



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Εργαστήριο Ατμοκινητήρων & Λεβήτων

Τομέας Θερμότητας της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

*Τεχνικοοικονομική Ανάλυση μονάδας
τριπαραγωγής ενέργειας με καύσιμο
βιοαέριο προερχόμενο από υπολείμματα
ζυθοποίησης*

Του Φοιτητή

Ζησάκη Χρήστου

Επιβλέπων

**Καρέλλας Σωτήριος, Επίκουρος Καθηγητής,
Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, ΕΜΠ**

Αθήνα, Οκτώβριος 2014

Πρόλογος

Πάντοτε επιθυμούσα να δίνω απαντήσεις στις απορίες μου και αυτό με οδήγησε στις σπουδές του μηχανικού. Ολοκληρώνοντας με αυτή την εργασία το προπτυχιακό επίπεδο της σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου συνειδητοποιώ πως ένα όμορφο ταξίδι τελειώνει για να ξεκινήσει ένα ακόμα καλύτερο.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα μου σε αυτή τη διπλωματική εργασία, Επίκουρο Καθηγητή Σωτήριο Καρέλλα, ο οποίος πίστεψε σε εμένα και μου έδωσε τη δυνατότητα να κλείσω τις σπουδές μου ασχολούμενος με ένα πραγματικά πολύ ενδιαφέρον αντικείμενο. Θα ήθελα να τον ευχαριστήσω ακόμα για τις οδηγίες του κατά τη διάρκεια εκπόνησης της και για την υπομονή του.

Ακόμα θα ήθελα να ευχαριστήσω όλο το προσωπικό του εργαστηρίου Ατμοκινητήρων και Λεβήτων για την προθυμία του να απαντήσει σε οποιαδήποτε ερώτηση μου και να παρέχει την κάθε δυνατή διευκόλυνση για την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής.

Επίσης ευχαριστώ πολύ τους υποψηφίους διδάκτορες, μεταπτυχιακούς συναδέλφους και συμφοιτητές για την πολύτιμη βοήθεια τους επάνω σε γνωστικά αντικείμενα τα οποία μέχρι πρότινος διέφευγαν της αντίληψης μου αλλά και για τις στιγμές χαλάρωσης που είχαμε.

Τέλος θέλω να ευχαριστήσω όλους τους συμφοιτητές μου, τους φίλους μου αλλά κυρίως την οικογένεια μου, τους γονείς μου Αντώνη και Αθανασία, τον αδελφό μου Θωμά, για την αγάπη, τη στήριξη και την καθοδήγηση τους όλα αυτά τα χρόνια μέχρι να φτάσω στην παρούσα θέση.

Ζησάκης Χρήστος

Αθήνα, Οκτώβριος 2014

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία στοχεύει στην ανάλυση των τεχνικών και οικονομικών μεγεθών τα οποία εμφανίζονται σε μονάδες παραγωγής βιοαερίου από απόβλητα ζυθοποίησης. Συγκεκριμένα παρουσιάζονται οι διαθέσιμες τεχνολογίες για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, θερμότητας και ψύξης σε δύο κλίμακες μεγεθών και η αξιολόγηση τους οικονομικά και ως προς την μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.

Για την εκπόνηση της αναπτύχθηκε υπολογιστικό εργαλείο το οποίο επιτρέπει στο χρήστη να πραγματοποιεί εύκολα και γρήγορα μια εκτίμηση αυτών των μεγεθών. Εισαγωγικά αναφέρονται δεδομένα που αφορούν τη ζυθοποίηση και τα απόβλητα της. Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στη μέθοδο της αναερόβιας χώνευσης και στην παραγωγή βιοαερίου από τα απόβλητα ζυθοποίησης. Παρουσιάζονται ακόμα τα στοιχεία τα οποία πρέπει να περιλαμβάνει μια τέτοια εγκατάσταση.

Στο τελευταίο κομμάτι της εργασίας παρουσιάζονται τα διάφορα σενάρια των συνδυαζόμενων τεχνολογιών που χρησιμοποιήθηκαν για την τριπαραγωγή ενέργειας αλλά και η αξιολόγηση τους. Τέλος γίνεται μια σύγκριση των τεχνολογιών και καθορίζεται ο βέλτιστος δυνατός τεχνολογικός συνδυασμός για τα δεδομένα που επιλέχτηκαν.

Λεξεις κλειδια: Βιοαέριο, Υπολείμματα Ζυθοποίησης , Τεχνολογίες Τριπαραγωγής , Οικονομική Αξιολόγηση,

Abstract

The aim of this thesis is to analyse the technical and economic figures which are found in biogas fired plants using the brewing residues such as brewer's spent grain and wastewater in Greece. In particular are presented the available technologies for tri-generation for two biogas plants, one of 180 kW generated power and a second of 700 kW generated power. They are both evaluated on an economic base and on the reduction of the CO₂ emissions,

Therefore it has been developed a calculator which enables the user to get a easy and quick assessment of these figures. In this thesis initially are presented the brewing process and its residues. After that the reader is introduced in the meaning of anaerobic digestion and the data that are necessary to understand the biogas formation from the brewing residues. Also are presented the parts that are essential in such a plant.

In the final part different cases are analysed and compared in order to find the most efficient both economically and environmentally.

Key Words: biogas , brewing residues , tri-generation plant , financial-engineering analysis

Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	i
Περίληψη.....	ii
Abstract	iii
Κατάλογος πινάκων.....	vi
Κατάλογος εικόνων	viii
Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή	1
Κεφάλαιο 2. Ζυθοποίηση	3
2.1 Γενικά περί ζυθοποίησης	3
2.2 Απόβλητα Ζυθοποίησης.....	7
2.2.1 Υπολείμματα βύνης.....	7
2.2.2 Υγρά απόβλητα.....	8
2.3 Ο ελληνικός κλάδος της ζυθοποίησης	9
Κεφάλαιο 3. Βιοαέριο	13
3.1 Γενικά περί βιοαερίου	13
3.2 Βιοαέριο από Υπολείμματα Βύνης.....	18
3.3 Βιοαέριο από Υγρά Απόβλητα.....	19
Κεφάλαιο 4. Στοιχεία μονάδας	20
4.1 Αποθηκευτικοί χώροι υγρών υπολειμμάτων.....	20
4.2 Ξηραντήρες υπολειμμάτων βύνης	21
4.3 Σιλό αποθήκευσης ξηρών υπολειμμάτων.....	24
4.4 Δεξαμενές συλλογής υγρών αποβλήτων	25
4.5 Στοιχεία προεπεξεργασίας υπολειμμάτων βύνης	25
4.6 Συστήματα φόρτωσης της πρώτης ύλης.....	25
4.7 Χωνευτές.....	26
4.7.1 Χωνευτές υπολειμμάτων βύνης.....	27
4.7.2 Χωνευτές υγρών αποβλήτων	28
4.8 Στοιχεία παραγωγής ενέργειας.....	29
4.8.1 Μηχανή εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ)	29
4.8.2 Αεριοστρόβιλοι.....	29
4.8.3 Λέβητας ανάκτησης θερμότητας (ΛΑΘ).....	30
4.8.4 Κύκλωμα Rankine οργανικού μέσου (ORC)	30
4.8.5 Ψύκτης απορρόφησης (Absorption chiller)	32
4.9 Σύστημα θέρμανσης χωνευτήρων	34

4.10 Αποθηκευτικοί χώροι βιοαερίου	34
4.11 Συστήματα καθαρισμού βιοαερίου	36
4.12 Πυρσοί βιοαερίου	36
4.13 Αποθήκες χωνεμένου υπολείμματος.....	37
4.14 Σύστημα ελέγχου.....	38
Κεφάλαιο 5. Οικονομική Αξιολόγηση	41
Κεφάλαιο 6. Μελέτη Σεναρίων	44
Σενάριο 1 ΜΕΚ-Absorption Chiller	50
Σενάριο 2 ΜΕΚ-ΛΑΘ-ORC	76
Σενάριο 3 ΜΕΚ-ΛΑΘ-Absorption Chiller-ORC.....	83
Σενάριο 4 Αεριοστρόβιλος-ΛΑΘ-Absorption Chiller	94
Σενάριο 5 Λέβητας Βιοαερίου.....	98
Ανάλυση ευαισθησίας.....	101
Κεφάλαιο 7. Συμπεράσματα	103
Βιβλιογραφία.....	105

Κατάλογος πινάκων

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 ΣΥΣΤΑΣΗ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΒΥΝΗΣ [6]	7
ΠΙΝΑΚΑΣ 2 ΤΥΠΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	9
ΠΙΝΑΚΑΣ 3 ΚΥΚΛΟΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΖΥΘΟΠΟΙΩΝ	11
ΠΙΝΑΚΑΣ 4 ΜΕΡΙΔΙΑ ΑΓΟΡΑΣ ΖΥΘΟΠΟΙΩΝ	11
ΠΙΝΑΚΑΣ 5 ΚΕΡΔΗ ΠΡΟ ΦΟΡΩΝ ΖΥΘΟΠΟΙΩΝ	12
ΠΙΝΑΚΑΣ 6 ΤΥΠΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ [10]	13
ΠΙΝΑΚΑΣ 7 ΧΡΟΝΟΣ ΑΝΑΓΕΝΝΗΣΗΣ ΒΑΚΤΗΡΙΔΙΩΝ	16
ΠΙΝΑΚΑΣ 8 ΚΟΣΤΟΣ ΗΛΕΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ	43
ΠΙΝΑΚΑΣ 9 ΤΙΜΕΣ ΠΩΛΗΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	43
ΠΙΝΑΚΑΣ 10 ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΧΩΝΕΥΤΗ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΒΥΝΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ 1	45
ΠΙΝΑΚΑΣ 11 ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΧΩΝΕΥΤΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΜΟΝΑΔΑΣ 1	45
ΠΙΝΑΚΑΣ 12 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΧΩΝΕΥΤΗΡΑ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΒΥΝΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ 1	46
ΠΙΝΑΚΑΣ 13 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΧΩΝΕΥΤΗΡΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΜΟΝΑΔΑΣ 1	46
ΠΙΝΑΚΑΣ 14 ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΧΩΝΕΥΤΗ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΒΥΝΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ 2	46
ΠΙΝΑΚΑΣ 15 ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΧΩΝΕΥΤΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΜΟΝΑΔΑΣ 2	47
ΠΙΝΑΚΑΣ 16 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΧΩΝΕΥΤΗΡΑ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΒΥΝΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ 2	47
ΠΙΝΑΚΑΣ 17 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΧΩΝΕΥΤΗΡΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΜΟΝΑΔΑΣ 2	47
ΠΙΝΑΚΑΣ 18 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ [54]	48
ΠΙΝΑΚΑΣ 19 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΕΚ 1.1	50
ΠΙΝΑΚΑΣ 20 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΝΑΛΛΑΚΤΗ 1.1	51
ΠΙΝΑΚΑΣ 21 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΝΑΛΛΑΚΤΗ ΥΓΡΩΝ ΨΥΞΗΣ 1,1	51
ΠΙΝΑΚΑΣ 22 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ABSORPTION CHILLER 1.1	51
ΠΙΝΑΚΑΣ 23 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ 1.1	52
ΠΙΝΑΚΑΣ 24 ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ 1.1	52
ΠΙΝΑΚΑΣ 25 ΑΡΧΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ 1.1	53
ΠΙΝΑΚΑΣ 26 ΠΙΝΑΚΑΣ ΛΟΓΑΡΙΑΣΜΟΥ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ 1.1.A	55
ΠΙΝΑΚΑΣ 27 ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΣΡΟΩΝ – ΕΚΡΟΩΝ 1.1.A	56
ΠΙΝΑΚΑΣ 28 ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 1.1.A	56
ΠΙΝΑΚΑΣ 29 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΙΧΟΡΗΓΗΣΗΣ 1	57
ΠΙΝΑΚΑΣ 30 ΠΙΝΑΚΑΣ ΛΟΓΑΡΙΑΣΜΟΥ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ 1.1.B	58
ΠΙΝΑΚΑΣ 31 ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΣΡΟΩΝ – ΕΚΡΟΩΝ 1.1.B	59
ΠΙΝΑΚΑΣ 32 ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 1.1.B	59
ΠΙΝΑΚΑΣ 33 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΑΝΕΙΟΥ	60
ΠΙΝΑΚΑΣ 34 ΠΙΝΑΚΑΣ ΛΟΓΑΡΙΑΣΜΟΥ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ 1.1.Γ	61
ΠΙΝΑΚΑΣ 35 ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΣΡΟΩΝ – ΕΚΡΟΩΝ 1.1.Γ	62
ΠΙΝΑΚΑΣ 36 ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 1.1.Γ	62
ΠΙΝΑΚΑΣ 37 ΠΙΝΑΚΑΣ ΛΟΓΑΡΙΑΣΜΟΥ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ 1.1.Δ	64
ΠΙΝΑΚΑΣ 38 ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΣΡΟΩΝ – ΕΚΡΟΩΝ 1.1.Δ	65
ΠΙΝΑΚΑΣ 39 ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 1.1.Δ	65
ΠΙΝΑΚΑΣ 40 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΕΚ 1.2	69
ΠΙΝΑΚΑΣ 41 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΛΑΘ 1. 2	69
ΠΙΝΑΚΑΣ 42 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΨΥΚΤΗ ΑΠΟΡΡΦΗΣΗΣ 1.2	69
ΠΙΝΑΚΑΣ 43 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ 1.2	70
ΠΙΝΑΚΑΣ 44 ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ 1.2	70
ΠΙΝΑΚΑΣ 45 ΑΡΧΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ 1.2	71
ΠΙΝΑΚΑΣ 46 ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 1.2.A	72

ΠΙΝΑΚΑΣ 47 ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 1.2.Β.....	73
ΠΙΝΑΚΑΣ 48 ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 1.2.Γ.....	73
ΠΙΝΑΚΑΣ 49 ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 1.2.Δ.....	74
ΠΙΝΑΚΑΣ 50 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΛΑΘ 2.1.....	76
ΠΙΝΑΚΑΣ 51 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ORC 2.1.....	77
ΠΙΝΑΚΑΣ 52 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ 2.1.....	77
ΠΙΝΑΚΑΣ 53 ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ 2.1.....	77
ΠΙΝΑΚΑΣ 54 ΑΡΧΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ 2.1.....	78
ΠΙΝΑΚΑΣ 55 ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 2.1.....	79
ΠΙΝΑΚΑΣ 56 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΛΑΘ 2.2.....	80
ΠΙΝΑΚΑΣ 57 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ORC 2.2.....	80
ΠΙΝΑΚΑΣ 58 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ 2.2.....	80
ΠΙΝΑΚΑΣ 59 ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ 2.2.....	81
ΠΙΝΑΚΑΣ 60 ΑΡΧΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ 2.2.....	81
ΠΙΝΑΚΑΣ 61 ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 2.2.....	82
ΠΙΝΑΚΑΣ 62 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΛΑΘ 3.1.....	83
ΠΙΝΑΚΑΣ 63 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΨΥΚΤΗ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ 3.1.....	83
ΠΙΝΑΚΑΣ 64 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ORC 3.1.....	83
ΠΙΝΑΚΑΣ 65 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ 3.1.....	84
ΠΙΝΑΚΑΣ 66 ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ 3.1.....	84
ΠΙΝΑΚΑΣ 67 ΑΡΧΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ 3.1.....	85
ΠΙΝΑΚΑΣ 68 ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 3.1.....	86
ΠΙΝΑΚΑΣ 69 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΛΑΘ 3.2.....	86
ΠΙΝΑΚΑΣ 70 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΨΥΚΤΗ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ 3.2.....	87
ΠΙΝΑΚΑΣ 71 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ORC 3.2.....	87
ΠΙΝΑΚΑΣ 72 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ 3.2.....	87
ΠΙΝΑΚΑΣ 73 ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ 3.2.....	88
ΠΙΝΑΚΑΣ 74 ΑΡΧΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ 3.2.....	88
ΠΙΝΑΚΑΣ 75 ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 3.2.....	89
ΠΙΝΑΚΑΣ 76 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΟΥ 4.....	96
ΠΙΝΑΚΑΣ 77 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΑΓΕΝΝΗΤΗ 4.....	96
ΠΙΝΑΚΑΣ 78 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΛΑΘ 4.....	96
ΠΙΝΑΚΑΣ 79 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΨΥΚΤΗ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ 4.....	97
ΠΙΝΑΚΑΣ 80 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ 4.....	97
ΠΙΝΑΚΑΣ 81 ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ 4.....	97
ΠΙΝΑΚΑΣ 82 ΑΡΧΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ 4.....	98
ΠΙΝΑΚΑΣ 83 ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 4.....	98
ΠΙΝΑΚΑΣ 84 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΛΕΒΗΤΑ 5.....	99
ΠΙΝΑΚΑΣ 85 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ 5.....	99
ΠΙΝΑΚΑΣ 86 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΑΠΟ ΛΕΒΗΤΑ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ.....	100
ΠΙΝΑΚΑΣ 87 ΑΡΧΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ 5.....	100
ΠΙΝΑΚΑΣ 88 ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 5.....	100
ΠΙΝΑΚΑΣ 89 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΜΕΚ 1.....	104
ΠΙΝΑΚΑΣ 90 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΜΕΚ 1.....	104

Κατάλογος εικόνων

ΕΙΚΟΝΑ 1 ΑΠΕΙΚΟΝΗΣΗ ΖΥΘΟΠΟΙΗΣΗΣ [3]	6
ΕΙΚΟΝΑ 2 ΣΤΑΔΙΑ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑΣ ΧΩΝΕΥΣΗΣ	14
ΕΙΚΟΝΑ 3 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑΣ ΧΩΝΕΥΣΗΣ ΥΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ [15]	19
ΕΙΚΟΝΑ 4 ΑΠΕΙΚΟΝΗΣΗ ΕΠΟΧΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΒΥΝΗΣ	21
ΕΙΚΟΝΑ 5 ΞΗΡΑΝΤΗΡΑΣ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΒΥΝΗΣ [16]	22
ΕΙΚΟΝΑ 6 ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΗΣΗ ΞΗΡΑΝΤΗΡΑ [17]	23
ΕΙΚΟΝΑ 7 ΣΙΛΟ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΒΥΝΗΣ [19]	24
ΕΙΚΟΝΑ 8 ΧΩΝΕΥΤΗΣ [19]	27
ΕΙΚΟΝΑ 9 ΑΠΕΙΚΟΝΗΣΗ UASB REACTOR [24]	28
ΕΙΚΟΝΑ 10 ΑΠΕΙΚΟΝΗΣΗ ORC [37]	31
ΕΙΚΟΝΑ 11 ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΗΣΗ ΨΥΚΤΗ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ [41]	33
ΕΙΚΟΝΑ 12 ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ [43]	35
ΕΙΚΟΝΑ 13 ΣΧΕΔΙΟ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ [43]	36
ΕΙΚΟΝΑ 14 ΠΥΡΣΟΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ [44]	37
ΕΙΚΟΝΑ 15 ΑΠΟΘΗΚΕΣ ΧΩΝΕΜΕΝΟΥ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΟΣ [45]	38
ΕΙΚΟΝΑ 16 ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	40
ΕΙΚΟΝΑ 17 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ SANKEY 1.1	53
ΕΙΚΟΝΑ 18 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ 1.1.Α	57
ΕΙΚΟΝΑ 19 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ 1.1.Β	60
ΕΙΚΟΝΑ 20 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ 1.1.Γ	63
ΕΙΚΟΝΑ 21 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ 1.1.Δ	66
ΕΙΚΟΝΑ 22 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΝΡV ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ 1.1	67
ΕΙΚΟΝΑ 23 ΣΥΓΚΡΙΣΗ IRR ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ 1.1	67
ΕΙΚΟΝΑ 24 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΤΩΝ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ 1.1	68
ΕΙΚΟΝΑ 25 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ SANKEY 1.2	71
ΕΙΚΟΝΑ 26 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ 1.2.Α	72
ΕΙΚΟΝΑ 27 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ 1.2.Β	73
ΕΙΚΟΝΑ 28 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ 1.2.Γ	74
ΕΙΚΟΝΑ 29 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ 1.2.Δ	74
ΕΙΚΟΝΑ 30 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΝΡV ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ 1.2	75
ΕΙΚΟΝΑ 31 ΣΥΓΚΡΙΣΗ IRR ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ 1.1	75
ΕΙΚΟΝΑ 32 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΤΩΝ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ 1.1	76
ΕΙΚΟΝΑ 33 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ SANKEY 2.1	79
ΕΙΚΟΝΑ 34 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ 2.1	79
ΕΙΚΟΝΑ 35 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ SANKEY 2.2	82
ΕΙΚΟΝΑ 36 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ 2.2	82
ΕΙΚΟΝΑ 37 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ SANKEY 3.1	85
ΕΙΚΟΝΑ 38 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ 3.1	86
ΕΙΚΟΝΑ 39 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ SANKEY 3.2	89
ΕΙΚΟΝΑ 40 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ 3.2	89
ΕΙΚΟΝΑ 41 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΝΡV ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ 1	90
ΕΙΚΟΝΑ 42 ΣΥΓΚΡΙΣΗ IRR ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ 2	90
ΕΙΚΟΝΑ 43 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΤΩΝ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ 1	91
ΕΙΚΟΝΑ 44 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ 1	91
ΕΙΚΟΝΑ 45 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΔΟΣΕΩΝ ΚΥΚΛΟΥ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ 1	91

ΕΙΚΟΝΑ 46 ΣΥΓΚΡΙΣΗ NPV ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ 2	92
ΕΙΚΟΝΑ 47 ΣΥΓΚΡΙΣΗ IRR ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ	92
ΕΙΚΟΝΑ 48 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΤΩΝ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ 2	93
ΕΙΚΟΝΑ 49 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ 2	93
ΕΙΚΟΝΑ 50 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΔΟΣΕΩΝ ΚΥΚΛΟΥ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ 2	93
ΕΙΚΟΝΑ 51 ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΗΣΗ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΜΕ ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΟ	95
ΕΙΚΟΝΑ 52 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 1	102

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

Η ανάγκη για εξεύρεση εναλλακτικών μορφών ενέργειας πέραν των συμβατικών σε μία εποχή κατά την οποία οι ενεργειακές απαιτήσεις όλο και μεγαλώνουν μας οδήγησε να σκεφτόμαστε κάθε αντικείμενο διαφορετικά. Ένα τέτοιο κομμάτι της καθημερινότητας μας είναι και τα απόβλητα κάθε είδους. Η τάση σήμερα είναι να ξανασκεφτούμε όχι μόνο την απερίσκεπτη σπατάλη των πόρων αλλά και την αξιοποίηση των αποβλήτων. Σε αυτή την κατεύθυνση εντάσσεται και το ενδιαφέρον της επιστημονικής και όχι μόνο κοινότητας στην βιομάζα και το βιοαέριο. Πέραν του ενεργειακού κέρδους από την αξιοποίηση τους έχουμε και το κέρδος για το περιβάλλον το οποίο θα πρέπει να αποτελεί ένα πολύ σημαντικό παράγοντα μεριμνάς για τους ανθρώπους αλλά περισσότερο για τους μηχανικούς οι οποίοι επωμίζονται το χρέος την εύρεσης τεχνολογιών οι οποίες όχι μόνο θα έχουν το καλύτερο οικονομικό και ενεργειακό αποτέλεσμα αλλά και περιβαλλοντικό.

Μέσα από τις σπουδές μου και λόγω των ανωτέρω μου προκλήθηκε το ενδιαφέρον για τις τεχνολογίες που αφορούν την παραγωγή βιοαερίου και αλλά και την εκμετάλλευση του. Η ζυθοποίηση είναι μια διαδικασία κατά την οποία παράγονται αρκετά απόβλητα τα οποία είτε δεν αξιοποιούνται καθόλου και θεωρούνται βάρος για την επιχείρηση είτε υποαξιοποιούνται. Τα απόβλητα της ζυθοποίησης ανήκουν στην κατηγορία αποβλήτων τα οποία μπορούν να μετατραπούν σε βιοαέριο. Στην Ελλάδα παράγονται ετησίως περίπου 70.000 τόνοι υπολειμμάτων βύνης με διαθέσιμο δυναμικό βιοαερίου περίπου 8 MW. Επιπλέον η ανάγκη για διαχείριση των υγρών αποβλήτων των ζυθοποιιών τις οδηγεί στην επεξεργασία τους με μεθόδους οι οποίες είναι δαπανηρές. Αντί αυτών θα μπορούσε να εφαρμοστεί η αναερόβια χώνευση και οι επιχειρήσεις να έχουν ως όφελος την παραγωγή βιοαερίου. Στόχος αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι να αναλυθούν οι διαδικασίες που περιλαμβάνονται καθώς και η οικονομική αξιολόγηση των διαφόρων τεχνολογιών.

Έτσι στο κεφάλαιο 2 γίνεται μια παρουσίαση των διαδικασιών που περιλαμβάνονται στη ζυθοποίηση. Ακόμα δίνονται τα χαρακτηριστικά των υπολειμμάτων βύνης αλλά και των υγρών αποβλήτων που θα μας απασχολήσουν στη συνέχεια. Τέλος γίνεται μια ανάλυση της πορείας του κλάδου της ζυθοποίησης στην ελληνική αγορά.

Στο κεφάλαιο 3 παρουσιάζονται κάποια γενικά χαρακτηριστικά που αφορούν την αναερόβια χώνευση και το βιοαέριο. Ακόμα παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά του βιοαερίου από τα υπολείμματα βύνης αλλά και αυτού που προέρχεται από τα υγρά απόβλητα.

Στο κεφάλαιο 4 αναλύονται τα στοιχεία τα οποία είναι απαραίτητα για την εγκατάσταση μιας μονάδας παράγωγης βιοαερίου από απόβλητα ζυθοποίησης. ακόμα παρουσιάζονται οι τεχνολογίες οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν για την καύση του βιοαερίου όπως μηχανές εσωτερικής καύσης, μικρό-αεριοστρόβιλοι, οργανικοί κύκλοι Rankine και ψύκτες απορρόφησης.

Στο κεφάλαιο 5 γίνεται μια ανασκόπηση της οικονομικής αξιολόγησης που θα ακολουθηθεί καθώς και των δεικτών που χρησιμοποιήθηκαν.

Το κεφάλαιο 6 περιλαμβάνει τα διάφορα σενάρια τα οποία εξετάστηκαν και αφορούν σενάρια με βάση το είδος χρηματοδότησης , με βάση τον εφαρμοζόμενο συνδυασμό τεχνολογιών και τα μεγέθη των μονάδων.

Τέλος στο κεφάλαιο 7 παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την παρούσα μελέτη όσον αφορά τα εξεταζόμενα σενάρια.

Κεφάλαιο 2. Ζυθοποίηση

2.1 Γενικά περί ζυθοποίησης

Η ζυθοποίηση χρησιμοποιεί βύνη κριθαριού και/ή δημητριακά, βυνοποιημένα δημητριακά, λυκίσκο, νερό και μαγιά για την παραγωγή μπύρας. Οι περισσότεροι ζυθοποιοί χρησιμοποιούν βύνη κριθαριού ως κύρια πρώτη ύλη. Ανάλογα με την τοποθεσία της ζυθοποιίας και την ποιότητα του εισερχόμενου νερού, το νερό μπορεί να προεπεξεργάζεται με την τεχνική της αντίστροφης όσμωσης.

Το κριθάρι υφίσταται μια σειρά από διεργασίες, οι οποίες σταδιακά το μετατρέπουν σε μπύρα [1], [2]. Οι διαδικασίες αυτές, κατά σειρά, είναι η βυνοποίηση του κριθαριού για την παραγωγή βύνης από την οποία παράγεται το ζυθογλεύκος με την πρόσμιξη νερού, ο βρασμός του ζυθογλεύκους, ύστερα από τη προσθήκη του λυκίσκου και τέλος η αλκοολική ζύμωση των σακχάρων του ζυθογλεύκους με τη βοήθεια της μαγιάς για τη δημιουργία ζύθου.

Το πρώτο βήμα της παραγωγικής διαδικασίας είναι η βυνοποίηση. Αρχικά παραλαμβάνεται το προς βυνοποίηση κριθάρι, αυτό ελέγχεται για το εάν τηρεί τις προδιαγραφές για βυνοποίηση. Επόμενο βήμα είναι η διαβροχή. Με μια υγρασία 30%, ο σπόρος του κριθαριού αρχίζει ήδη να βλαστάνει. Για να σχηματιστούν όμως μεγάλες ποσότητες ενζύμων κατά τη βλάστηση και να γίνουν οι επιθυμητές μετατροπές των αποθησαυριστικών ουσιών που περιέχει ο σπόρος, σε εύλογο όμως χρόνο είναι απαραίτητη μια υγρασία 40-48%, που προσδίδεται στη διαβροχή. Συγχρόνως ο σπόρος πρέπει να τροφοδοτηθεί με οξυγόνο για να αποφευχθεί ο αναερόβιος μεταβολισμός του. Η μεταμόρφωση εγκαινιάζεται στις δεξαμενές διαβροχής (μεγάλες κυλινδρικές δεξαμενές), που περιέχουν όπως μαρτυρά και το όνομα τους μεγάλη περιεκτικότητα νερού. Σε αυτές το κριθάρι αφήνεται να μουλιάσει για 2 με 3 μέρες περίπου. Μόλις περάσουν γίνεται ένας ποιοτικός διαχωρισμός, στον οποίο αφαιρούνται οι κόκκοι που επιπλέουν και συγκεντρώνονται οι μουλιασμένοι κόκκοι με το ζητούμενο ποσοστό υγρασίας, ώστε να μεταφερθούν στα δοχεία βλάστησης. Εκεί σε σταθερές και ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας ο κόκκος αναπτύσσεται για να δημιουργήσει την πράσινη βύνη, που σημειωτέον έχει διπλάσιο μήκος από τον αρχικό σπόρο. Το βήμα εκβλάστησης που περιγράφεται χρειάζεται 7 έως 10 μέρες για να ολοκληρωθεί. Σκοπός του φυτού κατά τη βλάστηση είναι η ανάπτυξη του ριζιδίου και του βλαστιδίου με κατανάλωση όλων των αποθησαυριστικών ουσιών του σπόρου. Σκοπός του βυνοποιού κατά τη βλάστηση είναι η ενεργοποίηση και ο σχηματισμός ενζύμων (αμυλάσες, πρωτεάσες, γλυκανάσες, πεντοζανάσες, φωσφατάσες κ.ά.) με τη μικρότερη δυνατή απώλεια σε αποθησαυριστικές ουσίες του σπόρου. Απαραίτητη προϋπόθεση γι' αυτό είναι συνθήκες αερόβιου μεταβολισμού του σπόρου. Τελικό στάδιο της βυνοποίησης είναι η ξήρανση δηλαδή

η διαδικασία κατά την οποία επιζητείται η διακοπή της βλάστησης του κριθαριού, μέσω της διακοπής του σχηματισμού και της αδρανοποίησης των ενζύμων με απομάκρυνση της υγρασίας, χωρίς όμως να καταστραφούν αυτά. Η ξήρανση της πράσινης βύνης ονομάζεται διαφορετικά φρύξη. Η θερμοκρασία στη φάση φρύξης, που κρατάει μία μέρα, κυμαίνεται από 85-105° C και στο τέλος της το ποσοστό νερού στη ξηρή βύνη είναι 2-3% σε σύγκριση με την αρχική πράσινη βύνη που έφτανε το 45%. Κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης σταθεροποιούνται οι χημικοβιολογικές μεταβολές, οι οποίες έλαβαν χώρα κατά τη διάρκεια της βλάστησης και σχηματίζονται χαρακτηριστικές αρωματικές και χρωστικές ουσίες που προσδίδουν ιδιαίτερη γεύση, άρωμα και χρώμα στη μύρα που θα παραχθεί. Η ξήρανση της βύνης πραγματοποιείται μέσα σε κλίβανους και το καβούρδισμα της, ανάλογα με την ένταση του, προσδιοριζόμενη από τον ζυθοποιό, δίνει τα επιθυμητά γευστικά χαρακτηριστικά. Η μορφή του κριθαριού που έχει μερικώς βλαστήσει, είναι πλούσιο σε ένζυμα και έχει ξηρανθεί, ονομάζεται βύνη.

Έπειτα από την βυνοποίηση ο ζυθοποιός είναι έτοιμος για να ξεκινήσει την διαδικασία της ζυθοποίησης. Το πρώτο στάδιο της ζυθοποίησης είναι η άλεση (milling). Η βύνη αλέθεται για να αυξηθεί η επιφάνειά της και να δοθεί η δυνατότητα δράσης στα ένζυμα, ώστε να αποικοδομηθούν και να εκχυλιστούν οι ουσίες που περιέχονται σ' αυτήν. Ακολουθεί η φάση της πολτοποίησης (mashing). Το μείγμα βύνης και νερού ονομάζεται πολτός. Η πολτοποίηση αποτελείται από την ανάμειξη και τη θέρμανση του πολτού. Με τη δράση των ενζύμων γίνεται η αποικοδόμηση των αδιάλυτων ουσιών της βύνης, κυρίως του αμύλου και των πρωτεϊνών και η μετατροπή τους σε διαλυτές (ζυμώσιμο και μη ζυμώσιμο εκχύλισμα). Τα προϊόντα της αποικοδόμησης αυτής (κυρίως το ζυμώσιμο και το μη ζυμώσιμο εκχύλισμα) θα χρησιμοποιήσουν :

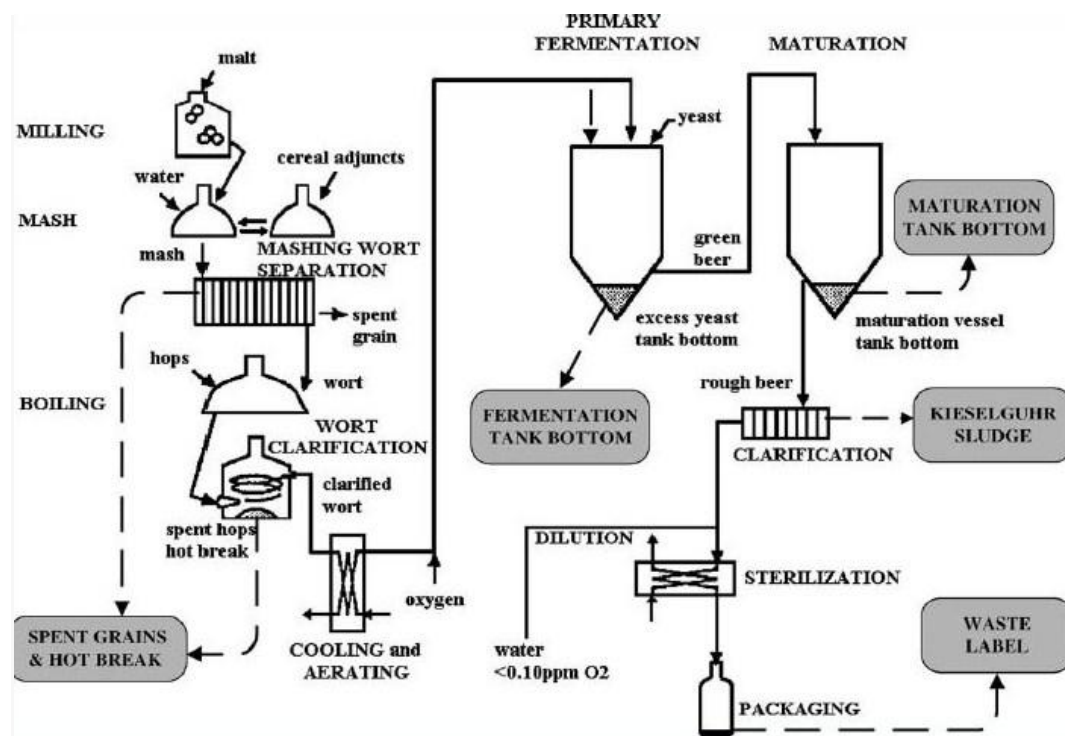
α) Για την ανάπτυξη των ζυμών

β) Για να προσδώσουν ιδιαίτερα χαρακτηριστικά στη μύρα που θα παραχθεί.

Το επόμενο στάδιο είναι η διήθηση ή αλλιώς διαύγαση (separation), δηλαδή η απομάκρυνση των στερεών υπολειμμάτων της βύνης. Αυτά τα στερεά υπολείμματα θα μας απασχολήσουν στη συνέχεια της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Το εκχύλισμα που περιέχει όλες τις διαλυτοποιημένες ουσίες της βύνης, ζυμώσιμες και μη ζυμώσιμες, ονομάζεται βυνογλεύκος. Ακολουθεί ο βρασμός του γλεύκους (wort boiling) για ένα διάστημα από 1 έως 1,5 ώρα. Σε αυτό το στάδιο το ζυθογλεύκος (wort) βράζει και εξατμίζεται με ένα ρυθμό 4%-12%, καταστρέφοντας όλα τα ένζυμα, αποστειρώνεται και εξαгонται διαλυτές ουσίες από το λυκίσκο ώστε να δοθούν τα επιθυμητά γευστικά χαρακτηριστικά στην μύρα. Ο λυκίσκος (hop) μπορεί να αντικατασταθεί πλήρως ή μερικώς από εκχυλίσματα λυκίσκου. Με αυτό τον τρόπο μειώνεται ο χρόνος βρασμού και εξαλείφεται η ανάγκη απομάκρυνσης του από το βρασμένο ζυθογλεύκος. Ακόμη παρατηρείται η κροκίδωση πρωτεϊνικών συμπλόκων δημιουργώντας ένα θερμό ίζημα. Κροκίδωση είναι το φαινόμενο που

προκαλείται από την επίδραση ενός φυσικού ή χημικού μέσου που βρίσκεται σε κολλώδη διάλυση και έχει σαν αποτέλεσμα τη συσσωμάτωση της ουσίας αυτής. Μέσω της εξάτμισης συμπυκνώνεται το ζυθογλεύκος στην επιθυμητή πυκνότητα. Μόλις τελειώσει ο χρόνος βρασμού που ποικίλει και εξαρτάται από την επιθυμητή πυκνότητα της μύρας τα υπολείμματα του λυκίσκου και οι κροκιδωμένες κατά τον βρασμό πρωτεΐνες απομακρύνονται από το βρασμένο γλεύκος με φυγοκέντριση και κατακάθιση. Κατά το στάδιο της ψύξης (cooling) το ζυθογλεύκος ψύχεται στη θερμοκρασία εμβολιασμού, προστίθεται αέρας και απομακρύνεται μερικώς το ψυχρό θόλωμα. Η ψύξη γίνεται σε εναλλάκτες θερμότητας. Το ζυθογλεύκος μπαίνει στον εναλλάκτη με μια θερμοκρασία περίπου 96-99 °C και ψύχεται στη θερμοκρασία εμβολιασμού η οποία διαφέρει ανάλογα με το παραγόμενο είδος μύρας. Οι μύρες τύπου lager έχουν θερμοκρασίες εμβολιασμού 6-15 °C ενώ οι μύρες τύπου ale έχουν θερμοκρασίες 12-25 °C. Το επόμενο πολύ σημαντικό στάδιο είναι το στάδιο της ζύμωσης (fermentation). Κατά την πορεία προς τη δεξαμενή ζυμώσεως, προστίθεται στο γλεύκος καθαρή καλλιέργεια μαγιάς (yeast). Στις δεξαμενές ζυμώσεως γίνεται η αλκοολική ζύμωση υπό ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης και διαρκεί από 8-12 ημέρες για τις μύρες lager ενώ για τις τύπου ale διαρκεί 2-5 ημέρες. Κατά τη διαδικασία της ζυμώσεως, γίνεται ο μεταβολισμός του γλεύκους από τη μαγιά και παράγεται αλκοόλη και διοξείδιο του άνθρακα. Το παραγόμενο διοξείδιο του άνθρακα συλλέγεται και υφίσταται απόσπηση, συμπίεση και υγροποίηση και στη συνέχεια αποθήκευση για να χρησιμοποιηθεί κατά την ενανθράκωση της μύρας. Μετά το τέλος της ζυμώσεως η μαγιά κατακάθεται και απομακρύνεται από τη μύρα. Η φρεσκοζυμωμένη μύρα ακολουθεί ένα στάδιο ωρίμανσης (maturation) για 3 έως 5 ημέρες, όπου παράπλευρα προϊόντα που δημιουργούνται από τη μαγιά κατά τη διάρκεια της ζύμωσης και δίνουν βαριές και όχι ευχάριστες οσμές στη μύρα, αποικοδομούνται από την ίδια τη μαγιά που έχει μείνει σε διασπορά μέσα στη δεξαμενή ζυμώσεως. Η ωριμασμένη μύρα ψύχεται σε θερμοκρασία -1 με -20 °C και αποθηκεύεται σε ειδικές δεξαμενές. Κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης η διασπαρμένη μαγιά και τα στερεά που υπάρχουν στη μύρα μετά τη ζύμωση κατακάθονται. Κατά τη μεταφορά της μύρας προς τη δεξαμενή αποθήκευσης προστίθεται και κατάλληλη ουσία (PVPP), η οποία ενώ καθιζάνει απορροφά μέρος των πρωτεϊνών και πολυφαινολών που περιέχονται στη μύρα και είναι απαραίτητο να απομακρυνθούν, γιατί διαφορετικά θα δημιουργήσουν προβλήματα σταθερότητας με αποτέλεσμα η συσκευασμένη μύρα να παρουσιάζει θολώματα. Παράλληλα, κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης λαμβάνει χώρα μια δευτερεύουσα ζύμωση που έχει πάρα πολύ ήπια μορφή και βελτιώνει τη μη ωριμασμένη μύρα, ενώ αυξάνει την περιεκτικότητα της μύρας σε διοξείδιο του άνθρακα. Η διάρκεια αποθήκευσης είναι από 15 έως 45 ημέρες, ανάλογα με το είδος της μύρας. Μόλις περάσει ο χρόνος ξεκούρασης στις δεξαμενές τη σκυτάλη έχει η διαύγαση της μύρας ή αλλιώς το φιλτράρισμα (clarification). Είναι πολύ σημαντικό στάδιο και χρειάζεται προσοχή, γιατί από τη μια, από αυτό εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό η σταθεροποίηση και η λαμπερή εικόνα της μύρας στο ποτήρι και από την άλλη θα πρέπει να έχει την σωστή ισορροπία για να μην χάνονται πολλά από τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά της μύρας που την κάνουν να ξεχωρίζει. Υπάρχουν λοιπόν πολλά είδη φίλτρων όπως και τρόποι φιλτραρίσματος τα πιο συνηθισμένα είναι αυτά που γίνονται με μια ειδική σκόνη που ονομάζεται γη διατόμου ή με εκείνα που χρησιμοποιούν κάποιες πλάκες με

συγκεκριμένους πόρους που απομακρύνουν τα ανεπιθύμητα σωματίδια. Κατά το φιλτράρισμα είναι πιθανό να γίνει και μία επιπλέον ενανθράκωση, με προσθήκη διοξειδίου του άνθρακα, έτσι ώστε να φθάσει το προϊόν τις τελικές προδιαγραφές του. Πριν την εμφιάλωση συνήθως γίνεται παστερίωση (sterilization) ο βαθμός της οποίας προσδιορίζεται ανάλογα με τον τρόπο αποθήκευσης της μύρας και το χρονικό επιτρεπόμενο διάστημα κατανάλωσης της. Τελευταίο είναι το στάδιο της εμφιάλωσης (packaging). Πολλές ζυθοποιίες χρησιμοποιούν αυτόματες μηχανές εμφιάλωσης που ξεπλένουν και στη συνέχεια, γεμίζουν τα μπουκάλια και προσθέτουν τις ετικέτες και τα πώματα.



ΕΙΚΟΝΑ 1 ΑΠΕΙΚΟΝΗΣΗ ΖΥΘΟΠΟΙΗΣΗΣ [3]

2.2 Απόβλητα Ζυθοποίησης

Τα απόβλητα ζυθοποίησης χωρίζονται σε δύο κατηγορίες

1. Στερεά απόβλητα που χωρίζονται σε :
 - Υπολείμματα βύνης (Brewer's spent grains)
 - Υπολείμματα λυκίσκου (Spent hops)
 - Υπολείμματα μαγιάς (Spent yeast)
 - Υπολείμματα γης διατόμου (Kieselguhr sludge)
2. Υγρά απόβλητα (Wastewater)

Στη συνέχεια θα μας απασχολήσουν τα υπολείμματα βύνης και τα υγρά απόβλητα.

2.2.1 Υπολείμματα βύνης

Από την παραγωγή ενός εκατόλιτρου μύρας δημιουργούνται από 15 έως 20 κιλά υπολειμμάτων βύνης. Από δεδομένα της ελληνικής αγοράς ζυθοποιίας προκύπτει μία τιμή 17,5 κιλών υπολειμμάτων βύνης ανά εκατόλιτρο ζύθου. Τα υπολείμματα βύνης κυρίως αποτελούνται από τα λέπυρα της βύνης (malt husks), και μέρη του περικάρπιου (pericarp) και του φλοιού (seed coat) της βύνης [4]. Τα υπολείμματα βύνης είναι πλούσια σε πρωτεΐνες, λιπίδια, σάκχαρα, άλατα και αμινοξέα παρόλα αυτά η χημική σύσταση τους διαφέρει σημαντικά από ζυθοποιία σε ζυθοποιία. Η σύσταση των υπολειμμάτων βύνης φαίνεται στον παρακάτω πίνακα σύμφωνα με τρεις έρευνες από τους Kanauchi et al.(2001), [4] και [5].

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 ΣΥΣΤΑΣΗ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΒΥΝΗΣ [6]

Σύσταση(%)	Kanauchi	Mussato and Roberto	Santos	Μέση τιμή
Πρωτεΐνες	24	15,2	31	23,4
Κυτταρίνη και Β-γλυκάνες	25,4	16,8	21	21,1
Αραβινοξυλάση	21,8	17	19	19,3
Λιγνίνη	11,9	27,8	16	18,5
Λιπίδια	10,6	ΔΥ	9	10,5
Στάχτη	2,4	4,6	4	3,7

Τα υπολείμματα βύνης όμως βρίσκονται σε υγρασία μεγαλύτερη του 70%. Εξαιτίας αυτού του ποσοστού υγρασίας και των εύκολα ζυμώσιμων συστατικών της

αποικοδομείται πολύ εύκολα. Για αυτό τον λόγο θα πρέπει να καθίσταται βιοχημικά σταθερή μέσω της ξήρανσης της. Αυτή η ξήρανση μπορεί να πραγματοποιηθεί σε δυο στάδια. Στο πρώτο χρησιμοποιώντας πρέσες ώστε να φτάσει σε υγρασία περίπου 55% και έπειτα σε ξηραντήρες με τελικό ποσοστό υγρασίας 15-20%. Με σύγχρονες πρέσες είναι δυνατόν να φτάσουμε σε ποσοστό υγρασίας μέχρι και 10%.

Η ξήρανση των υπολειμμάτων βύνης χαρίζει ένα επιπλέον πλεονέκτημα, αυτό της μείωσης του όγκου των υπολειμμάτων οπότε και της μείωσης των χώρων αποθήκευσης των και τα μεταφορικά κόστη.

Η πυκνότητα των υπολειμμάτων είναι μια συνάρτηση της υγρασίας και της χρησιμοποιούμενης βύνης αλλά ενδεικτικές τιμές είναι για υγρά υπολείμματα 0,88-0,95 kg/l και για την αποξηραμένη 0,4-0,48 kg/l.

Η ειδική θερμοχωρητικότητα των υπολειμμάτων και πάλι εξαρτάται από το ποσοστό υγρασίας. Σύμφωνα με [7] , [8] μία μέση τιμή για τα ξηρά υπολείμματα είναι 1,245 kJ/kgK το οποίο προσαρμόζεται ανάλογα με το ποσοστό υγρασίας.

Σήμερα οι περισσότερες ζυθοποιίες πωλούν τα υπολείμματα βύνης ως ζωοτροφές με τιμές που καθορίζονται τη ζήτηση και την προσφορά.

2.2.2 Υγρά απόβλητα

Για την παραγωγή ενός λίτρου μύρας χρησιμοποιούνται από 3 έως 10 λίτρα νερού ενώ τα υγρά απόβλητα είναι 1,2 με 2 λίτρα λιγότερα από την κατανάλωση νερού. Μια μέση τιμή για την κατανάλωση νερού είναι 5 λίτρα ανά λίτρο μύρας ενώ για τα υγρά απόβλητα ο λόγος αυτός είναι 3,5 λίτρα υγρών απόβλητων ανά παραγόμενο λίτρο μύρας. [9] Στον εγχώρια παραγωγή ο λόγος των υγρών απόβλητων προς την παραγόμενη μύρα είναι 1,5 λίτρο απόβλητων ανά λίτρο μύρας. Τα υγρά απόβλητα προέρχονται κυρίως από τις εκπλήσεις των διάφορων δοχείων που χρησιμοποιούνται για τη ζυθοποίηση όπως του δοχείου για την πολτοποίηση, του δοχείου για την διήθηση, των βραστήρων, των δεξαμενών αποθήκευσης, της έκπλυσης των φιαλών ,κατά το στάδιο του φιλτραρίσματος κλπ.

Τα υγρά απόβλητα είναι κυρίως επιβαρημένα με οργανική ύλη. Δυστυχώς η ροή των αποβλήτων δεν είναι σταθερή και τα χαρακτηριστικά τους διαφέρουν από ώρα σε ώρα. Τα απόβλητα διαφέρουν ως προς τη θερμοκρασία τους, την αλκαλικότητα τους, το φορτίο αιωρούμενων στερεών, τη συγκέντρωση οργανικών και ανόργανων ουσιών σε διάλυση. Πολύ σημαντικοί δείκτες που μας βοηθούν να αναληφθούμε ποσό επιβαρημένα είναι τα απόβλητα είναι οι δείκτες BOD και COD.

Η χημική απαίτηση του οξυγόνου ή το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (chemical oxygen demand, COD) είναι η ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για τη χημική οξείδωση των αποβλήτων. Η βιοχημική απαίτηση οξυγόνου ή το βιοχημικώς απαιτούμενο οξυγόνο (Biochemical Oxygen Demand, BOD) είναι η ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται από μικροοργανισμούς προκειμένου να αποικοδομήσουν τα οργανικά απόβλητα. Το BOD είναι παραδοσιακά η σημαντικότερη παράμετρος μέτρησης της ισχύος της οργανικής ρύπανσης. Το BOD εκφράζεται σε χιλιοστογραμμάρια απαιτούμενου οξυγόνου ανά λίτρο αποβλήτου (mg/l). Το COD είναι μια μετρήσιμη ποσότητα που δεν εξαρτάται από την ικανότητα βιοαποικοδόμησης των μικροοργανισμών ούτε από τη γνώση της χημικής σύστασης και δομής των μορίων που υπάρχουν σε ένα απόβλητο. Η τιμή του COD είναι πάντοτε μεγαλύτερη από αυτή του BOD. Η διάφορα COD,BOD δίνει μια καλή εκτίμηση του μη οικοδομήσιμου οργανικού φορτίου των αποβλήτων.

Τυπικές τιμές των για τα υγρά απόβλητα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2 ΤΥΠΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

BOD (mg/l)	1200-3600
COD (mg/l)	2000-6000
Θερμοκρασία (°C)	25-35
pH	3-12
Ολικά αιωρούμενα στερεά (mg/l)	600-1500

Ο συνήθης τρόπος διαχείρισης των υγρών αποβλήτων είναι ο καθαρισμός τους με αερόβια χώνευση σε δεξαμενές και έπειτα η προώθηση τους στο δίκτυο αποχέτευσης.

2.3 Ο ελληνικός κλάδος της ζυθοποίησης

Η μεγάλη ύφεση που παρατηρήθηκε στην Ελλάδα τα τελευταία χρόνια, κλόνησε ολόκληρη την οικονομία χωρίς βέβαια να αφήσει ανεπηρέαστη την αγορά του ζύθου. Μέχρι το 2013 οι πωλήσεις μειώνονταν ενώ αντίθετα το 2013 οι πωλήσεις στην αγορά κατέγραψαν αύξηση 2% και έφτασαν στα 3.957.000 εκατόλιτρα με τζίρο κοντά στα 490 εκατομμύρια ευρώ έναντι 3.850.000 εκατόλιτρων το 2012 και 4.329.000 εκατόλιτρων το

Η συνολική κατανάλωση μύρας στην Ελλάδα (εγχώρια παραγωγή & εισαγωγές) παρουσιάζει σημαντική διαφοροποίηση των επί μέρους χαρακτηριστικών της αγοράς ως εξής:

1. Οι πωλήσεις ζύθου στην ζεστή αγορά (κυρίως μικρά και μεγάλα σουπερμάρκετ σε ολόκληρη την χώρα) εκτιμάται ότι δεν επηρεάστηκαν ιδιαίτερα κυρίως εξ αιτίας της στροφής των καταναλωτών από τα πανάκριβα πλέον (λόγω της αύξησης του Ειδικού Φόρου Κατανάλωσης) εισαγόμενα αλκοολούχα ποτά στην πολύ φθηνότερη, επώνυμη ελληνική μύρα.
2. Αντίθετα, η κρύα αγορά (εστιατόρια, περίπτερα, καφενεία κλπ) που διαθέτει τουλάχιστον πενταπλάσια σημεία πώλησης, είχε σημαντική μείωση εξ αιτίας της συρρίκνωσης της καταναλωτικής δαπάνης και τον περιορισμό του φαγητού έξω από το σπίτι.
3. Οι πωλήσεις των εισαγόμενων σημάτων μύρας εκτιμάται ότι υποχώρησαν πολύ περισσότερο από το ποσοστό υποχώρησης της συνολικής κατανάλωσης της ελληνικής αγοράς ζύθου. Το ίδιο φαίνεται να ισχύει για τις φθηνές, εισαγόμενες μύρες ιδιωτικής ετικέτας οι πωλήσεις των οποίων υποχώρησαν σε όγκο σε διψήφιο ποσοστό.
4. Η εντυπωσιακή πρεμιέρα της Fix Hellas που επανακυκλοφόρησε τον Απρίλιο του 2010, η αύξηση των πωλήσεων τόσο της «Μύθος» όσο και της «Βεργίνα» κατά την διάρκεια των τελευταίων ετών, ο σημαντικός περιορισμός των εισαγωγών μύρας (υπολογίζονται σε 400.000 περίπου εκατόλιτρα), σε συνδυασμό με την επιτυχημένη δραστηριοποίηση σε τοπικό κυρίως επίπεδο (Κέρκυρα, Ρόδος, Κρήτη, Εύβοια, Καλαμάτα, Αργος κ.α.) πολλών μικροζυθοποιιών – και όχι μόνο, δημιουργεί πολύ αργά αλλά σταθερά, μια αλλαγή τοπίου της ελληνικής αγοράς ζύθου.

Συνοπτικά, η πορεία των πέντε μεγάλων ζυθοποιιών που δραστηριοποιούνται στην παραγωγή μύρας στην χώρα μας, άσχετα αν παράλληλα κάνουν και εισαγωγές μύρας, την τελευταία πενταετία αποτυπώνεται στους πίνακες που ακολουθούν:

ΠΙΝΑΚΑΣ 3 ΚΥΚΛΟΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΖΥΘΟΠΟΙΩΝ

ΚΥΚΛΟΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ (ΠΩΛΗΣΕΙΣ)								
A/A	ΕΠΩΝΥΜΙΑ ΕΤΑΙΡΙΑΣ	ΚΥΚΛΟΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ 2013	ΚΥΚΛΟΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ 2012	ΜΕΤΑΒΟΛΗ 13/12 (%)	ΚΥΚΛΟΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ 2011	ΚΥΚΛΟΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ 2010	ΚΥΚΛΟΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ 2009	ΜΕΤΑΒΟΛΗ 13/09 (%)
1	ΑΘΗΝΑΙΚΗ ΖΥΘΟΠΟΙΑ ΑΕ	314512108	341033588	-7,78%	389331938	440794375	448302418	-29,84%
2	ΜΥΘΟΣ ΖΥΘΟΠΟΙΑ ΑΕ	92176905	84751092	8,76%	84980888	74473738	65545886	40,63%
3	ΟΛΥΜΠΙΑΚΗ ΖΥΘΟΠΟΙΑ ΑΕ	52478766	45015523	16,58%	25009393	11603558	612366	8469,84%
4	ΖΥΘΟΠΟΙΑ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ ΘΡΑΚΗΣ ΑΕ	16595748	16479142	0,71%	16061872	14097478	10246472	61,97%
5	ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΖΥΘΟΠΟΙΑ ΑΤΑΛΑΝΤΗΣ ΑΕ	14009000	13488000	3,86%	10734675	12319315	13515622	3,65%
ΣΥΝΟΛΑ		489772527	500767345	-2,20%	526118766	553288464	538222764	-9,00%

ΠΙΝΑΚΑΣ 4 ΜΕΡΙΔΙΑ ΑΓΟΡΑΣ ΖΥΘΟΠΟΙΩΝ

ΜΕΡΙΔΙΑ ΑΓΟΡΑΣ								
A/A	ΕΠΩΝΥΜΙΑ ΕΤΑΙΡΙΑΣ	ΜΕΡΙΔΙΟ ΑΓΟΡΑΣ 2013	ΜΕΡΙΔΙΟ ΑΓΟΡΑΣ 2012	ΜΕΤΑΒΟΛΗ 13/12 (%)	ΜΕΡΙΔΙΟ ΑΓΟΡΑΣ 2011	ΜΕΡΙΔΙΟ ΑΓΟΡΑΣ 2010	ΜΕΡΙΔΙΟ ΑΓΟΡΑΣ 2009	ΜΕΤΑΒΟΛΗ 13/09 (%)
1	ΑΘΗΝΑΙΚΗ ΖΥΘΟΠΟΙΑ ΑΕ	64,22%	68,11%	-5,71%	74,00%	79,67%	83,29%	-22,90%
2	ΜΥΘΟΣ ΖΥΘΟΠΟΙΑ ΑΕ	18,82%	16,92%	11,23%	16,15%	13,45%	12,18%	54,52%
3	ΟΛΥΜΠΙΑΚΗ ΖΥΘΟΠΟΙΑ ΑΕ	10,71%	8,99%	19,13%	4,75%	2,10%	0,11%	9636,36%
4	ΖΥΘΟΠΟΙΑ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ ΘΡΑΚΗΣ ΑΕ	3,39%	3,29%	3,04%	3,05%	2,55%	1,91%	77,49%
5	ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΖΥΘΟΠΟΙΑ ΑΤΑΛΑΝΤΗΣ ΑΕ	2,86%	2,69%	6,32%	2,04%	2,23%	2,51%	13,94%
ΣΥΝΟΛΑ		100,00%	100,00%	0,00%	99,99%	100,00%	100,00%	0,00%

ΠΙΝΑΚΑΣ 5 ΚΕΡΔΗ ΠΡΟ ΦΟΡΩΝ ΖΥΘΟΠΟΙΩΝ

ΚΕΡΔΗ ΠΡΟ ΦΟΡΩΝ								
A/A	ΕΠΩΝΥΜΙΑ ΕΤΑΙΡΙΑΣ	ΚΕΡΔΗ ΠΡΟ ΦΟΡΩΝ 2013	ΚΕΡΔΗ ΠΡΟ ΦΟΡΩΝ 2012	ΜΕΤΑΒΟΛΗ 13/12 (%)	ΚΕΡΔΗ ΠΡΟ ΦΟΡΩΝ 2011	ΚΕΡΔΗ ΠΡΟ ΦΟΡΩΝ 2010	ΚΕΡΔΗ ΠΡΟ ΦΟΡΩΝ 2009	ΜΕΤΑΒΟΛΗ 13/09 (%)
1	ΜΥΘΟΣ ΖΥΘΟΠΟΙΑ ΑΕ	6084405	3216625	89,15%	4406372	5077612	7538412	-19,29%
2	ΖΥΘΟΠΟΙΑ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ ΘΡΑΚΗΣ ΑΕ	1905798	622483	206,16%	948324	313276	32473	5768,87%
3	ΟΛΥΜΠΙΑΚΗ ΖΥΘΟΠΟΙΑ ΑΕ	387356	165633	133,86%	-3988250	-636340	-1640856	-
4	ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΖΥΘΟΠΟΙΑ ΑΤΑΛΑΝΤΗΣ ΑΕ	-394000	-828000	52,42%	-194519	163378	-79448	395,92%
5	ΑΘΗΝΑΙΚΗ ΖΥΘΟΠΟΙΑ ΑΕ	-6435882	29169603	-	61401692	78116490	102467248	-
ΣΥΝΟΛΑ		1547677	32346344	-95,22%	62573619	83034416	108317829	-98,57%

Από τα παραπάνω στοιχεία μπορούν να εξαχθούν τα εξής συμπεράσματα:

1. Την περίοδο αυτή τα κέρδη των επιχειρήσεων έχουν σχεδόν εξανεμιστεί. Παρόλα αυτά οι εταιρείες είναι διατεθειμένες να κάνουν νέες επενδύσεις οι οποίες θα τους αποφέρουν σημαντικά έσοδα στο μέλλον και οι επενδύσεις για την ορθή διαχείριση των αποβλήτων τους μπορεί να αποδειχτούν κερδοφόρες.
2. Η κατανάλωση μπίρας, άρα και το σύνολο των ποσοτήτων υπολειμμάτων βύνης, εξαρτάται άμεσα από την οικονομική κατάσταση στην οποία βρίσκεται η αγορά. Με την σταθεροποίηση των συνεπειών που δημιουργεί η κρίση στην αγοραστική δύναμη των καταναλωτών αλλά και την σταδιακή ανάπτυξη που αναμένεται να προκύψει μέσα στην επόμενη δεκαετία, θα υπάρξουν όλο και καλύτερες συνθήκες για επενδύσεις.
3. Όπως ειπώθηκε, παρατηρείται μια σταδιακή στροφή του αγοραστικού κοινού προς μπίρες ελληνικών ζυθοποιιών. Αυτό σημαίνει αύξηση της εγχώριας παραγωγής ζύθου και μείωσης των εισαγωγών άρα και αύξηση των υπολειμμάτων ζυθοποίησης.

Κεφάλαιο 3. Βιοαέριο

3.1 Γενικά περί βιοαερίου

Το βιοαέριο παράγεται από τις διεργασίες της αναερόβιας χώνευσης των κτηνοτροφικών και αγροτοβιομηχανικών απορριμμάτων, από τη χώνευση των λυμάτων και αποβλήτων στις χωματερές και τους βιολογικούς καθαρισμούς. Οι ιδιότητες και η σύσταση του βιοαερίου ποικίλλει ανάλογα με τη προέλευση της πρώτης ύλης, το σύστημα της εγκατάστασης τη θερμοκρασία παραμονής και άλλους παράγοντες. Στον Πίνακα 1.1 παρουσιάζονται κάποιες από τις μέσες τιμές σύνθεσης του βιοαερίου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6 ΤΥΠΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ [10]

Συστατικό	Χημικός τύπος	Περιεκτικότητα (Vol. %)
Μεθάνιο	CH_4	50-75
Διοξείδιο του άνθρακα	CO_2	25-45
Υδρατμοί	H_2O	2(20°C)-7(40°C)
Οξυγόνο	O_2	<2
Άζωτο	N_2	<2
Αμμωνία	NH_3	<1
Υδρογόνο	H_2	<1
Υδρόθειο	H_2S	<1

Η θερμογόνος ικανότητα του βιοαερίου και η μέση πυκνότητα καθορίζονται από τη σύσταση του. Η κατώτερη θερμογόνος ικανότητα του μεθανίου είναι περίπου 50 MJ/kg.

Το βιοαέριο είναι προϊόν της διάσπασης οργανικών υλών από ένα μικροβιακό πληθυσμό που ζει σε ένα αναερόβιο περιβάλλον. Όταν οργανικό υλικό αποσυντίθεται σε ένα αναερόβιο περιβάλλον τα βακτήρια παράγουν μια μίξη από μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται *αναερόβια χώνευση*. Κατά τη διάρκεια της αναερόβιας χώνευσης οργανικά αζωτούχα συστατικά μετατρέπονται σε αμμωνία, θειούχα συστατικά μετατρέπονται σε υδρόθειο και το ασβέστιο σε διάφορα άλατα. Τα τελικά αποτελέσματα της αναερόβιας χώνευσης είναι βιοαέριο για παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας, ένα πλούσιο οργανικά υπόλειμμα και άλλα ανόργανα υποπροϊόντα που μπορούν να πωληθούν στην αγορά.

Η αναερόβια χώνευση πραγματοποιείται από μια ομάδα βακτηρίων που μετατρέπουν το οργανικό μέρος σε βιοαέριο και σε ανόργανα προϊόντα. Η μετατροπή αυτή γίνεται σταδιακά σε 4 βήματα: την υδρόλυση, την οξεογένεση, την οξικογένεση και τη μεθανογένεση. Οι διεργασίες αυτές παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα



ΕΙΚΟΝΑ 2 ΣΤΑΔΙΑ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑΣ ΧΩΝΕΥΣΗΣ

Υδρόλυση (Hydrolysis)

Κατά το στάδιο της υδρόλυσης, που είναι και το πρώτο βήμα της διεργασίας, υδρολυτικά βακτηρίδια εκκρίνουν υδρολυτικά ένζυμα, μετατρέποντας τα βιοπολυμερή σε απλούστερες και διαλυτές ενώσεις. Με αυτόν τον τρόπο οργανικές μακρομοριακές ενώσεις, όπως οι πρωτεΐνες, οι υδατάνθρακες, τα νουκλεϊκά οξέα και τα λιπίδια, διασπώνται σε ενώσεις μικρότερης μοριακής αλυσίδας - στα oligομερή και μονομερή τους.

Ενώσεις όπως οι πρωτεΐνες, το άμυλο και κάποια απλά σάκχαρα υδρολύονται με μεγάλη ευκολία σε αναερόβιες συνθήκες. Αντίθετα, η λιγνοκυτταρίνη και η λιγνίνη,

οι οποίες είναι βασικά φυτικά συστατικά, αποδομούνται υπό αναερόβιες συνθήκες αργά και ατελώς. Η υδρόλυση των υδρογονανθράκων ολοκληρώνεται εντός ολίγων ωρών. Αντίθετα εκείνη των πρωτεϊνών και των λιπιδίων ολοκληρώνεται εντός ολίγων ημερών.

Οξυγένεση (Acidogenesis)

Κατά τη διάρκεια της οξυγένεσης, τα προϊόντα της υδρόλυσης μετατρέπονται από οξεογενή βακτηρίδια σε μεθανογενή υποστρώματα. Οι ολιγοσακχαρίτες και οι μονοσακχαρίτες, τα αμινοξέα και τα λιπαρά οξέα υποβιβάζονται σε οξικό οξύ (CH_3COOH) (50%), διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και υδρογόνο (H_2) (20%), καθώς επίσης και σε πτητικά λιπαρά οξέα (VFA's) και αλκοόλες (30%).

Οξικογένεση (Acetogenesis)

Κατά τη διάρκεια της οξικογένεσης, τα προϊόντα από την οξυγένεση που δεν μπορούν να μετατραπούν άμεσα σε μεθάνιο από τα μεθανογενή βακτηρίδια μετατρέπονται σε μεθανογενή υποστρώματα. Τα πτητικά λιπαρά οξέα και οι αλκοόλες οξειδώνονται σε μεθανογενή υποστρώματα, όπως οξικό οξύ, υδρογόνο και διοξείδιο του άνθρακα. Τα πτητικά λιπαρά οξέα με αλυσίδες άνθρακα με περισσότερους από δύο δεσμούς και οι αλκοόλες με αλυσίδες άνθρακα με περισσότερους από ένα δεσμό οξειδώνονται σε οξικό οξύ και υδρογόνο. Η παραγωγή του υδρογόνου αυξάνει την μερική πίεση του. Αυτό μπορεί να θεωρηθεί ως «υπόλειμμα» της οξικογένεσης και εμποδίζει το μεταβολισμό των οξικογενών βακτηριδίων. Κατά τη διάρκεια της μεθανογένεσης, το υδρογόνο μετατρέπεται σε μεθάνιο. Η οξικογένεση και η μεθανογένεση συνήθως λαμβάνουν χώρα παράλληλα, ως συμβίωση δύο ομάδων οργανισμών.

Μεθανογένεση (Methanogenesis)

Αποτελεί το τελευταίο στάδιο της αναερόβιας χώνευσης και πραγματοποιείται από τα μεθανογενή βακτήρια. Το 70% του παραγομένου μεθανίου προέρχεται από οξικό άλας, ενώ το υπόλοιπο 30% παράγεται από τη μετατροπή του υδρογόνου και του CO_2 . Η μεθανογένεση είναι ένα κρίσιμο βήμα σε ολόκληρη τη διεργασία της χώνευσης, δεδομένου ότι είναι η πιο αργή βιοχημική και επομένως ρυθμιστική αντίδραση της διεργασίας. Τα μεθανογενή βακτήρια παρουσιάζουν το βραδύτερο ρυθμό ανάπτυξης (περίπου το 20% του ρυθμού ανάπτυξης των οξυγενών βακτηρίων) από όλους του αναερόβιους μικροοργανισμούς στη διεργασία. Τα μεθανοβακτήρια παρουσιάζουν πολύ μεγάλη ευαισθησία και επηρεάζονται σοβαρά από τις συνθήκες λειτουργίας του βιοαντιδραστήρα.

Σε περίπτωση που οι συνθήκες αλλάξουν απότομα και δεν είναι στις βέλτιστες δυνατές και χαθούν τα βακτηρίδια ο χρόνος αναγέννησης τους παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα. Όπως φαίνεται η διατήρηση των μεθανογενών βακτηρίων είναι μια πολύ σημαντική υπόθεση.

ΠΙΝΑΚΑΣ 7 ΧΡΟΝΟΣ ΑΝΑΓΕΝΝΗΣΗΣ ΒΑΚΤΗΡΙΔΙΩΝ

Μικροοργανισμοί	Χρόνος αναγέννησης
Οξειογενή βακτηρίδια	Λιγότερο από 36 ώρες
Οξικογενή βακτηρίδια	80-90 ώρες
Μεθανογενή βακτηρίδια	5-16 ημέρες
Αερόβιοι μικροοργανισμοί	1-5 ώρες

Παράμετροι της Αναερόβιας Χώνευσης

Η αποδοτικότητα της αναερόβιας χώνευσης εξαρτάται από μερικές κρίσιμες παραμέτρους:

- Τον τύπο του αποβλήτου που θα χωνευθεί
- Την συγκέντρωση
- Την θερμοκρασία
- Την παρουσία τοξικών υλικών
- Το pH και την αλκαλικότητα του
- Τον υδραυλικό χώρο παραμονής
- Τον χρόνο παραμονής των στερεών
- Ο ρυθμός ανάπτυξης των μικροοργανισμών
- Τον ρυθμό φορτώματος του χωνευτήρα
- Και τον ρυθμό που αποσπώνται από τον χωνευτήρα τα τοξικά απόβλητα της χώνευσης

Η απόδοση σε βιοαέριο καθορίζεται από τα χαρακτηριστικά του αποβλήτου που θα χρησιμοποιηθεί ως υπόστρωμα. Οι παρακάτω ιδιότητες είναι σημαντικές για τον καθορισμό της παραγωγής του βιοαερίου:

- Φρέσκια πρώτη ύλη (ΦΠΥ):η ποσότητα του υποστρώματος (Fresh Feedstock, FF)
- Ξηρή ουσία (ΞΟ):το ποσοστό της ξηρής ουσίας στο υπόστρωμα (Dry Matter, DM)
- Οργανική ουσία(ΟΟ):το οργανικό ποσοστό της ξηρής ουσίας (Organic Matter,OM)
- Οργανική ξηρή ουσία(ΟΞΟ):το οργανικό μέρος του υποστρώματος (Organic Dry Matter, ODM)
- Παράγωγή βιοαερίου (σε m^3/t ΟΞΟ)

Για την αναερόβια χώνευση υπάρχουν δύο κατηγορίες ανάλογα με το ποσό ξηρής ουσίας που βρίσκεται στο υπόστρωμα, η υγρή αναερόβια χώνευση και η ξηρή. Ονομάζουμε υγρή την αναερόβια χώνευση όταν η ξηρή ουσία του υποστρώματος είναι κάτω από 15% ενώ αντίθετα ξηρή όταν το ποσοστό ξηρής ουσίας είναι 20-40%. Αυτοί οι ορισμοί δεν είναι απόλυτοι και μπορεί να αλλάξουν ανάλογα με τον τόπο και την κείμενη νομοθεσία.

Η διεργασία της αναερόβιας χώνευσης μπορεί να πραγματοποιηθεί σε διαφορετικές θερμοκρασίες που χωρίζονται σε τρία θερμοκρασιακά εύρη: ψυχρόφιλη (κάτω από 25°C), μεσόφιλη (25-45°C) και θερμόφιλη (45-70°C).

Η σταθερότητα της θερμοκρασίας έχει καθοριστική σημασία για την διαδικασία. Η υψηλότερη ζήτηση ενέργειας στη θερμόφιλη διεργασία δικαιολογείται λόγω της υψηλότερης παραγωγής βιοαερίου. Είναι σημαντικό να κρατηθεί μια σταθερή θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της διεργασίας της χώνευσης, δεδομένου ότι οι αλλαγές ή οι διακυμάνσεις στη θερμοκρασία έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στην παραγωγή του βιοαερίου. Τα θερμόφιλα βακτήρια είναι πιο ευαίσθητα σε διακυμάνσεις της θερμοκρασίας κατά $\pm 1^\circ C$ και απαιτούν περισσότερο χρόνο στο να προσαρμοστούν σε μια νέα θερμοκρασία, προκειμένου να επιτευχθεί η μέγιστη παραγωγή μεθανίου.

Όσον αφορά το pH το οποίο θα πρέπει να επικρατεί στον χωνευτήρα μας, αυτό εξαρτάται από το γεγονός ότι τα μεθανογενή βακτήρια απαιτούν ένα ουδέτερο έως ελάχιστα αλκαλικό περιβάλλον (6.8 μέχρι 8.5) για να παράγουν μεθάνιο. Το βέλτιστο εύρος pH για τη μεσόφιλη χώνευση είναι μεταξύ 6.5 και 8, και η διεργασία παρεμποδίζεται σοβαρά εάν η τιμή του pH μειωθεί κάτω από 6 ή ανέλθει πάνω από το 8,3. Η διαλυτότητα του διοξειδίου του άνθρακα στο νερό μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Η τιμή του pH στους θερμόφιλους χωνευτήρες είναι

επομένως υψηλότερη απ' ότι στους μεσόφιλους, καθώς το διαλυμένο διοξείδιο του άνθρακα διαμορφώνει ανθρακικό οξύ από την αντίδραση του με το νερό, δηλαδή 7-8,5.

3.2 Βιοαέριο από Υπολείμματα Βύνης

Πολλές έρευνες έχουν δείξει τη δυνατότητα παραγωγής βιοαερίου από τα υπολείμματα βύνης. Αυτή η πρακτική είναι ιδιαιτέρως κατάλληλη για την παραγωγή ενέργειας υπό μορφή ηλεκτρικής ενέργειας, θερμότητας και ψύξης είτε για διάθεση τους στη ζυθοποιία είτε σε τρίτους. Όπως αναφέραμε προηγουμένως τα υπολείμματα βύνης αποτελούνται από ξηρή ουσία σε ποσοστό 20 με 25% ενώ η οργανική τους ύλη είναι 70-80%. Σύμφωνα με [11] η παράγωγή σε βιοαέριο είναι 105-130 m³/τόνο φρέσκιας πρώτης ύλης ή ακόμα καλύτερα η παραγωγή κυμαίνεται από 580 εως 750 m³ βιοαερίου ανά τόνο οργανικής ξηράς ουσίας.

Το ποσοστό του μεθανίου στο βιοαέριο είναι 59-60% [11]. Σε άλλες πηγές αναφέρεται ποσοστό μεθανίου 55-65% [12]. Ακόμα το βιοαέριο περιέχει 30-45% διοξείδιο του άνθρακα, ίχνη διοξειδίου του θείου και κλάσματα ατμού.

Ο λόγος άνθρακα αζώτου (C:N) είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την αναερόβια χώνευση. Ένας πολύ χαμηλός ή πολύ υψηλός λόγος μπορεί να έχει αρνητική επίδραση στην απόδοση του συστήματος. Ο λόγος (C:N) για τα υπολείμματα βύνης είναι περίπου 15:1 ο οποίος [6] θεωρείται γενικά ένας κάλος λόγος. Ο ιδανικός λόγος είναι περίπου 20-25 αλλά είναι γενικά αποδεκτοί λόγοι είναι από 10-30.

Η παραγωγή του βιοαερίου θα πρέπει να χωριστεί σε δυο στάδια, ένα της υδρόλυσης/οξεογένεσης και ένα της οξικογένεσης/μεθανογένεσης. Πριν το στάδιο της υδρόλυσης μπορεί να είναι απαραίτητη η προεπεξεργασία του υποστρώματος. Αυτή η επεξεργασία μπορεί να είναι είτε μηχανική ,π.χ. άλεσμα είτε χημική είτε ενζυματική. Ο λόγος είναι ότι οι ίνες που περιέχουν τα υπολείμματα βύνης που αποτελούνται από ημικυταρρίνες και κυταρρίνη δεν επιτρέπουν την πλήρη αποικοδόμηση των υπολειμμάτων καθώς απαιτείται περισσότερος χρόνος για την αποικοδόμηση αυτών σε απλούστερα σάκχαρα.

Η βέλτιστη θερμοκρασία για την αναερόβια χώνευση των υπολειμμάτων βύνης είναι στους 35-40 °C και ο υδραυλικός χρόνος παραμονής από 20 έως 40 ημέρες.

3.3 Βιοαέριο από Υγρά Απόβλητα

Η διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης των υγρών υπολειμμάτων είναι μια μεσόφιλη. Γίνεται ανάμεσα στους 36-40 °C αν και έχουν γίνει μελέτες για χώνευση σε χαμηλότερες θερμοκρασίες. Ο υδραυλικός χρόνος παραμονής διαφέρει από ανάλογα με το βαθμό ρύπανσης των αποβλήτων σε οργανικές ουσίες. Έτσι αυτός μπορεί να είναι από λίγες ώρες για παράδειγμα 2 ώρες μέχρι σε σπάνιες περιπτώσεις 3 με 4 ημέρες.

Η απόδοση σε βιοαέριο κυμαίνεται από 0,3 έως 0,5 m³/kg COD που αφαιρείται σύμφωνα με [1], [13].

Θεωρούμε τυπικές τιμές για τον υδραυλικό χρόνο παραμονής 12 ώρες και απόδοση σε βιοαέριο 0,4 m³/kg COD που αφαιρείται. Η ποσότητα του μεθανίου στο βιοαέριο αυτό είναι από 65-73% και υπάρχουν ακόμα 25-35% διοξείδιο του άνθρακα, ίχνη διοξειδίου του θείου και ατμοί.

Η μείωση του COD που παρατηρείται με την αναερόβια χώνευση κυμαίνεται από 80-95%. Αντίστοιχη είναι και η μείωση του BOD, των αιωρούμενων πτητικών και των πτητικών αιωρούμενων πτητικών [14] [13].



ΕΙΚΟΝΑ 3 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑΣ ΧΩΝΕΥΣΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ [15]

Κεφάλαιο 4. Στοιχεία μονάδας

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα κύρια στοιχεία της μονάδας του βιοαερίου περιλαμβάνοντας τα στοιχεία που απαιτούνται από την αποθήκευση της πρώτης ύλης μέχρι την αποθήκευση των χωνεμένων υπολειμμάτων της αναερόβιας χώνευσης. Επιγραμματικά αυτά είναι :

- Αποθηκευτικοί χώροι υγρών υπολειμμάτων βύνης
- Ξηραντήρες υπολειμμάτων βύνης
- Σιλό αποθήκευσης ξηρών υπολειμμάτων
- Δεξαμενές συλλογής υγρών αποβλήτων
- Δεξαμενές προεπεξεργασίας υπολειμμάτων βύνης
- Συστήματα φόρτωσης της πρώτης ύλης
- Χωνευτές υπολειμμάτων βύνης
- Χωνευτές υγρών αποβλήτων
- Σύστημα θέρμανσης χωνευτήρων
- Αποθηκευτικοί χώροι βιοαερίου
- Συστήματα καθαρισμού βιοαερίου
- Σύστημα τριπαραγωγής ενέργειας
- Πυρσοί βιοαερίου
- Αποθήκες χωνεμένου υπολείμματος
- Σύστημα ελέγχου (SCADA)

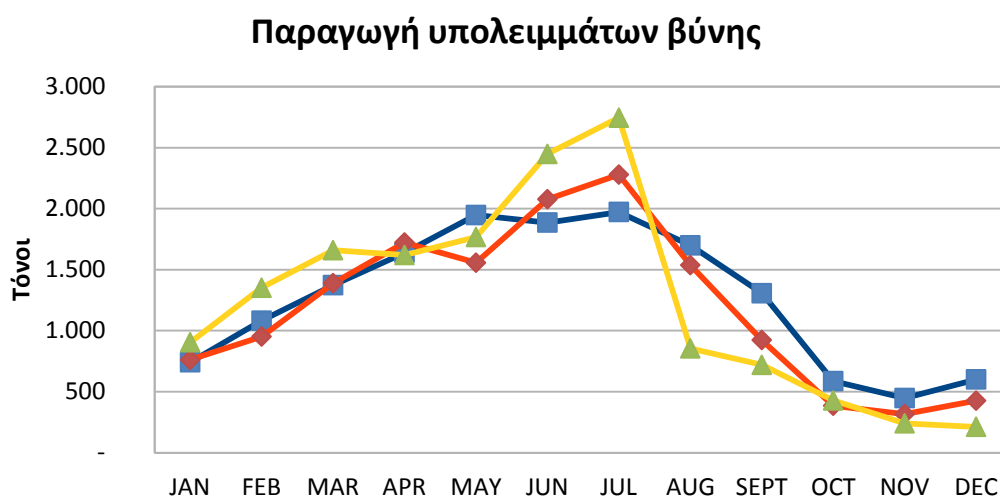
4.1 Αποθηκευτικοί χώροι υγρών υπολειμμάτων

Ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα και ταυτόχρονα από τους μεγαλύτερους φορείς κόστους των παραγωγικών μονάδων αποτελεί η τήρηση αποθεμάτων για την εξασφάλιση της ομαλής ροής της παραγωγικής διαδικασίας. Σύμφωνα με τις διεθνείς τάσεις στον τομέα των Logistics διαφαίνεται η συνειδητοποίηση εκ μέρους των επιχειρήσεων ότι μεγάλη εξοικονόμηση κόστους μπορεί να προέλθει από την ελάττωση των τηρούμενων αποθεμάτων.

Ωστόσο, στη περίπτωση της μονάδας βιοαερίου με πρώτη ύλη υπολείμματα βύνης θα πρέπει να υπογραμμιστεί το γεγονός της έντονης εποχικότητας στη κατανάλωση μύρας μέσα στο χρόνο. Το βασικό χαρακτηριστικό της ζήτησης μύρας στην Ελλάδα, είναι η εποχικότητα. Η περίοδος με τη μεγαλύτερη ζήτηση αρχίζει τον Μάρτιο και διαρκεί 8 μήνες περίπου, ενώ η κορύφωσή της σημειώνεται μεταξύ Μαΐου και Σεπτεμβρίου. Η τουριστική κίνηση στη χώρα μας συμβάλλει θετικά στην εγχώρια κατανάλωση μύρας. Επίσης, προσδιοριστικός παράγοντας της ζήτησης

μπύρας είναι και η τιμή σε σύγκριση με τις τιμές των άλλων οινοπνευματώδη ποτών . Κατά συνέπεια και τα απόβλητα αυτής της διαδικασίας παρουσιάζουν την ίδια συμπεριφορά. Έτσι κρίνεται απαραίτητη η δημιουργία αποθηκευτικών χώρων για τα υπολείμματα βύνης. Όπως αναφέραμε προηγουμένως τα υπολείμματα βύνης δημιουργούνται μετά το στάδιο της διήθησης του βυνογλεύκουσ οπότε μέχρι να μπουν στο χωνευτήρα θα πρέπει κάπου να αποθηκεύονται για ένα μικρό χρονικό διάστημα ώστε να αποφεύγεται η πρόωρη αποικοδόμηση τους. Οι χώροι αποθήκευσης προτείνεται να είναι κοντά στη ζυθοποιία ώστε να αποφεύγονται τα μεταφορικά κόστη. Επαναλαμβάνεται ότι η μέγιστη διάρκεια παραμονής τους είναι 5 ημέρες. Αυτοί οι αποθηκευτικοί χώροι θα είναι κλειστές αποθήκες για να επηρεάζονται όσο το δυνατόν λιγότερο από τις καιρικές συνθήκες τα υπολείμματα και να μειώνονται οι οσμές.

Έπειτα από ανάλυση των στοιχείων που λάβαμε από συγκεκριμένη ελληνική ζυθοποιία, παρουσιάζονται παρακάτω ενδεικτικά οι προϋπολογισμένες καμπύλες «παραγωγής» υπολειμμάτων βύνης τριών παραγωγικών μονάδων για το έτος 2013, η οποία και επιβεβαιώνει τα παραπάνω λεχθέντα.



ΕΙΚΟΝΑ 4 ΑΠΕΙΚΟΝΗΣΗ ΕΠΟΧΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΒΥΝΗΣ

4.2 Ξηραντήρες υπολειμμάτων βύνης

Τους καλοκαιρινούς μήνες όταν και η παραγωγή αυξάνει τα υπολείμματα βύνης τα οποία υπερβαίνουν τη χωρητικότητα των χωνευτήρων θα οδηγούνται σε ξηραντήρες ώστε να επιτυγχάνεται η βιοχημική σταθεροποίηση τους με

αποτέλεσμα να μπορούν να αποθηκευτούν για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα από αυτό των 5 ημερών.

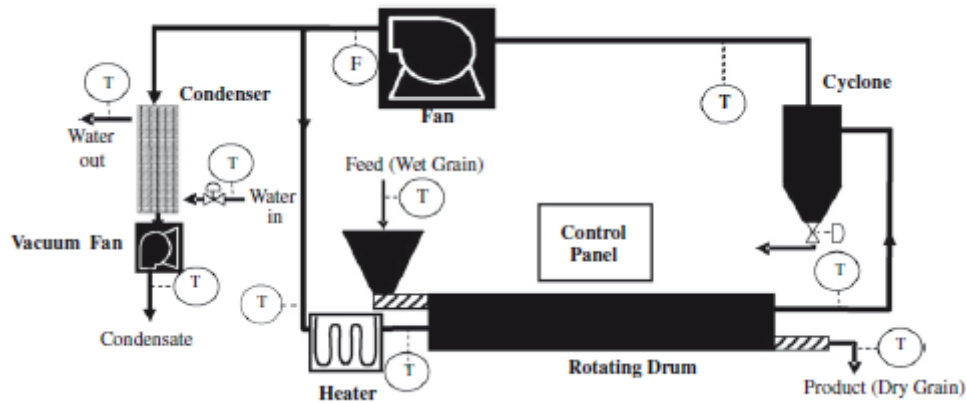
Πριν εισέρθουν τα υπολείμματα στον ξηραντήρα μπορεί να περάσουν από μηχανικές κοχλιωτές πρέσες για να μειωθεί το ποσοστό υγρασίας τους ώστε να μειωθεί το απαραίτητο ποσό θερμότητας για την ξήρανση τους στους ξηραντήρες.



ΕΙΚΟΝΑ 5 ΞΗΡΑΝΤΗΡΑΣ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΒΥΝΗΣ [16]

Οι ξηραντήρες αυτοί θα είναι περιστροφικοί ξηραντήρες. Έρευνες τα τελευταία χρόνια έχουν δείξει την αποτελεσματικότερη ξήρανση των υπολειμμάτων βύνης με υπέρθερμο ατμό αντί για ζεστό αέρα. Με τη βοήθεια του υπέρθερμου ατμού μειώνεται ο χρόνος ξήρανσης και καθοριστικό παράγοντα σε αυτό παίζει όχι μόνο η θερμοκρασία του ατμού αλλά αντίθετα, με ότι συμβαίνει με τον αέρα, και η ταχύτητα του ατμού μέσα στον ξηραντήρα η οποία αυξανόμενη μειώνει τον χρόνο ξήρανσης.

Ένα σχεδιάγραμμα μίας τέτοιας εγκατάστασης φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



ΕΙΚΟΝΑ 6 ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΗΣΗ ΞΗΡΑΝΤΗΡΑ [17]

Η απαιτούμενη θερμότητα για την ξήρανση των υπολειμμάτων βύνης υπολογίζεται [18] από τον τύπο

$$q = (1 + a) * (N * \{r + c_{pD} * (\theta_2 - \theta_1)\} + (w - N) * (\theta_2 - \theta_1) * c_{pw} + (1 - w) * (\theta_2 - \theta_1) * c_k) \frac{kJ}{kg} \text{ υπολειμμάτων βύνης}$$

όπου

- q η θερμότητα που απαιτείται
- a οι απώλειες θερμότητας προς το περιβάλλον
- N η αφαιρούμενη ποσότητα νερού $N = \frac{w - \varepsilon}{1 - \varepsilon} \frac{kg \text{ νερού}}{kg \text{ υπολείμματος}}$
- w η υγρασία στην αρχή
- ε η τελική υγρασία
- c_{pw} η ειδική θερμοχωρητικότητα του νερού
- c_{pD} η ειδική θερμοχωρητικότητα του ατμού
- c_k η ειδική θερμοχωρητικότητα των υπολειμμάτων βύνης
- r η λανθάνουσα θερμότητα ατμοποίησης

4.3 Σιλό αποθήκευσης ξηρών υπολειμμάτων

Η μέγιστη διάρκεια αποθήκευσης απαιτείται κατά του μήνες που η παραγωγή είναι μικρή (Οκτώβρης, Νοέμβρης) για να εξασφαλίζεται η σταθερή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, κάτι που σημαίνει πως τα υπολείμματα βύνης θα πρέπει να είναι αποθηκευμένα υπό συγκεκριμένες συνθήκες θερμοκρασίας, μορφολογίας και εδάφους. Το προτεινόμενο από την γερμανική βιβλιογραφία μέσο αποθήκευσης είναι η τήρηση της πρώτης ύλης σε Silo.

Από τις διάφορες κατηγορίες Silo, προτιμούνται για την περίπτωση των υπολειμμάτων βύνης τα σωληνοειδή Silo εδάφους. Η κατηγορία αυτή συνδυάζει οφέλη στην ευχρηστία της γέμισης τους από τα φορτηγά, στο κόστος αγοράς τους αλλά και στην ορθή διατήρηση της πρώτης ύλης. Συγκεκριμένα, για την διατήρηση της πρώτης ύλης και την αποφυγή δημιουργίας μυκήτων στην επιφάνειά της, εφαρμόζεται πίεση της πρώτης ύλης με ειδικά διαμορφωμένη πρέσα. Παρακάτω παρουσιάζεται σε φωτογραφίες η τεχνολογία όπως περιγράφηκε καθώς επίσης και ένα παράδειγμα μονάδας βιοαερίου 1MW στο Grobern της Γερμανίας από την εταιρία Biorec(κάτω δεξιά). Στη μονάδα αυτή χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη ενσίρωμα καλαμποκιού, το οποίο διαθέτει παρόμοια χαρακτηριστικά με αυτά των υπολειμμάτων βύνης.(Dry matter content)



ΕΙΚΟΝΑ 7 ΣΙΛΟ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΒΥΝΗΣ [19]

Να σημειωθεί σε αυτό το σημείο ότι η χρησιμοποίηση αυτού του τρόπου αποθήκευσης απαιτεί μεγάλες εκτάσεις γης, όπως φαίνεται παραπάνω. Ωστόσο, ενδέχεται αυτές οι εκτάσεις να μην συμπεριλαμβάνονται στον κείμενο συντελεστή κάλυψης του οικοπέδου, στο οποίο θα κατασκευαστεί η μονάδα. Συνεπώς, σε αυτή τη περίπτωση δεν τίθεται ζήτημα επιπλέον κόστους αρχικής επένδυσης για κτήση μεγαλύτερου οικοπέδου.

4.4 Δεξαμενές συλλογής υγρών αποβλήτων

Είναι δεξαμενές στις οποίες συλλέγονται τα υγρά απόβλητα κατά τη διαδικασία της ζυθοποίησης ώστε να μπορούν να τροφοδοτήσουν τα χωνευτήρα. Μπορεί να είναι είτε κατασκευασμένες από οπλισμένο σκυρόδεμα είτε χαλύβδινες. Πριν την είσοδο των αποβλήτων στο χωνευτήρα είναι θεμιτό να υπάρχει μία δεξαμενή προεπεξεργασίας των αποβλήτων όπως για παράδειγμα προθέρμανση τους από το ρεύμα αποβλήτων που βγαίνει από το χωνευτήρα, σταθεροποίηση του pH τους στις ορθές για τη λειτουργία του χωνευτήρα τιμές.

4.5 Στοιχεία προεπεξεργασίας υπολειμμάτων βύνης

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως είναι μπορεί να κριθεί αναγκαία η προεπεξεργασία των υπολειμμάτων βύνης για την ταχύτερη και πιο ολοκληρωμένη χώνευση των υπολειμμάτων βύνης. Στοιχεία που αναλαμβάνουν αυτή την διαδικασία μπορεί να είναι μύλοι άλεσης, δεξαμενές θερμικής επεξεργασίας, δεξαμενές ενζυματικής επεξεργασίας. Απαραίτητη είναι μία δεξαμενή ομογενοποίηση των υπολειμμάτων ώστε όταν εισέλθουν στο χωνευτή να έχουν παρόμοια θερμοκρασία και χημικές ιδιότητες.

4.6 Συστήματα φόρτωσης της πρώτης ύλης

Ανάλογα με τον τύπο χωνευτή που θα επιλεγεί για τα υπολείμματα βύνης επιλέγεται και ο τρόπος φόρτωσης του. Αν επιλεγεί χωνευτής συνεχούς τύπου τότε η φόρτωση του θα γίνεται με μεταφορείς ατέρμονα κοχλία. Αν αντιθέτως επιλεγεί χωνευτής ασυνεχούς τύπου τότε η φόρτωση του γίνεται με φορτωτές-εκσκαφείς. Η φόρτωση των χωνευτών υγρών αποβλήτων γίνεται με τη βοήθεια αντλιών.

4.7 Χωνευτές

Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας για την επιλογή του χωνευτήρα είναι το οργανικό φορτίο. Η κατασκευή των εγκαταστάσεων βιοαερίου απαιτεί ένα συνδυασμό οικονομικών και τεχνικών εκτιμήσεων. Η μέγιστη παραγωγή βιοαερίου που λαμβάνεται από την πλήρη χώνευση του υποστρώματος θα απαιτούσε ένα μεγάλο υδραυλικό χρόνο παραμονής και ένα αντίστοιχο μεγέθους χωνευτήρα. Το οργανικό φορτίο μας δείχνει πόσο πολύ οργανική ξηρή ουσία μπορεί να τροφοδοτηθεί στον χωνευτήρα, ανά m^3 όγκου και μονάδα χρόνου, σύμφωνα με την παρακάτω εξίσωση:

$$B_R = \frac{m * c}{V_R}$$

Όπου:

B_R = οργανικό φορτίο [$\frac{kg}{d} * m^3$]

M = μάζα τροφοδοτούμενου υποστρώματος ανά μονάδα χρόνου [kg/d]

c = συγκέντρωση οργανικής ουσίας [%]

V_R = όγκος του χωνευτήρα [m^3]

Ο υδραυλικός χρόνος παραμονής είναι το μέσο χρονικό διάστημα κατά το οποίο διατηρείται το υπόστρωμα μέσα στη δεξαμενή του χωνευτήρα. Ο υδραυλικός χρόνος παραμονής (Hydraulic Retention Time, HRT) σχετίζεται με τον όγκο του χωνευτήρα (V_R) και τον όγκο του υποστρώματος που τροφοδοτείται στη μονάδα του χρόνου, σύμφωνα με την ακόλουθη εξίσωση:

$$(HRT) = \frac{V_R}{V}$$

Όπου:

V_R : όγκος του χωνευτήρα [m^3]

V : όγκος του υποστρώματος που τροφοδοτείται στη μονάδα του χρόνου [m^3/d]

Σύμφωνα με την παραπάνω εξίσωση, για σταθερό όγκο χωνευτήρα όσο αυξάνεται το οργανικό φορτίο θα πρέπει να μειώνεται ο υδραυλικός χρόνος παραμονής (ΥΧΠ). Αυτός είναι ο λόγος προσεκτικής διαστασιολόγησης των χωνευτών. Ο χρόνος παραμονής πρέπει να είναι αρκετός για να εξασφαλιστεί ότι η ποσότητα των

βακτηριδίων που αφαιρούνται με τα απόβλητα αποχέτευσης (κομπόστ) δεν θα είναι υψηλότερη από την ποσότητα των αναπαραγόμενων βακτηριδίων.

Οι διαφορές θερμοκρασίας διαταράσσουν τη βιολογία της διεργασίας, προκαλώντας απώλεια στην παραγωγή αερίου και πρέπει επομένως να αποφεύγονται.



ΕΙΚΟΝΑ 8 ΧΩΝΕΥΤΗΣ [19]

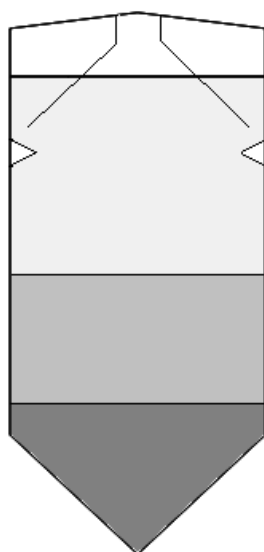
4.7.1 Χωνευτές υπολειμμάτων βύνης

Τα υπολείμματα βύνης είναι ένα υπόστρωμα το οποίο έχει σχετικά μεγάλα ποσοστά ξηρής ουσίας της τάξης του 20 με 30% [10] [20] [21] [11] [22]. Ως αποτέλεσμα αυτού η πλέον συμφέρουσα επιλογή είναι ενός χωνευτή ασυνεχούς λειτουργίας (Batch type). Αυτοί οι χωνευτές παρουσιάζουν συγκεκριμένα πλεονεκτήματα αλλά και ορισμένα σημαντικά μειονεκτήματα. Η λειτουργία τους βασίζεται στην απλή λογική ότι ο χωνευτήρας γεμίζει περιοδικά με υπόστρωμα, σφραγίζεται και ξεκινάει η αναερόβια χώνευση του υποστρώματος. Η παραγωγή βιοαερίου σταδιακά αρχίζει, αυξάνεται, φτάνει σε κορύφωση, μειώνεται και τελικά σταματάει. Τότε ο χωνευτήρας ανοίγει και αδειάζει. Το μεγαλύτερο μέρος του υποστρώματος πηγαίνει στις δεξαμενές χωνεμένου υπολείμματος ενώ ένα κομμάτι της τάξης του 5% μένει στο χωνευτήρα ώστε να βοηθήσει να διατηρηθούν ορισμένα βακτηρίδια και να ξεκινήσει η χώνευση της επόμενης ποσότητας.

Στα θετικά των χωνευτήρων ασυνεχούς λειτουργίας είναι η απλότητα κατασκευής και το μικρά κόστη λειτουργίας. Αντίθετα το πολύ σημαντικό τους μειονέκτημα είναι αναερόβια χώνευση ότι δεν υπάρχει σταθερή παραγωγή βιοαερίου γιατί η παράγωγη του αργεί να φτάσει σε υψηλά επίπεδα στην αρχή τη χώνευσης του φρέσκου υποστρώματος. Η λύση σε αυτό το πρόβλημα είναι η δημιουργία περισσότερων του ενός χωνευτήρα αυτού του τύπου σε μια μονάδα οι οποίοι να πληρώνονται εναλλάξ ώστε όταν αρχίζει η παραγωγή στον ένα στον έτερο να έχει φτάσει στο μέγιστο σημείο.

4.7.2 Χωνευτές υγρών αποβλήτων

Για την αναερόβια χώνευση των υγρών αποβλήτων χρησιμοποιούμε έναν αντιδραστήρα ανοδικής ροής μέσα από κλίση λάσπης (UASB reactor). [9] [13] [23] [3] [24] [25] Σε αυτό το χωνευτήρα τα υγρά απόβλητα μπαίνουν κάθετα από το κάτω μέρος του. Τα απόβλητα περνούν διάμεσου ενός πυκνού στρώματος αναερόβια χωνεμένης λυματολάσπης όποτε και οι μικροοργανισμοί που υπάρχουν στη λάσπη έρχονται σε επαφή με τις ουσίες των υγρών αποβλήτων. Η λάσπη είναι κοκκώδους μορφής και κατακάθεται πολύ γρήγορα. Τα οργανικά στοιχεία τα οποία βρίσκονται σε διάλυση μέσα στα απόβλητα ανοικοδομούνται από τα βακτήρια που υπάρχουν στη λάσπη δημιουργώντας βιοαέριο. Όπως το βιοαέριο ανεβαίνει παρασύρει και ένα κομμάτι της λάσπης. Στην κορυφή της του χωνευτήρα υπάρχει ένας διαχωριστής τριών μερών καθώς διαχωρίζει το βιοαέριο από τα υγρά απόβλητα και τη λάσπη.



ΕΙΚΟΝΑ 9 ΑΠΕΙΚΟΝΗΣΗ UASB REACTOR [24]

4.8 Στοιχεία παραγωγής ενέργειας

Τα στοιχεία που παράγουν μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την τριπαραγωγή ενέργειας είναι :

- μηχανή εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ)
- αεριοστρόβιλος
- λέβητας ανάκτησης θερμότητας (ΛΑΘ)
- κύκλωμα Rankine οργανικού μέσου (ORC)
- ψύκτης απορρόφησης (Absorption chiller)

Στη συνέχεια αναλύονται αυτά τα στοιχεία

4.8.1 Μηχανή εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ)

Οι μηχανές εσωτερικής καύσης μπορούν πολύ εύκολα να μετατραπούν και να χρησιμοποιούν ως καύσιμο βιοαέριο αντί για κάποιο από τα συνηθισμένα καύσιμα όπως πετρέλαιο, φυσικό αέριο βενζίνη κλπ.

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε ΜΕΚ είτε Otto είτε Diesel. [26] [27] [28] [29] [30] [31] [32] Στην πρώτη περίπτωση το καρμπυρατέρ που υπάρχει στις ΜΕΚ που καίνε πετρέλαιο αντικαθίσταται με ένα αναμείκτη αερίων. Εκεί δημιουργείται ένα εύφλεκτο μείγμα καυσίμου- εισερχόμενου αέρα το οποίο ανάβει από τον σπινθηριστή μέσα στον κύλινδρο της μηχανής. Σε αντίθετη περίπτωση καθώς το μείγμα είναι πιθανόν να μην αυταναφλεχθεί λόγω ανεπαρκούς συμπίεσης του ίσως χρειάζεται η πρόσθεση στο καύσιμο μείγμα μιας ποσότητας πετρελαίου της τάξης του 10 με 20%.

Οι θερμοκρασίες της εξωτερικής πλευράς των κυλίνδρων θα πρέπει να είναι κάτω από 180° C για αυτό το λόγο ψύχονται με νερό ή κάποιο έλαιο. Η ψύξη τους με αέρα δεν κρίνεται βέλτιστη. Ακόμη η θερμοκρασία εξόδου των καυσαερίων κυμαίνεται από 550 έως 650 ° C. Οι ηλεκτρικοί βαθμοί απόδοσης των ΜΕΚ αυτών είναι από 32-42% ανάλογα με το μέγεθος της ΜΕΚ.

4.8.2 Αεριοστρόβιλοι

Στους αεριοστρόβιλους το μείγμα βιοαερίου-αέρα καύσης καίγεται στον θάλαμο καύσης αφού πρώτα έχει συμπιεστεί ο αέρας καύσης και τα θερμά καυσαέρια οδηγούνται στο στρόβιλο ο οποίος συνδεδεμένος με μία γεννήτρια παράγει

ηλεκτρικό ρεύμα. Συνήθως οι αεριοστροβίλοι είναι σχεδιασμένο για να παράγουν ενέργεια αρκετών MW αλλά συναντάμε μικροαεριοστροβίλους οι οποίοι μπορούν να παράξουν ηλεκτρική ισχύ από 30 kW και άνω [33] [30] [34] [35] [36] Παρόλα αυτά οι ηλεκτρικοί βαθμοί απόδοσης που συναντούμε είναι αρκετά μικροί για αεριοστροβίλους της μέχρι 500 kW με τυπικές τιμές 25-29%. Έτσι σε αυτά τα μεγέθη οι MEK υπερτερούν.

4.8.3 Λέβητας ανάκτησης θερμότητας (ΛΑΘ)

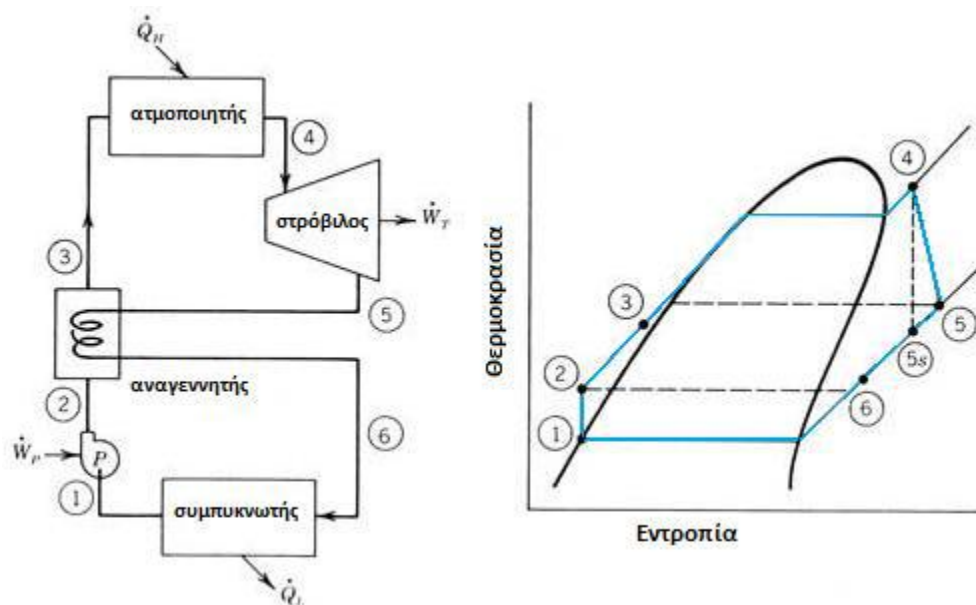
Στον λέβητα ανάκτησης θερμότητας εισέρχονται τα καυσαέρια με θερμοκρασίες 550-650 °C. Εκεί μέσα από ένα δίκτυο εναλλακτών θερμότητας θερμαίνεται νερό είτε κάποιο έλαιο. Το νερό μπορεί να ατμοποιηθεί και να αξιοποιηθεί περαιτέρω στην αέρια μορφή του είτε μπορεί να παραμείνει σε υγρή φάση. Σύμφωνα με Τα καυσαέρια μπορούν να εξέλθουν στην ατμόσφαιρα και σε μία θερμοκρασία πολύ κοντινή στο όξινο σημείο δρόσου τους, περίπου στους 60, μεγιστοποιώντας έτσι το θερμικό κέρδος από αυτά. Αυτό συμβαίνει γιατί το ποσό των ρύπων είναι πολύ χαμηλά για το βιοαέριο μετά την αφαίρεση του υδροξειδίου του θείου. Έτσι η συμπύκνωση των καυσαερίων έχει μικρή διαβρωτική ισχύ. Βέβαια υπάρχουν και κάποια προβλήματα πέρα από την διάβρωση όπως το γεγονός ότι μικρές θερμοκρασιακές διαφορές ανάμεσα σε καυσαέρια και ατμόσφαιρα θα δημιουργούσαν λευκό καπνό με πιθανό πρόβλημα την απόφραξη της καμινάδας. Ακόμα μια μικρή διάφορα ανάμεσα στα καυσαέρια και το τροφοδοτούμενο νερό μειώνει την κινούσα δύναμη της μεταφοράς θερμότητας. Ως αποτέλεσμα των αναφερομένων είναι προτιμότερο τα καυσαέρια να εξέρχονται από το ΛΑΘ σε θερμοκρασία περίπου 120 °C [30].

4.8.4 Κύκλωμα Rankine οργανικού μέσου (ORC)

Ο οργανικός κύκλος Rankine είναι ένας θερμοδυναμικός κύκλος ο οποίος λειτουργεί με τις ίδιες αρχές με τον κύκλο νερού ατμού με τη διαφορά ότι για το για τον ORC χρησιμοποιείται ένα οργανικό μέσο με θερμοφυσικές ιδιότητες διαφορετικές από το νερό. Βασικό πλεονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι ότι μπορεί να προσαρτηθεί σε υπάρχοντα συστήματα με σκοπό την αξιοποίηση της απορριπτόμενης θερμότητας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εκμεταλλευόμενος πηγές θερμότητας χαμηλής θερμοκρασίας.

Βάση του ORC είναι η ατμοποίηση του οργανικού μέσου και η εκτόνωσή του σε στροβίλο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αφού συζευχθεί με μια γεννήτρια. Το χαμηλής πίεσης ρεύμα που εξέρχεται από το στροβίλο συμπυκνώνεται και μετά επανέρχεται με τη βοήθεια αντλίας στην υψηλή πίεση του κύκλου. Σε νεότερες εκδοχές το σύστημα περιλαμβάνει και έναν αναγεννητή με σκοπό την αύξηση της απόδοσης της εγκατάστασης. Η θερμότητα προσάγεται στον κύκλο με τη βοήθεια

ενός εναλλάκτη υλοποιώντας τις τρεις φάσεις της θέρμανσης του εργαζόμενου μέσου. Έτσι, μία τυπική διάταξη που υλοποιεί τον οργανικό κύκλο Rankine αποτελείται από τις συνιστώσες που φαίνονται στο σχήμα που ακολουθεί.



ΕΙΚΟΝΑ 10 ΑΠΕΙΚΟΝΗΣΗ ORC [37]

Μπορούν να υπάρξουν δύο ειδών κύκλοι ο υπερκρίσιμος και ο υποκρίσιμος. Η διαφορά τους είναι ότι μετά την αντλία το οργανικό μέσο έχει αποκτήσει αρκετά υψηλότερη πίεση ώστε η θέρμανση από τον εναλλάκτη να το μετατρέψει σε υπερκρίσιμο ρευστό χωρίς να μεσολαβεί διφασική περιοχή, όπως στον υποκρίσιμο κύκλο. Ο υπερκρίσιμος κύκλος πλεονεκτεί έναντι του υποκρίσιμου λόγω των μειωμένων εξεργειακών απωλειών που συνεπάγεται πιο αποδοτική αξιοποίηση της θερμότητας. Βέβαια η ανάγκη για την ύπαρξη αυξημένης πίεσης συνεπάγεται και αύξηση του κόστους του εναλλάκτη.

Βασικό στοιχείο κατά το σχεδιασμό μιας εγκατάστασης ORC είναι η εκλογή του οργανικού μέσου και ο θερμοδυναμικός σχεδιασμός του κύκλου για μεγιστοποίηση του θερμικού βαθμού απόδοσης. Η επιλογή αυτή καθορίζεται κυρίως από τη θερμοκρασία πρόσδοσης θερμότητας στον κύκλο και τις περιβαλλοντικές παραμέτρους του μέσου. [36] [28] [38] [39] Οι βαθμοί ηλεκτρικής απόδοσης ενός καλοσχεδιασμένου κυκλώματος είναι περίπου 10-15 %. Τυπικά οργανικά μέσα τα οποία θα μπορούσαν να βρουν εφαρμογή στην περίπτωση μας είναι το R245fa, R227ea και το πεντάνιο για εφαρμογές υποκρίσιμου κύκλου. Σύμφωνα με [40] την καλύτερη συμπεριφορά όταν το εργαζόμενο μέσο που προσάγει τη θερμότητα βρίσκεται στο διάστημα 80-160 °C την έχει το R227ea και στο διάστημα 160-200 °C την έχει το R245fa. Επιλέγουμε το εργαζόμενο μέσο που μεταφέρει στον ORC τη θερμότητα να μην είναι ατμός αλλά νερό γιατί επιτυγχάνουμε καλύτερη μεταφορά

θερμότητας στον εναλλάκτη υγρού-υγρού παρά αερίου-υγρού και ορίζουμε μέγιστη θερμοκρασιακή διαφορά στον εναλλάκτη $10\text{ }^{\circ}\text{C}$

Για να υπολογίσουμε ένα τυπικό κόστος του κύκλου χρησιμοποιούμε την εξίσωση [38]

$$\text{Κόστος} = (5000 * P_{el,ORC}^{-0.174}) \text{ ευρώ}/kW$$

Όπου $P_{el,ORC}$ είναι η ηλεκτρική ισχύς του κύκλου.

4.8.5 Ψύκτης απορρόφησης (Absorption chiller)

Οι ψυκτικές διατάξεις δι' απορρόφησης χρησιμοποιούν την παραγωγή ψυκτικής ισχύος το φαινόμενο της ατμοποίησης [41] [42]. Για τη μεταφορά του ψυκτικού μέσου από τη χαμηλή πίεση ατμοποίησης στην υψηλή πίεση συμπύκνωσης γίνεται χρήση του φαινομένου της απορρόφησης. Λόγω της απορρόφησης αυτής του ατμοποιηθέντος ψυκτικού μέσου υπό του μέσου απορρόφησης έχουμε στη χαμηλή πίεση υγρό διάλυμα και όχι ατμό, το οποίο πρέπει να μεταφερθεί στην υψηλή πίεση. Η μεταφορά αυτή γίνεται είτε με τη βοήθεια μηχανικής αντλίας, είτε δια χρήσης κατάλληλης θερμοσιφωνικής αντλίας. Στη δεύτερη περίπτωση, που εφαρμόζεται στις ψυκτικές εγκαταστάσεις δι' απορρόφησης με αδρανές αέριο, δεν απαιτείται ουδεμία μηχανική ενέργεια. Αυτό, εκτός των άλλων, συνεπάγεται την πλήρη έλλειψη κινούμενων μελών στις διατάξεις αυτές, που τις καθιστά τελείως αθόρυβες κατά τη λειτουργία τους.

Χαρακτηριστικό γνώρισμα των ψυκτικών διατάξεων δι' απορρόφησης είναι ότι απαιτούν ελάχιστη ή και καθόλου μηχανική ενέργεια και οτι παράγουν την ψυκτική ισχύ μόνο δια χρήσης θερμικής ενέργειας. Η θερμική ενέργεια απαιτείται για τον εκ νέου διαχωρισμό του ψυκτικού μέσου από το μέσο απορρόφησης στην υψηλή πίεση όπου βρίσκονται. Ο διαχωρισμός αυτός επιτυγχάνεται με βρασμό και κλασματική απόσταξη. Η θερμική ενέργεια που προσδίδεται προέρχεται είτε από υδρατμό, είτε από θερμό νερό. Ο βαθμός απόδοσης COP κυμαίνεται μεταξύ των 0,5 - 0,73. Και είναι αισθητά χαμηλότερος από τους αντίστοιχους για ψύξη με μηχανική συμπίεση που είναι της τάξης του 4 αλλά πλεονεκτεί όσον αφορά το κόστος λειτουργίας τους το οποίο είναι σχεδόν μηδαμινό σε σχέση με αυτό των μηχανικών συμπιεστών. Ακόμα η μη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας πέραν της μείωσης του κόστους λειτουργίας συμβάλλει θετικά και στη μείωση των του διοξειδίου του άνθρακα παράγοντες που παίζουν κυρίαρχο ρόλο στην μελέτη αυτή.

Και σε αυτή τη περίπτωση ορίζουμε μέγιστη θερμοκρασιακή διαφορά στον εναλλάκτη που προσάγει τη θερμότητα $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ και εργαζόμενο μέσο το νερό και όχι τον ατμό για τη συνέχεια της μελέτης.

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιεί δύο εργαζόμενα μέσα, το καθ' αυτό ψυκτικό μέσο και το μέσο απορρόφησης, όπως ήδη αναφέρθηκε.

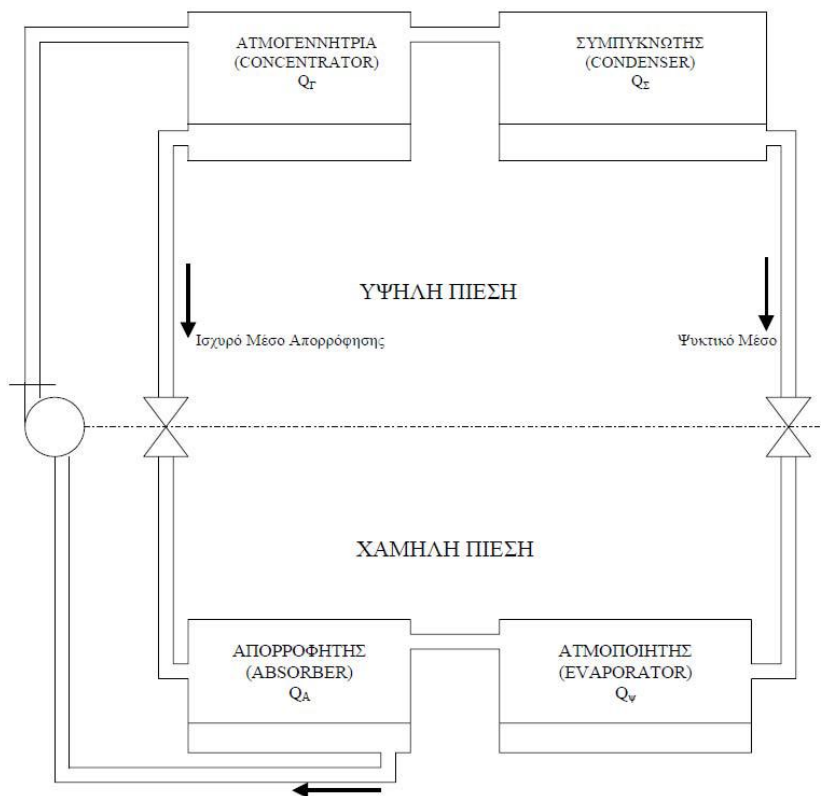
Δύο κλασσικά ζεύγη τέτοιων μέσων είναι:

Αμμωνία – Νερό ($\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$)

Νερό – Διάλυμα Βρωμιούχου Λιθίου ($\text{H}_2\text{O-LiBr}$)

Στη βιομηχανία της ζυθοποίησης οι θερμοκρασίες που απαιτούνται για την ψύξη είναι υπό τους $0\text{ }^\circ\text{C}$ οπότε και προτιμούμε το διάλυμα αμμωνίας νερού. Σε αυτή την περίπτωση το ψυκτικό μέσο είναι η αμμωνία και το μέσο απορρόφησης το νερό.

Η αρχή λειτουργίας των διατάξεων αυτών παρίσταται στο παρακάτω σχήμα.



ΕΙΚΟΝΑ 11 ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΨΥΚΤΗ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ [41]

Στον αναγεννητή προσδίδεται έξωθεν η θερμική ενέργεια που ατμοποιεί μερικά την πλούσια διάλυση, η οποία προωθείται στην ατμογεννήτρια με τη βοήθεια αντλίας διαλύματος. Προϊόν της μερικής διάλυσης είναι αφ' ενός μεν ατμός, αφ' ετέρου το υπόλοιπο της διάλυσης, το οποίο περιέχει πολύ λιγότερο ψυκτικό μέσο (αμμωνία) και ονομάζεται φτωχή διάλυση. Η φτωχή διάλυση απομακρύνεται από την ατμογεννήτρια και μετά το στραγγαλισμό στην αντίστοιχη βαλβίδα στραγγαλισμού, επιστρέφει στον απορροφητή. Ο ατμός οδηγείται στο συμπυκνωτή, όπου συμπυκνείται αποβάλλοντας τη θερμότητα συμπύκνωσης. Το συμπύκνωμα οδεύει προς το τμήμα της εγκατάστασης με τη χαμηλή πίεση μέσω δεύτερης βαλβίδας στραγγαλισμού και στη συνέχεια παράγει δι' ατμοποίησης του στον ατμοποιητή τη ψυκτική ισχύ.

Ο ατμός χαμηλής πίεσης που παράγεται στο στοιχείο ατμοποίησης ρέει τέλος προς τον απορροφητή, όπου και απορροφάται από τη φτωχή διάλυση. Προϊόν της απορρόφησης αυτής είναι η πλούσια διάλυση, η οποία με την αντλία διαλύματος καταθλίβεται εκ νέου προς την ατμογεννήτρια.

4.9 Σύστημα θέρμανσης χωνευτήρων

Όπως ειπώθηκε, η θερμοκρασία είναι ένας από τους πιο κρίσιμους παράγοντες για τη σωστή χώνευση του υποστρώματος και μια υψηλή παραγωγή βιοαερίου. Αυτή πρέπει να διατηρείται όσο το δυνατόν πιο σταθερή γίνεται. Όμως συχνά στη διαδικασία παρουσιάζονται αυξομειώσεις στη θερμοκρασία. Οι αιτίες των διακυμάνσεων είναι διάφορες. Παρακάτω παρουσιάζονται μερικές από αυτές:

- Διαφορετικές θερμοκρασίες περιβάλλοντος κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και του χειμώνα
- Προσθήκη νέας ύλης με διαφορετική θερμοκρασία από αυτή της διεργασίας
- Απώλειες λόγω ανεπαρκούς μόνωσης

Η θέρμανση των χωνευτήρων πραγματοποιείται με τη βοήθεια της απορριπτόμενης θερμότητας από της μηχανές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Έτσι στην περίπτωση που έχουμε παραγωγή ρεύματος από MEK η θέρμανση γίνεται από την απορριπτόμενη θερμότητα των στοιχείων ψύξης της MEK ενώ στην περίπτωση της του αεριοστροβίλου από την ανάκτηση θερμότητας από τα δημιουργούμενα καυσαέρια. Ο υπολογισμός των αναγκών σε θερμότητα των χωνευτήρων γίνεται με την βοήθεια του παρακάτω τύπου [22]

$$Q = m * c * \Delta T * 1.3$$

Όπου :

- Q είναι η απαιτούμενη θερμότητα σε (MJ/έτος)
- m είναι η μάζα του προς θέρμανση υποστρώματος (τόνους/έτος)
- c είναι η ειδική θερμότητα του υποστρώματος σε (KJ/kgK)
- ΔT η διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στην θερμοκρασία του υποστρώματος πριν μπει στο χωνευτήρα και την απαραίτητη θερμοκρασία της χώνευσης

Το 1,3 υπολογίζει τις απώλειες που τυχόν να υπάρξουν στο χωνευτήρα.

4.10 Αποθηκευτικοί χώροι βιοαερίου

Η παραγωγή του βιοαερίου πρέπει να διατηρείται όσο το δυνατόν πιο σταθερή και συνεχής. Μέσα στο χωνευτήρα, το βιοαέριο διαμορφώνεται σε κυμαινόμενες ποσότητες και με αιχμές απόδοσης. Επιπλέον, η ζήτηση για βιοαέριο, π.χ. σε μια μονάδα ΣΗΘ, μπορεί επίσης να μεταβάλλεται. Για να αντισταθμιστούν όλα αυτά, είναι απαραίτητο να αποθηκεύεται προσωρινά το παραγόμενο βιοαέριο, σε κατάλληλες εγκαταστάσεις αποθήκευσης. Το γεγονός ότι η παραγωγή μύρας

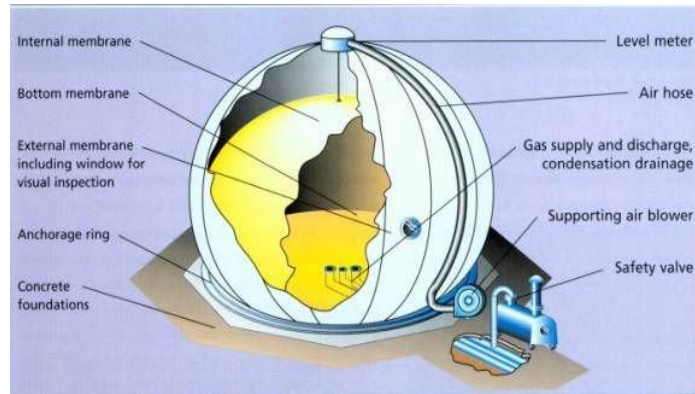
εμφανίζει περιοδικότητα δεν μας επηρεάζει σε αυτή τη φάση διότι εμείς θα έχουμε σταθερή παραγωγή βιοαερίου καθώς έχουμε φροντίσει για την κατάλληλη αποθήκευση της πρώτης ύλης ώστε να μας είναι επαρκής όλο τον χρόνο.

Η πιο απλή λύση είναι η αποθήκευση του βιοαερίου να γίνει στο επάνω μέρος των χωνευτήρων με τη χρήση μιας ειδικής μεμβράνης, η οποία επίσης χρησιμοποιείται ως κάλυμμα του χωνευτήρα. Επιπλέον δημιουργούνται ξεχωριστές δεξαμενές αποθήκευσης του βιοαερίου είτε ως αυτόνομες διατάξεις είτε περιλαμβανόμενες σε κτίρια αποθήκευσης.

Όλες οι εγκαταστάσεις αποθήκευσης βιοαερίου πρέπει να είναι αεροστεγείς και ανθεκτικές στην πίεση, και στην περίπτωση των εγκαταστάσεων αποθήκευσης που δεν προστατεύονται από κτήρια, πρέπει να είναι ανθεκτικές στην θερμοκρασία, στον καιρό και την υπεριώδη ακτινοβολία (UV). Πριν από την εκκίνηση της εγκατάστασης, οι δεξαμενές αποθήκευσης του αερίου ελέγχονται ως προς τη στεγανότητα τους. Για λόγους ασφάλειας είναι εξοπλισμένες με βαλβίδες ασφαλείας (για υποπίεση και υπερπίεση) για να αποτραπούν οι ζημιές και οι κίνδυνοι στην ασφάλεια. Επίσης είναι εγγυημένη η προστασία από έκρηξη και απαιτείται μια φωτοβολίδα έκτακτης ανάγκης. Η δεξαμενή έχει την ικανότητα να αποθηκεύει τουλάχιστον το ένα τέταρτο της καθημερινής παραγωγής βιοαερίου. Είναι συνηθισμένο να υπάρχει ένα δυναμικό αποθήκευσης της παραγωγής μίας ή δύο ημερών και προτείνεται οι εγκαταστάσεις να έχουν την δυνατότητα αποθήκευσης δυο ημερών.



ΕΙΚΟΝΑ 12 ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ [43]



ΕΙΚΟΝΑ 13 ΣΧΕΔΙΟ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ [43]

4.11 Συστήματα καθαρισμού βιοαερίου

Όταν το βιοαέριο φεύγει από το χωνευτήρα είναι διαποτισμένο με υδρατμούς και περιέχει, εκτός από μεθάνιο (CH_4) και διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) διάφορα ποσά υδρόθειου (H_2S). Το υδρόθειο είναι τοξικό, με μία ιδιαίτερη, δυσάρεστη οσμή, παρόμοια με αυτή των κλούβιων αυγών, και δημιουργεί θειικό οξύ σε συνδυασμό με τους υδρατμούς στο βιοαέριο. Το θειικό οξύ είναι διαβρωτικό και μπορεί να προκαλέσει φθορές στις μηχανές ΣΗΘ, τις σωληνώσεις του αερίου, τις καμινάδες, κλπ. Για τον λόγο αυτό, είναι απαραίτητη η αποθείωση και η ξήρανση του βιοαερίου.

Οι κατασκευαστές των μονάδων ΣΗΘ παρέχουν ελάχιστες προδιαγραφές για τις ιδιότητες του καύσιμου αερίου. Οι ιδιότητες της καύσης πρέπει να είναι εγγυημένες προκειμένου να αποτραπεί η ζημία στις μηχανές. Αυτό ισχύει επίσης για τη χρήση του βιοαερίου.

Η αφαίρεση του υδρόθειου (H_2S) από το βιοαέριο (αποθείωση) μπορεί να γίνει με διάφορες μεθόδους είτε βιολογικές είτε χημικές, λαμβάνοντας χώρα εσωτερικά ή εξωτερικά του χωνευτήρα.

Η αφαίρεση των υδρατμών γίνεται συνήθως με την ψύξη του βιοαερίου είτε σε ψύκτες είτε περνώντας το μέσα από υπόγειες σωληνώσεις.

4.12 Πυρσοί βιοαερίου

Υπάρχουν καταστάσεις όπου παράγεται περισσότερο βιοαέριο απ' ό,τι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ενέργειας. Αυτό μπορεί να συμβεί λόγω του εξαιρετικά υψηλού ρυθμού παραγωγής αερίου ή μέσω της διακοπής/συντήρησης του συστήματος ανάκτησης της ενέργειας. Η αποθήκευση του βιοαερίου είναι

δυνατή για μικρές χρονικές περιόδους χωρίς συμπίεση, αλλά για περιόδους άνω των μερικών ωρών γενικά δεν είναι εφικτή λόγω του μεγάλου όγκου. Κάθε εγκατάσταση βιοαερίου είναι εξοπλισμένη με έναν πυρσό βιοαερίου. Στις καταστάσεις όπου υπάρχει μια περίσσεια βιοαερίου, η οποία δεν μπορεί να αποθηκευτεί ή να χρησιμοποιηθεί, η ανάφλεξη είναι η τελευταία λύση, απαραίτητη για την εξάλειψη οποιονδήποτε κινδύνων ασφάλειας και για την προστασία του περιβάλλοντος.



ΕΙΚΟΝΑ 14 ΠΥΡΣΟΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ [44]

4.13 Αποθήκες χωνεμένου υπολείμματος

Το χωνευμένο υπόλειμμα αντλείται από το χωνευτήρα και αποθηκεύεται προσωρινά σε δεξαμενές παρόμοιας κατασκευής με αυτές του χωνευτήρα, δηλαδή από σκυρόδεμα ή χάλυβα. Η αποθήκευση αυτή λαμβάνει χώρα μέχρι την απομάκρυνση και χρήση του οργανικού υπολείμματος ως λιπάσματος. Οι δεξαμενές αυτές καλύπτονται επίσης από ειδική μεμβράνη, για τη συγκράτηση των εκπομπών βιοαερίου και τη μείωση των οσμών κατά την ηρεμία του υπολείμματος.



ΕΙΚΟΝΑ 15 ΑΠΟΘΗΚΕΣ ΧΩΝΕΜΕΝΟΥ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΟΣ [45]

4.14 Σύστημα ελέγχου

Η διεργασία ελέγχου περιλαμβάνει τη συλλογή και την ανάλυση χημικών και φυσικών παραμέτρων. Συνήθεις εργαστηριακές δοκιμές απαιτούνται για τη βελτιστοποίηση της διεργασίας και για την αποφυγή της κατάρρευσης της διεργασίας του βιοαερίου. Πρέπει να παρακολουθούνται, κατ' ελάχιστο, οι εξής παράμετροι:

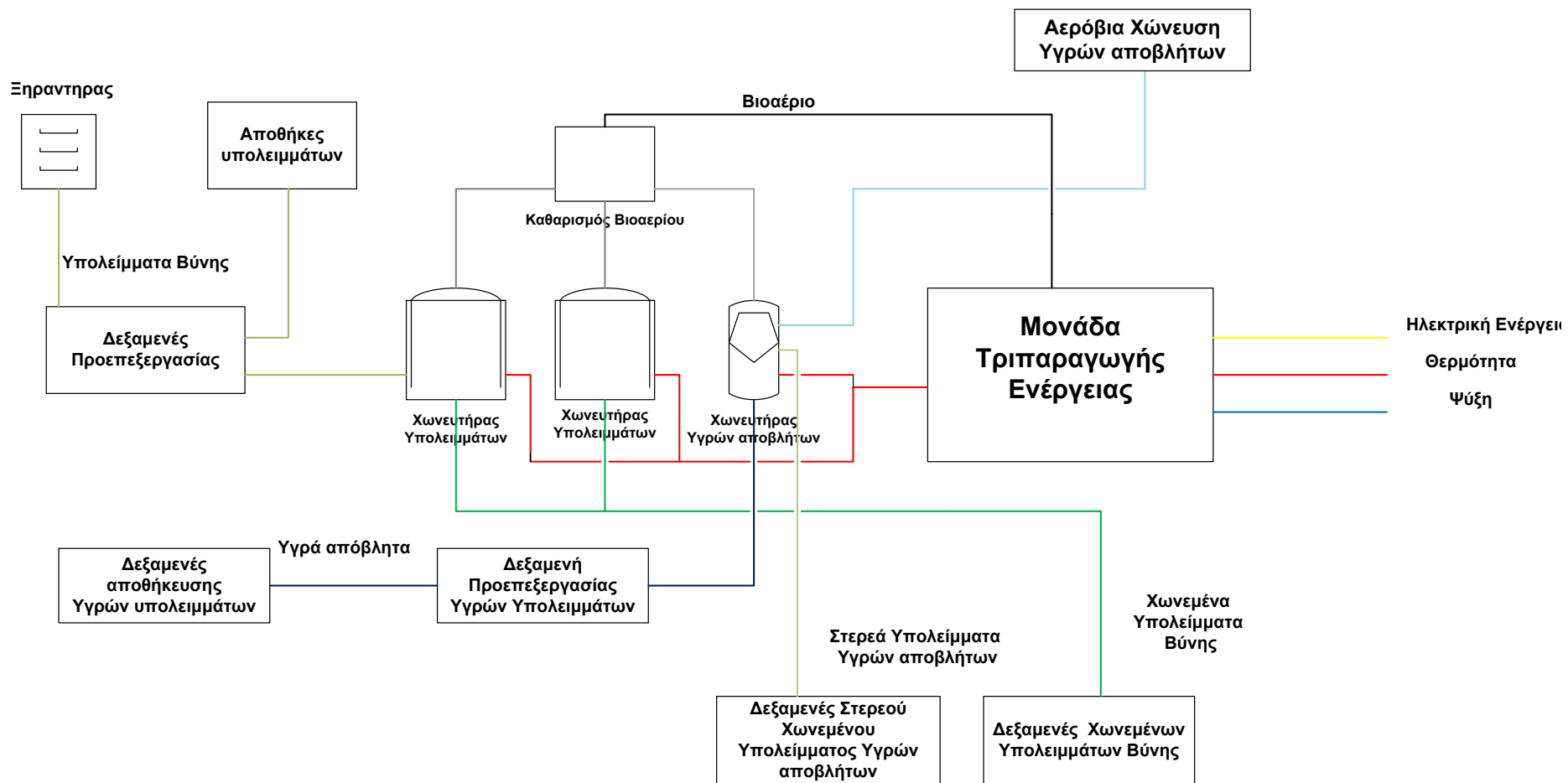
- Ο τύπος και η ποσότητα της εισαγόμενης πρώτης ύλης
- Η θερμοκρασία της διεργασίας
- Η τιμή του pH
- Η ποσότητα και η σύνθεση του αερίου
- Η περιεκτικότητα σε λιπαρά οξέα βραχείας αλυσίδας
- Το επίπεδο γεμίματος.

Ο έλεγχος των εγκαταστάσεων βιοαερίου αυτοματοποιείται όλο και περισσότερο με τη χρήση ειδικών συστημάτων ελέγχου της διεργασίας μέσω υπολογιστή. Ακόμη είναι δυνατός και ο ασύρματος έλεγχος εξ' αποστάσεως. Σήμερα συνηθίζεται ο έλεγχος των ακόλουθων συστατικών:

- Τροφοδοσία της πρώτης ύλης
- Υγιεινή
- Θέρμανση του χωνευτήρα
- Ένταση και συχνότητα της ανάδευσης
- Αφαίρεση των ιζημάτων
- Μεταφορά της πρώτης ύλης μέσω της εγκατάστασης
- Διαχωρισμός υγρών και στερεών

- Αποθείωση
- Παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας

Μετά την ανάλυση των επιμέρους στοιχείων έχουμε ένα σχέδιο της εγκατάστασης στο παρακάτω σχήμα



ΕΙΚΟΝΑ 16 ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

Κεφάλαιο 5. Οικονομική Αξιολόγηση

Για την οικονομική αξιολόγηση μιας επένδυσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφοροι δείκτες με πιο συνηθισμένους την Καθαρή Παρούσα Αξία (NPV-ΚΠΑ), τον Εσωτερικό Βαθμό Απόδοσης (IRR-EBA) και ο χρόνος αποπληρωμής της επένδυσης. [46] [47] [48] [49] [50]. Οι πιο αντιπροσωπευτικοί από αυτούς τους δείκτες, οι οποίοι προτείνεται να χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση των διαφόρων επενδύσεων, είναι ο IRR και η NPV.

Η Καθαρή Παρούσα Αξία (NPV) μίας επένδυσης είναι η αξία αυτής ανηγμένη στη χρονική στιγμή έναρξης της εμπορικής της λειτουργίας και δίνεται από τη σχέση:

$$ΚΠΑ = -K_0 + \sum_{t=1}^N \frac{KTP_t}{(1+r)^t} + \frac{YA_N}{(1+r)^N}$$

όπου

- K_0 = το κόστος της επένδυσης
- KTP_t = η Καθαρή Ταμειακή Ροή του έτους t , που ισούται με τη διαφορά των ταμειακών εισροών-εκροών
- r = το επιτόκιο αναγωγής
- N = η διάρκεια της επένδυσης σε έτη,
- YA_N = η υπολειμματική αξία της επένδυσης στο N -οστό έτος την οποία στη μελέτη μας τη θεωρούμε μηδενική

Η επένδυση κρίνεται οικονομικά βιώσιμη όταν η ΚΠΑ είναι μεγαλύτερη του μηδενός χωρίς όμως να σημαίνει πως μια ΚΠΑ μηδενική καθιστά την επένδυση μη υλοποιήσιμη καθώς υπάρχουν και άλλα κριτήρια τα οποία μπορεί να επιβάλλουν την υλοποίηση της επένδυσης.

Αντίστοιχα ο δείκτης IRR (Internal Rate of Return – Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης) είναι η τιμή του επιτοκίου αναγωγής, που κάνει την NPV της επένδυσης, για τη διάρκεια της οικονομικής αξιολόγησης, ίση με το μηδέν. Ειδικότερα, ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης εκφράζει την απόδοση κεφαλαίου της αρχικής επένδυσης κατά τη διάρκεια του οικονομικού κύκλου ζωής της. Συνεπώς, ο IRR της επένδυσης προσδιορίζεται από τη λύση της εξίσωσης

$$-K_0 + \sum_{t=1}^N \frac{KTP_t}{(1+IRR)^t} = 0$$

Οικονομικά βιώσιμες κρίνονται οι επενδύσεις οι οποίες έχουν IRR μεγαλύτερο του επιτοκίου αναγωγής.

Χρονικός ορίζοντας για την αξιολόγηση της επένδυσης ορίζονται τα 20 χρόνια όσο είναι δηλαδή η διάρκεια του συμβολαίου που συνάπτεται με τον πάροχο του ηλεκτρικού ρεύματος.

Για να δούμε τα αποτελέσματα χρήσης κατασκευάζουμε ένα πίνακα αποτελεσμάτων χρήσης. Διαδοχικά έχουμε:

- Μικτά έσοδα
 - μείον τις δαπάνες παραγωγής
- Μικτά αποτελέσματα εκμετάλλευσης
 - μείον τους χρεωστικούς τόκους
- Ολικά αποτελέσματα εκμετάλλευσης
 - μείον αποσβέσεις παγίων
- καθαρά αποτελέσματα προ φόρων
 - μείον φόροι
- καθαρά αποτελέσματα

Στα μικτά έσοδα περιλαμβάνονται τα έσοδα από την πώληση του ηλεκτρικού ρεύματος, τα έσοδα από τις πωλήσεις δικαιωμάτων ρύπων, τα έσοδα από εξοικονόμηση καύσιμου για θερμικές ανάγκες, τα έσοδα από την εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενεργείας για ψυκτικές ανάγκες.

Στα λειτουργικά έξοδα περιλαμβάνονται τα διαφυγόντα κέρδη από την πώληση των υπολειμμάτων βύνης, τα έξοδα καυσίμου για την ξήρανση των υπολειμμάτων, τα έξοδα λειτουργίας και συντήρησης και τα έξοδα από τη μισθοδοσία του προσωπικού και το κόστος της ιδιοκατανάλωσης της μονάδας καθώς επιλέγουμε να πωλείται όλη η παραχθείσα ενέργεια στον πάροχο και το ηλεκτρικό ρεύμα για τις ιδιοκαταναλώσεις να αγοράζεται σε χαμηλότερη τιμή από τον πάροχο.

Η επιλογή για την αποπληρωμή του δανείου γίνεται μέσω σταθερών δόσεων καθόλη τη διάρκεια του δανείου. Γίνεται διάκριση ανάμεσα σε τοκοχρεολύσιο, τόκους και χρεολύσιο. Τοκοχρεολύσιο ονομάζουμε τη σταθερή δόση που δίνεται κάθε έτος και υπολογίζεται από τον τύπο

$$E = \Pi * \frac{r * (1 + r)^N}{(1 + r)^N - 1}$$

Όπου

- E το τοκοχρεολύσιο
- Π το ποσό του δανείου
- r το επιτόκιο δανεισμού
- N τα έτη αποπληρωμής του δανείου

Χρεολύσιο είναι το ποσό που πηγαίνει για την απόσβεση του κεφαλαίου και χρεωστικοί τόκοι είναι οι τόκοι που επιβάλλονται από το τραπεζικό ίδρυμα για τον δανεισμό των χρημάτων. Σύμφωνα με [49] τα χρεολύσια λαμβάνονται υπόψη στις αποσβέσεις ενώ οι τόκοι όχι.

Στις αποσβέσεις περιλαμβάνονται οι αποσβέσεις του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, των κτηριακών εγκαταστάσεων και όπως αναφέραμε πριν τα χρεολύσια των δανείων. Οι αποσβέσεις γίνονται με σταθερούς συντελεστές απόσβεσης 4% για τα κτήρια και 10 % για τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό σύμφωνα με τη ισχύουσα νομοθεσία (ν.4110/2013).

Ο φορολογικός συντελεστής είναι 20% για τις επιχειρήσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ.

Το κόστος ηλεκτρικού ρεύματος για βιομηχανικούς καταναλωτές που θεωρήθηκε για την παρούσα μελέτη φαίνεται στον παρακάτω πίνακα

ΠΙΝΑΚΑΣ 8 ΚΟΣΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

ΚΟΣΤΟΣ ΗΛ. ΡΕΥΜΑΤΟΣ		
Καλοκαίρι	0,079	€/kWh
Χειμώνας	0,0749	€/kWh
Μέση Τιμή	0,07695	€/kWh

Το κόστος του φυσικού αερίου που για βιομηχανικούς καταναλωτές καθορίζεται για κάθε διαφορετική περίπτωση από τον πάροχο του φυσικού αερίου. Θεωρήθηκε για την παρούσα μελέτη μία τιμή 0,055 €/kWh [51].

Η τιμή πώλησης ηλεκτρικού ρεύματος από μονάδες βιοαερίου άλλαξε τον Απρίλιο του 2014 σύμφωνα με το Ν.4254/2014 και η σημερινή τιμή πώλησης του ηλεκτρικού ρεύματος φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

ΠΙΝΑΚΑΣ 9 ΤΙΜΕΣ ΠΩΛΗΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από:		Τιμή Ενέργειας (€/MWh) χωρίς ενίσχυση (ΧΕ)	Τιμή Ενέργειας (€/MWh) με ενίσχυση (ΜΕ)
16	Βιοαέριο που προέρχεται από την αναερόβια χώνευση βιομάζας (ενεργειακών καλλιεργειών, ενσιρωμάτων χλωρής νομής γεωργικών καλλιεργειών, κτηνοτροφικών και αγροτοβιομηχανικών οργανικών υπολειμμάτων και αποβλήτων, αποβλήτων βρώσιμων ελαίων και λιπών, ληγμένων τροφίμων) και αξιοποιείται από σταθμούς με εγκατεστημένη ισχύ ≤3MW	230	209
17	Βιοαέριο που προέρχεται από την αναερόβια χώνευση βιομάζας (ενεργειακών καλλιεργειών, ενσιρωμάτων χλωρής νομής γεωργικών καλλιεργειών, κτηνοτροφικών και αγροτοβιομηχανικών οργανικών υπολειμμάτων και αποβλήτων, αποβλήτων βρώσιμων ελαίων και λιπών, ληγμένων τροφίμων) και αξιοποιείται από σταθμούς με εγκατεστημένη ισχύ >3MW	209	190

Κεφάλαιο 6. Μελέτη Σεναρίων

Στην παρούσα μελέτη θα εξεταστούν διάφορα σενάρια τα οποία θα διαφοροποιούνται ως προς τον τρόπο χρηματοδότησης, τα συνδυαζόμενα στοιχεία παραγωγής ενέργειας, την πρώτη ύλη των υποστρωμάτων αλλά και τα μεγέθη των μονάδων παραγωγής καθώς θα εξεταστεί η μονάδα για την επεξεργασία των υπολειμμάτων μίας ζυθοποιίας με παραγωγή 200.000 εκατόλιτρων μύρας κάθε χρόνο και μίας ζυθοποιίας με παραγωγή 2.000.000 εκατόλιτρων μύρας κάθε χρόνο. Η δεύτερη έχει χωρίσει την παραγωγή της σε δύο εργοστάσια παραγωγής με ετήσια παραγωγή 1.000.00 το καθένα άρα αντικείμενο μελέτης θα είναι ένα από τα δύο εργοστάσια. Από εδώ και στο εξής θα ονομάζονται οι μονάδες μονάδα 1 και μονάδα 2 αντίστοιχα. Η μονάδα 1 επιλέγεται να είναι εγκατεστημένη στη ΒΙ.ΠΕ Κομοτηνής ενώ η μονάδα 2 στη ΒΙ.ΠΕ Θεσσαλονίκης.

Το πρώτο σενάριο περιλαμβάνει και τα υποσενάρια α) για εξ' ολοκλήρου χρηματοδότηση με ίδια κεφάλαια ,το β) για χρηματοδότηση με ίδια κεφάλαια και με κρατική επιχορήγηση, το γ) για χρηματοδότηση με ίδια κεφάλαια και με κρατική επιχορήγηση και δάνεια και το δ) για χρηματοδότηση με ίδια κεφάλαια και δάνεια.

Σύμφωνα με τον αναπτυξιακό νόμο για την περιοχή της Ροδόπης και για μεσαία επιχείρηση η κρατική επιχορήγηση είναι της τάξης του 45 %, ενώ για μια μεγάλη επιχείρηση στην περιοχή της Θεσσαλονίκης είναι 30% [52].

Για όλα τα σενάρια θεωρήθηκαν τα εξής μεγέθη

- Θερμοκρασία περιβάλλοντος: 20° C
- Τιμή αγοράς Φυσικού Αερίου: 0,055 €/kWh.
- Ποσό πώλησης Δικαιωμάτων ρύπων: 8 €/δικαίωμα
- Εκπομπές CO₂ για την παραγωγή μίας ηλεκτρικής MWh από τον πάροχο: 1,18tons CO₂/MWh [53]
- Χρόνος λειτουργίας της μονάδας συμπαραγωγής: 8000 ώρες
- Απόδοση σε βιοαέριο 650m³/τόνο υπολειμμάτων βύνης
- Απόδοση σε βιοαέριο 0,4m³/kg αφαιρούμενου COD
- Πυκνότητα διοξειδίου 1,977 kg/m³ [18]
- Πυκνότητα μεθανίου 0,715 kg/m³ [18]
- Για τις ΜΕΚ θεωρούμε λόγο αέρα καύσης ίσο με 1,1 [18]
- Το κόστος των υπολειμμάτων βύνης θεωρείται για την μονάδα 1, 29 ευρώ ο τόνος ενώ για την μονάδα 2, 15 ευρώ ο τόνος.
- Ακόμα θεωρούμε BOD 2500mg/l και COD 3500mg/l. Οι τιμές αυτές ανταποκρίνονται στις βιβλιογραφικές τιμές και έχουν προέλθει από πραγματικά στοιχεία από ελληνικές ζυθοποιίες

- Η μείωση στο COD είναι 80%
- Οι βαθμοί απόδοσης των εναλλακτών είναι 85% για τους αέρα-υγρού και 90% για τους εναλλάκτες υγρού-υγρού
- Το ετήσιο κόστος συντήρησης και θεωρήθηκε 5% επί της αρχικής δαπάνης
- Το κόστος εργασίας θεωρήθηκε 1.000 ευρώ για κάθε εργαζόμενο μηνιαίως
- Για την μονάδα 1 έχουμε έναν εργαζόμενο και για τη μονάδα 2 δύο εργαζομένους
- Το εγκατασταθέν σύστημα ψύξης των ζυθοποιών θεωρήθηκε μηχανικής συμπίεσης με COP 4.
- Ιδιοκατανάλωση 10% για την μονάδα 1 και 7% για την μονάδα 2
- Βαθμό απόδοσης για το λέβητα του ξηραντήρα 85%
- Ελάχιστη θερμοκρασιακή διαφορά ανάμεσα σε δύο ρεύματα ορίζουμε τους 10° C
- Ειδική θερμοχωρητικότητα των καυσαερίων 1,15 kJ/kgK

Οι χωνευτές είναι δύο για τα υπολείμματα βύνης και ένας για τα υγρά απόβλητα στο σενάριο για την μονάδα 1 .Κάθε χωνευτήρας έχει τα εξής χαρακτηριστικά

ΠΙΝΑΚΑΣ 10 ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΧΩΝΕΥΤΗ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΒΥΝΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ 1

Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά Χωνευτήρα Υπολειμμάτων Βύνης		
Όγκος κάθε χωνευτήρα	219,2	m ³
Ύψος	5	m
Περίμετρος	43,8	m
Ακτίνα	3,7	m
Επιφάνεια Τοίχων	117,4	m ²
Επιφάνεια Δαπέδου	43,8	m ²
Επιφάνεια οροφής	43,8	m ²

ΠΙΝΑΚΑΣ 11 ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΧΩΝΕΥΤΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΜΟΝΑΔΑΣ 1

Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά Χωνευτήρα Υγρών Αποβλήτων		
Όγκος κάθε χωνευτήρα	61,6	m ³
Ύψος	3	m
Περίμετρος	20,5	m
Ακτίνα	2,6	m
Επιφάνεια Τοίχων	48,2	m ²
Επιφάνεια Δαπέδου	20,5	m ²
Επιφάνεια οροφής	20,5	m ²

Οι ανάγκες σε θερμότητα και τα χαρακτηριστικά των υποστρωμάτων φαίνονται στους παρακάτω πίνακες.

ΠΙΝΑΚΑΣ 12 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΧΩΝΕΥΤΗΡΑ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΒΥΝΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ 1

Χαρακτηριστικά Χωνευτήρα Υγρών Υπολειμμάτων Βύνης		
Υδραυλικός Χρόνος Παραμονής Υπολειμμάτων Βύνης (HRT)	30	Μέρες
Ποσότητα Υγρών Υπολειμμάτων	10959	kg/day
Πυκνότητα Υγρών Υπολειμμάτων Βύνης	750	kg/m ³
Όγκος Υγρών Υπολειμμάτων Βύνης	14,6	m ³ /day
Συνολική απαίτηση Όγκο Χωνευτήρων	438	m ³
Θερμοκρασία Χωνευτήρα	38	C
Θερμοκρασία Εισόδου Βύνης	20	C
Dry Matter Content	30%	
Cp Ξηρής Βύνης	1,245	kJ/kg*K
Cp Βύνης	3,3	kJ/kg*K
Απαιτούμενη Θερμότητα	85,82	MWh/έτος

ΠΙΝΑΚΑΣ 13 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΧΩΝΕΥΤΗΡΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΜΟΝΑΔΑΣ 1

Χαρακτηριστικά Χωνευτήρα Υγρών Αποβλήτων		
Υδραυλικός Χρόνος Παραμονής Υγρών Αποβλήτων (HRT)	0,75	Μέρες
Ποσότητα Υγρών Αποβλήτων	82,19	m ³ /μέρα
Όγκος Χωνευτήρα	61,64	m ³
Θερμοκρασία Χωνευτήρα	36	C
Θερμοκρασία Εισόδου Υγρών Αποβλήτων	30	C
Cp Υγρών Αποβλήτων	4,18	kJ/kg*K
Απαιτούμενη Θερμότητα	271,68	MWh/έτος

Για την μονάδα 2 οι χωνευτήρες υπολειμμάτων βύνης είναι τέσσερις και ένας χωνευτήρας υγρών αποβλήτων με τα εξής χαρακτηριστικά

ΠΙΝΑΚΑΣ 14 ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΧΩΝΕΥΤΗ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΒΥΝΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ 2

Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά Χωνευτήρα Υπολειμμάτων Βύνης		
Όγκος κάθε χωνευτήρα	483,5	m ³
Ύψος	5	m
Περίμετρος	96,7	m
Ακτίνα	5,5	m
Επιφάνεια Τοίχων	174,3	m ²
Επιφάνεια Δαπέδου	96,7	m ²
Επιφάνεια οροφής	96,7	m ²

ΠΙΝΑΚΑΣ 15 ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΧΩΝΕΥΤΗΡΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΜΟΝΑΔΑΣ 2

Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά Χωνευτήρα Υγρών Αποβλήτων		
Όγκος κάθε χωνευτήρα	308,2	m ³
Υψος	3	m
Περίμετρος	102,7	m
Ακτίνα	5,7	m
Επιφάνεια Τοίχων	107,8	m ²
Επιφάνεια Δαπέδου	102,7	m ²
Επιφάνεια οροφής	102,7	m ²

Οι ανάγκες σε θερμότητα και τα χαρακτηριστικά των υποστρωμάτων φαίνονται στους παρακάτω πίνακες.

ΠΙΝΑΚΑΣ 16 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΧΩΝΕΥΤΗΡΑ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΒΥΝΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ 2

Χαρακτηριστικά Χωνευτήρα Υγρών Υπολειμμάτων Βύνης		
Υδραυλικός Χρόνος Παραμονής Υπολειμμάτων Βύνης (HRT)	30	Μέρες
Ποσότητα Υγρών Υπολειμμάτων	54795	kg/day
Πυκνότητα Υγρών Υπολειμμάτων Βύνης	850	kg/m ³
Όγκος Υγρών Υπολειμμάτων Βύνης	64,5	m ³ /day
Συνολική απαίτηση Όγκο Χωνευτήρων	1934	m ³
Θερμοκρασία Χωνευτήρα	38	C
Θερμοκρασία Εισόδου Βύνης	20	C
Dry Matter Content	20%	
Cp Ξηρής Βύνης	1,245	kJ/kg*K
Cp Βύνης	3,6	kJ/kg*K
Απαιτούμενη Θερμότητα	467,30	MWh/έτος

ΠΙΝΑΚΑΣ 17 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΧΩΝΕΥΤΗΡΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΜΟΝΑΔΑΣ 2

Χαρακτηριστικά Χωνευτήρα Υγρών Αποβλήτων		
Υδραυλικός Χρόνος Παραμονής Υγρών Αποβλήτων (HRT)	0,75	Μέρες
Ποσότητα Υγρών Αποβλήτων	410,96	m ³ /day
Όγκος Χωνευτήρα	308,22	m ³
Θερμοκρασία Χωνευτήρα	36	C
Θερμοκρασία Εισόδου Υγρών Αποβλήτων	30	C
Cp Υγρών Αποβλήτων	4,18	kJ/kg*K
Απαιτούμενη Θερμότητα	1.358,39	MWh/έτος

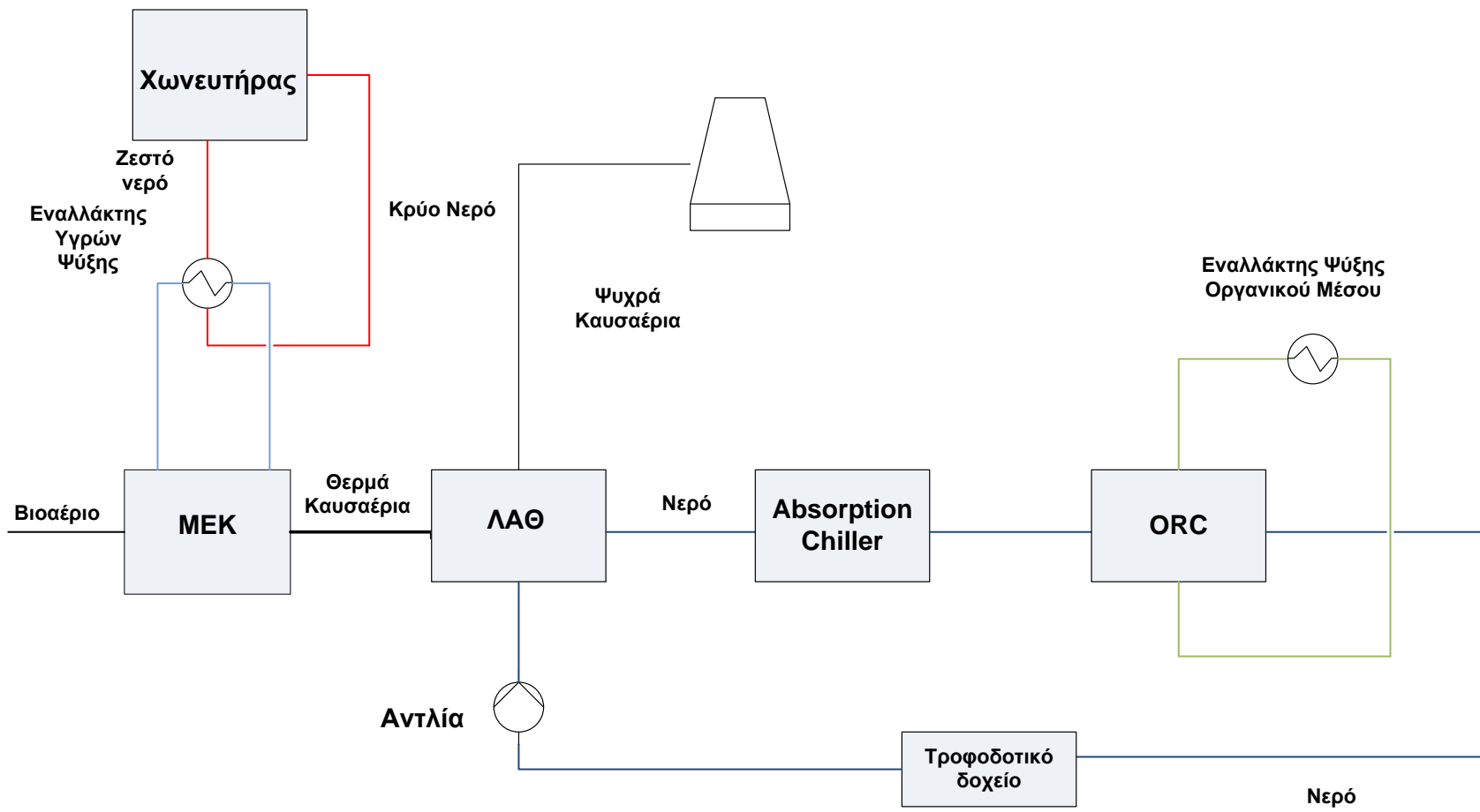
Ακόμα θεωρούμε τα παρακάτω στοιχεία για το φυσικό αέριο

ΠΙΝΑΚΑΣ 18 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ [54]

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ		
Θερμογόνος δύναμη (Hu)	46283,93	kJ/kg
Πυκνότητα	0,80892	kg/Nm ³
Ποσοστό μεθανίου	90%	
Ποσοστό αιθανίου	5%	
Ποσοστό προπανίου	3%	
Ποσοστό CO ₂	2%	

Η θέρμανση των χωνευτών γίνεται με τη χρήση της θερμότητας από τους εναλλάκτες υγρών ψύξης στην περίπτωση των ΜΕΚ, με τη χρήση ανακτημένης θερμότητας από τα καυσαέρια στην περίπτωση των αεριοστροβίλων και του λέβητα. Οι διατάξεις που θα εξεταστούν είναι οι ακόλουθες

Τα σενάρια που έχουν ως βάση τη χρήση ΜΕΚ για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας φαίνονται σχηματικά στο παρακάτω σχήμα.



Σενάριο 1 MEK-Absorption Chiller

Στο σενάριο αυτό χρησιμοποιούμε έναν ξηραντήρα για τη ξήρανση των υπολειμμάτων βύνης, μία MEK για την καύση του βιοαερίου και την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας, έναν εναλλάκτη για τη μεταφορά θερμότητας από τα καυσαέρια σε νερό που θα χρησιμοποιηθεί για να πάει στον ψύκτη απορρόφησης για την παραγωγή ψυκτικής ισχύος. Θεωρούμε ως καύσιμο για τον ξηραντήρα φυσικό αέριο, και η υπάρχουσα εγκατάσταση ψυκτικής ισχύος είναι μηχανικής συμπίεσης.

Μονάδα 1

Η ποσότητα η οποία οδηγείται προς ξήρανση είναι 1000 τόνοι. Θεωρούμε την αρχική της υγρασία 70%. Η απαιτούμενη θερμότητα για την ξήρανση της είναι 430 MWh. Μετά την ξήρανση έχουμε μια ποσότητα 375 τόνων υπολειμμάτων βύνης με υγρασία 20%..

Η παραγωγή του βιοαερίου είναι στην περίπτωση αυτή 657.600,00 m³ κάθε χρόνο με σύσταση 60,51% μεθάνιο και 39,49 διοξείδιο του άνθρακα με κατώτερη θερμογόνο ικανότητα 216567 kJ/m³. Η πυκνότητα του υπολογίζεται 1,21 kg/m³ και προέρχεται από την σύσταση του βιοαερίου σε μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα.

Στους παρακάτω πίνακες βλέπουμε τα χαρακτηριστικά του συστήματος παραγωγής ενέργειας που επιλέχθηκε.

ΠΙΝΑΚΑΣ 19 ΣΤΟΙΧΕΙΑ MEK 1.1

Στοιχεία MEK		
Ισχύς MEK	184	kW
Ηλεκτρικός Βαθμός απόδοσης	37	%
Παροχή καυσίμου	0,028	kg/s
Παροχή καυσαερίου	0,35	kg/s
Θερμοκρασία καυσαερίων	500	C
Cp καυσαερίων	1,15	kJ/kgK
Θερμική ισχύς καυσαερίων	192	kW
Ποσοστό απωλειών καυσαερίων	39%	%
Ποσοστό απωλειών νερού ψύξης	21%	%
Θερμική ισχύς νερού ψύξης	104	kW
Ποσοστό Άλλων Απωλειών Θερμικής Ισχύος	3%	%
Άλλες Απώλειες Θερμικής Ισχύος	15	kW
Σ(απώλειες Θερμικής ισχύος)	311	kW
Ειδικό κόστος	1100	€/kW
Κόστος	202.400	€

ΠΙΝΑΚΑΣ 20 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΝΑΛΛΑΚΤΗ 1.1

Στοιχεία Εναλλάκτη		
T in θερμού ρεύματος	500	C
T out θερμού ρεύματος	120	C
T in ψυχρού ρεύματος	80	C
T out ψυχρού ρεύματος	130	C
T ατμοποίησης ψυχρού ρεύματος	144	C
m ψυχρού ρεύματος	0,610	kg/s
m θερμού ρεύματος	0,35	kg/s
Ισχύς Λέβητα	129,1	kW
Βαθμός Απόδοσης Λέβητα	85%	%
Ειδικό κόστος	400	€/kW
Πίεση ψυχρού ρεύματος	4	bar
Κόστος	51.639	€

ΠΙΝΑΚΑΣ 21 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΝΑΛΛΑΚΤΗ ΥΓΡΩΝ ΨΥΞΗΣ 1,1

Στοιχεία Εναλλάκτη Υγρών Ψύξης		
Θερμική Ισχύς υγρών ψύξης	104	kW
Βαθμός Απόδοσης εναλλάκτη	90%	%
Θερμική Ισχύς προς καταναλώσεις	93	kW
Ειδικό κόστος	0	€/kW

Για τον εναλλάκτη αυτό θεωρούμε μηδενικό κόστος γιατί θεωρούμε ότι περιλαμβάνεται στα έξοδα της ΜΕΚ.

ΠΙΝΑΚΑΣ 22 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ABSORPTION CHILLER 1.1

Στοιχεία Absorption Chiller		
T in ψυχόμενου νερού	130	C
T out ψυχόμενου νερού	80	C
Βαθμός Απόδοσης εναλλάκτη	90%	%
Προσδιδόμενη Θερμότητα	116	kW
m ψυκτικού νερού	0,61	kg/s
Ψυκτική Ισχύς	81	kW
Ειδικό κόστος	700	€/kW
COP	0,7	

Ο πίνακας που ακολουθεί είναι μία σύνοψη της παραγωγής ενέργειας, με τις απώλειες της και τις καταναλώσεις των καυσίμων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 23 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ 1.1

Θερμική Ισχύς από καύση βιοαερίου	494	kW
Ηλεκτρική Ισχύς από Θερμικές Μηχανές	184	kW
Σ(ηλεκτρική ισχύς)	184	kW
Σ(απώλειες υγρών ψύξης)	104	kW
Σ(απώλειες καυσαερίων)	192	kW
Σ(παροχή καυσαερίων)	0,35	kg/s
Σ(κατανάλωση βιοαερίου)	0,0277	kg/s
Σ(κατανάλωση Φυσικού Αερίου)	0,0141	kg/s
Ψυκτική Ισχύς	81	kW
Άλλες απώλειες θερμικής ισχύος	14,8	kW

Το κέρδος από από την εγκατάσταση του ψυκτη απορόφησης είναι 50.067 € κάθε έτος.

Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τον ξηραντηρα είναι 376 τόνοι.

Ο πίνακας αυτός παρουσιάζει την μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από την εγκατάσταση της νέας μονάδας.

ΠΙΝΑΚΑΣ 24 ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ 1.1

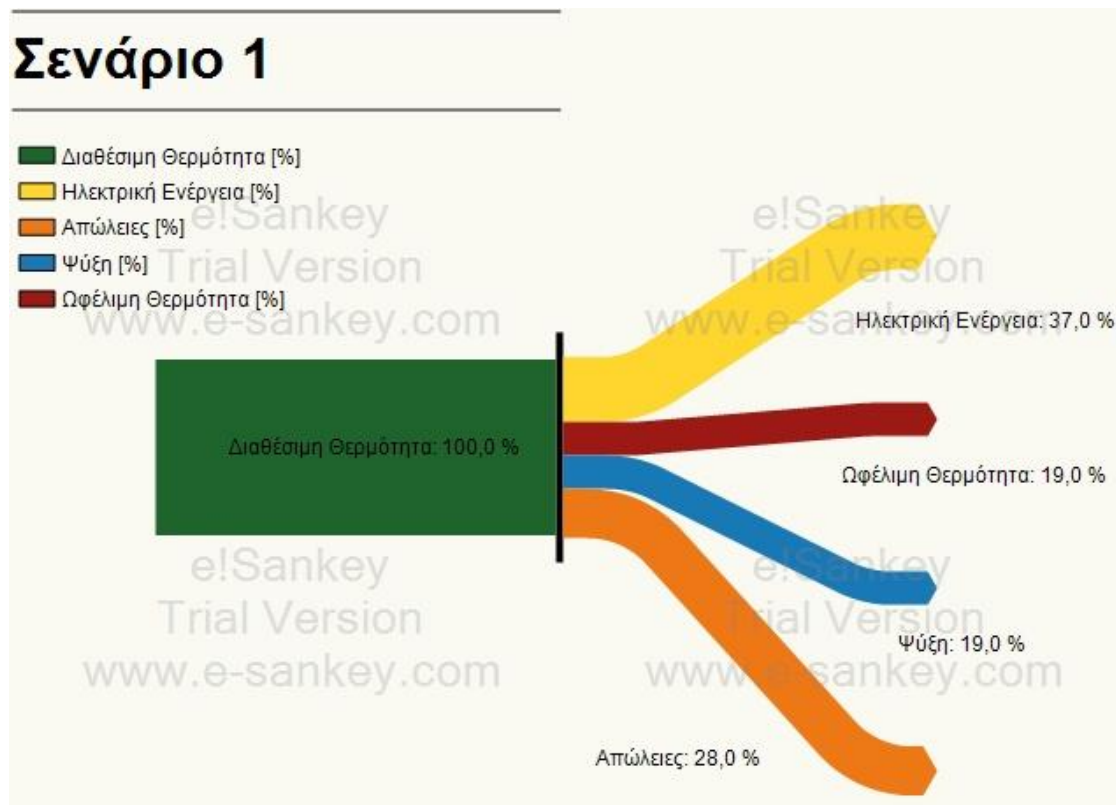
Μείωση εκπομπών Νέας μονάδας		
Λόγω Ηλεκτροπαραγωγής από βιοαέριο	1737	tons CO2
Λόγω Εγκατάστασης Absorption Chiller	768	tons CO2
Σύνολο	2.399	tons CO2
Έσοδα	19.190	€

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα θεωρούμενα κόστη για την αρχική εγκατάσταση της μονάδας βιοαερίου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 25 ΑΡΧΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ 1.1

Αρχική Επένδυση				
Επένδυση	Τιμή		Κόστος	
Κτήση Οικοπέδου	16	€/m ²	32000	€
Έργα πολιτικού μηχανικού	150	€/kW	27600	€
Χωνευτήρες και παρελκόμενα	800	€/m ³	400.000	€
Δεξαμενές αποθήκευσης χωνεμένου υπολείμματος	120	€/kW	22080	€
Σύστημα καθαρισμού βιοαερίου και αποθήκευσης	150	€/kW	27600	€
SCADA και κέντρο ελέγχου	100	€/kW	18400	€
Άλλα υποσυστήματα	120	€/kW	22080	€
Σύστημα συμπαραγωγής	1.690	€/kW	310.971	€
Διάφορος λοιπός μηχανολογικός εξοπλισμός(Ανυψωτικές-Μεταφορικές μηχανές)	200	€/kW	36800	€
Σύνολο (Κόστος επένδυσης)	3046	€/kW	893.649	€
Ανάπτυξη project	100	€/kW	18400	€
Σύνολο	3146	€/kW	912.049	€

Ακολουθεί το διάγραμμα Sankey της εγκατάστασης. Για τη δημιουργία των διαγραμμάτων Sankey χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα e!sankey.



ΕΙΚΟΝΑ 17 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ SANKEY 1.1

Ακολουθούν οι αναλυτικοί πίνακες για τα οικονομικά των τεσσάρων διαφορετικών σεναρίων ως προς την χρηματοδότηση

ΣΕΝΑΡΙΟ Α 100% ΙΔΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ 26 ΠΙΝΑΚΑΣ ΛΟΓΑΡΙΑΣΜΟΥ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ 1.1.Α

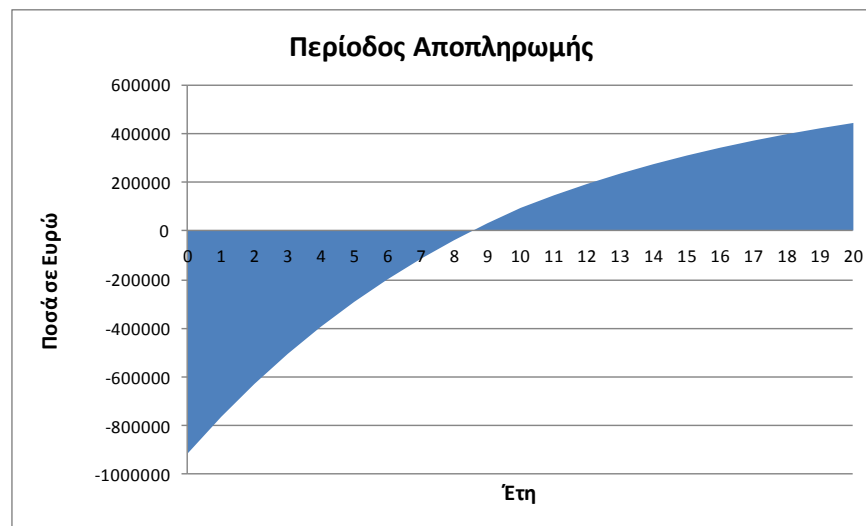
ΠΙΝΑΚΑΣ ΛΟΓΑΡΙΑΣΜΟΥ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ																				
ΕΤΟΣ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ώρες λειτουργίας/έτος	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
Μικτά Έσοδα (€)	384.446	384.446	384.446	384.446	384.446	384.446	384.446	384.446	384.446	384.446	384.446	384.446	384.446	384.446	384.446	384.446	384.446	384.446	384.446	384.446
Έξοδα (€)	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373
Μικτά Αποτελέσματα Εκμετάλλευσης	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073
Χρεωστικοί Τόκοι	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ολικά Αποτελέσματα Εκμετάλλευσης	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073
Απόσβεση Εξοπλισμού	84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104
Απόσβεση Κεφαλαίου	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Αποσβέσεις	84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104
Καθαρά Αποτελέσματα προ Φόρων	99.176	99.176	99.176	99.176	99.176	99.176	99.176	99.176	99.176	99.176	182.969	182.969	182.969	182.969	182.969	182.969	182.969	182.969	182.969	182.969
Φόρος	19.835	19.835	19.835	19.835	19.835	19.835	19.835	19.835	19.835	19.835	36.594	36.594	36.594	36.594	36.594	36.594	36.594	36.594	36.594	36.594
Καθαρά Αποτελέσματα	79.341	79.341	79.341	79.341	79.341	79.341	79.341	79.341	79.341	79.341	146.375	146.375	146.375	146.375	146.375	146.375	146.375	146.375	146.375	146.375

ΠΙΝΑΚΑΣ 27 ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΣΡΟΩΝ – ΕΚΡΟΩΝ 1.1.Α

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΣΡΟΩΝ - ΕΚΡΟΩΝ																					
ΈΤΟΣ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ΕΙΣΡΟΕΣ																					
Ιδια κεφάλαια	915.931																				
Επιχορήγηση	-																				
Δάνειο	-																				
Αποσβέσεις		84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104
Καθαρά Κέρδη		79.341	79.341	79.341	79.341	79.341	79.341	79.341	79.341	79.341	79.341	146.375	146.375	146.375	146.375	146.375	146.375	146.375	146.375	146.375	146.375
ΕΚΡΟΕΣ																					
Χρεωλύσια		-	-	-	-	-															
Αρχική Δαπάνη	915.931																				
Καθαρό Αποτέλεσμα	-	164.238	164.238	164.238	164.238	164.238	164.238	164.238	164.238	164.238	164.238	147.479	147.479	147.479	147.479	147.479	147.479	147.479	147.479	147.479	147.479

ΠΙΝΑΚΑΣ 28 ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 1.1.Α

NPV	442.618 €
IRR	16,83%



ΕΙΚΟΝΑ 18 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ 1.1.Α

ΣΕΝΑΡΙΟ Β 55% ΙΔΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΑ-45%ΕΠΙΔΟΤΗΣΗ

ΠΙΝΑΚΑΣ 29 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΙΧΟΡΗΓΗΣΗΣ 1

Επιχορήγηση		
Ποσοστό Επιχορήγησης επί της Αρχικής Επένδυσης	45%	
Τιμή πώλησης	0,209	€/kW
Ποσοστό μείωσης τιμής πώλησης	10%	
Ποσό Επιχορήγησης	410.422	€

ΠΙΝΑΚΑΣ 30 ΠΙΝΑΚΑΣ ΛΟΓΑΡΙΑΣΜΟΥ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ 1.1.Β

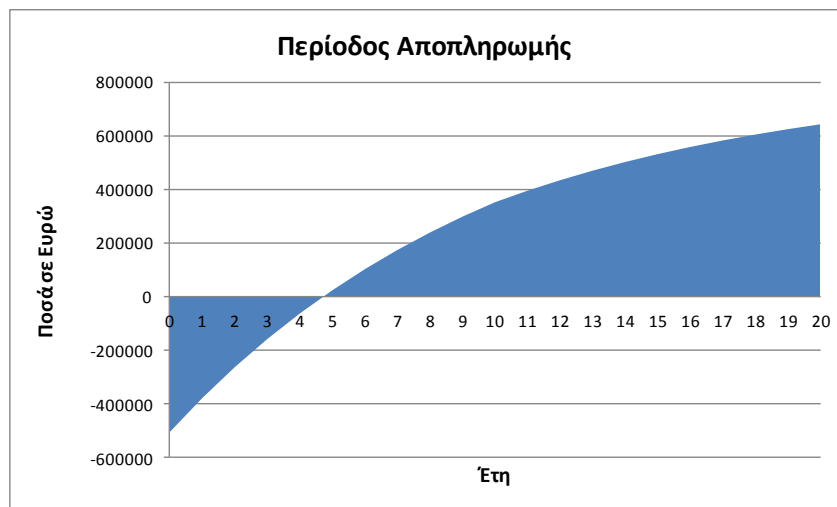
ΠΙΝΑΚΑΣ ΛΟΓΑΡΙΑΣΜΟΥ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ																				
ΕΤΟΣ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ώρες λειτουργίας/έτος	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
Μικτά Έσοδα (€)	353.534	353.534	353.534	353.534	353.534	353.534	353.534	353.534	353.534	353.534	353.534	353.534	353.534	353.534	353.534	353.534	353.534	353.534	353.534	353.534
Έξοδα (€)	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373
Μικτά Αποτελέσµατα Εκμετάλλευσης	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161
Χρεωστικοί Τόκοι	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ολικά Αποτελέσµατα Εκμετάλλευσης	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161
Απόσβεση Εξοπλισµού	84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104
Απόσβεση Κεφαλαίου	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Αποσβέσεις	84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104
Καθαρά Αποτελέσµατα προ Φόρων	68.264	68.264	68.264	68.264	68.264	68.264	68.264	68.264	68.264	68.264	152.057	152.057	152.057	152.057	152.057	152.057	152.057	152.057	152.057	152.057
Φόρος	13.653	13.653	13.653	13.653	13.653	13.653	13.653	13.653	13.653	13.653	30.411	30.411	30.411	30.411	30.411	30.411	30.411	30.411	30.411	30.411
Καθαρά Αποτελέσµατα	54.611	54.611	54.611	54.611	54.611	54.611	54.611	54.611	54.611	54.611	121.646	121.646	121.646	121.646	121.646	121.646	121.646	121.646	121.646	121.646

ΠΙΝΑΚΑΣ 31 ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΣΡΟΩΝ – ΕΚΡΟΩΝ 1.1.Β

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΣΡΟΩΝ - ΕΚΡΟΩΝ																					
ΕΤΟΣ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ΕΙΣΡΟΕΣ																					
Ιδία κεφάλαια	503.762																				
Επιχορήγηση	412.169																				
Δάνειο	-																				
Αποσβέσεις		84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104
Καθαρά Κέρδη		54.611	54.611	54.611	54.611	54.611	54.611	54.611	54.611	54.611	54.611	121.646	121.646	121.646	121.646	121.646	121.646	121.646	121.646	121.646	121.646
ΕΚΡΟΕΣ																					
Χρεωλύσια		-	-	-	-	-															
Αρχική Δαπάνη	915.931																				
Καθαρό Αποτέλεσμα	-	139.508	139.508	139.508	139.508	139.508	139.508	139.508	139.508	139.508	139.508	122.750	122.750	122.750	122.750	122.750	122.750	122.750	122.750	122.750	122.750

ΠΙΝΑΚΑΣ 32 ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 1.1.Β

NPV	644.250 €
IRR	27,19%



ΕΙΚΟΝΑ 19 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ 1.1.Β

ΣΕΝΑΡΙΟ Γ 25% ΙΔΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΑ-45%ΕΠΙΔΟΤΗΣΗ-30% ΔΑΝΕΙΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ 33 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΑΝΕΙΟΥ

Στοιχεία Δανείου		
Ποσοστό Δανείου επί της Αρχικής Επένδυσης	30%	
Ποσό Δανείου	273.615	€
Περίοδος αποπληρωμής	5,00	έτη
Επιτόκιο	6%	
Τοκοχρεωλύσιο	64.955,17	€

ΠΙΝΑΚΑΣ 34 ΠΙΝΑΚΑΣ ΛΟΓΑΡΙΑΣΜΟΥ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ 1.1.Γ

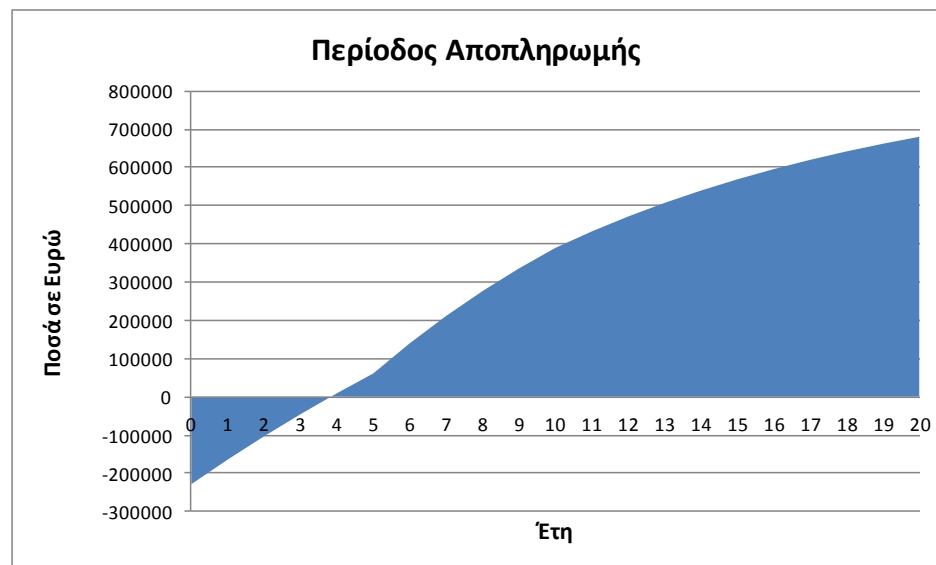
ΠΙΝΑΚΑΣ ΛΟΓΑΡΙΑΣΜΟΥ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ																				
ΕΤΟΣ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Όρες Λειτουργίας/ έτος	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
Μικτά Έσοδα (€)	353.534	353.534	353.534	353.534	353.534	353.534	353.534	353.534	353.534	353.534	353.534	353.534	353.534	353.534	353.534	353.534	353.534	353.534	353.534	353.534
Έξοδα (€)	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373
Μικτά Αποτελέσµ ατα Εκµετάλλε υσης	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161
Χρεωστικοί Τόκοι	16.487	13.562	10.462	7.176	3.692															
Ολικά Αποτελέσµ ατα Εκµετάλλε υσης	136.674	139.599	142.699	145.985	149.469	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161	153.161
Απόσβεση Εξοπλισµού	84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104
Απόσβεση Κεφαλαίου	48.745	51.670	54.770	58.056	61.539															
Αποσβέσει ς	133.642	136.567	139.667	142.953	146.436	84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104
Καθαρά Αποτελέσµ ατα προ Φόρων	3.032	3.032	3.032	3.032	3.032	68.264	68.264	68.264	68.264	68.264	152.057	152.057	152.057	152.057	152.057	152.057	152.057	152.057	152.057	152.057
Φόρος	606	606	606	606	606	13.653	13.653	13.653	13.653	13.653	30.411	30.411	30.411	30.411	30.411	30.411	30.411	30.411	30.411	30.411
Καθαρά Αποτελέσµ ατα	2.426	2.426	2.426	2.426	2.426	54.611	54.611	54.611	54.611	54.611	121.646	121.646	121.646	121.646	121.646	121.646	121.646	121.646	121.646	121.646

ΠΙΝΑΚΑΣ 35 ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΣΡΟΩΝ – ΕΚΡΟΩΝ 1.1.Γ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΣΡΟΩΝ - ΕΚΡΟΩΝ																					
ΕΤΟΣ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ΕΙΣΡΟΕΣ																					
Ιδια κεφάλαια	228.983																				
Επιχορήγηση	412.169																				
Δάνειο	274.779																				
Αποσβέσεις		133.642	136.567	139.667	142.953	146.436	84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104
Καθαρά Κέρδη		2.426	2.426	2.426	2.426	2.426	54.611	54.611	54.611	54.611	54.611	121.646	121.646	121.646	121.646	121.646	121.646	121.646	121.646	121.646	121.646
ΕΚΡΟΕΣ																					
Χρεωλύσια		65.232	65.232	65.232	65.232	65.232															
Αρχική Δαπάνη	915.931																				
Καθαρό Αποτέλεσμα	-	70.836	73.761	76.861	80.147	83.631	139.508	139.508	139.508	139.508	139.508	122.750	122.750	122.750	122.750	122.750	122.750	122.750	122.750	122.750	122.750

ΠΙΝΑΚΑΣ 36 ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 1.1.Γ

NPV	679.955 €
IRR	38,03%



ΕΙΚΟΝΑ 20 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ 1.1.Γ

ΣΕΝΑΡΙΟ Δ 70% ΙΔΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΑ-30% ΔΑΝΕΙΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ 37 ΠΙΝΑΚΑΣ ΛΟΓΑΡΙΑΣΜΟΥ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ 1.1.Δ

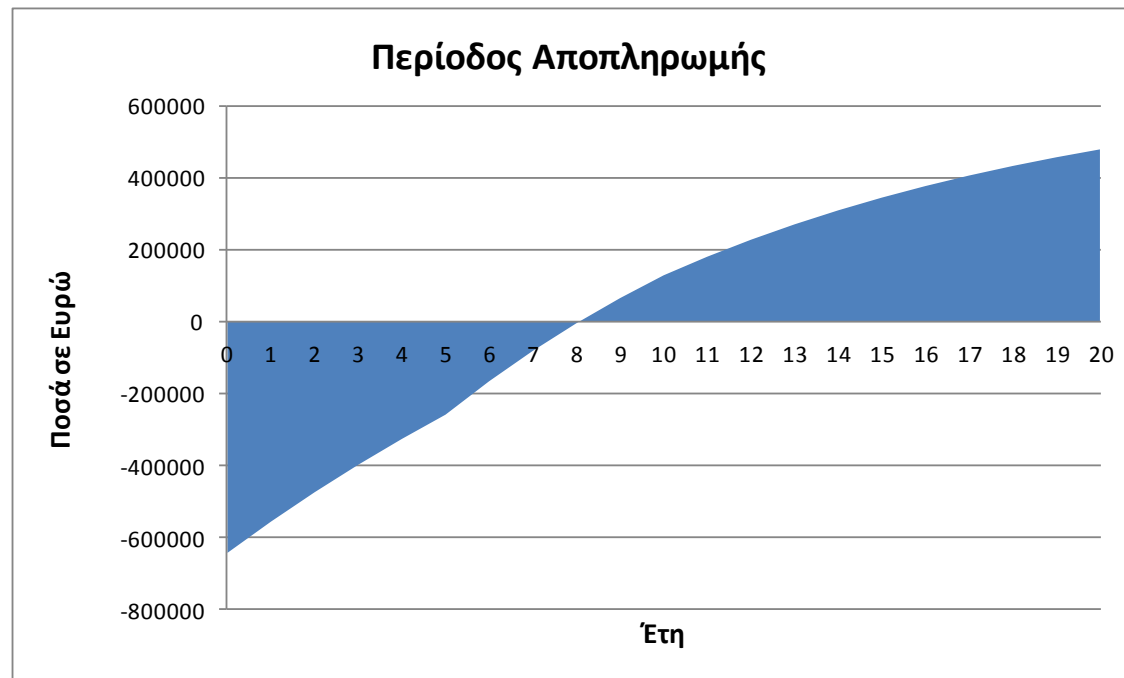
ΠΙΝΑΚΑΣ ΛΟΓΑΡΙΑΣΜΟΥ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ																				
ΕΤΟΣ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Όρες λειτουργίας/έτος	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
Μικτά Έσοδα (€)	384.446	384.446	384.446	384.446	384.446	384.446	384.446	384.446	384.446	384.446	384.446	384.446	384.446	384.446	384.446	384.446	384.446	384.446	384.446	384.446
Έξοδα (€)	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373	200.373
Μικτά Αποτέλεσμα στα Εκμετάλλευση	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073
Χρεωστικοί Τόκοι	16.487	13.562	10.462	7.176	3.692															
Ολικά Αποτέλεσμα στα Εκμετάλλευση	167.586	170.511	173.611	176.897	180.381	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073	184.073
Απόσβεση Εξοπλισμού	84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104
Απόσβεση Κεφαλαίου	48.745	51.670	54.770	58.056	61.539															
Αποσβέσεις	133.642	136.567	139.667	142.953	146.436	84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104
Καθαρά Αποτέλεσμα στα προ Φόρων	33.944	33.944	33.944	33.944	33.944	99.176	99.176	99.176	99.176	99.176	182.969	182.969	182.969	182.969	182.969	182.969	182.969	182.969	182.969	182.969
Φόρος	6.789	6.789	6.789	6.789	6.789	19.835	19.835	19.835	19.835	19.835	36.594	36.594	36.594	36.594	36.594	36.594	36.594	36.594	36.594	36.594
Καθαρά Αποτέλεσμα στα	27.156	27.156	27.156	27.156	27.156	79.341	79.341	79.341	79.341	79.341	146.375	146.375	146.375	146.375	146.375	146.375	146.375	146.375	146.375	146.375

ΠΙΝΑΚΑΣ 38 ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΣΡΟΩΝ – ΕΚΡΟΩΝ 1.1.Δ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΣΡΟΩΝ - ΕΚΡΟΩΝ																					
ΕΤΟΣ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ΕΙΣΡΟΕΣ																					
Ιδια κεφάλαια	641.151																				
Επιχορήγηση	-																				
Δάνειο	274.779																				
Αποσβέσεις		133.642	136.567	139.667	142.953	146.436	84.897	84.897	84.897	84.897	84.897	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104
Καθαρά Κέρδη		27.156	27.156	27.156	27.156	27.156	79.341	79.341	79.341	79.341	79.341	146.375	146.375	146.375	146.375	146.375	146.375	146.375	146.375	146.375	146.375
ΕΚΡΟΕΣ																					
Χρεωλύσια		65.232	65.232	65.232	65.232	65.232															
Αρχική Δαπάνη	915.931																				
Καθαρό Αποτέλεσμα	-	95.566	98.491	101.591	104.877	108.360	164.238	164.238	164.238	164.238	164.238	147.479	147.479	147.479	147.479	147.479	147.479	147.479	147.479	147.479	147.479

ΠΙΝΑΚΑΣ 39 ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 1.1.Δ

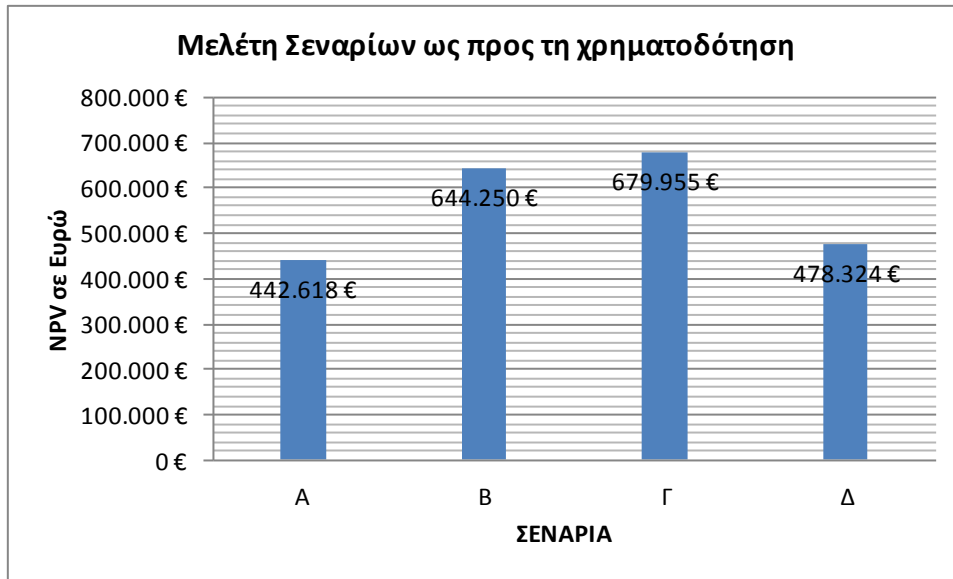
NPV	478.324 €
IRR	18,69%



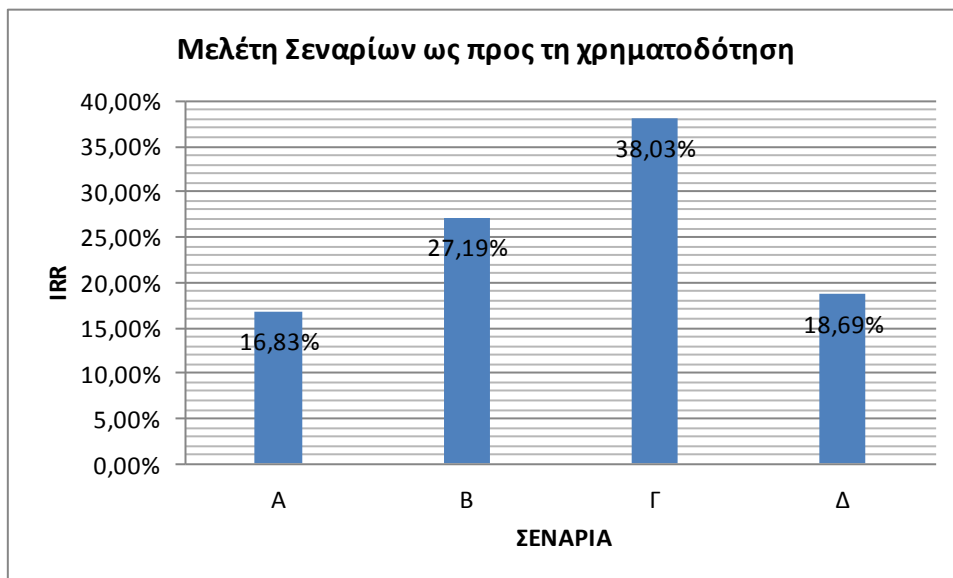
ΕΙΚΟΝΑ 21 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ 1.1.Δ

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ

Όπως φαίνεται από τα παρακάτω διαγράμματα οι πιο αποτελεσματικοί τρόποι χρηματοδότησης όσον αφορά τα ίδια κεφάλαια είναι με φθίνουσα σειρά, το σενάριο γ με συγχρηματοδότηση επιδότησης και δανείων, το σενάριο δ με επιδότηση, το σενάριο β με δάνειο, το σενάριο α με ίδια κεφάλαια.



ΕΙΚΟΝΑ 22 ΣΥΓΚΡΙΣΗ NPV ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ 1.1



ΕΙΚΟΝΑ 23 ΣΥΓΚΡΙΣΗ IRR ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ 1.1



ΕΙΚΟΝΑ 24 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΤΩΝ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ 1.1

Μονάδα 2

Παρακάτω παρουσιάζονται τα στοιχεία της εγκατάστασης για την μονάδα 2

Η ποσότητα η οποία οδηγείται προς ξήρανση είναι 5000 τόνοι. Θεωρούμε την αρχική της υγρασία 80%. Η απαιτούμενη θερμότητα για την ξήρανση της είναι 2530 MWh. Μετά την ξήρανση έχουμε μια ποσότητα 375 τόνων υπολειμμάτων βύνης με υγρασία 20%..

Η παραγωγή του βιοαερίου είναι στην περίπτωση αυτή 2.248.000,00 m³ κάθε χρόνο με σύσταση 60,75% μεθάνιο και 39,25 διοξείδιο του άνθρακα με κατώτερη θερμογόνο ικανότητα 21.741 kJ/m³. Η πυκνότητα του υπολογίζεται 1,21 kg/m³ και προέρχεται από την σύσταση του βιοαερίου σε μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα.

Στους παρακάτω πίνακες βλέπουμε τα χαρακτηριστικά του συστήματος παραγωγής ενέργειας που επιλέχθηκε.

ΠΙΝΑΚΑΣ 40 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΕΚ 1.2

Στοιχεία ΜΕΚ		
Ισχύς ΜΕΚ	700	kW
Ηλεκτρικός Βαθμός απόδοσης	41	%
Παροχή καυσίμου	0,095	kg/s
Παροχή καυσαερίου	1,19	kg/s
Θερμοκρασία καυσαερίων	525	C
Cp καυσαερίων	1,15	kJ/kgK
Θερμική ισχύς καυσαερίων	691	kW
Ποσοστό απωλειών καυσαερίων	41%	%
Ποσοστό απωλειών νερού ψύξης	15%	%
Θερμική ισχύς νερού ψύξης	255	kW
Ποσοστό Άλλων Απωλειών Θερμικής Ισχύος	3%	%
Άλλες Απώλειες Θερμικής Ισχύος	51	kW
Σ(απώλειες Θερμικής ισχύος)	996	kW
Ειδικό κόστος	800	€/kW
Κόστος	560.000	€

ΠΙΝΑΚΑΣ 41 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΛΑΘ 1. 2

Στοιχεία ΛΑΘ		
T in θερμού ρεύματος	525	C
T out θερμού ρεύματος	120	C
T in ψυχρού ρεύματος	80	C
T out ψυχρού ρεύματος	130	C
T ατμοποίησης ψυχρού ρεύματος	144	C
m ψυχρού ρεύματος	2,226	kg/s
m θερμού ρεύματος	1,19	kg/s
Ισχύς Λέβητα	470,9	kW
Βαθμός Απόδοσης Λέβητα	85%	%
Ειδικό κόστος	350	€/kW
Πίεση ψυχρού ρεύματος	4	bar
Κόστος	164.804	€

ΠΙΝΑΚΑΣ 42 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΨΥΚΤΗ ΑΠΟΡΡΦΗΣΗΣ 1.2

Στοιχεία Absorption Chiller 1		
T in ψυχόμενου νερού	130	C
T out ψυχόμενου νερού	80	C
Βαθμός Απόδοσης εναλλάκτη	90%	%
Προσδιδόμενη Θερμότητα	424	kW
m ψυκτικού νερού	2,23	kg/s
Ψυκτική Ισχύς	297	kW
Ειδικό κόστος	550	€/kW
COP	0,7	

Ο πίνακας που ακολουθεί είναι μία σύνοψη της παραγωγής ενέργειας, με τις απώλειες της και τις καταναλώσεις των καυσίμων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 43 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ 1.2

Θερμική Ισχύς από καύση βιοαερίου	1.697	kW
Ηλεκτρική Ισχύς από Θερμικές Μηχανές	700	kW
Σ(ηλεκτρική ισχύς)	700	kW
Σ(απώλειες υγρών ψύξης)	255	kW
Σ(απώλειες καυσαερίων)	691	kW
Σ(παροχή καυσαερίων)	1,19	kg/s
Σ(κατανάλωση βιοαερίου)	0,0945	kg/s
Σ(κατανάλωση Φυσικού Αερίου)	0,0141	kg/s
Ψυκτική Ισχύς	297	kW
Άλλες απώλειες θερμικής ισχύος	50,9	kW

Το κέρδος από την εγκατάσταση του ψύκτη απορρόφησης είναι 182.616 € κάθε έτος.

Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τον ξηραντήρα είναι 2238 τόνοι.

Ο πίνακας αυτός παρουσιάζει την μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από την εγκατάσταση της νέας μονάδας.

ΠΙΝΑΚΑΣ 44 ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ 1.2

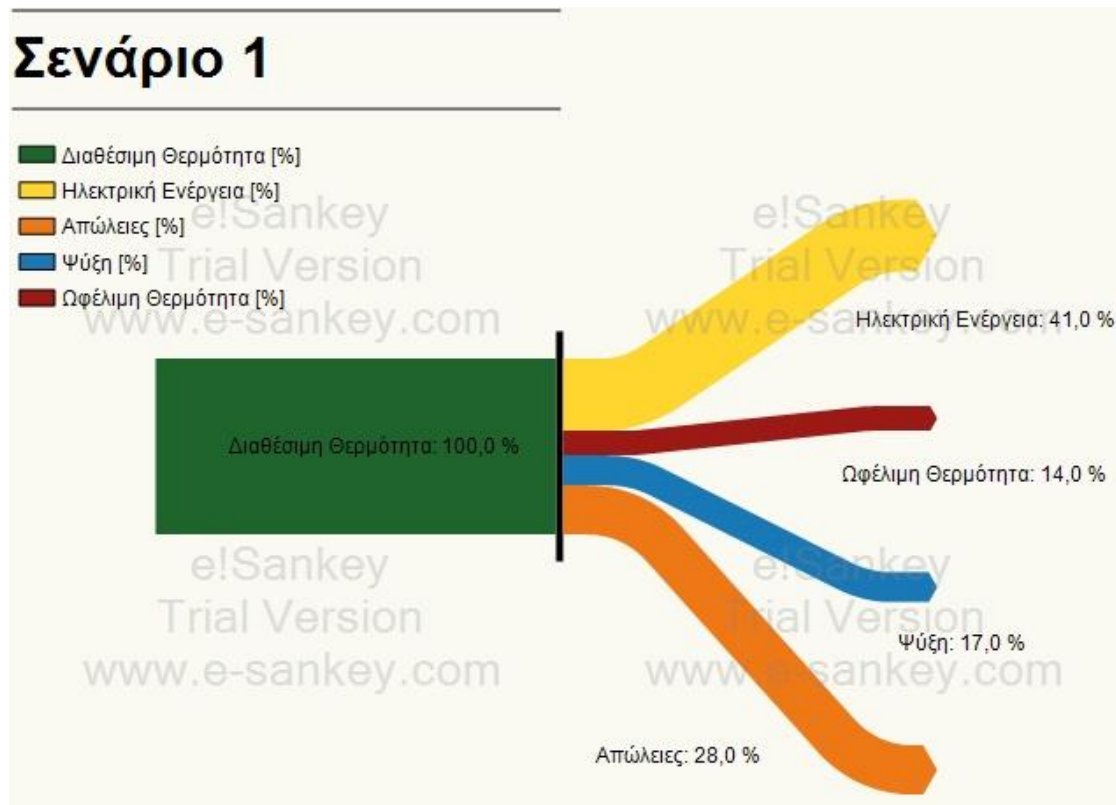
Μείωση εκπομπών Νέας μονάδας		
Λόγω Ηλεκτροπαραγωγής από βιοαέριο	6608	tons CO2
Λόγω Εγκατάστασης Absorption Chiller	2800	tons CO2
Λόγω Εγκατάστασης Λέβητα Βιοαερίου		tons CO2
Σύνολο	7.172	tons CO2
Έσοδα	57.373	€

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα θεωρούμενα κόστη για την αρχική εγκατάσταση της μονάδας βιοαερίου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 45 ΑΡΧΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ 1.2

Αρχική Επένδυση				
Επένδυση	Τιμή		Κόστος	
Κτήση Οικοπέδου	90	€/m ²	720000	€
Έργα πολιτικού μηχανικού	120	€/kW	84000	€
Χωνευτήρες και παρελκόμενα	600	€/m ³	1.345.286	€
Δεξαμενές αποθήκευσης χωνεμένου υπολείμματος	90	€/kW	63000	€
Σύστημα καθαρισμού βιοαερίου και αποθήκευσης	120	€/kW	84000	€
SCADA και κέντρο ελέγχου	80	€/kW	56000	€
Άλλα υποσυστήματα	120	€/kW	84000	€
Σύστημα συμπαραγωγής	1.269	€/kW	887.959	€
Διάφορος λοιπός μηχανολογικός εξοπλισμός(Ανυψωτικές-Μεταφορικές μηχανές)	160	€/kW	112000	€
Σύνολο (Κόστος επένδυσης)	2649	€/kW	3.436.245	€
Ανάπτυξη project	80	€/kW	56000	€
Σύνολο	2729	€/kW	3.492.245	€

Ακολουθεί το διάγραμμα Sankey της εγκατάστασης



ΕΙΚΟΝΑ 25 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ SANKEY 1.2

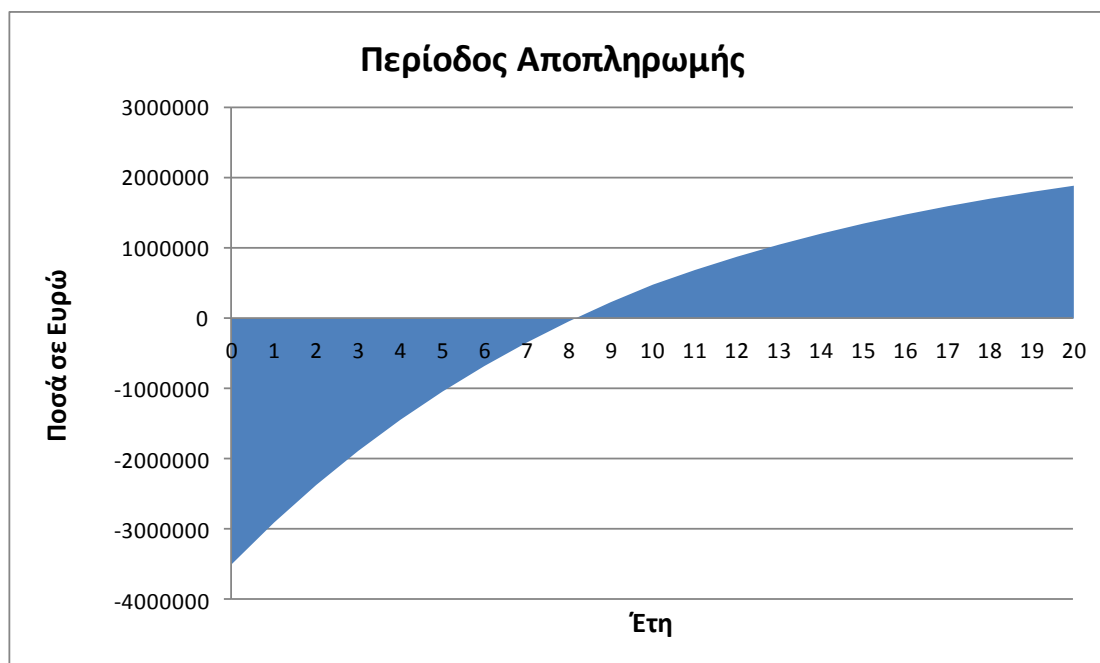
Ακολουθούν οι αναλυτικοί πίνακες για τα οικονομικά των τεσσάρων διαφορετικών σεναρίων ως προς την χρηματοδότηση

ΣΕΝΑΡΙΟ Α 100% ΙΔΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΑ

Στην περίπτωση που για την επένδυση χρησιμοποιηθούν μόνο ίδια κεφάλαια έχουμε τα εξής οικονομικά αποτελέσματα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 46 ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 1.2.Α

NPV	1.892.273 €
IRR	17,56%



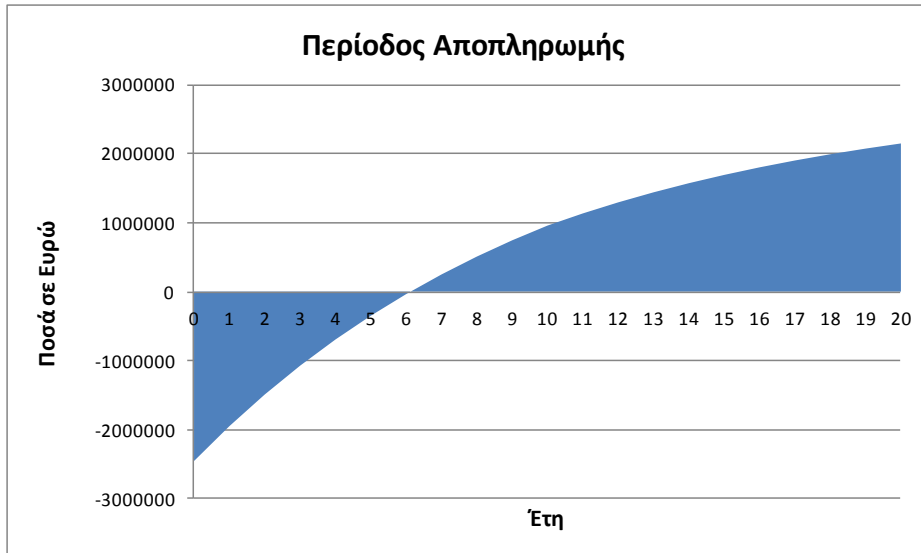
ΕΙΚΟΝΑ 26 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ 1.2.Α

ΣΕΝΑΡΙΟ Β 70% ΙΔΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΑ-30%ΕΠΙΔΟΤΗΣΗ

Στην περίπτωση που η επένδυση πραγματοποιηθεί με επιδότηση έχουμε τα εξής στοιχεία όσον αφορά την αξιοποίηση των ιδίων κεφαλαίων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 47 ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 1.2.Β

NPV	2.138.990 €
IRR	21,94%



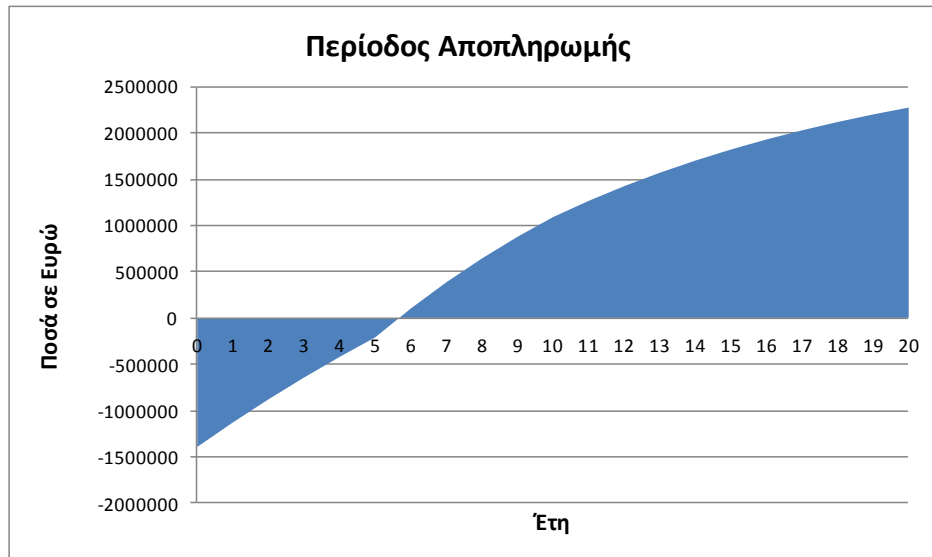
ΕΙΚΟΝΑ 27 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ 1.2.Β

ΣΕΝΑΡΙΟ Γ 40% ΙΔΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΑ-30%ΕΠΙΔΟΤΗΣΗ-30% ΔΑΝΕΙΑ

Στην περίπτωση που η επένδυση πραγματοποιηθεί με επιδότηση και δάνεια έχουμε τα εξής στοιχεία όσον αφορά την αξιοποίηση των ιδίων κεφαλαίων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 48 ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 1.2.Γ

NPV	2.275.128 €
IRR	26,80%



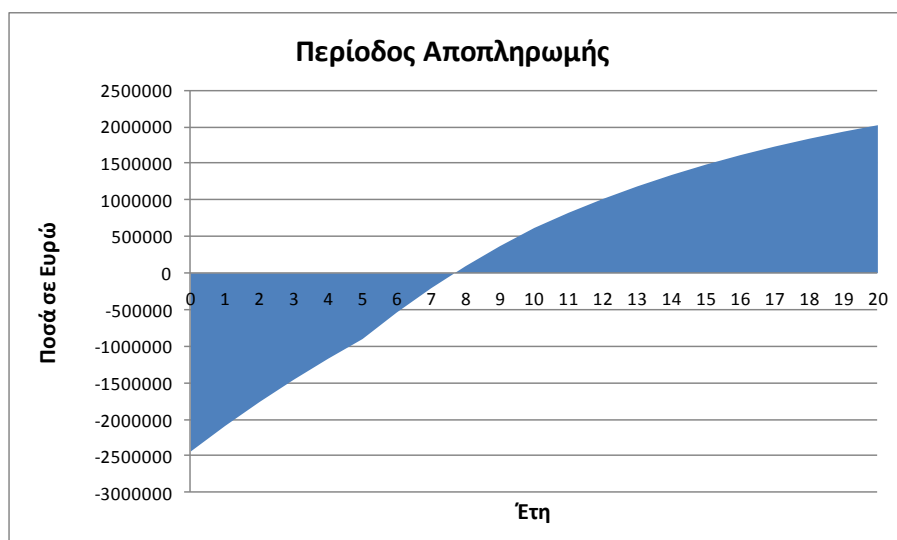
ΕΙΚΟΝΑ 28 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ 1.2.Γ

ΣΕΝΑΡΙΟ Δ 70% ΙΔΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΑ-30% ΔΑΝΕΙΑ

Στην περίπτωση που η επένδυση πραγματοποιηθεί με δάνεια έχουμε τα εξής στοιχεία όσον αφορά την αξιοποίηση των ιδίων κεφαλαίων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 49 ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 1.2.Δ

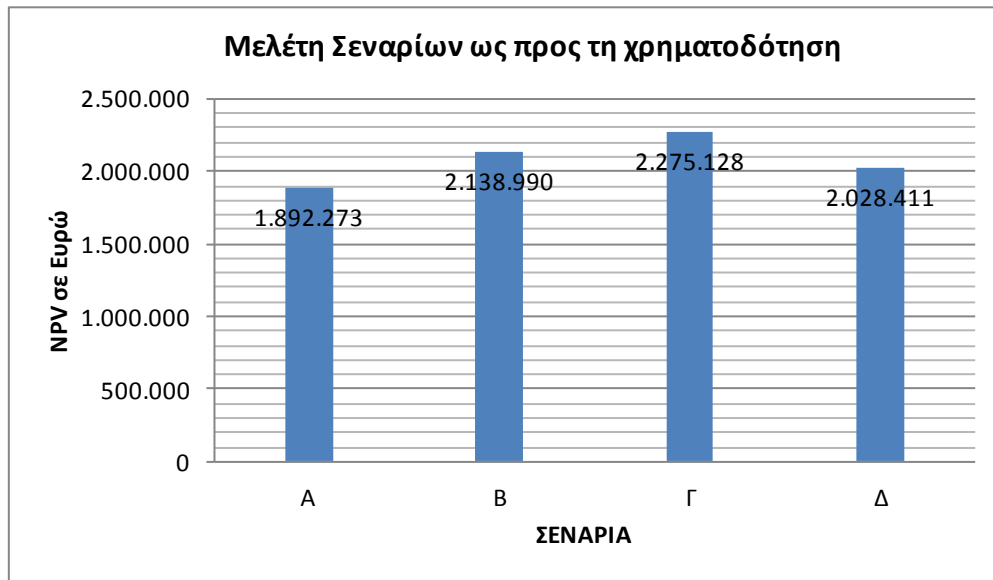
NPV	2.028.411 €
IRR	19,57%



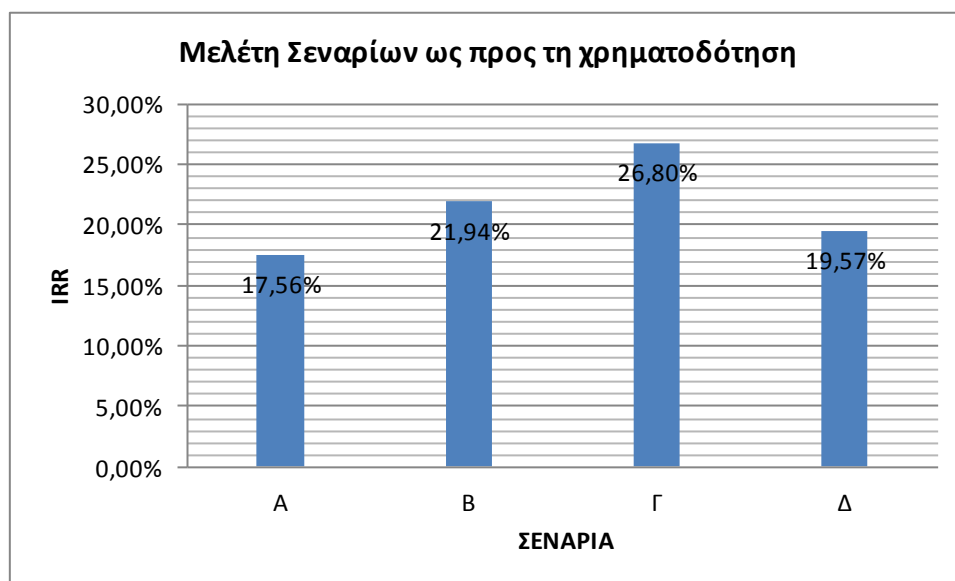
ΕΙΚΟΝΑ 29 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ 1.2.Δ

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ

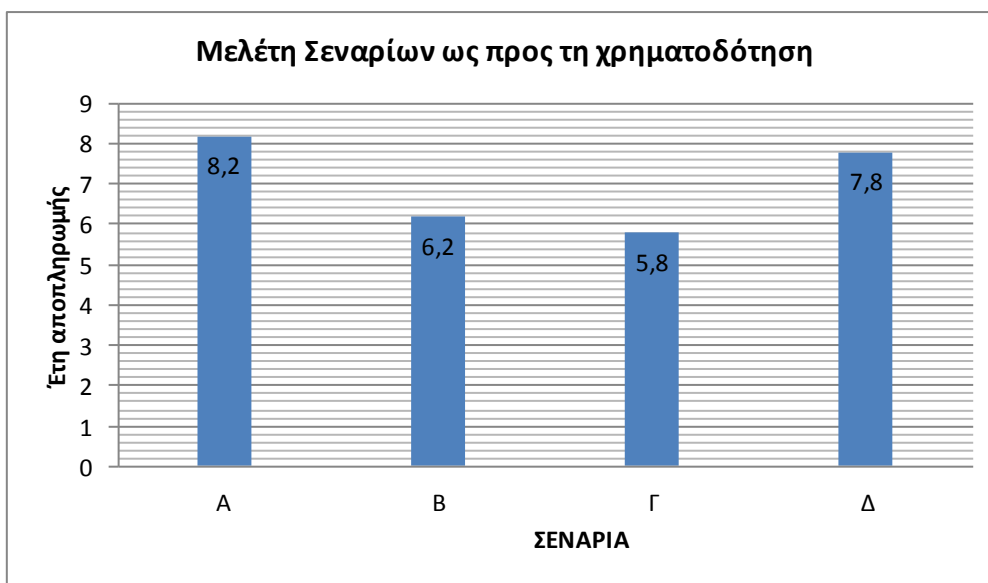
Όπως φαίνεται από τα παρακάτω διαγράμματα οι πιο αποτελεσματικοί τρόποι χρηματοδότησης όσον αφορά τα ίδια κεφάλαια είναι όμοια με αυτήν που προέκυψε για το σενάριο για την μικρότερη μονάδα. Έχουμε λοιπόν με φθίνουσα σειρά, το σενάριο γ με συγχρηματοδότηση επιδότησης και δανείων, το σενάριο δ με επιδότηση, το σενάριο β με δάνειο, το σενάριο α με ίδια κεφάλαια.



ΕΙΚΟΝΑ 30 ΣΥΓΚΡΙΣΗ NPV ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ 1.2



ΕΙΚΟΝΑ 31 ΣΥΓΚΡΙΣΗ IRR ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ 1.1



ΕΙΚΟΝΑ 32 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΤΩΝ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ 1.1

Για τα επόμενα σενάρια θα θεωρήσουμε ως τρόπο χρηματοδότησης μόνο τα ίδια κεφάλαια καθώς στις μέρες μας είναι η μοναδική σχεδόν χρηματοδοτική δυνατότητα που παρέχεται στις επιχειρήσεις και εκτός των άλλων μας δείχνει και την εικόνα του κόστους της συνολικής επένδυσης.

Σενάριο 2 ΜΕΚ-ΛΑΘ-ORC

Για το σενάριο αυτό το περισσότερα δεδομένα παραμένουν ίδια με τα προηγούμενο σενάριο με τη διαφορά ότι τώρα δεν έχουμε παραγωγή ψύξης αλλά παραγωγή επιπλέον ηλεκτρικού ρεύματος οπότε θα παρουσιαστούν εκτενώς μόνο τα στοιχεία που διαφοροποιούνται.

Μονάδα 1

ΠΙΝΑΚΑΣ 50 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΛΑΘ 2.1

Στοιχεία ΛΑΘ		
T in θερμού ρεύματος	500	C
T out θερμού ρεύματος	120	C
T in ψυχρού ρεύματος	80	C
T out ψυχρού ρεύματος	160	C
T ατμοποίησης ψυχρού ρεύματος	170	C
m ψυχρού ρεύματος	0,378	kg/s
m θερμού ρεύματος	0,35	kg/s
Ισχύς Λέβητα	129,1	kW
Βαθμός Απόδοσης Λέβητα	85%	%
Ειδικό κόστος	400	€/kW

Πίεση ψυχρού ρεύματος	8	bar
Κόστος	51.639	€

ΠΙΝΑΚΑΣ 51 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ORC 2.1

Στοιχεία ORC 1		
Θερμοκρασία εισόδου εναλλάκτη	160	C
Θερμοκρασία εξόδου εναλλάκτη	70	C
Παροχή ψυχόμενου ρεύματος	0,378	kg/s
Cr ψυχόμενου ρεύματος	4,263089332	kJ/kg*K
Βαθμός απόδοσης εναλλάκτη	90%	%
Θερμική ισχύς εισόδου	130,5976507	kW
Ηλεκτρικός Βαθμός απόδοσης	12%	%
Θερμικός Βαθμός απόδοσης		%
Παραγόμενη Ηλεκτρική Ισχύς	15,67171808	kW
Παραγόμενη Θερμική Ισχύς	0	kW
Ειδικό κόστος	3097	€/kW
Κόστος	48535	€

Ο πίνακας που ακολουθεί είναι μία σύνοψη της παραγωγής ενέργειας, με τις απώλειες της και τις καταναλώσεις των καυσίμων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 52 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ 2.1

Θερμική Ισχύς από καύση βιοαερίου	494	kW
Ηλεκτρική Ισχύς από Θερμικές Μηχανές	184	kW
Σ(ηλεκτρική ισχύς)	199,671718	kW
Σ(απώλειες υγρών ψύξης)	104	kW
Σ(απώλειες καυσαερίων)	192	kW
Σ(παροχή καυσαερίων)	0,35	kg/s
Σ(κατανάλωση βιοαερίου)	0,0277	kg/s
Σ(κατανάλωση Φυσικού Αερίου)	0,0141	kg/s
Ψυκτική Ισχύς	0	kW
Άλλες απώλειες θερμικής ισχύος	14,8	kW

Το κέρδος από την δημιουργία της μονάδας βιοαερίου είναι 12.073 € κάθε έτος.

Ο πίνακας αυτός παρουσιάζει την μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από την εγκατάσταση της νέας μονάδας.

ΠΙΝΑΚΑΣ 53 ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ 2.1

Μείωση εκπομπών Νέας μονάδας

Λόγω Ηλεκτροπαραγωγής από βιοαέριο	1885	tons CO2
Λόγω Εγκατάστασης Absorption Chiller	0	tons CO2
Λόγω Εγκατάστασης Λέβητα Βιοαερίου		tons CO2
Σύνολο	1.509	tons CO2
Έσοδα	12.073	€

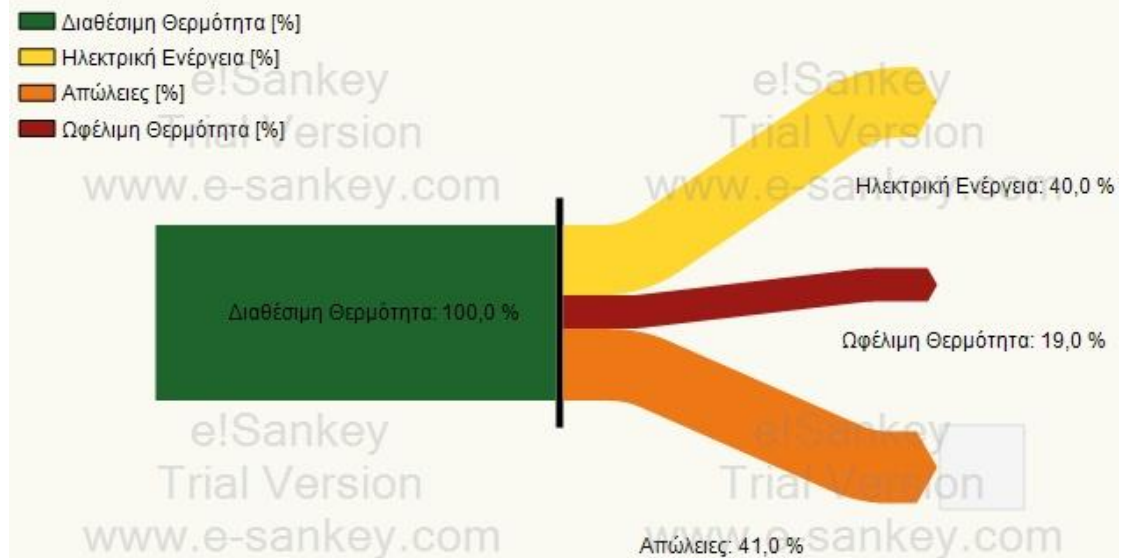
Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα θεωρούμενα κόστη για την αρχική εγκατάσταση της μονάδας βιοαερίου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 54 ΑΡΧΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ 2.1

Αρχική Επένδυση				
Επένδυση	Τιμή		Κόστος	
Κτήση Οικοπέδου	16	€/m ²	32000	€
Έργα πολιτικού μηχανικού	150	€/kW	27600	€
Χωνευτήρες και παρελκόμενα	800	€/m ³	400.000	€
Δεξαμενές αποθήκευσης χωνεμένου υπολείμματος	120	€/kW	22080	€
Σύστημα καθαρισμού βιοαερίου και αποθήκευσης	150	€/kW	27600	€
SCADA και κέντρο ελέγχου	100	€/kW	18400	€
Άλλα υποσυστήματα	120	€/kW	22080	€
Σύστημα συμπαραγωγής	1.644	€/kW	302.574	€
Διάφορος λοιπός μηχανολογικός εξοπλισμός(Ανυψωτικές-Μεταφορικές μηχανές)	200	€/kW	36800	€
Σύνολο (Κόστος επένδυσης)	3300	€/kW	889.134	€
Ανάπτυξη project	100	€/kW	18400	€
Σύνολο	3400	€/kW	907.534	€

Ακολουθεί το διάγραμμα Sankey της εγκατάστασης

Σενάριο 2

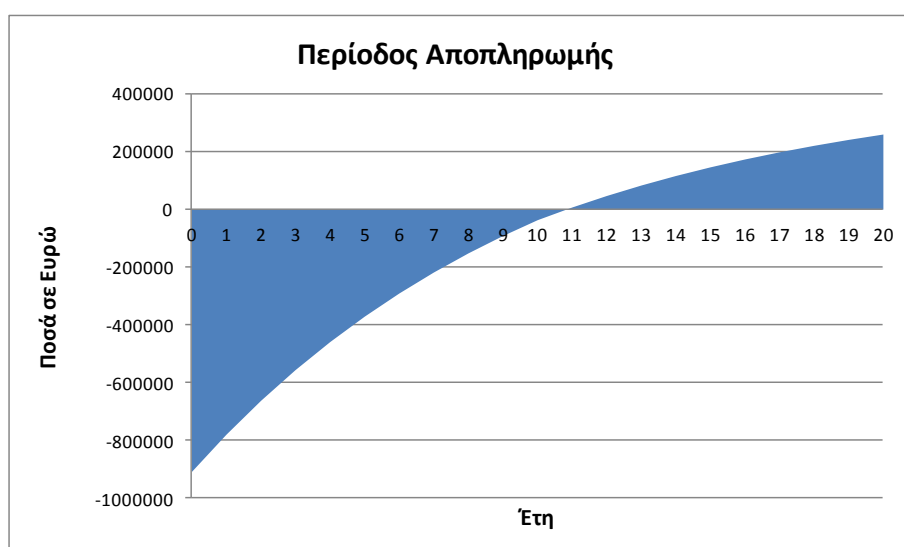


ΕΙΚΟΝΑ 33 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ SANKEY 2.1

Οι δείκτες για την οικονομική αξιολόγηση για το σενάριο αυτό παρουσιάζονται παρακάτω

ΠΙΝΑΚΑΣ 55 ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 2.1.

NPV	259.763 €
IRR	14,15%



ΕΙΚΟΝΑ 34 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ 2.1

Μονάδα 2

Όμοια με το προηγούμενο σενάριο για τη μονάδα 1, για το σενάριο θα παρουσιαστούν εκτενώς μόνο τα στοιχεία που διαφοροποιούνται.

ΠΙΝΑΚΑΣ 56 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΛΑΘ 2.2

Στοιχεία ΛΑΘ		
T in θερμού ρεύματος	525	C
T out θερμού ρεύματος	120	C
T in ψυχρού ρεύματος	80	C
T out ψυχρού ρεύματος	160	C
T ατμοποίησης ψυχρού ρεύματος	170	C
m ψυχρού ρεύματος	1,379	kg/s
m θερμού ρεύματος	1,19	kg/s
Ισχύς Λέβητα	470,9	kW
Βαθμός Απόδοσης Λέβητα	85%	%
Ειδικό κόστος	400	€/kW
Πίεση ψυχρού ρεύματος	8	bar
Κόστος	188.347	€

ΠΙΝΑΚΑΣ 57 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ORC 2.2

Στοιχεία ORC		
Θερμοκρασία εισόδου εναλλάκτη	160	C
Θερμοκρασία εξόδου εναλλάκτη	80	C
Παροχή ψυχόμενου ρεύματος	1,379	kg/s
Cp ψυχόμενου ρεύματος	4,27	kJ/kg*K
Βαθμός απόδοσης εναλλάκτη	90%	%
Θερμική ισχύς εισόδου	424	kW
Ηλεκτρικός Βαθμός απόδοσης	12%	%
Θερμικός Βαθμός απόδοσης		%
Παραγόμενη Ηλεκτρική Ισχύς	51	kW
Παραγόμενη Θερμική Ισχύς	0	kW
Ειδικό κόστος	2524	€/kW
Κόστος	128349	€

Ο πίνακας που ακολουθεί είναι μία σύνοψη της παραγωγής ενέργειας, με τις απώλειες της και τις καταναλώσεις των καυσίμων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 58 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ 2.2

Θερμική Ισχύς από καύση βιοαερίου	1.697	kW
Ηλεκτρική Ισχύς από Θερμικές Μηχανές	700	kW
Σ(ηλεκτρική ισχύς)	750,853715	kW
Σ(απώλειες υγρών ψύξης)	255	kW
Σ(απώλειες καυσαερίων)	691	kW
Σ(παροχή καυσαερίων)	1,19	kg/s
Σ(κατανάλωση βιοαερίου)	0,0945	kg/s
Σ(κατανάλωση Φυσικού Αερίου)	0,0141	kg/s
Ψυκτική Ισχύς	0	kW
Άλλες απώλειες θερμικής ισχύος	50,9	kW

Το κέρδος από την δημιουργία της μονάδας βιοαερίου είναι 38.810 € κάθε έτος.

Ο πίνακας αυτός παρουσιάζει την μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από την εγκατάσταση της νέας μονάδας.

ΠΙΝΑΚΑΣ 59 ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ 2.2

Μείωση εκπομπών Νέας μονάδας		
Λόγω Ηλεκτροπαραγωγής από βιοαέριο	7088	tons CO2
Λόγω Εγκατάστασης Absorption Chiller	0	tons CO2
Σύνολο	4.851	tons CO2
Έσοδα	38.810	€

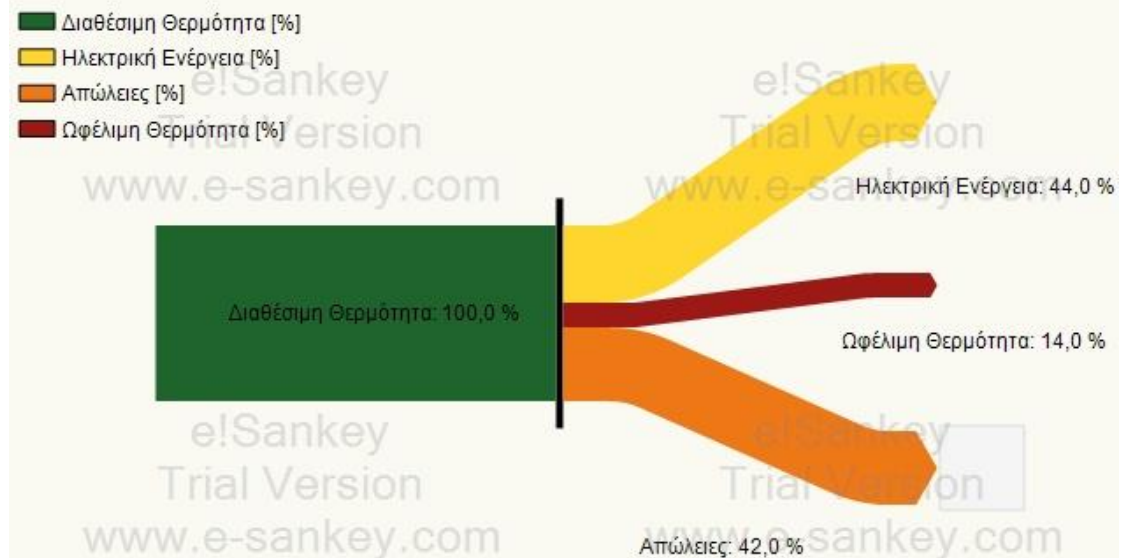
Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα θεωρούμενα κόστη για την αρχική εγκατάσταση της μονάδας βιοαερίου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 60 ΑΡΧΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ 2.2

Αρχική Επένδυση				
Επένδυση	Τιμή		Κόστος	
Κτήση Οικοπέδου	90	€/m ²	720000	€
Έργα πολιτικού μηχανικού	120	€/kW	84000	€
Χωνευτήρες και παρελκόμενα	600	€/m ³	1.345.286	€
Δεξαμενές αποθήκευσης χωνεμένου υπολείμματος	90	€/kW	63000	€
Σύστημα καθαρισμού βιοαερίου και αποθήκευσης	120	€/kW	84000	€
SCADA και κέντρο ελέγχου	80	€/kW	56000	€
Άλλα υποσυστήματα	120	€/kW	84000	€
Σύστημα συμπαραγωγής	1.252	€/kW	876.696	€
Διάφορος λοιπός μηχανολογικός εξοπλισμός(Ανυψωτικές-Μεταφορικές μηχανές)	160	€/kW	112000	€
Σύνολο (Κόστος επένδυσης)	2632	€/kW	3.424.982	€
Ανάπτυξη project	80	€/kW	56000	€
Σύνολο	2712	€/kW	3.480.982	€

Ακολουθεί το διάγραμμα Sankey της εγκατάστασης

Σενάριο 2

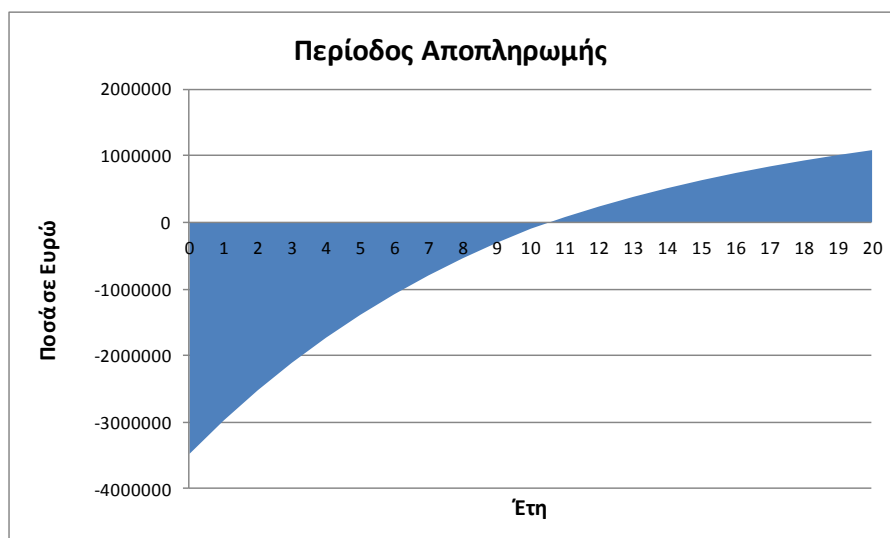


ΕΙΚΟΝΑ 35 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ SANKEY 2.2

Οι δείκτες για την οικονομική αξιολόγηση για το σενάριο αυτό παρουσιάζονται παρακάτω

ΠΙΝΑΚΑΣ 61 ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 2.2

NPV	1.085.580 €
IRR	14,48%



ΕΙΚΟΝΑ 36 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ 2.2

Σενάριο 3 ΜΕΚ-ΛΑΘ-Absorption Chiller-ORC

Για το σενάριο αυτό το θα παρουσιαστούν εκτενώς μόνο τα στοιχεία που διαφοροποιούνται από τα υπόλοιπα σενάρια

Μονάδα 1

ΠΙΝΑΚΑΣ 62 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΛΑΘ 3.1

Στοιχεία ΛΑΘ		
T in θερμού ρεύματος	500	C
T out θερμού ρεύματος	120	C
T in ψυχρού ρεύματος	70	C
T out ψυχρού ρεύματος	130	C
T ατμοποίησης ψυχρού ρεύματος	144	C
m ψυχρού ρεύματος	0,509	kg/s
m θερμού ρεύματος	0,35	kg/s
Ισχύς Λέβητα	129,1	kW
Βαθμός Απόδοσης Λέβητα	85%	%
Ειδικό κόστος	400	€/kW
Πίεση ψυχρού ρεύματος	4	bar
Κόστος	51.639	€

ΠΙΝΑΚΑΣ 63 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΨΥΚΤΗ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ 3.1

Στοιχεία Absorption Chiller		
T in ψυχόμενου νερού	130	C
T out ψυχόμενου νερού	100	C
Βαθμός Απόδοσης εναλλάκτη	90%	%
Προσδιδόμενη Θερμότητα	58	kW
m ψυκτικού νερού	0,51	kg/s
Ψυκτική Ισχύς	41	kW
Ειδικό κόστος	750	€/kW
COP	0,7	

ΠΙΝΑΚΑΣ 64 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ORC 3.1

Στοιχεία ORC		
Θερμοκρασία εισόδου εναλλάκτη	100	C
Θερμοκρασία εξόδου εναλλάκτη	70	C
Παροχή ψυχόμενου ρεύματος	0,509	kg/s
Cp ψυχόμενου ρεύματος	4,20	kJ/kg*K
Βαθμός απόδοσης εναλλάκτη	90%	%
Θερμική ισχύς εισόδου	57,76	kW
Ηλεκτρικός Βαθμός απόδοσης	7%	%
Θερμικός Βαθμός απόδοσης		%
Παραγόμενη Ηλεκτρική Ισχύς	4,04	kW
Παραγόμενη Θερμική Ισχύς	0	kW
Ειδικό κόστος	3921	€/kW
Κόστος	15854	€

Ο πίνακας που ακολουθεί είναι μία σύνοψη της παραγωγής ενέργειας, με τις απώλειες της και τις καταναλώσεις των καυσίμων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 65 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ 3.1

Θερμική Ισχύς από καύση βιοαερίου	494	kW
Ηλεκτρική Ισχύς από Θερμικές Μηχανές	184	kW
Σ(ηλεκτρική ισχύς)	188,043369	kW
Σ(απώλειες υγρών ψύξης)	104	kW
Σ(απώλειες καυσαερίων)	192	kW
Σ(παροχή καυσαερίων)	0,35	kg/s
Σ(κατανάλωση βιοαερίου)	0,0277	kg/s
Σ(κατανάλωση Φυσικού Αερίου)	0,0141	kg/s
Ψυκτική Ισχύς	41	kW
Άλλες απώλειες θερμικής ισχύος	14,8	kW

Το κέρδος από την δημιουργία της μονάδας βιοαερίου είναι 14.276 € κάθε έτος.

Ο πίνακας αυτός παρουσιάζει την μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από την εγκατάσταση της νέας μονάδας.

ΠΙΝΑΚΑΣ 66 ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ 3.1

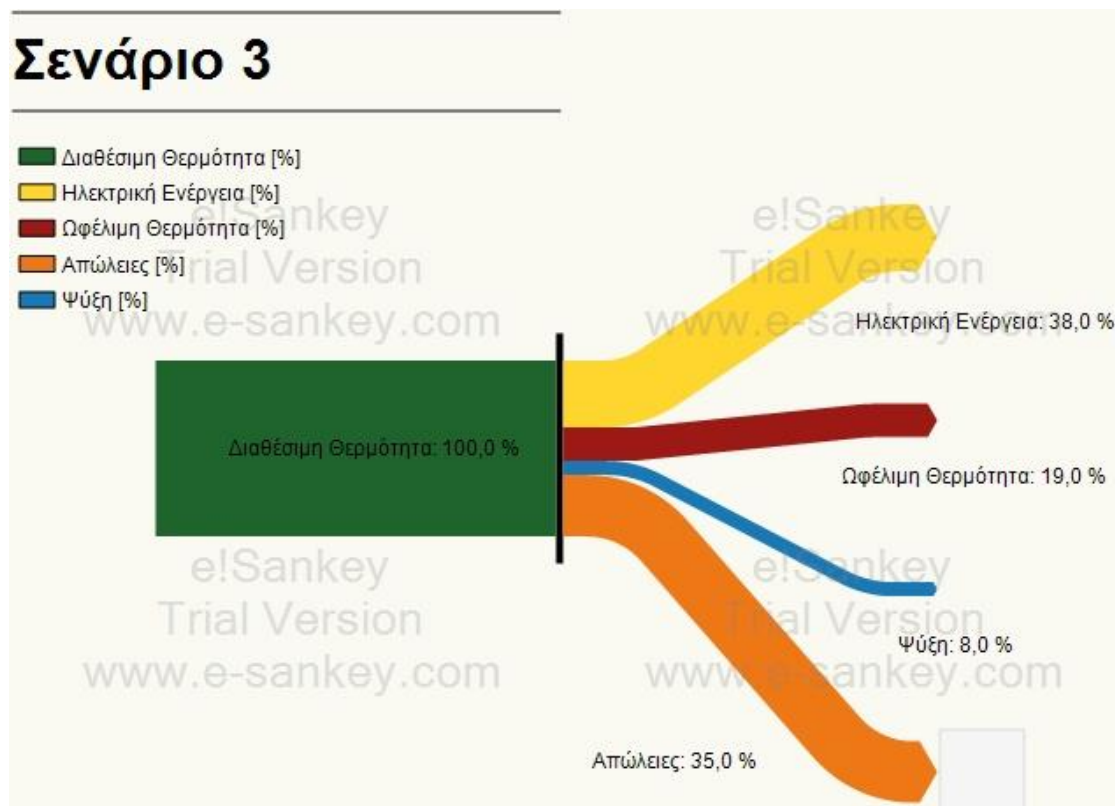
Μείωση εκπομπών Νέας μονάδας		
Λόγω Ηλεκτροπαραγωγής από βιοαέριο	1775	tons CO2
Λόγω Εγκατάστασης Absorption Chiller	385	tons CO2
Σύνολο	1.785	tons CO2
Έσοδα	14.276	€

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα θεωρούμενα κόστη για την αρχική εγκατάσταση της μονάδας βιοαερίου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 67 ΑΡΧΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ 3.1

Αρχική Επένδυση				
Επένδυση	Τιμή		Κόστος	
Κτήση Οικοπέδου	16	€/m ²	32000	€
Έργα πολιτικού μηχανικού	150	€/kW	27600	€
Χωνευτήρες και παρελκόμενα	800	€/m ³	400.000	€
Διαχωριστής (Decanter separator)	120	€/kW	22080	€
Σύστημα καθαρισμού βιοαερίου	150	€/kW	27600	€
SCADA και κέντρο ελέγχου	100	€/kW	18400	€
Άλλα υποσυστήματα	120	€/kW	22080	€
Σύστημα συμπαραγωγής	1.633	€/kW	300.495	€
Διάφορος λοιπός μηχανολογικός εξοπλισμός(Ανυψωτικές-Μεταφορικές μηχανές)	200	€/kW	36800	€
Σύνολο (Κόστος επένδυσης)	3289	€/kW	887.055	€
Ανάπτυξη project	100	€/kW	18400	€
Σύνολο	3389	€/kW	905.455	€

Ακολουθεί το διάγραμμα Sankey της εγκατάστασης

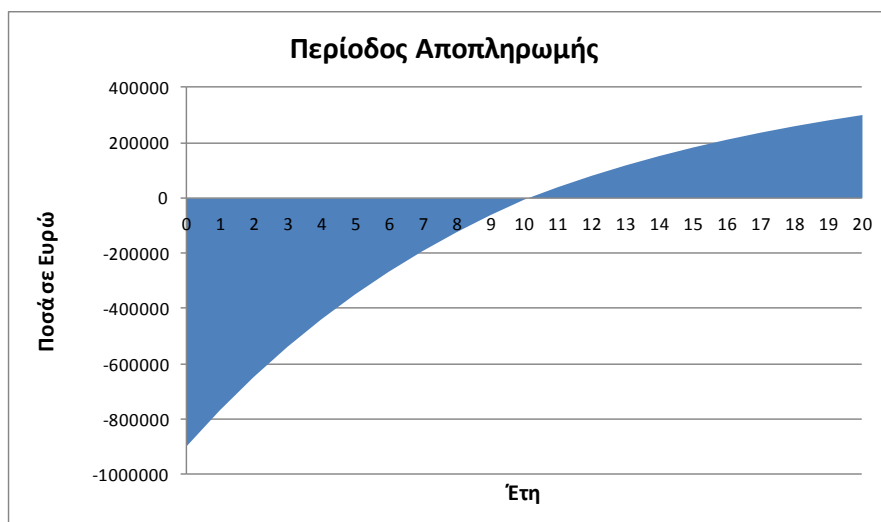


ΕΙΚΟΝΑ 37 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ SANKEY 3.1

Οι δείκτες για την οικονομική αξιολόγηση για το σενάριο αυτό παρουσιάζονται παρακάτω

ΠΙΝΑΚΑΣ 68 ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 3.1

NPV	302.649 €
IRR	14,82%



ΕΙΚΟΝΑ 38 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ 3.1

Μονάδα 2

Όμοια με το προηγούμενο σενάριο για τη μονάδα 1, για το σενάριο θα παρουσιαστούν εκτενώς μόνο τα στοιχεία που διαφοροποιούνται.

ΠΙΝΑΚΑΣ 69 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΛΑΘ 3.2

Στοιχεία ΛΑΘ		
T in θερμού ρεύματος	525	C
T out θερμού ρεύματος	120	C
T in ψυχρού ρεύματος	70	C
T out ψυχρού ρεύματος	130	C
T ατμοποίησης ψυχρού ρεύματος	144	C
m ψυχρού ρεύματος	1,857	kg/s
m θερμού ρεύματος	1,19	kg/s
Ισχύς Λέβητα	470,9	kW
Βαθμός Απόδοσης Λέβητα	85%	%
Ειδικό κόστος	350	€/kW
Πίεση ψυχρού ρεύματος	4	bar
Κόστος	164.804	€

ΠΙΝΑΚΑΣ 70 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΨΥΚΤΗ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ 3.2

Στοιχεία Absorption Chiller		
T in ψυχόμενου νερού	130	C
T out ψυχόμενου νερού	100	C
Βαθμός Απόδοσης εναλλάκτη	90%	%
Προσδιδόμενη Θερμότητα	213	kW
m ψυκτικού νερού	1,86	kg/s
Ψυκτική Ισχύς	149	kW
Ειδικό κόστος	600	€/kW
COP	0,7	

ΠΙΝΑΚΑΣ 71 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ORC 3.2

Στοιχεία ORC		
Θερμοκρασία εισόδου εναλλάκτη	100	C
Θερμοκρασία εξόδου εναλλάκτη	70	C
Παροχή ψυχόμενου ρεύματος	1,857	kg/s
Cp ψυχόμενου ρεύματος	4,20	kJ/kg*K
Βαθμός απόδοσης εναλλάκτη	90%	%
Θερμική ισχύς εισόδου	211	kW
Ηλεκτρικός Βαθμός απόδοσης	7%	%
Θερμικός Βαθμός απόδοσης		%
Παραγόμενη Ηλεκτρική Ισχύς	15	kW
Παραγόμενη Θερμική Ισχύς	0	kW
Ειδικό κόστος	3130	€/kW
Κόστος	46168	€

Ο πίνακας που ακολουθεί είναι μία σύνοψη της παραγωγής ενέργειας, με τις απώλειες της και τις καταναλώσεις των καυσίμων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 72 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ 3.2

Θερμική Ισχύς από καύση βιοαερίου	1.697	kW
Ηλεκτρική Ισχύς από Θερμικές Μηχανές	700	kW
Σ(ηλεκτρική ισχύς)	714,747755	kW
Σ(απώλειες υγρών ψύξης)	255	kW
Σ(απώλειες καυσαερίων)	691	kW
Σ(παροχή καυσαερίων)	1,19	kg/s
Σ(κατανάλωση βιοαερίου)	0,0945	kg/s
Σ(κατανάλωση Φυσικού Αερίου)	0,0141	kg/s
Ψυκτική Ισχύς	149	kW
Άλλες απώλειες θερμικής ισχύος	50,9	kW

Το κέρδος από την δημιουργία της μονάδας βιοαερίου είναι 47.323 € κάθε έτος.

Ο πίνακας αυτός παρουσιάζει την μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από την εγκατάσταση της νέας μονάδας.

ΠΙΝΑΚΑΣ 73 ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ 3.2

Μείωση εκπομπών Νέας μονάδας		
Λόγω Ηλεκτροπαραγωγής από βιοαέριο	6747	tons CO2
Λόγω Εγκατάστασης Absorption Chiller	1405	tons CO2
Σύνολο	5.915	tons CO2
Έσοδα	47.323	€

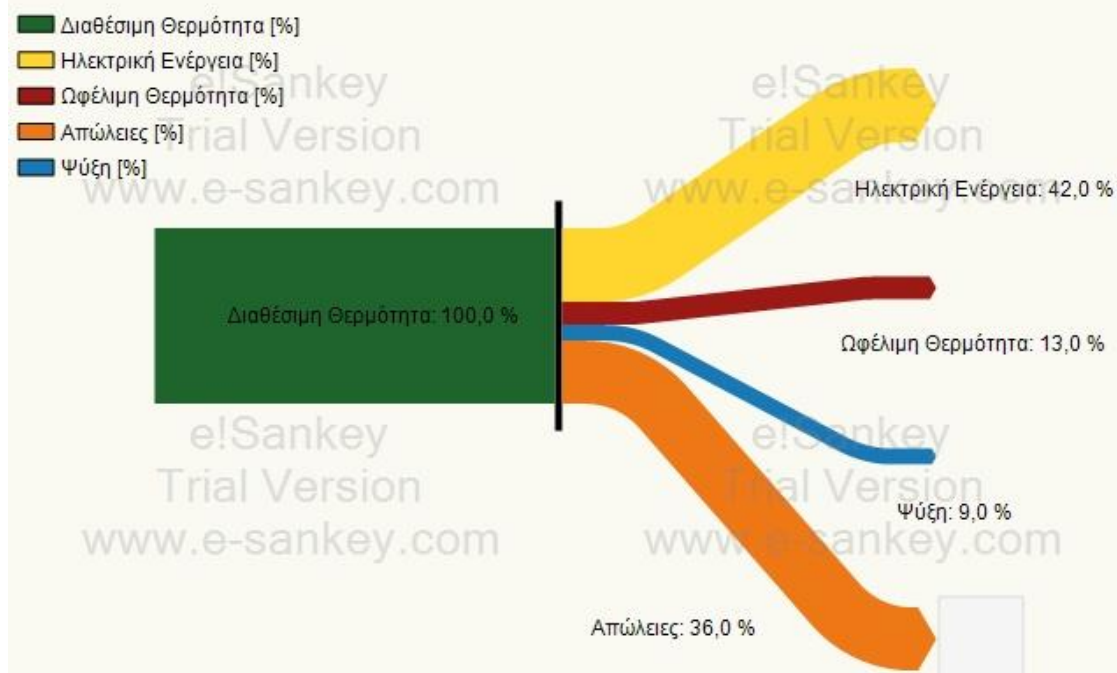
Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα θεωρούμενα κόστη για την αρχική εγκατάσταση της μονάδας βιοαερίου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 74 ΑΡΧΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ 3.2

Αρχική Επένδυση				
Επένδυση	Τιμή		Κόστος	
Κτήση Οικοπέδου	90	€/m ²	720000	€
Έργα πολιτικού μηχανικού	120	€/kW	84000	€
Χωνευτήρες και παρελκόμενα	600	€/m ³	1.345.286	€
Δεξαμενές αποθήκευσης χωνεμένου υπολείμματος	90	€/kW	63000	€
Σύστημα καθαρισμού βιοαερίου και αποθήκευσης	120	€/kW	84000	€
SCADA και κέντρο ελέγχου	80	€/kW	56000	€
Άλλα υποσυστήματα	120	€/kW	84000	€
Σύστημα συμπαραγωγής	1.229	€/kW	860.264	€
Διάφορος λοιπός μηχανολογικός εξοπλισμός(Ανυψωτικές-Μεταφορικές μηχανές)	160	€/kW	112000	€
Σύνολο (Κόστος επένδυσης)	2609	€/kW	3.408.550	€
Ανάπτυξη project	80	€/kW	56000	€
Σύνολο	2689	€/kW	3.464.550	€

Ακολουθεί το διάγραμμα Sankey της εγκατάστασης

Σενάριο 3

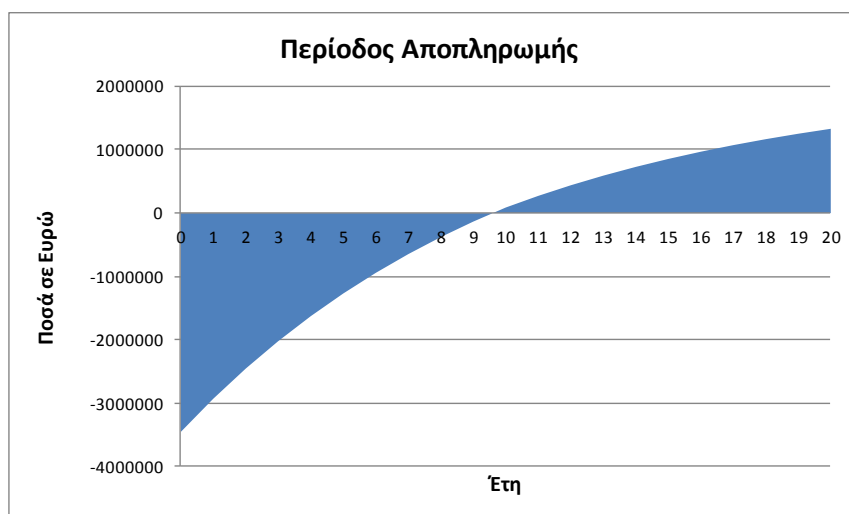


ΕΙΚΟΝΑ 39 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ SANKEY 3.2

Οι δείκτες για την οικονομική αξιολόγηση για το σενάριο αυτό παρουσιάζονται παρακάτω

ΠΙΝΑΚΑΣ 75 ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 3.2

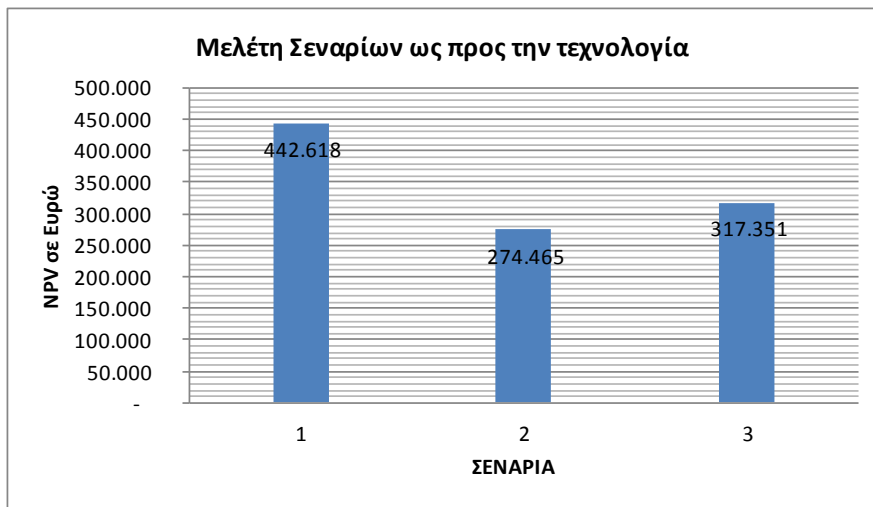
NPV	1.335.059 €
IRR	15,48%



ΕΙΚΟΝΑ 40 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ 3.2

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΙΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

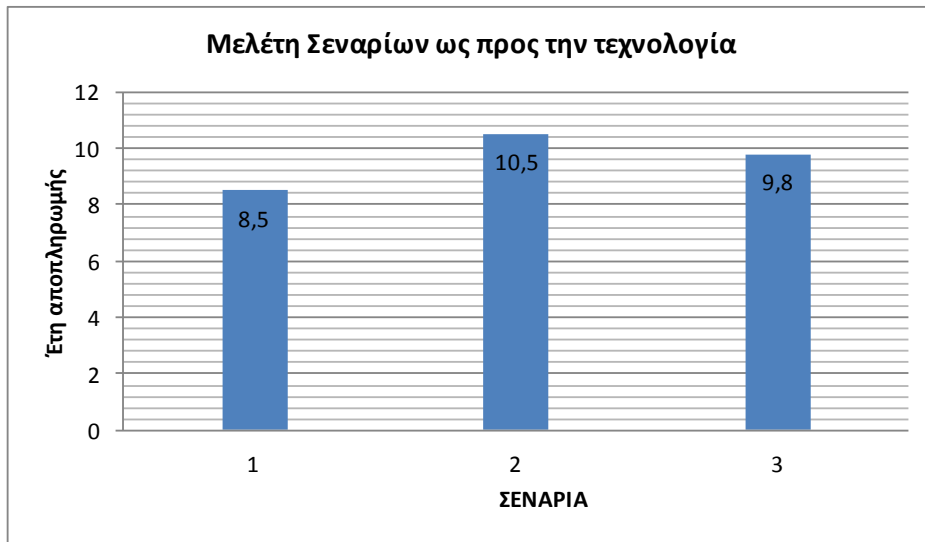
Μονάδα 1



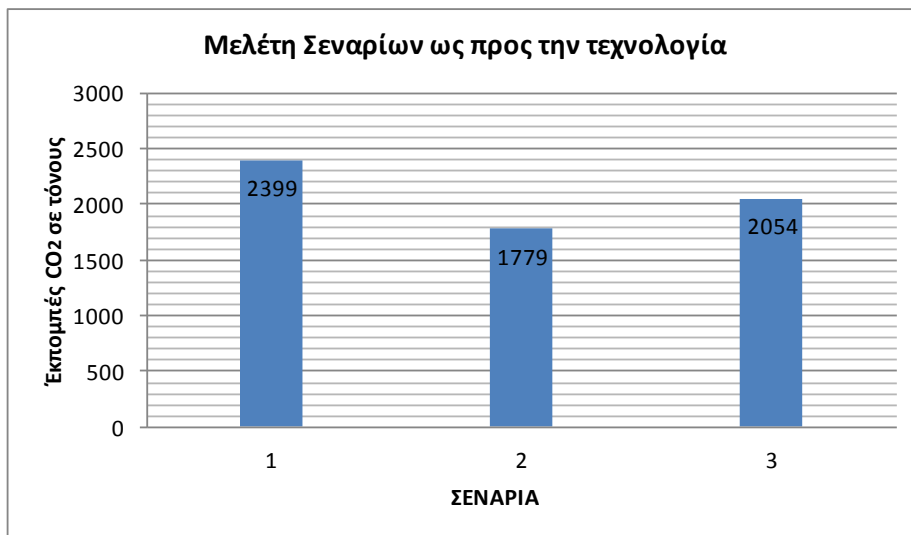
ΕΙΚΟΝΑ 41 ΣΥΓΚΡΙΣΗ NPV ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ 1



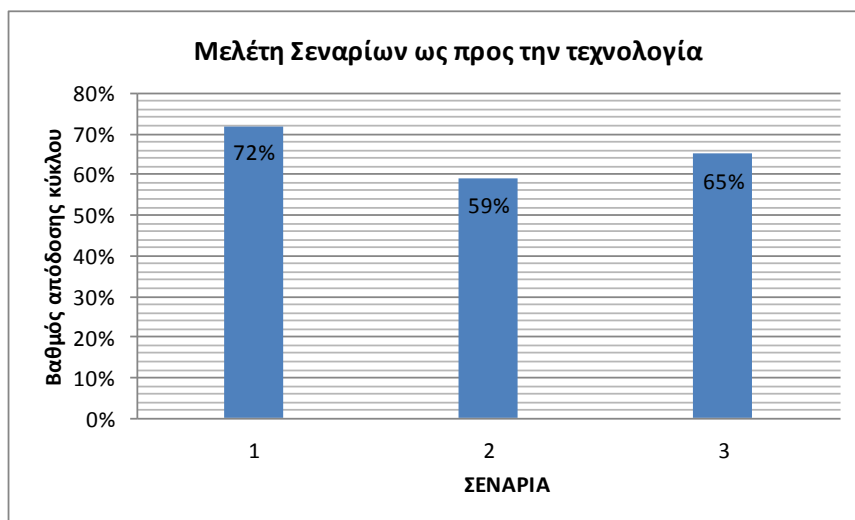
ΕΙΚΟΝΑ 42 ΣΥΓΚΡΙΣΗ IRR ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ 2



ΕΙΚΟΝΑ 43 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΤΩΝ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ 1

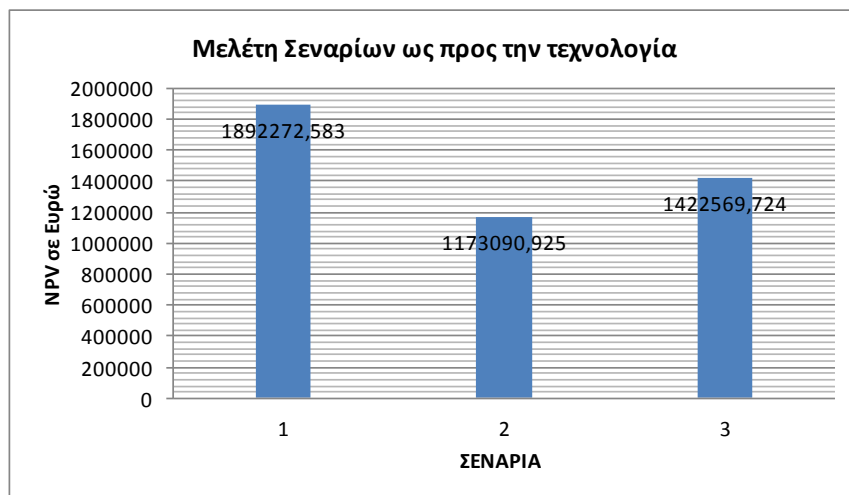


ΕΙΚΟΝΑ 44 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ 1

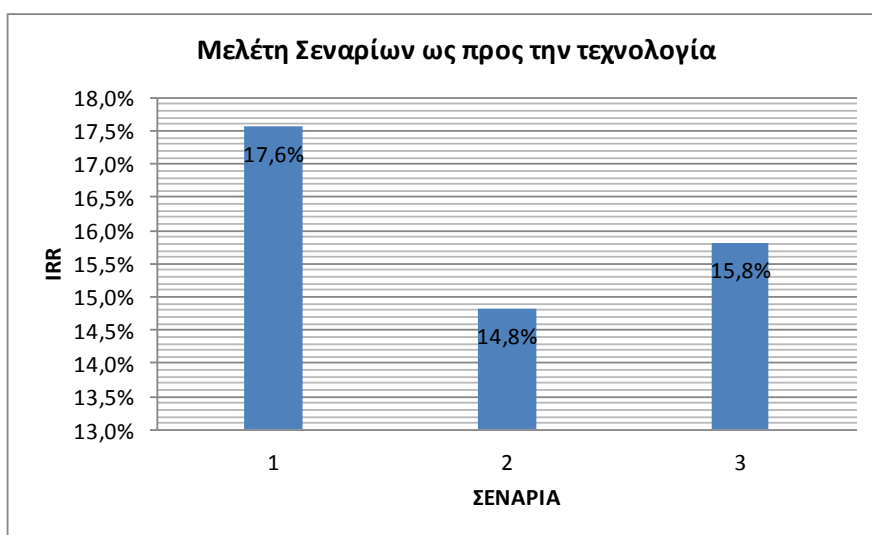


ΕΙΚΟΝΑ 45 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΔΟΣΕΩΝ ΚΥΚΛΟΥ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ 1

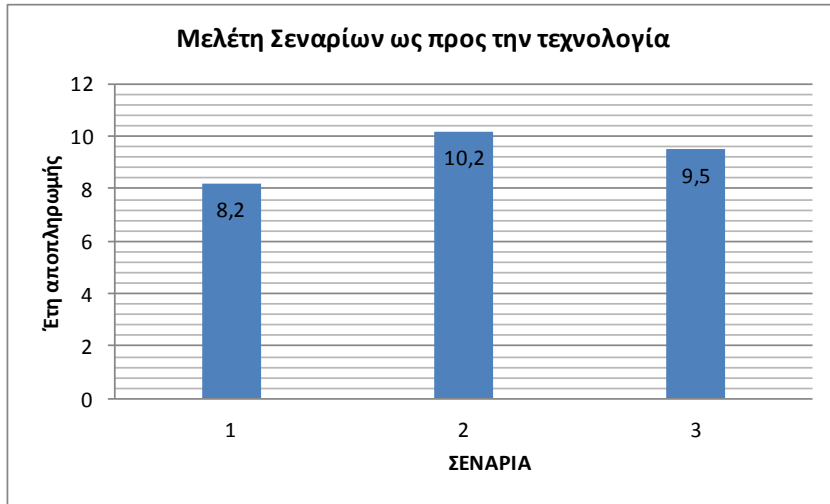
Μονάδα 2



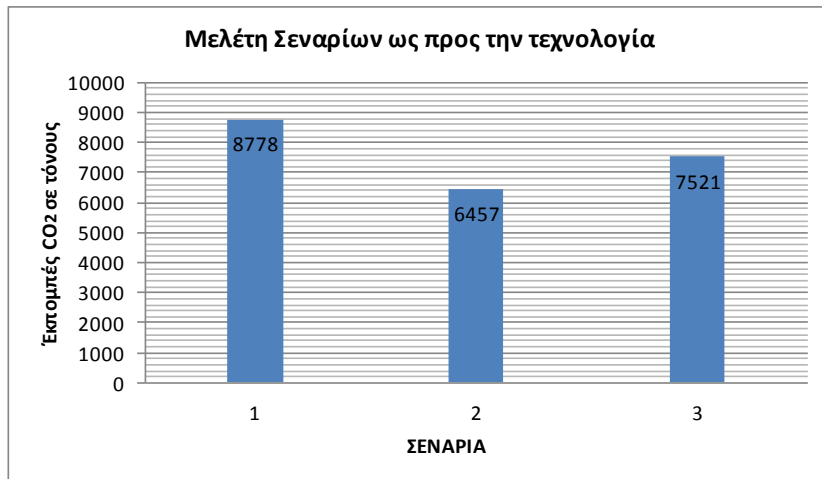
ΕΙΚΟΝΑ 46 ΣΥΓΚΡΙΣΗ NPV ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ 2



ΕΙΚΟΝΑ 47 ΣΥΓΚΡΙΣΗ IRR ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ



ΕΙΚΟΝΑ 48 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΤΩΝ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ 2



ΕΙΚΟΝΑ 49 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ 2



ΕΙΚΟΝΑ 50 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΔΟΣΕΩΝ ΚΥΚΛΟΥ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ 2

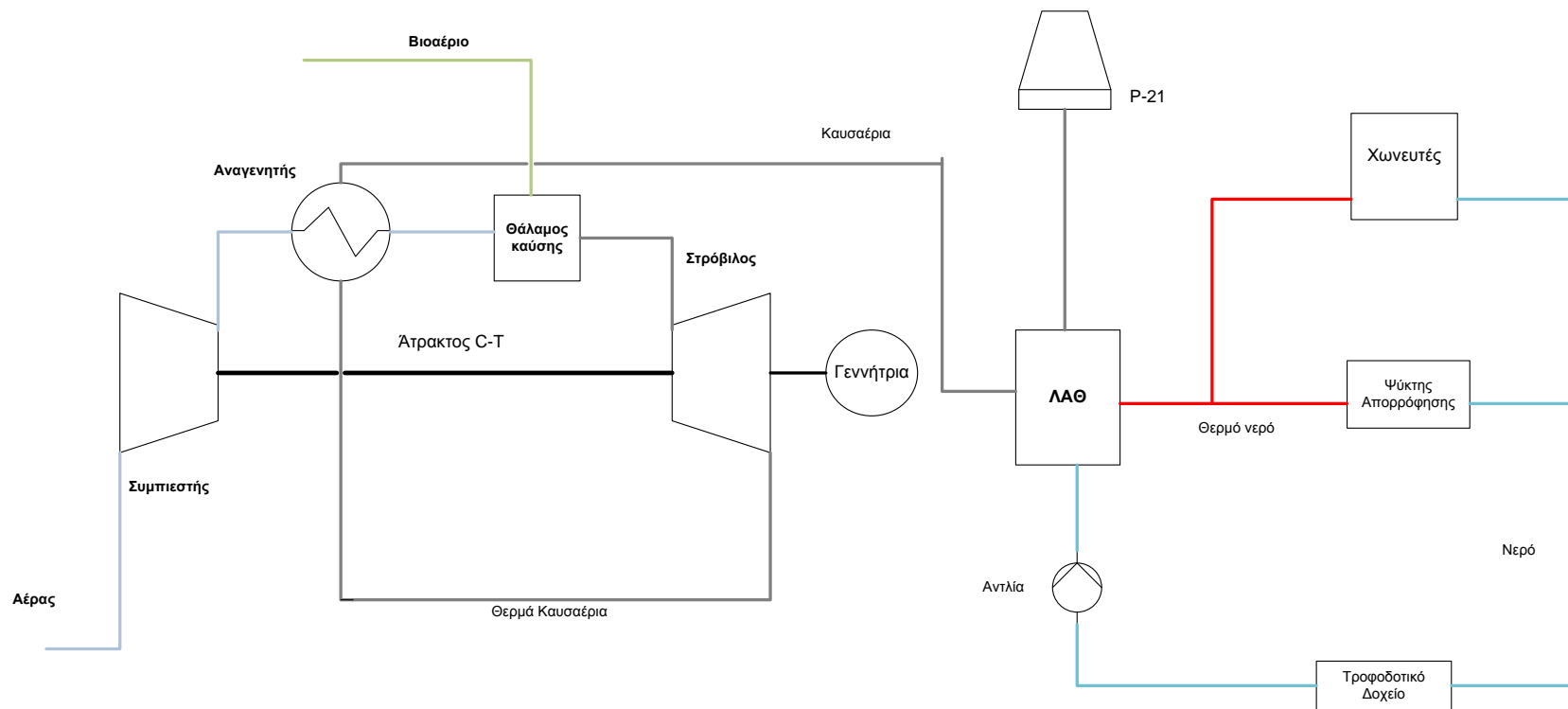
Σενάριο 4 Αεριοστρόβιλος-ΛΑΘ-Absorption Chiller

Από τα παραπάνω σενάρια επιλέγεται ως η πιο συμφέρουσα τεχνολογική εφαρμογή η εφαρμογή της ΜΕΚ μαζί με ψύκτη απορρόφησης οπότε και αυτή θα επιλεγεί για το σενάριο που περιλαμβάνει αεριοστρόβιλο και ψύκτη απορρόφησης.

Για το σενάριο αυτό θεωρήθηκαν τα όμοια με τα προηγούμενα τα περισσότερα δεδομένα που αφορούν την εγκατάσταση πέραν αυτών που θα αναφερθούν παρακάτω αναλυτικά. Θεωρούμε έτσι :

- το λόγο αέρα καυσίμου 1,8 [33]
- όπου αναφέρεται απόδοση σε ενέργεια είναι καθαρή έχοντας αφαιρέσει τις ανάγκες του συμπιεστή του αεριοστρόβιλου
- ένα κομμάτι από την ανακτημένη θερμότητα από τον ΛΑΘ πηγαίνει για την θέρμανση των χωνευτήρων και το υπόλοιπο τον ψύκτη απορρόφησης.

Το σχέδιο της εγκατάστασης φαίνεται στο παρακάτω σχέδιο.



ΕΙΚΟΝΑ 51 ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΗΣΗ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΜΕ ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΟ

Μονάδα 1

Παρουσιάζονται τα στοιχεία του αεριοστροβίλου, του αναγεννητή θερμότητας, του λέβητα ανάκτησης θερμότητας και του ψύκτη απορρόφησης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 76 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΟΥ 4

Στοιχεία Αεριοστροβίλου 1		
Ισχύς Αεριοστροβίλου	134	kW
Βαθμός απόδοσης	27%	%
Παροχή καυσίμου	0,028	kg/s
Παροχή καυσαερίου	0,57	kg/s
Θερμοκρασία καυσαερίων	500	C
Cp καυσαερίων	1,15	kJ/kgK
Θερμική ισχύς καυσαερίων	313,93	kW
Ειδικό κόστος	1250	€/kW
Κόστος	167500	€

ΠΙΝΑΚΑΣ 77 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΑΓΕΝΝΗΤΗ 4

Στοιχεία Αναγεννητή		
T in θερμού ρεύματος	500	C
T out θερμού ρεύματος	275	C
Βαθμός απόδοσης εναλλάκτη	90%	
Cp θερμού ρεύματος	1,150	kJ/kg*K
Θερμικής Ισχύς Αναγεννητή	132	kW
m θερμού ρεύματος	0,57	kg/s

ΠΙΝΑΚΑΣ 78 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΛΑΘ 4

Στοιχεία ΛΑΘ		
T in θερμού ρεύματος	275	C
T out θερμού ρεύματος	120	C
T in ψυχρού ρεύματος	80	C
T out ψυχρού ρεύματος	130	C
T ατμοποίησης ψυχρού ρεύματος	144	C
m ψυχρού ρεύματος	0,407	kg/s
m θερμού ρεύματος	0,57	kg/s
Ισχύς Λέβητα	86,2	kW
Βαθμός Απόδοσης Λέβητα	85%	%
Ειδικό κόστος	400	€/kW
Πίεση ψυχρού ρεύματος	4	bar
Κόστος	34.467	€

ΠΙΝΑΚΑΣ 79 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΨΥΚΤΗ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ 4

Στοιχεία Absorption Chiller		
T in ψυχόμενου νερού	130	C
T out ψυχόμενου νερού	80	C
Βαθμός Απόδοσης εναλλάκτη	90%	%
Προσδιδόμενη Θερμότητα	36	kW
m ψυκτικού νερού	0,19	kg/s
Ψυκτική Ισχύς	26	kW
Ειδικό κόστος	800	€/kW
COP	0,7	

Ο πίνακας που ακολουθεί είναι μία σύνοψη της παραγωγής ενέργειας, με τις απώλειες της και τις καταναλώσεις των καυσίμων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 80 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ 4

Θερμική Ισχύς από καύση βιοαερίου	494	kW
Ηλεκτρική Ισχύς από Θερμικές Μηχανές	134	kW
Σ(ηλεκτρική ισχύς)	134	kW
Σ(απώλειες υγρών ψύξης)	0	kW
Σ(απώλειες καυσαερίων)	314	kW
Σ(παροχή καυσαερίων)	0,57	kg/s
Σ(κατανάλωση βιοαερίου)	0,5687	kg/s
Σ(κατανάλωση Φυσικού Αερίου)	0,0141	kg/s
Ψυκτική Ισχύς	26	kW
Άλλες απώλειες θερμικής ισχύος	46,6	kW
Θερμική Ισχύς Αναγεννητή	132	kW

Το κέρδος από την εγκατάσταση του ψύκτη απορρόφησης είναι 15.707 € κάθε έτος.

Ο πίνακας αυτός παρουσιάζει την μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από την εγκατάσταση της νέας μονάδας.

ΠΙΝΑΚΑΣ 81 ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ 4

Μείωση εκπομπών Νέας μονάδας		
Λόγω Ηλεκτροπαραγωγής από βιοαέριο	1265	tons CO2
Λόγω Εγκατάστασης Absorption Chiller	241	tons CO2
Σύνολο	1.400	tons CO2
Έσοδα	11.199	€

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα θεωρούμενα κόστη για την αρχική εγκατάσταση της μονάδας βιοαερίου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 82 ΑΡΧΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ 4

Αρχική Επένδυση				
Επένδυση	Τιμή		Κόστος	
Κτήση Οικοπέδου	16	€/m ²	32000	€
Έργα πολιτικού μηχανικού	150	€/kW	20100	€
Χωνευτήρες και παρελκόμενα	800	€/m ³	400.000	€
Δεξαμενές αποθήκευσης χωνεμένου υπολείμματος	120	€/kW	16080	€
Σύστημα καθαρισμού βιοαερίου και αποθήκευσης	150	€/kW	20100	€
SCADA και κέντρο ελέγχου	100	€/kW	13400	€
Άλλα υποσυστήματα	120	€/kW	16080	€
Σύστημα συμπαραγωγής	1.660	€/kW	222.378	€
Διάφορος λοιπός μηχανολογικός εξοπλισμός(Ανυψωτικές-Μεταφορικές μηχανές)	200	€/kW	26800	€
Σύνολο (Κόστος επένδυσης)	3316	€/kW	766.938	€
Ανάπτυξη project	100	€/kW	13400	€
Σύνολο	3416	€/kW	780.338	€

Οι δείκτες για την οικονομική αξιολόγηση για το σενάριο αυτό παρουσιάζονται παρακάτω

ΠΙΝΑΚΑΣ 83 ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 4

NPV	-308.008 €
IRR	3,20%

Όπως είναι φανερό η επένδυση δεν είναι συμφέρουσα οικονομικά καθώς δεν αποπληρώνεται .

Για τη μονάδα 2 δεν παρουσιάζονται τα στοιχεία καθότι από την προηγούμενη ανάλυση δεν παρατηρούνται μεγάλες διαφορές στους οικονομικούς δείκτες ανάμεσα στις δυο μονάδες. Εξάγουμε λοιπόν το συμπέρασμα πως ούτε για την μονάδα 2 η εγκατάσταση αεριοστροβίλου θα είναι συμφέρουσα.

Σενάριο 5 Λέβητας Βιοαερίου

Στο σενάριο αυτό εξετάζεται η εγκατάσταση λέβητα βιοαερίου για την κάλυψη των θερμικών αναγκών της ζυθοποιίας. Οι ανάγκες σε θερμότητα των ζυθοποιιών είναι

400MWh κάθε μήνα για την ζυθοποιία με παραγωγή 200.000 εκατόλιτρων κάθε έτος και 2000 MWh κάθε μήνα για την ζυθοποιία με παραγωγή 1.000.000 εκατόλιτρων κάθε έτος.

Θεωρούμε ότι για την κάλυψη των αναγκών αυτών χρησιμοποιείται ατμολέβητας φυσικού αερίου με βαθμό απόδοσης 85 %.

Τα έσοδα για την μονάδα βιοαερίου θα προκύψουν από την εξοικονόμηση χρημάτων για φυσικό αέριο, και το εμπόριο ρύπων.

Μονάδα 1

Παρακάτω παρουσιάζονται τα στοιχεία για τον λέβητα βιοαερίου

ΠΙΝΑΚΑΣ 84 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΛΕΒΗΤΑ 5

Στοιχεία Λέβητα		
Ισχύς Λέβητα	420	kW
Βαθμός απόδοσης	85%	%
Θερμογόνος Ικανότητα Καυσίμου	17.844	kJ/kg
Παροχή καυσίμου	0,027712244	kg/s

ΠΙΝΑΚΑΣ 85 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ 5

Θερμική Ισχύς από καύση βιοαερίου	494	kW
Θερμική ισχύς προς καταναλώσεις	420	kW
Απαιτήσεις Χωνευτήρων σε θερμική ισχύ	45	kW
Απαιτήσεις Ξηραντήρα σε θερμική ισχύ	53	kW

Οι απαιτήσεις της ζυθοποιίας δε θερμική ισχύ αν υποθέσουμε 8000 ώρες λειτουργίας είναι 600 kW. Αυτό σημαίνει πως για τη ζυθοποιία ο λέβητας βιοαερίου θα καλύψει περίπου το 50% των αναγκών της.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι καταναλώσεις και τα κέρδη απο την εγκατάσταση του λέβητα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 86 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΑΠΟ ΛΕΒΗΤΑ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

Θερμότητα		
Ετήσιο Κατανάλωση Καυσίμου	6.147	MWh/έτος
Ωρες Λειτουργίας	8000	h
Διαθέσιμη Θερμότητα	3.360,00	MWh/έτος
Διαφορά	2.787	MWh/έτος
Τελικό Ετήσιο Κόστος Καυσίμου	153.284	€/έτος
Κέρδος	133.932	€/έτος

Τα κόστη παραμένουν τα ίδια και η αρχική επένδυση έχει τα ακόλουθα στοιχεία

ΠΙΝΑΚΑΣ 87 ΑΡΧΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ 5

Αρχική Επένδυση				
Επένδυση	Τιμή		Κόστος	
Κτήση Οικοπέδου	16	€/m ²	32000	€
Έργα πολιτικού μηχανικού	150	€/kW	63000	€
Χωνευτήρες και παρελκόμενα	800	€/m ³	400.000	€
Δεξαμενές αποθήκευσης χωνεμένου υπολείμματος	120	€/kW	50400	€
Σύστημα καθαρισμού βιοαερίου και αποθήκευσης	150	€/kW	63000	€
SCADA και κέντρο ελέγχου	100	€/kW	42000	€
Άλλα υποσυστήματα	120	€/kW	50400	€
Σύστημα συμπαραγωγής	143	€/kW	60.000	€
Διάφορος λοιπός μηχανολογικός εξοπλισμός(Ανυψωτικές-Μεταφορικές μηχανές)	200	€/kW	84000	€
Σύνολο (Κόστος επένδυσης)	1799	€/kW	844.800	€
Ανάπτυξη project	100	€/kW	42000	€
Σύνολο	1899	€/kW	886.800	€

Οι οικονομικοί δείκτες είναι αρνητικοί σε αυτή την περίπτωση καθώς έχουμε

ΠΙΝΑΚΑΣ 88 ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 5

NPV	-1.188.025 €
------------	---------------------

Δεν θα προχωρήσουμε στην εξέταση του σεναρίου αυτού για την μονάδα 2 καθώς είναι προφανές ότι θα καταλήξει στο ίδιο συμπέρασμα.

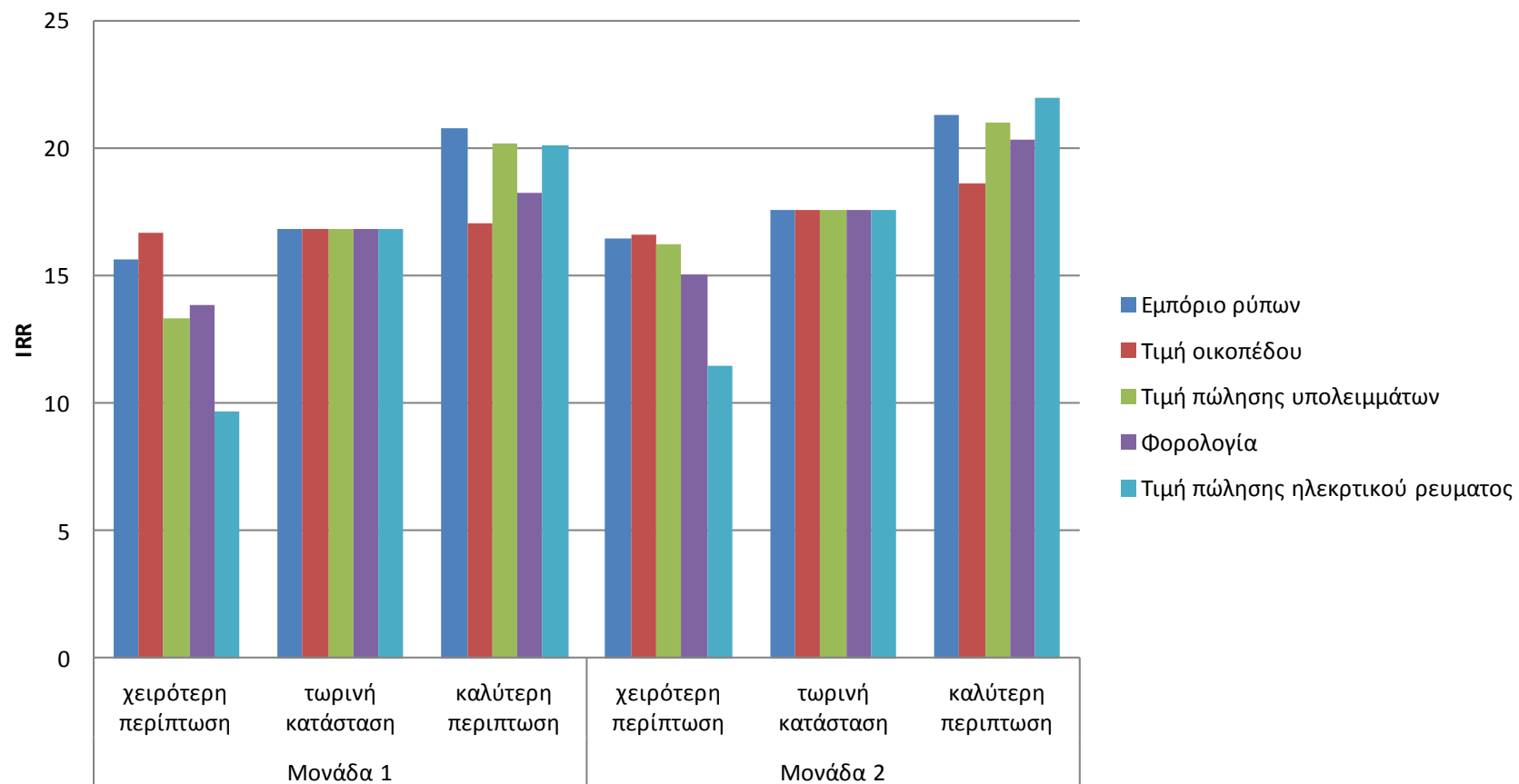
Ανάλυση ευαισθησίας

Θα προχωρήσουμε σε ανάλυση ευαισθησίας για τα αποδοτικότερα σενάρια αυτά δηλαδή με ΜΕΚ και ψύκτη απορρόφησης. Οι παράμετροι που θα εξεταστούν είναι

- η τιμή πώλησης των δικαιωμάτων ρύπων σε τιμές 3 ευρώ και 25 που αντιστοιχούν στη χαμηλότερη τιμή που πήραν ποτέ τα δικαιώματα και στη τιμή που έλπιζε η Ε.Ε. να είναι σήμερα χωρίς αποτέλεσμα αντίστοιχα
- η τιμή του οικοπέδου, θα θεωρήσουμε μια αύξηση και αντίστοιχα μείωση της τιμής κατά 20%
- η τιμή πώλησης των υπολειμμάτων βύνης, θα θεωρήσουμε μια αύξηση 30% και μια μείωση 30%.
- το ποσοστό φορολογίας, μια τιμή στο 10% και μια τιμή στο 40%
- η τιμή πώλησης του ηλεκτρικού ρεύματος με μια μείωση του 20% και μια αύξηση του 10% ,στις τιμές που βρισκόταν μέχρι πριν έξι μήνες.

Έτσι έχουμε το παρακάτω διάγραμμα

Ανάλυση ευαισθησίας



ΕΙΚΟΝΑ 52 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 1

Κεφάλαιο 7. Συμπεράσματα

Από την παραπάνω ανάλυση των διαφόρων σεναρίων προκύπτουν μερικά πολύ σημαντικά συμπεράσματα όσον αφορά την αξιοποίηση των υπολειμμάτων ζυθοποίησης για την παραγωγή βιοαερίου και την εκμετάλλευση αυτού για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, θερμότητας και ψύξης.

Βλέπουμε ότι τα μοναδικά σενάρια τα οποία ήταν οικονομικά βιώσιμα ήταν αυτά που ως πυρήνα για την παραγωγή ενεργείας είχαν τις μηχανές εσωτερικής καύσης. Η αδυναμία να φανούν συμφέροντα τα άλλα δύο σεναρίων δηλαδή αυτό με τον αεριοστρόβιλο ως καρδιά της ηλεκτροπαραγωγής και αυτό με το λέβητα για την παραγωγή θερμικής ισχύος ήταν πολύ μεγάλη.

Στην εγκατάσταση με τον αεριοστρόβιλο η οικονομική αποτυχία του σεναρίου σε σχέση με αυτό της ΜΕΚ οφείλεται εν πολλοίς στην χαμηλή απόδοση των συστημάτων αυτών για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας τόσο λίγων MW εγκατεστημένης ισχύος. Η τεχνολογία των μικροαεριοστροβίλων είναι ακόμα σε πρώιμο στάδιο αν και αναπτύσσεται με γοργούς ρυθμούς ώστε να μπορέσει να βρεθεί στο επίπεδο των ΜΕΚ. Ακόμα ένα πρόβλημα που εντοπίζεται είναι το ότι μεγάλη θερμότητα που ανακτάται από τα καυσαέρια δαπανάται στον αναγεννητή με αποτέλεσμα η ωφέλιμη ισχύς των καυσαερίων για άλλες χρήσεις να μειώνεται στο μισό και άρα να μειώνονται τα πιθανά κέρδη.

Το σενάριο με τον λέβητα βιοαερίου αν και προϋπόκειται τη μικρότερη αρχική δαπάνη από όλα τα ανταγωνιστικά σενάρια είχε το χειρότερο οικονομικό αποτέλεσμα. Αυτό οφείλεται κυρίως στα μειωμένα κέρδη από την εξοικονόμηση καυσίμου καθώς η τιμή του φυσικού αερίου είναι σχεδόν πέντε φορές χαμηλότερη ανά kWh σε σχέση με αυτή που πωλείται η ηλεκτρική ενέργεια άρα αυτόματα παρά την σχεδόν διπλασία απόδοση του συστήματος αυτό καταλήγει να είναι ασύμφορο οικονομικά. Σε περίπτωση που αυξηθεί η τιμή του φυσικού αερίου ίσως ένα τέτοιο σενάριο γίνει βιώσιμο. Η εξάρτηση του σεναρίου αυτού από δύο μόνο έσοδα για την οικονομική βιωσιμότητα του το καθιστά πού ευαίσθητο στις μεταβολές. Για να εμφανίσει οικονομική βιωσιμότητα το σενάριο αυτό θα πρέπει η τιμή των δικαιωμάτων ρύπων να είναι πάνω από τα 25 ευρώ ανά δικαίωμα και ταυτόχρονα η τιμή του φυσικού αερίου να είναι τριπλάσια από αυτή που θεωρήσαμε στους υπολογισμούς μας ,δηλαδή 0,15 ευρώ ανά kWh.

Τα πλέον αποδοτικά συστήματα ήταν αυτά των ΜΕΚ τα συνοπτικά τους αποτελέσματα παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες. Πρώτα για την μονάδα 1 και έπειτα για την μονάδα 2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 89 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΜΕΚ 1

Σενάρια	NPV	IRR	Έτη αποπληρωμής	Μείωση Εκπομπών CO ₂	Απόδοση Κύκλου
1	442.618	16,8%	8,5	2399	72%
2	274.465	14,4%	10,5	1779	59%
3	317.351	15,0%	9,8	2054	65%

ΠΙΝΑΚΑΣ 90 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΜΕΚ 1

Σενάρια	NPV	IRR	Έτη αποπληρωμής	Μείωση Εκπομπών CO ₂	Απόδοση Κύκλου
1	1.892.273	17,6%	8,2	8778	72%
2	1.173.091	14,8%	10,2	6457	58%
3	1.422.570	15,8%	9,5	7521	64%

Παρατηρούμε ότι για τη μονάδα 2 έχουμε καλύτερα αποτελέσματα χωρίς η διαφορά να είναι μεγάλη. Από την ανάλυση ευαισθησίας παρατηρούμε πως την μεγαλύτερη εξάρτηση για τη βιωσιμότητα της η επένδυση την έχει από την τιμή πώλησης του ηλεκτρικού ρεύματος. Μια μικρή αλλαγή στην τιμή αυτή μπορεί να καταστήσει την επένδυση ασύμφορη. Την μικρότερη επιρροή είχαν αναλογικά τα έσοδα από εμπόριο ρύπων αν σκεφτούμε πως θεωρήσαμε ένα τριπλασιασμό της τιμής τους για να φτάσουμε τις αποδόσεις που μόνο μια αύξηση στην τιμή πώλησης του ρεύματος κατά 10 % μπορούσε να αποφέρει. Η φορολογία είχε επίσης μικρή επίδραση και αυτός θα μπορούσε να είναι ένας λόγος που δεν επιβλήθηκε μεγαλύτερος φόρος παρά μειώθηκε η τιμή της αγοράς ηλεκτρικού ρεύματος από τον πάροχο.

Καταλήγοντας το γενικό συμπέρασμα που βγαίνει είναι πως μιλάμε για μια τεχνολογία η οποία μπορεί να αποβεί καρποφόρα αρκεί να διαμορφωθούν οι κατάλληλες συνθήκες και κυρίως με ένα σταθερό περιβάλλον για τους επενδυτές αλλά και κάποια ενίσχυση από τρίτους.

Οι προεκτάσεις αυτής της διπλωματικής εργασίας θα μπορούσαν να είναι είτε προς το δρόμο της βελτιστοποίησης των επιμέρους στοιχείων της εγκατάστασης π.χ. κυκλώματος ORC, μικρο-αεριοστροβίλων είτε προς την κατεύθυνση της αναβάθμισης του βιοαερίου σε βιομεθάνιο. Ακόμα θα μπορούσε να γίνει μια μελέτη για την πιθανότητα συγχώνευσης μαζί με κάποιο άλλο υπόστρωμα σε κάποιο κεντρικό σταθμό βιοαερίου.

Βιβλιογραφία

- [1] D. E. Briggs, C. A. Boulton, P. A. Brookes και R. Stevens, *Brewing Science and practice*.
- [2] Π. ΤΑΤΑΡΙΔΗΣ, «Βυνοποίηση-Ζυθοποίηση Η παραγωγή ζύθου (μπύρας) στο σπίτι».
- [3] L. Fillaudeau, P. Blanpain-Avet και G. Daufin, «Water, wastewater and waste management in brewing industries».
- [4] Mussatto, Dragone και Roberto, «Brewers' spent grain: generation, characteristics and potential applications». *Journal of Cereal Science*.
- [5] Santos, Jimenez, Bartolome, Gomez-Cordoves και d. Nozal, «Variability of brewer's spent grain within a brewery». *Food Chemistry*.
- [6] L. Kevin, ANAEROBIC DIGESTION OF BREWERS' SPENT GRAIN IN A NOVEL PLUG FLOW REACTOR SYSTEM.
- [7] Z. Tang, S. Cenkowski και M. Izydorczyk, «Thin-layer drying of spent grains in superheated steam». *Journal of Food Engineering*.
- [8] Z. Tang, S. Cenkowski και W. Muir, «Modelling the Superheated-steam Drying of a Fixed Bed of Brewers' Spent Grain». *Biosystems Engineering*.
- [9] Brewers Association, Water and Wastewater treatment, Volume reduction manual.
- [10] T. A. Seadi, D. Rutz, H. Prassl, M. Köttner, T. Finsterwalder, S. Volk, R. Janssen και K. Σιούλας, Εγχειρίδιο βιοαερίου.
- [11] Biogasgewinnung und -nutzung , Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V., Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung.
- [12] M. S. I, Brewer's spent grain: a valuable feedstock for industrial applications.
- [13] Cronin και Lo, «ANAEROBIC TREATMENT OF BREWERY WASTEWATER USING UASB REACTORS SEEDED WITH ACTIVATED SLUDGE». *Bioresource Technology*.
- [14] Sharda, Sharma και Kumar, «Performance Evaluation of Brewery Waste water treatment plant». *International Journal of Engineering Practical Research*.
- [15] «The boom in Biogas». *Brewers' Guardian*.
- [16] Vettertec, [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.vettertec.de/index.html>.

- [17] L.-L. Ström, Evaluation of Pilot Scale Drying of Brewer's Spent Grain in a Keith rotary superheated steam dryer -a preliminary investigation.
- [18] Ν. Παπαγεωργίου, Ατμοπαραγωγοί Ι Γενικές αρχές, Εκδόσεις Σεμείων.
- [19] J. Bärnthaler, H. Bergmann, B. Drosig, D. Hornbachner, R. Kirchmayr, G. Konrad και C. Resch, «Technologie, Logistik und Wirtschaftlichkeit von Biogas-Großanlagen auf Basis industrieller biogener Abfälle».
- [20] A. Wellinger, J. Murphy και D. Baxter, The biogas handbook- Science, production and applications.
- [21] C. Polprasert, Organic Waste Recycling - Technology and Management.
- [22] German Solar Energy Society (DGS) and Ecofys, Planning and installing bioenergy systems : a guide for installers, architects and engineers.
- [23] Brito, P. Peixoto, Oliveira, Oliveira, Costa, Noqueira και Rodrigues, «Brewery and winery wastewater treatment some focal points of design and operation».
- [24] L. KORSÁK, ANAEROBIC TREATMENT OF WASTEWATER IN A UASB REACTOR.
- [25] Simate, J. John Cluett, I. Iyuke, M. Musapatika, N. Ndlovu, W. Walubita και Alvarez, «The treatment of brewery wastewater for reuse: State of the art». *Desalination*.
- [26] Biogasheat, Sustainable Heat Use of Biogas Plants a handbook.
- [27] C. Chevalier και F. Meunier, «Environmental assessment of biogas co- or tri-generation units by life cycle analysis methodology». *Applied Thermal Engineering*.
- [28] D. Gewalt, S. Karellas, A. Schuster και H. Spliethoff, «Integrated system approach for increase of engine combined cycle efficiency». *Energy Conversion and Management*.
- [29] Ingenieurbüro Huber Bäuml Bioenergie GmbH, «Electricity and heat from the digestion of biomass -technology and biology -,» [Ηλεκτρονικό].
- [30] Yingjian, Qi, Xiangzhu και Jiezhi, «Energy use project and conversion efficiency analysis on biogas produced in breweries,» σε *World Renewable Energy Congress, 2011*.
- [31] Κ. Ρακόπουλος, Αρχές εμβολοφόρων ΜΕΚ, Fountas.
- [32] ASUE Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V., BHKW-Kenndaten 2011 Module Anbieter Kosten.
- [33] V. CENUSA και F. ALEXE, «Comparative Analysis on Performances of Micro Gas Turbines Burning Biogas vs. Natural Gas». *WSEAS TRANSACTIONS on ENVIRONMENT and*

DEVELOPMENT.

- [34] Institut Jožef Stefan, Cogeneration Case Studies Handbook.
- [35] M. F. Bin Basrawi, T. Yamada, K. Nakanishi και Η. Katsumata, «Analysis of the performances of biogas-fuelled micro gas turbine cogeneration systems (MGT-CGSs) in middle- and small-scale sewage treatment plants: Comparison of performances and optimization of MGTs with various electrical power outputs». *Energy*.
- [36] D. W. Kang, T. S. Kim, K. B. Hur και J. K. Park, «The effect of firing biogas on the performance and operating characteristics of simple and recuperative cycle gas turbine combined heat and power systems». *Applied Energy*.
- [37] Τ. Ρουμπεδάκης, Μελέτη της λειτουργίας και σχεδιασμός συστήματος τριπαραγωγής μικρής κλίμακας με χρήση υπερκρίσιμου κύκλου ORC.
- [38] D. Gewalt, Waste heat recovery of stationary internal combustion engines for power generation.
- [39] A. Schuster, S. Karellas, E. Kakaras και S. H., «Energetic and economic investigation of Organic Rankine Cycle applications». *Applied Thermal Engineering*.
- [40] A. A. Lakew και O. Bolland, «Working fluids for low-temperature heat source». *Applied Thermal Engineering*.
- [41] Σ. Χατζηδάκης, Σημειώσεις Ψύξης, Εκδόσεις Ε.Μ.Π..
- [42] Μ. Άννα, ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΟΡΡΙΠΤΟΜΕΝΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΨΥΞΗΣ ΜΕ ΔΙΑΤΑΞΗ ΣΥΓΚΛΙΝΟΝΤΟΣ ΑΠΟΚΛΙΝΟΝΤΟΣ ΑΚΤΟΦΥΣΙΟΥ.pdf.
- [43] Z. Safar, «A Glance at Biogas Storage Systems».
- [44] ZORG BIOGAS, [Ηλεκτρονικό]. Available: www.zorg-biogas.com.
- [45] f. B. Biogas, «Schlauchsilierung -Verfahrensbeschreibung und Bewertung».
- [46] A. Shtub, F. B. Jonathan και S. Globerson, Διαχείριση έργων, Διεργασίες, Μεθοδολογία και Τεχνικοοικονομική, Επίκεντρο.
- [47] Κ. Αραβώσης, Κατάρτιση και αξιολόγηση επενδυτικών σχεδίων και προγραμμάτων, Οικονομική βιβλιοθήκη, 2007.
- [48] Κ. Αραβώσης, Α. Καρμπέρης και Α. Σωτήρχος, Τεχνικοοικονομική αξιολόγηση επενδύσεων, Οικονομική Βιβλιοθήκη.
- [49] Δ. Παναγιωτακόπουλος, Συστημική μεθοδολογία και τεχνική οικονομική, Εκδόσεις

Ζυγός.

- [50] Σ. Παπαθανασίου, Σημειώσεις Οικονομικής Αξιολόγησης Επενδύσεων Ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ, Εκδόσεις Ε.Μ.Π., 2012.
- [51] ΔΕΠΑ, [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.depa.gr/content/article/002002001002/65.html>.
- [52] INVEST IN GREECE AGENCY, [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.investingreece.gov.gr/default.asp?pid=180&la=2>.
- [53] ΔΕΗ, [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.dei.com.gr/el/i-dei/perivallon/perivallontiki-stratigiki/klimatiki-allagi>.
- [54] ΔΕΠΑ, «Ορολογία και Μονάδες βιομηχανίας φυσικού αερίου».
- [55] IPRO, Business Study of Alternative Uses for Brewer's Spent Grain.
- [56] R. Thomas, «Brewery wastes. Strategies for sustainability. A review.» *Aspects of Applied Biology*.
- [57] [Ηλεκτρονικό]. Available: http://www.biothane.com/en/news_and_media/articles-publications/biogas-breweries.htm.
- [58] Olajire, «The brewing industry and environmental challenges» *Journal of Cleaner Production*.
- [59] Ι. Παππάς, Τεχνοοικονομική ενεργειακή διερεύνηση και βελτιστοποίηση μονάδων βιοαερίου και οργάνωση πληροφοριών.
- [60] Agler, Aydinkaya, Cummings, Beers και Angenent, «Anaerobic digestion of brewery primary sludge to enhance bioenergy generation A comparison between low- and high-rate solids treatment and different temperatures» *Bioresource Technology*.
- [61] KATO, REBAC και LETTINGA, «Anaerobic treatment of low strength brewery wastewater in expanded granular sludge bed reactor».
- [62] Goberna, Camacho, Lopez-Abadia και García, «Co-digestion, biostimulation and bioaugmentation to enhance methanation of brewer's spent grain» *Waste Management & Research*.
- [63] Gangagni Rao, Sasi Kanth Reddy, Surya Prakash, Vanajakshi, Joseph και Sarma, «pH regulation of alkaline wastewater with carbon dioxide a case study of treatment of brewery wastewater in UASB reactor coupled with absorber» *Bioresource Technology*.
- [64] Ezeonu F. C. και O. A. N. C., «Process Kinetics and Digestion Efficiency of Anaerobic

Batch Fermentation of Brewer's Spent Grains (BSG)». *Process Biochemistry*.

- [65] Κ. Ρακόπουλος, Αρχές βιομηχανικών αεριοστροβίλων, Fountas.
- [66] Ξ. Κακάτσιος, Αρχές μεταφοράς θερμότητας και μάζης, Εκδόσεις Συμewών.
- [67] Δ. Κοδοσάκη, Διαχείριση φυσικών πόρων και ενέργειας, Εκδόσεις Α. Σταμούλης.
- [68] Ε. Κακκαράς, Θερμοηλεκτρικοί σταθμοί, Fountas.
- [69] Α. Στέγγου-Σαγιά, Συσκευές και εγκαταστάσεις Θερμικών διεργασιών, Συμewών.
- [70] Κ. Σφετσιώρης, Τεχνοοικονομική μελέτη συστημάτων παραγωγής ενέργειας από βιοαέριο προερχόμενο από κτηνοτροφικά και φυτικά απόβλητα.
- [71] Oktem και Tukekci, «Treatment of brewery wastewater by pilot scale upflow anaerobic sludge blanket reactor in mesophilic temperature». *Journal of Scientific and Industrial Research*.
- [72] Γ. Παλασιολόγου, «Καταρρέει το σύστημα εμπορίας των ρύπων,» *Η ΚΑθημερινή*.
- [73] [Ηλεκτρονικό]. Available: http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/index_en.htm.
- [74] European Commission, The EU Emissions Trading System.
- [75] ΔΕΗ, «Ο Ρόλος του Άνθρακα στη Στρατηγική Παραγωγής της ΔΕΗ».
- [76] A. Schuster, S. Karellas και R. Aumann, «Efficiency optimization potential in supercritical Organic Rankine Cycles». *Energy*.
- [77] G. D. Zupančič και V. Grilc, «Anaerobic Treatment and Biogas Production from Organic Waste».
- [78] M. Samer, «Biogas Plant Constructions».
- [79] A. PARSAPOUR, Biogas Production System as an “Upcycler”.
- [80] F. Osorio και T. J.C., «Biogas purification from anaerobic digestion in a wastewater treatment plant for biofuel production». *Renewable Energy*.
- [81] B. R. Szűcs, M. Simon και G. Füleky, «Co-Digestion of Organic Waste and Sewage Sludge by Dry Batch Anaerobic Treatment».
- [82] Idler, Wagner, Weber και Hoffmann, «Effect of short-term storage on quality of wheat stored in large polyethylene bags».
- [83] Y. Li, Q. Q. X. He και J. Li, «Energy balance and efficiency analysis for power generation in internal combustion engine sets using biogas». *Sustainable Energy Technologies and*

Assessments.

- [84] G. Beldman, J. Hennekam και A. G. J. Voragen, «Enzymatic Hydrolysis of Beer Brewers' Spent grain and the influence of pretreatments».
- [85] V. I. Diamantis, E. Vaiopoulou και A. Aivasidis, «fundamentals and applications of anaerobic digestion for sustainable treatment of food industry wastewater».
- [86] G. Zupancič και M. Ros, «Heat and energy requirements in thermophilic anaerobic sludge digestion». *Renewable Energy*.
- [87] A. PECHARAPLY, P. PARKPIAN και A. P. ANNACHHATRE, «Influence of anaerobic co-digestion of sewage and brewery sludges on biogas production and sludge quality». *Journal of Environmental Science and Health*.
- [88] R. Braun, B. Drosch, G. Bochmann, S. Weiß και R. Kirchmayr, «Recent Developments in Bio-Energy Recovery Through Fermentation».
- [89] L. Stroem, D. Desai και A. Hoadley, «Superheated steam drying of Brewer's spent grain in a rotary drum». *Advanced Powder Technology*.
- [90] Athenian Brewery, «Sustainability Report,» 2012.
- [91] The Brewers of Europe, «The Environmental Performance of the European Brewing Sector».
- [92] B. Sturm, M. Butcher, Y. Wang, Y. Huang και T. Roskilly, «The feasibility of the sustainable energy supply from bio wastes for a small scale». *Applied Thermal Engineering*.
- [93] Y. Cao, G. Li, Z. Zhang, L. Chen, Y. Li και T. Zhang, «The specific heat of wheat,» σε *10th International Working Conference on Stored Product Protection*.
- [94] M. Martin και A. Parsapour, «Upcycling wastes with biogas production An exergy and economic analysis,» σε *Fourth International Symposium on Energy from Biomass and Waste*, 2012.
- [95] ETBA, [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.etvavipe.gr/>.