



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ «ΧΗΜΕΙΑΣ»
ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ «ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ»**

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΣ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

**Οικονομοτεχνική Μελέτη της Παραγωγής Ζύθου και
Σύγκριση Αναλυτικών Παραμέτρων σε Ελληνικά
Μικροζυθοποιεία.**

**ΟΛΙΒΙΕ Δ. ΠΙΤΛΙΓΓΕΡ
ΟΙΝΟΛΟΓΟΣ**

ΑΘΗΝΑ

ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2016

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΣ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

Οικονομοτεχνική Μελέτη της Παραγωγής Ζύθου και Σύγκριση Αναλυτικών Παραμέτρων σε Ελληνικά Μικροζυθοποιεία.

ΟΛΙΒΙΕ Δ. ΠΙΤΛΙΓΓΕΡ

A.M.: 41309

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Μ. Λιούνη, Αναπληρώτρια καθηγήτρια ΕΚΠΑ (επιβλέπουσα)
Δρ. Παναγιώτης Ταταρίδης
Δρ. Αντνάν Σεχάντε,

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΞΕΤΑΣΗΣ 26-02-2016

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα ερευνητική εργασία περιλαμβάνει δύο μέρη. Το θεωρητικό όπου έγινε μία οικονομοτεχνική μελέτη της παραγωγής ζύθου σε τρία Ελληνικά μικροζυθοποιεία όπου μελετήθηκαν οι συνθήκες παραγωγής ζύθου, όπως η κατανάλωση ενέργειας (θέρμανση, ψύξη) η κατανάλωση του χρησιμοποιούμενου νερού και το κόστος των βασικών υλών (πρώτες ύλες, καθαριστικά κλπ.) Βάση των δεδομένων αυτών έγιναν προτάσεις βελτιστοποίησης των παραμέτρων αυτών με σκοπό τη μείωση του λειτουργικού κόστους των προαναφερθέντων ζυθοποιείων. Επιπλέον παρουσιάζεται η τεχνική ανάλυση του τρόπου λειτουργίας των σχετικών τομέων των ζυθοποιείων.

Στο δεύτερο μέρος έγιναν χημικές αναλύσεις στις πρώτες ύλες, στα βυνογλεύκη και στους ζύθους των τριών ζυθοποιείων, καθώς και σύγκριση των αποτελεσμάτων τόσο μεταξύ όσο και σε σχέση με τους τρόπους ζυθοποίησης σε κάθε μικροζυθοποιείο.

ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ: Παραγωγή ζύθου

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: κόστος, απόδοση, ενέργεια, κατανάλωση, βύνη, λυκίσκος

ABSTRACT

This dissertation consists of two parts. In the theoretical part a techno-economical study of beer production in three Greek microbreweries is presented. The factors monitored are energy consumption (thermal, cooling), water consumption and cost of basic materials (raw materials, cleaning agents etc.) From the evaluation of the data collected cost saving opportunities were discovered and suggestions were made based on production optimization.

In the second part samples of raw materials, wort and beer from the three microbreweries were analyzed. The results were compared between them by keeping in mind the type of the production equipment in each microbrewery.

SUBJECT AREA: Beer production

KEYWORDS: cost, efficiency, energy, consumption, malt, hops

Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 Εισαγωγή	14
1.1 Στάδια Παραγωγής	14
1.2 Παρουσίαση σταδίων παραγωγής	15
1.3 Συμπληρωματικές διαδικασίες.....	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Ενεργειακές ανάγκες στο ζυθοποιείο	17
2.1 Εισαγωγή	17
2.2 Κατανάλωση θερμικής ενέργειας.....	18
2.2.1 Brewhouse.....	19
2.2.2 Ζεστό νερό	19
2.2.3 Εμβареλωτήριο.....	20
2.3 Παραγωγή θερμικής ενέργειας	20
2.3.1 Ατμογεννήτριες	20
2.3.2 Λέβητες	22
2.3.2.1 Fire tube exhaust-tube, shell boilers (λέβητες φλογοθαλάμου).....	23
2.3.2.2 Water tube boilers (υδραυλωτοί λέβητες)	23
2.3.2.3 Three pass boilers (λέβητας φλογοθαλάμου 3 διαδρομών)... ..	24
2.3.2.4 Εξοπλισμός λειτουργίας λέβητα	26
2.4 Ανάκτηση ενέργειας στον λέβητα	26
2.4.1 Εξοικονομητής (economizer, eco)	26
2.4.2 Superheater (Υπερθερμαντήρας)	27
2.5 Κύρια προβλήματα που αντιμετωπίζει ένας λέβητας και αντιμετώπισή τους	27
2.5.1 Επικαθήσεις αλάτων	27
2.5.2 Στρατσώνα (bottom blowdown)	29
2.5.3 Οξειδώσεις (στον λέβητα και στο δίκτυο ατμού)	31
2.5.4 Προδιαγραφές λειτουργίας.....	33
2.6 Ανάκτηση ενέργειας στο ζυθοποιείο.....	34
2.6.1 Ψύξη του γλεύκους (wort cooling).....	34
2.6.2 Vapor condenser (συμπυκνωτής υδρατμών ζυθοβραστηρίου)	36
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Παροχή ψύξης.....	40
3.1 Αρχή λειτουργίας Ψυκτικού Συστήματος	41
3.2 Παράγοντες που επηρεάζουν την λειτουργία του Ψυκτικού Συστήματος	43
3.3 Συμπυκνωτής (Condenser)	46
3.4 Συμπιεστές	47
3.5 Επιλογή ψυκτικού συστήματος.....	48
3.6 Προβλήματα του συστήματος.....	48
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Το νερό στο ζυθοποιείο	51
4.1 Επεξεργασία νερού	51
4.1.1 Νομικές προϋποθέσεις	51
4.1.2 Μέθοδοι επεξεργασίας.....	54
4.1.2.1 Αποστειρωτικό φιλτράρισμα.....	55
4.1.2.2 Ακτινοβολία UV (Υπεριώδης ακτινοβολία)	55
4.1.2.3 Όζον	55
4.1.2.4 Ιόντα αργύρου	55
4.1.2.5 Χλωρίωση	56
4.1.2.6 Αέριο χλώριο	56

4.1.2.7 Διοξείδιο του χλωρίου (ClO ₂).....	56
4.1.2.8 Υποχλωριώδες νάτριο.....	57
4.1.2.9 Φιλτράρισμα με ενεργό άνθρακα	58
4.2 Σύσταση νερού ζυθοποίησης	59
4.2.1 Σημαντικά ιόντα στην ζυθοποίηση.....	61
4.2.1.1 Κατιόντα	61
4.2.1.2 Ανιόντα.....	62
4.2.2 Σχέση φυτίνης, φωσφορικών, όξινων ανθρακικών ιόντων και ασβεστίου	63
4.2.3 Σκληρότητα νερού.....	66
4.2.3.1 Σκληρό-Μαλακό νερό	68
4.2.4 Αλκαλικότητα	68
4.2.4.1 Υπολειμματική αλκαλικότητα - Λόγος RA (Residual Alkalinity).....	69
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 Υλικά και κόστος τους στην παραγωγή ζυθογλεύκους.....	71
5.1 Λυκίσκος.....	71
5.2 Βύνη	75
5.3 Προσθήκη χλωριούχου ασβεστίου	77
5.4 Όξυνση του ζυθογλεύκους	78
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 Καθαρισμοί.....	79
6.1 Παράγοντες για τον σχεδιασμό ενός προγράμματος καθαρισμού.	79
6.2 Μηχανισμός του καθαρισμού	84
6.3 Καθαριστικά.....	86
6.3.1 Αλκαλικά καθαριστικά	87
6.3.2 Όξινα καθαριστικά.....	90
6.3.3 Απολυμαντικά	90
6.4 CIP	94
6.4.1 Καθαρισμός με ένα σύστημα CIP	100
6.4.2 Ψεκασμός	101
6.4.3 Έλεγχος	104
6.5 Κατανάλωση χημικών	105
6.5.1 Τα χημικά στο ζυθοποιείο	105
6.5.2 Αλκαλικό και όξινο καθαριστικό	109
6.5.3 Συνολική δαπάνη και όγκος καθαριστικών	113
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 Κατανάλωση και κόστος υλών και ενέργειας.....	115
7.1 Νερό	116
7.2 Ηλεκτρικό ρεύμα.....	119
7.3 Πρώτες ύλες	121
7.4 Καθαριστικά – Απολυμαντικά	123
7.5 Σύνολο υλικών – ενέργειας.....	125
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 Υλικά και μέθοδοι	130
8.1 Προσδιορισμός υγρασίας βύνης.....	130
8.2 Προσδιορισμός εκχυλισματικής απόδοσης βύνης.....	130
8.3 Προσδιορισμός μονάδων πικράδας ζύθου (μέθοδος ισοοκτανίου)....	132
8.4 Προσδιορισμός α-οξέων στον λυκίσκο με φασματοφωτομετρική μέθοδο	132
8.4.1 Προετοιμασία δείγματος για ανάλυση.....	132
8.4.2 Μέτρηση α- και β-οξέων με φασματοφωτομετρικό προσδιορισμό.....	133
8.5 Προσδιορισμός αλκοολικού τίτλου ζύθου	134

8.6 Προσδιορισμός χρώματος ζύθου	134
8.7 Όργανα που χρησιμοποιήθηκαν	135
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 Αποτελέσματα – Σχόλια – Υπολογισμοί	138
9.1 Υγρασία βύνης	138
9.2 Εκχυλισματική απόδοση βύνης	139
9.3 Εκχύλισμα γλεύκους και όγκος γλεύκους παρτίδων ζυθοποιείων	139
9.4 Υπολογισμός απόδοσης συστήματος παραγωγής ζυθογλεύκους	140
9.5 Πικράδα ζύθου	142
9.6 α-οξέα λυκίσκου	143
9.7 Αξιοποίηση λυκίσκου	144
9.8 Μέτρηση χρώματος ζύθου	146
9.9 Αλκοολικός τίτλος ζύθου	147
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10 Συμπεράσματα	148
10.1 Κατανάλωση υλών – ενέργειας	148
10.2 Σύγκριση αναλυτικών παραμέτρων	151
ΑΝΑΦΟΡΕΣ	154

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 2.5 Υδραυλωτός λέβητας	23
Εικόνα 2.6 Σχεδιάγραμμα λειτουργίας Three pass boiler	25
Εικόνα 2.7 Three pass boiler	25
Εικόνα 2.8 Διάβρωση εσωτερικού λέβητα	29
Εικόνα 2.9 Χειροκίνητη στρατσώνα	30
Εικόνα 2.10 Αυτόματη στρατσώνα.....	31
Εικόνα 2.11 Αύξηση της συγκέντρωσης ιόντων στο λέβητα	32
Εικόνα 2.12 Ψύκτης γλεύκου (εναλλάκτης πλακών) στο ζυθοποιείο Γ	35
Εικόνα 2.13 Ψύκτης γλεύκου (εναλλάκτης πλακών) στο ζυθοποιείο Α	35
Εικόνα 2.14 Ψύξη γλεύκου δύο σταδίων (.....	36
Εικόνα 2.15 Vapor condenser.....	37
Εικόνα 2.16 Vapor condenser στο Ζυθοποιείο Γ	38
Εικόνα 2.17 Ζυθοβραστήρας και Vapor condenser στο Ζυθοποιείο Α	38
Εικόνα 3.1 Κύκλος ψυκτικού συστήματος	41
Εικόνα 3.2 Σχεδιάγραμμα ψυκτικού συστήματος	43
Εικόνα 3.4 Τροφοδοσία και επιστροφή γλυκόλης μέσω των καταναλωτών ..	45
Εικόνα 3.5 Μονάδες Chiller,	47
Εικόνα 4.1 Μόριο φυτίνης	64
Εικόνα 4.2 Μόριο Φυτικού οξέος	64
Εικόνα 4.5 Μορφές του ανθρακικού ιόντος αναλόγως του pH.....	69
Εικόνα 5.1 Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται το τελικό κόστος της βύνης .	77
Εικόνα 6.1 Νηματική και τυρβώδης ροή στις σωληνώσεις.....	85
Εικόνα 6.2 Εξάρτηση της ποιότητας του καθαρισμού	86
Εικόνα 6.3 Αποτέλεσμα της χρήσης διασκορπιστών στο χημικό καθαριστικό	89
Εικόνα 6.4 Σύστημα CIP στο Ζυθοποιείο Α.....	95
Εικόνα 6.5 Σύστημα CIP στο Ζυθοποιείο Γ	95
Εικόνα 6.6 Παλετοδεξαμενές αλκαλικού και όξινου καθαριστικού	96
Εικόνα 6.8 Δοσομετρική πυκνού καθαριστικού (μηχανική).....	97
Εικόνα 6.9 Μπέκ δοσομετρικής σε δεξαμενή καθαριστικού	98
Εικόνα 6.10 Panel συνδέσεων CIP	98
Εικόνα 6.11 Τροχήλατη αντλία επιστροφής	99
Εικόνα 6.12 Αντλία προσαγωγής CIP,	99
Εικόνα 6.13 Κεφαλή Rotary jet	102
Εικόνα 6.14 Περιστροφική σφαίρα πλύσης.....	103
Εικόνα 6.15 Σφαίρα πλύσης	103
Εικόνα 6.16 Διαφορετική κατεύθυνση ψεκασμού σφαίρας πλύσης αναλόγως των οπών	104
Εικόνα 6.17 Διάφορα είδη και μεγέθη σφαιρών πλύσης.....	104
Εικόνα 8.1 Εργαστηριακός μύλος	124
Εικόνα 8.2 Σίτες άλεσης Μύλου	124
Εικόνα 8.3 Φασματοφωτόμετρο.....	125
Εικόνα 8.4 Φυγόκεντρος	125
Εικόνα 8.5 Κλίβανος	125
Εικόνα 8.6 Αναλυτικός ζυγός	125
Εικόνα 8.7 Αποστακτική στήλη	126
Εικόνα 8.8 Θολερόμετρο.....	126

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 2.1 Μείωση απόδοσης λέβητα λόγω επικαθήσεων.....	28
Πίνακας 2.2 Τυπικές προδιαγραφές λειτουργίας λέβητα	33
Πίνακας 3.1 Κατανάλωση ενέργειας για την ψύξη στο ζυθοποιείο	40
Πίνακας 3.2 Ενδεικτικές τιμές των μερών του ψυκτικού συστήματος	42
Πίνακας 4.1 Μικροβιολογικές παράμετροι	52
Πίνακας 4.2 Μικροβιολογικές παράμετροι εμφιαλωμένου νερού	52
Πίνακας 4.3 Χημικές παράμετροι	52
Πίνακας 4.4 Πρόσθετα απολύμανσης πόσιμου νερού	57
Πίνακας 4.5 Σύσταση φημισμένων νερών	60
Πίνακας 4.6 Μετατροπές μονάδων σκληρότητας νερού	67
Πίνακας 4.7 Ταξινόμηση του νερού βάσει της σκληρότητάς του.....	68
Πίνακας 6.1 Αντοχή μετάλλων σε υδατικά διαλύματα 10% διαφόρων χημικών ουσιών ...	80
Πίνακας 6.2 Πιο συχνά χρησιμοποιούμενα πολυμερή (Kunze, 1999)	81
Πίνακας 6.3 Κατάλληλα υλικά φλαντζών σε σχέση με την αντοχή στα χημικά.....	82
Πίνακας 6.4 Ιδανικές θερμοκρασίες καθαρισμού μηχανημάτων	85
Πίνακας 6.5 Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα απολυμαντικών	92
Πίνακας 6.6 Επίδραση απολυμαντικών στους διάφορους μικροοργανισμούς.....	93
Πίνακας 6.7 Καθαρισμοί και όγκος τους στα ζυθοποιεία	107
Πίνακας 7.1 Κατανάλωση νερού ανά HL σε σχέση με τον τύπο παραγώμενου προϊόντος	118
Πίνακας 7.2 Κόστος υλικών ανά HL.....	122
Πίνακας 7.3 Κόστος καθαριστικών ανά HL	123
Πίνακας 7.4 Συνολικό κόστος ζυθοποιείων.....	125
Πίνακας 7.5 Συνολικές καταναλώσεις ζυθοποιείων	126
Πίνακας 7.6 Καταμερισμός ενέργειας στις διάφορες διεργασίες	126
Πίνακας 9.1 Υγρασία βύνης	138
Πίνακας 9.2 Τιμές εκχυλίσματος εργαστηριακής πολτοποίησης.....	139
Πίνακας 9.3 Εκχυλισματική απόδοση βύνης.....	139
Πίνακας 9.4 Εκχύλισμα και όγκος ζυθογλεύκους μετά τον βρασμό.....	140
Πίνακας 9.5 Υπολογισμός Brewhouse efficiency	141
Πίνακας 9.6 Πικρομονάδες ζύθου ανά παρτίδα	142
Πίνακας 9.7 Περιεκτικότητα λυκίσκου σε α-οξέα	143
Πίνακας 9.8 Υπολογισμός ποσότητας α-οξέων στο ζυθογλεύκος	144
Πίνακας 9.9 Αξιοποίηση λυκίσκου	145
Πίνακας 9.10 Μέτρηση χρώματος ζύθου	146
Πίνακας 9.11 Αλκοολικός τίτλος και φαινομενικός βαθμός ζύμωσης.....	147
Πίνακας 10.1 Σημεία ενδιαφέροντος για την μείωση κόστους	149

Κατάλογος σχημάτων

Σχήμα 2.1 Τάση μείωσης της κατανάλωσης θερμικής ενέργειας στις Γερμανικές ζυθοποιίες	17
Σχήμα 2.2 Καταμερισμός της θερμικής ενέργειας στο ζυθοποιείο	18
Σχήμα 5.1 Σύγκριση τιμής λυκίσκων Nugget, Spalter και Saaz κατά τα έτη 2011 και 20	72
Σχήμα 5.2 Τιμή Hallertau Nugget 2006 - 2012	73
Σχήμα 5.3 Διακύμανση τιμής λυκίσκου Hallertau	74
Σχήμα 5.4 Τιμή ενός τόνου βύνης σε €	76
Σχήμα 6.2 Τιμή καθαριστικού ανά Kg (Τιμές ζυθοποιείου Γ)	106
Σχήμα 6.3 Κατανάλωση χημικών ανά καθαρισμό	108
Σχήμα 6.4 Κόστος χημικών ανά καθαρισμό και αριθμός καθαρισμών μέσα στο έτος	109
Σχήμα 6.5 Κατανομή του αλκαλικού καθαριστικού Mir στους καθαρισμούς ανά ποσότητα	110
Σχήμα 6.6 Κατανομή του όξινου καθαριστικού trimeta duo στους καθαρισμούς ανά ποσότητα	110
Σχήμα 6.7 Μηνιαία κατανάλωση αλκαλικού και όξινου καθαριστικού	111
Σχήμα 6.8 Μηνιαία ποσόστωση αλκαλικού καθαριστικού	112
Σχήμα 6.9 Μηνιαία ποσόστωση όξινου καθαριστικού	113
Σχήμα 6.10 Ποσοστό του κάθε χημικού στην ετήσια δαπάνη	114
Σχήμα 6.11 Ποσοστό του κάθε χημικού στα συνολικά ετήσια Kg	114
Σχήμα 7.1 Μηνιαία κατανάλωση νερού	116
Σχήμα 7.2 Το νερό στο ζυθοποιείο	117
Σχήμα 7.3 Μηνιαία κατανάλωση ρεύματος	119
Σχήμα 7.4 Διαμοιρασμός του ηλεκτρικού ρεύματος στο ζυθοποιείο	120
Σχήμα 7.5 Kwh/HL στην κάθε κλάση ζυθοποιείου	120
Σχήμα 7.6 Βήματα βελτιστοποίησης κόστους καθαριστικών	124
Σχήμα 7.7 Κόστος ενός HL μπίρας ζυθοποιείου Α	127
Σχήμα 7.8 Κόστος ενός HL μπίρας ζυθοποιείου Β	127
Σχήμα 7.9 Κόστος ενός HL μπίρας ζυθοποιείου Γ	128
Σχήμα 7.10 Σύγκριση κόστους ενός HL μπίρας ανά ζυθοποιείο	129
Σχήμα 9.1 Αξιοποίηση λυκίσκου	144

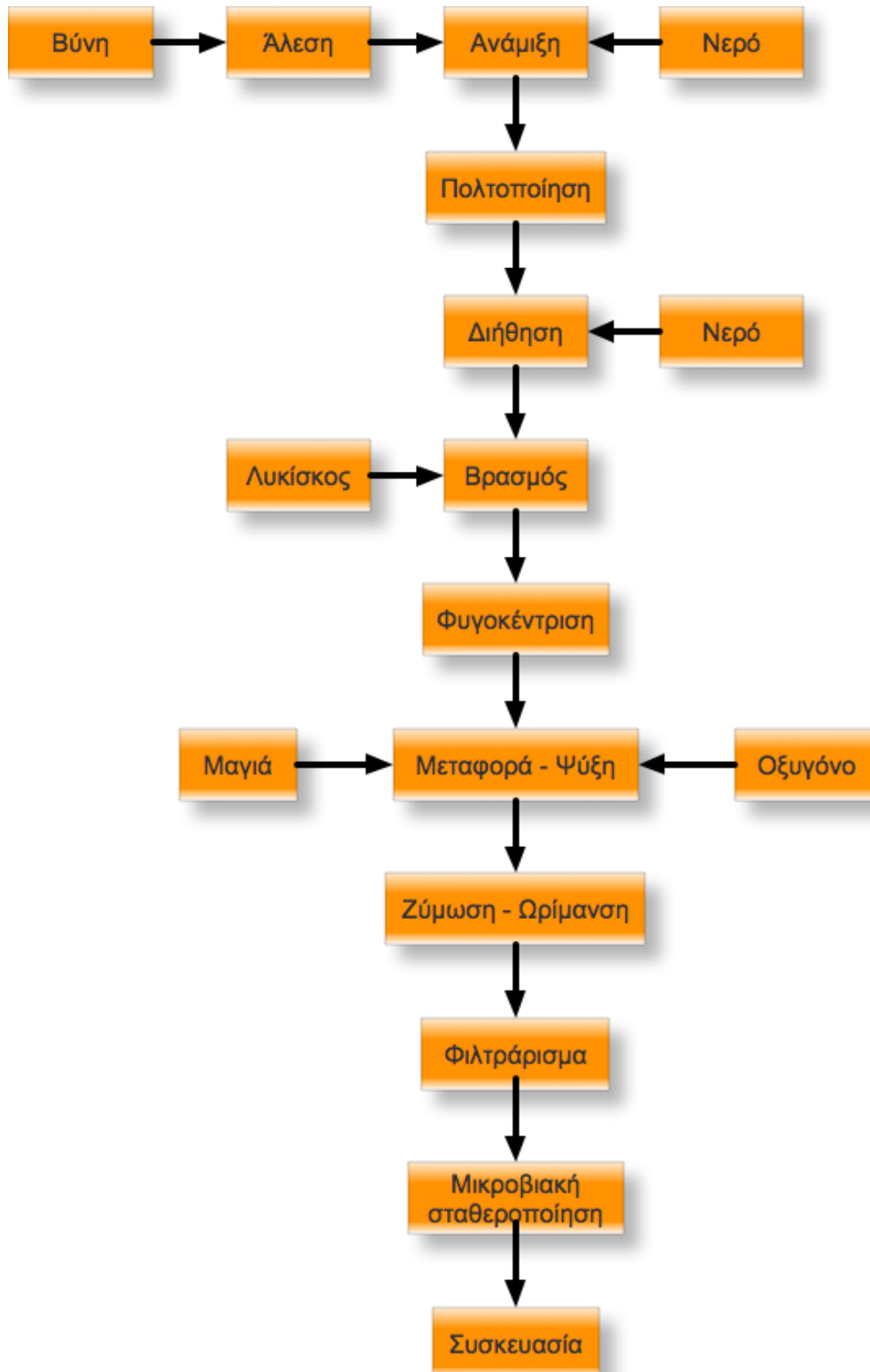
ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Για την συλλογή των δεδομένων παρακολουθήθηκε η παραγωγή τριών Ελληνικών μικροζυθοποιείων που βρίσκονται στους νομούς Αττικής, Κορίνθου και Θεσσαλίας. Κατά την παραγωγική διαδικασία έγινε η συλλογή των δειγμάτων προς ανάλυση.

Τα δείγματα προς ανάλυση λήφθηκαν μετά τον βρασμό του ζυθογλεύκους και στην συσκευασία του τελικού προϊόντος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 Εισαγωγή

1.1 Στάδια Παραγωγής



Εικόνα 1.1 Στάδια παραγωγής

1.2 Παρουσίαση σταδίων παραγωγής

Στο παραπάνω διάγραμμα βλέπουμε την αλληλουχία των σταδίων της παραγωγής ζύθου.

Άλεση: Σκοπός της είναι να αυξήσει την επιφάνεια της βύνης ώστε να μπορέσουν να δράσουν τα ένζυμα και να αποχωρισθούν τα λέπυρα που θα δημιουργήσουν το στρώμα στην διήθηση.

Ανάμιξη – Πολτοποίηση: Γίνεται η αποικοδόμηση και μετατροπή των αδιάλυτων ουσιών της βύνης σε διαλυτές, κυρίως του αμύλου και των πρωτεϊνών.

Διήθηση: Παραλαβή του διαυγούς εκχυλίσματος (βυνογλεύκος) από τον πολτό, δηλαδή διαχωρισμός του από τα στερεά υπολείμματα της βύνης.

Βρασμός: Γίνεται η προσθήκη λυκίσκου. Σκοπός του είναι η αποστείρωση και συμπύκνωση του ζυθογλεύκους καθώς και ο σχηματισμός του θερμού θολώματος.

Φυγοκέντρωση: Απομάκρυνση του θερμού θολώματος και του κροκιδώματος του λυκίσκου με φυγόκεντρο ή whirlpool

Μεταφορά - Ψύξη: Το ζυθογλεύκος μεταφέρεται σε δεξαμενή ζύμωσης – ωρίμανσης περνώντας από εναλλάκτη θερμότητας, ώστε να ψυχθεί σε θερμοκρασία εμβολιασμού.

Ζύμωση – Ωρίμανση: Η κύρια διαδικασία που λαμβάνει χώρα είναι η κατανάλωση του ζυμώσιμου εκχυλίσματος του ζυθογλεύκους από τις ζύμες προς παραγωγή αιθυλικής αλκοόλης και διοξειδίου του άνθρακα. Σχηματίζονται και δευτερεύοντα προϊόντα του μεταβολισμού των ζυμών. Υστέρα από ελεγχόμενη διακοπή της περνάει στην φάση της ωρίμανσης όπου έχουμε την πλήρη ζύμωση του ζυμώσιμου εκχυλίσματος, η μπίρα αποκτά

φυσικά το διαλυμένο διοξείδιο το άνθρακα και τα γευστικά της χαρακτηριστικά έρχονται σε μια ισορροπία.

Φιλτράρισμα: Είναι η διαδικασία στην οποία απομακρύνονται τα κύτταρα ζυμών και τα άλλα συστατικά που μπορούν να προκαλέσουν θολώματα στην μπύρα, ώστε το προϊόν να καταστεί διαυγές.

Μικροβιακή σταθεροποίηση – Συσκευασία: Η μικροβιακή σταθεροποίηση γίνεται μέσω παστερίωσης με την θανάτωση των μικροοργανισμών με θέρμανση ή μέσω μικροβιοκρατών φίλτρων μεμβράνης 0,45μm, για την αποφυγή βιολογικών θολωμάτων. Στη συνέχεια, η παστεριωμένη μπύρα οδηγείται για συσκευασία.

1.3 Συμπληρωματικές διαδικασίες

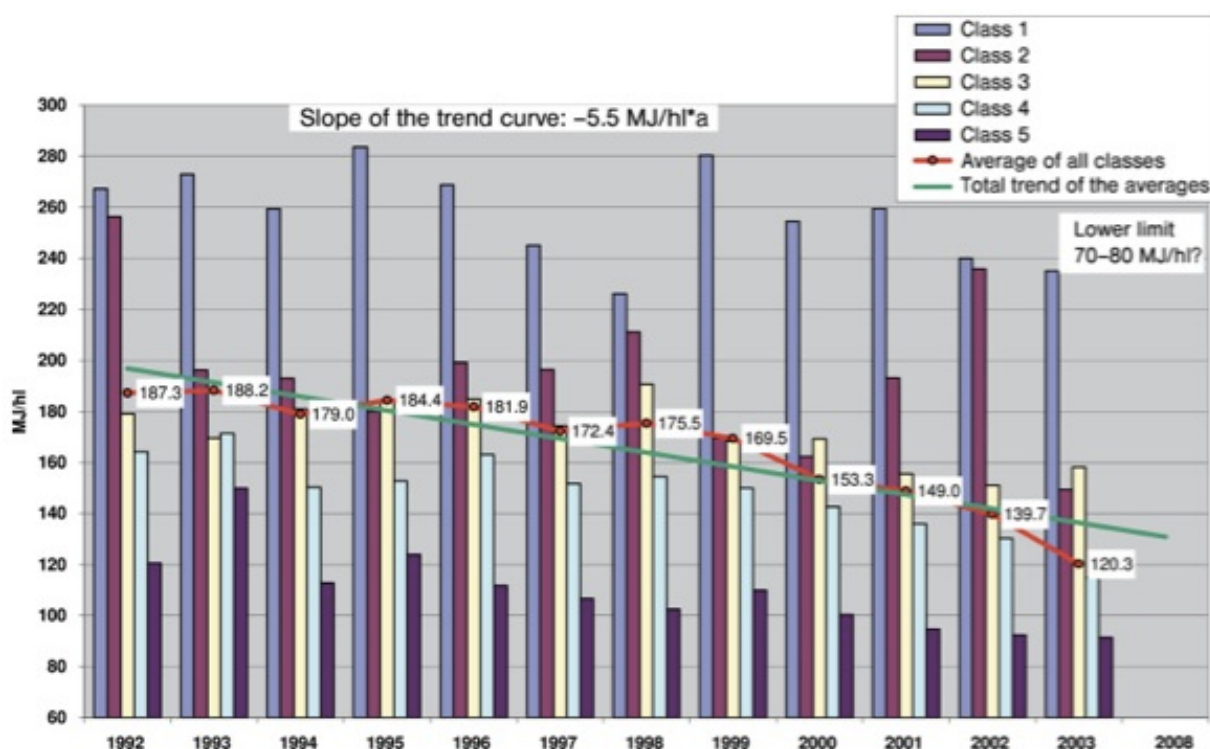
Ως συμπληρωματικές διαδικασίες θεωρούνται αυτές που δεν περιλαμβάνονται στα παραπάνω στάδια παραγωγής, αλλά είναι ζωτικές για την διαδικασία παραγωγής και την λειτουργία του ζυθοποιείου. Τέτοιες είναι :

- Το CIP που περιλαμβάνει τους καθαρισμούς όλων των μηχανημάτων και δεξαμενών της παραγωγής
- η λειτουργία του λέβητα
- η λειτουργία των αεροσυμπιεστών
- οι καθαρισμοί των χώρων του ζυθοποιείου
- η λειτουργία των ψυκτικών μηχανημάτων
- η απομάκρυνση των λυμάτων
- Η αποθήκη για την προσωρινή αποθήκευση του προϊόντος

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Ενεργειακές ανάγκες στο ζυθοποιείο

2.1 Εισαγωγή

Η ανάπτυξη της τεχνολογίας και η συνεχής αύξηση της τιμής των καυσίμων οδήγησαν στην τάση για μείωση της απαίτησης θερμικής ενέργειας στις ζυθοποιίες, η οποία ξεκίνησε από τις ενεργειακές κρίσεις τις δεκαετίες του '70 και του '80. Αυτή η τάση φαίνεται στο παρακάτω γράφημα και αναφέρεται στις Γερμανικές ζυθοποιίες από το 1992 έως το 2007[1].



Σχήμα 2.1 Τάση μείωσης της κατανάλωσης θερμικής ενέργειας στις Γερμανικές ζυθοποιίες

Ενέργεια χρειάζεται σε όλα τα στάδια της ζυθοποίησης. Οι μορφές που χρησιμοποιούνται είναι.

- Ηλεκτρική ενέργεια
- Θερμική ενέργεια

Η ηλεκτρική ενέργεια χρειάζεται για:

- Την λειτουργία των ψυκτικών μηχανημάτων
- Την παραγωγή πεπιεσμένου αέρα (μέσω των αεροσυμπιεστών)
- Για την λειτουργία των αντλιών

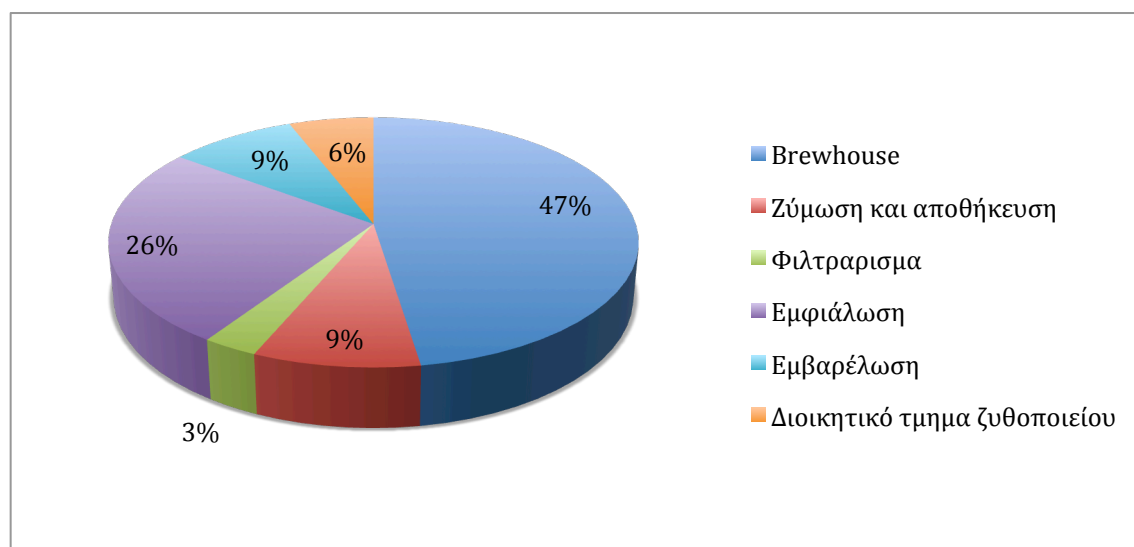
- Για τον χειρισμό βανών και άλλων εξαρτημάτων (πχ. άνοιξε – κλείσε)
- Για την μεταφορά και επεξεργασία δεδομένων
- Για τον φωτισμό

Η θερμική ενέργεια χρειάζεται για:

- Την παραγωγή ζεστού νερού
- Την θέρμανση του πολτού
- Την θέρμανση και τον βρασμό του ζυθογλεύκους
- Τον καθαρισμό των φιαλών
- Τον καθαρισμό των βαρελιών
- Στην παστερίωση
- Στο CIP
- Για την αποστείρωση φίλτρων, εμφιαλωτικών, εμβареλωτηρίων και σωληνώσεων

2.2 Κατανάλωση θερμικής ενέργειας

Η θερμική ενέργεια χρειάζεται σε διάφορα σημαντικά τμήματα του ζυθοποιείου, στο σχήμα 2.2 φαίνεται ο γενικός διαμοιρασμός της θερμικής ενέργειας στο ζυθοποιείο.



Σχήμα 2.2 Καταμερισμός της θερμικής ενέργειας στο ζυθοποιείο

2.2.1 Brewhouse

Υπό τις συνήθεις μεθόδους ζυθοποίησης το brewhouse (το σύνολο των μηχανημάτων που έχει ένα ζυθοποιείο για την παραγωγή ζυθογλεύκους) είναι ο κύριος καταναλωτής θερμικής ενέργειας. Μπορεί να φτάσει και το 45% της συνολικής κατανάλωσης κατά τον βρασμό ζυθογλεύκους. Όμως παρατηρούνται μεγάλες διαφορές αναλόγως της παραγωγικής διαδικασίας που ακολουθείται και του τρόπου θερμάνσεως που χρησιμοποιείται[2].

Με τις νέες τεχνολογίες στην ζυθοποίηση, οι ενεργειακές ανάγκες στην παραγωγή ζυθογλεύκους πέφτουν στα 14MJ/HL[3], οπότε οι ανάγκες όλου του Brewhouse ανέρχονται σε 30-35MJ/HL, την στιγμή που οι θερμικές ανάγκες στην συνήθη διαδικασία είναι στα 55MJ/HL.

2.2.2 Ζεστό νερό

Το ζεστό νερό είναι πολύ ζωτικό για το ζυθοποιείο. Χρησιμοποιείται στη παραγωγή ζυθογλεύκους, για καθαρισμούς (ζεστό CIP), για αποστείρωση (φίλτρων, παστεριωτή, σωληνώσεων), κατά τη διαδικασία του καθαρισμού των βαρελιών, για την προθέρμανση μηχανημάτων.

Έχει μεγάλες απαιτήσεις σε θερμική ενέργεια και μπορούν να υπάρχουν μεγάλες διαφορές μεταξύ ζυθοποιείων αναλόγως της δομής τους και της ανάκτησης ενέργειας.

Σύμφωνα με μια έρευνα (Forhr και Meyer-Pittroff, 1998) για την κατανάλωση ζεστού νερού, η πλειονότητα των ζυθοποιείων κατανάλωναν 0,6-0,93 HL/HL πολύ περισσότερο από την θεωρητικά φυσιολογική τιμή των 0,3-0,5HL/HL. Μάλιστα μόνο το 20% των ζυθοποιείων έχουν χαμηλή απαίτηση σε ζεστό νερό <0,3HL/HL[4].

Οι μεγαλύτερες καταναλώσεις ζεστού νερού γίνονται από το ζεστό CIP (πχ. ζεστός αλκαλικός καθαρισμός ζυθοβραστήριου), το ζεστό νερό που καταναλώνεται κατά τον καθαρισμό των βαρελιών και την αποστείρωση του φίλτρου (που πολύ συχνά αποστειρώνεται και καθαρίζεται σε υπερβολικό βαθμό, με συνέπεια τη σπατάλη).

2.2.3 Εμβареλωτήριο

Κατά τον καθαρισμό των βαρελιών, θερμική ενέργεια καταναλώνεται σε αρκετά στάδια. Τα βαρέλια καθαρίζονται εσωτερικά και εξωτερικά με ζεστό αλκαλικό διάλυμα και ξεπλένονται με ζεστό νερό. Στο τέλος του καθαριστικού κύκλου ατμίζονται εσωτερικά ώστε να αποστειρωθούν.

Η γενική τάση για μείωση της κατανάλωσης θερμικής ενέργειας ακολουθήθηκε και στα εμβареλωτήρια με αποτέλεσμα τα σημερινά μηχανήματα να έχουν ανάγκες στο 1MJ ανά βαρέλι έναντι 4MJ ανά βαρέλι των παλαιότερων.

2.3 Παραγωγή θερμικής ενέργειας

Στις περισσότερες ζυθοποιίες, η θερμική ενέργεια παράγεται με την καύση αερίου, υγρού ή στερεού καυσίμου. Στη συνέχεια η θερμική ενέργεια μεταφέρεται στα σημεία που χρειάζεται με το κατάλληλο δίκτυο (ζεστού νερού, ζεστού νερού υψηλής πίεσεως, ατμού χαμηλής πίεσεως ή ατμού υψηλής πίεσεως). Κατά κύριο λόγο χρησιμοποιείται ατμός, γιατί έχει σημαντικά πλεονεκτήματα:

- Έχει μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα σε σχέση με το νερό
- Μπορεί να μεταφερθεί πολύ πιο εύκολα (δεν χρειάζεται αντλίες)

Για την παραγωγή της θερμικής ενέργειας, το νερό μετατρέπεται σε ατμό σε ένα boiler και διοχετεύεται στο δίκτυο που τον οδηγεί στα σημεία όπου χρειάζεται. Αναλόγως το μέγεθος της ζυθοποιίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί ατμογεννήτρια (για να καλύψει μικρές ανάγκες ατμοπαραγωγής) ή λέβητας.

2.3.1 Ατμογεννήτριες

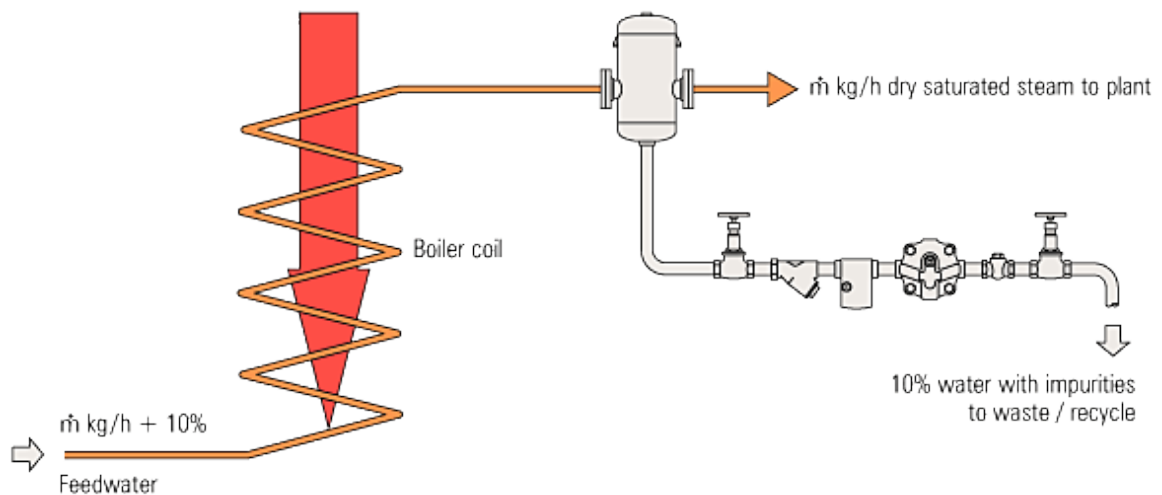
Χρησιμοποιούνται όταν:

- Οι απαιτήσεις παραγωγής ατμού είναι μικρότερες των 1000kg/h
- Το αρχικό κόστος αγοράς λέβητα είναι μεγάλο
- Η χρήση λέβητα απαιτεί εξειδικευμένη γνώση και επίβλεψη

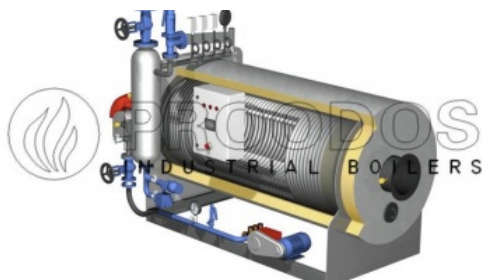
Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι ατμογεννήτριας:

- Coil boiler (υδραυλωτή ατμογεννήτρια με σερπατίνα ελικοειδούς μορφής)
- Vertical tubeless packed steam boiler(κάθετη βρεχόμενη ατμογεννήτρια 2 διαδρομών)

Οι Coil boiler μπορούν να παράξουν ατμό σε πολύ υψηλές πιέσεις και χρησιμοποιούνται κυρίως σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις όταν χρειάζεται άμεσα μεγάλη παραγωγή ατμού (πχ ξεκίνημα παραγωγής).



Εικόνα 2.1 Σχεδιάγραμμα λειτουργίας Coil boiler



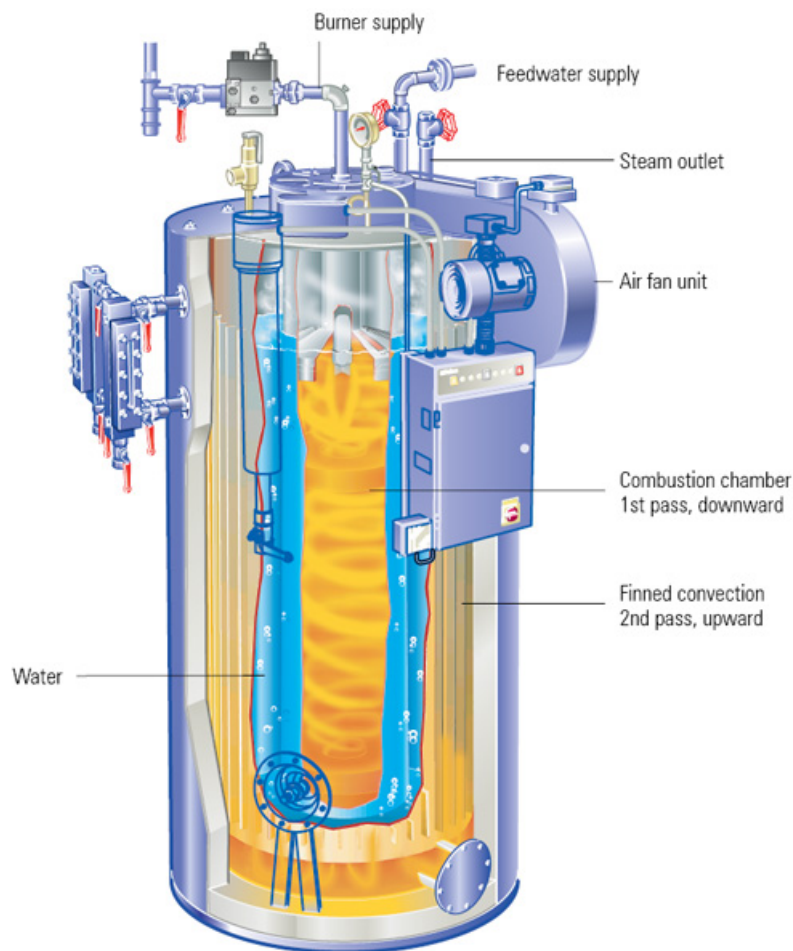
Εικόνα 2.2 Coil boiler



Εικόνα 2.3 Σερπατίνα Coil

Στις vertical tubeless packed steam boiler υπάρχουν διάφορα μοντέλα με ατμοπαραγωγή από 50kg/h έως 1000kg/h και ύψος από 1,7m. έως 2,4m. Έχουν μικρή χωρητικότητα νερού που τους επιτρέπει να φτάσουν σε

θερμοκρασία λειτουργίας πολύ γρήγορα (15min.) Αυτό και το ότι η χρήση τους δεν χρειάζεται εξειδικευμένο προσωπικό και άδεια λειτουργίας, τις κάνει ιδανικές για χρήση σε μικρές εγκαταστάσεις όπως τα μικροζυθοποιεία. Στα μειονεκτήματά τους συναντάμε το ότι δεν μπορούν να αντεπεξέλθουν σε απότομες μεταβολές του φορτίου και χρειάζονται ετήσια συντήρηση από εξειδικευμένο συνεργείο.



Εικόνα 2.4 Σχεδιάγραμμα λειτουργίας Vertical tubeless packed steam boiler

2.3.2 Λέβητες

Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι λέβητα:

- Fire tube (λέβητες φλογοθαλάμου)
- Water tube (υδραυλωτοί λέβητες)

2.3.2.1 Fire tube exhaust-tube, shell boilers (λέβητες φλογοθαλάμου)

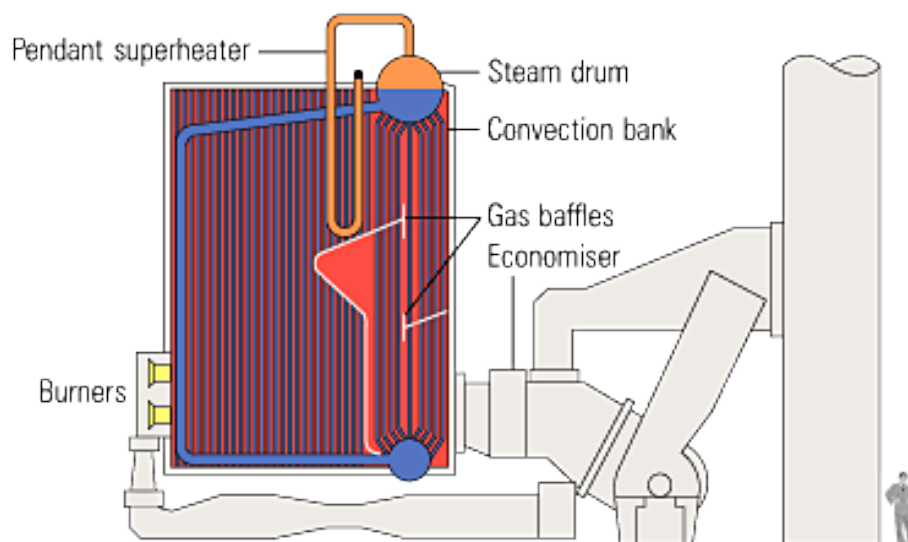
Μπορούν να ορισθούν ως οι λέβητες εκείνοι όπου οι επιφάνειες μεταφοράς θερμότητας βρίσκονται μέσα σε ένα μεταλλικό περίβλημα (shell boilers). Ο χώρος της καύσης και οι σωλήνες των καυσαερίων βρίσκονται μέσα στον θάλαμο του νερού και για αυτό λέγονται fire tube, επειδή τα προϊόντα της καύσης περνάνε μέσα από τις σωλήνες του λέβητα όπου μεταφέρουν θερμότητα στο νερό που της περιβάλλει.

Οι πιο συνήθεις λέβητες στις ζυθοποιίες είναι οι three pass boilers. Ονομάζονται έτσι επειδή η φλόγα και τα καυσαέρια περνάνε μέσα σε αυτούς τους λέβητες σε τρεις διαδρομές.

2.3.2.2 Water tube boilers (υδραυλωτοί λέβητες)

Η διαφορά τους από τους shell boilers είναι ότι το νερό ανακυκλοφορεί μέσα στις σωλήνες του λέβητα με την θερμαντική πηγή να τις περιβάλλει[5]. Κατασκευάζονται και χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές που απαιτούν:

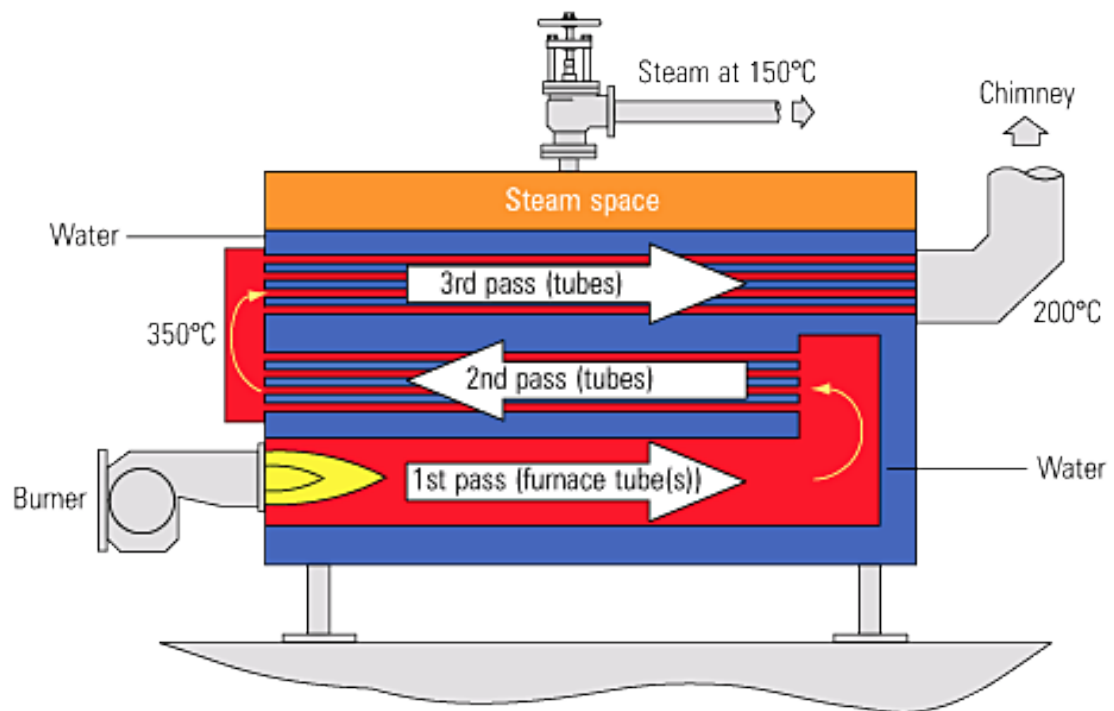
- Μεγάλη παραγωγή ατμού (μέχρι 500Kg/s)
- Υψηλή πίεση λειτουργίας (μέχρι 160 bar)
- Παραγωγή υπέρθερμου ατμού (superheated steam, μέχρι 550 °C)



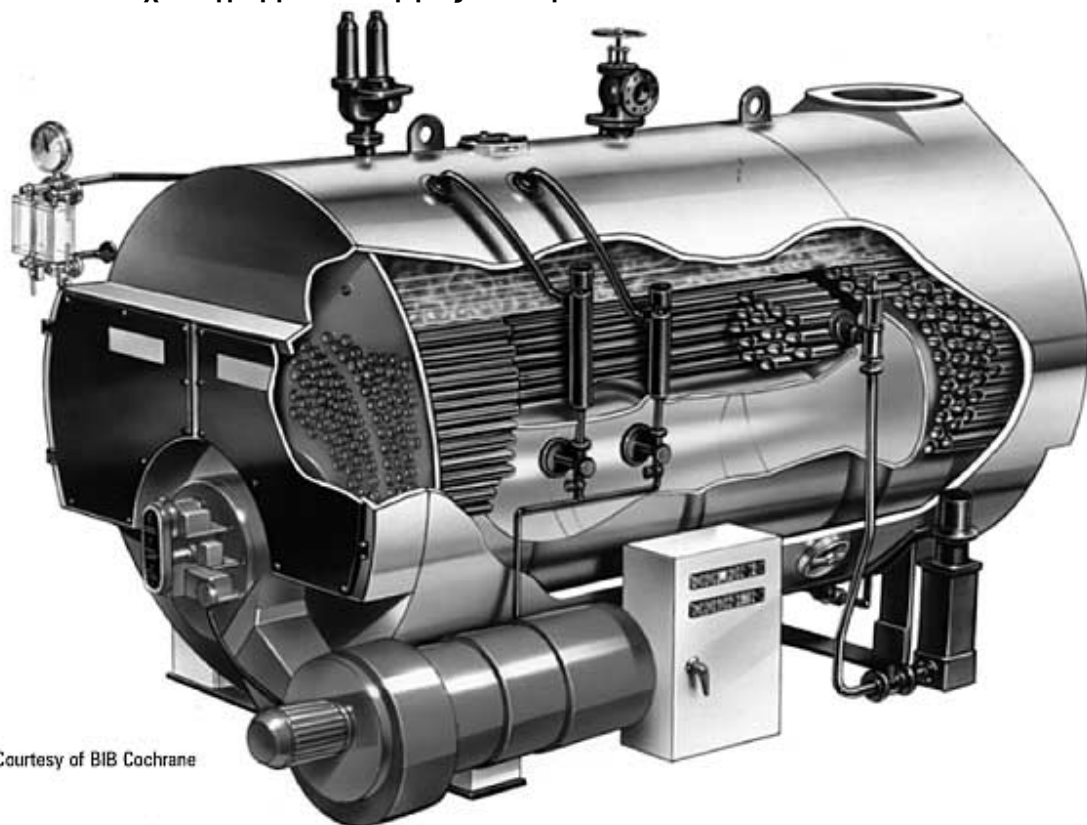
Εικόνα 2.5 Υδραυλωτός λέβητας

2.3.2.3 Three pass boilers (λέβητας φλογοθαλάμου 3 διαδρομών)

Ο λέβητας αποτελείται από ένα πολύ καλά μονωμένο μεταλλικό οριζόντιο κύλινδρο. Μέσα σε αυτόν βρίσκεται ο φλογοθάλαμος (fire tube) στον οποίο από την μπροστινή μεριά του είναι τοποθετημένος ο καυστήρας. Σε αυτόν αναμιγνύεται το καύσιμο με τον αέρα και γίνεται η καύση οπότε σχηματίζεται μια μεγάλη φλόγα μέσα στον φλογοθάλαμο. Τα καυσαέρια που παράγονται κινούνται προς το πίσω μέρος του λέβητα όπου εκεί συναντάνε τον πίσω θάλαμο αλλαγής κατεύθυνσης (changing chamber) όπου η κατεύθυνσή τους αντιστρέφεται και στέλνονται προς την μπροστινή μεριά του λέβητα μέσα από μια δέσμη σωλήνων που σχηματίζουν το δεύτερο κανάλι. Στην μπροστινή μεριά του λέβητα συναντούν τον μπροστινό θάλαμο αλλαγής κατεύθυνσης και η κατεύθυνσή τους αντιστρέφεται πάλι και τα καυσαέρια οδηγούνται στο πίσω μέρος ξανά, μέσα από την δέσμη σωλήνων που αποτελεί το τρίτο κανάλι. Επειδή τα καυσαέρια έχουν ψυχθεί, με συνέπεια να μειώνεται ο όγκος τους, το τρίτο κανάλι αποτελείται από σημαντικά λιγότερους σωλήνες. Στον χώρο γύρω από τον φλογοθάλαμο και του σωλήνες των καυσαερίων υπάρχει νερό που η στάθμη του διατηρείται σε ένα σταθερό επίπεδο πάνω από τον φλογοθάλαμο με την χρήση ηλεκτροδίων στάθμης. Καθώς τα καυσαέρια ψύχονται, το νερό φθάνει σε σημείο βρασμού και ο ατμός φεύγει από τον λέβητα μέσω της ατμοβάνας που υπάρχει στο πάνω μέρος του και οδηγείται στο δίκτυο διανομής[6].



Εικόνα 2.6 Σχεδιάγραμμα λειτουργίας Three pass boiler



Courtesy of BIB Cochrane

Εικόνα 2.7 Three pass boiler

2.3.2.4 Εξοπλισμός λειτουργίας λέβητα

Για την λειτουργία του λέβητα απαιτείται ο εξής εξοπλισμός:

- Μονάδα επεξεργασίας του νερού τροφοδοσίας του λέβητα για την αποφυγή επικαθήσεων (στήλη αποσκλήρυνσης)
- Αντλία νερού τροφοδοσίας που εισάγει το νερό στο λέβητα
- Δοχείο συλλογής συμπυκνωμάτων όπου επιστρέφεται το σύνολο των συμπυκνωμάτων από τους χρήστες του ατμού
- Σύστημα αυτόματου ελέγχου και μετρήσεων της λειτουργίας του λέβητα (θερμοκρασία καυσαερίων, αισθητήρας λ, αγωγιμόμετρο νερού λέβητα)
- Κεντρικοί συλλέκτες ατμού, είναι οι σωληνογραμμές από τις οποίες ξεκινούν ή καταλήγουν οι γραμμές παροχής ή οι επιστροφές συμπυκνωμάτων από τους χρήστες
- Δοχείο και δοσομετρική αντλία τροφοδοσίας προστατευτικών στο νερό του λέβητα (αμίνες, θειικά, κ.α.)

2.4 Ανάκτηση ενέργειας στον λέβητα

Είναι επωφελές να χρησιμοποιείται η παραγόμενη ενέργεια από τα καύσιμα όσο πιο πλήρως γίνεται, για αυτό:

- Το νερό τροφοδοσίας του λέβητα μπορεί να προθερμανθεί σε ένα εξοικονομητή με την ψύξη των καυσαερίων που διαφεύγουν
- Ο ατμός υπερθερμένεται και γίνεται ικανός για μεταφορά σε μεγαλύτερες αποστάσεις
- Η θερμότητα που αποβάλλεται χρησιμοποιείται για να θερμάνει τα συμπυκνώματα

2.4.1 Εξοικονομητής (economizer, eco)

Τα καυσαέρια της καύσης είναι ακόμα πολύ ζεστά όταν φεύγουν από τον λέβητα, για να μην χαθεί αυτή η θερμότητα, σωλήνες σε σχήμα σερπαντίνας εγκαθίστανται ακριβώς στο πίσω μέρος του λέβητα (απ' όπου διαφεύγουν τα καυσαέρια) και το νερό τροφοδοσίας του λέβητα περνάει μέσα από αυτές σε αντίθετη ροή ως προς τα καυσαέρια. Τα καυσαέρια έχουν θερμοκρασία 260 °C με 300°C όταν διαφεύγουν από τον λέβητα, έτσι το νερό τροφοδοσίας

θερμάνεται πάνω από τους 100°C. Η απόδοση του λέβητα μπορεί να ανέβει με αυτό τον τρόπο πάνω από 95% . Ένας εξοικονομητής μπορεί να είναι απευθείας ενωμένος πάνω στο σώμα του λέβητα ή να είναι τοποθετημένος στην καμινάδα του.

2.4.2 Superheater (Υπερθερμαντήρας)

Στις διατάξεις των υπερθερμαντήρων (superheaters) η θερμοκρασία του ατμού αυξάνεται σε τιμές μεγαλύτερες από αυτή του κορεσμένου ατμού.

Αυτό έχει ως πλεονεκτήματα ότι το νερό που μεταφέρεται μαζί με τον ατμό εξατμίζεται και ο υπέρθερμος ατμός μπορεί να μεταφερθεί σε μεγαλύτερες αποστάσεις χωρίς να χάσει πολύ θερμότητα και χωρίς να συμπυκνωθεί[7].

Αποτελείται από σωλήνες σε σχήμα σερπαντίνας, από τους οποίους περνά εσωτερικά ο ατμός και εξωτερικά τα καυσαέρια του λέβητα, έτσι η θερμότητα περνάει στον ατμό και τον κάνει υπέρθερμο σε θερμοκρασίες 250-300°C.

2.5 Κύρια προβλήματα που αντιμετωπίζει ένας λέβητας και αντιμετώπισή τους

2.5.1 Επικαθήσεις αλάτων

Το Ca και το Mg δημιουργούν επικαθήσεις αλάτων CaCO_3 και MgCO_3 (λεβητόλιθος). Οι επικαθήσεις μειώνουν την απόδοση του λέβητα αυξάνοντας την κατανάλωση καυσίμου και κατά συνέπεια το κόστος χρήσης του.

Συγκεκριμένα, παρακάτω παρατίθενται τυπικά στοιχεία ατμολέβητα 1,5t/h με βάση τις ετήσιες ώρες λειτουργίας. Με μέσο όρο κατανάλωσης καυσίμου τα 78 Kg/h, έχουμε τα παρακάτω στοιχεία:

Πίνακας 2.1 Μείωση απόδοσης λέβητα λόγω επικαθήσεων (BKG Water Solutions GmbH)

Ετήσιες ώρες λειτουργίας (σε ώρες)	Ετήσια κατανάλωση καυσίμου (σε Kg) χωρίς επικαθήσεις	Ετήσια κατανάλωση καυσίμου (σε kg) με επικαθήσεις 1,2 mm (μείωση απόδοσης 10%)	Επιπλέον κόστος σε Ευρώ με καύσιμο LPG (με τιμή 0,50 Ευρώ/ Kg)	Επιπλέον κόστος σε Ευρώ με καύσιμο Diesel (με τιμή 1,00 Ευρώ/ Kg)	Ετήσια κατανάλωση καυσίμου (σε kg) με επικαθήσεις 2,4 mm (μείωση απόδοσης 16%)	Επιπλέον κόστος σε Ευρώ με καύσιμο LPG (με τιμή 0,50 Ευρώ/ Kg)	Επιπλέον κόστος σε Ευρώ με καύσιμο Diesel (με τιμή 1,00 Ευρώ/ Kg)
1000	78000	85800	3900	7800	90480	6240	12480
1500	117000	128700	5850	11700	135720	9360	18720

Για να λυθεί το πρόβλημα της σκληρότητας χρησιμοποιούνται φωσφορικά ιόντα PO_4^{3-} .

Το Ca και το Mg προτιμούν να σχηματίσουν $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ και $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ αντί για CaCO_3 και MgCO_3 . Τα $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ και $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ είναι ευδιάλυτα στο νερό και απομακρύνονται κατά τον στρατσωνισμό (γαλακτώδης όψη).

2.5.2 Στρατσώνα (bottom blowdown)

Τα αιωρούμενα στερεά παραμένουν εν αιωρήσει κατά την λειτουργία του λέβητα (λόγω του βρασμού του νερού), όταν όμως η ανάδευση τους σταματήσει τότε αυτά συγκεντρώνονται ως λάσπη στον πυθμένα του λέβητα. Αν δεν απομακρυνθούν, με την πάροδο του χρόνου συγκεντρώνονται και μπορούν να δημιουργήσουν επικαθήσεις στα τούμπα του λέβητα (εσωτερικές σωληνώσεις, εικ. 2.8) εμποδίζοντας την μεταφορά θερμότητας με αποτέλεσμα την μείωση της απόδοσης. Σε περίπτωση που δεν αντιμετωπισθεί, οι επικαθήσεις είναι ικανές να προκαλέσουν διάβρωση των σωλήνων και του εσωτερικού του λέβητα με αποτέλεσμα την καταστροφή του[8].

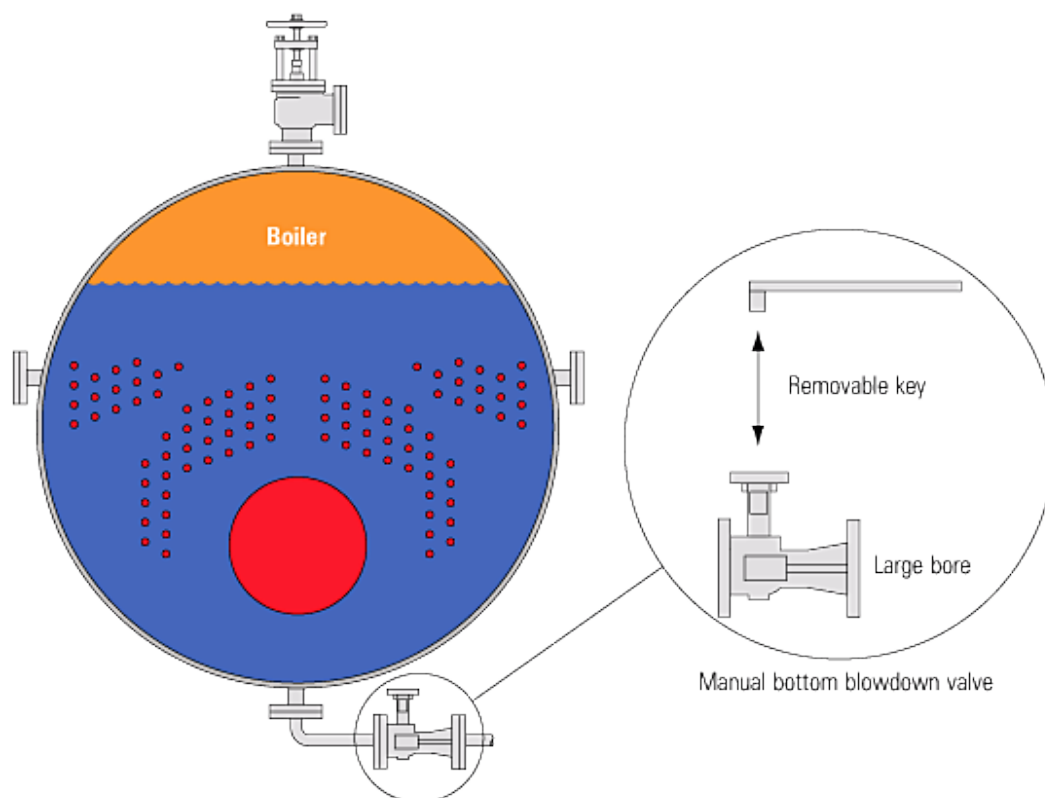


Εικόνα 2.8 Διάβρωση εσωτερικού λέβητα

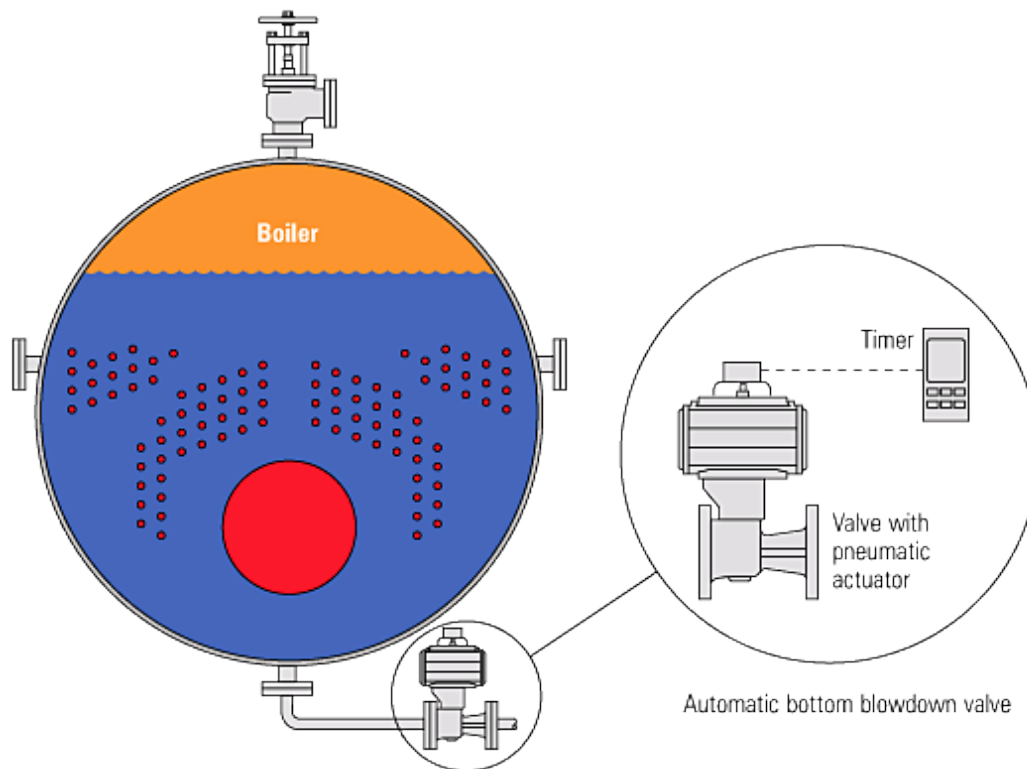
Για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα που δημιουργείται από την λάσπη και τις επικαθήσεις, στον πυθμένα του λέβητα υπάρχει μία βάννα μεγάλης διατομής (στρατσώνα). Με αυτήν μέσω σύντομων αποτόμων “άνοιξε – κλείσε” κάθε περίπου 8 ώρες (μία βάρδια) επιτυγχάνεται απομάκρυνση λάσπης αλλά και αραίωση του νερού του λέβητα μέσω του φρέσκου νερού που εισάγεται σε αυτόν σε αντικατάσταση αυτού που απομακρύνθηκε από τον στρατσωνισμό.

Για τον προσδιορισμό το στρατσωνισμού μετρίεται η αγωγιμότητα ή το TDS (Total Dissolve Solids) του νερού του λέβητα.

Ο στρατσωνισμός μπορεί να γίνεται χειροκίνητα από τον χειριστή στα χρονικά διαστήματα που χρειάζεται ή με την εγκατάσταση μίας αυτόματης βάννας (στρατσώνας) αυτόματα, στο χρονικό διάστημα και για την διάρκεια που προγραμματίζεται.



Εικόνα 2.9 Χειροκίνητη στρατσώνα



Εικόνα 2.10 Αυτόματη στρατσώνα

2.5.3 Οξειδώσεις (στον λέβητα και στο δίκτυο ατμού)

1. Από το ελεύθερο O_2 και CO_2 στο νερό
2. Διάβρωση λόγω χαμηλού pH.

Το νερό έχει την ιδιότητα να κρατά και να μεταφέρει αέρια όταν είναι κρύο. Όταν θερμανθεί το διαλυμένο οξυγόνο απομακρύνεται, αλλά όταν κρυώσει προσλαμβάνει οξυγόνο από τον ατμοσφαιρικό αέρα. Προκαλεί το λεγόμενο pitting corrosion (τρυπήματα σαν βελόνες στις σωληνώσεις του εσωτερικού του λέβητα.)

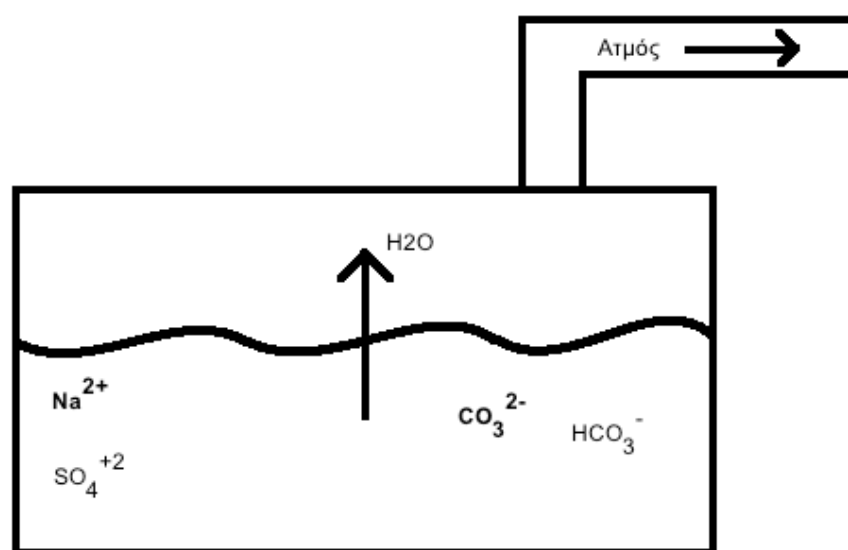
Αντιμετωπίζονται με την χρήση θειωδών που δεσμεύουν το ελεύθερο O_2 .

Το νερό τροφοδοσίας θα πρέπει να έχει pH περί το 10. Νερό με ουδέτερο pH 7 δρα ως οξύ μέσα στον λέβητα αφαιρώντας μέταλλο και επιδεινώνοντας το σκούριασμα του. Η χρήση ενός αλκαλικού στην σωστή δοσολογία θα μετακινήσει την τιμή του pH στο επιθυμητό εύρος. Για την διόρθωση του pH συνήθως προστίθεται καυστική σόδα.

Στην εικόνα 2.8 βλέπουμε ότι η διάβρωση είναι κάτω από την περιοχή της επιφάνειας του νερού. Από αυτή και πάνω δεν υπάρχει πρόβλημα.

Το δίκτυο των σωληνώσεων μεταφοράς του ατμού (συνήθως σιδερένιο) πάσχει επίσης από πρόβλημα διαβρώσεως λόγω του χαμηλού pH του ατμού, το οποίο μπορεί να πάρει τιμές 4,5-6.

Λόγω της χαμηλής αλκαλικότητας (έλλειψη HCO_3^-) το pH του ατμού είναι χαμηλότερο. Όσο ξηρότερος είναι ο ατμός (δηλαδή όσο λιγότερο νερό συμπαρασύρει) τόσο μικρότερη η ποσότητα ιόντων που συμπαρασύρει οπότε τόσο χαμηλότερο το pH του .



Εικόνα 2.11 Αύξηση της συγκέντρωσης ιόντων στο λέβητα

Για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα διαβρώσεως του δικτύου ατμού μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα προϊόν πτητικό όπως οι ανόργανες αμίνες, αλλά είναι τοξικές και αφήνουν υπολειμματικότητα και για αυτό δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην βιομηχανία τροφίμων. Ειδικά σε περιπτώσεις όπου χρησιμοποιείται “ζωντανός” ατμός, δηλαδή ατμός που έρχεται σε επαφή με το προϊόν ή την συσκευασία του (π.χ. ατμισμός των βαρελιών κατά τον καθαρισμό τους για αποστείρωση).

Στην βιομηχανία γάλακτος για την επίλυση αυτού του προβλήματος το δίκτυο μεταφοράς του ατμού είναι κατασκευασμένο από inox.

2.5.4 Προδιαγραφές λειτουργίας

Στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται κάποιες τυπικές προδιαγραφές της λειτουργίας ενός λέβητα. Οι τιμές δεν είναι απόλυτες αλλά εξαρτώνται από τα χημικά χαρακτηριστικά του φρέσκου νερού (make up water) που εισάγεται στην εγκατάσταση ως συμπλήρωμα αυτού που χάνεται (από την εξάτμιση και τον στρατσωνισμό) και τις συνθήκες λειτουργίας της εγκατάστασης.

Πίνακας 2.2 Τυπικές προδιαγραφές λειτουργίας λέβητα (BKG Water Solutions GmbH)

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ Επιθυμητή τιμή	ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΑΤΑ Επιθυμητή Τιμή	ΣΤΡΑΤΣΩΝΑ Επιθυμητή Τιμή
pH στους 25 °C	8.5 ~ 9.5	8,2 ~ 9	10,5 ~ 12,8
Σκληρότητα (ppm CaCO ₃)	Max 2 ~ 4	Max 2 ~ 4	-
P Αλκαλικότητα (CaCO ₃)	ΔΕ	ΔΕ	ΔΕ
M Αλκαλικότητα (CaCO ₃)	ΔΕ	ΔΕ	<1000
Υδροξυλικά ιόντα (OH ⁻) (ppm)	0	-	>300
Αγωγιμότητα (μs/cm)	-	-	5000 ~ 6000
TDS (ppm)	-	-	3500 ~ 4200
Φωσφορικά ιόντα (PO ₄ ⁻³) (ppm)	-	-	15 ~ 30
Θειώδη ιόντα (SO ₃ ⁻²) (ppm)	-	-	10 ~ 20
Σίδηρος (Fe) (ppm)	<0,1	<0,1	<0,1

ΔΕ: Δεν ενδιαφέρει άμεσα, αλλά βρίσκεται σε άμεση συνάρτηση με το pH

2.6 Ανάκτηση ενέργειας στο ζυθοποιείο

Στο ζυθοποιείο υπάρχουν αρκετά σημεία απώλειας ενέργειας όπου μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ανάκτηση. Πριν οποιαδήποτε εφαρμογή ανάκτησης ενέργειας πρέπει πρώτα να ελεγχθεί η δυνατότητα μείωσης της απώλειας[9].

Ανάκτηση ενέργειας μπορεί να γίνει στα εξής σημεία:

1. Κατά την ψύξη του γλεύκους (wort cooling)
2. Κατά το βρασμό με ψύξη των υδρατμών
3. Στους αεροσυμπιεστές με τη θερμότητα που παράγουν
4. Στο ψυκτικά μηχανήματα μέσω της θερμότητας που παράγουν

2.6.1 Ψύξη του γλεύκους (wort cooling)

Η ανάκτηση ζεστού νερού μέσω της ψύξης του ζυθογλεύκους είναι κλασσική πρακτική στις ζυθοποιίες. Με την χρήση ενός καλά σχεδιασμένου εναλλάκτη θερμότητας μπορεί να παραχθεί όλος ο όγκος ζεστού νερού που απαιτείται για την παραγωγή ζυθογλεύκους.

Το σύστημα λειτουργεί ως εξής:

Το ακόμα ζεστό ζυθογλεύκος μετά την φυγοκέντριση (whirlpool) έχει ακόμα θερμοκρασία περίπου 90°C. Το ζυθογλεύκος περνάει μέσα από έναν εναλλάκτη θερμότητας και ψύχεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο, το γλεύκος περνάει από την πρώτη ομάδα πλακών του εναλλάκτη (4 στην εικόνα 2.16) όπου έρχεται σε επαφή και ψύχεται με κρύο νερό, το οποίο θερμαίνεται και μεταφέρεται στο boiler του ζεστού νερού (ή σε ένα δοχείο, reservoir).

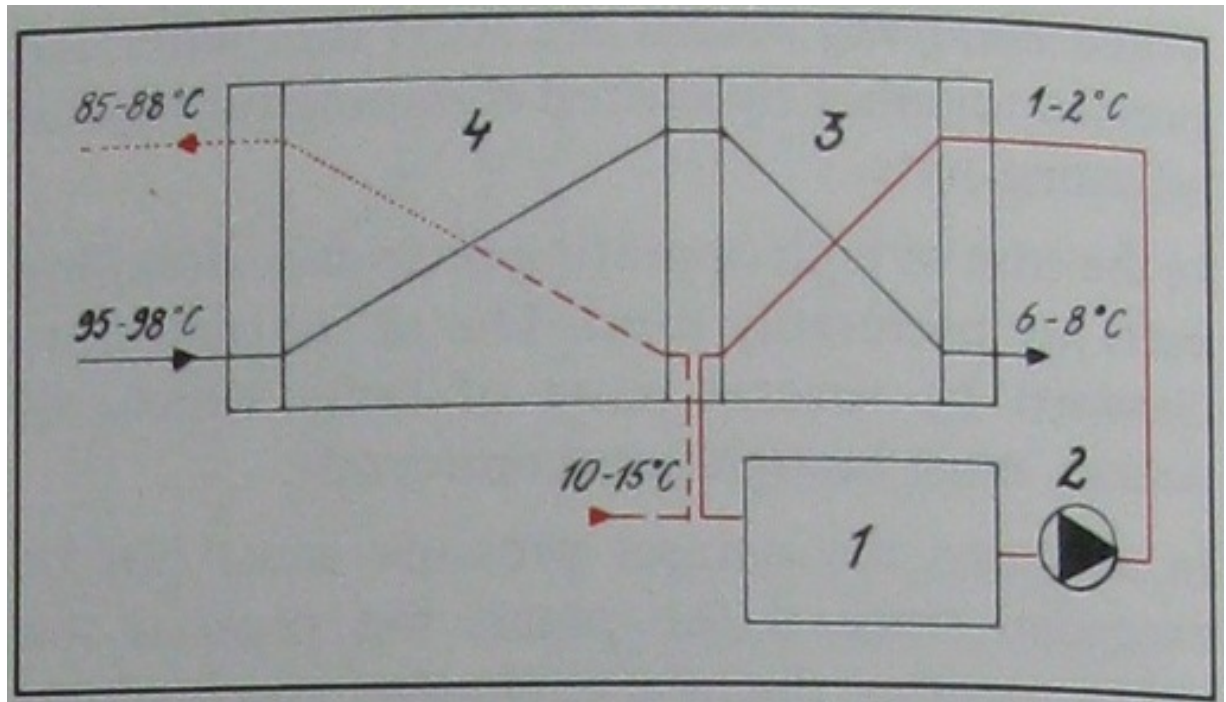
Στο δεύτερο στάδιο περνάει από την δεύτερη ομάδα πλακών (3 στην εικόνα 2.16) όπου έρχεται σε επαφή με ψυκτικό μέσο (συνήθως γλυκόλη) και ψύχεται σε θερμοκρασία ζύμωσης.



**Εικόνα 2.12 Ψύκτης γλεύκους
(εναλλάκτης πλακών) στο
ζυθοποιείο Γ**



**Εικόνα 2.13 Ψύκτης γλεύκους (εναλλάκτης
πλακών) στο ζυθοποιείο Α**



Εικόνα 2.14 Ψύξη γλεούκους δύο σταδίων 1)Ψυκτικό μέσο 2) Αντλία ψυκτικού 3) Ψύξη με ψυκτικό μέσο 4)Πρόψυξη με νερό

Πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη σημασία στη ρύθμιση της τροφοδοσίας κρύου νερού και γλυκόλης.

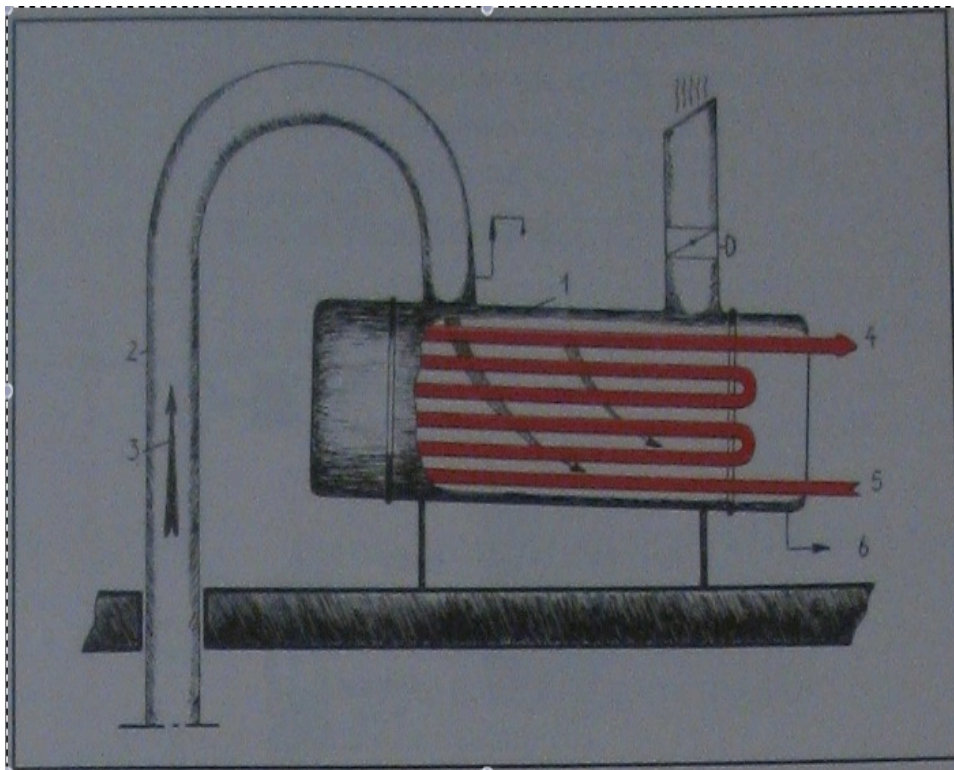
Αν η παροχή του κρύου νερού είναι μικρότερη από όσο χρειάζεται, τότε η παροχή της γλυκόλης θα αυξηθεί για να μπορέσει να κρατήσει το γλεύκος στη ζητούμενη θερμοκρασία, με αποτέλεσμα τη σπατάλη ενέργειας λόγω της μεγαλύτερης χρήσης των ψυκτικών μηχανημάτων (chillers).

Αν η παροχή του κρύου νερού είναι μεγαλύτερη τότε θα παραχθεί πολύ περισσότερος όγκος ζεστού νερού με χαμηλότερη θερμοκρασία (που θα χρειαστεί να θερμανθεί ώστε να μπορέσει να χρησιμοποιηθεί) το οποίο είναι πιθανό υπερχειλίσει στην αποχέτευση.

2.6.2 Vapor condenser (συμπυκνωτής υδρατμών ζυθοβραστήριου)

Κατά τον βρασμό του ζυθογλεύκους παράγεται ατμός. Για την μετατροπή 1Kg νερού σε 1Kg ατμού απαιτούνται περίπου 2260 kJ. Αν ο ατμοί αυτοί απλά διαφύγουν στην ατμόσφαιρα από την καμινάδα του ζυθοβραστήριου τότε χάνουμε όλη την ενέργεια που ξοδεύτηκε για την εξάτμιση.

Μπορούμε να ανακτήσουμε ένα μέρος της ενέργειας αυτής χρησιμοποιώντας έναν (vapor condenser). Σε αυτόν ο ατμός από τον βρασμό περνάει γύρω από σωληνώσεις - σερπαντίνα μέσα από τις οποίες περνάει κρύο νερό το οποίο θερμαίνεται καθώς ο ατμός συμπυκνώνεται και σχηματίζει νερό που απομακρύνεται στην αποχέτευση. Ο αρχικός όγκος του ατμού μειώνεται σημαντικά και διαφεύγει από την καμινάδα.



Εικόνα 2.15
Vapor
condenser

1)Εναλλάκτ

ης

2)Καμινάδα

ζυθ/ριου

3)Ατμός

4)Έξοδος

ζεστού

νερού

5)Είσοδος

κρύου

νερού

6)Αποχέτευ

ση

συμπυκνωμ

άτων



**Εικόνα 2.16 Vapor condenser
στο Ζυθοποιείο Γ**



**Εικόνα 2.17 Ζυθοβραστήρας και Vapor
condenser στο Ζυθοποιείο Α**

Κάθε HL ζυθογλεύκους που εξατμίζεται μας δίνει μέσω του vapor condenser 0,8HL ζεστού νερού στους 80°C .

Κατά το βρασμό εξατμίζεται περίπου το 5% του όγκου του ζυθογλεύκους (από 2%-6%). Οπότε αν υποθέσουμε πως έχουμε 65HL προς βρασμό θα έχουμε μια ανάκτηση 2,6 HL ζεστού νερού.

Για να διατηρηθούν αυτές οι τιμές και η απόδοση του συστήματος πρέπει να τηρείται ο περιοδικός καθαρισμός του συστήματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Παροχή ψύξης

Στο ζυθοποιείο ψύξη χρειάζεται σε πολλά σημεία:

- Το ζυθογλεύκος ψύχεται σε θερμοκρασία ζύμωσης
- Η “πράσινη” μπίρα ψύχεται κατά τη ζύμωση και την ωρίμανσή της
- Κατά την αποθήκευσή της στους -2°C
- Ψύξη των BBT (δεξαμενές αποθήκευσης φιλτραρισμένης μπίρας)
- Ψύξη χώρων όπως τα ζυμωτήρια
- Κατά την παστερίωση (ψύξη προϊόντος στην έξοδο του εναλλάκτη)

Η παροχή ψύξης αποτελεί το μεγαλύτερο μέρος της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στο ζυθοποιείο σε ποσοστό από 30-50%. Η κατανάλωση στα γερμανικά ζυθοποιεία για την ψύξη είναι μεταξύ 1,7 και 5 kWh/HL.[1] Πιο συγκεκριμένα σε κάθε κομμάτι οι απαιτήσεις είναι:

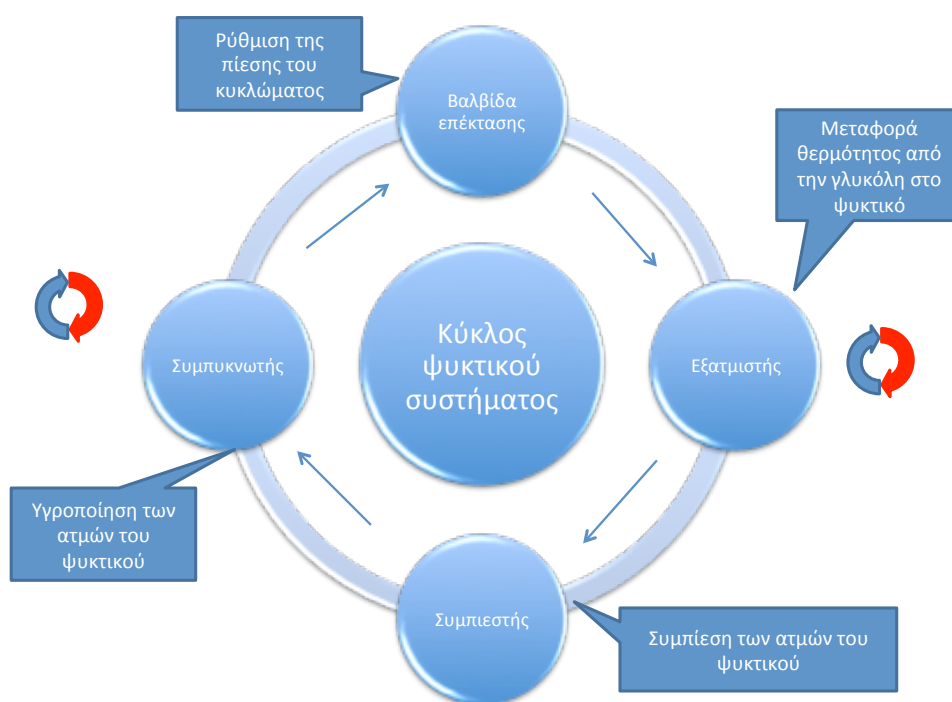
Πίνακας 3.1 Κατανάλωση ενέργειας για την ψύξη στο ζυθοποιείο

	kWh/HL	BTU/HL
Ψύξη ζυθογλεύκους	1,6 - 2,2	5,7 - 7,6
Ψύξη ζυμωτηρίων/ ωριμαστηρίων	1,2 - 2,4	4,3 - 8,3
Ψύξη χώρων, κ.α.	2,8 - 5,8	9,5 - 19,9

Όσον αφορά τα παραπάνω πρέπει να ληφθεί υπόψιν ότι λόγω της θέσης της Γερμανίας οι θερμοκρασίες που επικρατούν είναι χαμηλότερες όλο τον χρόνο σε σχέση με την Ελλάδα οπότε και οι απαιτήσεις – κατανάλωση των ψυκτικών συστημάτων μικρότερες.

Μιας και πρόκειται για την μεγαλύτερη κατανάλωση ρεύματος στο ζυθοποιείο ο σωστός σχεδιασμός και η καλή λειτουργία είναι πολύ σημαντικά.

3.1 Αρχή λειτουργίας Ψυκτικού Συστήματος



Εικόνα 3.1 Κύκλος ψυκτικού συστήματος

Το σύστημα αποτελείται από τέσσερα βασικά μέρη:

1. Τον εξατμιστή (evaporator)
2. Τον συμπιεστή (compressor)
3. Τον συμπυκνωτή (condenser)
4. Την βαλβίδα επέκτασης (expansion valve)

Στον **εξατμιστή** η θερμότητα μεταφέρεται από την γλυκόλη στο ψυκτικό (αμμώνια, φρέον, κ.α.). Το ψυκτικό έχει την ιδιότητα να βράζει σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, βράζοντας απορροφά την θερμότητα από την γλυκόλη.

Αυτός ο τρόπος ψύξης είναι έμμεσος (indirect) γιατί δεν είναι το ψυκτικό, αλλά το ψυκτικό μέσο (γλυκόλη) που τροφοδοτείται εκεί όπου χρειάζεται ψύξη.

Ο συμπιεστής τραβάει το ψυκτικό ως αέριο χαμηλής πίεσης. Αποτελεί την

καρδιά του συστήματος μιας και κάνει το ψυκτικό να κυκλοφορεί (καθώς και την πιο ενεργοβόρα συσκευή σε όλο το ζυθοποιείο). Το ψυκτικό συμπιέζεται από αέριο χαμηλής πίεσης σε αέριο υψηλής θερμοκρασίας και πίεσης. Περιέχει ακόμα τη θερμότητα που του μεταφέρθηκε από τη γλυκόλη καθώς και θερμότητα από το έργο του συμπιεστή.

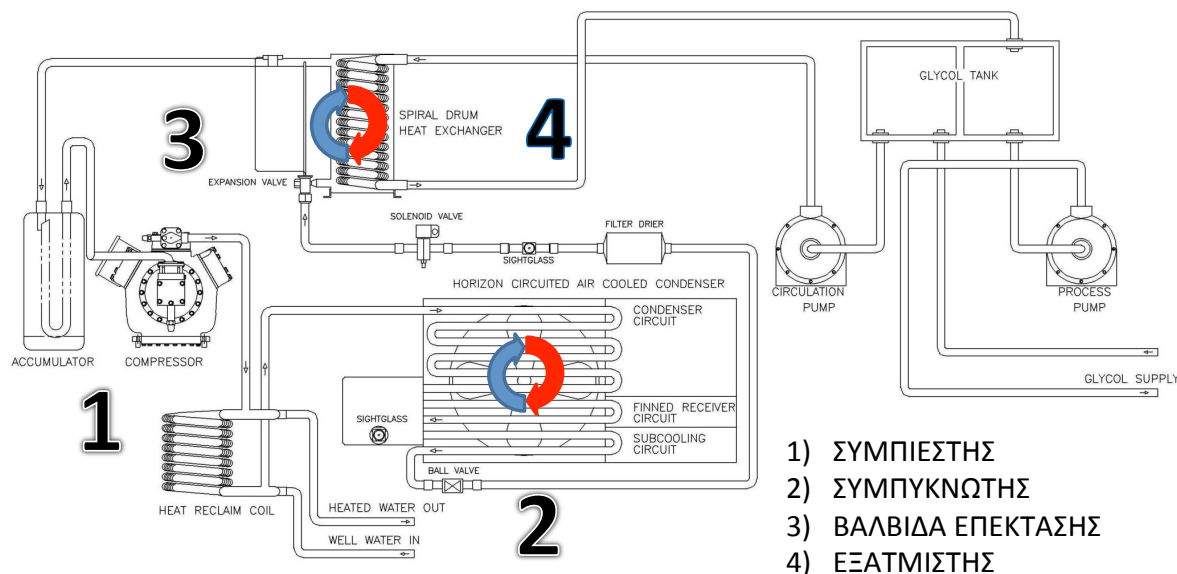
Στην συνέχεια το υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας αέριο περνάει στον **συμπυκνωτή** όπου η θερμότητα του μεταφέρεται στον εξωτερικό αέρα και υγροποιείται σε ψυκτικό υγρό υψηλής πίεσης. Για αυτό ο συμπυκνωτής είναι φτιαγμένος είτε ως πλάκα είτε ως σωλήνωση (σερπαντίνα).

Το ψυκτικό υγρό υψηλής πίεσης συναντά τη **βαλβίδα επέκτασης**, εξέρχεται προς τον εξατμιστή ως υγρό χαμηλής πίεσης και θερμοκρασίας και ο κύκλος επαναλαμβάνεται. Η βαλβίδα επέκτασης στην ουσία παρεμβάλλεται μεταξύ εξατμιστή και συμπυκνωτή αφήνοντας μόνο λίγο ψυκτικό να περνάει προς τον εξατμιστή ώστε να αποτρέπει την εξισορρόπηση πίεσης μεταξύ τους.

Ενδεικτικές τιμές θερμοκρασίας και πίεσης του συστήματος φαίνονται παρακάτω:

Πίνακας 3.2 Ενδεικτικές τιμές των μερών του ψυκτικού συστήματος

	Θερμοκρασία °C	Πίεση Bar
Εξατμιστής	+25 με -5	2
Συμπιεστής	-5 σε +80	2 σε 10
Συμπυκνωτής	+80 σε +25	10
Βαλβίδα επέκτασης	+25	10 σε 2



Εικόνα 3.2 Σχεδιάγραμμα ψυκτικού συστήματος

3.2 Παράγοντες που επηρεάζουν τη λειτουργία του Ψυκτικού Συστήματος

Η θέση και η κλιματική ζώνη που βρίσκεται το ζυθοποιείο θέτει πολλές από τις παραμέτρους. Όσο υψηλότερες είναι οι εξωτερικές θερμοκρασίες τόσο πιο αποτελεσματική πρέπει να είναι η μόνωση των δεξαμενών ώστε να τις προστατεύει από αυτές.

Πιο ζεστές θερμοκρασίες σημαίνει και πιο ζεστό νερό παροχής. Ειδικά αν πρόκειται για νερό δικτύου που το καλοκαίρι η θερμοκρασία του ξεπερνάει τους 30°C και δεν υπάρχει διαθέσιμο νερό γεώτρησης που η θερμοκρασία του είναι 12-14°C.

Αυτό έχει αντίκτυπο στην ενέργεια που χρειάζεται για την ψύξη του ζυθογλεύκου. Αν μάλιστα χρησιμοποιείται σύστημα ψύξεως ενός σταδίου (απαγορευτικό στα σύγχρονα ζυθοποιεία) το νερό πρέπει πρώτα να ψυχθεί στους 4-5°C (που απαιτεί ενέργεια) μίας και το ζυθογλέυκος στον εναλλάκτη πλακών μπορεί να ψυχθεί μέχρι περίπου 3°C πάνω από την θερμοκρασία του κρύου νερού. Το νερό των 30°C θα χρειαστεί σχεδόν διπλάσια ενέργεια για να ψυχθεί σε σχέση με αυτό των 14°C. Ακόμα και σε σύστημα δύο σταδίων, όπου το γλεύκος στο πρώτο στάδιο ψύχεται με νερό και στο δεύτερο με γλυκόλη σε θερμοκρασία για ζύμωση (8-11°C), αν στο πρώτο στάδιο η θερμοκρασία του γλεύκου κατέβει στους 30°C σε σχέση με τους 15°C που θα κατέβει σε ένα Γερμανικό ζυθοποιείο που έχει διαθέσιμο

άφθονο κρύο νερό πηγής, η απαίτηση για ψύξη από τη γλυκόλη είναι περίπου διπλάσια.

Επειδή η ψύξη των δεξαμενών συνήθως λειτουργεί με τρόπο “άνοιξε – κλείσε” και οι υπόλοιπες ανάγκες για ψύξη δεν είναι εικοσιτετράωρες (ψύξη στην παστερίωση και ψύξη του ζυθογλεύκου) η απαίτηση δεν είναι συνέχεια η ίδια. Οπότε το ποσοστό λειτουργίας των αντλιών στο κύκλωμα διανομής της γλυκόλης, πρέπει να μπορεί να ρυθμίζεται σύμφωνα με τις διακυμάνσεις στην ανάγκη τροφοδοσίας ψυκτικού. Αν οι αντλίες αυτές λειτουργούν σταθερά τότε η κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος θα είναι πολύ μεγάλη. Ο έλεγχος της λειτουργίας των αντλιών (με inverter) είναι εύκολος και στην προκειμένη περίπτωση πολύ οικονομικός.

Για παράδειγμα: στο κύκλωμα του ζυθοποιείου η σωλήνωση της παροχής και της επιστροφής της γλυκόλης δεν επικοινωνούν άμεσα μεταξύ τους αλλά μέσω των καταναλωτών (CCT, BBT, εναλλάκτες κλπ) όπως φαίνεται στην εικόνα 3.4.

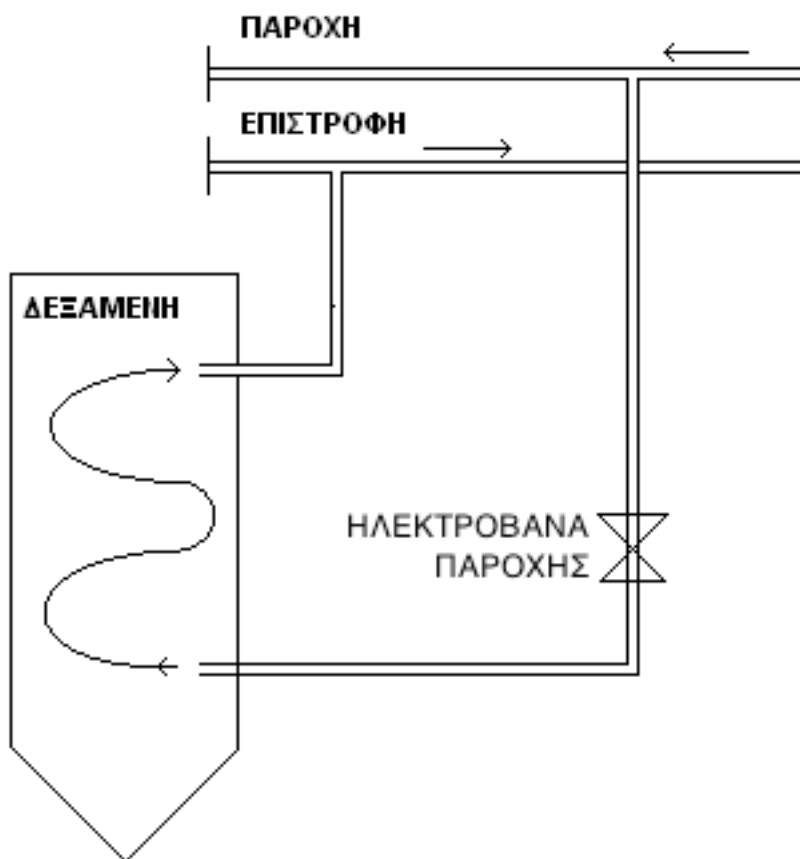
Το σύστημα για να ανταποκρίνεται στην ζήτηση ψύξης είναι φτιαγμένο έτσι ώστε να κρατάει στο κύκλωμα σταθερή πίεση 3 bar.

Έστω για παράδειγμα πως είναι ανοιχτές δύο δεξαμενές. Η γλυκόλη που τις τροφοδοτεί, περνάει από τους μανδύες τους στην σωλήνα επιστροφής και επιστρέφει στον πνεύμονα. Αν τώρα ανοίξει κάποια κατανάλωση ακόμα, η πίεση του κυκλώματος θα πέσει, οπότε το inverter θα ανεβάσει το ποσοστό λειτουργίας της αντλίας παροχής ώστε να κρατηθεί σταθερή η πίεση των 3 bar.

Έτσι επιτυγχάνεται ρύθμιση του ποσοστού λειτουργίας των αντλιών βάση της τρέχουσας ζήτησης.



Εικόνα 3.3 Αντλιοστάσιο ψυκτικού συστήματος



Εικόνα 3.4 Τροφοδοσία και επιστροφή γλυκόλης μέσω των καταναλωτών

3.3 Συμπυκνωτής (Condenser)

Η συμπύκνωση γίνεται σε τρία στάδια:

- Απομάκρυνση της θερμότητας μέχρι την θερμοκρασία συμπύκνωσης
- Απομάκρυνση της θερμότητας συμπυκνώσεως
- Ψύξη του υγρού σε χαμηλότερη θερμοκρασία

Διακρίνουμε δύο βασικά είδη συμπυκνωτών (condensers):

- Αερόψυκτοι συμπυκνωτές (**air cooled condensers**). Πρόκειται για σωληνάκια μικρής διαμέτρου όπου περιβάλλονται από μικρά μεταλλικά πτερύγια κολλημένα πάνω τους με σκοπό την αύξηση της επιφάνειας ανταλλαγής θερμότητας. Πολύ μεγάλοι ανεμιστήρες οδηγούν μεγάλες ποσότητες αέρα γύρω από τα πτερύγια.
- Υδροψυκτοι συμπυκνωτές (**evaporative condensers**). Αν σε ένα αερόψυκτο condenser ψεκάσουμε νερό, τότε η απόδοση του αυξάνεται αφού μαζί απομακρύνεται και η θερμότητα της εξάτμισης. Αυτό γίνεται με ένα σύστημα ψεκαστήρων νερού όπου συνήθως, για να μην γίνεται μεγάλη κατανάλωση νερού, αυτό συγκεντρώνεται στο κάτω μέρος του condenser και με τη βοήθεια αντλίας ανακυκλοφορεί.

Υπάρχουν όρια στην θερμοκρασία συμπύκνωσης, όχι μόνο από παράγοντες όπως η εξωτερική θερμοκρασία και η θέση, αλλά και βάση του σχεδιασμού.

Για τις συνθήκες της Γερμανίας για παράδειγμα σχεδιάζονται για μία θερμοκρασία συμπύκνωσης 30°C. Όμως θερμοκρασίες συμπύκνωσης 45°C δεν είναι δύσκολο να παρουσιαστούν το καλοκαίρι πράγμα που αυξάνει κατά πολύ την κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος και την φθορά του συμπιεστή, ειδικά σε αερόψυκτα συστήματα που είναι υποδεέστερα. Μάλιστα για κάθε 1°C χαμηλότερης θερμοκρασίας συμπύκνωσης η ενέργεια που απαιτείται μειώνεται κατά 2,5%[1]. Ακόμα και στην περίπτωση των evaporative condensers, συχνά η θερμοκρασία συμπύκνωσης διαφέρει από την ονομαστική. Αυτό γιατί σχηματίζονται επικαθήσεις πάνω στους σωλήνες, οι οποίες των ψεκαστήρων φράζουν οπότε η απόδοση δεν είναι πια η ίδια[10].



Εικόνα 3.5 Μονάδες Chiller, διακρίνεται το condenser που καταλαμβάνει όλη την πλευρά τους

3.4 Συμπιεστές

Οι συμπιεστές πρέπει να δουλεύουν στο 100% τις ισχύος τους, γιατί αν δουλεύουν σε ποσοστό τότε η απόδοσή τους πέφτει κατά πολύ. Ένα σύστημα (chiller) αποτελείται από περισσότερους από έναν συμπιεστές όπου ίσως δεν είναι όλοι τις ίδιας ισχύος. Αναλόγως του φόρτου ένας ή περισσότεροι συμπιεστές μπαίνουν σε λειτουργία. Οπότε όσο περισσότεροι συμπιεστές γίνεται, πρέπει να δουλεύουν πλήρως και μόνο ένας σε ποσοστό. Τα ποσοστιαία φορτία μπορούν να οδηγήσουν σε ανεπιθύμητες μειώσεις της θερμοκρασίας εξάτμισης[11].

Για κάθε 1°C υψηλότερης θερμοκρασίας εξάτμισης η ενέργεια που απαιτείται μειώνεται κατά 3% [1].

Πρέπει να αναφερθεί πως καλό είναι να αποφεύγονται τα πολλά “σταμάτα-ξεκίνα” γιατί το μεγαλύτερο μέρος της φθοράς του συμπιεστή είναι κατά την εκκίνησή του.

3.5 Επιλογή ψυκτικού συστήματος

Τα ερωτήματα που τίθενται κατά την επιλογή ενός ψυκτικού συστήματος είναι[12]:

- Να καθοριστεί το φορτίο του συστήματος λαμβάνοντας υπόψιν μελλοντικές επεκτάσεις
- Αερόψυκτο ή υδρόψυκτο συμπυκνωτή (condenser)
- Η θέση εγκατάστασης του ψυκτικού μηχανήματος (chiller)
- Οι αντλίες γλυκόλης και οι απαιτήσεις παροχής
- Μέγεθος και κατασκευή της δεξαμενής γλυκόλης (πνεύμονας)
- Αυτοματισμοί και μονάδες ελέγχου
- Εγγύηση και ευκολία επιδιορθώσεων

3.6 Προβλήματα του συστήματος

Συνήθη προβλήματα του συστήματος έχουν να κάνουν με χαμηλή πίεση ή πάγωμα του κυκλώματος. Αυτό μπορεί να οφείλεται:

- Στη συγκέντρωση της γλυκόλης
- Στη στάθμη της στον πνεύμονα
- Σε προβλήματα στη ροή της γλυκόλης
- Σε χαμηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Το πιο σοβαρό πρόβλημα είναι η άνοδος της θερμοκρασίας στον πνεύμονα για οποιονδήποτε λόγο. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μην μπορούμε να επιτύχουμε την επιθυμητή θερμοκρασία ψύξης στην εκάστοτε λειτουργία, γεγονός το οποίο μπορεί να έχει σοβαρό αντίκτυπο στην εφαρμογή. Όπως για παράδειγμα:

α. Στην παστερίωση προϊόντος. Όταν χρησιμοποιείται παστεριωτής με εναλλάκτη πλακών για την παστερίωση του προϊόντος πριν τη συσκευασία, στο τελευταίο στάδιο του εναλλάκτη το προϊόν ψύχεται μέσω της γλυκόλης σε θερμοκρασία (περίπου 4°C) που απαιτεί η συσκευασία.

Οι εμφιαλωτικές λόγω του τρόπου λειτουργίας τους ρυθμίζονται ώστε να λειτουργούν για μια συγκεκριμένη ισορροπία θερμοκρασίας και πίεσης. Σημαντική παρέκκλιση από αυτές έχει ως αποτέλεσμα την μη σωστή

πλήρωση των φιαλών. Αν η θερμοκρασία του προϊόντος ανέβει, η στάθμη της μπίρας στη φιάλη πέφτει.

β. Κατά την ψύξη της “πράσινης” μπίρας στο τέλος της ζύμωσης κατά το πέρασμα στην ωρίμανση.

Κατά την αποθήκευση της έτοιμης μπίρας, έντονες αυξομειώσεις της θερμοκρασίας μπορούν να επιφέρουν προβλήματα στο διαλυμένο διοξείδιο του άνθρακα.

Η διαλυτότητα του CO₂ εξαρτάται από την πίεση του CO₂ σε ισορροπία με το διάλυμα (η διαλυτότητα αυξάνεται με αύξηση της πίεσης) και από την θερμοκρασία (η διαλυτότητα ελαττώνεται με αύξηση της θερμοκρασίας).

Ειδικά μεγάλη αύξηση πίεσης και απότομη μείωση της θερμοκρασίας της αποθηκευμένης μπίρας μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα μεγάλη αύξηση του διαλυμένου CO₂, ενώ αύξηση της θερμοκρασίας για παρατεταμένο διάστημα μεγάλη μείωση του διαλυμένου CO₂. Για αυτό όταν παρατηρηθούν αυξομειώσεις της θερμοκρασίας της αποθηκευμένης μπίρας πρέπει τις επόμενες μέρες να παρακολουθείται στενά η συγκέντρωση του διαλυμένου CO₂.

γ. Αν η θερμοκρασία της γλυκόλης ανέβει για παρατεταμένο διάστημα, λόγω κάποιου προβλήματος, αυτό έχει ως αποτέλεσμα η ζεστή γλυκόλη να κυκλοφορεί στο σύστημα. Όταν το σύστημα ανοίξει την παροχή γλυκόλης στις δεξαμενές αποθήκευσης (οι οποίες είναι στους -2°C) η ζεστή γλυκόλη θα περάσει στον μανδύα της δεξαμενής με αποτέλεσμα να θερμάνει την μπίρα. Αν αυτό δεν αντιμετωπιστεί σύντομα η θερμοκρασία της αποθηκευμένης μπίρας μπορεί να ανέβει πάρα πολύ (ακόμα και στους 5°C σε 1-2 μέρες).

Εκτός από τις δεξαμενές αποθήκευσης σοβαρό πρόβλημα θα υπάρξει με τις ζυμώσεις.

Για τις μπίρες που ζυμώνουν, το σοβαρότερο δεν είναι η άνοδος της θερμοκρασίας τους (μιας και για παράδειγμα σε μία Lager που ζυμώνει στους περίπου 10°C για να ανέβει επικίνδυνα η θερμοκρασία της, πρέπει να περάσει μεγάλο χρονικό διάστημα), αλλά η απότομη πτώση της όταν η ψύξη επανέλθει στα φυσιολογικά της επίπεδα. Το σύστημα ελέγχου “κρίνει” ότι η θερμοκρασία δεν διατηρείται και ανεβαίνει, με αποτέλεσμα να αφήνει την βάνα

παροχής της γλυκόλης όλο και μεγαλύτερο χρονικό διάστημα ανοιχτή. Οπότε όταν η γλυκόλη επανέλθει σε φυσιολογική θερμοκρασία, μέχρι το σύστημα να “αντιδράσει” και να κλείσει την βάνα, η και πάλι παγωμένη γλυκόλη θα περάσει στην δεξαμενή για πολύ μεγαλύτερο χρονικό διάστημα από όσο πρέπει, με αποτέλεσμα την απότομη ψύξη του ζυθογλεύκους σε ζύμωση, σε αρκετά χαμηλότερη θερμοκρασία με ίσως καταστροφικές συνέπειες για τη ζύμωση.

Για αυτό πρέπει πάντα να υπάρχει προσωπικό ασφαλείας που να μεριμνά για τον έλεγχο των ζυμωτηρίων – δεξαμενών αποθήκευσης και του ψυκτικού συστήματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Το νερό στο ζυθοποιείο

Το νερό παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στο ζυθοποιείο μιας και είναι το υλικό που χρησιμοποιείται στη μεγαλύτερη ποσότητα. Χρειάζεται στην παραγωγή ζυθογλεύκους, στη μεταφορά του ζυθογλεύκους, στους καθαρισμούς χώρων και μηχανημάτων, στο φιλτράρισμα, στην συσκευασία προϊόντος και γενικά σχεδόν σε όλες τις διεργασίες μέσα στο ζυθοποιείο. Για τον λόγο αυτό δεν γίνεται να αγνοήσουμε την ποιότητά του.

Η κατανάλωση νερού ανά HL προϊόντος εξαρτάται από το μέγεθος του ζυθοποιείου και ποικίλει μεταξύ 3,7 – 10,9 HL νερού ανά HL έτοιμου προϊόντος. Κατά μέσο όρο η κατανάλωση είναι 6HL/HL[13].

Μιας και η κατανάλωση νερού είναι μεγάλη, είναι πολύ σημαντικό να γίνεται όσον το δυνατό μεγαλύτερη εξοικονόμηση νερού, εξάλλου η σπατάλη νερού έχει και επιπτώσεις στον όγκο των λυμάτων με αποτέλεσμα μεγαλύτερα έξοδα για την απομάκρυνσή τους.

4.1 Επεξεργασία νερού

Το νερό για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο ζυθοποιείο και για την παραγωγή ζυθογλεύκους πρέπει να πληρεί ορισμένες προϋποθέσεις., είτε νομικές είτε τεχνολογικές ώστε να μπορεί να ικανοποιεί τις απαιτήσεις της ζυθοποίησης[14].

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί νερό δικτύου ή νερό από γεώτρηση, για μείωση του κόστους ή και τα δύο σε διαφορετικά σημεία μέσα στο εργοστάσιο (π.χ. νερό δικτύου στην παραγωγή και γεώτρησης στους καθαρισμούς).

4.1.1 Νομικές προϋποθέσεις

Νομικά το νερό πρέπει να πληρεί τα στάνταρ του πόσιμου νερού σύμφωνα με την “ ΟΔΗΓΙΑ 98/83/ΕΚ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 3ης Νοεμβρίου 1998 σχετικά με την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης”

Η οδηγία αναφέρει[15]:

το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης είναι υγιεινό και καθαρό εφόσον:

α) είναι απαλλαγμένο μικροοργανισμών και παρασίτων, και οποιωνδήποτε ουσιών, σε αριθμούς και συγκεντρώσεις, που αποτελούν ενδεχόμενο κίνδυνο

για την ανθρώπινη υγεία και

β) πληρεί τις ελάχιστες απαιτήσεις του παραρτήματος Ι μέρη Α και Β,

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι - ΟΔΗΓΙΑ 98/83/ΕΚ
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ

ΜΕΡΟΣ Α

Πίνακας 4.1 Μικροβιολογικές παράμετροι

Παράμετρος	Παραμετρική τιμή (αριθμός/100 ml)
Escherichia coli (E. coli)	0
Εντερόκοκκοι	0

Για το νερό που πωλείται σε φιάλες ή δοχεία, ισχύουν τα ακόλουθα:

Πίνακας 4.2 Μικροβιολογικές παράμετροι εμφιαλωμένου νερού

Παράμετρος	Παραμετρική τιμή
Escherichia coli (E. coli)	0/250 ml
Εντερόκοκκοι	0/250 ml
Pseudomonas aeruginosa	0/250 ml
Αριθμός αποικιών σε 22 °C	100/ml
Αριθμός αποικιών στους 37 °C	20/ml

ΜΕΡΟΣ Β

Πίνακας 4.3 Χημικές παράμετροι

Παράμετρος	Παραμετρική τιμή	Μονάδα
Ακρυλαμίδιο	0,10	µg/l
Αντιμόνιο	5,0	µg/l
Αρσενικό	10	µg/l
Βενζόλιο	1,0	µg/l
Βενζο-α-πυρένιο	0,010	µg/l
Βόριο	1,0	mg/l

Βρωμικά άλατα	10	μg/l
Κάδμιο	5,0	μg/l
Χρώμιο	50	μg/l
Χαλκός	2,0	mg/l
Κυανιούχα άλατα	50	μg/l
1,2-διχλωροαιθάνιο	3,0	μg/l
Επιχλωρυδρίνη	0,10	μg/l
Φθοριούχα άλατα	1,5	mg/l
Μόλυβδος	10	μg/l
Υδράργυρος	1,0	μg/l
Νικέλιο	20	μg/l
Νιτρικά άλατα	50	mg/l
Νιτρώδη άλατα	0,50	mg/l
Παρασιτοκτόνα	0,10	μg/l
Σύνολο παρασιτοκτόνων	0,50	μg/l
Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες	0,10	μg/l
Σελήνιο	10	μg/l
Τετραχλωροαιένιο και Τριχλω- ραιθένιο	10	μg/l
Ολικά τριαλογονομεθάνια	100	μg/l
Βινυλοχλωρίδιο	0,50	μg/l

Τεχνολογικά ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα ιόντα, το pH, η σκληρότητα και ο λόγος υπολειμματική αλκαλικότητα (residual alkalinity-RA) όπως θα δούμε παρακάτω.

4.1.2 Μέθοδοι επεξεργασίας

Σύμφωνα λοιπόν με την Ευρωπαϊκή οδηγία και τις τεχνολογικές απαιτήσεις του ζυθοποιείου, το νερό πρέπει να περάσει από επεξεργασία ώστε να μπορέσει να τις ικανοποιήσει. Η επεξεργασία μπορεί να είναι διαφορετική αναλόγως της χρήσης. Για παράδειγμα στο νερό που θα θερμανθεί δεν πειράζει αν έχει μικροβιακό φορτίο αλλά μας ενδιαφέρει η σκληρότητα του ενώ στο νερό που θα χρησιμοποιηθεί σε καθαρισμούς δεν είναι η σκληρότητά τόσο σημαντική όσο το μικροβιακό φορτίο.

Τα πιο κοινά υλικά που προξενούν προβλήματα και πρέπει να απομακρύνονται είναι: σίδηρος, μαγγάνιο, νιτρικά άλατα, αλογονίδια, αλογονομένοι υδρογονάνθρακες, εντομοκτόνα και μικροοργανισμοί.

Απομάκρυνση του σιδήρου χρειάζεται εάν η συγκέντρωσή του ξεπερνάει τα 0,12mg/l και του μαγγανίου αν ξεπερνά τα 0,05mg/l. Μέσω οξείδωσης με κατάλληλες συσκευές αερισμού σχηματίζονται δυσδιάλυτες ενώσεις όπου απομακρύνονται με φιλτράρισμα.

Απομάκρυνση οργανικών ενώσεων αλλά και μικροοργανισμών γίνεται συνήθως με αερισμό, φιλτράρισμα με ενεργό άνθρακα και με οξείδωση-ακτινοβολία UV.

Ένας πολύ σημαντικός παράγοντας είναι το μικροβιακό φορτίο του νερού.

Σε ανάλυσή του δεν πρέπει να μπορούν να ανιχνευθούν βακτήρια *E. coli* τα οποία αποτελούν δείκτη επιμόλυνσης και πιθανότητας μετάδοσης ασθένειας.

Για το λόγο αυτό το νερό αποστειρώνεται. Η αποστείρωση μπορεί να επιτευχθεί με:

- Αποστειρωτικό φιλτράρισμα
- Ακτινοβολία UV
- Με προσθήκη ουσιών όπως χλώριο, διοξείδιο του χλωρίου, όζον
- Ιόντα αργύρου

4.1.2.1 Αποστειρωτικό φιλτράρισμα

Μπορούν να αφαιρεθούν παθογόνα με κεραμικά φίλτρα μέχρι τα 0,2-0,3 μm. Τα πιο πολλά φίλτρα αφαιρούν τα περισσότερα βακτήρια και πρωτόζωα, όχι όμως και τους ιούς εκτός από αυτούς που έχουν πολύ μεγάλο μέγεθος πάνω από 0,3 μm. Οπότε περαιτέρω απολύμανση του νερού είναι αναγκαία. Είναι σημαντικό το νερό προηγουμένως να έχει καθαριστεί αλλιώς τα φίλτρα θα φράξουν σύντομα.

4.1.2.2 Ακτινοβολία UV (Υπεριώδης ακτινοβολία)

Μικροοργανισμοί θανατώνονται με την υπεριώδη ακτινοβολία, η μέθοδος όμως έχει αρκετά μειονεκτήματα.

- Ο εξοπλισμός είναι ακριβός και ο ρυθμός παραγωγής χαμηλός
- Το πάχος της προς επεξεργασία στρώσης δεν πρέπει να είναι μεγάλο
- Θολότητα, χημικές ουσίες, σίδηρος εμποδίζουν τη μετάδοση της ακτινοβολίας

Δεν παρουσιάζει υπολειμματική δράση, γεγονός το οποίο, αναλόγως την εφαρμογή, δεν απαραίτητα αρνητικό.

4.1.2.3 Όζον

Παράγεται από το οξυγόνο της ατμόσφαιρας με ηλεκτρική εκκένωση υψηλής τάσης. Δρα μέσω της οξειδωσης καταστρέφοντας τις κυτταρικές μεμβράνες. Τα έξοδα εγκατάστασης είναι υψηλά. Στα προτερήματα του είναι η απουσία γεύσης και οσμής που να σχετίζεται με την εφαρμογή του. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με την ακτινοβολία UV.

4.1.2.4 Ιόντα αργύρου

Τα ιόντα αργύρου έχουν την ιδιότητα να σκοτώνουν βακτήρια. Στην παροχή του νερού τοποθετούνται ηλεκτρόδια αργύρου και το νερό αποστειρώνεται από τα ιόντα αργύρου. Η δράση τους ευνοείται από την άνοδο του pH και της θερμοκρασίας και ελαττώνεται με τη σκληρότητα, τα χλωριούχα και την έλλειψη διαλυμένου οξυγόνου.

4.1.2.5 Χλωρίωση

Η χλωρίωση είναι από τις βασικότερες και παλαιότερες μεθόδους επεξεργασίας του νερού. Το χλώριο σκοτώνει μικροοργανισμούς και βακτήρια και μας προστατεύει από μετάδοση ασθενειών όπως η χολέρα και ο τύφος.

Το χλώριο δρα μέσω τις βιολογικής οξειδωσης. Το μόριο και τα ιόντα του χλωρίου καταστρέφουν την κυτταρική μεμβράνη των μικροοργανισμών.

4.1.2.6 Αέριο χλώριο

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί αέριο χλώριο το οποίο όταν διαλυθεί στο νερό δημιουργείται υποχλωριώδες οξύ το οποίο ιονίζεται. Το κόστος του εξοπλισμού είναι μικρό, χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο σε μεγάλες εγκαταστάσεις. Το αέριο χλώριο είναι πολύ τοξικό και διαβρωτικό. Επικίνδυνα προϊόντα σχηματίζονται όταν το νερό περιέχει φαινόλες και οργανικές ενώσεις. Επίσης είναι επικίνδυνο για το προσωπικό που χρησιμοποιεί το σύστημα. Για τους λόγους αυτούς σήμερα έχει πολύ περιορισμένη εφαρμογή, παλαιότερα ήταν η κύρια μέθοδος εξυγίανσης του νερού.

4.1.2.7 Διοξειδίο του χλωρίου (ClO₂)

Η χρήση διοξειδίου του χλωρίου ως απολυμαντικό παρουσιάζει περισσότερα πλεονεκτήματα:

- Καμία αλλαγή στην γεύση του νερού
- Δεν σχηματίζεται χλωροφόρμιο και άλλες αλογονούχες ενώσεις
- Τα έξοδα χρήσης είναι μικρά
- Η όλη επεξεργασία είναι πολύ πιο ασφαλής
- Τα αποτελέσματα της αποστείρωσης είναι πολύ ικανοποιητικά

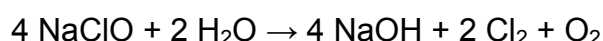
Το ClO₂ δεν μπορεί να μεταφερθεί ως αέριο γιατί είναι εκρηκτικό και τα ισχυρά διαλύματά του ελευθερώνουν αέριο ClO₂ στην ατμόσφαιρα. Γι' αυτό η παραγωγή του γίνεται στο σημείο εφαρμογής μέσω εξειδικευμένων αντιδραστήρων όπου το παράγουν από χλωριώδες νάτριο και υδροχλωρικό οξύ σύμφωνα με την παρακάτω αντίδραση:



Μειονεκτήματα, είναι το μεγάλο κόστος εγκατάστασης του εξοπλισμού, ο συνεχής έλεγχος του συστήματος και το ότι το ClO₂ δεν παρουσιάζει υπολειμματική δράση, αφού στην ουσία δεν χλωριώνει το νερό.

4.1.2.8 Υποχλωριώδες νάτριο

Το υποχλωριώδες νάτριο όταν διαλύεται στο νερό ελευθερώνει αργά χλώριο, οξυγόνο και καυστικό νάτριο.



Όταν το νερό αποστειρώνεται με χλώριο ή με υποχλωριώδες νάτριο, ασβέστιο ή μαγνήσιο πρέπει μετά την επεξεργασία να μένει μία υπολειμματικότητα 0,1mg/l τουλάχιστον, ενώ όταν αποστειρώνεται με διοξείδιο του χλωρίου υπολειμματικότητα 0,05mg/l. Σκοπός της υπολειμματικότητας είναι σε περίπτωση περιορισμένης επιμόλυνσης να εξασφαλίζεται απολυμαντική δράση. Επιπλέον, σε ανάλυση του νερού αν η υπόλειμματικότητα είναι χαμηλότερη, τότε καταλαβαίνουμε πως είχε συμβεί επιμόλυνση στο νερό. Σύμφωνα με τους περιορισμούς για το πόσιμο νερό μόνο τα επόμενα πρόσθετα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την απολύμανση του νερού:

Πίνακας 4.4 Πρόσθετα απολύμανσης πόσιμου νερού

Ουσία	Μέγιστη δόση mg/l	Υπολειμματικότητα mg/l
Ενώσεις Χλωρίου	1,2	0,3 Cl ₂
ClO₂	0.4	0,3 ClO ₂
Όζον	10	0,05 O ₃
Άργυρος	-	0,03 Ag

Πιο συνηθισμένη είναι η χρήση υποχλωριώδους νατρίου που δίνει ιόντα OCl⁻. Όταν χρησιμοποιείται νερό δικτύου η διαδικασία της επεξεργασίας είναι πολύ πιο απλή μιας και το νερό είναι ήδη επεξεργασμένο και θεωρητικά ικανοποιεί τις απαιτήσεις του πόσιμου νερού.

Το σύστημα του εργοστασίου μπορεί να είναι αρκετά πιο απλό, αποτελούμενο

από ένα μετρητή mV (ORP ή ion selective electrode) όπου μας πληροφορεί για τη συγκέντρωση του χλωρίου στο νερό. Εάν η συγκέντρωσή του πέσει κάτω από το ασφαλές όριο (πχ. τυχαία μείωση του υπολειμματικού χλωρίου, είσοδος βρόχινου νερού στη δεξαμενή), ένας συναγερμός πληροφορεί για τη μείωση της συγκεντρώσεως και ο χειριστής μπορεί να προσθέσει διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου στη δεξαμενή μέχρι την επιθυμητή συγκέντρωση.

Το νερό μπαίνοντας στον χώρο παραγωγής περνάει μέσα από ένα φίλτρο ενεργού άνθρακα (με τα αποτελέσματα που αναφέρονται παρακάτω) το οποίο κατακρατεί το ελεύθερο χλώριο, καθώς η παρουσία του μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα στην παραγωγική διαδικασία.

Στην έξοδο του φίλτρου υπάρχει ένας μετρητής όπου ελέγχει τη συγκέντρωση του χλωρίου. Αν αυτή υπερβεί το 0,03 ppm τότε χτυπάει ένας συναγερμός που ενημερώνει για την αύξηση της συγκέντρωσης στο νερό.

4.1.2.9 Φιλτράρισμα με ενεργό άνθρακα

Με το φιλτράρισμα του νερού με ενεργό άνθρακα αφαιρούνται τυχόν οργανικές ουσίες, ανεπιθύμητες γεύσεις και δυσάρεστες οσμές. Γι 'αυτό αποτελεί συνήθως το τελευταίο στάδιο της επεξεργασίας του νερού.

Ο ενεργός άνθρακας απομακρύνει το χλώριο από το επεξεργασμένο νερό, απομακρύνοντας έτσι την υπολειμματική του δράση, η οποία το προστατεύει από τυχόν επιμόλυνση. Γι 'αυτό το νερό πρέπει να χρησιμοποιείται γρήγορα ή να έχει μια συχνή ή συνεχή ροή. Η απομάκρυνση του χλωρίου πριν τη χρησιμοποίησή του στο ζυθοποιείο είναι αναγκαία ώστε να μην έχουμε ανεπιθύμητες οσμές στο προϊόν (οσμή πισίνας) και σχηματισμό ανεπιθύμητων ενώσεων στο γλεύκος. Το χλώριο αντιδρά με το γλεύκος και παράγονται χλωροφαινόλες που δίνουν μία "πλαστική" γεύση στην μπίρα[16].

Γενικά με το φίλτρο ενεργού άνθρακα επιτυγχάνεται απομάκρυνση:

- Οσμών και γεύσεων
- Χρωματισμών
- Φυτοφαρμάκων
- Αλογονιδίων
- Χλωρίου και των παραγώγων του

- Μικροοργανισμών

Οι επιμολυντές απορροφούνται και παραμένουν στην επιφάνεια του ενεργού άνθρακα. Πρόκειται για μια μέθοδο που συναντάται συχνά.

4.2 Σύσταση νερού ζυθοποίησης

Εκτός από τα νομικά και μικροβιακά κριτήρια μας ενδιαφέρουν σε μεγάλο βαθμό, τα τεχνολογικά χαρακτηριστικά του νερού μιας και τα ιόντα του επηρεάζουν το pH και κατ' επέκταση τις ενζυμικές και μη αντιδράσεις αλλά και τη γεύση και το χαρακτήρα του παραγόμενου προϊόντος.

Το νερό αποτελεί περίπου το 90% του όγκου της μπίρας οπότε δεν μπορούμε να αγνοήσουμε την επίδραση του στην παραγωγή. Τα ζυθοποιεία στο παρελθόν κατασκευάζονταν σε σημεία που είχαν πρόσβαση σε τρεχούμενο νερό για λόγους ψύξης και ενέργειας. Αυτό είχε αντίκτυπο στην ποιότητα και τα γευστικά χαρακτηριστικά της παραγόμενης μπίρας καθώς επίσης διαμόρφωσε τα χαρακτηριστικά στυλ κάποιων περιοχών λόγω της σύστασης του. Για παράδειγμα το σκληρό νερό που υπάρχει στο Μόναχο, το Λονδίνο και το Δουβλίνο οδήγησε στην παραγωγή σκούρας μπίρας (Porter, Stout, Dunkel) ώστε να εξισορροπηθεί η υψηλή περιεκτικότητα σε όξινα ανθρακικά ιόντα (HCO_3^-) με την σκούρα βύνη[17]. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι συστάσεις του νερού φημισμένων περιοχών:

Πίνακας 4.5 Σύσταση φημισμένων νερών

mg/L	Ασβέστιο	Μαγνήσιο	Νάτριο	Θειικό	Όξινο ανθρακικό	Χλώριο	pH
Pilsen	7	2	2	5	15	5	8
Dortmund	225	40	60	120	180	60	8
Munich	75	18	2	10	150	2	8
Vienna	200	60	8	125	120	12	8
Burton upon Trent	275	40	25	450	260	35	8
Dublin	120	5	12	55	125	20	8
Edinburgh	120	25	55	140	225	65	8
London	90	5	15	40	125	20	8
Yorkshire	105	17	23	66	153	30	8
Antwerp	90	11	37	84	76	57	8
Distilled water	0	0	0	0	0	0	7

(Greg Noonan's water workshop 1991; Promash; Beersmith)

- Για να αλλάξει το pH του πολτού
- Για να αναπαραχθεί ο τύπος ενός φημισμένου νερού
- Για να επιτύχουμε συγκεκριμένες γεύσεις στην μπύρα

Τα πιο κοινά ανόργανα άλατα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην ζυθοποίηση είναι:

- Θειικό ασβέστιο (CaSO_4)
- Θειικό μαγνήσιο (MgSO_4)
- Ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3)
- Χλωριούχο ασβέστιο (CaCl_2)
- Χλωριούχο νάτριο (NaCl)
- Διττανθρακικό Νάτριο (NaHCO_3)

4.2.1 Σημαντικά ιόντα στην ζυθοποίηση

4.2.1.1 Κατιόντα

Ασβέστιο (Ca^{2+})

Το ασβέστιο συμμετέχει στη μόνιμη σκληρότητα του νερού και είναι σημαντικό στις περισσότερες βιοχημικές αντιδράσεις, καθώς και:

- Αντιδρά με τα φωσφορικά ιόντα της βύνης και μειώνει το pH κατά την ανάμιξη και το βρασμό
- Σταθεροποιεί την Α-αμυλάση κατά την πολτοποίηση
- Προστατεύει τα ένζυμα από κροκίδωση και παρατείνει την δράση τους
- Βοηθά την συσσωμάτωση των ζυμών και τη διαύγαση της μπίρας
- Βοηθά στη κροκίδωση των πρωτεϊνών κατά το σχηματισμό του θερμού και ψυχρού θολώματος.
- Βοηθά στο σχηματισμό του ζυθόλιθου (beerstone) κατά την ζύμωση
- Προσθήκη ασβεστίου 100ppm μειώνει το pH κατά 0,4

Μαγνήσιο (Mg^{2+})

Συμμετέχει στη μόνιμη σκληρότητα του νερού και αποτελεί ζωτικό ιχνοστοιχείο[18]

- Μειώνει το pH όπως το ασβέστιο αλλά όχι το ίδιο αποτελεσματικά
- Τα άλατα του μαγνησίου είναι πιο διαλυτά από του ασβεστίου
- Είναι παράγοντας ανάπτυξης για τις ζύμες στα 10-20mg/l
- Σε συγκέντρωση πάνω από 30mg/l μπορεί να δώσει στην μπίρα μια οξεία ξινή/πικρή γεύση
- Συμμετέχει στην ισομερίωση των α-οξέων (απαιτείται παρουσία 30mg/L)

Νάτριο (Na^{2+})

Συμμετέχει στα γευστικά χαρακτηριστικά της μπίρας

- Τοξικό για τις ζύμες σε πολύ μεγάλες συγκεντρώσεις
- Δυσάρεστη τραχύτητα όταν συνδυάζεται με θειικό
- Δίνει μία αλμυρή γεύση σε λογικές συγκεντρώσεις, ενώ σε μικρές συγκεντρώσεις δίνει μία γλυκεία γεύση
- Η αναλογία χλωρίου/νατρίου στο νερό, επηρεάζει τη γεύση της μπίρας.

Αν η αναλογία είναι 1-2 τότε ενυσχύεται η γεύση της βύνης, αν είναι 0,5-1, τότε ενισχύεται η ξηρή και πιο πικρή γεύση.

4.2.1.2 Ανιόντα

Όξινο ανθρακικό (HCO_3^-) και ανθρακικό (CO_3^{2-})

Εμποδίζουν τη μείωση του pH. Είναι δύο φορές πιο αποτελεσματικά στο να αυξάνουν το pH από ότι είναι το ασβέστιο στο να το μειώνει

- Εξουδετερώνει τα οξέα στις σκούρες βύνες
- Πρέπει να είναι κάτω από 50mg/L (στο νερό) εκτός αν εξισορροπείται από ασβέστιο ή σκούρες βύνες

Χλώριο (Cl^-)

Το χλώριο αυξάνει τη στρογγυλάδα και δίνει μια μαλακιά γεύση στην μπύρα. Το χλώριο είναι διαφορετικό από το “χλώριο” στο νερό (HOCl) το οποίο προξενεί μια γεύση τύπου “πισίνας” ή μια πλαστική γεύση.

- Ενισχύει τη γλυκύτητα της μπύρας σε χαμηλές συγκεντρώσεις αλλά σε υψηλές εξασθενεί τη συσσωμάτωση των ζυμών
- Αυξάνει τη σταθερότητα και την διαύγαση της μπύρας
- Για ελαφριές μπύρες 1-100mg/l είναι σύνηθες αλλά μπορεί να φτάσει και μέχρι 350mg/l για μπύρες με πυκνότητα πάνω από 1.050 (12,3 Plato)
- Η αναλογία χλωρίου/νατρίου στο νερό, επηρεάζει τη γεύση της μπύρας.
Αν η αναλογία είναι 1-2 τότε ενισχύεται η γεύση της βύνης, αν είναι 0,5-1, τότε ενισχύεται η ξηρή και πιο πικρή γεύση.

Θεικά ιόντα (SO_4^{2-})

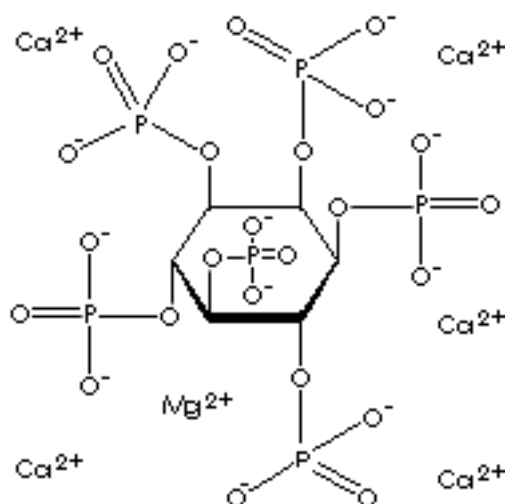
Τα θεικά ιόντα, δίνουν πιο ξηρές και πικρές γεύσεις στην μπύρα. Μπορεί να αποτελέσει πηγή SO_2 και H_2S που σχηματίζεται κατά την ζύμωση και μπορεί να δώσει στη μπύρα μια θειώδη γεύση[19].

- Τονίζει την πικράδα του λυκίσκου σε υψηλές συγκεντρώσεις. Είναι ενοχλητικά πικρό σε συγκεντρώσεις πάνω από 500mg/l.
- Σε μπύρες με μικρή προσθήκη λυκίσκου πρέπει να διατηρείται σε συγκεντρώσεις μικρότερες των 150mg/l
- Δυσάρεστη τραχύτητα όταν συνδυάζεται με νάτριο

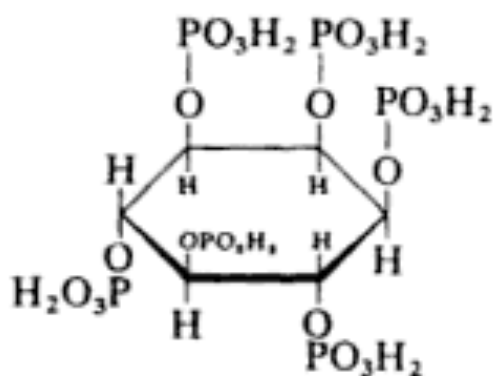
4.2.2 Σχέση φυτίνης, φωσφορικών, όξινων ανθρακικών ιόντων και ασβεστίου

Το νερό λόγω της ανθρακικής σκληρότητας μπορεί να αντιστέκεται στη μείωση του pH του (αλκαλικότητα). Τα ιόντα HCO_3^- αντιδρούν με τα H^+ αυξάνοντας το pH. Όταν η βύνη προστίθεται στο νερό ελευθερώνονται φωσφορικά ιόντα, τα οποία αντιδρούν με τα ιόντα Ca^{2+} και Mg^{2+} που περιέχει το νερό και ελευθερώνουν πρωτόνια τα οποία αντιδρούν με το όξινο ανθρακικό.

Το φυτικό οξύ (phytic acid) βρίσκεται σχεδόν σε όλα τα σιτηρά και τις ίνες των φυτών με τη μορφή αδιάλυτων αλάτων ασβεστίου και μαγνησίου που ονομάζεται φυτίνη. Αποτελεί περίπου το μισό από τα ενωμένα φωσφορικά της βύνης. Κατά την πολτοποίηση οι φωσφατάσες υδρολύουν το φυτικό οξύ σε ανόργανα φωσφορικά και κυρίως μονόξινο φωσφορικό κάλιο K_2HPO_4 (primary phosphates). Αυτό αυξάνει την ικανότητα του γλεύκους να αντιστέκεται στις μεταβολές του pH και μπορεί να επηρεάσει την μείωση του pH κατά τη ζύμωση[20].



Εικόνα 4.1 Μόριο φυτίνης

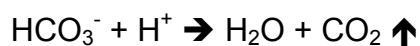


Εικόνα 4.2 Μόριο Φυτικού οξέος

Τα δισόξινα φωσφορικά ιόντα ελευθερώνουν H^+ στο γλεύκος:



Το HCO_3^- μειώνει την οξύτητα αφαιρώντας H^+ από το γλεύκος:



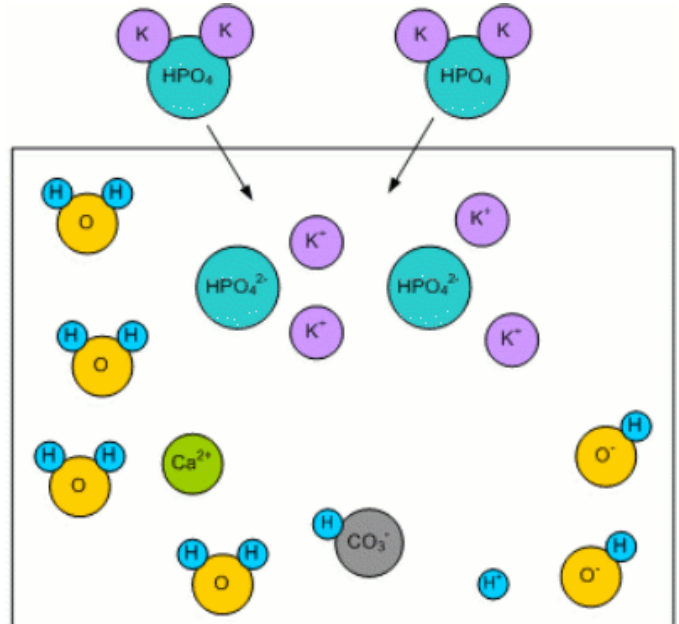
Το όξινο ανθρακικό ασβέστιο και μαγνήσιο αντιδρά με τα πρωτοταγή φωσφορικά ιόντα μετατρέποντάς τα σε δευτεροταγή. Για παράδειγμα με όξινο ανθρακικό ασβέστιο:



Με όξινο ανθρακικό μαγνήσιο:



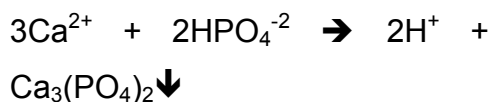
Έτσι κατά την ανάμιξη προσθέτοντας την αλεσμένη βύνη διαλύονται στο νερό φωσφορικά και κυρίως K_2HPO_4 [21]



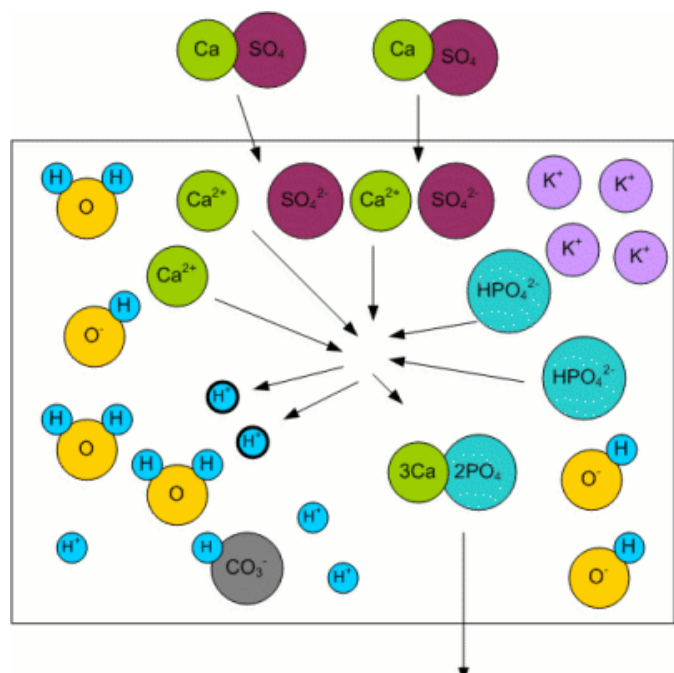
Εικόνα 4.3 Διάλυση φωσφορικών κατά την πολτοποίηση

Τα ιόντα ασβεστίου και μαγνησίου υποστηρίζουν την οξύτητα. Μάλιστα τα ιόντα ασβεστίου μπορούν να ελευθερώσουν πρωτόνια ακόμα και από ασθενή οργανικά οξέα που δεν είναι διαλυμένα (dissociated form) σχηματίζοντας αδιάλυτα άλατα[22].

Σύμφωνα με τον Kolbach τα φωσφορικά της βύνης αντιδρούν με τα ιόντα ασβεστίου και μαγνησίου ελευθερώνοντας 2H^+ .

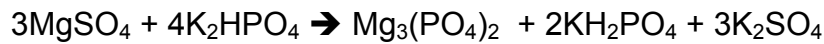


Έτσι ελευθερώνονται δύο H^+ και σχηματίζεται φωσφορικό ασβέστιο που είναι αδιάλυτο και



Εικόνα 4.4 Αντίδραση των φωσφορικών με ασβέστιο

καθιζάνει. Το ίδιο συμβαίνει και με τα ιόντα μαγνησίου, μόνο που το φωσφορικό μαγνήσιο είναι αδιάλυτο μόνο σε υψηλές θερμοκρασίες.



Τα δύο H^+ αντιδρούν με τα ιόντα HCO_3^- (σύμφωνα με τον προηγούμενο μηχανισμό) που είναι υπεύθυνα για την αλκαλικότητα μειώνοντάς την. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της αλκαλικότητας ή αλλιώς της ικανότητας του νερού να αντιστέκεται στη μείωση του pH (ρυθμιστική ικανότητα - buffering capacity). Εάν χρησιμοποιηθούν όλα τα όξινα ανθρακικά ιόντα, τότε το pH του βυνογλεύκου αρχίζει να μειώνεται λόγω της αύξησης των H^+ .

4.2.3 Σκληρότητα νερού

Σκληρότητα είναι το σύνολο των συγκεντρώσεων των ιόντων Ca^{2+} και Mg^{2+} εκφρασμένα ως ισοδύναμα CaCO_3 . Ο υπολογισμός της γίνεται με τον παρακάτω τύπο:

$$[\text{CaCO}_3] = 2,5 [\text{Ca}^{2+}] + 4,1 [\text{Mg}^{2+}]$$

Η σκληρότητα του νερού συχνά δεν εκφράζεται με μοριακές συγκεντρώσεις αλλά με διάφορες μονάδες όπως οι Γερμανικοί και οι Γαλλικοί βαθμοί. Στον επόμενο πίνακα δίνονται οι μετατροπές μεταξύ των διάφορων μονάδων.

Πίνακας 4.6 Μετατροπές μονάδων σκληρότητας νερού

	mmol/L	ppm, mg/L	dGH, °dH	gpg	°e, °Clark	°F
mmol/L	1	0.009991	0.1783	0.171	0.1424	0.09991
ppm, mg/L	100.1	1	17.85	17.12	14.25	10
dGH, °dH	5.608	0.05603	1	0.9591	0.7986	0.5603
gpg	5.847	0.05842	1.043	1	0.8327	0.5842
°e, °Clark	7.022	0.07016	1.252	1.201	1	0.7016
°F	10.01	0.1	1.785	1.712	1.425	1

Οι διάφορες μονάδες εκφράζουν ισοδύναμο μάζας οξειδίου του ασβεστίου (CaO) ή ανθρακικού ασβεστίου (CaCO₃) που όταν διαλυθούν σε αποσταγμένο νερό θα δώσουν την ίδια μοριακή συγκέντρωση ιόντων Mg²⁺ και Ca²⁺. Οι μονάδες είναι οι:

- Parts per million (ppm), 1 mg/L CaCO₃ ισοδύναμο με τους Αμερικάνικους βαθμούς.
- Grains per Gallon (gpg) ερμηνεύεται ως 1 grain (64.8 mg) CaCO₃ ανά γαλλόνι (U.S. gallon = 3.79 litres), ισοδύναμο με 17.118 ppm.
- 1 mmol/L είναι ίσο με 100.09 mg/L CaCO₃ ή 40.08 mg/L Ca²⁺.
- Degree of General Hardness (dGH) ή Γερμανικός βαθμός (°dH, deutsche Härte), ορίζεται ως 10 mg/L CaO ή 17.848 ppm.
- Ένας βαθμός Clark (°Clark) ή Αγγλικός βαθμός (°e or e) ορίζεται ως ένα grain (64.8 mg) CaCO₃ ανά Imperial gallon (4.55 litres) νερού, ισοδύναμο με 14.254 ppm.
- Ένας Γαλλικός βαθμός (°F or f) αντιστοιχεί σε 10 mg/L CaCO₃, ή 10 ppm.

4.2.3.1 Σκληρό-Μαλακό νερό

Το νερό αναλόγως της τιμής της σκληρότητας του, δηλαδή της συγκέντρωσης αλάτων που έχει, κατατάσσεται από μαλακό έως πολύ σκληρό. Τα όρια δίνονται στον επόμενο πίνακα:

Πίνακας 4.7 Ταξινόμηση του νερού βάσει της σκληρότητάς του

Κατηγοριοποίηση	Σκληρότητα σε mg/L	Σκληρότητα σε mmol/L	Σκληρότητα σε dGH/°dH	Σκληρότητα σε gr/g
Μαλακό	0–60	0–0.60	0.3–3.00	0–3.50
Μέτριο	61–120	0.61–1.20	3.72–6.75	3.56–7.01
Σκληρό	121–180	1.21–1.80	6.78–10.08	7.06–10.51
Πολύ Σκληρό	≥ 181	≥ 1.81	≥ 10.14	≥ 10.57

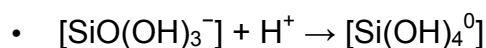
(United States Geological Survey)

4.2.4 Αλκαλικότητα

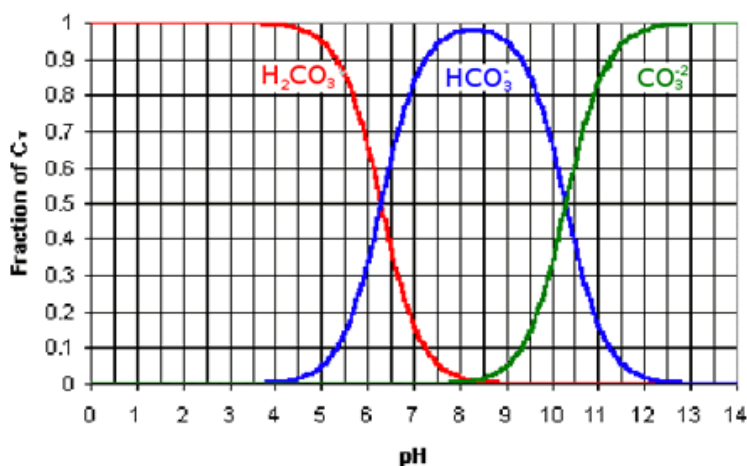
Η ιδιότητα του νερού να αντιστέκεται στη μείωση του pH του κατά την προσθήκη ενός οξέος, εξουδετερώνοντας το, ονομάζεται αλκαλικότητα.

Τα αλκαλικά ιόντα που περιέχει το νερό (CO_3^{2-} , HCO_3^- , OH^-) αντιδρούν με τα H^+ κρατώντας το pH του πρακτικά σταθερό. Η μέτρησή της γίνεται με τιτλοδότηση με ισχυρό οξύ (πχ. φωσφορικό οξύ) μέχρι pH 4,5 όπου όλες οι μορφές της αλκαλικότητας (CO_3^{2-} , HCO_3^- , OH^-) έχουν αντιδράσει. Οι αντιδράσεις όπου λαμβάνουν χώρα είναι οι εξής:

- $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{B(OH)}_4^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{B(OH)}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{OH}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O}$
- $\text{PO}_4^{3-} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{PO}_4^-$
- $\text{HPO}_4^{2-} + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{PO}_4^-$



Η αλκαλικότητα μετριέται σε ισοδύναμα mg/L CaCO_3 , δηλαδή αν οφειλόταν μόνο στο CaCO_3 (αντί το σύνολο των αλκαλικών ιόντων που αναφέρθηκε) πόσο θα ήταν αυτό.



Εικόνα 4.5 Μορφές του ανθρακικού ιόντος αναλόγως του pH

4.2.4.1 Υπολειμματική αλκαλικότητα - Λόγος RA (Residual Alkalinity)

Για να μπορέσει να συγκρίνει τα ιόντα που μειώνουν την οξύτητα με αυτά που την υποστηρίζουν ο Kolbach εισήγαγε τον όρο υπολειμματική αλκαλικότητα (Residual Alkalinity). Βρήκε ότι δεν αντιδρούν με τα φωσφορικά όλα τα ιόντα ασβεστίου και μαγνησίου. Τα 2 στα 7 ιόντα ασβεστίου και 1 στα 7 ιόντα μαγνησίου αντιδρούν με τα φωσφορικά.

Δηλαδή 3,5 μέρη ασβεστίου αντιδρούν με τις φωσφατάσες και ελευθερώνουν 1 μέρος ιόντων υδρογόνου που εξουδετερώνει 1 μέρος ανθρακικής σκληρότητας. Το μαγνήσιο χρειάζεται 7 μέρη για να εξουδετερώσει 1 μέρος ανθρακικής σκληρότητας.

Ο λόγος RA είναι μία έκφραση του τι απομένει από την ανθρακική σκληρότητα στο βυνογλεύκος αφού αντιδράσει το ασβέστιο και το μαγνήσιο με τα φωσφορικά του βυνογλεύκους που έχουν προέλθει από την φυτίνη της βύνης[23].

Αυτό μπορεί να εκφραστεί ως:

$$RA = alk - \frac{[\text{Ca}^{+2}] + 0,5[\text{Mn}^{+2}]}{3,5}$$

Η αλκαλικότητα (alkalinity) συμβολίζει τα όξινα ανθρακικά ιόντα που είναι εκφρασμένα ως ανθρακική σκληρότητα. Τα $[Ca^{+2}][Mg^{+2}]$ είναι τα ιόντα ασβεστίου και μαγνησίου εκφρασμένα ως σκληρότητα ασβεστίου και σκληρότητα μαγνησίου. Όσο υψηλότερη είναι η RA τόσο πιο αποτελεσματική είναι η ανθρακική σκληρότητα οπότε τόσο μεγαλύτερο είναι το pH που αναμένεται. Λόγος RA μηδέν σημαίνει ότι τα ιόντα που μειώνουν την οξύτητα με αυτά που την υποστηρίζουν αλληλοεξουδετερώνονται και το νερό αυτο συμπεριφέρεται σαν απεσταγμένο. Μία αύξηση του λόγου RA κατά 10° dH έχει ως αποτέλεσμα μία αύξηση του pH κατά 0,3[24].

Αυτό είχε μεγάλη σημασία σε ζυθοποιίες που εφαρμοζόταν ο νόμος της καθαρότητας (Reinheitsgebot) και η ρύθμιση του pH γινόταν με γαλακτικό οξύ μέσω βιολογικής όξυνσης. Η συγκέντρωση του γαλακτικού οξέος που παράγεται από γαλακτική οξίνιση της βύνης, είναι 1-1,2% οπότε η ποσότητες που χρειάζονται είναι μεγάλες. Για αυτό η σκληρότητα του νερού έπαιζε πολύ σημαντικό ρόλο[25].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 Υλικά και κόστος τους στην παραγωγή ζυθογλεύκους

Κατά την παραγωγή ζυθογλεύκους χρησιμοποιούνται τρία βασικά συστατικά της μπίρας: Νερό, βύνη και λυκίσκος

Εκτός αυτών όμως χρειάζονται και μια σειρά άλλων βοηθητικών υλικών που θα προστεθούν σε στάδια της παραγωγής ή που θα βοηθήσουν στον έλεγχο της. Τέτοια είναι το γαλακτικό οξύ ή το φωσφορικό οξύ, το CaCl_2 , κ.α., καθώς και καθαριστικά/απολυμαντικά.

Στο στάδιο της ανάμιξης η αλεσμένη βύνη προστίθεται στο δοχείο ανάμιξης αφού πρώτα αυτό έχει γεμίσει με μία ποσότητα νερού. Πριν έχει προστεθεί στο νερό μια συγκεκριμένη ποσότητα οξέως (γαλακτικού, φωσφορικού) για την ρύθμιση του pH του πολτού στην επιθυμητή τιμή καθώς και άλατα για την ρύθμιση του νερού όπως πχ. μία ποσότητα CaCl_2 για την βελτίωση της γεύσης της μπίρας και της θρέψης των ζυμών[26]. Κατά την διάρκεια του βρασμού γίνεται η προσθήκη του λυκίσκου και στο τέλος του διορθώνεται το pH στην επιθυμητή τιμή.

Αναλόγως τον τύπο της παραγόμενης μπίρας χρησιμοποιούνται διαφορετικά είδη βύνης και λυκίσκου. Οι τιμές των προϊόντων αυτών αλλάζουν πολύ από χρονιά σε χρονιά μιας και είναι προϊόντα πρωτογενούς παραγωγής (αγροτικά) με τιμές που διαμορφώνονται χρηματιστηριακά στις διεθνείς αγορές. Η τιμή που θα κλείσει ένα ζυθοποιείο εξαρτάται εκτός από την τρέχουσα αξία του προϊόντος (λόγω της σοδειάς) και από παράγοντες όπως ο προμηθευτής, το μέγεθος της παραγγελίας, ο διακανονισμός αποπληρωμής, η συσκευασία και ο τρόπος μεταφοράς, οι οποίοι μπορούν να φέρουν μεγάλη διαφορά στην τελική τιμή όπως φαίνεται παρακάτω.

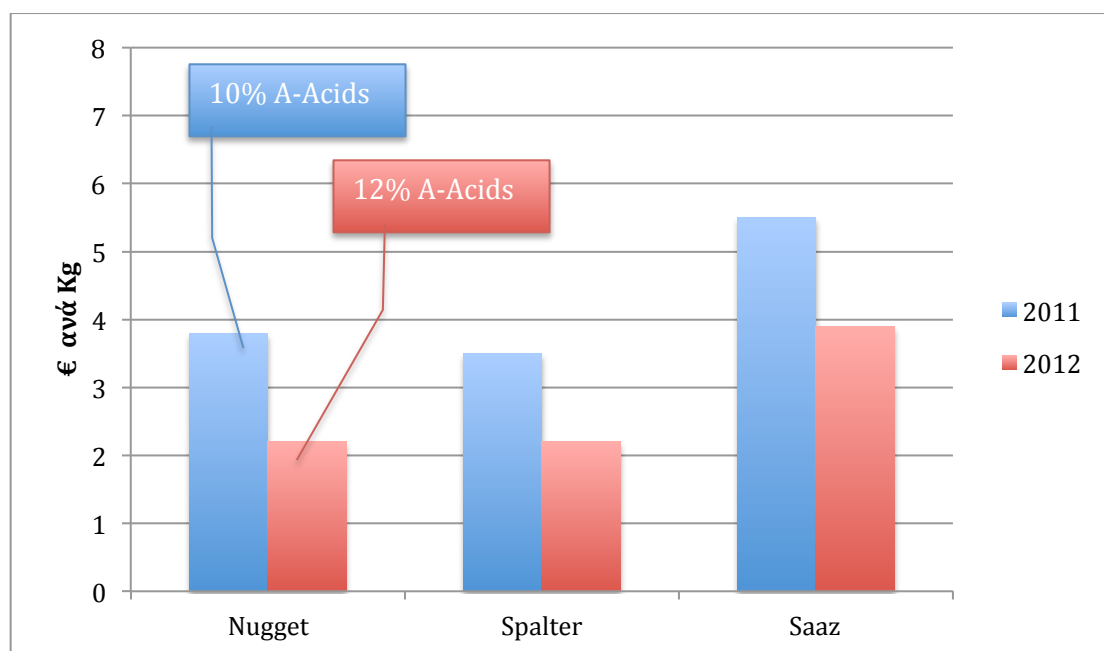
5.1 Λυκίσκος

Ο λυκίσκος είναι ένα πολυετές αναρριχώμενο φυτό που ανήκει στην οικογένεια των κανναβινοειδών. Τα άνθη του θηλυκού φυτού είναι αυτά που χρησιμοποιούνται στην ζυθοποίηση. Περιέχουν πικρές ρητίνες και αιθέρια

έλαια που προσδίδουν πικρή γεύση χαρακτηριστικό άρωμα και αντισηπτική δράση στην μπίρα[27].

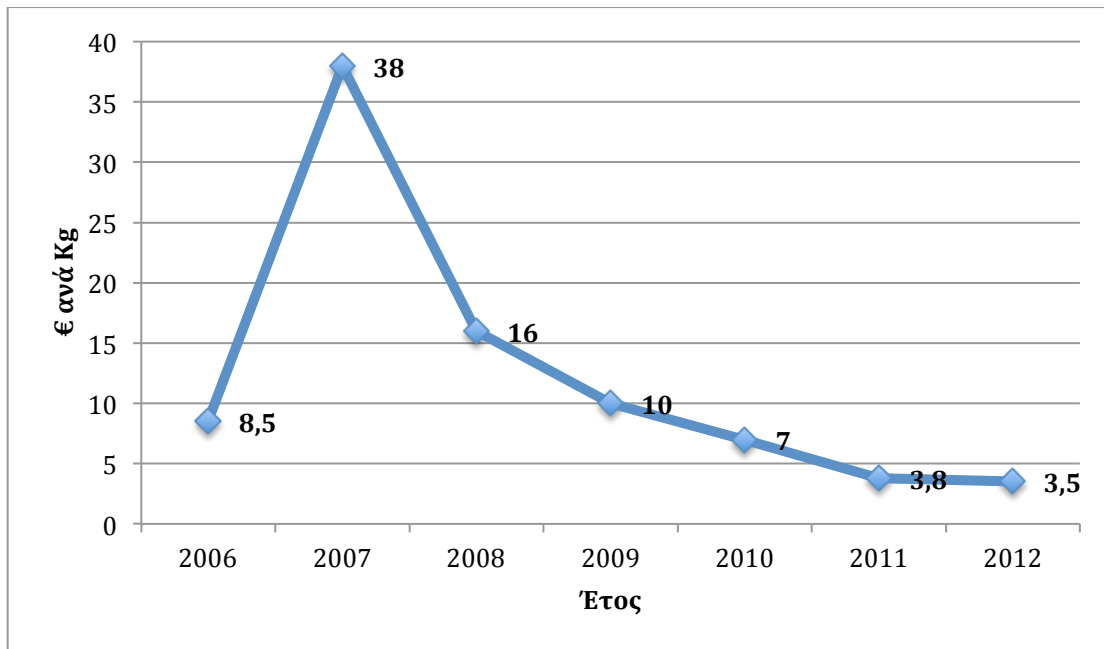
Για παράδειγμα στην περίπτωση του ζυθοποιείου Γ όπου υπάρχουν παλαιότερα δεδομένα για τις αγορές του την εξέλιξη των τιμών έχουμε:

- Η τιμή του λυκίσκου τύπου hallertau nugget το 2012 διαμορφώθηκε στα 2,2 € ενώ η τιμή του το 2011 ήταν 3,8 € και εκτός αυτού η περιεκτικότητα του σε Α οξέα είναι 12% έναντι 10% που ήταν το 2011.
- Ο λυκίσκος τύπου spalter το 2012 έχει 2,2 € ενώ το 2011 είχε 3,5 €.
- Ο λυκίσκος τύπου Czech saaz το 2012 έχει 3,9 € ενώ το 2011 είχε 5,5 €.



Σχήμα 5.1 Σύγκριση τιμής λυκίσκων Nugget, Spalter και Saaz κατά τα έτη 2011 και 2012

Παρακάτω φαίνεται η εξέλιξη της τιμής του λυκίσκου hallertau nugget σε μορφή pellet από το 2006 έως το 2012:

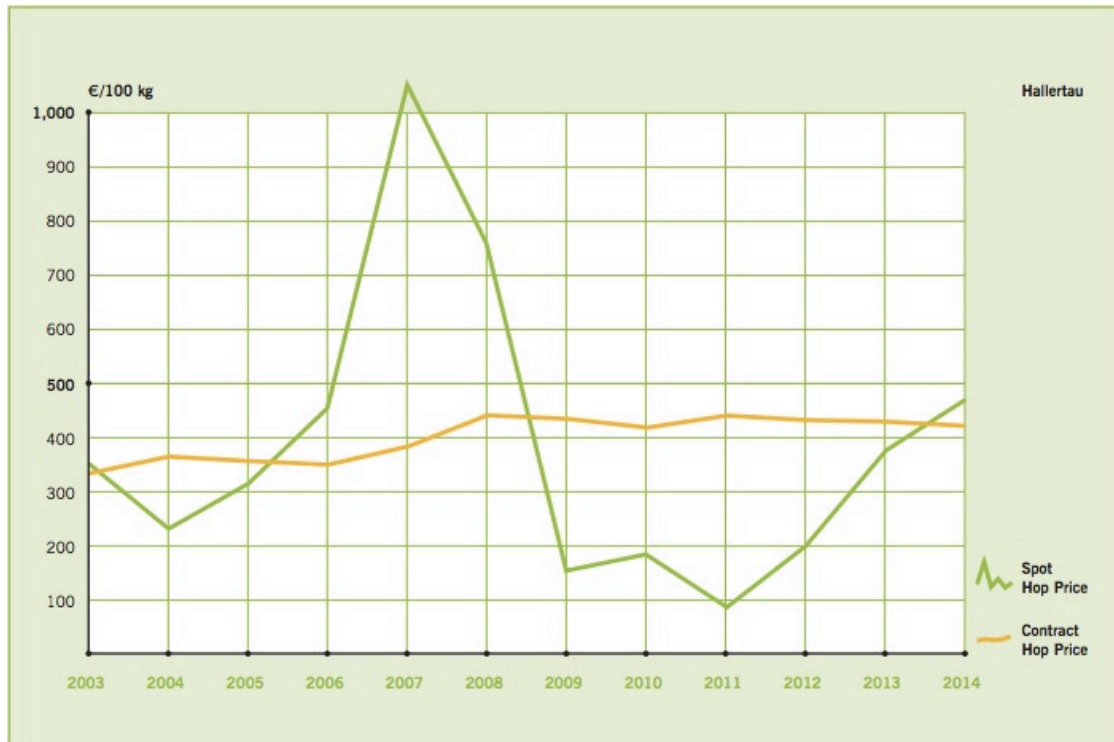


Σχήμα 5.2 Τιμή Hallertau Nugget 2006 - 2012

Τα μεγέθη είναι συγκρίσιμα γιατί πρόκειται για τιμές που διαμορφώθηκαν από παραγγελίες του ίδιου ζυθοποιείου στον ίδιο προμηθευτή και του ίδιου μεγέθους.

Μιας και η τιμή του λυκίσκου αλλάζει και είναι ένα προϊόν που μπορεί να αποθηκευτεί σε ψυχόμενο χώρο, ένα ζυθοποιείο αν έχει την οικονομική ευχέρεια μπορεί να προμηθευτεί μεγάλες ποσότητες που θα το καλύψουν για αρκετό χρόνο αν πετύχει μια καλή τιμή λυκίσκου.

Παρακάτω φαίνεται η εξέλιξη της τιμής του λυκίσκου Hallertau στην παγκόσμια αγορά από το 2003 μέχρι το 2014[28].



Σχήμα 5.3 Διακύμανση τιμής λυκίσκου Hallertau (Hopsteiner, 2015)

Παρατηρείται πως η τιμή του λυκίσκου στην παγκόσμια αγορά (σύμφωνα με τα δεδομένα της εταιρίας Hopsteiner) ακολουθεί περίπου την ίδια εξέλιξη με την τιμή που προαναφέρθηκαν.

Η διακύμανση της τιμής είναι μεγάλη, πράγμα το οποίο οφείλεται στην διαφορετική κάθε χρονιά σοδειά.

Παρατηρούμε πως το 2007 η τιμή αυξήθηκε υπερβολικά. Αυτό συνέβει διότι εκείνη την χρονιά η σοδειά στην Γερμανία την Τσεχία και άλλες ευρωπαϊκές χώρες ήταν μέτρια από πλευράς βάρους αλλά και περιεκτικότητας σε Α-οξέα. Στην Αμερική μία ξαφνική εξάπλωση ωιδίου λίγο πριν την συγκομιδή υποβάθμισε την ποιότητα και μείωσε το βάρος της σοδειάς. Στην Σλοβενία ένας τυφώνας κατέστρεψε ένα μεγάλο μέρος των καλλιεργούμενων εκτάσεων λίγο πριν τη συλλογή με σοβαρές οικονομικές συνέπειες που είχε ακόμα ως αποτέλεσμα να κηρύξει πτώχευση ένας μεγάλος διακινητής, με ακόμα μεγαλύτερες οικονομικές συνέπειες στην αγορά του λυκίσκου.

Όλα αυτά τα γεγονότα οδήγησαν στην φοβερή αυτή αύξηση της τιμής το 2007[29].

Στο σχήμα 5.3 παρατηρούμε δύο σειρές τιμών. Spot hop price και contract hop price. Η spot αναφέρεται στην τιμή που θα κλείσει ένα ζυθοποιείο αν κάνει μια παραγγελία σε έναν προμηθευτή την εκάστοτε χρονιά. Η contract αναφέρεται στη τιμή που έχουν κλείσει ζυθοποιεία τα οποία έχουν κάνει συμβόλαιο με τους προμηθευτές για μια συγκεκριμένη ποσότητα για κάποια σειρά ετών.

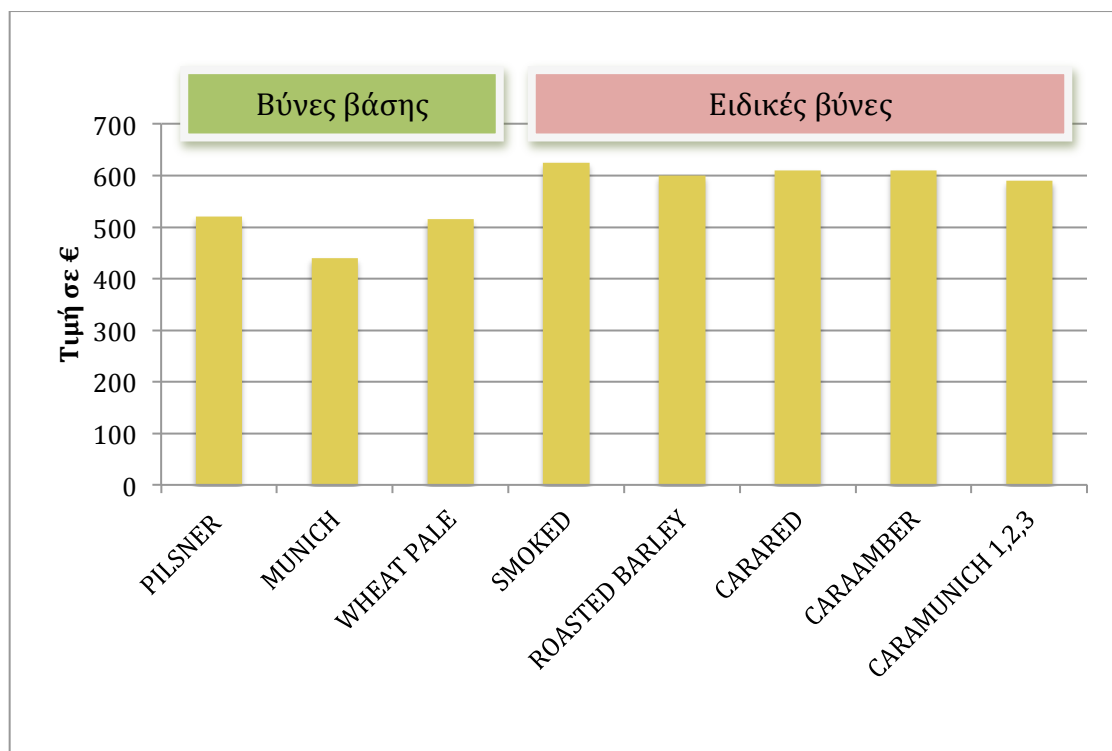
Αυτό παρέχει στα ζυθοποιεία την ασφάλεια του ότι εξασφαλίζουν την ποσότητα που θα χρειαστούν τα επόμενα χρόνια και είναι τα πρώτα που θα έχουν πρόσβαση στην νέα σοδειά (δηλαδή αν η εσοδεία δεν φτάνει να καλύψει όλα τα ζυθοποιεία, αυτά που έχουν συμβόλαιο θα εξυπηρετηθούν πρώτα).

Ακόμα διατηρούν την τιμή που κλείνουν σταθερή και δεν επηρεάζονται από τις διακυμάνσεις όπως στην περίπτωση των spot. Όμως βλέπουμε να μην το 2007 ήταν οι πολύ κερδισμένοι αλλά το 2009 και μετά που η τιμή του λυκίσκου έπεσε πάρα πολύ αυτά διατηρούσαν ακόμα την υψηλότερη τιμή του συμβολαίου τους[30].

5.2 Βύνη

Στην περίπτωση της βύνης συμβαίνει ότι και με τον λυκίσκο, η τιμή του ίδιου είδους από τον ίδιο προμηθευτή αλλάζει μέσα στον χρόνο. Υπάρχουν πολλά διαφορετικά είδη βύνης που μπορεί να προμηθευτεί και να χρησιμοποιήσει το ζυθοποιείο αναλόγως την μπίρα που θέλει να παράγει. Μπορούν να χωριστούν σε βύνες βάσης και ειδικές βύνες. Οι βύνες βάσης (Pilsner, Pale ale, Vienna, Munich, Wheat) έχουν υποστεί μικρότερη επεξεργασία σε σχέση με τις ειδικές βύνες και μπορούν να χρησιμοποιηθούν και μέχρι 100%[31] (εκτός του Wheat μέχρι περίπου 50%). Οι ειδικές βύνες είναι αυτές όπου θα προσδώσουν ιδιαίτερα χαρακτηριστικά σε μία μπίρα όπως αρώματα (καραμέλα, καφές, κόρα ψωμιού) και χρώμα (κόκκινο-ρουμπινί, κεχριμπαί, μαύρο). Η συμμετοχή κάθε ειδικής βύνης σπανίως ξεπερνάει το 20%[32].

Το κάθε είδος έχει υποστεί διαφορετική επεξεργασία και συνεπώς έχει διαφορετική τιμή. Στον παρακάτω διάγραμμα δίνονται οι τιμές ορισμένων ειδών βύνης από τον ίδιο προμηθευτή.



Σχήμα 5.4 Τιμή ενός τόνου βύνης σε €

Η τιμή όπως αναφέρθηκε εξαρτάται και από άλλους παράγοντες εκτός από την αξία του προϊόντος.

Παραδείγματος χάριν, για την βύνη τύπου Pilsner που προμηθεύτηκε το ζυθοποιείο Γ, τρεις διαφορετικοί προμηθευτές έδωσαν τιμές 520 €, 467 € και 477€ ανά τόνο.

- Ο πρώτος και ο τρίτος χρησιμοποιεί παλετόσακους του ενός τόνου ενώ ο δεύτερος σακιά των 50Kg.
- Η μεταφορά από τον πρώτο και τον τρίτο γίνονται οδικώς ενώ από τον δεύτερο με καράβι μέσα σε container.
- Η ποιότητα της βύνης του τρίτου δεν είναι τόσο καλή όσο των άλλων δύο.

Η μεταφορά οδικώς από την κεντρική Ευρώπη στοιχίζει περί τα 180 € ανά παλέτα και έχει χρόνο παράδοσης τέσσερις μέρες, ενώ με καράβι στοιχίζει 70 € ανά παλέτα αλλά έχει χρόνο παράδοσης είκοσι μέρες.

Όλα αυτά αντικατοπτρίζονται όπως φαίνεται στην τελική τιμή του προϊόντος.

Μπορούμε να πούμε ότι η τελική τιμή του προϊόντος διαμορφώνεται ως εξής:



Εικόνα 5.1 Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται το τελικό κόστος της βύνης

5.3 Προσθήκη χλωριούχου ασβεστίου

Το νόημα της προσθήκης αλάτων γενικά στο νερό πολτοποίησης είναι να ρυθμιστούν τα χαρακτηριστικά του τα οποία θα επηρεάσουν τόσο την ίδια την πολτοποίηση όσο και την τελική μπύρα που θα παραχθεί.

Πολλά μικροζυθοποιεία προσθέτουν χλωριούχο ασβέστιο στο νερό πολτοποίησης. Η χρήση του έγκειται στο ότι είναι επιθυμητή μία ποσότητα υπολειμματικής σκληρότητας (ιόντα Ca^{+2}) στο νερό της ζυθοποίησης διότι βοηθάει μετέπειτα στην στρογγυλάδα και την απαλότητα της γεύσης της μπύρας και στην κατακρήμνιση του οξαλικού μέσω του σχηματισμού ζυθόλιθου $\text{Ca}(\text{COO})_2$ κατά την ζύμωση. Αν τα ιόντα Ca^{+2} είναι αρκετά η κατακρήμνιση ολοκληρώνεται και αποφεύγεται η δημιουργία κρυστάλλων στο εφυαλωμένο προϊόν[20]. Επίσης σε νερό που δεν έχει υποστεί αποσκλήρυνση, το CaCl_2 βοηθά στον μηχανισμό μείωσης του pH μέσω της εξουδετέρωσης των ιόντων HCO_3^- που αυξάνουν το pH δεσμεύοντας ιόντα H^+ . Τα δε ιόντα Cl^- συμμετέχουν στη γεύση και το σώμα της μπύρας και βοηθούν τη δράση της α-αμυλάσης.

Σε περιπτώσεις όπως και αυτή, που το νερό δεν είναι σκληρό και γίνεται όξυνση του ζυθογλεύκους με οξύ, η χρήση του CaCl_2 γίνεται μόνο για την βελτίωση των γευστικών χαρακτηριστικών της μπύρας και το ζητούμενο είναι να έχουμε συγκέντρωση ιόντων Ca 50mg/L το λιγότερο.

Με το νερό δικτύου στους συνήθεις τύπους ξανθιάς μπύρας χρειαζόμαστε περίπου 1Kg CaCl_2 ανά τόνο βύνης.

Το κόστος του είναι περί τα 7 € τα 15Kg.

5.4 Όξυνση του ζυθογλεύκου

Το pH είναι ζωτικό για τις ενζυμικές αντιδράσεις. Για αυτό είναι αναγκαίο το pH του πολτού να ρυθμίζεται στο 5,5 – 5,6 στην αρχή της πολτοποίησης. Έτσι επιτυγχάνεται μείωση του χρόνου πολτοποίησης (λόγω της μεγαλύτερης δραστηριότητας των ενζύμων)[33].

Το pH του ζυθογλεύκου πριν το βρασμό είναι 5,8 – 5,9. Η ρύθμιση του στην αρχή του βρασμού στο 5,2 επιφέρει αρκετά θετικά αποτελέσματα όπως:

- Πιο γρήγορη διαύγαση, κροκίδωση πρωτεϊνών
- Μικρότερος σχηματισμός χρωστικών στο βρασμό
- Πιο διακριτή γεύση της πικράδας του λυκίσκου
- Πιο σύντομη ζύμωση και ωρίμανση της μπύρας
- Καλύτερη ποιότητα αφρού
- Καλύτερη γεύση της μπύρας

Η ρύθμιση μπορεί να επιτευχθεί με:

- Απομάκρυνση της ανθρακικής σκληρότητας του νερού που χρησιμοποιείται στην ζυθοποίηση
- Με βιολογική όξυνση (μέσω της παραγωγής γαλακτικού οξέος από τα γαλακτικά βακτήρια που βρίσκονται πάνω στην βύνη)
- Με την προσθήκη οξέος (φωσφορικού, γαλακτικού ή θειικού)

Για την επίτευξη των παραπάνω τιμών pH έχει παρατηρηθεί ότι δεν υπάρχει ανάγκη για προσθήκη σε σκουρόχρωμες μπύρες, οι οποίες λόγω των μελανοειδών που περιέχουν μειώνουν το pH, ενώ σε άλλες περιπτώσεις απαιτείται προσθήκη ακόμα και 1,5L φωσφορικού οξέος 85% ανά τόνο βύνης αναλόγως του RA του νερού και του pH που δίνει η βύνη.

Η τιμή του φωσφορικού είναι περί τα 1,75 € το κιλό. Ενώ η το γαλακτικό οξύ στοιχίζει 2,3 € το κιλό και χρειάζεται μεγαλύτερη ποσότητα σε σχέση με το φωσφορικό για να επιτευχθεί η ίδια ρύθμιση, μίας και το φωσφορικό είναι πιο ισχυρό από το γαλακτικό ($pK_a \text{ H}_3\text{PO}_4=2,148$ (1^η βαθμίδα) , $pK_a \text{ C}_3\text{H}_6\text{O}_3=3,86$).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 Καθαρισμοί

Καθαρισμός είναι η απομάκρυνση επιμολυσμένων και ανεπιθύμητων υπολειμμάτων από επιφάνειες (τοιχώματα δεξαμενών, εσωτερικό σωληνώσεων, δάπεδα) με τη βοήθεια χημικών, φυσικών μεθόδων και προϊόντων.

Οι καθαρισμοί αποτελούν ένα από τα πιο σημαντικά κομμάτια της λειτουργίας ενός ζυθοποιείου και είναι υψίστης σημασίας γιατί έχουν να κάνουν με την υγιεινή του ζυθοποιείου, την ποιότητα και την διάρκεια ζωής του παραγόμενου προϊόντος. Γι' αυτό πρέπει να είναι υψηλών προδιαγραφών και να γίνονται με μεγάλη προσοχή ώστε να διασφαλίζεται η παραγωγή ενός προϊόντος υψηλής ποιότητας για ανθρώπινη κατανάλωση.

Ο καθαρισμός μπορεί να γίνει χειροκίνητα ή αυτόματα, αναλόγως της εφαρμογής και της τεχνολογίας που διατίθεται. Στον χειροκίνητο καθαρισμό όμως (αποσυναρμολόγηση – καθαρισμός – συναρμολόγηση) για λόγους υγείας και ασφάλειας του χειριστή, μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο κρύα και όχι πολύ δραστικά χημικά διαλύματα και γι' αυτό πρέπει να δίνεται μεγάλη σημασία στην λεπτομέρεια για την επιτυχία του καθαρισμού.

Όμως πλέον, λόγω της εμπλοκής περίπλοκων μηχανημάτων στην παραγωγική διαδικασία και για να αποφευχθούν τα προηγούμενα προβλήματα, οι καθαρισμοί γίνονται αυτοματοποιημένα μέσω ενός συστήματος CIP.

6.1 Παράγοντες για τον σχεδιασμό ενός προγράμματος καθαρισμού.

Κατά το σχεδιασμό ενός προγράμματος καθαρισμών υπάρχουν αρκετοί παράμετροι που πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν για να έχουμε καθαρισμό σε αποδεκτά επίπεδα αλλά χωρίς φθορές και ζημιές στον εξοπλισμό που θα καθαριστεί.

- Οι διαφορετικές απαιτήσεις στον καθαρισμό που μπορεί να έχει το κάθε μηχάνημα
- Η συμβατότητα των υλικών κατασκευής με τα χημικά που είναι να

χρησιμοποιηθούν

- Περιορισμοί ως προς παραμέτρους όπως η θερμοκρασία, η πίεση και το κενό
- Τι βαθμός καθαρότητας επιδιώκεται
- Ποια είναι η σύσταση των υπολειμμάτων που πρόκειται να αφαιρεθούν

Ένα ζυθοποιείο περιέχει πολλά διαφορετικά μηχανήματα, αντλίες, εναλλάκτες πλακών, φίλτρα γης διατόμων, φίλτρα μεμβρανών, δεξαμενές, γεμιστικές μηχανές κ.α. Κάθε μηχανήμα από αυτά, λόγω της ιδιαίτερης κατασκευής του, θα έχει τις δικές του ανάγκες και θα παρουσιάζει τα δικά του προβλήματα στον καθαρισμό.

Πριν την επιλογή ενός χημικού καθαριστικού πρέπει να ελεγχθεί η συμβατότητά του με τα υλικά κατασκευής, όχι μόνο όμως με τα μεταλλικά μέρη (δηλαδή κυρίως τον χρωμονικελιωμένο χάλυβα V2A που συναντάται συνήθως στα ζυθοποιεία), αλλά και μέρη όπως φλάντζες και λαστιχένιοι σωλήνες.

Για παράδειγμα ο χρωμονικελιωμένος χάλυβας δεν είναι ανθεκτικός στο Cl⁻. Ειδικά αν υποχλωριώδες καθαριστικό αναμιχθεί με όξινο καθαριστικό τότε μπορεί να διαβρωθεί πολύ γρήγορα.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η αντοχή ορισμένων μετάλλων σε υδατικά διαλύματα 10% των παρακάτω χημικών[34]:

Πίνακας 6.1 Αντοχή μετάλλων σε υδατικά διαλύματα 10% διαφόρων χημικών ουσιών

	Υδροχλω ρικό οξύ	Νιτρικό οξύ	Φωσφο ρικό οξύ	Θειικό οξύ	Αμμωνία	Καυστική σόδα	Υποχλωριώ δες Νάτριο
Αλουμίνιο	-	-	+	-	++	-	-
Ορείχαλκος	-	-	-	-	-	++	-
Χαλκός	-	-	-	-	-	++	-
Χάλυβας	-	-	-	-	+++	++	-
Σίδηρος	-	+++	++	-	+++	++	-
Ανοξείδωτο Ατσάλι 304	-	+++	+++	-	+++	+++	-
Ανοξείδωτο Ατσάλι 316	-	+++	+++	-	+++	+++	-
- :Μη ικανοποιητική, + :Ικανοποιητική, ++ : Καλή, +++ :Εξαιρετική							

Οι λαστιχένιοι σωλήνες που χρησιμοποιούνται για συνδέσεις στο ζυθοποιείο αναλόγως του υλικού που είναι κατασκευασμένοι, δεν πρέπει να έρχονται σε επαφή με νιτρικό οξύ ή με ιόντα χαλκού γιατί αυτά οξειδώνουν το λάστιχο και επιφέρουν αλλαγές στη σύσταση του. Γι' αυτό δεν πρέπει να καθαρίζονται στο ίδιο κύκλωμα λαστιχένιοι σωλήνες μαζί με χάλκινα μηχανήματα ή σωληνώσεις[13].

Οι φλάντζες που βρίσκονται σε όλες τις ενώσεις του δικτύου σωληνώσεων του ζυθοποιείου λόγω του ότι δέχονται χημική, θερμική και μηχανική καταπόνηση είναι συνήθως κατασκευασμένες από EPDM, αλλά μπορούν να είναι φτιαγμένες από πολλά διαφορετικά ελαστικά υλικά που διαφέρουν κατά πολύ ως προς τις ιδιότητες τους.

Παρακάτω παρατίθεται πίνακας με τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα πολυμερή[13]:

Πίνακας 6.2 Πιο συχνά χρησιμοποιούμενα πολυμερή

Συνθετικά υλικά	ελαστικά	Ονομασία ISO R1629	Εμπορική ονομασία
Acrylonitrile-butadiene rubber		NBR	Peruban
Chlorobutadiene rubber		CR	Neoprene
Vinylidene fluoride rubber		FPM	Viton
Ethylene propylene copolymers		EPDM	Buna AP
Vinyl-methyl-polysiloxane		MPQ	Silicon rubber
Θερμοπλαστικά υλικά			
Polytetrafluoroethylene		PTFE	Teflon
Polyvinyl Chloride		PVC	
Polyamide		PA	Nylon

Οι φλάντζες δέχονται σημαντική χημική καταπόνηση, στον επόμενο πίνακα παρουσιάζεται η καταλληλότητα των υλικών για διάφορα χημικά καθαριστικά και απολυμαντικά διαλύματα.

Πίνακας 6.3 Κατάλληλα υλικά φλαντζών σε σχέση με την αντοχή στα χημικά (Kunze, 1999)

Χημικό	Συγκέντρωση	Θερμοκρασία	Κατάλληλο υλικό φλάντζας
Καυστικό αλκαλικό	1,5% - 4%	Μέχρι 140°C	EPDM
Καυστικό αλκαλικό με ενεργό χλώριο	2,5% - 5%	Μέχρι 70°C	NBR, EPDM
Φωσφορικό οξύ	2,5% - 5%	Μέχρι 90°C	NBR, EPDM
Νιτρικό οξύ	2,5% - 5%	Μέχρι 50°C	EPDM
Νιτρικό οξύ	2,5%	Μέχρι 90°C	EPDM (μερικώς)
Νιτρικό οξύ	5%	Μέχρι 90°C	-
Ενεργό χλώριο	0,5%	Μέχρι 60°C	NBR, CR, EPDM
Υπεροξειδίο του υδρογόνου	0,2 – 1%	Μέχρι 90°C	NBR, EPDM

Πρέπει να δοθεί σημασία στις ανοχές των μηχανημάτων σχετικά με την θερμοκρασία, την πίεση και το κενό. Για παράδειγμα κατά τον καθαρισμό δεξαμενών πρέπει να αποφεύγεται η δημιουργία υποπίεσης γιατί αυτό μπορεί να “τσαλακώσει”, να συνθλίψει δηλαδή τη δεξαμενή. Υποπίεση μπορεί να δημιουργηθεί από απότομη θερμοκρασιακή αλλαγή ή από πολύ γρήγορη άντληση. Γι’ αυτό οι δεξαμενές συνήθως είναι εξοπλισμένες με μία βαλβίδα “vacuum relief” ώστε να αποφεύγεται το κενό. Παράβλεψη των παραγόντων αυτών μπορεί να οδηγήσει σε μικρο-φθορές μέχρι ανεπανόρθωτες ζημιές (πχ. ρήγμα στον μανδύα μιας δεξαμενής). Δεξαμενές ζύμωσης και αποθήκευσης καθαρίζονται με κρύο CIP, ενώ ζυθοβραστήρια, εναλλάκτες πλακών και σωληνώσεις καθαρίζονται με ζεστό CIP.

Αναλόγως του επιπέδου καθαρότητας που επιδιώκεται η διαδικασία και τα χημικά που εμπλέκονται αλλάζουν. Τα επίπεδα καθαρότητας μπορούν να οριστούν ως εξής[35]:

- Οπτικός καθαρός: Κύριος σκοπός είναι το αισθητικό αποτέλεσμα. Η επιφάνεια δείχνει καθαρή αλλά υπολείμματα χημικών έχουν παραμείνει σε αυτή, συχνά σκόπιμα ώστε να επιτευχθεί κάποιο αποτέλεσμα ή να παραμένει κάποια υπολειμματική δράση. Απευθύνεται κυρίως σε καθαρισμούς χώρων και εξωτερικών επιφανειών.
- Χημικός καθαρός: Η επιφάνεια καθίσταται απαλλαγμένη από κάθε είδους χημικά υπολείμματα
- Μικροβιολογικός καθαρός: Η επιφάνεια καθίσταται απαλλαγμένη μικροοργανισμών ή εντός αποδεκτών ορίων αναλόγως της εφαρμογής. Μέσω θερμικής επεξεργασίας η επιφάνεια μπορεί να αποστειρωθεί (φίλτρα, παστεριωτές) ή μέσω απολύμανσης το πλήθος των μικροοργανισμών μειώνεται σε αποδεκτά επίπεδα υγιεινής(CCT και BBT).

Υπόλειμμα μπορεί να θεωρηθεί "οποιοδήποτε υλικό το οποίο δεν βρίσκεται στην θέση του". Συνήθως πρόκειται για κατάλοιπα μπίρας και άλατα νερού. Η φύση των υπολειμμάτων θα καθορίσει την επιλογή του κατάλληλου καθαριστικού για την απομάκρυνσή τους.

Μπορούν να χωρισθούν σε δύο βασικές κατηγορίες: τα διαλυτά και τα αδιάλυτα στο νερό.

Τα διαλυτά όπως σάκχαρα και άλατα αντιμετωπίζονται εύκολα, και σπάνια παρουσιάζουν δυσκολίες.

Τα αδιάλυτα είναι αυτά που προξενούν δυσκολίες στην αφαίρεση τους και χωρίζονται σε οργανικά και ανόργανα:

- Οργανικά υπολείμματα είναι αυτά που προέρχονται από ζωντανή ύλη (ζωική ή φυτική), όπως λίπη, έλαια, πρωτεΐνες, υδρογονάνθρακες.

- Ανόργανα υπολείμματα είναι αυτά που προέρχονται από τον φλοιό της γης, όπως τα άλατα του νερού.

6.2 Μηχανισμός του καθαρισμού

Κατά την διάρκεια ενός κύκλου καθαρισμού εφαρμόζεται στα υπολείμματα ενέργεια στις τρεις εξής βασικές μορφές[35]:

- Κινητική ενέργεια
- Θερμική ενέργεια
- Χημική ενέργεια

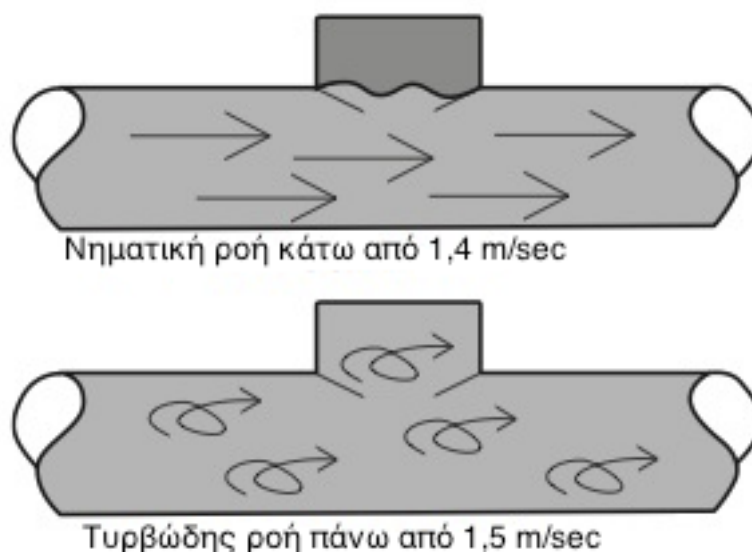
Παράγοντες και τρόπος που επηρεάζουν το σύστημα καθαρισμού φαίνονται στο παρακάτω σχεδιάγραμμα:



Σχήμα 6.1 Παράγοντες που επηρεάζουν τον καθαρισμό

Μηχανική είναι οι φυσικές συνθήκες που χρειάζονται για τον καθαρισμό. Πίεση (3-5 bar), παροχή όγκου και ταχύτητα ροής (3-4m/s)[1]. Για παράδειγμα στον καθαρισμό σωληνώσεων ή κλειστών κυκλωμάτων επιτυχή καθαρισμό έχουμε όταν έχουμε τυρβώδη ροή. Η αλλαγή από στρωτή σε τυρβώδη, συμβαίνει σε συγκεκριμένη παροχή αναλόγως της διαμέτρου της

σωλήνωσης, του ιξώδους και της θερμοκρασίας του διαλύματος. Από βιβλιογραφία η αλλαγή σε τυρβώδη ροή στις σωληνώσεις γίνεται στα 1,5m/s όπως φαίνεται στην εικόνα 6.1 .



Εικόνα 6.1 Νηματική και τυρβώδης ροή στις σωληνώσεις

Η θερμοκρασία του καθαρισμού εξαρτάται από τη σύσταση του χημικού καθαριστικού, τη φύση των προς απομάκρυνση υπολειμμάτων και όπως αναφέρθηκε προηγουμένως κυρίως από τις ανοχές των προς καθαρισμό μηχανημάτων.

Κυρίως, οι συνήθεις θερμοκρασίες καθαρισμού που εφαρμόζονται είναι:

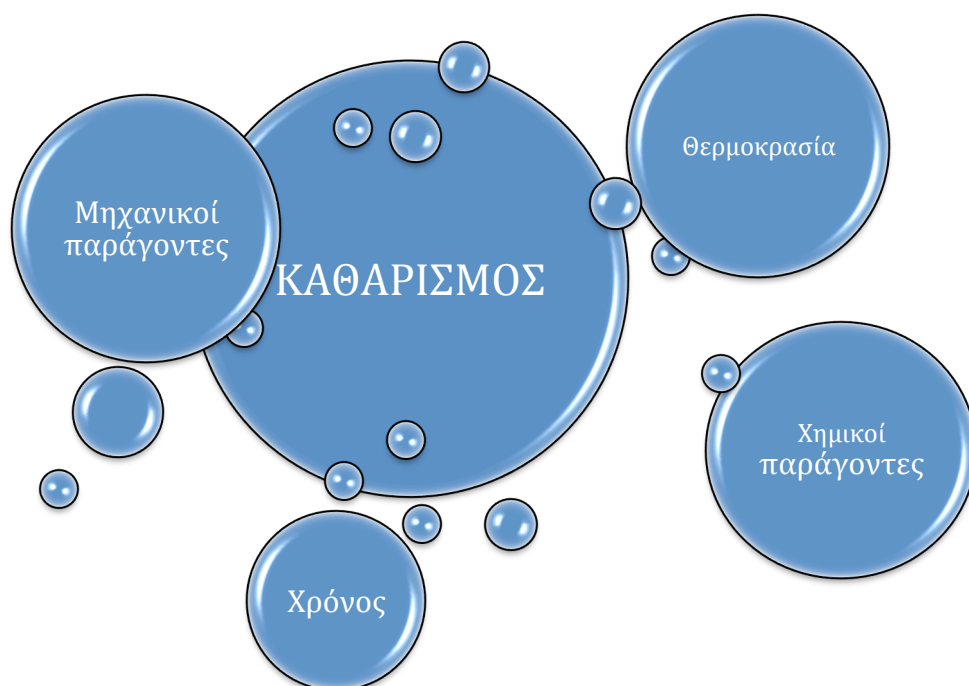
Πίνακας 6.4 Ιδανικές θερμοκρασίες καθαρισμού μηχανημάτων

Δεξαμενές ζύμωσης, αποθήκευσης και διαυγασμένης μπίρας	έως 40°C
Ζυθοβραστήρια, διηθητήρες, ψύκτες γλεύκους, σωληνώσεις	60-90°C

Αύξηση της θερμοκρασίας επιφέρει αύξηση του ρυθμού των χημικών αντιδράσεων και συνεπώς της ποιότητας του καθαρισμού. Αύξηση 10°C αυξάνει τον ρυθμό 1,5-2 φορές[35]. Όμως επειδή ο περισσότεροι καθαρισμοί γίνονται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος χρησιμοποιούνται υψηλότερες συγκεντρώσεις χημικών. Αλκαλικός καθαρισμός γίνεται με διάλυμα καυστικής σόδας 2-3%, σε σχέση με αυτούς στην βιομηχανία γάλακτος (1% καυστική

σόδα).

Η θερμοκρασία, ο χρόνος, οι μηχανικοί και οι χημικοί παράγοντες είναι ζωτικοί για τον καθαρισμό. Εντός ορίων, έλλειψη του ενός μπορεί να αντισταθμιστεί με την αύξηση ενός άλλου. Για παράδειγμα χαμηλή θερμοκρασία καθαρισμού μπορεί να αντισταθμιστεί με υψηλότερη συγκέντρωση χημικών (βάσει της αντοχής των υλικών) και ή υψηλότερη ταχύτητα ροής. Καθώς και χαμηλή συγκέντρωση χημικού με αύξηση του χρόνου εφαρμογής.



Εικόνα 6.2 Εξάρτηση της ποιότητας του καθαρισμού

6.3 Καθαριστικά

Η επιλογή του κατάλληλου χημικού καθαριστικού είναι ένας από τους καθοριστικούς παράγοντες για την διαμόρφωση και επιτυχία ενός προγράμματος καθαρισμού. Γι' αυτό ένα "κατάλληλο" καθαριστικό πρέπει να έχει τις εξής ιδιότητες:

- Γρήγορη και πλήρη διαλυτότητα στο νερό
- Να μην αντιδρά με τα άλατα του νερού
- Υψηλή διαβροχή και εισχώρηση στο στρώμα των υπολειμμάτων

- Να μην αφρίζει
- Να ξεπλένεται εύκολα
- Να μην μεταφέρει τα υπολείμματα σε άλλα σημεία, αλλά να τα ενσωματώνει και να τα απομακρύνει
- Να εξακολουθεί να έχει καλή καθαριστική δύναμη καθώς ενσωματώνει τα υπολείμματα που απομακρύνει
- Αποτελεσματικό σε χαμηλές θερμοκρασίες

Καθώς και:

- Χαμηλό κόστος
- Χαμηλή επιμόλυνση των λυμάτων
- Συμβατότητα με τα υλικά του εξοπλισμού που θα καθαριστεί

Όλες οι παραπάνω ιδιότητες δεν γίνεται να υπάρχουν σε ένα καθαριστικό που αποτελείται από ένα μόνο χημικό. Γι' αυτό τα καθαριστικά είναι σύνθεση περισσοτέρων χημικών ουσιών. Αποτελούνται από μία ουσία βάσης (carrier) όπως η καυστική σόδα (αλκαλικά καθαριστικά) ή το φωσφορικό οξύ (όξινα καθαριστικά), καθώς και από διάφορα πρόσθετα (active agents) όπως σταθεροποιητικά, αντιαφριστικά.

Με βάση το pH τα καθαριστικά μπορούν να χωρισθούν σε τρεις κατηγορίες: Ουδέτερα, αλκαλικά και όξινα. Τα ουδέτερα χρησιμοποιούνται όταν είναι να απομακρυνθούν ευδιάλυτα στο νερό υπολείμματα, τα αλκαλικά για την απομάκρυνση οργανικών υπολειμμάτων και τα όξινα για την απομάκρυνση ανόργανων αλάτων που είναι ελάχιστα διαλυτά στο νερό.

6.3.1 Αλκαλικά καθαριστικά

Η καυστική σόδα αποτελεί το κύριο και πιο συχνά χρησιμοποιούμενο συστατικό των αλκαλικών καθαριστικών, ειδικά αυτών για χρήση σε συστήματα CIP. Έχει χαμηλό κόστος και είναι εξαιρετική στην αφαίρεση πρωτεϊνικών υπολειμμάτων και λιπών μέσω σαπωνοποίησης γι' αυτό χρησιμοποιείται σε πολλές εφαρμογές καθαρισμού στη ζυθοποιεία.

Έχει όμως πολλά μειονεκτήματα όπως:

- Δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε χειροκίνητο καθαρισμό γιατί είναι πολύ διαβρωτική στο δέρμα
- Διαβρώνει το αλουμίνιο
- Δεν έχει ιδιότητες διασκόρπισης και διαχώρισης (dispersion, sequestration)
- Προκαλεί άλατα ασβεστίου και μαγνησίου αν διαλυθεί σε σκληρό νερό
- Δεν ξεπλένεται εύκολα
- Αφρίζει σε υψηλή πίεση (χρήση σε CIP)
- Αντιδρά με το CO₂ και χάνει την καθαριστική δράση της

Για να ξεπεραστούν τα παραπάνω προβλήματα, διάφορα χημικά βελτιωτικά προστίθενται στα διαλύματα καυστικής σόδας, όπως χημικά που μειώνουν τη επιφανειακή τάση του νερού, τα επιφανειοδραστικά (surfactants).

Το μόριο τους αποτελείται από ένα υδρόφιλο και ένα υδρόφοβο τμήμα και έχουν πολλά θετικά αποτελέσματα.

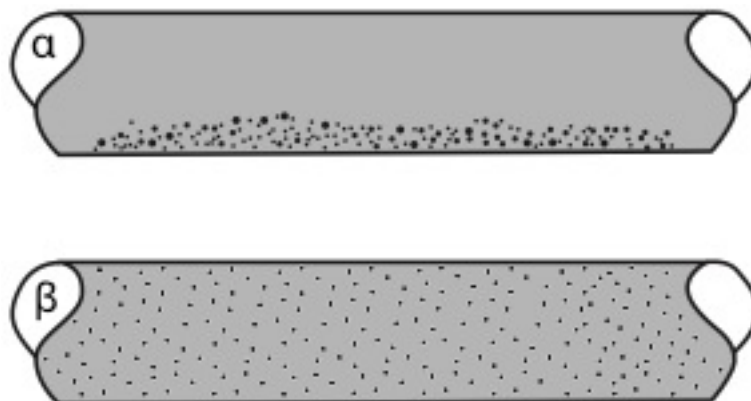
Μέσω της μείωσης της επιφανειακής τάσης το νερό μπορεί να περάσει σε κενά και σχισμές αυξάνοντας έτσι την διαβροχή (wetting) του στρώματος των υπολειμμάτων και ως αποτέλεσμα η καυστική σόδα εισχωρεί (penetrating) καλύτερα στα υπολείμματα αυξάνοντας έτσι την καθαριστική της δράση.

Μετατρέπουν τα αδιάλυτα στο νερό λίπη και έλαια σε διαλυτά, βοηθώντας στον καθαρισμό τους και στην σταθεροποίηση του διαλύματος τους. Το υδρόφοβο τμήμα του μορίου τους διαλύεται στην λιπαρή ουσία αποκολλώντας την από την επιφάνεια που βρίσκεται και το υδρόφιλο τμήμα την κάνει διαλυτή στο νερό. Έτσι δρουν ως γαλακτοποιητές (emulsifiers) σταθεροποιώντας τα συστήματα νερού –ελαίου μην αφήνοντας το έλαιο να διαχωριστεί πια από το διάλυμα.

Ακόμα μέσω της μείωσης της επιφανειακής τάσης έχουμε ευκολότερο ξέπλυμα και μείωση του αφρισμού (αντιαφριστικά, defoamers).

Μία άλλη κατηγορία είναι οι διασκορπιστές (dispersion agents) όπου διατηρούν τα μικρά σωματίδια των υπολειμμάτων εν αιωρήσει μην αφήνοντάς τα να συσσωματωθούν και να καθιζάνουν. Έτσι τα υπολείμματα μένουν δεσμευμένα μέσα στο καθαριστικό διάλυμα και απομακρύνονται αντί να

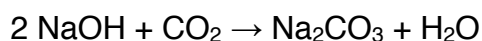
τοποθετούνται σε άλλα σημεία του εξοπλισμού που καθαρίζεται. Το αποτέλεσμα της χρήσης τους φαίνεται στην εικόνα 6.3 .



Εικόνα 6.3 Αποτέλεσμα της χρήσης διασκορπιστών στο χημικό καθαριστικό

Στο α χωρίς την χρήση διασκορπιστών τα υπολείμματα που μόλις αφαιρέθηκαν καθιζάνουν στον εξοπλισμό, ενώ στο β με την χρήση διασκορπιστών τα υπολείμματα διατηρούνται εν αιωρήσει.

Κατά τον αλκαλικό καθαρισμό πρέπει να δωθεί σημασία στο αν περιέχεται CO₂ στον εξοπλισμό που πρόκειται να καθαριστεί. Όπως αναφέρθηκε, η καυστική σόδα αντιδρά με το CO₂ και δίνει ανθρακικό νάτριο :



Εάν είναι δυνατό ο εξοπλισμός μπορεί να αφεθεί να αεριστεί, όπως στην περίπτωση των CCT όπου μετά το άδειασμά τους αφήνονται με ανοιχτές τις βάνες τους ώστε το CO₂ μιας και είναι βαρύ να διαφύγει από την ολική βάνα στον πυθμένα της δεξαμενής.

Στις δεξαμενές διαυγασμένης μπύρας (BBT) μιας και η μπύρα που γεμίζεται η δεξαμενή είναι φιλτραρισμένη δεν υπάρχουν οργανικά υπολείμματα οπότε γίνεται κατευθείαν όξινος καθαρισμός, όπως θα δούμε στην συνέχεια, παρουσία του CO₂. Έτσι αποφεύγεται ο αερισμός της δεξαμενής αλλά και το σοβαρό πρόβλημα απομάκρυνσης του αέρα μετά τον καθαρισμό είτε με πλήρωσή της με νερό (αν ο όγκος της το επιτρέπει) ή με διαδοχικές πληρώσεις - εκτονώσεις CO₂.

6.3.2 Όξινα καθαριστικά

Τα περισσότερα όξινα καθαριστικά βασίζονται στο φωσφορικό οξύ μιας και παρουσιάζει υψηλή καθαριστική ισχύ. Μίγματα οξέων χρησιμοποιούνται συχνά για καλύτερη αντιμετώπιση των ανόργανων υπολειμμάτων.

Για την βελτιστοποίηση της δράσης τους χρησιμοποιούνται πρόσθετα όπως απομονωτές ή συμπλοκοποιητές (sequestrants). Αυτά εμποδίζουν τη δημιουργία και καθίζηση των αλάτων του νερού δημιουργώντας σύμπλοκο με τα ιόντα ασβεστίου και μαγνησίου με αποτέλεσμα να έχουμε μόνο διαλυτές μορφές[36]. Επίσης συμμετέχουν στον καθαρισμό αποσπώντας μεταλλικά ιόντα από τα αδιάλυτα άλατα δημιουργώντας διαλυτές μορφές[37].

Μία ακόμα κατηγορία είναι τα φωσφονικά που ανήκουν στους διασκορπιστές. Εμποδίζουν την ανάπτυξη των κρυστάλλων σκληρότητας του νερού[38], δεν λειτουργούν στοιχειομετρικά όπως οι απομονωτές και έτσι χρειάζονται πολύ λιγότερες ποσότητες σε σχέση με τα μεταλλικά ιόντα του διαλύματος. Γι' αυτό το λόγο μικρά ποσά αυτών παραμένουν μετά την απομάκρυνση του καθαριστικού και διασφαλίζουν την επιβράδυνση της δημιουργίας αλάτων από το νερό κατά το ξέπλυμα.

6.3.3 Απολυμαντικά

Τα απολυμαντικά είναι μια ειδική κατηγορία καθαριστικών που έχουν την ιδιότητα να σκοτώνουν και να απομακρύνουν μικροοργανισμούς. Η χρήση τους είναι απαραίτητη για να μπορεί ο εξοπλισμός που έρχεται σε επαφή με το προϊόν να είναι μικροβιακά καθαρός και το προϊόν να μην κινδυνεύει από επιμολύνσεις.

Αποτελεσματική απολύμανση έχουμε όταν το απολυμαντικό χρησιμοποιείται σε μία επιφάνεια που έχει προηγουμένως καθαριστεί (μέσω αλκαλικού – όξινου καθαρισμού). Αν υπάρχουν οργανικά υπολείμματα μειώνουν τη δράση του στους μικροοργανισμούς ή το απολυμαντικό αντιδρά με αυτά και έτσι μειώνεται η συγκέντρωση που είναι διαθέσιμη για να σκοτώσει τους μικροοργανισμούς.

Ένα απολυμαντικό θα πρέπει να έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Να έχει μεγάλο εύρος μικροβιακής δράσης
- Αποδοτικό σε χαμηλές θερμοκρασίες και συγκεντρώσεις

- Να μην είναι διαβρωτικό με τα υλικά που έρχεται σε επαφή
- Να μειώνει την επιφανειακή τάση ώστε να έχει καλή διαβροχή και εισχώρηση
- Να αποδυναμώνεται όσο το δυνατό λιγότερο από την παρουσία οργανικών υπολειμμάτων
- Να ξεπλένεται εύκολα
- Φιλικό προς το περιβάλλον
- Σταθερότητα κατά την αποθήκευση
- Οικονομικό

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των κυριότερων απολυμαντικών, καθώς και η επίδρασή τους στους διάφορους μικροοργανισμούς[39]:

Πίνακας 6.5 Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα απολυμαντικών

Κατηγορία απολυμαντικού	Αποδυνάμωση από οργανικά υπολείμματα	Ικανότητα διαβροχής	Αντοχή στην θερμοκρασία	Επίδραση σκληρού νερού	Αποτελεσματικότητα ενάντια στα άλατα	Υπολειμματική δράση	Αφρισμός	Απαγορευτικοί παράγοντες
Acids	Καμία	Καλή	Ευρεία, μικρή απώλεια σε πολύ χαμηλή θερμοκρασία	Μικρή	Αποτελεσματικά	Μικρή υπολειμματική βακτηριοστατική ή δράση	Λίγος	Cationic surfactants Very low temperatures
Chlorine compounds	Χάνουν γρήγορα την δραστηριότητά τους	Καθόλου	Ευρεία	Καμία, έκτος αν είναι αλκαλικό	Καμία	Πολύ μικρή	Καθόλου	Οργανικά υπολείμματα, υψηλό pH
Iodophores	Μέση προς υψηλή απώλεια δραστηριότητας	Μέση προς καλή, εξαρτάται από την σύσταση	50°C έως 120°C Απώλεια δραστηριότητας κάτω των 50°C και σχηματισμός αναθυμιάσεων	Μέτρια	Περιορισμένη, εξαρτάται από το pH	Μερική	Μέτριος, εξαρτάται από την σύσταση	Σκληρό νερό, οργανικά υπολείμματα, ακραίες θερμοκρασίες, υψηλό pH
Peracid solutions	Χαμηλή προς μέση απώλεια δραστηριότητα	εξαρτάται από την σύσταση	Ευρεία	Καμία	Περιορισμένη	Μερική	Λίγος, έκτος αν περιέχεται αντιαφριστικό	Cu, Fe, Mn, Cl ⁻
Chlorine dioxide	Χαμηλή προς μέση απώλεια δραστηριότητας	Καθόλου	Ευρεία	Καμία	Καμία	Μερική	Καθόλου	
Aldehydes	Καμία	Καθόλου	Μέση, σχηματίζουν ανασυμμάσεις σε υψηλότερες θερμοκρασίες	Καμία	Καμία	Μερική	Καθόλου	
Quaternary Ammonium Compounds	Μέση έως καθόλου	Καλή	Σταθερά	Αδρανιστού νται από το σκληρό νερό	Καμία	Μερική	Υψηλός	Πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, ανιονικά καθαριστικά και επιφανειοδραστικά

Πίνακας 6.6 Επίδραση απολυμαντικών στους διάφορους μικροοργανισμούς[40]

Απολυμαντικό μέσο	Κατηγορία ιών Α	Κατηγορία ιών Β	Κατηγορία ιών C	Μυκητες	Σπορόζωα	Gram-Αρνητικά	Gram-Θετικά	Μυκο βακτήρια	Ρικέτσιες	Βακτηριακά σπόρια
Ισχυρά Αλκαλικά	++	+	++	++	+	++	++	+	++	+
Αλδεϋδες	++	+	++	++	+	++	++	+	+	+
Υπεροξικό οξύ	++	++	++	++	+	++	++	++	++	+
Χλώριο	++	+	++	++	+/- ^a	++	++	++	++	+
Διοξειδίο του Χλωρίου	++	++	++	++	+	++	++	++	++	+
Απολυμαντι κά ιωδίου	++	+/-	++	++	+/- ^a	++	++	++	++	+
Όζον	++	+	++	+	+/-	++	++	++	++	+
Υπεριώδης ακτινοβολία	+	+/-	+	+	?	++	++	+	++	?
QACs	+/-	-	-	+	-	+/-	+	-	+	-
Οξέα	+	-	+/-	-	-	+	+	+/-	+	+/-
Biguanides	+	-	-	-	-	+	+	-	+	-

QAC = quaternary ammonium compound, ++: Πολύ δραστικά, +: Δραστικά, +/-: Περιορισμένη δραστηριότητα, -: Δεν συνίσταται, a: Χρειάζονται υψηλές συγκεντρώσεις

6.4 CIP

Ο χειροκίνητος καθαρισμός είναι αποδοτικός σε μικρή κλίμακα και σε όχι περίπλοκα μηχανήματα. Όταν η κλίμακα των μηχανημάτων μεγαλώνει, ο χειροκίνητος καθαρισμός γίνεται από δύσκολος έως οικονομικά ασύμφορος ή ακατόρθωτος. Τότε χρειάζεται η χρήση ενός συστήματος CIP.

CIP (Clean In Place) είναι ο καθαρισμός εξοπλισμού όπως ζυθοβραστήρια, σωληνώσεις, παστεριωτές, CCT, BBT, μέσω ενός αυτόματου συστήματος όπου τροφοδοτεί, επιστρέφει, ξεπλένει τα καθαριστικά-απολυμαντικά διαλύματα στον υπό καθαρισμό εξοπλισμό.

Για να μπορέσει να κάνει αυτές τις λειτουργίες ένα σύστημα CIP αποτελείται από:

- Δεξαμενή αλκαλικού καθαριστικού
- Δεξαμενή όξινου καθαριστικού
- Δεξαμενή απολυμαντικού
- Συσκευή θέρμανσης αλκαλικού
- Σωληνώσεις, αντλίες, βάνες

Και αναλόγως της εφαρμογής από:

- Κεντρική μονάδα ελέγχου
- Θερμόμετρα, αγωγιμόμετρα, μετρητές ροής
- Δεξαμενές νερού, ζεστού νερού, επιστρεφόμενων καθαριστικών
- Δεξαμενές πυκνών χημικών
- Δοσομετρικές αντλίες χημικών
- Panel σύνδεσης σωληνώσεων

Στις εικόνες 6.5 έως 6.12 παρουσιάζεται ένα σύστημα CIP και τα μέρη που το αποτελούν.



Εικόνα 6.4 Σύστημα CIP στο Ζυθοποιείο Α



Εικόνα 6.5 Σύστημα CIP στο Ζυθοποιείο Γ



Εικόνα 6.6 Παλετοδεξαμενές αλκαλικού και όξινου καθαριστικού



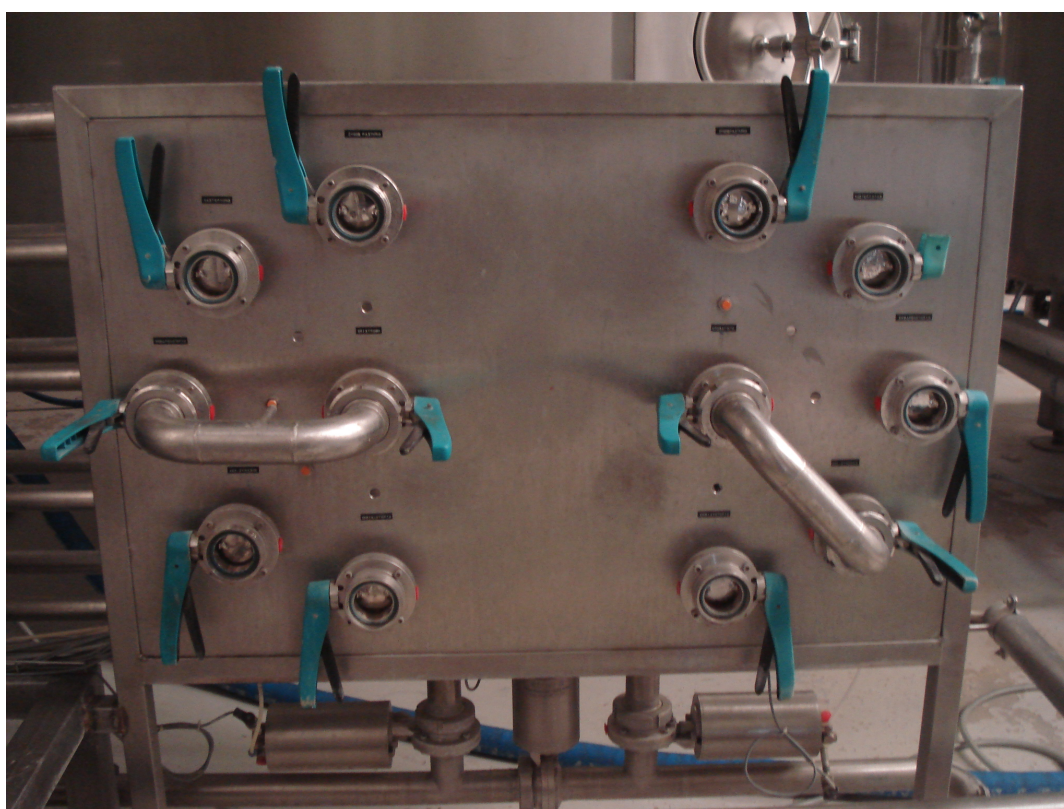
Εικόνα 6.7 Δοσομετρική πυκνού καθαριστικού (ηλεκτρονική)



Εικόνα 6.8 Δοσομετρική πυκνού καθαριστικού (μηχανική)



Εικόνα 6.9 Μπέκ δοσομετρικής σε δεξαμενή καθαριστικού



**Εικόνα 6.10 Panel συνδέσεων CIP
(αριστερά προσαγωγή, δεξιά επιστροφή)**



Εικόνα 6.11 Τροχήλατη αντλία επιστροφής



Εικόνα 6.12 Αντλία προσαγωγής CIP,
(αριστερά της η αντλία επιστροφής για την σύγκριση του μεγέθους του μοτέρ και της
φτερωτής)

Ένα σύστημα CIP παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα. Εκτός του προφανούς ότι είναι ο μοναδικός τρόπος για να καθαριστούν δοχεία μεγάλου μεγέθους (πχ CCT), το πρόγραμμα καθαρισμού είναι ακριβώς το ίδιο κάθε φορά που επαναλαμβάνεται (συγκεντρώσεις χημικών, τρόπος εφαρμογής), οι χειριστές δεν έρχονται σε επαφή με επικίνδυνα καθαριστικά διαλύματα και οι καθαρισμοί γίνονται πολύ πιο οικονομικοί.

Πετυχαίνουμε μείωση κόστους με τους εξής τρόπους:

- Μικρότερη κατανάλωση χημικών μέσω του συνεχούς ελέγχου της συγκέντρωσης τους και ρύθμισή τους στην χαμηλότερη δυνατή. Καθώς και από την επαναχρησιμοποίηση διαλυμάτων σε επόμενο καθαρισμό, σαν στάδιο πρόπλυσης, ώστε να απομακρυνθεί ο πολύς όγκος υπολειμμάτων πριν χρησιμοποιηθεί το φρέσκο καινούργιο διάλυμα
- Μείωση της κατανάλωσης ενέργειας μέσω της χρήσης κλειστού κυκλώματος, τη μόνωση του συστήματος, την παρακολούθηση της θερμοκρασίας
- Μικρότερη κατανάλωση νερού για ξέπλυμα με τον έλεγχο της αγωγιμότητας του αποχετευόμενου νερού, που αντιστοιχεί και σε μικρότερο όγκο λυμάτων
- Χαμηλότερη τιμή Kg ή L χημικού, με την χρήση παλετοδεξαμενών (εικόνα 5.6) για τα πυκνά χημικά αντί για μπιτόνια
- Μείωση των απαιτούμενων εργατοωρών λόγω της αυτοματοποίησης του συστήματος

6.4.1 Καθαρισμός με ένα σύστημα CIP

Ένα τυπικός κύκλος καθαρισμού μίας δεξαμενής ζύμωσης έχει ως εξής:

1. Ξέπλυμα με κρύο νερό 3-5 min.
2. Καθαρισμός με κρύο αλκαλικό διάλυμα 2% (30 min.)
3. Ξέπλυμα αλκαλικού διαλύματος με κρύο νερό, μέχρι η αγωγιμότητα του αποχετευόμενου νερού να είναι 1mS (3-5 min.)
4. Καθαρισμός με όξινο καθαριστικό διάλυμα 2% (30 min.)
5. Ξέπλυμα όξινου διαλύματος με κρύο νερό, μέχρι η αγωγιμότητα του αποχετευόμενου νερού να είναι 1mS (3-5 min.)
6. Απολύμανση με διάλυμα υπεροξικού οξέος 0,5% (30min.)
7. Ξέπλυμα απολυμαντικού με φρέσκο νερό μία φορά (1 min.)

Όταν έχουμε καθαρισμό σωληνώσεων, εναλλακτών και παρόμοιων μηχανημάτων όπου ο όγκος τους μπορεί να γεμίσει πλήρως με το καθαριστικό διάλυμα και αυτό να ανακυκλοφορήσει με την βοήθεια μίας αντλίας, τότε έχουμε **“κλειστό κύκλωμα CIP”**.

Όταν έχουμε καθαρισμό μεγάλων μηχανημάτων όπως ζυθοβραστήρια και δεξαμενές ζύμωσης, το να γεμίσουμε πλήρως τον όγκο τους ώστε να έχουμε κλειστό κύκλωμα δεν είναι πρακτικό. Σε αυτή την περίπτωση το καθαριστικό διάλυμα ψεκάζεται στα τοιχώματα του δοχείου μέσω σφαίρας πλύσης ή αντίστοιχης συσκευής και συγκεντρώνεται στον πυθμένα του δοχείου όπου από την έξοδο του συλλέγεται και επιστρέφει στην μονάδα CIP μέσω μίας αντλίας επιστροφής. Αυτό το σύστημα ονομάζεται **“ανοιχτό κύκλωμα CIP”**.

6.4.2 Ψεκασμός

Ο ψεκασμός των δοχείων μπορεί να γίνει με δύο τρόπους. Είτε ως ψεκασμός υψηλής πίεσης (και χαμηλού όγκου) είτε ως ψεκασμός χαμηλής πίεσης (και υψηλού όγκου).

Ο ψεκασμός υψηλής πίεσης εκμεταλλεύεται κατά κύριο λόγο τους μηχανικούς παράγοντες. Μέσω ειδικής κεφαλής (jet spray εικόνα 6.13, rotary sprayball εικόνα 6.14) η οποία παράγει συνήθως δύο έως οκτώ ισχυρές δέσμες καθαριστικού πίεσης μέχρι 60 bar. Κυρίως είναι περιστρεφόμενες ώστε να μπορέσει να καλυφθεί όλη η επιφάνεια του δοχείου.

Η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη λύση στον καθαρισμό δεξαμενών και δοχείων είναι ο ψεκασμός χαμηλής πίεσης μέσω μίας (κεντρικά τοποθετημένης) ή περισσοτέρων (συνήθως σε συστοιχία στεφάνης) σταθερά τοποθετημένων σφαιρών πλύσης (sprayball), όπως φαίνεται στην εικόνα 6.15 .

Ο αριθμός τους, το σημείο εγκατάστασης και το είδος τους, εξαρτάται από παράγοντες όπως το μέγεθος και σχήμα του δοχείου, το αν παρεμβάλλεται άλλος εξοπλισμός στο εσωτερικό του ή είναι κενό (π.χ. εσωτερικός βραστήρας σε ζυθοβραστήριο σε σχέση με κενή δεξαμενή ζύμωσης), αν κάποιο σημείο του δοχείου λερώνεται περισσότερο και τις παραμέτρους του προγράμματος καθαρισμού.

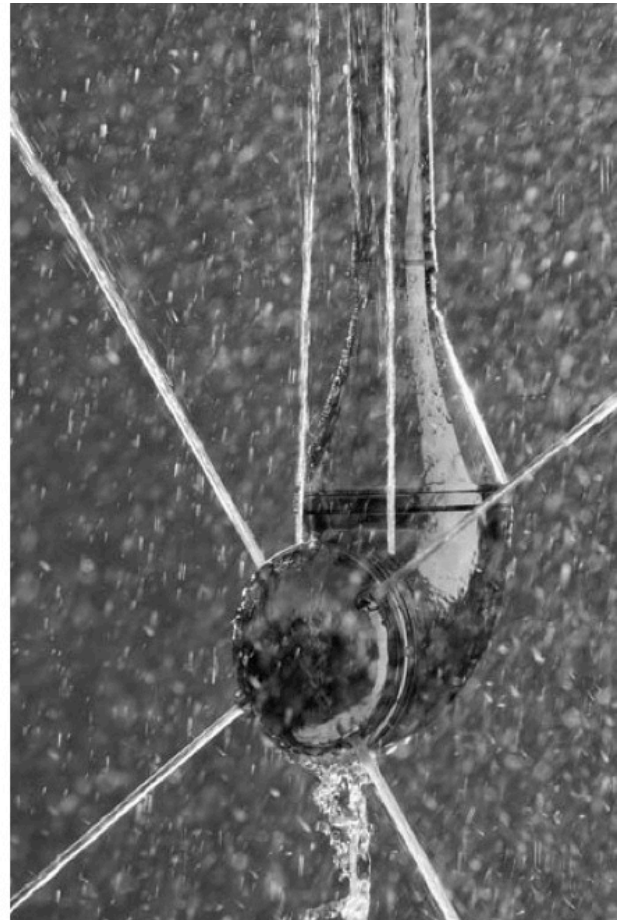
Αναλόγως των προηγούμενων, το μέγεθος της σφαίρας, η διάμετρος, ο αριθμός και οι θέσεις που είναι κατανομημένες οι οπές στην επιφάνεια, αλλάζουν. Στην εικόνα 6.16 φαίνεται η διαφορά στην κατανομή των οπών

ώστε η σφαίρα να ψεκάζει προς διαφορετικές κατευθύνσεις. Στην εικόνα 6.17 φαίνονται αρκετές διαφορετικές σφαίρες πλύσης.

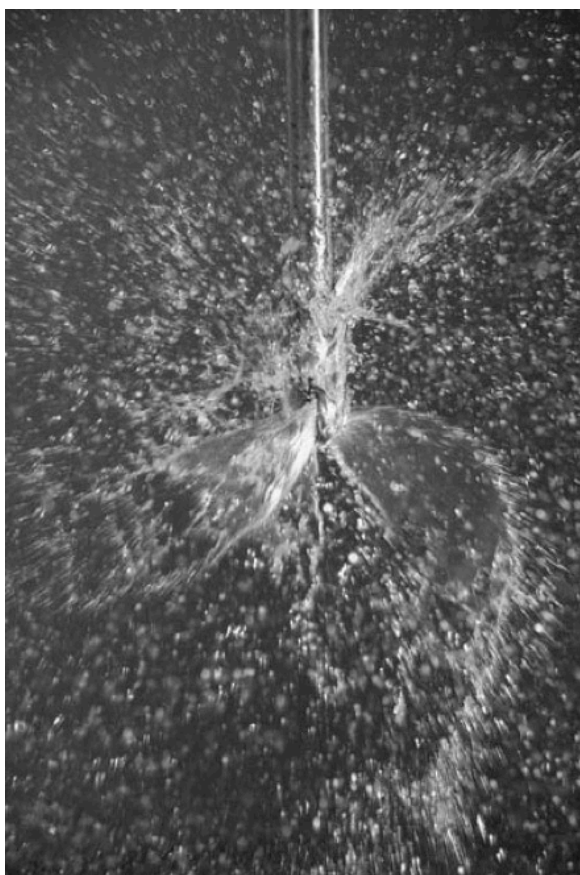
Χρησιμοποιείται μεγάλη παροχή όγκου ($20-75 \text{ m}^3/\text{h}$) και πίεση έως 6 bar. Το καθαριστικό ψεκάζεται στα τοιχώματα του δοχείου και λόγω της βαρύτητας τρέχει προς τα κάτω διαβρέχοντάς τα.

Το αποτέλεσμα του καθαρισμού με την χρήση ψεκασμού χαμηλής πίεσης εξαρτάται από την χημική και θερμική ενέργεια και από τον χρόνο εφαρμογής.

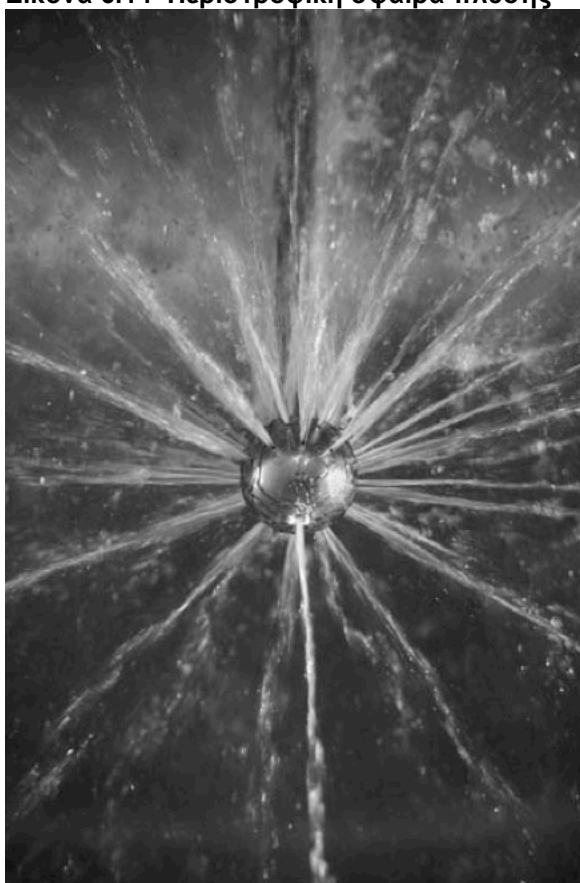
Οι μηχανικοί παράγοντες παίζουν ελάχιστο ρόλο.



Εικόνα 6.13 Κεφαλή Rotary jet

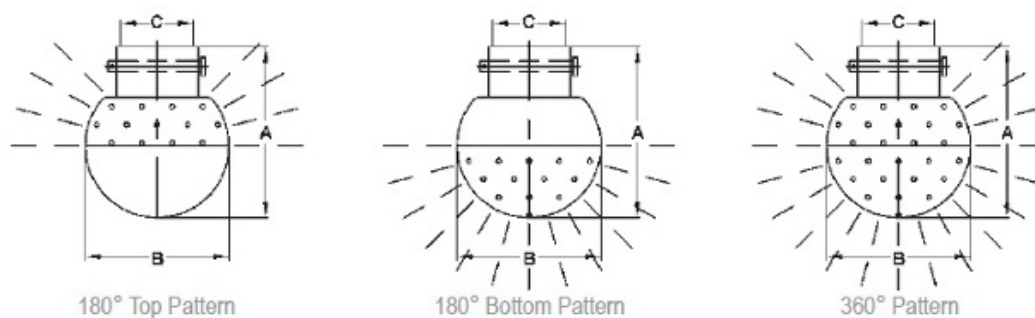


Εικόνα 6.14 Περιστροφική σφαίρα πλύσης



Εικόνα 6.15 Σφαίρα πλύσης





Εικόνα 6.16 Διαφορετική κατεύθυνση ψεκασμού σφαίρας πλύσης αναλόγως των οπών



Εικόνα 6.17 Διάφορα είδη και μεγέθη σφαιρών πλύσης

6.4.3 Έλεγχος

Είναι σημαντικό να ελέγχεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα το αποτέλεσμα του καθαρισμού-απολύμανσης με CIP μέσω μέτρησης οργανικού υπολείμματος-μικροβιακού φορτίου στον καθαρισμένο εξοπλισμό ώστε να πιστοποιείται η επιτυχία του ή σε αντίθετη περίπτωση να ελέγχεται το σύστημα CIP για να βρεθεί και να αντιμετωπισθεί η αιτία. Απλές αιτίες που μπορούν να οδηγήσουν σε αποτυχία του καθαρισμού είναι:

- Βουλωμένα sprayball
- Πρόβλημα σε αντλία
- Λάθος παράμετροι (συγκέντρωση, θερμοκρασία χημικού, χρόνος εφαρμογής, ταχύτητα ροής)

- Παράλειψη ξεπλύματος.

6.5 Κατανάλωση χημικών

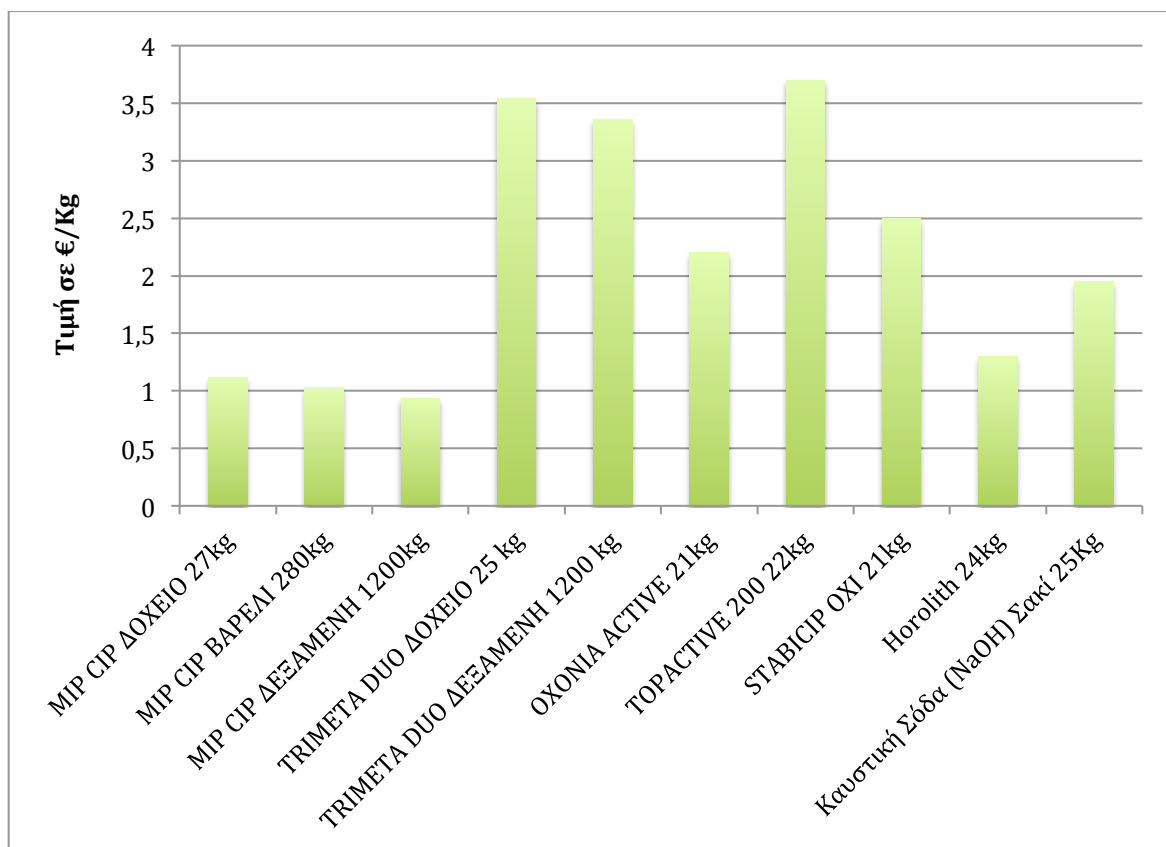
6.5.1 Τα χημικά στο ζυθοποιείο

Στα ζυθοποιεία εκτός των κλασικών αλκαλικών και όξινων καθαριστικών, χρησιμοποιούνται και μια σειρά άλλων καθαριστικών – απολυμαντικών, σημαντικά μεν αλλά σε μικρότερες ποσότητες. Ακολουθεί η κατανάλωση χημικών του ζυθοποιείων που μελετήθηκαν.

Χημικά που χρησιμοποιούνται:

- Mip (Αλκαλικό καθαριστικό)
- Trimeta duo (Όξινο καθαριστικό με απολυμαντική δράση)
- Oxinia active (απολυμαντικό)
- Stabcip oxi (ειδικό απολυμαντικό βαρελιών)
- Topactive (Αφριστικό καθαριστικό χώρων)
- Horolith (Όξινο καθαριστικό με βάση το νιτρικό οξύ)

Στο παρακατω σχήμα παρουσιάζεται το κόστος των παραπάνω χημικών του ζυθοποιείου Γ σε € ανά Kg χημικού και ανάλογα με την ποσότητα συσκευασίας.



Σχήμα 6.2 Τιμή καθαριστικού ανά Kg (Τιμές ζυγοποιείου Γ)

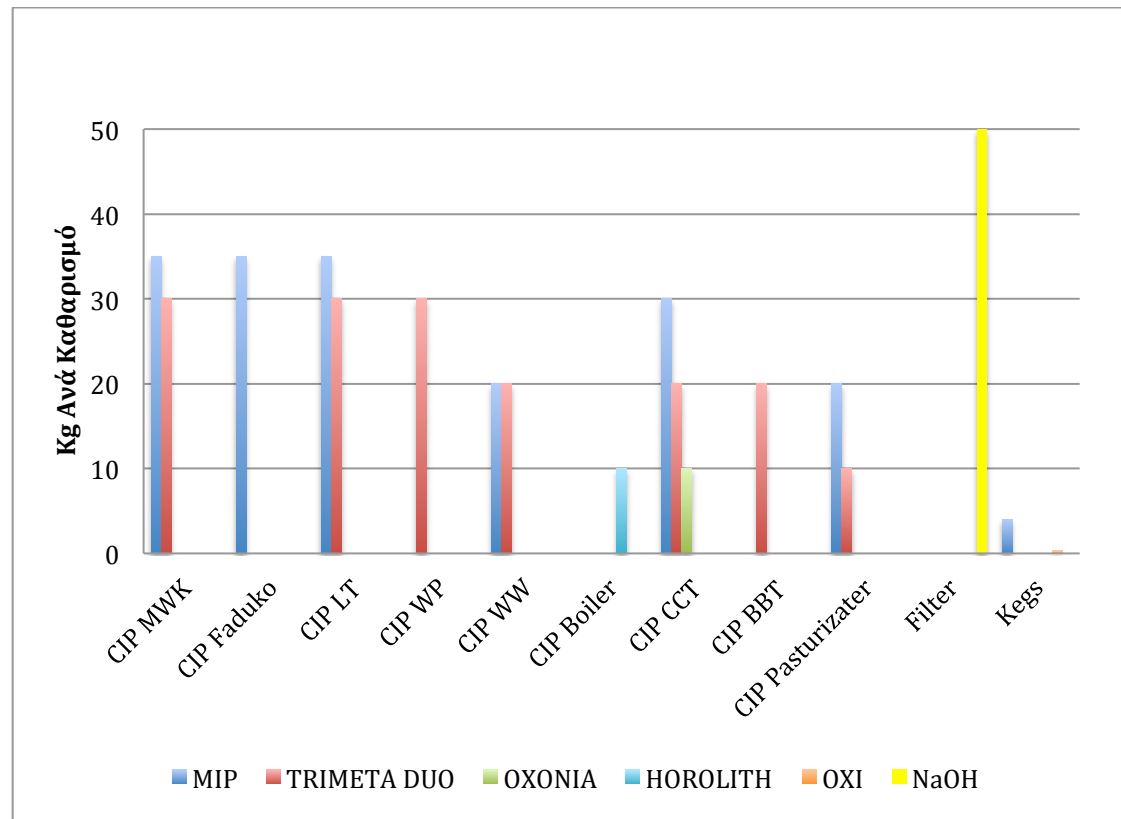
Παρατηρούμε ότι ανάλογα τη συσκευασία η τιμή του Kg μειώνεται. Για την ακρίβεια το αλκαλικό καθαριστικό mīp-cīp συσκευασμένο σε μπιτόνια των 27Kg στοιχίζει 1,01€ ανά Kg, συσκευασμένο σε παλετοδεξαμενή των 1200Kg στοιχίζει 0,84€ ανά Kg. Αυτό αντιστοιχεί σε 17% μείωσης της τιμής του. Η χρήση βέβαια παλετοδεξαμενής (εικόνα 6.6) προϋποθέτει εξοπλισμό δοσομέτρησης όπως αυτόν στις εικόνες 6.7 και 6.8 .

Οι καθαρισμοί που γίνονται στα ζυθοποιεία καθώς και ο όγκος του κάθε καθαρισμού είναι οι εξής:

Πίνακας 6.7 Καθαρισμοί και όγκος τους στα ζυθοποιεία

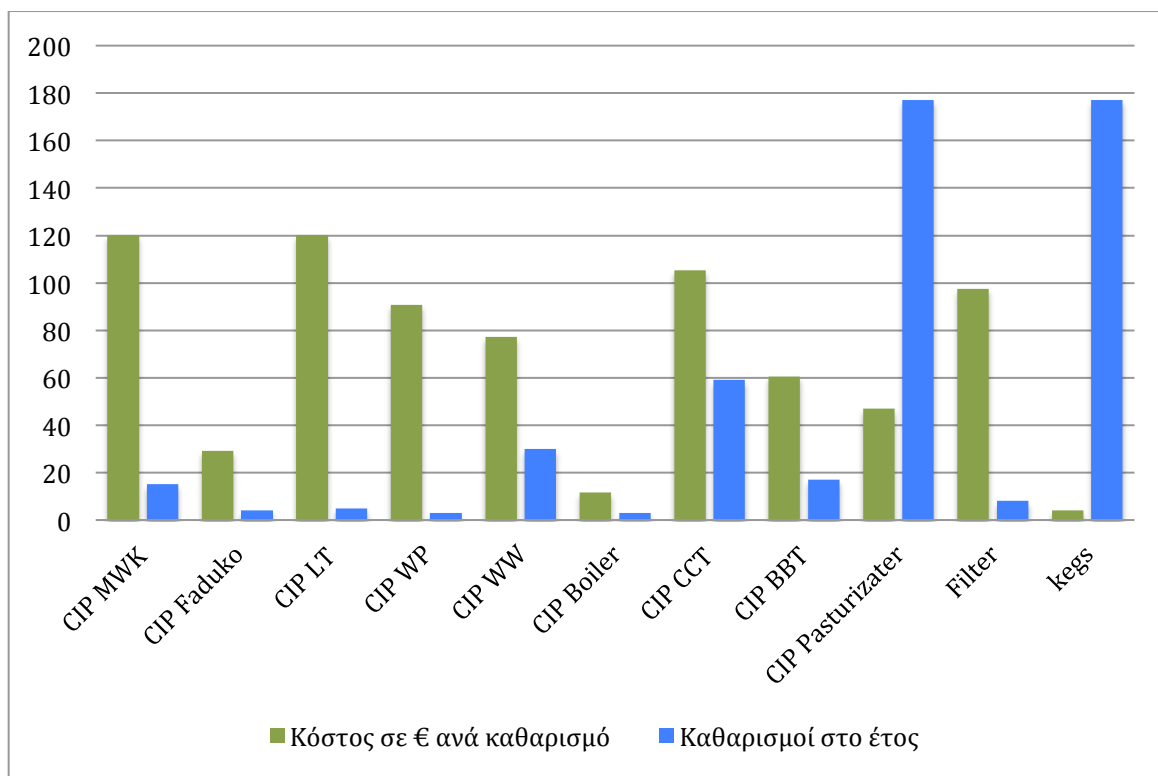
Ζυθοποιείο Α	Ζυθοποιείο Β	Ζυθοποιείο Γ
CIP Wort –whirlpool Kettle 10HL	CIP Wort Kettle 10HL	CIP Mash/Wort Kettle 65HL
CIP Faduko 3HL	–	CIP Faduko 15HL
CIP Lauter tun 10HL	CIP Lauter tun 10HL	CIP Lauter tun 65HL
–	–	CIP Whirlpool 70HL
CIP Wort Way 1,5HL	CIP Wort Way 0,7HL	CIP Wort Way 6HL
CIP Boiler 10HL	CIP Boiler 10HL	CIP Boiler 150HL
CIP CCT 20HL	CIP CCT 10HL	CIP CCT 280HL-1000HL
CIP BBT 20HL	-	CIP BBT 120HL-240HL
–	–	CIP Pasteurizator/Bottling 12HL
Filters 0,5HL	-	Filters 5HL
Bottling 0,1HL	Bottling 0,2 HL	
–	–	Kegs 1,5HL

Η κατανάλωση χημικών για κάθε ένα καθαρισμό από τους παραπάνω του ζυθοποιείου Γ, φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα:



Σχήμα 6.3 Κατανάλωση χημικών ανά καθαρισμό

Το κόστος των χημικών για κάθε καθαρισμό αλλά και ο αριθμός των φορών που έγινε ο κάθε καθαρισμός μέσα στο έτος παρουσιάζονται στο επόμενο διάγραμμα:



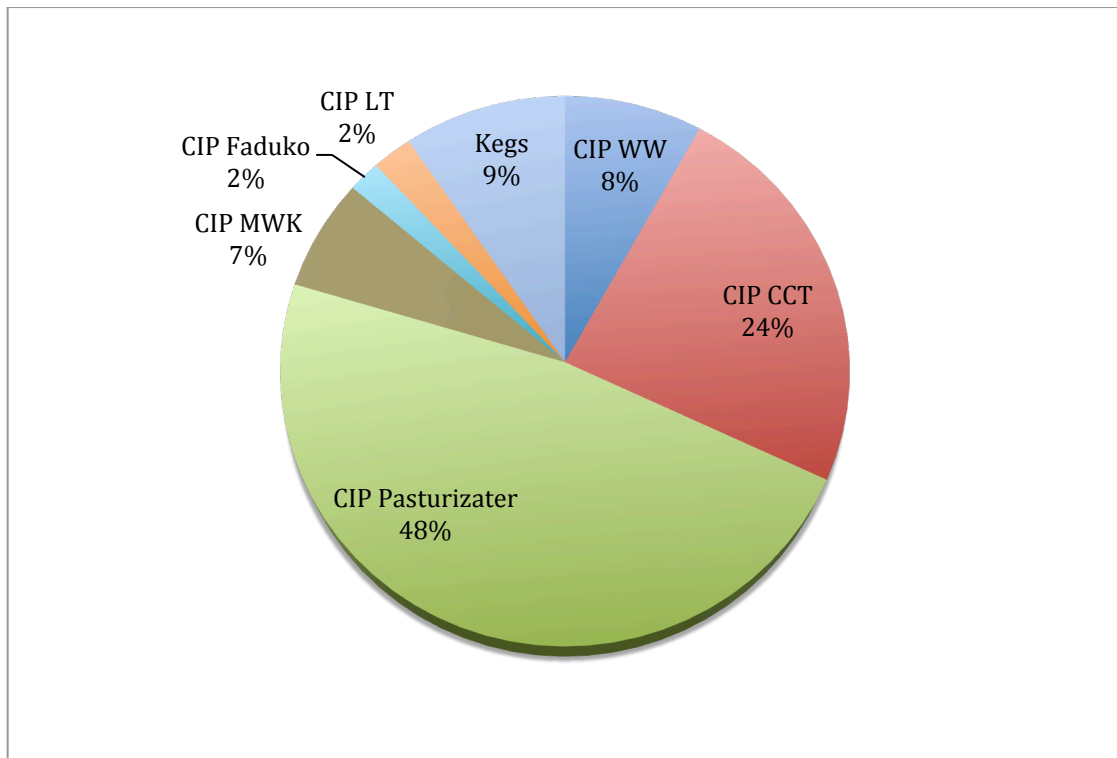
Σχήμα 6.4 Κόστος χημικών ανά καθαρισμό και αριθμός καθαρισμών μέσα στο έτος

Τα άλλα δύο ζυθοποιεία Α και Β για όλους τους καθαρισμούς τους χρησιμοποιούν διαλύματα των 100lt και συγκέντρωσης 2% για το αλκαλικό, 1% για το όξινο και 0,5% για το απολυμαντικό.

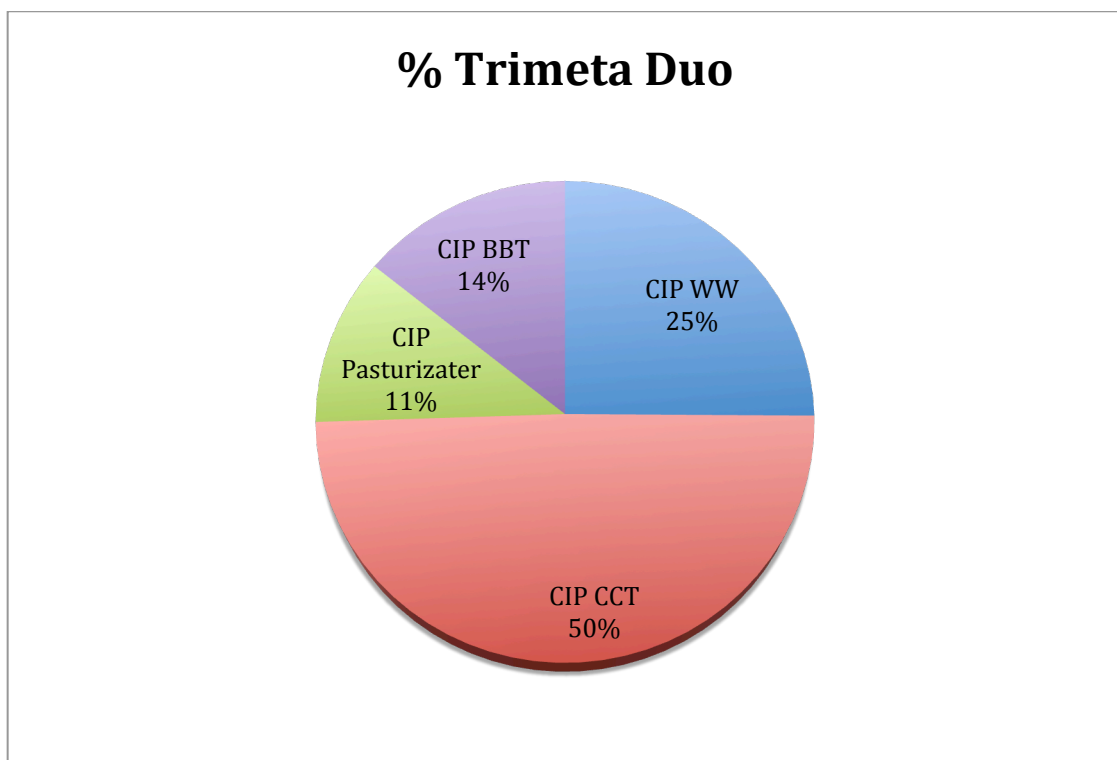
6.5.2 Αλκαλικό και όξινο καθαριστικό

Το αλκαλικό και το όξινο καθαριστικό είναι αυτά που χρησιμοποιούνται σε όλους σχεδόν τους καθαρισμούς όποτε αποτελούν το μεγαλύτερο όγκο και οικονομική δαπάνη για καθαριστικά στο ζυθοποιείο.

Η κατανομή τους στους καθαρισμούς του ζυθοποιείου Γ που αναφέρθηκαν προηγουμένως είναι η εξής:



Σχήμα 6.5 Κατανομή του αλκαλικού καθαριστικού Mir στους καθαρισμούς ανά ποσότητα

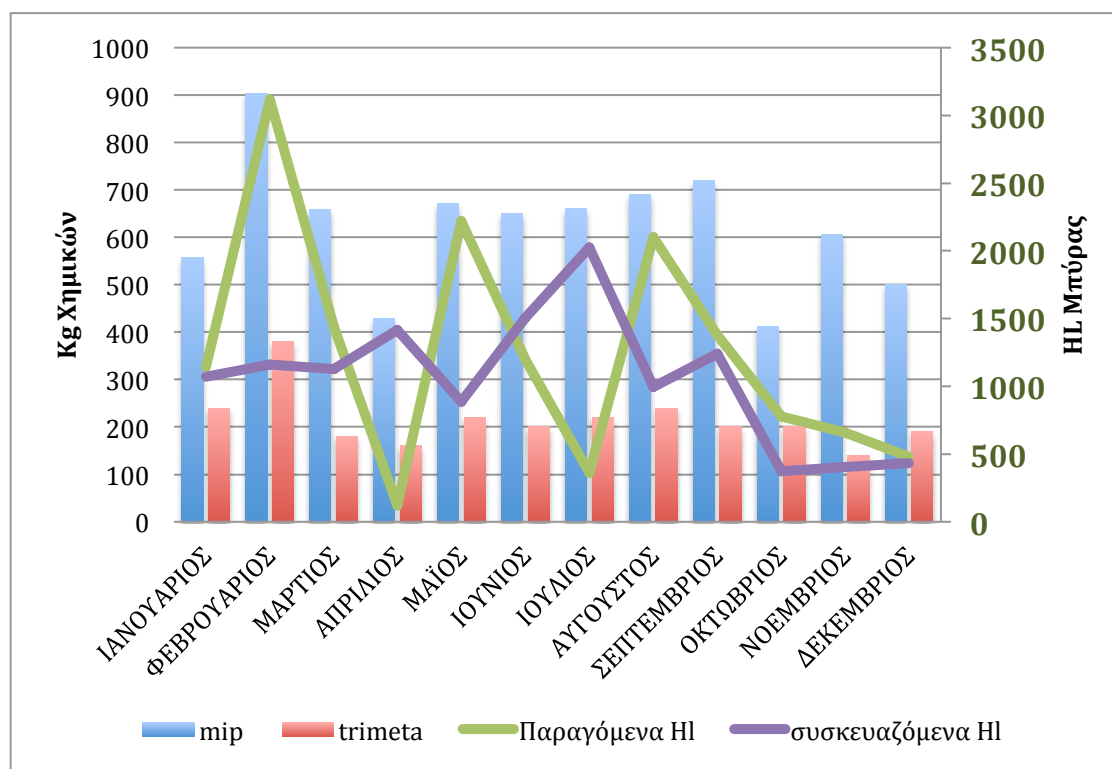


Σχήμα 6.6 Κατανομή του όξινου καθαριστικού trimeta duo στους καθαρισμούς ανά ποσότητα

Βλέπουμε ότι ο μεγαλύτερος καταναλωτής αλκαλικού καθαριστικού είναι ο

παστεριωτής ενώ όξινου καθαριστικού οι δεξαμενές ζύμωσης.

Η μηνιαία κατανάλωση τους μέσα στο έτος σε σχέση με τα παραγόμενα και συσκευαζόμενα HL ζύθου φαίνεται στο παρακάτω γράφημα:



Σχήμα 6.7 Μηνιαία κατανάλωση αλκαλικού και όξινου καθαριστικού

Παραγόμενα είναι τα HL ζυθογλεύκους που παράγονται και οδηγούνται προς ζύμωση, ενώ συσκευαζόμενα είναι τα HL μπίρας που εμφιαλώνονται-εμβαρλώνονται.

Τα παραγόμενα στην ουσία αντιστοιχούν στους καθαρισμούς:

- CIP MWK (ζυθοβραστήριο)
- CIP Faduko (συμπυκνωτής υδρατμών)
- CIP LT (διηθητήρας)
- CIP WP (δεξαμενή φυγοκέντρισης)
- CIP WW (γραμμή γλεύκους)
- CIP CCT (δεξαμενή ζύμωσης-ωρίμανσης)

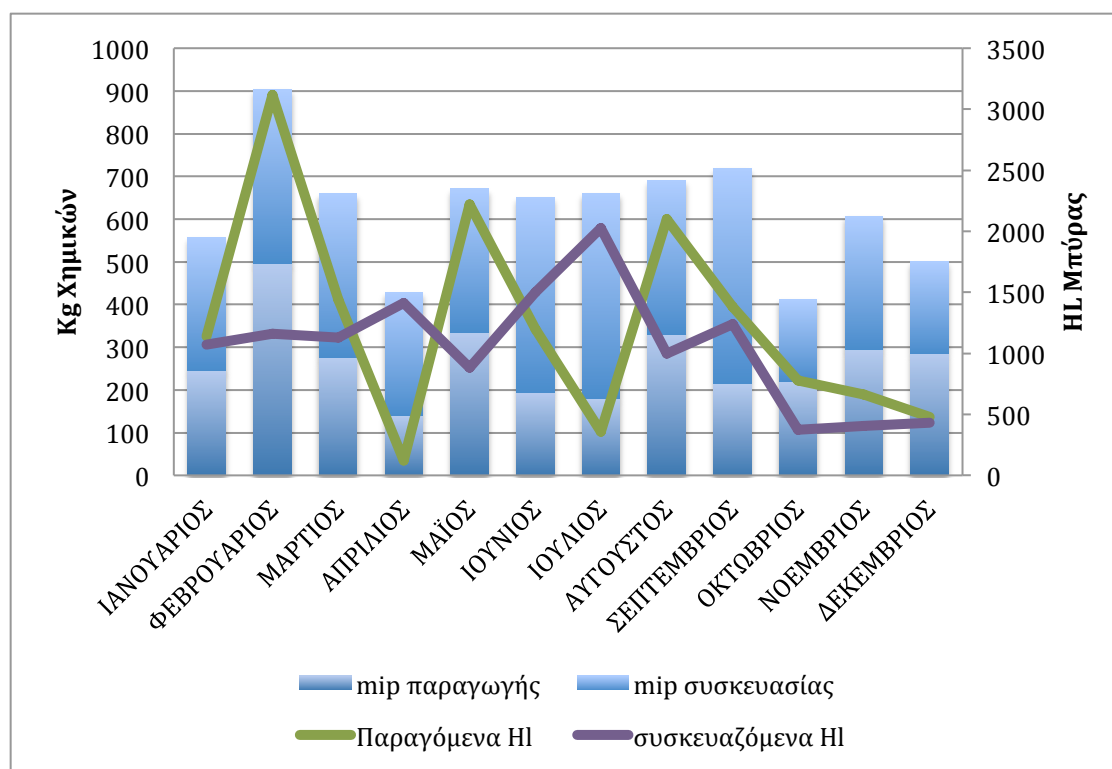
Δηλαδή τους καθαρισμούς που γίνονται μέχρι το στάδιο της ζύμωσης στην παραγωγική διαδικασία.

Ενώ τα συσκευαζόμενα αντιστοιχούν στους καθαρισμούς:

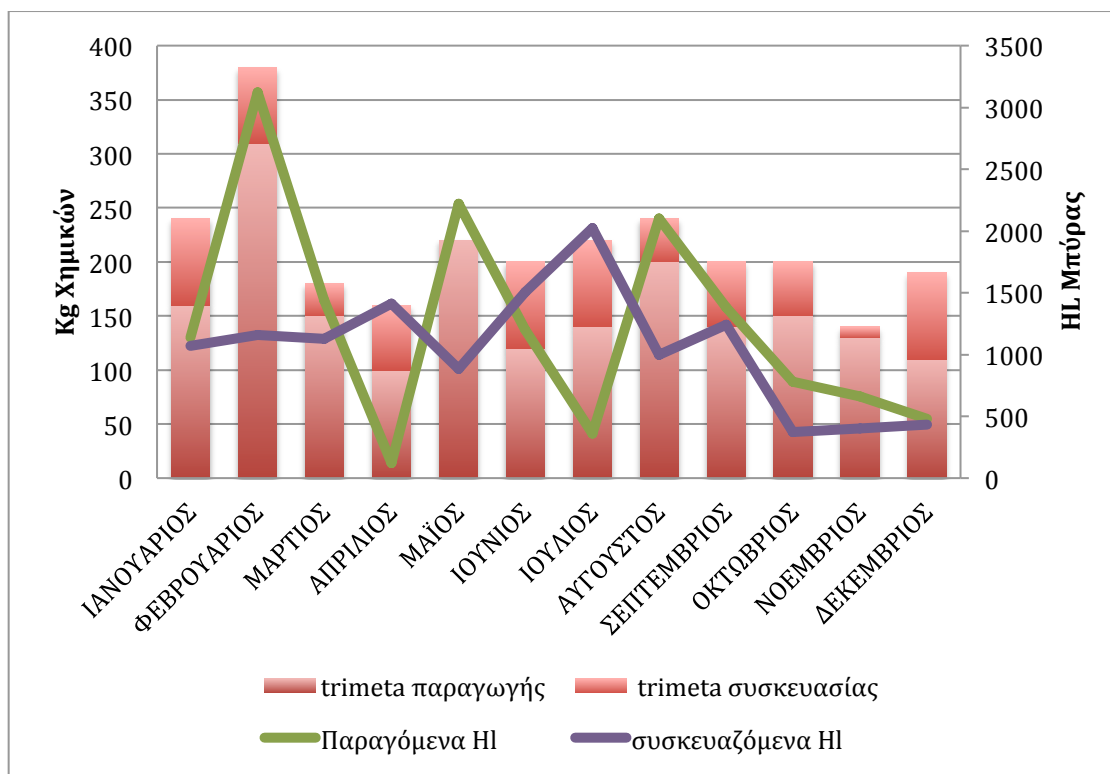
- Filter (φίλτρο)
- CIP BBT (δεξαμενή φιλτραρισμένης μπύρας)
- CIP Pasteurizator (παστεριωτής)
- Kegs (εμβареλωτήριο)

Δηλαδή τους καθαρισμούς από το στάδιο του φιλτραρίσματος μέχρι το τελικό προϊόν.

Παρακάτω παρουσιάζεται πάλι η μηνιαία κατανάλωση αλκαλικού και όξινου καθαριστικού σε σχέση με τα παραγόμενα και συσκευαζόμενα HL, με διαχωρισμό σε Kg που αντιστοιχούν στην παραγωγή και Kg που αντιστοιχούν στην συσκευασία:



Σχήμα 6.8 Μηνιαία ποσόστωση αλκαλικού καθαριστικού



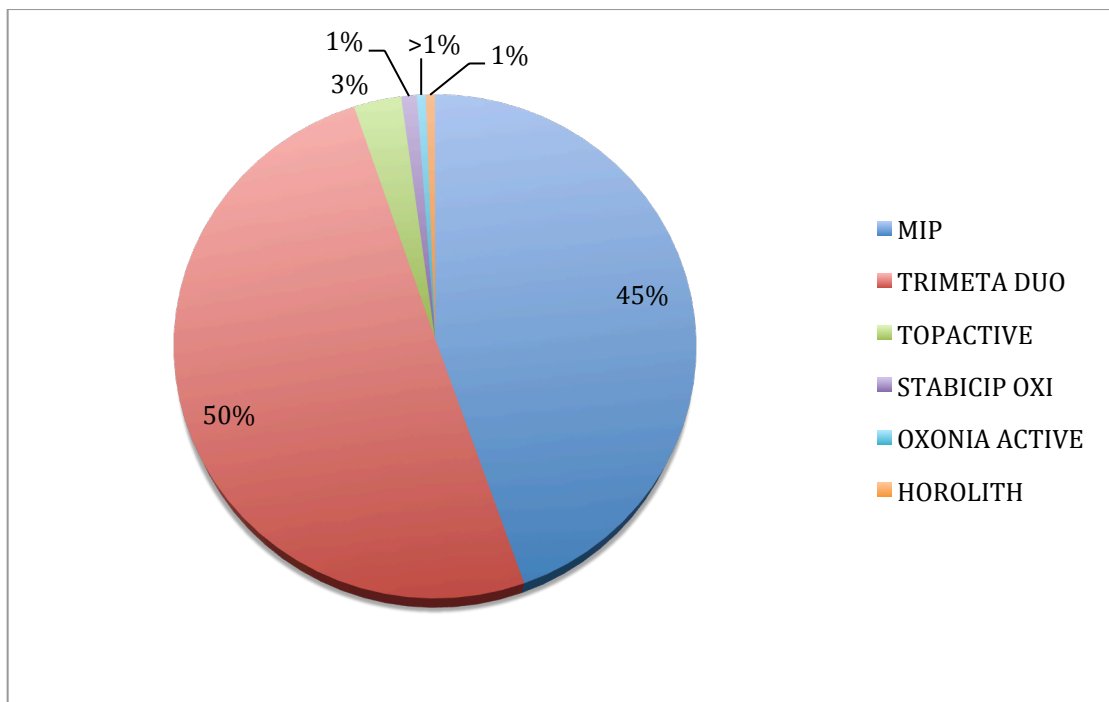
Σχήμα 6.9 Μηνιαία ποσόστωση όξινου καθαριστικού

Η αύξηση της κατανάλωσης αλκαλικού καθαριστικού τον Νοέμβριο και τον Δεκέμβριο ενώ έχουμε μείωση των παραγόμενων - συσκευαζόμενων HL οφείλεται σε καθαρισμούς συντήρησης των μηχανημάτων.

Επίσης η μείωση των παραγόμενων HL τους μήνες Μάρτιο – Απρίλιο συνοδεύεται από μείωση της ποσότητας των καθαριστικών όπως φαίνεται στο σχήμα 6.7. Στα σχήματα 6.8 και 6.9 βλέπουμε πως το κομμάτι των καθαριστικών που αντιστοιχεί στην παραγωγή είναι αυτό που μειώνεται.

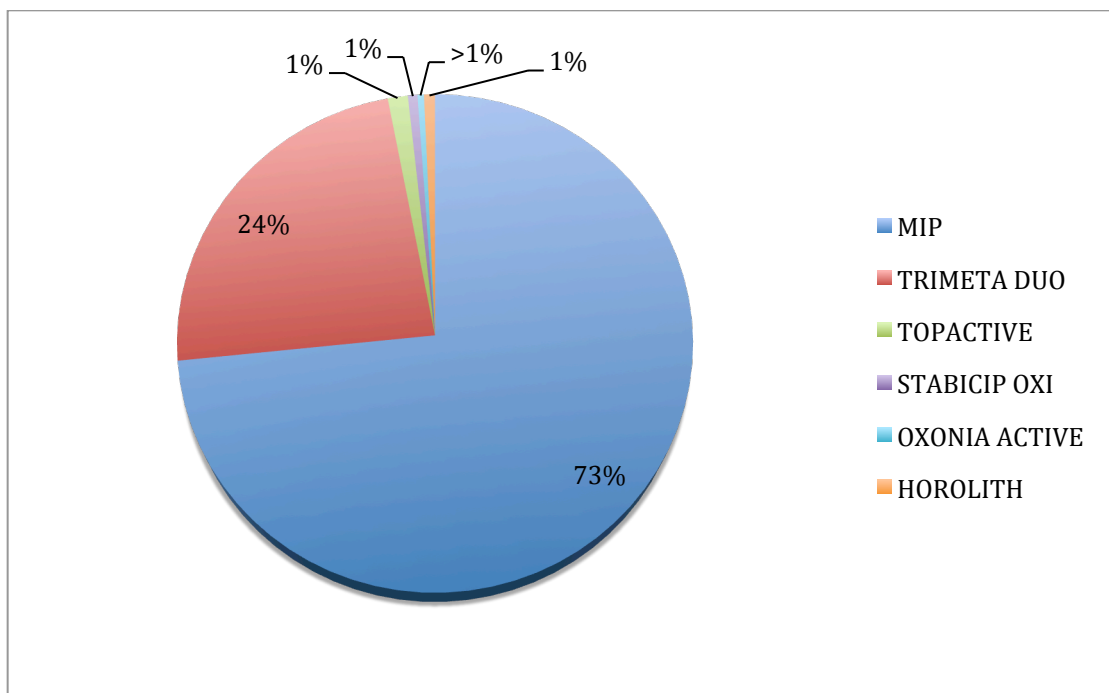
6.5.3 Συνολική δαπάνη και όγκος καθαριστικών

Το ζυθοποιείο Γ δαπάνησε 16439€ για καθαριστικά και απολυμαντικά. Παρήγαγε 15000HL και συσκεύασε 12637HL. Από τα συνολικά χρήματα που δαπανήθηκαν για χημικά καθαριστικά από το ζυθοποιείο στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται το ποσοστό της αξίας του κάθε χημικού:



Σχήμα 6.10 Ποσοστό του κάθε χημικού στην ετήσια δαπάνη

Από τα συνολικά Kg χημικών καθαριστικών που χρησιμοποιήθηκαν στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται το ποσοστό του κάθε χημικού:



Σχήμα 6.11 Ποσοστό του κάθε χημικού στα συνολικά ετήσια Kg

Παρατηρούμε ότι το αλκαλικό καθαριστικό είναι αυτό που καταναλώνεται περισσότερο, αλλά το όξινο είναι αυτό που στοιχίζει περισσότερο στο σύνολο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 Κατανάλωση και κόστος υλών και ενέργειας

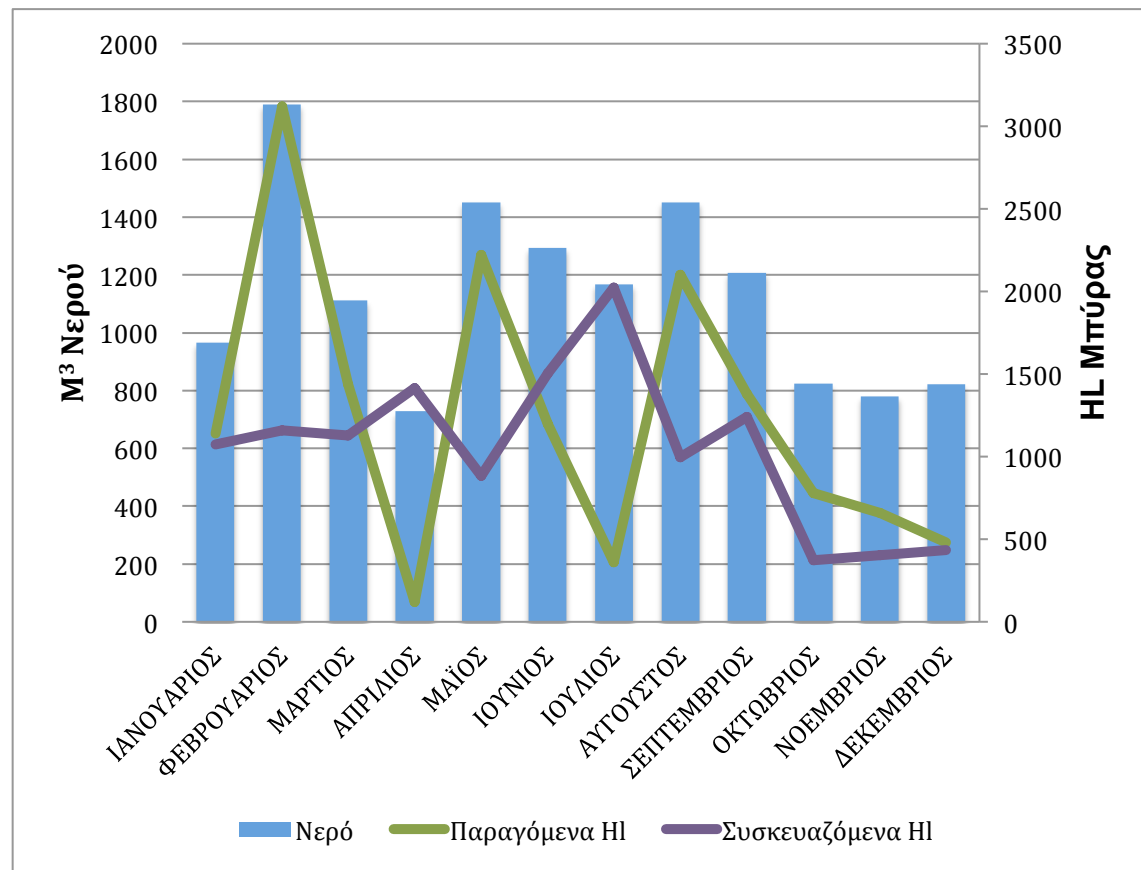
Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται η κατανάλωση υλών και ενέργειας του ζυθοποιείου Γ από συλλεγμένα δεδομένα πριν αυτό κλείσει το κύκλο εργασιών του. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το ότι το ζυθοποιείο Γ ήταν μεγέθους κλάσης 2 (έως 50000HL) μέγεθος που δεν υπάρχει πια στον Ελλαδικό χώρο. Στη συνέχεια οι καταναλώσεις του συγκρίνονται με αυτές δύο νέων μικροζυθοποιείων που προσφάτως ξεκινήσανε την λειτουργία τους και ανήκουν στην σύννηθη κατηγορία μικροζυθοποιείων που απαντώνται στον Ελλαδικό χώρο (κάτω των 5000HL). Για τα ζυθοποιεία αυτά δεν υπάρχουν στοιχεία ετήσιου κύκλου εργασιών, από τις μετρήσεις που έγιναν σε αυτά βρέθηκαν οι αναλώσεις υλικών και ενέργειας ανά HL έτοιμου προϊόντος. Για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκαν οι λογαριασμοί νερού, ρεύματος, η παρακολούθηση των μετρητών, καθώς και οι καταγεγραμμένες μετρήσεις της κατανάλωσης υλικών.

Ενδιαφέρον ακόμα παρουσιάζει η διαφοροποίηση των καταναλώσεων σε σχέση με τον εξοπλισμό του διέθετε το κάθε ζυθοποιείο και τον τύπο του παραγόμενου προϊόντος. Για παράδειγμα το ζυθοποιείο Α χρησιμοποιεί θέρμανση ζυθογλέυκους με ατμό που παράγεται από ατμογεννήτρια που καταναλώνει πετρέλαιο, ενώ το ζυθοποιείο Β χρησιμοποιεί ηλεκτρικές αντιστάσεις και καταναλώνει ρεύμα. Το ζυθοποιείο Α παράγει φιλτραρισμένο (μέσω μεμβρανών για σταθεροποίηση) απαστερίωτο προϊόν ενώ το ζυθοποιείο Β αφιλτράριστο απαστερίωτο όπου αποθηκεύεται και διακινείται σε ψυγεία.

Το ζυθοποιείο Γ παρήγαγε το έτος 2012 15000HL και συσκεύασε 12637HL έτοιμου προϊόντος.

7.1 Νερό

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται η ετήσια κατανάλωση νερού του ζυθοποιείου Γ ανά μήνα σε σχέση με τα παραγόμενα και συσκευαζόμενα ΗΛ μπίρας.

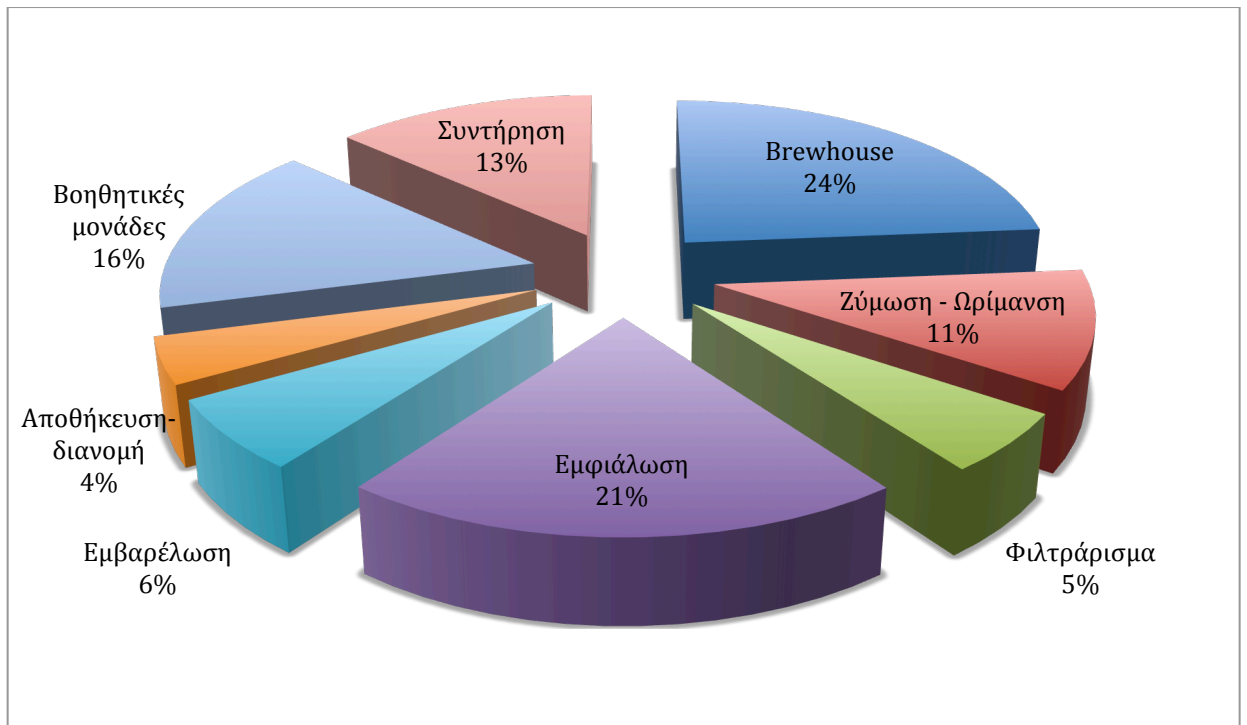


Σχήμα 7.1 Μηνιαία κατανάλωση νερού

Η συνολική κατανάλωση νερού του ζυθοποιείου ήταν 13595 m³, η οποία στοίχισε 17693€ που αντιστοιχούν στο ετήσιο σύνολο των λογαριασμών νερού. Το κόστος ενός m³ νερού ήταν 1,10€.

Παρατηρούμε ότι η κατανάλωση του νερού ακολουθεί κατά κάποιο τρόπο τα παραγόμενα ΗΛ, αφού άλλωστε το μεγαλύτερο μέρος του νερού στο ζυθοποιείο καταναλώνετε στην παραγωγή ζυθογλεύκους.

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται ο καταμερισμός της κατανάλωσης νερού στους διάφορους τομείς – στάδια ενός ζυθοποιείου γενικά[1]:



Σχήμα 7.2 Το νερό στο ζυθοποιείο

Η κατανάλωση νερού κυμαίνεται από 3,7HL έως 10,9HL νερού για την παραγωγή ενός HL μπίρας με το βέλτιστο να βρίσκεται στα 6 HL νερού[41].

Στο ζυθοποιείο Γ η αναλογία είναι 10,7 HL νερού ανά HL συσκευασμένου προϊόντος. Οριακά βρίσκεται μέσα στο αποδεκτό εύρος. Το κόστος είναι 1,18€/HL.

Το ζυθοποιείο Β παρουσίασε αναλογία 5HL ανά HL συσκευασμένου προϊόντος ενώ το ζυθοποιείο Α 6,5HL ανά HL συσκευασμένου προϊόντος.

Οι διαφορές οφείλονται στον διαφορετικό τύπο συσκευασμένου προϊόντος που παράγει το κάθε ζυθοποιείο.

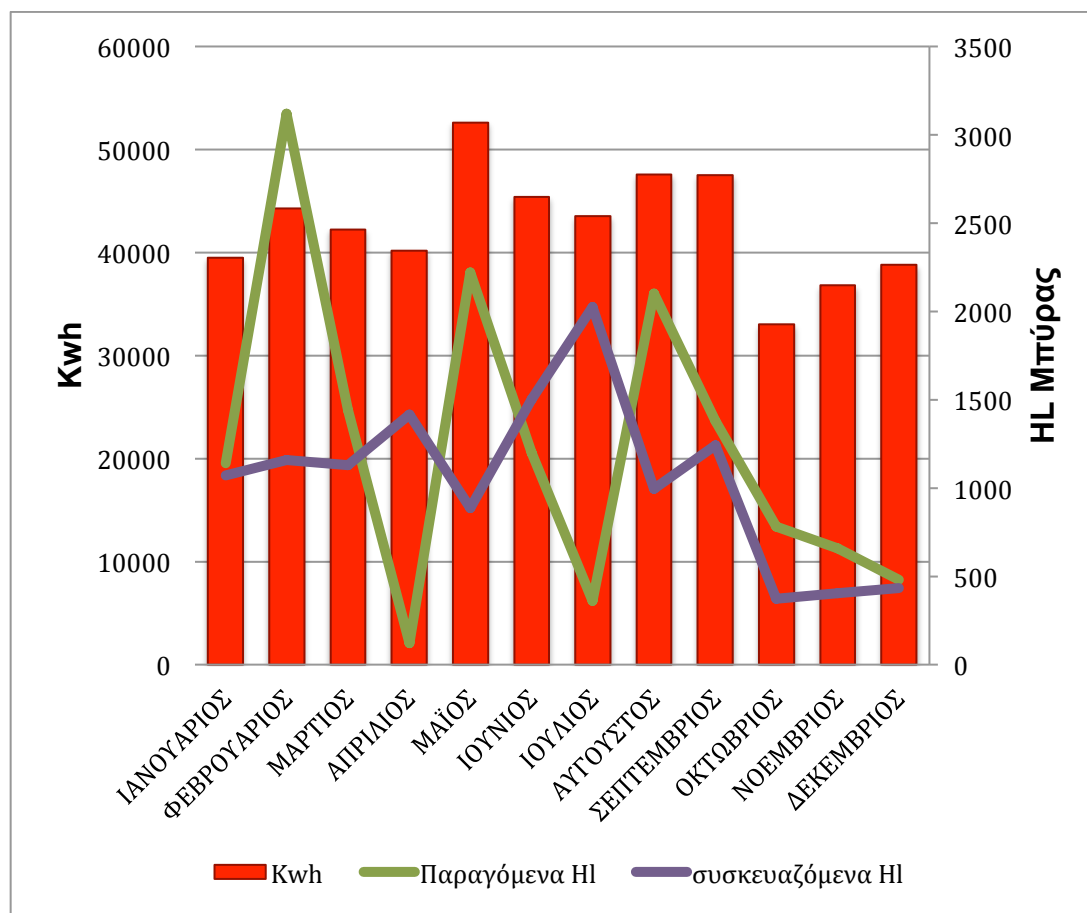
Το ζυθοποιείο Β λόγω της απουσίας φίλτρων και παστεριωτή στη γραμμή παραγωγής του έχει τη μικρότερη κατανάλωση, ενώ το ζυθοποιείο Γ λόγω της χρήσης φίλτρου γης διατόμων και παστεριωτή τα οποία καταναλώνουν αρκετό νερό για την προετοιμασία τους και τον καθαρισμό τους παρουσιάζει την υψηλότερη. Η μεγάλη διαφορά όμως που έχει υποδηλώνει ότι υπάρχουν περιθώρια εξοικονόμησης.

Πίνακας 7.1 Κατανάλωση νερού ανά HL σε σχέση με τον τύπο παραγώμενου προϊόντος

Ζυθοποιείο	Τύπος Προϊόντος	Κατανάλωση Νερού
Ζυθοποιείο Α	Φιλτραρισμένη απαστερίωτη μπύρα	7,5HL/HL
Ζυθοποιείο Β	Αφιλτράριστη, απαστερίωτη μπύρα	5HL/HL
Ζυθοποιείο Γ	Φιλτραρισμένη και παστεριωμένη μπύρα	10,7HL/HL

7.2 Ηλεκτρικό ρεύμα

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος του ζυθοποιείου Γ ανά μήνα σε σχέση με τα παραγόμενα και συσκευαζόμενα ΗΛ μπίρας.

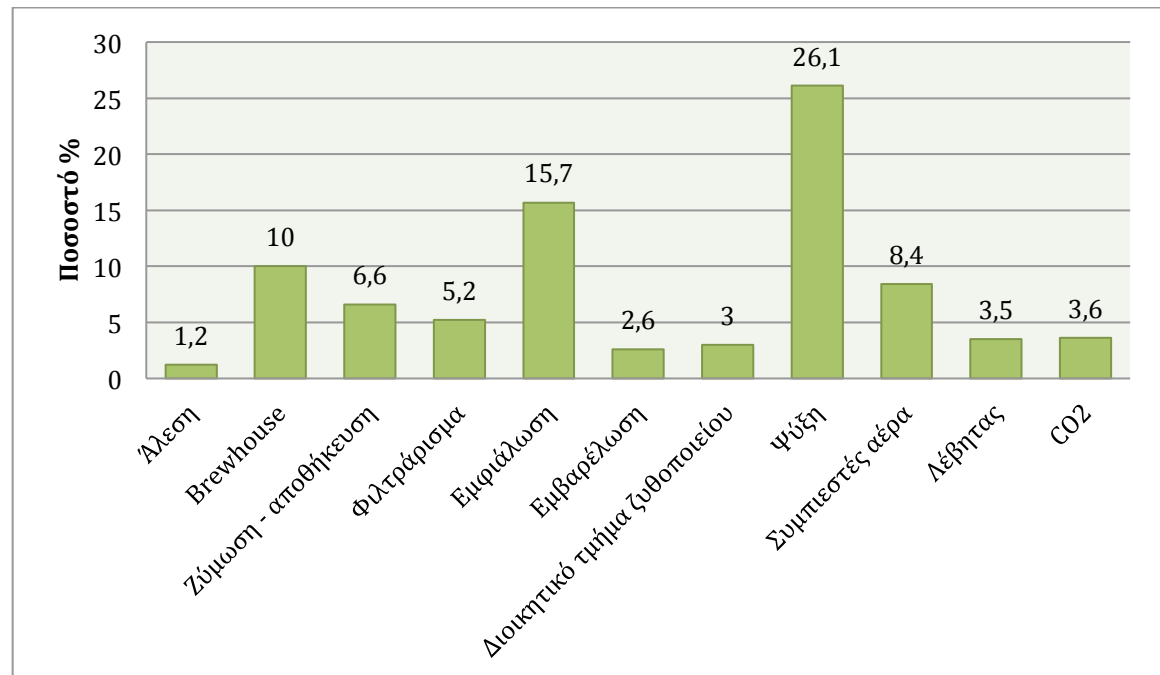


Σχήμα 7.3 Μηνιαία κατανάλωση ρεύματος

Η συνολική κατανάλωση ρεύματος του ζυθοποιείου ήταν 511480 Kwh οι οποίες στοίχισαν 70234€ που αντιστοιχούν στο ετήσιο σύνολο των λογαριασμών ρεύματος. Το κόστος της Kwh ήταν 0,10039€.

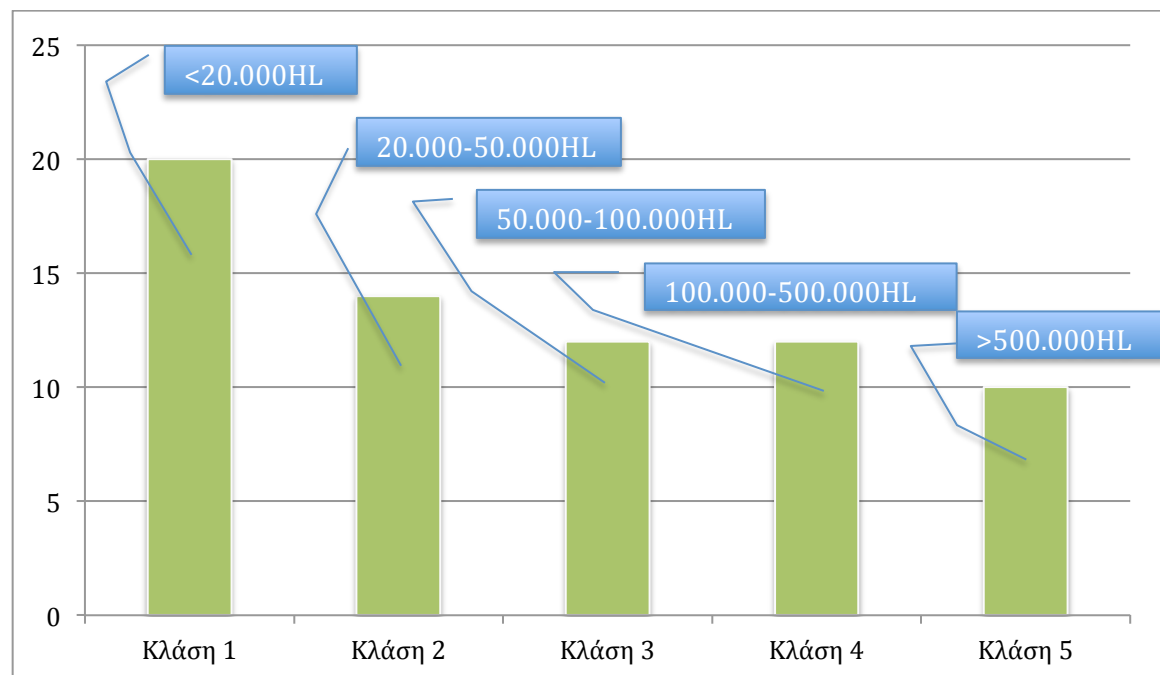
Η κατανάλωση ρεύματος δεν παρουσιάζει κάποια συσχέτιση με τα παραγόμενα – συσκευαζόμενα ΗΛ. Ο κύριος καταναλωτής ηλεκτρικού ρεύματος στο ζυθοποιείο είναι τα ψυκτικά μηχανήματα. Οπότε η αυξομείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος θα εξαρτάται κατά κύριο λόγο από τον όγκο του προϊόντος που ψύχεται, ευρισκόμενο μέσα σε δεξαμενές (ζύμωσης, ωρίμανσης, αποθήκευσης) και όχι από τα παραγόμενα ή συσκευαζόμενα ΗΛ.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ο καταμερισμός της κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος στους διάφορους τομείς – στάδια ενός ζυθοποιείου γενικά:



Σχήμα 7.4 Διαμοιρασμός του ηλεκτρικού ρεύματος στο ζυθοποιείο

Η μέση κατανάλωση Kwh/HL αναλόγως της κλάσης του ζυθοποιείου φαίνεται παρακάτω:



Σχήμα 7.5 Kwh/HL στην κάθε κλάση ζυθοποιείου

Στο ζυθοποιείο Γ η κατανάλωση ήταν 40 Kwh/HL. Εξαιρετικά υψηλή, διπλάσια του μέσου όρου της κλάσης του.

Αυτό μπορεί να οφείλεται σε:

- Το ζυθοποιείο είναι μεγέθους κλάσης 2 (ως 50.000HL) αλλά έχει ετήσια παραγωγή που εντάσσεται στην κλάση 1 (έως 20.000HL).Οπότε παράγοντας πολύ λιγότερα από την ονομαστική του παραγωγική ικανότητα η ενέργεια που ξοδεύεται είναι πολύ περισσότερη. Αλλά και πάλι είναι διπλάσιο της κλάσης 1
- Η εμφιάλωση είναι η δεύτερη μεγαλύτερη κατανάλωση σε ένα ζυθοποιείο. Οι εμφιαλώσεις ήταν πολλές και μικρού όγκου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα πολλές εκκινήσεις-αποστειρώσεις-καθαρισμούς της εμφιαλωτικής γραμμής και μεγάλη αύξηση της κατανάλωσης σε σχέση με μία μεγάλη συνεχόμενη εμφιάλωση.

Στο ζυθοποιείο Β η κατανάλωση ήταν 79 Kwh/HL. Η υψηλή τιμή αυτή οφείλεται στο ότι το ζυθοποιείο χρησιμοποιεί για την θέρμανση του ζυθογλεύκους ηλεκτρικές αντιστάσεις και όχι ατμό όπως τα άλλα δύο.

Το ζυθοποιείο Α παρουσίασε κατανάλωση 20Kwh/HL. Η κατανάλωση είναι μικρότερη από των άλλων ζυθοποιείων μιας και η μόνη σημαντική κατανάλωση είναι η ψύξη.

7.3 Πρώτες ύλες

Το κόστος των πρώτων υλών και η διαμόρφωσή του περιγράφονται στο κεφάλαιο 5.

Όπως αναφέρεται σε αυτό το κόστος των πρώτων υλών εξαρτάται από πολλούς παράγοντες που μεταβάλλονται από χρονιά σε χρονιά και από το ένα ζυθοποιείο στο άλλο. Γι' αυτό η σύγκρισή τους με κόστη των άλλων ζυθοποιείων έχει

χαρακτήρα μόνο υποκειμενικό.

Είναι άξιο αναφοράς ότι την χρονιά που έγινε η συλλογή των δεδομένων, το κόστος των πρώτων υλών βύνη – λυκίσκος – ζύμες, στα ζυθοποιεία ήταν:

Πίνακας 7.2 Κόστος υλικών ανά HL

Ζυθοποιείο	Τύπος Προϊόντος	Κόστος Ά υλών
Ζυθοποιείο Α	Φιλτραρισμένη απαστερίωτη μπύρα	18,7 € /HL
Ζυθοποιείο Β	Αφιλτράριστη, απαστερίωτη μπύρα	21,3 € /HL
Ζυθοποιείο Γ	Φιλτραρισμένη και παστεριωμένη μπύρα	10,5 € /HL

Πρέπει να σημειωθεί ότι πολύ μεγάλη διαφορά παρουσιάζει το κόστος της μαγιάς. Στην περίπτωση των μικροζυθοποιείων Α και Β όπου χρησιμοποιούν ξηρή μαγιά σε πακέτα του 0,5kg το κόστος της ανέρχεται σε 3,58 €/HL(χρησιμοποιείται ένα πακέτο ανά παραγωγή 10HL). Ενώ στη περίπτωση του ζυθοποιείου Γ όπου έκανε καλλιέργεια χρησιμοποιώντας υγρά βιομηχανικά στελέχη, τα οποία του δίνανε την δυνατότητα να κάνει ανακαλλιέργειες, το κόστος της μαγιάς ανερχότανε σε μόλις 0,16€.

7.4 Καθαριστικά – Απολυμαντικά

Το κόστος και η κατανάλωση των καθαριστικών απολυμαντικών του ζυθοποιείου Γ παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 5.5 .

Το κόστος ανά HL αλκαλικού, όξινου, απολυμαντικού αλλά και του συνόλου των καθαριστικών – απολυμαντικών και για τα τρία ζυθοποιεία παρουσιάζεται παρακάτω:

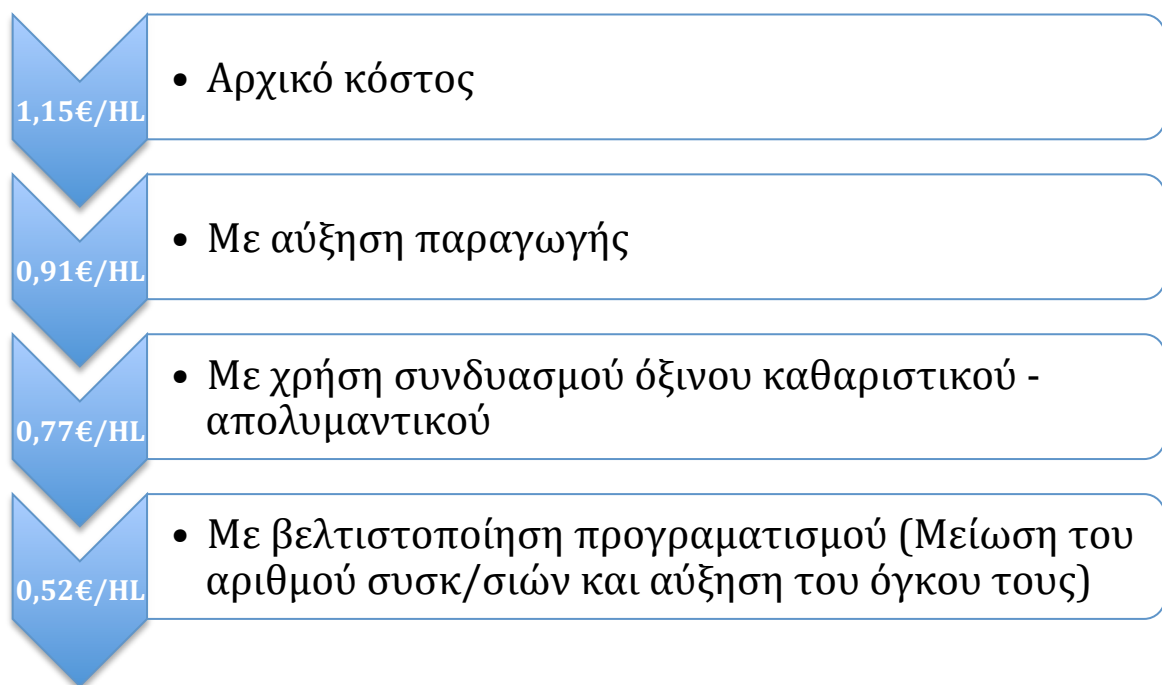
Πίνακας 7.3 Κόστος καθαριστικών ανά HL

Καθαριστικό	Ζυθοποιείο Α	Ζυθοποιείο Β	Ζυθοποιείο Γ
Αλκαλικό	0,67 €/HL	0,67 €/HL	0,51 €/HL
Όξινο	0,35 €/HL	0,23 €/HL	0,57 €/HL
Απολυμαντικό	0,10 €/HL	0,16 €/HL	-
Σύνολο Καθαριστικών - Απολυμαντικών	1,12 €/HL	1,06 €/HL	1,15 €/HL

Το ζυθοποιείο Γ παρουσιάζει αυτό το υψηλό κόστος λόγω άσχημου προγραμματισμού και λίγων παραγωγών. Όπως αναφέρθηκε το ζυθοποιείο είναι κλάσης 2 (έως 50000HL) αλλά παρήγαγε μόνο 12637HL. Αν πάρουμε αποσπασματικά μόνο τις αναλώσεις του μήνα Φεβρουαρίου, όπου είναι ο μήνας με τη μεγαλύτερη παραγωγή ζυθογλεύκους, τότε έχουμε κόστος καθαριστικών 0,91 €/HL.

Ακόμα το ζυθοποιείο είχε επιλέξει να χρησιμοποιεί ένα όξινο καθαριστικό με απολυμαντική δράση. Έτσι δεν απαιτούνταν το τελικό στάδιο της απολύμανσης και εξοικονομούσε χρόνο. Το μειονέκτημα είναι ότι το καθαριστικό αυτό στοιχίζει 40% παραπάνω από τη χρήση ενός κοινού όξινου καθαριστικού και απολυμαντικού μαζί (όπως χρησιμοποιούν τα άλλα δύο ζυθοποιεία). Από την στιγμή που απείχε αρκετά από τη μέγιστη παραγωγή του και άρα υπήρχε διαθέσιμος χρόνος, αν χρησιμοποιούσε απλό όξινο καθαριστικό και απολυμαντικό μαζί για τον μήνα Φεβρουάριο το κόστος θα κατέβαινε στα 0,77 €/HL.

Τον μήνα αυτό για την συσκευασία 1159HL μπύρας πραγματοποίησε 17 παστεριώσεις – εμφιαλώσεις, δηλαδή περίπου συσκευασία 68HL περίπου την φορά. Η μηχανή συσκευασίας που διέθετε ήταν ικανή να συσκευάζει 180HL ανά βάρδια, οπότε αν την εκμεταλλευόταν πλήρως για τον μήνα Φεβρουάριο θα χρειαζόνταν 7 μόνο παστεριώσεις – εμφιαλώσεις και άρα 10 καθαρισμούς λιγότερους. Αν γινόταν και αυτό σε συνέχεια των προηγούμενων εξοικονομήσεων το κόστος του συνόλου των καθαριστικών θα έπεφτε στα 0,52 €/HL.



Σχήμα 7.6 Βήματα βελτιστοποίησης κόστους καθαριστικών

Δηλαδή θα μπορούσαν να γίνουν ενέργειες βελτιστοποίησης που να μειώσουν το κόστος χρήσης καθαριστικών μέχρι και 55%.

Η διαφορά μεταξύ του ζυθοποιείου Α και Β οφείλεται στο ότι το ζυθοποιείο Α διαθέτει χειροκίνητη εμφιαλωτική ενώ το Β αυτόματη με αποτέλεσμα να εμφιαλώνει 10HL στην βάρδια ενώ το Α μόλις 4HL. Αυτό έχει ως συνέπεια να χρειάζονται περισσότεροι καθαρισμοί. Ακόμα μετά από κάθε καθαρισμό στο ζυθοποιείο Α τα καθαριστικά διαλύματα πετιούνται, ενώ θα μπορούσαν να επαναχρησιμοποιηθούν. Αυτό σε συνδυασμό με το ότι το ζυθοποιείο Α έχει

δεξαμενές ζύμωσης 20HL που χωράνε 2 παραγωγές (ενώ το ζυθοποιείο Β έχει δεξαμενές των 10HL που χωράνε μία, και τα δύο έχουν βραστήρες παραγωγής γλεύκους των 10HL) και άρα εξοικονομείται ένας καθαρισμός, θα μπορούσε να μειώσει το κόστος μέχρι και 0,60 €/HL.

Πρέπει στην εικόνα του συνολικού κόστους να ληφθεί υπόψιν ότι το ζυθοποιείο Β συσκευάζει αφιλτράριστο – απαστερίωτο προϊόν οπότε έχει και λιγότερους καθαρισμούς στην παραγωγική διαδικασία μιας και δεν χρησιμοποιεί δεξαμενές BBT.

7.5 Σύνολο υλικών – ενέργειας

Τα ζυθοποιεία παρουσιάζουν το παρακάτω κόστος ανά HL στους τομείς που μελετήθηκαν:

Πίνακας 7.4 Συνολικό κόστος ζυθοποιείων

Είδος	Ζυθοποιείο Α	Ζυθοποιείο Β	Ζυθοποιείο Γ
Ρεύμα	2,8 €/HL	7,96 €/HL	5,56 €/HL
Νερό	0,82 €/HL	0,55 €/HL	1,18 €/HL
Πετρέλαιο	6 €/HL	-	-
Αέριο LPG	-	-	4 €/HL
Μεμβράνες Αποστείρωσης	5 €/HL	-	-
Χημικά Καθαριστικά, Απολυμαντικά	1,17 €/HL	1,10 €/HL	1,15 €/HL
Πρώτες Ύλες (βύνες, λυκίσκος)	18,7 €/HL	21,3€/HL	10,50 €/HL
ΣΥΝΟΛΟ	34,49 €/HL	30,91 €/HL	22,61 €/HL

Οι μεμβράνες αποστείρωσης στην περίπτωση του ζυθοποιείου Α αναφέρονται διότι αποτελούν τον τρόπο μικροβιακής σταθεροποίησης του προϊόντος, έτσι ώστε να υπάρχει σύγκριση με το ζυθοποιείο Γ όπου το κόστος της

σταθεροποίησης περιέχεται στην κατανάλωση αερίου LPG αφού το ζυθοποιείο σταθεροποιεί με παστερίωση.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι καταναλώσεις ανά HL:

Πίνακας 7.5 Συνολικές καταναλώσεις ζυθοποιείων

Είδος	Ζυθοποιείο Α	Ζυθοποιείο Β	Ζυθοποιείο Γ
Ρεύμα	20Kwh/HL	79 Kwh/HL	40 Kwh/HL
Πετρέλαιο	69,5 Kwh/HL	-	-
Αέριο LPG	-	-	61 Kwh/HL
Νερό	7,5 HL/HL	5 HL/HL	10,7 HL/HL
Αλκαλικό καθαριστικό	0,598 Kg/HL	0,598 Kg/HL	0,607 Kg/HL
Όξινο καθαριστικό	0,304 Kg/HL	0,200 Kg/HL	0,189 Kg/HL
Απολυμαντικό	0,541 Kg/HL	0,512 Kg/HL	-

Πίνακας 7.6 Καταμερισμός ενέργειας στις διάφορες διεργασίες

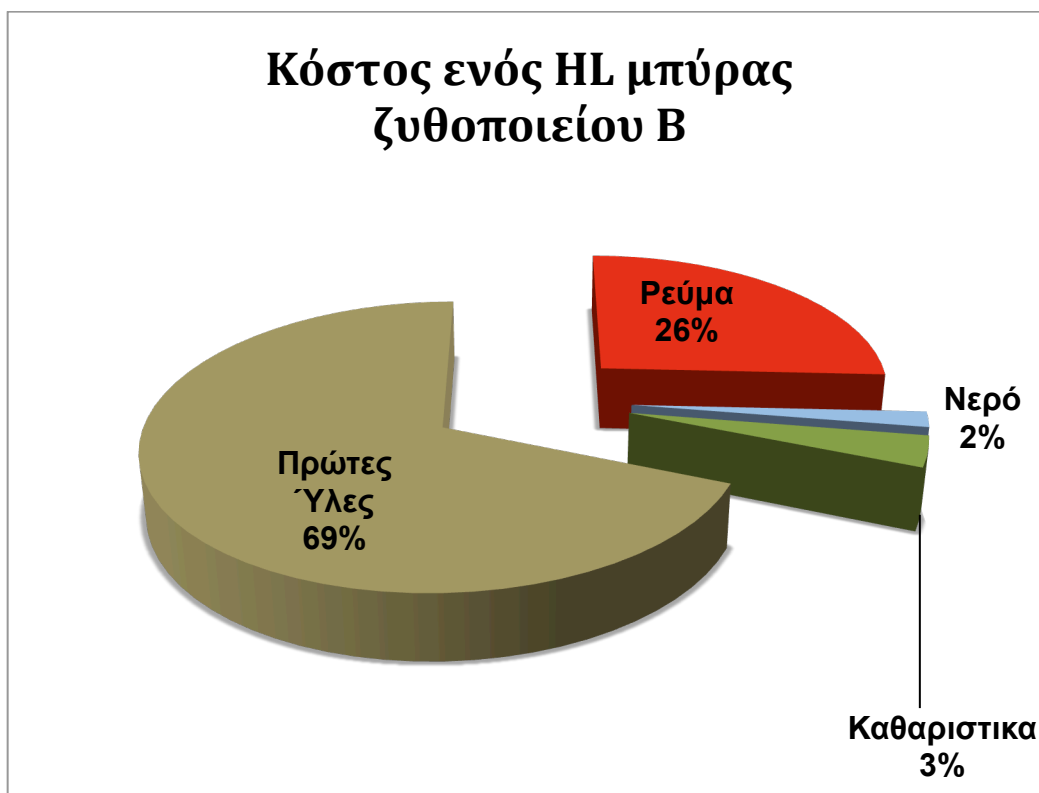
Είδος	Ζυθοποιείο Α	Ζυθοποιείο Β	Ζυθοποιείο Γ
Ψύξη	20 Kwh/HL	46,8 Kwh/HL	40 Kwh/HL
Παραγωγή ζυθογλεύκους	38,6 Kwh/HL	32,5 Kwh/HL	61 Kwh/HL
Εμφιάλωση	30,88 Kwh/HL		
Σταθεροποίηση	5 €/HL	-	

Πρέπει να αναφερθεί ότι 5 €/HL θα αντιστοιχούσε σε 50Kwh/HL με καύση diesel ή σε 80Kwh/HL με καύση αερίου LPG.

Το ποσοστό που απαρτίζει κάθε ένα από τα παραπάνω είδη στην αξία ενός HL μπίρας, εκφράζεται στα παρακάτω διαγράμματα:

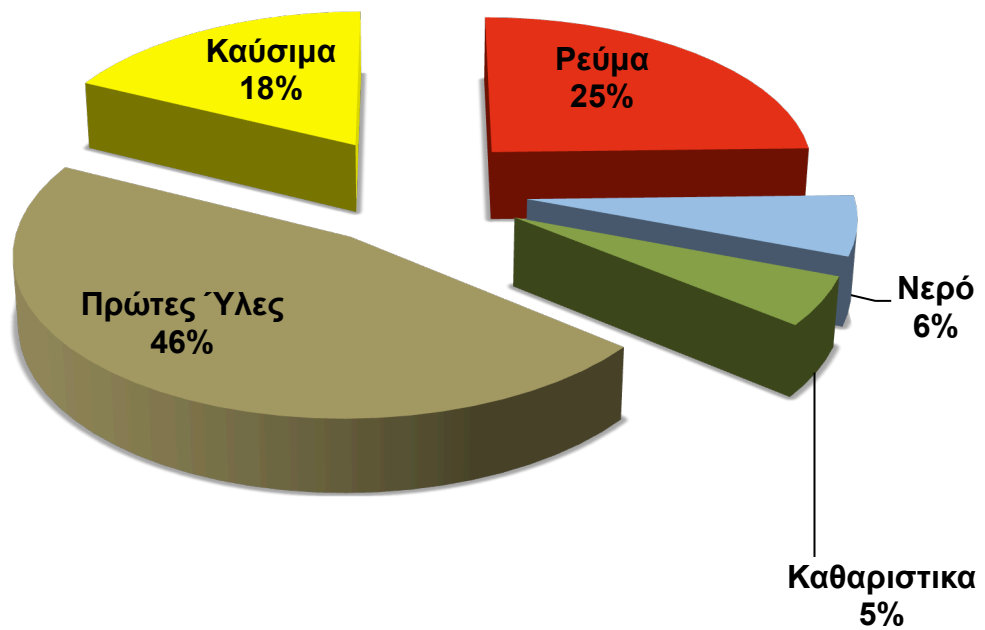


Σχήμα 7.7 Κόστος ενός HL μπύρας ζυθοποιείου Α

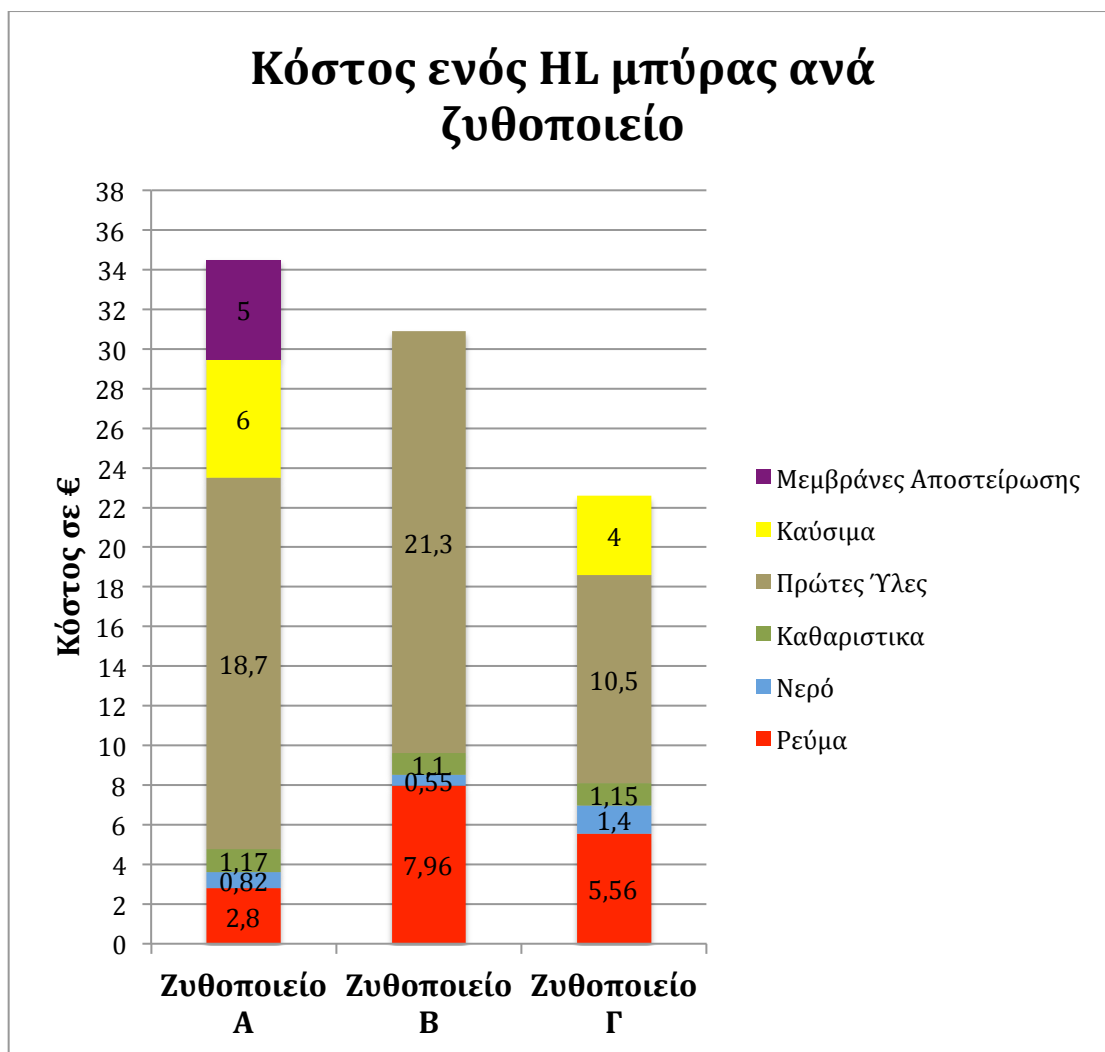


Σχήμα 7.8 Κόστος ενός HL μπύρας ζυθοποιείου Β

Κόστος ενός ΗΛ μύρας ζυθοποιείου Γ



Σχήμα 7.9 Κόστος ενός ΗΛ μύρας ζυθοποιείου Γ



Σχήμα 7.10 Σύγκριση κόστους ενός HL μπύρας ανά ζυθοποιείο

Υπάρχουν και άλλα στοιχεία που απαρτίζουν το κόστος της μπύρας και δεν ήταν αντικείμενο μελέτης αυτής της εργασίας. Τέτοια είναι:

- Φιλτράρισμα (κόστος υλικών φίλτρου)
- Αμοιβές προσωπικού
- Φόροι
- Υλικά συσκευασίας
- Αποθήκευση – διακίνηση
- Άλλα έξοδα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 Υλικά και μέθοδοι

Οι παρακάτω μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν αποτελούν επίσημες μεθόδους του ASBC (American Society of Brewing Chemists).

8.1 Προσδιορισμός υγρασίας βύνης

Ζυγίζονται ~5 gr αλεσμένου κριθαριού σε προζυγισμένη κάψα με κάλυμμα. Η κάψα μεταφέρεται σε κλίβανο και απομακρύνεται το κάλυμμα. Ξηραίνεται στους 105 °C υπό ατμοσφαιρική πίεση ή στους 70 °C υπό κενό για 3 ώρες. Μετά η κάψα, αφού τοποθετηθεί το κάλυμμα, μεταφέρεται σε ξηραντήρα (αφυγραντήρα) μέχρις ότου να αποκτήσει θερμοκρασία περιβάλλοντος και μετά ζυγίζεται. Μετά τη ζύγιση, η κάψα τοποθετείται πάλι στον κλίβανο, αφαιρείται το κάλυμμα και ξηραίνεται για 2 ώρες. Αυτό επαναλαμβάνεται μέχρις ότου το βάρος μεταξύ δύο διαδοχικών ζυγίσεων παραμείνει σταθερό. Η ελάττωση του βάρους δίνει την υγρασία.

$$Y \text{ (υγρασία \%)} = \frac{\text{απώλεια βάρους}}{\text{βάρος δείγματος}} \times 100$$

8.2 Προσδιορισμός εκχυλισματικής απόδοσης βύνης

Σε σταθερές συνθήκες πολτοποιείται δείγμα χονδροαλεσμένης βύνης με κόσκινο 2,5mm. και προσδιορίζουμε το εκχύλισμα.

Φέρουμε 200ml απεσταγμένο νερό σε θερμοκρασία 46 °C.

Σε ποτήρι 500ml, το οποίο έχουμε ζυγίσει, αναμιγνύουμε, αναδεύοντας ισχυρά, 50g χονδροαλεσμένης βύνης με το νερό των 46 °C, έτσι ώστε να μην σχηματιστούν συσσωματώματα.

Τοποθετούμε το ποτήρι σε υδατόλουτρο 45 °C, ακριβώς για 30 min, αναδεύοντας συνέχεια.

Μετά από ακριβώς 30min πολτικοποίησης, ανεβάζουμε τη θερμοκρασία του πολτού στους 70 °C σε 25 min (1°C/ min), αναδεύοντας, και μετά προσθέτουμε 100ml νερό θερμοκρασίας 70 °C. Μετά την προσθήκη αυτή του νερού, αρχίζει ο χρόνος ζαχαροποίησης. Σημειώνουμε το χρόνο και 10 λεπτά

μετά, με μια λεπτή υάλινη ράβδο, λαμβάνουμε μια σταγόνα πολτού, τη φέρουμε σε μικρή πορσελάνη και την αναμιγνύουμε με μια σταγόνα διαλύματος ιωδίου 0,25%. Ένας μπλε-ερυθροϊώδης χρωματισμός της σταγόνας, δείχνει ότι υπάρχει ακόμα αδιάσπαστο άμυλο. Η ζαχαροποίηση συνεχίζεται.

Ο έλεγχος της ζαχαροποίησης επαναλαμβάνεται ανά 5 λεπτά μέχρις ότου η σταγόνα του ιωδίου δείξει ένα σταθερό καθαρό κίτρινο χρώμα. Σημειώνουμε το τέλος του χρόνου ζαχαροποίησης.

Η θερμοκρασία των 70 °C διατηρείται για 60 min συνολικά και μετά κρυώνουμε το ποτήρι σε θερμοκρασία περιβάλλοντος ~25 °C σε χρόνο 15 min.

Ξεπλένουμε τη ράβδο και τα τοιχώματα, στεγνώνουμε την εξωτερική επιφάνεια του ποτηριού και προσθέτοντας νερό, φέρουμε το βάρος του περιεχομένου στα 450 g ακριβώς.

Αναμιγνύουμε δυνατά το περιεχόμενο του ποτηριού με τη ράβδο και διηθούμε με χαρτί φίλτρου Schleicher&Schüll N597½.

Τα πρώτα 100ml του διηθήματος που εμφανίζονται θολά, επαναδιηθούνται.

Όταν τα βυνοϋπολείμματα έχουν αφυδατωθεί αρκετά, σταματάμε τη διήθηση αλλιώς μετά από 2 ώρες.

Στην συνέχεια το εκχύλισμα στο βυνογλεύκος και υπολογισμός της εκχυλισματικής απόδοσης προσδιορίζονται ως εξής:

Αναμιγνύουμε πολύ καλά το διήθημα (βυνογλεύκος) και μετράμε την περιεκτικότητα σε εκχύλισμα (g εκχυλίσματος/100g βυνογλεύκους).

Από την τιμή αυτή και λαμβάνοντας υπ' όψη την υγρασία της βύνης, υπολογίζουμε την εκχυλισματική απόδοση σε 100 gr βύνης βάσει :

$$E = \frac{P(Y + 800)}{100 - P} \qquad E'_{(DS)} = \frac{E * 100}{100 - Y}$$

όπου :

E = εκχυλισματική απόδοση βύνης ως έχει

E' = εκχυλισματική απόδοση βύνη επί ξηρού

P = g εκχυλίσματος / 100 g βυνογλεύκους (%Plato)

Y = % υγρασία βύνης

8.3 Προσδιορισμός μονάδων πικράδας ζύθου (μέθοδος ισοοκτανίου)

Αντιδραστήρια

- (α) Ισοοκτανίο ελάχιστης καθαρότητας 99%
- (β) Υδροχλωρικό οξύ 3N
- (γ) Οκτανόλη. Μία σταγόνα προστίθεται σε 20 ml Αντιδραστηρίου (α)

Μεθοδολογία

10,0ml κρύας ανθρακωμένης μπίρας (10°C) μεταφέρονται σε σωλήνα φυγοκέντρισης 50ml με ογκομετρικό σιφόνιο όπου έχει μία ελάχιστη ποσότητα αντιδραστηρίου γ στην μύτη του. Προστίθεται 1ml HCl 3N (αντιδραστήριο β) και 20ml ισοοκτανίου (αντιδραστήριο α). Το πώμα τοποθετείται στον σωλήνα φυγοκέντρισης και αυτός στην συνέχεια σε τράπεζα ανακίνησης, σε υψηλές στροφές για 15 λεπτά. Εάν χρειάζεται το δείγμα φυγοκεντρείται τόσο ώστε να διαχωριστούν οι φάσεις. Το συντομότερο δυνατό μεταφέρεται επαρκής ποσότητα από την πάνω καθαρή φάση (ισοοκτανίου) στην κυψελίδα του φασματοφωτομέτρου και μετριέται η απορρόφηση. Το όργανο μηδενίζεται στα 275nm με τυφλό διάλυμα ισοκτανίου – οκτανόλης (20ml ισοοκτανίου και μία σταγόνα οκτανόλης)

Υπολογισμοί

Οι πικρομονάδες υπολογίζονται από τον τύπο:

$$IBU = A_{275nm} \times 50$$

Οι πικρομονάδες εκφράζονται στο πλησιέστερο μισό της μονάδος.

8.4 Προσδιορισμός α-οξέων στον λυκίσκο με φασματοφωτομετρική μέθοδο

8.4.1 Προετοιμασία δείγματος για ανάλυση

Αντιδραστήρια

- (α) Τολουόλιο καθαρότητας 99,9% για HPLC

Μεθοδολογία

5,0000 ± 0,001gr φρεσκοαλεσμένου λυκίσκου τοποθετούνται σε κατάλληλη φιάλη των 250ml. Προστίθενται 100ml τολουόλιο (αντιδραστήριο α) τοποθετείται το πώμα της φιάλης και αυτή σε τράπεζα ανακίνησης για 30 λεπτά σε υψηλές στροφές.

Το δείγμα φυγοκεντρείται στις 2000 rpm για 5 λεπτά.

Το διάλυμα Περιέχει ισοδύναμο 50mg λυκίσκου ανά ml.

8.4.2 Μέτρηση α- και β-οξέων με φασματοφωτομετρικό προσδιορισμό

Αντιδραστήρια

- (α) Μεθανόλη φασματοφωτομετρικής καθαρότητας
- (β) Καυστικό νάτριο 6,0N
- (γ) Διάλυμα 0,2ml καυστικού νατρίου 6,0N ανά 100ml μεθανόλης

Μεθοδολογία

5ml δείγματος προς ανάλυση αραιώνονται στα 100ml με μεθανόλη (αντιδραστήριο α) (Αραίωση Α). Κατάλληλο μέρος της αραιώσης Α αραιώνεται με αντιδραστήριο γ (Αραίωση Β) έτσι ώστε οι απορροφήσεις στα 325 και 355nm να βρίσκονται στην ακριβή ζώνη του οργάνου. Οι μετρήσεις πρέπει να γίνουν χωρίς καθυστέρηση μετά την αραιώση Β. Μετριέται η απορρόφηση στα 355, 325 και 275nm αφού πρώτα το όργανο μηδενιστεί με τυφλό διάλυμα που παρασκευάστηκε από 5ml τολουολίου που ακολούθησε την ίδια διαδικασία με το δείγμα. Οι μετρήσεις πρέπει να γίνουν γρήγορα για την αποφυγή αποικοδόμησης των συστατικών από την υπεριώδη ακτινοβολία.

Υπολογισμοί

Συντελεστής αραιώσης d

$$d = \frac{V \text{ αραιώσης A(ml)} \times V \text{ αραιώσης B(ml)}}{500 \times V \text{ δείγματος προς ανάλυση} \times V \text{ μέρους από αραιώση A}}$$

$$\alpha\text{-οξέα \%} = d \times (-51.56A_{355} + 73.79A_{325} - 19.07A_{275})$$

Τα αποτελέσματα εκφράζονται με ένα δεκαδικό ψηφίο.

8.5 Προσδιορισμός αλκοολικού τίτλου ζύθου

Μεθοδολογία

250ml απαερωμένης μπίρας μεταφέρονται με σιφώνιο σε φιάλη απόσταξης και προστίθενται 50ml νερού. Η φιάλη απόσταξης τοποθετείται στην αποστακτική στήλη. Για τη λήψη του αποστάγματος χρησιμοποιείται ογκομετρική φιάλη των 250ml. Η ογκομετρική φιάλη περιβάλλεται με πάγο ή πάγο και νερό. Η θερμοκρασία του νερού στον ψυκτήρα δεν θα πρέπει να υπερβεί τους 25°C στην έξοδο. Αποστάζονται περίπου 245ml με σταθερό ρυθμό σε χρόνο 30 έως 60 λεπτών. Το απόσταγμα ανακατεύεται καλά ρυθμίζεται στους 20°C και συμπληρώνεται στον όγκο με απεσταγμένο νερό. Μετρίεται η περιεκτικότητα σε αλκοόλη με κατάλληλο αλκοολόμετρο γκάμας 0 έως 10%vol (ml/ml) και η τιμή διορθώνεται ως προς την θερμοκρασία μέσω πινάκων.

8.6 Προσδιορισμός χρώματος ζύθου

Μεθοδολογία

Δείγμα απαερωμένης μπίρας μεταφέρεται με σιφώνιο σε κυψελίδα του φασματοφωτομέτρου. Μετρίεται η απορρόφηση στα 430nm αφού πρώτα το όργανο μηδενιστεί με τυφλό διάλυμα απεσταγμένου νερού.

Για να είναι ακριβής η μέτρηση πρέπει τα δείγματα να έχουν θολερότητα κάτω του ενός EBC, ο προσδιορισμός γίνεται με χρήση θολερομέτρου. Το όργανο πρώτα ρυθμίζεται με τα πρότυπα αιωρήματα φορμαζίνης στα <0,1 , 20, 200, 1000 και 4000 NTU. Το δείγμα τοποθετείται στο όργανο και καταγράφεται η ένδειξη η οποία δίνεται σε EBC. Σε περίπτωση όπου το δείγμα παρουσιάζει υψηλή τιμή θολερότητας μπορεί να διαυγαστεί με φυγοκέντρηση ή φιλτράρισμα.

Υπολογισμοί

Οι μονάδες EBC του χρώματος υπολογίζονται σύμφωνα με τον τύπο:

$$EBC = 25 \times D \times A_{430}$$

Όπου D ο συντελεστής αραίωσης (εάν έχει πραγματοποιηθεί).

8.7 Όργανα που χρησιμοποιήθηκαν

Για την διεξαγωγή των αναλύσεων χρησιμοποιήθηκαν τα εξής όργανα:

- Κλίβανος Heraeus VTR 5022
- Φασματοφωτόμετρο Shimadzu UV mini 1240
- Αποστακτική στήλη
- Εργαστηριακός μύλος άλεσης σιτηρών
- Φυγόκεντρος Rotofix 32A
- Αναλυτικός ζυγός
- Σακχαρόμετρα γκάμας 0-9 °P, 9-14 °P
- Θολερόμετρο
- Αλκοολόμετρο γκάμας 0-10%vol

Στις παρακάτω φωτογραφίες απεικονίζονται τα όργανα που αναφέρθηκαν.



Εικόνα 8.1 Εργαστηριακός μύλος



Εικόνα 8.2 Σίτες άλεσης Μύλου



Εικόνα 8.3 Φασματοφωτόμετρο



Εικόνα 8.4 Φυγόκεντρος



Εικόνα 8.5 Κλίβανος



Εικόνα 8.6 Αναλυτικός ζυγός



Εικόνα 8.7 Αποστακτική στήλη



Εικόνα 8.8 Θολερόμετρο

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 Αποτελέσματα – Σχόλια – Υπολογισμοί

Για της αναλύσεις των πρώτων υλών (βύνη – λυκίσκος) λήφθηκε ένα δείγμα για κάθε διαφορετικό τύπο υλικού που συμμετέχει στη συνταγή του κάθε ζυθοποιείου. Για τη σύγκριση των αναλυτικών στοιχείων των ζυθοποιείων λήφθηκαν δείγματα από τρεις διαφορετικές παρτίδες (batch) του καθενός. Από κάθε παρτίδα λήφθηκε ένα δείγμα βυνογλεύκους μετά το πέρας του βρασμού και ένα δείγμα τελικού προϊόντος (εμφιαλωμένου).

9.1 Υγρασία βύνης

Τα δείγματα βύνης των τριών ζυθοποιείων δώσανε τις παρακάτω τιμές υγρασίας:

Πίνακας 9.1 Υγρασία βύνης

Τύπος Βύνης	Ζυθοποιείο Α	Ζυθοποιείο Β	Ζυθοποιείο Γ
Pale Ale	4,24%	-	-
Wheat	5.58%	-	-
Cara blonde	8,54%	-	-
Pils	-	4.63%	4.38%
Munich	-	4.5%	-

9.2 Εκχυλισματική απόδοση βύνης

Μετά την εργαστηριακή πολτοποίηση τα δείγματα έδωσαν τις παρακάτω τιμές εκχυλίσματος σε plato:

Πίνακας 9.2 Τιμές εκχυλίσματος εργαστηριακής πολτοποίησης

Τύπος Βύνης	Ζυθοποιείο Α	Ζυθοποιείο Β	Ζυθοποιείο Γ
	°P %	°P %	°P %
Pale Ale	8,7	-	-
Wheat	8,9	-	-
Cara blonde	8,1	-	-
Pils	-	8,8	8,7
Munich	-	8,5	-

Και κατά συνέπεια τις εξής εκχυλισματικές αποδόσεις:

Πίνακας 9.3 Εκχυλισματική απόδοση βύνης

	Τύπος Βύνης	°P %	Υγρασία %	Εκχυλισματική απόδοση ως έχει %	Εκχυλισματική απόδοση επί ξηρού %
Ζυθοποιείο Α	Pale Ale	8,7	4,63	76,67	80,40
	Wheat	8,9	5,58	78,70	83,35
	Cara blonde	8,1	8,54	71,26	77,92
Ζυθοποιείο Β	Pils	8,8	4,24	77,60	81,04
	Munich	8,5	4,52	74,74	78,27
Ζυθοποιείο Γ	Pils	8,7	5,03	76,71	80,77

9.3 Εκχύλισμα γλεύκους και όγκος γλεύκους παρτίδων ζυθοποιείων

Τα δείγματα που λήφθηκαν μετά το τέλος του βρασμού του ζυθογλεύκους σε κάθε μία παρτίδα από τα τρία ζυθοποιεία έχουν τις παρακάτω τιμές plato. Ο όγκος γλεύκους είναι ο συνολικός τελικός όγκος που οδηγήθηκε προς ζύμωση. Από τους πίνακες του plato έχουμε τη αντιστοίχιση από βαθμούς °P

(g εκχυλίσματος/100g ζυθογλεύκους) σε g εκχυλίσματος/100ml ζυθογλεύκους. Οπότε κατά συνέπεια υπολογίζεται το συνολικό εκχύλισμα της παρτίδας.

Πίνακας 9.4 Εκχύλισμα και όγκος ζυθογλεύκους μετά τον βρασμό

		Εκχύλισμα γλεύκους (°P)	Όγκος γλεύκους (L)	g εκχυλίσματος /100ml	Συνολικό εκχύλισμα kg
Ζυθοποιείο Α	Batch 1	11,4	1095	11,90	130,31
	Batch 2	10,9	1110	11,36	126,10
	Batch 3	11,1	1110	11,57	128,43
Ζυθοποιείο Β	Batch 1	11,9	1100	12,45	136,95
	Batch 2	11,6	1110	12,12	134,53
	Batch 3	11,6	1100	12,12	133,32
Ζυθοποιείο Γ	Batch 1	11,7	5970	12,23	730,13
	Batch 2	11,4	6050	11,90	719,95
	Batch 3	11,4	6120	11,90	728,28

9.4 Υπολογισμός απόδοσης συστήματος παραγωγής ζυθογλεύκους

Από την % εκχυλισματική περιεκτικότητα ως έχει του κάθε τύπου βύνης και την ποσότητα συμμετοχής της στην παρτίδα υπολογίζεται το θεωρητικό εκχύλισμα που δίνει η κάθε βύνη. Το συνολικό θεωρητικό εκχύλισμα δίνεται από το άθροισμα των θεωρητικών εκχυλισμάτων της κάθε μίας βύνης που συμμετέχει.

Ο Μ.Ο. συνολικού πραγματικού εκχυλίσματος είναι ο μέσος όρος των τιμών συνολικού εκχυλίσματος από τις τρεις παρτίδες κάθε ζυθοποιείου. Τα κιλά του πραγματικού δια του θεωρητικού εκχυλίσματος % αντιπροσωπεύουν την απόδοση του συστήματος κάθε ζυθοποιείου[42] (Brewhouse efficiency).

Πίνακας 9.5 Υπολογισμός Brewhouse efficiency

	Τύπος Βύνης	Εκχυλισματική απόδοση ως έχει %	Ποσότητα βύνης στην παρτίδα (kg)	Θεωρητικό εκχύλισμα στην παρτίδα (kg)	Συνολικό Θεωρητικό εκχύλισμα παρτίδας (kg)	Μ.Ο. συνολικού πραγματικού εκχυλίσματος (kg)	Απόδοση Συστήματος (Brewhouse efficiency) %
Ζυθοποιείο Α	Pale Ale	76,67	187	143,37	164,55	128,28	78,0%
	Wheat	78,70	16,5	12,99			
	Cara blonde	71,26	11,5	8,19			
Ζυθοποιείο Β	Pils	77,60	175	135,80	154,49	134,93	87,3%
	Munich	74,74	25	18,69			
Ζυθοποιείο Γ	Pils	76,71	1000	767,10	767,10	726,12	94,7%

9.5 Πικράδα ζύθου

Από το φασματοφωτομετρικό προσδιορισμό της πικράδας των δειγμάτων βρέθηκαν οι παρακάτω απορροφήσεις και συνεπώς οι πικρομονάδες σε IBU. Τα ζυθοποιεία Α και Β χρησιμοποιούν 2 τύπους λυκίσκου στην παραγωγή τους.

Πίνακας 9.6 Πικρομονάδες ζύθου ανά παρτίδα

	Τύπος Λυκίσκου	Αριθμός παρτίδας	A ₂₇₅	IBU	M.O. IBU
Ζυθοποιείο Α	Colombus & Citra	Batch 1	0,382	19	18,5
		Batch 2	0,371	18,5	
		Batch 3	0,356	18	
Ζυθοποιείο Β	Magnum & Willamete	Batch 1	0,427	21,5	22,5
		Batch 2	0,461	23	
		Batch 3	0,464	23	
Ζυθοποιείο Γ	Nugget	Batch 1	0,296	15	15
		Batch 2	0,300	15	
		Batch 3	0,304	15	

9.6 α-οξέα λυκίσκου

Από τα δείγματα των λυκίσκων των ζυθοποιείων προσδιορίστηκαν οι παρακάτω απορροφήσεις και συνεπώς οι % περιεκτικότητα σε α-οξέα του κάθε λυκίσκου.

Ο συντελεστής αραίωσης d είναι

$$d = \frac{100\text{ml} \times 50\text{ml}}{500 \times 5\text{ml} \times 3\text{ml}} = 0,667$$

Πίνακας 9.7 Περιεκτικότητα λυκίσκου σε α-οξέα

	Τύπος Λυκίσκου	A ₃₅₅	A ₃₂₅	A ₂₇₅	Α-οξέα %
Ζυθοποιείο Α	Colombus	0,415	0,636	0,237	14
	Citra	0,395	0,616	0,393	11,5
Ζυθοποιείο Β	Magnum	0,424	0,651	0,272	14
	Willamete	0,435	0,486	0,330	4,5
Ζυθοποιείο Γ	Nugget	0,592	0,694	0,290	10

9.7 Αξιοποίηση λυκίσκου

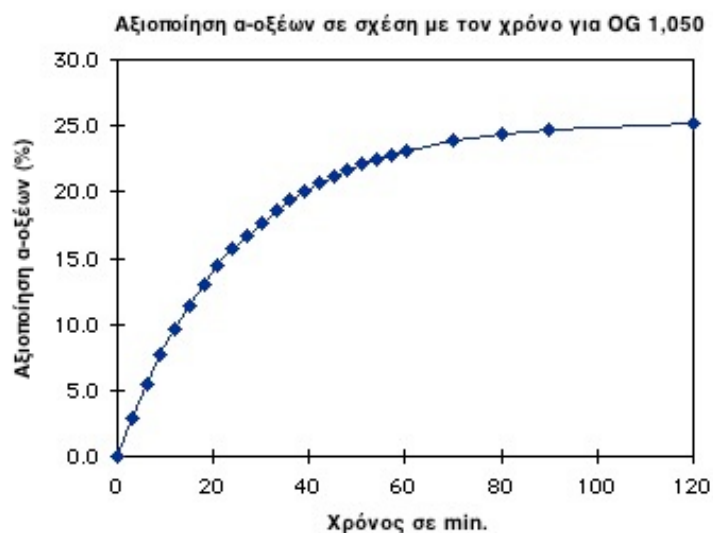
Από τις μετρήσεις των πικρομονάδων IBU των τελικών προϊόντων από το κεφάλαιο 9.5 και τα ποσοστά α-οξέων των αντίστοιχων λυκίσκων από το κεφάλαιο 9.6 μπορεί να υπολογιστεί η αξιοποίηση λυκίσκου (hop utilization)[43].

Από την % περιεκτικότητα σε α-οξέα του κάθε λυκίσκου, την ποσότητα που προστίθεται στην παρτίδα και τον τελικό όγκο του ζυθογλεύκου της παρτίδας μετά το βρασμό υπολογίζεται η ποσότητα α-οξέων στο ζυθογλέυκος σε mg/L:

Πίνακας 9.8 Υπολογισμός ποσότητας α-οξέων στο ζυθογλέυκος

	Τύπος Λυκίσκου	Ποσότητα λυκίσκου στην παρτίδα (g)	Τελικός όγκος γλεύκου παρτίδας (L)	Α-οξέα λυκίσκου %	Ποσότητα α-οξέων στο γλέυκος (mg/L)
Ζυθοποιείο Α	Colombus	185	1105	14	23,4
	Citra	1400		11,5	145,7
Ζυθοποιείο Β	Magnum	500	1103	14	63,5
	Willamete	1000		4,5	40,8
Ζυθοποιείο Γ	Nugget	3800	6047	10	62,8

Η μέγιστη αξιοποίηση του λυκίσκου είναι 25% μετά από βρασμό διάρκειας 120 λεπτών όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα[44]:



Σχήμα 9.1 Αξιοποίηση α-οξέων

Από την στιγμή που 1 μονάδα IBU αντιστοιχεί σε 1mg/L α-οξέων στο ζυθογλεύκος για μέγιστη αξιοποίηση 25% έχουμε τα μέγιστα θεωρητικά IBU. Το ποσοστό των IBU που μετρήθηκαν στα δείγματα των ζυθοποιείων προς τα θεωρητικά IBU μας δίνει την αξιοποίηση του λυκίσκου:

Πίνακας 9.9 Αξιοποίηση λυκίσκου

	Τύπος Λυκίσκου	Ποσότητα α-οξέων στο γλεύκος (mg/L)	Θεωρητικά IBU	Πραγματικά IBU	Αξιοποίηση λυκίσκου (%)
Ζυθο ποιείο Α	Colombus	23,4	5,9	18,5	44%
	Citra	145,7	36,4		
Ζυθο ποιείο Β	Magnum	63,5	15,9	22,5	86%
	Willamete	40,8	10,2		
Ζυθο ποιείο Γ	Nugget	62,8	15,7	15	95%

9.8 Μέτρηση χρώματος ζύθου

Από τα δείγματα τελικού προϊόντος των ζυθοποιείων προσδιορίστηκαν οι παρακάτω τιμές χρώματος:

Πίνακας 9.10 Μέτρηση χρώματος ζύθου

	Τύπος Ζύθου	Παρτίδα	Θολερότητα (EBC)	Θολερότητα μετά από φυγοκέντρωση (EBC)	A ₄₃₀	Χρώμα ζύθου σε EBC
Ζυθοποιείο Α	Golden Ale	Batch 1	0,72	-	0,396	9,9
		Batch 2	0,76	-	0,364	9,1
		Batch 3	0,74	-	0,388	9,7
Ζυθοποιείο Β	Pilsner	Batch 1	2,3	0,91	0,162	8,1
		Batch 2	2,6	0,95	0,368	9,2
		Batch 3	2,1	0,89	0,320	8,0
Ζυθοποιείο Γ	Lager	Batch 1	0,95	-	0,272	6,8
		Batch 2	0,98	-	0,260	6,5
		Batch 3	0,93	-	0,276	6,9

Το ζυθοποιείο Β όπως έχει αναφερθεί παράγει αφιλτράριστο – απαστερίωτο προϊόν. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα τιμές θολερότητας μεγαλύτερες του 1 EBC. Τα δείγματα φυγοκεντρήθηκαν και η θολερότητά τους μειώθηκε σε αποδεκτά επίπεδα.

9.9 Αλκοολικός τίτλος ζύθου

Τα δείγματα δώσανε τους παρακάτω αλκοολικούς τίτλους. Πριν την απόσταξη μετρήθηκε το τελικό εκχύλισμα. Ακόμα σημειώνεται το αρχικό εκχύλισμα των ζυθογλευκών πριν τη ζύμωση. Από το αρχικό και το τελικό εκχύλισμα υπολογίζεται ο φαινομενικός βαθμός ζύμωσης σύμφωνα με τον τύπο:

φαινομενικός βαθμός ζύμωσης =

$$= 100 \times \frac{\text{Αρχικό εκχύλισμα} - \text{Τελικό εκχύλισμα}}{\text{Αρχικό εκχύλισμα}}$$

Πίνακας 9.11 Αλκοολικός τίτλος και φαινομενικός βαθμός ζύμωσης

	Τύπος Ζύθου	Παρτίδα	%vol	Αρχικό Εκχύλισμα	Τελικό Εκχύλισμα	Φαινομενικός Βαθμός ζύμωσης
Ζυθο ποιείο Α	Golden Ale	Batch 1	4,79	11,4	2,4	78,9
		Batch 2	4,52	10,9	2,4	78,0
		Batch 3	4,73	11,1	2,2	80,2
Ζυθο ποιείο Β	Pilsner	Batch 1	5,01	11,9	2,5	79,0
		Batch 2	4,85	11,6	2,5	78,4
		Batch 3	4,75	11,6	2,7	76,7
Ζυθο ποιείο Γ	Lager	Batch 1	5,5	11,7	2,4	79,5
		Batch 2	5,1	11,4	2,5	78,1
		Batch 3	5,2	11,4	2,2	80,7

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10 Συμπεράσματα

10.1 Κατανάλωση υλών – ενέργειας

Στο κεφάλαιο 7 παρουσιάστηκαν οι καταναλώσεις των ζυθοποιείων. Από αυτές στην περίπτωση του κάθε ζυθοποιείου υπάρχουν κατηγορίες όπου έχουν περιθώρια μείωσης κόστους.

Στο ζυθοποιείο Α η κατανάλωση καυσίμων είναι υψηλή λόγω των πολλών συσκευασιών που χρειάζονται για την εμφιάλωση μιας δεξαμενής, καθώς επίσης και η κατανάλωση των χημικών για τον ίδιο λόγο αλλά και επειδή τα διαλύματα δεν επαναχρησιμοποιούνται.

Το ζυθοποιείο Β έχει σχετικά προσεγγίσει το βέλτιστο της λειτουργίας του οπότε περιθώρια μείωσης μπορούν να έρθουν από την αύξηση της παραγωγής και την διερεύνηση για μείωση του κόστους των πρώτων υλών, μιας και παρουσιάζει το υψηλότερο κόστος από τα τρία ζυθοποιεία χωρίς να διαφέρει από αυτά σημαντικά το προϊόν του (όσον αφορά τις πρώτες ύλες).

Το ζυθοποιείο Γ παρουσιάζει υψηλή κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος, 40Kwh/HL πολύ μεγαλύτερη του 14Kwh/HL, μέσου όρου της κλάσης που ανήκει. Ακόμα, η κατανάλωση νερού ήταν 10,7HL/HL οριακά εντός του αποδεκτού εύρους κατανάλωσης 3,7-10,9HL/HL.

Η βέλτιστη κατανάλωση όμως ανέρχεται σε 6HL νερού ανά HL προϊόντος, τιμή από την οποία η κατανάλωση του ζυθοποιείου Γ απέχει αρκετά. Στην εικόνα 7.9 παρατηρούμε ότι το ηλεκτρικό ρεύμα είναι ένα σημαντικό μέρος του κόστους (25% του συνόλου) και πως το νερό αποτελεί επίσης ένα υπολογίσιμο ποσοστό (6% του συνόλου). Αυτό μας δείχνει ότι στο ζυθοποιείο υπάρχουν περιθώρια μείωσης του κόστους παραγωγής του. Ακόμα η κατανάλωση χημικών όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 7.4 έχει σημαντικά περιθώρια βελτίωσης.

Η εργασία αυτή πραγματεύεται τα σημεία εκείνα που προκαλούν σημαντική αύξηση του κόστους και η βελτιστοποίησή τους μπορεί να επιφέρει μείωση του κόστους. Τέτοια σημεία είναι:

Πίνακας 10.1 Σημεία ενδιαφέροντος για την μείωση κόστους

Κατηγορία	Σημείο ενδιαφέροντος
Ηλεκτρικό ρεύμα	Ψυκτικά μηχανήματα, εμφιάλωση προϊόντος
Θερμική ενέργεια	αποστειρώσεις εξοπλισμού, παραγωγή ζυθογλεύκους
Νερό	Καθαρισμοί, αποστειρώσεις εξοπλισμού
Πρώτες ύλες	μέγεθος παραγγελίας επισύναψη συμβολαίου με προμηθευτές
Καθαριστικά	Πρόγραμμα καθαρισμού

Το κόστος σε κάθε μια από τις παραπάνω κατηγορίες θα μπορούσε να μειωθεί με τους εξής τρόπους:

Ηλεκτρικό ρεύμα

- λιγότερες εμφιαλώσεις προϊόντος μεγαλύτερου όγκου
- Βελτιστοποίηση (optimizing) του ψυκτικού συστήματος ή αντικατάστασή του με ένα direct σύστημα αμμωνίας (ζυθοποιείο Γ)
- Χρήση μέσης τάσης (ζυθοποιείο Γ)

Θερμική ενέργεια

- Συσκευασίες προϊόντος μεγαλύτερου όγκου ώστε να μειωθεί ο αριθμός εκκινήσεων των μηχανημάτων που εμπλέκονται (φίλτρα, παστεριωτής, εμβареλωτήριο, εμφιαλωτικό) και κατά συνέπεια οι φορές που αποστειρώνονται
- Παραγωγή ζυθογλεύκους σε τριπλοβάρδια ώστε να μην απενεργοποιείται ο λέβητας κατά τις βραδυνές ώρες (ζυθοποιείο Γ)
- Ορθή χρήση των συστημάτων ανάκτησης ενέργειας (συμπυκνωτής ατμών ζυθοβραστηρίου, ανάκτηση κατά την ψύξη του ζυθογλεύκους)

- Τοποθέτηση συστημάτων εξοικονόμησης ενέργειας στον λέβητα (economizer, superheater) (ζυθοποιείο Γ)
- Μείωση του cycle time της εμφιαλωτικής ώστε να αυξηθεί η παραγωγή της ανά βάρδια (ζυθοποιείο Α)

Νερό

- Μέσω της μείωσης του αριθμού των συσκευασιών(λιγότερες συσκευασίες μεγαλύτερου όγκου) μειώνονται οι αποστειρώσεις και οι καθαρισμοί του εξοπλισμού, οπότε κατά συνέπεια η κατανάλωση ζεστού νερού και νερού για ξεπλύματα
- Μείωση του όγκου του νερού που σπαταλιέται στα ξεπλύματα, με έλεγχο της υπολειμματικότητας χημικών
- Βελτιστοποίηση διεργασίας ψύξης γλεύκους για την υψηλότερη ανάκτηση νερού στην υψηλότερη θερμοκρασία (ζυθοποιείο Α και Β)

Πρώτες Ύλες

- Παραγγελίες μεγαλύτερου μεγέθους ώστε να μειωθούν τα έξοδα μεταφοράς
- Επισύναψη συμβολαίου με τους προμηθευτές για να επιτευχθούν καλύτερες τιμές
- Ανακαλλιέργεια μαγιάς για μείωση κόστους εμβολιασμού, Μία επιπλέον χρήση με την υπάρχουσα μαγιά ή έλεγχος χρήσης διαφορετικού στελέχους όπου αντέχει περισσότερες ανακαλλιέργειες. (ζυθοποιείο Α και Β)
- Ζήτηση προσφοράς βύνης από εγχώριο προμηθευτή το οποίο θα μειώσει τουλάχιστον το κόστος μεταφοράς

Καθαριστικά

- Καλός αερισμός των δεξαμενών από το CO₂ πριν τον καθαρισμό ώστε να μην χάνεται η δράση του αλκαλικού καθαριστικού και να χρησιμοποιείται μικρότερη ποσότητα

- Επαναχρησιμοποίηση διαλυμάτων για πρόπλυση επόμενου καθαρισμού ή ενίσχυση τους μετά από μέτρηση αγωγιμότητας και εκ νέου χρήση τους στον κύκλο καθαρισμού (ζυθοποιείο Α)
- Προσπάθεια εμφιάλωσης σε διπλοβάρδια ώστε να μειωθεί ο αριθμός των συσκευασιών (ζυθοποιείο Α)

Γενικά, παραγωγή περισσότερου προϊόντος ώστε να μειωθεί το κόστος ανά HL. Το ζυθοποιείο ανήκει στην κλάση 2 και έχει δυναμικότητα παραγωγής 50000HL σε πλήρη λειτουργία, παρήγαγε μόνο 15000HL ποσό μικρό για την δυναμικότητά του, που έχει ως αποτέλεσμα υψηλό κόστος λειτουργίας.

10.2 Σύγκριση αναλυτικών παραμέτρων

Από την σύγκριση των αναλυτικών παραμέτρων του κεφαλαίου 9 βγαίνουν τα κάτωθι συμπεράσματα:

- Στον πίνακα 9.5 βλέπουμε την % απόδοση του κάθε συστήματος ζυθοποίησης, δηλαδή το ποσοστό της εκμετάλλευσης του διαθέσιμου εκχυλίσματος. Η τιμή του ζυθοποιείου Γ (94,7%) είναι μια υψηλή τιμή που αντιστοιχεί σε μεγάλα ποιοτικά συστήματα. Το ζυθοποιείο Β παρουσιάζει ένα ποσοστό αξιόλογο για την κατηγορία του. Η τιμή του ζυθοποιείου Α (78%) είναι σχετικά χαμηλή για ζυθοποιείο. Πιθανότατα να οφείλεται σε λάθος σχεδιασμό του εξοπλισμού ή της παραγωγικής διαδικασίας. Θα πρέπει να ελεγχθούν τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας για να βρεθεί που οφείλεται και να γίνουν ενέργειες βελτίωσης.
- Από τις μετρήσεις πικράδας του ζύθου βλέπουμε ότι υπάρχει μεγάλη σταθερότητα στις τιμές IBU του ζυθοποιείου Γ ενώ υπάρχουν μικρές διαφορές στις τιμές IBU των άλλων ζυθοποιείων. Αυτό οφείλεται στις διακυμάνσεις της πρώτης ύλης. Το ζυθοποιείο Γ παράγει συχνότερα με αποτέλεσμα οι συσκευασίες του λυκίσκου να αναλώνονται γρηγορότερα, ενώ στη περίπτωση των ζυθοποιείων Α και Β όπου η παραγωγή δεν είναι τόσο συχνή οι συσκευασίες του λυκίσκου μπορεί να μείνουν εκτεθειμένες στον αέρα για μεγάλο διάστημα.

- Η αξιοποίηση των α-οξέων του λυκίσκου (πίνακας 9.9) παρουσιάζει πολύ μεγάλες διαφορές μεταξύ των ζυθοποιείων. Το ζυθοποιείο Γ έχει την καλύτερη αξιοποίηση, το Β βρίσκεται αρκετά κοντά και το Α έχει πολύ χαμηλή, μόνο 44%. Αυτό οφείλεται στο ότι χρησιμοποιεί ένα αρωματικό τύπο λυκίσκου (citra) όπου για να προσδώσει τον χαρακτήρα του προσθέτεται προς το τέλος του βρασμού ώστε να μην χαθούν τα αιθέρια ελαιά του. Έτσι τα α-οξέα του αξιοποιούνται σε πολύ μικρό ποσοστό.
- Ως προς το χρώμα του ζύθου (πίνακας 9.10) το ζυθοποιείο Γ έχει τιμές παραπλήσιες με αυτές του Α ενώ το Γ χαμηλότερες. Βάσει του τύπου του ζύθου που παράγει το ζυθοποιείο Α (golden ale) το χρώμα που ταιριάζει στην κατηγορία αυτή βρίσκεται γύρω στα 20 EBC, οπότε ο παραγόμενος ζύθος είναι αρκετά ανοιχτόχρωμος. Στην περίπτωση των δύο άλλων ζυθοποιείων το χρώμα τους είναι εντός των ορίων των κατηγοριών που ανήκουν (lager: 5,9 – 9,8 EBC, pilsner 6,9 – 11,8 EBC).
-

Ακρωνύμια – Συντμήσεις

Brewhouse		<i>Το σύνολο των μηχανημάτων που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ζυθογλευκούς</i>
Bbt	Bright Beer Tank	Δεξαμενή Διαυγασμένης (φιλτραρισμένης) Μπύρας
Cct	CylindroConical Vessel	Κυλινδροκωνική Δεξαμενή
Cip	Clean In Place	
CO₂	Carbon Dioxide	Διοξείδιο του Άνθρακα
EPDM	Ethylene Propylene Diene Monomer	Είδος συνθετικού καουτσούκ
LPG	Liquefied petroleum gas	Υγραέριο
RA	Residual Alkalinity	Υπολειμματική Αλκαλικότητα
Sprayball		<i>Σφαίρα πλύσης</i>
Tds	Total Dissolved Solids	Ολικά Διαλυμένα Στερεά
UV	Ultra Violet	Υπεριώδης Ακτινοβολία
ASBC	American Society of Brewing Chemist	
EBC	European Brewing Convention	

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Hans Michael Eßlinger (2009). Handbook of Brewing Processes, Technology, Markets. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA
2. Schu, G.F. (1987) Factors influencing the annual operating efficiency of factory boiler plants. Brauwelt International, I, 80–3.
3. Charles Bamforth (2006). Brewing: New technologies, Cambridge England: Woodhead Publishing Limited
4. Schu, G.F. (1995) The balance of energy and warm water in the brewhouse. Brauwelt International, IV, 316–30.
5. <http://www.allaboutenergy.gr/Levites.html> (13/01/2016)
6. Spirax Sarco (2011). The steam and condensate loop. Spirax Sarco Limited, USA
7. http://v_ganapathy.tripod.com/superhtr.pdf (13/01/2016)
8. <http://www.nationalboard.org/index.aspx?pageID=164&ID=244> (13/01/2016)
9. Christina Galitsky *et. al.* (2003). Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for Breweries, An ENERGY STAR® Guide for Energy and Plant Managers. Energy Analysis Department, Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory University of California
10. Ludwig Scheller *et. al.* (2008) Efficient Use of Energy in the Brewhouse, MBAA TQ vol. 45, no. 3 p. 263–267
11. Verena Blomenhofer (2013) Renewable cooling energy in breweries, 11th trends in brewing proceedings, 2014, Gent Belgium
12. Vandergiessen Jim. (2008). Brewery Refrigeration, PROrefrigeration open discation, ProRefrigeration Inc.
13. Wolfgang Kunze, (1999). Technology Brewing and Malting. Germany: VLB Berlin
14. Michael J. Lewis *et. al.* (2006) Essays in Brewing Science. New York USA: Springer
15. <https://users.itia.ntua.gr/dk/courses/aye/directive.pdf>

16. Woodson Ken (2007) Beer basics water treatment. North Texas homebrewers association Beer basics class April 2007. Texas
17. Berkmortel, H. A. Van Den. (1988). Water in the Brewing Industry, European Brewery Convention Monograph XIV. EBC Symposium Zoeterwoude, p. 49.
18. JRH. (2008) Brewing Water. James River Homebrewers club meeting presentation 9/01/2008. Richmond, Virginia
19. <http://netbeer.org/content/view/13/42/lang,en/> (13/01/2016)
20. Dennis E. Briggs *et al*, (2004). Brewing Science and practice, Cambridge England: Woodhead Publishing Limited
21. George J. Fix Ph.D, (1999)*Principles of Brewing Science*, Brewers Publications, Boulder CO
22. <http://braukaiser.com/wiki/index.php/Braukaiser.com> (13/01/2016)
23. Palmer John J. (2004). Brewing Water, Residual Alkalinity, and Mash pH. Northern California homebrewing conference. Las Vegas, NV
24. DeLange J. (2004), Alkalinity, Hardness, Residual Alkalinity and Malt Phosphate: Factors in the Establishment of Mash pH, lecture given at the Chair J. De Clerck XI, Louvain-la-Neuve at 06/09/2004
25. Dennis E. Briggs *et al*, (1981). Malting and Brewing Science, Cambridge England: Woodhead Publishing Limited
26. Palmer John J. (2006). How to brew. Boulder, Colorado: Brewers publications
27. Charles Bamforth *et. al*. (2009). Beer, a quality perspective, California, USA: Elsevier Academic Press
28. Hopsteiner (2015), Guidelines for hop buying. Simon H. Steiner Hopfen GmbH, Germany
29. Hopsteiner (2011), Guidelines for hop buying. Simon H. Steiner Hopfen GmbH, Germany
30. LFL (2010). Annual Report 2009 Special Crop: Hops. Freising Weihenstephan: Bavarian State Research Center for Agriculture
31. Νερατζής Η., Ταταρίδης Π., Κεχαγιά Δ., Τεχνολογίες βύνης και ζύθου, Ιδιωτική Έκδοση, 2014

32. Charles Bamforth (2003). Beer - Tap Into the Art and Science of Brewing, New York USA: Oxford University Press
33. Ian S. Hornesey (1999) Brewing. Cambridge England: The Royal society of chemistry
34. <http://www.birkocorp.com/brewery/white-papers/proper-care-and-feeding-of-materials-in-the-brewery/> (13/01/2016)
35. Adnan Tamime (2008). Cleaning-in-Place Dairy, Food and Beverage Operations. Oxford England: Blackwell Publishing Ltd
36. <http://17lykthess.thess.sch.gr/files/antonakou/files/foodadditives/eda.htm> (13/01/2016)
37. http://www.chem.uoa.gr/chemicals/chem_EDTA.htm (13/01/2016)
38. Dana Johnson (2008). Cleaning and Sanitizing in the Brewery MBAA Mid-South District Technical Day. Henderson, Colorado
39. EPA (1999). Alternative Disinfectants and Oxidants Guidance Manual. Office of Water (4607) United States Environmental Protection Agency
40. <http://agriculture.gov.au/SiteCollectionDocuments/animal-plant/aquatic/aquavetplan/decontamination-manual.pdf> (13/01/2016)
41. Horrigan R. *et al.* (1989) Conservation of water and reduction of effluent, Committee, Inst. Brewing and ABTA
42. http://www.braukaiser.com/wiki/index.php?title=Understanding_Efficiency (13/01/2016)
43. Verzele, M., De Keukeleire D. (1991) Chemistry and Analysis of Hop and Beer Bitter Acids, Amsterdam: Elsevier
44. <http://realbeer.com/hops/research.html> (13/01/2016)