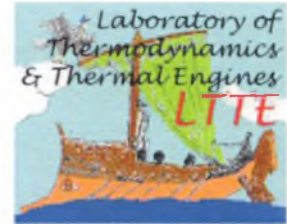




ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ



Διπλωματική Εργασία

**ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΥΞΗΣ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΣΤΟ
ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΒΟΛΟΥ ΤΗΣ ΑΓΕΤ-LAFARGE**



από τους

ΜΙΣΑΗΛΙΔΗ ΓΕΩΡΓΙΟ

ΜΠΟΥΡΟΥΤΖΗΚΑ ΦΩΤΙΟ

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των
απαιτήσεων για την απόκτηση του
Διπλώματος Μηχανολόγου Μηχανικού

Βόλος, Δεκέμβριος 2012



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 12504/1
Ημερ. Εισ.: 21-03-2014
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΜΜ
2012
ΜΙΣ



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ



Διπλωματική Εργασία

**ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΥΞΗΣ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΣΤΟ
ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΒΟΛΟΥ ΤΗΣ ΑΓΕΤ-LAFARGE**



από τους

ΜΙΣΑΗΛΙΔΗ ΓΕΩΡΓΙΟ

ΜΠΟΥΡΟΥΤΖΗΚΑ ΦΩΤΙΟ

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των
απαιτήσεων για την απόκτηση του
Διπλώματος Μηχανολόγου Μηχανικού

Βόλος, Δεκέμβριος 2012

© 2012 Μισαηλίδη Γεώργιο
© 2012 Μπουρουτζήκα Φώτιο

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/32 αρ. 202 παρ. 2).

Επιβλέπων από πλευράς Εργοστασίου ΑΓΕΤ –Lafarge
(Απόφαση 158^{ης} ΓΣ Τμήματος 13-6-2012)

Ιωακειμίδης Κωνσταντίνος
Διπλ. Χημικός Μηχανικός
Διευθυντής Περιβάλλοντος και Διεργασιών

Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

Πρώτος Εξεταστής (Επιβλέπων) Δρ. Σταματέλλος Αναστάσιος
Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών,
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Δεύτερος Εξεταστής Δρ. Ανδρίτσος Νικόλαος
Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών,
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Τρίτος Εξεταστής Δρ. Καραμάνος Σπύρος
Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών,
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Ευχαριστίες

Αρχικά, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον επιβλέποντα καθηγητή στη διπλωματική μας εργασία, κ. Σταματέλλο Αναστάσιο, για την αμέριστη συμπαράστασή του στην προσπάθεια που καταβάλαμε και την καθοδήγηση του στην αντιμετώπιση διαφόρων ζητημάτων που προέκυψαν κατά την διάρκεια της μελέτης. Επίσης, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον κ. Ιωακειμίδη Κωνσταντίνο, επιβλέποντα μηχανικό μας στην ΑΓΕΤ-Ηρακλής και διευθυντή του τμήματος Διεργασιών και Περιβάλλοντος, για την ανεκτίμητη συνεισφορά του τόσο κατά το αρχικό στάδιο της μελέτης, κατά το οποίο γινόταν η συλλογή δεδομένων, όσο και αργότερα κατά τη συγγραφή της παρούσας εργασίας. Επιπλέον θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον κ. Καμπάνη Β., διευθυντή του εργοστασίου της ΑΓΕΤ-Ηρακλής στη Χαλκίδα και αρχικό εμπνευστή της συγκεκριμένης συνεργασίας, για την ευκαιρία που μας δόθηκε να δουλέψουμε στο περιβάλλον μιας σύγχρονης βιομηχανίας. Παράλληλα θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον κ. Παρασκευά Κ., διευθυντή τμήματος στην ΑΓΕΤ-Ηρακλής για τις πληροφορίες που μας παρείχε, όπως επίσης και τους μηχανικούς του εργοστασίου κ. Καρούνου Ε., κ. Μανιάτη Χ. για την βοήθεια που μας προσέφεραν και τον εργαζόμενο κ. Ναούμ Κ., του τμήματος Μετρήσεων για την βοήθεια του κατά την συλλογή των δεδομένων. Επιπρόσθετα, ευχαριστούμε τη διεύθυνση του εργοστασίου που μας προσέφερε τη δυνατότητα σε συνεργασία με τη σχολή Μηχ. – Μηχ. του Π.Θ. να εκπονήσουμε την πτυχιακή μας εργασία. Ακόμη, είμαστε ευγνώμονες στα υπόλοιπα μέλη της τριμελούς επιτροπής, κ. Ανδρίτσο Νικόλαο και κ. Καραμάνο Σπυρίδωνα, για την προσεκτική ανάγνωση της εργασίας μας και τις εκτενείς παρατηρήσεις τους. Τέλος, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τις οικογένειές μας για την αμέριστη υποστήριξη τους όλο αυτό το διάστημα καθώς και τους φίλους μας για τη στήριξη τους.

ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΥΞΗΣ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΒΟΛΟΥ ΤΗΣ ΑΓΕΤ-LAFARGE

ΜΙΣΑΗΛΙΔΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΜΠΟΥΡΟΥΤΖΗΚΑΣ ΦΩΤΙΟΣ

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, 2012

Επιβλέπων καθηγητής: Δρ. Σταματέλλος Αναστάσιος, Καθηγητής μηχανών
εσωτερικής καύσης.

Περίληψη

Στην παρούσα προπτυχιακή εργασία, γίνεται καταγραφή του κυκλώματος ψύξης των μηχανημάτων του Εργοστασίου Βόλου της Α.Γ.Ε.Τ. ΗΡΑΚΛΗΣ (Όμιλος LAFARGE), ο εντοπισμός και η μελέτη προβλημάτων στο κύκλωμα καθώς και, προτεινόμενες λύσεις και προτάσεις για τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας του συστήματος.

Στο πρώτο κομμάτι της εργασίας αφορά παρουσιάζονται βασικές αρχές και έννοιες που θα χρησιμοποιηθούν στην πορεία, με βάση τις βιβλιογραφικές πηγές. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται αναφορά στις αρχές λειτουργίας των πύργων ψύξης και στις κατηγορίες που διακρίνονται. Επίσης, γίνεται μια σύντομη περιγραφή στους εναλλάκτες αυλών-κελύφους και στις αρχές λειτουργίας τους. Τέλος, παρουσιάζονται κάποια στοιχεία της υδροδυναμικής θεωρίας λιπάνσεως.

Στη συνέχεια, γίνεται μια ενδελεχής περιγραφή του κυκλώματος ψύξης του εργοστασίου και των προβλημάτων που αντιμετωπίζει, όπως επίσης και περιγραφή των ήδη εγκατεστημένων πύργων ψύξης και της σημερινής τους κατάστασης. Ακολουθεί η παρουσίαση των δεδομένων που συλλέχθηκαν χειροκίνητα κατά τη διάρκεια της μελέτης και έπεται η παρουσίαση των αποτελεσμάτων του υπολογισμού των θερμικών φορτίων του συστήματος. Ακόμη, εμφανίζονται τα αποτελέσματα της επεξεργασίας μετεωρολογικών παραμέτρων (θερμοκρασία, σχετική υγρασία) που συλλέχθηκαν για ορισμένο χρονικό διάστημα.

Τα τελευταία κεφάλαια της μελέτης αφορούν στην παρουσίαση των προσφορών πύργων ψύξης που ελήφθησαν στα πλαίσια της έρευνας, τα αποτελέσματα των υπολογισμών διαστασιολόγησης των προσφερόμενων πύργων και η μεταξύ τους σύγκριση. Επίσης, παρουσιάζονται περαιτέρω προτάσεις βελτιστοποίησης της λειτουργίας του ψυκτικού κυκλώματος και γίνεται μια οικονομοτεχνική μελέτη με βάση την προκρινόμενη από εμάς προσφορά.

Πίνακας περιεχομένων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:Εισαγωγή	11
1.1)Περιγραφή εργοστασίου	11
1.1.1) Ο όμιλος Lafarge.....	11
1.1.2)Η εταιρεία ΑΓΕΤ-Ηρακλής	12
1.1.3)Η παραγωγική διαδικασία του τσιμέντου	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Βιβλιογραφική ανασκόπηση	17
2.1) Ανοικτά-κλειστά κυκλώματα ψύξης νερού	17
2.1.1) Ανοικτά κυκλώματα ψύξης (Μοναδικής διέλευσης)	17
2.1.2) Ανοικτά κυκλώματα ψύξης (Ανακυκλοφορίας)	17
2.1.3) Κλειστά κυκλώματα ψύξης	17
2.2) Πύργοι ψύξης.....	18
2.2.1) Πύργοι ψύξης ανοικτού τύπου	21
2.2.2) Πύργοι ψύξης κλειστού τύπου	22
2.3) Εναλλάκτες θερμότητας	23
2.3.1) Είδη εναλλακτών θερμότητας.....	24
2.3.2) Εναλλάκτες θερμότητας αυλών-κελύφους.....	25
2.4) Υδροδυναμική θεωρία λίπανσης.....	28
2.4.1) Χαρακτηριστικές ιδιότητες του λιπαντικού	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Περιγραφή κυκλώματος ψύξης εργοστασίου	34
3.1) Τωρινή κατάσταση του κλειστού κυκλώματος ψύξης	34
3.3) Φρέαρ Lepol.....	37
3.4) Τωρινή κατάσταση ήδη εγκατεστημένων πύργων ψύξης	37
3.5) Νομικό πλαίσιο – Περιβαλλοντικοί περιορισμοί	40
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Προβλήματα στα συστήματα ψύξης νερού	42
4.1) Κατάσταση πύργων ψύξης του εργοστασίου.....	44
4.2) Κατάσταση σωληνώσεων του κυκλώματος του εργοστασίου.....	46
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Διαδικασία ανάκτησης δεδομένων μετρήσεων	48
5.1) Διαδικασία χειροκίνητων μετρήσεων	48
5.2) Παρουσίαση δεδομένων μετρήσεων	49
5.3) Προβλήματα κατά τη συλλογή των δεδομένων.....	52
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Παρουσίαση αποτελεσμάτων-διαγραμμάτων	54

6.1) Ισοζύγιο κυκλώματος ψύξης (έργο-ενέργεια).....	54
6.2) Διαγράμματα	58
6.3) Χαρακτηριστικά λειτουργίας κυκλώματος λίπανσης	62
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: Υπολογισμός απαιτήσεων πύργων ψύξης ανοικτού τύπου	68
7.1) Θεωρητικός υπολογισμός χαρακτηριστικών λειτουργίας πύργου ψύξης.....	68
7.2) Διαστασιολόγηση με βάση τους πίνακες του κατασκευαστή.....	74
7.2.1) Διαστασιολόγηση προσφερόμενων μοντέλων πύργων ψύξης από την M.I.T.A. S.r.l.	75
7.2.2) Διαστασιολόγηση προσφερόμενων μοντέλων πύργων ψύξης από την YWCT custom cooling towers (Paralos Engineering S.A.)	78
7.3) Σύγκριση τεχνικών χαρακτηριστικών προσφερομένων τύπων.....	83
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: Περαιτέρω προτάσεις βελτίωσης συστήματος και αποτίμηση της συνολικής μελέτης.....	90
8.1) Βελτιώσεις στο κλειστό κύκλωμα του εργοστασίου	90
8.1.1) Ανοικτό κύκλωμα ψύξης με ανοικτού τύπου πύργο ψύξης.....	90
8.1.2) Κλειστό κύκλωμα ψύξης με ανοικτού τύπου πύργο ψύξης	91
8.2) Εναλλακτική λύση ψύξης με χρήση νερού Lepol	92
8.3) Βελτιστοποίηση θερμοκρασιών λειτουργίας κυκλωμάτων λίπανσης	96
8.4) Προτάσεις βελτίωσης του συστήματος καταγραφής δεδομένων του εργοστασίου (monitoring)	97
8.5) Αποτίμηση της συνολικής μελέτης.....	98
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: Οικονομοτεχνική μελέτη.....	100
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10: Συμπεράσματα-Προτάσεις για το μέλλον	105
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	108
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΥΔΡΑΥΛΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟΥ	110
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΥΡΓΩΝ ΨΥΞΗΣ ΜΙΤΑΣ.r.l.	111
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΥΡΓΩΝ ΨΥΞΗΣ YWCT	115
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ: ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΡΟΣΦΕΡΟΜΕΝΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΚΑΙ INVERTER ΑΠΟ ΚΟΥΜΑΚΗΣ Α.Ε.	118
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε: ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΝΕΡΟΥ LEPOL.....	121
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ: ΦΕΚ ΤΕΥΧΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ ΑΡ. ΦΥΛΛΟΥ 53/ 26-1-1996, ΥΠΟΥΡΓΙΚΗ ΑΠΟΦΑΣΗ ΑΡ. 8440	123
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ζ: ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΣΥΝΟΜΙΛΙΑΣ ΜΕ ΕΤΑΙΡΕΙΕΣ ΠΥΡΓΩΝ ΨΥΞΗΣ .126	

Κατάλογος Πινάκων

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΛΑΙΩΝ ΛΙΠΑΝΣΗΣ ΚΑΤΑ ISO. ΈΧΟΥΝ ΕΠΙΣΗΜΑΝΘΕΙ ΟΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΛΑΙΩΝ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΟ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ (ΣΤΑ ΕΔΡΑΝΑ ΤΟΥ ΠΚ1)	33
ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΩΝ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΙΚΟΤΗΤΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ.....	37
ΠΙΝΑΚΑΣ 3:ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΝΕΡΟΥ LEROL.....	37
ΠΙΝΑΚΑΣ 4:ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ ΣΤΟ ΝΕΡΟ ΤΗΣ ΠΗΓΗΣ LEROL[14]	47
ΠΙΝΑΚΑΣ 5:ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΑΡΟΧΩΝ-ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ ΣΤΟΝ ΠΚ1.....	50
ΠΙΝΑΚΑΣ 6: ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΑΡΟΧΩΝ-ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ ΣΤΟΥΣ ΜΚ1,	50
ΠΙΝΑΚΑΣ 7: ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΑΡΟΧΩΝ-ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ ΣΤΟΥΣ ΜΤ4,5,6,7,8	51
ΠΙΝΑΚΑΣ 8: ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΚ1	55
ΠΙΝΑΚΑΣ 9: ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΜΚ1,ΜΚ2.....	56
ΠΙΝΑΚΑΣ 10: ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΜΤ 4,5,6,7,8.....	56
ΠΙΝΑΚΑΣ 11: ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΛΟΓΩ ΣΥΝΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	57
ΠΙΝΑΚΑΣ 12: ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΟΛΙΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΘΕΡΜΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟ.....	58
ΠΙΝΑΚΑΣ 13: ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΕΛΑΙΩΝ CASTROL OPTIGEAR SYNTHETIC X	63
ΠΙΝΑΚΑΣ 14: ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΧΕΙΜΩΝΑ ΚΑΙ ΤΟ ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	68
ΠΙΝΑΚΑΣ 15: ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΑΡΧΙΚΩΝ ΚΑΙ ΤΕΛΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΑΕΡΑ ΨΥΞΗΣ	70
ΠΙΝΑΚΑΣ 16: ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΘΕΩΡΗΤΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ	72
ΠΙΝΑΚΑΣ 17: ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΦΤΕΡΩΤΗΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΗΡΑ	72
ΠΙΝΑΚΑΣ 18: ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΝΕΡΟΥ ΑΝΑΠΛΗΡΩΣΗΣ.....	74
ΠΙΝΑΚΑΣ 19: ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΑΡΟΧΗΣ ΝΕΡΟΥ ΓΙΑ ΤΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΡΜΕ 6704EGS-L	76
ΠΙΝΑΚΑΣ 20: ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΑΡΟΧΗΣ ΝΕΡΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΡΜΕ 5704EGS-L.....	77
ΠΙΝΑΚΑΣ 21: ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑ – ΚΙΝΗΤΗΡΑ.....	78
ΠΙΝΑΚΑΣ 22: ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗΣ	82
ΠΙΝΑΚΑΣ 23: ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑ - ΚΙΝΗΤΗΡΑ	82
ΠΙΝΑΚΑΣ 24: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΠΥΡΓΟΥ ΨΥΞΗΣ	83
ΠΙΝΑΚΑΣ 25: ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΠΡΟΣΦΕΡΟΜΕΝΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΠΥΡΓΩΝ ΨΥΞΗΣ 84	
ΠΙΝΑΚΑΣ 26: ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΡΟΒΟΛΗΣ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΩΝ ΠΡΟΣΦΟΡΩΝ	88
ΠΙΝΑΚΑΣ 27: ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΨΥΞΗΣ ΜΕ ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΤΥΠΟ ΠΥΡΓΟ ΨΥΞΗΣ	91
ΠΙΝΑΚΑΣ 28: ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΨΥΞΗΣ ΜΕ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΤΥΠΟ ΠΥΡΓΟ ΨΥΞΗΣ 92	
ΠΙΝΑΚΑΣ 29: ΠΙΝΑΚΑΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΜΕΣΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΥ ΟΡΙΣΤΗΚΑΝ.....	95
ΠΙΝΑΚΑΣ 30: ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	95
ΠΙΝΑΚΑΣ 31: ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΠΟΥ ΠΑΡΟΥΣΙΑΖΟΝΤΑΙ ΤΑ ΚΟΣΤΗ ΑΓΟΡΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΗΡΑ, INVERTER ΚΑΙ THERMISTOR ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΠΡΟΣΦΟΡΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΟΥΜΑΚΗΣ Α.Ε. ΚΑΙ ΤΟ ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΤΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ	102
ΠΙΝΑΚΑΣ 32: ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΣΗΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ	103

Κατάλογος Εικόνων

ΕΙΚΟΝΑ 1: Ο ΧΑΡΤΗΣ ΤΩΝ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΩΝ ΠΟΥ ΑΝΗΚΟΥΝ ΣΤΟΝ ΟΜΙΛΟ LAFARGE	11
ΕΙΚΟΝΑ 2:ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΟΥ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟΥ	13
ΕΙΚΟΝΑ 3: ΧΩΡΟΣ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟΥ	14
ΕΙΚΟΝΑ 4: ΜΥΛΟΣ ΦΑΡΙΝΑΣ	14
ΕΙΚΟΝΑ 5: ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΕΨΗΣΗΣ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ ΚΑΙ ΕΙΚΟΝΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΗΣ ΚΑΜΙΝΟΥ	15
ΕΙΚΟΝΑ 6: ΜΥΛΟΣ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ-ΔΙΑΚΡΙΝΟΝΤΑΙ ΤΑ ΑΤΣΑΛΙΝΑ ΣΦΑΙΡΙΔΙΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΛΕΞΗ ΤΟΥ ΚΛΙΝΚΕΡ	16
ΕΙΚΟΝΑ 7: ΤΡΟΠΟΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ	16

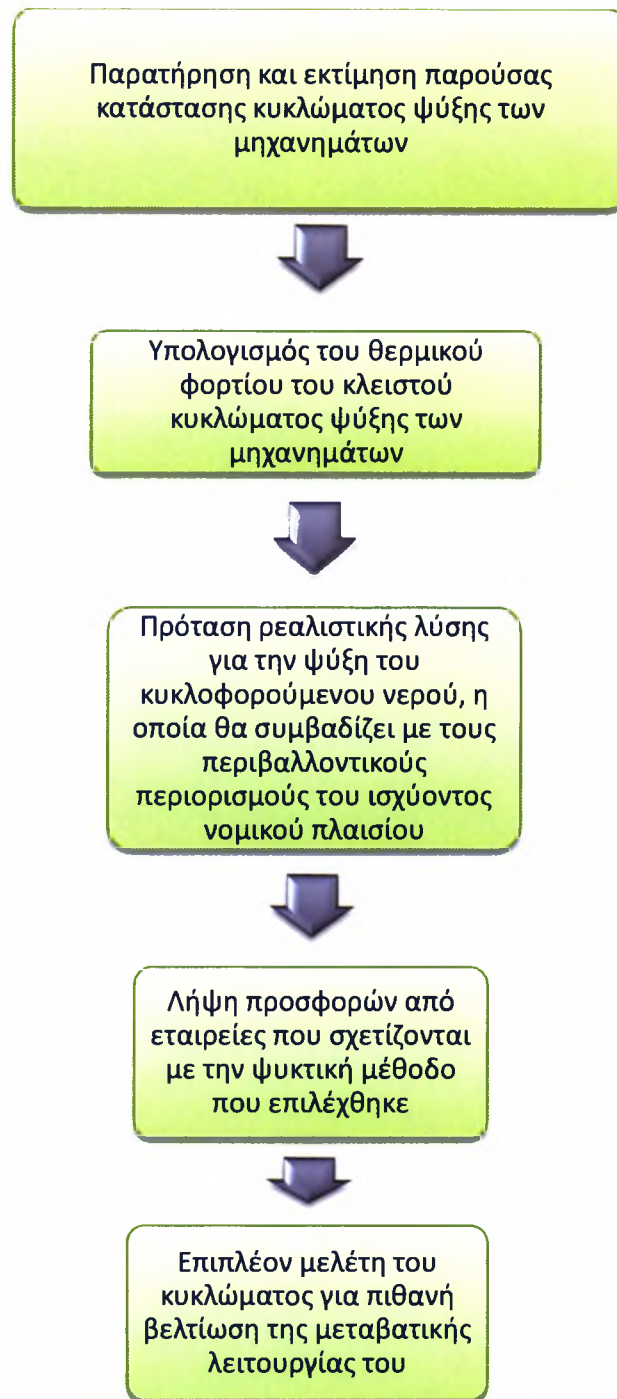
ΕΙΚΟΝΑ 8: ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ[7]	16
ΕΙΚΟΝΑ 9: ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΣΤΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΤΟΥ ΠΥΡΓΟΥ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΗΣ ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΑΕΡΑ ΕΙΣΟΔΟΥ[9]	20
ΕΙΚΟΝΑ 10: ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΣΤΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΤΟΥ ΠΥΡΓΟΥ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΤΗΣ ΟΓΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΠΡΟΣ ΨΥΞΗ[9]	20
ΕΙΚΟΝΑ 11: ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΣΤΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΤΟΥ ΠΥΡΓΟΥ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΤΗΣ ΕΠΙΘΥΜΗΤΗΣ ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΕΙΣΟΔΟ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΕΞΟΔΟ ΤΟΥ ΑΠΟ ΤΟΝ ΠΥΡΓΟ ΨΥΞΗΣ[9]	20
ΕΙΚΟΝΑ 12: ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΤΥΠΟΥ ΠΥΡΓΟΥ ΨΥΞΗΣ – ΔΙΑΚΡΙΝΕΤΑΙ ΤΟ ΜΑΥΡΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΩΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΣΤΟ ΜΕΣΟ ΤΟΥ ΠΥΡΓΟΥ[10]	21
ΕΙΚΟΝΑ 13: ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΤΥΠΟΥ ΠΥΡΓΟΥ ΨΥΞΗΣ –ΔΙΑΚΡΙΝΕΤΑΙ ΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ ΟΠΟΥ ΚΥΚΛΟΦΟΡΕΙ ΤΟ ΝΕΡΟ ΠΡΟΣ ΨΥΞΗ[11]	22
ΕΙΚΟΝΑ 14: ΣΥΝΗΘΙΣΜΕΝΟΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΟ ΤΟΙΧΩΜΑ[3]	23
ΕΙΚΟΝΑ 15: ΑΠΛΟΙ ΕΝΑΛΛΑΚΤΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (Α) ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΡΟΗ (Β) ΑΝΤΙΡΡΟΗ[3]	24
ΕΙΚΟΝΑ 16: ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΑΥΛΩΝ-ΚΕΛΥΦΟΥΣ[3]	24
ΕΙΚΟΝΑ 17: ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΕΓΚΑΡΣΙΑΣ ΡΟΗΣ (Α) ΜΕ ΠΤΕΡΥΓΙΑ ΚΑΙ ΧΩΡΙΣ ΑΝΑΜΕΙΞΗ (Β) ΧΩΡΙΣ ΠΤΕΡΥΓΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΜΕΙΞΗ ΤΟΥ ΡΕΥΣΤΟΥ ΕΚΤΟΣ ΣΩΛΗΝΑ[2].	25
ΕΙΚΟΝΑ 18: ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΑΥΛΩΝ-ΚΕΛΥΦΟΥΣ[12]	26
ΕΙΚΟΝΑ 19: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΑΠΟ ΤΥΠΙΚΟ ΕΝΑΛΛΑΚΤΗ ΑΥΛΩΝ-ΚΕΛΥΦΟΥΣ. ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ: Α. ΣΩΛΗΝΕΣ (TUBES), Β. ΔΙΑΤΡΗΤΕΣ ΠΛΑΚΕΣ ΣΩΛΗΝΩΝ (TUBES SHEETS), C. ΕΙΣΟΔΟΣ-ΕΞΟΔΟΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ (SHELL AND SHELL-SIDE NOZZLES), D. ΕΙΣΟΔΟΣ-ΕΞΟΔΟΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ (TUBE AND TUBE-SIDE NOZZLES), Ε. ΚΑΛΥΜΜΑΤΑ (CHANNEL COVERS), F. ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΗΣ ΡΟΗΣ (PASS DIVIDER), G. ΑΝΑΚΛΑΣΤΗΡΕΣ ΡΟΗΣ (BAFFLES)[13]	26
ΕΙΚΟΝΑ 20: ΣΧΗΜΑΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΑΠΟ ΔΙΠΛΗ ΔΙΑΤΡΗΤΗ ΠΛΑΚΑ ΣΩΛΗΝΑ[13]	27
ΕΙΚΟΝΑ 21: ΣΧΗΜΑΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΗΣ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΜΙΑΣ ΠΛΑΚΑΣ ΠΡΟΣΚΡΟΥΣΗΣ ΚΑΤΩ ΑΠΟ ΤΟ ΑΚΡΟΦΥΣΙΟ ΕΙΣΟΔΟΥ[13]	27
ΕΙΚΟΝΑ 22: ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΩΝ ΡΟΗΣ ΤΕΣΣΑΡΩΝ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ[13]	27
ΕΙΚΟΝΑ 23: ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΥΠΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΑΝΑΚΛΑΣΤΗΡΩΝ ΡΟΗΣ[13]	28
ΕΙΚΟΝΑ 24: ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΤΟΥ ΛΑΔΙΟΥ ΣΕ ΕΝΑ ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΕΔΡΑΝΟ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ. Α. ΑΝΕΜΠΟΔΙΣΤΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ, Β. ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΠΙΕΣΗΣ ΠΟΥ ΕΜΠΟΔΙΖΕΤΑΙ ΑΠΟ ΜΙΑ ΕΓΚΟΠΗ, Γ. ΠΛΑΓΙΑ ΟΨΗ[3]	29
ΕΙΚΟΝΑ 25: ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΤΡΙΒΗΣ Μ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΤΩΝ ΣΤΡΟΦΩΝ Η ΓΙΑ ΣΤΑΘΕΡΗ ΜΕΣΗ ΠΙΕΣΗ Ρ _Μ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΙΕΩΔΕΣ [3]	29
ΕΙΚΟΝΑ 26: ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΙΕΩΔΕΣ Η ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ, ΓΙΑ ΛΑΔΙΑ ΛΙΠΑΝΣΗΣ ΚΑΤΑ DIN 51519 ΜΕ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ Ρ = 900 ΚΓ/Μ ³ [3]	32
ΕΙΚΟΝΑ 27: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ΤΗΣ ΓΟΡΙΤΣΑΣ	34
ΕΙΚΟΝΑ 28: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΩΝ ΤΡΙΩΝ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΤΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ	34
ΕΙΚΟΝΑ 29: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΩΝ ΤΡΙΩΝ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΤΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
ΕΙΚΟΝΑ 30: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΩΝ ΔΥΟ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ ΤΟΥ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟΥ	36
ΕΙΚΟΝΑ 31: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΟΥ ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟΥ ΤΟΥ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟΥ	36
ΕΙΚΟΝΑ 32: ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΟΥ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗ ΓΙΑ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΥΡΓΩΝ ΨΥΞΗΣ KST-N 250	38
ΕΙΚΟΝΑ 33: ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗ ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΚΑΘΕ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΠΥΡΓΟΥ ΨΥΞΗΣ	39
ΕΙΚΟΝΑ 34: ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗ ΜΕ ΤΑ ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΚΑΘΕ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΠΥΡΓΟΥ ΨΥΞΗΣ	39
ΕΙΚΟΝΑ 35: ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΝΩΤΑΤΩΝ ΕΠΙΤΡΕΠΤΩΝ ΟΡΙΩΝ ΡΥΠΑΝΤΩΝ ΣΤΟ ΥΔΑΤΙΝΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ (ΦΕΚ Β 53/1996)	41
ΕΙΚΟΝΑ 36: ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΔΙΑΛΥΤΟΤΗΤΑΣ ΟΡΙΣΜΕΝΩΝ ΑΝΘΡΑΚΙΚΩΝ ΑΛΑΤΩΝ (CaCO ₃ , CaSO ₄) ΣΤΟ ΝΕΡΟ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ [1].	43
ΕΙΚΟΝΑ 37: ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΥΡΓΟΥ ΨΥΞΗΣ-ΔΙΑΚΡΙΝΟΝΤΑΙ ΟΙ ΕΠΙΚΑΘΙΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ	45
ΕΙΚΟΝΑ 38: ΠΛΗΡΩΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΠΥΡΓΩΝ ΨΥΞΗΣ-ΔΙΑΚΡΙΝΟΝΤΑΙ ΟΙ ΕΠΙΚΑΘΙΣΕΙΣ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΔΗΜΙΟΥΡΓΗΘΕΙ ΛΟΓΩ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΣΚΟΝΗΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΑΛΑΤΩΝ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΨΥΞΗΣ	45
ΕΙΚΟΝΑ 39: ΧΑΛΚΙΝΟΣ ΣΩΛΗΝΑΣ ΕΚΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ. ΔΙΑΚΡΙΝΕΤΑΙ Η ΣΗΜΑΝΤΙΚΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΤΟΥ ΣΩΛΗΝΑ ΛΟΓΩ ΤΩΝ ΕΠΙΚΑΘΙΣΕΩΝ.	46
ΕΙΚΟΝΑ 40: ΣΩΛΗΝΑΣ ΑΠΟ PVC ΔΙΑΚΡΙΝΕΤΑΙ ΕΥΚΟΛΑ ΤΟ ΛΕΠΤΟ ΣΤΡΩΜΑ ΕΠΙΚΑΘΙΣΕΩΝ ΜΕ ΤΟ ΚΙΤΡΙΝΟ ΧΡΩΜΑ.	47

ΕΙΚΟΝΑ 41: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ: ΣΗΜΕΙΟ ΣΤΟΝ ΠΚ1-ΔΕΞΙΑ: ΣΗΜΕΙΟ ΣΤΟ ΜΤ8)	48
ΕΙΚΟΝΑ 42: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΕΙΣΟΔΟΥ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟ ΚΥΚΛΩΜΑ	49
ΕΙΚΟΝΑ 43: : Ο ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΟΥ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑ ΠΟΥ ΕΠΙΛΕΧΘΗΚΕ ΩΣ ΠΡΟΤΥΠΟ (ΜΕ ΚΙΤΡΙΝΗ ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΗ Ο ΤΥΠΟΣ ΦΤΕΡΩΤΗΣ ΠΟΥ ΕΠΙΛΕΧΘΗΚΕ)	73
ΕΙΚΟΝΑ 44: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ SIEMENS	78
ΕΙΚΟΝΑ 45: Ο ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΠΟΥ ΕΠΙΛΕΧΘΗΚΕ ΩΣ ΠΡΟΤΥΠΟ (ΜΕ ΚΙΤΡΙΝΗ ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΗ Η ΙΣΧΥΣ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΚΑΙ Ο ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΣΤΙΣ 965 ΣΤΡΟΦΕΣ ΑΝΑ ΛΕΠΤΟ)	80
ΕΙΚΟΝΑ 46: Ο ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΠΟΥ ΕΠΙΛΕΧΘΗΚΕ ΩΣ ΠΡΟΤΥΠΟ (ΜΕ ΚΙΤΡΙΝΗ ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΗ Η ΙΣΧΥΣ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΚΑΙ Ο ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΣΤΙΣ 720 ΣΤΡΟΦΕΣ ΑΝΑ ΛΕΠΤΟ)	81
ΕΙΚΟΝΑ 47: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΔΙΟΡΘΩΣΗΣ Ft ΓΙΑ ΕΝΑΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΗ ΜΙΑΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ ΚΑΙ ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΕΣ ΤΩΝ ΔΥΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ	94
ΕΙΚΟΝΑ 48: ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΤΡΟΠΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΠΥΡΓΟΥ ΨΥΞΗΣ ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΜΕΡΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ	101

Πίνακας Διαγραμμάτων

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1 : ΕΤΗΣΙΟ ΓΡΑΦΗΜΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ-ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2009.....	59
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2: ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ-ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΣΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΕΒΔΟΜΑΔΑΣ 14-18/05/2012	59
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3: ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ-ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΣΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΕΒΔΟΜΑΔΑΣ 9-13/07/2012	60
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4: ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ (°C)Α) ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗΝ ΕΙΣΟΔΟ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ, Β) ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΞΟΔΟ ΤΩΝ ΠΚ1, ΜΤ6, ΜΤ7, ΜΤ8, ΜΚ1, ΜΚ2, Γ) ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΞΟΔΟ ΤΩΝ ΜΤ3, ΜΤ4, ΜΤ5	61
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5: ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ (°C)Α) ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗΝ ΕΙΣΟΔΟ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ, Β) ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΞΟΔΟ ΤΩΝ ΠΚ1, ΜΤ6, ΜΤ7, ΜΤ8, ΜΚ1, ΜΚ2, Γ) ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΞΟΔΟ ΤΩΝ ΜΤ3, ΜΤ4, ΜΤ5	62
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 6: ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΒΔ ΕΔΡΑΝΩΝ ΤΟΥ ΠΚ1 ΣΤΙΣ 10-7-2012	64
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7: ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΒΔ ΕΔΡΑΝΩΝ ΤΟΥ ΠΚ1 ΣΤΙΣ 4-7-2012	64
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 8: ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΒΑ ΕΔΡΑΝΩΝ ΤΟΥ ΠΚ1 ΣΤΙΣ 10-7-2012	64
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 9: ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΒΑ ΕΔΡΑΝΩΝ ΤΟΥ ΠΚ1 ΣΤΙΣ 4-7-2012	65
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 10: ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΝΔ ΕΔΡΑΝΩΝ ΤΟΥ ΠΚ1 ΣΤΙΣ 10-7-2012.....	65
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 11: ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΝΔ ΕΔΡΑΝΩΝ ΤΟΥ ΠΚ1 ΣΤΙΣ 4-7-2012.....	66
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 12: ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΝΑ ΕΔΡΑΝΩΝ ΤΟΥ ΠΚ1 ΣΤΙΣ 10-7-2012.....	66
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 13: ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΝΑ ΕΔΡΑΝΩΝ ΤΟΥ ΠΚ1 ΣΤΙΣ 4-7-2012.....	66
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 14: ΛΟΓΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΣΤΑΔΙΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΠΥΡΓΩΝ ΨΥΞΗΣ	69
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 15: ΨΥΧΡΟΜΕΤΡΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ-ΔΙΑΚΡΙΝΟΝΤΑΙ ΟΙ ΑΡΧΙΚΕΣ ΚΑΙ ΤΕΛΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΕΡΑ ΨΥΞΗΣ	71
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 16: ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΔΥΝΑΜΙΚΟΤΗΤΑΣ ΠΥΡΓΟΥ ΨΥΞΗΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΤΗΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΕΞΑΓΩΓΗΣ ΑΠΟ ΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΥΓΡΟΥ ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΟΥ	75
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 17: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΑΝΘΡΩΠΟΩΡΩΝ ΠΟΥ ΔΙΑΤΕΘΗΚΑΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΡΓΑΣΙΑ.....	98
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 18: ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΜΕΣΗΣ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΗΛ. ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΑΛΟΚΑΙΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟ (15-5-2011 ΕΩΣ 20-9-2011).....	104

ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:Εισαγωγή

1.1)Περιγραφή εργοστασίου

1.1.1) Ο όμιλος Lafarge

Η Lafarge ξεκίνησε τις επιχειρηματικές της δραστηριότητες το 1833, όταν ο Auguste Pavinde Lafarge ίδρυσε μια εταιρεία παραγωγής ασβέστου στη Γαλλία[4]. Μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1930, και μετά από πολλές εξαγορές εταιρειών ασβέστου και τσιμέντου σε όλη τη χώρα, η Lafarge εξελίχθηκε στη μεγαλύτερη τσιμεντοβιομηχανία της Γαλλίας. Η εταιρεία επεκτάθηκε για πρώτη φορά διεθνώς το 1864, ως προμηθευτής ασβέστου για την κατασκευή της Διώρυγας του Σουέζ. Η διεθνής επέκταση συνεχίστηκε στις αρχές του 20ού αιώνα με την έναρξη επιχειρηματικών δραστηριοτήτων στη Βόρειο Αφρική, τη Μ. Βρετανία, τη Βραζιλία και τον Καναδά.

Με την εξαγορά της εταιρείας General Portland Inc. το 1981 η Lafarge εξελίχθηκε σε μία από τις μεγαλύτερες τσιμεντοβιομηχανίες στη Βόρειο Αμερική. Η Lafarge συνέχισε να επεκτείνεται διεθνώς με την εξαγορά της εταιρείας Blue Circle Industries το 2001 και με διάφορες εξαγορές στη λεκάνη της Μεσογείου, στην Ανατολική Ευρώπη, στη Μέση Ανατολή και την Ασία.



Εικόνα 1: Ο χάρτης των εργοστασίων που ανήκουν στον όμιλο Lafarge

Ο κλάδος αδρανών και σκυροδέματος που λειτουργεί πλέον σε 29 χώρες έκανε ένα σημαντικό άλμα το 1997, με την εξαγορά της Redland plc, μιας από τις μεγαλύτερες εταιρείες παραγωγής αδρανών και σκυροδέματος εκείνη την εποχή.

Η Lafarge εισήλθε για πρώτη φορά στην αγορά των προϊόντων γύψου το 1931 και σήμερα είναι η τρίτη μεγαλύτερη εταιρεία κατασκευής γυψοσανίδων στον κόσμο με παρουσία σε 28 χώρες.

Το Φεβρουάριο του 2007 η εταιρεία πώλησε τον κλάδο υλικών στέγασης, τον οποίο είχε αποκτήσει με την εξαγορά της εταιρείας Redland plc.

Σε παγκόσμιο επίπεδο ο όμιλος Lafarge είναι στην πρώτη θέση όσον αφορά την παραγωγή και πώληση τσιμέντου, δεύτερη στα aggregates και τέταρτη στην παραγωγή και πώληση σκυροδέματος. Το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής του ομίλου το καταλαμβάνει το τσιμέντο σε ποσοστό 63,9%, σε ποσοστό 34,2% υπολογίζεται η παραγωγή σκυροδέματος και aggregates και ένα ποσοστό 1,9% καταλαμβάνεται από άλλες δραστηριότητες[5].

1.1.2) Η εταιρεία ΑΓΕΤ-Ηρακλής

Η εταιρεία ΑΓΕΤ-Ηρακλής αποτελεί σήμερα μία από τις μεγαλύτερες βιομηχανίες παραγωγής τσιμέντου στην Ελλάδα. Ιδρύθηκε το 1911 στη Δραπετσώνα και είναι μέλος του ομίλου Lafarge από το 2001. Με ηγετική θέση στην ελληνική αγορά τσιμέντου και ενεργό παρουσία με τρία εργοστάσια και έξι κέντρα διανομής, καλύπτει εμπορικά όλη την ηπειρωτική και νησιωτική Ελλάδα σε χύδην και σακευμένο τσιμέντο. Τα τρία εργοστάσια που διαθέτει βρίσκονται στο Βόλο, στη Χαλκίδα και στο Μηλάκι Ευβοίας. Επίσης, χρησιμοποιεί έντεκα ορυχεία, τα οποία βρίσκονται κοντά στα προαναφερθέντα εργοστάσια, όπως επίσης και άλλα τρία τα οποία βρίσκονται στη Μήλο, στο Γυαλί Νισύρου και στο Άλτσι της Κρήτης. Το εργοστάσιο του Βόλου είναι το μεγαλύτερο εργοστάσιο της εταιρείας και μια από τις πιο σημαντικές μονάδες της Lafarge με δυναμικότητα πάνω από 4,5 εκατομμύρια τόνους[6]. Το εργοστάσιο ιδρύθηκε το 1924 με την επωνυμία ΟΛΥΜΠΟΣ σε απόσταση 4 χλμ. από την πόλη του Βόλου, ενώ η ετήσια παραγωγή του ήταν 15000 τόνοι. Το 1929 συγχωνεύεται με την εταιρεία ΑΓΕΤ-Ηρακλής. Το 1952 εγκαθίσταται στο εργοστάσιο η δεύτερη περιστροφική κάμινο και αυξάνεται η ετήσια παραγωγική δυνατότητα του εργοστασίου. Το 1971 το εργοστάσιο αποκτά νέα ολοκληρωμένη γραμμή παραγωγής και η παραγωγική του δυνατότητα ανέρχεται σε 2 εκατομμύρια τόνους ετησίως. Το 1976 το εργοστάσιο διπλασιάζει τη δυναμικότητά του, καθώς εγκαθιστά νέα γραμμή παραγωγής, την περιστροφική κάμινο 1[7]. Το 1994 αναβαθμίζεται η παραγωγική δυναμικότητα της γραμμής 1 από 4200 τόνους ανά ημέρα σε 5200 τόνους ανά ημέρα (προσθήκη ασβεστοποιητή). Το 1996 αναβαθμίζεται η γραμμή ΠΚ5 (προσθήκη προασβεστοποιητή) από 1800 τόνους ανά ημέρα σε 3500 τόνους ανά ημέρα και η γραμμή ΠΚ3 σταματά οριστικά (ενεργοβόρος γραμμή παραγωγής παλαιάς τεχνολογίας). Το 2008 εγκαινιάζονται τα πρώτα έργα του προγράμματος αναβάθμισης του εργοστασίου στα πλαίσια του διαστήματος 2007-15, όπως η λειτουργία υβριδικού φίλτρου στη μονάδα παραγωγής ΠΚ1, καθώς και η χρήση φυσικού αερίου στην προθέρμανση των μονάδων. Τα τελευταία 5 χρόνια έχουν πραγματοποιηθεί επενδύσεις στην τοπική μονάδα παραγωγής ύψους 33,4 εκατομμυρίων ευρώ. Το εργοστάσιο στο Βόλο περιλαμβάνει 4 μονάδες παραγωγής κλίνκερ (Περιστροφικές Καμίνους νούμερο 1, 2, 4 και 5) συνολικής παραγωγικής

ικανότητας της τάξης των 10500 tn/d. Σήμερα βρίσκεται σε λειτουργία μόνο η περιστροφική κάμινος Νο 1 και η ημερήσια παραγωγή έχει μειωθεί στους 5000 tn/d. Παράλληλα το εργοστάσιο διαθέτει εγκαταστάσεις θραύσης, αποθήκευσης και άλεσης πρώτων υλών καθώς και εγκαταστάσεις άλεσης και παράδοσης τσιμέντου.



Εικόνα 2:Φωτογραφία του εργοστασίου

1.1.3) Η παραγωγική διαδικασία του τσιμέντου

Η παραγωγική διαδικασία του τσιμέντου διαιρείται σε τρία στάδια. Αρχικά πραγματοποιείται η εξόρυξη και η προετοιμασία των πρώτων υλών. Οι πιο συνηθισμένες πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή τσιμέντου είναι ο ασβεστόλιθος (προσφέρει το ανθρακικό ασβέστιο), η άργιλος (προσφέρει κυρίως τα οξείδια του πυριτίου, αλουμίνιου και σιδήρου) και άλλα συμπληρωματικά υλικά όπως άμμος, ιπτάμενη τέφρα ή αποφρύγματα σιδηρίτη, τα οποία χρησιμοποιούνται, για να επιτευχθεί η επιθυμητή σύσταση του μείγματος πρώτων υλών. Οι πρώτες ύλες εξορύσσονται από τα ορυχεία ασβεστόλιθου και αργίλου, που διαθέτει το εργοστάσιο σε συγκεκριμένες ποσότητες και αναλογίες έπειτα από γεωλογικές και χημικές αναλύσεις. Στη συνέχεια συνθλίβονται και μεταφέρονται στο εργοστάσιο, όπου και αποθηκεύονται σε συγκεκριμένο χώρο.



Εικόνα 3: Χώρος πρώτων υλών εργοστασίου

Στο δεύτερο στάδιο, ακολουθεί η άλεση των πρώτων υλών. Τα υλικά αλέθονται σε μία πολύ λεπτή πούδρα με συνηθισμένο μέγεθος κόκκων μικρότερο από 90μm, τη φαρίνα, όπως αποκαλείται. Στη συνέχεια οι αλεσμένες πρώτες ύλες αποθηκεύονται σε σιλό, πριν τροφοδοτήσουν την κάμινο. Σε περίπτωση που απαιτείται η αλλαγή της σύστασης της φαρίνας χρησιμοποιούνται κατά την άλεση διορθωτικές πρώτες ύλες (πυριτικές, αργιλικές κλπ.), αυξάνοντας όμως το κόστος παραγωγής.

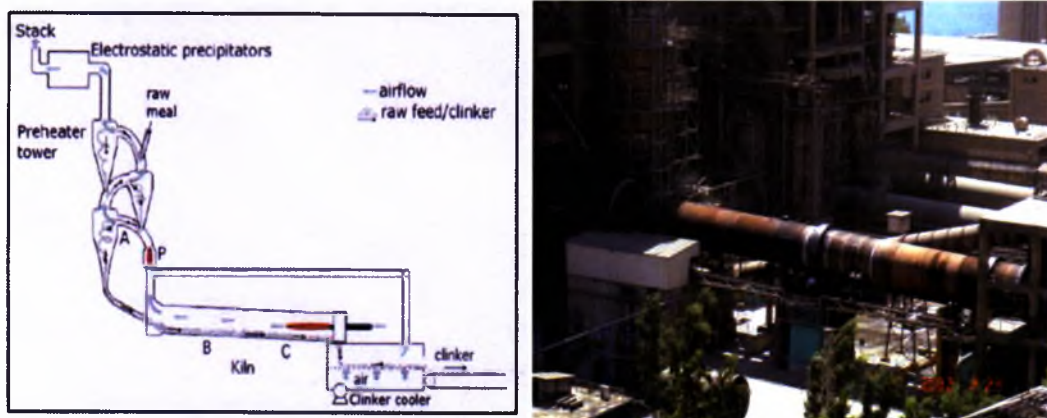


Εικόνα 4: Μύλος φαρίνας

Τα βασικά στάδια της παραγωγής κλίνκερ είναι:

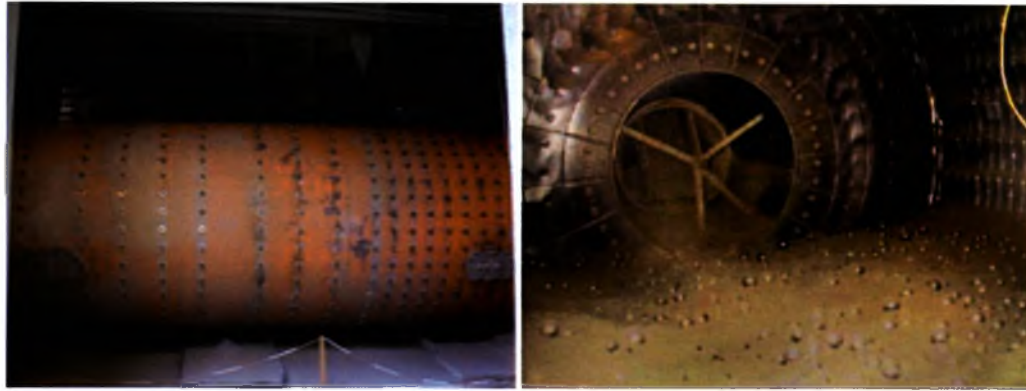
- Προθέρμανση μείγματος πρώτων υλών
- Έψηση πρώτων υλών στην περιστροφική κάμινο
- Ψύξη κλίνκερ

Αρχικά το μείγμα υλικών κατευθύνεται στον ανακομιστή όπου προθερμαίνεται στους 900°C[8]. Ο ανακομιστής είναι ένα εξαώροφο κτίριο, το οποίο περιλαμβάνει κυκλώνες μέσα από τους οποίους κυκλοφορούν τα θερμά καυσαέρια της καμίνου, τα οποία ανεβαίνουν προς τα πάνω, ενώ στον έκτο όροφο ο ανακομιστής τροφοδοτείται με φαρίνα, η οποία πέφτει προς τα κάτω. Έτσι, τα καυσαέρια έρχονται σε επαφή με την χαμηλότερης θερμοκρασίας φαρίνα και επιτυγχάνεται η σταδιακή θέρμανση και ασβεστοποίηση της φαρίνας. Στην έξοδο του φούρνου και συγκεκριμένα στην περιοχή της φλόγας του καυστήρα (ζώνη έψησης της καμίνου) το μείγμα θερμαίνεται επιπλέον σε θερμοκρασία μεγαλύτερη των 1450 °C όπου και σχηματίζεται και η τελική μορφή του κλίνκερ[16]. Η περιστροφική κάμιнос είναι τοποθετημένη με κλίση 3°, ώστε το μείγμα να ρέει ανεμπόδιτο από το ένα άκρο στο άλλο. Μετά την έξοδο της καμίνου υπάρχει το ψυγείο κλίνκερ όπου το προϊόν ψύχεται μέχρι τους 150°C περίπου. Το κλίνκερ μπορεί είτε να αποθηκευτεί σε αυτή τη μορφή σε σιλό είτε να υποστεί περαιτέρω διαδικασία.



Εικόνα 5: Σχεδιάγραμμα διαδικασίας έψησης πρώτων υλών και εικόνα της περιστροφικής καμίνου

Το τελευταίο στάδιο της διαδικασίας είναι η άλεση τσιμέντου. Το κλίνκερ αλέθεται στους μύλους τσιμέντου μαζί με γύψο, ώστε να προκύψει τσιμέντο[15]. Οι μύλοι τσιμέντου είναι κυλινδρικής μορφής και συνήθως το εσωτερικό τους χωρίζεται σε δυο ή τρία μέρη. Η άλεση του κλίνκερ πραγματοποιείται με τη χρήση ασάλινων σφαιρών με διάμετρο από 20 έως 90mm ανάλογα με το επιθυμητό μέγεθος κόκκων που πρέπει να επιτευχθεί. Σε αυτό το στάδιο μπορούν να προστεθούν μαζί με το γύψο διάφορα άλλα υλικά, που λέγονται πρόσθετα. Χρησιμοποιώντας τα πρόσθετα σε διαφορετικές αναλογίες έχουμε συγκεκριμένους τύπους τσιμέντου.

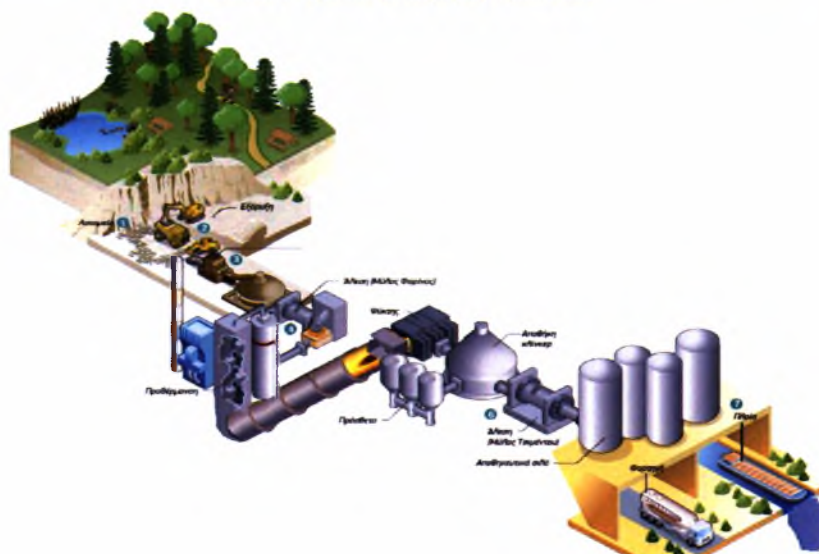


Εικόνα 6: Μύλος τσιμέντου-διακρίνονται τα ασάλινα σφαιρίδια που χρησιμοποιούνται για την άλεση του κλίνκερ

Τέλος, όλοι οι τύποι τσιμέντου αποθηκεύονται σε σιλό, μέχρι να αποσταλούν χύδην ή σακευμένα στους πελάτες είτε με φορτηγά είτε κατά κύριο λόγο με πλοία.



Εικόνα 7: Τρόποι μεταφοράς προϊόντων



Εικόνα 8: Σχηματική απεικόνιση της παραγωγικής διαδικασίας τσιμέντου[7]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Βιβλιογραφική ανασκόπηση

2.1) Ανοικτά-κλειστά κυκλώματα ψύξης νερού

Τα συστήματα ψύξης νερού κατατάσσονται σε δύο είδη : Στο κλειστό κύκλωμα ανακυκλοφορίας ή σύστημα κλειστού κυκλώματος (closed - loop) και στο σύστημα ανοικτού κυκλώματος, το οποίο με τη σειρά του χωρίζεται σε δύο υποκατηγορίες: απλής διαδρομής ή μοναδικής διέλευσης (once - through) και ανοικτό κύκλωμα ανακυκλοφορίας(open - loop). Θεωρητικά, τα πραγματικά κλειστά κυκλώματα ούτε χάνουν ούτε δέχονται επιπλέον νερό κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους. Απεναντίας, στα ανοικτά συστήματα θα πρέπει να προστίθεται νερό (συνεχώς ή σε «παρτίδες»), για να αναπληρώσει τις απώλειες.

2.1.1) Ανοικτά κυκλώματα ψύξης (Μοναδικής διέλευσης)

Τα συστήματα ψύξης νερού ανοικτού κυκλώματος μοναδικής διέλευσης (once - through) χρησιμοποιούνται για την ψύξη διεργασιών ή υλικού και κατόπιν το νερό αυτό αποβάλλεται ως άχρηστο. Τα χαρακτηριστικά του συστήματος είναι ότι χρησιμοποιεί μεγάλες ποσότητες νερού και ότι το νερό υφίσταται μικρή αύξηση της θερμοκρασίας. Γενικά, η συγκεκριμένη μορφή ψύξης εφαρμόζεται, όταν το μέσο ψύξης είναι διαθέσιμο οποτεδήποτε σε μεγάλες ποσότητες και με μικρό κόστος. Κοινές πηγές είναι τυχόν λίμνες, ποτάμια και ο υδροφόρος ορίζοντας, όπου το μόνο υπαρκτό κόστος είναι αυτό της άντλησης. Ωστόσο, είναι απαραίτητη η έγκριση περιβαλλοντικής άδειας για την απόθεση του ψυκτικού μέσου για την εκάστοτε βιομηχανία. Το προαναφερθέν είδος ψύξης χρησιμοποιείται κατά κόρον σε χαλυβουργίες και χαρτοβιομηχανίες. Η διάβρωση, η τυχόν αστοχία υλικού, καθώς και οι βιολογικές επικαθίσεις είναι τα κυριότερα πρακτικά προβλήματα της μεθόδου.

2.1.2) Ανοικτά κυκλώματα ψύξης (Ανακυκλοφορίας)

Το σύστημα ψύξης νερού ανοικτού τύπου ανακυκλοφορίας χρησιμοποιείται για την ψύξη βιομηχανικών μηχανημάτων. Το ψυκτικό μέσο λόγω του ότι είναι σε επαφή με το περιβάλλον υφίσταται μεγάλη μείωση και επακόλουθο αυτού είναι η αναπλήρωση του ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Όπως και στο παραπάνω σύστημα, έτσι και εδώ απαιτείται η έγκριση περιβαλλοντικής άδειας για την εναπόθεση του χρησιμοποιούμενου νερού. Η ψύξη του νερού μέσω εξάτμισης δεν είναι αναγκαία, καθώς η μεγάλη ποσότητα αναπληρούμενου νερού που εισέρχεται στο σύστημα είναι ικανή να το ψύξει.

2.1.3) Κλειστά κυκλώματα ψύξης

Το σύστημα ψύξης κλειστού κυκλώματος είναι διάταξη επανακυκλοφορούμενου νερού που έχει ελάχιστες απώλειες . Συγκεκριμένα, οι ημερήσιες απώλειες σε νερό κυμαίνονται από 0,5% μέχρι 5% του ολικού όγκου του συστήματος σε ψυκτικό μέσο. Η αύξηση της θερμοκρασίας κυμαίνεται, στις περισσότερες περιπτώσεις, από

6 μέχρι 10°C και η ψύξη του νερού, ώστε να διατηρηθεί στα επιθυμητά επίπεδα, γίνεται με διάφορες τεχνικές (εναλλάκτες θερμότητας, πύργοι ψύξης κλπ). Νέα παροχή νερού χρειάζεται μόνο για την αναπλήρωση των απωλειών που δεν μπορούν να ελεγχθούν. Τα κλειστά συστήματα προσφέρουν το πλεονέκτημα του ακριβούς ελέγχου της θερμοκρασίας, πράγμα πολύτιμο για μια πληθώρα εφαρμογών, καθώς και χαμηλό κόστος συντήρησης. Τα συστήματα αυτού του είδους μπορούν να είναι αξιόπιστα σε συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας είτε σε συνθήκες χαμηλής υπό το μηδέν θερμοκρασίας, χρησιμοποιώντας σαν ψυκτικά μέσα ουσίες, όπως η αιθυλενογλυκόλη και η αιθυλική αλκοόλη. Τα μειονεκτήματα του συστήματος είναι η χρήση δευτερευόντων συστημάτων ψύξης και εναλλακτών θερμότητας για τον έλεγχο του κλειστού συστήματος, που έχει ως αποτέλεσμα υψηλότερο αρχικό και λειτουργικό κόστος στη σχεδίασή του.

2.2) Πύργοι ψύξης

Μέχρι και πριν από 30 χρόνια, οι πύργοι ψύξης αποτελούσαν την εξαίρεση παρά τον κανόνα στη βιομηχανία, κυρίως λόγω του υψηλού κόστους για την κατασκευή και τη λειτουργία τους. Σήμερα όμως, λόγω των αυξημένων αναγκών για εξοικονόμηση του νερού καθώς και της “πράσινης πολιτικής” των εταιρειών, η βιομηχανία στρέφεται ολοένα και περισσότερο στην ανακύκλωση του νερού. Πρακτικά ο πύργος ψύξης είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας: μεταφέρει θερμότητα από το ανακυκλοφορούμενο νερό προς τον αέρα της ατμόσφαιρας. Η ποσότητα της θερμότητας που απάγεται εξαρτάται από την αύξηση της θερμοκρασίας του ατμοσφαιρικού αέρα που εγκαταλείπει τον πύργο. Η χρησιμότητα των πύργων ψύξης ανάγεται στα εξής : σε περίπτωση απουσίας τους, το νερό του κυκλώματος ψύξης θα βρισκόταν σε υψηλή θερμοκρασία και κατά συνέπεια θα παρατηρούσαν αυξημένη θερμοκρασία στα κυκλώματα λαδιού και στις υπόλοιπες διεργασίες.

Για να γίνει κατανοητή η λειτουργία των πύργων ψύξης, πρέπει αρχικά να ορίσουμε δυο μεγέθη, τη θερμοκρασία ξηρού βολβού (dry-bulb temperature), δηλαδή τη θερμοκρασία περιβάλλοντος του αέρα και τη θερμοκρασία υγρού θερμομέτρου (wet-bulb temperature), δηλαδή την ελάχιστη δυνατή θερμοκρασία που μπορεί να ψυχθεί το νερό λόγω αδιαβατικής ψύξης με ύγρανση και εξάτμιση, η οποία βέβαια σχετίζεται με το περιεχόμενο σε υγρασία του αέρα. Η βασική αρχή λειτουργίας των πύργων ψύξης είναι η μεταφορά θερμότητας από ένα σταγονίδιο νερού στον περιβάλλοντα αέρα τόσο με διαδικασίες αισθητής όσο και λανθάνουσας μεταφοράς θερμότητας. Η μεταφορά θερμότητας μπορεί να περιγραφεί γενικά με την εξίσωση Merkel[9]:

$$KaV/L = \int_{T_2}^{T_1} dT / (hw - ha)$$

όπου ο όρος KaV/L αντιπροσωπεύει τα χαρακτηριστικά του πύργου ψύξης,

- K: ο συντελεστής μεταφοράς μάζας (Kg water/[s*m²])
- a: επιφάνεια επαφής/όγκος πύργου (1/m)
- V: ενεργός όγκος ψύξης (m)
- L: παροχή μάζας νερού (Kg/[s*m²])
- T₁: θερμοκρασία εισαγωγής νερού (ζεστό) (°C)
- T₂: θερμοκρασία εξόδου νερού (κρύο) (°C)
- T: θερμοκρασία όγκου του νερού (°C)
- h_w: ενθαλπία μείγματος αέρα-νερού στην θερμοκρασία του όγκου του νερού (J/Kg of dry air)
- h_a: ενθαλπία μείγματος αέρα-νερού στη θερμοκρασία υγρού βολβού (J/Kg of dry air)

Το ποσό θερμότητας που αποβάλλεται από το νερό πρέπει να είναι ίσο με αυτό της θερμότητας που απορροφάται από τον περιβάλλοντα αέρα, όπως φαίνεται και στην παρακάτω εξίσωση:

$$\frac{L}{G} = (h_2 - h_1)/(T_1 - T_2)$$

όπου

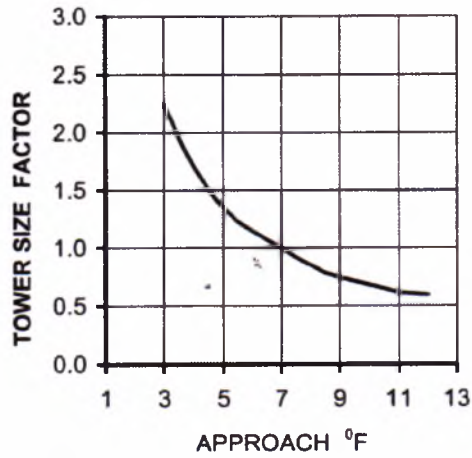
- L/G: ο λόγος παροχής μάζας νερού προς αέρα (Kg of water/Kg of air)
- h₁: ενθαλπία μείγματος αέρα-νερού σε θερμοκρασία υγρού θερμομέτρου στην είσοδο (J/Kg of dry air)
- h₂: ενθαλπία μείγματος αέρα-νερού σε θερμοκρασία υγρού θερμομέτρου στην έξοδο (J/Kg of dry air)

Η διαδικασία ψύξης στον πύργο ακολουθεί την εξής διαδικασία. Ο αέρας του περιβάλλοντος σε μια δεδομένη κατάσταση θερμοκρασίας και υγρασιακού περιεχομένου εισέρχεται στον πύργο ψύξης και αρχίζει να απορροφά υγρασία σε μία προσπάθεια να έλθει σε ισορροπία με το νερό. Αρχικά η ενθαλπία του αέρα αυξάνεται, ενώ το νερό μειώνει την θερμοκρασία του. Παράλληλα, η απόλυτη υγρασία του αέρα αυξάνεται πράγμα το οποίο αντιπροσωπεύει την ποσότητα του νερού που εξατμίστηκε. Η ποσότητα θερμότητας, που μεταφέρθηκε και αντιστοιχεί στην ενθαλπία εξάτμισης, αντιπροσωπεύει το 90% της συνολικής θερμότητας που μεταφέρθηκε σε όλη τη διάρκεια της διαδικασίας. Με τον τρόπο αυτόν εξασφαλίζεται η πτώση της θερμοκρασίας του νερού κατά ένα σημαντικό βαθμό, ενώ η θερμοκρασία του αέρα δεν αυξάνεται παρά ελάχιστα. Η διαδικασία αυτή συνεχίζεται μέχρι ο αέρας να βγει από τον πύργο ψύξης.

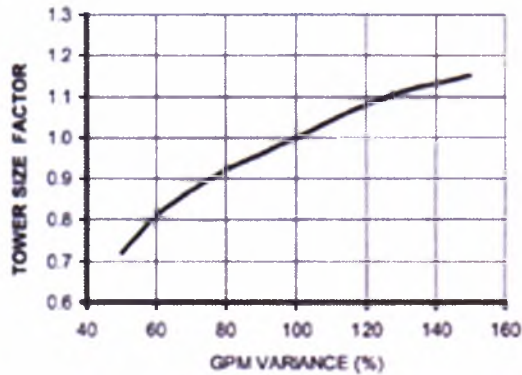
Οι παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση ενός πύργου ψύξης είναι:

1. Η θερμοκρασία υγρού θερμομέτρου του αέρα κατά την είσοδό του στον πύργο
2. Η ογκομετρική παροχή του νερού προς ψύξη
3. Η διαφορά στην θερμοκρασία του νερού που εισέρχεται στον πύργο και στην θερμοκρασία υγρού θερμομέτρου του αέρα που εισέρχεται στον πύργο

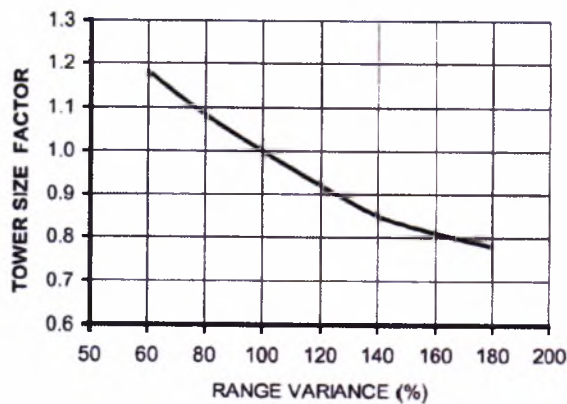
Σε περίπτωση που αλλάξει κάποιος από τους παραπάνω παράγοντες, τότε συνήθως μεταβάλλεται και το μέγεθος του πύργου (θερμικό φορτίο που μπορεί να διαχειριστεί). Ακολουθούν κάποια διαγράμματα, που εμφανίζουν την τάση μεταβολής του μεγέθους του πύργου σε συνάρτηση με τους παραπάνω παράγοντες.



Εικόνα 9: Μεταβολή στο μέγεθος του πύργου συναρτήσει της θερμοκρασιακής διαφοράς μεταξύ του νερού και του αέρα εισόδου[9]



Εικόνα 10: Μεταβολή στο μέγεθος του πύργου συναρτήσει της ογκομετρικής παροχής του νερού προς ψύξη[9]



Εικόνα 11: Μεταβολή στο μέγεθος του πύργου συναρτήσει της επιθυμητής διαφοράς της θερμοκρασίας του νερού ανάμεσα στην είσοδο και στην έξοδο του από τον πύργο ψύξης[9]

2.2.1) Πύργοι ψύξης ανοικτού τύπου

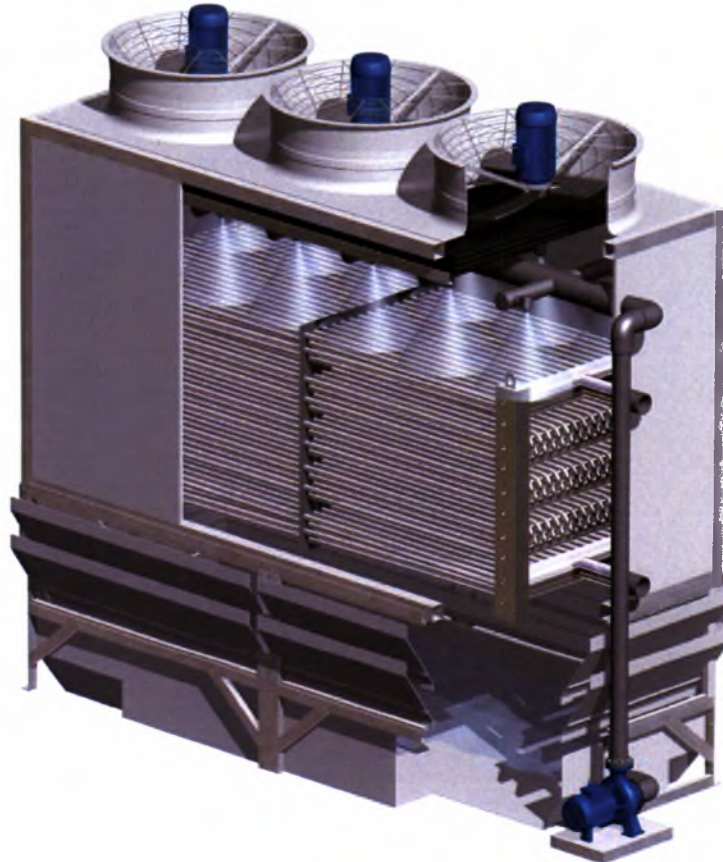
Οι πύργοι ψύξης που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία επιτυγχάνουν την ανακύκλωση του νερού που χρησιμοποιείται για βιομηχανική ψύξη σε διάφορες θέσεις μιας μονάδας. Τα θερμά ρεύματα νερού από την έξοδο των μηχανημάτων συλλέγονται και οδηγούνται στην κορυφή του πύργου, όπου καταιονίζονται, για να έρθουν σε άμεση επαφή με τον αέρα του περιβάλλοντος που κινείται σε αντιστροφή. Στο ενδιάμεσο κενό που υπάρχει τοποθετείται πληρωτικό υλικό από κάποιο συνθετικό υλικό, το οποίο μεγιστοποιεί την επιφάνεια επαφής μεταξύ της ροής του νερού και του αέρα, ώστε να διευκολύνεται η εξάτμιση και η μεταφορά θερμότητας. Η συμβολή του πληρωτικού υλικού στην αύξηση της απόδοσης των πύργων ψύξης αναγνωρίστηκε από πολύ νωρίς, καθώς παρατηρήθηκε ότι διαχωρίζοντας τη ροή του νερού σε σταγονίδια αυξάνεται η επιφάνεια επαφής ανάμεσα στο νερό και τον αέρα, καθώς αυξάνεται η επιφάνεια του νερού που εκτίθεται στον αέρα. Η κίνηση του αέρα μπορεί να προκαλείται με τη λειτουργία ανεμιστήρων –τοποθετημένων στην κορυφή ή τα πλευρικά τοιχώματα του πύργου- ή να προέρχεται από φυσική ανακυκλοφορία που ενισχύεται από τη γεωμετρία των τοιχωμάτων.



Εικόνα 12: Σχεδιάγραμμα ανοικτού τύπου πύργου ψύξης – διακρίνεται το μαύρου χρώματος πληρωτικό υλικό στο μέσο του πύργου[10]

2.2.2) Πύργοι ψύξης κλειστού τύπου

Οι κλειστού τύπου πύργοι ψύξης χρησιμοποιούνται σαν εναλλακτική λύση αντί για ανοικτού τύπου πύργους, όταν πρέπει να διατηρηθούν τα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά του ψυκτικού υγρού αναλλοίωτα με την πάροδο του χρόνου και απρόσβλητα από εξωτερικά στοιχεία του περιβάλλοντος. Διαφέρουν ως προς τους ανοικτού τύπου πύργους ψύξης στο κομμάτι που γίνεται η ψύξη του νερού, καθώς στους κλειστούς πύργους ψύξης το νερό που είναι προς ψύξη δεν έρχεται σε απευθείας επαφή με τον αέρα του περιβάλλοντος, επειδή κυκλοφορεί σε ένα κύκλωμα σωληνώσεων που βρίσκεται στο εσωτερικό του πύργου ψύξης. Η ψύξη του νερού επιτυγχάνεται με το διαρκή ψεκασμό μιας ποσότητας νερού πάνω στο εσωτερικό σύστημα σωλήνων. Έτσι, χάρη στα συνδυαζόμενα φαινόμενα της εξάτμισης μιας μικρής ποσότητας του ψεκαζόμενου νερού και της εξαναγκασμένης συναγωγής με τυρβώδη ροή στο εξωτερικό και στο εσωτερικό των σωλήνων, επιτυγχάνεται η ψύξη του νερού.



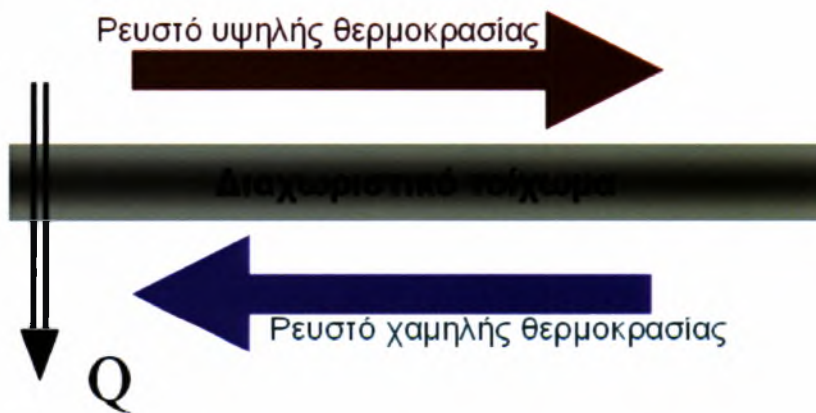
Εικόνα 13: Σχεδιάγραμμα κλειστού τύπου πύργου ψύξης –διακρίνεται το εσωτερικό κύκλωμα σωληνώσεων όπου κυκλοφορεί το νερό προς ψύξη[11]

2.3) Εναλλάκτες θερμότητας

Ως εναλλάκτης θερμότητας ορίζεται μια συσκευή που διευκολύνει τη μετάδοση του θερμικού φορτίου από ένα ρευστό σε ένα άλλο και συναντάται σε συστήματα θέρμανσης, ψύξης και κλιματισμού, σε κύκλους παραγωγής ισχύος, σε συσκευές ανάκτησης θερμότητας, σε χημικές διεργασίες και αλλού.

Το πολύ αυξημένο ενδιαφέρον για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο τις τελευταίες δεκαετίες του 20ου αιώνα σε συνδυασμό με τα οικονομικά κίνητρα που έδωσαν οι περισσότερες κεντρικές κυβερνήσεις σε όλο το κόσμο οδήγησε τις παραγωγικές εταιρείες, ανεξαρτήτως μεγέθους, να αναπτύξουν τεχνολογίες αποτελεσματικότερης αξιοποίησης της ενέργειας.

Στους πιο απλούς εναλλάκτες το θερμό και το ψυχρό ρευστό αναμειγνύονται απευθείας[2]. Πιο συνηθισμένοι ωστόσο είναι οι εναλλάκτες στους οποίους τα δυο ρευστά δεν έρχονται σε επαφή εξαιτίας της ύπαρξης κάποιου παρεμβαλλόμενου τοιχώματος (Εικόνα 14). Αυτός ο τύπος εναλλάκτη μπορεί να φέρει είτε ένα απλό επίπεδο τοίχωμα, ώστε να επιτυγχάνεται η απομόνωση των δύο ρευστών, είτε πιο πολύπλοκες γεωμετρίες με πολλαπλές διαδρομές, όπως πτερύγια (fins) και ανακλαστήρες (baffles). Σε αυτήν την περίπτωση, για την περιγραφή της μεταφοράς ενέργειας χρησιμοποιούνται οι αρχές μετάδοσης της θερμότητας με αγωγή, συναγωγή και, σπανιότερα, με ακτινοβολία. Πολλοί παράγοντες υπεισέρχονται στο σχεδιασμό των εναλλακτών, όπως η θερμική ανάλυση, το μέγεθος, το βάρος, η κατασκευαστική αντοχή, η πτώση πίεσης και το κόστος.

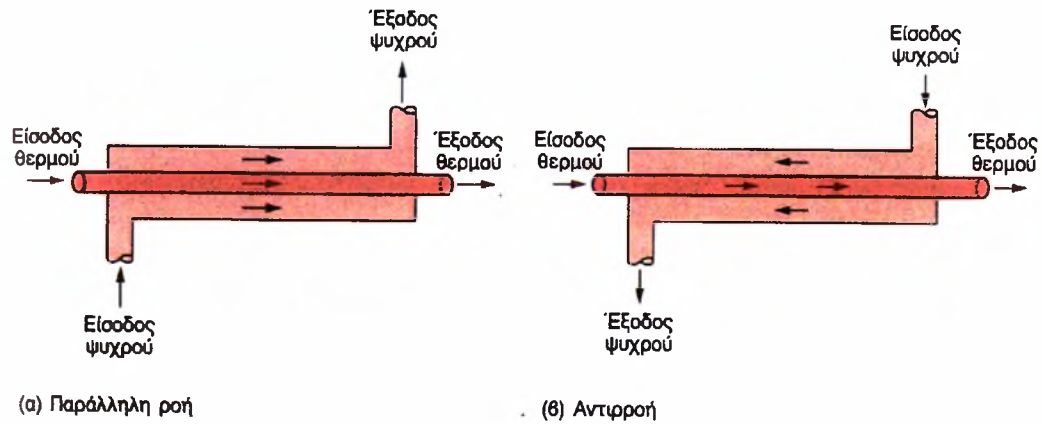


Εικόνα 14: Συνηθισμένος εναλλάκτης θερμότητας με διαχωριστικό τοίχωμα[3]

2.3.1) Είδη εναλλακτών θερμότητας

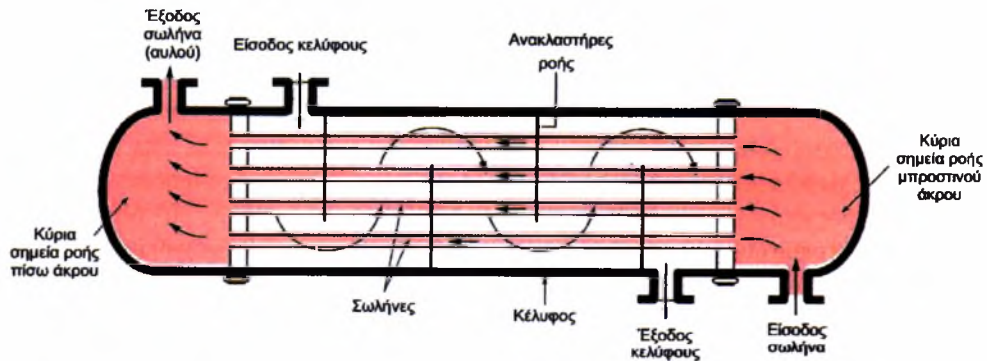
Τα είδη των εναλλακτών θερμότητας χωρίζονται σε τρεις βασικές κατηγορίες[2]:

- 1) Απλοί εναλλάκτες θερμότητας παράλληλης ροής (parallel-flow heat exchangers) ή κατά αντιροπή (counter-flow heat exchangers).



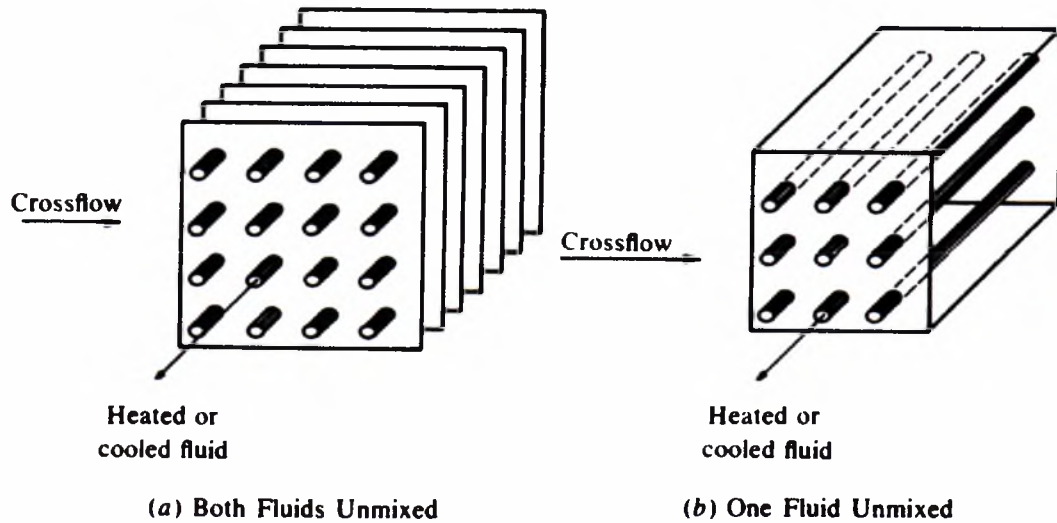
Εικόνα 15: Απλοί εναλλάκτες θερμότητας (α) παράλληλη ροή (β) αντιροπή[3]

- 2) Εναλλάκτες θερμότητας αυλών-κελύφους ή δέσμης σωλήνων με διαφράγματα (shell and tube heat exchangers).



Εικόνα 16: Εναλλάκτης θερμότητας αυλών-κελύφους[3]

- 3) Εναλλάκτες θερμότητας εγκάρσιας ροής ή σταυρωτής ροής (cross-flow heat exchangers).

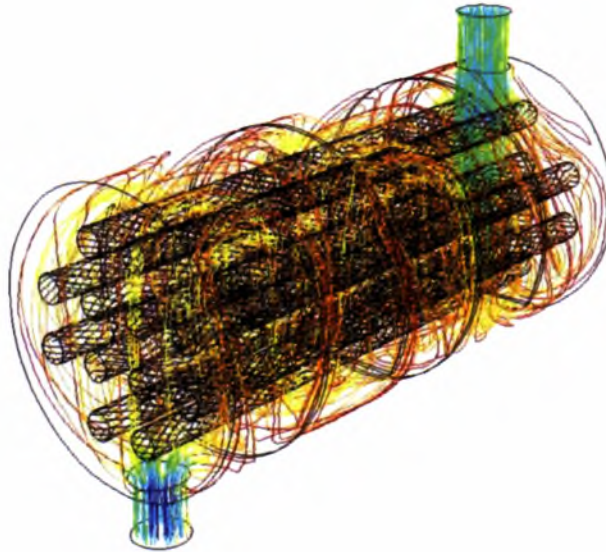


Εικόνα 17: Εναλλάκτης θερμότητας εγκάρσιας ροής (α) με πτερύγια και χωρίς ανάμειξη (β) χωρίς πτερύγια και ανάμειξη του ρευστού εκτός σωλήνα[2].

Στην παρούσα εργασία θα γίνει αναφορά στους εναλλάκτες θερμότητας αυλών-κελύφους, καθώς αυτοί εξυπηρετούν τις ανάγκες μιας τσιμεντοβιομηχανίας.

2.3.2) Εναλλάκτες θερμότητας αυλών-κελύφους

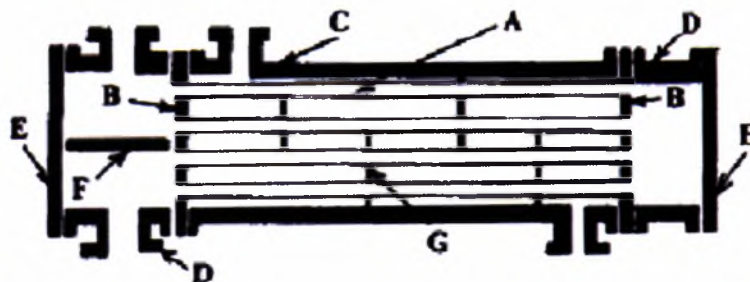
Οι εναλλάκτες θερμότητας αυλών-κελύφους (shell and tubes exchangers), σε διάφορες τροποποιήσεις τους, είναι ίσως η πιο διαδεδομένη διάταξη εναλλακτών θερμότητας στις βιομηχανίες διαδικασιών. Η εν λόγω μορφή παρέχει ένα συγκριτικά μεγάλο δείκτη επιφάνειας μεταφερόμενης θερμότητας προς τον όγκο και το βάρος. Η επιφάνεια αυτή είναι σε μια μορφή, η οποία είναι σχετικά εύκολο να κατασκευαστεί σε ένα ευρύ φάσμα μεγεθών, τα οποία είναι αρκετά ανθεκτικά, ώστε να αντέχουν στις συνήθεις καταπονήσεις κατασκευής. Υπάρχουν πολλές τροποποιήσεις της βασικής διαμόρφωσης, για προσαρμογή σε ειδικές περιπτώσεις. Επιπλέον, οι εναλλάκτες θερμότητας αυτής της κατηγορίας καθαρίζονται και επισκευάζονται σχετικά εύκολα.



Εικόνα 18: Εναλλάκτης θερμότητας αυλών-κελύφους[12]

Τα κύρια εξαρτήματα αυτής της κατηγορίας είναι (βλ. και σχήματα που ακολουθούν)[13]:

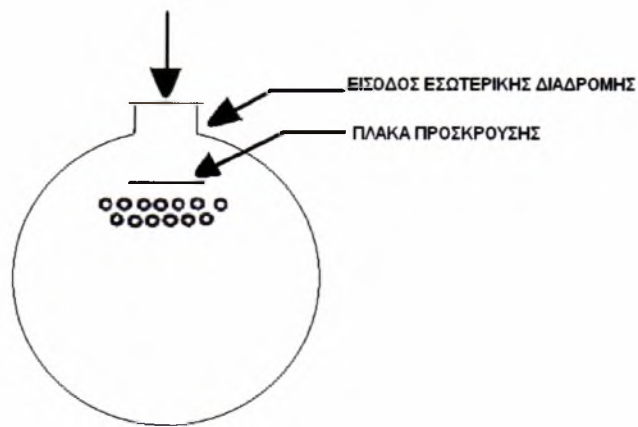
- i. Σωλήνες (Tubes)
- ii. Διάτρητες πλάκες σωλήνων (Tubes sheets)
- iii. Είσοδος-έξοδος εξωτερικής διαδρομής (Shell and shell-side nozzles)
- iv. Είσοδος-έξοδος εσωτερικής διαδρομής (Tube and tube-side nozzles)
- v. Καλύμματα (Channel covers)
- vi. Διαχωριστής ροής (Pass divider)
- vii. Ανακλαστήρες ροής (Baffles)



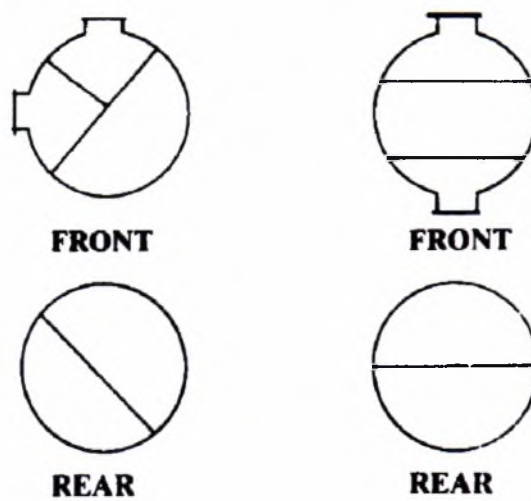
Εικόνα 19: Διάγραμμα από τυπικό εναλλάκτη αυλών-κελύφους. Εξαρτήματα: A. Σωλήνες (Tubes), B. Διάτρητες πλάκες σωλήνων (Tubes sheets), C. Είσοδος-έξοδος εξωτερικής διαδρομής (Shell and shell-side nozzles), D. Είσοδος-έξοδος εσωτερικής διαδρομής (Tube and tube-side nozzles), E. Καλύμματα (Channel covers), F. Διαχωριστής ροής (Pass divider), G. Ανακλαστήρες ροής (Baffles)[13]



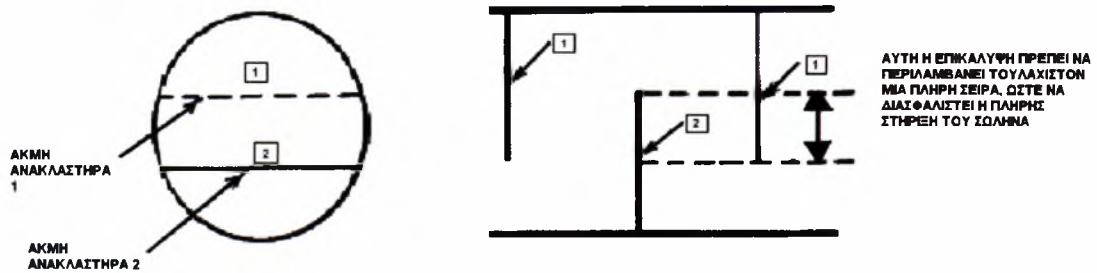
Εικόνα 20: Σχηματικό διάγραμμα από διπλή διάτρητη πλάκα σωλήνα[13]



Εικόνα 21: Σχηματικό διάγραμμα της τοποθέτησης μιας πλάκας πρόσκρουσης κάτω από το ακροφύσιο εισόδου[13]



Εικόνα 22: Εναλλακτικές διατάξεις διαχωριστών ροής τεσσάρων διαδρομών[13]



Εικόνα 23: Σχεδιάγραμμα τυπικής διάταξης ανακλαστήρων ροής[13]

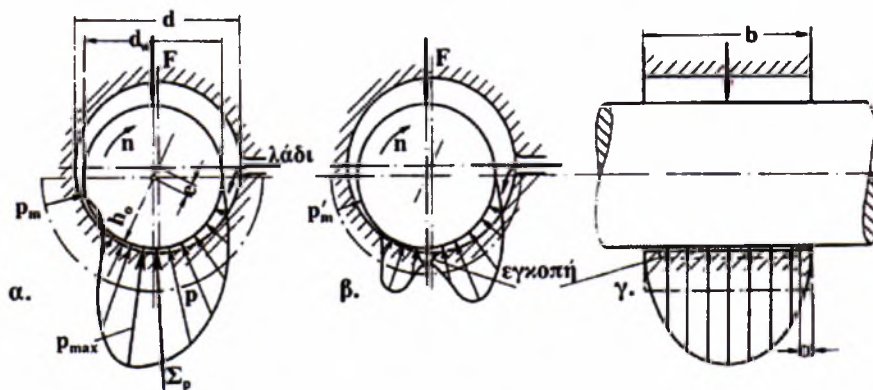
2.4) Υδροδυναμική θεωρία λίπανσης

Τα περισσότερα έδρανα που απαντώνται στις σύγχρονες εφαρμογές δουλεύουν με βάση την υδροδυναμική θεωρία της λίπανσης, σύμφωνα με την οποία δημιουργείται από μόνη της μια λιπαντική μεμβράνη ικανή να σηκώσει ένα μεγάλο φορτίο με χαμηλούς συντελεστές τριβής κατά την περιστροφή. Αυτό το φυσικό φαινόμενο του υδροδυναμικού σφήνα ανακαλύφθηκε το 1883 από τον Tower εργαστηριακά[3]. Ο Άγγλος Φυσικός Reynolds βασιζόμενος σε αυτή την εργαστηριακή ανακάλυψη βρήκε ότι το θλιπτικό πεδίο μέσα στο έδρανο δημιουργείται από τις διατμητικές τάσεις που υπάρχουν στα λιπαντικά, όταν τα τελευταία με την περιστροφή του άξονα (ή της ατράκτου) συμπιεστούν μέσα στο συγκλίνον διάκενο μεταξύ άξονα και φωλέως του εδράνου.

Μία άσφογη λίπανση είναι η σπουδαιότερη προϋπόθεση για την ασφαλή λειτουργία των εδράνων. Για την επίτευξη αυτής της ιδεατής κατάστασης γνωστής ως «υγρά τριβή», σύμφωνα με την υδροδυναμική θεωρία της λίπανσης, πρέπει να πληρούνται οι ακόλουθες συνθήκες:

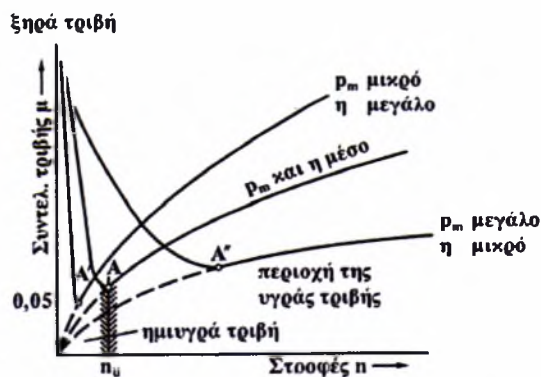
- Κατά τη διεύθυνση της κίνησης πρέπει να υπάρχει ένα διάκενο, το οποίο να στενεύει διαρκώς
- Οι επιφάνειες πρέπει να κινούνται σχετικά η μία ως προς την άλλη
- Το λιπαντικό πρέπει να εμφανίζει πρόσφυση πάνω στις επιφάνειες ολίσθησης

Το σφηνοειδές στρώμα λιπαντικού σε ένα ακτινικό έδρανο ολίσθησης προέρχεται από την εκκεντρότητα του στροφέα (άξονα) μέσα στην οπή (φωλέα) του εδράνου, λόγω της χάρης του εδράνου.



Εικόνα 24: Κατανομή της πίεσης του λαδιού σε ένα ακτινικό έδρανο ολίσθησης. α. ανεμπόδιστη κατανομή της πίεσης, β. κατανομή πίεσης που εμποδίζεται από μία εγκοπή, γ. πλάγια όψη[3]

Τη στιγμή της εκκίνησης του εδράνου δεν υπάρχει ακόμη λιπαντικό ανάμεσα στις επιφάνειες ολίσθησης και επικρατεί η λεγόμενη «ξηρά τριβή» (μεγάλος συντελεστής τριβής στην εκκίνηση, $f > 0.14$). Ο τροφέας που έχει αρχίσει να περιστρέφεται ανεβαίνει σύμφωνα με την δεξιόστροφη διεύθυνση περιστροφής στο αριστερό μέρος της οπής. Το λιπαντικό παρασύρεται από το τροφέα και η ξηρά τριβή μεταβάλλεται σε «ημιυγρά τριβή». Στις συνθήκες αυτές το λιπαντικό αρχίζει να παρεμβάλλεται και να διαχωρίζει τις επιφάνειες τριβής, ενώ ο συντελεστής τριβής μειώνεται ($f < 0.1$). Όσο αυξάνονται οι στροφές, το σφηνοειδές στρώμα λιπαντικού που σχηματίζεται αμέσως μετά τη θέση εισόδου του λαδιού ωθεί όλο και περισσότερο το τροφέα προς τα επάνω και αριστερά της φωλέας. Τέλος σε ένα ορισμένο αριθμό στροφών, το μεταβατικό αριθμό στροφών N_u , ο τροφέας ανασηκώνεται τελείως και ένα συνεχές φιλμ λαδιού παρεμβάλλεται ανάμεσα στο τροφέα και την οπή. Επικρατεί τότε η λεγόμενη «υγρά τριβή» με τη μικρότερη τριβή ($f < 0.01$) και τις πιο ευνοϊκές συνθήκες ολίσθησης στα έδρανα. Το φιλμ του λαδιού είναι συνήθως 10 μm στα μικρά έδρανα και 20-30 μm στα μεγάλα.



Εικόνα 25: Συντελεστής τριβής μ συναρτήσει των στροφών n για σταθερή μέση πίεση P_m και δυναμικό ιξώδες [3]

2.4.1) Χαρακτηριστικές ιδιότητες του λιπαντικού

Το λιπαντικό στα έδρανα ολίσθησης διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο, δεδομένου ότι μέσω αυτού γίνεται η μετάδοση της δύναμης και η κινηματική συνύπαρξη των επιφανειών του άξονα και του εδράνου. Συγκεκριμένα, προσδιορίζει την ικανότητα φόρτισης του εδράνου, τις απώλειες των τριβών και κατ' επέκταση το βαθμό απόδοσης, όπως επίσης τη φθορά και την ψύξη του εδράνου. Τα λιπαντικά αναπτύσσουν υψηλές πιέσεις της τάξης των 100 N/mm², οπότε μπορούν να φέρουν υψηλά φορτία[3].

Στην περίπτωση της υδροδυναμικής λίπανσης στο εσωτερικό του λιπαντικού στρώματος αναπτύσσονται διατμητικές δυνάμεις, το μέγεθος των οποίων έχει προσδιορίσει ο Newton με τη σχέση:

$$\tau = \mu \left(\frac{du}{dy} \right)$$

Όπου:

μ : το ιξώδες του ρευστού λιπαντικού (fluid viscosity)

$\left(\frac{du}{dy} \right)$: η μεταβολή (κλίση) της ταχύτητας κατά μήκος του λιπαντικού

Επειδή μέσα στη λιπαντική μεμβράνη δημιουργείται θλιπτικό πεδίο, το οποίο περιγράφεται από τους νόμους της υδροδυναμικής και της θερμοδυναμικής, η κίνηση του λιπαντικού μέσα σε ένα σφηνοειδές διάκενο μπορεί να θεωρηθεί ως ροή ενός συνεκτικού ρευστού με ιξώδες μ που περιγράφεται με τις Εξισώσεις Navier-Stokes. Οι εξισώσεις αυτές χαρακτηρίζουν την ισορροπία των δυνάμεων από το θλιπτικό πεδίο και των δυνάμεων τριβής.

$$\frac{\partial p}{\partial x} = \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right)$$

$$\frac{\partial p}{\partial y} = \mu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right)$$

$$\frac{\partial p}{\partial z} = \mu \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right)$$

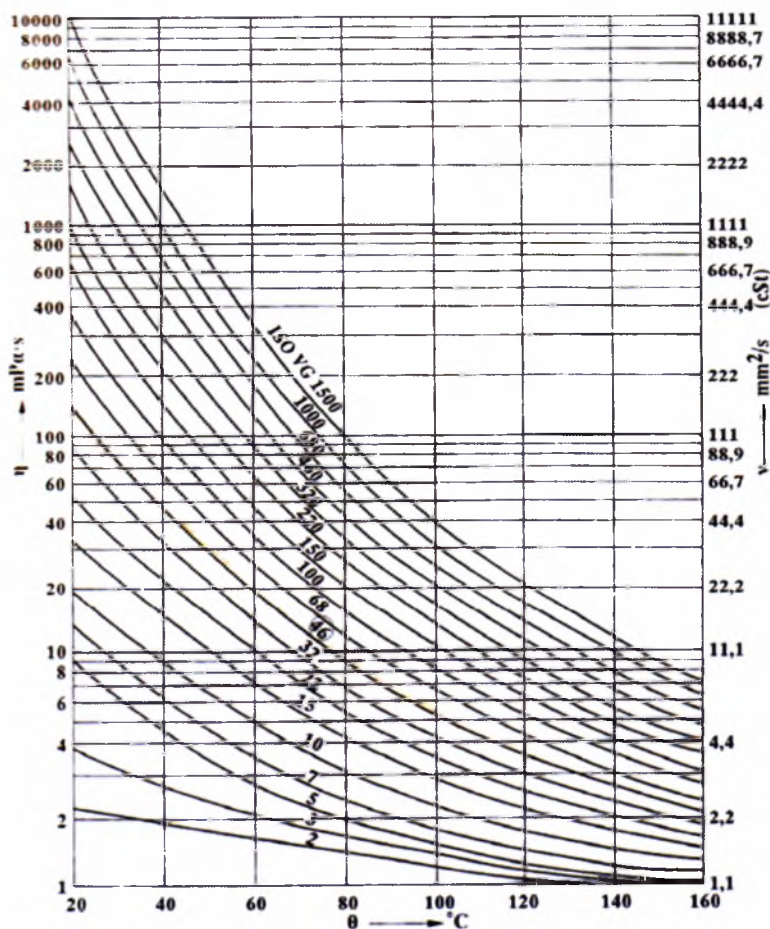
Η πρώτη ύλη για την παρασκευή των λιπαντικών είναι το αργό πετρέλαιο, το οποίο λαμβάνεται από πετρελαιοπηγές συνήθως σε συνύπαρξη με άλλα συστατικά, νερό και αέρια. Με συνεχείς αποστάξεις και κατεργασίες, που πραγματοποιούνται στα διυλιστήρια, παράγονται οι βασικές ουσίες λίπανσης, οι οποίες αποτελούν την κύρια ουσία των ορυκτελαίων (λάδια) και των λιπών (γράσα). Υπάρχουν, ωστόσο, και λιπαντικά που αποτελούν μείγματα διαφόρων χημικών ενώσεων και ονομάζονται συνθετικά λιπαντικά. Οι βασικές απαιτήσεις που πρέπει να ικανοποιεί κάθε ουσία που προορίζεται για λιπαντικό είναι οι εξής:

- Να έχει την κατάλληλη τιμή ιξώδους, δηλαδή να είναι τόσο λεπτόρρευστο ή παχύρρευστο όσο απαιτείται για κάθε εφαρμογή. Στις περιπτώσεις όπου το ιξώδες είναι μεγαλύτερο από το κανονικό, δυσχεραίνεται η εκκίνηση, αλλά

και η περιστροφή του άξονα, με συνέπεια την απώλεια ισχύος. Αντιδιαμετρικά, όταν το ιξώδες έχει χαμηλότερη από την απαιτούμενη τιμή, υπάρχει ο κίνδυνος της απώλειας της λιπαντικής μεμβράνης μεταξύ των επιφανειών.

- Να διαθέτει αντιδιαβρωτικές ιδιότητες, δηλαδή να μην υπάρχει κίνδυνος διάβρωσης των μεταλλικών επιφανειών που διαβρέχει. Στην πραγματικότητα τα λιπαντικά λειτουργούν ως ανασταλτικοί παράγοντες στη διάβρωση των μετάλλων, μια ικανότητα που έχουν κυρίως τα ορυκτέλαια.
- Να εμφανίζει ικανοποιητική πρόσφυση, δηλαδή να προσκολλάται με τέτοια δύναμη στις μεταλλικές επιφάνειες που διαβρέχει, ώστε η προστασία τους από τη διάβρωση να συνεχίζεται ακόμα και όταν το έδρανο δε λειτουργεί.
- Να παρουσιάζει χημική σταθερότητα, δηλαδή να μην αλλοιώνεται από παράγοντες που συναντά κατά τη διαδρομή του στο εκάστοτε σύστημα λίπανσης. Σημαντικότερος παράγοντας είναι η θερμοκρασία, αφού τα λιπαντικά “γερνούν” με την πάροδο του χρόνου. Το φαινόμενο αυτό εντείνεται στις υψηλές θερμοκρασίες, γι’ αυτό και η συνήθης θερμοκρασία λειτουργίας των εδράνων είναι 50-60 °C. Στους 50 °C η τάση του λιπαντικού να αλλοιώνεται είναι ακόμα μικρή. Σε υψηλότερες θερμοκρασίες, όμως, απαιτούνται λιπαντικά, τα οποία υπόκεινται σε ειδική κατεργασία, για να αντέχουν.

Γίνεται αντιληπτό ότι η θερμοκρασία είναι ένας κρίσιμος παράγοντας για την ασφαλή λειτουργία των εδράνων ολίσθησης. Αξίζει να τονιστεί ότι το ιξώδες μεταβάλλεται πολύ έντονα με τη μεταβολή της θερμοκρασίας. Συγκεκριμένα, όσο αυξάνεται η θερμοκρασία, τόσο μειώνεται το ιξώδες και το λιπαντικό γίνεται λεπτόρρευστο, ενώ, αντιθέτως, όσο μειώνεται η θερμοκρασία, έχουμε αύξηση του ιξώδους και το λιπαντικό γίνεται παχύρρευστο. Συνεπώς, απαιτείται ο προσδιορισμός της τιμής εκείνης της θερμοκρασίας, η οποία θα βελτιστοποιεί τη λειτουργία των εδράνων και θα εγγυάται τη μέγιστη διάρκεια ζωής τους.



Εικόνα 26: Δυναμικό ιξώδες η συναρτήσει της θερμοκρασίας, για λάδια λίπανσης κατά DIN 51519 με πυκνότητα $\rho = 900 \text{ kg/m}^3$ [3]

Η σημασία του ιξώδους του λιπαντικού είναι τόσο μεγάλη, που ανάλογα με την τιμή του αποτελεί βασικό γνώρισμα για την κατάταξη των λιπαντικών σε κατηγορίες, μετρημένο πάντα σε μια θερμοκρασία αναφοράς. Από το έτος 1975 ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης ISO (International Standardization Organisation), έχει καθιερώσει ένα νέο σύστημα ταξινόμησης των ορυκτελαίων, που έχει γίνει δεκτό από τις περισσότερες χώρες του κόσμου και τείνει να εκτοπίσει όλα τα παλαιότερα συστήματα (SAE_Society of Automotive Engineers, AGMA_American Gear Manufacturer's Association, API_American Petroleum Institute, ACEA_Association des Constructeurs Europeens d'Automobiles). Σύμφωνα με το σύστημα αυτό, που καλύπτεται από το πρότυπο ISO 3448, η συνεκτικότητα (ιξώδες), εκφράζεται σε μονάδες centistokes ($1 \text{ cSt} = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$) σε θερμοκρασία 40°C , που είναι αντιπροσωπευτική των θερμοκρασιών λειτουργίας των λιπαντικών στις περισσότερες εφαρμογές.

Η ταξινόμηση ISO VG (ISO Viscosity Grades) καθορίζει 18 κλάσεις ρευστότητας από 2 μέχρι 1500 cSt στους 40°C , που καλύπτουν όλα τα προϊόντα (Πίνακας 1). Η κάθε κλάση χαρακτηρίζεται και αριθμείται από το ιξώδες στο μέσο των ορίων της με επέκταση ± 10 από την τιμή αυτή. Για παράδειγμα, ISO VG 10 είναι το λιπαντικό με

ιξώδες από 9 μέχρι 11 cSt μετρημένο σε θερμοκρασία 40 °C, το οποίο αντιπροσωπεύεται με τη μέση τιμή των 10 cSt. Με τη διεθνή αναγνώριση του συστήματος ISO από τους κατασκευαστές των μηχανών και μηχανημάτων, διευκολύνονται σημαντικά τόσο οι μηχανικοί όσο και οι προμηθευτές λιπαντικών στην επιλογή του κατάλληλου για κάθε περίπτωση λιπαντικού.

Τα λιπαντικά που χρησιμοποιούνται κατά κόρον στα έδρανα ολίσθησης είναι τα ορυκτέλαια (λάδια), διότι παρουσιάζουν καλύτερη πρόσφυση από τα γράσα, τα οποία είναι στερεά ή ημίρρευστα προϊόντα, και μπορούν να λειτουργήσουν σε υψηλές πιέσεις.

Πίνακας 1: Κατάταξη βιομηχανικών ελαίων λίπανσης κατά ISO. Έχουν επισημανθεί οι κατηγορίες ελαίων που χρησιμοποιούνται στο εργοστάσιο (στα έδρανα του ΠΚ1)

Αριθμός κλάσης	Ομάδα ρευστότητας κατά ISO	Μέσος όρος ιξώδους (cSt) στους 40 °C	Ελάχιστο όριο ιξώδους (cSt) στους 40 °C	Μέγιστο όριο ιξώδους(cSt) στους 40 °C
1η	ISO VG 2	2,2	1,98	2,42
2η	ISO VG 3	3,2	2,88	3,52
3η	ISO VG 5	4,6	4,14	5,06
4η	ISO VG 7	6,8	6,12	7,48
5η	ISO VG 10	10	9	11
6η	ISO VG 15	15	13,5	16,5
7η	ISO VG 22	22	19,8	24,2
8η	ISO VG 32	32	28,8	35,2
9η	ISO VG 46	46	41,4	50,6
10η	ISO VG 58	58	64,2	74,6
11η	ISO VG 100	100	90	110
12η	ISO VG 150	150	135	165
13η	ISO VG 220	220	198	242
14η	ISO VG 320	320	288	352
15η	ISO VG 460	460	414	506
16η	ISO VG 680	680	612	748
17η	ISO VG 1000	1000	900	1100
18η	ISO VG 1500	1500	1350	1650

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Περιγραφή κυκλώματος ψύξης εργοστασίου

Το εργοστάσιο της Αγριάς Βόλου της ΑΓΕΤ-Ηρακλής διαθέτει δυο κυκλώματα κυκλοφορίας νερού. Ένα «κλειστό» κύκλωμα, το οποίο χρησιμοποιείται για την ψύξη κάποιων μηχανημάτων του εργοστασίου και ένα ανοικτό κύκλωμα, του οποίου η χρήση εστιάζεται στην υποβοήθηση της παραγωγικής διαδικασίας του εργοστασίου και στην αντιμετώπιση τυχόν έκτακτων αναγκών που προκύπτουν. Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης θα εξεταστεί με μεγαλύτερη λεπτομέρεια το «κλειστό» κύκλωμα νερού.

3.1) Τωρινή κατάσταση του κλειστού κυκλώματος ψύξης

Το «κλειστό» κύκλωμα ψύξης του εργοστασίου αποτελεί το πιο περίπλοκο σύστημα ψύξης σε σχέση με τα υπόλοιπα ψυκτικά συστήματα. Το κύκλωμα χρησιμοποιείται για την ψύξη του φούρνου κλίνκερ (ΠΚ1), δυο μύλων κάρβουνου(ΜΚ1,ΜΚ2) και πέντε μύλων τσιμέντου(ΜΤ4,ΜΤ5,ΜΤ6,ΜΤ7,ΜΤ8). Στην ουσία, με βάση την τωρινή κατάσταση του κυκλώματος, δεν αποτελεί κλειστό σύστημα, καθώς έχει εισόδους τις γεωτρήσεις Γ1, Γ2 και Άλλη Μεριά όπως επίσης και το πηγάδι Lerol, ενώ ένα μέρος του νερού που κυκλοφορεί στο κύκλωμα καταλήγει στη θάλασσα. Γενικά, το κύκλωμα ξεκινάει από τρεις τσιμεντένιες δεξαμενές κλειστού τύπου, χωρητικότητας 50 m³ η καθεμία, οι οποίες συνδέονται μεταξύ τους.



Εικόνα 27: Φωτογραφία της δεξαμενής της Γορίτσας

Η διαδικασία ψύξης πραγματοποιείται με τρεις διαδρομές και τελικά το νερό καταλήγει σε δυο δεξαμενές (παλιά και νέα δεξαμενή), όπου με τη βοήθεια αντλιών τροφοδοτεί εκ νέου τις τρεις τσιμεντένιες δεξαμενές.



Στην πρώτη διαδρομή, η οποία χρησιμοποιείται για ψύξη του ΠΚ1 και των μύλων κάρβουνου, υπάρχουν δύο σωλήνες εξόδου (μία έξοδος από την πρώτη και μία από την τρίτη δεξαμενή), οι οποίες συγκλίνουν σε ένα κοινό συλλέκτη, από τον οποίο στη συνέχεια εκκινούν τέσσερις επιμέρους σωλήνες: Ο πρώτος οδηγείται στη δεξαμενή ψυγείου για ψεκασμό και το βάθρο Νο1, ο δεύτερος στο βάθρο Νο2, ο τρίτος στους αναλυτές, το βάθρο Νο3 και για την ψύξη των ανεμιστήρων ελκυσμού και ο τέταρτος στους μύλους κάρβουνου. Οι τέσσερις επιστροφές συγκλίνουν σε κοινό συλλέκτη και καταλήγουν στην παλιά δεξαμενή.

Η δεύτερη διαδρομή, έχει επίσης δύο εξόδους (μία έξοδος από την πρώτη και μία από την τρίτη δεξαμενή), χρησιμοποιείται για την ψύξη τριών μύλων τσιμέντου. Οι δύο σωλήνες εξόδου οδηγούνται στο συλλέκτη όπου χωρίζονται σε τρεις επιμέρους διαδρομές, οι οποίες καταλήγουν στους ΜΤ6, ΜΤ7, ΜΤ8 ξεχωριστά. Η επιστροφή αποτελείται από μία έξοδο, η οποία πηγαίνει στην παλιά δεξαμενή και στην πορεία ενώνεται με την έξοδο που προέρχεται από τον ΠΚ1 και τους μύλους κάρβουνου.

Στην τρίτη, η οποία έχει επίσης δύο εξόδους, και οι δύο από τη δεύτερη δεξαμενή, λειτουργεί για την ψύξη τριών μύλων τσιμέντου και της τέφρας. Οι δύο έξοδοι ξεχωριστά κατευθύνονται προς την πλατεία κλίνκερ, όπου η μία μέσω ενός συλλέκτη χωρίζεται σε δύο επιμέρους διαδρομές και τελικά οι τρεις έξοδοι οδηγούνται στο συλλέκτη LEPOL. Οι έξοδοι από αυτόν είναι δύο και μαζί κατευθύνονται πρώτα στον ΠΚ3, μετά στις τέφρες και καταλήγουν στους ΜΤ4 και ΜΤ5. Η επιστροφή περιλαμβάνει μία έξοδο, που μέσω του φρεατίου επιστροφών οδηγείται στη νέα δεξαμενή.



Εικόνα 29: Φωτογραφία των δυο δεξαμενών του εργοστασίου

Οι τσιμεντένιες δεξαμενές (δεξαμενές ψύξης) ανατροφοδοτούνται από την νέα και την παλιά δεξαμενή (δεξαμενές ανατροφοδότησης), οι οποίες επικοινωνούν μεταξύ τους. Στο χώρο των δυο τσιμεντένιων δεξαμενών υπάρχουν επτά αντλίες. Οι έξι από αυτές είναι δυναμικότητας $70\text{m}^3/\text{h}$, ενώ αυτή που απομένει είναι δυναμικότητας $140\text{m}^3/\text{h}$. Τη χρονική περίοδο της μελέτης από τις επτά αντλίες βρισκονταν σε λειτουργία μόνο οι πέντε, οπότε η συνολική δυναμικότητα του συστήματος ήταν $350\text{m}^3/\text{h}$.



Εικόνα 30: Φωτογραφία του αντλιοστασίου του εργοστασίου

Συνοπτικά, οι χωρητικότητες των δεξαμενών και οι δυναμικότητες των αντλιών και των γεωτρήσεων παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 2: Δεδομένα χωρητικότητας δεξαμενών και δυναμικότητας αντλιών

ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ	Εισροή (m ³ /h)	ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ	Χωρητικότητες /δεξαμενή (m ³)	ΑΝΤΛΙΕΣ	Δυναμικότητα
Γ1	30	Κλειστού (x2)	50 (x2)	Νέα δεξαμενή(2)	70(x2)
Γ2	30	Lepol	50	Δεξαμενή Κλειστού (3)	70(x3)
Άλλη μεριά	20	Νέα	50		
		Κλειστού ΠΚ1,ΜΤ	50		

3.3) Φρέαρ Lepol

Πρόκειται για ένα φρέαρ, το οποίο υπήρχε στο χώρο του εργοστασίου και για το οποίο το εργοστάσιο διαθέτει άδεια άντλησης, καθώς σε αντίθετη περίπτωση υπάρχει ο κίνδυνος καθίζησης του εδάφους. Η καθίζηση μπορεί να προκαλέσει σημαντικά προβλήματα στην ομαλή λειτουργία του εργοστασίου. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η μεταβολή της κλίσης της περιστροφικής καμίνου (ΠΚ1) έστω και κατά μία με δυο μοίρες μπορεί να μειώσει την ημερήσια παραγωγικότητα της μονάδας σημαντικά. Το εργοστάσιο πραγματοποιεί συχνές αναλύσεις της σύστασης του νερού και τα πιο σημαντικά σημεία συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 3:Ανάλυση σύστασης νερού Lepol

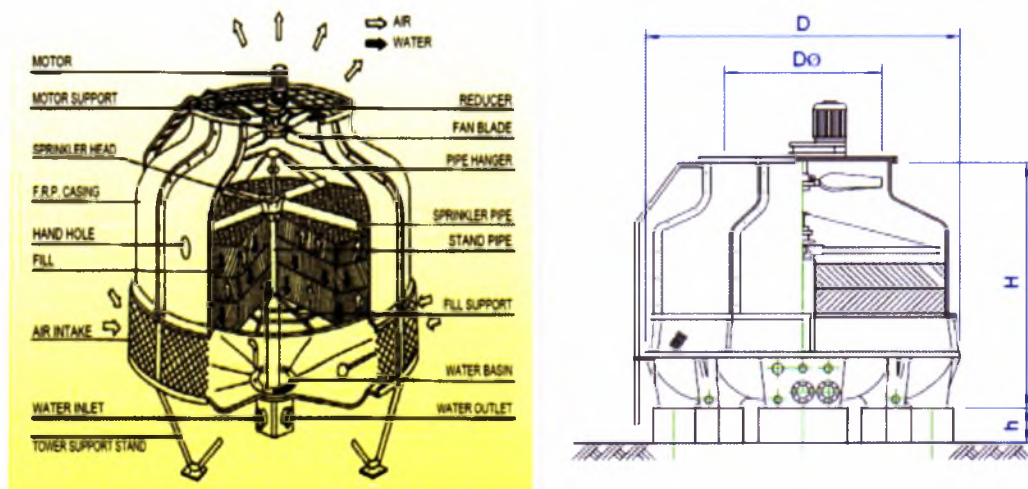
ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΝΕΡΟΥ LEPOL		
Τιμές Ανάλυσης		Νόμιμα Όρια ΚΥΑ Υ2/2600
Μέγιστη Θερμοκρασία (°C)	17,5	-
Τιμή pH	7,6	9,5
Σκληρότητα νερού (Γερμ. Βαθμοί)	173	-
Αγωγιμότητα (μs/cm)	6190	2500
Χλωριούχα (mg/l)	3084	250

Πρόκειται για πολύ σκληρό και πλούσιο σε χλωριούχα νερό, το οποίο, αν χρησιμοποιηθεί για ψύξη των μηχανημάτων, οδηγεί σε διάβρωση και επικαθήσεις σε σύντομο χρονικό διάστημα.

3.4) Τωρινή κατάσταση ήδη εγκατεστημένων πύργων ψύξης

Το εργοστάσιο διαθέτει αυτή τη στιγμή δυο εγκατεστημένους πύργους ψύξης, για να ψύχει το νερό που κυκλοφορεί στο κλειστό κύκλωμα των μηχανημάτων. Οι πύργοι ψύξης είναι τοποθετημένοι στο λόφο της Γορίτσας σε ύψος 150m και με αυτή τη διάταξη είναι εφικτή η τροφοδοσία του κυκλώματος ψύξης από τις

δεξαμενές των πύργων ψύξης και μόνο με βάση το μανομετρικό ύψος λόγω υψομέτρου η μετέπειτα ανακυκλοφορία του νερού προς τους πύργους ψύξης επιτυγχάνεται με τις αντλίες του αντλιοστασίου. Οι πύργοι ανήκουν στην κατηγορία αντιρροής(counter-flow), που σημαίνει πως η ροή του νερού και του αέρα έχουν αντίθετες κατευθύνσεις. Διαθέτουν ένα μεταλλικό σκελετό στην κορυφή του οποίου είναι εγκατεστημένος ο ηλεκτρικός κινητήρας. Ο τελευταίος κινεί τη φτερωτή του ανεμιστήρα του πύργου, η οποία αναρροφά αέρα από το περιβάλλον, ώστε να επιτυγχάνεται η επιθυμητή τυρβώδης ανάμιξη με τα ψεκαζόμενα σταγονίδια νερού στον πύργο ψύξης. Κάτω από τη φτερωτή υπάρχουν έξι ομόκεντροι σωλήνες, μέσα στους οποίους διακινείται το νερό προς ψύξη. Ο κάθε σωλήνας διαθέτει εκατό οπές, οι οποίες ψεκάζουν το θερμό νερό στο πληρωτικό υλικό του πύργου. Το πληρωτικό υλικό το οποίο είναι κατασκευασμένο από πολυμερές (PVC) έχει κυψελοειδή γεωμετρία, ώστε να μεγιστοποιεί την επιφάνεια και το χρόνο επαφής του νερού με τον αέρα. Τα πληρωτικά υλικά έχουν γενικά περιορισμένο χρόνο ζωής, με την πάροδο του οποίου χρειάζονται αντικατάσταση. Το νερό συγκεντρώνεται στο κάτω μέρος των πύργων σε έναν απλό συλλέκτη και στη συνέχεια προωθείται προς τις δεξαμενές της Γορίτσας. Οι πύργοι ψύξης έχουν μέγιστη δυνατότητα επεξεργασίας νερού $195\text{m}^3/\text{h}$ ο καθένας, ενώ οι πρότυπες συνθήκες λειτουργίας τους είναι για 27°C θερμοκρασία υγρού θερμομέτρου (κατασκευάστρια εταιρεία Kingsun, μοντέλο KST-N 250). Αυτή τη στιγμή και οι δυο πύργοι ψύξης είναι εκτός λειτουργίας.



Εικόνα 31: Σχεδιάγραμμα του κατασκευαστή για το μοντέλο πύργων ψύξης KST-N 250

MODEL No.	Normal Temperature								Medium Temperature		High Temperature	
	Wet bulb(°C)								27°C	28°C	27°C	28°C
	27°C	28°C	29°C	30°C	27°C	28°C	27°C	28°C	27°C	28°C		
L/min MODEL	37°C 32°C	37.5°C 32°C	37°C 32°C	37.5°C 32°C	37°C 32°C	37.5°C 32°C	38°C 33°C	38.5°C 33°C	42°C 32°C	42°C 32°C	60°C 35°C	60°C 35°C
3	39	36	33	30	26	24	28	26	23	20	23	20
5	65	60	55	50	43	41	46	43	39	32	39	36
8	104	95	88	80	70	66	76	70	63	55	63	60
10	130	120	100	95	88	82	95	88	78	68	78	75
15	195	180	152	148	133	123	142	133	118	100	118	110
20	260	240	220	200	177	165	190	177	157	135	157	145
25	325	300	275	255	220	210	240	220	196	170	196	185
30	390	360	330	305	270	250	290	266	240	205	240	230
40	520	480	440	415	375	355	395	375	340	300	340	330
50	650	600	550	530	470	440	500	470	400	370	400	390
60	780	720	660	615	560	520	590	560	480	450	520	490
70	910	840	770	740	660	620	700	660	580	530	620	570
80	1040	962	892	826	733	700	788	743	655	570	660	610
100	1300	1210	1120	1025	925	829	937	877	830	729	790	750
125	1625	1513	1398	1304	1152	1104	1237	1166	1034	940	1070	1000
150	1950	1814	1680	1563	1391	1330	1495	1415	1251	1093	1260	1190
175	2275	2108	1963	1837	1624	1541	1728	1634	1460	1310	1510	1430
200	2600	2419	2241	2114	1849	1786	1990	1895	1659	1456	1760	1660
225	2925	2736	2514	2380	2100	1990	2220	2090	1890	1680	1950	1830
250	3250	2995	2791	2610	2330	2180	2480	2310	2090	1860	2140	2040
300	3900	3634	3355	3135	2810	2605	2910	2760	2488	2220	2520	2395
350	4550	4223	3932	3696	3330	3130	3486	3293	2952	2615	3050	2890
400	5200	4832	4490	4250	3800	3518	3960	3748	3350	2992	3450	3220
500	6500	6100	5660	5330	4788	4520	5023	4780	4356	3880	4440	4230
600	7800	7280	6749	6340	5613	5330	5960	5650	5100	4550	5250	4950
700	9100	8470	7965	7350	6725	6300	7000	6660	6127	5482	6220	5930
800	10400	9710	8984	8520	7650	7270	8090	7680	7000	6280	7270	6930
1000	13000	12180	11430	10710	9756	9200	10100	9700	8965	8050	9250	8840
1250	16250	15350	14300	13550	12250	11700	12900	12250	11300	10300	12000	11400
1500	19500	18420	17160	16260	14700	14050	15480	14700	13600	12200	14200	13200

Εικόνα 32: Σχεδιάγραμμα κατασκευαστή με τις δυνατότητες του κάθε μοντέλου πύργου ψύξης

KST-N	Dimension m/m		Pipe Connection m/m						Fan Motor hp	Fan Dia. m/m	Water Flow l/min	Pump Head m	Weight: kg	
	H	D	OUTLET	INLET	OVERFLOW	DRAIN	AUTOMATIC FILLER	QUICK FILLER					Dry	Operating
			S	De	O	Dr	Ba	Q						
80	1980	2140	100	100	25	50	20	20	2	1200	1040	2	352	982
100	2365	2410	125	125	25	50	25	25	3	1500	1300	2.5	474	1205
125	2330	2730	125	125	25	50	25	25	3	1500	1625	3	524	1336
150	2465	3050	125	125	50	50	25	25	5	1800	1950	3	702	3212
175	2465	3050	125	125	50	50	25	25	5	1800	2275	3.1	855	3415
200	2450	3280	150	150	50	50	32	32	5	1800	2600	3.3	937	3570
225	2405	3280	150	150	50	50	32	32	7 1/2	2400	2925	3.3	1022	3661
250	2740	3760	200	200	50	50	32	32	7 1/2	2400	3250	3.6	1172	3885
300	2835	4160	200	200	50	50	32	32	10	2400	3900	3.6	1331	4125

Εικόνα 33: Σχεδιάγραμμα κατασκευαστή με τα τεχνικά χαρακτηριστικά του κάθε μοντέλου πύργου ψύξης

3.5) Νομικό πλαίσιο – Περιβαλλοντικοί περιορισμοί

Με βάση τις ισχύουσες νομικές διατάξεις το εργοστάσιο της ΑΓΕΤ-Ηρακλής θα πρέπει να ικανοποιεί συγκεκριμένες προϋποθέσεις, οι οποίες περιγράφονται αναλυτικά στην περιβαλλοντική άδεια που διαθέτει το εργοστάσιο. Σύμφωνα με τη νομαρχιακή απόφαση Ν.Α. 8440, η οποία περιγράφει τους όρους που πρέπει να ικανοποιούνται για τη διάθεση λυμάτων και υγρών βιομηχανικών αποβλήτων στον Παγασητικό κόλπο και λοιπούς υδάτινους αποδέκτες του Νομού Μαγνησίας, δεν επιτρέπεται η διοχέτευση υποπροϊόντων βιομηχανίας ή λάσπης από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων και λυμάτων άμεσα ή έμμεσα στη θάλασσα. Η λάσπη θα συγκεντρώνεται και αναλόγως της φύσης της θα διατίθεται ή θα υφίσταται διαχείριση σύμφωνα με τις ισχύουσες διατάξεις. Επιπλέον, το εργοστάσιο είναι υποχρεωμένο να διαθέτει άδεια για τις γεωτρήσεις που χρησιμοποιεί, καθώς επίσης και το σύστημα ψύξης των μηχανημάτων θα πρέπει να είναι κλειστού τύπου. Επειδή αυτή τη στιγμή, προκειμένου να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις ψύξης των μηχανημάτων, το εργοστάσιο χρησιμοποιεί ένα μέρος του νερού που αντλεί από το πηγάδι Lepoi, είναι αναγκαία βάσει νόμου η περαιτέρω βελτίωση του ήδη υπάρχοντος κυκλώματος. Ο λόγος για τον οποίο απαιτείται η ύπαρξη κλειστού κυκλώματος ψύξης είναι για να αποφεύγεται η ρύπανση του περιβάλλοντος και ιδιαίτερα η θερμική ρύπανση.

Με τον όρο θερμική ρύπανση εννοείται κάθε είδους παρέμβαση η οποία επηρεάζει το μικροκλίμα μιας περιοχής και έχει ως αποτέλεσμα την τοπική αύξηση της θερμοκρασίας.

Η νομοθεσία προβλέπει ακριβώς τα ανώτατα επιτρεπτά όρια εκπομπής ρυπαντικού φορτίου στο υδάτινο περιβάλλον.

A. Ανώτατα επιτρεπτά όρια εκπομπής ρυπαντικού φορτίου (σημείο δεγματοληψίας: φρεάτιο εξέδου των αποβλήτων)

1. pH: 8.0-8.5
2. Θερμοκρασία: 35β C (με την προϋπόθεση σε ακτίνα 20 μ. από το σημείο εκβολής η θερμοκρασία του αποδέκτη να μην επηρεάζει άνω των 3β C).
3. Χρώμα: Να μην είναι ορατό σε διάλυση 1:20 και σε στβάδα πάχους 10cm.
4. Επιπλέοντα υλικά μεγαλύτερα από 0.5cm: Απουσία - Μηδέν.
5. Καθιζάνοντα στερεά m³/1-Διαχωριζόμενα στερεά m³/1.

Μετρούμενα σε κώνο IMHOFF με τó 2 ώρες	0.5
6. Αιωρούμενα στερεά ολικά, mg/1	50
7. Ολικά διαλυμένα στερεά mg/1	1500
8. ΒΟΟ5, mg/1	30
9. COD, mg/1	90
10. Ενεργός επιφανειακός ουσίες, MBAS	3
11. Λίπη - έλαια (ζωικά-φυτικά), mg/1	10
12. Ορυκτά έλαια - υδρογονάνθρακες, mg/1	10
13. Αργίλιο, mg/1	5
14. Αρσενικό, mg/1	0.5
15. Βάριο, mg/1	10
16. Βόριο, mg/1	2
17. Κάδμιο, mg/1	0.1
18. Χρόμιο 3+ mg/1	2
19. Χρόμιο 6+ mg/1	0.2
20. Σίδηρος mg/1	4
21. Μαγγάνιο mg/1	2
22. Υδράργυρος mg/1	0.005
23. Νικέλιο mg/1	2
24. Μόλυβδος mg/1	0.1
25. Χαλκός mg/1	0.6
26. Σελήνιο mg/1	0.1
27. Κασσίτερος mg/1	2
28. Ψευδάργυρος mg/1	1
29. Αντιμόνιο mg/1	0.5
30. Μολυβδένιο mg/1	1

31. Τσίπνο mg/1	1
32. Βηρύλιο mg/1	1
33. Ουράνιο mg/1	0.1
34. Βορόνιο mg/1	0.5
35. Κοβάλτιο mg/1	1
36. Θάλλιο mg/1	0.5
37. Τελλούριο mg/1	0.5
38. Άργυρος mg/1	0.005
39. Σύνολο Τοξικών μετάλλων, mg/1 (AS-Cd-Cr6 + Hg-Ni-Co-Pb-Cu-Se-Zn)	3
40. Κυανούρα, mg/1	0.5
41. Χλώριο ελεύθερο, mg/1	0.5
42. Θειώδη mg/1	2
43. Θειούρα mg/1	1
44. Θειικά mg/1	1.000
45. Φθοριούρα mg/1	5
46. Φωσφόροι mg/1	3
47. Ολική αμμωνία mg/1	10
48. Άζωτο σαν N σε NO2 mg/1	0.5
49. Άζωτο σαν N σε NO3 mg/1	20
50. Φαινόλες ολικές mg/1	0.6
51. Αλδεΐδες mg/1	1
52. Μερκαπτάνες mg/1	0.1
53. Διαλύτες οργανισμοί μη αλογονούχοι mg/1	0.1
54. Αζωτούχοι διαλύτες mg/1	0.2
55. Εξαχλωροκυκλοεξάνιο mg/1	0.1
56. PCB'S και PCT'S mg/1	απουσία
57. Οργανοκασσιτερικές ενώσεις mg/1	0.005
58. Οργανοφωσφορικές ενώσεις mg/1	0.005
59. Οργανοαλογονούχες ενώσεις mg/1	0.005
60. Αυθεντικές συνθετικές ύλες που μπορούν να επιπλέουν, να αιωρούνται ή να ρέουν όπως και να καθιστούν δυσχερή κάθε χρήση των υδάτων	απουσία
61. Σύνολο βιοκτόνων mg/1	0.01

Εικόνα 34: Πίνακας ανώτατων επιτρεπτών ορίων ρυπαντών στο υδάτινο περιβάλλον (ΦΕΚ Β 53/1996)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Προβλήματα στα συστήματα ψύξης νερού

Το σημαντικότερο πρόβλημα των κυκλωμάτων νερού είναι τα διάφορα σωματίδια που υπάρχουν σε αυτό. Τα σωματίδια αυτά μπορεί να είναι ατμοσφαιρικής προέλευσης (π.χ. σκόνη του αέρα), βιολογικής προέλευσης ή και αποτέλεσμα καθαλατώσεων και διάβρωσης των επιφανειών με τις οποίες έρχεται το ρευστό σε επαφή. Τα διαλυμένα στερεά προέρχονται κυρίως από τη σύσταση του νερού που κυκλοφορεί στο σύστημα, καθώς και από τη διάβρωση των μεταλλικών επιφανειών. Από αυτά το ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3) αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό της σύστασης των επικαθίσεων του συστήματος.

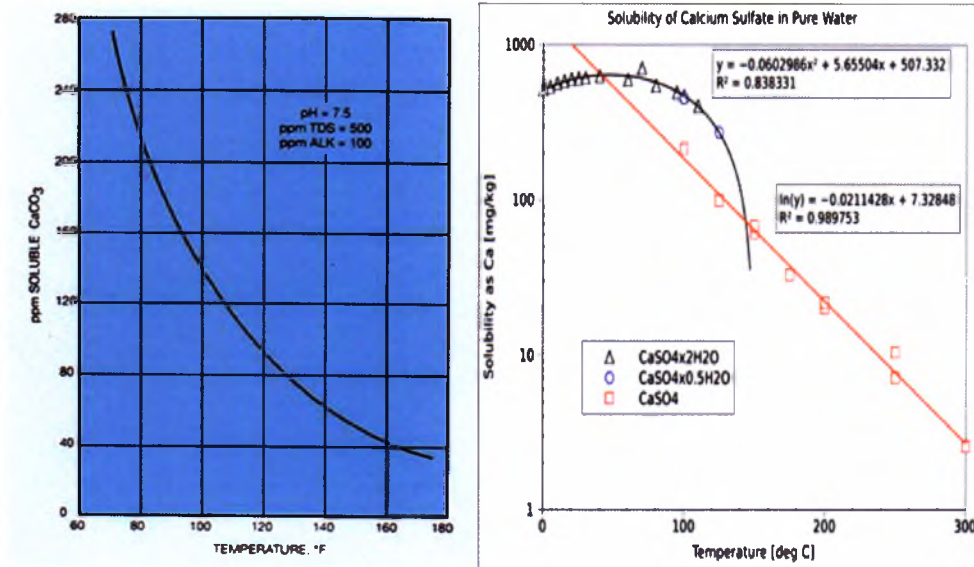
Οι βιολογικές επικαθίσεις στα συστήματα ψύξης οφείλονται στο βακτηριακό φορτίο του νερού και αντιμετωπίζονται με τη χρήση βιοκτόνων και αντιβακτηριδιακών ουσιών. Για την αντιμετώπιση των διαβρώσεων που παρατηρούνται στις μεταλλικές επιφάνειες χρησιμοποιούνται αναστολείς διάβρωσης. Αντίστοιχα, για τις επικαθίσεις απαιτείται σωστός σχεδιασμός της μονάδας και συνεχείς μηχανικές, χημικές ή φυσικές μέθοδοι, η εκτέλεση των οποίων είναι εφικτή κατά τη διάρκεια λειτουργίας της μονάδας. Σε ορισμένες περιπτώσεις, κυρίως κατά τη διάρκεια της γενικής συντήρησης της μονάδας, χρησιμοποιούνται μη συνεχείς τεχνικές συντήρησης των κυκλωμάτων ψύξης.

Γενικά τα προβλήματα των σωληνώσεων διακρίνονται σε[1]:

- **Καθαλατώσεις (precipitation fouling):**

Οι καθαλατώσεις περιλαμβάνουν την κρυσταλλοποίηση στερεών αλάτων, οξειδίων και υδροξειδίων που υπάρχουν στη σύσταση του νερού. Αυτές αποτελούν πολύ συχνό πρόβλημα σε εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν νερό με υψηλό δείκτη σκληρότητας ως ψυκτικό μέσο. Μέσα από αλλαγές στη θερμοκρασία ή την εξάτμιση του διαλύτη η συγκέντρωση των αλάτων μπορεί να ξεπεράσει το σημείο κορεσμού οδηγώντας στην καθίζηση των στερεών. Η διαλυτότητα των αλάτων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη θερμοκρασία του νερού και από την παρουσία φαινομένου εξάτμισης του ψυκτικού μέσου. Τα άλατα διακρίνονται σε αυτά με διαλυτότητα ανάλογη με τη θερμοκρασία του διαλύτη και σε αυτά με διαλυτότητα αντιστρόφως ανάλογη με τη θερμοκρασία. Στην πρώτη κατηγορία η διαλυτότητα των αλάτων αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας, με συνέπεια το σχηματισμό επικαθίσεων στις ψυχρές επιφάνειες, ενώ στη δεύτερη κατηγορία η διαλυτότητα μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας, με αποτέλεσμα το σχηματισμό καθαλατώσεων στις θερμές επιφάνειες. Χαρακτηριστικά παραδείγματα καθαλατώσεων που εμφανίζονται σε βιομηχανίες, που χρησιμοποιούν νερό για την ψύξη των μηχανημάτων, είναι το ανθρακικό ασβέστιο, θειικό ασβέστιο, θειώδες βάριο, υδροξείδιο του

μαγνησίου, πυριτικά άλατα, οξείδια και υδροξείδια του αλουμινίου, χαλκός και φωσφορικά άλατα.



Εικόνα 35: Καμπύλες μεταβολής της διαλυτότητας ορισμένων ανθρακικών αλάτων (CaCO₃, CaSO₄) στο νερό συναρτήσει της θερμοκρασίας [1].

- **Σωματιδιακές επικαθίσεις (particulate fouling):**

Οι επικαθίσεις που οφείλονται σε σωματίδια που αιωρούνται στο νερό έχουν διαφορετικό τρόπο σχηματισμού από τις καθαλώσεις. Η διαδικασία αυτή αναφέρεται συνήθως στα κολλοειδή σωματίδια, δηλαδή σε σωματίδια με διάμετρο μικρότερη από 1μm. Τα σωματίδια αυτά μεταφέρονται στις επιφάνειες με ποικίλους τρόπους και στη συνέχεια προσκολλώνται σε αυτές. Η προσκόλληση των κολλοειδών σωματιδίων στις επιφάνειες οφείλεται κατά κύριο λόγο σε ηλεκτρικές δυνάμεις που αναπτύσσονται. Ο μέγιστος ρυθμός επικαθίσης παρατηρείται σε περιπτώσεις όπου τα σωματίδια και το υπόστρωμα της επιφάνειας παρουσιάζουν αντίθετα ηλεκτρικά φορτία. Με το χρόνο τα στρώματα επικαθίσεων που δημιουργούνται σκληραίνουν μέσα από διαδικασίες που ονομάζονται ενοποίηση επικαθίσεων. Οι τελευταίες περιέχουν συνήθως οξείδια και υδροξείδια του σιδήρου.

- **Επικαθίσεις διάβρωσης (corrosion fouling):**

Με τον όρο αυτό περιγράφονται οι επικαθίσεις που δημιουργούνται τοπικά από τη διάβρωση του υποστρώματος της επιφάνειας. Διαφέρουν από τις σωματιδιακές επικαθίσεις, οι οποίες δημιουργούνται από μεταφερόμενα σωματίδια. Τυπικό παράδειγμα είναι η τοπική δημιουργία οξειδίων του σιδήρου λόγω διάβρωσης της μεταλλικής επιφάνειας (σκουριά).

- **Βιολογικές επικαθίσεις (biological fouling):**

Ο όρος αυτός περιγράφει τις επικαθίσεις που οφείλονται στις ανεπιθύμητες συγκεντρώσεις μικροοργανισμών, αλγών και διατομών στα κυκλώματα ψύξης. Συνήθως εκτός από τα προβλήματα των επικαθίσεων παρατηρείται και το φαινόμενο της διάβρωσης, που οφείλεται στους μικροοργανισμούς.

Τα βακτήρια σχηματίζουν είτε λεπτά φιλμ πάνω στις επιφάνειες είτε συμπαγείς μάζες. Οι βιολογικές επικαθίσεις συμβαίνουν τόσο στα ανοιχτά όσο και στα κλειστά κυκλώματα ψύξης. Στα ανοιχτά κυκλώματα, όπου υπάρχει πλεόνασμα ηλιακής ακτινοβολίας και οξυγόνου, παρατηρούνται μεγάλες συγκεντρώσεις αερόβιων μικροοργανισμών, ενώ στα κλειστά κυκλώματα, όπου υπάρχει περίσσεια θρεπτικών ουσιών, παρατηρείται η ύπαρξη αναερόβιων βακτηρίων, τα οποία είναι συνήθως υπεύθυνα για την αυξημένη διάβρωση των εγκαταστάσεων.

- **Ατμοσφαιρικές επικαθίσεις (aerosol fouling):**

Τα αερολύματα της ατμόσφαιρας συγκεντρώνονται στις επιφάνειες δημιουργώντας επικαθίσεις. Οι μηχανισμοί δημιουργίας των επικαθίσεων διακρίνονται σε ξηρούς και υγρούς. Η πρώτη διαδικασία ονομάζεται ξηρή, διότι τα σωματίδια της ατμόσφαιρας κάθονται πάνω στις επιφάνειες λόγω της βαρυτικής καθίζησης (gravitational sedimentation). Στη δεύτερη διαδικασία πρωταρχικό ρόλο για τη δημιουργία των επικαθίσεων έχουν τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, τα οποία παρασύρουν τα σωματίδια στο πέρασμά τους και τα εναποθέτουν στις ελεύθερες επιφάνειες.

Επίσης, ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που δημιουργούνται λόγω των επικαθίσεων είναι η σημαντική μείωση του συντελεστή μεταφοράς θερμότητας, καθώς τα στρώματα αλάτων εμφανίζουν έντονη μονωτική συμπεριφορά.

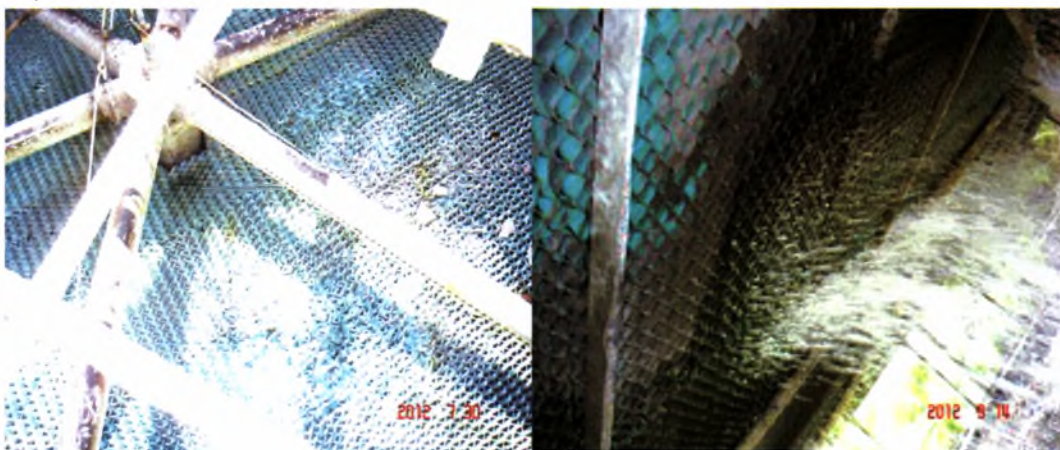
4.1) Κατάσταση πύργων ψύξης του εργοστασίου

Το εργοστάσιο της ΑΓΕΤ-Ηρακλής διαθέτει εγκατεστημένους αυτή τη στιγμή δυο πύργους ψύξης δυναμικότητας $195\text{m}^3/\text{h}$ ο καθένας, προκειμένου να ικανοποιήσει τις ψυκτικές του ανάγκες. Επειδή οι πύργοι δεν ήταν εφικτό να ανταποκριθούν στις ψυκτικές απαιτήσεις κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού λόγω κατασκευαστικών περιορισμών, η ψύξη υποβοηθάτε με χρήση νερού που προέρχεται από την πηγή LEPOL, το οποίο παράλληλα αναπληρώνει τις όποιες απώλειες του συστήματος, με αποτέλεσμα να βελτιώνει σημαντικά την απόδοση του κυκλώματος. Το νερό που προέρχεται από την πηγή διαθέτει ένα σημαντικό πλεονέκτημα. Η μέγιστη θερμοκρασία του ακόμα και κατά τις πιο θερμές μέρες του καλοκαιριού είναι σταθερά $17,5^{\circ}\text{C}$ (όπως μετρήθηκε κατά το διάστημα 9/7/2012-13/7/2012). Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα σταδιακά οι πύργοι ψύξης να παραμεριστούν, καθώς η ψύξη των μηχανημάτων γινόταν αποτελεσματικότερα με τη χρήση του νερού από το πηγάδι. Το γεγονός πως οι πύργοι λειτουργούσαν για αρκετό διάστημα χρησιμοποιώντας νερό από το Lepol, το οποίο έχει μεγάλες συγκεντρώσεις σε άλατα, είχε σαν αποτέλεσμα την εμφάνιση προβλημάτων στην ομαλή τους λειτουργία. Οι παρακάτω φωτογραφίες παρουσιάζουν μια ενδεικτική εικόνα της σημερινής κατάστασης των πύργων ψύξης:



Εικόνα 36: Λεκάνη απορροής πύργου ψύξης-διακρίνονται οι επικαθίσεις στην επιφάνεια της λεκάνης

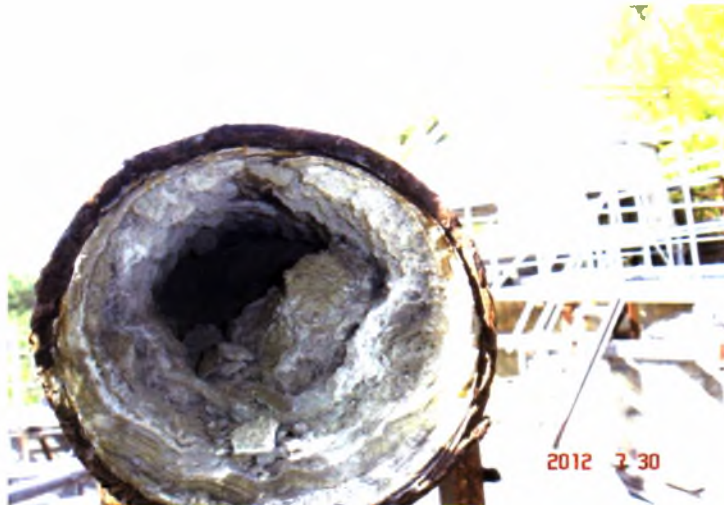
Διακρίνονται τα προβλήματα που δημιουργήθηκαν κατά τη λειτουργία των πύργων σε περιβάλλοντα με μεγάλες συγκεντρώσεις σκόνης στον ατμοσφαιρικό αέρα και κατά τη χρήση νερού με μεγάλη συγκέντρωση αλάτων. Η λειτουργία των πύργων ψύξης βασίζεται στην εξάτμιση ενός μέρους του κυκλοφορούμενου ψυκτικού μέσου, ώστε να ψυχθεί η υπόλοιπη μάζα του ψυκτικού υγρού. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της συγκέντρωσης των αλάτων στο υγρό και την εμφάνιση καταλατώσεων υπό τις κατάλληλες συνθήκες. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, όπως φαίνεται, η λεκάνη απορροής του πύργου έχει καλυφθεί με ένα στρώμα επικαθίσεων, οι οποίες οφείλονται εν μέρει στο κυκλοφορούν νερό και εν μέρει στη σκόνη της ατμόσφαιρας που δημιουργεί ατμοσφαιρικές επικαθίσεις. Όσον αφορά το πληρωτικό υλικό διακρίνεται στη φωτογραφία ότι αρκετές κυψελίδες έχουν φραχτεί λόγω της πτώσης διαφόρων αντικειμένων τα οποία κατέστρεψαν το αρχικό σχήμα των κελιών και της σκόνης του ατμοσφαιρικού αέρα και των αλάτων του νερού.



Εικόνα 37: Πληρωτικό υλικό πύργων ψύξης-διακρίνονται οι επικαθίσεις που έχουν δημιουργηθεί λόγω της ατμοσφαιρικής σκόνης και των αλάτων του νερού ψύξης

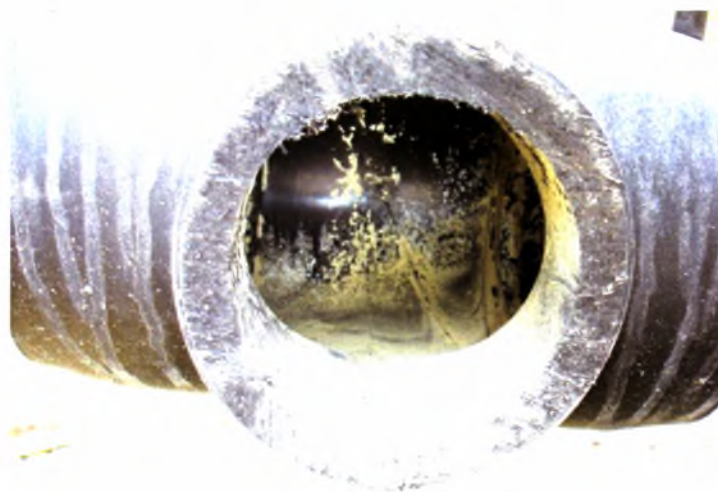
4.2) Κατάσταση σωληνώσεων του κυκλώματος του εργοστασίου

Το δίκτυο σωληνώσεων του κυκλώματος ψύξης στο Εργοστάσιο Βόλου της ΑΓΕΤ-Ηρακλής είναι ιδιαίτερα εκτεταμένο. Υπολογίζεται ότι το συνολικό μήκος του μέσα στο χώρο του εργοστασίου προσεγγίζει τα 5 χιλιόμετρα. Οι σωληνώσεις είναι κατασκευασμένες από PVC στο μεγαλύτερο κομμάτι του δικτύου και αντικατέστησαν τις χάλκινες σωληνώσεις του παλαιότερου κυκλώματος, οι οποίες εμφάνιζαν σοβαρά προβλήματα επικαθίσεων. Η κύρια αιτία του φαινομένου ήταν η χρήση νερού από την πηγή Lerol, αλλά και των γεωτρήσεων που διαθέτει το εργοστάσιο. Κύριο χαρακτηριστικό της σύστασης του νερού αυτού είναι η μεγάλη συγκέντρωση στερεών αλάτων, τα οποία προσκολλούνταν στις μεταλλικές επιφάνειες των σωληνώσεων. Με την πάροδο των ετών παρατηρήθηκε η απόφραξη μέρους του δικτύου λόγω των καθαλατώσεων. Παρακάτω φαίνεται μια χαρακτηριστική εικόνα της κατάστασης των χάλκινων σωληνώσεων



Εικόνα 38: Χάλκινος σωλήνας εκτός λειτουργίας. Διακρίνεται η σημαντική μείωση της εσωτερικής διαμέτρου του σωλήνα λόγω των επικαθίσεων.

Με την εγκατάσταση σωληνώσεων από PVC το πρόβλημα αντιμετωπίστηκε σε μεγάλο βαθμό, καθώς οι επικαθίσεις συνεχίζουν μεν να εμφανίζονται, αλλά πλέον μόνο ως λεπτότοιχα στρώματα κίτρινου χρώματος στις εσωτερικές επιφάνειες των σωλήνων.



2012 7 30

Εικόνα 39: Σωλήνας από PVC διακρίνεται εύκολα το λεπτό στρώμα επικαθίσεων με το κίτρινο χρώμα.

Έπειτα από ανάλυση των επικαθίσεων που βρέθηκαν στις σωληνώσεις από τον μεταπτυχιακό φοιτητή κ. Δημήτρη Τζιαμτζή με ακτίνες Χ (XRD) στα πλαίσια της Μεταπτυχιακής του Διατριβής, προέκυψε ότι οι επικαθίσεις αποτελούνται κατά κύριο λόγο από ενώσεις ανθρακικού ασβεστίου (CaCO_3)[14]. Πιο συγκεκριμένα σε ποσοστό 34,9% αποτελούνται από αραγωνίτη και σε ποσοστό 65,1% από ασβεστίτη (δηλαδή αλλοτροπικές μορφές ανθρακικού ασβεστίου). Παράλληλα πραγματοποιήθηκε και χημική ανάλυση του δείγματος και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται συνοπτικά στον επόμενο πίνακα:

Πίνακας 4: Πίνακας συγκέντρωσης συστατικών στο νερό της πηγής Lepol[14]

Συστατικό	% w/w
Ca	37,5
Mg	0,4
Na	0,2
K	0,01
Cu	0,001
Zn	0,1
Mn	0,001
Fe	0,25

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Διαδικασία ανάκτησης δεδομένων μετρήσεων

5.1) Διαδικασία χειροκίνητων μετρήσεων

Η αρχική σκέψη ήταν να καταγραφούν ξεχωριστά οι τιμές των παροχών και των θερμοκρασιών στην είσοδο και στην έξοδο του κάθε εξαρτήματος, ώστε μετά από υπολογισμό να προκύψει το επιμέρους θερμικό φορτίο. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με τα μηχανήματα σε λειτουργία, με σκοπό να καταγραφούν οι πραγματικές τιμές παροχών και θερμοκρασιών. Γι' αυτό το λόγο δεν ήταν δυνατό να πραγματοποιηθούν οι μετρήσεις στην είσοδο, καθώς τυχόν αποσύνδεση της παροχής εισόδου μπορούσε να προκαλέσει προβλήματα στην ομαλή λειτουργία του μηχανήματος. Επομένως, αποφασίστηκε να γίνει η παραδοχή ότι δεν υπάρχουν μεταβολές στην παροχή του νερού κατά τη διαδρομή του μέσα από τα μηχανήματα και επίσης ότι η θερμοκρασία εισόδου του νερού είναι η ίδια σε κάθε επιμέρους μηχανήμα. Επομένως, η παροχή εισόδου ισούται με την παροχή εξόδου, ενώ η θερμοκρασία εισόδου του νερού ψύξης θεωρείται ίδια για το σύνολο των μηχανημάτων. Οι μετρήσεις παροχών και θερμοκρασιών πραγματοποιήθηκαν σε επιλεγμένα σημεία πάνω στο ρεύμα εξόδου του κάθε εξαρτήματος, τα οποία είναι ανοιχτά. Οι λόγοι για τους οποίους τα σημεία αυτά είναι ανοιχτά είναι η παρατήρηση φαινομένων διαρροών λιπαντικών ελαίων.



Εικόνα 40: Χαρακτηριστικά σημεία μετρήσεων (αριστερά: σημείο στον ΠΚ1-δεξιά: σημείο στο ΜΤ8)

Οι μετρήσεις για τη θερμοκρασία εισόδου έγιναν σε κατάλληλο σημείο αναφοράς, το οποίο υποδείχθηκε από τον υδραυλικό του εργοστασίου κ. Γ. Παπαγιάννη.



Εικόνα 41: Φωτογραφία του σημείου μέτρησης της θερμοκρασίας εισόδου του νερού στο κύκλωμα

Το επόμενο βήμα ήταν η λήψη των παροχών και των θερμοκρασιών στα συνολικά ρεύματα εξόδου, δηλαδή στις δύο δεξαμενές (παλιά και νέα) στο αντλιοστάσιο, με στόχο την επαλήθευση του θερμικού φορτίου.

Για τη συλλογή των στοιχείων εφαρμόστηκε η παρακάτω μεθοδολογία:

- Για τη μέτρηση των παροχών των διάφορων μηχανημάτων χρησιμοποιήθηκαν ένα μεταλλικό δοχείο χωρητικότητας 10 λίτρων, ένα βαθμονομημένο χρονόμετρο και ένας ζυγός ακριβείας (ακρίβεια έως 2 δεκαδικά ψηφία), τα οποία μας παραχωρήθηκαν από το τμήμα μετρήσεων του εργοστασίου. Αρχικά, έγινε μια μικρή εκτροπή του ρεύματος εξόδου στο δοχείο μέτρησης, ενώ μετριούνταν παράλληλα το χρονικό διάστημα μέχρι να γεμίσει το δοχείο. Στη συνέχεια μετρήθηκε το βάρος του γεμάτου δοχείου, απ' όπου αφαιρέθηκε το απόβραρό του, το οποίο είχε μετρηθεί νωρίτερα. Υπολογίστηκε έτσι η παροχή μάζας. Τέλος, έγινε η μετατροπή του βάρους σε όγκο και υπολογίστηκε και η παροχή όγκου.
- Για τη μέτρηση της θερμοκρασίας χρησιμοποιήθηκαν ένα βαθμονομημένο θερμοστοιχείο τύπου K, το οποίο μας παραχωρήθηκε από το τμήμα μετρήσεων, και ένα θερμοστοιχείο ίδιου τύπου με το προηγούμενο, το οποίο αποτελεί τμήμα του εξοπλισμού του Εργαστηρίου Θερμοδυναμικής και Θερμικών Μηχανών. Όλες οι μετρήσεις έγιναν τοποθετώντας το θερμοστοιχείο μέσα στη ροή του ρεύματος νερού.

5.2) Παρουσίαση δεδομένων μετρήσεων

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν μετά την ολοκλήρωση των μετρήσεων σε κάθε μηχανήμα παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες:

Πίνακας 5: Δεδομένα μετρήσεων παροχών-θερμοκρασιών στον ΠΚ1

ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΗ ΚΑΜΙΝΟΣ 1(ΠΚ1)						
	Παροχή (m ³ /h)	Θερμοκρασία Εισόδου (Καλοκαίρι) (°C)	Θερμοκρασία Εξόδου (Καλοκαίρι) (°C)	Θερμοκρασία Εισόδου (Χειμώνας) (°C)	Θερμοκρασία Εξόδου (Χειμώνας) (°C)	
Βάθρο 1	Έδρανο ΒΑ	4,8	19	21,4	18	19,1
	Έδρανο ΝΑ	3,7	19	21,9	18	19
	Έδρανο ΒΔ	4,3	19	22,2	18	19,1
	Έδρανο ΝΔ	4,8	19	21,3	18	19,1
Βάθρο 2	Έδρανο ΝΑ	10,6	19	20,7	18	18,8
	Έδρανο ΝΔ	12,2	19	20,5	18	18,9
	Έδρανο ΒΔ	12,6	19	20,4	18	19
	Έδρανο ΒΑ	11,8	19	20,3	18	18,8
Βάθρο 3	Έδρανο ΒΔ	1,8	19	21,2	18	19,6
	Έδρανο ΝΔ	1,6	19	21,1	18	21,3
	Έδρανο ΒΑ	1,2	19	21,1	18	20,6
	Έδρανο ΝΑ	2,2	19	20,3	18	20
	Αναλυτής	11,8	19	22,1	18	21,4
	IDFanN	0,2	19	22,7	18	20
	IDFanS	0,1	19	26,8	18	20,5
	Total	83,7				

Πίνακας 6: Δεδομένα μετρήσεων παροχών-θερμοκρασιών στους ΜΚ1,

ΜΥΛΟΙ ΚΑΡΒΟΥΝΟΥ 1&2(ΜΚ1&ΜΚ2)					
	Παροχή (m ³ /h)	Θερμοκρασία Εισόδου (Καλοκαίρι) (°C)	Θερμοκρασία Εξόδου (Καλοκαίρι) (°C)	Θερμοκρασία Εισόδου (Χειμώνας) (°C)	Θερμοκρασία Εξόδου (Χειμώνας) (°C)
Εναλλάκτης ελαίου ΜΚ1	3,6	19	24,7	18	21,4
Εναλλάκτης ελαίου ΜΚ2	1,3	19	22,7	18	26,9
Total	4,9				

Πίνακας 7: Δεδομένα μετρήσεων παροχών-θερμοκρασιών στους MT4,5,6,7,8

ΜΥΛΟΙ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ 4&5&6&7&8 (MT4&MT5&MT6&MT7&MT8)						
		Παροχή (m ³ /h)	Θερμοκρασία Εισόδου (Καλοκαίρι) (°C)	Θερμοκρασία Εξόδου (Καλοκαίρι) (°C)	Θερμοκρασί α Εισόδου (Χειμώνας) (°C)	Θερμοκρασία Εξόδου (Χειμώνας) (°C)
MT4	Ψύξη ελαίου μειωτή	56,5	20,4	22,4	18	19,1
	Ψύξη ελαίου εδράνων κινητήρα μύλου	7,6	20,4	29,7	18	19,4
	Έδρανο εισαγωγής	4,1	20,4	23,3	18	19,9
	Έδρανο εξαγωγής	δεν μπορεί να μετρηθεί	δεν μπορεί να μετρηθεί	δεν μπορεί να μετρηθεί	δεν μπορεί να μετρηθεί	δεν μπορεί να μετρηθεί
MT5	Έδρανο εξαγωγής	1,4	20,4	22,6	18	19,5
	Ψύξη ελαίου μειωτή	16,6	20,4	25,5	18	21
	Ψύξη ελαίου εδράνων κινητήρα μύλου	εκτός λειτουργίας	εκτός λειτουργίας	εκτός λειτουργίας	εκτός λειτουργίας	εκτός λειτουργίας
	Έδρανο εισαγωγής	1,3	20,4	23,8	18	21,1
MT6	Ψύξη ελαίου μειωτή	63,3	20,4	22,3	18	20,6
	Ψύξη ελαίου εδράνων κινητήρα μύλου	0,8	20,4	23,3	18	21,7
	Έδρανο εξαγωγής (επιστροφές ψυγείου)	0,1	20,4	20,5	18	19,3
	Έδρανο εξαγωγής (επιστροφές υδροχιτωνίων)	8,8	20,4	21,4	18	19,9
	Έδρανο εισαγωγής	10,4	20,4	21,7	18	19

MT7	Έδρανο εισαγωγής	10,4	20,4	36,6	18	19
	Ψύξη ελαίου μειωτή	36,2	20,4	26,8	18	23
	Ψύξη ελαίου εδράνων κινητήρα μύλου	0,6	20,4	23,8	18	19,9
	Έδρανο εξαγωγής	0,3	20,4	38,1	18	25,3
MT8	Ψύξη ελαίου μειωτή	1,1	20,4	22,2	18	29,6
	Ψύξη ελαίου εδράνων κινητήρα μύλου	1,9	20,4	31,2	18	22,9
	Έδρανο εξαγωγής	0,7	20,4	21,8	18	20,4
	Έδρανο εισαγωγής	0,01	20,4	43,5	18	38,1
Total		222,1				

Στους παραπάνω πίνακες φαίνονται οι παροχές εξόδου του νερού και οι θερμοκρασίες εισόδου/εξόδου στο κάθε μηχάνημα.

Η παραδοχή που έγινε κατά τη συλλογή των δεδομένων ήταν πως η θερμοκρασία εισόδου της γραμμής που καταλήγει στους μύλους τσιμέντου το καλοκαίρι είναι μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία εισόδου της γραμμής που καταλήγει στην περιστροφική κάμινο και στους μύλους κάρβουνου, ενώ το χειμώνα είναι ίδιες. Έγινε μία προσεγγιστική εκτίμηση του μεγέθους της ανύψωσης της θερμοκρασίας της γραμμής που καταλήγει στους μύλους τσιμέντου το καλοκαίρι με βάση την πληροφορία ότι ο αγωγός, εξωτερικής διαμέτρου 168mm, είναι εκτεθειμένος στο εξωτερικό περιβάλλον (αέρας και ήλιος) σε συνολικό μήκος 500 m, οπότε έγιναν υπολογισμοί θέρμανσης λόγω συναγωγής και ηλιακής ακτινοβολίας, που κατέληξαν σε μία αύξηση της θερμοκρασίας του νερού κατά 1,5°C.

5.3) Προβλήματα κατά τη συλλογή των δεδομένων

Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων παρουσιάστηκαν κάποια προβλήματα.

- Ένα από αυτά ήταν πως υπήρχε το ενδεχόμενο οποιαδήποτε στιγμή είτε λόγω βλάβης είτε λόγω προγραμματισμένης στάσης ένα ή περισσότερα μηχανήματα να τεθούν εκτός λειτουργίας, με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η καταγραφή του συνόλου των μετρήσεων στο διάστημα μίας ημέρας λειτουργίας.

- Η μεγάλη απόσταση μεταξύ των μηχανημάτων ήταν επίσης πρόβλημα. Ο χρόνος παρέλευσης κατά τη μετάβαση από το ένα μηχάνημα στο άλλο είναι πιθανό να επηρεάζει σε κάποιο βαθμό τον ταυτοχρονισμό των μετρήσεων.
- Επίσης, δεδομένου πως οι μύλοι τσιμέντου λειτουργούν τις νυχτερινές ώρες από Δευτέρα μέχρι Παρασκευή και όσο απαιτείται το Σάββατο και την Κυριακή, επειδή το ηλεκτρικό ρεύμα πωλείται στη βιομηχανία σε χαμηλότερη τιμή εκείνες τις περιόδους, οι μετρήσεις των παροχών και των θερμοκρασιών γι' αυτούς έγιναν ξεχωριστά από όλες τις υπόλοιπες, με την υπόθεση πως οι καιρικές συνθήκες και η θερμοκρασία εισόδου του νερού παραμένουν ίδιες με αυτές των άλλων μετρήσεων.
- Η πιθανότητα σφάλματος της μεθόδου μέτρησης με τη χρήση ενός δοχείου και ενός χρονομέτρου είναι μεγαλύτερη απ' ό τι με τη χρήση ενός ροόμετρου λόγω του ανθρώπινου παράγοντα, όμως η εναλλακτική λύση ροόμετρου θα απαιτούσε να είναι μόνιμα εγκατεστημένο σε κάθε σημείο μέτρησης και από ένα ροόμετρο κατάλληλου τύπου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Παρουσίαση αποτελεσμάτων-διαγραμμάτων

6.1) Ισοζύγιο κυκλώματος ψύξης (έργο-ενέργεια)

Όπως προαναφέρθηκε, έγιναν οι εξής υπολογισμοί: υπολογισμός θερμικού φορτίου σε κάθε μηχάνημα του κλειστού κυκλώματος, υπολογισμός θερμικού φορτίου στο ρεύμα εξόδου στο αντλιοστάσιο του εργοστασίου προς επαλήθευση του ανωτέρω αποτελέσματος και υπολογισμός φορτίων λόγω συναγωγής και ακτινοβολίας. Σε ορισμένες περιπτώσεις δεν ήταν δυνατή η μεμονωμένη καταγραφή των τιμών θερμοκρασίας και παροχής κάποιων μηχανημάτων, καθώς δεν υπήρχαν διαθέσιμα σημεία μέτρησης (π.χ. συμπιεστές τέφρας). Ο υπολογισμός των θερμικών φορτίων των συγκεκριμένων μηχανημάτων βασίστηκε σε εκτιμήσεις μηχανικών του εργοστασίου.

Ο υπολογισμός της θερμορροής έγινε με τη χρήση της βασικής θερμοδομετρικής εξίσωσης:

$$Q = \dot{m} \times C_p \times \Delta T \text{ (kW)}$$

όπου Q : το θερμικό φορτίο (kW)

\dot{m} : η παροχή μάζας του ψυκτικού μέσου (kg/s)

C_p : η ειδική θερμοχωρητικότητα του ψυκτικού μέσου (KJ/[Kg*K])

ΔT : η θερμοκρασιακή διαφορά ανάμεσα στη θερμοκρασία εισόδου και εξόδου του ψυκτικού μέσου στο μηχάνημα (K)

Ως ψυκτικό μέσο χρησιμοποιείται νερό, η ειδική θερμοχωρητικότητα του οποίου είναι $C_{\text{νερού}}=4,186 \text{ KJ/Kg*K}$

Παράλληλα έγινε και ο υπολογισμός των φορτίων που οφείλονται σε συναγωγή λόγω μεγαλύτερης θερμοκρασίας περιβάλλοντος για κάποιες ώρες της ημέρας. Τα φορτία λόγω συναγωγής επηρεάζουν αρκετά το αποτέλεσμα, κυρίως την καλοκαιρινή περίοδο, όταν παρατηρούνται και οι μεγαλύτερες θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Επίσης, έγινε και ο υπολογισμός των θερμικών φορτίων που οφείλονται στην ακτινοβολία του ήλιου και άλλων πηγών.

Για τον υπολογισμό των θερμικών φορτίων λόγω συναγωγής και ακτινοβολίας χρησιμοποιήθηκαν οι αντίστοιχες εξισώσεις από μεταφορά θερμότητας.

Η εξίσωση που περιγράφει τον ρυθμό μεταφοράς της θερμότητας με συναγωγή, ο οποίος είναι ανάλογος με τη διαφορά θερμοκρασίας, εκφράζεται με το νόμο ψύξης του Newton ως εξής[3]:

$$Q = h \times A \times (T_s - T_{\infty}) \text{ (W/m}^2\text{)}$$

Όπου h : ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας με συναγωγή σε $\text{W/m}^2\text{*}^{\circ}\text{C}$

A : η επιφάνεια μεταφοράς θερμότητας σε m^2

T_s : η θερμοκρασία της επιφάνειας σε $^{\circ}\text{C}$

T_{∞} : η θερμοκρασία του ρευστού αρκετά μακριά από την επιφάνεια σε $^{\circ}\text{C}$

Η εκπεμπόμενη θερμότητα (αυτοεκπομπή ακτινοβολίας) ανά μονάδα χρόνου και ανά μονάδα εμβαδού δίνεται από το νόμο των Stefan – Boltzmann[3]:

$$Q = \varepsilon \times \sigma \times Ts^4 \text{ (W/m}^2\text{)}$$

Όπου σ : η σταθερά Stefan – Boltzmann ίση με $5.67 \cdot 10^{-8} \text{ (W/[m}^2 \cdot \text{K}^4\text{])}$

T_s : η απόλυτη θερμοκρασία της επιφάνειας σε K

ε : η ικανότητα εκπομπής της επιφάνειας με $0 \leq \varepsilon \leq 1$ ($\varepsilon=1$ για το μέλαν σώμα)

Όμως, θα πρέπει παράλληλα να συνεκτιμάται στο ισοζύγιο και η απορροφώμενη ακτινοβολία που προέρχεται από γειτονικά σε οπτική επαφή σώματα και επιφάνειες.

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών ισοζυγίων παρουσιάζονται αναλυτικά στους πίνακες που ακολουθούν:

Πίνακας 8: Πίνακας αποτελεσμάτων υπολογισμού θερμικών φορτίων για τον ΠΚ1

ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΗ ΚΑΜΙΝΟΣ 1			
ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΠΚ1		Θερμικό φορτίο καλοκαιριού (kW)	Θερμικό φορτίο χειμώνα (kW)
Βάθρο 1	Έδρανο 1	13,4	6,1
	Έδρανο 2	12,6	4,3
	Έδρανο 3	15,8	5,4
	Έδρανο 4	12,9	6,2
Βάθρο 2	Έδρανο 5	21,0	9,9
	Έδρανο 6	21,3	12,8
	Έδρανο 7	20,4	14,6
	Έδρανο 8	17,8	11,0
Βάθρο 3	Έδρανο 9	4,6	3,3
	Έδρανο 10	4,0	6,2
	Έδρανο 11	3,0	3,7
	Έδρανο 12	3,3	5,0
Αναλυτής καυσαερίων		42,4	46,5
Ανεμιστήρας ελκυσμού N		0,9	0,5
Ανεμιστήρας ελκυσμού B		1,4	0,4
	Total	195	136

Πίνακας 9: Πίνακας αποτελεσμάτων υπολογισμού θερμικών φορτίων για τους ΜΚ1,ΜΚ2

ΜΥΛΟΙ ΚΑΡΒΟΥΝΟΥ 1,2		
ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΜΚ1,ΜΚ2	Θερμικό φορτίο καλοκαιριού (kW)	Θερμικό φορτίο χειμώνα (kW)
Ψυγείο λαδιού ΜΚ1	19,7	14,3
Ψυγείο λαδιού ΜΚ2	4,1	13,7
Total	24	28

Πίνακας 10: Πίνακας αποτελεσμάτων υπολογισμού θερμικών φορτίων ΜΤ 4,5,6,7,8

ΜΥΛΟΙ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ 4,5,6,7,8			
ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΜΤ 4,5,6,7,8	Θερμικό φορτίο καλοκαιριού (kW)	Θερμικό φορτίο χειμώνα (kW)	
ΜΤ4	Ψύξη ελαίου μειωτή	131,4	138,0
	Ψύξη ελαίου εδράνων κινητήρα μύλου	82,5	21,3
	Έδρανο εισαγωγής	13,7	13,7
	Έδρανο εξαγωγής	0,0	0,0
ΜΤ5	Έδρανο εξαγωγής	3,5	4,0
	Ψύξη ελαίου μειωτή	98,6	77,3
	Ψύξη ελαίου εδράνων κινητήρα μύλου	0,0	0,0
	Έδρανο εισαγωγής	5,3	6,3
ΜΤ6	Ψύξη ελαίου μειωτή	139,8	265,0
	Ψύξη ελαίου εδράνων κινητήρα μύλου	2,8	4,5
	Έδρανο εξαγωγής (μικρός σωλήνας)	0,01	0,2
	Έδρανο εξαγωγής (μεγάλος σωλήνας)	10,3	29,8
	Έδρανο εισαγωγής	15,7	24,2
ΜΤ7	Έδρανο εισαγωγής	195,7	24,2
	Ψύξη ελαίου μειωτή	269,2	252,3
	Ψύξη ελαίου εδράνων	2,5	2,1

	κινητήρα μύλου		
	Έδρανο εξαγωγής	5,4	2,5
MTB	Ψύξη ελαίου μειωτή	2,2	15,7
	Ψύξη ελαίου εδράνων κινητήρα μύλου	23,6	12,9
	Έδρανο εξαγωγής	1,2	2,9
	Έδρανο εισαγωγής	0,3	0,2
	Total	1004	897

Τα αποτελέσματα των θερμικών φορτίων που προστίθενται στο κύκλωμα λόγω συναγωγής και ακτινοβολίας παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα. Αξίζει να σημειωθεί ότι πηγή ακτινοβολίας αποτελεί και η εξωτερική επιφάνεια του ΠΚ1, η οποία βρίσκεται σε θερμοκρασία 350°C, με αποτέλεσμα να εκπέμπει στο υπέρυθρο φάσμα και να προσθέτει έτσι ένα επιπλέον θερμικό φορτίο στο σύστημα, καθώς σύμφωνα με τα μηχανολογικά σχέδια σε απόσταση 10 περίπου μέτρων διέρχονται οι σωληνώσεις του συστήματος ψύξης του φούρνου.

Πίνακας 11: Πίνακας αποτελεσμάτων υπολογισμού θερμικών φορτίων λόγω συναγωγής και ακτινοβολίας

ΦΟΡΤΙΟ ΣΥΝΑΓΩΓΗΣ-ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ		
	Θερμικό φορτίο καλοκαιριού (kW)	Θερμικό φορτίο χειμώνα (kW)
Φορτίο λόγω συναγωγής	190	10,6
Φορτίο λόγω ακτινοβολίας του ήλιου	20,6	20,6
Φορτίο λόγω ακτινοβολίας φούρνου	0,3	0,3
Total	211	32

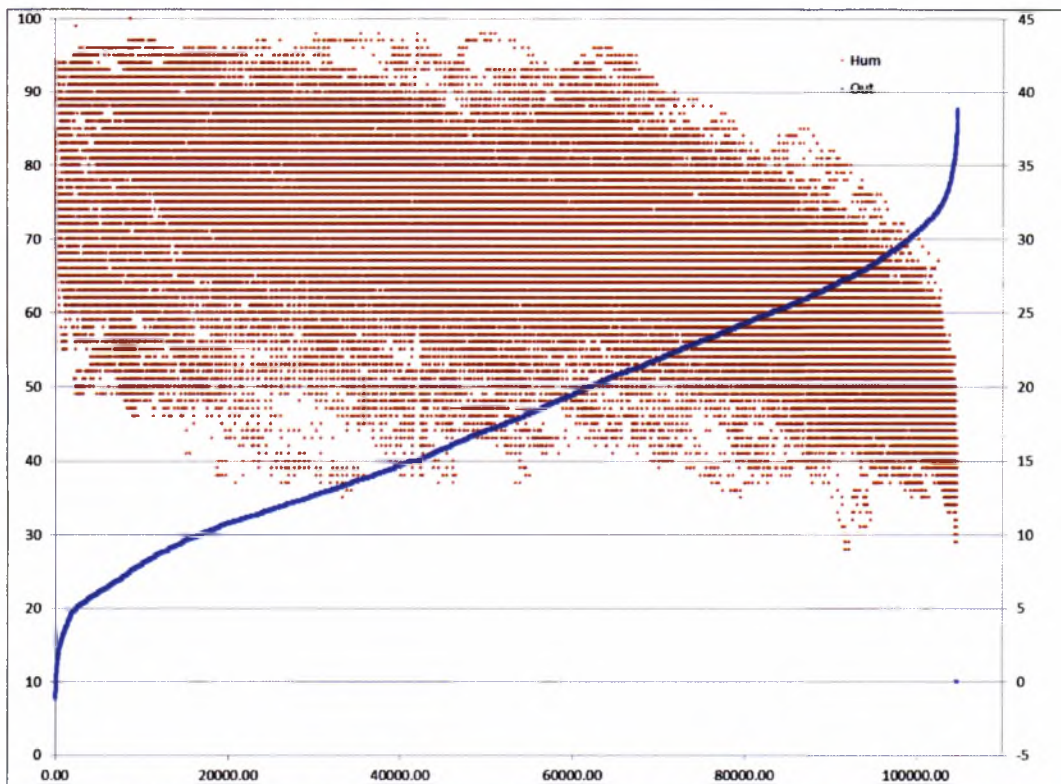
Τα συνολικά αποτελέσματα παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα. Να σημειωθεί πως με βάση τις εκτιμήσεις των μηχανικών της ΑΓΕΤ το θερμικό φορτίο των συμπιεστών τέφρας είναι σε σύνολο 150 kW (5 συμπιεστές x 30 kW ο καθένας). Επίσης, στον πίνακα περιέχεται και το θερμικό φορτίο που υπολογίστηκε με βάση τις παροχές και τις θερμοκρασίες που καταγράφηκαν στο αντλιοστάσιο της μονάδας και χρησιμεύουν για την επαλήθευση του αποτελέσματος που προέκυψε από την άθροιση των τιμών των θερμικών φορτίων, όπως αυτά καταγράφηκαν ξεχωριστά για κάθε μηχανήμα.

Πίνακας 12: Πίνακας συνολικών αποτελεσμάτων μετρήσεων θερμικού φορτίου

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΘΕΡΜΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ			
	Παροχή(m ³ /h)	Θερμικό φορτίο(kW) (ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ)	Θερμικό φορτίο(kW) (ΧΕΙΜΩΝΑΣ)
Συνολικές Τιμές Εξαρτημάτων	311	1.372	1.211
ΦΟΡΤΙΟ ΛΟΓΩ ΣΥΝΑΓΩΓΗΣ		190	10,6
ΦΟΡΤΙΟ ΛΟΓΩ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΗΛΙΟΥ		20,6	20,6
ΦΟΡΤΙΟ ΛΟΓΩ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΦΟΥΡΝΟΥ		0,3	0,3
Total	311	1.583	1.242
ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΘΕΡΜΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΜΕ ΒΑΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ			
	Παροχή(m ³ /h)	Θερμικό φορτίο(kW) (ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ)	Θερμικό φορτίο(kW) (ΧΕΙΜΩΝΑΣ)
ΜΤ3, ΜΤ4, ΜΤ5, ΤΕΦΡΕΣ	55,1	249,78	257
ΠΚ1, ΜΚ1, ΜΚ2, ΑΝΑΛΥΤΗΣ, IDF ΒΟΡΕΙΟΣ, IDF ΝΟΤΙΟΣ, ΜΤ6, ΜΤ7, ΜΤ8	223,6	1.220	1.022
Άγνωστος σωλήνας	5,4	-	22,14
Total	284	1.470	1.301

6.2) Διαγράμματα

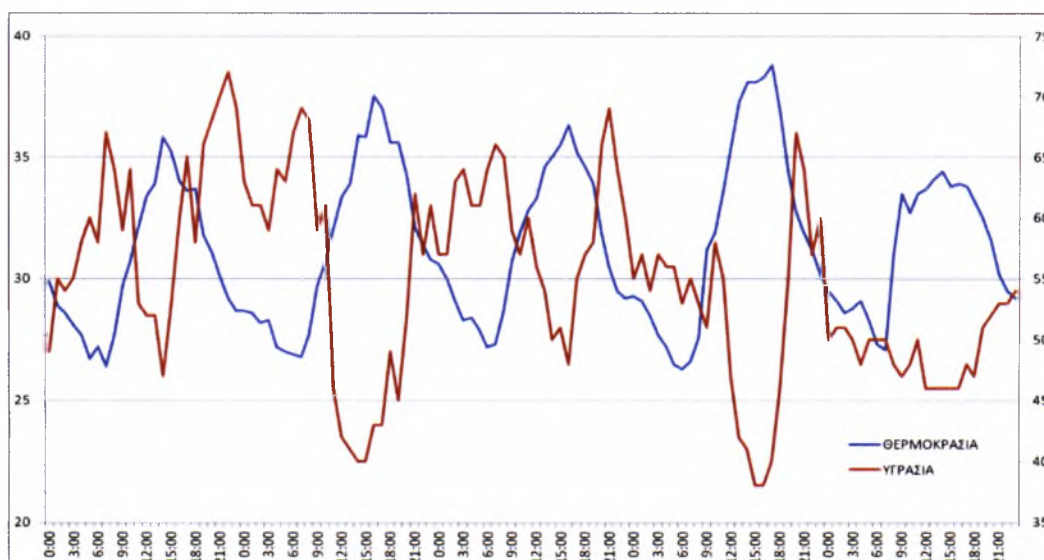
Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων θεωρήθηκε κρίσιμη η καταγραφή των δεδομένων που αφορούν τη μεταβολή των θερμοκρασιών τόσο του κλειστού κυκλώματος του εργοστασίου όσο και των θερμοκρασιών και της υγρασίας του περιβάλλοντος. Σκοπός αυτού ήταν η αποτύπωση των διαφορών στις συνθήκες λειτουργίας λόγω των περιβαλλοντικών μεταβολών και του βαθμού επίδρασής τους στο ψυκτικό κύκλωμα. Επιλέχθηκαν για αυτόν το λόγο δύο εβδομάδες εργασίας (14/05/2012-18/05/2012 αντιστοιχεί σε χειμερινές συνθήκες και 09/07/2012-13/07/2012 αντιστοιχεί σε θερινές συνθήκες), στη διάρκεια των οποίων καταγράφηκαν οι θερμοκρασίες λειτουργίας του εργοστασίου κατά το πρωινό οχτάωρο (πρωινή βάρδια 08:00-15:00) και οι περιβαλλοντικές συνθήκες σε όλο το εικοσιτετράωρο. Παρακάτω παρουσιάζονται σε μορφή διαγράμματος τα δεδομένα μεταβολής της σχετικής υγρασίας και της θερμοκρασίας περιβάλλοντος σε ετήσια και εβδομαδιαία βάση.



Διάγραμμα 1 : Ετήσιο γράφημα μεταβολής θερμοκρασίας-υγρασίας περιβάλλοντος συναρτήσει του χρόνου για το έτος 2009



Διάγραμμα 2: Μεταβολή θερμοκρασίας-υγρασίας στη διάρκεια της εβδομάδας 14-18/05/2012

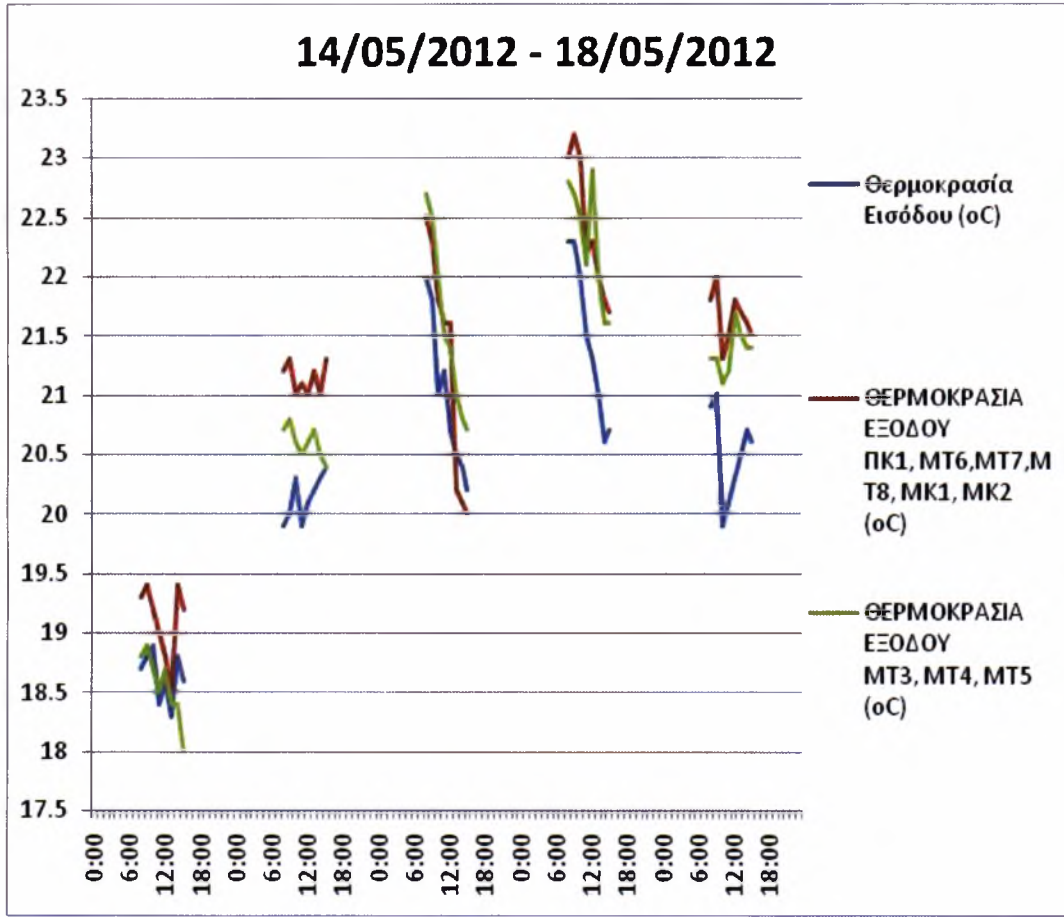


Διάγραμμα 3: Μεταβολή θερμοκρασίας-υγρασίας στη διάρκεια της εβδομάδας 9-13/07/2012

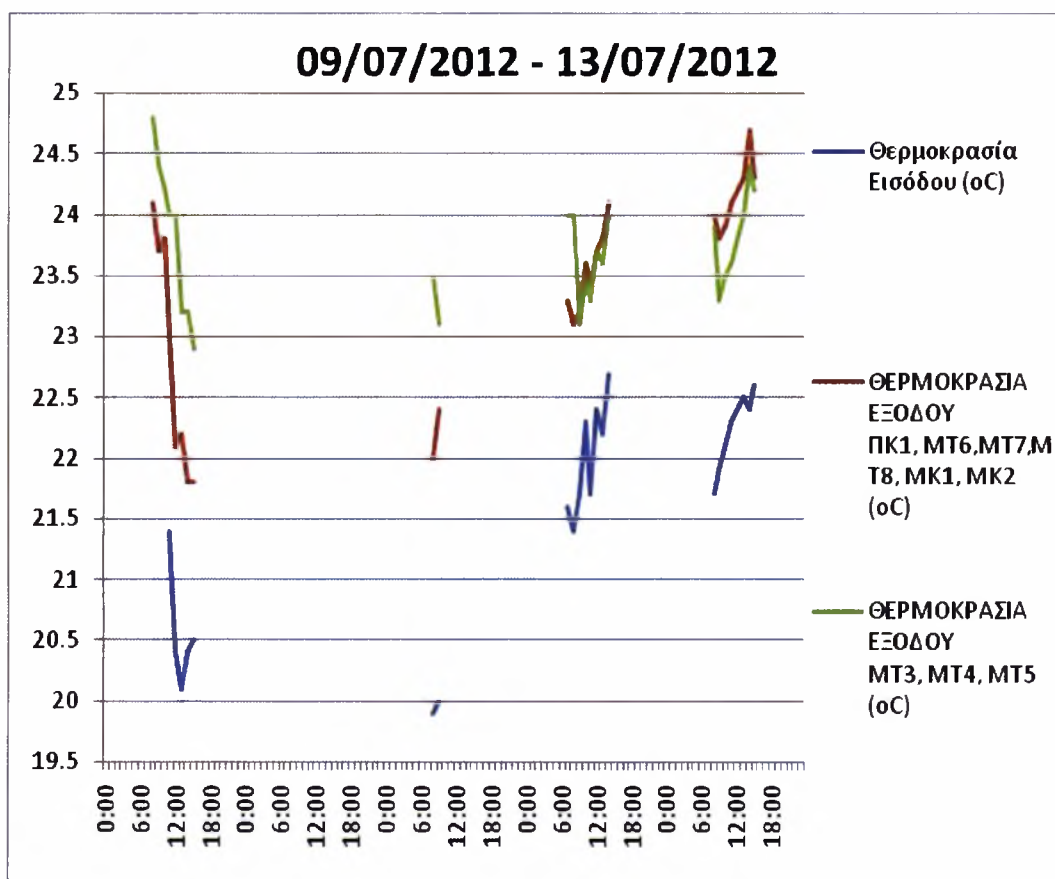
Με βάση τα διαγράμματα φαίνεται και η τάση μεταβολής της υγρασίας του περιβάλλοντος στη διάρκεια μιας εβδομάδας. Το καλοκαίρι, καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία περιβάλλοντος, τείνει να μειώνεται η σχετική υγρασία του αέρα. Η παρατήρηση αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς, όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, η λειτουργία των πύργων ψύξης επηρεάζεται σημαντικά από τις μεταβολές του περιεχομένου του αέρα σε υδρατμό (υγρασία). Δηλαδή, η απόδοση του πύργου ψύξης μειώνεται σημαντικά στις λεγόμενες «δύσκολες συνθήκες», όταν επικρατούν υψηλές τιμές θερμοκρασιών και σχετικής υγρασίας στο περιβάλλον. Για τα δεδομένα της Ελλάδας και συγκεκριμένα της περιοχής του Βόλου, όπως φαίνεται και στο παραπάνω διάγραμμα, οι συνθήκες αυτές επικρατούν ελάχιστες ημέρες του έτους ίσως και καθόλου (με βάση π.χ. τα διαθέσιμα μετεωρολογικά δεδομένα για το έτος 2009).

Η παρατηρούμενη αύξηση στο θερμικό φορτίο ανάμεσα στο χειμώνα και το καλοκαίρι, όπως αυτή καταγράφηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, οφείλεται κατά κύριο λόγο στην άνοδο της περιβαλλοντικής θερμοκρασίας κατά τους θερινούς μήνες.

Στα επόμενα διαγράμματα αποτυπώνεται η τάση μεταβολής των θερμοκρασιών λειτουργίας του ψυκτικού κυκλώματος στη διάρκεια των δύο εργάσιμων εβδομάδων. Δυστυχώς, δεν ήταν εφικτή η καταγραφή των τιμών θερμοκρασίας πέραν της πρωινής βάρδιας.



Διάγραμμα 4: Μεταβολή της θερμοκρασίας (°C) α) του νερού στην είσοδο των μηχανημάτων, β) του νερού στη συνολική έξοδο των ΠΚ1, ΜΤ6, ΜΤ7, ΜΤ8, ΜΚ1, ΜΚ2, γ) του νερού στη συνολική έξοδο των ΜΤ3, ΜΤ4, ΜΤ5



Διάγραμμα 5: Μεταβολή της θερμοκρασίας (°C) α) του νερού στην είσοδο των μηχανημάτων, β) του νερού στη συνολική έξοδο των ΠΚ1, ΜΤ6, ΜΤ7, ΜΤ8, ΜΚ1, ΜΚ2, γ) του νερού στη συνολική έξοδο των ΜΤ3, ΜΤ4, ΜΤ5

Συνολικά μπορεί να ειπωθεί πως η παρατηρούμενη αύξηση στις συνολικές θερμοκρασίες εισόδου και εξόδου του νερού οφείλεται στην άνοδο της θερμοκρασίας τους καλοκαιρινούς μήνες. Η παρουσία νερού από το πηγάδι Lerol καθιστά δυσδιάκριτη αυτή τη μεταβολή στις θερμοκρασίες λειτουργίας.

6.3) Χαρακτηριστικά λειτουργίας κυκλώματος λίπανσης

Το εργοστάσιο της ΑΓΕΤ-Ηρακλής διαθέτει ένα εκτεταμένο σύστημα λίπανσης-ψύξης των μηχανημάτων για την προστασία αυτών κατά τη λειτουργία. Κάθε μηχανήμα που λαμβάνει μέρος στην παραγωγική διαδικασία διαθέτει αυτόνομο κύκλωμα λαδιού. Πέρα από τη χρήση του ελαίου ως λιπαντικού, χρησιμεύει και ως προστατευτικό των εξαρτημάτων των μηχανημάτων από τη διαβρωτική δράση του οξυγόνου της ατμόσφαιρας. Επίσης, είναι το κατεξοχήν μέσο με το οποίο ψύχονται τα κινούμενα μέρη του μηχανήματος (άξονες, ρουλεμάν, έδρανα κ.ά.). Το κύκλωμα λαδιού περιλαμβάνει μία αντλία ανακυκλοφορίας, η οποία στέλνει το λάδι στα κινούμενα μέρη μέσω σωληνώσεων. Τα κυκλώματα ψύξης λαδιού βρίσκονται σε πίεση εύρους $0,5 - 7 \times 10^5$ Pa, ανάλογα με την εφαρμογή. Η αέναη κίνηση του λαδιού έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του και ως εκ τούτου υπάρχει ένα παράλληλο κύκλωμα νερού κατ' αντιρροή με το λάδι που αναλαμβάνει

την ψύξη του μέσου. Το νερό ψύξης, όπως φάνηκε και στα προηγούμενα δεδομένα, βρίσκεται σε μια μέση θερμοκρασία 21°C. Τα έλαια λίπανσης κυκλοφορούν στο εξωτερικό των σωληνώσεων του εναλλάκτη, ενώ το κρύο νερό στο εσωτερικό των σωληνώσεων.

Για τη λίπανση των μηχανημάτων χρησιμοποιούνται συνθετικά έλαια διαφορετικού ιξώδους ανάλογα με το είδος και τη χρήση του μηχανήματος. Για τη λίπανση των εδράνων του ΠΚ1 χρησιμοποιείται το συνθετικό έλαιο Optigear-Synthetic-X 680 της εταιρείας Castrol. Για την ψύξη των κινούμενων μερών των μύλων κάρβουνου και τσιμέντου χρησιμοποιούνται τα συνθετικά έλαια Optigear-Synthetic-X 320 της ίδιας εταιρείας.

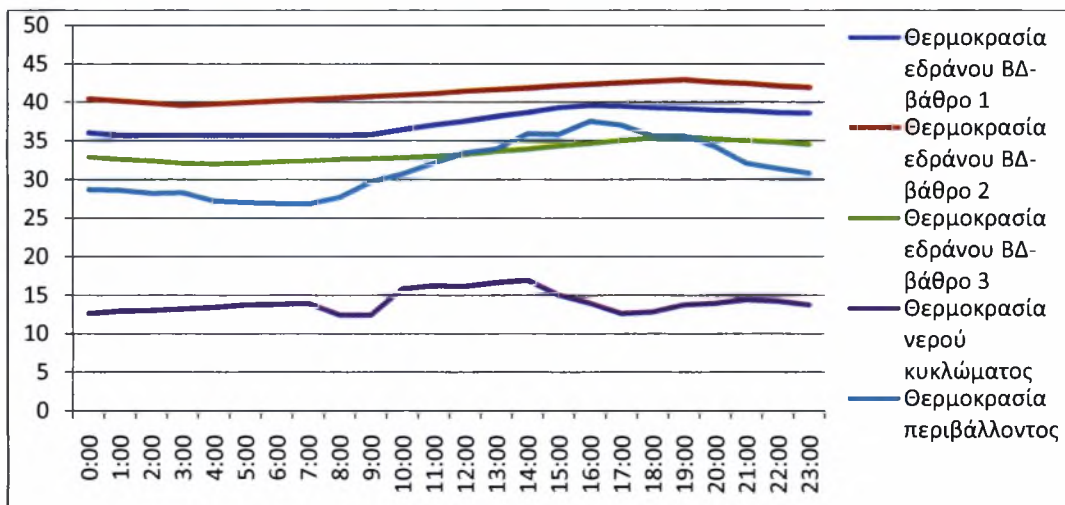
Τα συγκεκριμένα έλαια διακρίνονται, σύμφωνα με τον κατασκευαστή τους, για τις αντοχές που παρουσιάζουν σε αντίξοες συνθήκες, ενώ παράλληλα προσφέρουν αυξημένη προστασία στα κινούμενα μέρη από φθορές, αυξάνουν τη διάρκεια ζωής του φίλτρου της αντλίας και δεν παρουσιάζουν προβλήματα στην ομαλή λειτουργία του μηχανήματος, ακόμα και στην περίπτωση παρουσίας νερού στη σύσταση του ελαίου.

Πίνακας 13: Πίνακας ιδιοτήτων ελαίων CASTROL OPTIGEAR SYNTHETIC X

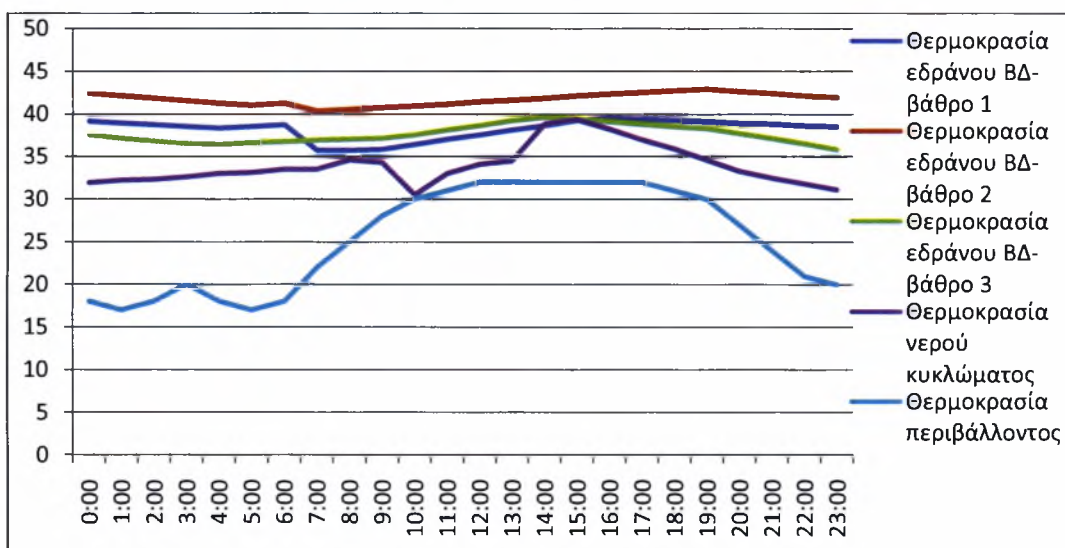
ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ CASTROL OPTIGEAR SYNTHETIC X		
	OPTIGEAR SYNTHETIC X 320	OPTIGEAR SYNTHETIC X 680
Βαθμός ιξώδους κατά ISO	320	680
Πυκνότητα στους 15°C (kg/m ³)	854	858
Κινηματικό ιξώδες στους 40°C & 100°C (mm ² /s)	325 & 34,9	675 & 61,2
Σημείο αυτανάφλεξης (°C)	>250	>250

Το εργοστάσιο διαθέτει σύστημα αυτόματης καταγραφής διαφόρων δεδομένων λειτουργίας των μηχανημάτων (Scada) μεταξύ άλλων και των θερμοκρασιών λειτουργίας των ελαίων λίπανσης. Κρίθηκε σημαντική η συλλογή των τελευταίων, προκειμένου να δημιουργηθεί μια ολοκληρωμένη εικόνα για τις συνθήκες που επικρατούν στο κύκλωμα λίπανσης κατά τη διάρκεια μιας ημέρας λειτουργίας. Σύμφωνα με τους μηχανικούς του εργοστασίου, οι μύλοι κάρβουνου και τσιμέντου διαθέτουν διαφορετικά κυκλώματα λίπανσης, όπου τα έλαια δεν ψύχονται συνεχώς, αλλά κατά διαστήματα. Αντίθετα, στα έδρανα του ΠΚ1 υπάρχει συνεχής ψύξη των ελαίων, οπότε και τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν επικεντρώνονται στη λειτουργία της περιστροφικής καμίνου.

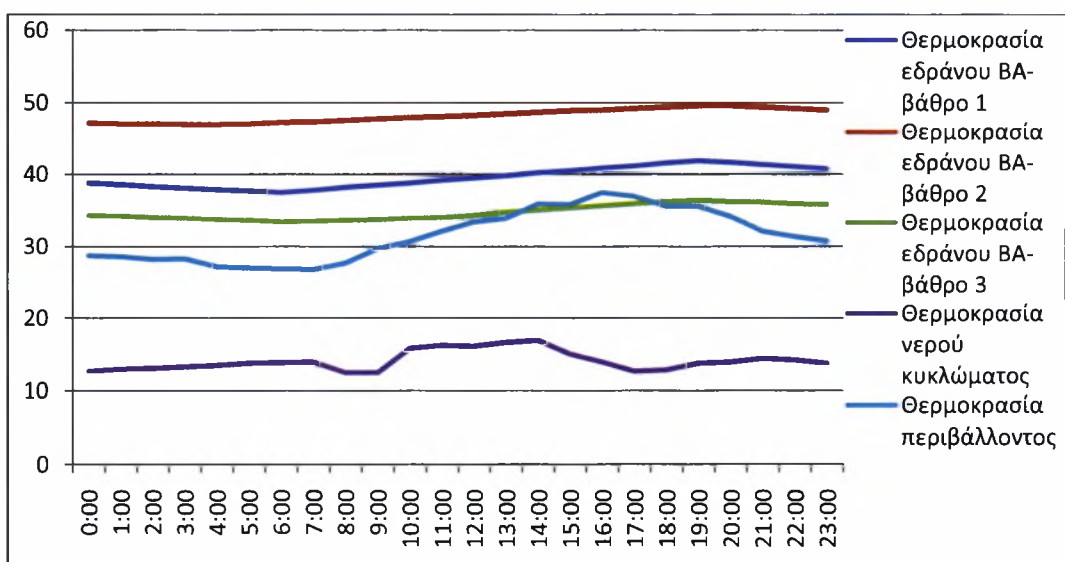
Τα παρακάτω διαγράμματα απεικονίζουν τις θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στα βάρθρα του φούρνου στη διάρκεια δυο ξεχωριστών ημερών.



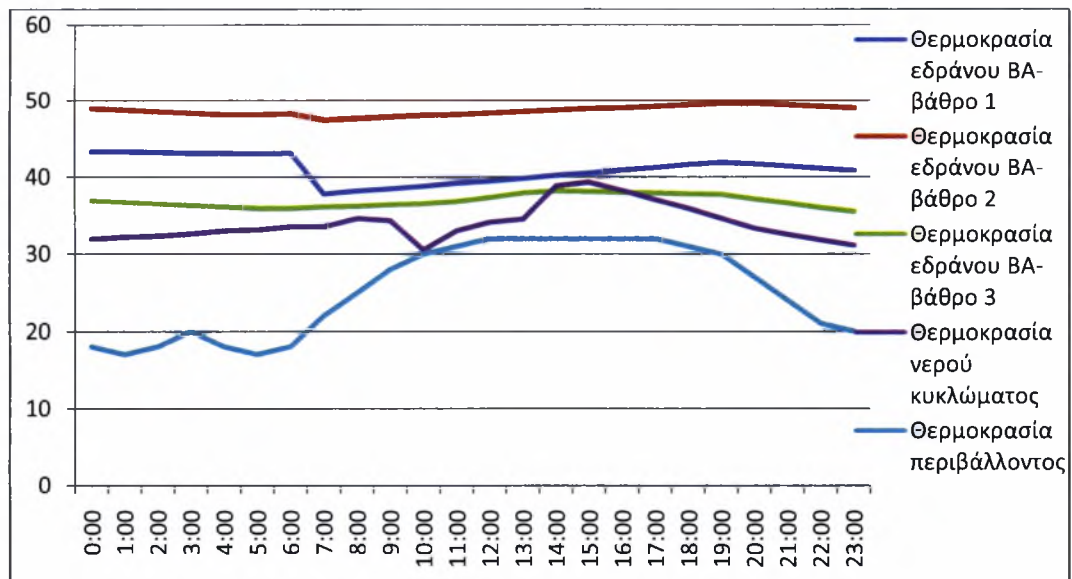
Διάγραμμα 6: Θερμοκρασίες (°C) ΒΔ εδράνων του ΠΚ1 στις 10-7-2012



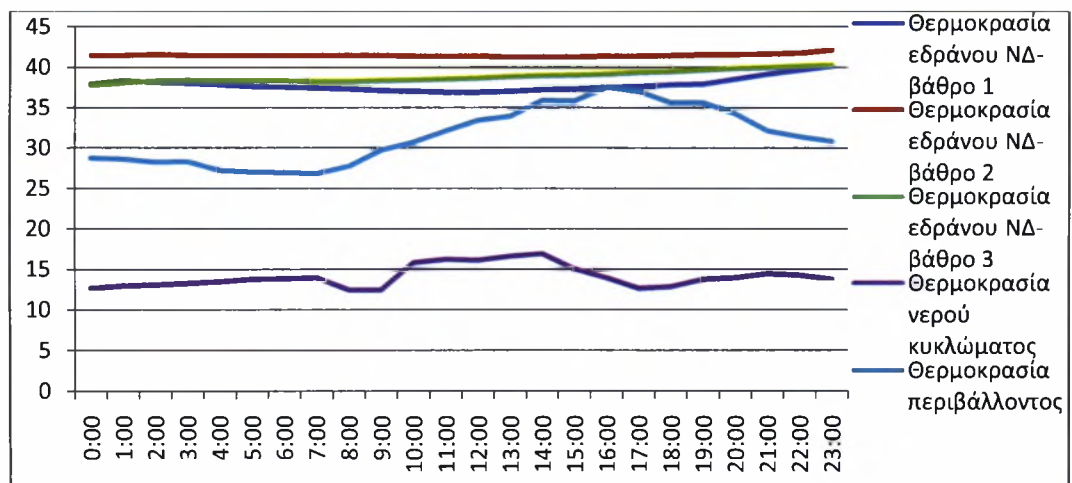
Διάγραμμα 7: Θερμοκρασίες (°C) ΒΔ εδράνων του ΠΚ1 στις 4-7-2012



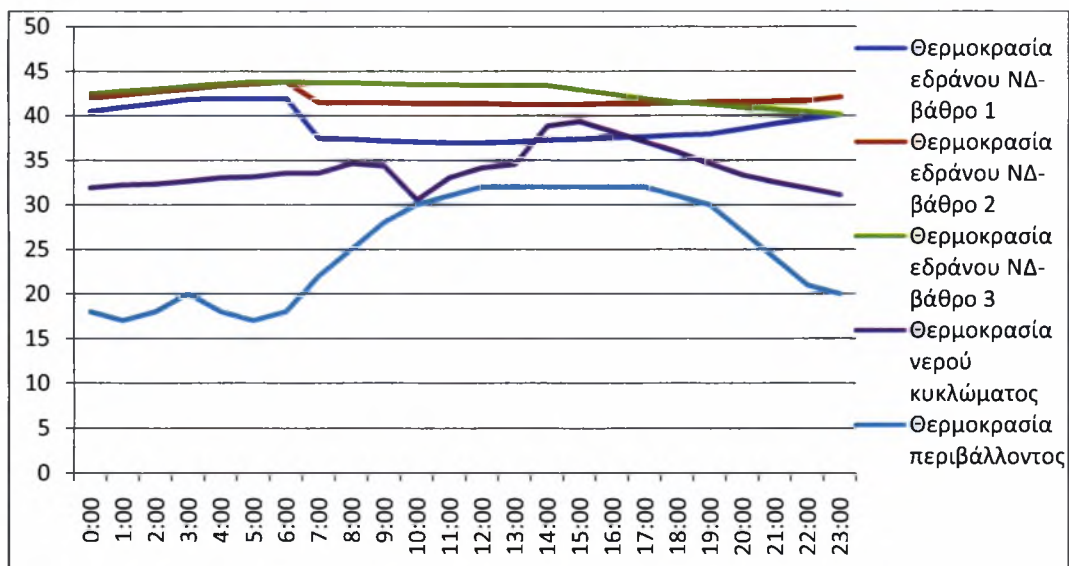
Διάγραμμα 8: Θερμοκρασίες (°C) ΒΑ εδράνων του ΠΚ1 στις 10-7-2012



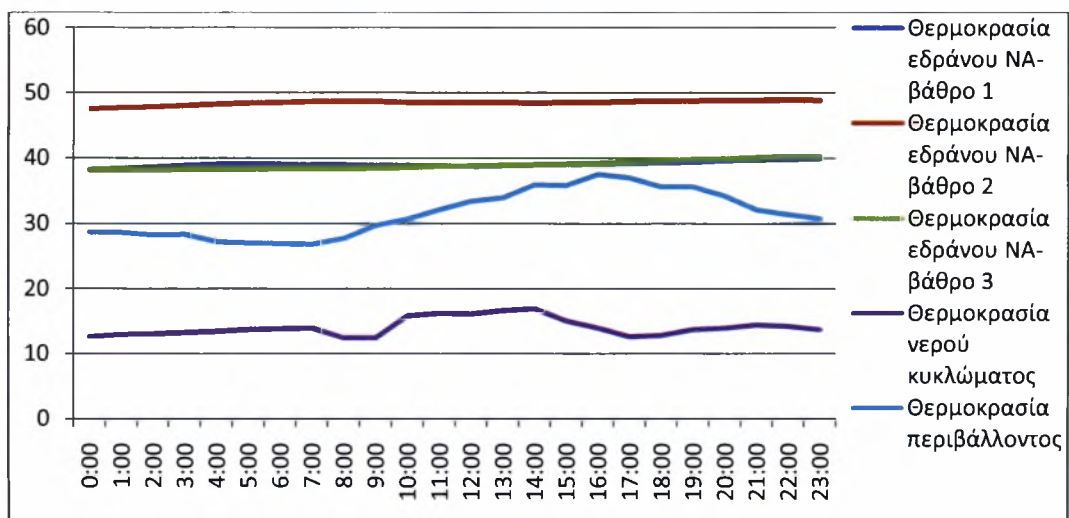
Διάγραμμα 9: Θερμοκρασίες (°C) ΒΑ εδράνων του ΠΚ1 στις 4-7-2012



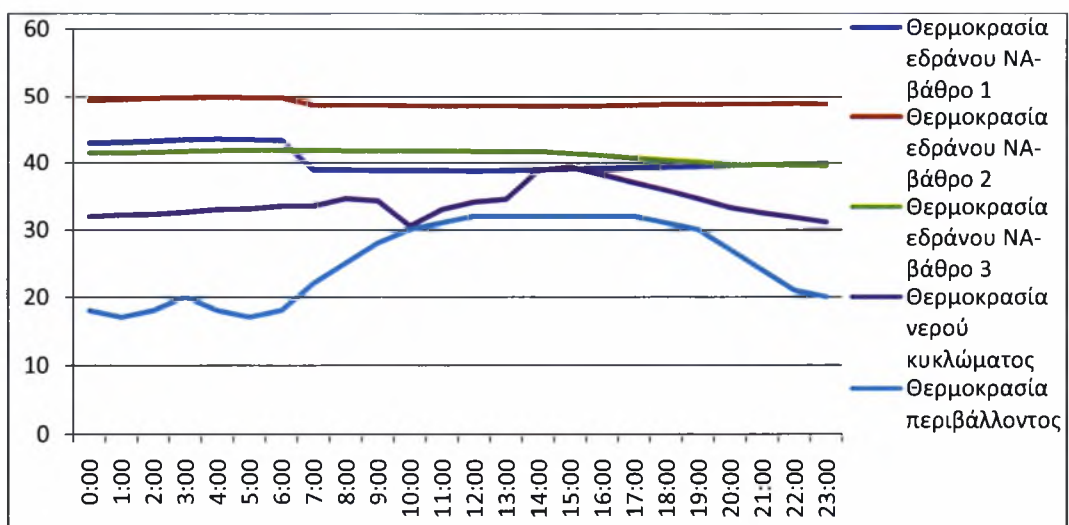
Διάγραμμα 10: Θερμοκρασίες (°C) ΝΔ εδράνων του ΠΚ1 στις 10-7-2012



Διάγραμμα 11: Θερμοκρασίες (°C) ΝΑ εδράνων του ΠΚ1 στις 4-7-2012



Διάγραμμα 12: Θερμοκρασίες (°C) ΝΑ εδράνων του ΠΚ1 στις 10-7-2012



Διάγραμμα 13: Θερμοκρασίες (°C) ΝΑ εδράνων του ΠΚ1 στις 4-7-2012

Στις 4/7/2012 οι αντλίες της πηγής Lerol δε λειτουργούσαν λόγω βλάβης και η ψύξη του κλειστού κυκλώματος πραγματοποιούνταν με τη χρήση νερού από τις γεωτρήσεις που διαθέτει το εργοστάσιο, το νερό των οποίων, όμως, βρίσκεται σε υψηλότερη θερμοκρασία (~20°C) σε σχέση με το νερό του Lerol (17,5°C). Παρόλα αυτά η λειτουργία του φούρνου συνεχίστηκε απρόσκοπτα σε όλη τη διάρκεια της ημέρας, όπως αποτυπώνεται και σε διαγράμματα της προηγούμενης παραγράφου, ενώ οι θερμοκρασίες λειτουργίας των ελαίων λίπανσης κυμάνθηκαν από τους 40°C έως τους 51°C περίπου. Αντίθετα, στη διάρκεια μιας συνηθισμένης ημέρας λειτουργίας (10-7-2012), όπου οι αντλίες της πηγής Lerol λειτουργούσαν κανονικά, οι θερμοκρασίες των ελαίων των βάρων 1 και 3 κυμαίνονταν αρκετά χαμηλότερα, 38°C περίπου, οι οποίες είναι οριακά οι τυπικές τιμές λειτουργίας που προτείνει ο κατασκευαστής. Τα έδρανα του βάρου 2, τα οποία δέχονται και τη μεγαλύτερη καταπόνηση λόγω των καμπτικών ροπών που υφίστανται, βρίσκονται σε θερμοκρασίες περί τους 45°C - 47°C, δηλαδή σχετικά κοντά στα όρια τυπικής λειτουργίας. Το συγκεκριμένο σημείο θα αναλυθεί σε μεγαλύτερο εύρος σε επόμενο κεφάλαιο, καθώς η σημασία του είναι κρίσιμη για τη βελτιστοποίηση του κυκλώματος ψύξης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: Υπολογισμός απαιτήσεων πύργων ψύξης ανοικτού τύπου

7.1) Θεωρητικός υπολογισμός χαρακτηριστικών λειτουργίας πύργου ψύξης

Το επόμενο στάδιο της μελέτης ήταν ο υπολογισμός των λειτουργικών χαρακτηριστικών του πύργου ψύξης, ώστε να καλύπτονται οι απαιτήσεις του ψυκτικού κυκλώματος με βάση τη θεωρία της ψυχομετρίας. Τα χαρακτηριστικά που υπολογίστηκαν είναι η ογκομετρική παροχή του νερού προς ψύξη, η ποσότητα του αέρα που απαιτείται για την απαγωγή του θερμικού φορτίου και η ποσότητα του νερού αναπλήρωσης. Οι συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας που επιλέχθηκαν είναι 30°C θερμοκρασία αέρα με 55% ποσοστό σχετικής υγρασίας για το καλοκαίρι και 9,5°C θερμοκρασία αέρα με 75% ποσοστό σχετικής υγρασίας για το χειμώνα. Η επιλογή των συνθηκών αυτών προέκυψε από την επεξεργασία των περιβαλλοντικών δεδομένων που συλλέχθηκαν. Με βάση αυτά παρατηρήθηκε ότι κατά το καλοκαίρι η μέση θερμοκρασία είναι 30°C και το μέσο ποσοστό σχετικής υγρασίας είναι 55%, ενώ το χειμώνα οι μέσες τιμές είναι αντίστοιχα 9,5°C και 75%. Από το ψυχομετρικό διάγραμμα εντοπίστηκε και η θερμοκρασία υγρού βολβού (Wet-Bulb), η οποία είναι για το καλοκαίρι 23°C και για τον χειμώνα 8°C, όπως επίσης και οι τιμές της απόλυτης υγρασίας του αέρα που είναι 14,5gH₂O/Kg ξηρού αέρα για το καλοκαίρι και 6 gH₂O/Kg ξηρού αέρα το χειμώνα. Αυτό σημαίνει πως η ελάχιστη θεωρητικά δυνατή θερμοκρασία του νερού στην έξοδο του πύργου ψύξης θα είναι το καλοκαίρι 23°C και το χειμώνα 8°C.

Πίνακας 14: Μέσες τιμές περιβαλλοντικών συνθηκών για το χειμώνα και το καλοκαίρι

ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΧΕΙΜΩΝΑ-ΚΑΛΟΚΑΙΡΙΟΥ		
	Χειμώνας	Καλοκαίρι
Θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου (DB)(°C)	9,5	30
Θερμοκρασία υγρού θερμομέτρου (WB) (°C)	7,5	23
Σχετική υγρασία(RH) (%)	75	55
Απόλυτη υγρασία(HR) (gH ₂ O/Kg ξηρού αέρα)	6	14,5

Με βάση τους υπολογισμούς του θερμικού φορτίου του εργοστασίου που παρουσιάστηκαν στο παραπάνω κεφάλαιο υπολογίστηκε και η θερμοκρασιακή διαφορά ανάμεσα στο ρεύμα εισόδου στον πύργο (θερμό νερό) και στο ρεύμα εξόδου από τον πύργο (ψυχρό νερό) η οποία είναι 4,3°C.

Να σημειωθεί πως στο θερμικό φορτίο που προέκυψε στο προηγούμενο κεφάλαιο προστέθηκε και ένας συντελεστής ασφαλείας 20%, με αποτέλεσμα το τελικό

Θερμικό φορτίο που καλείται να ικανοποιήσει ο πύργος ψύξης να είναι 1860Kw. Με βάση το τελευταίο αποτέλεσμα η θερμοκρασιακή διαφορά γίνεται πλέον 5°C. Παρακάτω παρουσιάζεται ένα λογικό διάγραμμα των βημάτων της διαδικασίας που ακολουθήθηκε για την πραγματοποίηση των υπολογισμών.



Διάγραμμα 14: Λογικό διάγραμμα απεικόνισης σταδίων υπολογισμού χαρακτηριστικών λειτουργίας πύργων ψύξης

Το πρώτο στάδιο των θεωρητικών υπολογισμών ήταν να εντοπιστούν πάνω σε ένα ψυχομετρικό διάγραμμα η αρχική και η τελική κατάσταση του αέρα που χρησιμοποιείται για την ψύξη του νερού με βάση τα περιβαλλοντικά στοιχεία του καλοκαιριού, καθώς το μέγιστο θερμικό φορτίο εντοπίζεται εκείνη την περίοδο.

Πίνακας 15: Μέσες τιμές αρχικών και τελικών συνθηκών αέρα ψύξης

ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΑΕΡΑ ΨΥΞΗΣ ΚΑΤΑ ΤΟΥΣ ΘΕΡΙΝΟΥΣ ΜΗΝΕΣ		
	Αρχικές συνθήκες	Τελικές συνθήκες
Θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου (°C)	30	30
Θερμοκρασία υγρού θερμομέτρου (°C)	23	31
Ποσοστό σχετικής υγρασίας (%)	55	100
Απόλυτη υγρασία (gH ₂ O/Kg ξηρού αέρα)	14,5	27,5

Να σημειωθεί πως, επειδή η μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα ανάμεσα στην είσοδο του και στην έξοδό του από τον πύργο ψύξης είναι ανεπαίσθητη το καλοκαίρι με βάση τη θεωρία λειτουργίας των πύργων ψύξης, θεωρείται πως οι θερμοκρασίες αυτές παραμένουν σταθερές.

Το επόμενο στάδιο των υπολογισμών ήταν να βρεθεί το δυναμικό εξάτμισης, δηλαδή η διαφορά ανάμεσα στην τιμή της απόλυτης υγρασίας (gH₂O/Kg ξηρού αέρα) ανάμεσα στις αρχικές και τελικές συνθήκες του αέρα. Στη συνέχεια υπολογίστηκε η ποσότητα του νερού σε κιλά ανά ώρα που πρέπει να εξατμιστεί, προκειμένου να απαχθεί το θερμικό φορτίο των μηχανημάτων. Με βάση το προηγούμενο αποτέλεσμα υπολογίζεται τελικά η απαιτούμενη παροχή αέρα για την ψύξη του νερού του ψυκτικού κυκλώματος. Οι τύποι που χρησιμοποιήθηκαν για τους υπολογισμούς είναι οι εξής:

- Δυναμικό εξάτμισης στους 30°C (gH₂O/Kg ξ. αέρα) = $(AH_{final} - AH_{initial})$
- Ποσότητα νερού προς εξάτμιση (kg/h) = $Q / \Delta H_{vap}$
όπου ΔH_{vap} του νερού στους 30°C: 2.512(KJ/kg)
- $\dot{V}_{air} (m^3/h) = (\text{ποσότητα νερού προς εξάτμιση}) / (\text{δυναμικό εξάτμισης})$

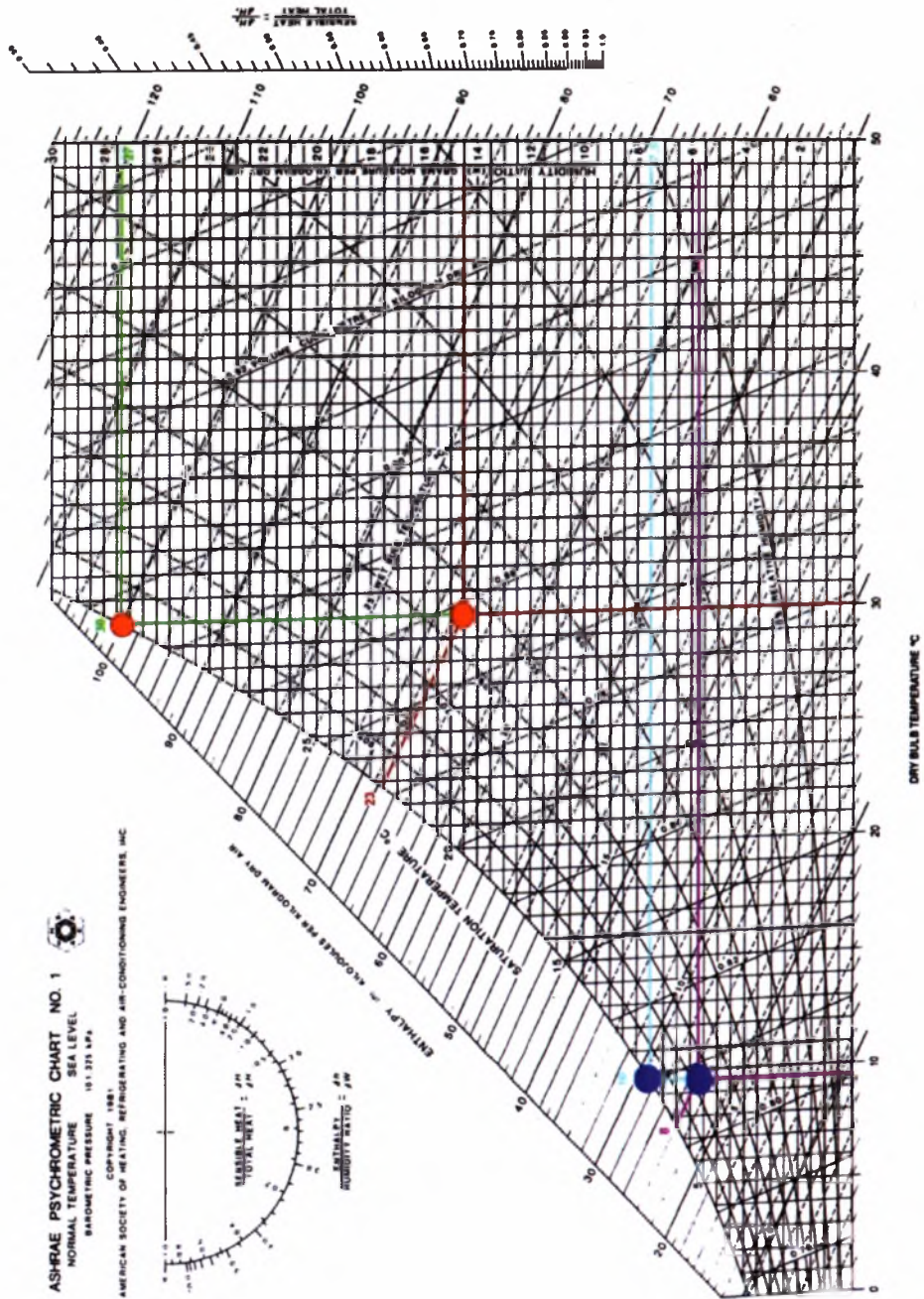


Fig. 2-10 SI ASHRAE Psychrometric Chart

Διάγραμμα 15: Ψυχομετρικό διάγραμμα-διακρίνονται οι αρχικές και τελικές συνθήκες αέρα ψύξης

Πίνακας 16: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων θεωρητικών υπολογισμών

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΘΕΩΡΗΤΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ	
Θερμικό φορτίο (kW)	1.860
Παροχή νερού (m ³ /h)	320
Θερμοκρασιακή διαφορά (°C)	5
Δυναμικό εξάτμισης (gH ₂ O/Kg ξ. αέρα)	13
Ποσότητα νερού προς εξάτμιση (kg/h)	2.664
Παροχή απαιτούμενου αέρα (m ³ /h)	175.900

Επόμενο βήμα ήταν η διαστασιολόγηση της φτερωτής και του ηλεκτρικού κινητήρα, τα οποία θα πρέπει να ικανοποιούν την απαιτούμενη παροχή αέρα. Για το στάδιο αυτό χρησιμοποιήθηκαν οι χαρακτηριστικοί πίνακες φτερωτών που κατασκευάζονται από τη Savio S.r.l. (ιταλική κατασκευαστική εταιρεία) και οι οποίοι χρησιμοποιούνται σε πύργους ψύξης, ενώ για τον ηλεκτρικό κινητήρα χρησιμοποιήθηκε αντίστοιχης ισχύος με αυτούς που χρησιμοποιούνται στα μοντέλα πύργων ψύξης των προσφορών, που θα παρουσιαστούν στην επόμενη παράγραφο. Τέλος, υπολογίστηκε η ισχύς του ανεμιστήρα από το θεωρητικό τύπο:

- $P_{fan} \text{ (kW)} = \dot{V}_{air} \text{ (m}^3\text{/s)} \times \Delta P \text{ (Pa)}$

Πίνακας 17: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων διαστασιολόγησης φτερωτής και ηλεκτροκινητήρα

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΦΤΕΡΩΤΗΣ ΚΑΙ ΗΛ. ΚΙΝΗΤΗΡΑ	
Διάμετρος φτερωτής (mm)	1.600
Αριθμός φτερωτών ανά μονάδα	3
Παροχή αέρα ανά ανεμιστήρα (m ³ /s)	16,3
Στατική πίεση φτερωτής (Pa)	200
Ισχύς ηλεκτροκινητήρα (kW)	11
Ισχύς ανεμιστήρα (kW)	3,26

Τέλος, υπολογίστηκε το νερό αναπλήρωσης του πύργου ψύξης που απαιτείται, για να καλύπτονται οι απώλειες κατά τη λειτουργία του συστήματος. Οι απώλειες αυτές διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες: απώλειες λόγω εξάτμισης (evaporation losses), απώλειες λόγω ελκυσμού (drift losses) και απώλειες λόγω απομάστευσης (blowdown losses). Για τον υπολογισμό αυτό χρησιμοποιήθηκαν οι εξής τύποι της βιβλιογραφίας:

- Απώλειες λόγω εξάτμισης (m^3/h)= $Q/\Delta H_{vap}$
- Απώλειες λόγω ελκυσμού (m^3/h)= $(0,2\%) \times \dot{m}_{water}$
- Απώλειες λόγω απομάστευσης (m^3/h)= (απώλειες λόγω εξάτμισης)/(C-1)

όπου:

- C: ο αριθμός των κύκλων συγκέντρωσης διαλυμένων στοιχείων στο νερό του ψυκτικού κυκλώματος
- Ο τελεστής 0,2% χρησιμοποιείται στις απώλειες λόγω ελκυσμού, διότι πλέον οι κατασκευαστές πύργων ψύξης έχουν επιτύχει τη μείωση των απωλειών αυτών στο 0,2-0,1% της συνολικής παροχής. Για τον υπολογισμό χρησιμοποιείται η μεγαλύτερη από αυτές τις τιμές με βάση τη βιβλιογραφία.

Πίνακας 18: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων υπολογισμού νερού αναπλήρωσης

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΝΕΡΟΥ ΑΝΑΠΛΗΡΩΣΗΣ	
Απώλειες λόγω εξάτμισης (m^3/h)	2,67
Απώλειες λόγω απομάστευσης (m^3/h)	0,67
Απώλειες λόγω ελκυσμού (m^3/h)	0,62
Total	3,96

7.2) Διαστασιολόγηση με βάση τους πίνακες του κατασκευαστή

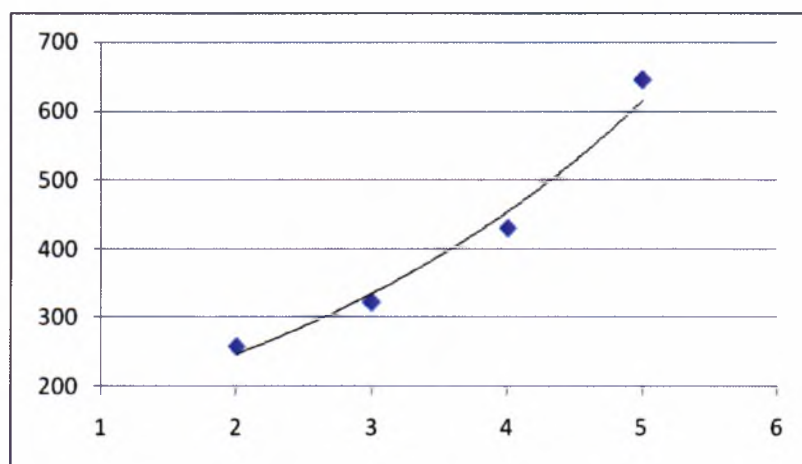
Η επόμενη ενέργεια που πραγματοποιήθηκε ήταν η επικοινωνία με διάφορες εταιρείες πύργων ψύξης και η αίτηση παροχής προσφοράς από αυτές. Οι εταιρείες που επιλέχθηκαν ήταν:

- M.I.T.A S.r.l (μέσω του αντιπροσώπου της, Παππά Γεώργιου)
- YWCT custom cooling towers (μέσω του αντιπροσώπου της: Paralos engineering S.A.)
- King Sun industry CO, LTD

Η τελευταία είναι η εταιρεία που προμήθευσε το εργοστάσιο του Βόλου με τους ήδη εγκατεστημένους πύργους ψύξης.

Το ζεύγος κρίσιμων τιμών που δόθηκε στους αντιπροσώπους ήταν 30°C θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου και 55% σχετική υγρασία. Από τα τελευταία μέσω του ψυχομετρικού χάρτη προκύπτει πως το δυναμικό εξάτμισης είναι 13 gH₂O/Kg ξηρού αέρα, όπως έχει ειπωθεί στο παραπάνω κεφάλαιο.

Τα θερμοκρασιακά εύρη που ζητήθηκαν από τις εταιρείες παροχής πύργων ψύξης είναι 30-25°C και 35-30°C (θερμοκρασία εισαγωγής-θερμοκρασία εξαγωγής στον πύργο ψύξης αντίστοιχα). Οι λόγοι για την επιλογή δύο θερμοκρασιακών διαστημάτων είναι διότι στην πρώτη περίπτωση επιτυγχάνεται η χαμηλότερη θερμοκρασία του ψυκτικού μέσου, ενώ η δεύτερη αντιστοιχεί σε ομαλότερη λειτουργική θερμοκρασία των ελαίων λίπανσης και σε χαμηλότερο κόστος αγοράς, καθώς όσο απομακρύνεται η θερμοκρασία εξαγωγής από τη θερμοκρασία υγρού θερμομέτρου αυξάνεται η δυναμικότητα του πύργου ψύξης, δηλαδή είναι εφικτή η παροχή μεγαλύτερης ποσότητας νερού στον ίδιο πύργο ψύξης.



Διάγραμμα 16: Θεωρητική μεταβολή δυναμικότητας πύργου ψύξης συναρτήσει της απόστασης της θερμοκρασίας εξαγωγής από τη θερμοκρασία υγρού θερμομέτρου

Με αρχή κάποια δεδομένα των προσφορών των προμηθευτών πραγματοποιήθηκαν οι επαληθεύσεις κάποιων αποτελεσμάτων. Να σημειωθεί πως σε όλες τις προσφορές ελήφθησαν υπόψη τα εξής περιβαλλοντικά στοιχεία:

- Θερμοκρασία περιβάλλοντος 30°C
- Σχετική Υγρασία περιβάλλοντος 55%
- Θερμοκρασία υγρού θερμομέτρου 23°C
- Δυναμικό εξάτμισης 13gH₂O/kg ξηρού αέρα

Επίσης, για τους υπολογισμούς ήταν απαραίτητες και κάποιες σταθερές:

- Πυκνότητα αέρα στους 25°C(p) → 1,165 Kg αέρα/m³
- Λανθάνουσα ενθαλπία εξάτμισης νερού → 2.512KJ/Kg νερού
- Συντελεστής θερμοχωρητικότητας του νερού (Cp) → 4,186 KJ/(Kg*K)

7.2.1) Διαστασιολόγηση προσφερόμενων μοντέλων πύργων ψύξης από την M.I.T.A. S.r.l.

Η διαδικασία που εφαρμόστηκε στις προσφορές της συγκεκριμένης εταιρείας ήταν ο υπολογισμός της ογκομετρικής παροχής νερού, έχοντας ως δεδομένο την ογκομετρική παροχή αέρα ανά ανεμιστήρα.

Πραγματοποιήθηκαν τα εξής βήματα:

- Εύρεση παροχής μάζας αέρα ανά μονάδα: $\dot{m}_{air} = \dot{V}_{air} \times \rho$
- $\dot{V}_{airtotal} = (\dot{V}_{air}) \times (\text{αριθμός μονάδων})$
- $\dot{m}_{water vap}$ προς εξάτμιση ανά μονάδα = $(\dot{m}_{air}) \times (\text{Δυναμικό εξάτμισης})$
- Συνολική μάζα νερού προς εξάτμιση = $(\dot{m}_{water vap}) \times (\text{αριθμός μονάδων})$
- $Q = (\dot{m}_{water vap}) \times (\Delta H_{vap})$
- Εύρεση παροχής νερού συστήματος μέσω του τύπου: $Q = \dot{m} \times Cp \times \Delta T$
- Εύρεση ογκομετρικής παροχής νερού: $\dot{V}_{water} = (\dot{m}) \times 3.600 / \rho_{water}$
- $\dot{V}_{watertotal} = (\dot{V}_{water}) \times (\text{αριθμός των μονάδων})$

Στη συνέχεια εμφανίζονται οι πίνακες με τα αποτελέσματα των παροχών νερού που ικανοποιούνται από τους συγκεκριμένους πύργους ψύξης.

- Μοντέλο PME 6704 E GS-L (δύο μονάδες) με θερμοκρασιακό εύρος 30-25°C

Πίνακας 19: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων παροχής νερού για τα μοντέλα PME 6704 E GS-L

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΑΡΟΧΗΣ ΝΕΡΟΥ	
Μοντέλο	PME 6704 E GS-L
Ογκομετρική παροχή αέρα ανά μονάδα (m ³ /h)	198.000
Παροχή αέρα (Kg/h)	256.014
Συνολική παροχή αέρα (Kg/h)	512.028
Νερό προς εξάτμιση ανά μονάδα (Kg/h)	3.328
Συνολικό νερό προς εξάτμιση (Kg/h)	6.566
Θερμικό φορτίο ανά μονάδα (kW)	2.311
Ογκομετρική παροχή νερού ανά μονάδα (m ³ /h)	396
Συνολική ογκομετρική παροχή νερού (m ³ /h)	792

- Μοντέλο PME 5704 E GS-L (μία μονάδα) με θερμοκρασιακό εύρος 35-30°C

Πίνακας 20: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων παροχής νερού για το μοντέλο PME 5704 E GS-L

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΑΡΟΧΗΣ ΝΕΡΟΥ	
Μοντέλο	PME 5704 E GS-L
Ογκομετρική παροχή αέρα ανά ανεμιστήρα (m ³ /h)	170.000
Παροχή αέρα (Kg/h)	198.050
Συνολική παροχή αέρα (Kg/h)	198.050
Παροχή νερού ανά μονάδα (Kg/h)	2.575
Συνολική παροχή νερού (Kg/h)	2.575
Θερμικό φορτίο ανά μονάδα (kW)	1.809
Ογκομετρική παροχή νερού ανά μονάδα (m ³ /h)	311
Συνολική ογκομετρική παροχή νερού (m ³ /h)	311

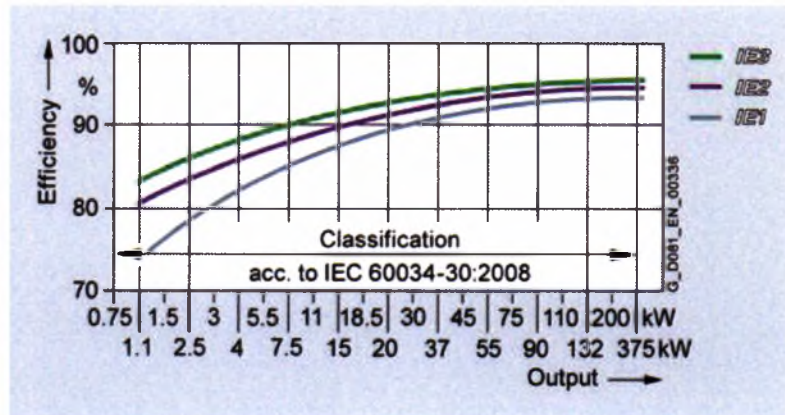
- Διαστασιολόγηση εγκατεστημένων ανεμιστήρων στα μοντέλα της MITA S.r.l.

Επειδή και τα δύο μοντέλα έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά όσον αφορά τους ανεμιστήρες, η διαστασιολόγησή τους γίνεται συνολικά και για τα δυο μοντέλα. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε είναι η εξής:

- Εύρεση διαμέτρου έλικας και πτώσης πίεσης από πίνακες της Savio S.r.l.
- Εύρεση ισχύ κινητήρα από πίνακες της εταιρείας Siemens
- Ισχύς ανεμιστήρα = (παροχή αέρα) * (πτώση πίεσης)
- Εύρεση βαθμού απόδοσης κινητήρα (η_m) από πίνακες εταιρείας Siemens
- Πραγματική ισχύς κινητήρα = (Ισχύς κινητήρα) * (Βαθμός απόδοσης κινητήρα)
- Συντελεστής απόδοσης ανεμιστήρα η = (Ισχύς ανεμιστήρα) / (Πραγματική ισχύ κινητήρα)
- Συνολική απόδοση συστήματος = 1 – (1-Βαθμός απόδοσης κινητήρα) * (1- η)

Παρακάτω παρουσιάζονται το διάγραμμα από το οποίο συλλέχθηκαν τα δεδομένα της απόδοσης των κινητήρων και ο πίνακας των αποτελεσμάτων.

- IE1 (Standard Efficiency)
- IE2 (High Efficiency)
- IE3 (Premium Efficiency)



IE1, IE2 and IE3 efficiencies, 4-pole 50 Hz

Εικόνα 43: Διάγραμμα απόδοσης κινητήρων Siemens

Πίνακας 21: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων υπολογισμού απόδοσης ανεμιστήρα – κινητήρα

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑ - ΚΙΝΗΤΗΡΑ		
Μοντέλο	PME 6704 E GS-L	PME 5704 E GS-L
Εταιρεία κατασκευής ανεμιστήρα	-	-
Διάμετρος Έλικας (mm)	1.730	1.730
Ισχύς κινητήρα (kW)	11	11
Στατική πίεση φτερωτής (Pa)	320	140
Ισχύς ανεμιστήρα (kW)	8,8	3,3
Βαθμός απόδοσης κινητήρα	0,87	0,87
Πραγματική ισχύς κινητήρα (kW)	9,57	9,57
Βαθμός απόδοσης ανεμιστήρα	0,92	0,35
Συνολική απόδοση ανεμιστήρα-κινητήρα	0,99	0,92

7.2.2) Διαστασιολόγηση προσφερόμενων μοντέλων πύργων ψύξης από την YWCT custom cooling towers (Paralos Engineering S.A.)

Τα δεδομένα που ελήφθησαν υπόψη στις προσφορές της συγκεκριμένης εταιρείας ήταν η παροχή νερού σε κάθε διάταξη (module) για την εύρεση της απαιτούμενης παροχής αέρα ανά ανεμιστήρα και η διάμετρος του ανεμιστήρα για τον υπολογισμό της συνολικής απόδοσης του συστήματος κινητήρα-ανεμιστήρα. Σημειώνεται πως οι διάμετροι των ανεμιστήρων βρέθηκαν από χαρακτηριστικούς πίνακες της Savio S.r.l. Διαδικασία εύρεσης απαιτούμενης παροχής αέρα:

- Συνολική παροχή νερού = (Παροχή εκάστοτε διάταξης) * (Αριθμό διατάξεων)
- Συνολικό θερμικό φορτίο $Q = \dot{m} * C_p * \Delta T$
- Ποσότητα νερού εξάτμισης = (Συνολικό θερμικό φορτίο) / (Λανθάνουσα ενθαλπία εξάτμισης νερού)
- Ροή αέρα = (Ποσότητα νερού εξάτμισης) / (Δυναμικό εξάτμισης)
- Ογκομετρική παροχή αέρα = (Ροή αέρα) / ρ
- Παροχή ανά διάταξη = (Συνολική παροχή αέρα) / (Αριθμό διατάξεων)
- Παροχή αέρα ανά ανεμιστήρα = (Παροχή αέρα ανά διάταξη) / (Αριθμό ανεμιστήρων)

Διαδικασία εύρεσης συνολικής απόδοσης συστήματος κινητήρα – ανεμιστήρα:


- Εύρεση διαμέτρου έλικας
- Εύρεση ισχύ κινητήρα από πίνακες της εταιρείας CMG motors Australia
- Ισχύς ανεμιστήρα = (παροχή αέρα) * (στατική πίεση φτερωτής)
- Εύρεση βαθμού απόδοσης κινητήρα από πίνακες εταιρείας CMG motors Australia
- Πραγματική ισχύς κινητήρα = (Ισχύς κινητήρα) * (Βαθμός απόδοσης κινητήρα)
- Συντελεστής απόδοσης ανεμιστήρα $\eta = (\text{Ισχύς ανεμιστήρα}) / (\text{Πραγματική ισχύ κινητήρα})$
- Συνολική απόδοση συστήματος = $1 - (1 - \text{Βαθμός απόδοσης κινητήρα}) * (1 - \eta)$

Παρακάτω παρουσιάζονται οι πίνακες, από τους οποίους συλλέχθηκαν τα δεδομένα για τους κινητήρες των ανεμιστήρων, αλλά και οι πίνακες με τα αποτελέσματα.

Μοντέλο PIND 95-2 (πέντε μονάδες) με θερμοκρασιακό εύρος 30-25°C

kW	Motor frame	Speed [r/min]	Efficiency		Power factor		Current		Torque		Break		Current		Weight of foot mount motor [kg]	
			at % full load		at % full load		Full load I_N [A]	Locked rotor I_L/I_N	Full load T_N [Nm]	Locked rotor T_L/T_N	Break dov/m T_B/T_N	Full load I_N [A]	Full load I_N [A]	Moment of inertia $J=1/2GD^2$ [kg·m ²]		
			100 [%]	75 [%]	100 [%]	75 [%]										time ^{sp} t_s [sec]
1000 r/min = 6 poles																
0.75	90S	930	78.0	78.3	0.71	0.62	2.0	4.4	7.7	2.3	2.6	18	2.0	2.0	0.003	24
1.1	90L	940	81.3	81.0	0.69	0.60	2.8	5.4	11.2	3.0	3.2	40	2.8	2.8	0.004	30.5
1.5*	100L	960	84.2	84.4	0.77	0.71	3.4	6.8	15.0	2.2	3.3	23	3.7	3.7	0.008	35
2.2	112M	960	83.7	83.4	0.72	0.64	5.3	6.0	21.9	2.2	3.6	17	5.6	5.4	0.016	50
3	132S	960	86.1	86.7	0.76	0.71	6.6	5.9	29.8	1.8	2.2	20	6.8	6.5	0.035	68
4	132MA	960	87.2	87.4	0.76	0.70	8.8	6.6	39.8	2.0	2.6	18	9.0	8.5	0.041	72
5.5	132MB	965	87.3	87.9	0.76	0.72	11.9	6.6	54.4	2.0	2.5	13	12.2	11.8	0.051	80
7.5	160M	970	89.5	89.4	0.79	0.73	15.4	6.4	73.8	2.1	2.8	11	15.6	15.2	0.098	129
11	160L	975	89.9	89.7	0.78	0.72	22.6	6.9	107.7	2.3	3.1	9	23.0	22.9	0.131	151
15	180L	980	91.1	91.0	0.81	0.77	29.2	6.1	146.2	1.7	2.4	10	30.8	29.7	0.221	199
18.5*	200LA	980	92.7	92.4	0.83	0.79	34.7	8.5	180.3	2.2	2.4	12	35.7	34.2	0.345	225
22	200LB	985	92.5	92.2	0.81	0.76	42.3	8.8	213.3	2.4	3.2	9	43.0	43	0.37	255
30	225M	985	92.6	92.5	0.86	0.84	54	6.9	290.9	2.0	2.2	11	57	52	0.66	325
37	250M	986	93.2	93.0	0.89	0.87	65	8.0	358.4	2.2	2.4	11	67	62	0.84	410
45	280S	989	93.5	93.1	0.89	0.88	78	7.8	434.5	1.9	2.1	15	83	76	1.41	530
55	280M	987	94.2	93.7	0.88	0.86	96	9.0	532.2	2.0	2.2	14	99	93	1.68	600
75	315S	985	94.4	94.1	0.88	0.85	131	7.0	727.2	2.0	2.2	-	137	126	4.111	990
90	315M	990	95.0	94.7	0.88	0.86	155	7.1	868.2	2.0	2.2	-	164	151	4.81	1080
110	315LA	991	95.4	95.0	0.88	0.86	189	7.0	1060.0	1.8	2.0	-	198	184	5.45	1150
132	315LB	993	95.6	95.2	0.87	0.85	229	7.8	1269.5	2.1	2.3	-	238	222	6.15	1320

Εικόνα 45: Ο χαρακτηριστικός πίνακας του κινητήρα που επιλέχθηκε ως πρότυπο (με κίτρινη επισήμανση η ισχύς του κινητήρα και ο βαθμός απόδοσης του στις 965 στροφές ανά λεπτό)

 Μοντέλο PIND140-3(δύο μονάδες) με θερμοκρασιακό εύρος 30-25°C

KW	Motor frame	Speed [r/min]	Efficiency		Power factor		Current		Torque		Locked rotor T_L/T_N	Break down T_B/T_N	t_E time ^a [sec]	Current		Moment of inertia $J=1/2GD^2$ [kg·m ²]	Weight of foot mount motor [kg]
			at % full load		at % full load		Full load I_N [A]	Locked rotor I_L/I_N	Full load T_N [Nm]	Full load I_N [A]				Full load I_N [A]			
			100	75	100	75											
750 r/min = 8 poles																	
0.75*	100LA	710	78.3	77.8	0.65	0.58	2.1	4.6	10.1	2.2	2.8	23	2.1	2.1	0.011	36	
1.1	100LB	705	77.6	77.5	0.69	0.63	3.0	4.4	14.9	2.2	2.7	26	3.0	3.0	0.013	38	
1.5	112M	700	79.1	78.8	0.64	0.56	4.3	5.0	20.5	2.9	3.2	33	4.3	4.3	0.026	47	
2.2*	132S	715	85.1	85.1	0.73	0.65	5.1	5.8	29.4	2.2	2.9	20	5.2	5.1	0.035	66	
3*	132M	715	85.1	85.6	0.73	0.66	7.0	5.8	40.1	2.7	3.1	15	7.1	6.9	0.045	82	
4*	160MA	725	88.3	88.2	0.70	0.65	9.3	6.1	52.7	2.2	2.4	14	9.5	9.1	0.078	118	
5.5*	160MB	730	89.4	89.3	0.72	0.65	12.4	6.5	72.0	2.1	2.7	10	12.6	12.4	0.095	129	
7.5	160L	720	87.5	88.1	0.75	0.69	16.4	6.3	99.5	2.5	2.9	9	16.8	16.2	0.135	149	
11	180L	730	88.7	88.9	0.73	0.66	24.6	5.7	143.9	2.1	2.4	10	24.8	24.5	0.229	168	
15	200L	735	90.8	90.8	0.73	0.66	32.4	6.6	194.9	2.2	2.4	10	33.0	32.5	0.341	255	
18.5	225S	735	91.4	91.6	0.76	0.72	38.5	5.6	240.4	1.8	2.0	16	40.5	37.0	0.495	271	
22*	225M	730	92.0	92.4	0.79	0.76	44.0	5.2	287.8	1.8	2.0	14	46.0	42.5	0.551	290	
30	250M	735	92.1	91.6	0.81	0.76	59	6.9	389.8	2.0	2.2	16	60	58	0.84	428	
37	280S	735	93.0	92.7	0.79	0.75	73	6.8	480.7	2.0	2.2	15	74	69	1.41	520	
45	280M	741	93.5	93.3	0.81	0.78	86	6.7	580.0	2.0	2.2	15	87	84	1.67	633	
55	315S	742	93.7	93.1	0.84	0.81	101	7.1	707.9	1.8	2.0	-	108	98	4.81	1000	
75	315M	742	94.7	94.3	0.82	0.78	139	7.3	965.3	1.9	2.1	-	144	136	5.65	1100	
90	315LA	742	94.8	94.4	0.79	0.76	173	6.3	1158.4	1.8	2.0	-	176	168	6.45	1160	
110	315LB	740	95.3	95.0	0.81	0.78	205	6.5	1419.6	1.8	2.0	-	215	203	7.35	1280	

Εικόνα 46: Ο χαρακτηριστικός πίνακας του κινητήρα που επιλέχθηκε ως πρότυπο (με κίτρινη επισήμανση η ισχύς του κινητήρα και ο βαθμός απόδοσής του στις 720 στροφές ανά λεπτό)

- Μοντέλο PIND 95-3 (μία μονάδα) με θερμοκρασιακό εύρος 35-30°C

Δε βρέθηκε αντιστοίχιση στους πίνακες της Savio S.r.l.

Πίνακας 22: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων διαστασιολόγησης

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗΣ			
Μοντέλο πύργου ψύξης	PIND 95-2	PIND 140-3	PIND 95-3
Συνολική παροχή νερού (m ³ /h)	368,2	341,96	343
Θερμικό φορτίο (Kw)	2.093	1.988	1.995
Ογκομετρική παροχή αέρα (m ³ /s)	54,8	52	52,4
Παροχή αέρα ανά διάταξη (m ³ /s)	11	26	52,4
Παροχή αέρα ανά ανεμιστήρα (m ³ /s)	5,5	8,7	17,5

Πίνακας 23: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων υπολογισμού απόδοσης ανεμιστήρα - κινητήρα

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑ - ΚΙΝΗΤΗΡΑ			
Μοντέλο	PIND 95-2	PIND 140-3	PIND 95-3
Εταιρεία κατασκευής ανεμιστήρα	Wingfan	Moore fans	Wingfan
Διάμετρος Έλικας (mm)	1250	1500	1250
Ισχύς κινητήρα (Kw)	5,5	7,5	5,5
Στατική πίεση φτερωτής (Pa)	350	160	-
Ισχύς ανεμιστήρα (Kw)	1,9	1,4	-
Βαθμός απόδοσης κινητήρα	0,873	0,875	0,873
Πραγματική ισχύς κινητήρα (Kw)	4,8	6,6	4,8
Βαθμός απόδοσης ανεμιστήρα	0,4	0,22	-
Συνολική απόδοση ανεμιστήρα-κινητήρα	0,92	0,9	-

7.3) Σύγκριση τεχνικών χαρακτηριστικών προσφερομένων τύπων

Στη συγκεκριμένη παράγραφο παρουσιάζονται συγκεντρωτικά όλες οι προσφορές που συγκεντρώθηκαν από τις ενδιαφερόμενες εταιρείες πύργων ψύξης στα πλαίσια αυτής της μελέτης με τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους και αναλύονται τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της καθεμιάς. Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται αφορούν την περίπτωση του πλήρους φορτίου.

Στους παρακάτω πίνακες φαίνονται συγκεντρωτικά οι τεχνικές λεπτομέρειες των προσφορών και συγκρίνονται με τα αποτελέσματα του θεωρητικού υπολογισμού.

Πίνακας 24: Αποτελέσματα θεωρητικού υπολογισμού χαρακτηριστικών λειτουργίας πύργου ψύξης

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΟ ΕΥΡΟΣ $\Delta T=5\text{ }^{\circ}\text{C}$	
Αριθμός μονάδων	1
Δυναμικότητα ανά μονάδα (kW)	1.860
Ογκομετρική παροχή νερού ανά μονάδα (m^3/h)	320,4
Απαιτούμενη ογκομετρική παροχή αέρα ψύξης (m^3/h)	175.900
Αριθμός ανεμιστήρων ανά μονάδα	3
Διάμετρος φτερωτής (mm)	1.600
Παροχή αέρα ανά ανεμιστήρα (m^3/s)	16,3
Αριθμός ηλεκτροκινητήρων ανά μονάδα	3
Ονομαστική ισχύς ηλεκτροκινητήρων (kW)	11
Αριθμός στροφών ηλεκτροκινητήρα (RPM)	750
Ογκομετρική παροχή νερού αναπλήρωσης (m^3/h)	3,96

Πίνακας 25: Συγκεντρωτικός πίνακας χαρακτηριστικών λειτουργίας προσφερόμενων μοντέλων πύργων ψύξης

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΠΡΟΣΦΕΡΟΜΕΝΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΠΥΡΓΩΝ ΨΥΞΗΣ					
	Θερμοκρασιακό εύρος 30-25 °C			Θερμοκρασιακό εύρος 35-30 °C	
	Προσφορά MITA S.r.l.	Προσφορές YWCT		Προσφορά MITA S.r.l.	Προσφορά YWCT
Αριθμός μοντέλου	PME 6704 E GS-L	PIND 95- 2	PIND 140-3	PME 5704 E GS-L	PIND 95-3
Αριθμός μονάδων	2(+1εφεδρικό)	5	2	1	1
Δυναμικότητα ανά μονάδα (kW)	2.311	419	994	1.809	1.995
Συνολική Δυναμικότητα (kW)	6.933	2.095	1.988	1.809	1.995
Ογκομετρική παροχή νερού ανά μονάδα (m³/h)	396	73,65	170,98	312	343
Απαιτούμενη ογκομετρική παροχή αέρα ψύξης (m³/h)	198.000	197.293	187.785	170.000	188.775
Αριθμός ανεμιστήρων ανά μονάδα	2	2	3	2	3
Διάμετρος φτερωτής (mm)	1.750	1.250	1.500	1.750	1.250
Παροχή αέρα ανά ανεμιστήρα (m³/s)	27,5	11,88	20,33	23,6	11,88
Αριθμός ηλεκτροκινητήρων ανά μονάδα	2	2	3	2	3
Ονομαστική ισχύς ηλεκτροκινητήρων (kW)	11	5,5	7,5	11	5,5
Αριθμός στροφών ηλ/κινητήρα (RPM)	750	950	720	750	950
Ογκομετρική παροχή νερού αναπλήρωσης (m³/h)	2,66	4,5	6,6	2,7	2,4
Τιμή προσφοράς	99.972€	53.875€	48.100€	30.380€	24.500€

Να σημειωθεί πως όσον αφορά την παροχή νερού αναπλήρωσης δεν υπολογίζονται οι απώλειες λόγω απομάστευσης, καθώς δε δόθηκαν τα αντίστοιχα στοιχεία από τους κατασκευαστές.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά τα θετικά και αρνητικά στοιχεία της κάθε προσφοράς.

– **Μοντέλο PME 6704 EGS-L (κατασκευάστρια εταιρία MITAS.r.l.)**

- Στο συγκεκριμένο μοντέλο πύργου ψύξης υπάρχει η δυνατότητα να συνδεθεί ο ηλεκτροκινητήρας με μετατροπέα τάσης ρεύματος (inverter) ο οποίος παρέχει τη δυνατότητα μεταβολής των στροφών του κινητήρα, με αποτέλεσμα τον έλεγχο της παροχής αέρα ψύξης ανά πάσα στιγμή. Με τον τρόπο αυτό ο πύργος ψύξης μπορεί να μεταβάλλει τη δυναμικότητά του, ώστε να ανταποκρίνεται καλύτερα σε περιπτώσεις μερικού φορτίου και να καταναλώνει έτσι λιγότερη ηλεκτρική ισχύ.
- Η διαστασιολόγηση των ανεμιστήρων έχει γίνει σωστά, δηλαδή παρέχεται η ακριβής ποσότητα αέρα που αντιστοιχεί στο μέγιστο φορτίο και δεν υπάρχει σπατάλη ηλεκτρικής ενέργειας.
- Το πληρωτικό υλικό (GS-L) είναι ειδικά κατασκευασμένο και πιστοποιημένο από την EUROVENT, ώστε να ανταποκρίνεται στις επιβαρυνμένες συνθήκες λειτουργίας (ύπαρξη σκόνης στην ατμόσφαιρα).
- Λόγω της μεγαλύτερης δυναμικότητας του μοντέλου μπορεί να αποδειχθεί χρήσιμο σε περίπτωση αύξησης του θερμικού φορτίου του εργοστασίου στο μέλλον.
- Η κατασκευάστρια εταιρεία παρέιχε επιπλέον πληροφορίες σχετικά με τις τιμές αγοράς ανταλλακτικών για τα επόμενα δυο χρόνια.
- Το κόστος της πρότασης είναι αρκετά πιο αυξημένο σε σχέση με τις υπόλοιπες λόγω της προσφοράς μοντέλου μεγαλύτερης δυναμικότητας και λόγω της προσφοράς μιας επιπλέον μονάδας, η οποία δεν είναι απαραίτητη στην παρούσα κατάσταση.
- Η αγορά του μετατροπέα τάσης πρέπει να γίνει ξεχωριστά σε περίπτωση βελτίωσης της συμπεριφοράς του μοντέλου, ενώ ο αισθητήρας καταγραφής θερμοκρασίας (PTC thermistor), ο οποίος ελέγχει ουσιαστικά τον inverter περιλαμβάνεται στα επιπλέον χαρακτηριστικά, με αποτέλεσμα να αυξάνει το κόστος της επένδυσης.
- Η εγγύηση που προσφέρει η κατασκευάστρια εταιρεία είναι μόνο 12μηνη, κάτι που δε δικαιολογείται από το ύψος της επένδυσης.

- **Μοντέλο PIND 95-2 (κατασκευάστρια εταιρεία YWCT custom cooling towers)**
 - Οι απώλειες νερού του συστήματος λόγω ελκυσμού είναι αμελητέες ($WL < 0,001\%$).
 - Το κόστος της αγοράς του συγκεκριμένου μοντέλου είναι σημαντικά μικρότερο σε σχέση με το προηγούμενο μοντέλο.
 - Το συγκεκριμένο μοντέλο μπορεί να ικανοποιήσει έως και 18% μεγαλύτερο θερμικό φορτίο από το ζητούμενο (μέγιστη δυναμικότητα συνολικού αριθμού πέντε μονάδων: 2095kW).
 - Είναι δυνατή η ρύθμιση της λειτουργίας της συστοιχίας πύργων ψύξης σε συνθήκες μερικού φορτίου με την απενεργοποίηση/ενεργοποίηση αριθμού μονάδων.
 - Εντοπίζεται υπερδιαστασιολόγηση των ανεμιστήρων του συγκεκριμένου μοντέλου. Σύμφωνα με τους υπολογισμούς που έγιναν με βάση τους πίνακες του κατασκευαστή απαιτούνται $5,5\text{m}^3/\text{s}$ για την ψύξη της μέγιστης ποσότητας παρεχόμενου νερού που μπορεί να ικανοποιήσει ο πύργος. Στο συγκεκριμένο μοντέλο, η ανά ανεμιστήρα παροχή είναι διπλάσια ($11\text{m}^3/\text{s}$), με αποτέλεσμα την κατανάλωση περισσότερης ηλεκτρικής ενέργειας και άρα αυξημένο κόστος λειτουργίας.
 - Στα προσφερόμενα στοιχεία της πρότασης απουσιάζει το χρονικό όριο εγγύησης.

- **Μοντέλο PIND140-3 (κατασκευάστρια εταιρεία YWCT custom cooling towers)**
 - Χαμηλή τιμή αγοράς.
 - Το συγκεκριμένο μοντέλο μπορεί να ικανοποιήσει έως και 10% μεγαλύτερο θερμικό φορτίο από το ζητούμενο (μέγιστη δυναμικότητα συνολικού αριθμού δυο μονάδων: 1988kW).
 - Εντοπίστηκε υπερδιαστασιολόγηση των ανεμιστήρων του συγκεκριμένου μοντέλου. Σύμφωνα με τους υπολογισμούς που έγιναν με βάση τους πίνακες του κατασκευαστή απαιτούνται $8,7\text{m}^3/\text{s}$ για την ψύξη της μέγιστης ποσότητας παρεχόμενου νερού που μπορεί να ικανοποιήσει ο πύργος. Στην πραγματικότητα η ανά ανεμιστήρα παροχή είναι σχεδόν τριπλάσια ($20,33\text{m}^3/\text{s}$), με αποτέλεσμα την κατανάλωση περισσότερης ηλεκτρικής ενέργειας και άρα αυξημένο κόστος λειτουργίας.
 - Η προσαρμογή σε συνθήκες μερικού φορτίου είναι αρκετά δύσκολη λόγω της σχετικά μεγάλης δυναμικότητας (994 kW) ανά μονάδα και του περιορισμένου αριθμού μονάδων (2 συστοιχίες).

- **Μοντέλο PME 5704 EGS-L (κατασκευάστρια εταιρία MITAS.r.l.)**
 - Η δυναμικότητα του συγκεκριμένου μοντέλου ανταποκρίνεται απόλυτα στις τρέχουσες ψυκτικές απαιτήσεις των μηχανημάτων του εργοστασίου (1809 kW).
 - Η διαστασιολόγηση των ανεμιστήρων έχει γίνει με ακρίβεια, δηλαδή παρέχεται η ακριβής ποσότητα αέρα που αντιστοιχεί στο μέγιστο φορτίο και δεν υπάρχει σπατάλη ηλεκτρικής ενέργειας.
 - Το κόστος αγοράς είναι αρκετά μικρότερο σε σχέση με την προηγούμενη προσφορά της ίδιας εταιρείας (PME 6704 EGS-L).
 - Όπως και στο προηγούμενο προσφερόμενο μοντέλο της ίδιας εταιρείας υπάρχει η δυνατότητα να συνδεθεί ο ηλεκτροκινητήρας με μετατροπέα τάσης ρεύματος (inverter), ο οποίος παρέχει τη δυνατότητα μεταβολής των στροφών του κινητήρα, με αποτέλεσμα τον έλεγχο της παροχής αέρα ψύξης ανά πάσα στιγμή. Με τον τρόπο αυτό ο πύργος ψύξης μπορεί να μεταβάλλει τη δυναμικότητά του, ώστε να ανταποκρίνεται καλύτερα σε περιπτώσεις μερικού φορτίου και να καταναλώνει έτσι λιγότερη ηλεκτρική ισχύ.
 - Το πληρωτικό υλικό (GS-L) είναι ειδικά κατασκευασμένο και πιστοποιημένο από την EUROVENT, ώστε να ανταποκρίνεται στις επιβαρυνμένες συνθήκες λειτουργίας (ύπαρξη σκόνης στην ατμόσφαιρα).
 - Σε περίπτωση μελλοντικής αύξησης του θερμικού φορτίου του εργοστασίου θα απαιτηθεί η προμήθεια επιπλέον μονάδων του συγκεκριμένου μοντέλου, ώστε να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις σε ψύξη.
 - Η αγορά του μετατροπέα τάσης πρέπει να γίνει ξεχωριστά σε περίπτωση βελτίωσης της συμπεριφοράς του μοντέλου, ενώ ο αισθητήρας καταγραφής θερμοκρασίας (PTC thermistor), ο οποίος ελέγχει ουσιαστικά τον inverter, περιλαμβάνεται στα επιπλέον χαρακτηριστικά, με αποτέλεσμα να αυξάνει το κόστος της επένδυσης.
 - Η εγγύηση που προσφέρει η κατασκευάστρια εταιρεία είναι 12μηνη, κάτι που δε δικαιολογείται από το ύψος της επένδυσης.

- **Μοντέλο PIND 95-3 (κατασκευάστρια εταιρεία YWCT custom cooling towers)**
 - Το συγκεκριμένο μοντέλο έχει τη χαμηλότερη τιμή αγοράς από όλες τις προσφορές.
 - Το συγκεκριμένο μοντέλο μπορεί να ικανοποιήσει έως και 10% μεγαλύτερο θερμικό φορτίο από το ζητούμενο (μέγιστη δυναμικότητα συνολικού αριθμού δυο μονάδων: 1995kW).

- Ευκολότερη προσαρμογή σε συνθήκες μερικού φορτίου σε σχέση με τα προηγούμενα μοντέλα της ίδιας εταιρείας.
- Υποδιαστασιολόγηση των ανεμιστήρων του συγκεκριμένου μοντέλου. Όπως εντοπίστηκε, η απαιτούμενη παροχή αέρα είναι $17,5\text{m}^3/\text{s}$, ενώ αυτή που δίνεται με βάση την περιγραφή του κατασκευαστή είναι $11,88\text{m}^3/\text{s}$ ανά ανεμιστήρα.

Ακολουθεί ένας πίνακας όπου παρουσιάζονται συνοπτικά τα υπέρ και κατά της κάθε προσφοράς.

Πίνακας 26: Συγκενρωτικός πίνακας προβολής πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων προσφορών

ΘΕΤΙΚΑ ΚΑΙ ΑΡΝΗΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΡΟΣΦΕΡΟΜΕΝΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ		
	Θετικά στοιχεία	Αρνητικά Στοιχεία
Μοντέλο PME 6704 E GS-L	<ul style="list-style-type: none"> • Ευέλικτο στις μεταβολές θερμικού φορτίου λόγω δυνατότητας σύνδεσης με inverter • Σωστή διαστασιολόγηση ανεμιστήρων • Ικανότητα κάλυψης μεγαλύτερης δυναμικότητας σε τυχόν μελλοντικές απαιτήσεις λόγω μεγαλύτερης δυναμικότητας • Ειδικά κατασκευασμένο πληρωτικό υλικό • Παροχή επιπλέον πληροφοριών για πιθανή αγορά ανταλλακτικών 	<ul style="list-style-type: none"> • Αυξημένο κόστος αγοράς • Αγορά inverter και PTC thermistor ξεχωριστά • 12μηνη εγγύηση
Μοντέλο PIND 95-2	<ul style="list-style-type: none"> • Ιδιαίτερα μειωμένες απώλειες λόγω ελκυσμού • Μικρότερο κόστος αγοράς σε σύγκριση με το ανωτέρω μοντέλο • Ρύθμιση λειτουργίας σε συνθήκες μερικού φορτίου με την απενεργοποίηση /ενεργοποίηση 	<ul style="list-style-type: none"> • Απουσία χρονικού ορίου εγγύησης • Υπερδιαστασιολόγηση ανεμιστήρων με αποτέλεσμα αυξημένα λειτουργικά έξοδα

	<ul style="list-style-type: none"> • συστοιχιών • Δυνατότητα ικανοποίησης απαιτήσεων αυξημένες έως και 18% 	
Μοντέλο PIND 140-3	<ul style="list-style-type: none"> • Χαμηλή τιμή αγοράς • Δυνατότητα ικανοποίησης απαιτήσεων αυξημένες έως και 10% 	<ul style="list-style-type: none"> • Απουσία χρονικού ορίου εγγύησης • Υπερδιαστασιολόγηση ανεμιστήρων με αποτέλεσμα αυξημένα λειτουργικά έξοδα • Δυσκολία στην προσαρμογή σε συνθήκες μερικού φορτίου
Μοντέλο PME 5704 E GS-L	<ul style="list-style-type: none"> • Μέγεθος το οποίο ανταποκρίνεται απόλυτα στις τρέχουσες απαιτήσεις • Σωστή διαστασιολόγηση ανεμιστήρων • Μικρότερο κόστος αγοράς σε σχέση με το μοντέλο PME 6704 EGS-L • Ευέλικτο στις μεταβολές θερμικού φορτίου λόγω δυνατότητας σύνδεσης με inverter • Ειδικά κατασκευασμένο πληρωτικό υλικό 	<ul style="list-style-type: none"> • Σε περίπτωση μελλοντικής αύξησης των απαιτήσεων θα απαιτηθεί προμήθεια και άλλων μονάδων • Αγορά inverter και PTC thermistor ξεχωριστά • 12μηνη εγγύηση
Μοντέλο PIND 95-3	<ul style="list-style-type: none"> • Χαμηλότερη τιμή αγοράς σε σχέση με τις προηγούμενες προσφορές • Δυνατότητα ικανοποίησης απαιτήσεων αυξημένες έως και 10% • Ευκολότερη προσαρμογή σε συνθήκες μερικού φορτίου 	<ul style="list-style-type: none"> • Υποδιαστασιολόγηση ανεμιστήρων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: Περαιτέρω προτάσεις βελτίωσης συστήματος και αποτίμηση της συνολικής μελέτης

8.1) Βελτιώσεις στο κλειστό κύκλωμα του εργοστασίου

Στο υποκεφάλαιο αυτό γίνεται αναφορά σε κάποιες εναλλακτικές προτάσεις που αφορούν τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας του κυκλώματος ψύξης.

Η μετατροπή του παρόντος κυκλώματος ψύξης σε κλειστό κύκλωμα ανακυκλοφορίας θα αναβαθμίσει το εργοστάσιο της Lafarge, κάνοντάς το πιο φιλικό προς το περιβάλλον και ικανοποιώντας έτσι μία από τις βασικές επιδιώξεις του ομίλου, την πολιτική περιβάλλοντος.

Κρίνεται αναγκαίο να τονιστεί πως στις επόμενες παραγράφους με τους όρους «ανοικτό» και «κλειστό» που αναφέρονται στο κύκλωμα ψύξης, γίνεται η διάκρισή του ως προς το αν το κυκλοφορούμενο νερό βρίσκεται σε ατμοσφαιρική πίεση ή όχι. Δηλαδή, ανοικτό κύκλωμα ψύξης εννοείται το κύκλωμα, του οποίου το ρευστό έρχεται σε επαφή με τον περιβαλλοντικό αέρα και κλειστό κύκλωμα αυτό, όπου το κυκλοφορούμενο μέσο δεν έρχεται σε κανένα σημείο του σε επαφή με τον περιβαλλοντικό αέρα. Στις παραπάνω περιπτώσεις το νερό δεν εναποτίθεται σε μεγάλους υδάτινους αποδέκτες (θάλασσα, ποτάμια και λίμνες), αλλά ανακυκλοφορεί στο κύκλωμα.

Αναφέρονται 4 πιθανές εναλλακτικές λύσεις:

- Ανοικτό κύκλωμα ψύξης του εργοστασίου με ανοικτού τύπου πύργο ψύξης
- Κλειστό κύκλωμα ψύξης του εργοστασίου με ανοικτού τύπου πύργο ψύξης
- Ανοικτό κύκλωμα ψύξης του εργοστασίου με κλειστού τύπου πύργο ψύξης
- Κλειστό κύκλωμα ψύξης του εργοστασίου με κλειστού τύπου πύργο ψύξης

Από τις παραπάνω λύσεις θα συζητηθούν στη συνέχεια μόνο οι 2 πρώτες, δεδομένου ότι η λύση του κλειστού τύπου πύργου ψύξης δεν παρέχει κάποιο ουσιαστικό πλεονέκτημα στη συγκεκριμένη περίπτωση λόγω της σημαντικά μειωμένης δυναμικότητάς του.

8.1.1) Ανοικτό κύκλωμα ψύξης με ανοικτού τύπου πύργο ψύξης

Στην ουσία πρόκειται για το υπάρχον κύκλωμα ψύξης στο οποίο θα προστεθούν πύργοι ψύξης. Να σημειωθεί πως όλες οι προσφορές που ελήφθησαν στα πλαίσια της μελέτης αυτής αφορούν ανοικτού τύπου πύργους ψύξης.

Το σημαντικό πλεονέκτημα αυτού του συστήματος είναι ότι δεν απαιτείται καμία επιπλέον μετατροπή του εκτός φυσικά από την προσθήκη των πύργων ψύξης, με αποτέλεσμα το κόστος να περιορίζεται μόνο στην αγορά και εγκατάσταση των πύργων ψύξης. Επίσης, καθίσταται εύκολη η παρακολούθηση της ποιότητας του κυκλοφορούμενου νερού σε διάφορα σημεία του κυκλώματος, ώστε να παρατηρούνται τυχόν αλλοιώσεις (π.χ. διαρροή ελαίων λίπανσης στο κύκλωμα) και να λαμβάνονται τα αντίστοιχα μέτρα.

Βέβαια, υπάρχουν και κάποια μειονεκτήματα στην συγκεκριμένη επιλογή. Το ανοικτό σύστημα είναι ευάλωτο στην αλλοίωση της καθαρότητας του νερού λόγω της ύπαρξης αυξημένου ποσοστού σκόνης στον ατμοσφαιρικό αέρα. Με τον τρόπο αυτό είναι αναμενόμενη η δημιουργία επικαθίσεων στο σύστημα. Επιπρόσθετα, η ποσότητα του νερού αναπλήρωσης που απαιτείται για τη λειτουργία του συστήματος αναμένεται να είναι περισσότερη σε σχέση με τους υπολογισμούς του προηγούμενου κεφαλαίου, καθώς ένα ποσοστό του νερού που θα κυκλοφορεί θα εξατμίζεται λόγω της έκθεσης του στην ατμόσφαιρα.

Ακολουθεί ένας πίνακας όπου παρουσιάζονται συνοπτικά τα θετικά και αρνητικά της συγκεκριμένης πρότασης.

Πίνακας 27: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ανοικτού κυκλώματος ψύξης με ανοικτού τύπου πύργο ψύξης

ΑΝΟΙΚΤΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΨΥΞΗΣ ΜΕ ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΤΥΠΟΥ ΠΥΡΓΟ ΨΥΞΗΣ	
Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"> Χαμηλό κόστος μετατροπής 	<ul style="list-style-type: none"> Ευάλωτο σε αλλοίωση της καθαρότητας του νερού – δημιουργία επικαθίσεων
<ul style="list-style-type: none"> Εύκολη παρακολούθηση ποιότητας κυκλοφορούμενου νερού για την αντιμετώπιση τυχόν προβλημάτων 	<ul style="list-style-type: none"> Εξάτμιση ποσοστού νερού – απαραίτητη η αναπλήρωσή του

8.1.2) Κλειστό κύκλωμα ψύξης με ανοικτού τύπου πύργο ψύξης

Μία αξιόλογη πρόταση βελτίωσης της λειτουργίας του κυκλώματος ψύξης του εργοστασίου είναι η μετατροπή του κυκλώματος ψύξης σε κλειστό κύκλωμα, δηλαδή η απομόνωσή του σε σχέση με την ατμόσφαιρα και η προσθήκη κατάλληλου αριθμού κλειστού τύπου πύργων ψύξης.

Η συγκεκριμένη εναλλακτική λύση έχει το πλεονέκτημα ότι απαιτεί μικρότερης ισχύος αντλίες (πιο συγκεκριμένα κυκλοφορητές) για την ανακυκλοφορία του νερού του συστήματος, με αποτέλεσμα να εξοικονομείται ηλεκτρική ενέργεια, άρα και να μειώνεται το λειτουργικό κόστος. Ο λόγος που συμβαίνει αυτό είναι διότι υπάρχει μια υψομετρική διαφορά 55m ανάμεσα στο ύψωμα της Γορίτσας, όπου θα εγκατασταθούν οι πύργοι ψύξης, η οποία επιβαρύνει ισόποσα το μανομετρικό ύψος των αντλιών στην περίπτωση του ανοικτού κυκλώματος. Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με υπολογισμούς που έγιναν βρέθηκε ότι απαιτούνται αντλίες ισχύος 13,5kW η καθεμιά, οι οποίες θα αντικαταστήσουν τις σημερινές ισχύος 37kW έκαστη. Η εξίσωση που χρησιμοποιήθηκε στον υπολογισμό ήταν:

- $\text{Ισχύς} = (\text{παροχή ανά αντλία} \times \text{διαφορά πίεσης του νερού στα δυο επίπεδα}) / (\text{συνολικός βαθμός απόδοσης αντλίας} - \text{H/K})$

Επιπλέον, καθώς το κύκλωμα είναι πλέον τελείως μονωμένο σε σχέση με το περιβάλλον δεν υπάρχουν απώλειες νερού λόγω εξάτμισης, ενώ μειώνεται σημαντικά και ο σχηματισμός επικαθίσεων στις σωληνώσεις, καθώς αποφεύγεται η αλλοίωση της καθαρότητας του νερού από τη σκόνη της ατμόσφαιρας. Σε αντίθεση με την προηγούμενη πρόταση, το κόστος της επένδυσης μεγαλώνει, καθώς απαιτούνται περισσότερες μετατροπές στο σύστημα και επιπλέον είναι αναγκαίες κάποιες μετατροπές, ώστε να καθίσταται δυνατή η οπτική παρακολούθηση της ποιότητας του κυκλοφορούμενου νερού (π.χ. διαρροή ελαίων στο σύστημα). Ακολουθεί ένας πίνακας όπου παρουσιάζονται συνοπτικά τα θετικά και αρνητικά της συγκεκριμένης πρότασης.

Πίνακας 28: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα κλειστού κυκλώματος ψύξης με κλειστού τύπου πύργο ψύξης

ΚΛΕΙΣΤΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΨΥΞΗΣ ΜΕ ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΤΥΠΟΥ ΠΥΡΓΟ ΨΥΞΗΣ	
Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"> • Ο όγκος του νερού παραμένει αμετάβλητος οπότε δε χρειάζεται αναπλήρωση 	<ul style="list-style-type: none"> • Αυξημένο κόστος λόγω περαιτέρω μετατροπών στο κύκλωμα
<ul style="list-style-type: none"> • Το νερό δεν έρχεται σε επαφή με το περιβάλλον οπότε δεν υπάρχει ο κίνδυνος επικαθίσεων στους σωλήνες 	<ul style="list-style-type: none"> • Δυσκολία οπτικής παρατήρησης τυχόν διαρροών ανεπιθύμητων ουσιών στο σύστημα
<ul style="list-style-type: none"> • Εξοικονόμηση ηλεκτρικού ρεύματος και συνεπώς χρημάτων, εκμεταλλευόμενοι την ύπαρξη ενεργειακού δυναμικού 	

8.2) Εναλλακτική λύση ψύξης με χρήση νερού Lepol

Μια πιθανή εναλλακτική που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί στη θέση των πύργων ψύξης θα ήταν η εγκατάσταση ενός εναλλάκτη θερμότητας, ο οποίος θα χρησιμοποιεί το νερό του Lepol για την ψύξη του νερού που εξέρχεται από τα μηχανήματα. Για το λόγο αυτό πραγματοποιήθηκε μια αρχική μελέτη των διαστάσεων του εναλλάκτη θερμότητας. Επιλέχθηκε ένας εναλλάκτης αυλών-κελύφους, ο οποίος αποτελεί και τη συνηθέστερη μορφή εναλλάκτη στις βιομηχανικές εφαρμογές.

Για τον υπολογισμό του εναλλάκτη χρησιμοποιήθηκαν οι εξής τύποι από την βιβλιογραφία:

$$Q = \dot{m} \times C_p \times \Delta T$$

$$Q = K \times F \times A \times \Delta T \ln$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + (R_w \times A) + \frac{1}{h_2}}$$

$$Gt = \frac{\dot{m}}{\frac{\pi \times d_{in}^2}{4}}$$

$$Re = \frac{d_{in} \times Gt}{\mu_p}$$

$$Nu = 0,023 \times (Re^{0,8}) \times (Pr^{0,4})$$

$$R_w \times A = \frac{r_i}{\lambda} \times \ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right)$$

$$P = \frac{t_o - t_i}{T_i - t_i}$$

$$R = \frac{T_i - T_o}{t_o - t_i}$$

$$\Delta T \ln = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}}$$

$$N = \frac{A}{\pi \times d_{in} \times L}$$

$$t_o = \frac{Q}{\dot{m} \times C_p} + t_i$$

$$h_1 = \frac{\lambda_1}{d_{in}} \times Nu$$

$$h_2 = \frac{\lambda_2}{d_{out}} \times Nu$$

$$D_{\text{εναλλάκτη}} = N \times \frac{\pi \times d_{out}^2}{4}$$

$$\Delta T_1 = T_{in} - t_{out}$$

$$\Delta T_2 = T_{out} - t_{in}$$

Όπου

Q → Θερμικό φορτίο (kW)

\dot{m} → Παροχή νερού (Kg/s)

C_p → Ειδική θερμοχωρητικότητα νερού (KJ/[Kg*K])

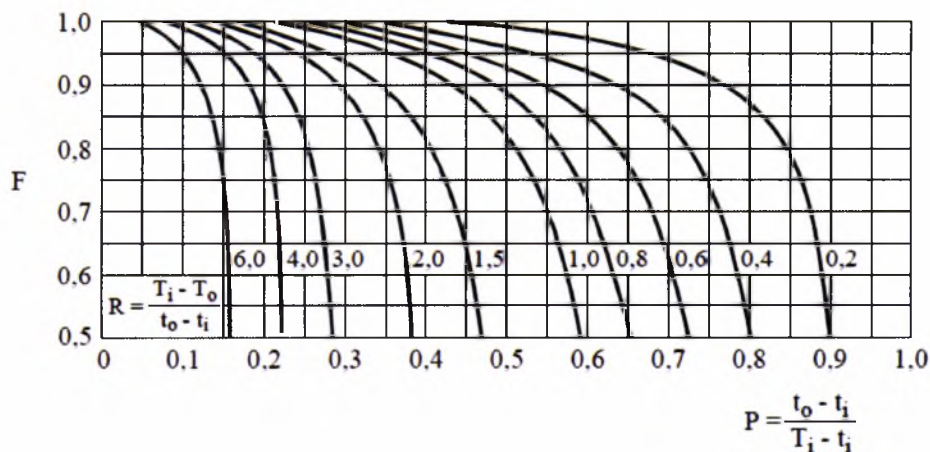
ΔT → Διαφορά θερμοκρασίας εισόδου-εξόδου του νερού

K → Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας

F → Διορθωτικός συντελεστής

A → Συνολικό εμβαδό εναλλάκτη

- $\Delta T \ln$ → Λογαριθμική διαφορά θερμοκρασίας
 $Rw \times A$ → Συντελεστής αγωγής σωλήνα
 Gt → Μαζική ταχύτητα ψυκτικού μέσου
 Re → Αριθμός Reynolds
 μ_w → Δυναμικό ιξώδες του νερού
 d_m, d_{out} → Εσωτερική, εξωτερική διάμετρος σωλήνα
 Nu → Αριθμός Nusselt
 Pr → Αριθμός Prandtl
 r_i, r_o → Εσωτερική, εξωτερική ακτίνα σωλήνα
 λ → Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας υλικού
 P → Συντελεστής
 R → Συντελεστής
 t_o, t_i → Εξωτερική, εσωτερική θερμοκρασία ψυχρού ρεύματος
 T_o, T_i → Εξωτερική, εσωτερική θερμοκρασία θερμού ρεύματος
 L → Συνολικό μήκος του εναλλάκτη θερμότητας
 N → Αριθμός διαδρομών σωλήνων
 h_1 → Συντελεστής συναγωγής εντός σωλήνα
 λ_1 → Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας θερμού ρεύματος εκτός του σωλήνα
 h_2 → Συντελεστής συναγωγής εκτός σωλήνα
 λ_2 → Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας θερμού ρεύματος εντός του σωλήνα
 $D_{εναλλάκτη}$ → Συνολική διάμετρος εναλλάκτη
 Ο συντελεστής διόρθωσης F βρίσκεται από διαγράμματα με τη χρήση των μεγεθών P, R



Εικόνα 46: Διάγραμμα υπολογισμού του συντελεστή διόρθωσης F_t για έναν εναλλάκτη μιας εξωτερικής διαδρομής και πολλαπλάσιες των δυο εσωτερικών διαδρομών

Επίσης, ορίστηκαν κάποιες παράμετροι και χρησιμοποιήθηκαν κάποια δεδομένα για κάποιες φυσικές ιδιότητες των μέσων, όπως φαίνονται και στον επόμενο πίνακα.

Πίνακας 29: Πίνακας φυσικών ιδιοτήτων μέσων και παράμετροι που ορίστηκαν

ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΜΕΣΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΥ ΟΡΙΣΤΗΚΑΝ	
Μήκος εκάστοτε διαδρομής σωληνώσεων (m)	2
Εσωτερική και εξωτερική διάμετρος σωληνώσεων (inches)	$d_{in}=1,05$ $d_{out}=1,32$
Θερμοκρασία εισόδου του θερμού ρεύματος (°C)	30
Θερμοκρασία εξόδου του θερμού ρεύματος (°C)	25
Θερμοκρασία εισόδου του ψυχρού ρεύματος (°C)	17,5
Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας νερού (W/[m*°C])	0,62 για T=30°C 0,6 για T=25°C
Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας υλικού κατασκευής σωληνώσεων (W/[m*°C])	16 (ανοξείδωτος χάλυβας)
Αριθμός Prandtl για το νερό	5,1
Δυναμικό ιξώδες νερού ([N*s]/m ²)	$0,798*10^{-3}$
Κινηματικό ιξώδες νερού (m ² /s)	10^{-6}
Παροχή μάζας (kg/s)	86
Ειδική θερμοχωρητικότητα νερού (kJ/[kg*K])	4,179 για T=30°C 3,993 για T=17,5°C

Με βάση τους παραπάνω τύπους προέκυψαν τα αποτελέσματα της διαστασιολόγησης. Ακολουθεί ο συγκεντρωτικός πίνακας.

Πίνακας 30: Πίνακας αποτελεσμάτων διαστασιολόγησης εναλλάκτη θερμότητας

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	
Θερμικό φορτίο (kW)	1.860
Ταχύτητα μέσα στους σωλήνες(m/s)	1,5
Συντελεστής διόρθωσης	0,95
Λογαριθμική διαφορά θερμοκρασίας (°C)	6,7
Συνολική επιφάνεια εναλλάκτη θερμότητας (m ²)	189,5
Αριθμός σωλήνων	56
Συνολική διάμετρος κελύφους εναλλάκτη θερμότητας (m)	1,51

Η συγκεκριμένη λύση κρίνεται ως μη εφικτή στη παρούσα χρονική περίοδο καθώς απαιτεί για την υλοποίησή της την απόκτηση συγκεκριμένων περιβαλλοντικών αδειών από το κράτος. Αρχικά απαιτείται μια άδεια βιομηχανικής χρήσης του νερού από το Lerol καθώς αυτό θα αποτελεί το ψυκτικό μέσο στον εναλλάκτη. Σύμφωνα με την νομοθεσία σε οποιαδήποτε περίπτωση όπου το αντλούμενο νερό δεν διοχετεύεται απευθείας στη θάλασσα θεωρείται ότι έχει βιομηχανικές χρήσεις και απαιτείται η ανάλογη άδεια χρήσης. Επίσης απαιτείται και μια ακόμη περιβαλλοντική άδεια τοπικής διάθεσης του χρησιμοποιούμενου νερού από το Lerol στη θάλασσα καθώς η θερμοκρασία εξόδου του νερού από τον εναλλάκτη θα είναι μεγαλύτερη από την θερμοκρασία της θάλασσας οπότε θεωρείται πλέον μέσο θερμικής ρύπανσης του αποδέκτη. Για τους λόγους αυτούς και λαμβάνοντας υπόψη το μέγεθος της γραφειοκρατίας στο ελληνικό κράτος πιστεύεται ότι η συγκεκριμένη πρόταση θα χρειαστεί αρκετό χρόνο για να υλοποιηθεί θέτοντας έτσι το έργο εκτός χρονικών ορίων (χρόνος πραγματοποίησης: εντός του 2013-14).

8.3) Βελτιστοποίηση θερμοκρασιών λειτουργίας κυκλωμάτων λίπανσης

Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 6 (6.3) κατά τη διάρκεια της παρούσας μελέτης συλλέχθηκαν στοιχεία από το online σύστημα καταγραφής που διαθέτει το εργοστάσιο για τις θερμοκρασίες λειτουργίας των ελαίων λίπανσης των εδράνων του ΠΚ1. Με βάση την επεξεργασία των δεδομένων παρουσιάστηκαν κάποια ευρήματα, τα οποία είναι σημαντικά για τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας του ψυκτικού κυκλώματος. Πιο συγκεκριμένα, βρέθηκε ότι στις συνηθισμένες συνθήκες λειτουργίας, δηλαδή με τη χρήση νερού από το φρέαρ Lerol για ψύξη, οι θερμοκρασίες λειτουργίας των εδράνων κυμαίνονται περίπου στους 38°C για τα βάθρα 1 και 3, ενώ οι θερμοκρασίες των εδράνων του βάρου 2 (που καταπονείται περισσότερο θερμικά και μηχανικά) κυμαίνονται στους 45°C περίπου. Να σημειωθεί πως η τυπική θερμοκρασία λειτουργίας των ελαίων που χρησιμοποιούνται στον ΠΚ1 με βάση τους πίνακες του κατασκευαστή είναι 40°C και το νερό ψύξης στην έξοδό του από τα μηχανήματα βρίσκεται στους 24°C περίπου.

Επίσης, παρατηρήθηκε ότι στη διάρκεια μιας εργάσιμης μέρας του καλοκαιριού όπου λόγω βλάβης στις αντλίες Lerol δεν ήταν δυνατή η χρήση του για την ψύξη των μηχανημάτων οι θερμοκρασίες των βάρων 1 και 3 αυξήθηκαν, αλλά και πάλι ήταν σχετικά κοντά στα όρια τυπικής λειτουργίας (θερμοκρασιακό εύρος 43-45°C). Οι θερμοκρασίες λειτουργίας του βάρου 2, το οποίο καταπονείται και περισσότερο λόγω των καμπτικών ροπών που δέχεται, κυμάνθηκαν λίγο πάνω από τους 50°C, ενώ το νερό του κυκλώματος βρισκόταν σε θερμοκρασία περίπου 35-37°C. Να σημειωθεί πως εκείνη την ημέρα (4-7-2012) η λειτουργία του φούρνου συνεχίστηκε χωρίς προβλήματα, παρόλο που οι θερμοκρασίες των ελαίων ήταν στα ανώτερα όρια που έχουν τεθεί (υπάρχει συναγερμός στο ηλεκτρονικό σύστημα καταγραφής, όταν η θερμοκρασία των ελαίων πλησιάζει τους 50°C).

Με βάση τις πληροφορίες που συλλέχθηκαν από τους μηχανικούς του εργοστασίου η μελέτη των θερμοκρασιακών δεδομένων περιορίστηκε στα έδρανα του ΠΚ1, καθώς τα υπόλοιπα μηχανήματα του συστήματος (ΜΚ,ΜΤ) διαθέτουν διαφορετικό σύστημα ψύξης. Η ψύξη των ελαίων δεν είναι μια συνεχής διαδικασία, αλλά προτιμάται τα έλαια να φτάσουν αρχικά σε μια δεδομένη θερμοκρασία λειτουργίας (80°C) και στη συνέχεια δίνεται σήμα από το σύστημα καταγραφής, ώστε να λειτουργήσει μια ηλεκτροβάννα, η οποία στέλνει μια ποσότητα ελαίου στο ψυγείο λαδιού, όπου και ψύχεται. Στη συνέχεια η ποσότητα αυτή επανεισάγεται στο σύστημα και ψύχει με τη σειρά της την υπόλοιπη μάζα του ελαίου. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται κάθε δυο ώρες το χειμώνα και κάθε 45 λεπτά το καλοκαίρι λόγω των υψηλότερων θερμοκρασιών που παρατηρούνται.

Προτείνεται, επομένως, η μετατόπιση του θερμοκρασιακού εύρους λειτουργίας των ελαίων στους 45-55°C και αντίστοιχα η μετατόπιση του ορίου συναγερμού στο Scada στους 60°C βελτιώνοντας έτσι τη λειτουργία των μηχανημάτων. Για να συμβεί αυτό, απαιτείται το νερό ψύξης να εισέρχεται στο κύκλωμα στους 30°C περίπου, οπότε η καταλληλότερη επιλογή πύργου ψύξης αφορά κάποιο από τα προσφερόμενα μοντέλα για το θερμοκρασιακό εύρος 35-30°C. Η συγκεκριμένη επιλογή πιστεύεται ότι θα βελτιώσει την λειτουργία των εδράνων του ΠΚ1, χωρίς να επηρεαστεί ιδιαίτερα η λειτουργία των υπόλοιπων μηχανημάτων του κυκλώματος πέρα ίσως από την πιο συχνή απαίτηση λειτουργίας των ηλεκτροβανών, που ρυθμίζουν την ψύξη των ελαίων στα υπόλοιπα μηχανήματα.

8.4) Προτάσεις βελτίωσης του συστήματος καταγραφής δεδομένων του εργοστασίου (monitoring)

Για τη μελέτη του κλειστού κυκλώματος ψύξης των μηχανημάτων χρησιμοποιήθηκαν ένα μεταλλικό δοχείο, ένα βαθμονομημένο χρονόμετρο, ένας ζυγός ακριβείας και ένα θερμοστοιχείο, όπως προαναφέρθηκε στο κεφάλαιο 5. Όλες οι μετρήσεις έγιναν χειροκίνητα, πράγμα που αυτόματα εμπεριέχει το σφάλμα στις μετρήσεις. Στο παρόν, λοιπόν, κεφάλαιο θα γίνουν κάποιες προτάσεις, ώστε τα δεδομένα να προκύπτουν πιο γρήγορα, πιο εύκολα και με αρκετά μικρότερη πιθανότητα σφάλματος. Επιπλέον, η απευθείας σύνδεση (online) των δεδομένων σε ένα ηλεκτρονικό σύστημα καταγραφής είναι χρήσιμη για την παρατήρηση ενδεχόμενων βλαβών στο κύκλωμα, αλλά και για μία πιθανή μελλοντική μελέτη.

Οι μεταβλητές που προτείνεται να μετρώνται online είναι:

- Θερμοκρασία νερού
- Παροχή νερού

Η καταγραφή της θερμοκρασίας στην έξοδο κάθε μηχανήματος με διάφορα θερμοστοιχεία, τα οποία είναι τοποθετημένα, βοηθάει, ώστε να γίνει γρήγορα αντιληπτή μία πιθανή δυσλειτουργία ενός ή περισσότερων μηχανημάτων. Σημειώνεται πως στις δεξαμενές της Γορίτσας υπάρχει θερμοστοιχείο, το οποίο

δίνει πληροφορίες για τη θερμοκρασία του νερού, αλλά, όπως παρατηρήθηκε από χειροκίνητες μετρήσεις, τα δεδομένα τα οποία παρέχει είναι λανθασμένα.

Η εγκατάσταση ροόμετρων κατά μήκος των σωληνώσεων θα δώσει μια συνολική εικόνα για το ποσό νερού που κυκλοφορεί στο κύκλωμα, αλλά, επίσης, συμβάλλει και στην παρατήρηση κάποιας ενδεχόμενης φραγής κατά μήκος των σωληνώσεων, δεδομένου πως το ρευστό που κυκλοφορεί συμπαρασύρει σωματίδια του περιβάλλοντος και των σωλήνων. Κάποιοι τύποι ροόμετρων είναι το ροτάμετρο, ο μετρητής Venturi και ο μετρητής διαφράγματος.

8.5) Αποτίμηση της συνολικής μελέτης

Δεδομένου ότι η εργασία αυτή εκπονήθηκε πιλοτικά, ώστε να διερευνηθεί η δυνατότητα εκπόνησης μελετών από τους φοιτητές του Τμήματος σε συνεργασία με την ενδιαφερόμενη βιομηχανία, σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται οι ανθρωπόωρες που δαπανήθηκαν, καθώς και ο βαθμός επίτευξης των στόχων αυτής.

Ο συνολικός χρόνος που δαπανήθηκε για την ολοκλήρωση της εργασίας είναι της τάξης των 1100 ωρών για τους δύο εμπλεκόμενους. Οι 550 συνολικά ώρες για τον καθένα κατανέμονται σε 250 ώρες δουλειάς στο χώρο του εργοστασίου (μετρήσεις, αποτυπώσεις, συνεργασία με επιβλέποντα μηχανικό και άλλα στελέχη και εργαζομένους, νεκρός χρόνος στο εργοστάσιο κλπ.) και οι υπόλοιπες 300 ώρες αποτελούν χρόνο επεξεργασίας στο πανεπιστήμιο (συνεργασία με επιβλέποντα καθηγητή, επεξεργασία και συγγραφή δεδομένων). Παρακάτω, φαίνεται το διάγραμμα τύπου πίτας, το οποίο εμφανίζει το ποσοστό του χρόνου που δαπανήθηκε σε κάθε περίπτωση.



Διάγραμμα 17: Διάγραμμα κατανομής ανθρωπωρών που διατέθηκαν για την εργασία

Ο βαθμός επίτευξης των στόχων της εργασίας, όπως αυτοί διατυπώθηκαν στην αρχή της εργασίας (σελ. 1), συνοψίζεται ως εξής:

- Η παρατήρηση και η εκτίμηση της αρχικής κατάστασης του κλειστού κυκλώματος ψύξης των μηχανημάτων πραγματοποιήθηκε σε πολύ μεγάλο βαθμό, καθώς υπήρξε η εξήγησή του από τους μηχανικούς, αλλά και η οπτική επαφή για την εξοικείωση με αυτό και για την παρατήρηση κάποιων προβλημάτων (χρήση του πηγαδιού Lerol, δύσκολο περιβάλλον λόγω σκόνης κλπ.).
- Πραγματοποιήθηκε ο υπολογισμός του θερμικού φορτίου του κυκλώματος, εφόσον έγιναν οι μετρήσεις παροχών και θερμοκρασιών και αποτέλεσμα αυτού ήταν πως υπήρχαν διάφοροι τρόποι ψύξης του.
- Με βάση τις υπάρχουσες συνθήκες του κυκλώματος, επιλέχτηκε η πρόταση της ψύξης του νερού του δικτύου με πύργους ψύξης ανοιχτού τύπου, διότι είναι ικανοί να απάγουν τη θερμότητα που παράγεται στο σύστημα, είναι ένας οικονομικός τρόπος ψύξης, έχει σχετικά εύκολο τρόπο εγκατάστασης και - το πιο σημαντικό - συμβαδίζει με τους περιβαλλοντικούς περιορισμούς.
- Η παρουσίαση των προσφορών από εταιρείες παροχής πύργων ψύξης ήταν αρκετά ικανοποιητική, καθώς έδωσαν κάποια βασικά στοιχεία για τη δυναμικότητα των πύργων ψύξης που προσέφεραν. αλλά και μία βάση για το κόστος της όλης εφαρμογής.
- Τέλος, η μελέτη του κυκλώματος για πιθανή βελτίωση της λειτουργίας του πραγματοποιήθηκε σε ένα πολύ καλό βαθμό, διότι επισημάνθηκαν κάποιες πιθανές αλλαγές του τρόπου ψύξης μακροπρόθεσμα και επίσης έγιναν κάποιες προτάσεις για τοποθέτηση μερικών εξαρτημάτων με σκοπό την καλύτερη παρατήρηση του συστήματος. Παρόλα αυτά υπάρχουν ακόμα περιθώρια βελτίωσης του συστήματος κυρίως στο κομμάτι της λίπανσης των μηχανημάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: Οικονομοτεχνική μελέτη

Με βάση τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα που αναλύθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια προτείνεται πλέον η αγορά κάποιου από τα μοντέλα που αντιστοιχούν στο θερμοκρασιακό εύρος 35-30°C. Η επιλογή αυτού του θερμοκρασιακού εύρους λειτουργίας έγινε, ώστε να συνάδει με τα συμπεράσματα που προέκυψαν στο κεφάλαιο 8 (8.3) για τη λειτουργία του κυκλώματος λίπανσης. Πιο συγκεκριμένα, με βάση τα αποτελέσματα των υπολογισμών διαστασιολόγησης των προσφερόμενων μοντέλων που παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο 7 (7.2) και του θεωρητικού υπολογισμού (7.1) πιστεύεται ότι το μοντέλο που αντιστοιχεί καλύτερα στα συγκεκριμένα αποτελέσματα είναι το μοντέλο PME 5704 E GS-L της κατασκευάστριας εταιρείας MITA S.r.l.



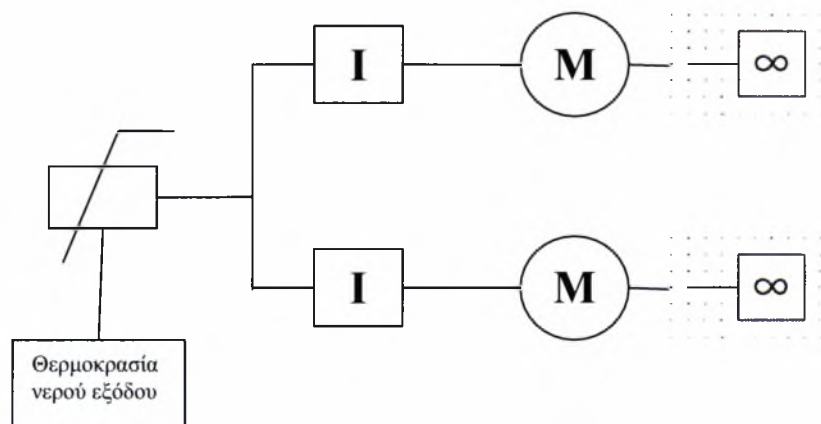
Εικόνα 47: Φωτογραφία του μοντέλου PME 5704 E GS-L της εταιρείας MITA S.r.l.

Ο συγκεκριμένος πύργος ψύξης είναι δυναμικότητας 1.805 kW και η προσφορά της εταιρείας αφορούσε την προμήθεια μιας μονάδας με κόστος 30.380€. Προκειμένου να ικανοποιηθούν και μελλοντικές ανάγκες του εργοστασίου σε ψύξη, αλλά και σε περίπτωση βλάβης του αρχικού πύργου να υπάρχει ένας εφεδρικός, ώστε να μην παρουσιαστεί πρόβλημα στην ομαλή λειτουργία των μηχανημάτων, προτείνεται η προμήθεια μιας ακόμη μονάδας του συγκεκριμένου μοντέλου. Το τελικό κόστος της αγοράς θα ανέρθει στα 60.760€ χωρίς να υπολογίζονται τα κόστη εγκατάστασης. Παράλληλα προτείνεται και η πλήρης απομόνωση του δικτύου ανακυκλοφορίας του νερού ψύξης και η αντικατάσταση των σημερινών αντλιών ισχύος 37 kW η καθεμιά με αντλίες (κυκλοφορητές) των 13,5 kW έκαστη, όπως παρουσιάστηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο (8.1.2), με αποτέλεσμα κάποιο επιπλέον κόστος για τις απαραίτητες μετατροπές. Να σημειωθεί πως ο προϋπολογισμός που αφορά την εγκατάσταση πύργων ψύξης στο εργοστάσιο είναι 200.000€.

Με βάση τη συγκεκριμένη πρόταση θα επιχειρηθεί στη συνέχεια του κεφαλαίου μια εκτίμηση της ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας του πύργου ψύξης. Επίσης, θα προταθούν κάποιες προσθήκες στον πύργο, οι οποίες θα βελτιώσουν την

συμπεριφορά του σε συνθήκες μερικού φορτίου μειώνοντας παράλληλα και το λειτουργικό του κόστος.


Αρχικά, με βάση τις σημερινές συνθήκες λειτουργίας της ΑΓΕΤ ο πύργος ψύξης θα λειτουργεί σε συνθήκες πλήρους φορτίου μόνο κατά τις νυχτερινές ώρες (00:00-8:00) και τα Σαββατοκύριακα, καθώς σε εκείνα τα διαστήματα τίθενται σε λειτουργία οι μύλοι τσιμέντου της μονάδας. Αυτό συμβαίνει, διότι εκείνες τις ώρες το ηλεκτρικό ρεύμα προσφέρεται σε χαμηλότερη τιμή (0,054€/kWh), οπότε και μειώνεται το κόστος λειτουργίας. Αυτό ουσιαστικά σημαίνει πως το μεγαλύτερο μέρος της ημέρας ο πύργος ψύξης θα λειτουργεί σε συνθήκες μερικού φορτίου. Προκειμένου να ανταποκριθεί στις καινούριες απαιτήσεις, υπάρχουν αρκετές μέθοδοι που μπορούν να εφαρμοστούν. Η πιο εύκολα εφαρμόσιμη από αυτές είναι ο έλεγχος των στροφών του κινητήρα και κατ' επέκταση της παροχής αέρα για ψύξη. Για να συμβεί αυτό, απαιτείται η προσθήκη ενός μετατροπέα συχνότητας τάσης (inverter), ο οποίος θα μεταβάλλει τις στροφές του κινητήρα και ενός αισθητήρα θερμοκρασίας (thermistor - τύπου PTC ή NTC), ο οποίος θα ελέγχει με τη σειρά του τον inverter. Απαιτείται ένας inverter για κάθε ηλεκτροκινητήρα, ενώ ένα thermistor θα ελέγχει συνολικά την λειτουργία τους. Ακολουθεί ένα ενδεικτικό σχήμα του τρόπου λειτουργίας του πύργου ψύξης με την προσθήκη inverter και thermistor.

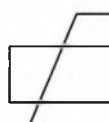


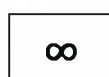
Εικόνα 48: Σχηματική αναπαράσταση τρόπου ελέγχου λειτουργίας πύργου ψύξης σε συνθήκες μερικού φορτίου

Όπου:

 : ο ηλεκτροκινητήρας

 : ο inverter

 : το thermistor

 : ο ανεμιστήρας

Σύμφωνα με την περιγραφή του στοιχείων του μοντέλου PME 5704 E GS-L υπάρχει η δυνατότητα σύνδεσης των ηλεκτροκινητήρων που διαθέτει με inverter. Παράλληλα, σαν επιπλέον επιλογή μπορεί να αγορασθεί από την κατασκευάστρια εταιρεία και ο αισθητήρας θερμοκρασίας (PTC thermistor), ο οποίος κοστίζει 600€. Με βάση αυτά τα στοιχεία έγινε μια πρώτη επαφή με την ελληνική αντιπροσωπεία των κινητήρων Siemens (Εμμ. Δ. Κουμάκης Α.Ε.), η οποία είναι και η εταιρεία που κατασκευάζει τους κινητήρες που χρησιμοποιούνται στο παραπάνω μοντέλο, και της ζητήθηκε μια προσφορά για την αγορά κατάλληλων inverter για τα χρησιμοποιούμενα μοντέλα ηλεκτροκινητήρων, καθώς και η τιμή αγοράς των ηλεκτροκινητήρων σε περίπτωση βλάβης κάποιου. Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζονται συνοπτικά οι προσφορές που λάβαμε και το συνολικό ύψος της συγκεκριμένης επένδυσης.

Πίνακας 31: Πίνακας όπου παρουσιάζονται τα κόστη αγοράς ηλεκτροκινητήρα, inverter και thermistor με βάση την προσφορά από την Κουμάκης Α.Ε. και το συνολικό κόστος της επένδυσης

ΚΟΣΤΗ ΑΓΟΡΑΣ	
Προτεινόμενος αριθμός μονάδων για προμήθεια	2
Τιμή PME 5704 EGS-L ανά μονάδα	30.380€
Τιμή inverter ανά τεμάχιο (χωρίς Φ.Π.Α.)	910€ χωρίς φίλτρο 1040€ με φίλτρο
Τιμή PTC thermistor	600€
Τιμή ηλεκτροκινητήρων ανά τεμάχιο	1500€
Συνολικό ύψος επένδυσης	63.440€
Διαθέσιμος προϋπολογισμός για την υλοποίηση του έργου	200.000€

Στο παράρτημα περιλαμβάνονται οι τεχνικές περιγραφές του προτεινόμενου inverter και του ηλεκτροκινητήρα Siemens που χρησιμοποιείται.

Το επόμενο στάδιο της μελέτης περιλαμβάνει μια εκτίμηση για το ετήσιο λειτουργικό κόστος των πύργων ψύξης με βάση τα σημερινά δεδομένα. Για τον υπολογισμό αυτό έγιναν κάποιες παραδοχές. Αρχικά, το έτος χωρίστηκε σε δυο περιόδους εξαμηνιαίας διάρκειας η καθεμιά, που αντιστοιχούν στη χειμερινή και καλοκαιρινή λειτουργία του εργοστασίου με βάση μετεωρολογικά στοιχεία που συλλέχθηκαν για το έτος 2011. Η χειμερινή περίοδος εκτείνεται από 1-1-2011 έως 15-5-2011 και από 21-9-2011 έως 31-12-2011 ενώ η καλοκαιρινή από 16-5-2011 έως 20-9-2011. Ο λόγος που επιλέχθηκε αυτός ο διαχωρισμός είναι διότι το θερμικό φορτίο της μονάδας είναι διαφορετικό το χειμώνα και διαφορετικό το καλοκαίρι. Για τους υπολογισμούς χρησιμοποιήθηκαν οι μέσες ημερήσιες τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας του περιβάλλοντος. Έπειτα υπολογίστηκε ένα μέσο ημερήσιο θερμικό φορτίο, το οποίο είναι διαφορετικό για το χειμώνα και το καλοκαίρι. Επίσης, και μέσα στη διάρκεια της ημέρας το θερμικό φορτίο μεταβάλλεται. Τα μέσα ημερήσια φορτία διαμορφώθηκαν για το χειμώνα στα 703kW και το καλοκαίρι στα 880kW. Στόχος αυτής της διαδικασίας ήταν να υπολογιστεί τελικά η μέση ημερήσια απαιτούμενη παροχή αέρα, η οποία εξαρτάται άμεσα από τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Στη συνέχεια μπορεί εύκολα να υπολογιστεί και η πτώση πίεσης στον ανεμιστήρα και τέλος να καταλήξει στην απαιτούμενη ισχύ του ανεμιστήρα άρα και στην ισχύ που πρέπει να καταναλωθεί. Από την επεξεργασία των δεδομένων προέκυψε και ένα διάγραμμα, το οποίο δείχνει τη μεταβολή της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας από τους κινητήρες των ανεμιστήρων κατά τη διάρκεια του έτους 2011 και το οποίο παρουσιάζεται παρακάτω. Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα του υπολογισμού της μέσης ετήσιας κατανάλωσης.

Πίνακας 32: Πίνακας μέσης ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ισχύος

ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ	
Χειμερινή περίοδος	1-1-2011 έως 15-5-2011 & 21-9-2011 έως 31-12-2011
Κατανάλωση κατά την χειμερινή περίοδο (kWh)	7.500
Καλοκαιρινή περίοδος	16-5-2011 έως 20-9-2011
Κατανάλωση κατά την καλοκαιρινή περίοδο (kWh)	25.000
Συνολική ετήσια κατανάλωση(kWh)	32.500



Διάγραμμα 18: Ενδεικτικό διάγραμμα μέσης ημερήσιας κατανάλωσης ηλ. ρεύματος κατά την καλοκαιρινή περίοδο (15-5-2011 έως 20-9-2011)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10: Συμπεράσματα-Προτάσεις για το μέλλον

Με βάση τα δεδομένα της χημικής ανάλυσης του νερού από το φρέαρ Lerol προκύπτει ότι αυτό είναι ακατάλληλο για τη χρήση του στο κύκλωμα ψύξης του εργοστασίου, καθώς δημιουργεί έντονα προβλήματα επικαθίσεων, επιπλέον των περιβαλλοντικών περιορισμών που υπαγορεύουν την κατάργησή του. Το γεγονός αυτό αποτέλεσε και το σημείο εκκίνησης της εργασίας μας που μελετά τη βιωσιμότητα της λύσης κλειστού κυκλώματος ψύξης του εργοστασίου. Στο κεφάλαιο αυτό εμπεριέχονται τα κύρια χαρακτηριστικά των προτεινόμενων λύσεων όσον αφορά την ανάλυση, το σχεδιασμό και τη λειτουργία του κλειστού κυκλώματος ψύξης.

- Όπως προέκυψε από τα δεδομένα των μετρήσεων, το συνολικό θερμικό φορτίο ψύξης του εργοστασίου για το καλοκαίρι ανέρχεται στα 1.550 kW και το χειμώνα στα 1.300kW και η απαιτούμενη συνολική παροχή του νερού ψύξης στο πλήρες φορτίο είναι της τάξης των 310 m³/h
- Δεδομένου ότι και στο παρελθόν είχε επιχειρηθεί η λειτουργία κλειστού κυκλώματος σε διάφορα τμήματα του κυκλώματος ψύξης, υπήρχαν ήδη εγκατεστημένοι, αλλά εκτός λειτουργίας, 2 πύργοι ψύξης, των οποίων πλέον επιβάλλεται η αντικατάσταση λόγω των προβλημάτων που έχουν εμφανίσει από τη μακρά περίοδο μη συντήρησής τους και των δυσμενών περιβαλλοντικών συνθηκών (π.χ. αυξημένα ποσοστά σκόνης στην ατμόσφαιρα).
- Στην κατεύθυνση αυτή ζητήθηκαν προσφορές για πύργους ψύξης από τις εταιρείες MITAS.s.r.l. και YWCT για τα θερμοκρασιακά εύρη 30-25°C και 35-30°C (θερμοκρασία εισόδου-θερμοκρασία εξόδου), για συνολική δυναμικότητα πύργου ψύξης 1.860 kW (1.550 kW+20% συντελεστή ασφαλείας) και για συνολική παροχή 310 m³/h. Βάσει των αποτελεσμάτων της διαστασιολόγησης των προσφερόμενων μοντέλων φαίνεται πως η πρόταση της εταιρείας MITA S.r.l. και συγκεκριμένα το μοντέλο PME 5704 E GS-L για θερμοκρασιακό εύρος 35-30 °C ανταποκρίνεται καλύτερα στις συνολικές απαιτήσεις του κυκλώματος. Σε περίπτωση τελικής επιλογής του συγκεκριμένου μοντέλου προτείνεται επίσης η προμήθεια μιας ακόμη μονάδας για την κάλυψη πιθανών αυξημένων αναγκών του εργοστασίου στο μέλλον.
- Προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η κατανάλωση ενέργειας από τις αντλίες του κυκλώματος ψύξης, προτείνεται η πλήρης απομόνωση του κυκλώματος ανακυκλοφορίας του νερού σε σχέση με τον ατμοσφαιρικό αέρα, καθώς με τον τρόπο αυτό μειώνεται το λειτουργικό κόστος του συστήματος (χρήση κυκλοφορητών έναντι αντλιών).
- Για την πιο ρεαλιστική διαστασιολόγηση των παραπάνω πύργων ψύξης έγινε ανάλυση μετεωρολογικών δεδομένων που συλλέχθηκαν τόσο κατά τη διάρκεια του χρόνου της μελέτης στη θέση του εργοστασίου όσο και σε

παλαιότερα έτη στο Βόλο, οπότε προέκυψε ότι τα τεθέντα όρια για την αιχμή φορτίου (30 °C, 55% RH), έχουν λιγότερο από 1% πιθανότητα να ξεπεραστούν.

- Όσον αφορά το κόστος λειτουργίας των πύργων ψύξης, αυτό μπορεί να μειωθεί σημαντικά στο μερικό φορτίο με την προμήθεια και εγκατάσταση μετατροπέων συχνότητας τάσης (inverter) και αισθητήρων θερμοκρασίας (thermistor) που θα ελέγχουν τους κινητήρες των ανεμιστήρων των πύργων ψύξης.
- Επιπλέον, σύμφωνα με τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από το ηλεκτρονικό σύστημα καταγραφής (Scada), παρατηρήθηκε ότι στις 10-7-2012 όπου η ψύξη επιτυγχανόταν με τη χρήση νερού από το Lerol, οι θερμοκρασίες των ελαίων λίπανσης των εδράνων του ΠΚ1 κυμαίνονταν μεταξύ 38-47 °C, ενώ στις 4-7-2012 όπου λόγω βλάβης δεν ήταν δυνατή η χρήση νερού Lerol οι αντίστοιχες θερμοκρασίες κυμαίνονταν μεταξύ 40-51 °C
- Βάσει των ενδεικτικών ιδιοτήτων των ελαίων λίπανσης που δίνει ο κατασκευαστής (Castrol) η τυπική θερμοκρασία λειτουργίας είναι 40 °C. Δεδομένου του προηγούμενου συμπεράσματος φαίνεται ότι υπάρχει περιθώριο αύξησης της θερμοκρασίας λειτουργίας των ελαίων λίπανσης και προτείνεται το θερμοκρασιακό εύρος 45-55 °C βελτιώνοντας έτσι τη λειτουργία του κυκλώματος λίπανσης, ενώ παράλληλα αποφεύγεται η υπερδιαστασιολόγηση των πύργων ψύξης και προκύπτει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας από τη μείωση του θερμικού φορτίου για την ψύξη.
- Εφόσον γίνει αποδεκτή η παραπάνω πρόταση, θα προκύψει η μετατόπιση του ηλεκτρονικού συναγερμού του Scada στους 60 °C από τους 50 °C που είναι τώρα.
- Η εμπειρία που αποκομίσαμε στη διάρκεια των πολλαπλών επαφών με προμηθευτές πύργων ψύξης προκειμένου να καταλήξουμε σε βέλτιστες λύσεις από πλευράς διαστασιολόγησης και κόστους προμήθειας και λειτουργίας, συγκλίνει στην άποψη ότι είναι πολύ πιο αποδοτική η απευθείας επικοινωνία με τους προμηθευτές, έτσι ώστε να υπάρχει ταχεία ανταπόκριση και έγκαιρη υλοποίηση της προμήθειας και του έργου.
- Το απαιτούμενο συνολικό ύψος της επένδυσης μαζί με τις προτεινόμενες βελτιώσεις με τα έως τώρα στοιχεία δεν ξεπερνά τα 100.000€, δηλαδή είναι χαμηλότερο από το 50% του διαθέσιμου προϋπολογισμού του έργου (200.000€).
- Ο εναλλακτικός τρόπος ψύξης του νερού από το νερό του φρέατος Lerol με τη χρήση εναλλάκτη θερμότητας, για τον οποίο έγιναν προκαταρκτικοί υπολογισμοί, στην παρούσα φάση κρίνεται μη υλοποιήσιμος λόγω της ανάγκης απόκτησης περιβαλλοντικών αδειοδοτήσεων για τη λειτουργία του, οπότε το έργο τίθεται εκτός χρονικών ορίων (χρόνος πραγματοποίησης: εντός 2013-14)

- Προτείνεται η προσθήκη επιπλέον αισθητήρων καταγραφής στο κύκλωμα (θερμοστοιχεία, ροόμετρα), ώστε να είναι πιο αποτελεσματική η παρακολούθηση της κατάστασης του κυκλώματος ψύξης και να διευκολυνθεί η περαιτέρω μελέτη του κυκλώματος, εάν αυτό κριθεί αναγκαίο.
- Προτείνεται η συνέχιση της μελέτης στα κυκλώματα λίπανσης των μηχανημάτων, καθώς θεωρείται ότι είναι δυνατή η περαιτέρω βελτίωση της λειτουργίας τους.
- Τέλος, επισημαίνεται ότι η παρούσα μελέτη θα διευκολυνόταν περισσότερο και θα απέδιδε ακριβέστερα και πλουσιότερα αποτελέσματα, εάν υπήρχε πλήρης πρόσβαση στα δεδομένα μεταβατικής λειτουργίας που συλλέγονται με χρονικό βήμα της τάξης του 1 min από το ηλεκτρονικό σύστημα καταγραφής (Scada).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Wikipedia. *Fouling*. 2005 24/11/2012 [cited 2012 15/10]; Available from: <http://en.wikipedia.org/wiki/Fouling>.
2. Καραπάντσιος, Θ. *Εναλλάκτες Θερμότητας*.
3. Παπαλαζάρου, Α., *Μοντελοποίηση και έλεγχος απόδοσης πλακοειδούς εναλλάκτη θερμότητας με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων*, in *Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης*. 2010, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης: Ξάνθη. p. 145.
4. Lafarge. *Η ιστορία της Lafarge με μια ματιά*. 2012 [cited 2012 20/07]; Available from: http://www.lafarge.gr/wps/portal/gr/el/1_7_6-History.
5. Lafarge. *Lafarge at a glance*. 2012 [cited 2012 20/07]; Available from: http://www.lafarge.com/wps/portal/1_2_1-Lafarge_en_un_clic.
6. Lafarge, *2009 Έκθεση Αειφορίας*. 2009.
7. Lafarge, *Εργοστάσιο Τσιμέντου*. 2009, Lafarge. p. 4.
8. Winter, N. *Manufacturing - the cement kiln*. Understanding Cement 2012 26/04/2012 [cited 2012 25/07]; Available from: <http://www.understanding-cement.com/kiln.html>.
9. Herbert, W.S.I., ed. *HVAC Water Chillers and Cooling Towers Fundamentals, Application and Operation*. 2003, Marcel Dekker, Inc.: New York.
10. MITA, S.r.l., *Non-corroding cooling towers*, MITA S.r.l.: Siziano.
11. MITA, S.r.l., *Non-corroding cooling towers, Evaporative condensers*, MITA S.r.l.: Siziano.
12. Wikipedia. *Shell and Tube Heat Exchanger*. 2007 09/10/2012 [cited 2012 10/10]; Available from: http://en.wikipedia.org/wiki/Shell_and_tube_heat_exchanger.
13. K. J. Bell and A.C. Mueller, *Wolverine Engineering DataBook II*. 2001, Wolverine Tube, Inc.
14. Τζιαμτζής, Δ., *Μελέτη του κυκλώματος νερού στο εργοστάσιο ΑΓΕΤ ΗΡΑΚΛΗΣ*, in *Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών*. 2011, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας: Βόλος. p. 145.
15. I. Y. Reichardt and G. Pfeiffer, *The use of MPS vertical roller mills in the production of cement and blast furnace slag powder*, in *Cement International*. 2005, Verlag Bau+Technik GmbH: Düsseldorf. p. 8.
16. Harder, J. *Neueste Trends bei Klinkerkühlern* 2011 [cited 2012 06/10]; Available from: http://www.zkg.de/de/artikel/zkg_2011-03_Neueste_Trends_bei_Klinkerkuehlern_1090260.html.

17. MACHINERY, K. *The reasons and solutions that the rotary kiln's bearing sound.* [cited 2012 06/10]; Available from: <http://www.kf-rotarykiln.com/html/News/181.Html>.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΥΡΓΩΝ ΨΥΞΗΣ MITAS.r.l.

Μοντέλο PME 6704 E GS-L

OFFER N. T2509MLR12134

N. 3 INDUCED DRAFT COOLING TOWERS TYPE PME 6704 E GS-L
WITH 2.325.000 kcal/h TOTAL CAPACITY

OPERATING CHARACTERISTICS OF EACH TOWER TYPE PME 6704 E GS-L

• Nominal thermal duty	kcal/h	775.000
	kW	901,16
• Water flow rate:	mc/h	155
• Water inlet temperature	°C	30
• Water outlet temperature	°C	25
• Wet bulb temperature	°C	22
• Evaporation loss	mc/h	1,29
• Drift Water	%	0,01
• N° nozzles / type	n°	48(MB 30/18)
• Water supply pressure	w.c.m.	2,6
(corrisponding to nominal flow rate)	bar	0,26

Any purge depends on the chemical and physical characteristics of the make-up water quality and the adopted treatment.

MOTOR FAN CHARACTERISTICS

• Fan type		Axial
• Motors	n°	2
• Installed power (each)	kW	11
• Poles / [rpm]	n° / rpm	8 / 750
• Voltage/Phases/Frequency	V/n° / rpm	400/690/3/50
• Rated current at 400 V	A	25

Μοντέλο PME 5704 E GS-L

OFFER N. TT2509MLR12134/2

N. 1 INDUCED DRAFT COOLING TOWER TYPE PME 5704 E GS L
WITH 1.599.600 kcal/h TOTAL CAPACITY

OPERATING CHARACTERISTICS OF EACH TOWER TYPE PME 5704 E GS L

• Nominal thermal duty	kcal/h	1.599.600
	kW	1.860
• Water flow rate	mc/h	320
• Water inlet temperature	°C	35
• Water outlet temperature	°C	30
• Wet bulb temperature	°C	23
• Evaporation loss	mc/h	2,66
• Drift water	%	0,01
• N° nozzles / type	n°	48(MB 40/30)
• Water supply pressure	w.c.m.	1,9
	bar	0,19

(corresponding to nominal flow rate)

Any purge depends on the chemical and physical characteristics of the make-up water quality and the adopted treatment.

MOTOR FAN CHARACTERISTICS

• Fan type		axial
• Motors	n°	2
• Installed power (each)	kW	11
• Poles / [rpm]	n°/rpm	8 / 750
• Voltage/Phases/Frequency	V/n°/Hz	400/690/3/50

Τεχνική περιγραφή πληρωτικού υλικού GS-L New MITA fill pack "SPLASH" type for dirty water

Main advantages

- **High thermal exchange** thanks to the special design which combines the "SPLASH" (main part) and the "FILM" types.
- **Low pressure drops (air side)** thanks to the special design of the channels, especially designed to favor a homogeneous air flow, well distributed with low propensity to vortex, which is the main cause of pressure drops.

Characteristics

- thermoformed PVC material, available also for high temperature
- easy to handle (blocks dimensions mm 600 x 600 x 300H)
- excellent mechanical strength
- light weight, easy to support also in case of more layers
- easy to clean, if necessary

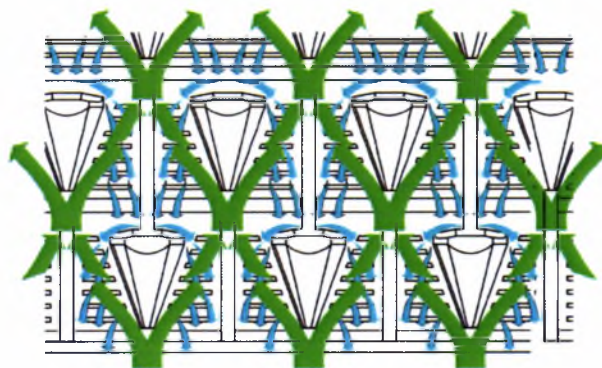


Technical description

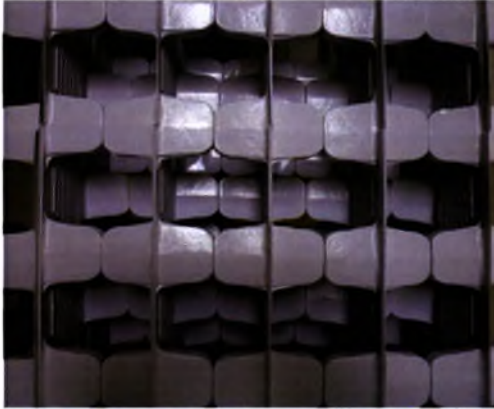
The new fill pack for dirty water “GS-L” has been designed by MITA after many years of experience in the evaporative cooling field, especially in process industry. In the process industry the water can be often polluted by suspended particles (like foundry dusts, for example) or organic waste (for example cellulose).

The traditional SPLASH fill packs are made by grids or horizontal beams on which the water falls for gravity and comes in contact with counter flow air. The thermal performance of this traditional fill pack is usually rather low, since the velocity of the air flowing across the pack must be limited, otherwise the pressure drops would rise exponentially.

The new product developed by MITA is innovative since it has been designed to provide the **maximum heat exchange** combining an effective SPLASH effect to a FILM – although limited – component. Beside this it has **very low pressure drops** thanks to its special aerodynamic configuration, which allows the air to flow into the channels following a linear, even course with whirling within limits (see the scheme below).



These last features permit the best exploitation of the fan operation in favor of the air flow rate and, therefore, its velocity in crossing the pack. This contributes to determine its thermodynamic performance.



Thick surface covering to maximize the splash effect



Wide side channels to facilitate cleaning operation

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΥΡΓΩΝ ΨΥΞΗΣ ΥWCT Μοντέλο PIND 95-2

Cooling tower Data Sheet

Design condition for selection

Capacity (Kcal):	1.550.000	Inlet temperature:	30° C
Capacity (Kw):	1.860	Outlet temperature:	25° C
Water Flow (m ³ /hr)	310	Wet bulb temperature:	23° C

YWCT Selection

Qty	Model	Type	Capacity (Kcal/hr)	(Capacity Kw)	Reserve Capability
5	PIND-95-2	Counterflow induced draft	310.000	0.36	18%
Cell no.		2	Fill material		PVC
Fan		Axial, 1.4m Dia. 4 blades (x 2)	Fill surface area (m² m³)		157.5
Air flow per fan (m³/s)		11.88	Casing material		FRP
Fan actual power (HP)		6.3	Basin material		FRP
Motor rated power (HP)		7.5 x 2	Structure material		FRP and SS-304
Motor RPM		950	Casing RAL No.		5017 (blue)
Fan drive type		Directly mounted on motor	Overall length (mm)		4.073
SPL dB(A) level @ 1.5m		82	Overall width (mm)		2.070
Evaporation rate (m³/hr)		0.9	Overall height (mm)		4.350
Fill Type		cross flute honeycomb packs	Operating weight (Kg)		7.500
Flute size (mm)		19	Shipping weight (Kg)		3.500

Note:

- * Sound data refers to sound pressure level at 1.5m height
- * Evaporation rate refers to full capacity operation

Shipping Data

Section	Qty	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)	Total weight (Kg)
Lower part	1	4.073	2.070	2.375	2.000
Upper part	1	3.995	2.070	1.975	1.500
Total	2			4,350	3,500

Μοντέλο PIND 140-3

Cooling Tower Data Sheet

Design Condition for Selection

Capacity (Kcal):	1.550.000	Inlet temperature:	30° C
Capacity (Kw):	1.860	Outlet temperature:	25° C
Water Flow (m ³ /hr)	310	Wet bulb temperature:	23° C

Cooling tower

Qty	Model	Type	Capacity (Kcal/hr)	(Capacity Kw)	Reserve Capability
2	PIND-140-3	counterflow induced draft	775.000	930	10%
Cell no.		3	Fill material		PVC
Fan		Axial. 1.5m Dia. 4 blades	Fill surface area (m²/m³)		157.5
Air flow per fan (m³/s)		20.33	Casing material		FRP
Fan actual power (HP)		10	Basin material		FRP
Motor rated power (HP)		10	Structure material		FRP and SS-304
Motor RPM		720	Casing RAL No.		5017 (blue)
Fan drive type		directly mounted on motor	Overall length (mm)		8.480
SPL dB(A) level @ 1m/15m		82/63	Overall width (mm)		2.090
Evaporation rate (m³/hr)		3.3	Overall height (mm)		4.180
Fill type		cross fluted 'honeycomb' packs	Operating weight (Kg)		12.000
Flute size (mm)		19	Shipping weight (Kg)		4.500

Note:

- * Sound data refers to sound pressure level at 1.5m height when fan is in full speed
- * Evaporation rate refers to full capacity operation

Μοντέλο PIND 95-3

Cooling tower Data Sheet

Design condition for selection

Capacity (Kcal):	1.550.000	Inlet temperature:	35° C
Capacity (Kw):	1.860	Outlet temperature:	30° C
Water Flow	310	Wet bulb temperature:	23° C
(m ³ /hr)			

YWCT Selection

Qty	Model	Type	Capacity (Kcal/hr)	(Capacity Kw)	Reserve Capability
1	PIND-95-3	Counterflow induced draft	1,550,000	1.800	10%
Cell no.		3	Fill material		PVC
Fan		Axial. 1.4m Dia. 4 blades (x 2)	Fill surface area (m²m³)		157.5
Air flow per fan (m³/s)		11.88	Casing material		FRP
Fan actual power (HP)		6.3	Basin material		FRP
Motor rated power (HP)		7.5 x 3	Structure material		FRP and SS-304
Motor RPM		950	Casing RAL No.		5017 (blue)
Fan drive type		Directly mounted on motor	Overall length (mm)		5.870
SPL dB(A) level @ 1.5m		82	Overall width (mm)		2.070
Evaporation rate (m³/hr)		2.4	Overall height (mm)		4.350
Fill Type		cross flute honeycomb packs	Operating weight (Kg)		8.500
Flute size (mm)		19	Shipping weight (Kg)		5.300

Note:

- * Sound data refers to sound pressure level at 1.5m height
- * Evaporation rate refers to full capacity operation

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ: ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΡΟΣΦΕΡΟΜΕΝΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΚΑΙ INVERTER ΑΠΟ ΚΟΥΜΑΚΗΣ Α.Ε.

Χαρακτηριστικά λειτουργίας κινητήρων Siemens

Spectrum of SIMOTICS SD 1LA/1LG/1LP/1PP Standard motors – Standard degree of protection IP55; optionally IP56 or IP65

Motor version	Motor type (cast-iron)	Motor type – Frame size – Rated output at 60 Hz (values in kW) or 60 Hz (values in hp)															
		90	100	112	132	160	180	200	225	250	280	316 S/M/L	315 L 1LG6 318-M, 1LG6 312-M ¹⁾	315	365	400	450
IE2 High Efficiency	1LG6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1LG6 ¹⁾ – 11 ... 316 kW	-	-	-	-	-
IE3 Premium Efficiency	1LG6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1LG6 ¹⁾ – 75 ... 316 kW	-	-	-
IE1 Standard Efficiency	1LA6/1LG4	-	-	-	1LA6 – 0,76 ... 18,6 kW	1LG4 – 11 ... 200 kW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1PP4	-	-	-	-	1PP4 – 11 ... 200 kW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1LP4	-	-	-	-	1LP4 – 3,7 ... 67 kW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NEMA Energy Efficient	1LG6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1LG6 – 15 ... 316 kW / 20 ... 400 hp	-	-	-	-	-	
NEMA Premium Efficient	1LG6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1LG6 ¹⁾ 200 ... 316 kW / 250 ... 400 hp	-	-	-	
Pole-changing	1LG4	-	-	-	-	-	-	-	1LG4 – 4,5 ... 176 kW	-	-	-	-	-	-	-	-
For converter-fed operation only	1LG6	-	-	-	-	-	-	-	1LG6 – 11 ... 200 kW	-	-	-	-	-	-	-	-

¹⁾ Order identically priced predecessor type for 1LG6...2AA...1LG6...2AB...2-pole motor or 1LG6...4AA...4-pole motor using the options for country certificates, marine certificates, explosion-proof version and IE3 version. For 1LG6318-M... and 1LG6312-M... motor, it is not possible to use the options for country certificates, marine certificates, explosion-proof version, brakes, brakes with encoder, low-noise versions and mounting of a separately driven fan, separately driven fan.

Χαρακτηριστικά λειτουργίας inverter Siemens

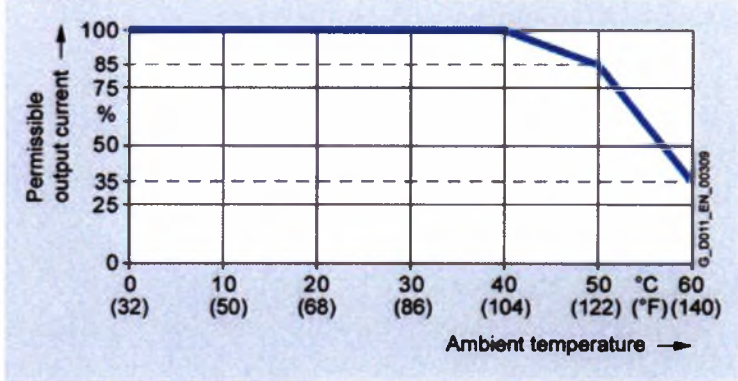
Characteristic curves

Derating data Pulse frequency

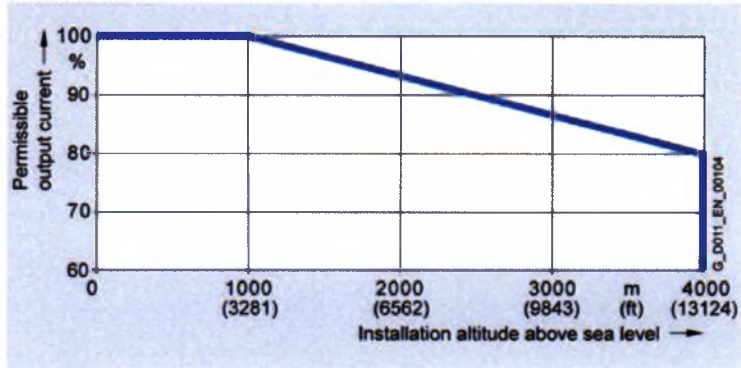
Rated power based on low overload [L0]		Rated output current A for a pulse frequency of						
kW	hp	4 kHz	6 kHz	8 kHz	10 kHz	12 kHz	14 kHz	16 kHz
0.65 ¹⁾	0.75	1.7	1.4	1.2	1.0	0.9	0.8	0.7
0.76 ¹⁾	1.0	2.2	1.9	1.5	1.3	1.1	1.0	0.9
1.1 ¹⁾	1.5	3.1	2.6	2.2	1.9	1.6	1.4	1.2
1.6 ¹⁾	2.0	4.1	3.5	2.9	2.5	2.1	1.8	1.6
2.2 ¹⁾	3.0	6.6	4.8	3.9	3.4	2.8	2.5	2.2
3.0 ¹⁾	4.0	7.3	6.2	5.1	4.4	3.7	3.3	2.9
4.0 ¹⁾	5.0	8.8	7.5	6.2	5.3	4.4	4.0	3.6
5.5	7.5	12.5	10.6	8.8	7.5	6.3	5.6	5.0
7.5	10	16.5	14.0	11.6	9.9	8.3	7.4	6.6
11.0	15	25.0	21.3	17.5	15.0	12.5	11.3	10.0
15.0	20	31.0	26.4	21.7	18.6	15.5	14.0	12.4
18.6	25	37.0	31.5	25.9	22.2	18.5	16.7	14.8

¹⁾ The permissible motor cable length depends on the cable type and the pulse frequency.

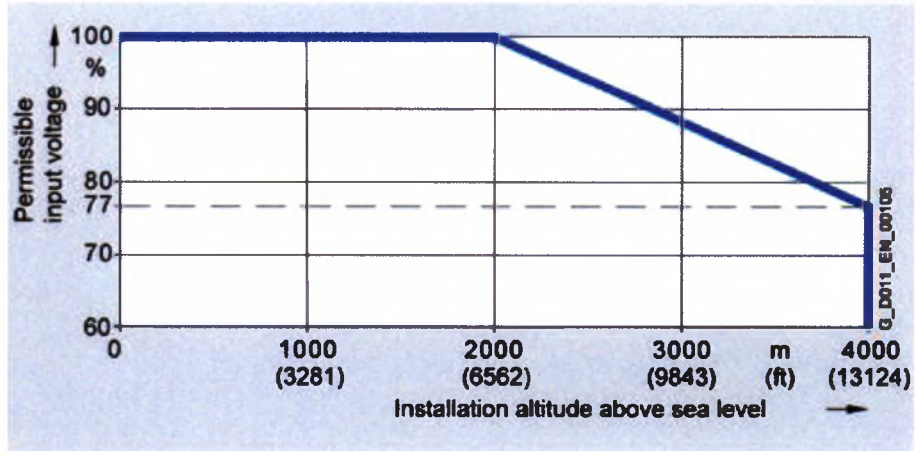
Ambient temperature



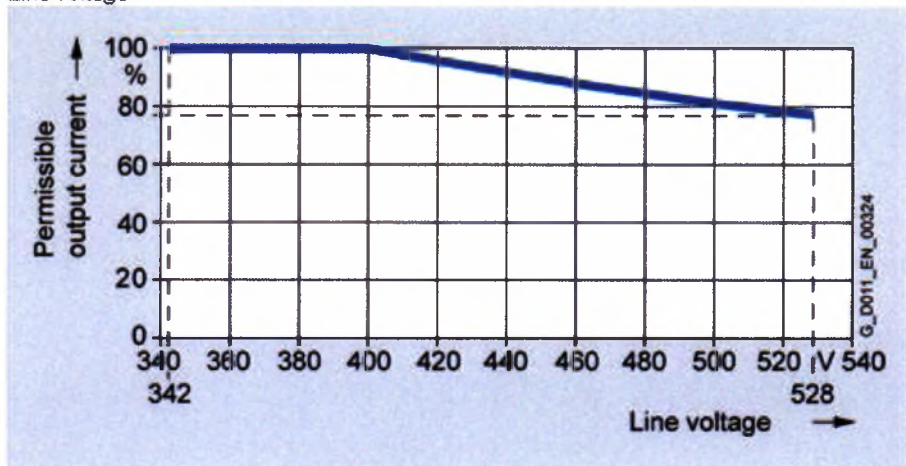
High overload (HO) and low overload (LO)
Installation altitude



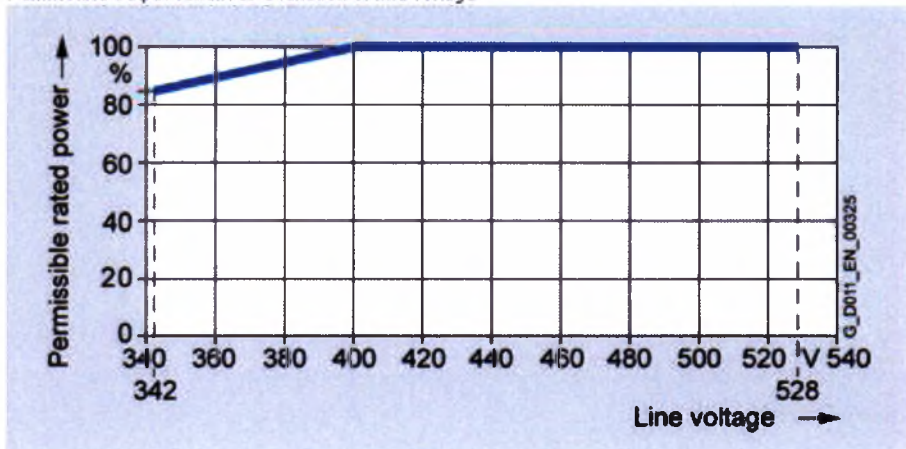
Permissible output current as a function of installation altitude



Permissible input voltage as a function of installation altitude
Line voltage



Permissible output current as a function of line voltage



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε: ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΝΕΡΟΥ LEPOL

1 απο 1



ΧΗΜΙΚΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ
ΑΛΕΞ. ΓΟΥΝΑΡΗ
ΧΗΜΙΚΕΣ & ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ

ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΔΟΚΙΜΩΝ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΛΑΤΗ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

ΠΕΛΑΤΗΣ	ΑΓΕΤ ΗΡΑΚΛΗΣ	Αριθ. Πιστοποιητικού	18732 Χ
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ	ΒΟΛΟΣ	Ημερομηνία έκδοσης	23/8/2012
ΕΙΔΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	Νερό πόσιμο	Παραλαβή δείγματος	16/8/2012
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ	ΝΕΡΟ	Ανάλυση από	16/8/2012
ΘΕΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ.	ΛΕΠΟΛ	έως	22/8/2012
ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ	Πλαστική φιάλη	Τόπος	Εργαστήρια Βόλου
ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ	Ως έχει - ψύξη στους 8°C		
Κατάσταση δείγμ.	Κανονικό κατά την παραλαβή		
Δειγματοληψία	Η δειγματοληψία, ο χειρισμός και η συσκευασία του δείγματος, έγιναν : Απο τον πελάτη		

Υπεύθ. δειγμ/ψίας

ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΖΗΤΗΘΕΝΤΩΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΩΝ

ΕΙΔΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	ΜΕΘΟΔΟΣ	ΕΚΦΡΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛ.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΝΟΜ.ΟΡΙΟ ¹ ΚΥΑ Υ2/2600
pH	ASTM D1293-84	pH Units	7,64	9,5
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	ASTM D1125-91	μS/cm	6190	2500
ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ	ΑΡΗΑ 2340C 21th Ed	ppm CaCO ₃	3120	-
ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ	ΑΡΗΑ 2320, 21η Ed	mg/l	335	-
ΕΛ. ΧΛΩΡΙΟ	ΕΣΩΤ. ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΔ-08	mg/l	-	-
ΚΑΛΙΟ	IC-CD κατά ISO 14911:98 ΕΣ. ΜΔ-5	mg/l	26	12
ΝΑΤΡΙΟ	IC-CD κατά ISO 14911:98 ΕΣ. ΜΔ-5	mg/l	1986	200
ΑΣΒΕΣΤΙΟ	IC-CD κατά ISO 14911:98 ΕΣ. ΜΔ-5	mg/l	678	-
ΜΑΓΝΗΣΙΟ	IC-CD κατά ISO 14911:98 ΕΣ. ΜΔ-5	mg/l	342	-
ΘΟΛΕΡΟΤΗΤΑ	ASTM D1889-88, ΤΡΟΠ.	NTU	ονιχν. <0,3	-
ΑΜΜΩΝΙΑ	ASTM D1426-93, ΤΡΟΠ. (Nessler)	mg/l	n.d. (< 0,04)	0,5
ΝΙΤΡΩΔΗ	ΑΡΗΑ 4500-NO ₂ , 21η Ed, ΤΡΟΠ.	mg/l	n.d. (< 0,02)	0,5
ΦΘΟΡΙΟΥΧΑ	IC-CD κατά ASTM D4327-91, ΤΡΟΠ.	mg/l	0,02	1,5
ΧΛΩΡΙΟΥΧΑ	IC-CD κατά ASTM D4327-91, ΤΡΟΠ.	mg/l	3084	250
ΒΡΩΜΙΟΥΧΑ	IC-CD κατά ASTM D4327-91, ΤΡΟΠ.	mg/l	n.d. (< 0,108)	-
ΝΙΤΡΙΚΑ	IC-CD κατά ASTM D4327-91, ΤΡΟΠ.	mg/l	14,8	50
ΘΕΙΙΚΑ	IC-CD κατά ASTM D4327-91, ΤΡΟΠ.	mg/l	546	250
ΟΡΘΟΦΩΣΦΟΡΙΚΑ	ΑΡΗΑ 4500-P, 21η Ed ΤΡΟΠ.	mg/l	n.d. (< 0,09)	-

(1) ΟΠΩΣ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΘΗΚΕ ΜΕ ΤΗΝ ΔΥΓ2/ΓΜ. Οικ. 38295

n.d. = not detected < LOD

Το χαρακ. επιδόσεων μεταβάλλονται σε περίπτωση αραίωσης ή συμπύκνωσης του δείγματος

Εκ του Εργαστηρίου

ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ ΓΟΥΝΑΡΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΧΗΜΙΚΩΝ & ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ
ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ - ΠΕΛΑΤΩΝ - ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΠΡΕΣΒΩΝ
ΥΨΗΛΑΝΤΟΥ 2 - ΚΑΜΑΡΙΟ - ΤΗΛ. 24220 - 24220
ΠΛΑΤΕΙΑ ΔΟΥΛΙ Π. ΜΕΛΑΣ, ΑΚΡΟΦ. ΤΗΛ. 24210 - 2884
Α.Φ.Μ. 0436835134 - Δ.Ο.Υ. ΑΛΛΥΡΟΥ

Το πιστοποιητικό επιτρέπεται να αναπαράχθει μόνο στο σύνολό του και όχι μερικώς με τη γραπτή έγκριση του εργαστηρίου.
Τα αποτελέσματα σχετίζονται αποκλειστικά με τα δείγματα που έχουν υποβληθεί σε δοκιμές.

ΚΕΝΤΡΙΚΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ: ΥΨΗΛΑΝΤΟΥ 2, 371 00 • ΑΛΛΥΡΟΣ • Τηλ. 24220 25111, Τηλ./Fax: 24220 24270
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΒΟΛΟΥ: Π. ΜΕΛΑΣ 3 & ΙΑΣΩΝΟΣ, 1ος & 2ος ΟΡΟΦΟΣ • Τηλ. 24210 22945 - 6 - 7, Τηλ./Fax 24210 23894

e-mail: info@waterlabs.gr • www.waterlabs.gr



ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΔΟΚΙΜΩΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΜΕΤΑΛΛΩΝ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΛΑΤΗ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

ΠΕΛΑΤΗΣ	ΑΓΕΤ ΗΡΑΚΛΗΣ	Αριθ. Πιστοποιητικού	18732 Β
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ	ΒΟΛΟΣ	Ημερομηνία έκδοσης	23/8/2012
ΕΙΔΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	Νερό πόσιμο	Παραλαβή δείγματος	16/8/2012
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ	ΝΕΡΟ	Ανάλυση από	16/8/2012
ΘΕΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	ΛΕΠΟΛ	έως	22/8/2012
ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ	Πλαστική φιάλη	Τόπος	Εργαστήρια Αλμυρού
ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ	Ως έχει - ψύξη στους 8°C		
Κατάσταση δειγμ. Δειγματοληψία	Κανονικό κατά την παραλαβή Η δειγματοληψία, ο χειρισμός και η συσκευασία του δείγματος, έγιναν : Απο τον ΠΕΛΑΤΗ		

Υπεύθ. δειγμ/ψίας

ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΖΗΤΗΘΕΝΤΩΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΩΝ

ΕΙΔΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	ΜΕΘΟΔΟΣ	ΕΚΦΡΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛ.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΝΟΜ.ΟΡΙΟ ¹ ΚΥΑ Υ2/2600
ΣΙΔΗΡΟΣ	ΑΡΗΑ 3111B Direct Acet-Air FAAS	mg/l	0,29	0,2
ΜΑΓΓΑΝΙΟ	ΑΡΗΑ 3111B Direct Acet-Air FAAS	mg/l	ανιχν. <0,018	0,05
ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΣ	ΑΡΗΑ 3111B Direct Acet-Air FAAS	mg/l	0,02	-
ΧΑΛΚΟΣ	ΑΡΗΑ 3111B Direct Acet-Air FAAS	mg/l	n.d. (< 0,01)	2
ΚΑΔΜΙΟ	ΑΡΗΑ 3111B Direct Acet-Air FAAS	mg/l	n.d. (< 0,004)	0,005
ΜΟΛΥΒΔΟΣ	ΑΡΗΑ 3111B Direct Acet-Air FAAS	mg/l	n.d. (< 0,02)	0,025
ΧΡΩΜΙΟ ΟΛΙΚΟ	ΕΣΩΤ. HACH 8023 & 8024 ΜΔ-27	mg/l	n.d. (< 0,04)	0,05
ΑΡΣΕΝΙΚΟ	ASV-RDE acc. to EPA 7063	μg/l	n.d. (< 0,2)	10
ΝΙΚΕΛΙΟ	ΑΡΗΑ 3111B Direct Acet-Air FAAS	mg/l	n.d. (< 0,02)	0,02
ΑΡΓΙΛΙΟ	ΑΡΗΑ 3500-AI B 21th Ed	mg/l	n.d. (< 0,0008)	0,2
ΑΙΩΡΟΥΜ. ΣΤΕΡΕΑ	ΑΡΗΑ 2540,21η Ed, ΤΡΟΠ.	mg/l	n.d. (< 5)	-
ΧΡΩΜΑ	ΑΡΗΑ 2120,21η Ed, ΤΡΟΠ.	Hazen	ανιχν. <3	-

(1) ΟΠΩΣ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΘΗΚΕ ΜΕ ΤΗΝ ΔΥΓ2/ΓΜ. Οικ. 38295

n.d. = not detected < LOD

Τα χαρακτ. επιδόσεων μεταβάλλονται σε περίπτωση αραίωσης ή συμπύκνωσης του δείγματος

Εκ του Εργαστηρίου

ΑΔΕΞΑΝΔΡΟΣ ΓΟΥΝΑΡΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΧΗΜΙΚΩΝ & ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΩΝ
ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ - ΟΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ
ΥΠΗΛΑΝΤΟΥ - Π. ΜΕΛΑ 3 & ΙΑΣΩΝΟΣ - ΤΗΛ 24220 - 24270
ΥΠΕΥΘ. ΔΕΙΓΜ. Π. ΜΕΛΑ 3 & 2ος ΟΡΟΦ. ΤΗΛ 24210 - 23894
Α.Σ. Μ. ΠΕΡΕ: 35118 - Δ.Ο.Υ. ΑΛΜΥΡΟΥ

Το πιστοποιητικό επιτρέπεται να αναπαραχθεί μόνο στο σύνολό του και όχι μερικώς με τη γραπτή έγκριση του εργαστηρίου.
Τα αποτελέσματα σχετίζονται αποκλειστικά με τα δείγματα που έχουν υποβληθεί σε δοκιμές.

ΚΕΝΤΡΙΚΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ: ΥΠΗΛΑΝΤΟΥ 2, 371 00 • ΑΛΜΥΡΟΣ • Τηλ. 24220 25111, Τηλ./Fax: 24220 24270
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΒΟΛΟΥ: Π. ΜΕΛΑ 3 & ΙΑΣΩΝΟΣ, 1ος & 2ος ΟΡΟΦΟΣ • Τηλ. 24210 22945 - 6 - 7, Τηλ./Fax: 24210 23894
e-mail: info@waterlab.gr • www.waterlab.gr

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ: ΦΕΚ ΤΕΥΧΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ ΑΡ. ΦΥΛΛΟΥ
53/ 26-1-1996, ΥΠΟΥΡΓΙΚΗ ΑΠΟΦΑΣΗ ΑΡ. 8440



487

ΕΦΗΜΕΡΙΣ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ
ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ

ΤΕΥΧΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

Αρ. Φύλλου 53

26 Ιανουαρίου 1996

ΥΠΟΥΡΓΙΚΕΣ ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ & ΕΓΚΡΙΣΕΙΣ

Αριθ. 8440 (1)

Όροι διάθεσης λιμνών και υγρών βιομηχανικών αποβλήτων στον Παγασητικό Κόλπο και λοιπούς υδάτινους αποδέκτες του Νομού Μαγνησίας.

Ο ΝΟΜΑΡΧΗΣ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ

Έχοντας υπ' όψη:

α) Τις διατάξεις του Ν. 3200/86 «περί διοικητικής αποκέντρωσης» σε συνδυασμό με το Ν. 532/70 «περί συμπληρώσεως των διατάξεων περί διοικητικής αποκέντρωσης» και τις διατάξεις των διατογμάτων και ειδοτήσεων για την εκτέλεσή τους.

β) Τον Α.Ν. 2520/1940 «περί Υγειονομικών διατάξεων -παισιών κυρώσεων βεβαίωσης ποιοτικών παραβάσεων και επιβολής προστίμων».

γ) Την με αρ. πρω. Ε18/221/87 Υγειονομική διάταξη «περί διατάξεων λιμνών και υγρών βιομηχανικών αποβλήτων» όπως αργότερα τροποποιήθηκε.

δ) Το Ν. 743/77 «περί προστασίας του θαλάσσιου περιβάλλοντος και ρυθμίσεως συναφών θεμάτων».

ε) Το Π.Δ. 1180/81 «περί ρυθμίσεως θεμάτων που ανάγονται στην Ίδρυση και λειτουργία βιομηχανικών, βιοτεχνικών και πάσης φύσεως μηχανολογικών εγκαταστάσεων και αποβλήτων και στη διασφάλιση από αυτά του περιβάλλοντος».

στ) Το Ν. 1850/86 «περί προστασίας του περιβάλλοντος».

ζ) Την Κοινή Υπ. Απόφαση 46399/1352/86 «περί απαιτούμενης ποιότητας των επιφανειακών νερών για πόσιμο, καλλιέργεια κλπ.»

η) Το Π.Δ. 177/87 «περί κυρώσεως του κανονισμού λειτουργίας του δικτύου αποχέτευσης της περιοχής ευθύντης ΔΕΥΑΜΒ».

θ) Την πράξη Υπ. Συμβουλίου υπ' αρ. 144/2.11.87 «περί προστασίας του υδάτινου περιβάλλοντος από τη ρύπανση που προκαλείται από ορισμένες επικινδύνες ουσίες που εκχέονται σ' αυτό και ειδικότερα καθορισμός ορισμών τμήων ποιότητας του νερού σε κώδικα, υδρόγραμμα και εξαελαροκυκλοζόνιο».

ι) Την απόφαση Νομάρχη Μαγνησίας υπ' αρ. 119731/15.2.78 «περί όρων διαθέσεως λιμνών και υγρών βιομηχανικών αποβλήτων εις φυσικούς αποδέκτες και καθορισμού των ανωτέρων επιτρεπτών ορίων ταξικών ουσιών περιεχομένων εις αυτά και την ανάγκη αναμόρφωσης της

απόφασης αυτής ώστε να καλυφθούν οι απαιτήσεις της Νομοθεσίας.

κ) Την οδηγία 78/484/ΕΟΚ.

λ) Την οδηγία 78/180/ΕΟΚ.

μ) Την οδηγία 91/271/ΕΟΚ.

ν) Την Κ.Υ.Α. 18186/271/1988 (ΦΕΚ 128/Β).

ξ) Την ΚΥΑ 46399/1352/1986 (ΦΕΚ 436/Β).

ο) Την ανάγκη λήψης άμεσων μέτρων με σκοπό τη μείωση της ρύπανσης του Παγασητικού Κόλπου από τις επικινδύνες ουσίες του Καταλόγου II της οδηγίας 78/484/ΕΟΚ, οι οποίες έχουν σαν συνέπεια να θέτουν σε κίνδυνο την ανθρώπινη υγεία και να καταστρέφουν τους βιολογικούς πόρους για το υδάτινο οικοσύστημα.

π) Το από 30.9.92 πρακτικό της Επιτροπής που συγκροτήθηκε με την αριθ. 3662/1.8.91 Απόφαση Νομάρχη Μαγνησίας με σκοπό την εκτίμηση της υπάρχουσας κατάστασης ρύπανσης των επιφανειακών νερών από ουσίες του Καταλόγου II, τον καθορισμό ποσοτικών στόχων και την αναμόρφωση της αρθ. 119731/78 Νομαρχικής Απόφασης, ώστε να καθοριστούν όρια ελαττώσεως των προσαναφερθεσών επικινδύνων ουσιών στον Παγασητικό Κόλπο και τους λοιπούς υδάτινους αποδέκτες του Νομού Μαγνησίας.

ρ) Το γεγονός ότι από τις διατάξεις αυτής της απόφασης δεν προκαλείται βαρύνει εις βάρος του Κρατικού Προϋπολογισμού, αποφασίζουμε:

1. Επιτρέπεται η διάθεση υγρών αποβλήτων άμεσο ή έμμεσο (μέσω ρεμάτων, χερμάτων κλπ.) στις περιοχές των αιτών του Ν. Μαγνησίας όπου ήδη γίνεται και επιτρέπεται σύμφωνα με ισχύουσες Νομαρχικές Αποφάσεις ως προς τα σημεία διάθεσης αυτά.

2. Καθορίζουμε ως ανωτέρως τάξεως χρήση των υδάτων του θαλάσσιου αποδέκτη αιτών του Ν. Μαγνησίας τη χρήση που ορίζεται στις σχετικές Νομαρχικές Αποφάσεις που έχουν ήδη εκδοθεί για τα σημεία των αιτών στα οποία γίνεται απόρριψη υγρών βιομηχανικών αποβλήτων και λιμνών.

Στις επιβολές ποταμών, χερμάτων, ρεμάτων και τόφρων που είναι αποδέκτες υγρών βιομηχανικών αποβλήτων ή και λιμνών, επεξεργασμένων ώστε να τηρούνται οι όροι της παρούσας, ως ανωτέρως τάξεως χρήση ορίζεται η αλιεία πλην καλλιέργειας και αλιείας οστρακοδότρωμα.

Ειδικότερα απαγορεύεται η καλλιέργεια σε απόσταση τουλάχιστον 300 μ. εγκατάρθεθεν του σημείου εκκένωσης του υποθαλάσσιου αγωγού απόρριψης των λιμνών από το σύστημα επεξεργασίας των λιμνών της μεζονος περιοχής Βόλου, στη θάλα Αγκίστρια.

Για το καθορισμό περιεχομένων στο Ν. Μαγνησίας, ως κα-
τολήτων για αλιεία αστροκαλαβίων και εχινόδερμων απαι-
τείται εκάστοτε ειδική Απόφαση του Νομάρχη.

3. Καθορισμός ειδικών όρων διάθεσης υγρών βιομηχα-
νικών αποβλήτων και λιμμάτων.

Α. Ανάτοια επιτρεπτά όρια εκπομπής ρυπαντικού φορ-
τίου (σημείο δειγματοληψίας: φρεάτιο εξόδου των απο-
βλήτων)

1. pH: 6.0-8.5
2. Θερμοκρασία: 35β C με την προϋπόθεση σε ακτίνα
20 μ. από το σημείο εκβολής η θερμοσία του αποδέκτη να
μην επηρεάζει άνω των 3β C).

3. Χρόμα: Να μην είναι ορατό σε διάλυση 1:20 και σε
σπείραδα πάχους 10cm.

4. Επιπλέοντια υλικά μεγαλύτερα από 0.5cm: Απουσία
- Μηδέν.

5. Καθίζοντα στερεά ml/l - Δισχυριζόμενα στερεά
ml/l.

Μετρούμενα σε κύβο ΙNHOFF με τα 2 ώρες	0.5
6. Αιωρούμενα στερεά ολικά, mg/l	50
7. Ολικά διαλυμένα στερεά mg/l	1500
8. BOD ₅ , mg/l	30
9. COD, mg/l	90
10. Ενέργειες επιφρανεϊακές ουσίες, MBAS	3
11. Λίπη - έλαια (ζωϊκό-φυτικά), mg/l	10
12. Ορυκτά έλαια - υδρογονάνθρακες, mg/l	10
13. Αργίλιο, mg/l	5
14. Αρσενικό, mg/l	0.5
15. Βάριο, mg/l	10
16. Βόριο, mg/l	2
17. Κάδμιο, mg/l	0.1
18. Χρómιο 3+ mg/l	2
19. Χρómιο 6+ mg/l	0.2
20. Σίδηρος mg/l	4
21. Μαγγάνιο mg/l	2
22. Υδρόγυρος mg/l	0.005
23. Νικέλιο mg/l	2
24. Μόλυβδος mg/l	0.1
25. Χαλκός mg/l	0.5
26. Σελήνιο mg/l	0.1
27. Κασσίτερος mg/l	2
28. Ψευδάργυρος mg/l	1
29. Αντιμόνιο mg/l	0.5
30. Μόλυβδόξιο mg/l	1
31. Τίτανιο mg/l	1
32. Βηρέλιο mg/l	1
33. Ουράνιο mg/l	0.1
34. Βαδόνιο mg/l	0.5
35. Κοβάλτιο mg/l	1
36. Θάλλιο mg/l	0.5
37. Τελλούριο mg/l	0.5
38. Άργυρος mg/l	0.005
39. Σύνολο Τοξικών μετάλλων, mg/l (As-Cd-Cr6+ - Hg-Ni-Co-Pb-Cu-Be-Zn)	3
40. Κωνιούχια, mg/l	0.5
41. Χλώριο ελεύθερο, mg/l	0.5
42. Θεϊώδη mg/l	2
43. Θεϊούχια mg/l	1
44. Θεϊικά mg/l	1,000
45. Φθοριούχια mg/l	5
46. Φωσφόροι mg/l	3
47. Ολική αμμωνία mg/l	10
48. Άζωτο σαν N σε NO ₂ mg/l	0.5
49. Άζωτο σαν N σε NO ₃ mg/l	20
50. Φαινόλες ολικές mg/l	0.5
51. Αλδεΐδες mg/l	1
52. Μερκαπτόνες mg/l	0.1

53. Διαλύτες οργανικοί μη αλογονούχοι mg/l	0.1
54. Αζωτούχια διαλύτες mg/l	0.2
55. Εξοχλωροκικλοεξάνιο mg/l	0.1
56. PCB'S και PCT'S mg/l	απουσία
57. Οργανοκασσιτεράδες ενώσεις mg/l	0.005
58. Οργανοφωσφοράδες ενώσεις mg/l	0.005
59. Οργανολογόνουχες ενώσεις mg/l	0.005

60. Αύθεντιακές συνθετικές ύλες που μπο-
ρούν να επιπλέουν, να αιωρούνται ή να ρέουν
όπως και να καθιστούν δυσχερή κάθε χρήση
των υδάτων

61. Σύνολο βιοκτόνων mg/l

απουσία
0.01

Β) Τα λύματα που προέρχονται από τις πάσης φύσεως
εγκαταστάσεις και περιέχουν παθογόνους μικροοργανι-
σμούς θα υφίστανται, πριν από τη διάθεσή τους στον εν-
δόμωμο ή τελικό αποδέκτη, αποτελεσματική απολυ-
μανση κατά την Ε1β/221/85 Υγειονομική διάταξη.

Γ) Οι εργαστηριακές αναλύσεις υγρών βιομηχανικών
αποβλήτων και λιμμάτων για τον έλεγχο τήρησης των ορια-
κών τιμών θα γίνονται σε μέσο 24ώρου αντιπροσωπευτικό
δείγμα συντιθέμενο από επιμέρους δείγματα, η συχνό-
τητα λήψεως των οποίων καθορίζεται αναλόγως της πα-
ραγωγής των αποβλήτων και λιμμάτων και της μεταβολής της
σύνθεσής τους. Εναλλακτικά με την αντιπροσωπευτική
δειγματοληψία πρέπει να λαμβάνονται τρία (3) στιγμιαία
δείγματα σε διάρκεια 24ώρου με διαφορά μεταξύ δύο δο-
δοκικών δειγμάτων τουλάχιστον μία ώρα. Ο μέσος όρος
των τιμών των δειγμάτων λαμβάνεται σαν ενδεικτική τιμή
για τη τήρηση των προδιαγραφών, η οποία όμως είναι δε-
σμευτική μέσα στα πλαίσια των κάτωθι οριζόμενων απα-
κλίσεων εφ' όσον δεν επαναλαμβάνονται οι αποκλίσεις.

Περιοχή συγκέντρωσης των ορίων εκπομπής
σε mg/l Απόκλιση σε mg/l

από	έως
-	0.1
0.11	0.5
0.51	0.99
1.0	5.0
5	10
11	30
31	80
51	150

Οι ανωτέρω αποκλίσεις, επί των ορίων των Χημικών και
βιομηχανικών παραμέτρων δεν λαμβάνονται υπ' όψη για
την επιβολή κυρώσεων εφ' όσον δεν επαναλαμβάνον-
ται.

Δ) Σε ορισμένες περιπτώσεις όπου υπάρχει σαφής συ-
σχέτιση αίτιου - αποτελέσματος ρύπανσης είναι δυνατόν
να αρκεί ένα μόνο δείγμα τυχαίο στην περίπτωση που εθα-
σφαλίζεται ότι λόγω της φύσεως της πηγής ρύπανσης και
της ιδιαιτερότητας της εγκατάστασης οι τυχόν υφιστά-
μενες διακυμάνσεις της ποσότητας των αποβλήτων είναι ασήμα-
ντες.

Ε) Κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας από την αρμό-
δια αρχή, καλείται να παρίσταται εκπρόσωπος της ελεγχό-
μενης μονάδας. Συντάσσεται πρακτικό δειγματοληψίας το
οποίο συμμογράφεται από τον ανώτερο εκπρόσωπο, ενώ
σημειώνονται τυχόν παρατηρήσεις.

ΣΤ) Τα παραπάνω ανώτερα επιτρεπτά όρια επηρεάζουν
τη συγκέντρωση στοιχείων ή χημικών ουσιών μέσα στα
αποβλήτα ή λύματα αμέσως μετά την έξοδο από την συ-
γκριμένη μονάδα μετά την επεξεργασία της. Τα όρια
αυτά θα επιτηρούνται διά της επεξεργασίας των υγρών
αποβλήτων και όχι διά της ορισίσεως τούτων.

ζ) Οι εργαστηριακές εξετάσεις των υγρών αποβλήτων και λιμάτων και η έκφραση των αντίστοιχων αποτελεσμάτων θα εκτελούνται είτε με βάση πρότυπα του ΕΛΟΤ είτε με βάση τα αναφερόμενα στην Κοινή Υπ. Απόφαση 46389/1352/1986 είτε με βάση τα πρότυπα εξέτασης της Αμερικανικής Ένωσης Δημόσιας Υγείας (STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WAST WATER, PREPARED BY A.P.H.A., A.W.W.W., W.P.C.F.) τελευταία έκδοση.

η) Οι διαθέσιμες λύματα και υγρά απόβλητα οφείλουν να τηρούν βέλτιστα αναλύσεων για την παρακολούθηση της ποιότητας αυτών, στο τέλος δε κάθε μήνα οφείλουν να υποβάλλουν στην Δ/ση Υγείας και το Τμ. Περι/τος αντίγραφο των αναλύσεων που πραγματοποιούν. Ο τρόπος δειγματοληψίας, το είδος των δειγμάτων και οι παράμετροι που θα εξετάζονται θα ορίζονται κατά περίπτωση από τις αρμόδιες Νομαρχιακές Υπηρεσίες κατά την έκδοση της άδειας διάθεσης αποβλήτων, όπως ενδεικτικά φαίνεται και στο συννημένο παράρτημα.

θ) Σε κάθε δραστηριότητα που έχει υγρά απόβλητα ή λύματα απαιτείται να κατασκευασθεί κατάλληλο φρεάτιο δειγματοληψίας τούτων, σύμφωνα με εγκατεταθέν σχέδιο και επίσης να εγκατασταθεί μετρητής παροχής. Το φρεάτιο δειγματοληψίας και ο μετρητής τοποθετούνται σε θέση εύκολα επισκέψιμη.

ι) Σε περίπτωση βλάβης των εγκαταστάσεων επεξεργασίας των αποβλήτων θα ειδοποιείται εγγράφως η Δ/ση Υγείας, θα γνωστοποιείται το απαιτούμενο για την αποκατάσταση της βλάβης χρονικό διάστημα και μετά το τέλος της επισκευής θα αναφέρεται η αποκατάσταση της λειτουργίας της εγκατάστασης.

κ) Οι δραστηριότητες οι οποίες έχουν εγκαταστάσεις επεξεργασίας αποβλήτων ή λιμάτων οφείλουν να συντηρούν κατάλληλα τις εγκαταστάσεις τους, να φροντίζουν να απομακρύνεται η άσπρη από το σύστημα και να παρακολουθούν τις λειτουργικές παραμέτρους των εγκαταστάσεων ώστε να επιτυγχάνεται άριστη απόδοση.

λ) Δεν επιτρέπεται η διαχέυση υποπροϊόντων βιομηχανίας ή άσπρης από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων και λιμάτων άμεσα ή έμμεσα στη θάλασσα. Η άσπρη θα συγκεντρώνεται και αναλόγως της φύσης της θα διατίθεται/υφίσταται διαχείριση σύμφωνα με τις καείμενες διατάξεις.

μ) Οι αρμόδιες Υπηρεσίες μπορούν, εξουσιοδοτούμενες με την Απόφαση αυτή, να επιβάλλουν κατά περίπτωση, πέραν των όρων που αναφέρονται, την λήψη και άλλων απαιτούμενων συμπληρωματικών ή και αυστηρότερων μέτρων σύμφωνα με την Ε1β/221/85 Υγειονομική διάταξη.

4. Ποινικές - διοικητικές κυρώσεις

Στους παραβάτες της παρούσας απόφασης επιβάλλονται οι ποινικές και διοικητικές κυρώσεις του Ν. 1680/86 -Για την προστασία του περιβάλλοντος- και του Ν. 743/77 -Περί προστασίας του θαλάσσιου περιβάλλοντος-. Οι ανωτέρω κυρώσεις επιβάλλονται και σε περιπτώσεις όπου, ανεξαρτήτως αποτελεσμάτων αναλύσεων σε υγρά

απόβλητα βιομηχανικών, υφίσταται σαφής αλλοίωση του φυσικού αποδέκτη από την απόρριψη αυτών.

Ο Νομάρχης διατηρεί το δικαίωμα να προκηρύσσει σε ανάκληση της άδειας διάθεσης λιμάτων σε δραστηριότητες που δεν συμμορφώνονται με τις διατάξεις της παρούσας Απόφασης.

5. Είρος ισχύος της ανωτέρω Απόφασης

Η παρούσα Απόφαση δεν ισχύει για τις βιομηχανίες του Ν. Μογηθίου οι οποίες είναι συνδεδεμένες με το απορριπτικό δίκτυο της ΔΕΥΑΜΒ η οποία έχει ήδη θεσπίσει ανάμεσα επιτρεπτά όρια εκπομπών για τα απόβλητα των βιομηχανιών αυτών.

Για τις μετά το 1986 ιδρυθείσες καθώς και για τις νεοϊδρυόμενες τουριστικές εγκαταστάσεις ισχύουν τα αναφερόμενα στο από 20.1.88 Π.Δ. (ΦΕΚ 61 τ.Δ/728.198) -Περί τροποποίησης του από 6.10.78 Π.Δ/τος -περί καθορισμού των όρων και περιορισμών διαμόρφωσης των γηπέδων των καμένων εκτός των ρυμοτομικών σχεδίων και εκτός των όρων των νομίμως υφισταμένων προ του 1923 οικισμών- και συγκεκριμένα τα αναφερόμενα στο άρθρ. 1 παρ. ζ του ανωτέρω Π. Δ/τος.

Δηλαδή ισχύουν:

α) Η εκβολή των λιμάτων στη θάλασσα πρέπει να γίνεται σε απόσταση μεγαλύτερη των 250 μ. από την ακτή και σε βάθος όχι μικρότερο των 8 μ.

β) Το χαρακτηριστικό των απορριπτομένων λιμάτων πρέπει να παρουσιάζουν BOD₅ < = 25mg/l και αιωρούμενα στερεά < = 40mg/l εκ' όσον πρόκειται για μονάδες δυναμικότητας άνω των 300 ατόμων ενώ για μονάδες δυναμικότητας κάτω των 300 ατόμων τα αντίστοιχα επιτρεπτά όρα είναι BOD₅ < = 25mg/l και αιωρούμενα στερεά < = 50mg/l.

Σε κάθε περίπτωση τα λύματα προ της απορριψέως των υφίστανται αποτελεσματική απολέπιση.

Η παρούσα Απόφαση καλύπτει ανεξαιρέτως τη διάθεση βιομηχανικών αποβλήτων και λιμάτων από τις βιομηχανικές κλπ. εγκαταστάσεις που απορριπθούν άμεσα (μέσω ρεμάτων) ή έμμεσα στις περιοχές των ακτών του Ν. Μογηθίου, έχει δε εφαρμογή ώστε στο εξής οι άδειες διάθεσης υγρών αποβλήτων και λιμάτων να χορηγούνται βάσει των όρων της Ε1β/221/85 Υγ/κής διατάξης όπως αυτή τροποποιήθηκε καθώς και βάσει των όρων της παρούσας Απόφασης.

Αναπόσπαστο τμήμα της παρούσας απόφασης αποτελεί το επισυναπτόμενο Παράρτημα.

Από την έναρξη ισχύος της παρούσας απόφασης παύει να ισχύει κάθε προηγούμενη σχετική απόφαση.

Η ισχύς της παρούσας αρχίζει από τη δημοσίευσή της στην εφημερίδα της Κυβερνήσεως.

Η παρούσα απόφαση να δημοσιευθεί στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως.

Βόλος, 21 Δεκεμβρίου 1985

Ο Νομάρχης
ΠΑΝΟΣ ΣΚΟΤΙΝΙΩΤΗΣ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ζ: ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΣΥΝΟΜΙΛΙΑΣ ΜΕ ΕΤΑΙΡΕΙΕΣ ΠΥΡΓΩΝ ΨΥΞΗΣ

Συνομιλία με εταιρεία MITAS.r.l.

- 23-5-2012: Πρώτη επικοινωνία με εταιρεία MITA
- 24-5-2012: Απάντηση από τον Έλληνα αντιπρόσωπο της εταιρείας κ. Γιώργο Παππά
- 11-6-2012: Ζητήθηκαν κάποια επιπλέον στοιχεία από τον κ. Παππά
- 14-6-2012: Δόθηκαν τα επιπλέον στοιχεία που ζητήθηκαν
- Μετά τις 4-7-2012 διακόπηκε η επικοινωνία με τον αντιπρόσωπο
- Αρχές Αυγούστου αποστάλθηκε από το τμήμα προμηθειών της ΑΓΕΤ – Ηρακλής επίσημη προκήρυξη για την προμήθεια πύργων ψύξης
- 4-10-2012: Επικοινωνία μέσω email με κ. Tomasso Fontana από τα γραφεία της MITA στην Ιταλία
- 5-10-2012: Τηλεφωνική επικοινωνία με τον κ. Παππά
- 8-10-2012: Πρώτη προσφορά για πύργους ψύξης για το θερμοκρασιακό εύρος 30-25 °C
- 17-10-2012: Αποστολή email στον κ. Παππά ζητώντας επιπλέον πληροφορίες για την προσφορά
- 18-10-2012: Τηλεφωνική επικοινωνία με κ. Tomasso Fontana σχετικά με το περιεχόμενο του email που στάλθηκε την προηγούμενη ημέρα στον κ. Παππά. Ζητήθηκε επιπλέον μια ακόμη προσφορά για θερμοκρασιακό εύρος 35-30 °C
- 19-10-2012: Επικοινωνία με email με την κ. Maria Lara Rodino σχετικά με το περιεχόμενο της τηλεφωνικής επικοινωνίας της προηγούμενης ημέρας
- 5-11-2012: Επικοινωνία μέσω email με την κ. Maria Lara Rodino- δεύτερη προσφορά για πύργο ψύξης στο θερμοκρασιακό εύρος 35-30°C

Συνομιλία με εταιρεία YWCT

- Αρχές Αυγούστου αποστάλθηκε από το τμήμα προμηθειών της ΑΓΕΤ – Ηρακλής επίσημη προκήρυξη για την προμήθεια πύργων ψύξης για θερμοκρασιακό εύρος 30-25°C
- Τέλη Αυγούστου ελήφθη η προσφορά από την YWCT μέσω του αντιπροσώπου της (Paralos Engineering S.A.)
- 17-10-2012: Ζητήθηκαν τα τεχνικά χαρακτηριστικά των προσφορών της YWCT, ώστε να γίνει έλεγχος της διαστασιολόγησης
- 17-10-2012: Στάλθηκαν τα τεχνικά χαρακτηριστικά που ζητήθηκαν
- 21-10-2012: Ζητήθηκε νέα προσφορά από την YWCT για νέο θερμοκρασιακό εύρος 35-30°C
- 13-11-2012: Στάλθηκε η νέα προσφορά για θερμοκρασιακό εύρος 35-30°C

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000119096

