MW), από το στάδιο της συγκομιδής μέχρι και την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Το λογισμικό παρέχει μια πρώτη εκτίμηση των τεχνικών πτυχών της εγκατάστασης ενός συστήματος καύσης βιομάζας, καθώς και πρακτικές και εμπορικές πληροφορίες που απαιτούνται πάνω στην συγκεκριμένη περίπτωση. Η προσέγγιση πραγματοποιείται σε τρία στάδια: 1)Ανάλυση των ενεργειακών απαιτήσεων και υπολογισμός της ισχύος που πρέπει να εγκατασταθεί. 2)Εκτίμηση της ποσότητας βιομάζας που θα απαιτηθεί για να ικανοποιηθούν οι θερμικές ανάγκες. 3)Πληροφόρηση του χρήστη πάνω στη βέλτιστη επιλογή εξοπλισμού (λέβητες ή κλίβανοι ξύλου), ενδεικτικών τιμών και διευθύνσεις προμηθευτών. Παράλληλα παρέχει και χρήσιμες πληροφορίες που αφορούν σπίτια θερμαινόμενα με ξύλο.

GPAT (Green Power Analysis Tool) [1.6]. Το GPAT είναι ένα βασισμένο στο Excel εργαλείο που επιτρέπει την ανάλυση των οικονομικών και περιβαλλοντικών πτυχών ενός ή περισσοτέρων έργων ΑΠΕ και την σύγκριση αυτών με αντίστοιχα έργα παραγωγής ενέργειας με συμβατικά καυσίμα. Το μοντέλο επικεντρώνεται στην ποσοτικοποίηση των περιβαλλοντικών ωφελειών (κυρίως στη μείωση εκπομπών αερίων θερμοκηπίου) σε χρηματικές ωφέλειες για την επένδυση, που μπορούν να πάρουν τη μορφή πιστώσεων ή επιδοτήσεων.

πιθανές μελλοντικές πολιτικές πάνω στις ΑΠΕ, και να προσδιορίσει, πάντα με οικονομικούς όρους, τις επιστροφές στην επένδυση υπό τις εκάστοτε συνθήκες.

RECAP (Renewable Energy Crop Analysis Programme) [1.7-1.10]. Είναι ένα πολύπλευρο υπολογιστικό μοντέλο για την εκτίμηση την οικονομικής εφικτότητας οποιουδήποτε έργου βιομάζας είτε αυτή προέρχεται από ενεργειακή καλλιέργεια είτε από άλλες μορφές βιομάζας. Μοντελοποιεί όλα τα κόστη που εμπλέκονται από την παραγωγή της βιομάζας, τη συγκομιδή, την αποθήκευση, τη μεταφορά μέχρι και την μετατροπή της βιομάζας σε θέρμανση και ηλεκτρική ισχύ. Μπορεί έτσι να κάνει ξεχωριστή οικονομική εκτίμηση για την αλυσίδα τροφοδοσίας και ξεχωριστή για την διαδικασία μετατροπής. Το μοντέλο υπολογίζει ροές μετρητών και επιχειρεί μια αξιολόγηση της επένδυσης υπολογίζοντας την Καθαρή Παρούσα Αξία και τον Εσωτερικό βαθμό Απόδοσης, τόσο για τον καλλιεργητή όσο και για τον ιδιοκτήτη της μονάδος μετατροπής.

1.2.2 Μοντέλα ανάλυσης κύκλου (ζωής) καυσίμου

Ο όρος «κύκλος (ζωής) καυσίμου» αναφέρεται στην αλυσίδα διαδικασιών που σχετίζονται με την παραγωγή ενέργειας από ένα δεδομένο καύσιμο. Για παράδειγμα, ο καθορισμός του κύκλου ενός καυσίμου βιομάζας περιλαμβάνει τις διαδικασίες που σχετίζονται με: Την καλλιέργεια της φυτείας / Τη συγκομιδή / Την αποθήκευση / Τη μεταφορά της βιομάζας / Την παραγωγή ενέργειας / Την απόθεση των αποβλήτων / Την μεταφορά της ενέργειας.

EXTERNE (Externalities of Energy) [1.11]. Σκοπεύει στην εκτίμηση του εξωτερικού κόστους ενός ευρέως φάσματος διαφορετικών κύκλων καυσίμων παρέχοντας στους αποφασίζοντες σύνθεση πληροφόρηση σε μια ευρεία ποικιλία επιδράσεων, ώστε να βοηθήσει στη λήψη της βέλτιστης απόφασης. Το μοντέλο απαιτεί δεδομένα για όλο τον κύκλο ζωής του καυσίμου που περιλαμβάνουν δεδομένα για τις εκπομπές καυσαερίων, περιβαλλοντικά, οικολογικά και δημογραφικά δεδομένα καθώς και οικονομικές εκτιμήσεις.

INSPIRE (Integrated Spatial Potential Initiative for Renewables in Europe) [1.12]. Στόχος του προγράμματος είναι να συνδέσει την χαρτογράφηση των ανανεώσιμων πόρων ενέργειας με οικονομικά μοντέλα και μοντέλα ανάλυσης κύκλου ζωής (βασισμένα σε GIS - Geographic Information System). Η μεθοδολογία χρησιμοποιεί την βασική αγρονομική στατιστική (παρούσα χρήση γης και δεδομένα για τα εισοδήματα του αγροκτήματος) για να προσδιορίσει τα υπάρχοντα εισοδήματα από την γεωργία. Παράλληλα υπολογίζονται και μια σειρά από πιθανά οφέλη από δραστηριότητες που σχετίζονται με τη χρήση βιομάζας χρησιμοποιώντας ένα από τα οικονομικά μοντέλα που συνοδεύουν το πρόγραμμα.

Τα μοντέλα αυτά είναι:

- **RECAP**. Όπου υπολογίζονται όλα τα κόστη από την παραγωγή της βιομάζας μέχρι την τελική παραγωγή ενέργειας.
- **BIOSIM**. Χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της διαθεσιμότητας των καυσίμων βιομάζας από δασικά προϊόντα και προϊόντα ξυλείας. Το μοντέλο μετατρέπει την διαθεσιμότητα ξύλου σε ενεργειακό περιεχόμενο, και χρησιμοποιεί αυτή τη μετατροπή για να δημιουργήσει ένα χάρτη πόρων προς κόστος, που απαιτείται για να συνδεθεί η οικονομική ανάλυση με την ανάλυση πόρων. Το μοντέλο συγκρίνει τους πόρους και τα κόστη για πιθανές αγορές για να προτείνει ένα εφικτό σύστημα προμηθειών. Στο μοντέλο μπορούν να περιληφθούν και οικολογικοί περιορισμοί.
- **MODEST**. Μοντέλο γραμμικού προγραμματισμού για την ελαχιστοποίηση του κεφαλαιακού και λειτουργικού κόστους της προμήθειας ενέργειας.

1.2.3 Μοντέλα αξιολόγησης ενεργειακών καλλιεργειών

AGRICOST [1.13]. Μοντέλο για ανάλυση κόστους και αξιολόγηση επένδυσης ετήσιας και/ή πολυετούς καλλιέργειας ειδικά για ενεργειακές φυτείες (Σολδάτος, 2003). Ο στόχος του μοντέλου είναι πρώτα να εκτιμήσει το κόστος παραγωγής της βιομάζας την στιγμή που παραδίδεται από τον καλλιεργητή, για διαφορετικές τοποθεσίες, και έπειτα να εξετάσει την δελεαστικότητα της επένδυσης πάνω στο συγκεκριμένο αγροτεμάχιο για παραγωγή βιομάζας. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αναλύσει μονές καλλιέργειες ή και συνδυασμούς καλλιεργειών. Κατά συνέπεια μπορεί να αναλύσει ένα αγροτεμάχιο με διαφορετικές φυτείες ή διαφορετικές φυτείες βιομάζας από διαφορετικά αγροτεμάχια.

BEAVER (Biomass Economic Appraisal & eValuation ExpeRt) [1.14]. Σύστημα αξιολόγησης επενδύσεων για την οικονομική αποτίμηση καλλιεργειών βιομάζας (Γεωπονικό-Αγρονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 1996). Η γνωστική βάση

δεδομένων του περιέχει, προς το παρόν, λεπτομερείς πληροφορίες για καλλιέργειες βιομάζας τριών ειδών. Το μοντέλο χρησιμοποιεί γενετικούς αλγορίθμους για να προσδιορίσει τις βέλτιστες τιμές για εξωτερικά ρυθμιζόμενες παραμέτρους.

BIOCOST (Bio-energy Crop Production Cost Model) [1.15-1.16]. Είναι ένα βασισμένο στο Excel πρόγραμμα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση του κόστους παραγωγής ενεργειακών φυτειών, συγκεκριμένων ειδών, σε εφτά περιοχές των Ηνωμένων Πολιτειών (Walsh 1996). Το μοντέλο επιτρέπει την οικονομική σύγκριση μεταξύ των εναλλακτικών καλλιεργειών αλλά θεωρεί προκαθορισμένες τιμές για πολλές παραμέτρους όπως: συνδυασμός των μηχανημάτων, τεχνικές καλλιέργειας, πυκνότητα της καλλιέργειας κ.λ.π

MULTISEES [1.17]. Πολυκριτήριο σύστημα υποστήριξης αποφάσεων (βασισμένο σε GIS) για την ανάλυση ολοκληρωμένων συστημάτων βιοενέργειας σε αγροτικές περιοχές της Νοτίου Ευρώπης (Rozakis 2002). Το μοντέλο καλύπτει την ολοκλήρωση τεσσάρων διαφορετικών ενεργειακών ειδών (*Cynara cardunculus*, *Miscanthus*, *Robinia* and *Eucaliptus*) και αναλύει τέσσερις τεχνολογίες ενεργειακής μετατροπής. Το μοντέλο χρησιμοποιεί τρεις διαφορετικές κατηγορίες προκαθορισμένων τιμών (παραμέτροι καυσίμων, τεχνολογικές και οικονομικές παράμετροι), που περιορίζουν την ευελιξία του.

1.2.4 Κοινωνικο-οικονομικά μοντέλα

Αφορούν κυρίως τους αποφασίζοντες σε επίπεδο χάραξης πολιτικής στρατηγικής και όχι τους επενδυτές.

ABM (Austrian Biomass Model) [1.18-1.19]. Μοντέλο για τον ποσοτικό προσδιορισμό των επιδράσεων της ενθάρρυνσης-ανάπτυξης της παραγωγής ενέργειας από βιομάζα στην αγορά εργασίας, στο εμπορικό ισοζύγιο, στον κρατικό προϋπολογισμό, στην ακαθάριστη παραγωγή και στις εκπομπές CO₂. Το ABM είναι ένα οικονομικό μοντέλο που συγκρίνει τις διάφορες δυνατότητες επιλογής για την αύξηση της παροχής ενέργειας από βιομάζα, εστιάζοντας στις αντίστοιχες μακροοικονομικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις αυτής της αύξησης. Χρησιμοποιεί ένα CGE (Computable General Equilibrium) μοντέλο, που βασίζεται στην Ανάλυση Εισερχομένων-Εξερχομένων (Input/Output analysis), λαμβάνοντας ταυτόχρονα υπόψη συντελεστές για ευπροσάρμοστα κοστολογικά δεδομένα.

BIOSEM (Biomass Socio-Economic Multiplier) [1.20]. Ποσοτικό μοντέλο σχεδιασμένο να εντοπίζει τις κοινωνικο-οικονομικές επιδράσεις από την παραγωγή ενέργειας από βιομάζα σε τοπικό επίπεδο και να εκτιμά τις δυνατότητες των διαφόρων πολιτικών που μπορούν να ακολουθηθούν στον τομέα αυτό. Το πρώτο βήμα του προγράμματος είναι να εξετάσει την οικονομική βιωσιμότητα της παραγωγής βιομάζας και της διαδικασίας μετατροπής. Χρησιμοποιώντας μια παραδοσιακή Κεϋνσιανή προσέγγιση, το μοντέλο κάνει προβλέψεις για το εισόδημα και τις επιδράσεις στην απασχόληση που προκύπτουν από την εγκατάσταση μιας κεντρικής μονάδος παραγωγής ενέργειας από βιομάζα, σε μια αγροτική κοινότητα. Η οικονομική ανάλυση του προγράμματος είναι περιορισμένη και προσφέρει στον επενδυτή μόνο μία βασική αξιολογητική προσέγγιση.

ELVIRE (Evaluation of Local Value Impacts for Renewable Energy) [1.21]. Το μοντέλο ELVIRE είναι ένα εργαλείο αξιολόγησης για την ανάπτυξη έργων που αφορούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, αποτιμώντας τις συνολικές κοινωνικο-οικονομικές επιδράσεις ενός έργου σε σχέση με το αρχικό του κόστος. Σκιαγραφούνται οι πιθανές επιδράσεις ενός αναπτυξιακού έργου σε σχέση με την τοπική οικονομική ανάπτυξη, την απασχόληση, τις δημοσιονομικές αποδόσεις, την αειφόρο ανάπτυξη, και το περιβάλλον.

SAFIRE [1.22]. Το μοντέλο SAFIRE είναι ένα οικονομοτεχνικό bottom-up μοντέλο για τη εκτίμηση των πρωταρχικών επιδράσεων της χρήσης «έλλογων» (π.χ. ανανεώσιμων και νέων μη ανανεώσιμων) τεχνολογιών ενέργειας σε εθνικό, περιφερειακό ή τοπικό επίπεδο απέναντι σε ένα ιστορικό διαφορετικών πολιτικών και υποθετικών σεναρίων. Το SAFIRE αποτελείται από μια βάση δεδομένων και ένα υπολογιστικό μοντέλο που παρέχει στους αποφασίζοντες ένα εργαλείο για την αξιολόγηση της αγοράς και των επιδράσεων των εφαρμογών νέων τεχνολογιών ενέργειας και νέων πολιτικών διαχείρισης αυτής. Παρέχει αποτελέσματα των ενεργειακών απαιτήσεων, εναλλακτικές τεχνογνωσίες, ενδεχόμενες αγορές για τις ΑΠΕ, διείσδυση στην αγορά, δείκτη αποδοτικότητας της επένδυσης, εκπομπές καυσαερίων κ.λ.π.

1.7 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1.1] IEA Bioenergy (1998). The Bioenergy Assessment Model (BEAM) – A report jointly prepared by Task XIII Integrated Bioenergy Systems and Task XII System Studies, IEA Bioenergy, March. www.ieabioenergy.com
- [1.2] Robertson, K. A. and J. B. Ford-Robertson, 1998. “Final Report for Task XIII Integrated Bioenergy Systems”, March 1998. IEA Report.
- [1.3] www.bioheat.info
- [1.4] BIOPRE: Software for the installation of a wood heating unit. [Call 1996. ALTENER 4.1030/Z/96-084]. Partners : CRA, Gembloux, Belgium, Agence Regionale de l'Energie Lille
- [1.5] BIOPRE II: Expert Software for Small Scale Wood Heating Systems. [1998–2000. ALTENER 4.1030/Z/98-364]. Authors : ERBE (Belgium), ECOSERVEIS (Spain), KAN ENERGI (Sweden)
- [1.6] www.thegreenpowergroup.org/gpat
- [1.7] Moore, A.: "The Renewable Energy Crop Analysis Programme and ALTENER Programme". Paper presented at the Royal Agricultural Society of England Conference: 'Coppice - Looking Beyond Setaside', October 25, 1994.
- [1.8] Moore, A.: Demonstration of Renewable Energy Crop Analysis Programme to Industry. ETSU, January 11, 1995.
- [1.9] Moore, A. and K. Dury, 1996. “RECAP Service Center, 1996”. Proceedings of the 9th European Bioenergy Conference: Biomass for energy and environment. Oxford: Pergamon, 1996. pp 1955-60.
- [1.10] DTI (1995). RECAP (Regional Energy Crop Analysis Programme), project jointly funded by the UK Department of Trade and Industry (DTI) and the Commission of the European Community, DG XII.
- [1.11] European Commission (1995). Externalities of Fuel Cycles ‘ExternE’ Project, Reports 1-6, Directorate General XII (Science, Research and Development), Luxembourg (ISBN 92 827 5210 0; project funded under the JOULE Programme). <http://externe.jrc.es>
- [1.12] ETSU (1998). INSPIRE (Integrated Spatial Potential for Renewables in Europe), project funded by the Commission of the European Community under the JOULE Programme. www.etsu.com/INSPIRE/
- [1.13] Soldatos, P. and Lychnaras, V., 2003. “Technical-Economic and Financial Analysis for Renewable Energy Chains: The Case of Bio-energy”. Paper presented at the 8th Conference on Environmental Science and Technology, 8th-10th of September 2003, Lemnos Island, Greece. Laboratory of Agribusiness Management, Department of Agricultural Economics, Agricultural University of Athens
- [1.14] Agricultural University of Athens, 1996. “Models for the Economic Evaluation of Biomass Production as an Alternative Land Use in the European Community”, Final Report, Project No: AIR3-CT93-0985.
- [1.15] Walsh, M. E. and D. Becker, 1996. “BIOCOST: A Software Program to Estimate the Cost of Producing Bioenergy Crops”, Proceedings, BIOENERGY '96 - The Seventh National Bioenergy Conference: Partnerships to Develop and Apply Biomass Technologies, September
- [1.16] BIOCOST Walsh, M. E. and Becker, A. D. (1996). Biocost documentation, Oak Ridge National Laboratory.

- <http://bioenergy.ornl.gov/papers/misc/biocost.html>
- [1.17] Rozakis, S., Soldatos, P. G., Kalivroussis, L. and I. Nicolaou, 2002. "Multiple Criteria Decision-Making on Bio-Energy Projects: Evaluation of Bio-Electricity in Farsala Plain, Greece", *Journal of Geographic Information and Decision Analysis* 5(1): 49-64.
 - [1.18] Pichl, C., Puwein, W., Obernberger, I., Steininger, K., and Voraberger, H. (1999). *Erneuerbare Energie-träger in Österreichs Wirtschaft – Volkswirtschaftliche Evaluierung am Beispiel der Biomasse* (Renewables in the Austrian Economy – Economics Evaluation Exemplified for Biomass). Study by the Austrian Institute of Economic Research (WIFO) on behalf of the Austrian Federal Economic Association (Bundесwirtschaftskammer), Vienna, November.
 - [1.19] Steininger, K. W. and H. Voraberger (2000). *Exploiting the Medium Term Biomass Energy Potentials in Austria: A Comparison of Costs and Macroeconomic Impact*, University of Graz, Department of Economics, Graz/Austria (unpublished mimeo).
 - [1.20] ETSU (1998). *BIOSEM. A Socio-Economic Technique to Capture the Employment and Income Effects of Bioenergy Projects*, Manual for Version 2.0, Energy Technology Support Unit, Harwell/UK, November.
www.etsu.com/biosem/
 - [1.21] FEDARENE (1996). *ELVIRE – Evaluation Guide for Renewable Energy Projects in Europe*, FEDARENE & Agence Régionale de l’Energie du Nord-Pas de Calais. www.fedarene.org
 - [1.22] ESD (1996). *SAFIRE Methodology Report*. Report prepared for the Commission of the European Community, DG XII, by ESD Ltd., Corsham, U.K. www.esd.co.uk
 - [1.23] Madlener, R. (2000). 'Modelling the prospects for renewable and new non-renewable energy technologies in the UK and some of the consequences implied', in G. MacKerron & P. Pearson (eds.) *The International Energy Experience. Markets, Regulation and the Environment*, London: Imperial College Press, 245-259. (empirical study based on SAFIRE)
 - [1.24] IEA Bioenergy Task 29 Domac, J., Madlener, R., and Richards, K. (2000), 'Socio-Economic Aspects of Bioenergy Systems – A New International Research Cooperation within IEA Bioenergy', *Proceedings of the 1st World Conference and Exhibition on Biomass for Energy and Industry*, Seville/Spain, 5-9 June 2000. www.eihp.hr/task29.htm
 - [1.25] Madlener, R. and Myles, H. "Modelling Socio-Economic Aspects of Bioenergy Systems: A survey prepared for IEA Bioenergy Task 29". September 2000

ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

«Η βιομάζα ορίζεται ως το βιοαποδομήσιμο κλάσμα των προϊόντων, αποβλήτων και υπολειμμάτων που προέρχονται από τη γεωργία (συμπεριλαμβανομένων των φυτικών και ζωικών ουσιών), τη δασοκομία και τις συναφείς βιομηχανίες, καθώς και το βιοαποδομήσιμο κλάσμα των βιομηχανικών αποβλήτων και αστικών λυμάτων.»

[Οδηγός Ενεργειακών Επενδύσεων,
Πρόγραμμα Ανταγωνιστικότητα]

2.1 ΒΙΟΜΑΖΑ

Ο όρος βιομάζα, ή βιόμαζα, δεν είναι ακριβής χημικός όρος. Χρησιμοποιείται συνήθως για να υποδηλώσει τις εξής κατηγορίες υλικών:

1. Υποπροϊόντα και κατάλοιπα φυτικής, ζωικής, δασικής και αλιευτικής παραγωγής (άχυρα, φύλλα, στελέχη, κοπριά, θάμνοι, καρποί).
2. Παραπροϊόντα της βιομηχανικής επεξεργασίας των προϊόντων αυτών (φλούδες, πυρήνες, πίπες, απόβλητα σφαγίων, απόβλητα χαρτοποιίας, απόβλητα βιομηχανίας επεξεργασίας ξύλου).
3. Αστικά απόβλητα, στερεά (σκουπίδια) και υγρά (λύματα)^{1}}.
4. Προϊόντα φυσικών δασών και ειδικών φυτειών δασικού ή γεωργικού τύπου με στόχο την παραγωγή ενέργειας (ενεργειακές φυτείες).

Πρόκειται δηλαδή για υλικά φυτικής ή ζωικής προέλευσης που αντιμετωπίζονται σαν ενεργειακοί πόροι. Η βιομάζα σχηματίζεται από τη φωτοσυνθετική μετατροπή της ηλιακής ενέργειας και αφθονεί στον πλανήτη μας. Η βιομάζα που παράγεται κάθε χρόνο υπολογίζεται σε $1,72 \cdot 10^{11}$ t ξηρής ύλης με ενεργειακό περιεχόμενο $1,4 \cdot 10^{11}$ T.I.P. (τόνους ισοδύναμου πετρελαίου). Η ενέργεια αυτή είναι δεκαπλάσια από την ενέργεια που καταναλώνεται σε ολόκληρο τον κόσμο και είναι ίση με τα γνωστά αποθέματα ορυκτών καύσιμων. Το τεράστιο αυτό ενεργειακό δυναμικό παραμένει κατά το μεγαλύτερο μέρος ανεκμετάλλευτο.

Μια άλλη σημαντική ιδιομορφία της βιομάζας είναι ότι οι περισσότερες μορφές της είναι κατάλοιπα - παραπροϊόντα, απόβλητα - της εν γένει δραστηριότητας του

¹ Από πολλούς ερευνητές λόγω των χαρακτηριστικών και της προέλευσης τους, θεωρείται ξεχωριστή κατηγορία, εκτός βιομάζας

ανθρώπου και η αντιμετώπισή τους σαν ενεργειακό πόρο εντάσσεται σε ένα ευρύτερο, και από πολλές πλευρές σημαντικότερο, πεδίο - αυτό της προστασίας του περιβάλλοντος.

2.1.1 Χαρακτηριστικά

Η ενέργεια της βιομάζας (βιοενέργεια ή «πράσινη ενέργεια») είναι δευτερογενής ηλιακή ενέργεια. Η ηλιακή ενέργεια μετασχηματίζεται από τα φυτά μέσω της φωτοσύνθεσης. Οι βασικές πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται, είναι το νερό και ο άνθρακας, που είναι άφθονα στη φύση.

Η μόνη φυσικά ευρισκόμενη πηγή ενέργειας με άνθρακα που τα αποθέματά της είναι ικανά ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο των ορυκτών καυσίμων, είναι η βιομάζα. Αντίθετα από αυτά, η βιομάζα είναι ανανεώσιμη καθώς απαιτείται μόνο μια σύντομη χρονική περίοδος για να αναπληρωθεί ό,τι χρησιμοποιείται ως πηγή ενέργειας. Εν γένει, για τις διάφορες τελικές χρήσεις υιοθετούνται διαφορετικοί όροι. Έτσι, ο όρος "βιοισχύς" περιγράφει τα συστήματα που χρησιμοποιούν πρώτες ύλες βιομάζας αντί των συνήθων ορυκτών καυσίμων (φυσικό αέριο, άνθρακα) για ηλεκτροπαραγωγή, ενώ ως "βιοκαύσιμα" αναφέρονται κυρίως τα υγρά καύσιμα μεταφορών που υποκαθιστούν πετρελαϊκά προϊόντα, π.χ. βενζίνη ή ντίζελ.

Βασικό πλεονέκτημα της βιομάζας είναι ότι είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και ότι παρέχει ενέργεια αποθηκευμένη με χημική μορφή. Η αξιοποίηση της μπορεί να γίνει με μετατροπή της σε μεγάλη ποικιλία προϊόντων, με διάφορες μεθόδους και τη χρήση σχετικά απλής τεχνολογίας. Σαν πλεονέκτημά της καταγράφεται και το ότι κατά την παραγωγή και την μετατροπή της δεν δημιουργούνται οικολογικά και περιβαλλοντολογικά προβλήματα. Από την άλλη, σαν μορφή ενέργειας η βιομάζα χαρακτηρίζεται από πολυμορφία, χαμηλό ενεργειακό περιεχόμενο, σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα, λόγω χαμηλής πυκνότητας και/ή υψηλής περιεκτικότητας σε νερό, εποχικότητα, μεγάλη διασπορά, κλπ. Τα χαρακτηριστικά αυτά συνεπάγονται πρόσθετες, σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα, δυσκολίες στη συλλογή, μεταφορά και αποθήκευσή της. Σαν συνέπεια το κόστος μετατροπής της σε πιο εύχρηστες μορφές ενέργειας παραμένει υψηλό.

Αναλυτικά τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας έχουν ως εξής:

Πλεονεκτήματα:

1. Η καύση της βιομάζας έχει μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου - επειδή οι ποσότητες του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) που απελευθερώνονται κατά την καύση της βιομάζας δεσμεύονται πάλι από τα φυτά για τη δημιουργία της βιομάζας.
2. Η μηδαμινή ύπαρξη του θείου στη βιομάζα συμβάλλει σημαντικά στον περιορισμό των εκπομπών του διοξειδίου του θείου (SO_2) που είναι υπεύθυνο για την όξινη βροχή.
3. Εφόσον η βιομάζα είναι εγχώρια πηγή ενέργειας, η αξιοποίησή της σε ενέργεια συμβάλλει σημαντικά στη μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενα

καύσιμα και βελτίωση του εμπορικού ισοζυγίου, στην εξασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού και στην εξοικονόμηση του συναλλάγματος.

4. Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας σε μια περιοχή, αυξάνει την απασχόληση στις αγροτικές περιοχές με τη χρήση εναλλακτικών καλλιεργειών (διάφορα είδη ελαιοκράμβης, σόργο, καλάμι, κενάφ) τη δημιουργία εναλλακτικών αγορών για τις παραδοσιακές καλλιέργειες (ηλίανθος κ.ά.), και τη συγκράτηση του πληθυσμού στις εστίες τους, συμβάλλοντας έτσι στη κοινωνικο-οικονομική ανάπτυξη της περιοχής. Μελέτες έχουν δείξει ότι η παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων έχει θετικά αποτελέσματα στον τομέα της απασχόλησης τόσο στον αγροτικό όσο και στο βιομηχανικό χώρο.

Μειονεκτήματα:

1. Ο αυξημένος όγκος και η μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία, σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα δυσχεραίνουν την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας.
2. Η μεγάλη διασπορά και η εποχιακή παραγωγή της βιομάζας δυσκολεύουν την συνεχή τροφοδοσία με πρώτη ύλη των μονάδων ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας.
3. Βάση των παραπάνω παρουσιάζονται δυσκολίες κατά τη συλλογή, μεταφορά, και αποθήκευση της βιομάζας που αυξάνουν το κόστος της ενεργειακής αξιοποίησης.
4. Οι σύγχρονες και βελτιωμένες τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας απαιτούν υψηλό κόστος εξοπλισμού, συγκρινόμενες με αυτό των συμβατικών καυσίμων.

2.1.2 Κύριες χρήσεις και δυνατότητες ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας στην Ελλάδα

2.1.2.1 Αγροτικός τομέας

Στον αγροτικό τομέα, πέραν της παραδοσιακής θέρμανσης των αγροικιών με ξύλο (τζάκια, ξυλόσομπες), η ενέργεια της βιομάζας αξιοποιείται με την απευθείας καύση των γεωργικών υπολειμμάτων για θέρμανση θερμοκηπίων (συμβατικών ή NFT), ξήρανση γεωργικών προϊόντων (π.χ. της σταφίδας) και παραγωγή ασβέστη. Η χρήση αυτή μπορεί να δώσει λύσεις και σε χρόνια προβλήματα διαχείρισης των υπολειμμάτων, όπως για παράδειγμα, των κατσίγαρων στην Κρήτη. Τα σημαντικότερα αξιοποιήσιμα κατάλοιπα της γεωργίας στην Ελλάδα είναι:

- ο **Άχυρο**: Σκληρό/μαλακό σιτάρι, ρύζι
- ο **Στελέχη**: Αραβόσιτος, βαμβάκι, καπνός
- ο **Σπάδικες**: Αραβόσιτος
- ο **Φούντα, άχρηστα φύλλα**: Καπνός
- ο **Κλαδέματα**: Αμπέλι, ελιά, αμυγδαλιά, πορτοκαλιά, ροδακινιά

Το θεωρητικά διαθέσιμο δυναμικό των γεωργικών υπολειμμάτων υπολογίζεται σε 3,8 τόνους ξηρής ουσίας ανά έτος (τα βαμβακοστελέχη και τα κλαδέματα ελιάς αποτελούν περίπου το 46% του ετήσιου δυναμικού), που αντιστοιχούν σε ενεργειακό δυναμικό 69 PJ ανά χρόνο.

2.1.2.2 Βιομηχανικός τομέας

Βασικό ρόλο στην αξιοποίηση της «πράσινης ενέργειας» έχουν οι βιομηχανίες επεξεργασίας ξύλου, οι βιομηχανίες επεξεργασίας γεωργικών προϊόντων (π.χ. εκκοκκιστήρια βάμβακος) και οι βιομηχανίες τροφίμων. Η πιο κοινή και οικονομικά συμφέρουσα χρήση των υπολειμμάτων (βιομάζας) που προκύπτουν από τις παραγωγικές διαδικασίες τέτοιων βιομηχανιών, είναι η απευθείας καύση για ικανοποίηση των θερμικών απαιτήσεων των διεργασιών της βιομηχανίας (π.χ. παραγωγή ατμού), ή για συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού. Ο ηλεκτρισμός μπορεί να προορίζεται είτε για χρήση μέσα στις εγκαταστάσεις του εργοστασίου, είτε για πώληση του στον οργανισμό που διαχειρίζεται το διασυνδεδεμένο δίκτυο. Το μεγάλο πλεονέκτημα αυτών των εφαρμογών, είναι ότι το καύσιμο βιομάζας είναι δωρεάν, όντας παραπροϊόν της παραγωγικής τους διαδικασίας. Χαρακτηριστικές περιπτώσεις αποτελούν:

- ο **Εκκοκκιστήρια βάμβακος**: Φύλλα, άχρηστες ίνες
- ο **Βιομηχανίες μεταποίησης φρούτων**: Πυρήνες, φλούδες
- ο **Πυρηνελαιουργία**: Πυρηνόξυλο
- ο **Ελαιουργία**: Ελαιοπυρήνας
- ο **Ορυζόμυλοι**: Ορυζοφλοιός
- ο **Βιομηχανίες επεξεργασίας ξύλου**: Πριονίδι, τσιπς ξύλου, υπολείμματα κορμποπλατείας, πούδρα ξύλου.
- ο **Βιομηχανία ζάχαρης**: Βαγάσση (ο πολτός που απομένει μετά το θρυμματισμό του ζαχαροκάλαμου για την εκχύμωσή του).

Επιπλέον τα υγρά απόβλητα τέτοιου είδους βιομηχανιών, όπως και τα υγρά και στερεά απόβλητα της ζωικής παραγωγής (σε βιομηχανικό επίπεδο, όπου υπάρχει εκτροφή σε περιορισμένο χώρο παράγοντας μεγάλη ποσότητα αποβλήτων σε μικρή έκταση, π.χ. στην γαλακτοβιομηχανία), θα μπορούσαν να υποστούν αναερόβια χώνευση (μέσω ομαδικής ταφής σε προκαθορισμένους χώρους) για την παραγωγή βιοαερίου ή ζύμωση για την παραγωγή αιθανόλης.

2.1.2.3 Αστικός τομέας

Κάθε χρόνο συλλέγονται εκατομμύρια τόνοι αστικών στερεών αποβλήτων (ΑΣΑ) και το μεγαλύτερο μέρος τους απορρίπτεται σε χώρους ταφής. Η σύσταση τους κυμαίνεται ανάλογα με τη θέση και τον τύπο της υπηρεσίας συλλογής. Τα ΑΣΑ μπορούν να μετατραπούν σε ενέργεια με άμεση καύση (η χαμηλότερη θερμογόνο δύναμή τους είναι εν γένει γύρω στα 8-12 GJ/τόνο) ή μέσω φυσικής αναερόβιας χώνευσης στο χώρο ταφής τους (XYTA). Εκεί, το αέριο που παράγεται από την φυσική αποσύνθεση των ΑΣΑ (περίπου 50% μεθάνιο και 50% διοξείδιο του άνθρακα) συλλέγεται από τα συσσωρευμένα υλικά και καθαρίζεται πριν να τροφοδοτήσει μηχανές εσωτερικής καύσης ή αεριοστρόβιλους για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού.

Ενέργεια μπορεί να εξαχθεί και από τα αστικά λύματα (υγρά) μέσω της αναερόβιας χώνευσης για την παραγωγή βιοαερίου. Η παραμένουσα λάσπη μπορεί στη συνέχεια να αποτεφρωθεί ή να υποστεί πυρόλυση, ώστε να παραχθεί περισσότερο βιοαέριο και βιοέλαιο.

2.1.2.4 Ενεργειακές καλλιέργειες

Οι καλλιέργειες αυτές είναι φυτείες που αναπτύσσονται και καλλιεργούνται ειδικά για χρήση τους ως καύσιμα, και επιλέγονται προσεκτικά ώστε να αναπτύσσονται ταχέως, να είναι ανθεκτικές στην ξηρασία και τα παράσιτα, και να έχουν εύκολη συγκομιδή ώστε να επιτρέπουν ανταγωνιστικές τιμές όταν χρησιμοποιούνται ως καύσιμα. Οι ενεργειακές καλλιέργειες περιλαμβάνουν ταχείας αναπτύξεως δέντρα, θάμνους και πόες.

Πολυετείς ενεργειακές καλλιέργειες

- Καλάμι
- Αγριαγκινάρα
- Μίσχανθος
- Schitchgrass

Πολυετείς δασικές ενεργειακές καλλιέργειες

- Ευκάλυπτος
- Ψευδακακία

Ετήσιες ενεργειακές καλλιέργειες

- Γλυκό και ινώδες σόργο (*Sorghum bicolor*)
- Κενάφ (*Hibiscus cannabinus*)
- Ελαιοκράμβη (*B. carinata*, *B. napus*)

Οι ενεργειακές καλλιέργειες μπορούν να αναπτυχθούν σε αγροτικές εκτάσεις που δεν χρησιμοποιούνται για καλλιέργεια τροφών, ζωοτροφών ή ινών. Αυτές περιλαμβάνουν γαίες που αποσύρονται από χρήση για λόγους ελέγχου των τιμών, και άλλες γεωργικές εκτάσεις που θεωρούνται ασύμφωρες για παραγωγή τροφίμων. Σε σύγκριση με τις παραδοσιακές γεωργικές καλλιέργειες, οι ενεργειακές απαιτούν λιγότερη συντήρηση και αγωγή με λιπάσματα και παρασιτοκτόνα. Η περίοδος μεταξύ των συγκομιδών για τις ξυλώδεις ενεργειακές καλλιέργειες κυμαίνεται από 3 έως 10 έτη, ανάλογα με το είδος του δέντρου, και η περίοδος μεταξύ των φυτεύσεων μπορεί να είναι μεγαλύτερη από 20 χρόνια.

Πίνακας 2.1: Παραγωγικότητα ενεργειακών καλλιεργειών στην Ελλάδα (πηγή: ΚΑΠΕ)

Φυτικά είδη	Αποδόσεις (τόνοι ξηρής ουσίας/εκτάριο/έτος)
Καλάμι	20-30
Αγριαγκινάρα	10-20
Μίσχανθος	11-30
Schitchgrass	14-25
Ευκάλυπτος	<35
Ψευδακακία	5,6-17,1
Γλυκό και ινώδες σόργο	13-27
Κενάφ	15
Ελαιοκράμβη	3-8

2.1.3 Μέθοδοι ενεργειακής αξιοποίησης βιομάζας

Η βιομάζα για να αξιοποιηθεί σαν πηγή ενέργειας πρέπει συνήθως να μετατραπεί σε μορφή κατάλληλη για την τελική χρήση. Οι μέθοδοι μετατροπής διακρίνονται σε θερμοχημικές (ξηρές) και βιοχημικές (υγρές). Η επιλογή της μεθόδου μετατροπής προσδιορίζεται από τα βασικά στοιχεία, που είναι η σχέση άνθρακα-αζώτου (C/N) και η περιεχόμενη υγρασία των υπολειμμάτων την ώρα της συλλογής [4.45].

Οι **θερμοχημικές διεργασίες** χρησιμοποιούνται για τα είδη της βιομάζας με σχέση C/N>30 και υγρασία < 50%, δηλαδή για τα προϊόντα και τα υπολείμματα της κτηνοτροφίας. Στις διεργασίες αυτές περιλαμβάνονται:

- α) Η πυρόλυση (ενδόθερμη διαδικασία, κατά την οποία τα σώματα θερμαίνονται, απουσία οξυγόνου, σε ψηλές θερμοκρασίες, που κυμαίνονται από 500-1100°C, με αποτέλεσμα τη διάσπασή τους σε διάφορα συστατικά). Βρίσκεται ακόμη σε ερευνητικό επίπεδο. Η βιομάζα θερμαίνεται σε υψηλές θερμοκρασίες απουσία αέρα, χωρίς να καεί, για παραγωγή στερεών, υγρών και αερίων καυσίμων (ξυλάνθρακα, βιοαέριο και αέρια χαμηλής και μέσης θερμογόνου δύναμης). Τα προϊόντα της πυρόλυσης όπως είναι τα υγρά καύσιμα (αιθανόλη, βιοντίζελ κι άλλα) μπορούν να αντικαθιστούν εν μέρει το πετρέλαιο ή τη βενζίνη.
- β) Η απευθείας καύση. Είναι η πιο ανεπτυγμένη και διαδεδομένη τεχνολογία για ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας τόσο στον Ελληνικό χώρο όσο και διεθνώς. Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει χρηματοδοτήσει σημαντικό αριθμό προγραμμάτων που έχουν σχέση με τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας λεβήτων καύσης βιομάζας ή με τη μικτή καύση σε μεγάλες ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες.
- γ) Η αεριοποίηση (θέρμανση παρουσία περιορισμένων ποσοτήτων οξυγόνου ή αέρα με σκοπό την μέγιστη απελευθέρωση CO και H₂). Βρίσκεται ακόμη σε ερευνητικό επίπεδο. Παράγονται αέρια χαμηλής και μέσης θερμογόνου δύναμης.
- δ) Η υδρογονοδιάσπαση (αντίδραση H₂ με τη βιομάζα προς παραγωγή μεθανίου και αιθανίου).

Οι **βιοχημικές διεργασίες** ονομάζονται έτσι επειδή είναι αποτέλεσμα μικροβιακής δράσης. Χρησιμοποιούνται για είδη της βιομάζας με σχέση C/N<30 και υγρασία >50%, δηλαδή για προϊόντα και υπολείμματα κυρίως λαχανικών, κτηνοτροφικά απόβλητα, κλπ. Στις βιοχημικές διεργασίες περιλαμβάνονται:

- α) Η αερόβια ζύμωση (βιοχημική διεργασία, κατά την οποία αερόβιοι μικροοργανισμοί παρουσία αέρα μετασχηματίζουν το οργανικό φορτίο των απόβλητων κύρια σε νέους μικροοργανισμούς).
- β) Η αναερόβια ζύμωση (βιοχημική διεργασία, κατά την οποία αναερόβιοι μικροοργανισμοί σε περιβάλλον ελλειμματικό σε οξυγόνο μετασχηματίζουν το οργανικό φορτίο των απόβλητων σε αέρια προϊόντα, κυρίως μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα)
- γ) Η αλκοολική ζύμωση (διάσπαση της γλυκόζης παρουσία ζαχαρομυκήτων και σχηματισμός αιθυλικής αλκοόλης, αιθανόλης). Η ζύμωση αμυλούχων,

κυταρρινούχων και σακχαρούχων φυτών παράγει βιοαιθανόλη, η οποία διαχωρίζεται από τα υπόλοιπα συστατικά με απόσταξη.

2.1.4 Απευθείας καύση (σταθμοί άμεσης καύσης)

Από τις διάφορες τεχνολογίες κύριας μετατροπής της βιομάζας ή των αποβλήτων, τα συστήματα καύσης είναι καθιερωμένα και αποτελούν ώριμη τεχνολογία, ειδικότερα η καύση του ξύλου, ενίοτε σε συνδυασμό με άλλους τύπους βιομάζας ή αποβλήτων. Η καύση της βιομάζας μπορεί να διακριθεί σ' ένα φάσμα διαφορετικών τεχνολογιών που μπορούν να ταξινομηθούν ως καύση είτε "σταθερής κλίνης" είτε "ρευστοποιημένης κλίνης".

2.1.4.1 Καύση σταθερής κλίνης

Η καύση σταθερής κλίνης, επίσης γνωστή ως τροφοδοτούμενη καύση, χρησιμοποιεί μηχανικές διατάξεις που τροφοδοτούν και αναφλέγουν το καύσιμο σε μια κλίνη στη βάση της καμίνου. Ο αέρας της καύσης διέρχεται μέσα από τη σχάρα επάνω στην οποία κάθεται το καύσιμο. Η παροχή του αέρα περιορίζεται έτσι ώστε το καύσιμο να μην αναδεύεται και να παραμένει σε επαφή με άλλα στερεά. Οι καυστήρες σταθερής κλίνης μπορούν να ταξινομηθούν ανάλογα με τη μέθοδο με την οποία τροφοδοτείται το καύσιμο στη σχάρα.

Στους *τροφοδότες υπερπλήρωσης* (ή τροφοδότες κινούμενων σχαρών) το καύσιμο τροφοδοτείται με τη βαρύτητα στο ένα άκρο της επιφάνειας της σχάρας και το βάθος της επιφάνειάς του ρυθμίζεται από μια θύρα καυσίμου στην είσοδο της καμίνου. Η σχάρα μετακινείται αργά κατά μήκος της καμίνου όπως ένας ανοικτός ταινιόδρομος, ενώ η τέφρα και τα κατάλοιπα αποβάλλονται συνεχώς στο άλλο άκρο της σχάρας. Αυτό το είδος σχάρας έχει σχεδιαστεί για καύση άνθρακα. Εάν καίγεται βιομάζα, τότε μπορεί τα κόστη συντήρησης να είναι υψηλότερα και να μειωθεί η αποδοτικότητα του λέβητα λόγω των χαμηλότερων θερμοκρασιών του αέρα καύσης.

Οι *τροφοδότες διασκορπισμού* περιλαμβάνουν μία αερόψυκτη μετακινούμενη σχάρα, αλλά αξιοποιούν το πλεονέκτημα της καύσης εν αιώρηση. Οι διανομείς του καυσίμου ωθούν το καύσιμο μέσα στην εστία επάνω από μια αναφλέγουσα κλίνη καυσίμου (ανάλογα με το είδος του καυσίμου μπορούν να χρησιμοποιούνται είτε μηχανικοί είτε πνευματικοί ρίπτες). Τα λεπτά σωματίδια καίγονται αιωρούμενα ενώ τα μεγαλύτερα σωματίδια πέφτουν και καίγονται στην κινούμενη σχάρα. Λόγω της αρχής της καύσης εν αιώρηση, τα καύσιμα πρέπει να είναι σχετικά ξηρά (περιεκτικότητα σε υγρασία μικρότερη από 50%) και να έχουν το κατάλληλο μέγεθος.

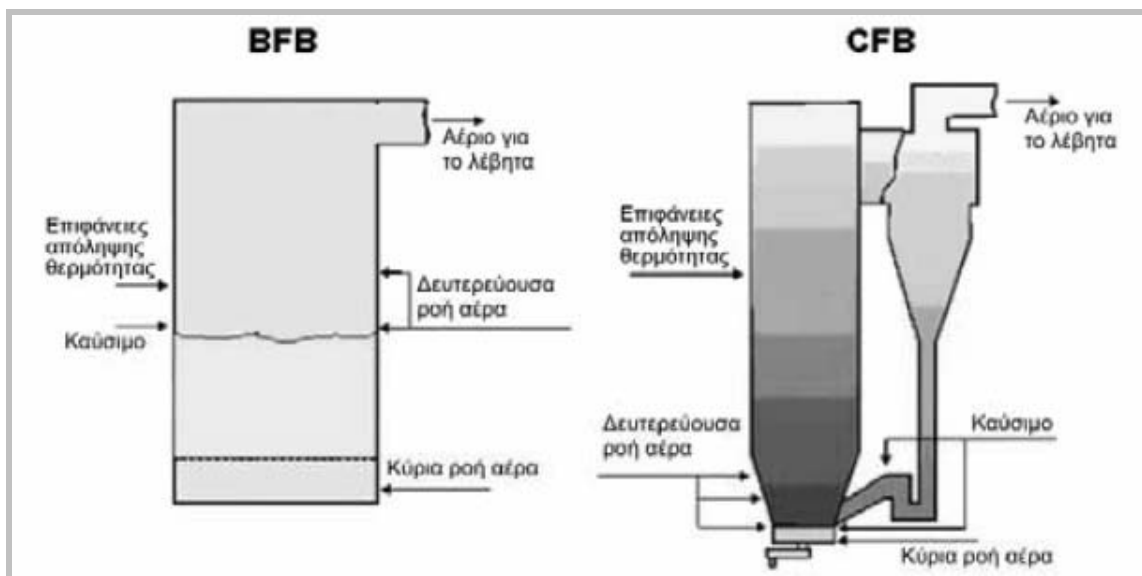
2.1.4.2 Καύση ρευστοποιημένης κλίνης

Η καύση ρευστοποιημένης κλίνης χαρακτηρίζεται από την υψηλή ταχύτητα του αέρα μέσα στην κλίνη του καυσίμου που του προσδίδει ιδιότητες ρευστού. Η κλίνη περιέχει κανονικά αδρόκοκκη άμμο που βοηθά την ανάμιξη του καυσίμου με τον αέρα και αυξάνει τη μεταφορά θερμότητας στο καύσιμο για την ξήρανση και ανάφλεξή του. Ο διαχωρισμός του καυσίμου και των άλλων σωματιδίων της κλίνης γίνεται επάνω από

την «ελάχιστη ταχύτητα ρευστοποίησης», η οποία είναι συνάρτηση του μεγέθους των κόκκων, της πυκνότητας και της πτώσης πίεσης μέσω της κλίνης. Καθώς αυξάνεται η ταχύτητα του αέρα, η κλίνη μπορεί να μετατραπεί από κοχλάζουσα σε τυρβώδη και κατόπιν σε περιδινούμενη κλίνη με αυξανόμενους ρυθμούς ανακύκλωσης.

Οι εμπορικές διατάξεις ταξινομούνται είτε ως καύσης κοχλάζουσας ρευστοποιημένης κλίνης (BFB) είτε ως καύσης περιδινούμενης ρευστοποιημένης κλίνης (GFB), μπορεί να βρίσκονται υπό πίεση ή όχι και να χρησιμοποιούν αέρα ή οξυγόνο. Στο σύστημα BFB η ταχύτητα του αέρα είναι συνήθως 1-3 m/s προκαλώντας διαταραχή στην άμμο της κλίνης και διαχωρισμό των κόκκων. Το κύριο ρεύμα του αέρα τροφοδοτείται στον πυθμένα της κλίνης μέσω ακροφυσίων από αεριοφυλάκιο, ενώ ο δευτερεύων αέρας ρέει στην εστία επάνω από την κλίνη. Η θερμοκρασία της κλίνης διατηρείται και ελέγχεται τροποποιώντας το λόγο του κύριου και του δευτερεύοντος αέρα, ή με την επανακυκλοφορία μέρους των καυσαερίων.

Σ' ένα σύστημα GFB η ταχύτητα του αέρα επάνω από το αεριοφυλάκιο είναι συνήθως 4-9 m/s. Η άμμος μπορεί να κυκλοφορεί στην εστία βοηθώντας τη μετάδοση της θερμότητας. Τα καυσαέρια και τα παρασυρόμενα στερεά αφήνουν την εστία και περνούν μέσα από κυκλώνες που συλλέγουν τα σωματίδια και τα επιστρέφουν στην περιοχή ακριβώς επάνω από το αεριοφυλάκιο. Όπως και στο λέβητα BFB, υπάρχουν τροφοδοσίες κύριου και δευτερεύοντος αέρα (βλέπε Σχήμα 2.1). Δεν υπάρχει διακριτή επιφάνεια κλίνης και η καύση γίνεται σε όλη την εστία. Τα συστήματα GFB είναι εν γένει πιο ακριβά από τις άλλες επιλογές, αλλά μειώνουν σημαντικά τις εκπομπές NO_x λόγω των χαμηλότερων θερμοκρασιών λειτουργίας.



Σχήμα 2.1: Λέβητες BFB και CFB

Οι καυστήρες ρευστοποιημένης κλίνης είναι τεχνικά πολυπλοκότεροι με αντίστοιχα μεγαλύτερα κόστη σχεδιασμού, κατασκευής και λειτουργίας. Γενικά, υπάρχει ένα όριο στην περιοχή των 8 MW επάνω από το οποίο αρχίζουν να πλεονεκτούν οικονομικά έναντι των καυστήρων σταθερής κλίνης. Από την άλλη, η καύση ρευστοποιημένης κλίνης εμφανίζει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα έναντι της σταθερής κλίνης:

- Η υψηλή θερμική αδράνεια της κλίνης παρέχει συνθήκες για σταθερή ανάφλεξη, ασχέτως προς τη μεταβλητότητα της ποιότητας του καυσίμου. Επομένως, είναι ανθεκτική σε μεγαλύτερο εύρος χαρακτηριστικών των καυσίμων.
- Ο έλεγχος της θερμοκρασίας της κλίνης επιτρέπει τη χρήση ποικιλίας καυσίμων με διάφορες ιδιότητες τέφρας, ενώ αποφεύγεται η τήξη της τέφρας στην κλίνη.
- Οι σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες καύσης σημαίνουν και χαμηλές εκπομπές NO_2 .

Αν προστεθεί ασβεστόλιθος στο υλικό της κλίνης τότε είναι δυνατή η επιτόπια δέσμευση του SO_2 , αν και αυτό δεν είναι απαραίτητο για τα καύσιμα βιομάζας αφού έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο.

Στο εμπόριο διατίθενται μονάδες BFB μέχρι 100 MWe και CFB μέχρι 400-600 MWe, για μονάδες συμπαραγωγής. Οι λέβητες CFB έχουν αποδεδειγμένη δυνατότητα καύσης περίπου 70 διαφορετικών καυσίμων, μόνα ή με σύγκαυση. Οι λέβητες BFB έχουν αποδείξει την εφικτότητά τους για καύσιμα βιομάζας ή αποβλήτων με όμοια χαρακτηριστικά ειδικά στις μικρότερες ισχύεις, αρχίζοντας από τα 5 MWth με καλά επεξεργασμένο καύσιμο.

2.1.4.3 Καυστήρες αιώρησης

Μια πρόσφατη εξέλιξη που χρησιμοποιείται σε σχετικά λίγες εγκαταστάσεις αποτελεί η εν αιώρηση καύση κονιορτοποιημένου ξύλου σε ειδικούς λέβητες βιομάζας. Η εν αιώρηση καύση έχει επίσης εφαρμοσθεί σε ασβεστοκάμινους και μελετάται από τη βιομηχανία ηλεκτρισμού για εφαρμογές σύγκαυσης. Οι απαιτήσεις για επιτυχημένη εν αιώρηση καύση, δηλ. υγρασία τροφοδοσίας κάτω από 15% και μέγεθος σωματιδίου μικρότερο από 1,5 mm, επιφέρουν υψηλότερες αποδόσεις του λέβητα (έως 80%) σε σχέση με την καύση τσιπ υγρού ξύλου υγρασίας 50-55% σε συστήματα τροφοδότης σχάρας ή ρευστής κλίνης αποδοτικότητας 65%.

Καλύτερη απόδοση επίσης προκύπτει με το μικρότερο μέγεθος εστίας. Η υψηλότερη απόδοση αντισταθμίζεται από το κόστος και την κατανάλωση ενέργειας για ξήρανση και θρυμματισμό. Επιπλέον, πρέπει να χρησιμοποιούνται ειδικοί καυστήρες, π.χ. οι σπειροειδείς κυκλωνικοί και οι κατακόρυφοι κυλινδρικοί.

2.1.5 Σύγκαυση με άνθρακα

Η σύγκαυση βιομάζας-άνθρακα, δηλαδή η ταυτόχρονη καύση δυο διαφορετικών καυσίμων στον ίδιο λέβητα, μπορεί να αξιοποιηθεί σε υφιστάμενους θερμικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής. Όταν γίνεται σύγκαυση με βιομάζα, η ποσοστιαία μείωση του CO_2 για τη μονάδα ηλεκτροπαραγωγής είναι περίπου ίση με το ποσοστό της συνολικής εισαγόμενης θερμότητας στο λέβητα που προέρχεται από τις πρώτες ύλες βιομάζας. Έτσι η σύγκαυση συντελεί στη μείωση των εκπομπών CO_2 από την καύση των ορυκτών καυσίμων, του σχηματισμού SO_2 μέσω της ελάττωσης του δέσμιου στο καύσιμο θείου, του σχηματισμού NO_x μέσω της ελάττωσης του δέσμιου στο

καύσιμο αζώτου, ενώ παρέχει και έναν τρόπο για την αντιμετώπιση των εκπομπών τοξικών ουσιών στον αέρα.

Στα εν δυνάμει οφέλη της σύγκαισης με καύσιμα βιομάζας, περιλαμβάνεται η τροφοδοσία με χαμηλού κόστους καύσιμα, η αύξηση της ποικιλίας καυσίμων για τις εταιρείες ηλεκτρισμού και η παροχή διεξόδου για τα υπολείμματα των βιομηχανικών πελατών. Από την άλλη, δοκιμές και υπολογισμοί πιστοποιούν ότι, όταν γίνεται σύγκαιση με το 7-10% της εισροής θερμότητας να προέρχεται από βιομάζα, η πτώση στη συνολική απόδοση του λέβητα κυμαίνεται από 0,3 έως 1,0 μονάδες της συνήθους στις δοκιμές τιμής του 85% περίπου για τους λέβητες άνθρακα. Έτσι, υφίσταται ένα αντίτιμο απόδοσης λόγω του ποσοστού βιομάζας που μετατρέπεται λιγότερο αποδοτικά από ότι αυτό του άνθρακα.

Τα πιο κρίσιμα στοιχεία, όσον αφορά το κόστος της λειτουργίας της σύγκαισης, είναι το κόστος του καυσίμου και το κόστος κεφαλαίου των μετατροπών του σταθμού ισχύος ώστε να καταστεί δυνατή η σύγκαιση του καυσίμου βιομάζας με τον άνθρακα. Η οικονομικότητα της σύγκαισης βιομάζας καθορίζεται από το κατά πόσο τα οφέλη στις δαπάνες για καύσιμα, μέσω των καυσίμων βιομάζας που αντικαθιστούν τον πιο ακριβό άνθρακα, μπορούν να υπερκαλύψουν το κόστος μετασκευής της μονάδας και οποιαδήποτε προστιθέμενα κόστη εργατικών και συντήρησης προκύπτουν από τη λειτουργία του συστήματος σύγκαισης.

2.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΜΕ ΒΙΟΜΑΖΑ

Η θέρμανση με καύση ξύλων ξεκίνησε από τη εποχή του πρωτόγονου ανθρώπου κι επικράτησε για αιώνες μέχρι την ανακάλυψη του πετρελαίου και του ηλεκτρισμού. Η εμφάνιση των σύγχρονων αστικών κέντρων και η επέλαση της τεχνολογίας του πετρελαίου παραμέρισε σημαντικά τη παραδοσιακή μέθοδο θέρμανσης με ξύλα, η οποία εμφάνιζε αρκετές πρακτικές δυσκολίες στην εφαρμογή της στα νέα οικιστικά δεδομένα που δημιουργήθηκαν. Παρόλα αυτά, οι ξυλόσομπες, τα τζάκια κι οι φούρνοι με ξύλο έχουν επιβιώσει μέχρι τις μέρες μας, τουλάχιστον στις αγροτικές και απόκεντρες περιοχές. Μετά και την πετρελαϊκή κρίση στις αρχές της δεκαετίας του '70, η παραγωγή θερμικής ενέργειας από δασοπονικά και γεωργικά προϊόντα επανήλθε στο προσκήνιο, μαζί με το γενικότερο ενδιαφέρον για παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Εκείνη την εποχή εμφανίστηκαν και αναπτύχθηκαν στις Σκανδιναβικές χώρες τα πρώτα σύγχρονα συστήματα θέρμανσης με βιομάζα με αυτόματη τροφοδοσία. Σήμερα τα αυτοματοποιημένα συστήματα βιομάζας χρησιμοποιούνται σε αρκετές χώρες (κυρίως σε αυτές με ψυχρά κλίματα) για την θέρμανση κτιρίων ή κοινοτήτων (με τηλεθέρμανση), αλλά και σε ακόμα περισσότερες για την παραγωγή ενέργειας σε θερμικές διεργασίες της βιομηχανίας.

Τα αυτοματοποιημένα συστήματα θέρμανσης με βιομάζα μπορούν με αποδοτικότητα να κάψουν τεμάχια ξύλου μικρής διαμέτρου που δεν έχουν άλλη πιθανή χρησιμότητα. Επίσης παρέχουν ένα πρόσφορο τρόπο να αξιοποιηθούν χαμηλής ποιότητας ξύλα ή γεωργικά υπολείμματα για την θέρμανση αυτόνομων κτιρίων ή ομάδων κτιρίων με σύστημα τηλεθέρμανσης, τα οποία δεν είναι εφικτό να θερμανθούν με καυστήρες μεγάλων τεμαχίων.

2.2.1 Περιγραφή συστημάτων θέρμανσης με βιομάζα

2.2.1.1 Επιλογή καυσίμου

Η τεχνολογία λεβήτων βιομάζας, κατά την τελευταία δεκαετία, έχει επιτύχει σημαντική μείωση των εκπομπών CO και σκόνης, ενώ οι αποδόσεις είναι αντίστοιχες των λεβήτων πετρελαίου ή αερίου. Ο συνδυασμός της χρήσης σύγχρονων αυτοματοποιημένων καυστήρων με πιο «εκλεπτυσμένες» μορφές βιομάζας, όπως είναι τα θρύμματα (wood chips) και τα συσσωματώματα (wood pelets), ανταποκρίνεται στις πιο υψηλές προδιαγραφές απόδοσης, εκπομπών και άνεσης.

Τα **θρύμματα** βιομάζας είναι μικρά τεμάχια ξύλου μήκους 5-50mm. Η ποιότητα των θρυμμάτων εξαρτάται από την πρώτη ύλη και την τεχνολογία παραγωγής. Μπορούν να προέρχονται είτε από πριονιστήρια (ή άλλες ξυλουργικές διαδικασίες), είτε από δασικά ή αγροτικά υπολείμματα που έχουν υποστεί θρυμματισμό, κι ενδεχομένως ξήρανση εάν κρίνεται απαραίτητο.

Τα **συσσωματώματα** (ή πελέτες,) είναι τυποποιημένο κυλινδρικό βιολογικό καύσιμο που παρασκευάζεται με τη συμπίεση ξηρών, πριονιδίων και τεμαχιδίων από καθαρά υπολείμματα ξύλου βιομηχανιών επεξεργασίας ξύλου. στην παραγωγική διαδικασία δεν χρησιμοποιούνται κόλλες ή χημικά πρόσθετα, παρά μόνο υψηλή πίεση και ατμός. Σε κάποιες χώρες χρησιμοποιούνται σε ποσοστό 3% βιολογικά πρόσθετα όπως πατάτα ή άρωμα καλαμποκιού ή τα υγρά από την χαρτοβιομηχανία.

Είναι ουσιώδες τα συσσωματώματα να μην περιέχουν άλλα συστατικά ή προσμίξεις που αυξάνουν σημαντικά το ποσό της στάχτης και συνεπώς δημιουργούν λειτουργικά προβλήματα στον λέβητα. Επιπλέον είναι σημαντικό τα συσσωματώματα να έχουν συγκεκριμένες μηχανικές ιδιότητες, ώστε να μη θρυμματίζονται εύκολα σε σκόνη, καθώς αυτή έχει διαφορετικές ιδιότητες κατά την καύση. Πρότυπα για την ποιότητα των συσσωματωμάτων υπάρχουν σε Σουηδία, Αυστρία, Γερμανία και ΗΠΑ.

Στα βασικά πλεονεκτήματα των συσσωματωμάτων συγκαταλέγονται:

- Αυξημένη θερμογόνος δύναμη σε σχέση με τα θρύμματα βιομάζας
- Μικρότερη περιεχόμενη υγρασία
- Λιγότερη παραγωγή στάχτης
- Τυποποιημένο καύσιμο-Υψηλή αξιοπιστία κατά τη λειτουργία
- Απαιτούνται μικρότεροι χώροι για την αποθήκευση

Σαν μειονεκτήματα μπορούν να καταγραφούν το υψηλότερο κόστος προμήθειας και τα λιγότερα οφέλη για την τοπική οικονομία (σε σχέση με την κατανάλωση βιομάζας από υπολείμματα τοπικών παραγωγικών ή γεωργικών διαδικασιών).

Τα βασικά συστατικά ενός συστήματος θέρμανσης με βιομάζα, είναι το σύστημα τροφοδοσίας του καυσίμου, ο καυστήρας (λέβητας) και το σύστημα διανομής της θερμότητας. Επιπλέον μπορεί να περιλαμβάνει και μια αντλία θερμότητας για την ανάκτηση θερμότητας από κάποια θερμική διεργασία ή από μια μονάδα παραγωγής ηλεκτρισμού. Εάν πρόκειται για κεντρικό σύστημα θέρμανσης, μπορούν να συμπεριλαμβάνονται ένα ενισχυτικό σύστημα για το φορτίο αιχμής και/ή ένα εφεδρικό σύστημα για την περίπτωση που για κάποιο λόγο διακοπεί η λειτουργία του βασικού

συστήματος. Σε περιπτώσεις αντικατάστασης κάποιου υπάρχοντος συστήματος παραγωγής θερμικής ενέργειας από σύστημα βιομάζας, το παλιό, συμβατικό σύστημα, μπορεί να διατηρηθεί για να χρησιμοποιηθεί είτε σαν σύστημα αιχμής είτε σαν εφεδρικό σε έκτακτη ανάγκη.

2.2.1.2 Θερμική εγκατάσταση

Τα συστήματα βιομάζας που μπορούν να εγκατασταθούν για παραγωγή θερμότητας, μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες με βάση την ισχύ τους και τον βαθμό αυτοματισμού τους.

2.2.1.2.1 Μικρά-εμπορικά συστήματα

Τα μικρά-εμπορικά αυτοματοποιημένα συστήματα είναι σχετικά απλά, χαμηλού κόστους συστήματα βιομάζας. Ένας ελκυστήρας απορρίπτει το καύσιμο βιομάζας σε μία χοάνη χωρητικότητας 4 με 6 m³, το οποίο στη συνέχεια τροφοδοτείται με τη βοήθεια ενός κοχλίου στον καυστήρα, ο οποίος είναι ένας θάλαμος περιτοιχισμένος με πυρότουβλα ή άλλο πυρίμαχο υλικό και φέρει στο δάπεδο μια μικρή σχάρα. [Αναλυτικότερα για τους καυστήρες βιομάζας, βλέπε ενότητα §2.1.4]

Ο καυστήρας είναι συνδεδεμένος με ένα λέβητα νερού, ο οποίος αποσπά θερμότητα από τις φλόγες και τα ζεστά αέρια. Ένας ηλεκτρονικός πίνακας ελέγχου ρυθμίζει την απόδοση του καυστήρα. Εάν η θερμοκρασία του λέβητα πέσει κάτω από ένα δεδομένο όριο, ο θερμοστάτης του λέβητα θα δώσει εντολή στον πίνακα ελέγχου να θέσει τον καυστήρα σε λειτουργία υψηλής καύσης. Ένας ανεμιστήρας ξεκινά και προμηθεύει επιπλέον αέρα για την υψηλή καύση, ενώ ο κοχλίας τροφοδοτεί με καύσιμο τον καυστήρα, λιγότερο ή περισσότερο συνεχόμενα, ώστε να παραχθεί η απαιτούμενη θερμότητα που θα ανεβάσει τη θερμοκρασία του λέβητα νερού σε ένα προκαθορισμένο όριο. Τότε ο θερμοστάτης του λέβητα ειδοποιεί τον πίνακα ελέγχου να θέσει τον καυστήρα σε κατάσταση σταθερής καύσης. Ο ανεμιστήρας σταματά και ο κοχλίας εισάγει τόσο καύσιμο στον καυστήρα όσο χρειάζεται για να συντηρηθεί η φωτιά. Οι μεγαλύτεροι καυστήρες έχουν παρόμοιο τρόπο λειτουργίας αλλά συνήθως είναι εφοδιασμένοι με πιο αναπτυγμένους πίνακες ελέγχου.

Η χοάνη καυσίμου στα μικρά-εμπορικά συστήματα γεμίζει συνήθως δύο φορές τη μέρα, μία το πρωί και μία το απόγευμα. Με ένα μηχανικό ελκυστήρα παίρνει γύρω στα 10 με 15 λεπτά της ώρας να φορτώσει την απαραίτητη ποσότητα καυσίμου. Σε συστήματα με υψηλή χρήση η χοάνη ή το δοχείο καυσίμου τροφοδοτούνται με βάση το μέγεθος του καυστήρα και τον ρυθμό καύσης. Η στάχτη πρέπει να απομακρύνεται από τη σχάρα μία φορά τη μέρα. Τα μεγαλύτερα συστήματα χρησιμοποιούν αυτόματους μηχανισμούς απομάκρυνσης και διαχείρισης της στάχτης.

Τα μικρά-εμπορικά συστήματα μπορούν να κάψουν τόσο τεμαχίδια ξύλου όσο και πριονίδι ή κάποια από τα γεωργικά υπολείμματα. Σε κάθε περίπτωση είναι αξιόπιστα και σχετικά οικονομικά σε σύγκριση με εμπορικά/βιομηχανικά συστήματα παρόμοιας ισχύος. Όταν οι απαιτήσεις σε θερμότητα είναι αυξημένες τότε μπορούν να συνδυαστούν δύο μικροί-εμπορικοί καυστήρες εκ των οποίων ο ένας θα μπορεί να απομονώνεται και να τίθεται εκτός λειτουργίας τις περιόδους χαμηλότερου φορτίου. Επίσης μπορεί να ενσωματωθεί στο γενικό σύστημα και ένα επιπλέον συμβατικό,

ενισχυτικό, σύστημα για την ικανοποίηση της θερμικής απαιτήσεως σε περιόδους αιχμής. Πάντως ένα σωστά ρυθμισμένο σύστημα δύο καυστήρων μπορεί να ικανοποιήσει τις συνήθεις θερμικές απαιτήσεις σε ποσοστό από 80 ως 100%, ενώ γενικά η τοποθέτηση ενός δεύτερου καυστήρα βιομάζας είναι οικονομικότερη από την εγκατάσταση ενός συμβατικού λέβητα με το δικό του σύστημα αποθήκευσης πετρελαίου ή αερίου.

Οι μικροί-εμπορικοί καυστήρες είναι συνήθως διαθέσιμοι σε διαστάσεις από 75kW ως 250 kW. Χρησιμοποιούνται στην παραγωγή θερμότητας σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών όπως θέρμανση οικιών, μικρών βιοτεχνιών, θερμοκηπίων, ιχθυοτροφείων, αγροκτημάτων ή σε θερμικές διεργασίες (π.χ. ξηράνσεις, παραγωγή ατμού) μικρής κλίμακας.

2.2.1.2.2 Εμπορικά/βιομηχανικά συστήματα

Τα *εμπορικά*, ή *μεσαίας κλίμακας*, συστήματα βιομάζας έχουν χαρακτηριστικά τόσο από τα *μικρά-εμπορικά* όσο και από τα *βιομηχανικά* συστήματα, που περιγράφονται παρακάτω. Είναι συνήθως μεγαλύτερης ισχύος από τα μικρά-εμπορικά και διαθέτουν μεγαλύτερους υποδοχείς καυσίμου και πιο σύνθετους μηχανισμούς τροφοδότησης καυσίμου. Από την άλλη πλευρά έχουν απλούς, χαμηλού κόστους, πίνακες ελέγχου, ενώ μερικά έχουν ενσωματωμένες σχάρες στον καυστήρα που απαιτούν χειροκίνητη απομάκρυνση της στάχτης.

Τα *εμπορικά* συστήματα έχουν συνήθως διαστάσεις από 200 - 400 kW. Χρησιμοποιούνται κατά κόρον στις Σκανδιναβικές χώρες για την παραγωγή θερμότητας σε κλιβάνους πριονιστηρίων ή σε παρόμοιες εγκαταστάσεις.

Τα *μικρά-βιομηχανικά* συστήματα είναι πλήρως αυτοματοποιημένα και πιο πολύπλοκα συστήματα. Έχουν κατά πολύ μεγαλύτερους υποδοχείς καυσίμου, ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου, αυτόματο μηχανισμό απομάκρυνσης της στάχτης, και καπνοδόχους με συστήματα κατακράτησης των σωματιδίων και πτερωτές απαγωγής των καυσαερίων. Οι διαστάσεις τέτοιων συστημάτων ξεκινούν από 1MW και σκοπεύουν στην κάλυψη μεγάλων θερμικών φορτίων, όπως αυτό ενός σχολείου, σε εμπορικά κτίρια ή μικρά συστήματα κεντρικής θέρμανσης κοινοτήτων.

2.2.1.3 Διάθεση της στάχτης

Οι στάχτες του ξύλου δεν είναι επικίνδυνες και συχνά χρησιμοποιούνται ως λίπασμα. Στις πόλεις η διάθεση τους μπορεί να γίνει μαζί με τα υπόλοιπα σκουπίδια, με σεβασμό στους τοπικούς κανονισμούς. Τα κυριότερα συστατικά της στάχτης από θρύμματα βιομάζας παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

	SiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O
% του βάρους	24,6	46,6	4,8	6,9	0,5	3,8

2.2.1.4 Σύστημα διανομής θερμότητας

Οι λέβητες και το σύστημα ανάκτησης θερμότητας (εάν υπάρχει), συνδέονται με το σύστημα διανομής, ένα δίκτυο μονωμένων σωλήνων που παρέχει το ζεστό νερό μέσω κυκλοφορητών στο/α κτίριο/α κι επιστρέφει το κρύο νερό στο λέβητα για την επαναθέρμανση του.

Σαν κεντρικό σύστημα θέρμανσης μπορεί να νοηθεί ένα οποιουδήποτε μεγέθους σύστημα που διανέμει θερμότητα (με πρωτεύον μέσο το νερό, κατά κόρον) σε περισσότερους από ένα αυτόνομους καταναλωτές. Ένα κεντρικό σύστημα θέρμανσης μπορεί είτε να αποτελείται από ένα καυστήρα βιομάζας κι ένα κοινό σύστημα διανομής που εξυπηρετεί τις ανάγκες μιας πολυκατοικίας, είτε ακόμα να πρόκειται για έναν ανεξάρτητο θερμικό σταθμό ο οποίος παρέχει θερμότητα μέσω υπόγειων σωληνώσεων σε περισσότερα από ένα κτίρια, διαφορετικής ενδεχομένως χρήσης, που βρίσκονται σε σχετικά κοντινή απόσταση μεταξύ τους. Τέτοια συστήματα (στο εξής, τοπικά κεντρικά συστήματα) είναι αρκετά διαδεδομένα στις χώρες της βορείου Ευρώπης και του Καναδά για την θέρμανση απομονωμένων κοινοτήτων, αλλά θα μπορούσαν να βρουν εφαρμογή και στη χώρα μας, για την ικανοποίηση θερμικών αναγκών σε βιομηχανικές ζώνες ή σε αγροτικές ημιορεινές κοινότητες.

Στα τοπικά κεντρικά συστήματα η μεταφορά της θερμότητας γίνεται με ένα δίκτυο μεγάλων υπόγειων και κατάλληλα μονωμένων αγωγών με τους οποίους εν συνεχεία συνδέονται οι, μικρότερης διαμέτρου, σωληνώσεις των ανεξάρτητων καταναλωτών. Στην ελληνική βιβλιογραφία, τέτοιου είδους συστήματα έχει επικρατήσει να ονομάζονται συστήματα τηλεθέρμανσης. Γίνεται αντιληπτό πως η θερμότητα που μεταφέρεται μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τον καταναλωτή καθοποιονδήποτε τρόπο, είτε για θέρμανση (συμπεριλαμβανομένου και τη θέρμανση νερού χρήσης), είτε σε βιομηχανικές διεργασίες, είτε σε οποιαδήποτε άλλη διαδικασία απαιτεί θερμική ενέργεια (π.χ. σε ψυκτικές μηχανές).

Στα τοπικά κεντρικά συστήματα, το κυρίως δίκτυο (αυτό που συνδέει τον θερμικό σταθμό με την κοινότητα) είναι κατά κανόνα δισωλήνιο, και θάβεται συνήθως 600 με 800mm κάτω από το χώμα. Για την ελαχιστοποίηση των απωλειών κατά τη διανομή, έχει επικρατήσει η χρήση χαλύβδινων σωλήνων με εξωτερική επένδυση πλαστικού (πολυαιθυλένιο), όπου μεταξύ του χαλυβοσωλήνα και του πλαστικού του περιβλήματος υπάρχει και μια επίστρωση με αφρό πολυουραιθάνης. Η σύνδεση του κάθε κτιρίου με τον κεντρικό αγωγό, ανάλογα και με την μεταξύ τους απόσταση, μπορεί να αποτελείται είτε από παρόμοια σωλήνωση, είτε από φθηνότερους πλαστικούς σωλήνες, υπό τον περιορισμό πάντα των θερμικών φορτίων που έχουν να μεταφέρουν. Το δίκτυο διανομής της θερμότητας μέσα στο κτίριο είναι κοινό με αυτό των συμβατικών συστημάτων θέρμανσης. Σε περίπτωση που το κτίριο που συνδέεται με το τοπικό κεντρικό σύστημα θέρμανσης έχει μονοσωλήνιο δίκτυο, θα χρειαστεί κάποια μετατροπή στον τρόπο που συνδέεται με αυτό.

2.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

2.3.1 Η αντλία θερμότητας (Α.Θ.)

Η αντλία θερμότητας είναι μια συσκευή που αφαιρεί θερμότητα από μια ουσία και τη μεταφέρει σε ένα άλλο μέρος της ίδιας ουσίας ή σε μια άλλη ουσία, σε πιο υψηλή θερμοκρασία. Με τη φυσική έννοια του όρου, όλες οι ψυκτικές μηχανές, περιλαμβάνοντας τις κλιματιστικές μηχανές ή τους ψύκτες, είναι αντλίες θερμότητας. Στη μηχανολογία ο όρος αντλία θερμότητας χρησιμοποιείται κυρίως για να δείξει τη συσκευή που θερμαίνει για να καλύψει κάποιες ανάγκες και λιγότερο για να δείξει τη συσκευή που απομακρύνει θερμότητα για να ψύξει. Γενικά οι αντλίες θερμότητας χρησιμοποιούνται τόσο για ψύξη όσο και για θέρμανση, με τις αντίστοιχες τεχνολογικές διατάξεις ώστε να είναι δυνατό να ανταποκρίνονται σε αυτό το ρόλο.

2.3.1.1 Τύποι αντλιών θερμότητας

Υπάρχουν αρκετοί τύποι αντλιών θερμότητας ανοικτού ή κλειστού κύκλου. Μερικές αντιστρέφουν τον κύκλο τους για να χρησιμοποιούνται τόσο για θέρμανση όσο και για ψύξη ενώ άλλοι τύποι χρησιμοποιούνται μόνο για θέρμανση ή μόνο για ψύξη. Οι βασικοί τύποι είναι:

Κλειστού κύκλου με συμπίεση ατμών. Χρησιμοποιώντας ένα συμβατικό ξεχωριστό ψυκτικό κύκλο, ο τύπος αυτός είναι πολύ κοινός για κλιματισμό κτιρίων και για βιομηχανική χρήση. Χρησιμοποιεί σύνθετο, πολυβάθμιο ή συζευγμένο ψυκτικό κύκλο.

Κύκλου μηχανικής ανασυμπίεσης ατμών με εναλλάκτη θερμότητας. Κατά τη διαδικασία οι ατμοί συμπιέζονται σε θερμοκρασία και πίεση επαρκή για άμεση επανάχρηση κατά τη διαδικασία. Η κατανάλωση ενέργειας είναι περιορισμένη εφόσον οι στάθμες θερμοκρασίας είναι οι βέλτιστες για τη διαδικασία. Τυπικές εφαρμογές για τον κύκλο αυτό περιλαμβάνουν εξατμιστές (απορροφητές) και στήλες απόσταξης.

Ανοικτός κύκλος ανασυμπίεσης ατμών. Τυπική εφαρμογή αυτού του τύπου κύκλου αποτελεί μια κατασκευή που περιλαμβάνει σειρά από δοχεία με διάφορες στάθμες και περίσσεια ατμού σε δοχείο με πιο χαμηλή στάθμη. Η θερμότητα προωθείται προς υψηλότερη πίεση με συμπίεση του ατμού χαμηλότερης πίεσης.

Κύκλος Rankine. Ο κύκλος αυτός είναι χρήσιμος όταν μεγάλες ποσότητες θερμότητας χάνονται και όπου το κόστος ενέργειας είναι υψηλό. Το τμήμα της αντλίας θερμότητας μπορεί να είναι ανοικτό ή κλειστό αλλά ο κύκλος Rankine είναι συνήθως κλειστός.

Οι αντλίες θερμότητας κατατάσσονται ακόμη με βάση (1) τη θερμή πηγή και το χώρο εκροής (Αέρα-αέρα, Νερού-αέρα, Αέρα-νερού, Υπεδάφους-αέρα/νερού), (2) το ρευστό διανομής της ψύξης ή της θέρμανσης, (3) το θερμοδυναμικό κύκλο, (4) τη δομή του κτιρίου, (5) το μέγεθος και διαμόρφωση και (6) τον περιορισμό της θερμής πηγής και του χώρου εκροής.

2.3.1.2 Συνδυασμός λέβητα και αντλίας θερμότητας

Η τεχνολογία των συστημάτων κεντρικής θέρμανσης και παρασκευής θερμού νερού χρήσης με συνδυασμό λέβητα και αντλίας θερμότητας έχει δοκιμαστεί τόσο στο εξωτερικό όσο και στην Ελλάδα. Μέχρι στιγμής το αρχικό κόστος των αντλιών θερμότητας αποτελεί το μεγαλύτερο εμπόδιο για τη διείσδυση αυτών των συστημάτων θέρμανσης στην αγορά. Επίσης η τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος αποτελεί έναν ακόμη παράγοντα, ο οποίος περιορίζει την εφαρμογή τέτοιων συστημάτων στην Ελλάδα. Η εφαρμογή μειωμένου τιμολογίου ηλεκτρικού ρεύματος σε εγκαταστάσεις με αντλίες θερμότητας, θα μπορούσε να αποτελέσει κίνητρο για τη διάδοσή τους σε συνδυασμό με τα κλασικά συστήματα κεντρικής θέρμανσης. Το όφελος θα είναι πολλαπλό: μείωση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας, λόγω του υψηλού βαθμού απόδοσης των αντλιών θερμότητας, αντικατάσταση των προϊόντων πετρελαίου και περιορισμός της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στα μεγάλα αστικά κέντρα.

2.3.1.3 Τύποι συστημάτων θέρμανσης με αντλίες θερμότητας

2.3.1.3.1 Απλά συστήματα με αντλία θερμότητας (Monovalent systems)

Στα συστήματα αυτά η Α.Θ. παρέχει όλη την απαραίτητη θερμότητα στο δίκτυο θέρμανσης. Η ισχύς της πρέπει να είναι ικανή για να καλύψει το θερμικό φορτίο του κτιρίου, ακόμη και στη χαμηλότερη θερμοκρασία που λαμβάνεται υπόψη κατά τη μελέτη (μέση ελάχιστη εξωτερική θερμοκρασία).

2.3.1.3.2 Συνδυασμένα συστήματα με αντλία θερμότητας (Bivalent systems)

Στα συστήματα αυτά ένα τμήμα της θερμότητας παρέχεται στο δίκτυο θέρμανσης από άλλη πηγή (ηλεκτρική αντίσταση, λέβητας πετρελαίου, αερίου ή βιομάζας). Υπάρχουν τρεις τύποι συστημάτων με συμπληρωματική πηγή ενέργειας:

α) Συστήματα με σύγχρονη λειτουργία της Α.Θ. και της συμπληρωματικής πηγής ενέργειας (Simultaneous bivalent systems). Στα συστήματα αυτά η αντλία θερμότητας λειτουργεί συνεχώς. Όταν η ισχύς της δεν είναι ικανή να καλύψει τις θερμικές απαιτήσεις, τίθεται σε παράλληλη λειτουργία η συμπληρωματική πηγή ενέργειας.

β) Συστήματα με εναλλασσόμενη λειτουργία της Α.Θ. και της συμπληρωματικής πηγής ενέργειας (Alternating bivalent systems). Στα συστήματα αυτά η αντλία θερμότητας παρέχει θερμότητα στο σύστημα μέχρι ένα ορισμένο σημείο, το οποίο ονομάζεται σημείο εναλλαγής λειτουργίας (switch-over point). Στο σημείο αυτό παύει η λειτουργία της Α.Θ. και αρχίζει να λειτουργεί η συμπληρωματική πηγή ενέργειας. Το σημείο αλλαγής λειτουργίας συνήθως συμπίπτει με το σημείο ισορροπίας δηλαδή το σημείο όπου η θερμική ισχύς της αντλίας θερμότητας είναι ίση με το θερμικό φορτίο του κτιρίου.

γ) Συστήματα με σύγχρονη και εναλλασσόμενη λειτουργία της Α.Θ. και της συμπληρωματικής πηγής ενέργειας (Alternating simultaneous systems). Τα συστήματα αυτά αποτελούν συνδυασμό των συστημάτων (β) και (γ). Οι θερμικές απαιτήσεις

καλύπτονται πότε από την Α.Θ., πότε και από τις δύο πηγές θερμότητας και πότε μόνο από συμπληρωματική πηγή ενέργειας.

2.3.1.4 Διαστασιολόγηση των αντλιών θερμότητας

Πριν από κάθε εγκατάσταση μιας αντλίας θερμότητας σε ένα κτίριο είναι απαραίτητο να υπολογιστούν τα θερμικά φορτία του κτιρίου (κατά DIN 4701 ή κατά ASHRAE). Τα συστήματα μόνο με αντλία θερμότητας πρέπει να διαστασιολογούνται έτσι, ώστε η αντλία θερμότητας να μπορεί να καλύψει το θερμικό φορτίο ακόμη και της πιο κρύας νύχτας του χειμώνα. Σε συστήματα με συμπληρωματική πηγή ενέργειας, η αντλία θερμότητας διαστασιολογείται έτσι, ώστε να καλύπτει το 30%-50% του μέγιστου θερμικού φορτίου. Με τον τρόπο αυτό οι θερμικές απαιτήσεις του κτιρίου, μέχρι μια ορισμένη εξωτερική θερμοκρασία, καλύπτονται μόνο από την αντλία θερμότητας. Το σημείο στο οποίο η θερμική ισχύς της αντλίας θερμότητας είναι ίση με το θερμικό φορτίο του κτιρίου ονομάζεται σημείο ισορροπίας. Η συμπληρωματική πηγή ενέργειας πρέπει να διαστασιολογείται έτσι, ώστε να καλύπτει το 100% του μέγιστου θερμικού φορτίου (αιχμή φορτίου).

2.4 ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (ΣΗΘ)

2.4.1 Η έννοια της Συμπααραγωγής

Συμπααραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας (ΣΗΘ), (στα Αγγλικά: Cogeneration ή Combined Heat and Power, CHP), είναι η συνδυασμένη παραγωγή εκμεταλλεύσιμης ή αξιοποιήσιμης ηλεκτρικής (ή/και μηχανικής) και θερμικής ενέργειας από την ίδια ενεργειακή πηγή, (σε ένα ενιαίο, ολοκληρωμένο σύστημα). 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. Έτσι, η απόδοση μιας εγκατάστασης συμπααραγωγής μπορεί να φθάσει ή και να ξεπεράσει το 90%. Ως εκ τούτου η συμπααραγωγή προσφέρει εξοικονόμηση ενέργειας που κυμαίνεται μεταξύ 15 έως 40%, σε σύγκριση με τη διάθεση ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας από συμβατικούς ηλεκτροπαραγωγικούς σταθμούς και λέβητες, αντίστοιχα.



Σχήμα 2.2: Συμβατικό ενεργειακό σύστημα σε σύγκριση με σύστημα συμπαραγωγής. (Τα νούμερα αναφέρονται στις ενεργειακές μονάδες που προσφέρονται από το καύσιμο, που απωλείονται στο περιβάλλον και που τελικά μετατρέπονται σε αξιοποιήσιμη ενέργεια.)

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 ιδρύματα 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 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. Εντούτοις, την περίοδο αυτή υπάρχουν ακόμη εμπόδια στη διανομή της πλεονάζουσας ηλεκτρικής ενέργειας στην αγορά.

Τα συστήματα συμπαραγωγής μπορούν να εγκατασταθούν σε ενεργοβόρες βιομηχανίες, στον τριτογενή τομέα (νοσοκομεία, ξενοδοχεία, μεγάλα κτίρια, αθλητικά κέντρα, κλπ), στον αγροτικό τομέα (θέρμανση θερμοκηπίων, ξηραντήρια, κλπ), ή να καλύψουν τις θερμικές και ηλεκτρικές ανάγκες μιας αστικής περιοχής, μέσω συστημάτων τηλεθέρμανσης /τηλεψύξης.

2.4.2 Ταξινόμηση συστημάτων συμπαραγωγής

2.4.2.1 Τύποι συστημάτων Συμπαραγωγής

Τα συστήματα Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας που συνήθως χρησιμοποιούνται είναι:

- **Αεριοστρόβιλοι.** Χρησιμοποιούν τα θερμά αέρια (καυσαέρια) που παράγονται άμεσα από την καύση ορυκτών καυσίμων. Το θερμό αέριο εκτονώνεται μέσα από τα περύγια του δρομέα του στροβίλου αναγκάζοντας τα να κινηθούν.
- **Ατμοστρόβιλοι.** Χρησιμοποιούνται τόσο συμβατικά (ορυκτά, πυρηνικά) καύσιμα όσο και βιομάζα (ξύλα, απόβλητα, τύρφη). Ο ατμός είναι το μέσο με το οποίο η θερμική ενέργεια μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια.
- **Παλινδρομικές Μηχανές Εσωτερικής Καύσης,** (μόνο για ορυκτά καύσιμα). Ο κινητήρας κινεί τη γεννήτρια. Εναλλάκτες ανακτούν θερμότητα από ρευστά που έχουν σχέση λειτουργία της μηχανής: ψυγείο λαδιού, ψυγείο νερού (του κλειστού κυκλώματος του κινητήρα), ψυγείο αέρα υπερπλήρωσης και εναλλάκτης ανακομιδής θερμότητας από τα καυσαέρια του κινητήρα (ή λέβητας καυσαερίων).
- **Μονάδες Συνδυασμένου Κύκλου.**

Στις πλέον σύγχρονες τεχνικές Συμπαραγωγής χρησιμοποιούνται *κυψέλες καυσίμου, κύκλοι βάσης Rankine με οργανικά ρευστά*, ενώ τελευταία έχουν κάνει την εμφάνισή τους στην αγορά και *τυποποιημένες μονάδες συμπαραγωγής* («πακέτα»). Κύρια πλεονεκτήματα των «πακέτων» είναι το χαμηλό κόστος, ο μικρός όγκος που καταλαμβάνουν, η εύκολη εγκατάστασή τους (το μόνο που χρειάζεται είναι η σύνδεσή τους με τα υδραυλικά και ηλεκτρικά δίκτυα) και η πλήρως αυτοματοποιημένη λειτουργία, χωρίς τη συνεχή παρακολούθηση από εξειδικευμένο προσωπικό.

Η συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας είναι επίσης δυνατή με *μηχανές Stirling*. Η τεχνική αυτή δεν έχει ακόμη αναπτυχθεί και διαδοθεί αρκετά, αλλά 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. 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.

Ειδικά σε συστήματα συμπαραγωγής με απευθείας καύση στερεάς βιομάζας χρησιμοποιούνται κυρίως μονάδες ατμοστροβίλων ή μονάδες συνδυασμένου κύκλου.

- 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 (αντιστοιχεί σε μια θερμική μηχανή με κύκλο ισχύος ατμού - το πιο κοινό εργαζόμενο μέσο είναι το νερό), 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 επιστρέφει στο λέβητα για να επαναληφθεί η διαδικασία.

- 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. 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 αεριοστρόβιλου - ατμοστρόβιλου (κύκλοι Joule - Rankine). Η παραγωγή ατμού σε δύο ή και τρεις διαφορετικές πιέσεις κάνει την εγκατάσταση πιο περίπλοκη, αλλά αυξάνει τον βαθμό απόδοσης. Χρησιμοποιείται στις μεγάλες μονάδες.

2.4.2.2 Τύποι σχημάτων Συμπαγωγής

Τα περισσότερα συστήματα συμπαγωγής μπορούν να χαρακτηρισθούν είτε ως συστήματα “κορυφής” (topping systems) είτε ως συστήματα “βάσης” (bottoming systems).

Στα συστήματα “κορυφής”, η ηλεκτρική ισχύς παράγεται από τον κύριο κινητήρα ως πρωταρχική λειτουργία και η θερμική ενέργεια που απορρίπτεται από αυτόν χρησιμοποιείται στη συνέχεια σε θερμικές διεργασίες, θέρμανση χώρων ή ακόμη και για παραγωγή πρόσθετης ηλεκτρικής ενέργειας. Σε μια μονάδα κύκλου “κορυφής” χρησιμοποιούνται πάντοτε κάποια πρόσθετα καύσιμα, πέραν αυτών που απαιτούνται για την παραγωγική διεργασία, και έτσι υφίσταται ένα λειτουργικό κόστος που σχετίζεται με την ηλεκτροπαραγωγή.

Στα συστήματα “βάσης”, παράγεται πρώτα θερμική ενέργεια υψηλής θερμοκρασίας (όπως π.χ., σε φούρνους χαλυβουργιών, υαλουργιών, εργοστασίων τσιμέντου κλπ) και κατόπιν τα θερμά αέρια διοχετεύονται συνήθως σε λέβητα ανακομιδής θερμότητας, όπου παράγεται ατμός που κινεί ατμοστρόβιλογεννήτρια. Είναι επίσης δυνατό τα θερμά αέρια να διοχετευθούν σε αεριοστρόβιλο, που κινεί την ηλεκτρογεννήτρια, χωρίς την παρεμβολή λέβητα. Δεδομένου ότι το καύσιμο καίγεται

πρώτα κατά την παραγωγική διεργασία, δεν απαιτείται καμία πρόσθετη ποσότητα καυσίμου για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας. Τα συστήματα “βάσης” είναι πολύ λιγότερο συνηθισμένα από τα αντίστοιχα “κορυφής”. Τέτοια συστήματα συναντώνται σε βαριές βιομηχανίες, όπως αυτές του γυαλιού ή οι μεταλλουργικές, όπου χρησιμοποιούνται φούρνοι πολύ υψηλών θερμοκρασιών.

2.4.2.3 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 διαστασιολογείται 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 διαστασιολογείται 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 u966 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, Fuel Energy Saving Rate) 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.

2.4.3 Η Συμπαραγωγή στην Ελλάδα

2.4.3.1 Γενικά

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.λπ. Επίσης, ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες της ΔΕΗ έχουν τροποποιηθεί κατάλληλα, ώστε να καλύψουν τις θερμικές ανάγκες αστικών περιοχών με τα δίκτυα τηλεθέρμανσης, όπως τα δίκτυα της Κοζάνης, Πτολεμαΐδας και πρόσφατα της Μεγαλόπολης.

Το σύνολο της εγκαταστημένης ηλεκτρικής ισχύος των μονάδων βιομηχανικής Συμπαραγωγής είναι 245 MW περίπου και αποτελεί το 2,4% της συνολικής εγκαταστημένης ισχύος στη χώρα, ενώ η ολική ετήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τις μονάδες, εκτός από τα δίκτυα τηλεθέρμανσης της ΔΕΗ, είναι περίπου 900 GWh.

Πολλές διαφορετικές αναλύσεις της αγοράς δείχνουν ότι υπάρχει ένα αξιόλογο δυναμικό που αφορά την Συμπαραγωγή. Το οικονομικά εκμεταλλεύσιμο δυναμικό στο βιομηχανικό τομέα εκτιμάται πάνω από 400 MW και η δυνητική αγορά συμπαραγωγής στον τριτογενή τομέα για τις περιοχές Αθηνών, Θεσσαλονίκης και Βόλου – Λάρισας εκτιμάται σε περισσότερα από 150 MW.

2.4.3.2 Συμπαραγωγή και βιομάζα στην Ελλάδα

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

τηλενύξης σε όλη τη χώρα, προωθώντας ένα τοπικό πλαίσιο 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 [2.2]:

- 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 Συμπαραγωγής με βιομάζα.

Στο βιομηχανικό τομέα, από την άλλη, υπήρξε μια έντονη κινητικότητα κατά την τελευταία δεκαετία με την εγκατάσταση αρκετών συστημάτων συμπαραγωγής (ιδίως στη βόρειο Ελλάδα) με καύση βιομάζας (εκκοκιστήρια βάμβακος, βιομηχανίες επεξεργασίας ξύλου, σπορελαιουργία κ.ά). Τα συστήματα αυτά, αφορούν κατά κανόνα, ανάκτηση θερμότητας από θερμικές διεργασίες για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για τις ανάγκες της ίδιας της μονάδας.

Πλέον, με το νέο νομοθετικό πλαίσιο, ενθαρρύνεται και η παραγωγή ηλεκτρισμού για την τροφοδοσία του κεντρικού (διασυνδεδεμένου) συστήματος, στη περίπτωση δε που ο ηλεκτρισμός προέρχεται από ΑΠΕ, η προσφερόμενη τιμή αγοράς του, από τον διαχειριστή του συστήματος, είναι ιδιαίτερα ελκυστική.

2.4.4 Πλεονεκτήματα Συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας

Η Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας βελτιστοποιεί την παροχή ενέργειας προς όλους τους καταναλωτές, ενώ ταυτόχρονα ωφελεί την Εθνική Οικονομία, αφού έχει:

- Αυξημένη απόδοση της μετατροπής και χρήσης της Ενέργειας. Η Συμπαραγωγή είναι η πλέον αποτελεσματική και αποδοτική μορφή ηλεκτροπαραγωγής αλλά και παραγωγής θερμότητας.
- Μικρότερες εκπομπές προς το περιβάλλον, ιδιαίτερα του CO₂, του σημαντικότερου αερίου στο οποίο οφείλεται το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Η Συμπαραγωγή είναι μία από τις καλύτερες λύσεις για την επίτευξη των στόχων που έχουν τεθεί από το Πρωτόκολλο του Κιότο, τους οποίους έχει αποδεχθεί η Ελλάδα.

- Σημαντική εξοικονόμηση οικονομικών πόρων, παρέχοντας πρόσθετη ανταγωνιστικότητα στη βιομηχανία και στις μικρο-μεσαίες επιχειρήσεις, καθώς η ηλεκτρική ενέργεια και η θερμότητα παρέχονται σε προσιτές τιμές.
- Σημαντική ευκαιρία ώστε να προωθηθούν αποκεντρωμένες λύσεις ηλεκτροπαραγωγής, όπου οι σταθμοί ΣΗΘ σχεδιάζονται να ανταποκρίνονται στις ανάγκες των τοπικών καταναλωτών, παρέχοντας υψηλή απόδοση, αποφεύγοντας απώλειες μεταφοράς και αυξάνοντας την ευελιξία στη χρήση του συστήματος.
- Η βελτιωμένη, τοπική και γενική, ασφάλεια παροχής, μπορεί να μειώσει τις πιθανότητες, οι καταναλωτές να μείνουν χωρίς ηλεκτρική ή/ και θερμική ενέργεια. Επιπρόσθετα, η μειωμένη ανάγκη καυσίμων που παρέχει η Συμπαράγωγή, μειώνει την εξάρτηση από εισαγωγές – μία κεφαλαιώδη πρόκληση για το ενεργειακό μέλλον της Ελλάδας αλλά και της Ευρώπης.
- Αυξημένη απασχόληση, αφού, από μελέτες που έχουν εκπονηθεί, συνάγεται ότι η ανάπτυξη των συστημάτων Συμπαράγωγής δημιουργούν νέες θέσεις εργασίας.

2.5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

2.1 ΒΙΟΜΑΖΑ

- [2.1] Τσιλιγκιρίδης Γιώργος: Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Μηχ/γων Μηχ/κων, ΑΠΘ, Θεσ/νίκη 1995
- [2.2] Κοδοσάκης Ε. Δημήτρης: «Διαχείριση φυσικών πόρων και ενέργεια»
- [2.3] Μυρσίνη Χρήστου: «Δυνατότητες του αγροτικού τομέα και των ενεργειακών καλλιεργειών στην Ελλάδα», τμήμα βιομάζας ΚΑΠΕ, www.cres.gr
- [2.4] ΚΑΠΕ: «Οδηγός τεχνολογιών ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ», εκδ. ΚΑΠΕ, Αθήνα, Αύγουστος 2001

2.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΜΕ ΒΙΟΜΑΖΑ

- [2.5] On-line manual of 'RETscreen Bio2000' software, www.retscreen.net
- [2.6] ΚΑΠΕ: «Θέρμανση κτιρίων και κατοικιών με εφαρμογές βιομάζας, Τεχνικός Οδηγός», εκδ. ΚΑΠΕ, www.cres.gr

2.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

- [2.7] Ερωτόκριτος Τσίγκας: «Αντλίες Θερμότητας, εφαρμογές και συστήματα ανάκτησης θερμότητας», περιοδικό ΚΤΙΡΙΟ, τ.101, Δεκέμβριος 1997
- [2.8] Παπακώστας Τ.Κ.: «Κεντρική θέρμανση και θερμό νερό χρήσης. Συνδυασμός λέβητα και αντλίας θερμότητας», περιοδικό ΚΤΙΡΙΟ, τ.119, Σεπτέμβριος 1999

2.4 ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (ΣΗΘ)

- [2.9] Ελληνικός Σύνδεσμος Συμπαράγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας, www.hachp.gr, accessed on 05/2005
- [2.10] ΚΑΠΕ: www.cres.gr , Βασικές αρχές συμπαράγωγής

ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΜΕ ΒΙΟΜΑΖΑ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αξιολόγηση ενός επενδυτικού πλάνου που αφορά την εγκατάσταση ενός συστήματος θέρμανσης με βιομάζα (στο εξής *εναλλακτικό σύστημα θέρμανσης*) πραγματοποιείται σε σύγκριση με ένα υπάρχον ή θεωρητικό σύστημα θέρμανσης που χρησιμοποιεί συμβατικά καύσιμα ή ηλεκτρισμό που προέρχεται από συμβατικά καύσιμα (στο εξής *συμβατικό σύστημα θέρμανσης*).

Για την πραγματοποίηση της αξιολόγησης απαιτούνται μία σειρά από τεχνικά και οικονομικά μεγέθη, βάση των οποίων θα εκτιμηθεί εάν είναι οικονομικά συμφέρουσα η εγκατάσταση ενός συστήματος θέρμανσης με βιομάζα, αντί ενός συστήματος με συμβατικά καύσιμα. Στο πρώτο στάδιο μελετάται το τεχνολογικό μέρος της επένδυσης, όπου αναλύεται το υπάρχον συμβατικό σύστημα και σχεδιάζεται το εναλλακτικό, έτσι ώστε να πληρεί τις απαιτήσεις σε παροχή ενέργειας. Στη συνέχεια αφού αποτιμηθούν οι δαπάνες και οι ωφέλειες του κάθε συστήματος, υπολογίζονται μια σειρά οικονομικών δεικτών βάση των οποίων εκτιμάται η αποδοτικότητα της επένδυσης.

Στην παρούσα μελέτη εξετάζεται η γενικότερη περίπτωση όπου:

➤ Η υπό μελέτη εγκατάσταση αποτελείται από μια ομάδα κτιρίων καθένα από τα οποία χρησιμοποιεί ξεχωριστό συμβατικό σύστημα θέρμανσης (και με διαφορετικό ενδεχομένως τύπο καυσίμου).

➤ Το εναλλακτικό σύστημα είναι ένας σταθμός παραγωγής ενέργειας θέρμανσης, ο οποίος στεγάζεται χωριστά από τις υπό θέρμανση ομάδες κτιρίων. Με άλλα λόγια, το εναλλακτικό σύστημα θέρμανσης μπορεί να τροφοδοτεί με θερμότητα μία ολόκληρη κοινότητα (τηλεθέρμανση).

➤ Το εναλλακτικό σύστημα μπορεί να περιλαμβάνει σύστημα ανάκτησης θερμότητας καυσαερίων, λέβητα/ες βιομάζας καθώς και ένα ενισχυτικό σύστημα (στο εξής σύστημα αιχμής φορτίου).

Κάθε μελέτη απλούστερης εγκατάστασης μπορεί να πραγματοποιηθεί με μηδενισμό κάποιων δεδομένων.

3.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Στην ενότητα αυτή ορίζονται μερικές βασικές έννοιες, οι οποίες είναι απαραίτητες στο σχεδιασμό συστημάτων θέρμανσης.

3.2.1 Σύστημα Θέρμανσης

Εδώ σαν σύστημα θέρμανσης θα θεωρούμε μόνο το μηχανισμό που παράγει τη θερμική ενέργεια και όχι το σύνολο της εγκατάστασης που περιλαμβάνει και τις σωληνώσεις μεταφοράς και διανομής.

3.2.2 Θερμικό Φορτίο

Είναι η ποσότητα θερμότητας που πρέπει να διοχετευτεί σε ένα χώρο ώστε να επιτευχθεί μια συγκεκριμένη θερμοκρασία. Εξαρτάται από την κατάσταση της μόνωσης του χώρου και τα θερμοκρασιακά δεδομένα της περιοχής.

3.2.3 Αιχμή Φορτίου

Είναι το μέγιστο θερμικό φορτίο του έτους, το οποίο αφορά συνήθως την πιο κρύα μέρα του έτους.

3.2.4 Ισχύς Συστήματος

Ισχύς ενός συστήματος θέρμανσης είναι η τιμή της μέγιστης θερμικής ενέργειας (θερμότητα) που μπορεί να παράσχει το σύστημα στην έξοδο του.

3.2.5 Απόδοση Συστήματος

Είναι ο λόγος της παρεχόμενης από το σύστημα ενέργειας θέρμανσης προς την ενέργεια που καταναλώνει. Συνεπώς, η απόδοση του συστήματος εξαρτάται από το ενεργειακό περιεχόμενο (θερμαντική αξία) των καυσίμων που χρησιμοποιεί.

3.2.6 Θερμαντική Αξία (Θερμογόνος Δύναμη) Καυσίμου

Θερμαντική Αξία καυσίμου (ή θερμογόνος δύναμη καυσίμου) ορίζεται ως το ποσό ενέργειας που παράγεται από την πλήρη καύση, σε Κανονικές Συνθήκες, μιας μονάδας βάρους (ή όγκου εάν πρόκειται για αέρια καύσιμα) του συγκεκριμένου καυσίμου και την ψύξη των προϊόντων της καύσης μέχρι την θερμοκρασία των 298 βαθμών Kelvin. Εκφράζεται συνήθως σε Μέγιστη Θερμαντική Αξία [Higher Heating Value, (HHV)] και σε Καθαρή Θερμαντική Αξία [Net Heating Value, (NHV)].

3.2.6.1 Μέγιστη Θερμαντική Αξία (ΜΘΑ)

Είναι το θεωρητικό ενεργειακό περιεχόμενο του καυσίμου. Στη ΜΘΑ περιλαμβάνεται και η ενέργεια που καταναλώθηκε για την εξάτμιση της υγρασίας κατά τη διαδικασία της καύσης. Θεωρείται δηλαδή ότι οι υδρατμοί που παρήχθησαν κατά τη καύση επαναυγροποιούνται πλήρως οπότε αποδίδουν το ποσό θερμότητας που απορρόφησαν κατά την αεριοποίηση τους.

3.2.6.2 Καθαρή Θερμαντική Αξία

Είναι το ενεργειακό περιεχόμενο του καυσίμου χωρίς να υπολογίζεται η ενέργεια που καταναλώθηκε για την εξάτμιση της υγρασίας κατά τη διαδικασία της καύσης. Θεωρείται δηλαδή ότι οι υδρατμοί που παρήχθησαν κατά τη καύση φεύγουν μαζί με τα καυσαέρια στο περιβάλλον χωρίς να επαναυδροποιούνται οπότε και η θερμότητα που απορρόφησαν δεν ανακτιέται.

Σημείωση 1: Γενικά τα καυσαέρια των λεβήτων δεν συμπυκνώνονται οπότε τα καύσιμα τους θα πρέπει να συγκρίνονται με βάση την Καθαρή Θερμαντική τους Αξία. Το σύστημα ανάκτησης θερμότητας θεωρείται ξεχωριστό σύστημα θέρμανσης οπότε δεν επηρεάζει τον παραπάνω κανόνα.

Σημείωση 2: Τυπικές τιμές για τη Θερμαντική Αξία διαφόρων τύπων συμβατικών καυσίμων δίνονται παρακάτω στον Πίνακα 3.6.

3.2.7 Θερμαντική Αξία Βιομάζας σε υγρή και ξηρή βάση

Η Μέγιστη Θερμαντική Αξία της Βιομάζας σε Ξηρή Βάση μπορεί να ληφθεί μόνο εργαστηριακά αφού απαιτεί μηδενική περιεκτικότητα σε υγρασία και περιβάλλον καθαρού οξυγόνου. Παρότι αυτό αποτελεί ένα μη ρεαλιστικό ενδεχόμενο, η ΜΘΑ σε Ξηρή Βάση χρησιμοποιείται σαν μέσο σύγκρισης του ενεργειακού περιεχομένου διαφόρων τύπων καυσίμων ανεξάρτητα από το περιεχόμενο τους σε υγρασία.

Για τον υπολογισμό των ενεργειακών αποδόσεων του συστήματος βιομάζας απαιτείται να προσδιοριστεί η Καθαρή Θερμαντική της Αξία σε Υγρή Βάση (Θερμαντική Αξία ετοιμόκαυστης Βιομάζας), η οποία φυσικά δεν είναι μια σταθερή τιμή για ένα συγκεκριμένο τύπο βιομάζας αλλά ποικίλει ανάλογα με την περιεκτικότητα των συγκεκριμένων αποθεμάτων βιομάζας σε υγρασία.

3.2.8 Απαιτούμενη Ενέργεια Θέρμανσης

Πρόκειται για το συνολικό ποσό ενέργειας που πρέπει να παρασχεθεί από το σύστημα θέρμανσης υπό μορφή θερμότητας ώστε να ικανοποιηθούν οι ορισμένες απαιτήσεις σε θέρμανση. Εξαρτάται από το μέγεθος της υπό θέρμανση κτιριακής επιφάνειας και το θερμικό φορτίο του κτιρίου.

3.2.9 Παραδοθείσα Ενέργεια Θέρμανσης

Είναι η πραγματική ενέργεια που υπολογίζεται ότι αποδίδει το σύστημα θέρμανσης. Η τιμή αυτή πρέπει να είναι τουλάχιστον όση και αυτή της απαιτούμενης ενέργειας θέρμανσης.

3.3 ΒΑΣΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Στην παράγραφο αυτή θα γίνει μια σύνοψη των βασικών μονάδων μέτρησης για την θερμότητα, την ενέργεια και την ισχύ.

3.3.1 Μονάδες Θερμότητας

Ξεκινώντας με τη θερμότητα, η μονάδα μέτρησης στο Διεθνές Σύστημα SI είναι η θερμίδα (cal). Η μεγάλη θερμίδα ισούται με 1000 cal και συμβολίζεται με kcal. Η βρετανική μονάδα μέτρησης είναι το BTU. Για μεγάλες ποσότητες θερμότητας χρησιμοποιείται η μονάδα Q. Στον Πίνακα 3.1 φαίνονται οι βασικές μονάδες μέτρησης της θερμότητας και οι κυριότερες αντιστοιχίες με άλλες μονάδες.

Πίνακας 3.1: Βασικές μονάδες μέτρησης της θερμότητας και οι κυριότερες αντιστοιχίες με άλλες μονάδες

Μονάδες Μέτρησης Θερμότητας και αντιστοιχίες	
1 BTU = 252 cal = 0,252 kcal = 1.055 kJ	(3.1)
1 Q = 10 ⁸ BTU = 2,52·10 ⁷ kcal	(3.2)
1 cal = 4,186 Joules και 1 BTU = 778 ft·lb (Μηχανικό ισοδύναμο)	(3.3)
1 Joule = 0,24 BTU και 1 ft·lb = 0,0013 BTU (Θερμικό ισοδύναμο)	(3.4)

3.3.2 Μονάδες Ισχύος

Μονάδα ισχύος είναι το 1 Watt (W). Πολλαπλάσια αυτής της μονάδας είναι το kW και ο ίππος (hp). Στον Πίνακα 3.2 φαίνονται οι διαφορετικές μονάδες μέτρησης της ισχύος και οι κυριότερες αντιστοιχίες με άλλες μονάδες.

Πίνακας 3.2: Βασικές μονάδες μέτρησης της ισχύος και οι κυριότερες αντιστοιχίες με άλλες μονάδες

Μονάδες Μέτρησης Ισχύος και αντιστοιχίες	
1 W = 1 Joule/sec	(3.5)
1 hp = 746 W = 550 ft·lb/sec	(3.6)
1 BTU/h = 0,2931 W	(3.7)
1 kcal/h = 1,163 W	(3.8)

3.3.3 Μονάδες Ενέργειας

Μονάδα ενέργειας είναι η βατώρα (Wh) ή η κιλοβατώρα (kWh). Η αντιστοιχία με τις μηχανικές και θερμικές μονάδες φαίνεται στον Πίνακα 3.3.

Πίνακας 3.3: Βασικές μονάδες μέτρησης της ενέργειας και οι κυριότερες αντιστοιχίες με άλλες μονάδες

Μονάδες Μέτρησης Ενέργειας και αντιστοιχίες	
1 kWh = 3,6·10 ⁶ Joules = 8,6·10 ⁵ cal = 3.412 BTU	(3.9)
1 milliard = 10 ⁹ kWh	(3.10)
1 Wh = 3.6 kJ	(3.11)
1 EJ = 10 ¹⁸ J = 278·10 ¹² Wh = 278 TWh	(3.12)

Για τη μετατροπή της θερμοκρασίας T_c, σε °C, σε απόλυτη θερμοκρασία T_K, σε K, ισχύει:

$$T_K = T_c + 273,16 \quad (3.13)$$

3.4 ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΟΥ ΔΙΑΝΟΜΗΣ

Ο χρήστης του μοντέλου, προτού επιλέξει τον τύπο συστήματος θέρμανσης που θέλει να εγκαταστήσει, καλείται να ορίσει τα στοιχεία που αφορούν την τοπολογία της εγκατάστασης, τα θερμοκρασιακά δεδομένα της περιοχής, το μέγεθος του απαιτούμενου θερμικού φορτίου για την εγκατάσταση, καθώς και τον τύπο και τα χαρακτηριστικά του (συμβατικού) καυσίμου που ήδη χρησιμοποιεί η εγκατάσταση ή που θα μπορούσε εναλλακτικά να χρησιμοποιήσει (σημείωση: πρόκειται ουσιαστικά για το σύστημα θέρμανσης με το οποίο θα συγκριθεί αυτό της βιομάζας).

Το μοντέλο μπορεί να αξιολογήσει διάφορους εναλλακτικούς σχεδιασμούς του συστήματος θέρμανσης.

Σαν **βασικό σύστημα θέρμανσης** μπορεί να επιλεγεί ένα σύστημα ανάκτησης θερμότητας από αέρια απόβλητα (*Waste Heat Recovery System – WHR*), ένα σύστημα θέρμανσης με καύση βιομάζας ή συνδυασμός των δύο παραπάνω.

Δεδομένου ότι το μοντέλο δύναται να αξιολογεί συστήματα οποιουδήποτε μεγέθους και σε οποιαδήποτε γεωγραφική ζώνη προβλέπει και την ταυτόχρονη χρήση ενός δεύτερου συστήματος θέρμανσης το οποίο θα λειτουργεί ενισχυτικά προς το βασικό, τις περιόδους εκείνες όπου οι απαιτήσεις σε θέρμανση είναι τόσο μεγάλες ώστε δεν μπορούν να ικανοποιηθούν από το βασικό σύστημα. Το δευτερεύον αυτό σύστημα το ονομάζει **σύστημα θέρμανσης αιχμής φορτίου** και θεωρείται ότι μπορεί να λειτουργεί είτε με καύση βιομάζας είτε με οποιοδήποτε άλλο συμβατικό καύσιμο.

Το θερμικό φορτίο αιχμής είναι συνάρτηση των τεχνικών χαρακτηριστικών της εγκατάστασης (π.χ. θερμαινόμενη επιφάνεια, μήκος σωληνώσεων, μόνωση κ.λ.π.) και των θερμοκρασιακών δεδομένων της περιοχής. Το θερμικό φορτίο αιχμής χρησιμοποιείται από το μοντέλο και σαν σημείο αναφοράς για τις ενεργειακές απαιτήσεις της εγκατάστασης.

Όταν το υπολογιζόμενο από το μοντέλο θερμικό φορτίο αιχμής ικανοποιείται από το *Βασικό Σύστημα Θέρμανσης* τότε το μοντέλο δίνει ένδειξη ότι δεν είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί *σύστημα θέρμανσης φορτίου αιχμής*. Στην αντίθετη περίπτωση που το θερμικό φορτίο αιχμής δεν ικανοποιείται ούτε με τη χρήση συστήματος θέρμανσης φορτίου αιχμής τότε αντίστοιχα υπάρχει η σχετική ένδειξη.

Τέλος το μοντέλο δίνει την δυνατότητα επιλογής της χρήσης και ενός **εφεδρικού συστήματος θέρμανσης** για τις περιπτώσεις που για κάποιο λόγο παύσει η λειτουργία του βασικού ή διακοπεί η τροφοδοσία του με καύσιμα. Το εφεδρικό σύστημα θέρμανσης δεν συνυπολογίζεται στη συνολικά παραγόμενη ενέργεια και συμμετέχει μόνο σαν κόστος αγοράς ή εγκατάστασης (Σημείωση: Στις περιπτώσεις μετατροφής του συστήματος θέρμανσης από συμβατικό σε βιομάζα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η παλιά εγκατάσταση σαν εφεδρική οπότε και το αρχικό του κόστος είναι μηδενικό).

3.4.1 Στοιχεία εισόδου σχεδίασης εγκατάστασης

Στον Πίνακα 3.4 παρουσιάζονται τα δεδομένα εισόδου για τη σχεδίαση της εγκατάστασης.

Πίνακας 3.4: Δεδομένα εισόδου σχεδίασης εγκατάστασης.

α/α	Περιγραφή Μεγέθους	Σύμβολο	Μονάδα Μέτρησης	Παρατηρήσεις
A) Θερμοκρασιακά χαρακτηριστικά εξεταζόμενης τοποθεσίας				
1)	Πλησιέστερος σταθμός μετεωρολογικών δεδομένων	-	-	-
2)	Θερμοκρασία Σχεδίασης	T_{\min}	$^{\circ}C$	από -40° έως 15°
3)	Ημερήσιοι-Βαθμοί (κάτω των $18^{\circ}C$) για κάθε μήνα	$DD_{\text{month-M}}$	$^{\circ}C$	με $M=1,2,3,...,12$
B) Στοιχεία τοπολογίας και υπάρχοντος (συμβατικού) συστήματος θέρμανσης				
4)	Θέρμανση νερού χρήσης	DHW_{load}	σαν ποσοστό (%) επί της ετήσιας απαιτούμενης ενέργειας θέρμανσης	
5)	Θερμαινόμενη επιφάνεια για κάθε ομάδα κτιρίων	S_i	m^2	με $i=1,2,...,N$ όπου N ο συνολικός αριθμός ομάδων
6)	Θερμικό φορτίο για κάθε ομάδα κτιρίων	L_i	W/m^2	με $i=1,2,...,N$ όπου N ο συνολικός αριθμός ομάδων
7)	Τύπος καυσίμου κάθε ομάδας κτιρίων	V_i	MJ/kg ή Btu/Lb	-
8)	Τιμή μονάδας καυσίμου κάθε ομάδας κτιρίων	K_i	χρηματικές μονάδες ανά L ή ανά kWh	με $i=1,2,...,N$ όπου N ο συνολικός αριθμός ομάδων
9)	Εποχιακή απόδοση συστήματος	η_i	%	με $i=1,2,...,N$ όπου N ο συνολικός αριθμός ομάδων
Γ) Χαρακτηριστικά εναλλακτικού συστήματος θέρμανσης				
10)	Τύπος συστήματος	-	-	WHR / Biomass/ WHR&Biomass
Γ.1) Σύστημα ανάκτησης θερμότητας αέριων αποβλήτων (WHR)				
11)	Ισχύς συστήματος	C_{WHR}	kW	-
Γ.2) Σύστημα θέρμανσης με Βιομάζα (Biomass)				
12)	Τύπος καυσίμου βιομάζας	V_b	-	-
13)	Περιεκτικότητα σε υγρασία της βιομάζας μετρημένη σε υγρή βάση	m_{wb}	%	0% - 55%

α/α	Περιγραφή Μεγέθους	Σύμβολο	Μονάδα Μέτρησης	Παρατηρήσεις
14)	Πραγματική Ισχύς λέβητα (ή συνολική ισχύς λεβήτων)	C_{Bio}	kW	-
15)	Εποχιακή Απόδοση	η_{bio}	%	60% με 90%
Γ.3) Σύστημα θέρμανσης αιχμής φορτίου (Peak load)				
16)	Τύπος καυσίμου	V_p	kcal/kg ή BTU/lb	Εδώ το καύσιμο μπορεί να είναι είτε συμβατικό είτε βιομάζα
17)	Ισχύς συστήματος	C_{peak}	kW	75 ως 3.000 kW
18)	Απόδοση σταθερής κατάστασης συστήματος	η_p^{steady}	%	Όταν χρησιμοποιείται συμβατικό καύσιμο
19)	Εποχιακή Απόδοση συστήματος	η_{peak}	%	50% ως 350%
Γ.4) Εφεδρικό σύστημα θέρμανσης (Back up) - [Προαιρετικό]				
20)	Ισχύς εφεδρικού λέβητα	$C_{back-up}$	kW	75 με 3.000 kW

Στη συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικότερα κάποια από τα δεδομένα εισόδου του Πίνακα 3.4.

3.4.1.1 Θερμοκρασιακά χαρακτηριστικά εξεταζόμενης τοποθεσίας

3.4.1.1.1 Πλησιέστερος σταθμός μετεωρολογικών δεδομένων

Ο χρήστης εισάγει τη θέση του σταθμού με τις αντιπροσωπευτικότερες καιρικές συνθήκες για την εγκατάσταση. Στο διαδίκτυο υπάρχουν βάσεις θερμοκρασιακών δεδομένων που μπορούν να προμηθεύσουν το χρήστη με τις απαιτούμενες πληροφορίες όπως έχουν καταγραφεί από τον πλησιέστερο μετεωρολογικό σταθμό.

3.4.1.1.2 Θερμοκρασία Σχεδίασης θέρμανσης

Η θερμοκρασία σχεδίασης θέρμανσης αντιπροσωπεύει την ελάχιστη θερμοκρασία που έχει μετρηθεί για ένα επίπεδο συχνότητας τουλάχιστον 1% κατά τη διάρκεια του έτους, για μια συγκεκριμένη περιοχή. Χρησιμοποιείται για να καθοριστεί η ετήσια απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης.

3.4.1.1.3 Ημερήσιοι-Βαθμοί (κάτω των 18 °C) για κάθε μήνα του χρόνου

Γενικά οι ημερήσιοι-βαθμοί (degree days) για μια συγκεκριμένη μέρα αναπαριστούν τον αριθμό των βαθμών Κελσίου όπου η μέση θερμοκρασία είναι κάτω ή

πάνω από μια δεδομένη τιμή. Οπότε οι ζητούμενοι ημερήσιοι-βαθμοί θέρμανσης είναι ο αριθμός των βαθμών Κελσίου όπου η μέση θερμοκρασία είναι κάτω από 18°C. Για παράδειγμα εάν μία μέρα έχει μέση θερμοκρασία 10 °C τότε οι ημερήσιοι-βαθμοί θέρμανσης είναι 8 °C. Το άθροισμα των ημερήσιων-βαθμών των ημερών όλου του μήνα αποτελούν τους ημερήσιους-βαθμούς θέρμανσης για κάθε μήνα.

3.4.1.2 Στοιχεία Τοπολογίας

3.4.1.2.1 Θέρμανση νερού χρήσης

Ο χρήστης εισάγει την κατά εκτίμηση απαιτούμενη ενέργεια για θέρμανση νερού χρήσης, ως ποσοστό της ετήσιας απαιτούμενης ενέργειας θέρμανσης.

Χαρακτηριστικές τιμές για την απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης νερού χρήσης κυμαίνονται από 10 έως 25 %. Για παράδειγμα, ένα νοσοκομείο θα χρησιμοποιήσει πιθανώς το 25% της ενέργειας θέρμανσής του στη θέρμανση νερού εσωτερικής χρήσης ενώ ένα κτίριο γραφείων μπορεί να χρησιμοποιήσει μόνο το 10%. Εάν δεν υπάρχει απαίτηση για ζεστό νερό χρήσης, ο χρήστης θα εισάγει 0.

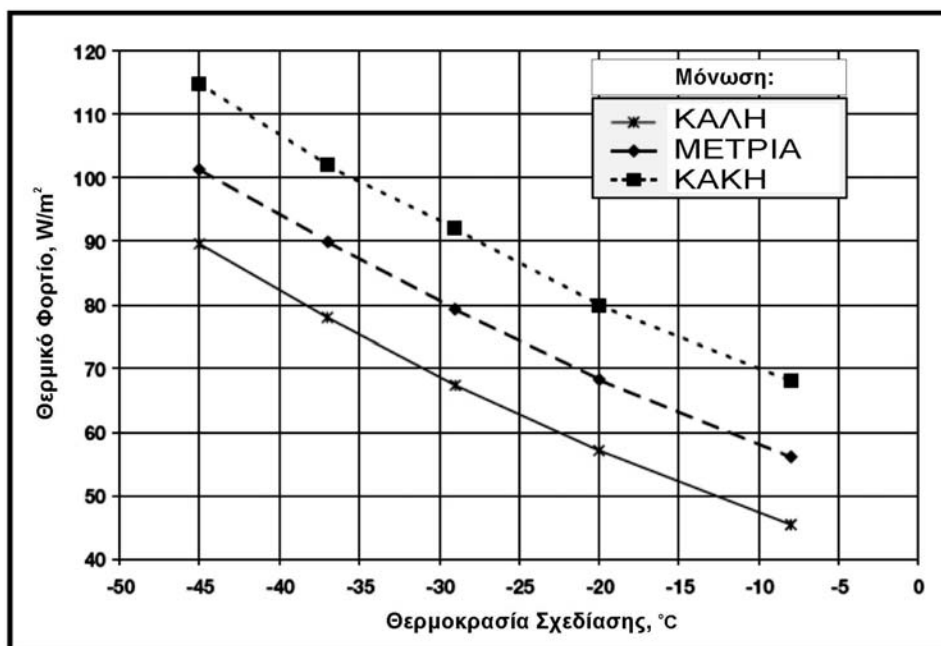
3.4.1.2.2 Συνολική θερμαινόμενη επιφάνεια

Μία ομάδα κτιρίων μπορεί να είναι οποιοσδήποτε αριθμός παρόμοιων κτιρίων που συνδέονται με ένα ενιαίο σημείο του συστήματος διανομής. Η *θερμαινόμενη επιφάνεια ανά κτίριο* είναι η επιφάνεια κάθε πατώματος που πρέπει να θερμανθεί, πολλαπλασιασμένη με τον αριθμό των πατωμάτων. Η θερμαινόμενη επιφάνεια της ομάδας είναι το γινόμενο της θερμαινόμενης επιφάνειας ανά κτίριο επί των αριθμό κτιρίων ανά ομάδα.

3.4.1.2.3 Θερμικό φορτίο για κάθε ομάδα κτιρίων

Το θερμικό φορτίο ενός κτιρίου είναι συνάρτηση της *Θερμοκρασίας Σχεδίασης* και της κατάστασης της μόνωσης του κτιρίου.

Τυπικές τιμές για οικιστικούς χώρους, κυμαίνονται από 42 έως 118 W/m². Το θερμικό φορτίο του κάθε κτιρίου της ομάδας μπορεί να προσδιοριστεί με βάση το Σχήμα 3.1.



Σχήμα 3.1: Καμπύλες θερμικού φορτίου-θερμοκρασίας σχεδίασης για διάφορα επίπεδα μόνωσης

3.4.1.2.4 Τύπος καυσίμου υπάρχοντος συστήματος θέρμανσης για κάθε ομάδα κτιρίων

Ο χρήστης επιλέγει τον τύπο καυσίμων που χρησιμοποιείται από το (υπάρχον) συμβατικό σύστημα θέρμανσης της κάθε συστάδας κτιρίων. Ένας κατάλογος κοινών καυσίμων παρέχεται στον εξελισσόμενο κατάλογο. Ο τύπος καυσίμου αντιστοιχείται στη θερμαντική αξία του που λαμβάνει τις ακόλουθες τιμές:

Πίνακας 3.5: Θερμαντική αξία για διάφορους τύπους χαρακτηριστικών καυσίμων

ΤΥΠΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΗ ΑΞΙΑ
Φυσικό αέριο	37,2MJ/m ³ (10,33kWh/m ³)
Προπάνιο	26,6MJ/L (7,39kWh/L)
Ντίζελ	38,7 MJ/L (10,74kWh/L)
Πετρέλαιο	40,5 MJ/L (11,25kWh/L)
Ηλεκτρισμός	1,0kWh/kWh

3.4.1.2.5 Εποχιακή απόδοση υπάρχοντος συστήματος θέρμανσης

Εισάγεται η μέση αποδοτικότητα του συμβατικού συστήματος θέρμανσης κατά τη διάρκεια της περιόδου χρήσης. Η τιμή αυτή χρησιμοποιείται για να υπολογίσει την οικονομική αξία του συστήματος και δεν έχει επίδραση στον υπολογισμό της ετήσιας παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας.

Χαρακτηριστικές τιμές της εποχιακής απόδοσης συστημάτων θέρμανσης παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.6. Αυτές οι τιμές πρέπει να μειωθούν κατά 10% εάν οι αγωγοί επεκτείνονται και εκτός του μονωμένου περιβάλλοντος (π.χ. στις σοφίτες).

Πίνακας 3.6: Ετήσια απόδοση για διάφορους τύπους συστημάτων

ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ	Τυπικές τιμές Ετήσιας Απόδοσης Συστήματος (%)
Τυπικοί λέβητες/κλίβανοι	60-70
Μέσης αποδοτικότητας λέβητες/κλίβανοι (με ανάφλεξη σπινθήρα)	70-80
Υψηλής αποδοτικότητας ή συμπίεσης λέβητες/κλίβανοι	80-90
Ηλεκτρικές αντιστάσεις	100
Αντλία θερμότητας αέρος	130-200
Αντλία θερμότητας εδάφους	300-350

3.4.1.3 Χαρακτηριστικά εναλλακτικού συστήματος θέρμανσης

Στη συνέχεια ο χρήστης ζητείται να ορίσει τα χαρακτηριστικά που θα έχει το σύστημα θέρμανσης με βιομάζα. Το σύστημα WHR ή/και Βιομάζας θα παράσχει την ενεργειακή απαίτηση θέρμανσης για το βασικό φορτίο, ενώ το σύστημα αιχμής φορτίου (εάν απαιτείται) θα είναι αυτό που θα ικανοποιεί την υπόλοιπη ενεργειακή απαίτηση που δεν ικανοποιείται από το σύστημα βασικού φορτίου.

3.4.1.3.1 Τύπος συστήματος

Οι τύποι του εναλλακτικού συστήματος που μπορούν να επιλεγθούν είναι ένας από τους ακόλουθους:

- Ανάκτηση θερμότητα από αέρια απόβλητα (WHR)
- Βιομάζα
- WHR και Βιομάζα

Το μοντέλο θεωρεί ότι το πλήρες ποσό ενέργειας που παράγεται από το σύστημα WHR θα χρησιμοποιηθεί προτού να παρασχεθεί η ενέργεια από το σύστημα θέρμανσης με βιομάζα.

3.4.1.3.2 Τύπος καυσίμου βιομάζας

Το μοντέλο αντιστοιχεί τον εισαγόμενο τύπο βιομάζας στην θερμαντική του αξία με βάση τις καταχωρημένες τιμές του Πίνακα 3.7. Εάν το διαθέσιμο καύσιμο δεν παρατίθενται στον Πίνακα 3.7, ο χρήστης επιλέγει κάποιο καύσιμο που έχει μια παρόμοια θερμαντική αξία. Να σημειώσουμε εδώ πως η θερμαντική αξία μπορεί να μεταβάλλεται ανάλογα με την προέλευση της βιομάζας. Γενικά ο φλοιός ενός δέντρου έχει υψηλότερη θερμαντική αξία από ότι το λευκό ξύλο. Η θερμαντική αξία μειώνεται επίσης όσο περνάει ο χρόνος από τη συγκομιδή.

Πίνακας 3.7: Θερμαντική Αξία διαφόρων τύπων καυσίμων βιομάζας σε Ξηρή Βάση

ΤΥΠΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΗ ΑΞΙΑ (HV)
	σε MJ/kg
Υπολείμματα εκχύλισης σακχάρου	18,369
Τύρφη	20,147
Φλούδα ρυζιού (ορυζοφλοιός)	14,622
Χορτάρι	17,933
Άχυρο σιταριού	17,702
Καυσόξυλα υψηλής Θ.Α.	19,760
Καυσόξυλα μετρίας Θ.Α.	18,673
Καυσόξυλα χαμηλής Θ.Α.	17,723

3.4.1.3.3 Περιεκτικότητα της βιομάζας σε υγρασία μετρημένη σε υγρή βάση

Για τα καύσιμα από ξύλο, η περιεκτικότητα σε υγρασία εκφράζεται κανονικά σε υγρή βάση. Σε περιπτώσεις, όπου είναι διαθέσιμες οι περιεκτικότητες σε υγρασία σε ξηρά βάση, μπορούν να μετατραπούν σε υγρή βάση εφαρμόζοντας την ακόλουθη σχέση:

$$m_{wb} = m_{db} / (1 + m_{db}) \quad (3.14)$$

όπου: m_{wb} η περιεκτικότητα υγρασίας σε υγρή βάση και m_{db} η περιεκτικότητα υγρασίας σε ξηρή βάση.

Χαρακτηριστικές τιμές για την περιεκτικότητα σε υγρασία του ξύλου κυμαίνονται από 10 έως 50 %. Πρόσφατα ψιλοτεμαχισμένο ξύλο (chips) έχει κατά μέσο όρο περιεκτικότητα σε υγρασία 40-55%. Καύσιμα που έχουν ξηρανθεί έως ότου φθάνουν μια περιεκτικότητα σε υγρασία από 30 ως 40%, είναι ιδανικά για τους περισσότερους μικρούς-εμπορικούς καυστήρες. Γενικά, καύσιμα με περιεκτικότητα σε υγρασία πάνω από 50-55% απαιτούν ξήρανση πριν να χρησιμοποιηθούν.

3.4.1.3.4 Πραγματική ισχύς λέβητα (ή συνολική ισχύ λεβήτων) βιομάζας

Ο χρήστης εισάγει την ισχύ του λέβητα ή την συνολική ισχύ των λεβήτων βιομάζας. Το μοντέλο θεωρεί ότι η ισχύς ισούται με την αποδιδόμενη θερμική ενέργεια του λέβητα αφού γενικά τα συστήματα βιομάζας βαθμονομούνται με βάση την αποδιδόμενη ενέργεια (δηλαδή την πραγματική τους ισχύ).

Τα σύγχρονα συστήματα βιομάζας έχουν συνήθως σταθερή απόδοση 80%. Εάν για κάποιο λόγο είναι γνωστή η ονομαστική ισχύς του λέβητα βιομάζας, τότε η πραγματική του ισχύς είναι ίση με το 80% της ονομαστικής του ισχύος .

3.4.1.3.5 Εποχιακή απόδοση λέβητα βιομάζας

Ο χρήστης εισάγει την εποχιακή απόδοση του λέβητα που αναφέρεται στις, χαμηλότερης αποδοτικότητας, συνθήκες μερικού φορτίου, που εμφανίζονται κατά τη διάρκεια του έτους. Σχετίζεται με το συγκεκριμένο μοντέλο λέβητα που έχει επιλεγεί

και τη θερμοκρασία λειτουργίας του συστήματος. Η εποχιακή απόδοση του λέβητα βιομάζας χρησιμοποιείται στον υπολογισμό της ετήσιας απαιτούμενης ποσότητας καυσίμου βιομάζας.

Χαρακτηριστικές τιμές για την εποχιακή απόδοση ενός λέβητα βιομάζας κυμαίνονται από 60 έως 90 %. Η εποχιακή απόδοση είναι χαρακτηριστικά υψηλότερη για τα συστήματα δύο καυστήρων από τα συστήματα ενός καυστήρα.

3.4.1.3.6 Τύπος καυσίμου συστήματος θέρμανσης αιχμής φορτίου

Το μοντέλο αντιστοιχεί τον εισαγόμενο τύπο συμβατικού καυσίμου στην θερμαντική του αξία με βάση τις καταχωρημένες τιμές του Πίνακα 3.5. Εάν ο χρήστης επιλέξει για σύστημα θέρμανσης αιχμής φορτίου ένα σύστημα βιομάζας, το μοντέλο θεωρεί ότι ο τύπος καυσίμου βιομάζας είναι ο ίδιος που επιλέχτηκε και στο βασικό σύστημα θέρμανσης (στην *Ενότητα* §3.4.1.3.2).

3.4.1.3.7 Απόδοση σταθερής κατάστασης συστήματος αιχμής φορτίου

Ο χρήστης εισάγει την απόδοση σταθερής κατάστασης του συστήματος αιχμής φορτίου, η οποία αναφέρεται σε συνθήκες πλήρους φορτίου.

Χαρακτηριστικές τιμές για την απόδοση σταθερής κατάστασης του συστήματος θέρμανσης αιχμής φορτίου κυμαίνονται από 50 ως 350% (αποδόσεις πάνω από 100% μπορούν να εμφανιστούν όταν το σύστημα θέρμανσης αιχμής φορτίου είναι μια αντλία θερμότητας). Η απόδοση σταθερής κατάστασης αιχμής φορτίου ποικίλει ανάλογα με το υψόμετρο, τον τύπο του συστήματος θέρμανσης, τις θερμοκρασίες σχεδίασης, κ.λ.π.

3.4.1.3.8 Εποχιακή απόδοση συστήματος αιχμής φορτίου

Ο χρήστης εισάγει τη εποχιακή απόδοση του συστήματος αιχμής φορτίου. Αυτή η τιμή είναι γενικά χαμηλότερη από την αποδοτικότητα σταθερής κατάστασης επειδή υπολογίζεται σε εποχιακή βάση. Η εποχιακή απόδοση του συστήματος αιχμής χρησιμοποιείται στον υπολογισμό της ετήσιας κατανάλωσης καυσίμου.

Χαρακτηριστικές τιμές εποχιακής απόδοσης για τα συστήματα αιχμής φορτίου είναι από 50 έως 350 %. (Βλέπε και Πίνακα.3.6.)

3.4.2 Υπολογισμοί και περιγραφή παραμέτρων εξόδου σχεδίασης εγκατάστασης

Στον Πίνακα 3.8 φαίνονται οι υπολογισμοί και τα αποτελέσματα εξόδου για την σχεδίαση της εγκατάστασης.

Πίνακας 3.8: Παράμετροι εξόδου σχεδίασης εγκατάστασης.

α/α	Περιγραφή Μεγέθους	Εξίσωση Εξαγωγής Περιγραφόμενου Μεγέθους	Μονάδα Μέτρησης
A) Θερμοκρασιακά χαρακτηριστικά εξεταζόμενης τοποθεσίας			
1)	Ετήσιοι Ημερήσιοι-Βαθμοί (κάτω των 18° C)	$DD_{year} = \sum_1^{12} [DD_{month-M}]$	(3.15) °C-day
2)	Ισοδύναμοι Ημερήσιοι-Βαθμοί για θέρμανση νερού χρήσης σε ετήσια βάση	$DD_{DHW} = \frac{DD_{year} \cdot DHW_{load}}{1 - DHW_{load}} / 365$	(3.16) °C-day/day
3)	Ισοδύναμες ώρες αιχμής φορτίου	$\Omega_{tot} = \sum_1^{12} [hrs_{month-M} \cdot \%P_{month-M}]$	(3.19) hrs
Οι υπολογισμοί των $hrs_{month-M}$ και $\%P_{month-M}$ γίνονται παρακάτω			
B) Στοιχεία Τοπολογίας			
4)	Ετήσια απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης για κάθε ομάδα	$Q_i = L_i \cdot S_i \cdot \Omega_{Tot} / 10^6$	(3.20) MWh
5)	Συνολική ετήσια απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης	$Q_{demand_{Total}} = \sum_1^N [Q_i]$	(3.21) MWh
6)	Αιχμή φορτίου για κάθε ομάδα κτιρίων	$P_{A_i} = L_i \cdot S_i \cdot 10^3$	(3.22) kW
7)	Συνολική αιχμή φορτίου	$P_A = \sum_1^N [P_{A_i}]$	(3.23) kW
8)	Ετήσια κατανάλωση κάθε καυσίμου	$F_i = Q_i \cdot \frac{1}{n_i} \cdot \frac{1}{hV_i} \cdot 10^3$	(3.24) σε L ή MWh
όπου hV_i η θερμογόνος δύναμη του καυσίμου και n_i η εποχιακή απόδοση του συστήματος			

α/α	Περιγραφή Μεγέθους	Τύπος Εξαγωγής Περιγραφόμενου Μεγέθους	Μονάδα Μέτρησης
Γ) Χαρακτηριστικά εναλλακτικού συστήματος θέρμανσης			
9)	Ποσοστό επί της αιχμής φορτίου που ικανοποιείται από το σύστημα j	$\%A_{p_j} = \frac{C_j}{P_A}$	(3.25) %
10)	Ισοδύναμες ώρες αιχμής φορτίου για το σύστημα j Από το διάγραμμα 4.3: Ω_j		hrs
11)	Ποσοστό επί της συνολικής (ετήσιας) απαιτούμενης ενέργειας θέρμανσης	$\%Q_j = \Omega_j / \Omega_{tot}$	(3.26) %
12)	Ετήσια αποδοθείσα ενέργεια του συστήματος j	$Q_j = \Omega_{tot} \cdot (\%Q_j) \cdot P_A / 10^3 = \Omega_j \cdot P_A / 10^3$	(3.27) MWh
13)	Θερμαντική αξία ετοιμόκαυστης βιομάζας (Καθαρή Θερμαντική αξία σε υγρή βάση)	$NHV = (HHV_{dry} - 8,94 \cdot 1,054 \cdot 0,002326 \cdot [H]) \cdot (1 - m_{wb}) - 1054 \cdot 0,002326 \cdot m_{wb}$	(3.31) MJ/t
	και:	$HHV_{dry} = 34,1 \cdot [C] + (102 + 2,449 \cdot 8,94) \cdot [H] - 9,85 \cdot [O] + 6,3 \cdot [N] + 19,1 \cdot [S]$	(3.32) MJ/t
14)	Απαιτούμενη ποσότητα βιομάζας σε ετήσια βάση	$F_{Bio} = \frac{Q_{Bio} \cdot 3600}{NHV \cdot n_{Bio}}$	(3.33) t
15)	Προτεινόμενη ισχύς συστήματος αιχμής φορτίου:	$C_{peak}^{suggested} = \frac{C_x}{C_p^{steady}}$	(3.34) kW
	όπου:	$C_x = \begin{cases} 0, & \text{εάν } [C_{WHR} + C_{bio}] > Q_{tot} \\ Q_{tot} - [C_{WHR} + C_{bio}], & \text{αλλιώς} \end{cases}$	
16)	Προτεινόμενη ισχύς εφεδρικού λέβητα- [Προαιρετικός]	$C_{back-up}^{suggested} = \text{MAX} [C_{WHR}, C_{Bio}, C_{peak}]$	(3.35) kW

Στη συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικότερα κάποιες από τις παραμέτρους του Πίνακα 3.8.

3.4.2.1 Θερμοκρασιακά χαρακτηριστικά εξεταζόμενης τοποθεσίας

3.4.2.1.1 Ισοδύναμοι Ημερήσιοι-Βαθμοί για θέρμανση νερού χρήσης

Η απαίτηση σε θέρμανση νερού χρήσης τέθηκε σαν ποσοστό της ετήσιας απαιτούμενης ενέργειας θέρμανσης, η οποία είναι ανάλογη των Ημερήσιων-Βαθμών θέρμανσης, όπως προκύπτουν από τα κλιματολογικά δεδομένα της περιοχής. Για να

συμπεριληφθεί και η απαιτούμενη ενέργεια για τη θέρμανση του νερού χρήσης στον υπολογισμό της συνολικά απαιτούμενης θερμικής ενέργειας, το μοντέλο υπολογίζει έναν *ισοδύναμο* αριθμό Ημερ.-Βαθμών που αντιστοιχεί στη παρασκευή ζεστού νερού χρήσης.

$$DD_{DHW} = \frac{DD_{year} \cdot DHW_{load}}{1 - DHW_{load}} / 365 \quad (3.16)$$

Χαρακτηριστικές τιμές για ισοδύναμους ημερήσιους-βαθμούς για θέρμανση νερού χρήσης κυμαίνονται από 2 έως 10 Ημερ.-Βαθμούς/Μέρα. Μια χαμηλή απαίτηση θέρμανσης νερού χρήσης είναι ισοδύναμη με 2 Ημερ.-Βαθμούς/Μέρα ενώ μια υψηλή απαίτηση θέρμανσης νερού χρήσης (π.χ. νοσοκομείο) είναι ισοδύναμη με 6 έως 10 Ημερ.-Βαθμούς/Μέρα. Εάν δεν υπάρχει απαίτηση για ζεστό νερό χρήσης το μοντέλο θέτει τιμή 0.

3.4.2.1.2 Ισοδύναμες ώρες αιχμής φορτίου

Αντιπροσωπεύει την ετήσια απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης προς το θερμικό φορτίο αιχμής για μια συγκεκριμένη περιοχή. Αυτή η τιμή εκφράζεται σε ώρες και είναι ισοδύναμη με τον αριθμό ωρών που ένα σύστημα θέρμανσης, που λειτουργεί αποδίδοντας το φορτίο αιχμής, χρειάζεται να λειτουργήσει ώστε να ικανοποιηθεί η ετήσια απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης. Χαρακτηριστικές τιμές για τις ισοδύναμες ώρες πλήρους φορτίου είναι από 1.500 έως 4.200 ώρες. Το εύρος αυτό αυξάνεται εάν το σύστημα έχει υψηλό φορτίο ζεστού νερού χρήσης.

Για τον υπολογισμό των ισοδύναμων ωρών αιχμής φορτίου (Ω_{Tot}) το μοντέλο κατατάσσει τους μήνες με βάση το μέσο όρο των ημερήσιων βαθμών θέρμανσης κάθε μήνα $(DD/day)_M$. Έτσι ορίζονται δώδεκα σημεία μέσα στον ετήσιο κύκλο, καθένα από τα οποία τοποθετείται στο μέσο κάθε μήνα M , και λαμβάνει την τιμή $(DD/day)_M$. Συνεπώς ο όρος $(DD/day)_M$ παραμένει σταθερός κατά την ήμισυ χρονική διάρκεια του μηνός M συν την ήμισυ χρονική διάρκεια του μηνός $M+1$. Η διάρκεια αυτή για κάθε μήνα, σε ώρες, δίνεται από την σχέση:

$$hrs_{month-M} = [(days_{month\ M} + days_{month\ M+1})/2] \cdot 24 \quad (3.17)$$

όπου $days_{month\ M}$ και $days_{month\ M+1}$ ο αριθμός των ημερών των μηνών M και $M+1$ αντίστοιχα.

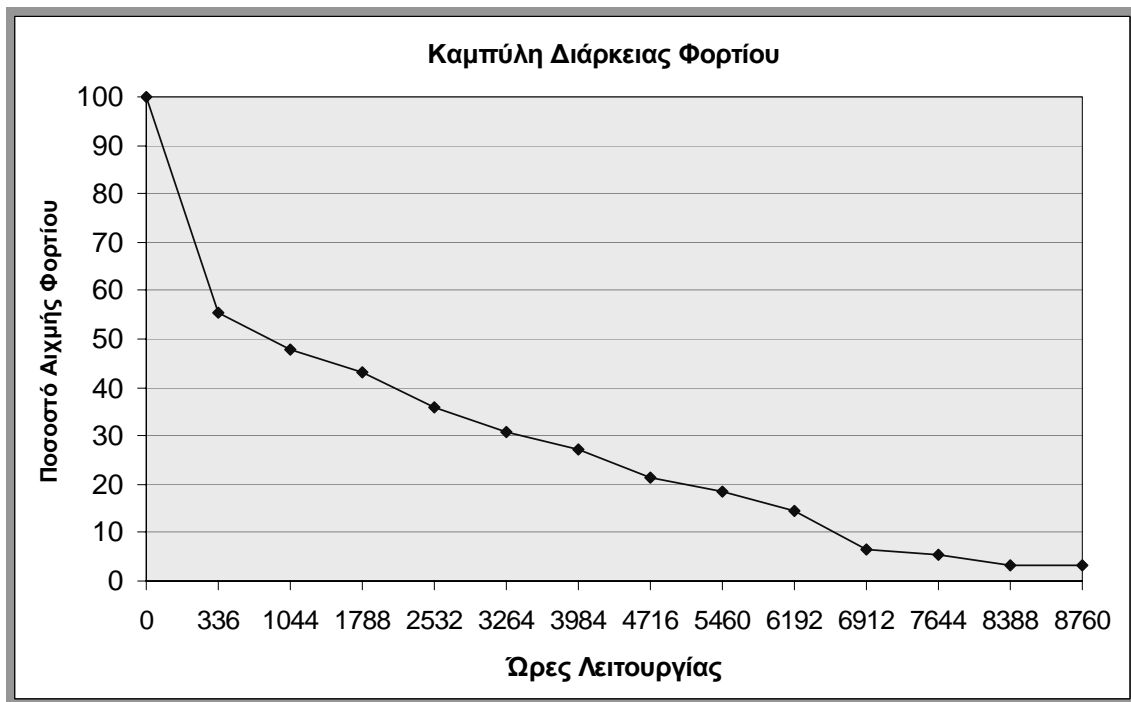
Με βάση τα θερμοκρασιακά δεδομένα της περιοχής και την απαίτηση σε θέρμανση νερού χρήσης (εάν υπάρχει) υπολογίζεται το ποσοστό της αιχμής φορτίου¹ για κάθε χρονική περίοδο $hrs_{month-M}$:

¹ Γνωρίζουμε από την φυσική ότι η ποσότητα θερμότητας που απαιτείται για την αύξηση της θερμοκρασίας μιας μάζας m από T_1 σε T_2 είναι προσεγγιστικά ανάλογη της μεταβολής θερμοκρασίας $\Delta T = T_2 - T_1$. Έτσι ο παρονομαστής του κλάσματος (3.18) περιγράφει την μέγιστη ανύψωση θερμοκρασίας που πρέπει να πετύχει το σύστημα θέρμανσης, αποδίδοντας το μέγιστο θερμικό φορτίο P_A , κι ο αριθμητής περιγράφει την μέση ανύψωση θερμοκρασίας που πρέπει να πετύχει το σύστημα θέρμανσης σε κάθε χρονική περίοδο $hrs_{month-M}$, αποδίδοντας φορτίο P' . Ο λόγος P'/P_A είναι σταθερός κατά τη χρονική περίοδο $hrs_{month-M}$, για όλες τις εγκαταστάσεις σε αυτά τα κλιματολογικά δεδομένα και με αυτή την απαίτηση θέρμανσης νερού χρήσης.

$$\%P_{\text{month-M}} = \frac{(DD/day)_M + DD_{DHW}}{180C - T_{\min}} \cdot 100 \cdot f_{\text{cor-M}} \quad (3.18)$$

όπου $f_{\text{cor-M}}$ ένας διορθωτικός συντελεστής για κάθε μήνα που είναι ενδεικτικός του κινδύνου, να υπάρξει ταυτόχρονη κατανάλωση, από όλες τις ομάδες κτιρίων στον ίδιο υψηλό βαθμό.

Η ποσοστιαία κατανομή της αιχμής φορτίου κατά τη διάρκεια του έτους (καμπύλη διάρκειας φορτίου) έχει τη μορφή του διαγράμματος του Σχήματος 3.2.²



Σχήμα 3.2: Παράδειγμα καμπύλης διάρκειας φορτίου.

Οι ισοδύναμες ώρες αιχμής φορτίου για την εγκατάσταση υπολογίζονται από το εμβαδόν της επιφάνειας κάτω από την καμπύλη:

$$\Omega_{\text{tot}} = \sum_1^{12} [\text{hrs}_{\text{month-M}} \cdot \%P_{\text{month-M}}] \quad (3.19)$$

² Οι ώρες έχουν ταξινομηθεί όχι ημερολογιακά αλλά με βάση το μέσο όρο των ημερήσιων βαθμών θέρμανσης κάθε μήνα $(DD/day)_M$. Η φυσική σημασία του διαγράμματος είναι η εξής: Την ώρα 0 η απαιτούμενη θερμότητα είναι ίση με το 100% του φορτίου αιχμής. Την 336^η ώρα η απαιτούμενη θερμότητα είναι ίση με το 55,6% του φορτίου αιχμής κ.ο.κ. Εάν το σύστημα θέρμανσης λειτουργούσε μόνιμα αποδίδοντας την αιχμή φορτίου σε ποσοστό 100%, τότε για να αποδώσει την ετήσια απαιτούμενη θερμότητα θα πρέπει να λειτουργήσει Ω_{tot} ώρες.

3.4.2.2 Στοιχεία Τοπολογίας

3.4.2.2.1 Αιχμή φορτίου

Πρόκειται για το συνολικό μέγιστο θερμικό φορτίο του κτιριακού συγκροτήματος, που είναι η θερμική ισχύς που απαιτείται ώστε να αποδοθεί το μέγιστο θερμικό ενεργειακό φορτίο του χρόνου και το οποίο αφορά συνήθως την πιο κρύα μέρα του χρόνου. Ισούται με το γινόμενο του θερμικού φορτίου του κτιρίου επί την επιφάνεια του:

$$P_{A_i} = L_i \cdot S_i \cdot 10^3 \quad (3.22)$$

Η συνολική αιχμή φορτίου του συστήματος ισούται με το άθροισμα των αιχμών φορτίου κάθε ομάδας κτιρίων:

$$P_A = \sum_1^N [P_{A_i}] \quad (3.23)$$

3.4.2.2.2 Ετήσια κατανάλωση καυσίμου υπάρχοντος συστήματος θέρμανσης

Η ποσότητα καυσίμου που καταναλώνεται ετησίως από το συμβατικό σύστημα θέρμανσης κάθε ομάδας κτιρίων i δίνεται από τη σχέση:

$$F_i = Q_i \cdot \frac{1}{n_i} \cdot \frac{1}{hV_i} \cdot 10^3 \quad (3.24)$$

όπου hVi η θερμογόνος δύναμη του καυσίμου που χρησιμοποιείται και n_i η εποχιακή απόδοση του συστήματος.

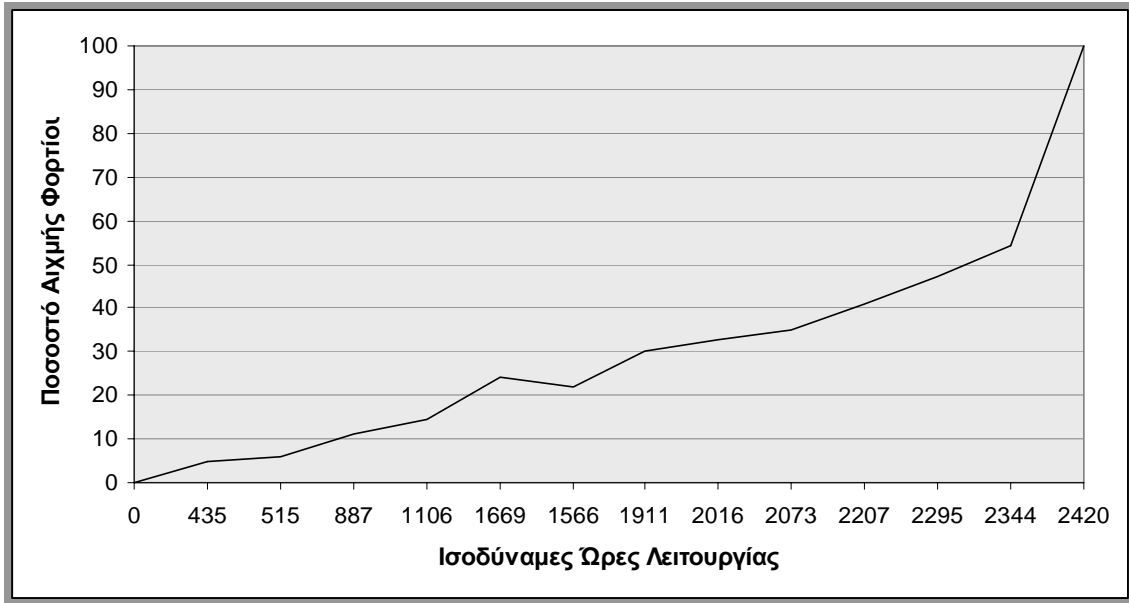
3.4.2.3 Χαρακτηριστικά εναλλακτικού συστήματος θέρμανσης

3.4.2.3.1 Μεθοδολογία υπολογισμού των ενεργειακών αποδόσεων του εναλλακτικού συστήματος θέρμανσης (έστω j):

Βήμα 1: Το μοντέλο κατασκευάζει ένα διάγραμμα του ποσοστού αιχμής φορτίου που μπορεί να αποδοθεί κατά τη διάρκεια των ισοδύναμων ωρών λειτουργίας αιχμής φορτίου, με βάση τα απαιτούμενα φορτία θέρμανσης [Σχήμα 3.3].

Βήμα 2: Στη συνέχεια υπολογίζει το ποσοστό της αιχμής φορτίου που μπορεί να ικανοποιηθεί από το εναλλακτικό σύστημα j με βάση τη σχέση:

$$\%A_{p_j} = \frac{C_j}{P_A} \quad (3.25)$$



Σχήμα 3.3: Ποσοστό της αιχμής φορτίου στη διάρκεια του χρόνου

Βήμα 3: Από το διάγραμμα του Σχήματος 3.3 το μοντέλο βρίσκει σε πόσες ισοδύναμες ώρες λειτουργίας αιχμής φορτίου αντιστοιχεί η τιμή ${}^{\%A}p_j$.

Έστω Ω_j

Βήμα 4: Η ετήσια αποδοθείσα ενέργεια του συστήματος j δίνεται από τη σχέση:

$$Q_j = \Omega_j \cdot P_A / 10^3 \quad (3.26)$$

Το ποσοστό της συνολικής ετήσιας απαιτούμενης ενέργειας θέρμανσης που ικανοποιείται από το σύστημα j είναι:

$${}^{\%}Q_j = \Omega_j / \Omega_{tot} \quad (3.27)$$

3.4.2.3.2 Συνδυασμός ενεργειακών αποδόσεων

α) Βασικό Σύστημα

Εάν το εναλλακτικό σύστημα θέρμανσης αποτελείται από συνδυασμό συστήματος WHR και συστήματος Βιομάζας τότε το μοντέλο θεωρεί ότι το πλήρες ποσό ενέργειας που παράγεται από το σύστημα WHR θα χρησιμοποιηθεί προτού να παρασχεθεί η ενέργεια από το σύστημα θέρμανσης με βιομάζα.

Έτσι, στην παραπάνω μεθοδολογία αλλάζει ο τρόπος υπολογισμού των ισοδύναμων ωρών λειτουργίας του συστήματος Βιομάζας. Ο νέος τρόπος υπολογισμού περιγράφεται στη συνέχεια.

Αρχικά υπολογίζεται το ποσοστό:

$${}^{\%A}p_{Bio+WHR} = (C_{Bio} + C_{WHR}) / P_A \quad (3.25a)$$

Από το διάγραμμα του Σχήματος 3.3 το μοντέλο βρίσκει σε πόσες ισοδύναμες ώρες λειτουργίας αιχμής φορτίου (έστω $\Omega_{\text{Bio+WHR}}$) αντιστοιχεί η τιμή ${}^{\%A}p_{\text{Bio+WHR}}$.

Οι ισοδύναμες ώρες πλήρους φορτίου (Ω_{Bio}) για το σύστημα βιομάζας θα είναι:

$$\Omega_{\text{Bio}} = \Omega_{\text{Bio+WHR}} - \Omega_{\text{WHR}} \quad (3.28\alpha)$$

Η ετήσια αποδοθείσα ενέργεια (Q_{Bio}) και το ποσοστό της συνολικής ετήσιας απαιτούμενης ενέργειας θέρμανσης για το σύστημα βιομάζας υπολογίζονται ως άνω (Βήμα 4).

β) Σύστημα Αιχμής Φορτίου

Εάν στο εναλλακτικό σύστημα θέρμανσης απαιτείται η χρήση και ενός συστήματος αιχμής φορτίου τότε, το μοντέλο θεωρεί ότι το πλήρες ποσό ενέργειας που παράγεται από το βασικό σύστημα θα χρησιμοποιηθεί προτού να παρασχεθεί η ενέργεια από το σύστημα αιχμής.

Έτσι, στην παραπάνω μεθοδολογία αλλάζει ο τρόπος υπολογισμού των ισοδύναμων ωρών λειτουργίας του συστήματος αιχμής. Ο νέος τρόπος υπολογισμού περιγράφεται στη συνέχεια.

Αρχικά υπολογίζεται το ποσοστό:

$${}^{\%A}p_{\text{Bio+WHR+Peak}} = (C_{\text{Bio}} + C_{\text{WHR}} + C_{\text{peak}}) / P_A \quad (3.25\beta)$$

Από το διάγραμμα του Σχήματος 3.3 το μοντέλο βρίσκει σε πόσες ισοδύναμες ώρες λειτουργίας αιχμής φορτίου (έστω $\Omega_{\text{Bio+WHR+peak}}$) αντιστοιχεί η τιμή ${}^{\%A}p_{\text{Bio+WHR+Peak}}$.

Οι ισοδύναμες ώρες πλήρους φορτίου (Ω_{peak}) για το σύστημα αιχμής θα είναι:

$$\Omega_{\text{peak}} = \Omega_{\text{Bio+WHR+peak}} - \Omega_{\text{WHR}} - \Omega_{\text{Bio}} \quad (3.28\beta)$$

Η ετήσια αποδοθείσα ενέργεια (Q_{peak}) και το ποσοστό της συνολικής ετήσιας απαιτούμενης ενέργειας θέρμανσης για το σύστημα αιχμής φορτίου υπολογίζονται ως άνω (Βήμα 4).

3.4.2.3.3 Θερμαντική αξία ετοιμόκαυστης βιομάζας

Είναι το ενεργειακό περιεχόμενο 1 τόνου του συγκεκριμένου καυσίμου σε υγρή βάση και υπολογίζεται χρησιμοποιώντας την ξηρά θερμαντική αξία της βιομάζας και το περιεχόμενο της σε υγρασία. (σε MJ/t). Όπου:

- NHV: Η ζητούμενη Καθαρά Θερμαντική Αξία (ετοιμόκαυστης βιομάζας)
- HHV_{dry}: Η Μέγιστη Θερμαντική Αξία σε Ξηρή Βάση
- m_{wb} : Η περιεκτικότητα της βιομάζας σε υγρασία σε Υγρή Βάση

- [H],[C], [O], [N] και [S]: Η περιεκτικότητα του επιλεγμένου τύπου βιομάζας σε Υδρογόνο, Άνθρακα, Οξυγόνο, Άζωτο και Θείο αντίστοιχα. Τυπικές τιμές δίνονται στον Πίνακα 3.9.

Πίνακας 3.9: Σύσταση διαφόρων τύπων βιομάζας

Τύπος Καυσίμου Βιομάζας	Άνθρακας C	Υδρογόνο H	Οξυγόνο O	Άζωτο N	Θείο S	Στάχτη
Υπολείμματα εκχύλισης σακχάρου	48,64%	5,87%	42,85%	0,16%	0,04%	2,44%
Τύρφη	51,20%	5,70%	33,20%	1,40%	0,30%	8,20%
Φλούδα ρυζιού	38,83%	4,75%	35,59%	0,52%	0,05%	20,26%
Χορτάρι	47,45%	5,75%	42,37%	0,74%	0,08%	3,61%
Άχυρο σιταριού	46,96%	5,69%	42,41%	0,43%	0,19%	4,32%
Καυσόξυλα υψηλής HV	52,10%	5,70%	38,90%	0,20%	0,00%	3,10%
Καυσόξυλα μέτριας HV	48,85%	6,04%	42,64%	0,71%	0,06%	1,70%
Καυσόξυλα χαμηλής HV	52,00%	4,00%	41,70%	0,30%	0,00%	2,00%

3.4.2.3.4 Προτεινόμενη ισχύς συστήματος αιχμής

Εάν η απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης ικανοποιείται από τη συνολική ισχύ των συστημάτων WHR και Βιομάζας τότε δεν απαιτείται η χρήση συστήματος αιχμής φορτίου:

$$C_{peak}^{suggested} = 0 \quad (3.34\alpha)$$

Εάν η απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης δεν ικανοποιείται από τη συνολική ισχύ των συστημάτων WHR και Βιομάζας τότε η προτεινόμενη ισχύς του συστήματος αιχμής ισούται με:

$$C_{peak}^{suggested} = \frac{Q_{tot} - [C_{WHR} + C_{Bio}]}{n_p^{steady}} \quad (3.34\beta)$$

3.4.2.3.5 Προτεινόμενη ισχύς εφεδρικού συστήματος θέρμανσης

Το μοντέλο προτείνει εφεδρική ισχύ ίση με την ισχύ της μεγαλύτερης μονάδας της εγκατάστασης.

3.4.2.4 Σύνοψη ενεργειακών αποδόσεων εναλλακτικού συστήματος θέρμανσης

3.4.2.4.1 Συνολικά ετήσια αποδοθείσα ενέργεια θέρμανσης

Η συνολική ενέργεια που αποδίδεται από το εναλλακτικό σύστημα θέρμανσης θα ισούται με το άθροισμα των αποδοθεισών ενεργειών των συστημάτων WHR, Βιομάζας και αιχμής φορτίου:

$$Q_{ren-dlvr_{Tot}} = Q_{WHR} + Q_{Bio} + Q_{peak} \quad (3.29)$$

Ενώ το ποσοστό επί της απαιτούμενης ενέργειας θέρμανσης που αποδίδεται από το εναλλακτικό σύστημα θα είναι:

$$\%Q_{ren-dlvr_{Tot}} = \%Q_{WHR} + \%Q_{Bio} + \%Q_{peak} \quad (3.30)$$

Σημείωση: Στη γενικότερη περίπτωση θεωρείται ότι το συμβατικό σύστημα μπορεί να συνεχίσει να παράγει μέρος της απαιτούμενης ενέργειας θέρμανσης. Αυτό μπορεί να επιλεγεί εάν το εναλλακτικό σύστημα δεν μπορεί να παράσχει το 100% της απαιτούμενης ενέργειας θέρμανσης.

3.4.2.4.2 Ποσοστό της αιχμής φορτίου που μπορεί να αποδοθεί από το εναλλακτικό σύστημα

$$^Ap_{Tot} = ^Ap_{WHR} + ^Ap_{Bio} + ^Ap_{peak} \quad (3.36)$$

3.4.2.4.3 Απαιτούμενη ποσότητα βιομάζας σε ετήσια βάση

Η ποσότητα, σε τόνους, της βιομάζας που απαιτείται σε ετήσια βάση για την ικανοποίηση των θερμικών απαιτήσεων δίνεται από τη σχέση:

$$F_{Bio} = \frac{Q_{Bio} \cdot 3600}{NHV \cdot n_{Bio}} \quad (3.37)$$

3.4.2.4.4 Απαιτούμενη ποσότητα καυσίμου για το σύστημα αιχμής

Εάν το σύστημα αιχμής χρησιμοποιεί λέβητα βιομάζας, η ετήσια απαιτούμενη ποσότητα βιομάζας για το σύστημα αιχμής, θα δίνεται από τη σχέση:

$$F_{peak-(Bio)} = \frac{Q_{peak} \cdot 3600}{NHV \cdot n_{peak}} \quad (3.38)$$

Ενώ αν το σύστημα αιχμής χρησιμοποιεί συμβατικό καύσιμο (ή ηλεκτρισμό), η ετήσια κατανάλωση του θα δίνεται από τη σχέση:

$$F_{peak} = Q_{peak} \cdot \frac{1}{n_{peak}} \cdot \frac{1}{hV_{peak}} \cdot 10^3 \quad (3.39)$$

3.4.2.4.5 Ισοδύναμες Ώρες Πλήρους Απόδοσης

Οι ισοδύναμες ώρες πλήρους απόδοσης είναι ο λόγος της ενέργειας που αποδίδει το σύστημα (όπως υπολογίστηκε στην ενότητα §3.4.2.3) προς την πραγματική απόδοση του συστήματος:

$$E\Omega_{WHR} = (Q_{WHR} / C_{WHR}) \cdot 10^3 \quad (3.40)$$

$$E\Omega_{Bio} = (Q_{Bio} / C_{Bio}) \cdot 10^3 \quad (3.41)$$

$$E\Omega_{peak} = [Q_{peak} / (C_{peak} \cdot n_p^{steady})] \cdot 10^3 \quad (3.42)$$

3.4.3 Στοιχεία εισόδου σχεδίασης και κοστολόγησης δικτύου διανομής

Όπως έχει ήδη αναφερθεί στην εισαγωγή του Κεφαλαίου 3, το μοντέλο μπορεί να αξιολογήσει την εγκατάσταση ενός συστήματος βιομάζας για τις ανάγκες θέρμανσης μιας ολόκληρης κοινότητας μέσω τηλεθέρμανσης (τοπικό κεντρικό σύστημα θέρμανσης). Στα τοπικά κεντρικά συστήματα η μεταφορά της θερμότητας γίνεται με ένα δίκτυο μεγάλων υπόγειων και κατάλληλα μονωμένων αγωγών με τους οποίους εν συνεχεία συνδέονται οι, μικρότερης διαμέτρου, σωληνώσεις των ανεξάρτητων καταναλωτών.

Κάθε σωληνογραμμή θεωρείται ότι αποτελείται από δύο σωλήνες, έναν για την παροχή κι έναν για την επιστροφή του θερμού νερού, η οποία μπορεί να συνδέει είτε απευθείας τον ενεργειακό σταθμό με τα κτίρια είτε μέσω κάποιων υποσταθμών διανομής. *Κύρια* καλείται η σωληνογραμμή που συνδέει περισσότερα από ένα κτίρια με τον σταθμό παραγωγής, ενώ *Δευτερεύουσα* καλείται αυτή που συνδέει το κάθε κτίριο (ή ομάδα κτιρίων με όμοια φορτία) με το κεντρικό (κύριο) δίκτυο. Στην περίπτωση που το σύστημα θέρμανσης εξυπηρετεί μόνο ένα κτίριο (ή ομάδα κτιρίων με όμοια φορτία) τότε όλο το δίκτυο θεωρείται *δευτερεύον*.

Η διάμετρος των σωλήνων εξαρτάται από το φορτίο του συστήματος και την θερμοκρασία σχεδίασης του δικτύου.

Στο μοντέλο δεν περιλαμβάνονται οι υπολογισμοί των απωλειών του δικτύου διανομής, δεδομένου ότι αυτές μπορεί να εξαρτώνται από πάρα πολλούς διαφορετικούς παράγοντες. Για παράδειγμα, σε μια περιοχή που είναι καλυμμένη από χιόνι για μια μεγάλη χρονική περίοδο, οι απώλειες του δικτύου θα είναι μικρότερες από μια περιοχή με παρόμοιες θερμοκρασίες αλλά χωρίς κάλυψη χιονιού.

Στον Πίνακα 3.10 παρουσιάζονται τα δεδομένα εισόδου για την σχεδίαση του δικτύου διανομής τοπικού κεντρικού συστήματος θέρμανσης.

Πίνακας 3.10: Δεδομένα εισόδου δικτύου διανομής

α/α	Περιγραφή Μεγέθους	Σύμβολο	Μονάδα	
			Μέτρησης	Παρατηρήσεις
Στοιχεία δικτύου κεντρικής θέρμανσης				
1)	Θερμοκρασία σχεδίασης για τους σωλήνες παροχής	t_V	$^{\circ}C$	-
2)	Θερμοκρασία σχεδίασης για τους σωλήνες επιστροφής	t_r	$^{\circ}C$	-
3)	Συντελεστής προσαύξησης της κύριας σωλήνωσης	f_{main}^{size}	%	-
4)	Μήκος κύριας σωλήνωσης για κάθε τομέα	ℓ_{main-S}	m	-
5)	Σύνδεση ομάδας με τομέα σωλήνωσης	-	-	«ναι ή όχι»
6)	Συντελεστής προσαύξησης δευτερεύοντος δικτύου σωληνώσεων	f_{sec}^{size}	%	-

α/α	Περιγραφή Μεγέθους	Σύμβολο	Μονάδα	
			Μέτρησης	Παρατηρήσεις
7)	Μήκος δευτερεύοντος δικτύου σωληνώσεων <i>για κάθε ομάδα κτιρίων</i>	ℓ_{sec-i}	m	-
	Μέθοδος κοστολόγησης	-	-	Τυπική/Αναλυτική
8)	Τρόπος σύνδεσης υποσταθμών μεταφοράς	-	-	Άμεσος/Εμμεσος
<i>Σε περίπτωση που έχει επιλεγεί Αναλυτική μέθοδος κοστολόγησης</i>				
9)	Κόστος υποσταθμών μεταφοράς	$K_{station}$	χρημ. μονάδες	Για έμμεση σύνδεση
10)	Κόστος κυρίως δικτύου ανά τομέα	K_{main-S}	χρημ. μονάδες	-
11)	Κόστος δευτερεύοντος δικτύου ανά τομέα	K_{sec-i}	χρημ. μονάδες	-
<i>Σε περίπτωση που έχει επιλεγεί Τυπική μέθοδος κοστολόγησης</i>				
12)	Συντελεστής κόστους υποσταθμών μεταφοράς	$f_{Station}^{cost}$	%	Για έμμεση σύνδεση
13)	Συντελεστής κόστους κυρίως δικτύου σωληνώσεων	f_{main}^{cost}	%	-
14)	Συντελεστής κόστους δευτερεύοντος δικτύου σωληνώσεων	f_{sec}^{cost}	%	-
15)	Συντελεστής ισοτιμίας νομισμάτων	f_{exch}	\$/CAD	-

Στη συνέχεια περιγράφονται αναλυτικότερα κάποια από τα δεδομένα εισόδου του Πίνακα 3.10.

3.4.3.1 Θερμοκρασία σχεδίασης για τους σωλήνες παροχής και επιστροφής

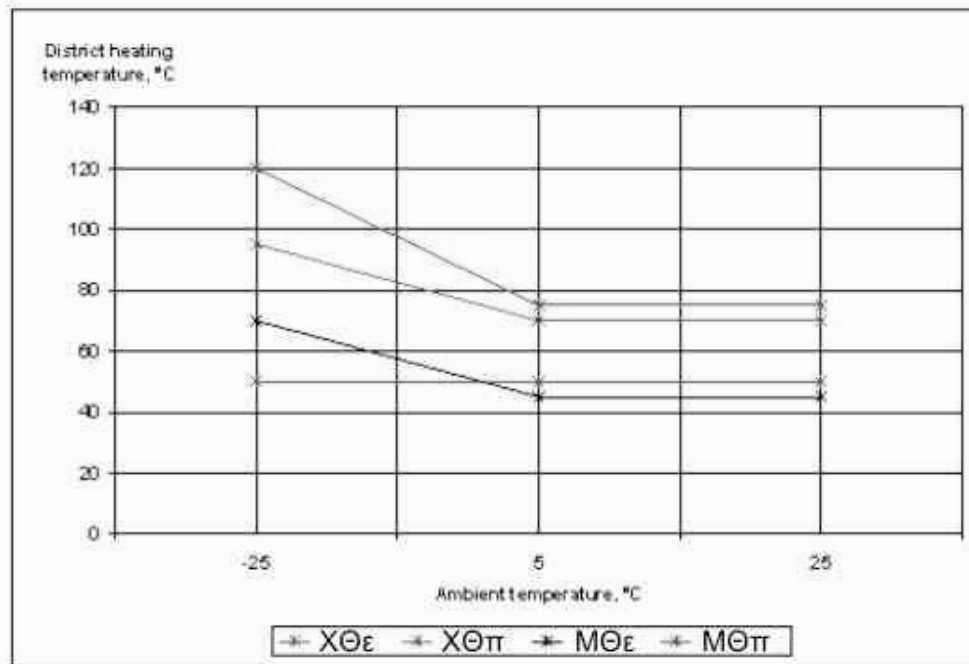
Πρόκειται για τις μέγιστες θερμοκρασίες του πρωτεύοντος μέσου που θα διακινηθεί στους σωλήνες κατά την παροχή και κατά την επιστροφή. Στο Σχήμα 3.3 φαίνονται τυπικές τιμές θερμοκρασιών σχεδίασης για τοπικό κεντρικό σύστημα θέρμανσης, σε σχέση με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Μέσης Θερμοκρασίας (ΜΘπ) παροχή είναι χαρακτηριστική για χαλύβδινες σωληνώσεις. Χαμηλής Θερμοκρασίας (ΧΘπ) παροχή είναι χαρακτηριστική για πλαστικές ή συνδυασμένες (πλαστικό και χάλυβας) σωληνώσεις.

Μέσης Θερμοκρασίας (ΜΘε) επιστροφή είναι χαρακτηριστική για τοπικά κεντρικά συστήματα θέρμανσης, που αποτελούνται τόσο από παλιά όσο και από νεότερα κτίρια. Χαμηλής Θερμοκρασίας (ΧΘε) επιστροφή αφορά κτίρια που έχουν ειδικά σχεδιαστεί για συνοικιακό κεντρικό σύστημα θέρμανσης.

Σημείωση 1: Γενικά τα τοπικά κεντρικά συστήματα θέρμανσης είναι σπανίως Υψηλής Θερμοκρασίας.

Σημείωση 2: Για την θερμοκρασία επιστροφής είναι επιθυμητή μια χαμηλή τιμή γιατί έτσι είναι δυνατή η μείωση της διαμέτρου των σωληνώσεων και επιτυγχάνεται μεγαλύτερη απόδοση του συστήματος ανάκτησης θερμότητας. Στα παλιά κτίρια, η θερμοκρασία επιστροφής είναι περίπου 75°C ενώ στα νεότερα μπορεί να επιτευχθεί και θερμοκρασία 50 °C.



Σχήμα 3.3: Τυπικές τιμές θερμοκρασίας σχεδίασης για τοπικό κεντρικό σύστημα θέρμανσης

3.4.3.2 Συντελεστής επαύξησης δικτύων

Το φορτίο που υπολογίζεται για κάθε τομέα του δικτύου, πολλαπλασιάζεται με το συντελεστή επαύξησης δικτύων ώστε να ικανοποιηθεί μία μελλοντική αύξηση του φορτίου. Οι συντελεστές αυτοί εισάγονται σε περίπτωση που αναμένεται ότι στο μέλλον θα υπάρξει αύξηση του φορτίου στο δίκτυο, εάν για παράδειγμα προστεθούν νέα κτίρια, ή επεκταθούν κάποια από τα υπάρχοντα.

3.4.3.3 Σύνδεση ομάδας με τομέα σωλήνωσης και μήκη κύριων σωληνογραμμών

Εδώ σχεδιάζεται το κυρίως δίκτυο διανομής. Εισάγεται το μήκος κάθε τομέα και ποιες ομάδες συνδέει ο κάθε τομέας.

3.4.3.4 Τρόπος σύνδεσης υποσταθμών μεταφοράς

Άμεση σύνδεση επιλέγεται εάν δεν χρησιμοποιούνται υποσταθμοί μεταφοράς. Σε αντίθετη περίπτωση επιλέγεται *Έμμεση* σύνδεση και ο χρήστης καλείται να ορίσει τα στοιχεία κόστους των υποσταθμών.

3.4.3.5 Είσοδος στοιχείων κόστους

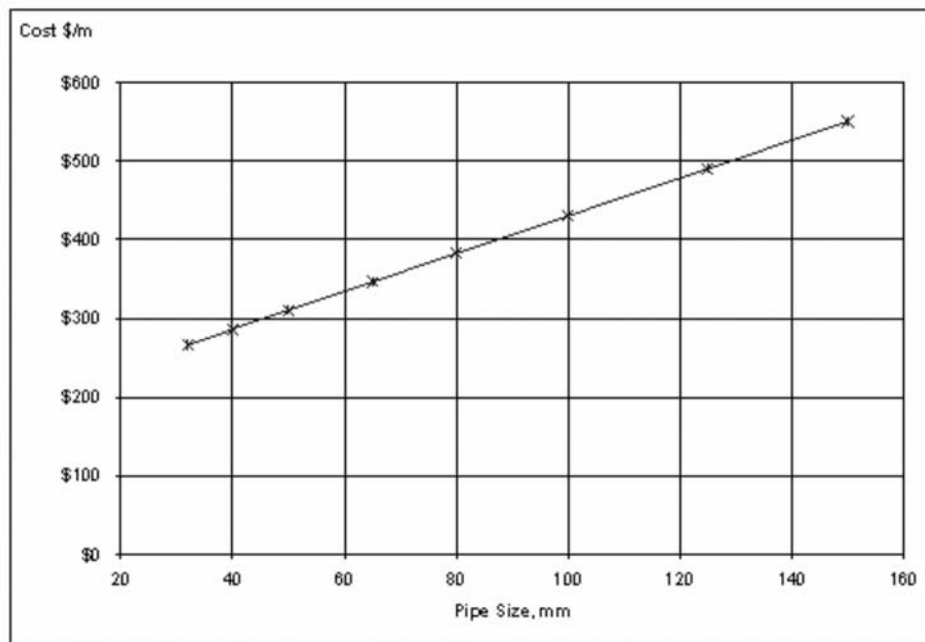
Σε περίπτωση που έχει επιλεγεί Αναλυτική μέθοδος κοστολόγησης

Ο χρήστης εισάγει τα κόστη για κάθε υποσταθμό μεταφοράς (εάν υπάρχει), και για κάθε τομέα του κυρίως και του δευτερεύοντος δικτύου σωληνώσεων.

Σε περίπτωση που έχει επιλεγεί Τυπική μέθοδος κοστολόγησης

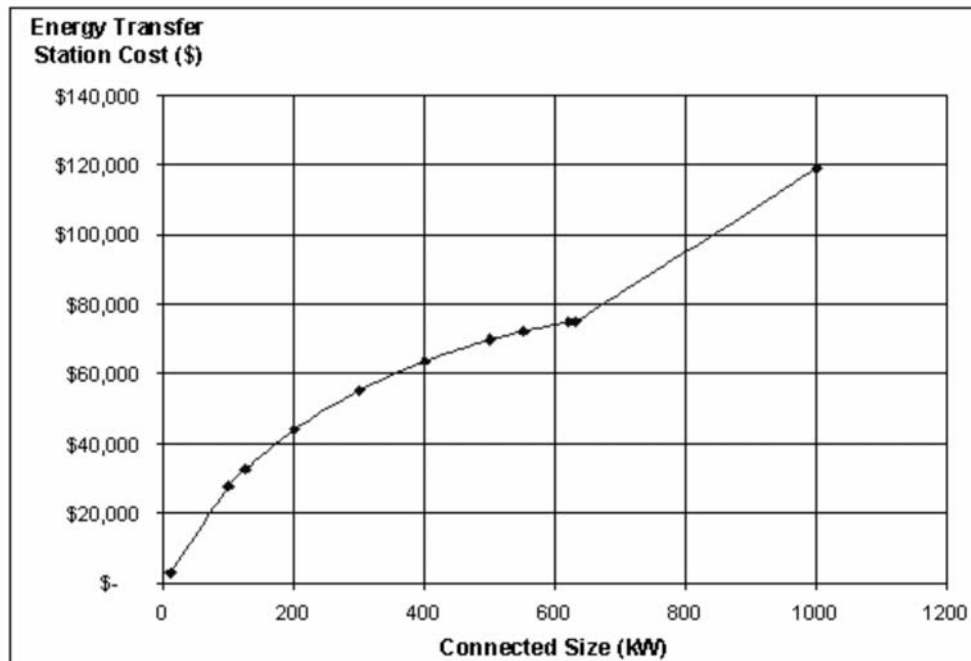
Οι δαπάνες που υπολογίζονται με τη Τυπική μέθοδο βασίζονται στις χαρακτηριστικές δαπάνες ενός έργου στον Καναδά τον Ιανουάριο του 2000 (βλέπε τα ακόλουθα γραφήματα). Ο χρήστης μπορεί να ρυθμίσει αυτές τις δαπάνες στις τοπικές συνθήκες χρησιμοποιώντας τους συντελεστές δαπανών και τον συντελεστή ισοτιμίας νομισμάτων.

Το μοντέλο υπολογίζει τις δαπάνες κατά την Τυπική μέθοδο κοστολόγησης με βάση τα παρακάτω γραφήματα:



Σχήμα 3.4: Τυπικές δαπάνες δικτύου σωληνώσεων (σε καναδικά δολάρια).

Σημείωση: Οι δαπάνες που υποδεικνύονται στο Σχήμα 3.4 συμπεριλαμβάνουν την προμήθεια και εγκατάσταση δύο σωλήνων για κάθε σωληνογραμμή, καθώς και το κόστος αντικατάστασης του πεζοδρομίου. Σε περίπτωση που στην περιοχή υπάρχουν και άλλα υπόγεια δίκτυα (π.χ. τηλεφώνου, γκαζιού, ηλεκτρικού, κ.λ.π.), το κόστος θα αυξάνει σημαντικά.



Σχήμα 3.5: Τυπικές δαπάνες υποσταθμών μεταφοράς (σε καναδικά δολάρια)

Σημείωση: Οι δαπάνες που υποδεικνύονται στο Σχήμα 3.5 συμπεριλαμβάνουν την προμήθεια και εγκατάσταση του υποσταθμού σε νέο κτίριο. Κάθε τέτοιος υποσταθμός αποτελείται από δύο μονάδες εναλλακτών θερμότητας (ένα για τη θέρμανση και ένα για το ζεστό νερό χρήσης), ενώ συνυπολογίζονται στις δαπάνες ο σχετικός μηχανισμός ελέγχου και το εσωτερικό δίκτυο σωληνώσεων.

3.4.4 Υπολογισμοί δεδομένων εξόδου δικτύου διανομής

3.4.4.1 Διαφορική θερμοκρασία σχεδίασης (Θερμοκρασία Δέλτα)

Η διαφορική θερμοκρασία σχεδίασης υπολογίζεται ως εξής:

$$T_{dif} = t_V - t_r \quad (\text{σε } ^\circ\text{C}) \quad (3.43)$$

3.4.4.2 Συνολικό μήκος σωληνώσεων

Είναι το άθροισμα των συνολικών μηκών του κυρίως και του δευτερεύοντος δικτύου (σε μέτρα).

$$\ell_{Total} = \sum_1^N (\ell_{main-S}) + \sum_1^N (\ell_{sec-i}) \quad (3.44)$$

3.4.4.3 Φορτίο για κάθε τομέα σωλήνωσης

Το πρότυπο υπολογίζει το θερμικό φορτίο για κάθε τομέα της κύριας σωλήνωσης αθροίζοντας τα επιμέρους φορτία των συστάδων i που συνδέονται με κάθε τομέα S . Το φορτίο για κάθε τομέα του δευτερεύοντος δικτύου είναι ακριβώς το φορτίο κάθε συστάδας.

3.4.4.4 Διάμετρος σωλήνωσης για κάθε τομέα

Το μοντέλο με βάση το επαυξημένο φορτίο κάθε τομέα σωλήνωσης και τη διαφορική θερμοκρασία σχεδίασης αντιστοιχεί στον τομέα το απαιτούμενο μέγεθος διαμέτρου που πρέπει να έχει ο σωλήνας. Επαυξημένο φορτίο κάθε τομέα είναι το φορτίο κάθε τομέα πολλαπλασιασμένο με τον συντελεστή επαύξης του δικτύου.

$$L_{oversized} = L \cdot (1 + f^{size}) \quad (\text{σε } W/m^2) \quad (3.45)$$

Η διαδικασία αντιστοίχισης έχει ως εξής:

Βήμα 1: Στις τυποποιημένες διαστάσεις σωλήνων (DN32 ως DN150) υπολογίζεται το ωφέλιμο φορτίο που μπορούν να διακινήσουν με βάση τη σχέση:

$$\Phi_{OPTIO} = \text{ΠΑΡΟΧΗ} \cdot \Theta_{ΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ} \text{ δέλτα}$$

Πραγματοποιώντας ταυτόχρονα και τις απαραίτητες μετατροπές μονάδων λαμβάνει τη μορφή:

$$L = d \cdot T_{dif} \cdot 4,185/3,6 \quad (\text{σε kW}) \quad (3.46)$$

Όπου: L το ωφέλιμο φορτίο σε (kW), d η παροχή σε (m^3/h), T_{dif} η διαφορική θερμοκρασία σχεδίασης σε ($^{\circ}C$) και οι συντελεστές μετατροπής των μονάδων:
 $kW/(T \cdot 4,185) = kg/s$ και $m^3/h = 3,6 \cdot [kg/s]$

Βήμα 2: Δημιουργείται ένας πίνακας αντιστοίχισης που έχει την μορφή:

Πίνακας 3.11: Πίνακας αντιστοίχισης

Ωφέλιμο φορτίο (kW)	DN	Παροχή (m^3/h)	ΕΠΙΛΟΓΗ
>0	32	1,8	DN 32
>63	32	1,8	DN 40
>94	40	2,7	DN 50
>202	50	5,8	DN 65
>419	65	12	DN 80
>732	80	21	DN 100
>1.256	100	36	DN 125
>2.267	125	65	DN 150
>3.836	150	110	N/A

Οι δύο μεσαίες στήλες του Πίνακα 3.11 είναι τυποποιημένες τιμές. Στην πρώτη στήλη δίνονται τα ωφέλιμα φορτία, όπως υπολογίστηκαν στο Βήμα 2.

Βήμα 3: Το μοντέλο αναζητεί την τιμή του επαυξημένου φορτίου κάθε τομέα σωλήνωσης στην στήλη των ωφέλιμων φορτίων και επιλέγει τη διάμετρο της σωλήνας με βάση την τελευταία στήλη του Πίνακα 3.11.

Σημείωση: Κατά τον υπολογισμό της διαμέτρου της δευτερεύουσας σωλήνωσης θα πρέπει να προσέξουμε το εξής: για κάθε ομάδα κτιρίων το φορτίο της σωλήνωσης ισούται με την αιχμή φορτίου για κάθε ομάδα διαιρεμένη με τον αριθμό των κτιρίων της κάθε ομάδας. Αυτό συμβαίνει γιατί έχουμε ορίσει σαν δευτερεύουσα σωλήνωση αυτή που συνδέει το κεντρικό δίκτυο με κάθε κτίριο ξεχωριστά. Μέχρι το σημείο δηλαδή που η σωλήνωση είναι

κοινή για έναν αριθμό κτιρίων σε μια συστάδα, τότε αυτό το κομμάτι θεωρείται σαν μέρος της κύριας γραμμής.

3.4.4.5 Υπολογισμός δαπανών σε περίπτωση που έχει επιλεγεί *Αναλυτική* μέθοδος κοστολόγησης

Ουσιαστικά, σε αυτήν την περίπτωση όλες οι δαπάνες έχουν οριστεί από τον χρήστη και το μοντέλο πραγματοποιεί μόνο τις απαιτούμενες αθροίσεις.

3.4.4.6 Υπολογισμός δαπανών σε περίπτωση που έχει επιλεγεί *Τυπική* μέθοδος κοστολόγησης

Το μοντέλο κοστολογεί το δίκτυο σωλήνωσης με βάση τιμές και δεδομένα που έχει καταχωρημένα σε συνδυασμό με τους συντελεστές κόστους που έχουν οριστεί από το χρήστη.

Ο υπολογισμός του κόστους της κύριας σωλήνωσης για κάθε τομέα γίνεται ως εξής:

$$K_{main-S} = \ell_{main-S} \cdot (\text{κόστος/μέτρο}) \cdot \int_{main}^{cost} \cdot f_{exch} \quad (3.47)$$

Ο υπολογισμός του κόστους της δευτερεύουσας σωλήνωσης για κάθε συστάδα γίνεται ως εξής:

$$K_{sec-i} = \ell_{sec-i} \cdot (\text{κόστος/μέτρο}) \cdot \int_{sec}^{cost} \cdot f_{exch} \quad (3.48)$$

Ο υπολογισμός του κόστους του κάθε υποσταθμού πραγματοποιείται με βάση την εμπειρική καμπύλη κόστους προς ισχύ του πίνακα2 σύμφωνα με τη σχέση:

$$K_{station} = \kappa \cdot (\text{αριθμός κτιρίων}) \cdot \int_{Station}^{cost} \cdot f_{exch} \quad (3.49)$$

όπου:

$$\kappa = \begin{cases} 119 \cdot Pa & \text{εάν } Pa > 625 \text{ kW} \\ 280 \cdot Pa & \text{εάν } Pa < 100 \text{ kW} \\ [-87.6 \cdot \ln(Pa) + 684] \cdot Pa & \text{εάν } 100 < Pa < 625 \end{cases}$$

Το κ σε χρημ. μονάδες/κτίριο και Pa η Αιχμή Φορτίου για κάθε κτίριο της συστάδας σε kW.

Η καμπύλη του Σχήματος 3.5 αυξάνει γραμμικά από την τιμή μηδέν της ισχύος μέχρι την τιμή 100 με κλίση 119 και από την τιμή 625 μέχρι τέλους της καμπύλης με κλίση 280. Στο διάστημα των τιμών από 100 ως 625 η καμπύλη αυξάνει λογαριθμικά.

3.5 ΜΕΛΕΤΗ ΜΕΙΩΣΗΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΑΕΡΙΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Τα αέρια θερμοκηπίου περιλαμβάνουν τον υδρατμό, το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), το μεθάνιο (CH_4), το διοξείδιο του αζώτου (N_2O), το όζον (O_3) και διάφορες τάξεις των ανθράκων φωτοστεφάνου (δηλαδή χημικές ουσίες που περιέχουν τον άνθρακα μαζί με το φθόριο, το χλώριο και το βρώμιο). Τα αέρια θερμοκηπίου επιτρέπουν στην ηλιακή ακτινοβολία να εισέλθει στη γήινη ατμόσφαιρα, αλλά αποτρέπουν την υπέρυθρη ακτινοβολία που εκπέμπεται από τη γήινη επιφάνεια από τη διαφυγή. Αντί αυτού, αυτή η εξερχόμενη ακτινοβολία απορροφάται από τα αέρια θερμοκηπίου και έπειτα μερικώς επανεκπέμπεται ως θερμική ακτινοβολία πίσω στη γη, θερμαίνοντας την επιφάνειά της. Τα αέρια θερμοκηπίου που είναι πιο σχετικά με την ανάλυση ενεργειακών έργων είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), το μεθάνιο (CH_4) και το διοξείδιο του αζώτου (N_2O). Αυτά τα αέρια εξετάζονται στην ανάλυση μείωσης εκπομπών αερίων θερμοκηπίου που ακολουθεί.

3.5.1 Βασικές έννοιες

3.5.1.1 Δυναμικό Ολικής Θέρμανσης (GWP)

Οι ερευνητές έχουν ορίσει τα *Δυναμικά Ολικής Θέρμανσης* (GWPs) για τα αέρια θερμοκηπίου ώστε να επιτρέψουν τις συγκρίσεις της σχετικής επίδρασής τους στο φαινόμενο παγίδευσης θερμότητας. Όσο υψηλότερο είναι το GWP ενός αερίου τόσο μεγαλύτερη η συμβολή του αερίου στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Παραδείγματος χάριν το διοξείδιο του αζώτου είναι 310 φορές πιο ενεργό από το διοξείδιο του άνθρακα στη παγίδευση θερμότητας στην ατμόσφαιρα.

Τα *Δυναμικά Ολικής Θέρμανσης* των αερίων ορίζονται με βάση το πόσο μεγαλύτερη είναι η συμβολή του κάθε αερίου στο φαινόμενο του θερμοκηπίου σε σχέση με το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), στο οποίο έχει δοθεί η τιμή 1 (δηλ., το GWP του CO_2 είναι 1 και το GWP του N_2O είναι 310).

Σημείωση: Στην ελληνική βιβλιογραφία το GWP αναφέρεται και ως ‘Δυναμικό Θέρμανσης του Πλανήτη’ ή ‘Δυναμικό Πλανητικής Αύξησης της Θερμοκρασίας’.

3.5.1.2 Συντελεστές εκπομπών αερίων CO_2 , CH_4 και N_2O

Οι συντελεστές εκπομπών αερίων CO_2 , CH_4 και N_2O αντιπροσωπεύουν τη μάζα του αερίου θερμοκηπίου που εκπέμπεται ανά μονάδα ενέργειας. Οι συντελεστές εκπομπών ποικίλουν για διαφορετικούς τύπους και ποιότητες των καυσίμων καθώς και για τους διαφορετικούς τύπους και μεγέθη των σταθμών παραγωγής ενέργειας. Χαρακτηριστικές τιμές για διάφορους τύπους καυσίμων δίνονται στον Πίνακα 3.12

Πίνακας 3.12: Συντελεστές εκπομπής αερίων θερμοκηπίου για κάθε τύπο καυσίμου

Τύπος Καυσίμου	Συντελεστές εκπομπής αερίων θερμοκηπίου ($G_{\text{gas-j}}$) (Kg/GJ)		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Ντίζελ	74,1	0,002	0,002
Βενζίνη	69,3	0,020	0,000
Κηροζίνη	71,9	0,007	6,002
Φυσικό αέριο	56,1	0,003	0,001
Προπάνιο	63,1	0,001	0,001

3.5.1.3 Απόδοση Μετατροπής των Καυσίμων

Η Απόδοση Μετατροπής των καυσίμων είναι η απόδοση της ενεργειακής μετατροπής από το αρχικό θερμικό δυναμικό σε πραγματική παραγωγή ισχύος της εγκατάστασης. Χαρακτηριστικές τιμές δίνονται στον Πίνακα 3.13.

Πίνακας 3.13: Αποδόσεις μετατροπής γνωστών καυσίμων σε ηλεκτρική ενέργεια.

Χρησιμοποιούμενος τύπος καυσίμου	Απόδοση καυσίμου
Πετρέλαιο	30%
Βιομάζα	25%
Άνθρακας	35%
Ντίζελ	30%
Φυσικό αέριο	45%
Προπάνιο	45%
Μεγάλες και μικρές υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις, γεωθερμική, αιολική και ηλιακή ενέργεια	100%

3.5.1.4 Δείκτης εκπομπής αερίων θερμοκηπίου

Αντιπροσωπεύει τη συνολική μάζα των αερίων θερμοκηπίου που εκπέμπεται ανά μονάδα ενέργειας μετρημένη σε ισοδύναμους τόνους αερίου CO₂.

3.5.2 Δεδομένα εισόδου μελέτης μείωσης αερίων θερμοκηπίου

Στον Πίνακα 3.14 παρουσιάζονται τα δεδομένα εισόδου για τη μελέτη μείωσης εκπομπών αερίων θερμοκηπίου.

Πίνακας 3.14: Δεδομένα εισόδου μελέτης μείωσης αερίων θερμοκηπίου

α/α	Περιγραφή Μεγέθους	Σύμβολο	Μονάδα Μέτρησης	Παρατηρήσεις
Ανάλυση μείωσης εκπομπών αερίων θερμοκηπίου				
Α) Συμβολή αερίων στην αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας				
1)	Ισοδύναμο δυναμικό (GWP) 1 τόνου CH ₄	GWP_{CH_4}	Τόνοι CO ₂	Ορίζονται από τον χρήστη μόνο εφόσον έχει επιλεγεί <i>Τυπική</i> ανάλυση
2)	Ισοδύναμο δυναμικό (GWP) 1 τόνου N ₂ O	GWP_{N_2O}	Τόνοι CO ₂	
Β) Χαρακτηριστικά συμβατικού συστήματος παραγωγής ηλεκτρισμού* ¹				
3)	Τύπος καυσίμου	-	-	Προσφέρονται επιλογές
4)	Ποσοστό συμμετοχής του κάθε καυσίμου <i>i</i> στην παραγωγή ενέργειας	p_i	%	Ως ποσοστό της συνολικής παρεχόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.
5)	Απώλειες μεταφοράς και διανομής	$J_{T\&D}$	%	-
6)	Συντελεστής εκπομπής CO ₂ για κάθε τύπο καυσίμου <i>i</i>	$G_{CO_2}^{i-base}$	Kg/GJ	Ορίζονται από το χρήστη μόνο εφόσον έχει επιλεγεί <i>Τυπική</i> ανάλυση
7)	Συντελεστής εκπομπής CH ₄ για κάθε τύπο καυσίμου <i>i</i>	$G_{CH_4}^{i-base}$	Kg/GJ	
8)	Συντελεστής εκπομπής N ₂ O για κάθε τύπο καυσίμου <i>i</i>	$G_{N_2O}^{i-base}$	Kg/GJ	
9)	Απόδοση Μετατροπής του καυσίμου <i>i</i> σε ενέργεια	n_{fuel_i}	%	
Γ) Χαρακτηριστικά συμβατικού συστήματος θέρμανσης				
9)	Συντελεστής εκπομπής CO ₂ για κάθε τύπο καυσίμου	$G_{CO_2}^{i-base}$	Kg/GJ	Ορίζονται από τον χρήστη μόνο εφόσον έχει επιλεγεί <i>Τυπική</i> ανάλυση ή εάν έχει επιλεγεί Άλλος σαν τύπος καυσίμου
10)	Συντελεστής εκπομπής CH ₄ για κάθε τύπο καυσίμου	$G_{CH_4}^{i-base}$	Kg/GJ	
11)	Συντελεστής εκπομπής N ₂ O για κάθε τύπο καυσίμου	$G_{N_2O}^{i-base}$	Kg/GJ	
Δ) Χαρακτηριστικά προτεινόμενου συστήματος θέρμανσης				
12)	Συντελεστής εκπομπής CO ₂ για κάθε τύπο καυσίμου	$G_{CO_2}^{i-ren}$	Kg/GJ	Ορίζονται από τον χρήστη μόνο εφόσον έχει επιλεγεί <i>Τυπική</i> ανάλυση
13)	Συντελεστής εκπομπής CH ₄ για κάθε τύπο καυσίμου	$G_{CH_4}^{i-ren}$	Kg/GJ	
14)	Συντελεστής εκπομπής N ₂ O για κάθε τύπο καυσίμου	$G_{N_2O}^{i-ren}$	Kg/GJ	

Σημείωση*¹: Σε περίπτωση που ούτε κάποιο από τα συμβατικά συστήματα θέρμανσης, ούτε το σύστημα θέρμανσης αιχμής φορτίου, καταναλώνει σαν καύσιμο ηλεκτρική ενέργεια, η ανάλυση αυτή ισχύει μόνο για την παρασιτική ηλεκτρική ενέργεια που χρησιμοποιείται για τις αντλίες, τους ανεμιστήρες και άλλο βοηθητικό εξοπλισμό, η οποία αντιπροσωπεύει ένα σχετικά μικρό ποσό ενέργειας.

3.5.3 Ενδιάμεσοι υπολογισμοί

3.5.3.1 Ποσοστό συμμετοχής του κάθε καυσίμου στην παραγωγή ενέργειας

Για να υπολογιστούν οι συντελεστές εκπομπής αερίων θερμοκηπίου για κάθε καύσιμο και στη συνέχεια για κάθε εγκατάσταση απαιτείται πρώτα να υπολογιστεί το ποσοστό συμμετοχής του κάθε καυσίμου στην παραγωγή ενέργειας, το οποίο αντιπροσωπεύει το λόγο της αποδιδόμενης ενέργειας του μεμονωμένου συστήματος προς τη συνολική αποδιδόμενη ενέργεια της εγκατάστασης.

Συγκεκριμένα για το συμβατικό σύστημα θέρμανσης και για κάθε μεμονωμένο σύστημα που καταναλώνει καύσιμο i θα είναι:

$$p_{i-base} = \frac{(Heating_Energy_delivered)_i - base}{(Heating_Energy_delivered)_{total} - base} \quad (3.50)$$

ενώ για το εναλλακτικό σύστημα θέρμανσης θα είναι:

$$p_{i-ren} = \frac{(Heating_Energy_delivered)_i - ren}{(Heating_Energy_delivered)_{total} - ren} \quad (3.51)$$

Για το διασυνδεδεμένο σύστημα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας οι τιμές λαμβάνονται από τον οργανισμό παροχής ηλεκτρικής ενέργειας (π.χ. τη ΔΕΗ για την Ελλάδα).

3.5.3.2 Συντελεστές απόδοσης μετατροπής καυσίμου σε ενέργεια

α) για το συμβατικό σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

Οι τιμές δίνονται παραπάνω στον Πίνακα 3.12

β) για τα συστήματα θέρμανσης (συμβατικό και εναλλακτικό)

Πρόκειται για την Εποχιακή Απόδοση κάθε Συστήματος ($n_{fuel-i}^{seasonal}$) που έχει εισαχθεί από τον χρήστη κατά την Μελέτη Σχεδίασης Εγκατάστασης & Δικτύων. Στο εξής θα αναφέρεται ως n_{fuel-i}

3.5.3.3 Συντελεστής εκπομπής αερίων θερμοκηπίου για κάθε καύσιμο

Είναι η συνολική μάζα αερίων θερμοκηπίων που εκπέμπονται από κάθε μεμονωμένο σύστημα που χρησιμοποιεί καύσιμο i . Μετριέται σε τόννους ισοδύναμης εκπομπής αερίου CO₂ ανά μεγαβατώρα παραδοθείσας ενέργειας θέρμανσης τελικής χρήσης (t CO₂/MWh).

α) για το σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

$$GHG_i = (G_{CO_2} + G_{CH_4} \cdot 21 + G_{N_2O} \cdot 310) \cdot \frac{1}{n_{fuel_i}} \cdot \frac{1}{1 - J_{T-D}} \quad (3.52)$$

όπου ο παράγοντας J_{T-D} παριστά τις απώλειες T-D (απώλειες μεταφοράς και διανομής του ηλεκτρισμού στα καλώδια του δικτύου), ως ποσοστό όλων των απωλειών ηλεκτρικής ενέργειας προς την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται.

β) για τα συστήματα θέρμανσης (συμβατικό και εναλλακτικό)

$$GHG_i = (G_{CO_2} + G_{CH_4} \cdot 21 + G_{N_2O} \cdot 310) \cdot \frac{1}{n_{fuel_i}} \quad (3.53)$$

3.5.3.4 Συντελεστής εκπομπής κάθε αερίου θερμοκηπίου j για όλη την εγκατάσταση

Χρησιμοποιείται συμπληρωματικά προς τον συντελεστή εκπομπής αερίων θερμοκηπίου για κάθε καύσιμο και δεν είναι απαραίτητος για τον υπολογισμό του Συντελεστή εκπομπής αερίων θερμοκηπίου για κάθε εγκατάσταση. Πρόκειται για τη μάζα κάθε αερίου θερμοκηπίου που εκπέμπει συνολικά η εγκατάσταση ανά μονάδα αποδιδόμενης ενέργειας.

α) για το σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

Αποτελούν το σταθμισμένο μέσο όρο των αποδόσεων μετατροπής καυσίμων και των απωλειών μεταφοράς και διανομής των διαφορετικών τύπων καυσίμων:

$$GHG_{gas-j} = G_{gas-j} \cdot \frac{p_i}{n_{fuel-i}} \cdot \frac{1}{1 - J_{T-D}} \quad (3.54)$$

β) για τα συστήματα θέρμανσης (συμβατικό και εναλλακτικό)

$$GHG_{gas-j} = G_{gas-j} \cdot \frac{p_i}{n_{fuel-i}} \quad (3.55)$$

3.5.3.5 Συντελεστής εκπομπής αερίων θερμοκηπίου για κάθε σύστημα

Πρόκειται για τη συνολική μάζα αερίων θερμοκηπίων που εκπέμπονται από κάθε σύστημα, μετρημένη σε ισοδύναμους τόνους αερίου CO_2 ανά μεγαβατώρα παραδοθείσας ενέργειας θέρμανσης τελικής χρήσης ($t CO_2/MWh$). Υπολογίζεται από το άθροισμα των γινομένων του ποσοστού συμμετοχής κάθε καυσίμου στην παραγωγή ενέργειας επί τον δείκτη εκπομπής αερίων θερμοκηπίου για κάθε καύσιμο:

$$GHG_{Total} = \sum_i (p_i \cdot GHG_i) \quad (3.56)$$

Ο συντελεστής εκπομπής αερίων θερμοκηπίου GHG_{Total}^{electr} του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας συμμετέχει τόσο στον υπολογισμό του GHG_{Total}^{conv} του συμβατικού συστήματος θέρμανσης, εφόσον κάποιο από τα μεμονωμένα συστήματα θέρμανσης χρησιμοποιεί ηλεκτρισμό, όσο και στο GHG_{Total}^{ren} του εναλλακτικού συστήματος θέρμανσης, εφόσον αυτό καταναλώνει ένα ποσό παρασιτικής ηλεκτρικής ενέργειας (συνήθως για την κίνηση συνοδευτικών εξαρτημάτων).

3.5.4 Υπολογισμός της μείωσης εκπομπής αερίων θερμοκηπίου

Το ετήσιο ποσό μείωσης της εκπομπής των αερίων θερμοκηπίου, σε τόνους CO₂ υπολογίζεται από το γινόμενο της ετήσιας παραδοθείσας ενέργειας επί την διαφορά των συντελεστών εκπομπής αερίων θερμοκηπίου για το συμβατικό και το εναλλακτικό σύστημα:

$$GHG_{Avoided} \text{ tones / yr} = (GHG_{Total}^{conv} - GHG_{Total}^{ren}) \cdot E_{annual-dlvd} \quad (3.57)$$

3.6 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

Στην ενότητα αυτή εξετάζεται η οικονομική βιωσιμότητα της επένδυσης σε μια εγκατάσταση ενός συστήματος θέρμανσης με βιομάζα, σε σύγκριση με ένα συμβατικό σύστημα. Το μοντέλο, λαμβάνοντας υπόψη τις συνολικές δαπάνες, και ωφέλειες του έργου καθώς και ένα σύνολο από οικονομικές παραμέτρους (τις τιμές των οποίων ορίζει ο χρήστης) υπολογίζει μια σειρά από δείκτες που σκοπό έχουν να καθοδηγήσουν τον αποφασίζοντα στη λήψη της τελικής απόφασης για την πραγματοποίηση ή μη της επένδυσης.

3.6.1 Η μέθοδος του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (IRR)

Ένας από τους σημαντικότερους κι ευρύτερα χρησιμοποιούμενους δείκτες για την αξιολόγηση επενδυτικών πλάνων για την παραγωγή ενέργειας είναι ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης [Internal Rate of Return (IRR)], ο οποίος υποδηλώνει την ανώτερη τιμή για το κόστος κεφαλαίου, για την οποία η επένδυση εξακολουθεί να είναι συμφέρουσα.

3.6.1.1 Η έννοια του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (IRR)

Κάθε επενδυτικό έργο χαρακτηρίζεται από εκροές και εισροές κεφαλαίου, που γενικά ονομάζονται ταμειακές ροές. Οι εκροές αποτελούν τα ποσά που προορίζονται για την εξόφληση των οφειλών της επένδυσης, σε τακτά χρονικά διαστήματα, ενώ οι εισροές αποτελούν τα έσοδα από την αξιοποίηση της εν λόγω επένδυσης. Ας σημειωθεί ότι η εξόφληση των οφειλών πραγματοποιείται με τη χρήση ενός επιτοκίου προεξόφλησης. Η χρησιμοποίηση του κριτηρίου του εσωτερικού βαθμού απόδοσης στηρίζεται στην έμμεση υπόθεση ότι οι καθαρές ταμειακές ροές (εισροές μείον εκροές κεφαλαίων) μπορούν να επανεπενδυθούν [Ζοπουνίδης]. Έτσι, θετικές ταμειακές ροές (R_t) θεωρούνται τα εκτιμώμενα έσοδα που θα εισπράττονται σε τακτά χρονικά

διαστήματα κατά τη διάρκεια ζωής του έργου (η οποία γενικά θεωρείται αβέβαιη) και αρνητικές ταμειακές ροές (D_t) θεωρούνται τα αντίστοιχα έξοδα. Επιπλέον, θεωρείται ότι r^* είναι το επιτόκιο προεξόφλησης που εξισώνει τις καθαρές ταμειακές ροές (C_t), δηλαδή τα έσοδα μείον τα έξοδα για μια περίοδο εμφάνισης ταμειακών ροών ($C_t = R_t - D_t$), του επενδυτικού έργου, με την αρχική δαπάνη του έργου. Αυτό σημαίνει ότι τα χρήματα που διατίθενται για ένα επενδυτικό έργο, μπορούν τελικά είτε να επενδυθούν στο έργο αυτό και οι καθαρές ταμειακές ροές να εισπράττονται σε τακτά διαστήματα για όλη τη διάρκεια ζωής του έργου, είτε να μην επενδυθούν στο έργο και να τοποθετηθούν σε διαφορετική επένδυση, με το ίδιο επιτόκιο r^* . Είναι σημαντικό να παρατηρηθεί ότι εάν η επανεπένδυση των χρημάτων (επανεπένδυση των καθαρών ταμειακών ροών) πραγματοποιηθεί με επιτόκιο διαφορετικό από το r^* είναι δυνατόν να οδηγήσει σε εσφαλμένη εκτίμηση της αποδοτικότητας του έργου. Ας σημειωθεί, ακόμη, ότι ένα επενδυτικό έργο μπορεί να έχει μια υπολειμματική αξία S_n , η οποία και θεωρείται η τελευταία του ταμειακή ροή.

Ωστόσο, το επιτόκιο r^* δεν αποτελεί μια αποδεκτή εκτίμηση της αποδοτικότητας ενός επενδυτικού έργου. Επίσης, οι καθαρές ταμειακές ροές του μπορούν να επανεπενδυθούν με επιτόκιο διαφορετικό από αυτό που θα επανεπενδυθούν τα χρήματα της αρχικής δαπάνης του έργου. Αν r_s το επιτόκιο αυτό, τότε $r_s \neq r^*$, οπότε και επιβάλλεται η εύρεση ενός επιτοκίου, έστω r' , για το οποίο θα εξισώνονται η αρχική δαπάνη επενδύμενη στο επιτόκιο r^* και οι ταμειακές ροές επενδύμενες στο επιτόκιο r' , για όσες περιόδους εμφανίζονται ταμειακές ροές στη διάρκεια ζωής του έργου. Για παράδειγμα, εάν έχουμε τέσσερις περιόδους εμφάνισης ταμειακών ροών, τότε πρέπει να ισχύει η παρακάτω σχέση:

$$I \cdot (1+r')^4 = C_{t_1} \cdot (1+r_s)^3 + C_{t_2} \cdot (1+r_s)^2 + C_{t_3} \cdot (1+r_s) + C_{t_4} + S_n \quad (3.58)$$

όπου: I , η αρχική δαπάνη του επενδυτικού έργου

C_{t_i} , οι καθαρές ταμειακές ροές για κάθε περίοδο i

S_n , η υπολειμματική αξία που τυχόν υπάρχει για το επενδυτικό έργο

Η ποσότητα $I \cdot (1+r')^4$ αποτελεί την αξία του κεφαλαίου I στο τέλος των τεσσάρων περιόδων που μελετώνται, αφού επενδυθεί με επιτόκιο r' . Αντίστοιχα, η ποσότητα $C_{t_i} \cdot (1+r_s)^{n-i}$ αποτελεί την αξία του κεφαλαίου $C_{t_i} = R_{t_i} - D_{t_i}$ στο τέλος της $n-i$ περιόδου, με n το σύνολο των περιόδων που μελετώνται.

Το επιτόκιο r' ονομάζεται ολικός εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) και ο γενικός του τύπος δίνεται από τη σχέση (3.59):

$$r' = \sqrt[n]{\frac{\sum_{t=1}^n C_{t_i} \cdot (1+r_s)^{n-t} + S_n}{I}} - 1 \quad (3.59)$$

Ως εσωτερικός βαθμός απόδοσης θα μπορούσαν να θεωρηθούν πολλές τιμές του r' , όπως ορίζεται στη σχέση (3.59). Η αντιστοιχία αυτή του r^* με το r' εξαρτάται από τις τιμές του επιτοκίου r_s . Οι τιμές του r_s αντιστοιχούν στις προτιμήσεις του αποφασίζοντα, ο οποίος μπορεί να θεωρήσει το r_s ως επιτόκιο απόρριψης των επενδύσεων ή ως το

μέσο βαθμό αποδοτικότητας των επενδύσεών του. Συνοπτικά, ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης για ένα επενδυτικό έργο, είναι το επιτόκιο εκείνο που εξισώνει την καθαρή παρούσα αξία (ΚΠΑ) των ταμειακών του ροών με το μηδέν.

Πότε, όμως, απορρίπτεται ή γίνεται αποδεκτή μια απόφαση για επένδυση, όταν χρησιμοποιείται η μέθοδος IRR; Η απάντηση στο ερώτημα αυτό συνδυάζεται και με την εξήγηση της σημασίας της Καθαρής Παρούσας Αξίας. Έτσι:

- Όταν ο εσωτερικός συντελεστής απόδοσης, έστω r' , είναι μεγαλύτερος από το επιλεγόμενο επιτόκιο προεξόφλησης k του επενδυτή ($r' > k$), τότε η καθαρή παρούσα αξία του έργου είναι θετική και η απόφαση για επένδυση γίνεται αποδεκτή.
- Όταν ο εσωτερικός συντελεστής απόδοσης είναι μικρότερος από το επιλεγόμενο επιτόκιο προεξόφλησης k του επενδυτή ($r' < k$), τότε η καθαρή παρούσα αξία του έργου είναι αρνητική και η απόφαση για επένδυση δεν γίνεται αποδεκτή.

Γίνεται φανερό ότι ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης για ένα επενδυτικό έργο από μόνος του δεν μπορεί να δώσει μια εικόνα για το εάν αυτό είναι συμφέρον ή όχι. Αντίθετα, πρέπει να υπάρχει ένα επιτόκιο με το οποίο πρέπει να συγκριθεί και να εξαχθεί κάποιο συμπέρασμα για την αποδοτικότητα του έργου. Το επιτόκιο αυτό είναι το επιτόκιο προεξόφλησης (εξωτερικός κανόνας), το οποίο χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της ΚΠΑ.

Σε ότι αφορά την έννοια της Καθαρής Παρούσας Αξίας, αποτελεί από μόνη της κριτήριο αξιολόγησης επενδυτικών έργων. Για να γίνει κατανοητή σε συνάρτηση με τα παραπάνω, θα αναφερθεί ότι λαμβάνεται υπόψη η παρούσα αξία (διαχρονική αξία) των προβλεπόμενων καθαρών ταμειακών ροών συγκρινόμενη με την αρχική δαπάνη του επενδυτικού έργου, την ίδια χρονική στιγμή. Δηλαδή για ένα επιτόκιο προεξόφλησης k των ταμειακών ροών σε n περιόδους και αρχική δαπάνη I του έργου, ελέγχεται η διαφορά:

$$ΚΠΑ = \sum_t^n C_t \cdot (1+k)^{-t} - I \quad (3.60)$$

Ας σημειωθεί πως εάν $ΚΠΑ \leq 0$ η επένδυση δεν είναι συμφέρουσα, ενώ εάν $ΚΠΑ > 0$ τότε η επένδυση είναι συμφέρουσα.

3.6.1.2 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της μεθόδου IRR

Το βασικότερο πλεονέκτημα της μεθόδου IRR είναι ότι οι αποφασίζοντες εκφράζονται σε επιτόκιο απόδοσης παρά σε απόλυτες τιμές. Άλλα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει αυτή η μέθοδος, είναι ότι [Ζοπουνίδης]:

1. Λαμβάνει υπόψη τη διαχρονική αξία του χρήματος
2. Προσαρμόζεται ανάλογα για την λήψη απόφασης υπό αβέβαιο μέλλον και
3. Δεν εκφράζει άμεσα το κόστος χρηματοδότησης (είναι επιτόκιο), με αποτέλεσμα να λαμβάνει υπόψη τυχόν αυξήσεις κόστους κεφαλαίου κατά περιόδους

Η μέθοδος IRR, ωστόσο, παρουσιάζει και ορισμένα μειονεκτήματα. Αυτά συνοψίζονται στα παρακάτω σημεία:

1. Προϋποθέτει ότι οι ενδιάμεσες ταμειακές ροές επανεπενδύονται με επιτόκιο ίσο με τον εσωτερικό βαθμό απόδοσης
2. Ο υπολογισμός του εσωτερικού βαθμού απόδοσης είναι πολλές φορές δύσκολος και επίπονος
3. Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι επιτόκιο και δεν εκφράζει το απόλυτο χρηματικό μέγεθος της επένδυσης

3.6.1.2 Σύγκριση των μεθόδων ΚΠΑ και IRR

Η μέθοδος της ΚΠΑ και η μέθοδος του εσωτερικού βαθμού απόδοσης δίνουν πάντα το ίδιο αποτέλεσμα όταν εξετάζονται κανονικές περιπτώσεις, δηλαδή επενδύσεις στις οποίες γίνεται πρώτα η αρχική εκροή και ακολουθεί μία σειρά από καθαρές εισροές για τα ωφέλιμα χρόνια της επένδυσης. Σε περιπτώσεις όπου η επένδυση εμφανίζει αρχικά καθαρές εισροές και στη συνέχεια μια σειρά από εκροές, τότε το κριτήριο αξιολόγησης με βάση το εσωτερικό βαθμό απόδοσης αντιστρέφεται, με αποτέλεσμα να κρίνεται συμφέρουσα η επένδυση όταν ο ΕΒΑ είναι χαμηλότερος από το κόστος χρήσης κεφαλαίου. Όταν εξετάζονται αμοιβαία αποκλειόμενες επενδύσεις διαφορετικού μεγέθους ή ωφέλιμης ζωής, τότε ενδεχόμενα οι δύο μέθοδοι αξιολόγησης να έχουν διαφορετικό αποτέλεσμα. Στην περίπτωση αυτή θα προτιμηθεί η μέθοδος της Καθαρής Παρούσας Αξίας.

3.6.2 Δεδομένα εισόδου οικονομικής μελέτης

Στον Πίνακα 3.15 παρουσιάζονται τα δεδομένα εισόδου της ανάλυσης δαπανών και στον Πίνακα 3.16 (βλέπε επόμενη σελίδα) τα δεδομένα εισόδου της χρηματοοικονομικής ανάλυσης.

Πίνακας 3.15: Δεδομένα εισόδου ανάλυσης δαπανών

α/α	Περιγραφή Μεγέθους
A) Ανάλυση Δαπανών	
A.1) Αρχικές δαπάνες (ή πιστώσεις) του έργου	
1)	Μελέτη σκοπιμότητας
2)	Ανάπτυξη του έργου
3)	Μηχανολογική σχεδίαση και επίβλεψη έργου
4)	Εξοπλισμός ΑΠΕ και μεταφορικά του
5)	Ολοκλήρωση της εγκατάστασης
6)	Διάφορα έξοδα ή πιστώσεις
A.2) Ετήσιες δαπάνες (ή πιστώσεις) του έργου	
7)	Φόροι και κόστος εργασιών
8)	Κόστος βιομάζας και παρασιτικού ηλεκτρισμού
A.3) Περιοδικές δαπάνες (ή πιστώσεις) του έργου	
9)	Εισάγεται η χρονική περίοδος και το κόστος (π.χ. εργασίες συντήρησης, αντικατάσταση εξαρτημάτων)

Πίνακας 3.16: Δεδομένα εισόδου χρηματοοικονομικής ανάλυσης

α/α	Περιγραφή Μεγέθους	Σύμβολο	Μονάδα Μέτρησης	Παρατηρήσεις
B) Χρηματοοικονομικές παράμετροι				
10)	Πίστωση για εφαρμογή μείωσης εκπομπής αερίων θερμοκηπίου	$GHG_{reduce-credit}$	\$/t CO ₂	εφόσον έχει πραγματοποιηθεί ανάλυση για την εκπομπή αερίων θερμοκηπίου
11)	Διάρκεια πίστωσης για τη μείωση εκπομπής αερίων θερμοκηπίου	RE_{credit}^{lc}	yr (έτη)	εφόσον υπάρχει πίστωση για τη μείωση εκπομπής GHG
12)	Επιτόκιο προσαύξησης για πίστωση μείωσης εκπομπής αερίων θερμοκηπίου	r_{GHG}	%	εφόσον υπάρχει πίστωση για τη μείωση εκπομπής GHG
13)	Επιτόκιο προσαύξησης του κόστους ενέργειας	r_{E-cost}	%	-
14)	Πληθωρισμός	f	%	-
15)	Προεξοφλητικό επιτόκιο	D	%	-
16)	Διάρκεια ζωής έργου (επένδυσης)	PL	yr (έτη)	-
17)	Ικανότητα δανεισμού	R_{costs}	%	-
18)	Επιτόκιο εξόφλησης χρεών	r_{debt}	%	εφόσον υπάρχει ικανότητα δανεισμού
19)	Προθεσμία εξόφλησης χρεών	$Debt_{term}$	yr (έτη)	εφόσον υπάρχει ικανότητα δανεισμού
	Ανάλυση φόρου εισοδήματος	-	-	(«ναι» ή «όχι»)
20)	Ποσοστό επί του φορολογητέου εισοδήματος	I_{tax}	%	εάν έχει επιλεγεί να πραγματοποιηθεί ανάλυση φορολογίας εισοδήματος
	Τυχόν απώλειες μεταφοράς κονδυλίων	cf	-	(«ναι» ή «όχι»)
21)	Επιλογή μεθόδου λογιστικής απόσβεσης	-	-	Προσφέρονται επιλογές: - Καμία - declining balance - straight line
22)	Φορολογική βάση λογιστικής απόσβεσης	T_{basis}	%	-
23)	Ρυθμός λογιστικής απόσβεσης	r_{depr}	%	εάν επιλεγθεί η μέθοδος declining balance
24)	Περίοδος λογιστικής απόσβεσης	DL	yr (έτη)	εάν επιλεγθεί η μέθοδος straight line
	Υπάρχει περίοδος μειωμένου φορολογικού συντελεστή	-	-	(«ναι» ή «όχι»)
25)	Περίοδος μειωμένου φορολογικού συντελεστή	-	yr (έτη)	-

3.6.3 Ανάλυση δαπανών

Όπως σε κάθε επένδυση, έτσι και σε αυτή την περίπτωση, είναι αναγκαίο να υπολογιστεί το αρχικό κόστος αυτής. Ως αρχικό κόστος μπορεί να θεωρηθεί το σύνολο των πρωταρχικών διαδικασιών που χρειάζεται να πραγματοποιηθούν, ώστε να υλοποιηθεί το επενδυτικό έργο.

Με την έννοια αυτή, στην κατηγορία των αρχικών εξόδων μπορούν να περιληφθούν δραστηριότητες όπως η εκπόνηση μελέτης σκοπιμότητας για το έργο (μελέτη περιοχής εγκατάστασης, αρχικός σχεδιασμός κτλ), η μελέτη για την πορεία ανάπτυξης και εξέλιξης του έργου (αδειοδοτήσεις και διαχείριση του έργου), το μηχανολογικό κομμάτι της έρευνας για την υλοποίηση του έργου (σχεδιασμός υποδομής, μηχανολογικός και ηλεκτρολογικός εξοπλισμός), η αγορά και μεταφορά του εξοπλισμού και η ολοκλήρωση της εγκατάστασης, καθώς και άλλα διάφορα έξοδα (π.χ. εκπαίδευση προσωπικού χρήσης της εγκατάστασης).

Στη μελέτη μπορούν να περιληφθούν και διάφορα περιοδικά κόστη που αφορούν το έργο. Τέτοιου είδους έξοδα μπορεί να αποτελούν η αντικατάσταση μέρους του εξοπλισμού και η επιθεώρησή τους. Ακόμα όμως, μπορεί να συμπεριληφθούν και έξοδα σε ετήσια βάση, όπως τα λειτουργικά και διοικητικά έξοδα του έργου, τα έξοδα συντήρησης και μεταφοράς του εξοπλισμού, οι μισθοί των υπαλλήλων οι οποίοι εργάζονται στην εγκατάσταση, οι φορολογίες ιδιοκτησίας της γης και η ασφάλειες κατά ατυχημάτων και η αγορά καυσίμου για την λειτουργία των επιμέρους τμημάτων του εξοπλισμού που λειτουργούν με κατανάλωση κάποιου καυσίμου.

3.6.4 Σύνοψη ωφελειών

Η συνολικές ετήσιες ωφέλειες αντιπροσωπεύουν την ετήσια αποταμίευση που πραγματοποιείται λόγω της εφαρμογής του εναλλακτικού συστήματος. Υπό την προοπτική μιας επιχείρησης υπηρεσιών ενέργειας, αυτή η "αποταμίευση" θα αντιμετωπισθεί ως "εισόδημα".

3.6.4.1 Ετήσια εξοικονόμηση καυσίμων

Η ετήσια εξοικονόμηση καυσίμων αντιπροσωπεύει το κόστος των συμβατικών καυσίμων που αποφεύγεται λόγω της εφαρμογής του εναλλακτικού συστήματος θέρμανσης.

Για το συμβατικό σύστημα το κόστος καυσίμων (σε χρηματικές μονάδες) για κάθε ομάδα είναι:

$$K_{fuel-i} = F_i \cdot (\text{κόστος/μονάδα καυσίμου}) \quad (3.61)$$

όπου F_i η κατανάλωση καυσίμου κάθε συστάδας όπως έχει υπολογιστεί από τη Σχέση (3.24).

Το γινόμενο του ετήσιου κόστους των συμβατικών καυσίμων επί το ποσοστού της απαιτούμενης ενέργειας θέρμανσης που αποδίδεται από το εναλλακτικό σύστημα θα δίνει τη ζητούμενη ετήσια εξοικονόμηση καυσίμων (σε χρηματικές μονάδες):

$$E_{fuel} = K_{Tot} \cdot (\%Q_{ren-dlvr_{Tot}}) \quad (3.62)$$

όπου $\%Q_{ren-dlvr_{Tot}}$ το ποσοστό της συνολικά απαιτούμενης ενέργειας θέρμανσης που καλύπτεται από το εναλλακτικό σύστημα. και K_{Tot} το συνολικό ετήσιο κόστος των συμβατικών καυσίμων που είναι το άθροισμα των K_{fuel-i} όλων των συστάδων.

3.6.4.2 Ετήσιο εξοικονομούμενο κόστος ενέργειας

Το εξοικονομούμενο κόστος ενέργειας αντιπροσωπεύει τον σταθμισμένο μέσο του εξοικονομούμενου κόστους της ενέργειας θέρμανσης από τη χρήση της ανανεώσιμης ενέργειας (σε χρηματικές μονάδες/MWh):

$$E_{energy} = E_{fuel} / Q_{demand_{Total}} \quad (3.63)$$

όπου $Q_{demand_{Total}}$ η συνολική ετήσια απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης.

Σημείωση: Το μοντέλο κλιμακώνει την οικονομική ωφέλεια σύμφωνα με το ποσοστό κλιμάκωσης ενεργειακών δαπανών που αρχίζει από το έτος 1 και καθόλη τη διάρκεια της ζωής του έργου.

3.6.4.3 Ετήσια εξοικονόμηση από τη μείωση παραγωγής αερίων θερμοκηπίου

Για όση χρονική διάρκεια προβλέπεται να υπάρχει πίστωση για την μείωση παραγωγής αερίων θερμοκηπίου, αυτή υπολογίζεται ως το γινόμενο των ετησίων τόνων CO_2 που αποφεύγονται επί την πίστωση ανά τόνο CO_2 επί τα χρόνια που διαρκεί η πίστωση:

$$GHG_{red-credit} = GHG_{Avoided_{tones/yr}} \cdot GHG_{reduce-credit} \quad (3.64)$$

3.6.5 Χρηματοοικονομική ανάλυση υλοποίησης έργου

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιαστούν μερικές χρηματοοικονομικές παράμετροι, οι οποίες μπορούν, ανάλογα με την τιμή την οποία θα λάβουν, να αξιολογήσουν το «πόσο» εφικτό είναι να υλοποιηθεί με θετικά αποτελέσματα το επενδυτικό έργο.

3.6.5.1 Εσωτερικός βαθμός απόδοσης και απόδοση στην επένδυση προ φόρων

Τα στοιχεία αυτά υπολογίζονται για τις ταμειακές ροές που εμφανίζονται κατά την υλοποίηση του έργου, προ φόρων. Για τις ταμειακές ροές αυτές, υπολογίζεται ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης, όπως περιγράφηκε στην Ενότητα §3.6.1.1.

3.6.5.2 Εσωτερικός βαθμός απόδοσης και απόδοση στην επένδυση μετά φόρων

Ισχύουν τα ίδια με την *Ενότητα §3.6.4.1*, με τη διαφορά ότι η μέθοδος του εσωτερικού βαθμού απόδοσης εφαρμόζεται στις ταμειακές ροές μετά φόρων.

3.6.5.3 Η μέθοδος της απλής επανείσπραξης

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, το επενδυτικό έργο αξιολογείται με βάση το χρόνο κατά τον οποίο ο/οι επενδυτής/τές θα «πάρουν» πίσω τα χρήματα της αρχικής επένδυσης. Για να υπολογιστεί ο χρόνος αυτός στην περίπτωση που εξετάζεται, εφαρμόζεται η σχέση:

$$SP = \frac{\text{Αρχικά κόστη} - \text{Χάρες}}{\text{Ετήσιες εξοικονομήσεις πόρων} + \text{Χρεολύσια} - \text{Ετήσια κόστη}} \quad (3.65)$$

Τα παραπάνω δεδομένα έχουν περιγραφεί στα προηγούμενα, εκτός από τις τυχόν *Χάρες*, οι οποίες δίνονται από το χρήστη.

3.6.5.4 Χρόνος μέχρι την πρώτη καθαρή θετική ταμειακή ροή

Ο χρόνος αυτός υπολογίζεται με γραμμική παρεμβολή μεταξύ των τιμών των καθαρών ταμειακών ροών, η μία εκ των οποίων είναι αρνητική και η αμέσως επόμενη της είναι θετική. Η μονάδα μέτρησης του χρόνου αυτού, εξαρτάται από τη μονάδα μέτρησης του χρόνου παρακολούθησης των ταμειακών ροών.

3.6.5.5 Καθαρή Παρούσα Αξία

Το κριτήριο αυτό λαμβάνει υπόψιν τη διαχρονική αξία του χρήματος. Προκειμένου για η καθαρές ταμειακές ροές, προεξοφλητικό επιτόκιο k και αρχική επένδυση I , η καθαρή παρούσα αξία (ΚΠΑ) υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\text{ΚΠΑ} = \sum_t^n C_t \cdot (1+k)^{-t} - I \quad (3.66)$$

Στην περίπτωση που εξετάζεται, οι ταμειακές ροές C_t είναι αυτές μετά φόρων και $k = r^*$.

3.6.5.6 Αποταμιεύσεις ετήσιου κύκλου λειτουργίας του έργου

Για την ΚΠΑ του έργου και για όση διάρκεια έχει αυτό, υπολογίζονται τα ετήσια ποσά που εξοικονομούνται για επιτόκιο ίσο με το προεξοφλητικό επιτόκιο D .

3.6.5.7 Δείκτης κερδοφορίας

Ο δείκτης αυτός φανερώνει πόσο αποδοτικό είναι το έργο. Υπολογίζεται από τη σχέση:

$$PI = \frac{\text{ΚΠΑ}}{I_{cap}} \quad (3.67)$$

όπου I_{cap} η αρχική επένδυση (αρχικά κόστη) του έργου, πολλαπλασιασμένα επί την ποσότητα $(1-r_{debt})$. Ο δείκτης αυτός πρέπει να είναι θετικός και όσο μεγαλύτερος από τη μονάδα, τόσο πιο αποδοτικό είναι το έργο.

3.6.5.8 Μετοχικό κεφάλαιο

Το μετοχικό κεφάλαιο είναι το κεφάλαιο που επενδύεται αρχικά από όλους τους μετόχους του επενδυτικού έργου. Το μετοχικό κεφάλαιο είναι:

$$I_{cap} = I \cdot (1 - R_{costs}) \quad (3.68)$$

όπου I τα αρχικά κόστη της επένδυσης.

3.6.5.9 Χρέος του έργου

Το χρέος του έργου υπολογίζεται εάν από τα αρχικά κόστη αφαιρεθεί το ποσό I_{cap} . Δηλαδή:

$$Project_{debt} = I - I_{cap} \quad (3.69)$$

3.6.5.10 Δείκτης αυτοχρηματοδότησης του έργου

Σε όλες τις περιπτώσεις των επενδυτικών έργων, εξετάζεται το κατά πόσο μπορούν να καλύπτουν τα έξοδα για την κάλυψη του χρέους τους και να καλύπτουν διάφορα άλλα έξοδα. Ο δείκτης αυτοχρηματοδότησης φανερώνει την ικανότητα αυτή. Υπολογίζεται από το πηλίκο των καθαρών λειτουργικών εισοδημάτων προς το συνολικό χρέος, επαυξημένο με το νόμιμο τόκο. Δηλαδή:

$$DSC = \frac{\text{Καθαρά Λειτουργικά Εισοδήματα}}{\text{Συνολικό Τοκοφόρο Χρέος}} \quad (3.70)$$

Το συνολικό τοκοφόρο χρέος υπολογίζεται ως το άθροισμα των δόσεων για την εξόφληση του χρέους για όσο χρονικό διάστημα θα υπάρχει το χρέος, για επιτόκιο ίσο με r_{debt} . Διαφορετικά, υπολογίζεται ως το αρχικό χρέος, προσαυξημένο με τους τόκους που αναλογούν στη διάρκεια μέσα στην οποία θα πρέπει να εξοφληθεί το χρέος, με επιτόκιο r_{debt} . Δηλαδή:

$$\text{Συνολικό Τοκοφόρο Χρέος} = Project_{debt} \cdot (1 + r_{debt})^{Debt_{term}} \quad (3.71)$$

Τα καθαρά λειτουργικά εισοδήματα υπολογίζονται για κάθε περίοδο κατά την οποία εμφανίζονται ταμειακές ροές, ώστε να γίνει κατανοητό στη συνέχεια πώς προκύπτουν οι ταμειακές ροές.

Για να υπολογιστούν οι ετήσιες αποταμιεύσεις-εξοικονομήσεις, λαμβάνεται υπόψιν η ΚΠΑ του έργου. Οι ετήσιες αποταμιεύσεις-εξοικονομήσεις p , για τη διάρκεια ζωής του έργου PL , για την καθαρή παρούσα αξία του ΚΠΑ και για επιτόκιο ίσο με το προεξοφλητικό επιτόκιο D , υπολογίζεται ως εξής:

$$p = \frac{-ΚΠΑ \cdot D \cdot (1 + D)^{PL}}{(1 + D)^{PL} - 1} \quad (3.72)$$

Οι δόσεις d_p που καταβάλλονται για την εξόφληση του χρέους του έργου, υπολογίζονται για όση διάρκεια θα υπάρχει το χρέος αυτό και για το εξοφλητικό επιτόκιο που αναλογεί στο τελευταίο. Δηλαδή:

$$d_p = \frac{-\text{Project}_{debt} \cdot r_{debt} \cdot (1 + r_{debt})^{Debt_{term}}}{(1 + r_{debt})^{Debt_{term}} - 1} \quad (3.73)$$

Η κάλυψη του χρέους μπορεί να υπολογιστεί για κάθε έτος, μέχρι την προθεσμία αποπληρωμής του χρέους, δηλαδή λαμβάνεται υπόψιν η δόση αποπληρωμής. Για κάθε έτος για το οποίο πρέπει να καταβληθεί δόση αποπληρωμής, λαμβάνεται υπόψιν η μεγαλύτερη από τις ποσότητες «Συνολικά λειτουργικά έσοδα» και «Λειτουργικά έσοδα προ φόρου». Η πρώτη ποσότητα υπολογίζεται ετήσια, εάν από τη συνολική ταμειακή ροή κάθε έτους, αφαιρεθεί η πρώτη ταμειακή ροή μετά φόρου.

Η δεύτερη ποσότητα υπολογίζεται εάν στην καθαρή ταμειακή ροή κάθε έτους προ φόρου προστεθεί το ποσό που καταβάλλεται ετήσια για την αποπληρωμή του χρέους του έργου. Η ετήσια καθαρή ταμειακή ροή προ φόρου υπολογίζεται εάν από τις συνολικές ετήσιες εισροές κεφαλαίου αφαιρεθούν οι συνολικές ετήσιες εκροές, προ φόρου. Για τον υπολογισμό των ετήσιων εισροών κεφαλαίου, λαμβάνονται υπόψιν οι παρακάτω παράμετροι:

- Η εξοικονόμηση πόρων ενέργειας. Η εξοικονόμηση αυτή υπολογίζεται για κάθε έτος μέχρι το τέλος ζωής του έργου και είναι ίση με μηδέν για το έτος αρχής της ζωής του έργου (θεωρείται ως έτος 0) και ίση με το γινόμενο της ετήσιας εξοικονόμησης ενέργειας, όπως υπολογίστηκε στα προηγούμενα, επί το ποσό εξοικονόμησης ενέργειας (χρηματικές μονάδες ανά λίτρο καυσίμου), όπως έχει δοθεί από το χρήστη, για κάθε ένα από τα επόμενα έτη. Το ποσό εξοικονόμησης ενέργειας είναι 1 για το έτος 0 και ίσο με το γινόμενο του προηγούμενου ποσού εξοικονόμησης, αυξημένο επί το επιτόκιο προσαύξησης του κόστους ενέργειας, όπως έχει δοθεί από το χρήστη. Ο παράγοντας της ετήσιας αύξησης του ποσού εξοικονόμησης ενέργειας είναι $(1 + r_{E-cost})$.
- Τα έσοδα από τη μείωση εκπομπής αερίων θερμοκηπίου. Τα έσοδα αυτά υπολογίζονται ετήσια για τη διάρκεια πίστωσης της μείωσης αερίων θερμοκηπίου, εντός της διάρκειας ζωής του έργου. Τα έσοδα αυτά είναι το γινόμενο του εισοδήματος από τη μείωση των αερίων θερμοκηπίου, όπως

υπολογίζεται στα προηγούμενα, επί τον παράγοντα αύξησης για τη μείωση των αερίων θερμοκηπίου, όπως δίνεται από το χρήστη. Ο παράγοντας αυτός είναι 1 για το έτος 0 και ίσος με τον παράγοντα του προηγούμενου έτους επί τον παράγοντα αύξησης για τη μείωση των αερίων θερμοκηπίου $(1+r_{GHG})$, όπως δίνεται από το χρήστη).

- Η αξία τέλους του έργου. Η αξία αυτή δίνεται από τον χρήστη και για το έτος 0 είναι ίση με την ποσότητα που ορίζει ο πρώτος. Για κάθε ένα από επόμενα έτη, έως το τέλος ζωής του έργου, η ποσότητα αυτή είναι ίση με το γινόμενο της αντίστοιχης ποσότητας του προηγούμενου έτους επί τον παράγοντα $(1+f)$.
- Χάρες και δωρεές. Τέλος, λαμβάνονται υπόψιν και οι τυχόν διάφορες χάρες και δωρεές, όπως τις δίνει ο χρήστης.

Όλοι οι παραπάνω παράμετροι, αθροίζονται για το αντίστοιχο έτος, ώστε να προκύψει η συνολική ταμειακή ροή που αφορά τα εισοδήματα από τη λειτουργία του επενδυτικού έργου κατά το έτος αυτό.

Οι συνολικές εκροές υπολογίζονται λαμβάνοντας υπόψιν τις παρακάτω παραμέτρους:

- Τα αρχικά κόστη. Αυτά δίνονται από το χρήστη για διάφορες δραστηριότητες που αφορούν τα αρχικά έξοδα για την σύνθεση του μετοχικού κεφαλαίου και την υλοποίηση της επένδυσης.
- Τα έξοδα για την τροφοδοσία ενέργειας στην εγκατάσταση. Τα έξοδα αυτά αφορούν την αγορά καυσίμου και ηλεκτρικής ενέργειας για την λειτουργία της εγκατάστασης, όπως υπολογίστηκαν στα προηγούμενα. Για κάθε έτος, όμως, της ζωής του έργου, αυτά αυξάνονται με βάση την τιμή του πληθωρισμού. Για το έτος 0 δεν υπάρχει αύξηση, αλλά από το επόμενο έτος τα έξοδα αυτά πολλαπλασιάζονται κατά έναν παράγοντα $(1+f)^n$, όπου n ο αριθμός του έτους, για $1 \leq n \leq PL$.
- Τα έξοδα λειτουργίας και συντήρησης. Για το έτος μηδέν, τα έξοδα αυτά είναι μηδέν, ενώ για κάθε ένα από τα επόμενα έτη, εντός της διάρκειας ζωής του έργου, υπολογίζονται από τον τύπο $C_{O\&M} \cdot (1+f)^n$, $1 \leq n \leq PL$, όπου $C_{O\&M}$ τα έξοδα λειτουργίας και συντήρησης, όπως τα δίνει ο χρήστης.
- Τα έξοδα αποπληρωμής του χρέους του έργου. Αυτά τα έξοδα είναι οι ετήσιες δόσεις που καταβάλλονται για την αποπληρωμή του χρέους του έργου και υπολογίζονται από τη Σχέση (3.73). Για το έτος 0, τα έξοδα αυτά είναι μηδέν.
- Τα περιοδικά έξοδα. Κάποια έξοδα εμφανίζονται περιοδικά κατά τη διάρκεια ζωής του έργου. Τέτοια έξοδα μπορεί να αφορούν αντικατάσταση μέρους του εξοπλισμού ή της επιθεώρησης του εξοπλισμού. Όταν έχουμε αντικατάσταση μέρους του εξοπλισμού του συστήματος, στο αντίστοιχο έτος υπολογίζονται τα έξοδα αντικατάστασης (όπως δίνονται από το χρήστη), πολλαπλασιασμένα επί τον παράγοντα $(1+f)^n$, με n τον αριθμό του έτους κατά το οποίο συμβαίνει η αντικατάσταση. Ίδια διαδικασία ακολουθείται και για την περίπτωση επιθεώρησης του εξοπλισμού. Για το έτος κατά το οποίο συμβαίνει η επιθεώρηση, υπολογίζονται τα έξοδα της επιθεώρησης (όπως δίνονται από το χρήστη), επί τον παράγοντα $(1+f)^n$.

Οι καθαρές ταμειακές ροές προ φόρου, υπολογίζονται με τον τρόπο που περιγράφηκε πριν, δηλαδή ως η διαφορά μεταξύ των εισροών και των εκροών

κεφαλαίου. Οι εισροές και οι εκροές κεφαλαίου για την περίπτωση που εξετάζεται, υπολογίστηκαν στα προηγούμενα.

Οι καθαρές ταμειακές ροές μετά φόρου, υπολογίζονται εάν αφαιρεθεί ο ανάλογος φόρος από τις εισροές κεφαλαίου και έπειτα αφαιρεθούν και τα αντίστοιχα ετήσια έξοδα. Τα ετήσια έξοδα υπολογίστηκαν στα προηγούμενα. Ο υπολογισμός του φόρου που αναλογεί στα ετήσια έσοδα, υπολογίζεται ως εξής:

Για όση διάρκεια ισχύει η περίοδος μειωμένου φορολογικού συντελεστή, εντός της διάρκειας ζωής του έργου, εξετάζεται η περίπτωση να έχει γίνει χρήση του δικαιώματος carryforward³. Εάν έχει γίνει κάτι τέτοιο, τότε ο φόρος είναι ίσος με το μηδέν (περίπτωση επιστροφής φόρου) ή ο συνολικός φόρος με χρήση του δικαιώματος carryforward. Όλα τα παραπάνω συνοψίζονται στην έκφραση:

$$\text{Συνολικός φόρος} = \text{MIN}(\text{φόρος με carryforward}, \text{φόρος χωρίς carryforward}, 0)$$

Ο φόρος χωρίς carryforward υπολογίζεται ως το γινόμενο του φορολογικού συντελεστή εισοδήματος επί το καθαρό εισόδημα. Το καθαρό εισόδημα υπολογίζεται με βάση τους εξής παράγοντες:

- Τις καθαρές ταμειακές ροές. Για τον υπολογισμό τους, βλ. προηγούμενα.
- Το μετοχικό κεφάλαιο I_{cap} . Βλ. προηγούμενα για τον υπολογισμό του.
- Τους τόκους του χρέους του έργου. Αυτοί είναι μηδέν για το έτος 0 και για κάθε ένα από τα επόμενα έτη, εντός της προθεσμίας αποπληρωμής του χρέους του έργου, υπολογίζονται από τη σχέση:

$$a_n = \text{Project}_{\text{debt}} \cdot \frac{r_{\text{debt}}}{1 - (1 + r_{\text{debt}})^{-n}} \quad (3.74)$$

με $1 \leq n \leq \text{Debt}_{\text{term}}$ η n-στη περίοδος αποπληρωμής του χρέους $\text{Project}_{\text{debt}}$, με επιτόκιο r_{debt} .

- Την αποσβενόμενη (ή μη) αξία του εξοπλισμού. Η αγορά κάθε μέρους του εξοπλισμού και της εγκατάστασης κοστίζει στον/στους επενδυτή/τές κάποια χρήματα, τα οποία είναι υποχρεωμένοι να δηλώσουν στον ισολογισμό ως στοιχεία ενεργητικού. Για το πρώτο έτος η αξία που δηλώνεται είναι η αξία κτήσης του μέρους αυτού, ενώ για τα επόμενα, λαμβάνει χώρα η λογιστική απόσβεση της αξίας του. Δηλαδή, με την πάροδο του χρόνου η αξία κατοχής του ίδιου μέρους του εξοπλισμού δηλώνεται όλο και μικρότερη τιμή.

Όταν δεν υπάρχει λογιστική απόσβεση και για διάρκεια ζωής του έργου ίση με ένα έτος, η αξία κατοχής του εξοπλισμού είναι ίση με την αρχική δαπάνη του έργου. Για διάρκεια ζωής του μεγαλύτερη του ενός έτους, η λογιστική απόσβεση είναι ίση με μηδέν σε αυτή την περίπτωση.

³ Με απλά λόγια, το δικαίωμα για carryforward είναι το δικαίωμα μεταφοράς κερδών ή ζημιών σε στοιχεία του ισολογισμού σε ένα από τα επόμενα δύο με επτά έτη, με σκοπό τη μείωση της φορολογίας

Λογιστική Απόσβεση

Στην περίπτωση κατά την οποία λαμβάνεται υπόψιν και η λογιστική απόσβεση, υπάρχουν δύο μέθοδοι για τον υπολογισμό της αποσβενόμενης αξίας: η γραμμική μέθοδος (straight line) και η μέθοδος της αναλογικής απόσβεσης (declining balance).

Σύμφωνα με την πρώτη μέθοδο, η αξία μέρους του εξοπλισμού αποσβένεται ισόποσα σε κάθε περίοδο για μια συγκεκριμένη διάρκεια απόσβεσης. Για παράδειγμα, ένα μηχάνημα κόστισε 4.500 € και έχει διάρκεια απόσβεσης 7 έτη. Εάν η λογιστική απόσβεση υπολογίζεται στο τέλος κάθε έτους και το ποσοστό της αξίας για το οποίο θα λάβει χώρα η απόσβεση είναι 100%, τότε η αξία της απόσβεσης για κάθε έτος θα είναι $4.500/7 = 642,86$ €, οπότε και κάθε έτος το μηχάνημα θα «χάνει» αξία ίση με 642,86 €. Στην περίπτωση που εξετάζεται, όταν γίνεται χρήση της γραμμικής μεθόδου απόσβεσης, η περίοδος απόσβεσης (DL) γίνεται γνωστή από το χρήστη, όπως επίσης δίνεται και το ποσοστό της αξίας των αρχικών δαπανών μέχρι το οποίο θα λάβει χώρα η λογιστική απόσβεση (P_{de}). Έτσι, για το έτος 0 η απόσβεση λαμβάνεται ίση με $-(1 - P_{de}) \cdot I$, όπου I η αρχική δαπάνη του έργου. Για κάθε ένα από τα υπόλοιπα έτη για τα οποία ισχύει η περίοδος λογιστικής απόσβεσης, εντός της διάρκειας ζωής του έργου, το ποσό της απόσβεσης είναι ίσο με $-(P_{de} \cdot I)/DL$. Τα πρόσημα «-» φανερώνουν ότι η αντίστοιχη αξία αυτή αφαιρείται τελικά από το συνολικό εισόδημα.

Όταν έχει επιλεγεί η μέθοδος της αναλογικής λογιστικής απόσβεσης, για κάθε έτος η απόσβεση υπολογίζεται με βάση το ρυθμό απόσβεσης (R_{de}), ο οποίος γίνεται γνωστός από το χρήστη, και το ποσοστό P_{de} μέχρι το οποίο θα αποσβεστεί η αξία που αποσβένεται. Στην περίπτωση αυτή της λογιστικής απόσβεσης, σε κάθε έτος αποσβένεται ένα σταθερό ποσοστό (R_{de}) της αποσβενόμενης αξίας. Για παράδειγμα, έστω $R_{de}=25\%$ και αρχική αξία ίση με 5.000 €. Τότε, για το έτος 1 η απόσβεση θα είναι $5.000 - 0,25 \cdot 5.000 = 3.750$ €. Για το επόμενο έτος, η απόσβεση θα υπολογιστεί στην αποσβενόμενη αξία, όπως αυτή υπολογίστηκε προηγουμένως: $3.750 - 0,25 \cdot 3.750 = 2.812,5$ € κ.ο.κ. Στην περίπτωση που εξετάζεται, για το έτος 0 η απόσβεση θεωρείται ίση με $-(1 - DL) \cdot I$ και έπειτα, για κάθε ένα από τα υπόλοιπα έτη, υπολογίζεται ως το γινόμενο $R_{de} \cdot (\text{αποσβενόμενη αξία προηγούμενου έτους})$.

Και στις δύο μεθόδους, είναι δυνατόν η απόσβεση που υπολογίζεται να πραγματοποιηθεί και να ολοκληρωθεί πριν το τέλος ζωής του έργου. Για τα έτη κατά τα οποία δεν υπάρχει απόσβεση, δεν υπάρχει αλλαγή στην αξία του εξοπλισμού, αλλά παραμένει η ίδια όπως αυτή του τελευταίου έτους για το οποίο είχαμε απόσβεση.

Το καθαρό εισόδημα υπολογίζεται ως το άθροισμα όλων των παραπάνω παραγόντων (στην περίπτωση της λογιστικής απόσβεσης, ουσιαστικά αφαιρείται το ποσό της απόσβεσης, όπως υπολογίζεται).

Η πρώτη συνολική καθαρή ταμειακή ροή θεωρείται ίση με την πρώτη καθαρή ταμειακή ροή μετά φόρων, ενώ για κάθε μία από τις υπόλοιπες, για όλη τη διάρκεια ζωής του έργου, λαμβάνονται ίσες με το άθροισμα της προηγούμενης ροής συν την καθαρή ταμειακή ροή, μετά φόρων, της τρέχουσας ροής.

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ RETScreen

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το λογισμικό RETscreen™ είναι ένα εύχρηστο εργαλείο υποστήριξης αποφάσεων για ανάπτυξη επενδυτικών πλάνων πάνω σε έργα παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Έχει αναπτυχθεί με τη συμβολή μεγάλου αριθμού ειδικών τόσο από τον ακαδημαϊκό χώρο, όσο και από τον χώρο της βιομηχανίας και διατίθεται χωρίς χρέωση στο διαδίκτυο, σε 9 διαφορετικές εκδοχές για ισάριθμες εφαρμογές αξιοποίησης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Τα στοιχεία των δημιουργών [4.2], καθώς και ο δικτυακός τόπος που είναι διαθέσιμο [4.1] το λογισμικό, φαίνονται στις αντίστοιχες αναφορές στο τέλος αυτού του κεφαλαίου.

4.2 ΓΕΝΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ RETScreen

Η εφαρμογή ανάλυσης έργων θέρμανσης με βιομάζα του RETscreen, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλες τις γεωγραφικές ζώνες του πλανήτη για να αξιολογήσει την ενεργειακή παραγωγή, τις δαπάνες κύκλου ζωής και τη μείωση εκπομπής αερίων θερμοκηπίου για εγκαταστάσεις θέρμανσης με βιομάζα ή/και σύστημα ανάκτησης θερμότητας. Το πρόγραμμα έχει σχεδιαστεί να αναλύει ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, από εγκαταστάσεις μεγάλης κλίμακας, θέρμανσης συγκροτημάτων κτιρίων με τηλεθέρμανση, μέχρι μεμονωμένες εφαρμογές οικιστικών ή βιομηχανικών χώρων. Στο λογισμικό περιλαμβάνονται επίσης, βάσεις δεδομένων με τεχνικά στοιχεία για τους λέβητες, χαρακτηριστικές δαπάνες και μετεωρολογικά δεδομένα.

Ο χώρος εργασίας αποτελείται από έξι φύλλα του Microsoft Excel, εκ των οποίων το πρώτο έχει καθοδηγητικό και βοηθητικό χαρακτήρα. Τα πέντε βασικά φύλλα εργασίας είναι τα εξής: 1) Ενεργειακό Μοντέλο, 2) Υπολογισμοί Θερμικών Φορτίων και Σχεδίασης του Δικτύου Κεντρικής Θέρμανσης, 3) Ανάλυση Δαπανών, 4) Ανάλυση Μείωσης Εκπομπής Αερίων Θερμοκηπίου και 5) Χρηματοοικονομική Ανάλυση.

Το λογισμικό συνοδεύεται από ένα ενσωματωμένο εγχειρίδιο χρήσης, το οποίο περιέχει αναλυτική περιγραφή για όλες τις παραμέτρους εισόδου και εξόδου του προγράμματος.

4.3 ΦΥΛΛΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Στο φύλλο αυτό σχεδιάζεται το εναλλακτικό σύστημα θέρμανσης. Ο χρήστης καλείται να συμπληρώσει πρώτα το φύλλο *Υπολογισμοί Θερμικών Φορτίων και Σχεδίασης του Δικτύου Κεντρικής Θέρμανσης* και να δώσει τα θερμοκρασιακά δεδομένα της περιοχής και τα χαρακτηριστικά της τοπολογίας της εγκατάστασης, ώστε να υπολογιστεί η απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης και η απαιτούμενη αιχμή φορτίου. Οι τιμές αυτές μεταφέρονται στο φύλλο *Ενεργειακό Μοντέλο* κι ο χρήστης προχωρά στον ορισμό των χαρακτηριστικών του εναλλακτικού συστήματος.

Αυτό μπορεί να αποτελείται από ένα Σύστημα Ανάκτησης Θερμότητας (Waste Heat Recovery System – WHR), ή από ένα σύστημα καύσης βιομάζας (Biomass System) ή από συνδυασμό συστημάτων ανάκτησης θερμότητας και βιομάζας. Επίσης μπορεί να περιλαμβάνει και ένα ενισχυτικό σύστημα για την κάλυψη του φορτίου αιχμής τις περιόδους που υπάρχουν αυξημένες θερμικές απαιτήσεις (Σύστημα Αιχμής Φορτίου). Το σύστημα αιχμής μπορεί να καταναλώνει είτε συμβατικό καύσιμο, είτε βιομάζα. Τέλος προβλέπεται και η χρήση ενός εφεδρικού συστήματος για τις περιπτώσεις που για κάποιο λόγο παύσει η λειτουργία του βασικού ή διακοπεί η τροφοδοσία του με καύσιμα

4.3.1 Συνθήκες εγκατάστασης

Στο σημείο αυτό συνοψίζονται κάποια από τα χαρακτηριστικά της εγκατάστασης. Κυριότερα από αυτά είναι η απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης και η αιχμή φορτίου, όπως προέκυψαν από τους ενεργειακούς υπολογισμούς που έγιναν στο φύλλο *Υπολογισμοί Θερμικών Φορτίων και Σχεδίασης του Δικτύου Κεντρικής Θέρμανσης*.

4.3.2 Χαρακτηριστικά συστήματος

4.3.2.1 Τύπος συστήματος

Εδώ ο χρήστης ορίζει εάν το εναλλακτικό σύστημα θα είναι σύστημα ανάκτησης θερμότητας (επιλέγοντας *WHR* από τον εξελισσόμενο κατάλογο), σύστημα βιομάζας (επιλέγοντας *Biomass*), ή συνδυασμός των δύο παραπάνω (επιλέγοντας *WHR&Biomass*). Ανάλογα με την επιλογή του διαμορφώνεται και η εμφάνιση του φύλλου.

4.3.2.2 Σύστημα ανάκτησης θερμότητας

Ο χρήστης καλείται να ορίσει την ισχύ του συστήματος (σε kW), και το πρόγραμμα επιστρέφει την ετήσια παραγόμενη ενέργεια του συστήματος (σε MWh), το ποσοστό της αιχμής φορτίου που καλύπτεται από το σύστημα WHR και το ποσοστό της συνολικής ετήσιας απαιτούμενης ενέργειας θέρμανσης που αποδίδεται από το σύστημα WHR.

4.3.2.3 Σύστημα βιομάζας

Ο χρήστης ορίζει την πραγματική ισχύ (σε kW) και την εποχιακή απόδοση του συστήματος. Επίσης επιλέγει τον τύπο βιομάζας που θα χρησιμοποιηθεί σαν καύσιμο, από έναν εξελισσόμενο κατάλογο. Εάν ο τύπος βιομάζας που θα χρησιμοποιηθεί δεν παρέχεται στον κατάλογο τότε ο χρήστης θα πρέπει να επιλέξει έναν από τους παρεχόμενους τύπους βιομάζας που έχει παρόμοια θερμαντική αξία (θερμογόνο δύναμη) με το καύσιμο που θα χρησιμοποιηθεί. Τέλος ο χρήστης ορίζει την εκτιμώμενη περιεκτικότητα σε υγρασία της βιομάζας, μετρημένη σε υγρή βάση.

Το πρόγραμμα επιστρέφει την θερμαντική αξία της ετοιμόκαυστης βιομάζας, την ετήσια παραγόμενη ενέργεια του συστήματος (σε MWh), το ποσοστό της αιχμής φορτίου που καλύπτεται από το σύστημα βιομάζας και το ποσοστό της συνολικής ετήσιας απαιτούμενης ενέργειας θέρμανσης που αποδίδεται από το σύστημα βιομάζας.

Εάν το εναλλακτικό σύστημα θέρμανσης αποτελείται από συνδυασμό συστήματος WHR και συστήματος Βιομάζας τότε το πρόγραμμα θεωρεί ότι το πλήρες ποσό ενέργειας που παράγεται από το σύστημα WHR θα χρησιμοποιηθεί προτού να παρασχεθεί η ενέργεια από το σύστημα θέρμανσης με βιομάζα.

4.3.2.4 Σύστημα αιχμής φορτίου

Όταν η αιχμή φορτίου ικανοποιείται πλήρως (σε ποσοστό 100%) από το βασικό σύστημα θέρμανσης (*WHR / Biomass / WHR&Biomass*), τότε το λογισμικό εμφανίζει μια ένδειξη ότι δεν είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί σύστημα αιχμής φορτίου. Στην αντίθετη περίπτωση που το θερμικό φορτίο αιχμής δεν ικανοποιείται ούτε και με τη χρήση συστήματος θέρμανσης φορτίου αιχμής τότε αντίστοιχα επιστρέφει σχετική ένδειξη.

Ακόμα κι όταν η αιχμή φορτίου καλύπτεται πλήρως από το βασικό σύστημα, το πρόγραμμα δίνει την δυνατότητα στο σχεδιαστή του συστήματος (στον χρήστη) να συμπεριλάβει στο εναλλακτικό σύστημα θέρμανσης και ένα σύστημα αιχμής (π.χ. για λόγους σιγουριάς).

Ο χρήστης ορίζει την ονομαστική ισχύ (σε kW), την σταθερή και την εποχιακή απόδοση συστήματος. Επίσης επιλέγει τον τύπο καυσίμου που θα χρησιμοποιηθεί, από έναν εξελισσόμενο κατάλογο. Το πρόγραμμα επιστρέφει την ετήσια παραγόμενη ενέργεια του συστήματος (σε MWh), το ποσοστό της αιχμής φορτίου που μπορεί να καλύψει και το ποσοστό της συνολικής ετήσιας απαιτούμενης ενέργειας θέρμανσης που αποδίδεται από το σύστημα αιχμής. Όταν η αιχμή φορτίου καλύπτεται από το βασικό σύστημα, η παραγόμενη ενέργεια του συστήματος αιχμής είναι μηδενική.

4.3.2.5 Εφεδρικό σύστημα

Το λογισμικό προτείνει εφεδρική ισχύ ίση με την ισχύ της μεγαλύτερης μονάδας της εγκατάστασης. Το εφεδρικό σύστημα δεν συμμετέχει στους ενεργειακούς υπολογισμούς της εγκατάστασης και συμπεριλαμβάνεται μόνο σαν στοιχείο κόστους.

4.3.3 Ετήσια ενεργειακή παραγωγή

Στην ενότητα αυτή το λογισμικό συνοψίζει τα αποτελέσματα των ενεργειακών υπολογισμών για το εναλλακτικό σύστημα θέρμανσης. Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων γίνεται τόσο για κάθε επιμέρους σύστημα (ανάκτησης θερμότητας, βιομάζας, αιχμής) ξεχωριστά όσο και συνολικά για το εναλλακτικό σύστημα θέρμανσης. Επίσης σε αυτήν την ενότητα το λογισμικό επιστρέφει την ετήσια απαιτούμενη ποσότητα βιομάζας (σε τόνους), και την ετήσια κατανάλωση καυσίμου του συστήματος αιχμής.

4.4 ΦΥΛΛΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Στο φύλλο αυτό ο χρήστης ορίζει τα κλιματολογικά δεδομένα της περιοχής στην οποία θα λάβει χώρα το έργο, τα τοπολογικά δεδομένα του/των κτιρίου/ων που θα θερμανθεί/ούν καθώς και τα χαρακτηριστικά του υπάρχοντος (ή ενός θεωρητικού) συμβατικού συστήματος που θα αντικατασταθεί από το εναλλακτικό σύστημα βιομάζας ή/και ανάκτησης θερμότητας. Να σημειωθεί, πως η αξιολόγηση του επενδυτικού έργου εφαρμογής ενός συστήματος θέρμανσης με βιομάζα, πραγματοποιείται σε σχέση με ένα σύστημα συμβατικού καυσίμου που υπάρχει ή που θα μπορούσε να υπάρξει. Οι ωφέλειες από το εναλλακτικό σύστημα προκύπτουν από την εξοικονόμηση των δαπανών αγοράς συμβατικών καυσίμων με βάση τις ετήσιες καταναλώσεις και το μοναδιαίο κόστος αγοράς κάθε καυσίμου.

4.4.1 Χαρακτηριστικά εξεταζόμενης τοποθεσίας και μηνιαία θερμοκρασιακά δεδομένα

Στην ενότητα αυτή ο χρήστης ορίζει τα θερμοκρασιακά δεδομένα της περιοχής. Τα ζητούμενα δεδομένα είναι οι ημερήσιοι βαθμοί θέρμανσης για κάθε μήνα του έτους και η *θερμοκρασία σχεδίασης θέρμανσης*. Επιλέγοντας τον πλησιέστερο, στην τοποθεσία του έργου, σταθμό μετεωρολογικών δεδομένων, τα στοιχεία αυτά μπορούν να βρεθούν από τη θερμοκρασιακή βάση δεδομένων που συνοδεύει το πρόγραμμα, και χρησιμοποιούνται για να καθοριστεί η ετήσια απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης.

Οι τιμές των Θερμοκρασιών Σχεδίασης θέρμανσης που βρίσκονται στη καιρική βάση δεδομένων του λογισμικού RETScreen υπολογίστηκαν με βάση ωριαία στοιχεία για 12 μήνες του έτους. Ο χρήστης μπορεί να θελήσει να τροποποιήσει αυτή την τιμή ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες ή λόγω μιας πιο "συντηρητικής" φιλοσοφίας σχεδίασης. Ο χρήστης πρέπει να γνωρίζει ότι κατά την τροποποίηση της θερμοκρασίας σχεδίασης, πιθανόν να χρειαστεί να επαναρυθμίσει τόσο τους ημερήσιους βαθμούς θέρμανσης του μήνα, όσο και το φορτία θέρμανσης των κτιρίων.

Επίσης του ζητείται να ορίσει την κατά εκτίμηση απαιτούμενη ενέργεια για θέρμανση νερού χρήσης, ως ποσοστό της ετήσιας απαιτούμενης ενέργειας θέρμανσης.

Το πρόγραμμα επιστρέφει το άθροισμα των ημερήσιων βαθμών θέρμανσης όλων των μηνών του έτους (ημερήσιοι βαθμοί θέρμανσης σε ετήσια βάση) και τις *ισοδύναμες ώρες αιχμής φορτίου*, που αντιπροσωπεύουν την ετήσια απαιτούμενη

ενέργεια θέρμανσης προς το θερμικό φορτίο αιχμής για μια συγκεκριμένη περιοχή. Αυτή η τιμή εκφράζεται σε ώρες και είναι ισοδύναμη με τον αριθμό ωρών που ένα σύστημα θέρμανσης, που λειτουργεί αποδίδοντας το φορτίο αιχμής, χρειάζεται να λειτουργήσει ώστε να ικανοποιηθεί η ετήσια απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης.

Για να συμπεριληφθεί και η απαιτούμενη ενέργεια για τη θέρμανση του νερού χρήσης στον υπολογισμό της συνολικά απαιτούμενης θερμικής ενέργειας, το πρόγραμμα υπολογίζει έναν ισοδύναμο αριθμό ημερήσιων βαθμών θέρμανσης που αντιστοιχεί στη παρασκευή ζεστού νερού χρήσης. Η τιμή αυτή εκφράζεται σε ημερήσιους βαθμούς θέρμανσης ανά μέρα.

4.4.2 Υπάρχον σύστημα θέρμανσης και θερμικό φορτίο εγκατάστασης

4.4.2.1 Υπάρχον σύστημα θέρμανσης

Στην υποενότητα αυτή ο χρήστης καθορίζει τα χαρακτηριστικά του υπό εξέταση συγκροτήματος κτιρίων. Στην γενικότερη περίπτωση, αυτή ενός τοπικού συστήματος κεντρικής θέρμανσης το λογισμικό μπορεί να περιλάβει μέχρι και 14 ομάδες κτιρίων, όπου μια ομάδα κτιρίων είναι ένας αριθμός κτιρίων με όμοια θερμικά φορτία και κοινή δικτύωση με το κεντρικό σύστημα. Είναι προφανές ότι μια ομάδα μπορεί να αποτελείται και μόνο από ένα κτίριο. Η αναφορά σε *ομάδα κτιρίων* γίνεται για να συμπεριληφθεί και η γενικότερη περίπτωση, όπου ένα ή περισσότερα κτίρια με ίδια θερμικά φορτία θα συνδεθούν με ενιαία σωλήνωση με το κεντρικό σύστημα θέρμανσης. Αρχικά εισάγεται η συνολική θερμαινόμενη επιφάνεια (σε m^2) για κάθε ομάδα κτιρίων. Εάν για παράδειγμα, μια ομάδα κτιρίων αποτελείται από τρία διώροφα κτίσματα, η συνολική θερμαινόμενη επιφάνεια που θα εισαχθεί θα είναι το άθροισμα της επιφάνειας και των έξι θερμαινόμενων ορόφων. Στη συνέχεια ζητείται ο αριθμός των κτιρίων ανά ομάδα, για λόγους αναφοράς μόνο, αφού το λογισμικό δεν πολλαπλασιάζει την τιμή της θερμαινόμενης επιφάνειας που έχει εισαχθεί με τον αριθμό των κτιρίων.

Ακολούθως ο χρήστης καλείται να δώσει τα χαρακτηριστικά του υπάρχοντος συστήματος θέρμανσης κάθε ομάδας, το οποίο θεωρείται δεδομένο ότι καταναλώνει συμβατικό καύσιμο. Από έναν εξελισσόμενο κατάλογο ο χρήστης επιλέγει έναν από τους τύπους καυσίμου, που αναφέρονται στον κατάλογο, για κάθε ομάδα κτιρίων. Αυτοί είναι: φυσικό αέριο, προπάνιο, πετρέλαιο #2 (ντίζελ), πετρέλαιο#6, ηλεκτρισμός ή άλλο. Στη συνέχεια ο χρήστης ορίζει την εποχιακή απόδοση του συστήματος θέρμανσης κάθε ομάδας. Η ισχύς των συστημάτων δεν ζητείται γιατί το λογισμικό θεωρεί ότι είναι τέτοια που ικανοποιεί τις θερμικές απαιτήσεις κάθε ομάδας και με βάση αυτές, τη θερμογόνο δύναμη κάθε τύπου καυσίμου και την εποχιακή απόδοση κάθε συστήματος θα υπολογίσει την ετήσια κατανάλωση κάθε καυσίμου.

4.4.2.2 Υπολογισμός θερμικών φορτίων εγκατάστασης

Αρχικά ζητείται από τον χρήστη να ορίσει το θερμικό φορτίο κάθε ομάδας κτιρίων (σε W/m^2). Το θερμικό φορτίο κάθε κτιρίου είναι συνάρτηση της *Θερμοκρασίας Σχεδίασης* και της κατάστασης της μόνωσης του κτιρίου. Γενικά οι τιμές του είναι εμπειρικά γνωστές στους σχεδιαστές συστημάτων θέρμανσης, αλλά μπορούν

να βρεθούν και από διαγράμματα (για διάφορες συνθήκες όπως το ύψος του κτιρίου ή η χρήση του) σε τεχνικά εγχειρίδια.

Με βάση τα θερμικά φορτία και τα κλιματολογικά δεδομένα, το πρόγραμμα υπολογίζει για κάθε ομάδα κτιρίων την απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης και την αιχμή φορτίου. Το άθροισμα όλων των τιμών της απαιτούμενης ενέργειας θέρμανσης για κάθε ομάδα κτιρίων, μεταφέρεται στο φύλλο *Ενεργειακό Μοντέλο*, και είναι η απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης που πρέπει να ικανοποιήσει το εναλλακτικό σύστημα θέρμανσης. Ομοίως, το άθροισμα όλων των τιμών της αιχμής φορτίου για κάθε ομάδα κτιρίων, μεταφέρεται στο φύλλο *Ενεργειακό Μοντέλο*, και είναι η αιχμή φορτίου που θα πρέπει να καλύψει το εναλλακτικό σύστημα.

Εν συνεχεία ο χρήστης ορίζει την μοναδιαία τιμή αγοράς του καυσίμου για κάθε ομάδα κτιρίων και το λογισμικό υπολογίζει το ετήσιο κόστος των καυσίμων για κάθε ομάδα κτιρίων με βάση τις καταναλώσεις που έχουν ήδη υπολογισθεί (βλ. §4.4.2.2). Το κόστος των καυσίμων για κάθε συστάδα αθροίζονται και μεταφέρονται στο φύλλο *Χρηματοοικονομική Ανάλυση* σαν ετήσιες αποταμιεύσεις του έργου.

4.4.3 Σχεδίαση δικτύου κεντρικής θέρμανσης

Στην ενότητα αυτή σχεδιάζεται το δίκτυο σωληνώσεων για ένα τοπικό κεντρικό σύστημα θέρμανσης (δίκτυο τηλεθέρμανσης) και γίνεται μια προκαταρκτική κοστολόγηση του. Ο σχεδιασμός περιλαμβάνει τον καθορισμό του συνολικού μήκους και της διαμέτρου των σωληνώσεων που θα χρησιμοποιηθούν, καθώς επίσης και την ενδεχόμενη χρήση υποσταθμών διανομής.

Κάθε σωληνογραμμή θεωρείται ότι αποτελείται από δύο σωλήνες, έναν για την παροχή κι έναν για την επιστροφή του νερού, η οποία μπορεί να συνδέει είτε απευθείας τον ενεργειακό σταθμό με τα κτίρια είτε μέσω κάποιων υποσταθμών διανομής. *Κύρια* καλείται η σωληνογραμμή που συνδέει περισσότερες από μία ομάδες κτιρίων με τον σταθμό παραγωγής θερμικής ενέργειας, ενώ *Δευτερεύουσα* καλείται αυτή που συνδέει τη κάθε ομάδα κτιρίων με το κεντρικό (κύριο) δίκτυο. Στην περίπτωση που το σύστημα θέρμανσης εξυπηρετεί μόνο μία ομάδα κτιρίων, τότε όλο το δίκτυο θεωρείται *δευτερεύον*.

Η διάμετρος των σωλήνων εξαρτάται από το φορτίο του συστήματος και την θερμοκρασία σχεδίασης του δικτύου.

Το λογισμικό RETscreen δεν περιλαμβάνει στους υπολογισμούς του τις απώλειες του δικτύου διανομής, δεδομένου ότι αυτές μπορεί να εξαρτώνται από πάρα πολλούς διαφορετικούς παράγοντες. Για παράδειγμα, σε μια περιοχή που είναι καλυμμένη από χιόνι για μια μεγάλη χρονική περίοδο, οι απώλειες του δικτύου θα είναι μικρότερες από μια περιοχή με παρόμοιες θερμοκρασίες αλλά χωρίς κάλυψη χιονιού.

4.4.3.1 Κριτήρια σχεδίασης

Ο χρήστης εισάγει τις θερμοκρασίες σχεδίασης για τους σωλήνες παροχής και επιστροφής και το λογισμικό επιστρέφει τη διαφορική θερμοκρασία σχεδίασης (*Θερμοκρασία Δέλτα*). Οι θερμοκρασίες σχεδίασης των σωληνώσεων αφορούν τις

μέγιστες θερμοκρασίες του πρωτεύοντος μέσου (κατά κανόνα το νερό) που θα διακινηθεί στους σωλήνες κατά την παροχή και κατά την επιστροφή.

4.4.3.2 Κύρια σωληνογραμμή

Αρχικά ζητείται από τον χρήστη να ορίσει τον συντελεστή επαύξησης του δικτύου (ποσοστό %). Το φορτίο που υπολογίζεται για κάθε τομέα του δικτύου, πολλαπλασιάζεται με το συντελεστή επαύξησης δικτύου ώστε να ικανοποιηθεί μία μελλοντική αύξηση του φορτίου. Οι συντελεστές αυτοί εισάγονται σε περίπτωση που αναμένεται ότι στο μέλλον θα υπάρξει αύξηση του φορτίου στο δίκτυο, εάν για παράδειγμα προστεθούν νέα κτίρια, ή επεκταθούν κάποια από τα υπάρχοντα.

Στη συνέχεια, ο χρήστης καθορίζει το ποιες ομάδες κτιρίων συνδέονται με κάθε τομέα της κύριας σωλήνωσης και ποιο είναι το συνολικό μήκος του κάθε τομέα.. Ο αριθμός των τομέων πρέπει να υπολείπεται κατά ένα του αριθμού των κτιριακών ομάδων που συνδέονται με τον θερμικό σταθμό. Το λογισμικό, αθροίζοντας τα θερμικά φορτία των κτιριακών ομάδων που συνδέονται με κάθε τομέα, υπολογίζει το θερμικό φορτίο κάθε τομέα της κύριας σωλήνωσης και επιστρέφει τη διάμετρο που πρέπει να έχουν οι σωλήνες κάθε τομέα. Το μήκος και η διάμετρος των σωληνώσεων καθορίζουν και το τελικό τους κόστος.

4.4.3.4 Δευτερεύουσα σωληνογραμμή

Κι εδώ, ο χρήστης εισάγει τον συντελεστή επαύξησης του φορτίου του δικτύου και το μήκος για κάθε τομέα της δευτερεύουσας σωλήνωσης. Το λογισμικό υπολογίζει το φορτίο για κάθε τομέα της δευτερεύουσας σωλήνωσης και επιστρέφει τη διάμετρο που πρέπει να έχουν οι σωλήνες για κάθε τομέα.

4.4.3.5 Κοστολόγηση δικτύου

Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει μεταξύ δύο μεθόδων κοστολόγησης. οι επιλογές από τον εξελισσόμενο κατάλογο είναι *Τυπική* και *Αναλυτική*. Κατά την *Τυπική* μέθοδο το λογισμικό υπολογίζει τις δαπάνες του δικτύου με βάση κοστολογικά στοιχεία (του Καναδά, για το έτος 2000) που έχει στη καταχωρημένα στη μνήμη. Ο χρήστης μπορεί να προσαρμόσει τα στοιχεία αυτά στα δεδομένα της περιοχής του εισάγοντας τρεις διαφορετικούς συντελεστές διαμόρφωσης του κόστους για την κύρια και τη δευτερεύουσα σωλήνωση, και για τους υποσταθμούς διανομής (εάν υπάρχουν). Επιπλέον μπορεί να εισάγει την τιμή ισοτιμίας του νομίσματος της χώρας με τα Καναδικά δολάρια.

Κατά την *Αναλυτική* μέθοδο κοστολόγησης, το κόστος των σωληνώσεων και των υποσταθμών διανομής (εάν υπάρχουν), ορίζεται από τον χρήστη.

Οι υποσταθμοί διανομής συμμετέχουν μόνο σαν δαπάνες και δεν περιλαμβάνονται σε ενεργειακούς υπολογισμούς. Ο χρήστης επιλέγει από τον εξελισσόμενο κατάλογο τον τρόπο σύνδεσης. *Άμεσος*, εάν δεν απαιτούνται υποσταθμοί μεταφοράς και *Έμμεσος* στη περίπτωση που απαιτούνται

4.5 ΦΥΛΛΟ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΔΑΠΑΝΩΝ

Στο φύλλο αυτό καταχωρούνται όλες οι δαπάνες που αφορούν τη μελέτη, την ανάπτυξη, την εφαρμογή και τη λειτουργία του έργου που εξετάζεται. Επιπλέον μπορούν να καταχωρηθούν και οι πιθανές εξοικονομήσεις του έργου, ως πιστώσεις. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να επιλέξει μεταξύ μιας υπερβολικά αναλυτικής καταχώρησης των δαπανών/ ωφελειών και μιας πιο συγκεντρωτικής. Επιπλέον του παρέχεται η δυνατότητα να ορίσει τις ισοτιμίες στις οποίες θα αναφέρονται οι δαπάνες που αναλύονται, καθώς επίσης επιλογή για τυχόν επιπρόσθετες αναφορές (π.χ. δεύτερη ισοτιμία κ.ά.). Το φύλλο χωρίζεται σε τρεις βασικές ενότητες, *Αρχικές*, *Ετήσιες* και *Περιοδικές* δαπάνες.

4.5.1 Αρχικές Δαπάνες

4.5.1.1 Προκαταρκτικές δαπάνες

Στις προκαταρκτικές δαπάνες μπορούν να περιληφθούν δραστηριότητες όπως η εκπόνηση μελέτης σκοπιμότητας για το έργο (μελέτη περιοχής εγκατάστασης, αρχικός σχεδιασμός κτλ), η μελέτη για την πορεία ανάπτυξης και εξέλιξης του έργου (αδειοδοτήσεις και διαχείριση του έργου) και το μηχανολογικό κομμάτι της έρευνας για την υλοποίηση του έργου (σχεδιασμός υποδομής, μηχανολογικός και ηλεκτρολογικός εξοπλισμός)

4.5.1.2 Κόστος συστήματος βιομάζας και WHR

Εδώ ο χρήστης καταχωρεί τις δαπάνες για την αγορά, μεταφορά και εγκατάσταση του συστήματος βιομάζας ή/και του συστήματος ανάκτησης θερμότητας. Το λογισμικό ζητάει το κόστος κάθε συστήματος ανά kW ισχύος και υπολογίζει το συνολικό αρχικό κόστος του συστήματος. Επίσης καταχωρείται και το ποσό της πίστωσης που μπορεί να υπάρξει (π.χ. υπό τη μορφή κρατικής επιδότησης) για την αγορά συστήματος ανανεώσιμης ενέργειας. Τέλος το λογισμικό υπολογίζει το ποσοστό συμβολής αυτής της δαπάνης στις συνολικές αρχικές δαπάνες.

4.5.1.3 Κόστος ολοκλήρωσης της εγκατάστασης

Εδώ καταχωρούνται οι δαπάνες αγοράς, μεταφοράς και εγκατάστασης του ενισχυτικού συστήματος αιχμής και του εφεδρικού λέβητα (εάν υπάρχουν), όπως και το κόστος της κτιριακής υποδομής που πιθανών απαιτείται (π.χ. στέγαση του συστήματος, αποθήκευση της βιομάζας). Επιπλέον στη υποενότητα αυτή μεταφέρονται και οι δαπάνες που υπολογίστηκαν κατά τη σχεδίαση του δικτύου σωληνώσεων του κεντρικού συστήματος θέρμανσης (κόστος σωλήνων και υποσταθμών διανομής). Και εδώ δίνεται η δυνατότητα καταχώρησης ενός ποσού που έχει τη μορφή πίστωσης (π.χ. η ύπαρξη κάποιου εξοπλισμού που σε άλλη περίπτωση θα έπρεπε να αγοραστεί). Το λογισμικό συνοψίζει αυτές τις δαπάνες και τις παρουσιάζει σαν ποσοστό επί των συνολικών αρχικών δαπανών.

4.5.1.4 Διάφορα έξοδα

Στην υποενότητα αυτή προβλέπεται η συμπλήρωση διάφορων εξόδων που δεν εμπίπτουν σε καμία από τις παραπάνω κατηγορίες, καθώς και τυχόν αποκλίσεις από τις εκτιμήσεις των εξόδων που περιγράφηκαν πριν, ως ποσοστό του συνολικού κόστους όλων αυτών των δραστηριοτήτων.

4.5.2 Ετήσιες Δαπάνες

Στην ενότητα αυτή περιγράφονται οι δαπάνες/ωφέλειες που προκύπτουν από την λειτουργία του συστήματος σε ετήσια βάση. Στην πρώτη υποενότητα περιλαμβάνονται οι ασφαλίσεις για το έργο, οι φόροι και παρόμοια έξοδα καθώς και η μισθοδοσία των απασχολούμενων. Ακόμα, λαμβάνονται υπόψη τυχόν αποκλίσεις από τα διάφορα έξοδα, ως ποσοστό επί των συνολικών εξόδων, οι οποίες περιλαμβάνονται στο συνολικό υπολογισμό, μαζί με τα προσδοκώμενα κέρδη.

Στη δεύτερη υποενότητα περιγράφεται το κόστος των καυσίμων του εναλλακτικού συστήματος θέρμανσης. Σε αυτό περιλαμβάνεται πέρα από το κόστος προμήθειας της βιομάζας, το ρεύμα που καταναλώνεται σαν παρασιτικός ηλεκτρισμός από τον περιφερειακό εξοπλισμό του συστήματος βιομάζας, το ρεύμα που καταναλώνει το σύστημα ανάκτησης θερμότητας και το κόστος του καυσίμου του ενισχυτικού συστήματος αιχμής. Το λογισμικό επιδεικνύει την ποσότητα καυσίμου (σε τόνους, λίτρα ή μεγαβατώρες) που καταναλώνεται ετησίως και ζητά από τον χρήστη να ορίσει το μοναδιαίο κόστος κάθε καυσίμου.

4.5.3 Περιοδικές Δαπάνες

Οι περιοδικές δαπάνες αφορούν συνήθως διαδικασίες συντήρησης του λέβητα ή αντικατάστασης κομματιών του εξοπλισμού. Ο χρήστης καταχωρεί το ποσό αυτών των δαπανών καθώς και την περιοδικότητά τους σε χρόνια. Η περίοδος αυτή πρέπει να είναι μεγαλύτερη του ενός έτους. Και εδώ το λογισμικό δίνει τη δυνατότητα να καταχωρηθούν παράλληλα με τις δαπάνες και οι πιθανές περιοδικές πιστώσεις.

4.6 ΦΥΛΛΟ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Το φύλλο αυτό, παρέχει τη δυνατότητα να εκτιμηθεί η μείωση της ποσότητας των εκπεμπόμενων αερίων θερμοκηπίου, που προκύπτει από την εφαρμογή ενός έργου παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές έναντι ενός συμβατικού συστήματος παραγωγής ενέργειας. Τα αέρια θερμοκηπίου που είναι πιο σχετικά με την ανάπτυξη ενεργειακών έργων είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), το μεθάνιο (CH_4) και το διοξείδιο του αζώτου (N_2O) και αυτά εξετάζονται στην ανάλυση μείωσης εκπομπών αερίων θερμοκηπίου του λογισμικού RETscreen. Η ανάλυση αυτή είναι προαιρετική.

Το λογισμικό υπολογίζει ένα συντελεστή εκπομπής αερίων θερμοκηπίου για κάθε σύστημα παραγωγής ενέργειας που εμπλέκεται άμεσα ή έμμεσα με το εξεταζόμενο έργο. Ο συντελεστής αυτός αντιπροσωπεύει τη μάζα των αερίων

θερμοκηπίου που εκπέμπεται ανά μονάδα παραγώμενης ενέργειας και μετριέται σε ισοδύναμους τόνους αερίου CO₂ ανά μεγαβατώρα παραδοθείσας ενέργειας (tCO₂/MWh). Κατά τον υπολογισμό του λαμβάνονται υπόψη οι συντελεστές εκπομπής αερίων CO₂, CH₄ και N₂O κάθε τύπου καυσίμου, οι αποδόσεις μετατροπής των καυσίμων και η συμμετοχή του κάθε καυσίμου στην συνολική παραγωγή ενέργειας του συστήματος.

Έτσι υπολογίζεται ένας συντελεστής εκπομπής για το συμβατικό σύστημα θέρμανσης και ένας για το εναλλακτικό σύστημα. Επιπλέον υπολογίζεται ο συντελεστής εκπομπής αερίων θερμοκηπίου του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που παρέχει ηλεκτρισμό στην περιοχή. Ο συντελεστής αυτός συμμετέχει (ποσοστιαία) στον υπολογισμό του συντελεστή εκπομπής του εναλλακτικού συστήματος, για τον παρασιτικό ηλεκτρισμό που καταναλώνει και στον υπολογισμό του συντελεστή εκπομπής του συμβατικού συστήματος θέρμανσης, εάν κάποια από τις ομάδες κτιρίων χρησιμοποιεί ηλεκτρισμό στο υπάρχον σύστημα θέρμανσης.

Η διαφορά των συντελεστών εκπομπής αερίων θερμοκηπίου που υπολογίστηκαν για το συμβατικό και το εναλλακτικό σύστημα θέρμανσης, επί την ετήσια παραδοθείσα ενέργεια θέρμανσης, δίνει τον συνολικό μειούμενο όγκο εκπομπής αερίων θερμοκηπίου (σε ισοδύναμους τόνους αερίου CO₂) που προκύπτει από την εφαρμογή του συστήματος βιομάζας.

Όταν υπάρχει πολιτικό πλαίσιο πίστωσης για τον όγκο των μειούμενων εκπομπών αερίων θερμοκηπίου από ένα έργο, τότε στο φύλλο Χρηματοοικονομική Ανάλυση, συνυπολογίζεται η ετήσια ωφέλεια από την μείωση της εκπομπής αερίων θερμοκηπίου, στις εξοικονομήσεις του έργου.

4.7 ΦΥΛΛΟ ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

4.7.1 Ετήσιο ενεργειακό ισοζύγιο

Στο σημείο αυτό συνοψίζονται κάποια μεγέθη που υπολογίστηκαν στα προηγούμενα Φύλλα εργασίας. Τα μεγέθη αυτά είναι η συνολικά ανανεώσιμη παραγόμενη ενέργεια θέρμανσης, η συμβατικά παραγόμενη ενέργεια θέρμανσης (από το σύστημα αιχμής, όταν αυτό καταναλώνει συμβατικό καύσιμο και όχι βιομάζα), και η ποσότητα ηλεκτρικού που καταναλώνεται από το εναλλακτικό σύστημα θέρμανσης σαν παρασιτικός ηλεκτρισμός (δηλαδή για την κίνηση κάποιων εξαρτημάτων του συστήματος). Η ποσότητα του καταναλισκόμενου παρασιτικού ηλεκτρισμού έχει εισαχθεί από τον χρήστη κατά στο φύλλο *Ανάλυση Δαπανών* στην ενότητα *ετήσιες δαπάνες*.

Επιπλέον, εάν έχει πραγματοποιηθεί ανάλυση μείωσης εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, το λογισμικό επιστρέφει την ετήσια ποσότητα αερίων θερμοκηπίου (σε ισοδύναμους τόνους αερίου CO₂) που αποφεύγονται από την εφαρμογή του συστήματος βιομάζας, καθώς και την συνολική ποσότητα αερίων θερμοκηπίου (σε ισοδύναμους τόνους αερίου CO₂) που αποφεύγονται από την εφαρμογή του συστήματος βιομάζας καθόλη τη διάρκεια ζωής του έργου.

4.7.2 Χρηματοοικονομικές παράμετροι

Στην ενότητα αυτή ο χρήστης συμπληρώνει τις τιμές των χρηματοοικονομικών παραμέτρων που σχετίζονται με την επένδυση.

Εάν υπάρχει πίστωση για την μείωση της εκπομπής αερίων θερμοκηπίου, ο χρήστης ορίζει το ποσό (σε χρηματικές μονάδες ανά ισοδύναμο τόνο αερίου CO₂ που αποφεύγεται) και τη διάρκεια της πίστωσης.

Στη συνέχεια ο χρήστης εισάγει τον ρυθμό αύξησης του ενεργειακού κόστους (σε ποσοστό %), την τιμή του πληθωρισμού, το επιτόκιο προεξόφλησης (είναι αυτό με το οποίο συγκρίνεται ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης και αντιπροσωπεύει την αποδοτικότητα μιας εναλλακτικής επένδυσης του αρχικού κεφαλαίου) και τον διάρκεια ζωής του επενδυτικού έργου (σε έτη).

Επίσης συμπληρώνει τις τιμές των παραμέτρων που σχετίζονται με τη δανειοδότηση του έργου. Αυτές είναι η *ικανότητα δανεισμού* (αναλογία δανεισμού ως προς τα συνολικά αρχικά κόστη), το επιτόκιο εξόφλησης των χρεών (%) και η περίοδος αποπληρωμής των χρεών (σε έτη). Εάν ο χρήστης επιλέξει να υπάρξει ανάλυση της φορολόγησης των εσόδων, τότε καλείται να δώσει επιπλέον στοιχεία, τα οποία είναι το ποσοστό της φορολόγησης επί των εισοδημάτων, εάν υπάρχουν απώλειες κατά την πρόοδο του έργου, η μέθοδος λογιστικής απόσβεσης που θα ακολουθηθεί, το ποσοστό της φορολογικής βάσης και το ποσοστό απόσβεσης.

4.7.3 Σύνοψη δαπανών και ωφελειών του έργου

Στην υποενότητα αυτή συνοψίζονται οι αρχικές, ετήσιες και περιοδικές δαπάνες που καταχωρήθηκαν στο φύλλο *Ανάλυση Δαπανών*. Στις ετήσιες δαπάνες συμπεριλαμβάνεται και οι δόσεις για την αποπληρωμή του χρέους, εφόσον έχει υπάρξει δανεισμός.

Επίσης συνοψίζονται οι ετήσιες εξοικονομήσεις του έργου. Αυτές είναι: η εξοικονόμηση του κόστους αγοράς συμβατικών καυσίμων, που υπολογίστηκε στο φύλλο *Υπολογισμοί Θερμικών Φορτίων και Σχεδίασης του Δικτύου Κεντρικής Θέρμανσης* με βάση την ετήσια κατανάλωση συμβατικού καυσίμου και το μοναδιαίο κόστος αγοράς που εισήγαγε ο χρήστης, και η εξοικονόμηση από την πίστωση για τη μείωση εκπομπής αερίων θερμοκηπίου, εάν υπάρχει.

4.7.4 Χρηματοοικονομική εφικτότητα

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται οι επιδόσεις της επένδυσης σε κάποιους χρηματοοικονομικούς δείκτες που χρησιμεύουν σαν κριτήρια αξιολόγησης της οικονομικής βιωσιμότητας ενός έργου.

Αρχικά, εφαρμόζεται η μέθοδος του εσωτερικού βαθμού απόδοσης, ο οποίος υποδηλώνει την ανώτερη τιμή για το κόστος κεφαλαίου, για την οποία η επένδυση εξακολουθεί να είναι συμφέρουσα, στα αποτελέσματα (ροές) του έργου προ και μετά φόρων. Ακολουθώντας, εφαρμόζεται η μέθοδος της απλής επανείσπραξης για το

επενδυτικό έργο, κατά την οποία υπολογίζεται ο χρόνος απόσβεσης του αρχικού κόστους του έργου. Έπειτα υπολογίζεται το έτος, μετά την έναρξη λειτουργίας του έργου, κατά το οποίο ο επενδυτής θα λάβει την πρώτη θετική ταμειακή ροή (κέρδος). Ακόμη, εφαρμόζεται το κριτήριο της Καθαρής Παρούσας Αξίας (ΚΠΑ), σύμφωνα με το οποίο συγκρίνεται η παρούσα αξία των προβλεπόμενων καθαρών ταμειακών ροών προερχόμενες από το επενδυτικό έργο με την αρχική του δαπάνη, με τη σύγκριση να πραγματοποιείται στο χρόνο μηδέν (δηλαδή τη στιγμή που ο επενδυτής πραγματοποιεί τη σύγκριση). Στη συνέχεια υπολογίζονται οι ετήσιες εξοικονομήσεις που επιτυγχάνονται για τη διάρκεια ζωής του έργου, δηλαδή ποιο ποσό θα εξοικονομείται κάθε έτος λειτουργίας του έργου. Εδώ υπολογίζεται ο δείκτης κερδοφορίας, ο οποίος υπολογίζεται ως ο λόγος της ΚΠΑ του έργου προς τα συνολικά αρχικά κόστη.

Τέλος, συνοψίζονται τα ποσά που σχετίζονται με τη χρηματοδότηση του έργου. Το μετοχικό κεφάλαιο, που είναι το ποσό που επενδύεται αρχικά από όλους τους μετόχους του επενδυτικού έργου (Ιδια Κεφάλαια), το χρέος του έργου, που είναι το ποσό που θα προέλθει από δανεισμό και ισούται με το αρχικό κόστος μείον το μετοχικό κεφάλαιο και οι ετήσιες δόσεις για την αποπληρωμή του χρέους. Επίσης υπολογίζεται ο δείκτης αυτοχρηματοδότησης του έργου που φανερώνει την ικανότητα της επένδυσης να καλύπτει τα έξοδα για την κάλυψη του χρέους, παράλληλα με την κάλυψη διαφόρων άλλων εξόδων.

Στο φύλλο Χρηματοοικονομική Ανάλυση, παρουσιάζεται επίσης ένας πίνακας με τις ετήσιες ταμειακές ροές του έργου (προ και μετά φόρων, και αθροιστικά), για όλη τη διάρκεια ζωής του έργου, όπως αυτή έχει οριστεί από τον χρήστη. Επιπλέον, οι αθροιστικές ταμειακές ροές αποτυπώνονται με τη μορφή γραφήματος, για όλη τη διάρκεια ζωής του έργου.

4.8 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [4.1] RETscreen Biomass Heating Project, Version2000, release 2, downloaded free of charge at www.retscreen.net, (last accessed on March 2005)
- [4.2] *Author* : CANMET Energy Diversification Research Laboratory (CEDRL), www.canren.gc.ca
Publisher : Natural Resources Canada, www.nrcan.gc.ca

ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΔΥΟ ΣΧΟΛΕΙΩΝ ΜΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Ένα καινούριο δημοτικό σχολείο ανεγείρεται κοντά σε ένα υπάρχον γυμνάσιο. Το τοπικό συμβούλιο θέλει να αξιολογήσει την εφικτότητα συνδυασμού του συστήματος θέρμανσης των δύο σχολείων με την εγκατάσταση ενός λέβητα βιομάζας και για τα δύο. Ο λέβητας βιομάζας του δημοτικού σχολείου θα συνδεθεί με το λέβητα πετρελαίου του γυμνασίου με ένα κύκλωμα ζεστού νερού. Έχουμε κληθεί να διερευνήσουμε κατά πόσο αυτό το έργο θα είναι οικονομικά βιώσιμο.

5.1.1 Πληροφορίες για την τοποθεσία εγκατάστασης

Τα σχολεία βρίσκονται στο Ηνωμένο Βασίλειο, περίπου 20 χιλιόμετρα νότια του Birmingham. Ο πλησιέστερος σταθμός καιρικών δεδομένων βρίσκεται στο Λονδίνο. Το δημοτικό σχολείο προορίζεται για 210 μαθητές και θα έχει επιφάνεια 2.800 m². Θα βρίσκεται σε απόσταση 200 μέτρων από το γυμνάσιο που έχει επιφάνεια 6.200 m² και το οποίο φιλοξενεί 650 μαθητές. Το γυμνάσιο είχε κατασκευαστεί το 1960, και κατά το παρόν θερμαίνεται από ένα λέβητα πετρελαίου ισχύος 750 kW, με ένα μέσης θερμοκρασίας σύστημα διανομής ζεστού νερού.

5.1.2 Χρηματοοικονομικές πληροφορίες

Τα τυπικά χρηματοοικονομικά μεγέθη για την ανάλυση, δίνονται ως εξής: πληθωρισμός 2%, ικανότητα δανεισμού 80%, εξοφλητικό επιτόκιο χρέους 8%, προεξοφλητικό επιτόκιο 9% και προθεσμία εξόφλησης χρέους 10 έτη. Η διάρκεια ζωής του συστήματος είναι 25 έτη. Η μέση τιμή του ηλεκτρισμού είναι \$0,12/kWh, και το πετρέλαιο προμηθεύεται με \$0,60/L. Η κλιμάκωση κόστους ενέργειας προβλέπεται να είναι όση και ο πληθωρισμός. Η τιμή της βιομάζας (ξύλο) εκτιμάται \$25/τόνο.

5.1.3 Επίλυση

Η ανάπτυξη της μελέτης θα ακολουθήσει τα στάδια όπως παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 3.

- Πρώτα θα γίνει η μελέτη για την εγκατάσταση του συστήματος θέρμανσης και του δικτύου διανομής
- Στη συνέχεια θα διερευνηθεί η μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου από την εφαρμογή του συστήματος βιομάζας

- Τέλος θα γίνει ανάλυση των δαπανών και ωφελειών της εγκατάστασης καθώς και η χρηματοοικονομική ανάλυση υλοποίησης του έργου

5.2 ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΟΥ ΔΙΑΝΟΜΗΣ

Όπως αναφέραμε και στο Κεφάλαιο 3, το λογισμικό RETscreen, αξιολογεί ένα έργο σε σχέση με ένα άλλο. Στη συγκεκριμένη περίπτωση θα συγκριθούν τα εξής πλάνα. Το προτεινόμενο για την σύνδεση των συστημάτων θέρμανσης των δύο σχολικών κτιρίων και την εγκατάσταση ενός λέβητα βιομάζας (στο εξής *εναλλακτικό* σύστημα θέρμανσης), με την περίπτωση όπου στο νέο δημοτικό σχολείο δεν θα εγκαθίστατο ένα σύστημα βιομάζας, αλλά ένα συμβατικό σύστημα θέρμανσης με καύση πετρελαίου ντίζελ (στο εξής *συμβατικό* σύστημα θέρμανσης).

Για να πραγματοποιηθεί αυτή η σύγκριση, στα στοιχεία της υπάρχουσας εγκατάστασης, η οποία είναι και αυτή που θα συγκριθεί με την προτεινόμενη, θα περιληφθούν και τα στοιχεία ενός υποθετικού συμβατικού συστήματος θέρμανσης για το νέο κτίριο του δημοτικού σχολείου.

Στο προτεινόμενο σύστημα θέρμανσης επιλέγουμε να χρησιμοποιήσουμε τον υπάρχοντα λέβητα πετρελαίου του γυμνασίου σαν σύστημα αιχμής του εναλλακτικού συστήματος θέρμανσης.

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα κάθε ομάδα αποτελείται από ένα μόνο κτίριο.

5.2.1 Στοιχεία εισόδου σχεδίασης εγκατάστασης

Στον Πίνακα 5.1 παρουσιάζονται τα δεδομένα εισόδου για τη σχεδίαση της εγκατάστασης. Διευκρινήσεις για τα στοιχεία του πίνακα εισόδου δίνονται αμέσως μετά τον πίνακα.

Πίνακας 5.1: Δεδομένα εισόδου σχεδίασης εγκατάστασης.

α/α	Περιγραφή Μεγέθους	Σύμβολο	Μονάδα Μέτρησης	Παρατηρήσεις
A) Θερμοκρασιακά χαρακτηριστικά εξεταζόμενης τοποθεσίας				
1)	Πλησιέστερος σταθμός μετεωρολογικών δεδομένων	Λονδίνο	-	-
2)	Θερμοκρασία Σχεδίασης	$T_{\min} = -8$	$^{\circ}\text{C}$	από -40° έως 15°
3)	Ημερήσιοι-Βαθμοί (κάτω των 18°C) για κάθε μήνα	$DD_{\text{month-M}}$	$^{\circ}\text{C}$	Βλέπε Πίνακα 5.2
B) Στοιχεία τοπολογίας και υπάρχοντος (συμβατικού) συστήματος θέρμανσης				
4)	Θέρμανση νερού χρήσης	$DHW_{\text{load}} = 10\%$	σαν ποσοστό(%) επί της ετήσιας απαιτούμενης ενέργειας θέρμανσης	

α/α	Περιγραφή Μεγέθους	Σύμβολο	Μονάδα Μέτρησης	Παρατηρήσεις
5)	Θερμαινόμενη επιφάνεια για κάθε ομάδα κτιρίων	$S_1 = 6.200$ $S_2 = 2.800$	m^2	-
6)	Αριθμός κτιρίων σε κάθε ομάδα κτιρίων	Ομάδα $_1 = 1$ κτίριο Ομάδα $_2 = 1$ κτίριο	-	-
7)	Θερμικό φορτίο για κάθε ομάδα κτιρίων	$L_1 = 75$ $L_2 = 50$	W/m^2	Βλέπε §5.2.1.2.1
8)	Τύπος καυσίμου υπάρχοντος συστήματος θέρμανσης για κάθε ομάδα κτιρίων	Ομάδα $_1$: Ντίζελ Ομάδα $_2$: Ντίζελ		Θ.Α.: 38,7 MJ/L (10,74kWh/L)
9)	Τιμή μονάδας καυσίμου υπάρχοντος συστήματος θέρμανσης για κάθε ομάδα κτιρίων	$K_{1-Nτίζελ} = 0,6$ $K_{2-Nτίζελ} = 0,6$	χρηματικές μονάδες ανά λίτρο	-
10)	Εποχιακή απόδοση συστήματος	$n_1 = 75$ $n_2 = 50$	%	-
Γ) Χαρακτηριστικά εναλλακτικού συστήματος θέρμανσης				
11)	Τύπος συστήματος	Βιομάζα	-	Καυσόξυλα
Γ.1) Σύστημα ανάκτησης θερμότητας αερίων αποβλήτων (WHR)				
12)	Ισχύς συστήματος	$C_{WHR} = 0$	kW	ΔΕΝ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙΤΑΙ
Γ.2) Σύστημα θέρμανσης με Βιομάζα (Biomass)				
13)	Τύπος καυσίμου βιομάζας	Ξύλο μέτριας θερμαντικής αξίας	-	Θ.Α.: 18,673 MJ/t
14)	Περιεκτικότητα σε υγρασία της βιομάζας μετρημένη σε υγρή βάση	$m_{wb} = 45$	%	-
15)	Πραγματική ισχύς λέβητα	$C_{Bio} = 300$	kW	-
16)	Εποχιακή απόδοση	$n_{bio} = 70$	%	-
Γ.3) Σύστημα θέρμανσης αιχμής φορτίου (Peak load)				
17)	Τύπος καυσίμου	Ντίζελ	-	-
18)	Ισχύς συστήματος	$C_{peak} = 750$	kW	-
19)	Απόδοση σταθερής κατάστασης συστήματος	$n_p^{steady} = 80$	%	-
20)	Εποχιακή απόδοση συστήματος	$n_{peak} = 65$	%	-
Γ.4) Εφεδρικό σύστημα θέρμανσης - [Προαιρετικό]				
21)	Ισχύς εφεδρικού λέβητα	$C_{(back-up)} = 0$	kW	ΔΕΝ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙΤΑΙ

5.2.1.1 Θερμοκρασιακά χαρακτηριστικά εξεταζόμενης τοποθεσίας

5.2.1.1.1 Θερμοκρασία Σχεδίασης

Συνήθως η θερμοκρασία σχεδίασης (Θ.Σ.) για ένα αστικό κέντρο είναι αρκετούς βαθμούς υψηλότερη από αυτή των περιχώρων. Με πλησιέστερο σταθμό καιρικών δεδομένων το Λονδίνο που έχει Θ.Σ. -2°C επιλέγουμε μια χαμηλότερη Θ.Σ. -8°C για να ανταποκρίνεται στο ψυχρότερο κλίμα της περιοχής αφού το συγκεκριμένο έργο λαμβάνει χώρα σε επαρχιακή περιοχή βόρεια του Λονδίνου.

5.2.1.2 Στοιχεία Τοπολογίας και υπάρχοντος (συμβατικού) συστήματος θέρμανσης

5.2.1.2.1 Θερμικό φορτίο για κάθε ομάδα κτιρίων

Το φορτίο για καθένα από τα δύο κτίρια των σχολείων προσδιορίστηκε από το Σχήμα 3.1 (Κεφάλαιο 3), για Θ.Σ. -8°C , θεωρώντας για το νέο κτίριο καλό επίπεδο μόνωσης ενώ για το παλιό κτίριο κακό επίπεδο μόνωσης.

5.2.1.3 Χαρακτηριστικά εναλλακτικού συστήματος θέρμανσης

5.2.1.3.1 Τύπος καυσίμου βιομάζας

Όταν ο τύπος της βιομάζας που θα χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο είναι άγνωστος, μπορεί γενικά να λαμβάνεται η πιο χαρακτηριστική περίπτωση που είναι αυτή των καυσόξυλων μέσης θερμαντικής αξίας, με υγρασία 40%. Εδώ θεωρήσαμε ότι το περιεχόμενο σε υγρασία είναι λίγο υψηλότερο από το συνηθισμένο δεδομένου ότι τα ξύλα προέρχονται απευθείας από το αλσύλλιο.

5.2.2 Ενδιάμεσοι υπολογισμοί

5.2.2.1 Θερμοκρασιακά χαρακτηριστικά εξεταζόμενης τοποθεσίας

Οι ημερήσιοι-βαθμοί για κάθε μήνα του χρόνου όπως δίνονται από την καιρική βάση δεδομένων του RETscreen για το Λονδίνο φαίνονται στον Πίνακα 5.2. Στην τελευταία στήλη του Πίνακα 5.2 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι των ημερήσιων-βαθμών για κάθε μήνα (πρόκειται για το πηλίκο των ημερήσιων-βαθμών κάθε μήνα προς τον αριθμό των ημερών κάθε μήνα):

Πίνακας 5.2: Ημερήσιοι βαθμοί θέρμανσης σε μηνιαία βάση

Μήνας	$^{\circ}\text{C}\cdot\text{d} (<18^{\circ}\text{C})$	DD/day	Μήνας	$^{\circ}\text{C}\cdot\text{d} (<18^{\circ}\text{C})$	DD/day
Ιανουάριος	447	14,419	Ιούλιος	51	1,645
Φεβρουάριος	404	14,428	Αύγουστος	51	1,645
Μάρτιος	378	12,193	Σεπτέμβριος	132	4,400
Απρίλιος	316	10,533	Οκτώβριος	240	7,749
Μάιος	223	7,193	Νοέμβριος	349	11,633
Ιούνιος	116	3,866	Δεκέμβριος	395	12,741
ΣΥΝΟΛΟ:				3.101	-

5.2.2.1.1 Ετήσιοι Ημερήσιοι-Βαθμοί (κάτω των 18 °C)

$$DD_{\text{year}} = \sum_1^{12} [DD_{\text{month-M}}] = 3.101 \quad ^\circ\text{C-year}$$

5.2.2.1.2 Ισοδύναμοι Ημερήσιοι-Βαθμοί για θέρμανση νερού χρήσης (σε ετήσια βάση)

$$DD_{DHW} = \frac{DD_{\text{year}} \cdot DHW_{\text{load}}}{1 - DHW_{\text{load}}} / 365 = \frac{3.101 \cdot 10\%}{1 - 10\%} / 365 = 0,9 \quad ^\circ\text{C-d/d}$$

5.2.2.1.3 Ισοδύναμες ώρες αιχμής φορτίου

Κατατάσσονται οι μήνες με βάση το μέσο όρο των ημερήσιων βαθμών θέρμανσης (DD/day) κάθε μήνα.

month-M	1	2	3	4	5	6
DD/day	1,645	1,645	3,866	4,4	7,193	7,749
days_{month M}	31	31	30	30	31	31
month-M	7	8	9	10	11	12
DD/day	10,533	11,633	12,193	12,741	14,419	14,428
days_{month M}	30	30	31	31	31	28

Η χρονική διάρκεια hrs_{month-M} κάθε μήνα (πρόκειται για την χρονική διάρκεια σε ώρες κατά την οποία το DD/day παραμένει σταθερό) υπολογίζεται με βάση τη σχέση:

$$\text{hrs}_{\text{month-M}} = [(\text{days}_{\text{month-M}} + \text{days}_{\text{month-M+1}})/2] \cdot 24$$

Με αριθμητική αντικατάσταση έχουμε:

$$\begin{aligned} \text{hrs}_{\text{month-1}} &= [(31+31)/2] \cdot 24 = 744 & \text{hrs}_{\text{month-7}} &= [(30+30)/2] \cdot 24 = 720 \\ \text{hrs}_{\text{month-2}} &= [(31+30)/2] \cdot 24 = 732 & \text{hrs}_{\text{month-8}} &= [(30+31)/2] \cdot 24 = 732 \\ \text{hrs}_{\text{month-3}} &= [(30+30)/2] \cdot 24 = 720 & \text{hrs}_{\text{month-9}} &= [(31+31)/2] \cdot 24 = 744 \\ \text{hrs}_{\text{month-4}} &= [(30+31)/2] \cdot 24 = 732 & \text{hrs}_{\text{month-10}} &= [(31+31)/2] \cdot 24 = 744 \\ \text{hrs}_{\text{month-5}} &= [(31+31)/2] \cdot 24 = 744 & \text{hrs}_{\text{month-11}} &= [(31+31)/2] \cdot 24 = 744 \\ \text{hrs}_{\text{month-6}} &= [(31+30)/2] \cdot 24 = 732 & \text{hrs}_{\text{month-12}} &= [(31+28)/2] \cdot 24 = 708 \end{aligned}$$

Το ποσοστό της αιχμής φορτίου για κάθε χρονική περίοδο hrs_{month-M}, με βάση τα θερμοκρασιακά δεδομένα της περιοχής και την απαίτηση σε θέρμανση νερού χρήσης, δίνεται από τη σχέση:

$$P_{\text{month-M}} = \frac{(DD / \text{day})_M + DD_{DHW}}{18^\circ\text{C} - T_{\min}} \cdot 100 \cdot f_{\text{cor-M}}$$

και με αριθμητική αντικατάσταση (για $DD_{DHW} = 0,9$ και $T_{\min} = -8^\circ\text{C}$) έχουμε:

$$\begin{aligned} P_{\text{month-1}} &= [(1,645+0,9)/26] \cdot 100 \cdot 0,5 = 4,89 & P_{\text{month-7}} &= [(10,533+0,9)/26] \cdot 100 \cdot 0,68 = 29,9 \\ P_{\text{month-2}} &= [(1,645+0,9)/26] \cdot 100 \cdot 0,6 = 5,87 & P_{\text{month-8}} &= [(11,633+0,9)/26] \cdot 100 \cdot 0,68 = 32,77 \\ P_{\text{month-3}} &= [(3,866+0,9)/26] \cdot 100 \cdot 0,6 = 10,9 & P_{\text{month-9}} &= [(12,193+0,9)/26] \cdot 100 \cdot 0,69 = 34,74 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
P_{\text{month-4}} &= [(4,4+0,9)/26] \cdot 100 \cdot 0,7 = 14,26 & P_{\text{month-10}} &= [(12,741+0,9)/26] \cdot 100 \cdot 0,78 = 40,9 \\
P_{\text{month-5}} &= [(7,193+0,9)/26] \cdot 100 \cdot 0,77 = 23,96 & P_{\text{month-11}} &= [(14,419+0,9)/26] \cdot 100 \cdot 0,80 = 47,1 \\
P_{\text{month-6}} &= [(7,749+0,9)/26] \cdot 100 \cdot 0,66 = 21,95 & P_{\text{month-12}} &= [(14,428+0,9)/26] \cdot 100 \cdot 0,92 = 54,23
\end{aligned}$$

όπου $f_{\text{cor-M}}$ ένας διορθωτικός συντελεστής για κάθε μήνα που είναι ενδεικτικός του κινδύνου, να υπάρξει ταυτόχρονη κατανάλωση, από όλες τις ομάδες κτιρίων στον ίδιο υψηλό βαθμό.

Οι ισοδύναμες ώρες αιχμής φορτίου δίνονται από τη σχέση:

$$\Omega_{\text{tot}} = \sum_1^{12} [hrs_{\text{month} - M} \cdot P_{\text{month} - M}] = 2.420 \text{ hrs}$$

5.2.2.2 Στοιχεία Τοπολογίας

Στη συνέχεια υπολογίζονται αναλυτικά, με βάση τις σχέσεις που έχουν παρουσιαστεί στο Κεφάλαιο 3, όλες οι παράμετροι που σχετίζονται με την τοπολογία της εγκατάστασης.

5.2.2.2.1 Αιχμή φορτίου για κάθε ομάδα κτιρίων

$$P_{A_i} = L_i \cdot S_i \cdot 10^{-3}$$

Με αριθμητική αντικατάσταση έχουμε:

$$P_{A_1} = 75 \cdot 6.200 \text{m}^2 \cdot 10^{-3} = 465 \text{ kW}$$

$$P_{A_2} = 50 \cdot 2.800 \text{m}^2 \cdot 10^{-3} = 140 \text{ kW}$$

5.2.2.2.2 Συνολική αιχμή φορτίου

$$P_A = \sum_1^N [P_{A_i}] = P_{A_1} + P_{A_2} = 465 + 140 = \underline{\underline{605 \text{ kW}}}$$

5.2.2.2.3 Ετήσια απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης για κάθε ομάδα κτιρίων

$$Q_i = L_i \cdot S_i \cdot \Omega_{\text{tot}} \cdot 10^{-6}$$

Με αριθμητική αντικατάσταση έχουμε:

$$Q_1 = 75 \cdot 6.200 \cdot 2.420 \cdot 10^{-6} = 1.125 \text{ MWh}$$

$$Q_2 = 50 \cdot 2.800 \cdot 2.420 \cdot 10^{-6} = 339 \text{ MWh}$$

5.2.2.2.4 Συνολική ετήσια απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης

$$Q_{\text{demand}_{Total}} = \sum_1^N [Q_i] = Q_1 + Q_2 = 1.125 + 339 = \underline{\underline{1.464 \text{ MWh}}}$$

5.2.2.2.5 Ετήσια κατανάλωση καυσίμου υπάρχοντος συστήματος θέρμανσης

$$F = Q_i \cdot \frac{1}{n_i} \cdot \frac{1}{hV_i} \cdot 10^3$$

Με αριθμητική αντικατάσταση έχουμε:

$$F_1 = Q_1 \cdot \frac{1}{n_1} \cdot \frac{1}{hV_{diesel}} \cdot 10^3 = 1.125 \cdot \frac{1}{0,65} \cdot \frac{1}{10,74} \cdot 10^3 = \underline{\underline{161.195 \text{ L}}}$$

$$F_2 = Q_2 \cdot \frac{1}{n_2} \cdot \frac{1}{hV_{diesel}} \cdot 10^3 = 339 \cdot \frac{1}{0,65} \cdot \frac{1}{10,74} \cdot 10^3 = \underline{\underline{48.532 \text{ L}}}$$

5.2.2.3 Χαρακτηριστικά εναλλακτικού συστήματος θέρμανσης

Στη συνέχεια υπολογίζονται αναλυτικά, με βάση τις σχέσεις που έχουν παρουσιαστεί στο Κεφάλαιο 3, όλες οι παράμετροι που σχετίζονται με το εναλλακτικό σύστημα θέρμανσης.

5.2.2.3.1 Θερμαντική αξία ετοιμόκαυστης βιομάζας

Η περιεκτικότητα καυσόξυλων μέτριας θερμαντικής αξίας σε Υδρογόνο, Άνθρακα, Οξυγόνο, Άζωτο και Θείο είναι:

Τύπος Καυσίμου Βιομάζας	Άνθρακας [C]	Υδρογόνο [H]	Οξυγόνο [O]	Άζωτο [N]	Θείο [S]
Καυσόξυλα μέτριας HV	48,85%	6,04%	42,64%	0,71%	0,06%

οπότε η μέγιστη θερμαντική αξία σε ξηρή βάση:

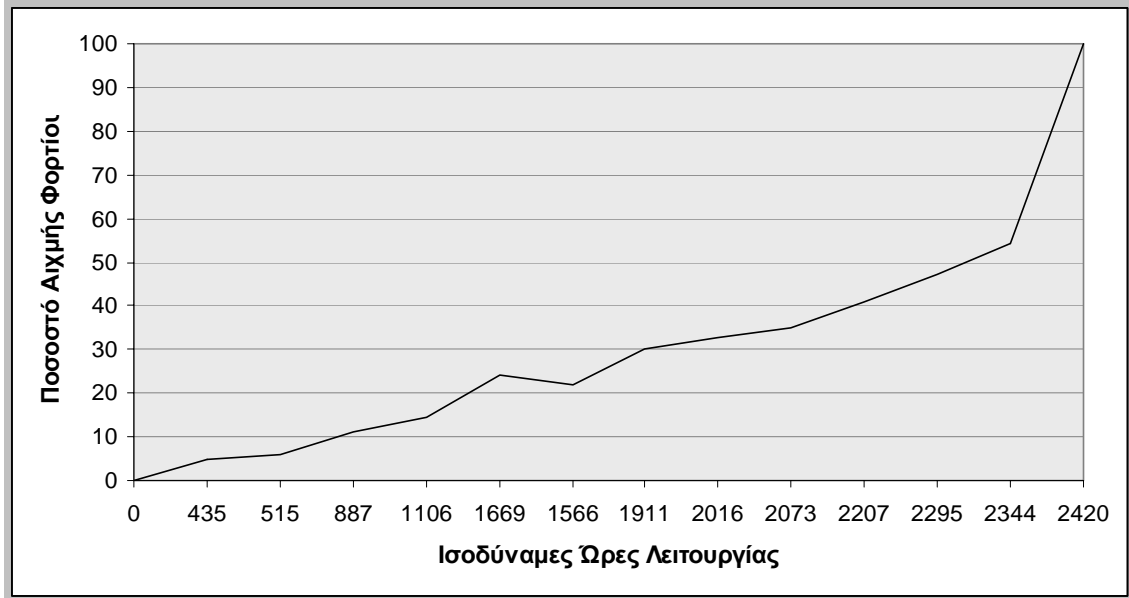
$$\begin{aligned} HHV_{\text{dry}} &= 34,1 \cdot [C] + (102 + 2,449 \cdot 8,94) \cdot [H] - 9,85 \cdot [O] + 6,3 \cdot [N] + 19,1 \cdot [S] \\ &= 34,1 \cdot 0,4885 + (102 + 2,449 \cdot 8,94) \cdot 0,0604 - 9,85 \cdot 0,4264 + 6,3 \cdot 0,71 + 19,1 \cdot 0,0006 \\ &= 20 \text{ MJ/kg} \end{aligned}$$

και η ζητούμενη Καθαρή Θερμαντική Αξία ετοιμόκαυστης βιομάζας:

$$\begin{aligned} NHV &= [(HHV_{\text{dry}} - 8,94 \cdot 2,45 \cdot [H]) \cdot (1 - m_{\text{wb}}) - 2,45 \cdot m_{\text{wb}}] \cdot 10^3 \\ &= [(20 - 8,94 \cdot 2,45 \cdot 0,0604) \cdot (1 - 0,45) - 2,45 \cdot 0,45] \cdot 10^3 = \underline{\underline{9.167 \text{ MJ/t}}} \end{aligned}$$

5.2.2.3.2 Υπολογισμοί ενεργειακών αποδόσεων συστήματος βιομάζας

Κατασκευάζουμε ένα διάγραμμα του ποσοστού αιχμής φορτίου που μπορεί να αποδοθεί κατά τη διάρκεια των ισοδύναμων ωρών λειτουργίας αιχμής φορτίου, με βάση τα απαιτούμενα φορτία θέρμανσης.



Σχήμα 5.1: Ποσοστό της αιχμής φορτίου στη διάρκεια του χρόνου

Το ποσοστό της αιχμής φορτίου που μπορεί να ικανοποιηθεί από το σύστημα βιομάζας είναι:

$$A_{p_{Bio}} = \frac{C_{Bio}}{P_A} = \frac{300}{605} = 49,58 \%$$

Από το διάγραμμα του Σχήματος 5.1 βρίσκουμε τις ισοδύναμες ώρες λειτουργίας αιχμής φορτίου για το σύστημα βιομάζας:

$$\Omega_{Bio} = 2.316 \text{ ώρες}$$

Η ετήσια αποδοθείσα ενέργεια του συστήματος Βιομάζας είναι:

$$Q_{Bio} = \Omega_{Bio} \cdot P_A \cdot 10^{-3} = 2.316 \cdot 605 \cdot 10^{-3} = \underline{\underline{1.401 \text{ MWh}}}$$

και ως ποσοστό της συνολικής ετήσιας απαιτούμενης ενέργειας θέρμανσης:

$$\%Q_{Bio} = Q_{Bio} / Q_{demand_{Total}} = 1.401 / 1.464 = 95,7 \%$$

5.2.2.3.3 Υπολογισμοί ενεργειακών αποδόσεων συστήματος αιχμής

Για να ανταποκρίνεται το σύστημα αιχμής στις ενεργειακές απαιτήσεις της εγκατάστασης (δηλ. να μπορεί να καλύψει το φορτίο αιχμής που δεν καλύπτεται από το σύστημα βιομάζας) θα πρέπει να έχει ελάχιστη πραγματική ισχύ ίση με:

$$C_{\text{peak}} = (P_A - C_{\text{Bio}}) / n_p^{\text{steady}} = (605 - 300) / 0,8 = 381 \text{ kW}$$

Με δεδομένα τα φορτία του συστήματος, το σύστημα αιχμής πρέπει να παράγει: $Q_{\text{peak}} = Q_{\text{demandTotal}} - Q_{\text{Bio}} = 1.464 - 1.401 = \underline{63 \text{ MWh}}$ λειτουργώντας για: $\Omega_{\text{peak}} = \Omega_{\text{Tot}} - \Omega_{\text{Bio}} = 2.420 - 2.316 = \underline{104}$ ισοδύναμες ώρες.

Βρήκαμε ότι το ποσοστό της συνολικής ετήσιας απαιτούμενης ενέργειας θέρμανσης, που αποδίδεται από το σύστημα βιομάζας, είναι 95,7 %. Αυτό σημαίνει ότι το υπόλοιπο 4,3% πρέπει να αποδοθεί από το σύστημα αιχμής. Πράγματι ο λέβητας πετρελαίου, ισχύος 750kW, που επιλέξαμε για σύστημα αιχμής μπορεί να αποδώσει (από μόνος του) το φορτίο αιχμής σε ποσοστό:

$$A_{\text{ppeak}} = (750 / P_A) \cdot n_p^{\text{steady}} = (750 / 605) \cdot 80\% = 99,2\%$$

5.2.2.3.4 Συνολική ετήσια αποδοθείσα ενέργεια του εναλλακτικού συστήματος θέρμανσης

$$Q_{\text{ren-dlvrTot}} = Q_{\text{Bio}} + Q_{\text{peak}} = 1.401 + 63 = \underline{1.464 \text{ MWh}}$$

5.2.2.3.5 Ποσοστό επί της απαιτούμενης ενέργειας θέρμανσης που αποδίδεται από το εναλλακτικό σύστημα

$$\%Q_{\text{ren-dlvrTot}} = \%Q_{\text{Bio}} + \%Q_{\text{peak}} = 95,7\% + 4,3\% = 100\%$$

5.2.2.3.6 Ποσοστό της αιχμής φορτίου που μπορεί να αποδοθεί από το εναλλακτικό σύστημα

$$A_{\text{pTot}} = A_{\text{pBio}} + A_{\text{ppeak}} = 49,58\% + 99,2\% = 148,78\%$$

5.2.2.3.7 Ισοδύναμες Ώρες Πλήρους Απόδοσης

$$E\Omega_{\text{Bio}} = (Q_{\text{Bio}} / C_{\text{Bio}}) \cdot 10^3 = (1.401 \text{ MWh} / 300 \text{ kW}) \cdot 10^3 = 4.671 \text{ ώρες}$$

$$E\Omega_{\text{peak}} = [Q_{\text{peak}} / (C_{\text{peak}} \cdot n_p^{\text{steady}})] \cdot 10^3 = [63 \text{ MWh} / (381 \text{ kW} \cdot 0,8)] \cdot 10^3 = 104 \text{ ώρες}$$

5.2.2.3.8 Δείκτες Χωρητικότητας

$$C_{\text{Bio}}^f = E\Omega_{\text{Bio}} / 8.760 = 4.671 / 8.760 = 0,0533$$

$$C_{\text{peak}}^f = E\Omega_{\text{peak}} / 8.760 = 104 / 8.760 = 0,0118$$

όπου $8760 = 24 \cdot 365$ είναι οι ώρες ενός έτους

5.2.2.3.9 Απαιτούμενη ποσότητα βιομάζας σε ετήσια βάση

$$F_{\text{Bio}} = \frac{Q_{\text{Bio}} \cdot 3600}{NHV \cdot n_{\text{Bio}}} = \frac{1.401 \cdot 3.600}{9.167 \cdot 0,70} = \underline{\underline{786 \text{ τόνοι}}}$$

5.2.2.3.10 Απαιτούμενη ποσότητα συμβατικού καυσίμου σε ετήσια βάση για το σύστημα αιχμής

$$F_{\text{peak}} = Q_{\text{peak}} \cdot \frac{1}{n_{\text{peak}}} \cdot \frac{1}{hV_{\text{Diesel}}} \cdot 10^3$$

$$F_{\text{peak}} = 63 \cdot (1/0,65) \cdot (1/10,74) \cdot 10^3 = \underline{\underline{9.021 \text{ λίτρα}}}$$

Συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα των ενεργειακών αποδόσεων του εναλλακτικού συστήματος (βασικό σύστημα και σύστημα αιχμής) φαίνονται στον Πίνακα 5.3:

Πίνακας 5.3: Ετήσια ενεργειακή παραγωγή

	Μονάδα Μέτρησης	Βιομάζα	Αιχμή (Ντίζελ)	Συνολικά
Ποσοστό της αιχμής φορτίου που μπορεί να αποδοθεί	%	49,6%	99,2%	148,8%
Διαθέσιμη Θερμική Ισχύς	kW	300	600	900
Ισοδύναμες Ώρες Πλήρους Απόδοσης	h	4.671	104	-
Δείκτες Χωρητικότητας	%	53,3%	1,2%	-
Ποσοστό επί της συνολικά απαιτούμενης ενέργειας θέρμανσης	%	95,7%	4,3%	100,0%
Αποδοθείσα ενέργεια θέρμανσης	MWh	1.401	63	1.464
Απαιτούμενη ποσότητα βιομάζας	t	786	-	786
Απαιτούμενη ποσότητα συμβατικού καυσίμου για το σύστημα αιχμής	L	-	9.021	9.021

Οι λέβητες βιομάζας, κατά κανόνα, βαθμονομούνται με βάση την πραγματική τους απόδοση. Για το σύστημα αιχμής (ντίζελ) η πραγματική ισχύς δίνεται από το γινόμενο της ονομαστικής ισχύος του λέβητα ντίζελ επί την αποδοτικότητα σταθερής κατάστασης αυτού.

$$C_{\text{peak}} \cdot n_p^{\text{steady}} = 750 \text{ kW} \cdot 0,80 = 600 \text{ kW}$$

5.2.3 Στοιχεία εισόδου σχεδίασης και κοστολόγησης δικτύου διανομής

Στον Πίνακα 5.4 φαίνονται τα δεδομένα εισόδου για την σχεδίαση της εγκατάστασης. Οι θερμοκρασίες σχεδίασης παροχής των σωληνώσεων έχουν επιλεγεί με βάση το Σχήμα 3.3 του Κεφαλαίου 3.

Πίνακας 5.4: Δεδομένα εισόδου δικτύου διανομής

α/α	Περιγραφή Μεγέθους	Σύμβολο	Μονάδα Μέτρησης	Παρατηρήσεις
Στοιχεία δικτύου κεντρικής θέρμανσης				
1)	Θερμοκρασία σχεδίασης για τους σωλήνες παροχής	$t_v = 95$	$^{\circ}C$	-
2)	Θερμοκρασία σχεδίασης για τους σωλήνες επιστροφής	$t_r = 65$	$^{\circ}C$	-
3)	Συντελεστής προσαύξησης της κύριας σωλήνωσης	$f_{main}^{size} = 0$	%	-
4)	Μήκος κύριας σωλήνωσης	Τομέας1: $\ell_{main-1} = 200$	m	-
5)	Σύνδεση ομάδας με τομέα κύριας σωλήνωσης	Με τομέα1: Ομάδα ₁ -NAI Με τομέα1: Ομάδα ₂ -OXI		-
6)	Συντελεστής προσαύξησης δευτερεύοντος δικτύου σωληνώσεων	$f_{sec}^{size} = 0$	%	Δεν χρησιμοποιείται δευτερεύον δίκτυο σωλήνων
7)	Μήκος δευτερεύοντος δικτύου σωληνώσεων για κάθε ομάδα κτιρίων	$\ell_{sec-i} = 0$	m	
-	Μέθοδος κοστολόγησης	Τυπική		
8)	Τρόπος σύνδεσης υποσταθμών μεταφοράς	Άμεσος	-	-
13)	Συντελεστής κόστους κύριας σωλήνωσης	$f_{main}^{cost} = 1$	%	-
14)	Συντελεστής κόστους δευτερεύοντος δικτύου σωληνώσεων	$f_{sec}^{cost} = 1$	%	-
15)	Συντελεστής ισοτιμίας νομισμάτων	$f_{exch} = 1$	\$/CAD	-

5.2.4 Υπολογισμοί δεδομένων εξόδου δικτύου διανομής

5.2.4.1 Διαφορική θερμοκρασία σχεδίασης (Θερμοκρασία Δέλτα)

Η διαφορική θερμοκρασία σχεδίασης υπολογίζεται, με βάση τη Σχέση (3.43), ως εξής:

$$T_{dif} = t_v - t_r = 95 - 65 = 30 \text{ }^{\circ}C$$

5.2.4.2 Συνολικό μήκος σωληνώσεων

Το δίκτυο αποτελείται από έναν τομέα κεντρικής σωλήνωσης που συνδέει το Κτίριο 2 (δημοτικό), που είναι τοποθετημένος ο λέβητας βιομάζας, με το Κτίριο 1 (γυμνάσιο). Οπότε το συνολικό μήκος σωληνώσεων θα είναι:

$$\ell_{Total} = \sum_1^N (\ell_{main-s}) + \sum_1^N (\ell_{sec-i}) = 200+0 = 200 \text{ m}$$

5.2.4.3 Μέγιστο φορτίο για κάθε τομέα της κύριας σωλήνωσης

Ισούται με το άθροισμα φορτίων αιχμής των κτιρίων τα οποία συνδέει ο κάθε τομέας. Στην προκειμένη, η κύρια σωλήνωση συνδέει τον λέβητα με το Κτίριο 1, οπότε και το μέγιστο φορτίο της σωλήνωσης θα είναι αυτό του φορτίου αιχμής του Κτιρίου 1.

$$\text{Τομέας 1: } Q_{\max-1} = 465 \text{ kW}$$

5.2.4.4 Διάμετρος κύριας σωλήνωσης για κάθε τομέα

Η διάμετρος της σωλήνωσης καθορίζεται από το μέγιστο φορτίο της. Για τον προσδιορισμό της ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία:

Βήμα 1: Στις τυποποιημένες διαστάσεις σωλήνων (DN32 ως DN150) υπολογίζεται το ωφέλιμο φορτίο που μπορούν να διακινήσουν με βάση τη σχέση:

$$\begin{aligned} \text{Φορτίο} &= \text{Παροχή} \cdot \text{Θερμοκρασία δέλτα} \\ L &= d \cdot T_{\text{dif}} \cdot 4,185/3,6 \end{aligned}$$

Όπου: L το ωφέλιμο φορτίο (σε kW), d η παροχή (σε m^3/h), $T_{\text{dif}} = 30^\circ\text{C}$ η διαφορική θερμοκρασία σχεδίασης και οι συντελεστές μετατροπής των μονάδων: $\text{kW}/(T \cdot 4,185) = \text{kg/s}$ και $\text{m}^3/\text{h} = 3,6 \cdot [\text{kg/s}]$

Βήμα 2: Δημιουργείται ένας πίνακας αντιστοίχισης που έχει την μορφή:

Πίνακας 5.5: Πίνακας αντιστοίχισης

$Q_{\max} >$	Ωφέλιμο φορτίο L (kW)	DN	Παροχή (m^3/h)	ΕΠΕΛΕΞΕ
	0	32	1,8	DN 32
	$1,8 \cdot 30 \cdot 4,185 / 3,6 = 63$	32	1,8	DN 40
	$2,7 \cdot 30 \cdot 4,185 / 3,6 = 94$	40	2,7	DN 50
	$5,8 \cdot 30 \cdot 4,185 / 3,6 = 202$	50	5,8	DN 65
$Q_{\max-1} = 465 \text{ kW} >$	$12 \cdot 30 \cdot 4,185 / 3,6 = 419$	65	12	DN 80
	$21 \cdot 30 \cdot 4,185 / 3,6 = 732$	80	21	DN 100
	$36 \cdot 30 \cdot 4,185 / 3,6 = 1.256$	100	36	DN 125
	$65 \cdot 30 \cdot 4,185 / 3,6 = 2.267$	125	65	DN 150
	$110 \cdot 30 \cdot 4,185 / 3,6 = 3.836$	150	110	N/A

Βήμα 3: Αναζητούμε την αμέσως μικρότερη τιμή του φορτίου κάθε τομέα σωλήνωσης στην στήλη των ωφέλιμων φορτίων και επιλέγουμε τη διάμετρο της σωλήνας με βάση την τελευταία στήλη του Πίνακα 5.5. Το φορτίο για τον τομέα 1 είναι $Q_1 = 465 \text{ kW}$ οπότε το πρότυπο επιλέγει τη σωλήνα με DN 80.

5.2.4.5 Υπολογισμός δαπανών - Τυπική μέθοδος κοστολόγησης

Έχοντας επιλέξει τυπική μέθοδο κοστολόγησης και μοναδιαίους συντελεστές κόστους και ισοτιμίας, σημαίνει ότι οι τιμές υπολογίζονται ακριβώς με βάση κοστολογικά δεδομένα του Καναδά για το έτος 2000.

Οι τιμές που είναι καταχωρημένες στο πρόγραμμα φαίνονται στον Πίνακα 5.6:

Πίνακας 5.6: Κόστος σωληνώσεων

Κόστος δύο σωλήνων/μέτρο	Διάμετρος
\$267	DN 32
\$286	DN 40
\$310	DN 50
\$346	DN 65
\$382	DN 80
\$430	DN 100
\$490	DN 125
\$550	DN 150

Ο υπολογισμός του κόστους της κύριας σωλήνωσης για κάθε τομέα γίνεται ως εξής:

$$\begin{aligned}
 K_{main-S} &= \ell_{main-S} \cdot (\text{κόστος/μέτρο}) \cdot f_{main}^{cost} \cdot f_{exch} \\
 &= 200 \cdot \$382 \cdot 1 \cdot 1 = \$76.400
 \end{aligned}$$

5.3 ΜΕΛΕΤΗ ΜΕΙΩΣΗΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΑΕΡΙΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

5.3.1 Δεδομένα εισόδου

Στον Πίνακα 5.7 παρουσιάζονται τα δεδομένα εισόδου για τη μελέτη μείωσης εκπομπών αερίων θερμοκηπίου.

Πίνακας 5.7: Δεδομένα εισόδου ανάλυσης μείωσης εκπομπής αερίων θερμοκηπίου

α/α	Περιγραφή Μεγέθους	Σύμβολο	Μονάδα Μέτρησης	Παρατηρήσεις
Ανάλυση μείωσης εκπομπών αερίων θερμοκηπίου				
Α) Συμβολή αερίων στην αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας				
1)	Ισοδύναμο δυναμικό (GWP) 1 τόνου CH ₄	$GWP_{CH_4} = 21$	Τόνοι CO ₂	Standards
2)	Ισοδύναμο δυναμικό (GWP) 1 τόνου N ₂ O	$GWP_{N_2O} = 310$	Τόνοι CO ₂	Standards
Β) Χαρακτηριστικά συμβατικού συστήματος παραγωγής ηλεκτρισμού				
3)	Τύπος καυσίμου	Φυσικό Αέριο	-	Ορίζεται από τον χρήστη

Πίνακας 5.7 (συνέχεια)

α/α	Περιγραφή Μεγέθους	Σύμβολο	Μονάδα Μέτρησης	Παρατηρήσεις
4)	Ποσοστό συμμετοχής του κάθε καυσίμου i στην παραγωγή ενέργειας	$p_i = 100$	%	Ορίζεται από τον χρήστη
5)	Απώλειες μεταφοράς και διανομής	$J_{T\&D} = 8$	%	Ορίζεται από τον χρήστη
6)	Συντελεστής εκπομπής CO ₂ για κάθε τύπο καυσίμου i	$G_{CO_2}^{i-base} = 56,1$	Kg/GJ	Standards
7)	Συντελεστής εκπομπής CH ₄ για κάθε τύπο καυσίμου i	$G_{CH_4}^{i-base} = 0,0030$	Kg/GJ	Standards
8)	Συντελεστής εκπομπής N ₂ O για κάθε τύπο καυσίμου i	$G_{N_2O}^{i-base} = 0,0010$	Kg/GJ	Standards
9)	Απόδοση Μετατροπής του καυσίμου i σε ενέργεια	$n_{fuel_i} = 45$	%	Standards
Γ) Χαρακτηριστικά συμβατικού συστήματος θέρμανσης				
10)	Συντελεστής εκπομπής CO ₂ για κάθε τύπο καυσίμου	$G_{CO_2}^{i-base} = 74,1$	Kg/GJ	Standards
11)	Συντελεστής εκπομπής CH ₄ για κάθε τύπο καυσίμου	$G_{CH_4}^{i-base} = 0,0020$	Kg/GJ	Standards
12)	Συντελεστής εκπομπής N ₂ O για κάθε τύπο καυσίμου	$G_{N_2O}^{i-base} = 0,0020$	Kg/GJ	Standards
Δ) Χαρακτηριστικά προτεινόμενου συστήματος θέρμανσης				
13)	Συντελεστής εκπομπής CO ₂ για κάθε τύπο καυσίμου	$G_{CO_2}^{i-ren} = 0,00$	Kg/GJ	Standards
14)	Συντελεστής εκπομπής CH ₄ για κάθε τύπο καυσίμου	$G_{CH_4}^{i-ren} = 0,0320$	Kg/GJ	Standards
15)	Συντελεστής εκπομπής N ₂ O για κάθε τύπο καυσίμου	$G_{N_2O}^{i-ren} = 0,0040$	Kg/GJ	Standards

5.3.2 Ενδιάμεσοι υπολογισμοί

5.3.2.1 Ηλεκτρισμός

Στο παράδειγμά μας χρησιμοποιείται ηλεκτρική ενέργεια μόνο για την κίνηση επιμέρους εξαρτημάτων του εναλλακτικού συστήματος θέρμανσης (παρασιτικός ηλεκτρισμός). Από τον οργανισμό παροχής ηλεκτρικής ενέργειας πληροφορούμαστε ότι ο ηλεκτρισμός παράγεται αποκλειστικά από φυσικό αέριο (δηλ. σε ποσοστό 100%), και μεταφέρεται μέσω του διασυνδεδεμένου συστήματος με ποσοστό απωλειών $J_{T-D} = 8\%$.

Κατά την Τυπική Ανάλυση που έχει επιλεχθεί, οι συντελεστές εκπομπών αερίων θερμοκηπίου για το φυσικό αέριο, έχουν ως άνω (βλέπε Πίνακα 5.7).

Ο Συντελεστής Εκπομπής Αερίων Θερμοκηπίου για το σύστημα παραγωγής ηλεκτρισμού (φυσικό αέριο) θα είναι:

$$GHG_{gas} = (G_{CO_2} + G_{CH_4} \cdot 21 + G_{N_2O} \cdot 310) \cdot \frac{1}{n_{gas}} \cdot \frac{1}{1 - J_{T-D}}$$

$$GHG_{Total}^{electr} = (56,1 + 21 \cdot 0,0030 + 310 \cdot 0,0010) \cdot 1/0,45 \cdot 1/0,08 = \underline{\underline{0,491 \text{ (tCO}_2\text{/MWh)}}}$$

Ο συντελεστής αυτός θα συνυπολογιστεί στις εκπομπές αερίων του εναλλακτικού συστήματος θέρμανσης.

5.3.2.2 Συμβατικό σύστημα θέρμανσης

Το συμβατικό σύστημα θέρμανσης χρησιμοποιεί δύο λέβητες ντίζελ. Το ποσοστό συμμετοχής του καθενός στην συνολικά παραγόμενη ενέργεια θα είναι το πηλίκο της ενέργειας που αποδίδει ο καθένας προς την συνολική αποδιδόμενη ενέργεια του συστήματος:

$$p_{diesel-1} = 1.125/1.464 = 76,8\%$$

$$p_{diesel-2} = 339/1.464 = 23,2\%$$

Κατά την *Τυπική Ανάλυση* που έχει επιλεγθεί, οι συντελεστές εκπομπών αερίων θερμοκηπίου για το πετρέλαιο θέρμανσης, έχουν ως άνω (βλέπε Πίνακα 5.7), ενώ οι συντελεστές απόδοσης μετατροπής καυσίμου σε ενέργεια, είναι ουσιαστικά οι αποδόσεις των συστημάτων όπως έχουν ορισθεί στον Πίνακα 5.1, και είναι:

$$n_1 = n_2 = 0,65 \text{ ή } 65\%$$

Οι Συντελεστής Εκπομπής Αερίων Θερμοκηπίου για τα συστήματα ντίζελ είναι:

$$GHG_{diesel} = (G_{CO_2} + G_{CH_4} \cdot 21 + G_{N_2O} \cdot 310) \cdot \frac{1}{n_{diesel_i}}$$

$$= (74,1 + 21 \cdot 0,002 + 310 \cdot 0,002) \cdot 1/0,65$$

$$GHG_{diesel-1} = GHG_{diesel-2} = 0,414 \text{ (tCO}_2\text{/MWh)}$$

Ο Συντελεστής εκπομπής αερίων θερμοκηπίου για το συμβατικό σύστημα θέρμανσης θα είναι:

$$GHG_{Total}^{conv} = \sum_i (p_i \cdot GHG_i) = 0,768 \cdot 0,414 + 0,232 \cdot 0,414$$

$$GHG_{Total}^{conv} = \underline{\underline{0,414 \text{ (tCO}_2\text{/MWh)}}}$$

5.3.2.3 Εναλλακτικό σύστημα θέρμανσης

Το εναλλακτικό σύστημα θέρμανσης χρησιμοποιεί ένα λέβητα βιομάζας και ένα λέβητα ντίζελ για το φορτίο αιχμής. Επιπλέον χρησιμοποιείται ένα ποσό παρασιτικής ηλεκτρικής ενέργειας. Το ποσοστό συμμετοχής του καθενός στην συνολικά

παραγόμενη ενέργεια θα είναι το πηλίκο της ενέργειας που αποδίδει ο καθένας προς την συνολική αποδιδόμενη ενέργεια του συστήματος:

$$p_{\text{Bio}} = 1.401 / 1.464 = 95,7\%$$

$$p_{\text{peak}} = 63 / 1.464 = 4,3\%$$

$$p_{\text{electr}} = (8.000\text{kWh} / 1000) / 1.464 = 0,5\%$$

Σημείωση 1 : 8.000 kWh είναι η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται ετησίως σαν παρασιτικός ηλεκτρισμός.

Σημείωση 2 : Παρατηρούμε ότι το άθροισμα $p_{\text{Bio}} + p_{\text{peak}} + p_{\text{electr}} = 100,5\%$. Αυτό συμβαίνει γιατί η ηλεκτρική ενέργεια δεν συμβάλει στην παραγωγή ενέργειας θέρμανσης.

Κατά την *Τυπική Ανάλυση* που έχει επιλεχθεί, οι συντελεστές εκπομπών αερίων θερμοκηπίου για τη βιομάζα και το πετρέλαιο θέρμανσης, έχουν ως άνω (βλέπε Πίνακα 5.7), ενώ οι συντελεστές απόδοσης μετατροπής καυσίμου σε ενέργεια, είναι ουσιαστικά οι αποδόσεις των συστημάτων όπως έχουν οριστεί στον Πίνακα 5.1, και είναι:

$$\begin{aligned} n_{\text{Bio}} &= 0,70 \text{ ή } 70\% \\ \text{και} \quad n_{\text{peak}} &= 0,65 \text{ ή } 65\% \end{aligned}$$

Οι Συντελεστές Εκπομπής Αερίων Θερμοκηπίου για το εναλλακτικό σύστημα θέρμανσης είναι:

$$GHG_i = (G_{\text{CO}_2} + G_{\text{CH}_4} \cdot 21 + G_{\text{N}_2\text{O}} \cdot 310) \cdot \frac{1}{n_{\text{fuel}_i}}$$

Για το σύστημα βιομάζας:

$$GHG_{\text{Bio}} = (0 + 21 \cdot 0,032 + 310 \cdot 0,004) \cdot 1/0,7 = 0,010 \text{ (tCO}_2\text{/MWh)}$$

Για το σύστημα ντίζελ:

$$GHG_{\text{peak}} = (74,1 + 21 \cdot 0,002 + 310 \cdot 0,002) \cdot 1/0,65 = 0,414 \text{ (tCO}_2\text{/MWh)}$$

Και ο Ολικός συντελεστής εκπομπής αερίων θερμοκηπίου για το εναλλακτικό σύστημα θέρμανσης:

$$\begin{aligned} GHG_{\text{Total}}^{\text{ren}} &= \sum_i (p_i \cdot GHG_i) = p_{\text{Bio}} \cdot GHG_{\text{Bio}} + p_{\text{peak}} \cdot GHG_{\text{peak}} + p_{\text{electr}} \cdot GHG_{\text{Total}}^{\text{electr}} \\ &= 0,957 \cdot 0,01 + 0,043 \cdot 0,414 + 0,05 \cdot 0,491 = \underline{\underline{0,030 \text{ (tCO}_2\text{/MWh)}}} \end{aligned}$$

5.3.3 Υπολογισμός της μείωσης εκπομπής αερίων θερμοκηπίου

Από την εφαρμογή συστήματος βιομάζας αποφεύγονται κάθε χρόνο 562,176 τόνοι CO₂ καθώς:

$$GHG_{Avoided}^{tones / yr} = (GHG_{Total}^{conv} - GHG_{Total}^{ren}) \cdot E_{annual-dlvd}$$

$$= (0,414 - 0,030) \cdot 1.464 = 562,176 \text{ tCO}_2/\text{yr}$$

Στα 25 χρόνια που είναι ο χρόνος ζωής της εγκατάστασης, η συνολική μείωση της μάζας των αερίων θερμοκηπίου θα είναι $562,176 \text{ tCO}_2/\text{yr} \cdot 25 \text{ yr} = 14054,4 \text{ tCO}_2$

5.4 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

Δεδομένου ότι για το προτεινόμενο σύστημα θέρμανσης έχουμε επιλέξει να χρησιμοποιήσουμε τον υπάρχοντα λέβητα πετρελαίου του γυμνασίου σαν σύστημα αιχμής, το κόστος αγοράς του συστήματος αιχμής θα είναι μηδενικό. Στην ολοκλήρωση της εγκατάστασης έχουμε θέσει ως μηδέν το κόστος του εξοπλισμού και μεταφοράς, διότι αυτό θα είναι το ίδιο είτε χρησιμοποιήσουμε λέβητα βιομάζας, όπως προτείνεται, είτε έναν συμβατικό λέβητα ντίζελ. Τέλος, έχουμε καταχωρήσει σαν πίστωση της προτεινόμενης εγκατάστασης, την τιμή του λέβητα πετρελαίου που θα αγοραζόταν για το δημοτικό σχολείο στην περίπτωση που δεν εφαρμόζοταν η εναλλακτική πρόταση. Η τιμή αυτή υπολογίστηκε από το θερμικό φορτίο αιχμής του δημοτικού σχολείου, που είναι 126 kW, και το κόστος των λεβήτων πετρελαίου που είναι \$100/ kW.

5.4.1 Δεδομένα εισόδου

Στον Πίνακα 5.8 παρουσιάζονται τα δεδομένα εισόδου της χρηματοοικονομικής ανάλυσης.

Πίνακας 5.8: Δεδομένα εισόδου χρηματοοικονομικής ανάλυσης.

a/a	Περιγραφή Μεγέθους	Ποσότητα	Κόστος Μονάδας	Κόστος σε \$
A) Ανάλυση Δαπανών				
A.1) Αρχικές δαπάνες (ή πιστώσεις) του έργου				
1)	Μελέτη σκοπιμότητας	-	-	4.000
2)	Ανάπτυξη του έργου	-	-	4.000
3)	Μηχανολογική σχεδίαση και επίβλεψη έργου	-	-	7.000
4)	Εξοπλισμός ΑΠΕ και μεταφορικά του			
	Λέβητας βιομάζας	300 kW	\$150/ kW	45.000
	Τοποθέτηση εξοπλισμού	300 kW	\$50/ kW	15.000
	Μεταφορικά	1 τμχ	\$1.000	1.000
	Πίστωση για αγορά εξοπλισμού ανανεώσιμης ενέργειας	126	\$100	(12.600)
5)	Ολοκλήρωση της εγκατάστασης			
	Λέβητας συστήματος αιχμής	750 kW	\$0	0
	Κόστος κεντρικής σωλήνωσης	200m	\$382/m	76.400

	Κτιριακή υποδομή	100 m ²	\$250/m ²	25.000
	Εξοπλισμός εγκατάστασης	-	-	0
	Μεταφορικά	-	-	0
6)	Διάφορα έξοδα ή πιστώσεις			
	Πάγια	50 hrs	\$60 /hr	3.000
	Εκμάθηση	20 hrs	\$60/hr	1.200
	Απρόοπτα (ως ποσοστό των ανωτέρω δαπανών)	10%	\$164.800	16.480
	A.2) Ετήσιες δαπάνες του έργου			
7)	Φόροι και κόστος εργασιών			
	Φόρος περιουσίας/ασφάλεια	-	\$1.000	1.000
	Ανταλλακτικά	1 τμχ	\$600	600
	Φόροι και κόστος εργασιών	100 hrs	\$20/hr	2.000
	Απρόοπτα (ως ποσοστό των ανωτέρω δαπανών)	10%	\$3.600	360
8)	Κόστος καυσίμων και παρασιτικού ηλεκτρισμού			
	Βιομάζα	786 τόνοι	\$25 /t	19.655
	Πετρέλαιο θέρμανσης	9.021 λίτρα	\$0,6 /L	5.413
	Ηλεκτρισμός	8.000 kWh	\$0,12 /kWh	960
	A.3) Περιοδικές δαπάνες (ή πιστώσεις) του έργου			
9)	Εργασίες συντήρησης	περίοδος 7 ετών	-	3.000
a/a	Περιγραφή Μεγέθους	Σύμβολο	Τιμή	Παρατηρήσεις
B) Οικονομική Σύνοψη				
	B.1) Χρηματοοικονομικές παράμετροι			
10)	Πίστωση για εφαρμογή μείωσης εκπομπής αερίων θερμοκηπίου	$GHG_{reduce-credit}$	\$0/t CO ₂	-
11)	Επιτόκιο προσαύξησης του κόστους ενέργειας	r_{E-cost}	2%	-
12)	Πληθωρισμός	f	2%	-
13)	Προεξοφλητικό επιτόκιο	D	9%	-
14)	Διάρκεια ζωής έργου (επένδυσης)	PL	25 έτη	-
15)	Ικανότητα δανεισμού	R_{costs}	80%	-
16)	Επιτόκιο εξόφλησης χρεών	r_{debt}	8%	-
17)	Προθεσμία εξόφλησης χρεών	$Debt_{term}$	10 έτη	-
	Ανάλυση φόρου εισοδήματος	-	OXI	-
	B.2) Κόστη και αποταμιεύσεις του έργου (επένδυσης)			
18)	Οικονομικά κίνητρα ή επιδοτήσεις (εάν υπάρχουν)	-	\$0	-
	B.3) Οικονομική εφικτότητα			
19)	Υπολογισμός κόστους από την εφαρμογή μείωσης εκπομπής αερίων θερμοκηπίου	-	OXI	-

5.4.2 Ανάλυση δαπανών

5.4.2.1 Αρχικές δαπάνες

Στην περίπτωση που εξετάζεται, θεωρείται ότι το κόστος της μελέτης σκοπιμότητας του έργου θα κοστίσει \$4.000, η ανάπτυξη του έργου \$4.000 και η μηχανολογική μελέτη \$7.000. Η προμήθεια, μεταφορά και εγκατάσταση του συστήματος θέρμανσης με βιομάζα θα κοστίσει:

$$300 \cdot \$150 + 300 \cdot \$50 + \$1.000 = \$61.000$$

Με δεδομένη την πίστωση για την αγορά του εξοπλισμού του συστήματος βιομάζας που ανέρχεται σε \$12.600, το αρχικό κόστος προμήθειας, μεταφοράς και εγκατάστασης μειώνεται σε:

$$\$61.000 - \$12.600 = \underline{\$48.400}$$

Επιπλέον θα απαιτηθεί η αγορά των σωλήνων, καθώς και κάποιες οικοδομικές φύσεως εργασίες για την ολοκλήρωση της εγκατάστασης του νέου συστήματος θέρμανσης. Το κόστος της σωλήνωσης 200 μέτρων και των οικοδομικών εργασιών σε μια επιφάνεια 100 m² θα κοστίσει επιπλέον:

$$200 \cdot \$382 + 100 \cdot \$250 = \underline{\$101.400}$$

Τέλος, λαμβάνονται υπόψιν είτε κάποια απρόοπτα έξοδα που μπορούν να προκύψουν είτε διακυμάνσεις των ανωτέρων δαπανών σε ένα επίπεδο της τάξης του 10% των συνολικά υπολογισμένων αρχικών δαπανών. Επιπλέον στα αρχικά έξοδα πρέπει να προστεθούν κάποια πάγια έξοδα όπως και κάποια για την επίδειξη της λειτουργίας της εγκατάστασης. Έτσι οι συνολικές αρχικές δαπάνες θα είναι:

$$\$164.800 + 10\% \cdot \$164.800 + \$3.000 + \$1.200 = \underline{\$185.480}$$

5.4.2.2 Ετήσιες δαπάνες

Το ετήσιο κόστος λειτουργίας της εγκατάστασης, πέραν του κόστους των καυσίμων, περιλαμβάνει τον φόρο περιουσίας, την ασφάλεια, την αγορά ανταλλακτικών, καθώς και το κόστος εργασιών συντήρησης. Όλα αυτά ανέρχονται σε \$3.600 και με τον συνυπολογισμό διακυμάνσεων ή απρόβλεπτων εξόδων της τάξης του 10%, θα είναι τελικά:

$$\$3.600 + \$360 = \underline{\$3.960}$$

Το κόστος των καυσίμων, με βάση τις απαιτήσεις σε καύσιμα όπως έχουν υπολογιστεί στους ενεργειακούς υπολογισμούς, συμπεριλαμβανομένου και του κόστους της παρασιτικής ηλεκτρικής ενέργειας θα είναι:

$$\$19.655 + \$5.413 + \$960 = \underline{\$26.028}$$

Οπότε τα συνολικά ετήσια έξοδα (χωρίς τις αποπληρωμές των δανείων) θα είναι:

$$E_{\text{annual}} = \$3.960 + \$26.028 = \underline{\$29.988}$$

5.4.2.3 Περιοδικές δαπάνες

Στις περιοδικές δαπάνες λειτουργίας της εγκατάστασης προβλέπονται εργασίες συντήρησης μετά από 7 έτη, που θα κοστίσουν **\$3.000.**

5.4.3 Σύνοψη ωφελειών

5.4.3.1 Ετήσια εξοικονόμηση καυσίμων

Η κατανάλωση καυσίμου κάθε ομάδας (F_i) όπως έχει υπολογιστεί από τη Σχέση (3.24) είναι:

$$F_1 = 161.195 \text{ L}$$

$$F_2 = 48.532 \text{ L}$$

Για το συμβατικό σύστημα το κόστος καυσίμων (σε \$) για κάθε ομάδα είναι:

$$K_{fuel-i} = F_i \cdot (\text{κόστος/μονάδα καυσίμου})$$

και με αριθμητική αντικατάσταση:

$$K_{diesel-1} = \$161.195 \cdot \$0,6/\text{L} = \$96.717$$

$$K_{diesel-2} = \$48.532 \cdot \$0,6/\text{L} = \$29.119$$

Η συνολικά απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης καλύπτεται από το εναλλακτικό σύστημα σε ποσοστό 100%, ενώ το συνολικό ετήσιο κόστος των συμβατικών καυσίμων K_{Tot} είναι: $K_{diesel-1} + K_{diesel-2} = \$96.717 + \$29.119 = \125.836

Οπότε η ετήσια εξοικονόμηση καυσίμων σύμφωνα με τη Σχέση (4.62):

$$E_{fuel} = K_{Tot} \cdot (\%Q_{ren-dlvr_{Tot}})$$

και με αριθμητική αντικατάσταση:

$$E_{fuel} = \$125.836 \cdot 100\% = \mathbf{\$125.836}$$

5.4.3.2 Ετήσιο εξοικονομούμενο κόστος ενέργειας

Το ετήσιο εξοικονομούμενο κόστος ενέργειας δίνεται από τη Σχέση (4.64):

$$E_{energy} = E_{fuel} / Q_{demand_{Total}}$$

και με αριθμητική αντικατάσταση:

$$E_{energy} = \$125.836 / 1.464 \text{ MWh} = \mathbf{\$ 85,95 / MWh}$$

Σημείωση: Το μοντέλο κλιμακώνει την οικονομική ωφέλεια σύμφωνα με το ποσοστό κλιμάκωσης ενεργειακών δαπανών που αρχίζει από το έτος 1 και καθόλη τη διάρκεια ζωής της εγκατάστασης.

5.4.3.3 Ετήσια εξοικονόμηση από τη μείωση παραγωγής αερίων θερμοκηπίου

Δεν υπάρχει πίστωση για την μείωση παραγωγής αερίων θερμοκηπίου.

5.5 ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΡΓΟΥ

5.5.1 Μετοχικό κεφάλαιο

Το μετοχικό κεφάλαιο είναι το κεφάλαιο που επενδύεται αρχικά από όλους τους μετόχους του επενδυτικού έργου:

$$I_{cap} = I \cdot (1 - R_{costs}) = \$185.480 \cdot (1 - 80\%) = \underline{\underline{\$37.096}}$$

όπου I το αρχικό κόστος της επένδυσης, όπως δίνεται.

5.5.2 Χρέος του έργου

Το χρέος του έργου υπολογίζεται εάν από το αρχικό κόστος αφαιρεθεί το ποσό I_{cap} . Δηλαδή:

$$Project_{debt} = I - I_{cap} = 185.480 - 37.096 = \underline{\underline{\$148.384}}$$

5.5.3 Ετήσια έξοδα

Έχουμε ήδη υπολογίσει τα ετήσια κόστη από τη λειτουργία της εγκατάστασης και τις εργασίες συντήρησης, \$3.960, όπως και το συνολικό ετήσιο κόστος των καυσίμων, συμπεριλαμβανομένου και του κόστους της παρασιτικής ηλεκτρικής ενέργειας \$26.028.

Το ετήσιο χρεολύσιο για την εξόφληση του χρέους του έργου, υπολογίζεται από τη Σχέση (3.73):

$$d_p = \frac{-Project_{debt} \cdot r_{debt} \cdot (1 + r_{debt})^{Debt_{term}}}{(1 + r_{debt})^{Debt_{term}} - 1} = \frac{148.384 \cdot 8\% \cdot (1 + 8\%)^{10}}{(1 + 8\%)^{10} - 1} = \$22.114$$

Έτσι τα συνολικά ετήσια έξοδα θα είναι το άθροισμα των ανωτέρω δαπανών και του ετήσιου χρεολυσίου:

$$E_{cost} = E_{annual} + d_p = 3.960 + 26.028 + 22.114 = \underline{\underline{\$52.102}}$$

5.5.4 Ετήσια έσοδα

Τα ετήσια έσοδα ή οι πιστώσεις του έργου, προέρχονται από την ετήσια εξοικονόμηση καυσίμων, καθώς και από την πιθανή (εδώ μηδενική) πίστωση για την μείωση εκπομπής αερίων θερμοκηπίου.

$$E_{\text{saving}} = E_{\text{fuel}} + 0 = \underline{\$125.836}$$

5.5.5 Ετήσιες ταμειακές ροές

Πρώτα θα υπολογιστούν οι ταμειακές ροές για το έτος 0

Η καθαρή ταμειακή ροή προ φόρου, περιλαμβάνει τα συνολικά έσοδα. Αυτά περιλαμβάνουν τις εξοικονομήσεις ενέργειας, που είναι μηδέν για το έτος 0, τα έσοδα από τη μείωση εκπομπής παραγωγής αερίων θερμοκηπίου (μηδέν για το έτος 0), τα έσοδα από δωρεές ή χάρες (εδώ μηδέν) και η αξία τέλους έργου, η οποία στην περίπτωση αυτή είναι μηδέν. Άρα, για το έτος 0, τα συνολικά έσοδα είναι μηδέν (το άθροισμα όλων των παραπάνω).

Τα συνολικά έξοδα περιλαμβάνουν τα ποσά που καταβλήθηκαν για τη σύνθεση του μετοχικού κεφαλαίου (υπολογίζονται ότι έγιναν το έτος 0 και είναι ίσα με $I_{\text{cap}} = \$37.096$, τα έξοδα για την αγορά καυσίμων (μηδέν για το έτος 0), τα έξοδα λειτουργίας και συντήρησης της εγκατάστασης (μηδέν για το έτος 0), τα έξοδα αποπληρωμής του χρέους του έργου (μηδέν για το έτος 0).

Για τα έτη 1 έως PL, οι ταμειακές ροές υπολογίζονται ως εξής:

Συνολικά έσοδα:

➤ Για κάθε έτος n μέχρι το τέλος ζωής του έργου PL ($1 \leq n \leq PL$), υπολογίζονται το εξοικονομούμενο κόστος καυσίμων, ως:

$$E_{n-\text{save}} = E_{\text{saving}} \cdot (1 + r_{E-\text{cost}})^n = 125.836 \cdot (1 + 2\%)^n, \text{ όπου } E_{\text{saving}} \text{ έχει υπολογιστεί στην Ενότητα §5.5.4.}$$

➤ Για κάθε έτος n μέχρι το τέλος της διάρκειας πίστωσης για μείωση εκπομπής αερίων θερμοκηπίου, $GHG_{\text{reduce-credit}}^{lc}$, εντός της διάρκειας ζωής του έργου ($1 \leq n \leq \min(PL, GHG_{\text{credit}}^{lc})$), υπολογίζονται τα έσοδα από την πίστωση αυτή, ως $GHG_{n-\text{credit}} = GHG_{\text{credit}} \cdot (1 + r_{GHG})^n$, με $GHG_{\text{red-credit}} = GHG_{\text{net-red-yr}} \cdot GHG_{\text{reduce-credit}}$. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, δεν υπάρχουν τέτοια έσοδα.

➤ Από τα παραπάνω έσοδα, αφαιρούνται τα έξοδα από την αξία τέλους του έργου. Τα έξοδα αυτά υπολογίζονται στο τέλος ζωής του έργου, ως $EOL_{PL} = EOL \cdot (1 + f)^n$ με τα έξοδα EOL να δίνονται από το χρήστη. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, δεν υπάρχουν τέτοια έσοδα.

Συνολικά έξοδα:

➤ Μόνο για το έτος 0 υπολογίζονται τα έξοδα για τη σύνθεση του μετοχικού κεφαλαίου, όπως φάνηκε στα προηγούμενα.

➤ Για κάθε έτος n μέχρι το τέλος ζωής του έργου PL ($1 \leq n \leq PL$), υπολογίζονται τα έξοδα τροφοδοσίας του συστήματος με καύσιμα ως:

$$FEC = FE_{\text{expents}} \cdot (1 + r_{E-\text{costs}})^n = \$26.068 \cdot (1 + 0.02)^n.$$

➤ Τα έξοδα για τη λειτουργία και τη συντήρηση της εγκατάστασης, υπολογίζονται για κάθε έτος n έως το τέλος ζωής PL του έργου, ως:

$$OM_{\text{labour}} = OM_{\text{expents}} \cdot (1 + f)^n = 3.960 \cdot (1 + 0.02)^n.$$

➤ Τα έξοδα αποπληρωμής του χρέους για το έργο, υπολογίζονται ως $Debt_{\text{coverage}} = d_p = 22.114\$$, δηλαδή το ετήσιο χρεολύσιο.

➤ Περιοδικά έξοδα πραγματοποιούνται κάθε 7 χρόνια, δηλαδή το 7^ο, το 14^ο, και το 21^ο έτος της λειτουργίας της εγκατάστασης, υπολογίζονται ως: $PE_n = C_{\text{per}} \cdot (1 + f)^n$, για $n = 7, 14$ και 21 .

Πίνακας 5.9: Ετήσια έσοδα του έργου

Έτος n	$E_{n-\text{save}}$ (\$)	$GHG_{\text{red-credit}}$ (\$)	EOL_{PL} (\$)
0	-	0	0
1	128.353	0	0
2	130.920	0	0
3	133.538	0	0
4	136.209	0	0
5	138.933	0	0
6	141.712	0	0
7	144.546	0	0
8	147.437	0	0
9	150.385	0	0
10	153.393	0	0
11	156.461	0	0
12	159.590	0	0
13	162.782	0	0
14	166.038	0	0
15	169.358	0	0
16	172.746	0	0
17	176.201	0	0
18	179.725	0	0
19	183.319	0	0
20	186.985	0	0
21	190.725	0	0
22	194.540	0	0
23	198.430	0	0
24	202.399	0	0
25	206.447	0	0

Τα συνολικά έξοδα κάθε έτους n υπολογίζονται αθροίζοντας τα αντίστοιχα έξοδα, όπως υπολογίστηκαν στα προηγούμενα. Ο Πίνακας 5.10 δείχνει τα συνολικά αποτελέσματα για κάθε ετήσιο κύκλο λειτουργίας της εγκατάστασης.

Πίνακας 5.10: Ετήσια έξοδα του έργου

Έτος n	I_{cap} (\$)	OM_{labour} (\$)	FEC (\$)	$Debt_{n-coverage}$ (\$)	PE_n (\$)
0	37.096	0	0	0,00	0
1	0	4.039	26.549	22.114	0
2	0	4.120	27.080	22.114	0
3	0	4.202	27.621	22.114	0
4	0	4.286	28.174	22.114	0
5	0	4.372	28.737	22.114	0
6	0	4.460	29.312	22.114	0
7	0	4.549	29.898	22.114	3.446
8	0	4.640	30.496	22.114	0
9	0	4.733	31.106	22.114	0
10	0	4.827	31.728	22.114	0
11	0	4.924	32.363	0	0
12	0	5.022	33.010	0	0
13	0	5.123	33.670	0	0
14	0	5.225	34.343	0	3.958
15	0	5.330	35.030	0	0
16	0	5.436	35.731	0	0
17	0	5.545	36.445	0	0
18	0	5.656	37.174	0	0
19	0	5.769	37.918	0	0
20	0	5.884	38.676	0	0
21	0	6.002	39.450	0	4.547
22	0	6.122	40.239	0	0
23	0	6.245	41.044	0	0
24	0	6.369	41.864	0	0
25	0	6.497	42.702	0	0

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, τα έσοδα του έργου, δηλαδή η εξοικονόμηση πόρων από τη χρήση καυσίμου βιομάζας αντί για πετρέλαιο δεν φορολογείται με κάποιο φόρο εισοδήματος. Συγκεντρωτικά τα συνολικά ετήσια έσοδα και έξοδα φαίνονται στον Πίνακα 5.11. Οι καθαρές ταμειακές ροές για κάθε έτος n υπολογίζονται από την αλγεβρική διαφορά $\text{Συνολικά έσοδα}_n - \text{Συνολικά έξοδα}_n$ όπως φαίνονται στον Πίνακα 5.11. Η συνολική ταμειακή ροή του έτους n είναι το άθροισμα των καθαρών ταμειακών ροών από το έτος 0 έως το έτος n .

Πίνακας 5.11: Σύνοψη αποτελεσμάτων που οδηγούν στα συνολικά καθαρά εισοδήματα

Έτος n	Συνολικά έσοδα (\$) P_t^p	Συνολικά έξοδα (\$) E_t^p	Καθαρή ταμειακή ροή (\$) C_t^p	Συνολική ταμειακή ροή (\$) C_t
0	-	37.096	-37.096	-37.096
1	128.353	52.701	75.651	38.555
2	130.920	53.313	77.607	116.162
3	133.538	53.937	79.601	195.763
4	136.209	54.574	81.635	277.398
5	138.933	55.223	83.710	361.108
6	141.712	55.885	85.827	446.935
7	144.546	60.006	84.539	531.474
8	147.437	57.249	90.187	621.661
9	150.385	57.952	92.433	714.095
10	153.393	58.669	94.724	808.819
11	156.461	37.286	119.175	927.994
12	159.590	38.032	121.558	1.049.552
13	162.782	38.793	123.989	1.173.542
14	166.038	43.527	122.511	1.296.053
15	169.358	40.360	128.999	1.425.051
16	172.746	41.167	131.579	1.556.630
17	176.201	41.990	134.210	1.690.840
18	179.725	42.830	136.894	1.827.734
19	183.319	43.687	139.632	1.967.366
20	186.985	44.561	142.425	2.109.791
21	190.725	49.999	140.726	2.250.518
22	194.540	46.361	148.179	2.398.696
23	198.430	47.288	151.142	2.549.839
24	202.399	48.234	154.165	2.704.004
25	206.447	49.198	157.249	2.861.253

5.5.6 Δείκτες και κριτήρια αξιολόγησης αποδοτικότητας

Στη συνέχεια θα εξεταστεί ο τρόπος με τον οποίο μπορεί να αξιολογηθεί το συγκεκριμένο επενδυτικό έργο. Αρχή θα γίνει με τον υπολογισμό του εσωτερικού βαθμού απόδοσης και την απόδοση στην επένδυση για το έργο αυτό.

5.5.6.1 Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι το επιτόκιο, έστω ε , το οποίο μηδενίζει την ΚΠΑ. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα δεν έχουμε φόρο εισοδήματος άρα οι τιμές των ταμειακών ροών προ και μετά φόρων είναι οι ίδιες (αυτές του Πίνακα 5.11).

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης C_t^p , υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\sum_{t=0}^{25} \frac{C_t^p}{(1+\varepsilon)^n} = 0 \Rightarrow \frac{-\$37.096}{(1+\varepsilon)^0} + \frac{\$75.651}{(1+\varepsilon)^1} + \dots + \frac{\$157.249}{(1+\varepsilon)^{25}} = 0$$

$$\Rightarrow \varepsilon = 206,05\%$$

Το γεγονός ότι το ε υπολογίστηκε μεγαλύτερο από το προεξοφλητικό επιτόκιο $D = 9\%$, υποδηλώνει ότι η επένδυση μπορεί να γίνει αποδεκτή, καθώς θεωρείται αποδοτική.

5.5.6.2 Το κριτήριο της Απλής Επανείσπραξης

Σύμφωνα με τη μέθοδο της απλής επανείσπραξης, ο(οι) επενδυτής(τές) θα λάβουν τα χρήματά τους πίσω, σε μια περίοδο ίση με αυτήν που υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\frac{\text{Αρχικές δαπάνες} - \text{Δωρεές}}{\text{Ετήσιες εξοικονομήσεις} - (\text{Ετήσιο Κόστος} - \text{Χρεολύσιο})}$$

Όλοι οι παράγοντες στην τελευταία σχέση είναι γνωστοί από την προηγούμενη ανάλυση. Η αντικατάσταση των τιμών στη σχέση αυτή, δίνει:

$$\frac{\$185.480 - \$0}{\$125.836/\text{yr} - (\$50.102/\text{yr} - \$22.114/\text{yr})} = 1,89 \text{ έτη}$$

Η χρονική στιγμή y_p κατά την οποία θα υπάρξει θετική συνολική καθαρή ταμειακή για το έργο, υπολογίζεται με γραμμική παρεμβολή μεταξύ των ακραίων εκείνων διαδοχικών τιμών για τις οποίες η πρώτη τιμή είναι αρνητική και η αμέσως επόμενη είναι θετική. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, οι τιμές αυτές (τελευταία στήλη του Πίνακα 5.11) είναι $\$-37.096$, για το έτος 0 και $\$38.555$ για το έτος 1. Τώρα έχουμε:

$$\frac{1 - yr_0}{38.555 - 0} = \frac{1 - 0}{38.555 - (-37.096)} \Rightarrow yr_0 = 1 - \frac{38.555}{75.651} = 0,49 \text{ έτη}$$

Η τιμή yr_0 είναι η τιμή για την οποία η καθαρή συνολική ταμειακή ροή είναι μηδέν, οπότε λίγο μετά την τιμή αυτή, μπορούμε να έχουμε θετική ταμειακή ροή. Γενικά, μπορεί να θεωρηθεί $yr_p = 0,49$ έτη.

5.5.6.3 Το κριτήριο της Καθαρής Παρούσας Αξίας

Η ΚΠΑ του έργου υπολογίζεται από τη Σχέση (3.66) για $D = 9\%$:

$$\begin{aligned} \text{ΚΠΑ} &= \sum_{t=1}^{25} C_t^p \cdot (1+D)^{-n} - I_{cap} = \\ &= 75.651 \cdot (1+0,09)^{-1} + 77.607 \cdot (1+0,09)^{-2} + \dots + 157.249 \cdot (1+0,09)^{-25} - 37.096 = \$948.091 \end{aligned}$$

Ο παραπάνω υπολογισμός δίνει ΚΠΑ = \$948.091, τιμή θετική. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι το επενδυτικό έργο μπορεί να γίνει αποδεκτό.

5.5.6.4 Ετήσιες Εξοικονομήσεις

Οι εξοικονομήσεις από τον ετήσιο κύκλο λειτουργίας της εγκατάστασης, υπολογίζονται ως ακολούθως:

$$p = \frac{-\text{ΚΠΑ} \cdot D \cdot (1+D)^{PL}}{(1+D)^{PL} - 1} = \frac{\$948.091 \cdot 0,09 \cdot (1+0,09)^{25}}{(1+0,09)^{25} - 1} = \$96.552$$

5.5.6.5 Δείκτης Κερδοφορίας

Ο δείκτης κερδοφορίας μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση:

$$PI = \frac{\text{ΚΠΑ}}{I_{cap}} = \frac{\$948.091}{\$37.096} = 25,557$$

Υπενθυμίζεται ότι θετικές τιμές του δείκτη αυτού και όσο το δυνατό μεγαλύτερες της μονάδας, τόσο πιο αποδοτικό κρίνεται το επενδυτικό έργο.

5.5.6.6 Δείκτης Αυτοχρηματοδότησης

Ο δείκτης αυτοχρηματοδότησης του έργου μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση:

$$DSC = \frac{\text{Καθαρά Λειτουργικά Εισοδήματα}}{\text{Συνολικό Τοκοφόρο Χρέος}}$$

σε συνδυασμό με τη διαδικασία που περιγράφεται στην ενότητα §3.6.5.10. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, υπολογίζεται ο ετήσιος δείκτης αυτοχρηματοδότησης για την περίοδο προθεσμίας αποπληρωμής του χρέους και επιλέγεται ο μικρότερος. Ας σημειωθεί ότι για την κάλυψη του χρέους κατά έτος, θεωρείται ότι αποδίδεται η τιμή του ετήσιου χρεολυσίου (\$22.114), με την οποία διαιρείται και η τιμή των εισοδημάτων κάθε έτους. Ως εισοδήματα για τον υπολογισμό του δείκτη αυτοχρηματοδότησης, θεωρείται η μεγαλύτερη τιμή μεταξύ των τιμών της συνολικής ετήσιας ροής και των καθαρών λειτουργικών εσόδων του έργου. Τα καθαρά λειτουργικά έσοδα για κάθε έτος είναι το άθροισμα των καθαρών ταμειακών ροών προ φόρων συν το ετήσιο χρεολύσιο,

δηλαδή: $C_t^p + d_p$. Ο δείκτης αυτοχρηματοδότησης δεν υπολογίζεται για το έτος μηδέν.

Για τα δύο πρώτα έτη π.χ., είναι:

$$\text{έτος 1: } C_t^p + d_p = \$75.651 + \$22.114 = \$97.765$$

$$\text{έτος 2: } C_t^p + d_p = \$77.607 + \$22.114 = \$99.720$$

Κ.Ο.Κ.

Άρα και:

$$DSC_1 = \frac{\$97.765}{\$22.114} = 4,42$$

$$DSC_2 = \frac{\$99.720}{\$22.114} = 6,93$$

Κ.Ο.Κ.

Η διαδικασία αυτή ακολουθείται για όλα τα έτη μέχρι την αποπληρωμή του χρέους του έργου και δίνει τα αποτελέσματα του Πίνακα 5.12.

Η μικρότερη από τις τιμές του Πίνακα 5.12, είναι η 4,42 την οποία αποδεχόμαστε ως δείκτη αυτοχρηματοδότησης. Το γεγονός ότι είναι μεγαλύτερος της μονάδας υποδηλώνει ότι τα ετήσια έσοδα από τη λειτουργία της εγκατάστασης επαρκούν για την κάλυψη της δόσης αποπληρωμής του χρέους του έργου, για την αντίστοιχη χρονική περίοδο. Όμοια ισχύουν και για τις υπόλοιπες περιόδους, εντός της προθεσμίας αποπληρωμής του χρέους.

Πίνακας 5.12: Δείκτης αυτοχρηματοδότησης του έργου

Έτος n	Ετήσια εισοδήματα (\$)	Συνολικά Λειτουργικά έσοδα (\$)	Χρεολύσιο (\$)	Δείκτης αυτοχρηματοδότησης
1	97.765	75.651	22.114	4,42
2	99.720	153.258	22.114	6,93
3	101.715	232.859	22.114	10,53
4	103.749	314.494	22.114	14,22
5	105.824	398.204	22.114	18,01
6	107.940	484.031	22.114	21,89
7	106.653	568.570	22.114	25,71
8	112.301	658.757	22.114	29,79
9	114.547	751.191	22.114	33,97
10	116.838	845.915	22.114	38,25

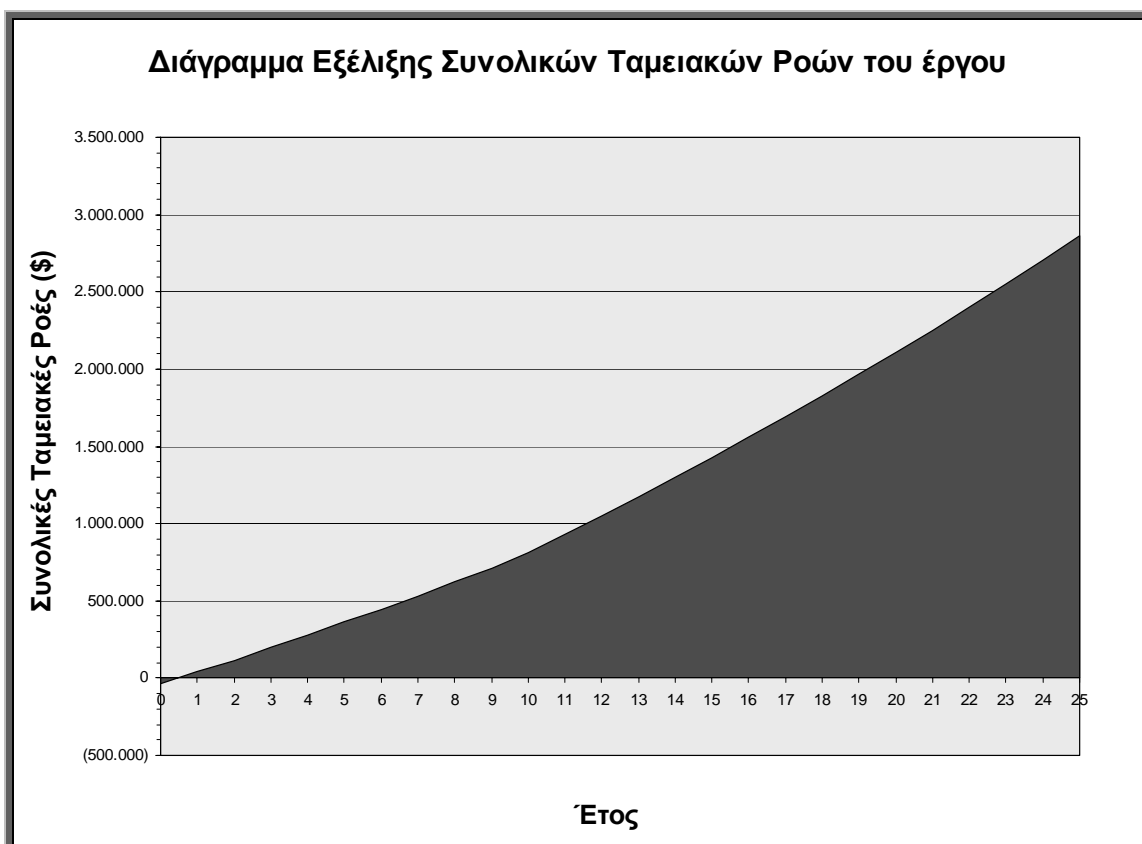
5.6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το επενδυτικό έργο που εξετάστηκε, κρίνεται αποδοτικό και η υλοποίησή του κρίνεται είναι συμφέρουσα, με βάση όλα τα χρηματοοικονομικά κριτήρια που εξετάστηκαν.

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης ϵ είναι 206,05%. Αυτό υποδηλώνει πως το έργο αυτό είναι εξαιρετικά αποδοτικό, καθώς το προεξοφλητικό επιτόκιο D είναι μόλις 9%. Άρα, ο ϵ είναι κατά πολύ μεγαλύτερος από το D .

Η ΚΠΑ του έργου υπολογίστηκε στα \$948.091, ενώ ο δείκτης αποδοτικότητας PI υπολογίστηκε ίσος με 4,42. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι ο δείκτης αυτοχρηματοδότησης για όλα τα έτη αποπληρωμής του χρέους είναι μεγαλύτερος της μονάδας, υποδηλώνει ότι η λήψη εξωτερικού δανείου για την πλήρη κάλυψη του χρέους δεν είναι αναγκαία.

Στο Σχήμα 5.2 αποτυπώνεται η εξέλιξη των συνολικών καθαρών ταμειακών ροών του έργου.



Σχήμα 5.2: Η εξέλιξη των συνολικών καθαρών ταμειακών ροών του έργου στο χρόνο, έως το τέλος της ζωής του

ΜΕΛΕΤΗ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΜΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Σε μία μικρή κοινότητα στο βόρειο Καναδά, βρίσκεται εγκατεστημένος ένας σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που λειτουργεί με καύση πετρελαίου και ανήκει στη δημόσια Εταιρία Ηλεκτρισμού. Η κοινότητα σχεδιάζει την εγκατάσταση ενός κεντρικού συστήματος θέρμανσης το οποίο θα αξιοποιεί την θερμότητα των αερίων αποβλήτων των πετρελαιοκίνητων γεννητριών για την θέρμανση κάποιων κτισμάτων της κοινότητας. Καλούμαστε να αξιολογήσουμε την οικονομική βιωσιμότητα του σχεδίου αυτού σε σχέση με το υπάρχον σύστημα θέρμανσης που αποτελείται από ανεξάρτητους λέβητες πετρελαίου για κάθε κτίριο.

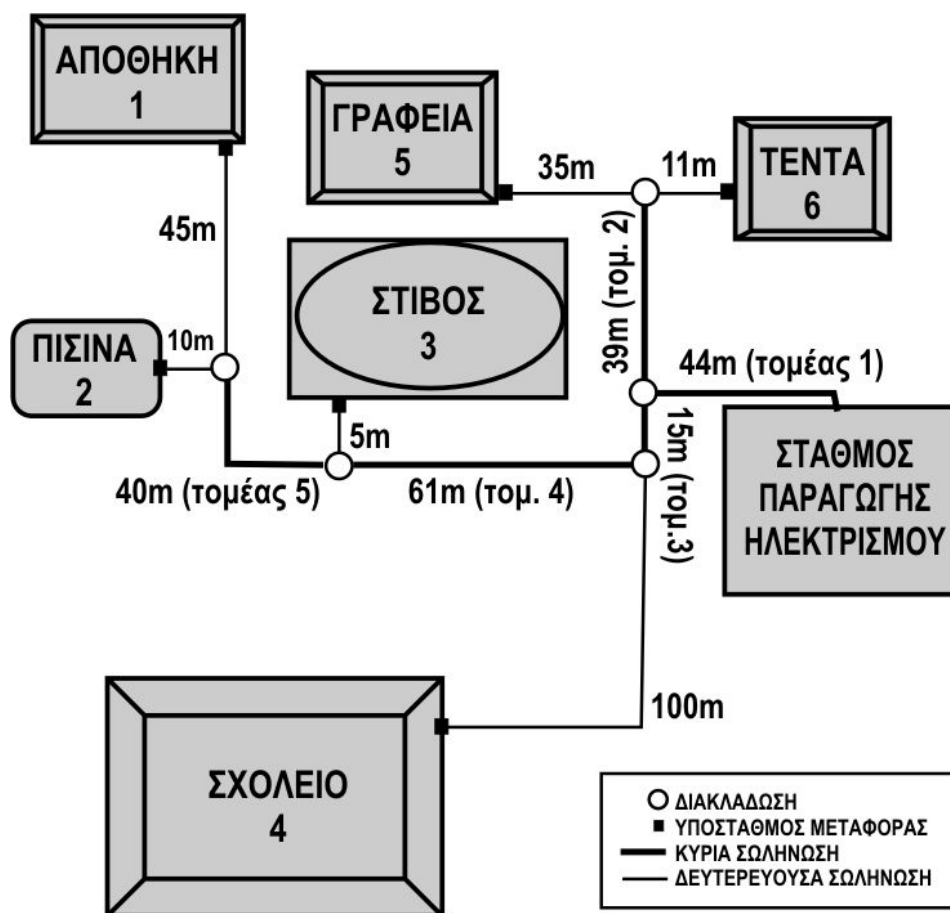
6.1.1 Πληροφορίες για την τοποθεσία εγκατάστασης

Το Fort McPherson είναι ένα χωριουδάκι 900 κατοίκων που απέχει περίπου 110 χιλιόμετρα από τον πλησιέστερο σταθμό μετεωρολογικών δεδομένων του Inuvik. Τα έξι κτίρια που θα εξυπηρετούνται από το προτεινόμενο κεντρικό σύστημα θέρμανσης καθώς και το χωρομετρικό σχεδιάγραμμα του δικτύου διανομής φαίνονται στο Σχέδιο 6.1. Η κατανάλωση καυσίμου και η απόδοση για το καθένα από τα παρόντα συστήματα θέρμανσης έχουν υπολογιστεί από την κοινότητα και δίνονται στον Πίνακα 6.1.

Οι συνθήκες του εδάφους είναι καλές και δεν παρεμβάλλονται άλλα δίκτυα στην περιοχή που θα περάσει το σύστημα διανομής της θερμότητας. Η κοινότητα επιθυμεί την εγκατάσταση ενός δικτύου σωληνώσεων χαμηλής θερμοκρασίας. Η διανομή θα γίνεται με την βοήθεια υποσταθμών μεταφοράς που θα στεγάζονται σε καθένα από τα συνδεδεμένα κτίρια. Η Εταιρία Ηλεκτρισμού έχει υπολογίσει ότι κάθε στιγμή λειτουργίας του σταθμού είναι ανακτήσιμα 330kW θερμότητας που εκλύονται στο περιβάλλον.

Πίνακας 6.1: Στοιχεία για το υπάρχον σύστημα θέρμανσης κάθε ομάδας κτιρίων

Ομάδα Κτιρίων	Επιφάνεια σε m ²	Ετήσια κατανάλωση καυσίμου σε L	Εποχιακή απόδοση συστήματος
1 Αποθήκη	200	60.048	65%
2 Πισίνα	300	1.280	75%
3 Στίβος	2.200	12.066	70%
4 Σχολείο	2.700	100.201	75%
5 Γραφεία	400	3.999	80%
6 Τέντα	540	17.276	65%



Σχήμα 6.1: Δίκτυο Εγκατάστασης

6.1.2 Χρηματοοικονομικές πληροφορίες

Τα τυπικά χρηματοοικονομικά μεγέθη για την ανάλυση, δίνονται ως εξής: πληθωρισμός 2%, ικανότητα δανεισμού 80%, εξοφλητικό επιτόκιο χρέους 6%, προεξοφλητικό επιτόκιο 9% και προθεσμία εξόφλησης χρέους 20 έτη. Η διάρκεια ζωής του συστήματος είναι 30 έτη. Η κοινότητα είναι δημόσιος οργανισμός και συνεπώς δεν πληρώνει φόρους (στον Καναδά!). Η τοπική τιμή του ηλεκτρισμού είναι \$0,50/kWh, και το πετρέλαιο προμηθεύεται με \$0,60/L, ενώ η Εταιρία Ηλεκτρισμού προθυμοποιήθηκε να πουλά την θερμότητα των αποβλήτων προς \$7,50/MWh.

6.1.3 Επίλυση

Η ανάπτυξη της μελέτης θα ακολουθήσει τα στάδια όπως παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο 4.

- Πρώτα θα γίνει η μελέτη για την εγκατάσταση του συστήματος θέρμανσης και του δικτύου διανομής
- Στη συνέχεια θα διερευνηθεί η μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου από την εφαρμογή του συστήματος βιομάζας
- Τέλος θα γίνει ανάλυση των δαπανών και ωφελειών της εγκατάστασης καθώς και η χρηματοοικονομική ανάλυση υλοποίησης του έργου

6.2 ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΟΥ

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα κάθε ομάδα αποτελείται από ένα μόνο κτίριο.

6.2.1 Στοιχεία εισόδου σχεδίασης εγκατάστασης

Στον Πίνακα 6.3 παρουσιάζονται τα δεδομένα εισόδου για τη σχεδίαση της εγκατάστασης. Διευκρινήσεις για τα στοιχεία του πίνακα εισόδου δίνονται αμέσως μετά τον πίνακα.

Πίνακας 6.2: Δεδομένα εισόδου σχεδίασης εγκατάστασης.

α/α	Περιγραφή Μεγέθους	Σύμβολο	Μονάδα Μέτρησης	Παρατηρήσεις
A) Θερμοκρασιακά χαρακτηριστικά εξεταζόμενης τοποθεσίας				
1)	Πλησιέστερος σταθμός μετεωρολογικών δεδομένων	Inuvik A, NT / NWT	-	Καναδάς
2)	Θερμοκρασία σχεδίασης	$T_{\min} = -40,1$	$^{\circ}\text{C}$	από -40° έως 15°
3)	Ημερήσιοι-Βαθμοί (κάτω των 18°C) για κάθε μήνα	$DD_{\text{month-M}}$	$^{\circ}\text{C}$	Βλέπε Πίνακα 6.3
B) Στοιχεία τοπολογίας και υπάρχοντος (συμβατικού) συστήματος θέρμανσης				
4)	Θέρμανση νερού χρήσης	$DHW_{\text{load}} = 10\%$	σαν ποσοστό(%) επί της ετήσιας απαιτούμενης ενέργειας θέρμανσης	
5)	Θερμαινόμενη επιφάνεια για κάθε ομάδα κτιρίων	$S_1 = 200$ $S_2 = 300$ $S_3 = 2.200$ $S_4 = 2.700$ $S_5 = 400$ $S_6 = 540$	m^2	-
6)	Αριθμός κτιρίων σε κάθε ομάδα κτιρίων	Ομάδα[1] ως [6] = 1	-	-
8)	Θερμικό φορτίο για κάθε ομάδα κτιρίων	$L_1 = 610$ $L_2 = 10$ $L_3 = 12$ $L_4 = 87$ $L_5 = 25$ $L_6 = 65$	W/m^2 Τα φορτία για κάθε συστάδα δεν ήταν γνωστά και υπολογίστηκαν από την κατανάλωση καυσίμου κάθε συστάδας (Βλέπε §6.2.2.2.)	
9)	Τύπος καυσίμου υπάρχοντος συστήματος θέρμανσης για κάθε ομάδα κτιρίων	Ομάδα[1] ως [6]: Ντίζελ	-	38,7 MJ/L (10,74kWh/L)
10)	Τιμή μονάδας καυσίμου υπάρχοντος συστήματος θέρμανσης για κάθε ομάδα κτιρίων	Ομάδα[1] ως [6]: $K_{i-\text{Ντίζελ}} = 0,6$	χρηματικές μονάδες ανά L	-

11) Εποχιακή απόδοση συστήματος	$n_1=65$ $n_3=70$ $n_5=80$	$n_2=75$ $n_4=75$ $n_6=65$	%	Βλ. Πίνακα 6.1
Γ) Χαρακτηριστικά εναλλακτικού συστήματος θέρμανσης				
12) Τύπος συστήματος	Ανάκτηση Θερμότητας	-	-	
Γ.1) Σύστημα ανάκτησης θερμότητας αέριων αποβλήτων (WHR)				
13) Ισχύς συστήματος	$C_{WHR} = 330$	kW	-	
Γ.2) Σύστημα θέρμανσης αιχμής φορτίου (Peak load)				
18) Τύπος καυσίμου	Ντίζελ	-	-	
19) Ισχύς συστήματος	$C_{peak} = 600$	kW	-	
20) Απόδοση σταθερής κατάστασης συστήματος	$n_p^{steady} = 80$	%	-	
21) Εποχιακή Απόδοση συστήματος	$n_{peak} = 70$	%	-	
Γ.3) Εφεδρικό σύστημα θέρμανσης - [Προαιρετικό]				
22) Ισχύς εφεδρικού λέβητα	$C_{(back-up)} = 0$	kW	ΔΕΝ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙΤΑΙ	

6.2.1.1 Στοιχεία Τοπολογίας & υπάρχοντος (συμβατικού) συστήματος θέρμανσης

6.2.1.1.1 Θερμικό φορτίο για κάθε ομάδα κτιρίων

Στη συγκεκριμένη περίπτωση δεν γνωρίζουμε το φορτίο για κάθε κτίριο και δεν μπορούμε με ακρίβεια να το υπολογίσουμε από το Σχήμα 6.1 λόγω της φύσης των συγκεκριμένων κτιρίων (πισίνα, τέντα, στίβος, κ.λ.π.). Γνωρίζουμε όμως την ετήσια κατανάλωση καυσίμου για κάθε κτίριο και από αυτήν μπορούμε να υπολογίσουμε την απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης κάθε κτιρίου και στη συνέχεια το θερμικό του φορτίο.

Παρακάτω θα υπολογίσουμε την απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης για κάθε κτίριο η οποία συνδέεται με το θερμικό φορτίο κάθε κτιρίου με την Σχέση (3.20):

$$Q_{cluster-i} = L_{cluster-i} \cdot S_{cluster-i} \cdot \Omega_{Tot} \cdot 10^{-6}$$

και λύνοντας ως προς $L_{cluster-i}$ θα βρούμε το θερμικό φορτίο κάθε κτιρίου (βλ. Ενότητα §6.2.2.2.2 Ετήσια απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης):

$$L_{cluster-i} = \frac{Q_{cluster-i}}{S_{cluster-i} \cdot \Omega_{Tot}} \cdot 10^6$$

6.2.1.1.2 Ετήσια κατανάλωση κάθε ομάδας

Είναι γνωστή από τα παρελθόντα έτη και έχει ως εξής (σε λίτρα):

$$\begin{array}{lll} F_1 = 60.048 & F_2 = 1.280 & F_3 = 12.066 \\ F_4 = 100.201 & F_5 = 3.999 & F_6 = 17.276 \end{array}$$

6.2.1.2 Χαρακτηριστικά εναλλακτικού συστήματος θέρμανσης

6.2.1.2.1 Τύπος συστήματος ανάκτησης θερμότητας (WHR)

Υπάρχουν αρκετοί τύποι συστημάτων ανάκτησης θερμότητας. Για την διενέργεια των ενεργειακών υπολογισμών και την αξιολόγηση του επενδυτικού σχεδίου δεν είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός του ακριβούς τύπου του συστήματος WHR.

6.2.2 Ενδιάμεσοι υπολογισμοί

6.2.2.1 Θερμοκρασιακά χαρακτηριστικά εξεταζόμενης τοποθεσίας

Οι ημερήσιοι-βαθμοί για κάθε μήνα του χρόνου όπως δίνονται από την καιρική βάση δεδομένων του RETscreen για το Inuvik είναι:

Πίνακας 6.3: Ημερήσιοι βαθμοί θέρμανσης σε μηνιαία βάση

Μήνας	°C-d (<18°C)	DD/day
Ιανουάριος	1.453	46,87
Φεβρουάριος	1.315	46,96
Μάρτιος	1.310	42,25
Απρίλιος	965	32,16
Μάιος	581	18,74
Ιούνιος	226	7,53
Ιούλιος	142	4,58
Αύγουστος	234	7,54
Σεπτέμβριος	441	14,7
Οκτώβριος	817	26,35
Νοέμβριος	1.187	39,56
Δεκέμβριος	1.371	44,22
ΣΥΝΟΛΟ	10.040	-

6.2.2.1.1 Ετήσιοι Ημερήσιοι-Βαθμοί (κάτω των 18 °C)

$$DD_{\text{year}} = \sum_{1}^{12} [DD_{\text{month}-M}] = 10.040 \quad ^\circ\text{C-year}$$

6.2.2.1.2 Ισοδύναμοι Ημερήσιοι-Βαθμοί για θέρμανση νερού χρήσης (σε ετήσια βάση)

$$DD_{DHW} = \frac{DD_{year} \cdot DHW_{load}}{1 - DHW_{load}} / 365 = \frac{10.040 \cdot 10\%}{1 - 10\%} / 365 = 3,1 \text{ } ^\circ\text{C-d/d}$$

6.2.2.1.3 Ισοδύναμες ώρες αιχμής φορτίου

Κατατάσσονται οι μήνες με βάση το μέσο όρο των ημερήσιων βαθμών θέρμανσης (DD/day) κάθε μήνα.

month-M	1	2	3	4	5	6
DD/day	4,58	7,53	7,54	14,7	18,74	26,35
days_{month M}	31	30	31	30	31	31
month-M	7	8	9	10	11	12
DD/day	32,16	39,56	42,25	44,22	46,87	46,96
days_{month M}	30	30	31	31	31	28

Η χρονική διάρκεια hrs_{month-M} κάθε μήνα (πρόκειται για την χρονική διάρκεια σε ώρες κατά την οποία το DD/day παραμένει σταθερό) υπολογίζεται με βάση τη σχέση:

$$\text{hrs}_{\text{month-M}} = [(\text{days}_{\text{month-M}} + \text{days}_{\text{month-M+1}})/2] \cdot 24$$

Με αριθμητική αντικατάσταση έχουμε:

$$\begin{aligned} \text{hrs}_{\text{month-1}} &= [(31+31)/2] \cdot 24 = 744 & \text{hrs}_{\text{month-7}} &= [(30+30)/2] \cdot 24 = 720 \\ \text{hrs}_{\text{month-2}} &= [(31+30)/2] \cdot 24 = 732 & \text{hrs}_{\text{month-8}} &= [(30+30)/2] \cdot 24 = 720 \\ \text{hrs}_{\text{month-3}} &= [(30+31)/2] \cdot 24 = 744 & \text{hrs}_{\text{month-9}} &= [(31+31)/2] \cdot 24 = 744 \\ \text{hrs}_{\text{month-4}} &= [(30+30)/2] \cdot 24 = 720 & \text{hrs}_{\text{month-10}} &= [(31+31)/2] \cdot 24 = 744 \\ \text{hrs}_{\text{month-5}} &= [(31+31)/2] \cdot 24 = 744 & \text{hrs}_{\text{month-11}} &= [(31+31)/2] \cdot 24 = 744 \\ \text{hrs}_{\text{month-6}} &= [(31+31)/2] \cdot 24 = 744 & \text{hrs}_{\text{month-12}} &= [(31+28)/2] \cdot 24 = 708 \end{aligned}$$

Το ποσοστό της αιχμής φορτίου για κάθε χρονική περίοδο hrs_{month-M}, με βάση τα θερμοκρασιακά δεδομένα της περιοχής και την απαίτηση σε θέρμανση νερού χρήσης, δίνεται από τη σχέση:

$$P_{\text{month-M}} = \frac{(DD / day)_M + DD_{DHW}}{18^\circ\text{C} - T_{\min}} \cdot 100 \cdot f_{\text{cor-M}}$$

και με αριθμητική αντικατάσταση (για DD_{DHW} = 3,1 και T_{min} = -40,1 °C) έχουμε:

$$\begin{aligned} P_{\text{month-1}} &= [(4,58+3,1)/58,1] \cdot 100 \cdot 0,5 = 4,89 & P_{\text{month-7}} &= [(32,16+3,1)/58,1] \cdot 100 \cdot 0,68 = 29,9 \\ P_{\text{month-2}} &= [(7,53+3,1)/58,1] \cdot 100 \cdot 0,6 = 5,87 & P_{\text{month-8}} &= [(39,56+3,1)/58,1] \cdot 100 \cdot 0,68 = 32,77 \\ P_{\text{month-3}} &= [(7,54+3,1)/58,1] \cdot 100 \cdot 0,6 = 10,9 & P_{\text{month-9}} &= [(42,25+3,1)/58,1] \cdot 100 \cdot 0,69 = 34,74 \\ P_{\text{month-4}} &= [(14,7+3,1)/58,1] \cdot 100 \cdot 0,7 = 14,26 & P_{\text{month-10}} &= [(44,22+3,1)/58,1] \cdot 100 \cdot 0,78 = 40,9 \\ P_{\text{month-5}} &= [(18,74+3,1)/58,1] \cdot 100 \cdot 0,77 = 23,96 & P_{\text{month-11}} &= [(46,87+3,1)/58,1] \cdot 100 \cdot 0,80 = 47,1 \\ P_{\text{month-6}} &= [(26,35+3,1)/58,1] \cdot 100 \cdot 0,66 = 21,95 & P_{\text{month-12}} &= [(46,96+3,1)/58,1] \cdot 100 \cdot 0,92 = 54,23 \end{aligned}$$

όπου f_{cor-M} ένας διορθωτικός συντελεστής για κάθε μήνα που είναι ενδεικτικός του κινδύνου, να υπάρξει ταυτόχρονη κατανάλωση, από όλες τις ομάδες κτιρίων στον ίδιο υψηλό βαθμό.

Οι ισοδύναμες ώρες αιχμής φορτίου δίνονται από τη σχέση:

$$\Omega_{Tot} = \sum_1^{12} [hrs_{month - M} \cdot P_{month - M}] = 3.436 \text{ hrs}$$

6.2.2.2 Στοιχεία Τοπολογίας

Στη συνέχεια υπολογίζονται αναλυτικά, με βάση τις σχέσεις που έχουν παρουσιαστεί στο Κεφάλαιο 3, όλες οι παράμετροι που σχετίζονται με την τοπολογία της εγκατάστασης.

Η θέρμανση του νερού της πισίνας δεν υπολογίζεται σαν νερό χρήσης όπως συμβαίνει με το νερό των ντους. Η συνολική απαίτηση σε θερμό νερό χρήσης έχει υπολογιστεί από την κοινότητα σε 10% της συνολικής απαίτησης θέρμανσης, δεδομένου ότι η πισίνα δεν λειτουργεί κατά την διάρκεια του χειμώνα.

6.2.2.2.1 Ετήσια απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης για κάθε ομάδα

Η ετήσια απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης συνδέεται με την ετήσια κατανάλωση καυσίμου με τη Σχέση (3.24):

$$F = Q_{cluster-i} \cdot \frac{1}{n_i} \cdot \frac{1}{hV_i} \cdot 10^3$$

οπότε λύνοντας ως προς Q παίρνουμε:

$$Q_{cluster-i} = F \cdot n_i \cdot hV_i \cdot 10^{-3}$$

Η απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης για κάθε συστάδα θα είναι:

$$\begin{aligned} Q_1 &= F_1 \cdot n_i \cdot hV_i \cdot 10^{-3} = 60.048 \cdot 0,65 \cdot 10,74 \cdot 10^{-3} = 419 \text{ MWh} \\ Q_2 &= F_2 \cdot n_i \cdot hV_i \cdot 10^{-3} = 1.280 \cdot 0,65 \cdot 10,74 \cdot 10^{-3} = 10 \text{ MWh} \\ Q_3 &= F_3 \cdot n_i \cdot hV_i \cdot 10^{-3} = 12.066 \cdot 0,65 \cdot 10,74 \cdot 10^{-3} = 91 \text{ MWh} \\ Q_4 &= F_4 \cdot n_i \cdot hV_i \cdot 10^{-3} = 100.201 \cdot 0,65 \cdot 10,74 \cdot 10^{-3} = 807 \text{ MWh} \\ Q_5 &= F_5 \cdot n_i \cdot hV_i \cdot 10^{-3} = 3.999 \cdot 0,65 \cdot 10,74 \cdot 10^{-3} = 34 \text{ MWh} \\ Q_6 &= F_6 \cdot n_i \cdot hV_i \cdot 10^{-3} = 17.276 \cdot 0,65 \cdot 10,74 \cdot 10^{-3} = 121 \text{ MWh} \end{aligned}$$

Έτσι βρίσκουμε και το **θερμικό φορτίο για κάθε ομάδα** κτιρίων που, με βάση τη Σχέση (3.20) λυμένη ως προς L , θα είναι:

$$\begin{aligned}
L_1 &= Q_1 \cdot [S_1 \cdot \Omega_{Tot}]^{-1} \cdot 10^6 = 419 \cdot [200 \cdot 3.436]^{-1} \cdot 10^6 = 610 \text{ W/m}^2 \\
L_2 &= Q_2 \cdot [S_2 \cdot \Omega_{Tot}]^{-1} \cdot 10^6 = 10 \cdot [300 \cdot 3.436]^{-1} \cdot 10^6 = 10 \text{ W/m}^2 \\
L_3 &= Q_3 \cdot [S_3 \cdot \Omega_{Tot}]^{-1} \cdot 10^6 = 91 \cdot [2.200 \cdot 3.436]^{-1} \cdot 10^6 = 12 \text{ W/m}^2 \\
L_4 &= Q_4 \cdot [S_4 \cdot \Omega_{Tot}]^{-1} \cdot 10^6 = 807 \cdot [2.700 \cdot 3.436]^{-1} \cdot 10^6 = 87 \text{ W/m}^2 \\
L_5 &= Q_5 \cdot [S_5 \cdot \Omega_{Tot}]^{-1} \cdot 10^6 = 34 \cdot [400 \cdot 3.436]^{-1} \cdot 10^6 = 25 \text{ W/m}^2 \\
L_6 &= Q_6 \cdot [S_6 \cdot \Omega_{Tot}]^{-1} \cdot 10^6 = 121 \cdot [540 \cdot 3.436]^{-1} \cdot 10^6 = 65 \text{ W/m}^2
\end{aligned}$$

6.2.2.2.2 Συνολική ετήσια απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης

$$Q_{demand_{Total}} = \sum_1^N [Q_{cluster-i}] = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6$$

Με αριθμητική αντικατάσταση έχουμε:

$$Q_{demand_{Total}} = 419 + 10 + 91 + 807 + 34 + 121 = \underline{\underline{1.482 \text{ MWh}}}$$

6.2.2.2.3 Αιχμή φορτίου για κάθε ομάδα κτιρίων

$$P_{A_{cluster-i}} = L_{cluster-i} \cdot S_{cluster-i} \cdot 10^{-3}$$

Με αριθμητική αντικατάσταση έχουμε:

$$\begin{aligned}
P_{A_1} &= 610 \cdot 200 \cdot 10^{-3} = 122 \text{ kW} \\
P_{A_2} &= 10 \cdot 300 \cdot 10^{-3} = 3 \text{ kW} \\
P_{A_3} &= 12 \cdot 2.200 \cdot 10^{-3} = 26,4 \text{ kW} \\
P_{A_4} &= 87 \cdot 2.700 \cdot 10^{-3} = 234,9 \text{ kW} \\
P_{A_5} &= 25 \cdot 400 \cdot 10^{-3} = 10 \text{ kW} \\
P_{A_6} &= 65 \cdot 540 \cdot 10^{-3} = 35,1 \text{ kW}
\end{aligned}$$

6.2.2.2.4 Συνολική αιχμή φορτίου

$$P_A = \sum_1^N [P_{A_{cluster-i}}] = P_{A_1} + P_{A_2} + P_{A_3} + P_{A_4} + P_{A_5} + P_{A_6}$$

Με αριθμητική αντικατάσταση έχουμε:

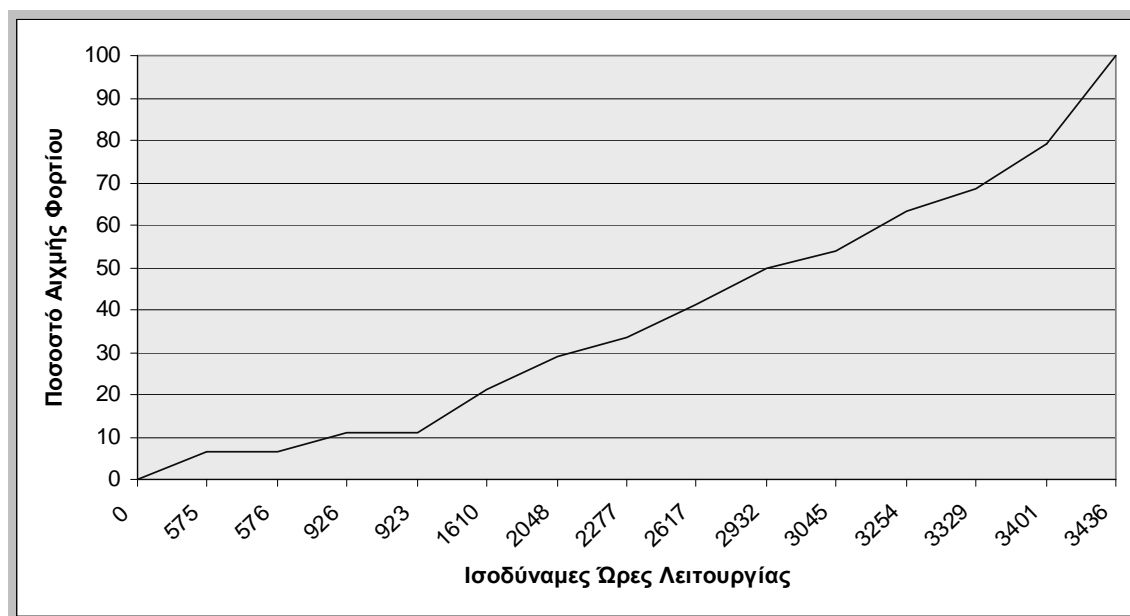
$$P_A = 122 + 3 + 26 + 235 + 10 + 35 = \underline{\underline{431 \text{ kW}}}$$

6.2.2.3 Χαρακτηριστικά εναλλακτικού συστήματος θέρμανσης

Η ισχύς του συστήματος αιχμής έχει τεθεί 600 kW, αρκετά μεγαλύτερη δηλαδή από αυτή που προτείνεται από το λογισμικό (βλέπε *Ενότητα §6.2.2.3.2 Υπολογισμοί ενεργειακών αποδόσεων συστήματος αιχμής*). Αυτά τα 600 kW είναι μια εκτίμηση του συνδυασμού της ισχύος των ανεξάρτητων λεβήτων πετρελαίου που ήδη υπάρχουν σε κάθε κτίριο. Δεδομένου ότι τα υπάρχοντα συστήματα θέρμανσης μπορούν να παρέχουν τα 431 kW του συνολικού φορτίου αιχμής των κτιρίων, σημαίνει ότι η συνολική τους ισχύ υπερβαίνει αυτή την τιμή. Μπορούμε συνεπώς, με βάση και τις αποδόσεις των συστημάτων, να κάνουμε μια χοντρική εκτίμηση ότι η συνολική τους ισχύ είναι τουλάχιστον 600 kW.

6.2.2.3.1 Υπολογισμοί ενεργειακών αποδόσεων συστήματος ανάκτησης θερμότητας

Κατασκευάζουμε ένα διάγραμμα του ποσοστού αιχμής φορτίου που μπορεί να αποδοθεί στη διάρκεια των ισοδύναμων ωρών λειτουργίας αιχμής φορτίου με βάση τα απαιτούμενα φορτία θέρμανσης.



Σχήμα 6.2: Ποσοστό της αιχμής φορτίου στη διάρκεια του χρόνου

Το ποσοστό της αιχμής φορτίου που μπορεί να ικανοποιηθεί από το σύστημα ανάκτησης θερμότητας:

$$^A p_{WHR} = \frac{C_{WHR}}{P_A} = \frac{330}{431} = 76,56\%$$

Από το Σχήμα 6.5 βρίσκουμε τις ισοδύναμες ώρες λειτουργίας αιχμής φορτίου για το σύστημα ανάκτησης θερμότητας:

$$\Omega_{WHR} = 3.392 \text{ ώρες}$$

Η ετήσια αποδοθείσα ενέργεια του συστήματος ανάκτησης θερμότητας είναι:

$$Q_{WHR} = \Omega_{WHR} \cdot P_A \cdot 10^{-3} = 3.392 \cdot 431 \cdot 10^{-3} = \underline{\underline{1.462 \text{ MWh}}}$$

και ως ποσοστό της συνολικής ετήσιας απαιτούμενης ενέργειας θέρμανσης:

$$\%Q_{\text{WHR}} = Q_{\text{WHR}} / Q_{\text{demand}_{\text{Total}}} = 1.462 / 1.482 = 98,6 \%$$

6.2.2.3.2 Υπολογισμοί ενεργειακών αποδόσεων συστήματος αιχμής

Βρήκαμε ότι το ποσοστό της συνολικής αιχμής φορτίου που αποδίδεται από το σύστημα ανάκτησης θερμότητας είναι 76,56%. Αυτό σημαίνει ότι το υπόλοιπο 23,44% πρέπει να αποδοθεί από το σύστημα αιχμής. Με δεδομένα τα φορτία του συστήματος, το σύστημα αιχμής πρέπει να παράξει:

$$Q_{\text{peak}} = Q_{\text{demand}_{\text{Total}}} - Q_{\text{WHR}} = 1.482 - 1.462 = \underline{\underline{20 \text{ MWh}}}$$

λειτουργώντας για:

$$\Omega_{\text{peak}} = \Omega_{\text{Tot}} - \Omega_{\text{WHR}} = 3.436 - 3.392 = 44 \text{ ισοδύναμες ώρες}$$

Για να επιτευχθεί αυτό απαιτείται το σύστημα αιχμής να έχει ελάχιστη πραγματική ισχύ (προτεινόμενη χωρητικότητα) ίση με:

$$C_{\text{peak}} = (P_A - C_{\text{WHR}}) / n_p^{\text{steady}} = (431 - 330) / 0,8 = 127 \text{ kW}$$

Πράγματι ο λέβητας πετρελαίου των 600kW που επιλέξαμε για σύστημα αιχμής μπορεί να αποδώσει το φορτίο αιχμής σε ποσοστό:

$$A_{\text{p}_{\text{peak}}} = (C_{\text{peak}} / P_A) \cdot n_p^{\text{steady}} = (127 / 600) \cdot 80\% = 16,9\%$$

που είναι κατά πολύ μεγαλύτερο από το ποσοστό που δεν καλύπτεται από το βασικό σύστημα.

6.2.2.3.3 Συνολική ετήσια αποδοθείσα ενέργεια του εναλλακτικού συστήματος θέρμανσης:

$$Q_{\text{ren-dlv}_{\text{Tot}}} = Q_{\text{WHR}} + Q_{\text{peak}} = 1.462 + 20 = \underline{\underline{1.482 \text{ MWh}}}$$

6.2.2.3.4 Ποσοστό επί της απαιτούμενης ενέργειας θέρμανσης που αποδίδεται από το εναλλακτικό σύστημα:

$$\%Q_{\text{ren-dlv}_{\text{Tot}}} = \%Q_{\text{WHR}} + \%Q_{\text{peak}} = 98,6\% + 1,4\% = 100\%$$

6.2.2.3.5 Ποσοστό της αιχμής φορτίου που μπορεί να αποδοθεί από το εναλλακτικό σύστημα:

$$A_{\text{p}_{\text{Tot}}} = A_{\text{p}_{\text{WHR}}} + A_{\text{p}_{\text{peak}}} = 76,56\% + 16,9\% = 93,46\%$$

6.2.2.3.6 Ισοδύναμες Ώρες Πλήρους Απόδοσης

$$E\Omega_{\text{WHR}} = (Q_{\text{WHR}} / C_{\text{WHR}}) \cdot 10^3 = (1.462 \text{ MWh} / 330 \text{ kW}) \cdot 10^3 = 4.431 \text{ ώρες}$$

$$E\Omega_{\text{peak}} = [Q_{\text{peak}} / (C_{\text{peak}} \cdot n_p^{\text{steady}})] \cdot 10^3 = [20 \text{ MWh} / (600 \text{ kW} \cdot 0,80)] \cdot 10^3 = 42 \text{ ώρες}$$

6.2.2.3.7 Δείκτες Χωρητικότητας

$$C_{\text{WHR}}^f = E\Omega_{\text{WHR}} / 8.760 = 4.431 / 8.760 = 0,5058$$

$$C_{\text{peak}}^f = E\Omega_{\text{peak}} / 8.760 = 42 / 8.760 = 0,0047$$

όπου 8760 = 24·365 είναι οι ώρες ενός έτους

6.2.2.3.8 Απαιτούμενη ποσότητα συμβατικού καύσιμου σε ετήσια βάση για το σύστημα αιχμής

$$F_{\text{peak}} = Q_{\text{peak}} \cdot \frac{1}{n_{\text{peak}}} \cdot \frac{1}{hV_{\text{Diesel}}} \cdot 10^3 =$$

$$= 20 \cdot 1/0,70 \cdot 1/10,74 \cdot 10^3 = \underline{\underline{2.660 \text{ λίτρα}}}$$

Συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα των ενεργειακών αποδόσεων του εναλλακτικού συστήματος (βασικό σύστημα και σύστημα αιχμής) φαίνονται στον Πίνακα 6.4:

Πίνακας 6.4: Ετήσια ενεργειακή παραγωγή

	Μονάδα Μέτρησης	WHR	Αιχμή (Ντίτζελ)	Συνολικά
Ποσοστό της αιχμής φορτίου που μπορεί να αποδοθεί	%	76,5%	111,3%	187,8%
Διαθέσιμη Θερμική Ισχύς	kW	300	480	810
Ισοδύναμες Ώρες Πλήρους Απόδοσης	h	4.431	42	-
Δείκτης Χωρητικότητας	%	50,6%	0,5%	-
Ποσοστό επί της συνολικά απαιτούμενης ενέργειας θέρμανσης	%	98,6%	1,4%	100,0%
Αποδοθείσα ενέργεια θέρμανσης	MWh	1.462	20	1.482
Απαιτούμενη ποσότητα συμβατικού καύσιμου για το σύστημα αιχμής	L	-	2.660	2.660

Τα συστήματα ανάκτησης θερμότητας βαθμονομούνται με βάση την πραγματική τους απόδοση. Για το σύστημα αιχμής (ντίτζελ) η διαθέσιμη (πραγματική) ισχύς δίνεται από το γινόμενο της ονομαστικής ισχύος του λέβητα ντίτζελ επί την αποδοτικότητα σταθερής κατάστασης αυτού.

$$C_{\text{peak}} \cdot n_p^{\text{steady}} = 600 \text{ kW} \cdot 0,80 = 480 \text{ kW}$$

6.2.3 Στοιχεία εισόδου σχεδίασης και κοστολόγησης δικτύου διανομής

Οι συντελεστές κόστους των σωλήνων έχουν τεθεί 1,2 για να ανταποκρίνονται στο υψηλότερο κόστος λόγω της απομακρυσμένης περιοχής. Στο δίκτυο κεντρικής θέρμανσης δεν προβλέπεται να προστεθούν άλλα κτίρια στο μέλλον, οπότε ο συντελεστής προσαύξησης των μηκών των σωληνώσεων έχει τεθεί ίσος με μηδέν.

Η κοινότητα επιθυμεί την εγκατάσταση είτε πλαστικών σωλήνων, είτε χαλύβδινων με εξωτερική επικάλυψη πλαστικού, για οικονομικούς λόγους. Αυτοί οι τύποι σωληνώσεων χαρακτηρίζονται από χαμηλές θερμοκρασίες σχεδίασης. Οι θερμοκρασίες σχεδίασης παροχής των σωληνώσεων έχουν επιλεγεί με βάση το Σχήμα 3.3 για ελάχιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος -25°C .

Στον Πίνακα 6.5 φαίνονται τα δεδομένα εισόδου για την σχεδίαση της εγκατάστασης.

Πίνακας 6.5: Δεδομένων εισόδου δικτύου διανομής

a/a	Περιγραφή Μεγέθους	Σύμβολο	Μονάδα Μέτρησης	Παρατηρήσεις
Στοιχεία δικτύου κεντρικής θέρμανσης				
1)	Θερμοκρασία σχεδίασης για τους σωλήνες παροχής	$t_V = 95$	$^{\circ}\text{C}$	-
2)	Θερμοκρασία σχεδίασης για τους σωλήνες επιστροφής	$t_R = 45$	$^{\circ}\text{C}$	-
3)	Συντελεστής προσαύξησης της κύριας σωληνώσεως	$f_{main}^{size} = 0$	%	-
4)	Μήκος κύριας σωληνώσεως	$\ell_{main-1} = 44$ $\ell_{main-4} = 61$ $\ell_{main-2} = 39$ $\ell_{main-5} = 40$ $\ell_{main-3} = 15$	m	-
5)	Σύνδεση ομάδας με τομέα κύριας σωληνώσεως	(βλέπε Πίνακα 6.6)	-	«ναι ή όχι»
6)	Συντελεστής προσαύξησης δευτερεύοντος δικτύου σωληνώσεων	$f_{sec}^{size} = 0$	%	-
7)	Μήκος δευτερεύοντος δικτύου σωληνώσεων <i>για κάθε ομάδα κτιρίων</i>	$\ell_{sec-1} = 45$ $\ell_{sec-4} = 100$ $\ell_{sec-2} = 10$ $\ell_{sec-5} = 35$ $\ell_{sec-3} = 5$ $\ell_{sec-6} = 11$	m	-
	Μέθοδος κοστολόγησης	Τυπική	-	-
8)	Τρόπος σύνδεσης υποσταθμών μεταφοράς	Έμμεσος	-	-
9)	Συντελεστής κόστους υποσταθμών μεταφοράς	$f_{Station}^{cost} = 1,0$	%	-
10)	Συντελεστής κόστους κύριας σωληνώσεως	$f_{main}^{cost} = 1,2$	%	-
11)	Συντελεστής κόστους δευτερεύοντος δικτύου σωληνώσεων	$f_{sec}^{cost} = 1,2$	%	-
12)	Συντελεστής ισοτιμίας νομισμάτων	$f_{exch} = 1,0$	\$/CAD	-

6.2.4 Υπολογισμοί δεδομένων εξόδου δικτύου

6.2.4.1 Διαφορική θερμοκρασία σχεδίασης (Θερμοκρασία Δέλτα)

Η διαφορική θερμοκρασία σχεδίασης υπολογίζεται, με βάση τη Σχέση (3.43), ως εξής:

$$T_{dif} = t_v - t_r = 95 - 45 = 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

6.2.4.2 Συνολικό μήκος σωληνώσεων

Το συνολικό μήκος σωληνώσεων, με βάση τη Σχέση (3.44) θα είναι:

$$\ell_{Total} = \sum_1^5 (\ell_{main-S}) + \sum_1^6 (\ell_{sec-i}) = 199 + 206 = 405 \text{ m}$$

6.2.4.3 Μέγιστο φορτίο για κάθε τομέα της κύριας σωλήνωσης

Ισούται με το άθροισμα φορτίων αιχμής των κτισμάτων τα οποία συνδέει ο κάθε τομέας.

Πίνακας 6.6: Σύνδεση τομέων κύριας σωλήνωσης με συστάδες κτιρίων

	Ομάδα [1]	Ομάδα [2]	Ομάδα [3]	Ομάδα [4]	Ομάδα [5]	Ομάδα [6]	Φορτίο Κύριας Σωλήνωσης (kW)
Τομέας 1	122kW	3 kW	26 kW	235 kW	10 kW	35 kW	431
Τομέας 2	-	-	-	-	10 kW	35 kW	45
Τομέας 3	122kW	3 kW	26 kW	235 kW	-	-	386
Τομέας 4	122kW	3 kW	26 kW	-	-	-	151
Τομέας 5	122kW	3 kW	-	-	-	-	125

6.2.4.4 Διάμετρος σωλήνωσης για κάθε τομέα

Η διάμετρος της σωλήνωσης καθορίζεται από το μέγιστο φορτίο της. Για τον προσδιορισμό της ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία:

Βήμα 1) Στις τυποποιημένες διαστάσεις σωλήνων (DN32 ως DN150) υπολογίζεται το ωφέλιμο φορτίο που μπορούν να διακινήσουν με βάση τη σχέση:

$$\text{Φορτίο} = \text{Παροχή} \cdot \text{Θερμοκρασία δέλτα}$$

$$L = d \cdot T_{dif} \cdot 4,185/3,6$$

Όπου: L το ωφέλιμο φορτίο σε (kW), d η παροχή σε (m^3/h), $T_{dif}=50^{\circ}\text{C}$ η διαφορική θερμοκρασία σχεδίασης και οι συντελεστές μετατροπής των μονάδων: $\text{kW}/(\text{T} \cdot 4,185) = \text{kg/s}$ και $\text{m}^3/\text{h} = 3,6 \cdot [\text{kg/s}]$

Βήμα 2) Δημιουργείται ένας πίνακας αντιστοίχισης που έχει την μορφή:

Πίνακας 67: Πίνακας αντιστοίχισης

$Q_{MAX} >$	Ωφέλιμο φορτίο \dot{Q} (kW)	DN	Παροχή (m ³ /h)	ΕΠΕΛΕΞΕ
$Q_{MAX-i} >$	0	32	1,8	DN 32
	$1,8 \cdot 50 \cdot 4,185/3,6 = 105$	32	1,8	DN 40
	$2,7 \cdot 50 \cdot 4,185/3,6 = 157$	40	2,7	DN 50
	$5,8 \cdot 50 \cdot 4,185/3,6 = 337$	50	5,8	DN 65
	$12 \cdot 50 \cdot 4,185/3,6 = 698$	65	12	DN 80
	$21 \cdot 50 \cdot 4,185/3,6 = 1.221$	80	21	DN 100
	$36 \cdot 50 \cdot 4,185/3,6 = 2.093$	100	36	DN 125
	$65 \cdot 50 \cdot 4,185/3,6 = 3.778$	125	65	DN 150
	$110 \cdot 50 \cdot 4,185/3,6 = 6.394$	150	110	N/A

Βήμα 3) Αναζητούμε την αμέσως μικρότερη τιμή του φορτίου κάθε τομέα σωλήνωσης στην στήλη των ωφέλιμων φορτίων και επιλέγουμε τη διάμετρο της σωλήνας με βάση την τελευταία στήλη του Πίνακα 6.7. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα 6.8:

Πίνακας 6.8: Φορτία και διάμετρος για κάθε τομέα της κύριας σωλήνωσης

	Φορτίο Κύριας Σωλήνωσης (kW)	Επιλέγουμε σωλήνα
$Q_{MAXsection-1}$	431	DN 65
$Q_{MAXsection-2}$	45	DN 32
$Q_{MAXsection-3}$	386	DN 65
$Q_{MAXsection-4}$	151	DN 40
$Q_{MAXsection-5}$	125	DN 40

6.2.4.5 Υπολογισμός δαπανών - Τυπική μέθοδος κοστολόγησης

Έχοντας επιλέξει τυπική μέθοδο κοστολόγησης οι τιμές υπολογίζονται με βάση κοστολογικά δεδομένα του Καναδά για το έτος 2000, διαμορφωμένα κατά τους συντελεστές κοστολόγησης που έχουμε ορίσει για να ανταποκρίνονται στις πραγματικές τιμές.

Οι τιμές που είναι καταχωρημένες στο πρόγραμμα φαίνονται στον Πίνακα 6.9:

Πίνακας 6.9: Κόστος σωληνώσεων

Κόστος δύο σωλήνων/μέτρο	Διάμετρος
\$267	DN 32
\$286	DN 40
\$310	DN 50
\$346	DN 65
\$382	DN 80
\$430	DN 100
\$490	DN 125
\$550	DN 150

α) Ο υπολογισμός του κόστους της κύριας σωλήνωσης για κάθε τομέα γίνεται ως εξής:

Πίνακας 6.10: Μήκη τομέων κύριας σωλήνωσης

Κόστος ανά μέτρο	Τομέας1	Τομέας2	Τομέας3	Τομέας4	Τομέας5	Συνολικό μήκος για κάθε διάμετρο
DN 65: \$346	44m	-	15 m	-	-	59 m
DN 40: \$286	-	-	-	61m	40m	101 m
DN 32: \$267	-	39 m	-	-	-	39 m

$$K_{main-S} = \sum_1^5 [\ell_{main-S} \cdot (\text{κόστος/μέτρο})] \cdot f_{main}^{cost} \cdot f_{exch}$$

$$= [59m \cdot \$346/m + 101m \cdot \$286/m + 39m \cdot \$267/m] \cdot 1,2 \cdot 1 = \underline{\$71.646}$$

β) Ο υπολογισμός του κόστους της δευτερεύουσας σωλήνωσης για κάθε συστάδα γίνεται ως εξής:

Όπως έχουμε αναφέρει στο Κεφάλαιο 4, οι σωλήνες του δευτερεύοντος δικτύου είναι αυτοί που συνδέουν κάθε ομάδα με το κυρίως δίκτυο. Έτσι οι τομείς των δευτερευουσών σωληνώσεων θα είναι ισάριθμοι των ομάδων και το φορτίο τους θα ισούται με το φορτίο αιχμής κάθε ομάδας. Με την ίδια διαδικασία που επιλέξαμε διαμέτρους για το κυρίως δίκτυο επιλέγουμε και για το δευτερεύον. Συγκεντρωτικά τα φορτία, τα μήκη, οι διάμετροι που επιλέγουμε και το κόστος ανά μέτρο κάθε τομέα της δευτερεύουσας σωλήνωσης φαίνονται στον Πίνακα 6.11.

Πίνακας 6.11: Μήκη και διάμετροι σωλήνων δευτερεύοντος δικτύου σωληνώσεων

	Τομέας1	Τομέας2	Τομέας3	Τομέας4	Τομέας5	Τομέας6
Φορτίο (kW)	122	3	26	235	10	35
Μήκος (m)	45	10	5	100	35	11
Διάμετρος	DN 40	DN 32	DN 32	DN 50	DN 32	DN 32
Κόστος/μέτρο για δύο σωλήνες	\$286	\$267	\$267	\$310	\$267	\$267

Το συνολικό κόστος της δευτερεύουσας σωλήνωσης θα είναι:

$$K_{sec-i} = \sum_1^6 [\ell_{sec-i} \cdot (\text{κόστος/μέτρο})] \cdot f_{sec}^{cost} \cdot f_{exch}$$

$$K_{sec-i} = [45m \cdot \$286 + (10m + 5m + 100m + 11m) \cdot \$267 + 100m \cdot \$310] \cdot 1,2 \cdot 1$$

$$= \underline{\$72.174}$$

γ) υπολογισμός του κόστους των υποσταθμών μεταφοράς

Ο υπολογισμός του κόστους του κάθε υποσταθμού πραγματοποιείται με βάση την εμπειρική καμπύλη κόστους προς ισχύ του Σχήματος 3.5, και σύμφωνα με τη Σχέση (3.49):

$$K_{station} = \kappa \cdot (\text{αριθμός κτιρίων}) \cdot f_{Station}^{cost} \cdot f_{exch}$$

με:

$$\kappa = \begin{cases} 119 \cdot \text{Pa} & \text{εάν } \text{Pa} > 625 \text{ kW} \\ 280 \cdot \text{Pa} & \text{εάν } \text{Pa} < 100 \text{ kW} \\ [-87.6 \cdot \ln(\text{Pa}) + 684] \cdot \text{Pa} & \text{εάν } 100 < \text{Pa} < 625 \end{cases}$$

Όπου: Το κ σε χρηματικές μονάδες/κτίριο και Pa η Αιχμή Φορτίου για κάθε κτίριο της συστάδας σε kW

Έχουμε τέσσερα κτίρια με φορτίο αιχμής μικρότερο των 100 kW, και δύο με φορτίο αιχμής μεγαλύτερο των 100 kW και μικρότερο των 625 kW. Έτσι το συνολικό κόστος των υποσταθμών μεταφοράς θα είναι:

$$K_{\text{station-TOT}} = [280 \cdot (3+26+10+35) + (-87.6 \cdot \ln 122 + 684) \cdot 122 + (-87.6 \cdot \ln 235 + 684) \cdot 235] \cdot 1,2 \cdot 1$$

$$K_{\text{station-TOT}} = \underline{\$101.304}$$

Το συνολικό κόστος του δικτύου διανομής με τους υποσταθμούς θα είναι το άθροισμα:

$$K_{\text{net}} = \$71.646 + \$72.174 + \$101.304 = \underline{\$245.124}$$

6.3 ΜΕΛΕΤΗ ΜΕΙΩΣΗΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΑΕΡΙΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

6.3.1 Δεδομένα εισόδου

Στον Πίνακα 6.12 παρουσιάζονται τα δεδομένα εισόδου για τη μελέτη μείωσης εκπομπών αερίων θερμοκηπίου.

Πίνακας 6.12: Δεδομένα εισόδου ανάλυσης μείωσης εκπομπής αερίων θερμοκηπίου

α/α	Περιγραφή Μεγέθους	Σύμβολο	Μονάδα Μέτρησης	Παρατηρήσεις
Ανάλυση μείωσης εκπομπών αερίων θερμοκηπίου				
Α) Συμβολή αερίων στην αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας				
1)	Ισοδύναμο δυναμικό (GWP) 1 τόνου CH ₄	$GWP_{CH_4} = 21$	Τόνοι CO ₂	Standards
2)	Ισοδύναμο δυναμικό (GWP) 1 τόνου N ₂ O	$GWP_{N_2O} = 310$	Τόνοι CO ₂	Standards
Β) Χαρακτηριστικά συμβατικού συστήματος παραγωγής ηλεκτρισμού				
3)	Τύπος καυσίμου	Ντίζελ#2	-	-
4)	Ποσοστό συμμετοχής του κάθε καυσίμου <i>i</i> στην παραγωγή ενέργειας	$p_i = 100$	%	-
5)	Απώλειες μεταφοράς και διανομής	$J_{T\&D} = 3$	%	-

α/α	Περιγραφή Μεγέθους	Σύμβολο	Μονάδα Μέτρησης	Παρατηρήσεις
6)	Συντελεστής εκπομπής CO ₂ για κάθε τύπο καυσίμου <i>i</i>	$G_{CO_2}^{i-base} = 74,1$	Kg/GJ	Standards
7)	Συντελεστής εκπομπής CH ₄ για κάθε τύπο καυσίμου <i>i</i>	$G_{CH_4}^{i-base} = 0,0020$	Kg/GJ	Standards
8)	Συντελεστής εκπομπής N ₂ O για κάθε τύπο καυσίμου <i>i</i>	$G_{N_2O}^{i-base} = 0,0020$	Kg/GJ	Standards
9)	Απόδοση Μετατροπής του καυσίμου <i>i</i> σε ενέργεια	$n_{fuel_i} = 30$	%	Standards
Γ) Χαρακτηριστικά συμβατικού συστήματος θέρμανσης				
9)	Συντελεστής εκπομπής CO ₂ για κάθε τύπο καυσίμου	$G_{CO_2}^{i-base} = 74,1$	Kg/GJ	Standards
10)	Συντελεστής εκπομπής CH ₄ για κάθε τύπο καυσίμου	$G_{CH_4}^{i-base} = 0,0020$	Kg/GJ	Standards
11)	Συντελεστής εκπομπής N ₂ O για κάθε τύπο καυσίμου	$G_{N_2O}^{i-base} = 0,0020$	Kg/GJ	Standards
Δ) Χαρακτηριστικά προτεινόμενου συστήματος θέρμανσης				
12)	Συντελεστής εκπομπής CO ₂ για κάθε τύπο καυσίμου	$G_{CO_2}^{i-ren} = 0,00$	Kg/GJ	Standards
13)	Συντελεστής εκπομπής CH ₄ για κάθε τύπο καυσίμου	$G_{CH_4}^{i-ren} = 0,0320$	Kg/GJ	Standards
14)	Συντελεστής εκπομπής N ₂ O για κάθε τύπο καυσίμου	$G_{N_2O}^{i-ren} = 0,0040$	Kg/GJ	Standards

6.3.2 Ενδιάμεσοι υπολογισμοί

6.3.2.1 Ηλεκτρισμός

Στο παράδειγμα μας χρησιμοποιείται ηλεκτρική ενέργεια μόνο για την κίνηση επιμέρους εξαρτημάτων του εναλλακτικού συστήματος θέρμανσης (παρασιτικός ηλεκτρισμός). Από τον οργανισμό παροχής ηλεκτρικής ενέργειας πληροφορούμαστε ότι ο ηλεκτρισμός παράγεται αποκλειστικά από πετρέλαιο ντίζελ (δηλ. σε ποσοστό 100%), και μεταφέρεται μέσω του διασυνδεδεμένου συστήματος με ποσοστό απωλειών $J_{T-D} = 3\%$.

Κατά την Τυπική Ανάλυση που έχει επιλεγεί, οι συντελεστές εκπομπών αερίων θερμοκηπίου για το φυσικό αέριο, έχουν ως άνω (βλέπε Πίνακα 6.12).

Ο Συντελεστής Εκπομπής Αερίων Θερμοκηπίου για την παραγωγή ηλεκτρισμού από πετρέλαιο ντίζελ θα είναι:

$$GHG_{diesel} = (G_{CO_2} + G_{CH_4} \cdot 21 + G_{N_2O} \cdot 310) \cdot \frac{1}{n_{diesel}} \cdot \frac{1}{1 - J_{T-D}}$$

$$GHG_{Total}^{electr} = (74,1 + 21 \cdot 0,0020 + 310 \cdot 0,0020) \cdot 1/0,30 \cdot 1/0,03 = \underline{\underline{0,925 \text{ (tCO}_2\text{/MWh)}}}$$

Ο συντελεστής αυτός θα συνυπολογιστεί στις εκπομπές αερίων του εναλλακτικού συστήματος θέρμανσης.

6.3.2.2 Συμβατικό σύστημα θέρμανσης

Το συμβατικό σύστημα θέρμανσης χρησιμοποιεί λέβητες Ντίζελ για την θέρμανση κάθε ενός από τα έξι κτίρια. Το ποσοστό συμμετοχής του καθενός στην συνολικά παραγόμενη ενέργεια θα είναι το πηλίκο της ενέργειας που αποδίδει ο καθένας προς την συνολική αποδιδόμενη ενέργεια του συστήματος.

$$\begin{aligned} p_{\text{diesel-1}} &= 419/1.482 = 28,3\% & , & & p_{\text{diesel-4}} &= 807/1.482 = 54,5\% \\ p_{\text{diesel-2}} &= 10/1.482 = 0,7\% & , & & p_{\text{diesel-5}} &= 34/1.482 = 2,3\% \\ p_{\text{diesel-3}} &= 91/1.482 = 6,1\% & , & & p_{\text{diesel-6}} &= 121/1.482 = 8,1\% \end{aligned}$$

Κατά την Τυπική Ανάλυση που έχει επιλεχθεί, οι συντελεστές εκπομπών αερίων θερμοκηπίου για το πετρέλαιο θέρμανσης, έχουν ως άνω (βλέπε Πίνακα 6.12), ενώ οι συντελεστές απόδοσης μετατροπής καυσίμου σε ενέργεια, είναι ουσιαστικά οι αποδόσεις των συστημάτων όπως έχουν ορισθεί στον Πίνακα 6.1 και είναι:

$$\begin{aligned} n_1 &= 0,65 & n_4 &= 0,75 \\ n_2 &= 0,75 & n_5 &= 0,80 \\ n_3 &= 0,70 & n_6 &= 0,65 \end{aligned}$$

Οι Συντελεστές Εκπομπής Αερίων Θερμοκηπίου για τα συστήματα ντίζελ είναι:

$$\begin{aligned} GHG_{\text{diesel}} &= (G_{CO_2} + G_{CH_4} \cdot 21 + G_{N_2O} \cdot 310) \cdot \frac{1}{n_{\text{diesel}_i}} \\ &= (74,1 + 21 \cdot 0,002 + 310 \cdot 0,002) \cdot 1/0,65 = 74,762 \cdot 1/n_{\text{diesel-i}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} GHG_{\text{diesel-1}} &= 74,762 \cdot 1/0,65 = 0,414 \text{ (tCO}_2\text{/MWh)} \\ GHG_{\text{diesel-2}} &= 74,762 \cdot 1/0,75 = 0,359 \text{ (tCO}_2\text{/MWh)} \\ GHG_{\text{diesel-3}} &= 74,762 \cdot 1/0,70 = 0,384 \text{ (tCO}_2\text{/MWh)} \\ GHG_{\text{diesel-4}} &= 74,762 \cdot 1/0,75 = 0,359 \text{ (tCO}_2\text{/MWh)} \\ GHG_{\text{diesel-5}} &= 74,762 \cdot 1/0,80 = 0,336 \text{ (tCO}_2\text{/MWh)} \\ GHG_{\text{diesel-6}} &= 74,762 \cdot 1/0,65 = 0,414 \text{ (tCO}_2\text{/MWh)} \end{aligned}$$

Ο Ολικός συντελεστής εκπομπής αερίων θερμοκηπίου για το συμβατικό σύστημα θέρμανσης θα είναι:

$$GHG_{Total}^{conv} = \sum_i (p_i \cdot GHG_i)$$

$$\begin{aligned} GHG_{Total}^{conv} &= 28,3 \cdot 0,414 + 0,7 \cdot 0,359 + 6,1 \cdot 0,384 + 54,5 \cdot 0,359 + 2,3 \cdot 0,336 + 8,1 \cdot 0,414 \\ GHG_{Total}^{conv} &= \underline{\underline{0,380 \text{ (tCO}_2\text{/MWh)}}} \end{aligned}$$

6.3.2.3 Εναλλακτικό σύστημα θέρμανσης

Το εναλλακτικό σύστημα θέρμανσης αποτελείται από ένα σύστημα ανάκτησης θερμότητας για το βασικό φορτίο και ένα λέβητα Ντίζελ για το φορτίο αιχμής. Επιπλέον χρησιμοποιείται ένα ποσό παρασιτικής ηλεκτρικής ενέργειας. Το ποσοστό συμμετοχής του καθενός στην συνολικά παραγόμενη ενέργεια θα είναι το πηλίκο της ενέργειας που αποδίδει το καθένα προς την συνολική αποδιδόμενη ενέργεια του συστήματος.

$$p_{WHR} = 1.462 \text{ MWh} / 1.482 \text{ MWh} = 98,6\%$$

$$p_{peak} = 20 \text{ MWh} / 1.482 \text{ MWh} = 1,4\%$$

$$p_{electr} = (10.000 \text{ kWh} \cdot 10^{-3}) / 1.482 \text{ MWh} = 0,7\%$$

Σημείωση 1: 10.000 kWh είναι η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται ετησίως.

Σημείωση 2: Παρατηρούμε ότι το άθροισμα $p_{WHR} + p_{peak} + p_{electr} = 100,7\%$. Αυτό συμβαίνει γιατί η ηλεκτρική ενέργεια δεν συμβάλει στην παραγωγή ενέργειας θέρμανσης.

Κατά την Τυπική Ανάλυση που έχει επιλεχθεί, οι συντελεστές εκπομπών αερίων θερμοκηπίου για το πετρέλαιο θέρμανσης, έχουν ως άνω (βλέπε Πίνακα 6.12), ενώ οι συντελεστές απόδοσης μετατροπής καυσίμου σε ενέργεια, είναι ουσιαστικά οι αποδόσεις των συστημάτων όπως έχουν οριστεί στον Πίνακα 6.1. Το σύστημα ανάκτησης θερμότητας έχει εξ'ορισμού απόδοση 100% (αφού δεν καταναλώνει καύσιμα).

$$\begin{aligned} n_{WHR} &= 1 \quad \text{ή } 100\% \\ \text{και} \quad n_{peak} &= 0,70 \quad \text{ή } 70\% \end{aligned}$$

Οι Συντελεστές Εκπομπής Αερίων Θερμοκηπίου για το εναλλακτικό σύστημα θέρμανσης είναι:

$$GHG_i = (G_{CO_2} + G_{CH_4} \cdot 21 + G_{N_2O} \cdot 310) \cdot \frac{1}{n_{fuel_i}}$$

Για το σύστημα ανάκτησης θερμότητας:

$$GHG_{WHR} = 0,00 \text{ (tCO}_2\text{/MWh)}$$

Για το σύστημα Ντίζελ:

$$GHG_{peak} = (74,1 + 21 \cdot 0,002 + 310 \cdot 0,002) \cdot 1/0,65 = 0,414 \text{ (tCO}_2\text{/MWh)}$$

Και ο ολικός συντελεστής εκπομπής αερίων θερμοκηπίου για το εναλλακτικό σύστημα θέρμανσης:

$$GHG_{Total}^{ren} = \sum_i (p_i \cdot GHG_i)$$

$$GHG_{Total} = p_{WHR} \cdot GHG_{WHR} + p_{peak} \cdot GHG_{peak} + p_{electr} \cdot GHG_{Total}^{electr}$$

$$= 0 + 1,4 \cdot 0,414 + 0,7 \cdot 0,925 = \underline{\underline{0,011 \text{ (tCO}_2\text{/MWh)}}}$$

6.3.3 Υπολογισμός της μείωσης εκπομπής αερίων θερμοκηπίου

Από την εφαρμογή συστήματος ανάκτησης θερμότητας αποφεύγονται κάθε χρόνο 546,3 τόνοι CO₂ όπως υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$GHG_{Avoided} \text{ tones / yr} = (GHG_{Total}^{conv} - GHG_{Total}^{ren}) \cdot E_{annual-dlvd}$$

$$= (0,380 - 0,011) \cdot 1.482 = 546,8 \text{ tCO}_2/\text{yr}$$

Στα 30 χρόνια που είναι ο χρόνος ζωής της εγκατάστασης, η συνολική μείωση της μάζας των αερίων θερμοκηπίου θα είναι $546,8 \text{ tCO}_2/\text{yr} \cdot 30 \text{ yr} = 16405,74 \text{ tCO}_2$

6.4 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

Δεδομένου ότι οι λέβητες πετρελαίου που θα χρησιμοποιηθούν σαν σύστημα αιχμής υπάρχουν ήδη (είναι αυτοί που χρησιμοποιούν κατά το παρόν τα κτίρια για την θέρμανση τους), θέτουμε μηδενικό κόστος αγοράς για το σύστημα αιχμής.

Οι 400 ώρες που χρεώνονται για την εγκατάσταση του εξοπλισμού, είναι λιγότερες από το προτεινόμενο ελάχιστο του λογισμικού RETscreen (500 ώρες). Αυτό συμβαίνει γιατί το σύστημα ανάκτησης θερμότητας απαρτίζεται από συμπληρωματικό προς την υπάρχουσα εγκατάσταση εξοπλισμό και δεν πρόκειται για μία εκ του μηδενός νέα εγκατάσταση.

Για την αποφυγή παρατεταμένης πιθανής παύσης λειτουργίας του συστήματος έχει προβλεφθεί στα ετήσια έξοδα κι ένα σημαντικό ποσό για την αγορά ανταλλακτικών (\$2000).

6.4.1 Δεδομένα εισόδου

Στον Πίνακα 6.13 παρουσιάζονται τα δεδομένα εισόδου της χρηματοοικονομικής ανάλυσης.

Πίνακας 6.13: Δεδομένα εισόδου χρηματοοικονομικής ανάλυσης

α/α	Περιγραφή Μεγέθους	Ποσότητα	Κόστος Μονάδας	Κόστος σε \$
A) Ανάλυση Δαπανών				
A.1) Αρχικές δαπάνες (ή πιστώσεις) του έργου				
1)	Μελέτη σκοπιμότητας	-	-	5.000
2)	Ανάπτυξη του έργου	-	-	8.000
3)	Μηχανολογική σχεδίαση και επίβλεψη έργου	-	-	25.000
4)	Εξοπλισμός ΑΠΕ και μεταφορικά του			
	Σύστημα WHR	330 kW	\$1000/ kW	330.000

5) Ολοκλήρωση της εγκατάστασης				
Λέβητας συστήματος αιχμής	600 kW	\$0		0
Κόστος υποσταθμών μεταφοράς	6	-		101.304
Κόστος δευτερεύουσας σωλήνωσης	206 m	-		72.174
Κόστος κεντρικής σωλήνωσης	199m	-		71.646
Κτιριακή υποδομή	0 m ²	-		0
Εγκατάσταση εξοπλισμού	400	\$40		16.000
Μεταφορικά	1	\$3.000		3.000
6) Διάφορα έξοδα ή πιστώσεις				
Πάγια	50 hrs	\$40/hrs		2.000
Εκμάθηση	20 hrs	\$40/hrs		800
Απρόοπτα (ως ποσοστό των ανωτέρω δαπανών)	10%	632.124		63.212
A.2) Ετήσιο κόστος (ή πιστώσεις) του έργου				
7) Φόροι και κόστος εργασιών				
Φόρος περιουσίας/ασφάλεια	1	\$1.000		1.000
Ανταλλακτικά	1	\$2000		2.000
Φόροι και κόστος εργασιών	300 hrs	\$20/hrs		6.000
Συντήρηση	1	\$2.000		2.000
Απρόοπτα (ως ποσοστό των ανωτέρω δαπανών)	10%	\$9.000		900
8) Κόστος καυσίμων και παρασιτικού ηλεκτρισμού				
Βιομάζα	1.462 MWh	\$8/MWh		11.697
Πετρέλαιο θέρμανσης	2.672 λίτρα	\$0,6 /L		1.603
Ηλεκτρισμός	10.000 kWh	\$0,5/kWh		5.000
A.3) Περιοδικές δαπάνες (ή πιστώσεις) του έργου				
9) Εργασίες συντήρησης	-	-		0

α/α	Περιγραφή Μεγέθους	Σύμβολο	Τιμή	Παρατηρήσεις
B) Οικονομική Σύνοψη				
B.1) Χρηματοοικονομικές παράμετροι				
10)	Πίστωση για εφαρμογή μείωσης εκπομπής αερίων θερμοκηπίου	$GHG_{reduce-credit}$	\$0/t CO ₂	-
11)	Επιτόκιο προσαύξησης του κόστους ενέργειας	r_{E-cost}	2%	-
12)	Πληθωρισμός	f	2%	-
13)	Προεξοφλητικό επιτόκιο	D	9%	-
14)	Διάρκεια ζωής έργου (επένδυσης)	PL	30 έτη	-
15)	Ικανότητα δανεισμού	R_{costs}	80%	-
16)	Επιτόκιο εξόφλησης χρεών	r_{debt}	6%	-

17)	Προθεσμία εξόφλησης χρεών	$Debt_{term}$	20 έτη	-
	Ανάλυση φόρου εισοδήματος	-	OXI	-
B.2) Κόστη και αποταμιεύσεις του έργου (επένδυσης)				
18)	Οικονομικά κίνητρα ή επιδοτήσεις (εάν υπάρχουν)	-	\$0	-
B.3) Οικονομική εφικτότητα				
19)	Υπολογισμός κόστους από την εφαρμογή μείωσης εκπομπής αερίων θερμοκηπίου	-	OXI	-

6.4.2 Ανάλυση δαπανών

6.4.2.1 Αρχικές δαπάνες

Στην περίπτωση που εξετάζεται, θεωρείται ότι το κόστος της μελέτης σκοπιμότητας του έργου θα κοστίσει \$5.000, η ανάπτυξη του έργου \$8.000 και η μηχανολογική μελέτη \$25.000. Η προμήθεια, μεταφορά και εγκατάσταση του συστήματος θέρμανσης με βιομάζα θα κοστίσει \$330.000.

Επιπλέον θα απαιτηθεί η αγορά των σωλήνων του κυρίου δικτύου σωλήνωσης (\$71.646), του δευτερεύοντος δικτύου (\$72.174), και η εγκατάσταση των υποσταθμών μεταφοράς (\$101.304), καθώς και κάποια επιπλέον έξοδα για την μεταφορά και εγκατάσταση του εξοπλισμού (\$3.000+\$16.000=\$19.000). Τα συνολικά έξοδα για την ολοκλήρωση της εγκατάστασης θα είναι το άθροισμα:

$$\$71.646 + \$72.174 + \$101.304 + \$19.000 = \underline{\$264.124}$$

Το άθροισμα των μέχρι τώρα αρχικών εξόδων δίνει:

$$\$5.000 + \$8.000 + \$25.000 + \$330.000 + \$264.124 = \underline{\$632.124}$$

Τέλος, λαμβάνονται υπόψιν είτε κάποια απρόοπτα έξοδα που μπορούν να προκύψουν είτε διακυμάνσεις των ανωτέρων δαπανών σε ένα επίπεδο της τάξης του 10% των συνολικά υπολογισμένων αρχικών δαπανών. Επιπλέον στα αρχικά έξοδα πρέπει να προστεθούν κάποια πάγια έξοδα όπως και κάποια για την επίδειξη της λειτουργίας της εγκατάστασης. Έτσι οι συνολικές αρχικές δαπάνες θα είναι:

$$\$632.124 + \$632.124 \cdot 10\% + \$2.000 + \$800 = \underline{\$698.136}$$

6.4.2.2 Ετήσιες δαπάνες

Τα ετήσια κόστη λειτουργίας της εγκατάστασης περιλαμβάνουν, πέραν του κόστους των καυσίμων, τον φόρο περιουσίας, την ασφάλεια, και την αγορά ανταλλακτικών. Όλα αυτά ανέρχονται σε \$9.000 και με τον συνυπολογισμό διακυμάνσεων ή απρόβλεπτων εξόδων της τάξης του 10%, θα είναι τελικά:

$$\$9.000 + \$9.000 \cdot 10\% = \underline{\$9.900}$$

Το σταθερό ετήσιο κόστος εργασιών συντήρησης ανέρχεται σε \$2.000.

Το κόστος των καυσίμων, με βάση τις απαιτήσεις σε καύσιμα όπως έχουν υπολογιστεί στους ενεργειακούς υπολογισμούς, συμπεριλαμβανομένου και του κόστους της παρασιτικής ηλεκτρικής ενέργειας θα είναι:

$$\$11.697 + \$1.603 + \$5.000 = \underline{\$18.300}$$

Οπότε τα συνολικά ετήσια έξοδα (χωρίς τις αποπληρωμές των δανείων) θα είναι:

$$E_{\text{annual}} = \$9.900 + \$2.000 + \$18.300 = \underline{\$30.200}$$

6.4.3 Σύνοψη ωφελειών

6.4.3.1 Ετήσια εξοικονόμηση καυσίμων

Η κατανάλωση καυσίμου (F_i), σε λίτρα, κάθε ομάδας κτιρίων είναι γνωστή. Για το συμβατικό σύστημα το κόστος καυσίμων για κάθε ομάδα δίνεται από τη Σχέση (4.61):

$$K_{\text{fuel-}i} = F_i \cdot (\text{κόστος/μονάδα καυσίμου}) \text{ (σε \$)}$$

Με αριθμητική αντικατάσταση προκύπτει το ετήσιο κόστος των καταναλισκόμενων καυσίμων για κάθε ομάδα, όπως φαίνεται στην τελευταία στήλη του Πίνακα 6.14:

Πίνακας 6.14: Κατανάλωση και κόστος καυσίμων συμβατικού συστήματος

	Ετήσια κατανάλωση καυσίμου σε λίτρα	Κόστος/μονάδα καυσίμου	Ετήσιο κόστος καυσίμων
$K_{\text{diesel-1}}$	60.048	\$0,6 /L	\$36.029
$K_{\text{diesel-2}}$	1.280	\$0,6 /L	\$768
$K_{\text{diesel-3}}$	12.066	\$0,6 /L	\$7.239
$K_{\text{diesel-4}}$	100.201	\$0,6 /L	\$60.120
$K_{\text{diesel-5}}$	3.999	\$0,6 /L	\$2.399
$K_{\text{diesel-6}}$	17.276	\$0,6 /L	\$10.366
K_{Tot}		Σύνολο:	\$116.921

Η συνολικά απαιτούμενη ενέργεια θέρμανση καλύπτεται από το εναλλακτικό σύστημα σε ποσοστό 100%, ενώ το συνολικό ετήσιο κόστος των συμβατικών καυσίμων είναι: $K_{\text{Tot}} = \underline{\$116.921}$

Οπότε η ετήσια εξοικονόμηση καυσίμων σύμφωνα με τη Σχέση (3.62):

$$E_{\text{fuel}} = K_{\text{Tot}} \cdot (\%Q_{\text{ren-dlvrTot}})$$

και με αριθμητική αντικατάσταση:

$$E_{\text{fuel}} = \$116.921 \cdot 100\% = \underline{\$116.921}$$

6.4.3.2 Ετήσιο εξοικονομούμενο κόστος ενέργειας

Το ετήσιο εξοικονομούμενο κόστος ενέργειας δίνεται από τη Σχέση (3.63):

$$E_{\text{energy}} = E_{\text{fuel}} / Q_{\text{demandTotal}}$$

και με αριθμητική αντικατάσταση:

$$E_{\text{energy}} = \$116.921 / 1.482 \text{ MWh} = \underline{\underline{\$78.89 / \text{MWh}}}$$

Σημείωση: Το μοντέλο κλιμακώνει την οικονομική ωφέλεια σύμφωνα με το ποσοστό κλιμάκωσης ενεργειακών δαπανών που αρχίζει από το έτος 1 και καθόλη τη διάρκεια της ζωής της εγκατάστασης.

6.4.3.3 Ετήσια εξοικονόμηση από τη μείωση παραγωγής αερίων θερμοκηπίου

Δεν υπάρχει πίστωση για την μείωση παραγωγής αερίων θερμοκηπίου.

6.5 ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΡΓΟΥ

6.5.1 Μετοχικό κεφάλαιο

Το μετοχικό κεφάλαιο είναι το κεφάλαιο που επενδύεται αρχικά από όλους τους μετόχους του επενδυτικού έργου:

$$I_{\text{cap}} = I \cdot (1 - R_{\text{costs}}) = \$698.136 \cdot (1 - 80\%) = \underline{\underline{\$139.627}}$$

όπου I το αρχικό κόστος της επένδυσης, όπως δίνεται.

6.5.2 Χρέος του έργου

Το χρέος του έργου υπολογίζεται εάν από το αρχικό κόστος αφαιρεθεί το ποσό I_{cap} . Δηλαδή:

$$Project_{\text{debt}} = I - I_{\text{cap}} = \$698.136 - \$139.627 = \underline{\underline{\$558.509}}$$

6.5.3 Ετήσια έξοδα

Έχουμε ήδη υπολογίσει τα ετήσια κόστη από τη λειτουργία της εγκατάστασης και τις εργασίες συντήρησης, \$11.900, όπως και το συνολικό ετήσιο κόστος των καυσίμων, συμπεριλαμβανομένου και του κόστους της παρασιτικής ηλεκτρικής ενέργειας \$18.300

Το ετήσιο χρεολύσιο για την εξόφληση του χρέους του έργου, υπολογίζεται από τη Σχέση (3.73):

$$d_p = \frac{-Project_{debt} \cdot r_{debt} \cdot (1 + r_{debt})^{Debt_{term}}}{(1 + r_{debt})^{Debt_{term}} - 1} = \frac{558.509 \cdot 6\% \cdot (1 + 6\%)^{20}}{(1 + 6\%)^{20} - 1} = \$48.693$$

Έτσι τα συνολικά ετήσια έξοδα θα είναι το άθροισμα των ανωτέρω δαπανών και του ετήσιου χρεολυσίου:

$$E_{cost} = E_{annual} + d_p = \$11.900 + \$18.300 + \$48.693 = \underline{\underline{\$78.893}}$$

6.5.4 Ετήσια έσοδα

Τα ετήσια έσοδα ή οι πιστώσεις του έργου, προέρχονται από την ετήσια εξοικονόμηση καυσίμων, καθώς και από την πιθανή (εδώ μηδενική) πίστωση για την μείωση εκπομπής αερίων θερμοκηπίου.

$$E_{saving} = E_{fuel} + 0 = \underline{\underline{\$116.921}}$$

6.5.5 Ετήσιες ταμειακές ροές

Πρώτα θα υπολογιστούν οι ταμειακές ροές για το έτος 0.

Η καθαρή ταμειακή ροή προ φόρου, περιλαμβάνει τα συνολικά έσοδα. Αυτά περιλαμβάνουν τις εξοικονομήσεις ενέργειας, που είναι μηδέν για το έτος 0, τα έσοδα από τη μείωση εκπομπής παραγωγής αερίων θερμοκηπίου (μηδέν για το έτος 0), τα έσοδα από δωρεές ή χάρες (εδώ μηδέν) και η αξία τέλους έργου, η οποία στην περίπτωση αυτή είναι μηδέν. Άρα, για το έτος 0, τα συνολικά έσοδα είναι μηδέν (το άθροισμα όλων των παραπάνω).

Τα συνολικά έξοδα περιλαμβάνουν τα ποσά που καταβλήθηκαν για τη σύνθεση του μετοχικού κεφαλαίου (υπολογίζονται ότι έγιναν το έτος 0 και είναι ίσα με $I_{cap}=139.627$, τα έξοδα για την αγορά καυσίμων (μηδέν για το έτος 0), τα έξοδα λειτουργίας και συντήρησης της εγκατάστασης (μηδέν για το έτος 0), τα έξοδα αποπληρωμής του χρέους του έργου (μηδέν για το έτος 0).

Για τα έτη 1 έως PL, οι ταμειακές ροές υπολογίζονται ως εξής:

Συνολικά έσοδα:

➤ Για κάθε έτος n μέχρι το τέλος ζωής του έργου PL ($1 \leq n \leq PL$), υπολογίζονται το εξοικονομούμενο κόστος καυσίμων, ως $E_{n-save} = E_{saving} \cdot (1 + r_{E-cost})^n = 116.921 \cdot (1 + 2\%)^n$, όπου E_{saving} έχει υπολογιστεί στην Ενότητα §6.5.4.

➤ Για κάθε έτος n μέχρι το τέλος της διάρκειας πίστωσης για μείωση εκπομπής αερίων θερμοκηπίου, $GHG_{reduce-credit}^{lc}$, εντός της διάρκειας ζωής του έργου ($1 \leq n \leq MIN(PL, GHG_{credit}^{lc})$), υπολογίζονται τα έσοδα από την πίστωση αυτή, ως

$GHG_{n-credit} = GHG_{credit} \cdot (1 + r_{GHG})^n$, με $GHG_{red-credit} = GHG_{net-red-yr} \cdot GHG_{reduce-credit}$.
Στη συγκεκριμένη περίπτωση, δεν υπάρχουν τέτοια έσοδα.

➤ Από τα παραπάνω έσοδα, αφαιρούνται τα έξοδα από την αξία τέλους του έργου. Τα έξοδα αυτά υπολογίζονται στο τέλος ζωής του έργου, ως: $EOL_{PL} = EOL \cdot (1 + f)^n$ με τα έξοδα EOL να δίνονται από το χρήστη. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, δεν υπάρχουν τέτοια έσοδα.

Συνολικά έξοδα:

➤ Μόνο για το έτος 0 υπολογίζονται τα έξοδα για τη σύνθεση του μετοχικού κεφαλαίου, όπως φάνηκε στα προηγούμενα.

➤ Για κάθε έτος n μέχρι το τέλος ζωής του έργου PL ($1 \leq n \leq PL$), υπολογίζονται τα έξοδα τροφοδοσίας του συστήματος με καύσιμα ως:

$$FEC = FE_{expents} \cdot (1 + r_{E-costs})^n = \$18.300 \cdot (1 + 0.02)^n$$

➤ Τα έξοδα για τη λειτουργία και τη συντήρηση της εγκατάστασης, υπολογίζονται για κάθε έτος n έως το τέλος ζωής PL του έργου, ως:

$$OM_{labour} = OM_{expents} \cdot (1 + f)^n = 11.900 \cdot (1 + 0,02)^n.$$

➤ Τα έξοδα αποπληρωμής του χρέους για το έργο, υπολογίζονται ως $Debt_{coverage} = d_p = \48.693 , δηλαδή το ετήσιο χρεολύσιο.

Πίνακας 6.15: Ετήσια έσοδα του έργου

Έτος n	E_{n-save} (\$)	$GHG_{red-credit}$ (\$)	EOL_{PL} (\$)
0	-	-	-
1	119.260	0	0
2	121.645	0	0
3	124.078	0	0
4	126.559	0	0
5	129.091	0	0
6	131.672	0	0
7	134.306	0	0
8	136.992	0	0
9	139.732	0	0
10	142.526	0	0
11	145.377	0	0
12	148.284	0	0
13	151.250	0	0
14	154.275	0	0
15	157.361	0	0
16	160.508	0	0
17	163.718	0	0
18	166.992	0	0
19	170.332	0	0

20	173.739	0	0
21	177.214	0	0
22	180.758	0	0
23	184.373	0	0
24	188.060	0	0
25	191.822	0	0
26	195.658	0	0
27	199.571	0	0
28	203.563	0	0
29	207.634	0	0
30	211.787	0	0

Τα συνολικά έξοδα κάθε έτους n υπολογίζονται αθροίζοντας τα αντίστοιχα έξοδα, όπως υπολογίστηκαν στα προηγούμενα. Ο Πίνακας 6.16 δείχνει τα συνολικά αποτελέσματα για κάθε ετήσιο κύκλο λειτουργίας της εγκατάστασης.

Πίνακας 6.16: Ετήσια έξοδα του έργου

Έτος n	I_{cap} (\$)	OM_{labour} (\$)	FEC (\$)	$Debt_{n-coverage}$ (\$)	PE_n (\$)
0	139.627	-	-	-	-
1	0	12.138	18.666	48.693	0
2	0	12.381	19.040	48.693	0
3	0	12.628	19.420	48.693	0
4	0	12.881	19.809	48.693	0
5	0	13.139	20.205	48.693	0
6	0	13.401	20.609	48.693	0
7	0	13.669	21.021	48.693	0
8	0	13.943	21.442	48.693	0
9	0	14.222	21.870	48.693	0
10	0	14.506	22.308	48.693	0
11	0	14.796	22.754	48.693	0
12	0	15.092	23.209	48.693	0
13	0	15.394	23.673	48.693	0
14	0	15.702	24.147	48.693	0
15	0	16.016	24.630	48.693	0
16	0	16.336	25.122	48.693	0
17	0	16.663	25.625	48.693	0
18	0	16.996	26.137	48.693	0
19	0	17.336	26.660	48.693	0
20	0	17.683	27.193	48.693	0
21	0	18.036	27.737	-	0
22	0	18.397	28.292	-	0
23	0	18.765	28.858	-	0
24	0	19.140	29.435	-	0
25	0	19.523	30.023	-	0
26	0	19.914	30.624	-	0
27	0	20.312	31.236	-	0
28	0	20.718	31.861	-	0
29	0	21.133	32.498	-	0
30	0	21.555	33.148	-	0

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, τα έσοδα του έργου, δηλαδή η εξοικονόμηση πόρων από τη χρήση καυσίμου βιομάζας αντί για πετρέλαιο δεν φορολογείται με κάποιο φόρο εισοδήματος. Συγκεντρωτικά τα συνολικά ετήσια έσοδα και έξοδα φαίνονται στον Πίνακα 6.17. Οι καθαρές ταμειακές ροές για κάθε έτος n υπολογίζονται από την αλγεβρική διαφορά $\text{Συνολικά έσοδα}_n - \text{Συνολικά έξοδα}_n$ όπως φαίνονται στην τέταρτη στήλη του Πίνακα 6.17. Η συνολική ταμειακή ροή του έτους n είναι το άθροισμα των καθαρών ταμειακών ροών από το έτος 0 έως το έτος n .

Πίνακας 6.17: Σύνοψη αποτελεσμάτων που οδηγούν στα συνολικά καθαρά εισοδήματα

Έτος n	Συνολικά έσοδα (\$) P_t^p	Συνολικά έξοδα (\$) E_t^p	Καθαρή ταμειακή ροή (\$) C_t^p	Συνολική ταμειακή ροή (\$) C_t
0	-	139.627	-139.627)	-139.627
1	119.260	79.498	39.762	-99.865
2	121.645	80.114	41.531	-58.334
3	124.078	80.742	43.336	-14.998
4	126.559	81.383	45.176	30.178
5	129.091	82.037	47.054	77.232
6	131.672	82.704	48.969	126.200
7	134.306	83.384	50.922	177.122
8	136.992	84.078	52.914	230.036
9	139.732	84.785	54.946	284.983
10	142.526	85.507	57.019	342.002
11	145.377	86.244	59.133	401.135
12	148.284	86.995	61.290	462.425
13	151.250	87.761	63.490	525.915
14	154.275	88.542	65.733	591.648
15	157.361	89.339	68.022	659.670
16	160.508	90.152	70.356	730.026
17	163.718	90.981	72.737	802.763
18	166.992	91.827	75.166	877.928
19	170.332	92.689	77.643	955.571
20	173.739	93.569	80.170	1.035.741
21	177.214	45.773	131.440	1.167.181
22	180.758	46.689	134.069	1.301.250
23	184.373	47.623	136.750	1.438.000
24	188.060	48.575	139.485	1.577.485
25	191.822	49.547	142.275	1.719.760
26	195.658	50.538	145.121	1.864.881
27	199.571	51.548	148.023	2.012.904
28	203.563	52.579	150.983	2.163.887
29	207.634	53.631	154.003	2.317.890
30	211.787	54.704	157.083	2.474.973

6.5.6 Δείκτες και κριτήρια αξιολόγησης αποδοτικότητας

Στη συνέχεια θα εξεταστεί ο τρόπος με τον οποίο μπορεί να αξιολογηθεί το συγκεκριμένο επενδυτικό έργο. Αρχή θα γίνει με τον υπολογισμό του εσωτερικού βαθμού απόδοσης και την απόδοση στην επένδυση για το έργο αυτό.

6.5.6.1 Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι το επιτόκιο, έστω ε , το οποίο μηδενίζει την ΚΠΑ. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα δεν έχουμε φόρο εισοδήματος άρα οι τιμές των ταμειακών ροών προ και μετά φόρων είναι οι ίδιες (αυτές του Πίνακα 6.17).

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης C_t^p , υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\sum_{t=0}^{30} \frac{C_t^p}{(1+\varepsilon)^t} = 0 \Rightarrow \frac{-\$139.627}{(1+\varepsilon)^0} + \frac{\$39.762}{(1+\varepsilon)^1} + \dots + \frac{\$157.083}{(1+\varepsilon)^{30}} = 0$$

$$\Rightarrow \varepsilon = 32,7\%$$

Το γεγονός ότι το ε υπολογίστηκε μεγαλύτερο από το προεξοφλητικό επιτόκιο $D = 9\%$, υποδηλώνει ότι η επένδυση μπορεί να γίνει αποδεκτή, καθώς θεωρείται αποδοτική.

6.5.6.2 Το κριτήριο της Απλής Επανείσπραξης

Σύμφωνα με τη μέθοδο της απλής επανείσπραξης, ο(οι) επενδυτής(τές) θα λάβουν τα χρήματά τους πίσω, σε μια περίοδο ίση με αυτήν που υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\frac{\text{Αρχικές δαπάνες} - \text{Δωρεές}}{\text{Ετήσιες εξοικονομήσεις} - (\text{Ετήσιο Κόστος} - \text{Χρεολύσιο})}$$

Όλοι οι παράγοντες στην τελευταία σχέση είναι γνωστοί από την προηγούμενη ανάλυση. Η αντικατάσταση των τιμών στη σχέση αυτή, δίνει:

$$\frac{\$698.136 - \$0}{\$116.921/yr - (\$78.894/yr - \$48.693/yr)} = 8,1 \text{ έτη}$$

Η χρονική στιγμή y_p κατά την οποία θα υπάρξει θετική συνολική καθαρή ταμειακή για το έργο, υπολογίζεται με γραμμική παρεμβολή μεταξύ των ακραίων εκείνων διαδοχικών τιμών για τις οποίες η πρώτη τιμή είναι αρνητική και η αμέσως επόμενη είναι θετική. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, οι τιμές αυτές (από τον Πίνακα 6.17) είναι $\$-14.998$ για το έτος 3 και $\$30.178$ για το έτος 4. Τώρα έχουμε:

$$\frac{4 - y_{r_0}}{30.178 - 0} = \frac{4 - 3}{30.178 - (-14.998)} \Rightarrow y_{r_0} = 4 - \frac{30.178}{45.176} = 3,33 \text{ έτη}$$

Η τιμή y_{t0} είναι η τιμή για την οποία η καθαρή συνολική ταμειακή ροή είναι μηδέν, οπότε λίγο μετά την τιμή αυτή, μπορούμε να έχουμε θετική ταμειακή ροή. Γενικά, μπορεί να θεωρηθεί $y_{tp} = 3,33$ έτη.

6.5.6.3 Το κριτήριο της Καθαρής Παρούσας Αξίας

Η ΚΠΑ του έργου υπολογίζεται από τη σχέση (4.18) για $D = 9\%$:

$$\begin{aligned} \text{ΚΠΑ} &= \sum_{t=1}^{30} C_t^p \cdot (1+D)^{-t} - I_{cap} = \\ &= \$39.762 \cdot (1+0,09)^{-1} + \$41.531 \cdot (1+0,09)^{-2} + \dots + \$157.083 \cdot (1+0,09)^{-30} - 139.627 = \$507.004 \end{aligned}$$

Ο παραπάνω υπολογισμός δίνει ΚΠΑ=\$507.004 τιμή θετική. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι το επενδυτικό έργο μπορεί να γίνει αποδεκτό.

6.5.6.4 Ετήσιες Εξοικονομήσεις

Οι εξοικονομήσεις από τον ετήσιο κύκλο λειτουργίας της εγκατάστασης, υπολογίζονται ως ακολούθως:

$$p = \frac{-\text{ΚΠΑ} \cdot D \cdot (1+D)^{PL}}{(1+D)^{PL} - 1} = \frac{\$507.004 \cdot 0,09 \cdot (1+0,09)^{30}}{(1+0,09)^{30} - 1} = \$49.350$$

6.5.6.5 Δείκτης Κερδοφορίας

Ο δείκτης κερδοφορίας μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση:

$$PI = \frac{\text{ΚΠΑ}}{I_{cap}} = \frac{\$507.004}{\$139.627} = \$3,63$$

Υπενθυμίζεται ότι θετικές τιμές του δείκτη αυτού και όσο το δυνατό μεγαλύτερες της μονάδας, τόσο πιο αποδοτικό κρίνεται το επενδυτικό έργο.

6.5.6.6 Δείκτης Αυτοχρηματοδότησης

Ο δείκτης αυτοχρηματοδότησης του έργου μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση:

$$DSC = \frac{\text{Καθαρά Λειτουργικά Εισοδήματα}}{\text{Συνολικό Τοκοφόρο Χρέος}}$$

σε συνδυασμό με τη διαδικασία που περιγράφεται στην *Ενότητα §3.6.5.10*. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, υπολογίζεται ο ετήσιος δείκτης αυτοχρηματοδότησης για την περίοδο προθεσμίας αποπληρωμής του χρέους και επιλέγεται ο μικρότερος. Ας σημειωθεί ότι για την κάλυψη του χρέους κατά έτος, θεωρείται ότι αποδίδεται η τιμή

του ετήσιου χρεολυσίου (\$48.693), με την οποία διαιρείται και η τιμή των εισοδημάτων κάθε έτους. Ως εισοδήματα για τον υπολογισμό του δείκτη αυτοχρηματοδότησης, θεωρείται η μεγαλύτερη τιμή μεταξύ των τιμών της συνολικής ετήσιας ροής και των καθαρών λειτουργικών εσόδων του έργου.

Τα καθαρά λειτουργικά έσοδα για κάθε έτος είναι το άθροισμα των καθαρών ταμειακών ροών προ φόρων συν το ετήσιο χρεολύσιο, δηλαδή: $C_t^p + d_p$. Ο δείκτης αυτοχρηματοδότησης δεν υπολογίζεται για το έτος μηδέν. Για τα δύο πρώτα έτη π.χ., είναι:

$$\text{έτος 1: } C_t^p + d_p = \$39.762 + \$48.693 = \$88.455$$

$$\text{έτος 2: } C_t^p + d_p = \$41.531 + \$48.693 = \$90.224$$

Κ.Ο.Κ.

Άρα και:

$$DSC_1 = \frac{\$88.455}{\$48.693} = 1,83$$

$$DSC_2 = \frac{\$90.224}{\$48.693} = 1,85$$

Κ.Ο.Κ.

Η διαδικασία αυτή ακολουθείται για όλα τα έτη μέχρι την αποπληρωμή του χρέους του έργου και δίνει τα αποτελέσματα του Πίνακα 6.18.

Η μικρότερη από τις τιμές του Πίνακα 6.18, είναι η 1,82 την οποία αποδεχόμαστε ως δείκτη αυτοχρηματοδότησης. Το γεγονός ότι είναι μεγαλύτερος της μονάδας υποδηλώνει ότι τα ετήσια έσοδα από τη λειτουργία της εγκατάστασης επαρκούν για την κάλυψη της δόσης αποπληρωμής του χρέους του έργου, για την αντίστοιχη χρονική περίοδο. Όμοια ισχύουν και για τις υπόλοιπες περιόδους, εντός της προθεσμίας αποπληρωμής του χρέους.

Πίνακας 6.18: Δείκτης αυτοχρηματοδότησης του έργου

Έτος n	Ετήσια εισοδήματα (\$)	Συνολικά Λειτουργικά έσοδα (\$)	Χρεολύσιο (\$)	Δείκτης αυτοχρηματοδότησης
1	88.455	39.762	48.693	1,82
2	90.225	81.293	48.693	1,85
3	92.029	124.629	48.693	2,56
3	93.870	169.805	48.693	3,49
5	95.747	216.859	48.693	4,45
6	97.662	265.828	48.693	5,46
7	99.615	316.749	48.693	6,50
8	101.607	369.664	48.693	7,59
9	103.640	424.610	48.693	8,72
10	105.712	481.629	48.693	9,89
11	107.827	540.762	48.693	11,11
12	109.983	602.052	48.693	12,36
13	112.183	665.542	48.693	13,67
14	114.427	731.275	48.693	15,02
15	116.715	799.297	48.693	16,41

16	119.049	869.653	48.693	17,86
17	121.430	942.390	48.693	19,35
18	123.859	1.017.555	48.693	20,90
19	126.336	1.095.198	48.693	22,49
20	128.863	1.175.368	48.693	24,14

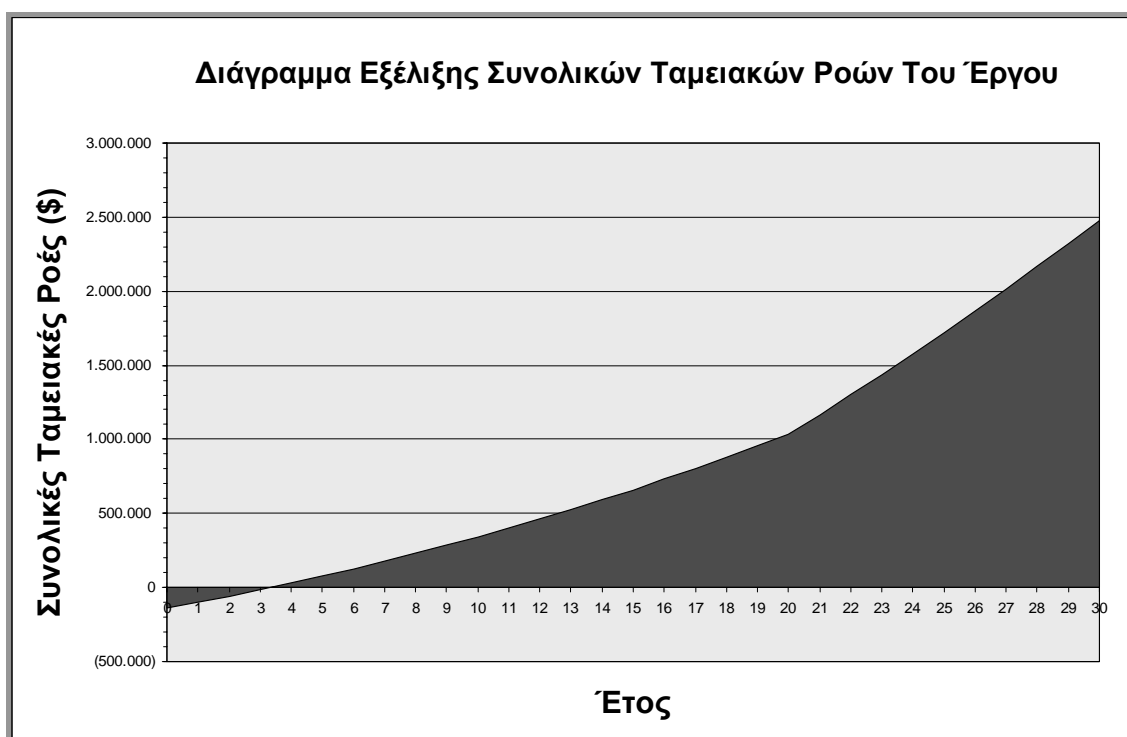
6.6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το επενδυτικό έργο που εξετάστηκε, κρίνεται αποδοτικό και η υλοποίησή του κρίνεται συμφέρουσα, με βάση όλα τα χρηματοοικονομικά κριτήρια που εξετάστηκαν.

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης ε είναι 32,7%. Αυτό υποδηλώνει πως το έργο αυτό είναι αποδοτικό, καθώς το προεξοφλητικό επιτόκιο D είναι μόλις 9%. Άρα, ο ε είναι κατά πολύ μεγαλύτερος από το D .

Η ΚΠΑ του έργου υπολογίστηκε στα \$507.004, ενώ ο δείκτης αποδοτικότητας PI υπολογίστηκε ίσος με 3,63. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι ο δείκτης αυτοχρηματοδότησης για όλα τα έτη αποπληρωμής του χρέους είναι μεγαλύτερος της μονάδας, υποδηλώνει ότι η λήψη εξωτερικού δανείου για την πλήρη κάλυψη του χρέους δεν είναι αναγκαία.

Στο Σχήμα 6.3 αποτυπώνεται η εξέλιξη των συνολικών καθαρών ταμειακών ροών του έργου.



Σχήμα 6.3: Η εξέλιξη των συνολικών καθαρών ταμειακών ροών του έργου στο χρόνο, έως το τέλος της ζωής του

ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΚΛΙΒΑΝΩΝ ΑΠΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

7.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Μια βιοτεχνία κατασκευάζει έπιπλα υψηλής ποιότητας από ξύλο λευκής πεύκης, φλαμουριάς, βελανιδιάς και άλλων δένδρων που ευδοκιμούν στην περιοχή. Για την εξασφάλιση της υψηλής ποιότητας ο επιπλοποιός ξηραίνει τη ξυλεία προτού τη χρησιμοποιήσει σε κλιβάνους, στους 30 - 50 °C, για αρκετά μεγάλα χρονικά διαστήματα. Η βιοτεχνία χρησιμοποιεί γι' αυτό το σκοπό ηλεκτρικούς αποϋγροποιητές αέρος και θερμαντήρες. Καλούμαστε να αξιολογήσουμε την οικονομική βιωσιμότητα της αντικατάστασης των ηλεκτρικών κλιβάνων με σύστημα βιομάζας που θα καταναλώνει ξύλο από τα υπολείμματα της βιοτεχνίας. Επιπλέον ο επιπλοποιός σκέφτεται και το ενδεχόμενο εγκατάστασης συστήματος πετρελαίου.

7.1.1 Πληροφορίες για την τοποθεσία εγκατάστασης

Η βιοτεχνία βρίσκεται στον Καναδά, περίπου 60 χιλιόμετρα δυτικά της Ottawa, που είναι και ο πλησιέστερος σταθμός καιρικών δεδομένων.

Οι κλίβανοι είναι απομονωμένοι και χρησιμοποιούν ατμοσφαιρικό αέρα. Χώρος για τη τοποθέτηση του νέου ενεργειακού συστήματος διατίθεται στο ξεχωριστό κτίριο που στεγάζει τους κλιβάνους. Το φορτίο αιχμής έχει υπολογιστεί κατά τη περίοδο του χειμώνα σε 150 kW. Η επιφάνεια της βιοτεχνίας είναι 250 m². Ο παραγωγός έχει υπολογίσει ότι οι κλίβανοι καταναλώνουν το 60% της συνολικής ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας.

Τα υπολείμματα ξύλου της βιοτεχνίας έχουν σύμφωνα με δοκιμές θερμαντική αξία σχεδόν 20.000 MJ/t.

7.1.2 Χρηματοοικονομικές πληροφορίες

Τα τυπικά χρηματοοικονομικά μεγέθη για την ανάλυση, δίνονται ως εξής: πληθωρισμός 2,5%, ικανότητα δανεισμού 60%, εξοφλητικό επιτόκιο χρέους 10%, προεξοφλητικό επιτόκιο 15% και προθεσμία εξόφλησης χρέους 10 έτη. Η εγκατάσταση πληρώνει φόρο εισοδήματος, με φορολογικό συντελεστή 30%. Η διάρκεια ζωής του συστήματος είναι 25 έτη. Το κόστος του κεφαλαίου του συστήματος βιομάζας, θεωρείται ότι ακολουθεί γραμμική λογιστική απόσβεση για τα πρώτα 5 έτη.

Η μέση τιμή του ηλεκτρισμού είναι \$0,07/kWh, και το πετρέλαιο προμηθεύεται με \$0,40/L. Η κλιμάκωση κόστους ενέργειας για τα επόμενα 10 χρόνια προβλέπεται να είναι όση και ο πληθωρισμός. Η βιοτεχνία πληρώνει κατά το παρόν \$17/τόνο για την απαλλαγή από τα υπολείμματα ξύλου που παράγει.

7.1.3 Επίλυση

Η ανάπτυξη της μελέτης θα ακολουθήσει τα στάδια όπως παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 3.

- Πρώτα θα γίνει η μελέτη για την εγκατάσταση του συστήματος θέρμανσης και του δικτύου διανομής
- Στη συνέχεια θα διερευνηθεί η μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου από την εφαρμογή του συστήματος βιομάζας
- Τέλος θα γίνει ανάλυση των δαπανών και ωφελειών της εγκατάστασης καθώς και η χρηματοοικονομική ανάλυση υλοποίησης του έργου

7.2 ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΟΥ ΔΙΑΝΟΜΗΣ

Το πλάνο περιλαμβάνει την χρήση ενός συστήματος βιομάζας για την θέρμανση της βιοτεχνίας και τη λειτουργία των ξηραντήρων (κλίβανοι). Ουσιαστικά, το μεγαλύτερο ποσό της παραγόμενης ενέργειας προορίζεται για την λειτουργία των ξηραντήρων αφού σύμφωνα με τον επιπλοιοί αυτοί καταναλώνουν το 60% της συνολικής ενέργειας που καταναλώνει η εγκατάσταση (για την θέρμανση της και την λειτουργία των κλιβάνων). Για την αντιμετώπιση του προβλήματος θα υπολογίσουμε την απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης του κτιρίου, με βάση την επιφάνεια και το θερμικό του φορτίο, και θα εισάγουμε την απαιτούμενη ενέργεια για την λειτουργία των καυστήρων σαν απαίτηση θερμού νερού χρήσης. Έτσι θα προκύψουν οι ενεργειακές απαιτήσεις της εγκατάστασης.

Το υπάρχον ηλεκτρικό σύστημα δεν θα απομακρυνθεί οπότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν σύστημα αιχμής, εάν απαιτείται, ή σαν εφεδρικό σύστημα.

Η βιοτεχνία αποτελείται από ένα κτίριο.

7.2.1 Στοιχεία εισόδου σχεδίασης εγκατάστασης

Στον Πίνακα 7.1 παρουσιάζονται τα δεδομένα εισόδου για τη σχεδίαση της εγκατάστασης. Διευκρινήσεις για τα στοιχεία του πίνακα εισόδου δίνονται αμέσως μετά τον πίνακα.

Πίνακας 7.1: Δεδομένα εισόδου σχεδίασης εγκατάστασης

α/α	Περιγραφή Μεγέθους	Σύμβολο	Μονάδα Μέτρησης	Παρατηρήσεις
A) Θερμοκρασιακά χαρακτηριστικά εξεταζόμενης τοποθεσίας				
1)	Πλησιέστερος σταθμός μετεωρολογικών δεδομένων	Ottawa	-	Καναδάς
2)	Θερμοκρασία Σχεδίασης	$T_{\min} = -21,4$	$^{\circ}\text{C}$	από -40° έως 15°
3)	Ημερήσιοι-Βαθμοί (κάτω των 18°C) για κάθε μήνα	$DD_{\text{month-M}}$	$^{\circ}\text{C}$	Βλέπε Πίνακα 7.2

α/α	Περιγραφή Μεγέθους	Σύμβολο	Μονάδα Μέτρησης	Παρατηρήσεις
Β) Στοιχεία Τοπολογίας και υπάρχοντος (συμβατικού) συστήματος θέρμανσης				
4)	Θέρμανση νερού χρήσης	$DHW_{load}=60\%$	σαν ποσοστό(%) επί της ετήσιας απαιτούμενης ενέργειας θέρμανσης <i>*Πρόκειται για την ενέργεια που θα καταναλώσουν οι κλίβανοι</i>	
5)	Θερμαινόμενη επιφάνεια για κάθε ομάδα κτιρίων	$S = 250$	m^2	-
6)	Αριθμός κτιρίων σε κάθε ομάδα κτιρίων	Ομάδα $_1 = 1$ κτίριο	-	-
7)	Θερμικό φορτίο για κάθε ομάδα κτιρίων	$L=600$	W/m^2	Βλέπε §7.3.2.1.2.
8)	Τύπος καυσίμου υπάρχοντος συστήματος θέρμανσης για κάθε ομάδα κτιρίων	Ομάδα1: Ηλεκτρισμός		$hV_{electr} = 1,0kWh/kWh$
9)	Τιμή μονάδας καυσίμου υπάρχοντος συστήματος θέρμανσης για κάθε ομάδα κτιρίων	$K_{electr} = 0,07$	χρηματικές μονάδες ανά MWh	-
10)	Εποχιακή απόδοση συστήματος	$n_{electr} = 100$	%	-
Γ) Χαρακτηριστικά εναλλακτικού συστήματος θέρμανσης				
11)	Τύπος συστήματος	Βιομάζα	-	Καυσόξυλα
Γ.1) Σύστημα ανάκτησης θερμότητας αέριων αποβλήτων (WHR)				
12)	Ισχύς συστήματος	$C_{WHR} = 0$	kW	ΔΕΝ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙΤΑΙ
Γ.2) Σύστημα θέρμανσης με Βιομάζα (Biomass)				
13)	Τύπος καυσίμου βιομάζας	Ξύλο υψηλής θερμαντικής αξίας	-	19,760 MJ/t
14)	Περιεκτικότητα σε υγρασία της βιομάζας μετρημένη σε υγρή βάση	$m_{wb} = 30$	%	-
15)	Πραγματική ισχύς λέβητα (ή συνολική ισχύς λεβήτων)	$C_{Bio} = 150$	kW	-
16)	Εποχιακή απόδοση	$n_{bio} = 65$	%	-
Γ.3) Σύστημα θέρμανσης αιχμής φορτίου (Peak load)				
17)	Τύπος καυσίμου	Ηλεκτρισμός	-	-
18)	Ισχύς συστήματος	$C_{peak} = 170$	kW	-
19)	Απόδοση σταθερής κατάστασης συστήματος	$n_p^{steady} = 100$	%	-

α/α	Περιγραφή Μεγέθους	Σύμβολο	Μονάδα Μέτρησης	Παρατηρήσεις
20)	Εποχιακή Απόδοση συστήματος	$n_{peak} = 100$	%	-
Γ.4) Εφεδρικό σύστημα θέρμανσης (Back up) - [Προαιρετικό]				
21)	Ισχύς εφεδρικού λέβητα	$C_{(back-up)} = 0$	kW	ΔΕΝ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙΤΑΙ

7.2.1.1 Θερμοκρασιακά χαρακτηριστικά εξεταζόμενης τοποθεσίας

7.2.1.1.1 Θερμοκρασία Σχεδίασης

Είναι αυτή που λαμβάνουμε από τη βάση καιρικών δεδομένων του RETscreen.

7.2.1.2 Στοιχεία Τοπολογίας και υπάρχοντος (συμβατικού) συστήματος θέρμανσης

7.2.1.2.1 Θερμικό φορτίο για κάθε ομάδα κτιρίων

Το θερμικό φορτίο του κτιρίου χρησιμοποιείται από το μοντέλο για τον υπολογισμό του φορτίου αιχμής. Στη συγκεκριμένη περίπτωση η αιχμή φορτίου είναι γνωστή (=150 kW), οπότε η τιμή του θερμικού φορτίου του κτιρίου δεν είναι απαραίτητη. Παρόλα αυτά, μπορεί να υπολογιστεί λύνοντας τη Σχέση (3.22) ως προς $L_{cluster-i}$.

$$L_{cluster-i} = P_{A_{cluster-i}} / S_{cluster-i} \cdot 10^3$$

και με αριθμητική αντικατάσταση:

$$L = 150 / 250 \cdot 10^3 = 600 \text{ kW}$$

7.2.1.3 Χαρακτηριστικά εναλλακτικού συστήματος θέρμανσης

7.2.1.3.1 Τύπος καυσίμου βιομάζας

Η μέση ετήσια περιεκτικότητα της βιομάζας σε υγρασία υπολογίστηκε σε 30%, δεδομένου ότι τα υπολείμματα ξύλου από τη βιοτεχνία θα είναι ένα μείγμα υγρών και ξηρών ξύλων, με περιεκτικότητες που κυμαίνονται από 15% ως 50% σε υγρασία. Την υπόδειξη του παραγωγού ότι η βιομάζα έχει θερμαντική αξία 20.000 MJ/t, την λαμβάνουμε σαν ένδειξη ότι πρόκειται για βιομάζα υψηλής θερμαντικής αξίας (HV). Δεν πρόκειται όμως για την θερμαντική αξία ετοιμόκαυστης βιομάζας, την οποία θα υπολογίσουμε στην Ενότητα §7.2.2.3.1.

7.2.2 Ενδιάμεσοι υπολογισμοί

7.2.2.1 Θερμοκρασιακά χαρακτηριστικά εξεταζόμενης τοποθεσίας

Οι ημερήσιοι-βαθμοί για κάθε μήνα του χρόνου όπως δίνονται από την καιρική βάση δεδομένων του RETscreen για την Ottawa φαίνονται στον Πίνακα 7.2. Στην τελευταία στήλη του Πίνακα 7.2 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι των ημερήσιων-βαθμών για κάθε μήνα (πρόκειται για το πηλίκο των ημερήσιων-βαθμών κάθε μήνα προς τον αριθμό των ημερών κάθε μήνα):

Πίνακας 7.2: Ημερήσιοι βαθμοί θέρμανσης σε μηνιαία βάση

Μήνας	°C-d (<18°C)	DD/day	Μήνας	°C-d (<18°C)	DD/day
Ιανουάριος	896	28,9	Ιούλιος	9	0,29
Φεβρουάριος	771	27,53	Αύγουστος	28	0,9
Μάρτιος	644	20,77	Σεπτέμβριος	127	4,23
Απρίλιος	374	12,46	Οκτώβριος	313	10,09
Μάιος	172	5,54	Νοέμβριος	512	17,06
Ιούνιος	46	1,53	Δεκέμβριος	797	25,07
ΣΥΝΟΛΟ				4.688	-

7.2.2.1.1 Ετήσιοι Ημερήσιοι-Βαθμοί (κάτω των 18 °C)

$$DD_{\text{year}} = \sum_{1}^{12} [DD_{\text{month-M}}] = 4.688 \quad ^\circ\text{C-year}$$

7.2.2.1.2 Ισοδύναμοι Ημερήσιοι-Βαθμοί για θέρμανση νερού χρήσης (σε ετήσια βάση)

$$DD_{\text{DHW}} = \frac{DD_{\text{year}} \cdot DHW_{\text{load}}}{1 - DHW_{\text{load}}} / 365 = \frac{4.688 \cdot 60\%}{1 - 60\%} / 365 = 19,3 \quad ^\circ\text{C-d/d}$$

7.2.2.1.3 Ισοδύναμες ώρες αιχμής φορτίου

Κατατάσσονται οι μήνες με βάση το μέσο όρο των ημερήσιων βαθμών θέρμανσης (DD/day) κάθε μήνα.

month-M	1	2	3	4	5	6
DD/day	0,29	0,9	1,53	4,23	5,54	10,09
days _{month M}	31	31	30	30	31	31
month-M	7	8	9	10	11	12
DD/day	12,46	17,06	20,77	25,07	27,53	28,9
days _{month M}	30	30	31	31	28	31

Η χρονική διάρκεια $hrs_{month-M}$ κάθε μήνα (πρόκειται για την χρονική διάρκεια σε ώρες κατά την οποία το DD/day παραμένει σταθερό) υπολογίζεται με βάση τη σχέση:

$$hrs_{month-M} = [(days_{month-M} + days_{month-M+1})/2] \cdot 24$$

Με αριθμητική αντικατάσταση έχουμε:

$$\begin{aligned} hrs_{month-1} &= [(31+31)/2] \cdot 24 = 744 & hrs_{month-7} &= [(30+30)/2] \cdot 24 = 720 \\ hrs_{month-2} &= [(31+30)/2] \cdot 24 = 732 & hrs_{month-8} &= [(30+31)/2] \cdot 24 = 732 \\ hrs_{month-3} &= [(30+30)/2] \cdot 24 = 720 & hrs_{month-9} &= [(31+31)/2] \cdot 24 = 744 \\ hrs_{month-4} &= [(30+31)/2] \cdot 24 = 732 & hrs_{month-10} &= [(31+28)/2] \cdot 24 = 708 \\ hrs_{month-5} &= [(31+31)/2] \cdot 24 = 744 & hrs_{month-11} &= [(28+31)/2] \cdot 24 = 708 \\ hrs_{month-6} &= [(31+30)/2] \cdot 24 = 732 & hrs_{month-12} &= [(31+31)/2] \cdot 24 = 744 \end{aligned}$$

Το ποσοστό της αιχμής φορτίου για κάθε χρονική περίοδο $hrs_{month-M}$, με βάση τα θερμοκρασιακά δεδομένα της περιοχής και την απαίτηση σε θέρμανση νερού χρήσης, δίνεται από τη σχέση:

$$P_{month-M} = \frac{(DD/day)_M + DD_{DHW}}{180C - T_{min}} \cdot 100 \cdot f_{cor-M}$$

και με αριθμητική αντικατάσταση (για $DD_{DHW} = 19,3$ και $T_{min} = -21,4$ °C) έχουμε:

$$\begin{aligned} P_{month-1} &= [(0,29+19,3)/39,4] \cdot 100 \cdot 0,5 = 24,86 & P_{month-7} &= [(12,46+19,3)/39,4] \cdot 100 \cdot 0,68 = 54,81 \\ P_{month-2} &= [(0,9+19,3)/39,4] \cdot 100 \cdot 0,6 = 30,76 & P_{month-8} &= [(17,06+19,3)/39,4] \cdot 100 \cdot 0,68 = 62,75 \\ P_{month-3} &= [(1,53+19,3)/39,4] \cdot 100 \cdot 0,6 = 31,72 & P_{month-9} &= [(20,77+19,3)/39,4] \cdot 100 \cdot 0,69 = 70,17 \\ P_{month-4} &= [(4,23+19,3)/39,4] \cdot 100 \cdot 0,7 = 41,8 & P_{month-10} &= [(25,07+19,3)/39,4] \cdot 100 \cdot 0,78 = 87,839 \\ P_{month-5} &= [(5,54+19,3)/39,4] \cdot 100 \cdot 0,77 = 48,54 & P_{month-11} &= [(27,53+19,3)/39,4] \cdot 100 \cdot 0,80 = 95,086 \\ P_{month-6} &= [(10,09+19,3)/39,4] \cdot 100 \cdot 0,66 = 49,23 & P_{month-12} &= [(28,9+19,3)/39,4] \cdot 100 \cdot 0,92 = 112,78 \end{aligned}$$

όπου f_{cor-M} ένας διορθωτικός συντελεστής για κάθε μήνα που είναι ενδεικτικός του κινδύνου, να υπάρξει ταυτόχρονη κατανάλωση, από όλες τις ομάδες κτιρίων στον ίδιο υψηλό βαθμό.

Οι ισοδύναμες ώρες αιχμής φορτίου δίνονται από τη σχέση:

$$\Omega_{Tot} = \sum_1^{12} [hrs_{month-M} \cdot P_{month-M}] = 5.148 \text{ hrs}$$

7.2.2.2 Στοιχεία Τοπολογίας

Στη συνέχεια υπολογίζονται αναλυτικά, με βάση τις σχέσεις που έχουν παρουσιαστεί στο Κεφάλαιο 3, όλες οι παράμετροι που σχετίζονται με την τοπολογία της εγκατάστασης.

7.2.2.2.1 Αιχμή φορτίου για κάθε ομάδα κτιρίων

Δίνεται ίση με: $P_{A_1} = 150 \text{ kW}$

7.2.2.2.2 Συνολική αιχμή φορτίου

$$P_A = \sum_1^N [P_{A_{\text{cluster}-i}}] = P_{A_1} = \underline{150 \text{ kW}}$$

7.2.2.2.3 Ετήσια απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης για κάθε ομάδα κτιρίων

$$Q_{\text{cluster}-i} = L_{\text{cluster}-i} \cdot S_{\text{cluster}-i} \cdot \Omega_{\text{Tot}} \cdot 10^{-6}$$

Με αριθμητική αντικατάσταση έχουμε:

$$Q_1 = 150 \cdot 250 \cdot 5.148 \cdot 10^{-6} = 772 \text{ MWh}$$

7.2.2.2.4 Συνολική ετήσια απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης

$$Q_{\text{demand Total}} = \sum_1^N [Q_{\text{cluster}-i}] = Q_1 = \underline{772 \text{ MWh}}$$

7.2.2.2.5 Ετήσια κατανάλωση καυσίμου υπάρχοντος συστήματος θέρμανσης

Η ετήσια κατανάλωση καυσίμου δίνεται από τη Σχέση (3.24):

$$F = Q_{\text{cluster}-i} \cdot \frac{1}{n_i} \cdot \frac{1}{hV_i} \cdot 10^3$$

Το hV_{electr} είναι εξ'ορισμού ίσο με 1MWh/MWh και η απόδοση των ηλεκτρικών συστημάτων θέρμανσης $n = 1$. Οπότε με αριθμητική αντικατάσταση έχουμε:

$$F_1 = Q_1 \cdot \frac{1}{n_1} \cdot \frac{1}{hV_{\text{electr}}} \cdot 10^3 = 772 \text{ MWh} \cdot \frac{1}{1} \cdot \frac{1}{1\text{MWh} / \text{MWh}} \cdot 10^3 = \underline{772 \text{ MWh}}$$

7.2.2.3 Χαρακτηριστικά εναλλακτικού συστήματος θέρμανσης

Στη συνέχεια υπολογίζονται αναλυτικά, με βάση τις σχέσεις που έχουν παρουσιαστεί στο Κεφάλαιο 3, όλες οι παράμετροι που σχετίζονται με το εναλλακτικό σύστημα θέρμανσης.

7.2.2.3.1 Θερμαντική αξία ετοιμόκαυστης βιομάζας

Η περιεκτικότητα καυσόξυλων υψηλής θερμαντικής αξίας σε Υδρογόνο, Άνθρακα, Οξυγόνο, Άζωτο και Θείο είναι:

Τύπος Καυσίμου Βιομάζας	Άνθρακας [C]	Υδρογόνο [H]	Οξυγόνο [O]	Αζωτο [N]	Θείο [S]
Καυσόξυλα υψηλής HV	52,10%	5,70%	38,90%	0,20%	0,00%

οπότε η μέγιστη θερμαντική αξία σε ξηρή βάση:

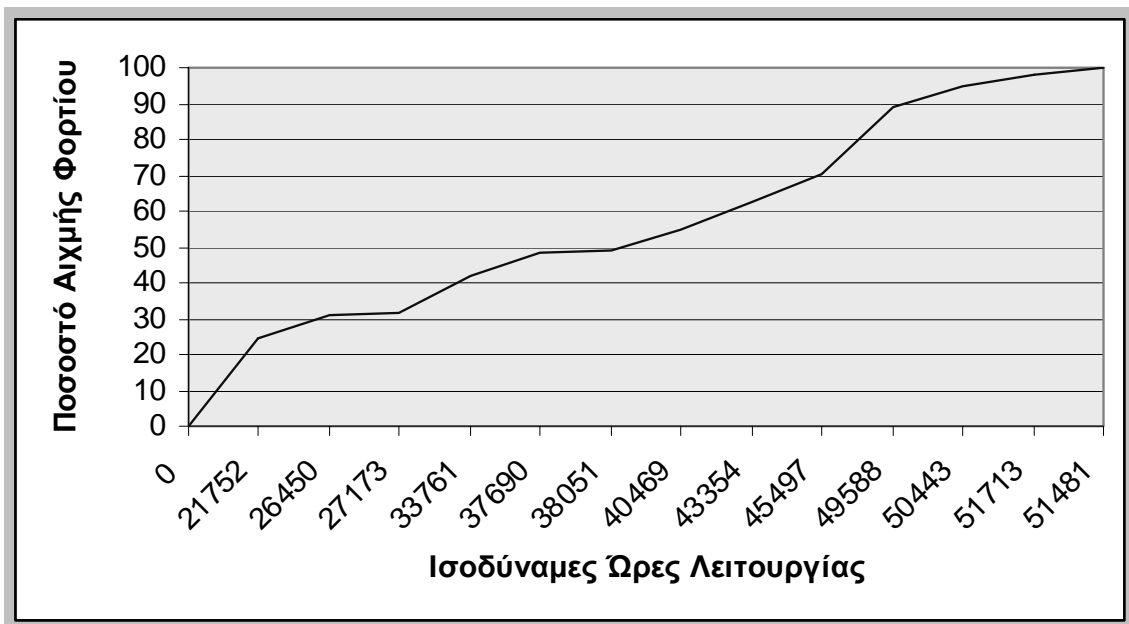
$$\begin{aligned}
 HHV_{\text{dry}} &= 34,1 \cdot [C] + (102 + 2,449 \cdot 8,94) \cdot [H] - 9,85 \cdot [O] + 6,3 \cdot [N] + 19,1 \cdot [S] \\
 &= 34,1 \cdot 0,521 + (102 + 2,449 \cdot 8,94) \cdot 0,057 - 9,85 \cdot 0,389 + 6,3 \cdot 0,002 + 19,1 \cdot 0 \\
 &= 21,01 \text{ MJ/kg}
 \end{aligned}$$

και η ζητούμενη Καθαρά Θερμαντική Αξία ετοιμόκαυστης βιομάζας:

$$\begin{aligned}
 NHV &= [(HHV_{\text{dry}} - 8,94 \cdot 2,45 \cdot [H]) \cdot (1 - m_{\text{wb}}) - 2,45 \cdot m_{\text{wb}}] \cdot 10^3 \\
 &= [(21,01 - 8,94 \cdot 2,45 \cdot 0,057) \cdot (1 - 0,3) - 2,45 \cdot 0,3] \cdot 10^3 = \underline{\underline{13,096 \text{ MJ/t}}}
 \end{aligned}$$

7.2.2.3.2 Υπολογισμοί ενεργειακών αποδόσεων συστήματος βιομάζας

Κατασκευάζουμε ένα διάγραμμα του ποσοστού αιχμής φορτίου που μπορεί να αποδοθεί στη διάρκεια των ισοδύναμων ωρών λειτουργίας αιχμής φορτίου με βάση τα απαιτούμενα φορτία θέρμανσης.



Σχήμα 7.1: Ποσοστό της αιχμής φορτίου στη διάρκεια του χρόνου

Το ποσοστό της αιχμής φορτίου που μπορεί να ικανοποιηθεί από το σύστημα Βιομάζας:

$${}^A p_{\text{Bio}} = \frac{C_{\text{Bio}}}{P_A} = \frac{150}{150} = 100 \%$$

Από το διάγραμμα του Σχήματος 5.1 βρίσκουμε τις ισοδύναμες ώρες λειτουργίας αιχμής φορτίου για το σύστημα βιομάζας:

$$\Omega_{\text{Bio}} = 5.040 \text{ ώρες}$$

Η ετήσια αποδοθείσα ενέργεια του συστήματος Βιομάζας είναι:

$$Q_{\text{Bio}} = \Omega_{\text{Bio}} \cdot P_A \cdot 10^{-3} = 5.040 \cdot 150 \cdot 10^{-3} = \underline{\underline{756 \text{ MWh}}}$$

και ως ποσοστό της συνολικής ετήσιας απαιτούμενης ενέργειας θέρμανσης:

$$\%Q_{\text{Bio}} = Q_{\text{Bio}} / Q_{\text{demandTotal}} = 756 / 772 = 97,9 \%$$

7.2.2.3.3 Υπολογισμοί ενεργειακών αποδόσεων συστήματος αιχμής

Το σύστημα βιομάζας μπορεί να ανταποκριθεί πλήρως ($^A p_{\text{Bio}} = 100\%$) στις απαιτήσεις της αιχμής φορτίου, οπότε δεν είναι απαραίτητη η χρήση ενός συστήματος αιχμής. Με δεδομένο ότι το υπάρχον ηλεκτρικό σύστημα ισχύος 170 kW δεν θα απομακρυνθεί από το κτίριο της βιοτεχνίας, μπορούμε να υπολογίσουμε το ποσοστό της αιχμής φορτίου που θα μπορούσε να αποδώσει.

$$^A p_{\text{peak}} = (170 / P_A) \cdot n_p^{\text{steady}} = (170 / 150) \cdot 100\% = 113,3\%$$

Ο υπολογισμός αυτός γίνεται για λόγους αναφοράς μόνο, αφού το υπάρχον ηλεκτρικό σύστημα θέρμανσης δεν συμμετέχει στους ενεργειακούς υπολογισμούς του εναλλακτικού συστήματος θέρμανσης. Έτσι θα είναι: $C_{\text{peak}}=0$, $Q_{\text{peak}}=0$, $\Omega_{\text{peak}}=0$, και $F_{\text{peak}}=0$

7.2.2.3.4 Συνολική ετήσια αποδοθείσα ενέργεια του εναλλακτικού συστήματος θέρμανσης

$$Q_{\text{ren-dlvrTot}} = Q_{\text{Bio}} = 756 = \underline{\underline{756 \text{ MWh}}}$$

7.2.2.3.5 Ποσοστό επί της απαιτούμενης ενέργειας θέρμανσης που αποδίδεται από το εναλλακτικό σύστημα

$$\%Q_{\text{ren-dlvrTot}} = \%Q_{\text{Bio}} = 98,9\% = 98,9\%$$

7.2.2.3.6 Ποσοστό της αιχμής φορτίου που μπορεί να αποδοθεί από το εναλλακτικό σύστημα

$$^A p_{\text{Tot}} = ^A p_{\text{Bio}} + ^A p_{\text{peak}} = 100\% + 113,3\% = 213,3\%$$

7.2.2.3.7 Ισοδύναμες Ώρες Πλήρους Απόδοσης

$$E\Omega_{\text{Bio}} = (Q_{\text{Bio}} / C_{\text{Bio}}) \cdot 10^3 = (756 \text{ MWh} / 150 \text{ kW}) \cdot 10^3 = 5.040 \text{ ώρες}$$

7.2.2.3.8 Δείκτης Χωρητικότητας

$$C_{Bio}^f = E\Omega_{Bio} / 8.760 = 5.040 / 8.760 = 0,575$$

όπου 8760 = 24·365 είναι οι ώρες ενός έτους

7.2.2.3.9 Απαιτούμενη ποσότητα βιομάζας σε ετήσια βάση

$$F_{Bio} = \frac{Q_{Bio} \cdot 3600}{NHV \cdot \eta_{Bio}} = \frac{756 \cdot 3.600}{13.096 \cdot 0,65} = \underline{\underline{319,7 \text{ τόννοι}}}$$

Συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα των ενεργειακών αποδόσεων του εναλλακτικού συστήματος (το οποίο στη συγκεκριμένη περίπτωση αποτελείται μόνο από το βασικό σύστημα) φαίνονται στον Πίνακα 7.4:

Πίνακας 7.4: Ετήσια ενεργειακή παραγωγή

	Μονάδα Μέτρησης	Βιομάζα	Αιχμή (Ηλεκτρισμός)	Συνολικά
Ποσοστό της αιχμής φορτίου που μπορεί να αποδοθεί	%	100%	113,3%	213,3%
Διαθέσιμη Θερμική Ισχύς	kW	150	170	320
Ισοδύναμες Ώρες Πλήρους Απόδοσης	h	5.040	-	-
Δείκτες Χωρητικότητας	%	57,5%	0%	-
Ποσοστό επί της συνολικά απαιτούμενης ενέργειας θέρμανσης	%	97,9%	0%	97,9%
Αποδοθείσα ενέργεια θέρμανσης	MWh	756	0	756
Απαιτούμενη ποσότητα βιομάζας	t	319,7	-	320
Απαιτούμενη ποσότητα συμβατικού καυσίμου για το σύστημα αιχμής	MWh	-	0	0

7.2.3 Στοιχεία εισόδου σχεδίασης και κοστολόγησης δικτύου

Η παρούσα εγκατάσταση δεν απαιτεί νέο δίκτυο διανομής. Το σύστημα βιομάζας τοποθετείται ακριβώς δίπλα στους κλιβάνους και για την θέρμανση της βιοτεχνίας χρησιμοποιείται το υπάρχον δίκτυο σωληνώσεων.

7.3 ΜΕΛΕΤΗ ΜΕΙΩΣΗΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΑΕΡΙΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

7.3.1 Δεδομένα εισόδου

Στον Πίνακα 7.5 παρουσιάζονται τα δεδομένα εισόδου για τη μελέτη μείωσης εκπομπών αερίων θερμοκηπίου.

Πίνακας 7.5: Δεδομένα εισόδου ανάλυσης μείωσης εκπομπής αερίων θερμοκηπίου

α/α	Περιγραφή Μεγέθους	Σύμβολο	Μονάδα Μέτρησης	Παρατηρήσεις
Ανάλυση μείωσης εκπομπών αερίων θερμοκηπίου				
Α) Συμβολή αερίων στην αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας				
1)	Ισοδύναμο δυναμικό (GWP) 1 τόνου CH ₄	$GWP_{CH_4} = 21$	Τόνοι CO ₂	Standards
2)	Ισοδύναμο δυναμικό (GWP) 1 τόνου N ₂ O	$GWP_{N_2O} = 310$	Τόνοι CO ₂	Standards
Β) Χαρακτηριστικά συμβατικού συστήματος παραγωγής ηλεκτρισμού				
3)	Τύπος καυσίμου	Φυσικό Αέριο	-	Ορίζεται από τον χρήστη
4)	Ποσοστό συμμετοχής του κάθε καυσίμου <i>i</i> στην παραγωγή ενέργειας	$p_i = 100$	%	Ορίζεται από τον χρήστη
5)	Απώλειες μεταφοράς και διανομής	$J_{T\&D} = 8$	%	Ορίζεται από τον χρήστη
6)	Συντελεστής εκπομπής CO ₂ για κάθε τύπο καυσίμου <i>i</i>	$G_{CO_2}^{i-base} = 56,1$	Kg/GJ	Standards
7)	Συντελεστής εκπομπής CH ₄ για κάθε τύπο καυσίμου <i>i</i>	$G_{CH_4}^{i-base} = 0,0030$	Kg/GJ	Standards
8)	Συντελεστής εκπομπής N ₂ O για κάθε τύπο καυσίμου <i>i</i>	$G_{N_2O}^{i-base} = 0,0010$	Kg/GJ	Standards
9)	Απόδοση Μετατροπής του καυσίμου <i>i</i> σε ενέργεια	$n_{fuel_i} = 45$	%	Standards
Γ) Χαρακτηριστικά συμβατικού συστήματος θέρμανσης				
10)	Συντελεστής εκπομπής CO ₂ για κάθε τύπο καυσίμου	$G_{CO_2}^{i-base} = 135,5$	Kg/GJ	Υπολογίζεται από το μοντέλο
11)	Συντελεστής εκπομπής CH ₄ για κάθε τύπο καυσίμου	$G_{CH_4}^{i-base} = 0,0072$	Kg/GJ	Υπολογίζεται από το μοντέλο
12)	Συντελεστής εκπομπής N ₂ O για κάθε τύπο καυσίμου	$G_{N_2O}^{i-base} = 0,0024$	Kg/GJ	Υπολογίζεται από το μοντέλο
Δ) Χαρακτηριστικά προτεινόμενου συστήματος θέρμανσης				
13)	Συντελεστής εκπομπής CO ₂ για κάθε τύπο καυσίμου	$G_{CO_2}^{i-ren} = 0,00$	Kg/GJ	Standards
14)	Συντελεστής εκπομπής CH ₄ για κάθε τύπο καυσίμου	$G_{CH_4}^{i-ren} = 0,0320$	Kg/GJ	Standards
15)	Συντελεστής εκπομπής N ₂ O για κάθε τύπο καυσίμου	$G_{N_2O}^{i-ren} = 0,0040$	Kg/GJ	Standards

7.3.2 Ενδιάμεσοι υπολογισμοί

7.3.2.1 Ηλεκτρισμός

Από τον οργανισμό παροχής ηλεκτρικής ενέργειας πληροφορούμαστε ότι ο ηλεκτρισμός παράγεται αποκλειστικά από φυσικό αέριο (δηλ. σε ποσοστό 100%), και μεταφέρεται μέσω του διασυνδεδεμένου συστήματος με ποσοστό απωλειών $J_{T-D} = 8\%$.

Κατά την Τυπική Ανάλυση που έχει επιλεχθεί, οι συντελεστές εκπομπών αερίων θερμοκηπίου για το φυσικό αέριο, έχουν ως άνω (βλέπε Πίνακα 7.5).

Ο Συντελεστής Εκπομπής Αερίων Θερμοκηπίου για το σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (φυσικό αέριο) θα είναι:

$$GHG_{gas} = (G_{CO_2} + G_{CH_4} \cdot 21 + G_{N_2O} \cdot 310) \cdot \frac{1}{n_{gas}} \cdot \frac{1}{1 - J_{T-D}}$$

$$GHG_{Total}^{electr} = (56,1 + 21 \cdot 0,0030 + 310 \cdot 0,0010) \cdot 1/0,45 \cdot 1/0,08 = \underline{\underline{0,491 \text{ (tCO}_2\text{/MWh)}}}$$

Ο συντελεστής αυτός θα συνυπολογιστεί στις εκπομπές αερίων του εναλλακτικού συστήματος θέρμανσης.

7.3.2.2 Συμβατικό σύστημα θέρμανσης

Οι Συντελεστές Εκπομπών Αερίων Θερμοκηπίου για το συμβατικό σύστημα θέρμανσης υπολογίζονται από τη σχέση:

$$G_{gas-j}^{elec} = G_{gas-j} \cdot \frac{p_i}{n_{fuel-i}} \cdot \frac{1}{1 - J_{T-D}}$$

και με αριθμητική αντικατάσταση έχουμε:

$$G_{CO_2}^{elec} = 56,1 \cdot \frac{100\%}{45\%} \cdot \frac{1}{1 - 8\%} = 135,5 \text{ (kg/GJ)}$$

$$G_{CH_4}^{elec} = 0,0030 \cdot \frac{100\%}{45\%} \cdot \frac{1}{1 - 8\%} = 0,0072 \text{ (kg/GJ)}$$

$$G_{N_2O}^{elec} = 0,0010 \cdot \frac{100\%}{45\%} \cdot \frac{1}{1 - 8\%} = 0,0024 \text{ (kg/GJ)}$$

Το συμβατικό σύστημα θέρμανσης χρησιμοποιεί αποκλειστικά ηλεκτρισμό, οπότε το ποσοστό συμμετοχής του στην συνολικά παραγόμενη ενέργεια θα είναι 100%.

$$p_{electr} = 100\%$$

Ο συντελεστής απόδοσης μετατροπής καυσίμου σε ενέργεια θέρμανσης για το ηλεκτρικό σύστημα θέρμανσης είναι εξ'ορισμού 100% .

$$n_1 = 100\%$$

Ο Συντελεστής Εκπομπής Αερίων Θερμοκηπίου για το ηλεκτρικό σύστημα θέρμανσης είναι:

$$GHG_{diesel} = (G^{elec}_{CO_2} + G^{elec}_{CH_4} \cdot 21 + G^{elec}_{N_2O} \cdot 310) \cdot \frac{1}{n_{elec}}$$

$$= (135,5 + 21 \cdot 0,0072 + 310 \cdot 0,0024) \cdot 1/0,65$$

$$GHG_{electr} = 0,491 \text{ (tCO}_2\text{/MWh)}$$

Ο Συντελεστής εκπομπής αερίων θερμοκηπίου για το συμβατικό σύστημα θέρμανσης θα είναι:

$$GHG_{Total}^{conv} = \sum_i (p_i \cdot GHG_i) = 1 \cdot 0,491 = \underline{\underline{0,491 \text{ (tCO}_2\text{/MWh)}}}$$

7.3.2.3 Εναλλακτικό σύστημα θέρμανσης

Το εναλλακτικό σύστημα θέρμανσης χρησιμοποιεί ένα λέβητα βιομάζας και ένα ποσό παρασιτικής ηλεκτρικής ενέργειας. Το ποσοστό συμμετοχής του καθενός στην συνολικά παραγόμενη ενέργεια θα είναι το πηλίκο της ενέργειας που αποδίδει ο καθένας προς την συνολική αποδιδόμενη ενέργεια του συστήματος.

$$p_{Bio} = 756 \text{ MWh} / 756 \text{ MWh} = 100\%$$

$$p_{electr} = (4.000 \text{ kWh} / 1000) / 756 \text{ MWh} = 0,5\%$$

Σημείωση 1 : 4.000 kWh είναι η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται ετησίως σαν παρασιτικός ηλεκτρισμός.

Κατά την Τυπική Ανάλυση που έχει επιλεχθεί, οι συντελεστές εκπομπών αερίων θερμοκηπίου για τη βιομάζα έχουν ως άνω (βλέπε Πίνακα 7.5) ενώ για τον ηλεκτρισμό είναι αυτοί που υπολογίστηκαν στην προηγούμενη παράγραφο. Ο συντελεστής απόδοσης μετατροπής καυσίμου σε ενέργεια για το σύστημα βιομάζας είναι ουσιαστικά η απόδοση του συστήματος όπως έχει οριστεί στον Πίνακα 7.1, ενώ για τον ηλεκτρισμό είναι εξ' ορισμού 100%:

$$n_{Bio} = 0,65 \text{ ή } 65\% \quad \text{και} \quad n_{electr} = 100\%$$

Οι Συντελεστές Εκπομπής Αερίων Θερμοκηπίου για το εναλλακτικό σύστημα θέρμανσης δίνονται από τη σχέση:

$$GHG_i = (G_{CO_2} + G_{CH_4} \cdot 21 + G_{N_2O} \cdot 310) \cdot \frac{1}{n_{fuel_i}}$$

Για το σύστημα βιομάζας:

$$GHG_{Bio} = (0 + 21 \cdot 0,032 + 310 \cdot 0,004) \cdot 1 / 0,65 = 0,011 \text{ (tCO}_2\text{/MWh)}$$

Για τον παρασιτικό ηλεκτρισμό: $GHG_{elect} = 0,491 \text{ (tCO}_2\text{/MWh)}$

Και ο Συντελεστής εκπομπής αερίων θερμοκηπίου για το εναλλακτικό σύστημα θέρμανσης:

$$GHG_{Total}^{ren} = \sum_i (p_i \cdot GHG_i) = p_{Bio} \cdot GHG_{Bio} + p_{electr} \cdot GHG_{Total}^{electr}$$

$$= 100 \cdot 0,011 + 0,05 \cdot 0,491 = 0,013 \text{ (tCO}_2\text{/MWh)}$$

7.3.3 Υπολογισμός της μείωσης εκπομπής αερίων θερμοκηπίου

Από την εφαρμογή συστήματος βιομάζας αποφεύγονται κάθε χρόνο 361,2 τόνοι CO₂.

$$GHG_{Avoided} \text{ tones / yr} = (GHG_{Total}^{conv} - GHG_{Total}^{ren}) \cdot E_{annual-divd}$$

$$= (0,491 - 0,013) \cdot 756 = 361,2 \text{ tCO}_2\text{/yr}$$

Στα 25 χρόνια που είναι ο χρόνος ζωής της εγκατάστασης, η συνολική μείωση της μάζας των αερίων θερμοκηπίου θα είναι $361,2 \text{ tCO}_2\text{/yr} \cdot 25 \text{ yr} = 9.030 \text{ tCO}_2$

7.4 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

Η καύσιμη βιομάζα διατίθεται από τα υπολείμματα ξυλείας της βιοτεχνίας, η οποία ξοδεύει κατά το παρόν για την αποθήκευση και διαχείριση τους \$17 ανά τόνο. Δηλαδή όχι μόνο δεν υπάρχει δαπάνη για την αγορά των καυσίμων αλλά αντίθετα, με την εφαρμογή του συστήματος βιομάζας, θα υπάρξει και εξοικονόμηση του κόστους αποθήκευσης των υπολειμμάτων.

Ακολουθώντας την προτυποποιημένη μεθοδολογία του λογισμικού RETscreen εισαγάγουμε την εξοικονόμηση αυτή σαν έξοδα με αρνητικό πρόσημο, στη θέση του *κόστους καυσίμου*.

7.4.1 Δεδομένα εισόδου

Στον Πίνακα 7.6 παρουσιάζονται τα δεδομένα εισόδου της χρηματοοικονομικής ανάλυσης.

Πίνακας 7.6: Δεδομένα εισόδου οικονομικής ανάλυσης

α/α	Περιγραφή Μεγέθους	Ποσότητα	Κόστος Μονάδας	Κόστος σε \$
A) Ανάλυση Δαπανών				
A.1) Αρχικές δαπάνες (ή πιστώσεις) του έργου				
1)	Μελέτη σκοπιμότητας	-	-	2.000
2)	Ανάπτυξη του έργου	-	-	2.000
3)	Μηχανολογική σχεδίαση και επίβλεψη έργου	-	-	4.000
4)	Εξοπλισμός ΑΠΕ και μεταφορικά του			
	Λέβητας βιομάζας	150 kW	\$211/ kW	31.650
	Τοποθέτηση εξοπλισμού	150 kW	\$128/ kW	19.200
	Μεταφορικά	1 τμχ	\$500	500
5)	Ολοκλήρωση της εγκατάστασης			
	Λέβητας συστήματος αιχμής	170 kW	-	0
	Κόστος κεντρικής σωλήνωσης	0m	-	0
	Κτιριακή υποδομή	30 m ²	\$100/ m ²	25.000
	Εξοπλισμός εγκατάστασης	20	40	800
	Μεταφορικά	-	-	0
6)	Διάφορα έξοδα ή πιστώσεις			
	Πάγια		\$0	0
	Εκμάθηση	16 hrs	\$40/hrs	1.200
	Απρόοπτα (ως ποσοστό των ανωτέρω δαπανών)	5%	\$63.150	3.158
A.2) Ετήσιο κόστος (ή πιστώσεις) του έργου				
7)	Φόροι και κόστος εργασιών			
	Φόρος περιουσίας/ασφάλεια	-	\$0	0
	Ανταλλακτικά	1 τμχ	\$300	300
	Φόροι και κόστος εργασιών	100 hrs	\$15/hrs	1.500
	Απρόοπτα (ως ποσοστό των ανωτέρω δαπανών)	10%	\$1.800	180
8)	Κόστος καυσίμων και παρασιτικού ηλεκτρισμού			
	Βιομάζα	320 τόνοι	\$(-17)/t	(-5.434)
	Ηλεκτρισμός	-	-	0
	Παρασιτικός Ηλεκτρισμός	4.000 kWh	\$0,07/kWh	280
A.3) Περιοδικές δαπάνες (ή πιστώσεις) του έργου				
9)	Εργασίες συντήρησης	περίοδος 7 ετών	\$2.000	2.000

Πίνακας 7.6: Δεδομένα εισόδου οικονομικής ανάλυσης (συνέχεια)

α/α	Περιγραφή Μεγέθους	Σύμβολο	Τιμή	Παρατηρήσεις
Β) Οικονομική Σύνοψη				
Β.1) Χρηματοοικονομικές παράμετροι				
10)	Πίστωση για εφαρμογή μείωσης εκπομπής αερίων θερμοκηπίου	$GHG_{reduce-credit}$	\$0/t CO ₂	-
11)	Επιτόκιο προσαύξησης του κόστους ενέργειας	r_{E-cost}	2,5%	-
12)	Πληθωρισμός	f	2,5%	-
13)	Προεξοφλητικό επιτόκιο	D	15%	-
14)	Διάρκεια ζωής έργου (επένδυσης)	PL	25 έτη	-
15)	Ικανότητα δανεισμού	R_{costs}	60%	-
16)	Επιτόκιο εξόφλησης χρεών	r_{debt}	10%	-
17)	Προθεσμία εξόφλησης χρεών	$Debt_{term}$	10 έτη	-
	Ανάλυση φόρου εισοδήματος	-	NAI	-
18)	Ποσοστό επί του φορολογητέου εισοδήματος	I_{tax}	30%	-
	Τυχόν απώλειες μεταφοράς κονδυλίων	cf	OXI	-
19)	Μέθοδος λογιστικής απόσβεσης		Γραμμική	-
20)	Φορολογική βάση λογιστικής απόσβεσης	P_{de}	85%	-
21)	Περίοδος λογιστικής απόσβεσης	DL	yr (έτη)	-
	Ύπαρξη περιόδου μειωμένου φορολογικού συντελεστή		OXI	-
Β.2) Κόστη και αποταμιεύσεις του έργου (επένδυσης)				
22)	Οικονομικά κίνητρα ή επιδόματα (εάν υπάρχουν)	-	\$0	-
Β.3) Οικονομική εφικτότητα				
23)	Υπολογισμός κόστους από την εφαρμογή μείωσης εκπομπής αερίων θερμοκηπίου	-	OXI	-

7.4.2 Ανάλυση δαπανών

7.4.2.1 Αρχικές δαπάνες

Στην περίπτωση που εξετάζεται, θεωρείται ότι το κόστος της μελέτης σκοπιμότητας του έργου θα κοστίσει \$2.000, η ανάπτυξη του έργου \$2.000 και η μηχανολογική μελέτη \$4.000. Η προμήθεια, μεταφορά και εγκατάσταση του συστήματος θέρμανσης με βιομάζα θα κοστίσουν:

$$\$211/\text{kW} \cdot 150\text{kW} + \$128/\text{kW} \cdot 150\text{kW} + \$500 = \underline{\$51.350}$$

Το κόστος των \$128/kW·150kW έχει συμπεριληφθεί για την μετατροπή του υπάρχοντος συστήματος διανομής θερμότητας σε σύστημα διανομής ζεστού νερού.

Για την ολοκλήρωση της εγκατάστασης θα απαιτηθούν 30ώρες οικοδομικών εργασιών, για το χτίσιμο μιας μεσοτοιχίας μεταξύ του λέβητα και των κλιβάνων, και 20ώρες για την εγκατάσταση του νέου συστήματος θέρμανσης.

$$30\text{hrs} \cdot \$100/\text{hrs} + 20\text{hrs} \cdot \$40/\text{hrs} = \underline{\$3.800}$$

Το άθροισμα όλων των ανωτέρω δαπανών δίνει:

$$\$2.000 + \$2.000 + \$4.000 + \$51.350 + \$3.800 = \underline{\$63.150}$$

Τέλος, λαμβάνονται υπόψιν είτε κάποια απρόοπτα έξοδα που μπορούν να προκύψουν είτε διακυμάνσεις των ανωτέρων δαπανών σε ένα επίπεδο της τάξης του 5% των συνολικά υπολογισμένων αρχικών δαπανών. Επιπλέον στα αρχικά έξοδα πρέπει να προστεθούν τα έξοδα για την επίδειξη της λειτουργίας της εγκατάστασης. Έτσι οι συνολικές αρχικές δαπάνες θα είναι:

$$\$63.150 + 5\% \cdot \$63.150 + 640 = \underline{\$66.948}$$

7.4.2.2 Ετήσιες δαπάνες

Στο ετήσιο κόστος λειτουργίας της εγκατάστασης περιλαμβάνονται, πέραν του κόστους των καυσίμων, η αγορά ανταλλακτικών και το κόστος εργασιών συντήρησης, που ανέρχονται σε \$1.800. Με τον συνυπολογισμό διακυμάνσεων ή απρόβλεπτων εξόδων της τάξης του 10%, θα είναι τελικά:

$$\$1.800 + \$180 = \underline{\$1.980}$$

Η καύσιμη βιομάζα διατίθεται δωρεάν από την ίδια τη βιοτεχνία. Επιπλέον την απαλλάσσει από το κόστος αποθήκευσης της (\$17/τόννο). Από τους ενεργειακούς υπολογισμούς έχουμε βρει ότι απαιτούνται ετησίως 319,7 τόνοι βιομάζας. Έτσι το κόστος καυσίμου για την βιομάζα θα είναι $\$(-17) \cdot 319,7 = \(-5.435) ετησίως.

Οι 4.000kWh ηλεκτρισμού που απαιτούνται για την κίνηση επιμέρους εξαρτημάτων του συστήματος βιομάζας (παρασιτικός ηλεκτρισμός), χρεώνονται προς \$0,07/ kWh. Έτσι η συνολική ετήσια δαπάνη για καύσιμα θα είναι:

$$\$(-17)/t \cdot 319,7t + 4.000\text{kWh} \cdot \$0,07/\text{kWh} = -5.434 + 280 = \underline{\$(-5.154)}$$

Οπότε τα συνολικά ετήσια έξοδα (χωρίς τις αποπληρωμές των δανείων) θα είναι:

$$E_{\text{annual}} = 1.980 + (-5.154) = \underline{\$(-3.174)}$$

7.4.2.3 Περιοδικές δαπάνες

Στις περιοδικές δαπάνες λειτουργίας της εγκατάστασης προβλέπονται εργασίες συντήρησης μετά από 7 έτη, που θα κοστίσουν **\$2.000.**

7.4.3 Σύνοψη ωφελειών

7.4.3.1 Ετήσια εξοικονόμηση καυσίμων

Εδώ αναφερόμαστε στο κόστος των καυσίμων του συμβατικού συστήματος θέρμανσης. Η κατανάλωση ρεύματος της συστάδας (F_i), για το υπάρχον ηλεκτρικό σύστημα θέρμανσης, έχει υπολογιστεί από τη Σχέση (3.22) και είναι:

$$F_i = 772 \text{ MWh}$$

Για το συμβατικό σύστημα το κόστος καυσίμων για κάθε συστάδα είναι:

$$K_{electr-i} = F_i \cdot (\text{κόστος/μονάδα καυσίμου}) \text{ (σε \$)}$$

και με αριθμητική αντικατάσταση έχουμε:

$$K_{electr-1} = 772 \text{ MWh} \cdot \$0,07 / \text{MWh} = \$54.054$$

Η συνολικά απαιτούμενη ενέργεια θέρμανση καλύπτεται από το εναλλακτικό σύστημα σε ποσοστό 98,9%, οπότε η ετήσια εξοικονόμηση καυσίμων σύμφωνα με τη Σχέση (3.62):

$$E_{fuel} = K_{Tot} \cdot (\%Q_{ren-dlvr_{Tot}})$$

και με αριθμητική αντικατάσταση έχουμε:

$$E_{fuel} = \$54.054 \cdot 98,9\% = \underline{\underline{\$53.478}}$$

7.4.3.2 Ετήσιο εξοικονομούμενο κόστος ενέργειας

Το ετήσιο εξοικονομούμενο κόστος ενέργειας δίνεται από τη Σχέση (3.63):

$$E_{energy} = E_{fuel} / Q_{demand_{Total}}$$

και με αριθμητική αντικατάσταση:

$$E_{energy} = \$53.478 / 772 \text{ MWh} = \underline{\underline{\$69,27 / \text{MWh}}}$$

Σημείωση: Το μοντέλο κλιμακώνει την οικονομική ωφέλεια σύμφωνα με το ποσοστό κλιμάκωσης ενεργειακών δαπανών που αρχίζει από το έτος 1 και καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής της εγκατάστασης.

7.4.3.3 Ετήσια εξοικονόμηση από τη μείωση παραγωγής αερίων θερμοκηπίου

Δεν υπάρχει πίστωση για την μείωση παραγωγής αερίων θερμοκηπίου.

7.5 ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΡΓΟΥ

7.5.1 Μετοχικό κεφάλαιο

Το μετοχικό κεφάλαιο είναι το κεφάλαιο που επενδύεται αρχικά από όλους τους μετόχους του επενδυτικού έργου:

$$I_{cap} = I \cdot (1 - R_{costs}) = \$66.948 \cdot (1 - 60\%) = \underline{\$26.779}$$

όπου I το αρχικό κόστος της επένδυσης, όπως δίνεται.

7.5.2 Χρέος του έργου

Το χρέος του έργου υπολογίζεται εάν από το αρχικό κόστος αφαιρεθεί το μετοχικό κεφάλαιο, I_{cap} . Δηλαδή:

$$Project_{debt} = I - I_{cap} = 66.948 - 26.779 = \underline{\$40.169}$$

7.5.3 Ετήσια έξοδα

Έχουμε ήδη υπολογίσει τα ετήσια κόστη από τη λειτουργία της εγκατάστασης και τις εργασίες συντήρησης, \$1.980, όπως και το συνολικό ετήσιο κόστος των καυσίμων, συμπεριλαμβανομένου και του κόστους της παρασιτικής ηλεκτρικής ενέργειας \$(-5.154).

Το ετήσιο χρεολύσιο για την εξόφληση του χρέους του έργου, υπολογίζεται από τη Σχέση (3.73):

$$d_p = \frac{-Project_{debt} \cdot r_{debt} \cdot (1 + r_{debt})^{Debt_{term}}}{(1 + r_{debt})^{Debt_{term}} - 1} = \frac{148.384 \cdot 10\% \cdot (1 + 10\%)^{10}}{(1 + 10\%)^{10} - 1} = \$6.537$$

Έτσι τα συνολικά ετήσια έξοδα θα είναι το άθροισμα των ανωτέρω δαπανών και του ετήσιου χρεολυσίου:

$$E_{cost} = E_{annual} + d_p = 1.980 + (-5.154) + 6.537 = \underline{\$3.363}$$

7.5.4 Ετήσια έσοδα

Τα ετήσια έσοδα ή οι πιστώσεις του έργου, προέρχονται από την ετήσια εξοικονόμηση καυσίμων, καθώς και από την πιθανή (εδώ μηδενική) πίστωση για την μείωση εκπομπής αερίων θερμοκηπίου.

$$E_{saving} = E_{fuel} + 0 = \underline{\$53.478}$$

7.5.5 Ετήσιες ταμειακές ροές

Πρώτα θα υπολογιστούν οι ταμειακές ροές για το έτος 0.

Η καθαρή ταμειακή ροή προ φόρου, περιλαμβάνει τα συνολικά έσοδα. Αυτά περιλαμβάνουν τις εξοικονομήσεις ενέργειας, που είναι μηδέν για το έτος 0, τα έσοδα από τη μείωση εκπομπής παραγωγής αερίων θερμοκηπίου (μηδέν για το έτος 0), τα έσοδα από δωρεές ή χάρες (εδώ μηδέν) και η αξία τέλους έργου, η οποία στην περίπτωση αυτή είναι μηδέν. Άρα, για το έτος 0, τα συνολικά έσοδα είναι μηδέν (το άθροισμα όλων των παραπάνω).

Τα συνολικά έξοδα περιλαμβάνουν τα ποσά που καταβλήθηκαν για τη σύνθεση του μετοχικού κεφαλαίου (υπολογίζονται ότι έγιναν το έτος 0 και είναι ίσα με $I_{cap} = \$26.779$, τα έξοδα για την αγορά καυσίμων (μηδέν για το έτος 0), τα έξοδα λειτουργίας και συντήρησης της εγκατάστασης (μηδέν για το έτος 0), τα έξοδα αποπληρωμής του χρέους του έργου (μηδέν για το έτος 0).

Για τα έτη 1 έως PL, οι ταμειακές ροές υπολογίζονται ως εξής:

Συνολικά έσοδα:

➤ Για κάθε έτος n μέχρι το τέλος ζωής του έργου PL ($1 \leq n \leq PL$), υπολογίζονται το εξοικονομούμενο κόστος καυσίμων, ως $E_{n-save} = E_{fuel} \cdot (1 + r_{E-cost})^n = \$53.478 \cdot (1 + 2,5\%)^n$, όπου E_{fuel} έχει υπολογιστεί στην Ενότητα §7.5.4.

➤ Για κάθε έτος n μέχρι το τέλος της διάρκειας πίστωσης για μείωση εκπομπής αερίων θερμοκηπίου, $GHG_{reduce-credit}^{lc}$, εντός της διάρκειας ζωής του έργου ($1 \leq n \leq MIN(PL, GHG_{credit}^{lc})$), υπολογίζονται τα έσοδα από την πίστωση αυτή, ως $GHG_{n-credit} = GHG_{credit} \cdot (1 + r_{GHG})^n$, με $GHG_{red-credit} = GHG_{net-red-yr} \cdot GHG_{reduce-credit}$. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, δεν υπάρχουν τέτοια έσοδα.

➤ Από τα παραπάνω έσοδα, αφαιρούνται τα έξοδα από την αξία τέλους του έργου. Τα έξοδα αυτά υπολογίζονται στο τέλος ζωής του έργου, ως: $EOL_{PL} = EOL \cdot (1 + f)^n$ με τα έξοδα EOL να δίνονται από το χρήστη. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, δεν υπάρχουν τέτοια έσοδα.

Συνολικά έξοδα:

➤ Μόνο για το έτος 0 υπολογίζονται τα έξοδα για τη σύνθεση του μετοχικού κεφαλαίου, όπως φάνηκε στα προηγούμενα.

➤ Για κάθε έτος n μέχρι το τέλος ζωής του έργου PL ($1 \leq n \leq PL$), υπολογίζονται τα έξοδα τροφοδοσίας του συστήματος με καύσιμα ως:

$$FEC = FE_{expents} \cdot (1 + r_{E-costs})^n = \$ - 5.154 \cdot (1 + 0.025)^n$$

➤ Τα έξοδα για τη λειτουργία και τη συντήρηση της εγκατάστασης, υπολογίζονται για κάθε έτος n έως το τέλος ζωής PL του έργου, ως:

$$OM_{labour} = OM_{expents} \cdot (1 + f)^n = 1.980 \cdot (1 + 0,025)^n.$$

➤ Τα έξοδα αποπληρωμής του χρέους για το έργο, υπολογίζονται ως $Debt_{coverage} = d_p = \6.537 , δηλαδή το ετήσιο χρεολύσιο.

➤ Περιοδικά έξοδα πραγματοποιούνται κάθε 7 χρόνια, δηλαδή το 7^ο, το 14^ο, και το 21^ο έτος της λειτουργίας της εγκατάστασης, υπολογίζονται ως: $PE_n = C_{per} \cdot (1 + f)^n$, για $n = 7, 14$ και 21 .

Πίνακας 7.7: Ετήσια έσοδα του έργου

Έτος n	E_{n-save} (\$)	$GHG_{red-credit}$ (\$)	EOL_{PL} (\$)
0	-	-	-
1	54.815	0	0
2	56.185	0	0
3	57.590	0	0
4	59.029	0	0
5	60.505	0	0
6	62.018	0	0
7	63.568	0	0
8	65.157	0	0
9	66.786	0	0
10	68.456	0	0
11	70.167	0	0
12	71.922	0	0
13	73.720	0	0
14	75.563	0	0
15	77.452	0	0
16	79.388	0	0
17	81.373	0	0
18	83.407	0	0
19	85.492	0	0
20	87.629	0	0
21	89.820	0	0
22	92.066	0	0
23	94.367	0	0
24	96.726	0	0
25	99.145	0	0

Τα συνολικά έξοδα κάθε έτους n υπολογίζονται αθροίζοντας τα αντίστοιχα έξοδα, όπως υπολογίστηκαν στα προηγούμενα. Ο Πίνακας 7.8 δείχνει τα συνολικά αποτελέσματα για κάθε ετήσιο κύκλο λειτουργίας της εγκατάστασης.

Πίνακας 7.8: Ετήσια έξοδα του έργου

Έτος n	I_{cap} (\$)	OM_{labour} (\$)	FEC (\$)	$Debt_{n-coverage}$ (\$)	PE_n (\$)
0	26.779	0	0	0,00	0,00
1	0	2.030	-5.283	6.537	0,00
2	0	2.080	-5.415	6.537	0,00
3	0	2.132	-5.550	6.537	0,00
4	0	2.186	-5.689	6.537	0,00
5	0	2.240	-5.831	6.537	0,00
6	0	2.296	-5.977	6.537	0,00
7	0	2.354	-6.127	6.537	2.377
8	0	2.412	-6.280	6.537	0,00
9	0	2.473	-6.437	6.537	0,00
10	0	2.535	-6.598	6.537	0,00
11	0	2.598	-6.763	0,00	0,00
12	0	2.663	-6.932	0,00	0,00
13	0	2.729	-7.105	0,00	0,00
14	0	2.798	-7.283	0,00	2.826
15	0	2.868	-7.465	0,00	0,00
16	0	2.939	-7.651	0,00	0,00
17	0	3.013	-7.843	0,00	0,00
18	0	3.088	-8.039	0,00	0,00
19	0	3.165	-8.240	0,00	0,00
20	0	3.244	-8.446	0,00	0,00
21	0	3.326	-8.657	0,00	3.359
22	0	3.409	-8.873	0,00	0,00
23	0	3.494	-9.095	0,00	0,00
24	0	3.581	-9.322	0,00	0,00
25	0	3.671	-9.555	0,00	0,00

Αθροίζοντας όλα τα έσοδα κάθε έτους (Πίνακας 7.7) υπολογίζονται τα συνολικά έσοδα προ φόρων και αθροίζοντας αντίστοιχα όλα τα έξοδα κάθε έτους (Πίνακας 7.8) υπολογίζονται όλα τα έξοδα, προ φόρων, κάθε έτους (βλέπε Πίνακα 7.9).

Η εγκατάσταση πληρώνει φόρο, με συντελεστή φορολόγησης 30%. Για να υπολογιστεί ο συνολικός φόρος, θα πρέπει να προσδιοριστούν τα συνολικά καθαρά εισοδήματα της εγκατάστασης. Τα συνολικά καθαρά εισοδήματα υπολογίζονται αθροίζοντας τα συνολικά έσοδα προ φόρων με τους τόκους του χρέους του έργου μέχρι την αποπληρωμή του τελευταίου και αφαιρώντας από αυτά τα συνολικά έξοδα προ φόρων. Οι τόκοι του χρέους του έργου υπολογίζονται για κάθε έτος n της προθεσμίας αποπληρωμής του έργου, εκτός του έτους 0, από τη Σχέση (3.74):

$$a_n = \text{Project}_{debt} \cdot \frac{r_{debt}}{1 - (1 + r_{debt})^{-n}}$$

Τα συνολικά έσοδα και έξοδα προ φόρων, υπολογίζονται με βάση τις αντίστοιχες ετήσιες τιμές που φαίνονται στους Πίνακες 7.7 και 7.8.

Η λογιστική απόσβεση των αρχικών κοστών λαμβάνει χώρα με τη μέθοδο της γραμμικής απόσβεσης, σύμφωνα με την οποία, η αξία μέρους του εξοπλισμού αποσβένεται ισόποσα σε κάθε περίοδο για μια συγκεκριμένη χρονική διάρκεια και σε ένα ορισμένο ποσοστό (P_{de}) της αποσβενόμενης αξίας. Εδώ το ποσοστό είναι $P_{de}=85\%$ και η διάρκεια της απόσβεσης $DL=5$ έτη.

Για το έτος 0 η απόσβεση λαμβάνεται ίση με $(1 - P_{de}) \cdot I$, όπου I η αρχική δαπάνη του έργου, δηλαδή:

$$(1-85\%) \cdot \$ 66.948 = \$10.043$$

Για κάθε ένα από τα υπόλοιπα έτη για τα οποία ισχύει η περίοδος λογιστικής απόσβεσης, εντός της διάρκειας ζωής του έργου, το ποσό της απόσβεσης είναι ίσο με:

$$(P_{de} \cdot I) / DL = (85\% \cdot \$66.948) / 5 \text{ έτη} = \$11.381$$

Ο Πίνακας 7.9 συνοψίζει τα αποτελέσματα που οδηγούν στον υπολογισμό των συνολικών καθαρών εισοδημάτων, προ φόρων.

Πίνακας 7.9: Σύνοψη αποτελεσμάτων που οδηγούν στα συνολικά καθαρά εισοδήματα, προ φόρων

Έτος n	Συνολικά έσοδα προ φόρων, P_t^p (\$)	Συνολικά έξοδα προ φόρων, E_t^p (\$)	Τόκοι χρέους έργου, T (\$)	Φόρος που αναλογεί στην ετήσια αποσβενόμενη αξία, (\$)	Ετήσια αποσβενόμενη αξία (\$)
0	0,00	26.779	0,00	-10.043	66.948
1	54.815	3.284	2.520	-11.381	56.905
2	56.185	3.202	2.772	-11.381	45.524
3	57.590	3.119	3.050	-11.381	34.143
4	59.029	3.034	3.355	-11.381	22.762
5	60.505	2.946	3.690	-11.381	11.381
6	62.018	2.856	4.059	0	0
7	63.568	5.142	4.465	0	0
8	65.157	2.670	4.912	0	0
9	66.786	2.573	5.403	0	0
10	68.456	2.474	5.943	0	0
11	70.167	-4.165	0	0	0
12	71.922	-4.269	0	0	0
13	73.720	-4.376	0	0	0
14	75.563	-1.659	0	0	0
15	77.452	-4.597	0	0	0
16	79.388	-4.712	0	0	0
17	81.373	-4.830	0	0	0
18	83.407	-4.951	0	0	0
19	85.492	-5.074	0	0	0
20	87.629	-5.201	0	0	0
21	89.820	-1.972	0	0	0

22	92.066	-5.464	0	0	0
23	94.367	(5.601)	0	0	0
24	96.726	(5.741)	0	0	0
25	99.145	(5.885)	0	0	0

Το ετήσιο ποσό των συνολικών καθαρών εισοδημάτων (P_t) προκύπτει από τη σχέση:

$$P_t = P_t^p - E_t^p + I_{cap} + T + (\text{Φόρος που αναλογεί στην ετήσια αποσβενόμενη αξία})$$

Όπου: P_t^p τα συνολικά έσοδα προ φόρων, E_t^p τα συνολικά έξοδα προ φόρων, I_{cap} τα αρχικά έξοδα και T οι τόκοι χρέους του έργου. Με τον τρόπο αυτό προκύπτουν τα αποτελέσματα της πρώτης στήλης του Πίνακα 7.10.

Σημείωση: Το I_{cap} για όλα τα υπόλοιπα έτη εκτός του έτους 0 είναι μηδενικό.

Για τα συνολικά εισοδήματα θα υπολογιστεί ο φόρος που θα πρέπει να πληρώσει η εγκατάσταση. Ο ετήσιος φόρος για κάθε έτος δίνεται από το γινόμενο των συνολικών καθαρών εισοδημάτων του έτους επί το ποσοστό επί του φορολογητέου εισοδήματος, που στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι 30%

$$\text{Αναλογούν ετήσιος φόρος} = P_t \cdot I_{\text{tax}}$$

Για παράδειγμα, για το έτος 0, τα καθαρά εισοδήματα είναι \$-10.042, οπότε ο φόρος που αναλογεί στο ποσό αυτό είναι $30\% \cdot \$-10.042 = \$-3.012,6$. Με όμοιο τρόπο υπολογίζεται και ο αναλογούν φόρος για κάθε έτος.

Μετά τον υπολογισμό των ετήσιων φόρων, μπορούν να υπολογιστούν τα συνολικά ετήσια έξοδα μετά φόρων. Αυτά υπολογίζονται ως το αλγεβρικό άθροισμα των ετήσιων εξόδων προ φόρων συν το ποσό των αντίστοιχων ετήσιων φόρων. Ο Πίνακας 7.10 συνοψίζει τα αποτελέσματα αυτά.

Πίνακας 7.10: Σύνοψη αποτελεσμάτων υπολογισμού ετήσιων εξόδων, μετά φόρων, του έργου

Έτος n	Συνολικά καθαρά εισοδήματα, P_t (\$)	Αναλογούν ετήσιος φόρος (\$)	Ετήσια έξοδα προ φόρων, E_t^p (\$)	Ετήσια έξοδα μετά φόρων, E_t^a (\$)
0	-10.042	-3.013	26.779	23.766
1	42.670	12.801	3.284	16.085
2	44.374	13.312	3.202	16.515
3	46.139	13.842	3.119	16.961
4	47.969	14.391	3.034	17.424
5	49.868	14.960	2.946	17.906
6	63.221	18.966	2.856	21.822
7	62.892	18.867	5.142	24.009
8	67.399	20.220	2.670	22.890
9	69.616	20.885	2.573	23.458
10	71.925	21.577	2.474	24.052
11	74.332	22.300	-4.165	18.135
12	76.190	22.857	-4.269	18.588
13	78.095	23.429	-4.376	19.053
14	77.222	23.166	-1.659	21.507
15	82.049	24.615	-4.597	20.018
16	84.100	25.230	-4.712	20.518
17	86.202	25.861	-4.830	21.031
18	88.358	26.507	-4.951	21.557
19	90.566	27.170	-5.074	22.096
20	92.831	27.849	-5.201	22.648
21	91.792	27.538	-1.972	25.566
22	97.530	29.259	-5.464	23.795
23	99.968	29.991	-5.601	24.389
24	102.468	30.740	-5.741	24.999
25	105.029	31.509	-5.885	25.624

Στο σημείο αυτό είναι δυνατόν να υπολογιστεί η καθαρή ταμειακή ροή, με βάση τις τιμές των συνολικών εσόδων προ φόρων και των συνολικών εξόδων μετά φόρων. Οι καθαρές ταμειακές ροές για κάθε έτος n , όπως φαίνονται στον Πίνακα 7.11, υπολογίζονται από την αλγεβρική διαφορά:

$$\text{Συνολικά ετήσια έσοδα προ φόρων}(P_t^p) - \text{Συνολικά ετήσια έξοδα μετά φόρων}(E_t^a)$$

Η συνολική ταμειακή ροή του έτους n είναι το άθροισμα των καθαρών ταμειακών ροών από το έτος 0 έως το έτος n .

Πίνακας 7.11: Συνολικές ετήσιες ταμειακές ροές του έργου

Έτος n	Συνολικά έσοδα προ φόρων P_t^p (\$)	Συνολικά έξοδα μετά φόρων E_t^a (\$)	Καθαρή ταμειακή ροή μετά φόρων C_t^a (\$)	Συνολική ετήσια ταμειακή ροή, C_t (\$)
0	0	23.766	-23.766	-23.766
1	54.815	16.085	38.730	14.963
2	56.185	16.515	39.670	54.634
3	57.590	16.961	40.629	95.263
4	59.029	17.424	41.605	136.868
5	60.505	17.906	42.599	179.466
6	62.018	21.822	40.195	219.662
7	63.568	24.009	39.559	259.221
8	65.157	22.890	42.268	301.489
9	66.786	23.458	43.328	344.817
10	68.456	24.052	44.404	389.221
11	70.167	18.135	52.032	441.254
12	71.922	18.588	53.333	494.587
13	73.720	19.053	54.667	549.254
14	75.563	21.507	54.055	603.309
15	77.452	20.018	57.434	660.743
16	79.388	20.518	58.870	719.613
17	81.373	21.031	60.342	779.955
18	83.407	21.557	61.850	841.805
19	85.492	22.096	63.397	905.201
20	87.629	22.648	64.981	970.183
21	89.820	25.566	64.255	1.034.437
22	92.066	23.795	68.271	1.102.709
23	94.367	24.389	69.978	1.172.686
24	96.726	24.999	71.727	1.244.414
25	99.145	25.624	73.521	1.317.934

7.5.6 Δείκτες και κριτήρια αξιολόγησης αποδοτικότητας

Στη συνέχεια θα εξεταστεί ο τρόπος με τον οποίο μπορεί να αξιολογηθεί το συγκεκριμένο επενδυτικό έργο. Αρχή θα γίνει με τον υπολογισμό του εσωτερικού βαθμού απόδοσης και την απόδοση στην επένδυση για το έργο αυτό.

7.5.6.1 Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι το επιτόκιο, έστω ε , το οποίο μηδενίζει την ΚΠΑ. Εδώ θα υπολογιστεί και για τις ταμειακές ροές προ φόρων και για τις ταμειακές ροές μετά φόρων. Οι ταμειακές ροές προ φόρων, υπολογίζονται ως η διαφορά των συνολικών εσόδων προ φόρων, P_t^p , μείον τα συνολικά έξοδα προ φόρων, E_t^p . Έτσι, για τα έτη 0 και 1, ισχύει:

$$P_0^p - E_0^p = \$0 - \$26.779 = \$ -26.779$$

$$P_1^p - E_1^p = \$54.815 - \$3.284 = \$ 51.531$$

Με όμοιο τρόπο υπολογίζονται οι ταμειακές ροές προ φόρων για τα υπόλοιπα έτη. Ο Πίνακας 7.12 συνοψίζει τα αποτελέσματα της διαδικασίας αυτής.

Πίνακας 7.12: Ταμειακές ροές του έργου προ φόρων

Έτος n	Καθαρή ταμειακή ροή προ φόρων, C_t^p (\$)
0	-26.779
1	51.531
2	52.983
3	54.471
4	55.996
5	57.559
6	59.162
7	58.427
8	62.488
9	64.213
10	65.982
11	74.332
12	76.190
13	78.095
14	77.222
15	82.049
16	84.100
17	86.202
18	88.358
19	90.566
20	92.831
21	91.792
22	97.530
23	99.968
24	102.468
25	105.029

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης, για τις ταμειακές ροές προ φόρων, C_t^p , υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\sum_{t=0}^{25} \frac{C_t^p}{(1+\varepsilon)^n} = 0 \Rightarrow \frac{-\$26.779}{(1+\varepsilon)^0} + \frac{\$51.531}{(1+\varepsilon)^1} + \dots + \frac{\$105.029}{(1+\varepsilon)^{25}} = 0$$

$$\Rightarrow \varepsilon = 195,2\%$$

Η ίδια διαδικασία ακολουθείται και για τις ταμειακές ροές μετά φόρων, C_t^a . Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης τότε είναι:

$$\sum_{t=0}^{25} \frac{C_t^a}{(1+\varepsilon)^n} = 0 \Rightarrow \frac{-\$23.766}{(1+\varepsilon)^0} + \frac{\$38.730}{(1+\varepsilon)^1} + \dots + \frac{\$73.521}{(1+\varepsilon)^{25}} = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \varepsilon = 165,3\%$$

Το γεγονός ότι το ε υπολογίστηκε μεγαλύτερο από το προεξοφλητικό επιτόκιο $D=15\%$, υποδηλώνει ότι η επένδυση μπορεί να γίνει αποδεκτή, καθώς θεωρείται αποδοτική.

7.5.6.2 Το κριτήριο της Απλής Επανεξόφραξης

Σύμφωνα με τη μέθοδο της απλής επανεξόφραξης, ο(οι) επενδυτής(τές) θα λάβουν τα χρήματά τους πίσω, σε μια περίοδο ίση με αυτήν που υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\frac{\text{Αρχικές δαπάνες} - \text{Δωρεές}}{\text{Ετήσιες εξοικονομήσεις} - (\text{Ετήσιο Κόστος} - \text{Χρεολύσιο})}$$

Όλοι οι παράγοντες στην τελευταία σχέση είναι γνωστοί από την προηγούμενη ανάλυση. Η αντικατάσταση των τιμών στη σχέση αυτή, δίνει:

$$\frac{\$66.948 - \$0}{\$53.478 / \text{yr} - (\$3.363 / \text{yr} - \$6.537 / \text{yr})} = 1,18 \text{ έτη}$$

Η χρονική στιγμή y_p κατά την οποία θα υπάρξει θετική συνολική καθαρή ταμειακή για το έργο, υπολογίζεται με γραμμική παρεμβολή μεταξύ των ακραίων εκείνων διαδοχικών τιμών για τις οποίες η πρώτη τιμή είναι αρνητική και η αμέσως επόμενη είναι θετική. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, οι τιμές αυτές (από τον Πίνακα 7.11) είναι $\$-23.766$, για το έτος 0 και $\$38.555$ για το έτος 1. Τώρα έχουμε:

$$\frac{1 - y_{r_0}}{14.963 - 0} = \frac{1 - 0}{14.963 - (-23.766)} \Rightarrow y_{r_0} = 1 - \frac{14.963}{38.729} = 0,6 \text{ έτη}$$

Η τιμή y_{t0} είναι η τιμή για την οποία η καθαρή συνολική ταμειακή ροή είναι μηδέν, οπότε λίγο μετά την τιμή αυτή, μπορούμε να έχουμε θετική ταμειακή ροή. Γενικά, μπορεί να θεωρηθεί $y_{tp} = 0,6$ έτη.

7.5.6.3 Το κριτήριο της Καθαρής Παρούσας Αξίας

Η ΚΠΑ του έργου υπολογίζεται για τις ταμειακές ροές μετά φόρων, C_t^a (βλέπε Πίνακα 7.11), από τη σχέση (3.66):

$$\begin{aligned} \text{ΚΠΑ} &= \sum_{t=1}^{25} C_t^p \cdot (1+D)^{-n} - I_{cap} = \\ &= 38.730 \cdot (1+0,15)^{-1} + 39.670 \cdot (1+0,15)^{-2} + \dots + 73.521 \cdot (1+0,15)^{-25} - 26.779 = \$265.123 \end{aligned}$$

Ο παραπάνω υπολογισμός δίνει ΚΠΑ = \$265.123, τιμή θετική. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι το επενδυτικό έργο μπορεί να γίνει αποδεκτό.

7.5.6.4 Ετήσιες Εξοικονομήσεις

Οι εξοικονομήσεις από τον ετήσιο κύκλο λειτουργίας της εγκατάστασης, υπολογίζονται ως ακολούθως:

$$p = \frac{-\text{ΚΠΑ} \cdot D \cdot (1+D)^{PL}}{(1+D)^{PL} - 1} = \frac{\$265.123 \cdot 0,15 \cdot (1+0,15)^{25}}{(1+0,15)^{25} - 1} = \$41.014$$

7.5.6.5 Δείκτης Κερδοφορίας

Ο δείκτης κερδοφορίας μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση:

$$PI = \frac{\text{ΚΠΑ}}{I_{cap}} = \frac{\$265.123}{\$26.779} = 9,90$$

Υπενθυμίζεται ότι θετικές τιμές του δείκτη αυτού και όσο το δυνατό μεγαλύτερες της μονάδας, τόσο πιο αποδοτικό κρίνεται το επενδυτικό έργο.

7.5.6.6 Δείκτης Αυτοχρηματοδότησης

Ο δείκτης αυτοχρηματοδότησης του έργου μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση:

$$DSC = \frac{\text{Καθαρά Λειτουργικά Εισοδήματα}}{\text{Συνολικό Τοκοφόρο Χρέος}}$$

σε συνδυασμό με τη διαδικασία που περιγράφεται στην Ενότητα §3.6.5.10. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, υπολογίζεται ο ετήσιος δείκτης αυτοχρηματοδότησης για την περίοδο προθεσμίας αποπληρωμής του χρέους και επιλέγεται ο μικρότερος. Ας σημειωθεί ότι για την κάλυψη του χρέους κατά έτος, θεωρείται ότι αποδίδεται η τιμή

του ετήσιου χρεολυσίου (\$6.537), με την οποία διαιρείται και η τιμή των εισοδημάτων κάθε έτους. Ως εισοδήματα για τον υπολογισμό του δείκτη αυτοχρηματοδότησης, θεωρείται η μεγαλύτερη τιμή μεταξύ των τιμών της συνολικής ετήσιας ροής και των καθαρών λειτουργικών εσόδων του έργου. Τα καθαρά λειτουργικά έσοδα για κάθε έτος είναι το άθροισμα των εσόδων προ φόρων συν το ετήσιο χρεολύσιο, μείον τα έξοδα προ φόρων, δηλαδή: $P_t^p - E_t^p + d_p$. Ο δείκτης αυτοχρηματοδότησης δεν υπολογίζεται για το έτος μηδέν. Για τα δύο πρώτα έτη π.χ., είναι:

$$\text{έτος 1: } P_t^p - E_t^p + d_p = \$54.815 - \$3.284 + \$6.537 = \$58.068$$

$$\text{έτος 2: } P_t^p - E_t^p + d_p = \$56.185 - \$3.202 + \$6.537 = \$59.520$$

Κ.Ο.Κ.

Άρα και:

$$DSC_1 = \frac{\$58.068}{\$6.537} = 8,88$$

$$DSC_2 = \frac{\$59.520}{\$6.537} = 9,1$$

Κ.Ο.Κ.

Η διαδικασία αυτή ακολουθείται για όλα τα έτη μέχρι την αποπληρωμή του χρέους του έργου και δίνει τα αποτελέσματα του Πίνακα 7.13.

Η μικρότερη από τις τιμές του Πίνακα 7.13, είναι η 8,88 την οποία αποδεχόμαστε ως δείκτη αυτοχρηματοδότησης. Το γεγονός ότι είναι μεγαλύτερος της μονάδας υποδηλώνει ότι τα ετήσια έσοδα από τη λειτουργία της εγκατάστασης επαρκούν για την κάλυψη της δόσης αποπληρωμής του χρέους του έργου, για την αντίστοιχη χρονική περίοδο. Όμοια ισχύουν και για τις υπόλοιπες περιόδους, εντός της προθεσμίας αποπληρωμής του χρέους.

Πίνακας 7.13: Δείκτης αυτοχρηματοδότησης του έργου

Έτος n	Ετήσια εισοδήματα (\$)	Συνολικά Λειτουργικά έσοδα (\$)	Χρεολύσιο (\$)	Δείκτης αυτοχρηματοδότησης
1	58.068	38.730	6.537	8,88
2	59.520	78.400	6.537	11,99
3	61.008	119.029	6.537	18,21
4	62.533	160.634	6.537	24,57
5	64.096	203.233	6.537	31,09
6	65.699	243.428	6.537	37,24
7	64.964	282.987	6.537	43,29
8	69.025	325.255	6.537	49,75
9	70.750	368.583	6.537	56,38
10	72.519	412.988	6.537	63,17

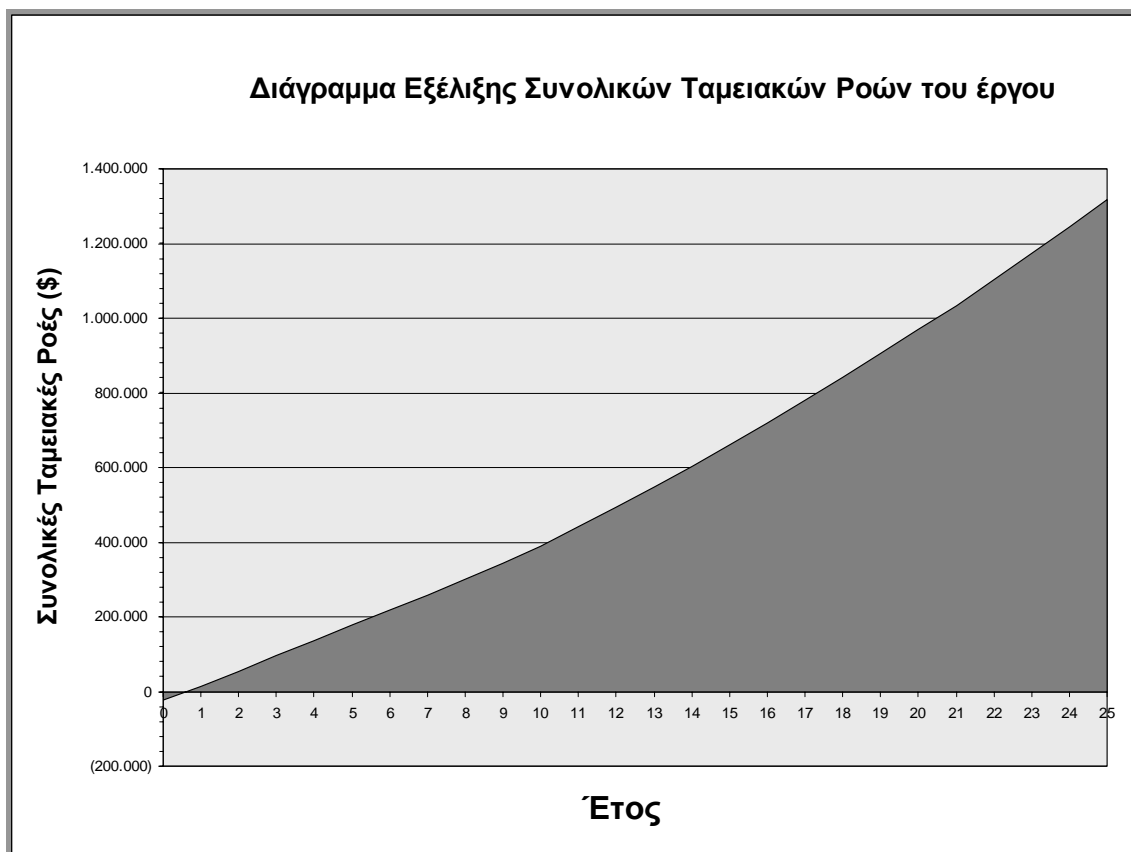
7.6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το επενδυτικό έργο που εξετάστηκε, κρίνεται αποδοτικό και η υλοποίησή του κρίνεται είναι συμφέρουσα, με βάση όλα τα χρηματοοικονομικά κριτήρια που εξετάστηκαν.

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης ε είναι 195,2% για τις ταμειακές ροές προ φόρων και 165,3% για τις ταμειακές ροές μετά φόρων. Αυτό υποδηλώνει πως το έργο αυτό είναι εξαιρετικά αποδοτικό, καθώς το προεξοφλητικό επιτόκιο D είναι μόλις 15%. Άρα, ο ε είναι κατά πολύ μεγαλύτερος από το D .

Η ΚΠΑ του έργου υπολογίστηκε στα \$265.123, ενώ ο δείκτης αποδοτικότητας PI υπολογίστηκε ίσος με 9,90. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι ο δείκτης αυτοχρηματοδότησης για όλα τα έτη αποπληρωμής του χρέους είναι μεγαλύτερος της μονάδας, υποδηλώνει ότι η λήψη εξωτερικού δανείου για την πλήρη κάλυψη του χρέους δεν είναι αναγκαία.

Στο Σχήμα 7.2 αποτυπώνεται η εξέλιξη των συνολικών καθαρών ταμειακών ροών του έργου.



Σχήμα 7.2: Η εξέλιξη των συνολικών καθαρών ταμειακών ροών του έργου στο χρόνο, έως το τέλος της ζωής του

ΜΕΛΕΤΗ ΕΡΓΟΥ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΜΕ ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

8.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Στην πόλη Gornji Grad, στην βορειοανατολική Σλοβενία, το 90% των κατοικιών και των δημοτικών κτιρίων, θερμαίνονται από το τοπικό κεντρικό σύστημα θέρμανσης, που καταναλώνει πετρέλαιο ντίζελ. Οι τοπικές αρχές σκέφτονται την αντικατάσταση των λεβήτων πετρελαίου από λέβητες βιομάζας. Μία βιομηχανία ξύλου, που δεν είναι προς το παρόν συνδεδεμένη στο κεντρικό σύστημα θέρμανσης, προτείνει να παρέχει τη βιομάζα (υπολείμματα ξυλουργίας) προς \$73 ανά τόνο, με αντάλλαγμα την δωρεάν σύνδεση της με το κεντρικό σύστημα. Καλούμαστε να διερευνήσουμε την τεχνική εφικτότητα του σχεδίου αυτού, να υπολογίσουμε τη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου και να αξιολογήσουμε την οικονομική του βιωσιμότητα.

8.1.1 Πληροφορίες για την τοποθεσία εγκατάστασης

Το Gornji Grad είναι μια πόλη 2.700 κατοίκων. Βρίσκεται 50 χιλιόμετρα βορειοδυτικά της Λουμπλιάνα (Ljubljana) και 60 χιλιόμετρα νοτιοανατολικά της Αυστριακής πόλης Klagenfurt. Τα τυπικά μετεωρολογικά δεδομένα του Gornji Grad θεωρούνται ότι βρίσκονται κάπου ανάμεσα στα δεδομένα των δύο αυτών πόλεων. Το φορτίο αιχμής του κεντρικού συστήματος θέρμανσης είναι 1,5 MW. Τα κτίρια που είναι συνδεδεμένα αυτή τη στιγμή στο κεντρικό σύστημα έχουν συνολική επιφάνεια 21.500 m² με το θερμικό τους φορτίο να έχει υπολογιστεί κατά μέσο όρο σε 70 W/m². Το φορτίο αιχμής για την βιομηχανία ξύλου είναι 750 kW και η επιφάνεια της 7.500 m². Επιπλέον του θερμικού φορτίου του κτιρίου, υπάρχει και μια απαίτηση φορτίου για τις θερμικές διεργασίες της βιομηχανίας ξύλου, που αντιστοιχούν στο 51% του ολικού φορτίου.

8.1.2 Χρηματοοικονομικές πληροφορίες

Τα τυπικά χρηματοοικονομικά μεγέθη για την ανάλυση, δίνονται ως εξής: πληθωρισμός 1%, ικανότητα δανεισμού 80%, εξοφλητικό επιτόκιο χρέους 6%, προεξοφλητικό επιτόκιο 10% και προθεσμία εξόφλησης χρέους 15 έτη. Η εταιρία που διαχειρίζεται το σύστημα αποδίδει φόρο εισοδήματος 28%. Για πιθανή ζημία, μπορεί να γίνει χρήση του δικαιώματος μεταφοράς κονδυλίων (carryforward). Η διάρκεια ζωής του συστήματος είναι 25 έτη. Η μέση τιμή του ηλεκτρισμού είναι \$0,065/kWh, και το πετρέλαιο προμηθεύεται με \$0,63/L. Η κλιμάκωση κόστους ενέργειας προβλέπεται να είναι όση και ο πληθωρισμός. Η τιμή της βιομάζας (ξύλο) εκτιμάται \$25/τόννο, ενώ ένας τοπικός προμηθευτής διαθέτει λέβητες βιομάζας προς \$370.000 ανά λέβητα.

8.1.3 Επίλυση

Η ανάπτυξη της μελέτης θα ακολουθήσει τα στάδια όπως παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 3.

- Πρώτα θα γίνει η μελέτη για την εγκατάσταση του συστήματος θέρμανσης και του δικτύου διανομής
- Στη συνέχεια θα διερευνηθεί η μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου από την εφαρμογή του συστήματος βιομάζας
- Τέλος θα γίνει ανάλυση των δαπανών και ωφελειών της εγκατάστασης καθώς και η χρηματοοικονομική ανάλυση υλοποίησης του έργου

8.2 ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΟΥ

Η προτεινόμενη αντικατάσταση του συστήματος πετρελαίου από λέβητες βιομάζας με ταυτόχρονη σύνδεση της βιομηχανίας ξύλου στο κεντρικό σύστημα (στο εξής *εναλλακτικό* σύστημα θέρμανσης), θα συγκριθεί με την περίπτωση που η βιομηχανία ξύλου συνδεόταν μεν στο κεντρικό σύστημα, αλλά το καύσιμο παρέμενε το πετρέλαιο (στο εξής *συμβατικό* σύστημα θέρμανσης).

Η επιλογή των διαστάσεων του συστήματος βιομάζας έγινε με κριτήριο να μην απαιτηθεί η χρήση ενισχυτικού συστήματος αιχμής φορτίου. Έτσι η ισχύς του λέβητα (ή των λεβήτων) βιομάζας επιλέχθηκε να είναι τόση ώστε να καλύπτεται πλήρως η αιχμή φορτίου του συστήματος, η οποία υπολογίζεται στην *Ενότητα* §8.2.2.2 και ισούται με $P_A = 2.255 \text{ kW}$. Μέσα από μια γκάμα τυποποιημένων διαστάσεων του εμπορίου καθορίστηκε η ισχύς του συστήματος βιομάζας σε 2.300 kW .

Για την επίλυση του προβλήματος θα θεωρήσουμε ότι όλα τα υπάρχοντα συνδεδεμένα κτίρια είναι ένα ενιαίο κτίριο με συνολική επιφάνεια 21.500 m^2 και θερμικό φορτίο 70 W/m^2 . Το απαιτούμενο φορτίο για τις θερμικές διεργασίες της βιομηχανίας ξύλου θα τεθεί σαν *Απαίτηση Θερμού Νερού Χρήσης*.

8.2.1 Στοιχεία εισόδου σχεδίασης εγκατάστασης

Στον Πίνακα 8.1 παρουσιάζονται τα δεδομένα εισόδου για τη σχεδίαση της εγκατάστασης. Διευκρινήσεις για τα στοιχεία του πίνακα εισόδου δίνονται αμέσως μετά τον πίνακα.

Πίνακας 8.1: Δεδομένα εισόδου σχεδίασης εγκατάστασης.

α/α	Περιγραφή Μεγέθους	Σύμβολο	Μονάδα Μέτρησης	Παρατηρήσεις
A) Θερμοκρασιακά χαρακτηριστικά εξεταζόμενης τοποθεσίας				
1)	Πλησιέστεροι σταθμοί μετεωρολογικών δεδομένων	Ljubljana & Klagenfurt	-	Σλοβενία Αυστρία
2)	Θερμοκρασία Σχεδίασης	$T_{\min} = -11$	$^{\circ}\text{C}$	Βλέπε §8.2.1.1
3)	Ημερήσιοι-Βαθμοί (κάτω των 18°C) για κάθε μήνα	$DD_{\text{month-M}}$	$^{\circ}\text{C}$	Βλέπε Πίνακα 8.2

a/a	Περιγραφή Μεγέθους	Σύμβολο	Μονάδα Μέτρησης	Παρατηρήσεις
Β) Στοιχεία τοπολογίας και υπάρχοντος (συμβατικού) συστήματος θέρμανσης				
4)	Θέρμανση νερού χρήσης	$DHW_{load}=51\%$	σαν ποσοστό(%) επί της ετήσιας απαιτούμενης ενέργειας θέρμανσης	
5)	Θερμαινόμενη επιφάνεια για κάθε ομάδα κτιρίων	$S_1 = 21.500$ $S_2 = 7.500$	m^2	-
6)	Θερμικό φορτίο	$L_1=70$ $L_2=100$	W/m^2	Βλέπε §8.2.1.3
7)	Τύπος καυσίμου υπάρχοντος συστήματος θέρμανσης	Ομάδα 1: Ντίζελ Ομάδα 2: Ντίζελ		Μ.Θ.Α.: 38,7 MJ/L (10,74kWh/L)
8)	Τιμή μονάδας καυσίμου υπάρχοντος συστήματος θέρμανσης	$K_{1-Nτίζελ} = 0,63$ $K_{1-Nτίζελ} = 0,63$	\$/L	-
9)	Εποχιακή απόδοση συστήματος	$n_1 = 60$ $n_2 = 60$	%	-
Γ) Χαρακτηριστικά εναλλακτικού συστήματος θέρμανσης				
10)	Τύπος συστήματος	Βιομάζα	-	Υπολείμματα ξυλουργίας
Γ.1) Σύστημα ανάκτησης θερμότητας αέριων αποβλήτων (WHR)				
11)	Ισχύς συστήματος	$C_{WHR} = 0$	kW	ΔΕΝ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙΤΑΙ
Γ.2) Σύστημα θέρμανσης με Βιομάζα (Biomass)				
12)	Τύπος καυσίμου βιομάζας	Ξύλο μεσαίας θερμαντικής αξίας	-	Μ.Θ.Α.: 19.000 MJ/t
13)	Περιεκτικότητα σε υγρασία της βιομάζας μετρημένη σε υγρή βάση	$m_{wb} = 40$	%	- -
14)	Πραγματική ισχύς λέβητα (ή συνολική ισχύς λεβήτων)	$C_{Bio} = 2.300$	kW	Επιλέχθηκε τόση ώστε να καλύπτεται πλήρως η αιχμή φορτίου
15)	Εποχιακή απόδοση	$n_{bio} = 85$	%	-
Γ.3) Σύστημα θέρμανσης αιχμής φορτίου (Peak load)				
16)	Τύπος καυσίμου	-	-	-
17)	Ισχύς συστήματος	$C_{peak} = 0$	kW	ΔΕΝ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙΤΑΙ
18)	Εποχιακή απόδοση συστήματος	-	%	-
Γ.4) Εφεδρικό σύστημα θέρμανσης - [Προαιρετικό]				
19)	Ισχύς εφεδρικού λέβητα	$C_{(back-up)} = 2.300$	kW	-

8.2.1.1 Θερμοκρασιακά χαρακτηριστικά εξεταζόμενης τοποθεσίας

8.2.1.1.1 Θερμοκρασία Σχεδίασης

Η βάση μετεωρολογικών δεδομένων για την Λουμπλιάνα δίνει Θερμοκρασία Σχεδίασης (Θ.Σ.): $-9,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, ενώ αυτή για το Klagenfurt της Αυστρίας δίνει Θ.Σ.: $-12,3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Γνωρίζουμε πως τα τυπικά μετεωρολογικά δεδομένα του Gornji Grad βρίσκονται κάπου ανάμεσα στα δεδομένα των δύο αυτών πόλεων, οπότε θα λάβουμε σαν Θ.Σ. τη μέση τιμή των δύο ανωτέρω.

Σημείωση: Το γεγονός ότι μια πόλη ισαπέχει από δύο σταθμούς καιρικών δεδομένων δεν αρκεί για να οδηγήσει στο συμπέρασμα ότι τα κλιματικές της δεδομένα βρίσκονται από την μέση τιμή των δύο σταθμών, αφού ως γνωστών οι κλιματικές συνθήκες δεν εξαρτώνται μόνο από το γεωγραφικό πλάτος αλλά και από άλλους παράγοντες (π.χ. το υψόμετρο, το περιβάλλον, τον πληθυσμό της πόλης κ.λ.π.). Στην προκειμένη περίπτωση αυτό δόθηκε σαν δεδομένο από τις τοπικές αρχές.

8.2.1.2 Στοιχεία Τοπολογίας και υπάρχοντος (συμβατικού) συστήματος θέρμανσης

8.2.1.2.1 Θέρμανση νερού χρήσης

Ουσιαστικά η τιμή που εισάγεται σαν ποσοστό της ετήσιας απαιτούμενης ενέργειας θέρμανσης για θέρμανση νερού χρήσης, δεν είναι παρά μία προσάυξηση της απαιτούμενης ενέργειας θέρμανσης της εγκατάστασης. Στην προκειμένη περίπτωση η επιπλέον απαιτούμενη ενέργεια δεν προορίζεται για θέρμανση νερού χρήσης αλλά για τις θερμικές διεργασίες της βιομηχανίας ξύλου (π.χ. ατμός για πρέσες, ξηραντήρες κ.λ.π.).

8.2.1.2.2 Θερμικό φορτίο για κάθε ομάδα

Το θερμικό φορτίο για το σύνολο των κτιρίων που είναι ήδη συνδεδεμένα στο κεντρικό σύστημα (Ομάδα 1) έχει προσδιοριστεί σε $L_1=70\text{ W/m}^2$, κατά μέσο όρο. Για την βιομηχανία ξύλου (Ομάδα 2), είναι γνωστή η αιχμή φορτίου, $P_2=750\text{ kW}$. Το θερμικό φορτίο (L_2) της Ομάδας 2, θα υπολογιστεί για λόγους επαλήθευσης μόνο (βλέπε *Ενότητα* §8.2.2.2.1) και δεν είναι απαραίτητο στους υπόλοιπους ενεργειακούς υπολογισμούς, αφού όπως έχουμε αναφέρει η τιμή του χρησιμοποιείται μόνο για τον υπολογισμό του φορτίου αιχμής, που στην προκειμένη περίπτωση, είναι γνωστό.

8.2.1.3 Χαρακτηριστικά εναλλακτικού συστήματος θέρμανσης

8.2.1.3.1 Τύπος καυσίμου βιομάζας

Ο τύπος της βιομάζας που θα χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο είναι υπολείμματα επεξεργασίας ξύλου από την τοπική βιομηχανία ξύλου. Οι εργαστηριακές μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν έδειξαν ότι η Μέγιστη Θερμαντική Αξία της βιομάζας σε ξηρή βάση είναι περίπου 19.000 MJ/t , με 40% περιεκτικότητα σε υγρασία.

8.2.2 Ενδιάμεσοι υπολογισμοί

8.2.2.1 Θερμοκρασιακά χαρακτηριστικά εξεταζόμενης τοποθεσίας

Ομοίως με την *Ενότητα §8.2.1.1*, οι ημερήσιοι-βαθμοί για κάθε μήνα του χρόνου λήφθηκαν από τη μέση τιμή των τιμών που δίνονται από την καιρική βάση δεδομένων του RETscreen για τη Λουμπλιάνα και το Klagenfurt. Στην τελευταία στήλη του Πίνακα 8.2 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι των ημερήσιων-βαθμών για κάθε μήνα (πρόκειται για το πηλίκο των ημερήσιων-βαθμών κάθε μήνα προς τον αριθμό των ημερών κάθε μήνα):

Πίνακας 8.2: Ημερήσιοι βαθμοί θέρμανσης σε μηνιαία βάση

Μήνας	°C-d (<18°C)	DD/day
Ιανουάριος	656	21,116
Φεβρουάριος	512	18,285
Μάρτιος	432	13,935
Απρίλιος	273	9,1
Μάιος	135	4,354
Ιούνιος	35	1,166
Ιούλιος	4	0,129
Αύγουστος	13	0,419
Σεπτέμβριος	105	3,5
Οκτώβριος	277	8,935
Νοέμβριος	452	15,066
Δεκέμβριος	617	19,903
ΣΥΝΟΛΟ	3.511	9,619

8.2.2.1.1 Ετήσιοι Ημερήσιοι-Βαθμοί (κάτω των 18 °C)

$$DD_{\text{year}} = \sum_{1}^{12} [DD_{\text{month}-M}] = 3.511 \text{ °C-year}$$

8.2.2.1.2 Ισοδύναμοι Ημερήσιοι-Βαθμοί για θέρμανση νερού χρήσης (σε ετήσια βάση)

$$DD_{\text{DHW}} = \frac{DD_{\text{year}} \cdot DHW_{\text{load}}}{1 - DHW_{\text{load}}} / 365 = \frac{3.511 \cdot 51\%}{1 - 51\%} / 365 = 10,011 \text{ °C-d/d}$$

8.2.2.1.3 Ισοδύναμες ώρες αιχμής φορτίου

Κατατάσσονται οι μήνες με βάση το μέσο όρο των ημερήσιων βαθμών θέρμανσης (DD/day) κάθε μήνα.

month-M	1	2	3	4	5	6
DD/day	0,129	0,419	1,166	3,5	4,354	8,935
days_{month M}	31	31	30	30	31	31
month-M	7	8	9	10	11	12
DD/day	9,1	13,935	15,066	18,285	19,903	21,116
days_{month M}	30	31	30	28	31	31

Η χρονική διάρκεια $hrs_{month-M}$ κάθε μήνα (πρόκειται για την χρονική διάρκεια σε ώρες κατά την οποία το DD/day παραμένει σταθερό) υπολογίζεται με βάση τη σχέση:

$$hrs_{month-M} = [(days_{month-M} + days_{month-M+1})/2] \cdot 24$$

Με αριθμητική αντικατάσταση έχουμε:

$$\begin{aligned} hrs_{month-1} &= [(31+31)/2] \cdot 24 = 744 & hrs_{month-7} &= [(30+31)/2] \cdot 24 = 732 \\ hrs_{month-2} &= [(31+30)/2] \cdot 24 = 732 & hrs_{month-8} &= [(31+30)/2] \cdot 24 = 732 \\ hrs_{month-3} &= [(30+30)/2] \cdot 24 = 720 & hrs_{month-9} &= [(30+28)/2] \cdot 24 = 696 \\ hrs_{month-4} &= [(30+31)/2] \cdot 24 = 732 & hrs_{month-10} &= [(28+31)/2] \cdot 24 = 708 \\ hrs_{month-5} &= [(31+31)/2] \cdot 24 = 744 & hrs_{month-11} &= [(31+31)/2] \cdot 24 = 744 \\ hrs_{month-6} &= [(31+30)/2] \cdot 24 = 732 & hrs_{month-12} &= [(31+31)/2] \cdot 24 = 744 \end{aligned}$$

Το ποσοστό της αιχμής φορτίου για κάθε χρονική περίοδο $hrs_{month-M}$, με βάση τα θερμοκρασιακά δεδομένα της περιοχής και την απαίτηση σε θέρμανση νερού χρήσης, δίνεται από τη σχέση:

$$P_{month-M} = \frac{(DD/day)_M + DD_{DHW}}{180C - T_{min}} \cdot 100 \cdot f_{cor-M}$$

και με αριθμητική αντικατάσταση (για $DD_{DHW} = 10$ και $T_{min} = -11$ °C) έχουμε:

$$\begin{aligned} P_{month-1} &= [(0,129+10)/29] \cdot 100 \cdot 0,5 = 17,46 & P_{month-7} &= [(9,1+10)/29] \cdot 100 \cdot 0,68 = 44,78 \\ P_{month-2} &= [(0,419+10)/29] \cdot 100 \cdot 0,6 = 21,55 & P_{month-8} &= [(13,935+10)/29] \cdot 100 \cdot 0,68 = 56,94 \\ P_{month-3} &= [(1,166+10)/29] \cdot 100 \cdot 0,6 = 23,1 & P_{month-9} &= [(15,066+10)/29] \cdot 100 \cdot 0,69 = 59,63 \\ P_{month-4} &= [(3,5+10)/29] \cdot 100 \cdot 0,7 = 32,5 & P_{month-10} &= [(18,285+10)/29] \cdot 100 \cdot 0,78 = 76,07 \\ P_{month-5} &= [(4,354+10)/29] \cdot 100 \cdot 0,77 = 38,11 & P_{month-11} &= [(19,903+10)/29] \cdot 100 \cdot 0,80 = 82,49 \\ P_{month-6} &= [(8,935+10)/29] \cdot 100 \cdot 0,66 = 43,09 & P_{month-12} &= [(21,116+10)/29] \cdot 100 \cdot 0,92 = 98,71 \end{aligned}$$

όπου f_{cor-M} ένας διορθωτικός συντελεστής για κάθε μήνα που είναι ενδεικτικός του κινδύνου, να υπάρχει ταυτόχρονη κατανάλωση, από όλες τις ομάδες κτιρίων στον ίδιο υψηλό βαθμό.

Οι ισοδύναμες ώρες αιχμής φορτίου δίνονται από τη σχέση:

$$\Omega_{Tot} = \sum_1^{12} [hrs_{month-M} \cdot P_{month-M}] = 4.330 \text{ hrs}$$

8.2.2.2 Στοιχεία Τοπολογίας

Στη συνέχεια υπολογίζονται αναλυτικά, με βάση τις σχέσεις που έχουν παρουσιαστεί στο Κεφάλαιο 3, όλες οι παράμετροι που σχετίζονται με την τοπολογία της εγκατάστασης.

8.2.2.2.1 Αιχμή φορτίου για κάθε ομάδα κτιρίων

Η αιχμή φορτίου για την Ομάδα 2 (βιομηχανία ξύλου) είναι γνωστή: $P_{A_2} = 750 \text{ kW}$. Για την Ομάδα 1 θα υπολογιστεί με βάση τη Σχέση (3.22):

$$P_{A_{\text{cluster}-i}} = L_{\text{cluster}-i} \cdot S_{\text{cluster}-i} \cdot 10^{-3}$$

Με αριθμητική αντικατάσταση έχουμε:

$$P_{A_1} = 70 \text{ W/m}^2 \cdot 21.500 \text{ m}^2 \cdot 10^{-3} = 1.505 \text{ kW}$$

Για λόγους επαλήθευσης μπορούμε να υπολογίσουμε το θερμικό φορτίο της Ομάδας 2, λύνοντας τη Σχέση (3.22) ως προς L :

$$L_{\text{cluster}-i} = [P_{A_2} / S_2] \cdot 10^3$$

και με αριθμητική αντικατάσταση:

$$L_2 = [750 \text{ kW} / 7.500 \text{ m}^2] \cdot 10^3 = 100 \text{ W/m}^2$$

8.2.2.2.2 Συνολική αιχμή φορτίου

$$P_A = \sum_1^N [P_{A_{\text{cluster}-i}}] = P_{A_1} + P_{A_2}$$

Με αριθμητική αντικατάσταση έχουμε:

$$P_A = 1.505 + 750 = \underline{\underline{2.255 \text{ kW}}}$$

8.2.2.2.3 Ετήσια απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης για κάθε ομάδα κτιρίων

$$Q_{\text{cluster}-i} = L_{\text{cluster}-i} \cdot S_{\text{cluster}-i} \cdot \Omega_{\text{Tot}} \cdot 10^{-6}$$

Με αριθμητική αντικατάσταση έχουμε:

$$Q_1 = 70 \text{ W/m}^2 \cdot 21.500 \text{ m}^2 \cdot 4.330 \text{ hrs} \cdot 10^{-6} = 6.516,65 \text{ MWh}$$

$$Q_2 = 100 \text{ W/m}^2 \cdot 7.500 \text{ m}^2 \cdot 4.330 \text{ hrs} \cdot 10^{-6} = 3.247,50 \text{ MWh}$$

8.2.2.2.4 Συνολική ετήσια απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης

$$Q_{demand_{Total}} = \sum_1^N [Q_{cluster-i}] = Q_1 + Q_2 = 6.516,65 + 3.247,5 \approx \underline{\underline{9.764 \text{ MWh}}}$$

8.2.2.2.5 Ετήσια κατανάλωση συμβατικού καυσίμου κάθε ομάδας κτιρίων

Εδώ υπολογίζεται η ποσότητα πετρελαίου που καταναλώνει η συνδεδεμένη στο κεντρικό σύστημα θέρμανσης, Ομάδα 1, και η ποσότητα πετρελαίου που θα καταναλώνει η Ομάδα 2 εάν συνδεθεί με το υπάρχον, συμβατικό, κεντρικό σύστημα.

$$F = Q_{cluster-i} \cdot \frac{1}{n_i} \cdot \frac{1}{hV_i} \cdot 10^3$$

Με αριθμητική αντικατάσταση έχουμε:

$$F_1 = Q_1 \cdot \frac{1}{n_1} \cdot \frac{1}{hV_{diesel}} \cdot 10^3 = 6.516,65 \cdot \frac{1}{0,60} \cdot \frac{1}{10,74} \cdot 10^3 = \underline{\underline{1.011.274 \text{ L}}}$$

$$F_2 = Q_2 \cdot \frac{1}{n_2} \cdot \frac{1}{hV_{diesel}} \cdot 10^3 = 3.247,5 \cdot \frac{1}{0,60} \cdot \frac{1}{10,74} \cdot 10^3 = \underline{\underline{503.957 \text{ L}}}$$

8.2.2.3 Χαρακτηριστικά εναλλακτικού συστήματος θέρμανσης

Στη συνέχεια υπολογίζονται αναλυτικά, με βάση τις σχέσεις που έχουν παρουσιαστεί στο Κεφάλαιο 3, όλες οι παράμετροι που σχετίζονται με το εναλλακτικό σύστημα θέρμανσης.

8.2.2.3.1 Θερμαντική αξία ετοιμόκαυστης βιομάζας

Η περιεκτικότητα καυσόξυλων μέτριας θερμαντικής αξίας σε Υδρογόνο, Άνθρακα, Οξυγόνο, Άζωτο και Θείο είναι:

Τύπος Καυσίμου Βιομάζας	Άνθρακας [C]	Υδρογόνο [H]	Οξυγόνο [O]	Άζωτο [N]	Θείο [S]
Καυσόξυλα μέτριας HV	48,85%	6,04%	42,64%	0,71%	0,06%

οπότε η μέγιστη θερμαντική αξία σε ξηρή βάση:

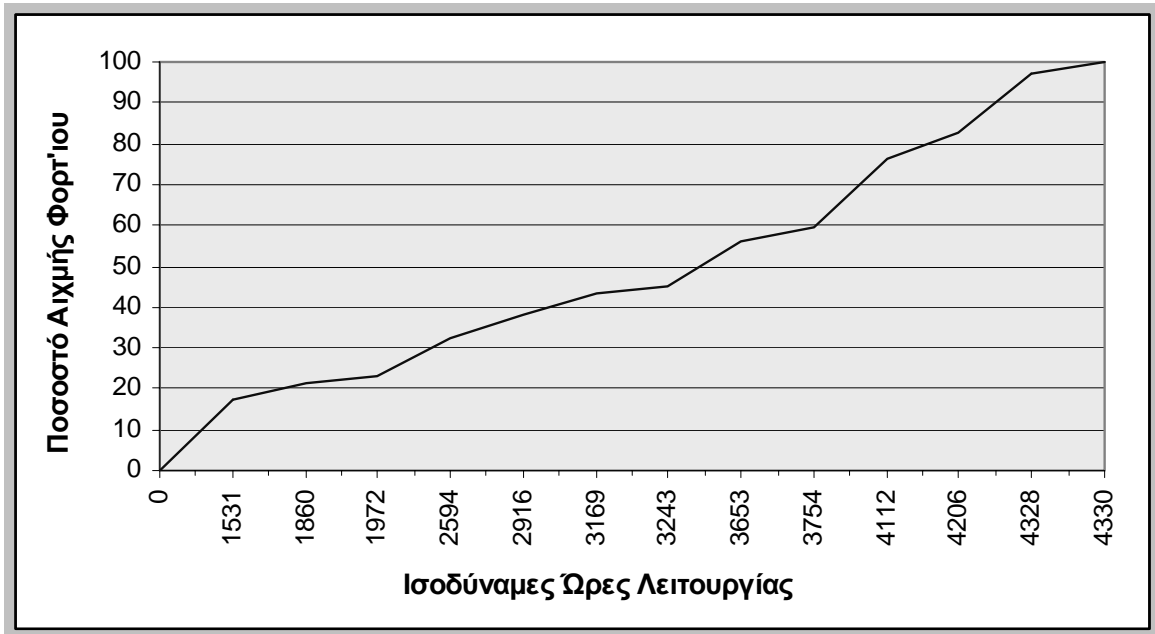
$$\begin{aligned} HHV_{dry} &= 34,1 \cdot [C] + (102 + 2,449 \cdot 8,94) \cdot [H] - 9,85 \cdot [O] + 6,3 \cdot [N] + 19,1 \cdot [S] \\ &= 34,1 \cdot 0,4885 + (123,894) \cdot 0,0604 - 9,85 \cdot 0,4264 + 6,3 \cdot 0,071 + 19,1 \cdot 0,0006 \\ &= 20 \text{ MJ/kg} \end{aligned}$$

και η ζητούμενη Καθαρή Θερμαντική Αξία ετοιμόκαυστης βιομάζας:

$$\begin{aligned} NHV &= [(HHV_{dry} - 8,94 \cdot 2,45 \cdot [H]) \cdot (1 - m_{wb}) - 2,45 \cdot m_{wb}] \cdot 10^3 \\ &= [(20 - 8,94 \cdot 2,45 \cdot 0,0604) \cdot (1 - 0,40) - 2,45 \cdot 0,40] \cdot 10^3 = \underline{\underline{10.223 \text{ MJ/t}}} \end{aligned}$$

8.2.2.3.2 Υπολογισμοί ενεργειακών αποδόσεων συστήματος βιομάζας

Κατασκευάζουμε ένα διάγραμμα του ποσοστού αιχμής φορτίου που μπορεί να αποδοθεί κατά τη διάρκεια των ισοδύναμων ωρών λειτουργίας αιχμής φορτίου, με βάση τα απαιτούμενα φορτία θέρμανσης.



Σχήμα 8.1: Ποσοστό της αιχμής φορτίου στη διάρκεια του χρόνου

Το ποσοστό της αιχμής φορτίου που μπορεί να ικανοποιηθεί από το σύστημα βιομάζας είναι:

$$A_{p_{Bio}} = \frac{C_{Bio}}{P_A} = \frac{2.300}{2.255} = 102 \%$$

Από το διάγραμμα του Σχήματος 8.1 βρίσκουμε τις ισοδύναμες ώρες λειτουργίας αιχμής φορτίου για το σύστημα βιομάζας:

$$\Omega_{Bio} = 4.330 \text{ ώρες}$$

Η ετήσια αποδοθείσα ενέργεια του συστήματος Βιομάζας είναι:

$$Q_{Bio} = \Omega_{Bio} \cdot P_A \cdot 10^{-3} = 4.330 \text{ hrs} \cdot 2.255 \text{ kW} \cdot 10^{-3} = \underline{\underline{9.764 \text{ MWh}}}$$

και ως ποσοστό της συνολικής ετήσιας απαιτούμενης ενέργειας θέρμανσης:

$$\%Q_{Bio} = Q_{Bio} / Q_{demand_{Total}} = 9.764 / 9.764 = 100 \%$$

8.2.2.3.3 Υπολογισμοί ενεργειακών αποδόσεων συστήματος αιχμής

Δεν απαιτείται η χρήση συστήματος αιχμής

8.2.2.3.4 Συνολική ετήσια αποδοθείσα ενέργεια του εναλλακτικού συστήματος θέρμανσης

$$Q_{\text{ren-dlvr}_{Tot}} = Q_{\text{Bio}} = \underline{9.764 \text{ MWh}}$$

8.2.2.3.5 Ποσοστό επί της απαιτούμενης ενέργειας θέρμανσης που αποδίδεται από το εναλλακτικό σύστημα

$$\%Q_{\text{ren-dlvr}_{Tot}} = \%Q_{\text{Bio}} = 100\%$$

8.2.2.3.6 Ποσοστό της αιχμής φορτίου που μπορεί να αποδοθεί από το εναλλακτικό σύστημα

$$A_{p_{Tot}} = A_{p_{\text{Bio}}} = 102\%$$

8.2.2.3.7 Ισοδύναμες Ώρες Πλήρους Απόδοσης

$$E\Omega_{\text{Bio}} = (Q_{\text{Bio}} / C_{\text{Bio}}) \cdot 10^3 = (9.764 \text{ MWh} / 2.300 \text{ kW}) \cdot 10^3 = 4.245 \text{ ώρες}$$

8.2.2.3.8 Δείκτης Χωρητικότητας

$$C_{\text{Bio}}^f = E\Omega_{\text{Bio}} / 8.760 = 4.245 / 8.760 = 0,4845$$

όπου 8760 = 24·365 είναι οι ώρες ενός έτους

8.2.2.3.9 Απαιτούμενη ποσότητα βιομάζας σε ετήσια βάση

$$F_{\text{Bio}} = \frac{Q_{\text{Bio}} \cdot 3600}{NHV \cdot n_{\text{Bio}}} = \frac{9.764 \cdot 3.600}{10.223 \cdot 0,85} = \underline{4.045 \text{ τόνοι}}$$

Συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα των ενεργειακών αποδόσεων του εναλλακτικού συστήματος φαίνονται στον Πίνακα 8.3:

Πίνακας 8.3: Ετήσια ενεργειακή παραγωγή

	Βιομάζα	Αιχμή (Βιομάζα)	Συνολικά	Μονάδα Μέτρησης
Ποσοστό της αιχμής φορτίου που μπορεί να αποδοθεί	102	0	102	%
Διαθέσιμη Θερμική Ισχύς	2.300	0	2.300	kW
Ισοδύναμες Ώρες Πλήρους Απόδοσης	4.245	0	-	h
Δείκτης Χωρητικότητας	48,5	0	-	%
Ποσοστό επί της συνολικά απαιτούμενης ενέργειας θέρμανσης	100	0	100	%
Αποδοθείσα ενέργεια θέρμανσης	9.764	0	9.764	MWh
Απαιτούμενη ποσότητα βιομάζας	4.045	-	4.045	t/έτος

8.2.3 Στοιχεία εισόδου σχεδίασης και κοστολόγησης δικτύου διανομής

Η Ομάδα 1 είναι ήδη συνδεδεμένη στο υπάρχον δίκτυο. Όλοι οι παρακάτω υπολογισμοί αφορούν την σύνδεση της Ομάδας 2 (βιομηχανία ξύλου) με το κεντρικό σύστημα θέρμανσης, για την οποία εξετάζονται δύο εναλλακτικές περιπτώσεις. Η *Περίπτωση 1* είναι να συνδεθεί με τον πλησιέστερο υπάρχοντα αγωγό (διαμέτρου 100 mm) του δικτύου διανομής που απέχει 100 m και η *Περίπτωση 2* είναι να συνδεθεί απευθείας με τον σταθμό παραγωγής ενέργειας, ο οποίος απέχει 250 m, με ξεχωριστή σωλήνωση. Και στις δύο περιπτώσεις θα απαιτηθεί η χρήση υποσταθμού μεταφοράς.

Στη συνέχεια θα εξεταστούν παράλληλα και οι δυο περιπτώσεις. Στον Πίνακα 8.4 φαίνονται τα δεδομένα εισόδου για την σχεδίαση της εγκατάστασης. Οι θερμοκρασίες σχεδίασης παροχής των σωληνώσεων έχουν επιλεγεί με βάση το Σχήμα 4.3 του Κεφαλαίου 4.

Πίνακας 8.4: Δεδομένα εισόδου δικτύου διανομής

a/a	Περιγραφή Μεγέθους	ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 1	ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 2	Μονάδα Μέτρησης	Παρατηρήσεις
Στοιχεία δικτύου κεντρικής θέρμανσης					
1)	Θερμοκρασία σχεδίασης για τους σωλήνες παροχής	$t_v=120$	$t_v=120$	$^{\circ}C$	
2)	Θερμοκρασία σχεδίασης για τους σωλήνες επιστροφής	$t_r=70$	$t_r=70$	$^{\circ}C$	
3)	Συντελεστής προσαύξησης του κυρίου δικτύου σωληνώσεων	$f_{main}^{size}=0$	$f_{main}^{size}=25$	%	
4)	Μήκος κύριας σωλήνωσης	Τομέας 1: $\ell_{main-1}=0$	Τομέας 1: $\ell_{main-1}=250$	m	Αναφέρεται στο κομμάτι που θα πρέπει να κατασκευαστεί και όχι στο ήδη υπάρχον
5)	Σύνδεση ομάδας με Τομέα 1 κύριας σωλήνωσης	Ομάδα-1-NAI Ομάδα-2-NAI	Ομάδα-1-OXI Ομάδα-2-NAI		
6)	Συντελεστής προσαύξησης δευτερεύοντος δικτύου σωληνώσεων	$f_{sec}^{size}=25$	$f_{sec}^{size}=0$	%	
7)	Μήκος δευτερεύοντος δικτύου σωληνώσεων για κάθε ομάδα	$\ell_{sec-1}=0$ $\ell_{sec-2}=100$	$\ell_{sec-1}=0$ $\ell_{sec-2}=0$	m	Αναφέρεται στο κομμάτι που θα πρέπει να κατασκευαστεί και όχι στο ήδη υπάρχον
Μέθοδος κοστολόγησης		Αναλυτική			
8)	Τρόπος σύνδεσης υποσταθμών μεταφοράς	Έμμεσος	Έμμεσος		

8.2.4 Υπολογισμοί δεδομένων εξόδου δικτύου

8.2.4.1 Διαφορική θερμοκρασία σχεδίασης (Θερμοκρασία Δέλτα)

Η διαφορική θερμοκρασία σχεδίασης υπολογίζεται, με βάση τη Σχέση (3.43), ως εξής:

$$T_{dif} = t_v - t_r = 120 - 70 = 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

8.2.4.2 Συνολικό μήκος σωληνώσεων

Ο τρόπος σύνδεσης της Ομάδας 1 με το κεντρικό σύστημα θα παραμείνει ως έχει. Το συνολικό μήκος των σωληνώσεων που θα πρέπει να προστεθούν για τη σύνδεση της Ομάδας 2 θα είναι 100 m για την Περίπτωση 1 και 250 m για την Περίπτωση 2. Το συνολικό μήκος των σωληνώσεων που πρέπει να προστεθεί σε κάθε περίπτωση είναι:

$$\text{Περίπτωση 1: } \ell_{Total} = \ell_{cluster-1} + \ell_{cluster-2} = 0 + 250 = 250 \text{ m}$$

$$\text{Περίπτωση 2: } \ell_{Total} = \ell_{cluster-1} + \ell_{cluster-2} = 0 + 100 = 100 \text{ m}$$

8.2.4.3 Μέγιστο φορτίο για κάθε τομέα της κύριας σωλήνωσης

Ισούται με το άθροισμα φορτίων αιχμής των κτιρίων τα οποία συνδέει ο κάθε τομέας. Στην περίπτωση που η βιομηχανία ξύλου συνδεθεί με το υπάρχον δίκτυο (Περίπτωση 1), το φορτίο της κύριας σωλήνωσης του δικτύου θα δίνεται από το άθροισμα των φορτίων αιχμής των κτιρίων που συνδέει (Ομάδα 1 και Ομάδα 2). Στην περίπτωση που η βιομηχανία ξύλου συνδεθεί απευθείας με το σταθμό παραγωγής ενέργειας (Περίπτωση 2), το μέγιστο φορτίο της ανεξάρτητης κύριας σωλήνωσης, θα ισούται με την αιχμή φορτίου της Ομάδας 2 (δηλ. της βιομηχανίας ξύλου).

$$\text{Περίπτωση 1: } Q_{\max-1} = P_{A_1} + P_{A_2} = 1.505 + 750 = 2.255 \text{ kW}$$

$$\text{Περίπτωση 2: } Q_{\max-1} = P_{A_2} = 750 \text{ kW}$$

8.2.4.4 Διάμετρος σωλήνωσης για κάθε τομέα

Η διάμετρος της σωλήνωσης καθορίζεται από το μέγιστο φορτίο της. Για τον προσδιορισμό της ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία:

Βήμα 1: Στις τυποποιημένες διαστάσεις σωλήνων (DN32 ως DN150) υπολογίζεται το ωφέλιμο φορτίο που μπορούν να διακινήσουν με βάση τη σχέση:

$$L = d \cdot T_{dif} \cdot 4,185/3,6$$

Όπου: L το ωφέλιμο φορτίο (σε kW), d η παροχή (σε m^3/h), $T_{dif} = 50^{\circ}\text{C}$ η διαφορική θερμοκρασία σχεδίασης και οι συντελεστές μετατροπής των μονάδων: $\text{kW}/(T \cdot 4,185) = \text{kg/s}$ και $\text{m}^3/\text{h} = 3,6 \cdot [\text{kg/s}]$

Βήμα 2: Δημιουργείται ένας πίνακας αντιστοίχισης που έχει την μορφή:

Πίνακας 8.5: Πίνακας αντιστοίχισης

$Q_{\max} >$	Ωφέλιμο φορτίο Z (kW)	DN	Παροχή (m ³ /h)	ΕΠΕΛΕΞΕ
	0	32	1,8	DN 32
Περίπτωση 1: $Q_{\max-1} = 2.255 \text{ kW} >$	$1,8 \cdot 50 \cdot 4,185 / 3,6 = 105$	32	1,8	DN 40
	$2,7 \cdot 50 \cdot 4,185 / 3,6 = 157$	40	2,7	DN 50
	$5,8 \cdot 50 \cdot 4,185 / 3,6 = 337$	50	5,8	DN 65
	$12 \cdot 50 \cdot 4,185 / 3,6 = 698$	65	12	DN 80
Περίπτωση 2: $Q_{\max-1} = 750 \text{ kW} >$	$21 \cdot 50 \cdot 4,185 / 3,6 = 1.221$	80	21	DN 100
	$36 \cdot 50 \cdot 4,185 / 3,6 = 2.093$	100	36	DN 125
	$65 \cdot 50 \cdot 4,185 / 3,6 = 3.778$	125	65	DN 150
	$110 \cdot 50 \cdot 4,185 / 3,6 = 6.394$	150	110	N/A

Βήμα 3: Αναζητούμε την αμέσως μικρότερη τιμή του φορτίου κάθε τομέα σωλήνωσης στην στήλη των ωφέλιμων φορτίων και επιλέγουμε τη διάμετρο της σωλήνας με βάση την τελευταία στήλη του Πίνακα 8.5.

Περίπτωση 1: Επιλέγεται σωλήνα διαμέτρου 125 mm

Περίπτωση 2: Επιλέγεται σωλήνα διαμέτρου 80 mm

Σημείωση: Διαπιστώνουμε ότι για να είναι τεχνικά εφικτή η σύνδεση της Ομάδας 2 με το υπάρχον κύριο δίκτυο σωληνώσεων (*Πρόταση 1*) θα έπρεπε αυτό να έχει σωλήνες διαμέτρου, τουλάχιστον, 125 mm. Είναι όμως γνωστό πως η υπάρχουσα κύρια σωλήνωση έχει διάμετρο 100 mm. Συνεπώς η **Πρόταση 1 απορρίπτεται** για τεχνικούς λόγους και δεν είναι ανάγκη να αναζητηθούν οι, πιθανές, οικονομικές της ωφέλειες σε σχέση με την Περίπτωση 2, η οποία ούτως ή άλλως μπορεί να γίνει δεκτή εφόσον πρόκειται για μια καινούρια σωλήνωση.

8.2.4.5 Σύνοψη δαπανών - Αναλυτική μέθοδος κοστολόγησης

Οι δαπάνες για την απευθείας σύνδεση της Ομάδας 2 με τον σταθμό παραγωγής ενέργειας ανέρχονται σε **\$63.000** για τον υποσταθμό μεταφοράς και **\$70.000** για την καινούρια ανεξάρτητη σωλήνωση. Οι τιμές αυτές θα συνυπολογιστούν στις αρχικές δαπάνες του έργου (*Ενότητα §8.4.2.1*).

8.3 ΜΕΛΕΤΗ ΜΕΙΩΣΗΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΑΕΡΙΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

8.3.1 Δεδομένα εισόδου

Στον Πίνακα 8.6 (*βλέπε επόμενη σελίδα*) παρουσιάζονται τα δεδομένα εισόδου για τη μελέτη μείωσης εκπομπών αερίων θερμοκηπίου.

Πίνακας 8.6: Δεδομένα εισόδου ανάλυσης μείωσης εκπομπής αερίων θερμοκηπίου

α/α	Περιγραφή Μεγέθους	Σύμβολο	Μονάδα Μέτρησης	Παρατηρήσεις
Ανάλυση μείωσης εκπομπών αερίων θερμοκηπίου				
Α) Συμβολή αερίων στην αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας				
1)	Ισοδύναμο δυναμικό (GWP) 1 τόνου CH ₄	$GWP_{CH_4} = 21$	Τόνοι CO ₂	Standards
2)	Ισοδύναμο δυναμικό (GWP) 1 τόνου N ₂ O	$GWP_{N_2O} = 310$	Τόνοι CO ₂	Standards
Β) Χαρακτηριστικά συμβατικού συστήματος παραγωγής ηλεκτρισμού				
3)	Τύπος καυσίμου	Άνθρακας	-	-
4)	Ποσοστό συμμετοχής του Άνθρακα στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας	$p_{coal} = 100$	%	-
5)	Απώλειες μεταφοράς και διανομής	$J_{T\&D} = 8$	%	-
6)	Συντελεστής εκπομπής CO ₂ για τον άνθρακα	$G_{CO_2}^{coal} = 94,6$	Kg/GJ	Standards
7)	Συντελεστής εκπομπής CH ₄ για τον άνθρακα	$G_{CH_4}^{coal} = 0,0020$	Kg/GJ	Standards
8)	Συντελεστής εκπομπής N ₂ O για τον άνθρακα	$G_{N_2O}^{coal} = 0,0030$	Kg/GJ	Standards
9)	Απόδοση Μετατροπής του για τον άνθρακα	$\eta_{coal} = 35$	%	Standards
Γ) Χαρακτηριστικά συμβατικού συστήματος θέρμανσης				
10)	Συντελεστής εκπομπής CO ₂ για το πετρέλαιο ντίζελ	$G_{CO_2}^{i-base} = 74,1$	Kg/GJ	Standards
11)	Συντελεστής εκπομπής CH ₄ για το πετρέλαιο ντίζελ	$G_{CH_4}^{i-base} = 0,0020$	Kg/GJ	Standards
12)	Συντελεστής εκπομπής N ₂ O για το πετρέλαιο ντίζελ	$G_{N_2O}^{i-base} = 0,0020$	Kg/GJ	Standards
Δ) Χαρακτηριστικά προτεινόμενου συστήματος θέρμανσης				
13)	Συντελεστής εκπομπής CO ₂ για τη βιομάζα	$G_{CO_2}^{bio} = 0,00$	Kg/GJ	Standards
14)	Συντελεστής εκπομπής CH ₄ για τη βιομάζα	$G_{CH_4}^{bio} = 0,0320$	Kg/GJ	Standards
15)	Συντελεστής εκπομπής N ₂ O για τη βιομάζα	$G_{N_2O}^{bio} = 0,0040$	Kg/GJ	Standards

8.3.2 Ενδιάμεσοι υπολογισμοί

8.3.2.1 Ηλεκτρισμός

Στο παράδειγμά μας χρησιμοποιείται ηλεκτρική ενέργεια μόνο για την κίνηση επιμέρους εξαρτημάτων του συστήματος βιομάζας και για την λειτουργία των κυκλοφορητών του υποσταθμού μεταφοράς. Από τον οργανισμό παροχής ηλεκτρικής ενέργειας πληροφορούμαστε ότι ο ηλεκτρισμός παράγεται αποκλειστικά από άνθρακα (δηλ. σε ποσοστό 100%), και μεταφέρεται μέσω του διασυνδεδεμένου συστήματος με ποσοστό απωλειών $J_{T-D} = 8\%$.

Κατά την Τυπική Ανάλυση που έχει επιλεχθεί, οι συντελεστές εκπομπών αερίων θερμοκηπίου για τον άνθρακα, έχουν ως άνω (βλέπε Πίνακα 8.6).

Ο Συντελεστής Εκπομπής Αερίων Θερμοκηπίου για την παραγωγή ηλεκτρισμού θα είναι:

$$GHG_{coal} = (G_{CO_2} + G_{CH_4} \cdot 21 + G_{N_2O} \cdot 310) \cdot \frac{1}{n_{coal}} \cdot \frac{1}{1 - J_{T-D}}$$

$$GHG_{Total}^{electr} = (94,6 + 21 \cdot 0,0020 + 310 \cdot 0,0030) \cdot 1/0,35 \cdot 1/0,08 = \underline{\underline{1,069 \text{ (t}_{CO_2}\text{/MWh)}}}$$

Ο συντελεστής αυτός θα συνυπολογιστεί στις εκπομπές αερίων του εναλλακτικού συστήματος θέρμανσης.

8.3.2.2 Συμβατικό σύστημα θέρμανσης

Οι εκπομπές που εξετάζονται εδώ είναι αυτές του τοπικού θερμικού σταθμού (πετρέλαιο ντήζελ), για την παραγωγή ενέργειας που αποδίδεται στο υπάρχον συνδεδεμένο δίκτυο (Ομάδα 1) και για την παραγωγή ενέργειας που θα αποδίδεται στην Ομάδα 2, εάν αυτή συνδεθεί με το υπάρχον, συμβατικό, σύστημα κεντρικής θέρμανσης. Το ποσοστό συμμετοχής της κάθε ομάδας στην συνολικά παραγόμενη ενέργεια θα είναι το πηλίκο της ενέργειας που παράγεται για την καθεμία προς την συνολική αποδιδόμενη ενέργεια:

$$p_{diesel-1} = 6.517 / 9.764 = 66,7\%$$

$$p_{diesel-2} = 3.248 / 9.764 = 33,3\%$$

Κατά την Τυπική Ανάλυση που έχει επιλεχθεί, οι συντελεστές εκπομπών αερίων θερμοκηπίου για το πετρέλαιο θέρμανσης, έχουν ως άνω (βλέπε Πίνακα 8.6), ενώ οι συντελεστές απόδοσης μετατροπής καυσίμου σε ενέργεια, είναι ουσιαστικά οι αποδόσεις των συστημάτων (στην εξεταζόμενη περίπτωση πρόκειται για το ίδιο σύστημα) όπως έχουν οριστεί στον Πίνακα 8.1, και είναι:

$$n_1 = n_2 = 0,60 \text{ ή } 60\%$$

Οι Συντελεστής Εκπομπής Αερίων Θερμοκηπίου για τα συστήματα ντίζελ είναι:

$$GHG_{diesel} = (G_{CO_2} + G_{CH_4} \cdot 21 + G_{N_2O} \cdot 310) \cdot \frac{1}{n_{diesel_i}}$$

$$= (74,1 + 21 \cdot 0,002 + 310 \cdot 0,002) \cdot 1/0,60$$

$$GHG_{diesel-1} = GHG_{diesel-2} = 0,449 \text{ (tCO}_2\text{/MWh)}$$

Ο Συντελεστής εκπομπής αερίων θερμοκηπίου για το συμβατικό σύστημα θέρμανσης θα είναι:

$$GHG_{Total}^{conv} = \sum_i (p_i \cdot GHG_i)$$

$$GHG_{Total}^{conv} = 0,667 \cdot 0,449 + 0,333 \cdot 0,449 = \underline{\underline{0,449 \text{ (tCO}_2\text{/MWh)}}}$$

8.3.2.3 Εναλλακτικό σύστημα θέρμανσης

Το εναλλακτικό σύστημα θέρμανσης χρησιμοποιεί λέβητα/τες βιομάζας. Επιπλέον χρησιμοποιείται ένα ποσό παρασιτικής ηλεκτρικής ενέργειας. Το ποσοστό συμμετοχής του καθενός στην συνολικά παραγόμενη ενέργεια θα είναι το πηλίκο της ενέργειας που αποδίδει ο καθένας προς την συνολική αποδιδόμενη ενέργεια του συστήματος:

$$p_{Bio} = 9.764 / 9.764 = 100\%$$

$$p_{electr} = (60.000 \text{ kWh} / 1000) / 9.764 = 0,6\%$$

Σημείωση 1 : 60.000 kWh είναι η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται ετησίως σαν παρασιτικός ηλεκτρισμός.

Σημείωση 2 : Παρατηρούμε ότι το άθροισμα $p_{Bio} + p_{electr} = 100,6\%$. Αυτό συμβαίνει γιατί η ηλεκτρική ενέργεια δεν συμβάλει στην παραγωγή ενέργειας θέρμανσης.

Κατά την *Τυπική Ανάλυση* που έχει επιλεχθεί, οι συντελεστές εκπομπών αερίων θερμοκηπίου για τη βιομάζα έχουν ως άνω (βλέπε Πίνακα 8.6), ενώ ο συντελεστής απόδοσης μετατροπής καυσίμου σε ενέργεια, είναι ουσιαστικά η απόδοση του συστήματος όπως έχει ορισθεί στον Πίνακα 8.1 και είναι:

$$n_{Bio} = 0,85 \text{ ή } 80\%$$

Οι Συντελεστές Εκπομπής Αερίων Θερμοκηπίου για το σύστημα βιομάζας είναι:

$$GHG_i = (G_{CO_2} + G_{CH_4} \cdot 21 + G_{N_2O} \cdot 310) \cdot \frac{1}{n_{fuel_i}}$$

Και με αριθμητική αντικατάσταση:

$$GHG_{Bio} = (0 + 21 \cdot 0,032 + 310 \cdot 0,004) \cdot 1/0,85 = \underline{\underline{0,008 \text{ (tCO}_2\text{/MWh)}}}$$

Και ο Συντελεστής εκπομπής αερίων θερμοκηπίου για το εναλλακτικό σύστημα θέρμανσης:

$$GHG_{Total}^{ren} = \sum_i (p_i \cdot GHG_i) = p_{Bio} \cdot GHG_{Bio} + p_{electr} \cdot GHG_{coal}$$

Και με αριθμητική αντικατάσταση:

$$GHG_{Total}^{ren} = 1 \cdot 0,008 + 0,006 \cdot 1,069 = \mathbf{0,015 \text{ (tCO}_2\text{/MWh)}}$$

8.3.3 Υπολογισμός της μείωσης εκπομπής αερίων θερμοκηπίου

Από την εφαρμογή συστήματος βιομάζας αποφεύγονται κάθε χρόνο 4.236,8 τόνοι CO₂ καθώς:

$$\begin{aligned} GHG_{Avoided} \text{ tones/yr} &= (GHG_{Total}^{conv} - GHG_{Total}^{ren}) \cdot E_{annual-dlvd} \\ &= (0,449 - 0,015) \cdot 9.764 = 4.236,8 \text{ tCO}_2\text{/yr} \end{aligned}$$

Στα 25 χρόνια που είναι ο χρόνος ζωής της εγκατάστασης, η συνολική μείωση της μάζας των αερίων θερμοκηπίου θα είναι $4.236,8 \text{ tCO}_2\text{/yr} \cdot 25 \text{ yr} = 105.920 \text{ tCO}_2$

8.4 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

Όλες οι δαπάνες που εμπλέκονται στην πραγματοποίηση του έργου, από το στάδιο της μελέτης μέχρι την κατασκευή και την λειτουργία της μονάδας, παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα 8.7. Οι χρηματοοικονομικές παράμετροι για την οικονομική αξιολόγηση του έργου έχουν δοθεί στην Ενότητα §8.1.2.

8.4.1 Δεδομένα εισόδου

Στον Πίνακα 8.7 παρουσιάζονται τα δεδομένα εισόδου της χρηματοοικονομικής ανάλυσης.

Πίνακας 8.7: Δεδομένα εισόδου χρηματοοικονομικής ανάλυσης.

α/α	Περιγραφή Μεγέθους	Ποσότητα	Κόστος Μονάδας	Κόστος σε \$
A) Ανάλυση Δαπανών				
A.1) Αρχικές δαπάνες (ή πιστώσεις) του έργου				
1)	Μελέτη σκοπιμότητας	-	-	7.000
2)	Ανάπτυξη του έργου	-	-	28.000
3)	Μηχανολογική σχεδίαση και επίβλεψη έργου	-	-	105.000

4) Εξοπλισμός ΑΠΕ και μεταφορικά του			
Λέβητας βιομάζας	2.300 kW	\$161/ kW	370.300
Τοποθέτηση εξοπλισμού	2.300 kW	\$18/ kW	41.400
Μεταφορικά	1 τμχ	\$3.500	3.500
Πίστωση για αγορά εξοπλισμού ανανεώσιμης ενέργειας			0
<u>Μερικό Σύνολο:</u>			<u>415.200</u>
5) Ολοκλήρωση της εγκατάστασης			
Εφεδρικός Λέβητας	2.300 kW	\$161/ kW	370.300
Υποσταθμοί μεταφοράς	2 κτίσματα	-	63.000
Κόστος κεντρικής σωλήνωσης	250m	-	70.000
Κτιριακή υποδομή	320m ²	\$245/m ²	78.400
Εξοπλισμός εγκατάστασης	1400	28	39.200
Μεταφορικά	-	-	7.000
Αξία υπάρχοντος εξοπλισμού	-	41.400	-(41.400)
<u>Μερικό Σύνολο:</u>			<u>586.500</u>
<u>Σύνολο:</u>			<u>1.141.700</u>
6) Διάφορα έξοδα ή πιστώσεις			
Απρόοπτα (ως ποσοστό των ανωτέρω δαπανών)	10%	<u>\$1.141.700</u>	114.170
Πάγια	50 hrs	\$42/hr	2.100
Εκμάθηση/Επίδειξη λειτουργίας	40 hrs	\$42hr	2.680
<u>Τελικό Σύνολο:</u>			<u>1.259.650</u>
A.2) Ετήσιο κόστος (ή πιστώσεις) του έργου			
7) Φόροι και κόστος εργασιών			
Φόρος περιουσίας/ασφάλεια	1	\$3.500	3.500
Ανταλλακτικά	2 τμχ	\$36.400	72.800
Φόροι και κόστος εργασιών	400 hrs	\$14/hr	5.600
Διάφορα	-	-	1.400
<u>Μερικό Σύνολο:</u>			<u>83.300</u>
Απρόοπτα (ως ποσοστό των ανωτέρω δαπανών)	10%	<u>\$83.300</u>	8.330
Διοικητικά έξοδα	-	840	840
<u>Σύνολο:</u>			<u>92.470</u>
8) Κόστος καυσίμων και παρασιτικού ηλεκτρισμού			
Βιομάζα	4.045 τόνοι	\$73 /t	295.294
Ηλεκτρισμός	60.000 kWh	\$0,065 /kWh	3.900
<u>Τελικό Σύνολο:</u>			<u>391.664</u>
A.3) Περιοδικές δαπάνες (ή πιστώσεις) του έργου			
9) Εργασίες συντήρησης	περίοδος 7 ετών	-	<u>35.000</u>

α/α	Περιγραφή Μεγέθους	Σύμβολο	Τιμή	Παρατηρήσεις
B) Οικονομική Σύνοψη				
B.1) Χρηματοοικονομικές παράμετροι				
10)	Πίστωση για εφαρμογή μείωσης εκπομπής αερίων θερμοκηπίου	$GHG_{reduce-credit}$	\$0/t CO ₂	-
11)	Επιτόκιο προσαύξησης του κόστους ενέργειας	r_{E-cost}	1%	-
12)	Πληθωρισμός	f	1%	-
13)	Προεξοφλητικό επιτόκιο	D	10%	-
14)	Διάρκεια ζωής έργου (επένδυσης)	PL	25 έτη	-
15)	Ικανότητα δανεισμού	R_{costs}	80%	-
16)	Επιτόκιο εξόφλησης χρεών	r_{debt}	6%	-
17)	Προθεσμία εξόφλησης χρεών	$Debt_{term}$	15 έτη	-
	Ανάλυση φόρου εισοδήματος	-	-	NAI
18)	Ποσοστό επί του φορολογητέου εισοδήματος	I_{tax}	%	
	Τυχόν απώλειες μεταφοράς κονδυλίων	cf	-	OXI
19)	Μέθοδος λογιστικής απόσβεσης	-	-	Αναλογική
20)	Φορολογική βάση λογιστικής απόσβεσης	P_{de}	75%	-
21)	Ρυθμός λογιστικής απόσβεσης	r_{depr}	25%	-
	Περίοδος μειωμένου φορολογικού συντελεστή	-	-	OXI
B.2) Κόστη και αποταμιεύσεις του έργου (επένδυσης)				
22)	Οικονομικά κίνητρα ή επιδοτήσεις (εάν υπάρχουν)		\$0	-
B.3) Οικονομική εφικτότητα				
23)	Υπολογισμός κόστους από την εφαρμογή μείωσης εκπομπής αερίων θερμοκηπίου		-	OXI

8.4.2 Ανάλυση δαπανών

8.4.2.1 Αρχικές δαπάνες

Στην περίπτωση που εξετάζεται, θεωρείται ότι το κόστος της μελέτης σκοπιμότητας του έργου θα κοστίσει \$7.000, η ανάπτυξη του έργου \$28.000 και η μηχανολογική μελέτη \$105.000. Η προμήθεια, μεταφορά και εγκατάσταση του συστήματος θέρμανσης με βιομάζα θα κοστίσει:

$$2.300 \cdot \$150 + 2.300 \cdot \$50 + \$3.500 = \underline{\underline{\$415.200}}$$

Η κοινότητα επιθυμεί την εγκατάσταση κι ενός εφεδρικού συστήματος βιομάζας το οποίο θα μπορεί να καλύψει το σύνολο των ενεργειακών απαιτήσεων σε περίπτωση που, για οποιονδήποτε λόγο, διακοπεί η λειτουργία του βασικού συστήματος. Η αγορά του εφεδρικού συστήματος, ισχύος 2.300kW, θα κοστίσει επιπλέον:

$$2.300 \cdot \$150 = \underline{\$370.300}$$

Για την ολοκλήρωση της εγκατάστασης θα απαιτηθεί η αγορά και εγκατάσταση των σωλήνων (250 μέτρων), η κατασκευή δύο υποσταθμών μεταφοράς καθώς και κάποιες οικοδομικές φύσεως εργασίες (σε μια επιφάνεια 320 m²) του νέου συστήματος θέρμανσης. Το κόστος των ανωτέρω μαζί με τα μεταφορικά τους και των επιπλέον εξοπλισμό θα κοστίσει συνολικά:

$$\$63.000 + \$70.000 + \$78.400 + \$39.200 + \$7.000 = \underline{\$257.600}$$

Ένα μέρος του εξοπλισμού του υπάρχοντος συστήματος θέρμανσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στο νέο σύστημα χωρίς μετατροπές. Το κόστος του εξοπλισμού αυτού εκτιμάται ότι ανέρχεται σε \$41.400, ποσό που θα πρέπει να αφαιρεθεί από το ανωτέρω κόστος για την ολοκλήρωση της εγκατάστασης.

Το μερικό σύνολο μέχρι αυτό το σημείο είναι:

$$\$7.000 + \$28.000 + \$105.000 + \$415.200 + \$370.300 + \$257.600 - \$41.400 = \underline{\$1.141.700}$$

Τέλος, λαμβάνονται υπόψιν είτε κάποια απρόοπτα έξοδα που μπορούν να προκύψουν είτε διακυμάνσεις των ανωτέρων δαπανών σε ένα επίπεδο της τάξης του 10% των συνολικά υπολογισμένων αρχικών δαπανών. Επιπλέον στα αρχικά έξοδα πρέπει να προστεθούν κάποια πάγια έξοδα όπως και κάποια για την επίδειξη της λειτουργίας της εγκατάστασης. Έτσι οι συνολικές αρχικές δαπάνες θα είναι:

$$\$1.141.700 + 10\% \cdot \$1.141.700 + \$3.000 + \$1.200 = \underline{\$1.259.650}$$

8.4.2.2 Ετήσιες δαπάνες

Το ετήσιο κόστος λειτουργίας της εγκατάστασης, πέραν του κόστους των καυσίμων, περιλαμβάνει τον φόρο περιουσίας, την ασφάλεια, την αγορά ανταλλακτικών, και το κόστος εργασιών συντήρησης. Όλα αυτά ανέρχονται σε \$83.300. Σε αυτό το κόστος θα πρέπει να συνυπολογίσουμε κι ένα ποσοστό διακυμάνσεων ή απρόβλεπτων εξόδων της τάξης του 10%, καθώς και κάποια διοικητικά έξοδα (\$840) για τη λειτουργία της μονάδας.

$$\$83.300 + \$8.330 + \$840 = \underline{\$92.470}$$

Το κόστος των καυσίμων, με βάση τις απαιτήσεις σε καύσιμα όπως έχουν υπολογιστεί στους ενεργειακούς υπολογισμούς, συμπεριλαμβανομένου και του κόστους της παρασιτικής ηλεκτρικής ενέργειας θα είναι:

$$\underline{\text{Για τη βιομάζα:}} (4.045 \text{ τόνοι ετησίως}) \cdot (\$73/\text{τόνο}) = \$295.294$$

Για τον ηλεκτρισμό: $60.000\text{kWh} \cdot \$0,065/\text{kWh} = \3.900

Οπότε τα συνολικά ετήσια έξοδα (χωρίς τις αποπληρωμές των δανείων) θα είναι:

$$E_{\text{annual}} = \$92.470 + \$295.294 + \$3.900 = \underline{\underline{\$391.664}}$$

8.4.2.3 Περιοδικές δαπάνες

Στις περιοδικές δαπάνες λειτουργίας της εγκατάστασης προβλέπονται εργασίες συντήρησης μετά από 7 έτη, που θα κοστίσουν **\$35.000.**

8.4.3 Σύνοψη ωφελειών

8.4.3.1 Ετήσια εξοικονόμηση καυσίμων

Η ετήσια κατανάλωση συμβατικού καυσίμου για κάθε ομάδας (F_i) όπως έχει υπολογιστεί από τη Σχέση (4.23) είναι:

$$F_1 = 1.011.274 \text{ L}$$

$$F_2 = 503.957 \text{ L}$$

Για το συμβατικό σύστημα το κόστος καυσίμων (σε \$) για κάθε ομάδα είναι:

$$K_{\text{fuel-}i} = F_i \cdot (\text{κόστος/μονάδα καυσίμου})$$

και με αριθμητική αντικατάσταση:

$$K_{\text{diesel-1}} = \$1.011.274 \cdot \$0,63/\text{L} = \$637.103$$

$$K_{\text{diesel-2}} = \$503.957 \cdot \$0,63/\text{L} = \$317.493$$

Η συνολικά απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης καλύπτεται από το εναλλακτικό σύστημα σε ποσοστό 100%, ενώ το συνολικό ετήσιο κόστος των συμβατικών καυσίμων K_{Tot} είναι: $K_{\text{diesel-1}} + K_{\text{diesel-2}} = \$637.103 + \$317.493 = \954.596

Οπότε η ετήσια εξοικονόμηση καυσίμων σύμφωνα με τη Σχέση (4.63):

$$E_{\text{fuel}} = K_{\text{Tot}} \cdot (\%Q_{\text{ren-dlvrTot}})$$

και με αριθμητική αντικατάσταση:

$$E_{\text{fuel}} = \$954.596 \cdot 100\% = \underline{\underline{\$954.596}}$$

8.4.3.2 Ετήσιο εξοικονομούμενο κόστος ενέργειας

Το ετήσιο εξοικονομούμενο κόστος ενέργειας δίνεται από τη Σχέση (3.63):

$$E_{\text{energy}} = E_{\text{fuel}} / Q_{\text{demand}_{\text{Total}}}$$

και με αριθμητική αντικατάσταση:

$$E_{\text{energy}} = \$954.596 / 9.764 \text{ MWh} = \underline{\underline{\$ 97,8 / \text{MWh}}}$$

Σημείωση: Το μοντέλο κλιμακώνει την οικονομική ωφέλεια σύμφωνα με το ποσοστό κλιμάκωσης ενεργειακών δαπανών που αρχίζει από το έτος 1 και καθόλη τη διάρκεια ζωής της εγκατάστασης.

8.4.3.3 Ετήσια εξοικονόμηση από τη μείωση παραγωγής αερίων θερμοκηπίου

Δεν υπάρχει πίστωση για την μείωση παραγωγής αερίων θερμοκηπίου.

8.5 ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΡΓΟΥ

8.5.1 Μετοχικό κεφάλαιο

Το μετοχικό κεφάλαιο είναι το κεφάλαιο που επενδύεται αρχικά από όλους τους μετόχους του επενδυτικού έργου:

$$I_{\text{cap}} = I \cdot (1 - R_{\text{costs}}) = \$1.259.650 \cdot (1 - 80\%) = \underline{\underline{\$251.930}}$$

όπου I το αρχικό κόστος της επένδυσης, όπως δίνεται.

8.5.2 Χρέος του έργου

Το χρέος του έργου υπολογίζεται εάν από το αρχικό κόστος αφαιρεθεί το ποσό I_{cap} . Δηλαδή:

$$\text{Project}_{\text{debt}} = I - I_{\text{cap}} = \$1.259.650 - \$251.930 = \underline{\underline{\$1.007.720}}$$

8.5.3 Ετήσια έξοδα

Έχουμε ήδη υπολογίσει τα ετήσια κόστη από τη λειτουργία της εγκατάστασης και τις εργασίες συντήρησης, \$92.470, όπως και το συνολικό ετήσιο κόστος των καυσίμων, συμπεριλαμβανομένου και του κόστους της παρασιτικής ηλεκτρικής ενέργειας, \$299.194. Συνολικά τα ετήσια έξοδα υπολογίστηκαν σε: $E_{\text{annual}} = \$391.664$.

Το ετήσιο χρεολύσιο για την εξόφληση του χρέους του έργου, υπολογίζεται από τη Σχέση (3.73):

$$d_p = \frac{-\text{Project}_{\text{debt}} \cdot r_{\text{debt}} \cdot (1 + r_{\text{debt}})^{\text{Debt}_{\text{term}}}}{(1 + r_{\text{debt}})^{\text{Debt}_{\text{term}}} - 1} = \frac{1.007.720 \cdot 6\% \cdot (1 + 6\%)^{15}}{(1 + 6\%)^{15} - 1} = \$103.758$$

Έτσι τα συνολικά ετήσια έξοδα θα είναι το άθροισμα των ανωτέρω δαπανών και του ετήσιου χρεολυσίου:

$$E_{\text{cost}} = E_{\text{annual}} + d_p = \$391.664 + \$103.758 = \underline{\underline{\$495.422}}$$

8.5.4 Ετήσια έσοδα

Τα ετήσια έσοδα ή οι πιστώσεις του έργου, προέρχονται από την ετήσια εξοικονόμηση καυσίμων, καθώς και από την πιθανή (εδώ μηδενική) πίστωση για την μείωση εκπομπής αερίων θερμοκηπίου.

$$E_{\text{saving}} = E_{\text{fuel}} + 0 = \underline{\underline{\$954.596}}$$

8.5.5 Ετήσιες ταμειακές ροές

Πρώτα θα υπολογιστούν οι ταμειακές ροές για το έτος 0

Η καθαρή ταμειακή ροή προ φόρου, περιλαμβάνει τα συνολικά έσοδα. Αυτά περιλαμβάνουν τις εξοικονομήσεις ενέργειας, που είναι μηδέν για το έτος 0, τα έσοδα από τη μείωση εκπομπής παραγωγής αερίων θερμοκηπίου (μηδέν για το έτος 0), τα έσοδα από δωρεές ή χάρες (εδώ μηδέν) και η αξία τέλους έργου, η οποία στην περίπτωση αυτή είναι μηδέν. Άρα, για το έτος 0, τα συνολικά έσοδα είναι μηδέν (το άθροισμα όλων των παραπάνω).

Τα συνολικά έξοδα περιλαμβάνουν τα ποσά που καταβλήθηκαν για τη σύνθεση του μετοχικού κεφαλαίου (υπολογίζονται ότι έγιναν το έτος 0 και είναι ίσα με $I_{\text{cap}} = \$251.930$, τα έξοδα για την αγορά καυσίμων (μηδέν για το έτος 0), τα έξοδα λειτουργίας και συντήρησης της εγκατάστασης (μηδέν για το έτος 0), τα έξοδα αποπληρωμής του χρέους του έργου (μηδέν για το έτος 0).

Για τα έτη 1 έως PL, οι ταμειακές ροές υπολογίζονται ως εξής:

Συνολικά έσοδα:

➤ Για κάθε έτος n μέχρι το τέλος ζωής του έργου PL ($1 \leq n \leq PL$), υπολογίζονται το εξοικονομούμενο κόστος καυσίμων, ως:

$$E_{n-\text{save}} = E_{\text{saving}} \cdot (1 + r_{E-\text{cost}})^n = \$954.596 \cdot (1 + 1\%)^n, \text{ όπου } E_{\text{saving}} \text{ έχει υπολογιστεί στην Ενότητα §8.5.4.}$$

➤ Για κάθε έτος n μέχρι το τέλος της διάρκειας πίστωσης για μείωση εκπομπής αερίων θερμοκηπίου, $GHG_{\text{reduce-credit}}^{lc}$, εντός της διάρκειας ζωής του έργου ($1 \leq n \leq \min(PL, GHG_{\text{credit}}^{lc})$), υπολογίζονται τα έσοδα από την πίστωση αυτή, ως

$GHG_{n-credit} = GHG_{credit} \cdot (1 + r_{GHG})^n$, με $GHG_{red-credit} = GHG_{net-red-yr} \cdot GHG_{reduce-credit}$.
Στη συγκεκριμένη περίπτωση, δεν υπάρχουν τέτοια έσοδα.

➤ Από τα παραπάνω έσοδα, αφαιρούνται τα έξοδα από την αξία τέλους του έργου. Τα έξοδα αυτά υπολογίζονται στο τέλος ζωής του έργου, ως $EOL_{PL} = EOL \cdot (1 + f)^n$ με τα έξοδα EOL να δίνονται από το χρήστη. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, δεν υπάρχουν τέτοια έσοδα.

Συνολικά έξοδα:

➤ Μόνο για το έτος 0 υπολογίζονται τα έξοδα για τη σύνθεση του μετοχικού κεφαλαίου, όπως φάνηκε στα προηγούμενα.

➤ Για κάθε έτος n μέχρι το τέλος ζωής του έργου PL ($1 \leq n \leq PL$), υπολογίζονται τα έξοδα τροφοδοσίας του συστήματος με καύσιμα ως:

$$FEC = FE_{expents} \cdot (1 + r_{E-costs})^n = \$299.194 \cdot (1 + 0,01)^n.$$

➤ Τα έξοδα για τη λειτουργία και τη συντήρηση της εγκατάστασης, υπολογίζονται για κάθε έτος n έως το τέλος ζωής PL του έργου, ως:

$$OM_{labour} = OM_{expents} \cdot (1 + f)^n = 92.470 \cdot (1 + 0,02)^n.$$

➤ Τα έξοδα αποπληρωμής του χρέους για το έργο, υπολογίζονται ως $Debt_{coverage} = d_p = \103.758 , δηλαδή το ετήσιο χρεολύσιο.

➤ Περιοδικά έξοδα πραγματοποιούνται κάθε 7 χρόνια, δηλαδή το 7^ο, το 14^ο, και το 21^ο έτος της λειτουργίας της εγκατάστασης, υπολογίζονται ως: $PE_n = C_{per} \cdot (1 + f)^n$, για n = 7, 14 και 21.

Πίνακας 8.8: Ετήσια έσοδα του έργου

Έτος n	E_{n-save} (\$)	$GHG_{red-credit}$ (\$)	EOL_{PL} (\$)
0	-	0	0
1	964.142	0	0
2	973.783	0	0
3	983.521	0	0
4	993.356	0	0
5	1.003.290	0	0
6	1.013.323	0	0
7	1.023.456	0	0
8	1.033.690	0	0
9	1.044.027	0	0
10	1.054.467	0	0
11	1.065.012	0	0
12	1.075.662	0	0
13	1.086.419	0	0
14	1.097.283	0	0

15	1.108.256	0	0
16	1.119.338	0	0
17	1.130.532	0	0
18	1.141.837	0	0
19	1.153.256	0	0
20	1.164.788	0	0
21	1.176.436	0	0
22	1.188.200	0	0
23	1.200.082	0	0
24	1.212.083	0	0
25	1.224.204	0	0

Τα συνολικά έξοδα κάθε έτους n υπολογίζονται αθροίζοντας τα αντίστοιχα έξοδα, όπως υπολογίστηκαν στα προηγούμενα. Ο Πίνακας 8.9 δείχνει τα συνολικά αποτελέσματα για κάθε ετήσιο κύκλο λειτουργίας της εγκατάστασης.

Πίνακας 8.9: Ετήσια έξοδα του έργου

Έτος n	I_{cap} (\$)	OM_{labour} (\$)	FEC (\$)	$Debt_{n-coverage}$ (\$)	PE_n (\$)
0	251.930	-	-	-	-
1	0	93.395	302.186	103.758	-
2	0	94.329	305.208	103.758	-
3	0	95.272	308.260	103.758	-
4	0	96.225	311.342	103.758	-
5	0	97.187	314.456	103.758	-
6	0	98.159	317.600	103.758	-
7	0	99.140	320.776	103.758	37.525
8	0	100.132	323.984	103.758	-
9	0	101.133	327.224	103.758	-
10	0	102.144	330.496	103.758	-
11	0	103.166	333.801	103.758	-
12	0	104.198	337.139	103.758	-
13	0	105.239	340.511	103.758	-
14	0	106.292	343.916	103.758	40.232
15	0	107.355	347.355	103.758	-
16	0	108.428	350.828	-	-
17	0	109.513	354.337	-	-
18	0	110.608	357.880	-	-
19	0	111.714	361.459	-	-
20	0	112.831	365.073	-	-
21	0	113.959	368.724	-	43.134
22	0	115.099	372.411	-	-
23	0	116.250	376.136	-	-
24	0	117.412	379.897	-	-
25	0	118.586	383.696	-	-

Αθροίζοντας όλα τα έσοδα κάθε έτους (Πίνακας 8.8) υπολογίζονται τα συνολικά έσοδα προ φόρων και αθροίζοντας αντίστοιχα όλα τα έξοδα κάθε έτους (Πίνακας 8.9) υπολογίζονται όλα τα έξοδα, προ φόρων, κάθε έτους (βλέπε Πίνακα 8.10).

Η εγκατάσταση πληρώνει φόρο, με συντελεστή φορολόγησης 28%. Για να υπολογιστεί ο συνολικός φόρος, θα πρέπει να προσδιοριστούν τα συνολικά καθαρά εισοδήματα της εγκατάστασης. Τα συνολικά καθαρά εισοδήματα υπολογίζονται αθροίζοντας τα συνολικά έσοδα προ φόρων με τους τόκους του χρέους του έργου μέχρι την αποπληρωμή του τελευταίου και αφαιρώντας από αυτά τα συνολικά έξοδα προ φόρων. Οι τόκοι του χρέους του έργου υπολογίζονται για κάθε έτος n της προθεσμίας αποπληρωμής του έργου, εκτός του έτους 0, από τη Σχέση (3.74):

$$a_n = \text{Project}_{debt} \cdot \frac{r_{debt}}{1 - (1 + r_{debt})^{-n}}$$

Τα συνολικά έσοδα και έξοδα προ φόρων, υπολογίζονται με βάση τις αντίστοιχες ετήσιες τιμές που φαίνονται στους Πίνακες 8.8 και 8.9.

Η λογιστική απόσβεση του αρχικού κόστους λαμβάνει χώρα με τη μέθοδο της αναλογικής απόσβεσης, σύμφωνα με την οποία, σε κάθε έτος αποσβένεται ένα σταθερό ποσοστό (r_{depr}) της αποσβενόμενης αξίας μέχρι την απόσβεση του αρχικού κόστους σε ποσοστό P_{de} (φορολογική βάση λογιστικής απόσβεσης). Εδώ η φορολογική βάση λογιστικής απόσβεσης είναι $P_{de}=75\%$ και ο ρυθμός λογιστικής απόσβεσης $r_{depr}=25\%$.

Για το έτος 0 η απόσβεση λαμβάνεται ίση με $(1 - P_{de}) \cdot I$, όπου I η αρχική δαπάνη του έργου, δηλαδή:

$$(1-75\%) \cdot \$1.259.650 = \$314.913$$

Για κάθε ένα από τα υπόλοιπα έτη για τα οποία ισχύει η περίοδος λογιστικής απόσβεσης, εντός της διάρκειας ζωής του έργου, το ποσό της απόσβεσης είναι ίσο με την αποσβενόμενη αξία του προηγούμενου έτους επί το ποσοστό r_{depr} :

$$\text{έτος 1: } 0,25 \cdot \$314.913 = \$236.184$$

$$\text{έτος 2: } 0,25 \cdot \$236.184 = \$177.138$$

κ.ο.κ.

Ο Πίνακας 8.10 συνοψίζει τα αποτελέσματα που οδηγούν στον υπολογισμό των συνολικών καθαρών εισοδημάτων, προ φόρων.

Πίνακας 8.10: Σύνοψη αποτελεσμάτων που οδηγούν στα συνολικά καθαρά εισοδήματα, προ φόρων

Έτος n	Συνολικά έσοδα προ φόρων, P_t^p (\$)	Συνολικά έξοδα προ φόρων, E_t^p (\$)	Τόκοι χρέους έργου, T (\$)	Φόρος που αναλογεί στην ετήσια αποσβενόμενη αξία, (\$)	Ετήσια αποσβενόμενη αξία (\$)
0	-	251.930	-	-314.913	1.259.650
1	964.142	499.338	43.294	-236.184	944.738
2	973.783	503.294	45.892	-177.138	708.553
3	983.521	507.289	48.646	-132.854	531.415
4	993.356	511.325	51.564	-99.640	398.561
5	1.003.290	515.400	54.658	-74.730	298.921
6	1.013.323	519.517	57.938	-56.048	224.191
7	1.023.456	561.199	61.414	-42.036	168.143
8	1.033.690	527.874	65.099	-31.527	126.107
9	1.044.027	532.115	69.005	-23.645	94.580
10	1.054.467	536.398	73.145	-17.734	70.935
11	1.065.012	540.725	77.534	-13.300	53.201
12	1.075.662	545.094	82.186	-9.975	39.901
13	1.086.419	549.508	87.117	-7.481	29.926
14	1.097.283	594.197	92.344	-5.611	22.444
15	1.108.256	558.467	97.885	-4.208	16.833
16	1.119.338	459.257	-	-3.156	12.625
17	1.130.532	463.849	-	-2.367	9.469
18	1.141.837	468.488	-	-1.775	7.102
19	1.153.256	473.173	-	-1.332	5.326
20	1.164.788	477.904	-	-999	3.995
21	1.176.436	525.817	-	-749	2.996
22	1.188.200	487.510	-	-562	2.247
23	1.200.082	492.385	-	-421	1.685
24	1.212.083	497.309	-	-316	1.264
25	1.224.204	502.282	-	-948	948

Το ετήσιο ποσό των συνολικών καθαρών εισοδημάτων (P_t) προκύπτει από τη σχέση:

$$P_t = P_t^p - E_t^p + I_{cap} + T + (\text{Φόρος που αναλογεί στην ετήσια αποσβενόμενη αξία})$$

Όπου: P_t^p τα συνολικά έσοδα προ φόρων, E_t^p τα συνολικά έξοδα προ φόρων, I_{cap} τα αρχικά έξοδα και T οι τόκοι χρέους του έργου. Με τον τρόπο αυτό προκύπτουν τα αποτελέσματα της πρώτης στήλης του Πίνακα 8.11.

Σημείωση: Το I_{cap} για όλα τα υπόλοιπα έτη εκτός του έτους 0 είναι μηδενικό.

Για τα συνολικά εισοδήματα θα υπολογιστεί ο φόρος που θα πρέπει να πληρώσει η εγκατάσταση. Ο ετήσιος φόρος για κάθε έτος δίνεται από το γινόμενο των συνολικών καθαρών εισοδημάτων του έτους επί το ποσοστό επί του φορολογητέου εισοδήματος, που στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι 28%

$$\text{Αναλογούν ετήσιος φόρος} = P_t \cdot I_{\text{tax}}$$

Για παράδειγμα, για το έτος 0, τα καθαρά εισοδήματα είναι \$-314.913, οπότε ο φόρος που αναλογεί στο ποσό αυτό είναι $28\% \cdot \$-314.913 = \-88.176 . Με όμοιο τρόπο υπολογίζεται και ο αναλογούν φόρος για κάθε έτος.

Μετά τον υπολογισμό των ετήσιων φόρων, μπορούν να υπολογιστούν τα συνολικά ετήσια έξοδα μετά φόρων. Αυτά υπολογίζονται ως το αλγεβρικό άθροισμα των ετήσιων εξόδων προ φόρων συν το ποσό των αντίστοιχων ετήσιων φόρων. Ο Πίνακας 8.11 συνοψίζει τα αποτελέσματα αυτά.

Πίνακας 8.11: Σύνοψη αποτελεσμάτων υπολογισμού ετήσιων εξόδων, μετά φόρων, του έργου

Έτος n	Συνολικά καθαρά εισοδήματα, P_t (\$)	Αναλογούν ετήσιος φόρος (\$)	Ετήσια έξοδα προ φόρων, E_t^p (\$)	Ετήσια έξοδα μετά φόρων, E_t^a (\$)
0	-314.913	-88.176	251.930	163.755
1	271.913	76.136	499.338	575.474
2	339.243	94.988	503.294	598.282
3	392.023	109.767	507.289	617.056
4	433.955	121.508	511.325	632.832
5	467.817	130.989	515.400	646.389
6	495.696	138.795	519.517	658.312
7	481.635	134.858	561.199	696.057
8	539.389	151.029	527.874	678.902
9	557.272	156.036	532.115	688.151
10	573.480	160.575	536.398	696.973
11	588.521	164.786	540.725	705.511
12	602.778	168.778	545.094	713.872
13	616.547	172.633	549.508	722.141
14	589.819	165.149	594.197	759.346
15	643.465	180.170	558.467	738.637
16	656.925	183.939	459.257	643.196
17	664.315	186.008	463.849	649.858
18	671.574	188.041	468.488	656.529
19	678.751	190.050	473.173	663.223
20	685.885	192.048	477.904	669.952
21	649.870	181.964	525.817	707.781
22	700.128	196.036	487.510	683.546
23	707.276	198.037	492.385	690.423
24	714.458	200.048	497.309	697.357
25	720.974	201.873	502.282	704.155

Στο σημείο αυτό είναι δυνατόν να υπολογιστεί η καθαρή ταμειακή ροή, με βάση τις τιμές των συνολικών εσόδων προ φόρων και των συνολικών εξόδων μετά φόρων. Οι καθαρές ταμειακές ροές για κάθε έτος n , όπως φαίνονται στον Πίνακα 8.12, υπολογίζονται από την αλγεβρική διαφορά:

$$\text{Συνολικά ετήσια έσοδα προ φόρων}(P_t^p) - \text{Συνολικά ετήσια έξοδα μετά φόρων}(E_t^a)$$

Η συνολική ταμειακή ροή του έτους n είναι το άθροισμα των καθαρών ταμειακών ροών από το έτος 0 έως το έτος n .

Πίνακας 8.12: Συνολικές ετήσιες ταμειακές ροές του έργου

Έτος n	Συνολικά έσοδα προ φόρων P_t^p (\$)	Συνολικά έξοδα μετά φόρων E_t^a (\$)	Καθαρή ταμειακή ροή μετά φόρων C_t^a (\$)	Συνολική ετήσια ταμειακή ροή, C_t (\$)
0	-	163.755	-163.755	-163.755
1	964.142	575.474	388.668	224.913
2	973.783	598.282	375.501	600.414
3	983.521	617.056	366.465	966.879
4	993.356	632.832	360.524	1.327.403
5	1.003.290	646.389	356.900	1.684.303
6	1.013.323	658.312	355.011	2.039.314
7	1.023.456	696.057	327.399	2.366.713
8	1.033.690	678.902	354.788	2.721.501
9	1.044.027	688.151	355.876	3.077.377
10	1.054.467	696.973	357.495	3.434.872
11	1.065.012	705.511	359.502	3.794.374
12	1.075.662	713.872	361.790	4.156.164
13	1.086.419	722.141	364.278	4.520.442
14	1.097.283	759.346	337.937	4.858.379
15	1.108.256	738.637	369.618	5.227.997
16	1.119.338	643.196	476.143	5.704.140
17	1.130.532	649.858	480.674	6.184.814
18	1.141.837	656.529	485.309	6.670.123
19	1.153.256	663.223	490.032	7.160.155
20	1.164.788	669.952	494.836	7.654.991
21	1.176.436	707.781	468.655	8.123.646
22	1.188.200	683.546	504.654	8.628.301
23	1.200.082	690.423	509.660	9.137.960
24	1.212.083	697.357	514.726	9.652.686
25	1.224.204	704.155	520.049	10.172.735

8.5.6 Δείκτες και κριτήρια αξιολόγησης αποδοτικότητας

Στη συνέχεια θα εξεταστεί ο τρόπος με τον οποίο μπορεί να αξιολογηθεί το συγκεκριμένο επενδυτικό έργο. Αρχή θα γίνει με τον υπολογισμό του εσωτερικού βαθμού απόδοσης και την απόδοση στην επένδυση για το έργο αυτό.

8.5.6.1 Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι το επιτόκιο, έστω ε , το οποίο μηδενίζει την ΚΠΑ. Εδώ θα υπολογιστεί και για τις ταμειακές ροές προ φόρων και για τις ταμειακές ροές μετά φόρων. Οι ταμειακές ροές προ φόρων, υπολογίζονται ως η διαφορά των συνολικών εσόδων προ φόρων, P_t^P , μείον τα συνολικά έξοδα προ φόρων, E_t^P . Έτσι, για τα έτη 0 και 1, ισχύει:

$$P_0^P - E_0^P = \$0 - \$251.930 = \$ -251.930$$

$$P_1^P - E_1^P = \$964.142 - \$499.338 = \$ 464.804$$

Με όμοιο τρόπο υπολογίζονται οι ταμειακές ροές προ φόρων για τα υπόλοιπα έτη. Ο Πίνακας 8.13 συνοψίζει τα αποτελέσματα της διαδικασίας αυτής.

Πίνακας 8.13: Ταμειακές ροές του έργου προ φόρων

Έτος n	Καθαρή ταμειακή ροή προ φόρων, C_t^P (\$)	Έτος n	Καθαρή ταμειακή ροή προ φόρων, C_t^P (\$)
0	-251.930	13	536.911
1	464.804	14	503.086
2	470.489	15	549.789
3	476.231	16	660.082
4	482.031	17	666.683
5	487.889	18	673.349
6	493.806	19	680.083
7	462.257	20	686.884
8	505.817	21	650.619
9	511.913	22	700.690
10	518.069	23	707.697
11	524.287	24	714.774
12	530.568	25	721.922

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης, για τις ταμειακές ροές προ φόρων, C_t^P , υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\sum_{t=0}^{25} \frac{C_t^P}{(1+\varepsilon)^n} = 0 \Rightarrow \frac{-\$251.930}{(1+\varepsilon)^0} + \frac{\$464.804}{(1+\varepsilon)^1} + \dots + \frac{\$721.922}{(1+\varepsilon)^{25}} = 0$$

$$\Rightarrow \varepsilon = 185,7\%$$

Η ίδια διαδικασία ακολουθείται και για τις ταμειακές ροές μετά φόρων, C_t^a . Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης τότε είναι:

$$\sum_{t=0}^{25} \frac{C_t^a}{(1+\varepsilon)^n} = 0 \Rightarrow \frac{-\$163.755}{(1+\varepsilon)^0} + \frac{\$388.668}{(1+\varepsilon)^1} + \dots + \frac{\$520.049}{(1+\varepsilon)^{25}} = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \varepsilon = 234,3\%$$

Το γεγονός ότι το ε υπολογίστηκε μεγαλύτερο από το προεξοφλητικό επιτόκιο $D=10\%$, υποδηλώνει ότι η επένδυση μπορεί να γίνει αποδεκτή, καθώς θεωρείται αποδοτική.

8.5.6.2 Το κριτήριο της Απλής Επανείσπραξης

Σύμφωνα με τη μέθοδο της απλής επανείσπραξης, ο(οι) επενδυτής(τές) θα λάβουν τα χρήματά τους πίσω, σε μια περίοδο ίση με αυτήν που υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\frac{\text{Αρχικές δαπάνες} - \text{Δωρεές}}{\text{Ετήσιες εξοικονομήσεις} - (\text{Ετήσιο Κόστος} - \text{Χρεολύσιο})}$$

Όλοι οι παράγοντες στην τελευταία σχέση είναι γνωστοί από την προηγούμενη ανάλυση. Η αντικατάσταση των τιμών στη σχέση αυτή, δίνει:

$$\frac{\$1.259.650 - \$0}{\$954.596 - (\$495.422 - \$103.758)} = 2,2 \text{ έτη}$$

Η χρονική στιγμή y_p κατά την οποία θα υπάρξει θετική συνολική καθαρή ταμειακή για το έργο, υπολογίζεται με γραμμική παρεμβολή μεταξύ των ακραίων εκείνων διαδοχικών τιμών για τις οποίες η πρώτη τιμή είναι αρνητική και η αμέσως επόμενη είναι θετική. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, οι τιμές αυτές (από την τελευταία στήλη του Πίνακα 8.12) είναι $\$-163.755$, για το έτος 0 και $\$224.913$ για το έτος 1. Τώρα έχουμε:

$$\frac{1 - y_{r_0}}{224.913 - 0} = \frac{1 - 0}{224.913 - (-163.755)} \Rightarrow y_{r_0} = 1 - \frac{224.913}{388.668} = 0,4 \text{ έτη}$$

Η τιμή y_{r_0} είναι η τιμή για την οποία η καθαρή συνολική ταμειακή ροή είναι μηδέν, οπότε λίγο μετά την τιμή αυτή, μπορούμε να έχουμε θετική ταμειακή ροή. Γενικά, μπορεί να θεωρηθεί $y_{rp} = 0,4$ έτη.

8.5.6.3 Το κριτήριο της Καθαρής Παρούσας Αξίας

Η ΚΠΑ του έργου υπολογίζεται για τις ταμειακές ροές μετά φόρων, C_t^a (βλέπε Πίνακα 8.12), από τη Σχέση (3.66):

$$ΚΠΑ = \sum_{t=1}^{25} C_t^a \cdot (1+D)^{-n} - I_{cap}$$

$$= 388.668 \cdot (1+0,10)^{-1} + 375.501 \cdot (1+0,10)^{-2} + \dots + 520.049 \cdot (1+0,10)^{-25} - 251.930 = \$3.312.218$$

Ο παραπάνω υπολογισμός δίνει ΚΠΑ=\$3.312.218, τιμή θετική. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι το επενδυτικό έργο μπορεί να γίνει αποδεκτό.

8.5.6.4 Ετήσιες Εξοικονομήσεις

Οι εξοικονομήσεις από τον ετήσιο κύκλο λειτουργίας της εγκατάστασης, υπολογίζονται ως ακολούθως:

$$p = \frac{-ΚΠΑ \cdot D \cdot (1+D)^{PL}}{(1+D)^{PL} - 1} = \frac{\$3.312.218 \cdot 0,10 \cdot (1+0,10)^{25}}{(1+0,10)^{25} - 1} = \$364.901$$

8.5.6.5 Δείκτης Κερδοφορίας

Ο δείκτης κερδοφορίας μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση:

$$PI = \frac{ΚΠΑ}{I_{cap}} = \frac{\$3.312.218}{\$251.930} = \$13,15$$

Υπενθυμίζεται ότι θετικές τιμές του δείκτη αυτού και όσο το δυνατό μεγαλύτερες της μονάδας, τόσο πιο αποδοτικό κρίνεται το επενδυτικό έργο.

8.5.6.6 Δείκτης Αυτοχρηματοδότησης

Ο δείκτης αυτοχρηματοδότησης του έργου μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση:

$$DSC = \frac{\text{Καθαρά Λειτουργικά Εισοδήματα}}{\text{Συνολικό Τοκοφόρο Χρέος}}$$

σε συνδυασμό με τη διαδικασία που περιγράφεται στην *Ενότητα §3.6.5.10*. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, υπολογίζεται ο ετήσιος δείκτης αυτοχρηματοδότησης για την περίοδο προθεσμίας αποπληρωμής του χρέους και επιλέγεται ο μικρότερος. Ας σημειωθεί ότι για την κάλυψη του χρέους κατά έτος, θεωρείται ότι αποδίδεται η τιμή του ετήσιου χρεολυσίου (\$103.758), με την οποία διαιρείται και η τιμή των εισοδημάτων κάθε έτους. Ως εισοδήματα για τον υπολογισμό του δείκτη αυτοχρηματοδότησης, θεωρείται η μεγαλύτερη τιμή μεταξύ των τιμών της συνολικής

ετήσιας ροής και των καθαρών λειτουργικών εσόδων του έργου. Τα καθαρά λειτουργικά έσοδα για κάθε έτος είναι το άθροισμα των εσόδων προ φόρων συν το ετήσιο χρεολύσιο, μείον τα έξοδα προ φόρων, δηλαδή: $P_t^p - E_t^p + d_p$. Ο δείκτης αυτοχρηματοδότησης δεν υπολογίζεται για το έτος μηδέν. Για τα δύο πρώτα έτη π.χ., είναι:

$$\text{έτος 1: } P_t^p - E_t^p + d_p = \$964.142 - \$499.338 + \$103.758 = \$568.561$$

$$\text{έτος 2: } P_t^p - E_t^p + d_p = \$973.783 - \$503.294 + \$103.758 = \$574.247$$

Κ.Ο.Κ.

Άρα και:

$$DSC_1 = \frac{\$568.561}{\$103.758} = 5,48$$

$$DSC_2 = \frac{\$574.247}{\$103.758} = 7,36$$

Κ.Ο.Κ.

Η διαδικασία αυτή ακολουθείται για όλα τα έτη μέχρι την αποπληρωμή του χρέους του έργου και δίνει τα αποτελέσματα του Πίνακα 8.14.

Η μικρότερη από τις τιμές του Πίνακα 8.14, είναι η 5,48 την οποία αποδεχόμαστε ως δείκτη αυτοχρηματοδότησης. Το γεγονός ότι είναι μεγαλύτερος της μονάδας υποδηλώνει ότι τα ετήσια έσοδα από τη λειτουργία της εγκατάστασης επαρκούν για την κάλυψη της δόσης αποπληρωμής του χρέους του έργου, για την αντίστοιχη χρονική περίοδο. Όμοια ισχύουν και για τις υπόλοιπες περιόδους, εντός της προθεσμίας αποπληρωμής του χρέους.

Πίνακας 8.14: Δείκτης αυτοχρηματοδότησης του έργου

Έτος n	Ετήσια εισοδήματα (\$)	Συνολικά Λειτουργικά έσοδα (\$)	Χρεολύσιο (\$)	Δείκτης αυτοχρηματοδότησης
1	568.561	388.668	103.758	5,48
2	574.247	764.169	103.758	7,36
3	579.989	1.130.634	103.758	10,90
4	585.789	1.491.157	103.758	14,37
5	591.647	1.848.058	103.758	17,81
6	597.563	2.203.069	103.758	21,23
7	566.014	2.530.468	103.758	24,39
8	609.574	2.885.256	103.758	27,81
9	615.670	3.241.132	103.758	31,24
10	621.827	3.598.627	103.758	34,68
11	628.045	3.958.128	103.758	38,15
12	634.326	4.319.918	103.758	41,63
13	640.669	4.684.196	103.758	45,15
14	606.844	5.022.133	103.758	48,40
15	653.546	5.391.752	103.758	51,96

7.6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το επενδυτικό έργο που εξετάστηκε, κρίνεται αποδοτικό και η υλοποίησή του κρίνεται είναι συμφέρουσα, με βάση όλα τα χρηματοοικονομικά κριτήρια που εξετάστηκαν.

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης ε είναι 185,7% για τις ταμειακές ροές προ φόρων και 234,3% για τις ταμειακές ροές μετά φόρων. Αυτό υποδηλώνει πως το έργο αυτό είναι εξαιρετικά αποδοτικό, καθώς το προεξοφλητικό επιτόκιο D είναι μόλις 10%. Άρα, ο ε είναι κατά πολύ μεγαλύτερος από το D .

Η ΚΠΑ του έργου υπολογίστηκε στα \$3.312.218, ενώ ο δείκτης αποδοτικότητας PI υπολογίστηκε ίσος με 13,15. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι ο δείκτης αυτοχρηματοδότησης για όλα τα έτη αποπληρωμής του χρέους είναι μεγαλύτερος της μονάδας, υποδηλώνει ότι η λήψη εξωτερικού δανείου για την πλήρη κάλυψη του χρέους δεν είναι αναγκαία.

Στο Σχήμα 8.2 αποτυπώνεται η εξέλιξη των συνολικών καθαρών ταμειακών ροών του έργου.



Σχήμα 8.2: Η εξέλιξη των συνολικών καθαρών ταμειακών ροών του έργου στο χρόνο, έως το τέλος της ζωής του

Σημείωση: Από τη σκοπιά που εξετάζουμε εμείς το θέμα, δηλαδή από την πλευρά της κοινότητας και όχι από την πλευρά του ιδιοκτήτη της βιομηχανίας ξύλου, συγκρίνουμε το ενδεχόμενο μετατροπής του κεντρικού συστήματος σε σύστημα βιομάζας με ή χωρίς ταυτόχρονη σύνδεση της βιομηχανίας ξύλου σε αυτό. Δηλαδή δεν εξετάζουμε εάν είναι συμφέρουσα η επένδυση για τον ιδιοκτήτη της βιομάζας (αυτό αποτελεί ξεχωριστή μελέτη) αλλά εάν είναι συμφέρουσα για την κοινότητα. Έτσι τα στοιχεία (ενεργειακές αποδόσεις, κατανάλωση, εκπομπή καυσαερίων, δαπάνες) του συμβατικού συστήματος της βιομηχανίας ξύλου δεν είναι αυτά του πραγματικού (υπάρχοντος) συστήματος της βιομηχανίας, αλλά αυτά με τα οποία θα επιβαρυνθεί το κεντρικό σύστημα θέρμανσης μετά τη σύνδεση της βιομηχανίας ξύλου (Ομάδα 2) σε αυτό.

ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΥΜΒΑΤΙΚΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΑΠΟ ΒΙΟΜΑΖΑ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ ΣΤΗ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗ

9.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό θα εξεταστούν δύο επενδυτικά πλάνα εφαρμογής συστημάτων βιομάζας στη θέρμανση θερμοκηπίων. Ο τομέας αυτός έχει αναπτυχθεί ιδιαίτερα, τα τελευταία 20 χρόνια, στη χώρα μας και ήδη ένα σημαντικό ποσοστό θερμοκηπίων θερμαίνεται με καύση βιομάζας. Η αξιοποίηση των γεωργικών υπολειμμάτων στην παραγωγή θερμότητας μπορεί να έχει πολλαπλά οικονομικά οφέλη για τον παραγωγό και την τοπική οικονομία.

Οι υπάρχουσες εφαρμογές βιομάζας αφορούν κυρίως τη θέρμανση μικρής ή μεσαίας έκτασης (2-5 στρέμματα) θερμοκήπια, τα οποία αποτελούν και τη μεγάλη πλειοψηφία θερμοκηπιακών εκμεταλλεύσεων στην Ελλάδα. Κατά κανόνα, η βιομάζα προέρχεται από γεωργικά υπολείμματα του ίδιου του θερμοκηπίου ή γεωργικά και δασικά υπολείμματα της γύρω περιοχής και παρέχεται δωρεάν ή με πάρα πολύ χαμηλό κόστος.

Στη παρούσα μελέτη, θα εξεταστούν δύο εφαρμογές ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας στη θέρμανση θερμοκηπίων, μεσαίας και μεγάλης έκτασης, και θα αναζητηθούν οι όροι υπό τους οποίους, οι επενδύσεις αυτές είναι οικονομικά αποδεκτές. Τα θερμοκήπια, καλλιέργειας ντομάτας, βρίσκονται στην περιοχή Λάκωμα της πεδινής Χαλκιδικής. Οι παραγωγοί δεν έχουν αποθέματα βιομάζας από την δική τους παραγωγή, μπορούν όμως, σε συνεννόηση με τον τοπικό συνεταιρισμό, να εξασφαλίσουν σημαντικές ποσότητες βιομάζας (κλαδέματα, κυρίως ελαιόδεντρων και αμπελιών), σε σταθερή βάση. Θα πρέπει όμως να επωμισθούν το κόστος συλλογής και μεταφοράς των κλαδεμάτων από τα σημεία παραγωγής τους, τα οποία είναι διάσπαρτα στην γύρω περιοχή, και κάποια από αυτά σε μακρινές αποστάσεις. Το κόστος αυτό που περιλαμβάνει τα έξοδα των μηχανημάτων συλλογής, του φορτηγού μεταφοράς, της διαδικασίας τεμαχισμού και σίγουρα κάποια εργατικά, είναι πολύ δύσκολο να προσεγγιστεί. Συνεπώς, η παράμετρος αυτή θα πρέπει να συμπεριληφθεί στην ανάλυση ευαισθησίας, ώστε να εντοπιστεί μέχρι ποιο ποσό μπορεί να διατεθεί για την προμήθεια της βιομάζας για να είναι η επένδυση οικονομικά βιώσιμη.

Στο πρώτο σχέδιο, ο παραγωγός θέλει να αντικαταστήσει το συμβατικό (ντίζελ) σύστημα θέρμανσης του θερμοκηπίου του (καλλιέργεια ντομάτας), έκτασης 5 στρεμμάτων, από σύστημα βιομάζας. Στο δεύτερο σχέδιο, ο ίδιος παραγωγός και

ιδιοκτήτης του θερμοκηπίου 5 στρεμμάτων, προτείνει στον ιδιοκτήτη του γειτονικού θερμοκηπίου 6 στρεμμάτων (καλλιέργεια ντομάτας), την ενοποίηση των συστημάτων θέρμανσης των θερμοκηπίων τους, με σκοπό την αντικατάσταση των συμβατικών τους λεβήτων από κοινό σύστημα βιομάζας.

Τα θερμοκήπια ντομάτας απαιτούν σταθερή θερμοκρασία 18 °C σε ετήσια βάση και υγρασία 75%.

Η ανάπτυξη της μελέτης και η αξιολόγηση των επενδυτικών σχεδίων ακολουθεί την μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στο Κεφάλαιο 3 της παρούσης εργασίας. Η ανάλυση ευαισθησίας πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του λογισμικού RETscreen, που παρουσιάστηκε συνοπτικά στο Κεφάλαιο 4.

9.2 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ ΜΕ ΒΙΟΜΑΖΑ

Τα δύο υπό εξέταση έργα έχουν κάποια βασικά κοινά χαρακτηριστικά. Βρίσκονται στην ίδια τοποθεσία και άρα έχουν κοινά κλιματολογικά δεδομένα. Πρόκειται για ίδιου τύπου θερμοκήπια, με όμοιες καλλιέργειες και άρα τα μοναδιαία θερμικά φορτία είναι κοινά. Τέλος και στις δύο περιπτώσεις έχουμε αντικατάσταση καυσίμου ντίζελ (συστήματα ίδιας απόδοσης) από ομοίου τύπου καύσιμη βιομάζα.

Πίνακας 9.1: Χαρακτηριστικά των εξεταζόμενων έργων

Ονομασία Έργου:	Λάκωμα I	Λάκωμα II
Τοποθεσία	Λάκωμα, Χαλκιδικής	Λάκωμα, Χαλκιδικής
Τύπος θερμοκηπίου/ων	Φύλλα πολυαιθυλενίου (νάυλον)	Φύλλα πολυαιθυλενίου (νάυλον)
Καλλιέργεια	Ντομάτας	Ντομάτας
Συνολική έκταση θερμοκηπίου	5 στρέμματα	5+6=11 στρέμματα
Υπάρχον σύστημα θέρμανσης	Ντίζελ	Ντίζελ

9.2.1 Παρουσίαση των εξεταζόμενων έργων

Έργο: Λάκωμα I

Ένας παραγωγός ντομάτας στη Χαλκιδική θερμαίνει, κατά το παρόν, το θερμοκήπιο του, έκτασης 5 στρεμμάτων, με πετρέλαιο θέρμανσης, το οποίο προμηθεύεται προς 0,40€/L. Για οικονομικούς λόγους σκέφτεται την εγκατάσταση ενός συστήματος βιομάζας για την ικανοποίηση των αναγκών θέρμανσης του θερμοκηπίου και προς τούτο μπορεί να διαθέσει μέχρι το ποσό των 60.000,00€. Δεδομένου ότι το κόστος για την προμήθεια της βιομάζας δεν είναι γνωστό, μας ζήτησε να εξετάσουμε εάν και υπό ποιους όρους θα είναι οικονομικά αποδοτική η επένδυση του.

Έργο: Λάκωμα II

Ο ίδιος παραγωγός προτείνει στον ιδιοκτήτη του γειτονικού θερμοκηπίου που έχει ακριβώς τα ίδια χαρακτηριστικά με το δικό του (νάυλον, καλλιέργεια ντομάτας, θέρμανση με πετρέλαιο), αλλά μεγαλύτερη έκταση, να εγκαταστήσουν ένα κοινό σύστημα βιομάζας. Τα δύο θερμοκήπια συνορεύουν, οπότε η μονάδα βιομάζας θα μπορούσε να τοποθετηθεί ανάμεσα, και πολύ κοντά, και στα δύο, χωρίς να απαιτούνται ιδιαίτερες μετατροπές και επεκτάσεις στις υπάρχουσες σωληνώσεις διανομής. Θεωρούμε ότι το διαθέσιμο αρχικό κεφάλαιο, από τον κάθε παραγωγό, βρίσκεται σε πλήρη αναλογία με την έκταση του θερμοκηπίου του. Έτσι το συνολικό αρχικό διαθέσιμο κεφάλαιο ανέρχεται σε: $60.000,00 + (6/5) \cdot 60.000,00 = 132.000,00 \text{ €}$.

Στη μελέτη που ακολουθεί η περίπτωση αυτή θα εξεταστεί σαν ένα θερμοκήπιο, συνολικής έκτασης όσο το άθροισμα των δύο θερμοκηπίων.

9.2.2 Ανάπτυξη και δομή της μελέτης

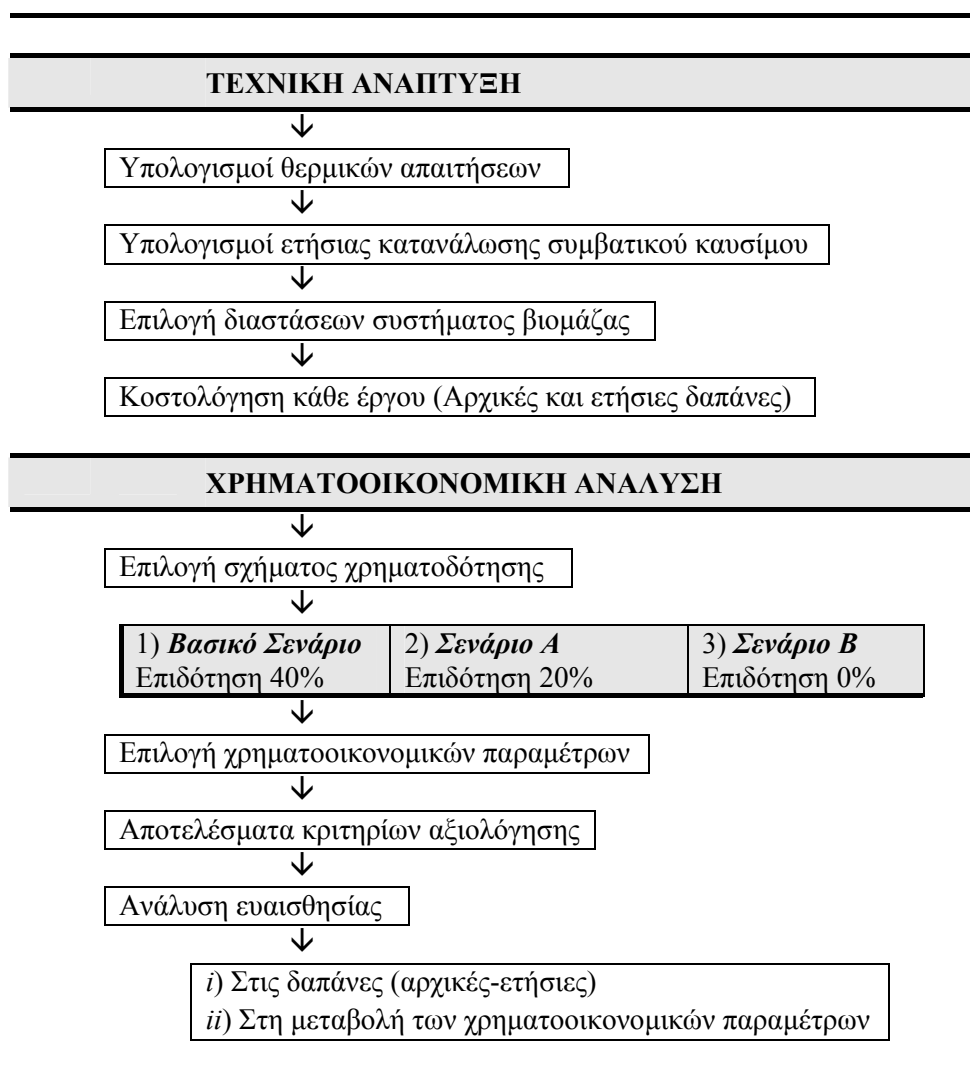
Όπως ήδη αναφέρθηκε τα δύο έργα έχουν πολλά κοινά χαρακτηριστικά με βασική διαφορά την έκταση του θερμοκηπίου και άρα το μέγεθος των συστημάτων που πρέπει να εγκατασταθούν, με ότι αυτό συνεπάγεται στις αρχικές δαπάνες, στις καταναλώσεις και στις ετήσιες δαπάνες/ωφέλειες.

Αρχικά θα γίνει κοινή ανάπτυξη για τα δύο έργα, και θα παρουσιαστούν παράλληλα τα χαρακτηριστικά και τα δεδομένα τους για να υπάρχει μια εικόνα σύγκρισης των αντίστοιχων μεγεθών. Αφού υπολογιστούν οι θερμικές απαιτήσεις κάθε έργου, με βάση τα κλιματολογικά δεδομένα της περιοχής και τα θερμικά φορτία των θερμοκηπίων, θα γίνει επιλογή των διαστάσεων του συστήματος βιομάζας. Στη συνέχεια με βάση τις αποδόσεις των συστημάτων (συμβατικό/εναλλακτικό) και τις θερμαντικές αξίες των καυσίμων που χρησιμοποιούνται (ντίζελ/βιομάζα), θα υπολογιστούν οι ετήσιες καταναλώσεις κάθε συστήματος θέρμανσης.

Η ανάπτυξη της χρηματοοικονομικής μελέτης για κάθε έργο θα γίνει ξεχωριστά. Οι τιμές των παραμέτρων που παρουσιάζονται στον Πίνακα 9.3 αποτελούν μέρος του Βασικού Σεναρίου¹ για κάθε έργο. Στη συνέχεια θα γίνει ανάλυση ευαισθησίας στις τιμές του Βασικού Σεναρίου (για κάθε έργο), ενώ θα εξεταστούν και δύο εναλλακτικά σενάρια χρηματοδότησης (Σενάριο Α και Σενάριο Β) για κάθε έργο. Τέλος θα γίνει ανάλυση ευαισθησίας και στις τιμές των παραμέτρων των εναλλακτικών σεναρίων (Α και Β) κάθε έργου.

Το Σχήμα 9.1 δείχνει το διάγραμμα ροής κατά την οποία εξελίσσεται η μελέτη κάθε έργου.

¹ Όταν αναφέρεται Βασικό Σενάριο πρόκειται για ένα σενάριο με συγκεκριμένο σχήμα χρηματοδότησης (επιδότηση 40%). Όταν αναφέρεται αρχικό σενάριο, πρόκειται για τις αρχικές τιμές των παραμέτρων που εξετάζονται σε κάθε ένα από τα τρία σενάρια (Βασικό, Α και Β). Για παράδειγμα, κάθε σενάριο ξεκινά με τιμή της βιομάζας στα 50 ευρώ ανά τόνο. Αυτή είναι η τιμή του αρχικού σεναρίου για κάθε σενάριο χρηματοδότησης και παραμένει σταθερή κατά την ανάλυση ευαισθησίας στην μεταβολή των άλλων παραμέτρων.



Σχήμα 9.1: Διάγραμμα ροής οικονομοτεχνικής μελέτης

9.2.3 Στοιχεία εισόδου σχεδίασης εγκαταστάσεων

9.2.3.1 Ημερήσιοι Βαθμοί θέρμανσης

Όπως παρουσιάστηκε και στο Κεφάλαιο 3, οι Ημερήσιοι-Βαθμοί θέρμανσης για μία συγκεκριμένη μέρα αναπαριστούν τον αριθμό των βαθμών Κελσίου όπου η μέση θερμοκρασία είναι κάτω από 18°C. Στην εξεταζόμενη περιοχή, όπου κατά τους καλοκαιρινούς μήνες η μέση θερμοκρασία κάθε ημέρας δεν πέφτει κάτω από 18°C, οι Ημερ.-Βαθμοί θέρμανσης για κάθε μήνα έχουν μηδενική τιμή.

Στον Πίνακα 9.2 φαίνονται οι τιμές των Ημερήσιων Βαθμών θέρμανσης για κάθε μήνα όπως τέθηκαν στο λογισμικό.

Πίνακας 9.2: Ημερήσιοι βαθμοί θέρμανσης σε μηνιαία βάση

Μήνας	°C-d (<18°C)	Μήνας	°C-d (<18°C)
Ιανουάριος	425	Ιούλιος	0
Φεβρουάριος	311	Αύγουστος	0
Μάρτιος	251	Σεπτέμβριος	4
Απρίλιος	108	Οκτώβριος	8
Μάιος	4	Νοέμβριος	192
Ιούνιος	0	Δεκέμβριος	347
		ΣΥΝΟΛΟ:	1.646

9.2.3.2 Θερμικό φορτίο θερμοκηπίου/ων

Η μέγιστη αποδιδόμενη ισχύς για τη διατήρηση θερμοκρασίας 18 °C σε ένα θερμοκήπιο είναι 170W/m² [9.1]. Στην πραγματικότητα πολύ σπάνια οι παραγωγοί επιδιώκουν τη διατήρηση θερμοκρασιών της τάξης των 18 °C κατά τους κρύους χειμερινούς μήνες. Ωστόσο επιλέξαμε αυτή την τιμή για το φορτίο ώστε να ικανοποιούνται πλήρως οι θερμοκρασιακές απαιτήσεις της καλλιέργειας.

9.2.3.3 Τύπος καυσίμου βιομάζας

Η βιομάζα που προορίζεται για καύσιμο προέρχεται από γεωργικά υπολείμματα της περιοχής, κυρίως κλαδέματα ελαιόδεντρων. Η τιμή της περιεκτικότητάς τους σε υγρασία εκτιμάται σε 35%. Η θερμαντική τους αξία σε ξηρή βάση βρέθηκε από πίνακες ίση με 3.896kcal/kg ή 16,30MJ/t.

9.2.3.4 Διαστάσεις συστημάτων βιομάζας

Η επιλογή των διαστάσεων του συστήματος βιομάζας για κάθε έργο έγινε μετά τον υπολογισμό των θερμικών απαιτήσεων κάθε θερμοκηπίου και τον καθορισμό της ελάχιστης ισχύος του λέβητα βιομάζας, που ικανοποιεί την αιχμή φορτίου κάθε εγκατάστασης. Αυτό συμβαίνει όταν ο λέβητας βιομάζας έχει (πραγματική) ισχύ τουλάχιστον ίση με την αιχμή φορτίου της εγκατάστασης (850kW για το Έργο I και 1.870kW για το Έργο II). Τα συστήματα βιομάζας τέτοιου μεγέθους προμηθεύονται κατά παραγγελία. Η ισχύς των συστημάτων επιλέχθηκε στα 900kW για το πρώτο έργο και 2MW για το δεύτερο.

Και στις δύο περιπτώσεις το σύστημα διανομής της θέρμανσης των θερμοκηπίων δεν θα χρειαστεί ούτε αντικατάσταση ούτε επέκταση. Ο καυστήρας βιομάζας θα αντικαταστήσει τον συμβατικό καυστήρα πετρελαίου και θα συνδεθεί με το υπάρχον, χαμηλής θερμοκρασίας, σύστημα διανομής των θερμοκηπίων. Η μετατροπή του τρόπου σύνδεσης δεν απαιτεί κάποια ιδιαίτερη οικονομική επιβάρυνση.

Στον Πίνακα 9.3 φαίνονται οι κυριότερες παράμετροι που σχετίζονται με την σχεδίαση της εγκατάστασης για κάθε έργο. Η στήλη **Input/output** υποδεικνύει ποιες από αυτές τις τιμές ορίζονται από τον χρήστη (δεδομένα εισόδου - Ψ) του λογισμικού RETscreen – Biomass και ποιες επιστρέφει το πρόγραμμα (δεδομένα εξόδου - Ψ).

Πίνακας 9.3: Κυριότερα δεδομένα εισόδου και εξόδου για τη σχεδίαση των εγκαταστάσεων

Input /output	Εξεταζόμενο Έργο:	Λάκωμα I	Λάκωμα II	
Περιγραφή Μεγέθους		Τιμή Μεγέθους		Παρατηρήσεις
Θερμοκήπιο				
↺	Θερμαινόμενη επιφάνεια	5.000 m ²	11.000 m ²	-
↺	Θερμικό φορτίο	170 W/ m ²	170 W/ m ²	-
↺	Θέρμανση νερού χρήσης	0%	0%	-
Κλιματολογικά δεδομένα				
↺	Θερμοκρασία Σχεδίασης	0 °C	0 °C	-
↺	Ετήσιοι Ημερ.-Βαθμοί Θέρμανσης	1.646 °C-d	1.646 °C-d	-
Ετήσιες Ενεργειακές Απαιτήσεις				
↺	Αιχμή φορτίου	850 kW	1.870 kW	-
↺	Θερμική ενέργεια	1.519 MWh	3.342 MWh	-
Υπάρχον Σύστημα Θέρμανσης				
↺	Τύπος καυσίμου	Ντίζελ	Ντίζελ	-
↺	Τιμή μονάδας καυσίμου	0,40€/L	0,40€/L	-
↺	Εποχιακή απόδοση	65%	65%	-
↺	Ετήσια κατανάλωση	217.583 L	478.683 L	-
Εναλλακτικό σύστημα		Θέρμανση	Θέρμανση	
↺	Ισχύς Συστήματος	900 kW	2.000 kW	-
↺	Εποχιακή απόδοση	80%	80%	-
↺	Τύπος καυσίμου βιομάζας	τεμαχισμένα κλαδοδέματα ελιάς	τεμαχισμένα κλαδοδέματα ελιάς	16,30MJ/t
↺	Τιμή μονάδας βιομάζας	50€/t	50€/t	αρχικό σενάριο
↺	Περιεκτικότητα σε υγρασία της βιομάζας	35%	35%	μετρημένη σε υγρή βάση
↺	Ετήσια απαιτούμενη ποσότητα βιομάζας	746 t	1.641 t	-

9.2.4 Οικονομική μελέτη

Απευθυνθήκαμε σε μία μεγάλη εταιρεία κατασκευής ολοκληρωμένων συστημάτων βιομάζας, με έδρα τη Θεσσαλονίκη. Η προσφορά που λάβαμε για σύστημα βιομάζας ισχύος 900kW ανέρχεται σε 175.500,00€ (έργο I) ενώ για σύστημα ισχύος 2MW αγγίζει τα 350.000,00€ (έργο II). Και στις δύο τιμές συμπεριλαμβάνονται η αγορά, η μεταφορά και τοποθέτηση των συστημάτων μαζί με όλο τον εξοπλισμό τους (σιλό τροφοδοσίας, ηλεκτρολογική εγκατάσταση, σύστημα ελέγχου κ.λ.π.).

Τα συστήματα καύσης θρυμμάτων (2-3cm) είναι κατά πολύ φθηνότερα από τα συστήματα καύσης μεγάλων κομματιών ξύλου. Η διαφορά στην τιμή τους είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από το κόστος αγοράς ενός καινούριου τεμαχιστήρα (θρυμματιστής), για τον τεμαχισμό του καυσίμου βιομάζας, του οποίου το κόστος ανέρχεται σε 12.000€.

Για τη στέγαση του συστήματος βιομάζας του έργου II θα χρειαστεί η κατασκευή ενός κτίσματος 64m², ενώ επιπλέον θα απαιτηθεί και η κατασκευή μίας αποθήκης, επιφάνειας 200m², όπου θα φυλάγονται τα θρυμματισμένα αποθέματα βιομάζας. Η αποθήκη θα έχει τσιμεντένιο, κεκλιμένο δάπεδο ενώ οι πλάγιες επιφάνειες και η οροφή θα είναι από λαμαρίνα. Η προσφορά του πολιτικού μηχανικού και για τα δύο κτίσματα, συνολικής επιφάνειας 264 m² ήταν 250€/m², ήτοι 66.000,00€. Για το έργο I, το μέγεθος της αποθήκης μπορεί είναι μικρότερο, δεδομένης της μικρότερης απαιτούμενης ποσότητας βιομάζας, και άρα μικρότερης απαίτησης αποθηκευτικού χώρου. Η συνολική έκταση της κτιριακής υποδομής για το έργο I δεν ξεπερνά τα 200 m² με κόστος κατασκευής 250€/m², δηλαδή 50.000,00€.

Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή, το κόστος προμήθειας της βιομάζας δεν είναι γνωστό. Στο αρχικό σενάριο δίνουμε μια **χονδρικά εκτιμώμενη** τιμή της βιομάζας, και στη συνέχεια εξετάζουμε την αποδοτικότητα της επένδυσης για μεταβολές αυτής της τιμής.

Στον Πίνακα 9.4 παρουσιάζονται τα κοστολογικά δεδομένα για την πραγματοποίηση των δύο έργων.

Πίνακας 9.4: Αρχικές και ετήσιες δαπάνες για κάθε έργο

<i>Εξεταζόμενο Έργο:</i>		<i>Λάκωμα I</i>	<i>Λάκωμα II</i>	
Περιγραφή Μεγέθους		Τιμή Μεγέθους		Παρατηρήσεις
Αρχικές Δαπάνες				
☞	Ολοκληρωμένη μονάδα βιομάζας	175.500,00€	350.000,00 €	-
☞	Τεμαχιστήρας	12.000,00€	12.000,00€	-
☞	Κτιριακή υποδομή	50.000,00€ (200m ²)	66.000,00€ (264 m ²)	-
☞	Σύνολο:	237.500,00 €	428.000,00 €	-
<i>Εξεταζόμενο Έργο:</i>		<i>Λάκωμα I</i>	<i>Λάκωμα II</i>	

Περιγραφή Μεγέθους		Τιμή Μεγέθους		Παρατηρήσεις
Ετήσιες Δαπάνες				
€	Λειτουργικά έξοδα	1.000 €	1.000 €	-
€	Βιομάζα	37.289 € (746 t · 50€/t)	82.036 € (1.641 t · 50€/t)	αρχικό σενάριο
€	Παρασιτικός Ηλεκτρισμός ⁽²⁾	3.200 € (32.000kWh)	7.000 € (70.000kWh)	
Ετήσιες Αποταμιεύσεις				
€	Εξοικονόμηση πετρελαίου	87.033 €	191.473 €	-

9.3 ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Τα έργα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας επιδοτούνται από τα *Κοινοτικά Πλαίσια Στήριξης* της Ε.Ε., σε ποσοστό μέχρι και 40% του αρχικού τους κόστους, ανάλογα με την κατηγορία και το μέγεθος του έργου ενώ ο νέος εθνικός αναπτυξιακός νόμος προβλέπει επιδοτήσεις από 40-55%.

Στη παρούσα μελέτη θα εξετάσουμε τρία διαφορετικά σενάρια χρηματοδότησης για κάθε έργο. Βασικός συντελεστής διαμόρφωσης του σχήματος χρηματοδότησης είναι το ύψος της επιδότησης που μπορεί να αποσπάσει το έργο. Έτσι, πέρα από το *Βασικό Σενάριο* όπου το έργο επιδοτείται κατά 40% των αρχικών του εξόδων, εξετάζονται και δύο εναλλακτικά σενάρια με ύψος επιδότησης 20% για το *Σενάριο Α* και μηδενική επιδότηση για το *Σενάριο Β*.

Στη συνέχεια κάθε έργο θα εξεταστεί ξεχωριστά.

9.3.1 Μελέτη Έργου: *Λάκωμα Ι*

Ο παραγωγός διαθέτει μέχρι 60.000,00€⁽³⁾ για την επένδυση (Ίδια Κεφάλαια), ενώ το υπόλοιπο αρχικό κόστος θα καλυφθεί μέσω τραπεζικού δανείου. Το διαθέσιμο κεφάλαιο του παραγωγού θεωρείται δεδομένο και σταθερό. Τα τρία σχήματα χρηματοδότησης που εξετάζονται διαμορφώνονται από το ύψος της επιδότησης. Το άθροισμα του αρχικού κεφαλαίου και του ποσού της επιδότησης δεν καλύπτουν το αρχικό κόστος της επένδυσης σε καμία από τις τρεις περιπτώσεις, οπότε το υπόλοιπο απαιτούμενο κεφάλαιο θα προέλθει από δανεισμό. Τα τρία σχήματα χρηματοδότησης που θα εξεταστούν παρουσιάζονται στον Πίνακα 9.5.

Πίνακας 9.5: Σχήματα χρηματοδότησης του έργου *Λάκωμα Ι*

² Παρασιτικός Ηλεκτρισμός είναι το ρεύμα που καταναλώνεται από εξαρτήματα του συστήματος βιομάζας, όπως για παράδειγμα ο μηχανισμός τροφοδοσίας, ο εξαεριστήρας, κ.ά.

³ Το ποσό των 60.000 ευρώ που διαθέτει ο αγρότης είναι μικρότερο από το κόστος αγοράς ενός καινούριου λέβητα πετρελαίου (γύρω στα 80.000 ευρώ) για τις διαστάσεις του θερμοκηπίου του.

	Ίδια Κεφάλαια	Επιδότηση	Δανεισμός
Βασικό Σενάριο	25,2%	40%	34,8%
Σενάριο Α	25,2%	20%	54,8%
Σενάριο Β	25,2%	0%	74,8%

Τα κριτήρια με βάση τα οποία θα αξιολογηθεί κάθε έργο (και κάθε σενάριο), έχουν παρουσιασθεί αναλυτικά στο Κεφάλαιο 3. Για κάθε σενάριο που θα μελετηθεί, θα γίνει ανάλυση ευαισθησίας των αποτελεσμάτων των κριτηρίων αξιολόγησης στις μεταβολές των τιμών ορισμένων παραμέτρων. Οι παράμετροι που μετέχουν στην ανάλυση ευαισθησίας παρουσιάζονται στον Πίνακα 9.6.

Πίνακας 9.6: Παράμετροι που μετέχουν στην ανάλυση ευαισθησίας

Περιγραφή μεγέθους	Σύμβολο
Κόστος βιομάζας	BioCost
Συνολικό αρχικό κόστος (σύστημα βιομάζας, εγκατάσταση, παρελκόμενα)	I
Επιτόκιο προσαύξησης του κόστους ενέργειας	r_{E-cost}
Πληθωρισμός	f
Προεξοφλητικό επιτόκιο	D
Διάρκεια ζωής έργου	PL
Επιτόκιο εξόφλησης χρεών	r_{debt}
Προθεσμία εξόφλησης χρεών	$Debt_{term}$

9.3.1.1 Χρηματοοικονομική ανάλυση για έργο επιδοτούμενο κατά 40% (Βασικό Σενάριο)

Το αρχικό κόστος της επένδυσης ανέρχεται σε **237.500,00€**. Η επιδότηση του 40% του αρχικού κόστους μειώνει τις αρχικές δαπάνες σε $237.500,00€ \cdot 0,6 = 142.500,00€$. Ο παραγωγός θα διαθέσει 59.850,00€ για την επένδυση, οπότε το υπόλοιπο $142.500,00€ - 59.850,00€ = 82.650,00€$ θα πρέπει να το δανειστεί. Το ποσό αυτό αντιστοιχεί σε ικανότητα δανεισμού $R_{costs} = 58\%$ ($= 82.650 / 142.500$). Η αγροτική τράπεζα παρέχει χορηγήσεις για επενδύσεις με επιτόκιο $r_{debt} = 3\%$ (τη στιγμή που το διατραπεζικό επιτόκιο για μεσομακροπρόθεσμες χορηγήσεις των άλλων τραπεζών βρίσκεται περίπου στο 4,8% [Ιούνιος 2005]).

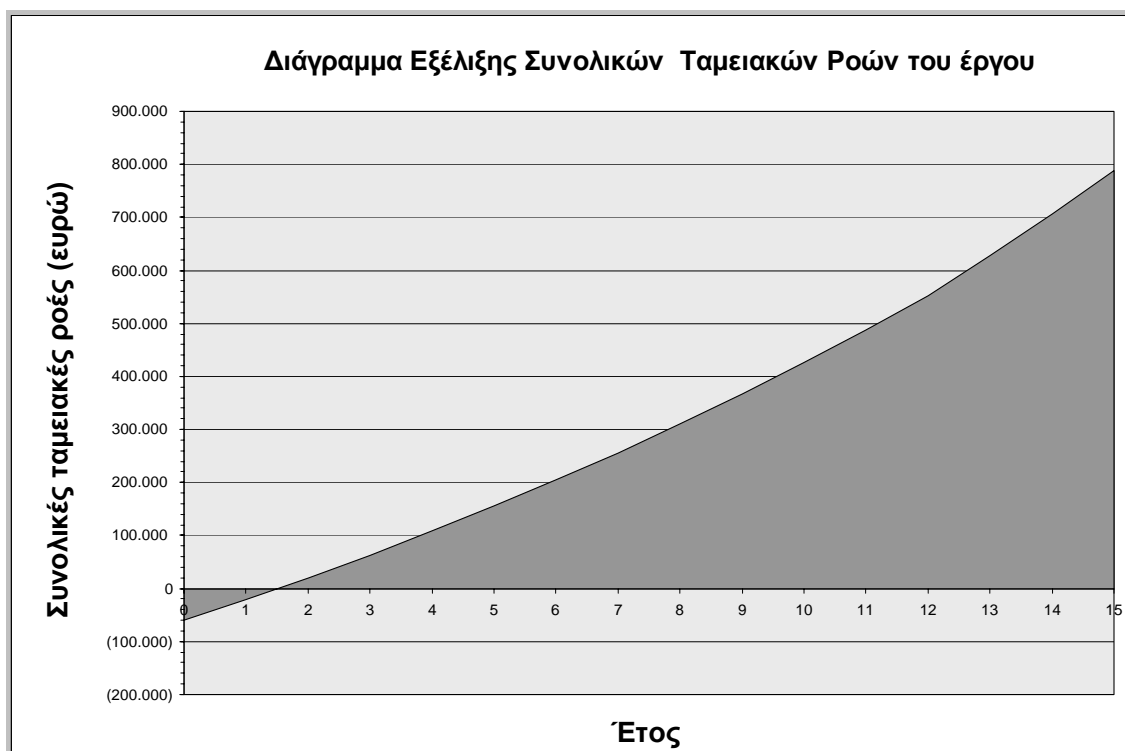
Η τιμή για το προεξοφλητικό επιτόκιο D , με βάση το οποίο γίνεται η σύγκριση με εναλλακτικούς τρόπους επένδυσης του ποσού του αρχικού κόστους, επιλέχθηκε αρχικά να λάβει μια σχετικά υψηλή τιμή, στο 12%. Επίσης ο πληθωρισμός επιλέχθηκε στην τιμή 4%, που είναι μία μονάδα πάνω από την τρέχουσα τιμή του πληθωρισμού [Ιούνιος 2005]. Αναλυτικά, τα χρηματοοικονομικά δεδομένα εισόδου φαίνονται στον Πίνακα 9.7. Στον Πίνακα 9.8 παρουσιάζονται οι επιδόσεις του έργου στα κριτήρια αξιολόγησης όπως προκύπτουν από τους υπολογισμούς του λογισμικού RETscreen και στο Σχήμα 9.2 αποτυπώνονται οι συνολικές ταμειακές ροές του έργου στο χρόνο, έως το τέλος της ζωής του ($PL = 15$ χρόνια).

Πίνακας 9.7: Δεδομένα χρηματοοικονομικής ανάλυσης (Βασικό Σενάριο)

Περιγραφή μεγέθους	Σύμβολο	Τιμή μεγέθους
Ίδια Κεφάλαια	I_{cap}	59.850,00 €
Επιδότηση	I_{grant}	95.000,00 €
Δανεισμός	I_{loan}	82,650,00 €
Σύνολο:		237.500,00 €
Επιτόκιο προσαύξησης του κόστους ενέργειας	r_{E-cost}	4%
Πληθωρισμός	f	4%
Προεξοφλητικό επιτόκιο	D	12%
Διάρκεια ζωής έργου	PL	15 έτη
Ικανότητα δανεισμού	R_{costs}	58%
Επιτόκιο εξόφλησης χρεών	r_{debt}	3%
Προθεσμία εξόφλησης χρεών	$Debt_{term}$	12 έτη

Πίνακας 9.8: Επιδόσεις στα χρηματοοικονομικά κριτήρια (Βασικό Σενάριο)

Κριτήριο Αξιολόγησης	Τιμή κριτηρίου αξιολόγησης
Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης, (IRR)	70%
Απλή Επανεξοφλητική Περίοδος	3,1 έτη
Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,5 έτη
Καθαρή Παρούσα Αξία, (ΚΠΑ)	285.983 €
Δείκτης Κερδοφορίας, (PI)	4,78



Σχήμα 9.2: Η εξέλιξη των συνολικών καθαρών ταμειακών ροών του έργου στο χρόνο, έως το τέλος της ζωής του

Με βάση όλα τα κριτήρια αξιολόγησης που παρουσιάζονται στον Πίνακα 9.8, το έργο κρίνεται αποδοτικό ($IRR > D$, $KPIA > 0$, $PI > 0$). Ο χρόνος της απλής επανείσπραξης είναι επίσης ικανοποιητικός. Εδώ βέβαια να τονίσουμε, ότι οι παραπάνω δείκτες δεν αφορούν τον κύκλο των εργασιών του παραγωγού, αλλά το σύστημα θέρμανσης του θερμοκηπίου. Η εμπειρία της ελληνικής αγοράς έχει δείξει ότι τα συστήματα θέρμανσης με βιομάζα, έχουν μέγιστο χρόνο απόσβεσης 3 έτη. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, που πρόκειται για την επένδυση ενός αγρότη πάνω στην καλλιέργεια του, θα πρέπει να θεωρήσουμε θεμιτό χρόνο απόσβεσης ≤ 3 έτη.

Στην ανάλυση ευαισθησίας που ακολουθεί, για τιμές της *Απλής Επανείσπραξης* ≥ 4 έτη, θα θεωρούμε ότι μπορεί να υπάρχει ένας σκεπτικισμός γύρω από την πραγματοποίηση του έργου.

9.3.1.1.1 Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή του μοναδιαίου κόστους προμήθειας της βιομάζας

Στον Πίνακα 9.9 φαίνονται οι επιδόσεις των κριτηρίων αξιολόγησης για διαφορετικές τιμές του κόστους της βιομάζας ανά τόνο. Η στήλη με τα τονισμένα γράμματα αντιστοιχεί στα αποτελέσματα του αρχικού σεναρίου.

Πίνακας 9.9: Αποτελέσματα της αξιολόγησης για τη μεταβολή της τιμής της βιομάζας

Μοναδιαίο κόστος βιομάζας	BioCost = 40 €/t	BioCost = 50€/t	BioCost = 55€/t	BioCost = 60€/t	BioCost = 70€/t
<i>Κριτήριο Αξιολόγησης</i>	<i>Τιμή κριτηρίου αξιολόγησης</i>				
Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	82,9%	70,0%	63,6%	57,2%	44,4%
Απλή Επανείσπραξη	2,7 έτη	3,1 έτη	3,4 έτη	3,7 έτη	4,7 έτη
Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,3 έτη	1,5 έτη	1,7 έτη	1,9 έτη	2,4 έτη
Καθαρή Παρούσα Αξία	351.036 €	285.983 €	253.457 €	220.931 €	155.879 €
Δείκτης Κερδοφορίας	5,87	4,78	4,23	3,69	2,60

Με βάση τα όσα προαναφέρθηκαν για τους χρόνους απόσβεσης των συστημάτων βιομάζας, θα πρέπει ο παραγωγός να επιδιώξει την προμήθεια της βιομάζας με κόστος χαμηλότερο από 50€/t.

Δεδομένης της έλλειψης υποδομών συλλογής και συγκέντρωσης βιομάζας στις αγροτικές περιοχές της χώρας όπου τα γεωργικά υπολείμματα αφήνονται να σαπίσουν στα χωράφια, η εκτίμηση του κόστους που απαιτεί η διαδικασία θα πρέπει να βασιστεί σε εμπειρικές εκτιμήσεις. Πάντως, η εποχή κλαδέματος είναι συγκεκριμένη και γνωστή για κάθε είδος. Στο κόστος προμήθειας θα περιλαμβάνεται η μίσθωση του μηχανήματος συλλογής, και η μίσθωση του φορτηγού μεταφοράς μαζί με τα απαραίτητα εργατικά. Το κόστος αυτό παρουσιάζει διακύμανση ανάλογα με τη διασπορά των χωραφιών από τα οποία θα γίνει η συλλογή και από την απόστασή τους από το θερμοκήπιο. Η δαπάνη αυτή δεν θα πρέπει να ξεπερνά τα $746 \text{ t} \cdot 50\text{€/t} = 37.289\text{€}$ ετησίως.

9.3.1.1.2 Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή των αρχικών δαπανών

Η μεταβολή $\pm 10\%$ του αρχικού κόστους είναι ίσως υπερβολική. Υπενθυμίζουμε όμως, ότι στο αρχικό κόστος συμπεριλαμβάνονται, πέρα από το κόστος του συστήματος βιομάζας, το κόστος του τεμαχιστήρα και της κτιριακής υποδομής, έκτασης 200 m². Η διαφορά των 14.250,00€ που αντιστοιχεί στο 10% του αρχικού κόστους είναι μεγάλη αλλά όχι αδύνατη να υπάρξει. Σε κάθε περίπτωση εδώ η αναφορά γίνεται για λόγους επίδειξης της ευαισθησίας των κριτηρίων αξιολόγησης στις μεταβολές του αρχικού κόστους. Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης για τη μεταβολή των αρχικών δαπανών φαίνονται στον Πίνακα 9.10.

Πίνακας 9.10: Αποτελέσματα για μεταβολή των αρχικών δαπανών κατά $\pm 5\%$ και $\pm 10\%$

Διακύμανση αρχικών δαπανών					
	-10%	-5%	Βασικό σενάριο	+5%	+10%
Υπολειπόμενο αρχικό κόστος μετά την επιδότηση	128.250,00	135.375,00	142.500,00	149.625,00	156.750,00
Ίδια Κεφάλαια	59.850,00	59.850,00	59.850,00	59.850,00	59.850,00
Χρέος του έργου	68.400,00	75.525,00	82.650,00	89.775,00	96.900,00
Ικανότητα δανεισμού	53,3%	55,8%	58%	60%	61,8%
Αποτελέσματα					
Κριτήριο αξιολόγησης	Τιμή κριτηρίου αξιολόγησης				
Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	72,2%	71,2%	70%	68,9%	67,8%
Απλή Επανείσπραξη	2,8 έτη	3,0 έτη	3,1 έτη	3,3 έτη	3,4 έτη
Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,5 έτη	1,5 έτη	1,5 έτη	1,5 έτη	1,6 έτη
Καθαρή Παρούσα Αξία	294.835 €	290.423 €	285.983 €	281.549 €	277.105 €
Δείκτης Κερδοφορίας	4,92	4,85	4,78	4,70	4,63

Όπως είναι αναμενόμενο η μείωση του αρχικού κόστους βελτιώνει τα αποτελέσματα των κριτηρίων ενώ αντίθετα η αύξησή του μειώνει την αποδοτικότητα της επένδυσης. Σε κάθε περίπτωση το έργο παραμένει αποδοτικό ακόμα και με βάση το κριτήριο της απλής επανείσπραξης το οποίο λαμβάνει μεν τιμές πάνω από το επιθυμητό αλλά δεν αγγίζει το όριο των τεσσάρων ετών.

9.3.1.1.3 Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή του επιτοκίου προσαύξησης του κόστους ενέργειας

Το επιτόκιο προσαύξησης του κόστους ενέργειας, δηλαδή η ποσοστιαία μελλοντική μεταβολή του κόστους των καυσίμων είναι πολύ δύσκολο να προβλεφθεί, τόσο για τη βιομάζα όσο φυσικά για το πετρέλαιο. Εδώ θεωρήσαμε ότι η τιμή του r_{E-cost} βρίσκεται κάπου κοντά στην τιμή του πληθωρισμού. Τα αποτελέσματα της

αξιολόγησης για τη μεταβολή του επιτοκίου προσαύξησης του κόστους ενέργειας φαίνονται στον Πίνακα 9.11.

Πίνακας 9.11: Αποτελέσματα της αξιολόγησης για τη μεταβολή της παραμέτρου r_{E-cost}

Επιτόκιο προσαύξησης του κόστους ενέργειας	$r_{E-cost}=2\%$	$r_{E-cost}=3\%$	$r_{E-cost}=4\%$	$r_{E-cost}=5\%$	
Κριτήριο Αξιολόγησης	Τιμή κριτηρίου αξιολόγησης				
Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	66,1%	68,1%	70,0%	72,0%	%
Απλή Επανεξίσπραξη	3,1	3,1	3,1	3,1	έτη
Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,6	1,5	1,5	1,5	έτη
Καθαρή Παρούσα Αξία	238.010	261.049	285.983	312.986	€
Δείκτης Κερδοφορίας	3,98	4,36	4,78	5,23	-

Το επιτόκιο προσαύξησης του κόστους ενέργειας επιβαρύνει τόσο το κόστος προμήθειας του πετρελαίου, όσο και το κόστος προμήθειας της βιομάζας. Δεδομένου ότι το συνολικό ετήσιο κόστος για αγορά πετρελαίου είναι μεγαλύτερο από αυτό της προμήθειας της βιομάζας, είναι λογικό η αύξηση του ποσοστού r_{E-cost} να βελτιώνει τα αποτελέσματα των κριτηρίων αξιολόγησης και άρα την αποδοτικότητα της επένδυσης.

9.3.1.1.4 Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή του πληθωρισμού

Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης για τη μεταβολή της τιμής του πληθωρισμού φαίνονται στον Πίνακα 9.12.

Πίνακας 9.12: Αποτελέσματα της αξιολόγησης για τη μεταβολή της παραμέτρου f

Πληθωρισμός	$f=2\%$	$f=3\%$	$f=4\%$	$f=5\%$	$f=6\%$	
Κριτήριο Αξιολόγησης	Τιμή κριτηρίου αξιολόγησης					
Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	70,1%	70,1%	70,0%	70,0%	69,9%	%
Απλή Επανεξίσπραξη	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	έτη
Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	έτη
Καθαρή Παρούσα Αξία	287.014	286.519	285.983	285.403	284.774	€
Δείκτης Κερδοφορίας	4,80	4,79	4,78	4,77	4,76	-

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την μεταβολή του πληθωρισμού είναι αναμενόμενα. Μείωση της τιμής του πληθωρισμού οδηγεί σε βελτίωση των κριτηρίων αξιολόγησης ενώ αντίθετα αύξησή του οδηγεί σε μειωμένη αποδοτικότητα της επένδυσης. Σε κάθε περίπτωση το έργο εξακολουθεί να είναι αποδοτικό ($IRR > D$, $KPIA > 0$, $PI > 0$) ακόμα και για τιμές του πληθωρισμού μεγαλύτερες από το 4% του Βασικού Σεναρίου.

9.3.1.1.5 Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή του επιτοκίου προεξόφλησης (D) για διαφορετικές τιμές της διάρκειας ζωής του έργου (PL)

Το προεξοφλητικό επιτόκιο είναι αυτό με το οποίο συγκρίνεται ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης για την αξιολόγηση της αποδοτικότητας του έργου. Ουσιαστικά πρόκειται για μια εκτίμηση της απόδοσης μιας εναλλακτικής επένδυσης στην οποία ο επενδυτής θα μπορούσε να επενδύσει τα χρήματά του. Υπό αυτήν την οπτική το προεξοφλητικό επιτόκιο εξαρτάται και από τη διάρκεια της ζωής της επένδυσης, για αυτό και εξετάζεται η μεταβολή του παράλληλα με τη μεταβολή της διάρκειας ζωής της επένδυσης.

Πίνακας 9.13: Αποτελέσματα της αξιολόγησης για τη μεταβολή της παραμέτρου D για διάφορες διάρκειες ζωής του έργου

	Προεξοφλητικό επιτόκιο	D = 9%	D = 10%	D = 12%	
	Κριτήριο Αξιολόγησης	Τιμή κριτηρίου αξιολόγησης			
PL=12 έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	69,9%	69,9%	69,9%	
	Απλή Επανείσπραξη	3,1	3,1	3,1	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,5	1,5	1,5	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	288.776	270.287	237.481	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	4,83	4,52	3,97	-
PL=15 έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	70,0%	70,0%	70,0%	
	Απλή Επανείσπραξη	3,1	3,1	3,1	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,5	1,5	1,5	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	359.631	332.657	285.983	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	6,01	5,56	4,78	-
PL=20 έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	70,1%	70,1%	70,1%	
	Απλή Επανείσπραξη	3,1	3,1	3,1	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,5	1,5	1,5	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	457.644	415.891	346.303	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	7,65	6,95	5,79	-

Η μεταβολή της τιμής του προεξοφλητικού επιτοκίου δεν επηρεάζει τον εσωτερικό βαθμό απόδοσης, με τον οποίο και συγκρίνεται. Η Καθαρή Παρούσα Αξία του έργου και ο Δείκτης Κερδοφορίας, είναι αναμενόμενο να αυξάνονται όσο μειώνεται η τιμή του D, δηλαδή η απόδοση μιας εναλλακτικής επένδυσης με την οποία συγκρίνουμε την εξεταζόμενη.

9.3.1.1.6 Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή των όρων δανειοδότησης

Διατηρώντας τη διάρκεια ζωής του έργου στα 15 χρόνια του βασικού σεναρίου εξετάζουμε την ευαισθησία των κριτηρίων αξιολόγησης στις μεταβολές των όρων

δανειοδότησης, (επιτόκιο εξόφλησης χρεών, r_{debt} και προθεσμία εξόφλησης χρεών, $Debt_{term}$).

Πίνακας 9.14: Αποτελέσματα της αξιολόγησης για τη μεταβολή των παραμέτρων r_{debt} και $Debt_{term}$, για διάρκεια ζωής του έργου $PL=15$ έτη

PL=15 έτη	Επιτόκιο εξόφλησης χρεών	$r_{debt} = 3\%$	$r_{debt} = 4\%$	$r_{debt} = 5\%$	
Κριτήριο Αξιολόγησης		Τιμή κριτηρίου αξιολόγησης			
$Debt_{term}=8\text{έτη}$	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	64,9%	64,2%	63,4%	
	Απλή Επανείσπραξη	3,1	3,1	3,1	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,6	1,7	1,7	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	278.927	276.434	273.891	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	4,66	4,62	4,58	-
$Debt_{term}=10\text{έτη}$	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	67,9%	67,2%	66,4%	
	Απλή Επανείσπραξη	3,1	3,1	3,1	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,6	1,6	1,6	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	282.671	279.841	276.939	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	4,72	4,68	4,63	-
$Debt_{term}=12\text{έτη}$	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	70,0%	69,2%	68,4%	
	Απλή Επανείσπραξη	3,1	3,1	3,1	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,5	1,5	1,5	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	285.983	282.865	279.654	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	4,78	4,73	4,67	-
$Debt_{term}=15\text{έτη}$	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	72,2%	71,4%	70,5%	
	Απλή Επανείσπραξη	3,1	3,1	3,1	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,5	1,5	1,5	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	290.263	286.787	283.184	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	4,85	4,79	4,73	-

Δεν επιλέξαμε επιτόκιο μικρότερο του 3% καθώς θεωρείται οριακά χαμηλό. Οι επιδόσεις των κριτηρίων αξιολόγησης χειροτερεύουν όσο αυξάνεται το επιτόκιο εξόφλησης των χρεών και βελτιώνονται όσο αυξάνει ο χρόνος αποπληρωμής, αλλά η επένδυση παραμένει αποδοτική κάτω από όλους τους συνδυασμούς επιτοκίου-προθεσμίας εξόφλησης χρεών.

Στην συνέχεια θα κάνουμε μία πιο αναλυτική προσέγγιση της ευαισθησίας των κριτηρίων αξιολόγησης στις μεταβολές των όρων δανειοδότησης, μεταβάλλοντας τους όρους δανεισμού (*επιτόκιο εξόφλησης χρεών*, r_{debt} και *προθεσμία εξόφλησης χρεών*, $Debt_{term}$) για διαφορετικές διάρκειες ζωής του έργου (PL).

[**Σημείωση:** Τα αποτελέσματα του Πίνακα 9.14 επαναλαμβάνονται στις γραμμές των Πινάκων 9.15-9.16 και 9.17 που αντιστοιχούν σε $PL=15$ έτη.]

Πίνακας 9.15: Αποτελέσματα της αξιολόγησης για μεταβολή της παραμέτρου $Debt_{term}$ για διάφορες διάρκειες ζωής του έργου, με $r_{debt} = 3\%$.

$r_{debt} = 3\%$	Προθεσμία εξόφλησης χρεών ($Debt_{term}$)	8 έτη	10 έτη	12 έτη	15 έτη
Κριτήριο Αξιολόγησης		Τιμή κριτηρίου αξιολόγησης			
<i>Διάρκεια ζωής του έργου</i>	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	64,2%	67,3%	-	-
	Απλή Επανείσπραξη	3,1	3,1	-	- έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,6	1,6	-	- έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	191.553	195.296	-	- €
	Δείκτης Κερδοφορίας	3,20	3,26	-	-
$PL=10$ έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	64,7%	67,7%	69,9%	-
	Απλή Επανείσπραξη	3,1	3,1	3,1	- έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,6	1,6	1,5	- έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	230.425	234.168	237.481	- €
	Δείκτης Κερδοφορίας	3,85	3,91	3,97	-
$PL=12$ έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	64,9%	67,9%	70,0%	72,2%
	Απλή Επανείσπραξη	3,1	3,1	3,1	3,1 έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,6	1,6	1,5	1,5 έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	278.927	282.671	285.983	290.263 €
	Δείκτης Κερδοφορίας	4,66	4,72	4,78	4,85 -
$PL=15$ έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	65,0%	68,0%	70,1%	72,2%
	Απλή Επανείσπραξη	3,1	3,1	3,1	3,1 έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,6	1,6	1,5	1,5 έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	339.247	342.991	346.303	350.583 €
	Δείκτης Κερδοφορίας	5,67	5,73	5,79	5,86 -
$PL=20$ έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	65,0%	68,0%	70,1%	72,2%
	Απλή Επανείσπραξη	3,1	3,1	3,1	3,1 έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,6	1,6	1,5	1,5 έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	339.247	342.991	346.303	350.583 €
	Δείκτης Κερδοφορίας	5,67	5,73	5,79	5,86 -

Πίνακας 9.16: Αποτελέσματα της αξιολόγησης για μεταβολή της παραμέτρου $Debt_{term}$ για διάφορες διάρκειες ζωής του έργου, με $r_{debt} = 4\%$.

$r_{debt} = 4\%$	Προθεσμία εξόφλησης χρεών ($Debt_{term}$)	8 έτη	10 έτη	12 έτη	15 έτη
Κριτήριο Αξιολόγησης		Τιμή κριτηρίου αξιολόγησης			
Διάρκεια ζωής του έργου	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	63,4%	66,5%	-	-
	Απλή Επανείσπραξη	3,1	3,1	-	- έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,7	1,6	-	- έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	189.060	192.466	-	- €
	Δείκτης Κερδοφορίας	3,16	3,22	-	- -
PL=10 έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	63,9%	67,0%	69,1%	-
	Απλή Επανείσπραξη	3,1	3,1	3,1	- έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,7	1,6	1,5	- έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	227.932	231.338	234.363	- €
	Δείκτης Κερδοφορίας	3,81	3,7	3,92	- -
PL=12 έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	64,2%	67,2%	69,2%	71,4%
	Απλή Επανείσπραξη	3,1	3,1	3,1	3,1 έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,7	1,6	1,5	1,5 έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	276.434	279.841	282.865	286.787 €
	Δείκτης Κερδοφορίας	4,62	4,68	4,73	4,79 -
PL=15 έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	64,3%	67,2%	69,3%	71,4%
	Απλή Επανείσπραξη	3,1	3,1	3,1	3,1 έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,7	1,6	1,5	1,5 έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	336.754	340.160	343.185	347.107 €
	Δείκτης Κερδοφορίας	5,63	5,68	5,73	5,80 -
PL=20 έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	62,6%	65,7%	-	-
	Απλή Επανείσπραξη	3,1	3,1	-	- έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,7	1,6	-	- έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	186.517	189.565	-	- €
	Δείκτης Κερδοφορίας	3,12	3,17	-	- -
PL=12 έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	63,2%	66,2%	68,3%	-
	Απλή Επανείσπραξη	3,1	3,1	3,1	- έτη

Πίνακας 9.17: Αποτελέσματα της αξιολόγησης για μεταβολή της παραμέτρου $Debt_{term}$ για διάφορες διάρκειες ζωής του έργου, με $r_{debt} = 5\%$.

$r_{debt} = 5\%$	Προθεσμία εξόφλησης χρεών ($Debt_{term}$)	8 έτη	10 έτη	12 έτη	15 έτη
Κριτήριο Αξιολόγησης		Τιμή κριτηρίου αξιολόγησης			
Διάρκεια ζωής του έργου	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	62,6%	65,7%	-	-
	Απλή Επανείσπραξη	3,1	3,1	-	- έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,7	1,6	-	- έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	186.517	189.565	-	- €
	Δείκτης Κερδοφορίας	3,12	3,17	-	- -
PL=12 έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	63,2%	66,2%	68,3%	-
	Απλή Επανείσπραξη	3,1	3,1	3,1	- έτη

Πίνακας 9.17 (συνέχεια)

$r_{debt} = 5\%$	Προθεσμία εξόφλησης χρεών ($Debt_{term}$)	8 έτη	10 έτη	12 έτη	15 έτη	
Κριτήριο Αξιολόγησης		Τιμή κριτηρίου αξιολόγησης				
PL=12 έτη	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,7	1,6	1,5	-	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	225.389	228.437	231.151	-	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	3,77	3,82	3,86	-	-
PL=15 έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	63,4%	66,4%	68,4%	70,5%	
	Απλή Επανείσπραξη	3,1	3,1	3,1	3,1	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,7	1,6	1,5	1,5	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	273.891	276.939	279.654	283.184	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	4,58	4,63	4,67	4,73	-
PL=20 έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	63,5%	66,4%	68,5%	70,6%	
	Απλή Επανείσπραξη	3,1	3,1	3,1	3,1	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,7	1,6	1,5	1,5	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	334.211	337.259	339.974	343.503	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	5,58	5,64	5,68	5,74	-

Από τα αποτελέσματα των Πινάκων 9.15, 9.16 και 9.17 γίνεται φανερό πως η αποδοτικότητα της επένδυσης αυξάνει όσο μειώνεται το επιτόκιο εξόφλησης των χρεών και όσο αυξάνει η προθεσμία εξόφλησης και ο χρόνος ζωής του έργου. Είναι δεδομένο ότι κάθε επενδυτής επιδιώκει να πετύχει τους ευνοϊκότερους όρους δανεισμού αλλά φυσικά αυτό δεν εξαρτάται μόνο από αυτόν αλλά και από την πολιτική χορηγήσεων του εκάστοτε χρηματοπιστωτικού οργανισμού. Η συγκεκριμένη επένδυση, είναι αποδοτική ακόμα και με τους δυσμενέστερους όρους δανεισμού ($r_{debt}=5\%$ και $Debt_{term}=8$ έτη).

9.3.1.2 Χρηματοοικονομική ανάλυση για έργο επιδοτούμενο κατά 20% (Σενάριο Α)

Το αρχικό κόστος της επένδυσης ανέρχεται σε **237.500,00€**. Η επιδότηση του 20% του αρχικού κόστους μειώνει τις αρχικές δαπάνες σε $237.500,00€ \cdot 0,8 = 190.000,00€$. Ο παραγωγός θα διαθέσει 59.850,00€ για την επένδυση, οπότε το υπόλοιπο $190.000,00€ - 59.850,00€ = 130.150,00€$ θα πρέπει να το δανειστεί. Το ποσό αυτό αντιστοιχεί σε ικανότητα δανεισμού $R_{costs} = 68,5\%$ ($=130.150/190.000$).

Οι χρηματοοικονομικές παράμετροι, εκτός από την ικανότητα δανεισμού (R_{costs}) παραμένουν ίδιες με αυτές του Βασικού Σεναρίου. Αναλυτικά, τα χρηματοοικονομικά δεδομένα εισόδου φαίνονται στον Πίνακα 9.18. Στον Πίνακα 9.19 παρουσιάζονται οι επιδόσεις του έργου στα κριτήρια αξιολόγησης όπως προκύπτουν από τους υπολογισμούς του λογισμικού RETScreen.

Πίνακας 9.18: Δεδομένα χρηματοοικονομικής ανάλυσης (αρχικό Σενάριο Α)

Περιγραφή μεγέθους	Σύμβολο	Τιμή μεγέθους
Ίδια Κεφάλαια	I_{cap}	59.850,00 €
Επιδότηση	I_{grant}	47.500,00 €
Δανεισμός	I_{loan}	130.150,00 €
Σύνολο:	-	237.500,00 €
Επιτόκιο προσαύξησης του κόστους ενέργειας	r_{E-cost}	4%
Πληθωρισμός	f	4%
Προεξοφλητικό επιτόκιο	D	12%
Διάρκεια ζωής έργου	PL	15 έτη
Ικανότητα δανεισμού	R_{costs}	68,5%
Επιτόκιο εξόφλησης χρεών	r_{debt}	3%
Προθεσμία εξόφλησης χρεών	$Debt_{term}$	12 έτη

Πίνακας 9.19: Επιδόσεις στα χρηματοοικονομικά κριτήρια (αρχικό Σενάριο Α)

Κριτήριο Αξιολόγησης	Τιμή κριτηρίου αξιολόγησης
Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης, (IRR)	62,7%
Απλή Επανεξοφλητική Περίοδος	4,2 έτη
Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,7 έτη
Καθαρή Παρούσα Αξία, (ΚΠΑ)	256.424 €
Δείκτης Κερδοφορίας, (PI)	4,28

Οι παράμετροι που θα εξεταστούν στην ανάλυση ευαισθησίας είναι οι ίδιες με αυτές που εξετάστηκαν κατά την ανάλυση ευαισθησίας του Βασικού Σεναρίου.

9.3.1.2.1 Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή του μοναδιαίου κόστους προμήθειας της βιομάζας

Στον Πίνακα 9.20 φαίνονται οι επιδόσεις των κριτηρίων αξιολόγησης για διαφορετικές τιμές του κόστους της βιομάζας ανά τόνο. Η στήλη με τα τονισμένα γράμματα αντιστοιχεί στα αποτελέσματα του αρχικού σεναρίου.

Πίνακας 9.20: Αποτελέσματα της αξιολόγησης για τη μεταβολή της τιμής της βιομάζας

Μοναδιαίο κόστος βιομάζας	BioCost = 30 €/t	BioCost = 35 €/t	BioCost = 40 €/t	BioCost = 50€/t	BioCost = 55€/t
Κριτήριο Αξιολόγησης	Τιμή κριτηρίου αξιολόγησης				
Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	88,2%	81,8%	75,4%	62,7%	56,3%
Απλή Επανεξοφλητική Περίοδος	3,1	3,3	3,6	4,2	4,5
Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,2	1,3	1,4	1,7	1,9
Καθαρή Παρούσα Αξία	386.529	354.003	321.476	256.424	223.898
Δείκτης Κερδοφορίας	6,46	5,91	5,37	4,28	3,74

Με βάση τα όσα προαναφέρθηκαν για τους χρόνους απόσβεσης των συστημάτων βιομάζας, θα πρέπει ο παραγωγός να εξασφαλίσει την προμήθεια της βιομάζας με κόστος χαμηλότερο από 35€/t.

9.3.1.2.2 Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή των αρχικών δαπανών

Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης για τη μεταβολή των αρχικών δαπανών φαίνονται στον Πίνακα 9.21. Υπενθυμίζουμε ότι καθόλη την εξέλιξη της ανάλυσης ευαισθησίας το κόστος της βιομάζας παραμένει σταθερό και ίσο προς 50 ευρώ ανά τόνο.

Πίνακας 9.21: Αποτελέσματα για μεταβολή των αρχικών δαπανών κατά $\pm 5\%$ και $\pm 10\%$

Διακύμανση αρχικών δαπανών					
	-10%	-5%	Σενάριο Α	+5%	+10%
Υπολειπόμενο αρχικό κόστος μετά την επιδότηση	171.000,00	180.500,00	190.000,00	199.500,00	209.000,00
Ίδια Κεφάλαια	59.850,00	59.850,00	59.850,00	59.850,00	59.850,00
Χρέος του έργου	111.150,00	120.650,00	130.150,00	139.650,00	149.150,00
Ικανότητα δανεισμού	65%	66,8%	68,5%	70%	71,4%
Αποτελέσματα					
Κριτήριο αξιολόγησης	Τιμή κριτηρίου αξιολόγησης				
Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	65,6%	64,1%	62,7%	61,2%	59,7%
Απλή Επανεξίσπραξη	3,8 έτη	4,0 έτη	4,2 έτη	4,4 έτη	4,6 έτη
Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,6 έτη	1,7 έτη	1,7 έτη	1,8 έτη	1,8 έτη
Καθαρή Παρούσα Αξία	268.248 €	262.307 €	256.424 €	250.512 €	244.590 €
Δείκτης Κερδοφορίας	4,48	4,38	4,28	4,19	4,08

Όπως είναι αναμενόμενο η μείωση του αρχικού κόστους βελτιώνει τα αποτελέσματα των κριτηρίων ενώ αντίθετα η αύξηση του μειώνει την αποδοτικότητα της επένδυσης. Το έργο παραμένει αποδοτικό με βάση τα κριτήρια αξιολόγησης αλλά ικανοποιεί τον χρόνο απόσβεσης (απλής επανεξίσπραξης ≤ 4) που εμείς ορίσαμε σαν αποδεκτό μόνο μετά από μείωση του αρχικού κόστους κατά 10%.

9.3.1.2.3 Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή του πληθωρισμού για διάφορες τιμές του επιτοκίου προσαύξησης του κόστους ενέργειας

Η μεταβολή αυτή γίνεται για να δούμε τις διακυμάνσεις των ποσών σε περιπτώσεις που το επιτόκιο προσαύξησης της ενέργειας είναι μικρότερο, ίσο ή μεγαλύτερο από τον πληθωρισμό. Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης για τη μεταβολή της τιμής του πληθωρισμού φαίνονται στον Πίνακα 9.22.

Πίνακας 9.22: Αποτελέσματα για μεταβολή του πληθωρισμού και του επιτοκίου προσαύξησης του κόστους ενέργειας

Πληθωρισμός		$f=2\%$	$f=3\%$	$f=4\%$	$f=5\%$	$f=6\%$	
Κριτήριο Αξιολόγησης		Τιμή κριτηρίου αξιολόγησης					
$r_{E-cost} = 2\%$	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	58,5%	58,5%	58,4%	58,4%	58,3%	
	Απλή Επανείσπραξη	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	209.482	208.987	208.451	207.871	207.242	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	3,50	3,49	3,48	3,47	3,46	-
$r_{E-cost} = 3\%$	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	58,5%	60,6%	60,5%	60,5%	60,4%	
	Απλή Επανείσπραξη	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,8	1,7	1,7	1,7	1,7	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	208.987	232.026	231.490	230.910	230.281	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	3,49	3,88	3,87	3,86	3,85	-
$r_{E-cost} = 4\%$	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	62,7%	62,7%	62,7%	62,6%	62,6%	
	Απλή Επανείσπραξη	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	257.455	256.960	256.424	255.844	255.215	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	4,30	4,29	4,28	4,27	4,26	-
$r_{E-cost} = 5\%$	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	64,8%	64,8%	64,7%	64,7%	64,7%	
	Απλή Επανείσπραξη	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	284.457	283.962	283.426	282.846	282.218	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	4,75	4,74	4,74	4,73	4,72	-

Παρατηρούμε πως το επιτόκιο προσαύξησης του κόστους ενέργειας επηρεάζει σε μεγαλύτερο βαθμό τις επιδόσεις των κριτηρίων αξιολόγησης από ότι ο πληθωρισμός. Η επένδυση παραμένει αποδοτική ($IRR > D$, $KPIA > 0$, $PI > 0$) κάτω από όλους τους συνδυασμούς αυξομείωσης του πληθωρισμού και του επιτοκίου προσαύξησης του κόστους ενέργειας, αλλά δεν παρατηρούνται μεταβολές στο κριτήριο της *Απλής Επανείσπραξης* που διατηρείται σταθερά πάνω από 4 έτη.

9.3.1.2.4 Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή του επιτοκίου προεξόφλησης (D) για διαφορετικές τιμές της διάρκειας ζωής του έργου (PL)

Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης για τη μεταβολή της παραμέτρου D για διάφορες διάρκειες ζωής του έργου παρουσιάζονται στον Πίνακα 9.23.

Πίνακας 9.23: Αποτελέσματα της αξιολόγησης για τη μεταβολή της παραμέτρου D για διάφορες διάρκειες ζωής του έργου

	Προεξοφλητικό επιτόκιο	$D = 9\%$	$D = 10\%$	$D = 12\%$	
	Κριτήριο Αξιολόγησης	Τιμή κριτηρίου αξιολόγησης			
Διάρκεια ζωής του έργου	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	62,4%	62,4%	62,4%	
	Απλή Επανείσπραξη	4,2	4,2	4,2	έτη
PL=12 έτη	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,7	1,7	1,7	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	254.606	237.772	207.922	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	4,25	3,97	3,47	-
PL=15 έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	62,7%	62,7%	62,7%	
	Απλή Επανείσπραξη	4,2	4,2	4,2	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,7	1,7	1,7	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	325.460	300.143	256.424	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	5,44	5,01	4,28	-
PL=20 έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	62,7%	62,7%	62,7%	
	Απλή Επανείσπραξη	4,2	4,2	4,2	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,7	1,7	1,7	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	423.473	383.377	316.744	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	7,08	6,41	5,29	-

Παρατηρούμε ότι η Καθαρή Παρούσα Αξία παρουσιάζει αξιοσημείωτες αυξήσεις τόσο κατά τη μείωση του προεξοφλητικού επιτοκίου όσο και κατά την αύξηση του χρόνου ζωής του έργου.

9.3.1.2.5 Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή των όρων δανειοδότησης

Διατηρώντας τη διάρκεια ζωής του έργου στα 15 χρόνια του Σεναρίου Α εξετάζουμε την ευαισθησία των κριτηρίων αξιολόγησης στις μεταβολές των όρων δανειοδότησης, (επιτόκιο εξόφλησης χρεών, r_{debt} και προθεσμία εξόφλησης χρεών, $Debt_{term}$).

Πίνακας 9.24: Αποτελέσματα της αξιολόγησης για τη μεταβολή των παραμέτρων r_{debt} και $Debt_{term}$, για διάρκεια ζωής του έργου PL=15 έτη

PL=15 έτη	Επιτόκιο εξόφλησης χρεών	$r_{debt} = 3\%$	$r_{debt} = 4\%$	$r_{debt} = 5\%$	
	Κριτήριο Αξιολόγησης	Τιμή κριτηρίου αξιολόγησης			
$Debt_{term} = 8\text{έτη}$	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	55,1%	54,0%	52,8%	
	Απλή Επανείσπραξη	4,2	4,2	4,2	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	2,0	2,1	2,1	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	245.313	241.387	237.383	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	4,10	4,03	3,97	-

Πίνακας 9.24 (συνέχεια)

PL=15 έτη	Επιτόκιο εξόφλησης χρεών	$r_{debt} = 3\%$	$r_{debt} = 4\%$	$r_{debt} = 5\%$	
Κριτήριο Αξιολόγησης		Τιμή κριτηρίου αξιολόγησης			
$Debt_{term}=10\epsilon\tau\eta$	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	59,5%	58,3%	57,1%	
	Απλή Επανείσπραξη	4,2	4,2	4,2	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,8	1,9	1,9	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	251.208	246.751	242.182	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	4,20	4,12	4,05	-
$Debt_{term}=12\epsilon\tau\eta$	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	62,7%	61,4%	60,2%	
	Απλή Επανείσπραξη	4,2	4,2	4,2	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,7	1,7	1,8	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	256.424	251.514	246.457	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	4,28	4,20	4,12	-
$Debt_{term}=15\epsilon\tau\eta$	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	66,0%	64,7%	63,4%	
	Απλή Επανείσπραξη	4,2	4,2	4,2	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,6	1,6	1,7	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	263.163	257.690	252.015	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	4,40	4,31	4,21	-

Η μεταβολή της προθεσμίας αποπληρωμής του χρέους από 12 σε 15 έτη είναι μικρή και δεν καταφέρνει να μειώσει το χρόνο Απλής Επανείσπραξης σε λιγότερο από 4 έτη. Με βάση τα υπόλοιπα κριτήρια αξιολόγησης, το έργο παραμένει αποδοτικό ($IRR > D$, $KPIA > 0$, $PI > 0$) για όλους τους συνδυασμούς των όρων δανειοδότησης.

9.3.1.3 Χρηματοοικονομική ανάλυση για έργο επιδοτούμενο κατά 0% (Σενάριο B)

Το αρχικό κόστος της επένδυσης ανέρχεται σε **237.500,00€**. Εξετάζουμε την περίπτωση όπου το έργο δεν επιδοτείται. Ο παραγωγός θα διαθέσει 59.850,00€ για την επένδυση, οπότε το υπόλοιπο 237.500,00€-59.850,00€=177.650,00€ θα πρέπει να το δανειστεί. Το ποσό αυτό αντιστοιχεί σε ικανότητα δανεισμού $R_{costs}=74,8\%$ (=177.650/237.500).

Οι χρηματοοικονομικές παράμετροι, εκτός από την ικανότητα δανεισμού (R_{costs}) παραμένουν ίδιες με αυτές του Βασικού Σεναρίου. Αναλυτικά, τα χρηματοοικονομικά δεδομένα εισόδου φαίνονται στον Πίνακα 9.25. Στον **Πίνακα 9.26** παρουσιάζονται οι επιδόσεις του έργου στα κριτήρια αξιολόγησης όπως προκύπτουν από τους υπολογισμούς του λογισμικού RETScreen.

Οι παράμετροι που θα εξεταστούν στην ανάλυση ευαισθησίας είναι οι ίδιες με αυτές που εξετάστηκαν κατά την ανάλυση ευαισθησίας του Βασικού Σεναρίου και του Σεναρίου Α.

Πίνακας 9.25: Δεδομένα χρηματοοικονομικής ανάλυσης (αρχικό Σενάριο Β)

Περιγραφή μεγέθους	Σύμβολο	Τιμή μεγέθους
Ίδια Κεφάλαια	I_{cap}	59.850,00 €
Επιδότηση	I_{grant}	0,00 €
Δανεισμός	I_{loan}	177.650,00 €
Σύνολο:	-	237.500,00 €
Επιτόκιο προσαύξησης του κόστους ενέργειας	r_{E-cost}	4%
Πληθωρισμός	f	4%
Προεξοφλητικό επιτόκιο	D	12%
Διάρκεια ζωής έργου	PL	15 έτη
Ικανότητα δανεισμού	R_{costs}	74,8%
Επιτόκιο εξόφλησης χρεών	r_{debt}	3%
Προθεσμία εξόφλησης χρεών	$Debt_{term}$	12 έτη

Πίνακας 9.26: Επιδόσεις στα χρηματοοικονομικά κριτήρια (αρχικό Σενάριο Β)

Κριτήριο Αξιολόγησης	Τιμή κριτηρίου αξιολόγησης
Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης, (IRR)	55,4%
Απλή Επανεξοφλητική Περίοδος	5,2 έτη
Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	2,0 έτη
Καθαρή Παρούσα Αξία, (ΚΠΑ)	226.865 €
Δείκτης Κερδοφορίας, (PI)	3,79

Όπως είναι λογικό, η αποδοτικότητα της επένδυσης μειώνεται αισθητά για την περίπτωση όπου δεν υπάρχει επιδότηση του έργου. Με βάση τα κριτήρια αξιολόγησης ($IRR > D$, $KPA > 0$, $PI > 0$), η επένδυση παραμένει κερδοφόρα, αλλά με χρόνο απόσβεσης πολύ μεγάλο (5,2 έτη) για έργα αυτού του είδους. Επιπλέον η έλλειψη επιδότησης συνεπάγεται ένα αυξημένο χρέος στην τράπεζα, κάτι που συνήθως ένας αγρότης θα προσπαθήσει να αποφύγει, εάν δεν είναι ανάγκη. Υπό αυτή την οπτική δύσκολα ένας παραγωγός θα προχωρούσε στην πραγματοποίηση του έργου.

9.3.1.3.1 Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή του μοναδιαίου κόστους προμήθειας της βιομάζας

Στον Πίνακα 9.27 φαίνονται οι επιδόσεις των κριτηρίων αξιολόγησης για διαφορετικές τιμές του κόστους της βιομάζας ανά τόνο. Η στήλη με τα τονισμένα γράμματα αντιστοιχεί στα αποτελέσματα του αρχικού σεναρίου.

Πίνακας 9.27: Αποτελέσματα της αξιολόγησης για τη μεταβολή της τιμής της βιομάζας

Μοναδιαίο κόστος βιομάζας	BioCost = 30 €/t	BioCost = 35 €/t	BioCost = 40 €/t	BioCost = 50€/t	BioCost = 55€/t
<i>Κριτήριο Αξιολόγησης</i>	<i>Τιμή κριτηρίου αξιολόγησης</i>				
Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	80,7%	74,4%	68,0%	55,4%	49,2%
Απλή Επανείσπραξη	3,9 έτη	4,2 έτη	4,5 έτη	5,2 έτη	5,7 έτη
Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,3 έτη	1,4 έτη	1,6 έτη	2,0 έτη	2,2 έτη
Καθαρή Παρούσα Αξία	356.969 €	324.443 €	291.917 €	226.865 €	194.339 €
Δείκτης Κερδοφορίας	5,96	5,42	4,88	3,79	3,25

Με βάση τα όσα προαναφέρθηκαν για τους χρόνους απόσβεσης των συστημάτων βιομάζας, θα πρέπει ο παραγωγός να εξασφαλίσει την προμήθεια της βιομάζας με κόστος πολύ χαμηλότερο από 30€/t.

9.3.1.3.2 Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή των αρχικών δαπανών

Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης για τη μεταβολή των αρχικών δαπανών φαίνονται στον Πίνακα 9.10. Υπενθυμίζουμε ότι καθόλη την εξέλιξη της ανάλυσης ευαισθησίας το κόστος της βιομάζας παραμένει σταθερό και ίσο προς 50 ευρώ ανά τόνο.

Πίνακας 9.28: Αποτελέσματα για μεταβολή των αρχικών δαπανών κατά ±5% και ±10%

Διακύμανση αρχικών δαπανών					
	-10%	-5%	Σενάριο Β	+5%	+10%
Αρχικό κόστος	213.750,00	225.625,00	237.500,00	249.375,00	261.250,00
Ίδια Κεφάλαια	59.850,00	59.850,00	59.850,00	59.850,00	59.850,00
Χρέος του έργου	153.900,00	165.775,00	178.550,00	189.525,00	201.400,00
Ικανότητα δανεισμού	72%	73,5%	74,8%	76%	77,1%
Αποτελέσματα					
<i>Κριτήριο αξιολόγησης</i>	<i>Τιμή κριτηρίου αξιολόγησης</i>				
Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	59,0%	57,2%	55,4%	53,6%	51,9%
Απλή Επανείσπραξη	4,7	5,0	5,2 έτη	5,5	5,7
Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,8	1,9	2,0 έτη	2,0	2,1
Καθαρή Παρούσα Αξία	241.644	234.251	226.865 €	219.475	212.094
Δείκτης Κερδοφορίας	4,04	3,91	3,79	3,67	3,55

Όπως είναι αναμενόμενο η μείωση του αρχικού κόστους βελτιώνει τα αποτελέσματα των κριτηρίων ενώ αντίθετα η αύξηση του μειώνει την αποδοτικότητα της επένδυσης. Το έργο παραμένει αποδοτικό με βάση τα κριτήρια αξιολόγησης αλλά δεν ικανοποιεί τον χρόνο απόσβεσης (απλής επανείσπραξης ≤ 4) που εμείς ορίσαμε σαν αποδεκτό.

9.3.1.3.3 Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή του πληθωρισμού για διάφορες τιμές του επιτοκίου προσαύξησης του κόστους ενέργειας

Η μεταβολή αυτή γίνεται για να δούμε τις διακυμάνσεις των κριτηρίων αξιολόγησης σε περιπτώσεις που το επιτόκιο προσαύξησης της ενέργειας είναι μικρότερο, ίσο ή μεγαλύτερο από τον πληθωρισμό. Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης για μεταβολή των τιμών του πληθωρισμού και του επιτοκίου προσαύξησης του κόστους ενέργειας φαίνονται στον Πίνακα 9.29.

Πίνακας 9.29: Αποτελέσματα για μεταβολή του πληθωρισμού και του επιτοκίου προσαύξησης του κόστους ενέργειας

Πληθωρισμός		$f=2\%$	$f=3\%$	$f=4\%$	$f=5\%$	$f=6\%$	
Κριτήριο Αξιολόγησης		Τιμή κριτηρίου αξιολόγησης					
$r_{E-cost}=2\%$	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	51,0%	50,9%	50,9%	50,8%	50,7%	
	Απλή Επανείσπραξη	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	179.923	179.428	178.892	178.312	177.683	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	3,01	3,00	2,99	2,98	2,97	-
$r_{E-cost}=3\%$	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	53,3%	53,2%	53,2%	53,1%	53,1%	
	Απλή Επανείσπραξη	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	202.961	202.466	201.931	201.351	200.722	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	3,39	3,38	3,37	3,36	3,35	-
$r_{E-cost}=4\%$	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	55,5%	55,5%	55,4%	55,4%	55,3%	
	Απλή Επανείσπραξη	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	227.895	227.401	226.865	226.285	225.656	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	3,81	3,80	3,79	3,78	3,77	-
$r_{E-cost}=5\%$	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	57,7%	57,7%	57,7%	57,6%	57,6%	
	Απλή Επανείσπραξη	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	254.898	254.403	253.867	253.287	252.658	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	4,26	4,25	4,24	4,23	4,22	-

Η επένδυση παραμένει αποδοτική κάτω από όλους τους συνδυασμούς αυξομειώσης του πληθωρισμού και του επιτοκίου προσαύξησης του κόστους ενέργειας,

αλλά δεν παρατηρούνται μεταβολές στο κριτήριο της Απλής Επανείσπραξης που διατηρείται σταθερά πάνω από 4 έτη.

9.3.1.3.4 Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή του επιτοκίου προεξόφλησης (D) για διαφορετικές τιμές της διάρκειας ζωής του έργου (PL)

Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης για τη μεταβολή της παραμέτρου D για διάφορες διάρκειες ζωής του έργου παρουσιάζονται στον Πίνακα 9.30.

Πίνακας 9.30: Αποτελέσματα της αξιολόγησης για τη μεταβολή της παραμέτρου D για διάφορες διάρκειες ζωής του έργου

Προεξοφλητικό επιτόκιο		$D = 9\%$	$D = 10\%$	$D = 12\%$	
Κριτήριο Αξιολόγησης		Τιμή κριτηρίου αξιολόγησης			
$PL=12$ έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	55,0%	55,0%	55,0%	
	Απλή Επανείσπραξη	5,2	5,2	5,2	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	2,0	2,0	2,0	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	220.435	205.258	178.362	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	3,68	3,43	2,98	-
$PL=15$ έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	55,4%	55,4%	55,4%	
	Απλή Επανείσπραξη	5,2	5,2	5,2	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	2,0	2,0	2,0	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	291.290	267.628	226.865	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	4,87	4,47	3,79	-
$PL=20$ έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	55,6%	55,6%	55,6%	
	Απλή Επανείσπραξη	5,2	5,2	5,2	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	2,0	2,0	2,0	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	389.303	350.862	287.185	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	6,50	5,86	4,80	-

Η μεταβολή της τιμής του προεξοφλητικού επιτοκίου δεν επηρεάζει τον εσωτερικό βαθμό απόδοσης, με τον οποίο και συγκρίνεται. Η Καθαρή Παρούσα Αξία του έργου και ο Δείκτης Κερδοφορίας, είναι αναμενόμενο να αυξάνονται όσο μειώνεται η τιμή του D , δηλαδή η απόδοση μιας εναλλακτικής επένδυσης με την οποία συγκρίνουμε την εξεταζόμενη.

9.3.1.3.5 Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή των όρων δανειοδότησης

Διατηρώντας τη διάρκεια ζωής του έργου στα 15 χρόνια του Σεναρίου Β εξετάζουμε την ευαισθησία των κριτηρίων αξιολόγησης στις μεταβολές των όρων δανειοδότησης, (επιτόκιο εξόφλησης χρεών, r_{debt} και προθεσμία εξόφλησης χρεών, $Debt_{term}$).

Πίνακας 9.31: Αποτελέσματα της αξιολόγησης για τη μεταβολή των παραμέτρων r_{debt} και $Debt_{term}$, για διάρκεια ζωής του έργου $PL=15$ έτη

PL=15 έτη	Επιτόκιο εξόφλησης χρεών	$r_{debt} = 3\%$	$r_{debt} = 4\%$	$r_{debt} = 5\%$	
Κριτήριο Αξιολόγησης		Τιμή κριτηρίου αξιολόγησης			
$Debt_{term}=8$ έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	45,9%	44,6%	43,2%	
	Απλή Επανείσπραξη	5,2	5,2	5,2	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	2,5	2,6	2,8	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	211.698	206.340	200.874	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	3,54	3,45	3,36	-
$Debt_{term}=10$ έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	51,3%	49,7%	48,2%	
	Απλή Επανείσπραξη	5,2	5,2	5,2	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	2,2	2,2	2,3	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	219.745	213.662	207.425	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	3,67	3,57	3,47	-
$Debt_{term}=12$ έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	55,4%	53,8%	52,2%	
	Απλή Επανείσπραξη	5,2	5,2	5,2	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	2,0	2,0	2,1	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	226.865	220.163	213.260	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	3,79	3,68	3,56	-
$Debt_{term}=15$ έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	59,8%	58,2%	56,4%	
	Απλή Επανείσπραξη	5,2	5,2	5,2	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,8	1,9	1,9	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	236.063	228.592	220.847	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	3,94	3,82	3,69	-

Η μεταβολή της προθεσμίας αποπληρωμής του χρέους από 12 σε 15 έτη είναι μικρή και δεν καταφέρνει να μειώσει το χρόνο Απλής Επανείσπραξης.

9.3.1.4 Συμπεράσματα για την αποδοτικότητα του Έργου Λάκωμα I

Γίνεται ξεκάθαρο πως η κρατική επιδότηση ανακουφίζει πολύ το μεγάλο βάρος του αρχικού κόστους και θα πρέπει να επιδιώκεται στο μέγιστο δυνατό της ύψος. Ακόμα όμως και με μειωμένη επιδότηση, η αντικατάσταση του συμβατικού συστήματος θέρμανσης από σύστημα βιομάζας παραμένει μία δελεαστική πρόταση. Σε περίπτωση μη ύπαρξης επιδότησης η επένδυση μπορεί να είναι αποδοτική με βάση τα κριτήρια αξιολόγησης αλλά ουσιαστικά δημιουργεί μεγάλο χρέος προς την τράπεζα και έχει σημαντικά αυξημένο χρόνο απόσβεσης, κάτι που είναι καθοριστικό για την απόφαση πραγματοποίησης της επένδυσης.

Σε κάθε περίπτωση το κόστος της βιομάζας παίζει καθοριστικό ρόλο και δεν θα έπρεπε να ξεκινήσει το έργο χωρίς προηγουμένως να έχει εξασφαλιστεί μία συμφέρουσα τιμή προμήθειας της βιομάζας, η οποία θα παραμείνει σταθερή τουλάχιστον μέχρι το χρόνο απόσβεσης του αρχικού κόστους. Η μεταβολή των χρηματοοικονομικών κριτηρίων, μέσα σε λογικά όρια, δεν επιφέρει καθοριστικές μεταβολές στην τύχη της επένδυσης, και ελάχιστα μπορούν να καθορίσουν την απόφαση της πραγματοποίησης της ή μη.

Στον Πίνακα 9.32 παρουσιάζονται συγκεντρωμένα τα αποτελέσματα της χρηματοοικονομικής ανάλυσης για τα τρία σενάρια χρηματοδότησης που εξετάστηκαν στη μελέτη του έργου.

Πίνακας 9.32: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα της αξιολόγησης για τα τρία σχήματα χρηματοδότησης του έργου *Λάκωμα Ι*

(Συνολικό) Αρχικό κόστος εγκατάστασης: 237.500,00 €				
	Βασικό Σενάριο	Σενάριο Α	Σενάριο Β	
Ύψος επιδότησης	$r_{grant} = 40\%$	$r_{grant} = 20\%$	$r_{grant} = 0\%$	
Υπολειπόμενο αρχικό κόστος μετά την επιδότηση	142.500	190.000	237.500	€
Ίδια Κεφάλαια	59.850	59.850	59.850	€
Χρέος του έργου	82.650	130.150	177.650	€
Κριτήριο Αξιολόγησης	Τιμή κριτηρίου αξιολόγησης			
Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	70%	62,7%	55,4%	
Απλή Επανεξοφώση	3,1	4,2	5,2	έτη
Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,5	1,7	2,0	έτη
Καθαρή Παρούσα Αξία	285.983	256.424	226.865	€
Δείκτης Κερδοφορίας	4,78	4,28	3,79	-

9.3.2 Μελέτη Έργου: *Λάκωμα ΙΙ*

Θεωρήσαμε ότι το διαθέσιμο αρχικό κεφάλαιο (Ίδια Κεφάλαια), από τον κάθε παραγωγό, βρίσκεται σε πλήρη αναλογία με την έκταση του θερμοκηπίου του. Έτσι το συνολικό αρχικό διαθέσιμο κεφάλαιο ανέρχεται σε $60.000,00 + (6/5) \cdot 60.000,00 = 132.000,00\text{€}$. ενώ το υπόλοιπο αρχικό κόστος θα καλυφθεί μέσω τραπεζικού δανείου. Το διαθέσιμο κεφάλαιο των παραγωγών θεωρείται δεδομένο και σταθερό. Τα τρία σχήματα χρηματοδότησης που εξετάζονται διαμορφώνονται από το ύψος της επιδότησης. Το άθροισμα του αρχικού κεφαλαίου και του ποσού της επιδότησης δεν καλύπτουν το αρχικό κόστος της επένδυσης, οπότε το υπόλοιπο απαιτούμενο κεφάλαιο θα προέλθει από δανεισμό. Τα τρία σχήματα χρηματοδότησης που θα εξεταστούν παρουσιάζονται στον Πίνακα 9.33.

Πίνακας 9.33: Σχήματα χρηματοδότησης του έργου: *Λάκωμα II*

	Ίδια Κεφάλαια	Επιδότηση	Δανεισμός
Βασικό Σενάριο	30,8%	40%	29,2%
Σενάριο Α	30,8%	20%	49,2%
Σενάριο Β	30,8%	0%	69,2%

Τα κριτήρια με βάση τα οποία θα αξιολογηθεί κάθε έργο (και κάθε σενάριο), έχουν παρουσιασθεί αναλυτικά στο Κεφάλαιο 3. Για κάθε σενάριο που θα μελετηθεί, θα γίνει ανάλυση ευαισθησίας των αποτελεσμάτων των κριτηρίων αξιολόγησης στις μεταβολές των τιμών ορισμένων παραμέτρων. Οι παράμετροι που μετέχουν στην ανάλυση ευαισθησίας, είναι οι ίδιες που μετείχαν και κατά τη μελέτη του έργου *Λάκωμα I* και παρουσιάστηκαν στον Πίνακα 9.6 της §Ενότητας 9.3.1.

9.3.2.1 Χρηματοοικονομική ανάλυση για έργο επιδοτούμενο κατά 40% (Βασικό Σενάριο)

Το αρχικό κόστος της επένδυσης ανέρχεται σε **428.000,00€**. Η επιδότηση του 40% του αρχικού κόστους μειώνει τις αρχικές δαπάνες σε $428.000,00€ \cdot 0,6 = 256.800,00€$. Οι παραγωγοί θα διαθέσουν 131.738,00€ για την επένδυση, οπότε το υπόλοιπο $256.800,00€ - 131.738,00€ = 125.062,00€$ θα πρέπει να το δανειστούν. Το ποσό αυτό αντιστοιχεί σε ικανότητα δανεισμού $R_{costs} = 48,7\%$ ($=125.062/256.800$).

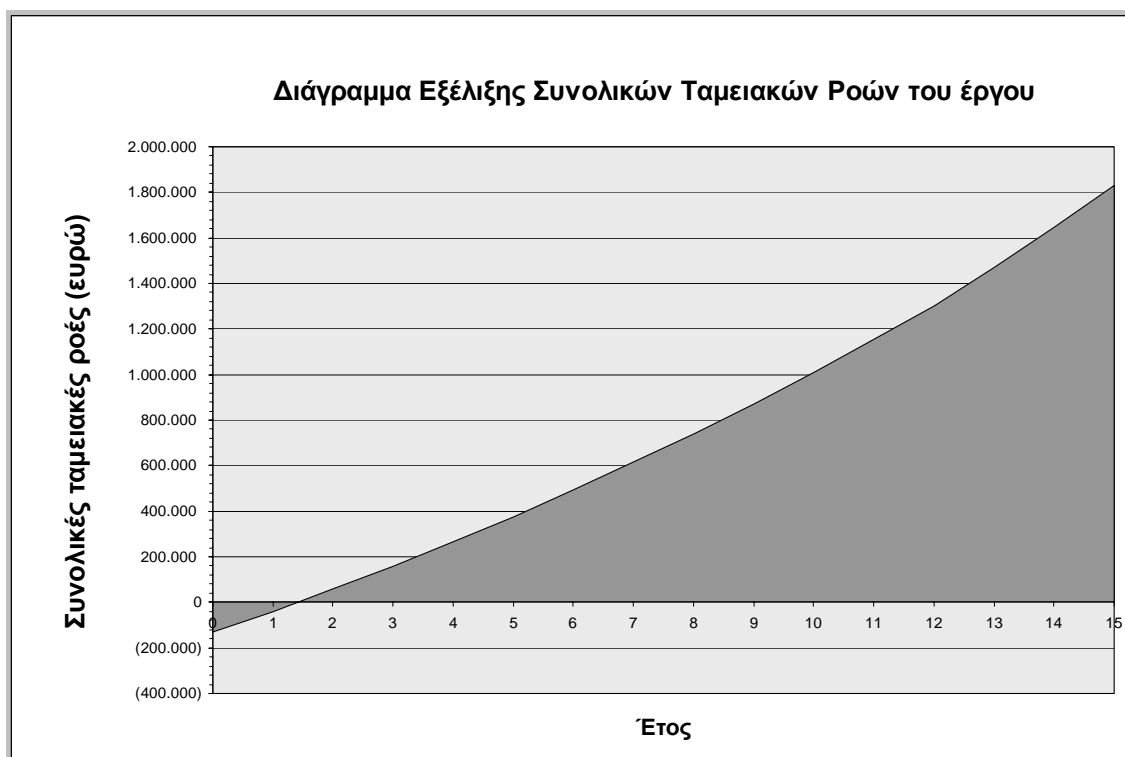
Οι τιμές των χρηματοοικονομικών παραμέτρων λαμβάνονται ίδιες με αυτές του έργου *I*, εκτός από την ικανότητα δανεισμού που διαφοροποιείται. Αναλυτικά, τα χρηματοοικονομικά δεδομένα εισόδου φαίνονται στον Πίνακα 9.34. Στον Πίνακα 9.35 παρουσιάζονται οι επιδόσεις του έργου στα κριτήρια αξιολόγησης όπως προκύπτουν από τους υπολογισμούς του λογισμικού RETScreen και στο Σχήμα 9.3 αποτυπώνονται οι συνολικές ταμειακές ροές του έργου στο χρόνο, έως το τέλος της ζωής του ($PL=15$ χρόνια).

Πίνακας 9.34: Δεδομένα χρηματοοικονομικής ανάλυσης (Βασικό Σενάριο)

Περιγραφή μεγέθους	Σύμβολο	Τιμή μεγέθους
Ίδια Κεφάλαια	I_{cap}	131.738,00 €
Επιδότηση	I_{grant}	171.200,00 €
Δανεισμός	I_{loan}	125.062,00 €
Σύνολο:	-	428.000,00 €
Επιτόκιο προσαύξησης του κόστους ενέργειας	r_{E-cost}	4%
Πληθωρισμός	f	4%
Προεξοφλητικό επιτόκιο	D	12%
Διάρκεια ζωής έργου	PL	15 έτη
Ικανότητα δανεισμού	R_{costs}	48,7%
Επιτόκιο εξόφλησης χρεών	r_{debt}	3%
Προθεσμία εξόφλησης χρεών	$Debt_{term}$	12 έτη

Πίνακας 9.35: Επιδόσεις στα χρηματοοικονομικά κριτήρια (*Βασικό Σενάριο*)

<i>Κριτήριο Αξιολόγησης</i>	<i>Τιμή κριτηρίου αξιολόγησης</i>
Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	75,0%
Απλή Επανείσπραξη	2,5 έτη
Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,4 έτη
Καθαρή Παρούσα Αξία	675.238 €
Δείκτης Κερδοφορίας	5,13

**Σχήμα 9.3:** Η εξέλιξη των συνολικών καθαρών ταμειακών ροών του έργου στο χρόνο, έως το τέλος της ζωής του

Με βάση όλα τα κριτήρια αξιολόγησης που παρουσιάζονται στον Πίνακα 9.8, το έργο κρίνεται πολύ αποδοτικό. Ο εσωτερικό βαθμός απόδοσης είναι κατά πολύ μεγαλύτερος του επιλεγμένου προεξοφλητικού επιτοκίου ($IRR=75\% > D=12\%$), η καθαρή παρούσα αξία είναι όχι μόνο θετική αλλά και πολύ μεγάλη σε απόλυτη τιμή, ενώ ο δείκτης κερδοφορίας του έργου ξεπερνά τις 5 μονάδες ($PI=5,13$). Ο χρόνος της απλής επανείσπραξης είναι απόλυτα ικανοποιητικός και μικρότερος από τρία έτη. Από τη στιγμή που οι παραγωγοί μπορούν να εξασφαλίσουν την προμήθεια της βιομάζας με 50 ευρώ ανά τόνο, δεν πρέπει να υπάρχει κανένας δισταγμός για την πραγματοποίηση του έργου.

9.3.2.1.1 Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή του μοναδιαίου κόστους προμήθειας της βιομάζας

Στον Πίνακα 9.36 φαίνονται οι επιδόσεις των κριτηρίων αξιολόγησης για διαφορετικές τιμές του κόστους της βιομάζας ανά τόνο. Η στήλη με τα τονισμένα γράμματα αντιστοιχεί στα αποτελέσματα του αρχικού σεναρίου.

Πίνακας 9.36: Αποτελέσματα της αξιολόγησης για τη μεταβολή της τιμής της βιομάζας

Μοναδιαίο κόστος βιομάζας	BioCost = 40 €/t	BioCost = 50€/t	BioCost = 55€/t	BioCost = 60€/t	BioCost = 65€/t
<i>Κριτήριο Αξιολόγησης</i>	<i>Τιμή κριτηρίου αξιολόγησης</i>				
Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	87,9%	75,0%	68,6%	62,1%	55,7%
Απλή Επανεξοφηση	2,2 έτη	2,5 έτη	2,8 έτη	3,0 έτη	3,3 έτη
Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,2 έτη	1,4 έτη	1,5 έτη	1,7 έτη	1,9 έτη
Καθαρή Παρούσα Αξία	818.353 €	675.238 €	603.680 €	532.123 €	460.565 €
Δείκτης Κερδοφορίας	6,21	5,13	4,58	4,04	3,50

Με βάση τα όσα αναφέρθηκαν κατά την εξέταση του έργου I, για τους χρόνους της απλής επανεξοφησης, παρατηρούμε ότι το παρόν έργο (έργο II), παραμένει αποδοτικό δελεαστικό ακόμα και για τιμή της βιομάζας 65 ευρώ ανά τόνο, με χρόνο απόσβεσης του έργου λίγο παραπάνω από 3 έτη.

9.3.2.1.2 Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή των αρχικών δαπανών

Η μεταβολή $\pm 10\%$ του αρχικού κόστους φαντάζει υπερβολική. Υπενθυμίζουμε όμως, ότι στο αρχικό κόστος συμπεριλαμβάνονται, πέρα από το κόστος του συστήματος βιομάζας, το κόστος του τεμαχιστήρα και της κτιριακής υποδομής, έκτασης 264 m². Η διαφορά των 25.680,00€ που αντιστοιχεί στο 10% του αρχικού κόστους είναι μεγάλη αλλά όχι αδύνατη να υπάρξει. Σε κάθε περίπτωση εδώ η αναφορά γίνεται για λόγους επίδειξης της ευαισθησίας των κριτηρίων αξιολόγησης στις μεταβολές του αρχικού κόστους. Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης για τη μεταβολή των αρχικών δαπανών φαίνονται στον Πίνακα 9.37.

Πίνακας 9.37: Αποτελέσματα για μεταβολή των αρχικών δαπανών κατά $\pm 5\%$ και $\pm 10\%$

	Διακύμανση αρχικών δαπανών				
	-10%	-5%	Βασικό σενάριο	+5%	+10%
Υπολειπόμενο αρχικό κόστος μετά την επιδότηση	231.120,00	243.960,00	256.800,00	269.640,00	282.480,00
Ίδια Κεφάλαια	131.738,00	131.738,00	131.738,00	131.738,00	131.738,00
Χρέος του έργου	99.382,00	112.222,00	125.062,00	137.902,00	150.742,00
Ικανότητα δανεισμού	43%	46%	48,7%	51,1%	53,4%

Πίνακας 9.37 (συνέχεια)

	-10%	-5%	Βασικό σενάριο	+5%	+10%
Αποτελέσματα					
Κριτήριο αξιολόγησης	Τιμή κριτηρίου αξιολόγησης				
Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	76,9%	76,0%	75,0%	74,1%	73,2%
Απλή Επανείσπραξη	2,3 έτη	2,4 έτη	2,5 έτη	2,7 έτη	2,8 έτη
Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,4 έτη	1,4 έτη	1,4 έτη	1,4 έτη	1,4 έτη
Καθαρή Παρούσα Αξία	691.219 €	683.228 €	675.238 €	667.214 €	659.253 €
Δείκτης Κερδοφορίας	5,25	5,19	5,13	5,06	5,00

Παρατηρούμε ότι ακόμα και με αύξηση του κόστους κατά 10%, η επένδυση εξακολουθεί να είναι ιδιαίτερα αποδοτική σύμφωνα με όλα τα κριτήρια αξιολόγησης. Συγκεκριμένα ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης διατηρείται πάνω από 70%, ενώ κι ο χρόνος απλής επανείσπραξης δεν ξεπερνά τα 3 έτη.

9.3.2.1.3 Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή του πληθωρισμού για διάφορες τιμές του επιτοκίου προσαύξησης του κόστους ενέργειας

Στη συνέχεια αυξομειώνουμε τις τιμές του επιτοκίου προσαύξησης του κόστους ενέργειας παράλληλα με τη μεταβολή του ύψους του πληθωρισμού ώστε να καλυφθούν όλα τα πιθανά ενδεχόμενα (δηλαδή το επιτόκιο προσαύξησης του κόστους ενέργειας να είναι μικρότερο, μεγαλύτερο ή ίσο με τον πληθωρισμό). Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης για τη μεταβολή της τιμής του πληθωρισμού και του επιτοκίου προσαύξησης του κόστους ενέργειας φαίνονται στον Πίνακα 9.38.

Πίνακας 9.38: Αποτελέσματα για μεταβολή του πληθωρισμού και του επιτοκίου προσαύξησης του κόστους ενέργειας

Πληθωρισμός		$f = 2\%$	$f = 3\%$	$f = 4\%$	$f = 5\%$	$f = 6\%$	
Κριτήριο Αξιολόγησης		Τιμή κριτηρίου αξιολόγησης					
$r_{E-cost} = 2\%$	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	71,3%	71,2%	71,2%	71,2%	71,2%	
	Απλή Επανείσπραξη	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	570.687	570.192	569.656	569.076	568.448	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	4,33	4,33	4,32	4,32	4,31	-
$r_{E-cost} = 3\%$	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	73,2%	73,1%	73,1%	73,1%	73,1%	
	Απλή Επανείσπραξη	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	έτη

Πίνακας 9.38 (συνέχεια)

Πληθωρισμός		$f=2\%$	$f=3\%$	$f=4\%$	$f=5\%$	$f=6\%$	
Κριτήριο Αξιολόγησης		Τιμή κριτηρίου αξιολόγησης					
r_{E-cost} = 3%	Καθαρή Παρούσα Αξία	621.392	620.897	620.361	619.781	619.153	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	4,72	4,71	4,71	4,70	4,70	-
r_{E-cost} = 4%	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	75,1%	75,0%	75,0%	75,0%	75,0%	
	Απλή Επανεξοφλητική Περίοδος	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	676.269	675.774	675.238	674.658	674.029	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	5,13	5,13	5,13	5,12	5,12	-
	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	77,0%	76,9%	76,9%	76,9%	76,9%	
r_{E-cost} = 5%	Απλή Επανεξοφλητική Περίοδος	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	735.697	735.202	734.666	734.086	733.458	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	5,58	5,58	5,58	5,57	5,57	-
	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	77,0%	76,9%	76,9%	76,9%	76,9%	
	Απλή Επανεξοφλητική Περίοδος	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	έτη

Παρατηρούμε ότι όσο μεγαλύτερο είναι το επιτόκιο προσαύξησης του κόστους ενέργειας (r_{E-cost}) από τον πληθωρισμό (f), τόσο πιο αποδοτική γίνεται η επένδυση. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το επιτόκιο προσαύξησης του κόστους ενέργειας επιβαρύνει τόσο το κόστος προμήθειας του πετρελαίου, όσο και το κόστος προμήθειας της βιομάζας. Δεδομένου ότι το συνολικό ετήσιο κόστος για αγορά πετρελαίου είναι μεγαλύτερο από αυτό της προμήθειας της βιομάζας, είναι λογικό η αύξηση του ποσοστού r_{E-cost} να βελτιώνει τα αποτελέσματα των κριτηρίων αξιολόγησης και άρα την αποδοτικότητα της επένδυσης. Ακόμα όμως και στη δυσμενέστερη περίπτωση όπου το $r_{E-cost}=2\%$ και ο πληθωρισμός $f=6\%$, η απόδοση παραμένει πολύ αποδοτική (IRR=71,2%).

9.3.2.1.4 Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή του επιτοκίου προεξόφλησης (D) για διαφορετικές τιμές της διάρκειας ζωής του έργου (PL)

Το προεξοφλητικό επιτόκιο είναι αυτό με το οποίο συγκρίνεται ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης για την αξιολόγηση της αποδοτικότητας του έργου. Ουσιαστικά πρόκειται για μια εκτίμηση της απόδοσης μιας εναλλακτικής επένδυσης στην οποία ο επενδυτής θα μπορούσε να επενδύσει τα χρήματά του. Υπό αυτήν την οπτική το προεξοφλητικό επιτόκιο εξαρτάται και από τη διάρκεια της ζωής της επένδυσης, γι αυτό και εξετάζεται η μεταβολή του παράλληλα με την μεταβολή της διάρκειας ζωής της επένδυσης.

Πίνακας 9.39: Αποτελέσματα της αξιολόγησης για τη μεταβολή της παραμέτρου D για διάφορες διάρκειες ζωής του έργου

Προεξοφλητικό επιτόκιο		$D = 9\%$	$D = 10\%$	$D = 12\%$	
Κριτήριο Αξιολόγησης		Τιμή κριτηρίου αξιολόγησης			
$PL=12$ έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	74,9%	74,9%	74,9%	
	Απλή Επανείσπραξη	2,5	2,5	2,5	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,4	1,4	1,4	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	687.188	643.951	567.212	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	5,22	4,89	4,31	-
$PL=15$ έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	75,0%	75,0%	75,0%	
	Απλή Επανείσπραξη	2,5	2,5	2,5	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,4	1,4	1,4	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	844.998	782.864	675.238	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	6,41	5,94	5,13	-
$PL=20$ έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	75,1%	75,1%	75,1%	
	Απλή Επανείσπραξη	2,5	2,5	2,5	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,4	1,4	1,4	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	1.063.295	968.244	809.584	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	8,07	7,35	6,15	-

Η μεταβολή της τιμής του προεξοφλητικού επιτοκίου δεν επηρεάζει τον εσωτερικό βαθμό απόδοσης, με τον οποίο και συγκρίνεται. Η *Καθαρή Παρούσα Αξία* του έργου και ο *Δείκτης Κερδοφορίας*, είναι αναμενόμενο να αυξάνονται όσο μειώνεται η τιμή του D , δηλαδή η απόδοση μιας εναλλακτικής επένδυσης με την οποία συγκρίνουμε την εξεταζόμενη. Είναι αναμενόμενο να παρατηρείται μεγάλη αύξηση στην τιμή της ΚΠΑ όσο μειώνεται το επιτόκιο D .

9.3.2.1.5 Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή των όρων δανειοδότησης

Διατηρώντας τη διάρκεια ζωής του έργου στα 15 χρόνια του βασικού σεναρίου εξετάζουμε την ευαισθησία των κριτηρίων αξιολόγησης στις μεταβολές των όρων δανειοδότησης, (*επιτόκιο εξόφλησης χρεών*, r_{debt} και *προθεσμία εξόφλησης χρεών*, $Debt_{term}$), ώστε να ελεγχθεί η αποδοτικότητα του έργου και υπό δυσμενείς όρους χρηματοδότησης.

Πίνακας 9.40: Αποτελέσματα της αξιολόγησης για τη μεταβολή των παραμέτρων r_{debt} και $Debt_{term}$, για διάρκεια ζωής του έργου $PL=15$ έτη

PL=15 έτη	Επιτόκιο εξόφλησης χρεών	$r_{debt} = 3\%$	$r_{debt} = 4\%$	$r_{debt} = 5\%$	
Κριτήριο Αξιολόγησης		Τιμή κριτηρίου αξιολόγησης			
$Debt_{term}=8$ έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	71,4%	70,9%	70,4%	
	Απλή Επανείσπραξη	2,5	2,5	2,5	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,5	1,5	1,5	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	664.561	660.789	656.941	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	5,04	5,02	4,99	-
$Debt_{term}=10$ έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	73,6%	73,0%	72,5%	
	Απλή Επανείσπραξη	2,5	2,5	2,5	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,4	1,4	1,5	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	670.226	665.943	661.552	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	5,09	5,06	5,02	-
$Debt_{term}=12$ έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	75,0%	74,5%	73,9%	
	Απλή Επανείσπραξη	2,5	2,5	2,5	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,4	1,4	1,4	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	675.238	670.520	665.660	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	5,13	5,09	5,05	-
$Debt_{term}=15$ έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	76,5%	76,0%	75,4%	
	Απλή Επανείσπραξη	2,5	2,5	2,5	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,4	1,4	1,4	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	681.713	676.454	671.001	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	5,17	5,13	5,09	-

Δεν επιλέξαμε επιτόκιο μικρότερο του 3% καθώς θεωρείται οριακά χαμηλό. Οι επιδόσεις των κριτηρίων αξιολόγησης χειροτερεύουν όσο αυξάνεται το επιτόκιο εξόφλησης των χρεών και βελτιώνονται όσο αυξάνει ο χρόνος αποπληρωμής, αλλά η επένδυση παραμένει αποδοτική κάτω από όλους τους συνδυασμούς επιτοκίου-προθεσμίας εξόφλησης χρεών..

Στην συνέχεια θα κάνουμε μια πιο αναλυτική προσέγγιση της ευαισθησίας των κριτηρίων αξιολόγησης στις μεταβολές των όρων δανειοδότησης, μεταβάλλοντας τους όρους δανεισμού (επιτόκιο εξόφλησης χρεών, r_{debt} και προθεσμία εξόφλησης χρεών, $Debt_{term}$) για διαφορετικές διάρκειες ζωής του έργου (PL).

[**Σημείωση:** Τα αποτελέσματα του Πίνακα 9.40 επαναλαμβάνονται στις γραμμές των Πινάκων 9.41-9.42 και 9.43 που αντιστοιχούν σε $PL=15$ έτη.]

Πίνακας 9.41: Αποτελέσματα της αξιολόγησης για μεταβολή της παραμέτρου $Debt_{term}$ για διάφορες διάρκειες ζωής του έργου, με $r_{debt} = 3\%$.

$r_{debt} = 3\%$	Προθεσμία εξόφλησης χρεών ($Debt_{term}$)	8 έτη	10 έτη	12 έτη	15 έτη
Κριτήριο Αξιολόγησης		Τιμή κριτηρίου αξιολόγησης			
PL=10 έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	70,9%	73,1%	-	-
	Απλή Επανείσπραξη	2,5	2,5	-	- έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,5	1,4	-	- έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	469.959	475.623	-	- €
	Δείκτης Κερδοφορίας	3,57	3,61	-	-
PL=12 έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	71,3%	73,4%	74,9%	-
	Απλή Επανείσπραξη	2,5	2,5	2,5	- έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,5	1,4	1,4	- έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	556.535	562.200	567.212	- €
	Δείκτης Κερδοφορίας	4,22	4,27	4,31	-
PL=15 έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	71,4%	73,6%	75,0%	76,5%
	Απλή Επανείσπραξη	2,5	2,5	2,5	2,5 έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,5	1,4	1,4	1,4 έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	664.561	670.226	675.238	681.713 €
	Δείκτης Κερδοφορίας	5,04	5,09	5,13	5,17 -
PL=20 έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	71,5%	73,6%	75,1%	76,5%
	Απλή Επανείσπραξη	2,5	2,5	2,5	2,5 έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,5	1,4	1,4	1,4 έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	798.907	804.572	809.584	816.059 €
	Δείκτης Κερδοφορίας	6,06	6,11	6,15	6,19 -

Πίνακας 9.42: Αποτελέσματα της αξιολόγησης για μεταβολή της παραμέτρου $Debt_{term}$ για διάφορες διάρκειες ζωής του έργου, με $r_{debt} = 4\%$.

$r_{debt} = 4\%$	Προθεσμία εξόφλησης χρεών ($Debt_{term}$)	8 έτη	10 έτη	12 έτη	15 έτη
Κριτήριο Αξιολόγησης		Τιμή κριτηρίου αξιολόγησης			
PL=10 έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	70,4%	72,6%	-	-
	Απλή Επανείσπραξη	2,5	2,5	-	- έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,5	1,4	-	- έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	466.187	471.341	-	- €
	Δείκτης Κερδοφορίας	3,54	3,58	-	-
PL=12 έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	70,8%	72,9%	74,4%	-
	Απλή Επανείσπραξη	2,5	2,5	2,5	- έτη

	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,5	1,4	1,4	-	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	552.763	557.917	562.494	-	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	4,20	4,24	4,27	-	-
PL=15 έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	70,9%	73,0%	74,5%	76,0%	
	Απλή Επανεξίσπραξη	2,5	2,5	2,5	2,5	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,5	1,4	1,4	1,4	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	660.789	665.943	670.520	676.454	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	5,02	5,06	5,09	5,13	-
PL=20 έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	71,0%	73,1%	74,5%	76,0%	
	Απλή Επανεξίσπραξη	2,5	2,5	2,5	2,5	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,5	1,4	1,4	1,4	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	795.135	800.289	804.866	810.800	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	6,04	6,07	6,11	6,15	-

Πίνακας 9.43: Αποτελέσματα της αξιολόγησης για μεταβολή της παραμέτρου $Debt_{term}$ για διάφορες διάρκειες ζωής του έργου, με $r_{debt} = 5\%$.

$r_{debt} = 5\%$	Προθεσμία εξόφλησης χρεών ($Debt_{term}$)	8 έτη	10 έτη	12 έτη	15 έτη
Κριτήριο Αξιολόγησης		Τιμή κριτηρίου αξιολόγησης			
PL=10 έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	69,8%	72,0%	-	-
	Απλή Επανεξίσπραξη	2,5	2,5	-	- έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,5	1,5	-	- έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	462.339	466.950	-	- €
	Δείκτης Κερδοφορίας	3,51	3,54	-	-
PL=12 έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	70,2%	72,3%	73,8%	-
	Απλή Επανεξίσπραξη	2,5	2,5	2,5	- έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,5	1,5	1,4	- έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	548.915	553.527	557.635	- €
	Δείκτης Κερδοφορίας	4,17	4,20	4,23	-
PL=15 έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	70,4%	72,5%	73,9%	75,4%
	Απλή Επανεξίσπραξη	2,5	2,5	2,5	2,5 έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,5	1,5	1,4	1,4 έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	656.941	661.552	665.660	671.001 €
	Δείκτης Κερδοφορίας	4,99	5,02	5,05	5,09
PL=20 έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	70,4%	72,5%	74,0%	75,4%
	Απλή Επανεξίσπραξη	2,5	2,5	2,5	2,5 έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,5	1,5	1,4	1,4 έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	791.287	795.898	800.006	805.348 €
	Δείκτης Κερδοφορίας	6,01	6,04	6,07	6,11

Από τα αποτελέσματα των Πινάκων 9.41, 9.42 και 9.43 γίνεται φανερό πως η αποδοτικότητα της επένδυσης αυξάνει όσο μειώνεται το επιτόκιο εξόφλησης των χρεών, αυξάνει η προθεσμία εξόφλησης και ο χρόνος ζωής του έργου. Είναι δεδομένο ότι κάθε επενδυτής επιδιώκει να πετύχει τους ευνοϊκότερους όρους δανεισμού αλλά φυσικά αυτό δεν εξαρτάται μόνο από αυτόν αλλά και από την πολιτική χορηγήσεων του εκάστοτε χρηματοπιστωτικού οργανισμού. Η συγκεκριμένη επένδυση, είναι αποδοτική ακόμα και με τους δυσμενέστερους όρους δανεισμού ($r_{debt}=5\%$ και $Debt_{term}=8$ έτη).

9.3.2.2 Χρηματοοικονομική ανάλυση για έργο επιδοτούμενο κατά 20% (Σενάριο Α)

Το αρχικό κόστος της επένδυσης ανέρχεται σε **428.000,00€**. Η επιδότηση του 20% του αρχικού κόστους μειώνει τις αρχικές δαπάνες σε $428.000,00€ \cdot 0,8 = 342.400,00€$. Οι παραγωγοί διαθέτουν 131.738,00€ για την επένδυση, οπότε το υπόλοιπο $342.400,00€ - 131.738,00€ = 210.662,00€$ θα πρέπει να το δανειστούν. Το ποσό αυτό αντιστοιχεί σε ικανότητα δανεισμού $R_{costs}=61,5\%$ ($=210.662/342.400$).

Οι χρηματοοικονομικές παράμετροι, εκτός από την ικανότητα δανεισμού (R_{costs}) παραμένουν ίδιες με αυτές του Βασικού Σεναρίου. Αναλυτικά, τα χρηματοοικονομικά δεδομένα εισόδου φαίνονται στον Πίνακα 9.44. Στον Πίνακα 9.45 παρουσιάζονται οι επιδόσεις του έργου στα κριτήρια αξιολόγησης όπως προκύπτουν από τους υπολογισμούς του λογισμικού RETScreen.

Πίνακας 9.44: Δεδομένα χρηματοοικονομικής ανάλυσης (αρχικό Σενάριο Α)

Περιγραφή μεγέθους	Σύμβολο	Τιμή μεγέθους
Ίδια Κεφάλαια	I_{cap}	131.738,00 €
Επιδότηση	I_{grant}	85.600,00 €
Δανεισμός	I_{loan}	210.662,00 €
Σύνολο:	-	428.000,00 €
Επιτόκιο προσαύξησης του κόστους ενέργειας	r_{E-cost}	4%
Πληθωρισμός	f	4%
Προεξοφλητικό επιτόκιο	D	12%
Διάρκεια ζωής έργου	PL	15 έτη
Ικανότητα δανεισμού	R_{costs}	61,5%
Επιτόκιο εξόφλησης χρεών	r_{debt}	3%
Προθεσμία εξόφλησης χρεών	$Debt_{term}$	12 έτη

Πίνακας 9.45: Επιδόσεις στα χρηματοοικονομικά κριτήρια (αρχικό Σενάριο Α)

<i>Κριτήριο Αξιολόγησης</i>	<i>Τιμή κριτηρίου αξιολόγησης</i>
Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης, (IRR)	68,9%
Απλή Επανεξίσπραξη	3,4 έτη
Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,5 έτη
Καθαρή Παρούσα Αξία, (ΚΠΑ)	621.963 €
Δείκτης Κερδοφορίας, (PI)	4,72

Παρατηρούμε ότι μείωση του ύψους της επιδότησης, χειροτερεύει την επίδοση των κριτηρίων αξιολόγησης, τα οποία όμως εξακολουθούν να κρίνονται ως ικανοποιητικά για την εφικτότητα της επένδυσης. Ο χρόνος της απλής επανεξίσπραξης έχει αυξηθεί κατά σχεδόν ένα έτος, φτάνοντας τα 3,4 χρόνια, κάτι που είναι μεν αποδεκτό, αλλά ελαφρώς πάνω από την θεμιτή τιμή. Στην ανάλυση ευαισθησίας, η μείωση του χρόνου της απλής επανεξίσπραξης θα είναι ένας από τους βασικούς παράγοντες αξιολόγησης του έργου.

Οι παράμετροι που θα εξεταστούν στην ανάλυση ευαισθησίας είναι οι ίδιες με αυτές που εξετάστηκαν κατά την ανάλυση ευαισθησίας του *Βασικού Σεναρίου*.

9.3.2.2.1 Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή του μοναδιαίου κόστους προμήθειας της βιομάζας

Στον Πίνακα 9.46 φαίνονται οι επιδόσεις των κριτηρίων αξιολόγησης για διαφορετικές τιμές του κόστους της βιομάζας ανά τόνο. Η στήλη με τα τονισμένα γράμματα αντιστοιχεί στα αποτελέσματα του αρχικού σεναρίου.

Πίνακας 9.46: Αποτελέσματα της αξιολόγησης για τη μεταβολή της τιμής της βιομάζας

Μοναδιαίο κόστος βιομάζας	BioCost = 40 €/t	BioCost = 45 €/t	BioCost = 50€/t	BioCost = 55€/t	BioCost = 60€/t
<i>Κριτήριο Αξιολόγησης</i>	<i>Τιμή κριτηρίου αξιολόγησης</i>				
Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	81,7%	75,3%	68,9%	62,5%	56,1%
Απλή Επανεξίσπραξη	2,9 έτη	3,1 έτη	3,4 έτη	3,7 έτη	4,0 έτη
Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,3 έτη	1,4 έτη	1,5 έτη	1,7 έτη	1,9 έτη
Καθαρή Παρούσα Αξία	765.078 €	693.520 €	621.963 €	550.405 €	478.847 €
Δείκτης Κερδοφορίας	5,81	5,26	4,72	4,18	3,63

Εδώ φαίνεται πως η μείωση του ύψους της επιδότησης στο μισό, και άρα η αύξηση του αρχικού κόστους, είναι δυνατό να καλυφθεί με μειωμένο κόστος προμήθειας της βιομάζας. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, μείωση της τιμής της βιομάζας κατά 5 ευρώ στον τόνο δίνει αποτελέσματα των κριτηρίων αξιολόγησης αντίστοιχα με αυτά του *Βασικού Σεναρίου* (επιδότηση 40%)

9.3.2.2.2 Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή των αρχικών δαπανών

Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης για τη μεταβολή των αρχικών δαπανών φαίνονται στον Πίνακα 9.47. Υπενθυμίζουμε ότι καθόλη την εξέλιξη της ανάλυσης ευαισθησίας το κόστος της βιομάζας παραμένει σταθερό και ίσο προς 50 ευρώ ανά τόνο. Το αρχικό κόστος συμπεριλαμβάνει πέρα από την αγορά του συστήματος και την εγκατάστασή του, την κτιριακή υποδομή και την αγορά ενός μηχανήματος τεμαχισμού των κλαδιών. Έτσι η μεταβολή του αρχικού κόστους κατά 10% μπορεί να φαντάζει μεγάλη, αλλά είναι δυνατή.

Πίνακας 9.47: Αποτελέσματα για μεταβολή των αρχικών δαπανών κατά $\pm 5\%$ και $\pm 10\%$

Διακύμανση αρχικών δαπανών					
	-10%	-5%	Σενάριο Α	+5%	+10%
Υπολειπόμενο αρχικό κόστος μετά την επιδότηση	308.160,00	325.280,00	342.400,00	359.520,00	376.640,00
Ίδια Κεφάλαια	131.738,00	131.738,00	131.738,00	131.738,00	131.738,00
Χρέος του έργου	176.422,00	193.542,00	210.662,00	227.782,00	244.902,00
Ικανότητα δανεισμού	57,25%	59,5%	61,5%	63,35%	65%
Αποτελέσματα					
Κριτήριο αξιολόγησης	Τιμή κριτηρίου αξιολόγησης				
Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	71,4%	70,1%	68,9%	67,7%	66,5%
Απλή Επανεξοφώμενη	3,0 έτη	3,2 έτη	3,4 έτη	3,5 έτη	3,7 έτη
Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,5 έτη	1,5 έτη	1,5 έτη	1,6 έτη	1,6 έτη
Καθαρή Παρούσα Αξία	643.277	632.623	621.963 €	611.306	600.629
Δείκτης Κερδοφορίας	4,88	4,80	4,72	4,64	4,56

Τα αποτελέσματα του Πίνακα 9.47 φανερώνουν πως ακόμα και με αύξηση του εκτιμώμενου αρχικού κόστους κατά 10% το έργο παραμένει αποδοτικό.

9.3.2.2.3 Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή του πληθωρισμού για διάφορες τιμές του επιτοκίου προσαύξησης του κόστους ενέργειας

Η μεταβολή αυτή γίνεται για να δούμε τις διακυμάνσεις των ποσών σε περιπτώσεις που το επιτόκιο προσαύξησης της ενέργειας είναι μικρότερο, ίσο ή μεγαλύτερο από τον πληθωρισμό. Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης για τη μεταβολή της τιμής του πληθωρισμού φαίνονται στον Πίνακα 9.48.

Πίνακας 9.48: Αποτελέσματα για μεταβολή του πληθωρισμού και του επιτοκίου προσαύξησης του κόστους ενέργειας

Πληθωρισμός		$f=2\%$	$f=3\%$	$f=4\%$	$f=5\%$	$f=6\%$	
Κριτήριο Αξιολόγησης		Τιμή κριτηρίου αξιολόγησης					
$r_{E-cost} = 2\%$	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	64,9%	64,9%	64,9%	64,9%	64,9%	
	Απλή Επανείσπραξη	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	517.412	516.917	516.381	515.801	515.172	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	3,93	3,92	3,92	3,91	3,91	-
$r_{E-cost} = 3\%$	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	67,0%	66,9%	66,9%	66,9%	66,9%	
	Απλή Επανείσπραξη	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	568.117	567.622	567.086	566.506	565.877	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	4,31	4,31	4,30	4,30	4,29	-
$r_{E-cost} = 4\%$	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	68,9%	68,9%	68,9%	68,9%	68,9%	
	Απλή Επανείσπραξη	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	622.993	622.498	621.963	621.382	620.754	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	4,73	4,72	4,72	4,72	4,71	-
$r_{E-cost} = 5\%$	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	70,9%	70,9%	70,9%	70,9%	70,9%	
	Απλή Επανείσπραξη	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	682.422	681.927	681.391	680.811	680.182	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	5,18	5,18	5,17	5,17	5,16	-

Παρατηρούμε εδώ πως η μεταβολή του πληθωρισμού, για σταθερό ποσοστό αύξησης του κόστους ενέργειας έχει πρακτικά μηδενική επίδραση (για την ακρίβεια υπάρχουν μεταβολές μετά το δεύτερο δεκαδικό ψηφίο) στις τιμές του εσωτερικού βαθμού απόδοσης, του χρόνου της απλής επανείσπραξης και του χρόνου μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή, ενώ ελάχιστη είναι και η μεταβολή του δείκτη κερδοφορίας. Αντίθετα η μεταβολή του ποσοστού αύξησης του κόστους ενέργειας για σταθερό πληθωρισμό προκαλεί ευδιάκριτες μεταβολές στις τιμές των κριτηρίων αξιολόγησης. Παρόλαυτα, η επένδυση παραμένει αποδοτική κάτω από όλους τους συνδυασμούς αυξομείωσης του πληθωρισμού και του επιτοκίου προσαύξησης του κόστους ενέργειας.

9.3.2.2.4 Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή του επιτοκίου προεξόφλησης (D) για διαφορετικές τιμές της διάρκειας ζωής του έργου (PL)

Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης για τη μεταβολή της παραμέτρου D για διάφορες διάρκειες ζωής του έργου παρουσιάζονται στον Πίνακα 9.49.

Πίνακας 9.49: Αποτελέσματα της αξιολόγησης για τη μεταβολή της παραμέτρου D για διάφορες διάρκειες ζωής του έργου

Προεξοφλητικό επιτόκιο		$D = 9\%$	$D = 10\%$	$D = 12\%$	
Κριτήριο Αξιολόγησης		Τιμή κριτηρίου αξιολόγησης			
Διάρκεια ζωής του έργου	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	68,7%	68,7%	68,7%	
	Απλή Επανείσπραξη	3,4	3,4	3,4	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,5	1,5	1,5	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	625.605	585.351	513.937	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	4,75	4,44	3,90	-
$PL=12$ έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	68,9%	68,9%	68,9%	
	Απλή Επανείσπραξη	3,4	3,4	3,4	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,5	1,5	1,5	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	783.414	724.264	621.963	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	5,95	5,50	4,72	-
$PL=15$ έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	69,0%	69,0%	69,0%	
	Απλή Επανείσπραξη	3,4	3,4	3,4	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,5	1,5	1,5	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	1.001.711	909.644	756.309	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	7,60	6,90	5,74	-

Παρατηρούμε ότι η Καθαρή Παρούσα Αξία παρουσιάζει αξιοσημείωτες αυξήσεις τόσο κατά τη μείωση του προεξοφλητικού επιτοκίου όσο και κατά την αύξηση του χρόνου ζωής του έργου.

9.3.2.2.5 Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή των όρων δανειοδότησης

Διατηρώντας τη διάρκεια ζωής του έργου στα 15 χρόνια του Σεναρίου Α εξετάζουμε την ευαισθησία των κριτηρίων αξιολόγησης στις μεταβολές των όρων δανειοδότησης, (επιτόκιο εξόφλησης χρεών, r_{debt} και προθεσμία εξόφλησης χρεών, $Debt_{term}$).

Πίνακας 9.50: Αποτελέσματα της αξιολόγησης για τη μεταβολή των παραμέτρων r_{debt} και $Debt_{term}$, για διάρκεια ζωής του έργου $PL=15$ έτη

PL=15 έτη	Επιτόκιο εξόφλησης χρεών	$r_{debt} = 3\%$	$r_{debt} = 4\%$	$r_{debt} = 5\%$	
Κριτήριο Αξιολόγησης		Τιμή κριτηρίου αξιολόγησης			
$Debt_{term} = 8$ έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	63,1%	62,2%	61,3%	
	Απλή Επανείσπραξη	3,4	3,4	3,4	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,7	1,7	1,8	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	603.979	597.626	591.145	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	4,58	4,54	4,49	-
$Debt_{term} = 10$ έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	66,5%	65,6%	64,7%	
	Απλή Επανείσπραξη	3,4	3,4	3,4	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,6	1,6	1,6	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	613.520	606.307	598.912	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	4,66	4,60	4,55	-
$Debt_{term} = 12$ έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	68,9%	68,0%	67,1%	
	Απλή Επανείσπραξη	3,4	3,4	3,4	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,5	1,6	1,6	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	621.963	614.016	605.831	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	4,72	4,66	4,60	-
$Debt_{term} = 15$ έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	71,4%	70,5%	69,5%	
	Απλή Επανείσπραξη	3,4	3,4	3,4	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,5	1,5	1,5	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	632.869	624.011	614.827	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	4,80	4,74	4,67	-

Οι μεταβολές των όρων δανειοδότησης επηρεάζουν μεν τις τιμές των κριτηρίων αξιολόγησης αλλά όχι σε τέτοιο βαθμό που να αμφισβητείται η αποδοτικότητα της επένδυσης.

9.3.2.3 Χρηματοοικονομική ανάλυση για έργο επιδοτούμενο κατά 0% (Σενάριο Β)

Το αρχικό κόστος της επένδυσης ανέρχεται σε **428.000,00€**. Εξετάζουμε την περίπτωση όπου το έργο δεν επιδοτείται. Οι παραγωγοί θα διαθέσουν 131.738,00€ για την επένδυση, οπότε το υπόλοιπο 428.000,00€-131.738,00€=296.262,00€ θα πρέπει να το δανειστεί. Το ποσό αυτό αντιστοιχεί σε ικανότητα δανεισμού $R_{costs}=69,2\%$ (=296.262/428.000).

Οι χρηματοοικονομικές παράμετροι, εκτός από την ικανότητα δανεισμού (R_{costs}) παραμένουν ίδιες με αυτές του Βασικού Σεναρίου. Αναλυτικά, τα χρηματοοικονομικά δεδομένα εισόδου φαίνονται στον Πίνακα 9.51. Στον Πίνακα 9.52 παρουσιάζονται οι επιδόσεις του έργου στα κριτήρια αξιολόγησης όπως προκύπτουν από τους υπολογισμούς του λογισμικού RETscreen.

Οι παράμετροι που θα εξεταστούν στην ανάλυση ευαισθησίας είναι οι ίδιες με αυτές που εξετάστηκαν κατά την ανάλυση ευαισθησίας του Βασικού Σεναρίου και του Σεναρίου Α.

Πίνακας 9.51: Δεδομένα χρηματοοικονομικής ανάλυσης (αρχικό Σενάριο Β)

Περιγραφή μεγέθους	Σύμβολο	Τιμή μεγέθους
Ίδια Κεφάλαια	I_{cap}	131.738,00 €
Επιδότηση	I_{grant}	0,00 €
Δανεισμός	I_{loan}	296.262,00 €
Σύνολο:	-	428.000,00 €
Επιτόκιο προσαύξησης του κόστους ενέργειας	r_{E-cost}	4%
Πληθωρισμός	f	4%
Προεξοφλητικό επιτόκιο	D	12%
Διάρκεια ζωής έργου	PL	15 έτη
Ικανότητα δανεισμού	R_{costs}	69,2%
Επιτόκιο εξόφλησης χρεών	r_{debt}	3%
Προθεσμία εξόφλησης χρεών	$Debt_{term}$	12 έτη

Πίνακας 9.52: Επιδόσεις στα χρηματοοικονομικά κριτήρια (αρχικό Σενάριο Β)

Κριτήριο Αξιολόγησης	Τιμή κριτηρίου αξιολόγησης
Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης, (IRR)	62,9%
Απλή Επανείσπραξη	4,2 έτη
Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,7 έτη
Καθαρή Παρούσα Αξία, (ΚΠΑ)	568.700 €
Δείκτης Κερδοφορίας, (PI)	4,32

Η μη ύπαρξη επιδότησης του έργου επιβαρύνει σημαντικά το χρέος προς την τράπεζα και μειώνει την αποδοτικότητα της επένδυσης. Ακόμα κι έτσι η επένδυση παραμένει μέσα σε αποδεκτά όρια με σημαντικότερο αγκάθι το χρόνο της απλής επανείσπραξης που ξεπερνά τα 4 έτη. Στην πραγματικότητα, οι παραγωγοί θα ξεκινούσαν τέτοιου ύψους επένδυση, χωρίς την ύπαρξη κάποιας επιδότησης, μόνο εάν ήταν αναγκαία για την βιωσιμότητα της θερμοκηπιακής τους εκμετάλλευσης.

9.3.2.3.1 Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή του μοναδιαίου κόστους προμήθειας της βιομάζας

Στον Πίνακα 9.53 φαίνονται οι επιδόσεις των κριτηρίων αξιολόγησης για διαφορετικές τιμές του κόστους της βιομάζας ανά τόνο. Η στήλη με τα τονισμένα γράμματα αντιστοιχεί στα αποτελέσματα του αρχικού σεναρίου.

Πίνακας 9.53: Αποτελέσματα της αξιολόγησης για τη μεταβολή της τιμής της βιομάζας

Μοναδιαίο κόστος βιομάζας	BioCost = 30 €/t	BioCost = 35 €/t	BioCost = 40 €/t	BioCost = 50€/t	BioCost = 55€/t
<i>Κριτήριο Αξιολόγησης</i>	<i>Τιμή κριτηρίου αξιολόγησης</i>				
Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	88,4%	82,0%	75,6%	62,9%	56,5%
Απλή Επανεξόφληση	3,2 έτη	3,4 έτη	3,6 έτη	4,2 έτη	4,6 έτη
Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,2 έτη	1,3 έτη	1,4 έτη	1,7 έτη	1,9 έτη
Καθαρή Παρούσα Αξία	854.930 €	783.373 €	711.815 €	568.700 €	497.143 €
Δείκτης Κερδοφορίας	6,49	5,95	5,40	4,32	3,77

Στην περίπτωση που το έργο δεν επιδοτείται, η τιμή της βιομάζας θα πρέπει να πέσει στα 30 ευρώ ανά τόνο για να προσεγγίσει τους χρόνους απόσβεσης του *Βασικού Σεναρίου* (επιδότηση 40%) και του *Σεναρίου Α* (επιδότηση 20%). Έχει ήδη αναφερθεί πως η εκτίμηση του κόστους της βιομάζας είναι δύσκολη να γίνει υπό της συνθήκες του μελετώμενου έργου. Η τιμή των 30€/t δεν είναι ανέφικτη αλλά είναι μάλλον υπερβολικά αισιόδοξη σύμφωνα με την εκτίμηση που έγινε στο Βασικό Σενάριο. Σε κάθε περίπτωση το κόστος προμήθειας της βιομάζας πρέπει να είναι γνωστό πριν την εκκίνηση πραγματοποίησης του έργου και εξασφαλισμένα σταθερό για μεγάλο χρονικό διάστημα.

9.3.2.3.2 Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή των αρχικών δαπανών

Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης για τη μεταβολή των αρχικών δαπανών φαίνονται στον Πίνακα 9.54 (βλέπε επόμενη σελίδα). Υπενθυμίζουμε ότι καθόλη την εξέλιξη της ανάλυσης ευαισθησίας το κόστος της βιομάζας παραμένει σταθερό και ίσο προς 50 ευρώ ανά τόνο.

Πίνακας 9.54: Αποτελέσματα για μεταβολή των αρχικών δαπανών κατά $\pm 5\%$ και $\pm 10\%$

Διακύμανση αρχικών δαπανών					
	-10%	-5%	Σενάριο Β	+5%	+10%
Αρχικό κόστος (€)	385.200,00	406.600,00	428.000,00	449.400,00	470.800,00
Ίδια Κεφάλαια (€)	131.738,00	131.738,00	131,738,00	131.738,00	131.738,00
Χρέος του έργου (€)	253.462,00	274.862,00	296.262,00	317.662,00	339.062,00
Ικανότητα δανεισμού	65,8%	67,6%	69,2%	70,68%	72%
Αποτελέσματα					
Κριτήριο αξιολόγησης	Τιμή κριτηρίου αξιολόγησης				
Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	65,9%	64,4%	62,9%	61,4%	59,9%
Απλή Επανεξοφράση	3,8 έτη	4,0 έτη	4,2 έτη	4,4 έτη	4,6 έτη
Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,6 έτη	1,7 έτη	1,7 έτη	1,7 έτη	1,8 έτη
Καθαρή Παρούσα Αξία	595.335 €	582.017 €	568.700 €	555.373 €	542.033 €
Δείκτης Κερδοφορίας	4,52	4,42	4,32	4,21	4,11

Πιθανή μείωση του εκτιμώμενου αρχικού κόστους κατά 10% δημιουργεί καλύτερες προϋποθέσεις για την αποδοτικότητα του έργου, του οποίου η πραγματοποίηση, όμως, παραμένει υπό συζήτηση.

9.3.2.3.3 Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή του πληθωρισμού για διάφορες τιμές του επιτοκίου προσαύξησης του κόστους ενέργειας

Η μεταβολή αυτή γίνεται για να δούμε τις διακυμάνσεις των κριτηρίων αξιολόγησης σε περιπτώσεις που το επιτόκιο προσαύξησης της ενέργειας είναι μικρότερο, ίσο ή μεγαλύτερο από τον πληθωρισμό. Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης για μεταβολή των τιμών του πληθωρισμού και του επιτοκίου προσαύξησης του κόστους ενέργειας φαίνονται στον Πίνακα 9.55 (βλέπε επόμενη σελίδα).

Πίνακας 9.55: Αποτελέσματα για μεταβολή του πληθωρισμού και του επιτοκίου προσαύξησης του κόστους ενέργειας

Πληθωρισμός		$f=2\%$	$f=3\%$	$f=4\%$	$f=5\%$	$f=6\%$	
Κριτήριο Αξιολόγησης		Τιμή κριτηρίου αξιολόγησης					
$r_{E-cost}=2\%$	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	58,7%	58,7%	58,7%	58,6%	58,6%	
	Απλή Επανείσπραξη	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	464.149	463.654	463.119	462.539	461.910	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	3,52	3,52	3,52	3,51	3,51	-
$r_{E-cost}=3\%$	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	60,8%	60,8%	60,8%	60,8%	60,7%	
	Απλή Επανείσπραξη	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	514.854	514.359	513.824	513.243	512.615	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	3,91	3,90	3,90	3,90	3,89	-
$r_{E-cost}=4\%$	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	62,9%	62,9%	62,9%	62,9%	62,8%	
	Απλή Επανείσπραξη	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	569.731	569.236	568.700	568.120	567.491	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	4,32	4,32	4,32	4,31	4,31	-
$r_{E-cost}=5\%$	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	65,0%	65,0%	65,0%	65,0%	64,9%	
	Απλή Επανείσπραξη	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	629.159	628.664	628.129	627.549	626.920	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	4,78	4,77	4,77	4,76	4,76	-

Ισχύουν οι παρατηρήσεις που έγιναν και στη μελέτη του Σεναρίου Α. Η μεταβολή του πληθωρισμού, για σταθερό ποσοστό αύξησης του κόστους ενέργειας έχει πρακτικά μηδενική επίδραση (για την ακρίβεια υπάρχουν μεταβολές μετά το δεύτερο δεκαδικό ψηφίο) στις τιμές του εσωτερικού βαθμού απόδοσης, του χρόνου της απλής επανείσπραξης και του χρόνου μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή, ενώ ελάχιστη είναι και η μεταβολή του δείκτη κερδοφορίας. Αντίθετα η μεταβολή του ποσοστού αύξησης του κόστους ενέργειας για σταθερό πληθωρισμό προκαλεί ευδιάκριτες μεταβολές στις τιμές των κριτηρίων αξιολόγησης. Η απόφαση για τη πραγματοποίηση ή μη της επένδυσης, δεν καθορίζεται σε ουσιαστικό βαθμό από την μεταβολή των r_{E-cost} και f .

9.3.2.3.4 Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή του επιτοκίου προεξόφλησης (D) για διαφορετικές τιμές της διάρκειας ζωής του έργου (PL)

Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης για τη μεταβολή της παραμέτρου D για διάφορες διάρκειες ζωής του έργου παρουσιάζονται στον Πίνακα 9.56.

Πίνακας 9.56: Αποτελέσματα της αξιολόγησης για τη μεταβολή της παραμέτρου D για διάφορες διάρκειες ζωής του έργου

Προεξοφλητικό επιτόκιο		$D = 9\%$	$D = 10\%$	$D = 12\%$	
Κριτήριο Αξιολόγησης		Τιμή κριτηρίου αξιολόγησης			
$PL=12$ έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	62,6%	62,6%	62,6%	
	Απλή Επανείσπραξη	4,2	4,2	4,2	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,7	1,7	1,7	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	564.030	526.761	460.674	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	4,28	4,00	3,50	-
$PL=15$ έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	62,9%	62,9%	62,9%	
	Απλή Επανείσπραξη	4,2	4,2	4,2	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,7	1,7	1,7	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	721.840	665.674	568.700	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	5,48	5,05	4,32	-
$PL=20$ έτη	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	63,0%	63,0%	63,0%	
	Απλή Επανείσπραξη	4,2	4,2	4,2	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,7	1,7	1,7	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	940.137	851.055	703.046	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	7,14	6,46	5,34	-

Κι εδώ παρατηρούμε (όπως ήταν αναμενόμενο), ότι η Καθαρή Παρούσα Αξία παρουσιάζει αξιοσημείωτες αυξήσεις τόσο κατά τη μείωση του προεξοφλητικού επιτοκίου όσο και κατά την αύξηση του χρόνου ζωής του έργου.

9.3.2.3.5 Ανάλυση ευαισθησίας στη μεταβολή των όρων δανειοδότησης

Διατηρώντας τη διάρκεια ζωής του έργου στα 15 χρόνια του Σεναρίου Α εξετάζουμε την ευαισθησία των κριτηρίων αξιολόγησης στις μεταβολές των όρων δανειοδότησης, (επιτόκιο εξόφλησης χρεών, r_{debt} και προθεσμία εξόφλησης χρεών, $Debt_{term}$).

Πίνακας 9.57: Αποτελέσματα της αξιολόγησης για τη μεταβολή των παραμέτρων r_{debt} και $Debt_{term}$, για διάρκεια ζωής του έργου $PL=15$ έτη

PL=15 έτη	Επιτόκιο εξόφλησης χρεών	$r_{debt} = 3\%$	$r_{debt} = 4\%$	$r_{debt} = 5\%$	
Κριτήριο Αξιολόγησης		Τιμή κριτηρίου αξιολόγησης			
$Debt_{term}=8\text{έτη}$	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	55,1%	53,9%	52,8%	
	Απλή Επανείσπραξη	4,2	4,2	4,2	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	2,0	2,1	2,1	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	543.408	534.472	525.356	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	4,12	4,06	3,99	-
$Debt_{term}=10\text{έτη}$	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	59,6%	58,4%	57,1%	
	Απλή Επανείσπραξη	4,2	4,2	4,2	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,8	1,9	1,9	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	556.826	546.682	536.280	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	4,23	4,15	4,07	-
$Debt_{term}=12\text{έτη}$	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	62,9%	61,6%	60,3%	
	Απλή Επανείσπραξη	4,2	4,2	4,2	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,7	1,7	1,8	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	568.700	557.524	546.012	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	4,32	4,23	4,14	-
$Debt_{term}=15\text{έτη}$	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	66,3%	65,0%	63,7%	
	Απλή Επανείσπραξη	4,2	4,2	4,2	έτη
	Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,6	1,6	1,7	έτη
	Καθαρή Παρούσα Αξία	584.040	571.581	558.664	€
	Δείκτης Κερδοφορίας	4,43	4,34	4,24	-

Η μεταβολή της προθεσμίας αποπληρωμής του χρέους από 12 σε 15 έτη είναι μικρή και δεν καταφέρνει να μειώσει το χρόνο Απλής Επανείσπραξης σε λιγότερο από 4 έτη.

9.3.1.4 Συμπεράσματα για την αποδοτικότητα του Έργου Λάκωμα II

Και σε αυτή την περίπτωση, όπως και στην εξέταση του έργου I, το ύψος της επιδότησης και η τιμή προμήθειας της βιομάζας είναι που παίζουν τον πλέον καθοριστικό ρόλο στη βιωσιμότητα του έργου. Η μεταβολή των χρηματοοικονομικών παραμέτρων επηρεάζει μεν την αποδοτικότητα της επένδυσης, αλλά σε καμία περίπτωση οι μεταβολές, που προκάλεσαν στις επιδόσεις των κριτηρίων αξιολόγησης, δεν ήταν αρκετές για να αναστρέψουν την απόφαση για πραγματοποίηση ή μη του έργου.

Με την εξασφάλιση της επιδότησης του 40% του αρχικού κόστους από Κοινοτικά κονδύλια (της Ε.Ε.) η επένδυση του παρόντος έργου είναι εξαιρετικά συμφέρουσα, με πολύ μικρό χρόνο απόσβεσης και μεγάλη εξοικονόμηση στα ετήσια έξοδα λειτουργίας του θερμοκηπίου. Ακόμα και με επιδότηση 20%, το έργο παραμένει πολύ αποδοτικό, με χρόνο απόσβεσης μέσα στα αποδεκτά πλαίσια, όπως αυτά ορίστηκαν από τις αναφορές στην εμπειρία της ελληνικής αγοράς στα συστήματα βιομάζας και τον κύκλο εργασιών μίας αγροτικής εκμετάλλευσης.

Η μη ύπαρξη επιδότησης του έργου, καθιστά αποτρεπτικό το αρχικό κόστος για έναν παραγωγό, που παρά τα μακροπρόθεσμα οικονομικά οφέλη που μπορεί να έχει, δεν ξεκινά μία επένδυση τέτοιου μεγέθους, παρά μόνο στην περίπτωση που η βιομάζα είναι υπολείμματα της δικής του καλλιέργειας και άρα δωρεάν (ή με πάρα πολύ χαμηλό κόστος), οπότε και τα οφέλη από την επένδυση ενός τόσο μεγάλου ποσού, θα είναι άμεσα.

Στον Πίνακα 9.58 παρουσιάζονται συγκεντρωμένα τα αποτελέσματα της χρηματοοικονομικής ανάλυσης για τα τρία σενάρια χρηματοδότησης που εξετάστηκαν στη μελέτη του έργου.

Πίνακας 9.58: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα της αξιολόγησης για τα τρία σχήματα χρηματοδότησης του έργου *Λάκωμα II*

(Συνολικό) Αρχικό κόστος εγκατάστασης: 428.000,00 €				
	Βασικό Σενάριο	Σενάριο Α	Σενάριο Β	
Ύψος επιδότησης	$r_{grant} = 40\%$	$r_{grant} = 20\%$	$r_{grant} = 0\%$	
Υπολειπόμενο αρχικό κόστος μετά την επιδότηση	256.800,00	342.400,00	428.000	€
Ίδια Κεφάλαια	131.738,00	131.738,00	131.738,00	€
Χρέος του έργου	125.062,00	210.662,00	296.262,00	€
Κριτήριο Αξιολόγησης	Τιμή κριτηρίου αξιολόγησης			
Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	75,0%	68,9%	62,9%	
Απλή Επανεξοφράση	2,5 έτη	3,4 έτη	4,2 έτη	έτη
Χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή	1,4 έτη	1,5 έτη	1,7 έτη	έτη
Καθαρή Παρούσα Αξία	675.238 €	621.963 €	568.700 €	€
Δείκτης Κερδοφορίας	5,13	4,72	4,32	-

9.4 ΤΕΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με το παρόν νομοθετικό πλαίσιο που επιδοτεί τα έργα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας κατά τουλάχιστον 40% του αρχικού κόστους, η αντικατάσταση των συμβατικών συστημάτων θέρμανσης, από συστήματα βιομάζας αποτελεί μία πολύ καλή επένδυση. Το μεγάλο αρχικό κόστος των συστημάτων καύσης βιομάζας, και των συνοδευτικών τους μηχανισμών, αποσβένεται σε λιγότερο από τρία χρόνια από την εξοικονόμηση του κόστους για την αγορά του συμβατικού καυσίμου. Καθοριστικό παράγοντα παίζει η τιμή της βιομάζας όταν αυτή δεν είναι προϊόν της ίδιας της θερμοκηπιακής εκμετάλλευσης. Τα έργα που εξετάστηκαν σε αυτή τη μελέτη αποτελούν μια χαρακτηριστική περίπτωση της ελληνικής πραγματικότητας στο χώρο της θέρμανσης θερμοκηπίων. Και τα δύο έργα μπορούν να είναι εξαιρετικά αποδοτικά με την προϋπόθεση ότι το κόστος της βιομάζας μπορεί να εξασφαλιστεί σε ένα ορισμένο επίπεδο και για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Τα πράγματα δυσχεραίνουν, ελαφρώς, όταν το ύψος της επιδότησης υποδιπλασιάζεται, αλλά τα έργα παραμένουν αποδοτικά, αν και σε μικρότερο βαθμό. Γενικά, μία χαμηλότερη επιδότηση του έργου συνεπάγεται μεγαλύτερο χρόνο απόσβεσης του αρχικού κόστους και μεγαλύτερο τραπεζικό χρέος.

Τέλος η μη ύπαρξη επιδότησης του έργου από κάποιο κρατικό ή Κοινοτικό φορέα, καθιστά την επένδυση μη δελεαστική αφού παρά τα μακροπρόθεσμα οφέλη που μπορεί να επιφέρει, το αρχικό κόστος είναι απαγορευτικό για επένδυση σε αγροτική εκμετάλλευση.

Η παρούσα μελέτη δομήθηκε έτσι ώστε τα δύο έργα να παρουσιάζονται σαν δύο εναλλακτικές επενδυτικές προτάσεις για τον ιδιοκτήτη του θερμοκηπίου έκτασης 5 στρεμμάτων. Η ερώτηση που αμέσως εγείρεται είναι, ποιο σχέδιο συμφέρει πιο πολύ; Είναι, δηλαδή, προτιμότερη η εγκατάσταση ενός κοινού συστήματος βιομάζας με το γειτονικό θερμοκήπιο, ίδιας καλλιέργειας, από την εγκατάσταση ενός μικρότερου συστήματος για τις ανάγκες του δικού του θερμοκηπίου;

Τα αποτελέσματα των κριτηρίων αξιολόγησης που λάβαμε για τη μελέτη των δύο έργων δεν είναι άμεσα συγκρίσιμα αφού αφορούν διαφορετικά κεφάλαια. Κάνοντας μία αναγωγή του χρέους του Έργου II (ενοποίηση συστήματος θέρμανσης των δύο θερμοκηπίων) στον κάθε παραγωγό, το ποσό που αναλογεί στον παραγωγό του θερμοκηπίου 5 στρεμμάτων, είναι 56.846,00€ (Βασικό Σενάριο). Το χρέος αυτό είναι αρκετά μικρότερο από αυτό που θα είχε πραγματοποιούσε το Έργο I (θέρμανση μόνο του δικού του θερμοκηπίου), που είναι 82.650,00€. Αυτό συμβαίνει γιατί οι δύο παραγωγοί θα μοιραστούν μεγάλο μέρος των αρχικών εξόδων, όπως την αγορά του τεμαχιστήρα και το μεγαλύτερο μέρος της κτιριακής υποδομής. Όσο αφορά την αγορά του συστήματος βιομάζας, δεν υπάρχει σημαντική έκπτωση για το σύστημα 2MW σε σχέση με αυτό των 900kW. Με μία απλοποιητική αναγωγή στο κόστος των συστημάτων βιομάζας ανά kW, είναι 175€/kW για το λέβητα ισχύος 900 kW και 195€/kW για τον λέβητα ισχύος 2MW. Καλύτερη όμως προσέγγιση της διαφοράς του κόστους προκύπτει από την αναγωγή του κόστους του συστήματος βιομάζας, στην θερμαινόμενη επιφάνεια. Έτσι, για τον ιδιοκτήτη του θερμοκηπίου 5 στρεμμάτων, η τιμή αυτή είναι 35.100,00€/στρέμμα για τον λέβητα 900 kW και 31.818,00€/στρέμμα για τον λέβητα 2MW. Προσοχή, όμως γιατί οι τιμές αυτές δεν είναι ενδεικτικές του τρόπου με τον οποίο κοστολογούνται τα συστήματα βιομάζας. Για μεγαλύτερα

συστήματα (πάνω από 4MW) το μοναδιαίο κόστος των συστημάτων μειώνεται εντυπωσιακά.

Από τη χρηματοοικονομική ανάλυση προκύπτει ότι το Έργο II είναι λίγο πιο συμφέρον από το Έργο I, για τον παραγωγό του μικρού θερμοκηπίου. Η οικονομική διαφορά όμως δεν είναι τόσο μεγάλη από μόνη της για να επιβάλει την πραγματοποίηση του Έργου II, κατά το οποίο οι δύο παραγωγοί θα πρέπει να έχουν αгаστή συνεργασία με ότι συνέπειες μπορεί να έχει μία μελλοντική αντιπαράθεση τους. Οι μεγαλύτερες ωφέλειες από την εγκατάσταση ενός μεγάλου συστήματος βιομάζας για την ικανοποίηση των θερμικών αναγκών και των δύο θερμοκηπίων, προκύπτει από τις ωφέλειες της ομαλότερης λειτουργίας του μεγάλου συστήματος, όπως παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 2 της παρούσης εργασίας. Σε κάθε περίπτωση είναι στη διακριτική ευχέρεια του επενδυτή να αποφασίσει ποιο έργο θα επιλέξει αφού και τα δύο είναι πολύ αποδοτικά. Από οικονομική άποψη, το Έργο II έχει ένα μικρό πλεονέκτημα, αλλά εφόσον η διαφορά του από το Έργο I δεν είναι τόσο μεγάλη, η τύχη του εκτελεσθέντος έργου θα καθοριστεί και από άλλους παράγοντες (που δεν αφορούν αυτή την μελέτη), όπως η αυτονομία του κάθε παραγωγού.

9.5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [9.1] Κίττας Κ., Γιαγλάρας Π., Κούτρα Α,: «Θέρμανση θερμοκηπίων με βιομάζα στη Μαγνησία», Πρακτικά 7^{ου} Εθνικού Συνεδρίου Η.Μ.Ε.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η υψηλή και διαρκώς μεταβαλλόμενη τιμή του πετρελαίου, σε συνδυασμό με την αβεβαιότητα γύρω από το μέγεθος των αξιοποιήσιμων αποθεμάτων του και την εντεινόμενη ανησυχία για την όξυνση του φαινομένου του θερμοκηπίου, έχουν επαναφέρει τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στο προσκήνιο, όχι μόνο σε ερευνητικό επίπεδο, αλλά και στο πεδίο των εμπορικών εφαρμογών.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάστηκε μία μεθοδολογία αξιολόγησης επενδυτικών σχεδίων για την εγκατάσταση συστημάτων θέρμανσης με καύση στερεάς βιομάζας. Στην ανάπτυξη της μεθοδολογίας λήφθηκαν υπόψη όλες οι παράμετροι που εμπλέκονται στο σχεδιασμό και την εφαρμογή συστημάτων θέρμανσης με βιομάζα, τόσο από τεχνική, όσο και από οικονομική σκοπιά. Με την εφαρμογή της μεθοδολογίας σε έργα που έχουν ήδη υλοποιηθεί στο εξωτερικό και σε μία μελέτη ενός ρεαλιστικού, και σύμφωνου με τα ελληνικά δεδομένα, επενδυτικού σχεδίου, επιχειρήθηκε να αναδειχθούν οι παράγοντες εκείνοι που επηρεάζουν καθοριστικότερα την τεχνική εφικτότητα και την οικονομική βιωσιμότητα επενδύσεων σε συστήματα θέρμανσης με βιομάζα.

Το βασικό μειονέκτημα της βιομάζας σαν 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. Το μειονέκτημα αυτό μας αναγκάζει να χρησιμοποιήσουμε τη βιομάζα για ενεργειακούς σκοπούς στον τόπο παραγωγής της και συνεπώς η χρήση της περιορίζεται σε τοπικό επίπεδο, ενώ επιπλέον απαιτείται και η εξασφάλιση μεγάλων αποθηκευτικών χώρων.

Στην Ελλάδα η αξιοποίηση της βιομάζας για την ικανοποίηση θερμικών αναγκών κυριαρχείται από την παραδοσιακή θέρμανση μονοκατοικιών (με καυσόξυλα), ενώ τα τελευταία δεκαπέντε χρόνια, υπάρχει και μία έντονη κινητικότητα στο βιομηχανικό τομέα για την τροφοδοσία θερμικών διεργασιών. Ας σημειωθεί πως οι περιπτώσεις αξιοποίησης της βιομάζας που συγκεντρώνουν το μεγαλύτερο επενδυτικό ενδιαφέρον είναι οι βιομηχανίες επεξεργασίας αγροτικών προϊόντων γιατί είναι ταυτόχρονα παραγωγοί και καταναλωτές του καυσίμου. Στον αγροτικό τομέα, η θέρμανση θερμοκηπίων με καύση γεωργικών υπολειμμάτων ενισχύεται συνεχώς με νέες εγκατεστημένες μονάδες βιομάζας και πολλαπλά οικονομικά οφέλη για τους παραγωγούς και την τοπική οικονομία.

Χαρακτηριστικό των συστημάτων βιομάζας είναι το πολύ υψηλό αρχικό τους κόστος σε σχέση με συστήματα συμβατικών καυσίμων. Η εξασφάλιση της αποδοτικότητας μίας επένδυσης σε ένα τέτοιο σύστημα προϋποθέτει κάποιους όρους. Ένας από αυτούς είναι ο μεγάλος χρόνος λειτουργίας της μονάδας ανά έτος. Η συνθήκη αυτή ικανοποιείται όταν το σύστημα βιομάζας χρησιμοποιείται στην παραγωγή ατμού στις βιομηχανικές διεργασίες, όταν παράγει ενέργεια για τις θερμικές και ψυκτικές (με χρήση chiller) ανάγκες ενός θερμοκηπίου ή όταν υπάρχει μεγάλος αριθμός καταναλωτών θερμικής ενέργειας, όπως στα τοπικά κεντρικά συστήματα θέρμανσης (τηλεθέρμανση). Γενικά, η αντικατάσταση συμβατικών καυσίμων από βιομάζα είναι συμφέρουσα, όταν αυτή μπορεί να προμηθευτεί με πολύ χαμηλό κόστος, ώστε οι μεγάλες αρχικές δαπάνες να αποσβεστούν από την εξοικονόμηση προμήθειας του συμβατικού καυσίμου. Σε περιπτώσεις που η βιομάζα είναι (παρα)προϊόν της ίδιας της εκμετάλλευσης στην οποία θα αξιοποιηθεί ενεργειακά, τότε ο χρόνος απόσβεσης του αρχικού κόστους ξεκινά από τους 8 μήνες, και από την εμπειρία της πλειοψηφίας των συστημάτων που έχουν ήδη εφαρμοσθεί στην Ελλάδα, σπάνια ξεπερνά τα 3 έτη.

Στη παρούσα μελέτη, εξετάστηκαν δύο εφαρμογές ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας στη θέρμανση θερμοκηπίων, με βάση τη μεθοδολογία αξιολόγησης που παρουσιάστηκε σε αυτή την εργασία. Η πρώτη εφαρμογή αφορούσε την εγκατάσταση μονάδας καύσης βιομάζας, ισχύος 900kW, για θέρμανση θερμοκηπίου ντομάτας, έκτασης 5 στρεμμάτων. Στην δεύτερη εφαρμογή εξετάστηκε η εγκατάσταση μονάδας καύσης βιομάζας, ισχύος 2MW, για ταυτόχρονη θέρμανση δύο γειτονικών θερμοκηπίων ντομάτας, συνολικής έκτασης 11 στρεμμάτων. Οι περιπτώσεις αυτές αντιμετωπίστηκαν ως δύο εναλλακτικά επενδυτικά σχέδια του ίδιου παραγωγού ο οποίος σκέφτεται να αντικαταστήσει το συμβατικό σύστημα πετρελαίου που θερμαίνει το θερμοκήπιό του με σύστημα βιομάζας και θέλει να εξετάσει μήπως η εγκατάσταση κοινού συστήματος θέρμανσης βιομάζας με το διπλανό θερμοκήπιο, ίδιας καλλιέργειας, είναι πιο συμφέρουσα.

Με δεδομένη την επιδότηση του 40% του αρχικού κόστους, που προβλέπει το παρόν νομοθετικό πλαίσιο για έργα ΑΠΕ, και για εκτιμώμενη τιμή προμήθειας της βιομάζας στα 50 ευρώ ανά τόνο, και τα δύο έργα αποδείχτηκαν εξαιρετικά αποδοτικά. Το έργο εγκατάστασης των 2MW, μπορεί να αποσβέσει το αρχικό του κόστος σε 3 έτη ακόμα και με τιμή προμήθειας της βιομάζας 60 ευρώ ανά τόνο, ενώ για το έργο εγκατάστασης 900kW, ο αντίστοιχος χρόνος απόσβεσης επιτυγχάνεται με μέγιστο κόστος της βιομάζας 50€/t.

Ακόμα όμως και με υποδιπλασιασμό της επιδότησης, τα έργα παρέμειναν αποδοτικά, αν και σε μικρότερο βαθμό. Η μέγιστη αποδεκτή τιμή προμήθειας για τη βιομάζα μειώθηκε στα 45€/t για το μεγάλο θερμοκήπιο και στα 30€/t για το μικρό.

Τέλος εξετάστηκε το ενδεχόμενο μηδενικής επιδότησης, κατά το οποίο και οι δύο επενδύσεις παύουν να είναι δελεαστικές αφού παρά τα μακροπρόθεσμα οφέλη που μπορούν να αποφέρουν, το αρχικό κόστος γίνεται απαγορευτικό για επενδύσεις σε αγροτικές εκμεταλλεύσεις. Να σημειώσουμε, πάντως, ότι από χρηματοοικονομική σκοπιά, τα δύο έργα παραμένουν αποδοτικά, ακόμα και σε αυτή την περίπτωση, αλλά με χρόνους απόσβεσης που φτάνουν το 1/3 της συνολικής διάρκειας ζωής των έργων.