



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Τηλ: 2610-369278, 2610-369277

E-mail: [mech-secr@uop.gr](mailto:mech-secr@uop.gr)

Fax: 2610-369198

## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

### «ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΞΗΡΑΝΤΗΡΙΟΥ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ»



**ΦΟΙΤΗΤΕΣ: ΚΑΤΣΑΒΟΧΡΗΣΤΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ (Α.Μ.) 7354**

**ΦΕΡΡΑΣ ΣΠΥΡΙΔΩΝ (Α.Μ.) 7355**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΑΛΟΓΗΡΟΥ ΙΩΑΝΝΗΣ**

**ΠΑΤΡΑ 2021**



## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε. του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου και αναφέρεται στη «ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΞΗΡΑΝΤΗΡΙΟΥ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ».

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε ιδιαίτερα τον επιβλέπων καθηγητή Καλογήρου Ιωάννη, ο οποίος με την κατάλληλη καθοδήγησή του μας βοήθησε στη διεκπεραίωση αυτής της εργασίας. Επιπλέον θα θέλαμε να ευχαριστήσου τις οικογένειές μας και τους φίλους μας για την υποστήριξή τους.

**Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστών:** Οι κάτωθι υπογεγραμμένοι σπουδαστές έχουν επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνουμε υπεύθυνα ότι είμαστε συγγραφείς αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, έχουμε δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μας όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποιήσαμε και λάβαμε ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνουμε επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχουμε ενσωματώσει στην εργασία μας προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχουμε πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχουμε αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Οι σπουδαστές

Κατσαβοχρήστος Κωνσταντίνος

Φέρρας Σπυρίδων

.....  
(Υπογραφή)

.....  
(Υπογραφή)



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία αποσκοπεί στη μελέτη και τη βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης του ξηρατηρίου αγροτικών προϊόντων στο εργοστάσιο ξήρανσης μυδικής Ε.Α.Σ. Αγρινίου. Πιο συγκεκριμένα, έπειτα από την ανάλυση των παραγόντων που επηρεάζουν την ενεργειακή απόδοση του ξηρατηρίου, αναλύεται η μελέτη για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκής εγκατάστασης. Επιπλέον, επιτυγχάνεται η μελέτη εναλλακτικού καυσίμου μεταξύ του μαζούτ και του πυρηνόξυλου. Η διαφορετική χρήση καυσίμου απαιτεί την αντίστοιχη χρήση του κατάλληλου καυστήρα.

Ενδεικτικά, στο πρώτο κεφάλαιο θα μελετηθούν θέματα όπως η ξήρανση, η χρήση των ξηρατηρίων και των αντίστοιχων τεχνολογιών. Επιπροσθέτως, στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται εκτενής αναφορά στο μηχανολογικό εξοπλισμό που απαιτείται για τη λειτουργία του εργοστασίου και των παραγόντων επηρεασμού της ενεργειακής απόδοσης. Το τρίτο κεφάλαιο αναφέρεται στην ενεργειακή μελέτη για την τοποθέτηση φωτοβολταϊκού συστήματος. Παρομοίως, το τέταρτο κεφάλαιο είναι αφιερωμένο στην εναλλακτική λύση μεταξύ της χρήσης καυστήρα μαζούτ, ή καυστήρα πυρηνόξυλου. Επίσης, υπάρχει συγκεκριμένη αναφορά και στα οικονομικά χαρακτηριστικά της επένδυσης στα δύο προηγούμενα κεφάλαια. Στο τελευταίο κεφάλαιο παρατίθενται τα συγκεντρωτικά συμπεράσματα της εργασίας.

Λέξεις κλειδιά: εργοστάσιο ξήρανσης, φωτοβολταϊκά, ενεργειακή μελέτη, μελέτη καυστήρα

## **ABSTRACT**

The present work aims at the study and the optimization of the energy efficiency of the dryer of agricultural products in the drying factory of mussel E.A.S. Agrinio. More specifically, after the analysis of the factors that affect the energy efficiency of the dryer, the study for the installation of a photovoltaic installation is analyzed. In addition, the study of an alternative fuel between fuel oil and firewood is achieved. Different fuel usage requires the corresponding use of the appropriate burner.

Indicatively, the first chapter will study issues such as drying, the use of dryers and the corresponding technologies. In addition, the second chapter makes extensive reference to the mechanical equipment required for the operation of the plant and the factors influencing energy efficiency. The third chapter refers to the energy study for the installation of a photovoltaic system. Similarly, the fourth chapter is devoted to the alternative between using a fuel oil burner, or a wood-burning burner. There is also a specific reference to the financial characteristics of the investment in the two previous chapters. The last chapter presents the summary conclusions of the study.

Keywords: drying plant, photovoltaics, energy study, burner study



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1	ΟΡΙΣΜΟΣ ΞΗΡΑΝΣΗΣ.....	1
1.2	ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΞΗΡΑΝΣΗΣ.....	1
1.3	ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ .....	2
1.4	ΕΙΔΗ ΞΗΡΑΝΣΗΣ .....	3
1.5	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΞΗΡΑΝΣΗΣ .....	3
1.6	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΞΗΡΑΝΣΗΣ.....	4
1.7	ΤΥΠΟΙ ΞΗΡΑΝΤΗΡΙΩΝ .....	4
2	ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΞΗΡΑΝΣΗΣ ΜΥΔΙΚΗΣ Ε.Α.Σ.ΑΓΡΙΝΙΟΥ.....	6
2.1	ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ.....	6
2.2	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΜΗΔΙΚΗΣ.....	8
2.3	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΞΗΡΑΝΣΗΣ ΜΗΔΙΚΗΣ .....	9
2.4	ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΟΥ ΞΗΡΑΝΤΗΡΙΟΥ .....	12
2.5	ΧΡΗΣΗ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ .....	14
	2.5.1 Χρήση Νερού .....	14
	2.5.2 Χρήση Ενέργειας .....	14
3	ΜΕΛΕΤΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ .....	17
3.1	NET METERING .....	17
	3.1.1 Πλεονεκτήματα .....	18



3.1.2	Μειονεκτήματα .....	18
<b>3.2</b>	<b>ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ .....</b>	<b>19</b>
<b>3.3</b>	<b>ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ .....</b>	<b>21</b>
<b>3.4</b>	<b>ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ .....</b>	<b>24</b>
<b>3.5</b>	<b>ΑΠΟΔΟΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ .....</b>	<b>24</b>
<b>3.6</b>	<b>ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ.....</b>	<b>24</b>
<b>4</b>	<b>ΜΕΛΕΤΗ ΛΕΒΗΤΑ – ΚΑΥΣΙΜΟΥ .....</b>	<b>27</b>
<b>4.1</b>	<b>ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑ .....</b>	<b>27</b>
<b>4.2</b>	<b>ΒΙΟΜΑΖΑ ΓΕΝΙΚΑ .....</b>	<b>28</b>
<b>4.3</b>	<b>ΠΥΡΗΝΟΞΥΛΟ .....</b>	<b>31</b>
4.3.1	Παραγωγή Πυρηνόξυλου .....	32
4.3.2	Ιδιότητες του καυσίμου – πυρηνόξυλο .....	32
<b>4.4</b>	<b>ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΒΗΤΑ ΠΗΡΥΝΟΞΥΛΟΥ .....</b>	<b>34</b>
<b>4.5</b>	<b>ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ.....</b>	<b>38</b>
<b>5</b>	<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>39</b>
	<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>40</b>

## ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 2.1: Διάγραμμα ροής του τμήματος επεξεργασίας [4] .....	8
Σχήμα 2.2: Διαδικασία στην επεξεργασία του εργοστασίου .....	9
Σχήμα 2.3: Διαδικασία στην επεξεργασία του εργοστασίου .....	10
Σχήμα 2.4: Διαδικασία στην επεξεργασία του εργοστασίου .....	11
Σχήμα 2.5: Μεταβολή της εκπομπής σκόνης ξηραντηρίου σε σχέση με την μεταβολή ταχύτητας των αερίων μέσα στο ξηραντήριο .....	13
Σχήμα 2.6: Μεταβολή της απόδοσης του ξηραντηρίου σε σχέση με τη μεταβολή ταχύτητας των αερίων μέσα στο ξηραντήριο .....	13
Σχήμα 3.1: Εργοστάσιο επεξεργασίας μηδικής.....	17
Σχήμα 3.2: Χρήση του προγράμματος PVGIS.....	19
Σχήμα 3.3: Υπολογισμός μηνιαίας παραγωγής ενέργειας από φωτοβολταϊκό σύστημα σταθερής γωνίας .....	20
Σχήμα 3.4: Φωτοβολταϊκό πλαίσιο .....	22
Σχήμα 3.5: Ηλεκτρικά, μηχανικά χαρακτηριστικά και σχεδιάγραμμα φωτοβολταϊκού πλαισίου [11] .....	23
Σχήμα 3.6: Βιομάζα και βιοενέργεια.....	28
Σχήμα 3.7: Καύση ξύλων και παράγωγων.....	30
Σχήμα 3.8: Πυρηνόξυλο.....	31
Σχήμα 3.9: Στοιχεία λέβητα βιομάζας [18] .....	36
Σχήμα 3.10: Στοιχεία λέβητα βιομάζας [18] .....	37



## ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1: Μηχανολογικός εξοπλισμός του εργοστασίου.....	6
Πίνακας 2.2: Απόδοση του ξηραντηρίου και εκπομπή σκόνης .....	12
Πίνακας 2.3: Μηχανολογικός εξοπλισμός του εργοστασίου και κατανάλωση .....	14
Πίνακας 3.1: Κόστος εγκατάστασης.....	25
Πίνακας 3.2: Παραδοχές μελέτης εγκατάστασης .....	26
Πίνακας 3.3: Συγκριτικά στοιχεία μαζούτ και πυρηνόξυλου .....	33
Πίνακας 3.4: Κόστος ανά έτος .....	38

# 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται σύντομα όλες οι απαραίτητες έννοιες που απαιτούνται για την πλήρη κατανόηση της μελέτης της πτυχιακής εργασίας. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται αναφορά στην ξήρανση (είδη και τεχνολογία που χρησιμοποιείται, καθώς και στους τύπους των ξηρατηρίων).

## 1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΞΗΡΑΝΣΗΣ

Ξήρανση (Drying) ονομάζεται η φυσική διεργασία κατά την οποία απομακρύνεται το νερό που περιέχεται είτε σε ένα φυσικό προϊόν, είτε σε ένα προϊόν που προέρχεται από βιομηχανική επεξεργασία [1]. Το νερό μπορεί να βρίσκεται στο προϊόν είτε σε υγρή, είτε σε αέρια μορφή και γενικά αναφέρεται ως υγρασία. Γενικότερά, η ξήρανση ονομάζεται αλλιώς και η διεργασία απομάκρυνσης κάποιου άλλου υγρού από το προϊόν εκτός της υγρασίας όπως οινόπνευμα, ή βενζόλιο. Η ξήρανση αποτελεί μία βασική μέθοδο για το διαχωρισμό των υλικών. Είναι μια χημική διεργασία και συχνά συγχέεται με τις άλλες θερμικές διεργασίες διαχωρισμού την κρυστάλλωση, την εξάτμιση και την απόσταξη. Η ξήρανση διακρίνεται από αυτές και ως προς την τεχνική αλλά και ως προς την αρχική και τελική κατάσταση των διαχωριζόμενων συστατικών [2].

## 1.2 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΞΗΡΑΝΣΗΣ

Σε ορισμένα προϊόντα που έχουν σχετικά υψηλή αρχική περιεκτικότητα σε υγρασία, μπορεί να παρατηρηθεί μια αρχική γραμμική μείωση της μέσης περιεκτικότητας σε υγρασία του προϊόντος ως συνάρτηση του χρόνου για περιορισμένο χρονικό διάστημα. Αυτή, συχνά είναι γνωστή ως "περίοδος σταθερού ρυθμού ξήρανσης". Συνήθως, σε αυτή την περίοδο, αφαιρείται η υγρασία της επιφάνειας έξω από μεμονωμένα σωματίδια. Ο ρυθμός της ξήρανσης κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου εξαρτάται κυρίως από το ρυθμό μεταφοράς της θερμότητας στο υλικό που στεγνώνει. Επομένως, ο μέγιστος επιτεύξιμος ρυθμός ξήρανσης θεωρείται ότι είναι περιορισμένος στη μεταφορά της θερμότητας. Εάν, συνεχιστεί η ξήρανση, η κλίση της καμπύλης, δηλαδή ο ρυθμός ξήρανσης, γίνεται λιγότερο απότομη (περίοδος πτώσης) και τελικά τείνει να γίνει σχεδόν οριζόντια σε πολύ μεγάλους χρόνους. Η περιεκτικότητα σε υγρασία του προϊόντος είναι τότε σταθερή στο "περιεχόμενο υγρασίας ισορροπίας", όπου είναι, στην πράξη, σε ισορροπία με το αφυδατωτικό μέσο. Στην περίοδο πτώσης, η μετανάστευση του νερού από το εσωτερικό του προϊόντος στην επιφάνεια γίνεται κυρίως με μοριακή διάχυση, δηλαδή η ροή του νερού είναι ανάλογη με την κλίση της περιεκτικότητας σε υγρασία. Αυτό, σημαίνει ότι το νερό μετακινείται από ζώνες με υψηλότερη περιεκτικότητα σε υγρασία σε ζώνες με χαμηλότερες τιμές, φαινόμενο που εξηγείται από τον δεύτερο νόμο της

θερμοδυναμικής. Εάν, η απομάκρυνση του νερού είναι σημαντική, τα προϊόντα συνήθως υφίστανται συρρίκνωση και παραμόρφωση, εκτός από μια καλά σχεδιασμένη διαδικασία ξήρανσης με κατάψυξη. Ο ρυθμός ξήρανσης στην περίοδο πτώσης ελέγχεται από το ρυθμό απομάκρυνσης της υγρασίας, ή διαλύτη από το εσωτερικό του στερεού που στεγνώνει και αναφέρεται ως "περιορισμένη μεταφορά της μάζας". Αυτό παρατηρείται ευρέως σε υγροσκοπικά προϊόντα, όπως τα φρούτα και τα λαχανικά, όπου η ξήρανση συμβαίνει κατά την περίοδο πτώσης με την σταθερή περίοδο ρυθμού ξήρανσης να είναι αμελητέα [3].

### 1.3 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η ανάπτυξη των θεωριών ξήρανσης ξεκίνησε ουσιαστικά προς στα τέλη της δεκαετίας του 1930. Πιο συγκεκριμένα, το 1939 ο Henry μελέτησε τη διάχυση του ατμού μέσα από τους πόρους μιας μπάλας βαμβακιού. Μερικά χρόνια αργότερα, το 1957, οι Philip και De Vries πρότειναν ένα μοντέλο για τη μεταφορά υγρασίας σε πορώδη σώματα το οποίο λάμβανε υπόψη τόσο τις ροές του υγρού όσο και του ατμού. Στη συνέχεια, το 1966, ο Luikov πρότεινε ένα μοντέλο ξήρανσης με βάση το οποίο η μεταφορά της υγρασίας σε ένα πορώδες σώμα μπορεί να εκφραστεί ως συνάρτηση των βαθμίδων θερμοκρασίας, περιεκτικότητας υγρασίας και πίεσης. Ήταν ένας από τους πρώτους ερευνητές που έκαναν αυτή τη θεώρηση, χρησιμοποιώντας ως βάση το νόμο του Darcy.

Μια άλλη προσέγγιση παρουσιάστηκε από τον Whitaker, το 1977, ο οποίος ανέπτυξε ένα μοντέλο ξήρανσης, ξεκινώντας από τις εξισώσεις για κάθε φάση και καταλήγοντας σε εξισώσεις διατήρησης επί του μέσου όγκου. Η θεωρία αυτή δε διαφέρει πολύ από εκείνη του Luikov. Το βασικό πλεονέκτημά της είναι το ότι αποτελεί μια πραγματική προσέγγιση του συνεχούς μηχανικού μέσου, διότι οι εξισώσεις διατήρησης εκφράζονται επί του μέσου όγκου.

Η έρευνα στον τομέα της ξήρανσης συνεχίστηκε το 1979 από τον Huang, ο οποίος πρότεινε τη χρήση διαφορετικού συστήματος εξισώσεων για το αρχικό στάδιο της ξήρανσης. Ένα χρόνο μετά, το 1980, οι Dinulescu και Eckert παρουσίασαν την αναλυτική λύση του μοντέλου μονοδιάστατης μεταφοράς υγρασίας, με βαθμίδες υγρασίας – θερμοκρασίας και υποθέτοντας σταθερούς συντελεστές μεταφοράς. Κατέληξαν σε γενικές, αδιάστατες εξισώσεις για τη θερμοκρασία και για την υγρασία.

Αργότερα, το 1988 οι Ben Nasrallah και Perre ανέπτυξαν ένα μοντέλο ξήρανσης βασισμένο στη θεωρία του Whitaker και μελέτησαν την ξήρανση με συναγωγή σε δύο εντελώς διαφορετικά πορώδη υλικά, το ξύλο και το τούβλο. Στη συνέχεια, μια αριθμητική λύση του δισδιάστατου μοντέλου ξήρανσης (ανισότροπου υλικού) δόθηκε το 1990 από τους Perre και Degiovanni, ενώ το 1991 οι Masmudi και Prat βασιζόμενοι στη θεωρία των Philip και De Vries μελέτησαν τη μεταφορά θερμότητας και μάζας σε ακόρεστα πορώδη υλικά. Από τα παραπάνω, μπορεί να δημιουργηθεί ένα ερώτημα ως προς τη βασική διαφορά των μοντέλων ξήρανσης. Ποιες κινητήριες δυνάμεις (θερμοκρασία, υγρασία, πίεση) θα μπορούσαν να θεωρούνται σε κάθε περίπτωση κατάλληλες για τη μεταφορά μάζας. Αυτό φυσικά εξαρτάται και από το είδος του ως προς την ξήρανση στερεού σώματος (τρόφιμο, οικοδομικό υλικό, έδαφος).

## 1.4 ΕΙΔΗ ΞΗΡΑΝΣΗΣ

Η ξήρανση ως διεργασία διακρίνεται σε φυσική και τεχνητή.

Η φυσική ξήρανση διακρίνεται σε:

α) Άμεση, η οποία είναι η απλούστερη και φθηνότερη μέθοδος διότι δε χρησιμοποιείται κανένα ενεργειακό σύστημα, όμως δεν είναι ελεγχόμενη. Αυτό αποτελεί και ένα από τα βασικά μειονεκτήματά της.

β) Έμμεση, στην οποία το προϊόν βρίσκεται σε κατασκευές τύπου θερμοκηπίου. Η έμμεση υπερτερεί της άμεσης αλλά και πάλι δεν παρέχει τον απαιτούμενο έλεγχο της θερμοκρασίας.

Η τεχνητή ξήρανση (η πιο διαδεδομένη μέθοδος) είναι η θερμική ξήρανση η οποία διακρίνεται σε:

α) Συναγωγή όπου ένα θερμό αέριο συνήθως αέρας διέρχεται επαπτόμενος από την επιφάνεια του υλικού, ή μέσα από την μάζα του.

β) Αγωγή όπου το υλικό τοποθετείται σε μία θερμαινόμενη πλάκα και η θερμότητα μεταφέρεται με αγωγή σε όλη τη μάζα του προϊόντος.

γ) Ακτινοβολία όπου η θερμότητα ακτινοβολείται στη επιφάνεια ενός σταθερού, ή κινούμενου υλικού.

## 1.5 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΞΗΡΑΝΣΗΣ

Τα τρόφιμα αποξηραίνονται για να εμποδίσουν τη μικροβιακή ανάπτυξη και την ποιοτική αποσύνθεση. Ωστόσο, η έκταση της ξήρανσης εξαρτάται από την τελική χρήση του προϊόντος. Τα δημητριακά και οι ελαιούχοι σπόροι ξηραίνονται μετά τη συγκομιδή μέχρι την περιεκτικότητα σε υγρασία που θα επιτρέπει τη μικροβιακή σταθερότητα κατά την αποθήκευση. Τα λαχανικά αλέθονται πριν από την ξήρανση για να αποφευχθεί η ταχεία σκουρόχρωση. Η ξήρανση σε αυτή την περίπτωση δεν πραγματοποιείται μόνο για να εμποδίσει την ανάπτυξη των μικροβίων, αλλά και για να αποφευχθεί το μαύρισμα κατά την αποθήκευση. Όσον αφορά τα αποξηραμένα φρούτα, η μείωση της υγρασίας δρα σε συνδυασμό με το περιεχόμενο σε οξύ και ζάχαρη για να παρέχει προστασία από την ανάπτυξη των μικροβίων. Προϊόντα όπως το γάλα σε σκόνη πρέπει να στεγνώσουν σε πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία, προκειμένου να διασφαλιστεί η ρευστότητα και να αποφευχθεί η συσσώρευση. Αυτή η υγρασία είναι χαμηλότερη από αυτή που απαιτείται για να διασφαλιστεί η παρεμπόδιση της μικροβιακής ανάπτυξης. Άλλα προϊόντα στεγνώνουν πέρα από το μικροβιακό όριο ανάπτυξης για να προσδώσουν μια τραγανή υφή, η οποία αρέσει στους καταναλωτές.

Μεταξύ των προϊόντων των μη τροφίμων, μερικά από αυτά που απαιτούν σημαντική ξήρανση είναι το ξύλο (ως μέρος της επεξεργασίας της ξυλείας), το χαρτί, το λινάρι και η σκόνη πλυσίματος. Τα δύο πρώτα, λόγω της οργανικής τους προέλευσης, μπορεί να αναπτύξουν μούχλα εάν δε στεγνώσουν επαρκώς. Ένα άλλο πλεονέκτημα της ξήρανσης είναι η μείωση του όγκου, αλλά και του βάρους.

## 1.6 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΞΗΡΑΝΣΗΣ

Η μεγαλύτερη σε εφαρμογή μέθοδος ξήρανσης στη βιομηχανία είναι η ξήρανση με διοχέτευση αέρα. Πέρα όμως από αυτή, υπάρχουν και άλλες μέθοδοι που εφαρμόζονται σε ειδικές περιπτώσεις υλικών, ή και συνθηκών διεργασίας, όπως σκόνης λαχανικών ή σκόνης φρούτων για την παρασκευή στιγμιαίων ποτών, αλλά και απλών γεωργικών προϊόντων.

Οι κυριότερες μέθοδοι ξήρανσης περιλαμβάνουν την:

- Ξήρανση με αέρα σε παράλληλη ή εγκάρσια ροή (άμεση ξήρανση)
- Ξήρανση με αέρα σε ρευστοποιημένες κλίνες (άμεση ξήρανση)
- Ξήρανση υπό υπό πίεση και ψύξη ή εξαχνωτική (έμμεση ξήρανση)
- Ωσμωτική αφυδάτωση (ειδική μέθοδος)
- Διηλεκτρική ξήρανση (έμμεση ξήρανση)
- Ξήρανση με εκνέφωση του υλικού (άμεση ξήρανση)
- Ξήρανση με αφρό (ειδική μέθοδος)
- Ξήρανση με ηλιακή ενέργεια, που είναι μία ειδική περίπτωση ξήρανσης με αέρα (άμεση ξήρανση)

Το ξηραντήριο αποτελεί μια κατασκευή η οποία σαν πρώτη ύλη δέχεται το ανεπεξέργαστο προϊόν και η λειτουργία της έχει σαν αποτέλεσμα την παραγωγή ξηρού προϊόντος ύστερα από τη θέρμανση – ξήρανσή του [3].

## 1.7 ΤΥΠΟΙ ΞΗΡΑΝΤΗΡΙΩΝ

Τύποι Υλικών	Ξηραντήρες
Υλικά σε μορφή φύλλων ή υλικά μεταφερόμενα με μεταφορική ταινία, ή δίσκους	A. Ασυνεχής λειτουργίας (batch) 1. Ατμόσφαιρας (atmospheric) 2. Κενού (vacuum)  B. Συνεχής λειτουργίας (continuous) 1. Σήραγγας (tunnel)
Κοκκώδη υλικά	A. Περιστροφικοί (Rotary) 1. Τυπικοί (standard) 2. Roto-Louvre  B. Τουρμπίνας (Turbo)



	<p>Γ. Μεταφορικής Ταινίας (conveyor)</p> <p>Δ. Φίλτρου (filter)</p>
Υλικά σε συνεχή φύλλα	<p>A. Κυλινδρικοί (Cylinder)</p> <p>B. Festoon</p>
Πάστες και υλικά μεγάλου ιξώδους	<p>A. Ανάμιξης (Agitator)</p> <p>1. Ατμόσφαιρας (atmospheric)</p> <p>2. Κενού (vacuum)</p>
Υλικά σε διάλυμα	<p>A. Τυμπάνων (Drum)</p> <p>1. Ατμόσφαιρας (atmospheric)</p> <p>2. Κενού (vacuum)</p> <p>B. Εκνέφωσης (Spray)</p>
Ειδικά υλικά	<p>A. Υπέρουθρης ακτινοβολίας</p> <p>B. Διηλεκτρική θέρμανση</p> <p>Γ. Λυοφιλίωση</p>

## 2 ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΞΗΡΑΝΣΗΣ ΜΥΔΙΚΗΣ Ε.Α.Σ.ΑΓΡΙΝΙΟΥ

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται ο μηχανολογικός εξοπλισμός, καθώς και το εργοστάσιο το οποίο αφορά η παρούσα πτυχιακή εργασία/μελέτη. Γενικότερα, γίνεται αναφορά στην παραγωγική διαδικασία του εργοστασίου, καθώς και στους παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοσή του (ενέργεια).

### 2.1 ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 2.1: Μηχανολογικός εξοπλισμός του εργοστασίου) είναι καταγεγραμμένος ο μηχανολογικός εξοπλισμός του εργοστασίου ανά ονομασία και ποσότητα του εκάστοτε μηχανήματος.

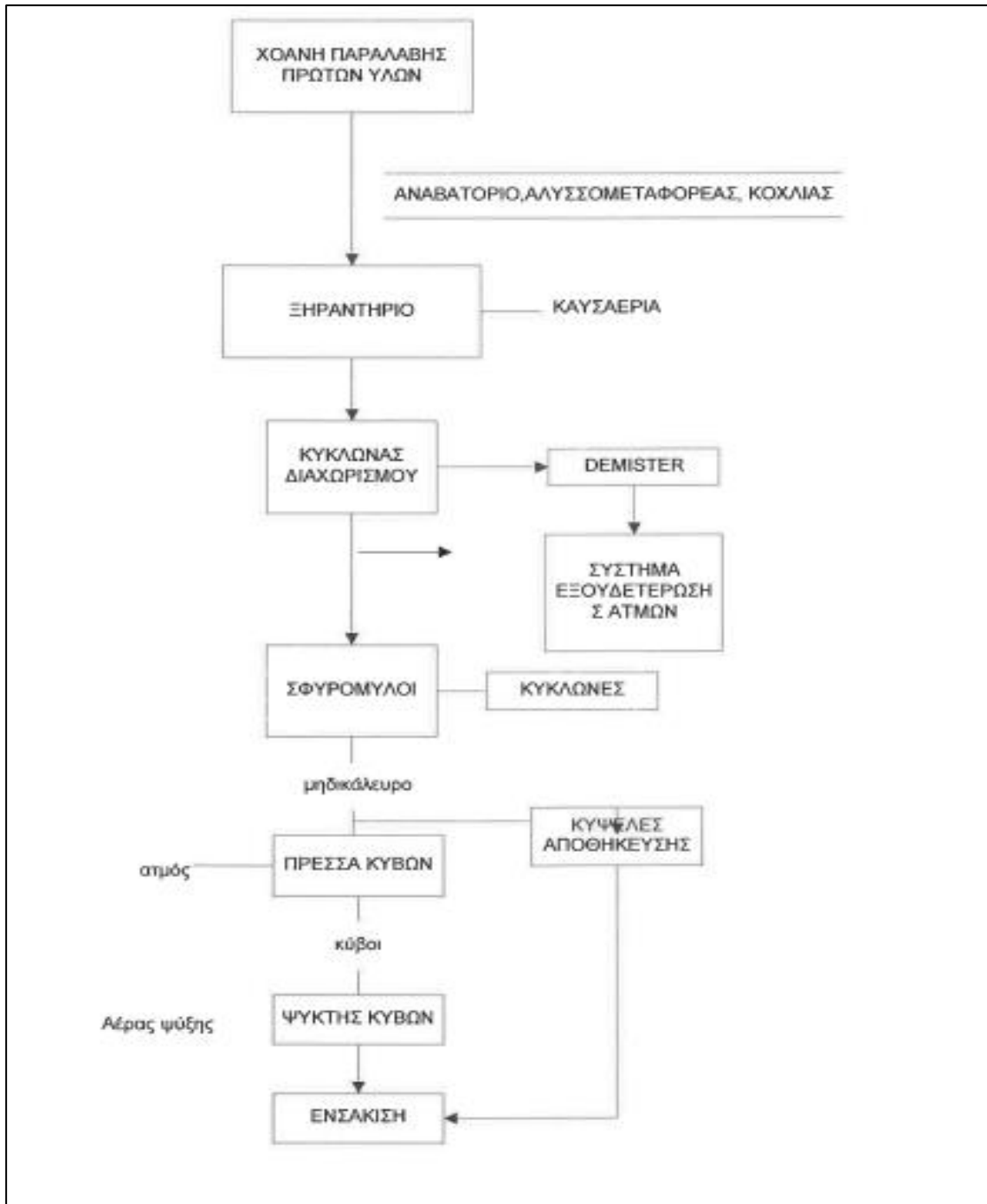
Πίνακας 2.1: Μηχανολογικός εξοπλισμός του εργοστασίου

Α/Α	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΟΣ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ
1	ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ ΚΑΥΣΗΣ	1
2	ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ	1
3	ΚΛΙΒΑΝΟΣ ΠΡΟΘΕΡΜΑΝΣΗΣ	1
4	ΤΑΠΗΤΑΣ ΧΛΩΡΗΣ ΜΗΔΙΚΗΣ	1
5	ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΟΣ ΚΟΧΛΙΑΣ	1
6	ΞΗΡΑΝΤΗΡΙΟ	1
7	ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ ΞΗΡΑΝΤΗΡΙΟΥ	2
8	ΚΥΚΛΩΝΑΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ	1
9	ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ ΚΥΚΛΩΝΑ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ	1
10	ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΗ ΒΑΛΒΙΔΑ	1
11	ΣΦΥΡΟΜΥΛΟΣ	2
12	ΚΥΚΛΩΝΑΣ ΣΦΥΡΟΜΥΛΟΥ	1
13	ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΗ ΒΑΛΒΙΔΑ ΚΥΚΛΩΝΑ ΣΦΥΡΟΜΥΛΟΥ	1

14	ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ ΚΥΚΛΩΝΑ ΣΦΥΡΟΜΥΛΟΥ	1
15	ΚΥΚΛΩΝΑΣ ΨΥΚΤΟΥ	1
16	ΜΕΤΑΦ.ΚΟΧΛΙΑΣ	2
17	ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΗ ΒΑΛΒΙΔΑ ΚΥΚΛΩΝΑ ΨΥΚΤΟΥ	1
18	ΚΥΒΟΠΟΙΗΤΙΚΗ ΜΗΧΑΝΗ	2
19	ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΟΣ ΚΟΧΛΙΑΣ	2
20	ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ ΨΥΚΤΟΥ	1
21	ΤΑΠΗΤΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ	1
22	ΑΝΤΛΙΕΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	2
23	ΗΛ. ΠΙΝΑΚΑΣ	-
24	ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΕΣ ΤΑΙΝΙΕΣ	1
25	ΧΟΑΝΗ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ ΧΥΔΗΝ	1
26	ΚΟΧΛΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΧΥΔΗΝ	1
27	ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΗ ΤΑΙΝΙΑ ΠΛΗΡΩΣΗΣ SILO PELLEΤ	1
28	SILO ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ PELLEΤ 15 ΤΝ	1
29	SILO ΖΥΓΙΣΤΙΚΟΥ – ΕΝΣΑΚΚΙΣΤΙΚΟΥ 5 ΤΝ	1
30	ΖΥΓΙΣΤΙΚΟ – ΕΝΣΑΚΚΙΣΤΙΚΟ	1
31	ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΗ ΤΑΙΝΙΑ ΠΡΟΣ ΖΥΓΙΣΤΙΚΟ ΕΝΣΑΚΚΙΣΤΙΚΟ	1
32	ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΗ ΤΑΙΝΙΑ ΚΙΝΗΤΗ	2

## 2.2 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΜΗΔΙΚΗΣ

Στην Σφάλμα! Το αρχείο προέλευσης της αναφοράς δεν βρέθηκε. αποτυπώνεται το διάγραμμα ροής του τμήματος επεξεργασίας. Πιο συγκεκριμένα, φαίνεται η έναρξη της διαδικασίας όπως εισάγονται οι πρώτες ύλες από τη χοάνη παραλαβής και έπεται η υπόλοιπη διαδικασία της επεξεργασίας.



Σχήμα 2.1: Διάγραμμα ροής του τμήματος επεξεργασίας [4]

### 2.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΞΗΡΑΝΣΗΣ ΜΗΔΙΚΗΣ

Το εργοστάσιο λειτουργεί από μια έως δύο 8-ωρες βάρδιες και επί 200 – 300 ημέρες ανά έτος, ανάλογα με το τμήμα παραγωγής.



Σχήμα 2.2: Διαδικασία στην επεξεργασία του εργοστασίου

Η μηδική θερίζεται και κόβεται επιτόπου στους χώρους συγκομιδής της σε τεμάχια μεγέθους μέχρι 1 – 2 cm και ακολούθως μεταφέρεται στο εργοστάσιο σε χύδην μορφή με φορητά αυτοκίνητα. Τα φορητά ανατρέπουν τη νωπή μηδική στη χοάνη παραλαβής, από την οποία παραλαμβάνεται από αυτόματο τροφοδότη. Στη συνέχεια, ανεβαίνει με αναβατόριο, μεταφέρεται με αλυσσομεταφορέα και εισάγεται σε ένα ξηραντήριο [5].

Το ξηραντήριο είναι στην ουσία ένα αργά περιστρεφόμενο οριζόντιο τύμπανο με μικρή κλίση για τη διευκόλυνση της ροής του υλικού μέσα σε αυτό. Η ξήρανση της μηδικής γίνεται με την απευθείας διαβίβαση των καυσαερίων στο εσωτερικό του τυμπάνου καθ' ομορροή ως προς τη μηδική [6]. Το ξηραντήριο είναι εφοδιασμένο με εσωτερικά πτερύγια που φτυαρίζουν το υλικό κατά την περιστροφή του τυμπάνου, το ανασηκώνουν και το λιχνίζουν, ώστε να αυξάνεται η επιφάνεια της επαφής του με τα καυσαέρια και να διευκολύνεται η προώθηση του υλικού προς την έξοδο του ξηραντηρίου.

Η λίχνιση αυτή έχει όμως ως αποτέλεσμα τη δημιουργία εκπομπών σκόνης. Ο χρόνος αιώρησης των σωματιδίων κατά την φάση της λίχνισης αποτελεί το 3 – 5 % του συνολικού χρόνου παραμονής των σωματιδίων στο ξηραντήριο. Τα καυσαέρια δημιουργούνται με την καύση μαζούτ σε εστία καύσης τα οποία διέρχονται προηγουμένως από θάλαμο ισορροπίας που βρίσκεται σε επαφή με την είσοδο του ξηραντηρίου και όπου γίνεται η προθέρμανση της μηδικής.



Σχήμα 2.3: Διαδικασία στην επεξεργασία του εργοστασίου

Ειδικός ανεμιστήρας ισχύος 15 KW τροφοδοτεί τον απαραίτητο αέρα καύσης στον καυστήρα. Συνήθως η επεξεργαζόμενη μηδική έχει υγρασία 60 – 80 % ενώ μετά την ξήρανση της αυτή κατέρχεται σε 8 – 16 %. Στην εξεταζόμενη μονάδα η εισερχόμενη στο ξηραντήριο μηδική έχει υγρασία το πολύ έως και 80 % και ξηραίνεται μέχρι η υγρασία να φτάσει περίπου το 20 %. Η δυναμικότητα του ξηραντηρίου είναι 96 τον/ημ χλωρής μηδικής (υγρασίας 80%) που αντιστοιχεί σε παραγωγή 16 τον/ημ στεγνής μηδικής (με 20% υγρασία).

Άρα η απώλεια υγρασίας κατά την ξήρανση μπορεί να υπολογιστεί ως:

$$\text{απώλεια υγρασίας} = (\text{δυναμικότητα} \times \text{ποσοστό απώλειας}) - (\text{παραγωγή} \times \text{ποσοστό υγρασίας}) \quad (2.1)$$

$$\text{απώλεια υγρασίας} = (96 \times 0,8) - (16 \times 0,2) = 72 \frac{\text{τον}}{\text{ημ}}$$

Στην πράξη η φόρτιση του ξηραντηρίου είναι 60 τον/ημ χλωρής μηδικής και η παραγωγή στεγνής μηδικής έχει απώλεια υγρασίας αντίστοιχα 15 τον/ημ και 45 τον/ημ. Η τυπική θερμοκρασία των καυσαερίων διακυμαίνεται από 980 – 1090 °C στην είσοδο του ξηραντηρίου (1000 – 2000 °F) έως και 80 – 100 °C στη έξοδο του, για υγρασία προϊόντος 20% (για τελική υγρασία 8 – 16 % η θερμοκρασία των καυσαερίων κυμαίνεται μεταξύ 120 – 150 °C). Για την απομάκρυνση της δημιουργημένης στο ξηραντήριο υγρασίας και την προώθηση του ξηραϊνόμενου υλικού προς την έξοδο υπάρχει ισχυρός ανεμιστήρας ισχύος 120 HP, που εμφυσά αέρα περιβάλλοντος (φάλτσος αέρας) μέσα στο ξηραντήριο. Βοηθά επίσης στην εμπλοκή της δημιουργίας αναγωγικών συνθηκών, που θα είχαν ως αποτέλεσμα την παραγωγή αυξημένων

ποσοτήτων CO μέσα στο ξηραντήριο με κίνδυνο την πιθανή δημιουργία συνθηκών ανάφλεξης και σημαντικής επιβάρυνσης του περιβάλλοντος.

Η εξερχόμενη από το ξηραντήριο μηδική διέρχεται από κυκλώνα (κύριος κυκλώνας) όπου διαχωρίζεται από το ρεύμα των υγρών και θερμών αερίων. Από τον κύριο κυκλώνα διαχωρισμού η κομμένη στεγνή μηδική οδηγείται σε δύο σφυρόμυλους δυναμικότητας 32 τον/ημ, όπου αλέθεται προς δημιουργία μηδικάλευρου. Το μηδικάλευρο μεταφέρεται ακολούθως πνευματικά σε δύο κυκλώνες όμοιους μεταξύ τους (όπου αντιστοιχεί ο καθένας σε κάθε σφυρόμυλο), όπου διαχωρίζεται από τον αέρα μεταφοράς και από εκεί ακολουθεί δύο εναλλακτικές πορείες ανάλογα με το αν πρόκειται να διατεθεί στην αγορά ως μηδικάλευρο, ή ως μηδική σε μορφή κύβων (pellets). Εάν, πρόκειται να διατεθεί ως μηδικάλευρο οδηγείται αρχικά σε κυψέλες αποθήκευσης και από εκεί σε αυτόματο ζυγό ενσάκισης όπου συσκευάζεται σε σάκους. Εάν, το προϊόν πρόκειται να διατεθεί σε μορφή κύβων οδηγείται στο συγκρότημα δύο κυβοποιητικών μηχανών (πρεσών), δυναμικότητας 32 τον/ημ όπου διαμορφώνεται σε κύβους με συμπίεση και ταυτόχρονη προσθήκη ζωντανού ατμού.

Οι κύβοι οδηγούνται μετά με μεταφορική ταινία σε ψυκτήρα όπου ψύχονται υπό την επίδραση ρεύματος του αέρα περιβάλλοντος. Ο αποβαλλόμενος από τον ψυκτήρα αέρας αποκονιώνεται σε κυκλώνα. Η συλλεγόμενη στον κυκλώνα σκόνη ανακυκλώνεται στην πρέσα κύβων. Οι ψυθθέντες κύβοι μεταφέρονται ακολούθως με μεταφορική ταινία στην κυψέλη ενσάκισης και από εκεί στο ζυγό ενσάκισης, όπου συσκευάζονται σε σάκους.



Σχήμα 2.4: Διαδικασία στην επεξεργασία του εργοστασίου

## 2.4 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΟΥ ΞΗΡΑΝΤΗΡΙΟΥ

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση του ξηραντηρίου μηδικής είναι:

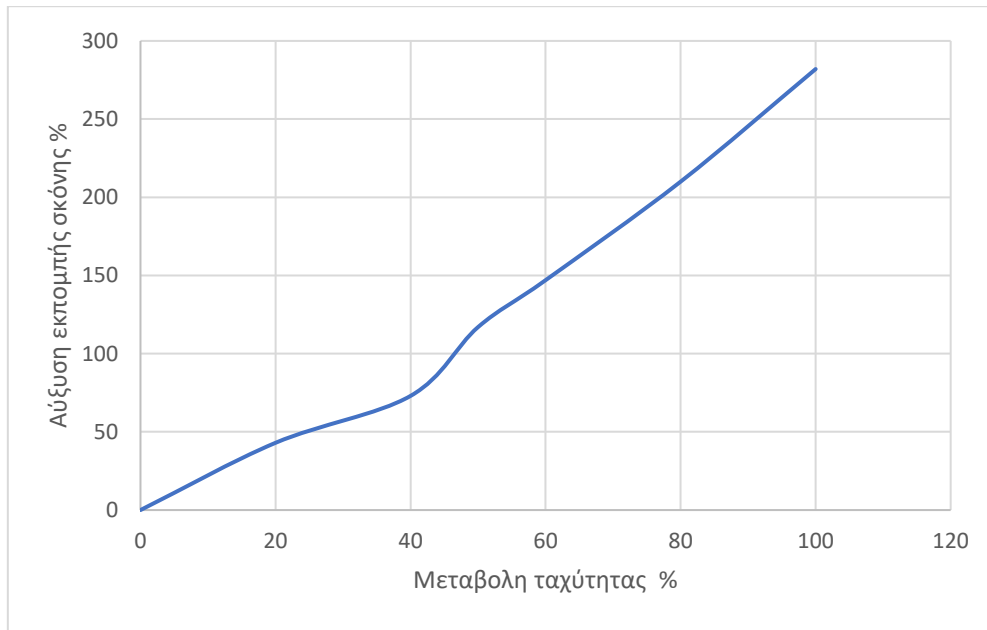
- Η περιεχόμενη υγρασία στο προς ξήρανση υλικό
- Η παροχή αέρα (καύσης και φάλτσου) μέσα στο ξηραντήριο
- Επισημαίνεται εδώ ότι η εκπομπή σκόνης αυξάνεται και μάλιστα ανάλογα με το τετράγωνο της παροχής των αερίων, ή της ταχύτητας αυτών, διαμέσου του ξηραντηρίου, ενώ η απόδοση της ξήρανσης αυξάνεται με πολύ μικρότερο ρυθμό
- Η παροχή καυσίμου στον καυστήρα
- Η κλίση του ξηραντηρίου ως προς την οριζόντια επιφάνεια
- Η διάμετρος του ξηραντηρίου (η απόδοση ξήρανσης αυξάνεται ευθέως ανάλογα με την εγκάρσια διατομή του ξηραντηρίου)
- Το μήκος του ξηραντηρίου (η απόδοση της ξήρανσης αυξάνεται ανάλογα με το μήκος του ξηραντηρίου, αλλά με ρυθμό πολύ μικρότερο περίπου το 40% του ρυθμού που αντιστοιχεί στην ευθέως ανάλογη μεταβολή)
- Η διάταξη και ο σχεδιασμός των πτερυγίων ανύψωσης
- Τα πτερύγια μάλλον επιβραδύνουν παρά επιταχύνουν τη ροή του υλικού μέσα στο ξηραντήριο

Πίνακας 2.2: Απόδοση του ξηραντηρίου και εκπομπή σκόνης

f pm	m/s	Μεταβολή Ταχύτητας (%)	Αύξηση απόδοσης ξηραντηρίου (%)	Αύξηση εκπομπής σκόνης (%)
600	3,05	0	0	0
720	3,66	20	12	43
840	4,27	40	23	73
900	4,57	50	29	117
960	4,88	60	35	147
1080	5,49	80	46	210
1200	6,1	100	57	282

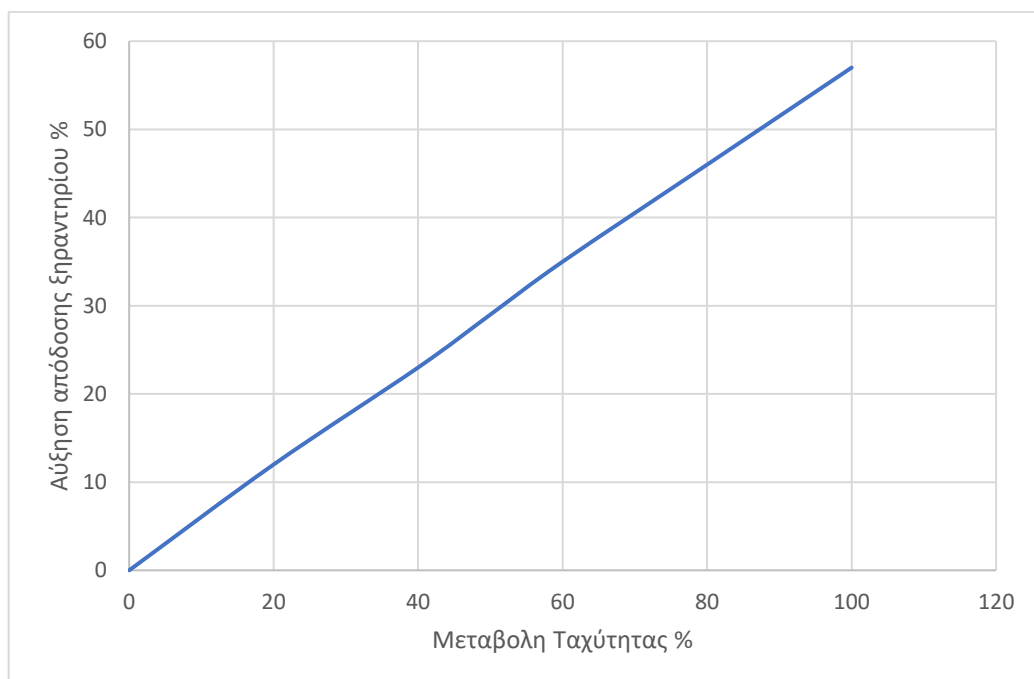


Στο Σχήμα 2.5: Μεταβολή της εκπομπής σκόνης ξηραντηρίου σε σχέση με την μεταβολή ταχύτητας των αερίων μέσα στο ξηραντήριο φαίνεται η μεταβολή της εκπομπής της σκόνης και της απόδοσης του ξηραντηρίου σε σχέση με την ταχύτητα των αερίων μέσα στο ξηραντήριο.



Σχήμα 2.5: Μεταβολή της εκπομπής σκόνης ξηραντηρίου σε σχέση με την μεταβολή ταχύτητας των αερίων μέσα στο ξηραντήριο

Στο Σχήμα 2.6: Μεταβολή της απόδοσης του ξηραντηρίου σε σχέση με τη μεταβολή ταχύτητας των αερίων μέσα στο ξηραντήριο φαίνεται η μεταβολή της απόδοσης του ξηραντηρίου σε σχέση με τη μεταβολή της ταχύτητας των αερίων μέσα στο ξηραντήριο.



Σχήμα 2.6: Μεταβολή της απόδοσης του ξηραντηρίου σε σχέση με τη μεταβολή ταχύτητας των αερίων μέσα στο ξηραντήριο

## 2.5 ΧΡΗΣΗ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

### 2.5.1 Χρήση Νερού

Γενικά καταναλώνονται μικρές ποσότητες νερού για προσθήκη στον αναμίκτη των προϊόντων για τις ανάγκες του τμήματος ατμοπαραγωγής και για τις ανάγκες του προσωπικού και της καθαριότητας των γραφείων. Επίσης, συγκεκριμένη ποσότητα νερού υπάρχει σε ετοιμότητα για τις ανάγκες του πυροσβεστικού δικτύου.

Η κατανομή της κατανάλωσης του νερού στις διάφορες χρήσεις είναι ως εξής:

- Προσθήκη στον αναμίκτη των προϊόντων  $\approx 0,8 \text{ m}^3/\eta\mu$
- Τροφοδοσία του ατμολέβητα (ύστερα από αποσκλήρυνση)  $\approx 0,7 \text{ m}^3/\eta\mu$
- Ανάγκες του προσωπικού  $\approx 1 \text{ m}^3/\eta\mu$
- Συνολική κατανάλωση νερού =  $2,5 \text{ m}^3/\eta\mu$ .
- Μέγιστη ωριαία κατανάλωση =  $1 \text{ m}^3/\eta\mu$ .

### 2.5.2 Χρήση Ενέργειας

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 2.3: Μηχανολογικός εξοπλισμός του εργοστασίου και κατανάλωση) είναι καταγεγραμμένος ο μηχανολογικός εξοπλισμός του εργοστασίου ανά ονομασία και ποσότητα του εκάστοτε μηχανήματος, καθώς και οι αντίστοιχες ενεργειακές καταναλώσεις.

Πίνακας 2.3: Μηχανολογικός εξοπλισμός του εργοστασίου και κατανάλωση

Α/Α	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΟΣ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΚΙΝ. ΙΣΧΥΣ (KW)	ΘΕΡΜ. ΙΣΧΥΣ (KW)	ΣΥΝ. ΙΣΧΥΣ
1	ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ ΚΑΥΣΗΣ	1	15		15
2	ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ	1		40	
3	ΚΛΙΒΑΝΟΣ ΠΡΟΘΕΡΜΑΝΣΗΣ	1		5.0	
4	ΤΑΠΗΤΑΣ ΧΛΩΡΗΣ ΜΗΔΙΚΗΣ	1	7.0		7.0
5	ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΟΣ ΚΟΧΛΙΑΣ	1	7.5		7.5
6	ΞΗΡΑΝΤΗΡΙΟ	1			

7	ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ ΞΗΡΑΝΤΗΡΙΟΥ	2	2X11,0		22
8	ΚΥΚΛΩΝΑΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟ	1			
9	ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ ΚΥΚΛΩΝΑΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ	1	160		160
10	ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΗ ΒΑΛΒΙΔΑ	1	5.5		5.5
11	ΣΦΥΡΟΜΥΛΟΣ	2	2X90		180
12	ΚΥΚΛΩΝΑΣ ΣΦΥΡΟΜΥΛΟΥ	1			
13	ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΗ ΒΑΛΒΙΔΑ ΚΥΚΛΩΝΑ ΣΦΥΡΟΜΥΛΟΥ	1	5		5
14	ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ ΚΥΚΛΩΝΑΣ ΣΦΥΡΟΜΥΛΟΥ	1	37		37
15	ΚΥΚΛΩΝΑΣ ΨΥΚΤΟΥ	1	15		15
16	ΜΕΤΑΦ.ΚΟΧΛΙΑΣ	2	2X0.75		1.5
17	ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΗ ΒΑΛΒΙΔΑ ΚΥΚΛΩΝΑ ΨΥΚΤΟΥ	1	1.15		1.15
18	ΚΥΒΟΠΟΙΗΤΙΚΗ ΜΗΧΑΝΗ	2	2X200		400
19	ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΟΣ ΚΟΧΛΙΑΣ	2	2X3+1X4		10
20	ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ ΨΥΚΤΟΥ	1	35		35
21	ΤΑΠΗΤΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ	1	0.75		0.75
22	ΑΝΤΛΙΕΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	2	1X2+1X2.25		4.25
23	ΗΛ. ΠΙΝΑΚΑΣ	-	-		-
24	ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΕΣ ΤΑΙΝΙΕΣ	1	4.04		4.04
25	ΧΟΑΝΗ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ ΧΥΔΗΝ	1	-		-
26	ΚΟΧΛΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΧΥΔΗΝ	1	7.5		7.5
27	ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΗ ΤΑΙΝΙΑ ΠΛΗΡΩΣΗΣ SILO PELLEΤ	1	4		4
28	SILO ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ PELLET 15 TN	1	-		-
29	SILO ΖΥΓΙΣΤΙΚΟΥ – ΕΝΣΑΚΚΙΣΤΙΚΟΥ 5 TN	1	-		-
30	ΖΥΓΙΣΤΙΚΟ – ΕΝΣΑΚΚΙΣΤΙΚΟ	1	0.5		0.5
31	ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΗ ΤΑΙΝΙΑ ΠΡΟΣ ΖΥΓΙΣΤΙΚΟ ΕΝΣΑΚΚΙΣΤΙΚΟ	1	3		3
32	ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΗ ΤΑΙΝΙΑ ΚΙΝΗΤΗ	2	4X2		8
	<u>ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΙΝ. ΙΣΧΥΣ</u>				933.69

<u>(KW)</u>				
<u>ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΙΝ. ΙΣΧΥΣ</u>				1269.82
<u>(HP)</u>				
<u>ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΘΕΡΜΙΚΗ</u>			45	
<u>ΣΧΥΣ (KW)</u>				

Για την κίνηση των διάφορων μηχανημάτων χρησιμοποιείται ηλεκτρική ενέργεια. Η συνολική εγκατεστημένη μηχανολογική και θερμική ισχύς ανέρχεται σε 978,69 KW. Η μέση μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας θεωρώντας συντελεστή φορτίου 0,8 και συντελεστή ετεροχρονισμού 0,35 εκτιμάται περίπου σε:

$$E_{\text{ηλεκτρ.}} = P \times h \times \Sigma\Phi \times P_m \quad (2.2)$$

Όπου:

P= ισχύς

h=ώρες/ημέρα

ΣΦ= συντελεστής φορτίου

$P_m$  =συντελεστής ετεροχρονισμού

δηλαδή,

$$E_{\text{ηλεκτρ.}} = 978.69 \text{ KW} * 24 \text{ hr/day} * 0.8 * 0.35 * 22 \text{ ημ/μήνα} = 144689,53 \text{ KWh}$$

### 3 ΜΕΛΕΤΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Η παρακάτω μελέτη αφορά την υλοποίηση φωτοβολταϊκού σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με πρόγραμμα αυτοπαραγωγής Net Metering [7]. Η εγκατάσταση θα γίνει σε παρακείμενο χώρο του εργοστασίου επεξεργασίας μηδικής στο Αγρίνιο Αιτωλοακαρνανίας (Σχήμα 3.1: Εργοστάσιο επεξεργασίας μηδικής. Οι συντεταγμένες του χώρου εγκατάστασης είναι οι **38.614836 - 21.350664**.



Σχήμα 3.1: Εργοστάσιο επεξεργασίας μηδικής

Αρχικά πρέπει να υπολογιστεί το σύστημα που χρειάζεται, δηλαδή πόσο μεγάλο θα είναι το φωτοβολταϊκό σύστημα. Για τη διαστασιολόγηση του φωτοβολταϊκού συστήματος πρέπει να συνυπολογιστεί επιπλέον και η ετήσια κατανάλωση της εγκατάστασης σε kWh [8]. Δεδομένου ότι ο ενεργειακός συμψηφισμός διενεργείται σε ετήσια βάση και τυχόν πλεόνασμα της ενέργειας μετά τον ετήσιο συμψηφισμό δεν αποζημιώνεται, η ετήσια παραγόμενη από το σύστημα ενέργεια δε θα πρέπει να υπερβαίνει τη συνολική ετήσια κατανάλωση [9].

#### 3.1 NET METERING

Η καθαρή μέτρηση (ή μέτρηση καθαρής ενέργειας, NEM) είναι ένας μηχανισμός χρέωσης της ηλεκτρικής ενέργειας που επιτρέπει στους καταναλωτές που παράγουν μέρος, ή το σύνολο της δικής τους ηλεκτρικής ενέργειας να χρησιμοποιούν αυτήν την ηλεκτρική ενέργεια ανά πάσα στιγμή, αντί για όταν παράγεται. Αυτό, είναι ιδιαίτερα σημαντικό με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως ο άνεμος και η ηλιακή, οι οποίες δεν είναι αποσπώμενες (όταν δε συνδυάζονται με την ταυτόχρονη αποθήκευσή τους).

Η μηνιαία καθαρή μέτρηση επιτρέπει στους καταναλωτές να χρησιμοποιούν ηλιακή ενέργεια που παράγεται τη μέρα, ή τη νύχτα, ή μέσω του ανέμου αργότερα μέσα στο μήνα. Η ετήσια καθαρή μέτρηση κυμαίνεται σε καθαρή πίστωση της κιλοβατώρας (kWh) για τον επόμενο μήνα, επιτρέποντας την ηλιακή ενέργεια που παρήχθη τον Ιούλιο για παράδειγμα να χρησιμοποιηθεί το Δεκέμβριο, ή την αιολική ενέργεια από τον Μάρτιο τον Αύγουστο.

Οι πολιτικές αυτού του είδους μέτρησης μπορεί να διαφέρουν σημαντικά ανά χώρα και ανά νομό, ή δήμο. Οι περισσότεροι νόμοι περί καθαρής μέτρησης περιλαμβάνουν τη μηνιαία ανακύκλωση των πιστώσεων kWh, το μικρό μηνιαίο τέλος σύνδεσης, απαιτούν τη μηνιαία πληρωμή των ελλειμμάτων (δηλαδή κανονικό λογαριασμό ηλεκτρικού ρεύματος) και ετήσιο διακανονισμό τυχόν υπολειπόμενης πίστωσης. Η καθαρή μέτρηση χρησιμοποιεί ένα μετρητή διπλής κατεύθυνσης και μπορεί να μετρήσει το ρεύμα που ρέει σε δύο κατευθύνσεις. Η καθαρή μέτρηση μπορεί να εφαρμοστεί μόνο ως λογιστική διαδικασία και δεν απαιτεί καμία ειδική μέτρηση, ούτε καν οποιαδήποτε προηγούμενη συμφωνία, ή ειδοποίηση [10].

### 3.1.1 Πλεονεκτήματα

Οι υποστηρικτές των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας επισημαίνουν, ότι ενώ τα διανεμημένα ηλιακά και άλλα μέτρα ενεργειακής απόδοσης αποτελούν πρόκληση για το υπάρχον επιχειρηματικό μοντέλο των ηλεκτρικών υπηρεσιών, τα οφέλη της διανεμημένης παραγωγής υπερτερούν του κόστους, καθώς επίσης τα οφέλη αυτά μοιράζονται όλοι οι δικαιούχοι της πληρωμής [11]. Τα πλεονεκτήματα των ιδιωτικών διανεμημένων ηλιακών επενδύσεων στο δίκτυο περιλαμβάνουν τη μειωμένη ανάγκη για συγκεντρωτικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής και μειωμένη πίεση στο δίκτυο κοινής ωφέλειας. Επισημαίνεται επίσης ότι, ως ακρογωνιαίος λίθος πολιτικής που επιτρέπει την ανάπτυξη των ηλιακών εγκαταστάσεων, η καθαρή μέτρηση δημιουργεί μια σειρά από κοινωνικά οφέλη για όλους τους δικαιούχους της πληρωμής, που γενικά δε λαμβάνονται υπόψη από την ανάλυση της χρησιμότητας, συμπεριλαμβανομένων: οφέλη για τη δημόσια υγεία, απασχόληση και μεταγενέστερες οικονομικές επιπτώσεις, επιπτώσεις στην τιμή της αγοράς, τα οφέλη για την ασφάλεια του δικτύου και η εξοικονόμηση του νερού.

Μια ανεξάρτητη έκθεση που πραγματοποιήθηκε από την εταιρεία συμβούλων Crossborder Energy διαπίστωσε ότι τα οφέλη του προγράμματος καθαρής μέτρησης της Καλιφόρνιας υπερτερούν του κόστους για τους δικαιούχους πληρωμής. Αυτά τα καθαρά οφέλη ανέρχονται σε περισσότερα από 92 εκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ ετησίως από την ολοκλήρωση του προγράμματος καθαρής μέτρησης.

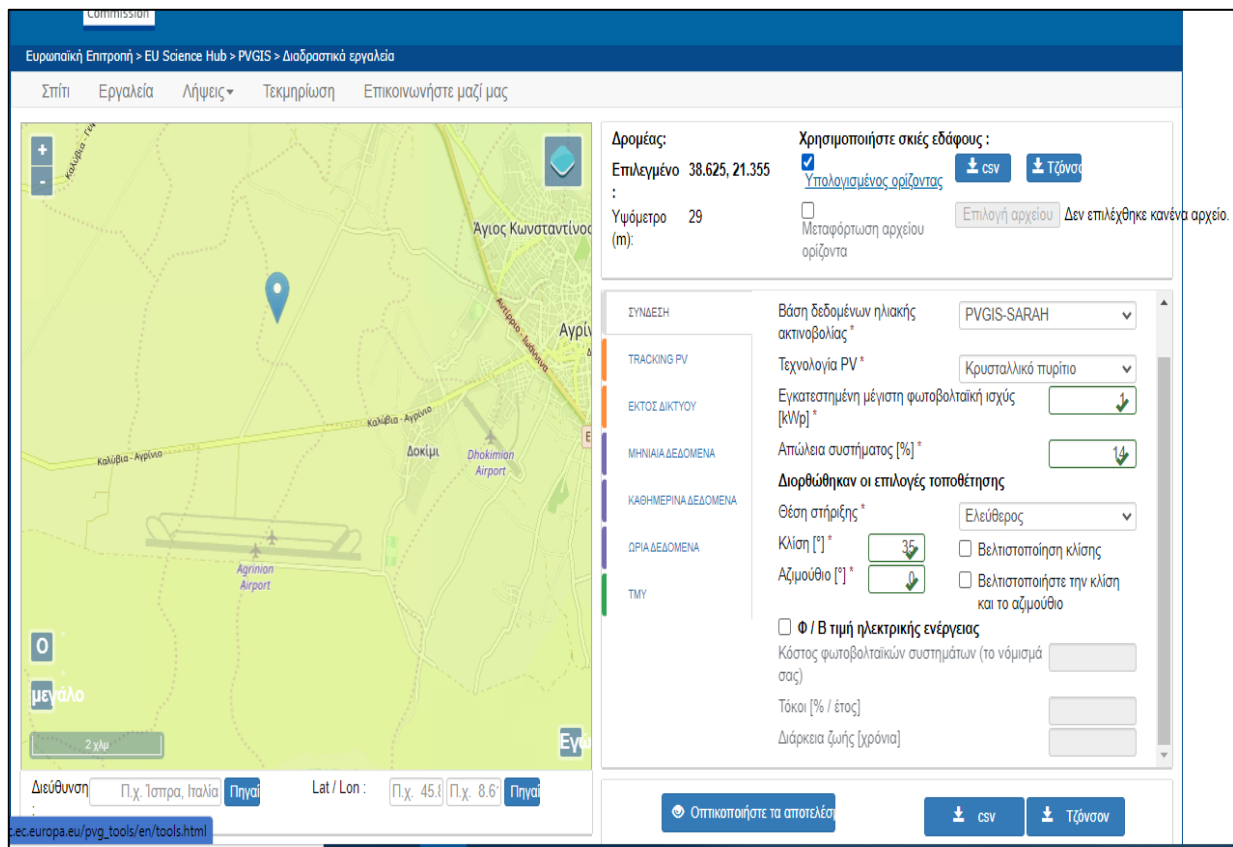
### 3.1.2 Μειονεκτήματα

Πολλές επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας δηλώνουν ότι οι ιδιοκτήτες των συστημάτων παραγωγής δεν πληρώνουν το πλήρες κόστος της υπηρεσίας για τη χρήση του δικτύου, μεταφέροντας έτσι το μερίδιό τους στο κόστος των πελατών χωρίς καταναμημένα συστήματα παραγωγής. Οι περισσότεροι ιδιοκτήτες ηλιακών συστημάτων εξακολουθούν να βασίζονται στο δίκτυο για να λαμβάνουν ηλεκτρική ενέργεια από τις επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας τη νύχτα, ή όταν τα συστήματά τους δε μπορούν να παράγουν επαρκή ισχύ.

Μια έκθεση του 2014 που χρηματοδοτήθηκε από το Ινστιτούτο Ηλεκτρικής Καινοτομίας υποστηρίζει ότι η καθαρή μέτρηση στην Καλιφόρνια παράγει υπερβολικά μεγάλες επιδοτήσεις για τυπικές εγκαταστάσεις ηλιακών φωτοβολταϊκών (ΦΒ) κατοικιών. Αυτές οι επιδοτήσεις πρέπει στη συνέχεια να πληρώνονται από άλλους οικιακούς πελάτες, οι περισσότεροι από τους οποίους είναι λιγότερο εύποροι από τους πελάτες με ηλιακά φωτοβολταϊκά. Επιπλέον, η έκθεση επισημαίνει ότι οι περισσότερες από αυτές τις μεγάλες επιδοτήσεις πηγαίνουν στις εταιρείες ηλιακής μίσθωσης, οι οποίες αντιπροσώπευαν περίπου το 75% των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων που εγκαταστάθηκαν το 2013. Η έκθεση καταλήγει στο συμπέρασμα ότι χρειάζονται αλλαγές, που κυμαίνονται από την υιοθέτηση των τιμολογίων λιανικής να αντανakλούν περισσότερο το κόστος αντικατάστασης της καθαρής μέτρησης με μια ξεχωριστή ρύθμιση "Αγορά Όλων - Πώληση Όλων", που απαιτεί από όλους τους πελάτες των φωτοβολταϊκών συστημάτων να αγοράζουν όλη τους την κατανάλωση ενέργειας. Θα πρέπει να υπάρχει συμφωνία με τα υπάρχοντα τιμολόγια λιανικής και να πωλούν χωριστά όλη την επιτόπια παραγωγή τους στις επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας διανομής τους, με το αντίστοιχο κόστος που αποφεύγεται από τις επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας.

### **3.2 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ**

Έχοντας υπόψιν την ετήσια κατανάλωση του εργοστασίου και υπολογίζοντας την ετήσια παραγωγή ενέργειας ανά μονάδα εγκατεστημένης ισχύος με την χρήση του προγράμματος PVGIS (Σχήμα 3.2: Χρήση του προγράμματος PVGIS), υπολογίζεται η ισχύς της εγκατάστασης με στόχο την κάλυψη του 100% της ενέργειας του εργοστασίου [10]. Παρακάτω, στο Σχήμα 3.2: Χρήση του προγράμματος PVGIS φαίνεται ο τρόπος χρήσης του προγράμματος καθώς και τα αποτελέσματα του.



Σχήμα 3.2: Χρήση του προγράμματος PVGIS

Το PVGIS προσφέρει πέντε διαφορετικές βάσεις δεδομένων ηλιακής ακτινοβολίας με ωριαία ανάλυση του χρόνου. Προς το παρόν, υπάρχουν τρεις διαθέσιμες βάσεις δεδομένων μέσω δορυφόρου. Αυτές είναι η PVGIS-SARAH, η PVGIS-CMSAF και η PVGIS-NSRDB. Επιλέγεται η βάση δεδομένων PVGIS-SARAH, η οποία είναι για την Ευρώπη, την Ασία και τμήματα της Νότιας Αμερικής.

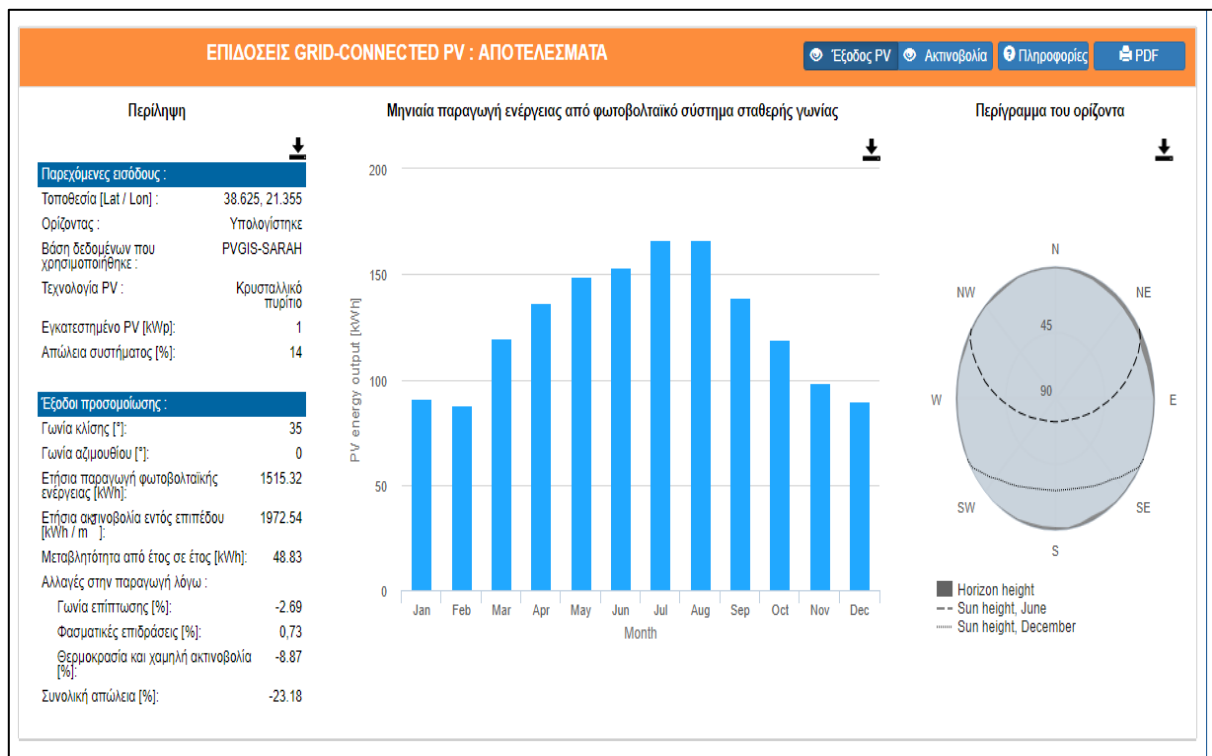
Η απόδοση των φωτοβολταϊκών μονάδων εξαρτάται από τη θερμοκρασία και την ηλιακή ακτινοβολία, καθώς και από το φάσμα του ηλιακού φωτός. Η ακριβής βέβαια εξάρτηση ποικίλλει μεταξύ των διαφορετικών τύπων των φωτοβολταϊκών μονάδων. Προς το παρόν μπορούν να εκτιμηθούν οι απώλειες που οφείλονται στη θερμοκρασία και στα αποτελέσματα της ακτινοβολίας για τους ακόλουθους τύπους μονάδων: κρυσταλλικά κύτταρα πυριτίου, CIS, ή CIGS και Cadmium Telluride. Επιλέγονται φωτοβολταϊκά πλαίσια κρυσταλλικού πυριτίου και αυτόματα συμπληρώνεται και η απώλεια του συστήματος στο 14%.

Στη συνέχεια το πρόγραμμα ζητά την εγκατεστημένη ισχύ της εγκατάστασης το οποίο είναι το ζητούμενο. Επιλέγεται η μονάδα (δηλαδή το πρόγραμμα θα υπολογίσει την παραγωγή ενέργειας για 1 kWp).

Τέλος, επιλέγεται ο τρόπος στήριξης και τοποθέτησης της εγκατάστασης, καθώς και το αζιμούθιο και η γωνία κλίσης των πλαισίων, ώστε να εξαχθούν τα αποτελέσματα.

Το εργοστάσιο καταναλώνει 941,159.52 KWh ετησίως για τις ανάγκες του σε ηλεκτρική ενέργεια και σύμφωνα με το πρόγραμμα PVGIS, βάζοντας τις απαραίτητες πληροφορίες όπως περιγράφηκε παραπάνω, η ετήσια παραγωγή ενέργειας ανά μονάδα εγκατεστημένης ισχύος για την περιοχή όπου βρίσκεται το εργοστάσιο είναι 1515.32 kWh/kWp (Σχήμα 3.3: Υπολογισμός μηνιαίας παραγωγής ενέργειας από φωτοβολταϊκό σύστημα σταθερής γωνίας).





**Σχήμα 3.3: Υπολογισμός μηνιαίας παραγωγής ενέργειας από φωτοβολταϊκό σύστημα σταθερής γωνίας**

Οπότε για την κάλυψη των αναγκών του εργοστασίου η εγκατάσταση θα πρέπει να έχει ισχύ τουλάχιστον ίση με 621.096 kW.

$$\text{Προτεινόμενη ισχύς } \Phi B = \frac{\text{Ετήσια κατανάλωση}}{\text{παραγωγή ενέργειας ανά μονάδα ισχύος}} \quad (3.1)$$

Επομένως:

$$\text{Προτεινόμενη ισχύς } \Phi B = \frac{941,159.52 \text{ kWh}}{1515.32 \text{ kWh/kWp}} = 621.096 \text{ kW}$$

### 3.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ

Η επιλογή των πλαισίων έγινε κατόπιν έρευνας. Αυτού του είδους έρευνες είναι συνήθως έρευνες του κόστους, ωστόσο λαμβάνονται και άλλοι παράγοντες υπόψη όπως η ονομαστική ισχύς των πάνελ, τα ονομαστικά ρεύματα, η αξιοπιστία, η διαθέσιμη έκταση κ.α. Για τη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική έχουν επιλεγεί να χρησιμοποιηθούν φωτοβολταϊκά πλαίσια Μονοκρυσταλλικού πυριτίου του κατασκευαστικού οίκου Sharp τύπου NU-JP395 [11].

Τα πλαίσια (Σχήμα 3.4: Φωτοβολταϊκό πλαίσιο) με ονομαστική ισχύ 395Wp αποτελούνται από 144 2 σειρές (6x12) φωτοβολταϊκά κελιά διαστάσεων 159x79.5 mm

τα όποια είναι συνδεδεμένα με ράγες ηλεκτρόδιων και μεταφέρουν την παραγόμενη ισχύ μέσω του φωτοηλεκτρικού φαινομένου. Τα κελιά είναι ενσωματωμένα σε μια προστατευτική μεμβράνη EVA (EthyleneVinyl-Acetate) και μια PET - σύνδεση κάλυψης της οπίσθιας πλευράς για αξιόπιστη και διαρκή προστασία από τις περιβαλλοντικές επιρροές, αλλά και τις θερμικές διαστολές. Για να εξασφαλίζεται η ορθή και η αξιόπιστη λειτουργία του φωτοβολταϊκού συστήματος υπάρχει ένα κουτί διανομής στο πίσω μέρος του πλαισίου το οποίο είναι εφοδιασμένο με τρεις εισόδους bypass για την αποφυγή υπερθέρμανσης των μεμονωμένων κυψελών.



Σχήμα 3.4: Φωτοβολταϊκό πλαίσιο

Οι εξωτερικές διαστάσεις του πλαισίου είναι 2008x1002x40 mm και το βάρος του είναι 23kg. Επίσης, η τάση λειτουργίας του είναι 41.07 V. Στο πίσω μέρος υπάρχουν στεγανοποιημένα καλώδια τύπου solar και βαθμού προστασίας IP 68.

Η κατασκευάστρια εταιρεία δίνει δεκαετή εγγύηση λειτουργίας, καθώς και εικοσιπενταετή εγγύηση απόδοσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Η υψηλή απόδοση των φωτοβολταϊκών παράλληλα με την προσιτή τιμή τους, τα καθιστούν ιδανικά για την εγκατάσταση.

Παρακάτω στο **Σφάλμα! Το αρχείο προέλευσης της αναφοράς δεν βρέθηκε.** αναφέρονται τα ηλεκτρικά και μηχανικά χαρακτηριστικά καθώς και το σχεδιάγραμμα του κάθε φωτοβολταϊκού πλαισίου.

### Electrical data (STC)

NU-JB395			
Maximum power	$P_{max}$	395	$V_p$
Open-circuit voltage	$V_{oc}$	49.45	V
Short-circuit current	$I_{sc}$	10.35	A
Voltage at point of maximum power	$V_{mpp}$	41.07	V
Current at point of maximum power	$I_{mpp}$	9.62	A
Module efficiency	$\eta_m$	19.6	%

STC = Standard Test Conditions (irradiance 1,000 W/m<sup>2</sup>, AM 1.5, cell temperature 25 °C).  
 Rated electrical characteristics are within  $\pm 10\%$  of the indicated values of  $I_{sc}$ ,  $V_{oc}$  and 0 to +5% of  $P_{max}$  (power measurement tolerance  $\pm 3\%$ ).

### Electrical data (NMOT)

NU-JB395			
Maximum power	$P_{max}$	293.8	$V_p$
Open-circuit voltage	$V_{oc}$	46.87	V
Short-circuit current	$I_{sc}$	8.39	A
Voltage at point of maximum power	$V_{mpp}$	38.11	V
Current at point of maximum power	$I_{mpp}$	7.71	A

NMOT = Nominal Module Operating Temperature: 45 °C, irradiance 800 W/m<sup>2</sup>, air temperature of 20 °C, wind speed of 1 m/s.

### Mechanical data

Length	2,008 mm
Width	1,002 mm
Depth	40 mm
Weight	23.5 kg

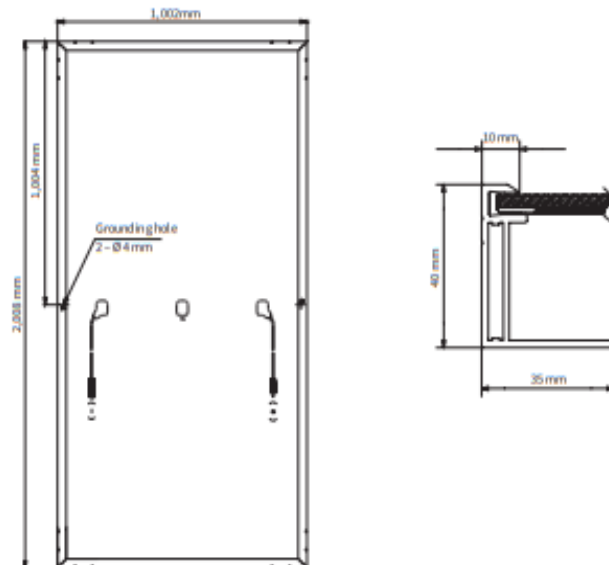
### Temperature coefficient

$P_{max}$	-0.353%/°C
$V_{oc}$	-0.269%/°C
$I_{sc}$	0.037%/°C

### Limit values

Maximum system voltage	1,500 V DC
Over-current protection	20 A
Temperature range	-40 to 85 °C
Max. mechanical load (snow/wind)	2,400 Pa
Tested snow load (IEC61215 test pass*)	5,400 Pa

### Dimensions (mm)



\*Please refer to SHRP's installation manual for details.

### Packaging data

Modules per pallet	26 pcs
Pallet size (L x W x H)	2.08 m x 1.12 m x 1.19 m
Pallet weight	Approx. 650 kg

### General data

Cells	Half-cut cell mono, 159 mm x 79.5 mm, 2 strings of 72 cells in series
Front glass	Anti-reflective high transmissive low iron tempered glass, 3.2 mm
Frame	Anodized aluminium alloy, silver
Backsheet	White
Connection box	IP68 rating, 3 bypass diodes
Cable	Ø 4.0 mm <sup>2</sup> , length 1,400 mm (or on request (+) 300 mm, (-) 100 mm)
Connector	C1, IP68

Σχήμα 3.5: Ηλεκτρικά, μηχανικά χαρακτηριστικά και σχεδιάγραμμα φωτοβολταϊκού πλαισίου [11]

### 3.4 ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Ο συνολικός αριθμός των πλαισίων προκύπτει από το πηλίκο της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος της εγκατάστασης προς την ονομαστική ισχύ του πλαισίου.

$$\text{Συνολικός αριθμός πλαισίων} = \frac{\text{Εγκατεστημένη ισχύς}}{\text{Ονομαστική ισχύς πλαισίου}} \quad (3.2)$$

$$\text{Συνολικός αριθμός πλαισίων} = \frac{621.096 \text{ W}}{395 \text{ W}} = 1,573 \text{ πλαίσια}$$

Η απαιτούμενη έκταση για την εγκατάσταση 1,573 πλαισίων σύμφωνα με τα στοιχεία του πλαισίου είναι τα 3,165 m<sup>2</sup>.

Η απαιτούμενη έκταση προκύπτει από το εμβαδόν του πλαισίου επί τον αριθμό των πλαισίων.

$$\text{Απαιτούμενη έκταση} = \text{Εμβαδόν πλαισίου} \times \text{Αριθμός πλαισίων} \quad (3.3)$$

$$\text{Απαιτούμενη έκταση} = 2.012\text{m}^2 \times 1,573 = 3,165 \text{ m}^2$$

### 3.5 ΑΠΟΔΟΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Τα 1,573 πλαίσια έχουν συνολική ισχύ 621.096 KW και παράγουν το χρόνο 941,159.1907 kWh. Η ισχύς αυτή δίνει απόδοση ίση με 99.999965 % και υπολογίζεται ως το πηλίκο της ετήσιας παραγωγής ενέργειας από τη φωτοβολταϊκή εγκατάσταση ως προς την ετήσια κατανάλωση ενέργειας.

$$\text{Απόδοση εγκατάστασης} = \frac{\text{Ετήσια παραγωγή ενέργειας}}{\text{Ετήσια κατανάλωση ενέργειας}} \quad (3.4)$$

$$\text{Απόδοση εγκατάστασης} = \frac{941,159.1907 \text{ kWh}}{941,159.52 \text{ kWh}} = 0.99999965$$

$$\text{Απόδοση εγκατάστασης} = \mathbf{99.999965\%}$$

### 3.6 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ

Παρακάτω, θα διεξαχθεί η οικονομική αξιολόγηση της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης και ο υπολογισμός του οικονομικού οφέλους για το εργοστάσιο καθώς και ο χρόνος απόσβεσης της εγκατάστασης.

Αρχικά, μετά από έρευνα αναφέρεται η εκτίμηση του συνολικού κόστους της εγκατάστασης. Επίσης, παρακάτω αναγράφονται τα αναλυτικά ποσά που θα πρέπει να καταβάλει η επιχείρηση ώστε να υλοποιηθεί η προς μελέτη εγκατάσταση.

Πίνακας 3.1: Κόστος εγκατάστασης

Περιγραφή	Τεμάχια	Τιμή (€ / τεμάχιο)	Κόστος (€)
Φωτοβολταικά πλαίσια Sharp 395W	1573	186,00	292.570,00
Inverters	-	-	20.000,00
Βάσεις στήριξης και μεταλλικές σχάρες	-	-	30.000,00
Ηλεκτρολογικό υλικό (Πινάκες-μετρητής-καλώδια-υλικά υποδομής)	-	-	17.000,00
Ηλεκτρολογικές εργασίες (Εγκατάσταση-εργοδότηση-σύνδεση)	-	-	15.000,00
Συναγερμός -Κάμερες	-	-	5.000,00
Λοιπά έξοδα (Περίφραξη )	-	-	6.000,00
Υ/Σ ΜΤ	-	-	36.0000
<b><u>Συνολικό κόστος (€)</u></b>			<b><u>421.470,00</u></b>

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 3.2: Παραδοχές μελέτης εγκατάστασης) αναγράφονται κάποιες γενικές παραδοχές που προέκυψαν από την μελέτη εγκατάστασης του συστήματος και από δεδομένα της επιχείρησης.

Πίνακας 3.2: Παραδοχές μελέτης εγκατάστασης

Η επένδυση αφορά	Επιχείρηση
Παροχή ΔΕΔΔΗΕ	400 kVA
	3Φ
Χρέωση Kwh	0.059 €/kWh
Ετήσια κατανάλωση	941,159.52 kWh
Εγκατεστημένη Ισχύς ΦΒ	621.096 kW
Κόστος Εγκαταστασης	421,470.00 €
Απόδοση Ενέργειας Ετησίως	941,159.1907 kWh

Η ετήσια αξία του ρεύματος σύμφωνα με τους λογαριασμούς της ΔΕΗ [12] της επιχείρησης που έχουν υπολογιστεί ανέρχεται στα 55.528,50€.

Τέλος υπολογίζεται ο χρόνος της απόσβεσης της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης. Ο υπολογισμός του χρόνου απόσβεσης ορίζεται ως το πηλίκο του κόστους εγκατάστασης προς το ετήσιο όφελος.

$$\text{Χρόνος απόσβεσης} = \frac{\text{Κόστος εγκατάστασης}}{\text{Ετήσιο όφελος}} \quad (3.5)$$

$$\text{Χρόνος απόσβεσης} = \frac{421470 \text{ €}}{55528.50 \text{ € /έτος}} = 7,6 \text{ έτη}$$

## 4 ΜΕΛΕΤΗ ΛΕΒΗΤΑ – ΚΑΥΣΙΜΟΥ

Το συγκεκριμένο κεφάλαιο αφορά τη μελέτη για την επιλογή του κατάλληλου λέβητα (καυσίμου). Ο λέβητας είναι η μεταλλική συσκευή που στην ουσία μετατρέπει τη χημική ενέργεια του καυσίμου (υγρό, αέριο, ή στερεό) σε θερμότητα, μέσω τη διαδικασία της καύσης (στο θάλαμο της καύσης).

### 4.1 ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Για την παραγωγή των καυσαερίων που διοχετεύονται στο εσωτερικό του τυμπάνου χρησιμοποιείται λέβητας πετρελαίου μαζούτ (1500) με περιεκτικότητα σε θείο 3,1%, Α.Θ.Δ. (ανώτερη θερμογόνος δύναμη) 9600 kcal/kg και πυκνότητα 960 kg/m<sup>3</sup>.

Η κατανάλωση του Μαζούτ κατανέμεται ως εξής:

Ένας καυστήρας με μέση ωριαία κατανάλωση 200 kg/hr

- $200 \times 12 = 2400$  kg/ημ
- $2400 \times 300 = 720000$  kg/έτος

Θερμική ενέργεια =  $720000$  kg/έτος  $\times$   $40193$  kJ/kg =  $28938.96$  GJ ανά έτος

Συνολική κατανάλωση = 200 kg/hr (μέση ωριαία κατανάλωση) ή 2400 kg/ημ.

Ισχύς λέβητα =  $200$  kg/hr  $\times$   $9.600$  kcal/kg  $\times$   $0,75 = 1.440.000$  kcal/hr

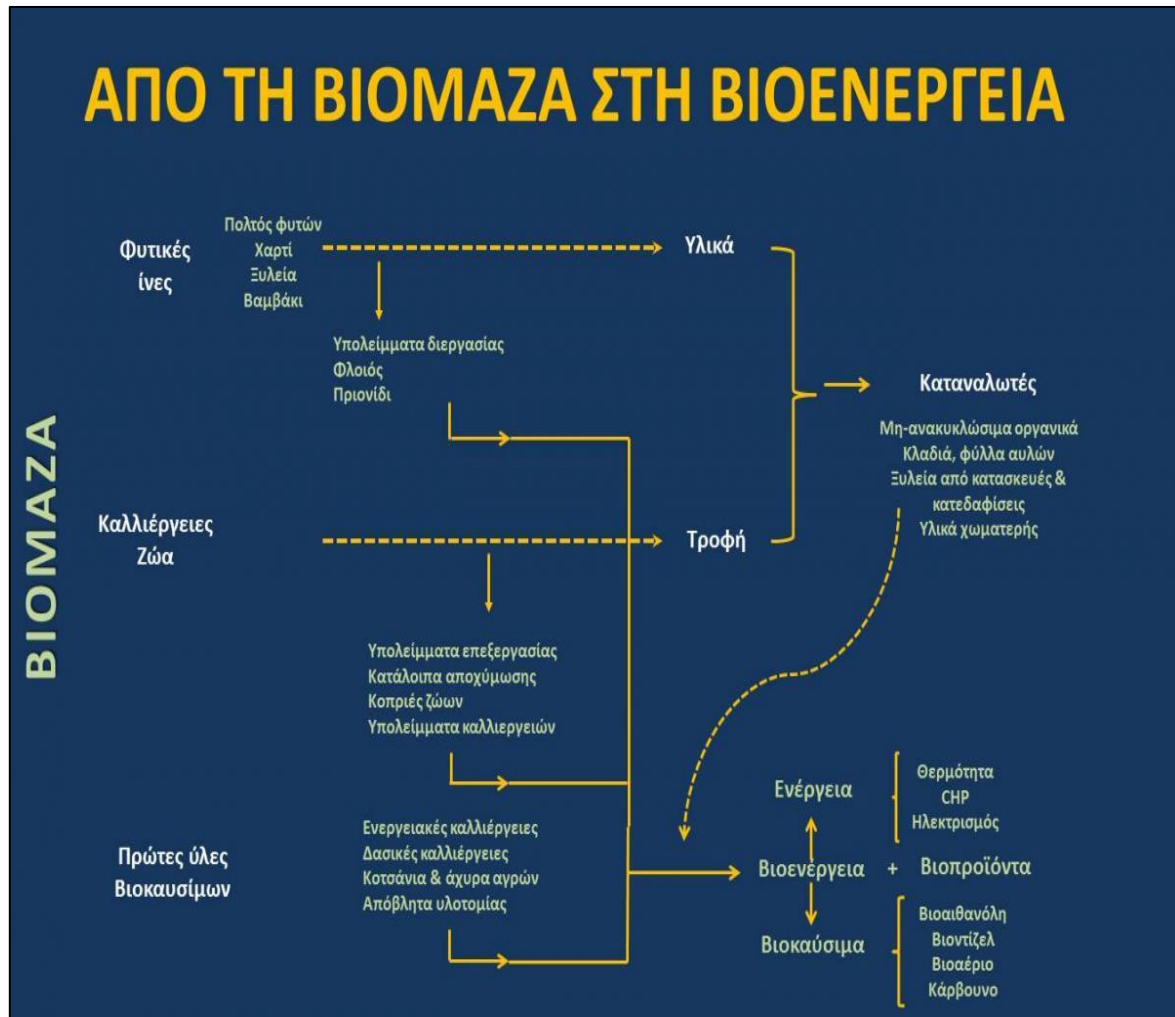
Ισχύς λέβητα = 1675 kwatt

Επίσης, το μαζούτ αποθηκεύεται σε δεξαμενές συνολικής χωρητικότητας 42 m<sup>3</sup>.

Επειδή το μαζούτ ως καύσιμο έχει μεγάλο κόστος αλλά παράλληλα και υψηλό ρυπαντικό φορτίο ως προς το περιβάλλον, απαιτείται η αντικατάσταση του καυσίμου, συνεπώς και του λέβητα. Η αλλαγή αυτή θα πραγματοποιηθεί με την χρήση ΑΠΕ και πιο συγκεκριμένα με τη χρήση καυσίμου βιομάζας, το οποίο προσφέρει αντίστοιχες δυνατότητες στη μονάδα του εργοστασίου με αυτές του μαζούτ [13].

## 4.2 ΒΙΟΜΑΖΑ ΓΕΝΙΚΑ

Με τον όρο βιομάζα εννοούμε κάθε οργανική ύλη που προέρχεται άμεσα, ή έμμεσα από το φυτικό κόσμο. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πηγή ενέργειας και ανήκει στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, γιατί τα φυτά, μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης δομούνται, μετατρέποντας την ηλιακή ενέργεια σε αποθηκευμένη χημική, η οποία μπορεί να αποδοθεί (π.χ. κατά την καύση τους) [14].



Σχήμα 4.1: Βιομάζα και βιοενέργεια

Τα φυτά αποτελούν τροφή για τα ζώα, οπότε η ενέργεια μεταφέρεται σε αυτά, άρα και στη βιομάζα που παράγεται από αυτά. Σήμερα, ο όρος βιομάζα συμπεριλαμβάνει όλα τα προϊόντα, υπολείμματα και απόβλητα φυτικής και ζωικής προέλευσης, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμο για την παραγωγή ενέργειας, όπως τα γεωργικά και δασικά υπολείμματα (κλαδέματα, άχυρα, πριονίδια κ.ά.), τα ζωικά απόβλητα και υπολείμματα (κοπριά, άχρηστα αλιεύματα κ.ά.). Βιομάζα αποτελούν επίσης τα ενεργειακά φυτά, τα αστικά υγρά απόβλητα και τα στερεά απορρίμματα, αλλά και τα υπολείμματα της βιομηχανίας των τροφίμων και της αγροτικής βιομηχανίας.

Η βιομάζα είναι το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα προϊόντων, αποβλήτων και κατάλοιπων βιολογικής προέλευσης από τη γεωργία και την κτηνοτροφία



(συμπεριλαμβανομένων των φυτικών και ζωικών ουσιών ),τη δασοκομία και τους συναφείς κλάδους, συμπεριλαμβανομένης της αλιείας και της υδατοκαλλιέργειας, καθώς και το βιοαπικοδομήσιμο κλάσμα των βιομηχανικών αποβλήτων και των οικιακών απορριμμάτων.

Η βιομάζα είναι η παλαιότερη πηγή ενέργειας που χρησιμοποιείται από τον άνθρωπο. Σήμερα λόγω της κρίσης που επικρατεί στα ορυκτά καύσιμα, αλλά και λόγω της μόλυνσης του περιβάλλοντος από αυτά, υπάρχει μια στροφή της παγκόσμιας κοινότητας στις παραδοσιακές πηγές ενέργειας. Οι τεχνολογικά και οικονομικά αναπτυσσόμενες χώρες επιβάλλουν την αξιοποίηση της βιομάζας με νέες τεχνολογίες, ώστε να παράγεται ενέργεια υψηλής απόδοσης, με ελάχιστη περιβαλλοντική επιβάρυνση από ενεργειακά προϊόντα χαμηλής ή και αρνητικής αξίας, αλλά υψηλού ενεργειακού περιεχομένου άρα υψηλής ενεργειακής αξίας.

Η βιομάζα αποτελείται από ενώσεις που έχουν ως βασικά στοιχεία κυρίως τον άνθρακα το υδρογόνο και το οξυγόνο, οι οποίες παράγονται από το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub> ) και νερό (H<sub>2</sub>O). Όλα τα παραπάνω είναι αποτέλεσμα της βοήθειας της ηλιακής ενέργειας που απορροφούν, η οποία στη συνέχεια μετατρέπεται σε περιεχόμενη χημική ενέργεια. Οι ζωικοί οργανισμοί προσλαμβάνουν την ενέργεια αυτή με την τροφή τους και αποθηκεύουν ένα μέρος της. Η ενέργεια που περιέχεται στη φυτική και ζωική βιομάζα αποδίδεται, τελικά, μετά την επεξεργασία και τη χρήση της, (π.χ. ως καύσιμη ύλη).

Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας δεν επιβαρύνει το περιβάλλον με επιπλέον CO<sub>2</sub>, καθώς αυτό ανακυκλώνεται. Η ενέργεια που προέρχεται από τη βιομάζα βασίζεται στην Αρχή Διατήρησης της ενέργειας. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, τα φυτά στη διάρκεια της ζωής τους, μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης, δεσμεύουν ηλιακή ενέργεια την οποία αποθηκεύουν με τη μορφή χημικής ενέργειας. Η ενέργεια αυτή μπορεί να αντληθεί από τον άνθρωπο με τεχνολογικές μεθόδους φιλικές ως προς το περιβάλλον, οι οποίες συγχρόνως μειώνουν των όγκο των αποβλήτων που παράγονται.

Η βιομάζα μπορεί να αξιοποιηθεί για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών (παραγωγή διαφόρων μορφών ενέργειας) είτε με την απευθείας καύση της, είτε με τη μετατροπή της σε αέρια, υγρά και στερεά βιοκαύσιμα, μέσω θερμοχημικών διεργασιών (καύση, πυρόλυση, αεριοποίηση), ή βιοχημικών διεργασιών (αλκοολική ζύμωση, αναερόβια ή αερόβια χώνευση). Η κατάλληλη διεργασία για τη βέλτιστη ενεργειακή απόδοση επιλέγεται κυρίως ανάλογα με το είδος της διαθέσιμης πρώτης ύλης.

Σήμερα οι κύριες εφαρμογές της βιομάζας ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας είναι οι εξής:

- Κάλυψη των ενεργειακών αναγκών σε βιομηχανίες και βιοτεχνίες
- Θέρμανση των θερμοκηπίων
- Θέρμανση των κτιρίων με καύση της βιομάζας σε ατομικούς /κεντρικούς λέβητες
- Παραγωγή ενέργειας σε γεωργικές βιομηχανίες
- Παραγωγή ενέργειας σε βιομηχανίες ξύλου

- Τηλεθέρμανση (ή τηλεψύξη), δηλαδή η διαδικασία κεντρικής παραγωγής της θερμότητας (ή ψύξης) και η διανομή της, συνήθως με τη μορφή θερμού (ή ψυχρού) νερού, για θέρμανση (ή ψύξη) κατοικιών, ή για άλλες μορφές
- Παραγωγή ενέργειας σε μονάδες βιολογικού καθαρισμού και Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (Χυτά) και Υπολειμμάτων (Χυτύ)
- Παραγωγή ενέργειας από βιοαέριο και αέριο σύνθεσης
- Παραγωγή βιοκαυσίμων (υγρών, αέριων, στερεών)
- Παραγωγή ενέργειας από τα βιοκαύσιμα, ή απευθείας από τη βιομάζα με διάφορες διεργασίες

Η στερεή βιομάζα χρησιμοποιείται κυρίως σε δύο μορφές:

- 1) Ακατέργαστη μορφή όπως καυσόξυλα, πυρηνόξυλα ,κουκούτσια κ.ά.
- 2) Επεξεργασμένη μορφή για ευκολότερη χρήση, αποθήκευση και μεταφορά όπως θρύμματα ξύλων ( wood chips ), ή συσσωματώματα βιομάζας ( pellets, briquettes), όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.2: Καύση ξύλων και παραγώγων.



Σχήμα 4.2: Καύση ξύλων και παραγώγων

Με βάση τα παραπάνω σχετικά με τη χρήση/βοήθεια της βιομάζας ως καύσιμο αναλύθηκε η έρευνα αυτής ώστε να διαπιστωθεί πιο είδος της είναι χρήσιμο για τη λειτουργία της μονάδας. Ως αποτέλεσμα, σύμφωνα με την έρευνα το καύσιμο που μπορεί να αντικαταστήσει το μαζούτ 1500 και να έχει ταυτόχρονα καλύτερη απόδοση είναι το πυρηνόξυλο, με θερμογόνο δύναμη 3.350 kcal/kg (10% υγρασία).

#### 4.3 ΠΥΡΗΝΟΞΥΛΟ

Το καθαρό πυρηνόξυλο (Σχήμα 4.3: Πυρηνόξυλο είναι ένα νέο βιοκαύσιμο που απαντά στη ζήτηση για φθηνή και καθαρή, εγχώρια ενέργεια. Μπορεί να οδηγήσει σε εξοικονόμηση έως και 70% σε σχέση με το πετρέλαιο και έως και 40% σε σχέση με το πέλετ ξύλου [15].



Σχήμα 4.3: Πυρηνόξυλο

Η πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται για την παραγωγή του είναι ο ελαιοπυρήνας, ο οποίος σε πολλές περιπτώσεις χρησιμοποιείται χωρίς επεξεργασία ως καύσιμη ύλη.

Το καθαρό πυρηνόξυλο παράγεται ύστερα από κατάλληλη επεξεργασία όπου ο καρπός καθαρίζεται από τη σάρκα της ελιάς, δίνοντας ένα οικολογικό στερεό βιοκαύσιμο με υψηλή θερμική αξία, χαμηλή τέφρα και οσμή σε σχέση με τον πυρήνα.

#### 4.3.1 Παραγωγή Πυρηνόξυλου

Ο ελαιοπυρήνας παράγεται σαν υποπροϊόν στα ελαιοτριβεία κατά την επεξεργασία των ελιών (ελαιόκαρπος) για την παραλαβή του ελαιόλαδου. Η παραλαβή του ελαιόλαδου, στη συντριπτική πλειοψηφία των ελαιοτριβείων, γίνεται με φυγοκέντριση σε φυγόκεντρους διαχωριστήρες δύο ή τριών φάσεων. Ο διφασικός διαχωριστήρας παράγει ελαιοπυρήνα υγρασίας 64% - 68%, ενώ ο τριφασικός ελαιοπυρήνας, υγρασία 48% - 54%. Τόσο στην πρώτη, όσο και στη δεύτερη περίπτωση ο ελαιοπυρήνας περιέχει ακόμη ελαιόλαδο της τάξης του 8% - 12% (επί ξηρού) που δεν παραλήφθηκε από την φυγοκέντριση [16].

Στην συνέχεια ο ελαιοπυρήνας μεταφέρεται στα Πυρηνελαιουργεία για να γίνει η παραλαβή του παραμένου ελαιόλαδου (ακατέργαστο – μπρούτο πυρηνέλαιο) με τη μέθοδο της εκχύλισης.

Στα τμήματα της ξήρανσης των πυρηνελαιουργείων γίνεται η ξήρανση του ελαιοπυρήνα ώστε η υγρασία του να κατέλθει στο 8% - 10%. Η ξήρανση γίνεται σε ξηραντήρια (περιστρεφόμενοι κλίβανοι) όπου με την βοήθεια μεταλλικών πτερυγίων «λικνίζεται» και έρχεται σε άμεση επαφή με θερμό ρεύμα αέρα που παράγεται από την ανάμιξη των καυσαερίων μίας εστίας καύσης πυρηνόξυλου με τον αέρα του περιβάλλοντος.

Στη συνέχεια στα τμήματα εκχύλισης των πυρηνελαιουργείων γίνεται η εκχύλιση του ξηρού πια ελαιοπυρήνα για την απολαβή του πυρηνελαίου. Συνήθως, χρησιμοποιείται ημισυνεχές σύστημα (στατικοί εκχυλιστήρες και συνεχές σύστημα απόσταξης). Για εκχυλιστικό υγρό (διαλύτης) χρησιμοποιείται καθαρό εξάνιο. Ο διαλύτης διοχετεύεται στους εκχυλιστήρες και το μίγμα πυρηνελαίου - διαλύτη (μισέλα) που προκύπτει, οδηγείται σε συνεχές αποστακτικό συγκρότημα, όπου μέσω απόσταξης αποδίδεται ο διαλύτης υπό αέρια μορφή.

Μετά την απομάκρυνση του εξανίου - διαλύτη, από τον εκχυλιστήρα, παραμένει μέσα σε αυτόν ο ξηρός – εκχυλισμένος ελαιοπυρήνας (πυρηνόξυλο), που απομακρύνεται με τη βοήθεια ατμού, υπό μικρή πίεση.

#### 4.3.2 Ιδιότητες του καυσίμου – πυρηνόξυλο

Το πυρηνόξυλο αποτελείται:

- από τον πυρήνα της ελιάς που είναι ξυλώδης και κατακερματισμένος
- από το σαρκώδες μέρος - ψίχα της ελιάς ( αποξηραμένη ) υπό μορφή σκόνης
- και από τη φλούδα του καρπού, επίσης υπό μορφή σκόνης

Το ειδικό βάρος του «χύδην» υλικού κυμαίνεται από 720 – 750 Kgr / m<sup>3</sup> και η υγρασία του συνήθως από 12% - 15%, ενώ από την εμπειρία έχει προκύψει ότι το άνω όριο της υγρασίας για ικανοποιητική καύση είναι το 18%.

Η θερμογόνο δύναμη του καυσίμου, από εργαστηριακές αναλύσεις, υπολογίζεται στις 4.700 – 5.000 Kcal / Kgr

Η σύνθεση του σαν καύσιμο είναι περίπου ίδια με αυτήν του ξύλου και σύμφωνα με τις υπάρχουσες αναλύσεις (ΕΜΠ 1981 και ΕΜΠ 2000) είναι όπως παρακάτω:

- Ανθρακας (C) : 49,7% - 50,1%
- Υδρογόνο (H) : 6,0% – 7,0%
- Αζωτο (N): 1,1% – 1,6%
- Θείο (S): αμελητέο (0,01%-0,08%)
- Οξυγόνο (O): 38,1% - 38,8%

Η ωφέλιμη θερμογόνος δύναμη, όμως, είναι αρκετά μικρότερη για δύο κύριους λόγους:

- Την υγρασία του καυσίμου που κυμαίνεται από 10% - 18%
- Την ανάγκη παροχής αέρα καύσης με περίσσεια μέχρι και 50% ( για την επίτευξη τέλει καύσης) και άρα την σχετικά μεγάλη απώλεια της θερμότητας στα καυσαέρια

Η ωφέλιμη θερμογόνος δύναμη υπολογίζεται από αναλυτικούς Πίνακες (λόγω υγρασίας και λόγω απώλειας καυσαερίων) και για παράδειγμα αναφέρεται ότι για καύσιμο πυρηνόξυλο, υγρασίας 10%, με περίσσεια αέρα καύσης 40% και με θερμοκρασία καυσαερίων στους 180 °C, η ωφέλιμη θερμογόνος δύναμη είναι 3.350 Kcal / Kgr.

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4.1: Συγκριτικά στοιχεία μαζούτ και πυρηνόξυλο αναγράφονται κάποια συγκριτικά στοιχεία [17] ανάμεσα στα δύο καύσιμα Μαζούτ και Πυρηνόξυλο.

*Πίνακας 4.1: Συγκριτικά στοιχεία μαζούτ και πυρηνόξυλου*

<b>Μαζούτ</b>	<b>Πυρηνόξυλο</b>
Υψηλό ρυπαντικό φορτίο	Ελάχιστο ρυπαντικό φορτίο
Υψηλή και συχνά μεταβαλλόμενη τιμή λόγω της εισαγωγής του στην χώρα	Χαμηλή τιμή λόγω της εγχώριας παραγωγής
Μη ύπαρξη τέφρας κατά την καύση	Υπαρξη τέφρας κατά την καύση
Θερμογόνος δύναμη 9600 kcal/kg	Θερμογόνος δύναμη 3350 kcal/kg

Υψηλός κίνδυνος έκρηξης/ανάφλεξης αν έλθει σε επαφή με θερμές επιφάνειες	Χαμηλός κίνδυνος ανάφλεξης αν έλθει σε επαφή με θερμές επιφάνειες
Χαμηλός βαθμός απόδοσης καύσης	Πολύ υψηλός βαθμός απόδοσης καύσης
Σημείο ανάφλεξης 60 °C	Σημείο ανάφλεξης πυρηνόξυλου 280 °C

#### 4.4 ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΒΗΤΑ ΠΗΡΥΝΟΞΥΛΟΥ

Η επιλογή του λέβητα έγινε κατόπιν έρευνας η οποία είναι συνήθως έρευνα κόστους, ωστόσο λαμβάνονται υπόψιν και άλλοι παράγοντες όπως η ισχύς και η αξιοπιστία του. Για την καύση του πηρυνόξυλου έχει επιλεγθεί ο βιομηχανικός λέβητας βιομάζας K9130, ισχύος 1,8 MW (1500000 kcal/hr) της εταιρίας Ν.ΣΑΜΑΡΑΣ (Σχήμα 4.4: Στοιχεία λέβητα βιομάζας, Σχήμα 4.5: Στοιχεία λέβητα βιομάζας).

Περιγραφή και Χαρακτηριστικά βιομηχανικού λέβητα βιομάζας K9130:

- Λυόμενη κατασκευή με στοιχεία αεραυλών μέσα σε υδραυλούς, υπερενισχυμένης κατασκευής με αυξημένες θερμαντικές επιφάνειες και υδρόβρεχτα τμήματα πιο κοντά στην φλόγα για αυξημένο βαθμό απόδοσης ακόμα και με κοντοφλεγή υλικά
- Νέος εξελιγμένος τρόπος διαμόρφωσης των λυόμενων στοιχείων με ακόμα καλύτερη διαγωγή στις αποθέσεις αλάτων εντός του λέβητα.
- Μεγαλύτερο μέγεθος θερμαντικών στοιχείων και μεγαλύτερο θάλαμο καύσης
- Με ανασχεδιασμένες διαδρομές καυσαερίων, με επιφάνειες εφησυχασμού καυσαερίων και πτώσης ταχύτητας για κατακράτηση στάχτης και ενσωμάτωση κοχλιών
- Με προθερμαινόμενους και διακριτούς πρωτογενείς και δευτερογενείς αέρηδες καύσης για ακόμα υψηλότερο βαθμό απόδοσης
- Μεγαλύτερη εστία καύσης με πυρολυτικές επιφάνειες περιμετρικά, τύπου volcano για αποδοτική καύση χωρίς επιβλαβείς εκπομπές καυσαερίων

- Πλήρη ενσωμάτωση όλων των υδρόβρεχτων στοιχείων του λέβητα σε καλύμματα, εύκολα αφαιρούμενα
- Αυτόματη έναρξη με αποτροπή επιστροφής φλόγας, σύστημα πυρόσβεσης, πληθώρα ασφαλιστικών συστημάτων και ταυτόχρονα μηδενικών αναλωσίμων
- Με δυνατότητα ελέγχου από εξελεγμένο πίνακα ελέγχου με οθόνη αφής
- Αυτόματης διαβαθμισμένης λειτουργίας με άπειρες διαβαθμίσεις μέσω Inverter ελέγχου σε όλους τους κινητήρες λειτουργίας (Modulating principle) και εξελεγμένες παραμέτρους σταδίων καύσης
- Πλήρης απομακρυσμένος έλεγχος λέβητα μέσω ip με προστασία κακόβουλων ενεργειών και πλήρη αποτύπωση παραμέτρων λειτουργίας σε περιβάλλον SCADA, ιδανικός για τηλεθέρμανση
- Φυσικού, ή τεχνητού ελκυσμού με ανεμιστήρα ελκυσμού, με εξοικονομητή (economizer) καυσαερίων, πλενώμενα ανοξειδωτα φίλτρα και κυκλώνα κατακράτησης στάχτης
- Αυτόματης τροφοδοσίας με ενσωματωμένο έλεγχο εξωτερικού σιλό τροφοδοσίας
- Πλήρως πιστοποιημένος κατά CE, ηλεκτρονικά και μηχανολογικά, με πίνακα ελέγχου πιστοποιημένο κατά EMC και LVD, σύμφωνα με την 97/23 EC
- Με πλήρη συνοδευτικό εξοπλισμό, όπως καμινάδα 10 μέτρων με μόνωση, σιλό σε διάφορες χωρητικότητες, ενσωματωμένο κυκλοφορητή εξισορρόπησης και σετ ανταλλακτικού κοχλία και κουζινέτου

# ΛΕΒΗΤΑΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ Κ9000

Η Επιτομή της Τεχνολογίας Ν. ΣΑΜΑΡΑΣ στους Λέβητες Βιομάζας!



### ΕCO ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΤΗΣ

Εco Εξοικονομητής της θερμοκρασίας των καυσαερίων εξόδου του λέβητα καθότι υ ροής καυσαερίων και διασταυρούμενης ροής νερού, με επιφάνεια εναλλαγής θερμότητας. Κρυώνει τα καυσαέρια ανεβάζοντας την θερμοκρασία του επιστρεφόμενου νερού και κάνει πιο εφικτή την λειτουργία των φίλτρων. Η κατάσταση του ελέγχεται μετρώντας συνεχώς τις θερμοκρασίες του νερού και των καυσαερίων εισόδου και εξόδου, μετρώντας την διαφορική του πίεση, με χειροκίνητη επιλογή της θέσης μέτρησης του μετρητή υποπίεσης και με διακόπτη ON-OFF στην πόρτα του, από τον ηλεκτρικό πίνακα.



ΟΘΟΝΗ PLC TOUCH

**ΕCO ΚΥΚΛΩΝΑΣ** απομάκρυνσης μεγάλων στερεών σωματιδίων στάχτης, με καρτάι συγκέντρωσης και απομάκρυνσης. Συγκρατεί λόγω εκτόνωσης τα στερεά σωματίδια που παρασύρονται από τα καυσαέρια και αποπλήθει τα φίλτρα από την επιβαρυντική επικάλυψη. Η κατάσταση του ελέγχεται με διακόπτη ON-OFF στην πόρτα του, από τον ηλεκτρικό πίνακα.



PLC SIEMENS SIMATIC

### ΕCO ΑΠΟΡΡΟΦΗΤΗΡΑΣ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ

για την δημιουργία της απαραίτητης υποπίεσης στην καμινάδα. Ρουφάει τα καυσαέρια, με ρυθμιζόμενη δύναμη, έτσι ώστε πάντα να φυσάει προς την έξοδό τους, με σταθερή ταχύτητα. Η κατάσταση του ελέγχεται μετρώντας την διαφορική του πίεση, με χειροκίνητη επιλογή της θέσης μέτρησης του μετρητή υποπίεσης από τον ηλεκτρικό πίνακα. Δυνατότητα τοποθέτησης πρόσθετων φίλτρων ενεργού άνθρακα.



ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ Π

### ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

λόγω της ειδικής δομής που δημιουργείται από την συναρμολόγηση των στοιχείων και του εγκλωβισμού της θερμότητας

### PLC-ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΣ

Ρύθμιση επιπέδων απόδοσης λέβητα  
Πλήρως παραμετροποιησμη λειτουργία

### Κατάλληλοι για EScO

Απομακρυσμένος έλεγχος λέβητα χωρίς ανάγκη ανθρώπινης παρουσίας

Θερμιδομέτρηση

### ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΣΤΑΧΤΗΣ 3ης

### ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ

Αραιά διαστήματα καθαρισμού (από μία φορά τον

μήνα μέχρι 1 φορά τον χρόνο)

Διατήρηση υψηλού βαθμού απόδοσης ακόμα και με

ακαθάριστο λέβητα

Χαμηλά εργατικά κόστη

### ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΣΧΥΟΣ NS 9000

Με γενικό Παροχής ρεύματος, αντικατασκευή προστασία, έλεγχο φάσεων και τάσεων ρεύματος με ενδεικτικά παροχής ρεύματος, θερμικά και ρελέ. Το μοτέρ τροφοδοσίας υλικού, οι δύο φυστήρες και ο απορροφητήρας, τροφοδοτούνται με INVERTER.

Όλες οι λειτουργίες ελέγχονται μέσω PLC.

Ο αέρας της καύσεως ρυθμίζεται για την μέγιστη ισχύ του λέβητα και στο τελευταίο στάδιο, ελέγχεται για την συζαμείωση των κινητήρων, που διορθώνονται από το πρόγραμμα ελέγχου της καύσεως μέσω αισθητήρα Π. Η λειτουργία του λέβητα αποτυπώνεται στην οθόνη αφής και η διαφοροποίηση των ορίων και της λειτουργίας της καύσεως γίνεται με επενέργεια επάνω της. Όλες οι ενδείξεις ελέγχου και λειτουργίας των μοτέρ, των θερμοκρασιών και των προγραμμάτων λειτουργίας και της κατάστασης του λέβητα, εμφανίζονται στην οθόνη και δίνεται η δυνατότητα απομακρυσμένου ελέγχου.

Σχήμα 4.4: Στοιχεία λέβητα βιομάζας [18]



# ΛΕΒΗΤΑΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ K9000

Η Επιτομή της Τεχνολογίας Ν. ΣΑΜΑΡΑΣ στους Λέβητες Βιομάζας!



**ΛΕΒΗΤΑΣ ΧΕΙΡΟΠΟΙΗΤΟΣ ΕΙΔΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΙΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΤΟΥ ΠΕΛΑΤΗ**

Κατάλληλα καύσιμα:  
Pellet  
Σύλλο θρυμματισμένο  
Μίγματα πυρηνόξυλου  
Πυρηνόξυλο  
Πυρηνόκαρποι  
Κοκκώδη  
Τσαφίλια  
Κοκκοποιημένα στερεά υλικά  
pet coke ή κάρβουνο

## 1 ΛΕΒΗΤΑΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ Δυνατότητες:

- Μοντέρνος σχεδιασμός
- Αυτοματοποιημένος πλήρως
- Κόσβτες διαδρομές καυσαερίων
- Μεγάλος χώρος καύσεως
- Απομακρυσμένος έλεγχος
- Καθαρή καύση υψηλής απόδοσης
- Ανθεκτικός στην καύση διαφόρων υλικών & ποικίλης υγρασίας
- Τεχνικό ή φυσικό έλκυσμο
- Εύκολο καθάρισμα και απομάκρυνση σταχτής
- Δυνατότητα αυτόματης απομάκρυνσης στάχτης
- Σιλό λειτουργίας χωρητικότητας κατά επιλογή
- Μεγάλη απόδοση και σωστή λειτουργία όλο τον χρόνο

## 2 Πυρηνόκαυστήρας με ριόμενα στοιχεία

Βάσει Χαλύβδινος με διαμορφωμένα κανάλια του αέρα καύσεως  
Χυτοσίδηρα στοιχεία ψυκόμενα από πρωτογενή αέρα  
Εύκολα Εναλλάξιμα στοιχεία, στοιβαρά και ανθεκτικά.  
Τύπου Volcano (αναβλύζουσα φλόγα)  
Υψηλή θερμοκρασία για καλύτερη ποιότητα καύσεως με υψηλό βαθμό απόδοσης καυστήρα

## 3 Πλήρης INVERTER με δυνατότητα επιλογής ισχύος λέβητα από 50% έως 100% καυστήρα

## 4 Πλήθώρα ασφαλιστικών συστημάτων

## 5 Ευκολία στο service και συντήρηση χωρίς ανάγκη ετήσιας αντικατάστασης λειτουργικών στοιχείων του λέβητα

## 6 PLC ελεγχόμενος με δευτερογενή ή τριτογενή αέρα καύσεως μεταβλητόμενης λειτουργίας με αυτόματη έναυση

## 7 Κάλυψη αναγκών θέρμανσης σε:

- Ξενοδοχεία
- Ξεραντήρια
- Θερμοκήπια
- Βιομηχανικές Εγκαταστάσεις
- Συγκροτήματα Κατοικιών
- Πόλεις (Τηλεθέρμανση)
- Για νερό, διαθερμικό ή άδη ή ατμό χαμηλής πίεσης

### ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΛΕΒΗΤΩΝ

Κ9000	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ		ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ			ΤΙΜΟΚΑΤΑΛΟΓΟΣ	
	ΒΙΟΜΑΖΑ		ΒΑΡΟΣ kgr	ΜΗΚΟΣ mm	ΥΨΟΣ ΛΕΒΗΤΑ mm	Με από πίνακα	με πίνακα
	ΛΕΒΗΤΑΣ	MW				KCAL/H	ισχύος NS 1000
K 9120	-	1.2	1,000,000		3000		
K 9130	-	1.8	1,500,000		3000		
K 9220	2 X K9120	2.3	2,000,000		3000	*τιμές σύμφωνα με ανάγκες εγκατάστασης	
K 9230	2 X K9130	3.5	3,000,000		3000		
K 9330	3 X K9130	5.2	4,500,000		3000		



Τιμοκατάλογος 2013  
ισχύει από 1/7/2013  
Τιμές χωρίς ΦΠΑ  
παράδοση στο εργοστάσιο

Σχήμα 4.5: Στοιχεία λέβητα βιομάζας [18]

#### 4.5 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ

Όπως προκύπτει από τους υπολογισμούς η διαφορά του συνολικού κόστους πριν και μετά την αλλαγή του καυσίμου λειτουργίας της μονάδας δείχνει ότι υπάρχει κάποιο ετήσιο όφελος. Στον παρακάτω πίνακα αποτυπώνεται το κόστος ανάμεσα στα συστήματα καύσης διαφορετικού καυσίμου.

Πίνακας 4.2: Κόστος ανά έτος

Περιγραφή	Ποσότητα	Τιμή	Κόστος/Έτος (€)
Μαζούτ 1500	720,000 kg/έτος	0.456 €/kg	328,320
Πυρηνόξυλο	1,547,451 kg/έτος	160 €/ τόνο	247,552
Λέβητας K9130 ( Με τοποθέτηση )	1	56,000 €	-

$$\text{Ετήσιο όφελος} = \text{ετήσιο κόστος μαζούτ} - \text{ετήσιο κόστος πυρηνόξυλου} \quad (4.1)$$

$$\text{Ετήσιο όφελος} = 328,320 \text{ €} - 247,552 \text{ €} = 80,728 \text{ €/έτος}$$

Τέλος υπολογίζεται ο χρόνος απόσβεσης της αντικατάστασης του λέβητα. Ο υπολογισμός του χρόνου απόσβεσης ορίζεται ως το πηλίκο του κόστους εγκατάστασης προς το ετήσιο όφελος.

Από την εξίσωση (3.5) ο χρόνος απόσβεσης είναι:

$$\text{Χρόνος απόσβεσης} = \frac{56,000 \text{ €}}{80,728 \text{ €/έτος}} = 0.7 \text{ έτη, ή 7 μήνες}$$

## 5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (αιολική ενέργεια, ηλιακή ενέργεια, υδροηλεκτρική ενέργεια, ενέργεια από τους ωκεανούς, γεωθερμική ενέργεια, βιομάζα και βιοκαύσιμα) αποτελούν εναλλακτικές λύσεις αντί των ορυκτών καυσίμων και συμβάλλουν στη μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, στη διαφοροποίηση του ενεργειακού εφοδιασμού και στη μείωση της εξάρτησης από αναξιόπιστες και ασταθείς αγορές ορυκτών καυσίμων, ειδικότερα του πετρελαίου και του φυσικού αερίου.

Από την εκπόνηση της παρούσας πτυχιακής εργασίας τα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι ότι με την χρήση ΑΠΕ και συγκεκριμένα μέσω της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας και της τεχνολογίας των καυσίμων, απορρέουν τόσο περιβαλλοντικά, όσο και οικονομικά οφέλη.

Αναφορικά με το τεχνικό μέρος της εργασίας, αρχικά περιεγράφηκε η παραγωγική διαδικασία της μονάδας και αναλύθηκαν οι ενεργειακές ανάγκες για τη λειτουργία του εξοπλισμού. Βάση των ενεργειακών αναγκών της μονάδας για ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα προσομοίωσης PVGIS. Το πρόγραμμα αυτό λειτουργεί με στοιχεία όπως τις συντεταγμένες της μονάδας, το αζιμούθιο, τη γωνία κλίσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων κ.λπ. Στη συνέχεια με τη βοήθεια του προγράμματος PVGIS έγινε η επιλογή των φωτοβολταϊκών πλαισίων και πραγματοποιήθηκε η μελέτη της εγκατάστασης και χωροθέτησης των πάνελ. Τέλος δημιουργήθηκε η ανάλυση των οικονομικών χαρακτηριστικών της επένδυσης και του χρόνου απόσβεσής της.

Όσον αφορά τη θερμική ενέργεια διεξήχθη ενεργειακή μελέτη για την αντικατάσταση του ήδη υπάρχοντος λέβητα μαζούτ με άλλον αντίστοιχο λέβητα βιομάζας. Τα αποτελέσματα της μελέτης οδήγησαν στη χρήση συμβατικού καυσίμου το οποίο στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι το πυρηνόξυλο. Παράλληλα, πραγματοποιήθηκε αντίστοιχη ανάλυση των οικονομικών χαρακτηριστικών της επένδυσης, του οικονομικού όφελος και του χρόνου απόσβεσης. Επιπροσθέτως, θα μπορούσε να γίνει τοποθέτηση εναλλάκτη θερμότητας για τη διαχείριση της θερμικής ενέργειας που αποβάλλεται από τη μονάδα ως προς το περιβάλλον.

Συμπερασματικά, σύμφωνα με τα άνωθεν καταγεγραμμένα αποτελέσματα τα οφέλη που προκύπτουν αναδεικνύουν τη βιωσιμότητα της επένδυσης τόσο στο οικονομικό κομμάτι όσο και στο περιβαλλοντολογικό. Στόχος είναι στο μέλλον οι συμβατικοί τρόποι παραγωγής ενέργειας να εξαλειφθούν τόσο για οικονομικούς αλλά και για περιβαλλοντολογικούς λόγους.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] ΖΟΥΜΠΟΥΛΗΣ Α., ΚΑΡΑΠΑΝΤΣΙΟΣ Θ., ΜΑΤΗΣ Κ., ΜΑΥΡΟΣ Π., ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ, ΤΖΙΟΛΑΣ, 2009.
- [2] Karel M., "Preservation through water removal," *Physical Principles of Food Preservation*, pp. 219-395, 1975.
- [3] Onwude D., Norhashila H., Rimfiel J. B., " Modeling the thin-layer drying of fruits and vegetables: A review," *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, vol. 15, no. 3, pp. 599-618, 2016.
- [4] McCabe W. L., Smith J. C., Harriot P., Unit operations of Chemical engineering, Singapore: McGraw-Hill, 2003.
- [5] Ένωση αγροτικών συνεταιρισμών Αγρινίου, *Προμελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων*, Ένωση αγροτικών συνεταιρισμών Αγρινίου, 2008.
- [6] Αγροτικές οργανώσεις, "agro24," 2015. [Online]. Available: <https://www.agro24.gr/agrotika/agrotikes-organoseis/synehizetai-i-paralavi-midikis-apo-ergostasio-zootrofon-tis-enosis>.
- [7] Σ. Φαλάγκα, Ξήρανση αγροτικών προϊόντων, Αθήνα: εκδ. ΕΛΚΕΠΑ, 1985.
- [8] ΔΕΔΔΗΕ, "deddie.gr," 2021. [Online]. Available: <https://www.deddie.gr/Documents2/Fotovoltaika/FV%20net%20metering/%CE%A0%CE%BB%CE%B7%CF%81%CE%BF%CF%86%CE%BF%CF%81%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CF%8C%20%CE%94%CE%B5%CE%BB%CF%84%CE%AF%CE%BF%20%CE%A7%CE%A4%20%CE>

Ε%Β3%CE%B9%CE%B1%20%CE%B5%CE%BD%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE. [Accessed 24 8 2021].

- [9] Μπαμπαλής Σ., Μαθιουλάκης Ε. και Μπελεσιώτης Β., "Διερεύνηση της χρήσης ηλιακής ενέργειας για την κάλυψη μέρους των θερμικών αναγκών κατά την μηχανική ξήρανση αγροτικών προϊόντων," in *7ο Εθνικό Συνέδριο IHT*, Πάτρα, 2002.
- [10] ΔΕΔΔΗΕ, "deddie.gr," [Online]. Available: <https://www.deddie.gr/Documents2/net%20metering/%CE%95%CE%BD%CE%B7%CE%BC%CE%B5%CF%81%CF%89%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8C%20%CF%83%CE%B7%CE%BC%CE%B5%CE%AF%CF%89%CE%BC%CE%B1%20%CE%B3%CE%B9%CE%B1%20%CF%84%CE%B7%20%CF%83%CF%8D%CE%BD%CE%B4%CE%B5%CF%83%CE%B7%20%CE%A6>. [Accessed 23 7 2021].
- [11] Newton M., "Net Metering is a Win-Win for Utilities and Local Communities," *Sun Electric Systems*, 2007.
- [12] Savage A., "New State Study Demonstrates Net Metering Benefit for Ratepayers," *Renewable energy*, 2013.
- [13] Μόνιμη επιτροπή ενέργειας, "Οδηγός Μελέτης και Υλοποίησης Φωτοβολταϊκών Έργων," 2011.
- [14] Sharp, *NU - JB Series - The project solution*, Sharp, 2020.
- [15] ΔΕΗ, "dei.gr," 2021. [Online]. Available: <https://www.dei.gr/el/eksupiretisi-pelatwn/epaggelmaties/o-logariasmos-sas/xrisimes-plirofories-gia-to-logariasmo-sas-2/node31116/xrewsi-ethnikou-ilektrikou-sustimatos/param/t/ECPrint.aspx>. [Accessed 20 8 2021].
- [16] Auth, "auth.gr," Ενεργειακά ισοζύγια, [Online]. Available: [http://users.auth.gr/tsil/01\\_%CE%95%CE%BA%CF%80%CE%B1%CE%B9%CE%B4%CE%B5%CF%85%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AC/01.%20%CE%94%CE%95%CE%A0/%CE%94%CE%95%CE%A0\\_0-%CE%9C%CE%9F%CE%9D%CE%91%CE%94%CE%95%CE%A3\\_2017.pdf](http://users.auth.gr/tsil/01_%CE%95%CE%BA%CF%80%CE%B1%CE%B9%CE%B4%CE%B5%CF%85%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AC/01.%20%CE%94%CE%95%CE%A0/%CE%94%CE%95%CE%A0_0-%CE%9C%CE%9F%CE%9D%CE%91%CE%94%CE%95%CE%A3_2017.pdf). [Accessed 22 7 2021].

- [17] Agroenergy, "agroenergy.gr," [Online]. Available: <http://www.agroenergy.gr/categories/%CE%B2%CE%B9%CE%BF%CE%BC%CE%AC%CE%B6%CE%B1>. [Accessed 28 7 2021].
- [18] Στροφύλας Α., [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://sites.google.com/site/pyrhnoxylo/pyrenelaiourgeia-1/to-pyrenoxylo-san-kausimo>. [Πρόσβαση 17 7 2021].
- [19] Paterakis energy, "paterakisenergy.gr," 2021. [Online]. Available: <http://paterakisenergy.gr/blog/pyrhnoxylo/?fbclid=IwAR2UGcBlulru5FMPA6P-du2B87sRWbGQrRPd0WJI6H99Sv7k4x05jdzcF-c>. [Accessed 12 8 2021].
- [20] Palmer D. , "Principles and fundamentals of biomass boiler design," *Carbon trust*, 2012.
- [21] Σαμαράς Ν., "nsamaras.gr," 2021. [Online]. Available: <http://www.nsamaras.gr/>. [Accessed 13 7 2021].