



**ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ**

**ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ**  
**ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**«ΜΒΑ- ΟΡΓΑΝΩΣΗ & ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΓΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥΣ»**

Διπλωματική Εργασία

**«ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ**  
**ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟΥ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ»**

ΥΠΟ

**ΚΟΡΝΑΡΑΚΗ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ**  
**ΑΜ: ΜΟ74**

**Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Ρομπογιαννάκης Ιωάννης**

Ηράκλειο, Φεβρουάριος 2021

Copyright© 2021 Κορναράκης Εμμανουήλ

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All Rights Reserved.

Η έγκριση της πτυχιακής εργασίας από το πρόγραμμα δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

## ***Ευχαριστίες***

Αρχικά οφείλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου Δρ. Ρομπογιαννάκη Ι. για την εξαιρετική συνεργασία που είχαμε, καθώς σε κάθε δυσκολία που αντιμετώπιζα κατά τη διάρκεια της εργασίας ερχόταν έγκαιρα η πολύτιμη βοήθειά του. Επίσης, θα ήθελα να τον ευχαριστήσω γιατί μου προσέφερε την ευκαιρία να ασχοληθώ με ένα αντικείμενο πολύ κοντά στα ενδιαφέροντά μου.

Ακολούθως, θα ήθελα να ευχαριστήσω και όλους τους υπόλοιπους καθηγητές του προγράμματος για τις στοχευμένες γνώσεις που μου προσέφεραν στα μαθήματά τους κατά τη διάρκεια των μεταπτυχιακών σπουδών μου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους δικούς μου ανθρώπους για τη στήριξή τους όλο αυτό το δύσκολο διάστημα των μεταπτυχιακών μου σπουδών.

Κορναράκης Εμμανουήλ

## Περίληψη

Στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία διεξάγεται μια μελέτη σκοπιμότητας σχετικά με την πραγματοποίηση μιας επένδυσης σε μονάδα παραγωγής ενέργειας που χρησιμοποιεί Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ).

Αρχικά, γίνεται μια θεωρητική προσέγγιση των βασικών εννοιών που θα αναλυθούν στη συγκεκριμένη εργασία, για να επιτευχθεί η καλύτερη κατανόησή τους από τον αναγνώστη.

Στη συνέχεια, γίνεται εκτενής τεχνική περιγραφή του παραγωγικού συστήματος της μονάδας. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται ανάλυση των επιμέρους λειτουργιών του παραγωγικού συστήματος, του μηχανολογικού εξοπλισμού που απαιτείται και του τρόπου με τον οποίο παράγεται το τελικό προϊόν, δηλαδή η ηλεκτρική ενέργεια.

Τέλος, διεξάγεται η τεchnοοικονομική μελέτη του εγχειρήματος που μελετάται. Πιο αναλυτικά, υπολογίζονται το αρχικό κόστος της επένδυσης, τα λειτουργικά κόστη και το καθαρό κέρδος προ φόρων, ώστε να υλοποιηθεί η μακροχρόνια ανάλυση της επένδυσης και να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με το αν είναι κερδοφόρα ή όχι για τους υποψήφιους επενδυτές.

## Abstract

This specific thesis discusses a feasibility study about the fulfillment of an investment of an energy production unit using Renewable Energy Sources (RES).

At first, there is a theoretical approach of basic meanings that will be analyzed in this thesis in order to succeed a best comprehension by the reader.

It follows an extensive technical description of the unity productive system. More specifically, at this part is taking place the analysis of the individual functions of the production system, of the mechanical equipment that is required and of the way the final product is produced, namely the electric energy.

In conclusion, the techno economic survey of the project is carried out. Analytically, the cost of the investment, the operating costs and the net profit are estimated, so that the long-term analysis of the investment is implemented and the conclusions are drawn about whether the project is profitable or not for the potential investors.

## Περιεχόμενα

<b>Περίληψη</b> .....	4
<b>Abstract</b> .....	4
<b>Κατάλογος πινάκων</b> .....	7
<b>Κατάλογος Εικόνων</b> .....	7
<b>Κατάλογος Σχημάτων</b> .....	8
<b>Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή</b> .....	9
<b>1.1 Θεωρητικό υπόβαθρο διπλωματικής εργασίας</b> .....	9
<b>1.1.1 Γενική περιγραφή διαδικασίας υδρόλυσης</b> .....	9
<b>1.1.2 Γενική περιγραφή βιομάζας ελαιοπυρήνα</b> .....	10
<b>1.1.3 Το αέριο σύνθεσης</b> .....	11
<b>1.2 Κίνητρο διπλωματικής εργασίας</b> .....	12
<b>Κεφάλαιο 2: Αναλυτική Περιγραφή Παραγωγικού Συστήματος Εργοστασίου</b> ...	14
<b>2.1 Διάγραμμα ροής μονάδας παραγωγής</b> .....	14
<b>2.2 Παραλαβή &amp; αποθήκευση πρώτης ύλης</b> .....	15
<b>2.3 Ξήρανση πρώτης ύλης</b> .....	15
<b>2.3.1 Τροφοδοσία ελαιοπυρήνας προς ξήρανση</b> .....	15
<b>2.3.2 Ξηραντήριο</b> .....	16
<b>2.3.3 Μηχανισμός ξήρανσης</b> .....	19
<b>2.4 Υδρόλυση υψηλών θερμοκρασιών</b> .....	19
<b>2.4.1 Τροφοδοσία</b> .....	20
<b>2.4.2 Αφαίρεση οξυγόνου</b> .....	20
<b>2.4.3 Αντιδραστήρας UHTH</b> .....	21
<b>2.4.4 Διαχωρισμός syngas</b> .....	23
<b>2.4.5 Καθαρισμός syngas</b> .....	23
<b>2.4.6 Προσωρινή αποθήκευση syngas</b> .....	24
<b>2.5 Παραγωγή ηλεκτρικής &amp; θερμικής ενέργειας</b> .....	24
<b>2.6 Σημείο λειτουργίας εργοστασίου</b> .....	25
<b>Κεφάλαιο 3: Τεχνοοικονομική Ανάλυση Μονάδας Παραγωγής</b> .....	28

<b>3.1</b>	<b>Κόστος μηχανολογικού εξοπλισμού</b>	28
<b>3.2</b>	<b>Κόστος μηχανοκίνητων οχημάτων</b>	29
<b>3.3</b>	<b>Κόστος κτιριακών εγκαταστάσεων</b>	29
<b>3.3.1</b>	<b>Κόστος αγοράς οικοπέδου</b>	29
<b>3.3.2</b>	<b>Κόστος κτιριακών έργων</b>	29
<b>3.3.3</b>	<b>Κόστος μελέτης – επίβλεψης κατασκευής</b>	30
<b>3.4</b>	<b>Κόστος Παραγωγής</b>	31
<b>3.4.1</b>	<b>Ετήσιες ώρες λειτουργίας</b>	31
<b>3.4.2</b>	<b>Κόστος πρώτης ύλης</b>	31
<b>3.4.4</b>	<b>Κόστος ανθρώπινου δυναμικού</b>	32
<b>3.4.5</b>	<b>Κόστη συντήρησης/επισκευής μηχανολογικού εξοπλισμού &amp; απρόσμενα κόστη</b>	33
<b>3.5</b>	<b>Υπολογισμός τζίρου</b>	33
<b>3.6</b>	<b>Υπολογισμός ετήσιου κέρδους προ φόρων</b>	34
<b>3.7</b>	<b>Μακροχρόνια ανάλυση επένδυσης</b>	35
<b>3.7.1</b>	<b>Επένδυση χωρίς χρηματοδότηση</b>	35
<b>3.7.2</b>	<b>Επένδυση με 30% χρηματοδότηση</b>	38
<b>3.7.2</b>	<b>Επένδυση με 50% χρηματοδότηση</b>	41
<b>Κεφάλαιο 4: Συμπεράσματα</b>		46
<b>Κεφάλαιο 5: Βιβλιογραφία</b>		47

## Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 1 Βασικά Στοιχεία Μοντέλου Ηλεκτρογεννήτριας Μονάδας .....	24
Πίνακας 2 Σημεία λειτουργίας παραγωγικού συστήματος .....	26
Πίνακας 3 Κοστολόγηση αρχικού κόστους μηχανολογικού εξοπλισμού .....	28
Πίνακας 4 Ενεργειακές απαιτήσεις παραγωγικής μονάδας ανά ώρα .....	32
Πίνακας 5 Ανάγκες σε ανθρώπινο δυναμικό.....	33
Πίνακας 6 Κόστη συντήρησης εξοπλισμού .....	33
Πίνακας 7 Υπολογισμός συνολικού κόστους επένδυσης.....	35
Πίνακας 8 Ανάλυση δανειακού κόστους στην περίπτωση μη χρηματοδότησης.....	36
Πίνακας 9 Μακροχρόνια ανάλυση της επένδυσης χωρίς χρηματοδότηση.....	37
Πίνακας 10 Ανάλυση δανειακού κόστους στην περίπτωση 30% χρηματοδότησης.....	39
Πίνακας 11 Μακροχρόνια ανάλυση επένδυσης με 30% χρηματοδότηση .....	40
Πίνακας 12 Ανάλυση δανειακού κόστους στην περίπτωση 50% χρηματοδότησης.....	42
Πίνακας 13 Μακροχρόνια ανάλυση επένδυσης με 50% χρηματοδότηση .....	43

## Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1 Μεταλλικά ελάσματα εντός του ξηραντηρίου .....	17
Εικόνα 2 Ενδεικτικό σχέδιο μονάδας UHTH CleanCarbonConversion® .....	20
Εικόνα 3 Σκίτσο αναπαράστασης σιλό αφαίρεσης οξυγόνου.....	21
Εικόνα 4 Αντιδραστήρας UHTH .....	22
Εικόνα 5 Σκίτσο αναπαράστασης αντίδρασης UHTH.....	22
Εικόνα 6 Σκίτσο διαδικασίας καθαρισμού syngas.....	23
Εικόνα 7 Γεννήτρια syngas εταιρίας Ettes Power .....	25
Εικόνα 8: Ενδεικτική χωροθέτηση διαδικασιών παραγωγικού συστήματος.....	26

## Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1 Διάγραμμα ροής εργοστασίου .....	14
Σχήμα 2 Ενδεικτικό σιλό τροφοδοσίας ελαιοπυρήνας.....	16
Σχήμα 3 Μηχανισμός περιστροφής ράουλων.....	18
Σχήμα 4 Γραμμή ξήρανσης & κυκλωνικό σύστημα.....	18
Σχήμα 5 Διάγραμμα ροής παραγωγικού συστήματος εργοστασίου.....	27
Σχήμα 6 Διάγραμμα καθαρών κερδών.....	41
Σχήμα 9 Διάγραμμα καθαρών κερδών (περίπτωση 50% χρηματοδότηση).....	44
Σχήμα 10 Διάγραμμα μερισμάτων .....	45
Σχήμα 11 Διάγραμμα μερισμάτων (αθροιστικά).....	45



## Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο, παρουσιάζουμε πληροφορίες εισαγωγικού χαρακτήρα που δίνουν το κίνητρο και το υπόβαθρο αυτής της εργασίας, παραθέτουμε μια ανασκόπηση της σχετικής με την εργασία βιβλιογραφίας και περιγράφουμε συνοπτικά τις βασικές ενότητες της διπλωματικής εργασίας.

### 1.1 Θεωρητικό υπόβαθρο διπλωματικής εργασίας

Στο παρόν υποκεφάλαιο θα παρουσιάσουμε τα βασικά θεωρητικά στοιχεία των εννοιών που θα μας απασχολήσουν στις παρακάτω ενότητες.

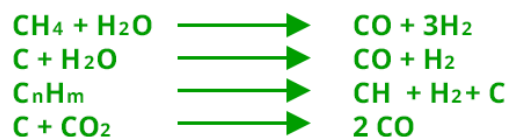
#### 1.1.1 Γενική περιγραφή διαδικασίας υδρόλυσης

Η υδρόλυση υψηλής θερμοκρασίας (Ultra High Temperature Hydrolysis - UHTH) είναι η καταστροφική απόσταξη (αποικοδόμηση) ενός οργανικού υλικού. Αυτή η διαδικασία της απόσταξης περιλαμβάνει την εφαρμογή έντονης έμμεσης θερμικής ενέργειας (1.100- 1.300 °C), απουσία οξυγόνου, στην πρώτη ύλη. Διαδικασία η οποία μετατρέπει την οργανική ύλη κατά 100% σε εύφλεκτο αέριο (αέριο σύνθεσης ή syngas) και το ανόργανο περιεχόμενο της πρώτης ύλης σε μη επικίνδυνο μη τοξικό, υπόλειμμα.

Επιπλέον, η διαδικασία UHTH δεν δημιουργεί εκπομπές αερίων στο περιβάλλον και ως εκ τούτου δεν έχει καμινάδα, πράγμα που σημαίνει ότι δεν υπάρχει απελευθέρωση τοξικού υπολείμματος τέφρας στο περιβάλλον όπως στα περισσότερα άλλα συστήματα τα οποία χρησιμοποιούν την τεχνολογία της πυρόλυσης ή της αποτέφρωσης.

Ο τεχνικός λόγος για τον οποίο δεν υπάρχει καμινάδα σε ένα σύστημα UHTH είναι ότι η αεριοποίηση υπερυψηλής θερμοκρασίας παράγει υψηλής θερμιδικής αξίας αέριο σύνθεσης σε ένα ελεγχόμενο «κλειστό κύκλωμα». Αυτό το αέριο μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι εκπομπές του NO<sub>x</sub> και του CO<sub>2</sub> είναι εξαιρετικά χαμηλές (ουσιαστικά μηδενικές), επειδή το CO<sub>2</sub> μετατρέπεται σε βρώμικη μεθανόλη, η οποία αεριοποιείται ξανά στον αντιδραστήρα UHTH, επομένως δεν υπάρχουν εκπομπές αερίων και δεν υπάρχει καμινάδα ή εξαερισμός απελευθέρωσης των αντίστοιχων αερίων στην ατμόσφαιρα.

Η διάσπαση του οργανικού υλικού σε χαμηλού μοριακού εύφλεκτο αέριο, χρησιμοποιώντας υψηλές θερμοκρασίες σε περιβάλλον χωρίς οξυγόνο πραγματοποιείται σύμφωνα με τις ακόλουθες χημικές αντιδράσεις:



Οι ανωτέρω τύποι περιγράφουν την μετατροπή της μη χρησιμοποιήσιμης οργανικής ενέργειας σε ένα χρήσιμο ενεργητικό αέριο σύνθεσης (Syngas). Αυτός ο μετασχηματισμός συμβαίνει μόνο σε θερμοκρασίες πάνω από 1.250° C, και το αποτέλεσμα είναι η παραγωγή ενός

εξαιρετικά καθαρού αερίου. Μόνο σε αντίστοιχες υψηλές θερμοκρασίες η περιεκτικότητα σε πίσσα μπορεί να μετατραπεί σε ενέργεια, η οποία δεν έχει ως αποτέλεσμα τη μόλυνση του αερίου.

Το αέριο σύνθεσης μετά την παραγωγή του διηθείται, ψύχεται και τελικά χρησιμοποιείται ως καύσιμο σε Μηχανή Εσωτερικής Καύσης (ΜΕΚ), οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι με Γεννήτρια για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η ενέργεια που προέρχεται από την αεριοποίηση και καύση του προκύπτοντος αερίου σύνθεσης θεωρείται ότι είναι μια Ανανεώσιμη Πηγή Ενέργειας (ΑΠΕ) επειδή οι ενώσεις της εξαέρωσης λήφθηκαν από προϊόντα βιομάζας.

#### Προεπεξεργασία Πρώτης Ύλης:

Βασικό χαρακτηριστικό για την απόδοση του συστήματος είναι η περιεκτικότητα σε υγρασία της πρώτης ύλης. Στην ιδανική περίπτωση, η περιεκτικότητα σε υγρασία είναι αναγκαίο να είναι από 15 έως 25%. Εάν η περιεκτικότητα σε υγρασία της πρώτης ύλης είναι πάνω από 25%, υπάρχει αναγκαιότητα να προηγηθεί η διαδικασία της ξήρανσης πριν την έναρξη της κύριας διαδικασία της υδρόλυσης.

Το αέριο σύνθεσης ή η θερμική ενέργεια που παράγονται κατά την διαδικασία της υδρόλυσης μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την ξήρανση της πρώτης ύλης. Η μέθοδος της ξήρανσης και η απαιτούμενη ενέργεια που εξαρτάται από τις ιδιότητες της πρώτης ύλης και την περιεκτικότητά της σε υγρασία.

Για να είναι αποδοτικότερη η διαδικασία της υδρόλυσης είναι επιθυμητή μια ομοιογενής πρώτη ύλη. Για να επιτευχθεί αυτό, συχνά χρησιμοποιείται ένα σύστημα τεμαχισμού για την ανάμιξη και τη διάσπαση της πρώτης ύλης σε μικρότερο μέγεθος (περίπου 2,5 cm<sup>2</sup>) το οποίο είναι κατάλληλο για τον αντιδραστήρα υδρόλυσης. Παρόλο που αυτές είναι οι βέλτιστες συνθήκες, οι μεταβολές στο μέγεθος και στην ομοιογένεια της πρώτης ύλης απλώς έχουν ως αποτέλεσμα τη μείωση του παραγόμενου αερίου σύνθεσης και την αύξηση του υπολειμματικού υλικού που σχηματίζεται.

Στην περίπτωση του προτεινόμενου έργου που η πρώτη ύλη είναι ελαιοπυρήνα, δεν απαιτείται καμιά διαδικασία τεμαχισμού.

### **1.1.2 Γενική περιγραφή βιομάζας ελαιοπυρήνα**

#### Προέλευση ελαιοπυρήνα:

Ο ελαιοπυρήνας παράγεται σαν απόβλητο στα εργοστάσια παραγωγής ελαιολάδου κατά την επεξεργασία του ελαιοκάρπου των ελιών για την παραλαβή του ελαιολάδου. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η παραγωγή του ελαιολάδου γίνεται μέσω φυγοκέντρισης σε διαχωριστήρες δύο ή τριών φάσεων. Ο διφασικός διαχωριστήρας παράγει ελαιοπυρήνα με ποσοστά υγρασίας της τάξεως 64% - 68%, ενώ ο τριφασικός ελαιοπυρήνας με ποσοστά υγρασίας

της τάξεως 48% - 54%. Και στις δύο περιπτώσεις ο ελαιοπυρήνας περιέχει ακόμη ελαιόλαδο της τάξεως 8% - 12% (επί ξηρού) που δεν παραλήφθηκε από την φυγοκέντριση<sup>1</sup>.

#### Χημική σύσταση ελαιοπυρήνα:

- Οργανικός άνθρακας: 60-70%
- Ελαιόλαδο (επί συνόλου): 0.3 – 0.5%
- Άζωτο: 0.96%
- Φώσφορος: 0.5%
- Υγρασία: 50-70%

Τέλος, λόγω του υψηλού ποσοστού εναπομείναντος ελαιολάδου, η ελαιοπυρήνα έχει πολύ υψηλή θερμογόνο δύναμη, της τάξεως των 5.200 kcal/kg, καθιστώντας τη ένα από τα πιο περιζήτητα απόβλητα για την παραγωγή ενέργειας μέσω βιομάζας.

### **1.1.3 Το αέριο σύνθεσης**

#### Ορισμός αερίου σύνθεσης (Syngas):

Το αέριο σύνθεσης (syngas), είναι ένα ενδιάμεσο βήμα στη μετάβαση από τα καύσιμα με βάση τον άνθρακα, στα καύσιμα με βάση το υδρογόνο, ανάγκη η οποία εμφανίστηκε μετά από τις επείγουσες ανησυχίες για την κλιματική αλλαγή και την καταστροφή του περιβάλλοντος. Το αρνητικό αντίκτυπο που έχουν τα συστήματα παραγωγής ενέργειας στο περιβάλλον, αυξάνεται όλο και περισσότερο εξαιτίας της συνεχόμενης αύξησης ζήτησης ενέργειας. Σαν αποτέλεσμα αυτού, πρέπει να εφευρευθούν εναλλακτικές μέθοδοι για τη μείωση των ενεργειακών αναγκών και εκπομπών αερίων ρύπων, και η χρήση του αερίου σύνθεσης φαίνεται μια πολλά υποσχόμενη λύση<sup>2</sup>.

#### Παραγωγή αερίου σύνθεσης μέσω ελαιοπυρήνας:

Η διαδικασία της υδρόλυσης υψηλών θερμοκρασιών μετατρέπει περίπου το 90% της δυνητικής ενέργειας που υπάρχει στην πρώτη ύλη σε αέριο σύνθεσης (syngas). Ο όγκος του αερίου και το ενεργειακό του δυναμικό ποικίλλουν ανάλογα με τις εισροές στο σύστημα. Για παράδειγμα, η λάσπη επεξεργασίας λυμάτων, η οποία έχει σχετικά χαμηλό ενεργειακό δυναμικό 14,5 GJ/tn, παράγει 1.040 m<sup>3</sup> αερίου ανά τόνο πρώτης ύλης, με θερμογόνο δύναμη περίπου 11 MJ / m<sup>3</sup>. Αντίστοιχα, αν ως πρώτη ύλη θεωρήσουμε την ελαιοπυρήνα, η οποία σύμφωνα με το κεφάλαιο 1.1.2, έχει πολύ υψηλή θερμογόνο δύναμη – περίπου 5.200 kcal/kg ή 21,7 GJ/tn- , η

---

<sup>1</sup> Στροφύλας, Α., Αξιοποίηση της βιομάζας του εκχυλισμένου ελαιοπυρήνα. [Διαδίκτυο]. Διαθέσιμο στο: <https://sites.google.com/site/pyrhnoxylo/pyrenelaiourgeia-1/to-pyrenoxylo-san-kausimo> [πρόσβαση 11/2020]

<sup>2</sup> Fiore M. Magi V., Viggiano A., 2020. Internal combustion engines powered by syngas: A review. *Applied Energy*, 276, σσ. 1-1

παραγωγή του αερίου φτάνει τα 1.530 m<sup>3</sup> αερίου ανά τόνο πρώτης ύλης, με θερμογόνο δύναμη περίπου 16,5 MJ / m<sup>3</sup>.

Τα κύρια συστατικά του παραγόμενου syngas είναι το CO και το H<sub>2</sub> τα οποία αποτελούν το 40% κατ ' όγκο του αερίου σύνθεσης. Άλλα αέρια που αποτελούν το υπόλοιπο 20% περιλαμβάνουν τα CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> και C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>. Οι συγκεντρώσεις αυτών των αερίων μπορούν να μεταβληθούν με τη χρήση διαφορετικών καταλυτών, εφόσον απαιτείται από τον τελικό χρήστη.

Τα συστατικά του αερίου σύνθεσης και οι αντίστοιχες περιεκτικότητες σε αυτά είναι τα ακόλουθα<sup>3</sup>:

- Μεθάνιο CH<sub>4</sub> : 2 - 15%
- Αιθάνιο C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> : 2 - 4%
- Άζωτο N<sub>2</sub> : 5 - 7%
- Μονοξείδιο του άνθρακα CO: 10 - 45%
- Διοξείδιο του άνθρακα CO<sub>2</sub> : 2-4%
- Υδρογόνο H<sub>2</sub> : 40 - 75%

## 1.2 Κίνητρο διπλωματικής εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια απόκτησης του διπλώματος του διατμηματικού προγράμματος «MBA – Οργάνωση & Διοίκηση για μηχανικούς» του Ελληνικού Μεσογειακού Πανεπιστημίου.

Κίνητρο για την παρούσα εργασία αποτέλεσε η εξαγωγή συμπερασμάτων για την παραγωγή αερίου σύνθεσης (syngas) από βιομάζα και εν συνεχεία ηλεκτρικής ενέργειας από αυτό. Παρακάτω παρουσιάζονται κάποια γενικά στοιχεία για την αναγκαιότητα χρησιμοποίησης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Α.Π.Ε.) στη σημερινή εποχή, καθώς και κάποια εισαγωγικά στοιχεία για την παραγωγή ενέργειας από βιομάζα.

Τις τελευταίες δεκαετίες, μετά τη βιομηχανική επανάσταση, συμβαίνει μια διαρκής μεταβολή στον τομέα του περιβάλλοντος, γνωστή και ως κλιματική αλλαγή. Οι σημαντικότερες συνέπειες της κλιματικής αλλαγής είναι η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας, το λιώσιμο των πάγων στους πόλους, η άνοδος των ποσοστών των αερίων ρύπων στην ατμόσφαιρα και ιδιαίτερα του διοξειδίου του άνθρακα (γνωστή και ως "φαινόμενο του θερμοκηπίου"), η καταστροφή των δασών, ο αφανισμός ή σημαντική μείωση πληθυσμού διάφορων βιολογικών ειδών. Όλα τα παραπάνω είναι απόρροιας της συνεχούς παρέμβασης του ανθρώπου στη φύση.

Έτσι, είναι πλέον επιτακτική η χρήση Α.Π.Ε. για την προστασία του περιβάλλοντος και κατά συνέπεια του ίδιου του ανθρώπινου είδους. Κάποιες μορφές Α.Π.Ε. είναι:

- Αιολική ενέργεια,
- Ηλιακή ενέργεια,
- Υδροηλεκτρική ενέργεια,
- Γεωθερμία,

<sup>3</sup> UHTH Syngas Cleaner than any other technology produces. *CleanCarbonConversion*, [Διαδίκτυο].  
Διαθέσιμο στο: <https://cleancarbonconversion.com/>

- Βιομάζα.

Η βιομάζα, με την οποία θα ασχοληθούμε στην παρούσα διπλωματική εργασία, αποτελεί μια από τις πιο σύγχρονες μορφές Α.Π.Ε.. Σύμφωνα με το Κέντρο Ανανεώσιμων πηγών & εξοικονόμησης ενέργειας<sup>4</sup>, βιομάζα ορίζουμε την ύλη που έχει οργανική προέλευση. Στον όρο βιομάζα εμπεριέχονται όλα τα υλικά που προέρχονται από το φυτικό κόσμο. Στην πραγματικότητα, η βιομάζα αποτελεί μια δεσμευμένη μορφή της ηλιακής ενέργειας, η οποία αποτελεί αποτέλεσμα της δραστηριότητας φωτοσύνθεσης των φυτικών οργανισμών. Ως αποτέλεσμα των παραπάνω, η βιομάζα μπορεί να αντικαταστήσει τα μειωμένα αποθέματα ορυκτών καυσίμων. Η βιομάζα ως πηγή ενέργειας χρησιμοποιείται από τις αρχές της ιστορίας. Ένα παράδειγμα χρήσης βιομάζας από το παρελθόν είναι η καύση ξύλων, πρακτική που κάλυπτε για αιώνες τις ενεργειακές ανάγκες των ανθρώπων. Η βιομάζα χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας και έχει σκοπό τόσο την κάλυψη βασικών ενεργειακών αναγκών, όπως η θέρμανση, η ψύξη και ο ηλεκτρισμός, όσο και την παραγωγή υγρών και αερίων βιοκαυσίμων.

Πιο συγκεκριμένα, ο όρος βιομάζα περιλαμβάνει όλες τις παρακάτω περιπτώσεις:

- οι φυτικές ύλες που προέρχονται είτε από φυσικά οικοσυστήματα, όπως π.χ. τα αυτοφυή φυτά και δάση, είτε από τις ενεργειακές καλλιέργειες (έτσι ονομάζονται τα φυτά που καλλιεργούνται ειδικά με σκοπό την παραγωγή βιομάζας για παραγωγή ενέργειας) γεωργικών και δασικών ειδών, όπως π.χ. το σόργο το σακχαρούχο, το καλάμι, ο ευκάλυπτος κ.ά.,
- τα υποπροϊόντα και κατάλοιπα της φυτικής, ζωικής, δασικής και αλιευτικής παραγωγής, όπως π.χ. τα άχυρα, στελέχη αραβόσιτου, στελέχη βαμβακιάς, κλαδοδέματα, κλαδιά δένδρων, φύκη,
- κτηνοτροφικά απόβλητα, οι κληματίδες κ.ά.,
- τα υποπροϊόντα που προέρχονται από τη μεταποίηση ή επεξεργασία των υλικών αυτών, όπως π.χ. τα ελαιοπυρηνόξυλα, υπολείμματα εκκοκκισμού βαμβακιού, το πριονίδι κ.ά.,
- καθώς και το βιολογικής προέλευσης μέρος των αστικών λυμάτων και σκουπιδιών.

---

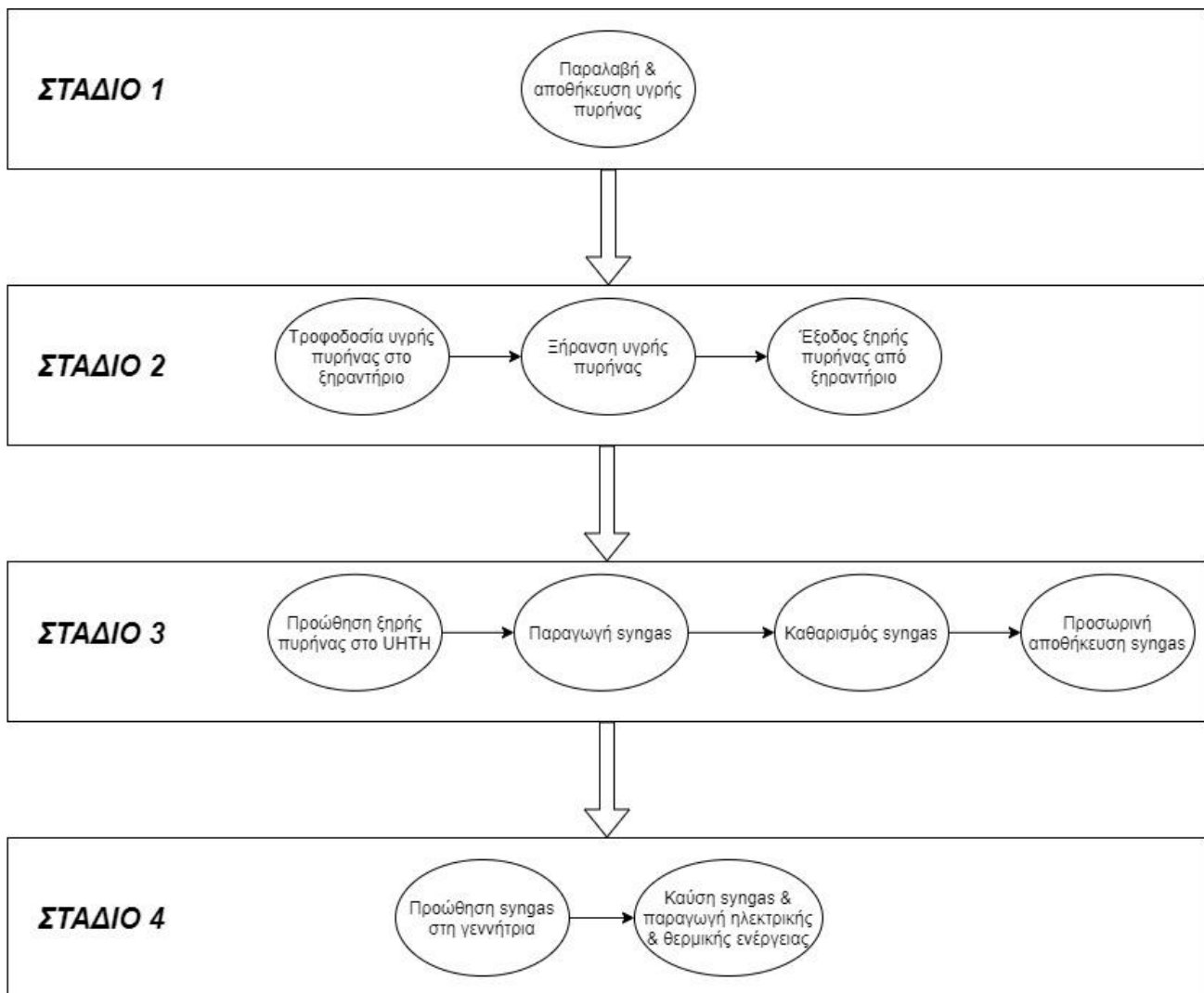
<sup>4</sup> Αγνώστου Συντάκτη, Βιομάζα, Κέντρο Ανανεώσιμων πηγών & Εξοικονόμησης Ενέργειας. [Διαδίκτυο] Διαθέσιμο στο: [http://www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/biomass\\_guide.pdf](http://www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/biomass_guide.pdf) [πρόσβαση 11/2020]

## Κεφάλαιο 2: Αναλυτική Περιγραφή Παραγωγικού Συστήματος Εργοστασίου

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα περιγράψουμε αναλυτικά τα στάδια παραγωγής του εργοστασίου, τα μέσα και τις διαδικασίες που περιλαμβάνουν.

### 2.1 Διάγραμμα ροής μονάδας παραγωγής

Για να έχουμε μια πλήρη εικόνα όσον αφορά τις διαδικασίες που ακολουθούνται στο εργοστάσιο από την παραλαβή της πρώτης ύλης μέχρι την παραγωγή του τελικού προϊόντος, ακολουθεί το διάγραμμα ροής των επιμέρους λειτουργιών του παραγωγικού συστήματος.



Σχήμα 1 Διάγραμμα ροής εργοστασίου

Οι διεργασίες που φαίνονται στο παραπάνω διάγραμμα θα περιγραφούν πιο αναλυτικά στα παρακάτω υποκεφάλαια.

## **2.2 Παραλαβή & αποθήκευση πρώτης ύλης**

Όπως αναφέραμε, η πρώτη ύλη η οποία θα χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή syngas και εν συνεχεία ηλεκτρικής ενέργειας είναι το απόβλητο το οποίο παράγεται από τα συμβατικά εργοστάσια παραγωγής ελαιολάδου, γνωστό ως ελαιοπυρήνα.

Η ελαιοπυρήνα θα μεταφέρεται με φορητά οχήματα της επιχείρησης από τα εργοστάσια παραγωγής ελαιολάδου και θα αποθηκεύεται σε χώρο του εργοστασίου σε μεγάλες ποσότητες. Πιο συγκεκριμένα, ο χώρος παραλαβής θα καταλαμβάνει συνολική επιφάνεια 500 m<sup>2</sup> και θα προστατεύεται από μεταλλικό στέγαστρο ύψους 5m. Στην είσοδο του χώρου παραλαβής θα υπάρχει πλάστιγγα βιομηχανικής χρήσης για τη ζύγιση των φορητών οχημάτων και κατά συνέπεια τον υπολογισμό της ελαιοπυρήνας που ξεφορτώνουν στο εκάστοτε δρομολόγιο.

## **2.3 Ξήρανση πρώτης ύλης**

Η ελαιοπυρήνα, όπως αναφέραμε στο κεφάλαιο 1, παραλαμβάνεται από τα εργοστάσια παραγωγής ελαιολάδου με ένα ποσοστό υγρασίας γύρω στο 55%. Η διαδικασία όμως της υδρόλυσης μέσω της τεχνολογίας UHTH, απαιτεί πρώτη ύλη με ένα ποσοστό υγρασίας της τάξεως του 15-25%. Οπότε, είναι αναγκαίο να προηγηθεί η διαδικασία ξήρανσης της πρώτης ύλης πριν προωθηθεί στον αντιδραστήρα UHTH.

### **2.3.1 Τροφοδοσία ελαιοπυρήνας προς ξήρανση**

Η ελαιοπυρήνα θα παραλαμβάνεται από το χώρο αποθήκευσης μέσω λαστιχοφόρων φορτωτών και θα τροφοδοτείται στο σιλό τροφοδοσίας. Το συγκεκριμένο σιλό θα έχει τις παρακάτω διαστάσεις (βλ. σχήμα):

- Πάνω μέρος: 5m x 5m
- Κάτω μέρος: 5m x 1m
- Βάθος: 4m



*Σχήμα 2 Ενδεικτικό σιλό τροφοδοσίας ελαιοπυρήνας*

Η συγκεκριμένη διάταξη του σιλό μας επιτρέπει να έχουμε ομαλή και ελεγχόμενη είσοδο της πρώτης ύλης προς τον ξηραντήρα. Το σιλό τροφοδοσίας εδράζεται πάνω σε μεταλλική κατασκευή ώστε το κάτω μέρος του να είναι ελεύθερο. Ακόμη, το σιλό διαπερνάει ένας κοχλίας, ο οποίος κινείται μέσω ηλεκτροκινητήρα και αναδύει την ελαιοπυρήνα, ωθώντας τη με σταθερή ταχύτητα προς το κάτω μέρος. Κατά την έξοδό της από το σιλό, η ελαιοπυρήνα καταλήγει σε ταινία που κινείται, επίσης, με τη βοήθεια ηλεκτροκινητήρα και οδηγεί στην είσοδο της γραμμής ξήρανσης.

### **2.3.2 Ξηραντήριο**

Η γραμμή ξήρανσης ή αλλιώς ξηραντήριο είναι ένας περιστρεφόμενος οριζόντιος κύλινδρος με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Διάμετρος: 2,0m
- Μήκος: 10m
- Δυναμικότητα ξήρανσης: 2.000 kg/h

Το ξηραντήριο έχει την ακόλουθη δομή:

Ο οριζόντιος κύλινδρος στο εσωτερικό του αποτελείται από μεταλλικά ελάσματα περιμετρικά και καθ' όλο το μήκος του.



Εξωτερικά, στα άκρα του εδράζεται σε 2 ράουλα, τα οποία με τη βοήθεια ηλεκτροκινητήρα κινούνται πάνω σε μεταλλικούς δακτυλίους που περιβάλλουν τον κύλινδρο στα συγκεκριμένα σημεία και περιστρέφουν τον κύλινδρο.

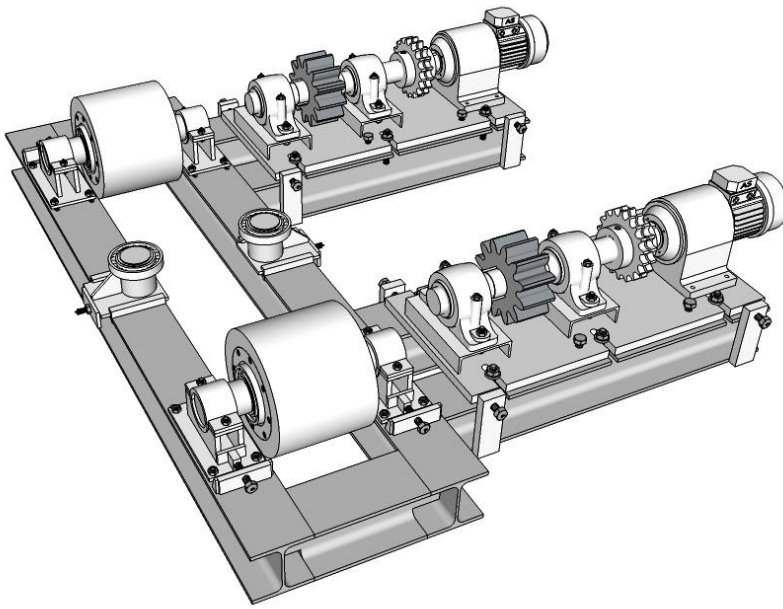
Στην είσοδό του, συνδέεται με το θάλαμο καυσαερίων, μέσα στον οποίο εισάγονται τα καυσαέρια από τις ηλεκτρογεννήτριες της μονάδας και η θερμική ενέργεια που παράγεται από τη μονάδα υδρόλυσης, καθώς και η υγρή ελαιοπυρήνα στο πάνω μέρος του.

Στην έξοδό του, συνδέεται με τον τελικό κώνο, όπου στο πάνω μέρος του εδράζεται ανεμιστήρας καυσαερίων μεγάλης ισχύος. Ο συγκεκριμένος ανεμιστήρας αναρροφά τα καυσαέρια του ξηρατηρίου και μέσω κυκλωνικού συστήματος τα καταθλίπτει προς την ατμόσφαιρα. Στο κάτω μέρος του τελικού κώνου, κινείται ταινία με τη βοήθεια ηλεκτροκινητήρα, η οποία παραλαμβάνει την ξηρή πια ελαιοπυρήνα, οδηγώντας την στο επόμενο στάδιο.

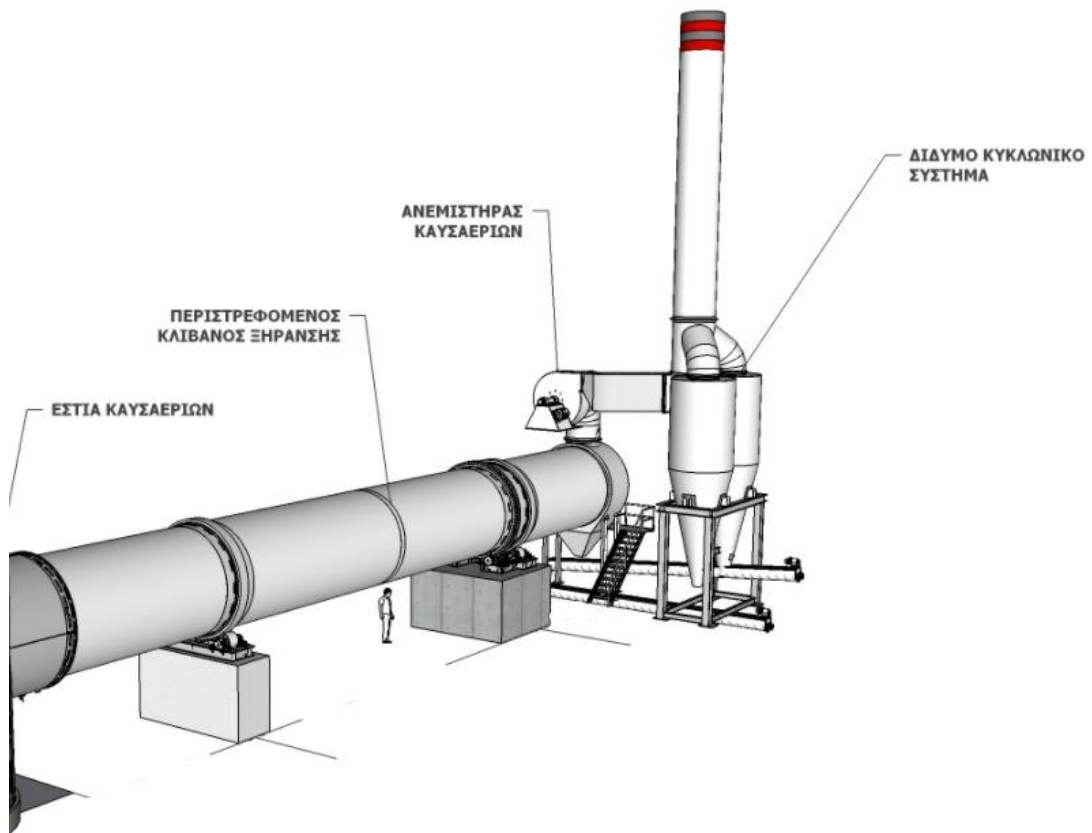
Ακολουθούν σχήματα και εικόνες για την καλύτερη κατανόηση των παραπάνω:



*Εικόνα 1 Μεταλλικά ελάσματα εντός του ξηρατηρίου*



Σχήμα 3 Μηχανισμός περιστροφής ράουλων



Σχήμα 4 Γραμμή ξήρανσης & κυκλωνικό σύστημα

### 2.3.3 Μηχανισμός ξήρανσης

Η υγρή ελαιοπυρήνα μετά το σιλό εισαγωγής εισέρχεται στο ξηραντήριο, όπου κινείται εντός του και υπόκειται σε ξήρανση. Η κύρια πηγή θερμικής ενέργειας, η οποία είναι απαραίτητη στη διαδικασία της ξήρανσης, είναι η μονάδα υδρόλυσης υψηλών θερμοκρασιών, η οποία όπως θα δούμε στα επόμενα κεφάλαια, τροφοδοτεί τη γραμμή ξήρανσης με θερμική ενέργεια της τάξεως των 64.000 kWh/day. Επίσης, θερμική ενέργεια δίδεται στη γραμμή ξήρανσης μέσω της εκμετάλλευσης των καυσαερίων από της ηλεκτρογεννήτριες, τα οποία οδηγούνται στον περιστρεφόμενο κύλινδρο πριν απορριφθούν στην ατμόσφαιρα.

Οπότε με βάση τα παραπάνω, η ξήρανση της ελαιοπυρήνας λαμβάνει χώρα με τους παρακάτω τρόπους:

- Μέσω της επαφής με τα μεταλλικά ελάσματα, τα οποία έχουν αυξημένη θερμοκρασία λόγω της αλληλεπίδρασής τους με τη θερμική ενέργεια από τον αντιδραστήρα UHTH και τα καυσαέρια των γεννητριών.
- Μέσω της απευθείας επαφής με τα θερμά καυσαέρια της ηλεκτρογεννήτριας τα οποία αντλούνται από τον ανεμιστήρα απαγωγής καυσαερίων.
- Μέσω της κίνησης και της περιστροφής μέσα στον θερμό κύλινδρο.

### 2.4 Υδρόλυση υψηλών θερμοκρασιών

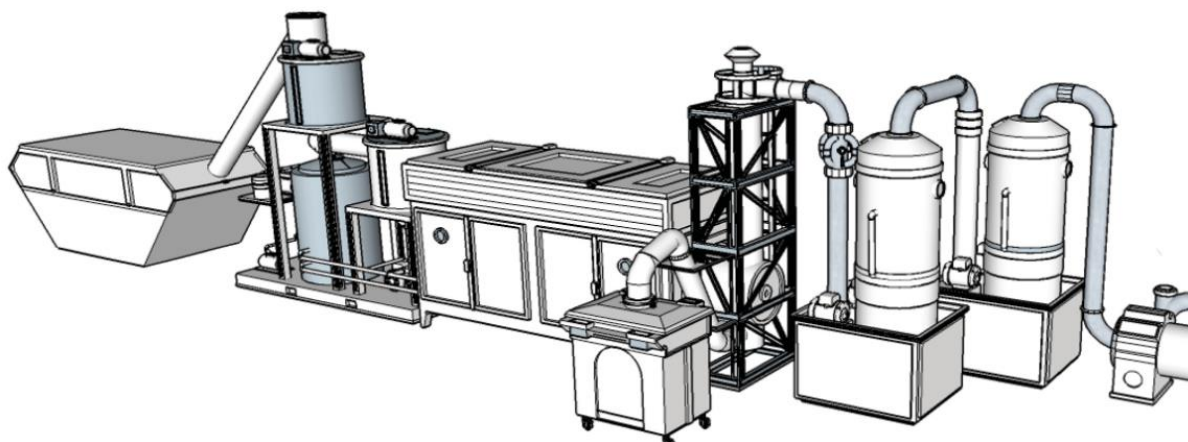
Αμέσως μετά τη διαδικασία της ξήρανσης, η ελαιοπυρήνα είναι έτοιμη να περάσει από τη διαδικασία της υδρόλυσης υψηλών θερμοκρασιών. Η συγκεκριμένη διαδικασία περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια, τα οποία θα αναλυθούν στα παρακάτω υποκεφάλαια:

- Τροφοδοσία.
- Αφαίρεση οξυγόνου.
- Αντιδραστήρας UHTH.
- Διαχωρισμός syngas.
- Καθαρισμός syngas.
- Αποθήκευση syngas.

Ο σχεδιασμός της μονάδας, ώστε τα αποτελέσματά μας να είναι ρεαλιστικά, προβλέπει την ημερήσια επεξεργασία 25 τόνων αποξηραμένης πυρήνας, γεγονός που μας οδηγεί στην επιλογή της μονάδας T25 της εταιρίας Cleancarbonconversion®. Σύμφωνα με τα τεχνικά στοιχεία που δίνει η εταιρία, το μοντέλο καταλαμβάνει χώρο με τις παρακάτω διαστάσεις:

- Μήκος: 25m
- Πλάτος: 4,5m
- Ύψος: 10m

Παρακάτω ακολουθεί ενδεικτικό σχέδιο της μονάδας UHTH:



Εικόνα 2 Ενδεικτικό σχέδιο μονάδας UHTH CleanCarbonConversion®

#### 2.4.1 Τροφοδοσία

Αμέσως μετά την έξοδο από τη γραμμή ξήρανσης, η ελαιοπυρήνα συλλέγεται από ταινία η οποία την οδηγεί στη μονάδα υδρόλυσης υψηλών θερμοκρασιών και πιο συγκεκριμένα στο στάδιο της τροφοδοσίας πρώτης ύλης. Στο συγκεκριμένο στάδιο, έχουμε την προσωρινή αποθήκευση της ελαιοπυρήνας σε έναν μεταλλικό κάδο προσωρινής αποθήκευσης, ο οποίος έχει τις παρακάτω διαστάσεις:

- Μήκος: 3,5m
- Πλάτος: 2m
- Ύψος: 2m

Μέσα στον κάδο προσωρινής αποθήκευσης υπάρχει κοχλίας ανύψωσης για τη μεταφορά της ελαιοπυρήνας στο επόμενο στάδιο επεξεργασίας.

#### 2.4.2 Αφαίρεση οξυγόνου

Όπως αναφέραμε στο κεφάλαιο 1, για την υδρόλυση της πρώτης ύλης είναι απαραίτητο, εκτός από κατάλληλη υγρασία, να υπάρχει απουσία οξυγόνου. Έτσι, ο κοχλίας ανύψωσης από την τροφοδοσία οδηγεί στο στάδιο αφαίρεσης οξυγόνου, το οποίο αποτελείται από 2 κυλινδρικά σιλό. Στο πρώτο σιλό ύψους 1,5m και διαμέτρου 1,5m γίνεται αφαίρεση της μεγαλύτερης ποσότητας οξυγόνου της πρώτης ύλης, η οποία εν συνεχεία προωθείται στο δεύτερο σιλό ύψους 2,5m και διαμέτρου 1,5m, στο οποίο μηδενίζονται οποιαδήποτε υπολείμματα οξυγόνου απέμειναν από το πρώτο σιλό.



Εικόνα 3 Σκίτσο αναπαράστασης σιλό αφαίρεσης οξυγόνου

### 2.4.3 Αντιδραστήρας UHTH

Μετά την αφαίρεση οξυγόνου, η πρώτη ύλη είναι πλέον έτοιμη να περάσει από τον αντιδραστήρα υδρόλυσης υψηλών θερμοκρασιών (UHTH). Ο αντιδραστήρας UHTH στεγάζεται μέσα σε κλειστή μεταλλική κατασκευή, η οποία διαθέτει τις απαραίτητες θυρίδες επισκέψεως και έχει τις παρακάτω διαστάσεις:

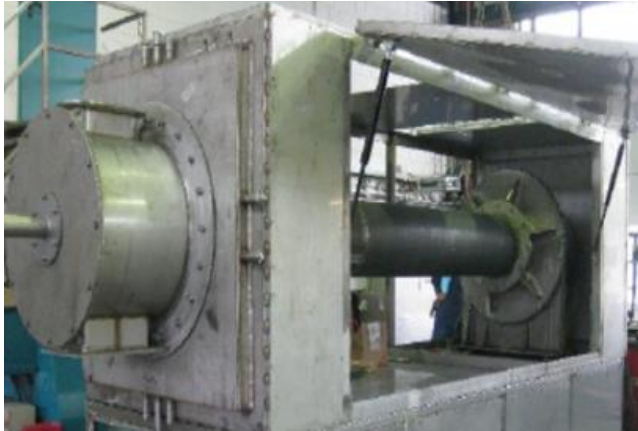
- Μήκος: 5,5 m
- Πλάτος: 2m
- Ύψος: 3,5m

Ο πυρήνας του αντιδραστήρα έχει την ικανότητα, μέσω ηλεκτρικής αντίστασης μεγάλης ισχύος, να αναπτύξει θερμοκρασίες μεταξύ 700°C – 1.500°C. Ο χειριστής του μηχανήματος έχει τη δυνατότητα να ρυθμίσει της θερμοκρασία του πυρήνα μέσω ειδικού θερμοστάτη Wolfram, ο οποίος βρίσκεται στην πρόσοψη του μηχανήματος. Συνήθως, η κατάλληλη θερμοκρασία για την υδρόλυση υψηλών θερμοκρασιών είναι περίπου 1.100 °C.

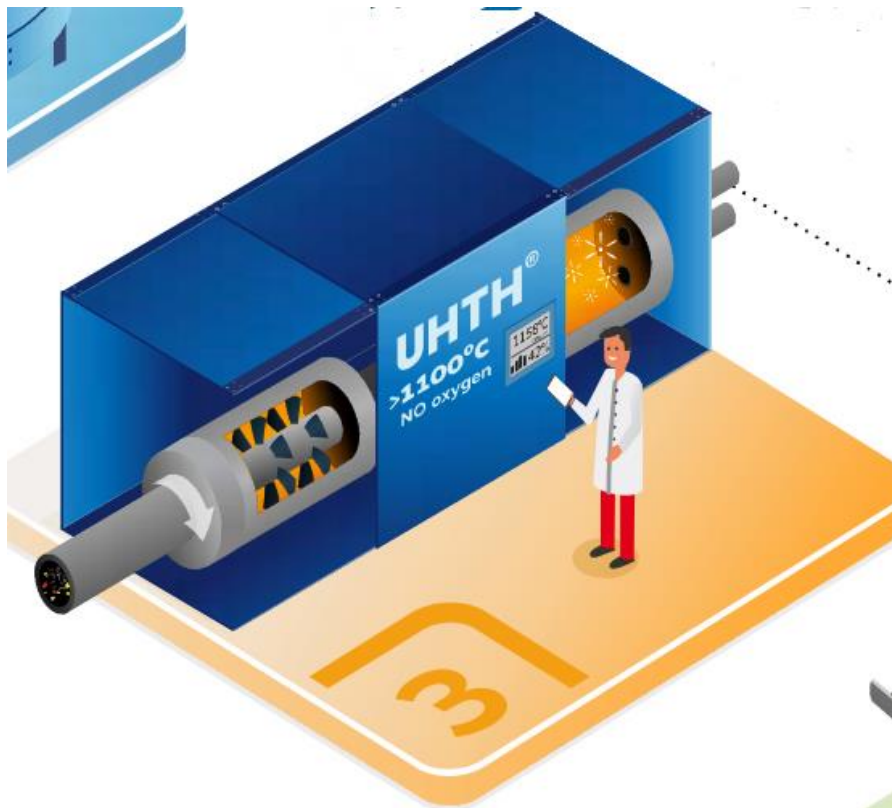
Λόγω του αυξημένου κινδύνου από την ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών στον πυρήνα, ο αντιδραστήρας UHTH προστατεύεται από ασφαλιστικές δικλείδες καθώς και συστήματα συναγερμού. Πιο συγκεκριμένα, το ολοκληρωμένο σύστημα ασφαλείας απενεργοποιεί τον αντιδραστήρα σε περίπτωση υπερθέρμανσης ή βλάβης του συστήματος ψύξης (το οποίο λειτουργεί με νερό). Επίσης η μονάδα περιλαμβάνει και σύστημα συναγερμού σε περίπτωση που η θερμοκρασία βρίσκεται εκτός των προκαθορισμένων ορίων.

Τέλος, το αποτέλεσμα από την υδρόλυση υψηλών θερμοκρασιών της ελαιοπυρήνας είναι η δημιουργία του αερίου σύνθεσης αλλά και η παραγωγή θερμικής ενέργειας με θερμική απόδοση 42%. Με βάση τη θερμογόνο δύναμη της ελαιοπυρήνας, υπολογίζεται ότι η παραγωγή syngas μπορεί να φτάσει μέχρι 1530 m<sup>3</sup>/tn πρώτης ύλης. Άρα, μπορούμε μέγιστα να παράγουμε

$1530 \text{ m}^3/\text{tn} \times 25 \text{ tn}/\text{day} = 38.250 \text{ m}^3/\text{day}$  syngas. Επίσης, με βάση τη θερμογόνο δύναμη της ελαιοπυρήνας, μπορούμε να παράγουμε θερμική ενέργεια της τάξεως του  $5.200 \text{ kcal}/\text{kg} \times 25.000 \text{ kg}/\text{day} \times 42\% = 54.600.000 \text{ kcal}/\text{day} = 63.484 \text{ kWh}/\text{day}$ . Όλη η ποσότητα της θερμικής ενέργειας που παράγεται στον αντιδραστήρα, επιστρέφει στη γραμμή ξήρανση για θέρμανση του περιστρεφόμενου κυλίνδρου. Τέλος, το αέριο σύνθεσης, μετά το αντιδραστήρα UHTH, ακολουθεί τα στάδια επεξεργασίας που περιγράφονται στα επόμενα υποκεφάλαια.



Εικόνα 4 Αντιδραστήρας UHTH



Εικόνα 5 Σκίτσο αναπαράστασης αντίδρασης UHTH



## 2.4.4 Διαχωρισμός syngas

Όπως είναι γνωστό από τη θεωρία, μόνο οι οργανικές ύλες μπορούν να μετατραπούν σε syngas. Έτσι, η αντίδραση μέσα στον αντιδραστήρα αναπόφευκτα θα έχει και κάποια στερεά υπολείμματα σε μικρές ποσότητες, τα οποία πρέπει να απομακρυνθούν από το αέριο σύνθεσης. Πιο συγκεκριμένα, αμέσως μετά τον αντιδραστήρα UHTH, το αέριο μαζί με τα στερεά υπολείμματα οδηγείται σε ένα κάθετο κύλινδρο (κύλινδρος διαχωρισμού) διαμέτρου 1m και ύψους 6m. Στον συγκεκριμένο κύλινδρο, το αέριο συγκεντρώνεται στο πάνω μέρος και τα στερεά υπολείμματα λόγω της βαρύτητας μένουν στο κάτω μέρος και από κει οδηγούνται μέσω κοχλίας ανύψωσης σε ένα κάδο στερεών με διαστάσεις ΜxΠxΥ (2m x 1m x 2m). Τα στερεά υπολείμματα έχουν τη μορφή στάχτης και δεν είναι επικίνδυνα για το περιβάλλον, οπότε μπορούν να απορριφθούν ασφαλώς.

## 2.4.5 Καθαρισμός syngas

Το αέριο σύνθεσης μετά το διαχωρισμό του από τα στερεά υπολείμματα υπόκειται σε ακόμα μια διαδικασία πριν την τελική διάθεσή του. Από την πάνω μεριά του κυλίνδρου διαχωρισμού, το αέριο περνάει διαδοχικά από 2 ακόμα κάθετους κυλίνδρους διαμέτρου 1,5m και ύψους 5,5m, στους οποίους υπόκειται στις παρακάτω διεργασίες:

1. Διαδικασία μείωσης της θερμοκρασίας: Με άμεσο ψεκασμό νερού στο ρεύμα αερίου μειώνεται τη θερμοκρασία του αερίου και οι μολυσματικές ουσίες δεσμεύονται από το νερό που συλλέγεται σε μια δεξαμενή. Το νερό κυκλοφορεί εκ νέου σε κλειστό βρόχο και το νερό αναλύεται κάθε μήνα για να προσδιοριστεί ποιο είναι το περιεχόμενο του σε μολυσματικές ουσίες και ποια είναι η κατάλληλη διαδικασία για τη διάθεση του.
2. Αλκαλικός καθαρισμός: Για την εξαγωγή και απομάκρυνση των θειικών αλάτων και των χλωριδίων χρησιμοποιείται ένα αντιδραστήριο καθαρισμού με χαμηλό PH.
3. Οξεικός καθαρισμός: Για την εξαγωγή και απομάκρυνση των μετάλλων χρησιμοποιείται ένα αντιδραστήριο καθαρισμού με υψηλό PH.

Μετά το πέρας των παραπάνω διεργασιών, το αέριο οδηγείται προς την τελική δεξαμενή αποθήκευσης.



Εικόνα 6 Σκίτσο διαδικασίας καθαρισμού syngas

## 2.4.6 Προσωρινή αποθήκευση syngas

Το αέριο σύνθεσης μετά τη διαδικασία καθαρισμού του, οδηγείται σε 3 οριζόντιες δεξαμενές αποθήκευσης διαμέτρου 3,6m και μήκους 17,25m, οι οποίες έχουν ωφέλιμη χωρητικότητα 100m<sup>3</sup> έκαστη. Εκεί, το αέριο αποθηκεύεται προσωρινά έως ότου ζητηθεί από τη μηχανή εσωτερικής καύσης της ηλεκτρογεννήτριας του τελικού σταδίου. Σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας του εργοστασίου, το αέριο σύνθεσης που παράγεται θα καταναλώνεται άμεσα από την ηλεκτρογεννήτρια. Οπότε, σύμφωνα με τα παραπάνω, η συγκεκριμένη δεξαμενή έχει χρησιμότητα μόνο σε περίπτωση, όπου πρέπει να αποθηκευτεί syngas, όπως στην εκκίνηση του εργοστασίου, στην περίπτωση όπου η ηλεκτρογεννήτρια δε μπορεί να δουλέψει στη μέγιστη απόδοσή της ή στην περίπτωση απρόσμενης βλάβης της μονάδας.

## 2.5 Παραγωγή ηλεκτρικής & θερμικής ενέργειας

Το τελευταίο στάδιο της μονάδας που μελετάμε είναι η παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας από την καύση του αερίου σύνθεσης. Πιο συγκεκριμένα, μετά τις δεξαμενές προσωρινής αποθήκευσης, το syngas προωθείται για κατανάλωση στη μηχανή εσωτερικής καύσης της ηλεκτρογεννήτριας της μονάδας. Για την επιλογή της ηλεκτρογεννήτριας λήφθηκε υπόψιν ότι η μέγιστη παραγωγή syngas ανά ημέρα είναι 38.250 m<sup>3</sup> (βλ. κεφάλαιο 2.4.3). Έτσι, πρέπει να γίνει επιλογή γεννήτριας, ώστε η κατανάλωση syngas να είναι μικρότερη ή ίση από το παραπάνω ποσό.

Μετά από έρευνα σε εταιρίες οι οποίες διαθέτουν μοντέλα γεννητριών με μηχανές εσωτερικής καύσης syngas, η κατάλληλη γεννήτρια για την κάλυψη των αναγκών του συγκεκριμένου project είναι η παρακάτω:

Πίνακας 1 Βασικά Στοιχεία Μοντέλου Ηλεκτρογεννήτριας Μονάδας

<b>Εταιρία</b>	Ettes Power
<b>Μοντέλο Γεννήτριας</b>	EZ-1000SB
<b>Μοντέλο Μηχανής Καύσης Syngas</b>	9300D/M-1
<b>Παραγόμενη Ηλεκτρική Ισχύς</b>	200-1200 kW
<b>Κατανάλωση στο μέγιστο φορτίο</b>	11 MJ/ kWh
<b>Θερμοκρασία καυσαερίων</b>	≈600°C
<b>Διαστάσεις</b>	8,5m x 1,9m x 3,5m (ΜxΠxΥ)

Πηγή: [www. Ettespower.com/Syngas-Biomass-Generator.html](http://www.Ettespower.com/Syngas-Biomass-Generator.html)

Όπως βλέπουμε στα παραπάνω χαρακτηριστικά, η γεννήτρια έχει μέγιστη δυναμικότητα 1200 kW και κατανάλωση 11 MJ/ kWh. Άρα με βάση τα παραπάνω, καθώς και με βάση ότι η θερμογόνο δύναμη του παραγόμενου syngas είναι 16.5 MJ/m<sup>3</sup> έχουμε:



Υπολογισμός απαιτούμενης θερμικής ενέργειας για 24h λειτουργίας:

$$11 \frac{MJ}{kWh} \times 1200kW \times 24h = 316.800 MJ$$

Υπολογισμός κατανάλωσης syngas ανά ημέρα:

$$\frac{\text{Απαιτούμενη θερμική ενέργεια}}{\text{Θερμογόνος δύναμη syngas}} = \frac{316.800 MJ}{16.5 \frac{MJ}{m^3}} \approx 19.200 m^3$$

Οπότε, εφόσον η κατανάλωση της γεννήτριας είναι 19.200 m<sup>3</sup>/day, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε 2 όμοιες γεννήτριες παράλληλα, ώστε να εκμεταλλευτούμε πλήρως τη μέγιστη παραγωγή αερίου από τον αντιδραστήρα UHTH.

Τα παραγόμενα καυσαέρια από την καύση του syngas, οδηγούνται μέσω σωληνώσεων στο θάλαμο καυσαερίων της γραμμής ξήρανσης (βλ. κεφάλαιο 2.3.2), ώστε να εκμεταλλευτούμε την υψηλή τους θερμοκρασία και να ζεσάνουμε το ξηραντήριο. Για το λόγο αυτό, η ηλεκτρογεννήτρια πρέπει να τοποθετηθεί σχετικά κοντά στη γραμμή ξήρανσης, ώστε τα καυσαέρια να μη χάσουν θερμοκρασία λόγω μεγάλης απόστασης προς το θάλαμο καυσαερίων.



Εικόνα 7 Γεννήτρια syngas εταιρίας Ettes Power

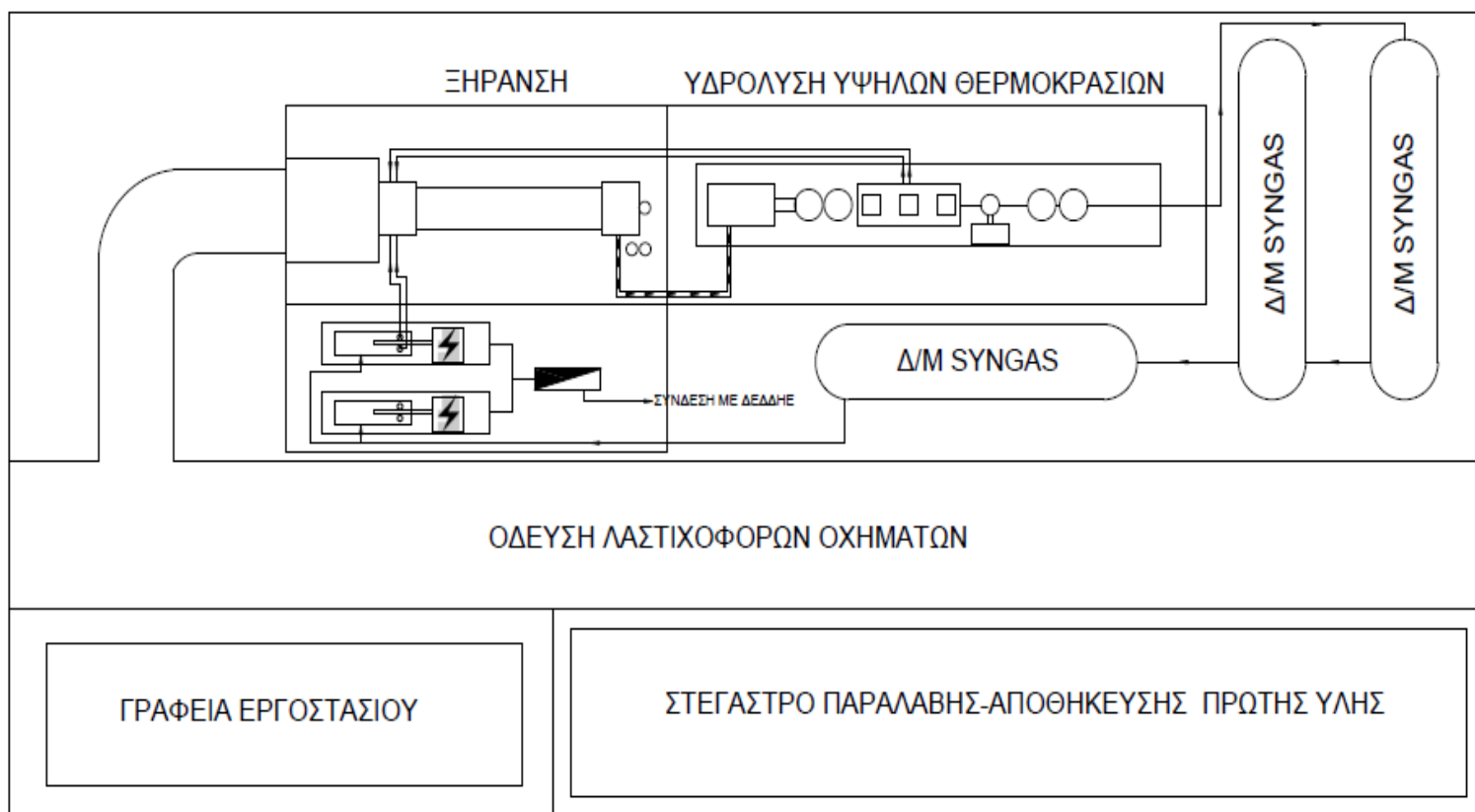
## 2.6 Σημείο λειτουργίας εργοστασίου

Με βάση όλα τα παραπάνω, θα ορίσουμε το σημείο λειτουργίας του παραγωγικού συστήματος του εργοστασίου:

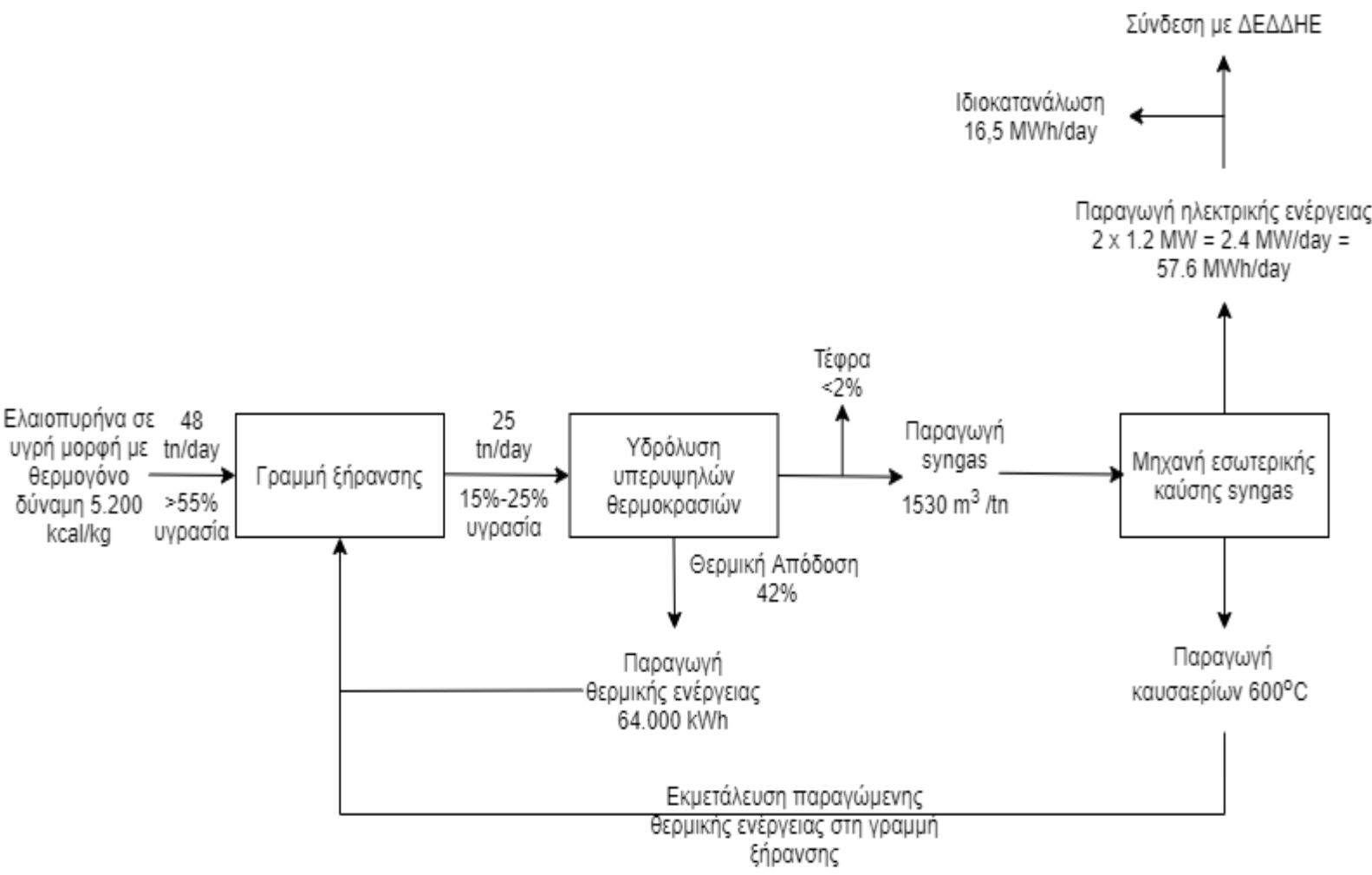
Α/Α	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΔΥΝΑΜΙΚΟΤΗΤΑ	ΣΗΜΕΙΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ
1	Γραμμή Ξήρανσης (είσοδος)	$2 \text{ tn/h} \times 24\text{h} = 48 \text{ tn/day}$	$2 \text{ tn/h} \times 24\text{h} = 48 \text{ tn/day}$
2	Γραμμή Ξήρανσης (έξοδος)	$25 \text{ tn/day}$	$25 \text{ tn/day}$
3	Μονάδα ΥΗΤΗ (εισαγωγή ξηρής ελαιοπυρήνας)	$25 \text{ tn/day}$	$25 \text{ tn/day}$
4	Μονάδα ΥΗΤΗ (παραγωγή syngas)	$1530 \text{ m}^3/\text{tn} \times 25\text{tn/day} = 38250 \text{ m}^3/\text{day}$	$1530 \text{ m}^3/\text{tn} \times 25 \text{ tn/day} = 38250 \text{ m}^3/\text{day}$
5	Μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας	$2 \times 1200 \text{ kW} = 2.4 \text{ MW}$	$2.4 \text{ MW}$

Πίνακας 2 Σημεία λειτουργίας παραγωγικού συστήματος

Όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα, η μονάδα εκμεταλλεύεται όλες τις επιμέρους λειτουργίες της στη μέγιστη δυναμικότητά της με στόχο να μεγιστοποιήσει τα κέρδη της. Ακολουθεί ενδεικτική κάτοψη της εργοστασιακής μονάδας, η οποία καταλαμβάνει συνολική έκταση  $3.053 \text{ m}^2$ , καθώς και το διάγραμμα ροής του παραγωγικού συστήματος,



Εικόνα 8:  
Ενδεικτική χωροθέτηση διαδικασιών παραγωγικού συστήματος



Σχήμα 5 Διάγραμμα ροής παραγωγικού συστήματος εργοστασίου

## Κεφάλαιο 3: Τεχνοοικονομική Ανάλυση Μονάδας Παραγωγής

Στο προηγούμενο κεφάλαιο αναλύσαμε λεπτομερώς το παραγωγικό σύστημα του εργοστασίου το οποίο μελετάμε στην παρούσα εργασία. Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα εξετάσουμε τί οικονομικούς πόρους χρειαζόμαστε για αυτή την επένδυση, καθώς και σε πόσο χρονικό διάστημα είναι εφικτή η απόσβεσή της.

### 3.1 Κόστος μηχανολογικού εξοπλισμού

Ξεκινώντας την τεχνοοικονομική ανάλυση, θα εκτιμήσουμε με λεπτομέρεια το κόστος του τεχνικού εξοπλισμού του παραγωγικού συστήματος του εργοστασίου, όπως αναλύθηκε στο κεφάλαιο 2.

Πίνακας 3 Κοστολόγηση αρχικού κόστους μηχανολογικού εξοπλισμού

A.A	ΣΤΑΔΙΟ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	ΚΟΣΤΟΣ (€)
1	Τροφοδοσία Υγρής Ελαιοπυρήνας	Σιλό τροφοδοσίας με σύστημα ανάδευσης	5.000,00 €
		Σύστημα μεταφοράς υλικού μέσω ταινίας	5.000,00 €
2	Γραμμή Ξήρανσης	Κύλινδρος ξήρανσης δυναμικότητας 2 tn/h	80.000,00 €
		Σύστημα περιστροφής κυλίνδρου	3.000,00 €
		Ανεμιστήρας αναρρόφησης (20 kW)	10.000,00 €
		Κυκλωνικό σύστημα με φίλτρο σκόνης	20.000,00 €
		Σύστημα μεταφοράς υλικού μέσω ταινίας	5.000,00 €
3	Μονάδα Υδρόλυσης Υψηλών Θερμοκρασιών		7.500.000,00 €
4	Δεξαμενές προσωρινής αποθήκευσης παραγόμενου syngas		90.000,00 €
5	Μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής & θερμικής ενέργειας με Μ.Ε.Κ. Syngas δυναμικότητας 2.4 MW		800.000,00 €
6	Σύνδεση παραγόμενης ηλεκτρικής ισχύος με δίκτυο ΔΕΔΔΗΕ		50.000,00 €
		<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>8.568.000,00 €</b>

Με βάση τα παραπάνω, το κόστος απόκτησης και εγκατάστασης του μηχανολογικού εξοπλισμού του παραγωγικού συστήματος υπολογίζεται στις **8.568.000€**.

### **3.2 Κόστος μηχανοκίνητων οχημάτων**

Όπως αναφέραμε στο κεφάλαιο 2.2, για την παραλαβή και μεταφορά της πρώτης ύλης από τα εργοστάσια παραγωγής ελαιολάδου θα χρησιμοποιηθούν φορτηγά οχήματα της μονάδας. Επίσης, στο κεφάλαιο 2.3.1 αναφέραμε ότι η πρώτη ύλη θα τροφοδοτείται στο σιλό τροφοδοσίας του ξηραντηρίου μέσω λαστιχοφόρων φορτωτών. Υποθέτουμε ότι για την ομαλή λειτουργία της μονάδας, θα χρειαστούμε 1 φορτηγό για τη μεταφορά της πρώτης ύλης, καθώς και 1 φορτωτή για την τροφοδοσία του ξηραντηρίου. Για εξοικονόμηση χρηματικών πόρων, τα οχήματα μπορούν να είναι μεταχειρισμένα. Έτσι, προκύπτουν τα παρακάτω κόστη:

1. Φορτηγό όχημα μεταφοράς πρώτης ύλης με ανατρεπόμενο βαγόνι: 20.000€
2. Λαστιχοφόρος φορτωτής τροφοδοσίας ξηραντηρίου: 60.000€

Με βάση τα παραπάνω, το κόστος απόκτησης των μηχανοκίνητων οχημάτων της μονάδας υπολογίζεται στις **80.000€**.

### **3.3 Κόστος κτιριακών εγκαταστάσεων**

Στο παρόν υποκεφάλαιο, αναλύονται οι κτιριακές ανάγκες της μονάδας για τη στέγαση των επιμέρους λειτουργιών της παραγωγικής μονάδας, καθώς και το κόστος που θα προκύψει από την κατασκευή τους, όπως αυτές προέκυψαν από το κεφάλαιο 2.

#### **3.3.1 Κόστος αγοράς οικοπέδου**

Το οικόπεδο που απαιτείται για τη στέγαση των εγκαταστάσεων πρέπει σύμφωνα με το κεφάλαιο 2.6 να καταλαμβάνει περίπου εμβαδόν 3053 m<sup>2</sup>. Υπολογίζεται ότι για ένα οικόπεδο στην ύπαιθρο υπάρχει κόστος αγοράς περίπου 15€/m<sup>2</sup>. Οπότε έχουμε:

$$\text{Κόστος οικοπέδου: } 3053 \text{ m}^2 \times 15\text{€/m}^2 = 45.795\text{€}$$

#### **3.3.2 Κόστος κτιριακών έργων**

Για τη στέγαση του παραγωγικού συστήματος και των υπόλοιπων λειτουργιών της μονάδας, απαιτούνται οι παρακάτω κτιριακές εγκαταστάσεις:

- Χώρος παραλαβής:

Μεταλλικό στέγαστρο ύψους 5m και εμβαδού 500m<sup>2</sup>.

- Γραμμή ξήρανσης:

Μεταλλικό βιομηχανικό κτίριο ύψους 5m εμβαδού 195 m<sup>2</sup>.

- Μονάδα υδρόλυσης υψηλών θερμοκρασιών:

Μεταλλικό βιομηχανικό κτίριο ύψους 7m εμβαδού 275 m<sup>2</sup>.

- Μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας:

Μεταλλικό βιομηχανικό κτίριο ύψους 5m εμβαδού 75 m<sup>2</sup>.

- Γραφεία μονάδας παραγωγής:

Κτίριο κατασκευής σκυροδέματος εμβαδού 175 m<sup>2</sup>.

Για τις παραπάνω κατασκευές, λαμβάνουμε υπόψιν τα παρακάτω κόστη:

- Χωματουργικά και οικοδομικά έργα για την κατασκευή μεταλλικού κτιρίου: 350 €/m<sup>2</sup>
- Ηλεκτρομηχανολογικά έργα μεταλλικού κτιρίου: 100 €/m<sup>2</sup>
- Χωματουργικά και οικοδομικά έργα για την κατασκευή κτιρίου εκ σκυροδέματος: 500 €/m<sup>2</sup>
- Ηλεκτρομηχανολογικά έργα κτιρίου εκ σκυροδέματος: 60 €/m<sup>2</sup>
- Χωματουργικά και οικοδομικά έργα για την κατασκευή μεταλλικού στεγάστρου: 70 €/m<sup>2</sup>

Με βάση τα παραπάνω δεδομένα κόστους, έχουμε:

Κόστος μεταλλικών βιομηχανικών εγκαταστάσεων: 545 m<sup>2</sup> x (350+100) €/m<sup>2</sup> = 245.250€

Κόστος μεταλλικού στεγάστρου: 500 m<sup>2</sup> x 70 €/m<sup>2</sup> = 35.000€

Κόστος κτιρίου γραφείων: 175 m<sup>2</sup> x (500+60) €/m<sup>2</sup> = 98.000€

Από το άθροισμα των παραπάνω, προκύπτει ένα κόστος ανέγερσης κτιριακών εγκαταστάσεων της τάξεως των 378.250€.

### **3.3.3 Κόστος μελέτης – επίβλεψης κατασκευής**

Πέρα από τα καθαρά κόστη κατασκευής που περιγράφηκαν στο υποκεφάλαιο 3.2.2, πρέπει να υπολογιστούν και τα κόστη μελέτης, υποβολής φακέλων και επίβλεψης της κατασκευής των κτιριακών εγκαταστάσεων της παραγωγικής μονάδας.

Προσεγγιστικά, για μια κατασκευή του μεγέθους που περιγράψαμε παραπάνω, το κόστος για τα παραπάνω ανέρχεται στις 120.000€.

Συνοψίζοντας όλα τα παραπάνω, το συνολικό κόστος για τη στέγαση της παραγωγικής μονάδας ανέρχεται στις **544.045€**.

### 3.4 Κόστος Παραγωγής

Για να υπολογίσουμε το κόστος παραγωγής, πρέπει πρώτα να υπολογίσουμε διάφορες παραμέτρους που το επηρεάζουν άμεσα.

#### 3.4.1 Ετήσιες ώρες λειτουργίας

Με μια πρώτη ματιά, θα μπορούσαμε να πούμε ότι η μονάδα έχει τη δυνατότητα και πρέπει να λειτουργεί όλο το χρόνο, καθώς το προϊόν που παράγει μπορεί να πωληθεί σε όλη του την ποσότητα χωρίς ρίσκο. Υπάρχει όμως ένας βασικός περιορισμός: Η ελαιοπυρήνα, η πρώτη ύλη που χρησιμοποιεί η μονάδα, δε μπορεί να διατηρηθεί σε καλή ποιότητα κατά τους θερινούς μήνες, καθώς οι υψηλές θερμοκρασίες επηρεάζουν αρνητικά τις χρήσιμες ιδιότητές της στην υδρόλυση υψηλών θερμοκρασιών. Έτσι, υποθέτουμε ότι η μονάδα μπορεί να λειτουργεί αποτελεσματικά κατά τους μήνες Νοέμβριο – Μάϊο. Επίσης, λόγω του υψηλού κόστους εκκίνησης της μονάδας, υποθέτουμε ότι θα λειτουργεί 24 ώρες το 24ωρο.

Με βάση τα παραπάνω, προκύπτει ότι οι ετήσιες ώρες λειτουργίας της μονάδας είναι:

$$7 \text{ μήνες/έτος} \times 30 \text{ μέρες/μήνα} \times 24 \text{ ώρες/μέρα} = \underline{\underline{5.040 \text{ ώρες/έτος}}}$$

#### 3.4.2 Κόστος πρώτης ύλης

Το κόστος απόκτησης της πρώτης ύλης ανά έτος εξαρτάται άμεσα από τις ετήσιες ώρες λειτουργίας της μονάδας, καθώς όσες πιο πολλές ώρες λειτουργεί, τόσο περισσότερη πρώτη ύλη έχει ανάγκη.

Στην περίπτωση που μελετάμε, οι ετήσιες ώρες λειτουργίας της μονάδας είναι 5.040 ώρες. Σύμφωνα με το κεφάλαιο 2.6, όπου ορίσαμε το σημείο λειτουργίας του παραγωγικού συστήματος, η μονάδα έχει ημερήσια ανάγκη για 24 tn ελαιοπυρήνας. Οπότε, σύμφωνα με τα παραπάνω, οι ετήσιες ανάγκες σε πρώτη ύλη είναι:

$$48 \text{ tn}/24\text{h} \times 5040 \text{ h/annum} = \frac{48 \times 5040}{24} \text{ tn/annum} = \mathbf{10.080 \text{ tn/annum}}$$

Η τιμή πώλησης της ελαιοπυρήνας διαμορφώνεται σήμερα στα 25€/tn. Οπότε το ετήσιο κόστος πρώτης ύλης με βάση τα παραπάνω προκύπτει:

$$10.080 \text{ tn/annum} \times 25 \text{ €/tn} = \mathbf{252.000€}$$

### 3.4.3 Κόστος ηλεκτρικής ενέργειας

Εφόσον το τελικό προϊόν παραγωγής της μονάδας είναι η ηλεκτρική ενέργεια, δε θα έχει κάποιο κόστος προς τον εκάστοτε πάροχο ηλεκτρικής ενέργειας, αφού θα χρησιμοποιεί μέρος από την παραγωγή για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της. Θα έχει όμως κάποιο κόστος από τη μη πώληση της συγκεκριμένης ενέργειας. Οπότε, είναι αναγκαίο να υπολογιστεί η ετήσια κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας της μονάδας και να αφαιρεθεί από το κέρδος. Λαμβάνοντας υπόψιν όλα τα δεδομένα από το κεφάλαιο 2, προκύπτουν οι παρακάτω ωριαίες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας:

A/A	Περιγραφή	Κατανάλωση (kW/h)
1	Τροφοδοσία πρώτης ύλης στο ξηραντήριο	5
2	Περιστροφή κυλίνδρου ξήρανσης	10
3	Ανεμιστήρας αναρρόφησης ξηραντηρίου	20
4	Μεταφορά αποξηραμένης πρώτης ύλης στη μονάδα υδρόλυσης	5
5	Μονάδα υδρόλυσης υψηλών θερμοκρασιών (Σύνολο)	650
6	Λοιπές ανάγκες μονάδας (Φωτισμός, Η/Υ κλπ)	5
	<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>695</b>

Πίνακας 4  
Ενεργειακές  
απαιτήσεις  
παραγωγικής  
μονάδας ανά  
ώρα

Με βάση τα παραπάνω, οι ετήσιες ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια έχουν ως εξής:

$$5040 \text{ h/annum} \times 695 \text{ kW/h} = 3.502.800 \text{ kWh/annum}$$

### 3.4.4 Κόστος ανθρώπινου δυναμικού

Για τον υπολογισμό του συγκεκριμένου κόστους, πρέπει να ορίσουμε τις ανάγκες της μονάδας σε ανθρώπινο δυναμικό. Στον πίνακα που ακολουθεί, αναλύονται οι ανάγκες σε ανθρώπινο δυναμικό ανά επιμέρους λειτουργία της μονάδας.

A/A	Περιγραφή	Αριθμός Απασχολούμενων ανά βάρδια	Βάρδιες ανά 24ωρο	Σύνολο
1	Χειριστές Φορτωτών	1	3	3
2	Οδηγοί Φορτηγών οχημάτων	1	1	1
3	Χειριστές ξηραντηρίου	1	3	3



5	Χειριστές ΥΗΤΗ	1	3	3
7	Επιβλέποντες βάρδιας	1	3	3
8	Υπάλληλοι γραφείου	2	1	2
	<b>Γενικό Σύνολο</b>	<b>15</b>		

Πίνακας 5 Ανάγκες σε ανθρώπινο δυναμικό

Υποθέτουμε ότι το παραπάνω ανθρώπινο δυναμικό, απαιτείται να εργάζεται 7 μήνες για την εξυπηρέτηση των αναγκών της μονάδας. Επίσης, υποθέτουμε ότι το μέσο μηνιαίο κόστος για ένα υπάλληλο, συμπεριλαμβανομένων των εισφορών του, είναι 1100 €/μήνα. Έτσι, το ετήσιο κόστος ανθρώπινου δυναμικού διαμορφώνεται ως εξής:

$$15 \times 1100 \text{ €/μήνα} \times 7 \text{ μήνες/έτος} = 115.500 \text{ €}$$

### 3.4.5 Κόστη συντήρησης/επισκευής μηχανολογικού εξοπλισμού & απρόσμενα κόστη

Εκτός από τα κόστη παραγωγής που αναλύθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια, οφείλουμε να υπολογίσουμε και το αναπόφευκτο κόστος προληπτικής συντήρησης και επιδιόρθωσης βλαβών του μηχανολογικού εξοπλισμού του παραγωγικού συστήματος. Για τον υπολογισμό του συγκεκριμένου κόστους λαμβάνουμε υπόψιν κόστη που αναγράφονται στον πίνακα που ακολουθεί:

A/A	Περιγραφή εργασίας	Ετήσιο Κόστος
1	Συντήρηση συμπιεστή αζώτου	7.000€
2	Προμήθεια αερίων (άζωτο κλπ)	14.000€
3	Ετήσιο συμβόλαιο συντήρησης ΥΗΤΗ	70.000€
4	Συντήρηση ηλεκτρογεννήτριας	108.000€
5	Ασφαλιστικά/ Απρόβλεπτα έξοδα	80.000€

Πίνακας 6 Κόστη συντήρησης εξοπλισμού

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα, το ετήσιο κόστος συντήρησης του μηχανολογικού εξοπλισμού ανέρχεται στις **279.000€**.

### 3.5 Υπολογισμός τζίρου

Το τελικό παραγόμενο προϊόν της μονάδας που μελετάμε είναι η ηλεκτρική ενέργεια. Έτσι, τα έσοδα της επιχείρησης θα προκύψουν από την πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας. Με βάση το Άρθρο 05 – Τροποποίηση άρθρου 13 του ν.3468/2006, η τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας για βιομάζα (ή βιορευστά) που αξιοποιείται μέσω θερμικών διεργασιών (καύση, αεριοποίηση, πυρόλυση), από σταθμούς με εγκατεστημένη ισχύ από 1MW έως και 5MW (εξαιρουμένου του

βιοαποδομήσιμοι κλάσματα αστικών αποβλήτων)<sup>5</sup>, ανέρχεται στα 170 €/MWh. Για να υπολογίσουμε τα συνολικά έσοδα από την πώληση ηλεκτρικής ενέργειας, θα υπολογίσουμε τη συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας προς πώληση ανά έτος:

Συνολική δυναμικότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας: 2.4 MW/h

Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας: 695 kW/h

Άρα:

Συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας:

$$2,4MWh \times 5040 \frac{h}{annum} = 12.096 MWh/annum$$

Ηλεκτρική ενέργεια για ιδιοκατανάλωση:

$$695 kWh \times 5040 \frac{h}{annum} = 3.502,8 MWh/annum$$

Οπότε με βάση τα παραπάνω προκύπτει:

Ηλεκτρική ενέργεια προς πώληση:

$$12.096 - 3502,8 = 8.593,2 MWh/annum$$

Οπότε ο τελικός τζίρος που προκύπτει ανά έτος είναι:

$$8.593,2 MWh/annum \times 170 \text{ €/MWh} = \mathbf{1.460.844\text{€}}$$

### 3.6 Υπολογισμός ετήσιου κέρδους προ φόρων

Αφού έχουμε υπολογίσει όλα τα ετήσια έξοδα και τον ετήσιο τζίρο, μπορούμε να υπολογίσουμε πλέον το αναμενόμενο κέρδος που θα προκύπτει από τη λειτουργία της μονάδας ανά έτος.

Συνοψίζοντας, αθροίζοντας τα κόστη που αναλύθηκαν στο κεφάλαιο 3.4, έχουμε:

$$\begin{aligned} \text{Ετήσια έξοδα} &= \text{Κόστος πρώτης ύλης} + \text{Κόστος ανθρώπινου δυναμικού} + \text{Κόστος συντήρησης} \\ &= 252.000\text{€} + 115.500\text{€} + 279.000\text{€} \\ &= \mathbf{646.500\text{€}} \end{aligned}$$

---

<sup>5</sup> Αγνώστου Συντάκτη, 2014, Τροποποίηση άρθρου 13 του ν.3468/2006. Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. σσ 9-11

Από το κεφάλαιο 3.5, προέκυψε τζίρος 1.460.844€. Άρα το ετήσιο κέρδος που προκύπτει είναι:

$$\text{Ετήσιο κέρδος} = 1.460.844\text{€} - 646.500\text{€} = \mathbf{814.344\text{€}}$$

### 3.7 Μακροχρόνια ανάλυση επένδυσης

Εφόσον έχουμε υπολογίσει το αρχικό κόστος της επένδυσης και το κόστος λειτουργίας της μονάδας ανά έτος, μπορούμε να υπολογίσουμε το χρόνο που θα χρειαστεί ώστε να αποσβέσει το συγκεκριμένο επιχειρηματικό εγχείρημα.

Αρχικά, στον πίνακα που ακολουθεί συνοψίζονται τα αρχικά κόστη επένδυσης όπως αναλύθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια:

Πίνακας 7 Υπολογισμός συνολικού κόστους επένδυσης

A/A	Περιγραφή	Κόστος
1	Κόστος μηχανολογικού εξοπλισμού παραγωγικού συστήματος	8.568.000€
2	Κόστος μηχανοκίνητων οχημάτων	80.000€
3	Κόστος κτιριακών απαιτήσεων	544.045€
	<b>Σύνολο</b>	<b>9.192.045€</b>

Το προβλεπόμενο ετήσιο κέρδος ανέρχεται σύμφωνα με το κεφάλαιο 3.6 στις **814.344€**.

Επιπλέον, υποθέτουμε ότι ο φορέας της επένδυσης θα προχωρήσει σε δανειοδότηση του 100% του αρχικού ποσού της επένδυσης, με επιτόκιο της τάξεως του 6% και ορίζοντα αποπληρωμής 15 έτη.

Οπότε, με βάση όλα τα παραπάνω δεδομένα, θα αναλύσουμε στα επόμενα υποκεφάλαια την αξία της επένδυσης ανάλογα με το ποσό χρηματοδότησης του αρχικού ποσού.

#### 3.7.1 Επένδυση χωρίς χρηματοδότηση

Στο παρόν υποκεφάλαιο, θα μελετήσουμε την περίπτωση που ο φορέας που θα πραγματοποιήσει την επένδυση δεν καταφέρει να βρει κάποια χρηματοδότηση.

Στην προκειμένη περίπτωση ισχύουν τα παρακάτω:

Ποσό δανειοδότησης (100% αρχικού ποσού επένδυσης): 9.192.045€

Στον πίνακα που ακολουθεί, φαίνονται αναλυτικά τα ετήσια κόστη αποπληρωμής δανείου, μέχρι την τελική αποπληρωμή του:

<b>ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΑΝΕΙΟΥ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ</b>				
Αρχικό κεφάλαιο δανείου	<b>9.192.045,0 €</b>			
Επιτόκιο	<b>6,00%</b>			
Διάρκεια δανείου	<b>15,0</b>	Έτη		
Τρόπος αποπληρωμής	Ετήσιες τοκοχρεολυτικές δόσεις			
Ύψος ετήσιας δόσης	<b>946.438,4</b>			
Έτος	Τόκος	Χρεολύσιο	Τοκοχρεολύσιο	Υπόλοιπο Κεφαλαίου
1	551.522,70	394.915,66	946.438,36	8.797.129,34
2	527.827,76	418.610,60	946.438,36	8.378.518,74
3	502.711,12	443.727,24	946.438,36	7.934.791,51
4	476.087,49	470.350,87	946.438,36	7.464.440,64
5	447.866,44	498.571,92	946.438,36	6.965.868,72
6	417.952,12	528.486,24	946.438,36	6.437.382,48
7	386.242,95	560.195,41	946.438,36	5.877.187,07
8	352.631,22	593.807,14	946.438,36	5.283.379,93
9	317.002,80	629.435,56	946.438,36	4.653.944,37
10	279.236,66	667.201,70	946.438,36	3.986.742,67
11	239.204,56	707.233,80	946.438,36	3.279.508,87
12	196.770,53	749.667,83	946.438,36	2.529.841,04
13	151.790,46	794.647,90	946.438,36	1.735.193,15
14	104.111,59	842.326,77	946.438,36	892.866,38
15	53.571,98	892.866,38	946.438,36	0,00
<b>Σύνολο</b>	<b>5.004.530,4</b>	<b>9.192.045,0</b>	<b>14.196.575,4</b>	

Πίνακας 8 Ανάλυση δανειακού κόστους στην περίπτωση μη χρηματοδότησης

Παρακάτω ακολουθεί η ανάλυση της επένδυσης για τα επόμενα 20 χρόνια, όπου λαμβάνονται υπόψιν έξοδα φόρων, επιτοκίων, υποτιμήσεων.

ΙΣΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

	1 <sup>st</sup> Year	2 <sup>nd</sup> Year	3 <sup>rd</sup> Year	4 <sup>th</sup> Year	5 <sup>th</sup> Year	6 <sup>th</sup> Year	7 <sup>th</sup> Year	8 <sup>th</sup> Year	9 <sup>th</sup> Year	10 <sup>th</sup> Year	11 <sup>th</sup> Year	12 <sup>th</sup> Year	13 <sup>th</sup> Year	14 <sup>th</sup> Year	15 <sup>th</sup> Year	16 <sup>th</sup> Year	17 <sup>th</sup> Year	18 <sup>th</sup> Year	19 <sup>th</sup> Year	20 <sup>th</sup> Year	
Κύκλος Εργασιών	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844
Μείον Κόστος Πωλήσεων	646.500	646.500	646.500	646.500	646.500	646.500	646.500	646.500	646.500	646.500	646.500	646.500	646.500	646.500	646.500	646.500	646.500	646.500	646.500	646.500	646.500
Μακρό Κέρδος	814.344	814.344	814.344	814.344	814.344	814.344	814.344	814.344	814.344	814.344	814.344	814.344	814.344	814.344	814.344	814.344	814.344	814.344	814.344	814.344	814.344
Μείον Λειτουργικά έξοδα	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000
ΕΒΙΔΤΑ	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344
Μείον Τόκοι	551.523	527.828	502.711	476.087	447.866	417.952	386.243	352.631	317.003	279.237	239.205	196.771	151.790	104.112	53.572	0	0	0	0	0	0
Κέρδη προ φόρων και αποσβέσεων	242.821	266.516	291.633	318.257	346.478	376.392	408.101	441.713	477.341	515.107	555.139	597.573	642.554	690.232	740.772	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344
Αποσβέσεις	919.205	919.205	919.205	919.205	919.205	919.205	919.205	919.205	919.205	919.205	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Κέρδη πρό φόρων	-676.383	-652.688	-627.572	-600.948	-572.727	-542.813	-511.103	-477.492	-441.863	-404.097	555.139	597.573	642.554	690.232	740.772	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344
Ζημιές Προηγούμενων χρήσεων	0	-676.383	-1.329.071	-1.956.643	-2.557.591	-3.130.318	-3.673.131	-4.184.234	-4.661.726	-5.103.589	-5.507.686	-4.952.547	-4.354.973	-3.712.420	-3.022.187	-2.281.415	-1.487.071	-692.727	0	0	0
Φορολογητέο εισόδημα	-676.383	-1.329.071	-1.956.643	-2.557.591	-3.130.318	-3.673.131	-4.184.234	-4.661.726	-5.103.589	-5.507.686	-4.952.547	-4.354.973	-3.712.420	-3.022.187	-2.281.415	-1.487.071	-692.727	101.617	794.344	794.344	
Μείον Φόροι	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30.485	238.303
Πλέον άλλα έσοδα (φορολογημένα)																					
Καθαρά Κέρδη	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71.132	556.041
Διανομή μερισμάτων	1 <sup>st</sup> Year	2 <sup>nd</sup> Year	3 <sup>rd</sup> Year	4 <sup>th</sup> Year	5 <sup>th</sup> Year	6 <sup>th</sup> Year	7 <sup>th</sup> Year	8 <sup>th</sup> Year	9 <sup>th</sup> Year	10 <sup>th</sup> Year	11 <sup>th</sup> Year	12 <sup>th</sup> Year	13 <sup>th</sup> Year	14 <sup>th</sup> Year	15 <sup>th</sup> Year	16 <sup>th</sup> Year	17 <sup>th</sup> Year	18 <sup>th</sup> Year	19 <sup>th</sup> Year	20 <sup>th</sup> Year	
Αποθεματικό (5%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.557	27.802
Διανεμόμενα μερίσματα	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67.575	528.239
Φόρος Μερισμάτων	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10.136	79.236
Μερίσματα Πληρωτέα	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57.439	449.003
Αθροιστικά Μερίσματα	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57.439	506.442
Κέρδη προ φόρων και αποσβέσεων	242.821	266.516	291.633	318.257	346.478	376.392	408.101	441.713	477.341	515.107	555.139	597.573	642.554	690.232	740.772	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344
Μείον Φόρος	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30.485	238.303
Μείον Φόρος Μερισμάτων	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10.136	79.236
Μείον Χρεολύσια	394.916	418.611	443.727	470.351	498.572	528.486	560.195	593.807	629.436	667.202	707.234	749.668	794.648	842.327	892.866	0	0	0	0	0	0
Μείον λοιπές υποχρεώσεις	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Χρηματοροές	-152.094	-152.094	-152.094	-152.094	-152.094	-152.094	-152.094	-152.094	-152.094	-152.094	-152.094	-152.094	-152.094	-152.094	-152.094	794.344	794.344	753.723	476.805	476.805	
Αθροιστικές Χρηματοροές	-152.094	-304.189	-456.283	-608.377	-760.472	-912.566	-1.064.661	-1.216.755	-1.368.849	-1.520.944	-1.673.038	-1.825.132	-1.977.227	-2.129.321	-2.281.415	-1.487.071	-692.727	60.995	537.800	1.014.605	
	-9.192.045,00	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344
NPV (10 year)	-3.376.547 €		NPV (20 year)		-1.289.869 €																
IRR (10 year)	-2,57%		IRR (20 year)		5,89%																

Πίνακας 9 Μακροχρόνια ανάλυση της επένδυσης χωρίς χρηματοδότηση

Από τα δεδομένα των παραπάνω πινάκων, υπολογίζονται οι δείκτες Καθαρής Παρούσης Αξίας (ΚΠΑ) για τα 10 και 20 χρόνια από την έναρξη της επένδυσης, για την αντικειμενική αξιολόγησή της.

$KPA_{10} = -3.376.547 \text{ €}$

$KPA_{20} = -1.289.869 \text{ €}$

Με βάση τους παραπάνω δείκτες, η επένδυση πρέπει να απορριφθεί, αφού για την αποδοχή μιας επένδυσης, πρέπει  $KPA > 0$ .

Το αποτέλεσμα φαίνεται να είναι λογικό, αφού από τον παραπάνω πίνακα βλέπουμε ότι εμφανίζονται κέρδη για τους μετόχους, μετά τα 18 χρόνια λειτουργίας της επένδυσης.

### **3.7.2 Επένδυση με 30% χρηματοδότηση**

Στο παρόν υποκεφάλαιο, θα μελετήσουμε την περίπτωση που ο φορέας που θα πραγματοποιήσει την επένδυση καταφέρει να εξασφαλίσει χρηματοδότηση της τάξεως του 30% του αρχικού κόστους επένδυσης.

Στην προκειμένη περίπτωση ισχύουν τα παρακάτω:

Ποσό δανειοδότησης (100% αρχικού ποσού επένδυσης): 6.434.431,5€

Στον πίνακα που ακολουθεί, φαίνονται αναλυτικά τα ετήσια κόστη αποπληρωμής δανείου, μέχρι την τελική αποπληρωμή του:

<b>ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΑΝΕΙΟΥ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ</b>				
Αρχικό κεφάλαιο δανείου	<b>6.434.431,5 €</b>			
Επιτόκιο	<b>6,00%</b>			
Διάρκεια δανείου	<b>15,0</b> Έτη			
Τρόπος αποπληρωμής	Ετήσιες τοκοχρεολυτικές δόσεις			
Ύψος ετήσιας δόσης	<b>662.506,9</b>			
Έτος	Τόκος	Χρεολύσιο	Τοκοχρεολύσιο	Υπόλοιπο Κεφαλαίου
1	386.065,89	276.440,96	662.506,85	6.157.990,54
2	369.479,43	293.027,42	662.506,85	5.864.963,12
3	351.897,79	310.609,06	662.506,85	5.554.354,05
4	333.261,24	329.245,61	662.506,85	5.225.108,45
5	313.506,51	349.000,34	662.506,85	4.876.108,10
6	292.566,49	369.940,37	662.506,85	4.506.167,74
7	270.370,06	392.136,79	662.506,85	4.114.030,95
8	246.841,86	415.664,99	662.506,85	3.698.365,95
9	221.901,96	440.604,89	662.506,85	3.257.761,06
10	195.465,66	467.041,19	662.506,85	2.790.719,87
11	167.443,19	495.063,66	662.506,85	2.295.656,21
12	137.739,37	524.767,48	662.506,85	1.770.888,73
13	106.253,32	556.253,53	662.506,85	1.214.635,20
14	72.878,11	589.628,74	662.506,85	625.006,46
15	37.500,39	625.006,46	662.506,85	0,00
<b>Σύνολο</b>	<b>3.503.171,3</b>	<b>6.434.431,5</b>	<b>9.937.602,8</b>	

Πίνακας 10 Ανάλυση δανειακού κόστους στην περίπτωση 30% χρηματοδότησης

Παρακάτω ακολουθεί η ανάλυση της επένδυσης για τα επόμενα 20 χρόνια για την περίπτωση της χρηματοδότησης 30% επί του αρχικού κόστους επένδυσης, όπου λαμβάνονται υπόψιν έξοδα φόρων, επιτοκίων, υποτιμήσεων.

ΙΣΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

	1 <sup>st</sup> Year	2 <sup>nd</sup> Year	3 <sup>rd</sup> Year	4 <sup>th</sup> Year	5 <sup>th</sup> Year	6 <sup>th</sup> Year	7 <sup>th</sup> Year	8 <sup>th</sup> Year	9 <sup>th</sup> Year	10 <sup>th</sup> Year	11 <sup>th</sup> Year	12 <sup>th</sup> Year	13 <sup>th</sup> Year	14 <sup>th</sup> Year	15 <sup>th</sup> Year	16 <sup>th</sup> Year	17 <sup>th</sup> Year	18 <sup>th</sup> Year	19 <sup>th</sup> Year	20 <sup>th</sup> Year	
Κύκλος Εργασιών	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844	
Μείον Κόστος Πωλήσεων	646.500	646.500	646.500	646.500	646.500	646.500	646.500	646.500	646.500	646.500	646.500	646.500	646.500	646.500	646.500	646.500	646.500	646.500	646.500	646.500	
Μεπικό Κέρδος	814.344	814.344	814.344	814.344	814.344	814.344	814.344	814.344	814.344	814.344	814.344	814.344	814.344	814.344	814.344	814.344	814.344	814.344	814.344	814.344	
Μείον Λειτουργικά έξοδα	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	
ΕΒΙΔΤΑ	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	
Μείον Τόκοι	386.066	369.479	351.898	333.261	313.507	292.566	270.370	246.842	221.902	195.466	167.443	137.739	106.253	72.878	37.500	0	0	0	0	0	
Κέρδη προ φόρων και αποσβέσεων	408.278	424.865	442.446	461.083	480.837	501.778	523.974	547.502	572.442	598.878	626.901	656.605	688.091	721.466	756.844	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	
Αποσβέσεις	643.443	643.443	643.443	643.443	643.443	643.443	643.443	643.443	643.443	643.443	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Κέρδη πρό φόρων	-235.165	-218.579	-200.997	-182.360	-162.606	-141.666	-119.469	-95.941	-71.001	-44.565	626.901	656.605	688.091	721.466	756.844	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	
Ζημιές Προηγούμενων χρήσεων	0	-235.165	-453.744	-654.741	-837.101	-999.707	-1.141.372	-1.260.841	-1.356.782	-1.427.784	-1.472.348	-845.448	-188.843	0	0	0	0	0	0	0	
Φορολογητέο ασόδημα	-235.165	-453.744	-654.741	-837.101	-999.707	-1.141.372	-1.260.841	-1.356.782	-1.427.784	-1.472.348	-845.448	-188.843	499.248	721.466	756.844	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	
Μείον Φόροι	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	149.774	216.440	227.053	238.303	238.303	238.303	238.303	238.303	
Πλέον άλλα έσοδα (φορολογημένα)				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Καθαρά Κέρδη	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	349.473	505.026	529.791	556.041	556.041	556.041	556.041	556.041	
Διανομή μερισμάτων	1 <sup>st</sup> Year	2 <sup>nd</sup> Year	3 <sup>rd</sup> Year	4 <sup>th</sup> Year	5 <sup>th</sup> Year	6 <sup>th</sup> Year	7 <sup>th</sup> Year	8 <sup>th</sup> Year	9 <sup>th</sup> Year	10 <sup>th</sup> Year	11 <sup>th</sup> Year	12 <sup>th</sup> Year	13 <sup>th</sup> Year	14 <sup>th</sup> Year	15 <sup>th</sup> Year	16 <sup>th</sup> Year	17 <sup>th</sup> Year	18 <sup>th</sup> Year	19 <sup>th</sup> Year	20 <sup>th</sup> Year	
Αποθμιακό (5%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17.474	25.251	26.490	27.802	27.802	27.802	27.802	27.802	
Διανεμόμενα μερίσματα	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	332.000	479.775	503.301	528.239	528.239	528.239	528.239	528.239	
Φόρος Μερισμάτων	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49.800	71.966	75.495	79.236	79.236	79.236	79.236	79.236	
<b>Μερίσματα Πληρωτέα</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>282.200</b>	<b>407.809</b>	<b>427.806</b>	<b>449.003</b>	<b>449.003</b>	<b>449.003</b>	<b>449.003</b>	<b>449.003</b>	
Αθροιστικά Μερίσματα	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	282.200	690.008	1.117.814	1.566.817	2.015.820	2.464.823	2.913.826	3.362.829	
Κέρδη προ φόρων και αποσβέσεων	408.278	424.865	442.446	461.083	480.837	501.778	523.974	547.502	572.442	598.878	626.901	656.605	688.091	721.466	756.844	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	
Μείον Φόρος	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	149.774	216.440	227.053	238.303	238.303	238.303	238.303	238.303	
Μείον Φόρος Μερισμάτων	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49.800	71.966	75.495	79.236	79.236	79.236	79.236	79.236	
Μείον Χρεωλύσια	276.441	293.027	310.609	329.246	349.000	369.940	392.137	415.665	440.605	467.041	495.064	524.767	556.254	589.629	625.006	0	0	0	0	0	
Μείον λοιπές υποχρεώσεις	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Χρηματορροές	131.837	131.837	131.837	131.837	131.837	131.837	131.837	131.837	131.837	131.837	131.837	131.837	-67.737	-156.569	-170.711	476.805	476.805	476.805	476.805	476.805	
Αθροιστικές Χρηματορροές	131.837	263.674	395.511	527.349	659.186	791.023	922.860	1.054.697	1.186.534	1.318.371	1.450.209	1.582.046	1.514.309	1.357.740	1.187.029	1.663.834	2.140.639	2.617.444	3.094.249	3.571.054	
	-6.434.431,50	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	
NPV (10 year)	-799.338 €																				
IRR (10 year)	4,03%																				
NPV (20 year)	1.263.477 €																				
IRR (20 year)	10,74%																				

Πίνακας 11 Μακροχρόνια ανάλυση επένδυσης με 30% χρηματοδότηση



Από τα δεδομένα των παραπάνω πινάκων, υπολογίζονται οι δείκτες Καθαρής Παρούσης Αξίας (ΚΠΑ) για τα 10 και 20 χρόνια από την έναρξη της επένδυσης, για την αντικειμενική αξιολόγησή της.

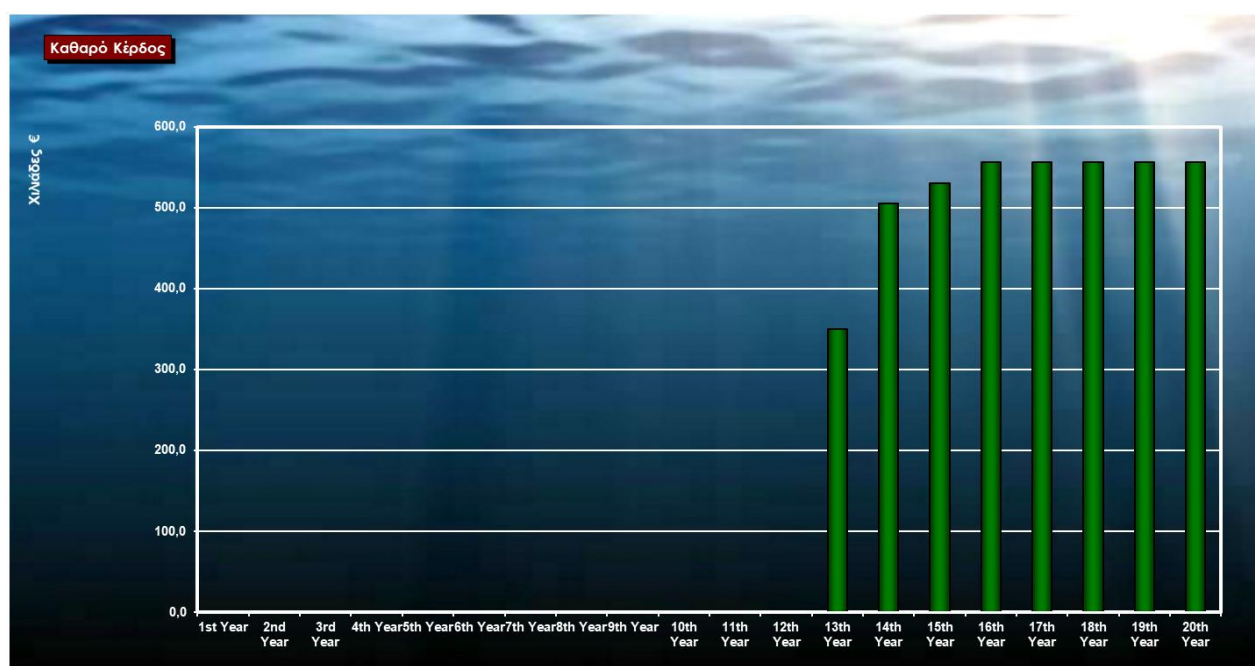
$KPA_{10} = -799.338 \text{ €}$

$KPA_{20} = 1.263.477 \text{ €}$

Με βάση τους παραπάνω δείκτες, η επένδυση είναι οριακή και τείνει στη μη αποδοχή της.

Το αποτέλεσμα φαίνεται να είναι λογικό, αφού από τον παραπάνω πίνακα βλέπουμε ότι εμφανίζονται κέρδη για τους μετόχους μετά το 13<sup>ο</sup> έτος λειτουργίας της επένδυσης.

Παρακάτω ακολουθεί το διάγραμμα των καθαρών κερδών ανά έτος:



Σχήμα 6 Διάγραμμα καθαρών κερδών

### 3.7.2 Επένδυση με 50% χρηματοδότηση

Στο παρών υποκεφάλαιο, θα μελετήσουμε μία αισιόδοξη περίπτωση όπου ο φορέας που θα πραγματοποιήσει την επένδυση καταφέρει να εξασφαλίσει χρηματοδότηση της τάξεως του 50% του αρχικού κόστους επένδυσης.

Στην προκειμένη περίπτωση ισχύουν τα παρακάτω:

Ποσό δανειοδότησης (100% αρχικού ποσού επένδυσης): 4.596.022,5€

Στον πίνακα που ακολουθεί, φαίνονται αναλυτικά τα ετήσια κόστη αποπληρωμής δανείου, μέχρι την τελική αποπληρωμή του:

<b>ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΑΝΕΙΟΥ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ</b>					
Αρχικό κεφάλαιο δανείου		<b>4.596.022,5 €</b>			
Επιτόκιο		<b>6,00%</b>			
Διάρκεια δανείου		<b>15,0</b>		Έτη	
Τρόπος αποπληρωμής		Ετήσιες τοκοχρεολυτικές δόσεις			
Ύψος ετήσιας δόσης		<b>473.219,2</b>			
Έτος	Τόκος	Χρεολύσιο	Τοκοχρεολύσιο	Υπόλοιπο Κεφαλαίου	
1	275.761,35	197.457,83	473.219,18	4.398.564,67	
2	263.913,88	209.305,30	473.219,18	4.189.259,37	
3	251.355,56	221.863,62	473.219,18	3.967.395,75	
4	238.043,75	235.175,43	473.219,18	3.732.220,32	
5	223.933,22	249.285,96	473.219,18	3.482.934,36	
6	208.976,06	264.243,12	473.219,18	3.218.691,24	
7	193.121,47	280.097,71	473.219,18	2.938.593,53	
8	176.315,61	296.903,57	473.219,18	2.641.689,97	
9	158.501,40	314.717,78	473.219,18	2.326.972,18	
10	139.618,33	333.600,85	473.219,18	1.993.371,34	
11	119.602,28	353.616,90	473.219,18	1.639.754,44	
12	98.385,27	374.833,91	473.219,18	1.264.920,52	
13	75.895,23	397.323,95	473.219,18	867.596,57	
14	52.055,79	421.163,39	473.219,18	446.433,19	
15	26.785,99	446.433,19	473.219,18	0,00	
<b>Σύνολο</b>	<b>2.502.265,2</b>	<b>4.596.022,5</b>	<b>7.098.287,7</b>		

Πίνακας 12 Ανάλυση δανειακού κόστους στην περίπτωση 50% χρηματοδότησης

Παρακάτω ακολουθεί η ανάλυση της επένδυσης για τα επόμενα 20 χρόνια για την περίπτωση της χρηματοδότησης 50% επί του αρχικού κόστους επένδυσης, όπου λαμβάνονται υπόψιν έξοδα φόρων, επιτοκίων, υποτιμήσεων.

**ΙΣΟΛΟΓΙΣΜΟΙ**

	1 <sup>st</sup> Year	2 <sup>nd</sup> Year	3 <sup>rd</sup> Year	4 <sup>th</sup> Year	5 <sup>th</sup> Year	6 <sup>th</sup> Year	7 <sup>th</sup> Year	8 <sup>th</sup> Year	9 <sup>th</sup> Year	10 <sup>th</sup> Year	11 <sup>th</sup> Year	12 <sup>th</sup> Year	13 <sup>th</sup> Year	14 <sup>th</sup> Year	15 <sup>th</sup> Year	16 <sup>th</sup> Year	17 <sup>th</sup> Year	18 <sup>th</sup> Year	19 <sup>th</sup> Year	20 <sup>th</sup> Year
<b>Κύκλος Εργασιών</b>	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844	1.460.844
<b>Μείον Κόστος Πωλήσεων</b>	646.500	646.500	646.500	646.500	646.500	646.500	646.500	646.500	646.500	646.500	646.500	646.500	646.500	646.500	646.500	646.500	646.500	646.500	646.500	646.500
<b>Μαικρό Κέρδος</b>	814.344	814.344	814.344	814.344	814.344	814.344	814.344	814.344	814.344	814.344	814.344	814.344	814.344	814.344	814.344	814.344	814.344	814.344	814.344	814.344
<b>Μείον Λειτουργικά έξοδα</b>	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000
<b>ΕΒΙΔΤΑ</b>	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344
<b>Μείον Τόκοι</b>	275.761	263.914	251.356	238.044	223.933	208.976	193.121	176.316	158.501	139.618	119.602	98.385	75.895	52.056	26.786	0	0	0	0	0
<b>Κέρδη προ φόρων και αποσβέσεων</b>	518.583	530.430	542.988	556.300	570.411	585.368	601.223	618.028	635.843	654.726	674.742	695.959	718.449	742.288	767.558	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344
<b>Αποσβέσεις</b>	459.602	459.602	459.602	459.602	459.602	459.602	459.602	459.602	459.602	459.602	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Κέρδη πρό φόρων</b>	58.980	70.828	83.386	96.698	110.809	125.766	141.620	158.426	176.240	195.123	674.742	695.959	718.449	742.288	767.558	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344
<b>Ζημιές Προηγούμενων χρήσεων</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Φορολογητέο εισόδημα</b>	58.980	70.828	83.386	96.698	110.809	125.766	141.620	158.426	176.240	195.123	674.742	695.959	718.449	742.288	767.558	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344
<b>Μείον Φόροι</b>	17.694	21.248	25.016	29.009	33.243	37.730	42.486	47.528	52.872	58.537	202.423	208.788	215.535	222.686	230.267	238.303	238.303	238.303	238.303	238.303
<b>Πλέον άλλα έσοδα (φορολογημένα)</b>				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Καθαρά Κέρδη</b>	41.286	49.580	58.370	67.689	77.566	88.036	99.134	110.898	123.368	136.586	472.319	487.171	502.914	519.602	537.291	556.041	556.041	556.041	556.041	556.041
<b>Διανομή μερισμάτων</b>	1 <sup>st</sup> Year	2 <sup>nd</sup> Year	3 <sup>rd</sup> Year	4 <sup>th</sup> Year	5 <sup>th</sup> Year	6 <sup>th</sup> Year	7 <sup>th</sup> Year	8 <sup>th</sup> Year	9 <sup>th</sup> Year	10 <sup>th</sup> Year	11 <sup>th</sup> Year	12 <sup>th</sup> Year	13 <sup>th</sup> Year	14 <sup>th</sup> Year	15 <sup>th</sup> Year	16 <sup>th</sup> Year	17 <sup>th</sup> Year	18 <sup>th</sup> Year	19 <sup>th</sup> Year	20 <sup>th</sup> Year
Αποθεματικό (5%)	2.064	2.479	2.919	3.384	3.878	4.402	4.957	5.545	6.168	6.829	23.616	24.359	25.146	25.980	26.865	27.802	27.802	27.802	27.802	27.802
Διανεμόμενα μερίσματα	39.222	47.101	55.452	64.304	73.688	83.634	94.177	105.353	117.200	129.757	448.703	462.813	477.768	493.622	510.426	528.239	528.239	528.239	528.239	528.239
<b>Φόρος Μερισμάτων</b>	5.883	7.065	8.318	9.646	11.053	12.545	14.127	15.803	17.580	19.464	67.305	69.422	71.665	74.043	76.564	79.236	79.236	79.236	79.236	79.236
<b>Μερίσματα Πληρωτέα</b>	33.339	40.035	47.134	54.659	62.635	71.089	80.051	89.550	99.620	110.294	381.398	393.391	406.103	419.578	433.862	449.003	449.003	449.003	449.003	449.003
<b>Αθροιστικά Μερίσματα</b>	33.339	73.374	120.508	175.167	237.801	308.890	388.941	478.492	578.111	688.405	1.069.803	1.463.193	1.869.296	2.288.875	2.722.737	3.171.740	3.620.743	4.069.746	4.518.749	4.967.752
<b>Κέρδη προ φόρων και αποσβέσεων</b>	518.583	530.430	542.988	556.300	570.411	585.368	601.223	618.028	635.843	654.726	674.742	695.959	718.449	742.288	767.558	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344
<b>Μείον Φόρος</b>	17.694	21.248	25.016	29.009	33.243	37.730	42.486	47.528	52.872	58.537	202.423	208.788	215.535	222.686	230.267	238.303	238.303	238.303	238.303	238.303
<b>Μείον Φόρος Μερισμάτων</b>	5.883	7.065	8.318	9.646	11.053	12.545	14.127	15.803	17.580	19.464	67.305	69.422	71.665	74.043	76.564	79.236	79.236	79.236	79.236	79.236
<b>Μείον Χρεολύσια</b>	197.458	209.305	221.864	235.175	249.286	264.243	280.098	296.904	314.718	333.601	353.617	374.834	397.324	421.163	446.433	0	0	0	0	0
<b>Μείον λοιπές υποχρεώσεις</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Χρηματορροές</b>	297.547	292.811	287.791	282.470	276.829	270.850	264.512	257.794	250.673	243.124	51.397	42.915	33.925	24.395	14.294	476.805	476.805	476.805	476.805	476.805
<b>Αθροιστικές Χρηματορροές</b>	297.547	590.359	878.150	1.160.620	1.437.449	1.708.299	1.972.811	2.230.605	2.481.278	2.724.402	2.775.799	2.818.714	2.852.639	2.877.034	2.891.328	3.368.133	3.844.938	4.321.743	4.798.548	5.275.353
	-4.596.022,50	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344	794.344
<b>NPV (10 year)</b>	918.801 €																			
<b>IRR (10 year)</b>	11,42%																			
<b>NPV (20 year)</b>	2.965.707 €																			
<b>IRR (20 year)</b>	16,46%																			

Πίνακας 13 Μακροχρόνια ανάλυση επένδυσης με 50% χρηματοδότηση

Από τα δεδομένα των παραπάνω πινάκων, υπολογίζονται οι δείκτες Καθαρής Παρούσης Αξίας (ΚΠΑ) για τα 10 και 20 χρόνια από την έναρξη της επένδυσης, για την αντικειμενική αξιολόγησή της.

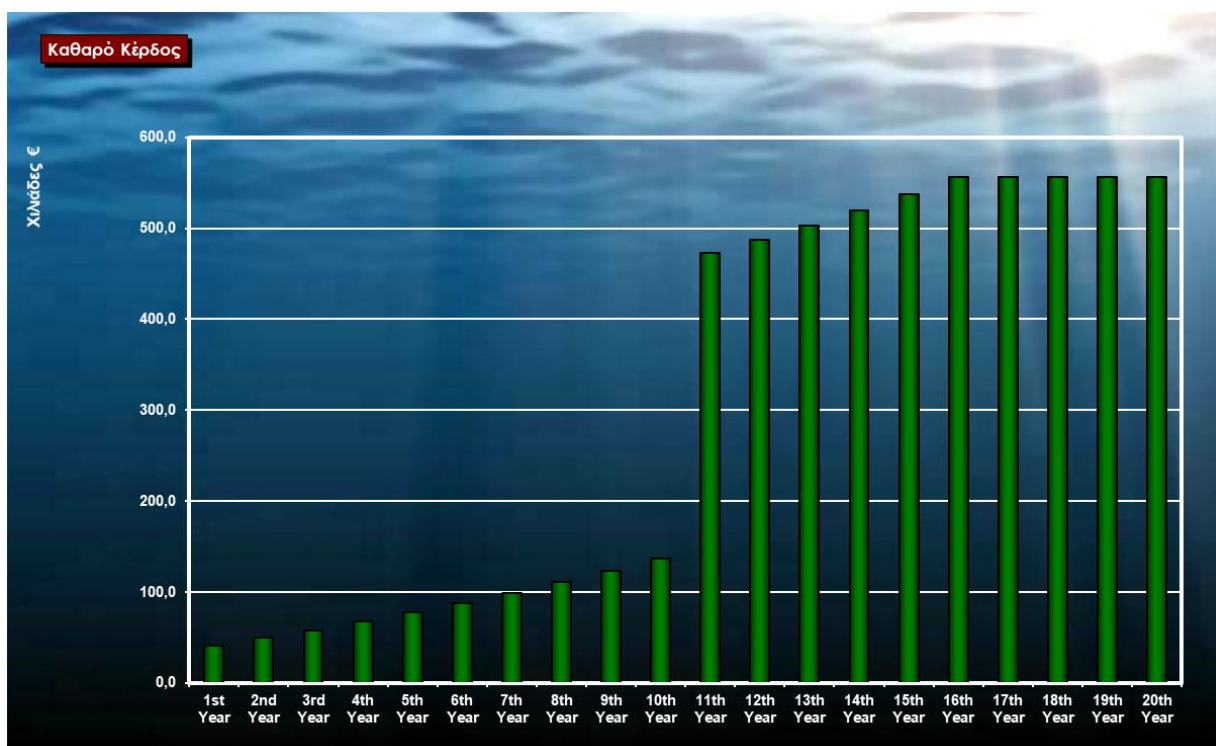
$KPA_{10} = 918.801 \text{ €}$

$KPA_{20} = 2.965.707 \text{ €}$

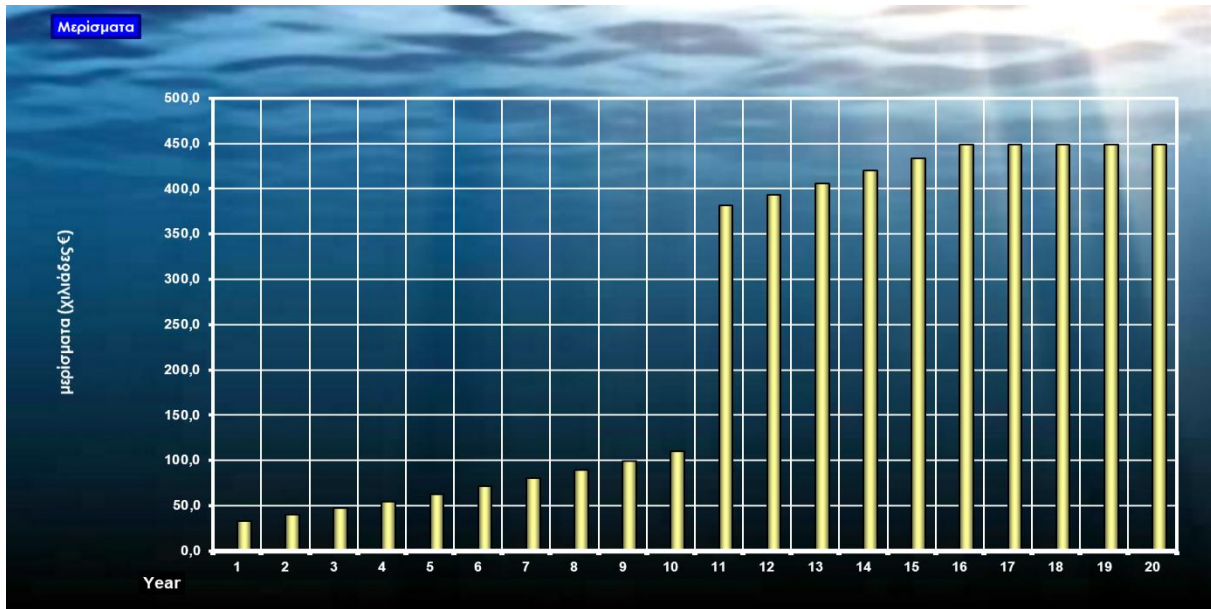
Με βάση τους παραπάνω δείκτες, η επένδυση πρέπει να γίνει αποδεκτή, αφού  $KPA > 0$  και στα 10 και στα 20 χρόνια από την αρχή της επένδυσης.

Το αποτέλεσμα φαίνεται να είναι λογικό, αφού από τον παραπάνω πίνακα βλέπουμε ότι εμφανίζονται κέρδη για τους μετόχους από τον πρώτο χρόνο λειτουργίας της επένδυσης.

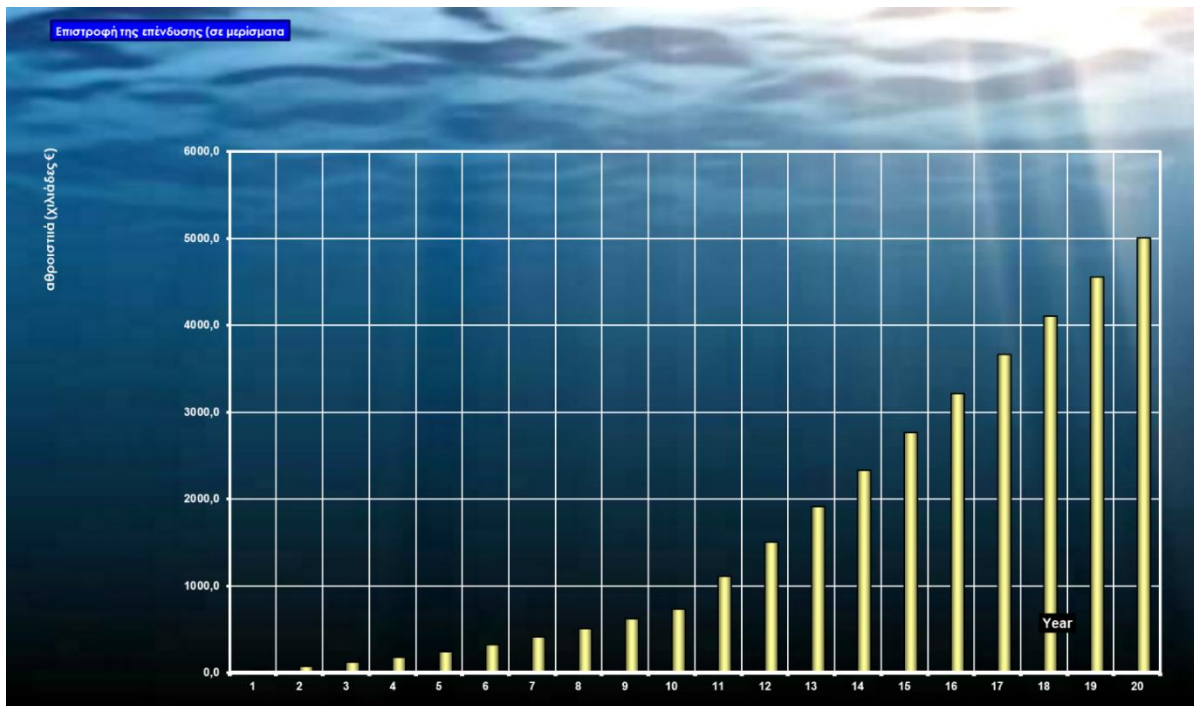
Παρακάτω ακολουθούν διάφορα διαγράμματα για την καλύτερη κατανόηση των παραπάνω αποτελεσμάτων:



Σχήμα 7 Διάγραμμα καθαρών κερδών (περίπτωση 50% χρηματοδότηση)



Σχήμα 8 Διάγραμμα μερισμάτων



Σχήμα 9 Διάγραμμα μερισμάτων (αθροιστικά)

## Κεφάλαιο 4: Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία παρουσιάστηκε μια τεχνοοικονομική μελέτη σχετικά με την ίδρυση παραγωγικής μονάδας ηλεκτρικής ενέργειας μέσω επεξεργασίας βιομάζας και πιο συγκεκριμένα, μέσω της τεχνολογίας υδρόλυσης υψηλών θερμοκρασιών με πρώτη ύλη την ελαιοπυρήνα.

Η συγκεκριμένη τεχνολογία υδρόλυσης που μελετήθηκε, είναι μια εξαιρετική επιλογή για το συγκεκριμένο εγχείρημα με δεδομένο ότι χρησιμοποιείται η ελαιοπυρήνα σαν πρώτη ύλη. Το σημαντικότερο πλεονέκτημά της, όπως υπολογίστηκε στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο, είναι ότι λόγω του υψηλού ενεργειακού δυναμικού της πρώτης ύλης, μπορεί να δώσει τεράστια ποσά αερίου σύνθεσης με πολύ υψηλή θερμογόνο δύναμη, πράγμα το οποίο οδηγεί σε παραγωγή ακόμη περισσότερης ενέργειας. Επίσης, στο κεφάλαιο 3 είδαμε ότι ο τζίρος είναι πολύ υψηλός, λόγω της υψηλής τιμής πώλησης της MWh της συγκεκριμένης κατηγορίας Α.Π.Ε.

Στα μειονεκτήματα της χρήσης της συγκεκριμένης τεχνολογίας στη συγκεκριμένη περίπτωση, είναι η ανάγκη για ξήρανση της ελαιοπυρήνας πριν την εισαγωγή της στον αντιδραστήρα UHTH, γεγονός το οποίο αφενός αυξάνει το αρχικό κόστος επένδυσης και αφετέρου προσθέτει ένα ακόμη στάδιο παραγωγής στο παραγωγικό σύστημα. Επίσης, «ελάττωμα» της συγκεκριμένης τεχνολογίας είναι το πολύ υψηλό αρχικό κόστος επένδυσης και το υψηλό κόστος συντήρησης.

Στη μακροχρόνια ανάλυση της επένδυσης, διαπιστώθηκε ότι είναι αναγκαία η εύρεση χρηματοδότησης σε ποσοστά πάνω από 50% του αρχικού κόστους επένδυσης, ώστε το εγχείρημα που μελετήθηκε να είναι οικονομικά βιώσιμο και επωφελές για τους επενδυτές. Το βασικό πρόβλημα που οδηγεί σε αυτό το αποτέλεσμα είναι η μη 12μηνιαία λειτουργία της μονάδας, λόγω της έλλειψης πρώτης ύλης.

Μια πολύ καλή πρόταση για πρόταση για βελτίωση των αποτελεσμάτων θα ήταν η λειτουργία του εργοστασίου με διαφορετική πρώτη ύλη για τους μήνες όπου δεν είναι εφικτή η λειτουργία με ελαιοπυρήνα. Με αυτόν τον τρόπο λειτουργίας θα είχαμε το ίδιο αρχικό κόστος επένδυσης, μια μικρή αύξηση στα λειτουργικά κόστη και μια σημαντική αύξηση του τζίρου και κατά συνέπεια των καθαρών κερδών.

## Κεφάλαιο 5: Βιβλιογραφία

1. Στροφύλας, Α., Αξιοποίηση της βιομάζας του εκχυλισμένου ελαιοπυρήνα. [Διαδίκτυο]. Διαθέσιμο στο: <https://sites.google.com/site/pyrhnoxylo/pyrenelaiourgeia-1/to-pyrhnoxylo-san-kausimo> [πρόσβαση 11/2020]
2. Fiore M., Magi V., Viggiano A., 2020. Internal combustion engines powered by syngas: A review. *Applied Energy*, 276, σσ. 1-1
3. UHTH Syngas Cleaner than any other technology produces. *CleanCarbonConversion*, [Διαδίκτυο]. Διαθέσιμο στο: <https://cleancarbonconversion.com/>
4. Αγνώστου Συντάκτη, Βιομάζα, *Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών & Εξοικονόμησης Ενέργειας*. [Διαδίκτυο]  
Διαθέσιμο στο: [http://www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/biomass\\_guide.pdf](http://www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/biomass_guide.pdf)  
[πρόσβαση 11/2020]
5. Αγνώστου Συντάκτη, 2014, Τροποποίηση άρθρου 13 του ν.3468/2006. *Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας*. σσ 9-11